



**ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μελέτη εφαρμογής
ενεργειακά αυτόνομης κατοικίας**

Θεόδωρος Θ. Αποστολίδης

Επιβλέπων Καθηγητής: Κιοσκερίδης Ιορδάνης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2022

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη εφαρμογής
ενεργειακά αυτόνομης κατοικίας

Θεόδωρος Θ. Αποστολίδης
Α.Μ.: 20195

Επιβλέπων Καθηγητής: Κιοσκερίδης Ιορδάνης

Copyright@ 2022 Τμήμα Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων, ΔΙ.ΠΑ.Ε.,
<https://www.iee.ihu.gr/>

Το περιεχόμενο της συγκεκριμένης Πτυχιακής Εργασίας αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του/των συγγραφέα/ων, του/της επιβλέποντα/ουσας καθηγητή/τριας και του Τμήματος Πληροφορικής του ΔΙΠΑΕ και προστατεύεται από το νόμο περί πνευματικής ιδιοκτησίας (Νόμος 2121/1993 και κανόνες Διεθνούς Δικαίου που ισχύουν στην Ελλάδα).

ΔΗΛΩΣΗ ΤΗΡΗΣΗΣ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπόγραφα ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας Πτυχιακής Εργασίας, για την ολοκλήρωση της οποίας κάθε βοήθεια είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται με λεπτομέρεια στην πτυχιακή εργασία. Έχω αναφέρει πλήρως και με σαφείς αναφορές όλες τις πηγές χρήσης δεδομένων, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών, είτε κατά κυριολεξία, είτε βάσει επιστημονικής παράφρασης. Αναλαμβάνω την προσωπική και ατομική ευθύνη ότι σε περίπτωση αποτυχίας στην υλοποίηση των ανωτέρω δηλωθέντων στοιχείων, είμαι υπόλογος έναντι λογοκλοπής, γεγονός που σημαίνει αποτυχία στην Πτυχιακή μου Εργασία και κατά συνέπεια αποτυχία απόκτησης Τίτλου Σπουδών, πέραν των λοιπών συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων. Δηλώνω, συνεπώς, ότι αυτή η Πτυχιακή Εργασία προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα προσωπικά και αποκλειστικά και ότι, αναλαμβάνω πλήρως όλες τις συνέπειες του νόμου στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής άλλης πνευματικής ιδιοκτησίας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Τύρελη Ιωάννη για την πολύτιμη βοήθεια του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η μελέτη, ενός ενεργειακά αυτόνομου οικήματος 120 τετραγωνικών μέτρων. Αρχικά, για να ξεκαθαριστεί το νόημα του θέματος αναλύεται η έννοια της ενέργειας και κάποιες από τις μορφές της που ενδιαφέρουν το συγκεκριμένο σκοπό. Επίσης, αναλύεται το ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη καθώς και οι επιπτώσεις της παραγωγής ενέργειας στο περιβάλλον. Στη συνέχεια, εξηγείται η έννοια των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, δίνονται τα χαρακτηριστικά και τα πλεονεκτήματα τους σε σχέση με τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Έχοντας ως κύριο μέρος της εργασίας τα Φωτοβολταϊκά συστήματα παραγωγής ενέργειας, αναλύεται το φωτοβολταϊκό φαινόμενο καθώς και τα διάφορα συστήματα, συμβατικά ή υβριδικά, που μπορούν να κατασκευαστούν. Γνωρίζοντας ότι ένα τέτοιο σύστημα δεν επαρκεί ώστε να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες μιας κατοικίας τέτοιου μεγέθους, χρησιμοποιείται γεννήτρια diesel και αναφέρονται οι λειτουργίες και τα χαρακτηριστικά τέτοιου είδους μηχανών. Επιπλέον, γίνεται ιδιαίτερη ανάλυση στον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων και σε συστήματα φυσικού φωτισμού και δροσισμού για την όσο δυνατότερη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων της εκάστοτε περιοχής. Έπειτα, ακολουθεί η μελέτη για την εγκατάσταση, τα υλικά που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και το συνολικό κόστος μια τέτοιας κατασκευής. Τέλος, δίνεται ένας επενδυτικός οδηγός που αναφέρει τις ενέργειες και τα νομοθετικά πλαίσια που χρειάζεται κάποιος για να πραγματοποιήσει μια τέτοια κατασκευή.

ABSTRACT

The purpose of this dissertation is to design and study an energy autonomous building of 120 square meters. Initially, to clarify the meaning of the subject, the meaning of energy and some of its forms that are related to the specific purpose, are also analysed.

Furthermore, the global energy problem as well as the effects of production energy in the environment are explained. Next, the concept of Renewable Energy Sources is explicated, given their characteristics and advantages over Conventional energy sources.

Having as main part of the project the Photovoltaics power generation systems, the photovoltaic effect is analyzed as well the various systems, conventional or hybrid, that can be built. Knowing that such a system is inadequate to cover energy needs of a house of this size, a diesel generator is used and the functions and characteristics of such machines are reported. In addition, a thorough analysis is made in the bioclimatic design of buildings and in natural light and cooling systems for the best possible exploitation of the natural resources of each area. Consequently, the study on installation, the materials that could be used and the overall cost of such a construction is presented. Finally, an investment guide is given, listing the actions and legislative frameworks which are needed to carry out such a construction.

Περιεχόμενα

ΔΗΛΩΣΗ ΤΗΡΗΣΗΣ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ.....	1
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	4
Περιεχόμενα.....	5
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή – Ενέργεια.....	8
1.1 Ενέργεια.....	8
1.2 Μορφές ενέργειας.....	8
1.3 Ηλιακή Ενέργεια.....	9
1.3.1 Χαρακτηριστικά της ηλιακή ενέργειας.....	9
1.3.2 Άμεση ηλιακή ενέργεια.....	10
1.3.3 Έμμεση ηλιακή ενέργεια.....	10
1.3.4 Ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα.....	10
1.4 Ηλεκτρική Ενέργεια.....	11
1.4.1 Πηγές Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας.....	11
1.4.2 Συμβατικές Πηγές Ενέργειας.....	11
1.5 Ενεργειακό Πρόβλημα.....	12
1.6 Η επάρκεια των αποθεμάτων.....	13
1.7 Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον.....	13
Κεφάλαιο 2ο: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	14
2.1 Τι είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).....	14
2.2 Ιστορική Αναδρομή.....	14
2.3 Πηγές Προέλευσης ΑΠΕ.....	15
2.4 Βασικά χαρακτηριστικά των ΑΠΕ.....	15
2.5 Πλεονεκτήματα -Μειονεκτήματα των ΑΠΕ.....	16
2.6 Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.....	17
Κεφάλαιο 3ο: Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	18
3.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο.....	18
3.2 Το πυρίτιο.....	18
3.3 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα φ/β στοιχείου.....	21
3.4 Η καμπύλη V-I ενός φ/β στοιχείου.....	21
3.5 Φωτόρευμα.....	24
3.6 Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων.....	24
3.7 Φωτοβολταϊκές μονάδες και διατάξεις.....	25
3.8 Ισχύς εξόδου των φωτοβολταϊκών μονάδων.....	26
Κεφάλαιο 4ο: Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	29
4.1 Το σύστημα.....	29
4.2 Συνσωρευτές.....	29
4.3 Συστήματα Ρύθμισης Ισχύος.....	30

4.4 Είδη φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	31
1. Συστήματα Συνδεδεμένα στο Δίκτυο.....	31
2. Συστήματα Απομονωμένα από το Δίκτυο.....	32
4.5 Τρόποι Σύνδεσης Φωτοβολταϊκών συστημάτων στο Δίκτυο Εναλλασσομένου Ρεύματος.....	33
4.6 Ο Αντιστροφέας (Inverter).....	35
4.7 Κατηγορίες αντιστροφέων.....	36
4.8 Χαρακτηριστικά και τρόπος λειτουργίας φ/β αντιστροφέων.....	37
4.9 Εφαρμογές αντιστροφέων.....	39
4.10 Μέσα προστασίας συστήματος.....	39
Κεφάλαιο 5ο: Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα.....	40
5.1. Η έννοια του υβριδικού σταθμού.....	40
5.2. Κατηγοριοποίηση υβριδικών σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας.....	42
5.3 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα.....	44
6.1 Η γεννήτρια DIESEL.....	45
6.1.1 Ιστορική Αναδρομή.....	45
6.1.2 Υπάρχουσες Τεχνολογίες.....	46
6.1.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά.....	46
6.2 Φωτοβολταϊκό Υβριδικό Σύστημα με Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος.....	48
6.2.1 Περιγραφή του Υπό Μελέτη Συστήματος.....	49
Κεφάλαιο 7ο :Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων.....	50
7.1 Χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο.....	53
7.2 Λειτουργική οργάνωση των εσωτερικών χώρων.....	55
7.3 Μορφή κτιρίου.....	57
7.4 Το μέγεθος των ανοιγμάτων.....	58
7.5 Θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων.....	61
7.6 Θερμομόνωση.....	63
7.7 Σκιασμός.....	69
7.8 Θερμική προστασία των εξωτερικών δομικών στοιχείων του σπιτιού.....	72
7.9 Αερισμός κτιρίων.....	72
Κεφάλαιο 8ο: Συστήματα φυσικού φωτισμού - δροσισμού.....	75
8.1 Συστήματα φυσικού φωτισμού.....	75
8.1.1 Κατηγορίες συστημάτων φυσικού φωτισμού.....	75
8.1.2 Τεχνικές φυσικού φωτισμού.....	75
8.1.3 Αξιολόγηση της συμπεριφοράς του φυσικού φωτισμού.....	77
8.1.4 Συστήματα φυσικού φωτισμού.....	79
8.2 Συστήματα φυσικού δροσισμού, κλιματισμού.....	82
8.2.1 Απλές μέθοδοι φυσικού δροσισμού.....	83
8.2.2 Σύνθετες μέθοδοι φυσικού δροσισμού.....	84
8.2.3 Έλεγχος εσωτερικών και εξωτερικών κερδών.....	84
8.2.4 Ψύξη μέσω εδάφους.....	85
8.2.5 Ψύξη μέσω εξάτμισης.....	85
8.2.6 Ψύξη με ακτινοβολία.....	86
8.2.7 Συστήματα σκίασης.....	87
8.3. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα.....	88
Κεφάλαιο 9ο: Σχεδιασμός εγκατάσταση ενεργειακά αυτόνομης κατοικίας.....	91

9.1 Εισαγωγή.....	91
9.2 Υπολογισμός κατανάλωσης.....	91
9.3 Προσανατολισμός των Φ/Β Πλαισίων.....	93
9.4 Υπολογισμός ισχύς αιχμής φωτοβολταϊκής συστοιχίας.....	94
9.5 Απαιτούμενη ισχύς αιχμής.....	95
9.6 Επιλογή και οργάνωση των πάνελ.....	96
9.7 Επιλογή συσσωρευτών.....	98
9.8 Επιλογή ρυθμιστή φόρτισης.....	98
9.10 Επιλογή Η/Ζ.....	100
Κεφάλαιο 10ο: Επενδύσεις , νομοθετικά πλαίσια.....	101
10.1. Ένα νέο επενδυτικό περιβάλλον.....	101
10.2. Νέες επενδύσεις.....	103
10.2.1. Οικιακά συστήματα.....	103
10.2.2. Μικρές εφαρμογές έως 10 kWp σε στέγες επιχειρήσεων.....	105
10.2.3. Μικρές εφαρμογές έως 10 kWp σε στέγες κτιρίων του Δημοσίου και μη κερδοσκοπικών οργανισμών...106	
10.2.4. Εμπορικές-βιομηχανικές στέγες.....	106
10.2.5. Φωτοβολταϊκοί σταθμοί επί εδάφους.....	107
10.3. Παλιές αιτήσεις για φωτοβολταϊκούς σταθμούς.....	107
11. Συμπεράσματα – Επίλογος.....	108
12. Βιβλιογραφία – Αναφορές.....	109

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή – Ενέργεια

1.1 Ενέργεια

Η ενέργεια είναι ο παράγοντας που (κατά τη Φυσική) ενοποιεί διαφορετικά (σε πρώτη όψη) μεταξύ τους φαινόμενα, όπως η φόρτιση ενός συσσωρευτή, η καύση των ξύλων, η λειτουργία ενός κινητήρα εσωτερικής καύσης, η προώθηση των αυτοκινήτων, η λειτουργία ενός ανεμόμυλου κλπ. Όλες αυτές οι διαδικασίες μπορούν να περιγραφούν ως μετατροπές της ενέργειας σε διάφορες μορφές.

Η έννοια της ενέργειας στη Φυσική είναι πρωταρχική και γιαυτό δεν μπορεί να οριστεί χρησιμοποιώντας άλλες έννοιες. Ωστόσο ένας ορισμός που συχνά χρησιμοποιείται είναι ο ακόλουθος: “Ένα σώμα περιέχει μια μορφή ενέργειας όταν υπό ορισμένες συνθήκες, μπορεί να παράγει έργο.

1.2 Μορφές ενέργειας

Η έννοια ενέργεια χρησιμοποιείται ως ενοποιητικός παράγοντας στην περιγραφή διάφορων φυσικών φαινομένων αλλά και τεχνολογικών εφαρμογών. Στο γνωστικό χώρο των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, καθώς και στη σχετική βιβλιογραφία εμφανίζονται αναφορές για πάρα πολλές μορφές ενέργειας. Εδώ θα αναφέρω κάποιες περιληπτικά.

1. **Μηχανική** (mechanical): η ενέργεια της ελεύθερης κίνησης ενός σωματιδίου ή ενός σώματος σε ένα σύστημα.
2. **Θερμότητα** (heat): η ενέργεια της χαοτικής κίνησης και της αλληλεπίδρασης σωματιδίων σε μακροσυστήματα.
3. **Θερμική** (thermal): το ποσοστό της θερμότητας που μπορεί να απελευθερωθεί και να μετατραπεί σε άλλες μορφές ενέργειας, δίνοντας θερμοκρασιακές μεταβολές.
4. **Ηλεκτρική ή ηλεκτροδυναμική** (electric or electrodynamic): η ενέργεια κάθε μορφής τακτικής κίνησης των ηλεκτρονίων στην ύλη.
5. **Βαρυντική** (gravitational): η δυναμική ενέργεια εντατικών καταστάσεων, που προκύπτει από δυνάμεις αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα υλικά σώματα, οι οποίες οφείλονται στο μαγνητικό πεδίο της γης.
6. **Πυρηνική** (nuclear): η δεσμευμένη ενέργεια των πυρήνων που απελευθερώνεται κατά τη σχάση βαρέων πυρήνων και τη σύνθεση ελαφρότερων.
7. **Χημική** (chemical): η ενέργεια που εκλύεται κατά τις χημικές αντιδράσεις, σαν αποτέλεσμα της ανακατανομής των στοιβάδων ηλεκτρονίων στα μόρια.
8. **Ηλεκτροστατική-μαγνητική** (electrostatic-magnetic): η δυναμική ενέργεια ηλεκτρικά φορτισμένων ή μαγνητισμένων σωμάτων σε ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο.
9. **Ελαστική** (elastic): η ενέργεια ενός εντεταμένου ελατηρίου ή ενός συμπιεσμένου ρευστού σε σταθερή θερμοκρασία που οδηγεί σε αποθήκευση ενέργειας. Η ενέργεια αυτή απορρέει από ηλεκτρομαγνητικές, θερμικές και βαρυτικές αλληλεπιδράσεις.

10. Ηλεκτρομαγνητική (electromagnetic): η ενέργεια που μεταφέρεται μέσω ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών.

1.3 Ηλιακή Ενέργεια

Είναι η ενέργεια που προέρχεται από τον ήλιο. Ουσιαστικά είναι ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που εμπεριέχει ένα φάσμα από διαφορετικά μήκη κύματος λ (ή συχνότητες f). Διακρίνεται στο ορατό φάσμα, που γίνεται αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι και είναι το μικρότερο τμήμα της (με μήκη κύματος μεταξύ των ~ 400 nm και ~ 700 nm), και το αόρατο τμήμα της, που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων, τις υπέρυθρες και υπεριώδεις ακτινοβολίες.

Η γη βρίσκεται σε απόσταση 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα από τον ήλιο ,και με δεδομένο ότι ο ήλιος έχει 125 φορές τη διάμετρο της γης ,προκύπτει ότι η τελευταία δέχεται μόλις το 1/109 της ακτινοβολίας που εκπέμπει ο ήλιος . Η ηλικία του ήλιου εκτιμάται μεγαλύτερη από 5 δισεκατομμύρια έτη , ενώ υπολογίζεται ότι ο ήλιος θα συνεχίσει να εκπέμπει ακτινοβολία με τον ίδιο ρυθμό για άλλα τόσα έτη τουλάχιστον. Επομένως η ηλιακή ενέργεια είναι μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας .

1.3.1 Χαρακτηριστικά της ηλιακή ενέργειας

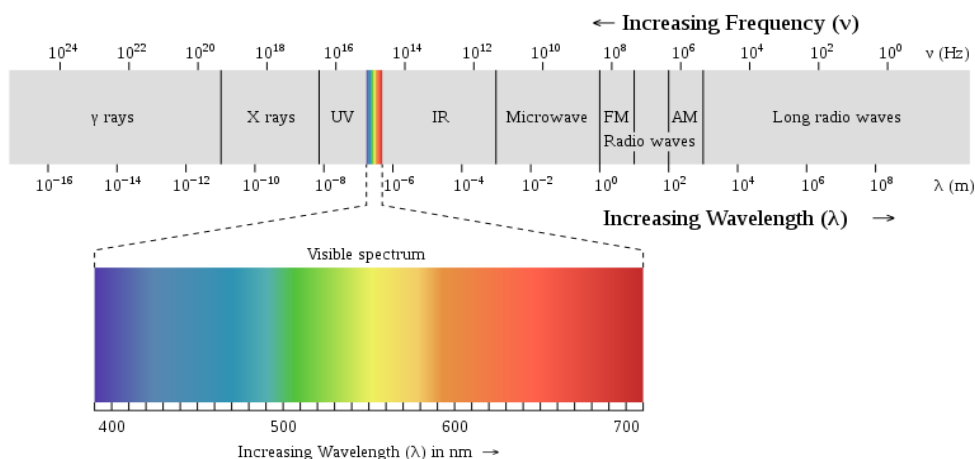
Οι πυρηνικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στον ενεργό πυρήνα του ήλιου οδηγούν σε εσωτερικές θερμοκρασίες της τάξης των 10^7 K και μια εσωτερική ροή ακτινοβολίας ,που απορροφάται από τα εξωτερικά παθητικά στρώματα με αποτέλεσμα να θερμαίνονται έως τους 5800K περίπου. Καθίστανται έτσι μια πηγή ακτινοβολίας με σχετικά συνεχές φάσμα. Η ένταση της ακτινοβολίας που φθάνει από τον ήλιο στα ακρότατα όρια της ατμόσφαιρας της γης έχει μέση τιμή 1395 W/m^2 (με μικρές διακυμάνσεις) και ορίζεται σταθερά .Η ακτινοβολία του ήλιου που καταλήγει στην επιφάνεια της γης και μπορεί να φθάσει την τιμή 1 Kw/m^2 ,όταν ο ήλιος είναι στο ζενίθ ,και καλύπτει το φάσμα μεταξύ 0,3 και $2,5 \mu\text{m}$ με αιχμή στα $0,5 \mu\text{m}$. Η ακτινοβολία αυτή χαρακτηρίζεται ως μικρού μήκους κύματος και συμπεριλαμβάνει το ορατό φως ($0,4$ - $0,7 \mu\text{m}$),συγκεκριμένα κατανέμεται ως εξής :

Υπεριώδης ακτινοβολία ($\lambda < 0,4 \mu\text{m}$) 9%

Ορατό φως ($0,4 < \lambda < 0,7 \mu\text{m}$) 45%

Υπέρυθρη ακτινοβολία ($\lambda > 0,7 \mu\text{m}$) 46%

Για κατοικημένες περιοχές , η λαμβανόμενη θερμότητα λόγω ακτινοβολίας ποικίλει από 3 έως 30 MJ/m^2 την ανάλογα με την τοποθεσία ,την περίοδο του έτους και τις επικροτούσες καιρικές συνθήκες. Αντίστοιχα η ροή θερμότητας από την γη προς το διάστημα (με ακτινοβολία) είναι πάλι της τάξης του 1 Kw/m^2 ,αλλά συμβαίνει σε μήκη κύματος μεταξύ 5 και $25 \mu\text{m}$,ώστε χαρακτηρίζεται ως ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος με αιχμή στα $10 \mu\text{m}$.



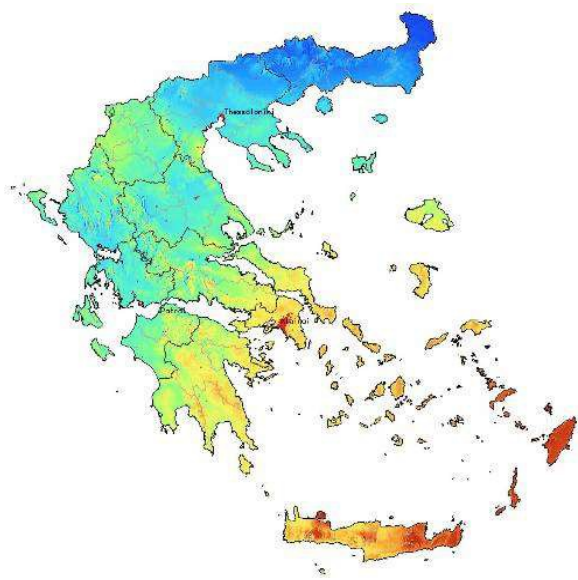
1.3.2 Άμεση ηλιακή ενέργεια

Οι κύριοι τρόποι εκμετάλλευσης της άμεσης ηλιακής ενέργειας, είναι η μετατροπή της σε θερμότητα αλλά και σε ηλεκτρισμό. Όλα τα συστήματα μετατροπής της ηλιακής ενέργειας σε θερμότητα χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τα παθητικά και τα ενεργητικά. Η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό γίνεται επί το πλείστον με τη φωτοβολταϊκή μέθοδο.

1.3.3 Έμμεση ηλιακή ενέργεια

Από την ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στη γη, ποσοστό 1,5%-2,0% μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια αέριων μαζών στην ατμόσφαιρα. Παράλληλα η θερμική επίδραση του ήλιου στους υδάτινους όγκους (εξάτμιση, βροχοπτώσεις, θερμοκρασιακή Διαγόρα ωκεανών, τήξη των πάγων και του χιονιού) προκαλεί έντονη κινητικότητα. Μέσω της εφευρετικότητας του ο άνθρωπος, από πολύ νωρίς κατάφερε να δαμάσει την αιολική ενέργεια (π.χ. ιστιοφόρα, ανεμόμυλοι) και υδραυλική ενέργεια (π.χ. νερόμυλοι). Ιδιαίτερα στην εποχή μας, η χρήση της αιολικής και τις αιολικής ενέργειας έχει αξιοθαύμαστα αποτελέσματα στις διάφορες εφαρμογές της.

1.3.4 Ηλιακή ακτινοβολία στην Ελλάδα



Η χώρα μας συγκαταλέγεται μεταξύ των χωρών υψηλής ακτινοβολίας. Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα στην εφαρμογή των φωτοβολταϊκών συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Από το κέντρο ερευνών της ευρωπαϊκής κοινότητας έχουν γίνει μελέτες για την χώρα μας.

Χαμηλότερη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού με μπλε και υψηλότερη παραγωγή ηλιακού ηλεκτρισμού με κόκκινο.

1.4 Ηλεκτρική Ενέργεια

Είναι η ενέργεια του ηλεκτρικού ρεύματος. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι υψηλής ποιότητας ενέργεια και μπορεί να μετατραπεί σε θερμική, φωτεινή, κινητική κ.λπ. Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η τελική μορφή ενέργειας που συνήθως χρειάζεται να αντληθεί από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

1.4.1 Πηγές Παραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται παγκοσμίως προέρχεται κυρίως από γαιάνθρακες, φυσικό αέριο, πυρηνική ενέργεια και μεγάλα υδροηλεκτρικά εργοστάσια. Η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι μόνο 2%. Η τάση πάντως της χρησιμοποίησης των ανανεώσιμων τεχνολογιών δίνει ενθαρρυντικά μηνύματα για το μέλλον.

1.4.2 Συμβατικές Πηγές Ενέργειας

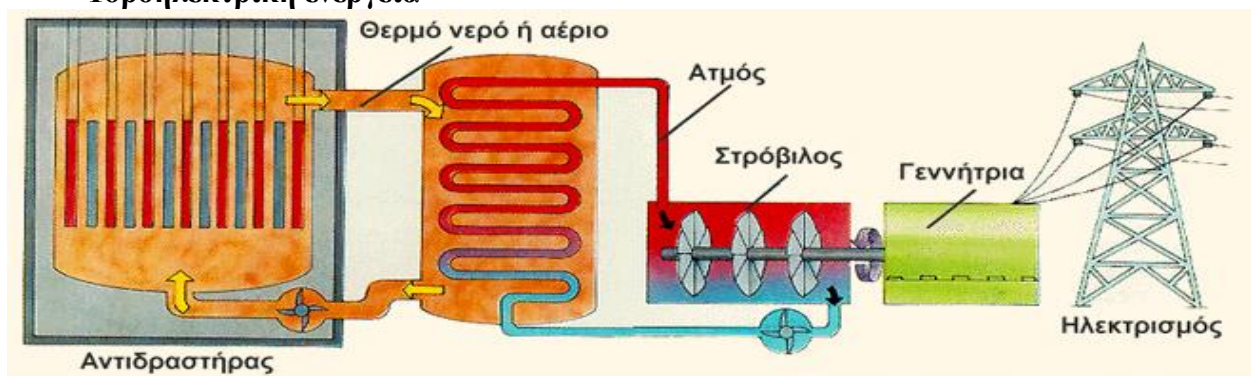
Ονομάζονται επίσης μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αποκαλούνται έτσι γιατί δεν είναι δυνατό να ανανεώσουν σε εύλογο, για τον άνθρωπο, χρονικό διάστημα την αποθηκευμένη τους ενέργεια. Η διαδικασία σχηματισμού τους διήρκεσε εκατομμύρια χρόνια. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνουν:

- **Ορυκτά καύσιμα**

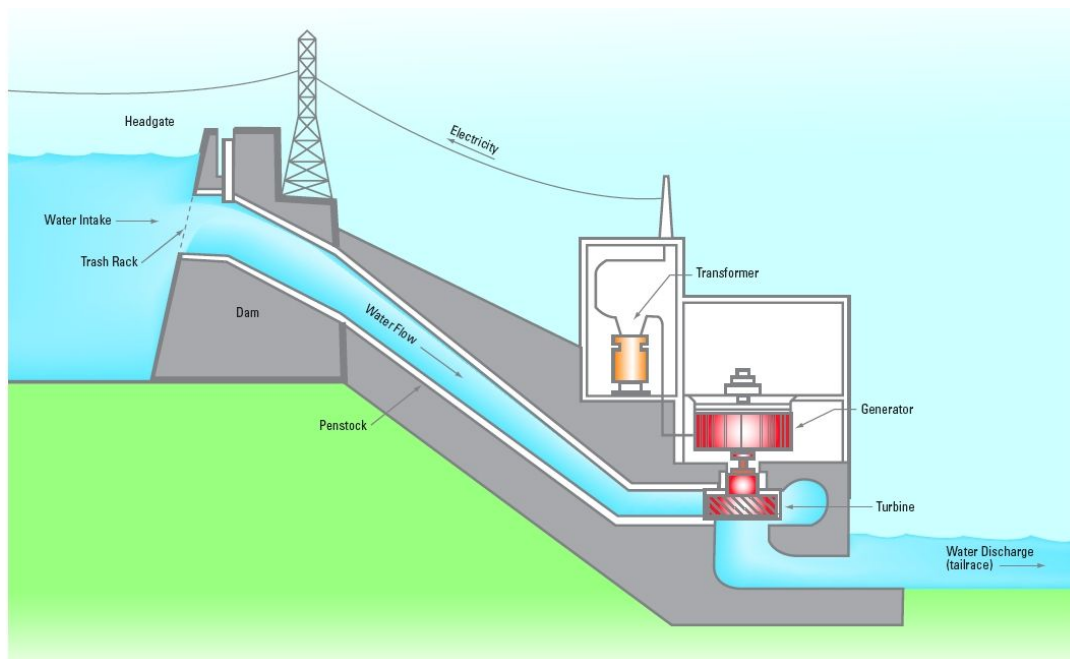
Τα ορυκτά καύσιμα (fossil fuels) είναι ένας γενικός ορισμός που αποδίδεται σε καύσιμα που σχηματίζονται στη γη από υπολείμματα φυτικών ή ζωικών οργανισμών. Τα κυριότερα ορυκτά καύσιμα είναι υδρογονάνθρακες με κυριότερους εκπροσώπους τους γαιάνθρακες, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Όλες οι παγκόσμιες οικονομίες εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα ενεργειακά από τα ορυκτά καύσιμα. Εκτός από το μειονέκτημα της πεπερασμένης πρώτης ύλης τα ορυκτά καύσιμα ευθύνονται κατά πολύ για τη ρύπανση του πλανήτη και για διάφορα περιβαλλοντολογικά προβλήματα.

- **Πυρηνική ενέργεια** Άλλη πολύ σημαντική πηγή ενέργειας είναι η πυρηνική. Παρόλα αυτά και η πυρηνική ενέργεια σχετίζεται με ορυκτό καύσιμο μιας και το ουράνιο που χρησιμοποιείται είναι ορυκτό και μάλιστα δυσεύρετο. Η πυρηνική ενέργεια είναι μια ιδιαίτερα αμφιλεγόμενη μορφή ενέργειας γιατί παρά το αρκετά χαμηλό κόστος παραγωγής, σε περίπτωση ατυχήματος τα αποτελέσματα θα είναι δραματικά. Ένα ακόμα πρόβλημα είναι ότι τα απόβλητα μιας τέτοιας παραγωγικής διαδικασίας είναι ιδιαίτερα ραδιενεργά με αποτέλεσμα να απαιτούνται ειδικές εγκαταστάσεις για την επ' αόριστων αποθήκευση των αποβλήτων. Τη μεγαλύτερη παραγωγή ηλεκτρισμού από πυρηνική ενέργεια έχει η Γαλλία με 59 αντιδραστήρες και ποσοστό ενεργειακής κάλυψης 78%.

- **Υδροηλεκτρική ενέργεια**



Σε ποσοστό 16% της ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως παράγεται από μεγάλους υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Η εκμετάλλευση υδάτινου δυναμικού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καλύπτει μεγάλες ανάγκες ειδικά σε χώρες όπου υπάρχουν μεγάλα ποτάμια. Έχουν το πλεονέκτημα ότι αντέχουν περισσότερα χρόνια από ότι ένας αντιδραστήρας καυσίμου. Υπάρχουν αρκετές χώρες που έχουν μεγάλη ενεργειακή εξάρτηση από τις υδροηλεκτρικές τους εγκαταστάσεις όπως ο Καναδάς και η Βραζιλία.



1.5 Ενεργειακό Πρόβλημα

Το υφιστάμενο εγχώριο Ενεργειακό Δυναμικό περιλαμβάνει στερεά ορυκτά καύσιμα, περιορισμένες ποσότητες αξιοποιήσιμων κοιτασμάτων πετρελαίου καθώς και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στο ενεργειακό μίγμα της χώρας προστίθεται το φυσικό αέριο που αποτελεί εισαγόμενο καύσιμο καθώς και πετρέλαιο για το οποίο οι ανάγκες της χώρας καλύπτονται σχεδόν στο σύνολό τους από εισαγωγές.

Η ενέργεια είναι η κινητήριος δύναμη στις καθημερινές ανθρώπινες δραστηριότητες, στην οικονομία και την τεχνολογία. Η κατά κεφαλή κατανάλωση ενέργειας αποτελεί κριτήριο της ποιότητας του βιοτικού επιπέδου ενός λαού, καθώς τα δύο μεγέθη σχετίζονται σχεδόν γραμμικά. Στις πόλεις καθημερινά καλύπτουμε τις ενεργειακές μας ανάγκες, σχεδόν αποκλειστικά, από τις συμβατικές πηγές ενέργειας, δηλαδή το πετρέλαιο, τη βενζίνη και τον άνθρακα. Ο ηλεκτρισμός που χρησιμοποιούμε προέρχεται από τις πηγές αυτές, οι οποίες, παρόλη τη σπουδαία συνεισφορά τους στο σύγχρονο πολιτισμό, ρυπαίνουν ανεπανόρθωτα το περιβάλλον και εξαντλούνται με γοργούς ρυθμούς. Ο σύγχρονος τρόπος ζωής οδηγεί συνεχώς σε αύξηση της ζήτησης. Αντίστοιχα, οι λεγόμενες «υπό ανάπτυξη» χώρες προσπαθούν να υιοθετήσουν το ίδιο πρότυπο τρόπου ζωής. Ωστόσο, η κατανάλωση ενέργειας που βασίζεται σε συμβατικά καύσιμα είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με δύο σημαντικά προβλήματα:

- τη διαθεσιμότητα και την επάρκεια των αποθεμάτων που δεν είναι δεδομένες
- τις επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Οι κλιματικές αλλαγές δεν είναι πια ένα ασαφές μελλοντικό πρόβλημα. Ήδη, ο πλανήτης καταστρέφεται με ανησυχητικό ρυθμό. Πολλές χώρες του κόσμου έχουν ήδη συνειδητοποιήσει την επείγουσα ανάγκη για καθαρή παραγωγή ενέργειας, χωρίς δηλαδή πρόκληση ρύπανσης, και βασίζουν την παραγωγή τους σε ηλεκτρισμό ολοένα και περισσότερο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Όμως, αυτές αποτελούν ακόμη μεμονωμένα λαμπρά παραδείγματα. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες στο σύνολό τους παραμένουν έντονα επιβαρυντικές για το περιβάλλον.

1.6 Η επάρκεια των αποθεμάτων

Είναι βέβαιο, ότι οι υπάρχουσες ποσότητες των συμβατικών ενεργειακών πηγών (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) θα εξαντληθούν. Εκείνο που ποικίλλει στις εκτιμήσεις των ειδικών είναι το πότε, το χρονικό διάστημα δηλαδή για το οποίο θα έχουμε επάρκεια συμβατικών καυσίμων. Το ενεργειακό πρόβλημα σχετίζεται άμεσα με την αναμενόμενη εξάντληση. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως δηλώνεται και από το όνομά τους, βρίσκονται σε περιορισμένα αποθέματα. Τα αποθέματα αυτά εξαντλούνται με τη μακροχρόνια εκμετάλλευσή τους από τον άνθρωπο και δεν μπορούν να αντικατασταθούν. Αυτό σημαίνει ότι όταν αυτά τελειώσουν, τότε θα εξαφανιστούν τελείως.

1.7 Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον

Η αλλαγή του κλίματος του πλανήτη είναι πλέον γεγονός και δυστυχώς γίνεται εμφανής, με διάφορες μορφές, σε όλους μας. Η δεκαετία του 1990 ήταν η πιο ζεστή δεκαετία από τότε που γίνονται και καταγράφονται ανάλογες μετρήσεις. Τα επίπεδα της παρουσίας του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, που αποτελεί τη βασικότερη αιτία της κλιματικής αλλαγής, έχουν αυξηθεί κατά περισσότερο από 30% από τη βιομηχανική επανάσταση και έπειτα. Το αποτέλεσμα είναι ότι η μέση θερμοκρασία της Γης ανέβηκε κατά 0,6 βαθμούς Κελσίου μέσα στον 20ό αιώνα. Δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον υπάρχουν σε όλα τα στάδια παραγωγής ενέργειας, από την εξόρυξη, τη μεταφορά στους σταθμούς παραγωγής ενέργειας και την ίδια την παραγωγή.

Κεφάλαιο 2ο: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

2.1 Τι είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι η ανανεώσιμη ενέργεια είναι “ενέργεια που την αντλούμε από τις επαναλαμβανόμενες ροές ενέργειας που εμφανίζονται διαρκώς στο φυσικό περιβάλλον” (Twidell & Weir, 2006) ή ότι είναι “ενέργεια που αναπληρώνεται με τον ίδιο ρυθμό με τον οποίο καταναλώνεται” (Boyle, 2004). Διαφορετικά μπορεί να ειπωθεί ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πηγές που είναι ανεξάντλητες σε χρονικούς όρους της ανθρώπινης ζωής (Kaltschmitt, 2007).

Σήμερα ως τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας θεωρούνται:

- τα ηλιακά θερμικά συστήματα (ενεργητικά και παθητικά)
- τα φωτοβολταϊκά συστήματα
- οι ανεμογεννήτριες
- η βιομάζα και τα παράγωγα της (βιοντίζελ-αιθανόλη κ.λπ.)
- τα υδροηλεκτρικά (κυρίως τα μικρά) συστήματα
- η ενέργεια από τα κύματα και την παλίρροια
- η γεωθερμία

2.2 Ιστορική Αναδρομή

Η ανάγκη αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας προέκυψε ουσιαστικά ως αποτέλεσμα οικονομικών και περιβαλλοντικών παραγόντων. Μετά το τέλος της πετρελαϊκής κρίσης της δεκαετίας του '70, τα κράτη συνειδητοποίησαν ότι θα έπρεπε να βρουν αξιόπιστες και οικονομικά αποδοτικές τεχνολογίες εκμετάλλευσης των μορφών ενέργειας που μπορούσαν να αξιοποιηθούν. Προσπάθησαν δηλαδή να βρουν τρόπους ώστε να μην εξαρτώνται σε τόσο μεγάλο βαθμό από τις ακριβές παραδοσιακές μορφές ενέργειας όπως το πετρέλαιο και ο άνθρακας.

Η προοπτική της εξάντλησης των παραδοσιακών πηγών ενέργειας ήταν επίσης ένας σημαντικός λόγος που ώθησε τα κράτη στην εναγόνια αναζήτηση μιας νέας λύσης. Η λύση αυτή βρέθηκε στο πρόσωπο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Εκτός όμως από αυτό την ίδια εποχή διαπιστώθηκε ότι οι επιπτώσεις στο περιβάλλον ήταν πλέον εμφανείς από τη χρήση παραδοσιακών πηγών ενέργειας. Σύντομα διαπιστώθηκε ότι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν επιβάρυναν σε τόσο μεγάλο βαθμό το περιβάλλον όσον αφορά την παραγωγή ρύπων και αερίων άρα ο κίνδυνος για κλιματολογικές αλλαγές ήταν μικρότερος (Ανανιάδου- Τζημοπουλου και Τσιούρης, 2009).

Δημιουργείται επομένως το ερώτημα αν οι ΑΠΕ είναι τελικά οικονομικά συμφέρουσες. Κατά τη διάρκεια των πρώτων χρόνων, το κόστος χρήσης των ΑΠΕ ήταν μεγάλο, όμως τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερα όσον αφορά την υδροηλεκτρική, την αιολική ενέργεια και την ενέργεια από βιομάζα πλησιάζει στα επίπεδα των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (Μαλεβίτη, 2013). Ιδιαίτερα σήμερα, τόσο η Ευρωπαϊκή ένωση στο σύνολο των κρατών μελών της (Καπλάνης 2003), όσο και άλλα μεμονωμένα κράτη εφαρμόζουν νέες πολιτικές οι οποίες αποσκοπούν στην προώθηση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

2.3 Πηγές Προέλευσης ΑΠΕ

Η κύρια πηγή δημιουργίας των ΑΠΕ είναι ο Ήλιος, δηλαδή η ηλιακή ακτινοβολία. Οι περισσότερες μορφές ΑΠΕ (και οι αντίστοιχες τεχνολογίες), έμμεσα ή άμεσα, προέρχονται από την κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα και στην επιφάνεια της Γης. Υπάρχουν όμως και δύο μορφές ΑΠΕ που οφείλονται σε διαφορετικά αίτια. Η πρώτη είναι η γεωθερμία της οποίας τα αίτια προέρχονται από το εσωτερικό της Γης. Η δεύτερη είναι η ενέργεια από την παλίρροια, η οποία οφείλεται στην ύπαρξη των βαρυτικών δυνάμεων μεταξύ της Γης και της Σελήνης.

2.4 Βασικά χαρακτηριστικά των ΑΠΕ

Οι τεχνολογίες αξιοποίησης των ΑΠΕ έχουν μεγάλη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, αλλά αυτή διαφέρει από τεχνολογία σε τεχνολογία. Κάποιες βρίσκονται σε αρχική (π.χ. τεχνολογίες αξιοποίησης θαλάσσιων κυμάτων), κάποιες σε προχωρημένη (π.χ. φωτοβολταϊκές τεχνολογίες) και κάποιες σε υψηλή ωριμότητα (π.χ. τεχνολογίες αξιοποίησης αιολικής ενέργειας) και συνεπώς μπορούν να ανταγωνίζονται ακόμα και σε επίπεδα οικονομικοτεχνικού κόστους τις συμβατικές πηγές ενέργειας. Ανεξάρτητα από το βαθμό ωριμότητάς τους οι ΑΠΕ μοιράζονται ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά:

- Είναι ανανεώσιμες (σύμφωνα με την ονομασία τους), δηλαδή η ροή ενέργειας που προσφέρουν εμφανίζεται διαρκώς στο περιβάλλον.
- Είναι αρκετά καθαρές και ήπιες, δηλαδή προκαλούν μικρότερες (έως πολύ μικρότερες) επιπτώσεις στο περιβάλλον (τόσο στο ανθρωπογενές όσο και στο φυσικό) σε σύγκριση με τις συμβατικές.
- Έχουν μεγάλη προσαρμοστικότητα στο σχεδιασμό τους ανάλογα με τις συγκεκριμένες ανάγκες των χρηστών.

Όμως κάποιες ΑΠΕ είναι στοχαστικού τύπου, δηλαδή δεν είναι σε κάθε χρονική στιγμή διαθέσιμες και δεν είναι γνωστή σε κάθε χρονική στιγμή η ποσότητα ενέργειας που μπορεί να είναι διαθέσιμη. Γι' αυτό όλα σχεδόν τα συστήματα ΑΠΕ που δεν είναι συνδεδεμένα σε ευρύτερα δίκτυα (απομονωμένα συστήματα) χρειάζονται σύστημα αποθήκευσης (που θα αποταμιεύει την περίσσεια ενέργεια, όταν δεν θα είναι αναγκαία, και θα την παρέχει όταν υπάρχει ανάγκη) ή σχεδιάζονται έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνουν υποστήριξη (backup) από συμβατικές πηγές ενέργειας.

Οι τεχνολογίες που αξιοποιούν τις ΑΠΕ ανάλογα με την μορφή ενέργειας που παράγουν πρωτογενώς μπορούν να χωριστούν σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- Στα τεχνολογικά συστήματα που πρωτογενώς παράγουν μηχανική ενέργεια, όπως τα υδροηλεκτρικά συστήματα, τα συστήματα εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, της ενέργειας των θαλάσσιων κυμάτων, καθώς και της παλίρροιας. Στη συνέχεια η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική.
- Στα τεχνολογικά συστήματα που πρωτογενώς παράγουν θερμότητα (θερμική ενέργεια), όπως είναι τα ηλιοθερμικά συστήματα που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ενέργεια, τα συστήματα καύσης της βιομάζας, καθώς και τα γεωθερμικά συστήματα που εκμεταλλεύονται τη θερμότητα του εσωτερικού της Γης. Στη συνέχεια η θερμότητα μπορεί να δοθεί προς άμεση χρήση ή μπορεί μέσω των κατάλληλων τεχνολογικών εγκαταστάσεων να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια, με χαμηλότερες όμως αποδόσεις.
- Στα τεχνολογικά συστήματα που πρωτογενώς παράγουν ηλεκτρική ενέργεια εκμεταλλευόμενα την ηλιακή ακτινοβολία μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου, δηλαδή της μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα. Τέτοια είναι τα

φωτοβολταϊκά συστήματα.

2.5 Πλεονεκτήματα -Μειονεκτήματα των ΑΠΕ

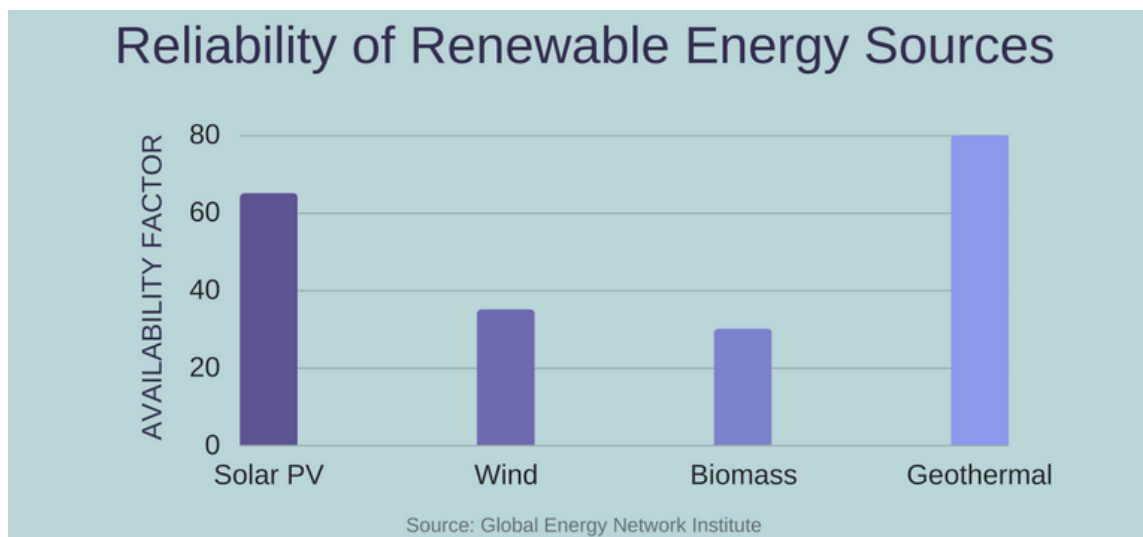
Οι ΑΠΕ αποτελούν τη σύγχρονη απάντηση στα περιβαλλοντικά προβλήματα της Γης και γι' αυτό η χρήση τους επεκτείνεται όλο και περισσότερο. Έκτος αυτού, τα Ευρωπαϊκά κράτη αλλά και η παγκόσμια κοινότητα, δημιουργούν νομοθετικά πλαίσια μέσα στα οποία θα προωθηθεί αλλά και θα επιβληθεί η χρήση των ΑΠΕ. Αυτό συμβαίνει γιατί έχουν βασικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις συμβατικές:

- 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 χώρων, 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.

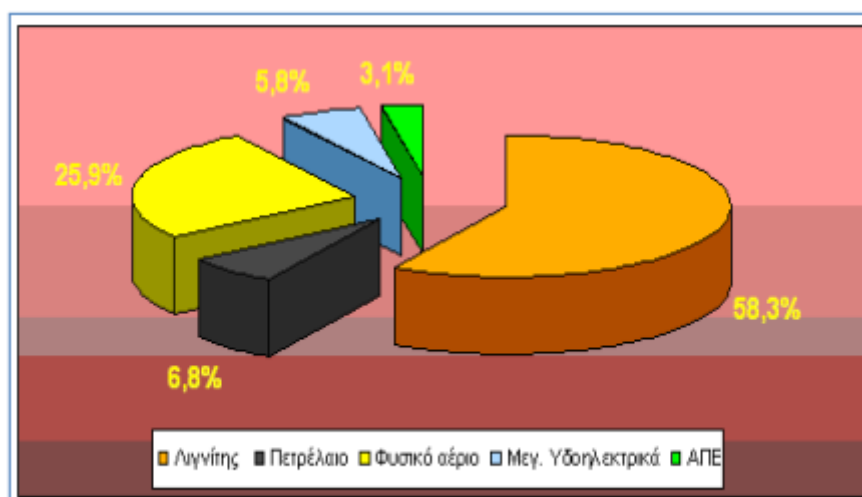
Στο παρακάτω διάγραμμα δίνεται η αξιοπιστία των ΑΠΕ σε σχέση με τη διαθεσιμότητά της κάθε μορφής



2.6 Η συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Σύμφωνα με στοιχεία της ΡΑΕ (National Report ΡΑΕ, 2009) για το 2008 στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα το 67,7% είναι θερμικοί σταθμοί, το 24,3% υδροηλεκτρικοί και το 8% είναι μονάδες ΑΠΕ. Για τους θερμικούς σταθμούς η συνολική εγκατεστημένη ισχύ κατανέμεται ως εξής: από λιγνίτη 4808MW, από πετρέλαιο 1160MW και από φυσικό αέριο 2447,7MW. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά μορφή καυσίμου στο διασυνδεδεμένο σύστημα, απεικονίζεται στο επόμενο σχήμα.

Από το διάγραμμα διαπιστώνεται ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα προέρχεται κατά βάση από θερμικούς σταθμούς με κύρια καύσιμη πρώτη ύλη τον λιγνίτη. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η χωροθέτηση των σταθμών παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας να στηριχτεί κυρίως στο κριτήριο της εγγύτητας των σταθμών αυτών στις περιοχές με υπάρχουσες πλουτοπαραγωγικές πηγές λιγνίτη. Οι περιοχές αυτές εντοπίζονται κυρίως στο Βορρά (Δράμα, Δυτική Μακεδονία, Ελασσόνα και Μεγαλόπολη), πράγμα που δημιουργεί σημαντικά προβλήματα στη μεταφορά και ανισορροπία στη λειτουργία των σταθμών (Ανανιάδου - Τζημοπουλου και Τσιούρης, 2009).



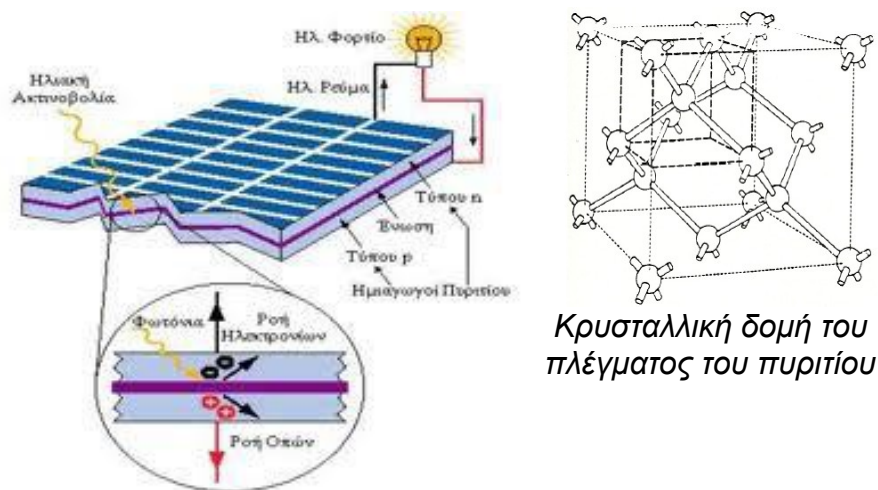
Πηγή: ΔΕΣΜΗΕ, 2008.

Κεφάλαιο 3ο: Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

3.1 Φωτοβολταϊκό Φαινόμενο

Τα ηλιακά στοιχεία είναι δίοδοι ημιαγωγού με τη μορφή ενός δίσκου που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία. Κάθε φωτόνιο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει τη δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ζεύγος φορέων (ενός ηλεκτρονίου στη ζώνη αγωγιμότητας και μιας οπής στη ζώνη σθένους). Από τα παραγόμενα ζεύγη φορέων εκείνα που θα βρεθούν στην περιοχή της ένωσης p-n δέχονται τη δύναμη του ηλεκτροστατικού πεδίου της διόδου με σκοπό τη μείωση της δυναμικής τους ενέργειας.

Αυτό έχει ως συνέπεια τη μετακίνηση των ηλεκτρονίων προς την επαφή $-n$ και των οπών προς την επαφή τύπου $-p$, δημιουργώντας μία διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της διόδου. Η παραπάνω διάταξη συμπεριφέρεται ως ορθά πολωμένη δίοδος και ως πηγή ηλεκτρικού ρεύματος για όσο διάστημα δέχεται την ακτινοβολία. Η διαδικασία της δημιουργίας διαφοράς δυναμικού στις όψεις ενός φωτοβολταϊκού στοιχείου ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.



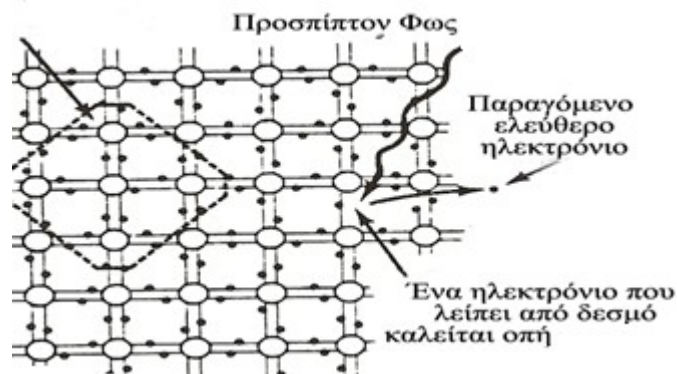
3.2 Το πυρίτιο

Η φωτοβολταϊκή μετατροπή της ηλιακής ενέργειας στηρίζεται αφ' ενός μεν στην ηλιακή ακτινοβολία, αφ' ετέρου δε στις ιδιότητες των ημιαγωγικών υλικών. Το άτομο του πυριτίου (που αποτελεί τον κυριότερο εκπρόσωπο των ημιαγωγών) έχει 14 ηλεκτρόνια τοποθετημένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα 4 εξωτερικά, που λέγονται και ηλεκτρόνια σθένους μπορούν να δοθούν, να γίνουν αποδεκτά ή να μοιραστούν με ένα άλλο άτομο. Ένας μεγάλος αριθμός ατόμων, μέσω των ηλεκτρονίων σθένους, μπορούν να αλληλοσυνδεθούν με δεσμούς και να σχηματίσουν ένα κρυσταλλικό πλέγμα.

Κάθε άτομο του πυριτίου είναι ενωμένο με 4 γειτονικά άτομα, μέσω ενός χημικού δεσμού που αποτελείται από ένα ζεύγος ηλεκτρονίων σθένους, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ελεύθεροι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος. Όταν ηλιακό φως πέσει σε κρυσταλλικό πυρίτιο, είναι δυνατόν να ανακλαστεί, να διαπεράσει τον κρύσταλλο ή να απορροφηθεί.

Στη τελευταία περίπτωση αν το φως είναι χαμηλής ενέργειας τα άτομα του πυριτίου ταλαντώνονται περί την σταθερή θέση τους χωρίς να χαλαρώνουν οι δεσμοί μεταξύ τους, ενώ τα ηλεκτρόνια των δεσμών αποκτώντας μεγαλύτερη ενέργεια ανεβαίνουν σε υψηλότερες ενεργειακές στάθμες που δεν είναι ευσταθείς οπότε τα ηλεκτρόνια επιστρέφουν σύντομα στις αρχικές χαμηλότερες ενεργειακές στάθμες, αποδίδοντας υπό μορφή θερμότητας την ενέργεια που είχαν κερδίσει.

Από την άλλη μεριά, αν το φως έχει αρκετή ενέργεια είναι δυνατόν να αλλάξει τις ηλεκτρικές ιδιότητες του κρυστάλλου. Έτσι, το ηλεκτρόνιο ενός δεσμού είναι δυνατόν να αποχωρισθεί της θέσης του στον κρύσταλλο και να μετακινηθεί στη ζώνη αγωγιμότητας (CONDUCTION BAND) αφήνοντας πίσω στη ζώνη σθένους (VALENCE BAND) ένα δεσμό από τον οποίον λείπει ένα ηλεκτρόνιο, που καλείται οπή.

