

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ 1536

**ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΩΝ ΣΤΕΓΩΝ
ECONOMICAL AND ELECTRICAL STUDY OF PHOTOVOLTAIC
PANEL ROOF INSTALLATION**

Στέλλα Μανωλεδάκη (6219)

Εποπτεύον καθηγητής: Ευάγγελος Μίμος

ΠΑΤΡΑ 2016

Περιεχόμενα

Περίληψη	4
Εισαγωγή.....	5
1 .1. Η ανάγκη για φωτοβολταϊκή τεχνολογία	5
1 .2. Η εξέλιξη των φωτοβολταϊκών	6
1.3. Ηλιακή ενέργεια και φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	8
1.3.1. Ηλιακή ακτινοβολία	8
1.3.2. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο	12
1.4.1. Κατηγοριοποίηση φωτοβολταϊκών.....	14
1.4.1.1. Κρυσταλλικού Πυριτίου «μεγάλου πάχους»	15
1.4.1.1.1. Μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline Silicon, sc-Si).	15
1.4.1.1.2. Πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Multi Crystallilne Silicon, mc-Si).	17
1.4.1.1.3. Ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)	18
1.4.1.2.1. Άμορφου πυριτίου (Amorphous Silicon Thin film, a-Si)	19
1.4.1.2.2. Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)	20
1.4.1.2.3. Αρσενιούχου Γαλλίου (gallium arsenide-GaAs).....	21
1.4.1.2.4. Χαλκοπυριτών CIS/CIGS (CuInSe ₂ CIS)	22
1.4.1.2.5. Πολύστρωματικά Φ/Β στοιχεία (multijunction/tandem solar cells)	24
1.4.1.2.6. Υβριδικά Φωτοβολταϊκά Στοιχεία	25
1.4.1.2.7. Άλλες τεχνολογίες.....	27
1.5.1. Φωτοβολταϊκά συστήματα 1ης, 2ης και 3ης γενιάς.....	28
1.5.1.1.Πρώτη Γενιά (First Generation).....	30
1.5.1.2.Δεύτερη Γενιά (Second Generation)	31
1.5.1.3.Τρίτη Γενιά (Third Generation)	32
1.5.1.4 Δομή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος	32
1.6.1.Ετεροεπαφή p-n.....	33

1.6.1. 1.Χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης (I-V) ημιαγωγικών δομών	35
1.6.2. Αρχή λειτουργίας ηλιακής κυψέλης.....	38
2.1 Ιστορική αναδρομή της ΔΕΗ.....	44
2.1.1. Ιστορική αναδρομή της ΡΑΕ.....	45
2.1.2 ΔΕΣΜΗΕ- ΑΔΜΗΕ- ΛΑΓΗΕ	49
2.1.3. Νομοθεσία για τα ΑΠΕ	51
2.2. Ειδικό πρόγραμμα Στεγών	58
2.2.1. Αναφορά νομοθεσιών ειδικού προγράμματος στεγών.....	59
2.3. Νόμοι (αυτοπαραγωγών) ΝΕΤ Μετερίγγκ.....	65
2.3.1. Διαφορές ειδικού προγράμματος στεγών και Νετ Μετερινγκ	73
3.1 Στοιχεία και Δομή των Διασυνδεδεμένων Κτηριακών Φ/Β Συστημάτων.....	75
3.2 Διαμόρφωση της σύνδεσης βάσει της μέγιστης ισχύος της Φ/Β εγκατάστασης	76
3.3. Επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος.....	77
3.3.1. Προσανατολισμός των Φ/Β Πλαισίων	77
3.3.2. Επιλογή θέσης της Φ/Β συστοιχίας.....	78
3.3.3 Στατική μελέτη & Υλικά στήριξης	79
3.3.4. Επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων	80
3.4. Χαρακτηριστικές ηλεκτρικές τιμές ενός Φ/Β συστήματος.....	80
3.4.1. Τάση.....	80
3.4.2. Ένταση	80
3.4.3. Θερμοκρασία.....	81
3.4.4. Συνεργασία Φ/Β - Αντιστροφή	81
3.5. Ηλεκτρολογική μελέτη εγκατάστασης	82
4.1. Διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα υπό το καθεστώς Ανεξάρτητου Παραγωγού	90
4.2. Διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα υπό το καθεστώς Αυτοπαραγωγού	91
Συμπεράσματα	94
Βιογραφία	95

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την οικονομοτεχνική μελέτη Φ/Β στέγης ονομαστικής ισχύς 5kW συνδεδεμένο με το δίκτυο και γίνεται η σύγκριση των δύο τρόπων τιμολόγησης της παραγόμενης ενέργειας του Φ/Β στέγης. Συγκρίνονται δηλαδή το ειδικό πρόγραμμα στεγών (ανεξάρτητος παραγωγός) και το net metering (αυτοπαραγωγός), τιμολογήσεις που ισχύουν αυτή την στιγμή στην Ελλάδα.

Πιο αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή περί Φ/Β, όπου δίνεται ο ορισμός του φωτοβολταϊκού φαινομένου με την αρχή λειτουργίας του και παρουσιάζονται τα είδη των Φ/Β στοιχείων (πάνελ) με τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τους.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται μια ιστορική αναδρομή των Α.Π.Ε στην Ελλάδα. Στην συνέχεια γίνεται μια ιστορική αναδρομή την Εθνικής νομοθεσίας για τις ΑΠΕ και τέλος παρουσιάζονται οι νομοθεσίες για την τιμολόγηση των Φ/Β στεγών δηλαδή τις νομοθεσίες του ειδικού προγράμματος στεγών και του net metering.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η ηλεκτρολογική-τεχνική μελέτη του Φ/Β στέγης ισχύος 5kW συνδεδεμένου στο δίκτυο, καθώς επίσης και το κόστος κατασκευής του.

Στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι οικονομοτεχνικές μελέτες των δύο τρόπων τιμολόγησης της παραγόμενης ενέργειας του Φ/Β στέγης των 5kW συνδεδεμένου στο δίκτυο, όπου και συγκρίνονται.

Τέλος στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της πτυχιακής εργασίας.

Εισαγωγή

1.1. Η ανάγκη για φωτοβολταϊκή τεχνολογία

Τα τελευταία χρόνια, κυρίως μετά το τέλος της βιομηχανικής επανάστασης, οι ανάγκες της κοινωνίας, άλλαξαν δραματικά με την εξ ολοκλήρου πλέον εξάρτησή της από την παραγωγή και χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο βέλτιστος τρόπος παραγωγής, μέχρι και λίγες δεκαετίες πριν, ήταν η καύση του ορυκτού πλούτου του φλοιού του πλανήτη. Αυτή η μέθοδος όμως, είχε δύο κυρίως προβλήματα. Πρώτων σοβαρά επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, άρα και στην ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Και δεύτερον την βέβαιη εξάντληση των ορυκτών πόρων λόγω της πεπερασμένης ποσότητας τους.

Οι περιοχές με αυξημένο πρόβλημα ατμοσφαιρικών ρύπων γίνονται ολοένα και περισσότερες. Αυτές είναι κυρίως τα μεγάλα αστικά κέντρα. Τα αστικά κέντρα περιλαμβάνουν το σύνολο των βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Οι εγκαταστάσεις αυτές απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα μεγάλες ποσότητες ρύπων. Εκτός από τους βιομηχανικούς ρύπους ένα πολύ σημαντικό μέρος της ρύπανσης των αστικών κέντρων οφείλεται στα οχήματα μεγάλου ή μικρού κυβισμού. Παρακάτω αναφέρονται χαρακτηριστικά οι 10 πιο μολυσμένες πόλεις παγκοσμίως. Αυτές είναι οι :

- Linfen, Κίνα. Μόλυνση από εκπομπές βιομηχανικών ρύπων και από ρύπους αυτοκινήτων.
- Tianying, Κίνα. Μόλυνση από μόλυβδο και άλλα βαρέα μέταλλα.
- Sukinda, Ινδία. Μόλυνση από ορυχεία χρωμίου και άλλων μετάλλων.
- Vapi, Ινδία. Μόλυνση από χημικά και βαρέα μέταλλα.
- La Oroya, Περού. Μόλυνση από μόλυβδο, χαλκό και ψευδάργυρο.
- Dzerzhinsk, Ρωσία. Μόλυνση από ατμοσφαιρική ρύπανση.
- Norilsk, Ρωσία. Μόλυνση από χημικά και τοξικά προϊόντα.
- Chernobyl, Ουκρανία. Μόλυνση από ραδιενέργεια.
- Symgayit, Αζερμπαϊτζάν. Μόλυνση από χημικά και βαρέα μέταλλα.
- Kabwe, Ζάμπια. Μόλυνση από μόλυβδο και κάδμιο.

Στην χώρα μας οι πόλεις με τα μεγαλύτερα προβλήματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η περιοχή του λεκανοπεδίου Αττικής, η Ελευσίνα η οποία φιλοξενεί ένα μεγάλο

αριθμό από βιομηχανίες (Ελληνικά Πετρέλαια, χαλυβουργική κλπ.), η Πάτρα και το Ηράκλειο Κρήτης.[1]

Στην κατηγορία των φυσικών ορυκτών πόρων ανήκουν πηγές όπως το πετρέλαιο, ο λιγνίτης, το φυσικό αέριο και ο άνθρακας, οι οποίες χρησιμοποιούνται παγκοσμίως, σε μεγάλη κλίμακα εφαρμογών για την παραγωγή διαφόρων μορφών ενέργειας. Ειδικότερα η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας, βασίζεται σχεδόν στην ολότητα της καύσης των ορυκτών πόρων όπως προαναφέρθηκε. Η ζήτηση επομένως και η κατανάλωση τους είναι ήδη τεράστια, αλλά και αυξάνεται συνεχώς με το πέρασμα του χρόνου και την παράλληλη αύξηση των αναγκών. Ήδη μέσα σε 200 χρόνια καταναλώθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό των διαθέσιμων πόρων, επιτρέποντας την εκμετάλλευσή τους για 40-50 χρόνια ακόμα έως την εξάντλησή τους.

Η απάντηση στο ενεργειακό πρόβλημα που προκύπτει, δίνεται από νέες μορφές παραγωγής ενέργειας, που δεν στηρίζονται σε ρυπογόνες μεθόδους εκμετάλλευσης πεπερασμένων πόρων, αλλά σε Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) οι οποίες θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες όπως ο άνεμος, η βιομάζα, το νερό, ο ήλιος και άλλα.

Ο ήλιος, εκτός από πηγή φωτός και θερμότητας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, δηλαδή η μετατροπή του φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια, στηρίζεται στην ιδιότητα ορισμένων στοιχείων του περιοδικού πίνακα να εμφανίζουν ηλεκτρική τάση στα άκρα τους όταν προσπίπτει στην επιφάνειά τους φως.

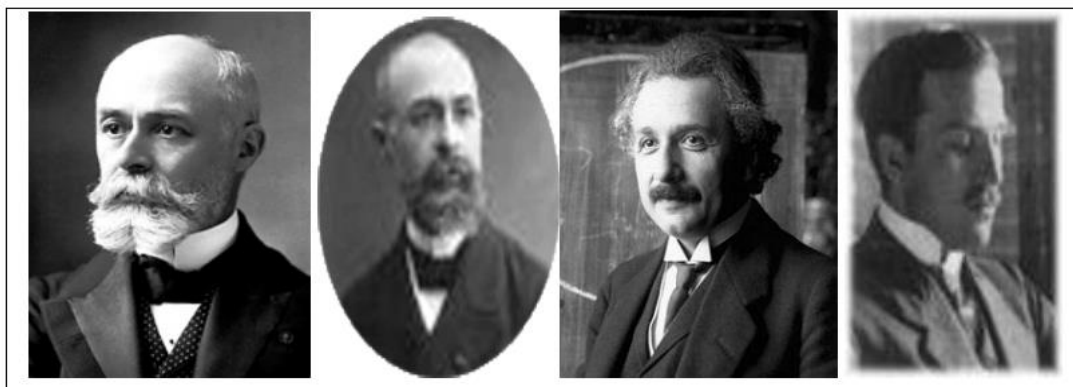
1.2. Η εξέλιξη των φωτοβολταϊκών

Οι πρώτες παρατηρήσεις πάνω στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο, έγιναν από τον 19χρονο τότε Γάλλο φυσικό Edmond Becquerel το 1839 ο οποίος ανακάλυψε το φωτοβολταϊκό φαινόμενο καθώς πειραματιζόταν με ηλεκτρολυτικό στοιχείο αποτελούμενο από δύο μεταλλικά ηλεκτρόδια σε αγωγίμο υγρό στο οποίο η ροή αυξανόταν με την έκθεση στον ήλιο. Οι σημειώσεις του γύρω από το φαινόμενο, είχαν φανεί πολύ ενδιαφέρουσες στην επιστημονική κοινότητα αλλά χωρίς πρακτική εφαρμογή.

Το 1876 ο Willoughby Smith με τον μαθητή του Williams Adams παρατηρεί ένα ακόμη φαινόμενο, παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος, μετά την έκθεση σεληνίου (Se) στον ήλιο. Η ανακάλυψη αυτή ήταν πολύ σημαντική αφού πλέον είχε αποδειχθεί ότι ένα στοιχείο μπορούσε να μετατρέψει το φως σε ηλεκτρική ενέργεια χωρίς θέρμανση και χωρίς κινούμενα μέρη.

Το 1883 ο Αμερικανός εφευρέτης Charles Fritz παράγει ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 1-2% από φύλλα σεληνίου. Το 1918 Ο Πολωνός Jan Czochralski

κατασκευάζει το πρώτο στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου με μία μέθοδο η οποία χρησιμοποιείται βελτιστοποιημένη ακόμα κ σήμερα.



[1]

[2]

[3]

[4]

[1] Becquerel, [2] Charles Fritz, [3] Albert Einstein, [4] Jan Czochralski

Το σημαντικότερο βήμα στην εξέλιξη της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας έγινε την άνοιξη του 1953 όταν οι επιστήμονες της Bell Laboratories Gerald Pearson, Daryl Charin και Calvin Fuller, καθώς ερευνούσαν το στοιχείο πυρίτιο (Si) για πιθανές εφαρμογές στην ηλεκτρονική, εφηύραν το πρώτο φωτοβολταϊκό στοιχείο το οποίο ήταν πολύ πιο αποδοτικό από τα παλιότερα στοιχεία φτιαγμένα από σελήνιο. Η Bell Telephone Laboratories σχεδίασε λίγο αργότερα φ/β στοιχεία πυριτίου με

απόδοση 4%. Έτσι, άνοιξε ο δρόμος για νέα επιτεύγματα στον κλάδο, με διαρκώς αυξανόμενες αποδόσεις, νέες μεθόδους παραγωγής φ/β στοιχείων και χρήση διαφορετικών υλικών από το πυρίτιο. Η τεχνολογία αυτή, βρήκε εφαρμογή αρχικά στην τροφοδότηση διαστημικών δορυφόρων όπως ο δορυφόρος Vanguard I .

Τα φωτοβολταϊκά ξεκίνησαν να κάνουν την εμφάνιση τους αλλά λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής η εφαρμογή τους ήταν δυνατή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις αυτόνομων συστημάτων. Η έρευνα όμως προχωρούσε και η απόδοση των φ/β συνεχώς βελτιωνόταν. Κυριότερος πελάτης των φωτοβολταϊκών τις δεκαετίες που ακολούθησαν είναι η NASA. Οι υψηλές τιμές στα φωτοβολταϊκα ήταν ο σημαντικότερος λόγος που δεν υπήρχε περισσότερο ενθουσιώδης αποδοχή από την αγορά. Ενδεικτικά η τιμή των φωτοβολταϊκών ξεκινάει από τα 500\$ ανά εγκατεστημένο Watt το 1956, ενώ μετά από 14 χρόνια, το 1970 αγγίζει τα 100\$/Watt. Το 1973 οι βελτιώσεις στις μεθόδους παραγωγής φέρνουν το κόστος των φωτοβολταϊκών στα 50\$/Watt.

Η πρώτη εγκατάσταση φ/β που φτάνει στα επίπεδα του 1MW γίνεται στην Καλιφόρνια το 1980 από την ARCO Solar χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα και σύστημα παρακολούθησης της τροχιάς του ηλίου 2 αξόνων.

Η εξέλιξη αρχίζει πλέον να γίνεται με ταχύτερους ρυθμούς. Το 1983 η παγκόσμια παραγωγή φ/β φτάνει τα 22MW και ο συνολικός τζίρος τα 250.000.000\$.

Το 1999 η εταιρία Spectrolab σε συνεργασία με το National Renewable Energy Laboratory (NREL) των Η.Π.Α. αναπτύσσουν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο με απόδοση 32.3%. Την ίδια χρονιά το ρεκόρ στην απόδοση των Thin Films φτάνει στο 18.8%. Η παραγωγή όλων των τεχνολογιών των φ/β πλαισίων φτάνει συνολικά τα 200 MW.

Από το 2004 και μετά, η μαζική είσοδος μεγάλων εταιρειών στον χώρο των φ/β φέρνει την μαζική παραγωγή και αυτή με την σειρά της την τιμή των διασυνδεδεμένων συστημάτων στα 6.5 ευρώ/Wp. Γερμανία και Ιαπωνία κυριαρχούν στην κατασκευή φ/β πλαισίων και πλέον σε όλες τις αναπτυγμένες χώρες αρχίζουν, με τον έναν (παραγωγή εξοπλισμού) ή τον άλλον τρόπο (κατασκευή φ/β εγκαταστάσεων) , να υιοθετούν τις τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών και να τις παγιώνουν στην συνείδηση των επενδυτών αλλά και των καταναλωτών ενέργειας. Η συνολική παραγωγή το 2004 έφτασε τα 1.200 MW ενώ ο τζίρος της ίδιας χρονιάς άγγιξε τα 6.500.000.000\$.

Σήμερα με οικονομίες μεγάλης κλίμακας έχουν επιτευχθεί μεγάλες αποδόσεις στα κρυσταλλικά κυρίως υλικά και αρκετές χώρες με πρωτοπόρες την Γερμανία και την Ιαπωνία έχουν ήδη επενδύσει τεράστια κονδύλια με σκοπό την ευρύτερη εκμετάλλευση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας.

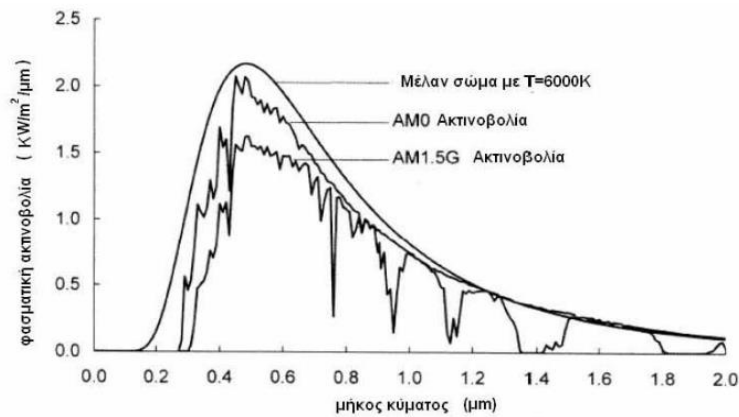
1.3. Ηλιακή ενέργεια και φωτοβολταϊκό φαινόμενο

1.3.1. Ηλιακή ακτινοβολία

Ο ήλιος παρέχει ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας, χωρίς την οποία δεν θα μπορούσε να υπάρχει ζωή στη Γη. Η ενέργεια που απελευθερώνεται προέρχεται από τη σύντηξη των ατόμων του υδρογόνου (H₂) σε ήλιο (He) και μόνο ένα μικρό μέρος αυτής (περίπου δύο εκατομμυριοστά) φθάνει τελικά στην επιφάνεια του πλανήτη μας. Το ποσό της ενέργειας αυτής είναι ισοδύναμο με περίπου 10.000 φορές τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες και συνεπώς αρκεί να αξιοποιηθεί μόνον το 0,01% αυτής ώστε να καλυφθεί το σύνολο των ενεργειακών αναγκών της ανθρωπότητας.

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας έξω από την ατμόσφαιρα της Γης εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ του ήλιου και της Γης. Κατά τη διάρκεια του έτους αυτή κυμαίνεται μεταξύ 1,47 x 10⁸ km και 1,52 x 10⁸ km, με αποτέλεσμα, η ακτινοβολία EQ να κυμαίνεται μεταξύ 1325 - 1412 W/m². Η μέση τιμή της αναφέρεται ως η ηλιακή σταθερά: EQ = 1367W/m².

Αυτό το επίπεδο ακτινοβολίας δεν φτάνει στην επιφάνεια της Γης. Η ατμόσφαιρα της Γης μειώνει την ηλιακή ακτινοβολία μέσω ανάκλασης, απορρόφησης από το όζον, τους υδρατμούς, το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα κ.λ.π. και σκέδασης, που προκαλείται από τα μόρια του αέρα, τα σωματίδια σκόνης ή τη ρύπανση.

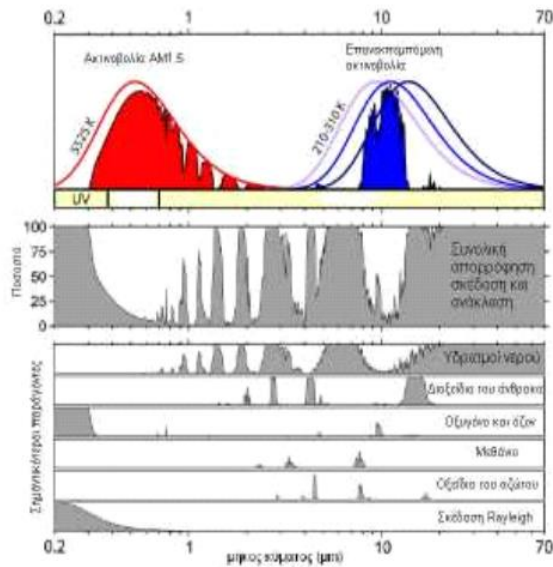


Εικόνα 1.1 Σύγκριση φάσματος ακτινοβολίας AM0, AM1.5

Οι τρεις (3) παραπάνω μηχανισμοί (απορρόφηση, σκέδαση και ανάκλαση) επιδρούν έτσι ώστε να τροποποιήσουν την ηλιακή ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος και υψηλής ενέργειας, καθώς αυτή περνάει μέσα από την ατμόσφαιρα της Γης. Η απορρόφηση περιλαμβάνει την μετατροπή της προσπίπτουσας ενέργειας σε θερμότητα και τη μερική επανεκπομπή της ως ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος.

Όπου:

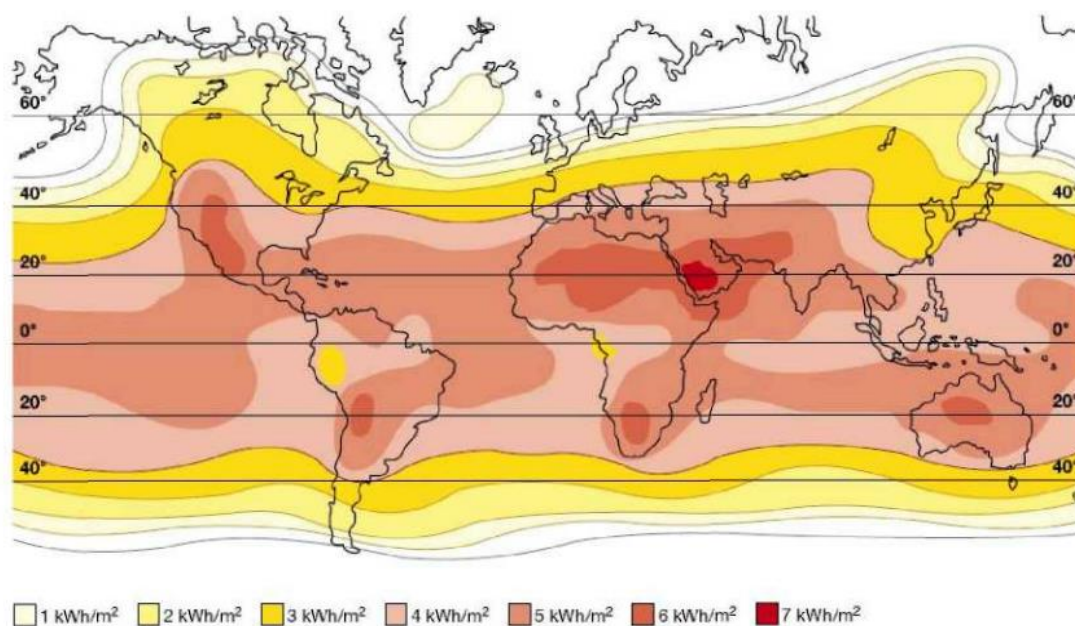
AM0 Ακτινοβολία στο διάστημα ή σε μηδενική ατμόσφαιρα
AM1 Αναφέρεται στον Ήλιο που βρίσκεται ακριβώς κατακόρυφα στο επίπεδο του Γήινου παρατηρητή.
A.M.1.5 Τυπικό ηλιακό φάσμα στην επιφάνεια της Γης σε μία ηλιόλουστη μέρα και χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει τους ηλιακούς συλλέκτες.



Εικόνα 1.2 Εκπεμπόμενη ακτινοβολία από την ατμόσφαιρα και οι παράγοντες που την επιρεάζουν

Η σκέδαση επιδρά στην αλλαγή της κατεύθυνση της ακτινοβολίας, η οποία συνδέεται και με το μήκος κύματος και προκαλείται εξαιτίας της ύπαρξης των μορίων του αέρα, των υδρατμών, αλλά και της σκόνης που αιωρείται στην ατμόσφαιρα. Η ανάκλαση που πραγματοποιείται στις διεπιφάνειες δεν έχει σημαντική επίδραση και είναι ανεξάρτητη από το μήκος κύματος, ενώ όσον αφορά την απορρόφηση, η υπεριώδης ακτινοβολία απορροφάται από το όζον και η υπέρυθη από τους υδρατμούς. Η ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος απορροφάται στην ιονόσφαιρα από το άζωτο (N₂) και το οξυγόνο (O₂), ενώ το μεγαλύτερο μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας απορροφάται από το όζον, με σχεδόν απόλυτη απορρόφηση από το CO₂ και το H₂O και έτσι η μετάδοση βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Ωστόσο, η συγκεκριμένη περιοχή του ηλιακού φάσματος δεν αφορά τις φωτοβολταϊκές εφαρμογές. Έτσι η απορρόφηση, η σκέδαση και η ανάκλαση έχουν σαν αποτέλεσμα το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας που διατίθεται για εφαρμογές στη Γη, να βρίσκεται ανάμεσα στα 0.29 μm και τα 2.5μm.

Η ηλιακή ακτινοβολία ποικίλλει σημαντικά, ανάλογα με την περιφέρεια της Γης. Αν και όλη η γη δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία, η ποσότητά της που τελικά φθάνει στην επιφάνεια κάθε τόπου εξαρτάται κυρίως από τη γεωμετρική του θέση, την εποχή και τη νεφοκάλυψη. Η έρημος π.χ. δέχεται περίπου το διπλάσιο ποσό ηλιακής ενέργειας από άλλες περιοχές.

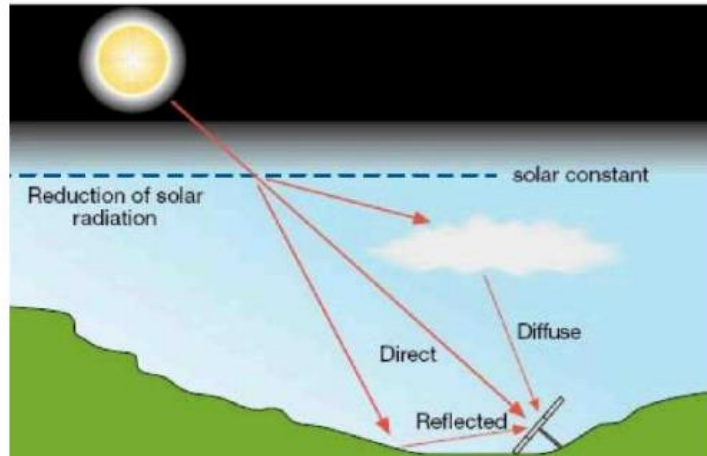


Εικόνα 1.3 Μέσος όρος της ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένο επίπεδο 30° (νότια) σε κάθε περιοχή του πλανήτη

Η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει πάνω σε μια οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια, έχει δυο συνιστώσες: την άμεση και την διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία.

Άμεση ηλιακή ακτινοβολία είναι αυτή η οποία φτάνει απ' ευθείας από τον ηλιακό δίσκο στην επιφάνεια του εδάφους, χωρίς να έχει υποστεί σκέδαση κατά τη διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα. Εξαρτάται από την απόσταση Ήλιου - Γης, την ηλιακή απόκλιση (δ), το ηλιακό ύψος (α), το γεωγραφικό πλάτος του τόπου (φ), το υψόμετρο του τόπου (h), την κλίση της επιφάνειας επί της οποίας προσπίπτει (β), καθώς και από την απορρόφηση και διάχυση την οποία υφίσταται μέσα στην ατμόσφαιρα.

Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία είναι το ποσό της ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους μετά την ανάκλαση ή σκέδαση μέσα στην ατμόσφαιρα, αλλά και μετά από ανάκλαση πάνω στην επιφάνεια της Γης. Η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από το ηλιακό ύψος (α), το υψόμετρο του τόπου, τη λευκαύγεια του εδάφους, το ποσό και το είδος των νεφών, καθώς και από την παρουσία διαφόρων κέντρων σκεδάσεως (αερολυμάτων, υδροσταγόνων κ.α.) που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα (εικ. 1.4). Το χειμώνα, ο ουρανός είναι συννεφιασμένος και η διάχυτη συνιστώσα είναι μεγαλύτερη από την άμεση.

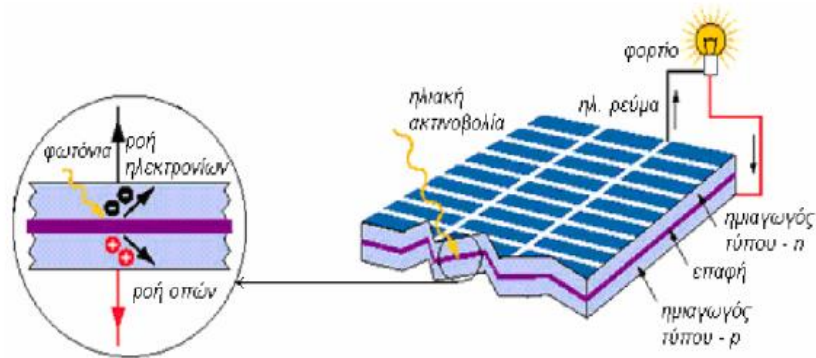


Εικόνα 1.4 Συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας

Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση που διανύει η ηλιακή ακτινοβολία μέσα στην ατμόσφαιρα, τόσο μικρότερο είναι το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια της Γης. Για τον λόγο αυτό η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι πολύ μεγαλύτερη κατά την θερινή περίοδο σε σχέση με τη χειμερινή. Τέλος, όσο πιο κάθετα προσπίπτει η ηλιακή ακτινοβολία πάνω σε μια επιφάνεια στην Γη τόσο μεγαλύτερη είναι η έντασή της. Η Ελλάδα παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ηλιακό δυναμικό, περίπου 1.400 – 1.800 (kWh/(m².yr)) ετησίως σεοριζόντιο επίπεδο, ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος και το ανάγλυφο της περιοχής.

1.3.2. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

Στην εικόνα (1.5) που ακολουθεί φαίνεται η λειτουργία του φωτοβολταϊκού φαινομένου σε μία ηλιακή κυψέλη. Πρόκειται για την απορρόφηση της ενέργειας του φωτός από τα ηλεκτρόνια των ατόμων του φωτοβολταϊκού στοιχείου και την απόδραση των ηλεκτρονίων αυτών από τις δέσμες τους θέσεις, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ρεύματος. Το ηλεκτρικό πεδίο που προϋπάρχει στην ηλιακή κυψέλη οδηγεί το ρεύμα στο φορτίο.



Εικόνα 1.5 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο στην ηλιακή κυψέλη

Πιο αναλυτικά, η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στην εμπρόσθια όψη της ηλιακής κυψέλης, όπου είναι τοποθετημένο το μεταλλικό πλέγμα και αποτελεί το ένα από τα δύο ηλεκτρόδια της κυψέλης. Εν συνεχεία, βρίσκεται η ετεροεπαφή p - n, η οποία επιτυγχάνεται με την επαφή ενός n-τύπου και ενός p-τύπου ημιαγωγού. Τέλος, στο πίσω μέρος της κυψέλης βρίσκεται το δεύτερο μεταλλικό ηλεκτρόδιο. Συμπερασματικά, μία ηλιακή κυψέλη αποτελεί μία δίοδο, που λειτουργεί απορροφώντας ηλιακή ακτινοβολία.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, συμπεριλαμβανομένου και του ηλιακού φωτός, είναι φωτόνια που μεταφέρουν συγκεκριμένα ποσά ενέργειας. Η ενέργεια ενός φωτονίου E συνδέεται με τη συχνότητα της ακτινοβολίας ν (Hz) και το μήκος κύματος λ (m) με τη σχέση:

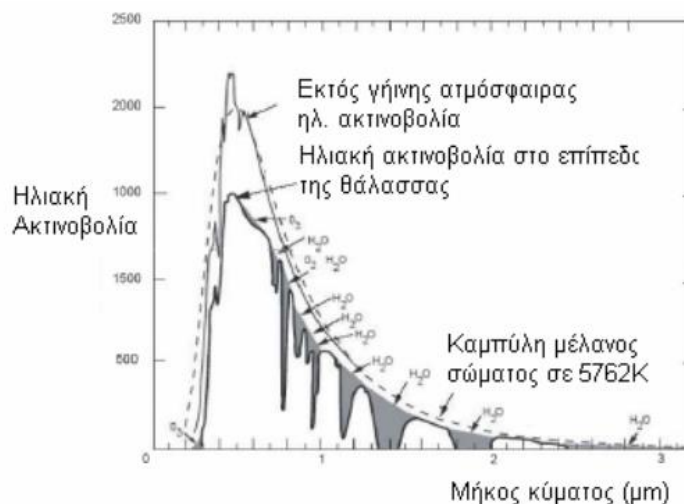
$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad (1.1)$$

Όπου $h = 6,63 \times 10^{-34}$ Js (σταθερά του Planck)

$c = 3 \times 10^8$ m/s (η ταχύτητα του φωτός).

Κάθε φωτόνιο της ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του p - τύπου ημιαγωγού, μπορεί να δημιουργήσει ζεύγη ηλεκτρονίων - οπών και να συνεισφέρει στη διαδικασία της ενεργειακής μετατροπής. Επομένως, η φύση του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας έχει καθοριστικό ρόλο στην απόδοση των ηλιακών κυψελών.

Στην εικόνα (1.6) φαίνεται το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας, όπου φαίνεται η ποσότητα των φωτονίων που φτάνουν στην επιφάνεια της θάλασσας σε συνάρτηση με το μήκος κύματός τους.



Εικόνα 1.6 Το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας

1.4.1. Κατηγοριοποίηση φωτοβολταϊκών

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία διακρίνονται σε τρεις κυρίως κατηγορίες, ανάλογα με το υλικό παρασκευής, τη δομή του βασικού υλικού καθώς και τον τρόπο παρασκευής του.

Η παγκόσμια παραγωγή φωτοβολταϊκών, στηρίζεται στο πυρίτιο (Si). Η κυριαρχία αυτή οφείλεται αρχικά στην τεράστια παγκόσμια επιστημονική και τεχνική υποδομή για το υλικό αυτό από τη δεκαετία του '60. Μεγάλες κυβερνητικές και βιομηχανικές επενδύσεις έγιναν σε προγράμματα για τις χημικές και ηλεκτρονικές ιδιότητες του Si, ώστε να δημιουργηθεί ο εξοπλισμός που απαιτείται στα βήματα της επεξεργασίας για την απόκτηση της απαραίτητης καθαρότητας και της κρυσταλλικής δομής του υλικού.

Η γνώση, που προέκυψε για το πυρίτιο, το κατέστησαν ικανό μέσο για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας. Εντούτοις, λόγω του ότι είναι έμμεσος ημιαγωγός, το πυρίτιο απαιτεί το σχηματισμό φωτοβολταϊκών στοιχείων σχετικά μεγάλου πάχους. Επίσης, το υλικό θα πρέπει να έχει υψηλή καθαρότητα και δομική τελειότητα. Οι ατέλειες πρέπει να αποφευχθούν, ώστε η ενέργεια του φωτοεπαγόμενου ηλεκτρονίου να μην μετατραπεί σε θερμότητα. Σε αντίθεση με τα ηλιακά θερμικά πλαίσια, όπου η παραγωγή θερμότητας είναι απαραίτητη για να ενεργοποιηθεί ένα ρευστό, η αύξηση της θερμοκρασίας είναι ανεπιθύμητη στα φωτοβολταϊκά πλαίσια, όπου η ηλιακή ενέργεια θα πρέπει να μετατραπεί απευθείας σε ηλεκτρική.

Η φωτοβολταϊκή τεχνολογία λεπτών υμενίων, αναμένεται ότι θα μειώσει δραστικά το κόστος παραγωγής των ηλιακών κυψελών, έχοντας παράλληλα ήδη επιτύχει αποδόσεις συγκρίσιμες με αυτές της συμβατικής τεχνολογίας του πυριτίου. Όλες οι

τεχνολογίες φωτοβολταϊκών λεπτών υμενίων, ανεξάρτητα από το υλικό που η κάθε μία χρησιμοποιεί, παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα, με κυριότερα τη χαμηλή κατανάλωση ενεργού μέσου και την μείωση του κόστους παραγωγής, σε συνδυασμό με την απεξάρτηση από τις εξαντλούμενες πηγές πυριτίου. Η τεχνολογία των λεπτών υμενίων απαιτεί λιγότερα στάδια επεξεργασίας του υλικού, σε σύγκριση με αυτή του πυριτίου και επιτρέπει μεγαλύτερο βαθμό αυτοματοποίησης.

Το επόμενο βήμα για την περαιτέρω βελτίωση της τεχνολογίας αυτής είναι η δημιουργία μονολιθικών φωτοβολταϊκών συστοιχιών, οι οποίες θα αντικαταστήσουν τις μεμονωμένων ηλιακές κυψέλες, που συνδέονται εν σειρά χρησιμοποιώντας συρμάτινες συνδέσεις. Αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλη εγχάραξη των στρωμάτων των λεπτών υμενίων που συνιστούν την φωτοβολταϊκή κυψέλη, με χρήση laser (laser scribing).

Η διαδικασία της εγχάραξης μπορεί να γίνει μονολιθικά κατά την διάρκεια κατασκευής των φωτοβολταϊκών πλαισίων. Επιπλέον, οι κυψέλες που δημιουργούνται έχουν πολύ μικρές διαστάσεις και είναι συνδεδεμένες εν σειρά μεταξύ τους, λόγω των καναλιών που προκύπτουν από την εγχάραξη, με τη μικρότερη δυνατή απώλεια υλικού του κάθε λεπτού υμενίου.

