

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ : 1687



**ΜΕΛΕΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΔΙΑΦΑΝΩΝ
ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ ΜΕΣΗΣ
ΑΠΟΔΟΣΗΣ 5% ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ**

ΚΟΚΚΑΛΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΧΑΝΤΖΑΡΑΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΤΑΘΑΤΟΣ ΗΛΙΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2018

Περιεχόμενα

Πρόλογος	7
Περίληψη	7
1. Εισαγωγή.....	9
1.1. Ενεργειακά προβλήματα και δεδομένα.....	9
1.2. Παραγωγή ενέργειας από συμβατικά καύσιμα.....	11
1.3. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	16
1.4. Προβλήματα από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και ο ρόλος ΑΠΕ	18
1.4.1. Προώθηση των ΑΠΕ.....	20
1.5. Γιατί Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.).....	21
1.6. Μορφές Α.Π.Ε.....	21
1.6.1. Ηλιακή ενέργεια.....	22
1.6.2. Αιολική ενέργεια.....	23
1.6.3. Εκμετάλλευση Υδάτινου Δυναμικού	24
1.6.4. Γεωθερμία.....	26
1.6.5. Βιομάζα	27
1.6.6. Ενέργεια από τη Θάλασσα.....	28
1.6.7. κυψέλες καυσίμων (Fuel cells)	29
1.7. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)	30
2. Αρχές παραγωγής Φωτοβολταϊκής Ενέργειας	32
2.1. Εισαγωγή	32
2.2. Ανάγκη για χρήση της φωτοβολταϊκής ενέργειας	32
2.3. Ιστορική αναδρομή	33
2.4. Αρχή λειτουργίας Φ/Β συστημάτων - Θεωρία ημιαγωγών	36
2.4.1. Το άτομο	36
2.4.2. Σχηματισμός ρεύματος στα υλικά	37
2.4.3. Αγωγοί- Μονωτές- Ημιαγωγοί.....	38
2.4.4. Δομή των ημιαγωγών	38
2.4.5. Ενεργειακές ζώνες στους ημιαγωγούς	39
2.4.6. Σχηματισμός της οπής	40
2.4.7. Ημιαγωγοί τύπου N και P	41
2.4.8. Επαφή PN.....	42
2.4.9. Ρεύμα διάχυσης και ανάστροφο ρεύμα.....	43
2.5. Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο.....	44
2.6. Η Ηλιακή κυψέλη	45

3.	Φωτοβολταϊκό Σύστημα	47
3.1.	Πλεονεκτήματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	47
3.2.	Κατηγορίες Φωτοβολταϊκών Συστημάτων	48
3.2.1.	Αυτόνομα Συστήματα	48
3.2.2.	Κατηγορίες αυτόνομων συστημάτων	49
3.2.3.	Συνδεδεμένα στο δίκτυο.....	50
3.2.4.	Κατηγορίες συστημάτων συνδεδεμένων στο δίκτυο	51
4.	Σχεδιασμός και κατασκευή φωτοβολταϊκών παραθύρων	54
4.1.	Εισαγωγή	54
4.2.	Τύποι Φωτοβολταϊκών Στοιχείων	54
4.2.1.	Μονοκρυσταλλικά (c-Si) φωτοβολταϊκά	55
4.2.2.	Πολυκρυσταλλικά (p-Si) φωτοβολταϊκά στοιχεία	55
4.2.3.	Τεχνολογία Λεπτού Υμενίου	56
4.2.4.	Φωτοβολταϊκές κυψέλες άμορφου πυριτίου (a-Si)	57
4.2.5.	Τελλουριούχο κάδμιο CdTe, Τελλουριούχο κάδμιο/Θειούχο κάδμιο CdTe/CdS φωτοβολταϊκά στοιχεία	58
4.2.6.	Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός CuInSe ₂ (CIS), CIGS φωτοβολταϊκά στοιχεία	58
4.3.	Οργανικά Φωτοβολταϊκά.....	59
4.4.	Ημιδιαφανή φωτοβολταϊκά στοιχεία	60
4.5.	Διαφανή φωτοβολταϊκά 5%.....	61
4.5.1.	Κόστος και οφέλη διαφανών φωτοβολταϊκών.....	64
4.5.2.	Βαθμός απόδοσης Φωτοβολταϊκού στοιχείου.....	65
4.5.3.	Τα κυρτά πάνελ-νέα 'ηλεκτρικά παράθυρα'	66
4.5.4.	Το ηλιακό παράθυρο του Chin Hua	67
4.5.5.	Το μέλλον είναι στα έξυπνα παράθυρα	68
5.	Ενσωμάτωση Φ/Β Παραθύρων σε Κτίρια.....	70
5.1.	Εισαγωγή	70
5.2.	Ενεργειακά Δεδομένα Κατανάλωσης Κτιρίων-Το κτιριακό απόθεμα	70
5.3.	Μετρά για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και αύξηση ενεργειακής απόδοσης ...	73
5.4.	Τα φωτοβολταϊκά στα κτίρια	74
5.5.	Γιατί φωτοβολταϊκά στα κτίρια;.....	75
5.6.	Παραδείγματα ενσωμάτωσης φ/β σε κτίρια στο Εξωτερικό και την Ελλάδα	77
5.7.	Τεχνολογίες φ/β στοιχείων κατάλληλων για χρήση σε κτιριακές εφαρμογές	81
5.8.	Μορφή φ/β στοιχείων για ενσωμάτωσή τους στα κτίρια	83
5.8.1.	Στάνταρ φ/β πλαίσια με περίβλημα (framed solar panels).....	83

5.8.2.	Φ/β πλαίσια άνευ περιβλήματος (frameless solar panels)	84
5.8.3.	Εύκαμπτα φ/β πλαίσια (flexible solar panels)	85
5.8.4.	Φ/β πλαίσια σε μορφή υαλοπίνακα ή γυάλινου τζαμιού	86
5.8.5.	Φ/β στοιχεία σε σχήμα κεραμιδιών – ηλιακά κεραμίδια (solar tiles)	86
5.9.	Δυνατότητες ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών στα κτίρια	87
5.9.1.	Ενσωμάτωση φ/β στην στέγη των κτιρίων	88
5.9.2.	Ενσωμάτωση φ/β στις προσόψεις των κτιρίων	88
5.9.3.	Ενσωμάτωση φ/β στοιχείων ως σκίαστρα-στέγαστρα στα κτίρια	89
5.10.	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φ/β συστημάτων ενσωματωμένων στα κτίρια	90
6.	Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων	92
6.1.	Τι είναι ο Βιοκλιματικός Σχεδιασμός	92
6.2.	Βιώσιμα Κτίρια	92
6.3.	Στόχος Βιοκλιματικού Σχεδιασμού	93
6.4.	Ο ρόλος του Ενεργειακού σχεδιασμού	95
6.5.	Αρχές βιοκλιματικού Σχεδιασμού	96
6.6.	Παθητικά συστήματα	98
6.6.1.	Παθητικά ηλιακά συστήματα	98
6.6.2.	Φυσικός δροσισμός	99
6.6.3.	Φυσικός φωτισμός	99
6.7.	Ενεργητικά συστήματα	100
6.8.	Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Βιοκλιματικών κτιρίων	102
6.9.	Μελέτη Ενεργειακή Απόδοσης και Βιοκλιματικά Κτίρια	103
7.	Σχεδιασμός Βιοκλιματικού Κτιρίου σχεδιασμός, χωροθέτηση και προσανατολισμός Βιοκλιματικού Κτιρίου	106
7.1.	Παράμετροι σχεδίασης και χωροθέτησης Βιοκλιματικού Κτιρίου	106
7.2.	Χωροθέτηση του οικοπέδου	107
7.3.	Σχήμα κτιρίου	108
7.4.	Σχεδίαση για εκμετάλλευση του Φυσικού Φωτισμού	111
7.4.1.	Προσανατολισμός και Φυσικός Φωτισμός	112
7.4.2.	Σχήμα κτιρίου και φυσικός φωτισμός	112
7.4.3.	Άλλες παράμετροι φωτισμού	113
7.5.	Αξιοποίηση Φυσικού Αερισμού	113
7.5.1.	Κατασκευαστικά στοιχεία στο κέλυφος του κτιρίου για φυσικό αερισμό	114
7.6.	Σκίαση κτιρίου	115
7.7.	Θερμομόνωση κτιρίου	116

7.8.	Πράσινες στέγες.....	117
7.9.	Το πιο πράσινο σπίτι της Ελλάδας.....	118
	Βιβλιογραφία / Αναφορές.....	120

Πρόλογος

Στην παρούσα εργασία θα γίνει μια μελέτη της εγκατάστασης διάφανων φωτοβολταϊκών παραθύρων 5%, αλλά και γενικότερα φωτοβολταϊκών στοιχείων και της ενσωμάτωσής τους στα κτίρια, δίνοντας έμφαση στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στα φωτοβολταϊκά στοιχεία και στους σύγχρονους πλέον τρόπους αξιοποίησής και ενσωμάτωσής τους στα κτίρια. Πρέπει να επισημανθεί ότι η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών δε γίνεται αποσπασματικά, αλλά περιλαμβάνεται σε ένα γενικότερο πλαίσιο αντίληψης που προσπαθεί να ενσωματώσει τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, στο πλαίσιο της ορθολογικής χρήσης και της εξοικονόμησης ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου, που εν κατακλείδι στηρίζεται στις αρχές του βιώσιμου κτιρίου και του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτιρίου.

Περίληψη

Στο Πρώτο Κεφάλαιο γίνεται εκτενής αναφορά στις συμβατικές πηγές ενέργειας, σε δεδομένα ενεργειακής κατανάλωσης, στην εξάρτηση που παρουσιάζεται από τις διάφορες ενεργειακές πηγές, στη χρήση των συμβατικών καυσίμων και τη ρύπανση του περιβάλλοντος καθώς και η αναγκαιότητα της χρήσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Επίσης γίνεται μια εκτενής αναφορά στα κυριότερα είδη ΑΠΕ. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται ο τρόπος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά, όπου αναλύονται τα φυσικά φαινόμενα που λαμβάνουν μέρος για την παραγωγή ενέργειας. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κατηγορίες των φωτοβολταϊκών συστημάτων, τα αυτόνομα και συνδεδεμένα συστήματα και τα χαρακτηριστικά τους. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τύποι των πιο διαδεδομένων φωτοβολταϊκών στοιχείων και οι τεχνολογίες τους δίδοντας ιδιαίτερη έμφαση σε αυτά της νέας γενιάς (οργανικά φωτοβολταϊκά) και κάνοντας μια ευρεία αναφορά στα διάφανα φωτοβολταϊκά 5% και τα ηλιακά παράθυρα. Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται οι τρόποι με τους οποίους μπορούν να αξιοποιηθούν και να ενσωματωθούν τα φωτοβολταϊκά στα κτίρια (στέγη, κέλυφος κτιρίου). Στα δύο τελευταία κεφάλαια παρουσιάζονται οι έννοιες του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτιρίου, οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, τα κριτήριά του και πως η χωροθέτηση του κτιρίου

εντάσσεται στο βιοκλιματικό σχεδιασμό αλλά και πώς συμβάλλει η σωστή χωροθέτηση στην εξοικονόμηση ενέργειας.

1. Εισαγωγή

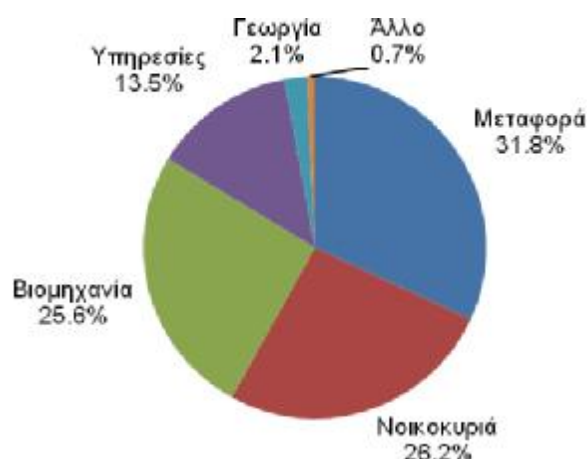
1.1. Ενεργειακά προβλήματα και δεδομένα

Τα τελευταία χρόνια τα ενεργειακά ζητήματα βρίσκονται σε εξέχουσα θέση στην παγκόσμια οικονομική και πολιτική ατζέντα, επηρεάζοντας με καθοριστικά τις οικονομίες και τις πολιτικές σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι διεθνείς σχέσεις έχουν εξέχουσα σημασία στην επίλυση του ενεργειακού ζητήματος, ιδιαίτερα όταν αναφερόμαστε σε χώρες που δεν είναι ενεργειακά αυτόνομες, όπως είναι και η Ελλάδα και που αναγκάζονται να καταφύγουν σε σημαντική ποσότητα εισαγωγών ορυκτών καυσίμων (κυρίως πετρελαίου και φυσικού αερίου). Η εξασφάλιση πρόσβασης σε εισαγόμενους ενεργειακούς πόρους με συμφέροντες και ανταγωνιστικούς όρους είναι η πρωταρχικός στόχος για τις διεθνείς σχέσεις των ενεργειακά εξαρτημένων χωρών [1].

Ο ανθρώπινος πληθυσμός από τα 7,5 δις. άτομα που είναι σήμερα προβλέπεται να αυξηθεί σημαντικά, με τάση εξισορρόπησης γύρω στα 10 δις. άτομα στα τέλη του 21^{ου} αιώνα. Η αύξηση του πληθυσμού θα οφείλεται κατά 95% στις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες και κατά 5% στις αναπτυγμένες. Η αύξηση του πληθυσμού και η τάση για βελτίωση του βιοτικού επιπέδου θα αυξήσει την ενεργειακή ζήτηση, κυρίως στις υπό ανάπτυξη χώρες, η οποία προβλέπεται να είναι παγκοσμίως διπλάσια της σημερινής στα τέλη του ερχόμενου αιώνα.

Η χρήση συμβατικών ενεργειακών πηγών αναμένεται να οδηγήσει σε μείωση των αποθεμάτων των ορυκτών κυρίως καυσίμων και να επιβαρύνει το περιβάλλον με απρόβλεπτες συνέπειες από την αύξηση των εκπομπών και των άλλων ρυπογόνων αποβλήτων. Παράλληλα η χρήση πυρηνικής ενέργειας, αν και αποτελεί εναλλακτική λύση στη μείωση εκπομπής CO₂, είναι υπό αμφισβήτηση ως προς την ασφάλεια και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τα πυρηνικά απόβλητα και τα ραδιενεργά υλικά που διαφεύγουν στα μικρής ή μεγάλης έκτασης πυρηνικά ατυχήματα. Θεωρώντας όλες τις ενεργειακές διεργασίες, η ενέργεια συμμετέχει στο 90% της συνολικής ρύπανσης του περιβάλλοντος. Οι αναπτυγμένες χώρες, αν και αποτελούν το 1/5 του παγκόσμιου πληθυσμού, είναι οι κύριες υπεύθυνες για τη ρύπανση του περιβάλλοντος, καθώς καταναλώνουν τα 2/3 της παγκόσμιας ενέργειας, ελέγχοντας παράλληλα και την παγκόσμια αγορά ενέργειας[2].

Η κατακόρυφη άνοδος του επιπέδου ζωής στην Ευρώπη μετά το 1945 βασίστηκε στην βιομηχανική ανάπτυξη χάρις στην διάδοση της χρήσης "ενεργοβόρων" καταναλωτικών, αγαθών από το σύνολο των κοινωνικών τάξεων του δυτικού κόσμου, ταυτόχρονα με την υιοθέτηση ενός τρόπου ζωής πολύ πιο "εξυπηρετικού", επινοώντας αγαθά που διευκολύνουν τη ζωή μας μεν, που όμως η παραγωγή και διάθεσή τους προϋποθέτει κατανάλωση ενέργειας.[1] Το σύνολο αυτών των αλλαγών βασίστηκε στην αυξημένη παραγωγή ενέργειας από πρωτογενείς πηγές και δευτερογενείς πηγές και συνεπώς στην αυξημένη κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση με κυριότερους τους τομείς της βιομηχανίας, των μεταφορών αλλά και των νοικοκυριών όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα [Εικόνα 1]



Εικόνα 1: Κατανομή Ενέργειας ανά τελική χρήση

Η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας προϋποθέτει την ύπαρξη μιας ενεργειακής πηγής, όπου οι μετατροπή των πρωτογενών πηγών με κατάλληλη επεξεργασία οδηγεί σε δευτερογενείς πηγές ενέργειας. Οι ενεργειακές πηγές ταξινομούνται σε:

- πρωτογενείς και
- δευτερογενείς

Πρωτογενείς πηγές ενέργειας είναι αυτές που συναντώνται άμεσα στη φύση, ενώ δευτερογενείς λαμβάνονται με μετατροπή όπως αναφέραμε των πρωτογενών πηγών.[2].

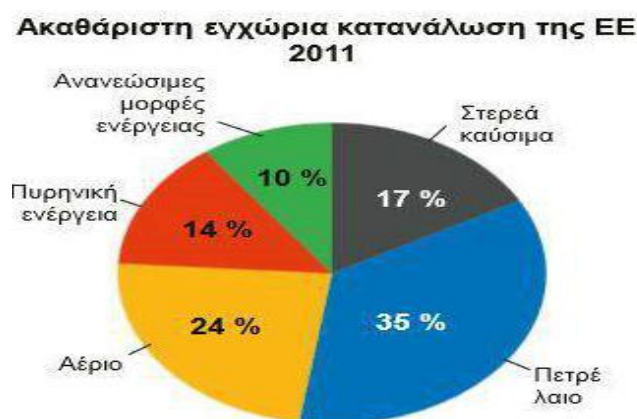
Τελική ενέργεια η ενέργεια ανά τελική χρήση (final energy): η ενέργεια όταν διατίθεται στη μορφή που χρησιμοποιείται στην τελική χρήση. Τέτοιες είναι η χημική ενέργεια των καυσίμων στις μεταφορές, ο φωτισμός, η θέρμανση στις βιομηχανικές διεργασίες και στον κτιριακό τομέα, κτλ. Οι χρήσεις της ενέργειας διακρίνονται σε τέσσερις βασικούς τομείς:

- Μεταφορών
- βιομηχανικός τομέας
- οικιακός τομέας
- εμπορικός τομέας ή υπηρεσιών [3]

Οι κλάδοι των μεταφορών και του τριτογενούς τομέα, παρουσιάζουν μεγάλη αύξηση τα τελευταία χρόνια λόγω της διεθνοποίησης και παγκοσμιοποίησης της οικονομίας.

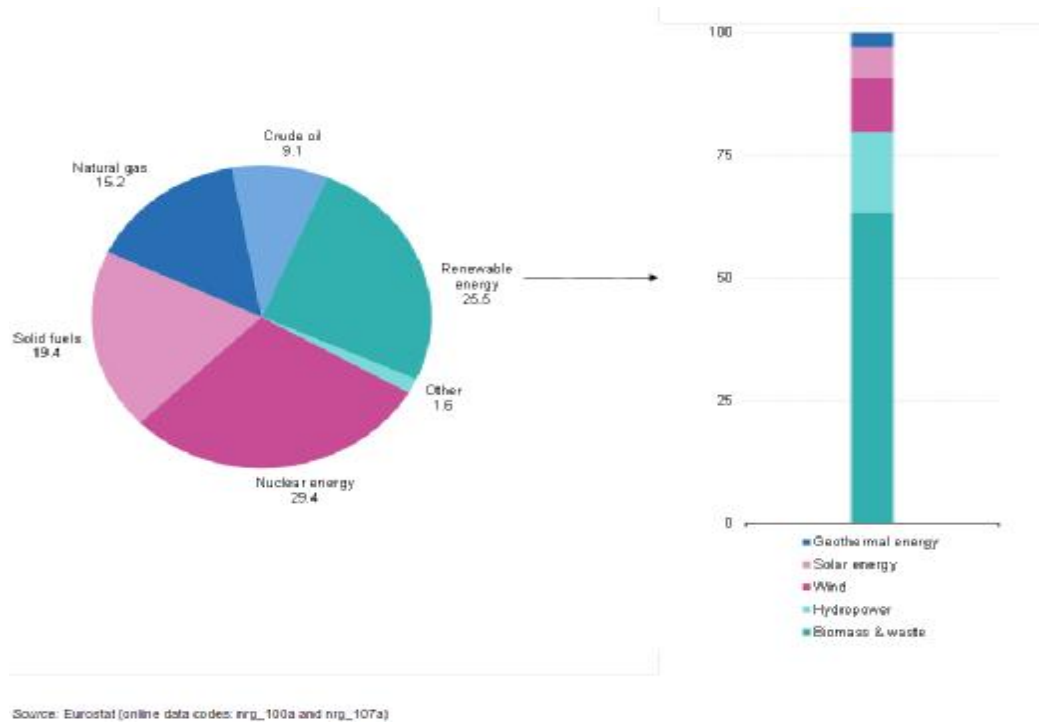
1.2. Παραγωγή ενέργειας από συμβατικά καύσιμα

Η ευρωπαϊκή παραγωγή ενέργειας τις τελευταίες δεκαετίες περιλαμβάνει ένα πλήθος από πρωτογενείς ενεργειακές πηγές με ένα μεγάλο ποσοστό να προέρχεται από το πετρέλαιο και τα παράγωγα του σε ποσοστό 35% όπως φαίνεται και από την παρακάτω εικόνα (2). Αν και παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση της χρήσης των ΑΠΕ σε ότι αφορά την συνεισφορά τους στην τελική ακαθάριστη κατανάλωση ενέργειας, η χρήση των συμβατικών μορφών ενέργειας συνεχίζει να καταλαμβάνει τη μερίδα του λέοντος. Η ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση αποτελεί την ενέργεια που τελικά χρησιμοποιείται και περιλαμβάνει τα στερεά καύσιμα, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και τις ΑΠΕ. [4]



Εικόνα 2: Ακαθάριστη Εγχώρια Κατανάλωση Πρωτογενών Πηγών

Όσον αφορά την πρωτογενή παραγωγή στην Ευρώπη όπως βλέπουμε και στην παρακάτω εικόνα (3) (στοιχεία 2014).



Εικόνα 3: Πρωτογενής παραγωγή στην Ευρώπη, 2014

Πηγή: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Production_of_primary_energy,_EU-28,_2014_\(%25_of_total,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent\)_YB16.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/File:Production_of_primary_energy,_EU-28,_2014_(%25_of_total,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent)_YB16.png)

οι συμβατικές μορφές ενέργειας με σημαντικό μερίδιο του ηπιότερου φυσικού αερίου και πολύ σημαντικό μερίδιο της αποδοτικής μεν, αλλά με ποικίλους τρόπους επικίνδυνη χρήσης της πυρηνικής ενέργειας (ατυχήματα σε σταθμούς παραγωγής, διαχείριση πυρηνικών αποβλήτων κ.α.). Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το ποσοστό κάθε μορφής ενέργειας στην παραγωγή πρωτογενούς ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων και των ενεργειακών εισαγωγών (εκτός ΕΕ) καθώς και οι αντίστοιχες ποσότητες σε εκατομμύρια τόνους ισοδύναμου πετρελαίου. Τόνος Ισοδύναμου Πετρελαίου (ΤΙΠ) = Ton of Oil Equivalent (TOE) Ο τόνος ισοδύναμου πετρελαίου ισοδυναμεί με την ενέργεια που εκλύεται από την καύση ενός τόνου αργού πετρελαίου. (1 ΤΙΠ = 41,868 GJ)

Energy

Energy production and imports

Figure 1: Production of primary energy, EU-28, 2014

(% of total, based on tonnes of oil equivalent)

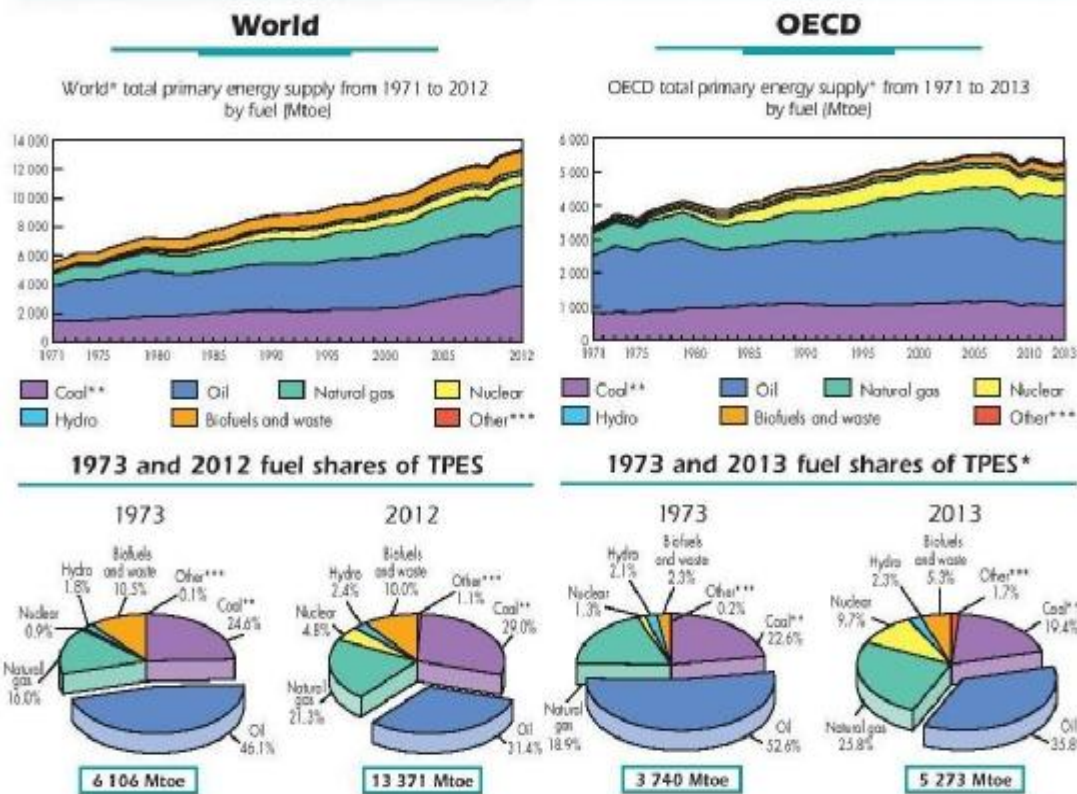
	(million tonnes of oil equivalent)	(%)
Nuclear energy	226	29,4
Solid fuels	149	19,4
Natural gas	117	15,2
Crude oil	70	9,1
Renewable energy	196	25,5
Other	12	1,6
of which:		
Biomass & waste	124	63,3
Hydropower	32	16,3
Wind	22	11,2
Solar energy	12	6,1
Geothermal energy	6	3,1

Source: Eurostat (online data codes: nrg_100a and nrg_107a)

Πηγή: http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Energy_production_and_imports/el

Στην παρακάτω εικόνα (4), φαίνεται η εξέλιξη της παραγωγής ενέργειας ανά τύπο καυσίμου, όπου παρατηρούμε αυξημένη παραγωγή στο πέρασμα των χρόνων (197-2012 και 1973-2013 για τις χώρες του ΟΟΣΑ), και με συντριπτικό ποσοστό συμμετοχής των συμβατικών ορυκτών καυσίμων.

TOTAL PRIMARY ENERGY SUPPLY BY FUEL

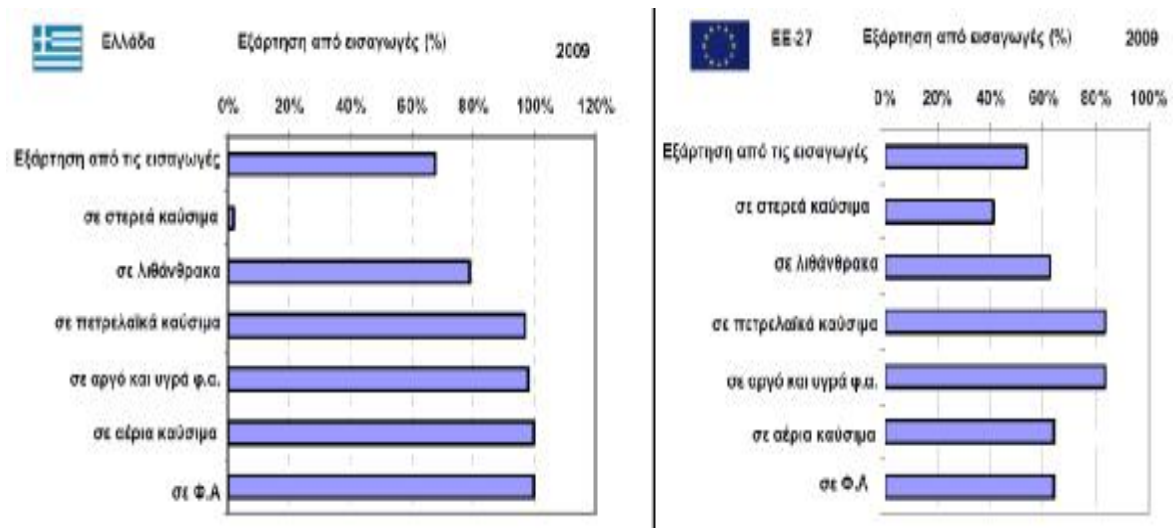


Εικόνα 4: Κατανομή της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας ανά μορφή ενέργειας

πηγή: [http://www.reporter.gr/Apopteisis/Themata/item/248091-Istorika-statistika-stoicheia-gia-thnpragkosmia-energeia-\(1971-2013\)?tmpl=component&print=1](http://www.reporter.gr/Apopteisis/Themata/item/248091-Istorika-statistika-stoicheia-gia-thnpragkosmia-energeia-(1971-2013)?tmpl=component&print=1)

Όσον αφορά την Ελλάδα, παρουσιάζεται έντονη ενεργειακή εξάρτηση από το πετρέλαιο και τις εισαγωγές του, το οποίο συμμετέχει (για το 2014) κατά 54% στη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, ποσοστό που είναι από τα μεγαλύτερα στην Ε.Ε, με το Ιράν, τη Ρωσία και η Σαουδική Αραβία να αποτελούν τις κύριες προμηθεύτριες χώρες, από τις οποίες εισάγονται περίπου τα δύο τρίτα των συνολικών εισαγωγών αργού πετρελαίου. Η εγχώρια παραγωγή (κοίτασμα Πρίνου) καλύπτει ένα πολύ μικρό ποσοστό των αναγκών της χώρας.

Η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας είναι πολύ μεγαλύτερη από το κοινοτικό μέσο όρο (54%) και αγγίζει το 68% το 2009, κυρίως εξαιτίας των εισαγωγών πετρελαίου και φυσικού αερίου όπως φαίνεται και από την παρακάτω εικόνα (5) [5].



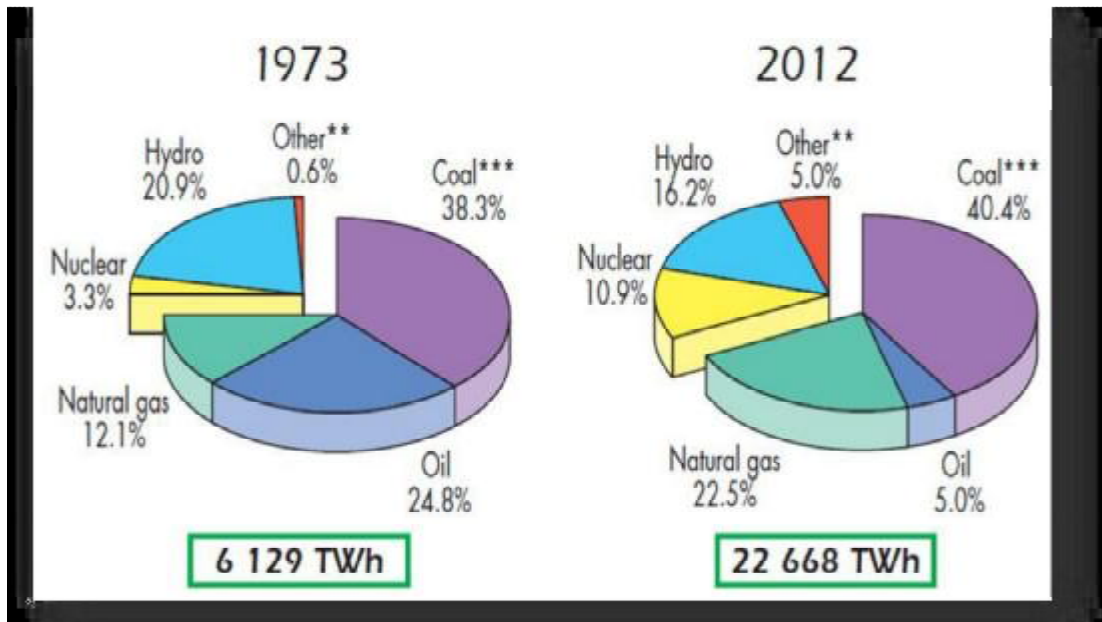
Εικόνα 5: Εξάρτηση από ενεργειακές εισαγωγές

Πηγή: Greece 2011, European Commission, DG Energy, AI – June 2011/ (11)

Σύμφωνα με στοιχεία του 2014, το μόνο το 38% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας παράγεται στη χώρα μας, με το υπόλοιπο ποσοστό να εισάγεται, πράγμα που δείχνει τη βαθιά ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας και που παίζει καίριο και σημαίνοντα ρόλο στις εφαρμοζόμενες πολιτικές, στρατηγικές και συμμαχίες στον παγκόσμιο ενεργειακό και πολιτικό χάρτη όσον αφορά τη θέση της χώρας μας, αλλά και την καθιστά ευάλωτη στο διεθνές χρηματιστήριο της αγοράς ενέργειας και των μεταβολών των τιμών των ενεργειακών πηγών. Η εγχώρια παραγόμενη ενέργεια προέρχεται κατά 75% από το λιγνίτη που κυριαρχεί ως πρωτογενή πηγή ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στα εργοστάσια της ΔΕΗ (ατμοστρόβιλοι, αεριοστρόβιλοι, μονάδες συνδυασμένου κύκλου) και κατά 22% από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο λιγνίτης (αν εξαιρέσουμε κάποιες μικρές εγχώριες ποσότητες του κοιτάσματος Πρίνου στην Καβάλα) αποτελεί το μόνο σχεδόν εγχώριο συμβατικό καύσιμο και χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στην ηλεκτροπαραγωγή Το φυσικό αέριο πρωτοεισήλθε στην Ελλάδα το 1996, και, από τότε παρουσίαζε σημαντική αύξηση μέχρι το 2011. Σύμφωνα με στοιχεία του 2014 συμμετέχει ως πρωτογενής πηγή με ποσοστό περίπου 10% στην πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας. Το φυσικό αέριο, εκτός από μία μικρή εγχώρια παραγωγή, εισάγεται από τη Ρωσία και Αζερμπαϊτζάν με αγωγούς (οι μεγαλύτερες ποσότητες) και από την Αλγερία με κρουγονικά πλοία στο σταθμό της Ρεβυθούσας [3].

1.3. Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Μεγάλο ποσοστό των πρωτογενών πηγών ενέργειας αξιοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής` ενέργειας. Το παρακάτω γράφημα δείχνει την κατανομή των πρωτογενών πηγών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με τα ποσοστά πετρελαίου να έχουν μεν μειωθεί, τα ποσοστά συμμετοχής του λιγνίτη όμως παραμένουν μεγάλα στα επίπεδα του 40%.



Εικόνα 6: Κατανομή πηγών για ηλεκτροπαραγωγή

Κατανομή πρωτογενών πηγών ενέργειας στη συνολική παγκόσμια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για το 1973 και 2012. Πηγή: IEA Key World Energy Statistics 2008.

Όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα μας, μεγάλο μέρος της οφειλόταν διαχρονικά στη χρήση του λιγνίτη την ηλεκτροπαραγωγή καλύπτοντας παλαιότερα μέχρι 80% και σήμερα περί το 50% της της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Τα κυριότερα εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα λιγνίτη στη χώρα μας βρίσκονται στις περιοχές Πτολεμαΐδας, Αμύνταιου, Φλώρινας, Δράμας, Μεγαλόπολης και Ελασσόνας [5].

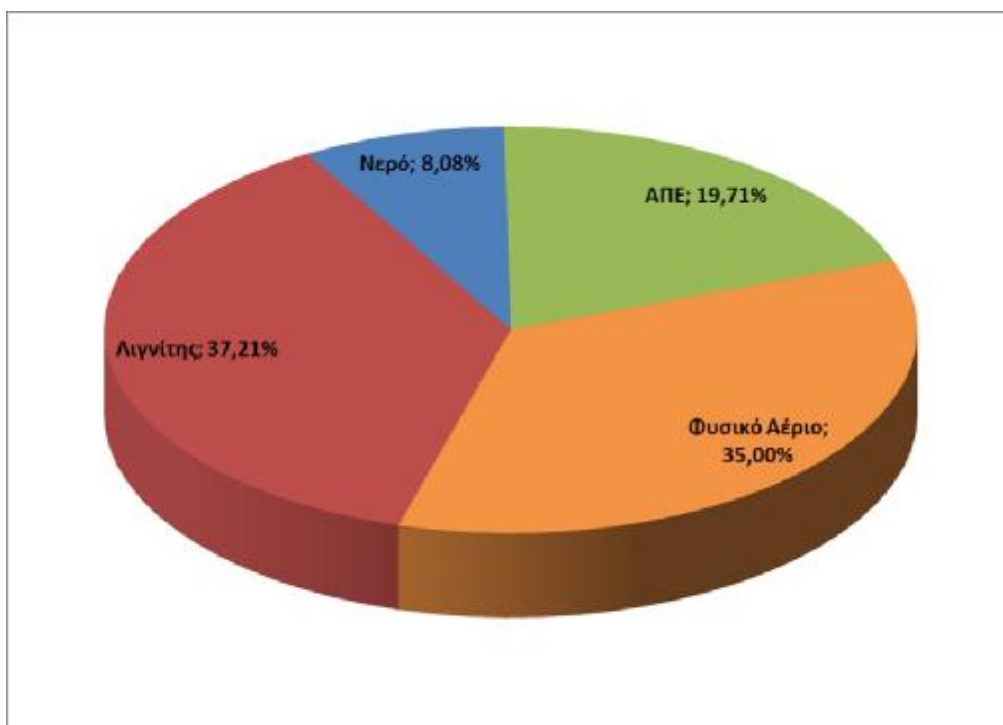


Εικόνα 7: Κυριότερα κοιτάσματα λιγνίτη

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα ποσοστά συμμετοχής για ηλεκτροπαραγωγή των διαφόρων ενεργειακών πηγών (στοιχεία 2014), όπως και στην παρακάτω εικόνα(8) (στοιχεία 2017), όπου παρατηρούμε__έχουμε σημαντικό μερίδιο για τις ΑΠΕ, με σημαντικό ποσοστό όμως των λιγνιτικών μονάδων και του φυσικού αερίου, δηλαδή συμβατικών καυσίμων.

Εγκατεστημένη ισχύς (σε MW) μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα τον Ιούλιο του 2015 (Πηγή: http://www.lagie.gr , μηνιαίο δελτίο Ιουλίου 2015).	MW	%
Τύπος Μονάδας		
Λιγνιτικές Μονάδες	4456	24,6
Πετρελαϊκές Μονάδες	698	3,9
Μονάδες Φυσικού Αερίου ΔΕΗ	2601	14,4
Μονάδες Φυσικού Αερίου εκτός ΔΕΗ	2569	14,2
Υδροηλεκτρικές Μονάδες ΔΕΗ	3173	17,6
ΑΠΕ	4582	25,3
Σύνολο	18079	100,0

Εγκατεστημένη ισχύς (σε MW) μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη χώρα τον Ιούλιο του 2015 (Πηγή: <http://www.lagie.gr>, μηνιαίο δελτίο Ιουλίου 2015).



