

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΕΥΦΥΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΚΤΙΡΙΩΝ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΠΟΔΟΣΗΣ**

Σταυρούλα Βουλγαράκη

Λεμεσός 2011

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΕΥΦΥΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΚΤΙΡΙΩΝ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ
ΑΠΟΔΟΣΗΣ

Σταυρούλα Βουλγαράκη
Επιβλέπουσα καθηγήτρια
[Καθηγήτρια κα Τούλα Ονουφρίου]

Λεμεσός 2011

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Σταυρούλα Βουλγαράκη, 2011

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτρια της εργασίας μου κυρία Τούλα Ονουφρίου, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντας μου αυτή την εργασία, για την καθοδήγησή της καθ' όλη τη διάρκειά της και κυρίως για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα ενδιαφέρον αντικείμενο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική μελέτη, επιδιώκεται ο προσδιορισμός του κατάλληλου σχεδιασμού και του τρόπου διαχείρισης των κτιρίων, με σκοπό την εξοικονόμηση της ενέργειας που καταναλώνουν. Αρχικά, αναλύονται τα βήματα του ευφυούς αυτού σχεδιασμού και στη συνέχεια, μελετώνται αποδοτικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης και διαχείρισης που μπορούν να τα εξοπλίσουν, με ή χωρίς αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής τους απόδοσης. Απώτερος σκοπός μετά τη θεωρητική έρευνα που διεξήχθη, ήταν να προταθεί βέλτιστη λύση για υφιστάμενο κτίριο. Μέσω αυτής της εφαρμογής, διαπιστώνεται ο ρόλος του μελετητή απέναντι στο πολύπλευρο πρόβλημα της βελτιστοποίησης. Συγκεκριμένα, αποδεικνύεται η αξία της επένδυσης σε φωτοβολταϊκά στοιχεία και σε λέβητες με καύσιμο τη βιομάζα. Γενικότερα όμως, αντιμετωπίζεται ελλιπής ανάπτυξη των συστημάτων διαχείρισης κάτι που εμπόδιζε την αξιολόγηση της εν λόγω επένδυσης. Εντούτοις, τονίζεται ότι με την πρόσφατη νομική υπαγόρευση των ενεργειακών μελετών για κτίρια, οι εφαρμογές τέτοιων συστημάτων θα πολλαπλασιαστούν, αποφέροντας σημαντικά και ποικίλα κέρδη.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	v
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ/ΣΧΗΜΑΤΩΝ	ix
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xi
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	xii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xiii
1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ.....	1
1.1 Ανάγκη για βελτιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης.....	1
2. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	3
2.1. Βήματα ευφυούς σχεδιασμού.....	3
2.2. Μέτρα ελαχιστοποίησης των ενεργειακών απαιτήσεων των κτιρίων.....	5
2.3. Μέτρα ελαχιστοποίησης των ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίων παραδοσιακών οικισμών.....	8
2.4. Οικολογικά δομικά υλικά.....	10
2.5. Παραδείγματα βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων.....	11
2.6. Συζήτηση.....	15
3. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	16
3.1. Αξιοποίηση ΑΠΕ στα κτίρια.....	16
3.2. Συζήτηση.....	17
4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ.....	18
4.1. Βασικοί κανόνες.....	18
4.2. Συστήματα θέρμανσης.....	19

4.2.1. Λέβητες συμπύκνωσης (αερίου).....	20
4.2.2. Μικτά συστήματα λεβήτων	22
4.2.3. Λέβητες με καύσιμο ξύλο (βιομάζας).....	23
4.2.4. Ενεργειακό τζάκι.....	25
4.2.5. Συμπαράγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας.....	26
4.2.6. Αντλίες θερμότητας.....	27
4.2.7. Συστήματα ζεστού αέρα.....	28
4.2.8. Συστήματα θέρμανσης με ακτινοβολία.....	29
4.2.9. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού και χώρων.....	30
4.2.10. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης-δροσισμού χώρων προσαρτημένα στο κτιριακό κέλυφος.....	32
4.2.11. Θέρμανση κοινότητας.....	36
4.3. Εφαρμογές συστημάτων θέρμανσης.....	36
4.4. Συζήτηση.....	38
5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΨΥΞΗ.....	39
5.1. Κύριες στρατηγικές.....	39
5.2. Συστήματα ψύξης.....	40
5.2.1. Παθητικά συστήματα ψύξης.....	40
5.2.2. Ψύξη από ανανεώσιμες πηγές.....	43
5.2.3. Επιλογές συστημάτων φυσικής ψύξης προς συνδυαστική χρήση με μηχανικό εξοπλισμό.....	46
5.2.4. Βοηθήματα αποδοτικής ψύξης.....	53
5.3. Εφαρμογές συστημάτων ψύξης.....	56
5.4. Συζήτηση.....	61
6. ΕΥΦΥΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	62
6.1. Αρχές διαχείρισης σχεδιασμού και συστημάτων.....	62
6.2. Συστήματα διαχείρισης	65

6.3. Παράδειγμα εφαρμογής.....	74
6.4. Συζήτηση.....	83
7. ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	84
7.1. Συζήτηση Αποτελεσμάτων.....	84
7.2. Συμπεράσματα.....	85
7.3. Μελλοντικές επεκτάσεις.....	87
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ.....	88
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	91
9.1. ΠΙΝΑΚΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ.....	91
9.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ – ΜΕΘΟΔΟΣ «ΥΑΖΑΚΙ» ΓΙΑ ΟΙΚΙΑΚΟ ΘΕΡΜΟ ΝΕΡΟ – ΜΕΘΟΔΟΣ 5000 ΓΙΑ ΘΕΡΜΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	95
9.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΠΕ.....	107
9.3.α. Ορισμοί.....	107
9.3.β. Μέθοδος αξιολόγησης D.C.F	108
9.4. ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΓΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	110
9.4.α. Σημερινή νομοθεσία για ενεργειακά κτίρια.....	110
9.4.β. Μεθοδολογία Υπολογισμών – Ενδεικτικό Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης.....	119

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: συστήματα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα -έρευνα ΚΑΠΕ. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας.....	13
Πίνακας 2: Ενεργειακά κέρδη συστημάτων (kWh/m) ²	14
Πίνακας 3: Κόστος συστήματος ανάλογα με το καύσιμο, Αυστρία, καλοκαίρι 2001.....	24
Πίνακας 4 : Θερμογόνος δύναμη των Ελληνικών καυσόξυλων.....	37
Πίνακας 5: Υλικά κατασκευής.....	58
Πίνακας 6: Έξυπνα συστήματα και τεχνολογίες για κτίρια.....	66

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ/ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Εικόνα 1: Βήματα Βιοκλιματικού Σχεδιασμού κτιρίων.....	3
Εικόνα 2: Βιοκλιματικές εφαρμογές στην Ελλάδα / Τύποι κτιρίων.....	12
Εικόνα 3: Άμεσα κέρδη – Έμμεσα κέρδη.....	13
Εικόνα 4: Διατομή τυπικού λέβητα.....	20
Εικόνα 5: Λειτουργία λεβήτων συμπύκνωσης.....	20
Εικόνα 6: Συστήματα αντιστάθμισης καιρού με βαλβίδα τριών στάσεων.....	21
Εικόνα 7: ΣΗΘ.....	27
Εικόνα 8: ΣΗΘ.....	27
Εικόνα 9: Τύποι θερμοσιφώνων.....	30
Εικόνα 10: Σύστημα παραγωγής θερμού νερού.....	30
Εικόνα 11: Σύστημα ηλιακής θέρμανσης για οικιακό θερμό νερό.....	31
Εικόνα 12: Σύστημα παραγωγής θερμού νερού μεγάλης κλίμακας.....	32
Εικόνα 13: Λειτουργία του τοίχου Trombe.....	33
Εικόνα 14: Λειτουργία Θερμικού Τοίχου μέρα και νύχτα.....	34
Εικόνα 15: Λειτουργία θερμικού τοίχου το καλοκαίρι.....	35
Εικόνα 16: Θερμοκήπιο.....	35
Εικόνα 17: Θέρμανση Κοινότητας.....	36
Εικόνα 18: Εμπόδια για εφαρμογές.....	38
Εικόνα 19: Τρόποι ενίσχυσης των εφαρμογών.....	38
Εικόνα 20: Αρχική σύγκριση συστημάτων.....	40
Εικόνα 21: Στρατηγική της νυχτερινής ψύξης.....	42
Εικόνα 22: Σύστημα κλιματισμού από ηλιακή ενέργεια.....	43
Εικόνα 23: Ψύξη αέρα μέσω του υπεδάφους.....	44
Εικόνα 24: Σύστημα ψύξης νερού μέσω του υπεδάφους.....	45

Εικόνα 25: Επιφανειακά συστήματα ψύξης νερού.....	46
Εικόνα 26: Καθοδήγηση καθαρού αέρα για φυσική ψύξη.....	47
Εικόνα 27: Υγραντήρας εξάτμισης για φυσική ψύξη.....	48
Εικόνα 28: Λύση αποξηραντικού συστήματος.....	50
Εικόνα 29: Φυσική ψύξη με πύργους ψύξης.....	51
Εικόνα 30: Χρήση κρύου καθαρού αέρα για προ – ψύξη του νερού το χειμώνα.....	52
Εικόνα 31: Πλάκες που ψύχονται με νερό.....	54
Εικόνα 32: Δοκοί και οροφές διατήρησης απλής ψύξης.....	55
Εικόνα 33: Συστήματα εκτόπισης αερισμού ψυχρού αέρα.....	56
Εικόνα 34: Γενικό Νοσοκομείο Σητείας.....	58
Εικόνα 35: Μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια στην περιοχή μελέτης (Σητεία, Κρήτη).....	59
Εικόνα 36: Προσομοίωση του κτιρίου από το SimCad.....	59
Εικόνα 37: Ψυκτικά και φορτία θέρμανσης σε ωριαία βάση.....	59
Εικόνα 38: Λειτουργία ελεγκτή εκκίνησης.....	68
Εικόνα 39: Αντιστάθμιση καιρού.....	70
Εικόνα 40: Δυνατότητες θέρμανσης για αντικατάσταση του πετρελαίου.....	76
Εικόνα 41: Δυνατότητες Κλιματισμού το καλοκαίρι.....	78
Εικόνα 42: Επιλογές Διαχείρισης συστημάτων κτιρίου.....	79
Εικόνα 43: Σύγκριση κόστους συμβατικής εγκατάστασης και κόστους εγκατάστασης με σύστημα αυτοματισμού.....	83

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΑΠΕ:	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΣΗΘ:	Συμπαραγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας
ΤΠΠ:	Τόνος Ισοδύναμου Πετρελαίου
IB:	Intelligent Building
BAS:	Building Automation Systems
HVAC:	Heating, Ventilating and Air Conditioning

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Dessicant	Αποξηραντικό
fuzzy	Ασαφής

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για τη διεκπεραίωση μιας ολοκληρωμένης διπλωματικής μελέτης, με θέμα τον Ευφυή Σχεδιασμό και τη Διαχείριση των Κτιρίων για τη Βελτιστοποίηση της Ενεργειακής τους Απόδοσης, θεωρήθηκε σκόπιμο εξ αρχής, να οριστούν οι κύριες θεματικές ενότητες προς ανάλυση.

Η πρώτη όπως τονίζεται και στο τίτλο του θέματος, έχει να κάνει με τον ευφυή ή αλλιώς Βιοκλιματικό σχεδιασμό των κτιρίων που μπορεί να αποφέρει σημαντικά ενεργειακά κέρδη. Γνωρίζοντας ότι η θέρμανση ενός κτιρίου μπορεί να οφείλεται μέχρι και για το 70% της συνολικής ενεργειακής του κατανάλωσης, η επόμενη ενότητα αφορά στα αποδοτικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης που μπορούν να εφαρμοστούν στα κτίρια. Τρίτη και τελευταία ενότητα, επιλέχθηκε να είναι αυτή του δεύτερου μισού του τίτλου του θέματος που δεν είναι άλλη, από τα συστήματα διαχείρισης του κτιρίου που θα αποτρέπουν την άσκοπη κατανάλωση.

Σε αυτά τα πλαίσια, προσδιορίζονται άμεσα και οι στόχοι της διπλωματικής που προφανώς περιλαμβάνουν την κατανόηση της απαιτούμενης διαδικασίας, για τη δημιουργία ενός ενεργειακά αποδοτικού κτιρίου, τόσο από πλευράς σχεδιασμού, όσο και από πλευράς συστημάτων. Μετά την έρευνα στα διαθέσιμα συστήματα, επιδιώκεται μέσω της διαδικασίας της βελτιστοποίησης να προταθεί μια ενεργειακά αποδοτική λύση, για υφιστάμενο κτίριο με γνωστή ενεργειακή κατανάλωση.

Πιο συγκεκριμένα, αρχικά αναλύονται σχεδιαστικά μέτρα ελαχιστοποίησης των ενεργειακών απαιτήσεων νέων και υφιστάμενων κτιρίων ή οικισμών και δίνονται και ορισμένα οικολογικά δομικά υλικά που ενδείκνυνται προς χρήση. Η ανάλυση συνεχίζεται με παράθεση των τρόπων αξιοποίησης των ΑΠΕ για τις υπηρεσίες ενός κτιρίου.

Αφού τονιστούν κάποιοι κανόνες που πρέπει να τηρούνται για την ενεργειακά αποδοτική θέρμανση, έπειτα αναλύονται τα αντίστοιχα συστήματα θέρμανσης. Συγκεκριμένα, περιγράφονται οι λέβητες συμπίκνωσης αερίου, τα μικτά συστήματα λεβήτων, οι λέβητες με καύσιμο ξύλο, το ενεργειακό τζάκι, η ΣΗΘ, οι αντλίες θερμότητας, τα συστήματα ζεστού αέρα, τα συστήματα με ακτινοβολία, η πρακτική της θέρμανσης κοινότητας και τα ενεργητικά και παθητικά συστήματα

θέρμανσης/δροσισμού νερού και χώρων. Τέλος, ερευνάται κατά πόσο αυτά εφαρμόζονται.

Ανάλογα, αφού υπογραμμιστούν κάποιες αρχές για την ενεργειακά αποδοτική ψύξη, περιγράφονται τρεις βασικές κατηγορίες ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων ψύξης: τα παθητικά συστήματα, η ψύξη από ΑΠΕ και οι πρακτικές φυσικής ψύξης σε συνδυασμό με μηχανικό εξοπλισμό. Τέλος, παρατίθεται μια ενδεικτική εφαρμογή ηλιακού απορροφητικού συστήματος ψύξης.

Σχετικά με τη διαχείριση των κτιρίων ωστόσο, αφού καταγραφούν οι βασικές αρχές που την διέπουν, δίνεται ένα ενδεικτικό σύστημα με τα περιεχόμενά του. Στη συνέχεια, περιγράφονται ελεγκτές για βέλτιστο έλεγχο εκκίνησης/τερματισμού των συστημάτων, έλεγχοι για λέβητες σε ακολουθία, ελεγκτές αντιστάθμισης καιρικών συνθηκών, έλεγχοι κατά ζώνες, ελεγκτές ταχύτητας διανομής των αντλιών ενός συστήματος, ελεγκτές για βέλτιστο φυσικό αερισμό και για τον προσδιορισμό της εξοικονόμησης σε ενέργεια. Τέλος, σε κτίριο γνωστής ενεργειακής κατανάλωσης (μέσω λογαριασμών ρεύματος κ.λπ.) γίνεται μια προσπάθεια μετατροπής του σε ενεργειακά αποδοτικό, μέσω μιας διαδικασίας βελτιστοποίησης μικρής κλίμακας, μεταξύ των συστημάτων που προαναφέρθηκαν.

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής, δεν αντικρούστηκαν με τη θεωρία, ωστόσο διαλεύκαναν πως λειτουργεί μια επένδυση σε φωτοβολταϊκά στοιχεία και ξεχώρισαν το καύσιμο της βιομάζας για τους σκοπούς της ενεργειακής απόδοσης. Επίσης, διαπιστώθηκε η δυσκολία κοστολόγησης του προτεινόμενου συστήματος διαχείρισης τόσο λόγω της μειωμένης ανάπτυξης τέτοιων συστημάτων όσο και λόγω απόστασης με το κτίριο. Το μεγαλύτερο αν μη τι άλλο, μάθημα από την εφαρμογή, ήταν η κατανόηση του ρόλου του μελετητή – μηχανικού στα προβλήματα βελτιστοποίησης.

Κλείνοντας, γίνονται εκτιμήσεις και συμπεράσματα που προκύπτουν από αμφότερες την εφαρμογή και τη βιβλιογραφία.

1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

1.1. Ανάγκη για βελτιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση τα κτίρια ευθύνονται για το 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης και ο κατασκευαστικός τομέας στο σύνολό του, είναι υπεύθυνος για το 40% των συνολικά παραγόμενων αποβλήτων. Συγχρόνως, ο τομέας αυτός, αποτελεί τον μεγαλύτερο βιομηχανικό κλάδο, συμβάλλοντας σε ποσοστό 10 - 25%, ανάλογα με τη χώρα, στο ΑΕΠ (CIB Report Publication 237, 1999). Προβλέπεται ακόμα, ότι στα επόμενα 15 χρόνια, η συνολική ζήτηση ενέργειας θα αυξηθεί σημαντικά.

Τα ποσοστά αυτά τονίζουν την ανάγκη για την οριστικοποίηση ενός ευφυούς σχεδιασμού και μίας διαχείρισης των κτιρίων που θα αποφέρει, βελτιστοποίηση της ενεργειακής τους απόδοσης. Υπογραμμίζεται ωστόσο, ότι η αποκλειστική κατασκευή «ευφών κτιρίων» από εδώ και στο εξής ή η μετασκευή των παλαιότερων σε πιο αποδοτικά, σαν μέτρο από μόνο του, δεν πρόκειται να λύσει τα παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα. Οι επιμέρους όμως ενέργειες του ανθρώπου όπως και αυτή, θα αποτελέσουν σημαντικό βήμα στον διεθνή αγώνα για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (Chiang M. *et al.*, 2009).

Επιπλέον, δεν είναι λίγες σήμερα οι περιπτώσεις που πάσχουν από το σύνδρομο των άρρωστων κτιρίων (Sick Building Syndrome, SBS). Ο χαμηλής ποιότητας αέρας εσωτερικού περιβάλλοντος λόγω βλαβερών υλικών ή εξαιτίας των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, μπορεί αποδεδειγμένα να προκαλέσει παθολογικές καταστάσεις στους ενοίκους. Τόσο από οικολογικής πλευράς δηλαδή, όσο και από πλευράς ανθρώπινης υγείας, διαπιστώνεται η άμεση αναγκαιότητα για εγκαθίδρυση νέας, βιώσιμης, κατασκευαστικής τεχνολογίας που δεν θα επηρεάζεται από σκοπούς παραγωγής και κέρδους (Environmental Protection Agency, 1991).

Παράλληλα, δεδομένης της σημερινής οικονομικής κρίσης, η προσοχή των καταναλωτών είναι επικεντρωμένη στους υψηλούς λογαριασμούς ενέργειας. Είναι δηλαδή, κατάλληλη η στιγμή για την «πώληση» της ενεργειακής πολιτικής. Να σημειωθεί ότι δε γίνεται λόγος για κατεδαφίσεις των υφιστάμενων κτιρίων γιατί κάτι τέτοιο θα μάστιζε τις πολλά υποσχόμενες προδιαγραφές της ενεργειακής απόδοσης,

οδηγώντας παράλληλα σε μια πολιτική καταστροφή. Αυτό που χρειάζεται στις πλείστες περιπτώσεις είναι μία ολοκληρωμένη μετασκευή που σαφώς είναι οικονομικά και περιβαλλοντικά φθηνότερη (Herring H., 2009).

Με την Agenda 21 που συντάχθηκε από το παγκόσμιο τριετές συνέδριο που διεξήχθη στη Σουηδία (1995-1998) με θέμα τις κατασκευές και το περιβάλλον, οριστικοποιήθηκε, κοινό διεθνές πλαίσιο γύρω από τη Βιωσιμότητα των κατασκευών. Καταγράφηκαν δηλαδή, οι παράγοντες που πρέπει να εξετάζονται για τα κτίρια, στο πλαίσιο της αξιολόγησης της βιωσιμότητάς τους (Green Building Challenge Framework, GBC Framework). Αυτοί είναι:

- η χρήση ενέργειας
- τα υλικά
- το νερό
- η γη
- οι επενδύσεις κεφαλαίων
- η λειτουργικότητα ή το επίπεδο εξυπηρέτησης
- η καταλληλότητα σε σχέση με το στόχο της κατασκευής (π.χ. μέγεθος)
- η ποιότητα του περιβάλλοντος των εσωτερικών χώρων
- η ποιότητα αέρα και ο αερισμός
- ο τεχνικός και ο φυσικός φωτισμός
- ο θόρυβος και η ακουστική
- τα συστήματα ελέγχου
- οι επιπτώσεις και τα φορτία στην τοπική και ευρύτερη ζώνη του κτιρίου
- οι επιπτώσεις του κτιρίου στην τοπική κοινωνία
- η ρύπανση του αέρα στην ευρύτερη περιφέρεια του κτιρίου
- η μείωση του όζοντος
- τα αέρια θερμοκηπίου
- ο σχεδιασμός της κατασκευαστικής διαδικασίας
- η διαχείριση των λειτουργιών του κτιρίου και
- η συντήρηση του κτιρίου (CIB Report Publication 237, 1999).

Στα επόμενα κεφάλαια, μελετάται η διαδικασία που πρέπει να ακολουθείται για τη δημιουργία ευφών και ενεργειακά αποδοτικών κτιρίων.

2. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

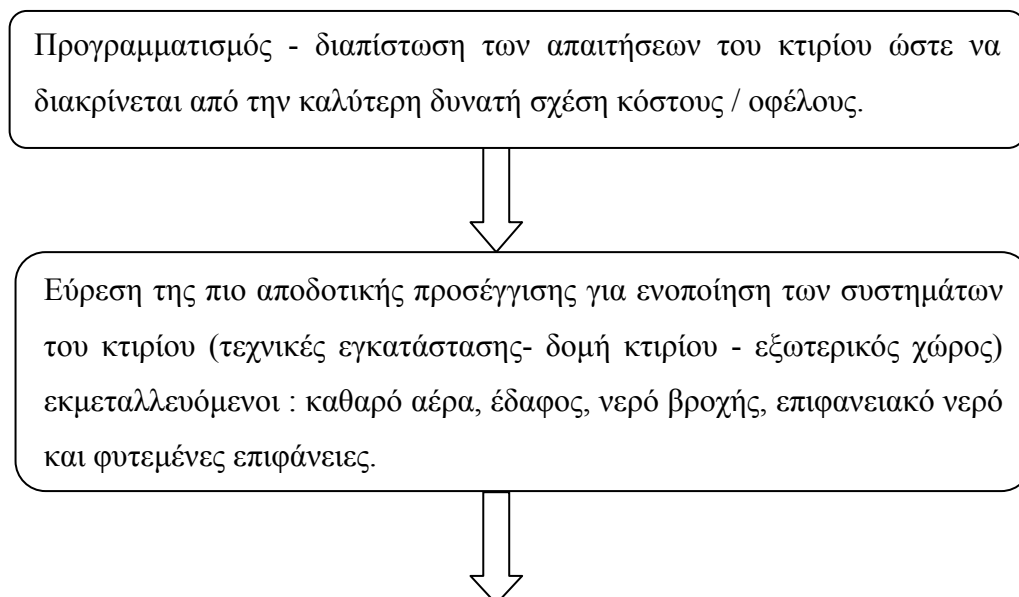
Για την κατάληξη στη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, ενδείκνυται η έναρξη από την αρχιτεκτονική τους μελέτη σε πλαίσια βιοκλιματικά. Πιο κάτω αναλύονται τα βήματα και τα μέτρα που περιλαμβάνει ένας τέτοιος σχεδιασμός, σε νέα και υφιστάμενα κτίρια, καθώς και ορισμένα δομικά υλικά αλλά και κάποιες εφαρμογές του.

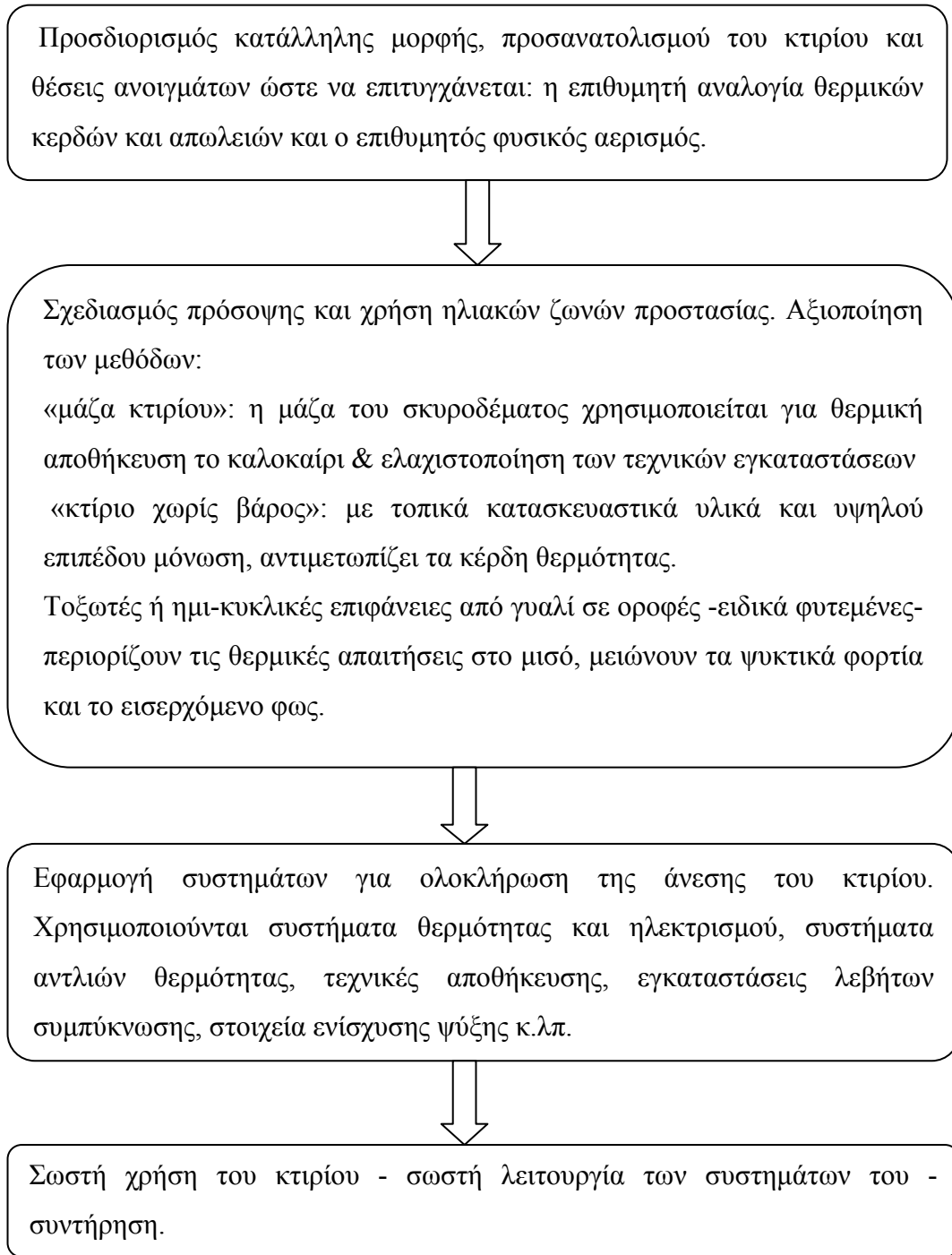
2.1. Βήματα ευφυούς σχεδιασμού

Αναπόσπαστο κομμάτι μιας ανάλυσης, είναι η εξαρχής κατανόηση των εννοιών που πραγματεύεται. Με τον όρο Βιοκλιματικό Σχεδιασμό εννοούμε τον τρόπο σχεδιασμού κτιρίων και οικιστικών συνόλων, σε αρμονία με τις κλιματολογικές, πολιτισμικές κ.λπ. συνθήκες μιας περιοχής, με έμφαση στις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης, του σεβασμού του φυσικού περιβάλλοντος, της αναβάθμισης των συνθηκών διαβίωσης σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους, της ελαχιστοποίησης των ενεργειακών απαιτήσεων των κτιρίων, της αξιοποίησης των ΑΠΕ, με την υιοθέτηση φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών και υλικών, μέσα σε ρεαλιστικά οικονομικά πλαίσια.

Η ενσωμάτωση βιοκλιματικών και άλλων σύγχρονων τεχνολογιών, φιλικών προς το περιβάλλον, αποτελεί αυτονόητα, όπως ήδη τονίστηκε, επιλογή πρώτης προτεραιότητας στα υπό ανέγερση αλλά και στα υπάρχοντα κτίρια και οικιστικά σύνολα (Κοντορούπης Γ., 2005).

Τα βήματα που ακολουθούνται στο βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίων, συνοψίστηκαν στην Εικόνα 1:





Εικόνα 1: Βήματα Βιοκλιματικού Σχεδιασμού κτιρίων

Όπως υπολογίζεται, κατά μέσο όρο ο σωστός βιοκλιματικός σχεδιασμός, πέραν της εξοικονόμησης ενέργειας και των υγιεινών συνθηκών διαβίωσης (χωρίς τοξικά υλικά) χωρίς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που εξασφαλίζει, μπορεί να καλύψει μέχρι και 60-70% των αναγκών για θέρμανση και δροσισμό, χωρίς αύξηση του κόστους κατασκευής. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τα μειωμένα έξοδα συντήρησης μιας τέτοιας κατασκευής,

πιστοποιεί την πλεονεκτική θέση του σχεδιασμού αυτού σε σχέση με τον συμβατικό (Τσίππρας Κ., 2000).

2.2. Μέτρα ελαχιστοποίησης των ενεργειακών απαιτήσεων των κτιρίων

Τα βήματα του βιοκλιματικού σχεδιασμού που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, προήλθαν από τη γενίκευση συγκεκριμένων μέτρων ελαχιστοποίησης ενεργειακών απαιτήσεων στα κτίρια. Τα ειδικά αυτά μέτρα, προτείνονται αναφορικά με τα τέσσερα συστήματα του κτιρίου και κρίνεται αξιόλογο να αναφερθούν πιο κάτω.

1. *Για τα μη ενεργειακά συστήματα του κτιρίου, δηλαδή το κέλυφος και το εσωτερικό του κτιρίου (τοιχοί, δάπεδα, οροφές, χωρίσματα, παράθυρα, πόρτες κ.λπ.):*
 - Μόνωση σε τοίχους, οροφές, δάπεδα κ.λπ.
 - Τοποθέτηση θερμομονωτικών – αεροστεγών κουφωμάτων.
 - Σωστός προσδιορισμός πάχους τοιχωμάτων για την εξασφάλιση της κατάλληλης «θερμικής μάζας».
 - Μελέτη σκιασμού – ηλιασμού του κτιρίου.
 - Προσθήκη παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης – δροσισμού στη Ν, ΝΑ και ΝΔ πλευρά του κτιρίου και κάλυψη αίθριων (εάν υπάρχουν) για τον ίδιο σκοπό.
 - Μείωση της διείσδυσης του αέρα με την απομόνωση κατακόρυφων φρεάτων και κλιμακοστασίων και με την τοποθέτηση διπλών ή περιστρεφόμενων θυρών και ανεμοθραυστών στις κύριες εισόδους.
 - Διαφοροποίηση της εσωτερικής διαρρύθμισης των χώρων και πρόβλεψη κατάλληλων ανοιγμάτων για να επιτυγχάνεται ο διαμπερής αερισμός που είναι απαραίτητος το καλοκαίρι.
 - Προσθήκη ηλιοπροστατευτικών πετασμάτων / σκιάστρων στα παράθυρα, για την αποφυγή της υπερθέρμανσης το καλοκαίρι ιδιαίτερα στη Ν, ΝΑ και στη ΝΔ πλευρά του κτιρίου.
 - Χρήση «έξυπνων» συστημάτων αυτοματισμού (π.χ. κινούμενα πετάσματα κλπ.) σε επιλεγμένους χώρους του κτιρίου.
 - Βελτίωση του φυσικού φωτισμού των χώρων με κατάλληλες διατάξεις στα παράθυρα και στα αίθρια (εάν υπάρχουν).

- Τοποθέτηση συστημάτων ηχοπροστασίας σε εκτεθειμένες στο θόρυβο πλευρές του κτιρίου.
2. *Για τα συστήματα του περιβάλλοντος χώρου του κτιρίου:*
- Κατάλληλη φύτευση ως εμπόδιο στους ψυχρούς χειμερινούς ανέμους, με φυλλοβόλα δένδρα στη Ν, ΝΑ και ΝΔ πλευρά του κτιρίου. Μεγιστοποίηση πρασίνου.
 - Χρήση στοιχείων νερού (σιντριβάνια κ.λπ.) σε συνδυασμό με την επικρατούσα κατεύθυνση των καλοκαιρινών αέριων ρευμάτων για τη βελτίωση του μικροκλίματος γύρω από το κτίριο.
 - Χρήση υπαίθριων σκιάστρων.
 - Χρήση ειδικού υλικού επίστρωσης του περιβάλλοντα χώρου, μεγάλης απορροφητικότητας και χαμηλής εκπομπής θερμότητας.
3. *Για τα ενεργειακά συστήματα του κτιρίου όπως είναι :*
- a. *Συστήματα θέρμανσης – αερισμού – κλιματισμού:*
- Προσαρμογή των μεγεθών των μηχανημάτων θέρμανσης – κλιματισμού στις αναθεωρημένες συνθήκες εσωκλίματος των κτιρίων.
 - Εφαρμογή συστημάτων ΣΗΘ σε μεγάλους καταναλωτές του δευτερογενούς και τριτογενούς τομέα, με χρήση Φυσικού Αερίου.
 - Ανάπτυξη της τεχνολογίας απορρόφησης με φυσικό αέριο στον κλιματισμό των κτιρίων.
 - Χρήση αντλιών θερμότητας Φυσικού Αερίου για θέρμανση και ψύξη κτιρίων.
 - Θέρμανση και ψύξη του κτιρίου κατά ζώνες προσανατολισμού.
 - Βελτίωση της απόδοσης του συστήματος του λέβητα – καυστήρα, με σωστή ρύθμιση της αναλογίας καυσίμου – αέρα, τοποθέτηση αυτόματων συστημάτων ρύθμισης και προθέρμανση του αέρα της καύσης.
 - Επιλογή περισσοτέρων μικρών λεβήτων αντί ενός μεγάλου λέβητα.
 - Χρήση ψυκτικών συγκροτημάτων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.
 - Μείωση θερμικών απωλειών του συστήματος διανομής με τη μόνωση των σωλήνων (θερμού και ψυχρού νερού) και των αεραγωγών (θερμού και ψυχρού αέρα).
 - Επιλογή μηχανημάτων και συσκευών μεγάλου βαθμού απόδοσης.
 - Προσθήκη θερμομετρητών στα θερμαντικά σώματα.

- Εγκατάσταση συστήματος αυτόματου ελέγχου και ρύθμισης της θερμοκρασίας όλων των χώρων του κτιρίου συναρτήσει της εξωτερικής θερμοκρασίας.
- Εξουδετέρωση φαινομένων ακτινοβολίας προς ψυχρές επιφάνειες.
- Μείωση του επιπέδου της σχετικής υγρασίας του αέρα.
- Μείωση της παροχής αερισμού των χώρων κατά τις εργάσιμες ώρες και διακοπή του, τις εργάσιμες ώρες το χειμώνα.
- Πρόβλεψη νυχτερινού αερισμού των χώρων το καλοκαίρι.
- Μείωση των αντιστάσεων στη ροή θερμού νερού στις σωληνώσεις και στη ροή αέρα στους αεραγωγούς.
- Μείωση των παροχών νερού και αέρα.

β. Συστήματα φωτισμού του κτιρίου:

- Μεγιστοποίηση του φυσικού φωτισμού των χώρων.
- Σωστή επιλογή του συστήματος φωτισμού του κτιρίου και αύξηση της απόδοσης των φωτιστικών σωμάτων με τακτικό καθαρισμό και περιοδική αντικατάσταση λαμπτήρων κλπ..
- Κατάλληλα χρώματα περιβαλλουσών επιφανειών για την αύξηση του συντελεστή χρησιμοποίησης.
- Προσαρμογή στάθμης φωτισμού στις αναθεωρημένες συνθήκες εσωκλίματος.
- Χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης.
- Χρήση αυτοματισμών: αφής/σβέσης με χρονικό προγραμματισμό σε κοινόχρηστους χώρους και έντασης με βάση το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό.
- Χρήση στραγγαλιστικών πηνίων (ballasts) με μικρότερη κατανάλωση ενέργειας.
- Χρήση συμπληρωματικού τοπικού αντί αυξημένου γενικού φωτισμού σε ειδικές περιπτώσεις.
- Σβήσιμο των φώτων όταν δεν χρειάζονται.

γ. Συστήματα παρασκευής και διανομής θερμού νερού χρήσης

- Μείωση της παροχής του θερμού νερού και της θερμοκρασίας του, στις αναθεωρημένες συνθήκες.
- Μόνωση σωληνώσεων και boilers.
- Αντικατάσταση κεντρικού συστήματος παρασκευής θερμού νερού με τοπικούς θερμαντές νερού.
- Ανάκτηση της απορριπτόμενης θερμότητας και χρήση της για τη θέρμανση του νερού.
- Εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων για την παραγωγή θερμού νερού χρήσης.
- Εγκατάσταση υβριδικών φωτοβολταϊκών συστημάτων συγκεντρωτικού τύπου για ταυτόχρονη παραγωγή θερμού νερού χρήσης και ηλεκτρικής ενέργειας.

δ. Συστήματα ανελκυστήρων

- Μείωση της άσκοπης λειτουργίας των ανελκυστήρων με κατάλληλους αυτοματισμούς ή και ακινητοποίησή τους σε ώρες εκτός αιχμής.

4. *Για το Κεντρικό Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης και Εξοικονόμησης Ενέργειας στο κτίριο, που θα περιλαμβάνει:*

- Κεντρικό σύστημα ελέγχου και επιτήρησης των εγκαταστάσεων.
- Παρακολούθηση / καταγραφή ενεργειακών μεγεθών κτιρίου (Κοντορούπης Γ., 2005).

2.3. Μέτρα ελαχιστοποίησης των ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίων παραδοσιακών οικισμών

Τα προαναφερθέντα μέτρα αφορούσαν κυρίως νέα κτίρια. Είναι ωστόσο περιζήτητο να γνωρίζουμε και τι παρεμβάσεις βιοκλιματικού χαρακτήρα που μπορούν να γίνουν σε υφιστάμενους παραδοσιακούς οικισμούς ή υφιστάμενα κτίρια, για την εξοικονόμηση ενέργειας. Αναφέρονται τα εξής:

- Μόνωση της στέγης, στις περιπτώσεις που αυτή είναι εφικτή.
- Μόνωση του δώματος

- Μόνωση της εξωτερικής τοιχοποιίας που είναι εφικτή όταν δεν είναι από εμφανή πέτρα ή δεν φέρει εξωτερικά διακοσμητικά στοιχεία, όπως διαζώματα ή επενδύσεις.
- Αντικατάσταση ή συμπλήρωση των εξωτερικών κουφωμάτων με αεροστεγή κουφώματα με διπλά τζάμια.
- Μόνωση των δαπέδων, εφόσον υπάρχει υπόγειος ή ημιυπόγειος χώρος.
- Κατασκευή θερμοκηπίου εφόσον η ογκοπλασία του κτιρίου είναι επιδεκτική για την επέμβαση αυτή ή υπάρχει χαγιάτι ή μπαλκόνι και αυτό υπό όρους και περιορισμούς.

Σημειώνεται ότι για την ένταξή τους στα βιοκλιματικά κτίρια, πρέπει ο προσανατολισμός της όψης να είναι νότιος, με ανεκτή απόκλιση $+30^\circ$ ανατολικότερα ή δυτικότερα του νότου και η ελεύθερη γωνία ύψους του ανοίγματος να είναι μικρότερη ή ίση των 25° , σε σχέση με τα απέναντι κτίρια και μικρότερη ή ίση των 30° , για τα παράπλευρα κτίρια ώστε το άνοιγμα να δέχεται αρκετό ήλιο το χειμώνα.

- Ηλιακό αίθριο, εφόσον το σχήμα του κτιρίου και η ογκοπλασία του επιδέχεται αυτή την επέμβαση.
- Εξωτερική σκίαση της όψης του κτιρίου με προσανατολισμό δυτικό, νότιο ή ενδιάμεσο, με φύτευση (κληματαριά, δέντρα κ.λπ.).
- Εξωτερική σκίαση των παραθύρων με παντζούρια, που διαθέτουν γρίλιες κινητές ή όταν είναι ταμπλαδωτά ή καρφωτά, το επάνω τμήμα τους να στρέφεται περί τον οριζόντιο άξονα.
- Αερισμός των χώρων στη διάρκεια της νύχτας το καλοκαίρι.
- Ηλιακή καμινάδα ή καμινάδα αερισμού που συμβάλλει αποτελεσματικά στην απομάκρυνση του ζεστού αέρα και της υγρασίας από τον εσωτερικό χώρο, εφόσον αποτελεί μορφολογικό στοιχείο του οικισμού.
- Συστήματα ηλιακών συλλεκτών για ζεστό νερό οικιακής χρήσης, υπό τον όρο ότι η ένταξή τους δεν αλλοιώνει αισθητικά τον οικισμό.
- Δυνατότητα συγκέντρωσης ορισμένων συστημάτων, όπως ηλιακοί συλλέκτες ή φωτοβολταϊκά στοιχεία, ενδεχομένως και ανεμογεννήτριες σε ορισμένα σημεία του οικισμού ή στην περιφέρειά του ώστε να εξασφαλιστεί περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας χωρίς να παραβιάζεται η μορφή του.

Όταν λοιπόν, εφαρμοστούν όλα αυτά τα μέτρα σε κάποιο νέο ή υφιστάμενο κτίριο, μπορεί να γίνει η εκπόνηση της ενεργειακής του μελέτης.

Αρχικά υπολογίζονται οι θερμικές απώλειες από το κέλυφος του κτιρίου καθώς και από τη διείσδυση του αέρα από τις χαραμάδες των κουφωμάτων. Βάση αυτών, στη συνέχεια υπολογίζεται η ισχύς της θερμικής πηγής που θα καλύψει τη θέρμανση της κατοικίας. Έπειτα, υπολογίζονται τα θερμικά κέρδη της κατοικίας κατά μήνα, τα οποία μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας από τη συμβατική πηγή. Τα κέρδη αυτά προέρχονται α) από την ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται στην κατοικία από παράθυρα, τοίχους Trombe – Michel, θερμοκήπια κλπ. που θα αναλυθούν στο κεφάλαιο 4 β) από τους ενοίκους, γ) από τα φώτα, δ) από τη λειτουργία των μικροσυσκευών, ε) από το θερμό νερό χρήσης κλπ.

Το σύνολο των ηλιακών και εσωτερικών κερδών μειώνονται με ένα συντελεστή χρησιμοποίησης (η), που εξαρτάται από το είδος κατασκευής της κατοικίας (βαριά ή ελαφρά τοιχώματα) και από το λόγο των κερδών προς τις θερμικές απώλειες της κατοικίας. Έτσι προκύπτουν τα ωφέλιμα κέρδη τα οποία αφαιρούμενα από τις θερμικές απώλειες, δίνουν την πραγματική κατανάλωση ενέργειας της κατοικίας κατά μήνα και συνολικά κατά έτος.

Η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση σε KWH/m^2 για θέρμανση (και χωριστά για κλιματισμό, φωτισμό και κίνηση) δεν πρέπει να υπερβαίνει κάποια προκαθορισμένα όρια, ανάλογα με τη θερμική ζώνη και τη χρήση του κτιρίου (κατοικία, γραφεία, νοσοκομεία κλπ.).