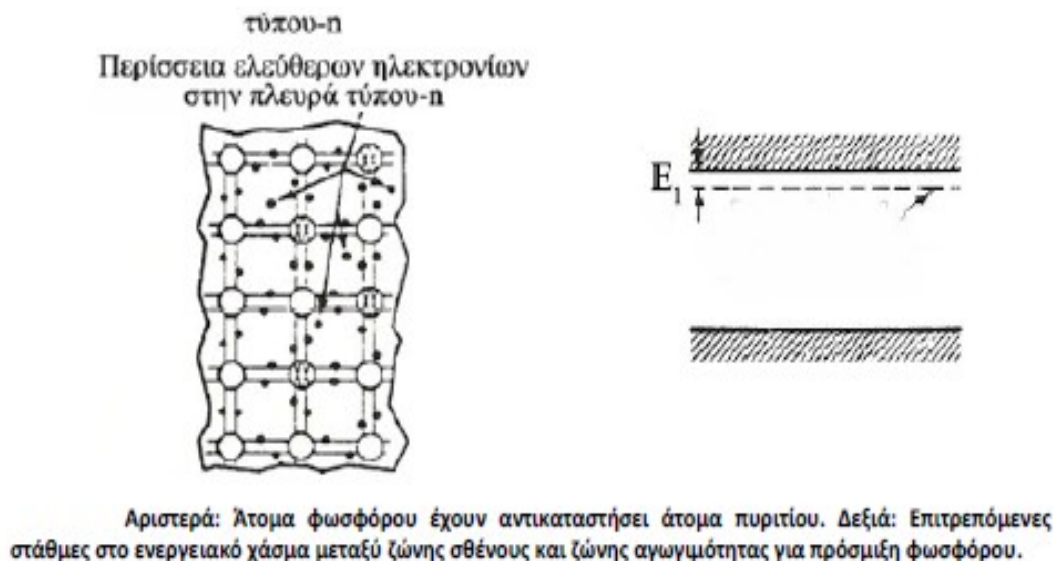


Οπές στη ζώνη σθένους και ηλεκτρόνια στη ζώνη αγωγιμότητας είναι ελεύθερα να μετακινηθούν δια μέσω του κρυστάλλου και παίζουν σημαντικό ρόλο στην ηλεκτρική συμπεριφορά των ηλιακών κυττάρων. Τα παραγόμενα, με την βοήθεια του ηλιακού φωτός ζεύγη ηλεκτρονίων - οπών αποτελούν τη βασική διαδικασία του φωτοβολταϊκού φαινομένου, χωρίς όμως να είναι σε θέση να δώσουν από μόνα τους ρεύμα. Εάν δεν υπήρχε και κάποιος άλλος μηχανισμός τα ζεύγη ηλεκτρονίων - οπών θα εκτελούσαν, για σύντομο χρονικό διάστημα, τυχαίους ελιγμούς στον κρύσταλλο και τελικά θα επανέρχονταν στις αρχικές θέσεις τους στη ζώνη σθένους αποδίδοντας θερμική ενέργεια.

Έτσι, για τη παραγωγή ρεύματος είναι απαραίτητος και ένας άλλος μηχανισμός, το φράγμα δυναμικού (POTENTIAL BARRIER). Κάθε ηλιακό κύτταρο περιέχει ένα φράγμα δυναμικού που διαχωρίζει τα παραγόμενα ζεύγη ηλεκτρονίων - οπών, στέλνοντας περισσότερα ηλεκτρόνια στη μια πλευρά του κυττάρου και περισσότερες οπές στην άλλη έτσι ώστε να υπάρχει μικρή πιθανότητα επανασύνδεσης μεταξύ των. Ο χωρισμός αυτός των φορτίων δημιουργεί μια διαφορά δυναμικού στα δυο άκρα του κυττάρου, που είναι δυνατόν να δώσει ρεύμα σε ένα εξωτερικό κύκλωμα.

Όπως προαναφέρθηκε το άτομο του πυριτίου έχει 4 ηλεκτρόνια σθένους καθένα από τα οποία ανήκει σε ένα δεσμό με ένα άλλο άτομο πυριτίου. Εισάγουμε σε ένα καθαρό κρύσταλλο πυριτίου μια πρόσμιξη αντικαθιστώντας ένα άτομο πυριτίου με ένα άτομο από την πέμπτη ομάδα του περιοδικού συστήματος π.χ. φώσφορο, που έχει 5 ηλεκτρόνια σθένους. Το άτομο - πρόσμιξη θα αντικαταστήσει ένα άτομο πυριτίου προσφέροντας 4 ηλεκτρόνια για καθένα από τους 4 δεσμούς με 4 άλλα άτομα πυριτίου, ενώ θα υπάρχει περίσσεια ενός ηλεκτρονίου που δεν θα ανήκει σε δεσμό. Το επί πλέον ηλεκτρόνιο δεν βρίσκεται ούτε στη ζώνη σθένους ούτε στη ζώνη αγωγιμότητας, αλλά σε μια ενδιάμεση στάθμη πολύ κοντά στη ζώνη αγωγιμότητας που στη θερμοκρασία δωματίου υπάρχει αρκετή θερμική ενέργεια στον κρύσταλλο για να μετακινήσει αυτό το ηλεκτρόνιο στη ζώνη αγωγιμότητας, χωρίς το φόβο να επανασυνδεθεί με κάποια οπή αφού δεν έχει δημιουργήσει πίσω του κάποια οπή αλλά ένα θετικό ιόν φωσφόρου και είναι πάντα σε ετοιμότητα να συμβάλει σε κάποιο ηλεκτρικό ρεύμα. Έτσι, ένας κρύσταλλος πυριτίου, όπου ένας μεγάλος αριθμός ατόμων

του έχουν αντικατασταθεί με άτομα φωσφόρου θα έχει πολλά ελεύθερα ηλεκτρόνια στη ζώνη αγωγιμότητας και ένα αντίστοιχο αριθμό θετικών ιόντων στη κρυσταλλική.

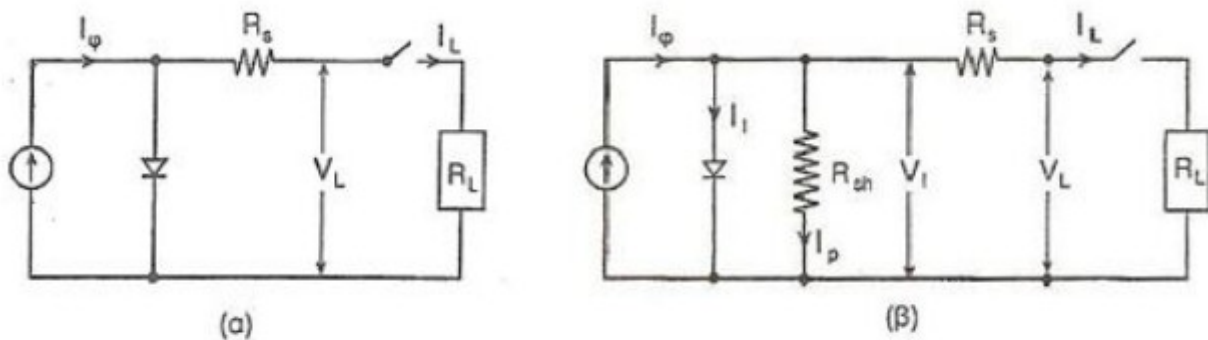


Έτσι, ενώ το σύνολο του κρυστάλλου παραμένει ηλεκτρικά ουδέτερο, οι ηλεκτρικές ιδιότητες του κρυστάλλου έχουν αλλάξει δραστικά. Προσμίξεις αυτού του τύπου έχουν ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο σθένους καλούνται δότες (DONORS) και ο αντίστοιχος κρύσταλλος καλείται τύπου-n (n- TYPE). Τα παραπάνω αποτελούν ένα μέρος της διαδικασίας για τη δημιουργία του εσωτερικού φράγματος δυναμικού.

Αν τώρα αντικαταστήσουμε ένα άτομο πυριτίου με ένα άτομο από την τρίτη ομάδα του περιοδικού συστήματος π.χ. βόριο, που έχει 3 ηλεκτρόνια σθένους, το άτομο – πρόσμιξη θα προσφέρει τα 3 ηλεκτρόνια σε 3 δεσμούς με 3 άτομα πυριτίου, αλλά από τον τέταρτο δεσμό του αντικαθιστάμενου ατόμου πυριτίου θα λείπει ένα ηλεκτρόνιο δηλαδή θα υπάρχει μια οπή. Η οπή αυτή βρίσκεται σε μια ενδιάμεση στάθμη πολύ κοντά στη ζώνη σθένους που με αντίστοιχη θερμική ενέργεια μετακινείται στη ζώνη σθένους. Έτσι ένας κρύσταλλος πυριτίου "ντοπαρισμένος" με πολλά άτομα βόριου διαθέτει ένα μεγάλο αριθμό οπών που είναι δυνατόν να θεωρηθούν σαν ελεύθερα θετικά φορτία και να μετακινηθούν μέσω του κρυσταλλικού πλέγματος. Προσμίξεις αυτού του τύπου (με 3 ηλεκτρόνια σθένους) καλούνται δέκτες (ACCEPTORS), διότι οι οπές τους δέχονται ηλεκτρόνια (ηλεκτρόνια σθένους που ανήκουν σε δεσμούς ή ηλεκτρόνια αγωγιμότητας) και ο αντίστοιχος κρύσταλλος καλείται τύπου-p (p-TYPE). Σε ένα υλικό τύπου-n τα ηλεκτρόνια (αρνητικά φορτία) αποτελούν τους φορείς πλειονότητας (MAJORITY CARRIERS) ενώ οι οπές τους φορείς μειονότητας (MINORITY CARRIERS). Αντίστροφα, σε ένα υλικό τύπου-p τους φορείς πλειονότητας αποτελούν οι οπές (θετικά φορτία), ενώ τους φορείς μειονότητας τα ηλεκτρόνια.

3.3 Ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα φ/β στοιχείου

Το ισοδύναμο ηλεκτρικό κύκλωμα ενός φ/β στοιχείου δίνεται στο σχήμα (α) (απλοποιημένο) και στο σχήμα (β) (πλήρες ισοδύναμο). Περιλαμβάνει μια πηγή σταθερού ρεύματος σε συνδυασμό με μια ιδανική δίοδο. Η πηγή εντάσεως παράγει το "φωτορεύμα" (photocurrent), I_{ph} , το οποίο είναι ανάλογο της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας. Στη συνέχεια τοποθετείται το μη ιδανικό τμήμα του φ/β στοιχείου, το οποίο περιλαμβάνει αφενός την αντίσταση απωλειών διαρροής του ρεύματος μεταξύ των άκρων του φ/β στοιχείου, η οποία τίθεται παράλληλα συνδεδεμένη στα άκρα της διόδου, αφετέρου την αντίσταση απωλειών στο δρόμο ροής του ρεύματος της διόδου, που αντιπροσωπεύεται από αντίσταση συνδεδεμένη σε σειρά με τη δίοδο.



(α) Το απλοποιημένο και (β) το πλήρες ισοδύναμο κύκλωμα του φ/β στοιχείου

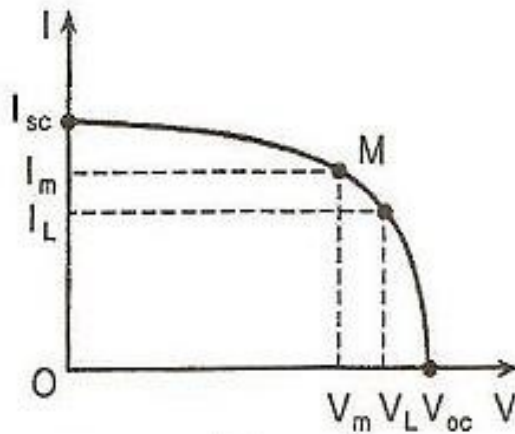
Στο σχήμα (β) παρατηρούμε τις εξής αντιστάσεις:

- Παράλληλα συνδεδεμένη αντίσταση διαρροής, R_{sh} (Shunt resistance). Η αντίσταση αυτή συνδέεται με τη διαρροή ρεύματος μεταξύ των άκρων της επαφής p-n. Αφορά διαδρομές ρεύματος διαρροής στο εσωτερικό της επαφής p-n, μεταξύ σημείων που βρίσκονται σε διαφορά δυναμικού ίση με την τάση στα άκρα της διόδου. Η τιμή της σε πολύ καλής απόδοσης φ/β στοιχείων είναι μεγαλύτερη των $10^3 \Omega$.
- Σειριακή αντίσταση, R_s (Series resistance). Η συγκεκριμένη αντίσταση αφορά στην αντίσταση που παρουσιάζει η επαφή κατά τη διόδο του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το σώμα της διόδου και στις ωμικές αντιστάσεις των σημείων πρόσφυσης των ηλεκτροδίων της επαφής καθώς και κατά μήκος των μεταλλικών κλάδων τους. Άμεσο αποτέλεσμα της αύξησης της R_s είναι η δραστική ελάττωση της αντίστοιχης μέγιστης ισχύος που αποδίδει το στοιχείο. Τυπικές τιμές της R_s , για καλής ποιότητας φ/β στοιχεία, βρίσκονται στο εύρος $0,1 \Omega$ έως $0,3 \Omega$.

3.4 Η καμπύλη V-I ενός φ/β στοιχείου

Πειραματικά προκύπτει ότι για μία ορισμένη ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και θερμοκρασίας, η χαρακτηριστική Τάσεως-Εντάσεως (V-I) ενός φ/β στοιχείου έχει τη μορφή του παρακάτω σχήματος, όπου διακρίνονται:

- V_{oc} , η τάση ανοιχτοκυκλώματος,
- I_{sc} , η ένταση βραχυκυκλώσεως,
- V_m και I_m , η τάση και η ένταση της μέγιστης ισχύος $P_m = V_m \cdot I_m$, το σημείο στο οποίο η παραγόμενη ισχύς γίνεται μέγιστη, είναι γνωστό ως το γόνατο της V-I χαρακτηριστικής καμπύλης, MPP (Maximum Power Point).
- V_L και I_L , η τάση και η ένταση τυχόντος σημείου στο οποίο το φ/β στοιχείο λειτουργεί, όταν παράγει ένταση I_L και ισχύ: $P_L = V_L \cdot I_L$.



Όταν το φ/β στοιχείο είναι ανοιχτοκυκλωμένο (δε συνδέεται φορτίο στα άκρα του), αναπτύσσεται μεταξύ των δύο του όψεων ένα αντίθετο ρεύμα, που αντισταθμίζει το φωτορεύμα, ενώ στα άκρα του εμφανίζεται η “η τάση ανοιχτού κυκλώματος” V_{oc} . Το φ/β στοιχείο όμως παρουσιάζει κάποιες απώλειες, οι οποίες όπως αναφέραμε εκφράζονται με την παράλληλη αντίσταση R_{sh} στο ισοδύναμο κύκλωμα.

Όταν στα άκρα του φ/β στοιχείου συνδεθεί μία αντίσταση (φορτίο R_L), διαπιστώνεται ότι το φ/β στοιχείο παρουσιάζει πρόσθετες απώλειες, ενώ η τάση του μειώνεται, όσο η τιμή της R_L μειώνεται. Η συμπεριφορά αυτή εκφράζεται μέσω της αντίστασης σειράς R_s . Επομένως, με βάση το πλήρες ισοδύναμο του σχήματος (β), αν V_L και I_L η τάση και ένταση στα άκρα του φορτίου R_L , η λειτουργία του φ/β στοιχείου θα εκφράζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$I_L = I_\varphi - I_0 * \left[\exp \left(V_L + R_s * \frac{I_L}{\mu} \right) - 1 \right] - \frac{V_L + R_s * I_L}{R_{sh}}$$

Όπου, I_0 το “ανάστροφο ρεύμα κόρου”,

$$\mu = \gamma * K * \frac{T}{e} = \text{μία σταθερά, με :}$$

γ =ο συντελεστής ποιότητας της διόδου (συνήθως $\gamma=1/2$),

K =η σταθερά Boltzman,

T =η απόλυτη θερμοκρασία του φ/β στοιχείου,

e =το φορτίο του ηλεκτρονίου

Ο λόγος της μέγιστης ηλεκτρικής ισχύος P_m (ή P_{mpp}) προς το γινόμενο του ρεύματος βραχυκύκλωσης I_{sc} επί την τάση ανοιχτοκύκλωσης V_{oc} του φωτοβολταϊκού στοιχείου, ονομάζεται συντελεστής πλήρωσης FF (Fill Factor) και είναι ένα μέτρο του πόσο «τετράγωνη» είναι η V-I καμπύλη.

Είναι δηλαδή:

$$FF = \frac{P_m}{I_{sc} * V_{oc}}$$

Τυπικές τιμές βρίσκονται μεταξύ 0,6 (60%) και 0,85 (85%) και είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας (καθώς η τάση ανοιχτοκύκλωσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία) και της ηλιακής ακτινοβολίας (καθώς το ρεύμα βραχυκύκλωσης μεταβάλλεται γραμμικά με αυτή).

Όπως είδαμε μέχρι τώρα, οι βασικότερες παράμετροι που επηρεάζουν τη λειτουργία και συμπεριφορά των φωτοβολταϊκών είναι ο συντελεστής πλήρωσης (FF), η τάση ανοικτού κυκλώματος (V_{oc}) και το ρεύμα βραχυκύκλωσης (I_{sc}). Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν και την απόδοση (η %) των φωτοβολταϊκών στοιχείων η οποία δίνεται από το λόγο της μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος προς την προσπίπτουσα φωτεινή ισχύ επί όλης της επιφάνειας. Είναι δηλαδή

$$\eta_c = \frac{P_m}{P_{in}} = \frac{I_m * V_m}{P_{in}} = \frac{FF * I_{sc} * V_{oc}}{P_{in}}$$

Όπου, $P_{in} = E * S$ (ισχύς ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια ενός φ/β στοιχείου εμβαδού S με πυκνότητα ισχύος ίση με E).

3.5 Φωτόρευμα

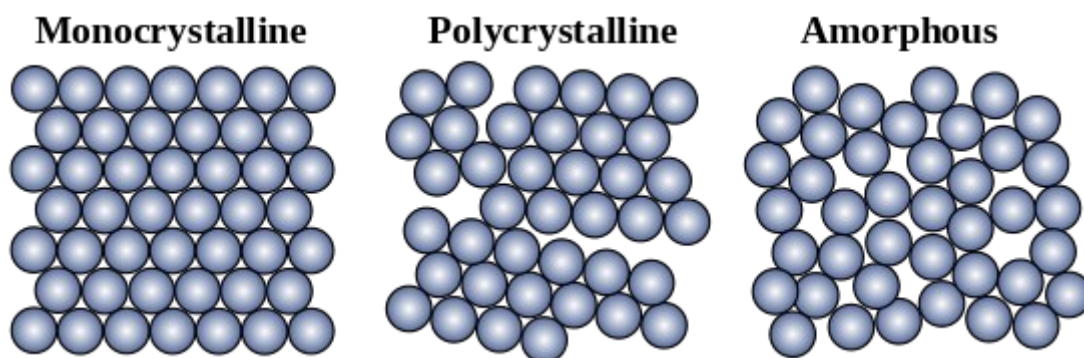
Η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του φωτοβολταϊκού στοιχείου προκαλεί τη διέγερσή του με αποτέλεσμα την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ωστόσο, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν μετατρέπουν όλη την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Ένα μέρος της ακτινοβολίας ανακλάται από την επιφάνεια του φωτοβολταϊκού και διαχέεται προς το περιβάλλον, ενώ από το υπόλοιπο μέρος απορροφώνται ορισμένα μήκη κύματος. Τα φωτόνια που η ενέργεια τους είναι μικρότερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού χάνονται με τη μορφή θερμικών απωλειών από την πίσω όψη του στοιχείου, ενώ τα φωτόνια των οποίων η ενέργεια είναι μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού απορροφώνται από το υλικό παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα.

3.6 Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορούν να κατασκευαστούν με πολλούς τρόπους καθώς και με διάφορα υλικά. Ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής τους τα φωτοβολταϊκά στοιχεία μπορούν να διακριθούν σε δύο ομάδες. Η πρώτη χρησιμοποιεί την τεχνολογία *thick film*, η οποία εφαρμόζεται συνήθως σε οικιακές χρήσεις, ενώ η δεύτερη ομάδα χρησιμοποιεί την τεχνολογία *thin film*.

Το υλικό που χρησιμοποιείται κατά κόρον σήμερα για την κατασκευή των φωτοβολταϊκών στοιχείων στη βιομηχανία είναι το πυρίτιο(Si). Φωτοβολταϊκά στοιχεία όμως κατασκευάζονται από σύνδεσμο άλλων υλικών, όπως θειούχος κάδμιο (CdS), αρσενιούχο γάλλιο(GaAs), τελουριούχο κάδμιο(CdTe), χαλκού-ίνδιου-σελήνιου(CuInSe), χαλκού-γάλλιου-δισεληνίου(CuGaSe₂), χαλκού-ίνδιου-θείου(CuInS) κ.α.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι τύποι φωτοβολταϊκών στοιχείων:



Μονοκρυσταλλικού πυριτίου (Single Crystalline Silicon)

Το βασικό υλικό κατασκευής των φωτοβολταϊκών αυτών είναι το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο. Το πάχος των υλικών αυτών είναι σχετικά μεγάλο, περίπου 300 μm . Η απόδοση των φωτοβολταϊκών μονοκρυσταλλικού πυριτίου με τη μορφή πλαισίων κυμαίνεται από 13 – 18 % και χαρακτηρίζεται από το υψηλό κόστος κατασκευής.

Πολυκρυσταλλικού πυριτίου (Multi Crystalline Silicon)

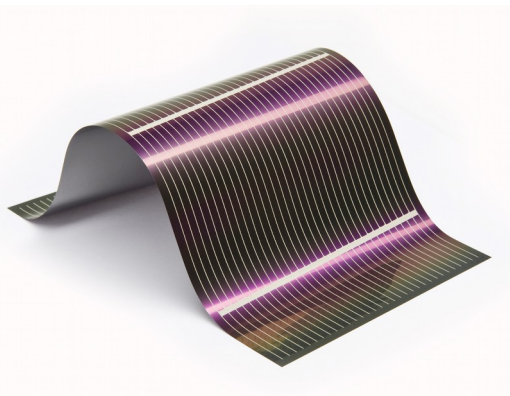
Η κατασκευή φωτοβολταϊκών πολυκρυσταλλικού πυριτίου είναι πιο γρήγορη και έχει μικρότερο κόστος σε σχέση με αυτή των φωτοβολταϊκών μονοκρυσταλλικού πυριτίου. Τα στοιχεία αυτά κόβονται σε τετραγωνική μορφή και αποτελούνται από λεπτά στρώματα πάχους 10 έως 50 μm . Γενικά όσο μεγαλύτερες είναι οι διαστάσεις των μονοκρυσταλλικών περιοχών του πολυκρυσταλλικού φωτοβολταϊκού πλαισίου τόσο υψηλότερη απόδοση παρουσιάζει. Τα φωτοβολταϊκά αυτού του είδους έχουν αποδόσεις από 10 – 14 % υπό την μορφή πλαισίου.

Άμορφου πυριτίου (Amorphous Silicon)

Τα φωτοβολταϊκά αυτού του είδους έχουν χαμηλότερες αποδόσεις σε σχέση με τα προηγούμενα είδη. Πρόκειται για ταινίες λεπτών επιστρώσεων πάχους 10-4 mm οι οποίες παράγονται με την εναπόθεση πυριτίου πάνω σε ένα υπόστρωμα από γυαλί ή αλουμίνιο πάχους 1 – 3 mm. Η απόδοση των φωτοβολταϊκών άμορφου πυριτίου κυμαίνεται από 6 – 8 % ενώ σε εργαστηριακό περιβάλλον έχουν επιτευχθεί μεγαλύτερες αποδόσεις που αγγίζουν το 15 % .

Φωτοβολταϊκά στοιχεία λεπτών επιστρώσεων (Thin film Photovoltaic)

Στην κατηγορία αυτή εκτός από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου λεπτής επίστρωσης ανήκουν και φωτοβολταϊκά στοιχεία κατασκευασμένα από άλλα υλικά. Τα σημαντικότερα υλικά κατασκευής των φωτοβολταϊκών αυτών είναι η ένωση Cu₂S/CdS, ο Δισεληνοϊνδιούχος Χαλκός (CuInSe₂), το Τελουριούχο Κάδμιο (CdTe) και το Αρσενικό Γάλλιο (GaAs). Η απόδοση των παραπάνω στοιχείων κυμαίνεται από 10 έως 25 % και παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το πυρίτιο.



3.7 Φωτοβολταϊκές μονάδες και διατάξεις

Μια φωτοβολταϊκή μονάδα ή πλαίσιο , αποτελείται από τον κατάλληλο αριθμό κυψελών, οι οποίες συνήθως συνδέονται στη σειρά, για τη λήψη της κατάλληλης τάσης και ισχύος. Οι φωτοβολταϊκές μονάδες κατασκευάζονται συνήθως σε τάσεις 12V, 24V είτε 48V και με ισχύ από λίγα watt έως 400W.

Στην προστασία των κυψελών από τις καιρικές συνθήκες, οι μονάδες φέρουν το κατάλληλο περίβλημα. Το υλικό κατασκευής και η σχεδίαση του περιβλήματος, επηρεάζουν σημαντικά τη θερμοκρασία λειτουργίας των κυψελών. Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο εσωτερικό μια φωτοβολταϊκής μονάδας, πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή, καθώς έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη απόδοση και αυξημένη διάρκεια ζωής.

Οι φωτοβολταϊκές μονάδες συνδέονται κατάλληλα μεταξύ τους, στη λήψη της απαιτούμενης τάσης και ισχύος, σχηματίζοντας μια φωτοβολταϊκή διάταξη. Η επιφάνεια που απαιτείται στην εγκατάσταση μια φωτοβολταϊκής διάταξης, είναι περίπου 8 έως 12 τετραγωνικά μέτρα ανά kW παραγόμενης ισχύος.

3.8 Ισχύς εξόδου των φωτοβολταϊκών μονάδων

Η ισχύς που παράγουν οι φωτοβολταϊκές μονάδες, εξαρτάται από τη συνθήκη φόρτισης που λειτουργούν. Η μέγιστη παραγόμενη ισχύς εκφράζεται σε Watt peak(Wp) και ορίζεται από τους κατασκευαστές σε κάποιες πρότυπες συνθήκες ακτινοβολίας και θερμοκρασίας (Standard Test Conditions, STC). Οι πρότυπες συνθήκες STC, αναφέρονται σε θερμοκρασία των κυψελών της μονάδας 25°C, πυκνότητα ισχύος της ηλιακής ακτινοβολίας ίση με 1kW/m², φασματική κατανομή AM 1.5 και κάθετη πρόσπτωση.

Στις πρακτικές εφαρμογές, η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μικρότερη από 1000W/m², συνήθως κυμαίνεται από 200 έως 800W/m², η φασματική κατανομή είναι διαφορετική από την AM 1.5 και η θερμοκρασία των κυψελών της φωτοβολταϊκής μονάδας είναι αρκετά μεγαλύτερη από τους 25°C, περίπου 40 έως 60°C.

3.9 Παράγοντες που επηρεάζουν αρνητικά το βαθμό απόδοσης

Οι παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για τη σχετικά χαμηλή τιμή, τόσο θεωρητική όσο και πρακτική, του βαθμού απόδοσης είναι:

- **Ανάκλαση:** Μη επεξεργασμένη επιφάνεια πυριτίου ανακλά ένα ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας της τάξεως του 30%. Επεξεργασία της επιφάνειας με χημικά μέσα και/ή επίστρωση με αντανεκλαστικά υλικά περιορίζει δραστικά τις ανακλάσεις μέχρι την τάξη του 3%.

- **Σκίαση από τις επαφές:** Η ανάγκη της κατασκευής ηλεκτροδίων τόσο στην επιφάνεια του υλικού τύπου-p όσο και του υλικού τύπου-n συνεπάγεται τη δημιουργία ενός μεταλλικού πλέγματος επαφών στην επιφάνεια του κυττάρου που εκτίθεται στο ηλιακό φως. Αυτό συμβαίνει επειδή η αντίσταση στην επιφανειακή κίνηση των φορέων στο πάνω επιφανειακό στρώμα του κυττάρου είναι μεγάλη και πρέπει να υπάρχουν πολλά σημεία απαγωγής των φορέων (ηλεκτρικές επαφές) με σκοπό να ελαχιστοποιηθούν τα ωμικά φαινόμενα. Το αποτέλεσμα για τα ηλεκτρόδια είναι μια γεωμετρία μεταλλικού πλέγματος στην πάνω επιφάνεια του κυττάρου, που έχει σαν συνέπεια ένα ποσοστό 5-15% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας να εκτρέπεται.

- **Ατελής εκμετάλλευση της ενέργειας των φωτονίων:** Όπως είναι γνωστό η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος έχει διαφορετικές εντάσεις σε ένα ευρύ φάσμα μηκών κύματος. Δηλαδή στον κρύσταλλο, προσπίπτουν φωτόνια που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα τιμών ενέργειας τα οποία είναι δυνατόν ή να διαπεράσουν το κύτταρο, ή να απορροφηθούν παράγοντας μόνο θερμότητα υπό μορφή ταλαντώσεων των ατόμων, ή να δημιουργήσουν ζεύγος ηλεκτρονίων- οπών, ή να δημιουργήσουν ζεύγος ηλεκτρονίων- οπών και η επιπλέον ενέργεια τους να μετατραπεί σε θερμότητα. Αυτός ο παράγοντας με τους τέσσερις μηχανισμούς του και μόνο περιορίζει τη μέγιστη δυνατή απόδοση στο 44%.

- **Επανασύνδεση:** Αυτή μπορεί να συμβεί με διάφορους μηχανισμούς στον κυρίως όγκο του ημιαγωγού στις επιφάνειες και στις ατέλειες του υλικού.

- **Αντίσταση:** Μη ικανοποιητικές τιμές τόσο της εν σειρά αντίστασης R_s όσο και της παράλληλης R_{sh} τείνουν να ελαττώσουν το συντελεστή η , ενώ σε ακραίες περιπτώσεις ακόμη και τα I_{sc} , V_{oc} με τελική συνέπεια τη μείωση της απόδοσης.

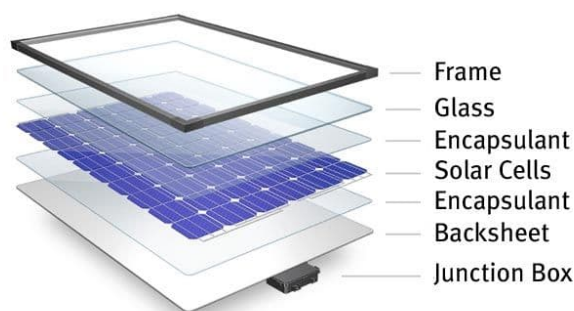
- **Θερμοκρασία:** Οι φυσικοί μηχανισμοί που καθορίζουν τη σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και βαθμού απόδοσης είναι αρκετά πολύπλοκοι. Πάντως τόσο οι αρκετά υψηλές και οι αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες τείνουν να μειώσουν σημαντικά το βαθμό απόδοσης.

- **Γήρανση:** Προσδιορίζει την ελάττωση της απόδοσης του φωτοβολταϊκού πλαισίου, άρα και της ισχύος αιχμής του, λόγω γενικότερης αλλοίωσης του φωτοβολταϊκού κυττάρου ως ενσωματωμένου τμήματος του Φ/Β πλαισίου.

Οι αιτίες της γήρανσης είναι πολλές όπως αποχρωματισμός των κυττάρων, ράγισμα του γυαλιού κάλυψης, διαχωρισμός του ειδικού πλαστικού μόνωσης από την υγρασία της πίσω πλευράς, και κακή λειτουργία των καλωδιώσεων και του κιβωτίου συνδέσεων.

Μετρήσεις μακράς διάρκειας σε πλαίσια κρυσταλλικού πυριτίου δίδουν μείωση της αποδοτικότητάς του κάτω από πρότυπες συνθήκες ~ 1% κατ' έτος χρήσης (ρυθμός γήρανσης).

3.10 Φωτοβολταϊκό Πλαίσιο



Το βασικό χαρακτηριστικό κάθε φωτοβολταϊκής εγκατάστασης είναι η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, που αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες με τα φωτοβολταϊκά ηλιακά στοιχεία.

Η τάση και η ισχύς των φωτοβολταϊκών στοιχείων είναι πολύ μικρή για να ανταποκριθεί στην τροφοδότηση των συνηθισμένων ηλεκτρικών καταναλώσεων ή για τη φόρτιση των συσσωρευτών. Ειδικότερα, η τάση που εκδηλώνει ένα συνηθισμένο φωτοβολταϊκό στοιχείο πυριτίου του εμπορίου, σε κανονική ηλιακή ακτινοβολία, είναι μόλις μέχρι 0,5 V περίπου και η ηλεκτρική ισχύς που παράγει είναι μόλις 0,4 W περίπου. Γι' αυτό, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που προορίζονται για τη συγκρότηση φωτοβολταϊκών γεννητριών τοποθετούνται ανά 10 ως 50 περίπου σε ένα πλαίσιο με κοινή ηλεκτρική έξοδο.

Στο πλαίσιο, τα στοιχεία συνδέονται στη σειρά σε ομάδες κατάλληλου πλήθους για την απόκτηση μιας επιθυμητής τάσης π.χ. η σύνδεση 35 στοιχείων στη σειρά δίνει περίπου 15-20 V, που είναι κατάλληλη, αν αφαιρέσουμε τις διάφορες απώλειες για τη φόρτιση των συνηθισμένων συσσωρευτών μόλυβδου.

Τα πλαίσια είναι κατασκευασμένα με μορφή σάντουιτς. Δηλαδή, τα ηλιακά στοιχεία στερεώνονται με κολλητική ουσία σε ένα ανθεκτικό φύλλο από μέταλλο (συνήθως αλουμίνιο) ή από ενισχυμένο πλαστικό, που αποτελεί την πλάτη του πλαισίου, ενώ η εμπρός όψη τους καλύπτεται από ένα προστατευτικό φύλλο γυαλιού ή διαφανούς πλαστικού. Το εμπρός και πίσω φύλλο συγκρατούνται μεταξύ τους, στεγανά και μόνιμα, με την βοήθεια μιας ταινίας από φυσικό ή συνθετικό ελαστικό και συσφίγγονται με ένα περιμετρικό μεταλλικό περίβλημα. Διαμορφώνεται έτσι το Φ/Β πλαίσιο, που είναι η δομική μονάδα που κατασκευάζεται βιομηχανικά και κυκλοφορεί στο εμπόριο για να χρησιμοποιηθεί ως συλλέκτης στη συγκρότηση των Φ/Β γεννητριών.

- **Φωτοβολταϊκό πάνελ (PV panel):** Ένα ή περισσότερα φωτοβολταϊκά πλαίσια που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

- **Φωτοβολταϊκή συστοιχία (PV array):** Μια ομάδα από φωτοβολταϊκά πλαίσια ή πάνελ με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης.

Κεφάλαιο 4ο: Φωτοβολταϊκά συστήματα

4.1 Το σύστημα

Τα φωτοβολταϊκά πλαίσια αποτελούν ένα μέρος του φωτοβολταϊκού συστήματος, το οποίο είναι κάθε φορά σχεδιασμένο για συγκεκριμένες λειτουργίες. Οι άλλες συσκευές που προστίθενται στο πλαίσιο μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις κατηγορίες:

- **Συσσωρευτές**, που χρησιμεύουν στην αποθήκευση ενέργειας και στην απόδοσή της όταν αυτό απαιτείται (το βράδυ ή τις βροχερές μέρες).
- **Αντιστροφείς**, που απαιτούνται για την αντιστροφή του συνεχούς ρεύματος (DC) που παράγεται στο φωτοβολταϊκό σε εναλλασσόμενο (AC).
- **Ρυθμιστές**, που διαχειρίζονται την αποθηκευμένη ενέργεια στον συσσωρευτή και διοχετεύουν ενέργεια στο φορτίο.
- **Μηχανικές Κατασκευές**, που απαιτούνται για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών και των λοιπών συσκευών.



Πρακτικά δεν είναι απαραίτητο να υπάρχουν όλες οι παραπάνω συσκευές σε όλα τα συστήματα. Για παράδειγμα, σε συστήματα συνεχούς ρεύματος δεν χρειάζεται αντιστροφέας. Για συστήματα συνδεδεμένα με το δίκτυο δεν είναι απαραίτητος ο συσσωρευτής διότι το δίκτυο χρησιμεύει και για αποθήκευση. Δηλαδή, όταν υπάρχει περίσσεια ενέργειας στο σύστημα φωτοβολταϊκών πλαισίων-φορτίου, τότε αυτή διοχετεύεται στο δίκτυο, ενώ σε περίπτωση έλλειψης ενέργειας, η επιπλέον ενέργεια που απαιτείται λαμβάνεται από το δίκτυο. Κάποια συστήματα απαιτούν συσκευές που δεν σχετίζονται άμεσα με τα φωτοβολταϊκά πλαίσια. Όπως για παράδειγμα είναι μερικά απομονωμένα συστήματα που έχουν ντιζελογεννήτρια για την παροχή ρεύματος όταν εξαντληθεί η ενέργεια των συσσωρευτών.

4.2 Συσσωρευτές

Σε συστήματα απομονωμένα από το δίκτυο, το φωτοβολταϊκό σύστημα πρέπει να παρέχει κάθε φορά την ενέργεια που απαιτείται ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες (συννεφιά ή ηλιοφάνεια). Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται συσσωρευτές που αποθηκεύουν την περίσσεια ενέργειας. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι τύποι μπαταριών είναι οι μολύβδου-ασβεστίου και μολύβδου-αντιμονίου. Για περιπτώσεις όπου ο συσσωρευτής είναι εκτεθειμένος σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών χρησιμοποιούνται οι νικελίου-καδμίου. Εξαιτίας της συνεχώς μεταβαλλόμενης τιμής της ηλιακής ακτινοβολίας και του φορτίου, οι συσσωρευτές πρέπει να περνούν από πολλούς κύκλους φόρτισης και εκφόρτισης χωρίς να χάνουν τις ιδιότητές τους γρήγορα.

Το ποσοστό της χωρητικότητας του συσσωρευτή που μπορεί να εκφορτιστεί χωρίς να καταστραφεί ονομάζεται βάθος εκφόρτισης και εξαρτάται από τον τύπο του. Οι μολύβδου-ασβεστίου είναι μικρού βάθους εκφόρτισης και αντέχουν 20% εκφόρτιση σε κάθε κύκλο. Οι νικελίου-καδμίου είναι μεγάλου βάθους εκφόρτισης και αντέχουν 80% εκφόρτιση σε κάθε κύκλο. Οι συσσωρευτές χρειάζονται αλλαγή κάθε 5 με 10 χρόνια ανάλογα με τον αριθμό των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης που κάνουν.

Οι συσσωρευτές παρέχουν αυτονομία στο σύστημα από μερικές μέρες μέχρι δύο βδομάδες. Η χρονική διάρκεια εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του κάθε συστήματος, δηλαδή από την τοποθεσία του και την ύπαρξη ή όχι γεννήτριας. Οι συσσωρευτές χαρακτηρίζονται από την τάση τους, η οποία συνήθως είναι πολλαπλάσιο των 12 V, και από την χωρητικότητά τους, που μετριέται σε αμπερώρια (Ah). Για παράδειγμα συσσωρευτής 50Ah, 48V θα αποθηκεύσει υπό ονομαστικές συνθήκες 2400Wh. Οι συσσωρευτές, πέραν της μείωσης της απόδοσης που προκαλούν, χρειάζονται περιοδική συντήρηση (έλεγχο υγρών) και έναν μεγάλο χώρο για να αποθηκευτούν. Ο σωστός υπολογισμός του μεγέθους του συσσωρευτή του συστήματος είναι καθοριστικός για την επίτευξη μεγάλης διάρκειας ζωής του, για την ιδανική απόδοση και για την επίτευξη ονομαστικού κόστους κύκλου ζωής του συστήματος (LCC).



4.3 Συστήματα Ρύθμισης Ισχύος

Υπάρχουν αρκετά ηλεκτρονικά συστήματα που χρησιμεύουν στον έλεγχο και στην ρύθμιση της ηλεκτρικής ισχύος που παράγει η φωτοβολταϊκή εγκατάσταση.

Πιο συγκεκριμένα είναι:

- **Οι ρυθμιστές φόρτισης μπαταριών** για την ρύθμιση των κύκλων φόρτισης και εκφόρτισης της συσσωρευτή. Όταν ο συσσωρευτής είναι τελείως φορτισμένος, ο ρυθμιστής δεν αφήνει άλλο ρεύμα να εισρεύσει από το φωτοβολταϊκό στοιχείο στον συσσωρευτή. Ομοίως, όταν ο συσσωρευτής έχει αδειάσει σε ένα προαποφασισμένο επίπεδο, το οποίο ελέγχεται με μέτρηση της τάσης του συσσωρευτή, ο ελεγκτής δεν επιτρέπει να δώσουν άλλο ρεύμα οι συσσωρευτές προτού επαναφορτιστούν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την επιμήκυνση του χρόνου ζωής του συσσωρευτή.
- **Ο ανιχνευτής σημείου μέγιστης ισχύος (MPPT)**, η οποία είναι μια συσκευή που επεξεργάζεται κατάλληλα το ρεύμα και την τάση εξόδου της φωτοβολταϊκής γεννήτριας, ώστε σε κάθε χρονική στιγμή το σύστημα, να απορροφά τη μέγιστη δυνατή ισχύ από την φωτοβολταϊκή γεννήτρια.
- **Οι αντιστροφεείς**, οι οποίοι μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο.

4.4 Είδη φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα βρίσκουν εφαρμογή σε μία ποικίλες περιπτώσεις. Οι κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται είναι δύο:

- Συστήματα που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο.
- Συστήματα που είναι απομονωμένα από το δίκτυο.

1. Συστήματα Συνδεδεμένα στο Δίκτυο

Στα συνδεδεμένα συστήματα η φωτοβολταϊκή συστοιχία τροφοδοτεί απευθείας με ηλεκτρική ενέργεια το δίκτυο, οπότε δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη συσσωρευτή.

Τα συστήματα αυτά μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- Στα συστήματα με κατανεμημένες φωτοβολταϊκές συστοιχίες όπου οι συστοιχίες είναι τοποθετημένες στις σκεπές σπιτιών και εμπορικών κέντρων.
- Στις κεντρικές μονάδες παραγωγής ενέργειας όπου οι φωτοβολταϊκές συστοιχίες συνδέονται με υποσταθμούς και μετά με το δίκτυο.

Στην πρώτη περίπτωση ο καταναλωτής-ιδιοκτήτης που έχει τη συστοιχία, μπορεί να αγοράζει και να πουλάει ενέργεια κάθε χρονική στιγμή. Είναι σε θέση να παίρνει την ενέργεια που χρειάζεται από τη συστοιχία και να χρησιμοποιεί το δίκτυο μόνο όταν είναι απαραίτητο (κατά την διάρκεια της νύχτας ή σε πολύ συννεφιασμένες μέρες). Αυτό γίνεται εφικτό με την χρήση κατάλληλου μετρητή που έχει την ιδιότητα να είναι αμφίδρομος (διπλό ρολόι). Όταν η συστοιχία τροφοδοτεί το φορτίο του κτιρίου και της περισσεύει ενέργεια, την δίνει στο δίκτυο. Όταν το φορτίο είναι μεγαλύτερο από την παραγωγή της συστοιχίας τότε η ζήτηση ικανοποιείται με εισαγωγή ενέργειας από το δίκτυο. Έτσι, το δίκτυο δρα σαν μονάδα αποθήκευσης για το φωτοβολταϊκό σύστημα. Τυπικές τιμές για οικιακά φωτοβολταϊκά συστήματα είναι 2 με 4 kWp ενώ για μεγάλα δημόσια κτίρια είναι 100kWp ή και περισσότερο.

Στη δεύτερη περίπτωση έχουμε ολόκληρες μονάδες παραγωγής που αποτελούνται από φωτοβολταϊκές συστοιχίες. Οι μονάδες αυτές εγκαθίστανται και συνδέονται εύκολα με το δίκτυο, οπότε κατασκευάζονται πολύ πιο γρήγορα από τις συμβατικές. Ακόμα, μπορούν να τοποθετηθούν κοντά στα σημεία του δικτύου όπου υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη και μπορεί να αυξηθεί το μέγεθός τους προσθέτοντας συστοιχίες όταν αυξηθεί η ζήτηση. Τέλος, έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν καταναλώνουν καύσιμα, δεν παράγουν καυσαέρια ή απόβλητα και επιπλέον είναι αθόρυβες.

Τέτοιου είδους μονάδες δεν είναι ακόμα διαδεδομένες παρόλο που έχουν μηδενικά έξοδα καυσίμου διότι το συνολικό κόστος της παραγόμενης ισχύος ευρώ/W παραμένει αυξημένο σε σχέση με τις συμβατικές μονάδες ορυκτών καυσίμων, οπότε οι εταιρίες παραγωγής δεν τις προτιμούν. Τέλος, πρόβλημα δημιουργεί το ότι η παραγωγή δεν μπορεί να ακολουθήσει την ζήτηση την νύχτα ή όταν δεν έχει ηλιοφάνεια.

Τα πλεονεκτήματα των παραπάνω συστημάτων είναι η προβλεπόμενη μείωση του κόστους παραγωγής ενέργειας και η προστασία του περιβάλλοντος. Με την παραγωγή ενέργειας κοντά στο σημείο ζήτησης μειώνεται η απόσταση που πρέπει να διανύσει το ρεύμα και επιτυγχάνεται μείωση των ενεργειακών απωλειών και των απωλειών ισχύος στο δίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να αποφευχθεί ή να αργήσει σημαντικά η ανάγκη για αναβάθμιση το δικτύου μεταφοράς αφού σε πολλές περιπτώσεις οι ώρες αυξημένης ζήτησης ταυτίζονται με τις ώρες του μεσημεριού για παράδειγμα που η φωτοβολταϊκή συστοιχία δύναται να παράγει μεγάλη ισχύ. Επίσης, γίνεται προσπάθεια μείωσης του κόστους δομικών υλικών κτιρίων όπως είναι κεραμίδια με προσαρμογή πάνω τους φύλλων φωτοβολταϊκών πλασίων, ώστε να γίνουν ανταγωνιστικά των συμβατικών δομικών υλικών και να χρησιμοποιηθούν ευρέως.

2. Συστήματα Απομονωμένα από το Δίκτυο

Στα απομονωμένα συστήματα το φωτοβολταϊκό δεν συνδέεται με το δίκτυο. Τέτοιου είδους φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει AC δίκτυο, είτε επειδή έχει μεγάλο κόστος να εγκατασταθεί γραμμή σύνδεσης του φωτοβολταϊκού συστήματος μεταξύ της περιοχής και του AC δικτύου είτε τέλος η σύνδεση δεν είναι εφικτή λόγω μεγάλης απόστασης από τις μονάδες παραγωγής. Τα συστήματα αυτά είναι μικρής ισχύος, συνήθως λιγότερο από 10 kWp. Μπορεί να αποτελούνται μόνο από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία ή να έχουν και συσσωρευτή ή αντλία νερού ή ακόμα και γεννήτρια.

Τα συστήματα που αποτελούνται μόνο από μία φωτοβολταϊκή συστοιχία είναι συστήματα που δεν χρειάζονται μονίμως ενέργεια. Εκμεταλλεύονται το γεγονός ότι οι ηλιόλουστες μέρες που κάνουν το σύστημα να έχει μεγάλη παραγωγή ισχύος παράλληλα προκαλούν αυξημένες ανάγκες για ψύξη και εξαερισμό χώρων. Έτσι, συνδέοντας τη συστοιχία με ανεμιστήρες εξαερισμού βελτιώνονται οι συνθήκες του χώρου.

Ακόμα, η μεγάλη ηλιοφάνεια αυξάνει τις ανάγκες σε νερό για ύδρευση και άρδευση οπότε η συστοιχία συνδέεται με αντλία νερού για την άντληση νερού από κάποιο χαμηλότερο σημείο και την μεταφορά του είτε εκεί που υπάρχει ανάγκη, είτε για αποθήκευση σε κάποιο ψηλότερο σημείο (δεξαμενή). Στη περίπτωση αυτή η δεξαμενή αποτελεί την αποθήκη ενέργειας.

Στη περίπτωση ύπαρξης συσσωρευτή το φωτοβολταϊκό σύστημα παρέχει την ενέργεια κάθε φορά που απαιτείται ανεξαρτήτως αν έχει ήλιο ή όχι διότι οι συσσωρευτές αποθηκεύουν την περίσσεια ενέργειας όταν αυτή υπάρχει και την επιστρέφουν όταν χρειάζεται. Το πόση ενέργεια θα επιστρέψει εξαρτάται από το μέγεθος και το είδος του συσσωρευτή. Χρησιμοποιούνται για φωτισμό ή και για άλλες συσκευές, κυρίως σε τροχόσπιτα και ιστιοφόρα.

Όταν υπάρχει άλλου είδους γεννήτρια τότε το σύστημα είναι υβριδικό. Η γεννήτρια μπορεί να είναι πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Στα συστήματα αυτά η γεννήτρια και η φωτοβολταϊκή συστοιχία αλληλοσυμπληρώνονται. Το πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών είναι ότι για να έχουμε επάρκεια σε χρονικές περιόδους μικρής ηλιοφάνειας αντί να βάλουμε φωτοβολταϊκή συστοιχία μεγαλύτερης επιφάνειας και συσσωρευτή μεγαλύτερης χωρητικότητας, παίρνουμε την ισχύ από την γεννήτρια. Επίσης, η κατανάλωση της γεννήτριας και το κόστος συντήρησής της είναι μικρότερο σε σχέση με ένα ίδιας ισχύος σύστημα παραγωγής με μια μόνο γεννήτρια.

4.5 Τρόποι Σύνδεσης Φωτοβολταϊκών συστημάτων στο Δίκτυο Εναλλασσόμενου Ρεύματος

Η ισχύς από τα φωτοβολταϊκά συστήματα μπορεί είτε να εισαχθεί μέσα στο δίκτυο είτε σε ένα συσσωρευτή. Για να συνδεθεί λοιπόν στο δίκτυο η φωτοβολταϊκή γεννήτρια, η μικρή συνεχής τάση που παράγεται πρέπει να ενισχυθεί σε μια υψηλότερη εναλλασσόμενη τάση, το οποίο συνήθως γίνεται από έναν μετατροπέα. Επίσης ο μετατροπέας τοποθετείται για να ελέγχει συνέχεια το σημείο λειτουργίας των πλαισίων όπως μεταβάλλεται στη καμπύλη V-P, δηλαδή χρησιμοποιείται για την ανίχνευση του σημείου βέλτιστης ισχύος των πλαισίων (Maximum Power Point Tracking-MPPT).

Εφόσον η ηλιακή ακτινοβολία και η θερμοκρασία μεταβάλλονται διαρκώς κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι χαρακτηριστικές εξόδου (V-I) μετατοπίζονται διαρκώς. Το σημείο λειτουργίας του μετατροπέα δε θα πρέπει απλά να μπορεί να κινηθεί πάνω στις καμπύλες εξόδου της φωτοβολταϊκής γεννήτριας, αλλά θα πρέπει να εντοπίζει και να σταθεροποιείται στο εκάστοτε σημείο μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος, για δεδομένη ακτινοβολία και θερμοκρασία. Τα πλεονεκτήματα της σύνδεσης στο δίκτυο, είναι ότι μπορεί η ισχύς να “αποθηκευτεί” όταν η παραγωγή είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι διάφορες τεχνολογίες των φωτοβολταϊκών συστημάτων για τη σύνδεση στο δίκτυο (συνδεδεμένο σύστημα). Η διαφοροποίηση των τεχνολογικών τάσεων έγκειται, αφενός μεν στον αριθμό των φωτοβολταϊκών πλαισίων που συνδέονται ανά ηλεκτρονικό μετατροπέα (επίπεδο ισχύος του μετατροπέα), αφετέρου δε στον τρόπο με τον οποίο συνδέονται μεταξύ τους τα φωτοβολταϊκά πλαίσια (εν σειρά σύνδεση, παράλληλη σύνδεση ή συνδυασμός αυτών).

Οι τεχνολογίες που αναλύονται είναι οι εξής:

- Η Κεντριοποιημένη Τεχνολογία (Centralized Technology)
- Η Τεχνολογία Αλυσίδας (String Technology)
- Η Τεχνολογία Πολλαπλών Αλυσίδων (Multistring Technology)
- Τεχνολογία Φωτοβολταϊκών Πλαισίων Εναλλασσόμενου Ρεύματος (AC- PV

Modules)

• Η Κεντριοποιημένη Τεχνολογία

Η κεντριοποιημένη τεχνολογία είναι από τις παλαιότερες που εφαρμόστηκαν και αποσκοπεί στην παραγωγή μεγάλων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας τα οποία μεταφέρονται στο δίκτυο μέσω ενός μόνο αντιστροφέα ο οποίος συνδέει έναν μεγάλο αριθμό φ/β πλαισίων. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας πραγματοποιείται από ένα πλέγμα φ/β πλαισίων, τα οποία χωρίζονται σε εν σειρά ομάδες εξασφαλίζοντας έτσι υψηλή τιμή συνεχούς τάσης, χωρίς να απαιτείται επιπλέον ενίσχυση, αυτές οι αλυσίδες των εν σειρά συνδεδεμένων φ/β πλαισίων συνδέονται παράλληλα, για να επιτευχθεί η απαιτούμενη τιμή εντάσεως.

Χαρακτηριστικό αυτής της τεχνολογίας, αποτελεί η χρήση ενός μόνου ελέγχου ανίχνευσης του σημείου λειτουργίας μέγιστης αποδιδόμενης ισχύος (M.P.P.T. ελεγκτής) και η χρήση διόδων ισχύος ώστε να αποφευχθεί η λειτουργία ορισμένων εν σειρά ομάδων ως φορτία λόγω σκίασης.

Αν εξαιρέσουμε τα υψηλά ποσά ηλεκτρικής ενέργειας που μπορούν να παραχθούν από ένα μόνο φ/β σύστημα και το ότι δεν είναι απαραίτητη η περαιτέρω ενίσχυση της τάσης του συστήματος είτε με μετατροπέα συνεχούς τάσης είτε με μετασχηματιστή (Μ/Σ), υπάρχουν πολλά σημαντικά μειονεκτήματα. Καταρχήν υπάρχουν υψηλές τιμές τάσης σύνδεσης μεταξύ φωτοβολταϊκού πλέγματος και αντιστροφέα, πράγμα που επιβάλλει την εγκατάσταση ειδικών συστημάτων προστασίας και την εφαρμογή ειδικών τεχνικών γειώσεως των επιμέρους τμημάτων του φ/β συστήματος, αυξάνοντας έτσι το κόστος της όλης εγκατάστασης.

Επίσης στη περίπτωση που γίνει μερική ή ολική σκίαση ενός ή περισσότερων κυττάρων ή ολική θραύση ενός κυττάρου, θα έχουμε κύτταρα με ανόμοια χαρακτηριστικά να συνδέονται σε σειρά, η μη προσαρμογή όμως των χαρακτηριστικών των κυττάρων μιας συστοιχίας επιφέρει απώλειες ισχύος και καταστροφή κάποιου μέρους του φ/β συστήματος. Στη περίπτωση που ένα κύτταρο ή ομάδα παράλληλων κυττάρων βρίσκονται υπό σκιά, το ολικό ρεύμα εξόδου της συστοιχίας μειώνεται. Το σκιασμένο κύτταρο περιορίζει την έξοδο της αλυσίδας, αλλά και είναι δυνατόν να προκαλέσει το φαινόμενο hotspot, το οποίο οφείλεται στην ανάστροφη πόλωση ενός ή περισσότερων κυττάρων και συνεπάγεται υπερθέρμανσή τους, που μπορεί να είναι καταστροφική για όλη την εγκατάσταση.

Όταν μια αλυσίδα από κύτταρα βραχυκυκλωθεί η τάση στο σκιασμένο κύτταρο πρέπει να είναι ίση και αντίθετη με την τάση στα υπόλοιπα κύτταρα. Το κύτταρο αυτό πολώνεται ανάστροφα και καταναλώνει (αντί να παράγει) ισχύ και είναι δυνατόν να καταναλώνεται ισχύς ίση με τη μέγιστη ισχύ που μπορούν να παράγουν τα υπόλοιπα κύτταρα της αλυσίδας. Τέτοια φαινόμενα μπορούν να προκαλέσουν υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας τοπικά (hotspot) στο κύτταρο με πιθανό αποτέλεσμα θραύση του πλαισίου ή ακόμη και πλήρη καταστροφή του.

