

ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΑΝΑΚΑΙΝΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ  
Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ  
Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ  
«ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ ΠΥΡΦΟΡΟΣ»**

ΣΚΙΑΔΑ ΙΩΑΝΝΑ  
Α.Μ. 738



ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ ΜΠΟΒΙΑΤΣΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2011

---

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας για την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Α.Τ.Ε.Ι. Πατρών στο τμήμα Ανακαίνισης και Αποκατάστασης Κτιρίων.

Για την επιλογή του θέματος έπαιξε σημαντικό ρόλο η ημερίδα «Νέες Ενεργειακές Τεχνολογίες στα Κτίρια» που παρακολούθησα, τον Ιούνιο του 2008 στο Imperial Hotel στην Αθήνα. Στην ημερίδα αυτή συμμετείχαν το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και διάφορες εταιρείες συστημάτων παρουσιάζοντας ενεργειακές λύσεις για τα κτίρια, καθώς και το πρώτο ενεργειακά αυτόνομο κτίριο στην Ελλάδα.

Η αύξηση του γενικού ενδιαφέροντος και η στροφή του κόσμου στις ήπιες μορφές ενέργειας με έκανε να θέλω να ασχοληθώ με το θέμα αυτό και να μελετήσω τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να εφαρμοστούν αυτές οι πηγές ενέργειας στα κτίρια. Η παραπάνω ημερίδα και συγκεκριμένα η παρουσίαση του κτιρίου Προμηθέας Πυρφόρος μου έδωσε το κίνητρο για το θέμα αυτής της εργασίας.

---

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η συνεχής αύξηση των καταναλωτικών αγαθών, η υπερβολική αύξηση του πληθυσμού και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, οδήγησε στην ταχεία αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης τα τελευταία είκοσι χρόνια. Η παραγωγή πετρελαίου έχει εξαπλασιαστεί την τελευταία δεκαετία, ενώ η ζήτηση σε ηλεκτρική ενέργεια δεκαπλασιάζεται ανά δέκα χρόνια. Η απερίσκεπτη χρήση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, έχει συμβάλει στην αύξηση των εκπεμπόμενων ρύπων οι οποίοι καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος και έχουν υποβαθμίσει το περιβάλλον ραγδαία σε μεγάλο βαθμό, καταστρέφοντας σταδιακά τα οικοσυστήματα. Κύριοι υπαίτιοι αυτής της καταστροφής είναι οι βιομηχανίες, οι μεταφορές, τα εργοστάσια ηλεκτροπαραγωγής αλλά και το δομημένο περιβάλλον δηλαδή ο συνολικός χώρος που έχει αναπτυχθεί από τις ανθρώπινες κατασκευές συμπεριλαμβανομένου όλων των κτιρίων που καλύπτουν τις ανάγκες στέγασης, απασχόλησης και αναψυχής.

Όλα αυτά ανάγκασαν τους ειδικούς να στραφούν, με αυξανόμενο ενδιαφέρον, στη μελέτη όλων των δυνατών τρόπων, που θα βοηθήσουν στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων-ήπιων μορφών ενέργειας για τις καθημερινές ανάγκες του ανθρώπου. Δηλαδή στη χρήση ενέργειας από πηγές καθαρές, ανεξάντλητες και φιλικές προς το περιβάλλον και τους ανθρώπους.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να παρουσιάσει, όσο δυνατόν πληρέστερα, την εφαρμογή των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στα κτίρια, την παρούσα κατάσταση, τις προσπάθειες που καταβάλουν η Ευρωπαϊκή Ένωση και κυρίως η Ελλάδα, προκειμένου να αυξήσουν τον βαθμό διείσδυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας δίνεται ο ορισμός της κάθε ανανεώσιμης μορφής ενέργειας, έπειτα περιγράφονται αναλυτικά οι τεχνολογίες και οι τρόποι εφαρμογής τους στα κτίρια καθώς και μερικά παραδείγματα κυρίως στον ελλαδικό χώρο. Ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή του βιοκλιματικού σχεδιασμού, των παθητικών και υβριδικών συστημάτων. Τέλος αναλύεται το αυτόνομο κτίριο «Προμηθέας Πυρφόρος» δηλαδή τα συστήματα και οι μορφές των Α.Π.Ε. που εφαρμόζονται σε αυτό κάνοντας το να διαφέρει τόσο από τα υπόλοιπα κτίρια.

---

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	i
Περίληψη.....	ii
Περιεχόμενα.....	iii
Συνομογραφίες.....	viii
Εισαγωγή.....	1

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....6

1.1	Εισαγωγή.....	6
1.2	Ηλιακή ενέργεια.....	6
1.2.1	Το δυναμικό της Ελλάδας.....	9
1.3	Έμμεση χρήση ηλιακής ενέργειας.....	11
1.3.1	Αιολική ενέργεια.....	11
1.3.1.1	Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας.....	12
1.3.2	Ενέργεια από βιομάζα.....	13
1.3.2.1	Παγκόσμιο και Ελληνικό δυναμικό.....	14
1.3.3	Υδροηλεκτρική ενέργεια.....	16
1.3.3.1	Διάκριση των υδροηλεκτρικών.....	17
1.3.4	Κυματική ενέργεια.....	18
1.3.5	Αβαθής γεωθερμική ενέργεια.....	18
1.4	Μη ηλιακές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.....	19
1.4.1	Γεωθερμική ενέργεια.....	19
1.4.2	Παλιρροϊκή ενέργεια.....	21

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....23

2.1	Ενεργειακά ηλιακά συστήματα.....	23
2.1.1	Κατηγορίες θερμικών ηλιακών συστημάτων.....	23

2.1.2	Ηλιακοί συλλέκτες.....	24
2.1.3	Τοποθέτηση ηλιακών συσκευών.....	26
2.1.3.1	Δεξαμενή αποθήκευσης της θερμότητας.....	26
2.1.3.2	Ψύκτης.....	26
2.1.4	Δυνατότητες αξιοποίησης.....	27
2.1.4.1	Οικιακά συστήματα.....	27
2.1.4.2	Θέρμανση πισίνας.....	29
2.1.4.3	Ηλεκτροπαραγωγή.....	29
2.1.5	Εφαρμογές στην Ελλάδα.....	30
2.1.5.1	Ηλιακό χωριό.....	30
2.1.5.2	Γραφείο και αποθήκη καλλυντικών στα Οινόφυτα.....	33
2.1.5.3	Εμπορικές εφαρμογές.....	33
2.1.6	Πιστοποίηση-Δοκιμές-Μετρήσεις.....	34
2.1.7	Χρηματοδότηση από τρίτους.....	34
2.1.8	Συμπεράσματα.....	35
<b>2.2</b>	<b>Φωτοβολταϊκά.....</b>	<b>35</b>
2.2.1	Φωτοβολταϊκό φαινόμενο.....	36
2.2.2	Φωτοβολταϊκά συστήματα.....	38
2.2.3	Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	40
2.2.3.1	Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών.....	42
2.2.4	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων σε ένα κτίριο.....	43
2.2.5	Το κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	47
2.2.6	Χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	48
2.2.7	Συντήρηση φωτοβολταϊκών συστημάτων.....	49
2.2.8	«Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φ/Β σε κτιριακές εγκαταστάσεις και ιδίως σε δώματα και στέγες κτιρίων» (ΦΕΚ Β' 1079, 4/6/2009).....	49
2.2.9	Που επιτρέπεται η εγκατάσταση.....	50
2.2.10	Εφαρμογές.....	51
2.2.11	Προοπτικές.....	55
<b>2.3</b>	<b>Τεχνολογία Ανεμογεννητριών.....</b>	<b>55</b>
2.3.1	Είδη ανεμογεννητριών.....	56
2.3.2	Βασικά στοιχεία.....	57
2.3.3	Η ανάπτυξη της τεχνολογίας.....	61
2.3.4	Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα μικρών ανεμογεννητριών.....	63
2.3.5	Περιβαλλοντικό όφελος μικρών ανεμογεννητριών.....	63
2.3.6	Εφαρμογές αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα.....	64
2.3.7	Συμπεράσματα.....	67
<b>2.4</b>	<b>Γεωθερμική ενέργεια.....</b>	<b>68</b>
2.4.1	Τρόπος μεταφοράς της θερμότητας.....	68
2.4.2	Προϋποθέσεις σχηματισμού γεωθερμικού πεδίου.....	69
2.4.3	Διάκριση γεωθερμικών πεδίων.....	70
2.4.4	Γεωθερμικό σύστημα.....	70
2.4.5	Πλεονεκτήματα από τη χρήση.....	72
2.4.6	Μειονεκτήματα του συστήματος της γεωθερμίας.....	73
2.4.7	Τα μέρη ενός γεωθερμικού συστήματος.....	73
2.4.8	Γεωθερμικοί εναλλάκτες (κλειστό-ανοιχτό-υβριδικό σύστημα).....	75
2.4.9	Εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας.....	79
2.4.9.1	Ηλεκτροπαραγωγή.....	80
2.4.9.2	Θερμικές εφαρμογές.....	82

2.4.10	Η κατάσταση στην Ελλάδα.....	83
2.4.11	Συμπεράσματα.....	84
<b>2.5</b>	<b>Ενεργειακή αξιοποίηση από τη Βιομάζα.....</b>	<b>84</b>
2.5.1	Είδη βιοκαυσίμων.....	85
2.5.2	Τύποι συστημάτων θέρμανσης από βιομάζα.....	87
2.5.3	Ενδεικτικό κόστος.....	89
2.5.4	Γενικά χαρακτηριστικά συσκευών.....	89
2.5.5	Τηλεθέρμανση από βιομάζα.....	89
2.5.6	Σημαντικότερες τεχνολογίες.....	90
2.5.7	Πλεονεκτήματα καυσίμων βιομάζας.....	91
2.5.8	Μειονεκτήματα από τη χρήση βιομάζας.....	93
2.5.9	Ενδεικτικές εφαρμογές στην Ελλάδα.....	93
<b>2.6</b>	<b>Μικρά Υδροηλεκτρικά συστήματα/έργα.....</b>	<b>94</b>
2.6.1	Διάκριση μικρών και μεγάλων υδροηλεκτρικών.....	94
2.6.2	Χαρακτηριστικά μικρών υδροηλεκτρικών.....	95
2.6.3	Πλεονεκτήματα.....	96
2.6.4	Μειονεκτήματα.....	96
2.6.5	Επιλογή θέσης και βασική διαμόρφωση.....	97
2.6.6	Έργα Πολιτικού Μηχανικού.....	97
2.6.7	Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός.....	98
2.6.8	Περιβαλλοντικές επιπτώσεις.....	99
2.6.9	Τι συμβαίνει στην Ελλάδα.....	100
2.6.10	Τι γίνεται στον πλανήτη.....	101

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ.....102**

<b>3.1</b>	<b>Βιοκλιματικός σχεδιασμός.....</b>	<b>102</b>
3.1.1	Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού.....	103
<b>3.2</b>	<b>Παθητικά ηλιακά συστήματα.....</b>	<b>105</b>
3.2.1	Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους.....	107
3.2.2	Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους.....	108
3.2.3	Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους.....	110
<b>3.3</b>	<b>Υβριδικά συστήματα.....</b>	<b>111</b>
3.3.1	Ηλιακά υποβοηθούμενη αντλία θερμότητας.....	111
3.3.2	Υβριδικό σύστημα θέρμανσης Ηλιακών-Βιομάζας.....	113

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ ΠΥΡΦΟΡΟΣ.....115**

<b>4.1</b>	<b>Προμηθέας Πυρφόρος.....</b>	<b>115</b>
<b>4.2</b>	<b>Γενική περιγραφή του κτιρίου.....</b>	<b>118</b>
4.2.1	Σκοπός και στόχοι της ερευνητικής δραστηριότητας.....	119
4.2.2	Αντικείμενο του έργου.....	119
4.2.3	Συμμετέχοντες φορείς.....	119

<b>4.3</b>	Ανάλυση συστημάτων κτιρίου.....	120
<b>4.4</b>	Ερευνητικές δραστηριότητες.....	122
4.4.1	Από το Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. Δημόκριτος.....	122
4.4.2	Από το Ε.Μ.Π. ....	125
4.4.3	Από το Α.Π.Θ. ....	127
<b>4.5</b>	Οι καινοτομίες του έργου.....	127
4.5.1	Ηλιακό πεδίο υψηλής απόδοσης.....	127
4.5.2	Ηλιακός κλιματισμός (Absorption).....	129
4.5.3	Αβαθής γεωθερμία-Αντλία θερμότητας.....	131
4.5.4	Σύστημα διαχείρισης κτιρίου.....	133
4.5.5	Υποσύστημα κλιματισμού.....	134
4.5.6	Φωτοβολταϊκά.....	137
4.5.7	Άλλες βιοκλιματικές εφαρμογές.....	139
<b>4.6</b>	Αναμενόμενα αποτελέσματα.....	141
<b>4.7</b>	Συμπεράσματα.....	144
<b>Βιβλιογραφία.....</b>		<b>149</b>
<b>Παραρτήματα.....</b>		<b>152</b>
A	Διάγραμμα ροής ενέργειας κτιρίου Προμηθέας Πυρφόρος.....	153
B	Κατόψεις και φωτογραφίες κτιρίου Προμηθέας Πυρφόρος.....	154
Γ	Πηγές εικόνων, πινάκων, σχημάτων.....	169

---

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

Α.Π.Ε.	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Κ.Α.Π.Ε.	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
Υ.Η.Ε.	Υδροηλεκτρικό Έργο
Μ.Υ.Η.Σ.	Μικρό Υδροηλεκτρικό Σύστημα
Φ/Β	Φωτοβολταϊκό
Ο.Π.Ε.Κ.	Οργανισμός Πετρελαιοπαραγωγών Κρατών
Ο.Ε.Κ.	Οργανισμός Εργατικής Κατοικίας
Υ.Π.Ε.Κ.Α.	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
Ε.Π.Ε.Τ.Α.Ε.	Περιβαλλοντική Οργάνωση και Επιστημονική Ένωση
Τ.Ι.Π.	Τόνος Ισοδύναμου Πετρελαίου
Υ.Α.	Υπουργική Απόφαση
Η/Μ	Ηλεκτρομηχανολογικό
Δ.Ε.Η.	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
Η.Π.Α.	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
Ι.Ρ.Ρ.	Internal Rate of Return (Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης)
Εικ.	Εικόνα
Πιν.	Πίνακας
Σχ.	Σχήμα



---

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Ενέργεια-Ισχύς

Ως ενέργεια ορίζεται η εμφανής ή λανθάνουσα ικανότητα προς εξάσκηση δύναμης και επίτευξη ενός (κάποιου) αποτελέσματος ή μεταβολής της κατάστασης ενός συστήματος. Διακρίνονται αντίστοιχα δύο κατηγορίες:

- Κινητική ενέργεια κατά την οποία σχηματίζεται έργο με την κίνηση της ύλης (εμφανής ικανότητα επίτευξης αποτελέσματος) και
- Δυναμική ενέργεια κατά την οποία το έργο αποθηκεύεται στην ύλη (λανθάνουσα ικανότητα επίτευξης μεταβολής της κατάστασης του συστήματος).

Η ενέργεια ορίζεται επίσης και ως η ικανότητα ενός συστήματος να παράγει έργο σε ένα άλλο σύστημα. Όσον αφορά την ετυμολογία της λέξης «ενέργεια» προέρχεται από τις λέξεις εν και έργο φανερώνοντας ακριβώς την ικανότητα που εμπεριέχεται στην ύλη ή σε ένα σύστημα γενικότερα να παράξει έργο υπό κάποιες προϋποθέσεις.

### Πηγές Ενέργειας

Ως πηγή ενέργειας ορίζεται κάθε ύλη (στάσιμη ή κινούμενη), σύστημα ή διάταξη, από όπου μπορεί να αποληφθεί ενέργεια για την τελική προμήθεια θερμότητας, φωτός ή ισχύος. Στη σημερινή εποχή η ανθρωπότητα καταναλώνει με εντατικούς ρυθμούς πηγές ενέργειας που διαθέτει η φύση και οι οποίες μπορεί να απαιτούν εκατομμύρια ετών για να δημιουργηθούν ξανά (για παράδειγμα το πετρέλαιο, οι λιγνίτες), ή να ξανασηματίζονται άμεσα ώστε να διατίθενται πρακτικά αμείωτες (για παράδειγμα η ενέργεια του ήλιου, των ανέμων). Διακρίνουμε έτσι (σύμφωνα με το σχετικό ρυθμό αναδημιουργίας τους και κατανάλωσής τους) δύο βασικές κατηγορίες πηγών ενέργειας:

α) Αναλώσιμες (ή συμβατικές ή μη ανανεώσιμες ή εξαντλήσιμες). Κάθε πηγή ενέργειας που δεν μπορεί να υπαχθεί στις ανανεώσιμες. Ενδεικτικά αναφέρονται το πετρέλαιο και τα παράγωγά του (βενζίνες, υγραέρια, ντίζελ κ.τ.λ.), οι άνθρακες (λιγνίτες, λιθάνθρακες κ.τ.λ.), το φυσικό αέριο, τα πυρηνικά καύσιμα κ.α.

β) Ανανεώσιμες (ή μη αναλώσιμες ή ήπιες ή εναλλακτικές). Είναι πηγές ενέργειας που ανανεώνονται συνεχώς και ταχέως (συγκρινόμενες π.χ. με τους χρόνους γεωλογικών περιόδων που απαιτούνται για τη δημιουργία άνθρακα, πετρελαίου κ.τ.λ.) επιτρέποντας έτσι τη σταθερή και αξιόπιστη χρήση τους.

Ενδεικτικά αναφέρονται: η ενέργεια του ήλιου (ηλιακή), η ενέργεια των ανέμων (αιολική), η θερμότητα που εμπεριέχει και ελευθερώνει η γη (γεωθερμική ενέργεια), η ενέργεια της ζώσας ύλης (βιομάζα), η ενέργεια των υδατοπτώσεων, των κυμάτων.

Επίσης, ανάλογα με την επεξεργασία που έχουν υποστεί και τη διαθεσιμότητά τους για τελική χρήση, οι πηγές ενέργειας διακρίνονται σε πρωτογενείς, δευτερογενείς και χρήσιμες ενέργειες (πίνακες α' και β').

i) Πρωτογενείς πηγές ενέργειας. Συμπεριλαμβάνονται όλοι οι τύποι ενέργειας που δημιουργούνται κυρίως από τον ήλιο στο φλοιό της γης. Είναι δηλαδή η ενέργεια που προέρχεται από τη φύση πριν από οποιοδήποτε μετασχηματισμό. Στον πίνακα α' δίνεται μια εξαντλητική λίστα των πρωτογενών πηγών ενέργειας, όπου επιπλέον διακρίνονται οι αναλώσιμες από τις ανανεώσιμες.

ΑΝΑΛΩΣΙΜΕΣ	Απολιθώματα	Άνθρακας
		Τύρφη
		Αργό πετρέλαιο
		Φυσικό αέριο
	Πυρηνικές	Ουράνιο
		Θόριο
		Δευτέριο
		Βηρύλλιο
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ	Ηλιακή	Ηλιακή θερμική μετατροπή
		Φωτοηλεκτρική ενεργειακή μετατροπή
		Φωτοχημική μετατροπή
	Υδατοπτώσεις	Μετατροπή ενέργειας ποταμών-ταμιευτήρων
	Παλιρροιακή	Μετατροπή παλιρροιακής ενέργειας
	Αιολική	Μετατροπή ενέργειας ανέμου
	Ωκεανοί	Μετατροπή της θερμότητας των ωκεανών
		Μετατροπή ρευμάτων των ωκεανών
		Μετατροπή της ενέργειας των κυμάτων
	Γεωθερμία	Φυσικός ατμός
		Θερμά νερά
		Θερμά ξηρά πετρώματα
	Βιομάζα	Ξύλα και άλλες καλλιέργειες

Πιν.α' Πρωτογενείς πηγές ενέργειας

ii) Δευτερογενείς πηγές ενέργειας. Συμπεριλαμβάνονται όλοι οι τύποι ενέργειας που παρασκευάζονται από πρωτογενείς πηγές ενέργειας γενικά με μηχανικά, χημικά, θερμικά μέσα ή πυρηνική αντίδραση, για να μετασχηματισθούν σε χρήσιμη ενέργεια (ονομάζονται και ως ενδιάμεσες ενέργειες). Είναι δηλαδή η ενεργεία που έχει προέλθει από έναν ή περισσότερους μετασχηματισμούς αλλά δεν έχει φθάσει ακόμα στην τελική μορφή για χρήση της. Στον πίνακα β' παρουσιάζονται οι

διάφορες δευτερογενείς πηγές ενέργειας, όπου διακρίνονται πάλι οι αναλώσιμες από τις ανανεώσιμες.

ΑΝΑΛΩΣΙΜΕΣ	Ηλεκτρική	Παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος
		Στοιχεία καυσίμου
	Πυρηνική	Τρίτιο
		Πλουτώνιο
	Απολιθώματα (από άνθρακα)	Κώκ (εξανθράκωμα)
		Ξυλάνθρακας
		Πίσσα
		Αέρια υψικαμίνου
		Υδαταέριο
		Φωταέριο (αέριο πόλεως)
		Πλινθία ανθράκων (μπρικέτες)
		Αεριοποιημένος άνθρακας
	Απολιθώματα (από πετρέλαιο)	Κηροζίνη
		Κώκ πετρελαίου
		Έλαια από πισσούχους σχιστόλιθους
		Έλαια από πετρελαιοφόρους άμμους
		Μαζούτ
		Υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG)
		Υγροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG)
Προπάνιο		
Βουτάνιο		
Ανακυκλωμένα λιπαντικά και διαλύτες		
ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ	Βιομάζα	Απόβλητα
		Φλοιός (σιτηρών, ρυζιού, βαμβακόσπορου)
		Τσόφλια φιστικιών
		Κοτσάνια από αραβόσιτο
		Αέριο μεθάνιο (βιοαέριο)
		Αλκοόλη (μεθανόλη, αιθανόλη)
		Απορρίμματα κ.α.

Πιν.β' Δευτερογενής πηγές ενέργειας

iii) Χρήσιμη ενέργεια είναι η ενέργεια με την επιθυμητή μορφή για τον καταναλωτή όπως μηχανικό έργο, θερμότητα, φωτισμός κ.τ.λ.

Η παραγωγή, κατανάλωση και διαχείριση ενεργειακών πόρων τόσο σε εθνικό, περιφερειακό, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο έχει καταστεί ένα από τα κυρίαρχα θέματα της εποχής μας. Η διασύνδεση του ενεργειακού τομέα με τη μελέτη και χάραξη οικονομικής πολιτικής από πλευράς επενδύσεων, απασχόλησης αλλά και κατανάλωσης, είναι πλέον ξεκάθαρη γι' αυτό και η ανάλυση και κατανόηση για το

πώς λειτουργούν οι ενεργειακές αγορές έχει τόσο μεγάλη σημασία. Αυτό έχει γίνει ιδιαίτερα κατανοητό τα τελευταία χρόνια, όπου η άνοδος των τιμών του πετρελαίου εξασκεί πιέσεις στην διεθνή οικονομία. Παράλληλα έχει επανεκτιμηθεί ο ρόλος της ενέργειας, ιδιαίτερα στον τομέα της παραγωγής, όσον αφορά τη συμβολή της στη δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου, την προστασία του περιβάλλοντος και γενικότερα την οικολογική ισορροπία του πλανήτη.

Για το λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση του ενδιαφέροντος για την εύρεση εναλλακτικών μορφών ενέργειας, φιλικών προς το περιβάλλον. Ταυτόχρονα γίνεται προσπάθεια ενημέρωσης για τη σπουδαιότητα της εξοικονόμησης ενέργειας.

Στο πλαίσιο της ανάγκης για εξοικονόμηση ενέργειας εντάσσεται και ο κτιριακός τομέας. Η οικιακή κατανάλωση αντιπροσωπεύει το 40% της συνολικής ενεργειακής δαπάνης ενώ ευθύνεται για το 40% των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Η ενεργειακή σπατάλη από τα ελληνικά σπίτια είναι η μεγαλύτερη στην Ευρώπη των 15. Ο τομέας των κτιρίων αποτελεί ίσως τον σημαντικότερο οικονομικό χώρο της Ευρώπης, παρουσιάζοντας ετήσιο κύκλο εργασιών που ξεπερνά τα 400 δισεκατομμύρια ευρώ. Ταυτόχρονα, σε ημερήσια βάση, η παγκόσμια πρωτογενής ενεργειακή κατανάλωση που σχετίζεται με τα κτίρια ξεπερνάει τα 17 εκατομμύρια βαρέλια πετρελαίου, ποσότητα περίπου ίση με την συνολική παραγωγή των χωρών του ΟΠΕΚ.

Τα ελληνικά σπίτια αιμοραγούν ενεργειακά, σύμφωνα με πρόσφατη έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος. Πέρα από το ότι κατέχουν τα πρωτεία στην κατανάλωση ενέργειας για σκοπούς θέρμανσης στην Ευρώπη των 15, οι ελληνικές κατοικίες σημείωσαν κατά τη 15ετία 1990 - 2005 και τη μεγαλύτερη αύξηση στη χρήση ενέργειας, συμπεριλαμβανομένου και του ηλεκτρικού ρεύματος. Όπως επισημαίνεται στην έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος με τίτλο «Ενέργεια και περιβάλλον 2008», οι Έλληνες χρησιμοποιούσαν το 2005 εντός του σπιτιού τους 62,5% περισσότερη ενέργεια απ' ό,τι το 1990. Την ίδια ώρα, η μέση αύξηση κατανάλωσης ενέργειας στην Ευρώπη των 15 δεν υπερέβαινε το 15%. Μάλιστα, χώρες με πιο ψυχρό κλίμα όπως η Ολλανδία και η Φινλανδία σημείωσαν κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα μείωση κατανάλωσης της τάξεως του 5% με 15%. Όσον αφορά στην ενέργεια για θέρμανση, οι Έλληνες ξόδεψαν κατά τις κρίσιμες ημέρες του 2005 περίπου 22 κιλά ισοδύναμου πετρελαίου για τη θέρμανση κάθε τετραγωνικού μέτρου των σπιτιών τους, ενώ ο μέσος όρος των 15 ευρωπαϊκών χωρών έφτανε τα 14 κιλά σε μέσες ευρωπαϊκές κλιματικές συνθήκες. Αποτέλεσμα αυτής της κατασπατάλησης ενέργειας είναι το γεγονός ότι οι ελληνικές κατοικίες κατέχουν τα πρωτεία και στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, όπως καταγράφεται και στην έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος. Στον αντίποδα της Ελλάδας βρίσκεται η Γερμανία, μέσα σε 12 χρόνια (από το 1990 έως το 2002) κατάφερε να μειώσει κατά 7% τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την ενεργειακή κατανάλωση στον οικιακό τομέα.

Τα κτίρια καταναλώνουν ενέργεια για την επίτευξη θερμικής και οπτικής άνεσης εντός των χώρων, καθώς και για την χρήση ειδικών συσκευών. Η τελική ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι της τάξης των 350 Mtoe ανά έτος, χωρίς να υπολογίζεται η συμμετοχή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το μεγαλύτερο μέρος της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων καλύπτεται από το φυσικό αέριο, 116 Mtoe, το πετρέλαιο 99 Mtoe, τον ηλεκτρισμό 91 Mtoe, και τα στερεά καύσιμα με 11 Mtoe.

Οι πραγματικές ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων στην Ευρώπη καλύπτονται σε μεγάλο ποσοστό και από την έμμεση χρήση της ηλιακής ακτινοβολίας και των

άλλων ατμοσφαιρικών πηγών. Στην περίπτωση αυτή το σύνολο της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων υπολογίζεται σε 740 Mtoe πρωτογενούς ενέργειας. Η κατανομή των διαφόρων πλέον καυσίμων είναι 43% διάφορα καύσιμα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, 20% από άμεση χρήση πετρελαίου, 18% από άμεση χρήση φυσικού αερίου, 6% από άλλα στερεά καύσιμα και κατά 15% από ηλιακή ενέργεια.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει ότι αντιστοιχεί περίπου ένας τόνος ισοδύναμου πετρελαίου ανά έτος και ανά κάτοικο για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων στην Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή κατά τα τελευταία χρόνια είναι ελαφρά αυξητική και η ετήσια αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης στα κτίρια είναι ίση με 0.7%.

Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα, είναι της τάξης των 4.6 Mtoe, και αντιστοιχούν 0.55 Mtoe ενέργειας ανά κάτοικο το έτος, δηλαδή περίπου το μισό της αντίστοιχης κατανάλωσης στην υπόλοιπη Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην Ελλάδα είναι καθαρά αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι περίπου 1,8%. Δεδομένου ότι ο κάτοικος των αστικών κυρίως κέντρων βιώνει το 80% της ζωής του στο εσωτερικό των κτιρίων, είναι προφανής η ανάγκη εύρεσης τρόπων μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης.

---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), είναι οι φυσικοί διαθέσιμοι πόροι-πηγές ενέργειας, που υπάρχουν σε αφθονία στο φυσικό μας περιβάλλον, που δεν εξαντλούνται αλλά διαρκώς ανανεώνονται και που δύνανται να μετατρέπονται σε ηλεκτρική ή θερμική ενέργεια, όπως είναι ο ήλιος, ο άνεμος, η βιομάζα, η γεωθερμία, οι υδατοπτώσεις και η θαλάσσια κίνηση. Το παγκόσμιο ενδιαφέρον προς την κατεύθυνση της αξιοποίησης τους οφείλεται σε δύο λόγους: i) την επίλυση του ενεργειακού προβλήματος, αφού τα αποθέματα συμβατικών πηγών ενέργειας εξαντλούνται και ii) το ότι πρόκειται για φιλικές προς το περιβάλλον λύσεις.

Οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας μπορούν να έχουν σημαντική συμβολή στην επίλυση του ενεργειακού προβλήματος, καθώς είναι οι μόνες πηγές ενέργειας που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον με εκπομπές CO<sub>2</sub>. Πέρα όμως από τα στενά πλαίσια αντιμετώπισης του φαινομένου του θερμοκηπίου, τα χαρακτηριστικά των Α.Π.Ε. (διασπορά στο χώρο, μη εξαντλησιμότητα, ευέλικτη διαχείριση, συμβολή στην περιφερειακή ανάπτυξη, δυνατότητα δημιουργίας θέσεων απασχόλησης κ.τ.λ.) τις καθιστούν συστατικό στοιχείο μιας νέας αναπτυξιακής πολιτικής και μοναδική μακροπρόθεσμη απάντηση στην πορεία προς την αειφόρο ανάπτυξη.

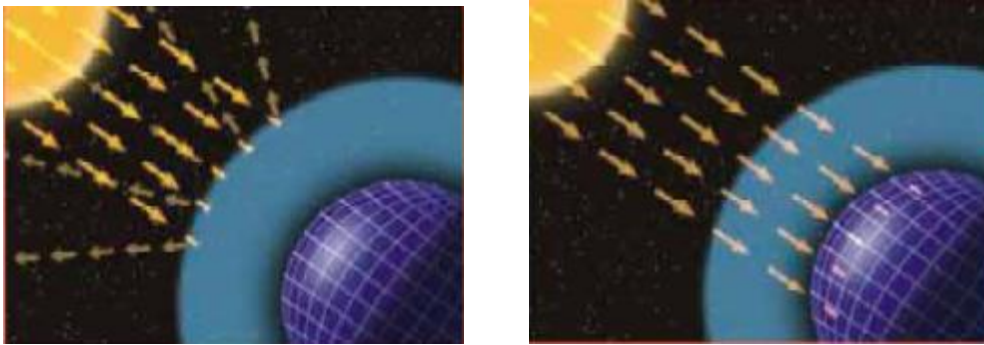
Ο ανανεώσιμος χαρακτήρας αυτών των πηγών ενέργειας σχετίζεται άμεσα με την προέλευση τους. Με εξαίρεση τη γεωθερμία και την παλιρροιακή ενέργεια, οι οποίες προέρχονται από τη από την εσωτερική θερμική ενέργεια της γης, οι υπόλοιπες οφείλονται άμεσα ή έμμεσα, στη ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην επιφάνειά της.

### 1.2 ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Ως ηλιακή ενέργεια ορίζεται η ενέργεια που φθάνει από τον ήλιο στη γη. Ο Ήλιος είναι η βασική πηγή ενέργειας του πλανήτη μας. Οι πυρηνικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στον ενεργό πυρήνα του ήλιου (από τη σύντηξη του υδρογόνου και τη μετατροπή του στο στοιχείο ήλιο) οδηγούν σε εσωτερικές θερμοκρασίες της τάξης των 107°K και μια εσωτερική ροή ακτινοβολίας, που απορροφάται από τα εξώτερα

παθητικά στρώματα με αποτέλεσμα να θερμαίνονται έως τους 5800°K περίπου.

Καθίστανται έτσι μια πηγή ακτινοβολίας με σχετικά συνεχές φάσμα, που προσομοιάζει προς αυτό μέλανος σώματος αντίστοιχης θερμοκρασίας. Η ένταση της ακτινοβολίας που φθάνει από τον ήλιο στα ακρότατα όρια της ατμοσφαιρας της γης έχει μέση τιμή  $1.395 \text{ W/m}^2$  (με μικρές διακυμάνσεις) και ορίζεται ως ηλιακή σταθερά. Η ακτινοβολούμενη από τον Ήλιο ισχύς είναι 63MW από κάθε τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας του. Μετά από 8 λεπτά της ώρας, (150 εκατομμύρια χιλιόμετρα μακριά) φθάνει τελικά στα όρια της γήινης ατμόσφαιρας ηλιακή, ακτινοβολία ισχύος 1,353 W σε κάθε τετραγωνικό μέτρο της επιφάνειας της. Κατά μέσο όρο  $173 \times 1.015 \text{ W}$  και είναι κατά τάξεις μεγαλύτερη της μέσης ισχύος που απαιτεί η ανθρωπότητα ( $7 \times 10^{12} \text{ W}$ ). Από αυτήν, το 30% ανακλάται στην ατμόσφαιρα και στην επιφάνεια της γης και επιστρέφει στο διάστημα. Το υπόλοιπο απορροφάται από την ατμόσφαιρα (εικ. 1.1).



Εικόνα 1.1 Πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στη γη

Σε αυτήν οφείλεται ο σχηματισμός ή διαθεσιμότητα της πλειονότητας των ενεργειακών πόρων, εξαντλήσιμων και μη, με εξαιρέσεις την πυρηνική ενέργεια, τη γεωθερμική (οφείλεται στη θερμοκρασία της γης) και την παλιρροιακή (οφείλεται στην έλξη γης-σελήνης). Επίσης η ηλιακή ακτινοβολία είναι αυτή που προκαλεί την εξάτμιση του νερού, κινεί τον αέρα και τα θαλάσσια ρεύματα, δημιουργεί τα καιρικά φαινόμενα. Το ασήμαντο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετασχηματίζεται σε χημική ενέργεια, με τη φωτοσύνθεση, είναι υπεύθυνο για τη ζωή στη γη και έχει δημιουργήσει στο πέρασμα των αιώνων, τα ορυκτά καύσιμα.

Η γη βρίσκεται σε απόσταση 150 εκατομμυρίων χιλιομέτρων 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. Αν και η ηλικία του ήλιου εκτιμάται να είναι μεγαλύτερη από πέντε δισεκατομμύρια έτη, υπολογίζεται ότι ο ήλιος θα συνεχίσει να εκπέμπει ακτινοβολία με τον ίδιο ρυθμό για άλλα τόσα έτη τουλάχιστον. Επομένως η ηλιακή ενέργεια είναι μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας.

Παρά το γεγονός ότι η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στα όρια της ατμόσφαιρας είναι παντού σταθερή, δεν συμβαίνει το ίδιο με αυτήν που φθάνει στο έδαφος, η ισχύς της οποίας σπάνια ξεπερνά τα  $1.000 \text{ W/m}^2$ . Αυτή εξαρτάται από την εποχή του έτους, την ώρα της ημέρας, την παρουσία των νεφών, της ομίχλης και της σκόνης. Εξασθενεί τόσο περισσότερο όσο μικρότερη είναι η γωνία πρόσπτωσης της στην επιφάνεια του εδάφους και, συνεπώς, μεγαλύτερη η διαδρομή της μέσα στην ατμόσφαιρα.

Ο τελευταίος αυτός παράγοντας είναι και ο σημαντικότερος για τη διαμόρφωση της έντασης της ηλιακής ενέργειας που φθάνει στο έδαφος. Γι' αυτό

άλλωστε, το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο μιας περιοχής παίζουν τόσο σπουδαίο ρόλο στη διαμόρφωση του καιρού σ' αυτήν, καθώς επίσης και των εποχών στα δυο ημισφαίρια της γης.

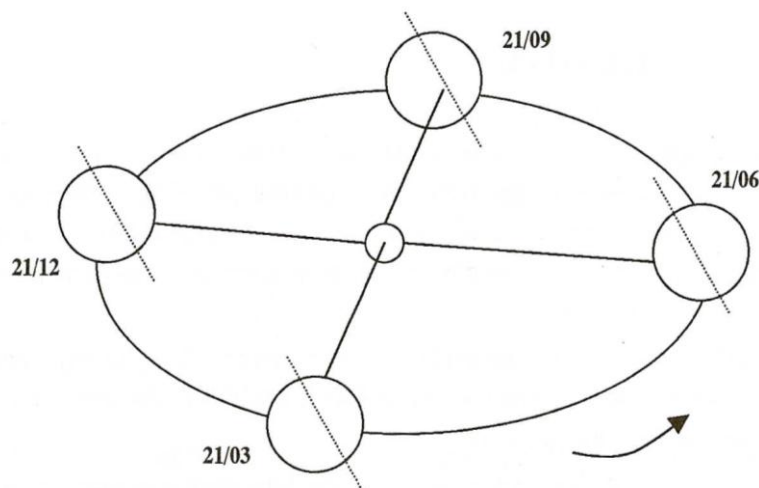
Όσο πιο κοντά στον Ισημερινό βρίσκεται μια περιοχή τόσο μικραίνει η διαδρομή της ηλιακής ακτινοβολίας και αυξάνει η γωνία πρόσπτωσης έως τις  $90^\circ$ , με αποτέλεσμα οι συνέπειες της να γίνονται πιο έντονες.

Η γη κάνει μία πλήρη περιστροφή γύρω από τον ήλιο εντός ενός έτους, κινούμενη σε επίπεδο με κέντρο τον ήλιο. Ταυτόχρονα περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της, με περίοδο μια ημέρα. Ο άξονας της γης διατηρεί σταθερή διεύθυνση κατά την κίνηση της γης γύρω από τον ήλιο, δίχως όμως να είναι κάθετος στο επίπεδο όπου κινείται η γη αλλά έχοντας μια κλίση  $\delta_0=23,5^\circ$ . Η κλίση αυτή του άξονα της γης έχει σαν αποτελέσματα:

- τη μεταβλητότητα της γωνίας με την οποία φθάνει η ηλιακή ακτινοβολία σε έναν τόπο στη διάρκεια του έτους (άλλοτε κάθετα και άλλοτε με κλίση),
- την επακόλουθη διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας στη διάρκεια του έτους (μεγαλύτερη ακτινοβολία όταν φθάνει με μικρότερη κλίση ως προς την κατακόρυφη στον τόπο),
- την ακολουθία των εποχών και τη διακύμανση των ωρών ηλιοφάνειας,
- τη μεταβλητότητα της θέσης του ήλιου κατά το ηλιακό μεσημέρι (ψηλότερα το καλοκαίρι, χαμηλότερα το χειμώνα κ.λπ.).

Έτσι οι τόποι στο βόρειο ημισφαίριο έχουν χειμώνα και χαμηλές θερμοκρασίες το Δεκέμβριο, όταν την ίδια περίοδο η ηλιακή ακτινοβολία φθάνει κάθετα στο νότιο ημισφαίριο με αποτέλεσμα να υπάρχει καλοκαιρία εκεί. Επίσης, την 21/3 και 21/9 συμβαίνει ισημερία, ενώ την 21/12 και 21/6 έχουμε στο βόρειο ημισφαίριο τη μικρότερη και μεγαλύτερη μέρα, αντίστοιχα (σχήμα 1).

Για τον ίδιο λόγο (κλίση του άξονα της γης προς το επίπεδο περιστροφής περί τον ήλιο) ο ήλιος δεν ανατέλλει πάντα από την Ανατολή ούτε δύει ακριβώς προς τη Δύση. Η παραπάνω κατεύθυνση κίνησης συμβαίνει μόνο τις δύο μέρες του χρόνου που υπάρχει ισημερία, ενώ στο μεσοδιάστημα ο ήλιος κινείται νοτιότερα τη χειμερινή περίοδο (ώστε ανατέλλει από ΝΑ κατεύθυνση και δύει προς ΝΔ κατεύθυνση), και κινείται βορειότερα την καλοκαιρινή περίοδο (από 21/3 έως 21/6) ανατέλλοντας από ΒΑ και δύνοντας ΒΔ.



Σχήμα 1. Η πορεία του ήλιου



Ανάλογα με τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας για τη τελική χρήση της, τα συστήματα αξιοποίησης της διακρίνονται στα:

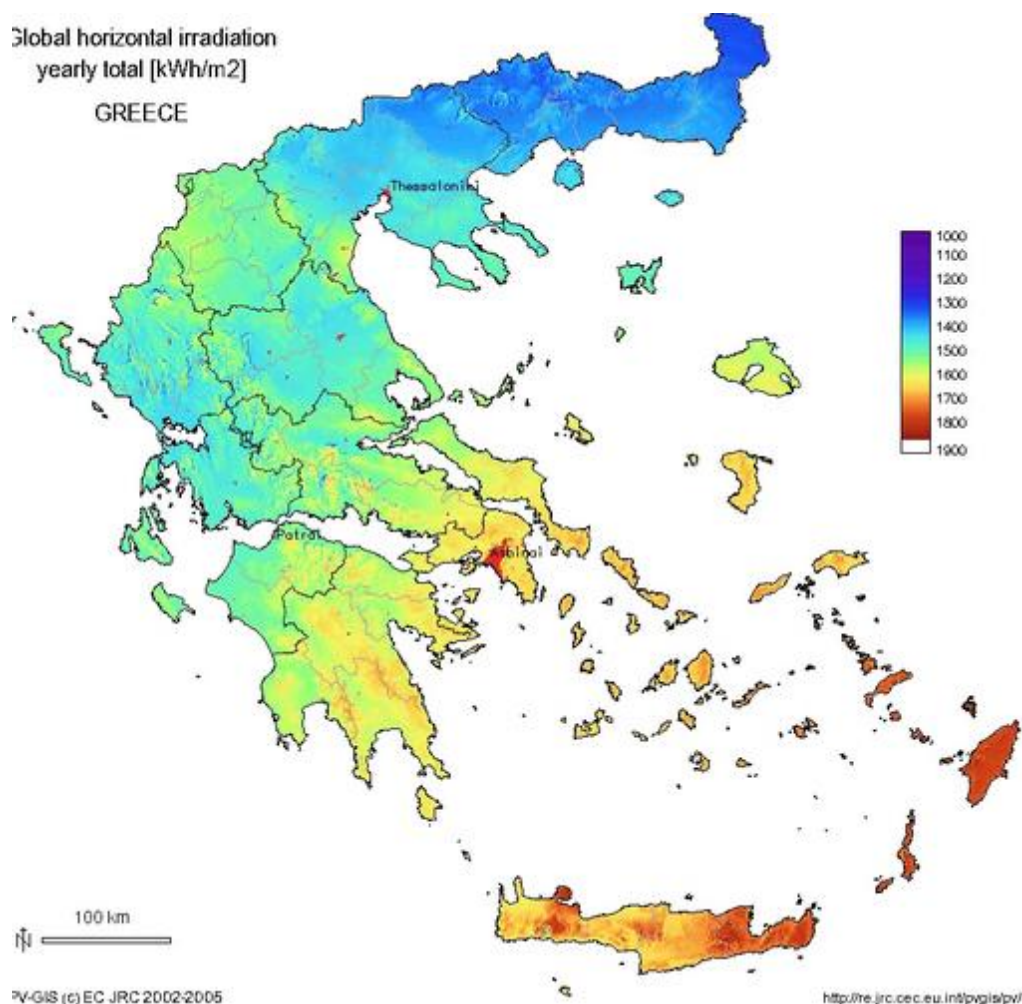
- παθητικά ηλιακά συστήματα, στα οποία συμβαίνει άμεση απολαβή της ηλιακής ακτινοβολίας, δίχως προηγούμενης μεταβολής της,
- ενεργητικά ηλιακά συστήματα, όπου συλλέγεται η ηλιακή ακτινοβολία με μετατροπή της σε θερμότητα, και
- φωτοβολταϊκά συστήματα, στα οποία η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία μετατρέπεται σε ηλεκτρισμό για περαιτέρω χρήση της.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα ενσωματώνονται κυρίως στις κατασκευές κτιρίων για εξυπηρέτηση των θερμικών φορτίων του χειμώνα και συνιστούν εξελιγμένες και οικονομικές τεχνολογίες. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιούνται τόσο σε οικιακές όσο και σε βιομηχανικές εφαρμογές. Έτσι, η θέρμανση νερού χρήσης αποτελεί μια οικονομική και ήδη διαδεδομένη τεχνολογία, ενώ αντίθετα η ηλιακή θέρμανση κατοικιών τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον. Στο βιομηχανικό τομέα διακρίνονται εφαρμογές θέρμανσης με χαμηλή ή εξαιρετικά υψηλή θερμοκρασία (π.χ. ηλιακοί φούρνοι με τη χρήση συγκεντρωτικών κατόπτρων), αφαλάτωσης (με τη χρήση ηλιακών αποστακτηρών ή συνήθων μεθόδων απόσταξης σε συνδυασμό με ηλιακούς συλλέκτες ή ηλιακές λίμνες) ή ηλεκτροπαραγωγής με τη χρήση συγκεντρωτικών κατόπτρων. Αλλά οικονομικό ενδιαφέρον έχουν κυρίως οι εφαρμογές σε χαμηλή θερμοκρασία. Μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον παρουσιάζει και η παραγωγή ηλεκτρισμού με φωτοβολταϊκά συστήματα, κυρίως σε περιοχές όπου δεν είναι οικονομικά δυνατόν να επεκταθεί το δίκτυο (π.χ. φωτισμός φάρων, κίνηση αντλιών για άρδευση, συστήματα πυρανίχνευσης σε δάση, ηλεκτροδότηση καταφυγίων, δορυφόρων κ.α.).

Στις ήδη ανεπτυγμένες και οικονομικά εφαρμόσιμες τεχνολογίες (τουλάχιστον για τα κλιματικά δεδομένα της χώρας μας) διακρίνουμε επομένως την εποχιακή θέρμανση κολυμβητηρίων (οι ανάγκες συμπίπτουν με περιόδους υψηλής ακτινοβολίας), την παραγωγή οικιακού θερμού νερού χρήσης για όλο το έτος, τη χρήση σχετικά φθηνών συλλεκτών για ξήρανση αγροτικής σοδειάς, τη μικρής κλίμακας εφαρμογή φωτοβολταϊκών συστημάτων και τα παθητικά ηλιακά συστήματα για εφαρμογή σε νέο-ανεγειρόμενες κυρίως κατοικίες.

### 1.2.1 Το δυναμικό της Ελλάδας

Η Ελλάδα βρίσκεται σε μια από τις πλέον ευνοημένες περιοχές του πλανήτη μας, τόσο από την πλευρά της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας όσο και από αυτήν της διαθεσιμότητας της. Στο μεγαλύτερο τμήμα της χώρας η ηλιοφάνεια διαρκεί περισσότερες από 2.700 ώρες το χρόνο. Αν και στη δυτική Μακεδονία και την Ήπειρο εμφανίζει τις μικρότερες τιμές της, κυμαινόμενη από 2.200 ως 2.300 ώρες, αντίθετα στη Ρόδο και τη νότια Κρήτη ξεπερνά τις 3.100 ώρες ετησίως (εικ 1.2).



Εικόνα 1.2. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα

Ο συνδυασμός του γεωγραφικού πλάτους της Ελλάδας και της υψηλής ηλιοφάνειας της έχει ως αποτέλεσμα να προσπίπτουν ημερησίως, κατά μέσω όρο, 4,3 KWh ηλιακής ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο οριζόντιας επιφάνειας. Αυτό συντελεί στο να είναι δυνατή, σε ολόκληρη την επικράτεια, η οικονομικά επωφελής εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών. Αδιάψευστη απόδειξη του γεγονότος αυτού αποτελεί η μεγάλη εξάπλωση των κάθε είδους συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας, με ευρύτερα διαδεδομένους τους ηλιακούς θερμοσίφωνες.

Οι μεγάλες ποσότητες ενέργειας που είναι δυνατό να παραχθούν με οικονομικά συμφέροντα τρόπο, καθώς και η ευρεία ποικιλία των εφαρμογών που μπορούν να αναπτυχθούν, καθιστούν τα πάσης φύσεως συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενδιαφέροντα και σε πολλές περιπτώσεις ιδιαίτερα ελκυστικά.

### 1.3 ΕΜΜΕΣΗ ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τα παραπάνω απεικονίζουν την άμεση αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού. Αλλά η ενέργεια του ήλιου μπορεί να αξιοποιηθεί μέσω άλλων μορφών ενέργειας που όμως είναι έμμεσα αποτελέσματα της. Από αυτές είναι η αιολική, η βιοενέργεια, η υδροηλεκτρική και η κυματική, οι οποίες σε συνδυασμό με άλλα φυσικά φαινόμενα δημιουργούν την πηγή της ενέργειας.

#### 1.3.1 Αιολική Ενέργεια

Όταν η ηλιακή ενέργεια εισέρχεται στην ατμόσφαιρα της γης θερμαίνει διάφορες περιοχές της ατμόσφαιρας σε διαφορετικό βαθμό (περισσότερο στον ισημερινό και λιγότερο στους πόλους). Ο θερμός αέρας που δημιουργείται έτσι διαστέλλεται, γίνεται ελαφρύτερος επομένως και κινείται προς τα πάνω (ανοδικό ρεύμα). Η χαμηλή πίεση κάτω από τον ανερχόμενο αέρα προκαλεί την κίνηση ψυχρού αέρα προς το σημείο αυτό και από κάθε κατεύθυνση. Η κινητική ενέργεια των ανέμων ορίζεται ως Αιολική Ενέργεια.

Παγκόσμια υπάρχουν σημαντικότερες διαφορές θερμοκρασιών καθώς οι τροπικές περιοχές μπορούν να έχουν θερμοκρασίες πάνω από 38°C όταν στις πολικές περιοχές οι θερμοκρασίες μπορούν να είναι πολύ κάτω των 0°C. Οι διαφορές αυτές οφείλονται κυρίως στη διαφορετική γωνία υπό την οποία προσπίπτουν οι ακτίνες του ήλιου καθώς π.χ. η ακτινοβολία που προσπίπτει υπό μικρότερη γωνία στους πόλους ανακλάται κυρίως προς το διάστημα. Σαν αποτέλεσμα, ζεστός ελαφρύς αέρας από τις τροπικές περιοχές ανυψώνεται και κινείται προς τους πόλους, ενώ ταυτόχρονα βαρύτερος αέρας από τους πόλους κινείται, κάτω από το ζεστό αέρα, προς τον ισημερινό (πλανητικός άνεμος).

Οι κινήσεις αυτές των αερίων μαζών δεν είναι ακριβώς κάθετες προς τον ισημερινό λόγω της κίνησης της γης, ώστε τελικά ο αέρας που κινείται προς τον ισημερινό κλίνει δυτικά, ενώ ο αέρας που κινείται προς τους πόλους κλίνει ανατολικά. Στην πράξη, στα δύο ημισφαίρια του πλανήτη διακρίνονται από τρεις περιοχές σχηματισμού ανέμων που ορίζονται ως κελύφη. Στον ισημερινό είναι το τροπικό κέλυφος όπου η πίεση του αέρα είναι πάντα χαμηλή. Ο αέρας στην επιφάνεια της γης ανυψώνεται και είναι πάντα ζεστός και υγρός ενώ οι άνεμοι είναι συνήθως μικρής έντασης. Βόρεια και νότια του τροπικού κελύφους υπάρχουν ζώνες δυτικών ανέμων, ενώ πέραν αυτών συναντάμε το πολικό μέτωπο όπου καταλήγουν οι πολικοί ανατολικοί άνεμοι.

Εκτός από τους πλανητικούς ανέμους, σχηματίζονται άνεμοι λόγω τοπικών διαφορών θερμοκρασίας ή λόγω της τοπογραφίας (τοπικοί άνεμοι). Στην κατηγορία αυτή ανήκει η ψυχρή αύρα από τη θάλασσα κατά την ημέρα, ή από τη στεριά προς τη θάλασσα κατά τη νύκτα, επειδή ακριβώς η στεριά ζεσταίνεται περισσότερο κατά την ημέρα από τον ήλιο (η θάλασσα έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα ώστε δεν μεταβάλλεται σημαντικά η θερμοκρασία της) και αντίστοιχα επειδή η θάλασσα ψύχεται αργότερα και άρα διατηρεί τη θερμοκρασία της κατά τη νύκτα. Επίσης, σε μορφολογία με βουνά και κοιλάδες και λόγω της ανομοιόμορφης θέρμανσης των κλιτύων και του πυθμένα της κοιλάδας, συναντώνται στις κλειτές θερμοί ανερχόμενοι άνεμοι κατά την ημέρα και ψυχροί κατερχόμενοι κατά τη νύκτα.

Σε παραθαλάσσιες θέσεις η ταχύτητα του ανέμου μπορεί να είναι κατά 0,5 m/s μεγαλύτερη από γειτονικές ηπειρωτικές θέσεις.

Τα περάσματα σε ορεινές περιοχές είναι συχνά θέσεις υψηλού δυναμικού αιολικής ενέργειας, ειδικότερα εάν το άνοιγμα τους είναι κατά την κατεύθυνση του επικρατούντος ανέμου.

Στην κορυφή λοφοσειρών που εκτείνονται κάθετα προς τον επικρατούντα άνεμο, παρατηρείται αυξημένη ταχύτητα ανέμου (π.χ. έως και διπλάσια) λόγω της πύκνωσης των ροϊκών γραμμών που επιβάλλει η στένωση της διαθέσιμης επιφάνειας ροής από την έξαρση της λοφοσειράς.

Η πηγή αυτής της ενέργειας είναι πρακτικά ανεξάντλητη, ανανεώνεται συνεχώς γι' αυτό ονομάζεται ανανεώσιμη. Εάν υπήρχε η δυνατότητα με τη σημερινή τεχνολογία να καταστεί εκμεταλλεύσιμο το συνολικό αιολικό δυναμικό της γης, εκτιμάται ότι σε ένα χρόνο, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τον άνεμο θα ήταν υπερδιπλάσια από τις ανάγκες σε ηλεκτρική ενέργεια της ανθρωπότητας στο ίδιο διάστημα. Δυστυχώς, μόνο ένα μικρό ποσοστό της τεράστιας ποσότητας αυτής της ενέργειας είναι σήμερα εκμεταλλεύσιμη. Εντούτοις υπολογίζεται ότι στο 25% της επιφάνειας της γης επικρατούν άνεμοι μέσης ετήσιας ταχύτητας πάνω από 5,1m το δευτερόλεπτο, σε ύψος 10m πάνω από το έδαφος. Όταν σε μία περιοχή οι άνεμοι πνέουν με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή τη τιμή, τότε το αιολικό δυναμικό του τόπου θεωρείται εκμεταλλεύσιμο και οι απαιτούμενες εγκαταστάσεις μπορούν να καταστούν οικονομικά βιώσιμες, σύμφωνα με τα σημερινά δεδομένα.

Για πολλές εκατοντάδες χρόνια, η κίνηση των πλοίων στηριζόταν στη δύναμη του ανέμου, ενώ η χρήση του παραδοσιακού ανεμόμυλου ως κινητήρια δύναμη για την άλεση του καλαμποκιού ή την άντληση νερού, εγκαταλείπεται μόλις στα μέσα του αιώνα μας. Είναι η εποχή που εξαπλώνεται ραγδαία η χρήση των συμβατικών καυσίμων και ο ηλεκτρισμός φθάνει ως τα πιο απομακρυσμένα σημεία.

Το ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, εκδηλώθηκε έντονα το δεύτερο μισό του 20<sup>ου</sup> αιώνα και ιδιαίτερα περίπου στα μέσα της δεκαετίας του '70 και ήταν αποτέλεσμα της πετρελαϊκής κρίσης που είχε ξεσπάσει.

### 1.3.1.1 Η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας

Η εγκατεστημένη δυναμικότητα για την παραγωγή ηλεκτρισμού από αιολική ενέργεια διπλασιάζεται κάθε 2,5 χρόνια από το 1991. Στη Δανία το 15% της ηλεκτρικής ενέργειας παράγεται από τον άνεμο και σε άλλες χώρες, όπως η Γερμανία, η Ισπανία και οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, ο ρυθμός εγκατάστασης των ανεμογεννητριών τα τελευταία χρόνια υπερβαίνει τα 1.000 MW ανά έτος. Μέχρι τα τέλη του 2004, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς σε όλο τον κόσμο ξεπέρασε τα 50.000 MW. Από αυτά, τα 34.205 MW βρίσκονται στην Ευρωπαϊκή ένωση.

Σήμερα οι περισσότερες από τις ανεμογεννήτριες έχουν εγκατασταθεί στη ξηρά, αλλά αρκετές χώρες έχουν φιλόδοξα σχέδια για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών και στη θάλασσα. Η Δανία για παράδειγμα, ήδη διαθέτει τρία θαλάσσια αιολικά πάρκα και σχεδιάζει περισσότερα, ως μέρος του στόχου που έχει θέσει να παράγει το 30% της ηλεκτρικής ενέργειας από αιολική μέχρι το 2020.

Οι δύο πρώτες ανεμογεννήτριες σε θάλασσα της Μ. Βρετανίας εγκαταστάθηκαν έξω από το λιμάνι του Blyth στο Northumberland το 2000. Ενώ έχουν ήδη εντοπιστεί τοποθεσίες για 13 θαλάσσια αιολικά πάρκα. Συνολικά η εγκατεστημένη ισχύς τους θα ανέρχεται σε 1.600 MW.

Η αιολική βιομηχανία αναπτύσσεται με γρηγορότερους ρυθμούς από αυτήν των προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών, ενώ είναι εφάμιλλη αυτής της κινητής

τηλεφωνίας. Οι περισσότεροι αναλυτές συμφωνούν ότι η αναμενόμενη τεχνολογική πρόοδος τα επόμενα έτη θα είναι μάλλον εξελικτική και όχι αλματώδης. Κυρίαρχο και καθοριστικό ρόλο στην εγκαθίδρυση της θέσης της αιολικής ενέργειας στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας κατά την τελευταία δεκαετία έχει παίξει η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Αυτό έχει επιτευχθεί αφενός μέσω μιας σειράς στρατηγικών αποφάσεων και κινήτρων και αφετέρου μέσω της έντονης υποστήριξης δραστηριοτήτων έρευνας και ανάπτυξης, κάτι που αποτελεί κλειδί στην εμπορική επιτυχία της αιολικής ενέργειας, επιτυγχάνοντας τη μείωση του κόστους παραγωγής στην τάξη των 5 €/KWh σε περιοχές με καλό αιολικό δυναμικό. Τέλος, η ίδια σαφής υπεροχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης καταγράφεται επίσης σε επίπεδο κατασκευαστών ανεμογεννητριών οι οποίοι καλύπτουν το 90% της παγκόσμιας κατασκευαστικής δυναμικότητας.

Στη χώρα μας, οι προσπάθειες για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρισμού ξεκίνησαν στις αρχές της δεκαετίας του '80 από τη Δ.Ε.Η. και στα μέσα της δεκαετίας του 1990 δόθηκε μεγάλη ώθηση με τη διευκόλυνση επενδύσεων από ιδιώτες (Ν 2244/94).

Η συνολική παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τη λειτουργία των 17 αιολικών πάρκων ανέρχεται σε 360 GWh ανά έτος. Η χώρα μας έχει δυνατότητα για την εγκατάσταση και λειτουργία αιολικών μονάδων συνολικής ισχύος 3.000 MW τόσο στην ενδοχώρα, για άμεση ενίσχυση του διασυνδεδεμένου δικτύου, όσο και στο νησιωτικό σύμπλεγμα, με δυνατότητα να καλυφθεί το 25-35% των αναγκών της σε ηλεκτρική ενέργεια.

### 1.3.2 Ενέργεια από Βιομάζα

Από τους προϊστορικούς χρόνους οι άνθρωποι έχουν εκμεταλλευτεί το ενεργειακό περιεχόμενο του ξύλου, με την καύση του για την παραγωγή θερμότητας, για το φωτισμό και για το μαγείρεμα. Το ξύλο δημιουργείται με τη φωτοσύνθεση στα φύλλα των φυτών. Η φωτοσύνθεση είναι μια διεργασία που τροφοδοτείται από την ηλιακή ενέργεια, κατά την οποία το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας και το νερό μετατρέπονται σε υδρογονάνθρακες (ενώσεις άνθρακα, οξυγόνου και υδρογόνου) στα φύλλα και στους βλαστούς των φυτών. Αυτά με τη μορφή του ξύλου ή άλλων τύπων βιομάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως καύσιμα τα «βιοκαύσιμα», που είναι πηγές «βιοενέργειας».

**Νερό + Διοξείδιο του άνθρακα + Ηλιακή ενέργεια (φωτόνια) + Ανόργανα**

**στοιχεία →**

**Βιομάζα + Οξυγόνο**

Ως βιομάζα ορίζεται η ύλη που έχει βιολογική (οργανική) προέλευση. Το ξύλο χρησιμοποιείται ακόμα ευρέως ως καύσιμο σε πολλές περιοχές του αναπτυσσόμενου κόσμου ενώ σε κάποιες χώρες, χρησιμοποιούνται επίσης και άλλα βιοκαύσιμα όπως η κοπριά των ζώων. Τα παραδοσιακά βιοκαύσιμα εκτιμάται ότι αποτελούν το 11% περίπου της παγκόσμιας πρωτογενούς ενέργειας, παρόλο που αυτές οι εκτιμήσεις περιέχουν αρκετή αβεβαιότητα.

Η βιομάζα αποτελεί μια σημαντική, ανεξάντλητη και φιλική προς το περιβάλλον πηγή ενέργειας, η οποία είναι δυνατό να συμβάλλει σημαντικά στην ενεργειακή επάρκεια αντικαθιστώντας τα συνεχώς εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας, φυσικό αέριο κ.α.).

Αν στα δάση που παράγουν ξυλεία φυτεύονται εκ νέου με τους ίδιους ρυθμούς που υλοτομούνται, τότε αυτά τα καύσιμα θεωρούνται πρακτικά βιώσιμα. Ταυτόχρονα το CO<sub>2</sub> που απορροφάται κατά την ανάπτυξη των νέων δένδρων ισούται με το CO<sub>2</sub> που απελευθερώνεται κατά την καύση των αρχικών δένδρων. Αυτό, όμως συμβαίνει πραγματικά μόνο όταν επιτυγχάνεται πλήρης καύση του ξύλου και όλη η ποσότητα άνθρακα που περιέχεται σε αυτό απελευθερώνεται με τη μορφή CO<sub>2</sub>. Σχεδόν τέλεια καύση επιτυγχάνεται μόνο στις καλύτερες διαθέσιμες σόμπες και φούρνους με ξύλα, ενώ οι περισσότερες εστίες καύσης δεν είναι τόσο αποδοτικές. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι όχι μόνο απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα (σε μικρότερες ποσότητες αν η καύση είναι ατελής) αλλά και άλλα προϊόντα καύσης, μερικά από τα οποία είναι πιο επιβλαβή αέρια του θερμοκηπίου σε σχέση με το CO<sub>2</sub>, όπως το μεθάνιο. Η ατελής καύση του ξύλου μπορεί να απελευθερώσει μίγμα αερίων του θερμοκηπίου με μεγαλύτερη επίδραση στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη από αυτή που μπορεί να αντισταθμιστεί από το CO<sub>2</sub> που απορροφάται κατά τη διάρκεια ανάπτυξης των νέων φυτών. Έτσι αποδεικνύει την επείγουσα ανάγκη βελτίωσης της απόδοσης των παραδοσιακών διεργασιών καύσης του ξύλου. Παρόλα αυτά πρέπει να υπογραμμιστεί ότι η συνολική επίδραση των εκπομπών αερίου του θερμοκηπίου που προκύπτουν από την ατελή καύση της βιομάζας στις αναπτυσσόμενες χώρες στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη είναι πολύ χαμηλότερη από την αντίστοιχη των εκπομπών από την καύση των ορυκτών καυσίμων στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Ένα επιπλέον πρόβλημα είναι το γεγονός ότι σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες το ξύλο καταναλώνεται με ρυθμό μεγαλύτερο από αυτόν με τον οποίο αναπτύσσεται, πράγμα που καθιστά τη διαδικασία μη βιώσιμη.

Πρακτικά στον όρο βιομάζα εμπεριέχεται οποιοδήποτε υλικό που προέρχεται άμεσα ή έμμεσα από το φυτικό κόσμο. Πιο συγκεκριμένα, σ' αυτήν περιλαμβάνονται:

- οι φυτικές ύλες που προέρχονται είτε από φυσικά οικοσυστήματα, όπως π.χ. αυτοφυή φυτά και δάση, είτε από τις ενεργειακές καλλιέργειες (έτσι ονομάζονται τα φυτά που καλλιεργούνται με σκοπό την παραγωγή βιομάζας για την παραγωγή ενέργειας) γεωργικών και δασικών ειδών όπως π.χ. το σόργο, το σακχαρούχο, το καλάμι, ο ευκάλυπτος κ.α.,
- τα υποπροϊόντα και τα κατάλοιπα της φυτικής, ζωικής, δασικής και αλιευτικής παραγωγής, όπως π.χ. το άχυρο, στελέχη αραβόσιτου, στελέχη βαμβακιάς, κλαδοδέματα, κλαδιά δένδρων, φύκη, κτηνοτροφικά απόβλητα, οι κληματίδες κ.α.,
- τα υποπροϊόντα που προέρχονται από τη μεταποίηση ή την επεξεργασία των υλικών αυτών, όπως π.χ. τα ελαιοπυρηνόξυλα, υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, το πριονίδι κ.α., καθώς και
- το βιολογικής προέλευσης μέρος των αστικών λυμάτων και σκουπιδιών.