Οι παραπάνω υπολογισμοί, συν τις θερμικές απώλειες από αγωγιμότητα και από μη ελεγχόμενο αερισμό αλλά και τα εσωτερικά θερμικά κέρδη και τα ηλιακά κέρδη από εξωτερικά υαλοστάσια, προκύπτουν από τύπους και πίνακες που ενδεικτικά προστέθηκαν στα Παραρτήματα, παράγραφοι 9.1 και 9.2.(Κοντορούπης Γ., 2005).

2.4. Οικολογικά δομικά υλικά

Παράλληλα με το σχεδιασμό όμως, στην πράξη συναντώνται και αξιόλογα δομικά υλικά, τα αποκαλούμενα «πράσινα» από τους ειδικούς. Τα βασικότερα από αυτά είναι:

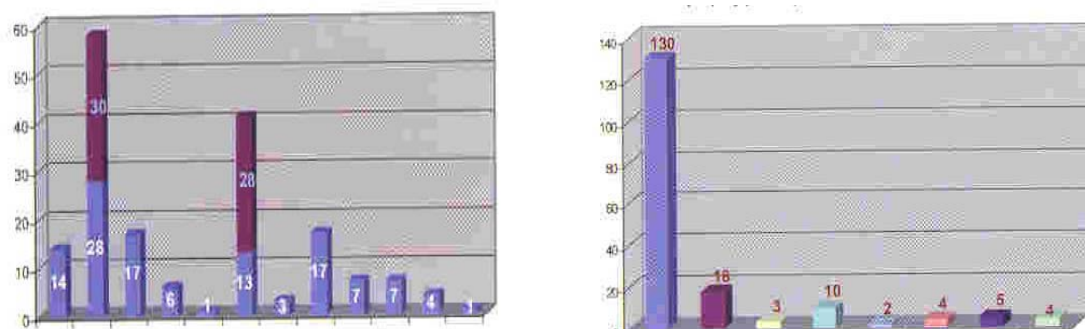
- Οργανική αποσύνθεση του ξύλου: ανανεώσιμο υλικό.
- Λίθοι: λειτουργούν σαν θερμική αποθήκη.
- Προκατασκευασμένα στοιχεία σκυροδέματος: δεν απαιτούν ξυλότυπους.
- Δομικά στοιχεία τοιχοποιίας από άχυρο: εφαρμόζονται στις ΗΠΑ και παρουσιάζουν πολύ καλή θερμική συμπεριφορά.
- Χρώματα/Βαφές με υδατοδιαλυτά βερνίκια: μετά την επίστρωση, η επιφάνεια επιστρώνεται και με διάλυμα φυσικού κεριού.
- Θερμοπλαστικά υλικά: ανακυκλώσιμα.
- Δάπεδα Linoleum: από συνθετικά οικολογικά υλικά.
- Ωστενιτικός χάλυβας: λόγω της σύνθεσής του είναι μη μαγνητικός (δε προκαλεί μεταβολή του γήινου μαγνητικού πεδίου) και ανοξείδωτος. Μειονεκτεί από άποψη κόστους.
- Ωμή άργιλος: με τη μορφή ωμοπλίνθων ή χυτή σε καλούπια έχει καλή μηχανική αντοχή, θερμική μόνωση και δυνατότητα «αναπνοής» των εξωτερικών τοίχων. Δίνει τη δυνατότητα χρήσης κοινού σκάμματος για τη θεμελίωση της ανωδομής.
- Ασβέστης: για τελειώματα τοιχοποιίας, «αναπνέει», επιτρέποντας ανταλλαγή αέρα μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού χώρου. Εύκολη η συντήρηση και η ανακατασκευή του όταν φθείρεται.
- Κόλλα από καουτσούκ: φυσικό, ατοξικό προϊόν (αντίθετα με τις συνθετικές ρητίνες) που διατηρεί τις συγκολλητικές του ιδιότητες στο χρόνο.
- Μάζα από ίνες καρύδας: ηχομονωτικό υλικό σε επενδύσεις ορόφων που συμβάλλει στην απόσβεση των ταλαντώσεων κ.α. (Τσίππρας Κ., 2001).

2.5. Παραδείγματα βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων

Ανά τον κόσμο, τα βιοκλιματικά υφιστάμενα κτίρια είναι πάρα πολλά σε αριθμό. Επειδή ωστόσο στο τέλος αυτής της διπλωματικής εργασίας, θα δοθεί μια προτεινόμενη λύση στον Ελληνικό χώρο, θεωρείται σκόπιμο να αναφερθούν ποια και πόσα εφαρμοσμένα παραδείγματα βιοκλιματικού σχεδιασμού συναντάμε στην

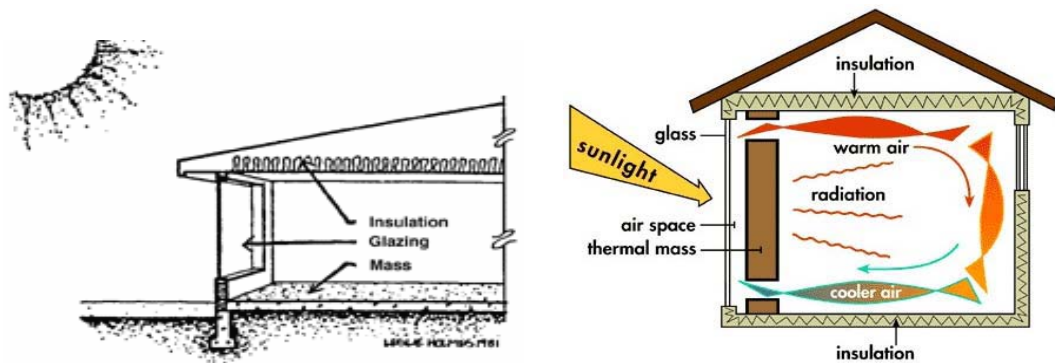
Ελλάδα. Το ιδιαίτερα ήπιο ελληνικό κλίμα με τα μακράς διαρκείας και ηλιόλουστα καλοκαίρια με τους δροσερούς αέρηδες, προσφέρει τις ιδανικές συνθήκες για το σχεδιασμό και την κατασκευή κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, με τη χρήση παθητικών συστημάτων, χωρίς απαραίτητα αύξηση του κόστους κατασκευής τους.

Σύμφωνα με στοιχεία του Ελληνικού Κέντρου ΑΠΕ, το 2003 υπήρχαν ήδη εκατόν ογδόντα εφαρμογές βιοκλιματικών κτιρίων, τα πλείστα στην Αθήνα (58), τη Θεσσαλονίκη και τον ευρύτερο Μακεδονικό χώρο (41). Τα υπόλοιπα ήταν κατασκευασμένα στην Κεντρική Ελλάδα (17), την Κρήτη (17), την Πελοπόννησο (14) και κάποια σε άλλες περιοχές. Τα περισσότερα (74%) από αυτά είναι κατοικίες (130), δεκαοχτώ είναι κτίρια γραφείων και δέκα σχολεία. Τα προαναφερθέντα στοιχεία παριστάνονται στα πιο κάτω διαγράμματα της δεύτερης Εικόνας, ενώ σημειώνεται ότι σήμερα, 8 χρόνια μετά, οι εφαρμογές αυτές είναι προφανώς περισσότερες:



Εικόνα 2:Βιοκλιματικές Εφαρμογές στην Ελλάδα / Τύποι κτιρίων (Ξενάκης Μ., 2003)

-τα παθητικά συστήματα που εφαρμόζονται είναι: μεγάλα νότια ανοίγματα για άμεσα ηλιακά κέρδη (από παράθυρα στο Νότο ή από τη μάζα του κτιρίου με υλικά υψηλής θερμικής αγωγιμότητας) στο 81% των κτιρίων, στο 42% αυτών σημειώνονται ηλιακά αίθρια για έμμεσα κέρδη μέχρι και 60%, στο 27% θερμικοί τοίχοι (Trombe (11%), Mass (4%) και θερμοσυσσωρευτές(17%)) για κέρδη από 20-35% (βλ. Εικόνα 3). Ακόμα, υιοθετήθηκαν οι πράσινες στέγες, οι ηλιακές καμινάδες και οι υπόγειοι σωλήνες (βλ. Πίνακα 1 για συστήματα και 2 για ενεργειακά κέρδη από αυτά).



Εικόνα 3: Άμεσα κέρδη - Έμμεσα κέρδη (Xenakis M., 2003)

Πίνακας 1: συστήματα που χρησιμοποιούνται στην Ελλάδα - έρευνα ΚΑΠΕ. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας

BUILDING	PASSIVE SOLAR SYSTEMS	NATURAL COOLING SYSTEMS	THERMAL PROTECTION SYSTEMS
1.School in Andros	Trombe wall	Cross ventilation	Thermal mass
2.Flat in the solar village	Trombe wall Mass wall	Cross ventilation	Highly insulated
3.Dwelling in Messinia	Trombe wall		
4.Dwelling in Malesina	Sunspace	Vertical ventilation	Highly insulated
5.School in Rethymno	Sunspace	Cross ventilation	
	Roof apertures of d.g.		
6.Dwelling in Spata-Athens	Sunspaces	Vertical ventilation	Green roof-Thermal mass
7.Office in Trikala	Sunspace	Cross ventilation	
8.Dwelling in Larissa	Trombe walls-Sunspace	Cross ventilation	
	Thermosyphon collectors with rock bed		
9.Dwelling in Gytheio	Sunspace	Solar chimney	Ventilated walls
	Single Glazing of d.g.		Highly insulated
10.Dwelling in Kefalari	Direct gain	Vertical ventilation	Highly insulated
11.Dwelling in Thessaloniki	Trombe walls	Vertical ventilation	Green roof-Thermal mass
12.Dwelling in Pilio	Sunspace	Vertical ventilation	Thermal mass
13.Dwelling in Rethymno	Direct gain	Cross ventilation	
14.Dwelling in Iraklio	Sunspace-Trombe wall	Solar chimney	Green roof-Ventilated walls
15.Dwelling in Souroti	Sunspaces	Vertical ventilation	Thermal mass
16.Dwelling in Athens	Sunspace	Vertical ventilation	Thermal mass
17.Dwelling in Hios	Sunspace-Trombe wall	Solar chimney	Ventilated walls
18.Dwelling in Kifisia	Sunspace	Vertical ventilation	
19.Offices in Stavroupoli			Green roof
20.Dwelling in Rhodes	Direct gain	Underground Tubes	
21.Dwelling in Dorida	Direct gain	Vertical ventilation	Ventilated roof-Thermal mass
22.Office building in Athens	Direct gain	Shading canopies	
23.Dwelling in Trikala	Direct gain	Vertical ventilation	Thermal mass
24.Hotel in Rethymno			Green roof
25.Dwelling in Andros	Roof apertures of d.g.	Vertical ventilation	Thermal mass

(Xenakis M., 2003)

Πίνακας 2: Ενεργειακά κέρδη συστημάτων(kWh/m)²

BUILDING	HEATING			COOLING		
	Without interventions kWh/m2	With interventions kWh/m2	Eneegy savings percentage %	Without interventions kWh/m2	With interventions kWh/m2	Eneegy savings percentage %
1.School in Andros	17.93	5.10	71.57	0.01	0.04	-7.5
2.Flat in the solar village	40.99	22.50	45.11	5.94	5.68	4.44
3.Dwelling in Messinia	43.04	24.67	42.68	3.82	10.16	-6.2
4.Dwelling in Malesina	53.36	32.73	38.65	9.20	8.13	11.70
5.School in Rethymno	10.16	6.73	33.79	7.87	5.07	35.59
6.Dwelling in Spata-Athens	41.05	27.88	32.08	18.19	14.50	20.28
7.Office in Trikala	34.61	26.46	23.55	4.67	9.79	-52
8.Dwelling in Larissa	62.12	49.09	20.97	0.00	0.11	-11
9.Dwelling in Gytheio	51.45	41.43	19.48	2.36	2.07	12.41
10.Dwelling in Kefalari	54.23	44.34	18.24	1.90	0.87	54.14
11.Dwelling in Thessaloniki	107.38	89.41	16.74	0.15	0.06	59.21
12.Dwelling in Pilio	63.57	54.44	14.36	3.85	6.77	-
13.Dwelling in Rethymno	24.53	21.22	13.48	15.34	3.23	78.93
14.Dwelling in Iraklio	47.21	41.12	12.90	1.73	1.53	11.33
15.Dwelling in Souroti	81.42	71.06	12.71	0.78	6.20	-87
16.Dwelling in Athens	35.41	31.24	11.76	10.80	12.43	-1.3
17.Dwelling in Hios	58.04	54.93	5.4	2.00	2.90	-50.00
18.Dwelling in Kifisia	46.68	44.69	4.27	6.52	5.8	11.1
19.Offices in Stavroupoli	95.98	94.69	1.34	91.70	91.17	0.57
20.Dwelling in Rhodes	30.93	30.75	0.58	3.28	3.26	0.45
21.Dwelling in Dorida	98.44	99.71	-0.1	2.72	1.83	32.53
22.Office building in Athens	84.83	88.52	-0.4	33.32	31.48	5.50
23.Dwelling in Trikala	83.73	84.56	-0.9	3.45	8.98	-87
24.Hotel in Rethymno	-	-	-	25.29	16.78	33.63
25.Dwelling in Andros	-	-	-	8.58	3.93	54.19

(Xenakis M., 2003)

Όπως φαίνεται πιο πάνω τα παθητικά ηλιακά συστήματα οδηγούν σε σημαντικά ηλιακά κέρδη, ωστόσο αυτά θα πρέπει πάντα να συνδυάζονται με αντίστροφες μεθόδους ηλιοπροστασίας και σκιασμού για την ελαχιστοποίησή τους το καλοκαίρι. Σημειώνεται δε, ότι κανένα από τα πιο πάνω κτίρια δεν έχει εγκατεστημένο σύστημα κλιματισμού κι όλα χρησιμοποιούν παθητικά συστήματα ψύξης (φυσικός αερισμός και σκιασμός), ενώ υπάρχουν σε οροφές κάποιοι ανεμιστήρες που χρησιμοποιούνται σπάνια (Xenakis M., 2003).

Άλλα γνωστά βιοκλιματικά κτίρια στον Ελληνικό χώρο είναι :

- το νέο μουσείο της Ακρόπολης που αποτελεί μουσείο «φυσικού φωτός», όπως τόνισε ο υπεύθυνος αρχιτέκτονας κ. Τσουμί. Σε αυτό αξιοποιήθηκε η πιο σύγχρονη τεχνολογία κατασκευής διάφανου γυαλιού για το περίβλημα του μουσείου με σκοπό την ανάδειξη και την προστασία των γλυπτών έργων που φιλοξενεί, από την υπερθέρμανση και το φως, όσο και την ανάδειξη της Ακρόπολης.
- το νέο μουσείο των Δελφών,
- το νέο κτίριο των κεντρικών γραφείων της ΔΕΗ κ.α.

2.6. Συζήτηση

Από τα πιο πάνω αποτελέσματα των εφαρμοσμένων συστημάτων στην Ελλάδα, γίνεται φανερό και στην πράξη (βλ. Πίνακα 2), ότι μπορούν να καλύψουν μέχρι και ποσοστό 70% των αναγκών του κτιρίου, για θέρμανση και δροσισμό. Το γεγονός αυτό προδίδει την αναγκαιότητα ορισμού του βιοκλιματικού σχεδιασμού ως το πρώτο βήμα στη διαδικασία βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Πριν την ανάλυση συγκεκριμένων ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης/ψύξης και διαχείρισης, πιο κάτω αναφέρονται και κάποια μέτρα εκμετάλλευσης των ΑΠΕ για τους ίδιους σκοπούς.

3. ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων κτιρίων και οικισμών, είναι σαφώς προτιμότερο να αξιοποιούνται οι ΑΠΕ. Όπως είναι γενικά αποδεκτό, αυτές αποτελούν την αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει ο πλανήτης, καθώς για την αξιοποίησή τους δεν απαιτείται κάποια μορφή ενεργητικής παρέμβασης (π.χ. εξόρυξη, άντληση ή καύση), παρά μόνο η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση.

3.1. Αξιοποίηση ΑΠΕ στα κτίρια

Τα μέτρα που θα πρέπει να υιοθετούνται κατά προτίμηση, είναι:

- Εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή οικιακού θερμού νερού με θέρμανση επαρκών κινήτρων για την εγκατάσταση ηλιακών θερμοσιφώνων από ιδιώτες και ενίσχυση των παρεμφερών βιομηχανιών προς επέκταση των δραστηριοτήτων τους για την κάλυψη τόσο της εγχώριας αγοράς όσο και της εξαγωγής από την Ελλάδα τέτοιων συστημάτων (Κοντορούπης Γ., 2005).

Τα συστήματα αυτά συνήθως αποτελούνται από ηλιακούς συλλέκτες, μια δεξαμενή προθέρμανσης (προαιρετικά), μια αντλία, μια μονάδα ελέγχου, σωλήνες σύνδεσης που τροφοδοτούν την κανονική δεξαμενή ζεστού νερού και μία συμβατική πηγή θερμότητας για τη συμπλήρωση της προσφοράς. Οι συλλέκτες τοποθετούνται συνήθως στη στέγη και παρέχουν θερμότητα σε ένα ρευστό που κυκλοφορεί μεταξύ των συλλεκτών και μιας δεξαμενής νερού (Jones P. και Day T., 2009).

- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων μέσω παθητικών ηλιακών συστημάτων, ενσωματωμένων στο κτιριακό κέλυφος (Βιοκλιματικός Σχεδιασμός κτιρίων).
- Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων μέσω ενεργητικών ηλιακών συστημάτων (η εφαρμογή αυτή δεν είναι σήμερα συμφέρουσα αλλά πρέπει να προωθηθεί η εφαρμοσμένη έρευνα στον τομέα αυτό).
- Αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας για ηλεκτροπαραγωγή μικρής κλίμακας, μέσω φωτοβολταϊκών στοιχείων (στις στέγες των κατοικιών κ.α.).
- Αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε κλίμακα κατοικίας ή οικισμού. Παροχή δυνατότητας εγκατάστασης και λειτουργίας

σταθμών ηλεκτροπαραγωγής από ιδιώτες ή την τοπική αυτοδιοίκηση. Ενίσχυση βιομηχανιών παραγωγής ανεμογεννητριών και χωροθέτηση κατάλληλων τοποθεσιών για εγκατάσταση αιολικών πάρκων κοντά σε πόλεις και οικισμούς.

- Αξιοποίηση της βιομάζας (καυσόξυλα, ελαιοπυρήνας κλπ.) για την παραγωγή θερμότητας σε οικιακή κλίμακα. Καύση σκουπιδιών και παραγωγή βιοαερίου από τα αστικά λύματα, για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού σε αστική κλίμακα.
- Αξιοποίηση γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας που παράγουν σημαντικές ποσότητες θερμού νερού για τη θέρμανση κατοικιών και γεωθερμικών πεδίων υψηλής ενθαλπίας για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος, υπό οικονομικές συνθήκες, για την τροφοδότηση οικισμών.
- Αξιοποίηση μικρών υδατοπτώσεων για κάλυψη τοπικών αναγκών οικισμών σε ηλεκτρισμό και παράλληλη αξιοποίηση για άρδευση. Συστηματική έρευνα για τον εντοπισμό θέσεων για εκμετάλλευση τέτοιων υδατοπτώσεων. Σοβαρή προσπάθεια και κίνητρα για την ανάπτυξη βιομηχανιών κατασκευής εξαρτημάτων υδροηλεκτρικών σταθμών (Κοντορούπης Γ., 2005).

3.2. Συζήτηση

Παρά το ότι λέγεται ότι οι ΑΠΕ έχουν μικρό συντελεστή απόδοσης σε μεγάλες επιφάνειες εφαρμογής, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο, έστω και ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας, θα πρέπει να εκμεταλλεύονται. Ιδιαίτερα σήμερα, που οι πλείστες κυβερνήσεις επιδοτούν τα περισσότερα μέτρα από αυτά που προαναφέρθηκαν, είναι ευκαιρία για όσους μπορούν να τα εφαρμόσουν, συνεισφέροντας όχι μόνο στην ενεργειακή απόδοση του ακινήτου αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος.

4. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ

Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία ευφυούς – βιοκλιματικού σχεδιασμού ενός κτιρίου, χαρακτηριστικό που θα το συνοδεύει καθ' όλο τον κύκλο ζωής του, για τη διατήρηση της ενεργειακής του απόδοσης σε επίπεδο λειτουργικότητας, θα πρέπει να ενισχυθεί με εξοπλισμό ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και συστήματα διαχείρισης. Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθούν τέτοια συστήματα θέρμανσης, αφού πρώτα καταγραφούν κάποιοι γενικοί κανόνες που πρέπει να τηρούνται για την αποκαλούμενη ενεργειακά αποδοτική θέρμανση.

4.1. Βασικοί κανόνες

Σε μία πραγματικότητα όπου το 70% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη, αξιοποιείται για σκοπούς θέρμανσης με κύριο μάλιστα, καύσιμο το πετρέλαιο, γίνεται αντιληπτό πόσο επιτακτική είναι η ανάγκη για ενεργειακά αποδοτικές πρακτικές θέρμανσης.

Σε γενικές γραμμές, ένα ενεργειακά αποδοτικό σύστημα θέρμανσης, περιλαμβάνει την ελαχιστοποίηση της ανεξέλεγκτης διείσδυσης του αέρα, τη διατήρηση των θερμικών απωλειών στο ελάχιστο επίπεδο, την αξιοποίηση της θερμικής μάζας του κτιρίου για την εξομάλυνση των θερμαντικών φορτίων, την αξιοποίηση των εξωτερικών θερμικών κερδών στις απαιτήσεις θέρμανσης, την ενσωμάτωση εναλλακτικών λύσεων (τύπου ντους και «βρύσης σπρέι») για την ελαχιστοποίηση της ζήτησης ζεστού νερού και την εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών θερμότητας.

Οι σχεδιαστές των ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης, σχεδιάζουν βάση των παρακάτω γενικών κανόνων:

- Επιλογή καυσίμων και τιμών που θα παρέχουν υψηλή απόδοση, χαμηλές εκπομπές και ελαχιστοποίηση του κόστους λειτουργίας.
- Διαχωρισμός υπηρεσιών παραγωγής ζεστού νερού, όπου είναι δυνατό.
- Τοποθέτηση εγκατάστασης διανομής έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες.
- Αποτελεσματική μόνωση σωληνώσεων, βαλβίδων και δοχείων αποθήκευσης.

- Επιλογή αποτελεσματικών πρωτογενών εγκαταστάσεων, όπως π.χ. λέβητες συμπύκνωσης (αερίου).
- Θεώρηση κεντρικής θέρμανσης κοινότητας με σκοπό να χρησιμοποιηθεί κεντρική εγκατάσταση θέρμανσης και ηλεκτρισμού ή/και βίο-καυσίμων – - εκπόνηση μελέτης σκοπιμότητας για τον καθορισμό της ισορροπίας μεταξύ κεντρικής και αποκεντρωμένης θέρμανσης.
- Χρήση : κεντρικού κυκλώματος λεβήτων με αντλίες, κοινού κεντρικού κυκλώματος αντλιών και κεντρικού κυκλώματος αντίστροφης απόδοσης.
- Εξέταση ανάκτησης ενέργειας από αέρια ρεύματα καυσαερίων.
- Μεγάλη αντοχή του συστήματος και αποτελεσματική διανομή θερμότητας με αποφυγή υπερβολικών μηκών σωλήνων, γιατί κάτι τέτοιο θα μπορούσε να οδηγήσει σε σημαντική πτώση της αποδοτικότητάς του.
- Θεώρηση αποκεντρωμένης θέρμανσης και υπηρεσίες ζεστού νερού φυτικής παραγωγής σε μεγάλες εκτάσεις για τη μείωση υφιστάμενων απωλειών και τη βελτίωση του θερμικού φορτίου.
- Διασφάλιση ότι το κύριο φορτίο παρέχεται από την πιο αποτελεσματική εγκατάσταση και πάντα αναφορά στην απόδοση του μερικού φορτίου του συστήματος, μιας και μεγάλο μέρος του έτους θα δαπανάται στο μερικό φορτίο – μεγάλα κεντρικά συστήματα δε λειτουργούν για την κάλυψη σχετικά μικρών φορτίων.
- Χρήση αποτελεσματικών ελέγχων μέσω ζωνών επιρροής, του χρόνου και της μεταβλητής ροής, όπου είναι δυνατόν.
- Καλός έλεγχος της ακολουθίας πολλών λεβήτων , μπορεί να επιτευχθεί είτε από τη ροή ή από τις θερμοκρασίες επιστροφής δεδομένου ότι ο ελεγκτής ανιχνεύει το φορτίο σωστά από τη θέση του (Jones P. και Day T., 2009).

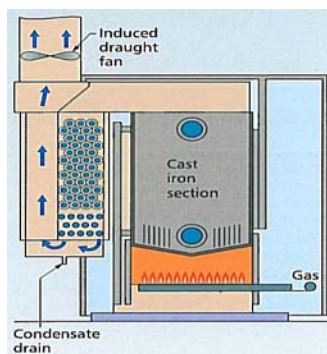
4.2. Συστήματα θέρμανσης

Στην ενότητα αυτή, θα παρουσιαστούν οι ενεργειακά αποδοτικές διατάξεις θέρμανσης.

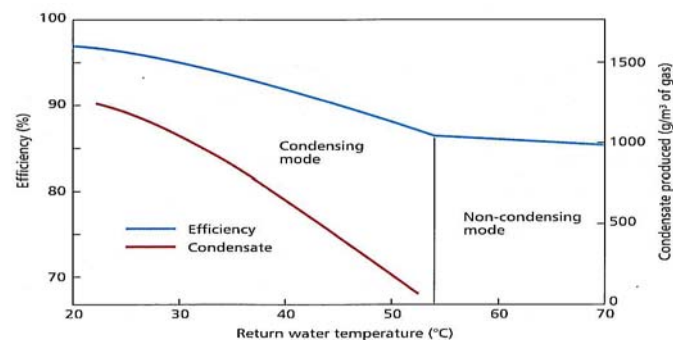
4.2.1. Λέβητες συμπύκνωσης (αερίου)

Αυτοί οι λέβητες θα πρέπει να αποτελέσουν ίσως την πρώτη επιλογή συστήματος θέρμανσης εγκαταστάσεων, καθώς χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο και λειτουργούν με ελάχιστη απόδοση κοντά στο 85% (βασισμένη σε μικτή θερμογόνο αξία). Ακόμα και όταν δεν συμπυκνώνουν, μπορούν να επιτύχουν αποδόσεις της τάξεως του 85-95%, ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού που αποδίδει το σύστημα.

Τυπικά η διατομή τους φαίνεται στην Εικόνα 4, όπου χρησιμοποιούν έναν επιπρόσθετο εναλλάκτη θερμότητας για να εξάγουν επιπλέον θερμότητα από συμπύκνωση υδρατμών, από τα προϊόντα της καύσης. Η αποδοτικότητά τους που αναπαρίσταται στην Εικόνα 5, είναι συχνά υψηλότερη σε μερικό φορτίο απ' ό,τι σε πλήρες φορτίο. Σημειώνεται ότι στα ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης, επιτυγχάνουν εποχιακές αποδόσεις άνω του 90%, ενώ στην κοινή προσέγγιση των εμφανών συστημάτων, οι αντίστοιχες αποδόσεις είναι γύρω στο 88%. Οι λέβητες συμπύκνωσης προσφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας 10 – 20% σε σύγκριση με τους τυπικούς λέβητες μη συμπύκνωσης, με απόσβεση του πρόσθετου κόστους σε 3 με 5 χρόνια, ανάλογα με την εγκατάσταση και την τιμή του φυσικού αερίου.



Εικόνα 4: Διατομή τυπικού λέβητα συμπύκνωσης (Jones P. και Day T., 2009)

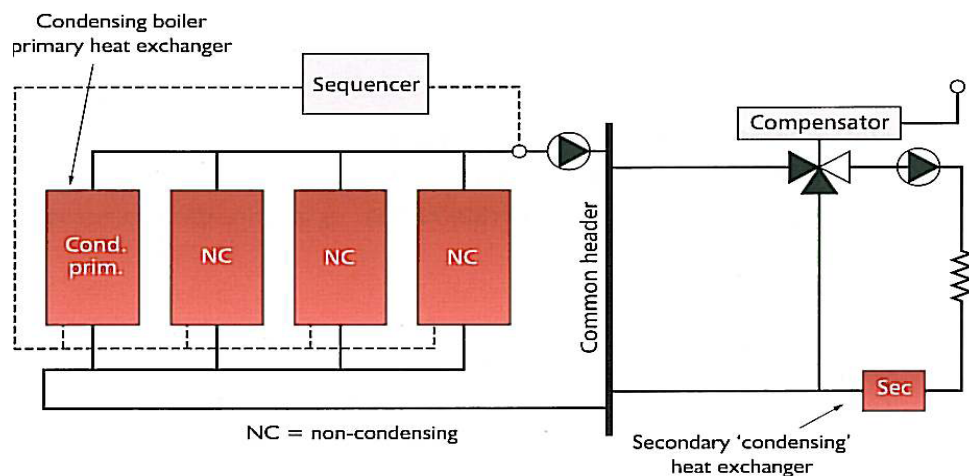


Εικόνα 5: Λειτουργία λέβητων συμπύκνωσης (Jones P. και Day T., 2009)

Όταν επιστρέφεται νερό χαμηλής θερμοκρασίας, εισέρχεται στον εναλλάκτη θερμότητας που συμπυκνώνει και με τη σειρά του δροσίζει τα καυσαέρια. Αν η θερμοκρασία του νερού είναι μικρότερη των 55° C, οι υδρατμοί στα καυσαέρια συμπυκνώνονται και παραχωρείται λανθάνουσα θερμότητα. Όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία του νερού που επιστρέφεται, τόσο περισσότερη είναι η παραγόμενη συμπύκνωση και τόσο μεγαλύτερη η αποτελεσματικότητα. Για την προώθηση

χαμηλών θερμοκρασιών επιστροφής, με αποτέλεσμα τη συμπύκνωση, χρησιμοποιούνται οι πιο κάτω δύο, κύριες μέθοδοι:

- *Με συστήματα χαμηλής Θερμοκρασίας:* αυτά τα συστήματα μπορούν να λειτουργήσουν με θερμοκρασίες επιστροφής νερού όπως των 30°C καθ' όλη τη διάρκεια της σεζόν, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για λέβητες συμπύκνωσης. Για παράδειγμα, στα ενδοδαπέδια συστήματα θέρμανσης (με μεγαλύτερες από 90% εποχιακές αποδοτικότητες) πολύ συχνά σχεδιάζεται ένα ιδιαίτερα χαμηλής θερμοκρασίας κύκλωμα (π.χ. ενδοδαπέδια θέρμανση σε αίθρια) στο οποίο, τοποθετείται ο δευτερογενής εναλλάκτης θερμότητας για την προώθηση της συμπύκνωσης. Κάποια συστήματα ακόμα, είναι σχεδιασμένα με μεγάλες θερμοκρασιακές μεταβολές (ΔT μέχρι και 20°C) για να προωθήσουν μεγαλύτερες διάρκειες στη λειτουργία της συμπύκνωσης.
- *Με συστήματα αντιστάθμισης καιρού:* είναι τα πιο διαδεδομένα. Η χαμηλή θερμοκρασία επιστροφής του νερού με την οποία λειτουργούν (δηλ. θερμοκρασία ροής 82°C), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναγκάσει τους λέβητες συμπύκνωσης να συμπυκνώνουν και κατά τη διάρκεια ηπιότερων καιρικών συνθηκών. Όσο η εξωτερική θερμοκρασία ανεβαίνει, η θερμοκρασία της ροής μειώνεται, αποθηκεύοντας ενέργεια. Ο δευτερεύων εναλλάκτης θερμότητας βρίσκεται στο μέρος της μεταβλητής θερμοκρασίας, μιας βαλβίδας τριών στάσεων (βλ. εικόνα 6). Μια ακόμα πιο απλή προσέγγιση είναι η απ' ευθείας αντιστάθμιση των λεβήτων.



Εικόνα 6: Συστήματα αντιστάθμισης καιρού με βαλβίδα 3 στάσεων (Jones P. και Day T., 2009)

4.2.2 Μικτά συστήματα λεβήτων

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι λέβητες συμπύκνωσης μπορεί να είναι πιο ακριβοί από μερικούς τυπικούς λέβητες. Εκτός των συστημάτων χαμηλής θερμοκρασίας που έχουν πολύ καλές αποδόσεις, ένας συνδυασμός τυπικών λεβήτων με λέβητες συμπύκνωσης θα ήταν πιο αποδοτικός από την εγκατάσταση αποκλειστικά λεβήτων συμπύκνωσης. Ο λέβητας συμπύκνωσης παρέχει το βασικό φορτίο και οι λιγότερο αποδοτικοί τυπικοί λέβητες συμπληρώνουν τη ζητούμενη θέρμανση. Αυτή η πιο οικονομική προσέγγιση, συνήθως δίνει 50-75% συμπύκνωση.

Το βασικό φορτίο θα πρέπει να παραλαμβάνεται από την πιο αποδοτική εγκατάσταση, έτσι η ακολουθία θα πρέπει να διαμορφωθεί ώστε οι λέβητες συμπύκνωσης να λειτουργήσουν πρώτοι. Σε μικτά συστήματα λεβήτων, η επιπρόσθετη υδραυλική αντίσταση των λεβήτων συμπύκνωσης θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό ακολουθιών λεβήτων και κατάλληλων βαλβίδων ρύθμισης που χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση ισορροπημένων ροών.

Βάση των παρακάτω κριτηρίων, φαίνεται που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν λέβητες συμπύκνωσης για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης:

Για κύκλωμα θέρμανσης με θερμοκρασία σχεδιασμού, είναι:

- Ιδανικό: το ενδοδαπέδιο ή το σύστημα παραγωγής ζεστού νερού
- Καλό: το σύστημα μεταβλητής θερμοκρασίας
- Ελλιπές: το κύκλωμα σταθερής θερμοκρασίας (82/71°C)

Σε νέα και υφιστάμενα κτίρια, οι εποχιακές αποδοτικότητες των λεβήτων συμπύκνωσης και των μικτών συστημάτων, προβλέπονται πλέον από τη νομοθεσία (και στην Ελλάδα, βλέπε Παράρτημα, παράγραφο 9.4) και κυμαίνονται από 80%-85%. Ακόμα οι Κανονισμοί ορίζουν και τους εξής απαιτούμενους ελέγχους:

- Έλεγχο απαιτούμενης θερμοκρασίας και χρόνου στις προκαθορισμένες ζώνες
- Αντιστάθμιση καιρικών συνθηκών (εκτός των συστημάτων σταθερής θερμοκρασίας)
- Βέλτιστο έλεγχο εκκίνησης/ λήξης
- Έλεγχο ακολουθίας, για συστήματα πολλαπλών λεβήτων
- Περιορισμό απωλειών θερμότητας από ανενεργούς λέβητες (Jones P. και Day T., 2009).

4.2.2. Λέβητες με καύσιμο ξύλο (βιομάζας)

Οι λέβητες με καύσιμο ξύλο (βιομάζας), συναγωνίζονται δικαίως του λέβητες συμπύκνωσης (αερίου) καθώς είναι σε θέση να αποδώσουν περισσότερο από το 90% της ενέργειας που περιέχεται στο ξύλο για θέρμανση. Σε σύγκριση με το περίπου 10% της αποδοτικότητας ενός τζακιού ή το 50% ενός συμβατικού λέβητα ξύλου, η υπεροχή είναι προφανής.

Είναι συσκευές υψηλής τεχνολογίας που χρησιμοποιούν τεμαχίδια ξύλου (wood chips) ή συσσωματώματα (wood pellets – μικρά πεπιεσμένα κομμάτια από σκόνη ξύλου). Λειτουργούν με αυτόματη τροφοδοσία καυσίμου, σε υψηλές θερμοκρασίες και με ηλεκτρονικά ελεγχόμενη παροχή αέρα. Δεν παράγουν ορατό καπνό και οι εκπομπές τους είναι τόσο χαμηλές όσο και αυτές των λεβήτων φυσικού αερίου. Τα πιο εξελιγμένα μοντέλα διαθέτουν αυτόματο σύστημα καθαρισμού των επιφανειών εναλλακτών θερμότητας και αυτόματη απομάκρυνση της στάχτης (κάποια τη συμπίεζουν ώστε το καθάρισμα να είναι αναγκαίο μόνο δύο φορές το χρόνο). Ο έλεγχος των λεβήτων γίνεται εξ αποστάσεως από τον κατασκευαστή. Από ανάλογα δε έργα, έχει διαπιστωθεί η υψηλή αξιοπιστία που παρέχουν οι λέβητες αυτού του τύπου.

Σημειώνεται ότι τα τεμαχίδια ξύλου (όπως το πυρηνόξυλο) χρειάζονται μεγαλύτερο αποθηκευτικό χώρο από τα συσσωματώματα. Αποτελούν ωστόσο έξοχο καύσιμο και είναι οικονομικότερα από τα τελευταία, καθώς μπορούν να παραχθούν και σε τοπικό επίπεδο. Ιδιαίτερη σημασία δε, έχει ο συστηματικός ποιοτικός έλεγχος των τεμαχιδίων, για την αποφυγή υψηλής υγρασίας ή μεγάλων κομματιών ξύλου που οδηγούν σε λειτουργικά προβλήματα.

Η πρώτη συστηματική αποτίμηση αυτής της εξέλιξης έγινε τον Οκτώβριο του 2000, σε μελέτη που δημοσίευσε το Αυστριακό Κέντρο Ενέργειας. Τα συμπεράσματα αυτής της εφαρμογής, φάνηκαν σε ένα τύπο συγκροτήματος κατοικιών για τον οποίο, ποσοστό μεγαλύτερο του 60% των κτιρίων θερμαίνονταν με ξύλα και ήταν κτίρια χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης και ποσοστό μεγαλύτερο του 40% χρησιμοποιούσαν ηλιακούς συλλέκτες για τη θέρμανση του νερού το καλοκαίρι. Προέκυψε ότι η συνολική ζήτηση για ενέργεια ενός διαμερίσματος 100m² σε ένα τέτοιο κτίριο, αντιστοιχούσε σε λιγότερο από ένα τόνο συσσωματώματος, δηλαδή το κόστος της θέρμανσης ήταν λιγότερο από 200€ ετησίως.

Το συνολικό κόστος ωστόσο, των συστημάτων καύσιμου ξύλου προσδιορίζεται από το κόστος της επένδυσης που είναι γενικότερα υψηλό, καθώς και από τα λειτουργικά έξοδα τα οποία είναι χαμηλότερα από αυτά των συμβατικών

συστημάτων θέρμανσης. Για τα δεδομένα της Αυστρίας το καλοκαίρι του 2001, με τις τότε τιμές των καυσίμων, παρατίθεται ενδεικτικά με το εν λόγω κόστος, ο Πίνακας 3:

Πίνακας 3: Κόστος συστήματος ανάλογα με το καύσιμο, Αυστρία, καλοκαίρι 2001

Κόστος (€)	Τεμαχίδια	Συσσ/ματα	Πετρέλαιο	Φυσικό Αέριο
Κόστος λέβητα	17,500	17,500	5,800	6,600
Κόστος εγκατάστασης	4,400	4,400	3,000	3,000
Κτιριακό κόστος	22,000	15,000	13,000	10,000
Συνολική επένδυση	43,900	36,900	21,800	19,600
Επένδυση- Επιδότηση	30,730	25,830	21,800	19,600
Ετήσια πρόσοδος	2,313	2,002	1,592	1,471
Κόστος κεφαλαίου	2,313	2,002	1,592	1,471
Κόστος καυσίμου	3,678	6,556	8,176	8,025
Ηλεκτρικό κόστος για λειτουργία λέβητα	60	60	50	50
Κόστος σχετιζόμενο με ανάγκες	3,738	6,616	8,226	8,075
Κόστος επιδιόρθωσης	329	294	153	146
Κόστος προσωπικού	960	750	0	0
Καθαρισμός καμινάδας	250	250	200	150
Υπηρεσίες συμβολαίου	400	400	200	200
Ασφάλεια – Άλλα έξοδα	250	200	100	100
Σύνολο των τελευταίων 5	2,189	1,894	653	596

Συνολικό ετήσιο κόστος	8,241	10,513	10,471	10,142
Συνολικό κόστος για MWh	55	70	70	68

(ΚΑΠΕ, 2002)

Παρά το μεγάλο κόστος επένδυσης, κεφαλαίου και γενικότερης συντήρησης (βλ. σύνολο των τελευταίων 5) που χαρακτηρίζουν αυτή τη λύση, φαίνεται ότι έχουν το χαμηλότερο συνολικό ετήσιο κόστος και συνολικό κόστος για MWh, όταν πρόκειται για καύσιμο από τεμαχίδια ξύλου. Ακολουθεί η λύση με το φυσικό αέριο, μετά το πετρέλαιο και τελευταία τα συσσωματώματα τα οποία, για την παραπάνω ανάλυση κρίνονται ως ασύμφορη λύση.

Συγκρίνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την άλλη, τονίζεται ότι τα ξύλα ως καύσιμα που καίγονται σε λέβητες υψηλής τεχνολογίας, δε δημιουργούν τόσο καπνό. Παράλληλα, η βιομάζα μπορεί να χαρακτηριστεί ως ουδέτερη ως προς την αύξηση των εκπομπών. Οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά τη μετατροπή της σε ενέργεια, είναι ίσες με αυτές που δεσμεύονται κατά την ανάπτυξή της. Από μελέτες δε, του κύκλου ζωής των εκπομπών αποδείχθηκε ότι η απόδοση των συσσωματωμάτων είναι καλύτερη σε όρους εκπομπών μονοξειδίου. Οι εκπομπές διοξειδίου του θείου είναι ελαφρώς λιγότερες από τους λέβητες πετρελαίου αλλά ελαφρώς υψηλότερες από λέβητες αερίου. Οι εκπομπές σκόνης τέλος, είναι ελαφρώς υψηλότερες, όχι όμως περισσότερο από 30kg/έτος. Επομένως, η διεύθυνση της βιομάζας στο ενεργειακό ισοζύγιο εις βάρος άλλων ρυπογόνων καυσίμων, συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών των αερίων που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και συμβάλλει έτσι στους στόχους της ενεργειακής πολιτικής.

Παρόλα αυτά, σα περιβαλλοντική επίπτωση, δεν θα πρέπει να παραβλέπεται η παραγωγή και η μεταφορά των καυσίμων αυτών στους λέβητες που επιβαρύνει αισθητά τα επίπεδα μόλυνσης και πρέπει να υπολογίζεται ξεχωριστά για μία ολοκληρωμένη ενεργειακή ισορροπία (ΚΑΠΕ, 2002).

4.2.4. Ενεργειακό τζάκι

Το τζάκι – λέβητας ή αλλιώς «ενεργειακό τζάκι» είναι μια ακόμη πρακτική που συναντιέται συχνά τα τελευταία χρόνια σε μόνιμες και μη κατοικίες.

Αποτελεί ουσιαστικά ένα λέβητα κεντρικής θέρμανσης, με πρωτοποριακή σχεδίαση και λειτουργία και σημαντικό βαθμό απόδοσης ακόμα και της τάξης του

85%, όταν ένα αντίστοιχο συμβατικό τζάκι επιτυγχάνει μόλις 10%. Μπορεί να συνδεθεί με κάθε τύπο θερμαντικών σωμάτων (καλοριφέρ) και έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί ανεξάρτητα σε κύρια πηγή ενέργειας (εξοχικές κατοικίες) ή και σε παράλληλη σύνδεση με κάθε τύπο λέβητα κεντρικής θέρμανσης – πετρελαίου, στερεών καυσίμων κ.λπ.(σε μόνιμες κατοικίες). Εξωτερικά μπορεί να επενδυθεί με οποιοδήποτε υλικό και να συνδυαστεί με τον εσωτερικό διάκοσμο του χώρου. Προσφέρει θερμότητα με ακτινοβολία μέσω της εστίας του, ενώ παράλληλα παρέχει εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του ζεστού νερού που παράγεται και το οποίο μέσω κυκλώματος, θερμαίνει τα θερμαντικά σώματα (ΚΑΠΕ, 2002).