Πάντως, η τεχνολογία λεπτών υμενίων (thin film) είναι σε φάση ανάπτυξης, αφού με διάφορες μεθόδους επεξεργασίας και χρήση διαφορετικών υλικών αναμένεται αύξηση της απόδοσης, σταθεροποίηση των χαρακτηριστικών τους και αύξηση της διείσδυσης στην αγορά. Σήμερα, αποτελούν την πιο φθηνή επιλογή φωτοβολταϊκών πλαισίων.

1.4.1.1. Κρυσταλλικού Πυριτίου «μεγάλου πάχους»

1.4.1.1.1. Μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline Silicon, sc-Si).

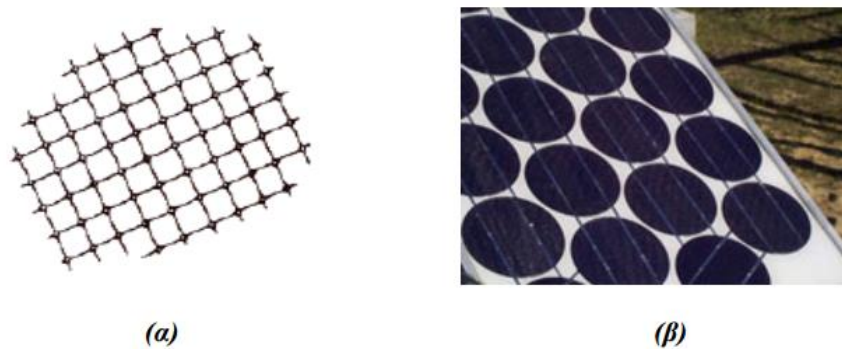
Το πάχος τους είναι γύρω στα 0,3 mm. Η απόδοσή τους στη βιομηχανία κυμαίνεται από 15-21% για το κάθε πλαίσιο. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί ακόμα μεγαλύτερες αποδόσεις έως και 24,7%. Τα μονοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (solar cells) χαρακτηρίζονται από το πλεονέκτημα της καλύτερης σχέσης απόδοσης. Ένα μειονέκτημά τους είναι το υψηλό κόστος κατασκευής σε σύγκριση με τα πολυκρυσταλλικά. Βασικές τεχνολογίες παραγωγής μονοκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών είναι η μέθοδος CZ (Czochralski) και η μέθοδος FZ (float zone). Και οι δυο βασίζονται στην ανάπτυξη ράβδου πυριτίου.

Το μονοκρυσταλλικό φωτοβολταϊκό με την υψηλότερη απόδοση στο εμπόριο σήμερα, έχει απόδοση πλαισίου 18,5% και έχει μεταλλικές επαφές στο πίσω μέρος

του πλαισίου αποκομίζοντας έτσι μεγαλύτερη επιφάνεια αλληλεπίδρασης με την ηλιακή ακτινοβολία.

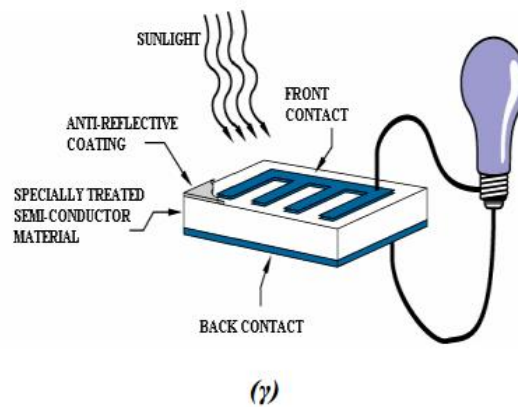


Εικόνα 1.7 Φωτοβολταϊκό στοιχείο μονοκρυσταλλικού πυριτίου



(α)

(β)



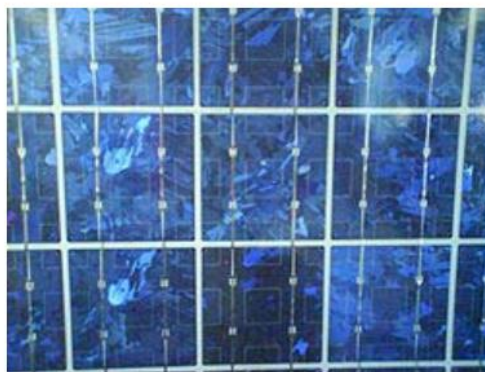
(γ)

Εικόνα 1.8 Δομή μονοκρυσταλλικού πυριτίου (α), Panel μονοκρυσταλλικού πυριτίου (β) και σχηματική παράσταση ενός τέτοιου solar cell (γ)

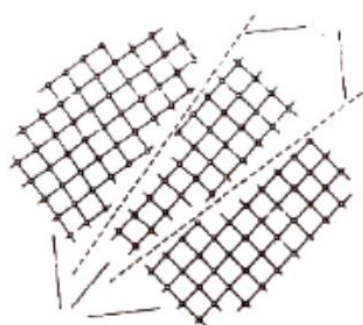
1.4.1.1.2. Πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Multi Crystalline Silicon, mc-Si).

Το πάχος τους είναι επίσης περίπου 0,3mm. Η μέθοδος παραγωγής τους κοστίζει φθηνότερα σε σύγκριση με αυτή των μονοκρυσταλλικών, γι' αυτό και η τιμή πώλησής τους είναι συνήθως λίγο χαμηλότερη. Οπτικά μπορεί κανείς να παρατηρήσει τις επιμέρους μονοκρυσταλλικές περιοχές. Όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση της μονοκρυσταλλικής περιοχής, τόσο μεγαλύτερη είναι και η απόδοση για τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία.

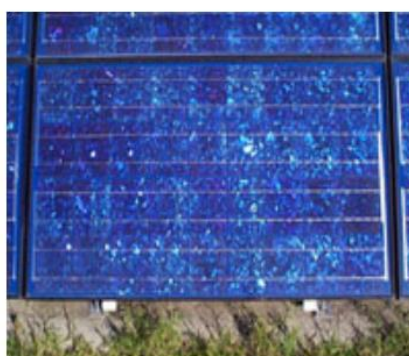
Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 20%, ενώ στο εμπόριο τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία διατίθενται με αποδόσεις από 13 έως και 15% για τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (πάνελ). Βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής είναι: η μέθοδος απ' ευθείας στερεοποίησης DS (directional solidification), η ανάπτυξη λιωμένου πυριτίου ("χύτευση") και η ηλεκτρομαγνητική χύτευση EMC.



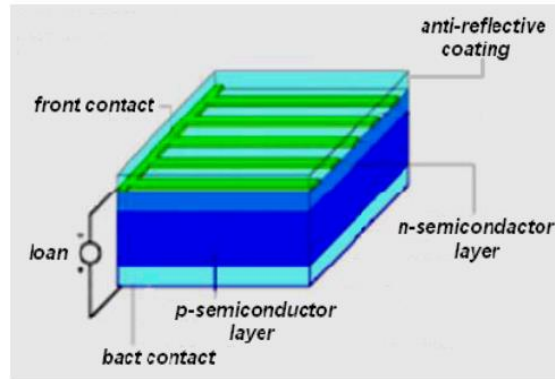
Εικόνα 1.9 Φωτοβολταϊκό πάνελ πολυκρυσταλλικού πυριτίου [1.11]



(α)



(β)



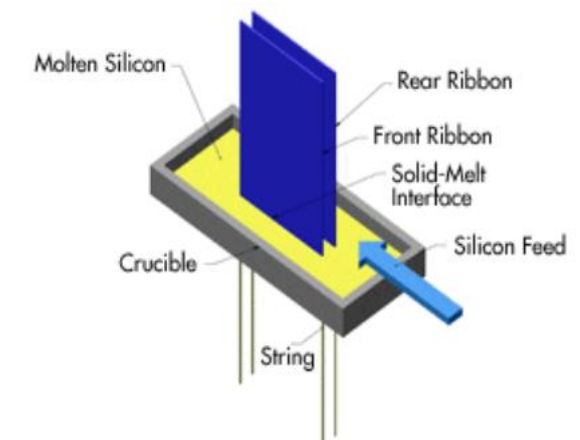
(γ)

Εικόνα 1.10 Δομή πολυκρυσταλλικού πυριτίου (α), Panel πολυκρυσταλλικού πυριτίου (β) και σχηματική παράσταση ενός τέτοιου solar cell (γ)

1.4.1.1.3. Ταινίας πυριτίου (Ribbon Silicon)

Σε αυτά τα στοιχεία εφαρμόζεται νέα τεχνολογία φωτοβολταϊκών στοιχείων. Προσφέρει έως και 50% μείωση στην χρήση του πυριτίου σε σχέση με τις παραδοσιακές τεχνικές κατασκευής μονοκρυσταλλικών και πολυκρυσταλλικών φωτοβολταϊκών στοιχείων πυριτίου. Η απόδοση για τα φωτοβολταϊκά στοιχεία του έχει φτάσει πλέον γύρω στο 12-13% ενώ το πάχος του είναι περίπου 0,3mm. Στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις έως και 18%.

Η νέα τεχνολογία αναπτύσσεται από την Evergreen Solar.

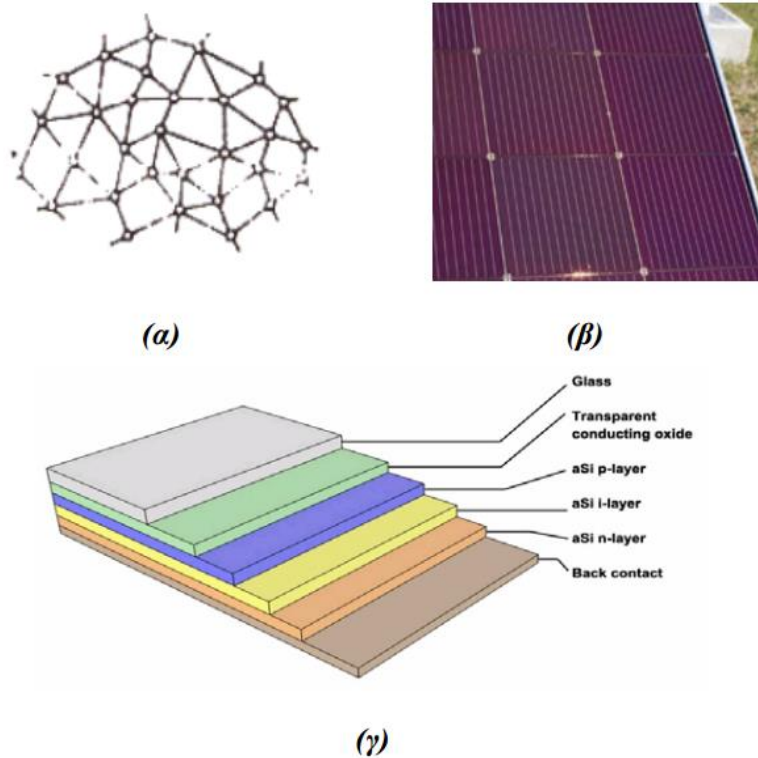


Εικόνα 1.11 Σχηματική παράσταση κατασκευής φωτοβολταϊκής κυψέλης ταινίας πυριτίου

1.4.1.2.1. Άμορφου πυριτίου (Amorphous Silicon Thin film, a-Si)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αυτά, έχουν αισθητά χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες. Πρόκειται για λεπτά υμένια που παράγονται με την εναπόθεση ημιαγωγού υλικού (πυρίτιο στην περίπτωση μας) πάνω σε υπόστρωμα χαμηλού κόστους, όπως γυαλί ή αλουμίνιο. Έτσι και λόγω της μικρότερης ποσότητας πυριτίου που χρησιμοποιείται, η τιμή τους είναι γενικότερα αρκετά χαμηλότερη.

Ο χαρακτηρισμός «άμορφο φωτοβολταϊκό» προέρχεται από τον τυχαίο τρόπο με τον οποίο είναι διατεταγμένα τα άτομα του πυριτίου). Οι επιδόσεις που επιτυγχάνονται χρησιμοποιώντας φωτοβολταϊκά άμορφου πυριτίου κυμαίνονται για το πλαίσιο από 6 έως 8%, ενώ στο εργαστήριο έχουν επιτευχθεί αποδόσεις ακόμα και 14%. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα για το φωτοβολταϊκό στοιχείο a-Si είναι το γεγονός ότι δεν επηρεάζεται πολύ από τις υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, πλεονεκτεί στην αξιοποίηση της απόδοσης του σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, όταν υπάρχει διάχυτη ακτινοβολία (συννεφιά).



Εικόνα 1.12 Δομή άμορφου πυριτίου (α), panel άμορφου πυριτίου (β) και σχηματική παράσταση ενός solar cell (γ)

Το μειονέκτημα των άμορφων πλαισίων είναι η χαμηλή τους ενεργειακή πυκνότητα, κάτι που σημαίνει ότι για να παράγουμε την ίδια ενέργεια χρειαζόμαστε σχεδόν διπλάσια επιφάνεια σε σχέση με τα κρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία.

Επίσης, υπάρχουν αμφιβολίες όσον αφορά τη διάρκεια ζωής τους, μιας και δεν υπάρχουν στοιχεία από παλιές εγκαταστάσεις αφού η τεχνολογία είναι σχετικά καινούρια. Παρόλα αυτά οι κατασκευαστές πλέον δίνουν εγγυήσεις απόδοσης 20 ετών. Το πάχος του πυριτίου είναι περίπου 0,0001 mm, ενώ το υπόστρωμα μπορεί να είναι από 1 έως 3 mm.

1.4.1.2.2. Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe)

Το τελουριούχο κάδμιο (CdTe) έχει ενεργειακό διάκενο γύρω στο 1.5 eV, το οποίο είναι στην περιοχή του υπερύθρου. Το γεγονός αυτό δίνει σοβαρά πλεονεκτήματα, όπως τη δυνατότητα να απορροφά το 99% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας. Οι σύγχρονες τεχνικές όμως μας προσφέρουν αποδόσεις πλαισίου γύρω στο 6 - 8%. Στο εργαστήριο η απόδοση των στοιχείων έχει φθάσει το 16%.

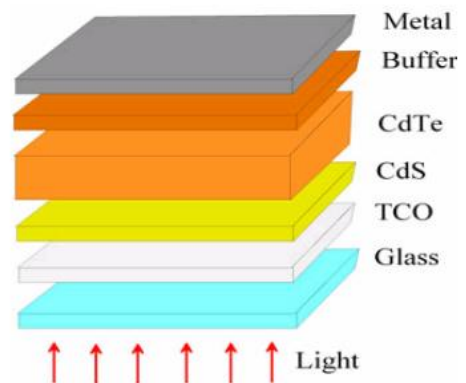
Μελλοντικά αναμένεται το κόστος του να πέσει αρκετά. Τροχοπέδη για την χρήση του αποτελεί το γεγονός ότι το κάδμιο σύμφωνα με έρευνες είναι καρκινογόνο, με αποτέλεσμα να προβληματίζει το ενδεχόμενο της εκτεταμένης χρήσης του. Επίσης προβληματίζει η έλλειψη του (Te)τελούριου.

Σημαντικότερη χρήση του είναι ή ενθυλάκωσή του στο γυαλί ως δομικό υλικό, κατάλληλο για ενσωμάτωση στα κτίρια (BIPV Building Integrated Photovoltaic).

Σημαντικότερος κατασκευαστής των CdTe είναι η First Solar.



Εικόνα 1.13 Φωτοβολταϊκό στοιχείο CdTe

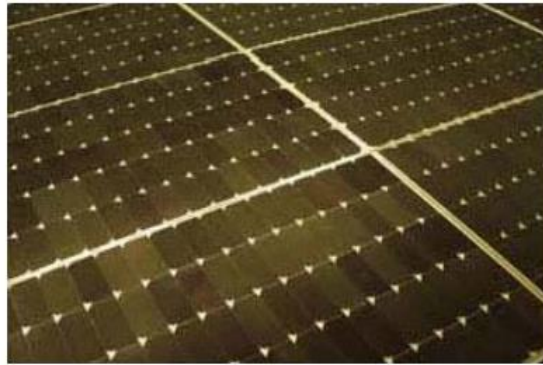


Εικόνα 1.14 Panel CdTe (α) και σχηματική παράσταση ενός τέτοιου solar cell (β)

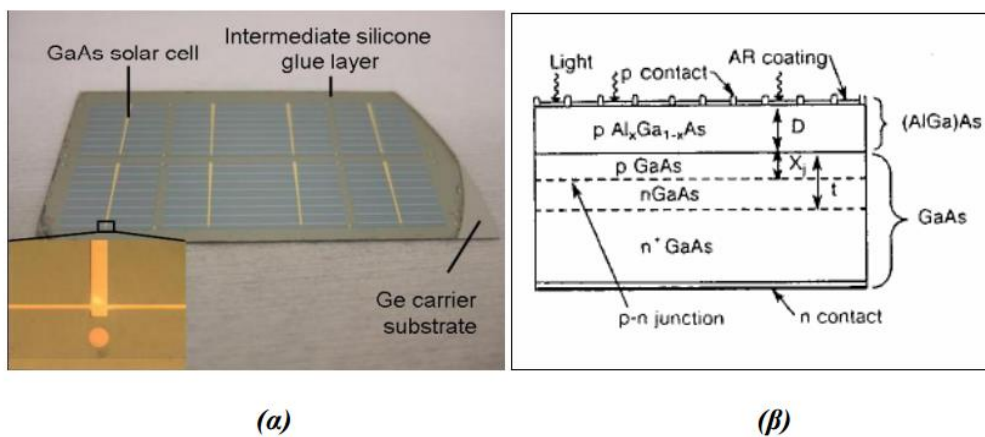
1.4.1.2.3. Αρσενιούχου Γαλλίου (gallium arsenide-GaAs) (GaAs)

Το Γάλλιο είναι ένα παραπροϊόν της ρευστοποίησης άλλων μετάλλων, όπως το αλουμίνιο και ο ψευδάργυρος. Είναι πιο σπάνιο ακόμα και από τον χρυσό. Το αρσενικό δεν είναι σπάνιο αλλά έχει το μειονέκτημα ότι είναι δηλητηριώδες. Το αρσενικούχο γάλλιο έχει ενεργειακό διάκενο 1,43eV που είναι ιδανικό για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η απόδοση του στην 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 την χρήση τους σε εφαρμογές ηλιακών συγκεντρωτικών συστημάτων (solar concentrators).

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία GaAs έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν σε πολύ υψηλές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, για αυτό αλλά και λόγω της πολύ υψηλής απόδοσής τους ενδείκνυται για διαστημικές εφαρμογές. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι το υπερβολικό κόστος του μονοκρυσταλλικού GaAs υποστρώματος.



Εικόνα 1.15 Φωτοβολταϊκό panel Αρσενικού Γαλλίου



Εικόνα 1.16 Ηλιακή κυψέλη GaAs (α) και η σχηματική του παράσταση (β)

1.4.1.2.4. Χαλκοπυριτών CIS/CIGS (CuInSe₂ – CIS ή με προσθήκη γαλλίου CIGS)

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία χαλκοπυρίτη (CIS/CIGS), συνδυάζουν τα πλεονεκτήματα των φωτοβολταϊκών στοιχείων λεπτών υμενίων σε συνδυασμό με την απόδοση και την σταθερότητα των φωτοβολταϊκών στοιχείων κρυσταλλικού πυριτίου. Θεωρείται ότι τα Φ/Β στοιχεία χαλκοπυρίτη θα καταλάβουν ένα σημαντικό μέρος της παγκόσμιας αγοράς φωτοβολταϊκών μόλις αρχίσει η μαζική παραγωγή τους.

Ορισμένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των Φ/Β CIS/CIGS που αναμένεται να δώσουν στην συγκεκριμένη τεχνολογία πρωταγωνιστικό ρόλο στην παγκόσμια αγορά φωτοβολταϊκών είναι τα εξής:

ι. Έχουν σημειωθεί υψηλά ποσοστά απόδοσης συγκρίσιμα με αυτά των Φ/Β στοιχείων κρυσταλλικού πυριτίου.

- ii. Παρουσιάζουν σταθερότητα συγκρίσιμη με αυτή των Φ/Β κρυσταλλικού πυριτίου.
- iii. Έχουν χαμηλό κόστος κατασκευής, που είναι και από τα βασικά πλεονεκτήματα των Φ/Β στοιχείων λεπτών υμενίων.
- iv. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά ακατέργαστα υλικά.
- v. Προσαρμόζονται σε πολλές εφαρμογές με μεγάλη ευκολία.
- vi. Πραγματοποιείται μεγάλου εύρους παγκόσμια έρευνα για την ανάπτυξη των Φ/Β στοιχείων CIS/CIGS.

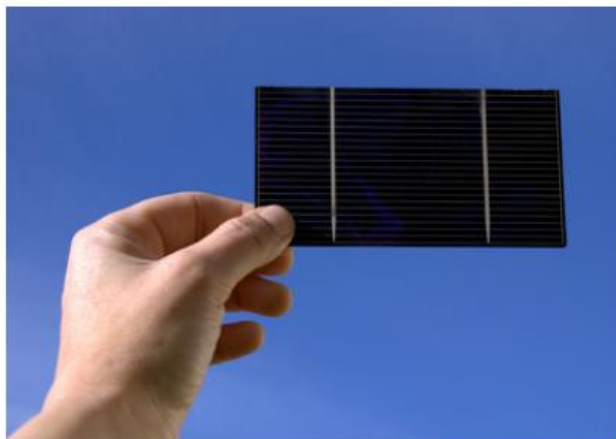
Το ενεργό τμήμα των Φ/Β στοιχείων CIS/CIGS αποτελείται κυρίως από δύο τριαδικά κράματα, τον δισεληνοϊνδιούχο χαλκό (CIS: Copper Indium Diselenide), και τον δισεληνογαλλιούχο χαλκό (CIGS: Copper Indium Gallium Diselenide).

Αμφότεροι έχουν παρόμοια δομή. Ο δισεληνοϊνδιούχος χαλκός, CuInSe_2 , έχει την πλεγματική δομή του χαλκοπυρίτη και είναι ημιαγωγός άμεσου ενεργειακού διακένου με τιμή 1eV. Το ενεργειακό διάκενο του 1eV είναι χαμηλό για ηλιακές κυψέλες, γι' αυτό συνηθίζεται να αντικαθίσταται ένα μέρος του ινδίου με γάλλιο, με στόχο την αύξηση του ενεργειακού διακένου. Το βέλτιστο ενεργειακό διάκενο που επιτυγχάνεται με την προσθήκη του γαλλίου (Cu(In,Ga)Se_2), χωρίς να σημειώνονται απώλειες στην απόδοση, είναι περί τα 1.25 -1.3 eV. Τα περισσότερα Φ/Β στοιχεία CIGS παράγονται με ενεργειακό διάκενο λίγο χαμηλότερο των 1.3eV.

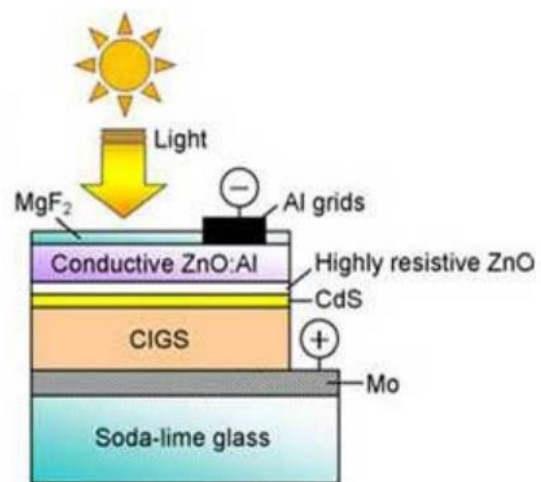
Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία CIS/CIGS έχουν σημειώσει τις υψηλότερες αποδόσεις ανάμεσα στις τεχνολογίες Φ/Β στοιχείων λεπτών υμενίων. Σε εργαστηριακές εφαρμογές έχουν σημειωθεί αποδόσεις έως 20.1% για ηλιακές κυψέλες που έχουν κατασκευασθεί από την Zentrum Fuer Sonnenergie und Wasserstoff Forschung και έχουν μετρηθεί στο Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems. Πολλές εταιρίες στον κόσμο αναπτύσσουν μία ποικιλία από κατασκευαστικές προσεγγίσεις με στόχο το χαμηλό κόστος, την μεγάλη κλίμακα παραγωγή και την δημιουργία μεγάλων πάνελ με αποδόσεις κοντά στις αποδόσεις που έχουν επιτευχθεί σε εργαστηριακές εφαρμογές στις ηλιακές κυψέλες.

Παρόλο που τα Φ/Β στοιχεία CIS/CIGS έχουν τις υψηλότερες αποδόσεις ανάμεσα στις τεχνολογίες λεπτών υμενίων, οι αποδόσεις των μεγάλων πάνελ Φ/Β στοιχείων CIS/CIGS κυμαίνονται από 11% έως 13%. Η υψηλότερη απόδοση έχει επιτευχθεί από την εταιρία Miasole σε Φ/Β πάνελ 1m² και είναι 13.8%, όπως μετρήθηκε από το NREL. Νέο ρεκόρ απόδοσης έχει σημειωθεί από την εταιρία Avancis Gmb H&Co και είναι 15.1% αλλά για Φ/Β πλαίσιο 30 x 30 cm².

Το βασικό πρόβλημα που ανακύπτει με τα Φ/Β στοιχεία CIS/CIGS είναι ότι το ίνδιο υπάρχει σε περιορισμένες ποσότητες στην φύση.



(α)



(β)

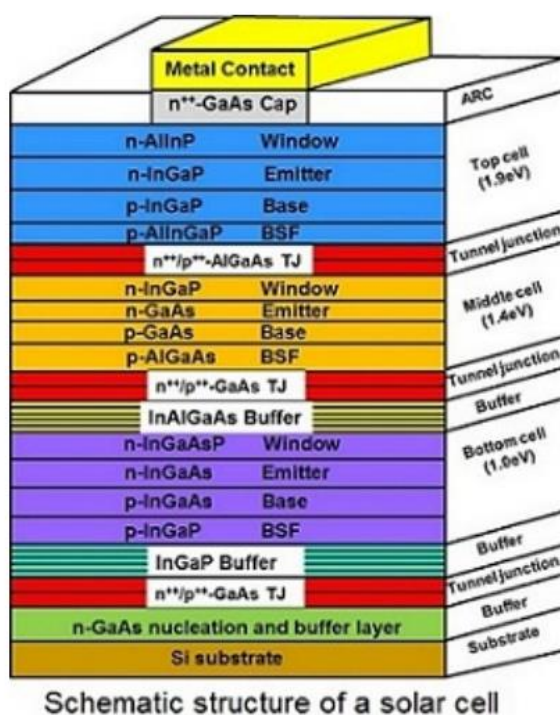
Εικόνα 1.17 Panel χαλκοκυρίτη (α) και σχηματική παράσταση ενός τέτοιου solar cell (β)

1.4.1.2.5. Πολύστρωματικά Φ/Β στοιχεία (multijunction/tandem solar cells)

Στα Φ/Β στοιχεία, δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση όλου του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς τα φωτόνια με ενέργεια μικρότερη από αυτή του ενεργειακού διακένου του ημιαγωγίμου υλικού, τα διαπερνούν χωρίς καμία απορρόφηση. Τα Φ/Β στοιχεία πολλαπλών στρωμάτων (multijunction/tandem solar cells) είναι ενώσεις από πολλά στρώματα φωτοβολταϊκών υλικών με διαφορετικά ενεργειακά διάκενα μεταξύ τους. Τα ανεκμετάλλευτα φωτόνια του πρώτου στρώματος Φ/Β υλικού, το οποίο έχει και το μεγαλύτερο ενεργειακό διάκενο από τα υπόλοιπα στρώματα, συνεχίζουν την

πορεία προς το δεύτερο Φ/Β υλικό, το 100 οποίο έχει μικρότερο ενεργειακό διάκενο από το πρώτο, ώστε να διεγείρουν τους φορείς του.

Η μέθοδος κατασκευής των Φ/Β στοιχείων λεπτών υμενίων έχει συνδυαστεί με αυτή την δομή Φ/Β στοιχείων, χρησιμοποιώντας άμορφο πυρίτιο, δισεληνοϊνδιούχο χαλκό, αρσενιούχο γάλλιο και άλλα στοιχεία, που οδήγησαν στην παραγωγή φωτοβολταϊκών διατάξεων μέγιστης απόδοσης έως και 43,5% από την εταιρία Solar Junction. [3.56] Μία Φ/Β διάταξη αποτελούμενη από στρώματα Φ/Β στοιχείων, αρσενικούχου γαλλίου (GaAs), ίνδιο-γάλλιο-φωσφίδιο (InGaP) έχει πετύχει απόδοση 39%, ενώ πρόσφατα η NREL ανακοίνωσε την δημιουργία Φ/Β στοιχείου τριπλού στρώματος με απόδοση 40,8%. Συνήθως, τα Φ/Β στοιχεία πολλαπλών στρωμάτων κατασκευάζονται σε υπόστρωμα αρσενικούχου γαλλίου (GaAs). Όμως, με στόχο να μειωθεί το κόστος κατασκευής και να αυξηθεί η στιβαρότητά της, χρησιμοποιείται το γερμάνιο (Ge) σαν υπόστρωμα.

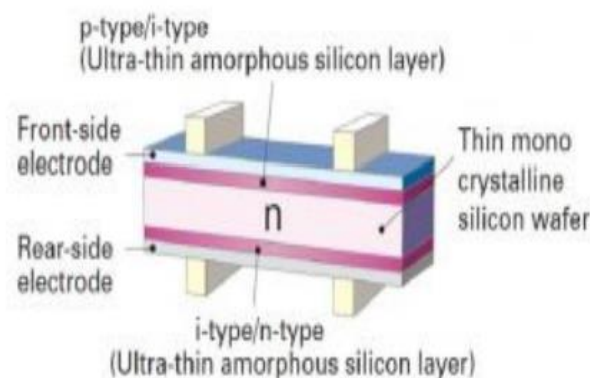


Εικόνα 1.18 Φωτοβολταϊκό στοιχείο πολλαπλών στρωμάτων

1.4.1.2.6. Υβριδικά Φωτοβολταϊκά Στοιχεία

Ένα υβριδικό φωτοβολταϊκό στοιχείο αποτελείται από στρώσεις υλικών, διαφόρων τεχνολογιών - HIT (Heterojunction with Intrinsic Thin - layer). Τα πιο γνωστά εμπορικά υβριδικά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούνται από δύο στρώσεις άμορφου πυριτίου (πάνω και κάτω), ενώ ενδιάμεσα υπάρχει μία στρώση μονοκρυσταλλικού πυριτίου.

Κατασκευάζονται από την εταιρία Sanyo Solar στην Ιαπωνία και οι απόδοση των ηλιακών κυψελών που έχουν κατασκευάσει κυμαίνεται περί τα 21%, για ηλιακές κυψέλες μεγέθους 101 cm². Πέραν της υψηλής τους απόδοσης, τα υβριδικά Φ/Β έχουν το πλεονέκτημα της υψηλής απόδοσης σε υψηλές θερμοκρασίες αλλά και της υψηλής απόδοσης στη διάχυτη ακτινοβολία, δηλαδή σε συνθήκες νέφωσης. Ένα μειονέκτημα των υβριδικών Φ/Β στοιχείων είναι ότι είναι πιο ακριβά από τα Φ/Β στοιχεία των άλλων τεχνολογιών.

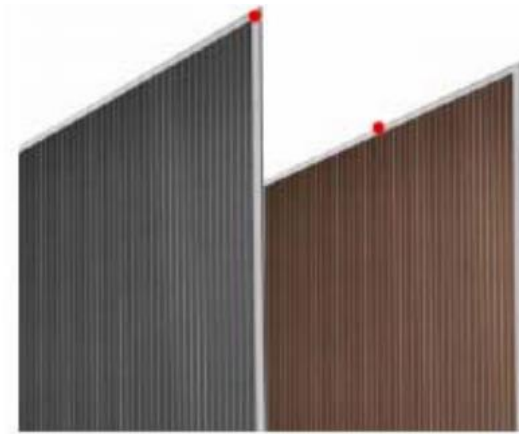


Εικόνα 1.19 Υβριδική φωτοβολταϊκή κυψέλη

Στην Ελλάδα, η εταιρεία Heliosphera κατασκευάζει υβριδικά φωτοβολταϊκά panels. Η κυψέλη λεπτών υμενίων, σε αντίθεση με την απλή άμορφη έκδοση, διαθέτει διπλή δομή με ένα στρώμα άμορφου πυριτίου και ένα στρώμα μικροκρυσταλλικού πυριτίου (τεχνολογία micromorph).

Τα αρχικά στάδια παραγωγής, η εναπόθεση του TCO στο γυαλί και η δημιουργία του άμορφου στρώματος, του πάνω στοιχείου είναι παρόμοια με εκείνα της τεχνολογίας κατασκευής στοιχείων άμορφου πυριτίου. Στη συνέχεια εναποτίθεται ένα δεύτερο στρώμα μικροκρυσταλλικού πυριτίου μετά το στρώμα άμορφου πυριτίου. Η επαφή στην πίσω πλευρά, η στρωματοποίηση και η τοποθέτηση του προστατευτικού γυάλινου καλύμματος γίνονται όπως στη συμβατική διαδικασία παραγωγής.

Η δομή διπλού στρώματος ημιαγωγών εκμεταλλεύεται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το ηλιακό φάσμα διότι τα δύο στρώματα πυριτίου μετατρέπουν μεγαλύτερο μέρος της φωτεινής ενέργειας σε ηλεκτρική. Το στρώμα άμορφου πυριτίου είναι ευαίσθητο στην ορατή περιοχή της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ το στρώμα μικροκρυσταλλικού πυριτίου μετατρέπει το υπέρθυρο τμήμα του φάσματος σε ηλεκτρισμό. Σαν αποτέλεσμα, ένα πλαίσιο που βασίζεται στην τεχνολογία micromorph είναι κατά 50% αποδοτικότερο απ' ότι ένα πλαίσιο που βασίζεται στη συμβατική τεχνολογία άμορφου πυριτίου.



Εικόνα 1.20 Υβριδικά φωτοβολταϊκά panel τεχνολογίας *micromorph*





Το σύνολο της ελληνικής βιομηχανίας φωτοβολταϊκών, συνοψίζεται στον παρακάτω πίνακα.

Μονάδες Παραγωγής	Προϊόντα	Δυναμικότητα
Heliosphera	Thin Film	60 MWp
Solar Cells Hellas	Wafers, Cells, Modules	60 MWp
Silcio/Piritium	Wafers, Cells, Modules	40 MWp
Energy Solutions S.A.	Modules	12 MWp
Exel Group	Modules	60-70 MWp
Stel Solar	Modules	15 MWp

• Συνολική δυναμικότητα των μονάδων παραγωγής στην Ελλάδα: ~250 MWp

1.4.1.2.7. Άλλες τεχνολογίες

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών εξελίσσεται με ραγδαίους ρυθμούς και διάφορα εργαστήρια στον κόσμο παρουσιάζουν νέες πατέντες. Κάποιες από τις τεχνολογίες που φαίνεται να ξεχωρίζουν και πιθανώς μελλοντικά να γίνει ευρεία η χρήση τους είναι τα νανοκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου (nc-Si) και τα Οργανικά/Πολυμερή στοιχεία.

Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών				
ΤΥΠΟΣ	'Λεπτού υμενίου' ή 'Thin Film'	Πολυκρυσταλλικά	Μονοκρυσταλλικά	'Υβριδικά'
Εμφάνιση				
Απόδοση	Άμορφα: 5-7% CIS: 7-10% CdTe: 8-9%	11-14%	13-16%	16-17%
Απαιτούμενη επιφάνεια ανά kWp	10-20 m ²	8-10 m ²	7-8 m ²	6-7 m ²
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	1.300-1.400	1.300	1.300	1.350
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m ²) <small>(μέση τιμή για Ελλάδα και για ένα τυπικό σύστημα με νότιο προσανατολισμό και κατάλληλη κλίση)</small>	65-140	130-160	160-185	190-225
Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO ₂ ανά kWp)	1.380-1.485	1.380	1.380	1.435

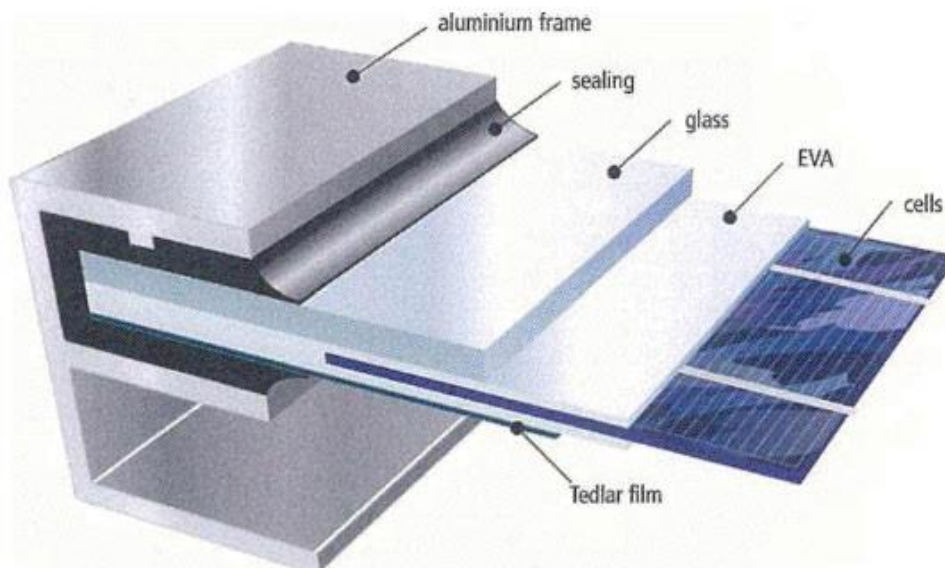
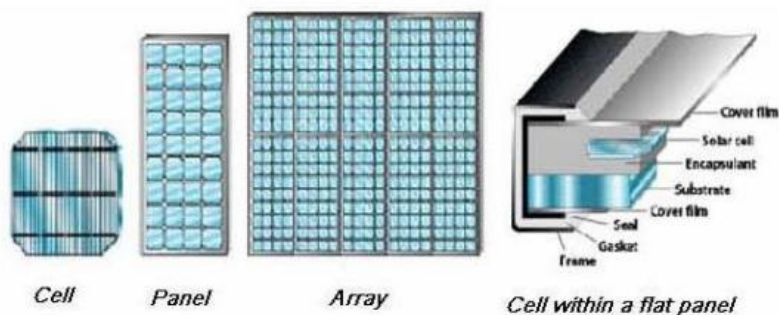
Πίνακας 1.1 Συγκριτικός πίνακας των διαφόρων φωτοβολταϊκών στοιχείων

Στα παρακάτω κεφάλαια, παρατίθενται οι βασικές αρχές στις οποίες στηρίζεται η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών.

1.5.1. Φωτοβολταϊκά συστήματα 1ης, 2ης και 3ης γενιάς

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν ως βασικό μέρος την ηλιακή κυψέλη (solar cell) που είναι ένας κατάλληλα επεξεργασμένος πολυστρωματικός ημιαγωγός (p/n επαφή), λεπτού πάχους σε επίπεδη επιφάνεια. Η πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργεί ηλεκτρική τάση και με την κατάλληλη σύνδεση σε φορτίο παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα.