### 1.3.2.1 Παγκόσμιο και Ελληνικό δυναμικό

Η Βιομάζα που παράγεται κάθε χρόνο στον πλανήτη μας υπολογίζεται ότι ανέρχεται σε 172 δισεκατομμύρια τόνους ξηρού υλικού, με ενεργειακό περιεχόμενο δεκαπλάσιο της ενέργειας που καταναλώνεται παγκοσμίως στο ίδιο διάστημα. Το

τεράστιο αυτό ενεργειακό δυναμικό παραμένει κατά το μεγαλύτερο μέρος ανεκμετάλλευτο, καθώς σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις, μόνο το 1/7 της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας καλύπτεται από βιομάζα και αφορά κυρίως τις παραδοσιακές χρήσεις της (καυσόξυλα κ.τ.λ.).

Στην Ελλάδα, τα κατά έτος διαθέσιμα γεωργικά και δασικά υπολείμματα ισοδυναμούν ενεργειακά με 3 με 4 εκατομμύρια τόνους πετρελαίου, ενώ το δυναμικό των ενεργειακών καλλιεργειών μπορεί, με τα σημερινά δεδομένα, να ξεπεράσει εκείνο των γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί ενεργειακά στο 30-40% της ποσότητας του πετρελαίου που καταναλώνεται ημερησίως στη χώρα μας. (Σημειώνεται ότι 1 τόνος βιομάζας ισοδυναμεί περίπου με 0,4 τόνους πετρελαίου). Εντούτοις, με τα σημερινά δεδομένα καλύπτεται μόλις το 3% περίπου των ενεργειακών αναγκών της με τη χρήση της διαθέσιμης βιομάζας.

Η βιομάζα στη χώρα μας χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή, κατά τον παραδοσιακό τρόπο, θερμότητας στον οικιακό τομέα (μαγειρική, θέρμανση), για τη θέρμανση θερμοκηπίων, σε ελαιοουργεία, καθώς και με τη χρήση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών στη βιομηχανία (εκκοκκιστήρια βαμβακιού, παραγωγή προϊόντων ξυλείας, ασβεστοκάμινοι κ.α.), σε περιορισμένη όμως κλίμακα. Ως πρώτη ύλη σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται υποπροϊόντα της βιομηχανίας ξύλου, ελαιοπυρηνόξυλα, κουκούτσια ροδάκινων και άλλων φρούτων, τσόφλια αμυγδάλων, βιομάζα δασικής προέλευσης, άχυρο σιτηρών, υπολείμματα εκκοκκισμού κ.α.

Οι προοπτικές αξιοποίησης της βιομάζας στη χώρα μας είναι εξαιρετικά ευοίωνες, καθώς υπάρχει σημαντικό δυναμικό, μεγάλο μέρος του οποίου είναι άμεσα διαθέσιμο. Παράλληλα, η ενέργεια που μπορεί να παραχθεί είναι σε πολλές περιπτώσεις οικονομικά ανταγωνιστική αυτής που παράγεται από τις συμβατικές πηγές ενέργειας.

Έχει εκτιμηθεί ότι το σύνολο της άμεσα διαθέσιμης βιομάζας στην Ελλάδα συνιστάται από 7.500.000 περίπου τόνους υπολειμμάτων γεωργικών καλλιεργειών (σιτηρών, αραβοσίτου, βαμβακιού, καπνού, ηλίανθου, κλαδοδεμάτων, κληματίδων, πυρηνόξυλου κ.α.), καθώς και από 2.700.000 τόνους δασικών υπολειμμάτων υλοτομίας (κλαδιά, φλοιοί κ.α.). Εκτός του ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της βιομάζας δυστυχώς παραμένει αναξιοποίητο, πολλές φορές αποτελεί αίτια πολλών δυσάρεστων καταστάσεων όπως πυρκαγιές, δυσκολία στην εκτέλεση εργασιών, διάδοση ασθενειών κ.α.

Από τις παραπάνω ποσότητες βιομάζας, το ποσοστό τους εκείνο που προκύπτει σε μορφή υπολειμμάτων κατά τη δευτερογενή παραγωγή προϊόντων (εκκοκκισμός βαμβακιού, μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, επεξεργασία ξύλου κ.α.) είναι άμεσα διαθέσιμο δεν απαιτεί ιδιαίτερη φροντίδα συλλογής, δεν παρουσιάζει προβλήματα μεταφοράς και μπορεί να τροφοδοτήσει απευθείας διάφορα συστήματα παραγωγής ενέργειας. Μπορεί δηλαδή, η εκμετάλλευση του να καταστεί οικονομικά συμφέρουσα. Παράλληλα με την αξιοποίηση των διαφόρων γεωργικών και δασικών υπολειμμάτων, σημαντικές ποσότητες βιομάζας είναι δυνατό να ληφθούν από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Συγκριτικά με τα γεωργικά και δασικά υπολείμματα, οι καλλιέργειες αυτές έχουν το πλεονέκτημα της υψηλότερης παραγωγής ανά μονάδα επιφάνειας, καθώς και της ευκολότερης συλλογής.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ενεργειακές καλλιέργειες αποκτούν τα τελευταία χρόνια ιδιαίτερη σημασία για τις αναπτυσσόμενες χώρες, που προσπαθούν μέσω των καλλιεργειών αυτών, να περιορίσουν, πέραν των περιβαλλοντικών και ενεργειακών τους προβλημάτων, και το πρόβλημα των γεωργικών πλεονασμάτων. Στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης τα γεωργικά πλεονάσματα, και τα οικονομικά προβλήματα που αυτά δημιουργούν, οδηγούν αναπόφευκτα στη μείωση της γεωργικής γης και της

αγροτικής παραγωγής. Θα μπορούσαν να αποδοθούν στις ενεργειακές καλλιέργειες 100 με 150 εκατομμύρια στρέμματα γεωργικής γης, προκειμένου να αποφευχθούν τα προβλήματα των επιδοτήσεων των γεωργικών πλεονασμάτων και της απόρριψης αυτών στις χωματερές, με ταυτόχρονη αύξηση των ευρωπαϊκών ενεργειακών πόρων.

«Τουλάχιστον 2,5 εκατομμύρια τόνοι, δηλαδή το 25% των 10 εκατομμυρίων που είναι η ετήσια παραγωγή υπολειμμάτων από τις αγροκαλλιέργειες και τα δάση της χώρας μας αλλά και ο όγκος πριονιδιού που καταλήγει στις χωματερές, είναι άμεσα αξιοποιήσιμα για τη θέρμανση και την παραγωγή ηλεκτρισμού. Κι όμως, παραμένουν στα αζήτητα, παρά το γεγονός ότι από όλες τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας η βιομάζα είναι αυτή που προσφέρει τις περισσότερες θέσεις εργασίας» λέει στα «ΝΕΑ» ο κ. Κώστας Νασίκας, μέλος του Δ.Σ. της Ελληνικής Εταιρείας Βιομάζας. Μάλιστα, αν αυτά τα 2,5 εκατομμύρια τόνοι αξιοποιούνταν στην ηλεκτροπαραγωγή, θα επαρκούσαν ως καύσιμα για τη λειτουργία ενός σταθμού 400 MW (δηλαδή για το 3-4% των αναγκών της χώρας) αναφέρει σε ανακοίνωσή του ο Σύνδεσμος Συμπααραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας.

### 1.3.3. Υδροηλεκτρική Ενέργεια

Πρόκειται για τη μηχανική ενέργεια του ύδατος που μπορεί κυρίως και συνήθως να δεσμευθεί σε υδατοπτώσεις. Περίπου το ένα τέταρτο της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στη γη καταναλώνεται για την εξάτμιση ύδατος από τις θάλασσες, τις λίμνες και τους νερόλακκους. Έτσι, οι υδρατμοί στην ατμόσφαιρα αντιπροσωπεύουν μια τεράστια ενεργειακή αποθήκευση που ανανεώνεται συνεχώς. Όμως, το μεγαλύτερο μέρος της ανακυκλώνεται στην ατμόσφαιρα, όταν οι υδρατμοί συμπυκνώνονται για να σχηματίσουν βροχή ή χιόνι. Έτσι σε οποιοδήποτε ύψος επάνω από τη στάθμη της θάλασσας το νερό αντιπροσωπεύει αποθηκευμένη βαρυτική ενέργεια και μόνο ένα μικρό τμήμα της (μικρότερο από 0,1%) είναι δυναμικά διαθέσιμο κατά την περίπτωση που η βροχή πέφτει στην ξηρά. Η ενέργεια αυτή διαχέεται στη φύση από δίνες και ρεύματα, καθώς το νερό ρέει κατηφορικά σε ρυάκια, χείμαρρους και ποτάμια πριν φτάσει στη θάλασσα. Όσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος του αποθηκευμένου νερού και όσο ψηλότερα βρίσκεται, τόσο περισσότερη ενέργεια που περιέχει. Έτσι το αποθηκευμένο νερό σ' έναν ταμιευτήρα πίσω από ένα φράγμα περιέχει σημαντική δυναμική ενέργεια.

Για την απόληψη αυτής της ενέργειας σε μία ελεγχόμενη μορφή, μπορεί να εκτραπεί ένα μέρος ή όλο το νερό ενός φυσικού υδατικού δίαυλου σε ένα σωλήνα. Στη συνέχεια μπορεί να οδηγηθεί ως ρεύμα νερού υπό πίεση σε ένα υδροτροχό ή στροβιλοτροχό, έτσι ώστε το νερό που προσπίπτει στα πτερύγια να προκαλεί περιστροφή του τροχού και την παραγωγή μηχανικής ενέργειας. Στους νερόμυλους, μεγάλοι ξύλινοι υδροτροχοί περιστρέφονται αργά ώστε να στρέφουν τις μυλόπετρες για το άλεσμα του σταριού. Παρόμοιες αρχές χρησιμοποιήθηκαν για την άντληση του νερού, την κοπή του ξύλου και την οδήγηση απλών μηχανών σε εργοστάσια. Σήμερα ένας σύγχρονος στρόβιλος συνδέεται σε μία γεννήτρια για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία στην συνέχεια μεταδίδεται στο σημείο όπου υπάρχει ζήτηση. Η υδροηλεκτρική τεχνολογία είναι μία από τις κύριες και πιο ώριμες ενεργειακές τεχνολογίες καθώς καλύπτει περί το 20% των παγκοσμίων αναγκών σε ηλεκτρισμό, ενώ στις αναπτυσσόμενες χώρες φθάνει το 40%. Η δυναμικότητα των μεγάλων υδροηλεκτρικών σχημάτων μπορεί να είναι πολλαπλάσια αυτής των συμβατικών



σταθμών. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί είναι ιδιαίτερα αποδοτικοί, αξιόπιστοι και με μεγάλο χρόνο ζωής. Είναι ρυθμιζόμενοι και εισάγουν ένα στοιχείο αποθήκευσης στο σύστημα παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Παρά το μεγάλο υφιστάμενο υδροηλεκτρικό δυναμικό, υπάρχουν ακόμη περιθώρια για περαιτέρω ανάπτυξη καθώς σύμφωνα με τις περισσότερες εκτιμήσεις, η παρούσα εκμετάλλευση αφορά μόνο το 10% περίπου του συνολικού παγκόσμιου βιώσιμου υδροδυναμικού. Η σχετική συνεισφορά της υδροηλεκτρικής ενέργειας (και άλλων ανανεώσιμων πηγών παραγωγής ηλεκτρισμού) μειώνεται στο 1/3 στις περισσότερες εθνικές και διεθνείς στατιστικές για την ενέργεια. Στη χώρα μας έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό τα υδροηλεκτρικά έργα, τουλάχιστον για τις περιοχές που εμφανίζουν υψηλό δυναμικό. Έτσι η Δ.Ε.Η. έχει εγκαταστήσει υδροηλεκτρικές μονάδες συνολικής ισχύος 3.052,4 MW, ώστε πλέον σημαντικό ενδιαφέρον και δυναμική εμφανίζουν τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα.

### 1.3.3.1 Διάκριση των υδροηλεκτρικών

Όταν η εκμετάλλευση της υδροηλεκτρικής ενέργειας γίνεται σε μικρή κλίμακα, τότε οι επιπτώσεις στο περιβάλλον είναι μικρές και αμελητέες. Όμως πολλές σύγχρονες υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις έχουν κατασκευαστεί σε πολύ μεγάλη κλίμακα με αποτέλεσμα τη δημιουργία τεράστιων φραγμάτων και τον κατακλυσμό με ύδατα εξαιρετικά μεγάλων περιοχών.

Τα Μικρής κλίμακας Υδροηλεκτρικά Συστήματα (ΜΥΗΣ), είναι κυρίως «συνεχούς ροής», δηλαδή δεν περιλαμβάνουν σημαντική περισυλλογή νερού και επομένως δεν απαιτείται η κατασκευή μεγάλων φραγμάτων και ταμιευτήρων, αν και όπου αυτά υπάρχουν ήδη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν εύκολα είναι επιβοηθητικά. Δεν υφίσταται κάποια γενική διεθνής παραδοχή για τον ορισμό των ΜΥΗΣ, το ανώτερο όριο των οποίων ποικίλλει μεταξύ των 2,5 και 25 MW σε διάφορες χώρες, αλλά γίνεται αποδεκτή η τιμή των 10 MW, όπως συμβαίνει με την Ευρωπαϊκή Εταιρεία Μικρών Υδροηλεκτρικών (ESHA).

Παρακάτω η αναφορά σε ΜΥΗΣ θα ισούται κάθε υδροηλεκτρικό σύστημα με ονομαστική ισχύ 10 MW ή μικρότερη. Αυτά μπορούν να υποδιαιρεθούν περαιτέρω σε «μίνι υδροηλεκτρικά», συνήθως οριζόμενα ως τα συστήματα εκείνα με ισχύ <500 KW, και σε «μικρο-υδροηλεκτρικά» με ισχύ <100 KW. Όποιος ορισμός και να χρησιμοποιηθεί για το μέγεθος, τα ΜΥΗΣ αποτελούν μία από τις πιο ήπιες μορφές προς το περιβάλλον για την παραγωγή ενέργειας, βασιζόμενα στη χρήση μιας μη ρυπογόνου ανανεώσιμης πηγής και απαιτώντας μικρές επεμβάσεις στο περιβάλλοντα χώρο. Σε αντίθεση με κάποιες άλλες από τις τεχνολογίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τα ΜΥΗΣ μπορούν να παράγουν ένα ποσό ηλεκτρισμού σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή ανάλογα με την ζήτηση (δηλαδή δεν απαιτούν συστήματα αποθήκευσης ή εφεδρείας), τουλάχιστον στις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες υφίσταται επαρκής ροή νερού, και σε κόστος ανταγωνιστικό των συμβατικών σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Έτσι ένα τυπικό ΜΥΗΣ των 5 MW υποκαθιστά 1.400 τόνους ανά έτος, ορυκτού καυσίμου αποτρέποντας την εκπομπή 16.000 τόνων CO<sub>2</sub> και πάνω από 100 τόνων SO<sub>2</sub> ανά έτος, ενώ καλύπτει τις ανάγκες σε ηλεκτρισμό περισσότερων από 5.000 οικογενειών.

### 1.3.4 Κυματική Ενέργεια

Όταν ο άνεμος πνέει στους ωκεανούς δημιουργούνται κύματα, η ενέργεια των οποίων αυξάνεται σταδιακά καθώς διανύουν μεγάλες αποστάσεις. Ο θαλάσσιος κυματισμός συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα που χαρακτηρίζουν τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ενώ οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση τεχνολογιών κυματικής ενέργειας θεωρούνται ήπιες. Αξιοσημείωτο είναι ότι η εγκατάσταση σταθμών κυματικής ενέργειας δεν απαιτεί δέσμευση γης.

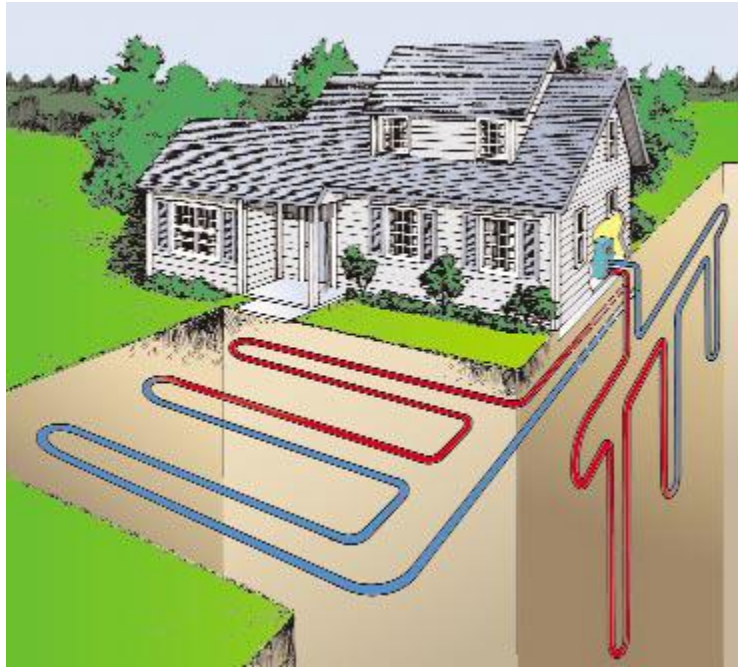
Σύμφωνα με μελέτες, το υπεράκτιο κυματικό δυναμικό για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, εκτιμάται σε 320-330 GW από τα οποία περίπου 30 GW, αφορούν την Μεσόγειο Θάλασσα. Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα υψηλότερα εκμεταλλεύσιμα “αποθέματα” κυματικού δυναμικού εμφανίζονται στις Ευρωπαϊκές χώρες που βρέχονται από τον Ατλαντικό (Ιρλανδία, Μ. Βρετανία, Πορτογαλία, Νορβηγία, Δανία κ.α.), με μέσες τιμές κυματικής ενέργειας, η οποία σε ορισμένες περιοχές ξεπερνάει τα 70-80 KW/m σε ετήσια βάση.

Η Ελλάδα, συγκαταλέγεται στις χώρες με αξιοποιήσιμους πόρους κυματικής ενέργειας και σύμφωνα με πρόσφατα επιστημονικά ευρήματα, η περιοχή του Αιγαίου Πελάγους παρουσιάζει τα υψηλότερα επίπεδα κυματικού δυναμικού στην Μεσόγειο (4-11 KW/h έναντι 25-70 KW/h στον Ανατολικό Ατλαντικό και 10-25 KW/h στην Β.Θάλασσα), ενέργεια, η οποία μέχρι σήμερα παραμένει ανεκμετάλλευτη.

Οι τεχνολογίες αξιοποίησης της κυματικής ενέργειας δεν είναι ακόμα οικονομικά ελκυστικές και δεν έχουν αναπτυχθεί πλήρως, όμως πολλές κυβερνήσεις έχουν επανεκτιμήσει τις δυνατότητες της και αναμένονται εξελίξεις τις επόμενες δεκαετίες.

### 1.3.5 Αβαθής Γεωθερμική ενέργεια

Είναι η αποθηκευμένη σε μορφή θερμότητας ενέργεια του φλοιού της γης, σε βάθη έως 150m και με θερμοκρασίες υπεδάφους έως 20°C. Αυτή η ενέργεια προέρχεται από την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από την γήινη επιφάνεια. Στα γεωγραφικά πλάτη της εύκρατης ζώνης κάτω από κάποιο βάθος η θερμοκρασία παραμένει (10-20°C ) καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η εκμετάλλευση της αβαθής γεωθερμίας μπορεί να γίνει το χειμώνα για τη θέρμανση του νερού κεντρικής θέρμανσης 50°C και το καλοκαίρι για την ψύξη του νερού κλιματισμού έως 10°C , όπως επίσης και για ζεστό νερό χρήσης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (εικ. 1.3).



Εικόνα 1.3. Εγκατάσταση αβαθούς γεωθερμίας

### 1.4 ΜΗ ΗΛΙΑΚΕΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι παρακάτω μορφές ενέργειας δεν εξαρτώνται αποκλειστικά από την ηλιακή ακτινοβολία για την δημιουργία τους αλλά μόνο ένα μικρό μέρος τους.

#### 1.4.1 Γεωθερμική Ενέργεια

Η γεωθερμική ενέργεια είναι ακόμα μία ανανεώσιμη πηγή ενέργειας η οποία δεν προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Όπως υποδηλώνει το όνομα, η πηγή της είναι η εσωτερική θερμότητα που φθάνει στην επιφάνεια της γης, η οποία ήδη εμπεριέχεται στο εσωτερικό της λόγω της υψηλής θερμοκρασίας της, αλλά και αυτή που παράγεται (πάλι από το εσωτερικό της γης) από την πυρηνική διάσπαση στοιχείων όπως το ουράνιο και το θόριο και από χημικές αντιδράσεις. Τα ραδιενεργά στοιχεία φθάνουν στο φλοιό της γης από ανακρυστάλλωση τηγμένης ύλης και βρίσκονται περισσότερο σε γρανίτες. Πάντως στο μεγαλύτερο ποσοστό της, η γεωθερμική ενέργεια οφείλεται στην ήδη αποθηκευμένη ενέργεια καθώς οι υπόλοιπες αντιδράσεις γίνονται με εξαιρετικά αργό ρυθμό.

Η θερμοκρασία της γης αυξάνεται με το βάθος, και ο εσωτερικός πυρήνας της φθάνει περίπου μία μέγιστη θερμοκρασία στους 4.000°C. Προκαλείται έτσι μια ροή θερμότητας που απελευθερώνεται με αργό ρυθμό προς τα εξωτερικά στρώματα και τελικά στην επιφάνεια της γης (στη στεριά ή κάτω από τη θάλασσα). Αυτή η ροή θερμότητας λαμβάνει χώρα κυρίως με αγωγή, ενώ σε λίγες περιπτώσεις πραγματοποιείται και με ρεύματα κυκλοφορίας μάγματος ή ύδατος. Εκρήξεις

ηφαιστειών, πίδακες θερμού νερού, ατμών και αερίων, καθώς και θερμές πηγές πρόδιδαν ακόμη και στους προγόνους κατοίκους του πλανήτη μας τη θερμική κατάσταση και δραστηριότητα που επικρατεί στο εσωτερικό του. Προσωποποίησαν και θεοποίησαν τις αιτίες, ερμήνευσαν με μύθους τις διαδικασίες που παρατηρούσαν και εκμεταλλεύτηκαν όσο μπορούσαν τη θερμική ενέργεια που έφτανε στην επιφάνεια της γης.

Η χρήση των θερμών νερών για θεραπευτικούς σκοπούς είναι γνωστή εδώ και χιλιάδες χρόνια σε όλο σχεδόν τον κόσμο. Στη χώρα μας υπάρχει ένα πλήθος θερμών ιαματικών πηγών, τις οποίες συναντά κανείς στη Θράκη ως την Πελοπόννησο και από τα νησιά του Ανατολικού Αιγαίου έως τη Στερεά Ελλάδα. Εκτός βέβαια από τις θεραπευτικές ιδιότητες, τα ζεστά νερά ή αλλιώς τα γεωθερμικά ρευστά, μπορούν να αξιοποιηθούν και για ενεργειακούς σκοπούς. Το παραγόμενο ζεστό νερό ή σε κάποιες περιπτώσεις ο ατμός, χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή όπου αυτό είναι δυνατό, για παράδειγμα στην Ιταλία, την Νέα Ζηλανδία ή τις Φιλιππίνες, και για απευθείας θέρμανση σε περισσότερες από 60 χώρες.

### Ιστορικά στοιχεία

Η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά σε παραγωγικές διαδικασίες το 1827 στην Τοσκάνη της Ιταλίας. Ο γεωθερμικός ατμός αντικατέστησε την καύση των ξύλων για την θέρμανση των διαλυμάτων βορικού οξέος, που χρησιμοποιούνταν στην κατασκευή διακοσμητικών σμάλτων. Αργότερα πάλι στην ίδια περιοχή, ο ατμός αυτός χρησιμοποιήθηκε για την θέρμανση σπιτιών. Όπου μερικά από αυτά θερμαίνονται μέχρι και σήμερα με αυτό τον τρόπο.

Εν τω μεταξύ, ολοένα και περισσότερες χώρες άρχισαν να αναπτύσσουν τους γεωθερμικούς τους πόρους σε βιομηχανική κλίμακα. Το 1892 το πρώτο γεωθερμικό σύστημα τηλεθέρμανσης (district heating) τέθηκε σε λειτουργία στο Boise του Idaho των Η.Π.Α.. Το 1928, μια άλλη πρωτοπόρος χώρα στην εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας, η Ισλανδία, ξεκίνησε επίσης την εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών (κυρίως θερμών νερών) για τη θέρμανση κατοικιών. Το 1904, έγινε η πρώτη απόπειρα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από γεωθερμικό ατμό, και πάλι στο Larderello της Ιταλίας.

### Οικονομικά στοιχεία

Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται με την αξιοποίηση της γεωθερμίας, κυμαίνεται μεταξύ 0,02-0,10 €/KWh. Το κόστος παραγωγής από συμβατικά καύσιμα είναι από 0,02-0,14 €/KWh. Και η διαφορά αυτή αυξάνεται προς το όφελος της γεωθερμίας. Στις περισσότερες περιπτώσεις, το κόστος παραγωγής θερμικής ενέργειας από τη γεωθερμία κυμαίνεται 0,005-0,05 €/KWh, ενώ το αντίστοιχο κόστος παραγωγής της από συμβατικά καύσιμα είναι περίπου 0,041 €/KWh. Βέβαια σε κάθε περίπτωση το κόστος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, αλλά είναι εμφανές ότι υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες για οικονομικά συμφέρουσα εκμετάλλευση της γεωθερμίας για την παραγωγή θερμότητας. Ο σημαντικότερος παράγοντας επηρεασμού του κόστους παραγωγής με συμβατικές μεθόδους, είναι η τιμή του καυσίμου. Ενώ στη περίπτωση της γεωθερμίας κυρίαρχο

πόλο παίζουν η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού, το κόστος διάνοιξης της γεώτρησης, καθώς και αυτό της άντλησης.

### Περιβαλλοντικά οφέλη

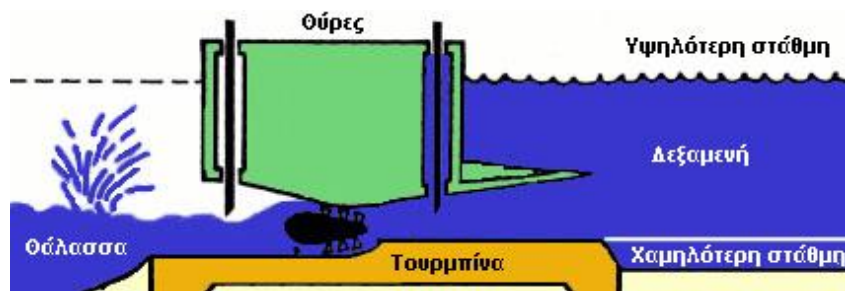
Πέρα από τα οικονομικά οφέλη, η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας συμβάλει στην εξοικονόμηση συμβατικών καυσίμων, τα οποία βεβαίως δεν είναι ανεξάντλητα. Η εκμετάλλευση των διαθέσιμων γεωθερμικών πεδίων, επιτρέπει την αξιοποίηση των συμβατικών καυσίμων, ειδικά του πετρελαίου, σε άλλες εφαρμογές όπου αυτά είναι καταλληλότερα, και η χρήση τους οικονομικά συμφέρουσα. Σπουδαιότερη από αυτές τις χρήσεις είναι στις μεταφορές, αλλά και στη βιομηχανία, ειδικότερα στις εφαρμογές εκείνες όπου απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ούτε η γεωθερμία, αλλά ούτε και οι άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα, κυρίως λόγω της μεταφοράς τους.

Από περιβαλλοντικής απόψεως, με την παραγωγή ενέργειας γεωθερμικής προέλευσης επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) στην ατμόσφαιρα, που είναι το κύριο αίτιο του φαινομένου του θερμοκηπίου. Παράλληλα, επιτυγχάνεται η μείωση και των άλλων ρύπων που εκπέμπονται, οι οποίοι έχουν εξίσου μακροχρόνιες βλαπτικές επιδράσεις. Σημαντικότερος από αυτούς είναι το διοξείδιο του θείου ( $\text{SO}_2$ ), που προκαλεί την όξινη βροχή, η οποία έχει καταστεί σημαντικό πρόβλημα για τις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εκπομπή ατμοσφαιρικών ρύπων από μία μονάδα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που λειτουργεί με τη χρήση της γεωθερμίας, είναι μικρότερη του ενός χιλιοστού μιας αντίστοιχης μονάδος που χρησιμοποιεί ως καύσιμο τον άνθρακα.

Όσον αφορά τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, αυτές καταναλώνουν 30%-60% λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια από τα αποδοτικότερα αερόψυκτα συστήματα με αντίστοιχη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) στους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής. Η αντίστοιχη μείωση εκπομπών  $\text{CO}_2$  σε σχέση με ένα σύστημα θέρμανσης συμβατικών καυσίμων (πετρέλαιο θέρμανσης ή φυσικό αέριο) ανέρχεται περίπου σε 40%.

### 1.4.2 Παλιρροϊκή ενέργεια

Η ενέργεια που προκαλεί την αργή αλλά συστηματική ανύψωση και πτώση της παλίρροιας κοντά στις ακτογραμμές δεν είναι η ίδια που προκαλεί τα κύματα. Η παλίρροια προκαλείται κυρίως από την βαρυτική έλξη που ασκεί η σελήνη στους ωκεανούς του πλανήτη μας. Κάποιο μικρό ρόλο παίζει και ο ήλιος όχι μέσω της ενέργειας που ακτινοβολεί αλλά και αυτός μέσω της βαρυτικής έλξης, η οποία ασκεί κάποια επιπλέον επίδραση στους ρυθμούς της παλίρροιας.



Το μεγαλύτερο σύστημα αξιοποίησης της παλιρροιακής ενέργειας στον κόσμο, βρίσκεται στην Γαλλία στη La Rance με εγκατεστημένη ισχύ 240 MW. Υπάρχουν ακόμα μερικές μικρότερες εγκαταστάσεις σε διάφορες χώρες, συμπεριλαμβανομένων του Καναδά, της Ρωσίας και της Κίνας. Στη Μ. Βρετανία βρίσκεται μία από ιδανικότερες τοποθεσίες για την εγκατάσταση συστημάτων αξιοποίησης της παλιρροιακής ενέργειας, στις εκβολές του ποταμού Severn. Αν κατασκευαστεί σύστημα εκεί, η δυναμικότητα του θα είναι περίπου 8.600 MW. Όμως το σύστημα αυτό δεν μπορεί να υλοποιηθεί, κατά κύριο λόγο, εξαιτίας του πολύ υψηλού κόστους κεφαλαίου και τις ανησυχίες για τις επιδράσεις στη χλωρίδα και την πανίδα στις εκβολές του ποταμού.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

#### 2.1 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα χρησιμοποιούν τους συλλέκτες και τη δεξαμενή αποθήκευσης ως χωριστές συνιστώσες και η μεταφορά της ενέργειας γίνεται με τη βοήθεια κάποιας αντλίας συστήματος.

Ένα θερμικό ηλιακό σύστημα συλλέγει, αποθηκεύει και διανέμει την ηλιακή ενέργεια χρησιμοποιώντας είτε κάποιο υγρό είτε αέρα ως ρευστό μεταφοράς της θερμότητας των συλλεκτών. Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση νερού οικιακής χρήσης, για θέρμανση και ψύξη χώρων, βιομηχανικές διεργασίες, για αφαλάτωση, για θέρμανση πισίνας, για διάφορες αγροτικές εφαρμογές κ.α.

##### 2.1.1 Κατηγορίες θερμικών ηλιακών συστημάτων

Τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, την τεχνολογία που χρησιμοποιείται, το μέγεθός τους, τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής κ.τ.λ.

Η ποικιλία που παρουσιάζουν οι διατάξεις των συστημάτων αυτών οφείλεται κυρίως στους διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους τα συστήματα προστατεύονται από τον παγετό.

Οι τύποι των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων είναι δύο.

1) Τα συστήματα φυσικής κυκλοφορίας, που χωρίζονται στα:

- Θερμοσιφωνικά συστήματα, τα οποία στηρίζονται στη φυσική μεταφορά για την κυκλοφορία του νερού, στους συλλέκτες και τη δεξαμενή, η οποία βρίσκεται επάνω από το συλλέκτη. Καθώς το νερό θερμαίνεται στον ηλιακό συλλέκτη, γίνεται ελαφρύτερο και ανέρχεται με φυσικό τρόπο προς τη δεξαμενή αποθήκευσης, ενώ το ψυχρότερο νερό της δεξαμενής ρέει μέσω των

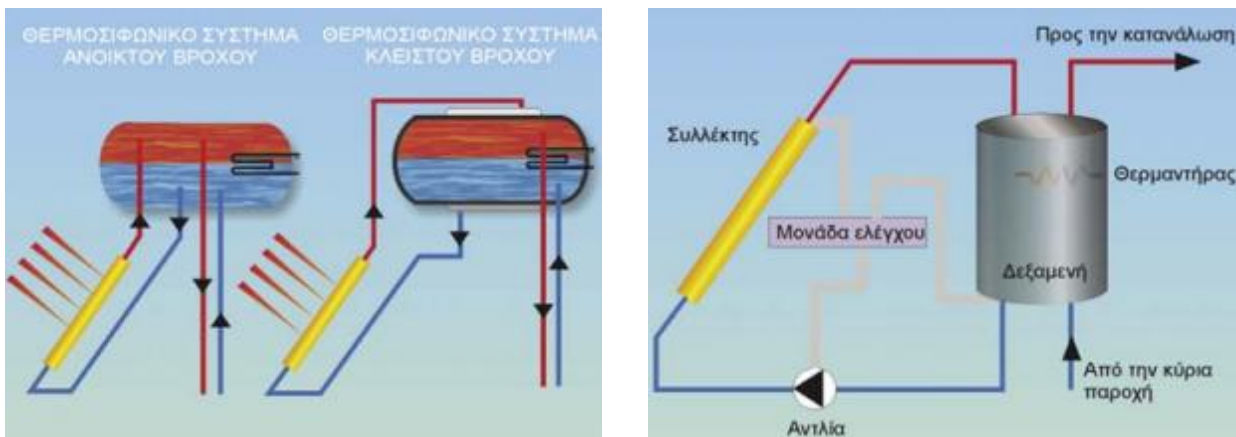
σωληνώσεων προς το κατώτερο σημείο του συλλέκτη δημιουργώντας κυκλοφορία μέσα στο σύστημα, και

- στους συμπαγείς θερμαντήρες ή αλλιώς τα ολοκληρωμένα συστήματα συλλέκτη-αποθήκευσης, που αποτελούνται από μία ή περισσότερες δεξαμενές αποθήκευσης και τοποθετούνται σε ένα μονωμένο περίβλημα με τη διαφανή πλευρά να βλέπει προς τον ήλιο.

2) Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το νερό ή τα άλλα ρευστά μεταφοράς της θερμότητας, μέσα στους συλλέκτες.

Οι τύποι τέτοιων συστημάτων είναι (εικ. 2.1):

- Τα συστήματα ανοιχτού βρόχου, τα οποία χρησιμοποιούν αντλίες-κυκλοφορητές, για να κυκλοφορήσουν το νερό χρήσης στους συλλέκτες.
- Τα συστήματα κλειστού βρόχου, που αντλούν το ρευστό μεταφοράς της θερμότητας, όπως για παράδειγμα ένα αντιπηκτικό μίγμα γλυκόλης και νερού, μέσα στους συλλέκτες. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω των εναλλακτών θερμότητας από το ρευστό στο νερό που αποθηκεύεται στις δεξαμενές.



Εικ.2.1 Ηλιακή εγκατάσταση θέρμανσης ζεστού νερού χρήσης με εξαναγκασμένη κυκλοφορία

### 2.1.2 Ηλιακοί Συλλέκτες

Η καρδιά κάθε θερμικού ηλιακού συστήματος είναι ο ηλιακός συλλέκτης. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συλλεκτών, από τους οποίους οι πιο διαδεδομένοι και αυτοί που χρησιμοποιούνται περισσότερο, είναι οι επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες.

Ένας τυπικός ηλιακός συλλέκτης αποτελείται από ένα μονωμένο κιβώτιο με μεταλλική βάση που περιέχει μία απορροφητική επιφάνεια και σωλήνες κάτω από ένα ή περισσότερα διαφανή καλύμματα. (εικ. 2.2). Το θερμαινόμενο μέσο ρέει στους σωλήνες αυτούς, οι οποίοι είτε είναι ενσωματωμένοι, είτε τοποθετούνται επάνω στην απορροφητική επιφάνεια του συλλέκτη. Αυτές είναι συνήθως μεταλλικές, από σίδηρο ή χαλκό και βαμμένες με μαύρη βαφή. Αντί αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδική επιλεκτική επίστρωση, η οποία έχει την δυνατότητα να απορροφά με μεγαλύτερη απόδοση την ηλιακή ακτινοβολία, όπου σε αυτή την περίπτωση οι συλλέκτες ονομάζονται επιλεκτικοί.





Εικ.2.2 Τομή συμπαγούς συλλέκτη με ενσωματωμένη δεξαμενή νερού

Ένα μέρος από την ηλιακή ακτινοβολία από απορροφάται από το συλλέκτη, αποβάλλεται υπό τη μορφή θερμότητας προς το περιβάλλον, εξαιτίας των θερμικών απωλειών του. Αυτές είναι τόσο μεγαλύτερες όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του ρευστού, σε σχέση με αυτή του περιβάλλοντος και προκειμένου να ελαττωθούν τοποθετείται μόνωση στο πίσω μέρος και στα πλευρικά μέρη του μεταλλικού κελύφους, όπου εδράζεται η επιφάνεια απορρόφησης.

Για θερμοκρασίες νερού χρήσης από 60 έως 70°C μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλοί ή επιλεκτικοί επίπεδοι ηλιακοί συλλέκτες. Όταν απαιτούνται θερμοκρασίες άνω των 90°C χρησιμοποιούνται συλλέκτες κενού, οι οποίοι αποτελούνται από γυάλινους σωλήνες κενού που περιέχουν απορροφητή. Έτσι ελαχιστοποιούνται οι απώλειες προς το περιβάλλον και επιτυγχάνονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες λειτουργίας.

Οι συλλέκτες που κατασκευάζονται από απλούς πλαστικούς μαύρους σωλήνες χωρίς γυάλινο κάλυμμα, χρησιμοποιούνται για να θερμαίνονται οι πισίνες. Επειδή τις εποχές εκείνες του έτους που όσο η ηλιακή ακτινοβολία, και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι υψηλές, η επιθυμητή θερμοκρασία του νερού χρήσης είναι εν γένει χαμηλή. Στην περίπτωση αυτή η απόδοση του ηλιακού συλλέκτη δε χρειάζεται να είναι ιδιαίτερα υψηλή, καθώς οι απώλειες προς το περιβάλλον είναι μικρές. Αυτή είναι η απλούστερη μορφή ηλιακού συλλέκτη και χαρακτηρίζεται σχετικά από χαμηλό κόστος.

Διακρίνονται οι εξής τύποι συλλεκτών :

- επίπεδοι – επίπεδοι επιλεκτικοί
- νερού (για τη θέρμανση νερού οικιακής χρήσης)
- αέρα (προορίζονται κυρίως για τη θέρμανση εσωτερικών χώρων άμεσα ή έμμεσα.)
- με ένα κάλυμμα (θέρμανση νερού χρήσης, θερμοσιφωνικά συστήματα)
- συλλέκτες με δύο καλύμματα (για λιγότερες θερμικές απώλειες),
- με σωλήνες κενού (για ακόμα μικρότερες θερμικές απώλειες και για επίτευξη υψηλών θερμοκρασιών, έως 150°C, βιομηχανικές εφαρμογές)
- πλαστικοί συλλέκτες χωρίς κάλυμμα (οικονομικοί συλλέκτες για θέρμανση σε χαμηλή θερμοκρασία, πισίνες).

### 2.1.3 Τοποθέτηση Ηλιακών Συλλεκτών

Συχνά εγείρεται το πρόβλημα ποια πρέπει να είναι η τοποθέτηση-προσανατολισμός ενός ηλιακού συλλέκτη ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο συλλέκτης τοποθετείται ώστε να κοιτά τον ισημερινό (με νότιο προσανατολισμό δηλαδή, για την Ελλάδα και γενικά το βόρειο ημισφαίριο), και για μεγιστοποίηση της ετήσια λαμβανόμενης ακτινοβολίας τοποθετείται με κλίση (η γωνία που σχηματίζει ο συλλέκτης με το οριζόντιο επίπεδο) ίση προς το γεωγραφικό πλάτος της θέσης. Είναι πιθανόν όμως να ενδιαφέρει η μεγιστοποίηση της απόδοσης του συλλέκτη το χειμώνα ή το καλοκαίρι.

Θερμαίνοντας νερό με τη βοήθεια ενός τετραγωνικού μέτρου ηλιακού συλλέκτη, εξοικονομούνται από 200 έως και 600 KW ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως, για τις ελληνικές μετεωρολογικές συνθήκες. Το ποσό της ενέργειας που εξοικονομείται εξαρτάται πρωτίστως από τη γεωγραφική περιοχή στην οποία είναι εγκατεστημένο το σύστημα, καθώς και από τον τύπο του συλλέκτη. Σημασία βέβαια έχει ο τρόπος και ο χρόνος που καταναλώνεται το ζεστό νερό κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Όπως έχει προκύψει από την πολυετή εμπειρία εγκατάστασης και χρήσης των συστημάτων αυτών, ως γενικός κανόνας μπορεί να λεχθεί, ότι αρκούν 2 τετραγωνικά μέτρα επίπεδων ηλιακών συλλεκτών για να καλυφθούν οι ανάγκες σε ζεστό νερό δύο ατόμων. Για κάθε επιπλέον άτομο, απαιτούνται περίπου  $\frac{3}{4}$  του τετραγωνικού μέτρου επιπρόσθετης ηλιακής επιφάνειας.

#### 2.1.3.1 Δεξαμενή αποθήκευσης της θερμότητας

Οι ανάγκες των χρηστών σε θερμότητα δε συμπίπτουν πάντα χρονικά με τη διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία. Απαιτείται λοιπόν η αποθήκευση της θερμότητας που δεσμεύεται όταν είναι διαθέσιμη η ηλιακή ακτινοβολία, ώστε αυτή να μπορεί να χρησιμοποιείται κατά βούληση. Γι' αυτό κάθε τυπικό ηλιακό σύστημα διαθέτει αρκετά μεγάλες αποθηκευτικές δεξαμενές, όπου αποθηκεύεται θερμότητα ικανή να καλύψει τις ανάγκες σε ζεστό νερό για μία ή δύο ημέρες χωρίς ηλιοφάνεια. Σε κάθε τετραγωνικό μέτρο συλλέκτη αντιστοιχούν τουλάχιστον 50 λίτρα αποθηκευτικού όγκου δεξαμενής, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες θερμότητας από το αποθηκευμένο ζεστό νερό προς το περιβάλλον. Στην πράξη, στα περισσότερα συστήματα, λόγω της διακεκομμένης διαθεσιμότητας της ηλιακής ακτινοβολίας, γίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση μίας βοηθητικής πηγής ενέργειας. Έτσι εξασφαλίζει την κάλυψη των αναγκών των χρηστών κατά τις περιόδους παρατεταμένης ελλείψεως ηλιοφάνειας. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των ηλιακών θερμοσιφώνων η βοηθητική ενέργεια συνήθως παρέχεται από μία ηλεκτρική αντίσταση.

#### 2.1.3.2 Ψύκτης

Ο ψύκτης είναι μία συσκευή η οποία λαμβάνει θερμότητα από ένα υγρό μέσω συμπίεσης ατμών ή έναν ψυκτικό κύκλο απορρόφησης. Οι ψύκτες απορρόφησης και οι ψύκτες προσρόφησης χρησιμοποιούνται αρκετές δεκαετίες αλλά χρησιμοποιούν

κυρίως τον ηλεκτρισμό, τον ατμό ή το φυσικό αέριο ως πηγή ενέργειας. Παράγουν ψύξη μέσω του «αντίστροφου κύκλου Rankine», γνωστού και ως «συμπιεστή ατμών».

Στην περίπτωση του ηλιακού κλιματισμού ο θερμοδυναμικός κύκλος στους ψύκτες απορρόφησης οδηγείται μέσω μιας πηγής θερμότητας, που είναι ο ήλιος. Τα κύρια μέρη ενός ψύκτη απορρόφησης είναι η θερμογεννήτρια, ο συμπυκνωτής, ο απορροφητής και ο εξαμιστής. Η ψύξη βασίζεται στην εξάτμιση του ψυκτικού μέσου (νερού) στον εξαμιστή σε πολύ χαμηλές πιέσεις. Το ατμοποιημένο ψυκτικό μέσο απορροφάται από τον απορροφητή, αραιώνοντας το διάλυμα  $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$ . Στην περίπτωση των ψυκτών προσρόφησης αντί υγρού διαλύματος χρησιμοποιούνται στερεά πορώδη ροφητικά υλικά.

#### 2.1.4 Δυνατότητες αξιοποίησης

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να καλύψουν μια ποικιλία από χρήσεις, καθώς επίσης και ένα μεγάλο εύρος από μεγέθη εγκατάστασης. Η κυρίαρχη εφαρμογή τους αυτή τη στιγμή, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως, είναι η παραγωγή ζεστού νερού χρήσης για κατοικίες, ξενοδοχεία, δημόσια κτίρια ή ολόκληρα οικιστικά συγκροτήματα. Εφαρμόζονται όμως και οπουδήποτε αλλού απαιτείται η θέρμανση κάποιου μέσου, προκειμένου αυτό να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια για οποιαδήποτε θερμική εφαρμογή. Τέλος σε συνδυασμό με κάποιο ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με τη βοήθεια ειδικών τύπων θερμικών ηλιακών συστημάτων.

##### 2.1.4.1 Οικιακά συστήματα

Σε μια χώρα με κλιματολογικές συνθήκες όπως οι δικές μας, η χρήση μιας βοηθητικής πηγής ενέργειας περιορίζεται κυρίως σε κάποιες μέρες του χειμώνα. Αυτός είναι και ο λόγος που περισσότερες από 700.000 Ελληνικές οικογένειες καλύπτουν με ηλιακούς θερμοσίφωνες το σύνολο των αναγκών τους σε ζεστό νερό χρήσης.

Προκειμένου να είναι εφικτή η φυσική κυκλοφορία του νερού, βασική προϋπόθεση είναι, η αποθηκευτική δεξαμενή να είναι τοποθετημένη σε ψηλότερο σημείο από τους συλλέκτες. Το ευνοϊκό Ελληνικό κλίμα επιτρέπει την τοποθέτηση της δεξαμενής στις οροφές των κατοικιών, χωρίς μεγάλες απώλειες θερμότητας από το θερμό νερό προς το περιβάλλον. Αυτή είναι και η πιο κοινή λύση που χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στους ηλιακούς θερμοσίφωνες.

Σε περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή ή επιθυμητή η εγκατάσταση της δεξαμενής στην οροφή ενός κτιρίου, το κρύο νερό της δεξαμενής μεταφέρεται στους συλλέκτες με τη βοήθεια μιας αντλίας. Η αντλία αυτή ελέγχεται από κατάλληλο σύστημα αυτοματισμού, το οποίο τη θέτει σε λειτουργία όταν η θερμοκρασία του νερού στο συλλέκτη είναι μεγαλύτερη από αυτή της δεξαμενής.

Ένα τυπικό σύστημα παραγωγής ζεστού νερού αποτελείται από τους ηλιακούς συλλέκτες, μια δεξαμενή αποθήκευσης του ζεστού νερού, τις απαραίτητες σωληνώσεις και το σύστημα ελέγχου. Η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από το συλλέκτη και η συλλεγόμενη θερμότητα αντλείται με φυσικό ή τεχνητό τρόπο προς τη δεξαμενή (εικ. 2.3).



Εικ.2.3 Οικιακή εγκατάσταση για ζεστό νερό χρήσης

Το παραγόμενο ζεστό νερό χρήσης από θερμικά ηλιακά συστήματα αποθηκεύεται σε ειδικές δεξαμενές προκειμένου στη συνέχεια να καταναλωθεί σε διάφορα σημεία (ντους, πλυντήρια, κουζίνες κ.τ.λ.) του κτιρίου στο οποίο βρίσκεται η εγκατάσταση.

Ιδιαίτερα αποδοτικά είναι τα κεντρικά ηλιακά συστήματα, τα οποία εφαρμόζονται σε σύνολα κατοικιών. Αποτελούνται από ένα κεντρικό σύστημα συλλεκτών και μία κεντρική δεξαμενή, η οποία παρέχει ζεστό νερό μέσω δικτύου αγωγών, σε μεμονωμένες κατοικίες (π.χ. διαμερίσματα). Με το σύστημα αυτό η ζήτηση θερμού νερού είναι ομαλότερα κατανομημένη κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου και έτσι μειώνονται οι θερμικές απώλειες του αποθηκευμένου νερού για την κάλυψη των απαιτήσεων του συνόλου των κατοικιών. Ένα τέτοιο σύστημα έχει εφαρμοστεί στο Ηλιακό χωριό, στην Πεύκη Αττικής.

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν αν χρησιμοποιηθούν οπουδήποτε απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασιακής στάθμης. Για παράδειγμα, η χρήση της ηλιακής ενέργειας για την παραγωγή ψύξης, για τον κλιματισμό χώρων, την κατάψυξη προϊόντων και άλλες εφαρμογές, εμφανίζει σημαντικές προοπτικές λόγω της αυξημένης ηλιακής ακτινοβολίας που υφίσταται ακριβώς την εποχή που απαιτείται η ψύξη.

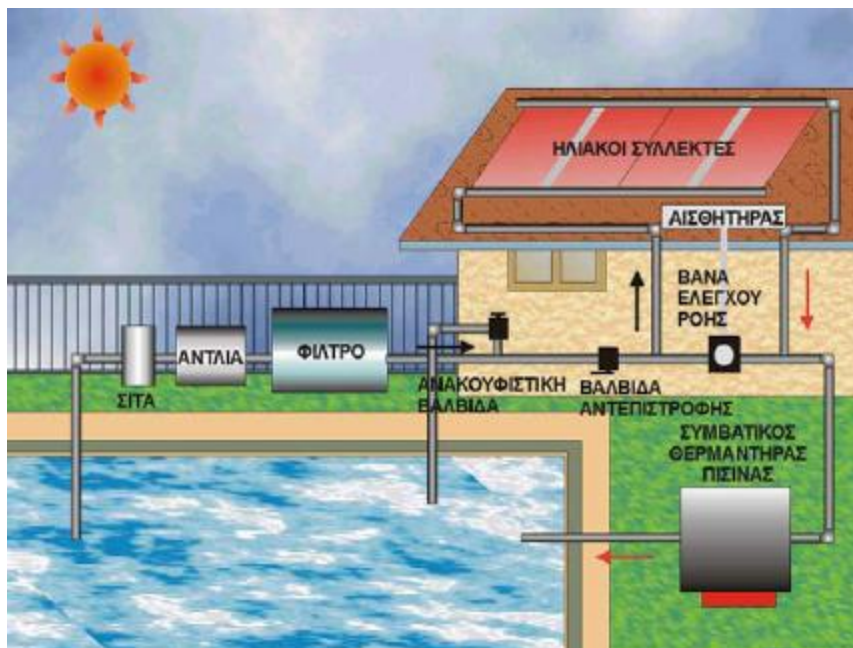
Έτσι στην περίπτωση αυτή η συλλεγόμενη θερμότητα τροφοδοτεί ψυκτικές μηχανές κύκλου απορρόφησης, προκειμένου να αυξηθεί η πίεση και η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου, όταν αυτό βρίσκεται σε αέρια φάση. Τα γνωστά σε όλους μας ψυγεία τύπου *camping* λειτουργούν με βάση αυτή την αρχή, η οποία σήμερα εφαρμόζεται και σε μεγαλύτερες έως πολύ μεγάλες μονάδες.

Εξάλλου είναι δυνατόν η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια να καταστεί εκμεταλλεύσιμη όχι μόνο για την ψύξη, αλλά και τη θέρμανση χώρων. Έτσι κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τις μέρες και τις ώρες που υπάρχει ηλιοφάνεια συλλέγεται θερμότητα η οποία αποθηκεύεται και στη συνέχεια χρησιμοποιείται τις νυκτερινές ώρες ή όταν η ηλιοφάνεια δεν επαρκεί, ώστε να καλύπτονται τα απαιτούμενα θερμικά φορτία. Τα συστήματα αυτά είναι οικονομικά όταν ο χειμώνας διαρκεί αρκετούς

μήνες, όπως συμβαίνει στην βόρεια Ευρώπη, ή και κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού όταν γίνεται εκμετάλλευση της συλλεγόμενης θερμότητας και για άλλες χρήσεις.

#### 2.1.4.2 Θέρμανση πισίνας

Σε μια πισίνα απαιτείται θερμότητα χαμηλής θερμοκρασίας για να διατηρηθεί το νερό γύρω στους 27°C. Η μικρή διαφορά μεταξύ της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας μιας μη θερμαινόμενης πισίνας και της θερμοκρασίας που είναι επιθυμητή κατά την κολύμβηση, επιτρέπει την χρήση πολύ απλών αλλά και ταυτόχρονα αποδοτικών συλλεκτών. Στα συστήματα αυτού του είδους δεν απαιτείται η ύπαρξη ξεχωριστής δεξαμενής αποθήκευσης, δεδομένου ότι η ίδια η πισίνα χρησιμεύει ως αποθήκη θερμότητας (εικ. 2.4)



Εικ.2.4 Θερμικό ηλιακό σύστημα για θέρμανση νερού πισίνας

#### 2.1.4.3 Ηλεκτροπαραγωγή

Τα θερμικά ηλιακά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Για να επιτευχθούν οι μεγάλες σχετικά θερμοκρασίες που απαιτούνται για το σκοπό αυτό, η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει με κάποιο τρόπο να συγκεντρωθεί σε ένα σημείο της συλλεκτικής επιφάνειας ή σε κάποια σχετικά μικρής έκτασης περιοχή της. Οι κυριότερες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί είναι:

- Τα συστήματα παραβολικών κοίλων
- Τα συστήματα πύργου ισχύος ή αλλιώς ηλιακού πύργου
- Τα συστήματα δίσκου - μηχανής.

## 2.1.5 Εφαρμογές στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα ακόμα δεν έχουν εγκατασταθεί τέτοιες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, αν και ο κλάδος των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι ιδιαίτερα δραστήριος. Πέρα από τον πολύ μεγάλο αριθμό ηλιακών θερμοσιφώνων που είναι εγκατεστημένα σε κατοικίες, η χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων είναι διαδεδομένη και σε εγκαταστάσεις με μεγαλύτερες ανάγκες, όπως ξενοδοχεία, αθλητικά κέντρα, νοσοκομεία κ.τ.λ. Η ανάπτυξη του κλάδου τα τελευταία χρόνια είναι αλματώδης, ενώ γίνονται προσπάθειες για περαιτέρω διάδοση της χρήσης αυτών των συστημάτων, μέσω καινοτόμων και επιδεικτικών εφαρμογών.

### 2.1.5.1 Ηλιακό χωριό

Το Ηλιακό Χωριό βρίσκεται στην Πεύκη Αττικής, στα Βόρεια Προάστια της Αθήνας, σε απόσταση 18 km από το κέντρο της πόλης (εικ. 2.5). Πρόκειται για ένα οικιστικό συγκρότημα 435 “ηλιακών” κατοικιών οι οποίες στεγάζουν δικαιούχους του Οργανισμού Εργατικής Κατοικίας (Ο.Ε.Κ.). Ο σχεδιασμός και η ανέγερση του Ηλιακού Χωριού έγιναν με τη συνεργασία του ΥΒΕΤ (σημερινού Υπουργείου Ανάπτυξης), του Ο.Ε.Κ. και του Υπουργείου Έρευνας και Τεχνολογίας της Ομοσπονδιακής Γερμανίας.



Εικ.2.5 Ηλιακό χωριό

Το έργο κατασκευάστηκε το 1984-1989 από μελέτη του γραφείου μελετών Α.Ν. Τομπάζη. Αποτελεί τη μεγαλύτερη από τις πιλοτικές εφαρμογές μαζικής χρήσης θερμικών και άλλων ηλιακών συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί στη χώρα μας.

Στο έργο υλοποιήθηκε η πειραματική εφαρμογή ενεργητικών και παθητικών ηλιακών συστημάτων προηγμένης τεχνολογίας για παροχή θέρμανσης και ζεστού νερού για οικιακή χρήση, με κύριο σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Εκτός από τη μεγάλη ποικιλία ηλιακών συστημάτων,

ο οικισμός σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε με υψηλές προδιαγραφές εξοικονόμησης ενέργειας (μονώσεις πάχους 10cm, διπλά τζάμια, νυχτερινές μονώσεις, νότιες μεγάλες γυάλινες προσόψεις, κ.α.).

Οι βασικοί κανόνες που εφαρμόστηκαν στον πολεοδομικό και αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων του Ηλιακού Χωριού είναι:

- Κατάλληλη διάταξη των κτιριακών όγκων, που λειτουργούν σαν φράγμα προστασίας από τους χειμερινούς ανέμους και που να εξασφαλίζουν το μέγιστο χειμερινό ηλιασμό, αλλά και τον θερινό σκιασμό.
- Ελαχιστοποίηση των βορινών, ανατολικών και δυτικών ανοιγμάτων και χρήση νότιων ανοιγμάτων.
- Εκμετάλλευση της μάζας των υλικών του κελύφους των κτιρίων και ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών με μονώσεις των τοίχων και των ορόφων και με διπλά υαλοστάσια.

Σε 34 σπίτια του Ηλιακού Χωριού εφαρμόστηκαν συνδυασμοί των επικρατέστερων παθητικών ηλιακών συστημάτων, που «αιχμαλωτίζουν» τον ήλιο χωρίς καμιά κατανάλωση συμβατικής ενέργειας.

Οι κύριοι συνδυασμοί παθητικών ηλιακών συστημάτων που εφαρμόστηκαν είναι:

- Άμεσης απολαβής (πάγκος νερού).
- Έμμεσης απολαβής (τοίχοι Trombe, τοίχοι νερού).
- Εκτεταμένης έμμεσης απολαβής (θερμοκήπιο, τοίχοι trombe ή αποθήκευση νερού).
- Απομονωμένης απολαβής, (θερμοσιφωνικά πάνελ αέρα)
- Εκτεταμένης απομονωμένης απολαβής (θερμοκήπιο, συλλέκτες φυσικής κυκλοφορίας).

Έχουν εγκατασταθεί έξι βασικοί τύποι ενεργειακών συστημάτων. Η θέρμανση χώρων και η παροχή ζεστού νερού οικιακής χρήσης γίνεται από 17 συνολικά διαφορετικούς συνδυασμούς αντλιών θερμότητας και ηλιακών συλλεκτών. Η εξοικονόμηση ενέργειας υπολογίζεται μεταξύ 45-90% ανάλογα με το σύστημα.

Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι χάρη στο μεγαλύτερό τους μέγεθος, μπορούν να αντιμετωπίσουν αποδοτικότερα διακυμάνσεις στη άντληση ζεστού νερού που παρουσιάζει ο κάθε χρήστης μεμονωμένα.

Σε ένα από τα κτιριακά συγκροτήματα του Ηλιακού Χωριού (εικ. 2.6) η συλλεγόμενη θερμότητα από τους συλλέκτες κενού αποθηκεύεται καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού σε μία μεγάλη υπόγεια δεξαμενή, σε θερμοκρασία μέχρι και 90°. Έτσι καταναλώνεται το χειμώνα για τη θέρμανση των κατοίκων και την κάλυψη των αναγκών σε ζεστό νερό χρήσης.



Εικ.2.6 Κτιριακό συγκρότημα με ηλιακούς συλλέκτες

Τα ηλιακά συστήματα που εγκαταστάθηκαν στο ηλιακό χωριό, εξοικονομούν σημαντικά ποσά συμβατικών καυσίμων και εξασφαλίζουν υψηλό επίπεδο εξυπηρέτησης στους χρήστες τους. Παρόλα αυτά όμως μετά από σημαντικές μετρήσεις που έγιναν προέκυψαν συμπεράσματα όχι μόνο για την απόδοση των συστημάτων αλλά και για την συμπεριφορά των χρηστών και την επίδρασή τους σε αυτά.

Ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτής της συμπεριφοράς είναι:

- Μια ψυχρή θερινή ημέρα με πλήρη ηλιοφάνεια, οι μισές τέντες ηλιοπροστασίας των κτιρίων είναι κατεβασμένες, ενώ ρούχα απλωμένα ή κουρτίνες κλειστές καλύπτουν τις νότιες προσόψεις μην αφήνοντας τον ήλιο να μπει και να θερμάνει τα διαμερίσματα.
- Έπιπλα τοποθετημένα στους νότιους τοίχους “κλείνουν” και απομονώνουν τους τοίχους θερμικής αποθήκευσης που υπάρχουν σε ορισμένα κτίρια.
- Ορισμένα από τα τζάμια τις ψυχρές μέρες του χειμώνα μένουν ανοιχτά για αερισμό ολόκληρο το πρωινό, ενώ για το σκοπό αυτό θα αρκούσε μόνο μισή ώρα.

Η επίδραση της συμπεριφοράς του χρήστη φαίνεται χαρακτηριστικά από τα ποσά ενέργειας που καταναλώνονται σε πέντε διαμερίσματα του Ηλιακού Χωριού τα οποία μετρήθηκαν και τα οποία είναι ιδιαίτερα ανόμοια μεταξύ τους. Από την ενεργειακή ανάλυση έξι κτιρίων του οικισμού, προέκυψε ότι η ενεργειακή συμπεριφορά των ενοίκων, κατά τη φάση λειτουργίας των κτιρίων είναι δυνατόν να ανατρέπεται κάθε πρόβλεψη ως προς τη θερμική συμπεριφορά των κτιρίων.



### 2.1.5.2 Γραφεία και αποθήκη καλλυντικών στα Οινόφυτα

Το έργο λέγεται "ΦΩΤΟΝΙΟ", βρίσκεται σε λειτουργία από το 1999 και αφορά στην εγκατάσταση κεντρικού συστήματος κλιματισμού κάνοντας χρήση ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση ή την ψύξη των νέων κτιρίων και αποθηκών καλλυντικών της επιχείρησης Σαράντης Α.Ε.

Ο κλιματιζόμενος χώρος είναι 22.000 m<sup>2</sup> (130.000 m<sup>3</sup>). Το πεδίο ηλιακών επίπεδων επιλεκτικών συλλεκτών συνολικής έκτασης 2.700 m<sup>2</sup> κατασκευάστηκε εξολοκλήρου στην Ελλάδα από τη SOLE Α.Ε.



Οι συνολικές ανάγκες ψύξης του κτιρίου είναι περίπου 2.700.000 KWh ετησίως. Οι ηλιακοί συλλέκτες παρέχουν ζεστό νερό θερμοκρασίας 70-75°C σε δύο ψύκτες προσρόφησης και λειτουργούν με συντελεστή απόδοσης 60%. Οι δύο ψύκτες προσρόφησης χρησιμοποιούν το ζεστό νερό ως πηγή ενέργειας και παράγουν ψυχρό νερό θερμοκρασίας 8-10°C. Οι ψύκτες προσρόφησης δεν χρειάζονται κινούμενα εξαρτήματα και χρησιμοποιούν ελάχιστη ηλεκτρική ενέργεια για τη λειτουργία των αντλιών κενού (1,5 KW). Η χρήσιμη ψυκτική ισχύς είναι 350 KW για κάθε έναν και 700 KW για το σύνολο. Για την κάλυψη του φορτίου αιχμής, έχουν εγκατασταθεί τρεις συμβατικοί ηλεκτρικοί ψύκτες 350 KW ο καθένας. Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου οι ηλιακοί συλλέκτες συχνά παράγουν ζεστό νερό 55°C, το οποίο κυκλοφορεί άμεσα στις τοπικές κλιματιστικές μονάδες (fan coils) του κτιρίου. Οι συμβατικοί λέβητες επικουρούν τον τομέα συλλεκτών σε περίπτωση συννεφιάς. Το ψυχρό νερό (κατά τη θερινή περίοδο) και το ζεστό νερό (κατά τη χειμερινή περίοδο) κατευθύνονται στην τοπική μονάδα κλιματισμού όπου ψύχουν ή θερμαίνουν αντίστοιχα τον αέρα περιβάλλοντος.

Τεχνικά αποτελέσματα: Περίοδος αναφοράς 12 μήνες. Παραγωγή ενέργειας από το ηλιακό σύστημα 1.719 MWh. Ψύξη 1.090 MWh, Θέρμανση 629 MWh. Συνολικό Ενεργειακό Φορτίο 614 MWh. Ηλιακή κάλυψη 66%, Μείωση 5.125 tn/έτος σε CO<sub>2</sub>.

Στο «Φωτόνιο» έχει απονεμηθεί το βραβείο «Energy Globe Award 2001», χαρακτηρίζοντάς το την τρίτη καλύτερη επένδυση βιώσιμης ενέργειας στον κόσμο για το 2001, ενώ έχει τιμηθεί και από άλλα διεθνή και εθνικά βραβεία και περιλαμβάνεται σε πολλούς διεθνείς καταλόγους. Εν τούτοις, στην Ελλάδα παραμένει άγνωστο στο ευρύτερο κοινό.