4.2.5. Συμπαγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας

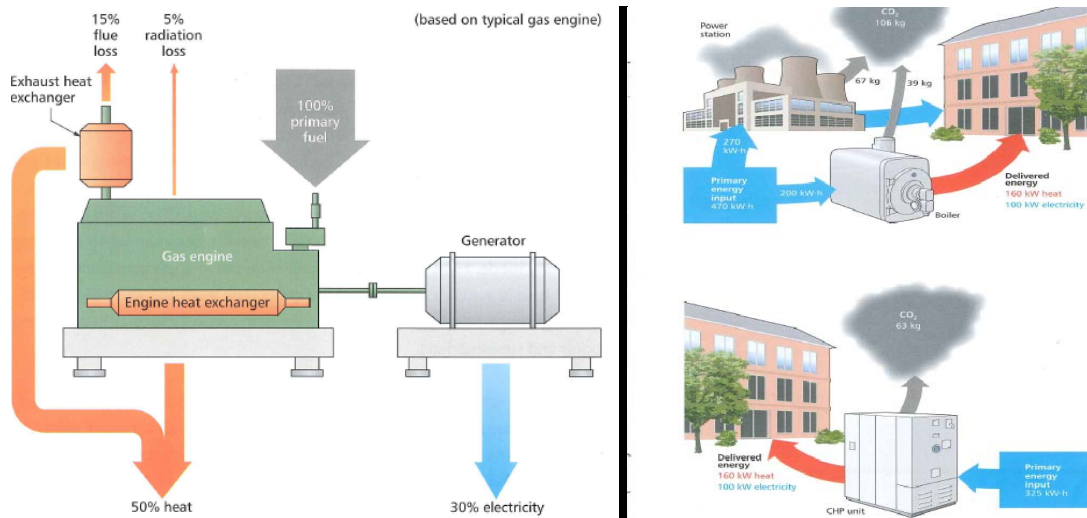
Για ένα ευρύ φάσμα κτιρίων, η ΣΗΘ, μπορεί να αποτελέσει μια οικονομική μέθοδο ταυτόχρονης παροχής θερμότητας και ηλεκτρισμού, επιβαρύνοντας λιγότερο το περιβάλλον (βλ. εικόνες 7,8). Εκτός των άλλων, οδηγεί στη μείωση των λειτουργικών εξόδων αλλά και των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Η τυπική αποδοτικότητα της ΣΗΘ είναι στο 65-85%, ποσοστό πολύ μεγαλύτερο από αυτό των τυπικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος. Γενικά, η ΣΗΘ είναι οικονομική όταν λειτουργεί για περισσότερες από 5000h/χρόνο, σε μεγαλύτερες κυρίως εγκαταστάσεις όπου ελαχιστοποιείται το κόστος διακίνησης των καυσίμων. Προαπαιτείται όμως μια ανεξάρτητη μελέτη σκοπιμότητας που να βασίζεται σε αξιόπιστα στοιχεία ζήτησης για να βελτιστοποιήσει το μέγεθος της μονάδας. Βρίσκει ιδανική εφαρμογή σε νοσοκομεία, ξενοδοχεία, πισίνες, κέντρα αναψυχής, κολέγια και Πανεπιστήμια.

Κάθε kWh που δίνει ένας σταθμός μέσης παραγωγής ενέργειας από ορυκτά καύσιμα, οδηγεί στην εκπομπή περίπου μισού κιλού CO₂ στην ατμόσφαιρα. Τυπικοί λέβητες φυσικού αερίου εκπέμπουν περίπου 1/5 του κιλού CO₂, ανά μονάδα παραγόμενης θερμότητας. Η ΣΗΘ παρουσιάζει χαμηλότερες εκπομπές από την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρισμού, από τις άλλες ξεχωριστές πηγές και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε περίπου 30% μείωση των εκπομπών CO₂, μειώνοντας έτσι το ρίσκο της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Εκπέμπει πολύ λιγότερο CO₂, με μειωμένη πρωτογενή εισαγόμενη ενέργεια σε σχέση με τα συμβατικά συστήματα.

Μπορεί ακόμα, να τροφοδοτείται από ανανεώσιμα καύσιμα που μειώνουν τις εκπομπές άνθρακα στο μηδέν. Σ' αυτά περιλαμβάνονται το βιοαέριο που παράγεται

από την αναερόβια χώνευση ή από χρησιμοποιημένα ορυκτέλαια από την επεξεργασία τροφίμων (Jones P. και Day T., 2009).



Εικόνες 7,8: ΣΗΘ (Jones P. και Day T., 2009)

Σήμερα, υπάρχει μια ποικιλία τεχνολογιών που μπορούν να εφαρμοσθούν ως ΣΗΘ στα κτίρια. Σε μεμονωμένα κτίρια οι περισσότερες είναι μικρής κλίμακας εγκαταστάσεις, βασισμένες κυρίως σε παλινδρομικούς κινητήρες με καύσιμο το φυσικό αέριο και με τη μορφή συσκευασμένων μονάδων, συχνά με σπονδυλωτές ρυθμίσεις λεβήτων απόδοσης μεταξύ 50 kWe (kilowatts electrical) και 1MWe. Αυτές οι μονάδες τροφοδοτούν νερό 82°C, κατάλληλο για θέρμανση του χώρου και συστήματα ζεστού νερού και η αποδοτικότητά τους σε μερικό φορτίο είναι καλή. Πολύ μικρά, μη αστικά κτίρια μπορούν να τροφοδοτηθούν επιτυχώς από σύστημα μικρό – ΣΗΘ, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα μεγάλης κλίμακας (>1MWe), χρησιμοποιούν συνήθως τουρμπίνες αερίου ή κινητήρες παλινδρόμησης (ΚΑΠΕ, 2005).

4.2.6. Αντλίες θερμότητας

Οι αντλίες θερμότητας συναντώνται π.χ. όταν απορρίπτεται χαμηλού βαθμού θερμότητα από κάποια βιομηχανική διαδικασία ή για εξαερισμό ή ανάκτηση θερμότητας, όπως σε πισίνες ή υπεραγορές.

Λειτουργούν μεταφέροντας θερμότητα από μία τοποθεσία σε μία άλλη, μέσω της εισόδου της διεργασίας. Κατά κανόνα, μια μικρή εισροή ηλεκτρικής ενέργειας οδηγεί στην κυκλοφορία μεγαλύτερων ποσών θέρμανσης ή ψύξης μέχρι το σημείο ζήτησης. Μπορούν να δώσουν υψηλούς συντελεστές απόδοσης (COP) όταν

λειτουργούν σε χαμηλές θερμοκρασιακές διαφορές και η τιμή 4 για τον συντελεστή, είναι συνήθης, όταν λειτουργούν για θέρμανση.

Χρησιμοποιούν είτε το έδαφος, είτε το νερό, είτε τον αέρα ως πηγή και χρησιμοποιούνται τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη. Όταν προορίζονται μόνο για θέρμανση, συνήθως δεν αντισταθμίζουν τα αυξημένα χρηματοοικονομικά και περιβαλλοντικά έξοδα της χρήσης της ηλεκτρικής ενέργειας. Όπου υπάρχει και η ανάγκη για ψύξη π.χ. σε καταστήματα λιανικής πώλησης, οι αντιστρέψιμες αντλίες θερμότητας αποτελούν αποδοτική μέθοδο προσφοράς τόσο θέρμανσης όσο και ψύξης. Μικρές τέτοιες μονάδες διαχωρισμού βρίσκουν εφαρμογή σε μικρά μαγαζιά και γραφεία αλλά προαπαιτούν καλό έλεγχο, ώστε οι μονάδες παραγωγής θερμότητας να μην συγχέονται με αυτές παραγωγής ψύξης.

Σήμερα, οι αντιστρέψιμες αντλίες θερμότητας με πηγή το έδαφος αξιοποιούνται σε γραφεία για παράδειγμα, για να προσφέρουν θέρμανση τον χειμώνα (COP=4) και ψύξη το καλοκαίρι (COP=3). Οι ελάχιστες απαιτήσεις για αντλίες θερμότητας, ορίζονται από τη νομοθεσία για τα κτίρια και είναι: COP>2 (Jones P. and Day T., 2009).

Τα συστήματα που προτείνονται για την καλύτερη δυνατή ενεργειακή απόδοση σε βιομηχανικούς χώρους και χώρους αποθήκευσης, είναι αυτά που αναφέρονται στις επόμενες δύο παραγράφους.

4.2.7. Συστήματα ζεστού αέρα

Πρόκειται για συστήματα που συμπεριφέρονται γρήγορα όταν πρέπει αλλά μπορούν να προκαλέσουν θερμοκρασιακή στρωμάτωση π.χ. πιθανή υπερθέρμανση στην οροφή. Συχνά απαιτούν σημαντικά μήκη ισχύος του αγωγού αερισμού και γι αυτό μπορούν να επιβαρύνουν τη συνολική κατανάλωση ενέργειας. Είναι γενικά πιο δύσκολο να ελέγχονται σε ζώνες, απαιτούν αποσβεστήρες αέρα και θερμοστάτες χώρου.

Οι τρεις κύριοι τύποι τέτοιων συστημάτων είναι :

- Μονάδες άμεσης καύσης φυσικού αερίου
- Μονάδες έμμεσης καύσης ή καύσης πετρελαίου
- Μονάδες έμμεσα εφοδιασμένες με νερό ή ρευματικά πηνία

Λειτουργούν είτε με επανακυκλοφορία αέρα για να διατηρήσει τη θερμοκρασία του χώρου ή με μια ολοκληρωμένη παροχή καθαρού αέρα για να

παρέχουν την ελάχιστη απαίτηση τέτοιου. Οι θερμαντικές μονάδες άμεσης καύσης αερίου, έχουν πρόσθετες απαιτήσεις νωπού αέρα για την καύση. Προτιμότερο είναι να έχουν διαμορφωμένους καυστήρες ελέγχου για την εκκαθάριση της θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας δωματίου.

Τέλος, οι ελάχιστες απαιτήσεις για τη συμμόρφωση τους με τους Κανονισμούς για τα κτίρια, ορίζουν το ποσοστό της θερμικής αποδοτικότητας ανάλογα με το αν γίνεται δυναμική μεταφορά του καυσίμου (αερίου) ή αναγκαστική μεταφορά του καυσίμου πετρελαίου ή αν είναι μονάδες άμεσης καύσης φυσικού αερίου (από 80 – 90%) (Jones P. και Day T., 2009).

4.2.8. Συστήματα θέρμανσης με ακτινοβολία

Είναι πιο αποτελεσματικά από τα συστήματα ζεστού αέρα κι αυτό γιατί θερμαίνουν μόνο τους επιβαίνοντες και τη δομή του κτιρίου και δεν αυξάνουν γενικά τη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα ενώ διατηρούν τα επίπεδα της πλήρους άνεσης. Γενικά, εμφανίζουν γρήγορη απόκριση, απαιτώντας λιγότερο χρόνο θέρμανσης στην αρχή της μέρας.

Δίνουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας συγκριτικά με θερμοαγωγά συστήματα αέρα. Τύποι τέτοιων θερμαντικών σωμάτων είναι οι θερμαντικοί σωλήνες αερίου, οι θερμάστρες πλάκας και οι ηλεκτρικές μονάδες χαλαζία-αλογόνου.

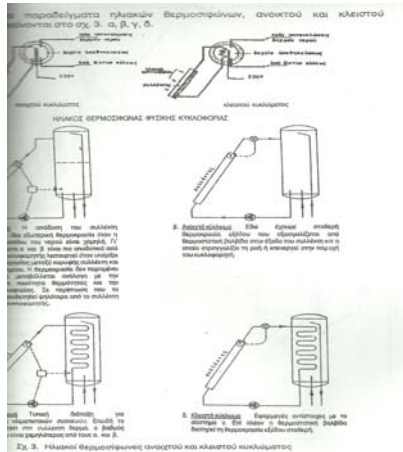
Η ακτινοβολία διατηρείται μόνο όταν οι επιφάνειες θέρμανσης υπερβαίνουν μια ορισμένη θερμοκρασία. Επομένως, λειτουργούν βάση του ελέγχου πάνω και κάτω από την κρίσιμη θερμοκρασία. Απαιτείται ακόμα, έλεγχος της θερμοκρασίας για κάθε θερμοσίφωνα, ή της ομάδας θερμαντήρων PF και έλεγχος του χρόνου για το συνολικό σύστημα. Για την επίτευξη καλού ελέγχου της θερμοκρασίας των συστημάτων θέρμανσης με ακτινοβολία, θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες θερμότητας, οι οποίοι πρέπει να βρίσκονται σε θέσεις που να είναι αντιπροσωπευτικές της ακτινοβολίας που επιδρά στις επιφάνειες που ελέγχονται.

Τέλος, οι ελάχιστες απαιτήσεις για τη συμμόρφωση με τους Κανονισμούς για τα κτίρια ορίζουν το ποσοστό θερμικής αποδοτικότητας ανάλογα με το αν η θερμάστρα είναι φωτεινής ή μη φωτεινής ακτινοβολίας και αν έχει ή όχι καπναγωγό (πρέπει να είναι προσεγγιστικά μεγαλύτερη του 85.5%) (Jones P. και Day T., 2009).

4.2.9. Ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού και χώρων

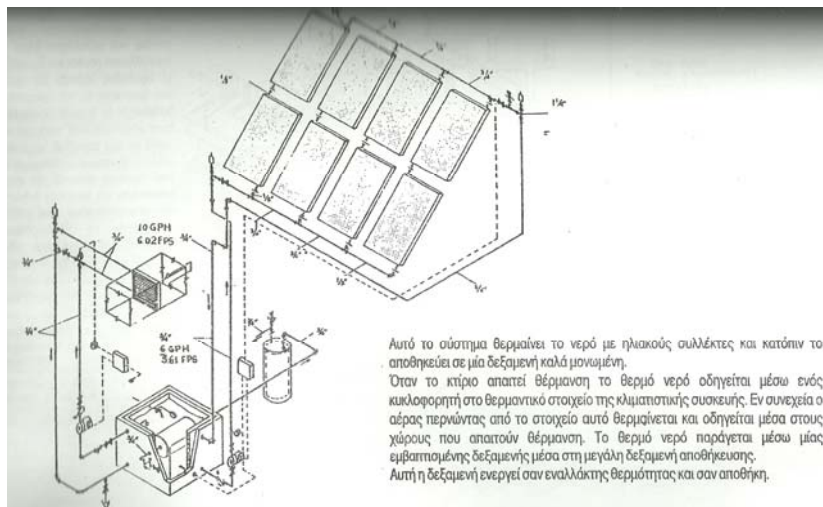
Σ' αυτά περιλαμβάνονται :

- οι ηλιακοί θερμοσίφωνες ανοιχτού και κλειστού κυκλώματος, όπως στην πιο κάτω εικόνα. Ο τρόπος λειτουργίας τους, αναλύθηκε στο κεφάλαιο 3.



Εικόνα 9: Τύποι θερμοσιφώνων (Κοντορούπης Γ., 2005)

- το σύστημα παραγωγής θερμού νερού της εικόνας 10

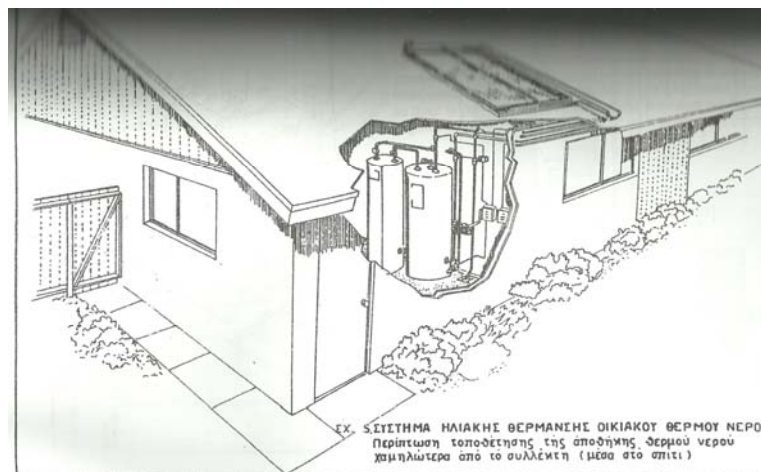


Εικόνα 10: Σύστημα παραγωγής θερμού νερού (Κοντορούπης Γ., 2005)

- το σύστημα παραγωγής ηλιακής θέρμανσης οικιακού θερμού νερού (με ή χωρίς boiler) της εικόνας 11, που βασίζεται στις εξής ενέργειες:

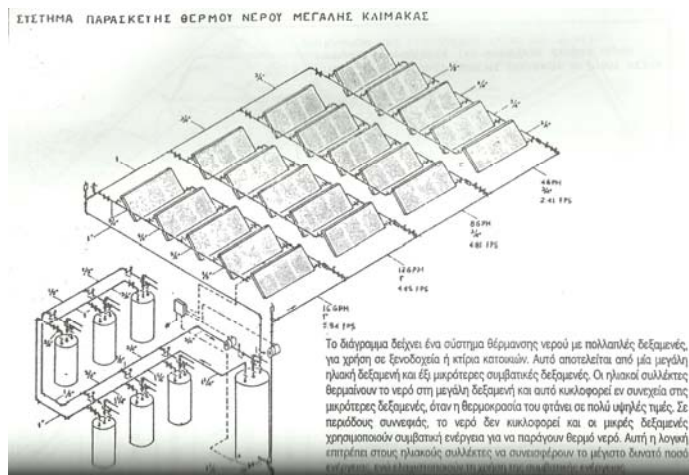
- θέρμανση του χώρου από τον αέρα του συλλέκτη (όπου θερμαίνεται μέχρι τους 50-60°C, οδηγείται στο χώρο μέσω της κλιματιστικής συσκευής και επιστρέφει για να αναθερμανθεί και να επαναληφτεί ο κύκλος),

- αποθήκευση θερμότητας (όταν η θερμοκρασία δωματίου είναι ικανοποιητική, το αυτόματο σύστημα ελέγχου οδηγεί τον αέρα στην αποθηκευτική μονάδα για να απορροφηθεί η θερμότητά του από τα μεγάλης θερμοχωρητικότητας υλικά και να επιστρέψει στο συλλέκτη),
- θέρμανση από την αποθηκευτική μονάδα (τη νύχτα ή τις νεφώδεις μέρες, το αυτόματο σύστημα ελέγχου οδηγεί τον επιστρέφοντα από το χώρο αέρα στο πυθμένα της αποθηκευτικής μονάδας όπου θερμαίνεται από τα θερμά απορροφητικά υλικά και στην συνέχεια, από το κλιματιστικό επιστρέφει στο χώρο) και
- θέρμανση νερού το καλοκαίρι (δεν απαιτείται θερμότητα, ο αέρας οδηγείται από το συλλέκτη που θερμαίνεται, στο υδάτινο στοιχείο εναλλαγής της θερμότητας, θερμαίνει το νερό του στοιχείου και επιστρέφει στο συλλέκτη για να αναθερμανθεί κλείνοντας τον κύκλο).



Εικόνα 11: Σύστημα ηλιακής θέρμανσης για οικιακό θερμό νερό (Κοντορούπης Γ., 2005)

- το σύστημα παραγωγής θερμού νερού μεγάλης κλίμακας (βλ. εικόνα 12). Ο προσεγγιστικός υπολογισμός της απαιτούμενης επιφάνειας συλλεκτών για θέρμανση-ψύξη χώρων και οικιακό θερμό νερό αλλά και ο προσδιορισμός του όγκου της αποθηκευτικής δεξαμενής, γίνεται με τη Μέθοδο “YAZAKI” (βλ. Παραρτήματα, παράγραφο 9.2.).



Εικόνα 12: Σύστημα παραγωγής θερμού νερού μεγάλης κλίμακας (Κοντορούπης Γ., 2005)

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι αν εφαρμόσουμε τα ενεργειακά μοντέλα που προτείνουν μονωτικά μέτρα για την μετασκευή υφιστάμενων κτιρίων και τεχνολογίες όπως των αντλιών θερμότητας, της ηλιακής θέρμανσης και της ΣΗΘ, τότε είναι πιθανό οι εκπομπές άνθρακα να μειωθούν στο μισό μέχρι το 2050 (Herring H., 2009).

4.2.10. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης-δροσισμού χώρων προσαρτημένα στο κτιριακό κέλυφος

Αφού αναλύθηκαν τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, θεωρείται σκόπιμο να αναλυθούν και τα παθητικά ηλιακά συστήματα, για μια πλήρη εικόνα των δυνατών μέσων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για σκοπούς θέρμανσης. Στα παθητικά ηλιακά συστήματα περιλαμβάνονται:

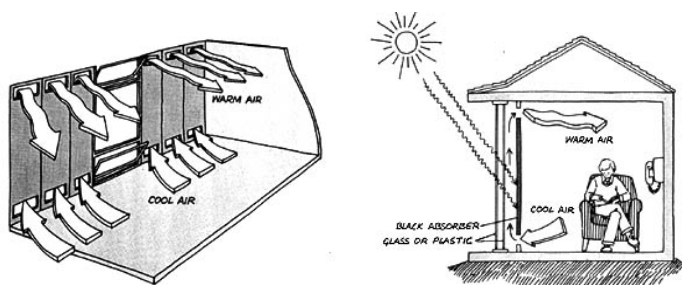
- Ο τσιμεντένιος τοίχος – συλλέκτης που επινοήθηκε από τους Trombe – Michel, για τον οποίο παρατίθεται στην παράγραφο 9.2. των Παραρτημάτων, η μεθοδολογία «5000» υπολογισμού του ηλιακού κέρδους (Κοντορούπης, Γ., 2005).

Το σύστημα αποτελείται από τον θερμικό τοίχο και μπροστά από αυτόν σε απόσταση 3 έως 12cm υπάρχει μια διαφανής επιφάνεια (συνήθως γυάλινη). Τα χαρακτηριστικά του τοίχου είναι ο νότιος προσανατολισμός του (για το βόρειο ημισφαίριο), τα υψηλής θερμομόνωσης υλικά κατασκευής του και η αμέριστη επιφάνεια διανομής που δεν θα πρέπει να ξεπερνάει σε βάθος τα 10m. Στο ψηλότερο και το χαμηλότερο μέρος του τοίχου, υπάρχουν οπές που επιτρέπουν την κίνηση του αέρα. Το εξωτερικό του είναι βαμμένο

συνήθως μαύρο για να μεγιστοποιείται η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Όπως για όλα τα παθητικά ηλιακά συστήματα, έτσι και για αυτό, για τη βέλτιστη αξιοποίηση της θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία, το κτιριακό κέλυφος του κτιρίου, πρέπει να είναι καλά μονωμένο.

Η λειτουργία του συστήματος βασίζεται στην ανταλλαγή μέσα από τις οπές, του θερμού αέρα μεταξύ του γυαλιού και του τοίχου με τον ψυχρό αέρα που βρίσκεται στο χώρο πίσω από τον τοίχο. Η επιτυχία του συστήματος βασίζεται στην τεχνολογική της απλότητα, στην εγκατάσταση θερμικού ελέγχου και στο σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής.

Κατή τη διάρκεια της ημέρας, ο ήλιος διασχίζει τη διαφανή επιφάνεια και προσπίπτει στη σκούρα επιφάνεια του τοίχου. Ένα μέρος της παραγόμενης θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία, απορροφάται από τον τοίχο και εκπέμπεται στον εσωτερικό χώρο και το υπόλοιπο μέρος παγιδεύεται στο χάσμα μεταξύ του γυαλιού και του τοίχου. Σύμφωνα με το 2^ο νόμο της Θερμοδυναμικής, τα θερμότερα ρεύματα αέρα τείνουν να ανεβαίνουν προς τα πάνω. Από τις οπές, ο θερμός αέρας διαφεύγει προς τον εσωτερικό χώρο που επιδιώκεται η θέρμανση και παράλληλα ψυχρός αέρας απομακρύνεται από αυτόν, από τις κάτω οπές, καλύπτοντας το κενό αέρος, όπως στην Εικόνα 13.

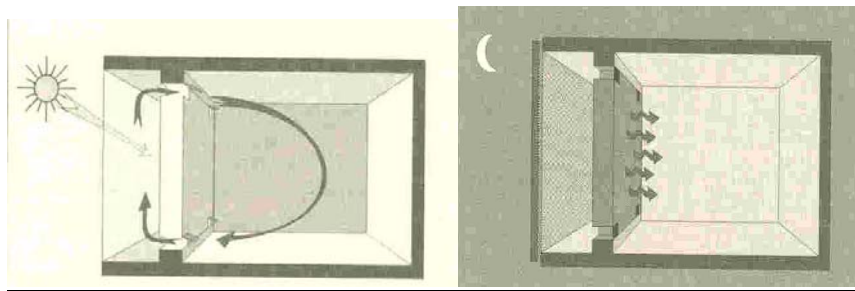


Εικόνα 13: Λειτουργία του τοίχου Trombe (Τσίππρας Κ., 2000)

Η φυσική αυτή κυκλοφορία του αέρα ξεκινάει όταν ο τοίχος αρχίζει να θερμαίνεται από τον ήλιο και συνεχίζει για κάποιες ώρες μετά που ο αυτός δύει. Ο χρόνος κυκλοφορίας του αέρα μετά τη δύση του ήλιου εξαρτάται από το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που θα παραλάβει ο τοίχος κατά τη διάρκεια της ημέρας, τις κλιματικές συνθήκες και τα υλικά κατασκευής του τοίχου. Τυπικά, η θερμική μάζα του τοίχου σχεδιάζεται για να εκπέμπει θερμότητα από την εσωτερική του επιφάνεια για 10 με 12 ώρες, μετά τη δύση του ήλιου. Αυτή η μεταφορά θερμότητας γίνεται είτε με κυκλοφορία, είτε με

ακτινοβολία (το μεγαλύτερο μέρος), είτε με συναγωγή. Η μέση θερμική απόδοση αυτού του συστήματος κατά τη διάρκεια του χειμώνα (μεταξύ Νοεμβρίου - Απριλίου) είναι το 30% της ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει στον τοίχο.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας όμως (βλ. Εικόνα 14), η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται με αυτή τη φορά μόνο ψυχρό αέρα να κυκλοφορεί. Έτσι, θα πρέπει να προβλέπεται πάντα ένας τρόπος να κλείνουν οι οπές, ώστε να αποφεύγονται οι απώλειες θερμότητας. Το ίδιο ισχύει και για τις μουντές μέρες που ο τοίχος θα πρέπει να λειτουργεί σαν μαζικός τοίχος που σε συνδυασμό με τη μόνωση θα ελέγχουν και θα μειώνουν τις θερμικές απώλειες.



Εικόνα 14: Λειτουργία Θερμικού Τοίχου μέρα και νύχτα (Τσίππρας Κ., 2000)

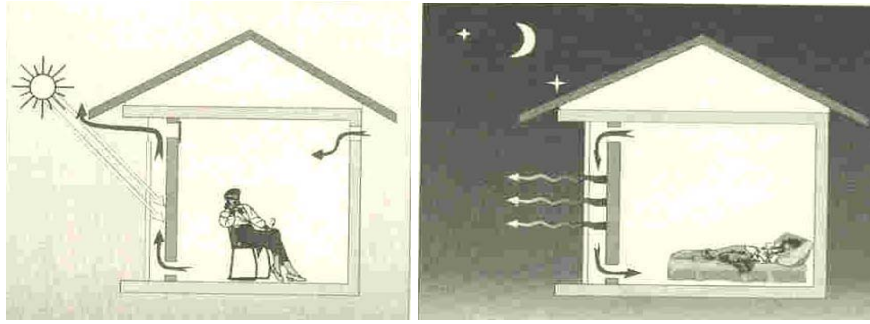
Τα περισσότερα παθητικά ηλιακά συστήματα μπορούν να απενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού ή να λειτουργούν αντίστροφα δίνοντας ψύξη αντί θέρμανση. Ωστόσο, ο θερμικός τοίχος με ή χωρίς οπές, δύναται να εκμεταλλευτεί για ψύξη το καλοκαίρι, λειτουργώντας με τους εξής τρόπους (βλ. Εικόνα 15):

A) παρέχοντας σκίαση, καταργώντας παράλληλα την αποθήκευση της θερμότητας,

B) απομακρύνοντας τον θερμό αέρα ανοίγοντας τις άνω και κάτω οπές στην διαφανή επιφάνεια του τοίχου και

Γ) με το φαινόμενο της «ηλιακής καμινάδας», στο οποίο δημιουργείται ένα ρεύμα αέρα μεταξύ της άνω οπής της διαφανούς επιφάνειας και της κάτω οπής του τοίχου, ώστε τελικά να οδηγείται ο εσωτερικός αέρας, έξω.

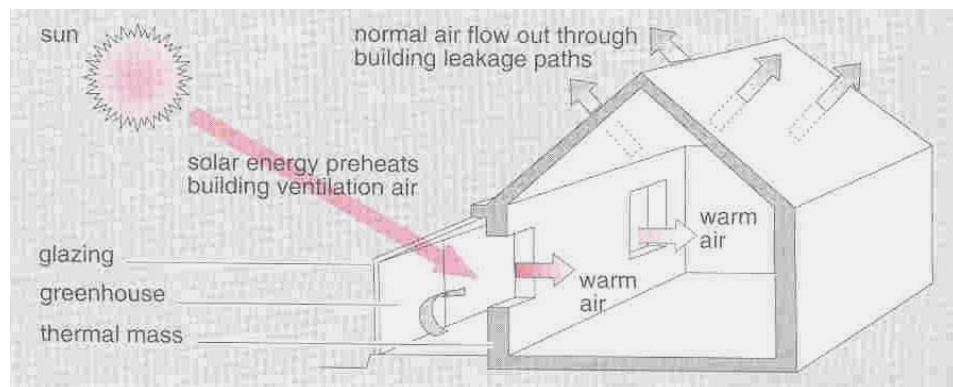
Ο καθαρός αέρας που εισέρχεται στο χώρο από τα βόρεια ανοίγματα θα καλύψει το κενό του αέρα που απομακρύνεται. Για να εξασφαλιστεί ότι ο εισερχόμενος αέρας είναι πιο ψυχρός, η βόρεια όψη θα μπορούσε να είναι καλά σκιασμένη με δέντρα (Xenakis M., 2003).



Εικόνα 15: Λειτουργία θερμικού τοίχου το καλοκαίρι (Τσίπης Κ., 2000)

- Ο υδάτινος συλλέκτης του Baer.
- Η θερμαινόμενη υδάτινη οροφή Sky – Therm και
- Το θερμοκήπιο που για να είναι αποδοτικό πρέπει να έχει τη βόρεια, δυτική και ίσως ανατολική του πλευρά από καλά μονωμένη τοιχοποιία.

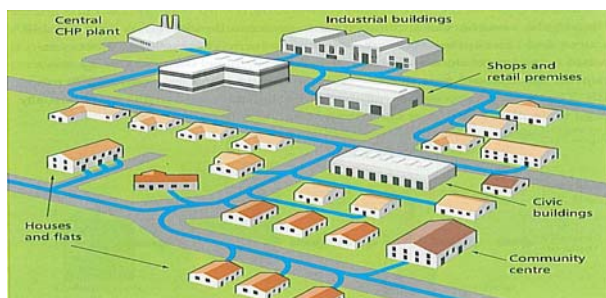
Η παραμένουσα νότια γυάλινη πλευρά συλλέγει το χειμωνιάτικο ήλιο, όπως στην Εικόνα 16. Το βάθος του πρέπει να κυμαίνεται από 1,5 – 2,5m. Για την αποφυγή της υπερθέρμανσης του χώρου του θερμοκηπίου και κατά συνέπεια και του εσωτερικού του κτιρίου, πρέπει τα εξωτερικά γυάλινα τοιχώματα του θερμοκηπίου να είναι ανοιγόμενα, να υπάρχει σύστημα εσωτερικού ή εξωτερικού σκιασμού και κατάλληλα ανοίγματα, κατά θέση και μέγεθος, στην εξωτερική επιφάνειά του για την απαγωγή προς το εξωτερικό περιβάλλον. Όπως για τον τοίχο Trombe – Michel, έτσι και για το θερμοκήπιο, μπορούν να υπολογιστούν τα ηλιακά κέρδη με τη «μέθοδο 5000» (βλ. Παραρτήματα, παράγραφο 9.2.) (Κοντορούπης Γ., 2005).



Εικόνα 16: Θερμοκήπιο (Τσίπης Κ., 2000)

4.2.11 Θέρμανση κοινότητας

Όπου είναι δυνατόν τα κτίρια θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους μέσω δικτύων θερμότητας όπως στην εικόνα 17, για να σχηματίσουν πιο μεγάλες ενεργειακές ανάγκες που επωφελούνται μεγαλύτερων εγκαταστάσεων ΣΗΘ ή λεβήτων βιομάζας (Jones P. και Day T., 2009).



Εικόνα 17: Θέρμανσης Κοινότητας (Jones P. και Day T., 2009)

4.3. Εφαρμογές συστημάτων θέρμανσης

Στην Ευρώπη ήδη τονίστηκε, ότι η θέρμανση των κτιρίων προκαλεί τη μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση (70%) ακολουθούμενη από την παραγωγή ζεστού νερού (15%), τις ηλεκτρικές συσκευές και το φωτισμό (11%). Όταν δε, στις Βόρειες Ευρωπαϊκές χώρες όπως η Φινλανδία και η Δανία, όπου οι δριμείς χειμώνες είναι μεγάλης διάρκειας, η θέρμανση των κατοικιών ανερχόταν στα 1,3 TΠΠ ανά κατοικία, στην Ελλάδα το αντίστοιχο ποσό ήταν 0,1TΠΠ / κατοικία.

Πιο συγκεκριμένα, οι ελληνικές κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης που χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο, αντιστοιχούν σε ποσοστό 35,5% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρικό ρεύμα και 18% καυσόξυλα.

Διαπιστώνεται έτσι, πόσο σημαντικές είναι οι κοινωνικο - οικονομικές επιπτώσεις από τη θέρμανση των κτιρίων με συμβατικά καύσιμα. Μερικές από αυτές είναι η αφαίμαξη συναλλάγματος για την εισαγωγή συμβατικών καυσίμων, η ενεργειακή εξάρτηση της χώρας, η επιβάρυνση του οικογενειακού εισοδήματος, οι έμμεσες και οι άμεσες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κ.α.. Σημειώνεται ακόμα ότι ο οικιακός μαζί με τον εμπορικό τομέα, συμβάλλουν στην παραγωγή του 10% των ετήσιων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα που εκλύεται στην ατμόσφαιρα της Ελλάδας.

Δεδομένων των παραπάνω, κρίνεται επιτακτική η ανάγκη για εδραίωση της χρήσης ανανεώσιμων καυσίμων. Η βιομάζα για παράδειγμα στην Ελλάδα, καταλαμβάνει το 67% του συνόλου των ΑΠΕ στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας και στον Πίνακα 5 που ακολουθεί, φαίνεται η θερμογόνος δύναμη των ελληνικών καυσόξυλων που παραμένουν σχετικά ανεκμετάλλευτα, ακόμα.

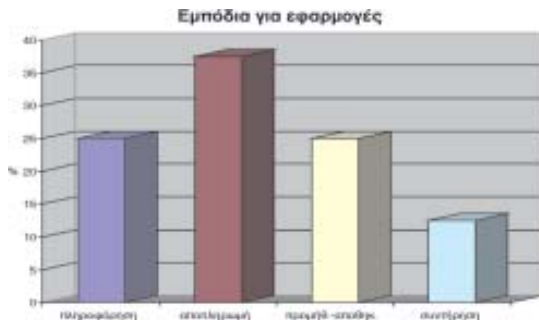
Προς το παρόν, η χρήση καυσόξυλων γίνεται από ορεινούς παραδασόβιους πληθυσμούς και σε μεμονωμένες περιπτώσεις σε αγροτικές περιοχές όπου η παραγωγή αυτών είναι ευρεία, διαχειριστικά προσπελάσιμη (μεταφορά, φύση του υλικού) και οικονομικά συμφέρουσα. Ωστόσο, οι αγροτικές κατοικίες θεωρούνται ως οι πλέον ενδεδειγμένες για τη θέρμανσή τους μέσω καύσης στερεών καυσίμων. Βρίσκονται πιο «κοντά» στην παραγωγή της βιομάζας από κάθε άποψη (απόσταση, κόστος, ποιότητα κ.λπ.), έχουν στις περισσότερες των περιπτώσεων μεγάλες αποθηκευτικές ικανότητες καυσίμου, χωρίς συνάμα να παρενοχλούν κατ' ανάγκη γειτονικά κτίσματα. Παρόλα αυτά, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν, τα εν λόγω συστήματα, μπορούν και πρέπει να εφαρμόζονται σε ευρύτερη κλίμακα.

Για να γίνει κάτι τέτοιο όμως, πρέπει πρώτα να αντιμετωπιστούν τα παρόντα εμπόδια που δυσχεραίνουν την διάδοσή τους. Τα προβλήματα που εντοπίζονται για την επιτυχή και βιώσιμη εφαρμογή μιας μονάδας αξιοποίησης στερεών καυσίμων ή άλλων ανανεώσιμων, συνοψίζονται στο παρακάτω διάγραμμα – εικόνα 18 (από αριστερά: πληροφόρηση, αποπληρωμή, προμήθηση-αποθήκευση και συντήρηση) και οι τρόποι με τους οποίους αυτά μπορούν να αρθούν στην επόμενη (από πάνω: διάδοση, ευαισθητοποίηση, οικονομικά μέτρα, «ενεργειακή» εκπαίδευση, ενεργειακές υπηρεσίες, α υλη-κόστος, προμήθειες, πιλοτικά έργα):

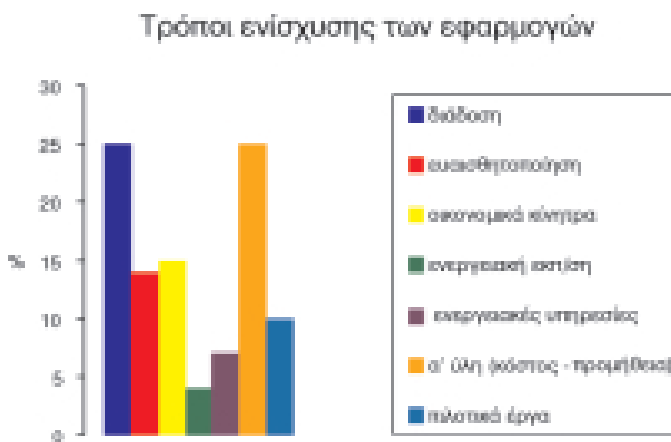
Πίνακας 4 : Θερμογόνος δύναμη των Ελληνικών καυσόξυλων

Είδος καυσόξυλου	Θερμογόνος δύναμη σε Kcal / kg
Ελάτη	4.900
Πεύκη	4.800
Δρυς	4.700
Οξιά	4.700
Άλλα πλατύφυλλα	4.200
Ελαιόδεντρα	4.100
Φρύγανα	4.000

(Ντζούρας Ν. κ.α., 2002)



Εικόνα 18: Εμπόδια για εφαρμογές (Ντζούρας Ν. κ.α., 2002)



Εικόνα 19: Τρόποι ενίσχυσης των εφαρμογών (Ντζούρας Ν. κ.α., 2002)

4.4. Συζήτηση

Συμπερασματικά, γίνεται αντιληπτό, πέραν των μέτρων που καταγράφηκαν στο πρώτο κεφάλαιο για τα ενεργειακά συστήματα του κτιρίου και δει για τα συστήματα θέρμανσης, πως λειτουργούν αυτά τα συστήματα, σε ποιές περιπτώσεις και με τι αποτελέσματα. Παρά της υφιστάμενης πληθώρας επιλογών, δεν εφαρμόζονται ακόμα ευρέως, γεγονός που πρέπει να αντιμετωπιστεί τόσο για το ατομικό οικονομικό συμφέρον όσο και για την ευφυή διαχείριση της ενέργειας που πλέον αποτελεί μονόδρομο.

5. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΔΟΤΙΚΗ ΨΥΞΗ

Παράλληλα με τη θέρμανση, είναι εξίσου απαραίτητη η υιοθέτηση στρατηγικών ψύξης για την ελαχιστοποίηση των μηχανικών φορτίων καθώς και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αλλά και του κόστους της καταναλισκόμενης ενέργειας στα νέα κτίρια.

5.1. Κύριες στρατηγικές

Για την ψύξη των κτιρίων καταναλώνεται κυρίως ηλεκτρική ενέργεια. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στην Ευρώπη, οι ηλεκτρικές συσκευές (όπως τα κλιματιστικά) και ο φωτισμός των κτιρίων, είναι υπεύθυνοι για το 11% της συνολικής ενεργειακής τους κατανάλωσης. Με τα επερχόμενα θερμότερα καλοκαίρια ωστόσο, θα πρέπει αναμφισβήτητα να υιοθετηθούν οι εξής στρατηγικές για τη μείωση των ψυκτικών φορτίων:

- Μείωση αχρείαστων θερμικών κερδών στα κτίρια (με καλύτερη θερμομόνωση).
- Υιοθέτηση παθητικών λύσεων ψύξης, δηλαδή λύσεων που χρησιμοποιούν πολλά απ' τα χαρακτηριστικά του κτιρίου για να παραγάγουν και να αποθηκεύουν ενέργεια ψύξης (με βελτιωμένο σχεδιασμό ανοιγμάτων, τεχνικές σκίασης, μείωση των διαρροών του αέρα).
- Χρήση ενέργειας ψύξης από ΑΠΕ που υπάρχουν τοπικά κοντά στο κτίριο.
- Εγκατάσταση μηχανικού εξοπλισμού ψύξης με παράλληλη χρήση όλων των διαθέσιμων δυνατοτήτων για φυσική ψύξη σε περιόδους λειτουργίας που δεν απαιτείται χρήση όλου του μηχανικού εξοπλισμού.

Στην εικόνα 20 που ακολουθεί, φαίνεται η σύγκριση των δυνατών συστημάτων αποδοτικής ψύξης πριν αυτά αναλυθούν εκτενέστερα, στην επόμενη παράγραφο.

Low cooling solution	Energy saving potential	Cost to implement	Ability to provide low chilled water temps.*	Ability to provide accurate control of space temps.	Design/operating risk
Reduce heat gains	☺	☺	NA	NA	☺
Natural ventilation	☺	☺	NA	☹	☺
Mixed mode ventilation	☺	☺	NA	☹	☺
Night cooling	☺	☺	NA	☺	☺
Ground cooling air system	☺	☹	NA	☺	☺
Ground cooling water system	☺	☹	☺	☺	☺
Surface water cooling	☺	☺	☺	☺	☺
Free cooling in re-circulating air systems	☺	☺	NA	☺	☺
Free cooling in full fresh air systems	☺	☺	NA	☺	☺
Desiccant cooling	☺	☺	NA	☺	☺
Free cooling in systems with cooling towers or evaporative coolers	☺	☺	☺	☺	☺
Thermosyphon chillers	☺	☺	☺	☺	☺

☺ = good ☺ = average ☹ = poor NA = not applicable

* Inability to achieve low chilled water temperatures indicates that the solution is best suited for use with a delivery system which can utilise raised chilled water temperatures, such as those described in section 6.

CIBSE Knowledge Series — Sustainable low energy cooling

Εικόνα 20: Αρχική σύγκριση συστημάτων (Parsloe C., 2005)

5.2. Συστήματα ψύξης

Στην ενότητα αυτή, θα μελετηθούν οι ενεργειακά αποδοτικές πρακτικές ψύξης που προτείνονται στα πλαίσια βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

5.2.1. Παθητικά συστήματα ψύξης

Είναι τα εξής τρία:

➤ Φυσικός αερισμός

Ο άνεμος ή οι θερμοκρασιακές διαφορές οδηγούν τη ροή του αέρα μέσα στο κτίριο. Αυτός ο αέρας μπορεί να αξιοποιηθεί για αερισμό ή και για ψύξη. Χωρίς βαθύτερη ανάλυση, με μία πρώτη σκέψη αυτή η λύση, θα μπορούσε να θεωρηθεί η καλύτερη.

Για το καλύτερο αποτέλεσμα φυσικού αερισμού, η διάταξη του κτιρίου πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η μέγιστη ταχύτητα ροής αλλά και η καλή διανομή του. Ενδείκνυται ακόμα και η χρήση παράθυρων που ανοίγουν αυτόματα για να ελέγχουν τα πρότυπα ροής του αέρα στο κτίριο, αλλά και για να αποθηκεύουν ενέργεια ψύξης τη νύχτα, μέσω της θερμικής μάζας του κτιρίου.