Για να μειώσουμε την επίδραση του φαινομένου hotspot στην λειτουργία της συστοιχίας συνδέουμε διόδους παράκαμψης για την παράλληλη σύνδεση των εν σειρά ομάδων. Οι diodes ισχύος που χρησιμοποιούνται όμως επιβαρύνουν τον βαθμό απόδοσης του όλου συστήματος με τις απώλειές τους. Επίσης η εφαρμογή κεντρικού M.P.P.T. ελέγχου δεν επιτρέπει σε όλα τα πλαίσια να λειτουργούν στο σημείο μέγιστης ισχύος, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο συνολικός βαθμός απόδοσης και ο σχεδιασμός τους δεν αφήνει περιθώρια τεχνικών προσαρμογών και επέκτασης. Τέλος ο χαμηλός βαθμός απόδοσης και το υψηλό κόστος κατασκευής ήταν η αφορμή για το σχεδιασμό άλλων τεχνολογιών.

- **Η Τεχνολογία Αλυσίδας**

Στα συστήματα βασισμένα στην τεχνολογία αλυσίδας, η οποία διαδέχτηκε την κεντριοποιημένη τεχνολογία, κάθε μονάδα αποτελείται από μία αλυσίδα εν σειρά συνδεδεμένων φ/ω πλαισίων που καταλήγει σε έναν αντιστροφέα. Η τάση που παράγεται μπορεί να είναι αρκετά υψηλή και να αποφευχθεί η ενίσχυση τάσης. Ο M.P.P.T. έλεγχος είναι αποδοτικότερος σε σχέση με αυτόν της κεντριοποιημένης τεχνολογίας, μιας και εφαρμόζεται σε μικρότερο αριθμό πλαισίων. Δεν είναι απαραίτητη η εφαρμογή διόδων ισχύος. Υπάρχει δυνατότητα επέκτασης της εγκατάστασης με χρήση περισσότερων μονάδων. Οι απώλειες είναι λιγότερες και έτσι υπάρχει υψηλότερος βαθμός απόδοσης σε σχέση με την κεντριοποιημένη τεχνολογία, συνεπώς μειώνεται το κόστος κατασκευής λόγω της μαζικής παραγωγής. Βέβαια παραμένουν τα προβλήματα που επιφέρουν οι υψηλές τάσεις στα σημεία σύνδεσης, καθώς επίσης και ο κίνδυνος εμφάνισης φαινομένου hotspot. Αν χρησιμοποιείται μικρό πλήθος φ/β πλαισίων απαιτούνται πιο πολύπλοκες τοπολογίες για την ενίσχυση της τάσης και έτσι η τιμή/watt αυξάνεται μειώνοντας έτσι τη συνολική απόδοση.

- **Η Τεχνολογία Πολλαπλών Αλυσίδων**

Η τεχνολογία πολλαπλών αλυσίδων αποτελεί μια επέκταση της τεχνολογίας αλυσίδας, όπου πολλές αλυσίδες εν σειρά συνδεδεμένων φ/β πλαισίων συνδέονται σε έναν κεντρικό αντιστροφέα μέσω ανεξάρτητων μετατροπών συνεχούς τάσης σε συνεχή. Το πλεονέκτημα της συγκρινόμενη με την κεντροποιημένη τεχνολογία είναι ότι κάθε αλυσίδα μπορεί να ελέγχεται ξεχωριστά. Έτσι γίνεται πιο εύκολη η επέκταση του συστήματος απλά συνδέοντας στον αντιστροφέα περισσότερες αλυσίδες πλαισίων με τους μετατροπείς τους. Προσφέρει λοιπόν ανάλογη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με αυτήν της κεντροποιημένης τεχνολογίας περιορίζοντας ταυτόχρονα αρκετά από τα μειονεκτήματα που συναντώνται σε φωτοβολταϊκά συστήματα κεντροποιημένης δομής. Το μειονέκτημα που παρουσιάζεται σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι ο αντιστροφέας δεν μπορεί να δεχθεί άπειρο αριθμό αλυσίδων σε περίπτωση που θέλουμε να επεκτείνουμε το σύστημα, καθώς επίσης μπορεί να παρουσιαστεί ο κίνδυνος ολικής διακοπής της ηλεκτροπαραγωγικής διαδικασίας, σε περίπτωση που ο αντιστροφέας παρουσιάσει βλάβη.

- **Η Τεχνολογία Φωτοβολταϊκών Πλαισίων Εναλλασσόμενου Ρεύματος**

Η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών πλαισίων εναλλασσόμενου ρεύματος, είναι και η νεότερη στο χώρο των φωτοβολταϊκών εφαρμογών, στην οποία ένα μεγάλο φ/β πλαίσιο συνδέεται σε έναν ηλεκτρονικό μετατροπέα συνεχούς τάσης σε μονοφασική εναλλασσόμενη και στη συνέχεια συνδέεται απ' ευθείας στο δίκτυο χαμηλής τάσης. Η απουσία συνδέσεων τύπου πλέγματος (βλέπε κεντροποιημένη τεχνολογία) ή αλυσίδας μεταξύ φ/β πλαισίων, καθώς και δυνατότητα καλύτερου ελέγχου κάθε αυτόνομης διάταξης (φ/β πλαίσιο και αντιστροφέας), οδηγούν σε μεγαλύτερη αποδοτικότητα του όλου συστήματος. Ο αντιστροφέας μπορεί να είναι ενσωματωμένος είτε στο πίσω μέρος των πλαισίων, είτε στο μηχανισμό στήριξης τους.

Σε σχέση με τις παραπάνω τεχνολογίες τα AC PV Modules έχουν τα εξής χαρακτηριστικά: η αντιστοιχία ενός αντιστροφέα ανά πλαίσιο επιτρέπει τον βέλτιστο M.P.P.T. έλεγχο, οι τάσεις στα σημεία σύνδεσης είναι αρκετά χαμηλές, το κόστος κατασκευής είναι μικρό, δεν απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό για την εγκατάσταση του συστήματος, οι απαιτήσεις επιφανείας ανά μονάδα είναι ελάχιστες, κάτι που τα καθιστά κατάλληλα ακόμα και για αστικές εφαρμογές, και παρουσιάζει καλύτερο βαθμό απόδοσης σε σχέση με τις προηγούμενες τεχνολογίες. Το μόνο μειονέκτημα είναι ότι πρόκειται για διατάξεις χαμηλής ισχύος και ότι η τεχνολογία δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένη όσον αφορά το είδος του μετατροπέα που θα δίνει την απαραίτητη τιμή τάσης για τη σύνδεση τους στο δίκτυο ενώ ταυτόχρονα θα επιτυγχάνεται και υψηλή απόδοση.

4.6 Ο Αντιστροφέας (Inverter)

Οι αντιστροφείς τάσης είναι ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούνται σε συνδεδεμένα με το δίκτυο φ/β συστήματα αλλά και σε αυτόνομα συστήματα με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Ο σχεδιασμός ενός συνδεδεμένου με το δίκτυο φ/β συστήματος αρχίζει με την επιλογή ενός κατάλληλου αντιστροφέα τάσης. Αυτό καθορίζει την τάση του συνεχούς ρεύματος που θα έχει το σύστημα και ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του αντιστροφέα επιλέγονται και οι κατάλληλοι συλλέκτες.

Ο αντιστροφέας είναι η δεύτερη σημαντικότερη μονάδα του συστήματος μετά τους συλλέκτες. Δουλειά του είναι να μετατρέπει την συνεχή τάση που παράγεται στους συλλέκτες σε εναλλασσόμενη τάση συχνότητας 50Hz. Σε αντίθεση με τους αντιστροφείς των αυτόνομων συστημάτων, αυτοί των συνδεδεμένων πρέπει να αντιδρούν το ίδιο στις μεταβολές των χαρακτηριστικών του δικτύου ηλεκτροδότησης και στις μεταβολές της απόδοσης των συλλεκτών. Αφού όλο το παραγόμενο ρεύμα περνά από τον αντιστροφέα τα χαρακτηριστικά του επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη συμπεριφορά και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του συστήματος.

Εκτός από την απόδοση στη μετατροπή της συνεχούς τάσης σε εναλλασσόμενη, τα ηλεκτρονικά του αντιστροφέα περιλαμβάνουν συστήματα που είναι υπεύθυνα για την ημερήσια λειτουργία του συστήματος. Φροντίζουν η λειτουργία να ξεκινά την κατάλληλη στιγμή το πρωί, όταν οι συλλέκτες παράγουν αρκετή ενέργεια. Ανεπιτυχής έναρξη της λειτουργίας απαιτεί ενέργεια από το δίκτυο και πρέπει να αποφεύγεται. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, το βέλτιστο σημείο λειτουργίας στην καμπύλη V-I μεταβάλλεται ανάλογα με τη διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας των συλλεκτών. Ο «έξυπνος» έλεγχος του μετατροπέα περιλαμβάνει παρακολούθηση του σημείου μέγιστης ισχύος και συνεχή ρύθμιση στο βέλτιστο κάθε φορά σημείο λειτουργίας. Επίσης υπάρχουν συστήματα που αυτόματα αποσυνδέουν το σύστημα αν εμφανισθούν ανωμαλίες στο δίκτυο ή στους συλλέκτες.

Σήμερα τα περισσότερα μοντέλα αντιστροφέων τάσης είναι εξοπλισμένα με συστήματα που επιτρέπουν τη συνεχή μέτρηση της ισχύος, της τάσης, του ρεύματος και άλλων λειτουργικών παραμέτρων του συστήματος. Τα δεδομένα αυτά μπορούν στη συνέχεια να συλλεχθούν και να αναλυθούν με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή (H/Y).

4.7 Κατηγορίες αντιστροφέων

Οι φ/β αντιστροφεείς μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες:

- Αντιστροφεείς αυτόνομων συστημάτων, που χρησιμοποιούνται σε απομονωμένα συστήματα, όπου ο αντιστροφέας αντλεί ενέργεια από μπαταρίες οι οποίες φορτίζονται από φωτοβολταϊκά. Πολλοί μετατροπείς αυτόνομων συστημάτων ενσωματώνουν επίσης φορτιστές μπαταριών για να τροφοδοτήσουν την μπαταρία από μία AC πηγή, όταν είναι διαθέσιμη. Κανονικά, δεν διασυνδέονται με το δίκτυο, και ως εκ τούτου, δεν απαιτείται να έχουν προστασία αντι-νησιδοποίησης.
- Αντιστροφεείς για σύνδεση με το δημόσιο δίκτυο, οι οποίοι ταιριάζουν τη συχνότητα εξόδου τους με αυτή του δικτύου. Οι μετατροπείς αυτοί έχουν σχεδιαστεί ώστε να κλείσουν αυτόματα με την απώλεια της παροχής δικτύου, για λόγους ασφαλείας. Δεν παρέχει εφεδρική ισχύ σε περίπτωση διακοπής.
- Αντιστροφεείς για μπαταρίες backup, είναι ειδικοί μετατροπείς, οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί για να μεταφέρουν την ενέργεια από μια μπαταρία, να διαχειρίζονται τη φόρτιση της μπαταρίας μέσω ενός ενσωματωμένου φορτιστή, και να εγχέουν την πλεονάζουσα ενέργεια στο δίκτυο. Αυτοί οι μετατροπείς είναι σε θέση να προμηθεύουν ενέργεια AC σε επιλεγμένα φορτία κατά τη διάρκεια μιας διακοπής της παροχής από το δίκτυο, και απαιτείται να έχουν προστασία αντι-νησιδοποίησης.

Οι κύριες κατηγορίες αντιστροφέων σε σχέση με την πηγή που θεωρείται στην είσοδο τους είναι οι εξής:

- Αντιστροφεείς πηγής τάσεως (στην DC πλευρά του αντιστροφέα υπάρχει πηγή DC τάσης)
- Αντιστροφεείς πηγής ρεύματος (στην DC πλευρά του αντιστροφέα υπάρχει πηγή DC ρεύματος)

Οι αντιστροφεείς VSI (Αντιστροφεείς πηγής τάσεως) είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος αντιστροφέα και βρίσκει εφαρμογή στις περισσότερες βιομηχανικές διατάξεις. Οι αντιστροφεείς πηγής ρεύματος βρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε μηχανές πολύ υψηλής ισχύος.

Σχετικά με την τοπολογία των αντιστροφέων πηγής τάσεως, υπάρχουν διάφοροι τύποι ανάλογα με τον αριθμό και τη συνδεσμολογία των διακοπτικών στοιχείων που

περιλαμβάνει η διάταξη του αντιστροφέα, μονοφασικοί αντιστροφείς ημιγέφυρας, μονοφασικοί αντιστροφείς γέφυρας και τριφασικοί αντιστροφείς.

4.8 Χαρακτηριστικά και τρόπος λειτουργίας φ/β αντιστροφέων

Οι αντιστροφείς είναι μονοφασικοί ή τριφασικοί, και συνδέουν τμήματα του φ/β συστήματος στο δίκτυο. Διαθέτουν προστασία (κλάση στεγανότητας) IP65 για εξωτερική τοποθέτηση (υπαίθρια εγκατάσταση). Σε περίπτωση που η προστασία των inverters είναι υποδεέστερη της IP65, τότε θα πρέπει να τοποθετηθούν μέσα σε κλιματιζόμενο οικίσκο/ερμάριο.

Θα πρέπει να διαθέτουν όλες τις απαραίτητες ασφάλειες για την εγκατάσταση και τη λειτουργία τους στο ηλεκτρικό δίκτυο και να είναι πλήρως συμβατοί με τους σχετικούς κανονισμούς. Έχουν ενσωματωμένες όλες τις διατάξεις ηλεκτρονόμων ορίου τάσης, ορίου συχνότητας, ασυμμετρίας τάσης και υπερέντασης ενώ υποχρεωτικά διαθέτουν προστασία έναντι του φαινομένου της νησιδοποίησης κάτι που σημαίνει ότι θα διακόπτουν αυτόματα τη λειτουργία τους σε περίπτωση διακοπής του δικτύου.

Επιπλέον οι αντιστροφείς έχουν τις εξής παραμέτρους δικτύου:

- Εύρος τάσεως εναλλασσόμενου ρεύματος: +15% έως -20% επί της ονομαστικής τάσης (230V)
- Περιοχή συχνοτήτων εναλλασσόμενου ρεύματος: $\pm 0,5\%$ Hz της ονομαστικής (50Hz)
- Συντελεστής παραμόρφωσης ρεύματος: $< 4\%$
- DC-Current Injection: $< 0,5\%$ του ονομαστικού ρεύματος

Πολλοί κατασκευαστές αντιστροφέων διαθέτουν δωρεάν στην ιστοσελίδα τους λογισμικά για τη διαστασιολόγηση του φ/β συστήματος. Ο σχεδιαστής μπορεί έτσι να συνδυάσει με τον βέλτιστο τρόπο τα φ/β πλαίσια με τους κατάλληλους αντιστροφείς και να υπολογίσει την αναμενόμενη παραγωγή, ανάλογα με την τοποθεσία εγκατάστασης της συστοιχίας. Τα λογισμικά αυτά είναι εύχρηστα και απλά, ενώ συνήθως περιλαμβάνουν αρκετές παραμέτρους που επηρεάζουν την φ/β παραγωγή.

Οι ηλιακοί αντιστροφείς χρησιμοποιούν την διαδικασία εντοπισμού του σημείου λειτουργίας μέγιστης ισχύος (MPPT) για να πάρουν τη μέγιστη δυνατή ισχύ από τα φ/β πάνελ. Τα φ/β στοιχεία παρουσιάζουν μια σύνθετη σχέση μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας και της συνολικής αντίστασης, η οποία έχει σαν αποτέλεσμα μία μη γραμμική καμπύλη απόδοσης εξόδου. Ο σκοπός του συστήματος MPPT είναι να δοκιμάζει την έξοδο των στοιχείων και να καθορίσει το ζεύγος τάσης και ρεύματος που επιτυγχάνει τη μέγιστη ισχύ για κάθε δεδομένες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ο συντελεστής πλήρωσης (fill factor), ευρύτερα γνωστός με την συντομογραφία FF, είναι όπως έχει αναφερθεί, μια παράμετρος η οποία, σε συνδυασμό με την τάση ανοικτού κυκλώματος και το ρεύμα βραχυκύκλωσης του πάνελ, καθορίζει τη μέγιστη ισχύ από ένα φ/β στοιχείο. Ο παράγων πλήρωσης ορίζεται ως ο λόγος της μέγιστης ισχύος προς το γινόμενο των της τάσης και του ρεύματος στο συγκεκριμένο σημείο.

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι αλγορίθμων MPPT: perturb and observe, incremental conductance και constant voltage. Οι δύο πρώτες μέθοδοι που συχνά αναφέρονται ως μέθοδοι αναρρίχησης λόφου, βασίζονται στην καμπύλη της ισχύος συναρτήσει της τάσης η οποία έχει θετική κλίση αριστερά του σημείου μέγιστης ισχύος και αρνητική στη δεξιά πλευρά αυτού.

Σε περίπτωση διακοπής του ρεύματος από το δίκτυο, απαιτείται η απενεργοποίηση σε σύντομο χρονικό διάστημα των φ/β αντιστροφών. Αυτό αποτρέπει τους μετατροπείς από το να συνεχίσουν να τροφοδοτούν με τάση μικρά τμήματα του δικτύου, που καλούνται νησίδες. Οι τροφοδοτούμενες νησίδες παρουσιάζουν κίνδυνο για τους εργαζόμενους οι οποίοι μπορούν να αναμένουν ότι η περιοχή δεν τροφοδοτείται με ρεύμα, αλλά εξίσου σημαντικό είναι το ζήτημα ότι χωρίς την σταθερή τάση του δικτύου με την οποία συγχρονίζεται ο αντιστροφέας, η ισχύς εξόδου του μπορεί να μετατοπιστεί εκτός των επιτρεπόμενων τιμών.

Η ανίχνευση της παρουσίας ή της έλλειψης του δικτύου φαίνεται να είναι απλή διαδικασία, και στην περίπτωση ενός μεμονωμένου inverter, η απώλεια του δικτύου θα ανιχνευθεί αμέσως. Ωστόσο, εάν υπάρχουν δύο μετατροπείς σε μια δεδομένη νησίδα, τα πράγματα γίνονται πολύ πιο περίπλοκα. Είναι πιθανό ότι η έξοδος του ενός αντιστροφέα μπορεί να ερμηνευθεί ως τροφοδοσία του δικτύου από τον άλλον αντιστροφέα και αντίστροφα, έτσι ώστε οι δύο μονάδες να συνεχίσουν τη λειτουργία. Καθώς παρακολουθούν ο ένας την έξοδο του άλλου, και οι δύο μπορεί να ξεφύγουν από τα καθορισμένα όρια που επιβάλλονται στις συνδέσεις του δικτύου, δηλαδή της τάσης ή της συχνότητας.

Οι τρεις βασικές λειτουργίες που εκτελεί ένας φ/β αντιστροφέας είναι οι εξής:

- Μετατροπή του ρεύματος σε εναλλασσόμενο
- Μετασχηματισμός του ρεύματος σε ημιτονοειδή κυματομορφή με συγκεκριμένη συχνότητα
- Ενίσχυση της τάσης της φ/β πηγής με μετατροπέα DC/DC

Με βάση τις ανωτέρω λειτουργίες, καθορίζονται τα επιμέρους στοιχεία του αντιστροφέα και ως εκ τούτου προσδιορίζεται η απόδοση και οι απώλειες. Αντί του DC/DC μετατροπέα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μετασχηματιστής αλλά αυξάνει τις απώλειες. Άλλο στοιχείο που πρέπει να ενσωματωθεί στην έξοδο του αντιστροφέα είναι το φίλτρο που θα αποκόψει τις ανώτερες αρμονικές συνιστώσες που προκύπτουν από τη λειτουργία των διακοπτικών στοιχείων, ώστε να λάβουμε στην έξοδο όσο το δυνατόν πιο καθαρό ημίτονο.

Οι υψηλότερες μέγιστες αποδόσεις επιτυγχάνονται στους αντιστροφείς που δεν περιλαμβάνουν στην διάταξή τους μετασχηματιστή, με μέση μέγιστη απόδοση εμπορικών αντιστροφών της τάξεως του 96,5%. Τις υψηλότερες ευρωπαϊκές αποδόσεις έχουν πάλι οι αντιστροφείς χωρίς μετασχηματιστή. (~90%).

4.9 Εφαρμογές αντιστροφών

Σήμερα υπάρχουν διάφορες εφαρμογές των διατάξεων αντιστροφών DC/AC.

Ενδεικτικά αναφέρουμε τα εξής:

- Έλεγχος ταχύτητας ηλεκτρικών μηχανών AC
- Αντιστάθμιση άεργου ισχύος σε δίκτυα (SVC-Static Var Compansator) ή ως ενεργά φίλτρα σε συστήματα μεταφοράς ισχύος (FACTS-Flexible AC Transmittion Systems)
- Έλεγχος τάσης εξόδου σε αιολικά συστήματα
- Έλεγχος θερμοκρασίας με επαγωγή
- Γενικά σε συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Διατάξεις Αδιάκοπης Παροχής Ισχύος (UPS-Uninterruptible Power Supplies)

4.10 Μέσα προστασίας συστήματος

Η αμφίδρομη ροή ισχύος που οφείλεται στη διεσπαρμένη παραγωγή μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στη λειτουργία των μέσων προστασίας του συστήματος, προκαλώντας ενδεχομένως ένα εσφαλμένο άνοιγμα διακόπτη. Οι προστασίες των φ/β γεννητριών θα πρέπει να συνεργάζονται με τις προστασίες του δικτύου, ώστε τα σφάλματα να γίνονται άμεσα αντιληπτά και να αντιμετωπίζονται το συντομότερο δυνατό. Ένα ζήτημα μεγάλης σημασίας αποτελεί το φαινόμενο της απομονωμένης λειτουργίας (νησιδοποίησης). Πρόκειται για μία ανεπιθύμητη κατάσταση στην οποία ένα τμήμα του δικτύου λειτουργεί απομονωμένα από το υπόλοιπο δίκτυο, δηλαδή συνεχίζει να ηλεκτροδοτείται παρότι το υπόλοιπο δίκτυο είναι ανενεργό.

Στην περίπτωση αυτή προκαλούνται διακυμάνσεις στην τάση και τη συχνότητα με την οποία τροφοδοτούνται οι καταναλωτές. Επίσης υπάρχει σοβαρός κίνδυνος ασφάλειας για το προσωπικό που εργάζεται σε κάποιο τμήμα του δικτύου όπου υπάρχει νησιδοποίηση, καθώς θεωρείται ότι το τμήμα αυτό είναι ανενεργό μαζί με το υπόλοιπο δίκτυο, ενώ στην πραγματικότητα τροφοδοτείται με τάση. Επομένως είναι ιδιαίτερα σημαντικό η εγκατάσταση ΔΠ να ανιχνεύει τη νησιδοποίηση και να αποσυνδέεται. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της κατάλληλης ρύθμισης των ηλεκτρονόμων που ανιχνεύουν την τάση και τη συχνότητα του δικτύου για τυχόν αντικανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Όσον αφορά, την προστασία των φ/β γεννητριών από εσωτερικά σφάλματα, το ρεύμα σφάλματος που ρέει από το δίκτυο διανομής χρησιμοποιείται για την εύρεση του σφάλματος, και οι συνηθισμένες τεχνικές προστασίας είναι επαρκείς, οπότε πρόκειται για αρκετά εύκολη υπόθεση. Η προστασία του δικτύου διανομής ενώ βρίσκεται σε σφάλμα από το ρεύμα σφάλματος των γεννητριών είναι αρκετά πιο δύσκολη υπόθεση. Όπως προαναφέρθηκε, οι φ/β γεννήτριες συνεισφέρουν στο σφάλμα σχεδόν με τον ονομαστικό τους ρεύμα, οπότε οι προστασίες τους δεν είναι εύκολο να το αντιληφθούν και να αποσυνδέσουν τη γεννήτρια. Έτσι, είναι απαραίτητη η λειτουργία των προστασιών του δικτύου για την εκκαθάριση των σφαλμάτων και την απομόνωση της γεννήτριας.

Κεφάλαιο 5ο: Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα

5.1. Η έννοια του υβριδικού σταθμού

Ένας υβριδικός σταθμός αποσκοπεί να μεγιστοποιήσει τη συμμετοχή μονάδων μη εγγυημένης παραγωγής, στην κάλυψη μιας συγκεκριμένης ζήτησης ισχύος. Τούτο δεν προσεγγίζεται με τη φιλοσοφία ενός συμβατικού συστήματος ισχύος.

Πιο συγκεκριμένα, σε ένα συμβατικό Σύστημα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ), οι μονάδες μη εγγυημένης ισχύος συμμετέχουν στην παραγωγή ισχύος έως ένα μέγιστο ποσοστό, το οποίο υπαγορεύεται από τους περιορισμούς ασφάλειας και ευστάθειας της λειτουργίας του συστήματος και διαμορφώνεται βάσει διαφόρων παραμέτρων, όπως το μέγεθος του συστήματος, οι καιρικές συνθήκες, η ποσότητα και το είδος διατήρησης στρεφόμενης εφεδρείας κλπ.



Όσο υψηλή στιγμιαία διείσδυση μονάδων μη εγγυημένης ισχύος και αν επιτευχθεί σε ένα συμβατικό ΣΗΕ, ο ρόλος τους παραμένει συμπληρωματικός ως προς τις μονάδες εγγυημένης ισχύος, που συνήθως είναι θερμοηλεκτρικές μονάδες και, σπανιότερα, υδροστρόβιλοι, οι οποίες παραμένουν οι βασικές μονάδες, στις οποίες στηρίζεται η παραγωγή ισχύος.

Σκοπός της διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ είναι:

- Η κατά το δυνατόν αξιοποίηση του γηγενούς δυναμικού ΑΠΕ που οδηγεί σε αντίστοιχο περιορισμό της κατανάλωσης συνήθως εισαγόμενων ενεργειακών πηγών.
- Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται από την καύση ορυκτών καυσίμων.
- Η μείωση του κόστους παραγωγής των ΣΗΕ, δεδομένου ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, η τιμή αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από τις μονάδες ΑΠΕ είναι μικρότερη από το ειδικό κόστος παραγωγής των θερμοηλεκτρικών μονάδων.

Ο ρόλος των ΑΠΕ σε ένα συμβατικό σύστημα ισχύος δεν υποκαθιστά το ρόλο των μονάδων εγγυημένης παραγωγής. Απλά προσπαθεί να περιορίσει τη χρήση τους, προσεγγίζοντας, έτσι, όσο το δυνατόν περισσότερο τα οφέλη που αναφέρονται παραπάνω. Η βασική παραγωγή ισχύος και η απαίτηση για αδιάλειπτη κάλυψη της ζήτησης με εναλλασσόμενο ρεύμα πρότυπης τάσης και συχνότητας συνεχίζουν να

στηρίζονται στην εγγυημένη παραγωγή από τις συμβατικές θερμοηλεκτρικές μονάδες. Οι θερμοηλεκτρικές μονάδες παραμένουν αυτές που θα συμβάλουν τα μεγαλύτερα ποσοστά στην ετήσια κάλυψη της ζήτησης ενέργειας, που θα ενταχθούν πρώτες στη σύνθεση παραγωγή ισχύος, που θα κληθούν να στηρίξουν την παραγωγή σε περίπτωση εμφάνισης σφαλμάτων και που θα ρυθμίσουν τη βασική συχνότητα του ΣΗΕ. Τέλος η περίπτωση απουσίας παραγωγής από μονάδες μη εγγυημένης ισχύος δεν αποτελεί ειδική περίπτωση για το σύστημα, καθώς τούτο απλά συνεχίζει να στηρίζεται στην παραγωγή των συμβατικών μονάδων, αυτή τη φορά βέβαια σε ποσοστό 100%.

Ένας υβριδικός σταθμός επιχειρεί να αντιστρέψει τους ρόλους μονάδων ΑΠΕ και συμβατικών μονάδων σε ένα σύστημα ισχύος. Ο σκοπός του, που, όπως αναφέρθηκε ανωτέρω, είναι η μεγιστοποίηση της διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ στην παραγωγή, δεν περιορίζεται στην αύξηση του ποσοστού στιγμιαίας διείσδυσης των μονάδων ΑΠΕ στο σύστημα όποτε υπάρχει υψηλή

παραγωγή ισχύος από αυτές, ενδεχομένως με τεχνικές και μεθόδους που θα βελτιώσουν την ασφάλεια του συστήματος. Σε μία τέτοια περίπτωση οι συμβατικές μονάδες θα ήταν και πάλι οι βασικές μονάδες παραγωγής του συστήματος. Πρακτικά και θεωρητικά, η φιλοσοφία του υβριδικού σταθμού είναι τελείως διαφορετική.

Για να γίνει αντιληπτή η φιλοσοφία αυτή, ας υποθέσουμε ένα σύστημα ισχύος, στο οποίο οι συμβατικές μονάδες ισχύος απουσιάζουν εντελώς, συνεπώς δεν υπάρχει εγγυημένη παραγωγή από συμβατικές μονάδες. Ξεκινώντας από αυτό το δεδομένο, ο σκοπός του υβριδικού σταθμού είναι η σύνθεση και η λειτουργία ενός συστήματος ισχύος, το οποίο, αξιοποιώντας μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής, θα ανταποκριθεί με επιτυχία στις βασικές απαιτήσεις της ζήτησης, δηλαδή στην αδιάλειπτη κάλυψή της και στην ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής.

Η βασική φιλοσοφία συνδυασμένης λειτουργίας των μονάδων ΑΠΕ και των μονάδων αποθήκευσης μπορεί να αναλυθεί στις ακόλουθες δύο περιπτώσεις:

- Μέσω των μονάδων αποθήκευσης είναι δυνατή η αποθήκευση ενέργειας, όταν η παραγωγή ισχύος από τις μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση ισχύος.
- Η αποθηκευμένη ενέργεια μπορεί να αποδοθεί στην κατανάλωση τις χρονικές στιγμές που η ζήτηση ισχύος είναι μεγαλύτερη από τη διαθεσιμότητα παραγωγής ισχύος από τις μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής.

Αρα λοιπόν ένας υβριδικός σταθμός αποτελείται τουλάχιστον από δύο διακριτά μέρη, τις μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής (μονάδες ΑΠΕ) και τις μονάδες αποθήκευσης. Αρκούν όμως αυτές οι δύο συνιστώσες να εξασφαλίσουν αδιάλειπτη και ασφαλή κάλυψη της ζήτησης από τον υβριδικό σταθμό; Τι γίνεται αν προκύψει κάποια χρονική στιγμή που η διαθεσιμότητα παραγωγής ισχύος από τις μονάδες μη εγγυημένης ισχύος μαζί με την αποθηκευμένη ενέργεια στη μονάδα αποθήκευσης δεν επαρκούν να καλύψουν τη ζήτηση ισχύος; Ένα τέτοιο ενδεχόμενο δεν είναι διόλου απίθανο να προκύψει, καθώς εξαρτάται από το μέγεθος της ζήτησης ισχύος και από τη διαστασιολόγηση του υβριδικού σταθμού.

Για την εξασφάλιση της αδιάλειπτης και ασφαλούς παραγωγής ισχύος από ένα υβριδικό σταθμό σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να αντιμετωπιστεί και η ανωτέρω πιθανότητα, της υστέρησης δηλαδή της παραγωγής ισχύος από τις μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής ως προς τη ζήτηση ισχύος και της ταυτόχρονης χαμηλής στάθμης αποθηκευμένης ενέργειας στη μονάδα αποθήκευσης. Στην περίπτωση αυτή η μόνη περίπτωση παραγωγής ισχύος είναι η διαθεσιμότητα μιας ή περισσότερων μονάδων εγγυημένης παραγωγής, και πάλι αναλόγως με το μέγεθος του συστήματος και του υβριδικού σταθμού, π.χ. μίας ή περισσότερων θερμοηλεκτρικών μονάδων, αν πρόκειται για ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

Με την ανωτέρω περιγραφή είναι πασιφανής η διαφορά της λειτουργίας των μονάδων εγγυημένης ισχύος ως τμήμα ενός υβριδικού σταθμού, σε σχέση με τη λειτουργία τους σε ένα συμβατικό σύστημα ισχύος. Στην περίπτωση του υβριδικού σταθμού η παραγωγή ισχύος στηρίζεται κατά απόλυτη και απεριόριστη προτεραιότητα στις μονάδες ΑΠΕ. Οι μονάδες εγγυημένης ισχύος εντάσσονται στην παραγωγή μόνο σε περίπτωση χαμηλής διαθεσιμότητας ισχύος από τις μονάδες ΑΠΕ και ταυτόχρονης χαμηλής στάθμης φόρτισης των μονάδων αποθήκευσης. Πρακτικά λοιπόν οι μονάδες εγγυημένης παραγωγής σε ένα υβριδικό σταθμό έχουν έσχατη προτεραιότητα, εντάσσονται δηλαδή στην παραγωγή μόνο όταν έχει εξαντληθεί η

δυνατότητα κάλυψης της ζήτησης από τις μονάδες ΑΠΕ και τις μονάδες αποθήκευσης. Η ενεργειακά ορθή διαστασιολόγηση ενός υβριδικού σταθμού θα έχει ως αποτέλεσμα την ελαχιστοποίηση της συμμετοχής των συμβατικών μονάδων στην κάλυψη της ζήτησης.

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι ένας υβριδικός σταθμός αποτελείται από τρεις βασικές και διακριτές συνιστώσες:

- Τις μονάδες βάσης, οι οποίες είναι μονάδες μη εγγυημένης παραγωγής, πρακτικά μονάδες ΑΠΕ. Οι μονάδες βάσης αποτελούν τις κύριες μονάδες παραγωγής του συστήματος. Στην περίπτωση ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, αυτές μπορεί να είναι αιολικά πάρκα, φωτοβολταϊκοί σταθμοί κλπ. Στην περίπτωση ενός συστήματος παραγωγής θερμικής ενέργειας οι μονάδες αυτές μπορεί να είναι ηλιακοί συλλέκτες.
- Τις μονάδες αποθήκευσης, που σκοπό έχουν την προσαρμογή της τυχαίας παραγωγής ισχύος από τις μονάδες βάσης στη ζήτηση ισχύος. Στην περίπτωση ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, μονάδες αποθήκευσης μπορεί να είναι ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό (αντλησιοταμιευτήρας), ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές, μονάδα παραγωγής υδρογόνου ή μονάδες συμπίεσης αέρα (Compressed Air Energy Storage Systems – C.A.E.S.). Σε περίπτωση ενός συστήματος θερμικής ενέργειας, μονάδες αποθήκευσης μπορεί να είναι θερμοδοχεία ή μία μεγάλη δεξαμενή νερού.
- Τις μονάδες εφεδρείας, που σκοπό έχουν την κάλυψη της ζήτησης ισχύος σε περίπτωση χαμηλής διαθεσιμότητας ισχύος από τις μονάδες βάσης και εξάντλησης των αποθεμάτων ενέργειας στις μονάδες αποθήκευσης. Στην περίπτωση ενός συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας, μονάδες εφεδρείας μπορεί να είναι κοινές θερμοηλεκτρικές μονάδες, κυρίως ντιζελογεννήτριες. Σε περίπτωση ενός συστήματος θερμικής ενέργειας, μονάδες εφεδρείας μπορεί να είναι καυστήρες κεντρικής θέρμανσης.

5.2. Κατηγοριοποίηση υβριδικών σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας

Πριν την οποιαδήποτε παρουσίαση θεμάτων που αφορούν στους υβριδικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είναι σκόπιμη η κατηγοριοποίηση των σταθμών ανάλογα με το μέγεθός τους. Τούτο, όπως θα φανεί στη συνέχεια, προκύπτει από το ότι, για διαφορετικά μεγέθη υβριδικών σταθμών, οι κατάλληλες τεχνολογίες για μονάδες βάσης και, κυρίως, μονάδες αποθήκευσης, αλλάζουν, με αποτέλεσμα να αλλάζει ο τρόπος δόμησης του σταθμού και η διαδικασία διαστασιολόγησης και υπολογισμού του.

Θα διακρίνουμε λοιπόν τους υβριδικούς σταθμούς σε σταθμούς μεγάλου και μικρού μεγέθους, ενώ θα ορίσουμε και μία μεταβατική περιοχή ανάμεσα στις δύο βασικές κατηγορίες.

- Στην κατηγορία υβριδικών σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλου μεγέθους θα κατατάξουμε τις υλοποιήσεις που απευθύνονται στην κάλυψη ζήτησης ισχύος μεγαλύτερη των 3MW. Τέτοιου μεγέθους ζήτηση ισχύος παρουσιάζουν μικροί οικισμοί ή μικρά νησιά, με συνολικό πληθυσμό που δεν ξεπερνά τους 1.000 – 1.500 κάτοικους. Συνεπώς οι υβριδικοί σταθμοί μεγάλου μεγέθους αποσκοπούν στο να καλύψουν, μέσω συγκεντρωμένης παραγωγής, τη ζήτηση ισχύος που προκύπτει από ένα σύνολο διεσπαρμένων καταναλώσεων (π.χ. ένα σύνολο οικισμών σε ένα νησί).
- Στην κατηγορία υβριδικών σταθμών ηλεκτρικής ενέργειας μικρού μεγέθους ανήκουν οι σταθμοί που αποσκοπούν στην κάλυψη ζήτησης ισχύος που δεν υπερβαίνει το 1MW. Τέτοιου μεγέθους ζήτηση ισχύος εμφανίζεται σε μικρούς οικισμούς, με πληθυσμό κάτω των 500 κατοίκων, πολύ μικρά νησιά κλπ. Και οι υβριδικοί σταθμοί μικρού μεγέθους αποσκοπούν στην κάλυψη ζήτησης ισχύος μέσω κεντρικής παραγωγής.

Οι δυνάμενες να χρησιμοποιηθούν τεχνολογίες μονάδων βάσης και αποθήκευσης είναι πολύ συγκεκριμένες για καθεμία από τις δύο ανωτέρω κατηγορίες υβριδικών σταθμών. Για παράδειγμα, ένα σύνολο συστοιχιών ηλεκτροχημικών συσσωρευτών, το οποίο ενδείκνυται στην περίπτωση σταθμών μικρού μεγέθους, θα κριθεί ανεπαρκές, από τεχνικής και οικονομικής άποψης, για ένα σταθμό μεγάλου μεγέθους. Από την άλλη μεριά, ένα αναστρέψιμο υδροηλεκτρικό, το οποίο θα είναι ιδανικό για ένα σταθμό μεγάλου μεγέθους, θα ήταν μάλλον αντιοικονομικό στην περίπτωση ενός μικρού υβριδικού σταθμού.

Ανάμεσα στις δύο αυτές κατηγορίες υβριδικών σταθμών υπάρχει μία μεταβατική περιοχή, όπου η ζήτηση ισχύος κυμαίνεται ανάμεσα στο 1MW και στα 3MW. Στην περιοχή αυτή συστημάτων ισχύος, η επιλογή των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση ενός υβριδικού σταθμού δεν είναι δεδομένη εκ των προτέρων. Αντιθέτως εξαρτάται από μία σειρά παραμέτρων. Για παράδειγμα, σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να ευνοείται η κατασκευή ενός αναστρέψιμου υδροηλεκτρικού, λόγω της μείωσης του κόστους κατασκευής που δύναται να προκύψει λόγω της κατάλληλης μορφολογίας του εδάφους. Σε περιπτώσεις διαθεσιμότητας φθηνού καυσίμου (π.χ. Η.Π.Α., Αυστραλία, Μέση Ανατολή), ίσως είναι περισσότερο ελκυστική η κατασκευή ενός σταθμού συμπιεσμένου αέρα, στον οποίο, όπως θα αναλυθεί σε επόμενη ενότητα, απαιτείται η κατανάλωση καυσίμου. Επίσης σημαντικό ρόλο στην επιλογή τεχνολογίας αποθήκευσης σε υβριδικούς σταθμούς που εντάσσονται σε αυτή τη μεταβατική περιοχή παίζει και ο προγραμματισμός λειτουργίας του σταθμού ανά εικοσιτετράωρο. Γενικά, όσο αυξάνουν το μέγεθος ή οι ώρες ημερήσιας παραγωγής ισχύος του υβριδικού σταθμού, η χρήση ηλεκτροχημικών συσσωρευτών τείνει να γίνει λιγότερο ανταγωνιστική, τόσο από τεχνικής, όσο και από οικονομικής σκοπιάς, καθώς η ανάγκη για αποθήκευση αυξάνεται.

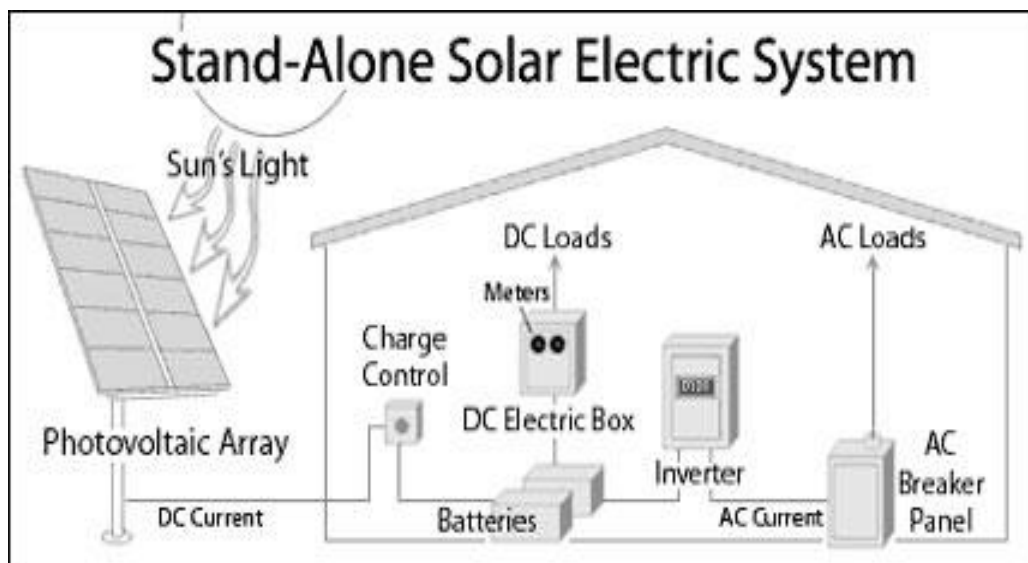
Πέραν των ανωτέρω περιπτώσεων, θα μπορούσαμε να ορίσουμε μία ακόμα κατηγορία υβριδικών σταθμών, αυτή των σταθμών πολύ μικρού μεγέθους, με ισχύ που δεν ξεπερνά τα 100kW. Τέτοιου μεγέθους ζήτηση ισχύος μπορεί να εμφανίζουν απομονωμένες και μη διασυνδεδεμένες στο δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας εγκαταστάσεις, όπως κτηνοτροφικές μονάδες, μονάδες αφαλάτωσης, βιολογικοί καθαρισμοί, πολύ μικροί απομονωμένοι ορεινοί ή νησιωτικοί οικισμοί (π.χ. Γαύδος, Αντικύθηρα). Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι τεχνολογίες μονάδων βάσης και μονάδων αποθήκευσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι επίσης δεδομένες, κατ' αντιστοιχία με τους υβριδικούς σταθμούς μεγάλου μεγέθους. Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζονται οι δόκιμες και τεχνικοοικονομικά ώριμες και ανταγωνιστικές τεχνολογίες μονάδων βάσης και αποθήκευσης που δύνανται να χρησιμοποιηθούν, ανάλογα με το μέγεθος και τον ημερήσιο προγραμματισμό λειτουργίας του υβριδικού σταθμού.

5.3 Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα

Τα αυτόνομα (stand-alone) φωτοβολταϊκά συστήματα χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στις περιπτώσεις που το ηλεκτρικό δίκτυο δεν είναι διαθέσιμο. Επομένως, σ' ένα αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα, είναι απαραίτητη η αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να καλύπτεται η απαίτηση ισχύος του φορτίου σε περιόδους χαμηλής ηλιακής ακτινοβολίας και το βράδυ.

Στην αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι μπαταριών, με επικρατέστερες τις μπαταρίες μολύβδου (lead-acid) και τις μπαταρίες ιόντων λιθίου. Οι απαιτήσεις από τις μπαταρίες είναι η μεγάλη διάρκεια ζωής, η υψηλή ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας, η αντοχή σε βαθιά εκφόρτιση και σε μεταβλητούς κύκλους φόρτισης – εκφόρτισης, η ελάχιστη συντήρηση και το μικρό κόστος.

Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου υπερτερούν σημαντικά των μπαταριών μολύβδου, καθώς η ικανότητα αποθήκευσης ενέργειας από μονάδα βάρους κυμαίνεται από 100 έως 260Wh/kg, έναντι μόλις 30 έως 40Wh/kg των μπαταριών μολύβδου. Το μειονέκτημα των μπαταριών λιθίου είναι το υψηλό κόστος, περίπου τρεις φορές μεγαλύτερο από εκείνο των μπαταριών μολύβδου για την ίδια χωρητικότητα. Όμως, το υψηλό αρχικό κόστος αντισταθμίζεται και τη μεγάλη διάρκεια ζωής τους, περίπου 20 έτη, σε σύγκριση με τα μόλις 5 έτη των μπαταριών μολύβδου. Στα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι κυριότερες αιτίες μείωσης της διάρκειας ζωής των μπαταριών είναι η ημιτελής φόρτιση και η παρατεταμένη λειτουργία σε κατάσταση χαμηλής φόρτισης.



Κεφάλαιο 6ο :Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος (H/Z)

6.1 Η γεννήτρια DIESEL

6.1.1 Ιστορική Αναδρομή

Πρόδρομος του βενζινοκινητήρα θεωρείται η ατμομηχανή, που πρωτοεμφανίστηκε τον 18ο αιώνα. Η μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ), που ακολούθησε τον 19ο αιώνα ως βελτίωση για πολλές εφαρμογές δεν μπορεί να αποδοθεί μόνο σε έναν εφευρέτη διότι γίνονταν πολλές παράλληλες προσπάθειες κατασκευής μιας ΜΕΚ. Η κεντρική ιδέα του κινητήρα εσωτερικής καύσης ήταν να πυροδοτηθεί ένα μίγμα εύφλεκτων αερίων ή υγρών, το οποίο θα εκρήγνυται μέσα σε ένα κύλινδρο και θα κινούσε ένα έμβολο. Το 1820 στην Αγγλία ένας κινητήρας λειτουργούσε με βάση την έκρηξη μίγματος αέρα-υδρογόνου. Έτσι το 1816 παρουσιάστηκε ως ευρεσιτεχνία ο παλαιότερος κινητήρας εσωτερικής καύσης, γνωστός ως κινητήρας Stirling που λειτουργεί με υπέρθερμο αέρα και μπορεί να αξιοποιήσει οποιοδήποτε καύσιμο μέχρι και την ηλιακή ενέργεια. Υστερεί βέβαια έναντι των άλλων για τεχνικούς και οικονομικούς λόγους. Το 1824, ο Γάλλος φυσικός Santi Carnot δημοσίευσε το κλασικό πλέον σύγγραμμα "Σκέψεις πάνω στην Ωστική δύναμη της θερμότητας" στο οποίο περιέγραψε τις βασικές αρχές της θεωρίας εσωτερικής καύσης. Το έτος 1860 ο Γάλλος εφευρέτης Jean-Joseph-Etienne-Lenoir (1822-1900) κατασκεύασε τον πρώτο πρακτικά χρησιμοποιούμενο κινητήρα από τον οποίο προέρχονται όλοι οι άλλοι κινητήρες εσωτερικής καύσης.

Τη χρονιά εκείνη παρουσιάστηκε ένα μικρό όχημα το οποίο εκκινείτο με τη μηχανή του. Το καύσιμο που χρησιμοποιούσε ήταν το φωταέριο το οποίο εισάγεται στον κύλινδρο αναμεμειγμένο με αέρα στο πρώτο στάδιο λειτουργίας, κατά το πρώτο μισό της διαδρομής του εμβόλου. Το μίγμα αυτό πυροδοτείται με ηλεκτρικό σπινθήρα και ωθεί το έμβολο στο υπόλοιπο κομμάτι της διαδρομής του. Κατά την επιστροφή του εμβόλου, στη μία πλευρά του απωθούνται τα καυσαέρια, ενώ στην άλλη επαναλαμβάνονταν η διαδικασία εισαγωγής του μίγματος φωταερίου-αέρα. Όμως ο βαθμός απόδοσης του κινητήρα του Lenoir ήταν πολύ χαμηλός, αφού το προς καύση μείγμα συμπιεζόταν ελάχιστα πριν την ανάφλεξη πράγμα που δυσκόλεψε την οικονομική του αξιοποίηση.

Μια σημαντική εξέλιξη πραγματοποιήθηκε στο Παρίσι το 1862, όταν δημοσιεύτηκε η περιγραφή του ιδανικού κύκλου λειτουργίας μιας μηχανής εσωτερικής καύσης από τον Alphonse Eugene Beau de Rochas(1815-1893), ο οποίος ήταν και ο πρώτος που διατύπωσε τις συνθήκες για την άριστη απόδοση. Ο κινητήρας προέβλεπε τετράχρονο κύκλο, σε αντίθεση με το δίχρονο κύκλο (είσοδος-ανάφλεξη και ισχύς- έξοδος) του Lenoir. Όμως στα επόμενα 14 χρόνια ο τετράχρονος κινητήρας έμεινε στα χαρτιά. Το 1876 από τη μηχανή του ξεκίνησε ο Γερμανός Nikolaus August Otto (1832-1891) και κατασκεύασε ένα τετράχρονο βενζινοκινητήρα, αφού προηγουμένως είχε κατασκευάσει έναν ατμοσφαιρικό δίχρονο κινητήρα με ελεύθερο έμβολο. Το 1867 ο δίχρονος αυτός κινητήρας παρουσιάστηκε στην έκθεση του Παρισιού και πήρε το χρυσό βραβείο γιατί είχε κατά 60% μειωμένη κατανάλωση καυσίμου. Το 1892 από τον Γερμανό μηχανικό Rudolf Christian Karl Diesel (1858-1913) ανακοινώθηκε ως ευρεσιτεχνία ο ομώνυμος κινητήρας και μελετήθηκε από το 1893 μέχρι το 1897. Στον κινητήρα ντίζελ διαχέεται το καύσιμο με ισχυρό περίσσειμα αέρα, το οποίο συμπυκνώνεται σε μία σχέση 25:1 και αυτοαναφλέγεται σε θερμοκρασία 700 με 900°C.

Από περιβαντολλογικής άποψης τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν υψηλές εκπομπές ρύπων, ιδιαίτερα σε οξείδια του αζώτου. Οι εκπομπές αυτές μπορούν να περιοριστούν με την εφαρμογή καταλυτικών μετατροπών ή με την τροποποίηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών της ΜΕΚ. Και οι δύο όμως αυτές τεχνικές έχουν σαν αποτέλεσμα την ελάττωση του συντελεστή απόδοσης. Η χρήση παγίδων αιθάλης είναι επίσης υποχρεωτική σε κινητήρες ντίζελ ή άλλων βαρέων κλασμάτων πετρελαίου. Στα μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών πρέπει να συμπεριληφθεί επίσης το υψηλό κόστος συντήρησης και τα υψηλά επίπεδα θορύβου, ιδιαίτερα στις χαμηλές συχνότητες.

Μια παγκόσμια έρευνα της IEA για παραγγελίες σε συστήματα ηλεκτροπαραγωγής στο διάστημα από 6/2000 μέχρι 5/2001 έδειξε ότι έγιναν παραγγελίες συστημάτων MEK 1 MW-30 MW για συνολική ισχύ 16,2 MW. Το 80% των παραγγελιών αυτών προέρχεται από χώρες του ΟΟΣΑ, ενώ πάνω από τα μισά συστήματα προορίζονται για εφαρμογές εφεδρικής ισχύος.

6.1.2 Υπάρχουσες Τεχνολογίες

Οι συμβατικοί θερμικοί σταθμοί χρησιμοποιούν καύσιμα όπως οι λιθάνθρακες, ο λιγνίτης, η τύρφη, το πετρέλαιο (ντίζελ και μαζούτ) και το φυσικό αέριο. Οι θερμικοί σταθμοί κατατάσσονται ανάλογα με το μέσο και τις μηχανές που χρησιμοποιούν για το θερμοδυναμικό τους κύκλο. Στην προκειμένη περίπτωση οι ντιζελοηλεκτρικοί κάνουν χρήση εμβολοφόρων μηχανών. Οι εμβολοφόρες MEK, γνωστές και σαν ηλεκτροπαραγωγή ζεύγη, αποτελούν την πιο διαδεδομένη τεχνολογία διανεμημένης παραγωγής. Πρόκειται για μια παραδοσιακή και δοκιμασμένη τεχνολογία που συνδυάζει χαμηλό κόστος προμήθειας ανά εγκατεστημένο kW, μεγάλη διαθεσιμότητα σε μεγέθη, δυνατότητα γρήγορης εκκίνησης, υψηλούς συντελεστές απόδοσης και υψηλή λειτουργική αξιοπιστία. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά σε συνδυασμό με την ικανότητα των συστημάτων αυτών να εκκινούν χωρίς ηλεκτρική τροφοδότηση από το δίκτυο, το καθιστούν πρωταρχική επιλογή σε εφαρμογές εφεδρικής ισχύος (emergency stand-by-power). Επιπλέον αποτελούν σήμερα την πιο διαδεδομένη μορφή συστημάτων ηλεκτροπαραγωγής για ισχείς μικρότερες από 1 MW.

Οι κινητήριες μηχανές λειτουργούν με αέρια ή υγρά καύσιμα. Οι μηχανές υγρών καυσίμων χρησιμοποιούν συνήθως πετρέλαιο αν και υπάρχουν συστήματα βενζίνης ή βαρέων κλασμάτων πετρελαίου (τα βαρύτερα χρησιμοποιούνται για τους μεγαλύτερους κινητήρες) και βιοκαυσίμων. Η ταξινόμηση των μηχανών ντίζελ μπορεί να γίνει ανάλογα με το μέγιστο αριθμό στροφών που αναπτύσσονται ανά λεπτό, διακρίνονται σε αργόστροφες, μέχρι 350 σ.α.λ, σε μεσαίων στροφών, μέχρι 1200 σ.α.λ και σε πολύστροφες που φτάνουν τις 5000 σ.α.λ. Ανάλογα με την ισχύ που αποδίδουν στις κανονικές στροφές λειτουργίας τους τις διακρίνουμε σε μηχανές μικρής ισχύος (μέχρι 25 ίππους ανά κύλινδρο), σε μηχανές μέσης ισχύος (από 25-200 ίππους ανά κύλινδρο) και σε μηχανές υψηλής ισχύος 9 πάνω από 200 ίππους ανά κύλινδρο. Επιπλέον ανάλογα με τον αριθμό των κυλίνδρων διακρίνονται σε μηχανές μονοκύλινδρες μέχρι και 24κύλινδρες. Ακόμη ανάλογα με τον αριθμό των χρόνων του κύκλου λειτουργίας τους χωρίζονται σε τετράχρονες και δίχρονες.