### 2.1.5.3 Εμπορικές εφαρμογές

Στην Ελλάδα τα περισσότερα από τα ηλιακά συστήματα βρίσκονται εγκατεστημένα σε ξενοδοχεία, σχολεία ή νοσοκομεία και συμβάλλουν στην κάλυψη μεγάλου ποσοστού των ενεργειακών αναγκών τους για την παραγωγή ζεστού νερού. Σε μερικά από αυτά δεν καταναλώνονται καθόλου συμβατικά καύσιμα, με

αποτέλεσμα να εξοικονομούνται μεγάλες ποσότητες καυσίμων και να μειώνονται σημαντικά οι εκπομπές ρύπων προς το περιβάλλον.

### 2.1.6 Πιστοποίηση-Δοκιμές-Μετρήσεις

Προκειμένου να διαδοθεί ευρύτερα η χρήση των θερμικών ηλιακών συστημάτων, πρέπει να εξασφαλισθεί η ικανοποίηση των χρηστών, τόσο από την πλευρά της απρόσκοπτης λειτουργίας τους όσο και από αυτήν της απόδοσής τους. Τα τελευταία χρόνια βρίσκεται σε εξέλιξη διεθνώς μία σημαντική προσπάθεια ώστε να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο η ποιότητα κατασκευών των συστημάτων, μέσω της πιστοποίησής τους.

Προϋπόθεση για την πιστοποίηση είναι η ύπαρξη προτύπων που να περιέχουν τις τεχνικές προδιαγραφές για τις απαιτήσεις και δοκιμές των συστημάτων αυτών, καθώς και τις μεθόδους μέτρησης της απόδοσης και αξιολόγησής τους. Ήδη εκπονούνται τα σχετικά Ευρωπαϊκά πρότυπα και η Ελλάδα συμμετέχει ενεργά σε αυτήν την προσπάθεια. Το Εργαστήριο Τηλεπαρακολούθησης Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων του Κ.Α.Π.Ε. διαθέτει τον κατάλληλο εξοπλισμό για την μέτρηση της απόδοσης των συλλεκτών και γενικότερα των οικιακών ηλιακών συστημάτων. Ανάλογες μετρήσεις εκτελούνται και σε συστήματα που βρίσκονται σε λειτουργία με σκοπό τα αποτελέσματά τους να αξιοποιούνται για την βελτίωση του εκάστοτε συστήματος, αλλά και για την πρόοδο της συναφούς τεχνολογίας. Αξίζει εδώ να σημειωθεί ότι η ποιότητα των θερμικών ηλιακών συστημάτων που παράγονται στην Ελλάδα είναι αρκετά υψηλή. Σήμερα η χώρα μας είναι ο σημαντικότερος εξαγωγέας επίπεδων συλλεκτών στην Ευρώπη και μάλιστα σε πολύ απαιτητικές αγορές, όπως αυτές της Γερμανίας και της Αυστρίας.

### 2.1.7 Χρηματοδότηση από τρίτους

Τα κεντρικά ηλιακά συστήματα κατά τη διάρκεια της ζωής τους, έχουν πρακτικά μηδενικό κόστος λειτουργίας και συντήρησης, όμως για την εγκατάστασή τους απαιτείται ένα σχετικά υψηλό αρχικό κεφάλαιο. Το κόστος αυτό στην περίπτωση εγκαταστάσεων σε μεγάλα συγκροτήματα κατοικιών, ξενοδοχεία ή βιομηχανίες, μπορεί να αναληφθεί από κάποιον τρίτο, για παράδειγμα από έναν κατασκευαστή τέτοιων συστημάτων, δηλαδή από τη χρηματοδότηση τρίτων.

Στη συνέχεια εγκαθίσταται μετρητικός εξοπλισμός για την καταγραφή των θερμικών κιλοβατώραν που παράγονται από το ηλιακό σύστημα, οι οποίες χρεώνονται από το χρηματοδότη στο χρήστη με τιμή αντίστοιχη αυτών που θα παράγονταν με συμβατικό τρόπο. Έτσι ο χρήστης εξασφαλίζεται σε μεγάλο βαθμό από τον κίνδυνο μη επιτυχούς επένδυσης και στη συνέχεια η εγκατάσταση μεταβιβάζεται σε αυτόν μετά από συγκεκριμένα έτη λειτουργίας, ενώ η απόδοση του συστήματος είναι εγγυημένη από τον χρηματοδότη.

Στη χώρα μας το Κ.Α.Π.Ε. χρηματοδότησε το 1993 έναν κατασκευαστή ηλιακών συστημάτων για να εγκαταστήσει στο εργοστάσιο της Achaia Clauss στην Πάτρα ένα ηλιακό σύστημα για την προθέρμανση του νερού που χρησιμοποιείται στο

εμφιαλωτήριο της εταιρίας. Το Εργαστήριο Τηλεπαρακολούθησης Θερμικών Ηλιακών Συστημάτων του Κ.Α.Π.Ε. εκτέλεσε τις σχετικές μετρήσεις για την αποτίμηση της εξοικονομημένης ενέργειας και εξέδωσε τα τιμολόγια αποπληρωμής. Η εγκατάσταση λειτούργησε με επιτυχία και στα 6 χρόνια της διάρκειας του σχετικού συμβολαίου, εξοικονομήθηκε πετρέλαιο diesel αξίας ίσης με το κόστος του έργου.

### 2.1.8 Συμπεράσματα

Όπως γίνεται αντιληπτό, υπάρχει μια πληθώρα εφαρμογών στις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα θερμικά ηλιακά συστήματα. Μάλιστα σε χώρες με υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας, όπως η Ελλάδα, η περίοδος απόσβεσης τους είναι μικρή και η εγκατάστασή τους οικονομικά συμφέρουσα. Εξάλλου με τις σύγχρονες εξελίξεις της τεχνολογίας, η απόδοση των συστημάτων συνεχώς βελτιώνεται και το κόστος τους περιορίζεται. Το σημαντικότερο όφελος που προκύπτει από την εκμετάλλευση των συστημάτων αυτών είναι ότι, στη διάρκεια ζωής τους μπορούν να εξοικονομηθούν σημαντικές ποσότητες συμβατικών καυσίμων και συγχρόνως να αποτραπεί η μεγάλη εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα.

## 2.2 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ

Μια σημαντική τεχνολογία για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας είναι τα φωτοβολταϊκά (Φ/Β) στοιχεία που επιτρέπουν τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Η χρήση Φ/Β στοιχείων έχει αρχίσει πλέον να καθιερώνεται ως η πιο φιλική προς το περιβάλλον εναλλακτική λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Παρά το υψηλό κόστος των Φ/Β στοιχείων, σήμερα οι τιμές πέφτουν συνεχώς και πολύ σύντομα θα είναι ανταγωνιστικές με τις τιμές της KWh που παράγεται από συμβατικά καύσιμα.



Η Ελλάδα διαθέτει ένα αξιοσημείωτο δυναμικό για την ανάπτυξη και εφαρμογή των Φ/Β συστημάτων. Χάρη στη μεγάλη ηλιοφάνεια όλες σχεδόν τις εποχές του έτους, η χρήση Φ/Β συστημάτων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς επιπτώσεις στο περιβάλλον, είναι ιδιαίτερα ελκυστική. Ιδιαίτερα σε απομονωμένες κατοικίες που βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές και δεν συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο, τα Φ/Β συστήματα είναι η καλύτερη και οικονομικότερη λύση για την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών αυτών των περιοχών. Η χρήση Φ/Β συστημάτων είναι, ωστόσο επιθυμητή και σε κατοικημένες περιοχές.

Η ενσωμάτωση Φ/Β στοιχείων στο εξωτερικό κέλυφος ενός κτιρίου είναι μια τεχνική η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος, καθώς η τεχνολογία αναπτύσσεται ραγδαία και το κόστος των φωτοβολταϊκών στοιχείων μειώνεται. Σήμερα, έχουν αναπτυχθεί ειδικά Φ/Β στοιχεία κατάλληλα για στέγες και προσόψεις και η σημερινή διάδοσή τους επιτρέπει την πρόβλεψη ότι, στο προσεχές μέλλον, σημαντικό μέρος των ηλεκτρικών αναγκών των πολλών κτιρίων θα καλύπτεται από Φ/Β συστήματα.

### 2.2.1 Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

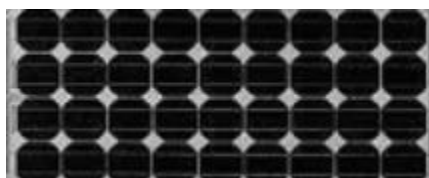
Το Φ/Β φαινόμενο ανακαλύφθηκε από τον Γάλλο Φυσικό Alexandre Edmond Becquerel το 1839, ο οποίος ανακάλυψε ότι μπορεί να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα όταν συγκεκριμένες κατασκευές εκτεθούν στο φως. Οι Αμερικάνοι Adams και Day το 1876 χρησιμοποιώντας έναν κρύσταλλο σεληνίου έκαναν επίδειξη αυτού του φαινομένου. Η απόδοση σε αυτή την περίπτωση ήταν μόνο 1%. Το 1905 ο Albert Einstein διατύπωσε την εξήγηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου (υπόθεση του φωτονίου). Το 1949 οι Αμερικάνοι Shockley, Bardeen και Brattain ανακάλυψαν το τρανζίστορ διευκρινίζοντας τη φυσική των  $p$  και  $n$  ενώσεων των ημιαγωγικών υλικών.

Το πρώτο φωτοβολταϊκό κύτταρο με απόδοση κοντά στο 6% κατασκευάστηκε το 1956, ενώ αργότερα κατασκευάστηκε το φωτοβολταϊκό κύτταρο από πυριτίο, το οποίο λειτουργούσε με απόδοση του 10%. Το ηλιακό φως αποτελείται από ενεργειακά σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια, τα οποία έχουν κοινή ταχύτητα αλλά διαφορετική ενέργεια ανάλογα με το μήκος κύματος της περιοχής του ηλιακού φάσματος στην οποία ανήκουν. Αυτά, όταν προσπίπτουν πάνω σε υλικό με ημιαγωγίμες ιδιότητες άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται, ανάλογα με την ενέργεια που μεταφέρουν. Τα φωτόνια με μεγάλη ενέργεια που απορροφώνται είναι και αυτά που προκαλούν την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Από την άλλη, τα φωτόνια με χαμηλή ενέργεια που αντιστοιχούν στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία, την υπέρυθρη, διαπερνούν τον ημιαγωγό χωρίς καμία επίδραση.

Ο ημιαγωγός επιτρέπει την κίνηση των ηλεκτρονίων κατά μία, προκαθορισμένη κατεύθυνση. Έτσι επιτυγχάνεται ο μόνιμος διαχωρισμός των ηλεκτρονίων από τις οπές τους και αυτά συσσωρεύονται στην αρνητικά φορτισμένη πλευρά του κρυστάλλου πυριτίου, ενώ οι οπές συσσωρεύονται στη θετικά φορτισμένη πλευρά του. Αυτός ο ημιαγωγός ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Κάθε Φ/Β στοιχείο αποτελείται από δύο στρώματα ημιαγωγού υλικού, συνήθως πυριτίου. Τα στοιχεία αυτά διαφέρουν τόσο στο ως προς τον τρόπο κατασκευής τους όσο και ως προς τα χαρακτηριστικά τους (χρώμα, εμφάνιση, ανακλαστικότητα κ.τ.λ.).

Οι βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής Φ/Β στοιχείων είναι:

- Μονοκρυσταλλικού πυριτίου (εικ. 2.7). Είναι τα πιο διαδεδομένα στην αγορά και κατασκευάζονται σε κυλίνδρους ανεπτυγμένου πυριτίου. Οι κύλινδροι αυτοί κόβονται σε λεπτές φέτες, γνωστές ως *wafers*, με πάχος μόλις 200  $\mu\text{m}$ . Ο βαθμός απόδοσης τους στα εργαστήρια φθάνει το 24%, ενώ στο εμπόριο αγγίζει το 15%.



Εικ. 2.7

- Πολυκρυσταλλικού πυριτίου (εικ. 2.8). Κατασκευάζονται από χυτό πυριτίο. Έχουν βαθμό απόδοσης γύρω στο 15%. Τα Φ/Β στοιχεία γαλλίου-αρσενίου διακρίνονται για τον υψηλό βαθμό απόδοσης τους, γι' αυτό χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις διαστημικές εφαρμογές και στα συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Η απόδοσή τους αγγίζει το 25%, όταν δέχονται την άμεση

ηλιακή ακτινοβολία και στο 28% όταν δέχονται και την διάχυτη ακτινοβολία. Σε ερευνητικό στάδιο ο βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων GaAs έχει ξεπεράσει το 30%.



Εικ. 2.8

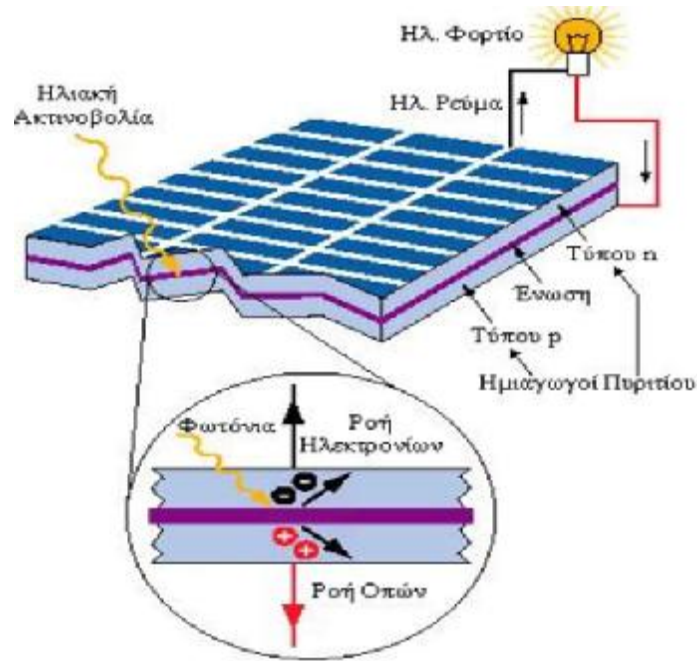
- Άμορφου πυριτίου (a-Si) (εικ. 2.9). Τα Φ/Β αυτά στοιχεία κατασκευάζονται από άμορφο πυρίτιο. Διακρίνονται από την πολύ μικρή κατανάλωση πυριτίου κατά την κατασκευή τους, ενώ ευκολότερες είναι και οι κατασκευαστικές διαδικασίες με αποτέλεσμα το κόστος τους να είναι πολύ μικρότερο. Το κυριότερο μειονέκτημα τους είναι η πολύ χαμηλή τους απόδοση που δεν ξεπερνά το 10%. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε ηλιακά ρολόγια και σε αριθμητικούς υπολογιστές. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η χρήση της τεχνολογίας άμορφου πυριτίου σε μεγάλα κτίρια, γνωστά και ως Κτιριακά Ολοκληρωμένα Φ/Β στοιχεία (BIPVs - Building Integrated Photovoltaics), όπου αντικαθιστούν τα τζάμια (μετά από επεξεργασία για την αύξηση της διαφάνειας τους) συμβάλλοντας έτσι στην τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας στο κτίριο.



Εικ. 2.9

Τα φωτοβολταϊκά κύτταρα αποτελούν διόδους ημιαγωγικών ενώσεων τύπου p-n με τη μορφή επίπεδης πλάκας (εικ. 2.10). Κάθε φωτόνιο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει την δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Όσο διαρκεί η ακτινοβολία, δημιουργείται περίσσια φορέων (ελεύθερων ηλεκτρονίων και οπών). Οι φορείς αυτοί, καθώς κυκλοφορούν στο στερεό (και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντίθετου προσήμου) δέχονται την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου της ένωσης p-n.

Εξαιτίας αυτού τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της διόδου. Αν στους ακροδέκτες αυτούς συνδεθεί κατάλληλο ηλεκτρικό φορτίο παρατηρείται ροή ηλεκτρικού ρεύματος και ισχύος από τη φωτοβολταϊκή διάταξη προς το φορτίο. Συμπερασματικά η όλη διάταξη αποτελεί μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται για όσο χρονικό διάστημα διαρκεί η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια το φωτοβολταϊκού κύτταρου. Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στους δύο ακροδέκτες της παραπάνω διάταξης, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο.



Εικ.2.10 Φυσική απεικόνιση φωτοβολταϊκού στοιχείου πυριτίου

Ακόμα και σε περιόδους συννεφιάς ένα Φ/Β στοιχείο εξακολουθεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια, έχοντας όμως πολύ μειωμένη απόδοση. Από την άλλη μεριά σε περιόδους καύσωνα η απόδοση ενός Φ/Β στοιχείου ελαττώνεται επίσης αισθητά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται από το Φ/Β στοιχείο σε ηλεκτρικό ρεύμα μειώνεται σημαντικά. Όπου δυστυχώς αποτελεί ένα σοβαρό μειονέκτημα των Φ/Β συστημάτων.

### 2.2.2 Φωτοβολταϊκά συστήματα

Ομάδες Φ/Β στοιχείων συνδεδεμένες σε σειρά ή παράλληλα διαμορφώνουν ένα Φ/Β πλαίσιο. Το πιο σημαντικό από τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός Φ/Β πλαισίου είναι η ισχύς αιχμής (W) που εκφράζει την παραγόμενη ηλεκτρική ισχύ όταν το Φ/Β πλαίσιο εκτεθεί σε ηλιακή ακτινοβολία  $1 \text{ kW/m}^2$ .

Με δεδομένο ότι τα Φ/Β πλαίσια που κυκλοφορούν αυτήν τη στιγμή στην αγορά έχουν απόδοση περίπου 11% (μετατρέπουν, δηλαδή, το 11% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια), ένα πλαίσιο επιφάνειας  $1 \text{ m}^2$  παράγει περίπου 110 W ηλεκτρικής ισχύος. Αν για παράδειγμα, αν θεωρήσουμε ότι στην Ελλάδα η μέση ετήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι περίπου  $1.800 \text{ kWh/m}^2$ , ένα Φ/Β σύστημα ονομαστικής ισχύος KW (και επιφάνειας περίπου  $30 \text{ m}^2$ ) έχει τη δυνατότητα παραγωγής  $4.500 \text{ kWh/έτος}$ , ενέργεια ικανή να καλύψει την κατανάλωση μιας τετραμελούς οικογένειας. Για την κάλυψη φορτίων μεγαλύτερης ισχύος, είναι δυνατή η δημιουργία Φ/Β συστοιχιών συνδέοντας πολλά Φ/Β στοιχεία μεταξύ τους σε σειρά και παράλληλα.

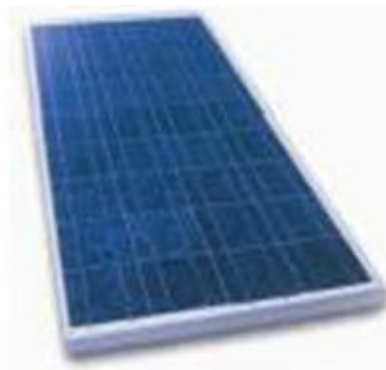
Η εμπειρία από τη μέχρι σήμερα χρήση των Φ/Β συστημάτων έχει δείξει ότι η ελαχιστοποίηση των ηλεκτρικών απωλειών υπό μερικό φορτίο λειτουργίας, η βελτιστοποίηση της ονομαστικής ισχύος του αναστροφέα και η σωστή φόρτιση και εκφόρτιση των συσσωρευτών μπορούν να αυξήσουν σημαντικά τη συνολική απόδοση και διάρκεια ζωής ενός συστήματος.

Το Φ/Β σύστημα αποτελείται από:

- Φωτοβολταϊκό στοιχείο. Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία. Λέγεται ακόμα Φ/Β κύτταρο ή Φ/Β κυψέλη (PV cell).



- Φωτοβολταϊκό πλαίσιο. Ένα σύνολο Φ/Β στοιχείων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα. Αποτελεί τη βασική δομική μονάδα της Φ/Β γεννήτριας (PV module).



- Φωτοβολταϊκό πάνελ. Ένα ή περισσότερα Φ/Β πλαίσια, που έχουν προκατασκευαστεί και συναρμολογηθεί σε ενιαία κατασκευή, έτοιμη για να εγκατασταθεί σε Φ/Β εγκατάσταση (PV panel).
- Φωτοβολταϊκή συστοιχία. Μια ομάδα από Φ/Β πλαίσια ή πανέλα με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση, τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης (PV array).



- Φωτοβολταϊκή γεννήτρια. Τα Φ/Β πλαίσια από (συνήθως 30 έως 36) ερμητικά σφραγισμένα Φ/Β στοιχεία μέσα σε ειδική διαφανή πλαστική ύλη, των οποίων η μπροστινή όψη προστατεύεται από ανθεκτικό γυαλί. Η κατασκευή αυτή που δεν ξεπερνά σε πάχος τα 4 με 5 mm, τοποθετείται συνήθως σε πλαίσιο αλουμινίου. Τα στοιχεία εσωτερικά είναι συνδεδεμένα σε σειρά ή παράλληλα ανάλογα με την εφαρμογή.

- Κατασκευή στήριξης. Τα Φ/Β πλαίσια προκειμένου να τοποθετηθούν-προσαρμοστούν στο σημείο εγκατάστασής τους εφοδιάζονται με ειδικές κατασκευές. Οι κατασκευές αυτές στήριξης πρέπει να πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια, όπως αντοχή στα φορτία που προέρχονται από το βάρος των πλαισίων και τους τοπικούς ανέμους, να μην προκαλούν σκίασμό στα πλαίσια, να επιτρέπουν την προσέγγιση στα πλαίσια, αλλά ταυτόχρονα να διασφαλίζουν την ασφάλειά τους.
- Συστήματα μετατροπής ισχύος (inverters). Τα Φ/Β πλαίσια παράγουν συνεχές ρεύμα ενώ τα φορτία καταναλώνουν εναλλασσόμενο ρεύμα. Για την μετατροπή της ισχύος στα Φ/Β συστήματα χρησιμοποιούνται αντιστροφείς (inverters) συνεχούς σε εναλλασσόμενο (DC/AC). Σκοπός των συστημάτων μετατροπής ισχύος είναι η κατάλληλη ρύθμιση των χαρακτηριστικών του παραγόμενου ρεύματος, ώστε να καταστεί δυνατή η τροφοδοσία των διάφορων καταναλώσεων. Τα σημαντικότερα κριτήρια για την επιλογή του αντιστροφέα είναι αξιοπιστία, ενεργειακή απόδοση, οι αρμονικές παραμορφώσεις, το κόστος και η συμβατότητα με τις τεχνικές απαιτήσεις της Δ.Ε.Η.
- Ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου προστασίας και λοιπά στοιχεία. Το Φ/Β σύστημα συμπληρώνουν οι ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου, η γείωση, οι καλωδιώσεις (συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος) και σχετικό ηλεκτρολογικό υλικό, οι διατάξεις ασφαλείας, ο μετρητής ηλεκτρικής ενέργειας και σύστημα παρακολούθησης της λειτουργίας του Φ/Β συστήματος.

Η Δ.Ε.Η. απαιτεί την ύπαρξη προστασίας απόξευξης του σταθμού μέσω διατάξεων του αντιστροφέα, ώστε ο σταθμός να αποσυνδέεται τόσο σε περίπτωση έλλειψης τάσης από το δίκτυο της Δ.Ε.Η., (προς αποφυγή του φαινομένου της νησιοδότησης) όσο και στην περίπτωση που η τάση και η συχνότητα αποκλίνουν των παρακάτω ορίων: τάση από +15% έως -20% επί της ονομαστικής (230 V) και συχνότητα  $\pm 0,5$  Hz της ονομαστικής (50 Hz).

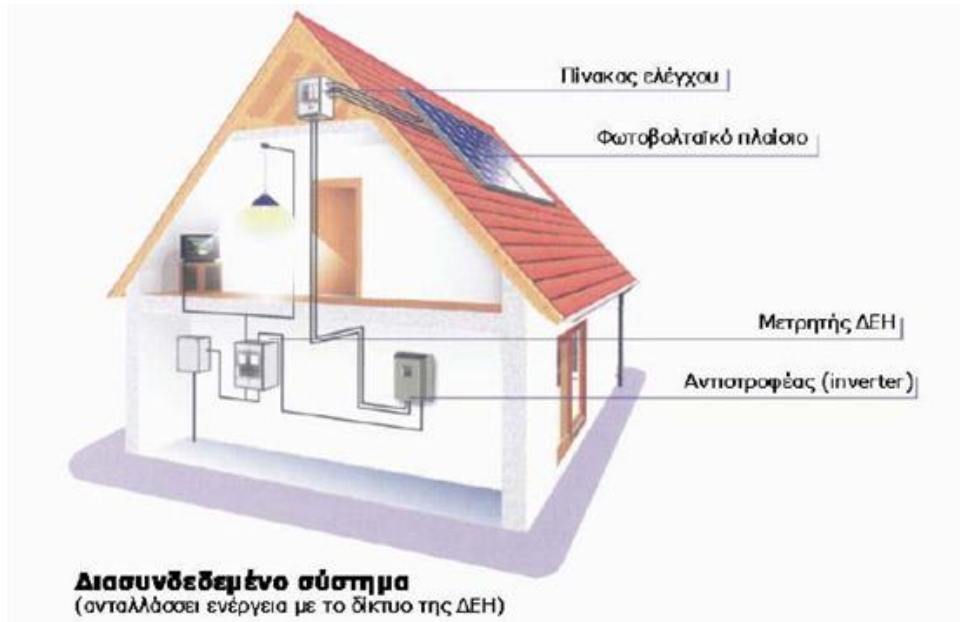
Σε περίπτωση υπέρβασης των πιο πάνω ορίων ο αντιστροφέας θα τίθεται εκτός (αυτόματη απόξευξη) με τις ακόλουθες χρονικές ρυθμίσεις: Θέση εκτός του αντιστροφέα σε 0,5 sec και επανάρξευξη του αντιστροφέα μετά από 3 min.

Εάν κατά την λειτουργία του Φ/Β σταθμού διαπιστωθούν προβλήματα αρμονικών, έγχυσης συνεχούς τάσεως στο δίκτυο κ.τ.λ., θα πρέπει ο παραγωγός να λάβει τα κατάλληλα μέτρα που θα του υποδείξει η Δ.Ε.Η.

### 2.2.3 Βασικοί τύποι φωτοβολταϊκών συστημάτων

α) Διασυνδεδεμένα Φ/Β συστήματα (εικ. 2.11). Το σύστημα αυτό αποτελείται από μία συστοιχία Φ/Β στοιχείων, η οποία μέσω ενός αντιστροφέα είναι συνδεδεμένη με το ηλεκτρονικό δίκτυο. Στα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο Φ/Β συστήματα, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τα Φ/Β τροφοδοτεί τα ηλεκτρικά φορτία και η περίσσεια ηλεκτρική ενέργεια (εφόσον υπάρχει) διαβιβάζεται και πωλείται στο δίκτυο.





Εικ.2.11

Στις περιπτώσεις όμως που η ενέργεια από τα Φ/Β δεν επαρκεί για να καλύψει τα φορτία τότε το δίκτυο παρέχει τη συμπληρωματική ενέργεια. Έτσι στα διασυνδεδεμένα συστήματα υπάρχουν δύο μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας. Ο ένας μετράει την ενέργεια που δίνεται στο δίκτυο και ο άλλος την ενέργεια που παρέχει το δίκτυο. Επίσης στη περίπτωση των διασυνδεδεμένων συστημάτων δεν απαιτείται χρήση συσσωρευτών, γεγονός που ελαττώνει το αρχικό κόστος της εγκατάστασης καθώς και το κόστος συντήρησης.

β) Αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα. Σήμερα υπάρχει πληθώρα μικρών φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κεραίες τηλεπικοινωνιακών σταθμών, εξοχικά σπίτια, αντλίες άντλησης νερού, χιονοδρομικά κέντρα, τροχόσπιτα, φάρους, μετεωρολογικούς σταθμούς, υπαίθρια φωτιστικά σώματα, σκάφη και άλλα τα οποία καθίστανται ενεργειακά αυτόνομα. Βέβαια υπάρχουν συστοιχίες συσσωρευτών οι οποίες αποθηκεύουν την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια, ενώ σε περίπτωση που έχουμε φορτία εναλλασσόμενου ρεύματος θα πρέπει να υπάρχει ένας αντιστροφέας στο σύστημα ο οποίος θα μετατρέπει την συνεχή σε εναλλασσόμενη τάση.


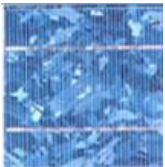

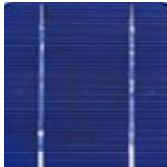


Εικ.2.12

γ) Υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα. Πρόκειται για αυτόνομα συστήματα που αποτελούνται από τη Φ/Β συστοιχία σε συνδυασμό με άλλες πηγές ενέργειας, ανανεώσιμες ή συμβατικές όπως για παράδειγμα, μια γεννήτρια πετρελαίου, ανεμογεννήτρια κ.τ.λ.

δ) Σύστημα μικρής ισχύος. Το σύστημα αυτό εγκαθίσταται συνήθως σε κτίρια που διαθέτουν ενεργητικά ή παθητικά ηλιακά συστήματα. Χρησιμοποιείται συχνά για τη λειτουργία αντλιών ή ανεμιστήρων συνεχούς ρεύματος που χρησιμοποιούνται για την κυκλοφορία του αέρα ή του νερού στους ηλιακούς συλλέκτες. Έχει ενσωματωμένο ρυθμιστή ισχύος ο οποίος διακόπτει τη λειτουργία του Φ/Β συστήματος όταν η ηλιακή ενέργεια δεν επαρκεί, και δεν απαιτεί τη χρήση συσσωρευτών για την αποθήκευση της ενέργειας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, αποτελείται από μόνο ένα Φ/Β πλαίσιο το οποίο τροφοδοτεί έναν μικρό ανεμιστήρα που το χειμώνα χρησιμεύει για την κυκλοφορία του θερμού αέρα από ένα θερμοκήπιο στο υπόλοιπο κτίριο ή τον αερισμό των υπερθερμαινόμενων χώρων το καλοκαίρι.

### 2.2.3.1 Συγκριτικός πίνακας φωτοβολταϊκών τεχνολογιών

Τύπος	Thin Film	Πολυκρυσταλικά	Μονοκρυσταλικά	Υβριδικά
Εμφάνιση				
Απόδοση	Άμορφα: 5~7% CIS: 7~10% CdTe: 8~9%	11~14%	13~16%	16~17%
Απαιτούμενη Επιφάνεια ανά KWp	10~20m <sup>2</sup>	8~10m <sup>2</sup>	7~8m <sup>2</sup>	6~7m <sup>2</sup>
Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά kWp)	1300~1400	1300	1300	1350

<b>Μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας (kWh ανά m<sup>2</sup>)</b>	65~140	130~160	160~185	190~225
<b>Ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg CO<sub>2</sub> ανά kWp)</b>	1380~1485	1380 1380		1435

#### 2.2.4 Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών πλαισίων σε ένα κτίριο

Η χρήση των Φ/Β πλαισίων ως λειτουργικών δομικών στοιχείων ενός κτιρίου διαμορφώνει νέες οικονομικά ελκυστικότερες λύσεις. Σε αυτό συμβάλλει και η ανάπτυξη νέων ημιδιαφανών Φ/Β πλαισίων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση των υαλοπινάκων, παρέχοντας ταυτόχρονα ηλιακή ενέργεια και ηλιοπροστασία κατά τους θερινούς μήνες.

Η ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στην οροφή ή στην πρόσοψη ενός κτιρίου γίνεται με πολλούς τρόπους. Στις καινοτόμες λύσεις που έχουν υιοθετηθεί κατά καιρούς περιλαμβάνεται και η χρήση Φ/Β στοιχείων στη θέση άλλων δομικών στοιχείων στο κέλυφος του κτιρίου ή στα σκίαστρα. Υπάρχουν τέσσερις βασικοί τρόποι για την τοποθέτηση των Φ/Β πλαισίων σε ένα κτίριο:

- Τοποθέτηση σε κεκλιμένα στηρίγματα. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από ξύλινα ή μεταλλικά είδη στηριγμάτων και οι περισσότεροι κατασκευαστές Φ/Β συστημάτων προσφέρουν στηρίγματα που ταιριάζουν ακριβώς στα Φ/Β πλαίσια. Σε μερικές περιπτώσεις, η κλίση είναι ρυθμιζόμενη. Η τοποθέτηση αυτή προσφέρει εύκολη πρόσβαση τόσο στο εμπρός όσο και στο πίσω μέρος των Φ/Β πλαισίων, όταν χρειάζεται να γίνει συντήρηση. Βοηθά επίσης, στον καλό αερισμό και στο δροσισμό των στοιχείων, αυξάνοντας έτσι την απόδοσή τους. Εντούτοις, το κόστος είναι σχετικά υψηλό, γιατί απαιτείται η χρήση πρόσθετων υλικών και επιπλέον εργασία.
- Τοποθέτηση σε ειδική βάση προσαρμοσμένη στο εξωτερικό του κελύφους. Η οποία εξέρχεται από την οροφή ή την πρόσοψη του κτιρίου. Η κατασκευή αυτή στηρίζεται στο εξωτερικό κέλυφος του κτιρίου. Χρειάζεται, όμως, προσοχή για την καλή μόνωση των σημείων στα οποία στηρίζεται η βάση. Η τοποθέτηση αυτή επιτρέπει επίσης τον καλό αερισμό και την ψύξη των Φ/Β στοιχείων. Το κόστος είναι συνήθως μικρότερο σε σύγκριση με το κόστος που απαιτεί η τοποθέτηση σε

κεκλιμένα στηρίγματα, αλλά μεγαλύτερο από το κόστος των μεθόδων που περιγράφονται στη συνέχεια. Αποτελεί μια καλή λύση, ειδικά σε ανακαινιζόμενα κτίρια, στα οποία δεν είναι δυνατόν να γίνουν μεγάλες αλλαγές στο εξωτερικό του κελύφους.

- Απευθείας τοποθέτηση. Στην περίπτωση αυτή, η εξωτερική επίστρωση του κτιρίου αντικαθίσταται από Φ/Β πλαίσια. Για παράδειγμα, τα Φ/Β στοιχεία τοποθετούνται με τρόπο που το ένα να επικαλύπτει εν μέρει το άλλο, όπως ακριβώς τα κεραμίδια. Το φωτοβολταϊκό κάλυμμα προστατεύει το κτίριο, αλλά δεν είναι πλήρως στεγανό και απαιτούνται μέτρα για τη στεγανοποίησή του. Το κόστος όμως αυτής της μεθόδου είναι σχετικά χαμηλό, γιατί απαιτεί ελάχιστα πρόσθετα υλικά. Επίσης, η υποκατάσταση ορισμένων δομικών υλικών που χρησιμοποιούνται για την εξωτερική κάλυψη του κελύφους του από τα Φ/Β πλαίσια μειώνει το συνολικό κόστος.
- Ενσωμάτωση των Φ/Β πλαισίων στο κέλυφος του κτιρίου. Η μέθοδος αυτή συνίσταται στην υποκατάσταση ολόκληρων τμημάτων του κτιριακού κελύφους από Φ/Β πλαίσια. Η καλή εφαρμογή αυτής της τεχνικής απαιτεί τη στεγανή σύνδεση των Φ/Β πλαισίων μεταξύ τους. Για παράδειγμα, Φ/Β στοιχεία χωρίς μεταλλικό σκελετό τοποθετούνται σε στηρίγματα παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για τη στήριξη συμβατικών διαφανών οροφών ή προσόψεων. Τα νέα τύπου ημιδιαφανή στοιχεία είναι δυνατόν να τοποθετηθούν στη θέση υαλοπινάκων ή αδιαφανών στοιχείων, παρέχοντας στο σχεδιαστή τη δυνατότητα εφαρμογής τεχνικών φωτισμού και ηλιοπροστασίας παράλληλα με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ενσωμάτωση των Φ/Β παρέχει δυνατότητες για σημαντική μείωση του κόστους, καθώς εξοικονομείται το κόστος των δομικών στοιχείων του κελύφους τα οποία αντικαθίστανται από τα Φ/Β στοιχεία.

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

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

Επίσης τα Φ/Β μπορούν να συνδυαστούν με πράσινη στέγη. Στην περίπτωση αυτή έχουμε πολλαπλά οφέλη. Η μεν πράσινη στέγη δροσίζει το Φ/Β και αυξάνει την απόδοσή του, το δε φωτοβολταϊκό εμποδίζει τη γρήγορη εξάτμιση και απαιτείται λιγότερο νερό για την πράσινη στέγη.

### Προσανατολισμός και σκίαση φωτοβολταϊκών συστημάτων

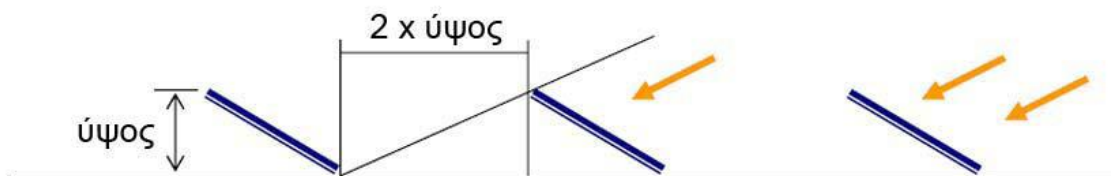
Για να είναι εφικτή η μεγιστοποίηση της ενεργειακής παραγωγικότητας των Φ/Β πλαισίων, θα πρέπει να επιτυγχάνεται βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα, εφόσον η πορεία του ήλιου αλλάζει τόσο με την ώρα της ημέρας όσο και με τη μέρα του έτους, θεωρείται πως για

να παράγει ένα πλαίσιο τη μέγιστη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι σε θέση να περιστρέφεται ώστε να μπορεί να ακολουθεί την τροχιά του ήλιου και να είναι συνεχώς κάθετο στην κατεύθυνση της ακτινοβολίας. Στα Φ/Β συστήματα που εγκαθίστανται στο έδαφος πάντοτε δίνεται ο προσανατολισμός και η κλίση που θα επιτρέψει την βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας.

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





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

Αυτό που όμως είναι σημαντικό είναι να μη δημιουργούνται σκιασμοί στην επιφάνεια των Φ/Β πλαισίων από παρακείμενα κτίρια ή αντικείμενα, κυρίως τις ώρες υψηλής ακτινοβολίας, διότι έστω και μικρός σκιασμός των Φ/Β πλαισίων προκαλεί σημαντική μείωση της παραγόμενης ισχύος. Ένας χοντρικός κανόνας για να βεβαιωθεί κανείς ότι το σύστημά του δεν θα αποδίδει λιγότερο λόγω σκιάσεων, είναι ο εξής: η απόσταση από το τυχόν εμπόδιο (κτίριο, δέντρο, κ.τ.λ.) πρέπει να είναι διπλάσια του ύψους του εμποδίου (εικ. 2.13).



Εικ.2.13 Κανόνας σκίασης Φ/Β





Σε περιπτώσεις που η ακτινοβολία δεν προσπίπτει ομοιόμορφα σε όλα τα Φ/Β πλαίσια, συνιστάται η σύνδεση των Φ/Β πλαισίων σε μικρές συστοιχίες με ομοιόμορφη πρόσπτωση ακτινοβολίας. Σε μια συστοιχία με μη ομοιόμορφη πρόσπτωση ακτινοβολίας ή σε περίπτωση μερικού σκιασμού αυτής, η απόδοση ολόκληρης της συστοιχίας καθορίζεται από την απόδοση του πλαισίου με τη μικρότερη απόδοση (πίνακας 1).

Τρόπος σκίασης	Σκίαση (%)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (1 string x 9 modules)	Ενδεικτική απώλεια ισχύος (3 string x 3 modules)
	0,15%	-3,7%	-1,7%
	2,6%	-16,7%	-7%
	11,1%	-36,5%	-30,5%
	12,5%	-18,3%	-17%

Πιν.1 Απώλειες από σκίαση

Απόδοση φωτοβολταϊκών συστημάτων ανάλογα με την κλίση και τον προσανατολισμό

Δεδομένου ότι στην περίπτωση των κτιριακών Φ/Β εγκαταστάσεων οι βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού της Φ/Β συστοιχίας μπορεί να είναι ανέφικτες (λόγω των περιορισμών που προκύπτουν από τις δεδομένες διαθέσιμες επιφάνειες του κτιρίου), θα πρέπει να γίνει εκτίμηση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια στην οποία πρόκειται να εγκατασταθεί η Φ/Β συστοιχία. Η μείωση της ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας (στην επιφάνεια της Φ/Β συστοιχίας) συγκριτικά με τη μέγιστη θεωρητική της τιμή (βέλτιστες τιμές κλίσης και προσανατολισμού) συνιστάται να μην υπερβαίνει το 10% προκειμένου να μεγιστοποιούνται τα οικονομικά οφέλη του ανεξάρτητου παραγωγού (πιν. 2). Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που προκύπτουν από τις διαθέσιμες επιφάνειες των κτιρίων, προτιμούνται γενικά επιφάνειες νότιου προσανατολισμού με απόκλιση έως 70° από την κατεύθυνση του νότου και κλίση στο εύρος 0°- 50°.

Κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο	Προσανατολισμός		
	Νότιος	Νοτιοανατολικός Νοτιοδυτικός	Ανατολικός Δυτικός
0 ° 	90%	90%	90%
15 ° 	98%	95%	88%
30 ° 	100%	95%	85%
90 ° 	60%	60%	50%

Πιν.2 Ενδεικτική απόδοση ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση

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

### 2.2.5 Το κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων

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

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

Τα Φ/Β πλαίσια έχουν διάρκεια ζωής έως και 20 έτη χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση, ενώ σε αυτό το διάστημα οι συσσωρευτές αντικαθίστανται 4-5 φορές.

Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος ενός συστήματος είναι το είδος της εφαρμογής και αν το σύστημα είναι συνδεδεμένο ή όχι. Το κόστος είναι συνήθως χαμηλότερο για συστήματα συνδεδεμένα με το δίκτυο και η διαφορά

οφείλεται στο γεγονός ότι σε αντίθεση με τα αυτόνομα συστήματα, δεν απαιτούν συσσωρευτές. Ακόμα το κόστος ανά W μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους του Φ/Β συστήματος.

Το κόστος στην Ελλάδα των αυτόνομων Φ/Β συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των συσσωρευτών είναι της τάξεως των 7.000 €/KW, ενώ το κόστος των συνδεδεμένων με το δίκτυο Φ/Β συστημάτων είναι της τάξεως των 5.000 €/KW.

### 2.2.6 Χαρακτηριστικά των φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα βασικότερα χαρακτηριστικά των Φ/Β συστημάτων τα οποία ξεχωρίζουν από τις συμβατικές πηγές ενέργειας αλλά και από τις άλλες τεχνολογίες εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, είναι ότι:

- Έχουν μηδενικό κόστος λειτουργίας διότι δεν καταναλώνουν πρώτη ύλη.
- Μετατρέπουν την ηλιακή ακτινοβολία απ' ευθείας σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Δεν παράγουν υποπροϊόντα, δεν μολύνουν το περιβάλλον, δεν προκαλούν ηχορύπανση.
- Δεν προσβάλλουν αισθητικά το περιβάλλον και μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν μέσα σε πόλεις.
- Μπορούν να ενσωματωθούν στην αρχιτεκτονικά του κτιρίου αλλά ακόμα να χρησιμοποιηθούν ως δομικά στοιχεία μειώνοντας έτσι το κόστος της εγκατάστασης.
- Μπορούν να συνδυαστούν και με άλλες πηγές ενέργειας, για παράδειγμα σε ένα αιολικό πάρκο.
- Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και μεγάλη αξιοπιστία.
- Είναι εύχρηστα.
- Παρέχουν πλήρη ενεργειακή ανεξαρτησία στο χρήστη, όπου και αν βρίσκεται αυτός. Μπορούν να εγκατασταθούν σε περιοχές όπου δεν είναι δυνατό ή οικονομικά συμφέρον, να φτάσει το ηλεκτρικό δίκτυο.
- Προσφέρουν τη δυνατότητα αποκεντρωμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Ωστόσο υπάρχουν και κάποια αδύνατα σημεία τα οποία είναι:

- Το μεγάλο κόστος, αν και αποφέρουν απόσβεση σε 5 με 7 χρόνια.
- Κακή ενεργειακή μελέτη.
- Κακή επιλογή υλικών.
- Φυσικές καταστροφές.

Τέλος, ενώ δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον κατά την παραγωγή ρεύματος υπάρχει επιβάρυνση κατά την κατασκευή τους. Σύμφωνα με υπολογισμούς απαιτούνται 5 με 6 χρόνια λειτουργίας ενός Φ/Β πλαισίου για να αντισταθμιστεί η παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διαδικασία κατασκευής του στις εργοστασιακές μονάδες.



### 2.2.7 Συντήρηση φωτοβολταϊκών συστημάτων

Οι φωτοβολταϊκές γεννήτριες έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση. Συνήθως έχουν 25 χρόνια εγγύηση λειτουργίας. Η εγγύηση δηλώνει ότι η ισχύς εξόδου των πλαισίων θα είναι τουλάχιστον 80% της αρχικής ισχύος μετά από 25 χρόνια. Εάν η γωνία εγκατάστασης είναι πάνω από 10°, η επιφάνεια καθαρίζεται από τη βροχή. Σε περίπτωση που η συγκέντρωση των ρύπων είναι υπερβολική, η επιφάνεια πρέπει να καθαριστεί με υγρό πανί. Εάν είναι απαραίτητος ο καθαρισμός της πίσω επιφάνειας, πρέπει να γίνει με μεγάλη προσοχή, ώστε να μην προκληθεί κάποιο πρόβλημα στο κουτί διασύνδεσης ή σε κάποιο ακροδέκτη. Σε περίπτωση που διαπιστωθεί οξείδωση σε κάποια ηλεκτρική επαφή, πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιο ειδικό προϊόν για τον καθαρισμό ηλεκτρικών επαφών.

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

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

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

### 2.2.8 «Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε Κτιριακές Εγκαταστάσεις και Ιδίως σε Δώματα και Στέγες Κτιρίων» (ΦΕΚ Β' 1079, 4/6/2009)

*Το πρόγραμμα αυτό είναι η πραγματικότητα των Φ/Β αυτόν τον καιρό σε οικιστικό επίπεδο τόσο στην περιοχή της Αθήνας, όσο και της υπόλοιπης Ελλάδας, γι' αυτό και αξίζει να εξεταστεί ξεχωριστά και εκτεταμένα, αφού οικιακό διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα εκτός των πλαισίων αυτού του προγράμματος αυτή τη στιγμή δεν νοείται.*

Από την 1η Ιουλίου 2009 ισχύει πλέον η δυνατότητα εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10 KWp και στη στέγη των σπιτιών, άρα η παραγωγή και πώληση ρεύματος από ηλιακή ενέργεια και από ιδιώτες (12323/ΓΓ 175/4.6.2009 Κοινή Υπουργική Απόφαση – Κ.Υ.Α). Τα διασυνδεδεμένα κτιριακά Φ/Β συστήματα που εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής της Κ.Υ.Α. (ΦΕΚ Β' 1079, 4/6/2009) εντάσσονται στο καθεστώς του ανεξάρτητου παραγωγού (Feed in tariff). Δηλαδή, το σύνολο της ενέργειας που παράγεται από την ηλεκτροπαραγωγική μονάδα πωλείται στη Δ.Ε.Η. και δεν χρησιμοποιείται για τη μερική ή ολική τροφοδότηση των φορτίων της κτιριακής εγκατάστασης (ιδιοκαταναλώσεις του κτιρίου).

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 Φ/Β συστημάτων. Ακολούθησαν μια σειρά από υπουργικές αποφάσεις, οι οποίες τροποποίησαν παλαιότερες ρυθμίσεις κυρίως πολεοδομικού χαρακτήρα για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών, όπως η ΥΑ 36720/25-8-2010 «έγκριση ειδικών όρων για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών και ηλιακών συστημάτων σε κτίρια και οικόπεδα εντός σχεδίου περιοχών και σε οικισμούς» (ΦΕΚ 376/6-9- 2010) σύμφωνα με την οποία δεν χρειάζεται πλέον ούτε η άδεια εργασιών μικρής κλίμακας από την πολεοδομία, όπως ίσχυε μέχρι πρότινος.

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

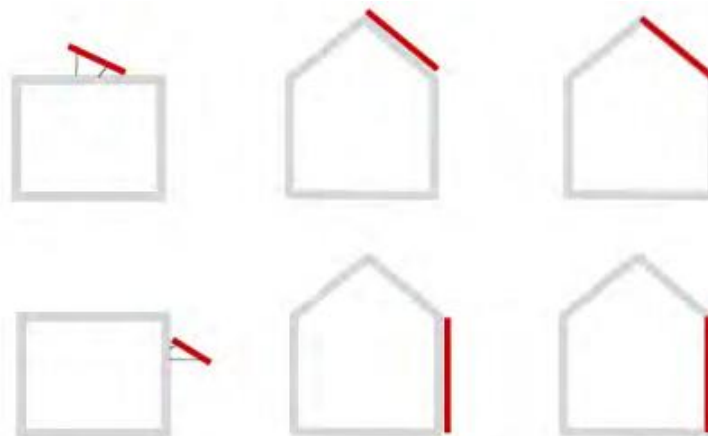
1. Δεν απαιτούνται πολύπλοκες διαδικασίες όπως αδειοδοτήσεις από διάφορους φορείς, ούτε φορολογικές υποχρεώσεις όπως έναρξη επαγγελματικής δραστηριότητας παραγωγής ρεύματος ή φορολόγηση για την παραγωγή του ρεύματος.

2. Η τιμή αγοράς από τη Δ.Ε.Η. του παραγόμενου ρεύματος είναι 0,55 ευρώ ανά κιλοβατώρα (αναπροσαρμοζόμενη προς τα επάνω ετησίως) ενώ η τιμή που χρεώνει η Δ.Ε.Η. για την κατανάλωση του ιδιοκτήτη είναι περίπου 5 φορές χαμηλότερη. Οι όροι αυτοί ισχύουν μέχρι το 2012, μετά η τιμή θα αρχίσει να αποκλιμακώνεται κατά 5% ετησίως και η σύμβαση που υπογράφεται είναι για 25 χρόνια.

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

### 2.2.9 Που επιτρέπεται η εγκατάσταση

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών επιτρέπεται (εικ. 2.14 ) σε στέγες σπιτιών, σε ταρατσες μονοκατοικίας ή πολυκατοικίας, συμπεριλαμβανομένων στεγάστρων βεραντών, προσόψεων και σκιάστρων, καθώς και βοηθητικών χώρων του κτιρίου, όπως αποθήκες και χώροι στάθμευσης, αλλά και σε οικόπεδα (ακόμη και σε εκτός σχεδίου).



Εικ.2.14 Διάφοροι τρόποι ενσωμάτωσης Φ/Β σε κτίρια

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

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

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

Στην περίπτωση φωτοβολταϊκού συστήματος σε κοινόχρηστο ή κοινόκτητο χώρο κτιρίου (ταράτσα), επιτρέπεται η εγκατάσταση ενός και μόνο συστήματος και τότε πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω όροι. Είτε να συμφωνήσουν εγγράφως οι υπόλοιποι ιδιοκτήτες, είτε το φωτοβολταϊκό να εγκατασταθεί εξ' ονόματος όλων των ιδιοκτητών (τους οποίους στην περίπτωση αυτή εκπροσωπεί ο διαχειριστής). Αν 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 μπουν περισσότερα συστήματα σε μια πολυκατοικία.

### 2.2.10 Εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων

Τα Φ/Β συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σχεδόν παντού, όπου απαιτείται η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η τεχνολογία τους έχει ωριμάσει αρκετά και μπορούν να εξυπηρετούν και τα πλέον απαιτητικά ηλεκτρικά φορτία, χωρίς κανένα πρόβλημα.

Γεγονός του υψηλού κόστους για την αγορά και εγκατάσταση των Φ/Β συστημάτων, η χρήση τους είναι πιο διαδεδομένη σε εφαρμογές που χαρακτηρίζονται από μικρές ενεργειακές απαιτήσεις, αδυναμία παροχής ηλεκτρικής ενέργειας από άλλη πηγή, απαιτήσεις μεγάλης αξιοπιστίας και επιθυμία ελάχιστης συντήρησης.

Οι πιο ευρέως διαδεδομένες εφαρμογές τους όπως έχουμε δει όλοι, είναι ορισμένες συσκευές χειρός π.χ. φανοί, ρολόγια, αριθμητικές μηχανές, φωτιστικά κήπου, ηλεκτρονικά παιχνίδια κ.α. που συχνά τροφοδοτούνται από φωτοβολταϊκά στοιχεία και ενεργοποιούνται με τη βοήθεια του φωτός, αντί να καλύπτουν τις ανάγκες τους με μπαταρίες. Επίσης σε τροχόσπιτα, και σκάφη αναψυχής, σε αγροτικές ή εξοχικές κατοικίες χρησιμοποιούνται τα Φ/Β συστήματα, προκειμένου να αποφευχθεί η εξάρτηση από το κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο.

Επίσης εφαρμογή Φ/Β συστημάτων λόγω της αδυναμίας πρόσβασης τους στο δίκτυο χρησιμοποιούνται σε ορεινά καταφύγια, παρατηρητήρια δασοπυρόσβεσης, τηλεπικοινωνιακούς σταθμούς, φάρους ναυτιλίας (εικ.2.15).



Εικ.2.15 Αυτόνομο φωτοβολταϊκό σύστημα τηλεπικοινωνιών στο όρος Δίρφη στην Εύβοια

Αλλά και μέσα στην πόλη, μικρού μεγέθους Φ/Β συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ηλεκτροδότηση τηλεφωνικών θαλάμων, μηχανήματα έκδοσης εισιτηρίων, ηλεκτρονικών πινακίδων πληροφοριών, καθώς επίσης και για το φωτισμό των οδών, γενικότερα για το φωτισμό εξωτερικών χώρων διαφόρων ειδών.

#### Αυτόνομα φωτιστικά συστήματα με Φ/Β



Πεζοδρομίου



Κήπου



Πάρκου



Εθνικών οδών



Επαρχιακών οδών

Ακόμα μπορούν να ηλεκτροδοτηθούν συστήματα φωτεινής σηματοδότησης της κυκλοφορίας ή πινακίδες προειδοποιητικής σήμανσης.



Αυτόνομο φωτιστικό σύστημα στάσεων λεωφορείων. Είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί για 5 λεπτά ενεργοποιώντας κάθε φορά το μπουτόν που βρίσκεται πάνω στον ιστό.



Αυτόνομο φωτιστικό σύστημα για σήμανση επικινδυνότητας οδών (φλας), με συχνότητα αναλαμπών 0,5sec on / 0,5sec off.

Αυτόνομα Φ/Β συστήματα μπορούν να εξυπηρετήσουν άριστα μεμονωμένες κατοικίες ή μεγαλύτερες μονάδες, όπως ξενοδοχεία, σχολεία, νοσοκομεία κ.τ.λ. Παραδείγματα: Elounda island village το 1996, οικισμός στον άσπρο ποταμό στην Κρήτη.

Βέβαια η σημαντικότερη χρήση των Φ/Β συστημάτων αφορά τη λειτουργία σταθμών ηλεκτροπαραγωγής μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους, όπου το ηλεκτρικό ρεύμα αυτοκαταναλώνεται από τον παραγωγό ή διοχετεύεται στο κεντρικό ηλεκτρικό δίκτυο ή συμβαίνουν και τα δύο παράλληλα ανάλογα με τις ανάγκες.

Στην Ελλάδα η πρώτη και σημαντικότερη τέτοια εγκατάσταση έχει γίνει από την Δ.Ε.Η. στην Κύθνο. Το φωτοβολταϊκό πάρκο που εγκαταστάθηκε εκεί σχεδιάστηκε ώστε να λειτουργεί σε συνδυασμό με αιολικό πάρκο, το οποίο έχει επίσης εγκαταστήσει η Δ.Ε.Η. στο νησί και τον υπάρχοντα συμβατικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με σκοπό τη μείωση της ποσότητας ρεύματος που παράγεται από ορυκτά καύσιμα.

Η ηλιακή γεννήτρια του Φ/Β σταθμού της Κύθνου, έχει μέγιστη δυνατότητα εξόδου 100 KWp.

Σημαντική εγκατάσταση είναι και αυτή της Σίφνου. Το 2000 εγκαταστάθηκε στη Σίφνο το φωτοβολταϊκό πάρκο εγκατεστημένης ισχύος 60 kWp συνδεδεμένο στο τοπικό δίκτυο με μέση ετήσια παραγωγή ενέργειας 100.000 kWh. Χρησιμοποιηθήκαν Φ/Β συλλέκτες πολυκρυσταλλικού πυριτίου.

Επίσης το 2003 τοποθετήθηκε στις εγκαταστάσεις του Κ.Α.Π.Ε. φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος 40 kWp.

### Φωτοβολταϊκά σε στέγες (17 μη διασυνδεδεμένα νησιά)

Τεράστιο είναι το ενδιαφέρον για το πρόγραμμα Φ/Β σε στέγες όπως δείχνουν τα επίσημα στοιχεία που ανακοινώθηκαν από τη Δ.Ε.Η., τα οποία ωστόσο κρύβουν μια δυσάρεστη έκπληξη. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τη λίστα της Δ.Ε.Η., σε συνολικά 17 νησιά τα δίκτυα είναι κορεσμένα. Από αυτά τα 17 νησιά στα 12 δεν έχει εγκατασταθεί ούτε ένα Φ/Β σε στέγη, παρά το γεγονός ότι σε νησιά όπως η Σάμος και η Λήμνος υπάρχει σημαντικός αριθμός αιτήσεων που είναι σε εκκρεμότητα.

Στον αντίποδα, σε νησιά όπου το δίκτυο παραμένει διαθέσιμο, καταγράφεται σημαντική ανταπόκριση στο πρόγραμμα Φ/Β σε στέγες. Έτσι ακόμη και σε νησιά της άγονης γραμμής, όπως η Ηράκλεια ή η Τήλος, υπάρχουν σήμερα εγκατεστημένα Φ/Β σε στέγες, ενώ συνολικά στα νησιά του Αιγαίου σύμφωνα με τα στοιχεία που ανακοινώθηκαν από τη Δ.Ε.Η. έχουν εγκατασταθεί 10,242 MW και έχουν κατατεθεί αιτήσεις για ακόμη 28,76 MW. Τα Φ/Β συστήματα σε στέγες ξεπερνούν τα 1.000, ενώ οι αιτήσεις πλησιάζουν τις 3.000.

Πρωταθλήτρια αναδεικνύεται η Κρήτη όπου έχουν εγκατασταθεί περίπου 700 συστήματα σε στέγες συνολικής ισχύος 6,9 MW. Ακολουθεί η Χίος με 1,4 MW, η Ρόδος 637 KW, η Σύρος 391 KW ενώ συνολικά έχουν εγκατασταθεί Φ/Β σε στέγες σε 19 νησιά. Αντίθετα δεν υπάρχουν ακόμη καθόλου έργα από τα μεγάλα νησιά στη Λήμνο, τη Σάμο και τη Σίφνο καθώς επίσης και στα περισσότερα μικρά νησιά του Αιγαίου. Εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι και στο περίφημο πράσινο νησί, τον Άγιο Ευστράτιο μέχρι σήμερα, με βάση τα στοιχεία της Δ.Ε.Η. δεν υπάρχει ούτε ένα Φ/Β σε στέγη αλλά ούτε και καμία αίτηση.

Και στις αιτήσεις πρωταθλήτρια είναι η Κρήτη με 27 MW, ενώ σημαντικός αριθμός αιτήσεις εμφανίζεται στη Σάμο (483 KW) και τη Ρόδο (346 KW).

Συνολικά με βάση τα στοιχεία της Δ.Ε.Η. στα μη διασυνδεδεμένα νησιά η διαθέσιμη ισχύς για Φ/Β σε στέγες είναι 190.898 KW, οι εγκαταστάσεις που λειτουργούν είναι 10.242 KW και οι αιτήσεις 28.768 KW.

### 2.2.11 Προοπτικές

Βασικότερο μειονέκτημα των Φ/Β συστημάτων θεωρείται το υψηλό κόστος κτήσης τους, δηλαδή το σχετικά μεγάλο κεφάλαιο που απαιτείται να επενδυθεί για την αγορά των συστημάτων αυτού του είδους, με συνακόλουθα μεγάλο διάστημα απόσβεσης της σχετικής επένδυσης, έναντι της χρήσης των συμβατικών μορφών ενέργειας. Αν και το κόστος εγκατάστασης των διαφόρων Φ/Β συστημάτων έχει αρχίσει και μειώνεται με ταχύ ρυθμό.

Ωστόσο η φωτοβολταϊκή τεχνολογία όπως και οι άλλες τεχνολογίες εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν είναι δίκαιο να συγκρίνονται μόνο από την άποψη του οικονομικού όφελος του επενδυτή, με τις συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας. Πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη οι ιδιαιτερότητες των εφαρμογών που μπορεί να έχει, καθώς και το περιβαλλοντικό όφελος που προκύπτει από την εφαρμογή της, το οποίο αν και δεν υπάρχει ακριβής τρόπος αποτίμησης του, αποτελεί σπουδαίο παράγοντα στις μέρες μας.

Η Ελλάδα είναι μία από τις ευνοημένες χώρες του πλανήτη μας, από πλευρά ηλιοφάνειας και παρουσιάζει ευνοϊκές προϋποθέσεις για τη χρήση και την ευρείας διάδοση των Φ/Β συστημάτων.

Η συνεχής ανάπτυξη και αξιοποίηση της φωτοβολταϊκής τεχνολογίας, η οποία είναι μία από τις πλέον «καθαρές» τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας, ακόμα και σε σχέση με τεχνολογίες άλλων μορφών Α.Π.Ε., είναι βέβαιο ότι θα συμβάλει σημαντικά στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας, μειώνοντας την εξάρτηση από το εισαγόμενο πετρέλαιο και ενισχύοντας την ασφάλεια του ενεργειακού ανεφοδιασμού. Παράλληλα θα συντελέσει κατά πολύ στην προστασία του περιβάλλοντος και στην αξιοποίηση των τοπικών ενεργειακών πόρων, με αντίστοιχες ευεργετικές επιπτώσεις στην τοπική ανάπτυξη (δημιουργία νέων θέσεων εργασίας σε τοπικό επίπεδο, ενεργειακή αποκέντρωση κ.τ.λ.).

## **2.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ**

Για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας χρησιμοποιούνται ειδικές διατάξεις που εκθέτουν έναν δρομέα (πτερωτή τύπου έλικα, με ένα ή περισσότερα πτερύγια) στο ρεύμα του ανέμου, λαμβάνοντας έτσι μέρος της κινητικής ενέργειάς του, με αποτέλεσμα την περιστροφική κίνηση του δρομέα. Οι διατάξεις αυτές λέγονται ανεμοκινητήρες ή ειδικότερα ανεμογεννήτριες όταν ο άξονας τους κινεί ηλεκτρογεννήτρια παραγωγής ρεύματος.

Με τη χρήση ανεμοκινητήρων (π.χ. ανεμογεννήτριες, ανεμόμυλοι) η αιολική ενέργεια μετατρέπεται σε περιστροφική κίνηση του δρομέα του ανεμοκινητήρα και του άξονά του. Η περιστροφική κίνηση μπορεί να αξιοποιείται άμεσα π.χ. για την άντληση νερού από πηγάδι, την άλεση σιτηρών κ.τ.λ. ή να μετατρέπεται με γεννήτρια σε ηλεκτρική ενέργεια. Η αιολική ενέργεια χρησιμοποιείται συνήθως για :

- την παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές συνδεδεμένες στο δίκτυο είτε,
  - (i) για την κάλυψη ιδίων αναγκών (αυτοπαραγωγή ρεύματος) ή

(ii) για την πώληση του ρεύματος στην εταιρεία εκμετάλλευσης του δικτύου (ανεξάρτητη παραγωγή).

- την παραγωγή ηλεκτρισμού σε περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο, για λειτουργία είτε,
  - (i) μόνες τους, με συσσωρευτές (stand-alone) ή
  - (ii) σε συνδυασμό με σταθμό ηλεκτροπαραγωγής με ντίζελ (diesel -windgenerator autonomous system).
- την παραγωγή ύδατος (αφαλάτωση) είτε,
  - (i) με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης (reverse osmosis), οπότε η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια καταναλώνεται για την κίνηση των αντλιών προώθησης του προς αφαλάτωση ύδατος μέσω των ημιπερατών μεμβρανών ή
  - (ii) με τη μέθοδο συμπίεσης ατμών, οπότε η περιστροφική κίνηση του δρομέα μπορεί να χρησιμοποιείται άμεσα για την κίνηση του συμπιεστή ατμών.
- την θέρμανση, π.χ. σε θερμοκήπια, με διαδοχική μετατροπή της σε ηλεκτρισμό και ακολούθως σε θερμότητα με τη χρήση ηλεκτρικής αντίστασης ή με την κίνηση αντλιών θερμότητας.
- παραδοσιακές χρήσεις, όπως προαναφέρθηκαν (άλεση, άντληση, άρδευση).

### 2.3.1 Είδη Ανεμογεννητριών

Υπάρχουν πολλών ειδών ανεμογεννήτριες οι οποίες κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- τις ανεμογεννήτριες με οριζόντιο άξονα, οι οποίες περιστρέφονται γύρω από έναν άξονα οριζόντιο ως προς το επίπεδο του εδάφους, των οποίων ο δρομέας είναι τύπου «έλικα» και μπορεί να περιστρέφεται ώστε να βρίσκεται συνεχώς παράλληλα προς τον άνεμο (εικ. 2.16),



Εικ 2.16 Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα



- τις ανεμογεννήτριες με κατακόρυφο άξονα, ο οποίος και παραμένει σταθερός (εικ. 2.17).



Εικ. 2.17 Ανεμογεννήτρια κατακόρυφου άξονα

Σήμερα στην αγορά επικρατούν οι ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα.