Τα πλεονεκτήματα που αποκομίζονται από τον φυσικό αερισμό, είναι η μείωση της ανάγκης για μηχανική ψύξη (ειδικά όταν αξιοποιείται η νυχτερινή ψύξη

του κτιρίου), η αποφυγή της ανάγκης για μηχανικό σύστημα αερισμού (ανεμιστήρες και αγωγοί) και η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας από τους ανεμιστήρες και τα συστήματα ψύξης.

Τα μειονεκτήματα από την άλλη, τελικά φαίνονται περισσότερα. Τέτοια είναι ο θόρυβος ή ο μολυσμένος αέρας που μπορεί να εισέλθει στο κτίριο. Η ανασφάλεια των κατοίκων για πιθανές διαρρήξεις μέσω των ανοιγμάτων και ακόμα οτιδήποτε ενοχλητικό μπορεί να εισέλθει από τα παράθυρα. Επιπλέον, ο απαιτούμενος συστηματικός έλεγχος για τη διασφάλιση της σωστής απόδοσης και η δυσκολία επιβεβαίωσης ότι οι εσωτερικοί χώροι παραμένουν εντός ορισμένων ορίων θερμοκρασίας. Επίσης, αν οι εσωτερικές ζώνες παράγουν υγρασία, δεν υπάρχει έλεγχος για τα επίπεδα της εσωτερικής υγρασίας. Τέλος, οι επιδόσεις του φυσικού αερισμού προβλέπονται δύσκολα καθώς απαιτούνται προσομοιώσεις της θερμοδυναμικής του αέρα.

➤ Μικτός αερισμός

Για μία πιο προβλέψιμη λύση, δίνεται αυτή η λύση που συνδυάζει φυσικό αερισμό με μηχανικό σύστημα ανεμιστήρων και αγωγών. Υπάρχουν τρεις σχεδιαστικές προσεγγίσεις:

- Σχέδια έκτακτης ανάγκης που ενσωματώνουν τόσο φυσικό με μηχανικό αερισμό έτσι ώστε το κάθε σύστημα ανάλογα με την περίπτωση, να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματικό του άλλου.
- Συμπληρωματικά σχέδια που λειτουργούν και με τα δύο συστήματα μαζί, είτε ταυτόχρονα είτε σε μεταβατική κατάσταση όταν το ένα σύστημα κλείνει να αρχίζει το άλλο, ανάλογα με την περίπτωση.
- Σχέδια σε ζώνες που επιτρέπουν στα φυσικά ή μηχανικά συστήματα να χρησιμοποιούνται για διαφορετικές ζώνες του κτιρίου.

Αυτή η λύση του μικτού αερισμού, πλεονεκτεί έναντι της προαναφερθείσας του φυσικού αερισμού στα εξής:

- Καλύτερη ικανότητα διατήρησης των εσωτερικών θερμοκρασιών μέσα σε καθορισμένα όρια.
- Μειωμένο ρίσκο ψυχρών ρευμάτων αέρα.
- Μεγαλύτερη κινητικότητα στη διάταξη του κτιρίου, η οποία δεν πρέπει να υπαγορεύεται από τις φυσικές απαιτήσεις αερισμού.

- Λιγότερη ανάγκη για αυτόματα παράθυρα ή άλλα ανοίγματα φυσικού αερισμού.
- Μεγαλύτερα εσωτερικά κέρδη θερμότητας και ψυκτικά φορτία μπορούν να γίνουν αποδεκτά.
- Δυναμικό καθαρού αέρα ανάκτησης θερμότητας το χειμώνα με τη χρήση μηχανικών εγκαταστάσεων αερισμού.

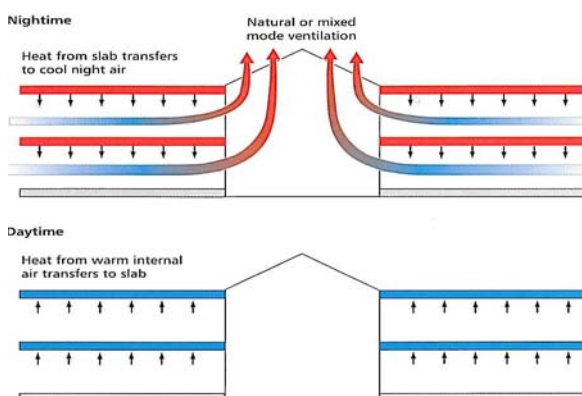
➤ Νυχτερινή ψύξη με φυσικό ή μικτό σύστημα αερισμού

Σ' αυτήν την πρακτική αυτό που γίνεται είναι ότι ο κρύος νυχτερινός αέρας ψύχει την κύρια θερμική μάζα του κτιρίου κι έτσι η τελευταία απορροφά περισσότερη θερμότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας, μειώνοντας τα ημερήσια ψυκτικά φορτία. Για τον ίδιο σκοπό, μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν και πλάκες δαπέδου από σκυρόδεμα.

Για να επιτύχει η συγκεκριμένη μέθοδος, πρέπει η νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα να πέσει κάτω από τις εσωτερικές «θερμοκρασίες άνεσης». Ο αέρας του αερισμού θα πρέπει να επικοινωνεί καλά με την πλάκα κι αυτή με τον αέρα του δωματίου. Για τον ίδιο σκοπό, τη μείωση δηλαδή των ψυκτικών φορτίων, σκόπιμα τα κτίρια κατασκευάζονται «σε ορόφους» (βλ. εικόνα 21).

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι αρχικά ότι μειώνει ή και αποφεύγει την ανάγκη για ολοκληρωμένο εξοπλισμό ψύξης. Η εκτιμώμενη αντιστάθμιση σε κέρδη θερμότητας μπορεί να είναι της τάξης των 20-30 W/m² για νυχτερινή ψύξη με αερισμό και μπορεί να τοποθετηθεί σε υπάρχοντα μη κλιματιζόμενα κτίρια.

Τα μειονεκτήματά της είναι όλα όσα αναφέρθηκαν και για την πρώτη μέθοδο, συν το ότι χρειάζεται προσεκτικός έλεγχος του αερισμού για την αποφυγή υπέρ-ψύξης (Parsloe C., 2005).



Εικόνα 21: Στρατηγική της νυχτερινής ψύξης (Parsloe C., 2005)

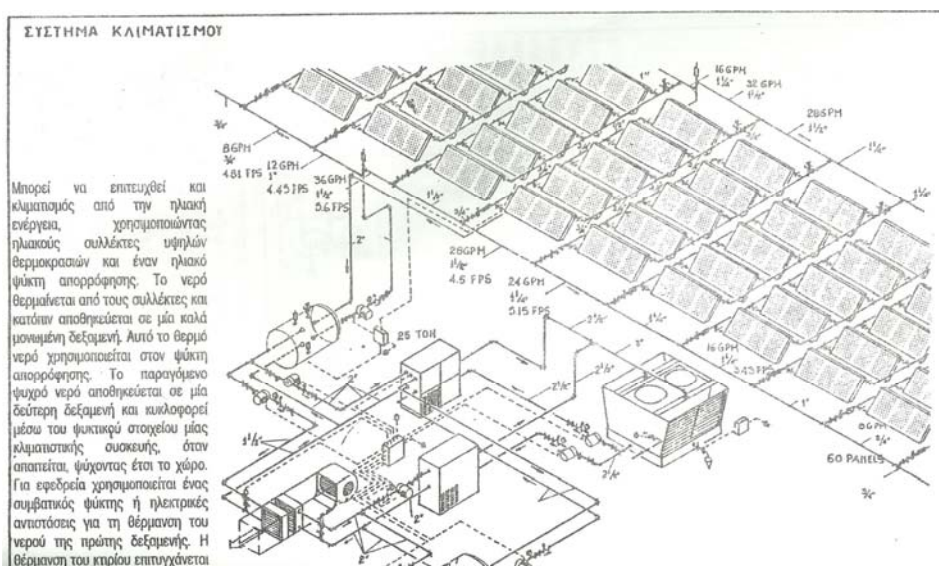
5.2.2. Ψύξη από ανανεώσιμες πηγές

Για την εκμετάλλευση των ΑΠΕ, προτείνονται οι εξής εφαρμογές ψύξης:

➤ Σύστημα κλιματισμού από ηλιακή ενέργεια

Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί ηλιακούς συλλέκτες υψηλών θερμοκρασιών και ένα ηλιακό ψύκτη απορρόφησης (σχηματική απεικόνιση πιο κάτω, εικόνα 22). Το νερό θερμαίνεται από τους συλλέκτες και κατόπιν αποθηκεύεται σε μία καλά μονωμένη δεξαμενή. Αυτό το θερμό νερό χρησιμοποιείται στον ψύκτη απορρόφησης. Το παραγόμενο ψυχρό νερό αποθηκεύεται σε μία δεύτερη δεξαμενή και κυκλοφορεί μέσω του ψυκτικού στοιχείου μιας κλιματιστικής συσκευής, όταν απαιτείται, ψύχοντας έτσι το χώρο.

Για εφεδρεία χρησιμοποιείται ένας συμβατικός ψύκτης ή ηλεκτρικές αντιστάσεις για τη θέρμανση του νερού της πρώτης δεξαμενής. Η θέρμανση του κτιρίου επιτυγχάνεται με απλή κυκλοφορία του θερμού νερού της δεξαμενής, μέσω θερμαντικού στοιχείου της κλιματιστικής συσκευής.



Εικόνα 22: Σύστημα κλιματισμού από ηλιακή ενέργεια (Κοντορούπης Γ., 2005)

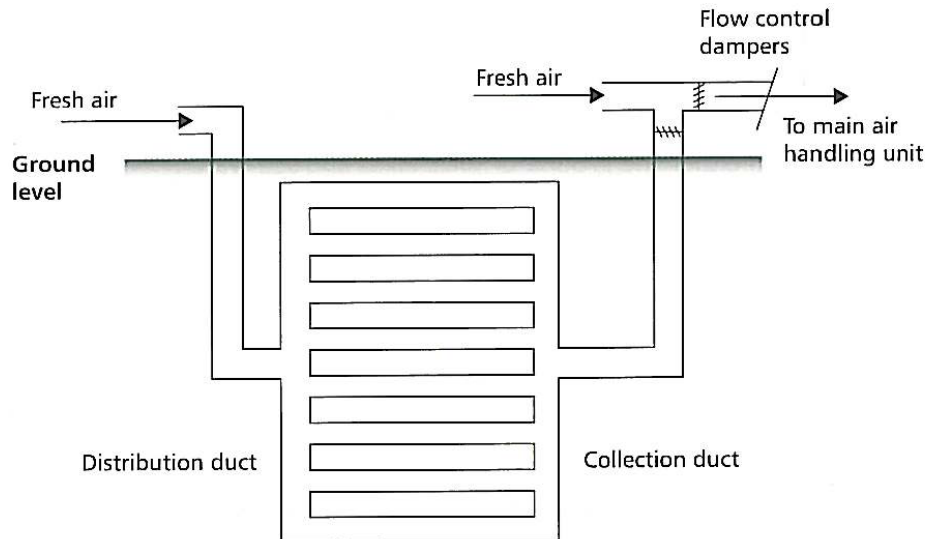
➤ Συστήματα ψύξης του αέρα μέσω του υπεδάφους

Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες του υπεδάφους ή του νερού από γεωτρήσεις ή από βαθιές λίμνες, μπορούν να αξιοποιούνται για ψύξη. Για παράδειγμα, ο αέρας μπορεί να περάσει από ένα δίκτυο υπόγειων αγωγών και να δώσει έτσι αερισμό ψύξης, το ίδιο και το νερό (βλ. εικόνα 23).

Τα πλεονεκτήματά τους είναι η απλή σχεδίαση, τα εξαρτήματα που απαιτούν λίγη συντήρηση, μικρή απαίτηση χώρου εγκατάστασης μέσα στο κτίριο, η πηγή

ψύξης είναι πάντα διαθέσιμη και όταν χρησιμοποιούνται με αντλίες θέρμανσης μπορούν ακόμα να προσφέρουν θέρμανση το χειμώνα.

Τα μειονεκτήματά τους είναι τα πιθανόν μεγάλα έξοδα εκσκαφής, οι πιθανοί περιορισμοί στη χρήση και την εξαγωγή του υπόγειου νερού, το ότι πρέπει να παρθεί νερό από βαθιά για να είναι βιώσιμο, το ότι μπορεί να παρουσιάζεται διάβρωση στο νερό από λίμνες ή θάλασσες και ότι απαιτείται προσεκτική συντήρηση των φίλτρων και των αγωγών για την αποφυγή αποτυχιών σχετικών με ακαθαρσίες.



Εικόνα 23: Ψύξη αέρα μέσω του υπεδάφους (Parsloe, C., 2005)

Αντίστοιχα υπάρχουν,

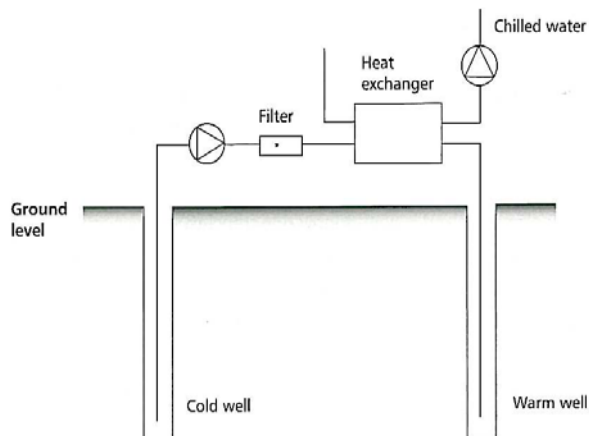
- Συστήματα ψύξης του νερού μέσω του υπεδάφους (κλειστός βρόγχος)

Σ' αυτά κυκλοφορεί το νερό (ή το αντιψυκτικό επεξεργασμένο νερό) μέσα σε μία μήτρα θαμμένων σωλήνων. Συνήθως ένας μεγάλος συνεχής βρόγχος από ευέλικτους, υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλενικούς σωλήνες μέσω των οποίων κυκλοφορεί το νερό, είναι θαμμένος δίπλα στο κτίριο. Οι υπόγειοι σωλήνες είναι διαμορφωμένοι είτε σε κάθετες γεωτρήσεις είτε σε οριζόντιους βρόγχους (βλ. εικόνα 24).

Εξαιτίας της μικρής θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ του κυκλοφορούμενου νερού και του γύρω εδάφους, η παραγόμενη ψύξη αυτού του συστήματος είναι περιορισμένη. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται συνήθως αντίστροφου κύκλου αντλίες θερμότητας σε συνδυασμό με τα κλειστού βρόγχου συστήματα ως μέσο αύξησης και ρύθμισης της παραγόμενης ψύξης ή θέρμανσης.

Οι αντλίες θερμότητας όταν λειτουργούν με κλειστού βρόγχου σύστημα ψύξης του αέρα το καλοκαίρι, εξάγουν θερμότητα από τον αέρα του κτιρίου ή από

παγωμένο νερό και τη μεταφέρουν στο γύρω υπέδαφος μέσω του κλειστού βρόγχου σωληνώσεων. Εναλλακτικά το χειμώνα, το ίδιο σύστημα μπορεί να λειτουργήσει για να μεταφέρει χαμηλού βαθμού θέρμανση από το υπέδαφος στο κτίριο, τυπικά μέσω ενός χαμηλής θερμοκρασίας σύστημα θέρμανσης, όπως η ενδοδαπέδια.



Εικόνα 24: Σύστημα ψύξης νερού μέσω του υπεδάφους (Parsloe C., 2005)

➤ Συστήματα ψύξης του νερού μέσω του υπεδάφους (ανοικτός βρόγχος)

Αξιοποιούν το νερό απευθείας από το υπέδαφος για την εκπλήρωση των αναγκών για ψύξη. Έτσι δεν υπάρχει ανάγκη μεταφοράς της θερμότητας μέσω υπόγειων σωλήνων.

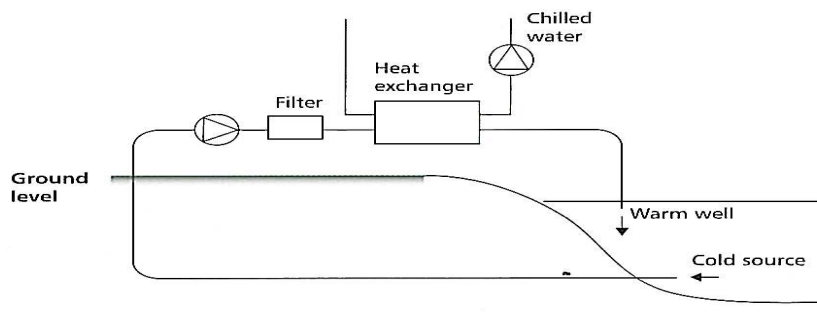
Συνήθως περιλαμβάνει δύο κάθετες γεωτρήσεις, σε κατάλληλο βάθος ενός υποκείμενου υδροφόρου ορίζοντα. Το νερό εξάγεται από μία εκ των γεωτρήσεων, περνάει από ένα εναλλάκτη θερμότητας, μετά ξανά-επιστρέφει μέσα στο υπέδαφος μέσω της άλλης γεώτρησης.

Οι τυπικές θερμοκρασίες του υπεδάφους είναι από 6-10°C και μέσω του εναλλάκτη θερμότητας μπορούν να επιτευχθούν θερμοκρασίες νερού κοντά στους 12°C. Το νερό αυτής της θερμοκρασίας είναι κατάλληλο για απευθείας εφαρμογή σε οροφές ψύξης και συστήματα δοκών ψύξης ή για προ-ψύξη σε σύστημα σπειρών ανεμιστήρων.

Αν και θερμικά πολύ αποδοτικά αυτά τα συστήματα, εμπεριέχουν τον κίνδυνο μπλοκαρίσματος λόγω υπολειμμάτων που μπορεί να κυκλοφορούν στο νερό. Γι' αυτό απαιτείται σε ένα βαθμό, το φιλτράρισμα του νερού της γεώτρησης για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου. Τέλος, απαιτείται η κατοχύρωση άδειας από Περιβαλλοντικό Οργανισμό για την απομάκρυνση και χρήση του υπόγειου νερού για αυτό το σκοπό.

➤ Επιφανειακά συστήματα ψύξης

Εναλλακτικά, αντί για χρήση του νερού των γεωτρήσεων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το θαλασσινό νερό ή το νερό λίμνης. Στα επιφανειακά αυτά συστήματα ψύξης, εξάγεται νερό από το βάθος στο οποίο αυτό βρίσκεται στη χαμηλότερη θερμοκρασία. Αφού περάσει από τον εναλλάκτη θερμότητας, το θερμό νερό επιστρέφει στη πηγή του νερού σε υψηλό επίπεδο (βλ. εικόνα 25). Αυτά τα συστήματα πρέπει να έχουν σημαντικό βάθος για να εξασφαλίζεται ότι το εξαγόμενο νερό είναι αρκετά κρύο για να προσφέρει την απαιτούμενη ψύξη.



Εικόνα 25: Επιφανειακά συστήματα ψύξης νερού (Parsloe C., 2005)

5.2.3. Επιλογές συστημάτων φυσικής ψύξης προς συνδυαστική χρήση με μηχανικό εξοπλισμό

Όταν η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα είναι χαμηλή, αυτός χρησιμοποιείται για να ψύξει το κτίριο, επιτρέποντας έτσι στο μηχανικό εξοπλισμό ψύξης να κλείσει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ο κρύος καθαρός αέρας μπορεί να παρέχεται απευθείας σε κατειλημμένους χώρους ή να χρησιμοποιείται για την ψύξη του νερού. Για την ενίσχυση του παρεχόμενου βαθμού ψύξης μπορούν να χρησιμοποιηθούν υγραντήρες εξάτμισης και για την ενίσχυση των τελευταίων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποξηραντική ψύξη. Για απευθείας τέλος, ψύξη του νερού, χρησιμοποιούνται πύργοι ψύξης και ψύκτες εξάτμισης.

Τα πλεονεκτήματα της φυσικής ψύξης είναι ότι μειώνει το χρόνο λειτουργίας του μηχανικού εξοπλισμού, ενώ παράλληλα αποθηκεύει ενέργεια και είναι σχετικά οικονομική στην εφαρμογή της. Μπορεί να ικανοποιήσει ακόμα και τις μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ψύξη, αξιοποιώντας τον μηχανικό εξοπλισμό. Κάποια χαρακτηριστικά φυσικής ψύξης μπορούν να αγοραστούν σα μέρος συσκευασμένης μονάδας διαχείρισης αέρα ή ψύκτη.

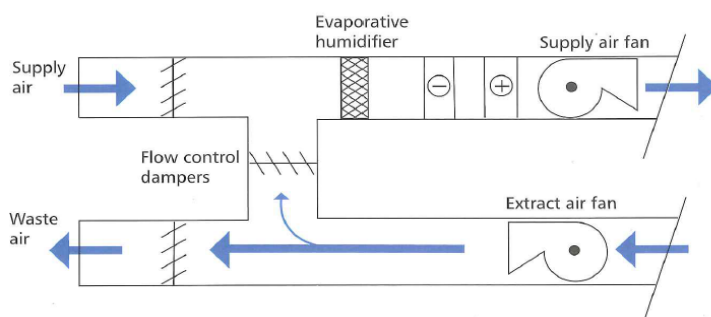
Τα μειονεκτήματά της από την άλλη, είναι ότι πρέπει να τονίζεται στο σχεδιασμό η καταλληλότερη εφαρμογή της στο κτίριο. Να τονίζεται ότι τα κτίρια

πρέπει να έχουν όλο το χρόνο ψυκτικά φορτία για να μεγιστοποιήσουν τα διαστήματα της φυσικής ψύξης και ότι απαιτούνται επιπρόσθετοι έλεγχοι για να διασφαλίσουν τη σωστή λειτουργία και να μεγιστοποιήσουν τα οφέλη της. Τέτοια συστήματα αναλύονται παρακάτω.

➤ Φυσική ψύξη με συστήματα ανά-κυκλοφορούμενου αέρα

Σε ένα σύστημα εξαερισμού από κεντρική μονάδα διαχείρισης αέρα και διανομής του από σταθερού όγκου σύστημα αγωγών, είναι πιθανό ότι ο συνολικός όγκος αέρα που απαιτείται για την ψύξη του χώρου είναι μεγαλύτερος από το ποσό που απαιτείται για την παροχή καθαρού αέρα στους ενοίκους. Αυτό σημαίνει ότι ένα ποσοστό του εξαγόμενου αέρα μπορεί να επανεισάγεται στον κατειλημμένο χώρο.

Για παράδειγμα, στην παρακάτω εικόνα γίνεται φανερό ότι ο καθαρός αέρας αναμιγνύεται με τον εξαγόμενο στο χώρο αέρα, κλιματίζεται και στη συνέχεια εκ νέου παρέχεται πίσω στον κατειλημμένο χώρο. Ο καθαρός αέρας που μπαίνει στο κτίριο και ο μολυσμένος αέρας που απομακρύνεται από αυτό στις ελάχιστες ποσότητες τους, είναι επαρκείς για να προσφέρουν καθαρό εξαερισμό στους ενοίκους – συνήθως λιγότερο από 25% του συνολικού ποσού του αέρα που απαιτείται για την ψύξη του χώρου.



Εικόνα 26: Καθοδήγηση καθαρού αέρα για φυσική ψύξη (Parsloe C., 2005)

Για την επίτευξη φυσικής ψύξης, ειδικά διαμορφωμένα συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν το ποσοστό του καθαρού αέρα στον ανακυκλοφορούμενο, όταν η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι μικρότερη από την απαιτούμενη θερμοκρασία δωματίου. Οι αποσβεστήρες εφοδιασμού, ανακύκλωσης και προμήθειας, μπορούν να ελέγχονται συγχρόνως, ώστε να παρέχουν αυξημένο ποσοστό καθαρού αέρα στο πρώτο στάδιο της ψύξης. Όσο αυξάνει η θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, οι αποσβεστήρες θα μεταβάλλονται μέχρι να φτάσουν στον ελάχιστο όγκο καθαρού αέρα. Πέραν αυτού, η ψύξη γίνεται από τη

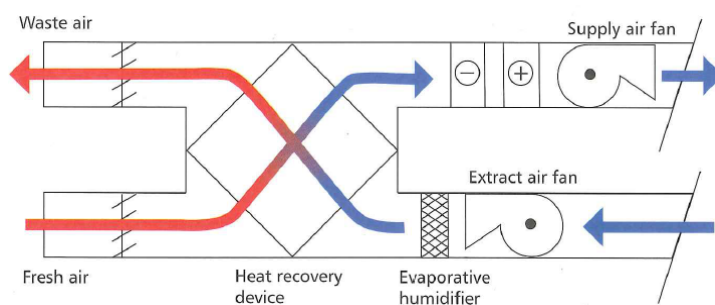
λειτουργία του μηχανικού εξοπλισμού ψύξης. Η φυσική ψύξη/θέρμανση τέτοιου τύπου είναι σήμερα, τυπικό χαρακτηριστικό πολλών συστημάτων διανομής αέρα.

Η χρήση υγραντήρα σε συστήματα ελέγχου της υγρασίας μπορεί να προσφέρει επιπλέον ψύξη λόγω εξάτμισης. Περνώντας το μίγμα καθαρού αέρα και ανακυκλοφορούμενου μέσα από υγραντήρα εξάτμισης, εξασφαλίζεται επιπρόσθετη φυσική ψύξη ικανοποιητικού μεγέθους. Όταν το νερό ψεκάζεται ή εμβαπτίζεται στο ρευστό, τα σταγονίδια νερού εξατμίζονται κι έτσι χάνεται ενέργεια του αέρα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της θερμοκρασίας του αέρα παροχής, της τάξεως των 6-7°C.

➤ Φυσική ψύξη με ολοκληρωτικά φυσικού αερισμού συστήματα

Σε συστήματα όπου η επανακυκλοφορία του αέρα δεν είναι δυνατή, επειδή αυτός μολύνεται με ρύπους ή αναθυμιάσεις, συχνά εγκαθίσταται σήμερα κάποιου είδους συσκευή ανάκτησης θερμότητας για τη μεταφορά αυτής από τον εξαγόμενο στον εισερχόμενο αέρα το χειμώνα και από τον εισερχόμενο στον εξαγόμενο το καλοκαίρι. Τυπικές τέτοιες συσκευές είναι τα κυκλικά πηνία, οι θερμοκοίτιοι ή οι πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας.

Η εξοικονόμηση ενέργειας από τέτοια συστήματα αυξάνεται με την ένταξη της φυσικής ψύξης από έναν υγραντήρα εξάτμισης των ρύπων ανάντη της εισόδου του αέρα προς τη συσκευή ανάκτησης θερμότητας (βλ. εικόνα 27).



Εικόνα 27: Υγραντήρας εξάτμισης για φυσική ψύξη (Parsloe C., 2005)

Όπως προαναφέρθηκε στην προηγούμενη πρακτική, λόγω της εξάτμισης των σταγονιδίων νερού, ο αέρας αυτός μπορεί να ψύχεται με 6 - 7°C, πριν εισέλθει στη συσκευή ανάκτησης θερμότητας. Αυτό σημαίνει ότι είναι δυνατή η φυσική ψύξη οποτεδήποτε η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα υπερβαίνει τη θερμοκρασία του αέρα που υφίσταται ύγρανση. Για ορισμένα κτίρια, αυτό το διάστημα μπορεί να

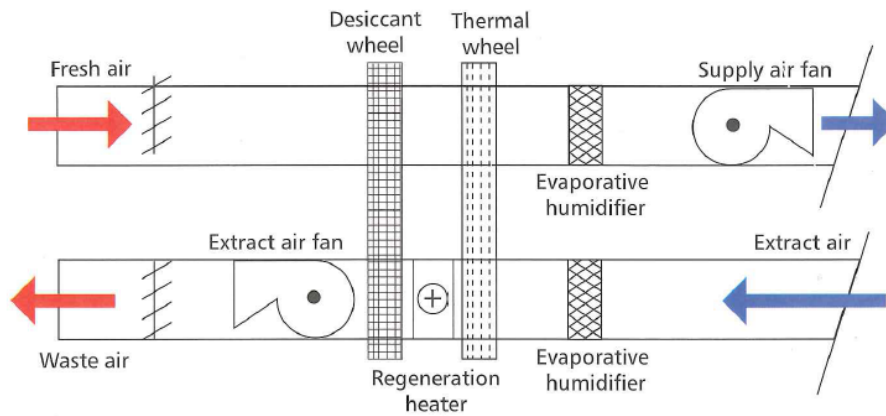
αντιπροσωπεύει σημαντικό ποσοστό της αρχικής περιόδου λειτουργίας του συστήματος.

➤ Desiccant συστήματα ψύξης

Η φυσική ψυκτική ικανότητα ενός ολοκληρωμένου συστήματος καθαρού αέρα μπορεί να ενισχυθεί περισσότερο με την προσθήκη παράλληλης αποξηραντικής ψύξης. Ένα αποξηραντικό είναι μία ουσία που απορροφά την υγρασία από τον αέρα. Με την ξήρανση του αέρα πριν αυτός περάσει από τον υγραντήρα εξάτμισης, επιτυγχάνεται μεγαλύτερος βαθμός ψύξης σε ευρύτερο φάσμα συνθηκών.

Το αποξηραντικό υλικό συνήθως παρέχεται μέσα σε τροχό που περιστρέφεται μέσα στον εισερχόμενο αέρα εφοδιασμού. Ο «αποξηραντικός» τροχός ξηραίνει τον αέρα κάτω από μία σχετική υγρασία, τυπικά μικρότερη από 20%. Ο αέρας στη συνέχεια ψύχεται με τη βοήθεια μιας συσκευής ανάκτησης της θερμότητας, συνήθως θερμικός τροχός, ο οποίος μεταφέρει την ψύξη από τον εξαγόμενο αέρα στον αέρα εφοδιασμού. Ο ξηρός, ψυχρός, καθαρός αέρας στη συνέχεια ψύχεται περισσότερο, διερχόμενος από τον υγραντήρα εξάτμισης. Λόγω του ότι η ικανότητα του αέρα να απομακρύνει τη σκόνη έχει μεγιστοποιηθεί πια, ο βαθμός ψύξης μεγιστοποιείται αντίστοιχα, οδηγώντας σε μείωση της θερμοκρασίας της τάξης των 8-9°C. Χρησιμοποιώντας αυτή τη διαδικασία, είναι δυνατό να ψυχθεί ο εξωτερικός αέρας από τους 30°C στους 17°C, έτοιμος για διανομή στο εσωτερικό του κτιρίου. Ένα τυπικό τέτοιο σύστημα φαίνεται στην εικόνα 28.

Αν και η πιο πάνω διαδικασία ψύξης, αναιρεί την ανάγκη για ψυκτική εγκατάσταση, ωστόσο δεν εξαιρεί την ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για τη συνεχή ξήρανση και παραγωγή ξηραντικού υλικού. Όπου είναι δυνατόν, αυτή η θερμότητα θα μπορούσε να παρέχεται από τη θερμότητα των αποβλήτων κάποιας άλλης διεργασίας ή από ηλιακή ενέργεια. Ακόμα και με ηλεκτροκίνητη ωστόσο αναπαραγωγή του συστήματος, εκτιμάται ότι το συνολικό κόστος ψύξης μπορεί να είναι μέχρι και 30% λιγότερο από αυτό που θα αντιστοιχούσε σε μηχανική εγκατάσταση.



Εικόνα 28: Λύση αποξηραντικού συστήματος (Parsloe C., 2005)

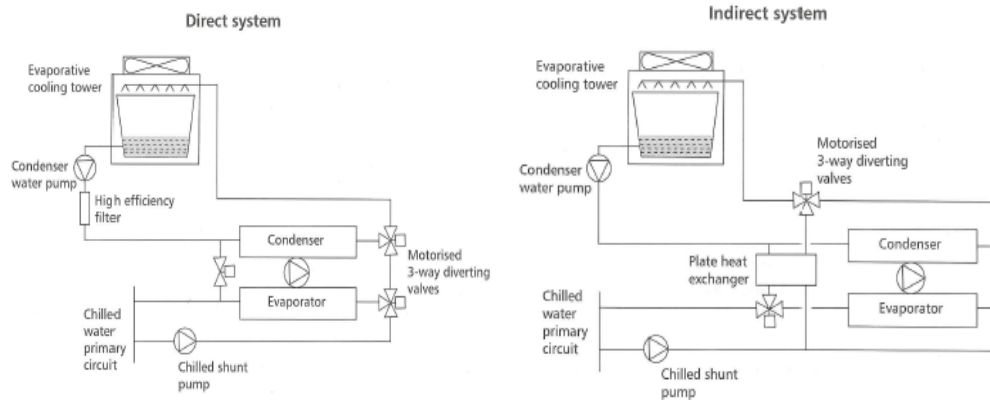
➤ Φυσική ψύξη με συστήματα πύργων ψύξης

Μια κοινή πρακτική ψύξης, είναι η κυκλοφορία του ψυχρού νερού σε θερματικές μονάδες δωματίου όπως τα πηνία ανεμιστήρων ή τα δοκάρια διατήρησης απλής ψύξης. Για τέτοια συστήματα, φυσική ψύξη επιτυγχάνεται όταν η απόρριψη της θερμότητας γίνεται από τους πύργους ψύξης.

Σε ένα τέτοιο σύστημα, το νερό κανονικά θα πρέπει να ψύχεται με την κυκλοφορία του μέσα στην εξάτμιση του ψύκτη. Η εξαγόμενη θερμότητα αφαιρείται από την τελευταία και με τη σειρά της ψύχεται από τον πύργο ψύξης. Στον κύκλο αυτό της ψύξης, ο ψυχρός αέρας είτε εξατμίζεται είτε συμπυκνώνεται.

Συνεπώς υπάρχουν δύο ξεχωριστά συστήματα κυκλοφορίας νερού: το σύστημα ψύξης νερού όπου το νερό κυκλοφορεί μεταξύ της εξάτμισης και των θερματικών μονάδων δωματίου και το σύστημα συμπύκνωσης νερού, όπου το νερό κυκλοφορεί μεταξύ του συμπυκνωτή και του πύργου ψύξης.

Η φυσική ψύξη λειτουργεί ουσιαστικά κατά την αποβολή θερμότητας από την επιστροφή κρύου νερού κατ' ευθείαν στην ατμόσφαιρα, προσπερνώντας εντελώς τον ψύκτη. Έτσι επιτυγχάνεται φυσική ψύξη σε περιόδους που η θερμοκρασία εξωτερικού υγρού βολβού είναι μικρότερη από την απαιτούμενη θερμοκρασία ψύξης νερού. Για τις δοκούς διατήρησης απλής ψύξης στις οποίες, τιμές θερμοκρασίας ψυχρού νερού 14-15°C είναι αποδεκτές, η φυσική ψύξη διαρκεί για ένα σημαντικό διάστημα ανά έτος. Μερικές χαρακτηριστικές διατάξεις του συστήματος φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 29: Φυσική ψύξη με πύργους ψύξης (Parsloe C., 2005)

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για την επίτευξη φυσικής ψύξης είναι η παράκαμψη του ψύκτη έτσι ώστε το ψυχρό νερό να διανέμεται κατ' ευθείαν στον πύργο ψύξης/ψύκτη εξάτμισης. Αυτός ο τύπος συστήματος καλείται και «άμεσο σύστημα» και εννοεί ότι κατά την φυσική ψύξη, το νερό από το σύστημα ψύξης νερού επιτρέπεται να αναμιχθεί με το νερό από το σύστημα συμπύκνωσης. Αυτή η εφαρμογή αφήνει το πρώτο σύστημα, εκτεθειμένο στον κίνδυνο μόλυνσης από τα υπολείμματα που εισέρχονται στο ανοιχτό σύστημα συμπύκνωσης και ως εκ τούτου απαιτείται διύλιση και επεξεργασία του νερού του συστήματος.

Για την αποφυγή του κινδύνου αυτού, τα δύο συστήματα μπορούν να συνδεθούν μέσω ενός πλακοειδούς εναλλάκτη θερμότητας. Αυτός δε ο τύπος συστήματος, καλείται ως «έμμεσο σύστημα». Η θερμότητα από το ψυχρό νερό απορρίπτεται μέσω της κυκλοφορίας του από τον πλακοειδή εναλλάκτη θερμότητας, από την άλλη πλευρά του οποίου κυκλοφορεί το νερό από το σύστημα συμπύκνωσης. Για το σκοπό αυτό, μερικοί κατασκευαστές συνδυάζουν ανοικτό κύκλωμα πύργου ψύξης με ενσωματωμένο πλακοειδή εναλλάκτη θερμότητας.

Η τοποθέτηση βαλβίδων τριών θυρών υποδηλώνει ότι σε συνθήκες φυσικής ψύξης, η εγκατάσταση ψύξης μπορεί είτε να παρακαμφθεί πλήρως, είτε η χρήση της να είναι συμπληρωματική της φυσικής ψύξης.

➤ **Φυσική ψύξη με συστήματα με ψύκτες εξάτμισης**

Αυτά τα συστήματα, όπως κι εκείνα με τους πύργους ψύξης, μπορούν να επωφεληθούν από την ίδια μέθοδο φυσικής ψύξης. Η διαφορά των ψυκτών εξάτμισης με τους πύργους ψύξης, είναι ότι στους πρώτους το συμπυκνωμένο νερό κυκλοφορεί μέσα από ένα πτερωτό πηνίο στο οποίο χρησιμοποιείται αέρας για να απομακρύνει τη

θερμότητα. Για να βελτιωθεί η μεταφορά θερμότητας, τα πηνία διατηρούνται υγρά με «ένεση» ψεκασμού νερού από τις άκρες. Τέλος, πλεονεκτούν έναντι των πύργων στο ότι δεν υπάρχει ανάγκη για φρεάτιο συλλογής και λιγότερο νερό έρχεται σε επαφή με τον αέρα.

➤ Συστήματα ταυτόχρονης φυσικής ψύξης νερού και αέρα

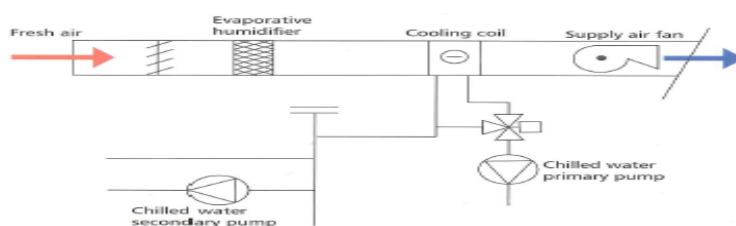
Οι δοκοί διατήρησης απλής ψύξης ή τα πηνία ανεμιστήρων, όπου ο αέρας παρέχεται από μια κεντρική μονάδα διαχείρισης αέρα, μπορούν να επωφεληθούν της ταυτόχρονης ανάκτησης θερμότητας από τον αέρα και της φυσικής ψύξης από το νερό.

Σε περιόδους όπου η εξωτερική θερμοκρασία του αέρα είναι μικρότερη από την απαιτούμενη θερμοκρασία ψύξης νερού, ο ψύκτης απενεργοποιείται με σκοπό το ψυχρό νερό επιστροφής να κυκλοφορήσει μέσω του πηνίου ψύξης στη μονάδα διαχείρισης αέρα. Έτσι αντί να ψύχεται ο εισερχόμενος καθαρός αέρας, ο ίδιος δροσίζει το ψυχρό νερό και κατά συνέπεια αυτός ελαφρά θερμαίνεται.

Για σύστημα πηνίου ανεμιστήρα, οι θερμοκρασίες του εξωτερικού αέρα πρέπει να κυμαίνονται από 5-8°C, ώστε να ψύξουν το ψυχρό νερό επιστροφής των 12°C (υποθέτοντας 6°C θερμοκρασία ροής ψυχρού νερού). Παρόλα αυτά, αν αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται μόνο κατά τους χειμερινούς μήνες, θα μπορούσε να είναι αποδεκτό να επιτραπεί υψηλότερη θερμοκρασία ψυχρού νερού ώστε να προκύψει φυσική ψύξη για περισσότερο χρονικό διάστημα. Κάτι τέτοιο θα ήταν δυνατό αν τα ψυκτικά φορτία του χειμώνα ήταν σημαντικά μικρότερα από τα μέγιστα καλοκαιρινά φορτία, όπως συμβαίνει συνήθως.

Για τις δοκούς διατήρησης απλής ψύξης όπου οι θερμοκρασίες σχεδιασμού του ψυχρού νερού είναι τυπικά κοντά στους 15°C, η φυσική ψύξη της προαναφερθείσας λογικής είναι δυνατή σε εξωτερικές θερμοκρασίες κοντά στους 14°C, γεγονός που συνάδει με θερμοκρασίες επιστροφής ψυχρού νερού στους 20°C.

Μια τέτοια λύση αναπαριστάνει η παρακάτω εικόνα,



Εικόνα 30: Χρήση κρύου καθαρού αέρα για προ – ψύξη του νερού το χειμώνα (Parsloe C., 2005)

➤ Συστήματα θερμοσιφώνων

Οι θερμοσίφωνες μαζί με τη φυσική ψύξη μπορούν να δώσουν λύση στη ζήτηση κρύου νερού. Όταν οι εξωτερικές συνθήκες το επιτρέπουν, η διαφορά θερμοκρασίας στον συμπυκνωτή και την εξάτμιση, χρησιμοποιείται για να ενθαρρύνει τη φυσική κυκλοφορία του ψυκτικού υγρού γύρω από το κύκλωμα, χωρίς να χρειάζεται να λειτουργήσει ο συμπιεστής. Με αυτό τον τρόπο, το ψυκτικό υγρό περνάει από τον συμπιεστή και εισέρχεται στον συμπυκνωτή όπου και ψύχεται. Το προκύπτον υγρό, αφού περάσει τη βαλβίδα εκτόνωσης, περνά στη συνέχεια αμέσως στην εξάτμιση.

5.2.4. Βοηθήματα αποδοτικής ψύξης

Για τη μεγιστοποίηση του δυναμικού της ενεργειακά αποδοτικής ψύξης χρησιμοποιούνται επιπλέον τα παρακάτω βοηθήματα:

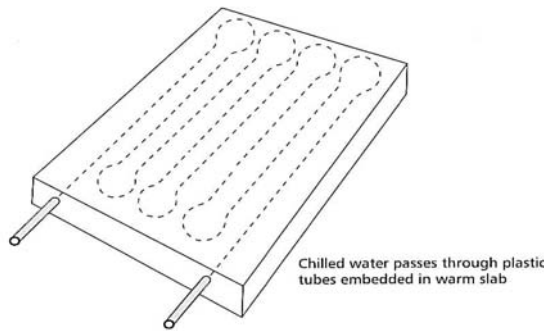
- Οι πλάκες που ψύχονται με νερό:

Η ψύξη προσφέρεται στο κτίριο μέσω ακτινοβολίας από την πλάκα δαπέδου από σκυρόδεμα, με ενσωματωμένο πλαστικό αγωγό στον οποίο κυκλοφορεί ψυχρό νερό (βλ. εικόνα 31).

Αυτές οι πλάκες μπορούν να χρησιμοποιούνται για επιπρόσθετη νυχτερινή ψύξη, με στρατηγική εξαερισμού ώστε να μην επιτρέπονται υψηλότερες δυνατότητες ψύξης. Εναλλακτικά, χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της ημέρας για να προσφέρουν ψύξη σε συνθήκες φορτίων αιχμής όταν δεν επαρκεί μια νυχτερινή πρακτική ψύξης.

Τυπικά αποτελούνται από ένα πολυαιθυλαινικό ή πολυβουτυλενικό σωλήνα που κρύβεται μέσα στη πλάκα. Το ψυχρό νερό θερμοκρασίας μεταξύ 14-20°C κυκλοφορεί μέσα στη πλάκα το καλοκαίρι οδηγώντας σε ψυκτική ικανότητα μέχρι και 80 W/m², αν είναι ψυχρότερο μπορεί να προκαλέσει συμπύκνωση στην επιφάνεια του σκυροδέματος.