6.1.3 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Στις μηχανές ντίζελ η σχέση συμπίεσης είναι συνήθως 17:1 μέχρι 24:1. Λόγω της υψηλής συμπίεσης η πίεση στο χώρο καύσης των κυλίνδρων της μηχανής ντίζελ φτάνει τις 30-50 ατμόσφαιρες, ενώ η θερμοκρασία στους 700-900°C. Από την υψηλή πίεση του αέρα στους κυλίνδρους αυξάνεται η ισχύς του κινητήρα ντίζελ, ενώ από την υψηλή θερμοκρασία αναφλέγεται το μίγμα αέρα-καυσίμου. Επιπρόσθετα σε μία ντιζελομηχανή η αναλογία βάρους ανά ίππο είναι περίπου 2,8-3 κιλά/ίππο, η οποία είναι αρκετά υψηλή, συγκρινόμενη με μία βενζινομηχανή η οποία έχει αναλογία περίπου 1,3 κιλά/ίππο και οφείλεται στην αναγκαία αύξηση του κυβισμού της μηχανής ντίζελ και στη μεγαλύτερη αντοχή των μερών της στις υψηλές πιέσεις των κυλίνδρων της. Η μηχανή ντίζελ επιπλέον έχει αριθμό στροφών περίπου ίσο με τα 5/8 μιας βενζινομηχανής πράγμα που οφείλεται στη μικρή μέση ταχύτητα των εμβόλων της. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω στη μηχανή ντίζελ το καύσιμο αυτοαναφλέγεται κατά το ψεκασμό του στους κυλίνδρους από την υψηλή θερμοκρασία του πεπιεσμένου αέρα χωρίς τη βοήθεια του σπινθήρα.

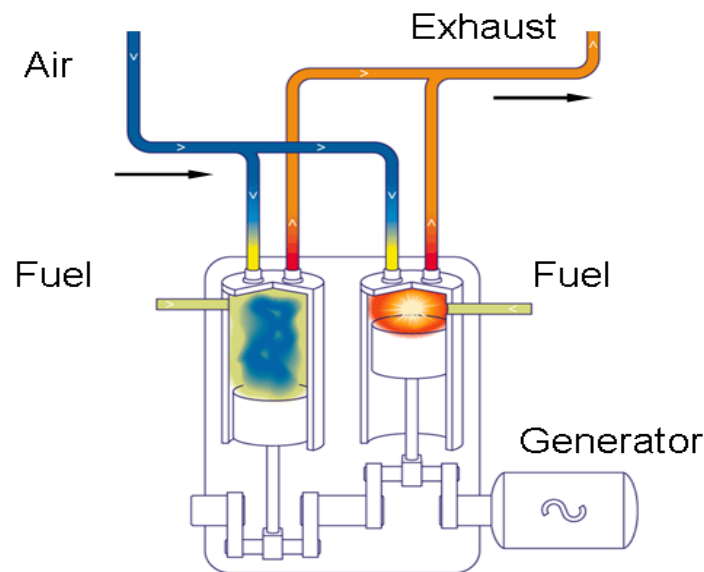
Η μηχανή ντίζελ ακολουθεί κατά τη λειτουργία της το θερμικό κύκλο του ντίζελ ο οποίος χρειάζεται τέσσερις ή δύο χρόνους για την ολοκλήρωση του και την επιτυχία μιας εκτόνωσης. Έχουμε λοιπόν τις φάσεις της: Εισαγωγής- Συμπίεσης- Εκτόνωσης- Εξαγωγής. Παρακάτω αναλύεται ο κύκλος λειτουργίας του τετράχρονου κινητήρα ντίζελ:

1η φάση-εισαγωγή

Το έμβολο ακολουθεί καθοδική πορεία δημιουργώντας υποπίεση. Όση ώρα η βαλβίδα εισαγωγής παραμένει ανοικτή ο θάλαμος καύσης γεμίζει με ατμοσφαιρικό αέρα που μπορεί να περιέχει και καυσαέρια αν υπάρχει σύστημα επανακυκλοφορίας.

2η φάση-συμπίεση

Τη στιγμή που όλες οι βαλβίδες κλείνουν, το πιστόνι κινείται προς τα πάνω μέχρι να φτάσει στο άνω νεκρό σημείο. Η αυξημένη συμπίεση (25-55bar) προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα (600-900°C) η οποία είναι σχεδόν η διπλάσια από τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης του καυσίμου.



3η φάση-ανάφλεξη & εκτόνωση

Προς το τέλος του χρόνου συμπίεσης πραγματοποιούνται οι ψεκασμοί του καυσίμου στη μορφή ατμών οι οποίοι αναμειγνύονται με το θερμό αέρα. Τότε αυτοαναφλέγονται σε πύρινο περιβάλλον που φτάνει τους 2.500°C και σε πίεση μπορεί να αγγίξει και τα 100 bar. Από τη στιγμή που θα ψεκαστεί το καύσιμο, μέχρι την ανάφλεξη του, υπάρχει καθυστέρηση της αυτανάφλεξης που διαρκεί 0,5-2 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Για αυτό στα πρόσφατα συστήματα πραγματοποιείται από πριν ένας μικροψεκασμός που μειώνει και το χαρακτηριστικό κροτάλισμα των κινητήρων diesel.

4η φάση-εξαγωγή

Όταν η φάση εκτόνωσης πλησιάζει στην ολοκλήρωση της και αφού το πιστόνι έχει αρχίσει να ξανανεβαίνει ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής ώστε να βγουν τα καυσαέρια. Η πίεση μειώνεται απότομα στα 3-4 bar και προοδευτικά αγγίζει την ατμοσφαιρική και η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει με ένα μικρό βαθμό επικάλυψης με τις εισαγωγής (συνήθως 20 μοίρες).

6.2 Φωτοβολταϊκό Υβριδικό Σύστημα με Ηλεκτροπαραγωγό Ζεύγος

Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας στο κόστος μιας αυτόνομης ντιζελογεννήτριας είναι το γεγονός ότι η τιμή του αργού πετρελαίου αυξάνεται και σαν συνέπεια αυτού και η τιμή σε εθνικό επίπεδο του πετρελαίου έχει αυξηθεί κατά 400% τα τελευταία 10 έτη. Επιπλέον η χρήση μιας ντιζελογεννήτριας για την παραγωγή ενέργειας όλο το 24ωρο σημαίνει ότι αυτή θα πρέπει να αντικαθίσταται κάθε έτος ή να απαιτεί γενική επισκευή. Επιπλέον τα τρέχοντα έξοδα της επένδυσης αυτής αυξάνουν το συνολικό κόστος λειτουργίας της. Ακόμη σημαντική οικονομική επιβάρυνση

αποτελούν και τα λειτουργικά έξοδα της ντιζελογεννήτριας τα οποία και είναι η μηνιαία συντήρηση, τα ανταλλακτικά, το κόστος καυσίμων αλλά και η μεταφορά τους και τέλος ο καθαρισμός και το λάδι της μηχανής.

Μια γεννήτρια ντίζελ, αν και έχει μικρό κόστος αγοράς, έχει γενικά υψηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, ενώ είναι επιβαρυντική για το περιβάλλον λόγω των αερίων που παράγονται από την καύση του πετρελαίου. Χαρακτηριστικό είναι ότι σε χαμηλό, σχεδόν μηδενικό φορτίο, η ντιζελογεννήτρια χρησιμοποιεί το 30% του καυσίμου που θα χρησιμοποιούσε σε πλήρες φορτίο. Αυτά τα προβλήματα εξαλείφονται με τη συνεργασία φωτοβολταϊκών στοιχείων με ντιζελογεννήτρια και μπαταρίες έτσι ώστε να ομαλοποιείται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και να μειώνεται το κόστος της.

Η βέλτιστη επιλογή της ισχύος των φωτοβολταϊκών λαμβάνει πρωτίστως υπόψη την αξιολόγηση του ποσού της προσπίπτουσας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο, με μονάδα μέτρησης τα W/m^2 . Συνήθως ενδιαφέρει η ολική ηλιακή ακτινοβολία στη διάρκεια μιας ώρας, η οποία οδηγεί στην εκτίμηση της ωριαίας ολικής ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ επίσης σημαντικές πληροφορίες είναι η ημερήσια ολική ηλιακή ακτινοβολία και η μηνιαία ολική ακτινοβολία. Στη συνέχεια πρέπει να επιλεχτεί ο τύπος και η ισχύς της ντιζελογεννήτριας που θα ενσωματωθεί στον υβριδικό σταθμό. Μια γεννήτρια βενζίνης είναι πιο οικονομική από μία ντιζελογεννήτρια, αλλά έχει μικρότερη διάρκεια ζωής και μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας. Συνήθως γεννήτριες βενζίνης χρησιμοποιούνται όταν το σύστημα έχει διαστασιολογηθεί έτσι ώστε οι ΑΠΕ να καλύπτουν εξολοκλήρου το φορτίο και το χρόνο που δε μπορούν να ανταποκριθούν. Οι γεννήτριες βενζίνης τροφοδοτούν με ισχύ και αποθηκεύουν ενέργεια στα μέσα αποθήκευσης, τα οποία είναι κατά κύριο λόγο μπαταρίες. Αν υπάρχουν όμως μεγάλες διακυμάνσεις στην καμπύλη του φορτίου τότε καταλληλότερη είναι η ντιζελογεννήτρια, έτσι ώστε να καλύπτει με μικρό κόστος τις αιχμές του ημερήσιου φορτίου ή γενικά όταν η διαστασιολόγηση είναι τέτοια ώστε οι ΑΠΕ να καλύπτουν μερικώς το φορτίο.

Εφόσον επιλεγεί το είδος της γεννήτριας που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να γίνει η διαστασιολόγησή του, η οποία εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Ο κυριότερος από αυτούς είναι η αιχμή του φορτίου. Δηλαδή θα πρέπει η γεννήτρια να έχει την ικανότητα να καλύπτει την αιχμή του φορτίου. Επομένως παράγοντας είναι το είδος του φορτίου που πρέπει να καλυφθεί. Έτσι, αν το φορτίο είναι για παράδειγμα ωμικό τότε δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις από τη γεννήτρια για σταθερή συχνότητα του δικτύου, του οποίου αποτελεί πηγή.

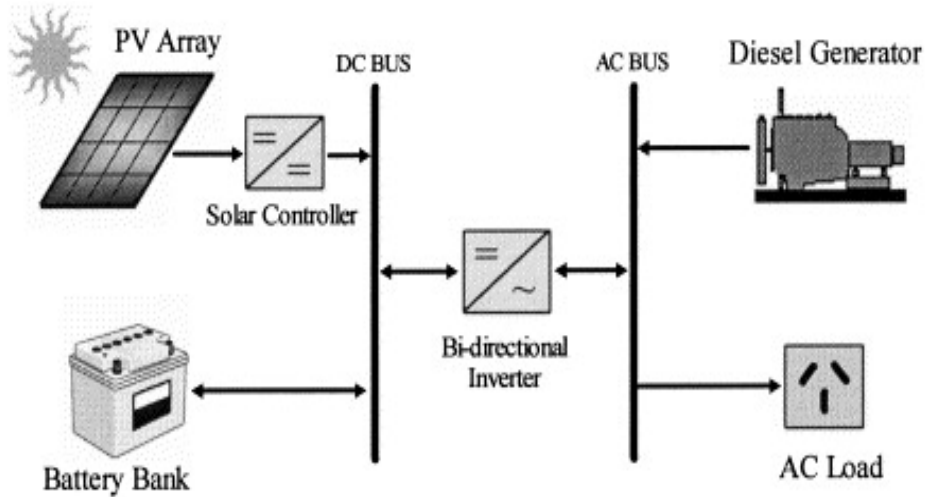
Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνική σχεδιασμού του υβριδικού συστήματος όπου ο αντιστροφέας συνήθως δε λειτουργεί ταυτόχρονα με τη ντιζελογεννήτρια και η διαστασιολόγηση του ανορθωτή συνήθως καθορίζεται από τη χωρητικότητα των μπαταριών. Μια άλλη λύση είναι οι δύο μετατροπείς ισχύος να αποτελούν ένα μετατροπέα διπλής κατεύθυνσης που χρησιμοποιούνται ευρέως σε ένα τέτοιο σύστημα. Για λόγους οικονομίας και εάν η χωρητικότητα των μπαταριών είναι τέτοια που είναι αδύνατο να καλυφθεί το φορτίο αιχμής μέσω του αντιστροφέα, τότε ο αντιστροφέας μπορεί να είναι χαμηλότερης ισχύος και το φορτίο αιχμής να καλύπτεται απευθείας από τη ντιζελογεννήτρια. Στην περίπτωση που οι απαιτήσεις του φορτίου είναι τέτοιες που να απαιτείται όσο το δυνατόν σταθερή συχνότητα, τότε θα πρέπει η συχνότητα του φορτίου να καθορίζεται από την έξοδο του αντιστροφέα. Η τελευταία περίπτωση είναι και η πιο δαπανηρή.

6.2.1 Περιγραφή του Υπό Μελέτη Συστήματος

Η λειτουργία του υβριδικού συστήματος στην κανονική του λειτουργία είναι η εξής:

Τα φωτοβολταϊκά παρέχουν την απαιτούμενη ισχύ στο φορτίο μέσω του μετατροπέα ισχύος. Η

πρόσθετη ενέργεια από τα φωτοβολταϊκά φορτίζει τις μπαταρίες μέσω του ρυθμιστή φόρτισης μέχρι οι μπαταρίες φτάσουν στο μέγιστο επιτρεπτό επίπεδο φόρτισης τους. Ο κύριος σκοπός της χρήσης μπαταριών σαν αποθηκευτικό μέσο ενέργειας είναι να παρέχει ή να αποθηκεύει ενέργεια ανάλογα με τη ζήτηση. Η ντιζελογεννήτρια μπαίνει σε λειτουργία εάν τη ζήτηση του φορτίου δε μπορούν να την καλύψουν τα φωτοβολταϊκά, αλλά ούτε και οι μπαταρίες.



Κεφάλαιο 7ο :Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων

Βιοκλιματική αρχιτεκτονική ορίζουμε τη διαδικασία σχεδιασμού κτιρίων κατά την οποία ο μελετητής λαμβάνει υπόψη μια σειρά παραμέτρων, που ως στόχο έχουν την ορθολογική χρήση της ενέργειας με σκοπό την εξοικονόμηση της.

Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη είναι το τοπικό κλίμα ώστε να εξασφαλιστεί η οπτική και η θερμική άνεση χρησιμοποιώντας την ηλιακή ενέργεια, τα διάφορα φυσικά φαινόμενα του κλίματος 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.

Τα κύρια στοιχεία του βιοκλιματικού είναι τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια και στοχεύουν στην αξιοποίηση των διαθέσιμων περιβαλλοντικών πηγών ώστε να εξασφαλίσουν ψύξη, θέρμανση και φυσικό φωτισμό για κτίρια.

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 επιπέδα, ανάλογα την εποχή, υψηλά το χειμώνα και χαμηλά το καλοκαίρι. Έτσι δεν υπάρχει ανάγκη για προσάρτηση επιπλέον συστημάτων που θα βοηθήσουν στη διατήρηση των ιδανικών επιπέδων.

Τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής χωρίζονται σε:

- 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

Όλα αυτά επιτυγχάνονται με τεχνικές πάνω στην κατασκευή του κτιρίου, το σχεδιασμό, τον προσανατολισμό και τη διαρρύθμιση της κατοικίας συμβάλλοντας στον περιορισμό των αναγκών της κατοικίας σε μηχανολογικό εξοπλισμό για τη θέρμανση ή την ψύξη της.

Για την εφαρμογή του βιοκλιματικού σχεδιασμού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κάποια κριτήρια, όπως η χρήση τεχνικοοικονομικά αποδοτικών ενεργειακών τεχνολογιών, τη χρήση ήδη εφαρμοσμένων συστημάτων, η αποφυγή της χρήσης περίπλοκων τεχνικών παθητικών συστημάτων αλλά και η μικρή συμβολή του χρήστη στη λειτουργία των συστημάτων αυτών.

Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων μέσω της αξιοποίησης της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση, συμβάλει αποτελεσματικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Παράλληλα όμως θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα σκίασης και ηλιοπροστασίας ώστε να μειώνονται τα ηλιακά κέρδη το καλοκαίρι και να ικανοποιούνται οι ανάγκες του κτιρίου για φυσικό δροσισμό. Η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει από συγκρίσεις μεταξύ βιοκλιματικών και συμβατικών κατοικιών ανέρχεται σε ποσοστό της τάξης του 80% . Γενικότερα αυτά τα θερμικά οφέλη προκύπτουν από τη χρήση συστημάτων άμεσου και έμμεσου κέρδους.

Όσον αφορά την ενεργειακή απόδοση από πλευράς παθητικών συστημάτων ή συστημάτων έμμεσου ηλιακού κέρδους έχουμε το παράδειγμα του θερμοκηπίου, του οποίου η απόδοση

εξαρτάται από τον τρόπο χρήσης αλλά και από το μέγεθος του. Η αποδοτικότερη λειτουργία του είναι αυτή κατά την οποία το θερμοκήπιο προσδίδει τα ηλιακά κέρδη του άμεσα τη μέρα ενώ τη νύχτα είναι απομονωμένα διατηρώντας κλειστά τα ενδιάμεσα ανοίγματα.

Είναι σημαντικό επίσης σε αυτούς τους χώρους να υπάρχουν κατάλληλα και επαρκή συστήματα σκίασης και υαλοστάσια με ανοίγματα ώστε να συμβάλουν στον αερισμό κατά το καλοκαίρι, κάτι που οδηγεί στην μικρή επιβάρυνση του κτιρίου από τα θερμοκήπια.

Οι ηλιακοί τοίχοι κι αυτοί, την αποδοτικότητά τους την οφείλουν στη χρήση του κτιρίου αλλά και στο μέγεθος τους. Ένα όμως πρόβλημα που εμφανίζουν είναι ότι η λειτουργία τους μπορεί να επιβαρύνει το κτίριο κατά το καλοκαίρι εφόσον σε αυτό δεν υπάρχουν συστήματα σκίασης και φυσικού δροσισμού.

Όσον αφορά στις βιοκλιματικές κατοικίες που δε διαθέτουν συστήματα άμεσου κέρδους, θερμοκήπια, ηλιακούς τοίχους, χρησιμοποιούν συστήματα άμεσου κέρδους, τα οποία είναι κατάλληλα για το κλίμα της Ελλάδας και εφαρμόζοντας τα, επιτυγχάνεται η μειωμένη ανάγκη σε θέρμανση το χειμώνα. Αυτό όμως μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες ανάγκες σε ψύξη το καλοκαίρι, κάτι που μπορεί να μειωθεί μέσω του σωστού φυσικού αερισμού που προκύπτει από τα ανοίγματα (παράθυρα, φεγγίτες, ανοίγματα οροφής). Βέβαια, το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας λόγω των συστημάτων άμεσου ηλιακού κέρδους εξαρτάται από το μέγεθος των ανοιγμάτων, τη θερμομόνωση, το κλίμα της περιοχής κ.α. Για παράδειγμα, πολύ μεγάλα ανοίγματα μπορεί να οδηγήσουν σε υψηλές ανάγκες σε θέρμανση το χειμώνα καθώς χάνονται μεγάλα ποσά θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας από τις αυξημένες γυάλινες επιφάνειες, ενώ παράλληλα να αυξηθούν οι ανάγκες της κατοικίας σε ψύξη κατά τη διάρκεια του θέρους λόγω των μεγάλων γυάλινων επιφανειών που αυξάνουν το ποσό ηλιακής ακτινοβολίας και θερμότητας που εισέρχεται στο σπίτι κατά τη διάρκεια της μέρας το καλοκαίρι.

Για τον φυσικό δροσισμό με αερισμό σε όλες τις βιοκλιματικές κατοικίες στην Ελλάδα εφαρμόζεται, με αποτέλεσμα να επικρατούν συνθήκες θερμικής άνεσης αλλά και να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα η εσωτερική θερμοκρασία του σπιτιού. Στις περιπτώσεις που δεν εφαρμόζεται ο φυσικός δροσισμός παρατηρούνται φαινόμενα υπερθέρμανσης και η θερμική άνεση μειώνεται σημαντικά. Ο φυσικός αερισμός εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας μέσω διαμπερών ανοιγμάτων ή ανοιγμάτων καθ, ύψος της κατοικίας (κατ' αυτή τη διαδικασία παρατηρείται το φαινόμενο του φυσικού εκλυσμού που προκαλεί την εναλλαγή του αέρα ανά μια ώρα). Τα ποσοστά μείωσης των αναγκών της κατοικίας σε ψύξη λόγω φυσικού αερισμού ανέρχονται στο 75%, ενώ αν πρόκειται για βόρειες περιοχές το ποσοστό φτάνει το 100%, έτσι το κτίριο δεν έχει ανάγκη συστήματα ψύξης για τη διατήρηση της θερμικής του άνεσης.

Στην Ευρώπη ο κτιριακός τομέας παράγει το 55% των συνολικών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα, ένα από τα βασικότερα αέρια που προκαλεί κλιματικές αλλαγές και μολύνει το περιβάλλον. Η χρησιμοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε αντικατάσταση των ορυκτών καυσίμων συμβάλλει τόσο στην εξοικονόμηση ενέργειας όσο και στην ενίσχυση της υιοθέτησης της τάσης του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων. Καθώς, όπως είναι γνωστό, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός ανταποκρίνεται στις μεταβολές των καιρικών συνθηκών και μπορεί να βελτιώσει τον τρόπο που γίνεται η διαχείριση της ενέργειας.

Οι κύριοι στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι η απεξάρτηση από το πετρέλαιο, η εξοικονόμηση χρήματος και η προστασία του περιβάλλοντος. Στην βιοκλιματική αρχιτεκτονική είναι σημαντικό κατά το σχεδιασμό της κατοικίας να προσαρμόζεται το κτίριο στο κλίμα της περιοχής και να στοχεύει στην χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Βασική προϋπόθεση για να συμβούν αυτά είναι η χρήση της εγχώριας ενέργειας η οποία πρέπει να είναι ανανεώσιμη.

Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού που πρέπει να ακολουθούνται κατά την κατασκευή μιας παθητικής κατοικίας έχουν ως εξής:

- το κτήριο να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας
- το κτήριο να λειτουργεί ως παγίδα θερμότητας
- το κτήριο να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης κατά τη διάρκεια του χειμώνα και το κτίριο να μπορεί να αποθηκεύει κατά το καλοκαίρι φυσική ψύξη
-

Για να μπορεί να λειτουργεί το κτίριο ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης, θα πρέπει να βασίζεται σε κάποιες προϋποθέσεις οι οποίες σχετίζονται με το κατάλληλο σχήμα του κτιρίου, με τον κατάλληλο προσανατολισμό και τη χωροθέτηση του κτιρίου στο οικοπέδο, τη λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων και το μέγεθος των ανοιγμάτων σε σχέση με τον προσανατολισμό.

Το σχήμα του κτιρίου επηρεάζει τις ανάγκες του σε ψύξη, θέρμανση και φωτισμό. Το σχήμα επηρεάζεται από τα κλιματικά δεδομένα. Ένα επίμηκες κτίριο κατά τον άξονα ανατολής – δύσης προσφέρει μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ενέργειας το χειμώνα. Η σκίαση που είναι απαραίτητη το καλοκαίρι, επιτυγχάνεται εύκολα στη νότια πλευρά. Οι προσανατολισμοί προς ανατολή και δύση έχουν μικρή επιβάρυνση από τον ήλιο το καλοκαίρι.

Απο έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με το καταλληλότερο σχήμα του κτιρίου ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και τις κλιματικές συνθήκες, προκύπτουν τα εξής:

- όλα τα σχήματα του κτηρίου που έχουν επίμηκες σχήμα κατά άξονα βορρά – νότου, δεν είναι τόσο αποτελεσματικά σε σχέση με το κτίριο κύβος με αρνητικά αποτελέσματα τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι.
- Το κυβικό σχήμα του κτιρίου δεν αποτελεί το καλύτερο σχήμα για κτίρια αν και το χειμώνα υπάρχουν μικρότερες θερμικές απώλειες το χειμώνα.
- Η καλύτερη μορφή κτιρίου για οποιοδήποτε κλίμα είναι η επιμήκης στον άξονα ανατολή – δύση με διαφορετικές αναλογίες.

Ο προσανατολισμός του κτιρίου αποτελεί ένα σύνθετο ζήτημα καθώς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως το φυσικό τοπίο, οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, η τοπογραφία της περιοχής και το ανάγλυφο του εδάφους αλλά και ο κυκλοφοριακός θόρυβος. Για τα κλιματικά δεδομένα που αφορούν την Ελλάδα, ως καταλληλότερος προσανατολισμός θεωρείται ο νότιος καθώς η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτή που δέχεται ο δυτικός και ο ανατολικός προσανατολισμός. Έτσι επιλέγοντας νότιο προσανατολισμό εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ποσότητα ηλιασμού το χειμώνα και ηλιοπροστασία το καλοκαίρι καθώς μειώνονται οι πιθανότητες υπερθέρμανσης. Για γεωγραφικά πλάτη μικρότερα από 40°, οι νότιες όψεις έχουν μεγαλύτερα ηλιακά οφέλη το χειμώνα ενώ οι ανατολικές και οι δυτικές όψεις είναι ιδιαίτερος επιβαρυνόμενες το καλοκαίρι.

7.1 Χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο

Η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου του κτιρίου βελτιώνει σημαντικά το μικροκλίμα. Η βλάστηση συνεισφέρει προσφέροντας ηλιοπροστασία και φυσικό δροσισμό μέσω της εξάτμισης που προκαλούν οι δεξαμενές, οι τεχνητές λίμνες, τα συντριβάνια κ.α.

Μια καλή τακτική που χρησιμοποιείται για να προστατεύονται οι ζωτικοί χώροι του κτιρίου είναι ο διαχωρισμός του κτιρίου σε θερμικές ζώνες, ενώ η διάταξη των χώρων βοηθά ώστε να αερίζονται οι χώροι διαμπερώς. Το μικροκλίμα μπορεί να διαμορφωθεί με τη βοήθεια των υπαίθριων και ημιυπαίθριων χώρων, όπως τα μπαλκόνια, οι αυλές. Έτσι προστατεύονται τα ανοίγματα και οι τοίχοι από τον ήλιο, αλλά κατευθύνουν και τον άνεμο.

Όσον αφορά στον προσανατολισμό των υαλοστασίων είναι προτιμότερος ο νότιος, καθώς διευκολύνει το σκιασμό, σε αντίθεση με τον δυτικό ο οποίος επιβαρύνει το φορτίο του δροσισμού των κτιρίων κατά τις θερινές απογευματινές ώρες. Τα οφέλη που προκύπτουν από τα νότια κατακόρυφα υαλοστάσια είναι ότι κατά τη θερινή περίοδο δέχονται λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με το χειμώνα όπου δέχονται περισσότερη. Ο βορινός προσανατολισμός είναι ο μόνος κατά τον οποίο τα θερινά ηλιακά κέρδη είναι περισσότερα σε σχέση με τους υπόλοιπους προσανατολισμούς.

Όπως προαναφέρθηκε ο νότιος προσανατολισμός είναι ο προτιμότερος όμως οι αρχιτέκτονες συχνά αντιμετωπίζουν προβλήματα στον τρόπο που θα χωροθετήσουν τα κτίρια στο οικόπεδο, τον προσανατολισμό που θα έχουν αλλά και το σκιασμό που θα δέχονται από τα γειτονικά κτήρια. Αυτό αποτελεί σύνηθες φαινόμενο των αστικών αλλά και γενικότερα των πυκνοκατοικημένων περιοχών. Μόνο ένα 25% των κτιρίων έχουν νότιο προσανατολισμό καθώς ο πολεοδομικός σχεδιασμός και η χάραξη των κεντρικών δρόμων κατά τον άξονα ανατολής – δύσης ή βορρά – νότου προκαθορίζει τον προσανατολισμό των κτηρίων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι μελετητές να μην καταφέρνουν να αξιοποιούν τα διαθέσιμα θερμικά οφέλη και να πετυχαίνουν να κατασκευάζουν κτίρια με πολλά προβλήματα, όπως υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων, σε κτίρια με ανατολικό ή δυτικό προσανατολισμό, αλλά και αναγκαστική απομόνωση των κτηρίων με βόρειο προσανατολισμό από τον ήλιο. Όμως παρά το γεγονός ότι ένα κτίριο μπορεί να έχει νότιο προσανατολισμό, συχνά οι κάτοικοι δεν απολαμβάνουν τα πλεονεκτήματα λόγω άλλων καταστάσεων όπως ο σκιασμός τους από τα απέναντι κτίρια όπου εδώ λαμβάνεται υπόψη η σχέση ύψους των κτιρίων και πλάτους των δρόμων.

Για να καταφέρει ο μελετητής να εξασφαλίσει τον ικανοποιητικό ηλιασμό, ώστε να φωτίζονται και να θερμαίνονται φυσικά, για όλα τα κτίρια χωρίς όμως να μειώνεται η οπτική άνεση ή να εμφανίζονται άλλα προβλήματα, παρά το γεγονός ότι δεν μπορεί να εξασφαλίσει το νότιο προσανατολισμό μπορεί να επιλέξει άλλους τρόπους. Κάποιες προτάσεις που μπορούν να γίνουν είναι:

- Η αποφυγή δυτικών ή ανατολικών κτιρίων στις δύο απέναντι πλευρές του δρόμου έτσι ώστε να σχηματίζεται σκακιέρα, αλλά την τοποθέτηση των κτιρίων προς το νότο.
- Η δυνατότητα στροφής του άξονα του κτιρίου προς το νότο ή μόνο της κύριας όψης του ‘η απλώς των ανοιγμάτων του.
- Η ανάπτυξη του κτιρίου κατά άξονα ανατολή – δύση, εφόσον το κτίριο έχει νότιο προσανατολισμό και δεν αντιμετωπίζει προβλήματα σκιασμού, ώστε να μεγιστοποιηθεί όσο είναι δυνατό η νότια όψη του. Σε αυτή όμως την περίπτωση θα πρέπει να εξετασθεί η πιθανότητα χρησιμοποίησης παθητικών ηλιακών συστημάτων ώστε να μεγιστοποιηθούν τα θερμικά ηλιακά κέρδη που είναι ανεκμετάλλευστα.
- Η χωροθέτηση του κτιρίου στην πίσω βορινή πλευρά του οικοπέδου, ώστε να απομακρυνθεί η κατοικία από τα απέναντι κτίρια και με αυτό τον τρόπο να μην υπάρχει σκίαση που θα οδηγούσε σε μειωμένα ηλιακά οφέλη. Στη νότια πλευρά του κτιρίου θα μπορούσαν να

φυτευθούν χαμηλά δέντρα ή να τοποθετηθούν υδάτινες επιφάνειες, υπό τις βέλτιστες μικροκλιματικές συνθήκες, ώστε να υπάρχει ο ιδανικός σκιασμός αλλά και ο εξατμιστικός δροσισμός όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. Οι επεμβάσεις στην βορινή πλευρά, η οποία επηρεάζεται από τους δυνατούς, ψυχρούς ανέμους του χειμώνα, είναι η φύτευση αειθαλών δέντρων με σκοπό να μετριαστούν αυτές οι δυσμενείς συνθήκες.

Αυτή η λογική έχει ευρέως εφαρμοσθεί στην Ελλάδα και στο εξωτερικό ώστε να καταφέρει ο μελετητής να εισάγει όλα τα απαραίτητα στοιχεία του βιοκλιματισμού σε περιοχές που δεν είχαν την ελευθερία χωροθέτησης των κτιρίων των οικοπέδων των μη αστικών περιοχών. Στην περίπτωση βέβαια αυτών των περιοχών οι μόνοι λόγοι που μπορούν να αποτρέψουν ένα μελετητή από το να επιλέξει νότιο προσανατολισμό είναι η θέα, η κλίση του εδάφους, η προσπελασιμότητα, κ .α.

Γενικότερα, στην Ελλάδα η πιο κρίσιμη χρονική στιγμή είναι τα καλοκαιρινά απογεύματα όπου ο ήλιος, παρά το γεγονός ότι είναι ακόμα ψηλά, είναι αρκετά θερμός. Γι' αυτό και θα πρέπει να προστατεύεται η δυτική πλευρά του κτιρίου, ώστε να αποφεύγεται η υπερθέρμανση των εσωτερικών χώρων. Αυτό επιτυγχάνεται με μικρές διαστάσεις, να είναι τυφλή ή να υπάρχει η ιδανική σκίαση (φυτά, φυτικοί φράχτες κλπ). Βέβαια η δυτική πλευρά είναι καλό να διαθέτει μόνωση στους τοίχους, τα παράθυρα να είναι εφοδιασμένα με εξωτερικά μέτρα προστασίας ώστε να διευκολύνεται η διέλευση του αέρα κι έτσι να μεγιστοποιείται η επίδραση των συστημάτων εσωτερικής προστασίας. Στις δυτικές όψεις η προστασία που υπάρχει μέσω των στεγών αλλά και των ανεμοσκεπών με προεξοχή είναι μικρή γι αυτό και προτιμώνται άλλοι τρόποι προστασίας. Επιπλέον μπορεί να τοποθετηθεί διάταξη αειθαλούς βλάστησης με δέντρα πυκνού φυλλώματος όπως το κυπαρίσσι.

Ο μελετητής για να μπορέσει να ελέγξει την κυκλοφορία του αέρα μπορεί να χρησιμοποιήσει και φυτικούς φραγμούς εκτός από τα κατασκευαστικά στοιχεία, όπως θάμνοι, δέντρα περιφράξεις καθώς και άλλα μέσα που χρησιμοποιούνται ως ανεμοφράκτες που αποσκοπούν στη δημιουργία ζωνών ηρεμίας. Τα δέντρα και οι θάμνοι μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου κατά 50% σε απόσταση ίση προς το πενταπλάσιο του ύψους τους. Το πόσο αποτελεσματικό είναι ένα εμπόδιο εξαρτάται από το ύψος και το σχήμα του. Γενικότερα ισχύει ότι όσο λεπτότερο είναι το στοιχείο προστασίας τόσο μεγαλύτερη είναι η προστατευμένη ζώνη, γι' αυτό και σύμφωνα με τον κανόνα, το πλάτος του στοιχείου προστασίας δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το 1/10 του ύψους του. Η πυκνότητα από την άλλη πλευρά αποτελεί ένα άλλο σημαντικό στοιχείο των εμποδίων. Στις πλήρεις περιφράξεις, παρά το γεγονός ότι εξασφαλίζεται μεγάλη ζώνη ηρεμίας, αυτή διαθέτει πολύ μικρή απόσταση κι έτσι μετά το εμπόδιο τα χαρακτηριστικά στοιχεία του ανέμου επανέρχονται γρήγορα. Τα εμπόδια που αποτελούνται από δέντρα ή θάμνους λόγω του πορώδους τους επιτρέπουν σε ένα μέρος του αέρα να διέρχεται, με αποτέλεσμα να ελαττώνονται οι στροβιλισμοί και να επικρατεί μια ευρεία ζώνη ηρεμίας.

Αναλύσεις που διεξήχθησαν στο Πανεπιστήμιο του Wisconsin με χρήση εξελιγμένων προγραμμάτων προσομοίωσης, κατέδειξαν ότι:

- οι καλύτεροι ανεμοφράκτες από την άποψη του περιορισμού της ταχύτητας του ανέμου είναι στοιχεία, των οποίων το πορώδες κυμαίνεται μεταξύ 25% και 60%.
- Εμπόδια με πορώδες ίσο προς 50% παρέχουν τη μεγαλύτερη προστασία σε αποστάσεις πενταπλάσιες έως εικοσαπλάσιες του ύψους τους. Στην περιοχή αυτή, η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται στο 30%.

Εμπόδια με πορώδες 25% παρέχουν τη μεγαλύτερη προστασία σε απόσταση από το εμπόδιο τετραπλάσια του ύψους του. Στη ζώνη που περιλαμβάνεται μεταξύ του τετραπλάσιου και του εικοσαπλάσιου του ύψους, η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται στην περίπτωση αυτή στο 60%. Ο σωστός σχεδιασμός της τοποθεσίας αλλά και του κτιρίου επιτρέπει την αξιοποίηση της ηλιακής

ακτινοβολίας κατά τις ψυχρές περιόδους ενώ παράλληλα προστατεύει το κτίριο από την υπερθέρμανση κατά τις θερμές περιόδους. Μέσω αυτών των τεχνικών μπορεί να εξασφαλισθεί επίσης ο φυσικός φωτισμός κάτι που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ενεργειακής δαπάνης και ιδανικού κέρδους θερμότητας από τεχνητό φωτισμό. Επιπλέον με τον κατάλληλο σχεδιασμό και τοποθέτηση του κτηρίου στο οικόπεδο επιτυγχάνεται η ελεγχόμενη και ενεργειακά αποτελεσματική αξιοποίηση της ροής του αέρα κάτι που αυτόματα οδηγεί στη μείωση των αναγκών της κατοικίας σε συμβατική ψύξη και θέρμανση. Έτσι, ελέγχοντας τα ποσά αέρα που εισέρχονται στο κτίριο, μπορούμε να ελαττώσουμε το θερμικό φορτίο του κτιρίου κατά την περίοδο θέρμανσης. Ενώ κατά την περίοδο ψύξης αερίζοντας το επαρκώς, φυσικά, καλύπτονται κατά ένα μεγάλο ποσοστό οι ανάγκες του κτιρίου σε ψύξη.

7.2 Λειτουργική οργάνωση των εσωτερικών χώρων

Σχεδιάζοντας την κάτοψη των εσωτερικών χώρων πρέπει να γίνει οργάνωση και ομαδοποίηση των χώρων αυτών έτσι ώστε οι χώροι που χρησιμοποιούνται περισσότερο να χωροθετηθούν στη νότια πλευρά του κτηρίου με σκοπό να εξασφαλισθούν οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες που συνήθως οφείλουν να είναι υψηλές. Σε αντίθεση με τους χώρους περιορισμένης χρήσης οι οποίες δεν έχουν υψηλές θερμοκρασιακές απαιτήσεις και θα πρέπει να χωροθετηθούν στην ενδιάμεση θερμική ζώνη. Οι υπόλοιποι χώροι, συνήθως οι βοηθητικοί, είναι προτιμότερο να τοποθετούνται στη βορινή πλευρά του κτιρίου ώστε να προστατεύουν και να μονώνουν κατά κάποιο τρόπο τους υπόλοιπους χώρους και να διαχωρίζουν το εξωτερικό περιβάλλον από το εσωτερικό στο οποίο επικρατούν κυρίως υψηλότερες θερμοκρασίες. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται οι θερμικές απώλειες από τους κυρίως χώρους του σπιτιού.

Γενικότερα ισχύει ότι όσο πιο μεγάλο είναι ένα δωμάτιο τόσο μεγαλύτερη θερμοκρασία που πρέπει αυτό να διατηρεί και τόσο μεγαλύτερες οι ανάγκες του σε θέρμανση. Μέσω της παθητικής ηλιακής θέρμανσης μπορούμε να συμβάλλουμε θετικά σε κάθε δωμάτιο, βέβαια για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα εξαρτάται από το σχεδιασμό των παραθύρων και των ιδιοτήτων των δομικών υλικών που περιβάλλουν το δωμάτιο. Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η ανταλλαγή θερμότητας από τα εσωτερικά χωρίσματα, τις πόρτες και το πάτωμα. Οι θερμαντικές συσκευές που θα επιλέγονται πρέπει να έχουν αντοχή και την ενεργειακή χρήση όσο και την ευκαμψία αλλά και τη δυνατότητα αλλαγής της χρήσης του δωματίου. Η φύση, η σημασία των θερμικών κερδών, η αλληλεπίδραση τους με τα ηλιακά κέρδη και τη συμβατική θέρμανση θα προσβάλλουν την άνεση και την ενεργειακή χρήση.

Εκεί που έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα για την τοποθεσία ώστε να αποφευχθεί ο υπερβολικός σκιασμός, κάθε δωμάτιο μπορεί να επωφεληθεί από τη νότια όψη. Ένα δωμάτιο σχεδιασμένο γραμμικά με άξονα ανατολή – δύση επιτρέπει σε όλα τα δωμάτια του σπιτιού να έχουν νότια όψη. Ωστόσο αυτή η μορφή δεν είναι πάντα εφικτή ή επιθυμητή.

Για τις μονοκατοικίες που δεν γειτονεύουν με κανένα άλλο σπίτι, ένα μέτρια επιμηκυμένο σχέδιο μπορεί να εξασφαλίσει στα περισσότερα δωμάτια νότια όψη. Για να περιοριστεί το μειονέκτημα των δωματίων που διαθέτουν βόρειο προσανατολισμό τοποθετούνται κάποια παράθυρα στο δυτικό ή ανατολικό τοίχο.

Στις κατοικίες που συνορεύουν με άλλες, οι μελετητές συνηθίζουν να τοποθετούν στο βάθος της πρόσοψης την είσοδο. Στις μικρές κατοικίες αυτή η σχεδιαστική παρέμβαση μειώνει τον αριθμό των δωματίων που έχουν νότιο προσανατολισμό. Αντίθετα από τη γειτνίαση των σπιτιών επεκτείνονται τα θερμικά κέρδη, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ενδιάμεσοι τοίχοι είναι μονωμένοι. Από ενεργειακής άποψης, υπάρχουν λίγα πράγματα που μπορείς να επιλέξεις μεταξύ της αύξησης του βάθους στην πρόσοψη, μπορούμε να πετύχουμε την ίδια ενεργειακή ισορροπία λαμβάνοντας τα απαραίτητα σχεδιαστικά μέτρα που χρειάζονται σε κάθε περίπτωση. Αυτό οφείλεται στο ότι τόσο

στα μεγάλα όσο και στα μικρά σπίτια, όποιο κέρδος έχουμε, που μπορεί να δημιουργηθεί από μερικά επιπλέον τετραγωνικά ενός νοτίου προσανατολισμού παραθύρου, συγκρινόμενο με μία αύξηση του βάθους, φαίνεται πως είναι πολύ μικρό.

Εκτός από τα θερμικά ηλιακά κέρδη, και άλλοι παράγοντες θα επηρεάσουν την επιλογή του προσανατολισμού, όπως η θέα, η ασφάλεια, η αισθητική κ.α. Κάποιες από αυτές τις παραμέτρους έχουν ήδη συμπεριληφθεί στη σκέψη για τον τρόπο που θα σχεδιαστεί η κατοικία.

Αποφάσεις σχετικά με τον προσανατολισμό θα πρέπει να συμπεριλάβουν τη χρησιμότητα του χώρου σε συνδυασμό με τα θερμικά κέρδη του χώρου. Για παράδειγμα, υψηλές απαιτήσεις σε ηλιακά θερμικά οφέλη έχει το καθιστικό ή το υπνοδωμάτιο σε σχέση με την κουζίνα, η οποία ήδη δέχεται επιπλέον θερμικά οφέλη από το φούρνο, την ηλεκτρική κουζίνα και τις άλλες οικιακές συσκευές.

Το καθιστικό και η τραπεζαρία έχουν τις μεγαλύτερες ανάγκες σε θερμικά ηλιακά οφέλη, καθώς συνήθως είναι τα μεγαλύτερα δωμάτια του σπιτιού και θερμαίνονται, συνήθως, περισσότερο από κάθε άλλο χώρο του σπιτιού. Ωστόσο, τα θερμικά κέρδη τους προέρχονται κυρίως από τους ίδιους τους ενοίκους, τις ηλεκτρικές συσκευές και τα φωτιστικά. Όλα αυτά είναι πολύ λιγότερα σε σχέση με τα θερμικά κέρδη που έχει μια κουζίνα.

Υπάρχει ένα πεδίο δράσης όπου τα ηλιακά κέρδη συνεισφέρουν σημαντικά στη θέρμανση αυτών των δωματίων και ένας νότιος προσανατολισμός προσδίδει εξαιρετικό πλεονέκτημα. Η χρήση μονωμένων πατζουριών ή η υιοθέτηση διπλών τζαμιών συνίσταται σε δωμάτια με μεγάλα παράθυρα ή σε χώρους που είναι αναγκαία η διατήρηση υψηλής θερμοκρασίας.

Στην κουζίνα, οι οικιακές ηλεκτρικές συσκευές και η ηλεκτρική κουζίνα ελκύουν μεγάλα ποσά ενέργειας, συνεισφέροντας στη θέρμανση της. Ωστόσο θα πρέπει να απομακρύνεται η υγρασία που δημιουργείται προς αποφυγή της συμπύκνωσης, έτσι πρέπει να αερίζεται καλά ο χώρος. Συνήθως η κουζίνα τοποθετείται στη βόρεια πλευρά τυχαία ή με την υπόθεση ότι με το να είναι ευήλια δεν αποτελεί πλεονέκτημα και μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα. Συνήθως αποτελεί καλή επιλογή σε περίπτωση που ο χώρος της κουζίνας είναι περιορισμένος. Επίσης είναι καλό να αποφεύγεται ο δυτικός προσανατολισμός για την κουζίνα διότι τα ηλιακά κέρδη θα είναι μεγάλα και ειδικά τα θερινά απογεύματα, όπου η θερμοκρασία θα είναι στα υψηλότερα επίπεδα της κι αυτό θα δημιουργεί αποπνικτική και εξαιρετικά ζεστή ατμόσφαιρα, συνδυασμένη και με τα θερμικά κέρδη που προκύπτουν από τη χρήση των ηλεκτρικών συσκευών και του φούρνου. Στην περίπτωση της ανοιχτής κουζίνας, η οποία συνδέεται με το καθιστικό και την τραπεζαρία, θα πρέπει κι εκεί να γίνει προσεκτική επιλογή της τοποθεσίας της στο χώρο, καθώς θα είναι ένα δωμάτιο συχνής χρήσης. Μεγάλη σημασία έχει, η τοποθέτηση της κουζίνας κατά τέτοιο τρόπο ώστε να έχει καλό φυσικό φωτισμό, κάτι που μπορεί να υλοποιηθεί με την κατασκευή ενός μεγάλου παραθύρου, που όμως θα αποτελεί πρόβλημα αν έχει νότιο προσανατολισμό.

Το μπάνιο, συνήθως είναι ένα παραμελημένο δωμάτιο συχνά τοποθετείται σε σκοτεινούς και χωρίς θέρμανση χώρους. Το μπάνιο θα πρέπει για κάποιες ώρες της ημέρας να διατηρεί μεγάλο ποσοστό θερμότητας ώστε να παρέχει θερμική άνεση. Σε κάποιες κατοικίες τοποθετείται στη νότια όψη σε συνδυασμό με μεγάλο παράθυρο που αν και φαίνεται ελκυστικό για μερικά σπίτια, δεν μπορεί να εξασφαλίσει ότι θα δέχεται ικανή θέρμανση από τον ήλιο όποτε τη χρειάζεται. Εναλλακτικά, το μπάνιο μπορεί να τοποθετηθεί εκεί που μας βολεύει και η έκθεση στον ήλιο να είναι η ελάχιστη δυνατή.

Όσον αφορά τους μη θερμαινόμενους χώρους ή τους χώρους με περιορισμένη θέρμανση, χωροθετώντας τους νότια τους μετατρέπουμε ταυτόχρονα σε ηλιακούς συλλέκτες. Το θερμοκήπιο βασίζεται σε αυτή τη λογική. Το γκαράζ αλλά και οι ξηροί διάδρομοι είναι πιο αποτελεσματικοί

όταν τοποθετούνται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να προφυλάσσουν το σπίτι από το κρύο και τους ανέμους.

Ο χωρισμός της κατοικίας σε θερμικές ζώνες βοηθά το μελετητή στον τρόπο που θα χωροθετήσει τα δωμάτια του σπιτιού. Στις κατοικίες όπως είναι γνωστό υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας από το δωμάτιο σε δωμάτιο και συχνά έχουμε ανταλλαγή θερμότητας από το ένα δωμάτιο στο άλλο, κάτι που είναι επιθυμητό σε κάποιες περιπτώσεις όπως σε δωμάτια που υπερθερμαίνονται ενώ αντίθετα κάποια άλλα είναι αρκετά ψυχρά, αυτή η ανταλλαγή θερμότητας εξισορροπεί την κατάσταση. Η σπουδαιότητα αυτών των ανταλλαγών επηρεάζεται από τη διάταξη του σπιτιού σε τομείς, από το άνοιγμα ή το κλείσιμο των θυρών, από τις θερμικές ιδιότητες των εσωτερικών χωρισμάτων καθώς και τις διαφορές στις θερμοκρασίες. Ο αυστηρός διαχωρισμός του εσωτερικού της κατοικίας σε βόρειες και νότιες ζώνες είναι καλό να αποφεύγεται καθώς μπορεί να επηρεάσει την κίνηση του αέρα, την κατανομή της θερμότητας και αυτό να έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σκοτεινών και μουντών δωματίων στη βόρεια πλευρά. Η διευθέτηση του χώρου κατά τον άξονα ανατολή – δύση, προσφέρει καλό φυσικό φωτισμό αλλά και αερισμό σε όλη την κατοικία καθώς και την εις βάθος διείσδυση των ηλιακών κερδών. Η κλασική χωροθέτηση των υπνοδωματίων στον πάνω όροφο, εφόσον αυτός υπάρχει, συμβάλει στη θέρμανση τους από τα θερμικά κέρδη του κάτω ορόφου. Όμως, σε αυτές τις περιπτώσεις υπάρχει επισκίαση του ισογείου γιαυτό υπάρχει η σκέψη τοποθέτησης των υπνοδωματίων και του καθιστικού στον όροφο.

Το θερμοκήπιο καθώς και άλλα μη θερμαινόμενα δωμάτια πρέπει να διαχωρίζονται από τα θερμαινόμενα δωμάτια με ψηλούς τοίχους καλά μονωμένους εξωτερικά. Το κατά πόσο τα θερμοκήπια είναι κατοικήσιμα και έχουν περιβαλλοντική επίδοση εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό από την χωροθέτηση τους και την αλληλεπίδρασή τους με τους γειτονικούς χώρους. Ο βαθμός επικοινωνίας με το κυρίως κτίριο καθορίζει την αποτελεσματικότητα του θερμοκηπίου ως συλλέκτης θερμότητας. Η θερμοκρασία του θερμοκηπίου επωφελείται από την αυξημένη επαφή με τους θερμαινόμενους χώρους. Αν στο σχέδιο του κτιρίου προβλέπεται θερμοκήπιο, σχεδιάζεται το κτίριο κατά τέτοιο τρόπο ώστε να περιβάλλει ένα θερμοκήπιο, και η περιοχή που περικλείει αυξάνεται με την παράλληλη μείωση της απώλειας θερμότητας. Τοποθετώντας το θερμοκήπιο δίπλα στα δωμάτια με τις υψηλότερες χειμερινές θερμοκρασίες σχεδιαστικά έχει αμοιβαία οφέλη.

7.3 Μορφή κτιρίου

Από ενεργειακή άποψη, η "μορφή του κτιρίου" αποτελεί σημαντικό παράγοντα σε ότι έχει σχέση με τη θερμική του συμπεριφορά, διότι μέσω του κελύφους που λειτουργεί ως φίλτρο προδιαγράφει, την ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον. Ο μελετητής στη φάση του σχεδιασμού θα επιλέξει να δημιουργήσει "ανοικτή" ή "κλειστή" μορφής κτιρίου, δηλαδή επιθετική ή αμυντική. Ανοικτό είναι το κτίριο με μεγάλα ανοίγματα ενώ το κλειστό αυτό με τα μικρά ανοίγματα. Για την επιλογή του καταλληλότερου, λαμβάνονται υπόψη κάποια κριτήρια όπως το κλίμα της περιοχής, η χρήση του κτιρίου, ο προσανατολισμός του, η θέα, η ασφάλεια, ο θόρυβος, το κόστος κατασκευής κ.α.

Ενεργειακά και οι δύο γενικοί τύποι μορφών κτιρίου, μπορούν να οδηγήσουν στα ίδια αποτελέσματα, υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Μία ανοικτή μορφή επιλέγεται σε περιπτώσεις που είναι διασφαλισμένος ο νότιος προσανατολισμός και δεν υπάρχει πρόβλημα σκιασμού των όψεων του κτιρίου από γειτονικά κτίρια, δέντρα ή άλλα εμπόδια. Έτσι αυξάνονται τα οφέλη από τη θερμική ηλιακή ενέργεια, μέσω κάποιων παρεμβάσεων στο κτίριο όπως με την εφαρμογή παθητικών ηλιακών συστημάτων, είτε μέσω των ανοιγμάτων, από τα οποία έχουμε άμεσο ηλιακό κέρδος. Αν το κτίριο δεν έχει νότιο προσανατολισμό, τότε είναι προτιμότερο να επιλέγεται η κλειστή μορφή κτιρίου, με κύριο χαρακτηριστικό τα μικρά ανοίγματα, τη σωστή και ενισχυμένη μόνωση των δομικών στοιχείων ώστε να μειωθούν οι θερμικές απώλειες, αλλά και με τη σωστή ηλιοπροστασία. Ως μορφή μπορεί να συμπεριληφθεί και η σύνθεση των όγκων ενός κτιρίου. Σε ένα υπάρχον κτίριο ή επιφάνεια σε κάτοψη μπορούν να ληφθούν υπόψη αρκετές εναλλακτικές

προτάσεις, σε κάθε μία από αυτές όμως λόγω του ότι διαφοροποιούνται οι εξωτερικές επιφάνειες με σταθερή επιφάνεια και θερμαινόμενο όγκο, διαφέρει η θερμική τους συμπεριφορά. Ένα πολύ απλό παράδειγμα των παραπάνω φαίνεται στα παραπάνω σχήματα. Πρόκειται για σύνθεση διαμερισμάτων των 108μ², σε μονώροφες και τριώροφες διατάξεις. Με βάση τα αποτελέσματα του δευτέρου σχήματος διαπιστώνει κανείς πολύ εύκολα ότι ενώ η κατανάλωση ενέργειας σε ένα μονώροφο διαμέρισμα με πυλωτή σκαρφαλώνει στις 486 KWh/m² ετησίως, το αντίστοιχο ποσό σε τρεις τριώροφες πολυκατοικίες στη σειρά μειώνεται δραστικά στις 238 KWh/m² ετησίως (θερμαντική περίοδος). Σημειώνεται ότι σε όλες τις περιπτώσεις των τύπων κτιρίων, θεωρήθηκε ότι το κέλυφος είναι χωρίς μονώσεις, και βέβαια ότι επιτυγχάνεται μία θερμοκρασία άνεσης στους εσωτερικούς χώρους της τάξης των 21°C.

Με την εφαρμογή θερμικών μονώσεων σύμφωνα με τις ελάχιστες απαιτήσεις του ισχύοντα "Κανονισμού" για κάθε τύπο κτιρίου, θα μπορούσε κανείς να περιορίσει τις καταναλώσεις στις 126 και 80 kWh/m² ετησίως αντίστοιχα. Αν επιπλέον των παραπάνω έπαιρνε κανείς την απόφαση να εφαρμόσει ισχυρότερη θερμική προστασία και γενικά τις αρχές βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και ειδικότερα τεχνικές παθητικής θέρμανσης, τότε και η θερμική συμπεριφορά των κτιρίων θα παρουσίαζε βελτίωση και οι καταναλώσεις θα συρρικνώνονταν ακόμη περισσότερο. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε πιο ψυχρά κλίματα όπως αυτό της Ελβετίας ή της Αυστρίας έχουν καταγραφεί καταναλώσεις σε ίδιες κατηγορίες κτιρίων που φθάνουν τις 17 ή τις 20 KWh/m² ετ. αντίστοιχα.

7.4 Το μέγεθος των ανοιγμάτων

Όσον αφορά στο μέγεθος των ανοιγμάτων, σε συνδυασμό με τον προσανατολισμό αποτελούν βασικό παράγοντα στη λειτουργία του κτιρίου ως ηλιακός συλλέκτης. Στα ανοίγματα το βασικό υλικό που χρησιμοποιείται είναι το γυαλί το οποίο δεν είναι ιδιαίτερα θερμομονωτικό υλικό κι έτσι υπάρχουν μεγάλες θερμικές απώλειες από τα υαλοστάσια. Όμως, τα υαλοστάσια ευθύνονται για τις θερμικές απολαβές εφόσον υπάρχει κι ο κατάλληλος προσανατολισμός, προς το νότο με ανοχή ±30° ανατολικότερα ή δυτικότερα του νότου. Έτσι προτείνονται μεγάλα ανοίγματα στο νότο με μονό ή διπλό τζάμι, τα παράθυρα μεσαίων διαστάσεων προτιμώνται στην ανατολή και τη δύση, ενώ τα μικρότερα παράθυρα στη βόρεια όψη με διπλά τζάμια. Όμως αυτά μπορεί να αλλάξουν αν υπάρχει θέα στο βορρά.