### 2.3.2 Βασικά στοιχεία

Τα παρακάτω αναφέρονται ειδικότερα σε ανεμογεννήτριες οριζόντιου άξονα, που είναι οι συνηθέστερες (εικ. 2.18, σελ. 76).

Διακρίνονται σε μικρές, μεσαίες και μεγάλες ανάλογα με την ισχύ που αποδίδουν. Στον πίνακα που ακολουθεί (πιν. 3) δίνονται βασικά στοιχεία χαρακτηριστικών ανεμογεννητριών των κατηγοριών αυτών, όπως είναι η ισχύς, η διάμετρος και η περίοδος. (Έχει θεωρηθεί ταχύτητα ανέμου 12 m/s).

Κατηγορία	Ισχύς (KW)	Διάμετρος (m)	Περίοδος (s)
Μικρές	10	6,4	0,3
	25	10	0,4
Μεσαίες	50	14	0,6
	100	20	0,9
	150	25	1,1
Μεγάλες	250	32	1,4
	500	49	2,1
	1.000	64	3,1
Πολύ μεγάλες	2.000	90	3,9
	3.000	110	4,8
	4.000	130	5,7

Πίν.3 Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών

- Ο δρομέας

Μπορεί να είναι με ένα, δύο, τρία ή περισσότερα πτερύγια. Πολύ σπάνια χρησιμοποιείται δρομέας με ένα πτερύγιο, συνήθως χρησιμοποιούνται με τρία πτερύγια και η περίπτωση του πολύπτερου δρομέα, εφαρμόζεται κυρίως σε ανεμοκινητήρες που χρησιμοποιούνται για άντληση από γεωτρήσεις όπου χρειάζεται μεγάλη ροπή με ήπιους ανέμους (μικρή ταχύτητα περιστροφής). Οι τρίπτερες ανεμογεννήτριες έχουν καλύτερο αισθητικό αποτέλεσμα από τις μονόπτερες και τις δίπτερες και υφίστανται σταθερότερη καταπόνηση. Σε σχέση με τις πολύπτερες αναπτύσσουν μεγαλύτερες ταχύτητες περιστροφής και υφίστανται μικρότερη ώση από τα άνεμο. Ο δρομέας προσανατολίζεται αυτόματα κάθετα στο ρεύμα του αέρα, αλλά το πρόβλημα στην περίπτωση αυτή είναι η επίδραση του πύργου στο πεδίο του ανέμου μπροστά από το δρομέα.

- Ο πύργος

Στηρίζει όλη την ηλεκτρομηχανολογική εγκατάσταση. Είναι συνήθως σωληνωτός ή δικτυωτός και σπανίως από οπλισμένο σκυρόδεμα, ο σωληνωτός αν και δαπανηρότερος του δικτυωτού, προτιμάται διότι προστατεύει κατά την άνοδο προς το θάλαμο για εργασίες συντήρησης.

- Τα πτερύγια

Κατασκευάζονται συνήθως από πλαστικό (πολυεστερική ρητίνη) ενισχυμένο με υαλονήματα (GRP), αν και έχουν επίσης εφαρμοσθεί ξύλο, CFRP (πλαστικό ενισχυμένο με ανθρακονήματα), χάλυβας και αλουμίνιο. Στο πτερύγιο μπορεί να ενσωματώνεται η αντικεραυνική προστασία. Μπορεί να επικαλυφτεί με ένα λείο στρώμα γέλης για προστασία σε υπεριώδη ακτινοβολία. Τα πτερύγια προσδένονται πάνω στη πλήμνη, μπορούν να έχουν σταθερό βήμα, οπότε η πέδηση σε υψηλές ταχύτητες γίνεται αεροδυναμικά ή μεταβλητό βήμα και τέλος μπορεί να περιστρέφεται το ακροπτερύγιο (flap). Στις τελευταίες περιπτώσεις το πτερύγιο ή το ακροπτερύγιο μπορεί να στρέφει κατά  $+6^\circ$  έως  $-90^\circ$  έξω από το επίπεδο του δρομέα, και ελέγχεται από σύστημα σύνδεσης με υδραυλικό ενεργοποιητή (σερβομηχανισμός) που βρίσκεται στο θάλαμο.

- Η πλήμνη

Κατασκευάζεται συνήθως από χυτό όλκιμο σίδηρο και προσαρμόζεται κατευθείαν στον άξονα του δρομέα. Τα μέτωπα επαφής των πτερυγίων κατασκευάζονται με κοιλώματα και οπές για τις βίδες, που μπορεί να είναι σε μορφή σχισμών ώστε να επιτρέπουν τη βελτιστοποίηση της γωνίας βήματος κατά τη συναρμολόγηση και κατά τις μετέπειτα εργασίες συντήρησης και επισκευής. Στις μεγάλες ανεμογεννήτριες προβλέπεται η δυνατότητα πρόσβασης στο εσωτερικό της πλήμνης, για την εξέταση και συντήρηση της διασύνδεσης των ακροπτερυγίων και των κοχλίων στήριξης των πτερυγίων.

- Σύστημα μετάδοσης της ισχύος

Αποτελείται από τον κύριο άξονα, τα έδρανα του και το κιβώτιο πολλαπλασιασμού στροφών, το οποίο προσαρμόζει την ταχύτητα περιστροφής του δρομέα στη σύγχρονη ταχύτητα της ηλεκτρογεννήτριας. Η ταχύτητα περιστροφής παραμένει σταθερή κατά την κανονική λειτουργία της μηχανής.

- Έδρανα

Τα έδρανα στον κύριο άξονα μέσα στο κιβώτιο ταχυτήτων είναι συνήθως κυλίσσεως, με σφαιροειδείς ή κυλινδρικούς ολισθητήρες. Στους άλλους άξονες προτιμώνται τα διπλά κωνικά έδρανα κυλίσσεως και κυλινδρικοί τριβείς. Αυτά τα έδρανα εγγυώνται ότι η παράλληλη διάταξη των αξόνων και οι υπάρχουσες αξονικές ανοχές διατηρούνται κατά τη λειτουργία. Έτσι αποφεύγονται για παράδειγμα οι ένσφαιροι τριβείς, καθώς αυτοί δεν επιτυγχάνουν πάντα να κρατήσουν παράλληλους τους άξονες κατά τις αξονικές κινήσεις. Για την κάλυψη των εδράνων εφαρμόζονται ειδικές φλάντζες τύπου λαβυρίνθου, οι οποίες δεν απαιτούν συντήρηση και εμποδίζουν τη διαρροή του ελαίου λίπανσης των γραναζιών, ενώ ταυτόχρονα εφαρμόζεται και εξωτερικό δακτυλίδι σφραγίσματος των χειλιών, που εμποδίζει τη διείσδυση σκόνης και ακαθαρσιών.

- Σύστημα πέδησης

Το σύστημα πέδης, το οποίο είναι ένα συνηθισμένο δισκόφρενο που τοποθετείται στον κύριο άξονα ή στον άξονα της γεννήτριας, εφαρμόζεται για προστασία της ανεμογεννήτριας στις υψηλές ταχύτητες, για έλεγχο ή και για εργασίες συντήρησης. Η αεροπέδη διατηρείται σε θέση λειτουργίας από ενεργή υδραυλική πίεση. Εάν παρατηρηθεί εντολή στάσης της ανεμογεννήτριας, ή εάν ανακύψει απώλεια ηλεκτρικής ισχύος από το δίκτυο, το υδραυλικό σύστημα αποσυμπιέζει γρήγορα, ενεργοποιώντας έτσι την αεροπέδη και τα μηχανικά φρένα. Συγκεκριμένα, ανοίγουν όλες οι μαγνητικές βαλβίδες στην μονάδα της υδραυλικής αντλίας και ενεργοποιούνται τα ακροπτερύγια όπως επίσης και το μηχανικό φρένο. Όταν επανεγκαθίσταται η παροχή ισχύος από το δίκτυο, ο ελεγκτής της ανεμογεννήτριας επαναθέτει αυτόματα και τα δύο φρένα και ξεκινά πάλι την ανεμογεννήτρια.

- Αεροπέδη

Τα πτερύγια είναι εξοπλισμένα με ένα κινητό πτερύγιο το οποίο, στην ενεργοποιημένη θέση, στρέφεται 90° σε σχέση προς το επίπεδο του δρομέα, δρώντας έτσι ως μια αποτελεσματική αεροπέδη. Κατά τη συνήθη λειτουργία, το κινητό πτερύγιο διατηρείται σε θέση λειτουργίας με θετική υδραυλική πίεση που εφαρμόζεται μέσω ενός συστήματος διασύνδεσης. Το σύστημα διασύνδεσης ελέγχεται από υδραυλικό ενεργοποιητή πίσω από το κιβώτιο ταχυτήτων. Όταν απελευθερώνεται η υδραυλική πίεση, τα κινητά πτερύγια στρέφονται ταυτόχρονα στη θέση πέδησης, με υδραυλική πίεση από ένα υδραυλικό συσσωρευτή. Θέτοντας και πάλι σε εφαρμογή το υδραυλικό σύστημα, τα κινητά πτερύγια στρέφονται πίσω στη θέση λειτουργίας ενώ απελευθερώνονται και τα μηχανικά φρένα.

- Μηχανικά φρένα

Τα μηχανικά φρένα είναι συνήθως ασφαλείας-αστοχίας δύο σταδίων, τριών δίσκων, με σύστημα ελατηρίου που ενεργοποιεί τη δύναμη πέδησης. Το πρώτο στάδιο προσφέρει τη μέση ροπή για στάσεις συντήρησης και το δεύτερο στάδιο προσφέρει υψηλή ροπή για στάσεις επείγουσας ανάγκης. Ένας αισθητήρας φθοράς, στον πίνακα ελέγχου της ανεμογεννήτριας, μπορεί να υποδεικνύει την ανάγκη για την αντικατάστασή τους.

- Γεννήτρια

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σύγχρονες ή ασύγχρονες (επαγωγικές) γεννήτριες. Οι σύγχρονες γεννήτριες είναι λίγο πιο αποδοτικές από τις επαγωγικές και έχουν το πλεονέκτημα της δυνατότητας ελέγχου της αέργου ισχύος τους. Η θερμοκρασία της γεννήτριας ελέγχεται με αισθητήρες (στις περιελίξεις) που παρέχουν άμεση ανάγνωση της θερμοκρασίας στην οθόνη του ελεγκτή και βεβαίως ένα σήμα για αυτόματο κλείσιμο της ανεμογεννήτριας, όταν ξεπερνιέται κάποιο συγκεκριμένο όριο θερμοκρασίας, που μπορεί να έχει προκαθορισθεί από τον χρήστη. Η γεννήτρια ψύχεται με θερμοστατικά ελεγχόμενο ανεμιστήρα ο οποίος προμηθεύει αέρα περιβάλλοντος στο στέγαστρό της, όποτε απαιτείται.

- Θάλαμος

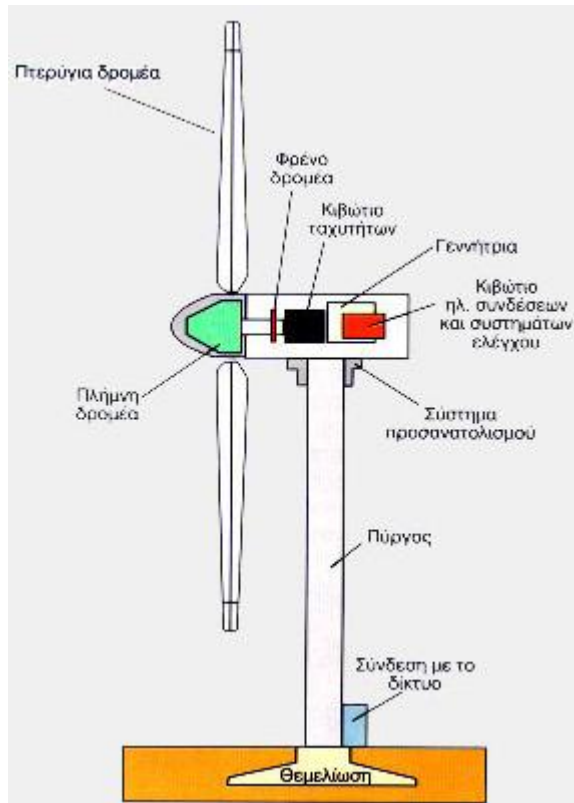
Ο θάλαμος λειτουργεί μόνο ως στέγαστρο, για να προστατεύει δηλαδή το ολοκληρωμένο σύστημα οδήγησης, τη γεννήτρια κ.λπ. από το εξωτερικό περιβάλλον.

Επιτρέπει επαρκή χώρο παραμονής και εργασίας για συντήρηση και επισκευές. Το στέγαστρο θα πρέπει να φωτίζεται καλά με φεγγίτες και να αερίζεται, επιτρέποντας να εκπονούνται με ασφάλεια όλες οι εργασίες συντήρησης και επισκευών, προσφέροντας πρόσβαση στα πτερύγια και στην πλήμνη.

- Σύστημα ελέγχου της ανεμογεννήτριας

Το σύστημα ελέγχου βασίζεται σε πολλούς διασκορπισμένους μικρούς ελεγκτές. Οι πολλαπλοί μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται για καθολική παρακολούθηση και έλεγχο του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των ρυθμίσεων ισχύος και βήματος, την εφαρμογή πέδησης στον κύριο άξονα και το σύστημα προσανεμισμού, την εφαρμογή στους κινητήρες του συστήματος προσανεμισμού και των αντλιών και τέλος στον έλεγχο των συνδέσεων της γεννήτριας. Μπορεί να λειτουργεί σε ιδιαίτερα αντίξοες συνθήκες, όπως σε θερμοκρασίες μεταξύ  $-25^{\circ}\text{C}$  και  $+70^{\circ}\text{C}$ , και υγρασία από 0 έως 100% σε συμπυκνούμενη ατμόσφαιρα.

Η απόδοση μιας ανεμογεννήτριας εξαρτάται από το αιολικό δυναμικό της περιοχής όπου αυτή εγκαθίσταται. Εκτός όμως από τα κατασκευαστικά της χαρακτηριστικά και τα ανεμολογικά στοιχεία της περιοχής, εξαρτάται και από τον τρόπο που λειτουργεί και προσαρμόζεται στις μεταβολές του ανέμου και στο φορτίο.



Εικ.2.18 Τομή τυπικής ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα

### 2.3.3 Η Ανάπτυξη της τεχνολογίας

Η τεχνολογία των ανεμογεννητριών στο διάστημα της τελευταίας εικοσαετίας σημείωσε πραγματικό άλμα, αφού η απόδοση των μηχανών από τις αρχές του 1980 μέχρι και σήμερα έχει σχεδόν διπλασιαστεί ενώ η ισχύς τους έχει εκατονταπλασιαστεί. Από μονάδες των 20-60 KW και διάμετρο ρότορα γύρω στα 20m, έχουν αυξηθεί το 2005 σε 5.000 KW και διάμετρο άνω των 100m.

Ένας άλλος δείκτης που πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη είναι η διαθεσιμότητα των ανεμογεννητριών, δηλαδή το ποσοστό του χρόνου που αυτές είναι διαθέσιμες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έτσι, για παράδειγμα, η διαθεσιμότητα των αιολικών πάρκων αυξήθηκε από 60% το 1981 σε 95% το 1986.

Σήμερα, οι περισσότερες εγκαταστάσεις λειτουργούν με διαθεσιμότητες πάνω από 98%, ενώ οι συντελεστές απόδοσης τους φθάνουν και ξεπερνούν σε μερικές περιπτώσεις το 40%, εξαρτώμενοι κυρίως από τη θέση εγκατάστασής τους. Εξάλλου, το κόστος κατασκευής των ανεμογεννητριών έχει μειωθεί σημαντικά και μπορεί να θεωρηθεί ότι η αιολική ενέργεια διανύει την «πρώτη» περίοδο ωριμότητας, καθώς είναι πλέον ανταγωνιστική των συμβατικών μορφών ενέργειας.

Επίσης έχουμε την κατασκευή του πρώτου εξολοκλήρου ελληνικού πτερυγίου ανεμογεννήτριας, εκπετάσματος 10 m, το οποίο ανταπεξήλθε με επιτυχία στις εκτεταμένες δοκιμές αντοχής που υποβλήθηκε από το Κ.Α.Π.Ε. Το πτερύγιο θα διατεθεί στην ελληνική αγορά σε ανταγωνιστικές τιμές, για την κάλυψη των αναγκών για ανεμογεννήτριες 70 με 150 KW. Οι ενέργειες αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές, καθώς τα πτερύγια του δρομέα αποτελούν τη καρδιά της ανεμογεννήτριας, αφού αυτά αναλαμβάνουν το έργο της μετατροπής της κινητικής ενέργειας του ανέμου σε ωφέλιμη μηχανική ισχύ.

Οι δραστηριότητες αυτού του είδους, σε συνδυασμό με προγράμματα όπως αυτό της ανάπτυξης του Ελληνικού Συστήματος Πιστοποίησης Ανεμογεννητριών, καθώς και του Εθνικού Προτύπου για τις Ανεμογεννήτριες, αποτελούν κρίσιμο παράγοντα ανάπτυξης του κλάδου.

Η σημαντικότερη οικονομικά εφαρμογή των ανεμογεννητριών είναι η σύνδεση τους στο ηλεκτρικό δίκτυο μιας χώρας, για την απόδοση σε αυτό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα αιολικό πάρκο, δηλαδή μια συστοιχία πολλών ανεμογεννητριών, εγκαθίσταται σε λειτουργία σε μία συγκεκριμένη θέση με υψηλό αιολικό δυναμικό και διοχετεύει το σύνολο της παραγωγής του στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Η εφαρμογή αυτή επιτρέπει τη μαζική εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας και είναι ιδιαίτερα απλή, δεδομένου ότι η σύνδεση του αιολικού πάρκου με το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο γίνεται μέσω υποσταθμού, στο οποίο τοποθετούνται οι μετασχηματιστές ανύψωσης της τάσης και τα υπόλοιπα αναγκαία συστήματα προστασίας. Με αυτόν τον τρόπο δεν απαιτείται η ανάπτυξη ιδιαίτερου συστήματος διαχείρισης της παραγόμενης ενέργειας και ελέγχου.

Υπάρχει και η δυνατότητα οι ανεμογεννήτριες να λειτουργούν αυτόνομα για ηλεκτροπαραγωγή, σε περιοχές που δεν ηλεκτροδοτούνται. Για την παραγωγή θερμότητας και μηχανικής ενέργειας χρήσιμης σε αντλιοστάσια.

Σπουδαίο ρόλο παίζει, οι εφαρμογές εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας και ειδικότερα η επιλογή του χώρου εγκατάστασης των ανεμογεννητριών, πρέπει να γίνεται με προσοχή ώστε να μη διαταράσσεται η ποιότητα του περιβάλλοντος της περιοχής.

Βέβαια ο σχεδιασμός των αιολικών πάρκων γίνεται πλέον με τέτοιο τρόπο που επιτυγχάνεται η κατά το δυνατόν αρμονικότερη συνύπαρξη εγκατάστασης και τοπίου. Επίσης το πρόβλημα του θορύβου έχει σήμερα ουσιαστικά αντιμετωπισθεί, δεδομένου ότι, με τη ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, έχει καταστεί πρακτικά αθόρυβη η λειτουργία των ανεμογεννητριών.

Σήμερα, η αιολική ενέργεια βρίσκει εφαρμογή κυρίως στην ηλεκτροπαραγωγή. Εκτός από τα μεγάλα αιολικά πάρκα που αποτελούνται από μεγάλες ανεμογεννήτριες (800 KW - 3 MW) που τροφοδοτούν απευθείας το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, εγκαθίστανται και οι μικρές ανεμογεννήτριες για εφαρμογές μικρής κλίμακας, κυρίως για την ικανοποίηση των οικιακών καταναλώσεων.

Η χρήση μικρών ανεμογεννητριών (400 W μέχρι 10 KW) στην Ελλάδα συνιστάται εκτός αστικών περιοχών. Απαιτείται μια έκταση γύρω από αυτές χωρίς εμπόδια που να επηρεάζουν την έκθεσή τους στον άνεμο για να εξασφαλίζεται η αποδοτική λειτουργία τους.



### 2.3.4 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα μικρών ανεμογεννητριών

- Έχουν αξιόπιστη λειτουργία και μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Με τη λειτουργία τους αποφεύγεται η χρήση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ηλεκτρισμού.
- Είναι φιλικές στο περιβάλλον και δεν ρυπαίνουν και βοηθούν στην μείωση των αερίων εκπομπών του θερμοκηπίου.
- Μπορούν πολύ εύκολα να εγκατασταθούν σε απομονωμένες περιοχές και να λειτουργούν ως αποκεντρωμένες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής.
- Έχουν κόστος συντήρησης γιατί έχουν κινούμενα μέρη.
- Σχετικά θορυβώδη λειτουργία (περίπου όσο ένα κοινό πλυντήριο).
- Αμφιλεγόμενες απόψεις για την αισθητική τους όψη.

### 2.3.5 Περιβαλλοντικό όφελος μικρών ανεμογεννητριών

Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από μικρές ανεμογεννήτριες, συνεισφέρει στην μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (συνεισφέρει στο πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών). Αυτό επιτυγχάνεται αν λάβουμε υπόψη ότι η ενέργεια που θα παράγουν οι ανεμογεννήτριες θα αντικαταστήσει την αντίστοιχη ενέργεια που θα παραγόταν με συμβατικά καύσιμα (μαζούτ). Για τον υπολογισμό των εκπομπών έχουν ληφθεί υπόψη η αποδοτικότητα των σταθμών ηλεκτροπαραγωγής της Α.Η.Κ ( $\approx 35\%$ ) καθώς και οι απώλειες στο δίκτυο μεταφοράς και διανομής ( $\approx 13,6\%$ ). Για ένα σύστημα 3 KW το οποίο καλύπτει τις ανάγκες μιας μέσης οικογένειας στην Ελλάδα, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> που θα εξοικονομούνται ετησίως είναι περίπου 4,5 τόνοι.

Αν και είναι συνεχώς αυξανόμενο το ενδιαφέρον των ιδιωτών τους τελευταίους μήνες για την εγκατάσταση μικρών ανεμογεννητριών στις κατοικίες, με σκοπό τόσο την ενεργειακή τους αυτονομία όσο και την πώληση του παραγόμενου ρεύματος στη Δ.Ε.Η.

Προφανώς, μέσα σε αστικά κέντρα δεν έχουμε υψηλό αιολικό δυναμικό, ενώ αντίθετα στην ύπαιθρο (και κυρίως στα νησιά) έχουμε ισχυρότερους ανέμους και άρα μεγαλύτερη απόδοση της ανεμογεννήτριας. Αν θεωρήσουμε μια ανεμογεννήτρια ισχύος 5 KW εγκατεστημένη σε μια περιοχή με μέση ταχύτητα ανέμου 4,5 m/sec, η ανεμογεννήτρια αυτή θα παράγει ετησίως περίπου 4.000 KWh, όσο δηλαδή είναι η μέση κατανάλωση ενός νοικοκυριού. Η ίδια ανεμογεννήτρια, τοποθετημένη σε μια περιοχή με μέση ταχύτητα ανέμου 6 m/sec, θα παράγει ετησίως περίπου 7.500 KWh.

Η διαδικασία εγκατάστασης μιας μικρής ανεμογεννήτριας είναι σχετικά εύκολη και καθόλου χρονοβόρα. Όλες τις απαιτούμενες εργασίες (μελέτη, κατασκευή κ.τ.λ.) αναλαμβάνουν οι μηχανικοί της εκάστοτε εταιρείας που θα επιλέξει ο ιδιώτης για να εγκαταστήσει την ανεμογεννήτρια.

Βασική εργασία που προηγείται όλων των άλλων είναι η μέτρηση των ενεργειακών αναγκών του εκάστοτε νοικοκυριού, το ρεύμα δηλαδή που απαιτείται για τη λειτουργία των συσκευών του σπιτιού, προκειμένου να εγκατασταθεί η απαιτούμενη ισχύς.

Ορισμένα παραδείγματα με τυπικά μεγέθη ανεμογεννητριών για κατοικίες, αγροικίες και εμπορικές εφαρμογές είναι:

- Για κατοικίες, 5 KW με ύψος ιστού περίπου στα 10-12 m (για να αξιοποιεί καλύτερα τους ανέμους), διάμετρος πτερυγίων περίπου στα 6 m.
- Για αγροικίες, 20 KW ύψος ιστού περίπου στα 10-12 m (για να αξιοποιεί καλύτερα τους ανέμους), διάμετρος στα 10 m.
- Για εμπορικές εφαρμογές, 100 KW ύψος ιστού περίπου στα 30-35 m (για να αξιοποιεί καλύτερα τους ανέμους), διάμετρος πτερυγίων στα 20 m.

Προϋποθέσεις για τη διάχυση της αιολικής ενέργειας με μικρές ανεμογεννήτριες σε κάθε σπίτι, ζητεί από το ΥΠΕΚΑ η Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας. Ενόψει των αποφάσεων που ετοιμάζει το υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, ΕΠΕΤΑΕΝ, επισημαίνει ότι οι μικρές ανεμογεννήτριες απαλλάσσονται, βάσει του νέου νόμου 3851/2010, από:

- Την έγκριση περιβαλλοντικών όρων, όταν η συνολική ισχύς δεν υπερβαίνει τα 20 KW (αν σε απόσταση μικρότερη των 150 m υφίσταται και άλλη ανεμογεννήτρια).
- Τις άδειες παραγωγής εγκατάστασης και λειτουργίας, αν η συνολική ισχύς δεν υπερβαίνει τα 100 KW. Απαιτείται, όμως, έγκριση περιβαλλοντικών όρων.
- Την έγκριση περιβαλλοντικών όρων αν εγκαθίστανται σε κτίρια ή εντός οργανωμένων βιομηχανικών υποδοχέων.

### 2.3.6 Εφαρμογές αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα

Η χώρα μας διαθέτει εξαιρετικά πλούσιο αιολικό δυναμικό και η αιολική ενέργεια μπορεί να γίνει σημαντικός μοχλός ανάπτυξής της. Οι πρόσφορες περιοχές για την εγκατάσταση ανεμογεννητριών είναι οι παράλιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας και κυρίως τα νησιά του Αιγαίου στα οποία συχνά πνέουν ισχυροί άνεμοι, πολλές φορές εντάσεως 8 με 9 μποφόρ.

Οι πρώτες δραστηριότητες για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας στην Ελλάδα άρχισαν το 1975 με την πραγματοποίηση των ανεμολογικών στοιχείων από τη Δ.Ε.Η., σε πολλές περιοχές της χώρας. Η κίνηση αυτή ήταν ενδεδειγμένη, δεδομένου ότι η ύπαρξη καλών ανεμολογικών στοιχείων για πιθανές περιοχές εγκατάστασης, είναι ο βασικός παράγοντας για την ορθή επιλογή της θέσης των αιολικών πάρκων.

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται αποτελέσματα μετρήσεων της Δ.Ε.Η. που αφορούν το αιολικό δυναμικό σε διάφορες νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας. Από τα στοιχεία που προκύπτει ότι η χώρα μας διαθέτει ορισμένες από τις καλύτερες θέσεις παγκοσμίως, για την εκμετάλλευση της ενέργειας του ανέμου.



Τοποθεσία	Μέση ταχύτητα (m/s)	Περίοδος μετρήσεων
Άνδρος	9,7	1981-1990
Τήνος	9,5	1987-1990
Σύρος	8,1	1988-1990
Κρήτη	8,1	1981-1983
Λέσβος	8,7	1987-1990
Σάμος	10,4	1986-1990
Εύβοια	9,2	1989-1990
Σαμοθράκη	6,6	1986-1989

Πιν.4 Μετρήσεις αιολικού δυναμικού Δ.Ε.Η.

#### Το υβριδικό πάρκο της Κύθνου

Το αιολικό πάρκο της Κύθνου εγκαταστάθηκε το 1982 και στην αρχή, αποτελούνταν από πέντε ανεμογεννήτριες των 20 KW. Το 1990, πέντε νέες ανεμογεννήτριες, των 33 KW η κάθε μία, εγκαταστάθηκαν στη θέση των προηγούμενων, ενώ το 2000 εγκαταστάθηκε άλλη μία των 500 KW.

#### Το αιολικό πάρκο της Άνδρου

Το πάρκο της Δ.Ε.Η., συνολικής εγκατεστημένης ισχύος περίπου 1,6 MW, αποτελείται από επτά ανεμογεννήτριες. Ο μέσος ετήσιος συντελεστής ισχύος του πάρκου είναι της τάξεως του 40% και είναι γεγονός ότι αιολικά πάρκα με αποδόσεις συγκρίσιμες με αυτή του πάρκου της Δ.Ε.Η. στην Άνδρο δε βρίσκονται εύκολα στον υπόλοιπο κόσμο.

#### Μικρές ανεμογεννήτριες

Εκτός από τις εφαρμογές των μικρών ανεμογεννητριών στον κτιριακό τομέα, γίνονται και εφαρμογές σε σκάφη αναψυχής ή επαγγελματικά (εικ. 2.19).



Εικ.2.19 Μικρές ανεμογεννήτριες

Με την εγκατάσταση μιας μικρής ανεμογεννήτριας, φορτίζονται οι μπαταρίες και εξυπηρετούνται τα φορτία εν πλω, εξοικονομώντας χρήματα από την κατανάλωση καυσίμων, και μειώνοντας το ρίσκο κάποιας απώλειας ισχύος μέσα στη θάλασσα. Το κόστος εγκατάστασης μιας μικρής Ανεμογεννήτριας τύπου Marine, ονομαστικής ισχύος 300 W, είναι περίπου στα 950€.

### Αιολικό- ηλιακό περίπτερο

Είναι το πρώτο περίπτερο που λειτουργεί με τον άνεμο και τον ήλιο αφού διαθέτει ανεμογεννήτρια και φωτοβολταϊκό (εικ. 2.20). Βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας, στην οδό Μεσογείων.



Εικ.2.20 Αιολικό-ηλιακό περίπτερο

### Το πρώτο ενεργειακό δέντρο

Πρόκειται για την κάθετου άξονα ανεμογεννήτρια Air-Turbo της εταιρείας ενεργειακών εφαρμογών Air – Sun A.E.B.E.



Εικ.2.21 Ενεργειακό δέντρο

Το συγκεκριμένο μοντέλο που τοποθετήθηκε στην πλατεία των Ιωαννίνων και οφείλει την κίνησή του σε μεγάλο ποσοστό στον αέρα που δημιουργείται από την κίνηση των αυτοκινήτων, καθώς η κίνηση αυτή δημιουργεί υποπίεση. Το ωστικό κύμα που παράγεται από την κίνηση των αυτοκινήτων, σε συνδυασμό με τον υπάρχοντα άνεμο περιστρέφουν την ανεμογεννήτρια η οποία, χάρη στο σχήμα κατασκευής της, λειτουργεί με ανέμους από διαφορετικές κατευθύνσεις και με διαφορετικές ταχύτητες.

Κατά υπολογισμούς της Air-Sun, μια συστοιχία Ανεμογεννητριών AirTurbo, εγκατεστημένες στον κεντρικό δρόμο των Ιωαννίνων, θα αρκούσε όχι μόνο να τροφοδοτήσει με ρεύμα τον φωτισμό του κέντρου των Ιωαννίνων αλλά θα παρείχε και επιπλέον ισχύ για διάφορες άλλες χρήσεις.

### 2.3.7 Συμπεράσματα

Η συστηματική εκμετάλλευση του αξιόλογου αιολικού δυναμικού της χώρας μας, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη εγχώριας τεχνολογίας και βιομηχανίας παραγωγής ανεμογεννητριών, μπορεί να συμβάλλει πολλαπλά σε όλα τα επίπεδα της οικονομίας. Πράγματι, με τον τρόπο αυτό μπορεί να επιτευχθεί αύξηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με ταυτόχρονη εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων συμβατικών καυσίμων, η οποία με τη σειρά της συνεπάγεται σοβαρά συναλλαγματικά οφέλη.

Επιπλέον, σημαντικές θα είναι οι επιπτώσεις μιας τέτοιας εξέλιξης στον περιβάλλον. Έχει υπολογισθεί ότι σε ένα χρόνο η παραγωγή μίας μόνο ανεμογεννήτριας ισχύος 550 KW υποκαθιστά την ενέργεια που παράγεται σε καύση 2.700 βαρελιών πετρελαίου στο ίδιο διάστημα. Αυτό σημαίνει ότι αποτρέπεται η εκπομπή στην ατμόσφαιρα περίπου 735 τόνων CO<sub>2</sub> ετησίως, καθώς και 2 τόνων άλλων ρύπων.

Συγχρόνως θα δημιουργηθούν πολλές νέες θέσεις εργασίας, αφού εκτιμάται ότι για κάθε νέο MW αιολικής ενέργειας που εγκαθίσταται δημιουργούνται 14 νέες θέσεις εργασίας. Όμως θα υπάρξει σημαντική εξέλιξη στις προσπάθειες που γίνονται για την αποκεντρωμένη ανάπτυξη της χώρας, αφού η αγορά αυτή αφορά κυρίως την επαρχία, όπου βρίσκονται οι ανεμολογικά κατάλληλες γεωγραφικές θέσεις για την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων.

Η αιολική ενέργεια είναι ανεξάντλητη και μας προκαλεί να την εκμεταλλευτούμε. Με τα προφανή περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που μπορεί να αποφέρει η ανάπτυξη εγκαταστάσεων για την εκμετάλλευση της στη χώρας μας και συνυπολογίζοντας τις θετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ποιότητα ζωής μας από τη διάδοση της χρήσης της, θα ήταν ανεπίτρεπτο να αφήσουμε αυτόν τον αφθονία πόρο αναξιοποίητο.

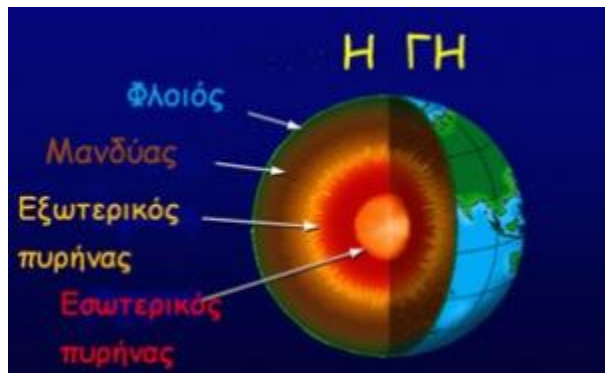
## 2.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

### 2.4.1 Τρόπος μεταφοράς της θερμότητας

Η γη και οι άλλοι πλανήτες, όπως και όλα τα αστρικά σώματα δημιουργήθηκαν σύμφωνα με τη θεωρία, από θερμά αέρια που ψύχθηκαν και συμπυκνώθηκαν με την πάροδο του χρόνου. Η διάπυρη σφαίρα που κάποτε ήταν η γη μας, δεν έχει ψυχθεί ακόμα στο εσωτερικό της. Η γη αποτελείται από ανομοιογενή στρώματα που έχουν διαφορετικές θερμοκρασίες. Ειδικότερα παρατηρώντας μία τομή στο εσωτερικό της γης, διακρίνουμε τα εξής στρώματα:

- Εξωτερικός φλοιός της γης πάχους περίπου 30 km. Ο φλοιός είναι στερεός, με μέση πυκνότητα  $2.700 \text{ kg/m}^3$ , ειδική θερμότητα  $1 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$  και θερμική αγωγιμότητα  $2 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ . Το πάχος του φλοιού εμφανίζει διακυμάνσεις, φθάνοντας έως και 10 km κάτω από τις ηπείρους αλλά μόλις 6 km κάτω από τους ωκεανούς.

- Ακολουθεί ο μανδύας έως βάθους 2.900 km, που βρίσκεται σε ημίρρευστη κατάσταση, με θερμοκρασία περίπου τους  $1.000^\circ\text{C}$ . Στη βάση του η θερμοκρασία του φθάνει τους  $3.700^\circ\text{C}$ , όμως η πολύ ψηλή πίεση που επικρατεί εκεί διατηρεί τα πετρώματα σε στερεά κατάσταση.



- Ο εξωτερικός πυρήνας εκτείνεται μέχρι βάθους 5.150 km. Αποτελείται από υγρό σίδηρο και η θερμοκρασία του είναι περίπου  $2.200^\circ\text{C}$ .
- Τέλος ο εσωτερικός πυρήνας βρίσκεται μεταξύ 5.150 km και 6.370 km (η ακτίνα της γης) και έχει θερμοκρασία περίπου  $4.000^\circ\text{C}$ .

Επομένως σε 30 km βάθος (που είναι το πάχος του εξωτερικού φλοιού) η θερμοκρασία πλησιάζει τους 1.000°C. Πράγματι, ο μέσος ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας με το βάθος που ορίζεται ως «γεωθερμική βαθμίδα» μετρήθηκε περίπου 30°C/km. Ο ρυθμός αυτός είναι σχετικά σταθερός με το βάθος καθόσον συμβαίνει μετάδοση θερμότητας με αγωγή και όχι με ρεύματα φυσικής κυκλοφορίας μάγματος ή ύδατος. Με βάση την αγωγιμότητα του φλοιού (2 W/m-°C), προκύπτει η μέση γεωθερμική ροή θερμότητας στην επιφάνεια της γης ίση προς 60 mW/m<sup>2</sup>.

Το παραπάνω μέγεθος φαίνεται μικρό σε σχέση με των λοιπών ανανεώσιμων πηγών (για τις οποίες είναι περίπου τα 500 W/m<sup>2</sup>), αλλά αποκτά ενδιαφέρον σε περιοχές όπου ειδικότερες συνθήκες επιτρέπουν την απόληψή της με πολύ ταχύτερους ρυθμούς, π.χ. της τάξης των 10-20 W/m<sup>2</sup> για παραγωγή 100 MW/km<sup>2</sup>. Επίσης, η αποθηκευμένη ενέργεια στο φλοιό της γης υπολογίζεται σε 1.020 J/km<sup>2</sup>, ώστε η εκμετάλλευση μόλις του 0,1% αυτής θα επέτρεπε τη λειτουργία εγκαταστάσεων ισχύος 100 MW/km<sup>2</sup> για 30 έτη.

### 2.4.2 Προϋποθέσεις σχηματισμού γεωθερμικού πεδίου

Η γεωθερμική ενέργεια απελευθερώνεται σε όλη την επιφάνεια της γης με αργούς ρυθμούς, όπως προαναφέρθηκε, εκτός από περιοχές ιδιαίτερου γεωθερμικού ενδιαφέροντος που ορίζονται ως γεωθερμικά πεδία όπου:

- απελευθερώνεται με ταχύτερους ρυθμούς
- διαπιστώνονται υψηλότερες γεωθερμικές βαθμίδες και
- είναι απολήψιμη με ακόμα μεγαλύτερους από τους φυσικούς ρυθμούς ροής της.

Για να σχηματισθεί ένα γεωθερμικό πεδίο θα πρέπει να πληρούνται οι εξής προϋποθέσεις:

(i) Ύπαρξη συνεχούς τροφοδοσίας ρευστών. Τα γεωθερμικά συστήματα είναι ανοικτά ώστε θα πρέπει να αναπληρώνονται τα θερμά ρευστά που συνεχώς εκφεύγουν από αυτά. Γενικά τα ρευστά μπορεί να είναι:

- Μετεωρικά νερά, δηλαδή νερά της βροχής ή από την τήξη χιονιού ή πάγου στην επιφάνεια της γης. Πιστεύεται ότι τουλάχιστον το 90% των γεωθερμικών ρευστών είναι μετεωρικής προέλευσης.
- Μαγματικά νερά, που προέρχονται από ατμούς που ελευθερώνονται κατά την πήξη και κρυστάλλωση μαγματικής ύλης.
- Νερά που δημιουργήθηκαν με σχηματισμούς πετρωμάτων όπως, θαλασσινό νερό παγιδευμένο σε σχηματισμούς θαλάσσιων πετρωμάτων ή νερό κρυστάλλωσης που ελευθερώνεται από μερικά πετρώματα όταν καταστρέφεται η σταθερότητά τους με φυσικές ή χημικές αλλαγές.

(ii) Ύπαρξη διόδων.

(iii) Ύπαρξη περατού και πορώδους πετρώματος.

(iv) Ύπαρξη αδιαπέρατου πετρώματος.

(v) Πιθανή ύπαρξη μάγματος.

### 2.4.3 Διάκριση των γεωθερμικών πεδίων

Ανάλογα με τη θερμοκρασία τους τα γεωθερμικά συστήματα διακρίνονται σε :

- Υψηλής ενθαλπίας, στα οποία η θερμοκρασία ξεπερνά τους 150°C. Τα πεδία αυτά βρίσκονται συνήθως στις περιοχές που είναι όρια λιθοσφαιρικών πλακών και τόποι σεισμικών επίκεντρων αντίστοιχα. Λόγω της υψηλής ενθαλπίας τους προσφέρονται για ηλεκτροπαραγωγή και χρησιμοποιούνται κυρίως για το σκοπό αυτό.
- Μέσης ενθαλπίας, στα οποία η θερμοκρασία είναι μεταξύ 100 και 150°C.
- Χαμηλής ενθαλπίας στα οποία η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από 100°C και (σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία που διαφοροποιεί τα γεωθερμικά από τα υπόγεια νερά) μεγαλύτερη των 25°C.
- Ομαλής ενθαλπίας, με θερμοκρασίες της τάξης των 15-30°C όπου το γεωθερμικό απόθεμα θερμαίνεται με αγωγιμότητα (conductive system) και βρίσκεται σε περιοχή συνήθους γεωθερμικής βαθμίδας και θερμικής ροής.

Εδώ θα ασχοληθούμε με την Αβαθή Γεωθερμία που έγκειται στην εκμετάλλευση της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών (πετρωμάτων μικρού βάθους και επιφανειακών/υπόγειων υδάτων θερμοκρασίας <25°C) που με την βοήθεια ειδικά σχεδιασμένων μηχανισμών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ζεστού ή κρύου νερού που με την σειρά του είναι κατάλληλο για την Θέρμανση ή την Ψύξη των χώρων. Η αποθηκευμένη θερμική ενέργεια σε βάθη 0 - 100 m προέρχεται και ανανεώνεται συνεχώς από δύο πηγές:

- (α) τη ροή θερμότητας από το εσωτερικό της γης, και
- (β) την ηλιακή ακτινοβολία (κυρίως).

Αυτή η θερμική ενέργεια εκφράζεται με θερμοκρασίες των 15-20°C, που είναι πολύ ευνοϊκές για την απόδοση των γεωθερμικών αντλιών και δίνουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης πολύ μεγαλύτερων ποσοτήτων γεωθερμικής ενέργειας.

### 2.4.4 Γεωθερμικό σύστημα

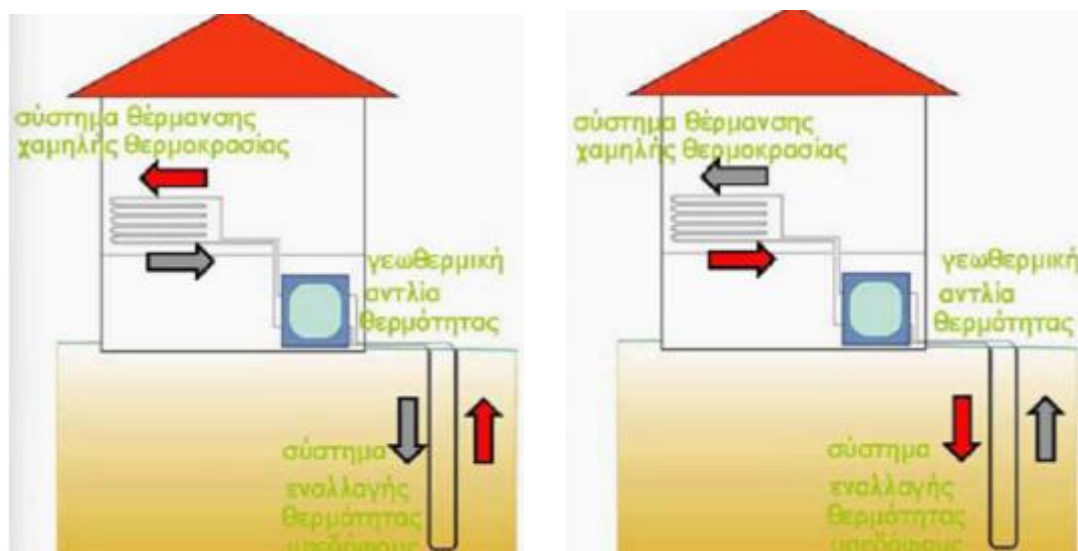
Ένα γεωθερμικό σύστημα αξιοποιεί τη σταθερή εντός του εδάφους υπάρχουσα θερμοκρασία προκειμένου: το μεν χειμώνα το νερό που κυκλοφορεί στον γεωεναλλάκτη να απορροφά τη θερμότητα του εδάφους και μέσω της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας να την αποδίδει στο κτίριο, ενώ το καλοκαίρι λειτουργώντας αντίστροφα, να απάγει την θερμότητα από το κτίριο και μέσω του γεωεναλλάκτη να την αποδίδει στο πιο δροσερό έδαφος.

Η αρχή του Γεωθερμικού Κλιματισμού (Θέρμανση - Ψύξη) βασίζεται στο γεγονός ότι λίγα μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης, η θερμοκρασία του εδάφους είναι σταθερή στους 12-14°C. Σε αυτή την αρχή της θερμοδυναμικής βασίζεται η χρήση των γεωθερμικών εναλλακτών, που κατά μια έννοια "μεταφέρουν", με τη βοήθεια της αντλίας θερμότητας, τους 14°C του εδάφους μέσα στο σπίτι μας καταναλώνοντας έτσι την ελάχιστη δυνατή ηλεκτρική ενέργεια. Κατά ανάλογο τρόπο, το χειμώνα το γεωθερμικό σύστημα καλείται να ανυψώσει τους 12-14°C του εδάφους μέχρι τους 20-22°C για να ζεστάνει το χώρο (εικ. 2.22). Η οικονομία και εδώ είναι τεράστια σε σχέση με μία συμβατική αντλία θερμότητας αέρα.

Πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι συμβατικά κλιματιστικά μηχανήματα αδυνατούν σχεδόν να ζεστάνουν το χώρο σε θερμοκρασίες κάτω από 0°C. Έτσι, το χειμώνα, το υγρό που κυκλοφορεί στον γεωεναλλάκτη απορροφά τη θερμότητα του εδάφους και μέσω της γεωθερμικής αντλίας θερμότητας την αποδίδει στο κτίριο .

Το καλοκαίρι, λειτουργώντας αντίστροφα απομακρύνει τη θερμότητα από το κτίριο και μέσω του γεωεναλλάκτη την αποδίδει στο πιο δροσερό έδαφος, εξασφαλίζοντας ομοιόμορφη θέρμανση ή δροσισμό, χωρίς να χρειάζεται να αυξομειωθεί δραματικά η θερμοκρασία του νερού που κυκλοφορεί μέσα στους σωλήνες. Επειδή όμως το σύστημα ανταλλάσσει θερμότητα με το υπέδαφος και όχι απευθείας με το περιβάλλον λειτουργεί αξιόπιστα σε ακραίες καιρικές συνθήκες (παγετό κα καύσωνα).

Η Γεωθερμική Αντλία Θερμότητας αντί να χρησιμοποιεί τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος για να αποβάλλει (καλοκαίρι) ή να αντλήσει (χειμώνας) θερμότητα, χρησιμοποιεί τη θερμότητα που περικλείουν τα υπόγεια νερά, τα νερά των λιμνών και της θάλασσας, ή ακόμα και τη θερμότητα που περικλείει το χώμα.



Εικ.2.22 Γεωθερμικό σύστημα

### 2.4.5 Πλεονεκτήματα από τη χρήση

- Ανεξαρτησία από το πετρέλαιο θέρμανσης. Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης γεωθερμίας είναι η πλήρης ανεξαρτητοποίηση από το πετρέλαιο θέρμανσης.
- Απόδοση. Ένα γεωθερμικό σύστημα είναι τρεις έως πέντε φορές αποδοτικότερο από ένα συμβατικό σύστημα. Επειδή δεν καίει ορυκτά καύσιμα για να παράγει θερμότητα, παρέχει τρεις έως πέντε μονάδες ενέργειας για κάθε μονάδα ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτεί το σύστημα.
- Οικονομική λειτουργία με ετήσιο κόστος μικρότερο από το μισό αντίστοιχο κόστος πετρελαίου. Λόγω της χαμηλής κατανάλωσης και της σχεδόν ανύπαρκτης συντήρησης του εξοπλισμού, τα γεωθερμικά συστήματα κλιματισμού μπορούν να εξοικονομήσουν από 55% μέχρι και 70% από την ετήσια δαπάνη σε σύγκριση με ένα συμβατικό σύστημα θέρμανσης και δροσισμού. Το μόνο λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης είναι η κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από τον συμπιεστή και τις αντλίες, το οποίο είναι οικονομικότερο σε σχέση με τη χρήση λέβητα πετρελαίου κατά 20-25%. Έτσι μπορούμε να πετύχουμε λειτουργία με ετήσιο κόστος μικρότερο από το μισό αντίστοιχο κόστος πετρελαίου και με τη χρήση μόνο μίας συσκευής για θέρμανση και ψύξη.
- Γρήγορη απόσβεση.
- Ευελιξία, Άνεση και Αυτονομία. Χωρίς λεβητοστάσιο, καμινάδες, δεξαμενή πετρελαίου, ρύπους και έξοδα συντήρησης τα γεωθερμικά συστήματα παράγουν θέρμανση και δροσισμό σε μια εγκατάσταση, με αποτέλεσμα να καταργούν το συμβατό τρόπο θέρμανσης, τους πύργους δροσισμού και τα κλιματιστικά διαιρούμενου τύπου. Παρουσιάζουν ευελιξία στην αυτονομία, σε μελλοντικές επεκτάσεις και σε διαθεσιμότητα χώρου. Έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης και είναι αξιόπιστα σε ακραίες συνθήκες θέρμανσης και δροσισμού. Έχει αποδειχτεί επίσης ότι τα κλειστά κυκλώματα δεν έχουν καμία δυσμενή συνέπεια στη χλόη, τα δέντρα, ή τους θάμνους. Φυσικά, κατά τη φάση της κατασκευής θα καταστραφούν προσωρινά κάποιες φυτεύσεις, αλλά μπορούν εύκολα να αποκατασταθούν με γρασίδι.
- Δροσισμός χωρίς κόστος το καλοκαίρι.
- Ζεστό νερό χειμώνα και καλοκαίρι. Για εξοικονόμηση χρημάτων και ενέργειας υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί το σύστημα γεωθερμικής αντλίας θερμότητας για παροχή ζεστού νερού προς χρήση. Το ζεστό νερό χρήσης παράγεται δωρεάν κατά την θερινή περίοδο αφού αποτελεί παραπροϊόν της διαδικασίας δροσισμού. Κατά την χειμερινή περίοδο το ζεστό νερό που μπορεί να παραχθεί από τις γεωθερμικές αντλίες θερμότητας είναι πολύ πιο οικονομικό από οποιοδήποτε άλλο σύστημα και αγγίζει τους 55 - 60°C.
- Μηδενικό κόστος συντήρησης.



- Ασφάλεια. Με ένα σύστημα γεωθερμίας, δεν υπάρχει καύση και φλόγα, δεν υπάρχουν καπνοί, καπναγωγοί και οσμές. Δεν υπάρχει κίνδυνος ανάφλεξης, φωτιάς ή ασφυξίας από το μονοξειδίο.
- Αθόρυβη λειτουργία. Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται, σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν για να είναι σχεδόν αθόρυβες. Λειτουργούν πιο αθόρυβα και από το ψυγείο.
- Αξιοπιστία κατασκευών. Τα συστήματα γεωθερμίας χρησιμοποιούνται παραπάνω από 20 χρόνια σε κράτη όπως Η.Π.Α., η Ιαπωνία, η Γερμανία, η Ελβετία, η Αυστρία και η Σουηδία.

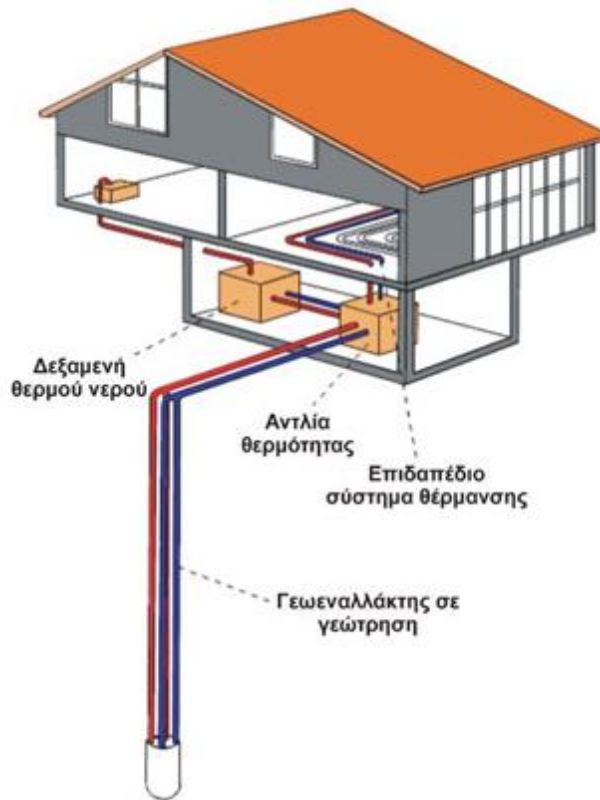
#### 2.4.6 Μειονεκτήματα του συστήματος της γεωθερμίας

- το αρχικό κόστος κατασκευής είναι υψηλότερο από του συμβατικού,
- υπάρχει δυσκολία στην επιδιόρθωση μιας διαρροής στα κλειστά κυκλώματα,
- για τα ανοικτού κυκλώματος συστήματα απαιτείται μεγάλη παροχή καθαρού νερού,
- δεν υπάρχει επιδότηση για τους οικιακούς καταναλωτές.

#### 2.4.7 Τα μέρη ενός γεωθερμικού συστήματος

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται ονομάζονται γήινοι εναλλάκτες θερμότητας (εικ. 2.23) και αποτελούνται από:

- τη γεωθερμική αντλία θερμότητας,
- το γεωθερμικό εναλλάκτη, που είναι ένα κλειστό σύστημα σωληνώσεων από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας, με μεγάλη διάρκεια ζωής που διαρρέεται από ειδικό υγρό και τοποθετείται μέσα στο έδαφος (κλειστό σύστημα) ή εναλλακτικά με απευθείας γεωτρήσεις στον υπάρχοντα υδροφόρο ορίζοντα (ανοιχτό σύστημα),
- το εσωτερικό σύστημα διανομής της θερμότητας στο κτίριο, την εσωτερική εγκατάσταση θέρμανσης και/ή δροσισμού της κατοικίας. Μπορούν να χρησιμοποιήσουν ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης και δροσισμού ή σύστημα fan coils για θέρμανση και δροσισμό. Ακόμη και θερμαντικά σώματα.



Εικ.2.23 Τυπικό σύστημα γεωθερμικής αντλίας

Τρόποι σύνδεσης με τη γη



α)



β)



γ)

- α) Οριζόντιοι γεωεναλλάκτες
- β) Κατακόρυφοι γεωεναλλάκτες
- γ) Υπογείων υδάτων

## 2.4.8 Γεωθερμικοί εναλλάκτες

### Κλειστό σύστημα

Το κλειστό κύκλωμα γεωεναλλάκτη αποτελείται από ένα δίκτυο θαμμένων σωλήνων πολυαιθυλενίου. Οι σωλήνες συνδέονται με την αντλία θερμότητας όπου και ολοκληρώνεται κύκλωμα στο οποίο κυκλοφορεί διάλυμα νερού με φιλικό προς το περιβάλλον αντιψυκτικό. Ένα κλειστό κύκλωμα συνεχώς ανακυκλοφορεί, υπό πίεση, το διάλυμα που μεταφέρει την θερμότητα. Το κύκλωμα μπορεί να είναι οριζόντιο, κατακόρυφο ή κωνικό ανάλογα με τον τρόπο τοποθέτησης των σωλήνων.

Αποτελείται από:

- γεωεναλλάκτες θερμότητας
- πλαστικές σωληνώσεις
- κυκλοφορητή
- ασφαλιστικό σύστημα, απασερωτής.

### Οριζόντιος γεωεναλλάκτης

Ο οριζόντιος γεωεναλλάκτης κατασκευάζεται σε σκάμμα ορισμένης επιφάνειας στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου σε βάθος 1-2,5m και με πυκνότητα σωληνώσεων 0,5-0,8 m. Στο επίπεδο αυτό αναπτύσσεται το οριζόντιο σύστημα αποτελούμενο από κυκλώματα σωλήνων δικτυωμένου πολυαιθυλενίου υψηλής πυκνότητας μέγιστου μήκους 100 m, τα οποία μέσω των επιμέρους συλλεκτών οδηγούνται στην αντλία θερμότητας.

Στο οριζόντιο κλειστό γεωθερμικό σύστημα το υπέδαφος λειτουργεί και ως εποχιακή αποθήκη θερμικής και ψυκτικής ενέργειας, γεγονός που συμβάλλει σημαντικά στην υψηλότερη απόδοση της εγκατάστασης.

Τα οριζόντια γεωθερμικά συστήματα αποτελούν ίσως την οικονομικότερη κατασκευαστική λύση από οποιοδήποτε άλλο γεωθερμικό σύστημα. Η απαιτούμενη έκταση που είναι αναγκαία είναι συνάρτηση των θερμικών και ψυκτικών απαιτήσεων του κτιρίου. Για την διαστασιολόγηση του γεωθερμικού εναλλάκτη, απαιτείται η γνώση των θερμοκρασιών του εδάφους και των θερμικών αποκρίσεων στο βάθος εγκατάστασης. Επιπρόσθετα, καθορίζονται η περιοχή εγκατάστασης, η αντίσταση του εδάφους και του σωλήνα, καθώς και τα όρια μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας του διαλύματος που εισέρχεται στην αντλία θερμότητας. Η απόδοση του οριζοντίου εναλλάκτη κυμαίνεται μεταξύ 20-35 W/m, ανάλογα με τα γεωλογικά στοιχεία του υπεδάφους.

### Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης

Το μέγεθος του διαθέσιμου ελεύθερου χώρου και η σύσταση του υπεδάφους καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τον τύπο του γεωθερμικού εναλλάκτη. Ο κάθετος γεωεναλλάκτης κλειστού κυκλώματος εφαρμόζεται σε εγκαταστάσεις με περιορισμένο περιβάλλοντα χώρο και σε περιοχές με αδυναμία πρόσληψης νερού από τον

υδροφόρο ορίζοντα. Το πλήθος των γεωτρήσεων είναι συνάρτηση της ισχύος της εγκατάστασης, ενώ η απόδοσή των κατακόρυφων συστημάτων παρουσιάζει σταθερότητα σε όλη τη διάρκεια του έτους. Σημαντικό πλεονέκτημα των κάθετων συστημάτων αποτελεί το γεγονός της γρήγορης αποκατάστασης των θερμοκρασιακών διαταραχών του υπεδάφους, οι οποίες προκαλούνται από την εκμετάλλευση του θερμικού περιεχομένου του.

Ο σχεδιασμός, η εγκατάσταση και η δοκιμαστική λειτουργία των γεωθερμικών εναλλακτών περιγράφονται λεπτομερώς και ακολουθούν το γερμανικό πρότυπο VDI 4460. Σύμφωνα με αυτό, η ανάπτυξη του κατακόρυφου γεωθερμικού εναλλάκτη γίνεται με τις παρακάτω γενικές προδιαγραφές.

- Η διάμετρος της κάθε γεώτρησης είναι 6-8 m και το βάθος τους κυμαίνεται μεταξύ 60-120 m.
- Στα γεωθερμικά συστήματα θέρμανσης-ψύξης, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση σωληνώσεων από ακτινοδικτυομένο πολυαιθυλένιο Pex για την εξασφάλιση της λειτουργίας σε βάθος χρόνου. Μετά την τοποθέτηση του δικτύου, γίνεται η πλήρωση των γεωτρήσεων με θερμοαγώγιμο μίγμα (τσιμέντο, μπετονίτης ή με το παράγωγο διάνοιξης της ίδιας της γεώτρησης).
- Η απόσταση μεταξύ των κάθετων γεωτρήσεων, προτείνεται να είναι μεγαλύτερη των 6 m για την αποφυγή τοπικού θερμικού κορεσμού του υπεδάφους.
- Η μέση απόδοση του κάθετου γεωθερμικού εναλλάκτη κυμαίνεται μεταξύ 35-65 W/m ανάλογα με τα γεωλογικά στοιχεία του υπεδάφους και τη συνεχή απαίτηση σε μέγιστο φορτίο.

### Ανοιχτό σύστημα

Χαρακτηριστικό του συστήματος είναι η άντληση και επαναφορά υδάτων (υπογείων ή επιφανειακών) και η θερμική εκμετάλλευση τους. Το νερό αντλείται από τον υδροφόρο ορίζοντα, υπέδαφος, θάλασσα, λίμνη ή ποτάμι, διέρχεται από την αντλία θερμότητας όπου απορροφά ή αποδίδει θερμότητα και κατόπιν επανεισάγεται στην ίδια πηγή. Το γεωθερμικό σύστημα ανοιχτού τύπου είναι οικονομικότερο κατασκευαστικά από τους κλειστούς γεωεναλλάκτες, αλλά ενδείκνυται σε περιοχές με πλούσια υδροφορία και μόνο όταν η κατώτερη στάθμη άντλησης από την γεώτρηση δεν υπερβαίνει τα 50 m. Ο σχεδιασμός του γεωθερμικού εναλλάκτη ανοιχτού κυκλώματος υπεδαφικού υδροφόρου περιλαμβάνει συνήθως δύο γεωτρήσεις, μία παραγωγική (στην οποία εμβαπτίζεται η υποβρύχια αντλία) και μία επανεισαγωγής.

Υπάρχουν μελέτες για συστήματα μιας γεώτρησης που έχουν μειωμένο κόστος και φαίνεται να έχουν πολύ καλή απόδοση αλλά δεν είναι ακόμα διαδεδομένα και εμπορικώς διαθέσιμα. Το νερό της γεώτρησης μετά την θερμική αξιοποίησή του από την αντλία θερμότητας πρέπει, σύμφωνα με την υφιστάμενη νομοθεσία, να επιστραφεί στο ακέραιο στον υδροφορέα από τον οποίο αντλήθηκε με γεώτρηση επανεισαγωγής. Η γεώτρηση επανεισαγωγής πρέπει να έχει την ικανότητα να δέχεται όλη την ποσότητα νερού που πέρασε από την αντλία θερμότητας. Η κατασκευή και ο έλεγχος των γεωτρήσεων πρέπει να γίνει από εκπαιδευμένους και ικανούς γεωτρυπανιστές.

Σημαντικοί παράγοντες που καθορίζουν την λειτουργία αλλά και το βαθμό απόδοσης των υπεδαφικών ανοιχτών συστημάτων είναι:

- Η ποιότητα του υπόγειου νερού ώστε να μην δημιουργούνται διαβρώσεις ή φραξίματα στην υποβρύχια αντλία από σωματίδια στο νερό.
- Η ποιότητα της γεώτρησης και ειδικά ο τρόπος κατασκευής, η χαλίκωση γύρω από το φίλτρο και η σταθεροποίηση των διαφορετικών σχηματισμών του υπεδάφους.
- Ο σχεδιασμός των γεωτρήσεων όσον αφορά την απόσταση μεταξύ της γεώτρησης άντλησης και αυτής της επαναφοράς, η διάμετρος της γεώτρησης και της εσωτερικής σωλήνωσης.
- Αρτεσιανά νερά παρουσιάζουν μεταβολές στις θερμοκρασίες του νερού και μεταβάλλουν τους συντελεστές απόδοσης.

Η απαίτηση της παροχής του νερού εκφράζεται σε μονάδες παροχής (lit/s) και αναγράφεται στις προδιαγραφές του εξοπλισμού. Η ποσότητα του νερού εξαρτάται από το μέγεθος της μονάδας και τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Ο ανάδοχος της μελέτης και του έργου θα πρέπει να παρέχει την αντίστοιχη πληροφόρηση. Η υδρογεώτρηση σε συνδυασμό με την αντλία θα πρέπει να καλύπτουν τις απαιτούμενες παροχές. Πιθανά θα χρειαστούν μετατροπές στην υφιστάμενη υδραυλική εγκατάσταση για να καλυφθούν οι απαιτήσεις παροχών.

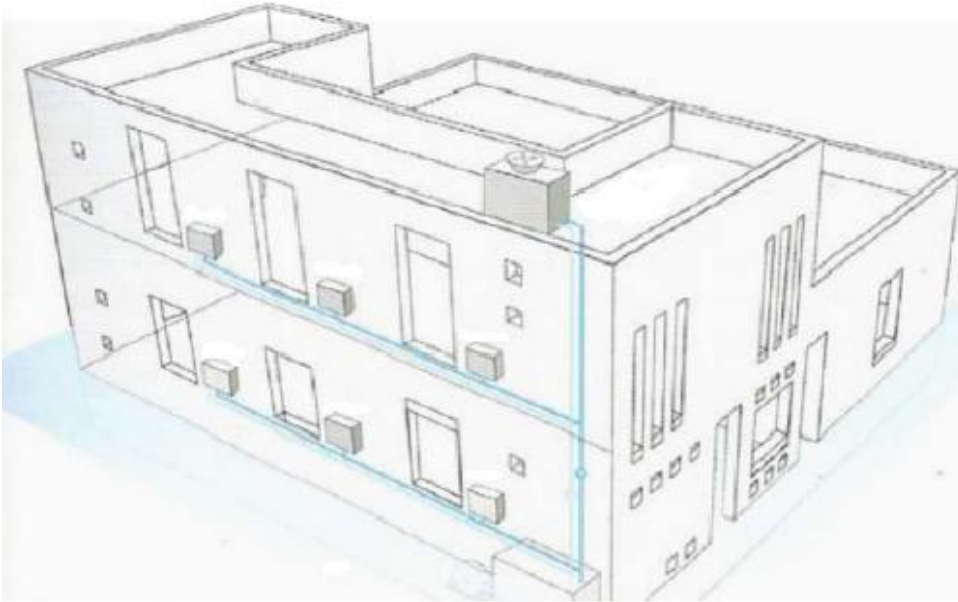
Σε περιπτώσεις που η γειτνίαση με τη θάλασσα ή με λίμνη είναι τέτοια που να επιτρέπει την χρήση της, δεν υπάρχει ανάγκη για διάνοιξη γεωτρήσεων αφού με ένα απλό υδραυλικό δίκτυο το νερό προσάγεται και απάγεται από την αντλία θερμότητας μέσω ενός κυκλοφορητή. Το ελάχιστο απαιτούμενο βάθος είναι 1,8m καθ' όλη τη διάρκεια του έτους για μια λίμνη. Η απαιτούμενη επιφάνεια εξαρτάται από το θερμικό φορτίο της κατασκευής. Φυσικά στα συστήματα αυτά και ειδικά στην θάλασσα, είναι απαραίτητος ο ενδιάμεσος εναλλάκτης θερμότητας από τιτάνιο (Ti), ή ντουραλουμίνιο (Ni/Cu), για να προστατεύει τα εσωτερικά κυκλώματα της αντλίας θερμότητας από το υφάλμυρο νερό.