Το σκυρόδεμα έχει την ικανότητα να αποθηκεύει ενέργεια ψύξης που σημαίνει ότι η ψύξη εισόδου μπορεί να αποθηκευτεί κατά τη διάρκεια της νύχτας και να χρησιμοποιηθεί για να απορροφήσει τα θερμικά κέρδη κατά τη διάρκεια της μέρας. Με άλλα λόγια, αν απαιτείται κάποιος ψύκτης, η εγκατεστημένη ικανότητα του ψύκτη μπορεί να είναι μικρότερη για ένα συμβατικό κτίριο αφού δεν χρειάζεται να είναι υπολογισμένη για ταυτόχρονο φορτίο αιχμής. Επιπλέον, αφού ο ψύκτης θα λειτουργεί μόνο τη νύχτα, απαιτείται ελάχιστο ηλεκτρικό ρεύμα.



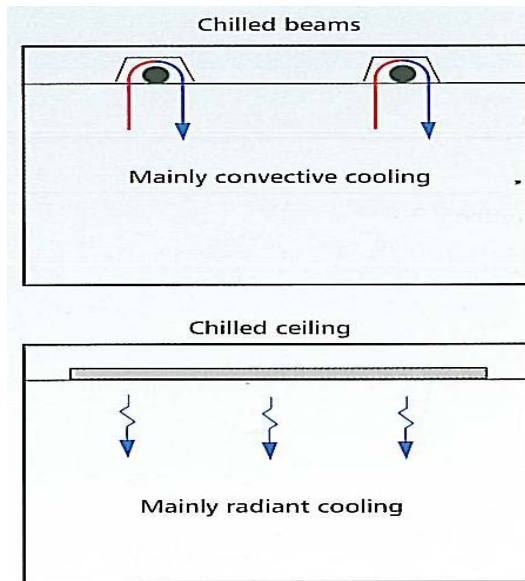
Εικόνα 31: Πλάκες που ψύχονται με νερό (Parsloe C., 2005)

- Οι δοκοί και οι οροφές διατήρησης απλής ψύξης:

Οι δοκοί ψύξης διατίθενται ως οι τερματικές μονάδες που μπορούν να τοποθετηθούν πάνω από μία ψευδοροφή. Αποτελούνται από μεγάλα ορθογώνια τμήματα που περιλαμβάνουν ένα πτερωτό σωλήνα, μέσω του οποίου κυκλοφορεί παγωμένο νερό 15-16°C περίπου. Θερμός αέρας ανεβαίνει από τους «απασχολημένους» χώρους, περνά πάνω από τα δοκάρια και ψύχεται, με αποτέλεσμα να επιστρέφει σε χαμηλότερη θερμοκρασία στο χώρο. Εφόσον είναι αναγκαίο, μπορούν να ενσωματωθούν ανεμιστήρες, για να αυξήσουν τη κίνηση του αέρα σε ολόκληρο τον σωλήνα.

Οι οροφές ψύξης περιλαμβάνουν ένα μικρό σωλήνα που αντέχει την επιβάρυνσή του με νερό, τοποθετημένο σε μία ελικοειδή σπείρα η οποία τοποθετείται σε ένα λεπτό μεταλλικό πρίνακα. Ο τελευταίος ψύχεται μέσω της επαφής με το σωλήνα και ακτινοβολεί ψύξη στον κατειλημμένο χώρο. Τόσο για τις δοκούς όσο και για τις οροφές ψύξης, η ψυχρή επιφάνεια είναι επαρκής για την επίτευξη σημαντικών αποτελεσμάτων ψύξης, χωρίς την ανάγκη χρήσης νερού χαμηλής θερμοκρασίας (βλ. εικόνα 32).

Για παράδειγμα, οι μονάδες θέρμανσης με ανεμιστήρα, είναι μικρότερες σε μέγεθος αλλά απαιτούν ψυχρό νερό σε περίπου 6-8°C. Αυτό σημαίνει ότι η μηχανική ψύξη είναι αναπόφευκτη. Οι δοκοί και οι οροφές ψύξης είναι σε θέση να παρέχουν αντίστοιχη ψύξη με ψυχρές θερμοκρασίες της τάξης των 15-16°C που σημαίνει ότι οι δυνατότητες της χαμηλής ενεργειακής ψύξης γίνονται βιώσιμες.



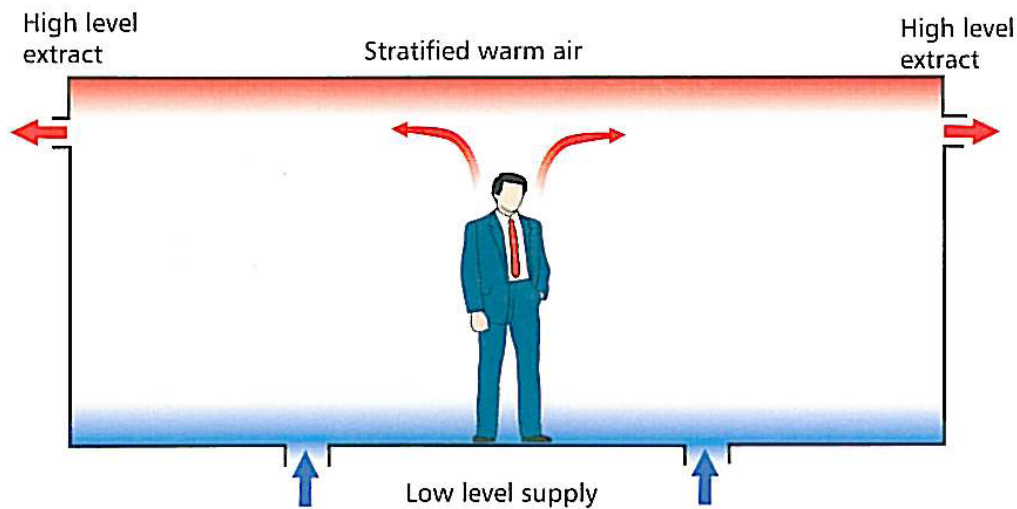
Εικόνα 32: Δοκοί και οροφές διατήρησης απλής ψύξης (Parsloe C.,2005)

- Τα συστήματα εκτόπισης αερισμού ψυχρού αέρα:

Παρέχουν ψυχρό αέρα στον κατειλημμένο χώρο μέσω του χαμηλού επιπέδου του δωματίου, όπως στην εικόνα 33. Ο ψυχρός αέρας τείνει να παραμείνει σε χαμηλά επίπεδα, μέχρι να έρθει σε επαφή με μία τοπική πηγή θερμότητας εντός του χώρου, όπως ένα πρόσωπο ή ένα έπιπλο. Στη συνέχεια θερμαίνεται και ανέρχεται σε υψηλό επίπεδο από όπου και εξάγεται από μία δίοδο του συστήματος.

Σε αντίθεση με πιο συμβατικά συστήματα, η προσέγγιση αυτή έχει σκόπιμα σχεδιαστεί για να αποφεύγεται η ανάμιξη του εισερχόμενου αέρα με τον αέρα του χώρου. Αντ' αυτού η παροχή αέρα εκτοπίζει τον αέρα του δωματίου. Αυτό σημαίνει ότι η ψυκτική του ικανότητα παρέχεται άμεσα σε εκείνα τα τμήματα του χώρου που τη χρειάζονται.

Ως αποτέλεσμα, ο παρεχόμενος αέρας δεν χρειάζεται να ψύχεται τόσο όσο θα συνέβαινε σε ένα συμβατικό σύστημα. Κλιματιζόμενος αέρας σε περίπου 18-20°C (2K κάτω από τη θερμοκρασία δωματίου) συνήθως αρκεί. Αυτός μπορεί να συγκριθεί με καθαρό αέρα θερμοκρασίας 15-18°C που εμφανίζεται συχνότερα σε συμβατικά συστήματα. Η υψηλή αυτή θερμοκρασία υποδηλώνει ότι οι δυνατότητες της χαμηλής ενεργειακής ψύξης ή της φυσικής ψύξης είναι πιο βιώσιμες. Αυτό το σύστημα συνήθως μπορεί να αποφέρει 30 με 40 W/m² της ψύξης. Η απόδοση αυτή μπορεί να μην είναι επαρκής για ένα σύγχρονο κτίριο γραφείων και συχνά συμπληρώνεται από δοκούς ή οροφές ψύξης (Parsloe C., 2005).



Εικόνα 33: Συστήματα εκτόπισης αερισμού ψυχρού αέρα (Parsloe C.,2005)

5.3. Εφαρμογές συστημάτων ψύξης

Θεωρείται σκόπιμο να αναλυθεί η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας για σκοπούς ψύξης που σημειώνεται σήμερα και αυτό γιατί εκτός της εκμετάλλευσης ΑΠΕ που περιλαμβάνει, είναι και μία καλή πρακτική για τις μεσογειακές χώρες.

Μέχρι το 2007, υπήρχαν 81 εγκατεστημένες μονάδες συστημάτων «ηλιακής» ψύξης μέσα στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και συστήματα που σήμερα δεν είναι σε λειτουργία. Ο καταμερισμός αυτών είχε ως εξής: 73 εγκαταστάσεις στην Ευρώπη, 7 στην Ασία, συγκεκριμένα στην Κίνα και μία στην Αμερική (Μεξικό). Ποσοστό 60% αυτών αντιστοιχεί σε κτίρια γραφείων, 10% σε εργοστάσια, 15% σε εργαστήρια και εκπαιδευτικά κέντρα, 6% σε ξενοδοχεία και τα υπόλοιπα είναι κτίρια διαφόρων χρήσεων (νοσοκομεία, κυλικεία, εκπαιδευτικά κέντρα κ.λπ.). Η συνολική δε ψυκτική ικανότητα των ηλιακά τροφοδοτούμενων ψυκτών, το 31% των οποίων είναι εγκατεστημένοι στην Ισπανία, το 18% στην Γερμανία και το 12% στην Ελλάδα, ανέρχεται σε 9MW (Aloumpi E. *et al.*, 2009).

Στην Ελλάδα ωστόσο, την τελευταία δεκαετία που σημειώθηκαν οι ψηλότερες θερμοκρασίες, αυξήθηκε και η ζήτηση για κλιματισμό. Η εκτεταμένη χρήση ηλεκτροκίνητων μηχανών συμπίεσης για ψύξη (κλιματιστικών) είναι υπεύθυνη για την αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικού ρεύματος το καλοκαίρι που ορισμένες φορές φτάνει τα όρια του δυναμικού, ειδικά στην Αθήνα. Ως εκ τούτου, για σκοπούς διατήρησης άνετων εσωτερικών συνθηκών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, ευδοκιμεί η αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας που αφθονεί στη χώρα.

Μεταξύ των τεχνολογιών της ηλιακά υποβοηθούμενης ψύξης των κτιρίων που κυκλοφορούν στην Ελλάδα όπως οι ψύκτες προσρόφησης ή τα αποξηραντικά συστήματα ψύξης, τα πιο διαδεδομένα στην αγορά είναι τα συστήματα απορρόφησης της ηλιακής ενέργειας. Ωστόσο, το μερίδιο των συστημάτων προσρόφησης στην ελληνική αγορά είναι αισθητά μικρότερο, ενώ τα αποξηραντικά συστήματα λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών που προσδίδουν, έχουν σημαντικές προοπτικές για ενεργή διεύρυνση στην αγορά.

Οικονομικές αναλύσεις των συστημάτων ηλιακής ενέργειας έδειξαν ότι το κόστος τους δεν ανταγωνίζεται ακόμα τα τυποποιημένα συστήματα ψύξης και τέτοιου είδους επενδύσεις είναι ανέφικτες χωρίς επιδοτήσεις. Παρόλα αυτά μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας (ηλεκτρικής ή φυσικού αερίου) με την ενσωμάτωση ηλιακής ενέργειας στα υπάρχοντα συστήματα, με μειωμένο κόστος εγκατάστασης. Ιδιαίτερα δε, σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει σύνδεση με δίκτυο ηλεκτρισμού και το συμβατικό καύσιμο που χρησιμοποιείται είναι αέριο, ενδείκνυται η αντικατάσταση των συμβατικών κλιματιστικών με αυτά. Γίνεται έτσι κατανοητό, ότι υπάρχει ανάγκη για επενδυτικά κίνητρα καθώς και για ενεργειακούς φόρους που θα αντικατοπτρίζουν το περιβαλλοντικό κόστος των συμβατικών καυσίμων.

Είναι ωστόσο δύσκολο να προβλεφθεί η ημερομηνία κατά την οποία αυτές οι τεχνολογίες ΑΠΕ, θα αποκτήσουν ανταγωνιστικό παραγωγικό κόστος, καθώς όμως εισέρχονται στη μαζική παραγωγή, το κόστος τους μειώνεται.

Είναι δε, αναγκαία πλέον η αποτίμηση των τεχνολογιών ηλιακής ενέργειας κι αυτό γιατί τα χαρακτηριστικά τους, αποκλίνουν κατά πολύ σε επίπεδο οικονομικού κινδύνου. Αποκλείονται για παράδειγμα, εξωτερικές επιρροές, κόστος διανομής και έμμεσες δαπάνες. Αξίζει τέλος να ληφθεί υπόψη και το ότι δεν μπορεί να γίνει πρόβλεψη των τιμών των συμβατικών καυσίμων για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Agoris D. *et al.*, 2003).

Ενδεικτικά αναφέρεται μια εφαρμογή συστήματος ψύξης μέσω ηλιακής απορρόφησης, σε κτίριο 1250m² που ανήκει στο Γενικό Νοσοκομείο Σητείας στην Κρήτη (βλ. εικόνα 34). Το κτίριο είναι τριώροφο και φιλοξενεί τη μαιευτική κλινική στο ισόγειο, την καρδιολογική και την παθολογική κλινική στον πρώτο όροφο και στο δεύτερο, την παιδιατρική κλινική. Η επιλογή του συγκεκριμένου κτιρίου αποδίδεται τόσο στην χρήση του που ως κλινική θα πρέπει να κατέχει το «υγιέστερο» σύστημα ψύξης, όσο και στο προβληματικό υφιστάμενο σύστημα κλιματισμού.

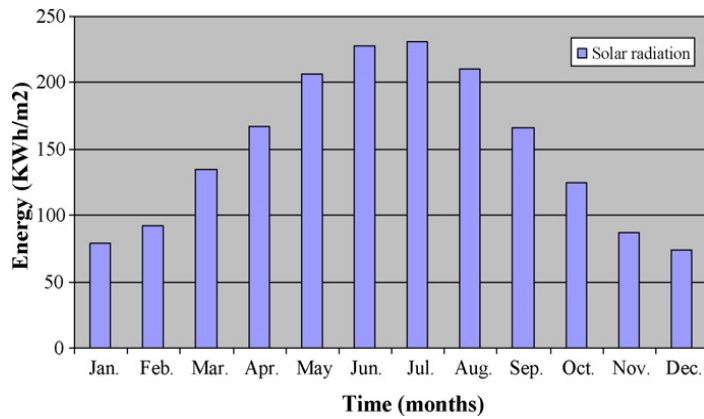
Η μελέτη ξεκινάει από την προσομοίωση (εικόνα 36) της θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου για την οποία αρχικά, δίνονται σα δεδομένα εισόδου σε συγκεκριμένο λογισμικό (Prebid), τα υλικά της κατασκευής (Πίνακας 6) καθώς και η δεδομένη τοπική ηλιακή ακτινοβολία (εικόνα 35). Απαραίτητες πληροφορίες για κάθε θερμική ζώνη (ισόγειο, πρώτος και δεύτερος όροφος) είναι ο όγκος και η επιφάνεια των δωματίων.

Πίνακας 5: Υλικά κατασκευής

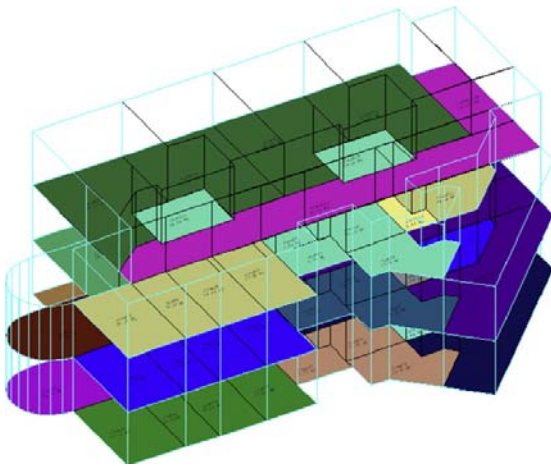
Τύπος	Υλικά Κατασκευής	Ολικό Πάχος (cm)
Ισόγειο	Σκυρόδεμα(20cm), Πολυαιθυλένιο (1cm)	21
1 ^{ος} όροφος	Σκυρόδεμα(20cm), Πολυαιθυλένιο (1cm)	21
2 ^{ος} όροφος	Σκυρόδεμα(20cm), Πολυαιθυλένιο (1cm)	21
Οροφή	Πίσσα, ασφαλτική επικάλυψη, ελαφρομετόν (0.5cm), άσφαλτος, πέτρες	60
Εξωτερικοί τοίχοι	Τούβλο(10cm), κινητήρας οροφής, τούβλο(10cm), γύψος	30
Εσωτερικοί τοίχοι	Τούβλο(10cm), γύψοσανίδα	11



Εικόνα 34:Γενικό Νοσοκομείο Σητείας (Aloumpi E. et al., 2009)

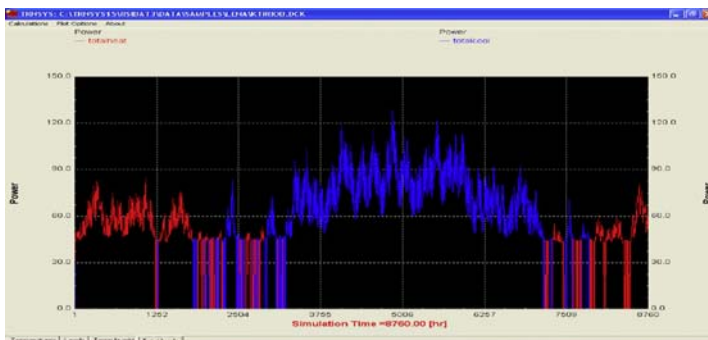


Εικόνα 35: Μηνιαία ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντια επιφάνεια στην περιοχή μελέτης (Σητεία, Κρήτη) (Aloumpi E. et al., 2009)



Εικόνα 36: Προσομοίωση του κτιρίου από το SimCad (Aloumpi E. et al., 2009)

Αφού καθοριστούν όλοι οι παράγοντες για την προσομοίωση, από το πρόγραμμα TRNSYS, υπολογίζεται η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση και ψύξη του κτιρίου, με δεδομένη την πρόταση να τοποθετηθούν ηλιακοί συλλέκτες σε περιοχή δίπλα στο κτίριο για να αποφευχθεί εγκατάσταση στην οροφή. Στο πιο κάτω γράφημα, ισχύος(kW)-χρόνου(h), απεικονίζονται τα συνολικά ψυκτικά (μπλε) και θερμαντικά φορτία (κόκκινα).



Εικόνα 37: Ψυκτικά και φορτία θέρμανσης σε ωριαία βάση (Aloumpi E. et al., 2009)

Το επιλεγθέν ηλιακό σύστημα ψύξης είναι κλειστό και περιλαμβάνει έναν ψύκτη απορρόφησης των 70kW που λειτουργεί με ρευστό LiBr-H₂O. Η επιλογή αυτή στηρίχθηκε στα εξής :

- Στο κτίριο δεν υπήρχε δίκτυο αγωγών με αποτέλεσμα να αποκλείεται η χρήση ανοικτού δικτύου.
- Οι ψύκτες απορρόφησης με ρευστό LiBr-H₂O είναι πιο αποδοτικοί από αυτούς με H₂O – NH₃.
- Το LiBr-H₂O έχει χαμηλότερο κόστος και καλύτερη απόδοση από το ρευστό H₂O – NH₃, γι αυτό και χρησιμοποιείται στις πλείστες εφαρμογές ηλιακού κλιματισμού απορρόφησης.

Η εφαρμογή τελικά πετυχαίνει 74.23% ηλιακό κλάσμα ψύξης και 70.78% ηλιακό κλάσμα θέρμανσης. Για την κάλυψη 500m², απαιτούνται 179 ηλιακοί συλλέκτες. Σε περίπτωση που ο ψύκτης απορρόφησης δεν μπορεί να παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια ψύξης, χρησιμοποιείται συμπληρωματικά ένας ψύκτης συμπίεσης των 50 kW. Το σύστημα περιλαμβάνει έναν βοηθητικό προ-θερμαντή των 87kW (με ορυκτό καύσιμο).

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της εφαρμογής είναι ότι παρέχει τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά οφέλη, ενώ το κόστος της επένδυσης χωρίς χρηματοδότηση επιδοτήσεων είναι 173,992€, με χρόνο απόσβεσης 11.5 έτη. Το υψηλό αυτό κόστος επένδυσης αντισταθμίζεται ωστόσο, από τα υψηλά περιβαλλοντικά οφέλη, τον χαμηλό χρόνο απόσβεσης και την υψηλότερη συνολική ετήσια εξοικονόμηση κυρίως λόγω τοποθεσίας και κλίματος.

Αξίζει να σημειωθούν τέλος, τα επιπρόσθετα πλεονεκτήματα των ηλιακών συστημάτων κλιματισμού έναντι των συμβατικών. Πάνω από όλα, τονίζεται ότι η τεχνολογία αυτών των συστημάτων είναι περιβαλλοντικά φιλική και συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης, παρουσιάζουν σημαντική ετήσια εξοικονόμηση. Εξοικονομούν ηλεκτρική ενέργεια και μεγάλες ποσότητες ορυκτών καυσίμων που σήμερα λόγω των μειωμένων αποθεμάτων, κοστίζουν ακριβά. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, τα συγκεκριμένα συστήματα θα πρέπει να κυριαρχήσουν στην αγορά του μέλλοντος και να εφαρμοστούν ευρέως, με την προϋπόθεση ότι οι εμπειρογνώμονες που τα μελετούν και τα εφαρμόζουν, θα αποκτήσουν μεγαλύτερη εμπειρία και εξειδίκευση στην εγκατάστασή τους (Aloumpi E. *et al.*, 2009).

5.4. Συζήτηση

Πέραν αυτών των συστημάτων που αξιοποιούν τις ΑΠΕ, σε αυτό το κεφάλαιο αναλύθηκε και μια σειρά από άλλα συστήματα είτε παθητικά, είτε φυσικής ψύξης συνδυασμένης με μηχανικό εξοπλισμό. Για ακόμα μία φορά, αντιμετωπίζεται μια πληθώρα βιώσιμων επιλογών ψύξης που στην τελική φάση της βελτιστοποίησης, θα κριθούν ανάλογα με τη σχέση κόστους – οφέλους, στη διάρκεια ζωής του κτιρίου. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι για μια ολοκληρωμένη μελέτη της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων, εκτός των συστημάτων θέρμανσης/κλιματισμού/διανομής θερμού νερού χρήσης, θα έπρεπε ακόμα να αναλυθούν και αποδοτικά αποχετευτικά συστήματα, κάτι το οποίο ξεφεύγει από τα όρια αυτής της διπλωματικής μελέτης.

6. ΕΥΦΥΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Στη διαχείριση του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των ενεργειακά αποδοτικών συστημάτων θέρμανσης – ψύξης, ερευνώνται οι τρόποι λειτουργίας όλων αυτών των μεθόδων που αναφέρθηκαν έτσι ώστε να προκύπτουν πραγματικά ενεργειακά κέρδη.

6.1. Αρχές διαχείρισης σχεδιασμού και συστημάτων

Για παράδειγμα πιο πάνω αναφέρθηκαν τα εξής μέτρα ευφυούς διαχείρισης:

- Χρήση «έξυπνων» συστημάτων αυτοματισμού (π.χ. κινούμενα πετάσματα κλπ.) σε επιλεγμένους χώρους του κτιρίου.
- Βελτίωση της απόδοσης του συστήματος του λέβητα – καυστήρα, με σωστή ρύθμιση της αναλογίας καυσίμου – αέρα και τοποθέτηση αυτόματων συστημάτων ρύθμισης.
- Χρήση αισθητήρων θερμότητας για την επίτευξη καλού ελέγχου της θερμοκρασίας των συστημάτων θέρμανσης ακτινοβολίας, οι οποίοι πρέπει να βρίσκονται σε θέσεις που είναι αντιπροσωπευτικές της ακτινοβολίας που επιδρά στις επιφάνειες που ελέγχονται.
- Εγκατάσταση συστήματος αυτόματου ελέγχου και ρύθμισης της θερμοκρασίας όλων των χώρων του κτιρίου συναρτήσει της εξωτερικής θερμοκρασίας.
- Χρήση αυτοματισμών: αφής/σβέσης με χρονικό προγραμματισμό σε κοινόχρηστους χώρους και αυτοματισμών έντασης με βάση το διαθέσιμο φυσικό φωτισμό.
- Μείωση της άσκοπης λειτουργίας των ανελκυστήρων με κατάλληλους αυτοματισμούς.
- Χρήση παραθύρων που ανοίγουν αυτόματα για να ελέγχουν τα πρότυπα ροής του αέρα στο κτίριο αλλά και για να αποθηκεύουν ενέργεια ψύξης τη νύχτα, μέσω της θερμικής μάζας του κτιρίου (Daniels K., 2003).

Εξάλλου, το «ευφύες κτίριο» ορίζεται από το Ινστιτούτο Ευφύων Κτιρίων των Ηνωμένων Πολιτειών ως εκείνο που προσφέρει ένα παραγωγικό και αποδοτικό περιβάλλον μέσω της βελτιστοποίησης των τεσσάρων βασικών στοιχείων του που είναι οι υποδομές, τα συστήματα, οι υπηρεσίες και η

διαχείριση όλων αυτών. Διαφορετικά από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο, ορίζεται ως εκείνο που δημιουργεί ένα περιβάλλον που μεγιστοποιεί την «αποδοτικότητα» των ενοίκων του κτιρίου, ενώ επιτρέπει αποτελεσματικότερη διαχείριση των πόρων με ελάχιστο κόστος κύκλου ζωής των υλικών και των εγκαταστάσεών του. Ενώ ο τελευταίος όρος επικεντρώνεται κυρίως στις απαιτήσεις των χρηστών, ο αμερικάνικος, αναφέρεται κατά βάση στις τεχνολογίες (Li H. *et al.*, 2005).

Τα κτίρια αυτά, αξιοποιούν προηγμένα συστήματα με σκοπό τη συλλογή και ενσωμάτωση δεδομένων και πληροφοριών, μέσω των οποίων ελέγχονται αυτόματα οι υπηρεσίες των συστημάτων και ανταποκρίνονται, ακολουθώντας μια προσέγγιση αντίστοιχη αυτής του συστήματος των αισθητήρων του ανθρώπου. Καθοδηγούνται μέσω προβλέψεων βάσει παρελθοντικών καταστάσεων του κτιρίου και της χρήσης του και διατηρούνται από μία ολοκληρωμένη βάση δεδομένων. Δηλαδή τα IBs, είναι ή θα πρέπει να είναι, βιώσιμα, υγιή, τεχνολογικά ενημερωμένα, να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των ενοίκων και να είναι ευέλικτα και ευπροσάρμοστα σε αλλαγές (Chen Z. *et al.*, 2006).

Παράλληλα, με την αύξηση του μέσου όρου ηλικίας του ανθρώπου που σημειώνεται τα τελευταία χρόνια, όλο και πληθαίνει το ποσοστό των ατόμων που περνούν ακόμα κι ολόκληρη τη μέρα τους στο σπίτι. Ειδικά, για τους ηλικιωμένους αλλά και τους ανάπηρους, τα έξυπνα κτίρια είναι η απάντηση στο κινητικό τους πρόβλημα. Παρ' όλο που ήδη έχουν υλοποιηθεί αρκετές τέτοιες εφαρμογές ανά τον κόσμο, με αισθητήρες, ενεργοποιητές ακόμα και οθόνες βιοϊατρικής για την απομακρυσμένη και συστηματική παρακολούθηση των ενοίκων, εδώ θα αναλυθούν τα συστήματα διαχείρισης των κτιρίων που οδηγούν στην ενεργειακή αποδοτικότητά τους και όχι στην διευκόλυνση στη χρήση τους (Campo E. *et al.*, 2009).

Κύριο χαρακτηριστικό των IBs είναι τα αλληλεπιδρόμενα συστήματα που περιλαμβάνουν. Αναφορικά παρατίθενται πιο κάτω κάποιες τέτοιες εφαρμογές.

- Το σύστημα συναγερμού σε περίπτωση πυρκαγιάς συνδυάζεται με τα άλλα συστήματα του IB όπως τα HVAC, τα BAS, του φωτισμού και της ασφάλειας. Σε περίπτωση πυρκαγιάς σε κάποιο όροφο του κτιρίου, τα HVAC συστήματα, μπορούν να λειτουργήσουν για την αποτροπή της διάδοσης του καπνού,

ανοίγοντας τους αποσβεστήρες καπνού και κλείνοντας τους αγωγούς που εισάγουν εξωτερικό αέρα.

- Ένα κατακόρυφο σύστημα μεταφοράς μπορεί να συνεργαστεί με το σύστημα συναγερμού πυρκαγιάς ή με συστήματα ασφαλείας, προκειμένου να καθοριστεί ο αριθμός των απαιτούμενων ανελκυστήρων, ο τρόπος λειτουργίας τους και ενίοτε σε ποιους ορόφους θα πρέπει να παρέχουν πρόσβαση.
- Σε επείγοντα περιστατικά, το σύστημα συναγερμού πυρκαγιάς μπορεί να ειδοποιήσει το σύστημα ασφαλείας για να ξεκλειδώσει το τελευταίο, συγκεκριμένες κλειδωμένες πόρτες.
- Σε τέτοιες περιπτώσεις, το σύστημα ασφαλείας αλληλεπιδρά με το σύστημα φωτισμού και τα HVAC, για να ενεργοποιηθούν ειδικά μονοπάτια φωτισμού και να λειτουργήσουν τα συστήματα για τους συγκεκριμένους χώρους που πρόκειται να καταληφθούν από τους ενοίκους.
- Τέλος, η διαχείριση των πιο πάνω είναι ταυτόχρονα ενσωματωμένη και στα συστήματα BAS (Li H. et al., 2005).

Αυτά τα συστήματα αυτοματισμού έχουν αναπτυχθεί για να διασφαλιστεί η απλή, ασφαλής και αποδοτική λειτουργία των κτιριακών συστημάτων. Ανακουφίζουν τυχόν προσωπικό συντήρησης από την υποχρέωση να εκτελεί καθήκοντα καθημερινής εργασίας, παρέχοντας αυτόματη παρακολούθηση ή λειτουργίες εκκίνησης/τερματισμού των εξαρτημάτων του συστήματος. Αποθηκεύουν ακόμα ενεργειακά έξοδα, μέσω της βελτιστοποίησης των διαδικασιών του συστήματος (προγράμματα μείωσης του φορτίου).

Γενικά, τα BAS, παρακολουθούν, ελέγχουν και ρυθμίζουν τα πιο κάτω συστήματα ενός κτιρίου:

- Συστήματα HVAC
- Συστήματα Ψύξης
- Συστήματα Θέρμανσης
- Συστήματα Υγιεινής
- Συστήματα Πυρόσβεσης
- Συστήματα Υψηλής Τάσης
- Συστήματα Φωτισμού
- Συστήματα Ανελκυστήρα και Μεταφορών
- Συστήματα Χαμηλής Τάσης

Σημειώνεται ότι δεν θα πρέπει να αναλαμβάνουν την ευθύνη προσωπικών δεδομένων και στοιχείων ασφάλειας όπως συναγερμών πυρκαγιάς, διάρρηξης, ελέγχου πρόσβασης κ.λπ.. Κάτι τέτοιο θα επέβαλλε ειδικές απαιτήσεις τόσο στο σύστημα όσο και στους διαχειριστές του, παρά το ότι στοιχεία σχετικά με ζητήματα προστασίας των δεδομένων μπορούν να αποκλειστούν. Για την εκτέλεση των καθηκόντων τους, τα BAS πρέπει να υπερσχύουν των επιμέρους συστημάτων του κτιρίου, χωρίς να παρεμβαίνουν με την αυτονομία τους σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Σημειώνεται τέλος, ότι οι συνθήκες διασύνδεσής τους ορίζονται στα διεθνή πρότυπα (Daniels K., 2003).

Για τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας ωστόσο, ο σωστός έλεγχος της πρωτογενούς εγκατάστασης θέρμανσης και παραγωγής ζεστού νερού είναι ζωτικής σημασίας. Η απαίτηση – κλειδί είναι η προσφορά θέρμανσης και ζεστού νερού μόνο όταν και όπου χρειάζεται στη σωστή θερμοκρασία, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τον κύκλο του λέβητα.

Οι έλεγχοι πρέπει να καθορίζονται ανάλογα με τον χρήστη και με τη σωστή λειτουργία τους καταφέρνουν:

- Να αυξήσουν την άνεση
- Να αποφύγουν την άσκοπη λειτουργία των συστημάτων
- Να διασφαλίσουν το σωστό επίπεδο παροχής υπηρεσιών
- Να ελαχιστοποιήσουν τις απαιτήσεις συντήρησης και
- Να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας

6.2. Συστήματα διαχείρισης

Παρ' ότι τα εργαλεία διαχείρισης, αποτελούν ακόμα αντικείμενο έρευνας, μέχρι σήμερα έχουν προταθεί ποικίλες λύσεις για αυτόματη διάγνωση. Αυτές περιλαμβάνουν νευρωνικά δίκτυα, fuzzy λογική, λογισμικά έντασης, τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης, ασύρματες τεχνολογίες που είναι σχεδιασμένες για να ανιχνεύουν προβλήματα σε συστήματα, σε κατασκευαστικά στοιχεία, σε αισθητήρες και συσκευές, τα οποία δύσκολα ανιχνεύονται από τα ανθρώπινα όντα. Στα πλαίσια της βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης, ένα τυπικό έξυπνο κτίριο περιλαμβάνει τις τεχνολογίες που συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα (Li H. *et al.*, 2005).

Πίνακας 6: Έξυπνα συστήματα και τεχνολογίες για κτίρια

Intelligent building systems	Software/program	Hardware/device	Recent development
BAS	<ul style="list-style-type: none"> ■ Standard Protocol (i.e. BACnet, LonWorks, etc.) ■ Direct Digital Control (DDC) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Network control units, operator workstations, network expansion units, application specific controllers and sensor system, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Use of Web-enabled devices for the building automation system which allows remote building control and monitoring by interaction of the central BAS workstation with the remote dial-up system via modem.
HVAC system	<ul style="list-style-type: none"> ■ Software program such as Duty Cycle Program, Unoccupied Period Program, Chillers Optimum Start-stop Program, Unoccupied Night Purge Program, Enthalpy Program, Load Reset Program, Zero-energy Band Program and Heating/cooling Plant Efficiency Program; and ■ Other specific programs for HVAC operation 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Air handling unit (AHU) controller; distributed controller; fully air-conditioned variable air-volume system (VAV) controller, centralized chiller plant; heating/cooling elements located across the occupancy zones of the floor; and other devices such as pressure, temperature, flow sensors, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Computer vision system (allows counting of number of residents within an air-conditioned space and informs the control system of the distribution of the residents) ■ Internet-based HVAC system allows authorized users keep close contact with the BAS wherever the user is
Lighting system	<ul style="list-style-type: none"> ■ Occupied–unoccupied lighting control program (time-based lighting control program); and other specific programs for lighting control 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Charge-coupled device (CCD) cameras, intelligent lighting controller (ILC)/lighting management system controller, motion detectors, light sensor, and other device such as touch switch, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Internet-based lighting system
Vertical transportation system	<ul style="list-style-type: none"> ■ Specific programs for lift operation and monitoring 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Lift sensors and passenger detectors, neural network-based controller, and other devices such as CCD camera, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Advanced drives and artificial intelligence based supervisory control ■ Computer vision technologies have been used in intelligent building in counting the number of passengers and to aid lift control
Fire protection system	<ul style="list-style-type: none"> ■ Specific programs for fire protection and detection 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Intelligent fire controller (IFC), fully addressable automatic fire alarm and detector (sensor) system 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sophisticated fire alarm systems which include stand-alone intelligent fire alarms and intelligent initiating circuit sensors
Security system	<ul style="list-style-type: none"> ■ Specific programs for security protection, detection and safety system 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Intelligent Access Controller (IAC); ■ CCTV surveillance, e-Card access, motion detectors, intruder alarm system and special presence detection sensors 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Internet-based security system
Communication system	<ul style="list-style-type: none"> ■ Private automatic branch exchanges (PABX), integrated service digital network (ISDN), local area network (LAN) and Internet system, and other software program enabling remote building control and monitoring 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Traditional telephone systems; aerials, transmission cables, amplifiers, mixers, splitters, repeat amplifiers, attenuators and final TV outlets; and dish antennas for satellite communication 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Use of Web-enabled devices which allows remote building control and monitoring

(Li H. et al., 2005)

Ωστόσο, ένα σύστημα διαχείρισης για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της λειτουργίας ενός κτιρίου, ορίζεται καλύτερα μέσω της καταγραφής και περιγραφής των συστατικών που προβλέπεται ότι αυτό θα χρησιμοποιεί. Θεωρητικά θα αποτελείται από :

- Υλικό Εξοπλισμό:

A) Προγραμματιζόμενοι και δικτυωμένοι θερμοστάτες που ανοίγουν/κλείνουν τα συστήματα θέρμανσης/αερισμού όταν οι χώροι εγκαταλείπονται από τους ενοίκους.

B) Εξυπνοι μετρητές που λειτουργούν με οθόνες, δεδομένα χρήσης και δίκτυο με δυνατότητες επικοινωνίας.

Γ) Ελεγχόμενα δίκτυα αεραγωγών και θέρμανση/ψύξη κατά ζώνες (ανά δωμάτιο ή ανά όροφο κ.λπ.).

Δ) Ασύρματοι αισθητήρες που τροφοδοτούνται με σήματα ραδιοσυχνότητας ή ενσύρματοι με συστήματα μπαταρίας.

Αυτοί εισάγουν μια νέα διάσταση στην παρακολούθηση και τον έλεγχο των συστημάτων που αυτή τη φορά αντί να βασίζονται αποκλειστικά σε λογισμικά και στην προσοχή των ενοίκων, τώρα λειτουργούν πολύ πιο ανεξάρτητα. Η νεότερη τεχνολογία τους, δύναται αυτόνομης επεξεργασίας, χωρίς την ανάγκη για κέντρο λήψης αποφάσεων και μέσω Ad – hoc ασύρματων δικτύων παρέχεται αυτό – οργάνωση και έλεγχος των συστημάτων του σπιτιού. Ειδικεύονται σε: θερμοκρασίας (σε συνδυασμό με κατάλληλο λογισμικό για θέρμανση/ψύξη κατά ζώνες ή εντοπισμό ανωμαλιών και άμεση επιδιόρθωσή τους π.χ. εισερχόμενο κρύο ρεύμα από ξεχασμένο άνοιγμα), ροής αέρα, ανίχνευσης κίνησης (για ενεργοποίηση/απενεργοποίηση φωτισμού, θέρμανσης, ψύξης, για καθορισμό της ισχύος των συσκευών) κ.λπ..

E) Δικτυωμένες έξοδοι για τον έλεγχο της χρησιμοποιούμενης ενέργειας και την άμεση ενημέρωση των ενοίκων για το πόση και που αυτή καταναλώνεται. Με αυτές, αποτρέπονται τυχόν διαρροές ενέργειας (π.χ. με αποσύνδεση ανενεργών συσκευών), ενώ παράλληλα ίσως ενθαρρύνουν τους καταναλωτές για την αγορά αποδοτικότερων συσκευών.

- Επικοινωνίες

A) Ασύρματη/ Ενσύρματη επικοινωνία

B) Προσωπικός Υπολογιστής ή άλλη κεντρική συσκευή

- Λογισμικό

A) Εφαρμογές που ελέγχουν το σύστημα και επιτρέπουν την αλληλεπίδραση του χρήστη.

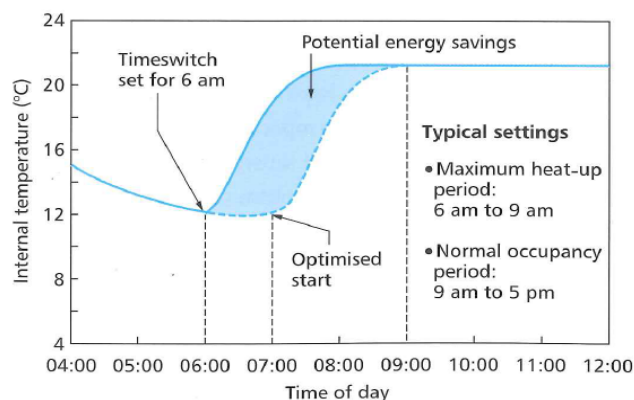
Τα στοιχεία αυτά μπορούν να συνδυαστούν με διάφορους τρόπους για να προσφέρουν υπηρεσίες στα συστήματα διαχείρισης. Ένας δικτυωμένος θερμοστάτης για παράδειγμα, μπορεί να συνδέεται με έναν προσωπικό υπολογιστή, ο οποίος μέσω του διαδικτύου θα μπορεί να συνδέεται με δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Κάτι τέτοιο συνεπάγεται τη δυνατότητα των ενοίκων να κλείνουν τη θέρμανση ή την ψύξη του κτιρίου, αφότου απομακρυνθούν από αυτό, με την αποστολή ενός απλού μηνύματος κειμένου. Αντίστοιχα, θα μπορούν να ενεργοποιούν το εκάστοτε σύστημα, πριν φτάσουν στο κτίριο, για την έγκαιρη εξασφάλιση άνετου περιβάλλοντος στο χώρο (remote control).

Άλλο παράδειγμα θα μπορούσε να περιλαμβάνει αισθητήρες κίνησης, ελεγχόμενους αεραγωγούς με αισθητήρες θερμοκρασίας κι έναν κεντρικό υπολογιστή. Μια τέτοια εγκατάσταση θα μπορούσε να ελέγξει τη θερμοκρασία κάθε χώρου, επιτρέποντας τη μείωση ή και την απενεργοποίηση της θέρμανσης ή της ψύξης για τους εγκαταλελειμμένους από τους ενοίκους χώρους (Matthews H. *et al.*, 2010).

Ακόμα,

για βέλτιστο έλεγχο εκκίνησης/τερματισμού των συστημάτων, χρησιμοποιούνται:

- Οι ελεγκτές εκκίνησης που είναι χρόνο-διακόπτες που εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες, με χρόνο εκκίνησης που ποικίλει το πρωί για να επιτύχει την επιθυμητή θερμοκρασία του κτιρίου πριν την έναρξη της λειτουργίας του (βλ. εικόνα 38).
- Οι ελεγκτές τερματισμού που κλείνουν έγκαιρα το σύστημα θέρμανσης για να μην διακινδυνεύουν την άνεση του κτιρίου, σε ηπιότερο καιρό. Αυτοί οι ελεγκτές είναι απλοί και χρησιμοποιούν ένα μόνο εσωτερικό αισθητήρα και γραμμική καθυστέρηση της εκκίνησης.



Εικόνα 38: Λειτουργία ελεγκτή εκκίνησης (Jones P. και Day T., 2009)

Σήμερα, χρησιμοποιούνται ευρέως εξελιγμένες, αυτόματες μονάδες που προσφέρουν πιο στενό έλεγχο και μεγαλύτερη εξοικονόμηση. Η μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας ωστόσο, παρατηρείται στα κτίρια που ανήκουν στις ελαφριές κατασκευές και έχουν χαμηλή θερμική ικανότητα.

Από την άλλη, για τον έλεγχο των λεβήτων σε ακολουθία, ένα σύστημα διαχείρισης:

- αντιστοιχεί τον αριθμό των λεβήτων καύσης με το υπάρχον φορτίο,
- ελαχιστοποιεί τον αριθμό των λεβήτων καύσης, μεγιστοποιώντας έτσι την γενική αποδοτικότητα,
- αποφεύγει τον μικρό κύκλο λειτουργίας του καυστήρα κι ως εκ τούτου αυξάνει την ενεργειακή απόδοση και την σταθερή λειτουργία και
- λειτουργεί ανάλογα με τη θερμοκρασία επιστροφής του κυκλώματος των λεβήτων, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και η θερμοκρασία ροής.