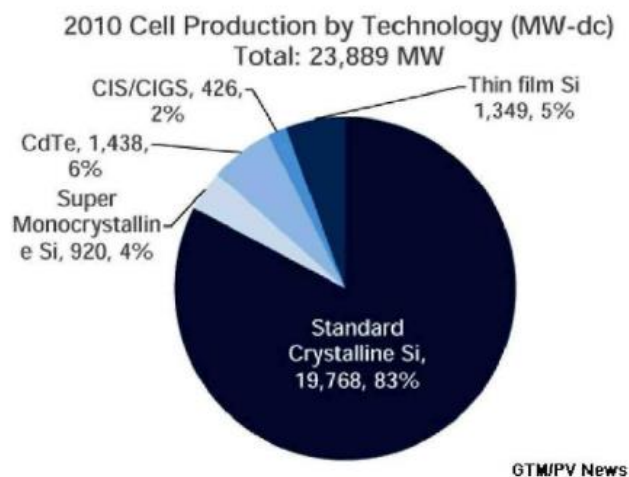
Τα Φ/Β στοιχεία ομαδοποιούνται κατάλληλα και συγκροτούν τα φωτοβολταϊκά πλαίσια ή γεννήτριες (panel-module), τυπικής ισχύος από 20W έως 3000W. Οι Φ/Β γεννήτριες συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους και δημιουργούνται οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες (arrays).



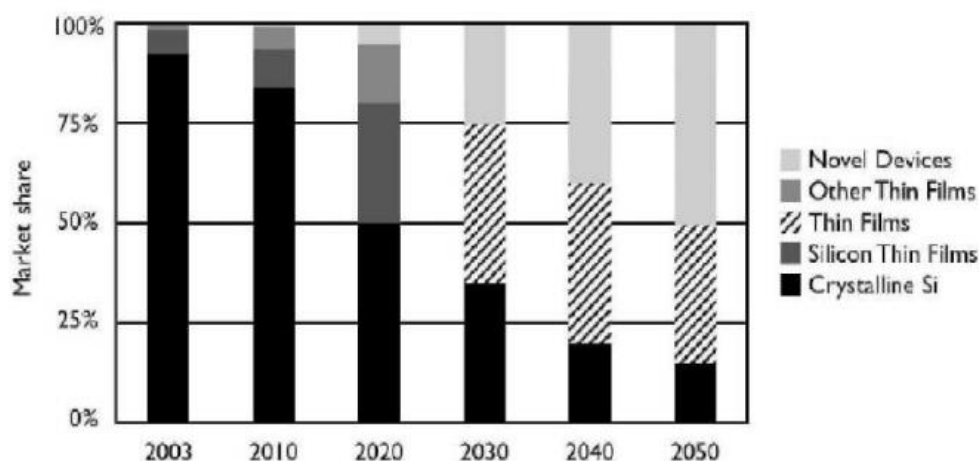
Εικόνα 1.21 Η δημιουργία μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας από την απλή κυψέλη

Με το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο τα ηλεκτρόνια που εκπέμπονται από ένα υλικό όταν αυτό απορροφά ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία όπως ακτίνες X ή ορατό φως. Τα εκπεμπόμενα ηλεκτρόνια αναφέρονται ως φωτοηλεκτρόνια. Για να λάβει χώρα ένα τέτοιο φαινόμενο τα φωτόνια που θα απορροφήσει το υλικό θα πρέπει να έχουν ενέργειες της τάξεως των μερικών eV.

Οι ηλιακές κυψέλες χωρίζονται σε τρεις γενιές, κάθε μια από τις οποίες υποδηλώνει την χρονική σειρά με την οποία κατασκευάστηκαν και άρχισαν να χρησιμοποιούνται. Προς το παρόν, οι ερευνητικές διαδικασίες εξελίσσονται και στις τρεις γενιές, παρόλο που τα τεχνολογικά επιτεύγματα κυρίως της πρώτης γενιάς διακινούνται στο διεθνές εμπόριο (ποσοστό 89,16%).



Εικόνα 1.22 Παραγωγή φωτοβολταϊκών ανα τεχνολογία για το έτος 2010



Εικόνα 1.23 Προβλεπόμενο μερίδιο αγοράς για τις σημαντικότερες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών

1.5.1.1.Πρώτη Γενιά (First Generation)

Αυτή η κατηγορία αποτελείται από συστήματα πυριτίου υψηλής ποιότητας που αποτελούνται από επαφές τύπου p-n (p-n junction, single junction). Τα συστήματα της πρώτης γενιάς προϋποθέτουν λεπτομερή δουλειά, μεγάλη ποσότητα υλικού για να κατασκευαστούν, οπότε και εμποδίζουν οποιαδήποτε προσπάθεια μείωσης στο κόστος παραγωγής. Οι απλές επαφές (p-n junctions) από πυρίτιο προσεγγίζουν ένα θεωρητικό όριο απόδοσης της τάξης του 33% και αντιστοιχούν σε ισότητα δαπανών

ίση με την ενεργειακή παραγωγή ορυκτού καυσίμου, με περίοδο επιστροφής απόσβεσης των δαπανών 5-7 έτη.

1.5.1.2. Δεύτερη Γενιά (Second Generation)

Τα υλικά για να αναπτυχθούν οι ηλιακές κυψέλες της δεύτερης γενιάς έχουν επιλεγεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μειωθούν οι ενεργειακές απαιτήσεις και τα κόστη παραγωγής τους. Αυτό οδήγησε σε εναλλακτικές μεθόδους ανάπτυξης όπως εναπόθεση ατμών, ηλεκτρόλυση κ.α. οι οποίες καθίστανται πιο προσοδοφόρες, αφού δεν χρησιμοποιούν υψηλές θερμοκρασίες εναπόθεσης και ακριβό εξοπλισμό. Είναι αποδεκτό ότι από την στιγμή που οι τεχνικές ανάπτυξης συνεχώς εξελίσσονται, τότε τα κόστη παραγωγής πάντα θα επηρεάζονται από τις ανάγκες για πιο φτηνά υλικά. Οι ηλιακές κυψέλες δεύτερης γενιάς ή Thin Film Solar Cell (TFSC), χωρίζονται στις εξής κατηγορίες ανάλογα με το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τους :

- (α) CdTe (Cadmium Telluride),
- (β) CIGS ή CIS (Copper Indium Gallium Selenide),
- (γ) DSC (Dye-Sensitized Solar Cell),
- (δ) Organic Solar Cell,
- (ε) Thin Film Silicon (TF-Si).

Αυτά τα υλικά εναποτίθενται με την μορφή λεπτού υμενίου πάνω σε ένα υπόστρωμα, όπως γυαλί ή κεραμικό, μειώνοντας έτσι την μάζα του υλικού που χρησιμοποιείται και συνεπώς το κόστος. Επίσης, με χρήση διαφορετικών υλικών δίνεται η δυνατότητα για όλο και καλύτερες αποδόσεις και σημαντικά μικρότερα κόστη παραγωγής, ειδικά για τα CIGS, CdTe.

Ανάμεσα στις μεγάλες κατασκευαστικές εταιρείες, υπάρχει μια τάση να στραφούν προς τις τεχνολογίες δεύτερης γενιάς, ωστόσο η εμπορευματοποίηση αυτών των τεχνικών είναι ακόμα δύσκολη. Από το 2007, η εταιρία First Solar παρήγαγε 200MW ηλιακών κελίων CdTe, φτάνοντας 5η στην κατάταξη μεγαλύτερης ποσότητας παραγωγής ηλιακών κυψελών και ανάμεσα στους 10 πρώτους για την παραγωγή τεχνολογιών δεύτερης γενιάς. Επίσης, το 2007 η εταιρία Würth Solar εμπορευματοποίησε την τεχνολογία CIGS παράγοντας 15 MW. Η εταιρία Nanosolar εμπορευματοποίησε την τεχνολογία CIGS με απόθεμα παραγωγής 430 MW, ενώ η εταιρία Honda το 2008 άρχισε να εμπορευματοποιεί το ηλιακό πάνελ που κατασκεύασε από χαλκοπυρίτες. Συνοπτικά από το 2007, η παραγωγή CdTe αποτέλεσε το 4,7% του συνολικού εμπορίου των ηλιακών κυψελών, τα λεπτά υμένια από πυρίτιο το 5,2% και το CIGS το 0,5 %.

1.5.1.3. Τρίτη Γενιά (Third Generation)

Οι τεχνολογίες τρίτης γενιάς στοχεύουν να εμπλουτίσουν την «χαμηλή» ηλεκτρική απόδοση των τεχνολογιών δεύτερης γενιάς (TFSC) σε συνδυασμό με τη διατήρηση του χαμηλού κόστους παραγωγής τους.

Οι έρευνες στοχεύουν σε αποδόσεις της τάξεως του 30 - 60%, ενώ επιδιώκουν να διατηρήσουν το χαμηλό κόστος των υλικών και τις μεθόδους ανάπτυξης. Έχει γίνει σκοπός να ξεπεραστεί το θεωρητικό όριο ηλιακής απόδοσης που αντιστοιχεί σε ένα υλικό κατώτατων ενεργειακών ορίων. Αυτό το θεωρητικό όριο υπολογίστηκε το 1961 από τους Shockley και Queisser να είναι ίσο με 31 %, υπό φωτισμό ενός ηλίου και με 40,8% υπό την μέγιστη συγκέντρωση φωτός του ήλιου (46.200 ήλιοι). Αυτό καθιστά το τελευταίο όριο πιο δύσκολο να προσεγγισθεί από το πρώτο.

Υπάρχουν κάποιες προσεγγίσεις που μπορούν να βοηθήσουν στην επίτευξη αυτών των υψηλών αποδόσεων, οι οποίες περιλαμβάνουν την χρήση φωτοβολταϊκών κελίων τύπου multiple junction (πολλαπλών επαφών), την καλύτερη συγκέντρωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας πάνω στα πάνελ, τη χρήση θερμικής παραγωγής από το UV έτσι ώστε να ενισχυθεί η τάση ή η συλλογή των φορέων, και τέλος, την αξιοποίηση του υπερύθρου φάσματος για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί νυχτερινή λειτουργία.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το 2002 καταγράφηκε η μεγαλύτερη απόδοση (18%) για ηλιακές κυψέλες κατασκευασμένες από λεπτά υμένια CdTe από μια έρευνα του Πανεπιστημίου Sheffield Hallam. Επίσης, η NREL (National Renewable Energy Laboratory) πέτυχε απόδοση 19,9% για ηλιακές κυψέλες βασισμένες σε λεπτά υμένια CIGS.

1.5.1.4 Δομή ενός φωτοβολταϊκού συστήματος

Το φωτοβολταϊκό σύστημα αποτελείται από ένα αριθμό μερών ή υποσυστημάτων:

(α) Τη φωτοβολταϊκή γεννήτρια με τη μηχανική υποστήριξη και πιθανόν ένα σύστημα παρακολούθησης της ηλιακής τροχιάς.

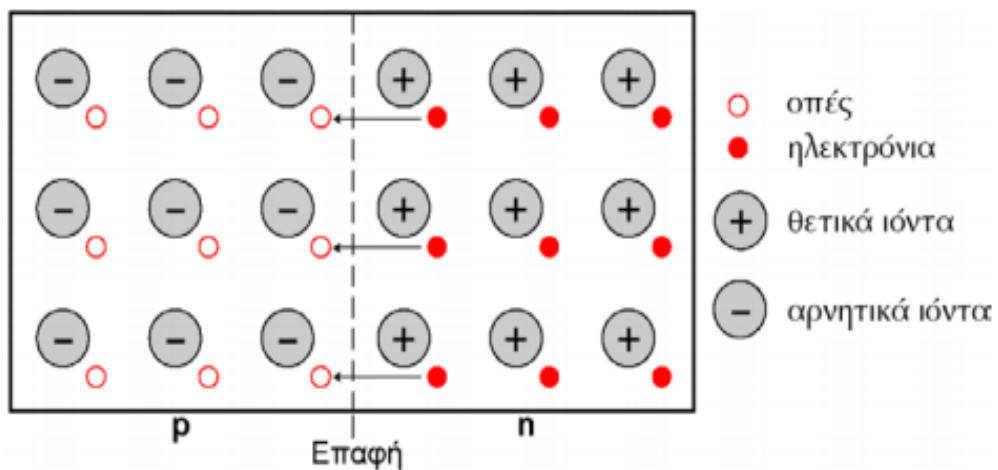
(β) Μπαταρίες (υποσύστημα αποθήκευσης)- (πλέον δεν χρησιμοποιούνται, η σύνδεση του πάνελ γίνεται απευθείας με το δίκτυο της ΔΕΗ)

(γ) Καθορισμό ισχύος και συσκευή ελέγχου που περιλαμβάνει φροντίδα για μέτρηση και παρατήρηση.

(δ) Εφεδρική γεννήτρια. Η επιλογή του πώς και ποια από αυτά τα στοιχεία ολοκληρώνονται μέσα στο σύστημα εξαρτάται από ποικίλες εκτιμήσεις.

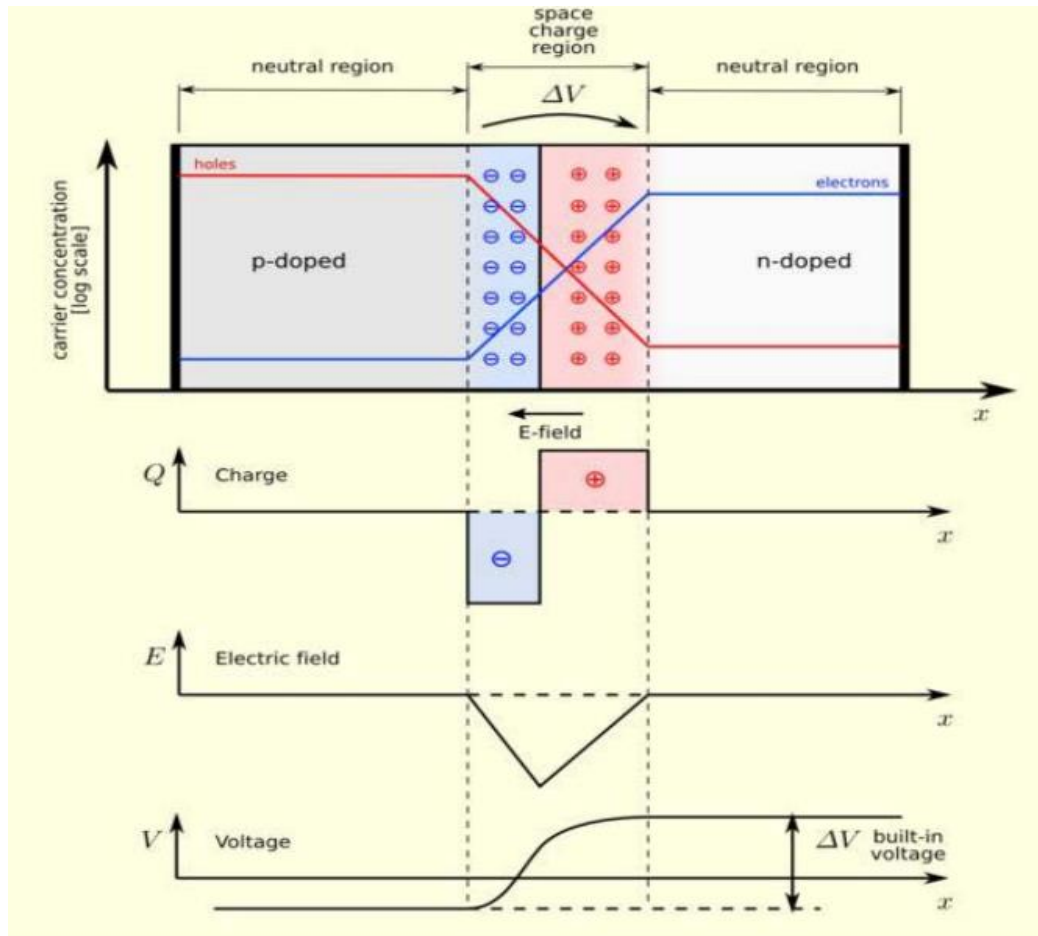
1.6.1.Ετεροεπαφή p-n

Όταν ένας ημιαγωγός n-τύπου έρχεται σε επαφή με ένα ημιαγωγό p-τύπου δημιουργείται μια ετερο-επαφή p-n. Ο όρος ετερο-επαφή αναφέρεται στο σημείο όπου τα δυο είδη ημιαγωγών βρίσκονται σε επαφή. Συνήθως κατασκευάζονται από έναν απλό κρύσταλλο με διαφορετικά είδη προσμίξεων στις δύο διάφορες περιοχές του. Οι ετερο-επαφές p-n παρουσιάζουν ιδιότητες που είναι εξαιρετικά ενδιαφέρουσες στην σύγχρονη ηλεκτρονική. Οι ημιαγωγοί αγωγιμότητας p έχουν ως φορείς πλειονότητας οπές. Οι ημιαγωγοί αγωγιμότητας n έχουν ως φορείς πλειονότητας ηλεκτρόνια. Δεδομένου, ότι στους δύο τύπους ημιαγωγών υπάρχει διαφορετική συγκέντρωση φορέων, οπών και ηλεκτρονίων, οπές από τον p-τύπο διαχέονται στον n-τύπο και αντίστροφα. Οι οπές, που διαχέονται στην n-περιοχή, επανασυνδέονται με τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται κοντά στην επαφή, και, αντιστρόφως, τα ηλεκτρόνια, που διαχέονται στην p-περιοχή, επανασυνδέονται με τις οπές της p-περιοχής που βρίσκονται κοντά στην επαφή. Επομένως, η περιοχή της επαφής είναι απογυμνωμένη από ελεύθερους φορείς σε σχέση με τις περιοχές n και p που βρίσκονται μακριά από την επαφή. Τα ηλεκτρόνια που εγκαταλείπουν την n-περιοχή κοντά στην επαφή, δημιουργούν μια περιοχή με θετικά φορτισμένα ιόντα δοτών, απογυμνωμένη από ηλεκτρόνια. Αντίστοιχα, οι οπές που εγκαταλείπουν την p-περιοχή κοντά στην επαφή δημιουργούν μια περιοχή με αρνητικά φορτισμένα ιόντα αποδεκτών. Υπάρχει, δηλαδή, γύρω από την περιοχή της επαφής, μια περιοχή φορτίου χώρου, η οποία καλείται και περιοχή απογύμνωσης (space-charge region ή depletion region). Στην εικόνα αναπαρίσταται μια απλή μονοδιάστατη ετερο-επαφή p-n.

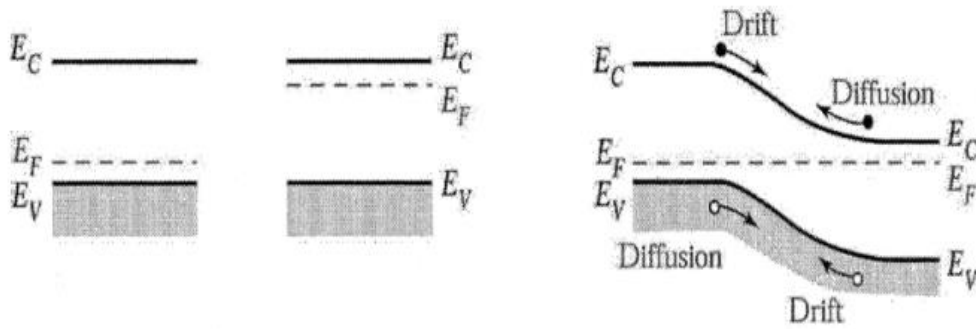


Είναι φανερό, ότι υπάρχει ένα εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο, το οποίο κατευθύνεται από τα θετικά προς τα αρνητικά ιόντα και το οποίο προκαλεί ολίσθηση των οπών προς την p-περιοχή και των ηλεκτρονίων προς την n-περιοχή. Το πεδίο, δηλαδή, ωθεί τις οπές προς την αντίθετη κατεύθυνση από αυτή από την οποία διαχέονται. Παρόμοια κατάσταση ισχύει και για τα ηλεκτρόνια, δεδομένου ότι η ολίσθηση, που προκαλείται λόγω του πεδίου, έχει φορά αντίθετη της διάχυσης. Τα ηλεκτρόνια

τείνουν να ολισθήσουν, λόγω του πεδίου, από την περιοχή n στην περιοχή p. Καθώς όλο και περισσότερες οπές και ηλεκτρόνια διαχέονται, το πεδίο γύρω από το σημείο επαφής ολοένα και αυξάνεται. Η κατάσταση αυτή συνεχίζεται έως ότου επιτευχθεί ισορροπία. Στην κατάσταση ισορροπίας, εξισορροπείται η ροή των ηλεκτρονίων και των οπών λόγω διάχυσης από τη ροή λόγω ολίσθησης που οφείλεται στο εσωτερικό πεδίο. Σημειώνεται, ότι προκειμένου να ισχύει ηλεκτρική ουδετερότητα, θα πρέπει το φορτίο, που βρίσκεται στη μια πλευρά, να ισούται με το φορτίο στην άλλη πλευρά.



Εικόνα 1.24 Ετερο-επαφή p-n σε θερμική ισορροπία. Οι γκρι περιοχές είναι ουδέτερα φορτισμένες, οι μπλε αρνητικά και οι κόκκινες θετικά.



Εικόνα 1.25 α) Διαγράμματα ενεργειακών χασμάτων ημιαγωγού τύπου p και ημιαγωγού τύπου n πριν την επαφή, β) διάγραμμα ενεργειακού χάσματος μιας ετερο-επαφής p-n.

Στην εικόνα έγινε η παραδοχή, ότι η συγκέντρωση των δοτών είναι μικρότερη από τη συγκέντρωση των αποδεκτών. Αυτό συνεπάγεται, ότι η περιοχή απογύμνωσης εκτείνεται περισσότερο στην n-περιοχή, με τη ολιγότερη πρόσμειξη, απ' ότι στην p-περιοχή η οποία είναι εντονότερα προσμειγμένη εκ των δύο.

1.6.1. 1.Χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης (I-V) ημιαγωγίμων δομών

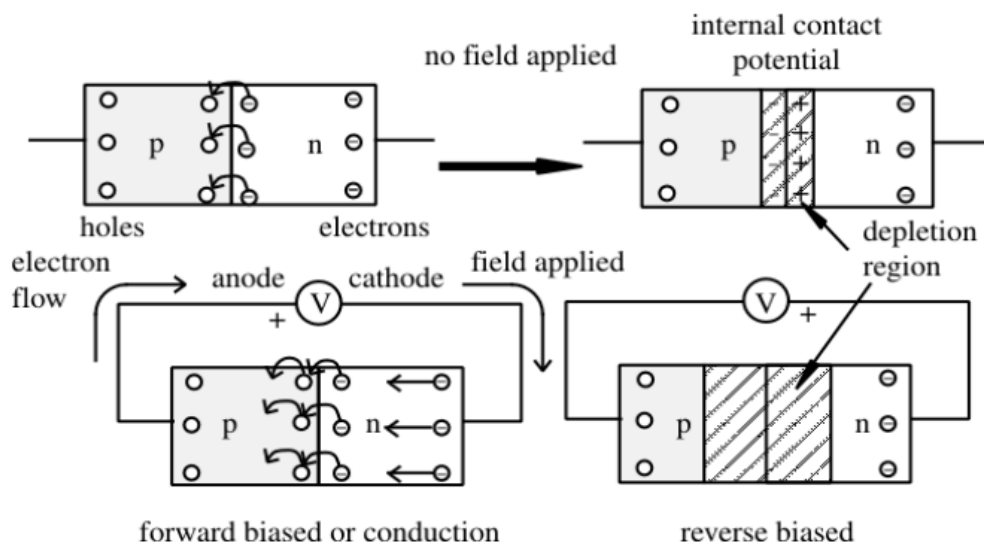
Η απόκριση I-V μιας διόδου ετερο-επαφής p-n χαρακτηρίζεται από τη διαδικασία μεταφοράς των φορέων μειονότητας, δηλαδή, τη διάχυση των εγγεόμενων ηλεκτρονίων στην περιοχή τύπου p και την διάχυση των οπών στην περιοχή τύπου n. Αυτή η διαδικασία ελέγχει και περιορίζει την όλη ροή ρεύματος μέσω της επαφής p-n. Η εξαγωγή αναλυτικών εκφράσεων, που περιγράφουν τις συνιστώσες ρεύματος στην πολωμένη επαφή p-n, στηρίζεται στις εξισώσεις συνέχειας και διάχυσης. Στην ορθή πόλωση, οι οπές (ή τα ηλεκτρόνια) εγγέονται στην περιοχή τύπου n (ή τύπου p) και επανασυνδέονται με τους υπάρχοντες φορείς πλειονότητας καθώς απομακρύνονται από την περιοχή της επαφής. Η κατάσταση αυτή χαρακτηρίζεται από μεταβολή της συγκέντρωσης των φορέων. Συνεπώς εμφανίζεται και ρεύμα διάχυσης. Αυτό οδηγεί σε μόνιμη κατάσταση. Στην ανάστροφη πόλωση, οι τιμές των συγκεντρώσεων που προξενούν τις συνιστώσες ρεύματος διάχυσης είναι κατά πολλές τάξεις μεγέθους μικρότερες. Έτσι τα μετρούμενα ρεύματα, στην ανάστροφη πόλωση, αναμένονται να είναι κατά πολλές τάξεις μεγέθους μικρότερα από ότι είναι στην περίπτωση μιας ορθά πολωμένης διόδου. Η εξίσωση μεταξύ της πυκνότητας ρεύματος και της επιβαλλόμενης τάσης είναι:

$$J = J_s \left\{ \exp \left[\frac{qV_{AAP(f)}}{nkT} \right] - 1 \right\} \quad (1.1)$$

Όπου $V_{AAP(f)}$ είναι η επιβαλλόμενη τάση και

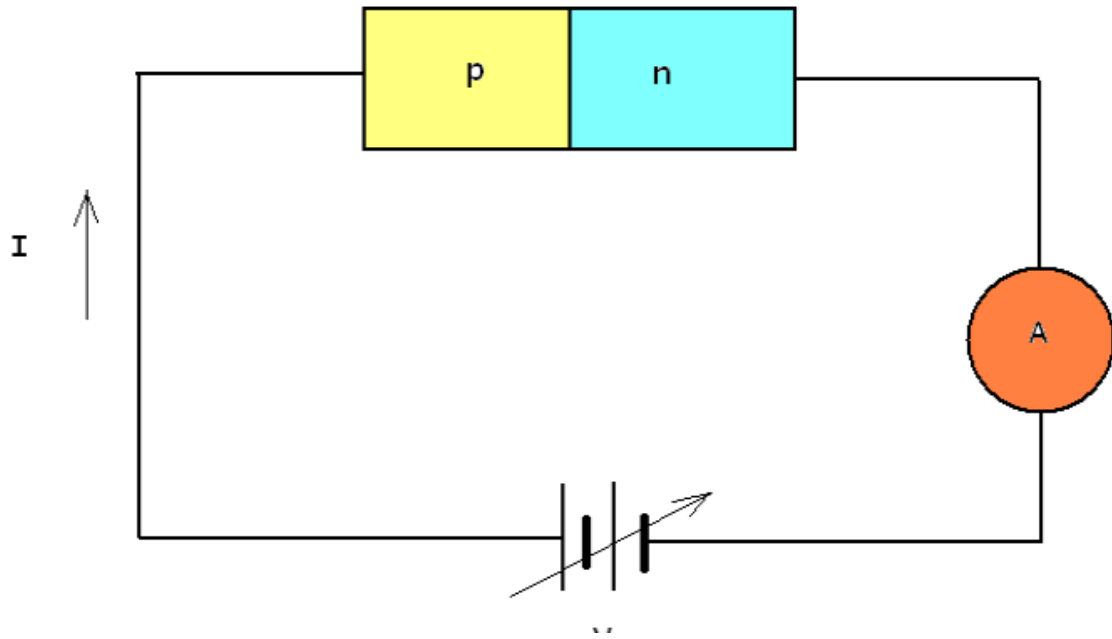
$$J_s = qn_i^2 \left\{ \frac{D_n}{N_A L_n} + \frac{D_p}{N_D L_p} \right\} \quad (1.2)$$

Η πιο πάνω σχέση δίνει την πυκνότητα ρεύματος σε ορθά πολωμένη ιδανική δίοδο επαφής p-n. Η πυκνότητα ρεύματος J_s ονομάζεται ρεύμα κόρου κατά την ανάστροφη πόλωση.



Εικόνα 1.26 Ορθή και ανάστροφη πόλωση ετεροεπαφής p-n.

Στη συνέχεια, παρουσιάζεται μια επαφή p-n ως τμήμα εξωτερικού κυκλώματος με ορθή πόλωση:

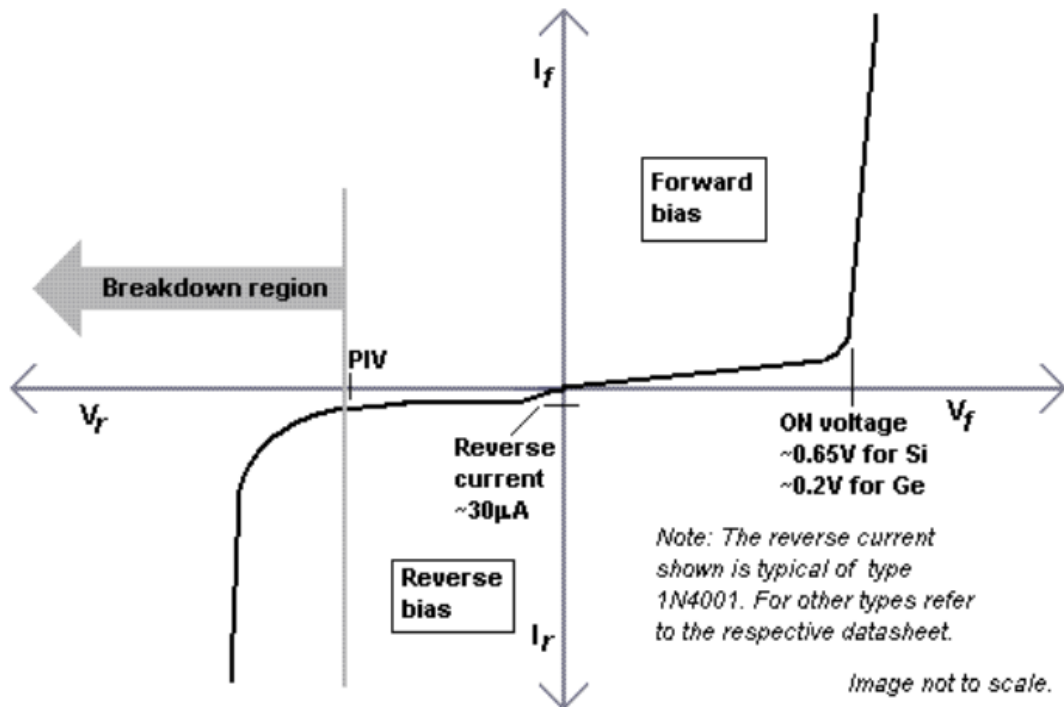


Εικόνα 1.27 Επαφή p-n σε ηλεκτρικό κύκλωμα 26

Η διάταξη αυτή άγει πολύ ευκολότερα ρεύμα στην κατεύθυνση από το p προς το n από ότι στην αντίθετη κατεύθυνση. Η σχέση που συνδέει ρεύμα και τάση προέρχεται από την εξίσωση (1.1) με $q = ne$, όπου q είναι το συνολικό φορτίο και n το πλήθος των ηλεκτρικών φορέων:

$$I = I_s \left(e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right) \tag{1.3}$$

Σύμφωνα με την παραπάνω εξίσωση, σημαντικές παράμετροι λειτουργίας της διάταξης είναι το ρεύμα κόρου I_s , η θερμοκρασία T και η εφαρμοζόμενη τάση V . Το διάγραμμα που προκύπτει είναι της μορφής:

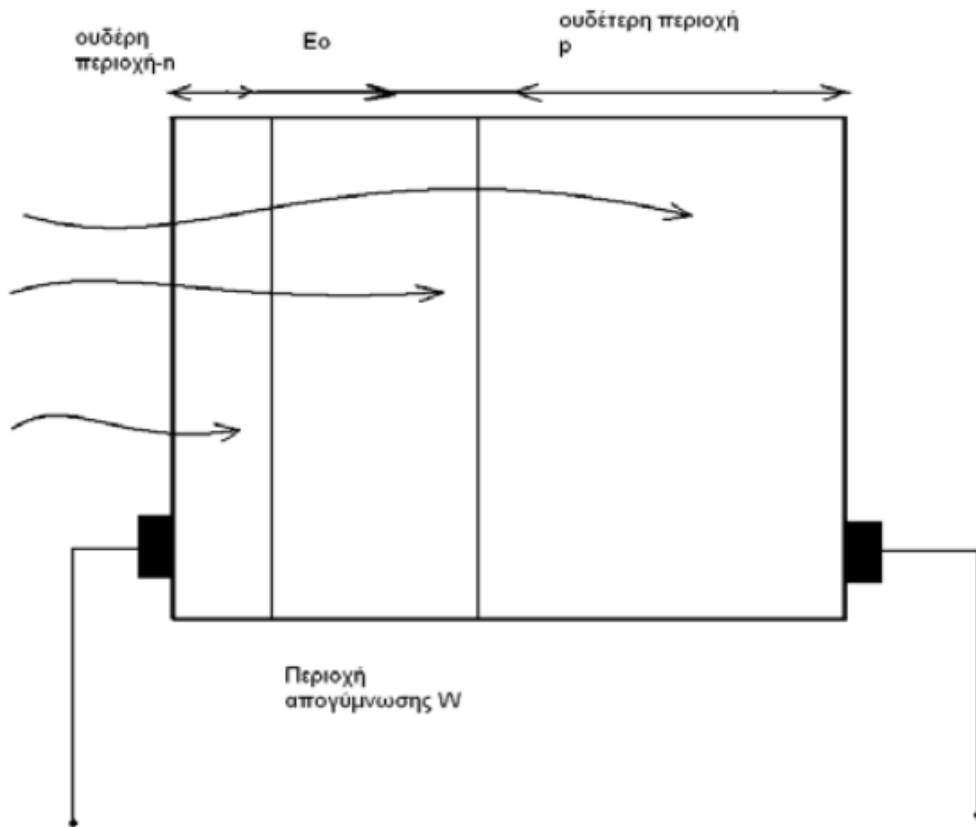


Εικόνα 1.28 Χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης επαφής p-n

Όπως φαίνεται στην εικόνα, η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης μιας επαφής p-n έχει εκθετική μορφή που περνάει από την αρχή των αξόνων. Για αρνητικές τιμές τάσης, δηλαδή, για ανάστροφη πόλωση, τα ρεύματα που μετρώνται είναι πολύ μικρά. Στην περίπτωση της ορθής πόλωσης, δηλαδή, για θετικές τιμές τάσης, το ρεύμα αυξάνει εκθετικά και αποκτά πολύ μεγάλες τιμές.

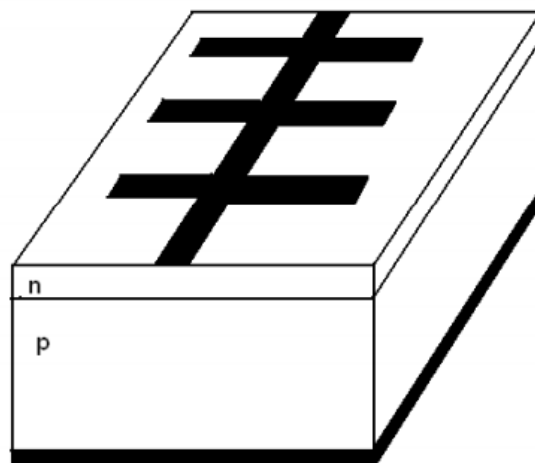
1.6.2. Αρχή λειτουργίας ηλιακής κυψέλης

Θεωρούμε μια ετερο-επαφή p-n με πολύ λεπτή και έντονα νοθευμένη περιοχή n. Ακόμα υποθέτουμε, ότι γίνεται ακτινοβολήση της λεπτής περιοχής n



Εικόνα 1.29 Επαφή p-n υπό ακτινοβόληση

Η περιοχή απογύμνωσης (W) ή αλλιώς περιοχή φορτίου χώρου εκτείνεται κατά κύριο λόγο στην p-περιοχή. Στην περιοχή απογύμνωσης, υπάρχει ένα ηλεκτρικό πεδίο E_o . Τα ηλεκτρόδια στην πλευρά της ακτινοβόλησης (δηλαδή στην n-περιοχή) πρέπει να επιτρέπουν την ακτινοβολία να φτάνει στη διάταξη. Παράλληλα, πρέπει να έχουν χαμηλή εν σειρά αντίσταση. Για τον λόγο αυτό, τα ηλεκτρόδια, που τοποθετούνται στην n-περιοχή, δημιουργούν μια διάταξη κλαδωτών ηλεκτροδίων στην επιφάνεια



Εικόνα 1.30 Επαφή p-n με κλαδωτό ηλεκτρόδιο.

Επειδή η περιοχή n είναι πολύ λεπτή, τα πιο πολλά φωτόνια διέρχονται μέσα από αυτή και, στη συνέχεια, απορροφώνται στην περιοχή p. Επομένως, στην περιοχή p δημιουργούνται ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών (e-h pairs). Εξαιτίας της ύπαρξης του πεδίου E_0 , τα ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών, που προκύπτουν λόγω φωτογένεσης, διαχωρίζονται αμέσως. Τα ηλεκτρόνια κινούνται στην ουδέτερη n-περιοχή δημιουργώντας ένα πλεόνασμα αρνητικού φορτίου κατά $-e$. Οι οπές κινούνται προς την ουδέτερη p-περιοχή καθιστώντας την θετικά φορτισμένη. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργείται μια τάση ανοικτού κυκλώματος στους ακροδέκτες της διάταξης. Δηλαδή, η p-περιοχή είναι θετικά φορτισμένη σε σχέση με την n-περιοχή. Συνδέοντας ένα εξωτερικό φορτίο, τα επιπλέον ηλεκτρόνια μπορούν καταναλώνοντας έργο να κινηθούν. Μέσω του εξωτερικού κυκλώματος μπορούν να φτάσουν στην p-περιοχή και να επανασυνδεθούν με τις επιπλέον οπές που βρίσκονται σε αυτήν την περιοχή. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 1.30, τα φωτόνια με μεγάλο μήκος κύματος διεισδύουν σε μεγαλύτερο βάθος. Φτάνουν στην p-περιοχή, όπου διαχέονται και επάγουν ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών. Το ηλεκτρόνιο κάθε ζεύγους που δημιουργείται έχει ένα μέσο χρόνο επανασύνδεσης τ_e . Ακόμα διαχέεται σε μια μέση απόσταση L_e . Επομένως τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από L_e μπορούν σχετικά εύκολα να διαχυθούν μέχρι εκεί. Στη συνέχεια, υπό την επίδραση του ηλεκτρικού πεδίου μεταφέρονται στην n-περιοχή.