Εικόνα 8 Ποσοστό (%) στο σύνολο της Μηνιαίας Παραγωγής ανά τύπο καυσίμου

Πηγή: ΛΑΓΗΕ,

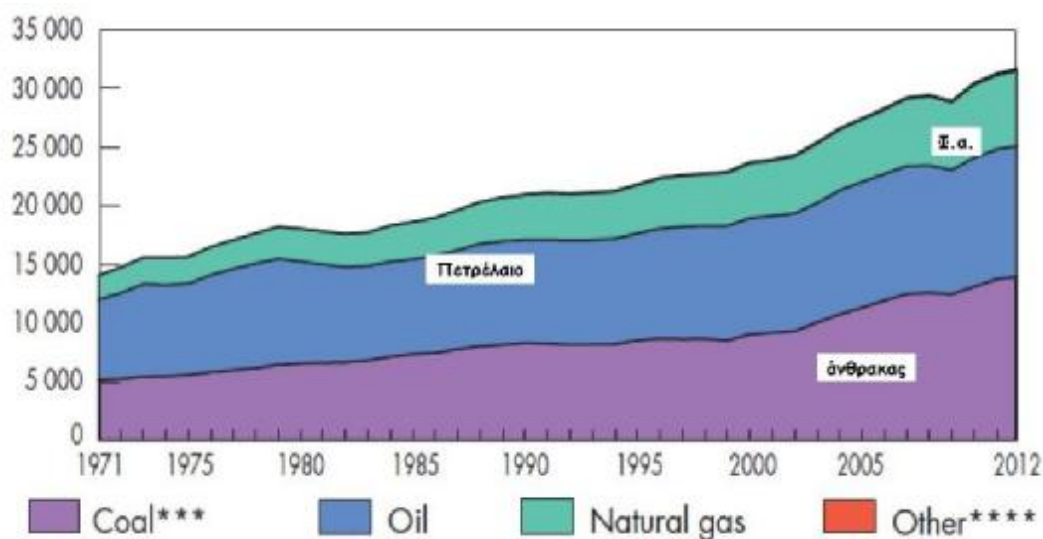
ΜΗΝΙΑΙΟ ΔΕΛΤΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΑΛΛΑΓΩΝ ΗΕΠ ΟΥΛΙΟΣ 2017

1.4. Προβλήματα από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και ο ρόλος ΑΠΕ

Η παραγωγή ενέργειας σε όλα τα στάδια της προκαλεί αναμφίβολα υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Η «όξινη βροχή», «το φαινόμενο του θερμοκηπίου» και η «τρύπα του όζοντος είναι τα σημαντικότερα από αυτά και συμβάλλουν στο φαινόμενο της μόλυνσης του περιβάλλοντος και της κλιματικής αλλαγής με καταστροφικές συνέπειες για τον πλανήτη. Ο κυριότερος παράγοντας που συνιστά πρόβλημα όσον αφορά την παραγωγή ενέργειας είναι οι Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Οι εκπομπές CO₂ ακολουθούν κατά κάποιον τρόπο τις μεταβολές στη ενεργειακή κατανάλωση. Στην παρακάτω εικόνα (9), φαίνεται η εξέλιξη των εκπομπών αυτών σε τόνους αερίου, όπου παρατηρείται μια αυξητική τάση παρά τα έντονα φαινόμενα περιβαλλοντικής ρύπανσης και κλιματικής αλλαγής, με μόνη διαφοροποίηση τη

συμμετοχή κάθε είδους καυσίμου, όπου βλέπουμε σχετικά αυξημένη συμμετοχή του φυσικού αερίου, λόγω της πολύ μεγαλύτερης σήμερα χρήσης του.



Εικόνα 9 Εξέλιξη των εκπομπών CO₂ σε τόνους αερίου ανά έτος από την κατανάλωση και καύση ορυκτών καυσίμων στον κόσμο.

Πηγή: IEA Key World Energy Statistics 2014

Εάν συνυπολογίσουμε εξάντληση των αποθεμάτων των συμβατικών πηγών ενέργειας σε βάθος χρόνου και τη συμβολή τους στην ενεργειακή εξάρτηση (αν μπορούμε να μιλήσουμε ιδιαίτερα για τη χώρα μας) καθιστούν την περαιτέρω αξιοποίηση και χρήση των ΑΠΕ για την επίλυση τόσο των περιβαλλοντικών, όσο και των ενεργειακών προβλημάτων διαχρονικά. Αρχικά το ενδιαφέρον των ΑΠΕ, συνδυάστηκε με πρώτη πετρελαϊκή χρήση του 1979 και επεκτάθηκε την επόμενη δεκαετία, σχεδόν για το σύνολο των χωρών παγκοσμίως, οι ΑΠΕ αποτελούν μία σημαντική εγχώρια πηγή ενέργειας, με μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης, συνεισφέροντας σημαντικά στην παραγωγή ενέργειας, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό και εισαγόμενο πετρέλαιο. Επιπρόσθετα συντελούν και στην προστασία του περιβάλλοντος, καθώς δεν το επιβαρύνουν, αφού δεν συνοδεύονται από παραγωγή ρύπων ή αερίων που ενισχύουν τον κίνδυνο για κλιματικές αλλαγές.

1.4.1. Προώθηση των ΑΠΕ

Τα τελευταία χρόνια υπήρξε και συνεχίζει να υπάρχει έντονη νομοθετική πρωτοβουλία από πλευράς Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προώθηση των ΑΠΕ. Η πιο σημαντική ίσως θεσμική πρωτοβουλία στο χώρο της ενέργειας κατά το 2009, αποτέλεσε η ψήφιση της Οδηγίας σχετικά με την Προώθηση της Χρήσης Ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές (2009/28/EK), η οποία θέτει ως συνολικό στόχο το 20% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας των κρατών μελών της ΕΕ να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας το 2020. Για την Ελλάδα ο αντίστοιχος στόχος είναι της τάξεως του 18%. [7]. Οι κοινοτικές οδηγίες εντάσσονται σε Εθνικά Σχέδια Δράσης. Συγκεκριμένα το Εθνικό Σχέδιο Δράσης (2010-2020) για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, σε σχέση με την διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την Εξοικονόμηση Ενέργειας και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων του

θερμοκηπίου, μέχρι το 2020, προβλέπεται

- 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990
 - ✓ Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας σε σχέση με τα επίπεδα του 2005,
- 18% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας
- 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας [8].

Η ενσωμάτωση και η εφαρμογή της κοινοτικής οδηγίας πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή του Ν. 3851/2010 που καθόριζε τους εξής στόχους:

- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20%
- Συμμετοχή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην ακαθάριστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 40%
- Συμμετοχή της ενέργειας που παράγεται από Α.Π.Ε. στην τελική κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη σε ποσοστό τουλάχιστον 20%

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

Σίγουρα το ποσοστό συμμετοχής των ΑΠΕ έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια, ειδικά στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, με το στόχο για το 40% του 2020 να θεωρείται εφικτός.

1.5. Γιατί Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.)

Η πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του '70 και η διαπίστωση για την αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα στη δεκαετία του '80, συνέβαλαν στην ανάπτυξη και εφαρμογή νέων τεχνολογιών εξοικονόμησης ενέργειας καθώς επίσης και στη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.).

Ως Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε) έχουν οριστεί οι ενεργειακές πηγές, οι οποίες υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό περιβάλλον. Οι Α.Π.Ε πρακτικά είναι ανεξάντλητες, η χρήση τους δεν ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ η αξιοποίησή τους περιορίζεται μόνον από την ανάπτυξη αξιόπιστων και οικονομικά αποδεκτών τεχνολογιών που θα έχουν σαν σκοπό την δέσμευση του δυναμικού τους. Για πολλές χώρες, οι Α.Π.Ε αποτελούν μια εγχώρια πηγή ενέργειας με ευνοϊκές προοπτικές συνεισφοράς στο ενεργειακό τους ισοζύγιο, συμβάλλοντας στη μείωση της εξάρτησης από το ακριβό εισαγόμενο πετρέλαιο και στην ενίσχυση της ασφάλειας του ενεργειακού τους εφοδιασμού. Παράλληλα, συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, καθώς έχει πλέον διαπιστωθεί ότι ο ενεργειακός τομέας είναι ο κλάδος που ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη ρύπανση του περιβάλλοντος. [10]

1.6. Μορφές Α.Π.Ε

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μια προσπάθεια να αυξηθεί το ποσοστό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία καλύπτει τις ετήσιες ανάγκες της χώρας μας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.). Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό πρόβλημα αξιοποιώντας τις ανεξάντλητες πηγές ενέργειας όπως ο ήλιος, ο αέρας και το νερό. Οι μορφές των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι:[11]

1.6.1. Ηλιακή ενέργεια

Ο Ήλιος αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για την ύπαρξη κάθε είδους ζωής στον πλανήτη. Σχεδόν κάθε φυσική λειτουργία πάνω στη Γη είναι άμεσα εξαρτώμενη από την ύπαρξή του. Η παραγωγή ηλιακής ενέργειας στις μέρες μας είναι 90% φθινότερη από ότι στη δεκαετία του 1970. Σήμερα τα κυριότερα συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας είναι :

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα όπου η ηλιακή ακτινοβολία συλλέγεται με ειδικές διατάξεις

και στη συνέχεια μεταφέρεται υπό μορφή θερμότητας με αέρα, νερό ή άλλο ρευστό και τα παθητικά ηλιακά συστήματα όπου η ηλιακή ενέργεια συλλέγεται με την εκμετάλλευση του φαινομένου του θερμοκηπίου, το οποίο δημιουργείται από την κατάλληλη αρχιτεκτονική διάταξη ενός κτιρίου. Στη συνέχεια, αποθηκεύεται και μεταφέρεται με φυσική ροή, μέσω κατάλληλης διαμόρφωσης των δομικών στοιχείων [2].

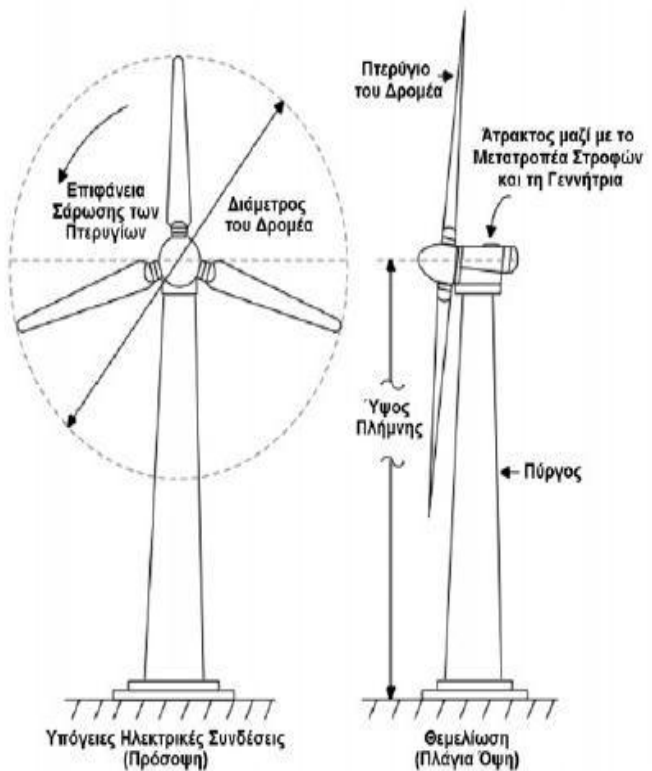


Εικόνα 10 : Ενεργητικό Ηλιακό Σύστημα (Θερμοσίφωνας) και Παθητικό Ηλιακό Σύστημα

(κατ'οίκια με βιοκλιματικό σχεδίασμό)

1.6.2. Αιολική ενέργεια

Η αιολική ενέργεια δημιουργείται έμμεσα από την ηλιακή ακτινοβολία, γιατί η ανομοιόμορφη θέρμανση της επιφάνειας της γης προκαλεί τη μετακίνηση μεγάλων μαζών αέρα από τη μια περιοχή στην άλλη, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Ουσιαστικά εκμεταλλευόμαστε την κινητική ενέργεια του ανέμου μέσω των ανεμογεννητριών. Στα συστήματα αυτά, ο άνεμος περιστρέφει μια γεννήτρια, η οποία μετατρέπει την κινητική ενέργειά του σε ηλεκτρική επικρατέστερος τύπος ανεμογεννήτριας είναι οριζόντιου άξονα με τρία περύγια. Με αυτόν τον τύπο θεωρείται ότι επιτυγχάνεται μεγάλος βαθμός απόδοσης, αλλά και μικρό κόστος παραγωγής.



Εικόνα 11: Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα και απεικόνιση των βασικών τμημάτων της.

Το πρώτο και μεγαλύτερο αιολικό πάρκο του κόσμου με ισχύ που υπερέβαινε τα 5MW λειτουργούσε από τις αρχές του αιώνα μας στο οροπέδιο του Λασιθίου, με τους γραφικούς ανεμόμυλους. [13][14]

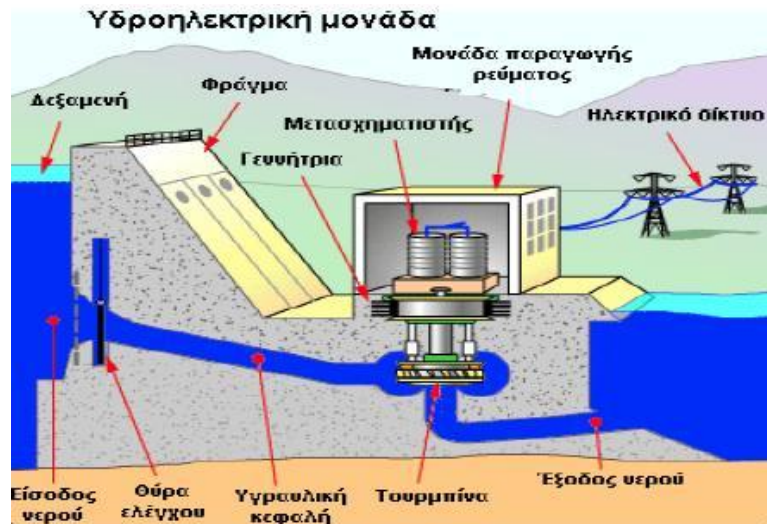


Εικόνα 12: Αιολικό Πάρκο Λασιθίου στ ην Κρήτη και Αιολικό Πάρκο(34.85 MW) όρους Παναγαϊκό στ ην Πάτρα

Η ενέργεια που παράγεται από τις ανεμογεννήτριες εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου. Αν η ταχύτητα δεν είναι επαρκής, δεν παράγεται ηλεκτρισμός. Επομένως, οι ανεμογεννήτριες δεν είναι αξιόπιστη πηγή ηλεκτρισμού. Οι ανεμογεννήτριες δεν παράγουν ρύπους ωστόσο, προκαλούν ηχητική ρύπανση, λόγω του θορύβου τους, αλλά και οπτική ρύπανση, λόγω του μεγέθους τους. Επίσης, αν δεν προσεχθεί η θέση τους, μπορούν να προκαλέσουν το θάνατο μεταναστευτικών πουλιών [15].

1.6.3. Εκμετάλλευση Υδάτινου Δυναμικού

Είναι τα γνωστά υδροηλεκτρικά έργα. Το νερό κάνοντας τον "κύκλο του" στη φύση έχει δυναμική ενέργεια, όταν βρίσκεται σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, η οποία μετατρέπεται σε κινητική, όταν το νερό ρέει προς χαμηλότερες περιοχές. Με τα υδροηλεκτρικά έργα (υδροταμιευτήρας, φράγμα, κλειστός αγωγός πτώσεως, υδροστρόβιλος, ηλεκτρογεννήτρια, διώρυγα φυγής) εκμεταλλευόμαστε την ενέργεια του νερού για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος το οποίο διοχετεύεται στην κατανάλωση με το ηλεκτρικό δίκτυο [16].



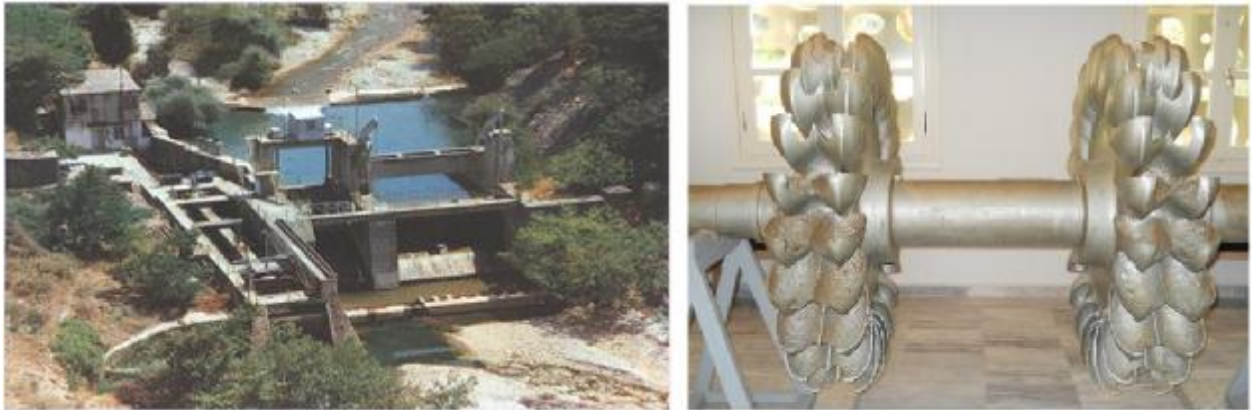
Εικόνα
13:

Α πεικόνιση των τμημάτων υδροηλεκτρικής μονάδας

Οι μονάδες υδροηλεκτρικής ενέργειας είναι δαπανηρές και χρειάζονται πολύ χρόνο για να κατασκευαστούν. Ωστόσο, η ζωή τους διαρκεί πολλά χρόνια και μπορούν να παράγουν σημαντικά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν κατασκευαστούν, οι μονάδες αυτές αποτελούν μία φθηνή και αξιόπιστη πηγή ηλεκτρισμού[16].

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφέρουμε το Υδροηλεκτρικό έργο του Γλαύκου στην Πάτρα. Το υδροηλεκτρικό έργο του Γλαύκου κατασκευάστηκε την περίοδο 1922 – 1926 από τη δημοτική επιχείρηση Γλαύκος και είναι το πρώτο στην Ελλάδα. Το έργο προοριζόταν για την ύδρευση και ενεργειακή κάλυψη της πόλης των Πατρών από τα νερά του ομώνυμου χειμάρρου. Το ΥΗΕ του Γλαύκου δεν μπορεί στην ουσία να θεωρηθεί φράγμα καθώς δεν αποταμιεύει νερό παρά μόνο εκτρέπει την κανονική παροχή του χειμάρρου. Όταν ο Γλαύκος δεν κατεβάζει νερό, οι στρόβιλοι δεν λειτουργούν, ενώ όταν οι παροχές είναι μεγάλες, οι στρόβιλοι πάλι δεν λειτουργούν από το κίνδυνο έμφραξης τους με φερτά. Στο σταθμό εγκαταστάθηκαν αρχικά 3 μονάδες Francis των 750 kW. Το 1936 τοποθετήθηκε μια ακόμα μονάδα τύπου Pelton ισχύος 1.5 MW. Όμως λόγω του μικρού μεγέθους των μονάδων Francis, της παλαιάς τεχνολογίας τους και των φθορών που υπέστησαν, έπεσε σταδιακά κατά 60% η απόδοσή τους και τελικά αποξηλώθηκαν. Το 1995 εγκαταστάθηκε νέα μονάδα τύπου Francis και η ισχύς του σταθμού ανήλθε συνολικά στα 4.1 MW. Ετησίως ο ΥΗΣ Γλαύκου παράγει 10 GWh καλύπτοντας περίπου το 1/30 των αναγκών της πόλης των Πατρών σε ηλεκτρική ενέργεια. Στην σημερινή του μορφή, το ΥΗΕ του Γλαύκου αποτελείται από 2 θυροφράγματα, διαστάσεων 4x4 και 9x4 m, μία διώρυγα που

οδηγεί το νερό στην υδροληψία και έναν αγωγό μήκους 1700 m που οδηγεί το νερό στο εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας [12].



Εικόνα 14: Υδροηλεκτρικός Σταθμός Γλάσκου και τμήμα του στροβίλου τύπου Francis.

1.6.4. Γεωθερμία

Η γεωθερμική ενέργεια είναι η αποθηκευμένη ενέργεια, υπό μορφή θερμότητας, κάτω από τη σταθερή επιφάνεια της γης. Όπως αποκαλύπτει και η ετυμολογία της λέξης "γεωθερμία" πρόκειται για θερμότητα από την γη. Η θερμοκρασία του υπεδάφους σε βάθη από 2 έως 100 m είναι περίπου σταθερή όλο τον χρόνο και κυμαίνεται περίπου από 14 έως 18 βαθμούς Κελσίου για τη χώρα μας.

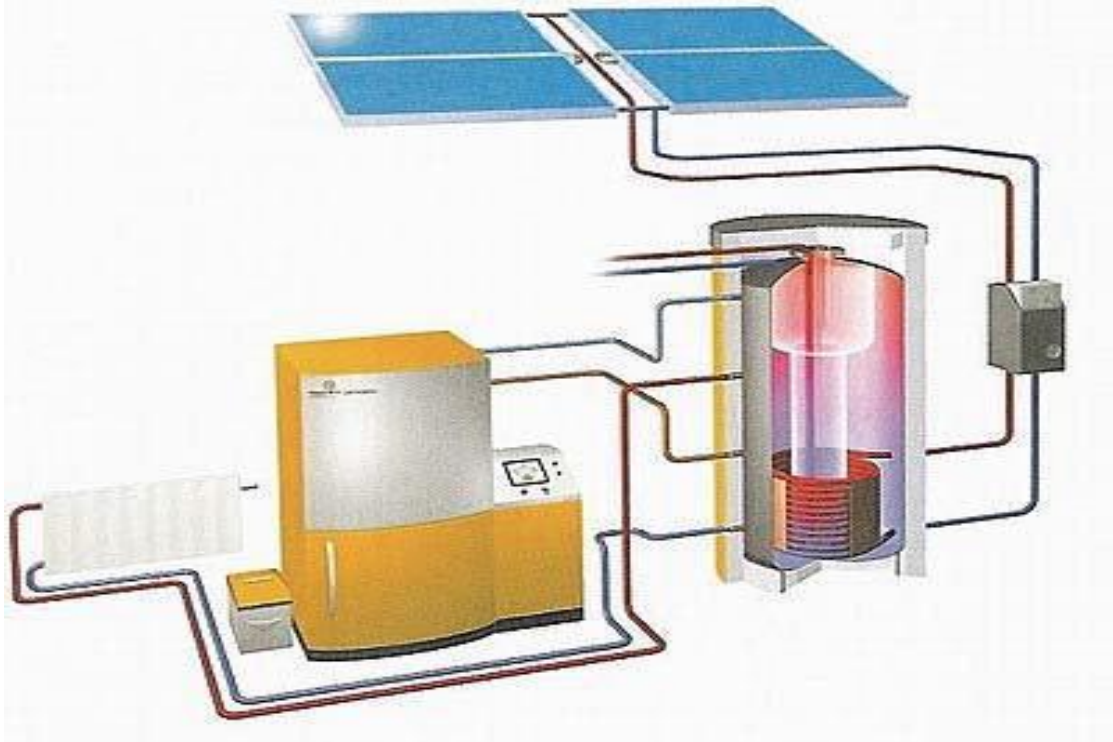


Εικόνα 15: Σύστημα Γεωθερμίας σε κατοικίες.

Η εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ υπεδάφους και επιφάνειας μπορεί να γίνει με την χρήση Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (ΓΑΘ) και δικτύου σωληνώσεων εντός του υπεδάφους έτσι ώστε να θερμάνουμε χώρους τον χειμώνα και να τους ψύξουμε το καλοκαίρι. Η αβαθής γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη όλο τον χρόνο και δεν εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες της ατμόσφαιρας. Η γεωθερμική ενέργεια είναι ανεξάντλητη, φυσικά καθαρή και δωρεάν (παρέχεται από την φύση) [2].

1.6.5. Βιομάζα

Βιομάζα ονομάζουμε οποιαδήποτε σχετικά νέα οργανική ύλη που προέρχεται από φυτά ως αποτέλεσμα της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Η ενέργεια από βιομάζα αντλείται από φυτικό και ζωικό υλικό, όπως ξύλο από τα δάση, υπολείμματα από γεωργικές ή δασικές διαδικασίες και βιομηχανικά, ανθρώπινα ή ζωικά απόβλητα. Αντιθέτως, βιομάζα δεν είναι τα ορυκτά οργανικά υλικά (όπως το πετρέλαιο, ο άνθρακας και το φυσικό αέριο). Η βιομάζα είναι φρέσκια οργανική ύλη.



Εικόνα 16: Υβριδικό σύστημα θέρμανσης με βιομάζα και ηλιακή ενέργεια.

Βιομάζα είναι επίσης και το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

1.6.6. Ενέργεια από τη Θάλασσα

Οι ωκεανοί μπορούν να μας προσφέρουν τεράστια ποσά ενέργειας. Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι για να εκμεταλλευτούμε την ενέργεια της θάλασσας[16].

- από τα κύματα
- από τις παλίρροιες (μικρές και μεγάλες)
- από τις θερμοκρασιακές διαφορές του νερού

Η κινητική ενέργεια των κυμάτων μπορεί να περιστρέψει μία τουρμπίνα που είναι βυθισμένη μέσα στο νερό. Η παραγόμενη ενέργεια είναι σε θέση να καλύψει τις ανάγκες μιας οικίας, ενός φάρου, κ.λπ. Η αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας χρονολογείται από εκατοντάδες χρόνια πριν, αφού με τα νερά που δεσμεύονταν στις εκβολές ποταμών από την παλίρροια, κινούνταν νερόμυλοι. Ο τρόπος είναι απλός: Τα εισερχόμενα νερά της παλίρροιας στην ακτή κατά την πλημμυρίδα μπορούν να παγιδευτούν σε φράγματα, οπότε κατά την άμπωτη τα αποθηκευμένα νερά ελευθερώνονται και κινούν υδροστρόβιλο, όπως στα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Τα πλέον κατάλληλα μέρη για την κατασκευή σταθμών ηλεκτροπαραγωγής είναι οι στενές εκβολές ποταμών. Η διαφορά μεταξύ της στάθμης του νερού κατά την άμπωτη και την πλημμυρίδα πρέπει να είναι τουλάχιστον 10 μέτρα. Σήμερα οι μικροί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από το θαλασσινό νερό βρίσκονται σε πειραματικό στάδιο. Η ηλεκτρική ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι ικανή να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης μέχρι και 240 χιλιάδων κατοίκων. Τέλος η θερμική ενέργεια των ωκεανών μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί με την εκμετάλλευση της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού νερού και του ψυχρότερου νερού του πυθμένα. Η διαφορά αυτή πρέπει να είναι τουλάχιστον 3,5 °C. Τα πλεονεκτήματα από τη χρήση της ενέργειας των ωκεανών, εκτός από "καθαρή" και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, με τα γνωστά ευεργετήματα, είναι το σχετικά μικρό κόστος κατασκευής των απαιτούμενων εγκαταστάσεων, η μεγάλη απόδοση (40-70 KW ανά μέτρο μετώπων κύματος) και η δυνατότητα παραγωγής υδρογόνου με ηλεκτρόλυση από το άφθονο

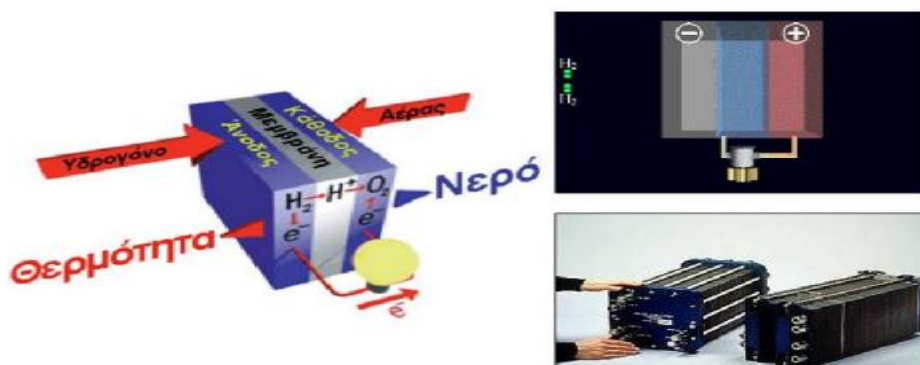
θαλασσινό νερό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Στα μειονεκτήματα αναφέρεται το κόστος μεταφοράς της ενέργειας στη στεριά[16].



Εικόνα 17: Τρόποι παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από τη θάλασσα

1.6.7. Κυψέλες καυσίμων (Fuel cells)

Η κυψέλη καυσίμων λειτουργεί παρόμοια όπως μια μπαταρία. Έχει δύο ηλεκτρόδια, μια άνοδο και μια κάθοδο, που χωρίζονται από μια μεμβράνη. Το οξυγόνο περνά πάνω από το ένα ηλεκτρόδιο και το υδρογόνο από το άλλο. Το μοριακό υδρογόνο δίνει ηλεκτρόνια (παραγωγή ρεύματος) ενώ τα πρωτόνια ενώνονται με το οξυγόνο δημιουργώντας νερό. Οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να χαρακτηριστούν σαν κέντρα ενός συστήματος το οποίο χρησιμοποιεί το υδρογόνο ως καύσιμο. Είναι αυτές οι οποίες αναλαμβάνουν τη μετατροπή του καυσίμου σε χρήσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Ο ηλεκτρισμός παράγεται με τη μορφή συνεχούς ρεύματος. Η πρώτη κυψέλη φτιάχτηκε από τον Sir William Grove , το 1839. Ωστόσο η συστηματική έρευνα πάνω σε αυτές άρχισε μόλις τη δεκαετία του '60, όταν η NASA χρησιμοποίησε κυψέλες καυσίμου στα διαστημικά σκάφη των προγραμμάτων Τζέμινι και Απόλλων ως φθηνότερη λύση από την ηλιακή ενέργεια[14].



Εικόνα 18: Κυψέλες καυσίμων

1.7. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.)

Οι Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν τη σύγχρονη απάντηση στα περιβαλλοντικά προβλήματα της γης και γι αυτό η χρήση τους επεκτείνεται όλο και περισσότερο. Εκτός αυτού τα Ευρωπαϊκά κράτη αλλά και ολόκληρη η παγκόσμια κοινότητα, δημιουργούν νομοθετικά πλαίσια μέσα στα οποία θα προωθηθεί αλλά και θα επιβληθεί η χρήση των Α.Π.Ε. Και αυτό γιατί έχουν βασικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές[17]:

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του τοπικού πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής αλλά και για μεταφορά της σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.

Σε αντίθεση τα μειονεκτήματα των ΑΠΕ συνοψίζονται παρακάτω:

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας. Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.

- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.
- Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου[17].

2. Αρχές παραγωγής Φωτοβολταϊκής Ενέργειας

2.1. Εισαγωγή

Όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας είχαν χρησιμοποιηθεί και στο παρελθόν αλλά δεν αναπτύχθηκαν για αρκετές δεκαετίες εξαιτίας του κόστους παραγωγής της ενέργειας σε σύγκριση με το πετρέλαιο. Πλέον στο διεθνές περιβάλλον, είναι ώριμες οι συνθήκες για την ανάπτυξη των εναλλακτικών πηγών ενέργειας, τόσο για την αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων όσο και από την μείωση των τιμών των υλικών που χρησιμοποιούνται στις ήπιες μορφές ενέργειας, όπως η ηλιακή κυψέλη, λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας.

2.2. Ανάγκη για χρήση της φωτοβολταϊκής ενέργειας

- Υπάρχουν πράγματι, πολλές επιλογές ώστε να χρησιμοποιηθεί κάποια ανανεώσιμη μορφή ενέργειας, αλλά η φωτοβολταϊκή παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, από την ηλιακή ακτινοβολία έχει σημαντικά πλεονεκτήματα. Οι ηλιακές κυψέλες, μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια άμεσα στην ηλεκτρική ενέργεια. Αυτή η διαδικασία ενός βήματος είναι καθαρή και απολύτως χωρίς καυσαέρια.
- Η ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά, έχει την υψηλότερη δυνατότητα όλων των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας δεδομένου ότι η ηλιακή ενέργεια είναι ένας σχεδόν απεριόριστος πόρος και διαθέσιμος παντού. Όλα τα ενεργειακά σενάρια που επιλύονται κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών συμφωνούν ότι η ηλιακή ηλεκτρική ενέργεια θα διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό μίγμα μέσα στις επόμενες δεκαετίες.
- Τα φωτοβολταϊκά θα είναι μια από τις βασικές ενεργειακές τεχνολογίες αυτού του αιώνα, και η εκτενής βιομηχανική ανάπτυξή τους πρέπει να επιταχυνθεί τώρα [18]. Τα πλεονεκτήματα της φωτοβολταϊκής μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική είναι τα ακόλουθα [19]:
- Είναι ανανεώσιμη ενεργειακή πηγή.
- Έχει ικανοποιητική απόδοση μετατροπής.
- Η μέθοδος κατασκευής των ηλιακών κυττάρων από πρώτες ύλες, είναι σχετικά εύκολη

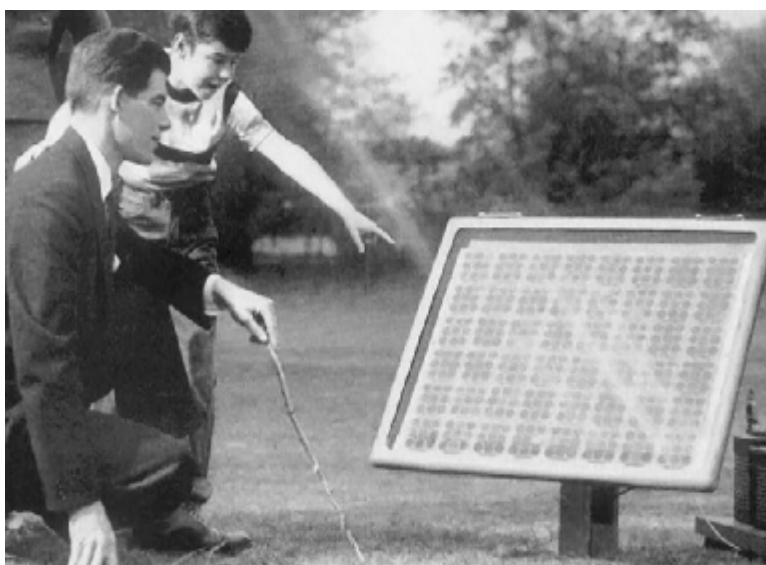
- Τα ηλιακά στοιχεία έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής (τουλάχιστον 25 χρόνια).
- Τα ηλιακά στοιχεία δεν έχουν κινούμενα μέρη και είναι σχεδόν απαλλαγμένα από την ανάγκη επίβλεψης και συντήρησης. Ακόμα και σε περίπτωση βλάβης, η αποκατάσταση της λειτουργίας γίνεται εύκολα λόγω της σπονδυλωτής μορφής της φωτοβολταϊκής διάταξης.
- Η φωτοβολταϊκή μετατροπή δεν προκαλεί ρύπανση στο περιβάλλον, ούτε θόρυβο ή άλλη ενόχληση και δε δημιουργεί απόβλητα ή άχρηστα παραπροϊόντα.
- Δίνει τη δυνατότητα ανεξαρτησίας από κεντρικά ηλεκτρικά δίκτυα διανομής, καθιστώντας την, μια λογικού κόστους παροχή ενέργειας, σε εγκαταστάσεις απομακρυσμένες από το κυρίως δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Είναι μια πηγή ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να εγκατασταθεί σε οποιαδήποτε απαίτηση ισχύος από το μικροβάτ (mW) στις πολύ μεγάλες κλίμακες των μεγαβάτ (MW)
- Παρέχει τη δυνατότητα διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας από κάθε χρήστη σε οποιαδήποτε σημείο της γης.

2.3. Ιστορική αναδρομή

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά στοιχεία αποτελούν μια προσέγγιση της τεχνολογίας για μετατροπή του ηλιακού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια. Αναλύοντας τη σύνθετη λέξη φωτοβολταϊκό, ο όρος «φωτό» προέρχεται από το φως και ο όρος «βόλτα» αναφέρεται στον Alessandro Volta, έναν από τους πρωτοπόρους στην μελέτη του ηλεκτρισμού. Επομένως, με την λέξη φωτοβολταϊκό αναφερόμαστε « σε αυτό που σχετίζεται με την ύλη ή την συσκευή στην οποία ο ηλεκτρισμός παράγεται ως αποτέλεσμα έκθεσης στο φως [20]. Υπό το πρίσμα της Φυσικής, βέβαια, με τη λέξη φωτοβολταϊκό φαινόμενο, ουσιαστικά εννοούμε το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Η έρευνα για το φωτοβολταϊκό φαινόμενο ξεκίνησε από το Γάλλο φυσικό Edmond Becquerel, το 1839. Ο Becquerel παρατήρησε ότι το ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα ηλεκτρόδιο πλατίνας αυξάνεται, υπό την παρουσία φωτός, όταν αυτό είναι βυθισμένο σε ηλεκτρολύτη. Μετά από 45 χρόνια περίπου, ο Charles Fritz, το 1883, κατασκευάζει το πρώτο φωτοβολταϊκό στοιχείο χωρίς τη χρήση χημικών διαλυμάτων, χρησιμοποιώντας κρύσταλλο από το υλικό σελήνιο (Se). Η απόδοση του στοιχείου ήταν 1%. Νωρίτερα, δυο επιστήμονες του Cambridge,

οι Adams και Day, το 1877, είχαν παρατηρήσει αυξομειώσεις στις ηλεκτρικές ιδιότητες του σεληνίου, όταν αυτό εκτίθεται στον ήλιο [21].

Όπως είναι φυσικό, χωρίς την κατανόηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου, η απόδοση του φωτοβολταϊκού στοιχείου, θα παρέμενε μικρή και μόνο η ερμηνεία του φαινομένου αυτού, θα βοηθούσε στην βελτίωση της. Ο Albert Einstein γράφει την πληρέστερη θεωρία γύρω από το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, το 1904. Για αυτήν τη θεωρητική του εξήγηση τιμήθηκε με βραβείο Nobel, το 1921 [22].



Εικόνα 19 Τα πρώτα φωτοβολταϊκά της εταιρείας BELL το 1954

Η θεωρία γύρω από το ηλιακό φωτοβολταϊκό στοιχείο, ολοκληρώθηκε από τον Schottky, το 1930, ο οποίος ασχολήθηκε με τον σχηματισμό των ημιαγωγών. Όπως ήταν φυσικό, με την κατανόηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου, η απόδοση των ηλιακών στοιχείων έφτασε στο 6%, το 1953, από τους Chapin, Pearson και Fuller, χρησιμοποιώντας ηλιακή κυψέλη πυριτίου (Si) [23].

Έτσι τα φωτοβολταϊκά στοιχεία αρχίζουν να βρίσκουν εξειδικευμένες εφαρμογές. Πράγματι, το 1958 οι Ηνωμένες Πολιτείες, χρησιμοποίησαν φωτοβολταϊκά πλαίσια στο τεχνητό δορυφόρο, Vanguard I, για την παροχή βοηθητικής πηγής ενέργειας. Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια πέτυχαν να τροφοδοτήσουν με ηλεκτρική ενέργεια το πομπό, μάλιστα εξακολούθησαν να λειτουργούν για ακόμη έξι συνολικά χρόνια. Ο ίδιος ο δορυφόρος χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία για τα επόμενα 40 χρόνια [24]. Η παραπάνω πετυχημένη δοκιμή, ήταν η αφορμή, από το 1969 και μετά, όλοι οι τεχνητοί δορυφόροι,

τόσο από της Ηνωμένες Πολιτείες, όσο και από τη πρώην Σοβιετική Ένωση, να έχουν σαν κύρια πηγή ενέργειας τα ηλιακά στοιχεία. Εκτίμηση της απόδοσης φωτοβολταϊκού με τη χρήση συστήματος παρακολούθησης του ηλίου και αξιολόγησή του.



Εικόνα 20 (Vanguard I) Ο πρώτος δορυφόρος με ηλιακά πάνελ

Μια άλλη επανάσταση στη τεχνολογία των φωτοβολταϊκών είναι η κατασκευή τους, με τη χρήση άμορφου πυριτίου. Το 1976 οι Calson και Wronski, κατασκευάζουν ηλιακό στοιχείο από άμορφο πυρίτιο, με πολύ μικρή απόδοση 0,01 % [6].

Παρόλο το υψηλό κόστος κατασκευής ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου, η παγκόσμια παραγωγή ισχύος από φωτοβολταϊκά συστήματα σχεδόν φθάνει τα 1000 MW το 1999, ενώ μέσα σε 8 χρόνια η ισχύς αυτή εννεαπλασιάζεται [25].