Όσον αφορά στο θερμικό ισοζύγιο των νοτίων ανοιγμάτων αν υπάρχουν διπλά τζάμια, τα ηλιακά κέρδη είναι μεγαλύτερα από τις θερμικές απώλειες και αυτό έχει αποτέλεσμα τη δημιουργία θετικού ισοζυγίου κατά 23% τη χειμερινή περίοδο. Αν υπάρχουν διπλά τζάμια και πατζούρια τότε το θετικό ισοζύγιο θα είναι ακόμη μεγαλύτερο κατά 56% σε σχέση με τις θερμικές απώλειες. Τέλος για να μπορεί το νότιο άνοιγμα να λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης θα πρέπει να υπάρχουν διπλά τζάμια, εξώφυλλα μονωμένα και σωστή τοποθέτηση των κουφωμάτων. Η σωστή χωροθέτηση του κτιρίου στο οικοπέδο, θα συμβάλλει στην λειτουργία του κτιρίου ως ηλιακός συλλέκτης. Για να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα προτείνεται η χωροθέτησή του προς το νότο, για να εξασφαλίζεται επαρκής ηλιασμός. Τα στοιχεία τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι οι ώρες και οι μήνες ηλιασμού με τη χρήση των ηλιακών χαρτών, οι οποίοι είναι σχεδιασμένοι κατά τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχουν πλήρη εικόνα της θέσης του ήλιου. Αυτό μας δείχνει την καταλληλότερη θέση για την τοποθέτηση του κτιρίου.

Έτσι βάσει του τοπογραφικού αλλά και των όρων δόμησης της περιοχής, μπορεί να προσδιοριστεί η γωνία ύψους των εμποδίων του οικοπέδου που υπάρχουν σε αυτό. Τα βήματα που ακολουθούνται για να γίνουν οι σωστοί υπολογισμοί και να βγουν τα κατάλληλα αποτελέσματα είναι τα εξής:

1. προσανατολίζεται το οικοπέδο ή το κτίριο στον ηλιακό χάρτη, αν είναι νότιο ταυτίζεται η γωνία αζιμουθίου του οικοπέδου με την γωνία 0ο του χάρτη που αντιστοιχεί στον ηλιακό νότο, αν είναι ανατολικό ταυτίζεται σε γωνία 90ο στα αριστερά του νότου, αν είναι δυτικό

σε γωνία 90ο δεξιά του νότου.

2. αν το οικοπέδο ή το κτίριο έχει διαφορετικό προσανατολισμό τότε χαράσσεται η κάθετη στην οικοδομική γραμμή του οικοπέδου και υπολογίζεται η απόκλιση από το νότο, έπειτα αυτό σημειώνεται στον ηλιακό χάρτη.
3. υψώνοντας κάθετες ως προς τα οριζόντια, και τα σημεία τομής που προκύπτουν αντιστοιχούν στη γωνία ύψους των εμποδίων με τις κάθετες που υψώθηκαν, ορίζοντας τα απέναντι εμπόδια.
4. ακολουθείται για κάθε εμπόδιο η ίδια διαδικασία με αποτέλεσμα την δημιουργία πολλών σημείων τομής, τα οποία σχηματίζουν μια τεθλασμένη γραμμή που καθορίζει τη σκιά του περιβάλλοντος χώρου στο οικοπέδο ή το κτίριο που μελετάται.
5. σε περίπτωση που τα απέναντι κτίρια είναι ισοϋψή, η τεθλασμένη καμπύλη θα είναι καμπύλη και θα προσδιορίζεται με το μετρητή σκιάς, στον οποίο απεικονίζονται οι γωνίες ύψους των απέναντι εμποδίων.

Όσον αφορά στη διάρθρωση των εσωτερικών χώρων, αυτό αποτελεί ένα σημαντικό ζήτημα σε σχέση με την προσαρμογή του κτιρίου στο κλίμα της περιοχής. Η βορινή όψη είναι η ψυχρότερη και σκοτεινότερη, καθώς δέχεται ήλιο μόνο λίγες ώρες την ημέρα το καλοκαίρι. Η ανατολική και η δυτική όψη δέχονται ίση ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας, όμως η δυτική είναι πιο επιβαρημένη καθώς τη θερινή περίοδο δέχεται επιπρόσθετα ηλιακά κέρδη και θερμότητα κατά τη δύση του ηλίου. Η νότια όψη, δέχεται μεγαλύτερη ηλιακή ακτινοβολία το χειμώνα σε σχέση με το καλοκαίρι, κι αποτελεί την πιο ευχάριστη και φωτεινή πλευρά του κτιρίου. Για το κλίμα της Ελλάδας, η καταλληλότερη οργάνωση των χώρων βασίζεται στην τοποθέτηση των χώρων που χρησιμοποιούνται περισσότερο στο νότο. Στο βορρά τοποθετούνται αποθηκευτικοί χώροι, σκάλες κλπ. οι οποίοι λειτουργούν και ως χώροι ανάσχεσης της θερμότητας και προστατεύουν τους βασικούς χώρους της κατοικίας από την ψυχρή επιφάνεια. Αυτοί οι χώροι μετριάζουν τις εξωτερικές μεταβολές στον εσωτερικό χώρο, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας και στη βελτίωση του μικροκλίματος.

Ένα ακόμη είδος χώρων ανάσχεσης είναι οι βεράντες, τα θερμοκήπια κλπ. τα οποία τοποθετούνται στη νότια πλευρά του κτιρίου αυξάνοντας το θερμικό ισοζύγιο λόγω της δεσμευμένης ηλιακής ενέργειας. Εφόσον το κτίριο λειτουργεί ως ηλιακός συλλέκτης, η θερμότητα που δέχεται μπορεί να αποθηκευτεί ώστε να αποδοθεί στον εσωτερικό χώρο τη νύχτα. Ο αποτελεσματικότερος τρόπος αποθήκευσης της θερμότητας επιτυγχάνεται με την κατασκευή του κτιρίου ως αποθήκη θερμότητας, σε αυτό συμβάλλουν οι οροφές, οι τοιχοποιίες και τα δάπεδα. Τα δομικά υλικά απορροφούν και αποθηκεύουν τη θερμότητα σε διαφορετικό βαθμό και ποσότητα, ανάλογα με την πυκνότητα της μάζας αλλά και το συντελεστή ειδικής θερμότητας. Τα βαριά υλικά όπως το μπετόν, η πέτρα, τα τούβλα έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα κι επομένως μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα.

Η διαδικασία αποθήκευσης της ηλιακής θερμότητας γίνεται άμεσα από το δάπεδο και τους τοίχους, όπου προσπίπτει ο ήλιος ή με την κίνηση του αέρα, που θερμαίνεται γρηγορότερα από κάθε άλλο υλικό και με την κίνησή του μεταφέρει τη θερμότητα στα συμπαγή υλικά. Όσο μεγαλύτερη η μάζα της κατασκευής που αποθηκεύει θερμότητα τόσο η θερμοκρασία του χώρου παραμένει σταθερή αρκετές ώρες, χωρίς να χρειάζεται βοηθητική θέρμανση ή να προκαλείται υπερθέρμανση και δυσφορία. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε μια γυάλινη επιφάνεια, ανακλάται κατά ένα μέρος προς τα έξω, ένα άλλο μέρος της απορροφάται από το γυαλί και ανακλάται προς το εσωτερικό και προς το εξωτερικό του κτιρίου. Η ηλιακή ενέργεια που διέρχεται από το γυάλινο άνοιγμα μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια, το μεγαλύτερο μέρος της αποθηκεύεται στο δάπεδο ενώ το υπόλοιπο ανακλάται από το δάπεδο προς τον εσωτερικό τοίχο και τα δομικά στοιχεία και μέρος αυτής αποθηκεύεται στον τοίχο. Ένα μέρος της ανακλώμενης θερμικής ενέργειας θερμαίνει τον εσωτερικό αέρα, ένα τμήμα της αποθηκευμένης θερμότητας στον τοίχο μεταφέρεται προς το εσωτερικό της κατοικίας ενώ ένα άλλο μέρος χάνεται προς τα έξω υπό μορφή θερμικών απωλειών. Η θερμότητα που είναι αποθηκευμένη στο δάπεδο και την τοιχοποιία διεισδύει στο χώρο και τέλος

ένα μέρος από τα θερμικά κέρδη χάνεται μέσω των υαλοπινάκων.

Τα κύρια χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το κτίριο για να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας, είναι να διαθέτει δομικά υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας τα οποία θα είναι κατανεμημένα ισομερώς σε όλο το κτίριο. Η περιοδική ροή θερμότητας είναι ένας επαναλαμβανόμενος κύκλος με διαφορετική ένταση στη διάρκεια του έτους που δείχνει τη διαδικασία αποθήκευσης και επαναπόδοσης της θερμότητας και οφείλεται στη συνεχή ροή θερμότητας από το θερμότερο στο ψυχρότερο περιβάλλον. Τα χαρακτηριστικά μεγέθη αυτής στο κτίριο είναι η χρονική υστέρηση αλλά και ο συντελεστής μείωσης της θερμοκρασίας, τα οποία προσδιορίζουν τη μάζα των υλικών και των δομικών στοιχείων της κατασκευής διότι ρυθμίζουν την ποσότητα της θερμότητας που αποθηκεύεται σε συμπαγή στοιχεία με αποτέλεσμα να καθορίζουν τα επίπεδα της θερμικής άνεσης.

Αυτό που επιδιώκεται μέσω της κατάλληλης επιλογής υλικών, είναι η μείωση των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων αλλά και η επαρκής χρονική υστέρηση. Η χρονική υστέρηση δείχνει το χρόνο που μεσολαβεί ανάμεσα στην εμφάνιση αιχμής της εξωτερικής και της εσωτερικής θερμοκρασίας, η οποία εκφράζεται σε ώρες κι εξαρτάται από την θερμοχωρητικότητα των υλικών κατασκευής αλλά και την θερμική αδράνεια του κτιρίου. Ο συντελεστής μείωσης δείχνει το λόγο του μέγιστου εύρους της εσωτερικής θερμοκρασίας προς τον λόγο μέγιστου εύρους της εξωτερικής θερμοκρασίας, ο λόγος αυτός αυξάνεται με την αύξηση της θερμομόνωσης του κελύφους και μειώνεται με την αύξηση της θερμικής αδράνειας. Τα υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα έχουν μικρή θερμική αγωγιμότητα, άρα δεν είναι θερμομονωτικά.

7.5 Θερμοχωρητικότητα δομικών στοιχείων

Η θερμική χωρητικότητα είναι ένα μέτρο που δείχνει το επίπεδο ενέργειας που απαιτείται για την αύξηση της θερμοκρασίας του υλικού. Αποτελεί το προϊόν της πυκνότητας πολλαπλασιασμένο με τη θερμότητα και τον όγκο του κατασκευασμένου στρώματος. Αυτό υποδεικνύει την θερμότητα που αποθηκεύεται στην κτιριακή δομή.

Γενικά ισχύει ότι όσο υψηλότερη είναι η πυκνότητα του υλικού τόσο υψηλότερη είναι και η θερμοχωρητικότητά του. Γι' αυτό το λόγο, τα κτίρια που έχουν κατασκευαστεί με υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας αναφέρονται ως βαριές κατασκευές ενώ τα κτίρια που έχουν κατασκευαστεί με υλικά χαμηλής θερμοχωρητικότητας χαρακτηρίζονται ως ελαφριάς κατασκευής.

Τυπικά ένα κτίριο που διαθέτει ξύλινο σκελετό έχει χαμηλή θερμοχωρητικότητα ενώ ένα κτίριο που διαθέτει σκελετό οπλισμένου σκυροδέματος έχει υψηλή θερμοχωρητικότητα. Η κύρια επίδραση της αποθηκευμένης θερμότητας στην κτιριακή κατασκευή είναι να μετριάσει τις διακυμάνσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας. Οι βασικές πηγές των διακυμάνσεων είναι οι καθημερινές εναλλαγές στην εξωτερική θερμοκρασία, οι αποκλίσεις στα εσωτερικά θερμικά κέρδη και οι αποκλίσεις στην απορροφηθήσα ηλιακή ακτινοβολία.

Οι βασικές διαφορές μεταξύ μιας βαριάς και μιας ελαφριάς κατασκευής συναντώνται στα επίπεδα θέρμανσης και ψύξης αλλά και στις αντίστοιχες μέγιστες και ελάχιστες τιμές στις εσωτερικές θερμοκρασίες. Μια ελαφριά κατασκευή, μεμικρή θερμική μάζα, θα ζεσταθεί γρηγορότερα σε σχέση με μια πιο βαριά κατασκευή, η οποία διαθέτει υψηλότερη θερμική μάζα. Επίσης μια ελαφριά κατασκευή θα ψυχρανθεί πιο γρήγορα από μια βαριά κατασκευή. Εκτός αυτού, σε μια κατοικία με μέτρια ηλιακά κέρδη, μια ελαφριά κατασκευή μπορεί να εμφανίζει ένα σχετικό πλεονέκτημα σε σχέση με μια βαριά κατασκευή λόγω της ιδιότητάς της να θερμαίνει σε μικρό χρονικό διάστημα το χώρο.

Αντίθετα, στα κτίρια με σημαντικά ηλιακά κέρδη, προτιμάται η δημιουργία βαριάς κατασκευής λόγω της χαμηλότερης ανάγκης που προκύπτει για θέρμανση και τον έλεγχο προς αποφυγή της υπερθέρμανσης. Σε κάθε κτίριο, η εσωτερική επένδυση των κτιριακών του στοιχείων συμπεριλαμβανομένου των φινιρισμάτων και των εσωτερικών χωρισμάτων, προσδιορίζουν τη θερμοχωρητικότητά του. Γενικά μόνο τα πρώτα εκατοστά του υλικού εμπλέκονται στην αποθήκευση θερμότητας. Τα δάπεδα συνήθως αποτελούν τους κύριους παραλήπτες της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ειδικά το καλοκαίρι όπου οι γωνίες του ήλιου έχουν μεγαλύτερη κλίση. Ωστόσο, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι τα έπιπλα, τα χαλιά κι άλλα ελαφριά καλύμματα θα εμποδίσουν την αποθήκευση της θερμότητας.

Παρακάτω ακολουθούν γενικές προτάσεις για την κατασκευή με οπλισμένο σκυρόδεμα, κατά την οποία για τα δωμάτια με σημαντικά ηλιακά κέρδη, θα πρέπει να αποφεύγεται η κάλυψη των εσωτερικών χωρισμάτων από σκυρόδεμα αλλά και των τσιμεντένιων δαπέδων με ελαφρά φινιρίσματα. Ενώ για τα δωμάτια που δεν έχουν αρκετά ηλιακά κέρδη ή εσωτερικά θερμικά κέρδη να προτιμούνται τα ελαφρά φινιρίσματα ειδικά αν ο προγραμματισμός θέρμανσης που θα χρησιμοποιηθεί δεν θα είναι συνεχής. Τέλος στις ξύλινες κατασκευές κατοικιών είναι σημαντικό να ενσωματώνονται κάποια εσωτερικά στοιχεία με υψηλή θερμοχωρητικότητα όπως ένας τσιμεντένιος τοίχος ώστε να γίνεται καλή χρήση των ηλιακών κερδών.

Είναι πολύ σημαντική η επιλογή υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας, διότι αυτά συμβάλλουν στην αποθήκευση της θερμικής ενέργειας που συλλέγεται δια μέσου των παθητικών ηλιακών συστημάτων. Επιπλέον είναι χρήσιμα στα βιοκλιματικά κτίρια αλλά και σε χώρους συνεχούς χρήσης όπως και σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες κατά το καλοκαίρι. Με τη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων επιτυγχάνεται μετάδοση της αποθηκευμένης

θερμότητας με χρονική καθυστέρηση κατά τέτοιο τρόπο που να συμπίπτει με τις βραδινές ώρες όπου οι ανάγκες σε θέρμανση των εσωτερικών χώρων είναι μεγαλύτερες. Τα δομικά στοιχεία με υψηλή θερμοχωρητικότητα συνήθως συνδυάζονται με ειδικά σχεδιασμένες αποθήκες θερμότητας οι οποίες είναι συνήθως τα δομικά στοιχεία του κελύφους όπως τα δάπεδα και οι τοιχοποιίες, ή ειδικά διαμορφωμένοι χώροι με υλικά που έχουν την ικανότητα να συλλέγουν και να αποθηκεύουν μεγάλα ποσά θερμότητας, τα υλικά αυτά είναι είτε λίθοι είτε δοχεία νερού καθώς και πολλά άλλα, και αυτά αποδίδουν τη θερμότητα στο χώρο με φυσικό τρόπο ή εξαναγκασμένα με τη χρήση κάποιων ανεμιστήρων όπου χρειάζεται.

Η ύπαρξη, το μέγεθος και το είδος της θερμικής αποθήκης εξαρτάται από τα αναμενόμενα θερμικά οφέλη από τα παθητικά ηλιακά συστήματα, από τη χρήση του χώρου και του κτιρίου αλλά και από τα καιρικά φαινόμενα που επικρατούν κατά το θέρος, και σχετίζεται με τις θερμοκρασίες και την ακτινοβολία. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η χρησιμοποίηση υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας συμβάλλει στη λειτουργία του κτιρίου ως αποθήκη θερμότητας. Η θερμική αδράνεια της κατασκευής είναι σημαντική ειδικά κατά τη θερινή περίοδο διότι το κτίριο μπορεί να αποθηκεύσει δροσιά στα δομικά στοιχεία του κτιρίου κατά τη διάρκεια της νύχτας αποφεύγοντας έτσι την υπερθέρμανση. Έτσι με τη θερμική αδράνεια επιβραδύνεται η μεταφορά της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου μέχρι η εξωτερική θερμοκρασία να μειωθεί και το κτίριο να αποβάλλει το πρόσθετο θερμικό φορτίο που αποθηκεύτηκε στη μάζα του μέσω των διαδικασιών φυσικού αερισμού και ακτινοβολίας της θερμότητας στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Η πιο επιβαρυνόμενη θερμικά περιοχή του κτιρίου είναι η επικάλυψή του καθώς δέχεται όλη τη μέρα την ακτινοβολία του ήλιου. Ένας τρόπος επίλυσης αυτού του προβλήματος είναι οι θολωτές επικαλύψεις σε περιοχές ζεστών και ξηρών καλοκαιριών, διότι έχουν την ικανότητα να ιανέμουν την ηλιακή ακτινοβολία σε μεγαλύτερη επιφάνεια σε σχέση με την οριζόντια και κατά τη διάρκεια της νύχτας αυτή η μορφή αποβάλλει μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας μέσω ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα, επιταχύνοντας τη διαδικασία φυσικής ψύξης. Όσον αφορά στο κλίμα της Ελλάδας, η παρουσία θερμικής μάζας συμβάλλει στη διατήρηση της θερμικής άνεσης, λόγω της απορρόφησης μεγάλης ποσότητας θερμότητας χωρίς να επιβαρύνει τους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις είναι ήπιες με μεγάλη χρονική υστέρηση συμβάλλει στην αποφυγή της χρήσης κλιματιστικών. Ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να διαθέτει το κτίριο, είναι η ικανότητά του να παγιδεύει τη θερμότητα του κτιρίου που συλλέγεται από τον ήλιο, στο εσωτερικό του κτιρίου και να μην διασκορπίζεται προς τα έξω. Το ποσό θερμότητας που διασπείρεται στο εξωτερικό περιβάλλον καθορίζεται από τις θερμικές απώλειες του κτιρίου το χειμώνα. Για το καλοκαίρι, οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι ψηλότερες από τις εσωτερικές, το κτίριο απορροφά θερμότητα, η οποία εισέρχεται στο χώρο με κίνδυνο υπερθέρμανσης. Αυτό οφείλεται στην εναλλαγή των εποχών, η οποία αντιμετωπίζεται με την τοποθέτηση μόνωσης στην εξωτερική πλευρά του κτιρίου.

Με αυτό τον τρόπο περιορίζονται οι θερμικές απώλειες και παγιδεύεται μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας. Η θερμομόνωση προστατεύει το κτιριακό κέλυφος μειώνοντας το ενδεχόμενο υπερθέρμανσης, επιπλέον, προσφέρει συνθήκες θερμικής άνεσης. Όλα τα κτίρια χουν θερμικές απώλειες, οι οποίες προκύπτουν μέσω νυχτερινής ακτινοβολίας της θερμότητας από το κέλυφος στην ατμόσφαιρα. Με μεταφορά της θερμότητας μέσω της κίνησης του αέρα ή μέσω των αρμών των κουφωμάτων και από τα ανοιχτά παράθυρα, αλλά και με αγωγή της θερμότητας από το κέλυφος στο εξωτερικό περιβάλλον.

Οι θερμικές απώλειες εξαρτώνται από το λόγο της συνολικής εξωτερικής επιφάνειας προς τον όγκο του κτιρίου, από την προστασία των εκτεθειμένων πλευρών του κτιρίου στους ψυχρούς ανέμους με τη χρήση βλάστησης ή με χειρισμούς στο κτιριακό κέλυφος και τέλος από τη μείωση των εκτεθειμένων πλευρών του κτιρίου προς το βορρά, καλύπτοντας τμήμα ή ολόκληρη τη βορινή πλευρά με χόμα αν η κλίση του εδάφους το επιτρέπει. Τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για τον

περιορισμό των θερμικών απωλειών είναι η κατάλληλη θερμομόνωση των συμπαγών στοιχείων του κελύφους, μειώνοντας έτσι το συντελεστή θερμοπερατότητας. Η τοποθέτηση διπλών τζαμιών σε ανοίγματα που βρίσκονται στο βορρά, στη δύση και στην ανατολή. Τέλος η ύπαρξη κινητής θερμομόνωσης στα ανοίγματα, όπως πατζούρια ή άλλα είδη εξώφυλλων τα οποία μπορεί να διαθέτουν θερμομονωμένες εσωτερικά περσίδες.

Προτιμάται η θερμομόνωση του κελύφους να γίνεται εξωτερικά και να εξασφαλίζεται η παγίδευση της αποθηκευμένης ηλιακής θερμότητας. Όταν οι θερμικές απώλειες οφείλονται στη μεταφορά ζεστού αέρα από το κτίριο προς το εξωτερικό, μέσω των αρμών των κουφωμάτων, αποτελεί σημαντική ποσότητα θερμότητας που χάνεται. Η μεταφορά αυτή προκαλείται λόγω της διαφορετικής πίεσης μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα, λόγω διαφοράς θερμότητας αλλά και λόγω της πίεσης του ανέμου προς τα ανοίγματα. Η ανανέωση του αέρα είναι σημαντική καθώς απομακρύνονται οι τοξικές ουσίες, οι οσμές, παρέχεται οξυγόνο για την αναπνοή του ανθρώπου κλπ. Η εναλλαγή του αέρα πρέπει να ελέγχεται ώστε οι θερμικές απώλειες να είναι μειωμένες και να εξασφαλίζεται η θερμική άνεση.

Οι μειωμένες θερμικές απώλειες εξασφαλίζονται με την τοποθέτηση βλάστησης για την προστασία από τους ψυχρούς ανέμους, με την μείωση του μεγέθους των ανοιγμάτων που βρίσκονται στο βορρά και με την καλή στεγάνωση των αρμών των κουφωμάτων. Είναι γνωστό ότι η ηλιακή θερμότητα αποθηκεύεται στη θερμική μάζα της κατοικίας. Η θερμομόνωση όταν είναι εξωτερική προστατεύει τη θερμική μάζα και τόσο ο βαθμός θερμομόνωσης όσο και η ποσότητα θερμικής μάζας εξαρτώνται από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Σε ζεστά και ξηρά κλίματα, η θερμική μάζα είναι εξαιρετικά σημαντική καθώς απορροφά τις έντονες εξωτερικές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις ανάμεσα σε μέρα και νύχτα. Ενώ σε ψυχρά κλίματα η θερμομόνωση είναι αυτή που παίζει σημαντικότερο ρόλο και πρέπει να είναι μεγαλύτερη από ότι στα ζεστά κλίματα, διότι η θερμοκρασία σχεδιασμού αποκλίνει περισσότερο σε σχέση με τις εξωτερικές θερμοκρασίες.

Για το κλίμα της Ελλάδας, τόσο η θερμομόνωση, όσο και η θερμική μάζα, ποτελούν ισοδύναμους παράγοντες αποτελεσματικής λειτουργίας του κτιρίου. Η θερμική προστασία είναι σημαντική για τη βόρεια όψη του κτιρίου, και μεγάλη θερμική μάζα απαιτείται στη δυτική πλευρά η οποία επιβαρύνεται με μεγάλη ποσά θερμότητας τη θερινή περίοδο.

7.6 Θερμομόνωση

Ένα από τα βασικά στοιχεία που πρέπει να έχει ένα παθητικό ηλιακό σπίτι για να λειτουργεί σωστά, είναι η κατάλληλη θερμομόνωση. Η τιμή U_m για τις παθητικές ηλιακές κατοικίες πρέπει είναι χαμηλότερη από την τιμή που ισχύει για τα συμβατικά σπίτια. Η τιμή K για τους τοίχους πρέπει να είναι μικρότερη από $0,30 \text{ W/m}^2$ ενώ για την οροφή πρέπει να είναι μικρότερη από $0,15 \text{ W/m}^2$ και για τα παράθυρα όχι μεγαλύτερη από $3,5 \text{ W/m}^2$. Η θερμοχωρητικότητα της τοιχοποιίας πρέπει να είναι περίπου ίση με $0,80 \text{ W/m}^2$.

Τα θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται στα παθητικά ηλιακά σπίτια είναι παρόμοια με αυτά των συμβατικών κατοικιών αλλά πιο πυκνά. Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του κτιρίου, η εργασία που θα χρειαστεί αλλά και η λεπτομέρεια και η προσεκτικότητα, εμπεριέχουν μια μακροπρόθεσμη επίδραση στη φυσική λειτουργία του κτιρίου καθώς και στην υγεία των χρηστών, στην ασφάλειά τους αλλά και στους λογαριασμούς που πληρώνουν. Το πρότυπο θερμομόνωσης, έχει μια σημαντική επίδραση στη θερμική επίδοση, το χεδιασμό και τη λειτουργία των συστημάτων θέρμανσης αλλά και στις ανάγκες για καύσιμα και στην άνεση των χρηστών.

Η επιλογή των υλικών, θα έχει επιδράσεις στην υγεία των ενοίκων αλλά και στην ποιότητα του αέρα. Η ποιότητα στη λεπτομέρεια και στην εργασία, αποτελεί βασικό όργανο που συμβάλει στην

αποτελεσματικότητα της θερμομόνωσης και στην ελαχιστοποίηση των θερμογέφυρων και των ρίσκων της συγκέντρωσης. Η ερμωχωρητική ικανότητα της κτιριακής κατασκευής έχει μια αντοχή στη θερμική άνεση και τις ανάγκες σε καύσιμα. Η εφαρμογή θερμομόνωσης στα εξωτερικά στοιχεία του κτιριακού κελύφους αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό κάθε ενεργειακά χαμηλής στρατηγικής. Συχνές αναθεωρήσεις στους κτιριακούς κανονισμούς σε σχέση με τις ελάχιστες απαιτήσεις για θερμομόνωση υπογραμμίζουν τη σημασία και τα οφέλη που προκύπτουν από την επιτυχή εφαρμογή της σε αρκετά αρχιτεκτονικά σχέδια.

Τομή κουφωμάτων αλουμινίου

Η σημασία του σχεδιασμού των παραθύρων σε σχέση με τη θερμομόνωση είναι πολύ σημαντική και αυτά τα δύο στοιχεία συνδέονται άμεσα. Γενικά ένα μεγάλο μέρος του κτιριακού κελύφους καλύπτεται από παράθυρα και γυάλινες επιφάνειες. Πλέον τα μονά τζάμια αντικαθίστανται με διπλά. Ειδικά για τα παθητικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται μεγάλες γυάλινες επιφάνειες που βελτιώνουν και αυξάνουν τα ηλιακά κέρδη. Αυτό είναι σύνηθες στα ψυχρά και ήπια κλίματα και ισχύει για όλη τη διάρκεια του χρόνου όχι όμως και για τα θερμά κλίματα. Όμως, οι γυάλινες επιφάνειες προκαλούν προβλήματα, δεν υπάρχει θερμική άνεση ενώ υπάρχει ανάγκη σε σκiasμό η οποία επιδρά στην εισροή του φυσικού φωτισμού.

Οι λύσεις σε αυτά τα προβλήματα είναι η χρήση προηγμένης τεχνολογίας τζαμιών ή με ειδικό φυσικό ή τεχνητό σκiasμό, ανάλογα με τις ανάγκες του κτιρίου. Τα τζάμια προηγμένης τεχνολογίας, αποτελούνται από γυαλί ή πλαστικό τα οποία είναι επαλειμμένα με μια ευρεία ποικιλία ειδικά επιλεγμένων προϊόντων. Η επάλειψη γίνεται με μείγματα που βρίσκονται σε μορφή ατμών που ψεκάζονται στο ζεστό γυαλί ή μπορεί να γίνει με κενή επάλειψη με λεπτά στρώματα πάνω στη γυάλινη επιφάνεια. Η μετατροπή του γυαλιού, μπορεί να δημιουργήσει ένα υλικό με τις καλύτερες επιθυμητές ιδιότητες.

Η ποιότητα του γυαλιού και η ντίδρασή του ανάλογα τη θέση που βρίσκεται, εξετάζονται σε εγκαταστάσεις δοκιμών σύμφωνα με τις εθνικές και τις διεθνείς προδιαγραφές. Στην αγορά υπάρχει μεγάλη ποικιλία σε διπλά τζάμια με χαμηλές εκπομπές, επίσης υπάρχει ποικιλία σε διπλά- τριπλά τζάμια με polycarbonate, με ικανότητα διάχυσης φωτός αλλά και θερμομονωτικά τζάμια, ήπια θερμομονωτικά τζάμια, «ντυμένα» τζάμια κλπ. Επιπλέον υπάρχει μεγάλος Τομή κουφώματος ξύλου αριθμός κανονικών και ειδικών παραθύρων, τα οποία χρησιμοποιούν ειδικά τζάμια για τη χρήση τους σε βιοκλιματικές κατοικίες. Αυτά τα ειδικά τζάμια καλούνται και οπτικά σκίαστρα, διότι μεταβάλλουν την ανακλαστικότητά τους ως αντίδραση στην προσπίπτουσα θερμότητα από την ηλιακή ακτινοβολία, το φωτισμό και τον ηλεκτρισμό. Επίσης τα αρχιτεκτονικά οφέλη από τη χρήση τους είναι τεράστια: ηλιακή θέρμανση και φωτισμός χωρίς πρόκληση υπερθέρμανσης ή θάμβωσης- σύμφωνα με τον τρόπο σχεδιασμού της παθητικής ηλιακής κατοικίας, τα θερμοχωρητικά υλικά αλλάζουν το χρώμα τους ανάλογα με το βαθμό θερμότητας που δέχονται.

Τα ρευστά θερμοχρωμικά υλικά χρησιμοποιούν ζελ ή ρευστές ουσίες όπου το κύριο συστατικό τους αντιδρά άμεσα στο φυσικό φωτισμό όπως τα περισσότερα βιολογικά πολυμερή. Τα ηλεκτροχρωμικά υλικά αλλάζουν χρώμα αντιδρώντας στο ηλεκτρικό πεδίο που δέχονται. Πολλά οργανικά και ανόργανα ρευστά ή στερεά χρησιμοποιούνται ως μέσο, στριμωγμένα ανάμεσα σε ανοδικά και καθοδικά στρώματα. Όσον αφορά στη νυχτερινή θερμομόνωση, είναι απαραίτητη στα παράθυρα ώστε να διατηρείται η ενέργεια στο εσωτερικό της κατοικίας.

Η μόνωση των παραθύρων αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τα παθητικά ηλιακά σπίτια. Αρκετά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται, δεν μειώνουν απλά το ποσοστό θερμότητας που χάνεται από το τζάμι. Τα πλεονεκτήματα που υπάρχουν είναι η μείωση του θορύβου, ο έλεγχος του εισερχόμενου φυσικού φωτισμού, η προστασία από τις καιρικές συνθήκες αλλά και η ιδιωτικότητα/απομόνωση. Στα νεόδμητα κτίρια, τα θερμομονωμένα σκίαστρα ή πατζούρια

αντικαθιστούν τα συμβατικά σκίαστρα κουρτίνες, τα οποία δεν είναι μονωμένα, εφόσον ο πρωταρχικός στόχος της κινητής νυχτερινής θερμομόνωσης είναι η μείωση της θερμότητας που μεταφέρεται. Οι κύριοι παράγοντες υπολογισμού, όταν επιλέγουμε τη νυχτερινή θερμομόνωση των υαλοστασίων είναι: πόσο καλά θερμομονώνει και πως φαίνεται αισθητικά, πόσο εύχρηστο είναι και αν αποθηκεύεται εύκολα, πόσος είναι ο χρόνος ζωής του και τι συντήρηση απαιτεί, καθώς και ποια είναι τα πιθανά προβλήματα που θα προκύψουν. Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν για τη νυχτερινή θερμομόνωση, των υαλοστασίων, εξαρτώνται από το μέρος που βρίσκονται τα παράθυρα.

Τα εξωτερικά σκίαστρα και τα πατζούρια, προστατεύουν από τις καιρικές συνθήκες, τις μεγάλες γυάλινες επιφάνειες. Δεν επεμβαίνουν αισθητικά ή φυσικά στο εσωτερικό του κτιρίου αλλά επιδρούν στην εξωτερική εμφάνιση του κτιρίου καθώς εκτίθενται στις καιρικές συνθήκες κι έτσι πρέπει να έχουν τραχιά/γερή κατασκευή. Τα περισσότερα εξωτερικά σκίαστρα μπορούμε να τα χειριστούμε από το εσωτερικό της κατοικίας. Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα καθώς δεν χρειάζεται ο χρήστης να βγει έξω από την οικία του για να ανοίξει ή να κλείσει τα πατζούρια. Τα εξωτερικά κάθετα σκίαστρα με ρολά, κατασκευάζονται από ξύλο, αλουμίνιο, PVC κ.α. κάθε ρόλο κατασκευάζεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κάθε ανοίγματος. Οι μονώσεις μεταξύ των τζαμιών δεν απαιτούν χώρο γύρω από το τζάμι στο εσωτερικό του ή στο εξωτερικό του, για την αποθήκευση της θερμότητας που αποθηκεύεται όταν τα σκίαστρα δεν χρησιμοποιούνται. Τα σκίαστρα επηρεάζουν ελάχιστα την εμφάνιση του κτιρίου αισθητικά, όταν αυτά είναι ανοιχτά. Οι μονάδες παραθύρων, οι οποίες διαθέτουν διπλά τζάμια, με μικροσκοπικά βενετικά στόρια μεταξύ των γυάλινων επιφανειών είναι διαθέσιμα στην αγορά. Επιπλέον, υπάρχουν μονάδες που μεταξύ των γυάλινων επιφανειών υπάρχουν μικροί κόκκοι πολυστερίνης ως μονωτικό υλικό.

Τα εσωτερικά σκίαστρα και πατζούρια, αποτελούν τα συνηθέστερα μονωτικά των παραθύρων. Η αγορά διαθέτει μεγάλη συλλογή από αυτά ώστε να ταιριάζουν με τον εσωτερικό χώρο. Τα εσωτερικά γυάλινα πανέλα καλής ποιότητας, δεν χρειάζονται συντήρηση, και διαρκούν μια ζωή. Αυτά τα πανέλα είναι διαθέσιμα σε γυαλί, σε άκαμπτα μονά και διπλά τζάμια αλλά και σε μη άκαμπτες λεπτές μεμβράνες. Ένα πρόβλημα των εσωτερικών μονωτικών υλικών είναι η πιθανότητα διαφυγής της συγκεντρωμένης υγρασίας μέσω ή γύρω από το μονωτικό υλικό.

Τα ιδανικά νυχτερινά μονωτικά υλικά πρέπει να έχουν χαμηλό κόστος, και η τιμή τους να συμπεριλαμβάνει όλες τις απαραίτητες ενδείξεις και πληροφορίες για την πλήρη εγκατάσταση του συστήματος, καθώς και απλές οδηγίες ώστε καθένας να μπορεί να τα τοποθετήσει μόνος του. Πρέπει η τιμή του παράγοντα R να είναι μέση, να έχουν ένα εσωτερικό «νεφελώδες εμπόδιο» και καλή περιμετρική στεγανότητα. Τα υλικά πρέπει να έχουν μεγάλο προσδόκιμο ζωής, να μην είναι εύφλεκτα ούτε τοξικά. Το συνολικό σχέδιο πρέπει να επιτρέπει τον εύκολο χειρισμό, την διασφάλιση ότι το σύστημα που θα χρησιμοποιηθεί να μπορεί εύκολα να ανοιχθεί σε περίπτωση ανάγκης.

Γενικά το πεδίο δράσης που αφορά στη θερμομόνωση, αυξάνεται ως λειτουργία των παρακείμενων:

- □ Της επιθυμίας μεγιστοποίησης της αυτονομίας από τις συμβατικές πηγές καυσίμων
- □ Των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος, λαμβάνοντας υπόψη την επιπλέον μόνωση όταν οι εξωτερικές συνθήκες που επικρατούν είναι σοβαρές και οι απαιτήσεις του εσωτερικού σχεδιασμού είναι αυξημένες.
- □ Του εκτεθειμένου κτιριακού κελύφους, διότι τα σπίτια που είναι ενωμένα με μεσοτοιχία είναι πιο μονωμένα και προστατευμένα από τις κατοικίες που δεν εφάπτονται με άλλες.

Τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν από τεχνικά ρίσκα είναι η συγκέντρωση υγρασίας σε μη θερμαινόμενους χώρους και σε κοιλότητες ή κενούς χώρους, λόγω της εξάτμισης του νερού από τους θερμαινόμενους χώρους. Αυτό μπορεί να προβλεφθεί με τον εξαερισμό, με τη

μόνωση μεταξύ θερμαινόμενων και μη χώρων όταν αφορά μη θερμαινόμενους χώρους, ενώ για τις κενές κοιλότητες προβλέπεται με τον εξαερισμό τους προς τα έξω, με την απόσπαση από την πηγή και με την πρόβλεψη ή τον έλεγχο του εξατμιστικού φραγμού. Οι θερμογέφυρες αποτελούν ένα ακόμη πρόβλημα και σχηματίζονται γύρω από τις πόρτες και τα παράθυρα αλλά και στις ενώσεις μεταξύ των τοίχων, του πατώματος και της οροφής. Το αίτιο που προκαλεί αυτό το φαινόμενο είναι κενά στην μόνωση ή όταν γίνεται η μόνωση με πυκνά υλικά. Αυτό μπορεί να ποφευχθεί με την διατήρηση της συνέχειας της μόνωσης και την αποφυγή χρήσης πυκνών υλικών στις κοιλότητες. Για τις πόρτες και τα παράθυρα αυτή η κατάσταση αποφεύγεται με την προσθήκη μόνωσης γύρω από αυτά αλλά και με την τοποθέτηση πλαισίου στο βάθος του ανοίγματος. Η φωτιά είναι ένα ακόμη πρόβλημα που προκαλείται από την υπερθέρμανση των καλωδίων που περνούν μέσα από τη θερμομόνωση και αποφεύγεται με την χρήση καλωδίων μεγαλύτερης θερμοχωρητικότητας, την αποφυγή εύφλεκτων θερμομονωτικών υλικών καθώς και με την τοποθέτηση των καλωδίων πάνω από τη μόνωση. Τέλος, η ψύξη των δεξαμενών αποτελεί ένα ακόμη πρόβλημα των μονώσεων που προκαλείται λόγω του κρύου αέρα και της χαμηλής ροής θερμότητας από τις σωληνώσεις της θερμομόνωσης της σοφίτας. Αυτό παρατηρείται στις σοφίτες και σε όλους τους μη θερμαινόμενους χώρους. Ο τρόπος αποφυγής αυτού του φαινομένου είναι η θερμομόνωση των δεξαμενών νερού αλλά και των σωληνώσεων.

Σύστημα εξωτερικής θερμομόνωσης

Εκτός όμως από τη θερμομόνωση των παραθύρων, η θερμομόνωση των τοίχων είναι εξίσου σημαντική. Σε ένα χώρο που θερμαίνεται έχει την τάση να ακτινοβολεί προς τον ψυχρότερο χώρο που τον περιβάλλει θερμότητα, η οποία διαφεύγει από τις ατέλειες στην κατασκευή του κτιρίου και οι οποίες θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με την κατάλληλη μόνωση ανάλογα την περίπτωση. Σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να μην εμποδίζεται ο επαρκής αερισμός της κατοικίας και να μπορεί να ανανεώνεται συστηματικά και ανεμπόδιστα προς όλους τους χώρους της κατοικίας. Η σωστή θερμομόνωση, σε συνδυασμό με ένα ικανοποιητικό σύστημα κλιματισμού, εξασφαλίζουν την άνετη διαμονή των κατοίκων μέσα στην κατοικία. Το χειμώνα, θα εξασφαλίζεται η προστασία των εσωτερικών χώρων από το κρύο και το καλοκαίρι από την υπερβολική ζέστη. Επιπλέον, η σωστή θερμομόνωση εξασφαλίζει οικονομία στην αρχική δαπάνη της εγκατάστασης αλλά και στις δαπάνες λειτουργίας της θέρμανσης, μειώνοντας τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις μεταξύ των εξωτερικών και των εσωτερικών χώρων. Συμβάλλει ακόμα στην εξοικονόμηση χρημάτων από τα έξοδα συντήρησης, αυξάνοντας το προσδόκιμο ζωής της κατοικίας και προστατεύοντάς την από τις φθορές και τις βλάβες.

Σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τη θερμομόνωση των κατοικιών και κατά πόσο είναι σωστά εφαρμοσμένες σε αυτό, αν αυξηθεί το αρχικό κόστος κατασκευής του κτιρίου για επιπλέον θερμομόνωση κατά 2% με 5% τότε η εξοικονόμηση ενέργειας που θα προκύψει θα μειώνει το κόστος ενέργειας για θέρμανση κατά 50%.

Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι θερμομόνωσης η εσωτερική, η εξωτερική, η θερμομόνωση με χρήση ειδικών τούβλων αλλά και η θερμομόνωση του πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων. Τα πλεονεκτήματα από την εσωτερική θερμομόνωση είναι το γεγονός ότι είναι οικονομικότερη μέθοδος σε σχέση με την εξωτερική θερμομόνωση, η κατασκευή της γίνεται σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα, είναι απλή η κατασκευή, ο χώρος θερμαίνεται σύντομα, δεν χρειάζεται ιδιαίτερη προστασία της μόνωσης από τις εξωτερικές επιδράσεις και η κατασκευή γίνεται ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν.

Όμως αυτή η μέθοδος εμφανίζει και κάποια μειονεκτήματα, αυτά είναι ο περιορισμός του εσωτερικού χώρου, διότι ο χώρος παρά το γεγονός ότι θερμαίνεται γρήγορα, ψύχεται αντίστοιχα γρήγορα, και μένει ανεκμετάλλευτη η θερμοχωρητικότητα του εξωτερικού τοίχου. Επίσης αυτή η μέθοδος δεν λύνει το πρόβλημα των θερμογέφυρων, τα δομικά στοιχεία κινδυνεύουν από τις

συστολές και τις διαστολές που προκαλούν οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις με άμεση επίπτωση, την πρόκληση ρηγματώσεων και την εισροή βρόχινου νερού. Τέλος, η εσωτερική μόνωση δημιουργεί άλλο ένα πρόβλημα σχετικά με την τακτοποίηση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.

Όσον αφορά στην εξωτερική θερμομόνωση, το μονωτικό τοποθετείται στο εξωτερικό μέρος του τοίχου, τα πλεονεκτήματα αυτού του τρόπου μόνωσης είναι το γεγονός ότι ο χώρος έχει την ικανότητα διατήρησης της θέρμανσης αφότου διακοπεί η λειτουργία της θέρμανσης κι αυτό οφείλεται στη θερμοχωρητικότητα των τοίχων. Οι νότιοι χώροι των κτιρίων διατηρούν τη θερμότητα του ηλιακού κέρδους που αποθηκεύεται στους μεγάλους βάρους εσωτερικούς τοίχους. Επίσης, δεν μειώνεται ο ωφέλιμος κατοικήσιμος χώρος, οι εξωτερικές επιφάνειες των τοίχων προστατεύονται από τις συστολές και τις διαστολές, εξασφαλίζεται η κάλυψη των θερμογέφυρων στα δοκάρια, στις κολόνες και στις πλάκες σκυροδέματος. Τέλος, δεν εμποδίζεται η ομαλή λειτουργία των εσωτερικών χώρων κατά τη διάρκεια κατασκευής της εσωτερικής θερμομόνωσης.

Τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι το γεγονός ότι είναι ακριβή σε σχέση με την θερμομόνωση της εσωτερικής πλευράς του τοίχου, η εφαρμογή της εξωτερικής θερμομόνωσης δεν είναι εύκολη στην περίπτωση που οι τοίχοι διαθέτουν πολλές αρχιτεκτονικές προεξοχές αλλά κι όταν οι εξωτερικές όψεις των κτιρίων εμφανίζουν έντονη μορφολογία. Επιπλέον, απαιτείται ειδική προστασία των υλικών και των στρώσεων από τις καιρικές συνθήκες.

Στη θερμομόνωση με τη χρήση ειδικών τούβλων, ο τοίχος χτίζεται με ειδικά θερμομονωτικά τούβλα που με το σχήμα, τις διαστάσεις, τον τρόπο κατασκευής τους κλπ. θα πρέπει να εξασφαλίζουν τιμές για τον συντελεστή θερμοπερατότητας στα πλαίσια που επιβάλλει ο κανονισμός θερμομόνωσης. Αν χρειαστεί να αυξηθεί αυτός ο συντελεστής, προστίθεται μονωτικό υλικό που μπορεί να είναι ενσωματωμένο στο θερμομονωτικό τούβλο. Παρά το γεγονός ότι ο συγκεκριμένος τρόπος θερμομόνωσης παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, αυτό θα γίνει εφόσον εξασφαλιστεί η σωστή κατασκευή των επιχρισμάτων με την κατάλληλη στενότητα, ώστε στη μάζα των θερμομονωτικών τούβλων, να μην εισέρχεται υγρασία.

Στη θερμομόνωση του πυρήνα μεταξύ δύο τοίχων, το μονωτικό υλικό τοποθετείται ανάμεσα σε δύο δρομικούς τοίχους, έτσι επιτυγχάνεται θερμομόνωση αλλά είναι άγνωστο κατά πόσο υπάρχει προστασία από τη στατική αντοχή του συστήματος στον σεισμικό κανονισμό. Αυτή η τεχνική μπορεί να βελτιωθεί ακόμη κι αν σχηματισθούν θερμογέφυρες από την κατασκευή των σεναζ(διαζώματα).

Όσον αφορά στο συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών, τα θερμομονωτικά υλικά πρέπει να μένουν στεγνά, κάτι που επιτυγχάνεται ανάλογα με το βαθμό αντίστασης του κάθε υλικού στην διάχυση των υδρατμών, ο οποίος καθορίζεται από το συντελεστή αντίστασης στη διάχυση υδρατμών μ . Αυτός ο συντελεστής μας δίνει πληροφορίες σχετικά με την αντίσταση στη διάχυση ενός στρώματος του υλικού σε σχέση με το στρώμα αέρα ίσου πάχους. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής τόσο το καλύτερο διότι όσο μικρότερος είναι τόσο πιο ευαίσθητο είναι το υλικό στην υγρασία. Τέλος ο συντελεστής αυτός είναι ένα σχετικό και αδιάστατο μέγεθος.

Ένα σύστημα θερμομόνωσης που θα κατασκευαστεί, χρειάζεται επαρκή μηχανική αντοχή. Τα υλικά που διαθέτουν μεγάλη μηχανική αντοχή, χρησιμοποιούνται ως αυτοφερόμενα, ενώ αυτά με μικρότερη μηχανική αντοχή μπορούν να μπουν σε φέρον πλέγμα, κι αυτά με ακόμα μικρότερη χρησιμοποιούνται ως υλικά πλήρωσης. Η αντοχή όπως και η συμπίεση είναι πολύ σημαντικές στη θερμομόνωση των δαπέδων. Σε πολλές περιπτώσεις, είναι αναγκαία η γνώση των ενδιάμεσων παραμορφώσεων μέχρι τη θραύση από μερικές φορτίσεις που προκαλούν καταπονήσεις σε φέροντα στοιχεία ή επενδύσεις. Επίσης κάποιες φορές χρειάζονται πληροφορίες για την αντοχή των υλικών σε κάμψη ή εφελκυσμό. Αυτή η γνώση είναι απαραίτητη στις εσωτερικές θερμομονώσεις ορόφων

που διαθέτουν μεγάλα ανοίγματα αλλά και σε αυτοφερόμενες κατασκευές που καταπονούνται από τις καιρικές συνθήκες.

Η σταθερότητα των διαστάσεων των θερμομονωτικών πλακών που κατασκευάζονται με θερμικές διεργασίες έχουν την ικανότητα διαφοροποίησής τους στη φάση της ψύξης που όμως έχει ως αποτέλεσμα την επιδείνωση της κατάστασής τους λόγω της γήρανσης. Αυτό αποφεύγεται με τεχνική έναντι στη γήρανση κατά την παραγωγική διαδικασία για να σταθεροποιηθούν οι διαστάσεις. Στην περίπτωση που υπάρχουν μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις υπάρχει γραμμική συρρίκνωση σε όλα τα στερεά μονωτικά υλικά. Κάποια μονωτικά υλικά διαθέτουν υψηλό συντελεστή διαστολής που θα πρέπει ο κατασκευαστής να το λάβει υπόψη κατά την τοποθέτηση. Είναι εξίσου σημαντικό να γίνεται έλεγχος στις ανοχές των διαστάσεων αλλά και στην συμπεριφορά τους.

Στις μέρες μας προτιμάται να χρησιμοποιούνται θερμομονωτικά υλικά τα οποία δεν είναι εύφλεκτα, παρά το αυξημένο κόστος τους. Η συμπεριφορά τους στη φωτιά έχει άμεσες οικονομικές επιπτώσεις. Την καλύτερη συμπεριφορά στη φωτιά, έχουν τα ινώδη υλικά, ο περλίτης και το αφρώδες γυαλί. Το ειδικό βάρος των θερμομονωτικών υλικών, αποτελεί βασική τους ιδιότητα διότι ακόμη και το ελαφρύτερο υλικό μπορεί να έχει χειρότερες θερμομονωτικές ιδιότητες από κάποιο βαρύτερο καθώς αυτό έχει πυκνότερες κυψέλες. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στη μόνωση των παθητικών ηλιακών κατοικιών πρέπει να είναι οικολογικά. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα υλικό για να καλείται οικολογικό είναι να είναι ανακυκλώσιμο, να μην καταναλίσκει μεγάλα ποσά ενέργειας κατά την παράγωγή του, να είναι φιλικό προς το περιβάλλον, και α μην περιέχει τοξικούς/καρκινογόνους ρύπους, επικίνδυνους για την υγεία των ανθρώπων.

Τα βασικά θερμομονωτικά υλικά που χρησιμοποιούνται κατά τη μόνωση των κατοικιών είναι η εξηλασμένη πολυστερίνη, η πολυουρεθάνη, ο υαλοβάμβακας, ο πετροβάμβακας, ο περλίτης, το Heraklith και ο διογκωμένος φελλός. Στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες στην αγορά υπάρχουν αρκετά οικολογικά μονωτικά υλικά τα οποία δεν βρίσκονται ακόμα στη χώρα μας, ούτε παράγονται παρά το γεγονός ότι στην Ελλάδα υπάρχει το λινάρι, το βαμβάκι και ο άργιλος. Αυτά είναι το λινάρωμαλλο, το ρολλό από ίνες κοκοφοίνικα, η τζίβα σε φύλλα και λωρίδες, ο διογκωμένος άργιλος και το μονωτικό υλικό από τα υπολείμματα του βαμβακιού. Αντίθετα στη χώρα μας συνεχίζεται η χρήση υλικών πλούσιων σε αμίαντο και φορμαλδεΐδη κατά την κατασκευή κτιρίων, παρά το γεγονός ότι έχει απαγορευθεί η χρήση τους. Όσον αφορά στη λειτουργία του κτιρίου ως συλλέκτης και αποθήκη ψύξης, λόγω της αντίστροφης κατάστασης που ισχύει στις θερμοκρασίες το καλοκαίρι, σε αντίθεση με το χειμώνα, οι θερμοκρασίες διατηρούνται σε υψηλότερα επίπεδα στο εξωτερικό περιβάλλον κι έτσι το κτίριο απορροφά μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας δημιουργώντας συνθήκες υπερθέρμανσης στο εσωτερικό της κατοικίας. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να ληφθούν μέτρα για την αποφυγή των επιβαρύνσεων του κτιρίου και τη λειτουργία του ως φυσικού συλλέκτη δροσισμού με την προστασία του κτιρίου από τον ήλιο με τη σκίαση των ανοιγμάτων, αποκλείοντας την ανεπιθύμητη ηλιακή ενέργεια στο εσωτερικό του κτιρίου, με την εξασφάλιση ικανής ποσότητας φυσικού δροσισμού, κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας, στο εσωτερικό της κατοικίας, ώστε να απομακρύνεται το επιπλέον θερμικό φορτίο, που απορροφάται από τα υλικά κατασκευής τη μέρα.

Με την εξασφάλιση θερμικής δράνειας στην κατασκευή και με τη χρήση υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας. Επίσης, με την βαφή των εξωτερικών επιφανειών με ανοιχτά χρώματα, ώστε να μειώνεται η απορροφούμενη θερμότητα και τέλος με την φυσική ψύξη μέσω της εξατμισμού όταν το κλίμα είναι ζεστό και ξηρό.

7.7 Σκιασμός

Ο σκιασμός του κτιρίου και των ανοιγμάτων επιτυγχάνεται με τη χρήση φυλλοβόλων δέντρων και

βλάστησης κατά τέτοιο τρόπο που να διακόπτεται ο ηλιασμός του κτιρίου τη θερινή περίοδο, διότι η βλάστηση μετριάζει την εξωτερική θερμοκρασία λόγω της ιδιότητας του φυλλώματος να απορροφά θερμότητα. Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων καθώς και η επιλογή κατάλληλου συστήματος σκίασης σε μορφή, μέγεθος και θέση, εξαρτάται από τον προσανατολισμό της όψης. Η σκίαση των ανοιγμάτων είναι απαραίτητη στην εξωτερική πλευρά του κτιρίου για να αποφευχθεί η διείσδυση του ήλιου και η υπερθέρμανση του χώρου. Η τοποθέτηση περσίδων στο εσωτερικό των υαλοστασίων, ως μέσο προστασίας, προσφέρει μείωση της θάμβωσης από το έντονο ηλιακό φως όμως δεν μπορεί να προστατέψει το κτίριο από την υπερθέρμανση, καθώς η διέλευση του ήλιου από τα τζάμια εγκλωβίζει το ηλιακό φως το οποίο το μετατρέπει σε θερμότητα. Για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων τα βασικά κριτήρια που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι ο προσανατολισμός της όψης, η αισθητική του κτιρίου και η μορφολογία των ανοιγμάτων, η μορφή των ανοιγμάτων αν είναι συνεχόμενα ή διακοπτόμενα από τους τοίχους, η χρήση του χώρου ανάλογα με το αν είναι κατοικία, εργασιακός χώρος κλπ. καθώς κι ο παράγων οικονομία της κατασκευής ως αρχική επένδυση και ως κόστος λειτουργίας.

Όσον αφορά τον προσανατολισμό, οι μελέτες δείχνουν ότι για το νότιο προσανατολισμό προτιμώνται τα οριζόντια, σταθερά ή κινητά συστήματα σκίασης λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου τη θερινή περίοδο. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος προεξοχής των περσίδων ώστε να διασφαλίζεται ο θερινός σκιασμός των ανοιγμάτων και η διέλευση του ήλιου στο χώρο το χειμώνα. Για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, προτιμάται η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες καθώς ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά κοντά στον ορίζοντα. Η σταθερή σκίαση δεν είναι αποτελεσματική λύση καθώς εμποδίζεται ο ηλιασμός του χώρου το χειμώνα.