Κατά συνέπεια, μόνο τα ηλεκτρόνια των ζευγών ηλεκτρονίων – οπών που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από L_e συμμετέχουν στη δημιουργία του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Από την διαδικασία αυτή, το ηλεκτρόνιο, που κινείται προς την n-περιοχή υπό την επίδραση του πεδίου, προσθέτει εκεί ένα επιπλέον αρνητικό φορτίο. Αντίστοιχα, η οπή, που παραμένει στην p-περιοχή, προσθέτει ένα θετικό φορτίο σε αυτή την περιοχή. Τα ζεύγη, που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη από το μήκος διάχυσης L_e από την περιοχή απογύμνωσης, χάνονται λόγω επανασύνδεσης. Αντίστοιχα, ισχύουν για φωτόνια μικρού μήκους κύματος στην n-περιοχή. Δηλαδή, οι οπές, που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από το μήκος L_h από την περιοχή απογύμνωσης, κινούνται με τον ίδιο τρόπο προς την p-περιοχή. Επομένως, μπορούμε συνοπτικά να πούμε ότι η διέγερση ζευγών ηλεκτρονίων– οπών που συνεισφέρει στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο γίνεται μέσα σε μια ζώνη πλάτους L_h+W+L_e . Βραχυκυκλώνουμε τους ακροδέκτες της διάταξης, που φαίνεται στην εικόνα 1.29. Τα επιπλέον ηλεκτρόνια της n-περιοχής θα κινηθούν μέσω του εξωτερικού κυκλώματος για να εξουδετερώσουν τις επιπλέον οπές στην p-περιοχή. Το ρεύμα, που οφείλεται σε αυτήν την ροή διεγερμένων φορέων, ονομάζεται φωτο-ρεύμα.

Στην εικόνα 1.32 παρουσιάζεται μια ιδανική φωτοβολταϊκή διάταξη ετερο-επαφής p-n. Σε αυτήν είναι συνδεδεμένο ένα φορτίο R. Βραχυκυκλώνοντας το φορτίο, το κύκλωμα διαρρέεται από ρεύμα που δημιουργείται από το φως που προσπίπτει (φωτο-ρεύμα I_{ph}). Το ρεύμα αυτό εξαρτάται από το πλήθος των ζευγών ηλεκτρονίων-οπών που δημιουργούνται εντός της περιοχής απογύμνωσης. Ακόμα, εξαρτάται και από τα μήκη διάχυσης γύρω από αυτήν. Όπως είναι προφανές, όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του φωτός, τόσο μεγαλύτερος θα είναι και ο ρυθμός φωτο-γένεσης και,

κατά συνέπεια, και το φωτο-ρεύμα I_{ph} . Η σχέση που συνδέει την ένταση του φωτός I και το ρεύμα βραχυκύκλωσης είναι:

$$I_{sc} = -I_{ph} = KI \quad (1.4)$$

όπου K είναι μια σταθερά που εξαρτάται από την εκάστοτε διάταξη. Το φωτο-ρεύμα εξαρτάται μόνο από το εσωτερικό πεδίο. Άρα, υφίσταται ροή φωτο-ρεύματος, ακόμα και όταν η τάση στα άκρα της διάταξης είναι μηδενική. Μόνη προϋπόθεση είναι να εξασφαλίζεται η ύπαρξη του εσωτερικού πεδίου E_o .

Στην περίπτωση που η αντίσταση R δεν βραχυκυκλώνεται, τότε θα εφαρμόζεται στην δίοδο μια θετική τάση V , ως αποτέλεσμα του ρεύματος που την διαρρέει. Η τάση αυτή μειώνει το εσωτερικό δυναμικό της επαφής p-n προκαλώντας την έγχυση φορέων μειονότητας και την διάχυση τους, όπως ακριβώς θα συνέβαινε και σε μια κανονική δίοδο. Έτσι εκτός από το I_{ph} στο κύκλωμα πλέον υπάρχει και το ορθό ρεύμα της διόδου I_d . Το ρεύμα αυτό οφείλεται στην κανονική λειτουργία της επαφής p-n και δίνεται από την χαρακτηριστική της επαφής.

$$I_d = I_o \left[\exp\left(\frac{eV}{\eta kT}\right) - 1 \right] \quad (1.5)$$

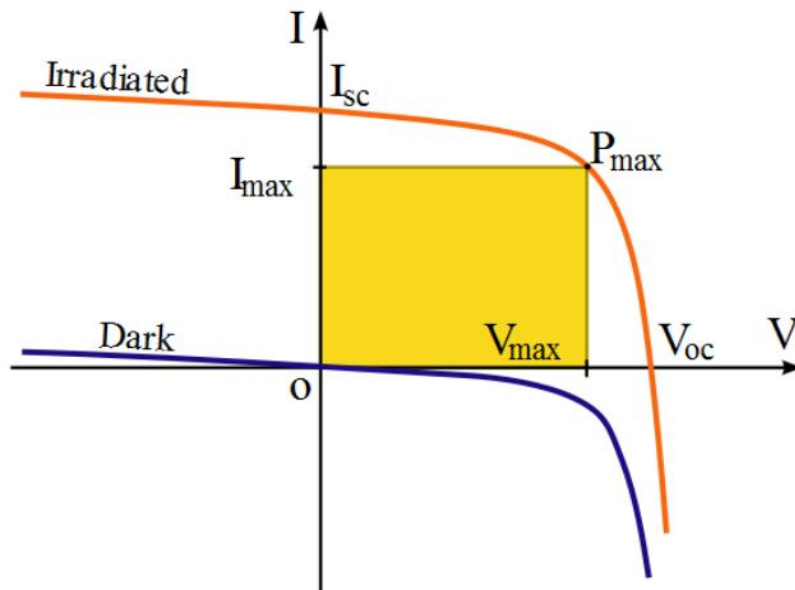
I_o το ανάστροφο ρεύμα κορεσμού και η ο συντελεστής ποιότητας που κυμαίνεται από 1 μέχρι 2.

Επομένως το συνολικό ρεύμα που διαρρέει την ηλιακή κυψέλη είναι:

$$I = -I_{ph} + I_d = -I_{ph} + I_o \left[\exp\left(\frac{eV}{\eta kT}\right) - 1 \right] \quad (1.6)$$

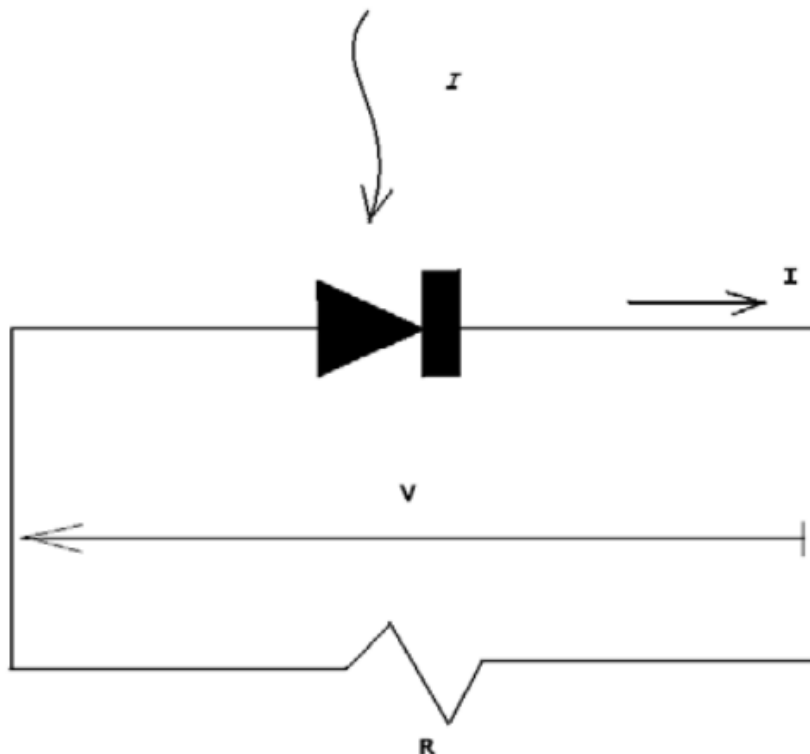
Στην εικόνα 1.12 φαίνονται δυο χαρακτηριστικές καμπύλες. Οι δύο διάφορες χαρακτηριστικές προκύπτουν από την μετακίνηση της καμπύλης που αντιστοιχεί στο σκοτάδι. Η μετακίνηση αυτή οφείλεται στο φωτο-ρεύμα, το οποίο εξαρτάται από την ένταση του φωτός. Η τάση ανοιχτού κυκλώματος V_{oc} αντιστοιχεί στο σημείο όπου η καμπύλη I-V τέμνει τον άξονα V ($I=0$), αν και γενικά η τάση αυτή εξαρτάται και από

την ένταση του φωτός. Συνήθως η τιμή της βρίσκεται μεταξύ 0,4 και 0,6 V.



Εικόνα 1.31 Χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης διόδου

Όταν η ηλιακή κυψέλη συνδεθεί με φορτίο, τότε το φορτίο έχει την ίδια τάση με την κυψέλη και διαρρέεται από το ίδιο ρεύμα. Όπως παρατηρείται και στην εικόνα 1.32, το ρεύμα I που διαρρέει το φορτίο (εδώ συμβολίζεται με μια αντίσταση R) ρέει πλέον προς την αντίθετη φορά σε σχέση με την σύμβαση ότι το ρεύμα ρέει από σημεία υψηλότερου σε σημεία χαμηλότερου δυναμικού.



Εικόνα 1.32 Δίοδος υπό ακτινοβόληση σε κύκλωμα

Υπό συνθήκες ανοικτού κυκλώματος (δεν συνδέεται φορτίο στα άκρα του κυκλώματος), το συνολικό ρεύμα είναι μηδέν. Αυτό σημαίνει, ότι το φωτο-ρεύμα I_L προκαλεί τη δημιουργία τάσης V_{oc} , ώστε να προκαλεί ρεύμα στη δίοδο $I_L = I_D$. Αντιθέτως, όταν η κυψέλη βραχυκυκλωθεί, δηλαδή $V=0$, το ρεύμα βραχυκύκλωσης ισούται με το φωτο-ρεύμα $I_{sc} = I_L$.

Η V_{oc} είναι η μέγιστη δυνατή τάση και το I_{sc} είναι το μέγιστο δυνατό ρεύμα που μπορούν να αναπτυχθούν στην ηλιακή κυψέλη (εικόνα 1.31). Η μέγιστη δυνατή τιμή της τάσης εξαρτάται από το ενεργειακό χάσμα του υλικού και μπορεί να υπολογιστεί από το λόγο του ενεργειακού χάσματος προς το φορτίο ενός ηλεκτρονίου (E_g/e). Λόγω της επανασύνδεσης ηλεκτρονίων-οπών η τάση λειτουργίας μιας ηλιακής κυψέλης είναι σημαντικά μικρότερη. Η μέγιστη δυνατή τιμή είναι το φωτο-ρεύμα.

Προφανώς, υπάρχει κάποια τιμή της αντίστασης φορτίου, η οποία μεγιστοποιεί την παραγομένη ισχύ της ηλιακής κυψέλης. Για την τιμή αυτή της αντίστασης, η μέγιστη ισχύ P_m δίνεται από τη σχέση :

$$P_m = I_m V_m \quad (1.7)$$

Η μέγιστη ισχύς ισούται με το εμβαδόν του σκιαγραφημένου ορθογωνίου (εικόνα 1.12) και αναφέρεται ως ονομαστική ισχύς της κυψέλης.

Ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος P_m προς το γινόμενο της έντασης βραχυκύκλωσης και της τάσης ανοικτού κυκλώματος της ηλιακής κυψέλης ονομάζεται συντελεστής πλήρωσης FF (Fill Factor) και αποτελεί χαρακτηριστική παράμετρο για την απόδοση της κυψέλης. Άρα:

$$FF = \frac{P_m}{I_{sc} V_{oc}} = \frac{P_m}{I_{sc} V_{oc}} \quad (1.8)$$

Οι πιο βασικές παράμετροι για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς και της λειτουργίας μιας ηλιακής κυψέλης είναι ο συντελεστής πλήρωσης (FF), το ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc}), και η τάση ανοικτού κυκλώματος (V_{oc}). Οι παράμετροι αυτές καθορίζουν την απόδοση των ηλιακών κυψελών, η οποία ισούται με το λόγο της μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος προς την προσπίπτουσα φωτεινή ισχύ ανά μονάδα επιφάνειας. Ο συντελεστής απόδοσης μιας κυψέλης υπολογίζεται από την σχέση:

$$\eta = \frac{I_m V_m}{P_L} = \frac{FF I_{sc} V_{oc}}{P_L} \quad (1.9)$$

Όπου P_L : (η ένταση της ακτινοβολίας στην επιφάνεια της κυψέλης) x (εμβαδόν της επιφάνειας της κυψέλης).

Ιστορική αναδρομή Νομοθεσίας ΑΠΕ

2.1 Ιστορική αναδρομή της ΔΕΗ

Από το 1950, έτος ίδρυσης της ΔΕΗ, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα ήταν αποκλειστικότητα της ΔΕΗ. Τα κύρια μέρη της ΔΕΗ ήταν:

- **Η Παραγωγή**, στην οποία άνηκαν τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως με Ατμοηλεκτρικούς σταθμούς με καύση λιγνίτη και υδροηλεκτρικά Εργοστάσια.
- **Η Μεταφορά**, με την οποία μεταφερόταν η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τους σταθμούς παραγωγής στα αστικά κέντρα μέσω γραμμών υψηλής τάσης(150kV) και Υπερύψηλης (400kV).
- **Η Διανομή**, με την οποία διένεμαν την ηλεκτρική ενέργεια στους καταναλωτές μέσω γραμμών Μέσης Τάσης (20kV, 15kV, 6,6kV) και γραμμών Χαμηλής Τάσης (230V/400V)
- **Η Εμπορία**, με την οποία γινόταν η κοστολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ΔΕΗ θέλοντας να διεισδύσει σε νέες τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κατασκεύασε το 1982 Το πρώτο αιολικό πάρκο της Ευρώπης στην Κύθνο. Στο πάρκο αυτό βρίσκονται εγκατεστημένες 5 ανεμογεννήτριες τύπου MAN των 20kW η κάθε μία. Μετά την εγκατάσταση των ανεμογεννητριών εγκαταστάθηκε το πρώτο φωτοβολταϊκό πάρκο της Ελλάδας δυναμικότητας 100kW. Με τον σταθμό αυτό δημιουργήθηκε στη Κύθνο ο πρώτος υβριδικός σταθμός ενέργειας (ντίζελ, αιολική και ηλιακή ενέργεια). Ο Σταθμός αυτός ξεκίνησε με στόχο να καλύψει το 25% των αναγκών της νήσου και αργότερα ξεπέρασε το 75%.

Με βάση το Ευρωπαϊκό όραμα για την απελευθέρωση της ηλεκτρικής ενέργειας η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προώθησε το 1992 πρόταση στο Συμβούλιο ώστε να θεσπιστούν κοινός κανόνες λειτουργίας της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρισμού. η πρώτη Οδηγία (96/92/EK) υιοθετήθηκε το 1996. Μετά την υιοθέτηση των Οδηγιών, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εποπτεύει στενά την αγορά, εντοπίζοντας τα πιθανά εμπόδια και δυσλειτουργίες μέσω των συγκριτικής έκθεσης (Electricity benchmarking reports) την οποία καταρτίζει. Η εξέλιξη της αγοράς, οι επιλογές που έκαναν τα κράτη μέλη και οι δυσκολίες οι οποίες επισημάνθηκαν στις συγκριτικές εκθέσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, οδήγησαν στην τροποποίηση της Οδηγίας 96/92/EK με τη νέα Οδηγία (2003/54/EK) η οποία υιοθετήθηκε τον Ιούνιο 2003. Η νέα Οδηγία επεκτείνει την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας σε όλους τους μη οικιακούς καταναλωτές μέχρι τον Ιούλιο 2004, και σε όλους τους πελάτες μέχρι τον Ιούλιο 2007. Επίσης, η νέα Οδηγία περιλαμβάνει μέτρα για το νομικό διαχωρισμό της

διαχείρισης των δικτύων μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας από τις δραστηριότητες παραγωγής και προμήθειας, ενισχύει το ρόλο των Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας των κρατών μελών, απαιτεί τη δημοσίευση των χρεώσεων για τα δίκτυα, ενισχύει τις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας ιδιαίτερα για τους ευάλωτους καταναλωτές, καθιερώνει μέτρα για την ασφάλεια εφοδιασμού.

Η νέα Οδηγία συνοδεύεται από τον Κανονισμό περί του διασυνοριακού εμπορίου (1228/2003). Ο Κανονισμός καθιερώνει κοινούς κανόνες για το διασυνοριακό εμπόριο ηλεκτρικής ενέργειας. Οι κατευθυντήριες γραμμές εφαρμογής του Κανονισμού για την αποζημίωση των διαχειριστών των δικτύων τα οποία υφίστανται διαμετακομίσεις ηλεκτρικής ενέργειας, για την εναρμόνιση των εθνικών χρεώσεων για τα δίκτυα μεταφοράς και για την κατανομή του δυναμικού των διασυνδέσεων, θα θεσπισθούν μέσω της διαδικασίας που προβλέπεται στον Κανονισμό.

Η νέα Οδηγία (2003/54/EC) και ο Κανονισμός περί του διασυνοριακού εμπορίου (1228/2003) υιοθετήθηκαν από το Συμβούλιο της Ευρώπης και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο στις 26 Ιουνίου 2003. Η Οδηγία τάσσει προθεσμία ενσωμάτωσής της στο εθνικό δίκαιο των Κρατών Μελών την 1η Ιουλίου 2004. Ο Κανονισμός έχει άμεση ισχύ από την 1η Ιουλίου 2004.

2.1.1 Ιστορική αναδρομή της ΡΑΕ

Με την ισχύ των παραπάνω Ευρωπαϊκών οδηγιών η απελευθέρωση της ηλεκτρικής ενέργειας μπαίνει σε ισχύ. Το μονοπώλιο της ΔΕΗ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας παύει να ισχύει.

Για την διασφάλιση της σωστής τήρησης των Εθνικών νόμων και των Ευρωπαϊκών οδηγιών καθώς και για την αδειοδότηση νέων παραγωγών ηλεκτρικής ενέργεια συστάθηκε το 1999 η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας (ΡΑΕ). Σε πρώτο στάδιο, οι αρμοδιότητες της ΡΑΕ καθορίστηκαν με τις διατάξεις του άρθρου 5 του ν. 2773/1999, σύμφωνα με τις οποίες στην Αρχή ανατέθηκαν: (α) η γενική αρμοδιότητα παρακολούθησης και ελέγχου της αγοράς ενέργειας σε όλους τους τομείς της, και η αρμοδιότητα υποβολής σχετικών εισηγήσεων στα αρμόδια όργανα για τη λήψη κατάλληλων μέτρων, (β) κυρίως γνωμοδοτικές αρμοδιότητες σε σχέση με τη χορήγηση των αδειών που προβλέπονται για την άσκηση δραστηριότητας στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας (παραγωγή, προμήθεια, διαχείριση και κυριότητα δικτύων), (γ) σχετικά περιορισμένες αποφασιστικές αρμοδιότητες που αφορούν τη δυνατότητα επιβολής διοικητικών κυρώσεων ιδίως με τη μορφή επιβολής προστίμων ή εισήγησης για την ανάκληση αδειών όταν διαπιστώνεται παράβαση των διατάξεων του ν. 2773/1999, (δ) γνωμοδοτικές αρμοδιότητες σε σχέση με την έκδοση των κανονιστικών πράξεων που διέπουν τη λειτουργία της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, (ε) αρμοδιότητες διαιτητικής επίλυσης διαφορών στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας και (στ) το σύνολο των αρμοδιοτήτων του Σώματος Ενεργειακού Ελέγχου και Σχεδιασμού το οποίο στο μεταξύ καταργήθηκε.

Οι αρμοδιότητες αυτές συμπληρώθηκαν στη συνέχεια με τις διατάξεις του ν. 2941/2001 (ΦΕΚ Α' 201), με τις οποίες προβλέφθηκε ότι η ΡΑΕ αποκτά περαιτέρω και την αρμοδιότητα έγκρισης των λεπτομερειών εφαρμογής των βασικών Κωδικών λειτουργίας της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή του Κώδικα Διαχείρισης του

Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας και του Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας, όπως αυτές ρυθμίζονται με απόφαση του αρμοδίου Διαχειριστή του Συστήματος (ΔΕΣΜΗΕ Α.Ε). Η σημασία της μικρής αυτής σε πρώτη ματιά συμπλήρωσης είναι ουσιώδης, καθώς κατ' αυτόν τον τρόπο παρέχεται το κατάλληλο και απαιτούμενο νομοθετικό έρεισμα για την ανάπτυξη του ρυθμιστικού ρόλου της ΡΑΕ κατεξοχήν, που έγκειται στην ex ante παρέμβαση στην αγορά με τη συμβολή στη διαμόρφωση των ειδικών και τεχνικών κανόνων που διέπουν τη λειτουργία της.

Ακολούθησε η θέσπιση του ν. 3054/2002, με τις διατάξεις του οποίου ανατέθηκαν στη ΡΑΕ περιορισμένες αρμοδιότητες στον τομέα των πετρελαιοειδών προϊόντων, όπως είναι η αρμοδιότητα γνωμοδότησης προς τον Υπουργό Ανάπτυξης για την έκδοση του σχετικού Κανονισμού Αδειών καθώς και η γνωμοδότηση για την έκδοση απόφασης με την οποία επιβάλλονται ανώτατες τιμές για την πώληση στους καταναλωτές.

Περαιτέρω γνωμοδοτικής κυρίως φύσεως αρμοδιότητες ανατέθηκαν στη ΡΑΕ με τις διατάξεις του ν. 3175/2003, κυρίως σε θέματα της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και σε θέματα που άπτονται της εφαρμογής του δικαιώματος επιλογής προμηθευτή φυσικού αερίου για τους κατόχους άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο χορηγήθηκε για πρώτη φορά με τις διατάξεις του ίδιου αυτού νόμου.

Η πλέον ουσιώδης και σημαντική ενίσχυση του ρόλου της ΡΑΕ επιτεύχθηκε με τους νόμους που εκδόθηκαν στο τέλος του έτους 2005 με στόχο τόσο την επιτάχυνση της διαδικασίας απελευθέρωσης της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας (ν. 3426/2005, ΦΕΚ Α' 309) όσο και την απελευθέρωση της αγοράς φυσικού αερίου (ν. 3428/2005, ΦΕΚ Α' 313). Πιο συγκεκριμένα, με τους νόμους αυτούς επιδιώκεται η ενσωμάτωση στην ελληνική έννομη τάξη των κανόνων των Οδηγιών 2003/54/ΕΚ και 2003/55/ΕΚ, στους οποίους περιλαμβάνεται και μία συγκεκριμένη δέσμη αρμοδιοτήτων που πρέπει να διαθέτουν οι ρυθμιστικές αρχές των κρατών μελών (βλ. άρθρο 23 Οδ. 2003/54/ΕΚ και άρθρο 25 Οδ. 2003/55/ΕΚ), προκειμένου να διαμορφωθεί ομοιόμορφο ρυθμιστικό πλαίσιο για όλη την εσωτερική αγορά ενέργειας. Επιπλέον, κατά τη διαμόρφωση των σχετικών διατάξεων των νέων νόμων, ελήφθησαν υπόψη οι απαιτήσεις για κατάλληλη και λειτουργική κατανομή των αρμοδιοτήτων μεταξύ ΡΑΕ και κεντρικής Διοίκησης, στη βάση και των σχετικών απόψεων που έχουν διατυπωθεί από την Αρχή. Σήμερα πλέον, οι βασικότερες νέες αρμοδιότητες της ΡΑΕ συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Καθορισμός όρων πρόσβασης στα μονοπωλιακά τμήματα της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και της αγοράς φυσικού αερίου: Σύμφωνα με τις διατάξεις του ν. 3426/2005 και του ν. 3428/2005, προβλέπεται πλέον αρμοδιότητα της ΡΑΕ για έκδοση σύμφωνης και όχι απλής γνώμης προς τον Υπουργό Ανάπτυξης προκειμένου για την έκδοση των Κωδίκων που διέπουν τη λειτουργία των μονοπωλιακών τμημάτων της αγοράς, δηλαδή των Συστημάτων Μεταφοράς και Διανομής. Με τον τρόπο αυτό, λαμβάνοντας υπόψη τον τρόπο λειτουργίας της σύμφωνης γνώμης κατά το ελληνικό δίκαιο, το βάρος της αποφασιστικής αρμοδιότητας επί των θεμάτων αυτών μετατίθεται κατεξοχήν στην Αρχή. Περαιτέρω, οι αρμοδιότητες της ΡΑΕ για τη λήψη αποφάσεων ρυθμιστικού περιεχομένου ως προς τις λεπτομέρειες εφαρμογής των Κωδίκων επεκτείνονται και σε σχέση με θέματα του Κώδικα Διαχείρισης του Δικτύου και του

Κώδικα Διαχείρισης Μη διασυνδεδεμένων Νησιών, και ενισχύονται ουσιωδώς, καθώς προβλέπεται πλέον και αρμοδιότητα για την έγκριση των εγχειριδίων που απαιτούνται για την απρόσκοπτη εφαρμογή του συνόλου των Κωδίκων που αφορούν την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας.

- Καθορισμός τιμολογίων πρόσβασης στα μονοπωλιακά τμήματα της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και της αγοράς φυσικού αερίου: Στο ίδιο πλαίσιο με όσα ανωτέρω αναφέρονται σχετικά με τους όρους πρόσβασης, στη ΡΑΕ ανατίθεται πλέον ουσιώδους ρόλος κατά τον καθορισμό της μεθοδολογίας κατάρτισης και του ύψους των εφαρμοζόμενων τιμολογίων προκειμένου για την πρόσβαση στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου.
- Διαχωρισμός δραστηριοτήτων: Όσον αφορά το διαχωρισμό των δραστηριοτήτων των ολοκληρωμένων επιχειρήσεων, σύμφωνα με τις διατάξεις των νέων νόμων, προβλέπεται ότι η ΡΑΕ εγκρίνει πλέον τους κανόνες κατανομής του ενεργητικού και παθητικού και των δαπανών και εσόδων τους οποίους εφαρμόζουν οι επιχειρήσεις αυτές για την κατάρτιση των λογιστικά διακεκριμένων ανά δραστηριότητα λογαριασμών. Επίσης, η ΡΑΕ μπορεί να προβαίνει σε έκτακτους ελέγχους για τη συμμόρφωση με τη υποχρέωση τήρησης χωριστών λογαριασμών και για το σκοπό αυτό έχει πρόσβαση στους λογαριασμούς των επιχειρήσεων αυτών. Περαιτέρω, ουσιώδεις αρμοδιότητες ελέγχου έχουν ανατεθεί στη ΡΑΕ προκειμένου για την παρακολούθηση της εφαρμογής των απαιτήσεων λειτουργικού διαχωρισμού των ολοκληρωμένων επιχειρήσεων, ιδίως στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας (ΥΚΩ): Σύμφωνα με τις διατάξεις της παραγράφου 2 του άρθρου 28 του ν. 3426/2005, προβλέπεται αρμοδιότητα της ΡΑΕ για την έκδοση γνωμοδότησης προς τον Υπουργό Ανάπτυξης, σχετικά με τον καθορισμό της μεθοδολογίας υπολογισμού του ανταλλάγματος που οφείλεται για την εκπλήρωση υποχρεώσεων παροχής ΥΚΩ από τους κατόχους άδειας ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, το ύψος του εκάστοτε οφειλόμενου ανταλλάγματος για την παροχή ΥΚΩ εγκρίνεται ετησίως, μετά από σύμφωνη γνώμη της ΡΑΕ, με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης. Επίσης, προβλέπεται αρμοδιότητα της ΡΑΕ για την έκδοση γνωμοδότησης προς τους Υπουργούς Οικονομίας και Οικονομικών και Ανάπτυξης, σχετικά με τη μεθοδολογία επιμερισμού τους ως άνω οφειλόμενου ανταλλάγματος σε κάθε κατηγορία Πελατών και τον καθορισμό των σχετικών χρεώσεων. Από την άλλη πλευρά, ο καθορισμός του τι νοείται εκάστοτε ότι εμπίπτει στην έννοια των ΥΚΩ, καθορίζεται με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης χωρίς γνώμη της ΡΑΕ, καθώς το θέμα αυτό άπτεται της γενικότερης πολιτικής στον τομέα αλλά και των κοινωνικών αναγκών, όπως αυτές διαμορφώνονται από τον ευρύτερο πολιτικό σχεδιασμό.
- Αρμοδιότητες παρακολούθησης αγοράς και υποβολής εκθέσεων: Σύμφωνα με τους νέους νόμους προβλέπονται αναλυτικά και σε αρμονία προς τις σχετικές διατάξεις του κοινοτικού δικαίου οι αρμοδιότητες της ΡΑΕ σε ότι αφορά θέματα παρακολούθησης και εποπτείας των αγορών ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου. Οι αρμοδιότητες αυτές περιλαμβάνουν ιδίως θέματα διαχείρισης του δυναμικού των διεθνών διασυνδέσεων καθώς και θέματα διαχείρισης της συμφόρησης των δικτύων, και γενικότερα τον τρόπο άσκησης των δραστηριοτήτων που έχουν ανατεθεί στους διαχειριστές των μονοπωλιακών τμημάτων της αγοράς. Στο ίδιο πλαίσιο, έχουν προβλεφθεί άλλωστε και υποχρεώσεις της ΡΑΕ για την υποβολή περιοδικών εκθέσεων στην Επιτροπή, όπου αναλύονται τα συμπεράσματα της εν λόγω παρακολούθησης.

- Διεθνείς αρμοδιότητες: Σύμφωνα με τις διατάξεις του νομικού πλαισίου, η ΡΑΕ συμβάλλει στην ανάπτυξη της εσωτερικής αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας και ίσων όρων ανταγωνισμού, και συνεργάζεται για το σκοπό αυτόν με τις Ρυθμιστικές Αρχές των λοιπών κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ιδίως στο πλαίσιο του Συμβουλίου Ευρωπαϊκών Ρυθμιστικών Αρχών Ενέργειας, με Διεθνείς Οργανισμούς και Ρυθμιστικές Αρχές τρίτων χωρών, ιδίως στην περιοχή της Νοτιοανατολικής Ευρώπης, καθώς και με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και συμμετέχει στην Ευρωπαϊκή Ομάδα Ρυθμιστικών Αρχών για την Ηλεκτρική Ενέργεια και το Φυσικό Αέριο.

Ποιο συγκεκριμένα σε θέματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, η ΡΑΕ είναι αρμόδια για την έκδοση θετικής ή αρνητικής γνώμης προς τον Υπουργό Ανάπτυξης, σχετικά με τη χορήγηση ή την τροποποίηση ή την επέκταση άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας έργων ΑΠΕ. Για το σκοπό αυτό, η ΡΑΕ μέχρι την έκδοση του νέου ν. 3468/2006, αξιολογούσε τις αιτήσεις βάσει των κριτηρίων του άρθρου 28 του ν. 2773/1999, όπως αυτά εξειδικεύονταν στο άρθρο 9 του «Κανονισμού Αδειών Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας» και τον από 30.07.2001 «Οδηγό Αξιολόγησης αιτήσεων αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και μικρή ΣΗΘ» της ΡΑΕ. Μετά τη θέση σε ισχύ του ν. 3468/2006, οι νέες αιτήσεις αξιολογούνται από τη ΡΑΕ ως προς τα κριτήρια του άρθρου 3 του νόμου αυτού. Για την αξιολόγηση των αιτήσεων, η ΡΑΕ συνεργάζεται με το ΚΑΠΕ βάσει σχετικής σύμβασης, η οποία συνομολογήθηκε κατόπιν ανοικτού διεθνούς διαγωνισμού. Το ΚΑΠΕ εκτελεί, αδιαλείπτως από το 2001, χρέη συμβούλου της ΡΑΕ σε θέματα τεχνικής υποστήριξης της διαδικασίας αξιολόγησης των αιτήσεων για την έκδοση, ή την τροποποίηση, ή την επέκταση άδειας παραγωγής έργων ΑΠΕ. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην παράγραφο 10 του άρθρου 3 του ν. 3468/2006, προβλέπεται πλέον ρητά η δυνατότητα της ΡΑΕ να συνεργάζεται με το ΚΑΠΕ, στο πλαίσιο σχετικής συμφωνίας για την παροχή από αυτό υπηρεσιών τεχνικού συμβούλου υπό την εποπτεία και τις οδηγίες της.

Επιπλέον, βάσει των διατάξεων του ν. 2773/1999, όπως τροποποιήθηκε με το ν. 3468/2006 και ισχύει, η ΡΑΕ εκδίδει τις πράξεις εξαίρεσης από τη λήψη άδειας παραγωγής για σταθμούς ΑΠΕ. Οι εξαιρέσεις αποτελούν διαπιστωτικές, βάσει του νόμου, αποφάσεις της ΡΑΕ οι οποίες εκδίδονται μόνον αφού διενεργηθεί ενδελεχής έλεγχος και διαπιστωθεί ότι συντρέχουν οι σχετικοί όροι και προϋποθέσεις, οι οποίοι ρητώς τίθενται από το άρθρο 4 του νόμου αυτού.

Περαιτέρω, κατά τη διαδικασία έκδοσης άδειας εγκατάστασης σταθμών ΑΠΕ, η ΡΑΕ θεωρεί τοπογραφικά σχέδια, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο άρθρο 4 της ΥΑ 2000/06.02.2002 (ΦΕΚ Β' 158). Στο πλαίσιο της ανωτέρω διαδικασίας, η ΡΑΕ ελέγχει την ταύτιση μεταξύ των στοιχείων των υποβαλλομένων τοπογραφικών σχεδίων και εκείνων, βάσει των οποίων αξιολογήθηκε το έργο και εκδόθηκε η σχετική άδεια παραγωγής.

Η ΡΑΕ επίσης, παρακολουθεί και εποπτεύει τον τρόπο με τον οποίο οι κάτοχοι αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας εκπληρώνουν τις υποχρεώσεις που απορρέουν από τις άδειες και κινεί τη διαδικασία ανάκλησης των αδειών, όταν διαπιστώνει παράβαση των διατάξεων του θεσμικού πλαισίου και των όρων των αδειών. Η παρακολούθηση των αδειών διενεργείται μέσω της αξιολόγησης των δελτίων προόδου τα οποία υποβάλλονται από τους κατόχους αδειών παραγωγής εντός των προβλεπόμενων προθεσμιών, καθώς και των λοιπών εγγράφων που αφορούν την

αδειοδοτική διαδικασία των έργων και κοινοποιούνται στη ΡΑΕ από τους αρμόδιους φορείς, στο πλαίσιο της ανωτέρω διαδικασίας. Τα στοιχεία αυτά αξιολογούνται και ακολουθεί εισαγωγή τους σε βάση δεδομένων για την εξαγωγή ποσοτικών και ποιοτικών στατιστικών στοιχείων, σχετικά με την πορεία υλοποίησης των έργων και τα προβλήματα που αυτά αντιμετωπίζουν.

Στο πλαίσιο της παρακολούθησης της πορείας των έργων ΑΠΕ με άδεια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όταν η ΡΑΕ διαπιστώσει ότι συντρέχει θέμα είτε παράβασης από τον αδειούχο όρου της άδειας παραγωγής, είτε αδυναμίας έγκαιρης πραγματοποίησης του έργου, είτε οριστικής παύσης των δραστηριοτήτων που περιγράφονται στην άδεια παραγωγής, συντάσσει Πράξεις Διαπίστωσης Παράβασης, τις οποίες κοινοποιεί στους αδειούχους και ταυτόχρονα ενημερώνει σχετικά τον Υπουργό Ανάπτυξης. Η ΡΑΕ καλεί με σχετικές επιστολές τους αδειούχους να υποβάλλουν εγγράφως εντός τακτής προθεσμίας τις απόψεις τους, σχετικά με τις ανωτέρω Πράξεις της, ενημερώνοντάς τους παράλληλα περί του ότι σε περίπτωση που παρέλθει άπρακτη η ανωτέρω προθεσμία, δύναται, σύμφωνα με το άρθρο 20 του Κανονισμού Αδειών Παραγωγής και Προμήθειας, να εισηγηθεί προς τον Υπουργό Ανάπτυξης την ανάκληση της σχετικής άδειας παραγωγής. Κατόπιν αυτού, η ΡΑΕ εξετάζει τις απαντήσεις των αδειούχων και αποφασίζει επί ποίων έργων θα εισηγηθεί προς τον Υπουργό Ανάπτυξης την ανάκληση της άδειας παραγωγής.

Τέλος, η ΡΑΕ τηρεί Ειδικό Μητρώο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στο μητρώο αυτό καταχωρίζονται τα στοιχεία των αιτήσεων για χορήγηση άδειας παραγωγής, καθώς και των αδειών που εκδίδονται ή ανακαλούνται. Μετά τη θέση σε ισχύ του ν. 3468/2006, η ΡΑΕ καταχωρίζει επίσης στοιχεία σχετικά με τις πράξεις εξαιρέσεως από την υποχρέωση λήψης των αδειών αυτών, καθώς και με τη μεταβίβαση, ή την τροποποίηση, ή τη μεταβολή στοιχείων των αδειών για την οποία δεν απαιτείται τροποποίηση. Το περιεχόμενο του Μητρώου αυτού δημοσιοποιείται από τη ΡΑΕ μέσω της ιστοσελίδας της.

2.1.2 ΔΕΣΜΗΕ- ΑΔΜΗΕ- ΛΑΓΗΕ

Με το Νόμο 2773/99 ιδρύθηκε επίσης και ο Διαχειριστής Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΣΜΗΕ) ο ρόλος του ΔΕΣΜΗΕ ήτανε διπλός:

- Ο πρώτος ρόλος του ΔΕΣΜΗΕ ήτανε ο ρόλος που ασκούσε η ΔΕΗ σε σχέση με το Σύστημα Μεταφοράς: δηλαδή να φροντίζει να υπάρχει ανά πάσα στιγμή ισορροπία παραγωγής και κατανάλωσης και η ηλεκτρική ενέργεια να παρέχεται κατά τρόπο αξιόπιστο, ασφαλή και ποιοτικά αποδεκτό μέσω του συστήματος μεταφοράς.
- Ο δεύτερος ρόλος του ΔΕΣΜΗΕ ήτανε να εκκαθαρίζει την αγορά, να λειτουργεί σαν ένα είδος χρηματιστηρίου που υπολογίζει κάθε ημέρα ποιός οφείλει σε ποιόν. Ο ΔΕΣΜΗΕ δεν εμπορευόταν ηλεκτρική ενέργεια και ότι βασικές συναλλακτικές σχέσεις είναι διμερείς μεταξύ παραγωγών/προμηθευτών και των πελατών τους.

Ο ΔΕΣΜΗΕ ήταν η ανώνυμη εταιρεία που ανήκε κατά 51% στο δημόσιο και κατά 49% στις εταιρείες παραγωγής που υπάρχουν στην Ελλάδα. Αυτό σημαίνει ότι η ΔΕΗ κατείχε αυτό το 49% και το ποσοστό της θα μειωνόταν δίνοντας χώρο στους όποιους νέους παραγωγούς.