Η κακή ποιότητα νερού μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στα συστήματα ανοιχτού κυκλώματος. Το νερό πρέπει να εξεταστεί για τη σκληρότητα, την οξύτητα και την περιεκτικότητα σε σίδηρο προτού να εγκατασταθεί μια αντλία θερμότητας. Ο προμηθευτής του εξοπλισμού μπορεί να πει ποια επίπεδα είναι αποδεκτά. Αποθέσεις στον εναλλάκτη της αντλίας θερμότητας μπορεί να δημιουργηθούν. Μερικές φορές ένας περιοδικός καθαρισμός με ένα ήπιο διάλυμα οξέος αρκεί για να αφαιρεθούν τα συγκεντρωμένα άλατα.

#### Υβριδικό σύστημα (εικ. 2.24)

Τα υβριδικά γεωθερμικά συστήματα είναι δύο τύπων: (1) τα υβριδικά συστήματα τα οποία κάνουν χρήση ενός εξολοκλήρου τεχνητά διαμορφωμένου γεωθερμικού περιβάλλοντος και (2) τα υβριδικά συστήματα στα οποία γίνεται χρήση συμβατικών μέσων για την κάλυψη των φορτίων αιχμής.

Η πρώτη κατηγορία βασίζεται στη δημιουργία ενός τεχνητά διαμορφωμένου περιβάλλοντος. Η αρχή λειτουργίας δηλαδή παραμένει η ίδια με ένα αμιγώς γεωθερμικό σύστημα, αλλά αλλάζουν τα μέσα πρόσδοσης και απορρόφησης της θερμότητας. Η ανταλλαγή των φορτίων πραγματοποιείται με ένα ενεργειακό επίπεδο που στην προκειμένη περίπτωση δεν είναι το έδαφος αλλά ένα σύστημα καυστήρα-λέβητα και πύργου ψύξης, που ουσιαστικά αντικαθιστά τον γεωσυλλέκτη και τις υδρογεωτρήσεις.



Εικ.2.24 Υβριδικό γεωθερμικό σύστημα

Σκοπός του υβριδικού συστήματος είναι να τροφοδοτήσει την αντλία θερμότητας με νερό σταθερής χαμηλής θερμοκρασίας 16-20°C.

Κατά την χειμερινή περίοδο τα θερμικά φορτία αντλούνται από τον καυστήρα-λέβητα, ενώ κατά την θερινή περίοδο πραγματοποιείται απαγωγή των φορτίων από το εσωτερικό του κτιρίου στον πύργο ψύξης, ο οποίος είναι τοποθετημένος στο δώμα του κτιρίου. Η εξοικονόμηση ενέργειας που επιτυγχάνεται μέσω του υβριδικού συστήματος είναι μικρότερη, σε συγκρίσει με ένα αμιγώς γεωθερμικό και δεν επιτυγχάνεται η ολική απελευθέρωση από το σύστημα καυστήρα-λέβητα. Παρόλα αυτά η συνολική εξοικονόμηση ενέργειας που παρουσιάζεται συγκριτικά με έναν συμβατικό τρόπο θέρμανσης αγγίζει το 35-40%. Η αντλία θερμότητας που θα χρησιμοποιηθεί για την μέγιστη εξοικονόμηση είναι γεωθερμική αντλία θερμότητας νερού - αέρα σε συνδυασμό με δίκτυο καναλιών διανομής ή γεωθερμική αντλία θερμότητας τύπου console unit, συστήματα που προσφέρουν αυτονομία ψύξης και θέρμανσης, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό για ξενοδοχειακές μονάδες και κτίρια γραφείων. Επίσης, βασικό πλεονέκτημα αποτελεί και η δυνατότητα χρήσης του συστήματος σε ένα ήδη υφιστάμενο κτίριο, αφού και για τους δύο τύπους αντλιών δεν απαιτείται η χρήση μηχανοστασίου. Κατά συνέπεια μπορούν εύκολα να αφαιρεθούν τα παλαιά σώματα και να τοποθετηθούν οι νέες γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, χωρίς αντικατάσταση του υδραυλικού δικτύου.

Στην δεύτερη κατηγορία των υβριδικών συστημάτων γίνεται χρήση συμβατικών μέσων για την κάλυψη των φορτίων αιχμής. Αυτό σημαίνει ότι ένα μέρος των απαιτούμενων θερμικών και ψυκτικών φορτίων μπορεί να καλυφθεί από τον γεωσυλλέκτη ή τις υδρογεωτρήσεις, όμως τα λεγόμενα φορτία αιχμής δεν μπορούν να καλυφθούν από το αμιγώς γεωθερμικό σύστημα (λόγω μη επαρκούς περιβάλλοντα χώρου περιορισμένης υδροφορίας) και έτσι καλύπτονται από συμβατικά μέσα. Άρα λοιπόν, το συνολικό σύστημα λειτουργεί με βάση δύο υποσυστήματα. Το ένα υποσύστημα λειτουργεί με βάση τον γεωσυλλέκτη ή τις

υδρογεωτρήσεις, και το δεύτερο υποσύστημα είναι παρόμοιο με την πρώτη κατηγορία υβριδικών γεωθερμικών συστημάτων.

#### 2.4.9 Εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας

Οι δυνατές χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας εξαρτώνται από τη θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών. Βέβαια ως πρώτη επιλογή είναι η ηλεκτροπαραγωγή, και πλέον η πρόσφορη μορφή ενέργειας για μεταφορά και χρήση, και εφαρμόζεται πάντα για πεδία υψηλής ενθαλπίας. Για θερμοκρασίες όμως χαμηλότερες των 150°C είναι οριακά οικονομική οπότε μπορούν να εφαρμόζονται μη ηλεκτρικές χρήσεις.

Τα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας χρησιμοποιούνται κυρίως για ηλεκτροπαραγωγή. Παράγουν άλμη (νερό με άλατα) και ατμό, ο ατμός διαχωρίζεται σε σχετικά υψηλή πίεση (π.χ. 5-10 ata) και οδηγείται σε κατάλληλο ατμοστρόβιλο. Καθώς πρόκειται για ανοικτά κυκλώματα (ο ατμός υφίσταται μοναδική διέλευση από το σύστημα και ακολούθως απορρίπτεται) ο ατμός υγροποιείται στην έξοδο του στρόβιλου σε βαρομετρικά συμπυκνωτή επαφής. Η άλμη που έχει υψηλή πίεση μπορεί να υφίσταται πάλι διαχωρισμό σε ακόμα χαμηλότερη πίεση, και ο πρόσθετα παραγόμενος ατμός να οδηγείται στο στρόβιλο (σε ενδιάμεση βαθμίδα πίεσης) για περισσότερη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα γεωθερμικά πεδία μέσης ενθαλπίας αξιοποιούνται επίσης σε ηλεκτροπαραγωγή, όμως λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας τους εφαρμόζεται ο δυαδικός κύκλος «Rankine» όπου τα γεωθερμικά ρευστά θερμαίνουν ένα πτηνικότερο ρευστό το οποίο και αποτελείται στο λειτουργούν ρευστό του «κλειστού πλέον» κυκλώματος ηλεκτροπαραγωγής. Τέλος, τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας χρησιμοποιούνται σε μη ηλεκτρικές χρήσεις όπως θέρμανση οικισμών, θερμοκηπίων, ξήρανση, ιχθυοκαλλιέργειες, ιαματικό τουρισμό.

Ο σημαντικότερος παράγοντας για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας μιας περιοχής είναι η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών που εντοπίζονται σε αυτήν. Εξάλλου αυτή είναι που καθορίζει και το είδος της εφαρμογής που μπορεί να πραγματοποιηθεί (πιν. 5).

Θερμοκρασία	Εφαρμογή
180°C	Εξάτμιση συμπυκνωμένων διαλυμάτων
	Ψύξη με απορρόφηση
	Κατεργασία χαρτομάζας
170°C	Παραγωγή βαρέως ύδατος με τη μέθοδο του υδρόθειου
	Ξήρανση γης διατόμων
160°C	Ξήρανση ιχθυάλευρων
	Ξήρανση ξυλείας

150°C	Παραγωγή αλουμίνας με τη μέθοδο Bayer
140°C	Ξήρανση αγροτικών προϊόντων
	Κονσερβοποίηση
130°C	Εξάτμιση στην παραγωγή ζάχαρης
	Ανάκτηση αλάτων με εξάτμιση και κρυστάλλωση
120°C	Παραγωγή γλυκού νερού με εξάτμιση
110°C	Ξήρανση και επεξεργασία λεπτόκοκκου τσιμέντου
100°C	Ξήρανση οργανικών υλικών, φυκιών, οσπρίων, λαχανικών
	Πλύση και ξήρανση μαλλιού
90°C	Ξήρανση ψαριών
80°C	Θέρμανση οικισμών
	Θέρμανση θερμοκηπίων
70°C	Ψύξη (κατώτερο όριο)
60°C	Εκτροφή διάφορων ζώων
50°C	Καλλιέργεια μανιταριών
	Ιαματικά λουτρά
40°C	Θέρμανση εδάφους
	Θέρμανση οικισμών (κατώτερο όριο)
30°C	Θέρμανση κολυμβητηρίων
	Αποπαγοποίηση
	Θέρμανση για ζύμωση
	Θέρμανση θερμοκηπίων (κατώτερο όριο)
20°C	Ιχθυοκαλλιέργειες

Πιν.5 Εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ανάλογα με τη θερμοκρασία

#### 2.4.9.1 Ηλεκτροπαραγωγή

Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος είναι αρκετά διαδεδομένη, χάρη σε μερικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει. Οι χώρες που διαθέτουν αξιόλογα γεωθερμικά πεδία προτιμούν να αναπτύξουν και να εκμεταλλεύονται τις δικές τους πηγές από το να εισάγουν καύσιμα για παραγωγή ενέργειας. Έτσι όπου υπάρχουν πολλές εναλλακτικές λύσεις για το σκοπό αυτό, προτιμάται η γεωθερμία διότι παρουσιάζει ανταγωνιστικό οικονομικό κόστος και δίνεται η ευκαιρία να χρησιμοποιείται το πετρέλαιο σε άλλες εφαρμογές για τις οποίες

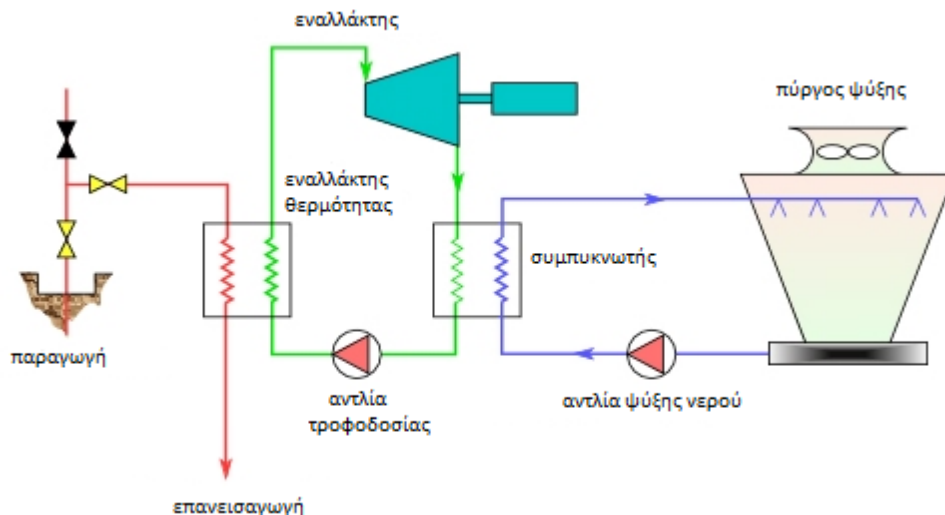


η γεωθερμία δεν είναι κατάλληλη, καθώς δεν είναι εύκολη και συμφέρουσα η μεταφορά της.

Η εκμετάλλευση των γεωθερμικών ρευστών πέρα από περιβαλλοντικά οφέλη, δίνει τη δυνατότητα να κατασκευασθούν τοπικά μικρές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής (συνήθως μικρότερες των 100 MW). Επίσης η παραγωγή καθίσταται περισσότερο αξιόπιστη όταν οι μονάδες παραγωγής του είναι διεσπαρμένες και δεν παρουσιάζονται συγκέντρωση λίγων μεγάλων μονάδων σε μια περιοχή.

Η μέθοδος παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος με τη βοήθεια του γεωθερμικού ρευστού εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του, δηλαδή τη θερμοκρασία του, τα διαλυμένα και αιωρούμενα στερεά και το επίπεδο των αερίων που εμπεριέχονται σε αυτό. Η συνηθέστερη εφαρμοζόμενη μεθοδολογία είναι η εκτόνωση ατμού, η οποία χρησιμοποιείται όταν το γεωθερμικό ρευστό εξέρχεται από την γεώτρηση με πίεση και χωρίς την βοήθεια άντλησης. Έπειτα το γεωθερμικό ρευστό διέρχεται από ένα διαχωριστήρα ατμού, ο οποίος στη συνέχεια, διοχετεύει τον ατμό προς εκτόνωση σε ένα στροβιλοφόρο κινητήρα συνδεδεμένο με μία ηλεκτρογεννήτρια. Προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση της διαδικασίας αυτής, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στροβιλοφόρος κινητήρας διπλής εισόδου.

Μια άλλη συνηθισμένη μέθοδος είναι του δυαδικού κύκλου (σχ. 2) και χρησιμοποιείται όταν η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών είναι μικρότερη των 180°C, καθώς και στις περιπτώσεις όπου το γεωθερμικό ρευστό περιέχει διαβρωτικά στοιχεία και ενώσεις που μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα αντοχής στο στρόβιλο.



Σχ.2 Σκαρίφημα μιας γεωθερμικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με δυαδικό κύκλο. Το γεωθερμικό ρευστό σημειώνεται με το κόκκινο χρώμα, το δευτερεύον ρευστό με πράσινο χρώμα και το νερό ψύξης με μπλε χρώμα.

Το γεωθερμικό ρευστό αποδίδει την ενέργεια του σε ένα δεύτερο ρευστό μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας και στη συνέχεια επανεισάγεται στον ταμιευτήρα. Το δεύτερο αυτό ρευστό έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού από το γεωθερμικό και ατμοποιείται στην έξοδο του εναλλάκτη. Ως δευτερεύον ρευστό χρησιμοποιούνται υδρογονάνθρακες, όπως είναι το ισοβουτάνιο και το προπάνιο. Το ατμοποιημένο ρευστό οδηγείται σε ένα στροβιλοφόρο κινητήρα, συνδεδεμένο και σε αυτήν την περίπτωση με μια ηλεκτρογεννήτρια και μετά την εκτόνωση του συμπυκνώνεται για να οδηγηθεί και πάλι στον εναλλάκτη θερμότητας. Η διαδικασία αυτή δεν επιβαρύνει

καθόλου το περιβάλλον διότι και το γεωθερμικό ρευστό και το δευτερεύον ρευστό είναι απομονωμένα από την ατμόσφαιρα.

Σήμερα το μεγαλύτερο γεωθερμικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκεται στα Γκεύζερς της Καλιφόρνιας. Η εγκατεστημένη ισχύς του ξεπερνά τα 1.800 MW το 2001. Η παγκοσμίως εγκατεστημένη ισχύς ξεπερνά τα 8.900 MW και η παραγόμενη ενέργεια τις 54.700 GWh. Η χώρα μας έχει δυναμικό ηλεκτροπαραγωγής από γεωθερμία της τάξεως των 150 MW το οποίο όμως παραμένει ανεκμετάλλευτο.

#### 2.4.9.2 Θερμικές εφαρμογές

Οι δυνατότητες χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας στον αγροτικό τομέα είναι πολύ μεγάλες. Με την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας μπορούν να θερμανθούν θερμοκήπια, υδατοκαλλιέργειες, κτίρια σταβλισμένων ζώων, καθώς και υπαίθριες καλλιέργειες, θέρμανση σε μονάδα αναερόβιας διάσπασης απορριμμάτων κ.α. Η κυριότερη θερμική χρήση της γεωθερμικής ενέργειας αφορά τη θέρμανση των θερμοκηπίων, τόσο στην Ελλάδα όσο και παγκοσμίως.

Είναι γεγονός ότι οι δαπάνες θέρμανσης αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό συνολικού κόστους λειτουργίας των θερμοκηπίων, το οποίο φυσικά αυξάνει στα ψυχρότερα κλίματα. Τα υφιστάμενα γεωθερμικά πεδία προσφέρουν θερμική ενέργεια πολύ φθηνότερη απ' ό,τι τα συμβατικά καύσιμα.

Επίσης παγκοσμίως διαδεδομένη είναι η χρήση της γεωθερμίας για τη θέρμανση οικισμών και οικιστικών συγκροτημάτων. Η εφαρμογή αυτή ονομάζεται «τηλεθέρμανση οικισμών» (εικ. 2.25), διότι η πηγή θερμότητας βρίσκεται μακριά από το χώρο χρήσης της.



Εικ.2.25 Τηλεθέρμανση οικισμού

Η θερμική ενέργεια που δεσμεύεται από τη γεωθερμική πηγή διοχετεύεται προς τους χρήστες με τη βοήθεια ενός δικτύου αγωγών. Οι εσωτερικοί χώροι των κτιρίων θερμαίνονται μέσω τοπικά εγκατεστημένων εναλλακτών θερμότητας, οι οποίοι τροφοδοτούνται με ρευστό μεταφοράς της θερμότητας που κυκλοφορεί στο δίκτυο. Στην Ελλάδα τέτοιου είδους εφαρμογές αξιοποίησης της γεωθερμίας, είναι σε αρχικό στάδιο αν και υπάρχουν οι σχετικές δυνατότητες.

#### 2.4.10 Η κατάσταση στην Ελλάδα

Οι περιοχές με σημαντικό γεωθερμικό ενδιαφέρον είναι η λεκάνη των Θερμοπυλών, η περιοχή του Λαγκαδά, τα νησιά του τόξου Νισύρου-Μήλου, η Λέσβος, η ευρεία περιοχή της Καβάλας κ.α., όπου βρίσκονται συνήθως ιαματικά λουτρά.

Στην Ελλάδα εκτός από τα ιαματικά λουτρά, οι γεωθερμικές εφαρμογές περιλαμβάνουν:

- Θέρμανση θερμοκηπίων (κυρίως για παραγωγή κηπευτικών και τριαντάφυλλου), στη Νιγρίτα, στο Σιδηρόκαστρο, στο Λαγκαδά, στη Νυμφόπετρα, στη Νέα Απολλώνια, στη Νέα Τρίγλια, στη Λέσβο (Πολύχνιτος) και στη Μήλο,
- Θέρμανση εδαφών για πρωίμηση σπαραγγιών στο Νέο Εράσμιο και στη Νιγρίτα,
- Παραγωγή πόσιμου νερού με αφαλάτωση θαλασσινού νερού στην Κίμωλο.

#### Εφαρμογές σε κάποια κτίρια στην Ελλάδα

Θέρμανση με ενδοδαπέδιο σύστημα των γραφείων παραγωγού σπαραγγιών στο Νέο Εράσμιο.

Θέρμανση με ενδοδαπέδιο σύστημα του ξενοδοχείου των Λουτρών Τραιανούπολης (Αλεξανδρούπολη).

Θέρμανση και κλιματισμός του νέου κτιρίου του δημαρχείου Πυλαίας στη Θεσσαλονίκη, το οποίο χρηματοδοτήθηκε από το Κ.Α.Π.Ε.

Θέρμανση και κλιματισμός με αντλίες θερμότητας τροφοδοτούμενες από υδρογέωτρηση ή/και γήινο εναλλάκτη θερμότητας τεσσάρων κτιρίων:

- το κτίριο Μεταλλειολόγων στο Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο,
- το κτιριακό συγκρότημα του Ευρωπαϊκού Κέντρου Δημόσιου Δικαίου στα Λεγραινά,
- το νέο κτίριο του Κ.Α.Π.Ε. στο Πικέρμι,
- το κτίριο Δήμου Πεταλούδων στη Ρόδο.

Τηλεθέρμανση και τηλεψύξη των σχολείων, του κέντρου υγείας, του επαρχείου και του ξενοδοχείου Μέγας Αλέξανδρος στο δήμο Λαγκαδά Θεσσαλονίκης, με μεταφορά νερού 20 με 40°C σε απόσταση περίπου 2km από τα Λουτρά Λαγκαδά και με υδρόψυκτες αντλίες θερμότητας, το οποίο σχεδιάστηκε κυρίως από το Κ.Α.Π.Ε. Όπως και άλλες εφαρμογές σε σπίτια ιδιωτών, δημόσια κτίρια κ.α.

### 2.4.11 Συμπεράσματα

Η χρήση της γεωθερμίας μπορεί να αποβεί πολύ προσοδοφόρα στο επίπεδο του χρήστη, λόγω του χαμηλού κόστους ενέργειας που προσφέρει. Παράλληλα σε επίπεδο εθνικής οικονομίας επιτυγχάνεται εξοικονόμηση συναλλάγματος, μέσω της μείωσης των εισαγωγών πετρελαίου, καθώς και εξοικονόμηση φυσικών πόρων κυρίως με την ελάττωση της κατανάλωσης των εγχώριων αποθεμάτων του λιγνίτη.

Στη χώρα μας έχουμε εκμεταλλευτεί μέχρι σήμερα λιγότερο από το 1% του συνολικού γεωθερμικού δυναμικού της χώρας μας (0% για ηλεκτροπαραγωγή και 5%-8% για θερμικές χρήσεις) όμως, στο άμεσο μέλλον, μέχρι τα τέλη του 2011, μπορεί το αξιοποιημένο γεωθερμικό δυναμικό, μέσω άμεσων επενδύσεων, να αυξηθεί σημαντικά και να έχουμε για ηλεκτροπαραγωγή εγκατεστημένα τουλάχιστον 10 MW(e) από τα μηδενικά υφιστάμενα, με 100 MW(th) για το σύνολο των θερμικών εφαρμογών από 70 MW(th) σήμερα, με τις εφαρμογές αντλιών θερμότητας να τετραπλασιάζονται σε 20 MW(th) από τα περίπου 5 MW(th) που είναι σήμερα.

Από τη λειτουργία των γεωθερμικών αυτών εφαρμογών θα επιτυγχάνεται εξοικονόμηση ενέργειας που αντιστοιχεί σε 100.000 Τόνους Ισοδύναμου Πετρελαίου (Τ.Ι.Π.) ετησίως με παράλληλη αποφυγή εκλύσεων στην ατμόσφαιρα 320.000 τόνων διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) ετησίως.

Η γεωθερμία αποτελώντας μία ανανεώσιμη και καθαρή πηγή ενέργειας, είναι πολύτιμη για τις περιοχές που έχουν την τύχη να την διαθέτουν. Η συστηματική εκμετάλλευση της μπορεί να επιφέρει στη χώρας μας σημαντικά περιβαλλοντικά, οικονομικά και συναλλαγματικά οφέλη, αρκεί οι δυνατότητες αυτές αλλά και οι νέες τεχνολογίες που δεν επηρεάζουν καθόλου τον τόπο εγκατάστασης των απαιτούμενων μονάδων εκμετάλλευσης, να γνωστοποιηθούν ευρέως στους κατοίκους πολλών περιοχών της χώρας μας.

## **2.5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΟ ΤΗ ΒΙΟΜΑΖΑ**

### Χρήση της βιομάζας σε κατοικίες

Στον οικιακό τομέα η κύρια χρήση της βιομάζας είναι η καύση της για θέρμανση και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Αυτό μπορεί να γίνεται σε:

- 1) Κοινά τζάκια ή σόμπες,
- 2) Ενεργειακά τζάκια με υψηλούς βαθμούς απόδοσης,
- 3) Συστήματα κεντρικής θέρμανσης με χρήση ξύλου.

### 2.5.1 Είδη βιοκαυσίμων

Η βιομάζα που χρησιμοποιείται μπορεί να είναι σε ακατέργαστη μορφή όπως καυσόξυλα, πυρηνόξυλα, σπασμένα κουκούτσια κ.τ.λ. ή επεξεργασμένη για ευκολότερη χρήση, αποθήκευση και μεταφορά όπως μπρικόπτες (κυρίως σε ενεργειακά τζάκια και σόμπες), θρύμματα ξύλου (wood chips) ή συσσωματώματα βιομάζας (pellets, μικρά πεπιεσμένα κομμάτια από σκόνη ξύλου ή αγροτικά παραπροϊόντα).

#### Κούτσουρα

Είναι η αρχαιότερη μορφή βιομάζας. Μεγάλα κομμάτια ξύλου από υλοτόμηση. Φθινό και εύκολα διαθέσιμο.



#### Πελέτες

Είναι τυποποιημένο κυλινδρικό βιολογικό καύσιμο που παρασκευάζεται με τη συμπίεση ξηρών πριονιδιών και τεμαχιδίων από καθαρά υπολείμματα ξύλου βιομηχανιών επεξεργασίας ξύλου, διαμέτρου 60-80 mm με μήκος περίπου 100 mm και χρώμα εξαρτώμενο από την πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή τους.



### Θρύμματα βιοκαυσίμων

Είναι μικρά τεμαχίδια ξύλου μήκους 5-50 mm. Υπάρχουν τρία ήδη θρυμμάτων:

- Θρύμματα από δασικά υπολείμματα,
- Θρύμματα βιομάζας από τα πριονιστήρια,
- Θρύμματα βιομάζας από αραιώμα χωρίς κλαδιά και φύλλα που αφήνονται να ξηραθούν πριν το θρυμμάτισμα.



Γίνεται εύκολα κατανοητό ότι οι δυο πιο εύχρηστες και αποδοτικές μορφές βιοκαυσίμου για οικιακούς καυστήρες είναι τα συσσωματώματα και τα θρύμματα ξύλου. Ας τα δούμε συγκριτικά:

	<b>Πελέτες</b>	<b>Θρύμματα βιομάζας</b>
Θερμογόνος δύναμη	17 GJ/t	13,4 GJ/t
Ανά kg	4,7 KWh/kg	3,7 KWh/kg
Ανά m <sup>3</sup>	3077 KWh/m <sup>3</sup>	744 KWh/m <sup>3</sup>
Περιεχόμενη υγρασία	8%	25%
Φαινόμενη πυκνότητα	650 kg/m <sup>3</sup>	200 kg/m <sup>3</sup>

### Κούτσουρα-θρύμματα

**Πλεονεκτήματα:** Διαθέσιμα τοπικά, η παραγωγή τους ενισχύει την τοπική αγορά εργασίας και είναι φθηνότερα από τις πελέτες.

**Μειονεκτήματα:** Μεγάλοι χώροι αποθήκευσης, συχνά άγνωστη περιεκτικότητα σε υγρασία.

Πελέτες

**Πλεονεκτήματα:** Τυποποιημένο καύσιμο με υψηλή αξιοπιστία, απαιτούνται μικρότεροι χώροι αποθήκευσης και έχει λιγότερες απαιτήσεις για την λειτουργία και την συντήρηση του καυστήρα.

**Μειονεκτήματα:** Υψηλό κόστος και λιγότερα οφέλη για την τοπική οικονομία.

2.5.2 Τύποι συστημάτων θέρμανσης από βιομάζα

Η σωστή επιλογή του συστήματος (είτε πρόκειται για καυστήρα βιομάζας είτε για άλλο καύσιμο) είναι πρωταρχικής σημασίας. Συνήθως, οι τεχνικοί υπερδιαστασιολογούν τα συστήματα για να είναι σίγουροι πως θα αποδώσουν. Δυστυχώς όμως, η υπερδιαστασιολόγηση μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολές και σπατάλη. Ένας πολύ χοντρικός κανόνας για ένα μέσο σπίτι στην Ελλάδα είναι πως η ισχύς του συστήματός θα πρέπει να είναι το 1/10 των τετραγωνικών της κατοικίας. Αν π.χ. έχουμε ένα σπίτι 80 m<sup>2</sup>, η απαιτούμενη ισχύς για θέρμανση είναι περίπου 8 KW (1 KW = 860 Kcal/h). Προφανώς, αυτό είναι μια τάξη μεγέθους και μόνο, αφού η ακριβής ισχύς θα καθοριστεί από την ποιότητα της κατασκευής και της θερμομόνωσης αλλά και την κλιματική ζώνη στην οποία βρίσκεται το κτίσμα.

Για την καύση της βιομάζας μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

- τυπικό τζάκι με απόδοση 20-30%,
- ενεργειακό τζάκι που θερμαίνει όλους τους χώρους του σπιτιού ή και νερό με απόδοση 80-85%,
- σόμπα ξύλου ή πελέτες με απόδοση 90%,
- λέβητας ξύλου ή πελέτες για κεντρική θέρμανση με απόδοση 90%.

Οι σύγχρονες τεχνολογίες αξιοποίησης της βιομάζας έχουν εξελιχθεί τόσο, που πλέον αποτελούν μια αξιόπιστη και ανταγωνιστική επιλογή.

Σύγχρονοι λέβητες υψηλής τεχνολογίας, με αυτόματη τροφοδοσία καυσίμου και ηλεκτρονικά ελεγχόμενη παροχή αέρα, οι οποίοι είναι σε θέση να αποδώσουν περισσότερο από το 90% της ενέργειας που περιέχεται στο ξύλο για θέρμανση. Τα πιο εξελιγμένα συστήματα διαθέτουν αυτόματο σύστημα καθαρισμού των επιφανειών εναλλακτών θερμότητας και αυτόματη απομάκρυνση της στάχτης, ενώ ορισμένα μοντέλα συμπιέζουν τις στάχτες, ώστε το καθάρισμα να είναι αναγκαίο μόνο δύο φορές το χρόνο. Εξάλλου, το μόνο κατάλοιπο της καύσης από τον καυστήρα βιομάζας είναι ένα σταχτί, πηχτό υγρό. Τελείως ακίνδυνο, περιέχει τα ανόργανα άλατα της βιομάζας. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμα και στα λουλούδια για λίπασμα. Στην αγορά επίσης προωθούνται ειδικές σόμπες που λειτουργούν με την καύση παλετών, οι οποίες διατίθενται τόσο σε κλασσικό, όσο και σε μοντέρνο

σχεδιασμό, και αναπαράγουν την θαλπωρή ενός τζακιού με ξύλα χωρίς τις δυσκολίες στην εγκατάσταση και συντήρηση που παρουσιάζουν τα τζάκια.

Οι βασικές βελτιώσεις που αναπτύχθηκαν στα τζάκια και στις σόμπες μπορούν να συνοψιστούν στις εξής:

- Κατάλληλη γεωμετρία και υλικά του εστιακού χώρου για αύξηση της ακτινοβολούμενης θερμότητας προς το δωμάτιο.
- Στένεμα και τοποθέτηση καπνοφράχτη (damper), στη βάση της καπνοδόχου για ρύθμιση της έλξης και της καύσης.
- Διαμόρφωση αγωγού καθοδικής έλξης καυσαερίων για ανάκτηση θερμότητας.
- Παροχή αέρα καύσης από το εξωτερικό περιβάλλον της κατοικίας, για μείωση των ρευμάτων αέρος από τα παράθυρα προς την εστία.
- Παραγωγή θερμού αέρα δια κυκλοφορίας αέρα εσωτερικού ή εξωτερικού χώρου μέσω ενός εναλλάκτη θερμότητας στην περιφέρεια του θαλάμου καύσης.
- Τοποθέτηση θυρίδων στο πρόσθιο μέρος του θαλάμου καύσης, για αύξηση της θερμοκρασίας καύσης και αργότερα τοποθέτηση Μίκα ή πυρίμαχου γυαλιού για παρακολούθηση της φλόγας.
- Προθέρμανση του αέρα καύσης μέσω ειδικής καπνοδόχου «ισορροπημένης έλξης».
- Χρησιμοποίηση «καταλυτικού καυστήρα» (κυψελοειδές κεραμικό φίλτρο με επικάλυψη καταλύτου από ευγενή μέταλλα) για την μετάκαυση των καυσαερίων.

Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι σήμερα υπάρχουν στην αγορά σόμπες για ξύλο που μπορούν να θερμαίνουν ενιαίους χώρους, π.χ. 100 m<sup>2</sup>, σε μικρό χρόνο ή που μπορούν εκτός από την θέρμανση του χώρου που βρίσκονται να θερμαίνουν επίσης νερό για την κεντρική θέρμανση ή για χρήση. Πολλά σπίτια χρησιμοποιούν για θέρμανση τζάκια με την καύση ξύλων. Ενώ τα ανοιχτά τζάκια είχαν χαμηλούς βαθμούς απόδοσης (20%), σήμερα υπάρχουν κλειστά τζάκια (ενεργειακά ή θερμοδυναμικά) που έχουν υψηλούς βαθμούς απόδοσης (έως 65%) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για θέρμανση ολόκληρης της κατοικίας είτε με αεραγωγούς ή με την θέρμανση του νερού της κεντρικής θέρμανσης. Μπορούν να συνδεθούν με κάθε τύπο θερμαντικών σωμάτων (καλοριφέρ) και έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν ανεξάρτητα σαν κύρια πηγή ενέργειας (εξοχικές κατοικίες) ή και σε παράλληλη σύνδεση με κάθε τύπο λέβητα κεντρικής θέρμανσης- πετρελαίου στερεών καυσίμων κ.τ.λ. (μόνιμες κατοικίες). Αρκετά διαδεδομένα είναι επίσης τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης με χρήση ξύλων ή πυρηνόξυλου, κυρίως στις περιοχές όπου ένα από τα δύο αυτά καύσιμα είναι σε αφθονία και σε καλές τιμές.



### 2.5.3 Ενδεικτικό κόστος

- Κόστος ενεργειακού τζακιού που θερμαίνει όλους τους χώρους του σπιτιού: 2.200 με 3.500€.
- Κόστος λέβητα για την εγκατάσταση κεντρικού συστήματος θέρμανσης: 10.000 με 15.000€.
- Κόστος στόφας με πελέτες: 2.500 με 4.500€.
- Κόστος στόφας με καυσόξυλα: 1.000 με 5.000€.

### 2.5.4 Γενικά χαρακτηριστικά συσκευών

Σόμπα για κούτσουρα	-Χειρωνακτική τροφοδοσία -Διαθέσιμο καύσιμο πιθανά σε χαμηλή τιμή -Δύσκολος έλεγχος θερμοκρασίας -Απόδοση: 30-65%, κάποτε έως 80%
Σόμπα για πελέτες	-Θερμότητα όποτε την χρειαζόμαστε. -Εύκολος έλεγχος. -Χαμηλή συντήρηση. -Χειρωνακτική φόρτωση καυσίμου στη χοάνη. -Καθαρό, εύχρηστο καύσιμο αλλά ακριβό, όχι πάντα τοπικό -Απόδοση: 80-90%
Λέβητας για θρυμματισμένο ξύλο	-Κατάλληλος για φορτία >25KW. -Αυτόματη τροφοδοσία καυσίμου. -Μεταβαλλόμενες απαιτήσεις - Δεξαμενή. -Διαχείριση/ αποθήκευση: γερό εξοπλισμό/ χώρο -Τοπικό/ φτηνό καύσιμο (προδιαγραφές, υγρασία) -Απόδοση: 80-90%
Λέβητας για πελέτες	-Καλό επίπεδο αυτοματισμών. -Εύκολη διαχείριση/ αποθήκευση καυσίμου. -Διαθέσιμοι: 5-50KW, Απόδοση: 80-90%
Λέβητας για κούτσουρα	-Τοπικό/ φτηνό καύσιμο, υγρασία. -Καθημερινή χειρωνακτική φόρτωση, έναυση. -Μεταβαλλόμενες απαιτήσεις - Δεξαμενή. -Απόδοση: 50-90%

### 2.5.5 Τηλεθέρμανση με βιομάζα

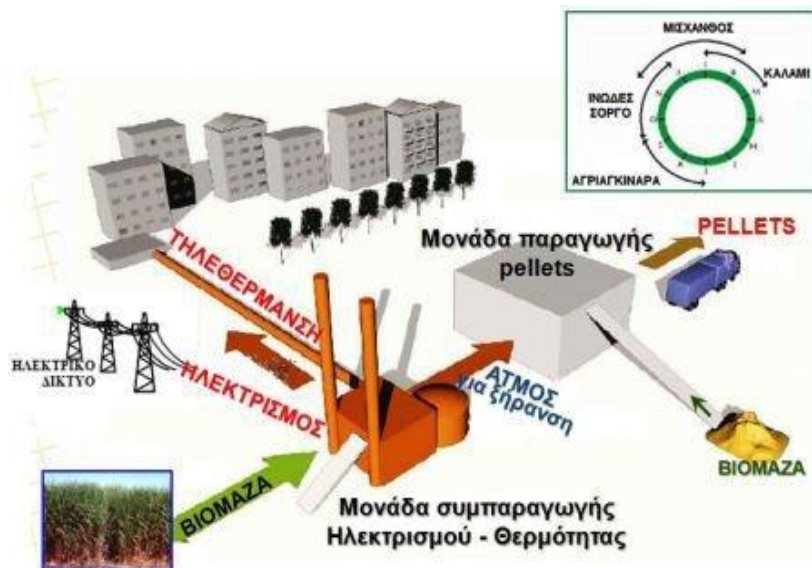
Τηλεθέρμανση είναι η παροχή θέρμανσης χώρων καθώς και θερμού νερού χρήσης σε ένα σύνολο κτιρίων, ένα οικισμό, ένα χωριό ή μία πόλη, από ένα κεντρικό σταθμό παραγωγής θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται με δίκτυο μεμονωμένων

αγωγών από το σταθμό προς τα θερμαινόμενα κτίρια (όπως και με την τηλεθέρμανση με γεωθερμία).

Ένα σύστημα τηλεθέρμανσης αποτελείται από (σχ. 3):

- το σταθμό παραγωγής θερμότητας όπου είναι εγκατεστημένος ο κεντρικός εξοπλισμός (λέβητες, σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, καπνοδόχος, αντλίες κ.τ.λ.),
- το δίκτυο διανομής του θερμαινόμενου μέσου, το οποίο είναι νερό (θερμό ή υπέρθερμο), από το σταθμό παραγωγής της θερμότητας προς τα θερμαινόμενα κτίρια,
- τους υποσταθμούς σύνδεσης, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η σύνδεση των εσωτερικών εγκαταστάσεων θέρμανσης των κτιρίων με το δίκτυο διανομής τηλεθέρμανσης,
- τις εσωτερικές εγκαταστάσεις θέρμανσης των κτιρίων (δίκτυα σωληνώσεων, θερμαντικά σώματα κ.τ.λ.).

Σχ.3 Ολοκληρωμένη παραγωγή (Ηλεκτροπαραγωγή-Τηλεθέρμανση-παραγωγή πελέτες με μοναδική πρώτη ύλη τη βιομάζα)



### 2.5.6 Σημαντικότερες τεχνολογίες

Στο σταθμό παραγωγής θερμότητας είναι εγκατεστημένοι ειδικοί λέβητες στους οποίους καίγεται η βιομάζα και παράγεται θερμό νερό. Συνήθως χρησιμοποιούνται λέβητες με εστίες κινούμενων σαρώων.

Η βιομάζα τροφοδοτείται προς τους λέβητες με πλήρως αυτοματοποιημένα συστήματα τροφοδοσίας.

Τα καυσαέρια καθαρίζονται με ειδικές διατάξεις όπως πολυκυκλώνες, σακκόφιλτρα ή ηλεκτροστατικά φίλτρα και στη συνέχεια οδηγούνται στην καμινάδα και από εκεί στην ατμόσφαιρα.

Οι αγωγοί του δικτύου διανομής είναι προμονωμένοι και αποτελούνται από εσωτερικό χαλύβδινο αγωγό, μόνωση πολυουρεθάνης και εξωτερικό προστατευτικό

περίβλημα πολυαιθυλενίου. Οι προμονωμένοι αγωγοί τοποθετούνται απευθείας στο έδαφος. Στη μόνωση πολυουρεθάνης είναι τοποθετημένα σύρματα (συνήθως χάλκινα) προκειμένου να εντοπίζονται τα σημεία εμφάνισης υγρασίας κατά μήκος του δικτύου, μέσω ειδικού ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου. Η εμφάνιση της υγρασίας μπορεί να οφείλεται είτε σε διαρροή χαλύβδινου αγωγού, είτε σε είσοδο υγρασίας του εδάφους στη μόνωση. Το θερμό νερό ανακυκλοφορεί στο δίκτυο διανομής με τη βοήθεια αντλιών.

### Τεχνικά θέματα

Η τεχνολογία είναι ώριμη τόσο σε ότι αφορά την παραγωγή θερμού νερού από τη καύση βιομάζας σε λέβητες, όσο και σε ότι αφορά τη διανομή του θερμού νερού από το σταθμό παραγωγής προς τα συνδεδεμένα κτίρια μέσω δικτύου. Εφαρμογές τηλεθέρμανσης με βιομάζα υπάρχουν σε λειτουργία διεθνώς πάνω από 30 χρόνια στην Αυστρία, Δανία, Φιλανδία, Σουηδία κ.α.

### Μη τεχνικά θέματα

Οι εφαρμογές τηλεθέρμανσης με βιομάζα είναι επενδύσεις έντασης κεφαλαίου λόγω του υψηλού απαιτούμενου αρχικού κεφαλαίου.

Το κόστος του καυσίμου αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση των εξόδων των συστημάτων τηλεθέρμανσης.

Σημαντικό πρόβλημα που θα πρέπει να έχει επιλυθεί πριν από την έναρξη υλοποίησης ενός έργου τηλεθέρμανσης, είναι η εξασφάλιση προμήθειας των απαιτούμενων ποσοτήτων βιομάζας και σε συμφωνημένες τιμές. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με μακροχρόνια συμβόλαια και συμφωνίες με τους αγρότες, τους δασικούς συνεταιρισμούς, τα δασαρχεία κ.τ.λ. Επίσης σημαντική είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης εναλλακτικού καυσίμου, έστω και για μικρό χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να είναι εξασφαλισμένη η τροφοδοσία του συστήματος με καύσιμο σε κάθε περίπτωση.

Σημαντικότερος παράγοντας για τη βιωσιμότητα μιας επένδυσης τηλεθέρμανσης είναι ο αριθμός των κτιρίων που συνδέονται με το σύστημα, προκειμένου να προμηθεύονται από αυτό θερμότητα. Έτσι, προκειμένου να επιτευχθεί η άμεση σύνδεση του μεγαλύτερου δυνατού αριθμού κτιρίων στο σύστημα όταν το έργο κατασκευασθεί, απαιτείται πλήρης ενημέρωση των κατοίκων του οικισμού, δηλαδή των δυνητικών καταναλωτών, πριν ακόμα αποφασισθεί η υλοποίηση του έργου, για τα οφέλη που θα αποκομίσουν αυτοί από τη εγκατάσταση του συστήματος τηλεθέρμανσης (οικονομικά, περιβαλλοντικά, ποιότητα ζωής κ.α.) αλλά και για τις πιθανές επιβαρύνσεις (από τη ανέγερση λεβητοστασίου).

### 2.5.7 Πλεονεκτήματα των καυσίμων βιομάζας

- Η βιομάζα είναι ευρύτερα διαθέσιμη από τα στερεά ορυκτά καύσιμα και μια ποικιλία απόβλητων (π.χ. δασικά και αγρό-βιομηχανικά απόβλητα) που μπορούν να παράσχουν μια σημαντική βραχυπρόθεσμη πηγή βιομάζας που συχνά χρειάζεται διάθεση.

- Η βιομάζα παρέχει μια ανανεώσιμη πηγή καυσίμων που προϋποθέτει όμως μια καλή πρακτική διαχείρισης.
- Υπάρχουν καλές προοπτικές για τη βιομάζα να μετατρέπεται οικονομικά σε μια ποικιλία ενεργειακών φορέων (π.χ. θερμότητα, ηλεκτρισμός, μεθανόλη, αιθανόλη, υδρογόνο) με ένα περιβαλλοντικά βιώσιμο τρόπο.
- Η μετατροπή των αποτελεσμάτων της ανανεώσιμης βιομάζας σε μη καθαρές CO (μονοξείδιο του άνθρακα) εκπομπές στην ατμόσφαιρα και οι μοντέρνες αλυσίδες καυσίμων βιομάζας ίσως παρουσιάσουν άλλα περιβαλλοντικά οφέλη σε σύγκριση με τις αλυσίδες ορυκτών καυσίμων.
- Κοινωνικά οφέλη (ιδιαίτερης σημασίας για τις αναπτυσσόμενες χώρες) περιλαμβάνουν:
  - α) μειωμένες εισαγωγές καυσίμων
  - β) διαφοροποίηση στις αγροτικές δραστηριότητες
  - γ) ενισχυμένη αγροτική εξέλιξη και απασχόληση
  - δ) κίνητρο για αποδασωμένων και υποβιβασμένων εκτάσεων.

Τα κυριότερα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρησιμοποίηση της βιομάζας είναι τα ακόλουθα:

- Αποφυγή του φαινομένου του θερμοκηπίου, που προέρχεται από το CO<sub>2</sub> και παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων, καθώς η καύση της βιομάζας έχει μηδενικό ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα, επειδή οι ποσότητες του CO<sub>2</sub> που απελευθερώνονται κατά την καύση της βιομάζας δεσμεύονται πάλι από τα φυτά για τη δημιουργία της βιομάζας.
- Αποφυγή της όξινης βροχής, από τη ρύπανση με SO<sub>2</sub> που παράγεται κατά την καύση ορυκτών καυσίμων, καθώς η μηδανινή ύπαρξη του θείου στη βιομάζα συμβάλλει σημαντικά στον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>).

Εφόσον η βιομάζα είναι εγχώρια πηγή ενέργειας, η αξιοποίησή της σε ενέργεια έχει οικονομικά οφέλη, αφού συμβάλλει σημαντικά στη:

- Μείωση της ενεργειακής εξάρτησης από την εισαγωγή καυσίμων από τρίτες χώρες και βελτίωση του εμπορικού ισοζυγίου.
- Εξοικονόμηση συναλλάγματος.
- Εξασφάλιση του ενεργειακού εφοδιασμού.
- Εξασφάλιση εργασίας και συγκράτηση των αγροτικών πληθυσμών στις περιθωριακές και τις άλλες γεωργικές περιοχές (στην Ελλάδα υπάρχουν ήδη πέντε βιομηχανίες παραγωγής παλετών και δύο βιομηχανίες κατασκευής καυστήρων).

### 2.5.8 Μειονεκτήματα από τη χρήση της βιομάζας

- Ο αυξημένος όγκος και η μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα δυσχεραίνουν την ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
- Η μεγάλη διασπορά και η εποχιακή παραγωγή της βιομάζας δυσκολεύουν την συνεχή τροφοδοσία με πρώτη ύλη των μονάδων ενεργειακής αξιοποίησης της βιομάζας.
- Βάση των παραπάνω παρουσιάζονται δυσκολίες κατά τη συλλογή, μεταφορά, και αποθήκευση της βιομάζας που αυξάνουν το κόστος της ενεργειακής αξιοποίησης.
- Οι σύγχρονες και βελτιωμένες τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας απαιτούν υψηλό κόστος εξοπλισμού, συγκρινόμενες με αυτό των συμβατικών καυσίμων.

Εξαιτίας των παραπάνω μειονεκτημάτων και για την πλειοψηφία των εφαρμογών της, το κόστος της βιομάζας παραμένει, συγκριτικά προς το πετρέλαιο, υψηλό.

Ήδη όμως, υπάρχουν εφαρμογές στις οποίες η αξιοποίηση της βιομάζας παρουσιάζει οικονομικά οφέλη.

Επιπλέον, το πρόβλημα αυτό βαθμιαία εξαλείφεται, αφ' ενός λόγω της ανόδου των τιμών του πετρελαίου, αφ' ετέρου και σημαντικότερο, λόγω της βελτίωσης και ανάπτυξης των τεχνολογιών αξιοποίησης της βιομάζας.

Τέλος, πρέπει κάθε φορά να συνυπολογίζεται το περιβαλλοντικό όφελος, το οποίο, αν και συχνά δεν μπορεί να αποτιμηθεί με οικονομικά μεγέθη, εντούτοις είναι ουσιαστικής σημασίας για την ποιότητα της ζωής και το μέλλον της ανθρωπότητας.

### 2.5.9 Ενδεικτικές εφαρμογές στην Ελλάδα

#### Κατοικία Χ.Φουστάνη – Αλμωπίας, Ν.Πέλλας

Λέβητας (τύπου Kombi-2D) εγκατεστημένης ισχύος 17 KW, ο οποίος χρησιμοποιείται για την θέρμανση της οικίας επιφάνειας 200 m<sup>2</sup> και τροφοδοτείται με καυσόξυλα (κυρίως βελανίδια), τα οποία προέρχονται από τις υλοτομίες στο όρος Βόρας. Η συγκεκριμένη εγκατάσταση τροφοδοτείται με 13ton ξύλου την περίοδο και το κόστος του υλικού έτοιμο για άμεση χρήση στο λέβητα (δηλαδή τεμάχια του ξύλου μήκους 40-50 cm και ακτίνας 10-15 cm) ανέρχεται περίπου στα 440€/έτος. Στο παραπάνω κόστος περιλαμβάνεται η μεταφορά και η κοπή των ξύλων. Ο λέβητας εγκαταστάθηκε το 1999 και στοίχισε 1.908€. Στη συγκεκριμένη εγκατάσταση προβλήματα σχετικά με τη λειτουργία της εγκατάστασης δεν αναφέρθηκαν.

#### Κατοικία στο Διόνυσο Αττικής

Λέβητας εναλλασσόμενης καύσης ονομαστικής απόδοσης 130 KW, ο οποίος χρησιμοποιείται για τη θέρμανση συγκροτήματος κατοικιών συνολικής έκτασης 800 m<sup>2</sup>. Το χρησιμοποιούμενο υλικό βιομάζας είναι πυρηνόξυλο, το οποίο διοχετεύεται με

κοχλία και βεντιλατέρ (10kg/h) στο λέβητα και το χειμώνα αποθηκεύεται σε υπόγειο χώρο δίπλα στο λεβητοστάσιο ,συνολικής αποθηκευτικής ικανότητας 20ton. Το κόστος αγοράς του πυρηνόξυλου ανέρχεται στα 0,035 με 0,042€/kg, χωρίς να περιλαμβάνονται τα μεταφορικά από το πυρηνελαιουργείο.

### Εργοστάσιο τηλεθέρμανσης στα Γρεβενά

Στο τελικό στάδιο και λίγο πριν την έναρξη των εργασιών εγκατάστασης βρίσκεται πλέον η πρότυπη μονάδα παραγωγής ενέργειας από φυτική βιομάζα που σχεδιάζεται να κατασκευαστεί στα Γρεβενά, προς την περιοχή του Δοξαρά, με ιδιωτική πρωτοβουλία και με τη συνεργασία του δήμου.

Πρόκειται για μία πρότυπη επένδυση ύψους 65.000.000€ η οποία φιλοδοξεί το χειμώνα να παράγει θερμική ενέργεια που θα διοχετεύεται μέσω ιδιόκτητου δικτύου στα δημοτικά κτίρια και σε κατοικίες της πόλης των Γρεβενών και το καλοκαίρι ηλεκτρική ενέργεια που θα πωλείται στη Δ.Ε.Η.

Η μονάδα θα είναι σε ότι αφορά τη θερμική ενέργεια ισχύος 50 MW και την ηλεκτρική ισχύος 14,1 MW. Η ενέργεια θα παράγεται από βιομάζα, όπως πριονίδι, άχυρο, υπολείμματα καλλιεργειών καθώς και από ενεργειακά φυτά.

## **2.6 ΜΙΚΡΑ ΥΔΡΟΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ/ΕΡΓΑ**

Το ουσιαστικό προαπαιτούμενο για την υδροηλεκτρική παραγωγή είναι ένα ρεύμα με συνδυασμό επαρκούς παροχής και ύψους πτώσης, όπως ονομάζεται η κάθετη απόσταση της υδατόπτωσης για ηλεκτροπαραγωγή. Η ισχύς που παράγεται είναι ανάλογη του γινομένου αυτών των δύο μεταβλητών. Η παροχή επηρεάζεται από τις βροχοπτώσεις, τη φύση του εδάφους, την κάλυψη της βλάστησης, την θερμοκρασία και την διάθρωση της χρήσης της γης στην περιοχή απορροής.

Στην πραγματικότητα η μέτρηση της παροχής σε ένα σημείο κάθε φορά έχει μικρή χρησιμότητα, αφού η παροχή αυτή δεν είναι αντιπροσωπευτική της διαθέσιμης τον περισσότερο χρόνο παροχής. Έτσι στην μελέτη οποιουδήποτε έργου, εμπλέκεται η επιστήμη της υδρολογίας, δηλαδή η μελέτη της βροχόπτωσης και της ροής των ρευμάτων, επίσης η μέτρηση των λεκανών και των επιφανειών απορροής, της ικανότητας εξάτμισης και της επιφανειακής γεωλογίας, παράγοντες οι οποίοι στο σύνολό τους επηρεάζουν την ποσότητα της ροής και της μεταβλητότητας της.

### 2.6.1 Διάκριση μικρών και μεγάλων υδροηλεκτρικών έργων

Θα πρέπει αρχικά να διευκρινισθεί ότι από πλευράς αρχής λειτουργίας, τόσο στη μετατροπή της υδραυλικής ενέργειας σε μηχανική και στη μετατροπή της τελευταίας σε ηλεκτρική, ένα μικρό υδροηλεκτρικό έργο (ΥΗΕ) δεν διαφέρει από ένα μεγάλο. Επίσης δεν διαφέρουν ως προς το πλήθος και το είδος των επί μέρους έργων-τμημάτων από τα οποία απαρτίζεται ένα ΥΗΕ.

Ο χαρακτηρισμός ενός Υδροηλεκτρικού Έργου ως «μικρού» δεν αναφέρεται αποκλειστικά στην εγκατεστημένη ισχύ ή στις διαστάσεις των μονάδων αλλά σε ένα σύνολο χαρακτηριστικών, πολλά από τα οποία δεν είναι μετρήσιμα, δηλαδή οι

διαφορές μεταξύ μικρών και μεγάλων ΥΗΕ δεν είναι μόνο ποσοτικές αλλά κυρίως και ποιοτικές. Στα μεγάλα ΥΗΕ ο χαρακτηρισμός τους ως «μεγάλων» παραλείπεται ως εννοούμενος.

Ως μικρό χαρακτηρίζεται ένα ΥΗΕ όταν η ονομαστική ισχύς του είναι μικρότερη των 10 MW, χωρίς η τιμή αυτή να αποτελεί ένα γενικά αποδεκτό όριο. Σημειώνεται ότι σε ορισμένες χώρες το όριο διάκρισης μεταξύ μεγάλων και μικρών ΥΗΕ ορίζεται στα 5 MW. Αυτό οφείλεται στο ότι οι διαφορές τους δεν είναι τόσο ποσοτικές όσο ποιοτικές και αφορούν την επιλογή του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, την διαμόρφωση και την εκμετάλλευση του ΥΗΕ.



Το όριο διάκρισης μεταξύ μικρών και μεγάλων ΥΗΕ έχει σημασία και από πλευράς διαδικασιών και αδειοδοτήσεων καθώς για τα μικρά ΥΗΕ προβλέπονται διαδικασίες απλούστερες ενώ σε ορισμένες χώρες, όπως στην Ελλάδα, ένα μεγάλο ΥΗΕ δεν μπορεί να κατασκευασθεί παρά μόνο από την Δ.Ε.Η.

Ένα μικρό ΥΗΕ δεν πρέπει να θεωρηθεί ως μικρογραφία ενός μεγάλου καθώς η προσέγγιση αυτή θα οδηγήσει σε οικονομική αποτυχία την επένδυση. Οι κύριες διαφορές μεταξύ μικρών και μεγάλων ΥΗΕ εντοπίζονται στην επιλογή και εγκατάσταση τυποποιημένου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού καθώς και στο πρόγραμμα εκμετάλλευσης το οποίο έχει άμεσο αντίκτυπο στην διάταξη και διαστασιολόγηση των διαφόρων στοιχείων που το απαρτίζουν.

### 2.6.2 Χαρακτηριστικά Μικρών Υδροηλεκτρικών

Η εξάπλωση και η εκμετάλλευση των μικρών υδροηλεκτρικών, που βασίζεται κυρίως στους μικρούς ποταμούς και στην επιφανειακή ροή των υδάτων, είναι συνήθως αρκετά ελκυστική επένδυση. Αυτό οφείλεται στα πολλαπλά πλεονεκτήματα που αυτά διαθέτουν, και κυρίως στο γεγονός ότι αντίστοιχα έργα είναι σχετικά εύκολο να αναπτυχθούν τόσο από τεχνικής όσο και από οικονομικής σκοπιάς.

Η λέξη μικρό ΥΗΕ δεν είναι παγκόσμια ορισμένο

	Τυπική ισχύς	Ροή	Διάμετρος αγωγού
Micro	< 100 KW	< 0,4 m <sup>3</sup> /s	< 0,3 m
Μίνι	100 ως 1.000 KW	0,4 ως 12,8 m <sup>3</sup> /s	0,3 ως 0,8 m
Μικρό	1 ως 50 MW	> 12,8 m <sup>3</sup> /s	> 0,8 m

### 2.6.3 Πλεονεκτήματα

- τα ΥΗΕ δεν έχουν απόβλητα ή κατάλοιπα, δεν μολύνουν το περιβάλλον και (ουσιαστικά) δεν αυξάνουν την θερμοκρασία του νερού των ποταμών,
- η κατασκευή τους συνδυάζεται συχνά και με άλλες διευθετήσεις όπως άρδευση, ύδρευση, ρύθμιση πλημμύρας, αλιεία, αναψυχή κ.τ.λ.,
- το κόστος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και αντιστοιχεί ουσιαστικά στις αποσβέσεις του έργου. Το λειτουργικό κόστος των ΥΗΕ (το κόστος συντήρησης και προσωπικού) είναι μικρό,
- οι υδροστρόβιλοι είναι στιβαρές και αξιόπιστες μηχανές που απαιτούν μικρή συντήρηση και επίβλεψη (ο προληπτικός έλεγχος γίνεται μετά από 5.000 ώρες λειτουργίας περίπου),
- για τις ανάγκες κατασκευής του ΥΗΕ κατασκευάζονται έργα υποδομής (δρόμοι, γέφυρες) που βοηθούν στην αξιοποίηση απομακρυσμένων περιοχών,
- η διάρκεια ζωής τους είναι 20-30 έτη. Η οποία μπορεί να γίνει μεγαλύτερη με την ανανέωση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού,
- το πλέον σημαντικό και αναντικατάστατο πλεονέκτημα των υδροηλεκτρικών έργων (ΥΗΕ) είναι η δυνατότητα πολύ γρήγορης παραλαβής και απόρριψης φορτίου έτσι ώστε να γίνεται δυνατή η παρακολούθηση της μεταβολής της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και η κάλυψη των αιχμών ζήτησης του διασυνδεδεμένου δικτύου.

### 2.6.4 Μειονεκτήματα

- έχουν διάρκεια κατασκευής 1 με 2 χρόνια, ενώ επίσης μεγάλη είναι η διάρκεια των μελετών και συλλογής-επεξεργασίας υδρολογικών και γεωλογικών στοιχείων,
- η ετήσια παραγωγή ενέργειας υφίσταται διακυμάνσεις που σχετίζονται με την ποσότητα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων),
- έχουν πολύ υψηλό κόστος (της τάξεως των 2.000-4.000 €/KW) και γι' αυτό απαιτούν την διάθεση πολύ μεγάλων κεφαλαίων,
- η κατασκευή τους προϋποθέτει την ύπαρξη κατάλληλων υδατοπτώσεων και μεγάλων παροχών. Για τον λόγο αυτό η θέση τους είναι πολλές φορές πολύ μακριά από την κατανάλωση με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται σημαντικά το κόστος κατασκευής τους από το κόστος των έργων μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας.



### 2.6.5 Επιλογή θέσης και βασική διαμόρφωση

Τα μικρά ΥΗΕ μπορούν να είναι είτε μεγάλου είτε μικρού ύψους πτώσης, ανάλογα με τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της διαθέσιμης θέσης. Οι θέσεις μεγάλου ύψους πτώσης γενικά κοστίζουν λιγότερο για την ανάπτυξή τους διότι για την ίδια παραγωγή ισχύος η ροή μέσω στροβίλου και οι σχετικές υδραυλικές κατασκευές θα είναι μικρότερες. Σ' έναν ποταμό με μια απότομη σχετικά κλίση σε ένα μέρος της ροής του, μπορεί να αξιοποιηθεί η υψομετρική διαφορά εκτρέποντας το σύνολο ή μέρος της ροής, και επιστρέφοντάς το στον ποταμό αφότου διέλθει στο στρόβιλο. Το νερό μπορεί να μεταφερθεί από την υδροληψία απευθείας στο στρόβιλο μέσω ενός σωλήνα κατάθλιψης. Περιλαμβάνοντας ένα φράγμα ή έναν υδατοφράκτη, ένα στόμιο εισόδου από τον ποταμό και ένα ισοϋψές ανοικτό κανάλι που εκτείνεται κατά μήκος της κοιλάδας του ποταμού καταλήγοντας σε μία περιοχή υδροληψίας, από όπου ένας σωλήνας κατάθλιψης άγει το νερό στο στρόβιλο στο σταθμό ισχύος.

Σε έργα μικρού ύψους πτώσης είναι δυνατές δύο διατάξεις:

- 1) Η μία να χρησιμοποιεί έναν υδατοφράκτη εκτροπής και η δομή της είναι παρόμοια με την προαναφερθείσα.
- 2) Η άλλη διάταξη περιλαμβάνει ένα φράγμα με ενσωματωμένο στόμιο εισόδου και σταθμό ισχύος.

Μια ακόμα δυνατότητα είναι να εγκατασταθεί ένας σταθμός ηλεκτροπαραγωγής σε ένα υπάρχον συμβατικό φράγμα που έχει κατασκευαστεί για άλλες χρήσεις (άρδευση, έλεγχος ροής κ.α.).

### 2.6.6 Έργα του Πολιτικού Μηχανικού

Μόλις επιλεγεί η περιοχή και αποφασιστεί η βασική διάταξη, είναι απαραίτητο να αναπτυχθεί με λεπτομέρεια το έργο.

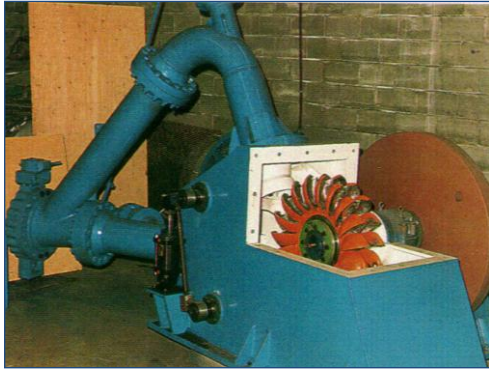
Τα βασικά μέρη ενός μικρού ΥΗΕ είναι:

- Φράγμα εκτροπής ή υδατοφράκτης. Χαμηλό φράγμα απλής κατασκευής σε ποταμό που μπορεί να είναι από μπετόν, ξύλο ή τοιχοποιία. Μόνο το κόστος φράγματος μπορεί να χαρακτηρίσει το έργο μη βιώσιμο.
- Πέρασμα νερού. Μία είσοδος με σχάρα και κλείστρο εξόδου σε αγωγό απαγωγής. Ένα σκαμμένο κανάλι, υπόγειο τούνελ ή/και αγωγός πτώσης και βάνες/κλείστρα γύρω στην τουρμπίνα για συντήρηση.
- Σταθμός παραγωγής. Περικλείει τον υδροστρόβιλο και τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

### 2.6.7 Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός

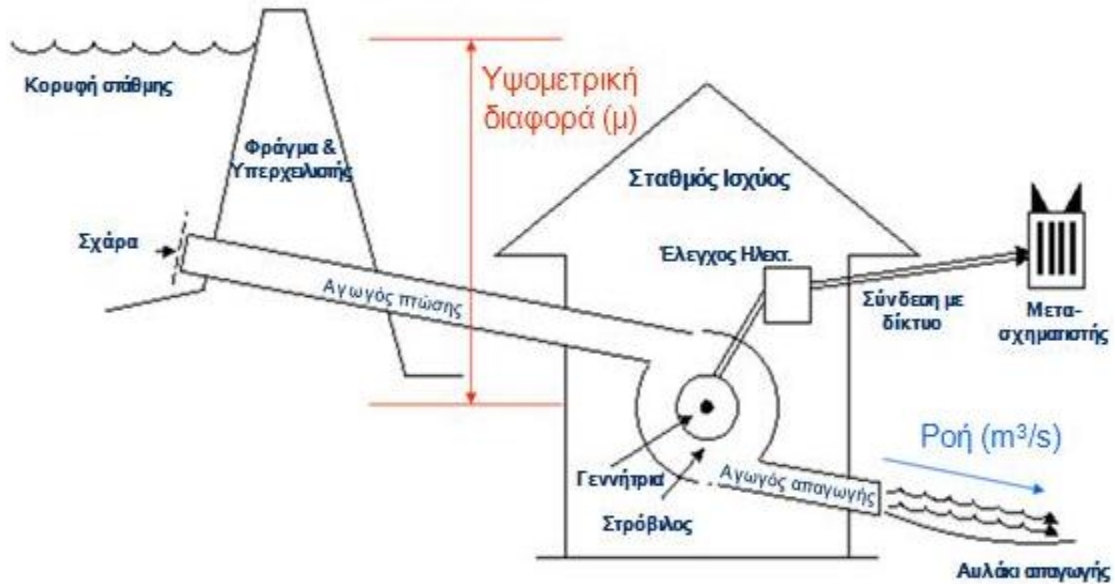
Αποτελείται από:

- Υδροστρόβιλο. Που μπορεί να είναι στρόβιλος Pelton, στρόβιλος Francis ή στρόβιλος Karlan (ή έλικας) (εικ. 2.6).