Σήμερα οι ηλιακές κυψέλες φθάνουν σε απόδοση του 18% του προσπίπτοντος σε αυτές ηλιακού φωτός. Τα εμπορικά ηλιακά στοιχεία κατασκευάζονται, με διάφορες τεχνολογίες, όπως αυτή του πυριτίου (μονοκρυσταλικό, πολυκρυσταλικό) αλλά και του λεπτού φιλμ (άμορφο). Επίσης χρησιμοποιούνται άλλα φωτοευαίσθητα υλικά, όπως δισεληνιούχος ινδικός χαλκός (CaInSe_2) και τελλουριούχο κάδμιο (CdTe).

Μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι η συμπληρωματική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Πράγματι, εδώ και πολλά χρόνια στην Βόρεια Αμερική πολλές εταιρίες παραγωγής ενέργειας υποστηρίζουν τα φορτία κλιματισμού τους θερινούς μήνες με ηλεκτρική ενέργεια από φωτοβολταϊκά συστήματα.

Τα πρώτα βήματα στο τομέα αυτό ξεκίνησαν στην Ευρώπη, το 2000, κυρίως με προγράμματα στήριξης της αρχικής επένδυσης και της αποδιδόμενης στο ηλεκτρικό δίκτυο ενέργειας. Η στήριξη της αρχικής επένδυσης είχε θετικά αποτελέσματα στην Γερμανία, αυξάνοντας την εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύ από Φ/Β συστήματα [26].

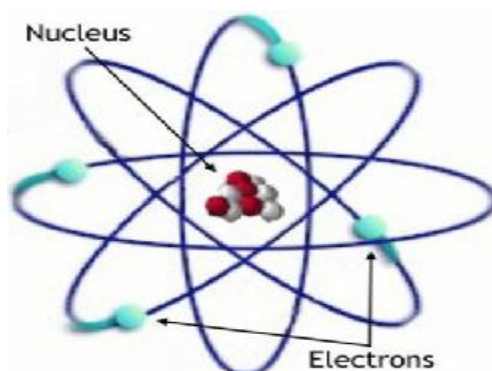
Πλέον τώρα, παγκοσμίως όλο και περισσότερα Φ/Β συστήματα είναι ενσωματωμένα σε κτίρια και είναι συνδεδεμένα με το ηλεκτρικό δίκτυο. Ευρέως διαδεδομένη είναι και η χρήση αυτονόμων Φ/Β συστημάτων για την βελτίωση της ποιότητας της ζωής σε απομακρυσμένες περιοχές, που δεν υπάρχει πρόσβαση στην ηλεκτρική ενέργεια. Τέλος στην αγορά εμφανίζονται όλο και περισσότερα καταναλωτικά προϊόντα όπως αριθμομηχανές, ρολόγια κλπ που χρησιμοποιούν μια Φ/Β κυψέλη [27].

2.4. Αρχή λειτουργίας Φ/Β συστημάτων - Θεωρία ημιαγωγών

2.4.1. Το άτομο

Όπως γνωρίζουμε η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια τα οποία δε μπορούν να διαιρεθούν άλλο με χημικά μέσα (χημικές αντιδράσεις). Τα σωματίδια αυτά ονομάζονται άτομα. Η ύλη λοιπόν, αποτελείται από άτομα που διαφέρουν μεταξύ τους κατά σχήμα και κατά μέγεθος. Ο σχηματισμός των υλικών σωμάτων οφείλεται στις ενώσεις ατόμων με άλλα άτομα.

Κάθε άτομο αποτελείται από μια περιοχή, που είναι στο κέντρο του, στην οποία, είναι συγκεντρωμένο όλο το θετικό φορτίο, καθώς και σχεδόν όλη η μάζα του ατόμου. Η περιοχή αυτή ονομάζεται πυρήνας. Ο πυρήνας περιέχει τα στοιχειώδη σωματίδια, πρωτόνιο και νετρόνιο. Το πρωτόνιο έχει θετικό φορτίο ενώ το νετρόνιο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο.



Εικόνα 21 Δομή του
ατόμου

Γύρω από το πρωτόνιο υπάρχει μια άλλη περιοχή, ο σφαιρικός φλοιός, μέσα στον οποίο κινούνται τα ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια, σε αντίθεση με τα πρωτόνια, έχουν αρνητικό φορτίο. Στο σφαιρικό φλοιό τα ηλεκτρόνια περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα σε

τροχιές που ονομάζονται στιβάδες, οι οποίες έχουν διαφορετική απόσταση από το πυρήνα [28].

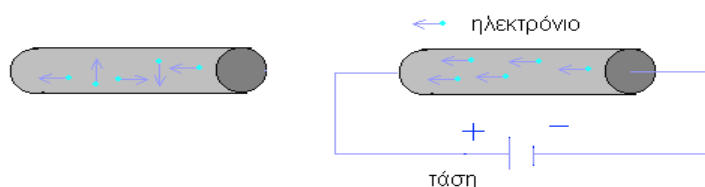
Η πιο απομακρυσμένη στιβάδα, από το πυρήνα, ονομάζεται εξωτερική στιβάδα ή στιβάδα σθένους. Η εξωτερική στιβάδα μπορεί να έχει μέχρι 8 ηλεκτρόνια και είναι χαρακτηριστική για τις ιδιότητες που εμφανίζει ένα άτομο. Για να έχει ένα άτομο, σταθερή δομή, θα πρέπει στην εξωτερική στιβάδα να έχει 2 ή 8 ηλεκτρόνια.

2.4.2. Σχηματισμός ρεύματος στα υλικά

Από το νόμο του Coulomb γνωρίζουμε ότι τα ετερόνυμα φορτία έλκονται ενώ τα ομόνυμα απωθούνται. Επομένως ο θετικός πυρήνας ασκεί ελκτική δύναμη στα ηλεκτρόνια, του ηλεκτρονικού νέφους. Τα ηλεκτρόνια της στιβάδας που απέχουν περισσότερο από το πυρήνα δέχονται τις ασθενέστερες δυνάμεις και ονομάζονται εξωτερικά ηλεκτρόνια.

Ανάλογα με το υλικό π.χ. στα μέταλλα είναι δυνατό σε γειτονικά άτομα, ο θετικός πυρήνας, να πλησιάσει τόσο πολύ, ώστε στα εξωτερικά ηλεκτρόνια να ασκούνται ισχυρές δυνάμεις που τα αποσπούν από τα άτομα τους και μετατρέπονται σε πραγματικά ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια κινούνται τυχαία και ακανόνιστα προς όλες τις διευθύνσεις. Αν στα άκρα τους (μέταλλα) συνδέσουμε μια μπαταρία, τότε τα ηλεκτρόνια θα έλκονται από το θετικό πόλο και θα απωθούνται από το αρνητικό πόλο της. Αυτό έχει σαν συνέπεια τα ηλεκτρόνια να κινούνται προς μια κατεύθυνση [29]. Αυτή η προσανατολισμένη κίνηση των φορτισμένων σωματιδίων (ηλεκτρόνια) ονομάζεται ηλεκτρικό ρεύμα.



Εικόνα 22 Τυχαία κίνηση ηλεκτρονίων και Προσανατολισμένη κίνηση ηλεκτρονίων

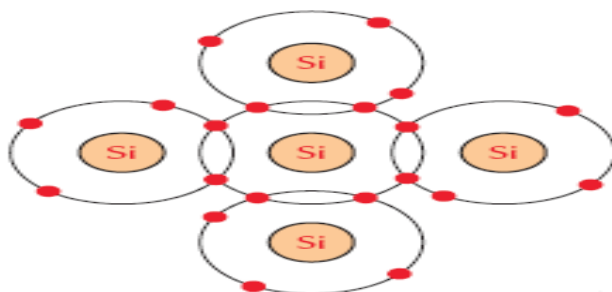
2.4.3. Αγωγοί- Μονωτές- Ημιαγωγοί

Υπάρχουν υλικά που τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι ελάχιστα όπως το πλαστικό ή το ξύλο. Αντίθετα τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι πάρα πολλά στα μέταλλα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, τα υλικά, να έχουν διαφορετικές ηλεκτρικές ιδιότητες.

Τα υλικά με βάση τις ηλεκτρικές ιδιότητες που εμφανίζουν, χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: αγωγούς, μονωτές και ημιαγωγούς. Οι αγωγοί έχουν μικρή ειδική αντίσταση $10^{-8} \Omega\text{m}$ και άρα επιτρέπουν τη διέλευση του ρεύματος. Οι μονωτές έχουν μεγάλη ειδική αντίσταση $10^{+11} \Omega\text{m}$ και άρα εμποδίζουν τη διέλευση του ρεύματος. Οι ημιαγωγοί συμπεριφέρονται μερικές φορές σαν μονωτές και μερικές φορές σαν αγωγοί, ανάλογα με τις συνθήκες, π.χ. η θερμοκρασία [30].

2.4.4. Δομή των ημιαγωγών

Οι ημιαγωγοί όπως το γερμάνιο και το πυρίτιο έχουν τέσσερα ηλεκτρόνια στην εξωτερική στιβάδα. Αυτό δίνει τη δυνατότητα σε κάθε ένα ηλεκτρόνιο της στιβάδας σθένους να σχηματίσει ομοιοπολικό δεσμό με ένα άλλο ηλεκτρόνιο σθένους ενός γειτονικού ατόμου, σχηματίζοντας τέσσερις ομοιοπολικούς δεσμούς. Με αυτό τον τρόπο η εξωτερική στιβάδα αποκτάει οκτώ ηλεκτρόνια και άρα το άτομο έχει σταθερή δομή. Εξαιτίας των σταθερών δεσμών σχηματίζονται κρύσταλλοι όπου όλα τα άτομα βρίσκονται σε συγκεκριμένες θέσεις [31].



Εικόνα 23 Σταθερή δομή στο ημιαγωγό πυρίτιο εξαιτίας των τεσσάρων ομοιοπολικών

δεσμών

Στην παραπάνω περίπτωση, τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας δεν μπορούν να απομακρυνθούν και άρα δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια μέσα στο υλικό. Έτσι δεν είναι δυνατή η διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος και επομένως το υλικό συμπεριφέρεται σαν μονωτής.

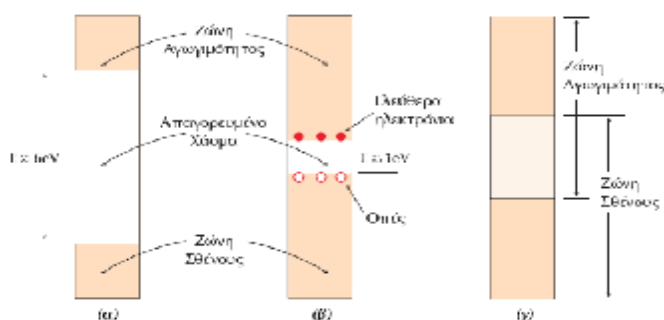
Όμως η συμπεριφορά του πυριτίου εξαρτάται ισχυρά από τη θερμοκρασία. Στη θερμοκρασία δωματίου κάποια ηλεκτρόνια σθένους απελευθερώνονται και μπορούν να κινηθούν ελεύθερα μέχρι να συναντηθούν με κάποιο άτομο που τους λείπει ένα ηλεκτρόνιο. Η απελευθέρωση ενός ηλεκτρονίου σθένους από ένα άτομο ερμηνεύεται από τη θεωρία των ενεργειακών ζωνών.

2.4.5. Ενεργειακές ζώνες στους ημιαγωγούς

Μέχρι στιγμής έχουμε αναφερθεί στα ηλεκτρόνια σθένους, που βρίσκονται στην στιβάδα σθένους και σχηματίζουν τους δεσμούς αλλά και τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, που μπορούν εύκολα να αποσπαστούν, όταν έχουν την κατάλληλη ενέργεια. Όμως υπάρχουν και τα ηλεκτρόνια που υπάρχουν στις εσωτερικές στιβάδες και ουσιαστικά είναι «ανενεργά»

Αν κάνουμε ένα διάγραμμα ενεργείας όλων των ηλεκτρονίων θα έχουμε τις παρακάτω ενεργειακές ζώνες [32] :

- Τις εσωτερικές ενεργειακές ζώνες που αντιστοιχούν στην ενέργεια των ηλεκτρονίων στις εσωτερικές στιβάδες.
- Ζώνη σθένους που αντιστοιχεί στην ενέργεια των ηλεκτρονίων σθένους.
- Ζώνη αγωγιμότητας που αντιστοιχεί στην ενέργεια των ελευθέρων ηλεκτρονίων.
- Απαγορευμένη ζώνη ή ενεργειακό χάσμα, που είναι η διαφορά ενέργειας μεταξύ της ζώνης αγωγιμότητας και της ζώνης σθένους.



Εικόνα 24 Ζώνη αγωγιμότητας α) σε μονωτή β) σε ημιαγωγό γ) σε αγωγό

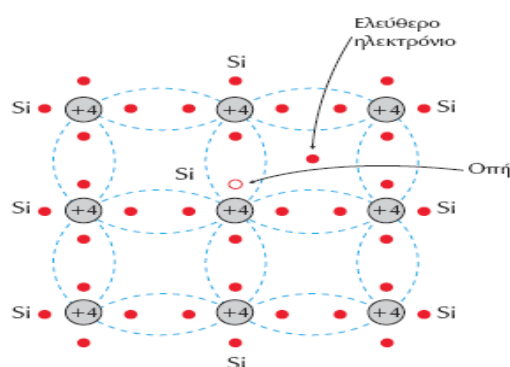
Παρατηρούμε ότι στους μονωτές το απαγορευμένο χάσμα έχει μεγάλη ενέργεια με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια. Στους ημιαγωγούς η ενέργεια τους χάσματος του είναι πολύ μικρή, με αποτέλεσμα να υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια υπό προϋποθέσεις, ενώ στους αγωγούς δεν υπάρχει ενεργειακό χάσμα και υπάρχει περίσσια από ελεύθερα ηλεκτρόνια.

Ουσιαστικά το ενεργειακό χάσμα εκφράζει την ελάχιστη απαιτούμενη ενέργεια για την μετατροπή ενός ηλεκτρονίου σθένους σε ελεύθερο ηλεκτρόνιο. Όταν στα ηλεκτρόνια ενός ατόμου, προσφερθεί ενεργεία από μια ακτινοβολούμενη δέσμη (φωτόνια), η ενέργεια των φωτονίων θα είναι: $E = h \times \nu$

Όπου ν είναι η συχνότητα των φωτονίων και h η σταθερά του Planck. Αν το ενεργειακό χάσμα E_g είναι μεγαλύτερο από την ενέργεια των φωτονίων ($E_g > h\nu$), τότε τα ηλεκτρόνια σθένους παραμένουν στα άτομα. Αν όμως, είναι μικρότερο ($E_g < h\nu$), τότε τα ηλεκτρόνια σθένους μετατρέπονται σε ελεύθερα ηλεκτρόνια. Η περίσσεια ενέργειας μεταφέρεται στα ηλεκτρόνια ως κινητική ενέργεια E_k , $E_k = h\nu - E_g$

2.4.6. Σχηματισμός της οπής

Όταν ένα άτομο χάσει ένα ηλεκτρόνιο, με τον τρόπο που περιγράψαμε προηγουμένως, παύει να είναι ηλεκτρικά ουδέτερο και αποκτάει θετικό φορτίο. Όμως, υπάρχει η πιθανότητα, ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο από γειτονικό άτομο να καλύψει τη θέση του ηλεκτρονίου που έφυγε πριν. Έτσι το γειτονικό άτομο αποκτάει με τη σειρά του θετικό φορτίο. Με αυτό το τρόπο είναι σαν να μετακινείται το θετικό φορτίο, όπως τα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Αυτό το ελεύθερο κινούμενο θετικό φορτίο, ονομάζεται οπή [33].

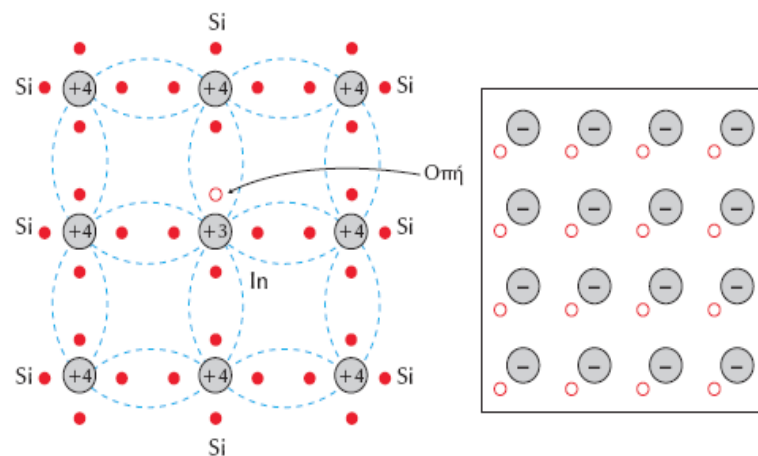


Εικόνα 25 Σχηματισμός οπής σε ημιαγωγό

2.4.7. Ημιαγωγοί τύπου N και P

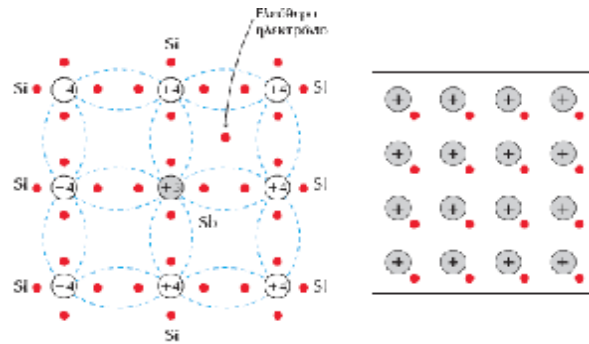
Στους ημιαγωγούς οι συγκεντρώσεις (αριθμός φορτίων ανά κυβικό εκατοστό) των ελεύθερων ηλεκτρονίων και των οπών είναι ίσες. Υπάρχει η δυνατότητα σε ένα ημιαγωγό να βάλουμε μια μικρή ποσότητα ενός στοιχείου που έχει τρία ή πέντε ηλεκτρόνια στην εξωτερική στιβάδα. Έτσι, ο ημιαγωγός έχει στο εσωτερικό του άτομα προσμίξεων.

Στην περίπτωση που το άτομο της πρόσμιξης έχει τρία ηλεκτρόνια, τότε η συγκέντρωση των οπών είναι μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση των ελεύθερων ηλεκτρονίων. Σε αυτή τη περίπτωση, λέμε ότι έχουμε ημιαγωγό τύπου P. Για να σχηματιστούν ημιαγωγοί τύπου P οι προσμίξεις έχουν 3 ηλεκτρόνια στη στιβάδα σθένους, όπως το βόριο, γάλλιο και ίνδιο.



**Εικόνα 26 Δομή ενός ημιαγωγού τύπου P, όπου έχει τοποθετηθεί άτομο ι
νδίου ως
πρόσμι
ξη**

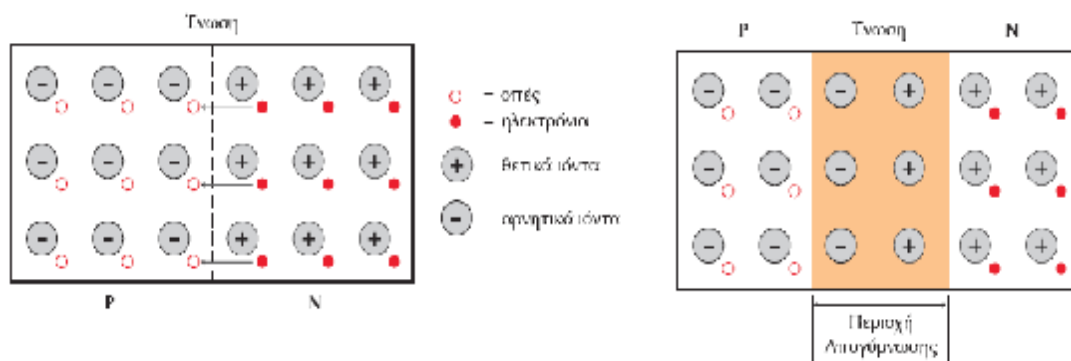
Αν το άτομο της πρόσμιξης έχει πέντε ηλεκτρόνια η συγκέντρωση των ελεύθερων ηλεκτρονίων είναι μεγαλύτερη από τη συγκέντρωση των οπών και λέμε ότι ο ημιαγωγός είναι τύπου N. Για να σχηματιστούν οι ημιαγωγοί τύπου N τοποθετούμε στο πυρίτιο ή γερμάνιο όπως το αρσενικό, ο φώσφορος και το αντιμόνιο. Αυτά τα στοιχεία έχουν 5 ηλεκτρόνια στη στιβάδα σθένους [34].



Εικόνα 27 Δομή ενός ημιαγωγού τύπου N, όπου έχει τοποθετηθεί άτομο αντιμονίου ως πρόσμιξη

2.4.8. Επαφή PN

Η επαφή PN σχηματίζεται, όταν ένα μικρό κομματάκι ημιαγωγού τύπου N, έλθει σε επαφή με ένα κομμάτι τύπου P. Όπως έχουμε αναφέρει, στο τμήμα N του ημιαγωγού υπάρχουν περισσότερα ελεύθερα ηλεκτρόνια από τις οπές, ενώ στο τμήμα P του ημιαγωγού συμβαίνει το αντίθετο. Όταν γίνει η ένωση των δυο ημιαγωγών τα εξωτερικά ηλεκτρόνια που βρίσκονται κοντά στην ένωση θα ενωθούν με τις γειτονικές οπές με αποτέλεσμα η περιοχή κοντά να είναι απογυμνωμένη από ηλεκτρόνια και οπές. Στην περιοχή αυτή υπάρχουν μόνο αρνητικά και θετικά ιόντα.



Εικόνα 28 Αριστερά η επαφή PN και δεξιά Η περιοχή απογύμνωσης στην επαφή PN.

Τα θετικά ιόντα είναι στην περιοχή P ενώ τα αρνητικά ιόντα είναι στη περιοχή N. Η περιοχή αυτή του ημιαγωγού, η οποία δεν έχει καθόλου εξωτερικά ηλεκτρόνια ή οπές

ονομάζεται περιοχή απογύμνωσης [34].

2.4.9. Ρεύμα διάχυσης και ανάστροφο ρεύμα

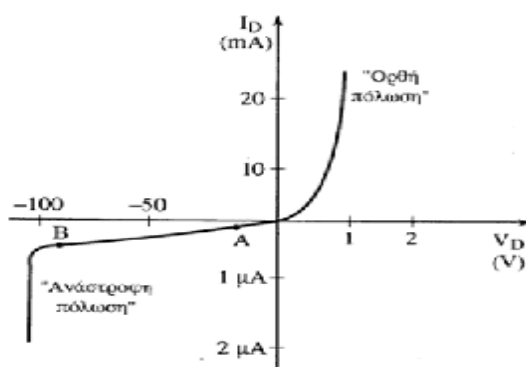
Όταν συμβαίνει η κίνηση των οπών προς την περιοχή N και η κίνηση των ηλεκτρονίων προς την περιοχή P λέμε ότι έχουμε ρεύμα διαχύσεως I_f . Βέβαια μέσα στην επαφή PN είναι δυνατό να αναπτυχθούν οπές και ηλεκτρόνια εξαιτίας της θερμικής διάσπασης των ατόμων. Οι φορείς αυτοί όταν βρίσκονται στην περιοχή απογύμνωσης κινούνται με την επίδραση του δυναμικού φραγμού, έτσι ώστε οι οπές να κινούνται προς την περιοχή P και τα ηλεκτρόνια προς την περιοχή N. Το ρεύμα έχει αντίθετη φορά από το ρεύμα διαχύσεως και ονομάζεται ανάστροφο ρεύμα I_0

Στην περίπτωση που βάλουμε μια εξωτερική τάση, ώστε η επαφή P να είναι συνδεδεμένη με το θετικό πόλο της πηγής και η επαφή N με το αρνητικό πόλο της πηγής, λέμε ότι έχουμε πόλωση κατά την ορθή φορά. Οι οπές απωθούνται από το θετικό πόλο της πηγής και τα ηλεκτρόνια από το αρνητικό πόλο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνουν οι οπές στην περιοχή και τα ηλεκτρόνια στην περιοχή N και να στενέψει η περιοχή απογύμνωσης .

Το ρεύμα που κυκλοφορεί στον ημιαγωγό θα είναι: $I_d = I_f - I_0$

Στην περίπτωση που η επαφή P συνδέεται με τον αρνητικό πόλο της πηγής έχουμε αναστροφή πόλωση . Σε αυτή τη περίπτωση επειδή οι οπές έλκονται από τον αρνητικό πόλο και τα ηλεκτρόνια από το θετικό πόλο, η περιοχή απογύμνωσης διευρύνεται και το ρεύμα που διαρρέει τον ημιαγωγό ισούται σχεδόν με το ανάστροφο ρεύμα: $I_d = -I_0$, αφού, το ρεύμα διάχυσης I_f είναι σχεδόν μηδέν [34].

Η χαρακτηριστική καμπύλη ενός ημιαγωγού μας δείχνει, πως μεταβάλλεται το ρεύμα σε σχέση με τη τάση.



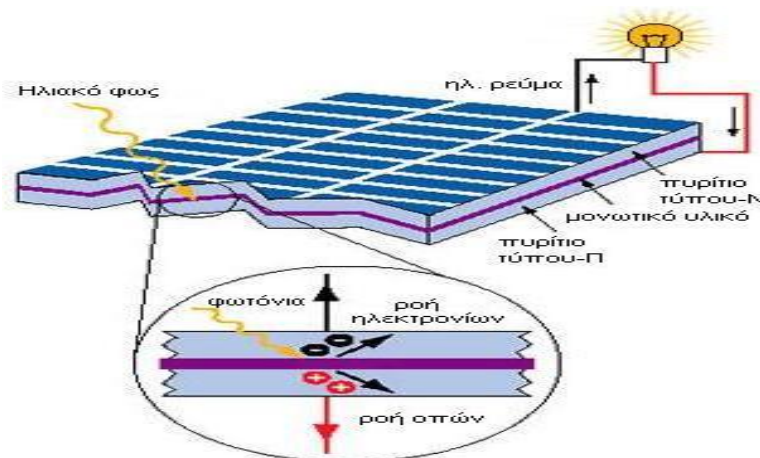
Εικόνα 29 Χαρακτηριστική I-V, Μεταβολή ρεύματος σε μια επαφή σε σχέση με την τάση πόλωσης

ωσης.

Στην παραπάνω εικόνα (29), ορθή πόλωση έχουμε για θετική τάση και αναστροφή πόλωση για αρνητική τάση. Παρατηρούμε ότι στη ορθή πόλωση το ρεύμα αυξάνει εκθετικά με τη τάση [33].

2.5. Το Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Αφού αναλύσαμε πρώτα τη θεωρία πίσω από το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι πιο εύκολο να κατανοήσουμε το σχηματισμό του ρεύματος από ένα φωτοβολταϊκό. Έτσι λοιπόν το φωτοβολταϊκό φαινόμενο είναι η φυσική διαδικασία κατά την οποία ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο μετατρέπει το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Το ηλιακό φως αποτελείται από φωτόνια. Τα φωτόνια περιέχουν διάφορα ποσά ενέργειας τα οποία αντιστοιχούν στα διάφορα μήκη κύματος του φάσματος της ηλιακής ακτινοβολίας. Όταν τα φωτόνια προσπίπτουν σε ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο, ή θα ανακλαστούν ή θα απορροφηθούν ή θα το διαπεράσουν. Αυτά που απορροφώνται αναγκάζουν τα ηλεκτρόνια του φωτοβολταϊκού κυττάρου να μετακινηθούν και έτσι παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα [35].



Εικόνα 30 Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο

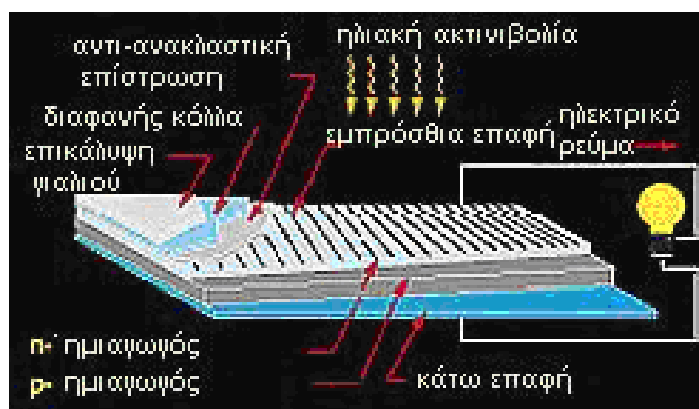
Στα σύγχρονα φωτοβολταϊκά κύτταρα τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι οι ημιαγωγοί και κατά κύριο λόγο το πυρίτιο. Όπως είδαμε υπάρχουν δύο τύποι ημιαγωγών: α) οι ημιαγωγοί τύπου-N (type-N), στους οποίους υπάρχουν πολλά ηλεκτρόνια σχεδόν ελεύθερα, β) οι ημιαγωγοί τύπου-P (type-P) στους οποίους υπάρχουν πολλές ελεύθερες οπές - λέγονται οπές γιατί τα ηλεκτρόνια έχουν "αφήσει" τις θέσεις τους, για αυτό το λόγο οι ημιαγωγοί τύπου-P έχουν θετικό φορτίο. Όταν

ένα φωτόνιο χτυπάει έναν ημιαγωγό τύπου-N το ηλεκτρόνιο φεύγει από την αρχική του θέση και επειδή έχει αρνητικό φορτίο έλκεται από το θετικό φορτίο το οποίο είναι συγκεντρωμένο στον ημιαγωγό τύπου-N. Εξαιτίας του (μονωτικού) υλικού που υπάρχει ανάμεσα στους ημιαγωγούς τύπου-N και τύπου-P ο μοναδικός τρόπος διέλευσης από τη μια μεριά στην άλλη είναι μέσω του εξωτερικού φορτίου. Έτσι με αυτόν τον τρόπο έχουμε την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος [2].

2.6. Η Ηλιακή κυψέλη

Η ηλιακή κυψέλη είναι η συσκευή στην οποία συντελείται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, κατά το οποίο, το φως προσπίπτοντας σε μια επαφή PN, παράγει μια φωτοτάση ή μια διαφορά δυναμικού μεταξύ το δυο στρωμάτων της επαφής. Αυτή η τάση είναι ικανή να οδηγήσει ένα ρεύμα μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος, παράγοντας με αυτό το τρόπο ωφέλιμο έργο.

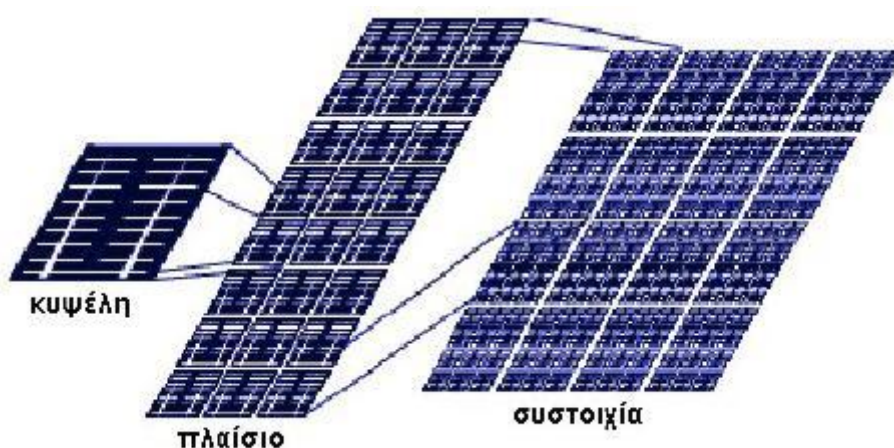
Μια τυπική κυψέλη μονοκρυσταλικού πυριτίου έχει βαθύ μπλε χρώμα και ζυγίζει λιγότερο από 10 γρ. Μια μεμονωμένη κυψέλη μπορεί να παράγει 0.5 V, υπό βέλτιστες συνθήκες.



Εικόν α 31 Δομή της ηλιακής κυψέλης

Η ηλιακή κυψέλη αποτελείται από μια επαφή PN που το πάχος της δεν ξεπερνάει τα 0.5mm. Στην εμπρός και πίσω όψη της επαφής υπάρχουν τα ηλεκτρόδια. Το ηλεκτρόδιο της εμπρός όψης της κυψέλης αποτελείται από ένα αραιό μεταλλικό δικτυωτό πλέγμα σε σχήμα σχάρας, ώστε να αφήνει το φως να περάσει ελεύθερα, σε αντίθεση με το πίσω ηλεκτρόδιο, που δεν υπάρχει πρόβλημα κάλυψης και είναι συνήθως ένα φύλλο αλουμινίου σε όλο το πλάτος της κυψέλης [36].

Επιπλέον στο εμπρός ηλεκτρόδιο, έχει γίνει κάλυψη με ανακλαστικό επίστρωμα για μείωση της ανάκλασης του φωτός. Το στρώμα αυτό είναι ένα από τα κατάλληλα αντανακλαστικά υλικά όπως SiO , TiO_2 , Al_2O_3 . Επίσης είναι απαραίτητη η τοποθέτηση ενός υλικού για περιμετρική στεγανοποίηση της κυψέλης. Αυτό γίνεται για προστασία από την υγρασία, και μόνωση των ηλεκτρικών συνδέσεων. Για αυτό τα συναρμολογημένα στοιχεία καλύπτονται από ένα γυαλί, που επικολλάται με τη βοήθεια ενός φύλλου και στεγανοποιείται με μια περιμετρική ταινία στο σύνολο του. Συνήθως οι κυψέλες ομαδοποιούνται σε πλαίσια και τα πλαίσια συναθροίζονται και διαμορφώνουν τη Φ/Β συστοιχία όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα [Εικόνα 31].



Εικόνα 32 Η κυψέλη, το πλαίσιο και μια Φ/Β συστοιχία

3. Φωτοβολταϊκό Σύστημα

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μια από τις εφαρμογές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας με τεράστιο ενδιαφέρον για την Ελλάδα. Τα μεμονωμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία (PV cells), κοινώς γνωστά σαν ηλιακά στοιχεία - κυψέλες (solar cells) είναι συσκευές που παράγουν ηλεκτρισμό κατασκευασμένες από ημιαγώγιμα υλικά. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη και σχήματα, από μικρότερα του ενός γραμματοσήμου μέχρι αρκετά εκατοστά. Συχνά συνδέονται μεταξύ τους σχηματίζοντας του φωτοβολταϊκούς πίνακες, οι οποίοι με τη σειρά τους συχνά συνενώνονται σε φωτοβολταϊκές συστοιχίες διαφόρων μεγεθών και ισχύος εξόδου [2].

Το μέγεθος μιας φωτοβολταϊκής συστοιχίας εξαρτάται από μια πληθώρα παραγόντων, όπως η ποσότητα του ηλιακού φωτός που είναι διαθέσιμη σε μια δεδομένη τοποθεσία και τις ενεργειακές απαιτήσεις του καταναλωτή. Οι φωτοβολταϊκοί πίνακες της συστοιχίας αποτελούν το κύριο μέρος ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει ακόμη ηλεκτρικές συνδέσεις, μηχανισμούς στήριξης, ρυθμιστές ενέργειας και μπαταρίες για τις περιπτώσεις όπου απαιτείται ενέργεια όταν ο ήλιος έχει δύσει [37].

3.1. Πλεονεκτήματα Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

Όπως είδαμε και προηγουμένως στα πλεονεκτήματα των Α.Π.Ε. έτσι και εδώ έχουμε:[38]

- ✓ Πρόκειται για τεχνολογία φιλική στο περιβάλλον, δεν προκαλούνται ρύποι από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- ✓ Η ηλιακή ενέργεια είναι ένα άπειρο "καύσιμο", διατίθεται παντού και δεν στοιχίζει απολύτως τίποτα.
- ✓ Αθόρυβη λειτουργία.
- ✓ Σχεδόν μηδαμινές απαιτήσεις συντήρησης.
- ✓ Μεγάλη διάρκεια ζωής: οι κατασκευαστές εγγυώνται τα "κρύσταλλα" για 20-30 χρόνια λειτουργίας.

- ✓ Δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης, ώστε να ανταποκρίνονται στις αυξανόμενες ανάγκες των χρηστών
- ✓ Μπορούν να κατασκευαστούν πάνω σε ήδη υπάρχουσες κατασκευή, όπως η στέγη ενός σπιτιού ή η πρόσοψη ενός κτιρίου.
- ✓ Ευελιξία στις εφαρμογές, καθώς, τα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν άριστα τόσο ως αυτόνομα συστήματα, όσο και ως αυτόνομα υβριδικά συστήματα όταν συνδυάζονται με άλλες πηγές ενέργειας (συμβατικές ή ανανεώσιμες) και συσσωρευτές για την αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας.

Επιπλέον ένα μεγάλο πλεονέκτημα του φωτοβολταϊκού συστήματος είναι ότι μπορεί να διασυνδεθεί με το δίκτυο ηλεκτροδότησης (διασυνδεδεμένο σύστημα), καταργώντας με τον τρόπο αυτό την ανάγκη για εφεδρεία και δίνοντας επιπλέον την δυνατότητα στον χρήστη να πουλήσει τυχόν πλεονάζουσα ενέργεια στον διαχειριστή του ηλεκτρικού δικτύου.

3.2. Κατηγορίες Φωτοβολταϊκών Συστημάτων

3.2.1. Αυτόνομα Συστήματα

Μια φωτοβολταϊκή εγκατάσταση μπορεί να αποτελέσει ένα αυτόνομο σύστημα που να καλύπτει το σύνολο των ενεργειακών αναγκών ενός κτηρίου ή μιας επαγγελματικής χρήσης.

Το αυτόνομο σύστημα έχει τη δυνατότητα παροχής συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος με την χρήση μετατροπέα τάσεως (αντιστροφέα-inverter). Σκοπός ενός τέτοιου συστήματος είναι να παρέχει ηλεκτρική ενέργεια σε μια εγκατάσταση επαγγελματική ή οικιακή οικία ή σε οποιαδήποτε σταθερή ή κινητή εγκατάσταση, χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, χωρίς εξάρτηση από τον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ ή άλλες εταιρίες). Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγουμε τον μετρητή του παρόχου και κατά συνέπεια τους λογαριασμούς και τις παρελκόμενες πάγιες χρεώσεις των τιμολογίων κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας [2].

Είναι ιδανικά για απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει τρόπος σύνδεσης το δίκτυο. Το σύστημα απαιτεί και την ύπαρξη μονάδας αποθήκευσης (μπαταρίας) για την συνεχή λειτουργία του κατά τις νυχτερινές ώρες ή ώρες συννεφιάς. Η συντήρηση που απαιτείται αφορά κυρίως μόνο τον περιοδικό καθαρισμό των επιφανειών των ηλιακών

συλλεκτών και τον έλεγχο της κατάστασης των συσσωρευτών αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας.



Εικόνα 33 Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα

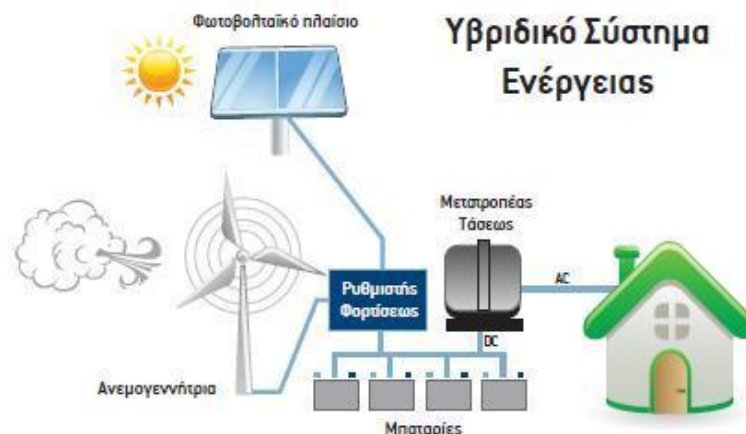
3.2.2. Κατηγορίες αυτόνομων συστημάτων

3.2.2.1. Συστήματα Μικρής Ισχύος

Τα συστήματα μικρής ισχύος εγκαθίστανται συνήθως σε κτίρια που διαθέτουν ενεργειακά ή παθητικά ηλιακά συστήματα. Χρησιμοποιούνται συχνά για τη λειτουργία αντλιών ή ανεμιστήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του αέρα ή του νερού στους ηλιακούς συλλέκτες. Έχουν ενσωματωμένο ρυθμιστή ισχύος ο οποίος διακόπτει τη λειτουργία του φωτοβολταϊκού συστήματος, όταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, και απαιτούν την χρήση των συσσωρευτών για την αποθήκευση της ενέργειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτελούνται από ένα μόνο φωτοβολταϊκό πλαίσιο, το οποίο τροφοδοτεί έναν μικρό ανεμιστήρα που τον χειμώνα χρησιμεύει για την κυκλοφορία του θερμού αέρα από ένα θερμοκήπιο στο υπόλοιπο δίκτυο ή τον αερισμό των υπερθερμαινόμενων χώρων το καλοκαίρι [37].