Ο ΔΕΣΜΗΕ είχε την ευθύνη μιας σειράς διαδικασιών:

Κατ' αρχήν η ενέργεια που παράγεται, διακινείται και καταναλώνεται πρέπει να μετράται κατά τρόπο αξιόπιστο, ακριβή και μη αμφισβητούμενο από τους παράγοντες της αγοράς. Ένα μετρητικό σύστημα, επίσημα πιστοποιημένο, είναι μια πρώτη διαδικασία της ευθύνης του Διαχειριστή του Συστήματος.

Μία δεύτερη διαδικασία, που αποτελεί και την καρδιά του Συστήματος είναι η Κατανομή Φορτίου. Όπως είναι γνωστό, η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα ιδιότυπο εμπορικό αγαθό που δεν αποθηκεύεται και επομένως θα πρέπει ανά πάσα στιγμή να παράγεται ακριβώς όση καταναλώνεται. Η Κατανομή Φορτίου λοιπόν είναι αυτή που υπαγορεύει το ποιός σταθμός θα παράγει και πόσο. Παράλληλα η Κατανομή Φορτίου στους σταθμούς γίνεται έτσι ώστε να διατηρούνται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που πρέπει (συχνότητα, τάση κλπ), να υπάρχει ελάχιστο κόστος λειτουργίας και να υπάρχει σεβασμός των διμερών εμπορικών σχέσεων πελάτη-προμηθευτή.

Για τη διατήρηση της αξιοπιστίας του Συστήματος και των ποιοτικών χαρακτηριστικών της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στον καταναλωτή, ο Διαχειριστής του Συστήματος χρειάζεται ειδικές, επικουρικές λεγόμενες υπηρεσίες, δυνατότητα ειδικών ρυθμίσεων κλπ που θα αγοράζει με διαφανείς διαδικασίες από τους παραγωγούς της αγοράς, σε πρώτη φάση από τη ΔΕΗ.

Μια διαδικασία απολύτως συναρτημένη με την απελευθερωμένη αγορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι η εκκαθάριση, το ποιός δηλαδή οφείλει σε ποιόν. Για την Ελληνική αγορά έχει επιλεγεί ένα σύστημα διμερών βασικά εμπορικών σχέσεων, δηλαδή μεταξύ καταναλωτή και προμηθευτή-παραγωγού. Ο Διαχειριστής του Συστήματος δεν παρεμβαίνει στα διμερή αυτά συμβόλαια τα οποία είναι στην απόλυτη δικαιοδοσία των συμβαλλόμενων μερών. Όμως κατά την καθημερινή λειτουργία για διάφορους λόγους η παραγωγή ενός προμηθευτή δεν αντιστοιχεί απολύτως στην κατανάλωση ενός πελάτη. Αυτή η απόκλιση μετράται και τιμολογείται από το Διαχειριστή του Συστήματος ο οποίος υπαγορεύει σε κάθε ελλειμματικό παραγωγό το τί θα πληρώσει μέσω του Διαχειριστή του Συστήματος σε κάποιον άλλο, πλεονασματικό παραγωγό. Η διαδικασία αυτή λέγεται εκκαθάριση της αγοράς και γίνεται με τρόπο που να ενθαρρύνεται η οικονομική λειτουργία του Συστήματος.

Μια άλλη πολύ βασική λειτουργία του Διαχειριστή του Συστήματος είναι η συντήρηση του συστήματος και η περαιτέρω ανάπτυξή του για να υποδεχθεί νέους παραγωγούς και νέους πελάτες. Η συντήρηση αυτή θα γίνεται επί αμοιβής από την ΔΕΗ ενώ οι επεκτάσεις χρεώνονται με βάση πολύ συγκεκριμένους κανόνες που περιλαμβάνονται στους κώδικες.

Τέλος, στα καθήκοντα του Διαχειριστή του Συστήματος είναι η υποστήριξη και περαιτέρω ανάπτυξη της αγοράς και η ενημέρωση των ενδιαφερομένων. Ο Διαχειριστής του Συστήματος κάνει προβλέψεις για τις ανάγκες του συστήματος, σε βραχυπρόθεσμη, μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση, δημοσιεύει εκτιμήσεις, εισηγείται βελτιώσεις στους κανόνες της αγοράς και διαχείρισης του Συστήματος και εξασφαλίζει μια υψηλού βαθμού διαφάνεια στη λειτουργία της αγοράς, στη διαχείριση του Συστήματος και στην ίδια τη λειτουργία της εταιρίας. Ουσιαστικά, κάθε ενέργεια του Διαχειριστή του Συστήματος γίνεται μέσω του διαδικτύου και φαίνεται στο διαδίκτυο.

Στόχος του ΔΕΣΜΗΕ ήταν να εξασφαλίσει μια αξιόπιστη και αμερόληπτη λειτουργία του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας αλλά και της αγοράς που στηρίζεται σε αυτό έτσι ώστε οι νέοι παραγωγοί, οι επιλεγέντες πελάτες αλλά και όλοι οι καταναλωτές να διαθέτουν την παραδοσιακή αξιοπιστία του Συστήματος..

Το 2011 ο ΔΕΣΜΗΕ με τον νόμο 4001/2011 διασπάστηκε στον Λειτουργό της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΛΑΓΗΕ), με σκοπό να εφαρμόζει τους κανόνες για τη λειτουργία της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, και στον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΑΔΜΗΕ) όπου σκοπό έχει τη λειτουργία, τη συντήρηση και την ανάπτυξη του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) ώστε να διασφαλίζεται ο εφοδιασμός της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια με τρόπο ασφαλή, αποδοτικό και αξιόπιστο.

Με τον νόμο 4001/2011 συστάθηκε επίσης Ο Διαχειριστής Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ). Ο ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη, τη λειτουργία και τη συντήρηση, υπό οικονομικούς όρους του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΔΔΗΕ) ώστε να διασφαλίζεται η αξιόπιστη, αποδοτική και ασφαλής λειτουργία του, καθώς και η μακροπρόθεσμη ικανότητά του να ανταποκρίνεται σε εύλογες ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας, λαμβάνοντας τη δέουσα μέριμνα για το περιβάλλον και την ενεργειακή αποδοτικότητα, καθώς και για τη διασφάλιση, κατά τον πλέον οικονομικό, διαφανή, άμεσο και αμερόληπτο τρόπο, της πρόσβασης των χρηστών (δηλαδή των Παραγωγών, των Προμηθευτών και των Πελατών) στο ΕΔΔΗΕ, προκειμένου να ασκούν τις δραστηριότητές τους, σύμφωνα με την Άδεια Διαχείρισης του ΕΔΔΗΕ και τον Κώδικα Διαχείρισης του ΕΔΔΗΕ. Στην περίπτωση των Μη Διασυνδεδεμένων νησιών (ΜΔΝ), Η διαχείριση των ηλεκτρικών συστημάτων των ΜΔΝ πλέον της διαχείρισης του Δικτύου, περιλαμβάνει τη διαχείριση της παραγωγής και τη λειτουργία της αγοράς των συστημάτων των νησιών αυτών. Για την άσκηση της δραστηριότητας αυτής, ο ΔΕΔΔΗΕ υποχρεούται να λάβει άδεια Διαχείρισης ηλεκτρικών συστημάτων των ΜΔΝ, η οποία χορηγείται από τη ΡΑΕ και με αυτήν καθορίζονται μεταξύ άλλων, οι υποχρεώσεις και τα δικαιώματα του ΔΕΔΔΗΕ σχετικά με την άσκηση της δραστηριότητας αυτής, οι όροι και οι προϋποθέσεις που απαιτούνται για την άσκηση της δραστηριότητας αυτής καθώς και τα αναγκαία μέτρα διασφάλισης της αμερόληπτης και της χωρίς διακρίσεις συμπεριφοράς του ΔΕΔΔΗΕ έναντι των Παραγωγών και των Προμηθευτών.

Εν κατακλείδι αν θεωρήσουμε πεδίο της ηλεκτρικής ενέργειας συναφή με το χρηματιστήριο, η ΔΕΗ και οι ιδιώτες παραγωγοί είναι οι εισηγμένες εταιρείες, ο ΛΑΓΗΕ είναι το Χρηματιστήριο, η ΡΑΕ είναι η Επιτροπή Κεφαλαιαγοράς και ο ΑΔΜΗΕ και ο ΔΕΔΔΗΕ είναι οι διαχειριστές της εγκατάστασης του χρηματιστηρίου.

2.1.3 Νομοθεσία για τα ΑΠΕ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούν με ιστορική σειρά, οι βασικοί νόμοι της Ελληνικής νομοθεσίας που αφορούν γενικά τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Στην συνέχεια θα ακολουθήσει ποιο αναλυτικά η επεξήγηση του νόμου σταθμού 3851/2010 και της νομοθεσίας του Ειδικού προγράμματος Στεγών και του net metering. Ποιο συγκεκριμένα:

Το 1994 με τον Ν.2244 (ΦΕΚ.Α'168) γίνεται το πρώτο βήμα για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τρίτους εκτός της ΔΕΗ, δίνοντας τη δυνατότητα και σε ανεξάρτητους παραγωγούς να διεισδύσουν στον χώρο αυτόν και ιδιαίτερα στην ηλεκτροπαραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).

Το 1999 με τον Ν.2773 (ΦΕΚ.Α'286), εναρμονίζεται το θεσμικό πλαίσιο της Ελλάδας με την Οδηγία 96/92/ΕΚ, L.0092 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και προχωρούμε με γρηγορότερα βήματα στην απελευθέρωση της αγοράς. Με τον νόμο αυτό, δημιουργείται ένα ευνοϊκό καθεστώς για τους σταθμούς παραγωγής από ΑΠΕ, δίνοντας προτεραιότητα στην απορρόφηση της παραγόμενης από αυτούς ενέργειας έναντι των συμβατικών μονάδων (άρθρα 35-37) αλλά και ορίζοντας ιδιαίτερο τρόπο τιμολόγησής της (άρθρα 38,39).

Το 2006 με τον Ν.3468 (ΦΕΚ.Α'129), αφ' ενός μεταφέρεται στο ελληνικό δίκαιο η Οδηγία 2001/77/ΕΚ, L.283 και αφ' ετέρου προωθείται κατά προτεραιότητα, με κανόνες και αρχές, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μονάδες ΑΠΕ και μονάδες Συμπααραγωγής.

Το 2009, με τον Ν.3734 (ΦΕΚ.Α'8): α) εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2004/8/ΕΚ για την προώθηση της Συμπααραγωγής ενέργειας βάσει της ζήτησης για χρήσιμη θερμότητα στην εσωτερική αγορά και συμπληρώνεται το σχετικό νομικό πλαίσιο και, β) αναπροσαρμόζονται τα τιμολόγια απορρόφησης της ενέργειας που παράγεται από Φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Τον Ιούνιο του 2009, με Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ Β'1079) που εκδόθηκε κατ' εξουσιοδότηση του Ν.3468 όπως αυτός τροποποιήθηκε με τον Ν.3734, καταρτίζεται ειδικό πρόγραμμα ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών και ανοίγει ο δρόμος για την εγκατάσταση μικρών συστημάτων πάνω σε κτίρια.

Το 2010, με τον Ν.3851 (ΦΕΚ.Α'85) γίνεται προσπάθεια περαιτέρω απλούστευσης και συντόμευσης της διαδικασίας αδειοδότησης νέων έργων ΑΠΕ με τον παραλληλισμό ορισμένων χρονοβόρων επιμέρους βημάτων και την κατάργηση άλλων. Ιδιαίτερη σημασία στο πλαίσιο αυτό έχει το γεγονός ότι δεν απαιτείται πλέον Άδεια Παραγωγής ή Εξαιρέση από την ΡΑΕ για Φωτοβολταϊκούς και Ηλιοθερμικούς σταθμούς ισχύος ως και 1 MW. Επιπλέον, με τον Ν.3851 και την κατ' εξουσιοδότησή του Απόφαση της Υπουργού Ανάπτυξης Α.Υ./Φ1/οικ.19598 (ΦΕΚ Β'1630/11.10.2010), καθορίστηκαν εθνικοί στόχοι για την διείσδυση των ΑΠΕ ως το 2020 (αναθεωρήσιμοι ανά διετία):

α) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%.

β) Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%. Η επιδιωκόμενη αναλογία εγκατεστημένης ισχύος ανά τεχνολογία και κατηγορία παραγωγού φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα:

Κατηγορία	2014 (MW)	2020 (MW)
Υδροηλεκτρικά	3700	4650
Μικρά (0 – 15 MW)	300	350
Μεγάλα (> 15 MW)	3400	4300
Φωτοβολταϊκά (σύνολο)	1500	2200
Εγκαταστάσεις από επαγγελματίες αγρότες της περίπτωσης (β) της §6 του αρθ.15 του Ν.3851	500	750
Λοιπές Εγκαταστάσεις	1000	1450
Ηλιοθερμικά	120	250
Αιολικά (περιλαμβανομένων των θαλασσίων)	4000	7500
Βιομάζα	200	350

γ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%.

δ) Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας στις μεταφορές σε ποσοστό τουλάχιστον 10%.

Ο Ν.4001 (ΦΕΚ.Α'179) που ψηφίστηκε τον Αύγουστο του 2011, δρομολογεί μεγάλες αλλαγές στην διάρθρωση και τον τρόπο λειτουργίας της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας με την σύσταση ανεξάρτητων διαχειριστών για το σύστημα μεταφοράς (ΑΔΜΗΕ) και για το δίκτυο διανομής (ΔΕΔΔΗΕ), καθώς και ανεξάρτητου Λειτουργού της Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Ο ΛΑΓΗΕ ΑΕ θα ασκεί πλέον τις δραστηριότητες της σύναψης συμβάσεων αγοραπωλησίας ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ και της καταβολής των προβλεπομένων πληρωμών που πριν ασκούσε ο ΔΕΣΜΗΕ (άρθρα 117 και 118).

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία :

- Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) νοούνται (Ν.3468/2006, αρθ.2, §§2, 19-22) οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική ενέργεια, η ηλιακή ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η βιομάζα, τα αέρια που εκλύονται από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού, τα βιοαέρια, η γεωθερμική ενέργεια και η υδραυλική ενέργεια που

αξιοποιείται από υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

- Ως Συμπαγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Θερμότητας (Σ.Η.Θ.) νοείται (Ν.3734/2009, αρθ.3, §1) η ταυτόχρονη παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ή και μηχανικής ενέργειας στο πλαίσιο μιας μόνο διαδικασίας. Ως Συμπαγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας Υψηλής Απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.) ορίζεται η συμπαγωγή που εξασφαλίζει εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 10%, σε σχέση με τη θερμική και ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται στο πλαίσιο διακριτών διαδικασιών, καθώς και η παραγωγή από Μονάδες Συμπαγωγής Μικρής και Πολύ Μικρής Κλίμακας που εξασφαλίζει εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, ανεξάρτητα από το ποσοστό της εξοικονόμησης.

- Αυτόνομος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ λέγεται ο παραγωγός που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από ΑΠΕ και του οποίου ο σταθμός δεν είναι συνδεδεμένος με το Σύστημα ή σε Δίκτυο.

- Αυτοπαραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. λέγεται ο παραγωγός που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από μονάδες Α.Π.Ε. ή Σ.Η.Θ.Υ.Α. κυρίως για δική του χρήση και διοχετεύει τυχόν πλεόνασμα της ενέργειας αυτής στο Σύστημα ή στο Δίκτυο Τιμές Ενέργειας από ΑΠΕ & ΣΗΘΥΑ (πλην Φ/Β) Με την αναπροσαρμογή των τιμολογίων του άρθρου 5 του Ν.3851/2010/ΦΕΚ.Α'85,η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από Παραγωγό ή Αυτοπαραγωγό μέσω σταθμού χρήσης ΑΠΕ - εκτός Φωτοβολταϊκών - ή μέσω ΣΗΘΥΑ ή από υβριδικό σταθμό και απορροφάται από το Σύστημα ή το Δίκτυο, τιμολογείται σε ευρώ ανά μεγαβατώρα (€/MWh) σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από:	Τιμή Ενέργειας (€/MWh)	
	Διασυνδεδεμένο Σύστημα	Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με χερσαίες εγκαταστάσεις ισχύος > 50 kW	87,85	99,45
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται με εγκαταστάσεις ισχύος ≤ 50 kW	250	
Αιολική ενέργεια που αξιοποιείται από υπεράκτιες εγκαταστάσεις (άρθ.42,§20, Ν.4030/25-11-2011/ΦΕΚ.Α'249)	108,30 (***)	
Υδραυλική ενέργεια που αξιοποιείται από μΥΗΣ με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 15 MWe	87,85	
Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από Ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής	264,85	

Ηλιακή ενέργεια που αξιοποιείται από Ηλιοθερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με σύστημα αποθήκευσης το οποίο εξασφαλίζει τουλάχιστον 2 ώρες λειτουργίας στο ονομαστικό φορτίο	284,85
Γεωθερμική ενέργεια χαμηλής θερμοκρασίας (Ν.3175/2003, Α'207, αρθ.2, §1στ)	150
Γεωθερμική ενέργεια υψηλής θερμοκρασίας (Ν.3175/2003, Α'207, αρθ.2, §1στ)	99,45
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 1 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	200
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ > 1 MW και ≤ 5 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	175
Βιομάζα που αξιοποιείται από σταθμούς με εγκατεστημένη ισχύ ≥ 5 MW (εξαιρουμένου του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων)	150
Αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και Βιοαέρια από Βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 2 MW	120
Αέρια εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής και από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και Βιοαέρια από Βιομάζα (συμπεριλαμβανομένου και του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αποβλήτων), με εγκατεστημένη ισχύ > 2 MW	99,45

Βιοαέριο που προέρχεται από Βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ ≤ 3 MW	220	
Βιοαέριο που προέρχεται από Βιομάζα (κτηνοτροφικά και αγροτοβιομηχανικά οργανικά υπολείμματα και απόβλητα) με εγκατεστημένη ισχύ > 3 MW	200	
Λοιπές ΑΠΕ (συμπεριλαμβανομένων και των σταθμών ενεργειακής αξιοποίησης του βιοαποδομήσιμου κλάσματος αστικών αποβλήτων που πληρούν τις προδιαγραφές της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας όπως εκάστοτε αυτές ισχύουν)	87,85	99,45
Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ) (**)	87,85 x ΣΡ (*)	99,45 x ΣΡ (*)

(*) ΣΡ: Συντελεστής Ρήτρας Φυσικού Αερίου όπως ορίζεται στον Ν.3851. Στην περίπτωση της αξιοποίησης των καυσαερίων για γεωργικούς σκοπούς (π.χ. θερμοκήπια), ο συντελεστής ΣΡ μπορεί να προσαυξάνεται με απόφαση της ΡΑΕ μέχρι 20%. Στην περίπτωση αυτή, ο Παραγωγός υποχρεούται να υποβάλει στο ΛΑΓΗΕ σχετική βεβαίωση από πιστοποιημένο φορέα.

(**) Το υπόλοιπο μέρος της παραχθείσας ενέργειας που δεν χαρακτηρίζεται ΣΗΘΥΑ θα τιμολογείται με την μέση Οριακή Τιμή Συστήματος σταθμισμένη ως προς τη συνολική παραγωγή του αντίστοιχου μήνα όπως τα μεγέθη αυτά ορίζονται στον Ημερήσιο Ενεργειακό Προγραμματισμό (άρθ. 4, ΥΑ ΥΠΙΑΝ Δ5-ΗΛ/Γ/Φ1/749, ΦΕΚ Β'889/22.3.2012)

(***) Για έργα με εκκρεμείς αιτήσεις για Άδεια Παραγωγής κατά την έναρξη ισχύος του άρθ.42,§20 του Ν.4030/2011. Πρόκειται για Τιμή Βάσης που μπορεί να προσαυξάνεται και να αναπροσαρμόζεται. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, κατόπιν γνώμης της ΡΑΕ, η οποία εκδίδεται πριν την υπογραφή της οικείας σύμβασης πώλησης, είναι δυνατόν η ανωτέρω τιμή να προσαυξάνεται, για κάθε σταθμό ξεχωριστά, έως και 30% της τιμής βάσης. Η γνώμη της ΡΑΕ λαμβάνει υπόψη ιδίως τα στοιχεία κόστους επένδυσης τα οποία παρατίθενται αναλυτικά σε τεchnοοικονομική μελέτη που υποβάλλει ο κάτοχος της άδειας παραγωγής του σταθμού για την τεκμηρίωση της αναγκαιότητας του αιτούμενου ποσοστού προσαύξησης.

Σύμφωνα με την §2 του άρθρου 5 του Ν.3851, οι τιμές του παραπάνω πίνακα (πλην φωτοβολταϊκών και ηλιοθερμικών σταθμών) προσαυξάνονται κατά 15% ως 20% ανάλογα με την περίπτωση, εφόσον έχουν υλοποιηθεί χωρίς την χρήση δημόσιας επιχορήγησης. Το έργο μας εμπίπτει στις περιπτώσεις προσαύξησης με συντελεστή

20%.

Το 2011, δημοσιεύεται η ΥΑΠΕ/Φ1/οικ.28287/ (ΦΕΚ Β 3005/2011) με θέμα: Ειδικό τέλος και παροχή κίνητρων στους οικιακούς καταναλωτές στις περιοχές όπου εγκαθίσταται.

Το 2011, δημοσιεύεται επίσης η ΥΑΠΕ/Φ1/14810/04.10.2011(ΦΕΚ Β'2373 με θέμα: Κανονισμός αδειών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μέσω συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας υψηλής απόδοσης.

Το 2011, δημοσιεύεται επίσης η Αριθμ.134416, ΦΕΚ/Β/273/2011 με θέμα: Διαδικασία και προθεσμίες εγγραφής και ενημέρωσης του ΜΑΑΕ, όργανα και διαδικασία προσωρινής ή οριστικής διαγραφής από το Μητρώο, αναγκαία επαγγελματική κατάρτιση των φυσικών προσώπων-επαγγελματιών αγροτών που εγγράφονται στο Μητρώο, διαδικασία και αρμόδιες υπηρεσίες έκδοσης των σχετικών με το ΜΑΑΕ πιστοποιητικών.

Η απόφαση «Ορισμός διαδικασίας για την έκδοση πιστοποιητικών σχετικών με το Μητρώο Αγροτών και Αγροτικών Εκμεταλλεύσεων, ΥΑ 249565/ΦΕΚ Β 1722/03-11-2010», καταργείται ΑΡΙΘΜ.134416 ΦΕΚ 273 Β 21.02.2011.

Το 2011, δημοσιεύεται επίσης η Σ.Η.Θ.Υ.Α. ΥΑΠΕ / Φ1/οικ. 18018 (ΦΕΚ Β 2132) με θέμα: Τροποποίηση της υπ' αρ. πρωτ. Δ6/Φ1/οικ.19500/4.11.2004 (Β'1671) κοινής υπουργικής απόφασης με την οποία τροποποιήθηκε η υπ' αρ. πρωτ. 13727/724/24.7.2003 (Β'1087) κοινή υπουργική απόφαση ως προς την αντιστοίχιση δραστηριοτήτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στην πολεοδομική νομοθεσία.

Το 2012 με τον Ν.4046 δίνεται Έγκριση μεσοπρόθεσμου Πλαισίου Δημοσιονομικής Στρατηγικής 2013 –2016– Επείγοντα Μέτρα Εφαρμογής του Ν.4046/2012 και του Μεσοπρόθεσμου Πλαισίου Δημοσιονομικής Στρατηγικής 2013– 2016 (Παράγραφος Ι.2 – Ρυθμίσεις ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ) Ν.4093/2012 (Α 222/12.11.2011) Αναστολή διαδικασίας αδειοδότησης και χορήγησης προσφορών σύνδεσης για φωτοβολταϊκούς σταθμούς, λόγω κάλυψης των στόχων που έχουν τεθεί με την απόφαση Α.Υ./Φ1/οικ.19598/01.10.2010 του Υπουργού Π.Ε.Κ.Α. Υ.Α.Π.Ε/Φ1/2301/ΟΙΚ.16933(ΦΕΚ Β 2317) Προσδιορισμός ποσοστού της εισφοράς υπέρ της Ε.Ρ.Τ. Α.Ε. του άρθρου 14 του ν.1730/1987, το οποίο αποτελεί πόρο του Ειδικού Λογαριασμού του άρθρου 40 του ν.2773/1999. Υ.Ε.Π.Ε/Φ1/2303/ΟΙΚ.16935 (ΦΕΚ Β 2317) Αξιοποίηση του πρώην Αεροδρομίου Ελληνικού – Πρόγραμμα ΗΛΙΟΣ – Προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/28/ΕΚ) – Κριτήρια Αειφορίας Βιοκαυσίμων και Βιορευστών (Ενσωμάτωση Οδηγίας 2009/30/ΕΚ) Ν.4062/2012(ΦΕΚ Α 70/30.3.2012) Τιμολόγηση ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκούς σταθμούς. Υ.Α.Π.Ε (Φ1/ΟΙΚ..2262(ΦΕΚ Β 97)

Το 2013 δημοσιοποιείται ο Ν.4203 (ΦΕΚ Α 235) με θέμα: Ρυθμίσεις θεμάτων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και άλλες διατάξεις. Με τον νόμο αυτό θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στο κεφάλαιο 2.3

Τέλος το 2014 δημοσιεύτηκε ο Ν.4296 (ΦΕΚ Α 214) με θέμα: Κύρωση της από 30.12.2013 Σύμβασης μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και των εταιρειών KAVALA OIL ANONYMH ETAIPEIA, ENERGEAN OIL AND GAS - ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΙΓΑΙΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΙΑΡΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΩΝ και της ως εκ τρίτου συμβαλλομένης ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΑ Α.Ε. με την οποία τροποποιείται η από 23.11.1999 Σύμβαση για την εκμετάλλευση Υδρογονανθράκων στη θαλάσσια περιοχή του Θρακικού Πελάγους μεταξύ του Ελληνικού Δημοσίου και της KAVALA OIL Α.Ε., η οποία κυρώθηκε με το ν.2779/1999 (Α' 296) (ΑΡΘΡΑ ΠΕΜΠΤΟ – ΟΓΔΟΟ) Ν.4296/2014 (ΦΕΚ Α 214/2.10.2014) Μέτρα στήριξης και ανάπτυξης της ελληνικής οικονομίας στο πλαίσιο εφαρμογής του ν. 4046/2012 και άλλες διατάξεις Ν.4254/2014 (ΦΕΚ Α 85/7.4.2014)

2.2 Ειδικό πρόγραμμα Στεγών

Το Ειδικό Πρόγραμμα Στεγών ξεκίνησε την 1η Ιουλίου 2009 στην Ηπειρωτική Χώρα και στα Διασυνδεδεμένα σε αυτή Νησιά με την ισχύ του ΦΕΚ Β'1079/04.06.2009.

Ως μέγιστη ισχύς των Φωτοβολταϊκών Συστημάτων ανά εγκατάσταση στο πλαίσιο του Προγράμματος ορίζεται για την ηπειρωτική χώρα, τα Διασυνδεδεμένα με το Σύστημα νησιά και την Κρήτη τα 10kWp, για τα λοιπά Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά τα 5kWp.

Στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ), μετά τη διερεύνηση που έγινε για διαθέσιμα περιθώρια ισχύος στον ηλεκτρικό χώρο κάθε νησιού, η εφαρμογή του Ειδικού Προγράμματος ξεκίνησε την 10η Ιανουαρίου 2011, σε εφαρμογή της 1251/2010 Απόφασης της ΡΑΕ. Οι αιτήσεις ένταξης στο ειδικό πρόγραμμα γίνονταν δεκτές από τις κατά τόπου περιοχές της ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε., αλλά προσφορές σύνδεσης δίνονται μόνο στην περίπτωση που υπάρχει διαθέσιμο περιθώριο ισχύος.

Το πρόγραμμα αφορά σε Φωτοβολταϊκά Συστήματα για παραγωγή ενέργειας που εγχέεται στο Δίκτυο, τα οποία εγκαθίστανται στο δώμα ή τη στέγη κτηρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγαστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτηρίου όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης, όπως αυτά ορίζονται στον Γ.Ο.Κ.

Δικαίωμα ένταξης στο Πρόγραμμα έχουν φυσικά πρόσωπα μη επιτηδευματίες και φυσικά ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες που κατατάσσονται στις πολύ μικρές επιχειρήσεις, τα οποία έχουν στην κυριότητα τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το Φωτοβολταϊκό Σύστημα. Στην περίπτωση Φωτοβολταϊκού Συστήματος σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο κτιρίου, επιτρέπεται η εγκατάσταση ενός και μόνο συστήματος, μετά την σύμφωνη γνώμη των συνιδιοκτητών.

Δικαίωμα ένταξης στο Πρόγραμμα έχουν επίσης τα Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.) και τα Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.) μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, τα οποία έχουν στην κυριότητα τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το Φωτοβολταϊκό Σύστημα. Το δικαίωμα εγκατάστασης Φωτοβολταϊκού Συστήματος σε κτίριο ιδιοκτησίας Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.), τη χρήση του οποίου έχει αναλάβει διαχειριστής (π.χ. σχολική επιτροπή), παρέχεται στο διαχειριστή, μετά από συναίνεση του κυρίου του κτηρίου.

Προϋποθέσεις για την ένταξη φωτοβολταϊκού συστήματος στο Πρόγραμμα είναι:

- η ύπαρξη ενεργής σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του φωτοβολταϊκού στο κτίριο όπου το σύστημα εγκαθίσταται.
- μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης της ιδιοκτησίας του κυρίου του φωτοβολταϊκού, εφόσον αυτή χρησιμοποιείται για κατοικία, πρέπει να καλύπτεται με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ενδεικτικά ηλιοθερμικά, ηλιακοί θερμοσίφωνες.
- η μη ύπαρξη δημόσιας ενίσχυσης στο πλαίσιο του Αναπτυξιακού– Επενδυτικού νόμου, όπως κάθε φορά ισχύει, των συγχρηματοδοτούμενων από την Ευρωπαϊκή Ένωση δράσεων χρηματοδότησης (πχ. στο πλαίσιο ΕΠ του ΕΣΠΑ) και γενικότερα οποιουδήποτε άλλου προγράμματος χρηματοδότησης.

2.2.1 Αναφορά νομοθεσιών ειδικού προγράμματος στεγών

Παρακάτω Αναφέρονται οι νομοθεσίες του ειδικού προγράμματος Στεγών :

- Αρχικά το 2009 εκδόθηκε ΚΥΑ με θέμα το ειδικό πρόγραμμα ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις (ΦΕΚ Β 1079/4.6.2009). Στο άρθρο 1 περιγράφεται ο σκοπός και το Πεδίο Εφαρμογής του ειδικού προγράμματος στεγών ποιο αναλυτικά:

1. Καταρτίζεται Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10 kWp, εφεξής Πρόγραμμα, σε κτιριακές εγκαταστάσεις, που χρησιμοποιούνται για κατοικία ή στέγαση πολύ μικρών επιχειρήσεων με διάρκεια έως 31.12.2019.

2. Το Πρόγραμμα αφορά σε φωτοβολταϊκά συστήματα για παραγωγή ενέργειας που εγγέται στο Δίκτυο, τα οποία εγκαθίστανται στο δώμα ή τη στέγη κτιρίου, συμπεριλαμβανόμενων των στεγαστρων βεραντών.

3. Το Πρόγραμμα αφορά σε όλη την Επικράτεια με εξαίρεση τα μη Διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό Σύστημα της χώρας νησιά.

4. Δικαίωμα ένταξης στο Πρόγραμμα έχουν φυσικά πρόσωπα μη επιτηδευματίες και φυσικά ή νομικά πρόσωπα επιτηδευματίες που κατατάσσονται στις πολύ μικρές επιχειρήσεις, τα οποία έχουν στην κυριότητα τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα.

5. Στην περίπτωση φωτοβολταϊκού συστήματος σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο κτιρίου, επιτρέπεται η εγκατάσταση ενός και μόνο συστήματος. Δικαίωμα ένταξης στο Πρόγραμμα έχουν οι κύριοι οριζόντιων ιδιοκτησιών εκπροσωπούμενοι από το διαχειριστή ή ένας εκ των κυρίων των οριζόντιων ιδιοκτησιών μετά από παραχώρηση της χρήσης του κοινόχρηστου ή κοινόκτητου χώρου από τους λοιπούς συνιδιοκτήτες. Προϋπόθεση αποτελεί η συμφωνία του συνόλου των συνιδιοκτητών που αποδεικνύεται με πρακτικό ομόφωνης απόφασης της γενικής συνέλευσης ή με

έγγραφο συμφωνία όλων των συνιδιοκτητών του κτιρίου, με ευθύνη των ενδιαφερομένων.

6. Επιτρέπεται η παραχώρηση χρήσης χώρου για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος, μετά από έγγραφο συμφωνία του κυρίου του χώρου αυτού, σε κύριο οριζόντιας ιδιοκτησίας του κτιρίου όπου βρίσκεται ο χώρος .

Στο άρθρο 2 αναφέρονται οι προϋποθέσεις για την ένταξη στο πρόγραμμα. Ποιο συγκεκριμένα:

1. Προϋπόθεση για την ένταξη φωτοβολταϊκού συστήματος στο Πρόγραμμα είναι η ύπαρξη ενεργής σύνδεσης κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος στο όνομα του κυρίου του φωτοβολταϊκού στο κτίριο όπου το σύστημα εγκαθίσταται.

2. Μέρος των θερμικών αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης της ιδιοκτησίας του κυρίου του φωτοβολταϊκού, εφόσον αυτή χρησιμοποιείται για κατοικία, πρέπει να καλύπτεται με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ενδεικτικά ηλιοθερμικά, ηλιακοί θερμοσίφωνες.

3. Προϋπόθεση και όρος για την ένταξη φωτοβολταϊκού συστήματος στο Πρόγραμμα είναι η μη ύπαρξη δημόσιας ενίσχυσης στο πλαίσιο του Αναπτυξιακού Επενδυτικού νόμου, όπως κάθε φορά ισχύει, των συγχρηματοδοτούμενων από την Ευρωπαϊκή Ένωση δράσεων χρηματοδότησης (πχ. στο πλαίσιο ΕΠ του ΕΣΠΑ) και γενικότερα οποιουδήποτε άλλου προγράμματος χρηματοδότησης.

Στο άρθρο 4 περιγράφεται η Εγκατάσταση και λειτουργία Φωτοβολταϊκού Συστήματος – Σύνδεση με το Δίκτυο. Ποιο συγκεκριμένα:

1. Το φωτοβολταϊκό σύστημα συνδέεται στο Δίκτυο διανομής χαμηλής τάσης. Για τη σύνδεση η ΔΕΗ ΑΕ ως Διαχειριστής του Δικτύου, κάνει χρήση της παροχής μέσω της οποίας τροφοδοτούνται οι καταναλώσεις της ιδιοκτησίας του κυρίου όπου εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα, όταν αυτό είναι τεχνικά δυνατό. Σε κάθε περίπτωση η σύνδεση αντιστοιχεί σε υφιστάμενο αριθμό παροχής της ιδιοκτησίας του κυρίου του φωτοβολταϊκού συστήματος.

2. Για τη σύνδεση φωτοβολταϊκού συστήματος υποβάλλεται αίτηση προς την ΔΕΗ ΑΕ (Τοπική Υπηρεσία, Περιοχή), ως Διαχειριστή του Δικτύου, που περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον, τα εξής:

i. στοιχεία του κυρίου του φωτοβολταϊκού,

ii. στοιχεία της εγκατάστασης, με το έντυπο αίτησης που χορηγείται από τη ΔΕΗ ΑΕ.

iii. στοιχεία των φωτοβολταϊκών πλασίων και του αντιστροφέα, καθώς και λοιπά τεχνικά στοιχεία για την εγκατάσταση και την λειτουργία, υπεύθυνες δηλώσεις ότι πληρούνται οι απαιτήσεις των παραγράφων 2 και 3 του άρθρου 2 της παρούσας, καθώς και δήλωση σχετικά με τα στοιχεία που αποδεικνύουν την ιδιότητα ΜΜΕ μιας επιχείρησης, σύμφωνα με το έντυπο αίτησης που χορηγείται από τη ΔΕΗ ΑΕ.

3. Μετά την υποβολή της αίτησης και των στοιχείων της παραγράφου 2, η ΔΕΗ ΑΕ, ως Διαχειριστής του Δικτύου, εξετάζει το αίτημα κατά προτεραιότητα και προβαίνει εντός είκοσι (20) ημερών σε διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον ενδιαφερόμενο κύριο του φωτοβολταϊκού που περιλαμβάνει την περιγραφή και τη

δαπάνη των έργων σύνδεσης, η οποία ισχύει για τρεις (3) μήνες από την ημερομηνία έκδοσής της. Η ΔΕΗ ΑΕ γνωστοποιεί στον κύριο του φωτοβολταϊκού κάθε στοιχείο που θα ζητηθεί για την τεκμηρίωση της ανάγκης υλοποίησης των συγκεκριμένων έργων σύνδεσης και του κόστους αυτών.

4. Μετά την αποδοχή της Προσφοράς Σύνδεσης προσκομίζεται από τον κύριο του φωτοβολταϊκού η Έγκριση εκτέλεσης εργασιών μικρής κλίμακας της αρμόδιας πολεοδομικής υπηρεσίας, υπογράφεται η Σύμβαση Σύνδεσης μεταξύ κυρίου του φωτοβολταϊκού και ΔΕΗ ΑΕ ως Διαχειριστή του Δικτύου και καταβάλλεται η σχετική δαπάνη. Η κατασκευή των έργων σύνδεσης ολοκληρώνεται από τη ΔΕΗ ΑΕ εντός είκοσι (20) ημερών από την υπογραφή της σύμβασης, εφόσον δεν απαιτούνται νέα έργα Δικτύου.

5. Μετά την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης υποβάλλεται αίτηση για τη σύναψη Σύμβασης Συμψηφισμού προς τη ΔΕΗ ΑΕ (Τοπική Υπηρεσία Εμπορίας) ή άλλο προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί τις καταναλώσεις της ιδιοκτησίας του κυρίου όπου εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα. Η ανωτέρω διαδικασία ολοκληρώνεται εντός δεκαπέντε (15) ημερών από την παραλαβή του αιτήματος.

6. Για την ενεργοποίηση της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος υποβάλλεται αίτημα προς την ΔΕΗ ΑΕ (Τοπική Υπηρεσία, Περιοχή) ως Διαχειριστή του Δικτύου, με το οποίο συνυποβάλλονται:

i. αντίγραφο της Σύμβασης Συμψηφισμού,

ii. υπεύθυνη δήλωση μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας για τη συνολική εγκατάσταση, με συνημμένα: τεχνική περιγραφή του τρόπου αποφυγής του φαινομένου της νησιδοποίησης και μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης, στην οποία θα αναφέρονται οι ρυθμίσεις των ορίων τάσεως και συχνότητας στην έξοδο του αντιστροφέα, που σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να βρίσκονται εκτός των ορίων +15% έως -20% της ονομαστικής τάσης και +0,5 Hz έως -0,5 Hz της ονομαστικής συχνότητας καθώς επίσης και ότι έχει γίνει πρόβλεψη σε περίπτωση υπέρβασης των εν λόγω ορίων ο αντιστροφέας να τίθεται εκτός (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις:

α. θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5 δευτερόλεπτα,

β. επανάζευξη του αντιστροφέα μετά από τρία πρώτα λεπτά,

γ. αναφορά σε χρόνο λειτουργίας της προστασίας έναντι νησιδοποίησης,

iii. υπεύθυνη δήλωση του κυρίου του φωτοβολταϊκού συστήματος όπου θα αναφέρεται ότι καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του φωτοβολταϊκού δεν θα τροποποιηθούν οι ρυθμίσεις που δηλώθηκαν βάσει των απαιτήσεων της περίπτωσης ii της παρούσας παραγράφου.