Εικ.2.26 Στρόβιλος Pelton (πάνω αριστερά), Francis (κάτω αριστερά), Karlan (δεξιά)

- Γεννήτρια
  - α) επαγωγική (συνδεμένη με άλλες γεννήτριες, χρησιμοποιείται για να τροφοδοτεί μεγάλα δίκτυα),
  - β) σύγχρονη (μπορεί να λειτουργήσει απομονωμένη από άλλες γεννήτριες, χρησιμοποιείται για αυτόνομες και απομακρυσμένες εφαρμογές).
- Άλλος εξοπλισμός
  - α) αυξητής ταχύτητας για συγχρονισμό στροβίλου-γεννήτριας (κιβώτιο ταχυτήτων),
  - β) βάνες, ηλεκτρονικός έλεγχος, προστατευτικός εξοπλισμός,
  - γ) μετασχηματιστές.



Εικ.2.27 Τυπικό σύστημα μικρού υδροηλεκτρικού

### 2.6.8 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Τα μικρά υδροηλεκτρικά είναι στις περισσότερες περιπτώσεις «συνεχούς ροής», δηλαδή το τυχόν φράγμα είναι αρκετά μικρό, συνήθως μόνο ένας υδατοφράκτης και αποθηκεύεται εν γένει ελάχιστο ή καθόλου νερό. Τα έργα του πολιτικού μηχανικού εξυπηρετούν μόνο την λειτουργία ρύθμισης της στάθμης του νερού στο στόμιο της εισόδου, οπότε οι εγκαταστάσεις συνεχούς ροής δεν έχουν επιπτώσεις στο τοπικό περιβάλλον σε σχέση με τα μεγάλα υδροηλεκτρικά.

Υπάρχει βέβαια και το πρόβλημα όπου το νερό αποσπάται σε κάποια απόσταση από το σημείο στο οποίο εκβάλλει πίσω στον ποταμό. Τότε ίσως μπορεί να αποξηρανθεί ή να είναι δυσάρεστο στην όψη, εκτός αν επιτρέπεται μιας επαρκής ροή αντιστάθμισης. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι νέες εγκαταστάσεις υδροηλεκτρικών σχεδιάζονται έτσι ώστε να αφήνεται μια ικανοποιητική ποσότητα νερού να παρακάμπτει τους στροβίλους.

Ένα άλλο θέμα που απαιτεί προσοχή είναι η ανάγκη αποφυγής κάθε επίπτωσης στα ψάρια και την ποτάμια χλωρίδα και πανίδα. Μερικά συστήματα μικρού ύψους πτώσης, επιτρέπουν στα ψάρια να περνούν αλώβητα μέσα από το στρόβιλο. Επίσης εφαρμόζονται και διάφορα είδη προστασίας (φυσικά προπετάσματα, ηλεκτρικά υπερέχων κ.α.).

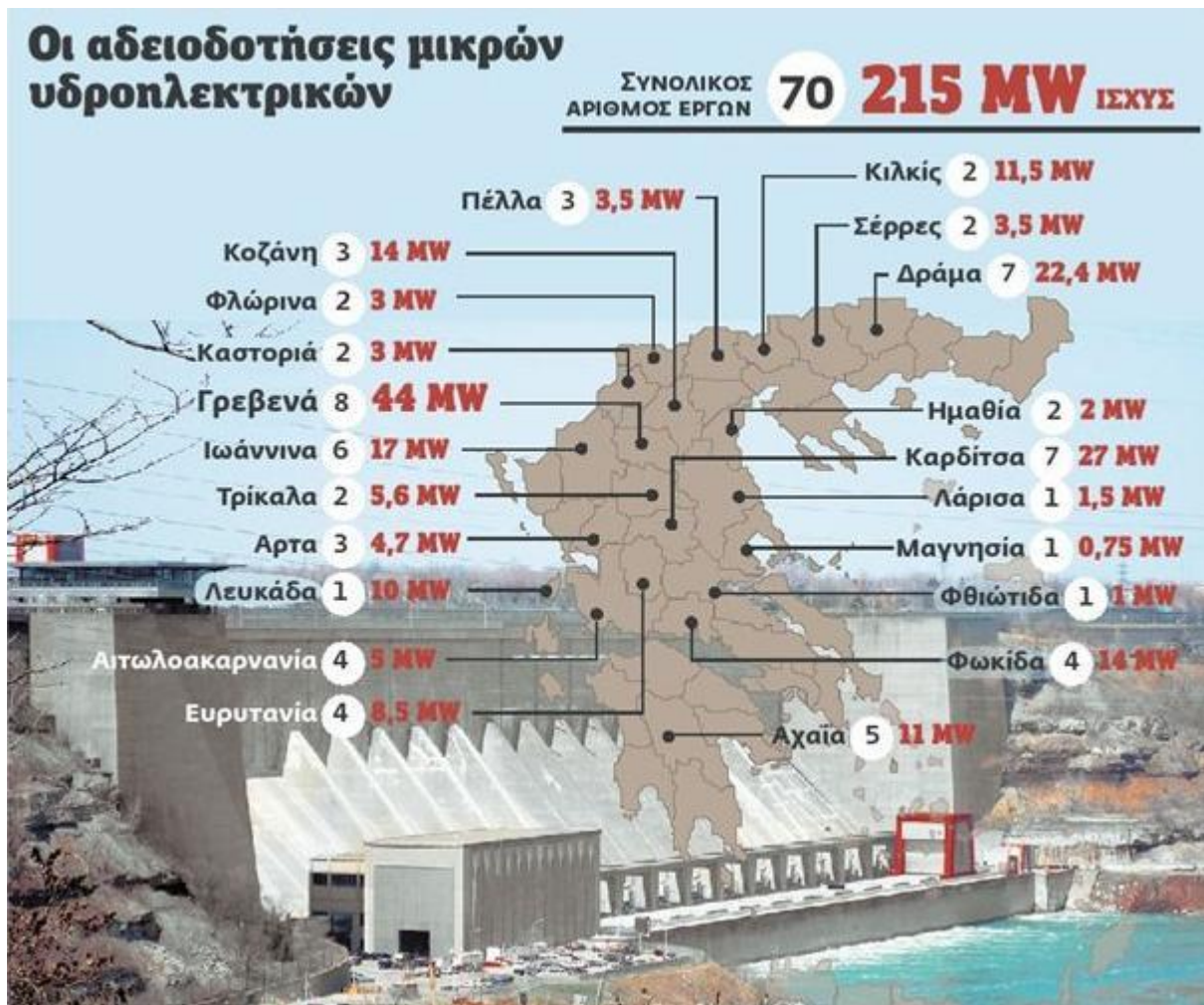
Τέλος περιβαλλοντικά ζητήματα που σχετίζονται με την οξυγόνωση του (ή την έλλειψή της), τη διατάραξη ή αποσάθρωση της κοίτης του ποταμού κατόπιν των σωληνώσεων υδροληψίας του στροβίλου, το θόρυβο του ηλεκτρικού εξοπλισμού, τη γενική εμφάνιση της εγκατάστασης κ.α. Είναι δυνατόν να αμβλυνθούν με τη χρήση κατάλληλων τεχνικών σχεδιασμού, οπότε να αποτελέσει μια μακροβιότατη και αξιόπιστη οικονομική πηγή καθαρής ενέργειας.

### 2.6.9 Τι συμβαίνει στην Ελλάδα

Το τελευταίο οκτάμηνο ξεμπλόκαραν στη χώρα μας αδειοδοτήσεις για μικρά υδροηλεκτρικά έργα δυναμικότητας 335 MW, τα οποία κινητοποιούν, σε εποχή κρίσης, επενδύσεις μισού δισεκατομμυρίου ευρώ. Με τον νόμο 3851 διευκολύνθηκε σημαντικά η πρώτη φάση αδειοδότησης στα μικρά υδροηλεκτρικά και προχώρησαν γρήγορα οι προεγκρίσεις χωροθέτησης για δεκάδες μικρά έργα δυναμικότητας από 2 ως 15 MW το καθένα. Πολλές από αυτές τις επενδύσεις περίμεναν χρόνια για μια απλή προέγκριση χωροθέτησης.

Την ανάπτυξη των υδροηλεκτρικών ενισχύουν φυσικά και οι υψηλές βροχοπτώσεις που έχουν παρατηρηθεί στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια, κυρίως στη Δυτική και στη Βόρεια Ελλάδα.

Σήμερα λειτουργούν μονάδες ισχύος 183 MW από μικρά υδροηλεκτρικά, έχουν εκδοθεί άδειες εγκατάστασης (είναι το τελικό στάδιο αδειοδότησης) για άλλα 85 MW, έχουν λάβει όρους σύνδεσης με το δίκτυο έργα ισχύος ακόμη 150 MW και άλλα 100 MW προχωρούν σε φάση ώριμης αδειοδότησης (εικ. 2.28).



Εικ.2.28 Έργα μικρών υδροηλεκτρικών στην Ελλάδα

### 2.6.10 Τι γίνεται στον πλανήτη

Σύμφωνα με τα στοιχεία του World Energy Council για το 2010, βρίσκονται σε λειτουργία ανά την υφήλιο μικρά υδροηλεκτρικά συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της τάξεως των 45.000 MW, ενώ βρίσκονται στη φάση κατασκευής ή του τελικού προγραμματισμού μικρά υδροηλεκτρικά συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της τάξεως των 25.000 MW. Στην Ευρώπη των 27 μελών, σύμφωνα με στοιχεία του 2009, λειτουργούσαν περίπου 21.000 μικρά υδροηλεκτρικά, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ ίση με 13.000 MW.

Η έντονη ανάπτυξη των μικρών ΥΗΕ είναι λογική, δεδομένου ότι είναι μια μορφή ενέργειας προσιτή στον άνθρωπο, περιέχει τα συγκριτικά πλεονεκτήματα της αξιοπιστίας, της ασφάλειας και της αφθονίας με βάση τη μορφολογία της χώρας μας, προσφέρει «περιβαλλοντική αποτελεσματικότητα», τη στιγμή μάλιστα που μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό εκμεταλλεύσιμων υδροενεργειακών πηγών έχει αξιοποιηθεί.

Όλες οι αναπτυσσόμενες και αναπτυσσόμενες χώρες στην Ευρώπη αλλά και στον κόσμο στήριξαν την ανάπτυξή τους στα μικρά ΥΗΕ, αξιοποιώντας τα πριν από οποιαδήποτε άλλη πηγή ενέργειας. Σήμερα λειτουργούν περισσότερα από 21.000 μικρά υδροηλεκτρικά στην Ευρώπη και περισσότερα από 100.000 στην Κίνα.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

#### 3.1 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Ο όρος «βιοκλιματικός σχεδιασμός» ή «βιοκλιματική αρχιτεκτονική», συχνά προκαλεί απορία στα άτομα που δεν έχουν ασχοληθεί με την προσέγγιση αυτή. Η ονομασία αυτή ανταποκρίνεται πληρέστερα στην αντίληψη εναρμόνισης των κτιρίων με το κλίμα και το περιβάλλον, διασφαλίζοντας παράλληλα άνετη και υγιεινή διαβίωση του ανθρώπου μέσα στα κτίρια, αλλά και στον εξωτερικό χώρο.

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει στην διασφάλιση καθαρότερου περιβάλλοντος λόγω του περιορισμού των εκπομπών αέριων ρύπων από τα συμβατικά καύσιμα. Ουσιαστικά αποσκοπεί στην δημιουργία ενός ελκυστικού περιβάλλοντος, το οποίο μπορεί να δεσμεύει την φυσική ενέργεια που παράγεται από ήπιες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αναγνωρίζει την ρυθμιστική επίδραση της τοπογραφίας, του τοπίου, του νερού, την ικανότητα των ελεύθερων χώρων να μεγιστοποιούν ή να ελαχιστοποιούν την δειξή του ήλιου και του ανέμου και αναδεικνύει το σημαντικό ρόλο του σχεδιασμού, προκειμένου να επιτευχθούν οι επιδιωκόμενοι στόχοι. Η λογική του σχεδιασμού σε αρμονική σχέση με το κλίμα, είναι μια πολύ παλιά αντίληψη.

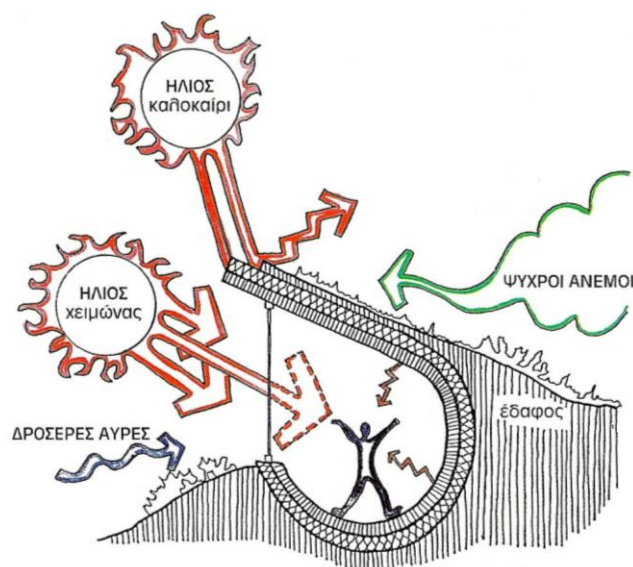
Η χωροθέτησή τους, η προσαρμογή τους στο ανάγλυφο του εδάφους, η εναρμολόγησή τους και η αξιοποίηση των κλιματικών πλεονεκτημάτων του γεωγραφικού χώρου των παλιών οικισμών, αποδεικνύουν γνώση και ικανότητα.

Ως περιβαλλοντικοί παράμετροι διακρίνονται εκείνες που επηρεάζουν καθοριστικά τον βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων και οι οποίες είναι:

- Το κλίμα του τόπου (η θερμοκρασία του αέρα, οι άνεμοι, η ηλιακή ακτινοβολία, η σχετική υγρασία),
- Το φυσικό περιβάλλον, η τοπογραφία και η θέα στην περιοχή,
- Οι φυσικές πηγές ενέργειας και οι υποδοχείς εκπεμπόμενης θερμότητας.

Η βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό του χώρου υποστηρίζεται και προωθείται για τρεις βασικούς στόχους που είναι οι εξής:

- 1) Την προστασία του περιβάλλοντος.
- 2) Την εξοικονόμηση χρήματος.
- 3) Την απεξάρτηση από το πετρέλαιο.

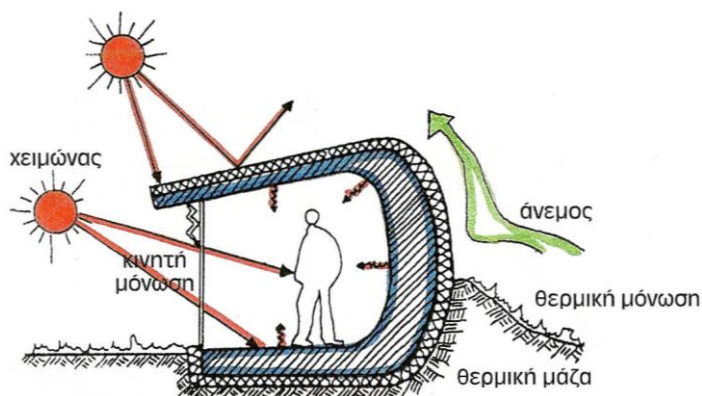


Εικ.3.1 Βιοκλιματική αντίληψη

### 3.1.1 Αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Η βιοκλιματική αντίληψη για το σχεδιασμό εμπεριέχει την προβληματική της προσαρμογής των κτιρίων στο τοπικό κλίμα και το φυσικό περιβάλλον, με επιδίωξη τον περιορισμό της κατανάλωσης ενέργειας στο κατώτερο δυνατό επίπεδο, χωρίς να διαταράσσονται οι συνθήκες θερμικής άνεσης. Βασική προϋπόθεση αποτελεί η αξιοποίηση των τοπικών περιβαλλοντικών παραμέτρων, η χρήση της εντόπιας ενέργειας, υπό ανανεώσιμη και συνεπώς ανεξάντλητη μορφή.

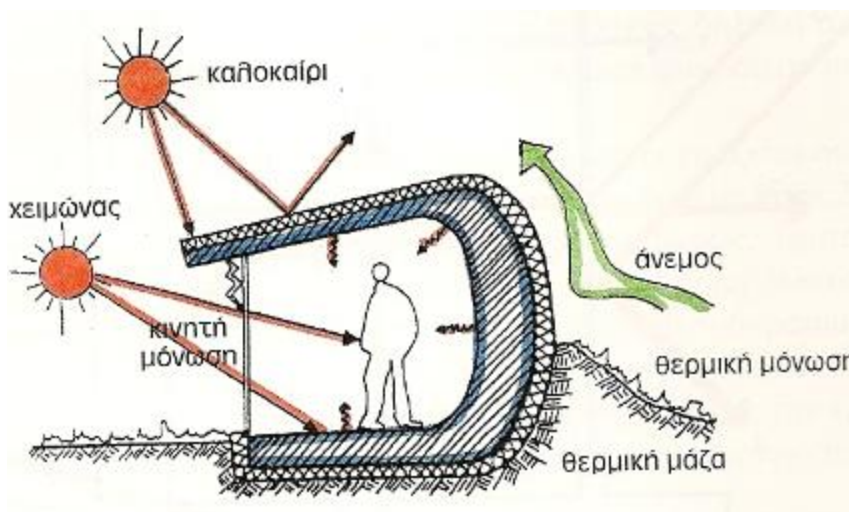
Συνεπώς η αρχιτεκτονική σύλληψη πρέπει να αξιοποιεί τα τοπικά κλιματικά δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα, από τα στοιχεία του κλίματος αξιοποιήσιμα είναι: η ηλιακή ενέργεια για την θέρμανση των κτιρίων το χειμώνα και αντίστροφα η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι για τον φυσικό δροσισμό του χώρου. Αντίθετα οι ψυχροί χειμωνιάτικοι άνεμοι πρέπει να αποφεύγονται, καθώς και η επίδραση της έντονης ακτινοβολίας του ήλιου το καλοκαίρι (εικ. 3.2).



Εικ. 3.2 Διαγραμματικό κέλυφος που αξιοποιεί τα θετικά κλιματικά στοιχεία.

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού προκειμένου το κτίριο να ανταποκρίνεται στην βιοκλιματική αντίληψη είναι οι εξής, οι οποίες για να είναι εφαρμόσιμες θα πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις.

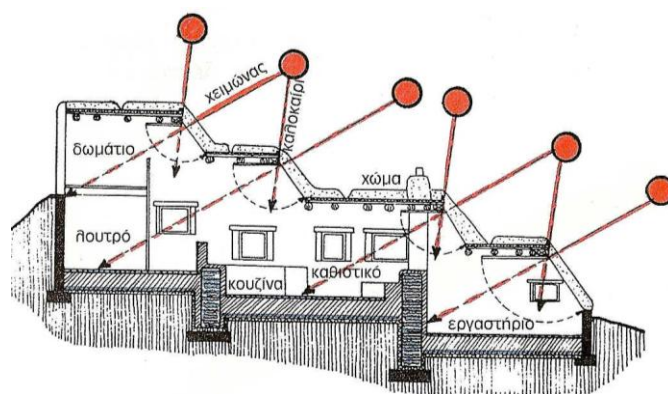
- α) Το κτίριο να λειτουργεί ως φυσικός ηλιακός συλλέκτης τον χειμώνα (εικ. 3.3),
- κατάλληλο προσανατολισμό-χωροθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο,
  - κατάλληλο σχήμα του κτιρίου,
  - το μέγεθος των ανοιγμάτων συναρτήσει του προσανατολισμού,
  - λειτουργική διάρθρωση των εσωτερικών χώρων.



Εικ.3.3 Το κτίριο ως φυσικός συλλέκτης ηλιακής ενέργειας τον χειμώνα



β) Το κτίριο να λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας (εικ. 3.4),



Εικ.3.4 Διαγραμματική τομή κελύφους αποθήκευσης της θερμότητας

γ) Το κτίριο να λειτουργεί ως παγίδα θερμότητας,

- θερμικές απώλειες κελύφους,
- θερμική μάζα και θερμομόνωση.

δ) Το κτίριο να λειτουργεί ως αποθήκη φυσικής ψύξης το καλοκαίρι,

- σκιασμός των κτιρίων και των ανοιγμάτων του,
- σχεδιασμός της ηλιοπροστασίας,
- θερμική αδράνεια της κατασκευής,
- φυσικός αερισμός,
- χρώμα και υφή των εξωτερικών επιφανειών.

## 3.2 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

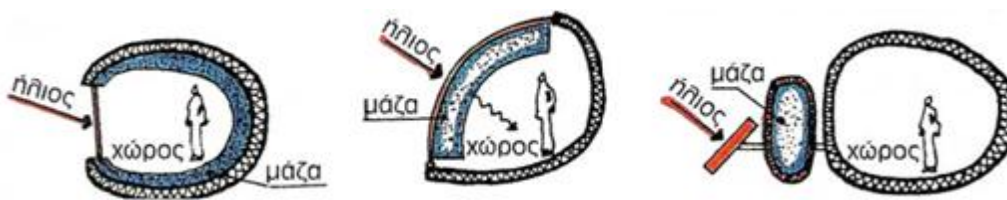
Στο κέλυφος του κτιρίου γίνονται ανταλλαγές θερμότητας, ανάμεσα στο κτίριο και το εξωτερικό περιβάλλον του. Τα κύρια αρχιτεκτονικά στοιχεία τα οποία ρυθμίζουν τη θερμική συμπεριφορά του κτιρίου είναι:

- τα γυάλινα ανοίγματα και ο εξοπλισμός τους,
- οι τοίχοι συλλογής και αποθήκευσης θερμότητας,
- οι ηλιακοί χώροι.

Τα χαρακτηριστικά αυτά στοιχεία του κελύφους, τα οποία έχουν ονομαστεί «παθητικά ηλιακά συστήματα», διαδραματίζουν ένα ρόλο σημαντικό στην διαδικασία ανταλλαγής θερμότητας, ένα ρόλο «ενεργητικό», με την έννοια ότι τροφοδοτούν το κτίριο με πρόσθετη από τον ήλιο θερμότητα (εικ. 3.5). Το κρίσιμο, βέβαια, ζήτημα είναι αυτή η συνεισφορά θερμότητας να μην επιβαρύνει τον εσωτερικό χώρο την περίοδο του καλοκαιριού.

Προϋπόθεση για την ένταξη παθητικών ηλιακών συστημάτων στο κέλυφος είναι η κατ' αρχήν επιλογή των αρχών που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Τα συστήματα αυτά αποτελούν «ήπιες» τεχνικές και τεχνολογίες, στην ουσία κατασκευές

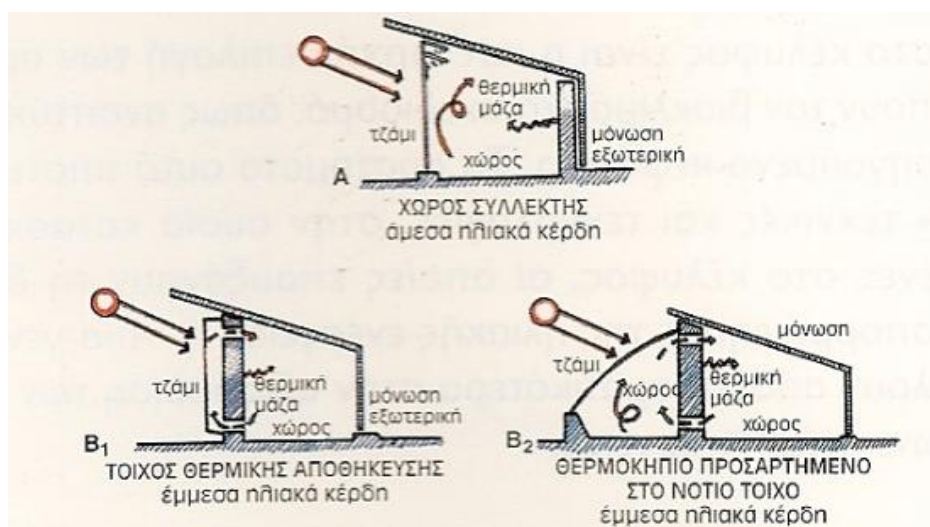
ενταγμένες στο κέλυφος, οι οποίες επαυξάνουν τη δυνατότητα απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας ή συμβάλλουν αποτελεσματικότερα στην αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.



Εικ.3.5 Σχηματική απεικόνιση της διαδικασίας συλλογής και αποθήκευσης της ηλιακής ενέργειας από το κέλυφος του κτιρίου.

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα ταξινομούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες (εικ. 3.6), ανάλογα με τον τρόπο θερμικής λειτουργίας τους:

- 1) Σε συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν τα ανοίγματα, προσανατολισμένα στο νότο.
- 2) Σε συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν οι ηλιακοί τοίχοι, και οι τοίχοι θερμικής αποθήκευσης.
- 3) Σε συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους, στα οποία ανήκουν οι ηλιακοί χώροι, τα θερμοκήπια, τα ηλιακά αίθρια, καθώς και τα λεγόμενα «υβριδικά» συστήματα, στα οποία η συλλεκτήρια επιφάνεια διαχωρίζεται από το κτίριο και για τη μεταφορά της θερμότητας χρησιμοποιούνται απλά μηχανικά μέσα, όπως ανεμιστήρες κ.α.

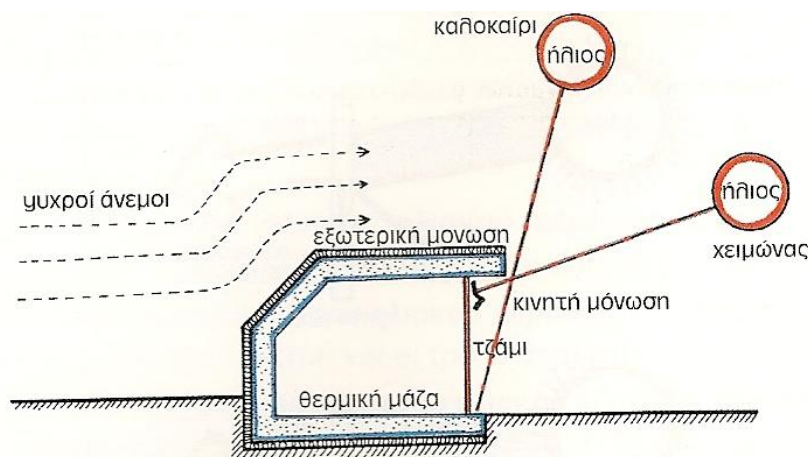


Εικ.3.6 Διαγραμματική απεικόνιση των βασικών παθητικών ηλιακών συστημάτων

### 3.2.1 Συστήματα άμεσου ηλιακού κέρδους

Οι παράγοντες που καθορίζουν την αποτελεσματική λειτουργία των συστημάτων με άμεσο κέρδος (εικ. 3.7), είναι:

- οι γυάλινες επιφάνειες να έχουν νότιο προσανατολισμό,
- η θερμική μάζα του κτιρίου να είναι επαρκής, έτσι ώστε να απορροφάται και να αποθηκεύεται η θερμότητα που συλλέγεται,
- το κέλυφος του κτιρίου να είναι θερμικά προστατευμένο στην εξωτερική πλευρά,
- ο εξοπλισμός των ανοιγμάτων με νυχτερινή μόνωση, δηλαδή κινητά εξώφυλλα μονωμένα ή έστω με εσωτερική θερμική προστασία.



Εικ.3.7 Διαγραμματικό κέλυφος με άμεσα ηλιακά κέρδη

Για την καλύτερη απόδοση αυτού του συστήματος υπάρχουν οι εξής προϋποθέσεις:

- Ο προσανατολισμός των ανοιγμάτων να είναι νότιος, με αποκλίσεις γύρω στις 30° ανατολικότερα ή δυτικότερα, γιατί έτσι δεσμεύεται το 90% περίπου της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα. Παράλληλα, το καλοκαίρι η ηλιοπροστασία αυτών των ανοιγμάτων είναι σχετικά πιο εύκολη με οριζόντια προστεγάσματα, σταθερά ή κινητά.
- Η κλίση του ανοίγματος ως προς τον ορίζοντα. Η κατακόρυφη θέση είναι προτιμότερη, γιατί δέχεται τον περισσότερο ήλιο το χειμώνα, ενώ προστατεύεται εύκολα το καλοκαίρι.
- Το μέγεθος του ανοίγματος, που σχετίζεται άμεσα με το κλίμα τις περιοχής και η θέση του ανοίγματος που σχετίζεται με το βάθος του χώρου.
- Την άμεση πρόσπτωση του ήλιου στα συμπαγή δομικά στοιχεία (δάπεδο, τοίχους, οροφή).
- Τον τύπο του γυαλιού (απλό διάφανο γυαλί ή γυαλί που διαχέει το φως προς όλες τις κατευθύνσεις του χώρου) και το οποίο συντελεί στην αποφυγή της

θάμβωσης που προκαλείται από την άμεση πρόσπτωση των ακτίνων του ήλιου στο επίπεδο εργασίας.

### 3.2.2 Συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους

Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους βασίζονται στην εξής αλληλουχία θερμικής λειτουργίας:

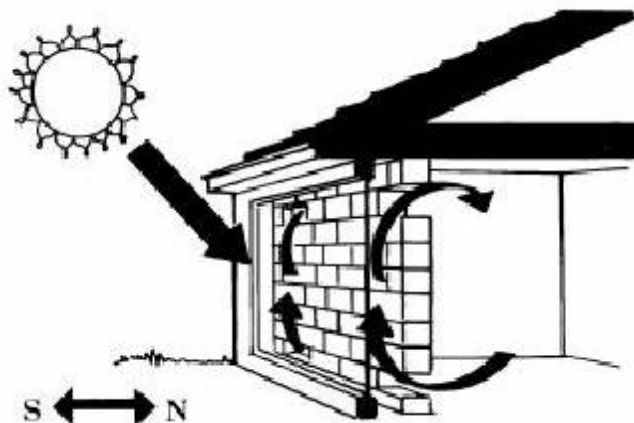
ήλιος > συλλογή (γυάλινη επιφάνεια) > αποθήκευση (θερμική μάζα) > θέρμανση (εσωτερικός χώρος).

Τα συστήματα έμμεσου ηλιακού κέρδους διακρίνονται σε ηλιακούς τοίχους μάζας και ηλιακούς τοίχους "Τρομπ" (Trombe).

#### Ηλιακοί τοίχοι μάζας

Οι τοίχοι αυτοί συνδέονται άμεσα με γυάλινα ανοίγματα προσανατολισμένα στο νότο γιατί αυτά εξασφαλίζουν τη συλλογή της ηλιακής ακτινοβολίας (εικ. 3.8).

Ο αέρας που βρίσκεται ανάμεσα στο γυαλί και στον τοίχο θερμαίνεται, οπότε αρχίζει και η απορρόφηση της θερμότητας, από την εξωτερική επιφάνεια του τοίχου και έπειτα από την υπόλοιπη μάζα του.



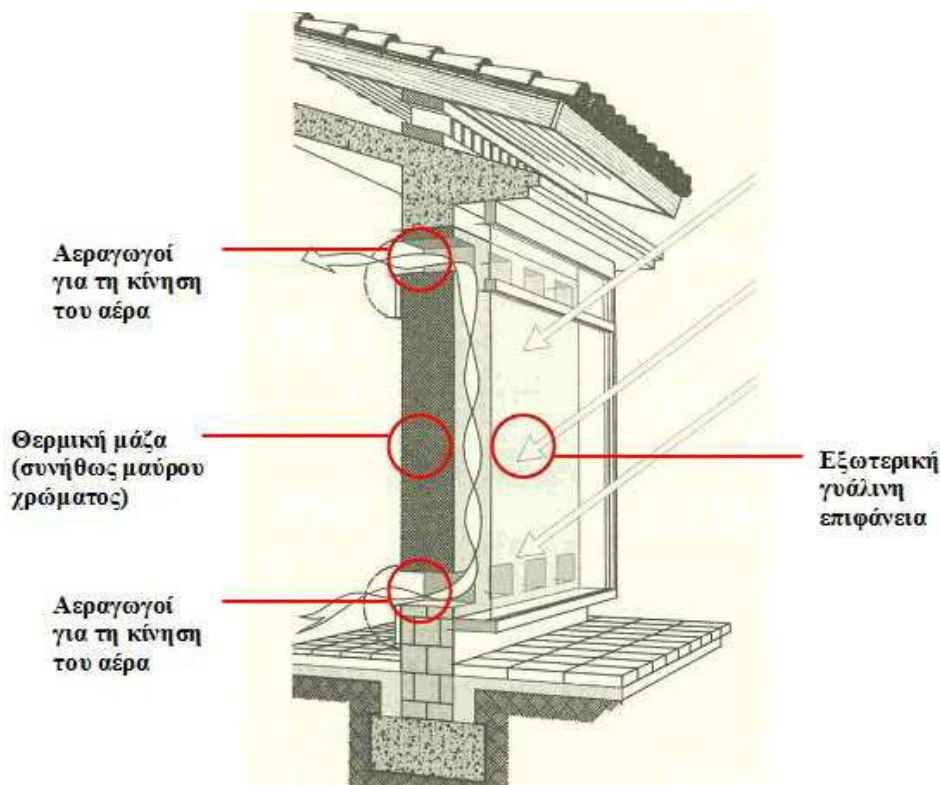
Εικ.3.8 Ηλιακός τοίχος μάζας

Η αποθήκευση της ηλιακής θερμότητας στη μάζα του τοίχου γίνεται μέσω αγωγιμότητας. Χαρακτηριστική ιδιότητα του τοίχου είναι η θερμοχωρητικότητα, η οποία εξασφαλίζει την αποθήκευση μεγάλης ποσότητας θερμότητας (αντίστοιχο φαινόμενο παρατηρείται στους θερμοσυσσωρευτές), πράγμα που συμβάλλει και στην χρονική υστέρηση ή διαφορά φάσης, έτσι ώστε η θερμότητα του τοίχου να αποδίδεται στον εσωτερικό χώρο αργά το βράδυ, παρατείνοντας, κατά κάποιο τρόπο, τη «χρήσιμη ηλιοφάνεια» για τη θέρμανση του χώρου χωρίς τη χρήση συμπληρωματικής πηγής.

### Ηλιακοί τοίχοι Τρομπ (Trombe)

Το σύστημα του τοίχου Τρομπ αποτελείται επίσης από ένα τοίχο μάζας, ο οποίος συνδυάζεται με γυάλινη επιφάνεια σε απόσταση περίπου 4 cm και με θυρίδες στο επάνω και κάτω μέρος του, που διευκολύνουν την είσοδο του ψυχρού αέρα από κάτω και την έξοδο του ζεστού αέρα από πάνω (εικ. 3.9).

Βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοσιφωνισμού και πραγματοποιείται με την κυκλοφορία του αέρα στο χώρο ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας που προκύπτει.



Εικ.3.9 Ηλιακός τοίχος Τρομπ

Η λειτουργία του έχει ως εξής:

- Την ημέρα, όταν ο ήλιος προσπίπτει στο γυαλί, ο αέρας, που βρίσκεται στο χώρο ανάμεσα στο τζάμι και του τοίχο θερμαίνεται. Ο θερμός αυτός αέρας, λόγω ελαφρότητας, κινείται προς τα επάνω και φεύγει από την επάνω θυρίδα προς τον εσωτερικό χώρο. Ταυτόχρονα, το κενό που δημιουργείται καλύπτει ψυχρότερος αέρας που μπαίνει από την κάτω θυρίδα, ο οποίος ακολουθεί την ίδια διαδικασία. Έτσι, ζεστός αέρας, όχι υψηλής θερμοκρασίας, μπαίνει και ζεσταίνει τον εσωτερικό χώρο, ενώ παράλληλα ένα τμήμα της θερμότητας αποθηκεύεται στη μάζα του τοίχου.
- Τη νύχτα, η λειτουργία αυτή αντιστρέφεται, γι' αυτό οι δύο θυρίδες κλείνουν με καπάκια, οπότε η θέρμανση του χώρου συνεχίζεται μέσω της ακτινοβολούμενης θερμότητας από τον ζεστό τοίχο.

Το μειονέκτημα του είναι ότι μπορεί να δημιουργηθούν συνθήκες υπερθέρμανσης όταν η επιφάνεια του είναι πολύ μεγάλη, γιατί η είσοδος του ζεστού αέρα μέσω της θυρίδας δημιουργεί διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στο χώρο και δεν υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή. Επίσης, παρά το γεγονός ότι εξωτερικά εμφανίζεται ως γυάλινη επιφάνεια, δεν επιτρέπει την διείσδυση του φωτός, τον αερισμό και την οπτική επικοινωνία με τον έξω χώρο.

Το καλοκαίρι η λειτουργία του τοίχου Τρομπ πρέπει να αντιστρέφεται. Δηλαδή, η επάνω θυρίδα πρέπει να κλείνει για να μην μπαίνει ζεστός αέρας στο χώρο, και ταυτόχρονα τμήμα του υαλοστασίου στο επάνω μέρος τουλάχιστον, πρέπει να ανοίγει, έτσι ώστε να απομακρύνεται ο ζεστός αέρας προς τα έξω.

Επίσης, η ηλιοπροστασία του είναι απαραίτητη για την αποφυγή της υπερθέρμανσής του. Αυτή μπορεί να γίνει στη εξωτερική πλευρά, έξω από το τζάμι με οριζόντια σκιάστρα ή με κατακόρυφη τέντα, ή στην περίπτωση που αυτή η λύση δεν είναι εφικτή, τότε τοποθετείται εσωτερικά στο κενό ανάμεσα στο γυαλί και τον τοίχο κατακόρυφο σκιάστρο, προφανώς κινητό, για να απομακρύνεται το χειμώνα.

Η απόδοση των συστημάτων ηλιακών τοίχων εξαρτάται από:

- το μέγεθος της επιφάνειας του τοίχου,
- το πάχος του τοίχου και τα υλικά της κατασκευής του, και
- το χρώμα της εξωτερικής επιφανείας του.

### 3.2.3 Συστήματα απομονωμένου ηλιακού κέρδους

- Οι ηλιακοί χώροι ή θερμοκήπια, συμβάλλουν αποτελεσματικά στη συλλογή θερμότητας από τον ήλιο. Πρόκειται για χώρους λειτουργικά ενταγμένους στο κτίριο (π.χ. για μια κατοικία μπορεί να είναι η συνέχεια και η επέκταση του καθιστικού) και χρησιμοποιούνται ακόμη και το χειμώνα (εικ. 3.10).



Εικ.3.10 Ηλιακός χώρος

Ο ηλιακός χώρος αποτελεί, κατά κάποιον τρόπο, ένα συνδυασμό παθητικού συστήματος με άμεσο ηλιακό κέρδος και τοίχου θερμικής αποθήκευσης, ο οποίος μεταφέρει έμμεσα τη θερμότητα στον κατοικημένο χώρο.

- Το ηλιακό αίθριο πρόκειται για έναν ενδιάμεσο χώρο ο οποίος καλύπτεται με γυάλινη οροφή.

Μπορεί να περιβάλλεται από το κτίρια, οπότε καθίσταται κλειστός χώρος που επικοινωνεί μόνο μέσα από αυτά ή μπορεί να αποτελεί και μεταβατικό χώρο ανάμεσα στο ύπαιθρο και τα κτίρια, όπως συμβαίνει συχνά σε εμπορικές στοές ή διαδρομές σε δημόσιους χώρους (εικ. 3.11).



Εικ.3.11 Ηλιακό αίθριο

### 3.3 ΥΒΡΙΔΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα υβριδικά συστήματα εκμεταλλεύονται τα καλύτερα χαρακτηριστικά της κάθε τεχνολογίας και παρέχουν ενέργεια τέτοιας ποιότητας όπως αυτής του δικτύου, με ένα εύρος από 1 KW μέχρι πολλές εκατοντάδες KW. Ένα τυπικό υβριδικό σύστημα συνδυάζει δύο ή και περισσότερες τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας.

Οι περισσότερες τεχνολογίες συνδυάζονται σε αυτόνομα συστήματα και όχι σε διασυνδεδεμένα στο δίκτυο για λόγους ανάγκης, για μεγαλύτερη αυτονομία και μικρότερη ανάγκη για αποθήκευση για παράδειγμα να συνυπάρχουν φωτοβολταϊκά με ανεμογεννήτριες σε κάποιο νησί. Όπως ξεκάθαρη είναι και η δυνατότητα συνδυασμού ενός συστήματος Α.Π.Ε. για ηλεκτροπαραγωγή με ένα για θέρμανση π.χ. φωτοβολταϊκά με γεωθερμία μπορούν να λειτουργήσουν άριστα μαζί από τη στιγμή που αποσκοπούν σε κάτι διαφορετικό.

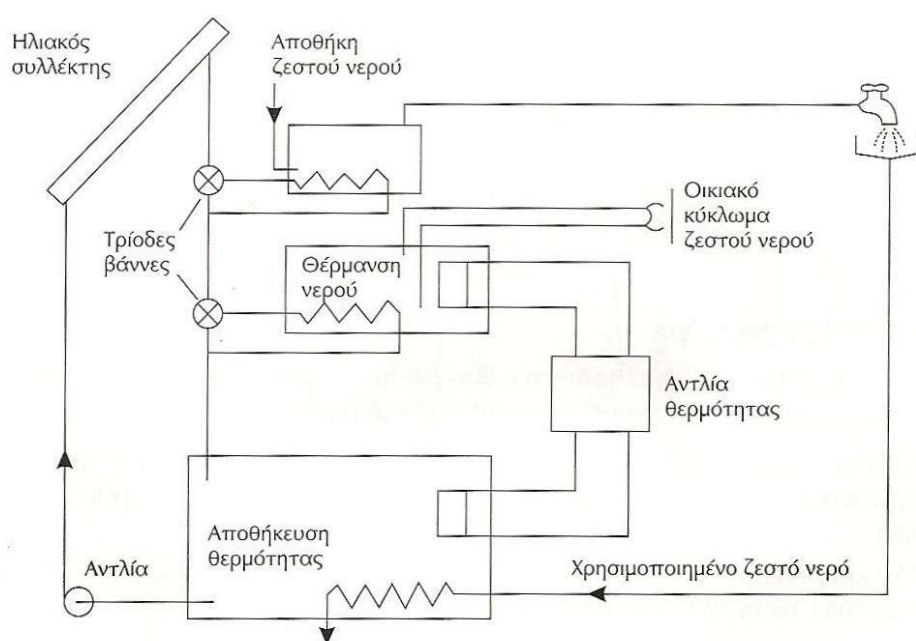
Αξίζει να γίνει μια μικρή αναφορά στις τεχνολογίες συμβατικές και Α.Π.Ε. που πρακτικά μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους.

#### 3.3.1 Ηλιακά Υποβοηθούμενη Αντλία Θερμότητας

Ένα υβριδικό σύστημα στο οποίο υπάρχει ταυτόχρονη λειτουργία μιας Γεωθερμικής Αντλίας Θερμότητας και ενός Θερμικού Ηλιακού Συστήματος για θέρμανση χώρων και ζεστού νερού χρήσης.

Υπάρχουν δυο βασικοί τρόποι συνδυασμού αντλίας θερμότητας και ηλιακών συλλεκτών:

- Χρησιμοποίηση της αντλίας θερμότητας σαν τμήμα ενός συστήματος θέρμανσης με ηλιακή ενέργεια, όπου η αντλία λειτουργεί μόνο όταν η απόδοση των συλλεκτών δεν είναι επαρκής. Όταν η κατανάλωση ενέργειας είναι μικρότερη από τη ζήτηση αποταμιεύεται ενέργεια (θέρμανση νερού σε ειδικές δεξαμενές).
- Ενίσχυση της αντλίας θερμότητας από σύστημα συλλογής και αποθήκευσης ηλιακής ενέργειας. Αντλείται θερμότητα από τον ήλιο και χρησιμοποιείται για θέρμανση νερού σε θερμοκρασίες χρήσιμες για θέρμανση.



Κατά την χρησιμοποίηση του ζεστού νερού, η θερμοκρασία του ελαττώνεται μέχρι αυτό να φτάσει σε σημείο που είναι άχρηστη για θέρμανση (κάτω των 35-40°C) στο οποίο αρχίζει να λειτουργεί η αντλία θερμότητας νερού, η οποία κατεβάζει χαμηλότερα τη θερμοκρασία του νερού που βρίσκεται στο δοχείο (5°C περίπου), αντλώντας τη θερμότητα που περιέχεται στο νερό. Με τον τρόπο αυτό περιορίζεται ο χρόνος λειτουργίας της αντλίας θερμότητας και εξοικονομείται ενέργεια.

Συμπερασματικά με βάση τις αναλύσεις των καταγραφών που έχουν επεξεργασθεί από τα εγκατεστημένα υβριδικά συστήματα, η εξοικονόμηση ενέργειας, σε σχέση με τις συμβατικές μορφές (πετρέλαιο, φυσικό αέριο, κεντρικό σύστημα κλιματισμού κ.τ.λ.), κυμαίνεται από 78% έως και 83%.



### 3.3.2 Υβριδικό Σύστημα Θέρμανσης Ηλιακών-Βιομάζας

Μια τέτοια μονάδα σχεδιάζεται να καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης 100% από ανανεώσιμες πηγές (ηλιακή ενέργεια-βιομάζα), δίνοντας προτεραιότητα στην ηλιακή ενέργεια. Η βιομάζα δρα υποβοηθώντας το ηλιακό σύστημα, όταν αυτό δεν μπορεί να παρέχει την απαιτούμενη θερμότητα λόγω δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών.

Η συλλογή της ηλιακής ενέργειας γίνεται από τους επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες τοποθετημένους σε νότιο προσανατολισμό και υπό κλίση 60° ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω του εμβαπτισμένου εναλλάκτη στο νερό θέρμανσης, που είναι αποθηκευμένο στο θερμοδοχείο. Τις ημέρες που η ηλιακή ενέργεια δεν είναι αρκετή, γίνεται υποβοήθηση του συστήματος από τον καυστήρα βιομάζας.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το συγκεκριμένο σύστημα αφορά μόνο την θέρμανση χώρου, ενώ μπορεί να θερμαίνει και νερό χρήσης. Τότε η απόδοση του αυξάνει σημαντικά. Το βασικό προτέρημα ενός συστήματος θέρμανσης με ηλιακά-βιομάζα είναι ότι μπορεί να συνδυαστεί με συμβατικά θερμαντικά σώματα και επομένως μπορεί να παρεμβληθεί σε ένα ήδη εγκατεστημένο σύστημα αντικαθιστώντας την συμβατική πηγή ενέργειας (π.χ. πετρέλαιο) με τα παρελκόμενα (καυστήρας-λέβητας).

Ο συνδυασμός των συστημάτων combi με καύση βιομάζας, αποτελεί ενεργειακά μια ενδιαφέρουσα και εφικτή προοπτική. Αποτελεί μια εξολοκλήρου ανανεώσιμη λύση για θέρμανση χώρου και παραγωγή ζεστού νερού. Η μορφή pellets (πελέτες), επιτρέπει ευκολία στην χρήση όμοια με αυτή των συμβατικών καυσίμων (μεταφορά, αποθήκευση). Επιπροσθέτως, η προώθηση της τοπικής παραγωγής μπορεί να φέρει σημαντική μείωση στην τιμή της καθώς και ενίσχυση της τοπικής οικονομίας. Τα αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά όσον αφορά το τεχνικό και ενεργειακό επίπεδο: η κάλυψη των αναγκών της θέρμανσης χώρων από τους ηλιακούς συλλέκτες συχνά ξεπερνά το 40%, ενώ και η εξοικονόμηση CO<sub>2</sub> από τη χρήση του συστήματος είναι μεγάλη.

Εκτός από το συνδυασμό τεχνολογιών Α.Π.Ε. μεταξύ τους, ως υβριδικά ορίζονται και τα συστήματα που συνδυάζουν τεχνολογίες Α.Π.Ε. με συμβατικά συστήματα. Σε αυτή την κατηγορία υπόκεινται υβριδικά δίκτυα ηλεκτροπαραγωγής που αποτελούνται από συνδυασμό γεννήτριας ντίζελ, ανεμογεννήτριας και Φ/Β συστήματος. Λόγω της υψηλής αποδοτικότητας τους και της αξιοπιστίας τους, τέτοιου τύπου συστήματα μπορούν να φανούν χρήσιμα σαν μία αποτελεσματική λύση παροχής ισχύος σε περιπτώσεις διακοπών παροχής ή ακόμα και σε εξειδικευμένους καταναλωτές. Τα υβριδικά συστήματα που περιέχουν τεχνολογία με καύσιμο λειτουργούν με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση, επειδή προβλέπεται παραγωγή ενέργειας από αυτό μόνο σε περιόδους υψηλής ζήτησης φορτίου ή χαμηλού ανανεώσιμου δυναμικού. Τα διασυνδεδεμένα με το δίκτυο υβριδικά συστήματα ηλεκτροπαραγωγής μπορεί να εγκαθίστανται είτε αποκλειστικά για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είτε ως συστήματα υποστήριξης σε περιπτώσεις διακοπής του ηλεκτρικού δικτύου, είτε να μπαίνουν σε λειτουργία τις ώρες αιχμής όταν η τιμή της KWh είναι υψηλή. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν μονάδες Α.Π.Ε. οι οποίες είτε διασυνδέονται απευθείας στο δίκτυο, είτε αποθηκεύουν την ενέργεια τους ώστε αυτή να χρησιμοποιηθεί όταν αυτό κριθεί απαραίτητο.

Σε ανάπτυξη βρίσκονται και τα συστήματα PV/T, δηλαδή τα φωτοβολταϊκά/θερμικά ηλιακά συστήματα, τα οποία δημιουργήθηκαν ούτως ώστε «εκμεταλλεζόμενα» την ηλιακή ακτινοβολία να παράγουν ηλεκτρικό και θερμικό

φορτίο αξιοποιήσιμο και αποθηκεύσιμο, μειώνοντας τις απώλειες του εκάστοτε ενεργειακού συστήματος. Τα PV/T συστήματα, αποτελούνται από PV modules συνδυασμένα με θερμική μονάδα απολαβής, η οποία απάγει την θερμότητα, από την θερμοκρασία των πλαισίων, υπό κοινές συνθήκες, μέσω ενός εργαζόμενου μέσου (π.χ. νερό, αέρας).

Υπάρχουν δύο είδη PV/T συσκευών τα οποία είναι τα ακόλουθα, νερού και αέρα. Ένα οικιακό PV/T σύστημα, μπορεί να πετύχει βελτίωση της ηλεκτρικής ενέργειας των Φ/Β πλαισίων κατά 10 έως 30% και επιπρόσθετα την παραγωγή θερμικής ενέργειας, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να υποβοηθήσει την θέρμανση νερού χρήσης (50 liters / cap / day). Το υπόλοιπο θερμικό φορτίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ενδοδαπέδια θέρμανση, η οποία απαιτεί, θερμοκρασίες περίπου 35-45°C. Το κόστος των PV/T, είναι περίπου 25% αυξημένο συγκρίσει με τα απλά συστήματα φωτοβολταϊκών, ωστόσο παράγουν ενέργεια αξιοποιήσιμη, έως και 300% παραπάνω.

Συνδυασμός μπορεί να γίνει και μεταξύ Α.Π.Ε. και τεχνολογιών υδρογόνου με το ρεύμα που θα "περισσεύει" να χρησιμοποιείται για την ηλεκτρόλυση νερού και την παραγωγή αέριου υδρογόνου που θα αξιοποιείται σαν εφεδρικό καύσιμο, χωρίς να προκαλεί την παραμικρή εκπομπή ρύπων. Συνδυαστικές λύσεις δίνονται πλέον και με «Κυψέλες Καυσίμου», αν και είναι νωρίς για εμπορικά εκμεταλλεύσιμες οικιακές εφαρμογές.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ ΠΥΡΦΟΡΟΣ

Σε αυτό το σημείο ακολουθεί η περιγραφή ενός αυτόνομου κτιρίου στην Ελλάδα, το οποίο συμπεριλαμβάνει τις τεχνολογίες και τις εφαρμογές των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Θα δούμε λοιπόν σε πράξη όλα αυτά που παρουσιάστηκαν προηγουμένως.

#### 4.1 ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ ΠΥΡΦΟΡΟΣ

Ο σύγχρονος Προμηθέας Πυρφόρος ή αλλιώς το πράσινο σπίτι δεν είναι άλλο από ένα κτίριο 600 m<sup>2</sup> που βρίσκεται στο Παλαιό Φάληρο επί της οδού Χαρίτων 31, σε μικρή απόσταση από το κέντρο της Αθήνας. Η διαφορά του από όλα τα υπόλοιπα κτίσματα είναι η ενεργειακή αυτονομία και η μηδαμινή ρύπανση του περιβάλλοντος αποτελώντας έτσι, το πρώτο ενεργειακά αυτόνομο κτίριο στη χώρα μας. Η Sol Energy Hellas A.E. με φροντίδα για την προστασία του περιβάλλοντος, ολοκλήρωσε μετά από αδιάλειπτη τετραετή έρευνα σε συνεργασία με τους φορείς όπως Υπουργείο Ανάπτυξης, το Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. Δημόκριτος, το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης την κατασκευή του κτιρίου (εικ. 4.1).

Με την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας και της γεωθερμίας, καταργεί ουσιαστικά τη χρήση του πετρελαίου, του φυσικού αερίου και άλλων κοστοβόρων αλλά κυρίως ρυπογόνων για το περιβάλλον μας μορφών ενέργειας (χρησιμοποιεί ενέργεια από τη Δ.Ε.Η. μόνο για το μέρος των αναγκών σε φωτισμό).

Επιπρόσθετα, με ένα σύνολο από βιοκλιματικές εφαρμογές, καινοτομίες, νεωτερισμούς και με χρήση προϊόντων που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά, συμπληρώνεται η αποτελεσματική λειτουργία του και διασφαλίζεται ένα άριστο περιβάλλον διαβίωσης.



Εικ. 4.1 Πρόσοψη κτιρίου Προμηθέας Πυρφόρος

Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «έξυπνο» κτίριο, αφού πέρα από την απεξάρτηση του από τις συμβατικές μορφές ενέργειας, η κατασκευή του είναι προμελετημένη έτσι ώστε να μην παράγει καθόλου διοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του θείου.

Ο ιδιαίτερα πρωτοποριακός χαρακτήρας αυτού του έργου, αποτελεί πιλοτική εφαρμογή των λύσεων του ολοκληρωμένου ενεργειακού σχεδιασμού αυτόνομων κτιρίων, που προκρίθηκαν κατά τη διάρκεια επιδοτούμενου ερευνητικού προγράμματος της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας του Υπουργείου Ανάπτυξης (Γ.Γ.Ε.Τ./ΥΠ.ΑΝ.), ενσωματώνοντας και αναπτύσσοντας σε αυτό τις ακόλουθες τεχνολογίες:

- Παραγωγή θερμού νερού από επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες υψηλής απόδοσης για θέρμανση και κλιματισμό.
- Εποχιακή αποθήκευση θερμότητας σε μη μεταλλικές κατασκευές.
- Ηλιακή ψύξη (τεχνολογία absorption).
- Ηλιακά υποβοηθούμενη αφύγρανση με στερεά υλικά (τεχνολογία desiccant).
- Παθητικό ενεργειακό σχεδιασμό (ειδικού τύπου θερμομόνωση, προσανατολισμό, διπλούς υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμφιμότητας και υψηλής ανακλαστικότητας, αλουμίνια με θερμοδιακοπή, εξειδικευμένο φωτισμό χαμηλής κατανάλωσης).
- Αβαθή γεωθερμία.
- Προ-κλιματισμό νωπού αέρα μέσω κεντρικών κλιματιστικών μονάδων διπλού στοιχείου.
- Επιτοίχια και ενδοδαπέδια θέρμανση και δροσισμό.
- Φωτοβολταϊκούς συλλέκτες.
- Σύστημα αυτοματισμών με εξελιγμένη στρατηγική ελέγχου για βέλτιστη ενεργειακή διαχείριση.

## 4.2 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το κτίριο Προμηθέας Πυρφόρος, εξωτερικά δεν διαφέρει από τα υπόλοιπα κτίρια και είναι πλήρως ενσωματωμένο με τον περιβάλλοντα χώρο (εικ. 4.2).



Εικ.4.2 Η ένταξη του κτιρίου στον πολεοδομικό ιστό

Αποτελείται από 5 ορόφους, όπου στο ισόγειο και στον πρώτο όροφο (μεσοόροφο) στεγάζονται τα γραφεία της εταιρείας και οι υπόλοιποι τέσσερις είναι διαμερίσματα για τους ιδιοκτήτες, (συγκεκριμένα δύο μεζονέτες που συνδέονται με εσωτερική σκάλα). Επίσης έχει δύο επίπεδα κάτω από το έδαφος (έχουν ξεχωριστό κλιμακοστάσιο), όπου εκεί βρίσκονται όλα τα συστήματα για την αυτόνομη λειτουργία του κτιρίου και γκαράζ το οποίο όμως δεν χρησιμοποιείται.

Ενσωματώνει μια σειρά καινοτόμων τεχνολογιών, οι οποίες για πρώτη φορά συνδυάζονται με τέτοια αποδοτικότητα. Στην ταράτσα του κτιρίου υπάρχουν εγκατεστημένοι 30 ηλιακοί συλλέκτες υψηλής απόδοσης, οι οποίοι συμβάλλουν στη θέρμανση και τον κλιματισμό μέσω της παραγωγής θερμού νερού. Ο κλιματισμός μέσω του ζεστού νερού αποτελεί διεθνή πατέντα και ο ψύκτης απορρόφησης λειτουργεί μόνο αν υπάρχει νερό με άνω των 80°C. Επομένως όσο υψηλότερες θερμοκρασίες υπάρχουν το καλοκαίρι, τόσο περισσότερο δροσίζονται οι εσωτερικοί χώροι του κτίσματος. Μια ακόμη τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε είναι η αβαθή γεωθερμία μέσω γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Η γη και τα υπόγεια ύδατα έχουν την ίδια θερμοκρασία και το καλοκαίρι και τον χειμώνα, περίπου 15°C-18°C. Με την χρήση του νερού που υπάρχει στο υπέδαφος κατάφεραν να προθερμαίνουν το αέρα στα συστήματα εξαερισμού τον χειμώνα και αντίστοιχα να τον ψύχουν το καλοκαίρι.

Άλλη μια καινοτομία είναι η ηλιακά υποβοηθούμενη αφύγρανση του αέρα, δηλαδή έχουν αποφύγει τα κλιματιστικά που σπαταλούν πολλή ενέργεια και τα έχουν αντικαταστήσει με ένα σύστημα αφύγρανσης με στερεά υλικά. Επιπλέον έχει προτιμηθεί ο παθητικός ενεργειακός σχεδιασμός, όπως ειδική θερμομόνωση,

φωτισμός χαμηλής κατανάλωσης, προσανατολισμός του κτιρίου, διπλά τζάμια με χαμηλή εκπεμπιμότητα και υψηλή ανακλαστικότητα κ.α. Τέλος για την εναπομένουσα ενέργεια που χρειάζεται το κτίσμα, ώστε να καλυφθούν οι λειτουργικές ανάγκες των ηλεκτρικών συσκευών, έχουν τοποθετηθεί φωτοβολταϊκοί συλλέκτες οι οποίοι δύνανται να παράγουν ενέργεια της τάξης 3.245 KW.

#### 4.2.1 Σκοπός και στόχοι της ερευνητικής δραστηριότητας

Σκοπός της έρευνας, που υλοποιήθηκε στα πλαίσια του πιλοτικού έργου ήταν να μελετηθούν λύσεις:

- επιστημονικά άρτιες,
- μεθοδολογικά τεκμηριωμένες,
- τεχνολογικά αξιόπιστες, και
- οικονομικά βιώσιμες.

Στόχοι έργου:

- βέλτιστος ενεργειακός σχεδιασμός,
- νέοι ηλιακοί συλλέκτες,
- ηλιακός κλιματισμός (ψύξη- θέρμανση),
- εποχιακή αποθήκευση θερμότητας,
- ολοκληρωμένη ενεργειακή διαχείριση.

Έτσι συγκροτείται μια στέρεα βάση αναφοράς, για το μεμονωμένο μελετητή ή και επενδυτή, που θα θελήσουν να εφαρμόσουν στην πράξη την ιδέα της απεξάρτησης από τις συμβατικές, ρυπογόνες και κοστοβόρες πηγές ενέργειας και να προχωρήσουν σε ανάλογες εγκαταστάσεις, αποδεικνύοντας παράλληλα ότι η μερική ή ολική ενεργειακή αυτονομία των κτιρίων συνιστά μια ρεαλιστική προοπτική.

#### 4.2.2 Το αντικείμενο του έργου

Αντικείμενο του έργου είναι η παραγωγή και η πιλοτική - επιδεικτική εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου και συνεκτικού πακέτου τεχνολογικής πληροφόρησης, μεθοδολογιών σχεδιασμού, εργαλείων υπολογισμού και οδηγιών εφαρμογής για όλα τα προβλήματα που άπτονται της υλοποίησης παρόμοιων εγκαταστάσεων.

#### 4.2.3 Συμμετέχοντες φορείς

Στην έρευνα, εκτός της εταιρίας Sol Energy Hellas που ήταν ο κύριος συντονιστής του έργου, συμμετείχαν και:

- Το Εργαστήριο Ηλιακών και άλλων Ενεργειακών Συστημάτων του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος».

- Το Εργαστήριο Κατασκευής Συσκευών Διεργασιών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.
- Το Εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας του Τμήματος Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

### 4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΜΑΤΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ

Εξωτερική θερμομόνωση: Δεν επιτρέπει την είσοδο της θερμότητας.

Θερμικοί ηλιακοί συλλέκτες: Χρησιμοποιούνται για την πλήρη κάλυψη της θέρμανσης του κτιρίου, για τη ψύξη του κτιρίου και για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Σύστημα διαχείρισης του κτιρίου: Ελέγχει και συνδυάζει αρμονικά όλες τις λειτουργίες των μηχανημάτων του κτιρίου με καταγραφή παραμέτρων και δεδομένων προς αξιολόγηση.

Βιοκλιματικές αρχές: Διπλά κρύσταλλα από ειδικό γυαλί για την ελαχιστοποίηση της απευθείας ακτινοβολίας που εισέρχεται στο κτίριο.

Φωτοβολταϊκά: Καλύπτουν μέρος των αναγκών του κτιρίου σε ηλεκτρισμό. Ετήσια παραγωγή ενέργειας 3.245 KWh.

Σύστημα αερισμού-εξαερισμού: Ο αέρας προκλιματίζεται με στοιχείο νερού μέσω των γεωεναλλακτών και ανανεώνεται με αυτοματοποιημένες διαδικασίες, με μετρήσεις του διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα της θερμοκρασίας, υγρασίας κ.τ.λ.

Ενδοδαπέδιο και επιτοίχιο σύστημα θέρμανσης και ψύξης: Σωληνώσεις στο εσωτερικό των τοίχων και των δαπέδων για θέρμανση και ψύξη των χώρων.

Σύστημα αφύγρανσης desiccant: Το σύστημα χρησιμοποιεί στερεά αφυγραντικά μέσα με θερμό νερό από τα ηλιακά για την αποβολή της υγρασίας στο περιβάλλον.

Ψύκτης απορρόφησης: Χρησιμοποιεί το θερμό νερό που παράγεται από τα θερμικά ηλιακά για την παραγωγή ψυχρού νερού.

Ηλιακή αφαλάτωση: Χρησιμοποιείται για την παραγωγή πόσιμου νερού.

Φυσικός γεωεναλλάκτης: Υδατοστεγής μεμβράνη η οποία εσωκλείει χαλίκι και νερό. Φυσική ανανέωση νερού από τον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχή. Χρησιμοποιείται για την αποβολή της θερμότητας των διαφόρων συστημάτων του κτιρίου.