3.2.2.2. Υβριδικά

Τα υβριδικά συστήματα είναι συνδυασμός φωτοβολταϊκού συστήματος με γεννήτρια πετρελαίου (ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος H/Z). Απευθύνονται σε μεγάλες οικιακές ή επαγγελματικές εφαρμογές. Το ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος (H/Z), συνήθως ενεργοποιείται αυτόματα σε έκτατες περιπτώσεις για να υποβοηθήσει το φωτοβολταϊκό σύστημα. Αν το υβριδικό σύστημα είναι σε συνδυασμό με το κεντρικό δίκτυο, τότε το κεντρικό δίκτυο χρησιμοποιείται ως εφεδρική πηγή σε περίπτωση ανάγκης. Κυρίως χρησιμοποιούνται για την αδιάλειπτη λειτουργία στρατηγικής σημασίας ηλεκτρικών φορτίων ή ευαίσθητων φορτίων, σε περιοχές όπου το κεντρικό δίκτυο παρουσιάζει προβλήματα (διακοπές ή μεταβολή τάσης). Το υβριδικό σύστημα είναι αυτόνομο και αποτελείται από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία που λειτουργεί σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας (π.χ. σε συνδυασμό με μια γεννήτρια πετρελαίου ή με άλλη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, όπως μια ανεμογεννήτρια) [38].

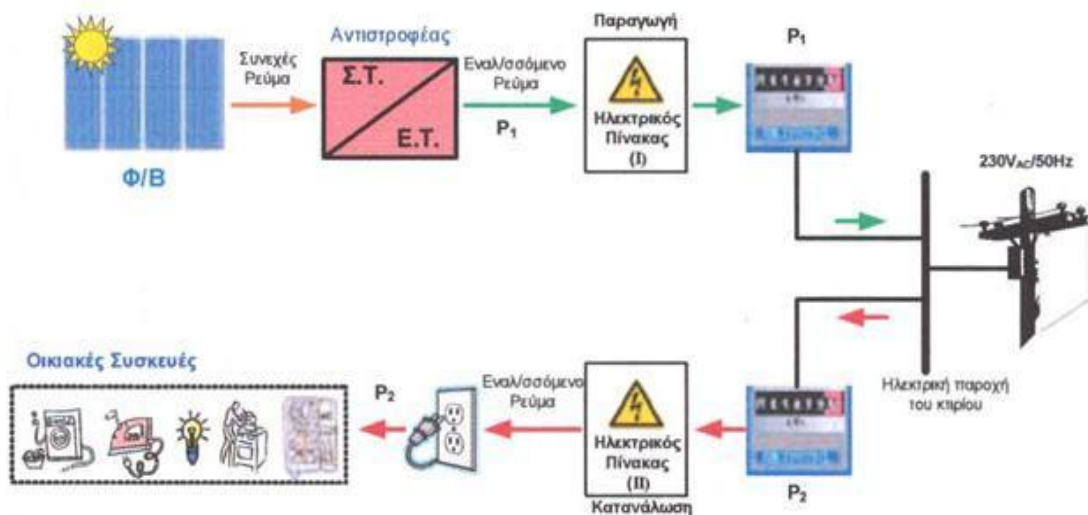


Εικόνα 34 Υβριδικό φωτοβολταϊκό σύστημα

3.2.3. Συνδεδεμένα στο δίκτυο

Στην περίπτωση αυτή, καταναλώνει κανείς ρεύμα από το δίκτυο όταν το φωτοβολταϊκό σύστημα δεν επαρκεί (π.χ. όταν έχει συννεφιά ή κατά τη διάρκεια της νύχτας) και δίνει ενέργεια στο δίκτυο όταν η παραγωγή υπερκαλύπτει τις ανάγκες του, π.χ. τις ηλιόλουστες ημέρες ή όταν λείπει κανείς. Το συνδεδεμένο με το δίκτυο σύστημα αποτελείται από μια συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων, η οποία μέσω ενός αντιστροφέα είναι συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο. Συνήθως σε εφαρμογές μικρής εγκατεστημένης ισχύος, όπου τα φωτοβολταϊκά πρέπει να καλύψουν συγκεκριμένο

φορτίο, το δίκτυο χρησιμοποιείται ως μέσο για την προσωρινή αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας. Σε κεντρικά συστήματα μεγάλης εγκατεστημένης ισχύος, η παραγόμενη από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ενέργεια παρέχεται απευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο. Είναι με λίγα λόγια, ένα σύστημα με φωτοβολταϊκά που μοιάζει με το αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα αλλά είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο της ΔΕΗ. Έτσι ο παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο μπορεί να καταναλώσει μέρος της παραγωγής ηλεκτρισμού και το υπόλοιπο να το πουλήσει στην ΔΕΗ, έναντι προσυμφωνημένης τιμής για να βγάλει κέρδος. Στο διασυνδεδεμένο δίκτυο δεν απαιτούνται μπαταρίες αφού το ρεύμα διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ με αποτέλεσμα το κόστος ενός διασυνδεδεμένου φωτοβολταϊκού συστήματος να είναι σημαντικά χαμηλότερο από το κόστος ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος, που απαιτεί τη χρήση ακριβών συσσωρευτών [2].



Εικόνα 35 Διάταξη μόνιμα συνδεδεμένου συστήματος με τη ΔΕΗ

3.2.4. Κατηγορίες συστημάτων συνδεδεμένων στο δίκτυο

3.2.4.1. Σταθερά

Τα σταθερά συστήματα πλεονεκτούν σε σχέση με τα κινητά στην απλότητα της κατασκευής, στο κόστος εγκατάστασης, στην ταχύτητα εγκατάστασης, στο κόστος συντήρησης, στην μεγαλύτερη ανεξάρτηση του επενδυτή από τον κατασκευαστή και σε θέματα αξιοπιστίας [39].



Εικόνα 36 Σταθερό φωτοβολταϊκό πάρκο 150KW στην Νέα Έφεσο Κατερίνης

3.2.4.2. Κινητά (tracker)

Στα φωτοβολταϊκά πάρκα πολλές φορές συνηθίζεται η χρήση συστημάτων παρακολούθησης της τροχιάς του ήλιου. Τα συστήματα αυτά ονομάζονται ηλιοστάτες ή trackers. Το πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι η άμεση ακτινοβολία προσπίπτει στα πάνελ κάθετα με αποτέλεσμα την αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν 3 βασικά είδη τέτοιων συστημάτων: [39]

- Παρακολούθηση της τροχιάς στον κάθετο άξονα (vertical one axis tracker) (Μικρή αύξηση απόδοσης)
- Παρακολούθηση της τροχιάς στον οριζόντιο άξονα (horizontal one axis tracker) (Μεσαία αύξηση απόδοσης)
- Παρακολούθηση της τροχιάς και στους δύο άξονες (dual axis tracker) (Μέγιστη αύξηση απόδοσης)

Επίσης ανάλογα με την μέθοδο που δίνει κίνηση στους άξονες του συστήματος διακρίνονται σε:

- ✓ Υδραυλικά συστήματα κίνησης
- ✓ Ηλεκτρικά συστήματα κίνησης



Φωτοβολταϊκό Σύστημα με tracker

3.2.4.3. Πλεονεκτήματα κινητών συστημάτων (ηλιοστατών)

Τα tracker πλεονεκτούν συνολικά στην απόδοση της επένδυσης του φωτοβολταϊκού συστήματος και αποδίδουν μεγαλύτερα οικονομικά οφέλη (όταν όμως ισχύουν και αρκετοί άλλοι παράμετροι). Υπάρχει όμως ένα αυξημένο κόστος γενικότερα στην κατασκευή και την εγκατάσταση αλλά οι ηλιοστάτες μπορούν να αυξήσουν αρκετά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

4. Σχεδιασμός και κατασκευή φωτοβολταϊκών παραθύρων

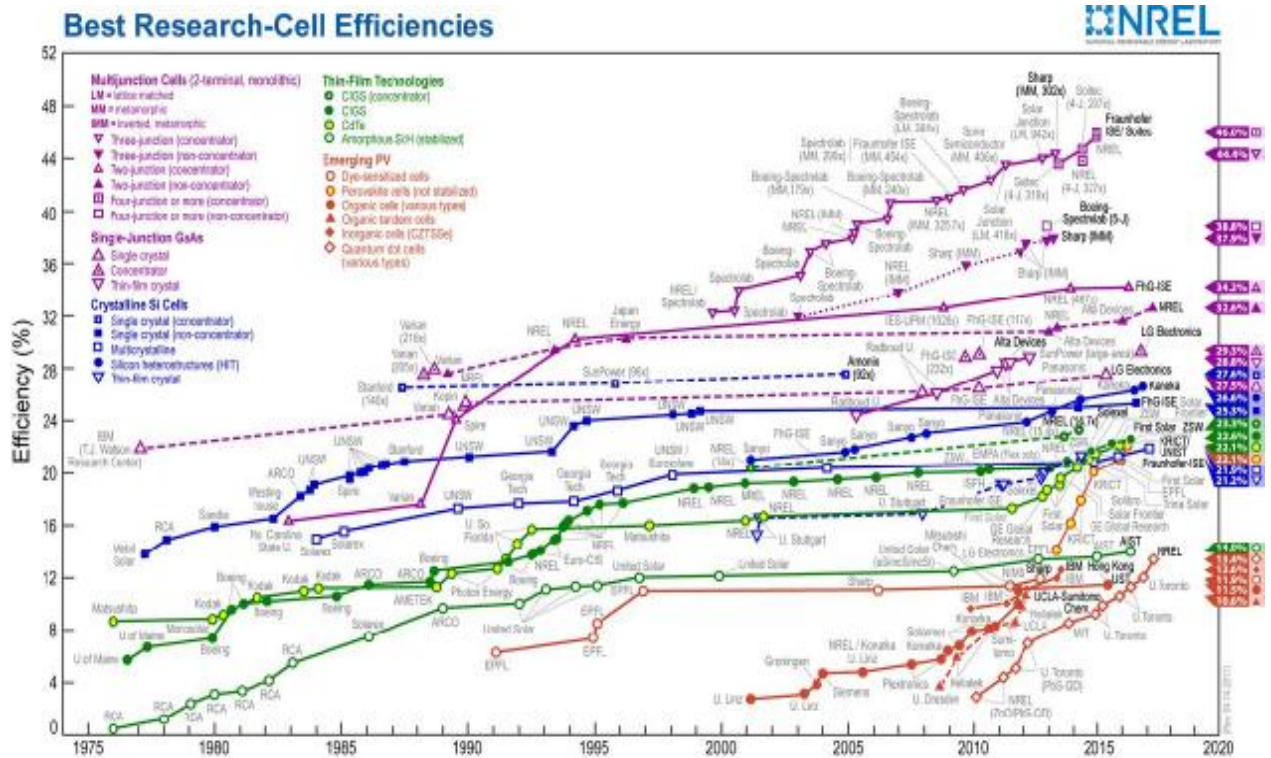
4.1. Εισαγωγή

Η ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών στοιχείων στο εξωτερικό κέλυφος ενός κτιρίου είναι μία τεχνική η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος, καθώς η τεχνολογία αναπτύσσεται ραγδαία. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι εφαρμογές σε προσόψεις κτιρίων σαν μέρος του υαλοπετάσματος, και αυτό γιατί προσφέρουν τη δυνατότητα σε νέα ή υπάρχοντα κτίρια να μπορούν να αντικαταστήσουν τους κλασσικούς υαλοπίνακες δίνοντας ένα εντυπωσιακό αισθητικά αποτέλεσμα καθώς επίσης και η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας για το κτίριο Παρόλα αυτά, δύσκολα αποτελεί μια αποδοτική ενεργειακά και οικονομικά λύση για ήδη υπάρχοντα κτίρια, καθώς το κόστος κατασκευής είναι μεγάλο, ενώ ταυτόχρονα και η απόδοση των φωτοβολταϊκών είναι μειωμένη λόγω του σταθερού προσανατολισμού και της σταθερής κλίσης που έχουν [40].

4.2. Τύποι Φωτοβολταϊκών Στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ποικίλουν ως προς το κυρίως υλικό κατασκευής τους, την απόδοση και το κόστος τους και ταξινομούνται στα παρακάτω: [2]

- Κρυσταλλικού πυριτίου : Οι κυψέλες μονοκρυσταλλικού (c-Si) και πολυκρυσταλλικού πυριτίου (p-Si).
- Λεπού υμενίου : φβ πλαίσια άμορφου πυριτίου (a-Si), τελλουριούχου καδμίου (CdTe), δισηληνοϊνδιούχου χαλκού (CuInSe₂, CIS) ή με προσθήκη γαλλίου (CIGS).
- Φωτοβολταϊκά νέας τεχνολογίας : οργανικά φωτοβολταϊκά (OPV), αισθητοποιημένα φωτοβολταϊκά στοιχεία με χρωστική (DSSC).
- Ετεροεπαφών: διπλών ή τριπλών ετεροεπαφών.



Εικόνα 38 Εξέλιξη των αποδόσεων των φωτοβολταϊκών στοιχείων για κάθε τιμή ροής

**Τ Ε Χ
ν ο λ ο γ ί α**

4.2.1. Μονοκρυσταλλικά (c-Si) φωτοβολταϊκά

Αυτό το είδος των στοιχείων είναι το πιο ευρέως διαδεδομένο, αποτελώντας το 80% της αγοράς και θα συνεχίσει να πρωτοστατεί μέχρι να αναπτυχθεί μια πιο αποδοτική και οικονομικά αποδεκτή τεχνολογία. Για την κατασκευή των κυψελών αυτών χρησιμοποιείται κυρίως κρυσταλλική επαφή p-n πυριτίου. Η μέγιστη απόδοση του ηλιακού κυττάρου από μονοκρυσταλλικό πυρίτιο φτάνει περίπου στο 23% σε Κανονικές Πειραματικές Συνθήκες STC, Standard Test Conditions (ακτινοβολία 1000W/m², A.M. 1.5 και θερμοκρασία κυττάρου 25oC), αλλά η μέγιστη απόδοση που έχει καταγραφεί είναι 24.7%. [2][41]

4.2.2. Πολυκρυσταλλικά (p-Si) φωτοβολταϊκά στοιχεία

Οι προσπάθειες αναφορικά με την τεχνολογία των φωτοβολταϊκών στράφηκαν στη μείωση του κόστους και στην αύξηση της απόδοσης, που με την σειρά τους οδήγησαν στην

ανάπτυξη καινούριων τεχνικών κρυσταλλοποίησης. Αν και τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία έχουν ελαφρώς μικρότερη απόδοση (15%) σε σχέση με τα αντίστοιχα μονοκρυσταλλικά, αυτή η τεχνολογία προτιμάται περισσότερο γιατί έχει χαμηλότερο κόστος κατασκευής. Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία κατασκευάζονται με την τήξη του πυριτίου και τη στερεοποίησή του, ώστε να προσανατολιστούν οι κρύσταλλοι σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, σχηματίζοντας ορθογώνιες ράβδους πολυκρυσταλλικού πυριτίου, με σκοπό να κόβεται σε φέτες κατάλληλου πάχους (wafers). Ωστόσο το τελικό στάδιο μπορεί να παραληφθεί με την παραγωγή wafers από λεπτές ταινίες πολυκρυσταλλικού πυριτίου.[2][41]



Εικόνα 39 μονοκρυσταλλικά πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά

4.2.3. Τεχνολογία Λεπτού Υμενίου

Μία ηλιακή κυψελίδα λεπτού υμενίου ή TFSC, που ονομάζεται επίσης φωτοβολταϊκό κελί λεπτού υμενίου (Thin-Film Photovoltaic Cell, TFPV), είναι ένα φωτοβολταϊκό κελί που δημιουργείται με την απόθεση ενός ή περισσότερων λεπτών υμενίων (thin film) φωτοβολταϊκού υλικού σε ένα υπόστρωμα. Το εύρος πάχους ενός τέτοιου υμενίου είναι μεγάλο και κυμαίνεται από λίγα νανόμετρα ως δεκάδες μικρόμετρα.

Πολλά διαφορετικά φωτοβολταϊκά υλικά αποτίθενται με διάφορες μεθόδους εναπόθεσης σε ποικιλία υποστρωμάτων. Οι ηλιακές κυψελίδες λεπτού υμενίου συνήθως κατηγοριοποιούνται ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο φωτοβολταϊκό υλικό:

- Άμορφου πυριτίου (Amorphous Silicon, a-Si) και άλλου είδους πυριτίου (Thin-Film Silicon, TF-Si).
- Τελλουριούχου καδμίου (CdTe).

- Σεληνιούχου χαλκού ινδίου ή σεληνιούχου χαλκού ινδίου γαλλίου, $\text{CuIn}_x\text{Ga}(1-x)\text{Se}_2$ (εμπορικής ονομασίας CIS και CIGS αντίστοιχα).
- Τα ηλιακά κύτταρα φωτοευαίσθητης χρωστικής (Dye-Sensitized Solar Cells, DSSC) και άλλες οργανικές ηλιακές κυψελίδες.

Αρχικά εμφανίστηκαν ως μικρές λωρίδες τροφοδοσίας φορητών αριθμομηχανών και τώρα είναι διαθέσιμες σε πολύ μεγάλες μονάδες εξελιγμένων ολοκληρωμένων εγκαταστάσεων και σε συστήματα χρέωσης οχημάτων [2][41].



Εικόνα 40 φωτ οβολτ αϊκά Λεπτού Υμενίου

4.2.4. Φωτοβολταϊκές κυψέλες άμορφου πυριτίου (a-Si)

Η τεχνολογία του άμορφου πυριτίου έχει κερδίσει πολύ έδαφος από τα μέσα της δεκαετίας το '80. Πολλές φορές αναφέρεται ως τεχνολογία λεπτού υμενίου. Η απόδοση του άμορφου πυριτίου δεν μοιάζει με το μονοκρυσταλλικό ή το πολυκρυσταλλικό πυρίτιο, αφού είναι χίλιες φορές πολύ λιγότερη από ότι στο μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Εντούτοις, με τα νέα ημιαγώγιμα υλικά και τις τεχνικές σχεδίου των κυττάρων, έχει γίνει δυνατό τα a-Si λεπτής μεμβράνης να συναγωνίζονται σε απόδοση μετατροπής ενέργειας άλλες τεχνολογίες με πολύ μικρότερο κόστος. Πολλοί πιστεύουν ότι τα στοιχεία a-Si είναι η υπέρβαση των φωτοβολταϊκών που περιμέναμε για να γίνει η ηλιακή τεχνολογία οικονομικά εφικτή. Οι αποδόσεις των 5-10% και το άμεσο μελλοντικό κόστος να κυμαίνεται από 1 ως 2 ευρώ για τη μέγιστη ισχύ τους, κάνει την τεχνολογία αυτή πολύ ελκυστική και πρακτική, ενώ την ίδια στιγμή τα κόστη για τις άλλες τεχνολογίες κυμαίνονται από 3 ως 10 ευρώ. Το άμορφο πυρίτιο χρησιμοποιείται

σε πολλές συσκευές, είτε σε επίπεδες οθόνες, όπως στους υγρούς κρυστάλλους των φορητών υπολογιστών, είτε στα φωτοβολταϊκά στοιχεία[2][41] .



Εικόνα 41 Ηλιακός κύβος με φωτοβολταϊκά άμορφου πυριτίου

4.2.5. Τελλουριούχο κάδμιο CdTe, Τελλουριούχο κάδμιο/θειούχο κάδμιο CdTe/CdS φωτοβολταϊκά στοιχεία

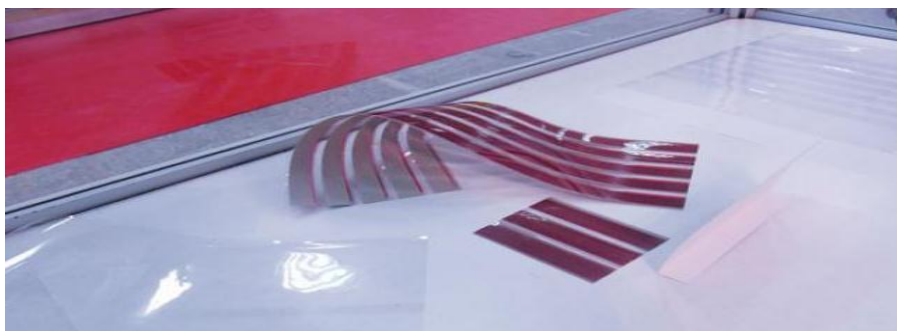
Το τελλουριούχο κάδμιο (CdTe) ήταν από καιρό γνωστό ότι έχει ιδανικό ενεργειακό χάσμα (1.45 eV) με υψηλό συντελεστή απορρόφησης, και αναγνωρίζεται ως ένα πολλά υποσχόμενο υλικό για ηλιακές κυψέλες λεπτού υμενίου. Έχουν πραγματοποιηθεί επιδεικτικές συνθέσεις κυψελών CdTe, μικρού μεγέθους με αποδόσεις μεγαλύτερες από 15% και ηλιακά πάνελ από CdTe με αποδόσεις μεγαλύτερες από 9%. Αντίθετα με τις άλλες τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης, το CdTe είναι ευκολότερο να τοποθετηθεί και πιο κατάλληλο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα. Η τοξικότητα του καδμίου και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις έκθεσης παραμένουν ένα πρόβλημα σε σχέση με αυτήν την τεχνολογία, και γι' αυτό κάποιες εταιρείες εφαρμόζουν ένα πρόγραμμα ανακύκλωσης για τα φωτοβολταϊκά που παλιώνουν. Ένα ακόμα θέμα είναι η διαθεσιμότητα του τελλουρίου που θα μπορούσε να προκαλέσει περιορισμό της πρώτης ύλης με αποτέλεσμα να επηρεαστεί και το κόστος των πάνελ[2][41].

4.2.6. Δισεληνοϊνδιούχος χαλκός CuInSe₂ (CIS),CIGS φωτοβολταϊκά στοιχεία

Το CuInSe_2 (ή CIS) χρησιμοποιείται για φωτοβολταϊκές συσκευές και περιέχει στοιχεία ημιαγωγών από τις ομάδες IB, IIIA, VIA του περιοδικού πίνακα που έχουν υψηλό οπτικό συντελεστή απορρόφησης. Με την προσθήκη γαλλίου (CIGS) η απόδοσή του μπορεί να αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Τα CIGS είναι σύνθετα λεπτά υμένια με πολλές στρωματώσεις. Σε αντίθεση με τα στοιχεία πυριτίου με την p-n επαφή, αυτά τα ηλιακά κελιά αναλύονται σε ένα μοντέλο ετεροεπαφής με πολλές στρωματώσεις. Η καλύτερη απόδοση για ένα τέτοιο στοιχείο λεπτής μεμβράνης με CIGS είναι 20% και περίπου 13% για πάνελ μεγάλης επιφάνειας.[2][41].

4.3. Οργανικά Φωτοβολταϊκά

Μέχρι πρότινος στον τομέα των φωτοβολταϊκών ήταν κυρίαρχες οι φωτοβολταϊκές κυψέλες πυριτίου.



Εικόνα 42 Οργανικά Φωτοβολταϊκά από το εργαστήριο του ΑΠΘ.

Τελευταία, παρατηρείται αυξανόμενο ενδιαφέρον για τεχνολογίες που στηρίζονται στη χρήση νανοδομημένων οργανικών ή ανόργανων ημιαγωγών. Τα ηλεκτροχημικά ή οργανικά στοιχεία μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε ηλεκτρική ενέργεια, με την βοήθεια οργανικών ενώσεων. Ένας από τους τύπους οργανικών φωτοβολταϊκών είναι τα πολυμερή ηλιακά στοιχεία. Αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη νέα τεχνολογία με την μορφή λεπτού υμενίου. Τα οργανικά φωτοβολταϊκά βρίσκονται ακόμα σε ερευνητικό στάδιο. Η αρχική τους μορφή ήταν υγρή και στην πορεία των ερευνών έγινε πηκτή και παχύρρευστη. Οι ερευνητές προσπαθούν να κατασκευάσουν όσο το δυνατόν πιο στερεά οργανικά στοιχεία, ώστε να μπορεί να σχηματιστεί το φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Λόγω της ρευστότητας της πρώτης ύλης τα οργανικά φωτοβολταϊκά παρουσιάζουν ευκαμψία. Επιπλέον, χαρακτηρίζονται από πολυχρωμία, λόγω των χρωστικών ουσιών του διαλύματος. [2][41].

4.4. Ημιδιαφανή φωτοβολταϊκά στοιχεία

Τα ημιδιαφανή φωτοβολταϊκά είναι στοιχεία λεπτών υμενίων, με διαπερατότητα περίπου 10%. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους είναι η μικρή εξάρτηση από θερμοκρασία η οποία παρέχει σταθερή ισχύ εξόδου ανεξάρτητα από την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Αποτελούνται από εμπρόσθια γυάλινη επιφάνεια, κυψέλες, επίστρωση PVB (PolyVinil Butiral) και ενισχυμένο κρύσταλλο στο οπίσθιο μέρος. Το ημιδιαφανές φωτοβολταϊκό γυαλί δημιουργείται, τοποθετώντας φωτοβολταϊκές κρυσταλλικές κυψέλες σε μία γυάλινη επιφάνεια. Υπολογίζοντας την απόσταση μεταξύ των κυψελών, αλλάζει και η ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που το διαπερνά και προφανώς και η ένταση της σκίασης πχ. στο εσωτερικό του κτιρίου, καθώς επίσης παράγεται ηλεκτρική ενέργεια. Όσο μεγαλύτερη η απόσταση μεταξύ των φωτοβολταϊκών κρυσταλλικών κυψελών, τόσο μεγαλύτερη σε μέγεθος θα πρέπει να είναι και η γυάλινη διαφάνεια. Τα ημιδιαφανή πλαίσια τοποθετούνται στα ανοίγματα των παραθύρων ή άλλων επιφανειών και αφήνουν ελεγχόμενο ποσό ακτινοβολίας να διαπεράσει την εξωτερική επιφάνειά τους δεσμεύοντας μέρος της για ηλεκτροπαραγωγή. Χρησιμοποιούνται σε θερμοκήπια, κτήρια γραφείων, μεγάλους δημόσιους χώρους, ή και κατοικίες, ανοίγοντας το δρόμο για οικονομική και καθαρή ενέργεια. Αποδίδουν ακόμα και να υπάρχει μερική σκίαση, προστατεύουν από την ηλιακή ακτινοβολία, παρέχουν διαπερατότητα και αποτελούν ένα ενισχυμένο κατασκευαστικό δομικό στοιχείο κρυστάλλου. Το περιβάλλον των πόλεων είναι κατάλληλο για τέτοιες πρακτικές και οι καινούργιες τεχνολογίες εκτός των άλλων συμβάλλουν και στην αισθητική ομορφιά [42]



Εικόνα 43 Ημιδιαφανή φωτοβολταϊκά στοιχεία σε πρόσοψη κτιρίου

4.5. Διαφανή φωτοβολταϊκά 5%

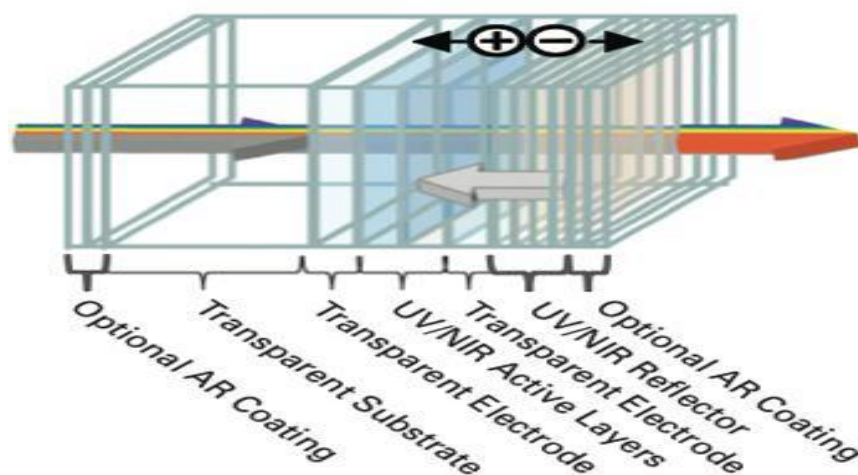
Σήμερα υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για την εξέλιξη της τεχνολογίας των διαφανών φωτοβολταϊκών στοιχείων τομέας στον οποίο γίνεται εκτεταμένη έρευνα. Ερευνητές του τεχνολογικού ιδρύματος MIT κατασκευάζουν διαφανή ηλιακά κύτταρα που θα μπορούσαν να μετατρέψουν καθημερινά προϊόντα όπως παράθυρα και ηλεκτρονικές συσκευές σε γεννήτριες ισχύος χωρίς να αλλάξουν πώς φαίνονται ή λειτουργούν σήμερα. Τα νέα τους ηλιακά κύτταρα απορροφούν μόνο το υπέρυθρο και το υπεριώδες φως. Χρησιμοποιώντας απλές μεθόδους θερμοκρασίας χώρου, οι ερευνητές έχουν εναποθέσει επικαλύψεις των ηλιακών τους κυψελών σε διάφορα υλικά και τα έχουν χρησιμοποιήσει για να δημιουργήσουν ηλεκτρονικές οθόνες χρησιμοποιώντας φως περιβάλλοντος. Εκτιμούν ότι η χρήση επικαλυμμένων παραθύρων σε ένα μεγάλο κτίριο θα μπορούσε να προσφέρει πάνω από το ένα τέταρτο των ενεργειακών αναγκών του. Έτσι αρχίζουν να ενσωματώνουν τα ηλιακά τους κύτταρα σε καταναλωτικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των οθονών κινητών συσκευών.

Η δημιουργία μιας νέας ηλιακής τεχνολογίας που μπορεί να ανταγωνιστεί εμπορικά με τα σημερινά ηλιακά κύτταρα είναι δύσκολη, δεδομένων των υφιστάμενων μεθόδων ανάπτυξης. Αλλά ένα διαφανές φωτοβολταϊκό (PV) κύτταρο θα άλλαζε τους κανόνες του παιχνιδιού. Θα μπορούσε να τοποθετηθεί σε οποιαδήποτε επιφάνεια χωρίς να αποκρύπτει την εμφάνιση του υποκείμενου υλικού [43].

Άλλες ερευνητικές ομάδες έχουν εργαστεί στο παρελθόν για την κατασκευή διαφανών ηλιακών κυψελών παίρνοντας συμβατικά αδιαφανή φωτοβολταϊκά υλικά και είτε κάνοντάς τους τόσο λεπτές ώστε να είναι ημιδιαφανείς είτε "τμηματοποιώντας" τις (διαδικασία Βυλονιό) παρόμοια με την τοποθέτηση τμημάτων ενός ηλιακού πλαισίου σε ένα παράθυρο [43].

Πριν από κάποια χρόνια, μια ομάδα στο εργαστήριο βιολογικών και νανοδομημένων ηλεκτρονικών προϊόντων του MIT πρότεινε να κατασκευαστεί ηλιακό κύτταρο που να απορροφά όλη την ενέργεια από τον ήλιο εκτός από την ενέργεια του ορατού φάσματος. Το σύνολο του φωτός αποτελείται από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκτείνεται σε ένα φάσμα μήκους κύματος, το καθένα από τα οποία περιέχει ενέργεια που μπορεί να συλλεχθεί από ένα ηλιακό κύτταρο. Αλλά το ανθρώπινο μάτι μπορεί να ανιχνεύσει μόνο ένα μέρος αυτού του φάσματος - το λεγόμενο ορατό φως. Με τα σωστά υλικά και το σχεδιασμό, το φως που μπορούμε να εντοπίσουμε θα περάσει από

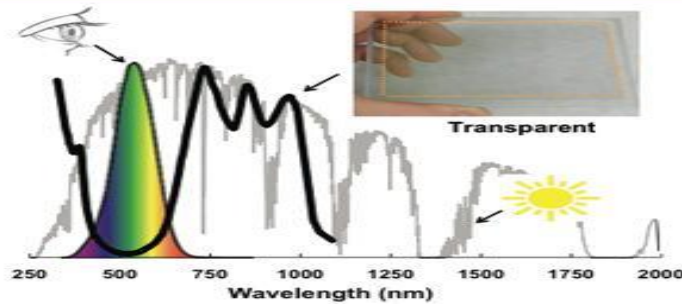
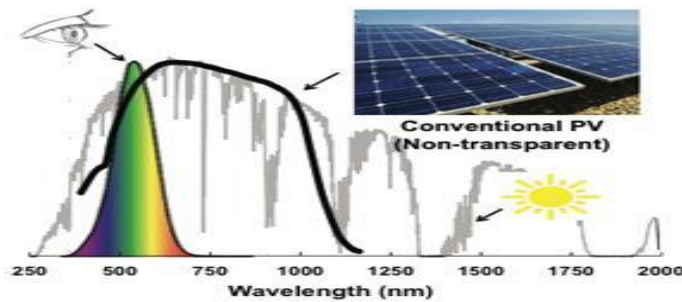
το ηλιακό κύτταρο στα μάτια μας, τα υπόλοιπα θα απορροφηθούν από το ηλιακό στοιχείο έτσι ώστε να εκμεταλλευτούμε το σύνολο της ηλιακής ακτινοβολίας [43]. Η ερευνητική ομάδα ανέπτυξε ένα διαφανές φωτοβολταϊκό κύτταρο. Η εικόνα παρακάτω δείχνει τα συστατικά του και το πώς συνεργάζονται.



Εικόνα 44 Τομή δίαφανης κυψέλης

Το παχύτερο στρώμα (προς τα αριστερά) είναι το γυαλί, το πλαστικό ή άλλο διαφανές υπόστρωμα που επικαλύπτεται. Τα πολλαπλά στρώματα της φωτοβολταϊκής επικάλυψης είναι προς τα δεξιά. Στον πυρήνα της επίστρωσης είναι τα δύο ενεργά στρώματα τα απορροφητικά υλικά ημιαγωγών που διεγείρονται από το ηλιακό φως και αλληλεπιδρούν, δημιουργώντας ένα ηλεκτρικό πεδίο που προκαλεί ροή ρεύματος. Η επίστρωση αυτών των στρωμάτων είναι ηλεκτρόδια που συνδέονται με το εξωτερικό κύκλωμα που μεταφέρει το ρεύμα από τη συσκευή. Δεδομένου ότι και τα δύο ηλεκτρόδια πρέπει να είναι διαφανή, ένα στρώμα στο πίσω μέρος του κυττάρου μπορεί να προστεθεί για να αντικατοπτρίζει το φως του ήλιου από επιλεγμένα μήκη κύματος και να το στείλει πίσω για δεύτερη διέλευση από τα ενεργά στρώματα. Τέλος, οι ανταντανακλαστικές επικαλύψεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στις δύο εξωτερικές επιφάνειες για να μειωθούν οι αντανάκλασεις, επειδή κανένα φως που αντανάκλα - πιθανώς έως και το 10% του συνόλου - δεν περνά μέσα από τη συσκευή [43].

Για να αποδείξουν τη λειτουργία του ηλιακού κυττάρου τους, οι ερευνητές μέτρησαν την απορροφητική τους απόκριση και στη συνέχεια συγκρίθηκαν με εκείνη ενός συμβατικού ηλιακού στοιχείου. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται παρακάτω.



Εικόνα 45 Σύγκριση φασματικής απόκρισης συμβατικής και διάφανης κυψέλης

Σε κάθε περίπτωση, η απορροφητική απόκριση (μαύρη καμπύλη) υπερκαλύπτεται στο ηλιακό φάσμα (γκρι καμπύλη). Στο συμβατικό κύτταρο (κορυφή), τα μήκη κύματος στα οποία η απορρόφηση είναι σχετικά υψηλά περιλαμβάνουν το ορατό τμήμα του φάσματος που μπορούν να ανιχνεύσουν τα μάτια μας (το έγχρωμο τμήμα μεταξύ περίπου 400 και 700 νανομέτρων). Αντίθετα, το διαφανές κύτταρο (πυθμένα) απορροφάται ικανοποιητικά στο εγγύς υπέρυθρο και τα υπεριώδη μέρη του φάσματος τόσο πάνω όσο και κάτω από το ορατό εύρος. Το σημαντικό είναι ότι στην ορατή περιοχή, η απορρόφηση μειώνεται ραγδαία, πλησιάζοντας στο μηδέν.

Αυτό το κενό καθιστά το ηλιακό κύτταρο της ομάδας του MIT διαφανές στο ανθρώπινο μάτι. Οι διάφανες κυψέλες της ερευνητικής ομάδας μεταδίδουν περισσότερο από το 70% του ορατού φως, το οποίο είναι εντός της σειράς των τεχνητά χρωματισμένων υαλοπινάκων που χρησιμοποιούνται τώρα στα παράθυρα των κτιρίων αλλά η απόδοση μετατροπής ισχύος τους είναι χαμηλή - μόνο περίπου 5% [43].

Σε μια λεπτομερή θεωρητική ανάλυση, ο σχεδιασμός τους θα πρέπει να είναι ρεαλιστικά ικανός να φτάσει πάνω από 12% σε απόδοση, μια απόδοση συγκρίσιμη με εκείνη των υφιστάμενων εμπορικών ηλιακών κυψελών, με μελλοντική βελτιστοποίηση της σύνθεσης και της διαμόρφωσης των φωτοβολταϊκών υλικών [43].

Μία ακόμη πρόκληση είναι η μακροζωία. Στις εμπορικές εφαρμογές, όπως οι επενδύσεις παραθύρων, τα ηλιακά κύτταρα πρέπει να συνεχίσουν να λειτουργούν αποδοτικά για πολλές δεκαετίες.

4.5.1. Κόστος και οφέλη διαφανών φωτοβολταϊκών

Το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας ποικίλει ανάλογα με την εφαρμογή, την αποδοτικότητα των ηλιακών κυττάρων και άλλους παράγοντες. Για παράδειγμα, οι διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των νέων διαφανών φωτοβολταϊκών είναι φιλικές προς το περιβάλλον και δεν απαιτούν ενέργεια. Πράγματι, οι επικαλύψεις εναποτίθενται σε σχεδόν θερμοκρασία δωματίου, έτσι ώστε το διαυγές PV να μπορεί να τοποθετηθεί πάνω σε ουσιαστικά οποιοδήποτε τύπο επιφάνειας, χωρίς να χρησιμοποιείται γυαλί, το οποίο αποτελεί δαπανηρή συνιστώσα στην κατασκευή συμβατικών συστημάτων [43].

Τα οφέλη από την προσθήκη των ηλιακών κυψελών είναι σημαντικά. Τα παράθυρα σε έναν ψηλό κτίριο, για παράδειγμα, παρέχουν μια τεράστια κατακόρυφη περιοχή άμεσα εκτεθειμένη στο πρωινό φως του ήλιου. Σε μια ανάλυση, η ερευνητική ομάδα υπολόγισε ότι εάν όλα αυτά τα παράθυρα περιείχαν τα διαφανή ηλιακά κύτταρα, υποθέτοντας 5% απόδοση, η παραγόμενη ενέργεια θα μπορούσε να καλύψει περισσότερο από το ένα τέταρτο των συνολικών αναγκών του κτιρίου. Επιπλέον, τα ηλιακά κύτταρα θα εμπόδιζαν μεγάλο μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας, ένα μεγάλο μέρος του ηλιακού φωτός που θερμαίνει ένα δωμάτιο. Αυτό το αποτέλεσμα θα μπορούσε να μειώσει τις ανάγκες κλιματισμού, μειώνοντας περαιτέρω την κατανάλωση ενέργειας και το κόστος λειτουργίας στο κτίριο, χωρίς να τροποποιούν την αρχιτεκτονική εμφάνιση του κτιρίου [43].