Στην ΚΥΑ αυτή περιγράφετε επίσης, η σύμβαση και η διάρκεια της, η τιμολόγηση, η φορολογική και πολεοδομική αντιμετώπιση των Φ/Β Στεγών

- Δύο μήνες αργότερα εκδόθηκε από το υπουργείο οικονομίας και οικονομικών η ΠΟΛ 1101/6.8.2009 με θέμα «Φορολογική αντιμετώπιση της εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10 kWp σε κτιριακές εγκαταστάσεις κατοικιών ή πολύ μικρών επιχειρήσεων», όπου κοινοποιήθηκαν οι διατάξεις της κοινής απόφασης των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών, Ανάπτυξης και

Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων «Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων» (ΦΕΚ 1079/Β/04.06.2009), με την οποία ρυθμίζεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων ισχύος μέχρι 10 kWp για παραγωγή ενέργειας που εγχέεται στο Δίκτυο, σε κτιριακές εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούνται για κατοικία ή στέγαση πολύ μικρών επιχειρήσεων από τα πρόσωπα που ορίζονταν στην ΠΟΛ (άρθρο 1). Ποιο συγκεκριμένα ορίζεται η έννοια των πολύ μικρών επιχειρήσεων, ο Φόρος Προστιθέμενης Αξίας, στον οποί δεν εμπίπτουν τα φωτοβολταϊκά στεγών, ο κύριος του φωτοβολταϊκού συστήματος εν υποχρεούται σε τήρηση βιβλίων έκδοση στοιχείων και γενικότερα δεν υποχρεούται να εφαρμόζει τις διατάξεις του Κώδικα Βιβλίων και Στοιχείων. (π.δ.186/1992 – ΦΕΚ 84 Α'), υπό ορισμένες προϋποθέσεις και επεξηγείτε η φορολογία του εισοδήματος.

- Το 2010 εκδίδεται ΚΥΑ, (ΦΕΚ Β 1557/22.9.2010), ως συμπλήρωση – τροποποίηση της αρχικής ΚΥΑ του 2009 (ΦΕΚ Β 1079/4.6.2009). Το πρόγραμμα αφορά σε φωτοβολταϊκά συστήματα για παραγωγή ενέργειας που εγχέεται στο δίκτυο, τα οποία εγκαθίστανται στην στέγη κτιρίου, συμπεριλαμβανόμενων στεγάστρων, βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων. Το πρόγραμμα αφορά όλη την επικράτεια και τα μη διασυνδεδεμένα νησιά. Ως μέγιστη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων ανά εγκατάσταση στο πλαίσιο του προγράμματος ορίζεται για την ηπειρώτικη χώρα, διασυνδεδεμένα με το σύστημα νησιά και την Κρήτη τα 10kwp και για τα λοιπά, μη διασυνδεδεμένα νησιά τα 5kwp. Ο διαχειριστής του δικτύου και των μη διασυνδεδεμένων νησιών , αναρτά στο δίκτυο του τόπο στοιχεία που αφορούν το σύνολο της ισχύος που αντιστοιχεί στα αιτήματα σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, νησί ή νησιωτικό σύμπλεγμα, την ήδη συμβασιοποιημένη ισχύ, καθώς και του χαρακτηρισμού των τοπικών δικτύων διανομής νησιών ή νησιωτικών συμπλεγμάτων ως κορεσμένα η μη.
- Το 2010 εκδίδετε το ΦΕΚ ΑΑΠ 376/6.9.2010 με θέμα «Έγκριση ειδικών όρων για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εκτός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς». Όπου στο Άρθρο 1 αναφέρονται οι Όροι και η διαδικασία εγκατάστασης σε περιοχές εντός σχεδίου και εντός οικισμών, στο άρθρο 2 περιγράφονται οι Όροι και η διαδικασία εγκατάστασης σε χαρακτηρισμένους παραδοσιακούς οικισμούς, ιστορικά τμήματα πόλεων και διατηρητέα κτίρια και στο άρθρο 4 περιγράφονται οι Όροι και η διαδικασία εγκατάστασης σε κτίρια.
- Το 2010 εκδίδετε το ΦΕΚ Β 1556/22.9.2010 με θέμα «Έγκριση ειδικών όρων για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων και ηλιακών συστημάτων σε γήπεδα και κτίρια σε εκτός σχεδίου περιοχή» Στο ΦΕΚ αυτό αναφέρονται οι όροι εγκατάστασης (άρθρο 1) των ΑΠΕ του θέματος σε γήπεδα που βρίσκονται σε εκτός σχεδίου περιοχές και η Διαδικασία εγκατάστασης (άρθρο 2). Ποιο συγκεκριμένα δεν απαιτείται τα γήπεδα να είναι άρτια και οικοδομήσιμα, εκτός εάν ζητούνται δομικές κατασκευές πέραν των απόλυτων αναγκαίων για την εγκατάσταση αυτή. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν σε κάλυψη το 60% της επιφάνειας του γηπέδου. Σε περίπτωση ανέγερσης και άλλων χρήσεων δομικών εγκαταστάσεων εκτός του γηπέδου αυτές συνυπολογίζονται στο παρακάτω καθοριζόμενο ποσοστό κάλυψης. Για τα φωτοβολταϊκά συστήματα, δεν απαιτείται έκδοση οικοδομικής άδειας, αλλά έκδοση έγκρισης εργασιών δόμησης μικρής

κλίμακας. Η έγκριση της αρμόδιας επιτροπής πολεοδομικού και αρχιτεκτονικού έλεγχου απαιτείται μόνο στις ακόλουθες περιπτώσεις: α) στην περίπτωση του δεύτερου εδάφιου, β) σε περίπτωση που η εγκατάσταση προβλέπεται να γίνει σε περιοχή που έχουν χαρακτηριστεί ως ιδιαίτερου φυσικού κάλλους και προστατεύονται ως προς την πολεοδομική ανάπτυξη από ειδικά διατάγματα και γ) σε κάθε περίπτωση που η εγκατάσταση προβλέπεται σε διατηρητέα κτίρια.

- Το 2011 εκδίδετε το ΦΕΚ Β 583/14.4.2011 με θέμα «Τροποποίηση ειδικών ορών για την εγκατάσταση φ/β σε γήπεδα, οικόπεδα και κτίρια». Όπου τροποποιούνται το άρθρο 1 και 2 του π' αριθ. 40158/25.8.2010 (ΦΕΚ Β' 1556) υπουργικής απόφασης και τροποποίηση του τίτλου της υπ' αριθ. 36720/25.8.2010 (ΦΕΚ Α.Α.Π. 376) υπουργικής απόφασης και των άρθρων 1,5 και 6. Ποιο αναλυτικά, επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης χώρου, μετά από έγκριση εργασιών μικρής κλίμακας α) σε χαρακτηρισμένους παραδοσιακούς οικισμούς, ιστορικά τμήματα πόλεων και διατηρητέα κτίρια, εφόσον δεν απαγορεύεται η εγκατάσταση τους από τα σχετικά διατάγματα και αποφάσεις προστασίας τους και υπό τον όρο θα τοποθετούνται στους ακάλυπτους χώρους των κτιρίων και σε σημεία μη ορατά από κοινόχρηστους χώρους και β) σε περιοχές ιδιαίτερου φυσικού κάλλους, εφόσον δεν απαγορεύεται η εγκατάσταση τους από τη σχετική νομοθεσία προστασίας και εναρμονίζονται κατά το δυνατόν οι εγκαταστάσεις με τον περιβάλλοντα χώρο. Για την κατά ως άνω εγκατάσταση δεν επιτρέπεται η διάνοιξη νέων ή η διαπλάτυνση υφιστάμενων οδών.
- Το 2011 εκδίδεται ο Ν.4014/2011, ΦΕΚ Α209/21-09-2011 με θέμα «Περιβαλλοντική αδειοδότηση έργων και δραστηριοτήτων, ρύθμιση αυθαιρέτων σε συνάρτηση με δημιουργία περιβαλλοντικού ισοζυγίου και άλλες διατάξεις αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος», Προσαρμογή του ν. 3852/2010 για την περιβαλλοντική αδειοδότηση και συστήνεται η Διεύθυνση Περιβαλλοντικής Αδειοδότησης στο Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.
- Το 2012 γίνεται τροποποίηση της παραγράφου 1 ΑΡΘΡΟ 6 ΤΟΥ ΦΕΚ Β 583/14.4.2011 με το ΦΕΚ Β14/11.01.2012. Ποιο συγκεκριμένα «Η τοποθέτηση των ανωτέρω συστημάτων επιτρέπεται επίσης σε κτίρια των εδαφίων δ, ε και στ, της παρ. 2, του άρθρου 23 του ν. 4014/11 (ΦΕΚ Α' 209) όπως ισχύει, για το χρονικό διάστημα διατήρησής τους.».
- Το 2012 εκδίδεται ο νέος οικοδομικός κανονισμός (Ν.4067,ΦΕΚ Α 79/9.4.2012)
- Το 2012 εκδίδεται το ΦΕΚ Β 2317/12.08.2012 με θέμα «Τροποποίηση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων» με το οποίο αλλάζει τον τρόπο τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας σύμφωνα με το ακόλουθο πίνακα:

Μήνας / Έτος	Τιμή (ευρώ/MWh)
Αύγουστος 2012	250,00
Φεβρουάριος 2013	238,75
Αύγουστος 2013	228,01
Φεβρουάριος 2014	217,75

Αύγουστος 2014	207,95
Φεβρουάριος 2015	198,59
Αύγουστος 2015	189,65
Φεβρουάριος 2016	181,12
Αύγουστος 2016	172,97
Φεβρουάριος 2017	165,18
Αύγουστος 2017	157,75
Φεβρουάριος 2018	150,65
Αύγουστος 2018	143,87

- Το 2013 Τροποποίηση του Ειδικού Προγράμματος Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων με την ΚΥΑ(ΦΕΚ Β 1103/2.5.2013). ποιο συγκεκριμένα:

Από το «Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων» (Β΄ 1079/04.06.2009), Η παράγραφος 1 του άρθρου 3 αντικαθίσταται ως εξής:

1. Η Σύμβαση Συμψηφισμού για φωτοβολταϊκό σύστημα (εφεξής Σύμβαση Συμψηφισμού) συνάπτεται μεταξύ κυρίου του φωτοβολταϊκού και ΔΕΗ Α.Ε. ή άλλου προμηθευτή που ηλεκτροδοτεί τις καταναλώσεις του στο κτίριο όπου εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα, για είκοσι πέντε (25) έτη, με έναρξη ισχύος την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος. Η εν λόγω σύμβαση συνομολογείται με σταθερή τιμή αναφοράς που αντιστοιχεί στο μήνα και το έτος του πίνακα της παραγράφου 3, και αντιστοιχεί στην τιμή που ισχύει κατά την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού σταθμού».

2. Η παράγραφος 3 του άρθρου 3 αντικαθίσταται ως εξής:

3. Η τιμή της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας που εγχέεται στο δίκτυο ορίζεται σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Μήνας /Έτος	Τιμή (ευρώ/MWh)
Φεβρουάριος 2013	125,0
Αύγουστος 2013	125,00
Φεβρουάριος 2014	120,00
Αύγουστος 2014	120,00

Φεβρουάριος 2015	115,00
Αύγουστος 2015	115,00
Φεβρουάριος 2016	110,00
Αύγουστος 2016	110,00
Φεβρουάριος 2017	105,00
Αύγουστος 2017	100,00
Φεβρουάριος 2018	95,00
Αύγουστος 2018	90,00
Φεβρουάριος 2019	85,00
Αύγουστος 2019	80,00

2.3 Νόμοι (αυτοπαραγωγών) ΝΕΤ Μετερίνγκ

Το 2013 εκδόθηκε ο Ν.4203 (ΦΕΚ Α 235/01.11.2013). Στο άρθρο 6 παράγραφος 2 του νόμου αυτού περιγράφεται η Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών και σταθμών μικρών ανεμογεννητριών από αυτοπαραγωγούς. Ποιο συγκεκριμένα ο νόμος αναφέρει ότι:

1. Επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών και σταθμών μικρών ανεμογεννητριών από αυτοπαραγωγούς σε εγκαταστάσεις τους που συνδέονται στο Δίκτυο. Για τις περιοχές που χαρακτηρίζονται από τη Ρ.Α.Ε. ως περιοχές με κορεσμένα δίκτυα, σύμφωνα με τη διαδικασία των δύο τελευταίων εδαφίων της περίπτωσης α΄ της παρ. 5 του άρθρου 3 για την εφαρμογή του προηγούμενου εδαφίου, ο Διαχειριστής του Δικτύου μπορεί να θέτει περιορισμούς στην απορροφημένη ισχύ για λόγους ασφάλειας της λειτουργίας του Δικτύου ή του Διασυνδεδεμένου Συστήματος. Η παραγόμενη ενέργεια από το σταθμό που εγχέεται στο δίκτυο διανομής συμψηφίζεται σε κάθε κύκλο καταμέτρησης με την καταναλισκόμενη ενέργεια στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού που τροφοδοτεί ο σταθμός. Το πλεόνασμα ενέργειας που προκύπτει από το συμψηφισμό του προηγούμενου εδαφίου διοχετεύεται στο Δίκτυο χωρίς υποχρέωση για οποιαδήποτε αποζημίωση στον αυτοπαραγωγό. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, μετά από εισήγηση του Διαχειριστή και γνώμη της Ρ.Α.Ε., καθορίζονται ο τύπος, το περιεχόμενο και η διαδικασία κατάρτισης των συμβάσεων συμψηφισμού ηλεκτρικής ενέργειας, σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος, καθώς και κάθε ειδικότερο θέμα. Με την απόφαση του προηγούμενου εδαφίου και ανάλογα με την πορεία του ελλείμματος του ειδικού Λογαριασμού του άρθρου 40 του ν. 2773/1999 (Α΄ 286) μπορεί να καθορίζεται αποζημίωση από τον προμηθευτή υπέρ του ειδικού διαχειριστικού Λογαριασμού του άρθρου 40 του ν.

2773/1999 ή και υπέρ του αυτοπαραγωγού για ποσοστό του πλεονάσματος ενέργειας που προκύπτει από το συμψηφισμό, όπως αυτό καθορίζεται με την ίδια απόφαση.

2. Οι σταθμοί του παρόντος άρθρου εξαιρούνται από την αναστολή της αδειοδοτικής διαδικασίας βάσει των διατάξεων της περίπτωσης β' της παρ. 3 του άρθρου 1, όπως ισχύει. Οι διατάξεις του άρθρου 13 του παρόντος και η διάταξη της περίπτωσης 3 της υποπαραγράφου Ι.4 της παρ. 1' του άρθρου πρώτου του ν. 4152/2013 δεν εφαρμόζεται για τους σταθμούς για τους οποίους χορηγείται οριστική προσφορά σύνδεσης βάσει των διατάξεων του παρόντος άρθρου και συνεπώς συνάπτεται η αντίστοιχη σύμβαση συμψηφισμού. Κατά τα λοιπά για την αδειοδότηση εφαρμόζονται οι διατάξεις των άρθρων 3, 4 και 8 του παρόντος.

3. Η ισχύς των σταθμών του παρόντος άρθρου συνυπολογίζεται για την εκτίμηση της ενδεχόμενης κάλυψης των ορίων ισχύος που καθορίζονται σύμφωνα με τις διατάξεις της περίπτωσης β' της παραγράφου 3 του άρθρου 1.

4. Ειδικά για φωτοβολταϊκούς σταθμούς που εγκαθίστανται από δημόσιους φορείς στις εγκαταστάσεις τους στο πλαίσιο διευρωπαϊκών προγραμμάτων είναι δυνατή η σύνδεσή τους τόσο στο Δίκτυο όσο και στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα. Πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας που διατίθεται στο Σύστημα ή το Δίκτυο, από τους σταθμούς του προηγούμενου εδαφίου, και μέχρι ποσοστό 20% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας, σε ετήσια βάση, αποζημιώνεται βάσει των τιμών του πίνακα της περίπτωσης β' της παραγράφου 1 του άρθρου 13.

Το 2014 εκδόθηκαν οι Νομοθετικές ρυθμίσεις αυτοπαραγωγών (Ν.4254/2014 - Άρ. 1, Παρ. ΙΓ, Υποπαρ. ΙΓ.8, Παρ. 14). Ποιο συγκεκριμένα αντικαθίσταται παράγραφος 1 του άρθρου 14Α του ν. 3468/2006 (Α' 129) ως εξής:

Επιτρέπεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών και σταθμών μικρών ανεμογεννητριών από αυτοπαραγωγούς σε εγκαταστάσεις τους που συνδέονται στο Δίκτυο. Για τις περιοχές που χαρακτηρίζονται από τη ΡΑΕ ως περιοχές με κορεσμένα δίκτυα, σύμφωνα με τη διαδικασία των δύο τελευταίων εδαφίων της περίπτωσης α' της παρ. 5 του άρθρου 3 για την εφαρμογή του προηγούμενου εδαφίου, ο Διαχειριστής του Δικτύου μπορεί να θέτει περιορισμούς στην απορροφημένη ισχύ για λόγους ασφάλειας της λειτουργίας του Δικτύου ή του Διασυνδεδεμένου Συστήματος. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, μετά από εισήγηση του Διαχειριστή και γνώμη της ΡΑΕ καθορίζονται ο τρόπος με τον οποίο θα γίνεται ο συμψηφισμός της παραγόμενης και της καταναλισκόμενης ενέργειας και ειδικότερα οι χρεώσεις που θα περιλαμβάνονται στο συμψηφισμό, το χρονικό διάστημα εντός του οποίου θα υπολογίζεται ο συμψηφισμός της παραγόμενης ενέργειας με την καταναλισκόμενη ενέργεια στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού που τροφοδοτεί ο σταθμός, ο τύπος, το περιεχόμενο και η διαδικασία κατάρτισης των συμβάσεων συμψηφισμού ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και κάθε ειδικότερο θέμα ή άλλη αναγκαία λεπτομέρεια για την εφαρμογή των διατάξεων της παρούσας. Το πλεόνασμα ενέργειας που προκύπτει από το συμψηφισμό του προηγούμενου εδαφίου διοχετεύεται στο Δίκτυο χωρίς υποχρέωση για οποιαδήποτε αποζημίωση στον αυτοπαραγωγό. Με την ανωτέρω απόφαση μπορεί να διαφοροποιείται ο τρόπος συμψηφισμού βάσει του μεγέθους των σταθμών, του επιπέδου τάσης σύνδεσης και των ειδικότερων χαρακτηριστικών των τιμολογίων κατανάλωσης. Με την ανωτέρω απόφαση καθορίζεται και η μοναδιαία τιμή με την

οποία θα υπολογίζεται η αποζημίωση για το πλεόνασμα της ενέργειας η οποία θα καταβάλλεται από τους Προμηθευτές, υπέρ του Ειδικού Λογαριασμού του άρθρου 40 του Ν. 2773/1999 (Α' 286).

Το 2014 εκδόθηκε Νομοθετική ρύθμιση για το ειδικό τέλος ΕΤΜΕΑΡ των αυτοπαραγωγών (Ν.4315/2014 - Άρθρο 53). Ποιο συγκεκριμένα ο νόμος λέει:

Το δεύτερο εδάφιο της περίπτωσης γ' της παραγράφου 2 του άρθρου 143 του ν. 4001/2011 αντικαθίσταται με τα ακόλουθα δύο εδάφια:

«Η μεθοδολογία λαμβάνει υπόψη την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει ο κάθε Πελάτης και περιλαμβάνει συντελεστές που διαφοροποιούν το ειδικό τέλος κατά κατηγορία Πελατών, περιλαμβανόμενων των αυτοπαραγωγών, έτσι ώστε να προκύπτει χρέωση που εξισορροπεί τις οικονομικές συνέπειες μεταξύ των κατηγοριών Πελατών. Ειδικά για τους αυτοπαραγωγούς ΑΠΕ που εμπίπτουν στις διατάξεις της παρ. 1 του άρθρου 14Α του ν. 3468/2006, το ειδικό τέλος καταβάλλεται από κάθε αυτοπαραγωγό αποκλειστικά και μόνο για το τμήμα της ηλεκτρικής ενέργειας που συνολικά αυτός απορροφά από το Δίκτυο ή το Σύστημα».

Τέλος στις 30/12/2014 εκδόθηκε υπουργική απόφαση με θέμα «Εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ από αυτοπαραγωγούς με συμψηφισμό ενέργειας κατ' εφαρμογή του άρθρου 14Α του ν.3468/2006», έχουμε τα παρακάτω άρθρα:

Άρθρο 1 «Σκοπός –Πεδίο Εφαρμογής»:

- Καθορίζονται οι όροι και οι προϋποθέσεις για την ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων από αυτοπαραγωγούς, κατά την έννοια της περίπτωσης 6 του άρθρου 2 του ν.3468/2006, για την κάλυψη ιδίων αναγκών τους, με εφαρμογή ενεργειακού συμψηφισμού, σύμφωνα με τις διατάξεις της παραγράφου 1 του άρθρου 14^Α του Ν.3468/2006 όπως αντικαταστάθηκε με την περίπτωση 14 της Υποπαραγράφου ΙΓ.8 της Παραγράφου ΙΓ του άρθρου πρώτου του Ν.4254/2014 και συμπληρώθηκε με το άρθρο έβδομο του Ν.4296/2014.
- Καθορίζετε η ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος που μπορεί να ανέρχεται μέχρι 20kWp. ή μέχρι το 50% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης (Ισχύς Φωτοβολταϊκού (kWp) \leq 0,5xΣυμφωνημένη Ισχύ Κατανάλωσης (kVA)), εφόσον η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη του ως άνω ορίου των 20 kWp. Ειδικά για νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημόσιου ενδιαφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, η ανώτατη ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται έως και στο 100% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης. Σε κάθε περίπτωση, η ισχύς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα εγκατασταθεί στο πλαίσιο της παρούσας στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα και Δίκτυο δεν μπορεί να υπερβαίνει το ανώτατο όριο των **500 kWp** της παρ. 1 του άρθρου 14Α του Ν. 3468/2006, όπως εκάστοτε ισχύει.
- Ειδικώς στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, η ισχύς των συστημάτων που εγκαθίστανται στο πλαίσιο της παρούσας μπορεί να ανέρχεται μέχρι 10kWp., και ειδικά για την Κρήτη μέχρι 20 kWp., ή μέχρι το 50% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης (Ισχύς Φωτοβολταϊκού (kWp.) \leq 0,5xΣυμφωνημένη Ισχύ

Κατανάλωσης (kVA)), εφόσον η τιμή αυτή είναι μεγαλύτερη του ως άνω ορίου των 10kWp ή των 20 kWp. Ειδικά για νομικά πρόσωπα, δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου, που επιδιώκουν κοινωφελείς ή άλλους δημόσιου ενδιαφέροντος σκοπούς, γενικής ή τοπικής εμβέλειας, η ανώτατη ισχύς κάθε φωτοβολταϊκού συστήματος μπορεί να ανέρχεται έως και το 100% της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης.

- Σε κάθε περίπτωση, η ισχύς ενός φωτοβολταϊκού συστήματος που θα εγκατασταθεί στο πλαίσιο της παρούσας στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά δεν μπορεί να υπερβαίνει το ανώτατο όριο των 50kWp για την Κρήτη και των 20 kWp για τα λοιπά Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά. Η ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων της παρούσης που θα εγκατασταθεί σε κάθε ηλεκτρικό σύστημα των Μη Διασυνδεδεμένων Νησιών, θα προσμετράται στο εκάστοτε ισχύον περιθώριο ισχύος για φωτοβολταϊκούς σταθμούς του συστήματος αυτού, σύμφωνα με τις σχετικές αποφάσεις της ΡΑΕ.
- Ως ενεργειακός συμψηφισμός νοείται ο συμψηφισμός της παραγόμενης από το φωτοβολταϊκό σύστημα ενέργειας με την καταναλισκόμενη ενέργεια στις εγκαταστάσεις του αυτοπαραγωγού, ο οποίος διενεργείται σε ετήσια βάση.
- Οι διατάξεις της παρούσας αφορούν σε σταθερά φωτοβολταϊκά συστήματα τα οποία εγκαθίστανται στον ίδιο ή όμορο χώρο με τις εγκαταστάσεις κατανάλωσης τις οποίες τροφοδοτούν και οι οποίες συνδέονται στο Δίκτυο. Τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί να εγκαθίστανται επί κτιρίων ή επί εδάφους ή άλλων κατασκευών, περιλαμβανομένων και αυτών του πρωτογενούς τομέα, σύμφωνα με την κείμενη πολεοδομική νομοθεσία.
- Δικαίωμα ένταξης στις διατάξεις της παρούσας έχουν φυσικά πρόσωπα (επιτηδευματίες ή μη) ή νομικά πρόσωπα δημοσίου ή ιδιωτικού δικαίου τα οποία είτε έχουν στην κυριότητά τους τον χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα είτε έχουν τη νόμιμη χρήση αυτού (π.χ. μέσω μίσθωσης, δωρεάν παραχώρησης κλπ) και έχουν διασφαλίσει την έγγραφη συναίνεση του ιδιοκτήτη του χώρου.
- Στην περίπτωση φωτοβολταϊκού συστήματος σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο κτιρίου, επιτρέπεται η εγκατάσταση ενός ή περισσότερων συστημάτων. Δικαίωμα ένταξης στις διατάξεις της παρούσας έχουν οι κύριοι οριζόντιων ιδιοκτησιών ή οι έχοντες τη νόμιμη χρήση αυτών μετά από παραχώρηση της χρήσης του κοινόχρηστου ή κοινόκτητου χώρου ή μέρους αυτού από τους λοιπούς συνιδιοκτήτες. Προϋπόθεση αποτελεί η συμφωνία των συνιδιοκτητών που αποδεικνύεται με πρακτικό απόφασης της γενικής συνέλευσης ή με άλλη έγγραφη συμφωνία των συνιδιοκτητών του κτιρίου, σύμφωνα με τα οικεία καταστατικά ή άλλα δεσμευτικά συμφωνητικά, βάσει των διατάξεων του Αστικού Κώδικα. Σε περίπτωση μη ύπαρξης τέτοιων συμφωνητικών, απαιτείται η συναίνεση του συνόλου των συνιδιοκτητών. Επιτρέπεται η παραχώρηση χρήσης χώρου για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος, μετά από έγγραφη συμφωνία του κυρίου του χώρου αυτού, σε κύριο ή τον έχοντα νόμιμη χρήση οριζόντιας ιδιοκτησίας του κτιρίου όπου βρίσκεται ο χώρος.
- Κάθε φωτοβολταϊκό σύστημα αντιστοιχίζεται αποκλειστικά με έναν μετρητή κατανάλωσης.

- Επιτρέπεται η μετάβαση από το υφιστάμενο «Ειδικό πρόγραμμα ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων» της παραγράφου 3 του άρθρου 14 του ν.3468/2006 στις διατάξεις ενεργειακού συμψηφισμού που θεσπίζονται με την παρούσα. Στην περίπτωση αυτή συνάπτεται νέα Σύμβαση Συμψηφισμού, κατά το άρθρο 3 της παρούσας, για το εναπομένον χρονικό διάστημα έναντι της 25ετίας της αρχικής Σύμβασης Συμψηφισμού. Δεν επιτρέπεται η συνύπαρξη στον ίδιο μετρητή κατανάλωσης συστημάτων του υφιστάμενου «Ειδικού προγράμματος ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων» με συστήματα που εγκαθίστανται σύμφωνα με τις διατάξεις της παρούσας.
- Απαραίτητη προϋπόθεση για την ένταξη στις διατάξεις της παρούσας είναι η πλήρης εξόφληση των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας του οικείου Προμηθευτή ή η ένταξη σε καθεστώς ρύθμισης οφειλών προς τον οικείο Προμηθευτή ηλεκτρικής ενέργειας.

Άρθρο 2 «Διενέργεια ενεργειακού συμψηφισμού-Χρεώσεις»:

- Ο ενεργειακός συμψηφισμός διενεργείται στους εκκαθαριστικούς λογαριασμούς κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που εκδίδει ο Προμηθευτής με τον οποίο έχει συμβληθεί ο αυτοπαραγωγός για την προμήθεια ηλεκτρικού ρεύματος στην εγκατάσταση κατανάλωσής του, βάσει πραγματικών δεδομένων καταμέτρησης που παρέχονται από τον Διαχειριστή του Δικτύου (ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε.). Στον πρώτο εκκαθαριστικό λογαριασμό κατανάλωσης, μετά την ενεργοποίηση του φωτοβολταϊκού συστήματος, η εγχυθείσα στο Δίκτυο ηλεκτρική ενέργεια, εφεξής εξερχόμενη ενέργεια, αφαιρείται από την απορροφηθείσα από το Δίκτυο ενέργεια, εφεξής εισερχόμενη ενέργεια, και η διαφορά, εφόσον είναι θετική, αποδίδει την καθαρή ενέργεια που θα πρέπει να καταλογιστεί από τον Προμηθευτή ως χρεωστέα ενέργεια στο ανταγωνιστικό σκέλος του λογαριασμού. Εάν η διαφορά είναι αρνητική, δεν προκύπτει χρεωστέα ενέργεια και η εν λόγω διαφορά πιστώνεται στον επόμενο εκκαθαριστικό λογαριασμό, ως πρόσθετη εξερχόμενη ενέργεια. Σε κάθε περίπτωση ο αυτοπαραγωγός είναι υπόχρεος για την εξόφληση του συνολικού καταλογιζόμενου ποσού κάθε εκδιδόμενου εκκαθαριστικού λογαριασμού, ανεξαρτήτως ενδεχόμενου αναμενόμενου πλεονάσματος παραγόμενης ενέργειας σε επόμενες χρονικές περιόδους, ισχυουσών των διατάξεων του Κώδικα Προμήθειας περί εξόφλησης του λογαριασμού κατανάλωσης και ληξιπρόθεσμων οφειλών σε Προμηθευτές.
- Η μεταφορά τυχόν πλεονάζουσας ενέργειας από παρελθούσες περιόδους καταμέτρησης συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Με την έκδοση του 12ου, 6ου ή 3ου εκκαθαριστικού λογαριασμού, μετά την ενεργοποίηση του φωτοβολταϊκού συστήματος, προκειμένου για καταναλωτές μηνιαίου, διμηνιαίου ή τετραμηνιαίου κύκλου καταμέτρησης αντιστοίχως, και κατ' έτος στη συνέχεια, διενεργείται η τελική εκκαθάριση του έτους (ετήσιο ισοζύγιο εισερχόμενης και εξερχόμενης ενέργειας, δηλαδή η διαφορά της συνολικής ετήσιας εξερχόμενης ενέργειας από την αντίστοιχη εισερχόμενη ενέργεια), οπότε και τυχόν πλεόνασμα ενέργειας (αρνητικό υπόλοιπο έτους) από τον ετήσιο συμψηφισμό δεν πιστώνεται στον επόμενο εκκαθαριστικό λογαριασμό και, με την επιφύλαξη της παραγράφου 4 του άρθρου 14 Α του

ν.3468/2006, δεν υφίσταται υποχρέωση για οποιαδήποτε αποζημίωση στον αυτοπαραγωγό για την ενέργεια αυτή. Ο προσδιορισμός της ενέργειας χρέωσης των προμηθευτών για το σύνολο της προκύπτουσας πλεονάζουσας ενέργειας από όλα τα φωτοβολταϊκά συστήματα που εκκαθαρίστηκαν κατά τα ανωτέρω σε κάθε μήνα του έτους για κάθε διακριτό ηλεκτρικό σύστημα πραγματοποιείται σύμφωνα με τις διατάξεις των αντίστοιχων Κωδίκων Διαχείρισης Συστήματος, Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας και Διαχείρισης Ηλεκτρικών Συστημάτων ΜΔΝ. Η μοναδιαία τιμή για τη χρέωση της ενέργειας αυτής υπολογίζεται σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παράγραφο 6 του παρόντος άρθρου και τα ποσά πιστώνονται στον ειδικό λογαριασμό ΑΠΕ του άρθρου 40 του ν.2773/1999. Η ως άνω χρέωση των προμηθευτών, για μεν το Διασυνδεδεμένο Σύστημα πραγματοποιείται από την ΛΑΓΗΕ ΑΕ, για δε τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, από τον Διαχειριστή ΜΔΝ (ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ), βάσει σχετικών στοιχείων που παρέχει ο Διαχειριστής του Δικτύου (ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ), σύμφωνα με τις διατάξεις των οικείων Κωδίκων Διαχείρισης Συστήματος, Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας και Διαχείρισης Ηλεκτρικών Συστημάτων ΜΔΝ.

- Κατά τον ετήσιο ενεργειακό συμψηφισμό ενδέχεται να συμψηφιστεί και μέρος χρεωστέας ενέργειας προηγούμενων εκκαθαριστικών λογαριασμών εντός της θεωρουμένης ετησίας περιόδου συμψηφισμού, για την οποία έχει ήδη καταβληθεί το αναλογούν τίμημα από τον αυτοπαραγωγό. Η τυχόν εκ των υστέρων απαλειφόμενη ποσότητα εισερχόμενης ενέργειας που είχε αρχικώς χρεωθεί αντιλογίζεται στον τελευταίο εκκαθαριστικό λογαριασμό της ετησίας περιόδου συμψηφισμού, με τιμή αναφοράς εκείνη με την οποία λογίστηκε η αντίστοιχη χρεωστέα ενέργεια.
- Σε περίπτωση που στο τιμολόγιο κατανάλωσης του αντισυμβαλλόμενου αυτοπαραγωγού προβλέπεται κλιμακούμενη χρέωση, στο ανταγωνιστικό σκέλος του, ο συμψηφισμός πραγματοποιείται με τρόπο που να προκύπτουν οι χαμηλότερες χρεώσεις για τον αυτοπαραγωγό.
- Οι χρεώσεις για τις Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας υπολογίζονται σε κάθε εκκαθαριστικό λογαριασμό κατανάλωσης επί της συνολικής πραγματικής κατανάλωσης της εγκατάστασης του αυτοπαραγωγού για την αντίστοιχη περίοδο καταμέτρησης, ήτοι επί του αθροίσματος της απορροφηθείσας από το Δίκτυο και της συνολικής παραχθείσας από το φωτοβολταϊκό σύστημα ενέργειας από το οποίο αφαιρείται η εγχυθείσα στο Δίκτυο ενέργεια, σύμφωνα με τις σχετικές προβλέψεις των διατάξεων των άρθρων 55 και 143 του ν.4001/2011 και τις διατάξεις του άρθρου 36 του ν.4067/2012. Οι υπόλοιπες ρυθμιζόμενες μονοπωλιακές χρεώσεις (Χρέωση Χρήσης Συστήματος, Χρέωση Χρήσης Δικτύου, και λοιπές ρυθμιζόμενες χρεώσεις) υπολογίζονται σε κάθε εκκαθαριστικό λογαριασμό κατανάλωσης βάσει της πραγματικά απορροφηθείσας από το Δίκτυο ενέργειας, βάσει των μετρητικών δεδομένων κατά την αντίστοιχη περίοδο καταμέτρησης. Οι χρεώσεις για το Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αερίων Ρύπων, τον Ειδικό Φόρο Κατανάλωσης, το Ειδικό Τέλος 5% του ν.2093/1992 και τον ΦΠΑ υπολογίζονται όπως κάθε φορά ορίζεται από τις κείμενες διατάξεις.
- Προκειμένου να πιστώνεται στον ειδικό λογαριασμό του άρθρου 40 του ν.2773/1999 το τυχόν πλεόνασμα ενέργειας από τους αυτοπαραγωγούς, το οποίο προκύπτει από τον ετήσιο ενεργειακό συμψηφισμό, με την επιφύλαξη της παραγράφου 4 του άρθρου 14 Α του ν. 3468/2006, υπολογίζεται ανά μήνα μοναδιαία τιμή με την οποία τιμολογείται το πλεόνασμα αυτό, ως εξής:

α) Για εγκαταστάσεις στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα η μοναδιαία τιμή (€/MWh) υπολογίζεται από τον Διαχειριστή του Συστήματος (ΑΔΜΗΕ ΑΕ) ως μέση τιμή των 12 προηγούμενων μηνιαίων μεσοσταθμικών τιμών που διαμορφώνονται στη χονδρεμπορική αγορά του Διασυνδεδεμένου Συστήματος, με βάση την οποία καλούνται οι Προμηθευτές να καταβάλουν τα ποσά για την ενέργεια των Μονάδων ΑΠΕ και ΣΗΘΥΑ κατά τα οριζόμενα στο άρθρο 143, παρ. 2α του ν.4001/2011 και σύμφωνα με την απόφαση ΡΑΕ 14/2014 όπως κάθε φορά ισχύει.

β) Για εγκαταστάσεις στα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά (ΜΔΝ), η μοναδιαία τιμή (€/MWh) υπολογίζεται από τον Διαχειριστή των ΜΔΝ (ΔΕΔΔΗΕ Α.Ε) ως μέση τιμή των 12 προηγούμενων μηνιαίων μεσοσταθμικών τιμών του μέσου μηνιαίου μεταβλητού κόστους παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τις συμβατικές μονάδες σε καθένα από τα ηλεκτρικά συστήματα ΜΔΝ, όπως αυτό καθορίζεται βάσει των διατάξεων του Κώδικα ΜΔΝ και των σχετικών αποφάσεων της ΡΑΕ.

γ) Τα αντίστοιχα ποσά με τα οποία πιστώνεται ο Ειδικός Λογαριασμός υπολογίζονται, για μεν το Διασυνδεδεμένο Σύστημα, από τον Λειτουργό της Αγοράς (ΛΑΓΗΕ Α.Ε.) σύμφωνα με τα ειδικότερα προβλεπόμενα στον Κώδικα Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας, για δε τα Μη Διασυνδεδεμένα Νησιά, από τον Διαχειριστή ΜΔΝ (ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ), σύμφωνα με τα ειδικότερα προβλεπόμενα στον Κώδικα Διαχείρισης ΜΔΝ.

- Για το πλεόνασμα ηλεκτρικής ενέργειας που χρεώνεται στους προμηθευτές υπέρ του Ειδικού Λογαριασμού του άρθρου 40 του ν. 2773/1999, καταβάλλονται και οι αναλογούσες ρυθμιζόμενες χρεώσεις (ΥΚΩ, ΕΤΜΕΑΡ, χρήσης Συστήματος και Δικτύου κλπ), μέσω των σχετικών εκκαθαρίσεων της αγοράς για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, κατά τα προβλεπόμενα στους οικείους Κώδικες Διαχείρισης Συστήματος και Συναλλαγών Ηλεκτρικής Ενέργειας και τα προβλεπόμενα στον Κώδικα ΜΔΝ.