Γενικά, ο έλεγχος της ακολουθίας δεν θα λειτουργήσει σωστά όπου ποικίλει ο ρυθμός της ροής λόγω των αντλιών του κάθε λέβητα ή των αυτόματων απομονωμένων βαλβίδων. Τα συστήματα πρέπει να έχουν:

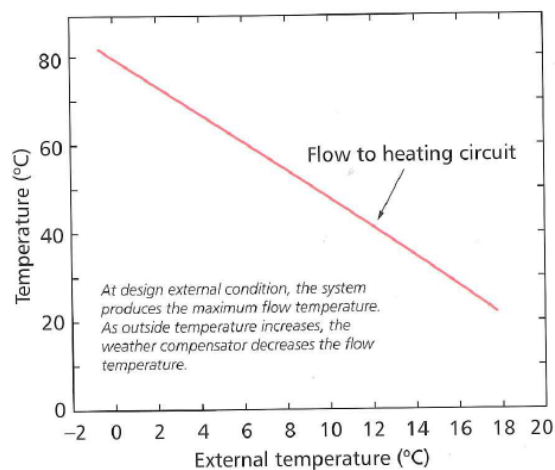
- μια ενιαία πρωτοβάθμια αντλία (κυρίως οι μεγαλύτεροι λέβητες, οι μικροί μπορούν να έχουν συνεχόμενες αντλίες αλλά πάντα σε ακολουθία),
- μία κοινή ζώνη ή δοχείο για το διαχωρισμό πρωτοβάθμιων και δευτεροβάθμιων κυκλωμάτων,
- σωστή σειρά σημείων ελέγχου της ακολουθίας των λεβήτων και
- ένα περιθώριο μεταξύ των θερμοστατών του λέβητα (πρέπει να τοποθετούνται ψηλότερα) και του χειριστηρίου ελέγχου της ακολουθίας του λέβητα για την αποφυγή της αλληλεπίδρασής τους.

Συνεπώς, τα συστήματα πρέπει να διαθέτουν επαρκές ύψος νερού ή αυτό να τεθεί υπό πίεση ώστε να επιτρέπεται η ρύθμιση των θερμοστατών του λέβητα για θερμοκρασία υψηλότερη των 82°C.

Στη διαχείριση των κτιρίων, χρησιμοποιούνται ακόμα και οι ελεγκτές αντιστάθμισης καιρικών συνθηκών, οι οποίοι:

- μειώνουν τη θερμοκρασία σε κυκλώματα μεταβλητής θερμοκρασίας, όσο η εξωτερική θερμοκρασία αυξάνεται. Αυτό δίνει έλεγχο της θερμοκρασίας του χώρου και μειώνει τις απώλειες από μεταφορά ενέργειας στο σύστημα.

- Τα χαρακτηριστικά του αντισταθμιστή είναι συνήθως γραμμικά, με μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία ροής (βλ. εικόνα 39).
- Σε ηπιότερο καιρό, το σύστημα λειτουργεί με χαμηλότερες θερμοκρασίες, αποθηκεύοντας έτσι ενέργεια.
- Υπάρχουν επίσης, αντισταθμιστές με μη γραμμικές κλίσεις για να αντιστοιχίζουν τη θερμική ισχύ πιο κοντά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του νερού, συνήθως χρησιμοποιείται μία τριών στάσεων μηχανοκίνητη βαλβίδα ή ο απευθείας λέβητας αντιστάθμισης. Η αντιστάθμιση του καιρού μπορεί να δώσει νερό επιστροφής χαμηλής θερμοκρασίας σε ηπιότερο κλίμα, με αποτέλεσμα τις μεγαλύτερες αποδοτικότητες αυτών των λεβήτων (Jones P. και Day T., 2009).



Εικόνα 39: Αντιστάθμιση καιρού (Jones P. και Day T., 2009)

Όταν δε, απαιτείται θέρμανση σε διαφορετικούς χρόνους και θερμοκρασίες για διαφορετικούς χώρους του κτιρίου, τότε γίνονται έλεγχοι κατά ζώνες. Μια ζώνη αντιμετωπίζεται ως ένα μέρος του κτιρίου όπου το σύστημα θέρμανσης είναι ικανό να ελέγχεται ανεξάρτητα σχετικά με το χρόνο, τη θερμοκρασία ή και τα 2. Ο διαχωρισμός των ζωνών γίνεται ανάλογα με την κατάληψη των χώρων από τους ενοίκους και βάση των θερμοκρασιακών απαιτήσεων, τον όροφο, τον προσανατολισμό κλπ. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται :

-Οι θερμοστατικές βαλβίδες που είναι αισθητήρες θερμοκρασίας, χαμηλού κόστους, γεμάτοι με στερεό, υγρό ή αέριο, των οποίων ο μηχανισμός

πίεσης περιορίζει τη μαζική ροή του θερμαινόμενου νερού, όταν ανεβαίνει η θερμοκρασία και την αφήνει να ρέει όταν αυτή πέφτει. Δεν απαιτείται βαθμονόμηση για τους αισθητήρες θερμοκρασίας καθώς είναι ρυθμισμένοι με αριθμούς από το 1 ως το 5. Το νούμερο 3 αντιστοιχεί χονδρικά σε θερμοκρασία δωματίου 20°C. Η θέση του αισθητήρα παίζει καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα και την ακρίβεια της ρύθμισης της θερμοκρασίας του δωματίου.

-Ηλεκτρικά χειριστήρια δωματίου είναι προτιμότερα για τον ίδιο σκοπό και έχουν είτε ηλεκτροθερμική είτε μηχανοκίνητη βαλβίδα. Επιτρέπουν την προγραμματισμένη μείωση της θερμοκρασίας τη νύχτα με την επιλογή εάν είναι επιθυμητό, της εξαίρεσης κάποιου δωματίου. Με τη βοήθεια ενός κεντρικού θερμοστάτη ή μιας σύνδεσης με ένα σύστημα BAS, οι θερμοκρασίες μπορούν επίσης να μειωθούν κατά τη διάρκεια της ημέρας, είτε σε κάθε ξεχωριστό χώρο είτε προκαθορισμένα με χρονόμετρο. Ο σχεδιασμός αυτού του συστήματος μπορεί αναμφισβήτητα, να βοηθήσει στην εξοικονόμηση ενέργειας.

Εξοικονόμηση στην άντληση ενέργειας και βελτιωμένος έλεγχος της θερμοκρασίας του χώρου μπορεί ακόμα να επιτευχθεί, ελέγχοντας την ταχύτητα διανομής των αντλιών του συστήματος έτσι ώστε να προσαρμοστεί στην ζήτηση του συστήματος. Αυτοί οι ελεγκτές είναι σχετικά φθηνοί, με γρήγορη απόκριση. Έχουν επίσης, ενσωματωμένο μετρητή και ενισχύουν την εξισορρόπηση του συστήματος. Από τη χρήση τους, μπορεί να αποθηκευτεί από 25-50% της ετήσιας αντλούμενης ενέργειας κατανάλωσης. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας βαλβίδες ελέγχου με 2 στάσεις και έναν ελεγκτή διαφορικής πίεσης by-pass. Η ταχύτητα της αντλίας τότε ελέγχεται με τη μετάδοση μεταβλητής ταχύτητας για να διατηρείται σταθερή η διαφορική πίεση.

Σήμερα και η υψηλή τεχνολογία βρίσκει εφαρμογή στις πρακτικές ελέγχου των συστημάτων θέρμανσης. Πιο συγκεκριμένα:

- Σύστημα ελέγχου με υπέρυθρες (IR) χρησιμοποιείται για να προκαθορίσει το μέγεθος της εξοικονόμησης σε θέρμανση/άνεση/ενέργεια. Σχετικές μονάδες με βαλβίδες θέρμανσης, προγραμματίζονται ώστε να ρυθμίζουν συνεχώς τη σωστή θερμοκρασία δωματίου. Τα συστήματα ελέγχου με υπέρυθρες έχουν ένα προγραμματιζόμενο πομπό, μία ενσωματωμένη

συσκευή υποδοχέα με ηλεκτρονικό ενεργοποιητή που επηρεάζει το σύστημα θέρμανσης (Daniels K., 2003).

Τέλος, για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης ενός συστήματος φυσικού αερισμού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι παρακάτω εναλλακτικές ελέγχου :

- τροφοδότες ενεργοποίησης: για να ανοιγοκλείνουν τα παράθυρα και να επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος φυσικός αερισμός.

- αισθητήρες ταχύτητας ανέμου: για να περιορίσουν ή και να αποφύγουν να ανοίξουν τα παράθυρα, όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι πολύ υψηλή.

-αισθητήρες κατεύθυνσης ανέμου: για να διασφαλίζουν ότι μονό τα παράθυρα στην προσήνεμη και υπήνεμη πλευρά του κτιρίου είναι ανοικτά.

Τον χειμώνα, η ανεξέλεγκτη διήθηση του αέρα θα αφήσει τη θερμότητα να φύγει και θα χαθεί έτσι ενέργεια. Γι αυτό, τα αυτόματα παράθυρα θα πρέπει να «κλειδώνουν» εκείνη την περίοδο. Τα ανοίγματα θα πρέπει να είναι σχεδιασμένα ώστε να αποφεύγεται η είσοδος της βροχής και να διασφαλίζεται η ασφάλεια του κτιρίου (Parsloe C., 2005).

Με τη διαχείριση ενέργειας στα κτίρια, μέσω τέτοιων συστημάτων όπως αυτά που προαναφέρθηκαν, προκύπτει αποδεδειγμένα βάση προηγούμενων μελετών, σημαντική ενεργειακή και οικονομική εξοικονόμηση. Συν τοις άλλοις, προσφέρεται μειωμένο λειτουργικό κόστος ενός ευέλικτου, βολικού και άνετου περιβάλλοντος, προηγμένων τεχνολογικών διευκολύνσεων με μειωμένο κόστος συντήρησης και βελτιωμένης λειτουργικής αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας. Κύριο μέλημα συνεπώς, από εδώ και πέρα, θα πρέπει να είναι η καθοδήγηση των εφαρμογών αυτών ώστε να απολαμβάνονται ευρέως, τα ωφέληματα που προσφέρουν. Για την κατάστρωση ενός σχεδίου δράσης, είναι προφανώς σημαντική η κατανόηση πρώτα από όλα, των εμποδίων που δυσχεραίνουν και καθυστερούν την ανάπτυξη του οικιακού αυτοματισμού. Τροχοπέδη σε αυτήν αποτελούν:

- Η έλλειψη γνώσης και εμπειρίας στη διαχείριση της ενέργειας εκ μέρους των καταναλωτών. Μια τέτοια επένδυση, έχει χρόνο αποπληρωμής που μετριέται σε μήνες ή και χρόνια. Οι καταναλωτές ωστόσο, δεδομένης της κρίσης, χρειάζονται επιτακτικούς λόγους για

- Η έλλειψη πληροφόρησης των εμπειρογνομόνων σχετικά με το κόστος και τα οφέλη των διαφορετικών συστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου. Δεν υπάρχει ακόμα πληθώρα εφαρμογών και δεδομένων για το ποια συστήματα συμφέρουν αποδεδειγμένα τόσο από πλευράς χρημάτων όσο και από πλευράς ενεργειακής κατανάλωσης. Σε μία γενικότερη επένδυση σε έξυπνο κτίριο, θα πρέπει να προβλέπεται εκ των προτέρων η σχέση του αρχικού κόστους κεφαλαίου, του λειτουργικού κόστους, του κόστους συντήρησης και του κόστους εξόπλισης με συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου, κάτι που ακόμα δεν είναι ξεκάθαρα τυποποιημένο.
- Έλλειψη καθιερωμένων προτύπων για τα προϊόντα. Κάθε προϊόν αναφέρεται σε άλλα πρότυπα και το γεγονός αυτό δυσκολεύει την απόφαση των καταναλωτών.
- Ο εξοπλισμός και τα συστήματα αυτά σήμερα, είναι πολύ πιο ακριβά και περίπλοκα από ότι θα έπρεπε, αναλογικά με την παγκόσμια οικονομία.

Η πρόκληση επομένως, έγκειται στο να δημιουργηθούν φθηνότερα, τυποποιημένα συστήματα που να κάνουν εύκολη την επιλογή των καταναλωτών. Θα πρέπει να είναι απλά στη χρήση γιατί σε αντίθετη περίπτωση, ακόμα κι αν ξεπεραστούν τα οικονομικά και πληροφοριακά εμπόδια, θα επιβραδύνεται η διάδοσή τους. Ιδανικά θα ήταν, αν απαιτούσαν ελάχιστες ρυθμίσεις και ελάχιστη ή και καθόλου συντήρηση. Αν τέλος, είναι επιθυμητό να γίνεται λόγος για ενεργειακή απόδοση, τέτοια συστήματα που θα προσαρμόζονται στο προφίλ του καταναλωτή και δεν θα τον αναγκάζουν να προσαρμοστεί εκείνος σε αυτά, θα πρέπει να διαδοθούν προς άμεση χρήση (Matthews H. S., *et al.*, 2005).

6.3. Παράδειγμα εφαρμογής

Όλα τα συστήματα που αναφέρθηκαν στα τρία τελευταία κεφάλαια είναι τα δεδομένα «προϊόντα» που υπάρχουν στην αγορά των ενεργειακά αποδοτικών κατασκευών. Σε έναν ευφυή σχεδιασμό ωστόσο, ακολουθείται η λογική της βελτιστοποίησης, αναζητώντας τις βέλτιστες παραμέτρους (εδώ, τα βέλτιστα συστήματα) ενός συνήθως περίπλοκου συστήματος (του λειτουργικού κτιρίου). Στα μαθηματικά, το πρόβλημα της βελτιστοποίησης, αντιμετωπίζεται σαν ένα πρόβλημα ελαχιστοποίησης ή μεγιστοποίησης μέσω αριθμητικών μεθόδων, μιας συνάρτησης μιας ή πολλών μεταβλητών.

Έστω ότι δίνεται μια υφιστάμενη κατοικία στη Ν. Ελλάδα, 400m², 20ετίας, διώροφη, δίπλα στη θάλασσα. Θερμαίνεται με πετρέλαιο και κάθε χρόνο χρειάζεται 1.5 με 2tn πετρελαίου, μέσου κόστους 2000€ περίπου (ανάλογα με την εκάστοτε τιμή του πετρελαίου) και διαθέτει τζάκι στο ισόγειο. Από λογαριασμούς της ΔΕΗ, φαίνεται ότι καταναλώνονται 2902kWh ανά τέσσερις μήνες και αυτές χρεώνονται με 452€ (συμπεριλαμβανομένων τελών διανομής και λοιπών επιβαρύνσεων). Για τη θέρμανση του νερού το καλοκαίρι, στην ταράτσα της κατοικίας υπάρχουν 2 ηλιακοί θερμοσίφωνες και σε κάθε υπνοδωμάτιο (σύνολο 4) στον 1^ο όροφο, υπάρχει από ένα κλιματιστικό και ακόμη ένα στον ξενώνα του ισογείου, για κλιματισμό το καλοκαίρι. Πιο κάτω θα γίνει μια πρώτη προσπάθεια η παραπάνω κατασκευή να γίνει ενεργειακά αποδοτική με το βέλτιστο τρόπο.

Ένα υφιστάμενο κτίριο, όπως αναφέρθηκε ήδη στην παράγραφο 2.3., μπορεί να ενταχθεί στα βιοκλιματικά κτίρια αν ο προσανατολισμός της όψης του είναι νότιος με ανεκτή απόκλιση +30° ανατολικότερα ή δυτικότερα από το Νότο και η ελεύθερη γωνία ύψους του ανοίγματος είναι μικρότερη ή ίση των 25° σε σχέση με τα απέναντι κτίρια και μικρότερη ή ίση των 30° για παράπλευρα κτίρια, ώστε να δέχεται αρκετό ήλιο το άνοιγμα, τον χειμώνα.

Δίνεται επίσης ότι η συγκεκριμένη κατοικία δεν πληροί το παραπάνω κριτήριο, ωστόσο λόγω της τοποθεσίας της, εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία και τον φυσικό αέρα, ενώ η περίμετρος του οικοπέδου είναι φυτεμένη, γεγονός που της εξασφαλίζει την επιθυμητή σκίαση. Ένα άλλο «βιοκλιματικό» χαρακτηριστικό που διαθέτει, είναι οι ηλιακοί θερμοσίφωνες (το κόστος των οποίων έχει αποσβεστεί) στην οροφή της, πράγμα που δεν θα αλλάξει στην παρούσα μελέτη κι επομένως δεν

αναζητείται λύση για ζεστό νερό χρήσης το καλοκαίρι. Μέτρα όπως: μόνωση του κελύφους, αντικατάσταση ή συμπλήρωση των εξωτερικών κουφωμάτων με διπλά τζάμια, θα αποφευχθούν για οικονομικούς λόγους. Έτσι η ανάλυση που ακολουθεί, επικεντρώνεται στα συστήματα.

Τα δεδομένα που δόθηκαν αφορούν στη θέρμανση και την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνει η παραπάνω κατοικία για το φωτισμό, τα κλιματιστικά και τις λοιπές ηλεκτρικές συσκευές της. Επομένως, οι λύσεις που θα δοθούν θα πραγματευτούν το πετρέλαιο θέρμανσης και την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Στα πλαίσια της βελτιστοποίησης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη, όλες οι δυνατές παράμετροι ώστε να βρεθεί μετά από συνδυασμό και βάση της σχέσης αποτελεσματικότητας - κόστους, η τελική βέλτιστη λύση για όλο τον κύκλο ζωής της κατοικίας.

Η πρώτη συνδυαστική σκέψη βάση των ζητούμενων και όσων αναλύθηκαν στα παραπάνω κεφάλαια είναι η ΣΗΘ. Αυτή η λύση, προσφέρει ταυτόχρονα ηλεκτρική ενέργεια, θέρμανση και ζεστό νερό χρήσης όλο το έτος. Επειδή αναλύεται μόνο μία κατοικία, θα μπορούσε σε τέτοια κλίμακα να εφαρμοστεί σύστημα μικρό – ΣΗΘ, κάτι που κρίνεται ριψοκίνδυνο καθώς οι περισσότερες εφαρμογές ΣΗΘ σήμερα, είναι σε μεγαλύτερες οικιστικές μονάδες(π.χ. ξενοδοχεία κ.λπ.).

Έτσι, θα πρέπει να προταθούν ξεχωριστά συστήματα παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, με ζεστό νερό χρήσης. Σχετικά με την ηλεκτροπαραγωγή, οι εναλλακτικές είναι είτε με αξιοποίηση της αιολικής ενέργειας με κάποια ανεμογεννήτρια κάτι που δεν εφαρμόζεται σε μικρή κλίμακα, είτε με **φωτοβολταϊκά συστήματα.**

Στους 4μήνες δίνεται κατανάλωση 2902kWh και 452€ για ηλεκτρικό ρεύμα , άρα στον χρόνο καταναλώνεται τριπλάσια ενέργεια ίση με 8706kWh/y και 1356€. Από τα διαφημιστικά στοιχεία που κυκλοφορούν στο διαδίκτυο, λέγεται ότι μία εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος 1kW, κοστίζει 5000€ και αποδίδει στις νότιες περιοχές της Ελλάδας, σε ετήσια βάση 1300kWh/y,.

Σημειώνεται ότι όλη η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από το φωτοβολταϊκό, θα διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ και η τελευταία θα πληρώνει τους ιδιοκτήτες του συστήματος με 0.55€ για κάθε kWh που λαμβάνει (η τιμή των 55cents είναι εγγυημένη για 25 χρόνια). Έτσι, το πόσο ηλεκτρικό ρεύμα θέλει να πουλάει ο

ιδιοκτήτης του συστήματος, στη ΔΕΗ ,εξαρτάται από τον ίδιο, από το τι επένδυση μπορεί να κάνει αλλά και πόσο κέρδος θέλει να έχει.

Τα 8706 kWh/y που καταναλώνει η παραπάνω κατοικία το χρόνο, καλύπτονται και από φωτοβολταϊκό σύστημα, εγκατεστημένης ισχύος 7kW. Η επένδυση αυτή, σύμφωνα με τα παραπάνω, θα κοστίσει **35000€**. Σύμφωνα πάλι με τα παραπάνω, προκύπτει με απλό υπολογισμό ότι :

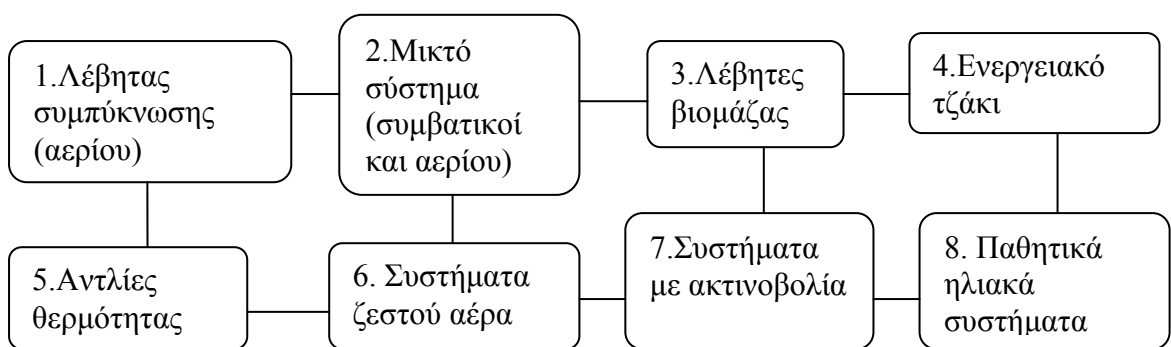
κάθε χρόνο η ΔΕΗ θα τους επιστρέφει: $7*1300*0.55 = 5005€/ y$, άρα ο

χρόνος απόσβεσης της επένδυσης, θα είναι: $35000 / 5005 = 6.99 \approx 7$ **χρόνια**,

μετά τα 7 χρόνια, τα **5005€/ y**, θα είναι καθαρό κέρδος του επενδυτή. Ωστόσο αυτή η πρόβλεψη δεν είναι απόλυτα ακριβής, γιατί προκύπτουν και επιπρόσθετα έξοδα συντήρησης των μπαταριών του συστήματος, η κοστολόγηση των οποίων ξεφεύγει από τα όρια αυτής της μελέτης.

Σημειώνεται ότι πλέον υπάρχουν και υβριδικά φωτοβολταϊκά συστήματα συγκεντρωτικού τύπου, για ταυτόχρονη παραγωγή θερμού νερού χρήσης και ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ήδη αναφέρθηκε στην παράγραφο 2.2.. Λόγω μάλλον του αρχικού σταδίου εφαρμογής τους ωστόσο, δεν παρέχονται τιμές για το κόστος και την απόδοση αυτών των συστημάτων.

Σχετικά με τη θερμότητα, οι δυνατότητες θέρμανσης που πρέπει να εξεταστούν παρουσιάζονται στην εικόνα 40 που ακολουθεί:



Εικόνα 40: Δυνατότητες θέρμανσης για αντικατάσταση του πετρελαίου

1. Για τους λέβητες συμπίκνωσης ήδη αναφέρθηκε, ότι η εξοικονόμηση που παρέχουν είναι της τάξης του 10 με 20%, σε σχέση με τους συμβατικούς λέβητες με

καύσιμο το πετρέλαιο. Η λύση αυτή θα δώσει τη ζητούμενη θέρμανση και το ζεστό νερό χρήσης το χειμώνα. Αν θεωρηθεί ότι για 10ωρη λειτουργία 100 ημερών ισχύουν τα εξής(από διαδικτυακή έρευνα):

A) κόστος πετρελαίου: 0.56€/lt , θερμότητα από πετρέλαιο: 10000kcal/lt και

B) κόστος φυσικού αερίου: 0.51€/lt , θέρμανση από φυσικό αέριο: 12000 kcal/lt

και αξιοποιηθεί και το δεδομένο ότι η κατοικία καταναλώνει 1.5 με 2tn πετρελαίου το χρόνο, τα A, B αφορούν στο (1/3.65) του χρόνου.

Θεωρώντας ότι καταναλώνεται ο μέσος όρος των δοθέντων τιμών, δηλαδή 1.75tn πετρελαίου το χρόνο, προκύπτει ότι στις 100 μέρες θα καταναλώνονται 0.48tn. Επειδή, ο ένας τόνος (1tn) αντιστοιχεί στα 1200lt, οι 0.48 αντιστοιχούν στα 576lt.

Δηλαδή, με δεδομένο το A, η κατοικία ξοδεύει για πετρέλαιο θέρμανσης : $576 * 0.56 = 322.56€$ στις 100 μέρες, για να έχει θερμότητα: $576 * 10000 = 5.76 * 10^6 Kcal$.

Με δεδομένο το B, αν εξεταστεί πάλι η ίδια ποσότητα των 576lt υπολογίζονται τα εξής: κόστος φυσικού αερίου: $576 * 0.51 = 293.76€$, δηλαδή σημειώνεται εξοικονόμηση: $322.56 - 293.76 = 28.8€$ (ή 11.2%) , ενώ η προσφερόμενη θέρμανση είναι: $6.912 * 10^6 Kcal$, 20% αυξημένη από αυτή που δίνει το πετρέλαιο.

Άρα, αναφορικά με τον κύκλο ζωής του κτιρίου, είναι συμφέρουσα η λύση των λέβητων συμπύκνωσης. Να σημειωθεί ότι σε τρία με πέντε χρόνια το πρόσθετο κόστος εγκατάστασης αν συνοδεύονται από επιπλέον σύστημα αντιστάθμισης καιρού όπως αναλύθηκε στην παράγραφο 4.2.1., αποσβένεται. Τέλος, οι τιμές φυσικού αερίου, συνεχώς αλλάζουν και αυτό πρέπει να παρακολουθείται.

2. Για το μικτό σύστημα (από συμβατικούς λέβητες και λέβητες αερίου) αν και αναφέρθηκε ότι είναι πιο οικονομικό, οι αποδόσεις του είναι της τάξης του 50-75%, όποτε για αυτή τη μελέτη θεωρείται σκόπιμο, για την ωφέλιμη ζωή του έργου, να γίνει μια ριζική αντικατάσταση του συμβατικού καυσίμου του πετρελαίου.
3. Για τους λέβητες βιομάζας, τα στοιχεία που βρέθηκαν είναι :
 - Η κατανάλωση 1lt πετρελαίου για θέρμανση αντιστοιχεί σε κατανάλωση 4kg πηρυνόξυλου, το οποίο κοστολογείται από 65 - 85€ ο τόνος
 - Εναλλακτικά, αντιστοιχεί σε 2kg pellets, αξίας από 180 - 220€ ο τόνος

Εξετάζοντας τη λύση του πυρηνόξυλου για ένα χρόνο, για την εν λόγω κατοικία, χρειάζονται 8kg ή $8 \cdot 10^{-3}$ τόνοι, που θα κοστίζουν :

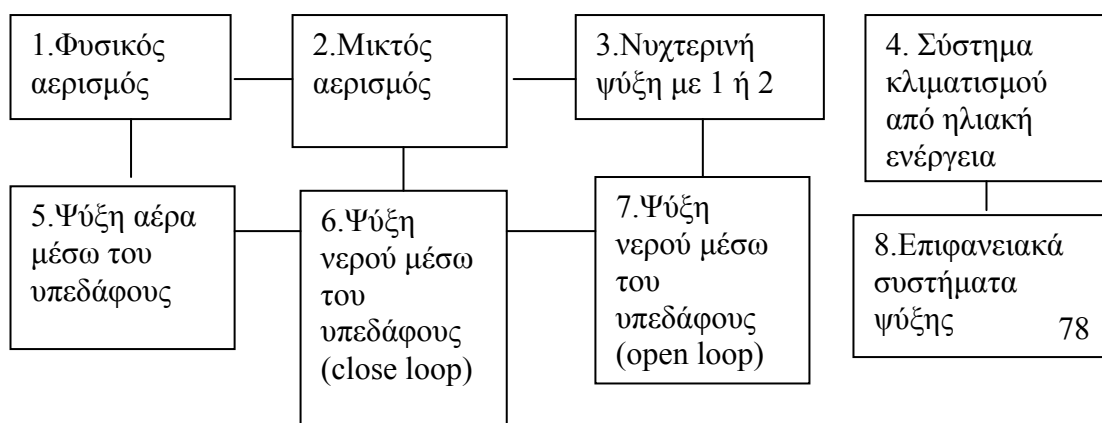
$$8 \cdot 10^{-3} \cdot (65+85)/2 = 0.6\text{€!}$$

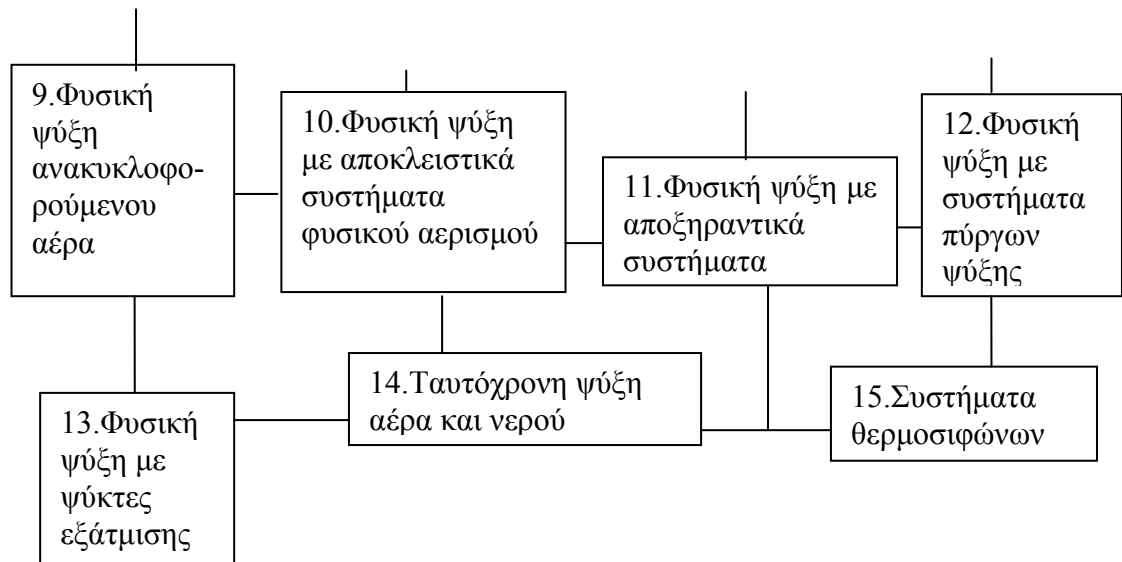
Η λύση των pellets αντίστοιχα: $2 \cdot 10^{-3} \cdot (180+220)/2=0.4\text{€!}$

Πρόκειται για πολύ φθηνό καύσιμο, με αποτέλεσμα να χρεώνεται κυρίως η εγκατάσταση που είναι ακριβή σύμφωνα και με τον Πίνακα 3 στο κεφάλαιο 3. Εκεί δόθηκε για δεδομένα Αυστρίας το 2001, ότι η συνολική επένδυση για λέβητες πετρελαίου είναι 21800€ ενώ για λέβητες pellets 43900€. Τα επιπλέον 22100€ αποσβένονται σε 11χρόνια, αν ληφθεί υπόψη ότι δίνονται 2000€ το χρόνο στο πετρέλαιο, ενώ για τη βιομάζα δεν θα πληρώνουν ουσιαστικά στο μέλλον. Η λύση αυτή θα δώσει τη ζητούμενη θέρμανση και το ζεστό νερό χρήσης το χειμώνα.

4. Η λύση του συμβατικού τζακιού, απορρίπτεται για αισθητικούς λόγους, καθώς προϋπάρχει συμβατικό τζάκι στο ισόγειο της κατοικίας.
5. Οι αντλίες θερμότητας δεν αποτελούν λύση, γιατί παρέχουν χαμηλού βαθμού θερμότητα από κάποια βιομηχανική διαδικασία ή εφαρμόζονται για εξαερισμό ή ανάκτηση θερμότητας σε πισίνες ή υπεραγορές κ.α..
6. Τα συστήματα ζεστού αέρα αξιοποιούνται σε βιομηχανικούς χώρους και χώρους αποθήκευσης, γι αυτό και δεν σχετίζονται με το συγκεκριμένο πρόβλημα.
7. Το ίδιο με το 6 ισχύει και για τα συστήματα θέρμανσης με ακτινοβολία.
8. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, επίσης δεν προτείνονται εδώ γιατί προϋποθέτουν επεμβάσεις στο κτιριακό κέλυφος, κάτι που στο υφιστάμενο κτίριο θεωρείται άσκοπη επένδυση σε σχέση με τις παραπάνω(1 ή 3).

Σχετικά με τον κλιματισμό, στην εικόνα 41 που ακολουθεί δίνονται όλες οι πιθανές λύσεις:



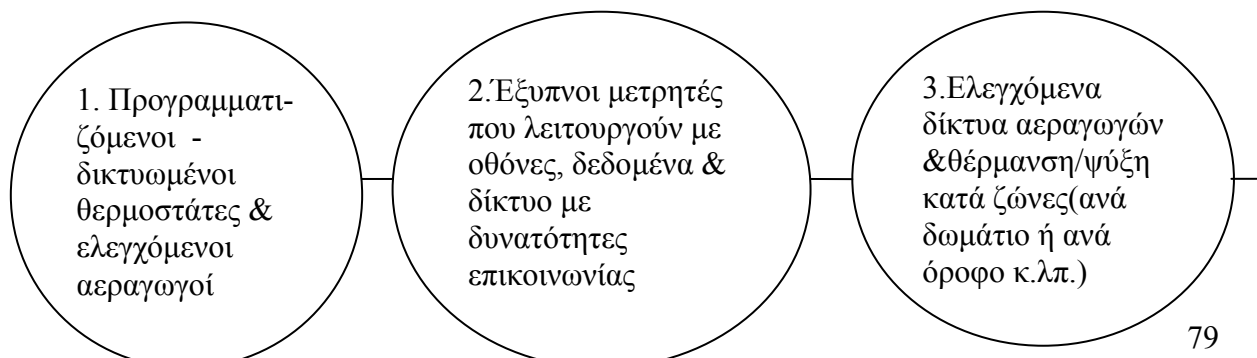


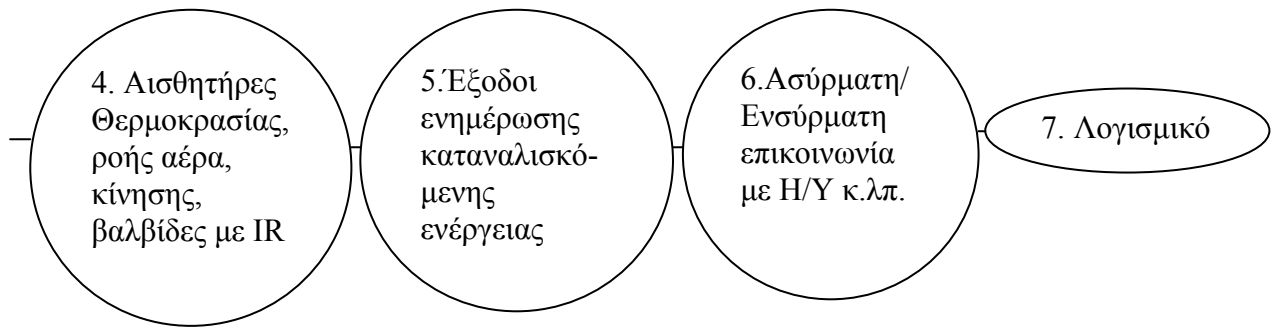
Βοηθήματα:
 -πλάκες που ψύχονται με νερό
 -δοκοί & οροφές διατήρησης απλής ψύξης
 - συστήματα εκτόπισης ψυχρού αέρα

Εικόνα 41: Δυνατότητες Κλιματισμού το καλοκαίρι

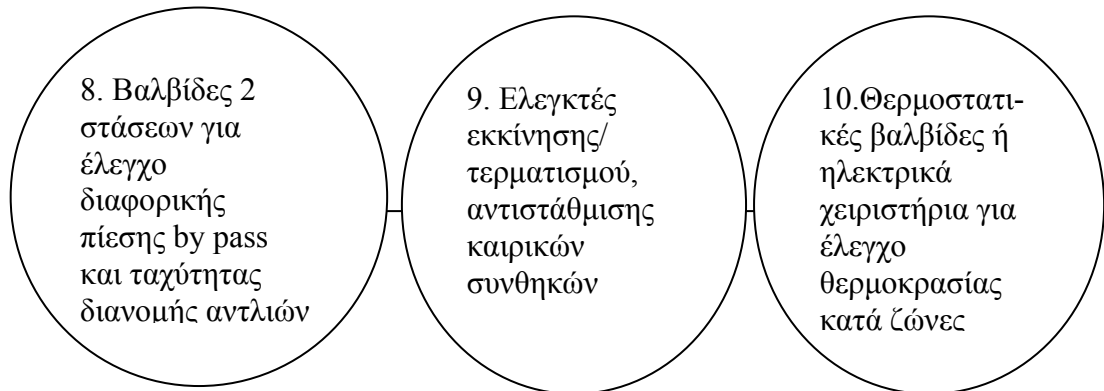
Για την κατοικία που γίνεται η παρούσα μελέτη, δεδομένης της τοποθεσίας της στη Ν. Ελλάδα, μπορεί να γίνει η αντικειμενική υπόθεση ότι τα κλιματιστικά της δουλεύουν 3 μήνες το χρόνο, αυτούς του καλοκαιριού. Επειδή ακόμα υπάρχει ο μηχανικός εξοπλισμός ψύξης, θεωρείται σκόπιμο για τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, να διατηρηθεί ο παρών εξοπλισμός σε ένα σύστημα μικτού αερισμού το οποίο θα υποστηρίζεται από συστήματα διαχείρισης που αναλύονται πιο κάτω. Έτσι για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο θα παρέχεται ο απαιτούμενος κλιματισμός τόσο από τα υφιστάμενα κλιματιστικά, όσο και από φυσικό αερισμό του κτιρίου.

Σχετικά με τη διαχείριση των συστημάτων του κτιρίου, στην εικόνα 42 πιο κάτω, δίνονται όλες οι δυνατές επιλογές:

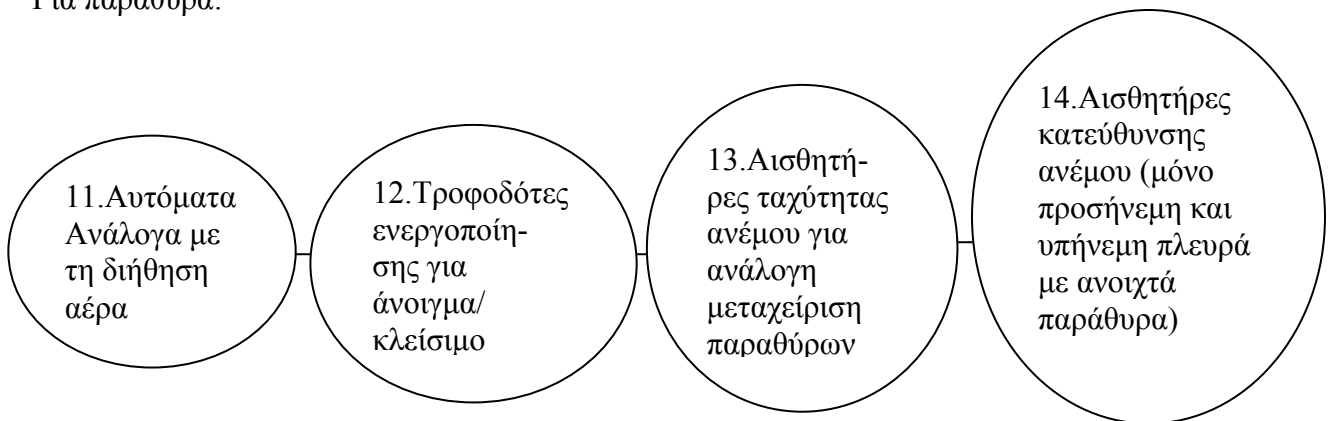




Για λέβητες σε ακολουθία:



Για παράθυρα:



Εικόνα 42: Επιλογές Διαχείρισης συστημάτων κτιρίου

Συνοπτικά, για να γίνει η συγκεκριμένη κατοικία ενεργειακά αποδοτική με το βέλτιστο τρόπο, οι λύσεις που προτάθηκαν παραπάνω είναι να αντικατασταθούν οι λέβητες πετρελαίου με λέβητες φυσικού αερίου ή με λέβητες βιομάζας και να τοποθετηθούν στην ταράτσα φωτοβολταϊκά συστήματα εγκατεστημένης ισχύος 7kWp. Οι λέβητες βιομάζας συστήνονται λόγω του τόσο οικονομικού καυσίμου τους

που σε επίπεδο κύκλου ζωής, αποφέρει κέρδη σε σχέση με το φυσικό αέριο. Ο επενδυτής είναι εκείνος που θα διαλέξει το είδος της επένδυσης με τα προσωπικά του κριτήρια, μπορεί για παράδειγμα να μη διαθέτει στη παρούσα φάση, τα χρήματα για την εγκατάσταση των λεβήτων βιομάζας ή να θέλει να εγκαταστήσει λιγότερη ισχύ στα φωτοβολταϊκά. Τέλος, για τον κλιματισμό του κτιρίου το καλοκαίρι, προτάθηκε μικτός αερισμός, υποστηριζόμενος από διαχειριστικά μέσα.

Για την αποδοτική διαχείριση των πιο πάνω προτάσεων, οι ιδανικοί έλεγχοι προς εφαρμογή που προτείνονται είναι :

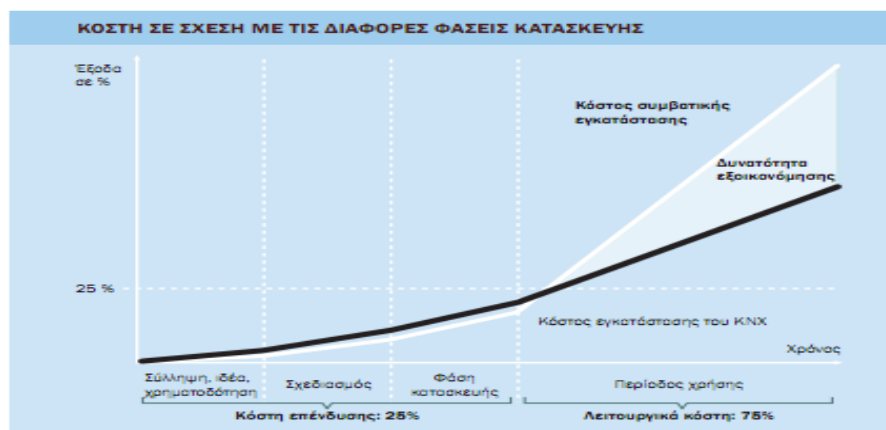
- Σχετικά με τη θέρμανση: ελεγχόμενοι αεραγωγοί, με ελεγκτές ταχύτητας διανομής που όπως προαναφέρθηκε οδηγούν σε αποθήκευση 25-50% της αντλούμενης ενέργειας ετησίως. Με ελεγκτές εκκίνησης/τερματισμού συνδεδεμένους με δίκτυο κινητής τηλεφωνίας, ώστε να μπορούν οι κάτοικοι να διαχειρίζονται τα συστήματα με μηνύματα κειμένου όταν λείπουν. Με αισθητήρες κίνησης και θερμοκρασίας συνδεδεμένους με ένα κεντρικό δίκτυο που θα απενεργοποιεί τη θέρμανση όταν δεν ανιχνεύεται κίνηση στο χώρο (δηλαδή αξιοποιούνται οι επιλογές 1,4,6,7,8,9). Σημειώνεται ότι ειδικά για τους λέβητες συμπύκνωσης, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 4.2.2., προβλέπονται από τη Νομοθεσία ποιοι έλεγχοι πρέπει να γίνονται και αυτοί αφορούν τις επιλογές 3, 9 και 10 (οι 3 και 10 αναφέρονται στη θέρμανση κατά ζώνες).
- Σχετικά με την παροχή ζεστού νερού: με ελεγκτές αντιστάθμισης καιρικών συνθηκών (βλ. Σχήμα 41). Αν τελικά εγκατασταθούν λέβητες αερίου, αυτό το κάνουν τα συνοδευτικά συστήματα αντιστάθμισης, διαφορετικά χρησιμοποιείται μια τριών στάσεων μηχανοκίνητη βαλβίδα (επιλογή 9).
- Σχετικά με τη μικτή λειτουργία εξαερισμού: για την εξασφάλιση προγραμματισμένου φυσικού αερισμού ενδείκνυται η υιοθέτηση των επιλογών 12,13,14, δηλαδή τροφοδοτών ενεργοποίησης για άνοιγμα/κλείσιμο, αισθητήρες ταχύτητας ανέμου για ανάλογη μεταχείριση παραθύρων και αισθητήρες κατεύθυνσης ανέμου (ελέγχουν ότι μόνο στην προσήνεμη και στην υπήνεμη πλευρά του κτιρίου υπάρχουν ανοιχτά παράθυρα). Στο ισόγειο αναφέρεται ότι υπάρχει μόνο ένα κλιματιστικό και αυτό στον ξενώνα όχι στον

κοινόχρηστο χώρο. Εκεί λοιπόν, θα πρέπει να ενισχυθεί το σύστημα φυσικού αερισμού με τις πιο πάνω λύσεις. Στα δωμάτια με τα κλιματιστικά τα δύο συστήματα (φυσικού αερισμού και μηχανικού εξοπλισμού) θα πρέπει να λειτουργούν βάση των επιλογών των χρηστών.