Για τον νοτιοανατολικό ή το νοτιοδυτικό προσανατολισμό, είναι ιδανικός, ο συνδυασμός τόσο των οριζόντιων όσο και των κατακόρυφων περσίδων, η οποία ορίζεται από το ύψος και το άζιμούθιο του ήλιου για τους θερινούς μήνες. Συμπεραίνοντας τα παραπάνω, τα σταθερά σκίαστρα ανεξαρτήτως προσανατολισμού, εμφανίζουν αρκετά προβλήματα ως προς την αποτελεσματικότητά τους. Ενώ αντίθετα η κινητή εξωτερική ηλιοπροστασία έχει πλεονεκτήματα λόγω της ευελιξίας και της δυνατότητας ρύθμισής τους από τους ενοίκους ανάλογα με τις ανάγκες τους. Το είδος του συστήματος ηλιοπροστασίας, η μορφή και η λειτουργία του εξαρτάται από τον τρόπο χρήσης του κτιρίου και το χρόνο που περνάμε σε αυτό.

Στην περίπτωση των κατοικιών χειριζόμαστε διαφορετικά την ηλιοπροστασία καθώς μπορούν να καλυφθούν οι ανάγκες με μια τέντα ενώ παράλληλα να διασφαλίζεται ο φυσικός φωτισμός, χωρίς επιβαρύνσεις σε θάμβωση ή ανακλάσεις φωτός στο επίπεδο εργασίας. Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος ηλιοπροστασίας βασίζεται σε αισθητικά κριτήρια, αλλά και σε ζητήματα συνθετικής οργάνωσης όπως η σχέση του εσωτερικού με τον εξωτερικό χώρο, η διαφάνεια του κελύφους κλπ. η διαφοροποιημένη μορφή της ηλιοπροστασίας συναρτήσει του προσανατολισμού και τα πλεονεκτήματα σχεδιαστικών χειρισμών, αποτελούν επιπρόσθετα στοιχεία της συνθετικής οργάνωσης των όψεων του κτιρίου.

Όσον αφορά στον οικονομικό παράγοντα, αν και η εξωτερική ηλιοπροστασία είναι ακριβότερη από τη σταθερή και από τη χρήση εσωτερικών περσίδων, η αποδοτικότητά της είναι αρκετά υψηλή καθώς απαλλάσσει τα κτίρια σε μεγάλο ποσοστό από την υπερθέρμανση και τη μείωση της χρήσης κλιματιστικών τα οποία είναι ακριβά αλλά και βλαβερά για την υγεία και το περιβάλλον. Άρα η χρήση των εξωτερικών συστημάτων ηλιοπροστασίας έχει πολλά περισσότερα οικονομικά οφέλη παρά το αρχικό τους υψηλό του κόστος.

Η μορφή που θα έχουν τα σκίαστρα που θα χρησιμοποιηθούν, βασίζεται στους ηλιακούς χάρτες και στους μετρητές σκιασμού. Τα βήματα που περιλαμβάνει η διαδικασία σχεδιασμού των συστημάτων ηλιοπροστασίας είναι: η επιλογή του ηλιακού χάρτη που αντιστοιχεί στο γεωγραφικό πλάτος του τόπου. Ο μετρητής σκιασμού είναι ίδιος για όλα τα μήκη και πλάτη, διότι δείχνει τις κατακόρυφες

γωνίες των οριζόντιων εμποδίων και σκιάστρων του ίδιου κτιρίου που αντιστοιχούν σε γωνίες ύψους από 10ο έως 80ο55. Σημαντική είναι η επιλογή του κατάλληλου προσανατολισμού της όψης.

Ο ακριβής προσανατολισμός της όψης του κτιρίου καθορίζεται από την κάθετη στη διεύθυνση της όψης και τη χάραξη του βορρά- νότου στο ίδιο σημείο. Αν η κάθετη όψη στην ευθεία ορίζει γωνία αριστερά του νότου τότε είναι στραμμένη προς την ανατολή, ενώ αν βρίσκεται δεξιά του, έχει δυτική όψη.

Στα οριζόντια σκίαστρα, χρησιμοποιείται η τομή ανοίγματος-υαλοστασίου κατά την οποία συνδέεται η απόληξη του σκίαστρου με το κατώφλι του παραθύρου ορίζοντας την κατακόρυφη γωνία που σχηματίζεται ως προς την οριζόντια ευθεία, η οποία προσφέρει σκίαση σε όλο το παράθυρο. Αν προτιμάται η σκίαση του 50% του ανοίγματος, τότε η απόληξη του σκίαστρου συνδέεται με το μέσο του παραθύρου. Έπειτα, τοποθετείται στο μετρητή σκιασμού ο ηλιακός χάρτης, χαράσσοντας τη γωνία που προσφέρει την σκίαση όπου η περιοχή πάνω από τη γωνία σκιάζεται ενώ η περιοχή κάτω από τη γωνία δέχεται ήλιο. Αν το σκίαστρο που χρησιμοποιείται καλύπτει τις τροχιές του ήλιου τη θερινή περίοδο τότε η σκίαση που προσφέρει είναι επαρκής. Αν δεν επιθυμείται ένα ενιαίο σκίαστρο υπάρχει δυνατότητα τοποθέτησης μικρότερων περσίδων στις οποίες η κατακόρυφη γωνία είναι σταθερή. Η αποτελεσματικότητα των σκιάστρων βασίζεται στο ποσοστό παρεμποδισμού της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας να εισέλθει στο εσωτερικό της κατοικίας.

Για τα κατακόρυφα σκίαστρα, των ανατολικών και δυτικών όψεων, χρησιμοποιείται η κάτοψη του ανοίγματος και συνδέεται η απόληξη του σκίαστρου με τις αντίστοιχες παραστάδες του ανοίγματος με αποτέλεσμα να προκύπτουν γωνίες που προσφέρουν πλήρη κάλυψη του ανοίγματος. Για τη μισή κάλυψή του, οι απολήξεις συνδέονται με το μέσο του παραθύρου οπότε προκύπτουν γωνίες. Οι οριζόντιες αυτές γωνίες μεταφέρονται στο ηλιακό διάγραμμα, στην οριζόντια ευθεία των αζιμουθίων και χαράζονται οι κάθετες ως προς τις οριζόντιες ευθείες, όπου πέρα από τις κάθετες ευθείες δημιουργείται σκιά και το υπόλοιπο τμήμα εκτείνεται στην ηλιακή ακτινοβολία. Αυτός ο τρόπος σκίασης έχει ως αποτέλεσμα τη διακοπή των χαμηλών τροχιών του ήλιου κατά τη θερινή περίοδο στην ανατολική και τη δυτική όψη.

Όταν τα κατακόρυφα σκίαστρα δεν είναι κάθετα στο άνοιγμα, αλλά σε κεκλιμένη γωνία, ακολουθείται η ίδια πορεία για την εύρεση της μάσκας σκιασμού. Το πλεονέκτημα είναι ότι οι προεξοχές είναι μικρότερες από τις προεξοχές στο κάθετο επίπεδο του ανοίγματος. Γενικά κατά τον σχεδιασμό της ηλιοπροστασία στην ανατολή και τη δύση, αφού προσδιοριστεί ο προσανατολισμός του ανοίγματος, χαράσσεται η κατεύθυνση των ακτίνων του ήλιου και έπειτα σχεδιάζονται οι προεξοχές κατά τέτοιο τρόπο ώστε η αρχή της κάθε προεξοχής να αποτελεί το τέλος της προηγούμενης, ορίζοντας ευθείες παράλληλες στην κατεύθυνση των ακτίνων, παρέχοντας ηλιοπροστασία στο άνοιγμα.

Αν ο προσανατολισμός του ανοίγματος είναι νοτιοανατολικός ή νοτιοδυτικός, ακολουθείται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τα οριζόντια και τα κάθετα ανοίγματα για την επίτευξη πλήρους σκιασμού, αλλά θα πρέπει πρώτα να διευκρινιστεί ο προσανατολισμός του ανοίγματος σε σχέση με το νότο, η οποία δείχνει την κατεύθυνση των ακτίνων του ήλιου και την κλίση των σκιάστρων. Τέλος, στις ανατολικές, δυτικές και ενδιάμεσες όψεις προτείνεται η χρήση κινητών σκιάστων ώστε να επιτρέπεται η διέλευση του ήλιου στους εσωτερικούς χώρους το χειμώνα, και την πλήρη προστασία του χώρου από τα επιπλέον ηλιακά κέρδη και την προστασία του κτιρίου από την υπερθέρμανση.

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 θερμότητας που αποβάλλεται τη νύχτα στην ατμόσφαιρα ρυθμίζοντας τη θερμοκρασία

της εξωτερικής επιφάνειας και τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Οι χώροι που είναι βαμμένοι με σκούρα χρώματα, παρουσιάζουν αυξημένη επιφανειακή θερμοκρασία σε σχέση με τη μέγιστη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, ενώ η αντίστοιχη αύξηση που υφίσταται σε ένα ασβεστωμένο χώρο φτάνει τον 10°C 57. 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 ώστε να αποφευχθεί η υπερθέρμανση.

7.8 Θερμική προστασία των εξωτερικών δομικών στοιχείων του σπιτιού

Ένα από τα πιο σημαντικά μέτρα περιορισμού των θερμικών απωλειών το χειμώνα και τη διατήρηση των ηλιακών κερδών για αρκετό χρονικό διάστημα στο εσωτερικό της κατοικίας, είναι η ισχυροποίηση της θερμικής προστασίας των δομικών στοιχείων του κελύφους. Το πάχος της μόνωσης των εξωτερικών τοίχων και του δώματος επιδρά θετικά στην εξοικονόμηση ενέργειας. Με τα πρώτα 5 εκατοστά μόνωσης έχει παρατηρηθεί ότι η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται είναι πολλαπλάσια σε σχέση με τα επόμενα 5 εκατοστά. Αυτό που ισχύει ως σκέψη στην αρχιτεκτονική είναι ότι όσο πιο ελεύθερη είναι η αρχιτεκτονική μορφή του κτιρίου σε σχέση με τη σύνθεση των όγκων του, τόσο ισχυρότερες θα πρέπει να είναι οι μονώσεις του περιβλήματός του ώστε να μπορέσουν να μειωθούν οι θερμικές απώλειες και να δημιουργηθούν συνθήκες άνεσης στους εσωτερικούς χώρους με περιορισμένες καταναλώσεις.

Η απώλεια θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου μπορεί να μειωθεί δημιουργώντας ένα κτίριο συμπαγούς μορφής. Ισχύει ότι όσο μικρότερη είναι η επιφάνεια των εξωτερικών τοίχων ανά θερμαινόμενο όγκο τόσο λιγότερη ενέργεια απαιτείται για τη λειτουργία του κτιρίου. Ένα κτίριο μικρού όγκου χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για τη θέρμανση του καθαρού αέρα που παρέχεται παρά το γεγονός ότι παρέχεται ιδανική ποσότητα αέρα, ώστε να επικρατούν συνθήκες άνεσης και να αποφεύγονται τα προβλήματα υγείας. Τα ανοίγματα, είναι καλό για την αποφυγή υπερθέρμανσης το καλοκαίρι, να περιορίζονται στις ανατολικές και δυτικές όψεις, ενώ για να περιορίζονται οι θερμικές απώλειες το χειμώνα να περιορίζονται στις βορινές όψεις. Στα ανοίγματα που υπάρχουν σε αυτές τις όψεις προτιμάται να έχουν τέτοιες διαστάσεις που να καλύπτουν τις ανάγκες των δωματίων σε αερισμό και φυσικό φωτισμό, γι' αυτό και δεν είναι ιδιαίτερος μέγιστος. Τα βορινά ανοίγματα, επειδή δέχονται έμμεσα διάχυτο φως, βοηθούν σε μια καλή ποιότητα φωτισμού γι' αυτό και συνιστώνται σε χώρους που χρησιμοποιούνται κυρίως τις θερινές περιόδους. Αυξάνοντας τις διαστάσεις τους σε μεγάλο βαθμό, έχουμε ως αποτέλεσμα την αύξηση του θερμικού φορτίου, για χώρους που χρησιμοποιούνται το χειμώνα. Η καταλληλότερη όψη για την ύπαρξη ανοιγμάτων είναι η νότια. Σε αυτή συνίσταται η κάλυψη του 60% της επιφάνειάς της με ανοίγματα, ώστε να θερμαίνονται οι χώροι φυσικά μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις συστήνεται η τοποθέτηση θερμομονωτικών υαλοπινάκων προηγμένης τεχνολογίας ή υαλοπινάκων με χαμηλό συντελεστή θερμοπερατότητας, για την αποφυγή θερμικών απωλειών. Ο συντελεστές θερμοπερατότητας και ο συντελεστής μετάδοσης της θερμικής ηλιακής ενέργειας αποτελούν τα βασικά κριτήρια επιλογής του κατάλληλου από πλευράς ποιότητας ανοίγματος. Είναι πολύ σημαντικό ο συντελεστής θερμοπερατότητας να είναι ο μικρότερος δυνατός ενώ αντίθετα ο συντελεστής διείσδυσης της συνολικής θερμικής ενέργειας ο μεγαλύτερος δυνατός, ώστε το άνοιγμα να είναι αποτελεσματικότερο για νότιο προσανατολισμό κυρίως. Όσον αφορά στα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα προτιμώνται οι μικρές τιμές και στους δύο συντελεστές. Επιπλέον θα πρέπει να γίνει η καταλληλότερη επιλογή σχετικά με τον υαλοπίνακα που θα τοποθετηθεί στον κάθε προσανατολισμό και τις απαιτήσεις των χώρων διότι σε αντίθετη περίπτωση θα προκληθούν αρνητικά αποτελέσματα όπως αύξηση των θερμικών απωλειών, μείωση του φυσικού φωτισμού, της οπτικής άνεσης κ.α. Κάθε όψη της κατοικίας πρέπει να σχεδιάζεται κατά τέτοιο τρόπο, που να αξιοποιούνται τα οφέλη της, ώστε να διατηρούνται οι συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου.

7.9 Αερισμός κτιρίων

Είναι εξαιρετικά σημαντική η δημιουργία ενός αεροστεγανού περιβλήματος και να υπάρχει δυνατότητα ελέγχου και περιορισμού του αερισμού των εσωτερικών χώρων, ώστε να μην προκαλούνται θερμικές απώλειες από τον εκτεταμένο αερισμό αλλά και από τις διαφυγές αέρος από τους αρμούς των ανοιγμάτων, και ανάλογα με τη χρήση του κτιρίου, χωρίς να υπερβαίνονται τα όρια της ωριαίας εναλλαγής του αέρα τα οποία είναι προκαθορισμένα από διεθνείς κανονισμούς, διότι ο ανεξέλεγκτος και εκτεταμένος αερισμός χωρίς συγκεκριμένο λόγο επιδρά αρνητικά στο

ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου και να αυξηθούν οι ενεργειακές ανάγκες του σε μεγάλο βαθμό. Σε έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, αποδεικνύουν πως υπάρχει πιθανότητα το φαινόμενο να επιδεινωθεί αν συνδυαστεί με υψηλές εσωτερικές θερμοκρασίες αλλά και με χαμηλό βαθμό απόδοσης της εγκατάστασης θέρμανσης λόγω ελλιπούς συντήρησης. Η συνεχής ανανέωση του εσωτερικού αέρα είναι πολύ σημαντική για την υγεία των χρηστών, αλλά και για την απομάκρυνση της υγρασίας, των οσμών και των ρύπων. Όταν χρησιμοποιούνται συσκευές με ανοιχτές σωληνώσεις, η είσοδος του εξωτερικού αέρα απαιτείται για καύση. Ο εξαερισμός αποτελεί ένα φυσικό μηχανισμό για τον αερισμό των εσωτερικών χώρων όταν η θερμοκρασία τους είναι αρκετά υψηλή. Η αναλογία του εξαερισμού που απαιτείται, για την παροχή καθαρού αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, εξαρτάται από τους χρήστες, τις δραστηριότητές τους αλλά και το βαθμό συγκέντρωσης ρύπων. Η ανταλλαγή μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού αέρα, συμβαίνει φυσικά λόγω της διαφορετικής πίεσης που υπάρχει λόγω του εισερχόμενου αέρα. Ο εξωτερικός αέρας, εισέρχεται από τις χαραμάδες και τα πλαϊνά ανοίγματα του κτιρίου, τα οποία είναι υπό θετική πίεση, και ο εσωτερικός αέρας εξέρχεται με αρνητική πίεση. Αυτή η συνεχής διαδικασία ανταλλαγής αέρα με διείσδυση και εξαγωγή είναι μια λειτουργία της ταχύτητας του ανέμου, των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων και της ικανότητας διείσδυσης του αέρα στο κτίριο. Ο διπλός σχεδιαστικός στόχος είναι η μείωση της μη ελεγχόμενης ανταλλαγής αέρα ενώ θα εξασφαλίζεται επαρκής ποσότητα φρέσκου αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Όσον αφορά στα κτίρια που είναι σχεδιασμένα κατά τέτοιο τρόπο που να βασίζονται στον φυσικό εξαερισμό, ο βαθμός διείσδυσης δια μέσου των χαραμάδων κατά τη διάρκεια κατασκευής μπορεί να διατηρηθεί σε χαμηλότερα επίπεδα από 0,5ac/h με απλά μέτρα αεροστεγανότητας. Τα ελεγχόμενα μέσα εξαερισμού μπορούν τότε να παράσχουν επιπρόσθετα ποσά καθαρού αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου. Για κατοικίες που διαθέτουν μηχανικό εξαερισμό, υπάρχει περιθώριο για τη λήψη περισσότερων μέτρων αεροστεγανότητας. Στο φυσικό εξαερισμό, κατά τη χειμερινή περίοδο όπου χρησιμοποιούνται τα συστήματα θέρμανσης, ο στόχος είναι η ικανοποίηση των αναγκών σε εξαερισμό χωρίς να χρειάζεται να ανοιχθούν τα παράθυρα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση εξαεριστών μικρής ροής στο σκελετό των παραθύρων καθώς και σε άλλα ελεγχόμενα μέσα. Η καλή χρήση αυτού του συστήματος μπορεί να γίνει με την εγκατάσταση αγωγών που θα συμβάλλουν στην εξάτμιση της υγρασίας από την κουζίνα και το μπάνιο. Οι αγωγοί θα πρέπει να είναι κάθετοι και να εκτείνονται το ελάχιστο στο ύψος της κορφής της στέγης. Οι χώροι τους οποίους διαπερνά ο αγωγός και δεν είναι θερμαινόμενοι πρέπει να μονώνονται. Επίσης πρέπει να δίνονται οδηγίες σχετικά με το αν οι αγωγοί μπορούν να αντικατασταθούν με αποσπώμενους ανεμιστήρες, οι οποίοι απαιτούνται από τους κτιριακούς κανονισμούς. Στις κατοικίες που διαθέτουν προσκολλημένο ή ενσωματωμένο θερμοκήπιο, μέρος ή ολόκληρη η διαδικασία εξαερισμού των γειτονικών δωματίων γίνεται μέσω του θερμοκηπίου. Καθώς ο αέρας έχει την τάση να έχει υψηλότερη θερμοκρασία στο εσωτερικό από ότι στο εξωτερικό περιβάλλον, παρέχει τη δυνατότητα μείωσης της ενέργειας για εξαερισμό των θερμαινόμενων χώρων. Στο μηχανικό εξαερισμό, επιτρέπεται ακόμη μεγαλύτερος έλεγχος στην παροχή καθαρού αέρα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη ποιότητα εσωτερικού αέρα και την εξοικονόμηση ενέργειας. Είναι σημαντικό το κτίριο να διαθέτει αεροστεγή κατασκευή. Τα περισσότερα συστήματα μηχανικού εξαερισμού, ενσωματώνουν εναλλάκτες θερμότητας για να ανακτηθεί η χαμένη ενέργεια. Μέχρι και 75% της θερμότητας που αποσπώσθηκε από τον αέρα, μπορεί να ανακτηθεί με αυτό τον τρόπο.

Η πρόβλεψη της πιθανής διαρροής αέρα και της διείσδυσης αυτού, του κτιρίου κατά το στάδιο σχεδιασμού μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα. Οι πηγές διαρροής αέρα που μπορούν να αποφευχθούν από την λεπτομερειακή εργασία και έλεγχο είναι: τα χαλαρά τοποθετημένα παράθυρα και πόρτες, τα ξύλινα πατώματα, τα κενά γύρω από τα σημεία εισόδου των σωληνώσεων, των διακοπών φωτισμού, τις πρίζες, τις χαραμάδες των ενώσεων των τοίχων, της οροφής και του δαπέδου, τα σκισμένα ατελή ή κακώς ενωμένα φράγματα ατμού. Γενικά σε μια κατοικία επιθυμείται ως ελάχιστο το 0,5 ac/h ελεγχόμενου εξαερισμού, την ύπαρξη διεξόδων αέρα στους τοίχους και τα παράθυρα για ελεγχόμενη χειμερινή θερμομόνωση, το προσεκτικό σφράγισμα των ενώσεων ώστε να εξασφαλίσουμε αεροστεγανότητα στην κατασκευή, το μηχανικό εξαερισμό με

θερμική επαναφορά η οποία μπορεί να επιτύχει εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του ανακυκλώσιμου εσωτερικού αέρα. Επίσης οι χώροι της οροφής και οι αεριζόμενες κοιλότητες πρέπει να εξαερίζονται επαρκώς.

3.10 Μέτρα που αφορούν την θερινή περίοδο

Ένα σημαντικό πρόβλημα που εμφανίζεται το καλοκαίρι και πρέπει να αποφεύγεται με τη λήψη μέτρων είναι η υπερθέρμανση. Για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση είναι σημαντικό να βελτιωθούν οι μικροκλιματικές συνθήκες με την κατάλληλη φύτευση για σκίαση και εξατμιστικό δροσισμό, την επιλογή επιστρώσεων με τη χρήση υλικών μεγάλης ανακλαστικότητας αλλά και στην κατασκευή υδάτινων επιφανειών για την ενίσχυση του εξατμιστικού δροσισμού 65. Ένα άλλο αποτελεσματικό μέτρο είναι η επιλογή ηλιοπροστατευτικών διατάξεων σε σχέση με τον προσανατολισμό των όψεων, συνήθως προτιμώνται οριζόντιες διατάξεις στο νότο, κατακόρυφες διατάξεις στην ανατολή και στη δύση με σωστή κλίση σε σχέση με την πορεία των ηλιακών ακτίνων με σκοπό την απομάκρυνση της ηλιακής ακτινοβολίας από το περίβλημα του κτιρίου. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικοί κρύσταλλοι σε παράθυρα και πόρτες τα οποία μειώνουν τη διαπερατότητα της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω ανακλαστικών, απορροφητικών και χαμηλής εκπομπής υαλοπινάκων. Ο διαμπερής αερισμός των χώρων και η ενίσχυση του νυχτερινού αερισμού για την αποφόρτιση των δομικών στοιχείων από τη θερμότητα που συσσωρεύεται στις ώρες αιχμής θεωρείται απαραίτητο για το κλίμα της Ελλάδας.

Αν τα ήδη υπάρχοντα ανοίγματα δεν μπορούν να ικανοποιήσουν αυτές τις ανάγκες κρίνεται σκόπιμη η χρήση ανοιγμάτων στην οροφή του κτιρίου, την κατασκευή ηλιακής καμινάδας τα οποία θα επιταχύνουν την απαγωγή του θερμού αέρα από το κτίριο ή τη χρήση ανεμόπυργου η οποία λόγω της εξαναγκασμένης κίνησης του αέρα αποτελούν αποτελεσματικές τεχνικές. Μια άλλη λύση είναι η χρήση υλικών που διαθέτουν μεγάλη θερμοχωρητικότητα καθώς προκαλούν χρονική καθυστέρηση της μετάδοσης της θερμότητας στους εσωτερικούς χώρους και σε συνδυασμό με τον νυχτερινό αερισμό επιτυγχάνεται ο φυσικός δροσισμός των χώρων και η αποφυγή της υπερθέρμανσης. Η κατασκευή ανοιχτόχρωμων επιχρισμάτων τα οποία ελαχιστοποιούν την ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται και μεγιστοποιούν την ανακλώμενη. Τέλος η ενίσχυση του φυσικού φωτισμού των χώρων με τον ταυτόχρονο περιορισμό των αναγκών σε χρήση τεχνητού φωτισμού έχει ως αποτέλεσμα τον περιορισμό των εσωτερικών θερμικών φορτίων. Κάτι που προκαλείται και από την χρήση ηλεκτρικών και φωτιστικών συσκευών υψηλής απόδοσης.

Τα κλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής καθώς και η χρήση του κτιρίου είναι αυτά που θα οδηγήσουν τον μελετητή στην επιλογή συστημάτων που θα βασίζονται στη θερινή ή την χειμερινή περίοδο. Το κύριο όμως στοιχείο της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής είναι η ορθή συμπεριφορά της κατοικίας καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Γενικά κατά τον παθητικό ηλιακό σχεδιασμό λαμβάνονται υπόψη η παθητική θέρμανση, ο φυσικός δροσισμός αλλά και ο φωτισμός των κτιρίων ώστε να περιοριστεί η κατανάλωση της ενέργειας, να βελτιωθεί το μικροκλίμα και η ποιότητα ζωής των εσωτερικών χώρων. Για να ελεγχθεί η ομαλή λειτουργία των συστημάτων και να κριθεί το κτίριο ως χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας θα πρέπει κατά το στάδιο του σχεδιασμού να πραγματοποιηθούν προσομοιώσεις και από τα αποτελέσματα των υπολογισμών να αποφευχθούν τα λάθη και οι παραλήψεις, διότι αν αμεληθεί και χρειαστεί να γίνουν βελτιωτικές επεμβάσεις αφού ολοκληρωθεί η κατασκευή του κτιρίου τότε προκαλούνται τα οικονομικά προβλήματα και τα προβλήματα στην ομαλή λειτουργία του κτιρίου.

Κεφάλαιο 8ο: Συστήματα φυσικού φωτισμού - δροσισμού

8.1 Συστήματα φυσικού φωτισμού

Ο φυσικός φωτισμός, έχει ως άμεσο στόχο την επίτευξη της οπτικής άνεσης στους εσωτερικούς

χώρους των κτιρίων αλλά και την βελτίωση της ποιότητας ζωής μέσα στους χώρους στους οποίους καταναλίσκουμε μεγάλο μέρος της ζωής μας. Για να επιτευχθεί αυτό συνδυάζεται το φως, η θέα εφόσον υπάρχει, η αξιοποίηση και η ρύθμιση της ηλιακής ενέργειας αλλά και η δυνατότητα αερισμού. Στη φάση του σχεδιασμού των συστημάτων φυσικού φωτισμού θα πρέπει να αξιοποιείται, η μεγαλύτερη και αποτελεσματικότερη κάλυψη των αναγκών της κατοικίας σε φυσικό φωτισμό, λαμβάνοντας υπόψη τη χρήση του κάθε δωματίου και τις απαιτήσεις αυτού σε φωτισμό ανάλογα με τις δραστηριότητες που θα επιτελούνται σε αυτό.

Για να εξασφαλιστεί η οπτική άνεση, αξιοποιώντας το φυσικό φως, θα πρέπει να σχεδιαστούν και να χρησιμοποιηθούν τα ιδανικά συστήματα καθώς και οι τεχνικές, οι οποίες θα παρέχουν σε κάθε χώρο ικανή ποσότητα φυσικού φωτισμού, αλλά και ομαλή κατανομή αυτού, προς αποφυγή της θάμβωσης. Όλα αυτά εξαρτώνται από τα ανοίγματα, τη γεωμετρία του χώρου και τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών και των υαλοπινάκων.

8.1.1 Κατηγορίες συστημάτων φυσικού φωτισμού

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την παροχή φυσικού φωτισμού στα κτίρια ταξινομούνται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

1. τα παράθυρα (ανοίγματα στην κατακόρυφη τοιχοποιία),
2. τα ανοίγματα οροφής,
3. τους φωταγωγούς και τα
4. αίθρια.

Αυτά τα συστήματα συνδυάζονται με συγκεκριμένες τεχνικές σχετικές με το σχεδιασμό ανοιγμάτων, τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των επιφανειών όπως το χρώμα, η υφή και η φωτοδιαπερατότητα των υλικών, τις οπτικές ιδιότητες των υαλοπινάκων και στη χρήση των ανακλαστήρων. Με αυτό τον τρόπο επιθυμείται η εξασφάλιση της επάρκειας και της ομαλής κατανομής του φυσικού φωτός στους εσωτερικούς χώρους της κατοικίας.

8.1.2 Τεχνικές φυσικού φωτισμού

Οι συνήθεις τεχνικές φυσικού φωτισμού που εφαρμόζονται αποτελούνται από πέντε κατηγορίες:

1. τους υαλοπίνακες, οι οποίοι κατηγοριοποιούνται σε θερμοχρωμικούς, φωτοχρωμικούς, ηλεκτροχρωμικούς, απορροφητικούς, σε υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής, σε έγχρωμους και αντανakλαστικούς υαλοπίνακες.
2. τα πρισματικά φωτοδιαπερατά στοιχεία,
3. τους ανακλαστήρες (ή ράφια φωτισμού),
4. τις ανακλαστικές περσίδες και
5. τα διαφανή μονωτικά υλικά.

Η εξασφάλιση φυσικού φωτισμού, απαιτεί καλό και προσεκτικό σχεδιασμό, ο οποίος θα πρέπει να συμπεριληφθεί από τα αρχικά στάδια της αρχιτεκτονικής μελέτης, διότι είναι πιο αποτελεσματική μέθοδος συγκρινόμενη με την εφαρμογή των τεχνικών μεθόδων φυσικού φωτισμού στο τέλος της μελέτης. Είναι σημαντικός ο έλεγχος και η σωστή διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων, διότι έτσι αποφεύγονται τα προβλήματα θάμβωσης, υπερθέρμανσης, ή και υπερβολικής ψύξης. Με τη χρήση του φυσικού φωτισμού εξοικονομείται ενέργεια, καθώς περιορίζεται το ψυκτικό φορτίο που προκαλεί ο τεχνητός φωτισμός, όπως επίσης περιορίζεται η ατμοσφαιρική ρύπανση, διαμορφώνοντας έτσι ένα υγιές περιβάλλον στο χώρο που βιώνουμε. Για την εξασφάλιση του φυσικού φωτισμού είναι αναγκαία η πραγματοποίηση κάποιων δαπανών, οι οποίες εξαρτώνται από το μέγεθος και τη διαμόρφωση του κτιρίου, το σύστημα κουφωμάτων καθώς και από το κάθε εμπόδιο στο φωτισμό του κτιρίου.

Κατά το σχεδιασμό συστημάτων φυσικού φωτισμού, κρίνεται απαραίτητος ο καθορισμός της στάθμης της έντασης του φωτός που πρέπει να εξασφαλιστεί αν αδυνατεί ο φυσικός φωτισμός, αυτή η στάθμη καλείται κρίσιμη στάθμη έντασης φωτισμού. Ο καθορισμός της είναι μια περίπλοκη διαδικασία διότι υπόκειται σε υποκειμενικούς παράγοντες και ποικίλες περιστάσεις. Η ανθρώπινη συμπεριφορά είναι αυτή που καθορίζει τη διαφορά μεταξύ κρίσιμη στάθμης έντασης φωτισμού και απαιτήσεις για ηλεκτρικό φωτισμό, δεν υπάρχουν κάποιοι απόλυτοι κανόνες. Ο μελετητής θα πρέπει να θέσει λοιπόν ως στόχο, την παροχή λογικής ποσότητας φωτισμού ανάλογα με τον τρόπο χρήσης του κάθε χώρου, ενώ παράλληλα θα πρέπει να εξασφαλίζει ευχάριστη ποιότητα φωτός.

Όπως προαναφέρθηκε, το άτομο είναι αυτό που θα επιλέξει σε ποια στάθμη της έντασης του φωτός αισθάνεται και λειτουργεί καλύτερα, ανάλογα με τη δραστηριότητά του αλλά και τον τρόπο που το φυσικό φως διεισδύει στο χώρο. Συνήθως η πλειοψηφία των ατόμων προτιμά τις υψηλές εντάσεις φωτισμού κι αυτό το προνόμιο το εξασφαλίζουν οι τεχνικές φυσικού φωτισμού για κάποιες ώρες της ημέρας και με πολύ οικονομικό τρόπο. Ως παράγοντας διανομής φυσικού φωτός ορίζεται ο τρόπος με τον οποίο το φυσικό φως διεισδύει στο κτίριο, εξετάζοντας την κατανομή της εσωτερικής έντασης φωτισμού σε συνάρτηση με τις εξωτερικές συνθήκες φωτισμού. Ο υπολογισμός αυτού του παράγοντα γίνεται με αναφορά στο νεφελώδη ουρανό. Αποτελεί σημαντική παράμετρο περιγραφής του τρόπου που το φυσικό φως εισέρχεται στους εσωτερικούς χώρους του σπιτιού, εφόσον επικρατεί συννεφιά.

Ο παράγοντας φυσικού φωτός αποτελεί χαρακτηριστικό στοιχείο της γεωμετρίας του χώρου ενώ είναι ανεξάρτητος της τοποθεσίας και του κλίματος. Επίσης χρησιμοποιείται για την περιγραφή της απόδοσης του συστήματος φυσικού φωτισμού σε ένα προσδιορισμένο εσωτερικό σημείο, όμως δεν προσδιορίζει την ποιότητα φωτισμού του εσωτερικού περιβάλλοντος. Στα σημεία που ο παράγοντας φυσικού φωτός έχει τις ίδιες τιμές με κάποιο άλλο σημείο, ο χώρος είναι τόσο σκοτεινός ή φωτεινός ανάλογα με τον τρόπο που εισέρχεται το φυσικό φως στο χώρο αλλά και από τη στάθμη αντίθεσης στο οπτικό πεδίο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διαφορετικών φωτεινών περιβαλλόντων.

Για να είναι πιο κατανοητό, θέτουμε ένα παράδειγμα, στο οποίο, η τιμή φυσικού φωτός σε ένα διάδρομο είναι 1% και είναι πολύ φωτεινό ενώ η ίδια τιμή σε ένα γραφείο το κάνει σκοτεινό. Επίσης, ένα γραφείο ίσως να δείχνει πιο άνετο αν διαθέτει τιμή φυσικού φωτός 3% από ότι θα έδειχνε αν η τιμή ήταν 4%, διότι η πρώτη περίπτωση μπορεί να προκαλεί λιγότερη θάμβωση, έτσι προτιμάται η τοποθέτηση του γραφείου σε ορθή γωνία ως προς το παράθυρο, παρά να τοποθετείται μπροστά από αυτό.

Στις τεχνικές φυσικού φωτισμού τίθενται κάποιοι περιορισμοί, που εμποδίζουν την αποτελεσματικότητά τους. Ένας περιορισμός αναφέρεται στην ποσότητα διαθέσιμου φωτός. Κατά τα θερινά μεσημέρια ο τυπικά συννεφιασμένος ουρανός είναι πολύ πιο φωτεινός από μια αντίστοιχη χειμερινή μέρα, διότι η θέση του ήλιου είναι ψηλότερα από το στρώμα των σύννεφων. Το διαθέσιμο φως μπορεί επίσης να περιοριστεί λόγω ύπαρξης γειτονικών κτιρίων ή δέντρων. Τέλος οι στάθμες φωτισμού κατά την έναρξη και λήξη της μέρας παρέχουν λιγιστό φυσικό φωτισμό στο εσωτερικό της κατοικίας. Ένας ακόμη περιορισμός, αναφέρεται στη διάρκεια της μέρας ως προς το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή. Συμπεραίνουμε με βάση τα παραπάνω, ότι κάθε κτίριο διαθέτει μια στάθμη εξωτερικού φωτισμού, η οποία πρέπει να ξεπεραστεί ώστε οι απαιτήσεις του εσωτερικού περιβάλλοντος να πλησιάζουν το φυσικό φωτισμό. Η διαθεσιμότητα του φυσικού φωτισμού διαφέρει από τόπο σε τόπο, για να μπορέσουμε να περιγράψουμε την κατάσταση φωτισμού θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τον όρο που δείχνει πόσο συχνά ξεπερνάται η τιμή εξωτερικής έντασης φωτισμού που θεωρείται δεδομένη σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

8.1.3 Αξιολόγηση της συμπεριφοράς του φυσικού φωτισμού

Οι κρίσιμες εντάσεις φωτισμού εξωτερικού ή εσωτερικού περιβάλλοντος όπως και ο παράγοντας φυσικού φωτός χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της συμπεριφοράς συγκεκριμένων διατάξεων ανοιγμάτων. Για την ενσωμάτωση αυτών των μεθόδων στην αρχιτεκτονική μελέτη, πρέπει πρώτα να γίνουν κάποιες αξιολογήσεις σε ήδη υπάρχοντα κτίρια, ώστε να υπάρξει σύγκριση.

Αυτή η αξιολόγηση πραγματοποιείται επιτόπου και περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. επίσκεψη του κτιρίου σε συννεφιασμένη μέρα,
2. μέτρηση της εξωτερικής έντασης του φωτός στην οροφή,
3. μέτρηση των εσωτερικών εντάσεων φωτισμού με τη βοήθεια ενός ατόμου που θα καταγράφει το χρόνο των μετρήσεων,
4. χαρτογράφηση του εσωτερικού χώρου, σε σχέση με τις τιμές του φυσικού φωτός.

Για να αξιολογηθεί η συμπεριφορά του φυσικού φωτός σε ένα κτίριο κατά τη διάρκεια της αρχιτεκτονικής μελέτης, χρησιμοποιούνται πρότυπα υπό κλίμακα, κι αυτό γιατί η διάδοση του φωτός είναι ανεξάρτητη της κλίμακας διότι η πηγή είναι ιδανική, η επίπλωση μπορεί να προσομοιωθεί, τα χαρακτηριστικά ανάκλασης των τελειωμάτων των επιφανειών είναι παρεμφερή, και η γεωμετρία του προτύπου διατηρεί τις αναλογίες όπως στο πρωτότυπο. Οι τιμές του παράγοντα φυσικού φωτός υπό κλίμακα πρότυπο καθορίζονται με φωτόμετρα, όπως συμβαίνει και σε ένα πραγματικό κτίριο. Η διαδικασία υπολογισμού γίνεται με τη μέτρηση της οριζόντιας έντασης φωτισμού εξωτερικού περιβάλλοντος, με τη μέτρηση της έντασης του φωτός σε συγκεκριμένη θέση στο εσωτερικό της κατοικίας, υπολογίζεται ο λόγος των παραπάνω μετρήσεων, και τέλος χαρτογραφείται η κατανομή του φωτός στο εσωτερικό. Οι ιδανικές συνθήκες πραγματοποίησης αυτού του υπολογισμού είναι σε νεφελώδη πραγματικό ουρανό, διότι προκύπτουν ιδανικά αποτελέσματα.

Η απόδοση του φυσικού φωτισμού σε ένα κτίριο μπορεί ακόμα να αξιολογηθεί μέσω λογισμικών προγραμμάτων που διαθέτουν μεθόδους προσομοίωσης των πολλαπλών ανακλάσεων του φωτός. Ο παραπάνω υπολογισμός περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

1. την προσομοίωση της πηγής του φωτός σε σχέση με τον τύπο ουρανού και τη θέση του ήλιου,
2. την προσομοίωση του εξωτερικού περιβάλλοντος λαμβάνοντας υπόψη την ανάκλαση του φωτός από το έδαφος και τα άλλα στοιχεία του κτιρίου που βρίσκονται στο εξωτερικό του, αλλά και τα εμπόδια που προκαλούν τα γύρω κτίρια,
3. την προσομοίωση της διείσδυσης του φωτός μέσω των συστημάτων φυσικού φωτισμού του κτιρίου,
4. την προσομοίωση της διάδοσης του φωτός σε διάφορους χώρους, η οποία περιλαμβάνει επίσης και την προσομοίωση της ανάκλασης ή της μεταφοράς του φωτός στις επιφάνειες,
5. την παρουσίαση της τελικής διανομής του φωτός ως λαμπρότητα ή ως ένταση φωτός. Αυτή η απόδοση είναι η ιδανική και δεν είναι συνήθως εφικτή.

Η συχνότερη μέθοδος που χρησιμοποιούν τα λογισμικά προγράμματα περιλαμβάνουν απλοποιημένες προσεγγίσεις του αριθμού των χώρων (μελετάται συνήθως ένας χώρος), της γεωμετρίας (λαμβάνεται υπόψη πως ο χώρος έχει απλή γεωμετρική κατασκευή), των επιφανειών (όπου αυτές παρουσιάζονται κατά τέτοιο τρόπο που να φαίνεται πως διαχέει τέλεια το φως), του αριθμού των ανακλάσεων του φωτός (όπου το φως που διαχέεται σε μια κοιλότητα διάχυσης μέσω πολλαπλών ανακλάσεων, προσομοιώνεται), τα αποτελέσματα, τα οποία εμφανίζονται ως καμπύλες ίσης έντασης του φωτός ή ως καμπύλες παράγοντα φυσικού φωτός. Αυτά τα προγράμματα καταφέρνουν απλά να προσομοιώνουν, και βοηθούν στη λήψη των καταλληλότερων σχεδιαστικών αποφάσεων.

Ο φυσικός φωτισμός μπορεί να αξιοποιηθεί σε χώρους της κατοικίας που οι ανάγκες για φωτισμό είναι περιορισμένες, και το άμεσο ηλιακό φως βελτιώνει ποιοτικά το χώρο. Αυτό μπορεί να εφαρμοσθεί σε διαδρόμους ή χώρους εισόδου. Αντίθετα το άμεσο ηλιακό φως δεν είναι αποτελεσματικό σε γραφεία και πολυσύχναστους χώρους του σπιτιού καθώς προκαλείται θάμβωση και μειωμένη άνεση. Το ηλιακό φως σε αυτές τις περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά έμμεσα, με το να διαχέεται ή να κατευθύνεται στην οροφή και τους τοίχους. Οι τρόποι που το ηλιακό φως μπορεί να εισέλθει στο χώρο χωρίς να προκαλεί θάμβωση, γίνεται με τη χρήση ανακλαστήρων κι άλλων σταθερών ή κινητών στοιχείων αυτά αποτελούνται από τους φωταγωγούς, τους φεγγίτες οροφής, τους φεγγίτες ανάκλασης, το αίθριο, τους εξωτερικούς ανακλαστήρες, τα πρισματικά στοιχεία, τους ειδικούς φωταγωγούς, τα ανακλαστικά στόρια, τις οριζόντιες γρίλιες, τα στόρια σκίασης, τις κεκλιμένες/ ανακλαστικές επιφάνειες. Εκτός από αυτά τα στοιχεία εξίσου σημαντικός είναι ο προσανατολισμός της κατοικίας.

Ο σχεδιασμός των συστημάτων φυσικού φωτισμού, απαιτεί κατάλληλη οργάνωση και λήψη των κατάλληλων μέτρων ώστε να μην αλλοιωθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αυτά είναι

1. ο τρόπος που είναι οργανωμένοι οι εσωτερικοί χώροι, ώστε να εκπληρώνονται οι απαιτήσεις του κάθε χώρου σε φυσικό φωτισμό. Έτσι ιεραρχούνται οι χώροι με προτεραιότητα σε αυτούς που έχουν μεγαλύτερες ανάγκες σε φυσικό φωτισμό.
2. ο τρόπος κατανομής και διαστασιολόγησης των ανοιγμάτων, ανάλογα με τον όγκο των εσωτερικών χώρων που θα φωτιστούν. Συνίσταται η δημιουργία όπου είναι απαραίτητο ανοιγμάτων οροφής αλλά και χρήση έμμεσων συστημάτων φωτισμού ώστε να φωτίζονται και τα πιο βαθιά μέρη του σπιτιού.
3. η ανάλυση της τοποθεσίας, κατά την οποία επιλέγεται ως κύρια όψη αυτή με την καλύτερη θέα, επιλέγεται έτσι ο προσανατολισμός και οι όψεις του κτιρίου, επιπλέον εξακριβώνεται η διαθεσιμότητα του ηλιακού φωτός στο συγκεκριμένο σημείο.
4. η επιλογή των κατάλληλων υλικών ανάλογα με τη λειτουργία την ποιότητα των εσωτερικών χώρων, αλλά και η κατάλληλη επιλογή χρωμάτων καθώς τα θερμά χρώματα φωτίζουν ένα χώρο που προσλαμβάνει περιορισμένη ποσότητα φυσικού φωτός δημιουργώντας ένα καλύτερο περιβάλλον.
5. ο ακριβής σχεδιασμός των διατάξεων σκίασης, διότι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι περίοδοι με συννεφιά και η επιλογή λύσεων που να βοηθούν το φως να εισέλθει στο κτίριο και να βελτιώσει το εσωτερικό περιβάλλον.
6. η επαλήθευση της απόδοσης, σε αυτή την περίπτωση πρέπει να αξιολογείται το πόσο καλά εισέρχεται το φως στο κτίριο κάτι που πραγματοποιείται με τρεις μεθόδους. Με την κατασκευή ενός προτύπου υπό κλίμακα έτσι αξιολογείται η διείσδυση του φωτός σε πραγματικές συνθήκες με τη βοήθεια του φωτόμετρου, με τη χρήση ενός λογισμικού προγράμματος αν και δύσκολα προσομοιώνουν μια μελέτη με ακρίβεια και με τη σύγκριση του σχεδίου με κάποιο υπάρχον κτίριο παρόμοιας διαμόρφωσης.
7. η λεπτομερής ανάλυση της απόδοσης, κατά την οποία προσαρμόζουμε τη διάταξη κατά τέτοιο τρόπο που να βελτιώνει την απόδοση. Αυτό επιτυγχάνεται με την αλλαγή κάποιων κατασκευαστικών λεπτομερειών αλλά και με αλλαγή του μεγέθους των ανοιγμάτων. Θα πρέπει όμως να δοθεί προσοχή στη συντήρηση η οποία θα πρέπει να είναι εύκολη και οικονομική.
8. η ανάπτυξη μιας σαφούς και ολοκληρωμένης στρατηγικής ηλεκτρικού φωτισμού που να λαμβάνει υπόψη τις ζώνες φυσικού φωτός και να μεριμνά το μέρος που θα τοποθετηθούν τα φωτιστικά αλλά και τον αριθμό των λαμπτήρων που θα συνδέουν τον κάθε διακόπτη. Τέλος μπορούν να αξιολογηθούν τα οφέλη του φωτισμού καθώς και ο αυτόματος έλεγχος συνολικού ηλεκτρικού φωτισμού σχετικά με το διαθέσιμο ηλιακό φως.

8.1.4 Συστήματα φυσικού φωτισμού

Στα συστήματα φυσικού φωτισμού όπως έγινε αναφορά παραπάνω συμπεριλαμβάνονται τα ανοίγματα οροφής, τα αίθρια, οι φωταγωγοί, τα ράφια φωτισμού – ανακλαστήρες και οι περσίδες.

8.1.4.1 Ανοίγματα οροφής

Τα ανοίγματα οροφής παρουσιάζουν κάποια πλεονεκτήματα σε σχέση με τα κοινά ανοίγματα στην τοιχοποιία, γι' αυτό και συγκαταλέγονται σε ειδική κατηγορία συστημάτων φυσικού φωτισμού. Τα πλεονεκτήματα που διαθέτουν είναι ότι παρέχουν μεγάλη ποσότητα διάχυτου φωτός, μπορούν να διαθέτουν διαφανείς ή ημιδιαφανείς υαλοπίνακες και συντελούν στην ομοιόμορφη κατανομή του φυσικού φωτός στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου, λόγω της θέσης τους. Λόγω της θέσης τους συστήνεται η ύπαρξη κάποιου συστήματος ηλιοπροστασίας, όπως περσίδες, πετάσματα και ανακλαστήρες ώστε να αποφεύγεται η θάμβωση που προκαλεί το άμεσο φως. Τα ανοίγματα οροφής ανάλογα με τον τύπο τους μπορεί να είναι είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά.

Συνήθως προτιμώνται τα κατακόρυφα ή κεκλιμένα ανοίγματα οροφής από τα οριζόντια, συνδυάζοντας παράλληλα και διατάξεις σκιασμού λόγω της μεγάλης ηλιακής πρόσπτωσης που δέχονται τους θερινούς μήνες. Τέλος, η επιλογή κατασκευής των ανοιγμάτων οροφής βασίζεται σε κριτήρια που αφορούν την οικονομικότητά τους αλλά και την ενεργειακή τους απόδοση συνολικά.

8.1.4.2 Αίθριο

Το αίθριο εμφανίζεται σε διάφορες παραλλαγές, είτε ανοιχτό είτε καλυμμένο, συμβάλλει στη βελτίωση των συνθηκών φυσικού φωτισμού, ιδίως σε κτίρια με μεγάλη επιφάνεια διότι παρέχουν διάχυτο φως από τον ουρανό αλλά και από τις συνεχείς ανακλάσεις στο εσωτερικό τους, το οποίο κατανέμεται ομοιόμορφα δίχως να προκαλεί θάμβωση, αυξάνουν τη στάθμη φωτισμού των χώρων και στην ομοιογενή κατανομή του φωτισμού στην περίπτωση που υπάρχουν κατακόρυφα ανοίγματα που συμβάλλουν στο φωτισμό, συμβάλλουν επίσης στην είσοδο της ακτινοβολίας του ήλιου στις κεντρικές ζώνες του κτιρίου και επηρεάζουν τη στάθμη φωτισμού των χώρων ανάλογα τα οπτικά χαρακτηριστικά των επιφανειών δηλαδή ανάλογα την ανακλαστικότητα των τοίχων, του δαπέδου και τα οπτικά χαρακτηριστικά των υαλοπινάκων που περιβάλλουν το αίθριο ή βρίσκονται στην οροφή αλλά και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αίθριου. Για όλα τα παραπάνω, κρίνεται σημαντικός ο συνυπολογισμός των παραπάνω χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού του αίθριου, στην οπτική άνεση των εσωτερικών χώρων συνδυάζοντας τον με την επίδρασή τους στη συνολική ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου.

8.1.4.3 Φωταγωγοί

Οι φωταγωγοί εισάγουν το φυσικό φως σε χώρους όπου είναι δύσκολη η διείσδυση φυσικού φωτός με άλλο τρόπο. Υπάρχουν διάφορα είδη φωταγωγών με ποικιλία διαστάσεων. Οι φωταγωγοί είναι καλό να διαθέτουν ανακλαστικές επιφάνειες και τα ανοίγματά που βλέπουν σε αυτούς είναι χρήσιμο να διαθέτουν ανακλαστήρα ο οποίος θα διοχετεύει το φως στους χώρους διαβίωσης. Η χρήση ανακλαστήρα στο σημείο εισόδου του φωτός από τον φωταγωγό, συμβάλλει στη βελτίωση της αποδοτικότητάς τους, διότι ο ανακλαστήρας έχει την ικανότητα να εκτρέπει τις ηλιακές ακτινοβολίες προς τα κάτω. Η αποδοτικότητα του φωταγωγού μπορεί να αυξηθεί και με την ενσωμάτωση ηλιοστάτη, καθώς διαθέτει καθρέπτη και λειτουργεί ακολουθώντας την πορεία του ήλιου καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας. Μια άλλη λειτουργία των φωταγωγών συνδέεται με τη δυνατότητα αερισμού του χώρου φυσικά. Μια μορφή φωταγωγών, οι φωτοσωλήνες χρησιμοποιούνται για το φωτισμό ενός ή περισσότερων ορόφων, η μέγιστη απόδοσή τους εξασφαλίζεται σε

περιορισμένο μήκος φωτοσωλήνα ανάλογα τον τύπο και τον κατασκευαστή.

8.1.4.4 Ειδικοί Υαλοπίνακες

Κατά την κατασκευή του κτιρίου συστήνεται η χρήση ειδικών υαλοπινάκων οι οποίοι μπορούν να συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, ψύξη και φωτισμό αλλά και στη βελτίωση της οπτικής και θερμικής άνεσης των εσωτερικών χώρων της κατοικίας. Οι υαλοπίνακες διαθέτουν σταθερές, μεταβαλλόμενες και ρυθμιζόμενες ιδιότητες ανάλογα με τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος. Οι ειδικοί υαλοπίνακες χωρίζονται σε 9 κατηγορίες και διαφοροποιούνται από τους απλούς υαλοπίνακες ως προς τα φωτομετρικά και θερμικά τους χαρακτηριστικά. Οι κατηγορίες των ειδικών υαλοπινάκων είναι οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες, οι έγχρωμοι, οι θερμομονωτικοί, οι ηλεκτροχρωμικοί, οι φωτοχρωμικοί, οι θερμοχρωμικοί, οι επίλεκτοι υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής, και οι υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων. Οι ανακλαστικοί υαλοπίνακες λειτουργούν ανακλώντας σημαντικό μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, ωστόσο μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο αλλά και στα γύρω σπίτια.

Οι έγχρωμοι υαλοπίνακες παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα λόγω χημικής επεξεργασίας που έχουν υποστεί και χρησιμοποιούνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου. Οι απορροφητικοί υαλοπίνακες λειτουργούν απορροφώντας μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας περιορίζοντας τη θερμοπερατότητα χωρίς όμως να μειώνουν σε μεγάλο μέρος την φωτοδιαπερατότητα. Χρησιμοποιούνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου και δεν προκαλούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου, σε αντίθεση με τους ανακλαστικούς υαλοπίνακες. Οι θερμομονωτικοί υαλοπίνακες διαθέτουν αυξημένη θερμομονωτική ικανότητα όπως και οι διπλοί ή τριπλοί υαλοπίνακες, όμως οι θερμομονωτικοί περιέχουν στο διάκενό τους αντί για αέρα κάποιο άλλο υγρό όπως το αργό. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε κτίρια που διαθέτουν μεγάλα ανοίγματα και απαιτείται υψηλή μόνωση του κελύφους.

- Οι ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες έχουν τη δυνατότητα να μεταβάλλουν τα οπτικά τους χαρακτηριστικά και τη διαπερατότητά τους αν διοχετευτεί σε αυτά ηλεκτρικό ρεύμα.
- Οι φωτοχρωμικοί υαλοπίνακες, όπως και οι ηλεκτροχρωμικοί μεταβάλλουν τις ιδιότητές τους δηλαδή τα οπτικά τους χαρακτηριστικά ανάλογα με το ποσό προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

Ενώ η φωτοδιαπερατότητά τους μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας. Τα ηλεκτροχρωμικά ανήκουν στα λεγόμενα "έξυπνα" παράθυρα και είναι διατάξεις δυναμικού ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας. Έχουν αρκετά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με αντίστοιχες παθητικές και συμβατικές διατάξεις (δες παραπάνω). Δεν εμποδίζουν την ορατότητα όπως οι κουρτίνες ή οι περσίδες, ενώ ταυτόχρονα προσφέρουν έλεγχο της οπτικής όχλησης που προέρχεται από τις διάχυτες ηλιακές ακτίνες και μπορούν να συμβάλουν στη δημιουργία κατάλληλου κλίματος στον εσωτερικό χώρο των κτιρίων. Τα ηλεκτροχρωμικά παράθυρα δεν έχουν κινητά μέρη και άρα ελάχιστο κόστος συντήρησης. Απαιτούν μικρή κατανάλωση ενέργειας (μπορούν να λειτουργούν και με φωτοβολταϊκά) και ο έλεγχος της λειτουργίας τους μπορεί να ενσωματωθεί στο σύστημα κεντρικής διαχείρισης ενέργειας του κτιρίου. Μπορούν να έχουν άπειρες καταστάσεις ανάμεσα στη διαφανή και τη χρωματισμένη τους κατάσταση. Εμποδίζουν την είσοδο τόσο της άμεσης όσο και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε αντίθεση με τα παθητικά συστήματα σκίασης. Προσφέρουν δυνατότητα καλύτερης χρήσης του φυσικού φωτός ελαττώνοντας το κόστος για τεχνητό φωτισμό.