Άρθρο 3 « Σύμβαση Συμψηφισμού»:

- Η Σύμβαση Ενεργειακού Συμψηφισμού, εφεξής Σύμβαση Συμψηφισμού, συνάπτεται μεταξύ του αυτοπαραγωγού και του Προμηθευτή με τον οποίο έχει συμβληθεί ο αυτοπαραγωγός για την προμήθεια ηλεκτρικού ρεύματος στην εγκατάσταση κατανάλωσής του, για είκοσι πέντε (25) έτη, με έναρξη ισχύος την ημερομηνία ενεργοποίησης της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος. Για την σύναψη Σύμβασης Συμψηφισμού πρέπει να έχει προηγηθεί Σύμβαση Σύνδεσης για το φωτοβολταϊκό σύστημα με τον Διαχειριστή του Δικτύου καθώς και πλήρης εξόφληση των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας του οικείου Προμηθευτή ή ένταξη σε καθεστώς ρύθμισης οφειλών προς τον οικείο Προμηθευτή. Προϋπόθεση για την ενεργοποίηση του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι η ύπαρξη ενεργού παροχής κατανάλωσης στον χώρο όπου το σύστημα εγκαθίσταται, επ' ονόματι του αυτοπαραγωγού.
- Στην περίπτωση που ο αυτοπαραγωγός αλλάξει Προμηθευτή για την ηλεκτροδότηση των καταναλώσεών του, λήγει αυτοδικαίως η Σύμβαση Συμψηφισμού και συνάπτεται νέα Σύμβαση Συμψηφισμού για το υπολειπόμενο εκ των είκοσι πέντε(25) ετών διάστημα μεταξύ του αυτοπαραγωγού και του νέου Προμηθευτή. Σε περίπτωση μεταβίβασης της σχετικής ιδιοκτησίας του χώρου όπου βρίσκεται εγκατεστημένο το φωτοβολταϊκό σύστημα, ο νέος κύριος του χώρου υπεισέρχεται αυτοδίκαια στα

δικαιώματα και τις υποχρεώσεις του μεταβιβάζοντος που απορρέουν από τη Σύμβαση Συμψηφισμού.

- Σε περίπτωση που καταναλωτής έχει τη νόμιμη χρήση του χώρου στον οποίο γίνεται η κατανάλωση, αλλά ιδιοκτήτης του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ο κύριος του χώρου αυτού, είναι επιτρεπτή η σύναψη Σύμβασης Συμψηφισμού είτε με τον κύριο, είτε με τον έχοντα τη νόμιμη χρήση του χώρου αυτού. Προϋπόθεση για τη σύναψη της Σύμβασης Συμψηφισμού είναι η ύπαρξη ενεργού παροχής κατανάλωσης επ' ονόματι του αυτοπαραγωγού. Σε περίπτωση σύνδεσης με την κοινόχρηστη παροχή του κτιρίου, η Σύμβαση Συμψηφισμού συνάπτεται με εξουσιοδοτημένο εκπρόσωπο των ιδιοκτητών των οριζόντιων ιδιοκτησιών επ' ονόματι του οποίου θα πρέπει να είναι και η κοινόχρηστη παροχή κατανάλωσης. Για τη σύναψη Σύμβασης Συμψηφισμού με τον καταναλωτή που έχει τη νόμιμη χρήση του χώρου απαιτείται σχετική έγγραφη συμφωνία του κυρίου του χώρου και του φωτοβολταϊκού συστήματος, με τον νόμιμο χρήστη του χώρου για την παραχώρηση της χρήσης του φωτοβολταϊκού συστήματος. Σε περίπτωση που συναφθεί Σύμβαση Συμψηφισμού κατά τα ανωτέρω και μεταβληθεί το πρόσωπο που έχει τη νόμιμη χρήση του χώρου, τροποποιείται η Σύμβαση Συμψηφισμού, για το υπολειπόμενο διάστημα των 25 ετών, ως προς το πρόσωπο που μεταβάλλεται και επ' ονόματι του οποίου είναι πλέον η παροχή κατανάλωσης.
- Με τη λήξη, για οποιονδήποτε λόγο, της Σύμβασης Συμψηφισμού, διενεργείται η τελική εκκαθάριση κατά τα αναφερόμενα στην παράγραφο 2 του άρθρου 2. Στις περιπτώσεις αλλαγής Προμηθευτή, τυχόν πλεόνασμα ενέργειας δεν μεταφέρεται ως υποχρέωση στον νέο Προμηθευτή και δεν υφίσταται υποχρέωση για οποιαδήποτε αποζημίωση στον αυτοπαραγωγό. Για το πλεόνασμα της εν λόγω ενέργειας λαμβάνει χώρα η πίστωση υπέρ του Ειδικού Λογαριασμού του άρθρου 40 του ν.2773/1999, σύμφωνα με το άρθρο 2.

Άρθρο 4 «Εγκατάσταση και λειτουργία φωτοβολταϊκού συστήματος – Σύνδεση με το Δίκτυο»:

- Το φωτοβολταϊκό σύστημα συνδέεται στο Δίκτυο. Για τη σύνδεση ο Διαχειριστής του Δικτύου (ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ), κάνει χρήση της παροχής μέσω της οποίας τροφοδοτείται η εγκατάσταση κατανάλωσης όπου εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα, όταν αυτό είναι τεχνικά δυνατό. Ο αυτοπαραγωγός απαιτείται να μεριμνήσει για τη δυνατότητα εγκατάστασης των απαιτούμενων μετρητών, στη θέση της υφιστάμενης παροχής. Σε κάθε περίπτωση η σύνδεση αντιστοιχεί σε υφιστάμενο αριθμό παροχής κατανάλωσης επ' ονόματι του αυτοπαραγωγού.
- Για τη σύνδεση φωτοβολταϊκού συστήματος υποβάλλεται αίτηση προς τον ΔΕΔΔΗΕ (Τοπική Υπηρεσία, Περιοχή), που περιλαμβάνει κατ' ελάχιστον, τα εξής: i. στοιχεία του αυτοπαραγωγού. ii. στοιχεία της εγκατάστασης, με έντυπο αίτησης που χορηγείται από τον ΔΕΔΔΗΕ. iii. στοιχεία των φωτοβολταϊκών πλαισίων και του αντιστροφέα, καθώς και λοιπά τεχνικά στοιχεία για την εγκατάσταση και την λειτουργία αυτών. iv. στοιχεία της κυριότητας του χώρου στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα, καθώς και τυχόν αναγκαία συμφωνητικά, για τη διαπίστωση των προϋποθέσεων δικαιώματος ένταξης στην παρούσα.

- Μετά την υποβολή της αίτησης και των στοιχείων της παραγράφου 2, ο Διαχειριστής του Δικτύου, εξετάζει το αίτημα και προβαίνει εντός ενός (1) μηνός σε διατύπωση Προσφοράς Σύνδεσης προς τον ενδιαφερόμενο που περιλαμβάνει την περιγραφή και τη δαπάνη των έργων σύνδεσης, η οποία ισχύει για τρεις (3) μήνες από την ημερομηνία έκδοσής της.
- Μετά την αποδοχή της Προσφοράς Σύνδεσης υπογράφεται η Σύμβαση Σύνδεσης μεταξύ του αυτοπαραγωγού και του Διαχειριστή του Δικτύου και καταβάλλεται η σχετική δαπάνη. Η κατασκευή των έργων σύνδεσης ολοκληρώνεται από τον ΔΕΔΔΗΕ ΑΕ εντός ενός (1) μήνα από την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης, εφόσον δεν απαιτούνται νέα έργα Δικτύου.
- Μετά την υπογραφή της Σύμβασης Σύνδεσης υποβάλλεται αίτηση για τη σύναψη Σύμβασης Συμψηφισμού προς τον Προμηθευτή με τον οποίον είναι συμβεβλημένος ο αυτοπαραγωγός για την εγκατάσταση κατανάλωσής του, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην παρούσα. Η υπογραφή της Σύμβασης Συμψηφισμού ολοκληρώνεται εντός δεκαπέντε (15) ημερών από την παραλαβή του σχετικού αιτήματος.
- Για την ενεργοποίηση της σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος υποβάλλεται αίτημα προς τον ΔΕΔΔΗΕ (Τοπική Υπηρεσία, Περιοχή), με το οποίο συνυποβάλλονται: i. αντίγραφο της Σύμβασης Συμψηφισμού, ii. υπεύθυνη δήλωση μηχανικού κατάλληλης ειδικότητας για τη συνολική εγκατάσταση, με συνημμένα: α) τεχνική περιγραφή του τρόπου αποφυγής του φαινομένου της νησιδοποίησης, β) μονογραμμικό ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης, γ) οι ρυθμίσεις των ορίων τάσεως και συχνότητας στις οποίες ο αντιστροφέας θα πρέπει να παραμένει εντός. Οι εν λόγω ρυθμίσεις θα πρέπει να βρίσκονται εντός των ορίων +15% έως -20% της ονομαστικής τάσης και +0,5 Hz έως -0,5 Hz της ονομαστικής συχνότητας (για τα ΜΔΝ τα όρια από -2,5 Hz έως +1,5 Hz). Επίσης στην υπεύθυνη δήλωση θα πρέπει να αναφέρεται ότι σε περίπτωση υπέρβασης των ρυθμίσεων ο αντιστροφέας θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόζευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις:
 - α. απόζευξη του αντιστροφέα σε 0,5 δευτερόλεπτα,
 - β. επανάζευξη του αντιστροφέα μετά από τρία πρώτα λεπτά,
 - γ. αναφορά στο χρόνο λειτουργίας της προστασίας έναντι νησιδοποίησης, που δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 5 δευτερόλεπτα, iii. υπεύθυνη δήλωση του αυτοπαραγωγού όπου θα αναφέρεται ότι καθ' όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του φωτοβολταϊκού δεν θα τροποποιηθούν οι ρυθμίσεις που δηλώθηκαν βάσει των απαιτήσεων της περίπτωσης ii της παρούσας παραγράφου.

2.3.1 Διαφορές ειδικού προγράμματος στεγών και Net Metering

Υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των δυο. Το πρόγραμμα του ανεξάρτητου παραγωγού έχει επενδυτικό χαρακτήρα, ενώ η αυτοπαραγωγή έχει χαρακτήρα εξοικονόμησης. Στο επενδυτικό κομμάτι το οικονομικό όφελος μειώνεται ή παραμένει σταθερό κάθε χρόνο. Ενώ στην εξοικονόμηση το οικονομικό όφελος αυξάνεται καθώς αυξάνεται το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος.

Τα προγράμματα σιτοπαραγωγής με net metering ,πάρουν να συνυπάρχουν με φωτοβολταϊκά του ειδικού προγράμματος. Πρέπει όμως να συνδέονται σε

διαφορετικό μετρητή. Εναλλακτικά η λειτουργία του ήδη εγκατεστημένου συστήματος μπορεί να αλλάξει και να μετατραπεί σε σύστημα σιτοπαραγωγής με net metering.

Στην περίοδο αυτή υπάρχει η δυνατότητα αίτησης για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στεγών είτε ως ανεξάρτητος παραγωγός (πρόγραμμα ειδικού προγράμματος στεγών) είτε ως αυτοπαραγωγός (πρόγραμμα net metering). Στα επόμενα κεφάλαια θεωρώντας ως στοιχείο αναφοράς Φ/Β Στέγης ονομαστικής ισχύος 5kWp, θα συγκριθούν οι οικονομικές απολαβές των δύο μεθόδων για το ίδιο Φ/Β Στέγης, ώστε να αποδεκτή ποια αίτηση από τις δύο, είναι ποιο επικερδής για τον επενδυτή.

Ηλεκτρολογική μελέτη Φ/Β στέγης ισχύος 5kwp

Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό ασχολείται με την ηλεκτρολογική μελέτη Φ/Β Στεγών. Ποιο συγκεκριμένα θα παρουσιαστεί η ηλεκτρολογική μελέτη Φ/Β Στεγών ονομαστικής ισχύος 5kWp. Η ισχύς αυτή είναι η μέγιστη δυνατή ισχύς για μονοφασική Παροχή, θεωρώντας την εγκατάσταση του σπιτιού ως μονοφασική.

3.1 Στοιχεία και Δομή των Διασυνδεδεμένων Κτηριακών Φ/Β Συστημάτων

Κάθε Διασυνδεδεμένο Κτηριακό Φωτοβολταϊκό Σύστημα μπορεί να αναλυθεί σε δύο επιμέρους δομικές μονάδες:

- **τα φωτοβολταϊκά πλαίσια**, τα οποία μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική και
- **τον ηλεκτρονικό μετατροπέα (αντιστροφέα)**, που αναλαμβάνει την μετατροπή της παραγόμενης συνεχής ηλεκτρικής ενέργειας στις προδιαγραφές του δικτύου χαμηλής τάσης (εναλλασσόμενη τάση, συχνότητας 50Hz).

Ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων Φ/Β πλαισίων καθορίζει τη μέγιστη παραγόμενη ισχύ, ενώ η εν σειρά και παράλληλη σύνδεση αυτών προσδιορίζει τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (τιμές DC τάσης και DC ρεύματος) των μετατροπέων που θα χρησιμοποιηθούν. Επιπρόσθετα, η απρόσκοπτη λειτουργία της όλης εγκατάστασης απαιτεί τη χρήση ορισμένων βοηθητικών συστημάτων, τα οποία εγγυώνται τόσο την ασφαλή διασύνδεση του μετατροπέα με τα Φ/Β πλαίσια και το ηλεκτρικό δίκτυο όσο και τη στιβαρότητα της όλης εγκατάστασης σε μηχανικές καταπονήσεις. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά πλαίσια παρέχεται υπό τη μορφή συνεχούς τάσης και ρεύματος. Για να καταστεί λοιπόν εφικτή η τροφοδότηση του ηλεκτρικού δικτύου E.P. με την ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά, απαιτείται η διαμεσολάβηση κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων, των αντιστροφέων. Έχει επικρατήσει αυτές οι ηλεκτρονικές διατάξεις να ονομάζονται στο σύνολό τους ηλεκτρονικοί μετατροπείς ενώ το τμήμα τους που αναλαμβάνει τη διασύνδεση με το ηλεκτρικό δίκτυο και μετατρέπει τη συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη ονομάζεται αντιστροφέας. Όπως όλες οι ηλεκτρικές εγκαταστάσεις παραγωγής ή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο δίκτυο E.P, έτσι και οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς των διασυνδεδεμένων με το ηλεκτρικό δίκτυο Φ/Β συστημάτων, οφείλουν να υπόκεινται στις προδιαγραφές που ορίζονται από τους

κανονισμούς και τα πρότυπα που έχουν θεσπιστεί ή υιοθετηθεί από τους Διαχειριστές των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας και Δικτύων. Συγκεκριμένα, η σύνδεση μικρών διεσπαρμένων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο Χαμηλής Τάσης (Χ.Τ.), θεωρείται αποδεκτή όταν η ενέργεια που παρέχεται στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω των ηλεκτρονικών μετατροπέων δεν επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα ισχύος που παρέχεται στους άλλους συνδεδεμένους χρήστες (καταναλωτές ή παραγωγούς), δεν διαταράσσει την ορθή λειτουργία των μέσων ρύθμισης και προστασίας του δικτύου και δεν θέτει σε κίνδυνο πρόσωπα και εγκαταστάσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ηλεκτρονικοί μετατροπείς που διατίθενται στο εμπόριο είναι συνήθως εναρμονισμένοι με τους εν λόγω κανονισμούς και πρότυπα ενώ παράλληλα διαθέτουν και τις απαιτούμενες προστασίες προκειμένου να επιτυγχάνεται η απρόσκοπτη παράλληλη λειτουργία τους με το ηλεκτρικό δίκτυο. Ένας σημαντικός διαχωρισμός μεταξύ των ηλεκτρονικών μετατροπέων των διασυνδεδεμένων Φ/Β συστημάτων μπορεί να γίνει ανάλογα με το αν εμπεριέχουν μετασχηματιστή (Μ/Σ) σε κάποια από τις βαθμίδες τους. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται Μ/Σ, αυτός μπορεί να είναι υψίσυχνος (Μ/Σ φερρίτη) ή χαμηλόσυχνος (Μ/Σ σιδήρου). Η ύπαρξη Μ/Σ προσφέρει το πλεονέκτημα της γαλβανικής απομόνωσης του Φ/Β εξοπλισμού από το δίκτυο Ε.Ρ. Παρόλο που οι χαμηλόσυχνοι Μ/Σ επιφέρουν την αύξηση του όγκου και του βάρους της συνολικής κατασκευής, η παρουσία τους εγγυάται τη μηδενική έγχυση συνεχούς ρεύματος στο ηλεκτρικό δίκτυο. Αντίθετα στις υπόλοιπες τοπολογίες, ενδεχόμενες ασυμμετρίες του κυκλώματος ισχύος ή του κυκλώματος ελέγχου μπορούν να προκαλέσουν την εμφάνιση μιας μικρής συνιστώσας συνεχούς ρεύματος στην έξοδο των αντιστροφών.

Ανάλογα με τον τρόπο που συνδυάζονται οι παραπάνω δομικές μονάδες, τα διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα μικρής ισχύος (έως 10kW) κατηγοριοποιούνται κυρίως σε δύο τεχνολογικές τάσεις. Την τεχνολογία Στοιχειοσειράς (String technology) και την τεχνολογία Πολλαπλών Στοιχειοσειρών (Multi- 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' ετέρου στον τρόπο με τον οποίο συνδέονται μεταξύ τους τα Φ/Β πλαίσια (εν σειρά σύνδεση, παράλληλη σύνδεση ή συνδυασμός αυτών).

3.2 Διαμόρφωση της σύνδεσης βάσει της μέγιστης ισχύος της Φ/Β εγκατάστασης

Τα κτηριακά Φ/Β συστήματα ισχύος έως και 5 kWp, συνδέονται στο δίκτυο Χ.Τ. μέσω μονοφασικής παροχής, σε αντιδιαστολή με αυτά των οποίων η μέγιστη ισχύς ξεπερνά τα 5 kWp (αλλά σε καμία περίπτωση τα 10 kWp για το ειδικό πρόγραμμα στεγών (ανεξάρτητος παραγωγός) οπότε υποχρεωτικά συνδέονται στο δίκτυο μέσω τριφασικής παροχής. Στην περίπτωση της τριφασικής σύνδεσης θα πρέπει να επιδιώκεται η συμμετρική φόρτιση των τριών φάσεων. Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με

τις σχετικές οδηγίες της ΔΕΗ, το ποσοστό ασυμμετρίας μεταξύ των τριών φασικών ρευμάτων δεν μπορεί να υπερβαίνει το 20%.


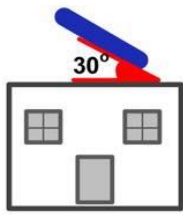
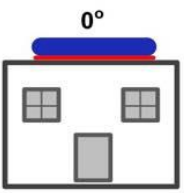
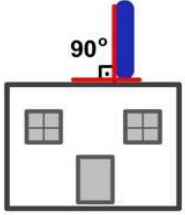
3.3 Επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης του Φ/Β συστήματος

Στην περίπτωση των κτηριακών Φ/Β συστημάτων, η Φ/Β συστοιχία εγκαθίσταται στο δώμα ή τη στέγη του κτηρίου, σύμφωνα με την ΚΥΑ, ΦΕΚ Β' 1079, 4/6/2009. Επίσης, ως δυνατές επιφάνειες εγκατάστασης ορίζονται και τα στέγαστρα των βεραντών.

3.3.1 Προσανατολισμός των Φ/Β Πλαισίων

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 με 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. 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 στη 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 90ο. 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 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 30ο. 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 που προκύπτουν από τις δεδομένες 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 νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως 70ο από την κατεύθυνση του Νότου, και κλίσης στο εύρος 0ο-50ο. Σημειώνεται ότι η χρήση γωνιών κλίσης άνω των 1015ο διευκολύνει τον αυτοκαθαρισμό των πλαισίων από σωματίδια σκόνης και άλλους ρύπους μέσω της βροχής.

 Προσανατολισμός	Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο		
	 30°	 0°	 90°
Ανατολικός - Δυτικός	85%kWh_(max)	90%kWh_(max)	50%kWh_(max)
Νότιοανατολικός - Δυτικός	95%kWh_(max)	90%kWh_(max)	60%kWh_(max)
Νότιος	kWh_(max)	90%kWh_(max)	60%kWh_(max)
Βόρειοανατολικός - Δυτικός	95%kWh_(max)	90%kWh_(max)	30%kWh_(max)
Βόρειος	60%kWh_(max)	90%kWh_(max)	20%kWh_(max)

Πίνακας 3.1 απόδοση Φ/Β σε σχέση με τον προσανατολισμό.

3.3.2 Επιλογή θέσης της Φ/Β συστοιχίας

Η επιλογή της θέσης έδρασης της Φ/Β συστοιχίας θα πρέπει να γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν θα υπάρξουν σκιασμοί καθ' όλο το έτος και ειδικά τις ώρες υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας. Εάν στην τοποθεσία έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού υπάρχουν μόνιμοι ή επαναλαμβανόμενοι σκιασμοί (π.χ. σκίαση από παρακείμενα κτήρια, κολώνες, στηθαίο, κλπ.) για μεγάλο χρονικό διάστημα γύρω από το ηλιακό μεσημέρι (από 09:00 έως 15:00), τότε η θέση εγκατάστασης θεωρείται ακατάλληλη. Τέλος, για τη διασφάλιση της μακροχρόνιας απρόσκοπτης λειτουργίας του Φ/Β συστήματος θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο εμφάνισης μελλοντικών σκιασμών λόγω ανοικοδόμησης παρακείμενων κτηρίων. Εν κατακλείδι μπορούμε να πούμε ότι ο γενικός κανόνας ορθής τοποθεσίας έδρασης του Φ/Β εξοπλισμού είναι ο ορίζοντας προς Νότο να είναι ελεύθερος και χωρίς εμπόδια.

3.3.3 Στατική μελέτη & Υλικά στήριξης

Η έδραση των Φ/Β πλαισίων επί του κτηρίου μπορεί να υλοποιηθεί 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, καλό είναι όταν η τοποθέτηση των πλαισίων γίνεται σε στέγαστρα ή σκεπές να διενεργείται στατικός έλεγχος (ή ακόμα και ειδική μελέτη όπου απαιτείται) ώστε να διερευνάται η μηχανική καταπόνηση και η ανεμοπίεση 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 καθώς, ο συνδυασμός τους καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές ασφάλειας, 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 μίας 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 αλουμίνιο 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 τους 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 (ή 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 αναφορικά με σύστημα στήριξης σε δώμα, θα πρέπει να εφαρμόζεται κατάλληλη αγκύρωση. Αυτή γίνεται κυρίως με την προσθήκη φορτίου, ή με τη χρήση κοχλιών. Στην πρώτη περίπτωση θα πρέπει το βάρος που θα τοποθετηθεί να είναι σύμφωνο με τη στατική μελέτη του κτηρίου. Στην περίπτωση χρήσεως 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 τα μειονεκτήματα που το διέπουν, συμπεριλαμβανομένων της ευκολίας εγκατάστασης, της αξιοπιστίας και των λειτουργικών στοιχείων (όπως η δυνατότητα ή όχι φυσικού αερισμού του πλαισίου).

3.3.4 Επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων

Ένα από τα ζητήματα που χρήζουν προσοχής κατά το σχεδιασμό ενός κτηριακού Φ/Β συστήματος, είναι η επιλογή του χώρου έδρασης των ηλεκτρονικών μετατροπέων. Συνήθως, οι μετατροπείς των εν λόγω ηλεκτροπαραγωγικών μονάδων 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 ηλεκτρικών αγωγών 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 εγκατασταθούν είτε κάτω από τα Φ/Β 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 κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, αλλά, σε ορισμένες περιοχές της Ελλάδας, και σε αρκετά χαμηλές κατά τη διάρκεια του χειμώνα, προτείνεται να εφαρμόζεται μόνο στις περιπτώσεις που το προβλέπει ο κατασκευαστής. Συγκεκριμένα, στο φυλλάδιο του κατασκευαστή θα πρέπει να αναζητηθεί ο δείκτης προστασίας (IP) του μετατροπέα από σωματίδια σκόνης και νερού, καθώς και τα όρια της θερμοκρασίας μέσα στα οποία δεν επηρεάζεται η ασφαλής και απρόσκοπτη λειτουργία του. Σε αντίθετη περίπτωση η υιοθέτηση του προαναφερθέντος τρόπου έδρασης μπορεί να επιφέρει μείωση του προσδόκιμου της διάρκειας ζωής του μετατροπέα. Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη ότι η ψύξη του ηλεκτρονικού μετατροπέα επηρεάζεται σημαντικά από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένο το Φ/Β 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). Στη συνέχεια παρουσιάζονται ειδικότερες οδηγίες που αφορούν στη σωστή εγκατάσταση και ασφαλή λειτουργία του Φ/Β συστήματος. Οι οδηγίες βασίζονται στην διεθνή πρακτική και εμπειρία, καθώς και σε πρότυπα, όπως το HD384 και το IEC 364-7-712.

3.4 Χαρακτηριστικές ηλεκτρικές τιμές ενός Φ/Β συστήματος

3.4.1 Τάση

Η μέγιστη αναμενόμενη τάση μιας στοιχειοσειράς είναι η συνολική τάση ανοικτού κυκλώματος των εν σειρά συνδεδεμένων πλαισίων για τη μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας

3.4.2 Ένταση

Η μέγιστη αναμενόμενη τιμή του ρεύματος μιας στοιχειοσειράς, προκύπτει από το ρεύμα βραχυκύκλωσης του ενός πλαισίου πολλαπλασιασμένο επί τον συντελεστή

1.25. Για παράλληλους κλάδους η μέγιστη αναμενόμενη τιμή του συνολικού ρεύματος, προκύπτει από την αντίστοιχη τιμή του ενός κλάδου πολλαπλασιασμένη επί τον αριθμό των παράλληλων κλάδων. Ο συντελεστής ασφαλείας 1.25 καλύπτει ειδικές συνθήκες ατμόσφαιρας και ανακλάσεων οι οποίες μπορούν να παρουσιαστούν σε καθαρό ουρανό μετά από βροχή (ένταση ακτινοβολίας μεγαλύτερη από 1000W/m²). Η τιμή του ρεύματος που υπολογίζεται με αυτό τον τρόπο θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη διαστασιολόγηση των καλωδίων και των προστασιών.

3.4.3 Θερμοκρασία

Η μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας των Φ/Β πλαισίων, όπως και των κιβωτιών σύνδεσης αυτών, μπορεί να φθάσει τους 70°C, σε κατασκευές που επιτρέπουν την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα στην πίσω πλευρά των Φ/Β πλαισίων. Στις περιπτώσεις που εμποδίζεται η ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα αναμένονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες, έως και 80-90°C. Στην περίπτωση που οι αγωγοί διασύνδεσης των Φ/Β πλαισίων γειτνιάζουν με τα πλαίσια, η θερμοκρασία των τελευταίων θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη τόσο για την ορθή επιλογή της μόνωσης των αγωγών, όσο και για την κατάλληλη επιλογή της διατομής τους (επιλογή σωστού διορθωτικού συντελεστή αύξησης διατομής).

3.4.4 Συνεργασία Φ/Β - Αντιστροφέα

Κατά τη σχεδίαση του συστήματος απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη συνεργασία μεταξύ της Φ/Β συστοιχίας και του ηλεκτρονικού αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας απαιτεί στην είσοδό του ένα συγκεκριμένο εύρος για την τάση λειτουργίας, έχοντας ένα ανώτατο όριο τάσης εισόδου. Το ανώτατο όριο δεν πρέπει να υπερβαίνεται, ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος καταστροφής του αντιστροφέα. Συνεπώς, ο αριθμός των Φ/Β πλαισίων που μπορούν να συνδεθούν εν σειρά (στοιχειοσειρά) υπολογίζεται έτσι ώστε να μην υπερβαίνονται τα όρια αυτά, σε όλες τις συνθήκες λειτουργίας. Η τάση ενός Φ/Β πλαισίου εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμοκρασία λειτουργίας του. Οι τιμές τάσης, ρεύματος και ισχύος που δίνονται από τον κατασκευαστή, αναφέρονται στις πρότυπες συνθήκες δοκιμών (S.T.C). Σημειώνεται ότι η θερμοκρασία στην οποία διενεργήθηκαν οι μετρήσεις (του κατασκευαστή) είναι 25°C. Κατά συνέπεια τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των Φ/Β πλαισίων πρέπει να διορθωθούν (αναχθούν) στις ακραίες θερμοκρασιακές συνθήκες λειτουργίας του Φ/Β συστήματος. Αναλυτικότερα, από την ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων υπολογίζεται η μέγιστη τιμή της τάσης των αλυσίδων και από τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας των πλαισίων καθορίζεται η μέγιστη τιμή του ρεύματος των παράλληλων αλυσίδων (κλάδων). Ο μέγιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων εν σειρά υπολογίζεται έτσι ώστε η συνολική τάση ανοικτού κυκλώματος της συστοιχίας στη μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας, να μην υπερβαίνει το ανώτατο όριο τάσης εισόδου του αντιστροφέα. Για τις πεδινές περιοχές της Ελλάδος ως

ελάχιστη θερμοκρασία μπορεί να ληφθεί η τιμή -5°C ή -10°C (θερμοκρασία λειτουργίας ενεργού υλικού του Φ/Β πλαισίου). Συγχρόνως πρέπει να ελεγχθεί και η μέγιστη επιτρεπόμενη τάση λειτουργίας του Φ/Β πλαισίου, η οποία ομοίως πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την τάση ανοικτού κυκλώματος της στοιχειοσειράς στην μικρότερη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας, ώστε να μην προκύψει πρόβλημα στη μόνωση του Φ/Β πλαισίου. Ο ελάχιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων εν σειρά ορίζεται έτσι ώστε η συνολική τάση βέλτιστης λειτουργίας της συστοιχίας στη μέγιστη αναμενόμενη θερμοκρασία λειτουργίας να υπερβαίνει την ελάχιστη τάση του εύρους εισόδου του αντιστροφέα ώστε αυτός να ενεργοποιείται. Αν ο κατασκευαστής παρέχει μόνο την τιμή του θερμοκρασιακού συντελεστή για την τάση ανοικτού κυκλώματος ($\text{V}/^{\circ}\text{C}$), τότε η ίδια τιμή μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την τάση στο σημείο μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος του Φ/Β πλαισίου, χωρίς σημαντικό σφάλμα. Αν από την εν σειρά σύνδεση των Φ/Β πλαισίων δεν προκύπτει ισχύς κοντά στην ονομαστική ισχύ του αντιστροφέα, θα πρέπει να συνδεθούν περισσότεροι παράλληλοι κλάδοι (αποδεκτού αριθμού εν σειρά πλαισίων) ώστε η ισχύς της Φ/Β συστοιχίας να είναι κοντά στην ονομαστική ισχύ του αντιστροφέα. Το ρεύμα λειτουργίας των παράλληλων κλάδων θα πρέπει να είναι χαμηλότερο από το μέγιστο όριο ρεύματος εισόδου του αντιστροφέα. Η συνολική ισχύς της Φ/Β συστοιχίας μπορεί και να υπερβαίνει την ονομαστική ισχύ του μετατροπέα. Για τις συνθήκες της Ελλάδας συνιστάται η ονομαστική ισχύς της Φ/Β συστοιχίας να μην υπερβαίνει το 110% της ονομαστικής ισχύος του αντιστροφέα. Τέλος, ένα σημαντικό θέμα που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν είναι η συμβατότητα μεταξύ των τύπων των Φ/Β και του αντιστροφέα που σχετίζεται με την απαίτηση ή όχι για γείωση της συστοιχίας στην πλευρά Σ.Ρ. Πιο συγκεκριμένα, ορισμένοι τύποι Φ/Β πλαισίων απαιτούν σύμφωνα με τις κατασκευαστικές προδιαγραφές γείωση είτε του αρνητικού (Thin- film) είτε του θετικού (Back contact) πόλου. Η γείωση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε απευθείας, είτε μέσω μεγάλης αντίστασης και αποσκοπεί στην αποφυγή λειτουργικών προβλημάτων που εμφανίζουν οι παραπάνω τύποι πλαισίων όταν παραμένουν αγειώτα (προβλήματα διάβρωσης και υποβάθμισης της απόδοσης). Κατά συνέπεια σε τέτοιες περιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγεται χρήση αντιστροφέων χωρίς γαλβανική απομόνωση, λόγω εμφάνισης ρευμάτων διαρροής, εκτός αν πιστοποιείται από τον κατασκευαστή του αντιστροφέα ότι ο επιλεγμένος τύπος αντιστροφέα είναι κατάλληλος για χρήση με τα πλαίσια που έχουμε επιλέξει.

3.5 Ηλεκτρολογική μελέτη εγκατάστασης

Η μελέτη και η κατασκευή των Φ/Β Στεγών στις περιπτώσεις του ειδικού προγράμματος στεγών (ανεξάρτητου παραγωγού) και αυτοπαραγωγού (NET metering) θα είναι ίδια, αυτό που αλλάζει μεταξύ των δύο περιπτώσεων είναι οι μετρητές ενέργειας και η τιμολόγηση της παραγόμενης ενέργειας. Μια τυπική διάταξη, όπως έχει ειπωθεί, Φ/Β στεγών περιέχει τα Φ/Β πάνελ, τον αντιστροφέα, τα καλώδια για την σύνδεση των πάνελ και του αντιστροφέα (καλώδια DC), τα καλώδια σύνδεσης του αντιστροφέα με το δίκτυο (καλώδια AC) και τον ηλεκτρολογικό

πίνακα, ο οποίος περιέχει τα διακοπτικά μέσα-μέσα προστασίας, και τις αντικεραυνικές προστασίες.

Η επιλογή της ονομαστικής ισχύος των Φ/Β των στεγών γίνεται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- Το είδος των Φ/Β πλαισίων (πχ. Τύπος, ισχύ, διάστασης,)
- Η χωροταξικότητα της εγκατάστασης (διαστάσεις και προσανατολισμός της στέγης ή οροφής του σπιτιού)
- Το ποσοστό αυτονομίας της εγκατάστασης (για NET μετερινγ)
- Είδος παροχής Κατοικίας (για NET μετερινγ)
- Οικονομικά κριτήρια

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα όπως αρχικά έχει ειπωθεί η ονομαστική ισχύς του Φ/Β Στέγης καθορίστηκε στα 5kWp, αφού αυτή είναι η μέγιστη επιτρεπόμενη ισχύ για μονοφασικό σύστημα το οποίο τροφοδοτεί την εγκατάσταση της οικίας.

Η επιλογή των Φ/Β πάνελ γίνεται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- Ισχύ/m²
- Διαστάσεις
- Ονομαστική Ισχύ εξόδου
- Χαρακτηριστική απόδοσης – θερμοκρασίας,
- Οικονομικά κριτήρια

Για το συγκεκριμένο παράδειγμα επιλέχτηκαν Φ/Β πλαίσια:

- Πολύκρυσταλλικού τύπου
- Τυποποιημένες διαστάσεις 1640x992x40 mm,
- Μέγιστη ονομαστική τάση (τάση εν κενό) 40,8V,
- Ελάχιστη ονομαστική τάση 28V,
- Ονομαστικό ρεύμα 8,2A,
- Μέγιστο επιστρεφόμενο ρεύμα 15A,

Εφόσον έχουμε Φ/Β πάνελ ισχύος 250W για την κάλυψη της ισχύς των 5kWp θα χρειαστούμε 5000W/250W ανά πάνελ=20 πάνελ. Ο τρόπος συνδεσμολογίας των πάνελ είναι άρτια συνδεδεμένος με τάση/τάσεις, εισόδου/εισόδους, του αντιστροφέα που θα χρησιμοποιήσουμε. Για το σκοπό αυτό θα χρησιμοποιήσουμε μονοφασικό αντιστροφέα ονομαστικής ισχύς 5kWp.

Η επιλογή του αντιστροφέα γίνεται με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

- Σύνδεση ή μη σύνδεση με το δίκτυο (διασυνδεδεμένα ή αυτόνομα συστήματα)

- Ονομαστική Ισχύ συστήματος – πάνελ
- Είδος (μονοφασικό ή τριφασικό) και τάση δικτύου διανομής (AC τάση)
- Αριθμός εισόδων και Εύρος τάσης εισόδου του αντιστροφέα (DC τάση)

Για το συγκεκριμένο παράδειγμα επιλέχτηκε αντιστροφέας με τα έξης χαρακτηριστικά:

- Μέση τάση εισόδου (DC) 750V,
- Μέγιστη ισχύ εισόδου (DC) 520W,
- MPP voltage (DC) 175-500V,
- Ονομαστική τάση (DC) 400V,
- Ελάχιστη τάση εισόδου (DC) 125V,
- Μέγιστο ρεύμα (DC) 15A,
- Αριθμός εισόδων (DC) 2
- Ονομαστική ισχύ εξόδου (AC) 460 W,
- Μέγιστη φαινόμενη ισχύ εξόδου 5000VA,
- Τάση εξόδου (AC) 230V,
- Ονομαστικό ρεύμα (AC) 20A,
- Μέγιστο ρεύμα (AC) 22A.

Από τα παραπάνω έχοντας λάβει υπόψη την τάση εξόδου των Φ/Β πάνελ και το εύρος της τάσης των δύο εισόδων του αντιστροφέα καταλήγουμε στην δημιουργία δυο σειρών πάνελ με 10 πλαίσια η κάθε σειρά. Άρα η τάση DC εισόδων του αντιστροφέα ανέρχεται από 280V έως 408 V.

Για τον καθορισμό της διατομής του DC του καλωδίου που συνδέει τις σειρές Φ/Β με τον αντιστροφέα θα πρέπει να παρθούν οι παρακάτω παράμετροι:

- Το μέγιστο ρεύμα που διαρρέει το κάθε καλώδιο
- Η απόσταση τους
- Και η απώλειες και η πτώση τάσης τους
- Οικονομικά κριτήρια

Για το καθορισμό της μέγιστης πτώσης τάσης των καλωδίων DC της κάθε σειράς Φ/Β πάνελ, χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος:

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{k \cdot S \cdot V}$$

Όπου:

$\varepsilon\%$, η εκατοστιαία πτώση της τάσης του καλωδίου,

l, το μήκος του καλωδίου, θεωρούμε ως μήκος των καλωδίων DC τα 25m

I, η μέγιστη ένταση που διαρρέει το καλώδιο, δηλαδή η μέγιστη ένταση των 15A (μέγιστο ρεύμα εισόδου αντιστροφέα και μέγιστο ανάστροφο ρεύμα Φ/Β πάνελ)

k, η ειδική αγωγιμότητα του χαλκού, 57,1428Ω-1mm-2m

S, η διατομή του καλωδίου,

V, η τάση λειτουργίας, δηλαδή η ελάχιστη τάση DC εισόδου της σειράς των Φ/Β πάνελ που ανέρχεται σε 280V

Η διατομή του καλωδίου που εισάγεται στον παραπάνω τύπο είναι η διατομή που υπολογίστηκε με βάση τους πίνακες 52Z, 52-K(1,2,3), 52-Δ(1,2,3) και 52-E(1,2,3,4,5) του Ελληνικού πρότυπου ΕΛΟΤ HD384. Από τον πίνακα 52Z βλέπουμε ότι η ελάχιστη διατομή για την μονωμένους αγωγούς ή καλώδια χαλκού για κυκλώματα ισχύος και φωτισμού είναι το 1,5mm².