- Σχετικά με το φωτισμό: αισθητήρες κίνησης θα κλείνουν τα φώτα όπου δεν θα ανιχνεύεται κίνηση (επιλογή 4).
- Σχετικά με τη διατήρηση της σωστής θερμοκρασίας στο χώρο: προτείνεται η θέρμανση κατά ζώνες με ηλεκτρικά χειριστήρια ανά δωμάτιο, τα οποία ιδανικά θα μπορούν να επικοινωνούν με κεντρικό σύστημα BAS (επιλογές 7 και 10).

Όλα τα παραπάνω θα πρέπει να ενώνονται με ένα κεντρικό σύστημα και να συνδυάζονται μέσω κεντρικής βάσης δεδομένων στον Η/Υ.

Η κοστολόγηση ενός τέτοιου συστήματος διαχείρισης είναι εξαιρετικά δύσκολη στο επίπεδο αυτής της ανάλυσης καθώς οι τιμές ενός τέτοιου συστήματος εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως π.χ. τον αριθμό των απαιτούμενων αισθητήρων στο χώρο, κάτι που προκύπτει από την επιτόπου εξέταση. Επιπλέον, παραμένουν τα προβλήματα που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο περί ελλιπούς πληροφόρησης και εφαρμογών. Θεωρείται ωστόσο σίγουρο ότι με ένα τέτοιο σύστημα, θα γίνεται ακριβώς η κατανάλωση ενέργειας που χρειάζεται και έτσι θα αποθηκεύονται τυχόν έξοδα από άσκοπη υπερκατανάλωση που γίνεται χωρίς αυτό (βλ. Εικόνα 43).



Εικόνα 43: Σύγκριση κόστους συμβατικής εγκατάστασης και κόστους εγκατάστασης με σύστημα αυτοματισμού

[\[http://www.merten.de/download/DL_broschuere_gb/GR_KNX_492081.pdf\]](http://www.merten.de/download/DL_broschuere_gb/GR_KNX_492081.pdf)

6.4. Συζήτηση

Η τελική λύση αυτής της εφαρμογής, κυρίως για τα συστήματα θέρμανσης όπου υπήρχαν στοιχεία, προέκυψε από μια διαδικασία βελτιστοποίησης μικρής κλίμακας, με εξέταση όλων των συστημάτων, απόρριψη όσων δεν εφαρμόζονταν στην περίπτωση και επιλογή του βέλτιστου. Επειδή μια επένδυση σε κατασκευές κρίνεται από τη συμπεριφορά της σε επίπεδο κύκλου ζωής, βέλτιστη λύση είναι το σύστημα λεβήτων με βιομάζα. Ωστόσο, ο επενδυτής είναι εκείνος που τελικά θα διαλέξει. Το μόνο σίγουρο είναι ότι από τα φωτοβολταϊκά θα έχει σίγουρο κέρδος και από ένα σύστημα διαχείρισης σαν αυτό που περιγράφηκε πιο πάνω, θα πληρώνει για όσα ακριβώς απολαμβάνει.

7.ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στο σημείο αυτό είναι απαραίτητο να γίνει μια σύνοψη της διπλωματικής μελέτης που παρουσιάστηκε ανωτέρω και να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα.

7.1. Συζήτηση Αποτελεσμάτων

Αρχικά διαπιστώθηκε, ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός είναι εκείνος που αποτελεί τη βάση για τη δημιουργία ενός ενεργειακά αποδοτικού κτιρίου που στη συνέχεια θα ενισχυθεί με συστήματα.

Στην συνέχεια αναλύθηκαν ποικίλες εφαρμογές αξιοποίησης ΑΠΕ σε ενεργειακά αποδοτικά συστήματα. Η ηλιακή ενέργεια είναι το πιο φωτεινό παράδειγμα καθώς μπορεί, όπως εξετάστηκε, να δώσει μέσω των κατάλληλων συστημάτων, ζεστό νερό χρήσης, θέρμανση, κλιματισμό και ηλεκτρική ενέργεια. Αντίστοιχα, η αιολική ενέργεια δύναται να δώσει ηλεκτρική, η βιομάζα θερμότητα, η γεωθερμική ενέργεια ζεστό νερό χρήσης και ηλεκτρική ενέργεια, ανάλογα με την ενθαλπία της και οι μικρές υδατοπτώσεις μπορούν να αξιοποιηθούν για ηλεκτρισμό ή άρδευση.

Μελετώντας μια πληθώρα από αποδοτικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης και διαχείρισης που υπάρχουν, έγινε κατανοητή η χρησιμότητα της έννοιας της βελτιστοποίησης στον σχεδιασμό των ευφυών κτιρίων.

Από την εφαρμογή δε, στην παράγραφο 6.3., έγινε κατανοητό και με αριθμητικούς υπολογισμούς, το κέρδος από μία επένδυση σε φωτοβολταϊκά συστήματα. Επιπλέον για τη συγκεκριμένη κατοικία, θεωρήθηκε βέλτιστη λύση μεταξύ των λεβήτων συμπύκνωσης αερίου και των λεβήτων βιομάζας, οι δεύτεροι. Εκτός του ότι η βιομάζα παρουσιάζει μηδενικές εκπομπές CO₂ κατά την καύση της, είναι και πολύ οικονομικό καύσιμο. Μπορεί να παράγεται τοπικά είτε από ενεργειακές καλλιέργειες είτε από αγροτικά υπολείμματα. Έτσι για την παραγωγή της βιομάζας, μπορούν να προκύψουν θέσεις εργασίας και εσωτερική ανάπτυξη της οικονομίας.

Το φυσικό αέριο από την άλλη, εκπέμπει περισσότερους ρύπους και επειδή είναι κατά κύριο λόγο εισαγόμενο, η αξία του ανατιμάται συνεχώς. Ως εκ τούτου και επειδή σε θέματα ενέργειας είναι ανεπιθύμητο για οποιαδήποτε

χώρα να εξαρτάται από κάποια άλλη, συνίσταται η εγκατάσταση λεβήτων βιομάζας κι ας αποσβένεται αργότερα η επένδυσή τους.

Στην ανάλυση τέλος, των συστημάτων διαχείρισης, διαπιστώθηκε ότι αποτελούν ακόμα απρόσιτα προϊόντα, παρά το γεγονός ότι είναι αποδεδειγμένη η εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας που αποφέρουν. Αυτό συμβαίνει, είτε επειδή είναι δυσνόητα για τους χρήστες, είτε λόγω ψηλού κόστους είτε λόγω περιορισμένων εφαρμογών.

7.2. Συμπεράσματα

Από τη μέχρι τώρα ανάλυση, έχουν προκύψει τα ακόλουθα συμπεράσματα που αξίζει να τονιστούν:

- Η επιλογή των βέλτιστων μέτρων βιοκλιματικού σχεδιασμού, θα δώσει διαχρονική εξοικονόμηση σε καταναλισκόμενη ενέργεια, για το εκάστοτε κτίριο.
- Με τη νομική θεσμοθέτηση της ενεργειακής μελέτης για τα κτίρια (βλ. Παραρτήματα, παράγραφο 9.4), φαίνεται ότι αναγκαστικά θα εφαρμοστεί ο ευφυής σχεδιασμός και η διαχείριση των κτιρίων για βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης. Επίσης, με τις ενεργειακές επιθεωρήσεις που προβλέπονται, φαίνεται ότι δεν θα υπάρχουν περιθώρια για υπερκατανάλωση ενέργειας από τα κτίρια του μέλλοντος.
- Στα πλαίσια του ευφυούς σχεδιασμού και της διαχείρισης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, φαίνεται ότι είναι τρία τα βήματα που πρέπει να ακολουθούνται πιστά. Αφετηρία αποτελεί ο βιοκλιματικός σχεδιασμός τους, μετά η επιλογή των κατάλληλων συστημάτων θέρμανσης και ψύξης και τέλος η διαχείριση της λειτουργικότητάς τους, μέσω ενός ενιαίου συστήματος αυτοματισμών. Το πρώτο βήμα μπορεί να καλύψει μέχρι και 70% των αναγκών του κτιρίου για θέρμανση και δροσισμό. Με το δεύτερο, πέραν της ενεργειακής απόδοσης που ποικίλει ανάλογα με το σύστημα, περιορίζονται και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, συνεισφέροντας στην καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Ένα σύστημα διαχείρισης της ενέργειας που καταναλώνει το εκάστοτε κτίριο τέλος, δίνει ανεπιφύλακτα τη μέγιστη

- Θεωρείται σκόπιμο, τόσο για τον επενδυτή όσο και για την ενεργειακή απόδοση του κτιρίου αλλά και για το περιβάλλον, να εκμεταλλεύονται οι υπάρχουσες επιδοτήσεις σχετικά με προγράμματα αξιοποίησης ΑΠΕ.
- Τα φωτοβολταϊκά συστήματα συγκεκριμένα, πέραν του κέρδους που αποδίδουν στον ιδιοκτήτη τους, δίνουν ηλεκτρικό ρεύμα στη ΔΕΗ με απλή αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, αποφεύγοντας όποιες ρυπογόνους διεργασίες διενεργούνται εκεί για τη συμβατική παραγωγή του.
- Ειδικά στην Ελλάδα για την οποία δόθηκε και η θερμογόνος δύναμη των καυσόξυλων της, θα πρέπει να διαδοθεί περισσότερο η χρήση της βιομάζας ως καύσιμο έναντι του συμβατικού πετρελαίου αλλά και του φυσικού αερίου. Τα πλεονεκτήματά της τονίστηκαν στην προηγούμενη παράγραφο.
- Διαπιστώθηκε ότι ο μελετητής - μηχανικός έχει να κάνει με πολλές πάντα, λύσεις. Η διαδικασία της βελτιστοποίησης αποτελεί ωστόσο τον γνώμονά του, για την επιλογή της μίας από αυτές ως βέλτιστη, από πλευράς ενεργειακής απόδοσης, μετά από συνδυαστική σύγκριση κόστους – οφέλους όλων των εναλλακτικών, για τον κύκλο ζωής της κατασκευής. Εντούτοις πάντα ο τελικός λόγος εναπόκειται στον επενδυτή.
- Τα συστήματα διαχείρισης πρέπει να αναθεωρηθούν με σκοπό να ανταποκρίνονται στον χρήστη και οι τιμές τους, στη σημερινή πραγματικότητα. Μόνο έτσι θα προωθηθούν και θα συνεισφέρουν στην προσπάθεια για πραγματικά ενεργειακά αποδοτικά κτίρια.
- Είναι τέλος, λογικό σε κατάσταση οικονομικής κρίσης, να περιορίζονται οι επενδύσεις σε ακίνητα. Παρόλα αυτά, ακόμα και το ότι η λήψη ενεργειακά αποδοτικών μέτρων, τόσο κατά τη μελέτη όσο και κατά την κατασκευή των κτιρίων, θα υπαγορεύεται πλέον από το νόμο, προμηνύει ότι τα σχετικά συστήματα θα αναπτυχθούν και θα εφαρμοστούν, έστω και μελλοντικά.

7.3. Μελλοντικές επεκτάσεις

Στην παρούσα διπλωματική μελέτη εξετάστηκαν σε θεωρητικό επίπεδο, η μεθοδολογία του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων και τα υπάρχοντα ενεργειακά αποδοτικά συστήματα θέρμανσης, ψύξης και διαχείρισής τους. Στο τέλος δόθηκε, μία εφαρμογή σε υφιστάμενο κτίριο, φωτοβολταϊκών συστημάτων, λεβήτων αερίου και λεβήτων βιομάζας, με παράλληλο υπολογισμό του οφέλους από τις συγκεκριμένες επενδύσεις. Σκόπιμο θα ήταν να γίνει μία αξιολόγηση του συστήματος διαχείρισης που προτάθηκε στην εφαρμογή 6.3. βάση των σχεδίων της κατοικίας και της θερμοκρασίας στη τοποθεσία της. Να γίνει δηλαδή ο ακριβής προσδιορισμός, βάση των σχεδίων, του πόσοι ελεγκτές και που θα τοποθετηθούν αλλά και πως αυτοί θα συνδέονται σε μία κεντρική βάση δεδομένων. Με αυτή την πιο ρεαλιστική λύση διαχείρισης, θα ήταν εξαιρετικά ενδιαφέρον αν μπορούσε να υπολογιστεί και το κόστος της επένδυσης αλλά και ο χρόνος απόσβεσής της. Μια τέτοια ανάλυση θα έδινε μια πιο συγκεκριμένη εικόνα για την σημερινή φύση των συστημάτων διαχείρισης και ίσως έδινε και το έναυσμα για εφαρμογή ή και βελτίωσή τους.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ΚΑΠΕ, (2002). *Θέρμανση κτιρίων και κατοικιών με εφαρμογές βιομάζας*. Οδηγός Επενδυτών, Ελλάδα
- ΚΑΠΕ, (2005). *Οδηγός Συστημάτων Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού & Θερμότητας*. Αθήνα
- Κοντορούπης, Γ.(2005). *Ενεργειακός – Βιοκλιματικός Σχεδιασμός κτιρίων και οικισμών*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
- Ντζούρας, Ν., Σκαρβέλης, Μ., Λυριντζής, Γ. (2002). *Προτεραιότητες στην οργάνωση δικτύων εφοδιασμού μονάδων παραγωγής θερμότητας και ηλεκτρισμού με βιομάζα*, Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου για «*Ερευνα, Προστασία, και Διαχείριση Χερσαίων Οικοσυστημάτων, Περιαστικών Δασών και Αστικού Πρασίνου*». Ελληνική Δασολογική Εταιρεία (υπό δημοσίευση), 26-29 Μαΐου, 2002, Τρίπολη
- Ξενάκης, Μ.(2003). *ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ Η ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ*
<<http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/eb1859e/eb1859e.html>> [11 January 2010]
- Τσίππρας, Κ. (2001). *Το Οικολογικό Σπίτι*. 8^η Έκδοση ΛΙΒΑΝΗ ΝΕΑ ΣΥΝΟΡΑ. Αθήνα
- Τσίππρας, Κ. (2000). *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων*. 2^η έκδοση, Εκδόσεις Π- Systems, Αθήνα
- Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής, ΥΠΕΚΑ (2010). *Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων. Κανονιστικές Διατάξεις για εφαρμογή του Ν.3661/08*. Αθήνα
- Agoris, D., Anagnostou, J., Karagiorgas, M., Pritchard, C., Tsoutsos, T. (2003). *Solar cooling technologies in Greece. An economic viability analysis*. Applied Thermal Engineering 23. Centre for Renewable Energy Sources, Pikermi, Greece & Centre for the Study of Environmental Change and Sustainability, The University of Edinburgh, UK
- Aloumpi, E., Gkouskos, Z., Karagiorgas, M., Tsoutsos, T. (2009). *Design of a solar absorption cooling system in a Greek hospital*. Energy and Buildings xxx.

Department of Environmental Engineering Technical University of Crete, Chania,
Department of Pedagogical Mechanical Engineers, ASPETE, Ktima Makrykosta,
N. Iraklio, Greece

Campo, E., Chan, M., Esteve, D., Fourniols J.(2009). *Smart homes — Current features and future perspectives*. University of Toulouse, France

Chen, Z., Clements-Croome, D., Hong, J., Li, H., Xu Q. (2006). *A multicriteria lifespan energy efficiency approach to intelligent building assessment*. Energy and Buildings 38. School of Construction Management and Engineering, The University of Reading, Reading, UK & Department of Building and Real Estate, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China

Chiang, M., Clifford, M., Hong, W., Shapiro, R. (2009). *Building Energy Efficiency Why Green Buildings Are Key to Asia's Future*. An Asia Business Council Book, Hong Kong

CIB Report Publication 237, (1999). *Agenda 21 on sustainable construction*. Rotterdam, Netherlands

Daniels, K. (2003). *Advanced Building Systems. A Technical Guide for Architects and Engineers*. Munich\Zurich, Birkhauser

Environmental Protection Agency, (1991). Office of Air and Radiation: *Indoor Air Facts No. 4: Sick Building Syndrome, revised*. U.S.

Herring, H. (2009). *Building Research & Information*. The Design Group , Department of Design, Development, Environment and Materials. The Open University, Walton Hall, UK

Jones, P. & Day, T. (2009). *Energy efficient heating: an overview*. CIBSE Knowledge Series: KS14. London South Bank University, CIBSE

Kruschwitz, L., Loeffler, A. (2005). *Discounted Cash Flow: A Theory of the Valuation of Firms (The Wiley Finance Series)*. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, West Sussex, UK

Li, H., Wang, S.W., Wong, J.K.W.(2005). *Intelligent building research: a review*. Energy and Buildings 42. Department of Building and Real Estate & Department of Building Services Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hunghom, Kowloon, Hong Kong

Matthews, H. S., Meyers, R., Williams, E. (2010). *Scoping the potential of monitoring and control technologies to reduce energy use in homes*. Energy and Buildings 42. Arizona State University, Tempe, AZ, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA

Parsloe, C. (2005). *Sustainable low energy cooling: an overview*. CIBSE Knowledge Series: KS3. London, CIBSE

Xenakis, M. (2003). *Passive solar systems and Thermal Storage Walls (Trombe - Michel) in particular Passive Solar Systems in Greece*.

<http://www.ecoarchitects.gr/research_docs/1171236084.pdf> [11 January 2010]

<http://www.iqsolarpower.com/pvsestegeskaispitia.html>

<http://www.solar-systems.gr/efarmoges.html>

<http://www.nsamaras.gr/0010000004/%CE%BB%CE%B5%CE%B2%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82-%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%B1%CE%B6%CE%B1%CF%82.html>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

9.1. ΠΙΝΑΚΕΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Πίνακας 1: Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας-Στοιχεία Κτιρίου και Κελύφους

ΜΕΤΡΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ			
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΚΕΛΥΦΟΥΣ			
1. ΚΤΙΡΙΟ		ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
1.1. Θερμαινόμενη επιφάνεια δαπέδων	(m ²)		
1.2. Θερμαινόμενος όγκος κτιρίου	(m ³)		
1.3. Επιφάνεια εξωτ. τοίχων (πλην παραθύρων)	(m ²)		
1.4. Επιφάνεια οροφής	(m ²)		
1.5. Επιφάνεια δαπέδου	(m ²)		
1.6. Επιφάνεια παραθύρων			
Ολική επιφάνεια (.....% των τοίχων)	(m ²)	μονά διπλά	
N. επιφάνεια (.....% των N. τοίχων)	(m ²)	μονά διπλά	
NA + ΝΔ επιφάνεια (.....% των NA + ΝΔ τοίχων)	(m ²)	μονά διπλά	
A + Δ επιφάνεια (.....% των A + Δ τοίχων)	(m ²)	μονά διπλά	
B. επιφάνεια (.....% των B. τοίχων)	(m ²)	μονά διπλά	
1.7. Υάλινα ανοίγματα οροφής	(m ²)	μονά διπλά	
2. ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ			
2.1. Γεωγραφικό πλάτος			
2.2. Ύψος (πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας)			
2.3. Θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C)		Ιανουάριος Ιούλιος	
2.4. Βαθμομημέρες θέρμανσης (D.D.)			
2.5. Ηλιοφάνεια (hrs/m ₀) τον Ιανουάριο			
2.6. Ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο τον Ιαν. (Kwh/m ² m ₀)			
3. ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ			
3.1. Όγκος	(m ³)		
3.2. Επιφάνεια δαπέδου	(m ²)		
3.3. Επιφάνεια εξωτερικού υαλοστασίου	(m ²)		
3.4. Επιφάνεια εξωτ. αδιαφανών στοιχείων	(m ²)		
4. ΤΟΙΧΟΣ ΤΡΟΜΒΕ - MICHEL			
4.1. Επιφάνεια	(m ²)		
5. ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ			
5.1. Επιφάνεια	(m ²)		
6. ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ			
6.1. Επιφάνεια	(m ²)		
7. ΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΕΛΥΦΟΥΣ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΟΥ			
7.1. Τιμή K εξωτ. τοίχων	(W/m ² . °C)		
7.2. Τιμή K οροφής	(W/m ² . °C)		
7.3. Τιμή K δαπέδου	(W/m ² . °C)		
7.4. Τιμή K παραθύρου (μονού)	(W/m ² . °C)		
7.5. Τιμή K παραθύρου (διπλού)	(W/m ² . °C)		
7.6. Μέσος μέγιστος επιτρεπόμενος συντελ. Km max. κτ.	(W/m ² . °C)		
7.7. Μέσος συντελεστής Km του κτιρίου	(W/m ² . °C)		
7.8. Διείσδυση αέρα [αλλαγές αέρα / ώρα] (A.C.H.)			
7.9. Επιθυμητή εσωτερική θερμοκρασία	(°C)		
7.10 Θερμικές απώλειες κτιρίου	(W)		
7.11 Ειδικές θερμικές απώλειες [S.H.L.]	(W/°C)		
7.12 Ετήσιο φορτίο θέρμανσης χωρίς κέρδη [ΣQ _v]	(Kwh/year)		
7.13 Ετήσια ηλιακά και εσωτ. κέρδη [ΣQ _{sol}]	(Kwh/year)		
7.14 Ενεργειακός ισολογισμός [ΣQ _v - ΣQ _{sol}]	(Kwh/year)		

(Κοντορούπης Γ., 2005)

Πίνακας 2: Ισολογισμός Θερμικών Απωλειών – Θερμικών Κερδών (ΣQ_T – ΣQ_{ωφ})

Μήνες		Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	
Αριθμός ημερών / μήνα		31	30	31	31	28	31	30	31	
Α ΜΗΝΙΑΙΟ ΦΟΡΤΙΟ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΧΩΡΙΣ ΚΕΡΔΗ ΣQ_T (από αγωγιμότητα και αερισμό)										
S.H.L. ειδικές θερμικές απώλειες (Q _T /Δt)	πριν									
	μετά									
Βαθμοημέρες D.D.										
Μηνιαίο φορτίο (KWh/m _ο) ΣQ _T = (S.H.L.) · (D.D.) · 0,024	πριν									
	μετά									
Β ΣΥΝΟΛΟ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ ΑΠΟ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΠΛΑΗΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ (ΣQ_s)										
Εξωτερικό υαλοστάσιο (KWh/m _ο)	πριν									
	μετά									
Τοίχος T-M Θερμοκρήπιο										
Γ ΣΥΝΟΛΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ (άτομα, φώτα, μικροσυσκευές κ.λ.π.) (ΣQ_{int})										
Μέσα ημερήσια εσωτερικά κέρδη (KWh/ημ) (1900 + 800 P) / 365 = x		1,05 x	1,1 x	1,15 x	1,15 x	1,1 x	1,05 x	0,95 x	0,9 x	
Μηνιαίο εσωτερικό κέρδος (KWh/m _ο)										
Δ ΣΥΝΟΛΟ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ ΣQ_s + ΣQ_{int} (KWh/m_ο)										
	πριν									
	μετά									
Ε ΩΦΕΛΙΜΑ ΗΛΙΑΚΑ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΑΤΑ ΜΗΝΑ (ΣQ_{ωφ})										
Λόγος κερδών προς θερμικές απώλειες (Δ/Α)	πριν									
	μετά									
Θερμική μάζα κατοικίας		$\frac{\Sigma m A}{E_{\delta \sigma \pi}} = \frac{m_T \cdot A_T + m_{\sigma \rho} \cdot A_{\sigma \rho} + m_{\delta} \cdot A_{\delta} + m_{\mu \sigma \chi \omega \rho} \cdot A_{\mu \sigma \chi \omega \rho}}{E_{\delta \sigma \pi}} \text{ (kg/m}^2\text{)}$							είδος κατασκευής	
Συντελεστής χρησιμοποίησης (n)	πριν									
	μετά									
ΣQ _{ωφ} = n · (ΣQ _s + ΣQ _{int})	πριν									
	μετά									
ΣΤ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΒΟΗΘΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΣQ_T ~ ΣQ_{ωφ} (KWh/m_ο)										
	πριν									
	μετά									
Ζ	Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση κτιρίου χωρίς μόνωση	KWh/year · m ²								
	Ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση βιοκλιματικού κτιρίου	KWh/year · m ²								

(Κοντορούπης Γ., 2005)

Πίνακας 3: Απώλειες από μη ελεγχόμενο αερισμό

	ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ	ΠΑΧΟΣ ΜΟΝΩΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ (cm)	ΣΥΝΤΕΛ. ΘΕΡΜΟΠ. ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ $K(w/m^2 \cdot ^\circ C)$	ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ (W) $(F \cdot K \cdot \Delta t)$		ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΠΛΩΝ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΩΝ
				πριν	μετά	
εξ. τοίχοι	χωρίς μόνωση					
$F =$ $\Delta t =$	υαλοβάμβακας ή πολυστερίνη ή DOW					
Οροφή	χωρίς μόνωση					
$F =$ $\Delta t =$	υαλοβάμβακας ή πολυστερίνη ή DOW					
Δάπεδο	χωρίς μόνωση					
$F =$ $\Delta t =$	υαλοβάμβακας ή πολυστερίνη ή DOW					
Παράθυρα και Εξωστόθυρες	ξύλινα απλά					
	ξύλινα διπλά					
	αλουμ. απλά					
	αλουμ. διπλά					
	πλαστικά απλά					
	πλαστικά διπλά					
Υάλινα ανοίγματα οροφής	απλά					
	διπλά					
Εξώθυρες συμπαγείς	πάχους 1 in					
	πάχους in					
Μη ελεγχόμενος αερισμός	$Q = \alpha \cdot \Sigma I \cdot R \cdot H \cdot \Delta t \cdot Z\gamma \times 1,163 (w) =$ ή $Q = 0,34 \cdot V \cdot \Delta t (w)$ όπου $V = n \cdot V (m^3/h)$					
Σύνολο θερμικών απωλειών (Q_T) σε W	→					
Συνολικό κόστος μονωτικών υλικών και διπλών υαλοστασίων	→					
ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ:	1. $\frac{F}{V} = \dots =$		Θερμική Ζώνη που βρίσκεται η κατοικία:		$K_{m,max,kt} =$	
	2. $K_{m,kt} = \frac{K_t \cdot F_t + K_{\pi} \cdot F_{\pi} + \alpha \cdot K_o \cdot F_o + 0,5 \cdot K_{\delta} \cdot F_{\delta} + \beta \cdot K_{AB} \cdot F_{AB}}{F_t + F_{\pi} + F_o + F_{\delta} + F_{AB}} \leq K_{m,max,kt}$				ΠΡΙΝ: $K_{m,kt} =$	
					ΜΕΤΑ: $K_{m,kt} =$	
3. Ως κόστος κουφώματος λαμβάνεται το διαφορικό κόστος μεταξύ συνηθούς κουφώματος και βελτιωμένου τύπου που χρησιμοποιείται για να μειώσει τις θερμικές απώλειες						

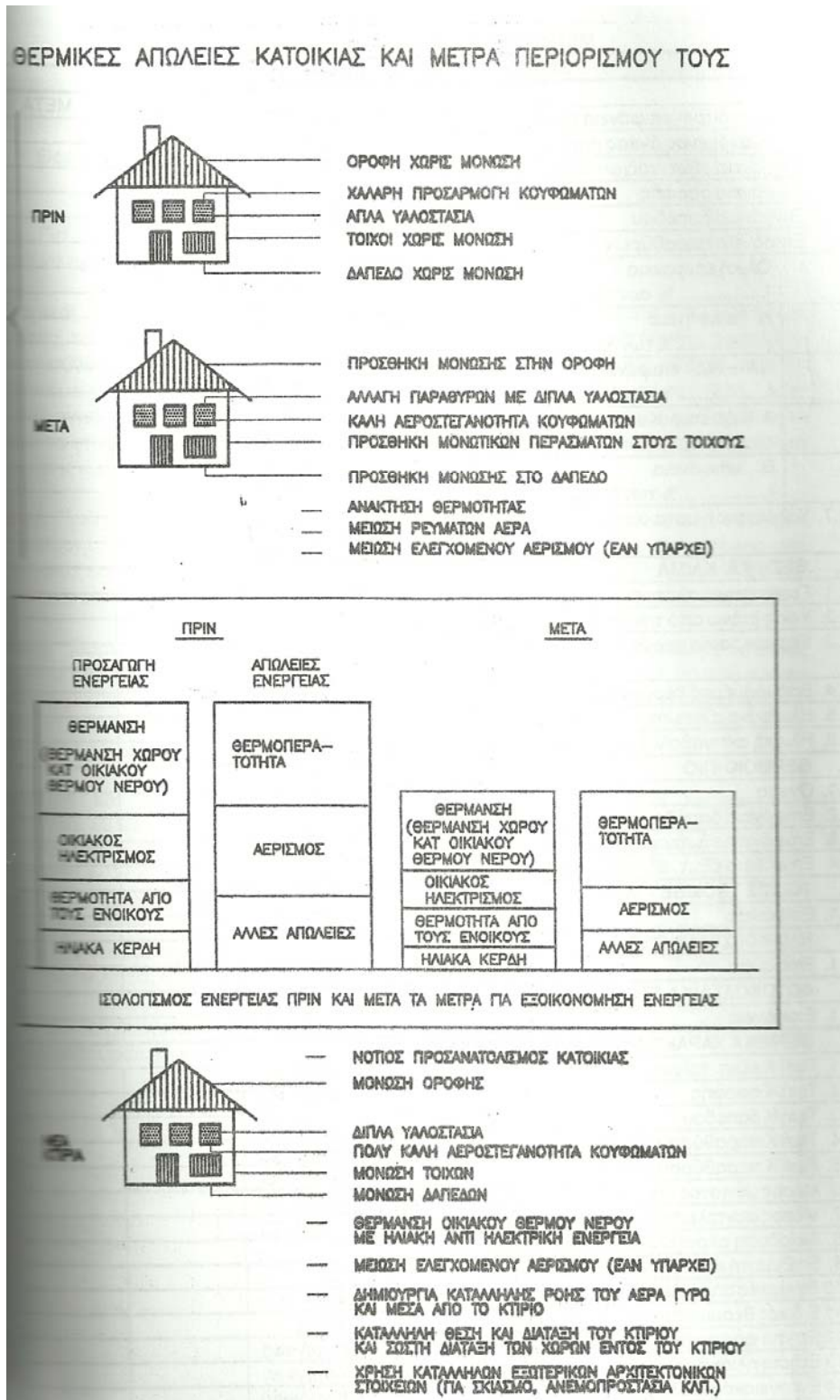
(Κοντορούπης Γ., 2005)

Πίνακας 4: Ηλιακά κέρδη (ΣQs) από εξωτερικά υαλοστάσια

Μήνες	Ο			Ν			Δ			Ι			Φ			Μ			Α			Μ			
	N 90°	NA NΔ 90°	A,Δ 90°	N 90°	NA NΔ 90°	A,Δ 90°	N 90°	NA NΔ 90°	A,Δ 90°	N 90°	NA NΔ 90°	A,Δ 90°	N 90°	NA NΔ 90°	A,Δ 90°	N 90°	NA NΔ 90°	A,Δ 90°	N 90°	NA NΔ 90°	A,Δ 90°	N 90°	NA NΔ 90°	A,Δ 90°	
Προσανατολισμός / κλίση																									
E ηλιακή ενέργεια (KWh/m ² m ₀)																									
A (επιφάνεια m ²)																									
f ₀	πριν																								
	μετά																								
f _{1i}	πριν																								
	μετά																								
f ₂	πριν																								
	μετά																								
f ₁	πριν																								
	μετά																								
f ₂	πριν																								
	μετά																								
E _{υαλ} = Σ A · f ₀ · f _{1i} · f ₂ · f ₁ · f ₂ (KWh/m ₀)	πριν																								
	μετά																								
Σύνολο κερδών από υαλοστάσια (N, NA, NΔ, A, Δ) (KWh/m ₀)	πριν																								
	μετά																								

(Κοντορούπης Γ., 2005)

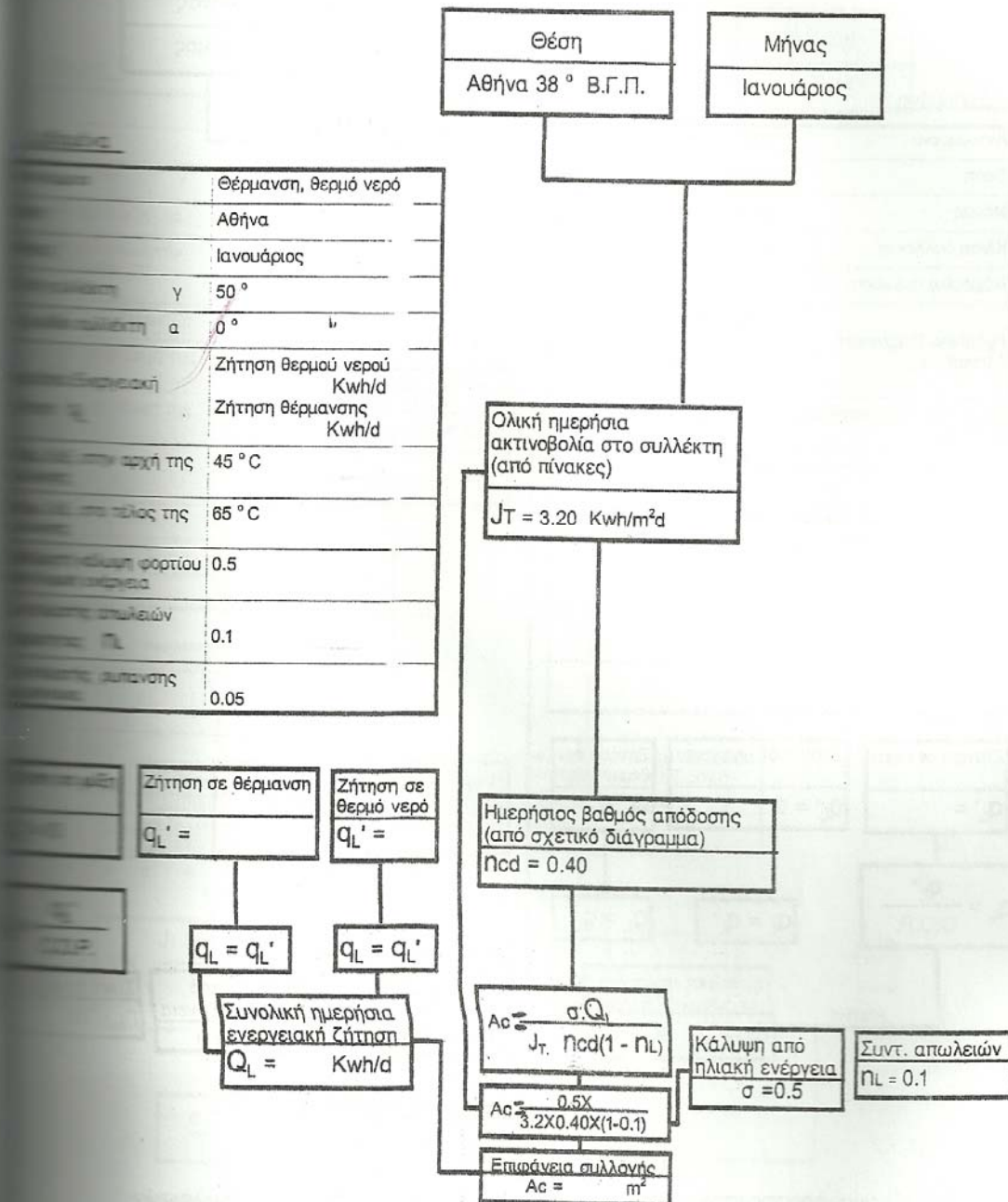
9.2. ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ – ΜΕΘΟΔΟΣ «ΥΑΖΑΚΙ» ΓΙΑ ΟΙΚΙΑΚΟ ΘΕΡΜΟ ΝΕΡΟ – ΜΕΘΟΔΟΣ 5000 ΓΙΑ ΘΕΡΜΙΚΟ ΤΟΙΧΟ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ



Εικόνα 1: Θερμικές Απώλειες Κατοικίας και Μέτρα Περιορισμού τους (Κοντορούπης Γ., 2005)

ΜΕΘΟΔΟΣ « YAZAKI »

ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

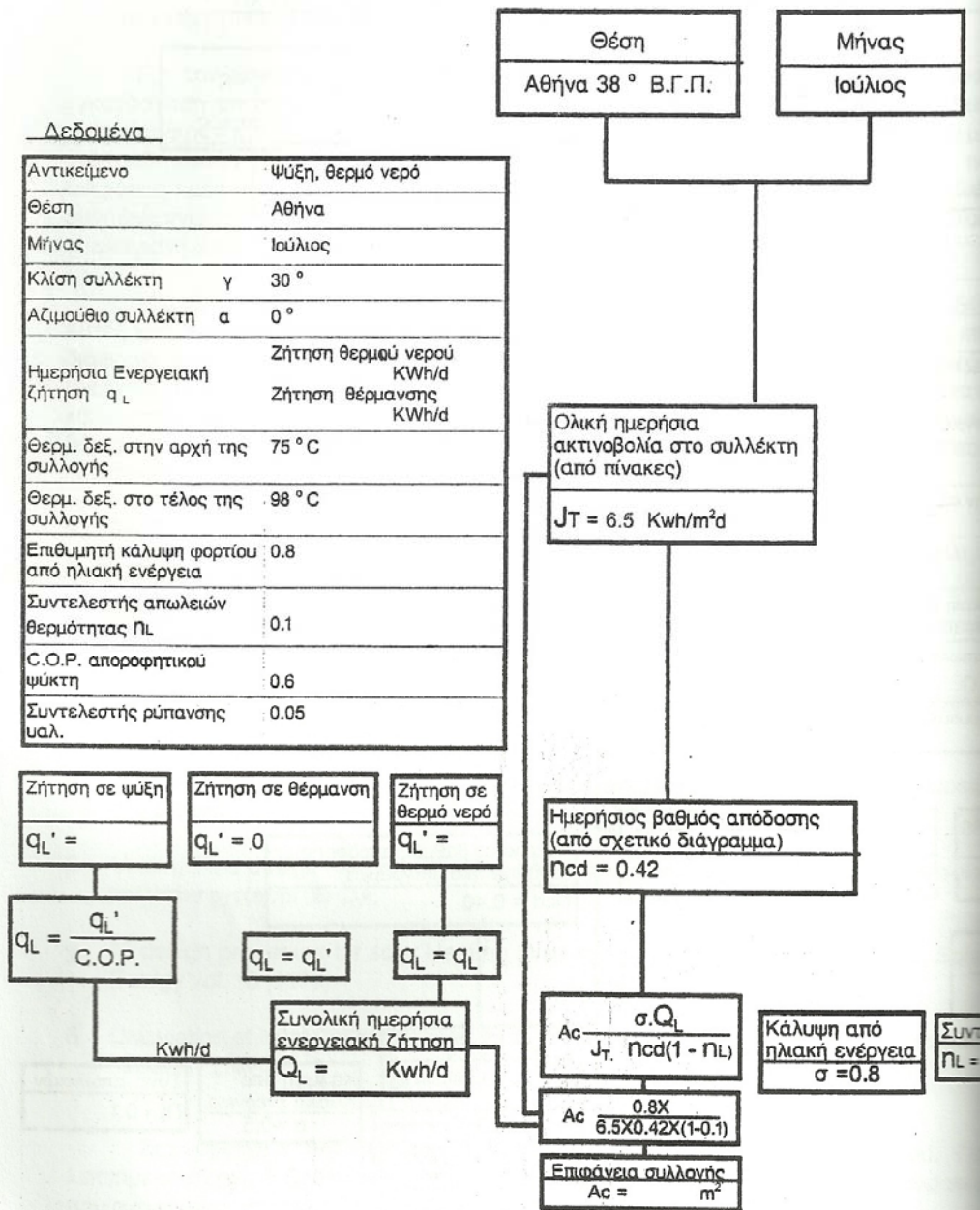


Παράδειγμα προσεγγιστικού υπολογισμού της απαιτούμενης επιφάνειας συλλεκτών για θέρμανση χώρων και οικιακό θερμό νερό.

Εικόνα 2: Μέθοδος « YAZAKI» - Θέρμανση χώρων και Παρασκευή οικιακού θερμού νερού (Κοντορούπης Γ., 2005)

ΜΕΘΟΔΟΣ "ΥΑΖΑΚΙ"

ΨΥΞΗ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΟΙΚΙΑΚΟΥ ΘΕΡΜΟΥ ΝΕΡΟΥ



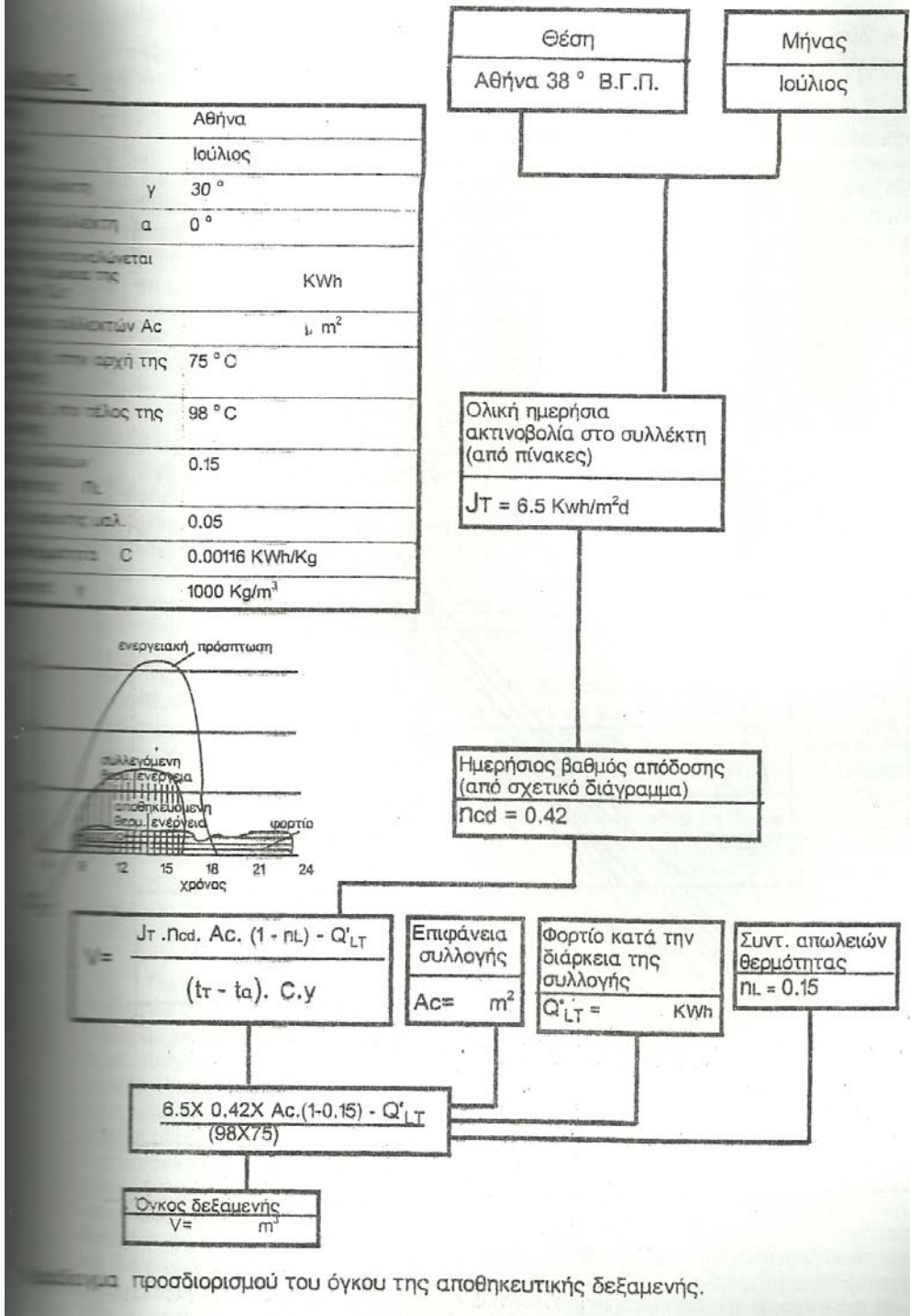
Παράδειγμα προσεγγιστικού υπολογισμού της απαιτούμενης επιφάνειας συλλεκτών για ψύξη χώρων και οικιακό θερμό νερό.