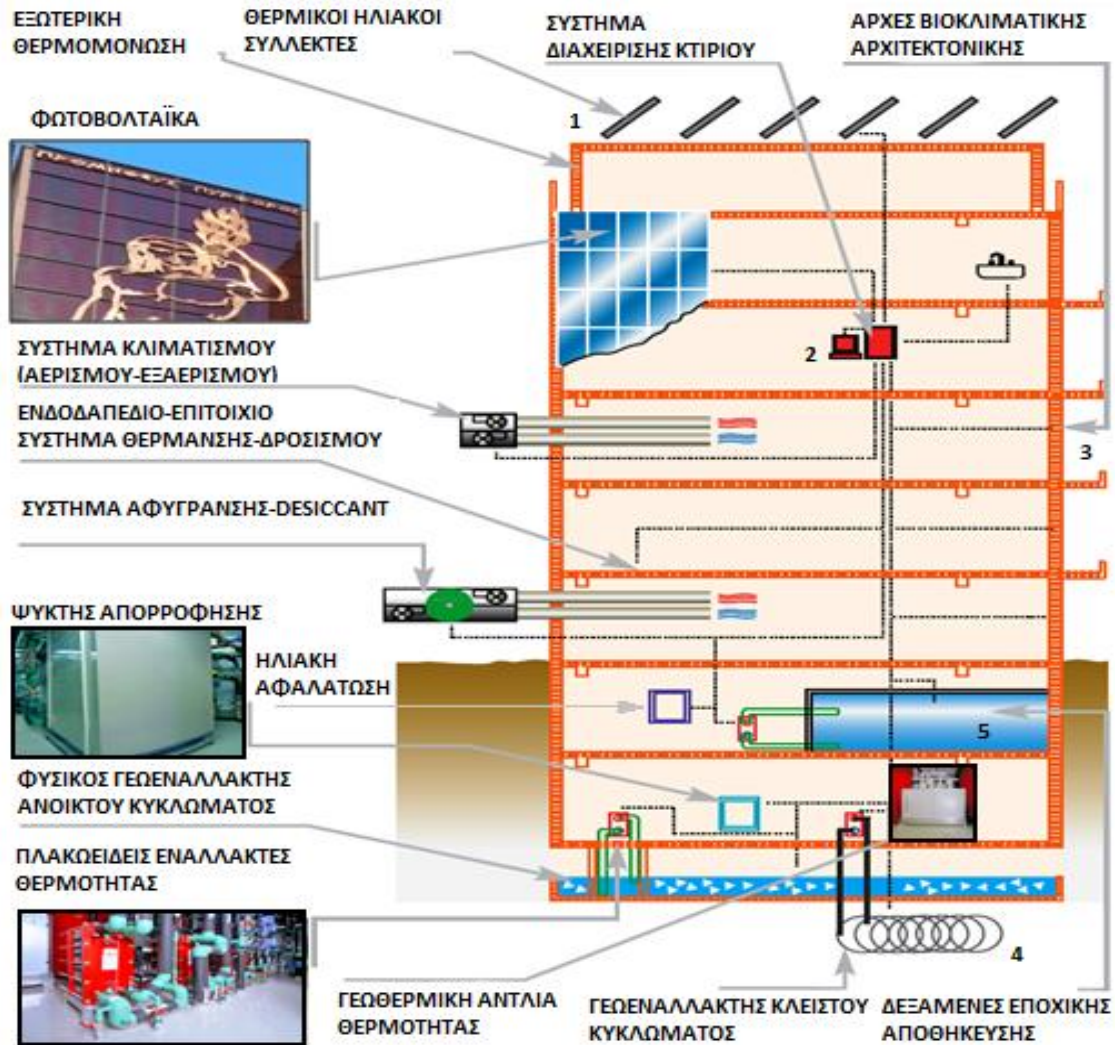
Πλακώδεις εναλλάκτες θερμότητας: Χρησιμοποιούνται για την εναλλαγή θερμότητας μέσω των γεωεναλλακτών και των διαφόρων συστημάτων του κτιρίου.

Γεωθερμική αντλία θερμότητας: Χρησιμοποιεί το νερό των γεωεναλλακτών προκειμένου να παράγει θερμό ή ψυχρό νερό ανάλογα με τις ανάγκες του κτιρίου.



Γεωεναλλάκτης κλειστού κυκλώματος: Χρησιμοποιεί τη θερμότητα του υπεδάφους για την ψύξη-θέρμανση του κτιρίου.

Δεξαμενές εποχικής αποθήκευσης: Χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση θερμού-ψυχρού νερού. Είναι κατασκευασμένες από ειδικού τύπου σκυρόδεμα.



1.



2.



3.



4.



5.

## 4.4 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

### 4.4.1 Από το Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. Δημόκριτος

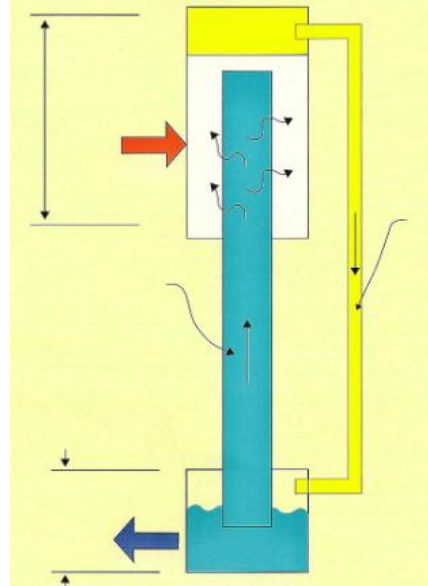
*Στα πλαίσια της έρευνας για το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την αξιολόγηση ενός νέου τύπου θερμικού ηλιακού συλλέκτη.*

Με δεδομένο ότι ο νέος συλλέκτης προορίζεται για χρήση σε πεδία συλλεκτών κεντρικών ηλιακών συστημάτων, δόθηκε έμφαση στην υψηλή απόδοση, στην αξιοπιστία σε βάθος χρόνου, στην ευκολία τοποθέτησης και στο βέλτιστο κόστος. Για το λόγο αυτό προκρίθηκαν καινοτόμοι σχεδιασμοί που αξιοποιούν τις τεχνολογίες αιχμής των επιλεκτικών επιφανειών με παράλληλη χρήση θερμοσωλήνων (heat pipes) (εικ. 4.3).

Στα πλαίσια της ερευνητικής αυτής δραστηριότητας:

- Μελετήθηκαν θεωρητικά και πειραματικά ο κύκλος εξάτμισης και συμπύκνωσης σε θερμοσωλήνες ώστε να διερευνηθούν οι δυνατότητες χρήσης τους ως μέσου μεταφοράς της συλλεγόμενης ηλιακής ενέργειας.
- Σχεδιάστηκαν πρωτότυποι εναλλάκτες, ενσωματωμένοι στον ίδιο τον συλλέκτη.
- Σχεδιάστηκαν, κατασκευάστηκαν και αξιολογήθηκαν ενεργειακά μια σειρά πρωτότυπα του νέου συλλέκτη, με σκοπό τη σύγκριση διαφόρων τεχνολογικών σεναρίων.
- Επιλέχθηκε τελικά ο βέλτιστος σχεδιασμός, ο οποίος και αξιολογήθηκε πλήρως ενεργειακά, με βάση τα ισχύοντα Ευρωπαϊκά Πρότυπα.

Εικ.4.3 Διάγραμμα κύκλου εξάτμισης-συμπύκνωσης σε θερμοσωλήνα (heat pipe).

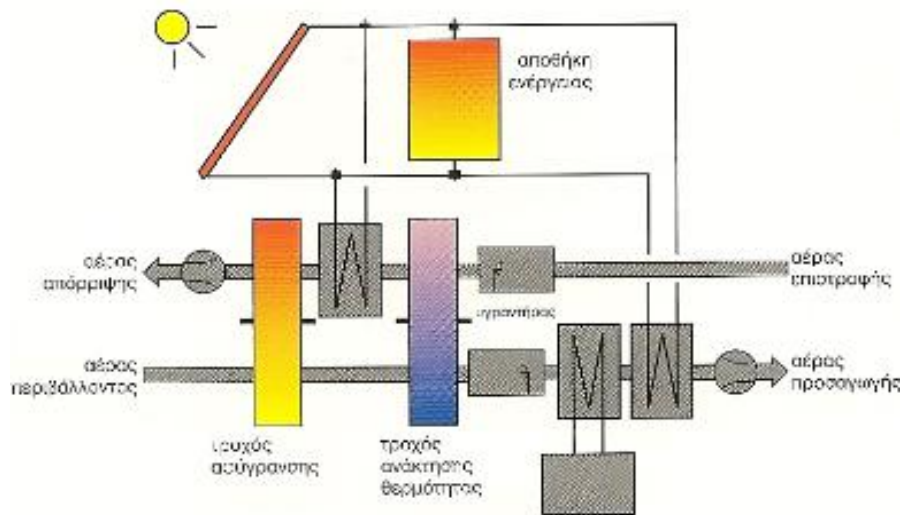


#### Ένταξη συστημάτων ηλιακού κλιματισμού σε κτίρια.

Στους στόχους της έρευνας συμπεριλαμβάνεται, η διερεύνηση των δυνατοτήτων ένταξης των κυριότερων τεχνολογιών ηλιακού κλιματισμού σε αυτόνομα κτίρια μεσαίου μεγέθους και η εφαρμογή τους στην πράξη.

Πιο συγκεκριμένα, στα πλαίσια του έργου (εικ. 4.4):

- Αξιολογήθηκαν όλες οι διαθέσιμες τεχνολογίες θερμικά υποβοηθούμενης ψύξης, από την άποψη της τεχνολογικής ωριμότητας, της εμπορικής τους διαθεσιμότητας και της δυνατότητας συνδυασμού τους με τα θερμικά ηλιακά.
- Έγινε εκτεταμένη θεωρητική και πειραματική διερεύνηση της τεχνολογίας ηλιακού κλιματισμού με αφύγρανση (desiccant cooling), η οποία υπόσχεται πολλά για τις περιπτώσεις κτιρίων με μεγάλο φορτίο υγρασίας (συνεδριακοί χώροι, χώροι συνάθροισης πολλών ατόμων) και σχεδιάστηκε αντίστοιχο σύστημα.
- Αποκτήθηκε μοναδική, τουλάχιστον για τα ευρωπαϊκά δεδομένα, τεχνογνωσία και πρακτική εμπειρία σχετικά με την υλοποίηση παρόμοιων εγκαταστάσεων σε τέτοιου είδους κτίρια.



Εικ.4.4 Σχεδιάγραμμα ηλιακού κλιματισμού

*Ολοκληρωμένος οδηγός προτυποτεχνικού σχεδιασμού θερμικών ηλιακών συστημάτων.*

Η έρευνα επέτρεψε την ανάπτυξη μιας σειράς εργαλείων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκπόνηση μελετών υλοποίησης και ένταξης κεντρικών ηλιακών συστημάτων σε κτίρια.

Πιο συγκεκριμένα αναπτύχθηκαν:

- Μεθοδολογικοί Οδηγοί, που έχουν σκοπό να διασφαλίσουν την εκπόνηση μιας επιστημονικά έγκυρης και τεχνολογικά ορθής μελέτης, παρέχοντας την απαιτούμενη πληροφορία για όλα τα κρίσιμα σημεία που αφορούν στο σχεδιασμό μιας θερμικής ηλιακής εγκατάστασης.
- Υπολογιστικά εργαλεία, που επιτρέπουν την αξιόπιστη προσομοίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός ηλιακού συστήματος στη βάση πραγματικών δεδομένων (χαρακτηριστικά συλλεκτών από δοκιμές σε κατάλληλα εργαστήρια, έγκυρα μετεωρολογικά δεδομένα του τόπου εγκατάστασης, είδος, μέγεθος και κατανομή φορτίων).

Εκτός από τη χρησιμοποίησή τους για τις ανάγκες του πιλοτικού κτιρίου, τα εργαλεία αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν μελλοντικά για το σχεδιασμό παρόμοιων εγκαταστάσεων, διασφαλίζοντας βέλτιστο σχεδιασμό, ελαχιστοποίηση των συμβατικών φορτίων και ρεαλιστική πρόβλεψη του αναμενόμενου ενεργειακού οφέλους.

### *Θεωρητική και πειραματική διερεύνηση της αποθήκευσης θερμότητας.*

Σκοπός της έρευνας είναι, ο βέλτιστος σχεδιασμός και η ένταξη μεγάλων θερμοχωρητικών μη μεταλλικών εποχιακών αποθηκών θερμότητας ή ψύχους σε κτίρια. Το ζητούμενο ήταν η αξιοποίηση σχεδιασμών και υλικών, που θα επέτρεπαν την αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του ηλιακού δυναμικού σε μεγάλο βάθος χρόνου, τη δραστική μείωση της συμμετοχής των συμβατικών ενεργειακών πηγών και την αποδοτικότερη χρήση των διαθέσιμων επιφανειών.

Η διερεύνηση εστιάστηκε τόσο στο κέλυφος (υλικό, γεωμετρία) με έμφαση στο σκυρόδεμα που είναι το πιο διαδεδομένο δομικό υλικό, όσο και στο αποθηκευτικό μέσο.

Ειδικότερα έμφαση δόθηκε:

- στη διερεύνηση της ανθεκτικότητας του σκυροδέματος σε μεταβαλλόμενες θερμοκρασίες με τη βοήθεια πειραματικών δεξαμενών,
- στη μελέτη της στατικής και δυναμικής συμπεριφοράς της θερμικής αποθήκης με τη βοήθεια υπολογιστικής ρευστομηχανικής και πειραμάτων,
- στο σχεδιασμό των κατάλληλων διατάξεων προσαγωγής και απαγωγής της αποθηκευόμενης ενέργειας,
- στην αξιολόγηση διαφόρων τεχνολογιών υγραμόνωσης - θερμομόνωσης και την επιλογή της πλέον κατάλληλης.

#### 4.4.2 Από το Ε.Μ.Π.

##### *Εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας.*

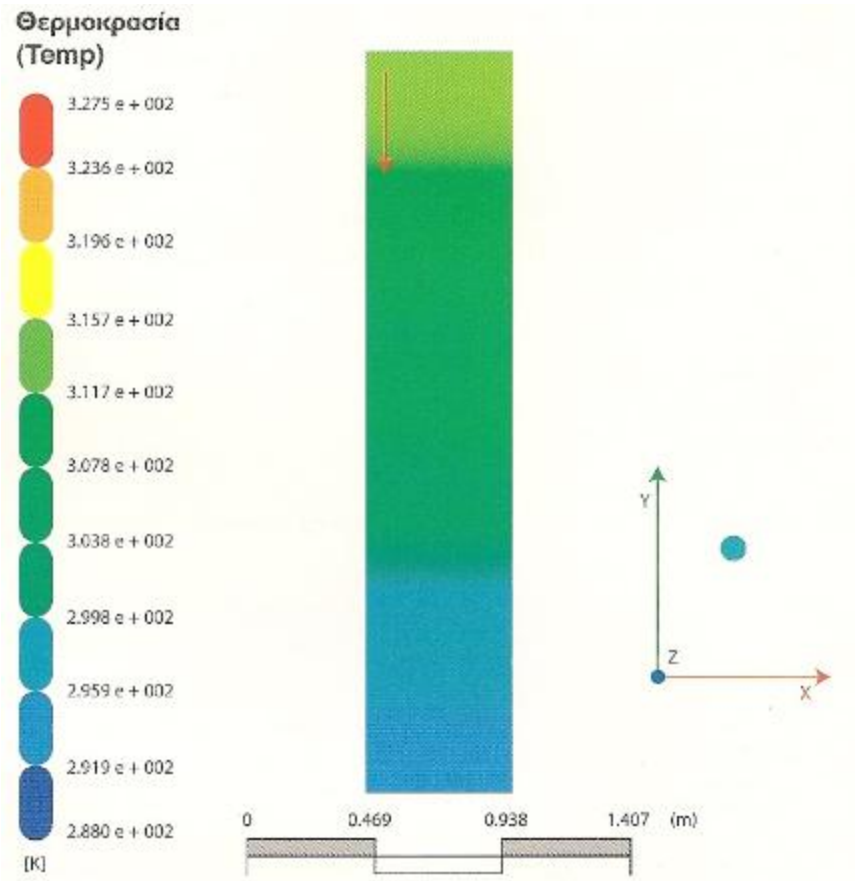
Αντικείμενο του έργου είναι η μελέτη της ανθεκτικότητας κονιαμάτων τσιμέντου και σκυροδέματος σε νερό μεταβαλλόμενης θερμοκρασίας 10-80°C και περιλαμβάνει τόσο εργαστηριακές, όσο και επιτόπου δοκιμές (εικ. 4.5).

Στις εργαστηριακές δοκιμές παρασκευάστηκαν δοκίμια κονιαμάτων διαφόρων συνθέσεων, τα οποία συντηρήθηκαν για 24 μήνες σε νερό διαφορετικών θερμοκρασιών από 10 έως και 80°C και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μάζας, ταχύτητας υπερήχων και αντοχών θλίψης.

Παράλληλα με τις εργαστηριακές δοκιμές, κατασκευάστηκαν στο Εργαστήριο Ηλιακών και Άλλων Ενεργειακών Συστημάτων του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. Δημόκριτος, μία κυλινδρική δεξαμενή των 30m<sup>3</sup> και τρεις κυβικές του 1 m<sup>3</sup>, οι οποίες και λειτουργούν ήδη συνεχώς με φορτίο θερμού νερού.

Οι μετρήσεις που έγιναν, περιλαμβάνουν μακροσκοπικό έλεγχο για τον εντοπισμό τυχόν φθορών του σκυροδέματος, κρούση-μέτρηση για τον προσδιορισμό της αντοχής του, μέτρηση ταχύτητας υπερήχων για εκτίμηση της συνοχής της εσωτερικής δομής του και εφαρμογή ενόργανων μεθόδων ανάλυσης για εκτίμηση της ποιότητας του σκυροδέματος και ταυτοποίησης των πιθανών φθορών.

Τα παραδοτέα του έργου, εκτός από τις δεξαμενές που κατασκευάστηκαν από σκυρόδεμα, είναι οι τεχνικές οδηγίες για την κατασκευή δεξαμενών θερμότητας από σκυρόδεμα και η εμπάθυση και αποσαφήνιση της συμπεριφοράς του σκυροδέματος σε περιβάλλον θερμού νερού.



Εικ.4.5 Διάγραμμα

#### 4.4.3 Από το Α.Π.Θ.

*Εργαστήριο κατασκευής συσκευών διεργασιών (Ε.Κ.Σ.Δ.).*

Στα πλαίσια του προγράμματος, το Ε.Κ.Σ.Δ. προχώρησε σε:

- Συγκριτική ανάλυση των προτύπων EN 12381, ΟΙΝ 4701 και 150 9164, για τον υπολογισμό θερμικών φορτίων. Έγινε εφαρμογή σε πρότυπο κτίριο μονοκατοικίας.
- Συγκριτική ανάλυση υπολογιστικών πακέτων δύο εταιρειών υπολογισμού ψυκτικών φορτίων. Έγινε εφαρμογή σε χώρους εστιατορίου, θεάτρου και γραφείων.
- Συγκριτική ανάλυση μεθόδων υπολογισμού ενεργειακών αναγκών θέρμανσης.
- Δημιουργία βάσης κλιματικών δεδομένων για τον υπολογισμό ενεργειακών απαιτήσεων θέρμανσης και ψύξης κτιρίων σύμφωνα με τις μεθόδους συχνότητας θερμοκρασίας (bin & modified bin method) και βαθμομερών για 36 ελληνικές πόλεις, εμπλουτισμένης με δεδομένα σχετικής υγρασίας.
- Πλήρεις μελέτες θερμομόνωσης, θέρμανσης και κλιματισμού του κτιρίου πιλοτικής εφαρμογής.
- Προσδιορισμό θερμικών και ψυκτικών φορτίων του κτιρίου πιλοτικής εφαρμογής με υψηλή χρονική ανάλυση.
- Ανάπτυξη λογισμικού γενικής χρήσης για τον προσδιορισμό θερμικών και ψυκτικών φορτίων κτιρίων με υψηλή χρονική ανάλυση.

### **4.5 ΟΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ**

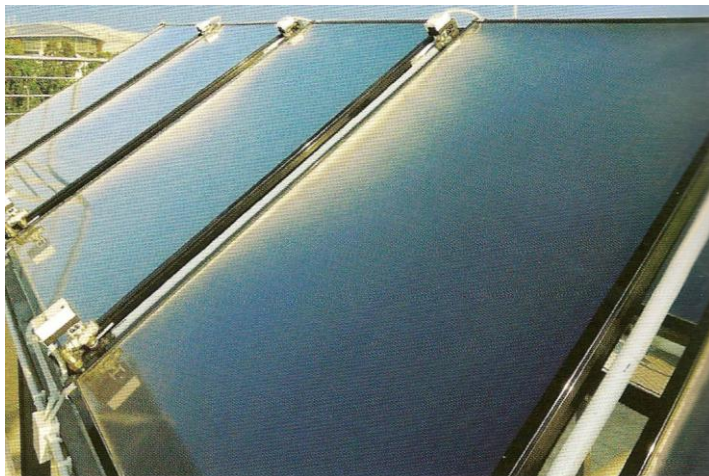
#### 4.5.1 Ηλιακό πεδίο υψηλής απόδοσης

Σε ειδικά διαμορφωμένο χωροδικτύωμα στην οροφή του κτιρίου, εγκαταστάθηκαν 30 ηλιακοί συλλέκτες συνολικής επιφάνειας 84,6 m<sup>2</sup>. Οι ηλιακοί συλλέκτες που χρησιμοποιήθηκαν είναι αποτέλεσμα των ερευνητικών εργασιών του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. Δημόκριτος.

Για τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας του ηλιακού πεδίου, καθώς και για τη διαρκή παρακολούθηση και καταγραφή όλων των απαραίτητων παραμέτρων (θερμοκρασία, ροή, ακτινοβολία) χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα τοποθετημένες ηλεκτροβάνες και αισθητήρια θερμοκρασίας.

Το ηλιακό πεδίο έχει νότιο προσανατολισμό και βέλτιστη κλίση η οποία επιλέχθηκε βασιζόμενη στις θερμικές ανάγκες του κτιρίου ανά εποχή (εικ. 4.6). Για τη συγκρότηση του ηλιακού πεδίου χρησιμοποιήθηκαν:

- Τρίοδες ηλεκτροβαλβίδες ώστε να διερευνηθούν όλες οι πιθανές συνδεσμολογίες των συστοιχιών.
- Ρυθμιστικές βάνες καθώς και ροόμετρα υψηλής ακριβείας, ώστε να μελετηθεί η λειτουργία κάθε συστοιχίας σε διαφορετικά σενάρια ροών.
- Αισθητήρια θερμοκρασίας για την καταγραφή των θερμοκρασιακών διακυμάνσεων ανά περίπτωση.
- Αισθητήρια θερμοκρασίας και μετρητές ενέργειας στο πρωτεύον και δευτερεύον κύκλωμα του πλακοειδούς εναλλάκτη θερμότητας.

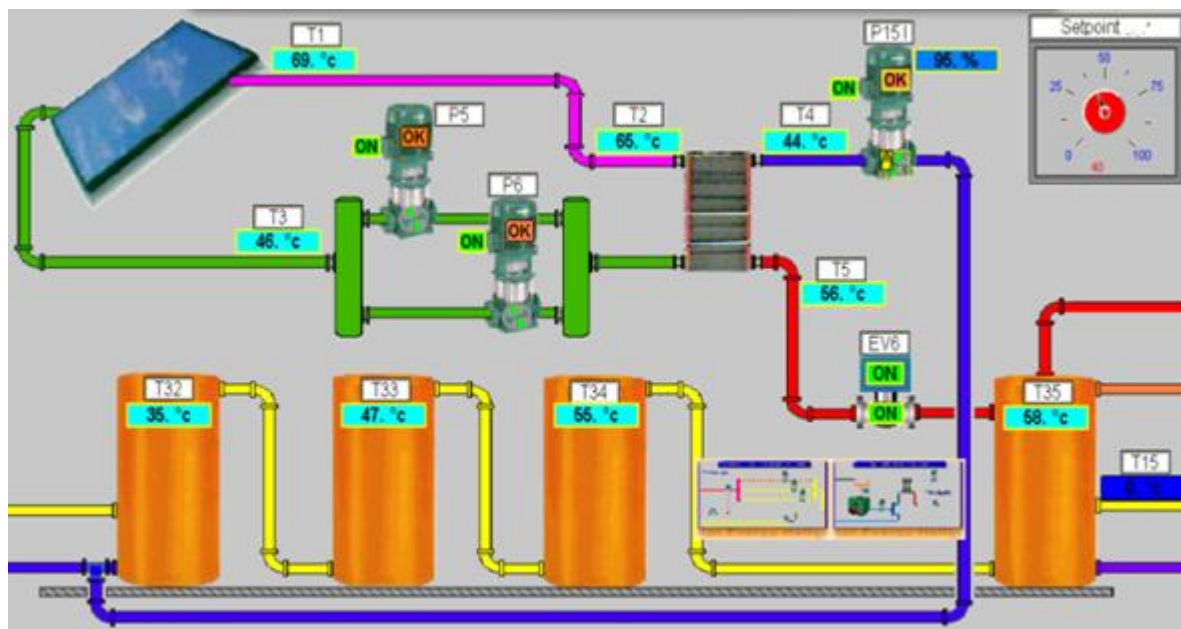


Εικ.4.6 Ηλιακοί συλλέκτες



Στόχος των ανωτέρω είναι, η διερεύνηση της απόδοσης του ηλιακού συστήματος και η βέλτιστη λειτουργία του για τρία διαφορετικά σενάρια λειτουργίας (εικ. 4.7):

- 1) Θερινή λειτουργία για παραγωγή θερμού νερού υψηλών θερμοκρασιών 85 με 90°C για χρήση σε ψύκτη τεχνολογίας απορρόφησης (Br-Li).
- 2) Λειτουργία για παραγωγή θερμού νερού μέσων θερμοκρασιών για φόρτιση των διεποχιακών θερμικών δεξαμενών.
- 3) Χειμερινή λειτουργία για παραγωγή θερμού νερού κάλυψης των αναγκών θέρμανσης χώρων.



Εικ.4.7 Θέρμανση νερού από τους ηλιακούς συλλέκτες

#### 4.5.2 Ηλιακός κλιματισμός (Absorption)

Σκοπός της έρευνας είναι, η αξιολόγηση της απόδοσης συστήματος ηλιακού κλιματισμού, που περιλαμβάνει:

- ηλιακό πεδίο,
- μη μεταλλικές θερμικές αποθήκες θερμού και ψυχρού νερού καθώς και
- ψύκτη τεχνολογίας απορρόφησης (Br-Li).

Η ενεργειακή απολαβή από το ηλιακό πεδίο, προωθείται στις κεντρικές ενεργειακές αποθήκες του κτιρίου, από τις οποίες τροφοδοτείται το ανάλογο κύκλωμα του ψύκτη απορρόφησης. Ταυτόχρονα το παραγόμενο ψυχρό νερό οδηγείται στην ανάλογη δεξαμενή εποχιακής αποθήκευσης.

Κατάλληλα όργανα μέτρησης θερμοκρασίας, υγρασίας και παροχής καταγράφουν την ενεργειακή εναλλαγή και τη διαδικασία παραγωγής νερού κλιματισμού ώστε να γίνεται επιτόπου υπολογισμός της ψυκτικής απόδοσης και εκτίμηση της βέλτιστης θέσης λειτουργίας του συστήματος.

Η διαχείριση της λειτουργίας του ψύκτη απορρόφησης και της αντλίας θερμότητας πραγματοποιείται έτσι, ώστε το σύστημα κύριας τροφοδοσίας των δικτύων κλιματισμού να είναι αυτό που έχει εποχιακά το μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης (εικ. 4.8).





Εικ.4.8 Συστήματα ηλιακού κλιματισμού

#### 4.5.3 Αβαθής γεωθερμία- Αντλία θερμότητας

Σκοπός της έρευνας είναι να αξιολογηθούν οι ενεργειακές απολαβές και ο βαθμός απόδοσης υδρόψυκτης αντλίας θερμότητας διασυνδεδεμένης με δύο ανεξάρτητα κυκλώματα γεωθερμικού τύπου:

- Κλειστό κύκλωμα γεωεναλλάκτη, αποτελούμενο από πέντε παράλληλους βρόγχους (σωλήνες PE 1.000 m κάτω από τα θεμέλια του κτιρίου).



- Ανοιχτό κύκλωμα άντλησης από τον υδροφόρο μέσω φρεατίων και κατάλληλου πλακοειδούς εναλλάκτη θερμότητας.

Το κάθε κύκλωμα έχει δυνατότητα αυτόνομης απολαβής ή απόρριψης των ενεργειακών φορτίων. Παράλληλα, σε εποχές μειωμένων ενεργειακών καταναλώσεων, υπάρχει δυνατότητα παράκαμψης της αντλίας θερμότητας και απευθείας διασύνδεσης με τα δευτερεύοντα κυκλώματα των ανάλογων υποδοχέων.



Η αντλία θερμότητας είναι διασυνδεδεμένη με δύο δοχεία αδρανείας στα οποία διανέμει θερμό και ψυχρό νερό κατ' ακολουθία. Μέσω τριόδων αναμικτικών βανών, υπάρχει δυνατότητα πλήρους ελέγχου των θερμοκρασιακών συνθηκών προσαγωγής σε κάθε στοιχείο της αντλίας θερμότητας (εικ.4.9). Εποχιακά, τα δοχεία αδρανείας ψυχρού και θερμού, εναλλάσσουν τη λειτουργία τους αναλόγως.



Εικ.4.9 Γεωθερμική αντλία θερμότητας

Τεχνικά χαρακτηριστικά της αντλίας θερμότητας είναι:

- Θερμική ισχύς εξόδου: 70KW
- Ψυκτική ισχύς εξόδου: 50KW

- Ηλεκτρική ισχύς εισόδου: 12KW
- Μέσος όρος θέρμανσης ή ψύξης COP=4,8
- Συμπαγωγή COP >7

Η θερμική αποθήκη απόρριψης, έχει τη δυνατότητα να εκτονώνεται ενεργειακά στο ανοικτό ή στο κλειστό γεωθερμικό κύκλωμα.

Κατά μήκος των δικτύων ενεργειακής απολαβής ή απόρριψης, στους γεωεναλλάκτες, στο φρεάτιο συλλογής ακατέργαστων υδάτων από τον υδροφόρο καθώς και σε όλες τις θερμικές αποθήκες, έχουν τοποθετηθεί κατάλληλα αισθητήρια θερμοκρασίας, πίεσης και υγρασίας, ώστε να γίνονται ακριβείς ενεργειακές μετρήσεις και να λαμβάνονται πληροφορίες προς επεξεργασία από το ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης του κτιρίου.

Αναλυτικότερα διερευνώνται:

- Η συμπεριφορά του γεωεναλλάκτη σε χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες απόρριψης.
- Ο χρόνος παραμένουσας θερμοκρασίας στο έδαφος της περιοχής του γεωεναλλάκτη.
- Η θερμοκρασιακή συμπεριφορά υπογείων υδάτων ανά εποχή.



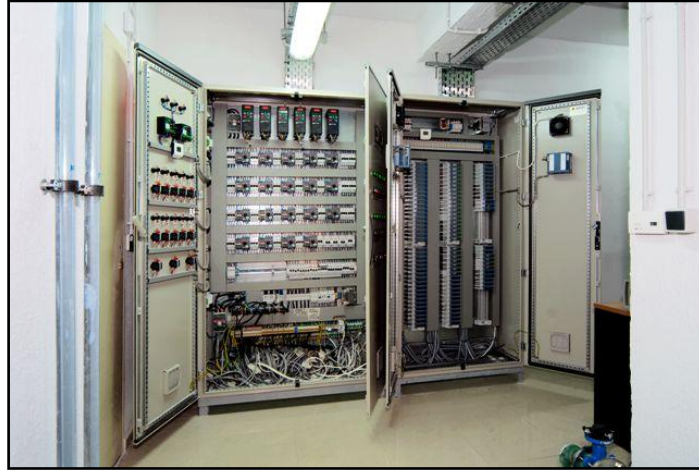
#### 4.5.4 Σύστημα διαχείρισης κτιρίου

Στα πλαίσια της έρευνας εξετάστηκαν λεπτομερειακά τα υφιστάμενα συστήματα αυτοματισμών της αγοράς και οι δυνατότητές τους και επιλέχθηκε το πλέον κατάλληλο για τις ανάγκες διαχείρισης του πιλοτικού κτιρίου.

Η συγκεκριμένη εγκατάσταση έχει ως σκοπό, τη βέλτιστη ενεργειακή διαχείριση του συνόλου των ηλεκτρομηχανολογικών (H/M) εγκαταστάσεων του κτιρίου (εικ. 4.10).

Ο έλεγχος των υποσυστημάτων του κτιρίου και η καταγραφή των μετρήσεων τους, επιτυγχάνεται μέσω ειδικών αισθητηρίων και οργάνων, η διασπορά των οποίων έχει γίνει σε κατάλληλα σημεία του κελύφους και κατά μήκος των H/M δικτύων. Σειρές μετρήσεων λαμβάνονται από παράλληλα αισθητήρια, τοποθετημένα από τα

εμπλεκόμενα εργαστήρια και ερευνητικά ιδρύματα. Το σύνολο του μετρητικού και καταγραφικού εξοπλισμού είναι πιστοποιημένο από διαπιστευμένα εργαστήρια. Τα δεδομένα αποθηκεύονται και διαχειρίζονται από κεντρική μονάδα επεξεργασίας με εξειδικευμένο λογισμικό, η οποία ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες του περιβάλλοντος και τις εσωτερικές συνθήκες του κτιρίου (συνθήκες άνεσης), προβαίνει στις κατάλληλες ρυθμίσεις, μέσω εντολών, στους ανάλογους ενεργοποιητές.



Εικ.4.10 Σύστημα διαχείρισης κτιρίου

Η διαχείριση των θερμικών αποθηκών και των επιμέρους συστημάτων προσβλέπει στην ελαχιστοποίηση των ενεργειακών καταναλώσεων, διατηρώντας άριστες συνθήκες άνεσης εντός του κτιρίου.

Επίσης, το δίκτυο των αισθητήρων του κτιρίου, επεκτείνεται σε επιλεγμένα σημεία της τοιχοποιίας, έτσι ώστε να καταγραφεί η θερμοκρασιακή κατανομή και η αποτελεσματικότητα των μονώσεων.

Το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα κοινωνικοποίησης και αποθήκευσης των δεδομένων του κτιρίου για περαιτέρω επεξεργασία και αξιολόγηση.

Υπάρχει επίσης στην οροφή εγκατεστημένος μετεωρολογικός σταθμός, με σκοπό την ακριβή μέτρηση των εξωτερικών κλιματολογικών συνθηκών.

Η ετήσια καταγραφή των παραπάνω δεδομένων, θα οδηγήσει στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σχετικά με κτίρια τέτοιου τύπου.

#### 4.5.5 Υποσυστήματα κλιματισμού

##### *Επιτοίχια και ενδοδαπέδια θέρμανση*

Το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης αποτελείται από ένα δίκτυο σωληνώσεων που τοποθετούνται κάτω από το δάπεδο, αλλά πάνω από το μπετό της πλάκας έχοντας προηγηθεί κατάλληλη διαστρωμάτωση υλικών.

Με την θέρμανση δαπέδου επιτυγχάνουμε μια υγιέστερη κατοικία σε ένα αρμονικό κλίμα σπιτιού χωρίς την ξηρότητα του αέρα όπως παρατηρείται στην κλασική θέρμανση με σώματα, ενώ και μέσω της χαμηλότερης θερμοκρασίας προσαγωγής νερού που απαιτεί το σύστημα επιτυγχάνεται και μείωση της κατανάλωσης της θερμικής ενέργειας.

Το σύστημα επιτοιχίας θέρμανσης αποτελείται από ειδική ράγα στήριξης του σωλήνα που τοποθετείται πάνω στην τοιχοποιία και εξασφαλίζει την πλήρη περιβολή του από το σοβά και από το δίκτυο των σωληνώσεων που θα κυκλοφορεί το νερό.

Σκοπός της έρευνας είναι ο καινοτόμος σχεδιασμός και η αξιολόγηση ενδοδαπέδιων και επιτοιχίων εναλλακτών πολυαιθυλενίου, με δυνατότητα ενεργειακής απολαβής και απόρριψης από τις θερμικές αποθήκες και η καταγραφή της συμπεριφοράς τους σε ευρύ φάσμα θερμοκρασιακών λειτουργιών (εικ. 4.11, 4.12).

Ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες υπάρχει δυνατότητα επιλογής του συστήματος τροφοδοσίας (θερμικές αποθήκες ψυχρού ή θερμού νερού ή απευθείας διασύνδεση μέσω κλειστού δευτερεύοντος κυκλώματος με το γεωεναλλάκτη ή το φρεάτιο υπογείων υδάτων). Ειδικά σχεδιασμένο για απαιτήσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες για θέρμανση (30°C) και στις υψηλές θερμοκρασίες για ψύξη (18°C).

Οι θερμοκρασίες προσαγωγής είναι απόλυτα ελεγχόμενες (μέσω κατάλληλων μετρητικών οργάνων συστήματος αυτοματισμού και αναλογικών ενεργοποιητών), έτσι ώστε να προσαρμόζονται στα προσδιδόμενα ή απορριπτόμενα φορτία του κτιρίου. Προκύπτει ενεργειακό κέρδος 70% στη ψύξη και 65% στη θέρμανση.

Με αυτόν τον τρόπο τα περιφερειακά συστήματα κλιματισμού (περιφερειακές μονάδες ή F.C.U.) λειτουργούν επικουρικά, προ-κλιματίζοντας νωπό αέρα ή συμπληρώνοντας τα φορτία στα οποία το σύστημα ενδοδαπέδιων ή επιτοιχίων εναλλακτών δεν μπορεί να ανταποκριθεί, λόγω έλλειψης ισχύος ή θερμοκρασιακής ανισοκατανομής.

Σε όλο το εύρος της εγκατάστασης, πραγματοποιείται καταγραφή μετρήσεων θερμοκρασίας και υγρασίας από σχετικά όργανα.



Εικ.4.11 Η επιτοιχία θέρμανση του κτιρίου



Εικ.4.12 Η ενδοδαπέδια θέρμανση του κτιρίου

### *Fan coil units και εξαερισμός*

Οι μονάδες εξαναγκασμένης ανακυκλοφορίας αέρα (fan coil units), εγκαθίστανται για θέρμανση αλλά και ψύξη της κατοικίας. Αποτελούν ένα ολοκληρωμένο σύστημα κλιματισμού που προσαρμόζεται στις σχεδιαστικές απαιτήσεις του χώρου, καθότι διατίθενται σε μονάδες κρυφού και εμφανούς τύπου, δαπέδου ή οροφής. Η σωστή διαστασιολόγηση των fan coil units είναι καθοριστική, καθότι οδηγεί σε αθόρυβη λειτουργία. Ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιεί ρύθμιση της θερμοκρασίας, της ταχύτητας του αέρα προσαγωγής, καθώς και της λειτουργίας On/Off των fan coil unit, ανά χώρο.

Η διαχείριση του νωπού αέρα γίνεται μέσω κεντρικών κλιματιστικών μονάδων διπλού στοιχείου. Υπάρχει δυνατότητα προ-κλιματισμού του νωπού αέρα είτε μέσω των ψυκτικών μηχανών είτε μέσω του συστήματος γεωεναλλακτών ή του φρεατίου υπογείων υδάτων.

Σαν αποτέλεσμα επιτελείται σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας αφού υπάρχει η δυνατότητα παράκαμψης της αντλίας θερμότητας ή του ψυκτή απορρόφησης με μοναδική ενεργειακή απαίτηση αυτήν των αντλητικών συγκροτημάτων ή και κυκλοφορητών.

Επομένως τα ψυκτικά μηχανήματα λειτουργούν επικουρικά εφόσον οι εξωτερικές κλιματολογικές συνθήκες δεν επιβάλλουν τη χρήση επιπλέον ενεργειακής πηγής (εικ. 4.13).

Η επιλογή της πρωτεύουσας ενεργειακής πηγής για την προαναφερθείσα λειτουργία γίνεται μέσω συλλογής κατάλληλων δεδομένων από τους μετρητικούς σταθμούς υγρασίας και θερμοκρασίας για την ελαχιστοποίηση των πρωτογενών ενεργειακών καταναλώσεων (ηλεκτρική ενέργεια στους συμπιεστές).

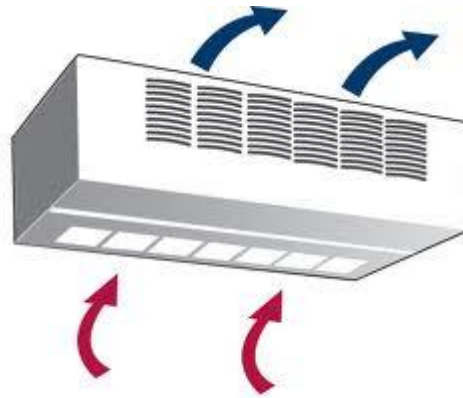
Με την ανωτέρω λειτουργία διασφαλίζεται η μέγιστη ποιότητα αερισμού διατηρώντας ταυτόχρονα εξαιρετικές συνθήκες άνεσης και μέγιστο βαθμό εξοικονόμησης ενέργειας.

Απαιτητικές συνθήκες: ψύξη 25°C - θέρμανση 20°C.

Θερμοκρασίες περιβάλλοντος: καλοκαίρι 35°C - χειμώνα 5°C.



Πρόψυξη 35°C με 25°C μόνο με γεωθερμία.  
Προθέρμανση 5°C με 15°C μόνο με γεωθερμία.



Εικ.4.13 Μηχάνημα fan coil

#### Σύστημα αφύγρανσης (desiccant)

Χρησιμοποιούνται αφυδατικά στερεά για την αφύγρανση του αέρα.  
Κύκλος ανανέωσης που τροφοδοτείται από τους θερμικούς ηλιακούς συλλέκτες.  
Σημαντική ενεργειακή εξοικονόμηση.



#### 4.5.6 Φωτοβολταϊκά

Στην ανατολική πρόσοψη του κτιρίου τοποθετήθηκαν 44 Φ/Β πλαίσια άμορφου πυριτίου ισχύος 100 W έκαστο, διαμορφώνοντας μια εγκατάσταση συνολικής ισχύος 4,4 KW (εικ. 4.14).

Οι λόγοι που επιλέχθηκαν Φ/Β πλαίσια άμορφου πυριτίου είναι οι εξής:

- Δυνατότητα παραγωγής ενέργειας με συννεφιά, μερική σκίαση ή ακόμη και μόνο με την παρουσία διάχυτης ακτινοβολίας.

- Υψηλότερη απόδοση σε υψηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τα πολυκρυσταλικά ή μονοκρυσταλλικά.



Εικ.4.14 Φωτοβολταϊκά στη πρόσοψη του κτιρίου

Συνεπώς τα πλαίσια άμορφου πυριτίου θεωρήθηκαν η καλύτερη λύση για τη θέση που τοποθετήθηκαν καθώς βλέπουν τον ήλιο για μικρό χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

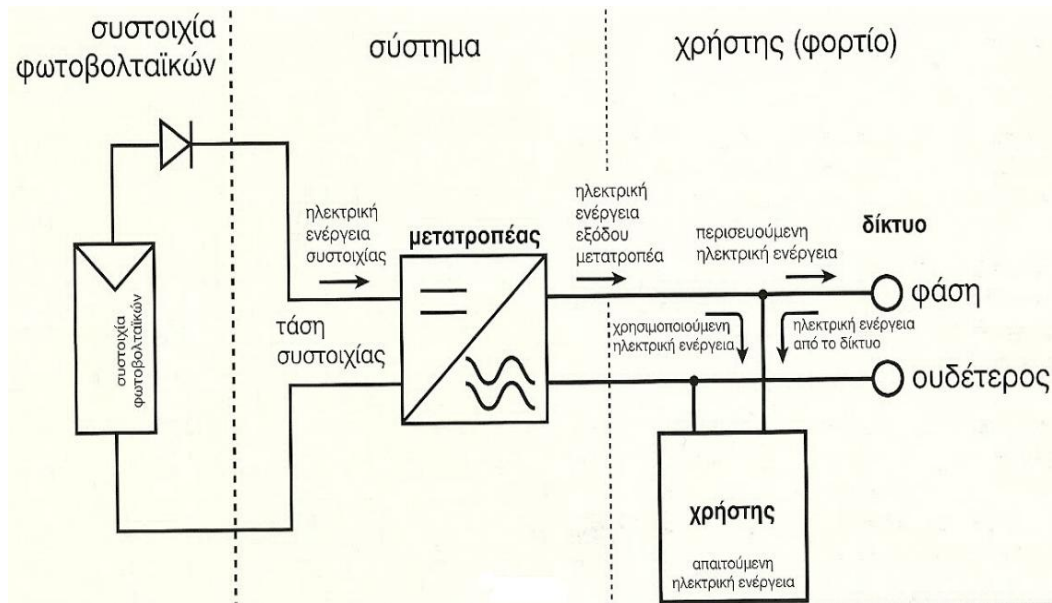
Τα 44 Φ/Β πλαίσια είναι χωρισμένα σε δύο πανομοιότυπες ομάδες που καταλήγουν σε δύο διαφορετικούς μετατροπείς (inverters).

Η κάθε ομάδα αποτελείται από δύο ομάδες των 11 Φ/Β, τα οποία είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους παράλληλα. Συνολικά 22 Φ/Β στοιχεία οδηγούνται σε ένα μετατροπέα.

Οι δύο μετατροπείς (inverters) μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο τάσης 230 V και συχνότητας 50 Hz. Το εναλλασσόμενο ρεύμα θα διοχετεύεται μέσω μετρητή στο ηλεκτρικό δίκτυο της πόλης (σχ. 4).

Από την ενεργειακή ανάλυση του συστήματος εκτιμήθηκε ετήσια παραγωγή ενέργειας της τάξεως των 3.245 KWh.

Η οικονομική απόδοση του συστήματος με τιμολόγηση 0,4€/Wh ανέρχεται στα 1.298€ ανά έτος.



Σχ.4 Σύστημα φωτοβολταϊκών

#### 4.5.7 Άλλες βιοκλιματικές εφαρμογές εικονες

Στο κτίριο υιοθετήθηκαν αρχιτεκτονικές και κατασκευαστικές λύσεις για τη μείωση των ενεργειακών φορτίων ακολουθώντας αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, με επεμβάσεις στο κέλυφος του κτιρίου.



### *Ειδικά κρύσταλλα*

Έχουν τοποθετηθεί διπλοί υαλοπίνακες χαμηλής εκπεμφιμότητας και υψηλής ανακλαστικότητας, αποτελούμενοι από ένα στρώμα τύπου Optitherm SN (6 mm), ενδιάμεσα αέριο (100% Argon, 16 mm) και ένα στρώμα Optilam Phon (8,8 mm), συνολικού πάχους 31 mm, με συνολικό συντελεστή U-value = 1,1 W /m<sup>2</sup>K.

### *Εξειδικευμένος φωτισμός χαμηλής ηλεκτρικής κατανάλωσης*

Έχουν επιλεγεί φωτιστικά υψηλής απόδοσης με ανακλαστήρα και ειδικό πλέγμα για τη διάχυση του φωτός, χαμηλής θερμικής εκπομπής, που χρησιμοποιούν λάμπες φθορισμού υψηλής απόδοσης.

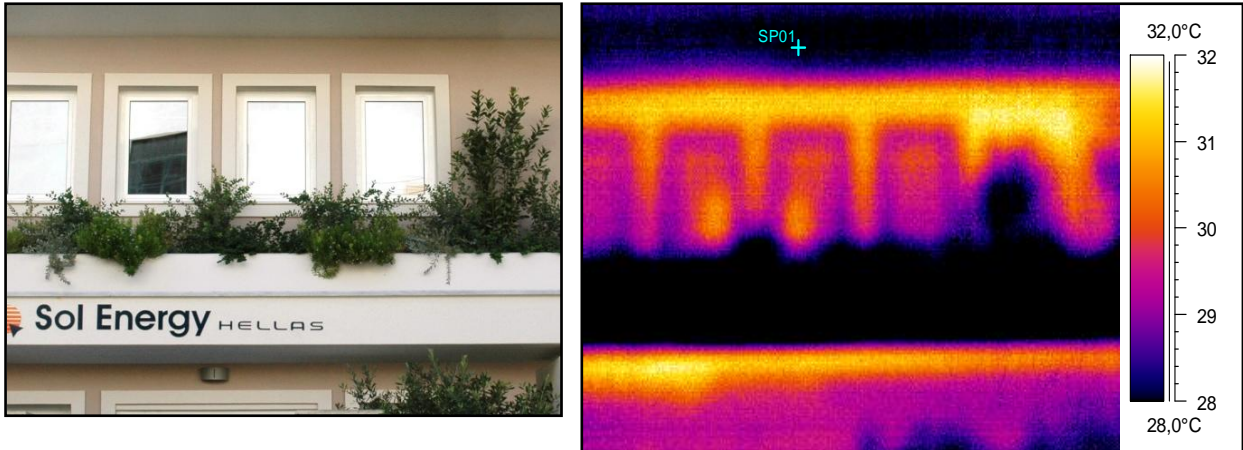
### *Αλουμίνια με θερμοδιακοπή*

Έχουν επιλεγεί αλουμίνια με θερμοδιακοπή, δηλαδή πλαίσια αλουμινίου αποτελούμενα από δύο τμήματα, εσωτερικό και εξωτερικό προφίλ αλουμινίου, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με παρεμβύσματα EPDM χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας προς αποφυγή θερμογεφυρών.

Το μυστικό στα συστήματα θερμοδιακοπής κρύβεται στο πολυαμίδιο. Το πολυαμίδιο είναι ένα πολύ ανθεκτικό υλικό, το οποίο εκτός από την πολύ μικρή αγωγιμότητα διαθέτει και υψηλή σκληρότητα, γεγονός το οποίο συμβάλλει στη στιβαρότητα και ανθεκτικότητα των κουφωμάτων. Είναι το μονωτικό υλικό που τοποθετείται σαν μπαρέτα στη διατομή του προφίλ και αποτελεί ουσιαστικά μια θερμοπλαστική ρητίνη. Αυτό που πρακτικά κάνει, είναι να διακόπτει τη μετάδοση της εξωτερικής θερμοκρασίας στο εσωτερικό των κουφωμάτων, λόγω του ότι αποτελεί κακό αγωγό θερμότητας. Το τελικό αποτέλεσμα είναι να βοηθάει στην τελειοποίηση και την αρτιότητα μιας στιβαρής τελικής κατασκευής.

### *Εξωτερική θερμομόνωση*

Δημιουργήθηκε ένα εξωτερικό κέλυφος αποτελούμενο από πολυστερίνη 5 cm, ειδικό πλέγμα και θερμομονωτικό σοβά πάχους 2 mm. Η εξωτερική θερμομόνωση στηρίχθηκε με μεταλλικές γωνιές και πλαστικά βύσματα, δημιουργώντας μεταξύ του εξωτερικού κελύφους και του φέροντα οργανισμού της οικοδομής κενό πάχους 2 cm.



Εικ.4.15 (αριστερά) Εξωτερική θερμομόνωση κτιρίου

Εικ.4.16 (δεξιά) Θερμική ρήξη προφίλ αλουμινίου με ειδικά γυαλιά όπως φαίνεται από μία κάμερα θερμικής απεικόνισης

#### *Αποτελέσματα παθητικών μέτρων*

- 70% μείωση των ενεργειακών αναγκών για θέρμανση,
- 70% μείωση των ενεργειακών αναγκών για ψύξη,
- μικρότερη εγκατεστημένη ισχύς,
- μεγάλη συνολική θερμική συμπεριφορά του κτιρίου.

## **4.6 ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Το έργο φιλοδοξούσε να παρέμβει καθοριστικά στον τομέα της ενεργειακής βελτιστοποίησης των κτιρίων, με ενσωμάτωση ήπιων ενεργειακών εφαρμογών (ηλιακών πεδίων, γεωθερμικών αντλιών θερμότητας, μεγάλης κλίμακας αποθήκευσης ενέργειας και εξελιγμένων αυτοματισμών) για την παραγωγή:

- θέρμανσης και δροσισμού,
- κλιματισμού,
- ηλιακής ψύξης και
- ζεστού νερού χρήσης.

Τα οποία και υλοποιήθηκαν με επιτυχία.

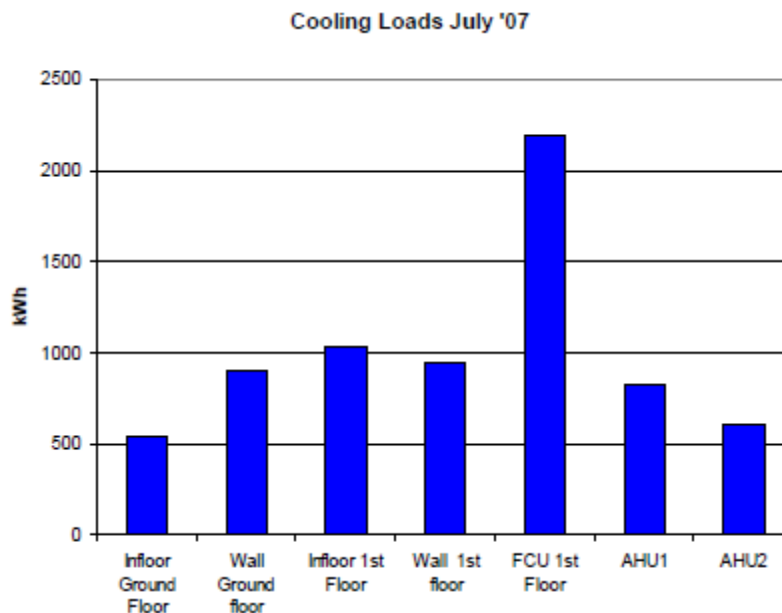
Τα κύρια οφέλη από την υλοποίηση του έργου προκύπτουν από:

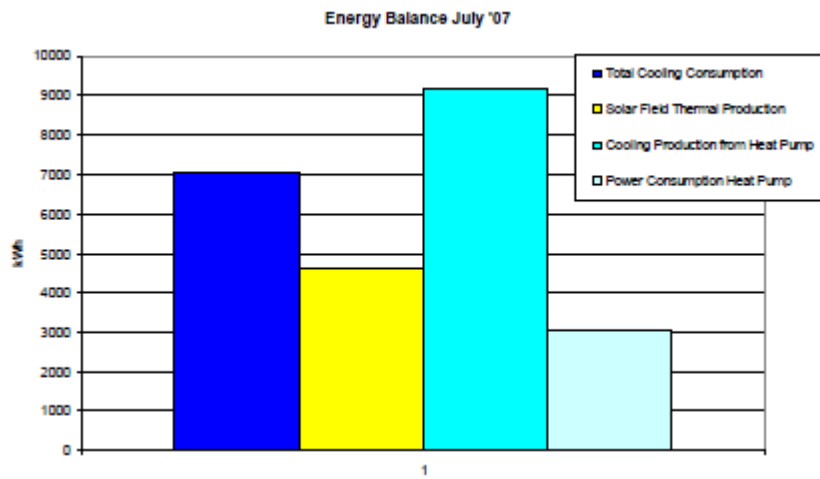
- τη συστηματική αντιμετώπιση όλων των βασικών προβλημάτων που σχετίζονται με την υλοποίηση παρόμοιου είδους εγκαταστάσεων,
- την αξιολόγηση των δυνατών τεχνικά λύσεων, την απόδειξη της επιτευξιμότητας και της ανταποδοτικότητάς τους στην πιλοτική - επιδεικτική εγκατάσταση.

Τα άμεσα αναμενόμενα οφέλη εντοπίζονται:

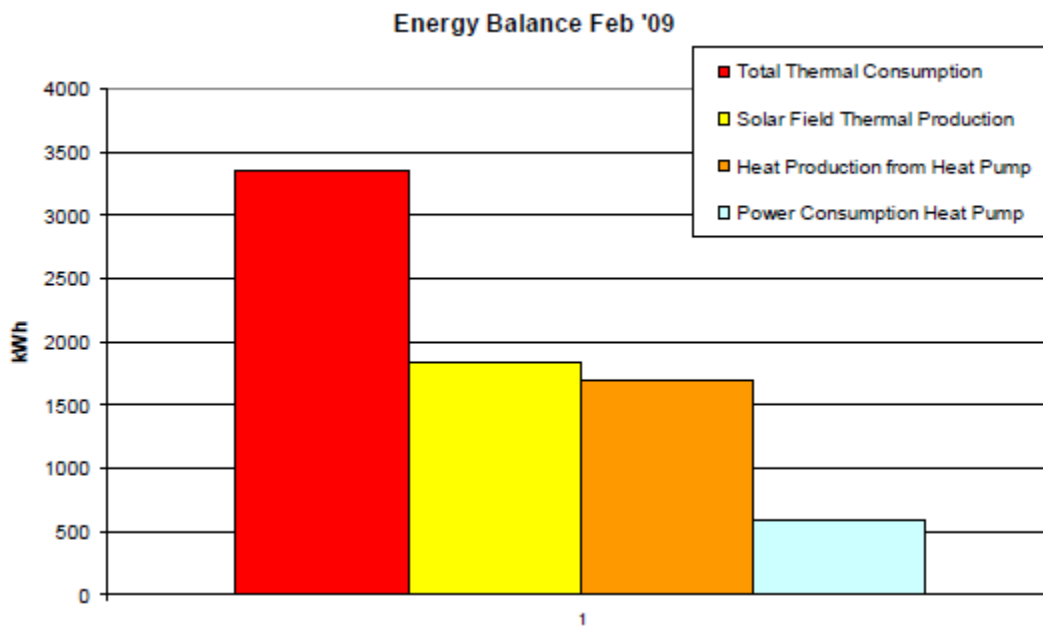
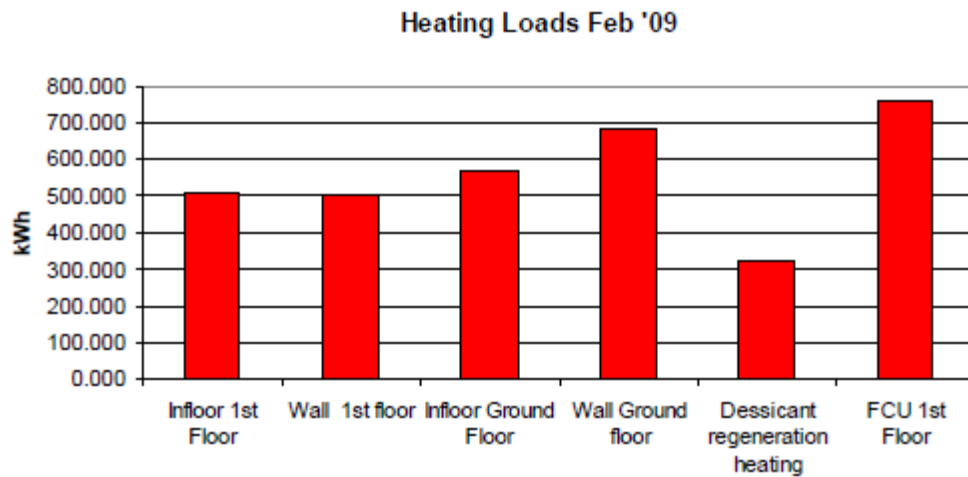
- στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας των προϊόντων που χρησιμοποιήθηκαν,
- στην ενδυνάμωση της επιχειρηματικότητας του ελληνικού κλάδου ηλιακής ενέργειας,
- στην πρόσθετη εξοικονόμηση ενέργειας και
- στη μείωση του παραγόμενου CO<sub>2</sub>.

Παρακάτω απεικονίζεται η λειτουργία του κτιρίου για τυπικούς μήνες του καλοκαιριού και του χειμώνα (σχ. 5 και 6). Σημειώνεται ότι η παραγωγή θερμότητας από το ηλιακό πεδίο είναι ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης. Οι αντλίες θερμότητας καλύπτουν τα επιπλέον φορτία θέρμανσης ή ψύξης με τιμή απόδοσης COP πάνω από 3, (εξαιτίας της αποτελεσματικής σύζευξής τους με τη γεωθερμία). Συνολικά οι απαιτήσεις του κτιρίου τόσο στη θέρμανση, όσο και στη ψύξη, έχουν περιοριστεί στο ελάχιστο χάρη στην άριστη παθητική θερμική συμπεριφορά του.





Σχ.5 Τα ψυκτικά φορτία και συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο για το μήνα Ιούλιο



Σχ.6 Τα φορτία θέρμανσης και το συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο για το μήνα Φεβρουάριο

Η επιτυχής ολοκλήρωση του έργου, η απόκτηση πρόσθετης τεχνογνωσίας και η προβολή των αποτελεσμάτων, θα αποτελέσουν κίνητρα ώστε να βελτιωθεί ο σχεδιασμός και η υλοποίηση των παθητικών και ενεργητικών συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας, καθιστώντας τα πιο ανταγωνιστικά και αυξάνοντας την διεισδυτικότητά τους, με παράλληλες συνέπειες την αύξηση της συμμετοχής της ηλιακής ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας και τη μείωση της ατμοσφαιρικής επιβάρυνσης σε CO<sub>2</sub>.

#### Προτάσεις για το κτίριο

- Τοποθέτηση σκιάστρων με αυτοματισμό μπαλκόνια του κτιρίου.
- Εγκατάσταση ενεργειακού τζακιού στα διαμερίσματα.

## 4.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ενεργειακές απαιτήσεις ενός τυπικού κτιρίου είναι:

- Θερμική ενέργεια: 131 MWh
- Ψυκτική ενέργεια: 185 MWh
- Ηλεκτρική ενέργεια: 17 MWh

Σε αντίθεση με τις ενεργειακές απαιτήσεις του πιλοτικού κτιρίου Προμηθέας Πυρφόρος που είναι:

- Θερμική ενέργεια: 37,8 MWh
- Ψυκτική ενέργεια: 54 MWh
- Ηλεκτρική ενέργεια: 15 MWh

Διεξήχθη από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Αθηνών μελέτη βιωσιμότητας για να συγκριθεί η εξοικονόμηση ενέργειας από ένα τυπικό κτίριο με την ίδια ακριβώς χρήση όπως το κτίριο πρότυπο, αλλά σύμφωνα με τους κανονισμούς της ελληνικής πολιτικής για την μόνωση των κτιρίων.

Οι ακόλουθες παραδοχές έγιναν για το τυπικό κτίριο:

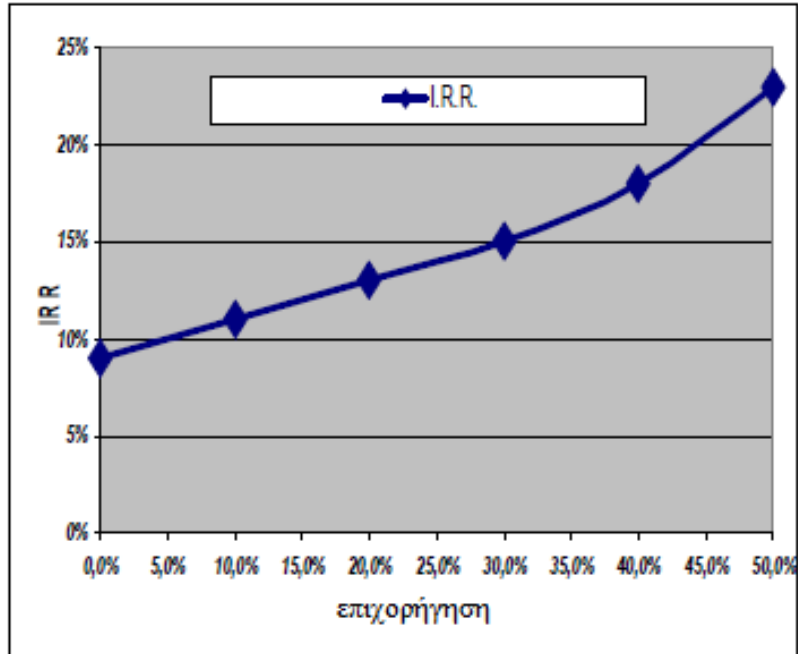
- 10 ώρες καθημερινή λειτουργία του συστήματος θέρμανσης για 5 μήνες,
- 10 ώρες καθημερινή λειτουργία του συστήματος ψύξης (κλιματιστικά) για 4 μήνες,
- ανάλυση κύκλου ζωής των 15 ετών,
- υπολειμματική αξία στο τέλος των 15 ετών: 70% από το προστιθέμενο κόστος της επένδυσης,
- τιμές ηλεκτρικής ενέργειας: μέση τιμή 100 €/MWh,
- τιμές φυσικού αερίου: μέση τιμή 46 €/MWh,
- ετήσια αύξηση της τιμής κατά 1% πάνω από τον πληθωρισμό.



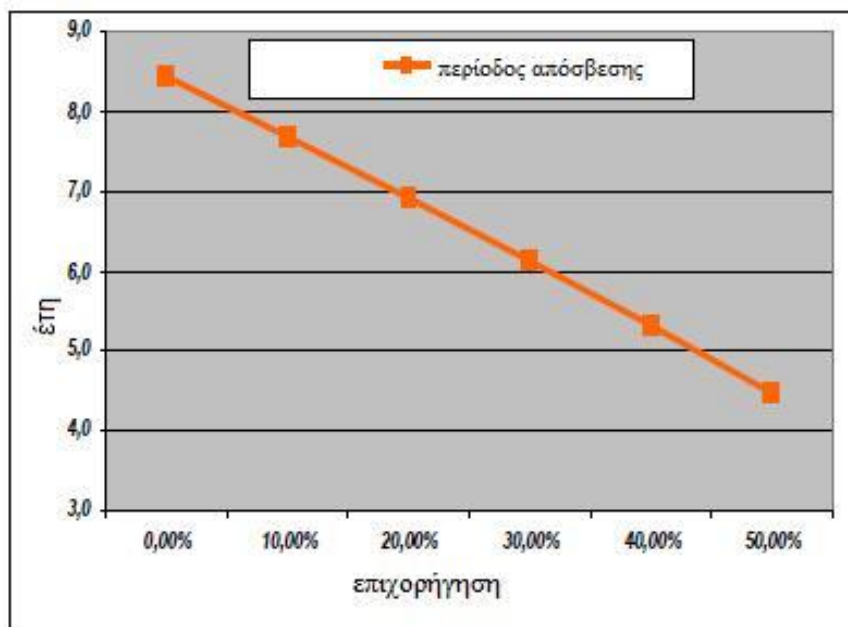
Τα άμεσα ιδιωτικά οφέλη είναι τα εξής:

- 85 MWh εξοικονόμηση της ηλεκτρικής ενέργειας για τα καλυφθεί το ψυκτικό φορτίο,
- 130 MWh εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας.

Παρακάτω οι ακόλουθες γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν: α) το I.R.R. με την επιχορήγηση και β) την χρονική περίοδο απόσβεσης της επένδυσης σε σχέση με κάποιες πιθανές επιχορηγήσεις.