Εικόνα 46

Διαφανή φωτοβολταϊκά στοιχεία από το Michigan State University

4.5.2. Βαθμός απόδοσης Φωτοβολταϊκού στοιχείου

Ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος P_{mmp} προς το γινόμενο της επιφάνειας A του φωτοβολταϊκού στοιχείου και της έντασης ακτινοβολίας G μας δίνει το βαθμό απόδοσης:

$$\eta = \frac{P_{mmp}}{AG} = \frac{I_{mmp}V_{mmp}}{AG} = \frac{FFI_{sc}V_{oc}}{AG}$$

Η απόδοση αυτή είναι πάντοτε μικρότερη από τη μέγιστη θεωρητική απόδοση $\eta_{max,th}$, που δίνεται από τη σχέση:

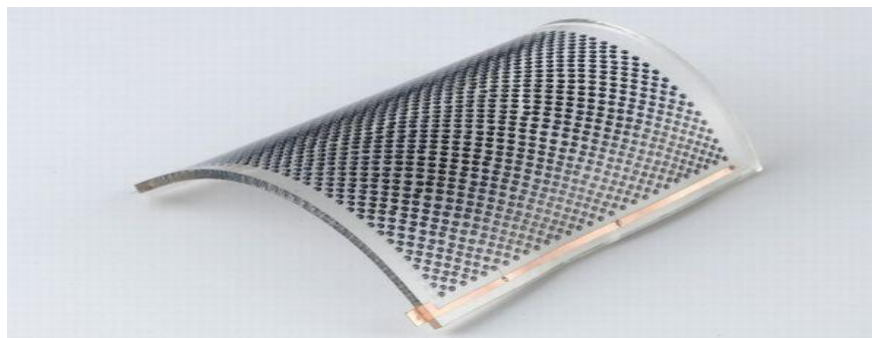
$$\eta_{max,th} = \frac{\varphi(E_g)V_m}{\varphi E_\mu}$$

όπου $\varphi(E_g)$ είναι η ροή των φωτονίων με ενέργεια μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, φ είναι η συνολική φωτονική ροή στην ακτινοβολία που δέχεται το φωτοβολταϊκό στοιχείο και E_μ είναι η μέση ενέργεια των φωτονίων της ακτινοβολίας.

Ο συντελεστής απόδοσης ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου δεν είναι σταθερός, αλλά επηρεάζεται σημαντικά από τη σύσταση της ακτινοβολίας. Δηλαδή, μια δέσμη ακτινοβολίας θα προκαλέσει σε ένα στοιχείο την παραγωγή λιγότερης ηλεκτρικής ενέργειας, σε σύγκριση με μία άλλη ίσης ισχύος, αλλά πλουσιότερη σε φωτόνια με ευνοϊκότερη ενέργεια για τον ημιαγωγό, από τον οποίο είναι κατασκευασμένο το στοιχείο [44].

4.5.3. Τα κυρτά πάνελ-νέα 'ηλεκτρικά παράθυρα'

Η Ιαπωνική εταιρία Kyosemi Corporation δημιούργησε πολύ μικρά ηλιακά πάνελ με σφαιρικό σχήμα που τα ονόμασε Sphelar. Είναι κατασκευασμένα από στερεοποιημένες σταγόνες πυριτίου με μικρότερο μέγεθος από τα προϋπάρχοντα ηλιακά πάνελ με διάμετρο 1,8mm.



**Εικόνα 47 Κυρτό
πάνελ**

Το σφαιρικό σχήμα ενισχύει την απορρόφηση του φωτός από όλες τις γωνίες και τα καθιστά πολύ αποτελεσματικά και ευέλικτα για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι εξαιρετικά διαφανή και έτσι μπορούν να ενσωματωθούν σε οποιοδήποτε γυαλί για να δημιουργήσουν έτσι ένα διαφανές ηλιακό πάνελ παραθύρου [45]. Η εταιρία Konarka Technologies Inc. που εδρεύει στη Μασαχουσέτη των ΗΠΑ έχει δημιουργήσει διαφανή ηλιακά πάνελ από εύκαμπτο πλαστικό. Η εταιρεία έχει κατασκευάσει πρωτότυπα παράθυρα με φωτοβολταϊκά τα οποία είναι ενσωματωμένα σε κτίρια με τα ηλιακά πάνελ να βρίσκονται μεταξύ δύο υαλοπινάκων. Η Konarka έχει υπογράψει συμφωνία με την εταιρία Arch Aluminium And Glass για να χρησιμοποιηθούν αυτά τα πάνελ σε οικοδομικό υλικό. Τα πάνελ δεν είναι απαραίτητο να συμβαδίζουν με την αισθητική του σπιτιού αφού τα παράθυρα είναι διαφανή και μπορούν επίσης να χρωματιστούν με χρώμα [45].



Εικόνα 48 ηλιακό πάνελ για παράθυρα που συσσωρεύουν ενέργεια

4.5.4. Το ηλιακό παράθυρο του Chin Hua

Το ηλιακό παράθυρο του Chin Hua (Chin Hua Solar Glass) είναι μία Κινεζική καινοτομία που παράγει ηλεκτρική ενέργεια από διαφανή ηλιακά πάνελ. Στη Διεθνή Εβδομάδα οπτοηλεκτρονικής στη πόλη Ταϊπεί της Κίνας, η ηλεκτρική ενέργεια δημιουργήθηκε από αυτό το ελαφρώς ομιχλώδες ηλιακό παράθυρο Chin Hua. Η «θολούρα» του παραθύρου είναι υπεύθυνη για την άνοδο και την αποτελεσματικότητα της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό το ηλιακό γυαλί μπορεί επίσης να ενσωματωθεί σε αυτοκίνητα για τη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για ένα ηλεκτρικό αυτοκίνητο [45].

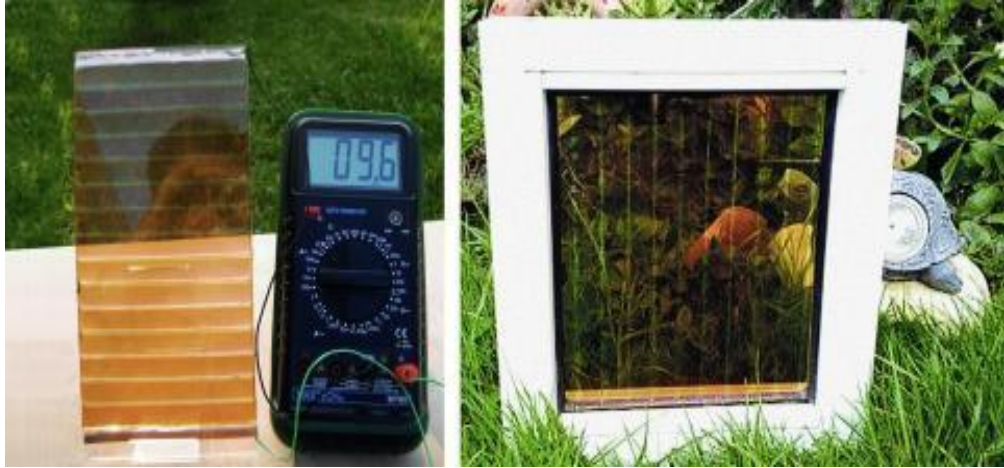


Εικόνα 49 Το ηλιακό παράθυρο του Chin Hua

4.5.5. Το μέλλον είναι στα έξυπνα παράθυρα

Μία από τις σημαντικότερες αναδυόμενες τεχνολογίες για την ενεργειακή εξοικονόμηση των κτιρίων είναι τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα που σκουραίνουν ή γίνονται διάφανα, ανάλογα με την ηλιακή ακτινοβολία. Πώς όμως αυτά τα τζάμια αλλάζουν οπτικές ιδιότητες; Το μυστικό κρύβεται σε ορισμένες χημικές ουσίες («οξειδία») οι οποίες παίρνουν ένα σκούρο μπλε χρώμα όταν σε αυτές προστεθούν ιόντα λιθίου. «Έτσι, κάθε υαλοπίνακας περιέχει ένα διαφανές στρώμα από τέτοια οξειδία και μια «αποθήκη ιόντων λιθίου», ώστε, όταν ηλεκτροδοτηθεί από μια εξωτερική μπαταρία, τα ιόντα να εισχωρήσουν στο στρώμα και να το χρωματίσουν». Αλλάζοντας τη φορά του ρεύματος, το λίθιο επιστρέφει στην «αποθήκη» του και το τζάμι γίνεται ξανά διαφανές. Η διαδικασία αυτή δεν διαρκεί πολύ. «Το σημαντικό είναι ότι η μπαταρία καταναλώνει ρεύμα μόνο όταν το παράθυρο αλλάζει οπτικές ιδιότητες, και μάλιστα πολύ λιγότερο από αυτό που χρειάζεται για να λειτουργήσει ένας λαμπτήρας εξοικονόμησης». Γι' αυτό και τα τελευταία χρόνια η ιδέα των ηλεκτροχρωμικών τζαμιών κερδίζει έδαφος – κυρίως στην άλλη πλευρά του Ατλαντικού.

Όπως όμως είναι φυσικό, τα μεγαλύτερα οφέλη θα προέλθουν από την αξιοποίησή τους στον κτιριακό τομέα. Μάλιστα, ανάμεσα στις ερευνητικές ομάδες σε όλο τον κόσμο που προσπαθούν να αναπτύξουν ηλεκτροχρωμικά τζάμια, βρίσκεται και το εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας του Φυσικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Πατρών. «Ουσιαστικά, πρόκειται για μία από τις σημαντικότερες αναδυόμενες τεχνολογίες για την ενεργειακή εξοικονόμηση στα κτίρια, αφού δίνει τη δυνατότητα διαχείρισης του φωτός και της θερμότητας του εξωτερικού περιβάλλοντος ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες» []. Ακόμη περισσότερο, τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα προσφέρουν μεγαλύτερη θερμομόνωση από τους καλύτερους τύπους υαλοπινάκων που κυκλοφορούν αυτήν τη στιγμή στην αγορά, όπως τα τζάμια χαμηλής εκπεμπιμότητας (low-e). Και τα πλεονεκτήματά τους δεν σταματούν εδώ: «Το χειμώνα ένα «έξυπνο» τζάμι μπορεί όχι μόνο να επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής θερμότητας, αλλά και να μην αφήνει να διαφύγει στο περιβάλλον η θερμότητα που παράγουν τα air-conditions, βελτιώνοντας ακόμη περισσότερο τη συμπεριφορά του κτιρίου», και βέβαια, καθιστά άχρηστες τις περσίδες ή τα κάθε είδους σκίαστρα, τα οποία μπλοκάρουν την ορατότητα προς τα έξω και καταστρέφονται με το πέρασμα του χρόνου [46].



Εικόνα 50 Τα έξυπνα παράθυρα

5. Ενσωμάτωση Φ/Β Παραθύρων σε Κτίρια

5.1. Εισαγωγή

Η διαρκώς αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας αλλά και η επιδείνωση του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, έχουν αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία και η επίλυσή τους έχει γίνει επιτακτική ανάγκη σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι προσπάθειες συγκλίνουν στον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας, ιδιαίτερα από συμβατικά καύσιμα, με άμεση συνέπεια τον περιορισμό των ρύπων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα και κυρίως των αερίων που συμβάλλουν στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου. Οι εσωτερικοί χώροι πρέπει να πληρούν τις απαιτούμενες συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού, επίπεδα φωτισμού, χρωμάτων, θορύβων ή άλλων ενοχλήσεων και ποιότητας αέρα. Στόχος μας είναι η επίτευξη των επιθυμητών επιπέδων για όλες αυτές τις παραμέτρους, έτσι ώστε ο χρήστης των χώρων αυτών να βρίσκεται σε ένα περιβάλλον που προσφέρει τις κατάλληλες συνθήκες διαβίωσης ή εργασίας, με ορθολογική χρήση ενέργειας [47].

5.2. Ενεργειακά Δεδομένα Κατανάλωσης Κτιρίων-Το κτιριακό απόθεμα

Σύμφωνα με στοιχεία του έτους 2012, ο κτιριακός τομέας (οικιακός και τριτογενής) είναι υπεύθυνος για το 45% περίπου της συνολικής εγχώριας κατανάλωσης ενέργειας [48]. Η ενεργειακή κατανάλωση που σχετίζεται με κτίρια ανέρχεται σε 7,751 Μτοε (τόνοι ισοδυνάμου πετρελαίου), ενώ η κατανάλωση του κτιριακού οικιακού τομέα αντιστοιχεί στο 29% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης της χώρας (Ενεργειακό Ισοζύγιο έτους 2012) [48], ενώ σύμφωνα με στοιχεία του 2013, η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια είναι 5,6 εκατ. τόνοι ισοδυνάμου πετρελαίου (ΜΤΠΠ) ή 37% επί της συνολικής, σύμφωνα με πιο πρόσφατα δημοσιευμένα στοιχεία (από 20% το 1980, 26% το 1990, 32% το 2000). Επίσης τα ελληνικά κτίρια είναι υπεύθυνα για την κατανάλωση περίπου 65% της ηλεκτρικής ενέργειας και κατά 52% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Τα κτίρια κατοικιών (νοικοκυριά) αποτελούν τους σημαντικότερους καταναλωτές ενέργειας στη χώρα, καθώς αντιπροσωπεύουν το 83,68% του συνολικού κτιριακού αποθέματος, με το υπόλοιπο να ανήκει στον τριτογενή τομέα, δηλαδή υπηρεσίες,

βιοτεχνίες, βιομηχανίες. Επίσης τα κτίρια κατοικιών καταλαμβάνουν το 72% της συνολικής δομημένης επιφάνειας των κτιρίων της χώρας. Τα κατοικούμενα νοικοκυριά να ανέρχονται σε 4.122.088 (ανακοίνωση αποτελεσμάτων Απογραφής Πληθυσμού - Κατοικιών 2011, ΕΛΣΤΑΤ). Το 2013, η τελική κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κατοικιών αντιστοιχούσε στο 25% της συνολικής, με αυτά του τριτογενή τομέα να καταναλώνουν περίπου ένα επιπλέον 12% της συνολικής ενέργειας. Θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι, η παρατηρούμενη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας τα τελευταία χρόνια οφείλεται περισσότερο στην οικονομική κρίση και σαφώς πολύ λιγότερο στα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΞΕ) και ενσωμάτωσης τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Άλλωστε όπως αναφέρεται πιο κάτω, ο τομέας των κατασκευών έχει υποστεί μεγάλο πλήγμα με πολύ σοβαρή μείωση των νεόδμητων κτιρίων που ενσωματώνουν τεχνολογίες όπως οι πιο πάνω.



Εικόνα 51 - Κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα δραστηριότητας 2013

Όσον αφορά τις κατοικίες, υπάρχει λόγω οικονομικών δυσκολιών και ταυτόχρονη αύξηση των τιμών των συμβατικών καυσίμων, περιορισμός των δαπανών για θέρμανση, ψύξη και ΖΝΧ, λόγω αντικειμενικών δυσκολιών των κατοίκων να αντεπεξέλθουν στα μεγάλα κόστη για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κατοικιών, πολλές φορές σε βάρος των απαιτούμενων συνθηκών για θερμική κυρίως άνεση και για τις επιθυμητές συνθήκες διαβίωσης του εσωτερικού χώρου, φαινόμενο γνωστό και ως «ενεργειακή φτώχεια». Με αυτόν τον τρόπο, θυσιάζονται οι εσωτερικές

συνθήκες άνεσης και δεν εξοικονομείται στην ουσία ενέργεια, βελτιώνοντας την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και την εξοικονόμηση ενέργειας που είναι και το ζητούμενο, αλλά χαμηλώνει το επίπεδο διαβίωσης, που είναι άλλωστε κι ένα από τα χαρακτηριστικά της οικονομικής ύφεσης που βιώνουμε.

Επιπρόσθετα, το πετρέλαιο θέρμανσης αποτελεί το κύριο καύσιμο (44,1% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας των νοικοκυριών) και το 63,7% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας αφορά στη θέρμανση των χώρων (ΕΛΣΤΑΤ, στοιχεία 2011-2012).

Ο πλέον σημαντικός παράγοντας στην κατανάλωση ενέργειας είναι η κατανομή της χρονολογίας κατασκευής των ελληνικών κτιρίων. Ειδικότερα, το 55% των κτιρίων κατοικιών κατασκευάστηκε πολύ πιο πριν το 1980, πριν δηλαδή την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης που θεσπίστηκε το 1979, δηλαδή είναι θερμικά αθωράκιστα χωρίς σχεδόν καμία πρόνοια θερμικής θωράκισης ή μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και κατ' επέκτασης χρήσης και ενσωμάτωσης ΑΠΕ. Αξίζει να σημειωθεί ότι και για το ποσοστό των κτιρίων που κατασκευάστηκε το διάστημα 1980-2010 (ισχύς Κανονισμού Θερμομόνωσης), σε μεγάλο βαθμό εφαρμόστηκε πλημμελώς ο κανονισμός θερμομόνωσης και θερμικών απωλειών των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους (τοίχοι, ανοίγματα) με αποτέλεσμα και αυτά να είναι στην πλειοψηφία τους θερμικά αθωράκιστα. Εξάλλου στην μεγάλη κατανάλωση ενέργειας των παλαιών κτιρίων κατοικιών των δυο παραπάνω κατηγοριών συμβάλλει καθοριστικά και κακή κατάσταση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων θέρμανσης κυρίως-αλλά και ψύξης- που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην παλαιότητα των εγκαταστάσεων αλλά και στην έλλειψη ή πλημμελή συντήρησή τους, όπως επίσης και στην αδυναμία της απαραίτητης τις περισσότερες φορές αντικατάστασής τους με νέα πιο αποδοτικά συστήματα (καυστήρες, λέβητες, συστήματα κλιματισμού), απόρροια της οικονομικής ύφεσης που επικρατεί. Από την άλλη ο αριθμός των κτιρίων κατοικιών που έχει κατασκευαστεί μετά το 2010, με τις ελάχιστες απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων), αποτελεί μονάχα το 1,5% του συνολικού κτιριακού αποθέματος, προφανώς λόγω της ραγδαίας μείωσης της οικοδομικής δραστηριότητας από το 2010 κι έπειτα.

5.3. Μετρά για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και αύξηση ενεργειακής απόδοσης

Τα τελευταία χρόνια έχουν εκδοθεί νόμοι και οδηγίες στην κατεύθυνση της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και της εξοικονόμησης ενέργειας, όπου θα αναφερθούμε πιο αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο που αφορά το βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων. Σημαντικότερη θεσμική παρέμβαση ήταν ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), που θεσπίστηκε με ΦΕΚ 407/ 09-04-2010, και που εναρμονίστηκε με την ευρωπαϊκή οδηγία ην Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, όπου μεταξύ άλλων καθορίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τα νέα και τα ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια και καθορίζεται ως υποχρεωτική η Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης του κτιρίου και περιλαμβάνεται στο φάκελο που υποβάλλεται στην αρμόδια Πολεοδομική Υπηρεσία μαζί με τις υπόλοιπες απαραίτητες μελέτες (αρχιτεκτονικών, στατικής επάρκειας, ηλεκτρομηχανολογικών), για την έκδοση οικοδομικής άδειας. Σε αυτήν καθορίζονται μεταξύ άλλων οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, καθώς και μελέτη σκοπιμότητας που αφορά την κατά το δυνατόν ένταξη και ενσωμάτωση τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ΑΠΕ για τη βελτίωση της Ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου. Μπορούμε να αναφέρουμε για παράδειγμα όπως αναφέρεται στο νόμο την τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης τουλάχιστον ενός από τα εναλλακτικά συστήματα παροχής ενέργειας, όπως αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αλλά και την υποχρέωση τα καινούρια κτίρια να καλύπτουν μέρος των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης από ηλιοθερμικά συστήματα σε ποσοστό 60% σε ετήσια βάση (εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών), χωρίς όμως να περιορίζεται η χρήση των ΑΠΕ μόνο στα προαναφερθέντα. Κάτι εξίσου σημαντικό που αναφέρει ο ΚΕΝΑΚ είναι ότι όλα τα νέα κτίρια το αργότερο έως τις 31.12.2019 (για τα δημόσια κτίρια ή κτίρια που στεγάζουν υπηρεσίες του δημόσιου τομέα η υποχρέωση τίθεται σε ισχύ έως τις 31.12.2014) , θα πρέπει να καλύπτουν το σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσής τους με συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπαραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Μας εισάγει έτσι στην έννοια του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτιρίου και στους όρους βιοκλιματικό κτίριο, πράσινο κτίριο, παθητικό κτίριο που αφορούν γενικά τα κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας στα οποία θα αναφερθούμε σε επόμενο κεφάλαιο

και που προφανώς χρησιμοποιούν και αξιοποιούν ΑΠΕ για τις ενεργειακές τους ανάγκες και καταναλώσεις. Προοίμιο του ΚΕΝΑΚ είναι ο νόμος 3661/2008. Με το νόμο αυτόν εγκρίνεται ο κανονισμός ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Ο νόμος εξάλλου (Ν.4122/2013, που αποτελεί την εθνική εναρμόνιση στην Ευρωπαϊκή Οδηγία /31/2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων αναδιατυπώνει και αντικαθιστά Ν.3661/2008 (Α΄89) και την προγενέστερη Ευρωπαϊκή Οδηγία (2002/91), προβλέπει ότι τα νέα κτίρια θα είναι σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης από 1.1.2021 καλύπτοντας το σύνολο της πρωτογενούς ενεργειακής κατανάλωσής τους από ΑΠΕ, συμπαραγωγή, τηλεθέρμανση, υψηλής απόδοσης, Αντλίες Θερμότητας για θέρμανση, ψύξη χώρων καθώς και για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης [47].

Τέλος αξίζει να κάνουμε μια αναφορά στο νόμο 3851/201 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις», που αποτελεί την πιο οργανωμένη θεσμική παρέμβαση όσον αφορά τις ΑΠΕ, τόσο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς ρυθμίζει θέματα αδειών παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, όσο και για την αξιοποίησή τους, στο άρθρο 10 του οποίου, γίνεται αναφορά μεταξύ άλλων για τον τρόπο ένταξης των ΑΠΕ στα κτίρια, με τους τρόπους που προαναφέρθηκαν. Προφανώς μία μεγάλη κατηγορία ένταξης των ΑΠΕ στα κτίρια είναι και τα φωτοβολταϊκά συστήματα και η ενσωμάτωσή τους σε αυτά, εξοικονομώντας ενέργεια, βελτιώνοντας την ενεργειακή τους απόδοση, αφού μέρος των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια ή αξιοποίησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για κάλυψη μέρους ή και εξ' ολοκλήρου άλλων ενεργειακών απαιτήσεων (θέρμανση, ψύξη, φωτισμός, ζεστό νερό χρήσης), προέρχεται από τα φωτοβολταϊκά.

5.4. Τα φωτοβολταϊκά στα κτίρια

Τα φωτοβολταϊκά εκμεταλλευόμενα το φωτοβολταϊκό φαινόμενο αποτελούν σήμερα μια πολύ ώριμη τεχνολογία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, υπάρχουν όμως εφαρμογές τους οι οποίες δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες. Μια από τις εφαρμογές αυτές, είναι η αρχιτεκτονική ενσωμάτωσή τους σε κτίρια.

Η χρήση των φωτοβολταϊκών στα κτίρια παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, όπως είναι η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και η αθόρυβη λειτουργία τους. Ταυτόχρονα, αυτά τα συστήματα αποτελούν αξιόπιστες και με μεγάλη διάρκεια ζωής εγκαταστάσεις, που απαιτούν ελάχιστη συντήρηση. Τα ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά στα κτίρια αποτελούν μία οικολογική πρόταση που όπως φαίνεται από την μικρή

έρευνα που κάναμε έχει αναδείξει σημαντικά αποτελέσματα στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σήμερα για τα φωτοβολταϊκά μπορούν να αντικαταστήσουν γυάλινες και μη επιφάνειες, όπως στέγες, προσόψεις, αίθρια, σκίαστρα σε παλαιά και νέα κτίρια. Πέραν αυτών αποτελούν από μόνα τους ιδανικά υλικά, ικανά να αντικαταστήσουν παραδοσιακά υλικά σε εφαρμογές όπως σκίαση και στεγανοποίηση.

Στο εξωτερικό ο αριθμός των κτιρίων που έχουν ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά συστήματα αυξάνεται συνεχώς, καθώς τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί καινοτόμα υλικά, τα οποία επιτρέπουν μεγάλη ευελιξία για την αρχιτεκτονική τους ενσωμάτωση, ενώ το κόστος τους ολοένα και μειώνεται. Στην Ελλάδα έχουν γίνει κάποιες εγκαταστάσεις που θα δούμε και παρακάτω αλλά δυστυχώς ο αριθμός αυτός είναι αρκετά μικρός.

5.5. Γιατί φωτοβολταϊκά στα κτίρια;

Προτού απαντήσουμε στην ερώτηση αυτή, κρίνεται σκόπιμο να ορισθεί η έννοια της ενσωμάτωσης φ/β συστημάτων στα κτίρια. Ένα φ/β σύστημα θεωρείται ότι είναι ενσωματωμένο σε ένα κτίριο, όταν η χρήση των φ/β πλαισίων έχει ενταχθεί στον αρχιτεκτονικό του σχεδιασμό και η τοποθέτησή τους γίνεται ταυτόχρονα με την κατασκευή του κτιρίου με αποτέλεσμα να αποτελούν μέρος του κελύφους. Η τοποθέτηση των φ/β πλαισίων μπορεί να γίνει και αργότερα, με την τοποθέτηση τους από πάνω. Τα ενσωματωμένα φ/β συστήματα στα κτίρια δεν αποτελούν μόνο δομικό υλικό για το κέλυφος του κτιρίου, αλλά ταυτόχρονα λειτουργούν ως παραγωγοί καθαρής ηλεκτρικής ενέργειας από τον ήλιο, με πλεονέκτημα την εξοικονόμηση κόστους τόσο σε υλικά όσο και σε ηλεκτρική ενέργεια [52].

Οι εφαρμογές των φ/β στα κτίρια εμφανίστηκαν αρχικά στην Αμερική αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο στη δεκαετία του 1970. Φ/β πλαίσια με περίβλημα από αλουμίνιο άρχισαν να τοποθετούνται στα κτίρια απομακρυσμένων περιοχών, από το ηλεκτρικό δίκτυο. Στη δεκαετία του 1980, φ/β πλαίσια ως πρόσθετα σε οροφές κτιρίων άρχισαν να κάνουν την εμφάνισή τους. Στη δεκαετία του 1990, φ/β προϊόντα ειδικά για την ενσωμάτωσή τους στα κτίρια, άρχισαν να γίνονται εμπορικά διαθέσιμα. Σήμερα δημιουργούνται όλο και περισσότερα καινοτόμα υλικά, που ικανοποιούν ακόμα και τις πιο απαιτητικές λειτουργικές ή αισθητικές παραμέτρους της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, τα οποία καθιστούν τα BIPV ως ιδανικά οικοδομικά στοιχεία.

Εύχρηστα και ανθεκτικά, με ποικιλία σε σχήματα και χρώματα, επιτρέπουν μεγάλη ευελιξία για την αρχιτεκτονική τους ενσωμάτωση, ικανοποιώντας και τις πιο απαιτητικές λειτουργικές ή αισθητικές παραμέτρους [2].

Ταυτόχρονα, τα κτίρια εξακολουθούν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παγκόσμια ενεργειακή ισορροπία. Όπως αναφέρθηκε, η έννοια του **Παθητικού Σπιτιού**, ή όπως τώρα ονομάζεται στην Ε.Ε **“Κτίριο Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης”**, έχει γίνει μια πανευρωπαϊκός αποδεκτή λύση για την επίτευξη σημαντικής μείωσης στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων.

Το Δεκέμβριο του 2009, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή συμφώνησε με το κοινοβούλιο και το συμβούλιο να κατασκευάζονται όλα τα νέα κτίρια από το 2020 με μηδενική (ή περίπου μηδενική) ενεργειακή κατανάλωση. Επιπλέον, μέχρι το 2050 όλα τα υπάρχοντα κτίρια πρέπει να είναι κτίρια μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης. Έτσι με την αύξηση της ευαισθητοποίησης των οικολογικών συνεπειών της κατανάλωσης ενέργειας, η ανάγκη για ενεργειακό και περιβαλλοντικά συνειδητό σχεδιασμό των κτιρίων έχει γίνει όλο και πιο πιεστική.[57]

Η επιλογή της φ/β τεχνολογίας για χρήση στα κτίρια προτιμάται για τους εξής λόγους: [2]

- ✓ παράγουν καθαρή ηλεκτρική ενέργεια από τον ήλιο
- ✓ έχουν μικρό λειτουργικό κόστος, δεν απαιτούν συνεχή παρακολούθηση και χρειάζονται ελάχιστη περιοδική συντήρηση
- ✓ βασίζονται σε μια ώριμη τεχνολογία τουλάχιστον 30 ετών
- ✓ έχουν αποδείξει την απρόσκοπτη λειτουργία του συστήματος για περισσότερα από 15 χρόνια.

Από αρχιτεκτονική, τεχνική και οικονομική άποψη, η ενσωμάτωση φ/β στα κτίρια σήμερα δεν απαιτεί πρόσθετες εγκαταστάσεις υποδομής, μπορούν να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια κατά τις ώρες αιχμής (μεσημεριανές ώρες) μειώνοντας έτσι και τις απαιτήσεις των μονάδων παραγωγής σε ώρες αιχμής.

5.6. Παραδείγματα ενσωμάτωσης φ/β σε κτίρια στο Εξωτερικό και την Ελλάδα

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως στο εξωτερικό υπάρχουν ήδη αρκετά κτίρια που έχουν ενσωματωμένα φ/β συστήματα με κύριο γνώμονα την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, παράλληλα όμως εξυπηρετούν πολλαπλούς σκοπούς όπως προστασία από τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες, θερμομόνωση, ηχομόνωση, προστασία από πυρκαγιά κ.α. Στις εικόνες παρακάτω εικόνες βλέπουμε τέτοιου είδους εγκαταστάσεις.



Εικόνα 52 Εγκατάσταση πρόσθετων φ/β στοιχείων στην οροφή κτιρίου (“Energy Dream Center”, Seoul, South Korea)



Εικόνα 53 Ενσωμάτωση φ/β στοιχείων στην πρόσοψη κτιρίου (“Climate Change Research Building”, Incheon, South Korea)

Αξιοσημείωτο παράδειγμα είναι και η βιβλιοθήκη Pompeu Fabra στην Ισπανία. Πρόκειται για ενσωμάτωση διαπερατών φ/β στοιχείων στην πρόσοψη του δημοτικού κτιρίου της βιβλιοθήκης Pompeu Fabra, στην πόλη Mataro της Ισπανίας. Η συνολική

ισχύς της φ/β εγκατάστασης ανήλθε στα 20 kWp και πραγματοποιήθηκε με γυάλινα

πλαίσια από φ/β στοιχεία poly c-Si, που επιτρέπουν την είσοδο του φυσικού φωτός στο εσωτερικό του κτιρίου [50].



Εικόνα 54 Εξωτερική άποψη της πρόσοψης του κτιρίου της βιβλιοθήκης Pompeu Fabra, στην πόλη Matago της Ισπανίας.



Εικόνα 55 Εσωτερική άποψη της πρόσοψης του κτιρίου της βιβλιοθήκης Pompeu Fabra, στην πόλη Matago της Ισπανίας.

Στην Ελλάδα μέσω του προγράμματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Thermie 1997-2000 στο Δήμο Ταύρου έγινε ανάπλαση 2 εργατικών πολυκατοικιών με ενσωματωμένα φ/β συστήματα [58]



Εικόνα 56 Εξωτερική άποψη της πρόσοψης της Πολυκατοικίας στο Δήμο Ταύρου Αθηνών

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς και στα δύο τμήματα του συστήματος είναι 10 kWp και καταλαμβάνουν επιφάνεια περίπου 100 τ.μ. Το φ/β σύστημα είναι ενσωματωμένο στην νότια όψη του κτιρίου και αποτελείται από δύο πυραμιδοειδή στοιχεία έτσι ώστε να σχηματίζονται δύο ξεχωριστές ανάστροφες πυραμίδες που συνδέονται στο κτίριο με μία σειρά πρόσθετων μεταλλικών εξωστών. Στόχος είναι η κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρισμό των κοινόχρηστων χώρων του κτιρίου (φωτισμός, κ.λπ.) και του φωτισμού των χώρων περιμετρικά του κτιρίου.

Επίσης το ενεργειακά αυτόνομο κτίριο "Προμηθέας Πυρφόρος". Είναι το κτίριο που στεγάσει την GSE και κατασκευάστηκε στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος της ΓΓΕΤ του ΥΠΑΑΝ στο οποίο συμμετείχαν οι Sol Energy, Ε.Κ.Ε.Φ.Ε, Δημόκριτος, ΑΠΘ και ΕΜΠ [59].



Εικόνα 57 Εξωτερική άποψη της πρόσοψης του κτιρίου Προμηθέας Πυρφόρος στην Αθήνα

Οι βασικότερες καινοτομίες που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια υλοποίησης του έργου στο κτίριο, ήταν : Ηλιακό πεδίο υψηλής απόδοσης, Ηλιακός κλιματισμός (Absorption), Αβαθής γεωθερμία , Διαχείριση και έλεγχος εγκαταστάσεων (BMS) και φωτοβολταϊκά. Αποτέλεσμα όλων αυτών ήταν η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας να ανέρχεται στο 67.9 %.

Στο κτίριο των Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου ενσωματώθηκαν Φ/Β (μονοκρυσταλλικά και πολυκρυσταλλικά πλαίσια), τα οποία κατανεμήθηκαν στην πρόσοψη με διαφορετικές κλίσεις (κυρίως κατακόρυφα), αλλά και με διαφορετικούς προσανατολισμούς. Οι κατακόρυφες συστοιχίες του κελύφους βρίσκονται έξω από τον νότιο τοίχο των μεγάλων διαδρόμων και του Υπολογιστικού Κέντρου της σχολής. Οι συστοιχίες του δώματος, έχουν τοποθετηθεί με κλίση 30 μοιρών πάνω από το βαρύ εργαστήριο, στη μεσημβρινή πλευρά. Η μετατροπή του συνεχούς ρεύματος σε εναλλασσόμενο γίνεται στον χώρο των "αντιστροφών", στο βαρύ εργαστήριο, από όπου και μεταφέρεται στον υποσταθμό του υπογείου για

διανομή στο κτίριο. Το έργο χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα Thermie (40%), από το ΕΜΠ και το Υπουργείο Ανάπτυξης (60%) [49].



Εικόνα 58 Εξωτερική άποψη της πρόσοψης του κτιρίου Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, για το σωστό σχεδιασμό και την εγκατάσταση ενός συστήματος BIPV, είναι απαραίτητη η συνεργασία πολλών ειδικοτήτων μηχανικών. Αρχιτέκτονες και πολιτικοί μηχανικοί επεμβαίνουν στα σχεδιαστικά και κατασκευαστικά θέματα της ενσωμάτωσης, ενώ ηλεκτρολόγοι-μηχανολόγοι μηχανικοί επιλύουν θέματα που αφορούν τις απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια, τον τρόπο διασύνδεσης των φ/β στοιχείων, την επιλογή του απαιτούμενου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού κ.α. Παράδειγμα θέματος που απαιτεί την παρέμβαση αρχιτέκτονα μηχανικού αποτελεί η ενσωμάτωση μοντέρνων φ/β προϊόντων σε κτίριο με παραδοσιακά δομικά στοιχεία [54][53].

5.7. Τεχνολογίες φ/β στοιχείων κατάλληλων για χρήση σε κτιριακές εφαρμογές

Τα φ/β στοιχεία που προορίζονται για ενσωμάτωσή τους στα κτίρια βασίζονται στις υπάρχουσες τρεις γενιές φ/β στοιχείων. Αυτές είναι: [2]

- 1η γενιά: φωτοβολταϊκά στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου (crystalline Silicon, c-Si)
- 2η γενιά: φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτών επιστρώσεων (thin film)
- 3η γενιά: οργανικά φωτοβολταϊκά στοιχεία (OPV)

1) Φωτοβολταϊκά στοιχεία κρυσταλλικού πυριτίου (crystalline Silicon, c-Si)

Το κρυσταλλικό πυρίτιο (c-Si) είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα στοιχεία στη φύση, μιας και αποτελεί το 25% του γήινου φλοιού. Είναι το ημιαγωγό υλικό εκείνο που κυριάρχησε μέχρι σήμερα στην φ/β τεχνολογία σαν υλικό κατασκευής φ/β στοιχείων.

i) Φωτοβολταϊκά στοιχεία μονοκρυσταλλικού πυριτίου (mono c-Si): Τα μονοκρυσταλλικά φ/β στοιχεία κατασκευάζονται τεμαχίζοντας έναν ενιαίο κρύσταλλο σε κυψέλες πάχους 0,33 έως 0,5mm. Αυτού του είδους τα φωτοβολταϊκά στοιχεία έχουν και τη μεγαλύτερη απόδοση, δηλαδή μετατρέπουν μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική.

ii) Φωτοβολταϊκά στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου (poly c-Si): Τα στοιχεία πολυκρυσταλλικού πυριτίου κατασκευάζονται με μια διαδικασία που σημαίνει ότι η παραγωγή τους είναι σημαντικά φτηνότερη (σε σχέση με τα μονοκρυσταλλικά), πράγμα που οδηγεί σε μείωση της απόδοσή τους.

iii) Φωτοβολταϊκά στοιχεία ταινίας πυριτίου (ribbon Si): Πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία φ/β στοιχείων πυριτίου πάχους 300μm.

2) Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτών επιστρώσεων (thin film)

Τα φ/β στοιχεία λεπτών επιστρώσεων αποτελούν τη δεύτερη γενιά φ/β στοιχείων και κατασκευάζονται από μια ή περισσότερες στρώσεις φ/β υλικού σε ένα υπόστρωμα από γυαλί, πλαστικό κ.α. Τα φ/β στοιχεία αυτά προέκυψαν από έρευνα που έχει διεξαχθεί τα τελευταία χρόνια για την τελειοποίηση μεθόδων κατασκευής ηλιακών στοιχείων με ημιαγωγούς πάχους μόλις μερικών μικρομέτρων. Τα φ/β στοιχεία λεπτών επιστρώσεων έχουν πάχος από μερικά νανόμετρα (nm) έως μερικές δεκάδες μικρόμετρα (μm). Επιτρέπουν τα στοιχεία τους να είναι ελαστικά και μικρού βάρους. Συνήθως χαρακτηρίζονται από το έντονο σχεδόν μαύρο χρώμα τους.

3) Οργανικά φωτοβολταϊκά (OPV)

Αποτελούν μία σχετικά νέα τεχνολογία και την τρίτη κατά σειρά γενιά φ/β στοιχείων. Τα οργανικά φ/β στοιχεία λειτουργούν με έναν λίγο διαφορετικό τρόπο σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες: αντί για ημιαγωγίμες p-n επαφές, τα οργανικά στοιχεία χρησιμοποιούν οργανικά υλικά που λειτουργούν ως δότες και δέκτες ηλεκτρονίων. Το μεγάλο πλεονέκτημα χρήσης οργανικών υλικών είναι ότι επιτρέπουν τη μεγάλης

κλίμακας, χαμηλής θερμοκρασίας κατασκευή εύκαμπτων ηλιακών στοιχείων σε υποστρώματα πλαστικών. Τα μειονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας είναι ο πολύ χαμηλός βαθμός απόδοσης των στοιχείων και το υψηλό τους κόστος.

5.8. Μορφή φ/β στοιχείων για ενσωμάτωσή τους στα κτίρια

Τα φ/β στοιχεία των τριών γενιών που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα δεν μπορούν από μόνα τους να ενσωματωθούν στα κτίρια. Πρέπει είτε να μετασχηματιστούν σε κατάλληλα δομικά στοιχεία, είτε να υποστούν κάποια επεξεργασία προκειμένου να προκύψουν προϊόντα τα οποία στη συνέχεια θα μπορέσουν να ενσωματωθούν στα κτίρια. Έτσι, τα πρωτογενή φ/β στοιχεία μπορούν να ενσωματωθούν στα κτίρια ως με τους παρακάτω τρόπους.