- Οι θερμοχρωμικοί υαλοπίνακες μεταβάλλουν τις οπτικές τους ιδιότητες ανάλογα με την θερμοκρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος και όταν για παράδειγμα αυτή αυξάνεται μεταβάλλονται από διαφανείς σε γαλακτόχρωμους.

- Οι επίλεκτοι υαλοπίνακες χαμηλού συντελεστή εκπομπής (Low-e) λειτουργούν εμποδίζοντας ένα μεγάλο μέρος της θερμικής ακτινοβολίας να εισέρχεται προς το κτίριο ή να εκπέμπεται προς το εξωτερικό περιβάλλον ανάλογα τον τρόπο που αυτά τοποθετούνται. Χρησιμοποιούνται για τη μείωση των θερμικών απωλειών ή των κερδών των κτιρίων ανάλογα με τις θερμικές ανάγκες του κτιρίου και το κλίμα της περιοχής στην οποία βρίσκεται.
- Οι υαλοπίνακες υγρών κρυστάλλων, μετατρέπονται από γαλακτόχρωμοι σε διαφανείς με την εφαρμογή τάσης.

Για να επιλέξει ο μελετητής τον κατάλληλο υαλοπίνακα είναι απαραίτητη η μελέτη της χρήσης του κτιρίου, κατά πόσο ο υαλοπίνακας συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση και η συνολική οικονομικότητα του συστήματος, δηλαδή το κόστος κατασκευής του, τα οφέλη που θα προκύψουν αλλά και ο χρόνος που θα μεσολαβήσει για να γίνει η απόσβεση. Θα πρέπει επίσης να εξασφαλίζει ο υαλοπίνακας τα οπτικά του και τα θερμικά του χαρακτηριστικά, γι' αυτό και θα πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά με κριτήριο τη συμπεριφορά του στη θέρμανση και το δροσισμό του κτιρίου και σε συνδυασμό με το συνολικό σχεδιασμό των συστημάτων φωτισμού δηλαδή το σχεδιασμό των ανοιγμάτων ώστε να εξασφαλίζει τις απαιτήσεις του κτιρίου σε φυσικό φωτισμό των χώρων του κτιρίου στο μέγιστο δυνατό.

8.1.4.5 Πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά

Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά είναι στοιχεία που διαθλούν την προσπίπτουσα ακτινοβολία και μπορούν να αποκλείσουν τελείως την είσοδο ή και να αλλάξουν την κατεύθυνση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανάλογα με την κατασκευαστική τους δομή. Τα πρισματικά φωτοδιαπερατά υλικά είναι καλό να αποφεύγονται στα σημεία που είναι επιθυμητή η θέα προς τα έξω, διότι είναι αδιαφανή. Συνήθως τοποθετούνται στο κέλυφος του κτιρίου ως αυτόνομα στοιχεία ή μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων.

8.1.4.6 Διαφανή μονωτικά υλικά

Είναι φωτοδιαπερατά υλικά υψηλής θερμομονωτικής ικανότητας, τα οποία αντικαθιστούν τμήματα της εξωτερικής τοιχοποιίας. Η διαφανής μόνωση εν γένει είναι διαχυτική και έχει πολύ καλές οπτικές ιδιότητες, συνδυάζοντας θερμομονωτικές ικανότητες μιας τοιχοποιίας (2-3 φορές υψηλότερη θερμομονωτική ικανότητα από τους διπλούς υαλοπίνακες). Η διαφανής μόνωση μπορεί να τοποθετηθεί σε τοίχους ή και οροφές. Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες διαφανών μονωτικών υλικών, τα οποία τοποθετούνται μεταξύ δύο φύλλων υαλοπινάκων ή πλαστικών φύλλων. Η φωτοδιαπερατότητα των διαφανών υλικών κυμαίνεται μεταξύ του 45% και του 80% (με μια μείωση της τάξης του 8% για κάθε φύλλο υαλοπίνακα).

8.1.4.7 Ράφια φωτισμού - ανακλαστήρες, περσίδες

Τα ράφια φωτισμού είναι επίπεδα ή καμπύλα σταθερά στοιχεία, με ανακλαστική επιφάνεια, που στερεώνονται στα πλαίσια των ανοιγμάτων και κατευθύνουν την προσπίπτουσα ακτινοβολία προς τις εσωτερικές επιφάνειες του κτιρίου. Εξασφαλίζουν ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού, αυξάνοντας τη στάθμη του φωτισμού σε απομακρυσμένες από τα παράθυρα ζώνες, μειώνοντας παράλληλα τη στάθμη φωτισμού στη ζώνη των παραθύρων. Για την αποτελεσματική λειτουργία τους απαιτείται υψηλή ανακλαστικότητα της οροφής του χώρου. Η χρήση τους είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική σε εργασιακούς χώρους, όπου απαιτείται ομοιόμορφη κατανομή του φωτισμού.

8.1.4.8 Ανακλαστικές περσίδες

Είναι κινητά ανακλαστικά στοιχεία, μικρού μεγέθους, που τοποθετούνται στην εσωτερική ή την

εξωτερική επιφάνεια του κουφώματος ή και μεταξύ διπλών κουφωμάτων. Ως σύστημα φυσικού φωτισμού λειτουργούν όπως και τα ράφια φωτισμού, εκτρέποντας της ηλιακές ακτίνες προς την επιθυμητή κατεύθυνση στο χώρο (κατά προτίμηση στην οροφή). Οι κινητές περσίδες είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές καθώς επιτρέπουν εύκολα τη ρύθμιση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Τόσο τα ράφια φωτισμού, όσο και οι περσίδες μπορούν και πρέπει να εξασφαλίζουν και την απαιτούμενη, για λόγους θερμικής προστασίας, σκίαση των χώρων, αλλά και τον απαιτούμενο χειμερινό ηλιασμό.

8.2 Συστήματα φυσικού δροσισμού, κλιματισμού

Τις θερινές περιόδους του χρόνου, σε ήπια κλίματα όπως το ελληνικό, η ηλιακή ακτινοβολία που «πέφτει» στις επιφάνειες των κτιρίων, η διείσδυση του θερμού αέρα καθώς επίσης και η χρήση ηλεκτρικών συσκευών, αυξάνουν τα επίπεδα του θερμικού φορτίου σε τέτοιο βαθμό που να χάνεται η θερμική άνεση. Στην Ελλάδα είναι συνηθισμένο το φαινόμενο τοποθέτησης κλιματιστικών για τη βελτίωση του μικροκλίματος, των οποίων η χρήση έχει αυξηθεί κατά 900%, όμως αυτή η πράξη έχει ως άμεσο αποτέλεσμα την αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση και την επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Έρευνες που έχουν διεξαχθεί σχετικές με την ποιότητα του αέρα των εσωτερικών χώρων σε κτίρια που κλιματίζονται και σε κτίρια στα οποία εφαρμόζεται ο φυσικός κλιματισμός έδειξαν ότι αυτοί που ζουν κι εργάζονται στους κλιματιζόμενους χώρους εμφανίζουν υψηλά ποσοστά ασθενειών σε σχέση με αυτά που κλιματίζονται φυσικά. Επιπλέον η αυξημένη χρήση κλιματιστικών επιβαρύνει την ατμόσφαιρα, καθώς τα ψυκτικά υγρά που χρησιμοποιούνται, αποτελούνται από χλωροφθοράνθρακες και μειώνουν το στρώμα του όζοντος, σε περίπτωση που διαχυθούν στην ατμόσφαιρα.

Μια ικανοποιητική λύση στο θέμα υπερθέρμανσης εξοικονόμησης ενέργειας και αποφυγής κλιματιστικών είναι η εφαρμογή παθητικών συστημάτων δροσισμού. Η παθητική ψύξη εφαρμόζεται στις διαδικασίες διάχυσης θερμότητας με φυσικό τρόπο, χωρίς ενεργειακή μεταφορά ή χρησιμοποίηση μηχανικών στοιχείων. Περιλαμβάνει καταστάσεις ζεύξης των στοιχείων και των χώρων του κτιρίου με τις δεξαμενές θερμότητας, δηλαδή τον ουρανό τον αέρα τη γη και το νερό, χρησιμοποιώντας φυσικούς τρόπους μεταφοράς της θερμότητας η οποία έχει ως αποτέλεσμα την ψύξη των χώρων διαβίωσης. Για να εφαρμοσθούν οι τεχνικές του παθητικού δροσισμού πρέπει πρώτα να ληφθούν κάποια μέτρα για τον έλεγχο των ψυκτικών φορτίων αλλά και τη δυνατότητα μηχανικής ενίσχυσης της μεταφοράς της θερμότητας για την προώθηση των φυσικών διαδικασιών παθητικής ψύξης. Το κλίμα, το ποσό ηλιακής ακτινοβολίας και ο θερμός αέρας που δέχεται το κτίριο, η ημερήσια ανταλλαγή ενέργειας της γης συνδέονται με τις διαδικασίες που υπεισέρχονται στην παθητική ψύξη.

Η επιλογή των κατάλληλων τεχνικών παθητικής ψύξης που θα ενσωματωθούν στο κτίριο εξαρτώνται από τις φυσικές ανοχές θερμικής άνεσης του ανθρώπινου σώματος. Για να βελτιωθούν οι συνθήκες θερμικής άνεσης στο κτίριο και να περιορισθούν τα φορτία ψύξης κρίνεται αναγκαία η τροποποίηση του μικροκλίματος περιμετρικά του κτιρίου. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ηλιακής προστασίας, την εξατμισοδιαπνοή των φυτών, την εξάτμιση του νερού, τον περιορισμό των εξωτερικών θερμοκρασιών αλλά και με το σχηματισμό ρευμάτων αέρα.

8.2.1 Απλές μέθοδοι φυσικού δροσισμού

Οι πιο συνηθισμένες και απλές μέθοδοι φυσικού δροσισμού είναι:

- α) η ηλιοπροστασία, η οποία επιτυγχάνεται με ποικίλους τρόπους, όπως με τη βλάστηση, τις προεξοχές που διαθέτει το κτίριο και αποτελούν τα γεωμετρικά στοιχεία του, τα διάφορα ανοίγματα που είναι είτε εσωτερικά είτε εξωτερικά, τη χρήση μόνιμων ή κινητών σκιάστρων, καθώς και την τήρηση υαλοπινάκων που διαθέτουν ειδικές επιστρώσεις ή έχουν υποστεί ειδική επεξεργασία, που τους καθιστά ανακλαστικούς, ηλεκτροχρωμικούς κ. α.

- β) η χρήση της θερμικής μάζας, για την ελάττωση των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου,
- γ) ο φυσικός εξαερισμός, που επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο σχεδιασμό και την ορθή λειτουργία των ανοιγμάτων στο κέλυφος και θυρίδες στο πάνω και κάτω μέρος των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέποντας την κίνηση του αέρα στους χώρους του σπιτιού. Ο φυσικός αερισμός ενισχύεται με τη χρήση ανεμιστήρων οροφής, καταναλώνοντας ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια, ενώ παράλληλα, επιτυγχάνονται συνθήκες θερμικής άνεσης σε υψηλότερες θερμοκρασίες από τις συνήθεις, λόγω της κίνησης του αέρα που δημιουργείται μεταφέροντας θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα. Μέσω του νυχτερινού διαμπερή αερισμού, αποθηκεύεται δροσιά στη θερμική μάζα του κτιρίου, μειώνοντας την επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα

•

8.2.2 Σύνθετες μέθοδοι φυσικού δροσισμού

Εκτός από αυτές τις μεθόδους παθητικού δροσισμού, υπάρχουν κι άλλα συστήματα πιο σύνθετα που επιφέρουν επιπλέον οφέλη ψύξης, τα οποία είναι:

- α) ο δροσισμός με απόρριψη θερμότητας από το κτίριο στη γη με αγωγή, αυτό επιτυγχάνεται με υπόσκαφα ή ημιυπόσκαφα κτίρια, ή υπεδάφιο σύστημα αγωγών και εναλλάκτες εδάφους-αέρα,
- β) ο δροσισμός με απόρριψη θερμότητας στην ατμόσφαιρα μέσω ακτινοβολίας στον νυχτερινό ουρανό,
- γ) η ενίσχυση του φαινομένου του φυσικού εξαερισμού με τη χρήση πύργων αερισμού ή ηλιακών καμινάδων,
- δ) η θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους με τη χρήση διαφόρων τεχνικών, όπως το αεριζόμενο κέλυφος, το φυτεμένο δώμα, το φράγμα της ακτινοβολίας, και τα ανακλαστικά επιχρίσματα εξωτερικών επιφανειών,
- ε) ο δροσισμός με εξάτμιση νερού, χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως οι υδάτινες επιφάνειες, οι ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης), ο πύργος δροσισμού, η βλάστηση μέσω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο παθητικός δροσισμός χρησιμοποιείται για την εξισορρόπηση του μικροκλίματος και την αποφυγή της υπερθέρμανσης. Η υπερθέρμανση είναι ένα φαινόμενο που προκαλείται από ποικίλους παράγοντες. Συνήθως εμφανίζεται όταν η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 27°C, όταν επικρατεί νηνεμία ενώ η σχετική υγρασία είναι περίπου 50%. Βασικά οι ανάγκες της κατοικίας σε ψύξη επηρεάζονται περισσότερο από τον τύπο κατοικίας, τις συνθήκες των ενοίκων και το σχεδιασμό του κτιρίου, παρά από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής. Σε χώρες όπως η Ελλάδα, όπου οι μέσες θερμοκρασίες περιβάλλοντος κατά τη θερινή περίοδο, προσεγγίζουν ή και ξεπερνούν τα όρια θερμοκρασίας άνεσης της εποχής, τα φορτία θέρμανσης είναι συνήθως αρκετά υψηλά. Η σκίαση βοηθά στον παρεμπόδισμό της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας να φτάσει σε όλα τα μέρη των τοίχων, τη στέγη και τα παράθυρα της κατοικίας. Η σκίαση επιτυγχάνεται με τη χρήση βλάστησης, από τη μορφολογία της περιοχής, αν αυτή είναι ορεινή σκιάζεται από τους λόφους ή τα βουνά που υπάρχουν, αλλά και από τα γειτονικά κτίρια. Επίσης επιτυγχάνεται με σταθερές ή κινητές διατάξεις σκίασης. Το έμμεσο ηλιακό κέρδος, που προκύπτει από την ανάκλαση των γύρω κτιρίων και το έδαφος, από τον ουρανό αλλά και από τον αέρα που θερμαίνεται από επιφάνειες που δέχονται ακτινοβολία, δηλαδή τους δρόμους και τα πεζοδρόμια, επιβαρύνουν το φορτίο ψύξης. Ένα άλλο στοιχείο που επιβαρύνει τις απαιτήσεις για ψύξη είναι το φαινόμενο της θερμικής νήσου που παρατηρείται κυρίως στις μεγάλες πόλεις.

8.2.3 Έλεγχος εσωτερικών και εξωτερικών κερδών

Είναι πολύ σημαντικό να γίνεται έλεγχος τόσο του εσωτερικού όσο και του εξωτερικού κέρδους.

Όσον αφορά το εξωτερικό κέρδος πρέπει να ληφθεί υπόψη, ότι ένα κέρδος θα προκληθεί από την ηλιακή ακτινοβολία η οποία φτάνει στο κτίριο. Αυτό το κέρδος θα μεταφερθεί στο εσωτερικό του κτιρίου με συναγωγή προκαλώντας αύξηση στις εσωτερικές θερμοκρασίες αν δεν ληφθούν μέτρα προφύλαξης. Έτσι, το κτίριο θα ακτινοβολήσει τη θερμότητα σε ψυχρότερα αντικείμενα στο κτίριο, από όπου θα μεταφερθεί στον αέρα που κυκλοφορεί στους εσωτερικούς χώρους με μεταφορά και στα υπόλοιπα εσωτερικά στοιχεία της κατοικίας μέσω συναγωγής. Όσον αφορά τα εσωτερικά κέρδη, η έλλειψη θερμικής άνεσης προκαλείται από τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών, από τον τεχνητό φωτισμό, αυξάνοντας τη θερμοκρασία στο εσωτερικό και προκαλώντας υπερθέρμανση. Για να αποφευχθεί αυτή η κατάσταση, πρέπει να ληφθούν κάποια μέτρα, όπως η χρήση του φυσικού φωτισμού και ο περιορισμός του τεχνητού όπου χρειάζεται, η τοποθέτηση των ηλεκτρικών συσκευών κατά τέτοιο τρόπο ώστε να εξέρχεται εύκολα η ενέργεια που εκλύουν και να περιορίσουν έτσι τα ψυκτικά φορτία. Ένας άλλος τρόπος περιορισμού της εισερχόμενης θερμότητας, είναι η εκμετάλλευση της θερμικής αδράνειας του περιβλήματος του κτιρίου, αυτή η διαδικασία είναι χρήσιμη σε κατασκευές που έχουν χρησιμοποιηθεί υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας(τούβλα, σκυρόδεμα) τα οποία έχουν την ιδιότητα να θερμαίνονται και να ψύχονται με αργούς ρυθμούς. Η ηλιακή ακτινοβολία έχει την ιδιότητα καθώς πέφτει σε μια στερεή επιφάνεια, η εξωτερική επιφάνεια να την απορροφά κατά ένα μέρος και να τη μετατρέπει σε θερμότητα, μέρος αυτής της θερμότητας επανεκπέμπεται προς τα έξω, ενώ η εναπομένουσα θερμότητα οδηγείται δια του τοίχου ή της στέγης κατά ένα μέρος που εξαρτάται από τα θερμικά χαρακτηριστικά διάχυσης των υλικών. Αν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος μειωθεί, τότε μειώνεται η θερμοκρασία στην εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου έτσι μέρος της θερμότητας εκπέμπεται προς τα έξω, κάτι που συμβαίνει κυρίως κατά τη διάρκεια της νύχτας 137.

Η θερμική αδράνεια είναι χρήσιμη στη φάση της θερμικής ψύξης λόγω των διακυμάνσεων της εξωτερικής θερμοκρασίας. Για τον περιορισμό των επιπλέον ηλιακών κερδών, ο αέρας και το έδαφος μπορούν να συμβάλλουν θετικά σε αυτό, εφόσον έχουν εφαρμοσθεί οι μέθοδοι αποφυγής των επιπλέον ηλιακών κερδών που αυξάνουν τη θερμοκρασία στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου. Ο φυσικός αερισμός, μπορεί να συμβάλλει στη μείωση των ηλιακών κερδών, καθώς είναι σε θέση να παράγει υψηλό ψυκτικό αποτέλεσμα. Η αποτελεσματικότητα του αερισμού, εξαρτάται από τη διαμόρφωση του κτιρίου στο χώρο, τη διαρρύθμιση και κάτοψη των εσωτερικών χώρων, διότι υποδεικνύουν τον τρόπο που διαχέεται ο αέρας και τη δυναμική για διασταυρούμενο αερισμό, τους χώρους που περιβάλλουν το κτίριο, καθώς και την διεύθυνση και ισχύ του ανέμου ανάλογα την ώρα της ημέρας. Βασικό χαρακτηριστικό του αέρα που εισέρχεται στην κατοικία είναι η θερμοκρασία του, που πρέπει να είναι χαμηλότερη από αυτή του εσωτερικού αέρα. Βέβαια ο αέρας του αερισμού είναι ψυχρότερος όταν διέρχεται από υπόγειες σωληνώσεις, σε σχέση με τον αέρα που περικλείει το κτίριο.

8.2.4 Ψύξη μέσω εδάφους

Η ψύξη από το έδαφος, προσφέρει πρόσθετη ψύξη. Είναι γνωστό ότι ενώ στην επιφάνεια της γης οι θερμοκρασίες του αέρα είναι σταθερές, υπόγεια οι θερμοκρασίες εκτός του ότι είναι χαμηλότερες ποικίλουν. Επιπλέον το έδαφος έχει την ιδιότητα να αποθηκεύει τεράστιες ποσότητες θερμότητας, όμως για να εφαρμοσθεί αυτή η τεχνική απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός για την αποφυγή εισροής υγρασίας, συμπύκνωσης υδρατμών και έλλειψης φυσικού φωτισμού. Τα υπόσκαφα κτίρια αποτελούν κύριο εκπρόσωπο αυτής της τεχνικής, τα οποία είναι κτισμένα κατά ένα μέρος κάτω από το έδαφος.

8.2.5 Ψύξη μέσω εξάτμισης

Η ψύξη μέσω εξάτμισης, συμβάλλει στο φυσικό δροσισμό των κτιρίων και είναι χρήσιμη μέθοδος. Σε αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιείται το φαινόμενο της εξάτμισης, κατά το οποίο η πίεση του ατμού νερού υπό μορφή σταγόνων ή σε βρεγμένη επιφάνεια, είναι υψηλότερη από τη μερική πίεση του

υδρατμού σε παρακείμενη ατμόσφαιρα. Η μεταβολή από υγρό σε ατμό, του νερού, συνοδεύεται με ανάληψη ενός ποσοστού θερμότητας από τον αέρα. Στην άμεση ψύξη με τη χρήση του φαινομένου της εξάτμισης, έχουμε ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του ξηρού βολβού του αέρα, αυξάνοντας παράλληλα την υγρασία του. Στην έμμεση ψύξη μέσω εξάτμισης, η διαδικασία της εξάτμισης, συμβαίνει στην εσωτερική επιφάνεια ενός σφραγισμένου δοχείου (π.χ. ένας σωλήνας), όπου ως αποτέλεσμα έχουμε τη μείωση της θερμοκρασίας της επιφάνειάς του με παράλληλη ψύξη του αέρα στο εξωτερικό του χωρίς όμως αύξηση της υγρασίας του. Τόσο η άμεση όσο και η έμμεση ψύξη χρησιμοποιούνται στα παθητικά συστήματα δροσισμού, χρησιμοποιώντας στοιχεία από το κέλυφος του κτιρίου. Επίσης μπορούν να βοηθηθούν μηχανικά σχηματίζοντας υβριδικά συστήματα.

8.2.6 Ψύξη με ακτινοβολία

Κατά την ψύξη μέσω ακτινοβολίας, η επιπλέον θερμότητα που αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της μέρας στο περίβλημα του κτιρίου, να «φύγει» από τις εξωτερικές επιφάνειες του κτιρίου, κατά τη διάρκεια της νύχτας στον ουρανό, με ακτινοβολία. Αν το κέλυφος του κτιρίου διαθέτει επαρκή μάζα, δηλαδή το κτίριο είναι βαριά κατασκευής, θα απορροφήσει τη μέρα θερμότητα, χωρίς να επιβαρύνει με επιπλέον αύξηση της θερμοκρασίας των εσωτερικών χώρων, η οποία, θα χαθεί κατά τη διάρκεια της νύχτας με ακτινοβολία στον ουρανό και τον αέρα που συνήθως είναι ψυχρός με μεταφορά. Οι πηγές των θερμικών κερδών χωρίζονται σε εσωτερικές και εξωτερικές. Οι εσωτερικές προέρχονται από τον τεχνητό φωτισμό, κυρίως της χαμηλής απόδοσης, από συσκευές και μηχανικό εξοπλισμό, που παρά το γεγονός ότι πλέον έχουν λιγότερη κατανάλωση, εξακολουθούν να επιβαρύνουν το κτίριο με επιπλέον φορτίο θέρμανσης. Τέλος η θερμότητα μεταβολισμού που προέρχεται από τους κατοίκους του σπιτιού, αποτελεί μια από τις κύριες εσωτερικές πηγές θερμότητας. Όσον αφορά τις εξωτερικές πηγές θερμότητας, αυτές προέρχονται από τη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, όπου ο αέρας διεισδύοντας στο κτίριο προσδίδει επιπλέον ηλιακά κέρδη. Και σαφώς από την ηλιακή ακτινοβολία, μικρού μήκους κύματος, η οποία εισέρχεται στο κτίριο επιβαρύνοντας το θερμικό φορτίο σε μεγάλο βαθμό ειδικά σε κτίρια χωρίς μόνωση.

Για να ελεγχθεί η κατάσταση και να διαχειριστεί το επιπλέον θερμικό φορτίο, ως λύσεις προτείνονται, η μεγιστοποίηση του φυσικού φωτισμού σε συνδυασμό με προστασία από τα ηλιακά κέρδη. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση χρήσης του τεχνητού φωτισμού. Επίσης, η χρήση συσκευών υψηλής απόδοσης θα συμβάλλει στην αποφόρτιση του εσωτερικού περιβάλλοντος. Βέβαια μπορούμε να αυξήσουμε την αποδοτικότητα κάποιων συσκευών με το να τα μονώσουμε, έτσι στους λέβητες για παράδειγμα, κάνοντας αυτές τις μετατροπές μειώνονται τα εσωτερικά κέρδη το καλοκαίρι. Γνωρίζοντας λοιπόν, ο μελετητής τους χώρους συγκέντρωσης των εσωτερικών κερδών μπορεί να τους συσχετίσει με τους χώρους υποδοχής φορτίων οι οποίοι παρέχουν δυνατότητες που αφορούν στη διαχείριση των εσωτερικών φορτίων και στην εφαρμογή τεχνικών μεθόδων διάχυσης θερμότητας.

Ο έλεγχος του θερμικού κλίματος προς αποφυγή του επιπλέον ηλιακού κέρδους, γίνεται λαμβάνοντας υπόψη κάποιες παραμέτρους. Αυτές είναι το μικροκλίμα και η μελέτη θέσης, το περίβλημα του κτιρίου, η σκίαση, η θερμομόνωση, ο έλεγχος των εσωτερικών κερδών, η μορφή του κτιρίου και τα εξωτερικά τελειώματα. Όσον αφορά το μικροκλίμα, ο τρόπος που τοποθετείται το κτίριο στο χώρο, η διάταξη στην τοποθεσία, αλλά και η επιμέλεια της αρχιτεκτονικής του τοπίου, βελτιώνουν το μικροκλίμα περιμετρικά του κτιρίου. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει να ληφθούν υπόψη η βλάστηση, τα γειτονικά κτίρια και τα τοπογραφικά πλεονεκτήματα, που θα συμβάλλουν στην προστασία του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία, αλλά και η παρουσία νερού, βλάστησης και τα ρεύματα του ανέμου που συμβάλλουν στο φυσικό δροσισμό.

8.2.7 Συστήματα σκίασης

Ένα κύριο στοιχείο των συστημάτων σκίασης, πρέπει να ενισχύουν το φυσικό αερισμό και φωτισμό και να φροντίζουν ενώ προστατεύουν το καλοκαίρι το κτίριο από τον ήλιο, να μην περιορίζουν τα ηλιακά κέρδη το χειμώνα ή να εμποδίζουν το φυσικό δροσισμό ή το φυσικό φωτισμό. Τα συστήματα σκίασης λειτουργούν εμποδίζοντας την άμεση ακτινοβολία, όμως δεν μπορούν να περιορίσουν τη διάχυτη ή ανακλώμενη ακτινοβολία. Σύντομα θα κατακλύσουν την αγορά νέα υλικά που θα βελτιώσουν τα συστήματα σκίασης. Αυτά είναι τα ηλεκτροχρωμικά, θερμοχρωμικά, και ολογραφικά τζάμια. Το κατά πόσο η σκίαση είναι αποτελεσματική στηρίζεται στο συντελεστή σκίασης, ο οποίος αποτελείται από το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας στη σκιασμένη επιφάνεια, εκφρασμένο ως ποσοστό της ακτινοβολίας που πέφτει στη διάταξη της σκίασης. Τα συστήματα σκίασης χωρίζονται σε σταθερά και κινητά, εφαρμόζονται σε εσωτερικά, εξωτερικά, ή μεταξύ των δύο τζαμιών στα πανό με διπλά τζάμια. Στη σκίαση συμβάλλει και η βλάστηση.

8.2.7.1 Σταθερά συστήματα σκίασης

Στα σταθερά συστήματα σκίασης περιλαμβάνονται δομικά στοιχεία όπως τα μπαλκόνια, και οι πτέρυγες που εκτείνονται ή τα γεισώματα, αλλά και οι μη δομικές κατασκευές, όπως οι τέντες, τα ρολά τα πατζούρια και τα παραπετάσματα. Αυτά τα συστήματα σκίασης χρησιμοποιούνται στις εξωτερικές όψεις συνήθως, εμποδίζοντας την άμεση ακτινοβολία να φτάσει τα υαλοστάσια και τα υπόλοιπα ανοίγματα και όπου η θερμότητα που απορροφά το σύστημα μπορεί να διαχυθεί.

Τύποι σταθερών σκιάστρων στον εξωτερικό αέρα, διότι αν εγκατασταθούν εσωτερικά, η θερμότητα εγκλωβίζεται μεταξύ του υαλοστασίου και του συστήματος σκίασης μειώνοντας την αποδοτικότητα του συστήματος στο 30%. Η αποτελεσματικότητα των εσωτερικών περσίδων και των κουρτινών βασίζεται στο ποσό ενέργειας που ανακλάται πίσω προς το υαλοστάσιο και το ποσό αυτής που μεταφέρεται προς τα έξω, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αποφυγή χρησιμοποίησης τζαμιών απορροφητικών και χαμηλής εκπομπής σε συνδυασμό με εσωτερικά στόρια.

Ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να λάβει υπόψη ο αρχιτέκτονας κατά τη μελέτη των σταθερών συστημάτων είναι ο προσανατολισμός και το σχήμα των ανοιγμάτων που θα σκιαστεί σε σχέση με τη θέση του ήλιου ανάλογα με την ώρα της ημέρας και την εποχή του χρόνου. Κάθε προσανατολισμός πρέπει να εξετάζεται χωριστά λαμβάνοντας υπόψη τα άμεσα, διάχυτα και ανακλώμενα στοιχεία της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια της μέρας και του χρόνου. Στις νότιες επιφάνειες χρησιμοποιείται η τυπική οριζόντια σκίαση ενώ στις ανατολικές και δυτικές επιφάνειες τα κατακόρυφα και διαγώνια ανοίγματα.

8.2.7.2 Κινητά συστήματα σκίασης

Τα κινητά συστήματα σκίασης χρησιμοποιούνται τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά. Ο έλεγχος γίνεται με χρήση ενέργειας ή χειροκίνητα και μπορεί να αυτοματοποιηθεί για να μεταβάλλεται ανάλογα τις συνθήκες που επικρατούν δηλαδή τα επίπεδα ακτινοβολίας, φυσικού φωτισμού ή τις θερμικές απαιτήσεις. Οι τέντες περιορίζουν το θερμικό κέρδος κατά 65% στις νότιες όψεις και μέχρι 80% στις ανατολικές και δυτικές επιφάνειες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η γεωμετρική τους μορφή μοιάζει με αυτή των οριζόντιων προστεγασμάτων όμως οι αποδοτικότητες εξαρτώνται από το πόσο αδιαφανή είναι τα υλικά τόσο στην άμεση όσο και στην έμμεση ακτινοβολία αλλά και στην παρουσία σκόνης ή ρύπων που μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά απορροφητικότητας ή ακτινοβολίας της τέντας. Για να μπορεί να υπάρχει κυκλοφορία αέρα, θα πρέπει να υπάρχει ένα διάκενο μεταξύ τέντας και όψης κτιρίου, ενώ η αποτελεσματικότητα της υφασμάτινης τέντας περιορίζεται από την ηλικία και τη φθορά από τις καιρικές συνθήκες. Όσον αφορά τα ενετικά στόρια επιτρέπουν τον αερισμό και τη σκίαση, επιτρέπουν την ανάκλαση του φυσικού φωτός στην οροφή και μπορούν εύκολα να ελέγχονται. Τόσο οι κουρτίνες όσο και τα

στόρια, εγκατεστημένα εσωτερικά είναι πιο ικανοποιητικά από τις ανακλαστικές περσίδες, διότι παρέχουν σκιά μόνο αφού η ακτινοβολία διέλθει από τα τζάμια. Η χρήση κουρτινών και εσωτερικών τζαμιών μπορεί να αντιστρατεύσει τις ανάγκες φυσικού αερισμού και φωτισμού.

Τα τζάμια που θα χρησιμοποιηθούν, πρέπει να είναι διαφανή να έχουν υποστεί επεξεργασίες που ενισχύουν τα χαρακτηριστικά ανάκλασης ή απορρόφησης θερμότητας, ή περιέχουν ειδικές βαφές. Τα ηλεκτροχρωμικά τζάμια επιτρέπουν τη μεταβολή των ιδιοτήτων μετάδοσης ακτινοβολίας μέσω της διαφοροποίησης του ηλεκτρικού ρεύματος που διέρχεται από το γυάλινο πανό.

Όσον αφορά τη χρήση της βλάστησης για σκίαση οι κύριοι παράγοντες που συμβάλλουν σε αυτό είναι η θέση και η πυκνότητα του φυλλώματος. Τα φυλλοβόλα φυτά παρέχουν καλύτερη προσπέλαση στο φυσικό φως. Άλλοι παράγοντες που ισχύουν είναι η προσαρμογή τους με το κλίμα και το έδαφος, η καθιέρωση της ανάπτυξης και συντήρησης αλλά και το ποσοστό αύξησης του μεγέθους τους όταν αυτά ωριμάσουν. Για τα δεδομένα της Ελλάδας η καταλληλότερη θέση φύτευσης δέντρων είναι ανατολικά και δυτικά του κτιρίου. Πρέπει να τονίσουμε ότι τα ακριβή χαρακτηριστικά σκίασης από τα δέντρα και την υπόλοιπη βλάστηση εξαρτώνται από τα ειδικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, του άμεσου περιβάλλοντος και της χρονικής στιγμής της μέρας και του έτους.

8.3. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε θερμότητα. Τα ενεργειακά ηλιακά συστήματα λειτουργούν χρησιμοποιώντας τους συλλέκτες και τη δεξαμενή αποθήκευσης ως χωριστές συνιστώσες και η μεταφορά ενέργειας επιτυγχάνεται με τη βοήθεια κάποιας αντλίας που διαθέτει το εκάστοτε σύστημα που χρησιμοποιείται. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα συλλέγουν, αποθηκεύουν και διανέμουν την ηλιακή ενέργεια μέσω κάποιου αέριου ή υγρού ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας των συλλεκτών ενώ τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται για τη θέρμανση του νερού οικιακής χρήσης, την ψύξη και θέρμανση των χώρων του σπιτιού καθώς και σε άλλες διεργασίες της βιομηχανίας, του αγροτικού τομέα κλπ.

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν, το μέγεθός τους, την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, το κλίμα της περιοχής κ.α. Τα συστήματα αυτά διαθέτουν μεγάλη ποικιλία στις διατάξεις τους λόγω των διαφορετικών τρόπων που αυτά τα συστήματα προστατεύονται από τον παγετό. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα χωρίζονται σε δύο τύπους: στα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας και στα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας. Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας λειτουργούν χρησιμοποιώντας βαλβίδες, ηλεκτρικές αντλίες και συστήματα ελέγχου ώστε να μπορούν να κυκλοφορούν το νερό και τα άλλα ρευστά μεταφοράς θερμότητας που χρησιμοποιούνται μέσα στους συλλέκτες.

Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας ταξινομούνται σε δύο κατηγορίες: τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου και τα συστήματα κλειστού βρόγχου. Τα συστήματα ανοιχτού βρόγχου, χρησιμοποιούν αντλίες για να κυκλοφορεί το νερό χρήσης στους συλλέκτες, ενώ τα συστήματα κλειστού βρόγχου, αντλούν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας μέσα στους συλλέκτες, και η θερμότητα που μεταφέρεται μέσω εναλλακτών θερμότητας από το ρευστό νερό αποθηκεύεται στις δεξαμενές.

Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας, κατηγοριοποιούνται ως εξής: στα θερμοσιφωνικά συστήματα και στους συμπαγείς θερμαντήρες. Τα θερμοσιφωνικά συστήματα στηρίζονται στη φυσική κυκλοφορία του νερού στους συλλέκτες και τη δεξαμενή, η οποία είναι τοποθετημένη πάνω από το συλλέκτη. Το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη, γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται φυσικά προς τη δεξαμενή αποθήκευσης. Το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής, ρέει με τη βοήθεια σωληνώσεων στο κατώτερο σημείο του συλλέκτη προκαλώντας σε όλο το σύστημα κυκλοφορία. Οι συμπαγείς θερμαντήρες οι οποίοι αποτελούν τα ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη-

αποθήκευσης, αποτελούνται από μία ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης και τοποθετούνται σε ένα μονωμένο περίβλημα με τη διαφανή πλευρά να είναι προσανατολισμένη προς τον ήλιο. Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας είναι καλύτερα και προτιμότερα από τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας διότι έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, συντηρούνται εύκολα και οικονομικά και θεωρούνται πιο αξιόπιστα. Τα θερμικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούνται όπως αναφέρθηκε παραπάνω για την παραγωγή θερμού νερού για οικιακή χρήση, για τη θέρμανση και την ψύξη των χώρων αλλά και για άλλες δραστηριότητες όπως η θέρμανση της πισίνας.

Για την παραγωγή ζεστού νερού, χρησιμοποιούνται ηλιακοί θερμαντήρες διαφόρων τύπων οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να καλύπτουν τις ανάγκες των νοικοκυριών για ζεστό νερό σε μεγάλο βαθμό, συμβάλλοντας παράλληλα στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ο τύπος και το μέγεθος του συστήματος, το κλίμα και η ποιότητα της περιοχής όσον αφορά την ηλιοφάνεια καθορίζουν την ποσότητα ζεστού νερού που θα αποδοθεί από την ηλιακή ενέργεια.

Ιδιαίτερα αποδοτικά είναι τα ηλιακά συστήματα που εφαρμόζονται στα οικιστικά σύνολα, διότι διαθέτουν ένα κεντρικό σύστημα συλλεκτών και μια κεντρική δεξαμενή, που παρέχουν ζεστό νερό στα διαμερίσματα μέσω δικτύου αγωγών. Με αυτό τον τρόπο η διάθεση του νερού είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου, μειώνοντας τις θερμικές απώλειες του αποθηκευμένου νερού για την κάλυψη των αναγκών του οικιστικού συνόλου.

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από ηλιακούς συλλέκτες, δεξαμενή αποθήκευσης ζεστού νερού καθώς και τις απαραίτητες σωληνώσεις και το σύστημα ελέγχου. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η θερμότητα που συλλέγεται αντλείται φυσικά ή τεχνητά από τη δεξαμενή. Το ζεστό νερό που παράχθηκε, αποθηκεύεται σε ειδικές δεξαμενές μέχρι να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των οικιακών αναγκών. Οι τιμές στα θερμικά ηλιακά συστήματα ποικίλλουν ανάλογα τον εξοπλισμό που διαθέτουν διότι υπάρχουν φθηνά απλά χωρίς να διαθέτουν επιπρόσθετο μηχανολογικά εξοπλισμό και υπάρχουν και αυτά που διαθέτουν αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας αισθητήρες και συστήματα ελέγχου τα οποία είναι πιο αποτελεσματικά και περίπλοκα και συνάμα πιο ακριβά.

Η θέρμανση και ο δροσισμός των χώρων με εφαρμογή θερμικών ηλιακών συστημάτων, αποτελεί μια αρκετά μεγάλη αγορά, όμως η εφαρμογή αυτών των συστημάτων σε πυκνοκατοικημένες περιοχές και σε ήδη υφιστάμενα κτίρια είναι δύσκολη έως ανέφικτη. Αυτό συμβαίνει διότι τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης βασίζονται σε εξαρτήματα όπως οι συλλέκτες στέγης για τη συλλογή και τη διανομή θερμότητας, τα οποία λειτουργούν χρησιμοποιώντας αέρα ή κάποιο υγρό που θερμαίνεται στους ηλιακούς συλλέκτες και μέσω ανεμιστήρων ή αντλιών μεταφέρεται καταναλώνοντας μικρή ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα ηλιακά συστήματα αέρος διαθέτουν συλλέκτες, ανεμιστήρες, αεραγωγούς, και συστήματα ελέγχου που θερμαίνουν τον αέρα της κατοικίας χωρίς να χρειάζονται εναλλάκτες θερμότητας και μέσα θερμικής αποθήκευσης. Η θερμική αποθήκευση χρησιμοποιείται κυρίως σε μεγάλα συστήματα αέρος. Τα ηλιακά συστήματα θέρμανσης υγρών, από την άλλη, περιλαμβάνουν ηλιακούς συλλέκτες, δεξαμενές αποθήκευσης, αντλίες, σωληνώσεις, εναλλάκτες θερμότητας και συστήματα ελέγχου.

Τις θερινές περιόδους παρατηρείται αυξημένη ζήτηση για δροσισμό όταν η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει στα μέγιστα επίπεδά της, γι' αυτό και ο ηλιακός δροσισμός θα αποτελέσει ελπιδοφόρα κατασκευή και αρκετά κερδοφόρα, γι' αυτό και η τεχνολογία βαδίζει προς την ανάπτυξη αυτών των τεχνικών και μεθόδων. Είναι γεγονός ότι η ψύξη κύκλου απορρόφησης αποτελεί την παλαιότερη μέθοδο κλιματισμού.

Τα κλιματιστικά κύκλου απορρόφησης, χρησιμοποιούν μια πηγή θερμότητας όπως ένας ηλιακός

συλλέκτης για να εξατμιστεί το υπό πίεση ψυκτικό ρευστό από ένα μίγμα ψυκτικού μέσου, αντί να χρησιμοποιεί ηλεκτρικό συμπιεστή για να διατηρήσει μηχανικά, το υπό πίεση ψυκτικό μέσο.

Οι απαιτήσεις των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων για την εφαρμογή τους, είναι η ύπαρξη ωφέλιμου χώρου για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, τις αντλίες, τους εναλλάκτες θερμότητας και τις δεξαμενές αποθήκευσης. Ο χώρος αυτός πρέπει να είναι προστατευμένος από τις καιρικές συνθήκες και θα πρέπει να τοποθετείται σε λεβητοστάσιο ή άλλους κλειστούς χώρους. Η ύπαρξη υδραυλικών συνδέσεων, που συνδέουν τους συλλέκτες, την παροχή κρύου νερού, το δίκτυο ζεστού νερού και τις δεξαμενές αποθήκευσης, θα πρέπει να είναι προσβάσιμες σε περίπτωση επιδιόρθωσης κάποιας βλάβης. Επίσης θα πρέπει το κτίριο να διαθέτει ωφέλιμο χώρο για την εγκατάσταση συλλεκτών ο οποίος θα πρέπει να είναι τοποθετημένος σε περιοχή που τη βλέπει ο ήλιος κατά τη διάρκεια της ημέρας, δηλαδή στην οροφή του κτιρίου που θα πρέπει να μην σκιάζεται από γειτονικά κτίρια ή άλλους ανοιχτούς χώρους που διαθέτει η κατοικία. Τέλος, η ύπαρξη ηλεκτρικών συνδέσεων είναι απαραίτητη για να μπορεί ο πίνακας να αντέχει πρόσθετα φορτία που στην περίπτωση των ηλιακών συστημάτων αυτά είναι μικρά. Τα ενεργειακά ηλιακά συστήματα είναι καλό να ελέγχονται μια φορά το τρίμηνο, ώστε να βεβαιωθεί η ύπαρξη διαρροών από τα ρακόρ των σωληνώσεων στους ηλιακούς συλλέκτες, να ελεγχθεί η ύπαρξη ραγισμάτων στους υαλοπίνακες, βλάβες στις αυτόματες ανακουφιστικές βαλβίδες, γήρανση των πλαστικών υλικών, και συμπλήρωση του υγρού μεταφοράς θερμότητας αν απαιτείται. Επιπλέον πρέπει να ελέγχεται το υδραυλικό κύκλωμα ως προς τη λειτουργία της αντλίας του πρωτεύοντος κυκλώματος και ως προς το διαφορικό θερμοστάτη. Θα πρέπει να επιθεωρούνται τα ανόδια, της δεξαμενής αποθήκευσης, και όταν φθείρονται να αντικαθίστανται. Τέλος αν υπάρχει αντίσταση θα πρέπει και αυτή να ελέγχεται τακτικά. Οι επιδιορθώσεις των βλαβών θα πρέπει να γίνονται από εξειδικευμένα άτομα. Τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι η εξοικονόμηση καυσίμων που ισοδυναμεί με 50-70kg πετρελαίου ανά τετραγωνικό μέτρο ηλιακού συλλέκτη ανά έτος, η μείωση εκπομπών άνω των 750kg ανά τετραγωνικό μέτρο ηλιακού συλλέκτη ανά έτος όταν υποκαθίσταται το ηλεκτρικό ρεύμα και πάνω από 250kg ανά τετραγωνικό μέτρο ηλιακού συλλέκτη ανά έτος όταν υποκαθίσταται το πετρέλαιο.

Κεφάλαιο 9ο: Σχεδιασμός εγκατάσταση ενεργειακά αυτόνομης κατοικίας

9.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα μελετήσουμε τον υπολογισμό και την κατασκευή μιας αυτόνομης ενεργειακά κατοικίας 120 τετραγωνικών μέτρων με 4 ενοίκους, που θα έβρισκε πιθανώς εφαρμογή σε μια απομακρυσμένη περιοχή ή σε μια περιοχή που είναι δύσκολη ή μεγάλου κόστους η εγκατάσταση ηλεκτρικού δικτύου. Εδώ θα το υπολογίσουμε για την περιοχή της Πάτρας.

Αρχικά θα πρέπει να υπολογίσουμε τις ενεργειακές ανάγκες που έχει ένα τέτοιου είδους οίκημα σε καθημερινή βάση και τις αλλαγές τους ανάλογα με τις εποχές. Είναι κατανοητό το γεγονός ότι για να πραγματοποιηθεί μια τέτοια κατασκευή θα πρέπει οι ένοικοι να περιορίσουν τις ανάγκες τους τους χειμερινούς μήνες. Επίσης, οι ανάγκες για θέρμανση θα πρέπει να καλυφθούν από κάποια εναλλακτική πηγή ενέργειας όπως το πετρέλαιο ή το φυσικό αέριο παράλληλα με έναν ηλιακό θερμοσίφωνα για ζεστό νερό. Αυτά σε συνδυασμό με τους κανόνες βιοκλιματικού σχεδιασμού και τους κανόνες φυσικού φωτισμού – δροσισμού που αναφέρθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια θα δώσουν την οικονομικότερη λύση στις ανάγκες που θα προκύψουν τους χειμερινούς μήνες.

Έπειτα, θα προσαρμόσουμε την κατασκευή τους συστήματος στις ανάγκες της οικίας όπου τα φωτοβολταϊκά πάνελ θα φορτίζουν τους κατάλληλους συσσωρευτές και η γεννήτρια θα χρησιμοποιείται μόνο όταν δεν θα υπάρχει επαρκής ηλιακή ενέργεια ή όταν απαιτείται επιπλέον ανάγκη. Η γεννήτρια θα χρησιμοποιηθεί για να περιοριστεί το κόστος της εγκατάστασης τόσο σε χρήματα όσο και σε χώρο και βάρος λόγω ανάγκης μεγαλύτερων συσσωρευτών.

9.2 Υπολογισμός κατανάλωσης

Για να υπολογίσουμε το ποσό της ενέργειας που καταναλώνει ένα σπίτι, θα πρέπει αρχικά να καταγραφούν όλες οι ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποιούνται καθημερινά, την ισχύ τους, καθώς και το χρόνο λειτουργίας τους στην διάρκεια της ημέρας. Έπειτα, θα πολλαπλασιάσουμε την ισχύ επί το χρόνο λειτουργίας κάθε συσκευής και από το άθροισμα των καταναλώσεων θα προκύψει η τιμή της ημερήσιας κατανάλωσης. Επίσης θα υπολογιστεί και η μέγιστη ισχύς που θα απαιτείται σε περίπτωση που πολλές συσκευές θα λειτουργούν ταυτόχρονα.

Στο πρώτο σχήμα φαίνεται η ισχύς που έχουμε υπολογίσει για τους χειμερινούς μήνες και στο δεύτερο σχήμα η ισχύς για τους θερινούς.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ(kW)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)
Καυστήρας Πετρελαίου	0,25	6	1,5
Κλιματιστικό	0	0	0
Πλυντήριο Ρούχων	2	0,65	1,3
Σίδερο	1	0,4	0,4
Ηλεκτρική Σκούπα	0,8	0,1	0,08
Πιστολάκι	0,4	0,15	0,06
Τηλεόραση	0,1	6	0,6
Υπολογιστής x2	0,2	3	0,6
Φορτιστής Laptop x2	0,14	1	0,14
Φορτιστής Κινητού x4	0,048	1	0,048
Πλυντήριο Πιάτων	1	0,5	0,5
Απορροφητήρας	0,25	0,5	0,125
Κουζίνα	2,4	1	2,4
Φούρνος Μικροκυμάτων	1,5	0,25	0,375
Τοστιέρα	1	0,15	0,15
Βραστήρας	0,9	0,1	0,09
Ψυγείο	0,4	24	9,6
Καφετιέρα	0,7	0,15	0,105
Εσωτερικός φωτισμός	0,1	6	0,6
Εξωτερικός φωτισμός	0,07	1	0,07
Router	0,01	24	0,24
Σύνολο	13,268		18,983

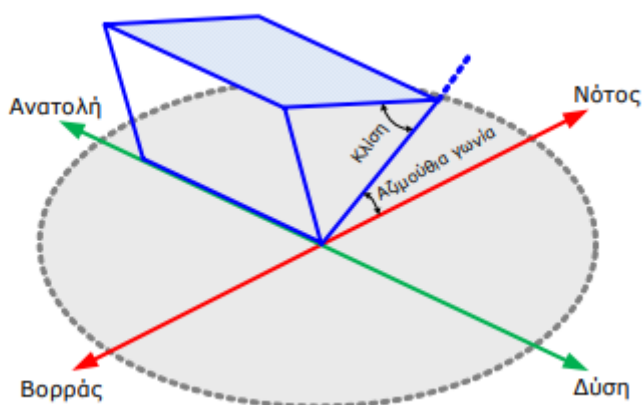
Η διαφορά τους είναι ότι για τους θερινούς μήνες υπολογίζουμε και ένα κλιματιστικό 24000 BTU ως μέσο ψύξης. Οι υπόλοιπες τιμές για τις ώρες προκύπτουν ενδεικτικά από ένα συνηθισμένο νοικοκυριό. Η ανάγκη για ζεστό νερό καλύπτεται από το boiler του καυστήρα τον χειμώνα και το ηλιακό θερμοσίφωνο το καλοκαίρι.

ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ	ΙΣΧΥΣ(kW)	ΩΡΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh)
Καυστήρας Πετρελαίου	0	0	0
Κλιματιστικό	2,2	3	6,6
Πλυντήριο Ρούχων	2	0,65	1,3
Σίδερο	1	0,4	0,4
Ηλεκτρική Σκούπα	0,8	0,1	0,08
Πιστολάκι	0,4	0,15	0,06
Τηλεόραση	0,1	6	0,6
Υπολογιστής x2	0,2	3	0,6
Φορτιστής Laptop x2	0,14	1	0,14
Φορτιστής Κινητού x4	0,048	1	0,048
Πλυντήριο Πιάτων	1	0,5	0,5
Απορροφητήρας	0,25	0,5	0,125
Κουζίνα	2,4	1	2,4
Φούρνος Μικροκυμάτων	1,5	0,25	0,375
Τοστιέρα	1	0,15	0,15
Βραστήρας	0,9	0,1	0,09
Ψυγείο	0,4	24	9,6
Καφετιέρα	0,7	0,15	0,105
Εσωτερικός φωτισμός	0,1	3	0,3
Εξωτερικός φωτισμός	0,07	1	0,07
Router	0,01	24	0,24
Σύνολο	15,218		23,783

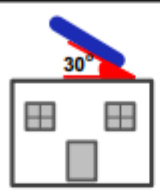
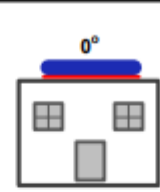
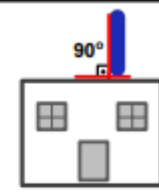
9.3 Προσανατολισμός των Φ/Β Πλαισίων

Για να επιτευχθεί η μέγιστη παραγωγή ενέργειας το Φ/Β πλαίσιον, θα πρέπει να πετύχουμε την βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα, εφόσον η πορεία του ήλιου αλλάζει ανάλογα την ώρα και την εποχή, για να παράγει ένα πλαίσιο τη μέγιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να περιστρέφεται ακολουθώντας την πορεία του ήλιου.

Πρακτικά, το κόστος και η πολυπλοκότητα του μηχανισμού που επιτρέπει την κίνηση των πλαισίων με αυτόν τον τρόπο είναι εξαιρετικά δαπανηρό και δύσκολο για μια εγκατάσταση σε κτήριο. Γι'αυτό το λόγο επιλέγουμε έναν σταθερό προσανατολισμό και με την σωστή επιλογή κλίσης και της αζιμούθιας γωνίας του πλαισίου επιτυγχάνουμε τον σκοπό μας.



Για το βόρειο ημισφαίριο η βέλτιστη κλίση του Φ/Β πλαισίου για τη μέγιστη παραγωγή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι ίση με τη γεωγραφική παράλληλο του τόπου και η αζιμούθια γωνία είναι περίπου 0° (κατεύθυνση προς νότο). Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα η μεγιστοποίηση της συνολικής ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε 9 επιφάνεια σταθερής κλίσης, επιτυγχάνεται για Νότιο προσανατολισμό και κλίση περί των 30° .

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

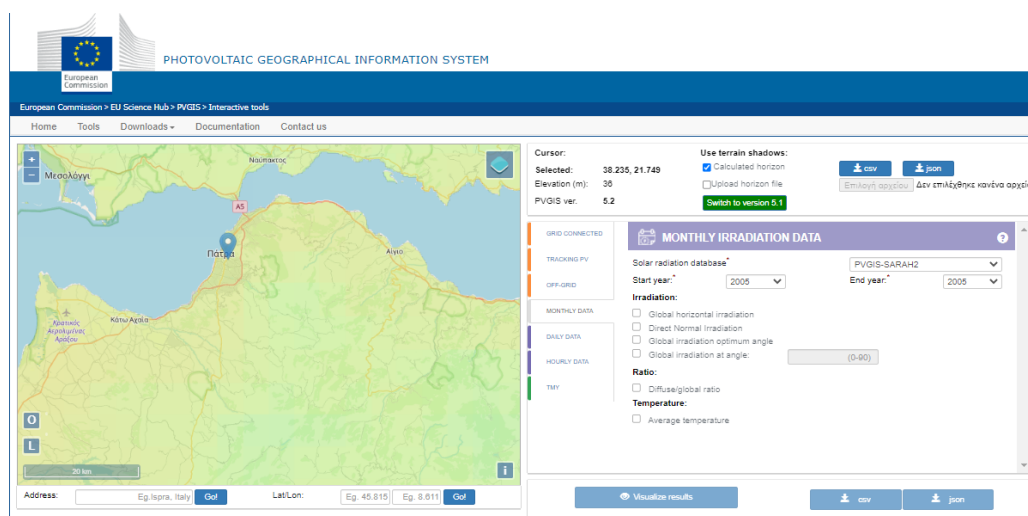
Μια επίσης πολυ χρήσιμη προσεγγιστική σχέση που συνδέει τη βέλτιστη γωνία κλίσης των πάνελ με το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής είναι: $\beta = 3,7 + 0,69 \cdot \varphi$ όπου φ το γεωγραφικό πλάτος του

τόπου. Στην περίπτωση μας για την Πάτρα είναι 38° αρά η βέλτιστη γωνία μας θα είναι 30° .

9.4 Υπολογισμός ισχύς αιχμής φωτοβολταϊκής συστοιχίας

Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει ότι η μέση ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση για τους χειμερινούς μήνες είναι 18.983 kWh και για τους θερινούς μήνες είναι 23.783 kWh. Ωστόσο επειδή είναι πιθανό να προκύψουν και πρόσθετες ηλεκτρικές καταναλώσεις τα θεωρούμε ως 19 και 24.