α) I.R.R. σε σχέση με την επιχορήγηση



β) Έτη αποπληρωμής σε σχέση με την επιχορήγηση

Κοινωνικά οφέλη

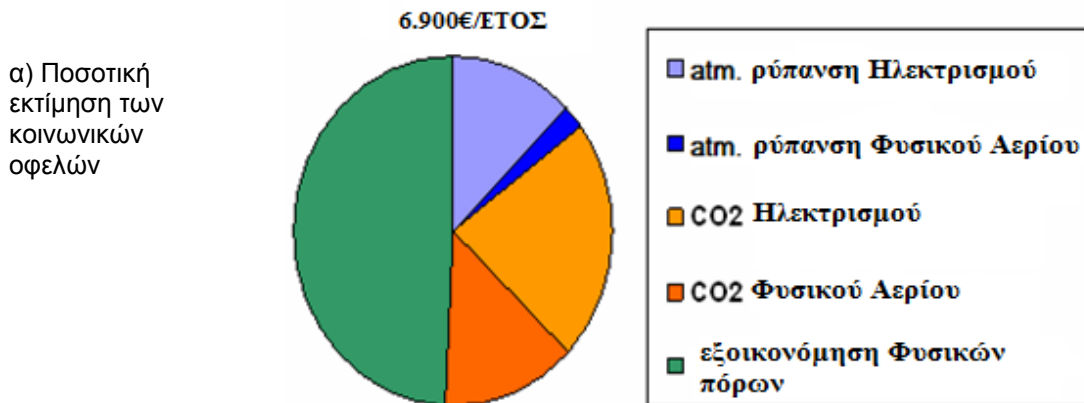
Εκτός από τα οικονομικά οφέλη του πιλοτικού κτιρίου, επωφελείται για το κοινωνικό του περιβάλλον.

Συγκεκριμένα:

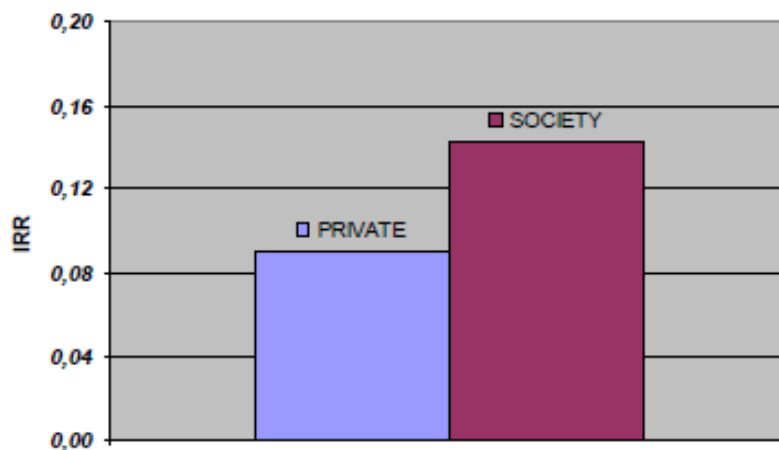
- εξοικονόμηση φυσικών πόρων (εγχώρια και εισαγόμενα),
- μείωση των εκπομπών του CO<sub>2</sub> και μείωση των εκπομπών του κόστους (19€/ton CO<sub>2</sub>),
- μείωση των βλαβερών εκπομπών, προστασία της δημόσιας υγείας,
- στήριξη της εγχώριας βιομηχανικής ενέργειας των συστημάτων.

Το διάγραμμα (α) παρουσιάζει το αποτέλεσμα της χρηματοοικονομικής ανάλυσης ανάλογα, με πιθανή κρατική επιχορήγηση. Η ετήσια υπολογιζόμενη εξοικονόμηση του κόστους είναι περίπου 6.900€/έτος. Λαμβάνοντας υπόψη τον ποσοτικό προσδιορισμό του οφέλους της κοινωνίας, το I.R.R. των επενδύσεων χωρίς επιχορήγηση γίνεται κατά προσέγγιση 14%.

Το διάγραμμα (β) παρουσιάζει το I.R.R. των επενδύσεων μόνο με ιδιωτικά οφέλη, σε σχέση με το I.R.R. που συμπεριλαμβάνει και το όφελος της κοινωνίας.



β) I.R.R. με τα ιδιωτικά οφέλη και τα κοινωνικά οφέλη



## Η οικονομική αποτίμηση του αυτόνομου ενεργειακά πιλοτικού κτιρίου

Για την εξαγωγή, αντικειμενικών συμπερασμάτων σχετικά με την οικονομική βιωσιμότητα του πιλοτικού κτιρίου υπολογίστηκαν οι ενεργειακές καταναλώσεις για τον κλιματισμό και τη θέρμανση και συσχετίστηκαν με τις ήδη υπάρχουσες μετρήσεις από εξάμηνη λειτουργία του πιλοτικού κτιρίου.

Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι το πιλοτικό κτίριο περιέχει εξοπλισμό ο οποίος έχει τοποθετηθεί για ερευνητικό σκοπό, καθώς και συγκεκριμένα σημεία του κτιρίου, π.χ. οι θερμικές υπόγειες μη μεταλλικές δεξαμενές έχουν διαστασιολογηθεί για ερευνητικούς σκοπούς, συνεπώς το κόστος του επιπλέον τοποθετημένου εξοπλισμού είναι αυξημένο.

Η οικονομική απόσβεση του επιπλέον κόστους εγκατάστασης εξοπλισμού σε νέο κτίριο ανάλογου μεγέθους γίνεται σε χρονικό διάστημα μικρότερο των 8,5 ετών, με βάση τις παραμέτρους τιμών αγοράς που ισχύουν.

Στα γενικότερα οφέλη πρέπει να αποτιμηθούν και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις οι οποίες προκύπτουν από αυτό το ενεργειακά αυτόνομο κτίριο. Πιο συγκεκριμένα λαμβάνοντας υπόψη το κόστος από τις επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής το οποίο μεταφράζεται σε χρηματικό κόστος σε 19 €/ton CO<sub>2</sub> ή βάση του χρηματιστηρίου δικαιωμάτων εκπομπής 10-28 €/ton CO<sub>2</sub>, τότε το συνολικό χρηματικό όφελος από το κτίριο ανέρχεται σε 6.900 €/έτος.

Τα ετήσια κοινωνικά οφέλη, τα οποία ποσοτικοποιημένα ισοδυναμούν με 6.900€, που προκύπτουν για 15 χρόνια ισοδυναμούν (σε παρούσες αξίες) με 75.000€. Το ποσό αυτό θα μπορούσε να δοθεί ως επιχορήγηση στον ιδιώτη προκειμένου να υλοποιηθεί η κοινωνικά ωφέλιμη επένδυση.

Περαιτέρω οφέλη που προκύπτουν από το συγκεκριμένο πιλοτικό κτίριο είναι η γενικότερη ενίσχυση της ποιότητας των παρεχόμενων ενεργειακών υπηρεσιών. Η αναβάθμιση της ενεργειακής ταυτότητας του κτιρίου, γεγονός το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό λαμβάνοντας υπόψη ότι τα κτίρια πλέον θα επιθεωρούνται ενεργειακά και θα εκδίδεται πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης, το οποίο θα έχει άμεση σχέση με την τελική αγοραστική του αξία. Εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι η μείωση του οικονομικού ρίσκου από τις συνεχείς αυξήσεις των τιμών των συμβατικών καυσίμων.

Τέλος, τα προτερήματα του Προμηθέα Πυρφόρου είναι πολλά και υπόκεινται σε διάφορες κατηγορίες. Από οικολογικής άποψης υφίσταται ο μηδενισμός της παραγωγής ρύπων, η εξοικονόμηση ενέργειας και η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Το πράσινο σπίτι είναι η ιδανική επιλογή για όποιον επιθυμεί να μην επιβαρύνει το περιβάλλον. Επίσης υπάρχουν οικονομικά πλεονεκτήματα και σε αυτά συγκαταλέγονται η εξοικονόμηση χρημάτων για την απαραίτητη ενέργεια και η αύξηση της συμμετοχής της ηλιακής ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας.

Για όσους αμφιβάλλουν αναφορικά με το κόστος, ο υπολογισμός των επιστημόνων επισημάνεται πως η απόσβεση μπορεί να πραγματοποιηθεί εντός 10 ετών. Η μόνη αρνητική διάσταση του θέματος είναι πως η πολιτεία δεν θέτει εμπόδια στην υλοποίηση αντίστοιχων κατασκευών, μιας και το κανονιστικό πλαίσιο θέτει εκτός νόμου τον Προμηθέα. Για την ακρίβεια, με βάση το Γενικό Οικοδομικό Κανονισμό σε κάθε νέα οικοδομή είναι υποχρεωτική η εγκατάσταση συστήματος για το φυσικό αέριο. Παρά τη συμμετοχή στο έργο του Υπουργείου Ανάπτυξης, οι κατασκευαστές δεν μπόρεσαν να αποφύγουν τη γραφειοκρατία και αναγκάστηκαν να τοποθετήσουν το σύστημα, παρά την αχρηστία του στη συγκεκριμένη περίπτωση. Ένα ακόμη σημείο του νόμου απαγορεύει την ύπαρξη θερμικών ηλιακών συλλεκτών υψηλότερα

από το δώμα του κτιρίου. Αυτό έχει ως συνέπεια να μην επιτρέπεται η εγκατάσταση άλλου είδους ηλιακού συλλέκτη πέρα από τον θερμοσίφωνα.

Θα πρέπει να αλλάξει η αντίληψη που επικρατεί σήμερα για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και επιτέλους ο κόσμος να ενημερώνεται και να σκέφτεται σοβαρά τις επιπτώσεις που έχουν δημιουργηθεί στο περιβάλλον από την αλόγιστη χρήση ενέργειας. Το ποσοστό εισαγομένης ενέργειας στο συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης αυξάνεται συνεχώς και θα συνεχίσει να αυξάνεται αν δεν ληφθούν ορισμένα σοβαρά μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας, για την διαφοροποίηση των διαθέσιμων πηγών ενέργειας και την προώθηση μιας κατά το δυνατόν αυτόνομης και συντονισμένης ενεργειακής πολιτικής σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μαζί με την εξοικονόμηση ενέργειας, μπορούν να συνδράμουν σημαντικά στην επίτευξη της αειφόρου ανάπτυξης, στην παροχή πρόσβασης στην ενέργεια και στην μείωση των βλαβερών αερίων ρύπων, επιτυγχάνοντας παράλληλα την δημιουργία νέων οικονομικών ευκαιριών και την βελτίωση της ασφάλειας της ενεργειακής τροφοδοσίας μέσω συνεργασιών.

---

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. «Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες» Κ.Α.Π.Ε. 2006.
2. «Θέρμανση κτιρίων και κατοικιών με εφαρμογές βιομάζας» Οδηγός Επενδυτών, Κ.Α.Π.Ε. 2002.
3. Ανδρεαδάκη Ε. «Βιοκλιματικός σχεδιασμός, Περιβάλλον και βιωσιμότητα», University Stydio Press 2006.
4. Αργυράκη Μ. «Βιοκλιματικός σχεδιασμός, Ηλιακά Παθητικά συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια» Ιουλ.2008.
5. Ασημακόπουλου Δ. - Αραμπατζή Γ., «Ενεργειακή ανάλυση βιομηχανικών συστημάτων, τόμος Α», τμήμα Χημικών Μηχανικών Ε.Μ.Π. 2006.
6. Βαρβαρέσου Θ.Α. - Τσούτσο Θ.Δ. «Ανάλυση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων των Ενεργητικών Ηλιακών Συστημάτων στο Ελληνικό Ενεργειακό Σύστημα» Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά 2005.
7. Γελεγέλη Ι.Ι. - Αξαόπουλου Π.Ι., «Πηγές ενέργειας, συμβατικές και ανανεώσιμες», Σύγχρονη εκδοτική 2005.
8. Καπλάνη Σ.Ν., «Ήπιες μορφές ενέργειας Ι, Περιβάλλον και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας», Ίων 2003.  
-----, «Ήπιες μορφές ενέργειας ΙΙ, Ηλιακή μηχανή», Ίων 2004.
9. Μπάκα Κ. «Υπολογιστικά πρότυπα Βιοκλιματικών Παθητικών Συστημάτων».
10. Παπαμιχαήλ Ι. «Συστήματα θέρμανσης με καύσιμο Βιομάζα» Τεχνική επισκόπηση Αθήνα, Ιούν. 2008.

11. Πεταλίδου Κ. «*Η Πρόκληση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας σε Ελλαδικό και Πανευρωπαϊκό επίπεδο*» Τ.Ε.Ι. Μακεδονίας, Καστοριά Οκτ.2006.
12. Σαραφιανό Δ. - Σειραγάκη Μ. «*Τεχνικοοικονομική Μελέτη και σύγκριση υβριδικών συστημάτων. Εφαρμογή σε αυτόνομη κατοικία*» Διπλωματική εργασία Α.Π.Θ. Νοε. 2009.
13. Τεχνική οδηγία Τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, «*Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων*» α' έκδοση, Αθήνα Ιαν.2011.
14. Τσιλικιρίδη Γ.Ι. - Καούρη Ι.Γ. «*7ο εθνικό συνέδριο για τις ήπιες μορφές ενέργειας, Πρακτικά*» εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη 2002.
15. Τσίπηρα Κ. & Θ. Στεφ. «*Οικολογική Αρχιτεκτονική*» Κέδρος, Αθήνα 2005.
16. Τσίπηρα Κ. «*Η εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στα κτίρια*».
17. Τσούτσου Θ. - Γκούσκο Ζ. «*Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και οι εφαρμογές τους στον κτιριακό τομέα*» Τεύχος Κτίριο, Άρθρο Αρχιτεκτονική και Ενέργεια.
18. Χρηματοπούλου Μ. «*Προσομοίωση Ηλιακά Υποβοηθούμενης Αντλίας Θερμότητας*» Διπλωματική Εργασία Ε.Μ.Π., Αθήνα 2009.
19. Ψαρρά Ν. «*Υβριδικά Γεωθερμικά Συστήματα*», περιοδικό Ο Ψυκτικός, τεύχος 12, Μάιος-Ιούνιος 2010.

## ΕΦΗΜΕΡΙΔΕΣ

1. Αφιέρωμα «Ενέργεια» Τα ΝΕΑ 12-13 Απρ. 2008.
2. «*Θέρμανση στο μισό κόστος από προιονίδι*» Τα ΝΕΑ, 2 Νοε. 2009.
3. «*Στροφή στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας*» σελ.6, Τα ΝΕΑ 19 Δεκ. 2009.
4. «*Πιο ξεκάθαρο το τοπίο για τις αιτήσεις των φωτοβολταϊκών*» Solar Cells Hellas, σελ.21,  
«*Πράσινη η μία στις 5 κλοβατώρες*» σελ 2,  
«*Παθητικά κτίρια για ενεργητικούς κατοίκους*» σελ.10-11,  
«*20 ερωτοαπαντήσεις για τα φωτοβολταϊκά στις στέγες*» σελ. 12-13,  
«*Ρεκόρ αιτήσεων σε όλη την Ελλάδα*» σελ.14,  
Τα ΝΕΑ 6-7 Νοε. 2010.
5. Αφιέρωμα «*Πράσινο Σπίτι*» σελ.2-10, FreeSunday 13 Δεκ. 2011.

**INTERNET**

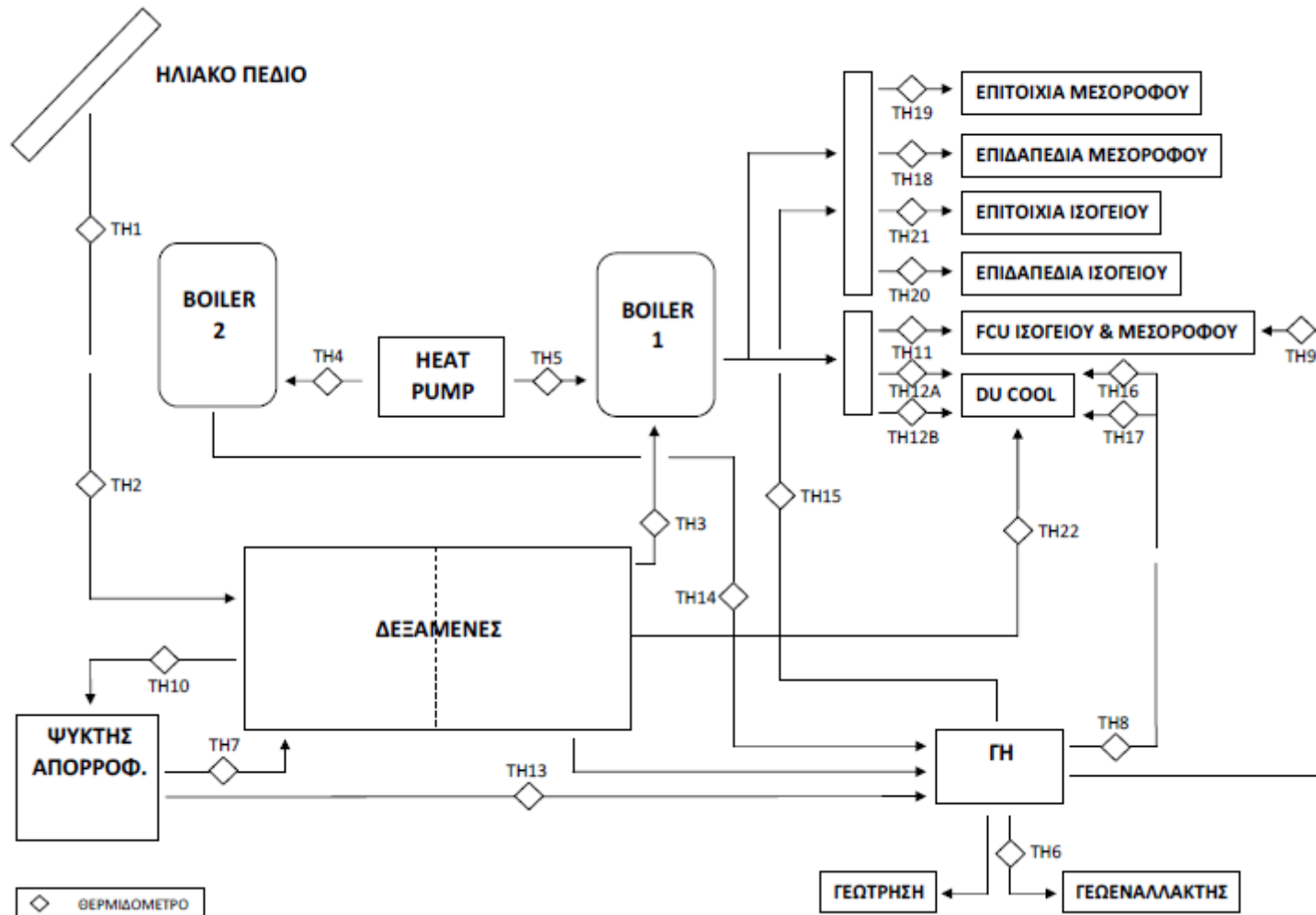
1. «Μικρά Υδροηλεκτρικά Ανάλυση Έργων» RETScreen® International, [www.retsreen.net](http://www.retsreen.net)
2. «Θερμότητα από Βιομάζα, Ανάλυση έργων» RETScreen® International, [www.retsreen.net](http://www.retsreen.net)
3. «Βιομάζα» Greenpeace, [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org).
4. [http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m\\_santamouris.htm](http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm)
5. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, [www.cres.gr](http://www.cres.gr)
6. «Energy Homes» [www.energyhomes.gr](http://www.energyhomes.gr)
7. «Ecoline Ενεργειακή» , [www.ecoline.gr](http://www.ecoline.gr)
8. «Τεχνολογία του μέλλοντος: Τα Υβριδικά θερμο-φωτοβολταϊκά»  
<http://www.ecotec.gr/article.php?ID=250>
9. «Ενέργεια και κτίριο (Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων και οι νέες τεχνικές για τη μείωση της)».  
[http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m\\_santamouris.htm](http://www.buildings.gr/greek/aiforos/exikonomisi/m_santamouris.htm)
10. AVECO O.E.T.E. [www.aveco.gr](http://www.aveco.gr)
11. Ελληνική Επιστημονική Ένωση Αιολικής Ενέργειας, [www.eletaen.gr](http://www.eletaen.gr)
12. Energaia Boudouri, [www.boudouri.gr](http://www.boudouri.gr)
13. Infloor System Ενδοδαπέδια, Θέρμανση-Ψύξη, Εφαρμογές,  
[www.infloorsystem.gr](http://www.infloorsystem.gr)
14. Βικιπαίδεια el.wikipedia.org
15. Teca way to build [www.teca.gr](http://www.teca.gr)

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

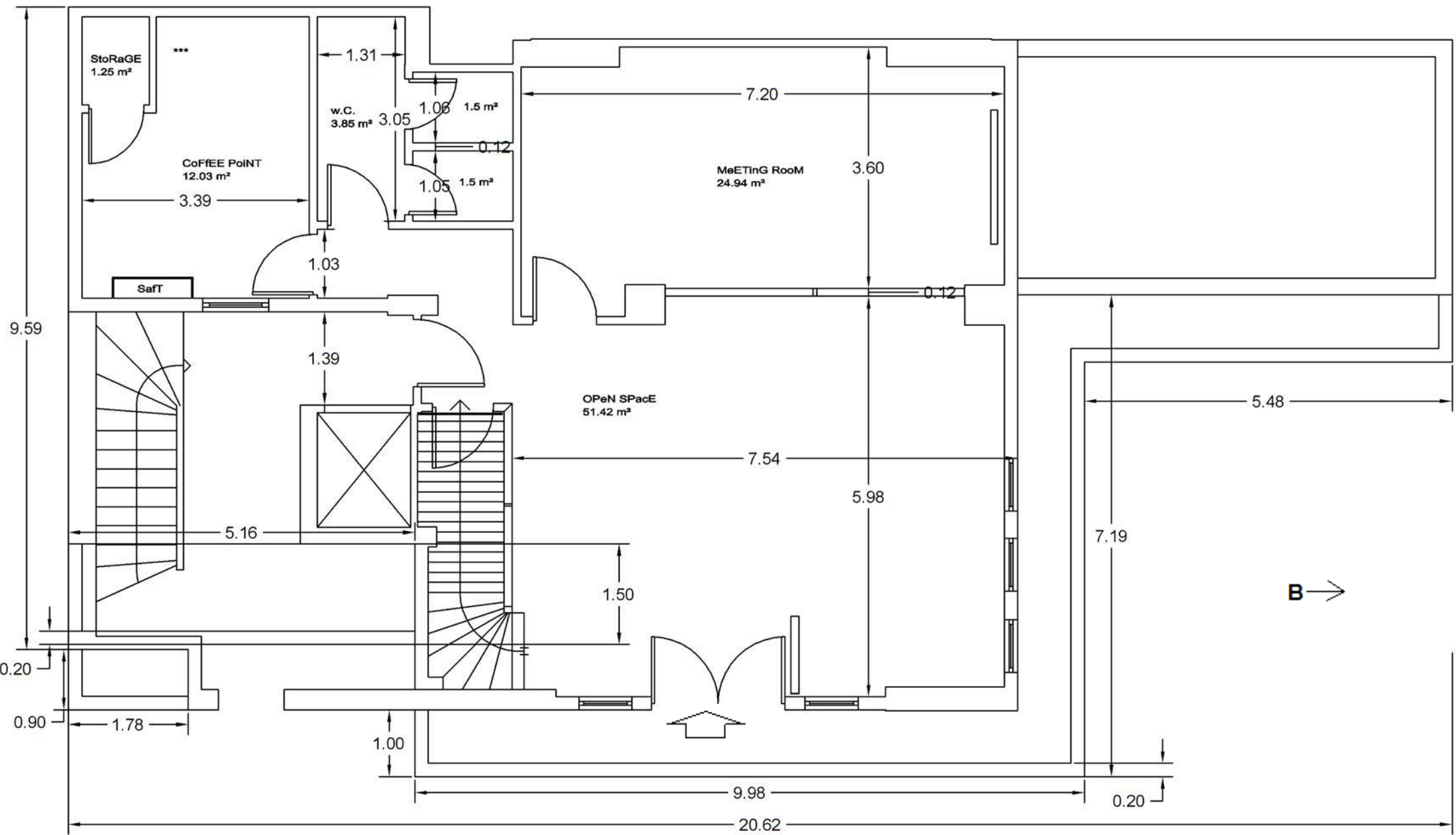
### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ ΠΥΡΦΟΡΟΣ



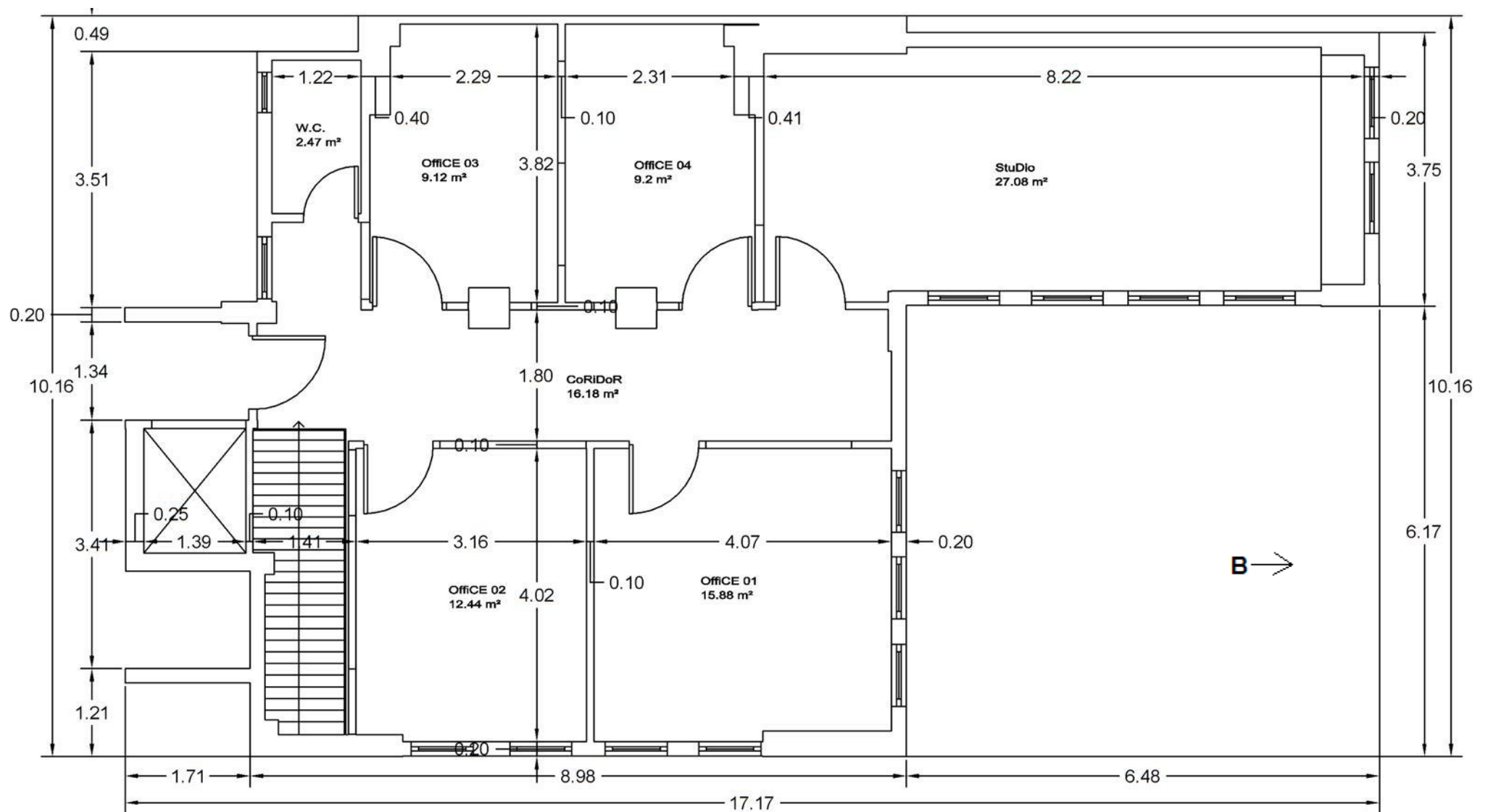
---

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄**

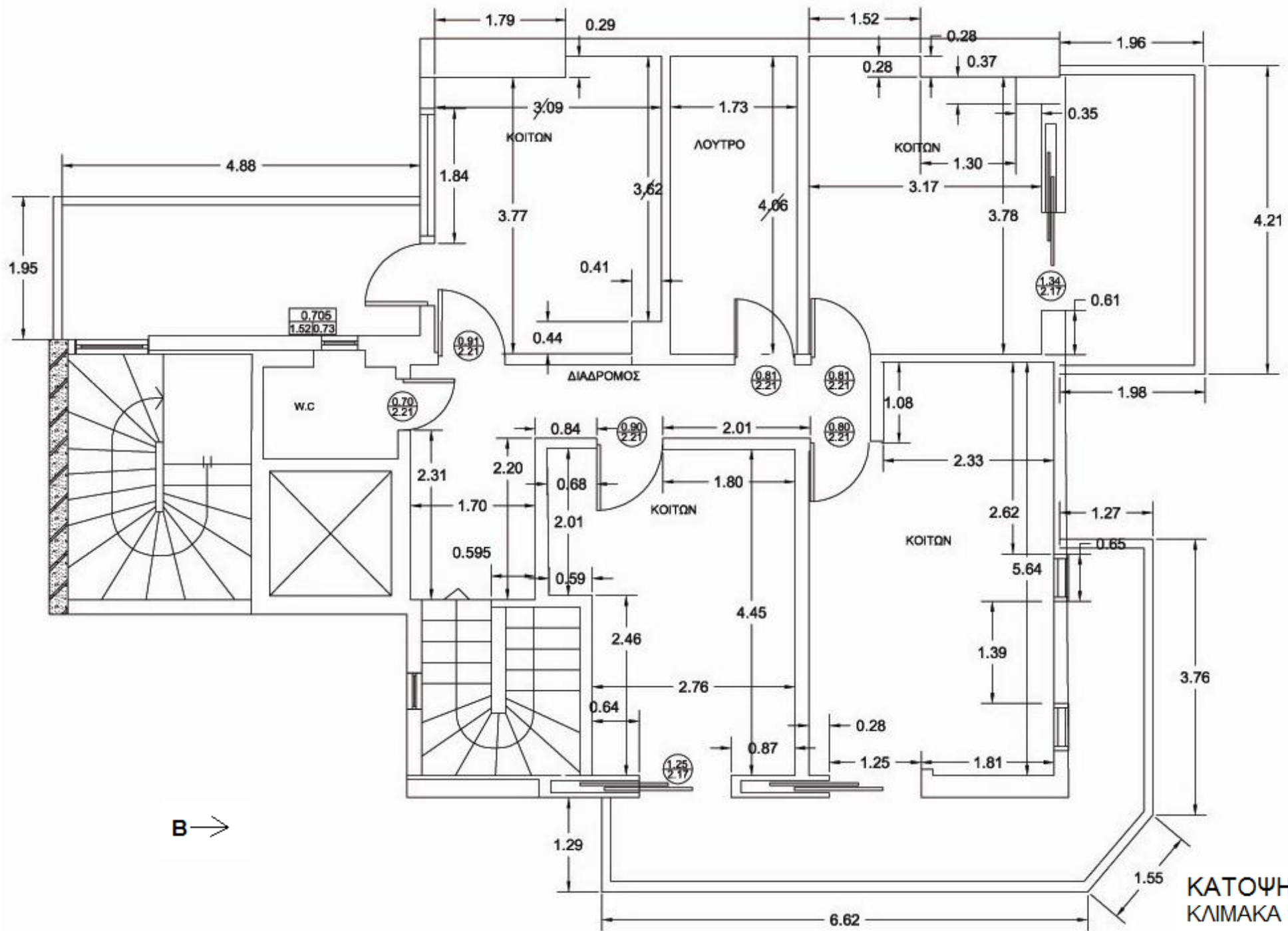
ΚΑΤΟΨΕΙΣ ΚΑΙ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ  
ΚΤΙΡΙΟΥ ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ ΠΥΡΦΟΡΟΣ



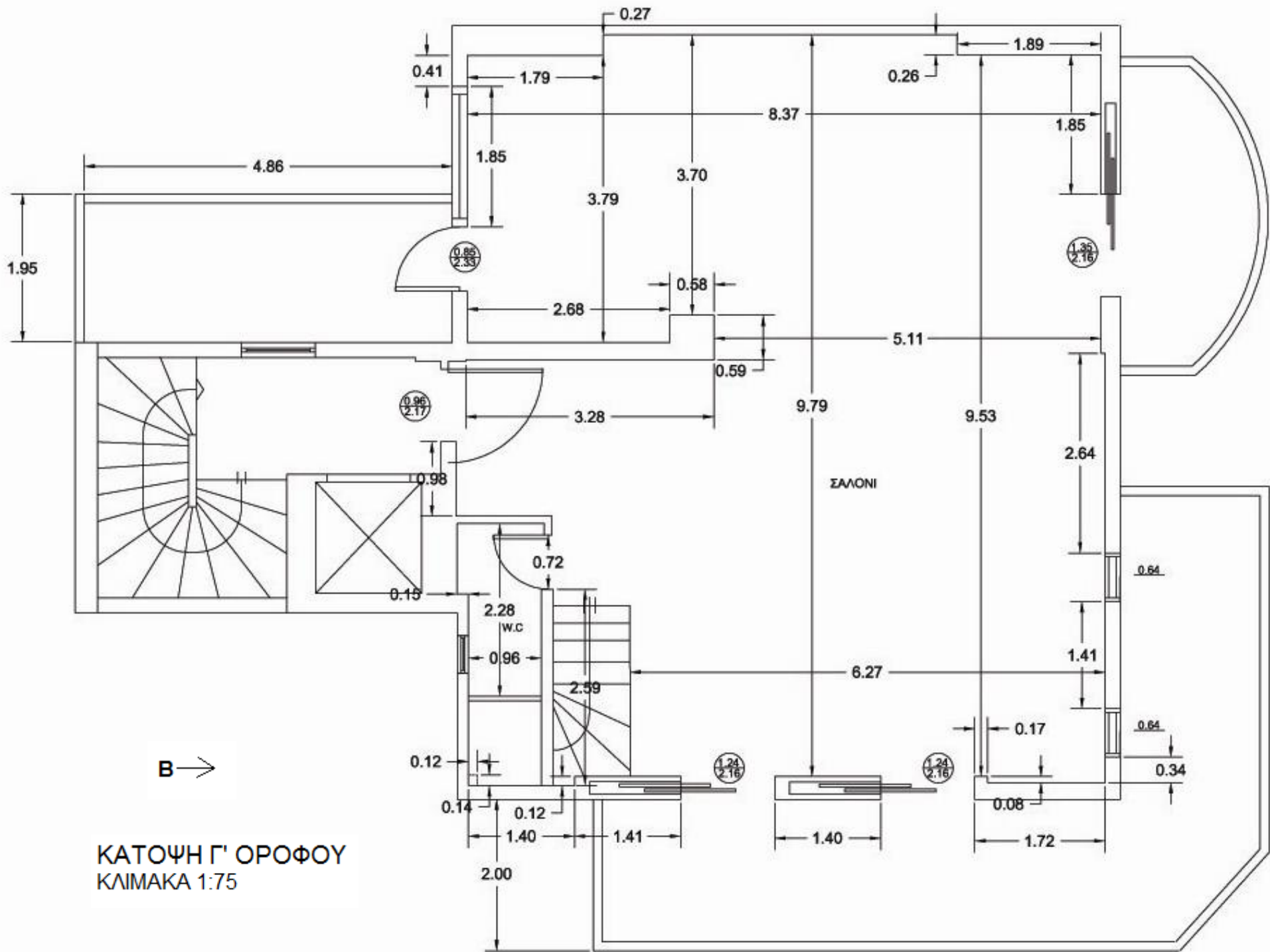
ΚΑΤΟΨΗ ΙΣΟΓΕΙΟΥ  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:75



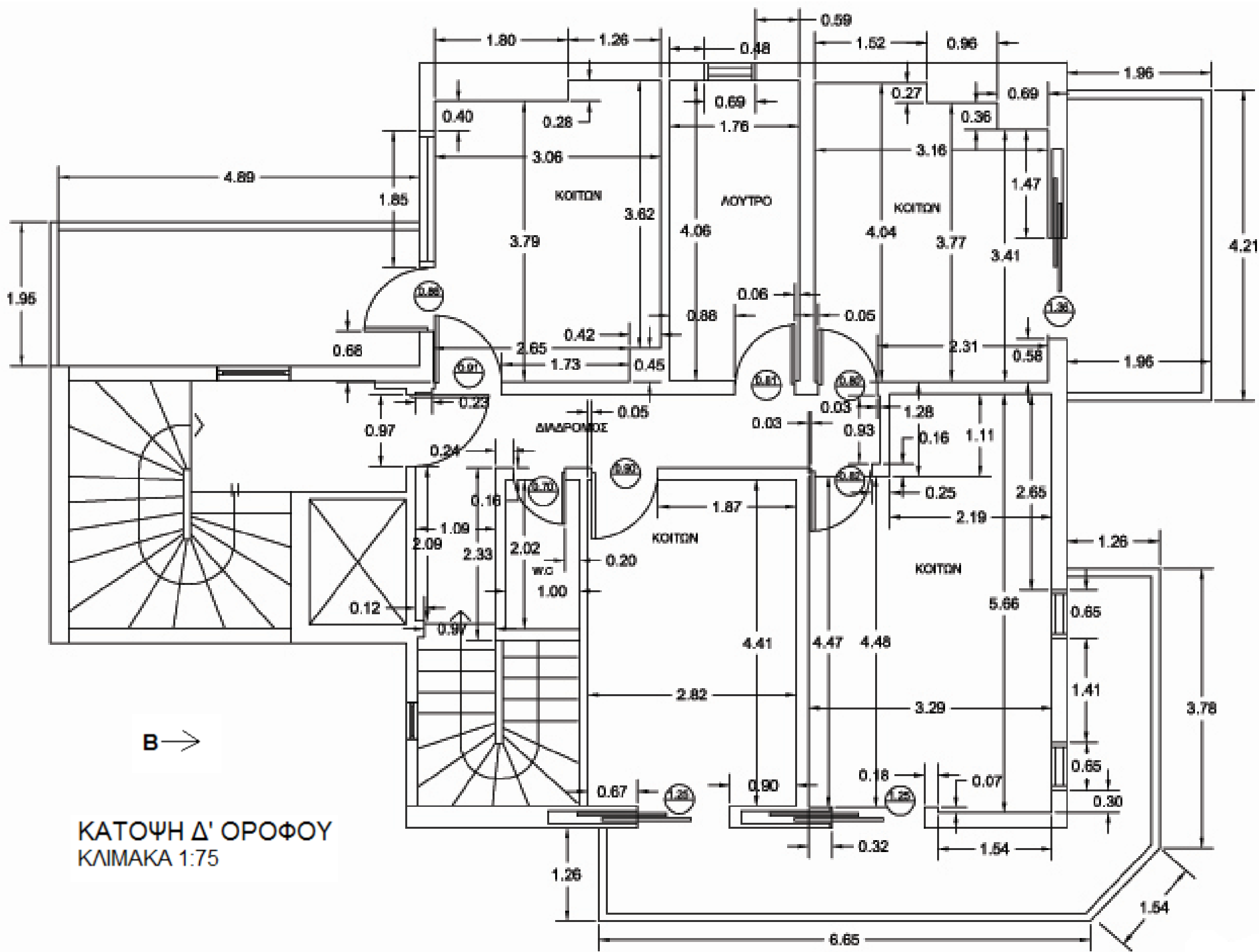




ΚΑΤΩΨΗ Β' ΟΡΟΦΟΥ  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

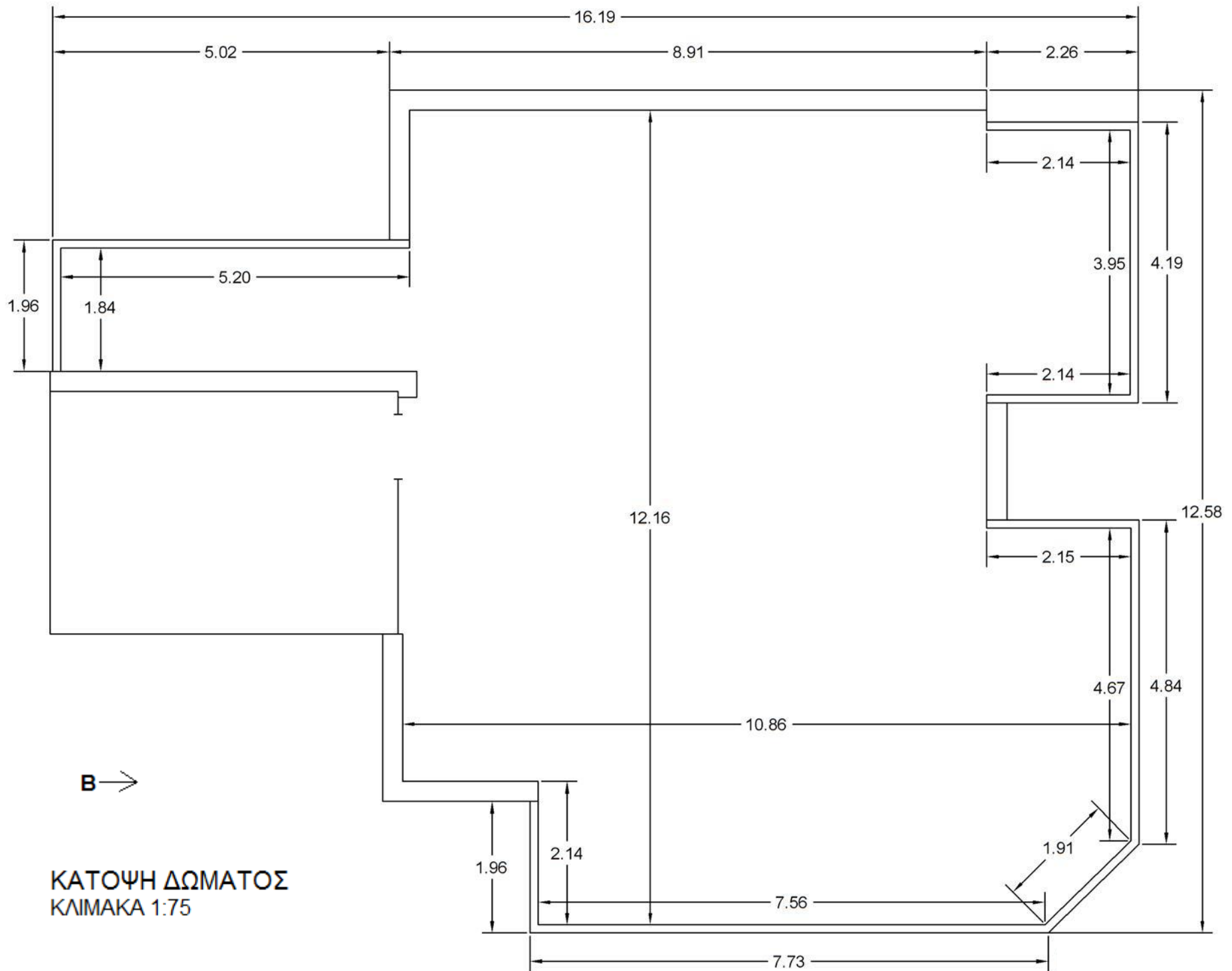


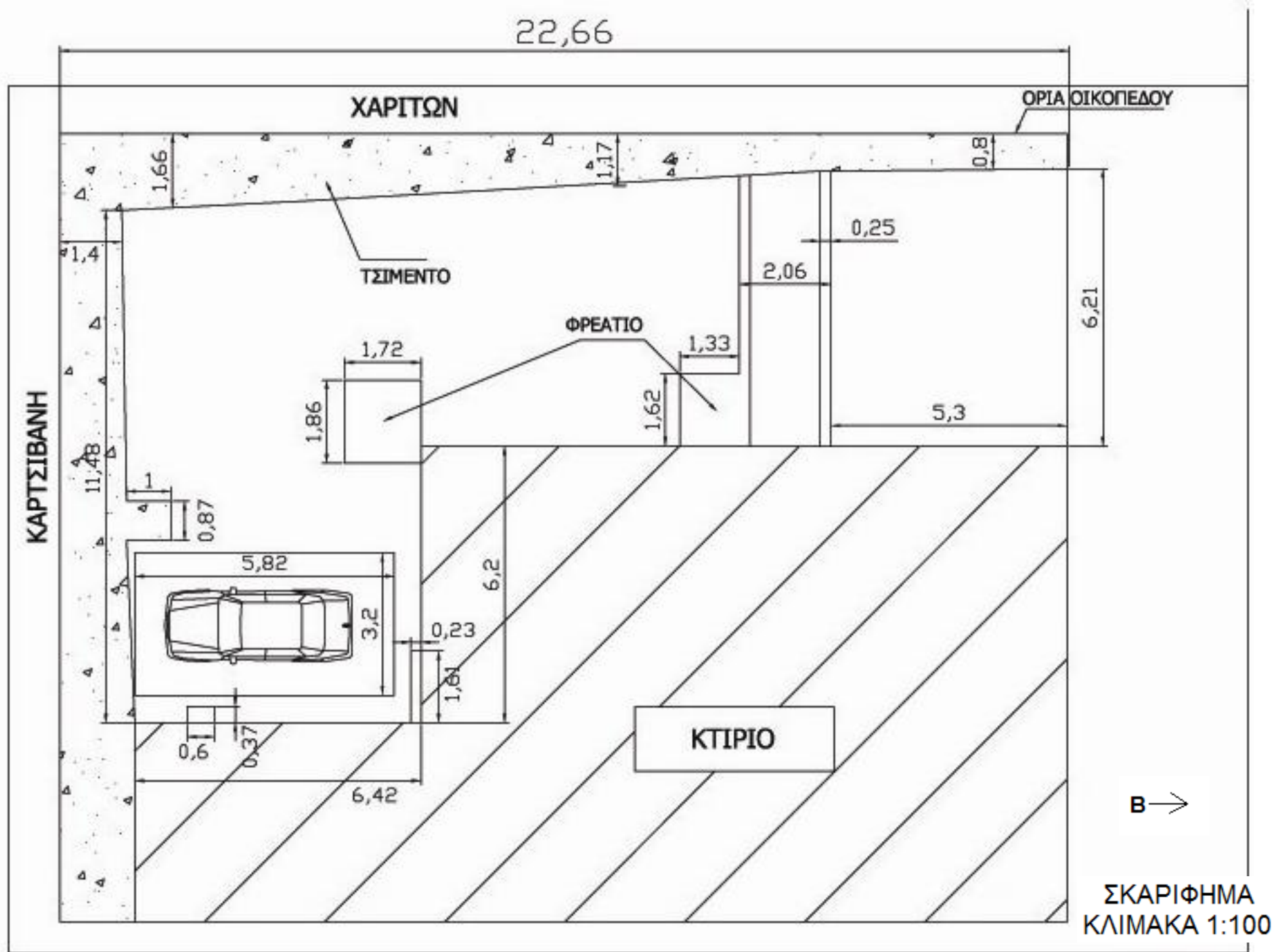
ΚΑΤΩΨΗ Γ' ΟΡΟΦΟΥ  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:75

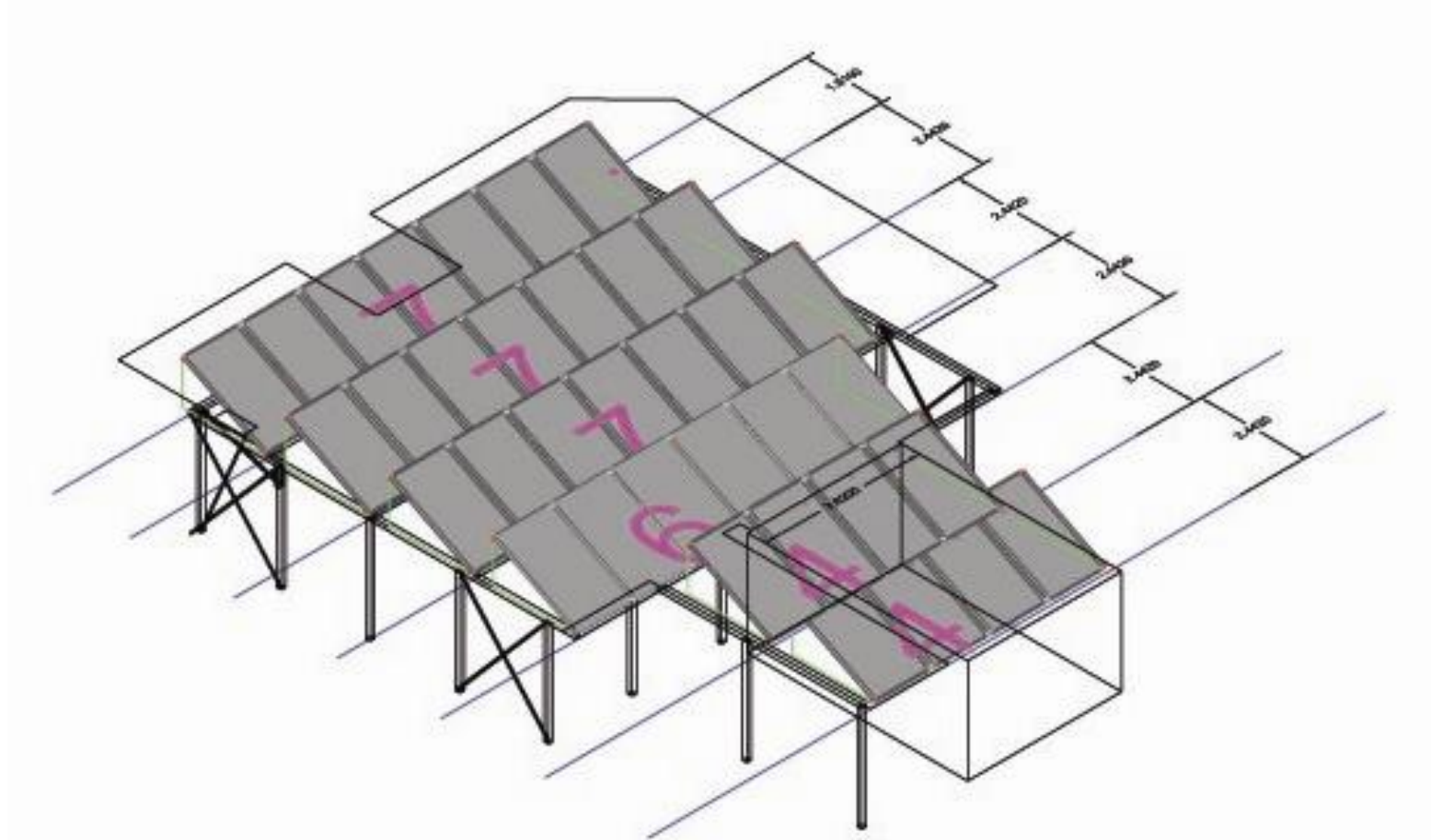


ΚΑΤΟΨΗ Δ' ΟΡΟΦΟΥ  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:75

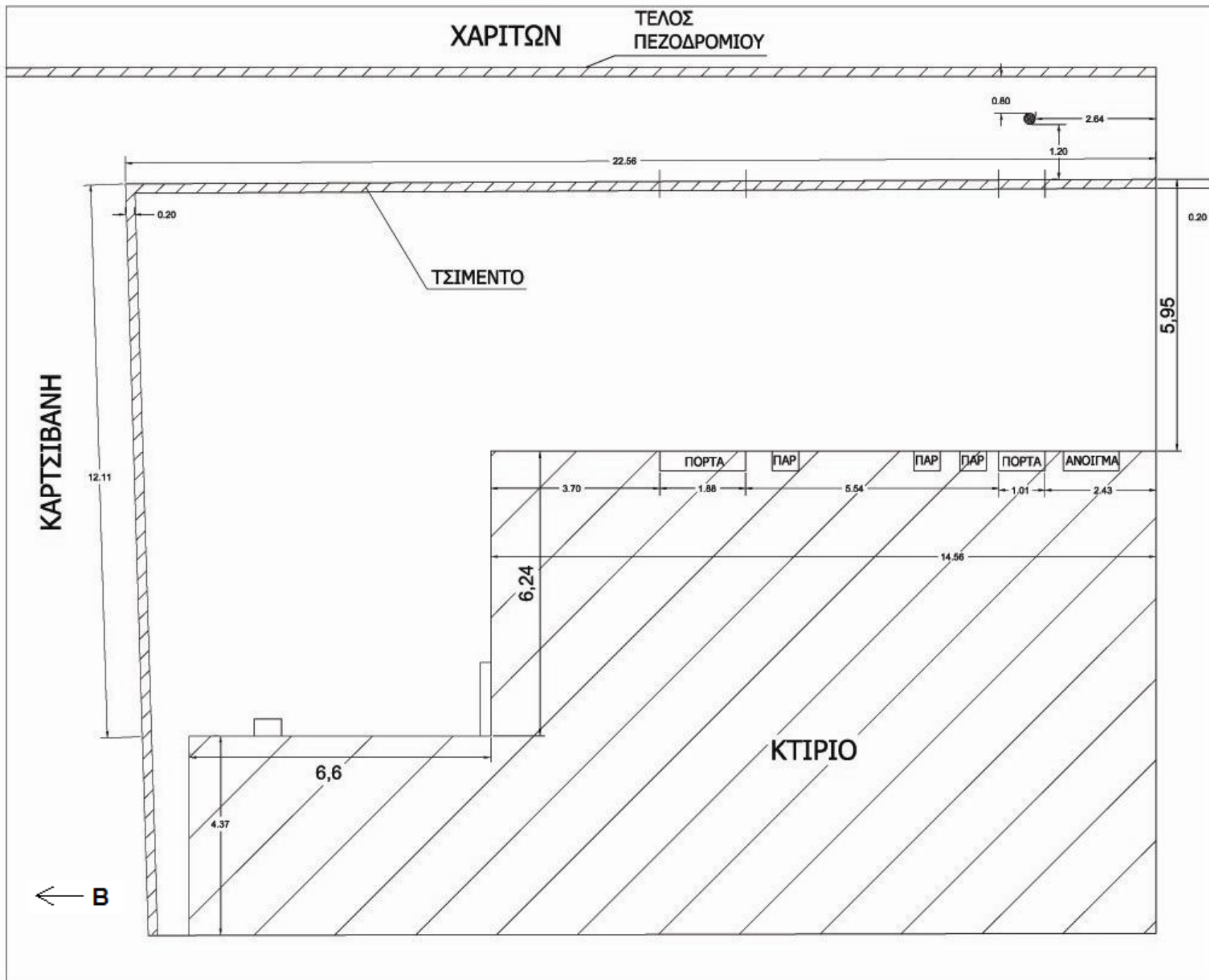








ΠΡΟΟΠΤΙΚΟ  
ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ  
ΣΤΟ ΔΩΜΑ ΤΗΣ ΟΡΟΦΗΣ



ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ  
 ΚΛΙΜΑΚΑ 1:75

## Προοπτικό σχέδιο πρόσοψης



## Συστήματα γεωθερμίας ψύξης-θέρμανσης



## Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών



## Ηλιακοί συλλέκτες στην ταράτσα του κτιρίου





---

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ΄: ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ-ΠΙΝΑΚΩΝ-ΣΧΗΜΑΤΩΝ**

**Εικόνα 1.1** Πρόπτωση τη ηλιακής ακτινοβολίας στη γη (σελ. 8).

«Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες» Κ.Α.Π.Ε. 2006.

**Εικόνα 1.2** Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας στην Ελλάδα (σελ. 12).

Τεχνική οδηγία Τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010, «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων» α΄ έκδοση, Αθήνα Ιαν.2011.

**Εικόνα 1.3** Εγκατάσταση αβαθούς γεωθερμίας (σελ. 24).

Τσούτσου Θ.- Γκούσκος Ζ. «Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και οι εφαρμογές τους στον κτιριακό τομέα» Τεύχος Κτίριο, Άρθρο Αρχιτεκτονική και Ενέργεια.

**Εικόνα 2.1** Ηλιακή εγκατάσταση θέρμανσης ζεστού νερού χρήσης με εξαναγκασμένη κυκλοφορία (σελ. 30).

«Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες» Κ.Α.Π.Ε. 2006.

**Εικόνα 2.2** Τομή συμπαγούς συλλέκτη με ενσωματωμένη δεξαμενή νερού (σελ. 31).

«[www.google.gr](http://www.google.gr)».

**Εικόνα 2.3** Οικιακή εγκατάσταση για ζεστό νερό χρήσης (σελ. 35).

«[www.google.gr](http://www.google.gr)».

**Εικόνα 2.4** Θερμικό ηλιακό σύστημα για θέρμανση νερού πισίνας (σελ. 37).

«Εγχειρίδιο Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Οικιστικά σύνολα» Κ.Α.Π.Ε. Ιουν.1992.

**Εικόνα 2.5** Ηλιακό χωριό (σελ. 38).

«[www.google.gr](http://www.google.gr)».

**Εικόνα 2.6** Κτιριακό συγκρότημα με ηλιακούς συλλέκτες (σελ. 40).

«[www.google.gr](http://www.google.gr)».

**Εικόνα 2.7** Φ/Β στοιχείο Μονοκρυσταλλικού πυριτίου (σελ. 46).

«[www.engaia.gr](http://www.engaia.gr)».

**Εικόνα 2.8** Φ/Β στοιχείο Πολυκρυσταλλικού πυριτίου (σελ. 46).

«[www.engaia.gr](http://www.engaia.gr)».

**Εικόνα 2.9** Φ/Β στοιχείο Άμορφου πυριτίου (σελ. 47).

«[www.engaia.gr](http://www.engaia.gr)».

**Εικόνα 2.10** Φυσική απεικόνιση φωτοβολταϊκού στοιχείου πυριτίου (σελ. 48).

«[www.telematica.gr](http://www.telematica.gr)».

**Εικόνα 2.11** Διασυνδεδεμένο Φ/Β σύστημα (σελ. 51).

«[www.global-energy.eu](http://www.global-energy.eu)».

**Εικόνα 2.12** Αυτόνομο Φ/Β σύστημα (σελ. 52).

«[www.global-energy.eu](http://www.global-energy.eu)».

**Εικόνα 2.13** Κανόνας σκίασης Φ/Β (σελ. 57).

«*Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων*» Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, τμήμα κεντρικής Μακεδονίας, Θεσ/κη 2011.

**Εικόνα 2.14** Διάφοροι τρόποι ενσωμάτωσης Φ/Β σε κτίρια (σελ. 63).

«Πρακτικός τεχνικός οδηγός φωτοβολταϊκών» Σύνδεσμος εταιριών Φ/Β, Ιαν.2011, [www.helapco.gr](http://www.helapco.gr).

**Εικόνα 2.15** Αυτόνομο Φ/Β σύστημα τηλεπικοινωνιών στο όρος Δίρφη στην Εύβοια (σελ. 65).

«*Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες*» Κ.Α.Π.Ε. 2006.

**Εικόνες** Αυτόνομα φωτιστικά συστήματα με Φ/Β (σελ. 66-67).

«[www.solair-systems.com](http://www.solair-systems.com)».

**Εικόνα 2.16** Ανεμογεννήτρια οριζόντιου άξονα (σελ. 71).

«[www.google.gr](http://www.google.gr)».

**Εικόνα 2.17** Ανεμογεννήτρια κάθετου άξονα (σελ. 71).

«[www.google.gr](http://www.google.gr)».

**Εικόνα 2.18** Τομή τυπικής ανεμογεννήτριας οριζόντιου άξονα (σελ. 76).

«[www.google.gr](http://www.google.gr)».

**Εικόνα 2.19** Μικρές ανεμογεννήτριες (σελ. 81).

«[www.google.gr](http://www.google.gr)».

**Εικόνα 2.20** Αιολικό-ηλιακό περίπτερο (σελ. 82).

«[www.buildnet.gr](http://www.buildnet.gr)»

**Εικόνα 2.21** Ενεργειακό δέντρο (σελ. 83).

«[www.kala-nea.gr](http://www.kala-nea.gr)»

**Εικόνα 2.22** Γεωθερμικό σύστημα (σελ. 89).

«[www.sigma-geo.gr](http://www.sigma-geo.gr)».

**Εικόνα 2.23** Τυπικό σύστημα γεωθερμικής αντλίας (σελ. 92).

«[www.mariweb.gr](http://www.mariweb.gr)».

**Εικόνα 2.24** Υβριδικό γεωθερμικό σύστημα (σελ. 97).

Ψαρράς Ν. «*Υβριδικά Γεωθερμικά Συστήματα*», περιοδικό *Ο Ψυκτικός*, τεύχος 12, Μάιος-Ιούνιος 2010.

**Εικόνα 2.25** Τηλεθέρμανση οικισμού (σελ. 102).

«*Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες*» Κ.Α.Π.Ε. 2006.

**Εικόνα 2.26** Στρόβιλος Pelton, Francis και Kaplan (σελ. 120).

«Μικρά Υδροηλεκτρικά» [imarinakiss.webs.com/small\\_hydraulic\\_work.pdf](http://imarinakiss.webs.com/small_hydraulic_work.pdf).

**Εικόνα 2.27** Τυπικό σύστημα μικρού υδροηλεκτρικού (σελ. 121).

«Μικρά Υδροηλεκτρικά Ανάλυση Έργων» RETScreen® International, [www.retsreen.net](http://www.retsreen.net).

**Εικόνα 2.28** Έργα μικρών υδροηλεκτρικών στην Ελλάδα (σελ. 123).

«Το Βήμα» Άρθρο: Ο νόμος για τις Α.Π.Ε. ξεμπλόκαρε τις αδειοδοτήσεις, 5/6/2011 [www.tovima.gr](http://www.tovima.gr).

**Εικόνα 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7** Από το κεφάλαιο 3 (σελ. 126 έως 130).

«Βιοκλιματικός σχεδιασμός, Περιβάλλον και βιωσιμότητα», University Stydio Press 2006.

**Εικόνα 3.8** Ηλιακός τοίχος μάζας (σελ. 132).

Μπάκα Κ. «Υπολογιστικά πρότυπα Βιοκλιματικών Παθητικών Συστημάτων».

**Εικόνα 3.9** Ηλιακός τοίχος Τρομπ (Trombe) (σελ. 133).

«[www.google.gr](http://www.google.gr)».

**Εικόνα 3.10** Ηλιακός χώρος (σελ. 134).

«[www.dimensionsguide.com](http://www.dimensionsguide.com)»

**Εικόνα 3.11** Ηλιακό αίθριο (σελ. 135).

«[www.dimensionsguide.com](http://www.dimensionsguide.com)»

**Εικόνες κεφαλαίου 4** Προσωπικές Φωτογραφίες από τις επισκέψεις στο κτίριο και από το πληροφοριακό έντυπο «Προμηθέας Πυρφόρος» που μου δόθηκε.

**Πίνακας α' και β'** Πρωτογενείς και Δευτερογενείς πηγές ενέργειας (σελ. 2-3)

Γελεγέλη Ι.Ι. - Αξαόπουλου Π.Ι., «Πηγές ενέργειας, συμβατικές και ανανεώσιμες», Σύγχρονη εκδοτική 2005.

**Πίνακας 1** Απώλειες από σκίαση (σελ. 58).

«Πρακτικός τεχνικός οδηγός φωτοβολταϊκών» Σύνδεσμος εταιριών Φ/Β, Ιαν.2011, [www.helarco.gr](http://www.helarco.gr).

**Πίνακας 2** Ενδεικτική απόδοση ανάλογα με τον προσανατολισμό και την κλίση (σελ. 59).

«Πρακτικός τεχνικός οδηγός φωτοβολταϊκών» Σύνδεσμος εταιριών Φ/Β, Ιαν.2011, [www.helarco.gr](http://www.helarco.gr).

**Πίνακας 3** Χαρακτηριστικά ανεμογεννητριών. (σελ. 73).

Γελεγέλη Ι.Ι. - Αξαόπουλου Π.Ι., «Πηγές ενέργειας, συμβατικές και ανανεώσιμες», Σύγχρονη εκδοτική 2005.

**Πίνακας 4** Μετρήσεις αιολικού δυναμικού ΔΕΗ (σελ. 81).

«Εγχειρίδιο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για δυνητικούς χρήστες» Κ.Α.Π.Ε. 2006.

**Πίνακας 5** Εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας ανάλογα με τη θερμοκρασία (σελ. 100).

Γελεγέλη Ι.Ι. - Αξαόπουλου Π.Ι., «Πηγές ενέργειας, συμβατικές και ανανεώσιμες», Σύγχρονη εκδοτική 2005.

**Σχήμα 1** Η πορεία του ήλιου (σελ. 10).

Γελεγέλη Ι.Ι. - Αξαόπουλου Π.Ι., «Πηγές ενέργειας, συμβατικές και ανανεώσιμες», Σύγχρονη εκδοτική 2005.

**Σχήμα 2** Σκαρίφημα μιας γεωθερμικής μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με δυαδικό κύκλο (σελ. 101).

«[www.geothermal-energy.org](http://www.geothermal-energy.org)».

**Σχήμα 3** Ολοκληρωμένη παραγωγή από βιομάζα (σελ. 111).

«[prasinienergeiaoikonomia.blogspot.com](http://prasinienergeiaoikonomia.blogspot.com)» Άρθρο: pellet βιομάζα μια ελληνική πλέον πραγματικότητα, 24/10/10.

**Σχήμα 4** Σύστημα φωτοβολταϊκών κτιρίου Προμηθέας Πυρφόρος (σελ. 166).

«Προμηθέας Πυρφόρος» πληροφοριακό έντυπο.

**Σχήμα 5** Τα ψυκτικά φορτία και συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο για το μήνα Ιούλιο (σελ. 169-170).

«Προμηθέας Πυρφόρος» πληροφοριακό έντυπο.

**Σχήμα 6** Τα φορτία θέρμανσης και το συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο για το μήνα Φεβρουάριο (σελ. 170).

«Προμηθέας Πυρφόρος» πληροφοριακό έντυπο.