5.8.1. Στάνταρ φ/β πλαίσια με περίβλημα (framed solar panels)

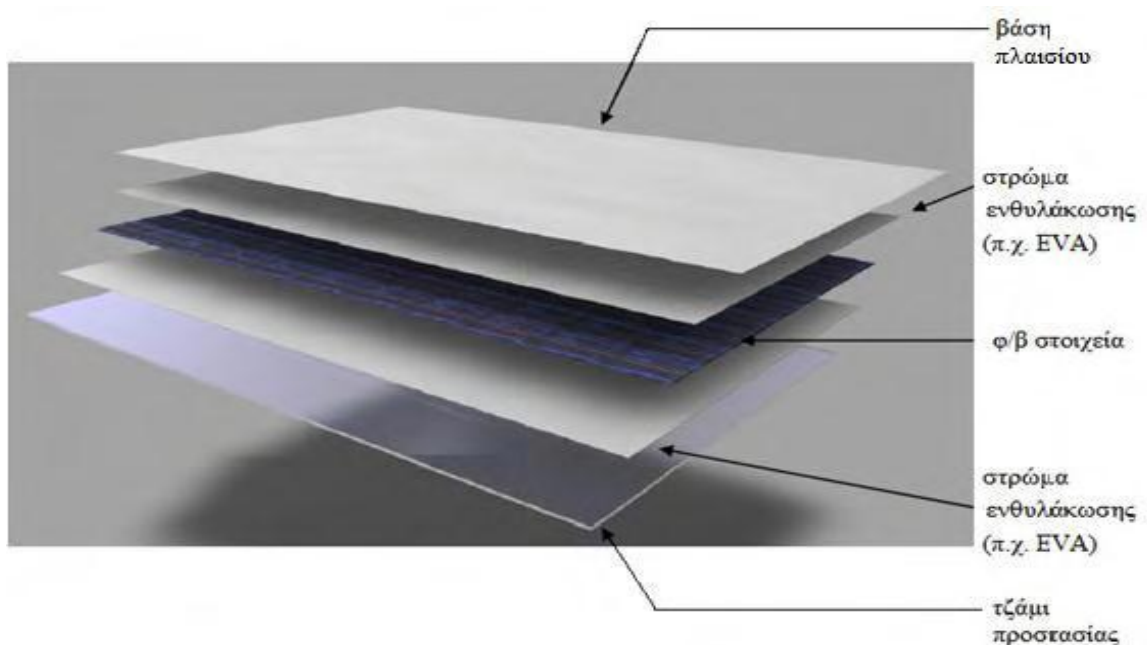
Πρόκειται για τα συνήθη φ/β πλαίσια με μεταλλικό ή πλαστικό περίβλημα που τοποθετούνται ήδη στις στέγες των κτιρίων και στα φ/β πάρκα στην ύπαιθρο. Οι διαστάσεις τους κυμαίνονται από μερικά τετραγωνικά εκατοστά μέχρι και τα δυο περίπου τετραγωνικά μέτρα ανά πλαίσιο. Διατίθενται σε ισχύς από 10W έως και 290W. Συνήθως διαθέτουν φ/β στοιχεία τεχνολογίας κρυσταλλικού πυριτίου (mono c-Si, poly c-Si) ή λεπτών επιστρώσεων (thin film) [52].



Εικόνα 59 Φ/β πλαίσια με περίβλημα αλουμινίου. Αριστερά: τεχνολογίας mono c-Si, δεξιά: τεχνολογίας poly c-Si

5.8.2. Φ/β πλαίσια άνευ περιβλήματος (frameless solar panels)

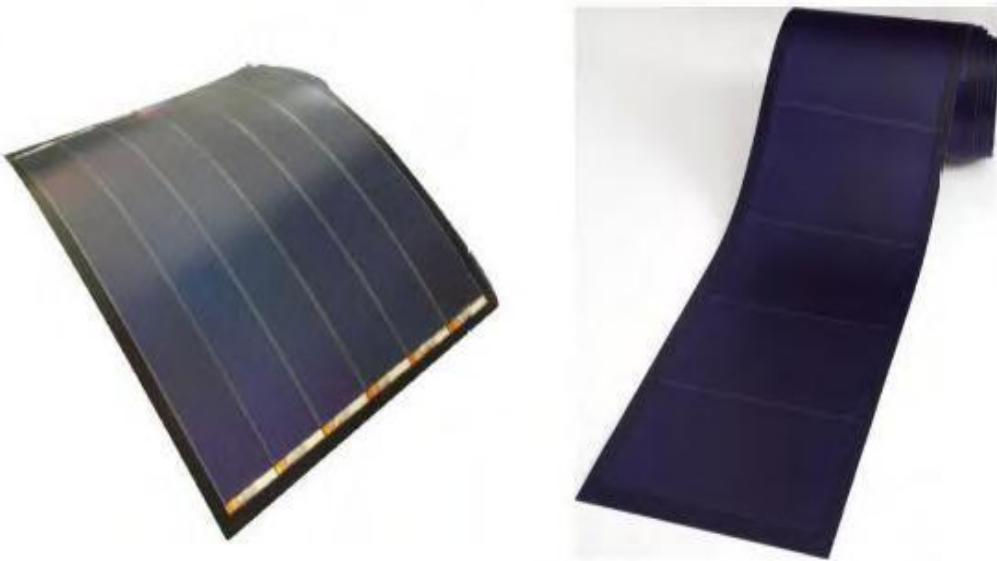
Στα πλαίσια αυτά, τα φ/β στοιχεία ενθυλακώνονται ανάμεσα στο προστατευτικό τζάμι και το υλικό της βάση χωρίς να υπάρχει εξωτερικά περιμετρικό πλαίσιο. Λόγω της απουσίας του πλαισίου αυτού, τα πλαίσια της κατηγορίας αυτής επιλέγονται για αισθητικούς λόγους. Και στα πλαίσια αυτά το προστατευτικό τζάμι της πρόσοψης δεν είναι από κοινό γυαλί αλλά από toughened/tempered glass, υψηλής καθαρότητας, για αυξημένη προστασία και αντοχή. Η ενθυλάκωση των φ/β στοιχείων γίνεται συνήθως είτε με φύλλα EVA (Ethylene Vinyl Acetate), είτε με φύλλα PVB (Polyvinyl Butyral), είτε με φύλλα TPU (Thermoplastic Polyurethane). Το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι το σχετικά μικρότερο συνολικό πάχος τους σε σχέση με τα πλαίσια με περίβλημα. Η ισχύς και οι διαστάσεις των πλαισίων αυτών βρίσκονται στην ίδια κατηγορία με των πλαισίων με περίβλημα. Η επόμενη εικόνα παρουσιάζει τα διάφορα στρώματα ενός φ/β πλαισίου άνευ περιβλήματος.[8]



Εικόνα 60 Διαστρωμάτωση φ/β πλαισίου άνευ περιβλήματος.

5.8.3. Εύκαμπτα φ/β πλαίσια (flexible solar panels)

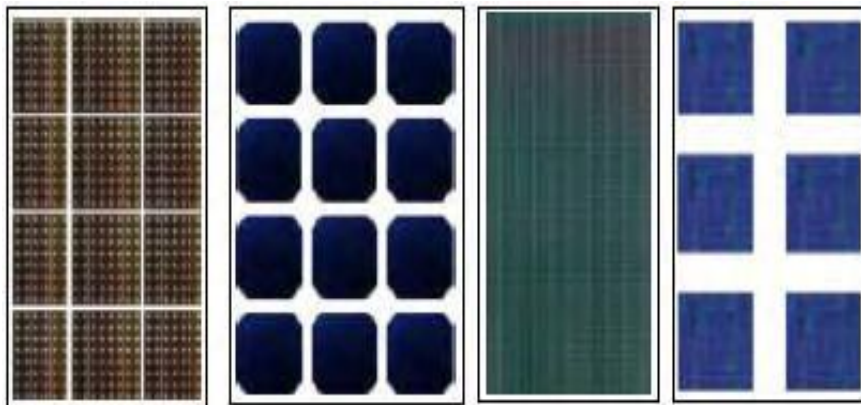
Πρόκειται για εύκαμπτα πλαίσια πάχους μερικών χιλιοστών, με δυνατότητα να προσαρμόζονται σε επιφάνειες σχεδόν οποιασδήποτε ακτίνας καμπυλότητας. Κατασκευάζονται με την τοποθέτηση φ/β στοιχείων thin film (κυρίως άμορφου πυριτίου) επάνω σε ένα πλαστικό υπόστρωμα, τα οποία στη συνέχεια καλύπτονται με ένα πολυεστερικό στρώμα ή στρώμα από ETFE (Ethylene tetrafluoroethylene). Πέραν της ελαστικότητάς τους, ο τύπος αυτός φ/β πλαισίων είναι ιδιαίτερα ελαφρύς, ενώ σε συνδυασμό με την ευκολία στην εγκατάστασή τους καθιστά την ιδέα για τοποθέτησή τους στις οροφές των κτιρίων ιδιαίτερα ελκυστική. Τα εύκαμπτα φ/β πλαίσια διαθέτουν συνήθως μικρό συντελεστής πληρότητας (Fill Factor) που σημαίνει ότι μέρος της επιφάνειάς τους δεν καλύπτεται από φ/β στοιχεία παρέχοντας τη δυνατότητα στο ηλιακό φώς να περάσει μέσα τους. Τα εύκαμπτα φ/β πλαίσια διατίθενται σε δυο τύπους: Εύκαμπτα ορθογώνια πλαίσια διαστάσεων συναφών με τα φ/β πλαίσια με περίβλημα και εύκαμπτο πλαίσιο σε ρολό [52].



Εικόνα 61 Εύκαμπτα φ/β πλαίσια. Αριστερά: τύπου ορθογώνιου πλαισίου, Δεξιά: σε ρολό

5.8.4. Φ/β πλαίσια σε μορφή υαλοπίνακα ή γυάλινου τζαμιού

Πρόκειται για γυάλινα τζάμια ή υαλοπίνακες που διαθέτουν φ/β στοιχεία συγκεκριμένης διαφάνειας, επιτρέποντας το ηλιακό φως να περάσει μέσα τους, παρέχοντας προστασία από τη βροχή και το κρύο. Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία υαλοπινάκων ανάλογα με το χρώμα των φ/β στοιχείων που διαθέτουν, το ποσοστό διαφάνειάς τους και το συντελεστή πληρότητας. Η απόσταση των φ/β στοιχείων (συνήθως 3-50mm) σε έναν τέτοιο υαλοπίνακα σχετίζεται με την επιθυμητή διαφάνεια και το ποσοστό σκίασης που θέλουμε να διαθέτει. Μπορούν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά τζάμια στα παράθυρα ή αποτελέσουν τμήμα της οροφής ή της πρόσοψης ενός κτιρίου. Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει παραδείγματα φ/β στοιχείων σε μορφή γυάλινων τζαμιών διαφορετικών χρωμάτων, διαφάνειας και συντελεστού πληρότητας [52].



Εικόνα 62 Φ/β στοιχεία σε μορφή υαλοπίνακα διαφορετικών χρωμάτων, διαφάνειας και συντελεστού πληρότητας

Τα πλαίσια αυτά επιλέγονται στις περιπτώσεις αρχιτεκτονικής ενσωμάτωσης, όχι μόνο λόγω του ιδιαίτερου σχεδιασμού τους, αλλά και γιατί μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονωτικοί υαλοπίνακες.

5.8.5. Φ/β στοιχεία σε σχήμα κεραμιδιών – ηλιακά κεραμίδια (solar tiles)

Πρόκειται για φ/β στοιχεία σε σχήμα κεραμιδιού. Αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στη στέγη των κτιρίων για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Διατίθενται σε

διάφορα σχέδια κεραμιδιών (από επίπεδες πλάκες έως τα κλασικά παραδοσιακά

καμπυλωτά κεραμίδια). Μπορούν να αντικαταστήσουν τα παραδοσιακά κεραμίδια από πηλό για να καλύψουν τμήμα ή και ολόκληρη τη στέγη [50].

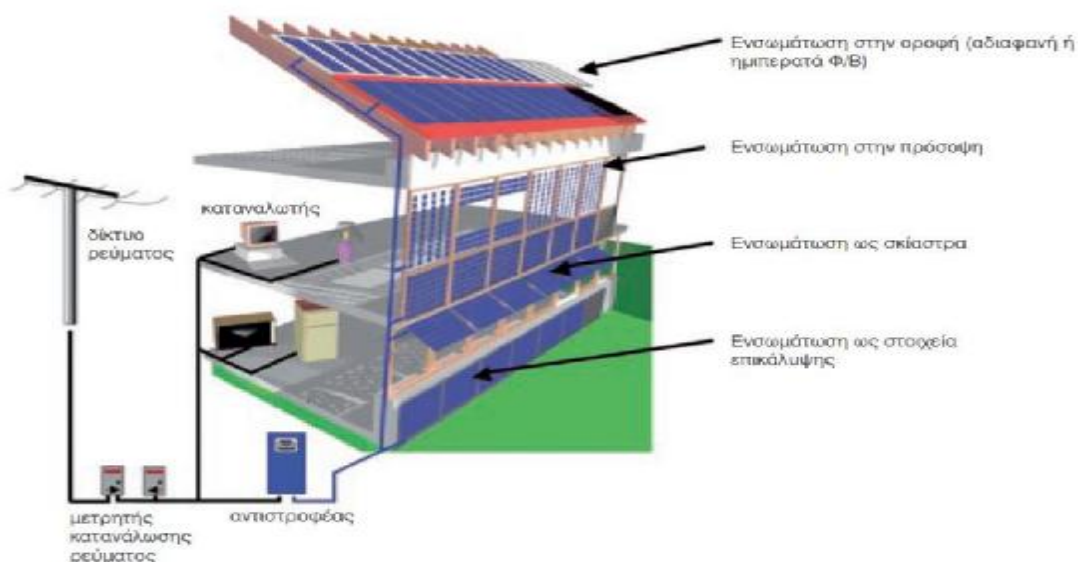


Εικόνα 63 Φ/β στοιχεία σε μορφή Παραδοσιακά κεραμίδια

5.9. Δυνατότητες ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών στα κτίρια

Τα φ/β στοιχεία μπορούν να ενσωματωθούν στα κτίρια με τρεις κυρίως μεθόδους:

- ✓ ενσωμάτωση στην στέγη
- ✓ ενσωμάτωση στις προσόψεις
- ✓ ως σκίαστρα-στεγαστρα



Εικόνα 64 Δυνατότητες ενσωμάτωσης φωτοβολταϊκών σε κτίριο

Τα ενσωματωμένα φ/β συστήματα μπορούν να λειτουργούν: [3]

- είτε ως αυτόνομα με αποθήκευση (**Stand-alone PV Systems**), αξιοποιώντας την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια για την κάλυψη των καταναλώσεων του κτιρίου, αποθηκεύοντας την περίσσειά της σε συσσωρευτές,
- είτε ως συνδεδεμένα με το δίκτυο (**Utility-Grid Connected PV Systems**), διοχετεύοντας όλη την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στο ηλεκτρικό δίκτυο διανομής.

5.9.1. Ενσωμάτωση φ/β στην στέγη των κτιρίων

Η ενσωμάτωση φ/β στοιχείων στο εξωτερικό κέλυφος ενός κτιρίου και κυρίως στην στέγη, είναι μία τεχνική η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος καθώς η τεχνολογία φ/β στοιχείων αναπτύσσεται ραγδαία. Υπάρχουν τρεις εναλλακτικές δυνατότητες ενσωμάτωσης φ/β στην στέγη των κτιρίων. Οι δυνατότητες αυτές ενσωμάτωσης είναι οι εξής: [5]

α) Τοποθέτηση των φ/β επάνω στην επιφάνεια της στέγης.

β) Μερική ενσωμάτωση φ/β σε τμήμα της στέγης.

γ) Πλήρης ενσωμάτωση φ/β στη στέγη

Η επόμενη εικόνα παρουσιάζει τις τρεις περιπτώσεις τοποθέτησης φ/β στη στέγη κτιρίου.



Εικόνα 65 Περιπτώσεις ενσωμάτωσης φ/β στη στέγη

5.9.2. Ενσωμάτωση φ/β στις προσόψεις των κτιρίων

Η ενσωμάτωση φ/β στοιχείων στις προσόψεις κτιρίων σήμερα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Είναι μια μέθοδος που εφαρμόζεται συχνά σε κτίρια με μεγάλες προσόψεις και νότιο προσανατολισμό. Αποτελεί μια αποδοτική ενεργειακά και οικονομικά λύση για ήδη υπάρχοντα κτίρια, καθώς το κόστος μετατροπής είναι μεγάλο. Ένα

μειονέκτημα ακόμα της τοποθέτησης φ/β στοιχείων εκ των υστέρων σε πρόσοψη ενός υπάρχον κτιρίου είναι η μειωμένη απόδοσή τους λόγω του σταθερού προσανατολισμού και της σταθερής κλίσης που έχουν [49].

Μια σύγχρονη πρόσοψη μπορεί να παρέχει διαφορετικές λειτουργίες στο κτίριο όπως θερμική προστασία, μόνωση, προστασία από τον ήλιο και την υγρασία, προστασία από τον θόρυβο κ.α. Με την ενσωμάτωση φ/β στα κτίρια είναι δυνατή η επίτευξη όλων των παραπάνω στόχων, με επιπλέον πλεονέκτημα την παραγωγή, φιλικής προς το περιβάλλον, ηλεκτρικής ενέργειας.

Υπάρχουν τρεις βασικές δυνατότητες για την ενσωμάτωση των φ/β στην πρόσοψη ενός κτιρίου:

- α) τοποθέτηση των φ/β επάνω από την υπάρχουσα πρόσοψη
- β) απευθείας ενσωμάτωση φ/β σε τμήμα της πρόσοψης
- γ) πλήρης αντικατάσταση των συμβατικών δομικών υλικών της πρόσοψης με φ/β

Η παρακάτω εικόνα παρουσιάζει σχηματικά τις τρεις εναλλακτικές δυνατότητες ενσωμάτωσης φ/β στην πρόσοψη κτιρίων [2][49].



Εικόνα 66 Περιπτώσεις ενσωμάτωσης φ/β στη πρόσοψη του κτιρίου

5.9.3. Ενσωμάτωση φ/β στοιχείων ως σκίαστρα-στεγάστρα στα κτίρια

Η ενσωμάτωση φ/β στοιχείων υπό μορφή σκίαστρων-στεγάστρων στα κτίρια μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος αφορά την εγκατάσταση των φ/β στην πρόσοψη του κτιρίου ως σκίαστρα πάνω από πόρτες ή παράθυρα. Τα

σκίαστρα αυτά στην πρόσοψη μπορεί να είναι σταθερής κλίσης ή μεταβλητής. Παρά το γεγονός ότι τα φ/β ως σκίαστρα σταθερής κλίσης στις προσόψεις των κτιρίων αποτελούν τον πιο απλό τρόπο ενσωμάτωσης, η προσεχτική τους εγκατάσταση μπορεί να αποβεί ιδιαίτερα αποδοτική. Συνήθως χρησιμοποιούνται γυάλινα φ/β πλαίσια καθορισμένης διαπερατότητας, συνδεδεμένα έτσι ώστε να σχηματίζουν κανάλια, στερεωμένα πάνω σε κατάλληλους βραχίονες στην πρόσοψη του κτιρίου. Με κατάλληλες διαστάσεις σε σχέση με την επιφάνεια που στοχεύουν να σκιάσουν, τα φ/β σκίαστρα μπορούν να εμποδίσουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τους θερινούς μήνες, επιτρέποντας το χειμώνα να διεισδύσει στο εσωτερικό του κτιρίου η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία [37][52].



Εικόνα 67 Ενσωμάτωση φ/β στοιχείων ως σκίαστρα-στέγαστρα στα κτίρια

5.10. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φ/β συστημάτων ενσωματωμένων στα κτίρια

Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της φωτοβολταϊκής ενέργειας είναι ότι η χρήση της δεν προκαλεί οποιαδήποτε επιβάρυνση στην ατμόσφαιρα από εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ή άλλων επικίνδυνων ρύπων, ενώ παράλληλα δεν προκαλεί όχληση από θόρυβο. Η ελάχιστη επίδραση στο περιβάλλον, από τη δέσμευση γης ή από ενδεχόμενη αισθητική όχληση, μπορούν να αντιμετωπιστούν πλήρως με την πλήρη ενσωμάτωση των φ/β πλαισίων στα κτίρια.

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα των φ/β ενσωματωμένων στα κτίρια είναι:

- i) Με την ενσωμάτωση τους στο αστικό περιβάλλον, τα BIPV μπορούν να καλύψουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας ακριβώς στο σημείο όπου αυτή παρουσιάζεται, μειώνοντας έτσι τις απώλειες μεταφοράς και διανομής.
- ii) Εκτός από την παραγωγή καθαρής, φιλικής προς το περιβάλλον ενέργειας, μπορούν με ένα σωστό σχεδιασμό ενσωμάτωσής τους στο κτίριο να παρέχουν επιπλέον λειτουργίες όπως, θερμική προστασία και μόνωση, προστασία από τον ήλιο την σκίαση κ.α.
- iii) Υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης των BIPV για τη μετατροπή της απορροφούμενης ηλιακής ενέργειας σε θερμική (π.χ. για κάλυψη των αναγκών σε Ζεστό Νερό Χρήσης) [37][52].

Παρά το γεγονός των σημαντικών πλεονεκτημάτων της ενσωμάτωσης φ/β στα κτίρια, μια σειρά αρνητικών παραμέτρων εμποδίζει την ευρεία διάδοσή τους. Μια από αυτές, σχετίζεται με το γεγονός ότι η απόδοση ενός BIPV συστήματος είναι χαμηλότερη από την απόδοση μιας μεγάλης φ/β εγκατάστασης. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη απωλειών, λόγω της ατομικής συναρμολόγησης κάθε πλαισίου, γεγονός που καθιστά δύσκολη την απόκτηση της μέγιστης διαθέσιμης ισχύος από τη φ/β γεννήτρια. Μια άλλη αρνητική παράμετρος για τη διάδοση των BIPV είναι η άποψη ότι η μαζική εγκατάστασή τους θα μπορούσε να δημιουργήσει προβλήματα στην προβλεψιμότητα του δικτύου, λόγω του ότι ο ήλιος αποτελεί πηγή ενέργειας με στοχαστική συμπεριφορά. [37][52].

Παρόλο που η χρήση των φ/β, από τους αρχιτέκτονες, ως δομικό στοιχείο αυξάνεται συνεχώς, ο αριθμός των κτιρίων που έχουν ενσωματωμένα φ/β συστήματα είναι ακόμα χαμηλός. Το υψηλό κόστος της ενσωμάτωσης τους προβάλλεται συνήθως ως η αιτία για τη μη υιοθέτησή τους. Ωστόσο, το κόστος δεν μπορεί να θεωρηθεί ως καθοριστική αιτία, καθώς συχνά στις προσόψεις των κτιρίων χρησιμοποιούνται υλικά υψηλότερου κόστους όπως π.χ. ο γρανίτης. Ο βασικός λόγος πιθανόν εστιάζεται στην έλλειψη γνώσης και τεχνογνωσίας για τη νέα αυτή τεχνολογία, παρόλο που η διαδικασία σχεδιασμού και εγκατάστασης ενός φ/β συστήματος δε διαφέρει σημαντικά από τη διαδικασία τοποθέτησης μιας στέγης ή πρόσοψης σε ένα κτίριο, ενσωματώνεται σχεδόν με την ίδια ευκολία τοποθέτησης μιας τυπικής πρόσοψης ή στέγης από γυαλί και συνδέεται ηλεκτρικά όπως μια συμβατική ηλιακή εγκατάσταση [52].

6. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων

6.1. Τι είναι ο Βιοκλιματικός Σχεδιασμός

Το σημερινό μοντέλο ανάπτυξης βασίζεται, κυρίως, στην αλόγιστη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο. Σημαντικός παράγοντας είναι-όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο- ο κτιριακός τομέας, που ευθύνεται για το 40% περίπου της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, με το κτιριακό του απόθεμα να είναι αρκετά ενεργοβόρο, μιας και η μεγάλη πλειοψηφία των κατασκευών ανήκει σε περασμένες δεκαετίες. Η ανάγκη όμως για εξοικονόμηση ενέργειας και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος μας οδηγεί σε αναγκαίες εναλλακτικές λύσεις και στρατηγικές.. Ως μία τέτοια εναλλακτική λύση προτείνεται η βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη, η οποία στοχεύει στη συνετή διαχείριση του φυσικού χώρου, στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων μορφών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του δομημένου χώρου, στη χρήση ήπιων τεχνικών και υλικών, μη επιβλαβών για την υγεία των ανθρώπων. Με άλλα λόγια, στοχεύει στην καθιέρωση προδιαγραφών οικολογικής προσέγγισης για το σχεδιασμό και τη χρήση των χώρων ζωής, εσωτερικών και υπαίθριων. Η βιοκλιματική προσέγγιση τόσο στην κατασκευή των κτιρίων όσο και ευρύτερα εδράζεται στην αντίληψη της βιώσιμης ανάπτυξης, της ανάπτυξης δηλαδή του σήμερα χωρίς όμως να υποθηκεύεται η ποιότητα και το περιβάλλον των επόμενων γενεών. Η βιοκλιματική αντίληψη για τον σχεδιασμό κτιρίων εντάσσεται στη γενικότερη στρατηγική της βιώσιμης και ήπιας διαχείρισης του φυσικού και δομημένου χώρου και του περιβάλλοντος. Επιχειρεί να επαναπροσδιορίσει την αρχιτεκτονική με αρχές και κατευθύνσεις που βασίζονται στην αρμονική συνύπαρξη φυσικού και δομημένου περιβάλλοντος, χρησιμοποιεί τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, κυρίως την ηλιακή ενέργεια για τη θέρμανση και τον φυσικό φωτισμό των κτιρίων, τους δροσερούς ανέμους για την φυσική τους ψύξη, αποκαθιστώντας έτσι, σε μεγάλο βαθμό, την ισορροπία ανάμεσα στον δομημένο και τον φυσικό χώρο [62].

6.2. Βιώσιμα Κτίρια

Είναι πλέον κατανοητό ότι τα βιοκλιματικά κτίρια εφαρμόζουν τους όρους και τις προϋποθέσεις μιας βιώσιμης ανάπτυξης και εντάσσονται στην ευρύτερη κατηγορία των βιώσιμων κτιρίων. Πολλές φορές συναντάμε όρους όπως:

- Βιώσιμα κτίρια
- Βιοκλιματικά κτίρια
- Πράσινα κτίρια
- Παθητικά κτίρια
- Ηλιακά κτίρια
- Κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας

όροι που ταυτίζονται ή αναφέρονται στην ίδια λογική και αντίληψη για την κατασκευή που βασίζεται στις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης. Συνοπτικά οι αρχές μια βιώσιμης κατασκευής είναι:

- Αρχιτεκτονικά ελκυστική
- Εύκολη στην κατασκευή, στη χρήση, τη λειτουργία και τη συντήρηση
- Ελάχιστης επιβάρυνσης στο περιβάλλον
- Ελάχιστης ή σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης
- Οικονομικά αποδοτικής τόσο από την πλευρά των χρηστών, όσο και από την πλευρά της πολιτείας, αφού ελαχιστοποιούν τις ενεργειακές καταναλώσεις, άρα μειώνουν τις ανάγκες για παραγωγή ενέργειας.

Η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται θα πρέπει να συνίσταται σε πολύ μεγάλο βαθμό σε ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Εξάλλου η Οδηγία 2010/31/ΕΕ, καθιστά υποχρεωτική και προβλέπει την δημιουργία κτιρίων μηδενικής ή σχεδόν μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης μέχρι τον τέλος του 2018 για τα δημόσια κτίρια και μέχρι το τέλος του 2020 για όλα τα κτίρια.

6.3. Στόχος Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Είναι γνωστό ότι κατά τη διαδικασία σχεδιασμού των κτιρίων, ο μελετητής - αρχιτέκτονας συνήθως- παίρνει υπόψη του μία σειρά από παραμέτρους και καθορίζει τα κριτήρια και τις προτεραιότητες που επηρεάζουν καθοριστικά την ενεργειακή συμπεριφορά και αποδοτικότητα του κτιρίου που μελετά. Έτσι, ξεκινώντας από το θεσμικό πλαίσιο (ΚΕΝΑΚ), το προφίλ του κτιρίου, δηλαδή τη χρήση του κτιρίου, τις ώρες και περιόδους λειτουργίας, τις ενεργειακές απαιτήσεις σε θέρμανση-ψύξη, αερισμό, φωτισμό και ζεστού νερού χρήσης, τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του χρήστη ή των χρηστών του κτιρίου, το διαθέσιμο χώρο, την έκταση του κτιρίου, μελετά, παίρνοντας υπόψη του τα χαρακτηριστικά του μικροπεριβάλλοντος και μικροκλίματος

(δομημένο περιβάλλον, μορφολογία εδάφους, θέα) της περιοχής που θα κατασκευαστεί το κτίριο αλλά και τις ευρύτερες κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή όπου θα κατασκευαστεί., τα οικονομικά δεδομένα κ.ά. [63]

Με τη συλλογή των παραπάνω πληροφοριών ο μηχανικός διαμορφώνει σε πρώτη φάση έναν αρχικό σχεδιασμό. Με τη διαδικασία αυτή αρχίζει το κτίριο να αναπτύσσεται σε τρεις διαστάσεις (κατόψεις, όψεις, τομές), να εντάσσεται στο περιβάλλον του, αποκτώντας μορφή. Όπως αναφέραμε και παραπάνω, τελευταία χρόνια στο γενικότερο προβληματισμό για την αρχιτεκτονική σύνθεση μπήκε δυναμικά και ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων ή ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, ή η ορθολογική χρήση της ενέργειας, έννοιες σχεδόν ταυτόσημες, έχουν ως κύριο στόχο να:

- διασφαλίσουν αποδεκτές εσωκλιματικές συνθήκες με τη σωστή θερμική συμπεριφορά του κτιρίου -χειμώνα, καλοκαίρι- και συνεπώς τη διασφάλιση συνθηκών βιολογικής άνεσης –θερμικής και οπτικής, ποιότητας αέρα- και τη δημιουργία υγιεινών συνθηκών
- περιορίσουν την κατανάλωση ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτό συνεπάγεται, οικονομικά, περιβαλλοντικά με τη μείωση των εκπομπών CO₂, ποιότητα ζωής κτλ.
- συνδράμουν στην απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της υποκατάστασής τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), άρα την εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας.
- Συμβάλλουν στην εξοικονόμηση χρήματος. Η χρησιμοποίηση της αδάπανης ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση των κτηρίων ή/και των δροσερών ανέμων για τον δροσισμό τους αποτελούν πρόκληση οικονομική, μια και η προκύπτουσα εξοικονόμηση χρημάτων είναι της τάξης του 50%, ενδεχομένως και μεγαλύτερη.

Οι παραπάνω στόχοι στην περίπτωση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής επιτυγχάνονται με σχεδιαστικούς χειρισμούς, ή με διάφορες τεχνικές στην κατασκευή του κτιρίου, περιορίζοντας , έτσι την εξάρτηση από το μηχανολογικό-τεχνολογικό εξοπλισμό που απαιτείται κυρίως για τη θέρμανση ή ψύξη των κτιρίων. Για να επιτευχθεί π.χ. μείωση της κατανάλωσης ενέργειας τη χειμερινή περίοδο, θα πρέπει από τη μία πλευρά, να περιορίσει τις θερμικές απώλειες του κτιρίου, και από την άλλη πλευρά να μεγιστοποιήσει τα θερμικά ηλιακά κέρδη.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός – αν και είναι ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική που χαρακτηρίζει κάθε τόπο σε ολόκληρη τη γη – θεωρείται από πολλούς ως μία νέα «θεώρηση» στην αρχιτεκτονική και σχετίζεται με την οικολογία περισσότερο, παρά με την ενέργεια και την εξοικονόμηση που δύναται να επιφέρει. Παρά ταύτα, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει αποτελέσει τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως, ενώ στα περισσότερα κράτη πλέον αποτελεί βασικό κριτήριο σχεδιασμού μικρών και μεγάλων κτιρίων το οποίο λαμβάνεται υπόψη από όλους τους μελετητές αρχιτέκτονες και μηχανικούς. Κι αυτό, λόγω των χαμηλότερων απαιτήσεων ενέργειας για την θέρμανση, τον δροσισμό και τον φωτισμό των κτιρίων που προκύπτουν από την πρακτική της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και πολλαπλά οφέλη που την συνεπάγονται: ενεργειακά (εξοικονόμηση και θερμική/οπτική άνεση), οικονομικά (μείωση κόστους ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων), περιβαλλοντικά (μείωση ρύπων) και κοινωνικά [64]

Τα κτίρια πρέπει να σχεδιάζονται βάσει αρχών και προδιαγραφών ώστε αφενός να εξοικονομούν ενέργεια για τη θέρμανση και την ψύξη τους (μείωση θερμικού και ψυκτικού φορτίου) και αφετέρου να εκμεταλλεύονται τις ήπιες μορφές ενέργειας, για την κάλυψη του θερμικού και ψυκτικού τους φορτίου με σύγχρονο στόχο να επιτυγχάνεται και η μικρότερη δυνατή επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες της οικολογικής δόμησης, η οποία ασχολείται με τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων στο επίπεδο των κτιριακών μονάδων μελετώντας τις ακόλουθες κατευθύνσεις:[2]

- Τη μελέτη του δομημένου περιβάλλοντος και των προβλημάτων που αυτό δημιουργεί (αύξηση θερμοκρασίας, συγκέντρωση αέριων ρύπων, δυσκολία στην κυκλοφορία αέρα)
- Τον σχεδιασμό των κτιρίων
- Την επιλογή των δομικών υλικών, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις θερμικές και οπτικές τους ιδιότητες, όσο και την τοξικολογική τους δράση.

6.4. Ο ρόλος του Ενεργειακού σχεδιασμού

Ο όρος «ενεργειακός σχεδιασμός» ή «βιοκλιματικός σχεδιασμός» ή «ηλιακή αρχιτεκτονική» αναφέρεται στο σχεδιασμό που ανταποκρίνεται στις κλιματικές

συνθήκες του περιβάλλοντος, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, ο άνεμος, κλπ. με τρόπο ώστε το κτιριακό κέλυφος να τις τροποποιεί για να δημιουργείται εσώκλιμα που να παρέχει με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση για θέρμανση και ψύξη τις βέλτιστες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης για τους χρήστες.

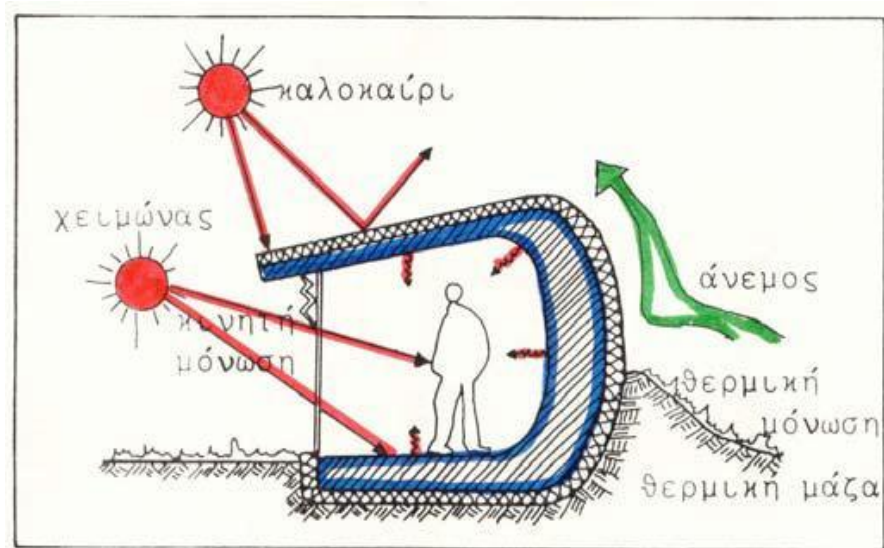
Στη χειμερινή περίοδο, ο ενεργειακός σχεδιασμός αποσκοπεί στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών αγωγιμότητας, αερισμού και εξάτμισης, επιτρέποντας μόνον τον απαραίτητο για λόγους υγιεινής αερισμό, και στην αύξηση της θερμικής προσόδου από την ηλιακή ακτινοβολία, ώστε αφενός να μειωθεί η διάρκεια της θερμαντικής περιόδου και αφετέρου να ελαττωθούν οι δαπάνες για την παροχή θέρμανσης. Αντίστοιχα, στην θερινή περίοδο ο ενεργειακός σχεδιασμός στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της θερμικής προσόδου από την ηλιακή ακτινοβολία και στη βελτιστοποίηση των διαφόρων μεθόδων φυσικού δροσισμού, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ή ακόμη και να αποτραπεί η παρεχόμενη ψύξη (πχ κλιματιστικά) [65].

6.5. Αρχές βιοκλιματικού Σχεδιασμού

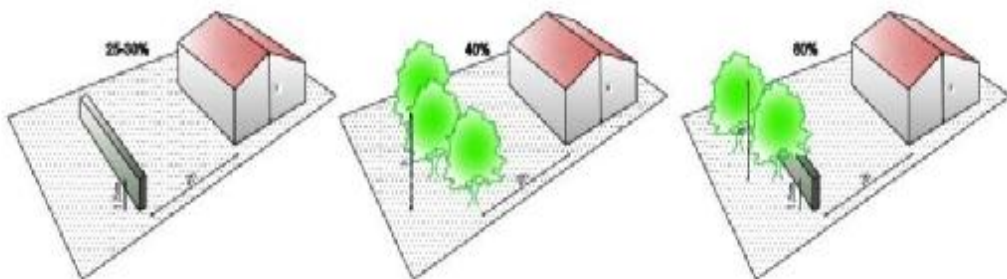
Συνοπτικά οι αρχές που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό του κτιρίου αφορούν

- Τη συμπεριφορά του κτιρίου ως φυσικού ηλιακού συλλέκτη τον χειμώνα:
- Την κατάλληλη χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο – και τον προσανατολισμό του κτιρίου
- Το σχήμα κτιρίου
- Το μέγεθος ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού,
- Τη διάρθρωση των εσωτερικών χώρων
- Τη θερμική προστασία του κτιρίου και τη συμπεριφορά του ως παγίδα θερμότητας και ειδικότερα:
 - ✓ Την προστασία από ψυχρούς ανέμους,
 - ✓ Την Θερμική προστασία – θερμομόνωση.
- Την αξιοποίηση των δομικών στοιχείων του κτιρίου ως αποθήκη θερμότητας και ειδικότερα:
 - ✓ Τη χρήση θερμικών μαζών ή τοίχου θερμικής αποθήκευσης
 - ✓ Την αξιοποίηση της θερμοχωρητικότητας των δομικών στοιχείων
 - ✓ την δέσμευσή ηλιακής ακτινοβολίας της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτηρίου

- ✓ Την χρήση του θερμοκήπιο ή του ηλιακού χώρου
- Τη συμπεριφορά του κτιρίου ως αποδέκτη και αποθήκη φυσικής ψύξης, ειδικότερα:
 - ✓ Την ηλιοπροστασία του κτηρίου και ανοιγμάτων,
 - ✓ Την αξιοποίηση του χρώματος και της υφής των εξωτερικών επιφανειών
 - ✓ Την επάρκεια θερμικής μάζας
 - ✓ Την κατάλληλη θερμομόνωση του κτιρίου
 - ✓ Τη χρήση φυσικού αερισμού
 - ✓ Της νυχτερινής ακτινοβολία,
 - ✓ Την αξιοποίηση του μικροκλίματος. [62]



Εικόνα 68 Διαγραμματική τομή κελύφους για την αποθήκευση της θερμότητας.



Εικόνα 69 Εκτροπή ψυχρού ανέμου με την χρήση ανεμοφράκτη, δέντρων ή θάμνων -

Ικανότητα μείσωσης της δεισδύσης του ανέμου από ανεμοφράκτες διαφόρων τύπων.