Είδος ηλεκτρικής γραμμής		Χρήση του κυκλώματος	Αγωγοί	
			Υλικό	Διατομή mm ²
Μόνιμες εγκαταστάσεις	Μονωμένοι αγωγοί ή καλώδια	Κυκλώματα ισχύος και κυκλώματα φωτισμού.	Χαλκός Αλουμίνιο	1,5 16 ⁽¹⁾
		Κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης.	Χαλκός	0,50 ⁽²⁾
	Γυμνοί αγωγοί	Κυκλώματα ισχύος	Χαλκός Αλουμίνιο	10 16
		Κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης.	Χαλκός	4
Εύκαμπτες συνδέσεις	Μονωμένοι αγωγοί ή καλώδια	Τροφοδότηση συγκεκριμένης συσκευής.	Χαλκός	Σύμφωνα με το αντίστοιχο Πρότυπο
		Οποιαδήποτε άλλη χρήση.	Χαλκός	0,75 ⁽³⁾
		Κυκλώματα πολύ χαμηλής τάσης για ειδικές εφαρμογές.	Χαλκός	0,75
<p><i>Σημειώσεις: 1. Οι συνδετήρες που χρησιμοποιούνται για τους αγωγούς αλουμινίου πρέπει να έχουν δοκιμασθεί και να είναι εγκεκριμένοι για αυτή τη χρήση. 2. Για κυκλώματα ελέγχου και σηματοδότησης που προορίζονται για ηλεκτρονικό εξοπλισμό επιτρέπονται αγωγοί διατομής 0,1 mm² 3. Σε πολυπολικά καλώδια με 7 ή περισσότερους από 7 αγωγούς, εφαρμόζεται η σημείωση 2.</i></p>				

Πίνακας 3.2. Πίνακας 52-Z του ΕΛΟΤ HD384 «Ελάχιστες διατομές αγωγών»

Για του καθορισμό της ελάχιστης διατομής των καλωδίων για το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να τα διαρρέει, δηλαδή το μέγιστο ρεύμα των 15A, λαμβάνονται υπόψη οι πίνακες 52-K. Οι πίνακες 52-Δ μας δίνουν τους συντελεστές διορθώσεως θερμοκρασίας των πινάκων 52-K ενώ οι πίνακες 52-E μας δίνουν τους συντελεστές διορθώσεως πλήθους καλωδίων των πινάκων 52-K.

Για παράδειγμα για καλώδια τοποθετημένα στον αέρα (σε απόσταση από τοίχους ή άλλα δομικά υλικά) θα χρησιμοποιηθεί ο πίνακας 52-K2

Μόνωση	Πλήθος Φορτισμένων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Πολυπολυκάλωδια	Μονοπολυκάλωδια							
			Ες επαφή μεταξύ τους		Ες απόσταση μεταξύ τους					
			Διάσταση επίπεδη οριζόντια ή κατακόρυφη	Διάσταση τριγωνική	Διάσταση επίπεδη οριζόντια	Διάσταση επίπεδη κατακόρυφη				
	2	2	5	-	-	-				
PVC	3	1	4	4	7	5				
EPR ή XLPE	2	3	8	-	-	-				
	3	2	7	6	9	8				
Στήλες										
Χαλιός	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	18,5	22	26	-	-	-	-	-	-
	2,5	25	30	36	-	-	-	-	-	-
	4	34	40	49	-	-	-	-	-	-
	6	43	51	63	-	-	-	-	-	-
	10	60	70	86	-	-	-	-	-	-
	16	80	94	115	-	-	-	-	-	-
	25	101	119	149	110	130	135	141	161	182
	35	126	148	185	137	162	169	176	200	226
	50	153	180	225	167	196	207	216	242	275
	70	196	232	289	216	251	268	279	310	353
	95	238	282	352	264	304	328	341	377	430
	120	276	328	410	308	352	383	396	437	500
	150	319	379	473	356	406	444	456	504	577
	185	364	434	542	409	463	510	521	575	661
	240	430	514	641	485	546	607	615	679	781
	300	497	593	741	561	629	703	709	783	902
400	-	-	-	656	754	823	852	940	1085	
500	-	-	-	749	868	946	982	1083	1253	
630	-	-	-	855	1005	1088	1138	1254	1454	
Αλουμίνιο	16	61	73	91	-	-	-	-	-	-
	25	78	89	108	84	98	103	107	121	138
	35	96	111	135	105	122	129	135	150	172
	50	117	135	164	128	149	159	165	184	210
	70	150	173	211	166	192	206	215	237	271
	95	183	210	257	203	235	253	264	289	332
	120	212	244	300	237	273	296	308	337	387
	150	245	282	346	274	316	343	356	389	448
	185	280	322	397	315	363	395	407	447	515
	240	330	380	470	375	430	471	482	530	611
	300	381	439	543	434	497	547	557	613	708
	400	-	-	-	526	600	663	671	740	856
	500	-	-	-	610	694	770	775	856	991
	630	-	-	-	711	808	899	900	996	1154

Πίνακας 3.3. Πίνακας 52-K2 του ΕΛΟΤ ΗΔ384 «Ελάχιστες διατομές αγωγών»

Από τον πίνακα αυτό βλέπουμε ότι η μέγιστη ένταση των 15Α πληρείται από την ελάχιστη διατομή των 1,5mm².

Ομοίως εάν τα καλώδια βρίσκονται εντοιχισμένα ή επιτοιχία (ορατά) θα χρησιμοποιηθεί ο πίνακας 52-K1

Μόνωση	Πλήθος Φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Μονωμένοι αγωγοί σε σωλήνα		Πολυπολικό καλώδιο						
		Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Γυμνό		Σε σωλήνα				
				Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο	Εντοιχισμένο	Επιτοίχιο			
PVC	2	3	5	3	6	2	4			
	3	2	4	2	5	1	3			
EPR ή XLPE	2	5	9	6	9	5	8			
	3	5	7	5	8	4	6			
Στήλες										
Χαλκός	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,6	13	13,5	14,5	15,5	17	19	20	22	23
	2,5	17,5	18	19,5	21	23	26	28	30	31
	4	23	24	26	28	31	35	37	40	42
	6	29	31	34	36	40	44	48	51	54
	10	39	42	46	50	54	60	66	69	75
	16	52	56	61	68	73	80	88	91	100
	25	68	73	80	89	96	105	117	119	133
	35	83	89	99	109	117	128	144	146	164
	50	99	108	118	130	141	154	175	175	198
	70	125	136	149	164	179	194	222	221	263
	95	150	164	179	197	216	233	269	265	308
	120	172	188	206	227	249	268	312	305	364
	150	196	216	240	259	285	318	-	371	441
	185	223	245	273	295	324	362	-	424	508
	240	281	288	321	346	380	424	-	500	599
	300	298	328	367	396	435	486	-	576	693
Αλουμίνιο	16	41	43	48	53	58	64	71	72	79
	25	53	57	62	70	73	84	93	90	101
	35	65	70	77	86	90	103	116	112	126
	50	78	84	92	104	110	124	140	136	154
	70	96	107	116	131	140	156	179	174	198
	95	118	129	139	157	170	188	217	211	241
	120	135	149	160	180	197	216	251	245	280
	150	156	170	189	208	226	253	-	283	324
	185	176	194	215	233	256	288	-	323	371
	240	207	227	252	273	300	338	-	382	439
	300	237	261	289	313	344	387	-	440	508

Πίνακας 3.4. Πίνακας 52-K1 του ΕΛΟΤ HD384 «Ελάχιστες διατομές αγωγών»

Από τον πίνακα αυτό βλέπουμε για την μέγιστη ένταση των 15Α, για μονωμένο αγωγό από PVC, επιτοίχιο, με πλήθος φορτισμένων αγωγών 2, βρισκόμαστε στην στήλη 5. Η ελάχιστη διατομή των 1,5mm² έχει ως ονομαστικό ρεύμα τα 17Α. Άρα και σε αυτήν τη περίπτωση η ελάχιστη διατομή των 1,5mm² μας πληροί.

Εάν για το καθορισμό της πτώσης τάσης εισάγουμε την ελάχιστη διατομή των 1,5mm² θα υπολογίσουμε μία επί της εκατό πτώση τάσης ε%=3,12%. Η τιμή αυτή είναι απαράδεκτη όχι μόνο γιατί η τιμή αυτή περνάει την μέγιστη πτώση τάσης 3% της διάταξης αλλά γιατί θα επιφέρει μεγάλες απώλειες ενέργειας. Κατόπιν υπολογισμών επιλέκτικε ως επιθυμητή διατομή η διατομή των 6mm², με επί της εκατό πτώση τάσης ε%=0,78%.

Αντίστοιχα για τον καθορισμό διατομής του καλωδίου για την σύνδεση του αντιστροφέα με το δίκτυο (πλευρά AC) θα πρέπει να λιωθούν υπόψη οι παρακάτω παράμετροι:

- Το μέγιστο ρεύμα που διαρρέει το κάθε καλώδιο
- Η απόσταση τους

- Και η απόλυτες και η πτώση τάσης
- Οικονομικά κριτήρια

Για το καθορισμό της μέγιστης πτώσης τάσης των καλωδίων AC, χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω τύπος:

$$\varepsilon\% = \frac{200 \cdot l \cdot I}{k \cdot S \cdot V} \cos\varphi$$

Όπου:

$\varepsilon\%$, η εκατοστιαία πτώση της τάσης του καλωδίου,

l , το μήκος του καλωδίου, θεωρούμε ως μήκος των καλωδίων AC τα 40m

I , η μέγιστη ένταση που διαρρέει το καλώδιο, δηλαδή η μέγιστη ένταση των 22A (μέγιστο ρεύμα εξόδου αντιστροφέα)

$\cos\varphi$, συντελεστής ισχύος, για την περίπτωση αυτή, $\cos\varphi=0,99$

k , η ειδική αγωγιμότητα του χαλκού, 57,1428Ω-1mm-2m

S , η διατομή του καλωδίου,

V , η τάση λειτουργίας, δηλαδή η AC τάση εξόδου του αντιστροφέα που ανέρχεται σε 230V

Ομοίως με προηγουμένως από τον πίνακα 3.2 (Πίνακας 52-Z του ΕΛΟΤ HD384), βρίσκουμε ότι η ελάχιστη διατομή για την μονωμένους αγωγούς ή καλώδια χαλκού για κυκλώματα ισχύος και φωτισμού είναι το 1,5mm².

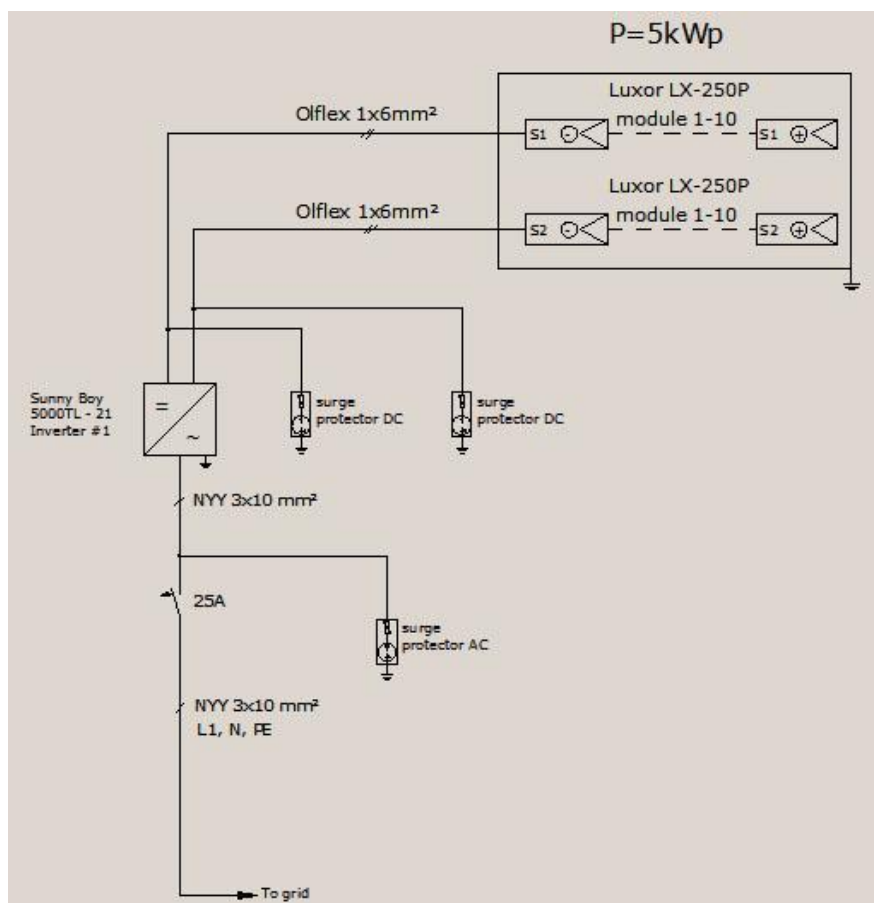
Για την μέγιστη ένταση των 22A, εάν το AC πολυπολικό καλώδιο είναι τοποθετημένο στον αέρα (σε απόσταση από τοίχους ή άλλα δομικά υλικά), από τον πίνακα 3.3 (Πίνακας 52-K2 του ΕΛΟΤ HD384), και από την στήλη 2 βλέπουμε ότι η μέγιστη ένταση για πολυπολικό καλώδιο PVC μονοφασικής φόρτισης αγωγού διατομής 1,5mm² ισούται με 22 A. Εάν το AC πολυπολικό καλώδιο είναι τοποθετημένο επιτοίχια, τότε από τον πίνακα 3.4 (Πίνακας 52-K1 του ΕΛΟΤ HD384) και από την στήλη 6 βλέπουμε ότι η μέγιστη ένταση για πολυπολικό καλώδιο PVC μονοφασικής φόρτισης αγωγού διατομής 1,5mm² είναι 19 A και δεν μας πληροί. Η διατομή των 2,5mm² έχει ως μέγιστο ρεύμα την ένταση των 26A και μας πληροί.

Εάν για το καθορισμό της πτώσης τάσης εισάγουμε την ελάχιστη διατομή των 1,5mm² ή 2,5mm² αντίστοιχα θα υπολογίσουμε μία επί της εκατό πτώση τάσης $\varepsilon\%=6,02\%$ ή $\varepsilon\%=3,62\%$. Η τιμή αυτή είναι απαράδεκτη όχι μόνο γιατί η τιμή αυτή περνάει την μέγιστη πτώση τάσης 3% της διάταξης αλλά γιατί θα επιφέρει μεγάλες

απώλειες ενέργειας. Κατόπιν υπολογισμών επιλέχθηκε ως επιθυμητή διατομή η διατομή των 10mm², με επί της εκατό πτώση τάσης $\epsilon\%=0,90\%$.

Για την προστασία των καλωδίων της AC γραμμής (καλώδια 10mm²) $I_{max}= 60A$ αλλά και την μερική προστασία του αντιστροφέα $I_{max}= 25A$ και την απομόνωση του κυκλώματος από το δίκτυο, τοποθετούνται μικροαυτόματοι ονομαστικής έντασης 25A.

Για προστασία έναντι κεραυνών στην μεριά των DC συνδέονται αντικεραυνικά. Ένα αντικεραυνικό σε κάθε καλώδιο της σειράς των Φ/Β πάνελ όπως φαίνεται και στο παρακάτω Σχήμα. Ομοίως για προστασία έναντι κεραυνών τοποθετείται αντικεραυνικό και στην μεριά των AC. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι βάσεις των Φ/Β πλαισίων καθώς και ο αντιστροφέας και τα αντικεραυνικά γειώνονται όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα. Στην μεριά του DC δεν εφαρμόζονται επιπλέον μέσα προστασίας γιατί η προστασία καλύπτεται από τον αντιστροφέα.

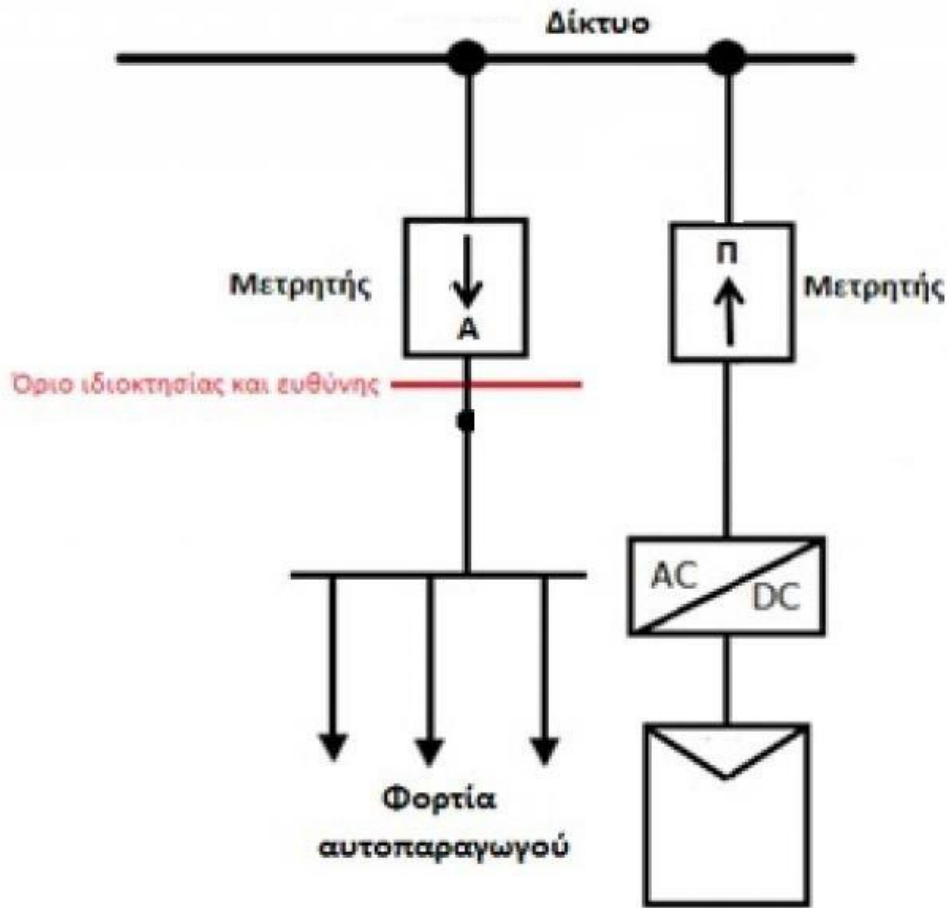


Εικόνα 3.4. Μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα υπό το καθεστώς Ανεξάρτητου Παραγωγού

Τα διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της ΚΥΑ (ΦΕΚ Β' 1079, 4/6/2009) εντάσσονται στο καθεστώς του ανεξάρτητου παραγωγού (Feed in tariff). Δηλαδή, το σύνολο της ενέργειας που παράγεται από την ηλεκτροπαραγωγική μονάδα πωλείται στη ΔΕΗ και δεν χρησιμοποιείται για τη μερική ή ολική τροφοδότηση των φορτίων της κτηριακής εγκατάστασης (ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου). Η υλοποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης απαιτεί την εγκατάσταση δύο ξεχωριστών ηλεκτρικών πινάκων (ενός για τις ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου και ενός δεύτερου για τη σύνδεση της ηλεκτροπαραγωγικής μονάδας), οι οποίοι εν συνεχεία, συνδέονται στους μετρητές καταναλισκόμενης και αποδιδόμενης ενέργειας αντίστοιχα. Τόσο η ενέργεια που αποδίδει ο παραγωγός στο ηλεκτρικό δίκτυο όσο και αυτή που απορροφά από αυτό για τις ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου, μεταφέρονται πάντοτε μέσω της ίδιας ηλεκτρικής παροχής. Από τα παρακάτω σχήματα φαίνεται ότι στο δίκτυο συνδέονται δύο διαφορετικά κυκλώματα με διαφορετικούς Μετρητές ενέργειας το κύκλωμα κατανάλωσης (σπιτιού) και το κύκλωμα του φωτοβολταϊκού. Η τιμολόγηση της παραγόμενης ενέργειας από ένα Φ/Β Στέγης 5kWp το οποίο θα συνδεθεί στο σύστημα κατά τον μήνα Οκτώβριο 2015 ανέρχεται σε 0,115€ ανά kWh. Μία τέτοια εγκατάσταση τιμολογείτε σε περίπου 6.500€. Η ετήσια εκτιμώμενη παραγωγή ενέργειας για την περιοχή π.χ. της Πάτρας κυμαίνεται περίπου σε 8.150kWh. Οι ετήσιες απολαβές οι οποίες δεν φορολογούνται ανέρχονται σε $8.150\text{kWh}/\text{έτος} * 0,115\text{€/kWh} = 937,25\text{€/έτος}$. Αν υποθέσουμε ότι για τα επόμενα έτη το επιτόκιο δανεισμού είναι ουσιαστικά μηδενικό, τότε η απόσβεση του Φ/Β Στέγης θα πραγματοποιηθεί σε $6.500\text{€}/937,25/\text{έτος} \approx 7$ έτη. Αν υποθέσουμε ότι τα φωτοβολταϊκά έχουν διάρκεια ζωής 30 έτη με τα 25 από αυτά η απόδοσή τους να κυμαίνεται με πάνω από το 80% της αρχικής ισχύος τους, τότε αν υποθέσουμε ένα δυσμενές σενάριο διάρκειας ζωής 25 ετών με βαθμό απόδοσης 80%, οι συνολικές απολαβές θα ανέρχονται σε $0,8 * 8.150\text{kWh}/\text{έτος} * 0,115\text{€/kWh} * 25\text{έτη} = 18.745\text{€}$. Αν από τα 18.745€ αφαιρέσουμε το αρχικό κόστος κατασκευής των 6.500€, τότε οι καθαρές αποδοχές μας θα ανέρχονται σε 12.245€. Αν το κέρδος αυτό το διαιρέσουμε με τα 25 έτη τότε θα έχουμε καθαρή ετήσια απολαβή 489,8€. Οι απολαβές αυτές είναι ικανοποιητικές αλλά αν αναλογιστεί κανείς ότι το κόστος αγοράς της kWh όταν ξεκίνησε το ειδικό πρόγραμμα στεγών ανερχόταν σε 0,55€/kWh αλλά με διπλάσιο περίπου κόστος εγκατάστασης, οι σημερινές απολαβές δεν ευνοούν την κατασκευή νέων Φ/Β Στεγών με το καθεστώς του ανεξάρτητου παραγωγού (Feed in tariff).



Εικόνα 4.1. Τρόπος σύνδεσης Φ/Β στέγης ως ανεξάρτητος παραγωγός

4.2 Διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα υπό το καθεστώς Αυτοπαραγωγού

Τα διασυνδεδεμένα κτηριακά Φ/Β συστήματα με την 30/12/2014 υπουργική απόφαση «Εγκατάσταση μονάδων ΑΠΕ από αυτοπαραγωγούς με συμψηφισμό ενέργειας κατ' εφαρμογή του άρθρου 14Α του ν.3468/2006», μπορούν να ενταθούν στο καθεστώς του αυτοπαραγωγού (Net Metering). Δηλαδή, το σύνολο της ενέργειας που παράγεται από την ηλεκτροπαραγωγική καταναλώνεται από τον παραγωγό ή δωρίζεται στο Σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας δηλαδή χρησιμοποιείται για τη μερική ή ολική τροφοδότηση των φορτίων της κτηριακής εγκατάστασης (ιδιοκαταναλώσεις του κτηρίου). Η υλοποίηση της ηλεκτρικής εγκατάστασης απαιτεί την εγκατάσταση δύο μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας. Ενός μετρητή που συνδέεται στο Φ/Β Στέγης και μετράει την παραγόμενη από αυτό ηλεκτρική ενέργεια και ένας μετρητής διπλής ροής (καταναλισκόμενη και αποδιδόμενη ενέργεια), ο οποίος μετράει της συνολική αναρροφούμενη ή αποδιδόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο σύστημα. Ο

σκοπός των δύο μετρητών ενέργειας έχει νόημα γιατί σε μία κτιριακή εγκατάσταση έχοντας Φ/Β Στέγης που λειτουργεί με το καθεστώς του Αυτοπαραγωγού, στο τιμολόγιο της ΔΕΗ δεν χρεώνεται για τις παραγόμενες από το Φ/Β Σταθμό kWh το κόστος μεταφοράς, το κόστος διανομής, το ΕΤΜΕΑΡ (πρώην τέλος ΑΠΕ), αλλά χρεώνονται οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας για το σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας. Ο υπολογισμός της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας γίνεται με την άθροιση της παραγόμενης ενέργειας από το Φ/Β Σταθμό με την ενέργεια που καταναλώθηκε (ή διαχύθηκε) στο σύστημα. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η σύνδεση στο δίκτυο μίας κατοικίας με Φ/Β Στέγης με καθεστώς Αυτοπαραγωγού. Η εκκαθάριση της ενέργειας γίνεται ετησίως.

Αν υποθέσουμε ότι έχουμε εγκαταστήσει το Φ/Β Στέγης 5kWp του προηγούμενου παραδείγματος, αλλά με καθεστώς Αυτοπαραγωγού σε κατοικία τριμελούς οικογένειας δύο ενηλίκων με ένα παιδί, τότε η συνολική παραγόμενη ενέργεια ανέρχεται ομοίως σε 8.150kWh/έτος. Ο μέσος όρος κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για μια τριμελή οικογένεια ανέρχεται σε περίπου 7.500kWh/έτος. Η τιμή της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερη από αυτήν της κατανάλωσης γιατί πρέπει να συνυπολογιστεί και η μείωση της απόδοσης των Φ/Β και η αύξηση της ζήτησης ενέργειας με τον χρόνο. Εάν υποθέσουμε το δυσμενές σενάριο του σταθερού κόστους των 0,18€/kWh (αξία ηλεκτρικής ενέργειας + κόστος μεταφοράς + κόστος διανομής + ΕΤΜΕΑΡ +Υπηρεσίες κοινής ωφέλειας) για τα επόμενα 25 έτη.

Αν υποθέσουμε το παραπάνω δυσμενές σενάριο διάρκειας ζωής 25 ετών με βαθμό απόδοσης 80%, η ετήσια παραγόμενη ενέργεια θα ανέρχεται σε $0,8 * 8.150 \text{kWh/έτος} = 6.520 \text{kWh/έτος}$. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι εάν η τιμή των 6.520kWh/έτος ήταν μεγαλύτερη από την καταναλισκόμενη ετήσια ενέργεια 7.500kWh/έτος η εξοικονόμηση που θα είχαμε θα ήταν για τις καταναλισκόμενες 7.500kWh/έτος. Οι επιπλέον kWh θα διαχέονταν στο σύστημα και δεν θα τιμολογηθούν.

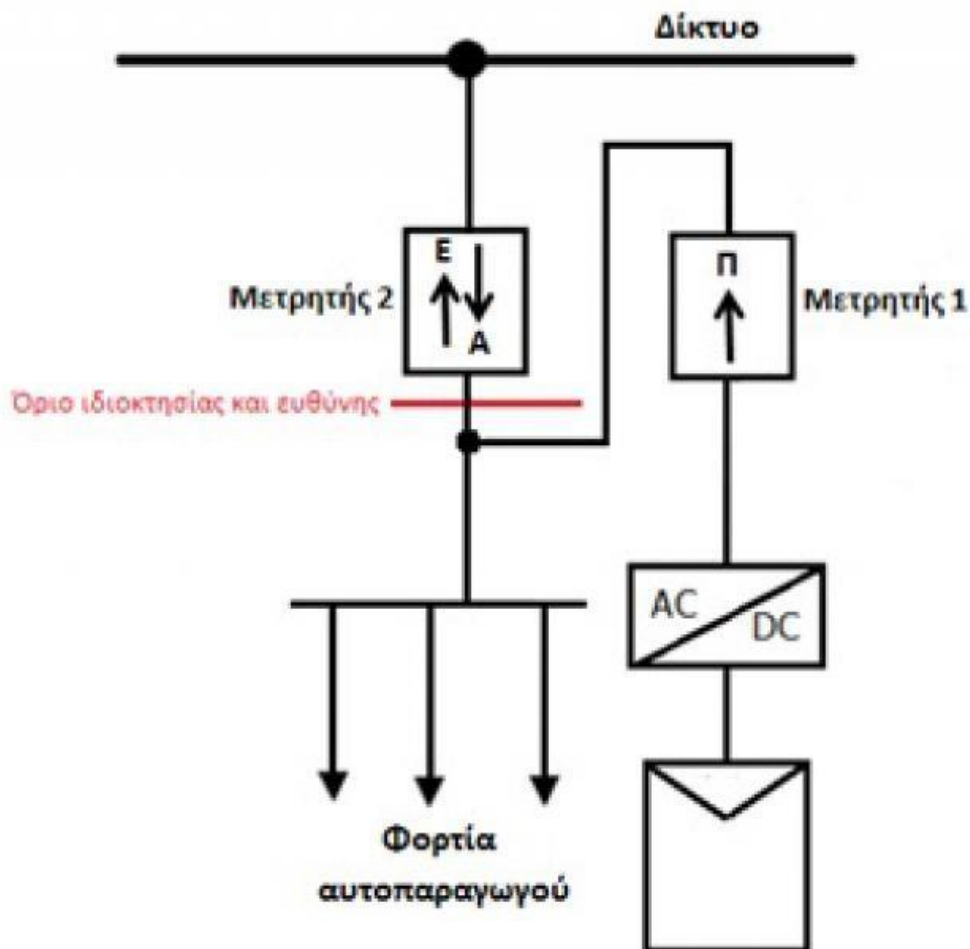
Η ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από το Φ/Β στέγης ανέρχεται σε:

$$6.520 \text{kWh/έτος} * (0,18 \text{€/kWh} - 0,02 \text{€/kWh} (\text{Υπηρεσίες κοινής ωφέλειας})) =$$

$$6.520 \text{kWh/έτος} * 0,16 \text{€/kWh} = 1200 \text{€/έτος} = 1.043,2 \text{€/έτος}.$$

Η Συνολική εξοικονόμηση ενέργειας για τα 25 έτη ανέρχεται σε $1.043,2 \text{€/έτος} * 25 \text{έτη} = 26.080 \text{€}$.

Αν από την παραπάνω εξοικονόμηση αφαιρέσουμε το αρχικό κόστος εγκατάστασης των 6.500€, τότε το καθαρό κέρδος που θα έχουμε ισούται με 19.580€. Η ετήσια απολαβή ανέρχεται σε $19.580 \text{€} / 25 \text{έτη} = 783,2 \text{€}$.



Εικόνα 4.2. Τρόπος σύνδεσης Φ/Β στέγης ως αυτοπαραγωγός

Από την σύγκριση των ετήσιων απολαβών του καθεστώτος ανεξάρτητου παραγωγού και Αυτοπαραγωγού, υπερτερεί ξεκάθαρα το καθεστώς του αυτοπαραγωγού. Πρέπει να σημειωθεί ότι το κέρδος του καθεστώτος αυτοπαραγωγού θα είναι μεγαλύτερο γιατί η υπόθεση για σταθερή τιμή της ενέργειας στα 0,18€/kWh για τα επόμενα 25 έτη δεν θα είναι εφικτή και η αύξηση της τιμής της ενέργειας θα επιφέρει και μεγαλύτερο κέρδος στους αυτοπαραγωγούς

Πρέπει να σημειωθεί ότι η εγκατάσταση Φ/Β σε οποιοδήποτε καθεστώς είναι επικερδής εάν η τιμή της ενέργειας ανά kWh είναι μεγαλύτερη από την οριακή τιμή των 0,04€/kWh

Η τιμή αυτή προκύπτει από την διαίρεση του κόστους εγκατάστασης Φ/Β στεγών προς το συνολικό παραγόμενο αριθμό kWh. Δηλαδή:

$$6500\text{€}/(25 \text{ έτη} * 0,8 \text{ βαθμός απόδοσης} * 8.150\text{kWh}/\text{ετος})$$

$$=6500\text{€}/163.000\text{kWh} \approx 0,04\text{€/kWh}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα

Το 2010 ξεκίνησε το καθεστώς του ανεξάρτητου παράγωγου για το ειδικό πρόγραμμα στεγών το οποίο είχε επενδυτικό χαρακτήρα με τη συνολική παραγόμενη ενέργεια να διαχεόταν στο σύστημα και να τιμολογείτο αρχικά στα 0,55€/kWh. Το καθεστώς αυτό συνεχίζει να υφίσταται και σήμερα με τη τιμή να ανέρχεται σε 0,11€/kWh. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν δύο ανεξάρτητα κυκλώματα που συνδέονται ξεχωριστά μέσω των δικών τους μετρητών ενέργειας. Το κύκλωμα ηλεκτροδότησης της κατοικίας και το κύκλωμα του Φ/Β Στέγης.

Στο τέλος του 2014 ξεκίνησε το καθεστώς του Αυτοπαραγωγού. Το καθεστώς αυτό έχει χαρακτήρα εξοικονόμησης ενέργειας. Η παραγόμενη ενέργεια καταναλώνεται από τον παραγωγό και στην περίπτωση που είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση του παραγωγού διοχετεύεται στο σύστημα. Ανά χρόνο γίνεται η εκκαθάριση της παραγόμενης προς την καταναλισκόμενη ενέργεια. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση που η παραγόμενη ενέργεια είναι μεγαλύτερη από την καταναλισκόμενη η ενέργεια που διοχετεύτηκε στο σύστημα δεν τιμολογείται. Υπάρχουν δύο μετρητές ενέργειας ένας στην παραγωγή του Φ/Β και ο άλλος στην σύνδεση με το σύστημα. Ο μετρητής ενέργειας που βρίσκεται στην παραγωγή του Φ/Β χρειάζεται για να υπολογιστεί η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια βάσει της οποίας υπολογίζονται οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας στο τιμολόγιο της ΔΕΗ. Το κέρδος σε αυτό το καθεστώς προκύπτει από την εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας που ανέρχεται σε 0,16€/kWh. Αυτό προκύπτει από το κόστος ενέργειας των 0,18€/kWh (αξία ηλεκτρικής ενέργειας + κόστος μεταφοράς + κόστος διανομής + ΕΤΜΕΑΡ + Υπηρεσίες κοινής ωφέλειας) μείων 0,02€/kWh των Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας τις οποίες πληρώνει ο Αυτοπαραγωγός για το σύνολο της καταναλισκόμενης ενέργειας.

Από την σύγκριση των ετήσιων απολαβών του καθεστώτος ανεξάρτητου παραγωγού και Αυτοπαραγωγού, υπερτερεί ξεκάθαρα το καθεστώς του αυτοπαραγωγού εάν η εγκατάσταση του Φ/Β Στεγών γίνει με τις παρούσες συνθήκες .

Η εγκατάσταση Φ/Β σε οποιοδήποτε καθεστώς είναι επικερδής εάν η τιμή τις ενεργείας ανά kWh είναι μεγαλύτερη από την οριακή τιμή των 0,04€/kWh. Η τιμή αυτή προέκυψε με την διαίρεση του κόστους εγκατάστασης του Φ/Β Στεγών (6.500€) δια τις συνολικές παραγόμενες kWh (163.000 kWh) του.

Βιβλιογραφία

Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ – <http://www.helapco.gr/>) «Ένας πρακτικός τεχνικός οδηγός» (Ιανουάριος 2012).

Κωστόπουλος Ευάγγελος: «Μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίριο της Εθνικής Τράπεζας της Ελλάδος στην Αθήνα», Διπλωματική Εργασία (Αθήνα, Ιούλιος 2011).

Αντωνόπουλος Κ.: «ΘΕΡΜΙΚΑ – ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ» Πολυτεχνειακές Εκδόσεις, Μέρος Πρώτο (2004).

<http://www.exelgroup.gr/1B0009E6.el.aspx>

ABB Sace (ABB – <http://www.abb.com/>): “Technical Application Papers No 10 – Photovoltaic Plants” (2010).

<http://www.allaboutenergy.gr/Paragogi321.html>.

Ισίδωρος Σ. Λαγόπουλος: «Πειραματική Μελέτη Φωτοβολταϊκών Στοιχείων Λεπτών Υμενίων», Διπλωματική εργασία (Αθήνα 2011).

<http://www.erdgas.gr/iliakixartes.php>.

Κ. Καγκαράκης: «Φωτοβολταϊκή τεχνολογία» Εκδόσεις Συμμετρία (1992).

Ι.Ε. Φαγκιαδάκης: «Φωτοβολταϊκά Συστήματα», Εκδόσεις Ζήτη (2007)

Κοράλλη Παναγιώτα: «Μικρο-επεξεργασία λεπτού υμενίου μολυβδενίου (Μο) με laser για εφαρμογή στη φωτοβολταϊκή τεχνολογία», Διπλωματική εργασία (Αθήνα 2010).

<http://el.wikipedia.org/wiki>

<http://www.arvisolar.gr>

Εργαστηριακές ασκήσεις Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας – Φωτοβολταϊκή Κυψέλη.

Tomos Markvart, «Solar electricity» 2nd edition

Australian CRC for renewable energy Ltd – <http://www.esdalcollege.nl/eos/vakken/na/zonnecel.htm>.

Martin A. Green, Keith Emery, Yoshihiro Hishikawa, Wilhelm Warta and Ewan D. Dunlop. Solar cell efficiency tables (version 39) Prog. Photovolt: Res. Appl. 2012; 20:12-20 DOI: 10.1002/PIP: 2.163.

<http://www.energotechniki.gr/site/xpage.asp?sid=211&page=banner2>.

<http://openwetware.org/wiki/20.309:DiodePrimer> [1.19].

<http://africabusiness.com/2010/11/30/vulnerability-of-solar-energy-infrastructure-and-output-to-extreme-events-climate-change-implications/>

<http://solarcellcentra.com/markets-page.html>.

Ιωάννης Αν. Ζιάκας: «CIGS Τεχνολογία Φωτοβολταϊκών Λεπτών Υμενίων», (ΕΜΠ. 2012).

National Renewable Energy Laboratory (NREL) in USA.

Εφημερίς της κυβερνήσεως – ΝΟΜΟΣ 3851/2010: «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής», Φ.Ε.Κ. Α' 85 (04.06.2010).

Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ – <http://www.helapco.gr/>): «Στατιστικά ελληνικής αγοράς 2010».

Σύνδεσμος Εταιριών Φωτοβολταϊκών (ΣΕΦ – <http://www.helapco.gr/>): «Στατιστικά διεθνούς αγοράς 2010».

<http://www.desamie.gr/>

<http://www.ypeka.gr/Defa.ult.aspx?tabid=555>

<http://www.deddie.gr/el/upiresi.es/fwtovoltaika-kai-alles-ape/fv-tou-eidikou-programmatos-stegwn>

http://hel.apco.gr/pdf/N4203_2013.pdf

http://www.cres.gr/kapie/pdf/odigos_pv_systimaton.pdf