Η γνώση των μετεωρολογικών στοιχείων της περιοχής που θα γίνει η εγκατάσταση του συστήματος είναι πάρα πολύ σημαντική, διότι η ηλιοφάνεια, η μέση ημερήσια θερμοκρασία και η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι σημαντικοί παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την απόδοση του Φ/Β συστήματος. Φυσικά, λόγω της μεγάλης εξάπλωσης των πληροφοριών, υπάρχουν πολλές διαφορετικές πηγές μετεωρολογικών δεδομένων, οι οποίες παρουσιάζουν μια μικρή απόκλιση μεταξύ τους. Για τις δικές μας μελέτες προτιμήθηκε να χρησιμοποιηθούν τα μετεωρολογικά δεδομένα του PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). Το PVGIS παρέχει διαδραστικούς χάρτες, στους οποίους έχει γίνει καταγραφή των ηλιακών ενεργειακών πόρων, καθώς επίσης και εκτίμηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β συστήματα στην Ευρώπη, την Αφρική και την Νοτιοδυτική Ασία. Επιλέχθηκε μεταξύ άλλων πηγών, λόγω της μεγάλης αξιοπιστίας του (είναι επίσημο εργαστήριο της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ανήκει στο Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Ενέργειας και της συμβατότητάς του με το λογισμικό PVsyst, ώστε να υπάρχει δυνατότητα εισαγωγής των μετεωρολογικών στοιχείων.



Περιβάλλον PVGIS

Από το PVGIS εξάγονται τα εξής στοιχεία για την περιοχή (patra, Greece):

Γεωγραφικό πλάτος: $38^\circ 14' 47''$ Βόρεια

Γεωγραφικό μήκος: $21^\circ 44' 4''$ Ανατολικά

Υψόμετρο: 15m (πάνω από το επίπεδο της θάλασσας).

ΜΗΝΑΣ	Hh	H(30)	D/G	T(24h)
Ιανουάριος	2260	3530	0.44	9,9
Φεβρουάριος	3020	4170	0.43	10,4
Μάρτιος	4760	5810	0.41	12,9
Απρίλιος	5910	6420	0.33	15,8
Μάιος	7020	6910	0.31	20,4
Ιούνιος	8050	7560	0.23	24,6
Ιούλιος	7660	7350	0.20	27,4
Αύγουστος	6980	7320	0.21	24,6
Σεπτέμβριος	5550	6600	0.28	23,5
Οκτώβριος	3950	5330	0.36	19,7
Νοέμβριος	2630	4060	0.38	15,6
Δεκέμβριος	1940	3110	0.46	11,6
Χρονιά	4990	5690	0.30	18,3

Hh: Irradiation on horizontal plane (Wh/m²/day), ημερήσια ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο.

H(30): Irradiation on plane at angle 30 deg., ημερήσια ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε επίπεδο 30°

D/G: Ratio of diffuse to global irradiation, διάχυτη προς την ολική ακτινοβολία.

T(24h): 24 hour average of temperature (°C), μέση ημερήσια θερμοκρασία

9.5 Απαιτούμενη ισχύς αιχμής

Επειδή στην περίπτωση μας η διαφορά της ημερήσιας κατανάλωσης διαφέρει σημαντικά θα πρέπει να κάνουμε ξεχωριστά τους υπολογισμούς για τους χειμερινούς και θερινούς μήνες.

Για να υπολογίσουμε την απαιτούμενη ισχύ των Φ/Β πάνελ χρησιμοποιούμε τη σχέση που δίνει την ισχύ αυτή σε συνάρτηση με την μέση ημερησία προσπίπτουσα ακτινοβολία του μήνα με τις χειρότερες συνθήκες, με την ημερησία κατανάλωση του φορτίου και με δυο συντελεστές που έχουν να κάνουν με απώλειες ρύπανσης και απώλειες που έχουν να κάνουν με τη θερμοκρασία .Η ισχύς αιχμής P_{ps} της φωτοβολταϊκής συστοιχίας για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων μια ημέρας είναι

$$P_{ps} = \frac{E_k \times P_{STC} \times N}{E_{HA} \times \sigma_{AS} \times \sigma_{\mu} \times (N - n)}$$

όπου,

STC $P = 1 \text{ kW/m}^2$, ισχύς προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στις πρότυπες συνθήκες STC.

$E_k = 19 \text{ kWh}$, η ημερήσια ηλεκτρική κατανάλωση το Χειμώνα.

$E_{HA} = 3.11 \text{ kW/m}^2/\text{day}$ για τον μήνα Δεκέμβριο, ημερήσια ενέργεια προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

$\sigma_{AS} = 0.8$ *σθ, συντελεστής απωλειών συστοιχίας για πλαίσια ελαφρώς σκονισμένα.

Συντελεστής θερμοκρασίας

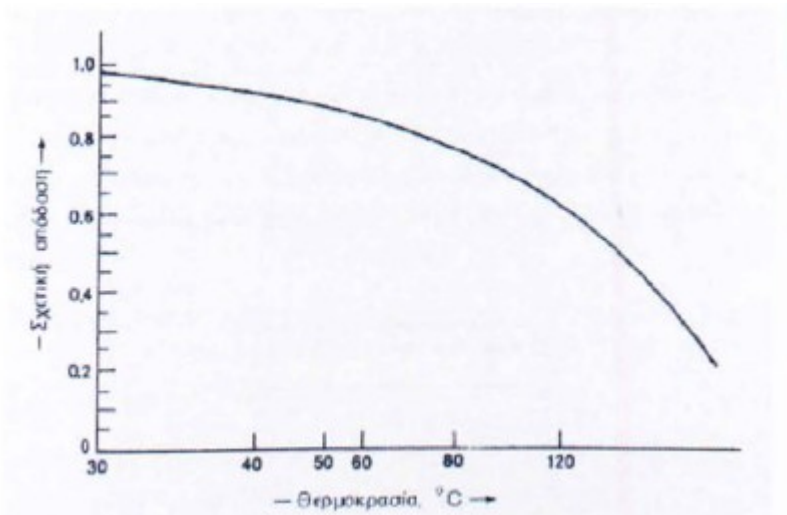
$$\sigma\theta = 1 - [(t_a + 30) - 25] \cdot 0,004 = 0,93 \text{ για } t_a = 11,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$\sigma\mu = 0,9$, συντελεστής μεταφοράς απωλειών ενέργειας της εγκατάστασης, η οποία περιλαμβάνει ηλεκτρικό συσσωρευτή, ελεγκτή φόρτισης και ινβέρτερ.

$N = 31$ μέρες (χρονική περίοδος αναφοράς).

$n = 1$ ημέρα (αριθμός ημερών αυτονομίας).

Ο συντελεστής θερμοκρασιακής διόρθωσης προκύπτει από τον τύπο $\sigma\theta = 1 - [(t_a + 30) - 25] \cdot 0,004$ όπου t_a είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία του μήνα. Επίσης μπορούμε να την πάρουμε από το παρακάτω διάγραμμα.



Από την σχέση προκύπτει $P_{rs} = 9,4 \text{ kWp}$. Άρα, η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών πλαισίων πρέπει να είναι κοντά σε αυτή την τιμή για την κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών για τους χειμερινούς μήνες.

Για τους θερινούς

$$t_a = 27,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$E_k = 24$$

$$E_{\eta} = 7,32$$

$$\text{Άρα } P_{rs} = 5,45 \text{ kWp}$$

Μεταξύ των δύο αποτελεσμάτων συνεχίζουμε με το χειρότερο σενάριο. Δηλαδή θεωρούμε ότι η εγκατεστημένη ισχύς του συστήματος πρέπει να ισούται με $9,4 \text{ kWp}$.

9.6 Επιλογή και οργάνωση των πάνελ

Η τάση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας πρέπει να ισούται με τη τάση των συσσωρευτών καθώς και με τη τάση εισόδου του μετατροπέα. Συνήθως προτιμούμε τάση 12V, 24 v ή 48V. Όσο υψηλότερη τάση χρησιμοποιούμε τόσο μικρότερο ρεύμα απαιτείται που συνεπάγεται ότι ελαχιστοποίηση των απωλειών στα καλώδια. Ωστόσο για να έχουμε υψηλή τάση θα πρέπει να συνδέσουμε μεγάλο πλήθος συσσωρευτών σε σειρά, κάτι που αυξάνει το κόστος.

Στη παρούσα μελέτη θα εγκαταστήσουμε inverter τάσης εισόδου 48 V και συνεπώς η τάση της φωτοβολταϊκής συστοιχίας και των συσσωρευτών θα είναι και αυτή 48 V. Αναφορικά με την εγκατάσταση επιλέξαμε μονοκρυσταλλικού τύπο πάνελ της εταιρίας SHARP ισχύος 445W. Τα

Ηλεκτρικά δεδομένα (STC)

- Μέγιστη ισχύ P_{max} : 415 Wp
- Τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} : 49.04 V
- Ισχύς βραχυκυκλώματος I_{sc} : 11.55 A
- Τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος V_{mpp} : 41.3 V
- Ρεύμα στη μέγιστη ισχύ I_{mpp} : 10.77 A
- Απόδοση μονάδας m: 20.1%

Ηλεκτρικά δεδομένα (NOCT)

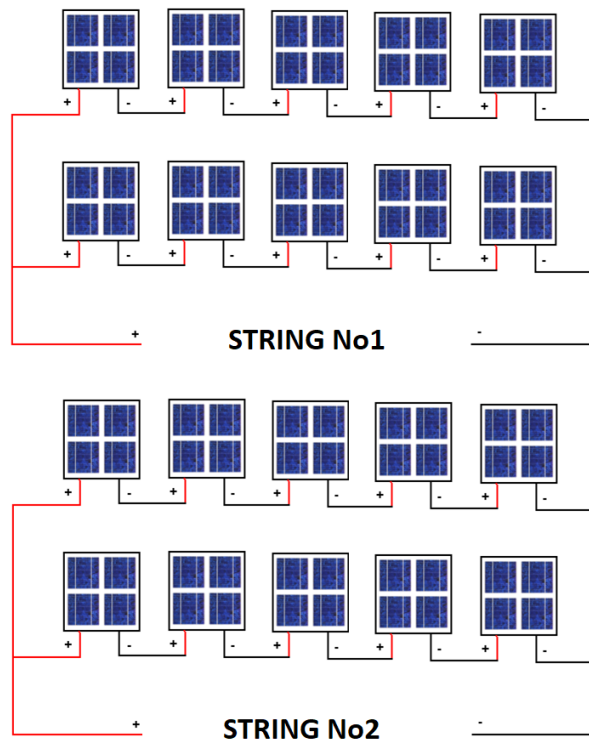
- Μέγιστη ισχύ P_{max} : 333.96 Wp
- Τάση ανοικτού κυκλώματος V_{oc} : 46.49 V
- Ισχύς βραχυκυκλώματος I_{sc} : 9.37 A
- Τάση στο σημείο μέγιστης ισχύος V_{mpp} : 38.52 V
- Ρεύμα στο σημείο μέγιστης ισχύος I_{mpp} : 8.67 A

Διαστάσεις : 2108mm X 1048mm X 35 mm

Βάρος: 18,6 kg

τεχνικά χαρακτηριστικά του είναι:

Εφόσον η τάση του πλαισίου είναι 48 σε ανοιχτό κύκλωμα θα χρειαστεί να τα συνδέσουμε παράλληλα. Συνεπώς το πλήθος των πλαισίων θα είναι $9400W/445W=21.1$ άρα 21 περίπου πλαίσια ($21 \cdot 445=9,345$). Εμείς θα βάλουμε 20 πλαίσια. Επειδή ο αριθμός είναι μεγάλος θα τα οργανώσουμε σε 2 ομάδες των 10 οι οποίες θα αποτελούνται από δύο παράλληλες πεντάδες όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



9.7 Επιλογή συσσωρευτών

Η ονομαστική χωρητικότητα των συσσωρευτών βγαίνει από τον τύπο:

$$C = (4 \cdot 24 \text{ kW}) / (0,5 \cdot 0,8 \cdot 48 \text{ V}) = 1843,2 \text{ Ah} \text{ όπου}$$

4 ημέρες αυτονομίας

24 kW η ημερήσια κατανάλωσης

50% DOD μπαταριών

0,8 Απόδοση συστήματος

48 Volt τάση συστήματος

Επιλέξαμε μπαταρίες 2 Volt/ 1027A της εταιρίας Unibat και τα χαρακτηριστικά τους φαίνονται παρακάτω:

Θα	Τάση (V)	2
	Χωρητικότητα c100(Ah)	1027
	Κύκλοι Φόρτισης	3000 στο 50% βάθος εκφόρτισης
	Βάρος (Κιλά)	51
	Διαστάσεις (Μ x Π x Υ) (mm)	205*158*753 mm
	Είδος Πόλου	Εσωτερικό σπείρωμα

χρειαστούμε 48 μπαταρίες οι οποίες θα είναι συνδεδεμένες 10 σε σειρά και παράλληλα με τις υπόλοιπες 10. Έτσι πετυχαίνουμε τα 48V και την χωρητικότητα των 1843,2Ah.

$$1027 + 1027 = 2054 \text{ Ah}$$

9.8 Επιλογή ρυθμιστή φόρτισης

Από τη συστοιχία των φωτοβολταϊκών πλαισίων έχουμε:

- τάση 48 Volt λόγω παράλληλης σύνδεσης
- τάση ανοιχτού κυκλώματος $5 \cdot 49.04 = 245.2 \text{ Volt}$
- μέγιστο ρεύμα $2 \cdot 10.77 = 21,54 \text{ A}$

Έτσι επιλέξαμε τον ρυθμιστή φόρτισης της Victron 250/60A με τάση εισόδου 48V και τα παρακάτω χαρακτηριστικά:



SmartSolar Charge Controller with VE.Can interface	250/70	250/85	250/100
Battery voltage	12/24/48 V Auto Select (36 V: manual)		
Rated charge current	70 A	85 A	100 A
Nominal PV power, 12 V 1a,b)	1000 W	1200 W	1450 W
Nominal PV power, 24 V 1a,b)	2000 W	2400 W	2900 W
Nominal PV power, 36 V 1a,b)	3000 W	3600 W	4350 W
Nominal PV power, 48 V 1a,b)	4000 W	4900 W	5800 W
Max. PV short circuit current 2)	35 A (max 30 A per MC4 conn.)	70 A (max 30 A per MC4 conn.)	
Maximum PV open circuit voltage	250 V absolute maximum coldest conditions 245 V start-up and operating maximum		
Maximum efficiency	99 %		
Self-consumption	Less than 35 mA @ 12 V / 20 mA @ 48 V		
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (adjustable with: rotary switch, display, VE.Direct or Bluetooth)		
Charge voltage 'float'	Default setting: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (adjustable: rotary switch, display, VE.Direct or Bluetooth)		
Charge voltage 'equalization'	Default setting: 16,2 V / 32,4 V / 48,6 V / 64,8 V (adjustable)		
Charge algorithm	multi-stage adaptive (eight pre-programmed algorithms) or user defined algorithm		
Temperature compensation	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C		
Protection	PV reverse polarity / Output short circuit / Over temperature		
Operating temperature	-30 to +60 °C (full rated output up to 40 °C)		
Humidity	95 %, non-condensing		
Maximum altitude	5000m (full rated output up to 2000m)		
Environmental condition	Indoor, unconditioned		
Pollution degree	PD3		
Data communication	VE.Can, VE.Direct and Bluetooth		
Remote on/off	Yes (2 pole connector)		
Programmable relay	DPST AC rating: 240 VAC / 4 A DC rating: 4 A up to 35 VDC, 1 A up to 60 VDC		
Parallel operation	Yes, parallel synchronised operation with VE.Can (max. 25 units) or Bluetooth (max. 10 units)		

9.9 Επιλογή Inverter

Γνωρίζοντας ότι σε ένα τέτοιο σύστημα δεν γίνεται να χρησιμοποιούμε ταυτόχρονα όλες τις συσκευές του σπιτιού και για να καταφέρουμε να κρατήσουμε το σύστημα μας μονοφασικό επιλέξαμε inverter της εταιρίας Victron 48V 10kW και τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

MultiPlus-II	12/3000/120-32 24/3000/70-32 48/3000/35-32	24/5000/120-50 48/5000/70-50	48/8000/110-100	48/10000/140-100
PowerControl & PowerAssist	Yes			
Transfer switch	32 A	50 A	100 A	100 A
Maximum AC input current	32 A	50 A	100 A	100 A
INVERTER				
DC Input voltage range	12V - 9,5-17 V	24V - 19-33V	48V - 38-66 V	
Output	Output voltage: 230 VAC ± 2%		Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)	
Cont. output power at 25°C (3)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA
Cont. output power at 25°C	2400 W	4000 W	6400 W	8000 W
Cont. output power at 40°C	2200 W	3700 W	5500 W	7000 W
Cont. output power at 65°C	1700 W	3000 W	4000 W	6000 W
Maximum apparent feed-in power	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA
Peak power	5500 W	9000 W	15000 W	18000 W
Maximum efficiency	93%/94%/95%	96%	95%	96%
Zero load power	13 / 13 / 11 W	18 W	29 W	38 W
Zero load power in AES mode	9 / 9 / 7 W	12 W	19 W	27 W
Zero load power in Search mode	3 / 3 / 2 W	2 W	3 W	4 W
CHARGER				
AC Input	Input voltage range: 187-265 VAC Input frequency: 45 - 65 Hz			
Charge voltage 'absorption'	14,4 / 28,8 / 57,6 V			
Charge voltage 'float'	13,8 / 27,6 / 55,2 V			
Storage mode	13,2 / 26,4 / 52,8 V			
Maximum battery charge current (4)	120 / 70 / 35 A	120 / 70 A	110 A	140 A
Battery temperature sensor	Yes			
GENERAL				
Auxiliary output	Yes (32A)		Yes (50A)	
External AC current sensor (optional)	50A or 100A			
Programmable relay (5)	Yes			
Protection (2)	a - g			
VE.Bus communication port	For parallel (not for 8k and 10k models) and three phase operation, remote monitoring and system integration			
General purpose com. port	Yes, 2x			
Remote on-off	Yes			
Operating temperature range	-40 to +65°C (fan assisted cooling)			
Humidity (non-condensing)	max 95%			

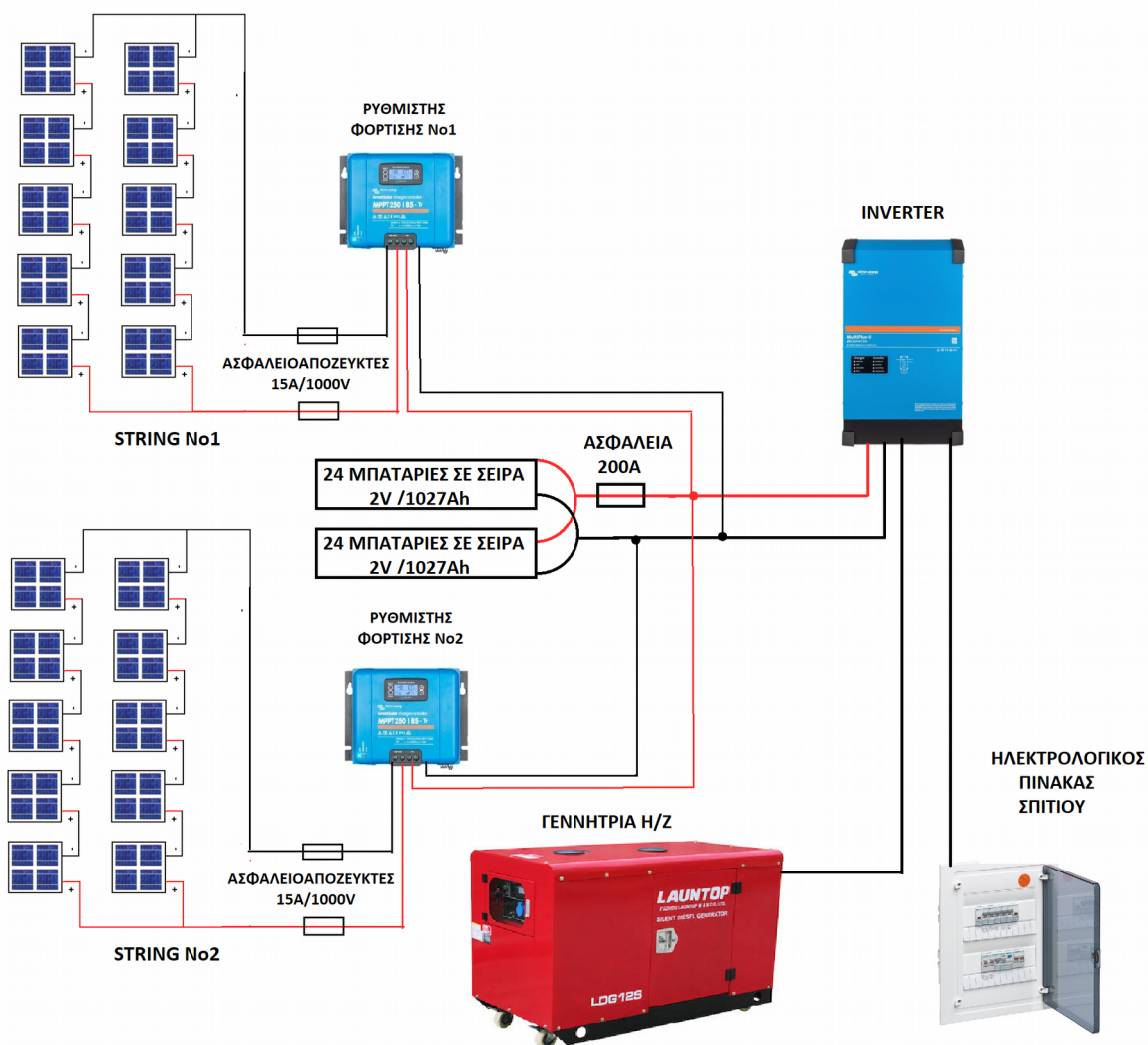
9.10 Επιλογή H/Z

Συνήθως το σύστημα συμπληρώνεται από μία βοηθητική πηγή ηλεκτροπαραγωγής για την αντιμετώπιση ανώμαλων καταστάσεων, όπως πρόσκαιρη βλάβη του συστήματος ή παρατεταμένη συννεφιά πάνω από 3 ημέρες . Το μέγεθος της γεννήτριας εξαρτάται από τις ανάγκες που θέλουμε να ικανοποιήσουμε.

Εμείς έχουμε επιλέξει Γεννήτρια Η/Ζ Πετρελαίου Μονοφασική LAUNTOP LDG12S - Κλειστού Τύπου Αθόρυβη - 20 HP - 13.5 KVA



Παρακάτω δίνετε το μπλοκ διάγραμμα με τη συνδεσμολογία του συστήματος



Κεφάλαιο 10ο: Επενδύσεις , νομοθετικά πλαίσια

10.1. Ένα νέο επενδυτικό περιβάλλον

Στα μέσα του 2010, το Κοινοβούλιο ενέκρινε ένα νέο νόμο για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Ν. 3851/2010, ΦΕΚ 85Α, 4-6-2010), ο οποίος επιφέρει σημαντικές αλλαγές σε ότι αφορά στην αδειοδότηση των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Ακολούθησαν μια σειρά από υπουργικές αποφάσεις, οι οποίες τροποποίησαν παλαιότερες ρυθμίσεις κυρίως πολεοδομικού χαρακτήρα για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, διαμορφώνοντας ένα εντελώς νέο επενδυτικό τοπίο.

Καταγράφουμε παρακάτω ορισμένα κομβικά σημεία των νέων νομοθετικών ρυθμίσεων.

Ορίζεται, ως εθνικός στόχος, η κάλυψη με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ) του 40% τουλάχιστον της ακαθάριστης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ως το 2020. Αυτό είναι κατ' αρχήν πολύ θετικό. Το μερίδιο όμως των φωτοβολταϊκών στο μίγμα των ΑΠΕ, το οποίο καθορίστηκε στο Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις ΑΠΕ τον Ιούλιο του 2010 και εξειδικεύτηκε περαιτέρω με υπουργική απόφαση τον Σεπτέμβριο του 2010, δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική δυναμική της αγοράς και στο έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον που έχει εκδηλωθεί. Συγκεκριμένα, ο εθνικός στόχος για τα φωτοβολταϊκά είναι η εγκατάσταση 1.500 μεγαβάτ (MWp) ως το 2014 και συνολικά 2.200 MWp ως το 2020. Από την ισχύ αυτή, τα 750 MWp έχει αποφασιστεί ότι θα δοθούν στους κατ' επάγγελμα αγρότες (500 MWp ως το 2014 και 750 MWp συνολικά ως το 2020), 350 MWp θα πρέπει να εγκατασταθούν σε κτίρια (200 MWp ως το 2014 και 350 MWp συνολικά ως το 2020) και τα υπόλοιπα 1.100 MWp θα κατανεμηθούν στους υπόλοιπους επενδυτές που προσδοκούν να αναπτύξουν φωτοβολταϊκούς σταθμούς επί εδάφους. Ο επίσημος αυτός στόχος είναι μόλις το ένα τρίτο απ' αυτό που ο ΣΕΦ θεωρεί ως ρεαλιστικό και ως ανταποκρινόμενο στις πραγματικές ανάγκες και δυνατότητες της αγοράς. Να σημειώσουμε εδώ ότι, από την κοινοτική νομοθεσία προβλέπεται η δυνατότητα αναθεώρησης των ενδεικτικών στόχων για κάθε τεχνολογία ανά διετία ή και νωρίτερα αν χρειαστεί, και επομένως μπορεί μελλοντικά να υπάρξουν διορθωτικές κινήσεις προς αυτή την κατεύθυνση.

Ο νέος νόμος απλοποιεί κάποιες από τις παλιές διαδικασίες αδειοδότησης. Συγκεκριμένα, δεν απαιτείται πλέον άδεια παραγωγής ή άλλη διαπιστωτική απόφαση (γνωστή και ως “εξαίρεση”) για φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος έως 1 MWp. Για φωτοβολταϊκά συστήματα ισχύος μεγαλύτερης του 1 MWp απαιτείται η έκδοση άδειας παραγωγής η οποία εκδίδεται από τη ΡΑΕ (και όχι από τον υπουργό Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής όπως ίσχυε μέχρι σήμερα). Για τα συστήματα που απαιτείται άδεια παραγωγής, 3 απαιτείται επίσης η έκδοση άδειας εγκατάστασης και άδειας λειτουργίας (οι οποίες εκδίδονται από την αρμόδια Περιφέρεια) όπως και στο παρελθόν.

Επίσης, δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια και οργανωμένους υποδοχείς βιομηχανικών δραστηριοτήτων.

Για συστήματα που εγκαθίστανται σε γήπεδα (οικόπεδα και αγροτεμάχια), δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση για συστήματα έως 500 kWp εφόσον πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις. Για τα συστήματα αυτά, απαιτείται ειδική περιβαλλοντική εξαίρεση (“βεβαίωση απαλλαγής από ΕΠΟ”) από την αρμόδια Περιφέρεια, η οποία, σύμφωνα με το νόμο, δίνεται σε 20 μέρες από την υποβολή της σχετικής αίτησης. Για όσα συστήματα εγκαθίστανται σε γήπεδα, απαιτείται ΕΠΟ εφόσον εγκαθίστανται σε περιοχές Natura, παράκτιες ζώνες (100μ από οριογραμμή αιγιαλού) και σε γήπεδα που γειτνιάζουν σε απόσταση μικρότερη από εκατόν πενήντα (150) μέτρα, με άλλο γήπεδο για το οποίο έχει εκδοθεί άδεια παραγωγής ή απόφαση ΕΠΟ ή Προσφορά Σύνδεσης φωτοβολταϊκού σταθμού και η συνολική ισχύς των σταθμών υπερβαίνει τα 500 kWp.

Για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων δεν απαιτείται οικοδομική άδεια, αλλά έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την αρμόδια Διεύθυνση Πολεοδομίας. Για φωτοβολταϊκά

συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια και έχουν ισχύ έως 100 kWp, δεν απαιτείται ούτε αυτή η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας, αλλά αρκεί πλέον μια απλή γνωστοποίηση προς τη ΔΕΗ ότι ξεκινά η εγκατάσταση. Η ευνοϊκή αυτή ρύθμιση αφορά τον οικιακό τομέα καθώς και τα μικρά και μεσαία συστήματα που εγκαθίστανται σε κτίρια επιχειρήσεων.

Στις συμβάσεις σύνδεσης που συνάπτει ο αρμόδιος Διαχειριστής με τους φορείς φωτοβολταϊκών σταθμών που εξαιρούνται από τη λήψη άδειας παραγωγής, καθορίζεται προθεσμία σύνδεσης στο Σύστημα ή Δίκτυο, η οποία είναι αποκλειστική, και ορίζεται εγγύηση ή ποινική ρήτρα που καταπίπτει αν ο φορέας δεν υλοποιήσει τη σύνδεση εντός της καθορισθείσας προθεσμίας. Το ύψος της εγγύησης καθορίζεται με υπουργική απόφαση. Από την εγγύηση αυτή απαλλάσσονται όσα έργα αφορούν εγκαταστάσεις σε κτίρια και όσοι σταθμοί έχουν υπογράψει σύμβαση σύνδεσης πριν τις 4-6-2010 (ημερομηνία ισχύος του νέου νόμου 3851/2010).

Οι τιμές πώλησης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας καθορίζονται ως εξής:

Έτος	Συστήματα σε οικιακές & εμπορικές στέγες ≤10 kWp (€/MWh)	Μήνας	Ηπειρωτικό δίκτυο (€/MWh)		Μη διασυνδεδεμένα νησιά (€/MWh)
			>100kWp	≤100kWp	Ανεξαρτήτως ισχύος (με εξαίρεση τα μικρά συστήματα έως 10 kWp σε κτίρια όπου ισχύουν ενιαίες τιμές για όλη τη χώρα)
2009	550	Φεβρουάριος	400	450	450
		Αύγουστος			
2010		Φεβρουάριος	392,04	441,05	441,05
		Αύγουστος			
2011	522,5	Φεβρουάριος	372,83	419,43	419,43
		Αύγουστος			
2012		Φεβρουάριος	333,81	375,53	375,53
		Αύγουστος			
2013	496,38	Φεβρουάριος	298,38	336,23	336,23
		Αύγουστος			
2014	471,56	Φεβρουάριος	268,94	302,56	302,56
		Αύγουστος			
Για κάθε έτος ν από το 2015 και μετά	-5% ετησίως		1,3*μΟΤΣ _{ν-1}	1,4*μΟΤΣ _{ν-1}	1,4*μΟΤΣ _{ν-1}
μΟΤΣ _{ν-1} =					
Μέση Οριακή Τιμή Συστήματος κατά το προηγούμενο έτος ν-1					
Διάρκεια σύμβασης	25 έτη	20 έτη			
Οι τιμές που καθορίζονται στον ανωτέρω πίνακα αναπροσαρμόζονται κάθε έτος, κατά ποσοστό 25% του δείκτη τιμών καταναλωτή του προηγούμενου έτους					

Σημειωτέον ότι, από τον Φεβρουάριο του 2010, δεν υπάρχουν πια επιδοτήσεις για τα φωτοβολταϊκά από τον αναπτυξιακό νόμο, όπως ίσχυε παλαιότερα. Δεδομένης όμως της διαχρονικής πτώσης των τιμών που αναμένεται να συνεχιστεί μακροχρόνια, οι επενδύσεις είναι βιώσιμες και κερδοφόρες και μόνο με την ταρίφα που παρέχεται από το νόμο και περιγράφεται στον παραπάνω πίνακα.

Ένα ζήτημα που απασχόλησε στο παρελθόν πολλούς επενδυτές είναι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σε γαίες υψηλής παραγωγικότητας. Ο νέος νόμος προβλέπει πλέον τα εξής:

- Απαγορεύεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς σε αγροτεμάχια της Αττικής που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, καθώς και σε περιοχές της Επικράτειας που έχουν ήδη καθοριστεί ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας από εγκεκριμένα Γενικά Πολεοδομικά Σχέδια (Γ.Π.Σ.) ή Σχέδια Χωρικής Οικιστικής Οργάνωσης Ανοιχτής Πόλης (Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π.) του Ν.2508/1997 (ΦΕΚ 124 Α'), καθώς και Ζώνες Οικιστικού Ελέγχου (Ζ.Ο.Ε.) του άρθρου 29 του Ν.1337/1983 (ΦΕΚ 33 Α'), εκτός αν διαφορετικά προβλέπεται στα εγκεκριμένα αυτά σχέδια.
- Με την επιφύλαξη του προηγούμενου εδαφίου, επιτρέπεται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκούς σταθμούς σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας. Στην περίπτωση αυτή η άδεια χορηγείται μόνον αν οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί για τους οποίους έχουν ήδη εκδοθεί άδειες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή, σε περίπτωση απαλλαγής, δεσμευτικές προσφορές σύνδεσης από τον αρμόδιο Διαχειριστή, καλύπτουν εδαφικές εκτάσεις που δεν υπερβαίνουν το 1% του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων του συγκεκριμένου νομού. Για την εφαρμογή της διάταξης του προηγούμενου εδαφίου χρησιμοποιούνται τα στοιχεία της Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας του έτους 2008 της Γενικής Γραμματείας της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας. Για τον υπολογισμό της κάλυψης λαμβάνεται υπόψη η οριζόντια προβολή επί του εδάφους των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής είναι δυνατόν να ορίζονται όροι και προϋποθέσεις για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών σταθμών σε αγροτεμάχια που χαρακτηρίζονται ως αγροτική γη υψηλής παραγωγικότητας, περιλαμβανομένων της μέγιστης κάλυψης εδάφους ανά σταθμό, των ελάχιστων αποστάσεων από τα όρια του γηπέδου του σταθμού, περιορισμών στον τρόπο θεμελίωσης και υποχρεώσεων για την αποκατάσταση του γηπέδου μετά την αποξήλωση των φωτοβολταϊκών σταθμών.

10.2. Νέες επενδύσεις

Για όσους ενδιαφέρονται να ξεκινήσουν τώρα μία επένδυση στα φωτοβολταϊκά, ισχύουν τα εξής:

10.2.1. Οικιακά συστήματα

Από 1η Ιουλίου 2009 ισχύει ένα πρόγραμμα για την εγκατάσταση μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων στον οικιακό-κτιριακό τομέα. Με το πρόγραμμα αυτό δίνονται κίνητρα με τη μορφή ενίσχυσης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας, ώστε ο οικιακός καταναλωτής να κάνει απόσβεση του συστήματος που εγκατέστησε και να έχει και ένα λογικό κέρδος.

Αφορά οικιακούς καταναλωτές που επιθυμούν να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκά ισχύος έως 10 κιλοβάτ (kWp) στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφισταμένου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης. Για να ενταχθούν στο πρόγραμμα, θα πρέπει να έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα.

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

Για τις πολυκατοικίες θα πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω όροι. Είτε να συμφωνήσουν εγγράφως οι υπόλοιποι ιδιοκτήτες, είτε το φωτοβολταϊκό να εγκατασταθεί εξ ονόματος όλων των ιδιοκτητών (τους οποίους στην περίπτωση αυτή εκπροσωπεί ο διαχειριστής). Σε κάθε πολυκατοικία μπορεί να μπει ένα μόνο σύστημα. Αν η ταράτσα είναι κοινόκτητη και οι κύριοι του χώρου αυτού θέλουν να την παραχωρήσουν σε κάποιο άλλο ιδιοκτήτη του κτιρίου που δεν έχει δικαιώματα στην ταράτσα, μπορούν να το κάνουν. Αν το σύστημα μπει σε στέγαστρο βεράντας διαμερίσματος, προφανώς μπορούν να μουν περισσότερα του ενός συστήματα σε μια πολυκατοικία.

Όλη η παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ και ο οικιακός μικροπαραγωγός ενέργειας πληρώνεται γι' αυτή με 55 λεπτά την κιλοβατώρα (0,55 €/kWh), τιμή που είναι εγγυημένη για 25 χρόνια. Ο οικιακός μικροπαραγωγός ενέργειας συνεχίζει να αγοράζει ρεύμα από τη ΔΕΗ και να το πληρώνει 7 στην τιμή που το πληρώνει και σήμερα (περίπου 10-12 λεπτά την κιλοβατώρα). Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι η ΔΕΗ θα εγκαταστήσει ένα νέο μετρητή για να καταγράφει την παραγόμενη ενέργεια. Αν, για παράδειγμα, στο δίμηνο το φωτοβολταϊκό παράγει ηλεκτρική ενέργεια αξίας 300 € και στο κτίριο καταναλώνεται ενέργεια αξίας 100 €, θα έρθει πιστωτικός λογαριασμός 200 €, ποσό που θα καταθέσει η ΔΕΗ στον τραπεζικό λογαριασμό του ιδιοκτήτη του φωτοβολταϊκού.

Δύο είναι οι προϋποθέσεις για να ενταχθεί κανείς στο πρόγραμμα:

1. Να έχει μετρητή της ΔΕΗ στο όνομά του (ή στον κοινόχρηστο λογαριασμό της πολυκατοικίας αν επιλεγεί η συλλογική εγκατάσταση).
2. Να καλύπτει μέρος των αναγκών σε ζεστό νερό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. ηλιακό θερμοσίφωνα, βιομάζα, γεωθερμική αντλία θερμότητας).

Μια ιδιαίτερα σημαντική ρύθμιση είναι ότι ο οικιακός παραγωγός ηλιακού ηλεκτρισμού δεν θεωρείται πια επιτηδευματίας, με άλλα λόγια απαλλάσσεται από το άνοιγμα βιβλίων στην εφορία. Όπως αναφέρει η σχετική κοινή υπουργική απόφαση, “δεν υφίστανται για τον κύριο του φωτοβολταϊκού συστήματος φορολογικές υποχρεώσεις για τη διάθεση της ενέργειας αυτής στο δίκτυο”. Με άλλα λόγια, τα όποια έσοδα έχει ο οικιακός μικροπαραγωγός από την πώληση της ενέργειας δεν φορολογούνται.

Για την εγκατάσταση οικιακών φωτοβολταϊκών, δεν απαιτείται πλέον καμία άδεια (με εξαίρεση διατηρητέα κτίρια και παραδοσιακούς οικισμούς όπου απαιτείται η έγκριση της Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου [ΕΠΑΕ]). Σύμφωνα με την ΥΑ 36720/25-8-2010 “Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς” (ΦΕΚ 376/6-9- 2010) δεν χρειάζεται πλέον ούτε η άδεια εργασιών μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, όπως ίσχυε μέχρι πρότινος. Απλώς γνωστοποιεί κανείς την έναρξη εργασιών στη ΔΕΗ όταν καταθέτει εκεί φάκελο για σύνδεση του συστήματος με το δίκτυο.

10.2.2. Μικρές εφαρμογές έως 10 kWp σε στέγες επιχειρήσεων

Από 1η Ιουλίου 2009 ισχύει ένα πρόγραμμα για την εγκατάσταση μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων στον κτιριακό τομέα. Με το πρόγραμμα αυτό δίνονται κίνητρα με τη μορφή ενίσχυσης της παραγόμενης ηλιακής κιλοβατώρας, ώστε η μικρή επιχείρηση να κάνει απόσβεση του συστήματος που εγκατέστησε και να έχει και ένα λογικό κέρδος.

Το πρόγραμμα αφορά πολύ μικρές επιχειρήσεις που επιθυμούν να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκά ισχύος έως 10 κιλοβάτ (kWp) στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφισταμένου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης. Για να ενταχθούν στο πρόγραμμα, θα

πρέπει να έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα. Πολύ μικρή επιχείρηση είναι αυτή που απασχολεί έως 10 άτομα και έχει κύκλο εργασιών και σύνολο ενεργητικού έως 2 εκατ. € ετησίως.

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

Όλη η παραγόμενη από το φωτοβολταϊκό ηλεκτρική ενέργεια διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ και ο μικροπαραγωγός ενέργειας πληρώνεται γι' αυτή με 55 λεπτά την κιλοβατώρα (0,55 €/kWh), τιμή που είναι εγγυημένη για 25 χρόνια. Ο μικροπαραγωγός ενέργειας συνεχίζει να αγοράζει ρεύμα από τη ΔΕΗ και να το πληρώνει στην τιμή που το πληρώνει και σήμερα. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι η ΔΕΗ θα εγκαταστήσει ένα νέο μετρητή για να καταγράφει την παραγόμενη ενέργεια. Αν, για παράδειγμα, στο δίμηνο το φωτοβολταϊκό παράγει ηλεκτρική ενέργεια αξίας 1.000 € και η επιχείρηση καταναλώνει ενέργεια αξίας 400 €, θα έρθει πιστωτικός λογαριασμός 600 €, ποσό που θα καταθέσει η ΔΕΗ στον τραπεζικό λογαριασμό του ιδιοκτήτη του φωτοβολταϊκού.

Μία είναι η προϋπόθεση για να ενταχθεί κανείς στο πρόγραμμα: να μην έχει πάρει η επιχείρηση κάποια άλλη επιδότηση για το φωτοβολταϊκό από εθνικά ή κοινοτικά προγράμματα.

Τα όποια έσοδα έχει η επιχείρηση από την πώληση της ενέργειας δεν φορολογούνται, με την προϋπόθεση ότι τα κέρδη εμφανίζονται σε ειδικό λογαριασμό αφορολόγητου αποθεματικού. Σε περίπτωση διανομής ή κεφαλαιοποίησής τους, ισχύει η τρέχουσα φορολογία για τα κέρδη που διανέμονται.

Για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών αυτής της ισχύος σε κτίρια, δεν απαιτείται πλέον καμία άδεια (με εξαίρεση διατηρητέα κτίρια και παραδοσιακούς οικισμούς όπου απαιτείται η έγκριση της Επιτροπής Πολεοδομικού και Αρχιτεκτονικού Ελέγχου [ΕΠΑΕ]). Σύμφωνα με την ΥΑ 36720/25-8-2010 "Έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικοπέδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς" (ΦΕΚ 376/6-9-2010) δεν χρειάζεται πλέον ούτε η άδεια εργασιών μικρής κλίμακας από την 9 Πολεοδομία, όπως ίσχυε μέχρι πρότινος. Απλώς γνωστοποιεί κανείς την έναρξη εργασιών στη ΔΕΗ όταν καταθέτει εκεί φάκελο για σύνδεση του συστήματος με το δίκτυο.

Σημειώνουμε ότι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ισχύος άνω των 10 kWp σε εμπορικέςβιομηχανικές στέγες, διέπεται από άλλους κανόνες και ισχύουν γι' αυτά τα συστήματα άλλα κίνητρα.

10.2.3. Μικρές εφαρμογές έως 10 kWp σε στέγες κτιρίων του Δημοσίου και μη κερδοσκοπικών οργανισμών

Με βάση το νέο νόμο για τις ΑΠΕ, τα κίνητρα και οι όροι που ισχύουν για τον οικιακό-κτιριακό τομέα, ισχύουν πλέον και για κτίρια όπου στεγάζονται Νομικά Πρόσωπα Δημοσίου Δικαίου (Ν.Π.Δ.Δ.) ή Νομικά Πρόσωπα Ιδιωτικού Δικαίου (Ν.Π.Ι.Δ.) μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα, τα οποία έχουν στην κυριότητά τους το χώρο στον οποίο εγκαθίσταται το φωτοβολταϊκό σύστημα. Το δικαίωμα εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος σε κτίριο ιδιοκτησίας Νομικού Προσώπου Δημοσίου Δικαίου, τη χρήση του οποίου έχει αναλάβει διαχειριστής (π.χ. σχολική επιτροπή), παρέχεται στον διαχειριστή, μετά από συναίνεση του κυρίου του κτιρίου.

Αν οι παραπάνω οργανισμοί επιθυμούν να εγκαταστήσουν φωτοβολταϊκό σύστημα με ισχύ μεγαλύτερη των 10 kWp, θα πρέπει να το κάνουν ως επιχειρηματική δραστηριότητα (να το αναλάβει π.χ. μία αναπτυξιακή εταιρία ενός Δήμου) και προφανώς με τα κίνητρα που ισχύουν και για τους υπόλοιπους επιχειρηματίες.

10.2.4. Εμπορικές-βιομηχανικές στέγες

Ο Ν.3851/2010 και η ΥΑ 36720/25-8-2010 (ΦΕΚ 376/6-9-2010) επιτρέπουν την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων κάθε ισχύος στο δώμα ή τη στέγη νομίμως υφισταμένου κτιρίου, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης. Για τα συστήματα αυτά δεν απαιτείται περιβαλλοντική αδειοδότηση, ενώ για συστήματα ισχύος έως 1 MWp δεν απαιτείται και άδεια παραγωγής ή άλλη διαπιστωτική απόφαση. Για συστήματα >1 MWp απαιτείται άδεια παραγωγής από τη ΡΑΕ (η οποία συνοδεύεται και από δύο ακόμη άδειες: την άδεια εγκατάστασης και την άδεια λειτουργίας τις οποίες εκδίδει η αρμόδια Περιφέρεια).

Για συστήματα με ισχύ από 10 kWp έως 100 kWp τα μόνα βήματα που απαιτούνται είναι η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ.

Για συστήματα με ισχύ από 100 kWp έως 1.000 kWp (1 MWp) τα βήματα που απαιτούνται είναι η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ.

Για συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MWp τα βήματα που απαιτούνται είναι η έκδοση άδειας παραγωγής από τη ΡΑΕ και στη συνέχεια άδειας εγκατάστασης από την Περιφέρεια, έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ, υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ και τελικά έκδοση άδειας λειτουργίας από την Περιφέρεια.

Τα παραπάνω ισχύουν μόνο για το ηπειρωτικό δίκτυο, αφού τα αυτόνομα νησιωτικά δίκτυα θεωρούνται κορεσμένα και θα υπάρχουν κατά διαστήματα ειδικές ρυθμίσεις γι' αυτά. Σε κάθε περίπτωση πάντως, στα μη διασυνδεδεμένα νησιά, μιλάμε πάντα για συστήματα με ισχύ μικρότερη των 100 kWp.

10.2.5. Φωτοβολταϊκοί σταθμοί επί εδάφους

Για συστήματα με ισχύ έως 500 kWp τα βήματα που απαιτούνται είναι η βεβαίωση απαλλαγής από Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) η οποία χορηγείται από την Περιφέρεια (από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται τα έργα εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων), η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ.

Για συστήματα με ισχύ έως 500 kWp έως 1.000 kWp (1 MWp) τα βήματα που απαιτούνται είναι η Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ) η οποία χορηγείται από την Περιφέρεια (από την υποχρέωση αυτή εξαιρούνται τα έργα εντός οργανωμένων υποδοχέων βιομηχανικών δραστηριοτήτων), η έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, η προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ και η υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ.

Για συστήματα με ισχύ μεγαλύτερη από 1 MWp τα βήματα που απαιτούνται είναι η έκδοση άδειας παραγωγής από τη ΡΑΕ και στη συνέχεια άδειας εγκατάστασης από την 11 Περιφέρεια (που προϋποθέτει και έγκριση ΕΠΟ όπου αυτή απαιτείται), έγκριση εργασιών δόμησης μικρής κλίμακας από την Πολεοδομία, προσφορά όρων σύνδεσης από τη ΔΕΗ, υπογραφή της σύμβασης αγοροπωλησίας με τον ΔΕΣΜΗΕ και τελικά έκδοση άδειας λειτουργίας από την Περιφέρεια. Ειδικά για την τελευταία αυτή κατηγορία, δεν είναι ακόμη σαφές αν η ΡΑΕ θα εξετάζει άμεσα τις νέες αιτήσεις, δεδομένου του πλαφόν που έχει τεθεί αλλά και του μεγάλου αριθμού αιτήσεων που έχουν ήδη κατατεθεί στο παρελθόν.

10.3. Παλιές αιτήσεις για φωτοβολταϊκούς σταθμούς

Ο νέος νόμος επιταχύνει τις διαδικασίες για τις παλιές αιτήσεις που είχαν κατατεθεί στη ΡΑΕ για έκδοση άδειας παραγωγής. Κι αυτό γιατί με το νέο νόμο καταργείται η διαδικασία της Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (ΠΠΕΑ) και η περιβαλλοντική αδειοδότηση θα γίνεται πλέον σε ένα ενιαίο στάδιο, αυτό της Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (ΕΠΟ). Έτσι, όσες αιτήσεις για άδεια παραγωγής βρίσκονταν στο στάδιο της ΠΠΕΑ, έχοντας περάσει θετικά τα υπόλοιπα κριτήρια αξιολόγησης της ΡΑΕ, έλαβαν άδεια παραγωγής.

Όσοι φωτοβολταϊκοί σταθμοί (κυρίως “εξαιρέσεις”) βρίσκονταν στο στάδιο της ΕΠΟ και δεν συνεχίζουν να έχουν τέτοια υποχρέωση με βάση τη νέα νομοθεσία, θα πρέπει να λάβουν τώρα μόνο τη βεβαίωση απαλλαγής από την Περιφέρεια και να προχωρήσουν στο επόμενο στάδιο (προσφορά όρων σύνδεσης). Σημειωτέον ότι η βεβαίωση αυτή πρέπει να δοθεί εντός αποκλειστικής προθεσμίας είκοσι (20) ημερών από την αρμόδια περιβαλλοντική αρχή της οικείας Περιφέρειας, μετά την άπρακτη παρέλευση της οποίας θεωρείται αυτή χορηγηθείσα.

Ο κάτοχος άδειας παραγωγής μπορεί, μετά από σχετική απόφαση της ΡΑΕ, να μεταβιβάζει την άδειά του σε άλλα φυσικά ή νομικά πρόσωπα. Αντίθετα, οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί που απαλλάσσονται από άδεια παραγωγής, δεν επιτρέπεται να μεταβιβάζονται πριν από την έναρξη της λειτουργίας τους. Κατ’ εξαίρεση, επιτρέπεται η μεταβίβασή τους σε νομικά πρόσωπα, εφόσον το εταιρικό κεφάλαιο της εταιρίας προς την οποία γίνεται η μεταβίβαση κατέχεται εξ ολοκλήρου από το μεταβιβάζον φυσικό ή νομικό πρόσωπο. Ειδικά για τους φωτοβολταϊκούς σταθμούς που εγκαθίστανται από κατ’ επάγγελμα αγρότες, δεν επιτρέπεται η μεταβίβασή τους πριν από την πάροδο πενταετίας από την έναρξη λειτουργίας τους, εκτός αν πρόκειται για μεταβίβαση λόγω κληρονομικής διαδοχής.

11. Συμπεράσματα – Επίλογος

Στις μέρες μας, ιδιαίτερα στην Ελλάδα, έχει παρατηρηθεί η συνεχής αύξηση των εγκαταστάσεων φωτοβολταϊκών συστημάτων, τόσο σε κτίρια όσο και σε μικρές ή μεγάλες αγροτικές εκτάσεις. Λαμβάνοντας υπ’ όψιν δε την έκρυθμη κατάσταση, τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, που επηρέασε αυξητικά την τιμή όλων των ενεργειακών πόρων, καθίσταται σαφές ότι αφενός οι ιδιώτες και αφετέρου οι επαγγελματίες θα καταφύγουν σε εναλλακτικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, θα εξασφαλίσουν την ενεργειακή τους ανεξαρτησία ή τουλάχιστον δεν θα επηρεαστούν σε μεγάλο βαθμό από τις ανατιμήσεις των συμβατικών πηγών ενέργειας, που χρησιμοποιούσαν μέχρι πρότινος. Θα θωρακιστούν, δηλαδή, από την ίδια την ενεργειακή κρίση.

Βέβαια, ο πλούτος της χώρας μας σε ηλιακή ενέργεια, καταδεικνύει ότι τα φωτοβολταϊκά συστήματα αποτελούν μονόδρομο συγκριτικά με τις υπόλοιπες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι, αν και η μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική αποτελεί μια

σχετικά απλή διαδικασία, η τεχνολογία γύρω από τα φωτοβολταϊκά συστήματα εξελίσσεται συνεχώς, δημιουργώντας όλο και πιο πολύπλοκα και ισχυρότερα μηχανήματα για να αξιοποιήσουμε την ενέργεια στο μέγιστο βαθμό.

Στην παραπάνω εργασία, αναλύθηκε πλήρως η λειτουργία ενός φωτοβολταϊκού συστήματος καθώς και η πορεία από τη “συλλογή” της ηλιακής ενέργειας στο φωτοβολταϊκό πλαίσιο ως τη μετατροπή της σε ηλεκτρική ενέργεια, την μετατροπή του ρεύματος από σταθερό σε εναλλασσόμενο και εν συνεχεία την αποθήκευση της σε συσσωρευτές ή τη διανομή της στο δίκτυο. Συνεπώς, εάν ένα τέτοιο σύστημα εγκατασταθεί σε ένα κτίριο, το οποίο έχει οικοδομηθεί σύμφωνα με τις τεχνικές φυσικού δροσισμού και φωτισμού, παράλληλα με έναν σωστό προσανατολισμό, θα εξασφαλιστεί η όσο των δυνατών μεγαλύτερη ενεργειακή ανεξαρτησία. Επιπροσθέτως, οι ανάγκες αυτού του κτιρίου δύναται να καλυφθούν χωρίς την υποβοήθεια εξωτερικής γεννήτριας, με εξαίρεση ορισμένες ειδικές περιπτώσεις. Σαφέστατα, οι ένοικοι θα πρέπει να προσαρμόσουν τις ανάγκες τους σύμφωνα με το ενεργειακό σύστημα που διαθέτουν.

Τέλος, θα ήταν ιδανικό οι αρμόδιοι κρατικοί φορείς να στραφούν και να αξιοποιήσουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως ήδη συμβαίνει σε χώρες του εξωτερικού (πχ Σκανδιναβικές χώρες), καθώς και τα οφέλη που αυτές δύνανται να προσφέρουν τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο.

12. Βιβλιογραφία – Αναφορές

1. Ανανιάδου- Τζημοπούλου Μ., Τσιούρης Σ. Ε. (2009) *Κλιματική Αλλαγή, βιώσιμη ανάπτυξη και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας*. Θεσσαλονίκη: Ζήτη.
2. Βαρδάκη, Σ. (2018) Ενεργειακή προσομοίωση κατοικίας στις 4 κλιματικές ζώνες με χρήση των λογισμικών REVIT ΚΑΙ GBS (Μεταπτυχιακή Εργασία). Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο.
3. Δραγάνης, Ν. Σ. (2011) *Λειτουργία και τεχνική μελέτη αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος* (Πτυχιακή Εργασία). Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, Πειραιάς.
4. Ζήρας, Κ. (2017) *Σχεδίαση αυτόνομου υβριδικού φωτοβολταϊκού συστήματος* (Μεταπτυχιακή Εργασία). Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, Αιγάλεω.
5. Καββαδίας, Δ. (2017) Εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την ενεργειακή αυτονομία κατοικίας (Διπλωματική Εργασία). Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
6. Κανάκης, Ι., Τσούτσος, Θ., (2013) *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Τεχνολογίες και Περιβάλλον*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
7. Καρβούνης, Σ.. (2010) *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και Οικονομία* (Πτυχιακή Εργασία). Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηπείρου, Πρέβεζα.
8. Κατσαπρακάκης, Δ. Α. (2015) *Σύνθεση Ενεργειακών Συστημάτων*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
9. Κιοσκερίδης, Ι. (2019). *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και εφαρμογές των ηλεκτρονικών ισχύος*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.
10. Κόκκαλη Δ., Χαντζάρας Α. (2018) *Μελέτη εφαρμογής διάφανων φωτοβολταϊκών παραθύρων μέσης απόδοσης 5% στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια* (Πτυχιακή Εργασία). Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα.
11. Οδηγίες για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτηριακές εγκαταστάσεις. Ανακτήθηκε από <http://www.cres.gr/>
12. Συντάκη Π. (2013) *Μελέτη και σχεδιασμός εγκατάστασης αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος σε μόνιμη κατοικία* (Διπλωματική Εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
13. Τσικούδη, Α. (2014) *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον* (Πτυχιακή Εργασία). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
14. Mp-Energy Φωτοβολταϊκά Συστήματα Net Metering Αυτόνομα. Ανακτήθηκε από: <https://www.mp-energy.gr/>
15. Photovoltaic Geographical Information System. Ανακτήθηκε από: <https://re.jrc.ec.europa.eu/>