6.6. Παθητικά συστήματα

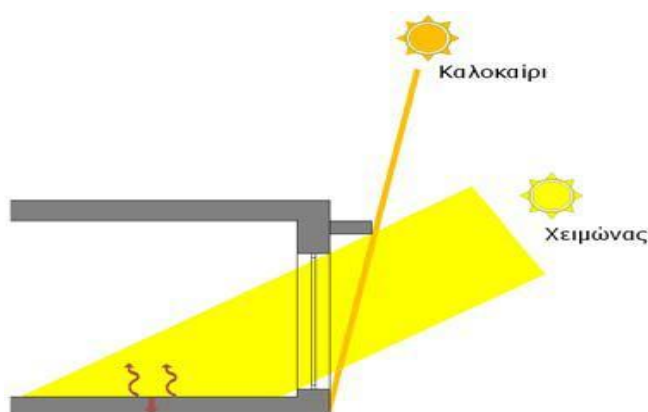
Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων αποτελούν τα παθητικά συστήματα, τα οποία αποτελούν δομικά στοιχεία ενός κτιρίου. Τα παθητικά συστήματα λειτουργούν χωρίς μηχανολογικά εξαρτήματα ή πρόσθετη παροχή ενέργειας και με φυσικό τρόπο θερμαίνουν, αλλά και δροσίζουν τα κτίρια. Χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: [2]

- Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης ή παθητικά ηλιακά συστήματα
- Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού
- Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

6.6.1. Παθητικά ηλιακά συστήματα

Παθητικά ηλιακά συστήματα είναι εκείνα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη. Βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας κι εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται στο κτίριο (δομικά στοιχεία του κελύφους), ιδιοτήτων που καθιστούν τα συγκεκριμένα δομικά υλικά ικανά για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της θερμότητας. Η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων βασίζεται:

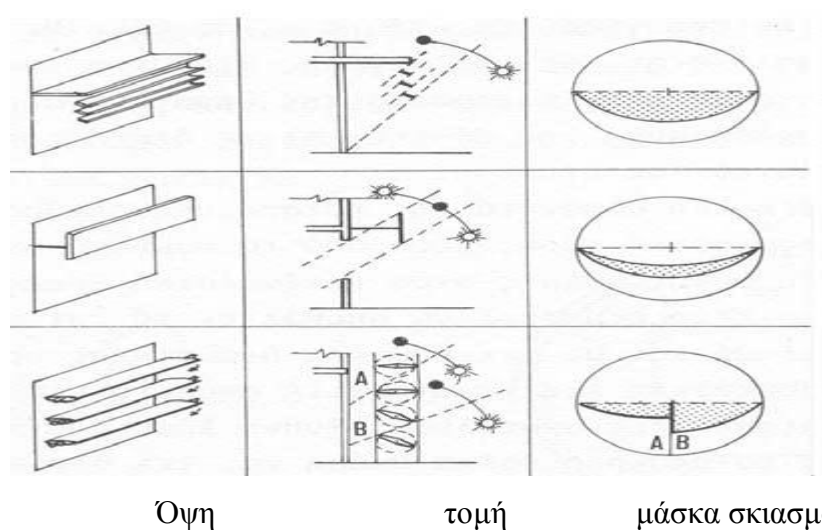
- στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατροπή της σε θερμότητα
- στη μεγάλη θερμοχωρητικότητα των υλικών για την αποθήκευση της θερμότητας και
- στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής για τη μεταφορά της θερμότητας.



Εικόνα 70 Αρχή λειτουργίας ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους (ανοίγματος)

6.6.2. Φυσικός δροσισμός

Ο φυσικός δροσισμός αποσκοπεί στην αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτηρίου, που για την επίτευξή της είναι απαραίτητη η προστασία του κτηρίου, ιδιαίτερα των ανοιγμάτων του, από την πρόσπτωση της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας αξιοποιώντας τεχνητές, φυσικές αλλά και αυτοσκιάσεις του κτιρίου. Επίσης, χρησιμοποιεί τεχνικές για την απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το εξωτερικό περιβάλλον.



Εικόνα 71 Μορφές οριζόντιων σκιάστρων σταθερών ή κινητών για νότια όψη

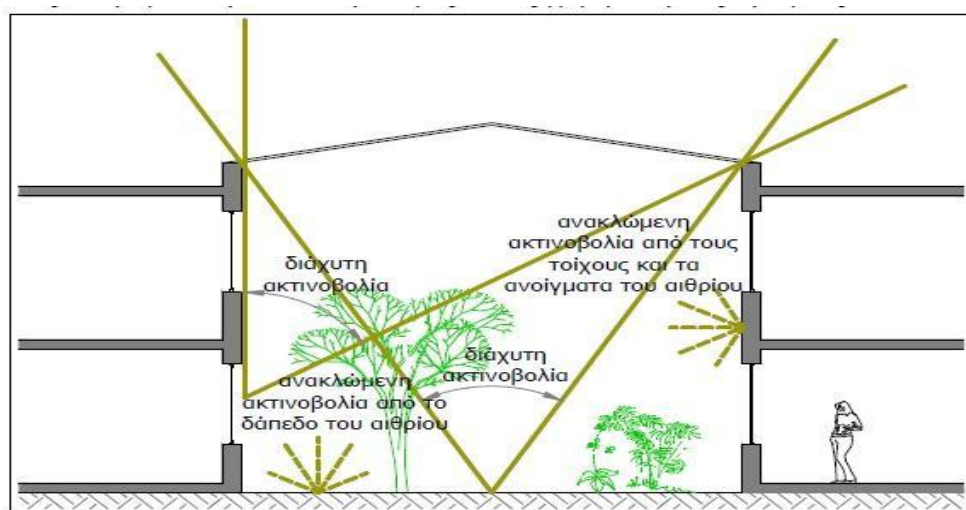
6.6.3. Φυσικός φωτισμός

Ο φυσικός φωτισμός αξιοποιεί κυρίως τη χωροθέτηση και τον προσανατολισμό του κτιρίου για να εκμεταλλευτεί το φυσικό φωτισμό. Ο αρχικός αρχιτεκτονικός σχεδιασμός καθορίζει την ποσότητα του φυσικού φωτός που εισέρχεται στο κτήριο, καθώς και την κατανομή του. Ένα σωστά σχεδιασμένο σύστημα φυσικού φωτισμού:

- παρέχει στο κτήριο την αναγκαία ποσότητα φωτισμού
- συνεισφέρει στη σωστή κατανομή του φωτισμού στο χώρο ώστε να δημιουργούνται συνθήκες οπτικής άνεσης
- συμβάλλει στην θέρμανση των χώρων με την εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας [62].

Ενδεικτικά μερικά από μερικά από τα κριτήρια για πού λαμβάνονται υπόψιν για την αξιοποίηση του φυσικού φωτισμού και κατ' επέκταση τη σχεδίαση ενός βιοκλιματικού κτιρίου που αξιοποιεί το φυσικό φωτισμό είναι:

- οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής (νέφωση του ουρανού, φωτεινότητα)
- το γεωγραφικό πλάτος (γωνία πρόσπτωσης ηλιακής ακτινοβολίας)
- οι ανάγκες φωτισμού του χώρου, αναλόγως με τη λειτουργία του
- τα εξωτερικά εμπόδια
- το σχήμα του κτηρίου
- ο προσανατολισμός, η γεωμετρία του κτιρίου
- ο προσανατολισμός, η θέση, το σχήμα και το μέγεθος των ανοιγμάτων.



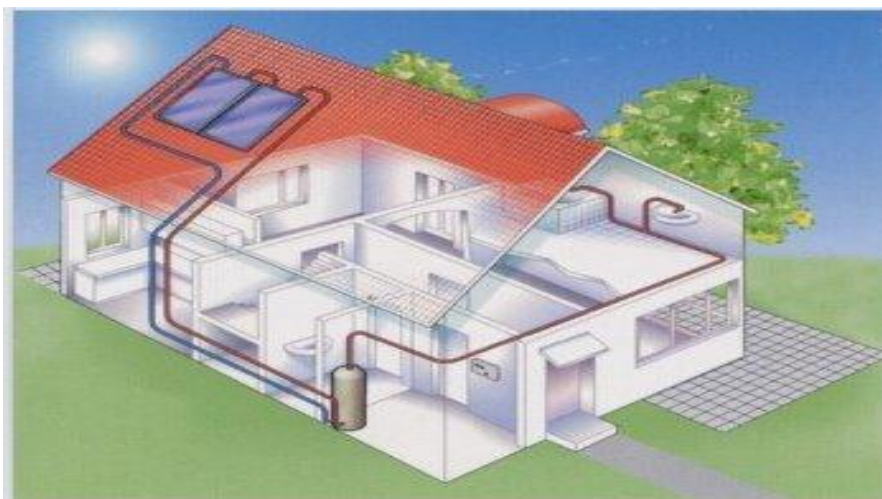
Εικόνα 72 Παροχή φυσικού φωτός σε ένα αίθριο

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου συνεπάγεται τη συνύπαρξη και συνδυασμένη λειτουργία όλων των παραπάνω συστημάτων, ώστε να συνδυάζουν θερμικά και οπτικά οφέλη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους [62].

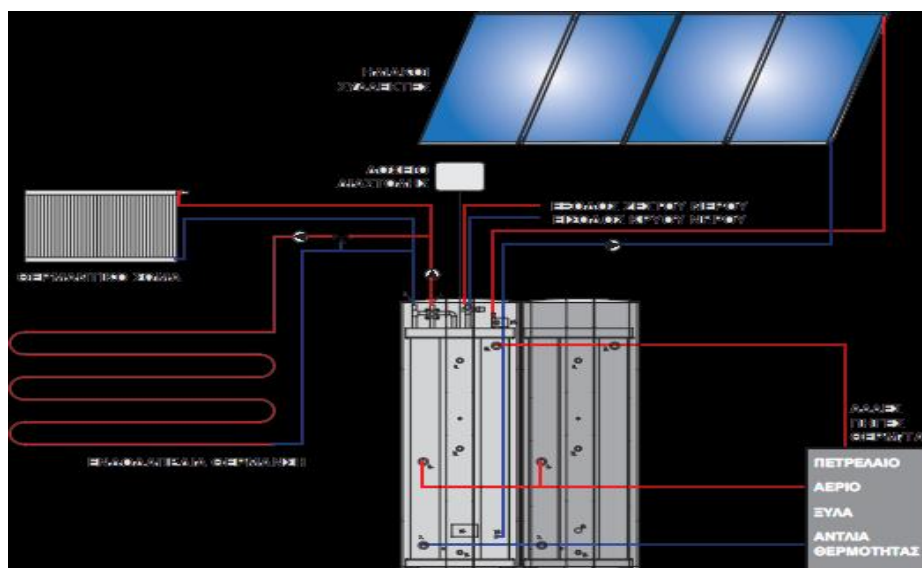
6.7. Ενεργητικά συστήματα

Εκτός από τα παθητικά συστήματα, μια πολύ σημαντική μέθοδο εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα βιοκλιματικό κτίριο αποτελούν και τα ενεργητικά συστήματα, που χρησιμοποιούν μηχανικά μέσα για τη θέρμανση ή το δροσισμό κτιρίων, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια ή τις φυσικές δεξαμενές ψύξης. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα είναι όσα συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία, μεταφέροντας την στη συνέχεια υπό μορφή θερμότητας σε νερό, σε αέρα ή σε κάποιο άλλο ρευστό. Η τεχνολογία που

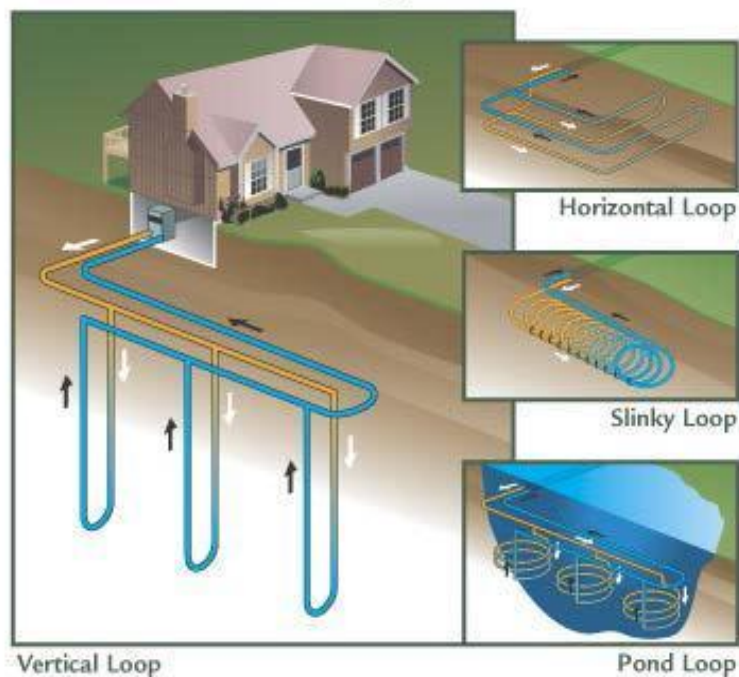
εφαρμόζεται είναι αρκετά απλή και υπάρχουν πολλές δυνατότητες εφαρμογής της σε θερμικές χρήσεις χαμηλών θερμοκρασιών. Ευρέως διαδεδομένη εφαρμογή των συστημάτων αυτών είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης, οι γνωστοί σε όλους ηλιακοί θερμοσίφωνες [65]. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν επίσης οι ηλιακοί συλλέκτες για θέρμανση ή για υποβοήθηση της θέρμανσης χώρων, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, οι αντλίες θερμότητας κυρίως γεωθερμικές κ.α. Στο πλαίσιο έτσι των ενεργητικών συστημάτων θα μπορούσαμε να εντάξουμε τη χρήση των διάφανων φωτοβολταϊκών πάνελ 5%. Η εγκατάσταση όλων των παραπάνω συστημάτων αυξάνει ελαφρά το συνολικό κόστος κατασκευής του κτιρίου, το οποίο όμως αποσβένεται από την περιορισμένη χρήση μονάδων συμβατικής θέρμανσης και κλιματιστικών μονάδων [37].



Εικόνα 73 Σύστημα Παροχής ΖΝΧ με χρήση ηλιακών συλλεκτών



Εικόνα 74 Ηλιακό σύστημα θέρμανσης



Εικόνα 75 Γεωθερμική Αντλία Θερμότητ

6.8. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Βιοκλιματικών κτιρίων

Εφαρμόζοντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού επιτυγχάνεται η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω της βελτιωμένης προστασίας του κελύφους και της συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων που οδηγεί στη μείωση των απωλειών, δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης και ελαττώνονται οι απαιτήσεις σε θέρμανση, παράγεται θερμότητα μέσω ηλιακών συστημάτων άμεσου και έμμεσου κέρδους, κάτι που προκαλεί τη μείωση των αναγκών της κατοικίας σε θέρμανση καταφέροντας έτσι να καλύπτει τις ανάγκες του κτιρίου οικονομικότερα και χωρίς μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις . Επιπλέον επιτυγχάνεται η μερική διατήρηση της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό στα ιδανικά επίπεδα, ανάλογα την εποχή, υψηλά το χειμώνα και χαμηλά το καλοκαίρι και έτσι δεν υπάρχει ανάγκη για προσάρτηση επιπλέον συστημάτων που βοηθούν στη διατήρηση των ιδανικών επιπέδων Τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής χωρίζονται σε: [66]

- Ενεργειακά, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της εξασφάλισης
- Θερμικής και οπτικής άνεσης
- Οικονομικά, καθώς μειώνονται οι ανάγκες αλλά και το κόστος από την εγκατάσταση Η/Μ

- Περιβαλλοντικά, καθώς μειώνονται οι ρύποι, οι εκπομπές CO₂
- Κοινωνικά, καθώς βελτιώνεται η ποιότητα της ζωής.

Από την άλλη πλευρά, όσον αφορά τα μειονεκτήματα αυτά συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Αποτελούν δαπανηρή κατασκευή.
- Συνήθως απαιτούν κατοχή μιας αρκετά μεγάλης έκτασης γης.
- Χρειάζονται εξειδικευμένα υλικά.
- Η κατασκευή τους είναι μια χρονοβόρα και δύσκολη διαδικασία , η οποία απαιτεί μεγάλη προσοχή.

Λαμβάνοντας όμως υπόψη ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συμβάλλει στην προστασία του περιβάλλοντος, αφενός καλύπτοντας ενεργειακές ανάγκες και αφετέρου στο ετήσιο ισοζύγιο να είναι μηδενική η επιβάρυνση του περιβάλλοντος με εκπομπές βλαβερών αερίων, εξασφαλίζοντας τουλάχιστον στον κτιριακό τομέα μια βιώσιμη ανάπτυξη, θα λέγαμε πως τα πλεονεκτήματα είναι σίγουρα πολύ περισσότερα αλλά και πολύ πιο σημαντικά από τα μειονεκτήματα της επένδυσης σε ένα βιοκλιματικό κτίριο [67].

6.9. Μελέτη Ενεργειακή Απόδοσης και Βιοκλιματικά Κτίρια

Με την εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ, 2010, νόμος 3661/2008), καθίσταται υποχρεωτική η σύνταξης της Μελέτης Ενεργειακή Απόδοσης του κτιρίου, όπου κατατίθεται στην Πολεοδομία μαζί με όλες τις υπόλοιπες μελέτες για την έκδοση οικοδομικής άδειας, καθώς και σε περίπτωση ριζικής ανακαίνισης ενός κτιρίου.

Σε αυτήν καθορίζονται οι ελάχιστες ενεργειακές προδιαγραφές στα νεοαναγειρόμενα κτίρια αξιοποιώντας τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων.

Στόχος της ΜΕΑ είναι η ελαχιστοποίηση όσο είναι δυνατόν της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου μέσω:

- Του βιοκλιματικού σχεδιασμού του κτιρίου, αξιοποιώντας τη θέση του κτιρίου ως προς τον περιβάλλοντα χώρο
- Της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου, όσον αφορά τα δομικά υλικά
- Της επιλογής των κατάλληλων ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων υψηλής απόδοσης για θέρμανση, ψύξη, αερισμό, φωτισμό
- Της χρήσης ΑΠΕ

- Της χρήσης διατάξεων αυτομάτου ελέγχου και αυτοματισμών των Η/Μ εγκαταστάσεων [68].

Η ΜΕΑ μέσω του ΚΕΝΑΚ καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις για τα νέα και τα ριζικώς ανακαινιζόμενα κτίρια και κατατάσσει το κτίριο με βάση κάποια πρότυπα που αφορούν τη μεθοδολογία υπολογισμού όλων των ειδών των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων. Με βάση την απαιτούμενη ενεργειακή αποδοτικότητα και συμπεριφορά, όλα τα προαναφερθέντα κτίρια θα πρέπει να ανήκουν τουλάχιστον στην κατηγορία **B**, όπου ανήκει και το **κτίριο αναφοράς**, το οποίο είναι ένα θεωρητικό κτίριο με ίδια γεωμετρικά στοιχεία, ίδιο προσανατολισμό με το υπό μελέτη κτίριο, που χρησιμοποιεί όμως δομικά υλικά που καλύπτουν τις απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ και ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα με συγκεκριμένες προδιαγραφές, επίσης καθώς και με ίδιο προφίλ λειτουργίας και χρήση με το κτίριο που μελετάται και λειτουργεί στις ίδιες κλιματικές συνθήκες.

Οι κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης (A+, A, B+, B, κλπ) καθορίζονται από ένα εύρος τιμών κατανάλωσης ενέργειας, ανάλογα βέβαια με τη χρήση του κτιρίου και την περιοχή (κλιματική ζώνη) που βρίσκεται.



Εικόνα 76 Κατηγορίες Ενεργειακής Κατάταξης Κτιρίων

Η κατάταξη του κτιρίου γίνεται βάσει της υπολογιζόμενης συνολικής κατανάλωσης ενέργειας για όλες τις τελικές χρήσεις, ανοιγμένη kWh ανά έτος και ανά τετραγωνικό μέτρο δομημένης επιφάνεια του κτιρίου [kWh/m²]. Το κτίριο αναφοράς ανήκει πάντα

στην κατηγορία B στην ενεργειακή κατάταξη, ενώ οι άλλες κατηγορίες καθορίζονται σαν ποσοστό επί της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Η κατάταξη του κτιρίου γίνεται βάσει της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Αξίζει να επισημανθεί ότι τα κτίρια μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας, όπου προφανώς η φιλοσοφία τους βασίζεται στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, παρουσιάζουν ετήσια πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, κλιματισμό, φωτισμό, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης κάτω των 10 kWh/m²/έτος, και φυσικά ανήκουν στην κατηγορία A+.

7. Σχεδιασμός Βιοκλιματικού Κτιρίου σχεδιασμός, χωροθέτηση και προσανατολισμός Βιοκλιματικού Κτιρίου

7.1. Παράμετροι σχεδίασης και χωροθέτησης Βιοκλιματικού Κτιρίου

Όπως αναφέρθηκε, ο μελετητής-μηχανικός, όταν σχεδιάζει ένα βιοκλιματικό κτίριο, πρέπει να λάβει υπόψη μια σειρά παραμέτρων, που ως στόχο έχουν την εξοικονόμηση ενέργειας. Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι το τοπικό κλίμα, καθώς και άλλες περιβαλλοντικές παραμέτρους όπως η ηλιοφάνεια, η βλάστηση, ο άνεμος, η σχετική υγρασία, η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, αλλά και η σκίαση από άλλα κτίρια [69]. Τα κύρια συστήματα του βιοκλιματικού σχεδιασμού, όπως αναφέραμε είναι τα παθητικά συστήματα, που ενσωματώνονται στα κτίρια και στοχεύουν στην αξιοποίηση του περιβάλλοντος, ώστε να εξασφαλίσουν με φυσικό τρόπο ψύξη, θέρμανση, φωτισμό και αερισμό για τα κτίρια.

Η προσέγγιση για την επίτευξη του στόχου της εξοικονόμησης ενέργειας σε κάθε κατασκευή είναι διαφορετική, ανάλογα με τον τύπο του κτιρίου, το μέγεθος και την τοποθεσία του.

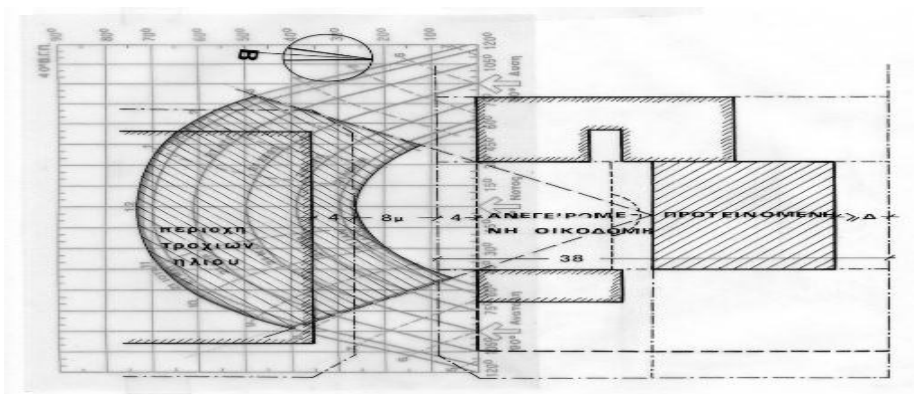
Όμως, σε όλα τα κτίρια πρέπει να γίνεται η χρήση των βημάτων που φαίνονται στην παρακάτω εικόνα (77), για να εξασφαλιστεί χαμηλή κατανάλωση ενέργειας [70].



Εικόνα 77 Βήματα για σχεδιασμό Βιοκλιματικού κτιρίου

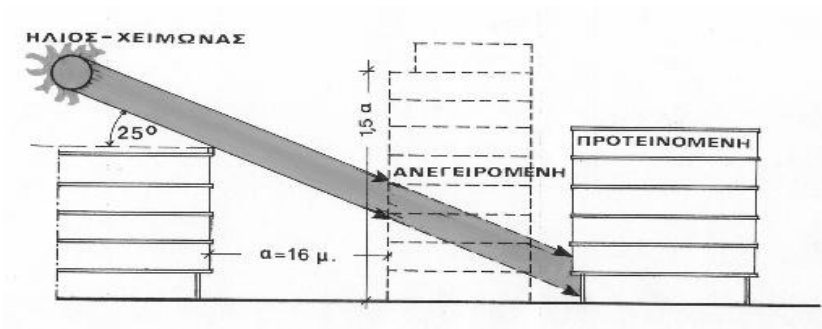
7.2. Χωροθέτηση του οικοπέδου

Ο σωστός προσανατολισμός των κτιρίων είναι σημαντικός για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανσή τους. Ο νότιος προσανατολισμός προσφέρει τις καλύτερες δυνατότητες. Επιτυγχάνει περισσότερες ώρες αποτελεσματικού ηλιασμού των κτιρίων το χειμώνα και δίνει ταυτόχρονα τη δυνατότητα αποτελεσματικού σκιασμού τους το καλοκαίρι [71]. Η χωροθέτηση του νέου κτιρίου στο οικόπεδο πρέπει να επιτυγχάνει νότιο προσανατολισμό της μεγαλύτερης όψης του, με μεγαλύτερη απόκλιση το πολύ $\pm 30^\circ$ (ανατολικά ή δυτικά) από το νότο. Σε περίπτωση αστικού κτιρίου με όψεις ελεύθερες μόνον σε ανατολή και δύση, η δυνατότητα προσανατολισμού προς το νότο μπορεί να επιτευχθεί αν κατασκευαστεί το κτίριο με προεξοχές, των οποίων η όψη στρέφεται προς το νότο.



Εικόνα 78 Έλεγχος του ηλιασμού μιας ανεγερθείσας και μιας προτεινόμενης θέσης της οικοδομής

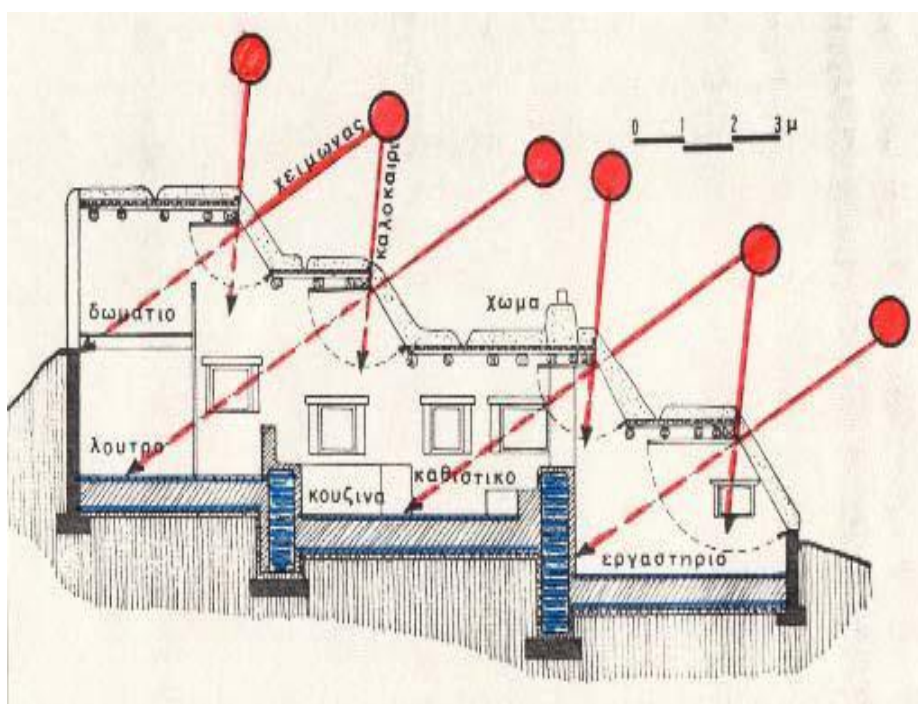
Ο έλεγχος του ηλιασμού του κτιρίου γίνεται με τη βοήθεια των ηλιακών χαρτών, βάσει των οποίων καθορίζεται και η απόσταση από τα γειτονικά κτίρια-εμπόδια και καθορίζεται η τελική τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο, όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα. Υπάρχει ένας εμπειρικός κανόνας για τον έλεγχο του ηλιασμού το χειμώνα, ο οποίος αναφέρει ότι για νότιο προσανατολισμό η απόσταση ανάμεσα στο υπό μελέτη κτίριο και το εμπόδιο πρέπει να είναι ίση με $1,5 \times$ το ύψος του εμποδίου.



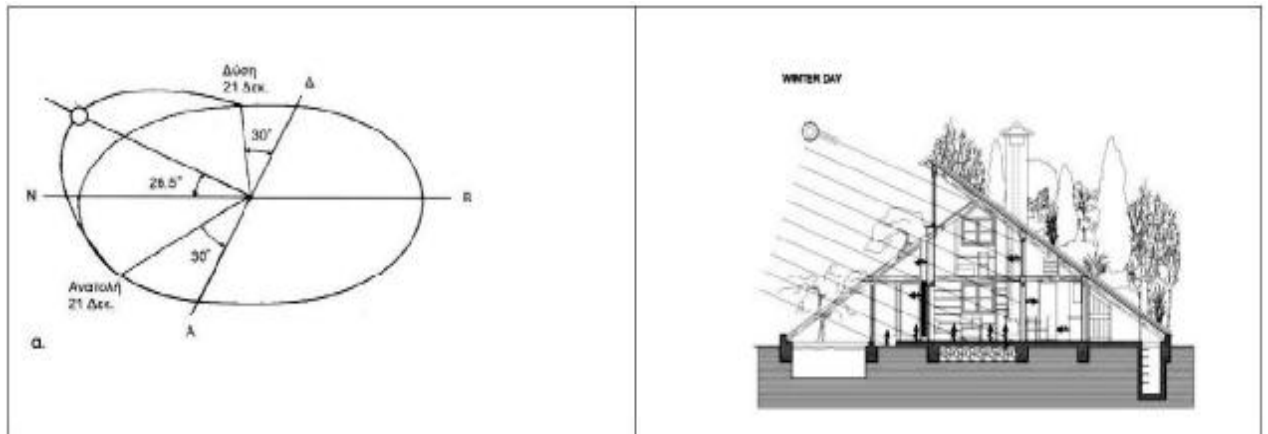
Εικόνα 79 Ηλιασμός οικοδομής, στην περίπτωση υ πογ ώρησης στ ο οικόπεδο

7.3. Σχήμα κτιρίου

Για το κλίμα της Ελλάδας, το καταλληλότερο σχήμα είναι αυτό κατά τον άξονα ανατολής-δύσης, με μεγαλύτερη πλευρά δηλαδή τη νότια, για την συλλογή της ηλιακής θερμότητας το χειμώνα. Η αναλογία βάθους προς πλάτος της κάτοψης πρέπει να είναι $\approx 1/1,5$, όπως αναφέρθηκε. Όταν, όμως το οικοπέδο είναι επίμηκες κατά τον άξονα βορρά-νότου, τότε καλό θα ήταν να επιλέγονται λύσεις με σπαστούς όγκους ή κλιμακωτή δόμηση του κτιρίου, έτσι ώστε οι πίσω χώροι του να δέχονται όσο περισσότερο δυνατόν ήλιο το χειμώνα όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα [62].

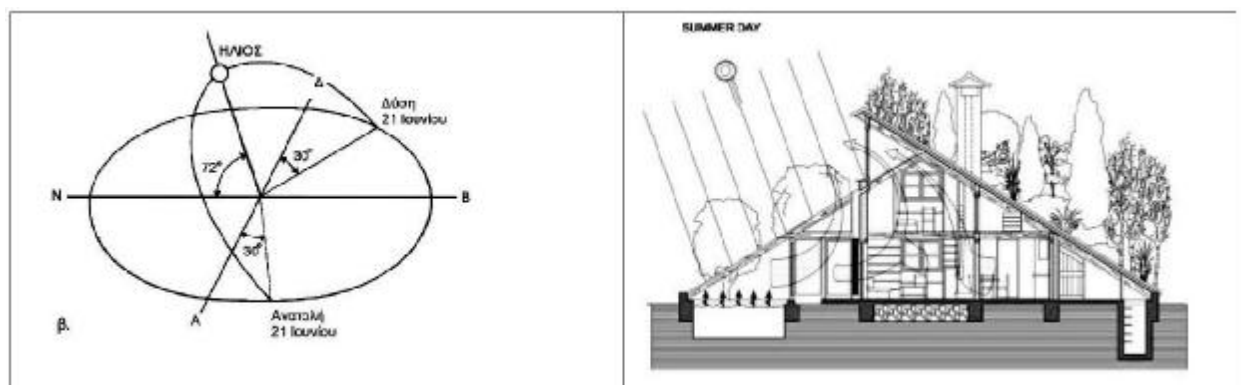


Εικόνα 80 Κτίριο κατ ά τον άξονα βορρά -νότου, σε κλιμακωτή δόμηση



Εικόνα 81 Ηλιασμός κτιρίου το χειμώνα

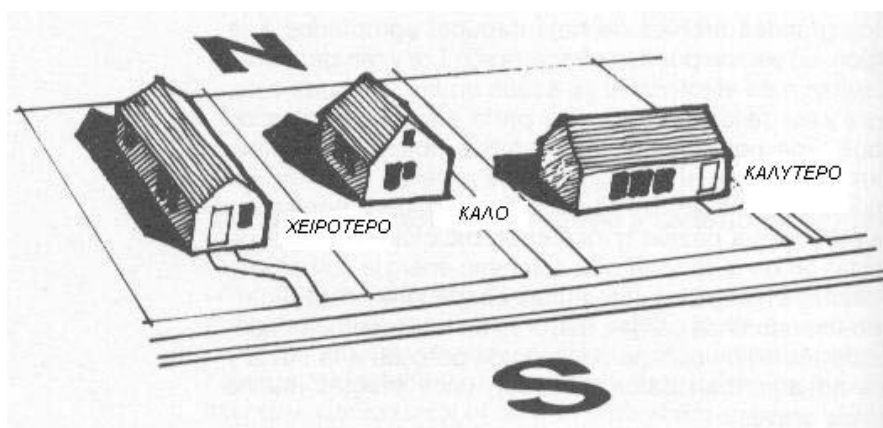
Το καλοκαίρι ο ήλιος ανατέλλει και δύει βορειότερα της Ανατολής και της Δύσης, διαγράφοντας μεγάλη τροχιά. Κινείται πάλι προς την πλευρά του Νότου, αλλά ψηλά στο στερέωμα. Έτσι, οι νότιες όψεις μπορούν να σκιαστούν τελείως με μικρές οριζόντιες προεξοχές.



Εικόνα 82 Ηλιασμός κτιρίου το καλοκαίρι

Τα περισσότερα ανοίγματα καλό είναι να βρίσκονται προς την νότια πλευρά του, προσφέροντας έτσι μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα και λιγότερη το καλοκαίρι. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας για τη θέρμανση των κτιρίων είναι η δέσμευσή της μέσα από τα γυάλινα ανοίγματα του κτιρίου. Όλα τα ανοίγματα του κτηρίου συλλέγουν την ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) και αυτή μετατρέπεται σε θερμότητα και αποθηκεύεται ως θερμική ενέργεια στα δομικά στοιχεία του χώρου, ιδιαίτερα σε εκείνα που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία. Η εσωτερική διαρρύθμιση της κατοικίας διαμορφώνεται στο νότιο τμήμα της το καθιστικό, την κουζίνα και τα υπνοδωμάτια. Η βορινή πλευρά, αν δεν έρχεται σε επαφή σε κάποιο άλλο κτίριο, καλό είναι να προστατεύεται από ψηλά δέντρα ή να

δημιουργούνται σε αυτή κλειστοί χώροι στάθμευσης ή αποθήκες, ώστε να αποφεύγεται η απευθείας επαφή με τους ψυχρούς, βόρειους ανέμους [37].



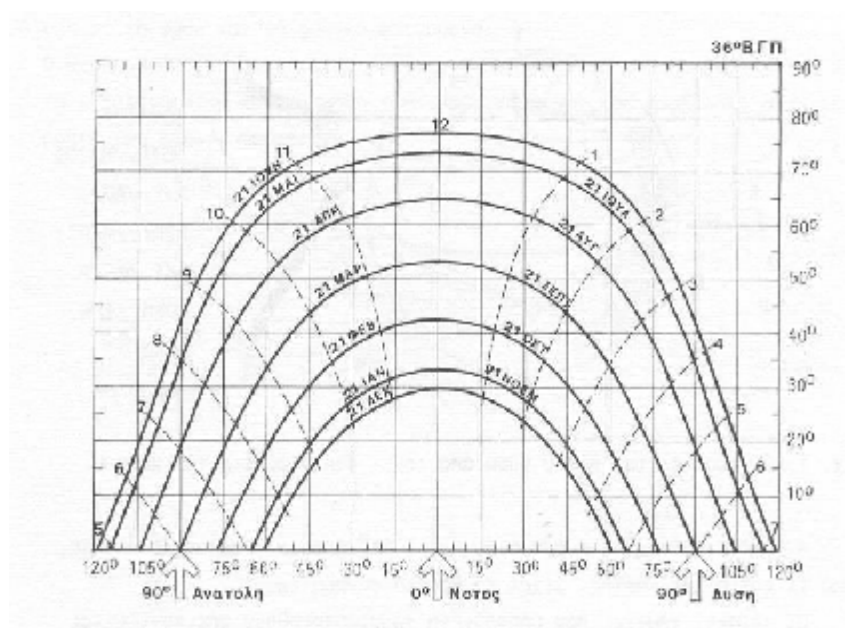
Εικόνα 83 Σωστή χωροθέτηση του κτιρίου

Γενικά ο προσανατολισμός χωρίζεται σε:

α) Νότιο β) Ανατολικό- Δυτικό γ) Νοτιοανατολικό- Νοτιοδυτικό

Όσον αφορά τον νότιο προσανατολισμό είναι σχεδόν απαραίτητα τα οριζόντια, σταθερά ή ακίνητα συστήματα σκίασης λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου κατά την θερινή περίοδο. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος προεξοχής των περσίδων ώστε να εξασφαλίζεται ο θερινός σκιασμός των ανοιγμάτων και η διέλευση του ήλιου στο χώρο το χειμώνα. Για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό είναι προτιμότερο η σκίαση των ανοιγμάτων να γίνεται με κατακόρυφες περσίδες γιατί ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά κοντά στον ορίζοντα. Τέλος όσον αφορά τον νοτιοανατολικό και τον νοτιοδυτικό προσανατολισμό είναι ιδανικός ο συνδυασμός τόσο των οριζόντιων όσο και των κατακόρυφων περσίδων, η οποία ορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου για τους θερινούς μήνες. Η μορφή που θα έχουν τα σκίαστρα, βασίζεται στους ηλιακούς χάρτες και στους μετρητές σκιασμού. Ηλιακοί χάρτες ονομάζονται τα διαγράμματα, τα οποία απεικονίζουν τις φαινόμενες τροχιές του ήλιου στο επίπεδο ορθής προβολής για συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος. Με τα διαγράμματα αυτά προσδιορίζεται η θέση και το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου για κάθε μήνα συνήθως την 21^η του μήνα για όλες τις ώρες της ημέρας. **Όπως είναι προφανές η ενσωμάτωση των φωτοβολταϊκών παραθύρων 5% στα κτίρια**, μέσω των διάφανων δομικών στοιχείων (ανοίγματα-κουφώματα), θα εγκαθίσταται στα ανοίγματα που έχουν κατά κανόνα νότιο προσανατολισμό (με μικρές αποκλίσεις όπου δεν είναι εφικτός ο νότιος προσανατολισμός όπως αναφέρθηκε), για καλύτερη εκμετάλλευση της ηλιακής

ακτινοβολίας Βέβαια τα ανοίγματα που θα επιλεχθούν θα πρέπει να μην έχουν σκιάσεις τόσο τη χειμερινή όσο και την καλοκαιρινή περίοδο. [2][37][66]



Εικόνα 84 Ηλιακός γάρτης για βόρειο γεωγραφικό πλάτος 36^ο

Τέλος το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται τόσο από τους τοίχους όσο και από την οροφή, καθώς και την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται τη νύχτα στην ατμόσφαιρα ρυθμίζοντας τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας και της θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Αυτό αποδεικνύει πως είναι προτιμότερο να βάφονται οι επιφάνειες με ανοιχτά χρώματα ώστε να μην υπάρχει επιβάρυνση των χώρων της κατοικίας με αυξημένες θερμοκρασίες λόγω της εισερχόμενης θερμότητας μέσω αγωγής ή ακτινοβολίας από την οροφή. Στα θερμά κλίματα προτείνεται παράλληλα με το βάψιμο των επιφανειών με ανοιχτά χρώματα, η τοποθέτηση θερμομόνωσης με σκοπό να αποφευχθεί η υπερθέρμανση [72].

7.4. Σχεδίαση για εκμετάλλευση του Φυσικού Φωτισμού

Βασικός στόχος είναι η εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού την κατοικία ώστε να μειώνεται η χρήση τεχνητού φωτισμού. Τα κριτήρια για το σχεδιασμό του φυσικού φωτισμού πρέπει να ανταποκρίνονται τόσο σε ποσοτικές όσο και σε ποιοτικές απαιτήσεις. Ο αρχιτεκτονικός σχεδιασμός καθορίζει την ποσότητα του φυσικού φωτός

που εισέρχεται στο κτίριο και την κατανομή του. Σημαντικό ρόλο παίζει ο προσανατολισμός του κτιρίου, το σχήμα του καθώς και τα ανοίγματά του.

7.4.1. Προσανατολισμός και Φυσικός Φωτισμός

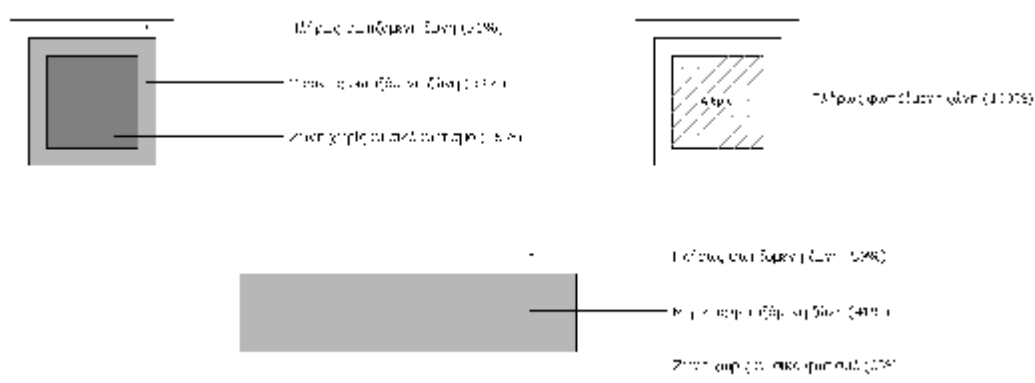
Όσον αφορά τον προσανατολισμό ο νότιος προσανατολισμός είναι αρκετά καλός για την όπως αναφέρθηκε και για την ηλιακή ακτινοβολία αντίστοιχα διαθέσιμη ποσότητα φυσικού φωτός, όπως αναφέρθηκε και για την ηλιακή ακτινοβολία αντίστοιχα, ιδίως τη χειμερινή περίοδο. Η νότια όψη των κτιρίων δέχεται την απευθείας ηλιακή ακτινοβολία σε μεγαλύτερο ποσοστό, και με πιο ομοιόμορφη καλύτερη κατανομή τόσο σε σχέση με τις εποχές όσο και σε σχέση με τη διάρκεια της ημέρας. Τη θερινή περίοδο όμως, λόγω της υψηλής λαμπρότητας και τη συνεχή μεταβολή της στάθμης του φωτισμού, πρέπει να συνοδεύεται και από κατάλληλη σκίαση, γιατί αλλιώς μπορεί να έχουμε ανισοκατανομή του φωτός και φαινόμενα θάμβωσης. Οι χειρότεροι προσανατολισμοί, σε σχέση με το φυσικό φως, είναι ο ανατολικός και ο δυτικός, γιατί δέχονται ανομοιογενή κατανομή της ακτινοβολίας τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και την εναλλαγή μεταξύ των εποχών (μεγαλύτερη ποσότητα το καλοκαίρι και μικρότερη χειμώνα) [62].

7.4.2. Σχήμα κτιρίου και φυσικός φωτισμός

Το σχήμα του κτιρίου είναι καθοριστικό για τη διάσταση των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό σε σχέση με το φωτιζόμενο χώρο, που είναι ο χώρος (τμήμα-εμβαδόν) του δαπέδου που φωτίζεται άμεσα με φυσικό φως ή αλλιώς ζώνη φυσικού φωτισμού. Η ποσότητα του φυσικού φωτός μέσα σ' ένα χώρο προφανώς μειώνεται συναρτήσει της απόστασης από το άνοιγμα. Η αναλογία πλήρως φωτισμένης, μερικώς φωτισμένης και σκοτεινής περιοχής σε ένα κτίριο εξαρτάται από τις διαστάσεις του. Στα μεγάλα κτίρια έχουμε μεγαλύτερη σκοτεινή περιοχή στο εσωτερικό, όταν η επιφάνεια των πλευρικών δομικών στοιχείων (τοιχών-ανοιγμάτων), είναι αρκετά μικρότερη από την επιφάνεια του δαπέδου ή την κάτοψή του, δηλαδή το εμβαδόν του κτιρίου είναι αρκετά μεγαλύτερο από το πλευρική επιφάνεια του των δομικών στοιχείων του ορόφου. Για να καθοριστούν επακριβώς οι ζώνες φυσικού φωτισμού και η αξιοποίηση πρέπει να γίνει μελέτη ανάλογα με το σχήμα του κτιρίου, το πλήθος και τις διαστάσεις των ανοιγμάτων του. Αν κάτι τέτοιο δε συμβαίνει κατά τη μελέτη, γίνεται προσπάθεια επανασχεδιασμού των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του κτιρίου, ώστε να αυξηθούν

οι ζώνες φυσικού φωτισμού και να αξιοποιηθεί καλύτερα ο φυσικός φωτισμός. Κάποιες όμως, γενικές αρχές για τη σχεδίαση του σχήματος του κτιρίου είναι οι εξής:

- Σε κτίριο με τετράγωνη κάτοψη το 16% της κάτοψης δε δέχεται καθόλου φυσικό φωτισμό. Ένα ποσοστό 50% φωτίζεται πλήρως και το υπόλοιπο 33% μερικώς.
- Σε κτίριο με ορθογώνια κάτοψη, γενικά δεν δημιουργούνται σκοτεινοί χώροι. Η περιοχή
- Σε κτίριο με τετράγωνη κάτοψη και κεντρικό αίθριο, όλοι οι χώροι φωτίζονται πλήρως με φυσικό φως [62].



Εικόνα 85 περιπτώσεις κάτοψης πολυώροφων κτιρίων, και η επίδρασή τους στο φυσικό φωτισμό των χώρων

7.4.3. Άλλες παράμετροι φωτισμού

Η χρήση ανοιχτών χρωμάτων στα δωμάτια μειώνει την ανάγκη περισσότερο φωτισμού. Επιπλέον η αντικατάσταση των κοινών λαμπτήρων πυρακτώσεως με λαμπτήρες φθορισμού σε χώρους βοηθητικούς συνεισφέρει σε μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας [73].

7.5. Αξιοποίηση Φυσικού Αερισμού

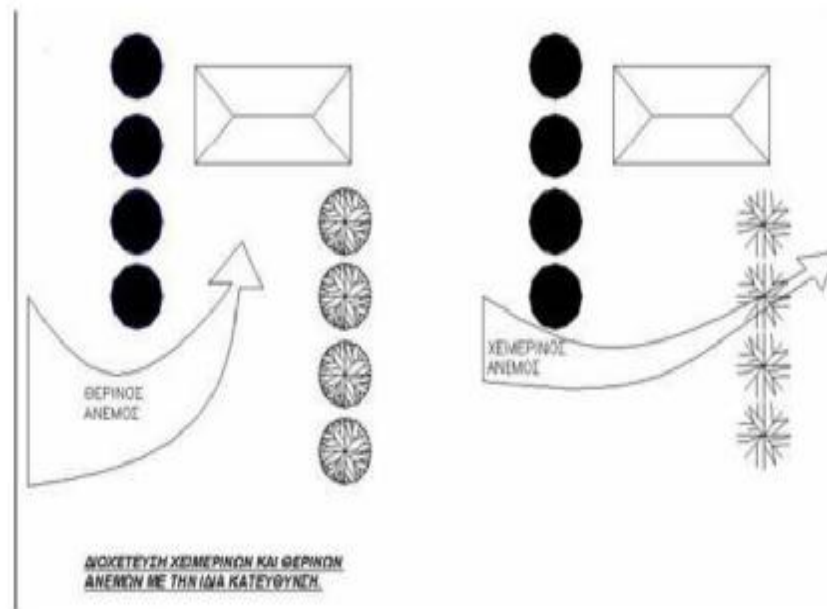
Ο αερισμός των κτιρίων είναι σημαντικός για την απομάκρυνση τόσο του θερμού αέρα όσο και της υγρασίας. Η κίνηση του δροσερού αέρα μέσα στο κτήριο απομακρύνει την πλεονάζουσα θερμότητα προς το ύπαιθρο. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες φυσικού αερισμού είναι:

- Η διεύθυνση και η ένταση των δροσερών ανέμων στην περιοχή τη θερινή

περίοδο

- Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων στο κτίριο

Έτσι επιδιώκεται ο διαμπερής αερισμός με μικρά ανοίγματα προς την βόρεια πλευρά. Ανοίγματα στην οροφή, όπως οι καμινάδες, προκαλούν κατακόρυφο ρεύμα αέρα και είναι πολύ χρήσιμα. Ο δροσισμός της κατοικίας γίνεται όταν στην πορεία του αέρα συναντά μάζες με χαμηλότερη θερμοκρασία που τον ψύχουν [74].



Εικόνα 86 Διοκτεύση χειμερινών και θερινών ανέμων

7.5.1. Κατασκευαστικά στοιχεία στο κέλυφος του κτιρίου για φυσικό αερισμό

Υπάρχουν τρεις βασικές κατασκευές για την επίτευξη του φυσικού αερισμού:

- Η ηλιακή καμινάδα χρησιμοποιείται για φυσικό αερισμό και την απομάκρυνση της υγρασίας από τον εσωτερικό του κτιρίου. Είναι μια καμινάδα, όπου η μια της πλευρά είναι γυάλινη με περσίδες στο άνω μέρος. Στο πάνω μέρος σημείο της καμινάδας τοποθετείται θυρίδα αερισμού προς το εξωτερικό περιβάλλον, επιτρέποντας τη συνεχή κίνηση του αέρα.
- Η καμινάδα αερισμού αποτελεί τεχνική που βασίζεται στην μηχανική κίνηση του αέρα, με χρήση μικρού ανεμιστήρα, τοποθετημένου στο άνοιγμα της καμινάδας.
- Η διπλοκέλυφη τοιχοποιία αποτελεί μια τεχνική, η οποία εφαρμόζεται σε κτίρια κατασκευασμένα από γυαλί. Χρησιμοποιείται για την ανανέωση του

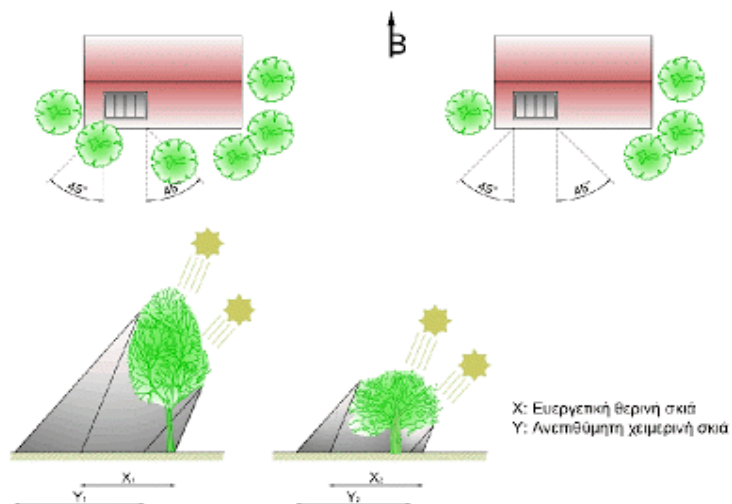
εσωτερικού αέρα ή εναλλακτικά για την απόρριψη της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου [62].



Εικόνα 87 Ηλιακές καμινάδες σε κτίριο

7.6. Σκίαση κτιρίου

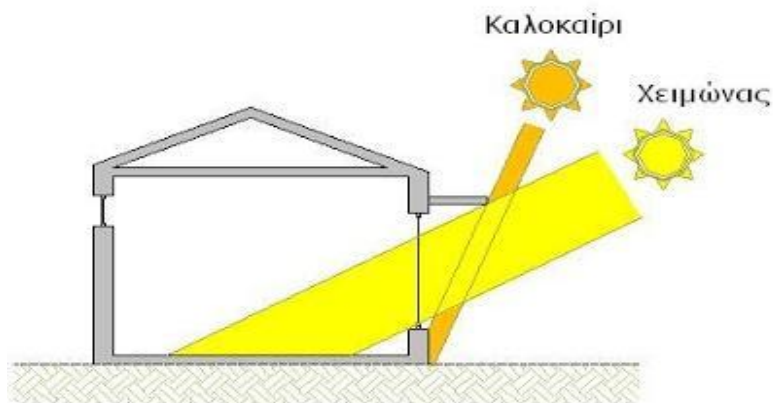
Με τον όρο αυτό εννοούμε τον φυσικό σκιασμό, αυτόν δηλαδή που εξασφαλίζεται με την σκιά των φυλλοβόλων δέντρων και με την βλάστηση με τρόπο τέτοιο ώστε τα καλοκαίρια να μην περνάει το φως του ήλιου στο εσωτερικό του κτιρίου. συμβαίνει διότι η βλάστηση περιορίζει την εξωτερική θερμοκρασία λόγω της ιδιότητας του φυλλώματος να απορροφά την θερμότητα που παράγεται από τον ήλιο [37][75].



Εικόνα 88 Φυσικός Σκιασμός

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων καθώς και η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης σε μορφή, μέγεθος και θέση εξαρτάται από τον προσανατολισμό της όψης.

Δηλαδή, η σκίαση των ανοιγμάτων είναι απαραίτητη στην εξωτερική πλευρά του κτιρίου με σκοπό την αποφυγή της διείσδυσης του ήλιου και της υπερθέρμανσης του κτιριακού χώρου[76].



Εικόνα 89 Γωνία διεύθυνσης του φωτός καλοκαίρι και χειμώνα

Η κατάλληλη επιλογή του συστήματος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων επιτυγχάνεται με την λήψη των βασικών κριτηρίων τα οποία είναι: [13]

- α) Ο προσανατολισμός της όψης ,
- β) Η αισθητική του κτιρίου,
- γ) Η μορφολογία των ανοιγμάτων,
- δ) Η χρήση του χώρου ανάλογα με το αν είναι κατοικία ή εργασιακός χώρος,
- ε) Το κόστος της κατασκευής, ως αρχική επένδυση και ως κόστος λειτουργίας.

7.7. Θερμομόνωση κτιρίου

Οι θερμικές απώλειες προκαλούνται σε ένα κτίριο από τη μετάδοση της θερμότητας του αέρα ενός εσωτερικού χώρου προς την ατμόσφαιρα ή προς ψυχρότερους γειτονικούς χώρους ή/και αντίστροφα. Είναι γνωστό ότι, ανάμεσα σε δύο σώματα με διαφορετικές θερμοκρασίες, προκαλείται μία συνεχής ροή θερμότητας από το θερμότερο προς το ψυχρότερο, κάτι που συμβαίνει το χειμώνα από το εσωτερικό του κτιρίου προς τον εξωτερικό κρύο αέρα, αλλά και το καλοκαίρι, από τον εξωτερικό θερμό αέρα προς το δροσερότερο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτή η ροή θερμότητας είναι αδύνατο να εμποδιστεί τελείως και μπορεί, μόνο, να περιοριστεί ως προς την ένταση και τη διάρκειά της. Αυτό γίνεται κατορθωτό με την θερμομόνωση του κτιρίου κτιρίου η οποία επιβραδύνει την ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας μέσα από τις επιφάνειες

(τοιχοι, στεγες, πατώματα, κουφώματα) που χωρίζουν περιοχές ή χώρους διαφορετικής θερμοκρασίας [37][66].

Εικόνα 90 Τοποθέτηση Θερμομόνωσης στο στάδιο κατασκευής



7.8. Πράσινες στέγες

Η οροφή πρέπει να προστατεύει το κτίριο από την βροχή και την υγρασία, να έχει την απαραίτητη κλίση ώστε να απομακρύνονται τα νερά και να παρέχει θερμική

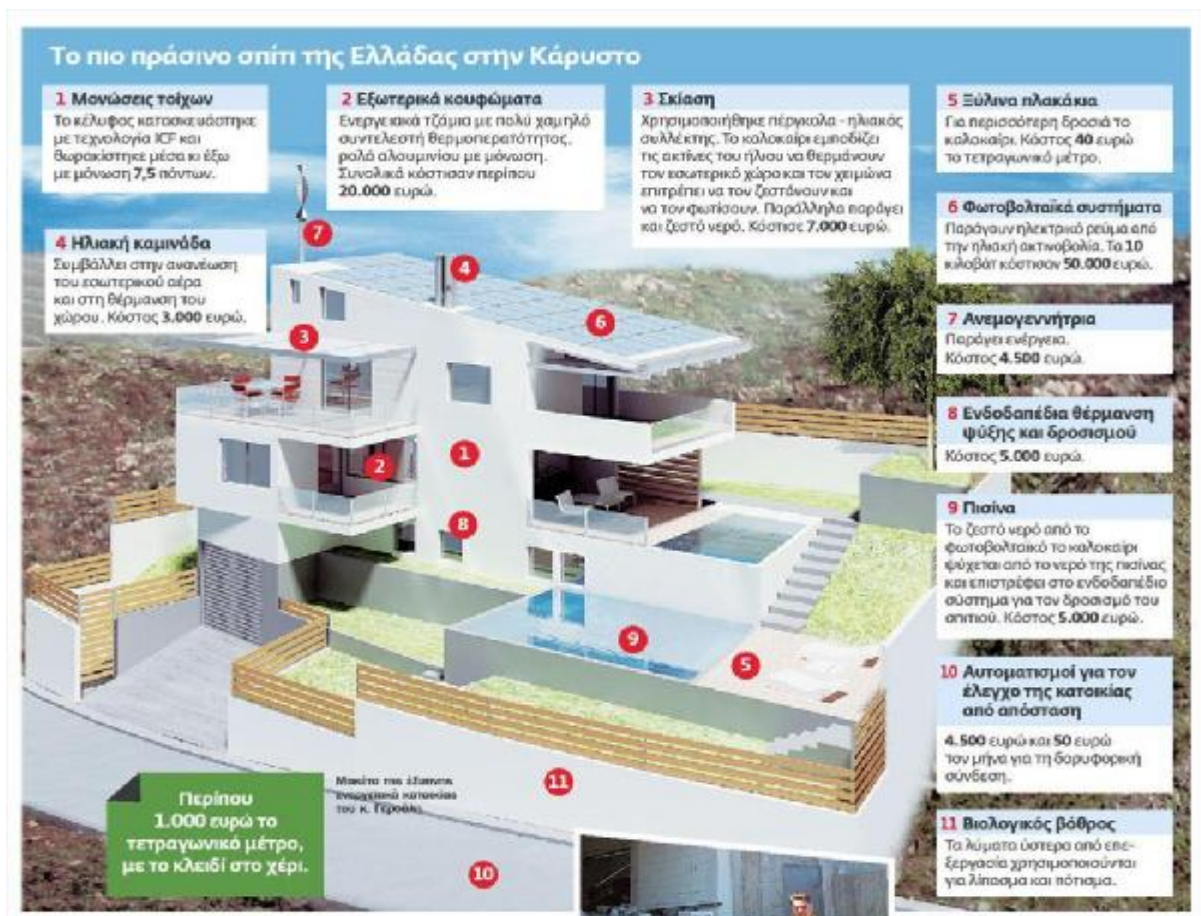


Εικόνα 91 Πράσινες στέγες εξωτερικό και ελλάδα

προστασία. Μια αισθητικά ελκυστική λύση που συμβάλλει στην μόνωση της οροφής και συνεισφέρει σ' ένα υγιές περιβάλλον είναι το «φυτεμένο δώμα» ή «πράσινη στέγη». Η φυσική σκιά των φυτών και το χώμα συμβάλλει στην μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας του δώματος, καθώς και στην ισόρροπη αστική διαβίωση (βιότοπος για πουλιά, κ.ά.) [2].

7.9. Το πιο πράσινο σπίτι της Ελλάδας

Ένα παράδειγμα βιοκλιματικής κατοικίας έχει κατασκευαστεί στην Κάρυστο. Το κέλυφος κατασκευάστηκε με μόνωση 7,5 πόντων. Για την κατασκευή χρησιμοποιήθηκε μόνο μπετόν και τα εσωτερικά χωρίσματα έγιναν με διπλή γυψοσανίδα και πετροβάμβακα. Το σπίτι έχει προσανατολισμό στον Νότο και «βλέπει» στη θάλασσα. Τα ανοίγματά του βρίσκονται όλα στη Δύση και στον Νότο, ώστε να εξασφαλίζονται ψύξη το καλοκαίρι και θέρμανση τον χειμώνα.



Εικόνα 92 Το πράσινο σπίτι της Κάρυστου

Επίσης διαθέτει ενεργειακά τζάμια, πλαστικά κουφώματα και ρολά αλουμινίου με μόνωση. Για θέρμανση επιλέχτηκε η ενδοδαπέδια, διότι έχει καλύτερη απόδοση. Το παράδοξο είναι ότι το σπίτι δεν έχει λέβητα. Το νερό που περνά στο ενδοδαπέδιο σύστημα έχει θερμανθεί με τη βοήθεια ενός φωτοβολταϊκού συστήματος νέας τεχνολογίας που παράγει περισσότερο ρεύμα από ό,τι τα κοινά φωτοβολταϊκά. Το

ενδοδαπέδιο σύστημα το καλοκαίρι χρησιμοποιείται και για ψύξη, με μια αντλία θερμότητας. «Το ζεστό νερό των φωτοβολταϊκών», το οποίο δεν χρειάζεται τους ζεστούς μήνες, περνάει μέσα από την πισίνα όπου ψύχεται και στη συνέχεια επιστρέφει στο ενδοδαπέδιο σύστημα για τον δροσισμό του σπιτιού. Επίσης έχει τοποθετηθεί και μια ανεμογεννήτρια, η οποία παράγει έξτρα ρεύμα, καθώς και ένα τεχνητό πηγάδι όπου συλλέγονται τα όμβρια ύδατα και τα νερά από την αποστράγγιση του χώματος. Αυτά τα νερά, αφού περάσουν από ειδικά φίλτρα, γεμίζουν την πισίνα» αναφέρει ο ιδιοκτήτης. Αντί για λάμπες έχουν χρησιμοποιηθεί φωτοσωλήνες και λεντ χαμηλής κατανάλωσης με ρυθμιζόμενη ένταση [78].

Βιβλιογραφία / Αναφορές

1. Σειρά Πληροφοριακού και εκπαιδευτικού υλικού ΗΛΙΟΣ - Τοπικό σχέδιο για την απασχόληση ανέργων στην κατασκευή και τη συντήρηση έργων Α.Π.Ε. με έμφαση στις δράσεις του προγράμματος «ΗΛΙΟΣ» και παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://helios-elearning.com/index.php/infomaterial/edumaterial/legal-exe> προσπελάστηκε 10/08/2017
2. Ι. Τρυπαναγνωστόπουλος, Σημειώσεις μαθήματος “Ενεργειακά θέματα και Περιβάλλον”, 2016, Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών
3. <https://energy-economy.wikispaces.com/%CE%9A%CE%B1%CF%84%CE%B7%CE%B3%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B5%CF%82+%CE%95%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8E%CE%BD+%CE%A0%CE%B7%CE%B3%CF%8E%CE%BD> προσπελάστηκε 10/08/2017
4. Ν. Ανδρίτσος: «Ενέργεια και Περιβάλλον» Ηλεκτρονικές Σημειώσεις, διαθέσιμο: http://eclass.uth.gr/eclass/modules/document/file.php/MHXB122/Enotita_1.pdf προσπελάστηκε 10/08/2017
5. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ) Σειρά Πληροφοριακού και Εκπαιδευτικού Υλικού Ενεργειακά Ισοζύγια, διαθέσιμο: <http://eclass.teipat.gr/eclass/modules/document/file.php/465207/%CE%95%CE%A1%CE%93%CE%91%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%A1%CE%99%CE%9F%20%CE%91%CE%A0%CE%95%20%CE%99%CE%99%04.%20%CE%95%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AC%20%CE%99%CF%83%CE%BF%CE%B6%CF%8D%CE%B3%CE%B9%CE%B1.pdf>, προσπελάστηκε 10/08/2017
6. Λήδα Γιαννακοπούλου Δ Τομέας εθνικού ενδιαφέροντος: ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΜΗΜΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ Σεπτέμβριος 2013 ΣΕΙΡΑ: ΚΕΙΜΕΝΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΓΕΤ στο πλαίσιο της διαμόρφωσης στρατηγικής RIS3 2014-2020
7. ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis.html
8. ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: Ετήσια Έκθεση 2009, διαθέσιμο: http://www.cres.gr/kape/CRES_annual_report_2009.pdf, προσπελάστηκε 11/08/2017
9. ΥΠΕΚΑ, Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες πηγές Ενέργειας, 2010-2020, διαθέσιμο:

- <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=vBWJVY3FdTk%3D&>,
προσπελάστηκε 10/08/2017
10. Περιβάλλον και Διαχείριση Ενέργειας, διαθέσιμο:
<http://www.allaboutenergy.gr/Piges23.html>, προσπελάστηκε 10/08/2017
 11. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, Υπουργείο Ενέργειας και
Κλιματικής Αλλαγής, διαθέσιμο: <http://www.ypeka.gr/?tabid=285>,
προσπελάστηκε 10/08/2017
 12. Υδροηλεκτρικό έργο Γλαύκου- ΙΤΙΑ, διαθέσιμο:
itia.ntua.gr/~nikos/energy/glaykos.pdf, προσπελάστηκε 10/08/2017
 13. Wikipedia: Κυψέλη καυσίμου, διαθέσιμο:
https://el.wikipedia.org/wiki/Κυψέλη_καυσίμου, προσπελάστηκε
10/08/2017
 14. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙ ΕΝΑΡΜΟΝΙΟΝ,
Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα, διαθέσιμο:
http://eco-lab.blogspot.gr/2010/09/blog-post_26.html, προσπελάστηκε
10/08/2017
 15. Γ. Λευθεριώτης, ‘Αιολική Ενέργεια – σημειώσεις για το μάθημα
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας’, 2012, Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο
Πατρών
 16. Γ. Λευθεριώτης, ‘Υδραυλικά Φαινόμενα – σημειώσεις και διαφάνειες για
το μάθημα Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας’, 2016, Τμήμα Φυσικής,
Πανεπιστήμιο Πατρών.
 17. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης
Καστρίου 2013, **Εισήγηση** Γιώργου Σαββόπουλου, *Μέλος της Π.Ο. του
ΚΠΕ Καστρίου*, διαθέσιμο: <http://kpe-kastr.ark.sch.gr/site/>, προσπελάστηκε
10/08/2017.
 18. EPIA Roadmap –σελιδα 5 -European photovoltaic industry association
 19. Φωτοβολταϊκή Τεχνολογία, Κ. Καγκαράκη, καθηγητή Ε.Μ. Πολυτεχνείο,
εκδόσεις συμμετρία, 1992, Αθήνα
 20. Λεξικό της Ελληνικής γλώσσας Γ. Μπαμπινιώτης εκδόσεις Κέντρο
λεξικολογίας, 2002 Αθήνα
 21. “Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ”, Ζερβός Α., Πολυτεχνιακές Εκδόσεις,
Αθήνα 2005
 22. Εισαγωγή στην ειδική θεωρία της σχετικότητας, Ματθαίου Ν.
Μιχαλοδημητράκη, σελ 11, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ. 1991
Θεσσαλονίκη
 23. “Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας ”, Ζερβός Α., Πολυτεχνιακές Εκδόσεις,
Αθήνα 2005.
 24. Εισαγωγή στην ειδική θεωρία της σχετικότητας, Ματθαίου Ν.
Μιχαλοδημητράκη, σελ 11, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ. 1991
Θεσσαλονίκη
 25. <http://code8200.nrl.navy.mil/vanguard.html>, spacecraft engineering
department 8200

26. Global Market Outlook for Photovoltaics until 2012 Facing a sunny future
σελ. 2 EPIA-European Photovoltaic Industry Association
27. The current state of the PV markets and PV technologies Dr. STATHIS
TSELEPIS Proceedings of International Conference: “The Integration of the
Renewable Energy Systems (R.E.S.) into the Building Structures”, 7-10
July 2005, Patra, Greece.
28. Η εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Προοπτικές και
Προτεραιότητες προς τον στόχο του 2010 Σ. Τσελεπής ΚΑΠΕ _3ο Εθνικό
Συνέδριο, 23-25 Φεβρουαρίου 2005
29. Εισαγωγή στην Πυρηνική Φυσική, Στεφάνος Χ. Χαραλάμπους Καθηγητής
Α.Π.Θ. , εκδόσεις Ζήτη 1981 Θεσσαλονίκη
30. Φυσική, Θερμότητα – Ηλεκτρισμός, σελ 198-199, Δ.Σ. Κυριάκος,
αναπληρωτής καθηγητής, Γ.Λ. Μπλέρης, καθηγητής τμήματος Φυσικής
Α.Π.Θ. εκδόσεις Ζήτη 1998 Θεσσαλονίκη
31. Αρχές Γενικής Χημείας σελ 48-50 Γ Μανουσάκη, Π Ασλανίδη, Χ Μπόλου
καθηγητές τμήματος Χημείας Α.Π.Θ. 1994 Θεσσαλονίκη
32. Electronic Principles, Fifth Edition, Malvino σελ 39 ως 42, εκδόσεις Α.
Τζιόλα, 1995 Θεσσαλονίκη
33. Γενική Ηλεκτρονική τόμος Α σελ 151 ως 157 Κ.Α. Καρύμπακας,
Καθηγητής της Ηλεκτρονικής της Σ.Θ.Ε. του Α.Π.Θ. 1988 Θεσσαλονίκη
34. Γενικά ηλεκτρονικά, Εμμανουήλ Γ. Τσαγανάκη , Ίδρυμα Ευγενιδίου σελ
106 ως 110 β έκδοση, 1995 Αθήνα
35. Το φωτοβολταϊκό φαινόμενο, διαθέσιμο:
<http://www.ostrisolar.gr/index.php/2011-03-04-23-37-35> προσπελάστηκε
12/08/2017
36. Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες,
Σύνταξη Τομέας εκπαίδευσης ΚΑΠΕ, 2006 Αθήνα
37. Π.Γρουμπός, Σημειώσεις μαθήματος: “Ευφυής Έλεγχος Ηλεκτρικών
Ενεργειακών Συστημάτων”, 2016, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών.
38. Πύλη Παιδαγωγικού υλικού για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση-
Φωτοβολταϊκά - Ένας πρακτικός οδηγός, διαθέσιμο: goo.gl/gIMg14 ,
προσπελάστηκε 27/08/2017
39. Φωτοβολταϊκά συστήματα αυτόνομα και διασυνδεδεμένα στο δίκτυο της
Δ.Ε.Η, Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα καβάλας Τμήμα ηλεκτρολογίας,
Πτυχιακή Εργασία, Αντωνάκα Σαράντη, 2009
40. Ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά: Η τεχνολογία του μέλλοντος, Διαθέσιμο:
[https://energypress.gr/news/ensomatomena-fotovoltaika-i-tehnologia-toy-
mellontos](https://energypress.gr/news/ensomatomena-fotovoltaika-i-tehnologia-toy-mellontos), προσπελάστηκε 27/09/2017
41. Π. Γιαννούλης, Σημειώσεις μαθήματος “Φωτοβολταϊκά Συστήματα”, 2010,
Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστήμιο Πατρών.
42. Φωτοβολταϊκά Χρήση και εφαρμογές – Οικολογικά χωριά , ΤΕΙ
ΚΑΒΑΛΑΣ, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Τομέα Ηλεκτρολογίας,
Χρήστου Τσαγκαράκη-Στυλιανού Κασάπη

43. Διάφανες Ηλιακές Κυψέλλες, άρθρο του MIT, Διαθέσιμο: <http://energy.mit.edu/news/transparent-solar-cells/>, προσπελάστηκε 27/09/2017
44. Κ.Καγκαράκης, (1992), « Φωτοβολταϊκή τεχνολογία », Εκδόσεις Συμμετρία
45. ECO Library GRΑρχειοθήκη Οικολογικών Ειδήσεων, Όλα όσα πρέπει να ξέρετε για τα διάφανα φωτοβολταϊκά πάνελ. Διαθέσιμο: <http://www.ecotimes.gr/845/%CE%B4%CE%B9%CE%AC%CF%86%CE%B1%CE%BD%CE%B1-%CE%B7%CE%BB%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AC-%CF%80%CE%AC%CE%BD%CE%B5%CE%BB-%CF%8C%CE%BB%CE%B1-%CF%8C%CF%83%CE%B1-%CF%80%CF%81%CE%AD%CF%80%CE%B5%CE%B9-%CE%BD%CE%B1/>, προσπελάστηκε 27/09/2017
46. Π. Γιαννούλης ,Τα έξυπνα παράθυρα, Διαθέσιμο: <http://www.pemptousia.gr/2012/02/29250/> , προσπελάστηκε 27/09/2017
47. Τυπολογία Ελληνικών Κτιρίων Κατοικίας Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας, Ε.Γ. Δασκαλάκη, Κ. Δρούτσα,Κ.Α. Μπαλαράς, Σ. Κοντογιαννίδης Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
48. <http://www.b2green.gr/el/post/48005/> προσπελάστηκε 01/08/2017
49. Θ. Τσούτσος & Ζ. Γκούσγκος, Φωτοβολταϊκά συστήματα ενσωματωμένα σε κτίρια, Τεχνικός Οδηγός και Παραδείγματα Βέλτιστων Πρακτικών,2009, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, διαθέσιμο: http://www.resel.tuc.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=44&lang=el , προσπελάστηκε 27/09/2017
50. Θ. Τσούτσος & Ζ. Γκούσγκος, Φωτοβολταϊκά συστήματα ενσωματωμένα σε κτίρια, Προοπτικές και πλεονεκτήματα, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, διαθέσιμο: http://www.resel.tuc.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=44&lang=el , προσπελάστηκε 27/09/2017
51. Πύλη Παιδαγωγικού υλικού για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση-Φωτοβολταϊκά - Ένας πρακτικός οδηγός, διαθέσιμο: goo.gl/gIMg14 , προσπελάστηκε 27/09/2017
52. Ν. Γεραλής, Ενσωματωμένα Φωτοβολταϊκά στα Κτίρια και Αντικεραυνική τους Προστασία, 2016, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Πατρών, διαθέσιμο: nemertes.lis.upatras.gr, προσπελάστηκε 16/10/2017
- 53.
54. Patrina Eiffert, Gregory J. Kiss “Building-Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures. A Sourcebook for Architects”, διαθέσιμο: <http://www.kisscathcart.com/pdf/Building-Integrated->

- Photovoltaic-Designs-for-Commercial-and-Institutional-Structures.pdf
προσπελάστηκε 27/09/2017
55. Friedrich Sick, Thomas Erge “Photovoltaics in buildings. A Design Handbook for Architects and Engineers” - International Energy Agency, διαθέσιμο: https://www.iea-shc.org/data/sites/1/publications/task16-photovoltaics_in_buildings- full.pdf προσπελάστηκε 27/09/2017
 56. Ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά σε νέες κτιριακές εγκαταστάσεις, διαθέσιμο: <https://goo.gl/AmncHa> προσπελάστηκε 28/09/2017
 57. Ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά – Υβριδικά ηλιακά συστήματα, διαθέσιμο: http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview_news/89477.asp προσπελάστηκε 28/01/2017
 58. Παθητικό Σπίτι, διαθέσιμο : <http://www.ergatex.gr/energy-construction/icf-and-kenak/> προσπελάστηκε Ιανουάριος 29/10/2017
 59. Εργατική Πολυκατοικία στον Δήμο Τάυρου, διαθέσιμο: http://www.cres.gr/energy-saving/efarmoges_polykatoikia.htm προσπελάστηκε 28/01/2017
 60. Κτίριο Προμηθέας Πυρφόρος στην Αθήνα, διαθέσιμο: <http://www.promitheaspirforos.gr/> προσπελάστηκε 29/10/2017
 61. Ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά , διαθέσιμο: http://www.4green.gr/data/fotovoltaika/news/preview_news/88849.asp?pageprint=true, προσπελάστηκε 30/09/2017
 62. Τα πρώτα κάθετα φωτοβολταϊκά για τα κυπριακά κτίρια, διαθέσιμο: <http://energypress.gr/news/ta-prota-katheta-fotovoltaika-gia-ta-kypriaka-ktiria>, προσπελάστηκε 30/09/2017
 63. ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ
 64. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΑΡΘΡΟ ΤΗΣ: ΝΙΟΒΗΣ Ν. ΧΡΥΣΟΜΑΛΛΙΔΟΥ, Αρχιτέκτονος Μηχ., Αναπληρώτριας Καθηγήτριας, του Τομέα Επιστήμης & Τεχνολογίας των Κατασκευών στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ, <http://www.evonymos.org/greek/viewarticle.asp?id=1808>,
 65. http://www.cres.gr/energy-saving/enimerosi_bioclimatikos.html
 66. http://www.cres.gr/kape/energeia_politis/energeia_politis_active_solar.html
 67. ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ, Εργασία 4ο ΓΕΝΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΒΥΡΩΝΑ 2011-2012, διαθέσιμο: [4lyk-vyron.att.sch.gr/.../BIOKLIMATIKI_ARXITEKTONIKI.pdf](http://www.4lyk-vyron.att.sch.gr/.../BIOKLIMATIKI_ARXITEKTONIKI.pdf), προσπελάστηκε 16/10/2017
 68. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΤΙΡΙΩΝ- ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ, Κλειώ Ν. Αζαρλή, Σημειώσεις για το μικρής διάρκειας σεμινάριο του Τμήματος Κεντρικής Μακεδονίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας με γενικό τίτλο «Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων

69. Μελέτη Ενεργειακή απόδοσης , ΥΠΕΚΑ, διαθέσιμο: <https://www.teelar.gr/...Apodoshs/Paradeigma Meleths Energeiakhs Apodoshs.pdf>, προσπελάστηκε 16/11/2017
70. Χεγκάζι Κατερίνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, τμήμα μηχανολόγων μηχανικών, διπλωματική εργασία, με θέμα τη Βιοκλιματική Δόμηση & Βιώσιμη Ανάπτυξη, Επιβλέπων Καθηγητής: Ζερβός Αρθούρος, Αθήνα 2009
71. Αθανάσιος Α. Γραμματικόπουλος Μηχ/γος Μηχ/κός Ενέργειας ΤΕΕ / ΤΚΜ Κτίρια χαμηλής Ενεργειακής Κατανάλωσης Τεχνολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας
72. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, <http://www.cres.gr/energy-saving/index.html>,
73. Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη: Οικολογικά Κτίρια σε Αειφόρες Πόλεις, <http://www.evonymos.org/greek/eidikathemata.asp?parentid=14>
74. GreenBuilding.gr, διαθέσιμο <http://www.greenbuilding.gr/> προσπελάστηκε 16/10/2017
75. ΚΑΠΕ, Ενεργητικά ηλιακά συστήματα, Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Αθήνα, 1998
76. ΚΑΠΕ, Ο ρόλος της Ανθρώπινης συμπεριφοράς στην Εξοικονόμηση Ενέργειας, Ευρωπαϊκή Επιτροπή -Γεν.Διεύθυνση για την Ενέργεια (XVII), Αθήνα, 1997
77. Τσίππρας Κ., Το οικολογικό σπίτι, εκδ. Λιβάνη, Αθήνα, 1996
78. ΚΑΠΕ, Παθητικά ηλιακά συστήματα, Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Αθήνα, 1998
79. Κάρυστος πράσινο Σπίτι , διαθέσιμο: <http://www.tovima.gr/society/article/?aid=330486> προσπελάστηκε 16/11/2017