(1 Kwh = 3,6 MJ)

Εικόνα 3: Μέθοδος «ΥΑΖΑΚΙ» - Ψύξη χώρων και Παρασκευή οικιακού θερμού νερού (Κοντορούπης Γ., 2005)

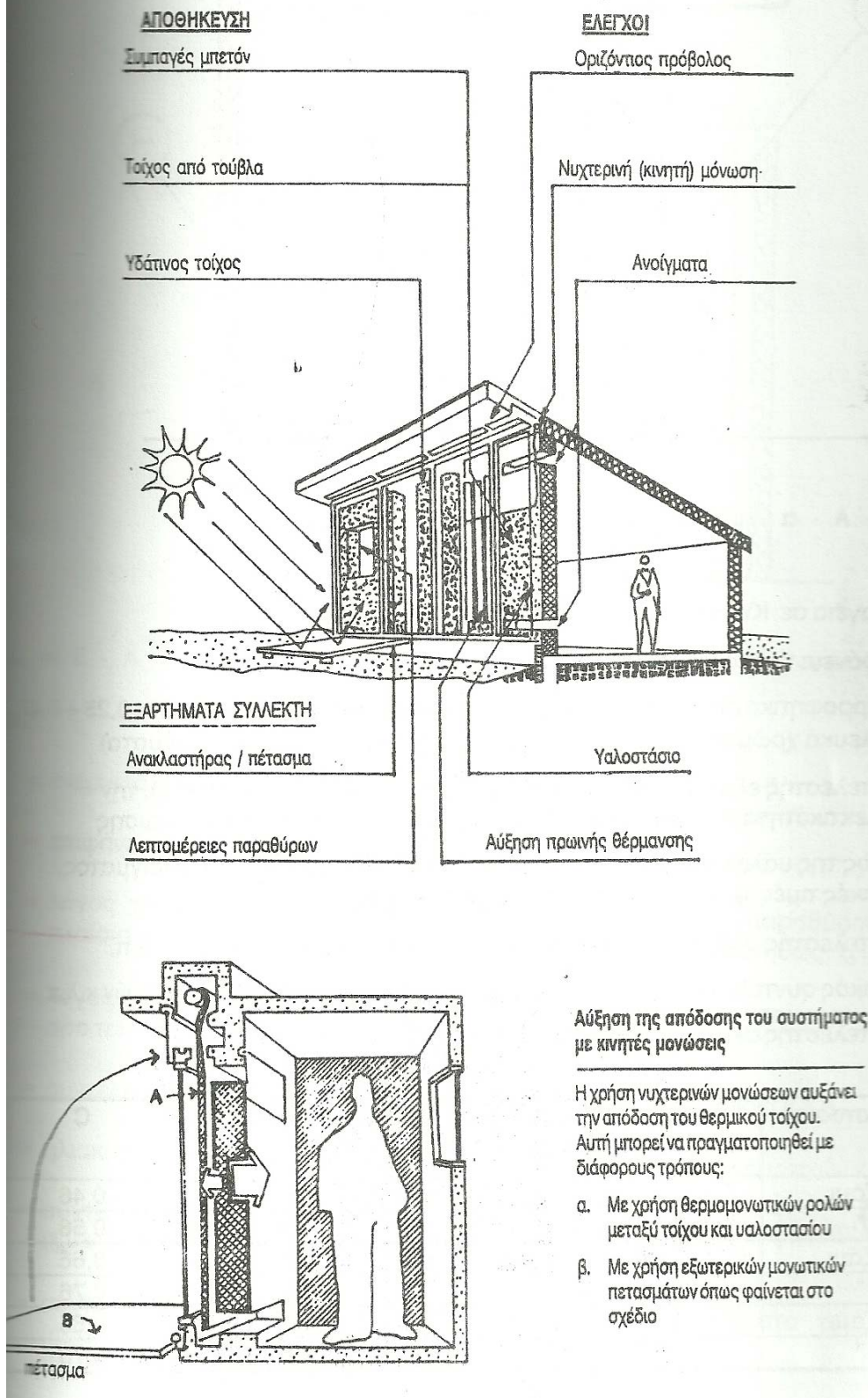
ΜΕΘΟΔΟΣ "ΥΑΖΑΚΙ"

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ



Εικόνα 4: Μέθοδος «ΥΑΖΑΚΙ» - Υπολογισμός Αποθηκευτικής Δεξαμενής (Κοντορούπης Γ., 2005)

ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ



Αύξηση της απόδοσης του συστήματος με κινητές μονώσεις

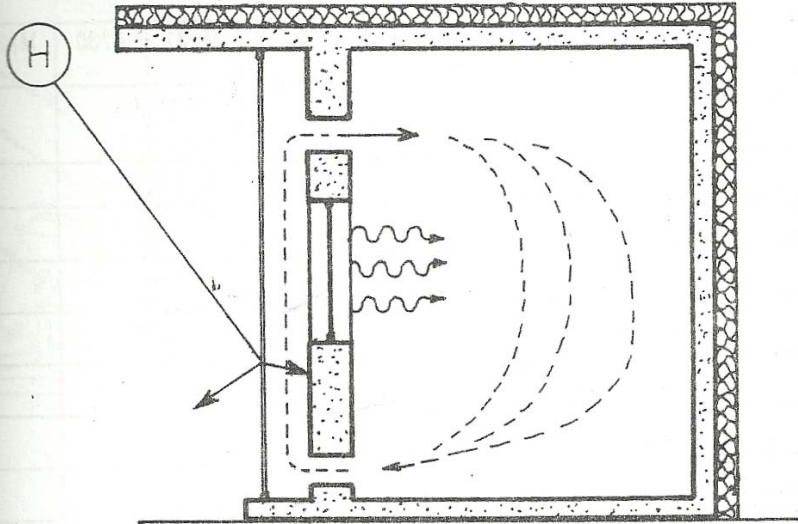
Η χρήση νυχτερινών μονώσεων αυξάνει την απόδοση του θερμικού τοίχου. Αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους:

- α. Με χρήση θερμομονωτικών ρολών μεταξύ τοίχου και υαλοστασίου
- β. Με χρήση εξωτερικών μονωτικών πετασμάτων όπως φαίνεται στο σχέδιο

Εικόνα 5: Θερμικός τοίχος (Κοντορούλης Γ., 2005)

Μέθοδος "5000" (συνέχεια)

Ηλιακό κέρδος από τα παράθυρα επί του τοίχου TROMBE - MICHEL



$$E_{\text{net}} = E \cdot A \cdot f_a \cdot f_a' \cdot f_H \cdot f_s \cdot f_s' \cdot f_f \quad (\text{KWH/m}_0)$$

E = ενέργεια σε KWH ανά m^2 το μήνα.

A = επιφάνεια του παραθύρου σε m^2 .

f_a = λόγος της υάλινης επιφάνειας, προς την επιφάνεια του παραθύρου (μείον πλαίσια, σταυρόξυλα κ.λ.π.). Τυπικές τιμές $f_a = 0,70 \div 0,95$. Συνήθως $f_a = 0,8$.

f_a' = λόγος της υάλινης επιφάνειας, προς τη συνολική επιφάνεια του υαλοστασίου προ του τοίχου T - M.

f_H = συντελεστής οριζοντα, από παρακείμενα δένδρα, κτίρια, εμπόδια κ.λ.π.

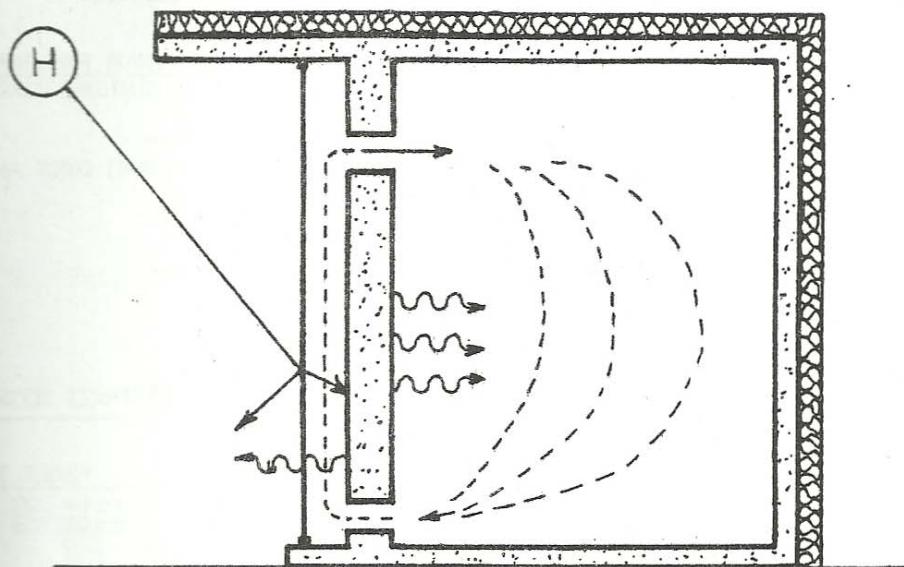
f_s = ηλιακός συντελεστής, λόγω διπλών υαλοστασίων, περσίδων, κουρτινών κ.λ.π.

f_s' = συντελεστής ηλιακής μετάδοσης του υαλοστασίου προ του τοίχου T - M ($f_s' = 0,79$ για απλό τζάμι και $f_s' = 0,63$ για διπλό τζάμι).

f_f = συντελεστής σκιασμού παραθύρου από διάφορα εξαρτήματα του κτιρίου (προβόλους, πτερύγια).

Εικόνα 6: Μέθοδος 5000 για τοίχο Trombe (Κοντορούπης Γ., 2005)

3. Υπολογισμός ηλιακού κέρδους από τον τοίχο TROMBE - MICHEL με τη μέθοδο "5000"



$$E_{T-M} = E \cdot A \cdot a \cdot c \cdot f_a \cdot f_H \cdot f_s \cdot f_f \quad (\text{KWH}/m_o)$$

όπου:

E = ενέργεια σε $\text{KWH} / m^2 \cdot m_o$ που προσπίπτει στον τοίχο

A = επιφάνεια του τοίχου σε m^2

a = απορροφητικότητα του τοίχου ($a = 0,90$ για μαύρο ματ χρώμα, $a = 0,25 \div 0,40$ για λευκά χρώματα, $a = 0,40 \div 0,50$ για γκρι έως σκούρα γκρι χρώματα)

c = συντελεστής εξαρτώμενος από τη φύση του τζαμιού (απλό ή διπλό), την επιλεκτικότητα του απορροφητή, και την παρουσία νυχτερινής μόνωσης

f_a = λόγος της υάλινης επιφάνειας, προς τη συνολική επιφάνεια του ανοίγματος. Τυπικές τιμές $f_a = 0,70 \div 0,95$. Συνήθως $f_a = 0,80$

f_H = συντελεστής ορίζοντα, από παρακείμενα δένδρα, κτίρια, εμπόδια κ.λ.π.

f_s = ηλιακός συντελεστής, λόγω διπλών υαλοστασίων, περσίδων, κουρτινών κ.λ.π.

f_f = συντελεστής σκιασμού λόγω προβόλων, πτερυγίων κ.λ.π.

είδος υαλοστασίου	συντελεστής εκπομπής απορροφητή	νυχτερινή μόνωση	C
απλό τζάμι	0,9	OXI	0,46
" "	0,9	NAI	0,58
διπλό τζάμι	0,9	OXI	0,66
" "	0,9	NAI	0,76
απλό τζάμι	0,1	OXI	0,65
" "	0,1	NAI	0,76

Εικόνα 7: Μέθοδος 5000 για τοίχο Trombe (Κοντορούπης Γ., 2005)

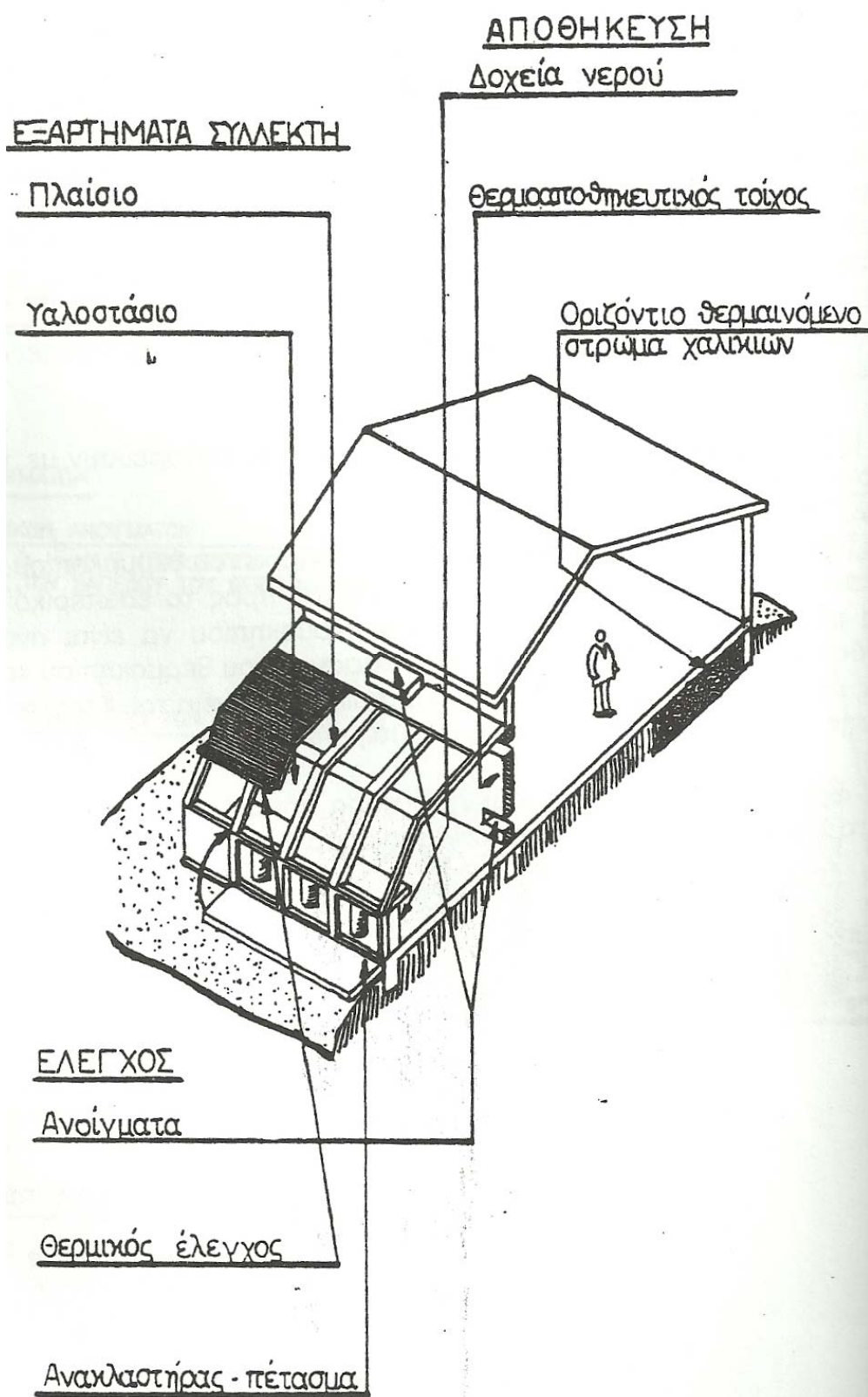
ΤΟΙΧΟΣ ΤΡΟΜΒΕ - MICHEL

Α ΣΥΝΟΛΟ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ		ΑΠΟ ΤΟΙΧΟ ΤΡΟΜΒΕ - MICHEL							ΣQs
Μήνες/ημέρες	Ο/31	Ν/30	Δ/31	Ι/31	Φ/28	Μ/31	Α/30	Μ/31	ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΣ
Ε ηλιακή ενέργεια (kwh/m ² m _d)									
A (επιφάνεια m ²)									
α									
c									
f _a									
f _H									
f _S									
f _I									
$E_{T-M} = E \cdot A \cdot \alpha \cdot c \cdot f_a \cdot f_H \cdot f_S \cdot f_I$ (kwh / m _d)									

Β ΣΥΝΟΛΟ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ		ΑΠΟ ΠΑΡΑΘΥΡΑ ΕΠΙ ΤΟΥ ΤΟΙΧΟΥ Τ - Μ							ΣQs
Ε ηλιακή ενέργεια (kwh/m ² m _d)									
A (επιφάνεια m ²)									
f _a									
f _{a'}									
f _H									
f _S									
f _{S'}									
f _I									
$E_{\text{παρ}} = E \cdot A \cdot f_a \cdot f_{a'} \cdot f_H \cdot f_S \cdot f_{S'} \cdot f_I$ (kwh / m _d)									

Εικόνα 8: Μέθοδος 5000 για τοίχο Trombe (Κοντορούπης Γ., 2005)

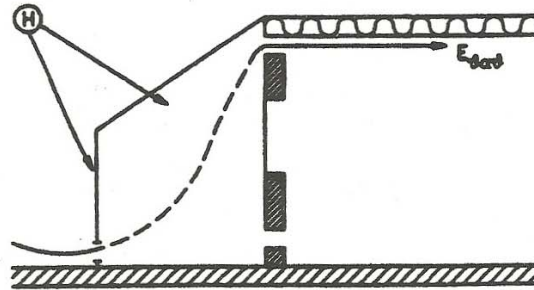
ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ



Εικόνα 9: Θερμοκήπιο (Κοντορούπης Γ., 2005)

Μέθοδος "5000" (συνέχεια)

5.5. Ηλιακό κέρδος λόγω του θερμού αέρα του θερμοκηπίου



$$E_{\theta.\alpha.\theta} = 0,34 (t_{m.\mu.\eta.\kappa} - t_{m.\chi.\eta.\kappa}) \cdot \dot{V} \cdot 0,024 \quad (\text{KWH/}\eta\mu) \quad \text{όπου:}$$

\dot{V} = παροχή εξωτερικού αέρα στο θερμαινόμενο χώρο, αφού περάσει από το θερμοκήπιο.

$t_{m.\mu.\eta.\kappa}$ και $t_{m.\chi.\eta.\kappa}$ = θερμοκρασίες θερμοκηπίου με και χωρίς ηλιακά κέρδη.

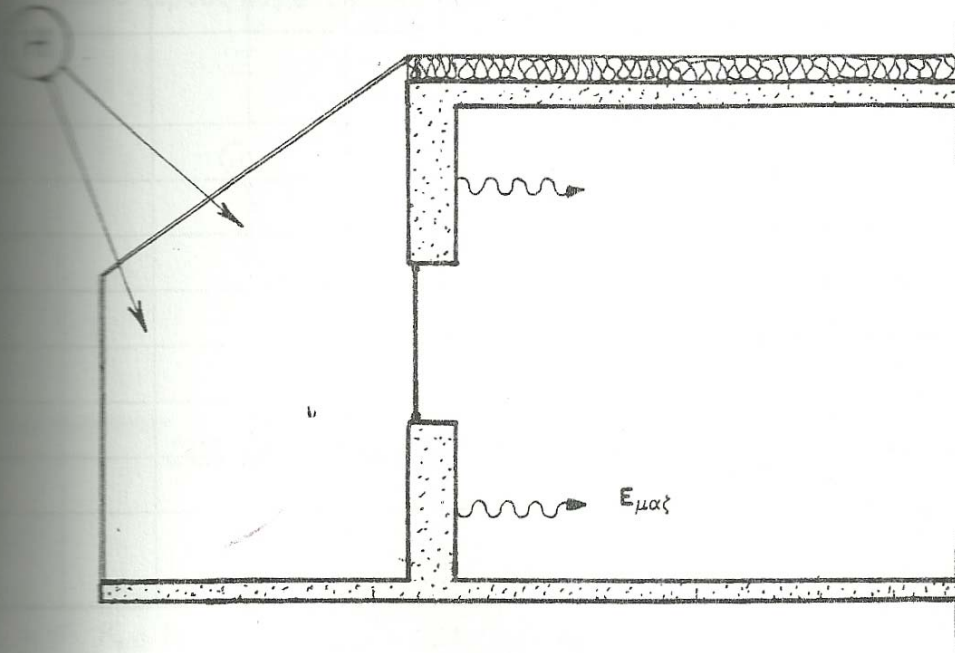
ΣΗΜ.: Εάν το θερμοκήπιο δεν χρησιμοποιείται για να προθερμάνει τον αέρα αερισμού, τότε $E_{\theta.\alpha.\theta} = 0$.

ΣΥΝΟΛΟ ΗΛΙΑΚΩΝ ΚΕΡΔΩΝ	ΑΠΟ ΘΕΡΜΟ ΑΕΡΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ								ΣQs
	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	
	31	30	31	31	28	31	30	31	ΣΥΝΟΛΟ ΕΤΟΣ
$t_{m.\mu.\eta.\kappa}$									
$t_{m.\chi.\eta.\kappa}$									
\dot{V}									
$E_{\theta.\alpha.\theta} = 0,34 (t_{m.\mu.\eta.\kappa} - t_{m.\chi.\eta.\kappa}) \cdot \dot{V} \cdot 0,024 \text{ (KWH/}\eta\mu)$									
Μηνιαίο Σύνολο ηλιακών κερδών από Θ.Α.Θ (kwh / m ²)									

Εικόνα 10: Μέθοδος 5000 για θερμοκήπιο (Κοντορούπης Γ., 2005)

Μέθοδος "5000" (συνέχεια)

Ηλιακό κέρδος από τοίχο μάζας μέσα στο θερμοκήπιο



$$E_{\text{μαζ}} = 0,11 \cdot E \cdot A \cdot \alpha \cdot \kappa \cdot f_a' \cdot f_H \cdot f_s' \cdot f_t \quad (\text{KWH/m}_0)$$

E = ενέργεια σε KWH ανά m^2 το μήνα, στον τοίχο.

A = επιφάνεια του τοίχου σε m^2 .

α = συντελεστής απορροφητικότητας του τοίχου ($\alpha = 0,9$ για μαύρο ματ χρώμα).

κ = συντελεστής θερμοπερατότητας του τοίχου σε $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

f_a' = λόγος της υάλινης επιφάνειας του θερμοκηπίου προς το ολικό εμβαδόν του περιβλήματός του. Τυπικές τιμές $f_a' = 0,70 \div 0,95$. Συνήθως $f_a' = 0,8$.

f_H = συντελεστής οριζοντα, για τον τοίχο από παρακείμενα δένδρα, κτίρια, κ.λ.π.

f_s' = συντελεστής ηλιακής μετάδοσης του περιβλήματος του θερμοκηπίου ($f_s' = 0,79$ για απλό τζάμι και $f_s' = 0,63$ για διπλό τζάμι).

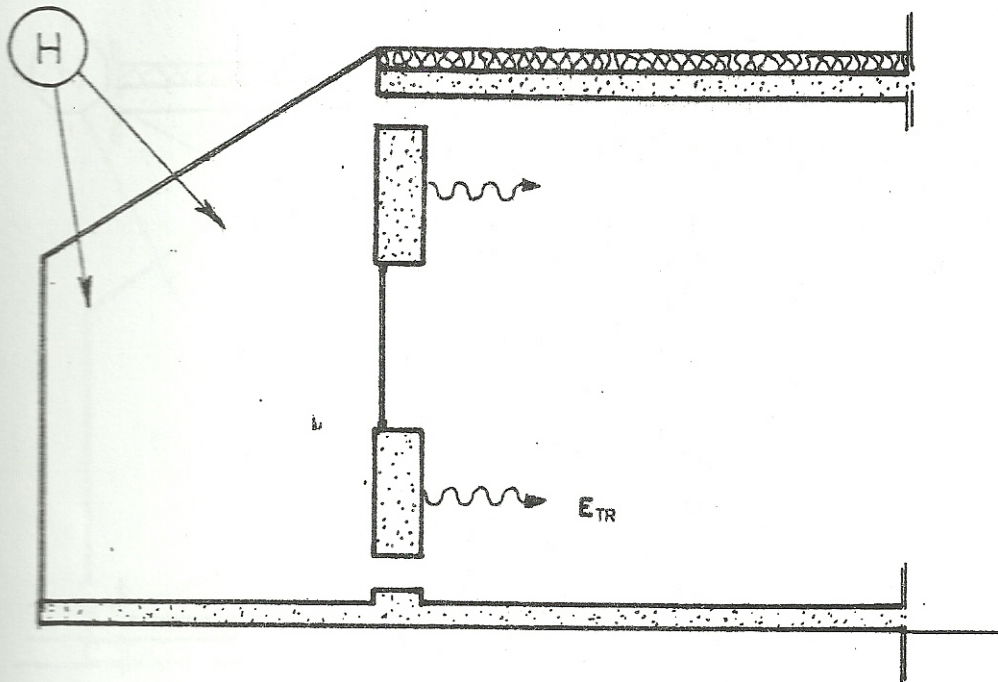
f_t = συντελεστής σκιασμού τοίχου από διάφορα εξαρτήματα του κτιρίου (προβόλους, πτερύγια).

Εάν ο τοίχος είναι μονωμένος $E_{\text{μαζ}} = 0$

Εικόνα 11: Μέθοδος 5000 για θερμοκήπιο (Κοντορούπης Γ., 2005)

Μέθοδος "5000" (συνέχεια)

5.2. Ηλιακό κέρδος από τοίχο TROMBE - MICHEL μέσα στο θερμοκήπιο



$$E_{TR} = E \cdot A \cdot a \cdot c \cdot f_a' \cdot f_H \cdot f_s' \cdot f_f \quad (\text{KWH}/\text{m}_0)$$

όπου:

E = ενέργεια σε KWH/m^2 , το μήνα, στον τοίχο.

A = επιφάνεια του τοίχου σε m^2 .

a = απορροφητικότητα τοίχου ($a = 0,90$ για μαύρο ματ χρώμα, $a = 0,25 \div 0,40$ για λευκά χρώματα, $a = 0,40 \div 0,50$ για γκρι έως σκούρα γκρι χρώματα).

c = παράγοντας απόδοσης εξαρτώμενος από την επιλεκτικότητα του απορροφητή και τη φύση του τζαμιού του θερμοκηπίου συνήθως $c = 0,46$ για απλό τζάμι και $c = 0,66$ για διπλό τζάμι.

f_a' = λόγος της υάλινης επιφάνειας του θερμοκηπίου προς το ολικό εμβαδόν του περιβλήματός του. Συνήθως $f_a' = 0,8$.

f_H = συντελεστής ορίζοντα, από παρακείμενα δένδρα, κτίρια, εμπόδια κ.λ.π.

f_s' = συντελεστής ηλιακής μετάδοσης του περιβλήματος του θερμοκηπίου ($0,79$ για απλό τζάμι και $0,63$ για διπλό τζάμι).

f_f = συντελεστής σκιασμού τοίχου από προβόλους ή πτερύγια.

Εικόνα 12: Μέθοδος 5000 για θερμοκήπιο (Κοντορούπης Γ., 2005)

9.3. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΠΕ

9.3.α. Ορισμοί

Για την αξιολόγηση μιας επένδυσης σχετικής με την ενέργεια ενός κτιρίου θα πρέπει αρχικά να καθορίσουμε την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης και την παρούσα αξία της επένδυσης. Αυτές υπολογίζονται σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο,

$$A) \text{ ΚΠΑ} = \sum_{t=1}^N F_t / (1+d)^N - k_e \quad (\text{Κ.Π.Α.} \geq 0)$$

$$\text{και} \quad \text{Παρούσα Αξία Επένδυσης: Π.Α.} = \sum_{t=1}^N F_t / (1+d)^N$$

όπου F_t = καθαρό ετήσιο όφελος από την επένδυση
 N = χρονική οικονομική περίοδος (οικονομική ζωή της επένδυσης)
 k_e = κόστος επένδυσης
 d = επιθυμητός βαθμός απόδοσης της επένδυσης (τουλάχιστον το επιτόκιο αναγωγής σε παρούσα αξία)

$$B) \text{ ΚΠΑ} = (\text{Π.Α.}_{\text{καυσίμων}} - \text{Π.Α.}_{\text{συντήρησης}}) - k_e$$

$$\text{Π.Α.}_{\text{καυσίμων}} = F_k * [1/(d-1)] * \{1 - [(1+i)/(1+d)]^N\}$$

$$\text{Π.Α.}_{\text{συντήρησης}} = F_\Sigma * [1 - (1+d)^{-N} / d]$$

όπου, F_k = κόστος υποκαθιστούμενης ενέργειας πρώτης χρονιάς
 F_Σ = κόστος συντήρησης πρώτης χρονιάς
 i = πληθωρισμός υγρών καυσίμων σε παρούσα αξία

(Η αύξηση των εργατικών θεωρείται ότι ισοσκελίζεται από τον ετήσιο πληθωρισμό)

Γ) Για Κ.Π.Α. = 0 και N = οικονομική ζωή της επένδυσης, προκύπτει η τιμή του d που αποτελεί το κριτήριο υλοποίησης ή μη της επένδυσης.

Δ) Για δεδομένα d και i , όταν $K.P.A. = 0$, το N είναι ο χρόνος απόσβεσης της επένδυσης (Κοντορούπης Γ., 2005).

Σημειώνεται ότι για την αξιολόγηση των ευφών επενδύσεων, οι πιο συχνά εμφανιζόμενες μέθοδοι είναι εκτός από αυτήν της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net present value method, NPV) που αναλύεται στα πλαίσια αυτής της εργασίας και η Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής (Life cycle costing analysis, LCCA) και η Ανάλυση Κόστους Οφέλους (Cost benefit Analysis, CBA) (Li H. *et al.*, 2005).

9.3.β. Μέθοδος αξιολόγησης D.C.F

Η μέθοδος αξιολόγησης DCF (Discounted Cash Flow) υπολογίζει σαν σύνθετο δείκτη αποδοτικότητας, το προεξοφλητικό εκείνο επιτόκιο που μηδενίζει το αλγεβρικό άθροισμα των ετήσιων καθαρών χρηματικών ροών μιας οικονομικής δράσης, για το σύνολο του χρονικού ορίζοντα που την αφορά.

Για την επένδυση ο δείκτης αυτός αντιπροσωπεύει το κόστος του δανειζόμενου χρήματος στο οποίο η επένδυση συνολικά δεν κάνει ούτε κέρδη ούτε ζημιές.

Δείκτες αποδοτικότητας της μεθόδου DCF που ξεπερνούν το κόστος του χρήματος (ή το ελάχιστο αποδεκτό όριο) οδηγούν σε θετικές αποφάσεις για την υλοποίηση μιας επένδυσης.

Η μέθοδος DCF δημιουργεί και επιλύει μια αλγεβρική εξίσωση Νιοστού βαθμού (όπου N η οικονομική ζωή της επένδυσης) στην οποία σταθεροί συντελεστές είναι οι αντίστοιχες ετήσιες καθαρές ροές (που καθορίζονται από τα δεδομένα της εκάστοτε εξεταζόμενης περίπτωσης) (Kruschwitz L. And Loeffler A., 2005).

Για να φανεί καλύτερα η λειτουργία της μεθόδου παρατίθεται στη συνέχεια ο πίνακας με τις καθαρές χρηματικές ροές κατ' έτος. Σαν έτος 0 η χρονική στιγμή πριν την έναρξη λειτουργίας των εγκαταστάσεων της επένδυσης.

Έτος	Ετήσιο όφελος από εξοικονόμηση ενέργειας σε παρούσα αξία	Ετήσια δαπάνη συντήρησης σε παρούσα αξία	Καθαρό ετήσιο όφελος (F_t)	Συντελεστής παρούσας αξίας	Παρούσα Αξία (Π.Α.)
0	A_0	A_0'	$A_0 - A_0'$	1	$A_0 - A_0'$
1	A_1	A_1'	$A_1 - A_1'$	$1 / (1+d)$	$A_1 - A_1' / (1+d)^1$
2	A_2	A_2'	$A_2 - A_2'$	$1 / (1+d)^2$	$A_2 - A_2' / (1+d)^2$
.
.
.
P	A_p	A_p'	$A_p - A_p'$	$1 / (1+d)^P$	$A_p - A_p' / (1+d)^P$
.
.
.
N	A_N	A_N'	$A_N - A_N'$	$1 / (1+d)^N$	$A_N - A_N' / (1+d)^N$

Αν από το άθροισμα των Π.Α. της τελευταίας στήλης αφαιρέσουμε το κόστος της επένδυσης (k_e), προκύπτει η εξίσωση νιοστού βαθμού που προαναφέραμε και που είναι η καθαρή παρούσα αξία (Κ.Π.Α.) της επένδυσης :

$$\text{Κ.Π.Α.} = (A_0 - A_0') + A_1 - A_1' / (1+d)^1 + A_2 - A_2' / (1+d)^2 + \dots + A_p - A_p' / (1+d)^p + \dots + A_N - A_N' / (1+d)^N - k_e$$

Για ΚΠΑ = 0 και με τη μέθοδο δοκιμής / λάθους, βάσει σχετικού πίνακα που παρατίθεται, προσδιορίζεται το d. Η τιμή του d είναι το βασικό κριτήριο για τη λήψη απόφασης όσον αφορά την υλοποίηση ή όχι της επένδυσης (Κοντορούπης Γ., 2005).

9.4. ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΓΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

9.4.α. Σημερινή νομοθεσία για ενεργειακά κτίρια

Από τις 30 Ιουνίου του 2010, τέθηκε σε ισχύ στην Ελλάδα, ο Κανονισμός Ενεργειακής απόδοσης για κάθε νέο κτίριο αλλά και για τα υφιστάμενα που ανακαινίζονται ριζικά. Η μελέτη ενεργειακής απόδοσης θα αποτελεί πρόσθετη μελέτη επιπλέον των μελετών αρχιτεκτονικής, διαμόρφωσης περιβάλλοντος χώρου, θέρμανσης, ψύξης, ζεστού νερού χρήσης (ZNX), φωτισμού και θα αντικαθιστά εκτός των άλλων της περιεχομένων και τη μελέτη θερμομόνωσης.

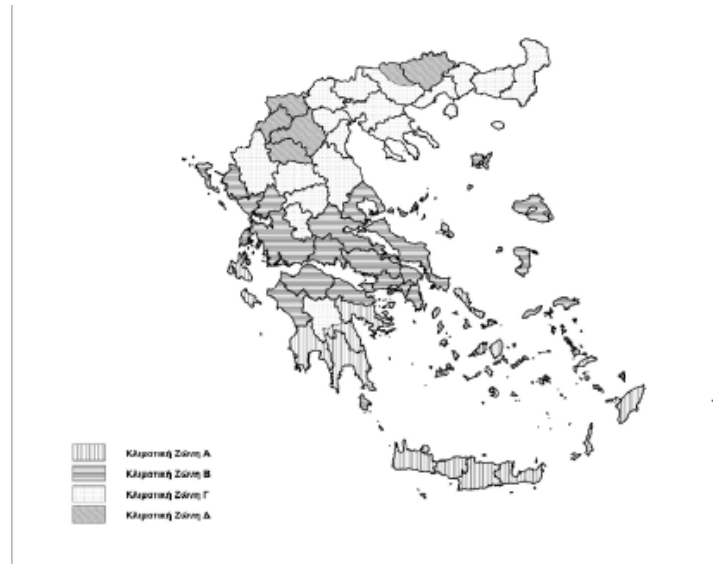
Γενικός σκοπός της απόφασης αυτής είναι η βελτίωση της απόδοσης των κτιρίων. Ειδικότερα κύριο μέλημα αποτελεί η μείωση της κατανάλωσης της συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, κλιματισμό (ΘΨΚ), φωτισμό και παραγωγή ζεστού νερού χρήσης (ZNX) με την ταυτόχρονη διασφάλιση συνθηκών άνεσης στους εσωτερικούς χώρους των κτιρίων. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού του κελύφους, της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών δομικών υλικών και ηλεκτρομηχανολογικών (Η/Μ) εγκαταστάσεων, ΑΠΕ και συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας (ΣΗΘ).

Έτσι στην απόφαση καθορίζονται:

- Μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων για την εκτίμηση των ενεργειακών καταναλώσεων των κτιρίων για ΘΨΚ, φωτισμό και ZNX.
- Ελάχιστες απαιτήσεις για την ενεργειακή απόδοση και κατηγορίες για την ενεργειακή κατάταξη των κτιρίων.
- Ελάχιστες προδιαγραφές για τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό των κτιρίων, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και οι προδιαγραφές των Η/Μ εγκαταστάσεων, των υπό μελέτη νέων κτιρίων καθώς και των ριζικά ανακαινιζόμενων.
 - ❖ Σχετικά με τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό προδιαγράφονται και προαπαιτούνται: προσανατολισμός και χωροθέτηση του κτιρίου για τη μέγιστη αξιοποίηση των τοπικών κλιματικών συνθηκών και του περιβάλλοντος χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος. Η θέση, ο σχεδιασμός των ανοιγμάτων και οι λειτουργικότητα του κτιρίου να προκύπτει από τις απαιτήσεις ηλιασμού, φυσικού φωτισμού, αερισμού και

άνεσης. Ενσωμάτωση τουλάχιστον ενός εκ των Παθητικών Ηλιακών Συστημάτων, ηλιοπροστασία, φυσικός αερισμός και φωτισμός.

Αρχικά, καθορίστηκαν τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελληνική επικράτεια, με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης και βάση αυτών γίνονται οι απαιτούμενοι υπολογισμοί (βλ. Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Κλιματικές ζώνες Ελλάδας

- ❖ Πρέπει να πληρούνται οι κανονισμοί θερμομόνωσης του παρακάτω πίνακα, από κάθε νέο ή ριζικά ανακαινιζόμενο κτίριο.

Πίνακας 1: Μέγιστος επιτρεπόμενος Συντελεστής Θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων, για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα

ΔΟΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΣΥΜΒΟΛΟ	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/m ² .K]			
		ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές)	k _D	0,50	0,40	0,38	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	k _W	0,60	0,50	0,44	0,33
Δάπεδα χώρων διαμονής σε	k _{DL}	0,50	0,40	0,40	0,30

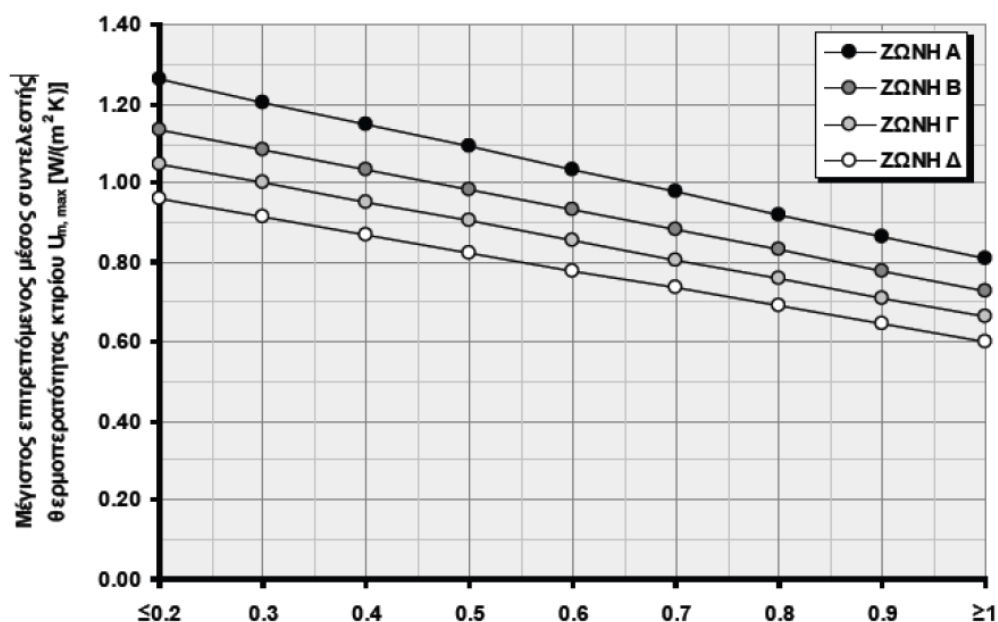
επαφή με τον εξωτερικό αέρα (pilotis)					
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους	k_G	1,50	1,00	0,38	0,35
Διαχωριστικοί τοίχοι σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους	k_{WE}	1,50	1,00	0,70	0,50
Ανοίγματα (παράθυρα, πόρτες μπαλκονιών κα)	k_F	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτιρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες	k_{GF}	1,80	1,80	1,80	1,80

Η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας k_m του εξεταζόμενου υπό μελέτη νέου ή ανακαινιζόμενου κτιρίου, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα όρια που δίνονται στον πιο κάτω πίνακα :

Πίνακας 2: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας κατά κλιματική ζώνη

F/V (m-1)	Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος συντελεστής (k_m) σε [W/m ² .K]			
	Ζώνη Α	Ζώνη Β	Ζώνη Γ	Ζώνη Δ
≤ 0,2	1,32	1,00	0,80	0,65
0,3	1,23	0,94	0,75	0,62
0,4	1,15	0,89	0,71	0,58
0,5	1,08	0,84	0,66	0,55
0,6	1,02	0,79	0,63	0,51
0,7	0,97	0,74	0,59	0,49
0,8	0,94	0,71	0,57	0,47

0,9	0,92	0,69	0,54	0,45
$\geq 1,0$	0,91	0,67	0,52	0,43



Σχήμα 2: Μέγιστος επιτρεπόμενος μέσος Συντελεστής Θερμοπερατότητας κατά κλιματική ζώνη

Η διαδικασία υπολογισμού των πιο πάνω συντελεστών καθορίζεται με σχετική τεχνική οδηγία του ΤΕΕ, κατόπιν έγκρισής της με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.

❖ Για τις Η/Μ εγκαταστάσεις προβλέπονται οι εξής περιορισμοί :

A) Κάθε κεντρική κλιματιστική μονάδα που εγκαθίσταται στο κτίριο με παροχή νωπού αέρα μεγαλύτερη ή ίση του 60%, θα επιτυγχάνει ανάκτηση θερμότητας σε ποσοστό τουλάχιστον 50%.

B) Όλα τα δίκτυα διανομής (νερού ή άλλου μέσου) της κεντρικής θέρμανσης ή ψύξης ή του συστήματος ZNX, θα διαθέτουν καθορισμένη θερμομόνωση (ελάχιστο πάχος 19mm για δίκτυα θέρμανσης ή ψύξης που περνούν από εξωτερικούς χώρους και 13mm για συστήματα ZNX, με αγωγιμότητα θερμομονωτικού υλικού $\lambda=0.04\text{W/m}\cdot\text{K}$ στους 20°C). Η ίδια αγωγιμότητα προβλέπεται και για τους αεραγωγούς διανομής κλιματιζόμενου αέρα (προσαγωγής και επανακυκλοφορίας) που διέρχονται από εξωτερικούς χώρους των κτιρίων, με πάχος θερμομόνωσης 40mm, ενώ για διέλευση σε εσωτερικούς χώρους, 30mm.

Γ) Τέτοια δίκτυα θα διαθέτουν σύστημα αντιστάθμισης ή μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας υπό μερικό φορτίο.

Δ) Σε μεγάλα κυκλώματα με επανακυκλοφορία του ZNX, θα εφαρμόζεται επανακυκλοφορία με σταθερό Δp και κυκλοφορητής με ρύθμιση στροφών ανάλογα με τη ζήτηση σε ZNX.

Δ) Εκτός των εξαιρέσεων που αναφέρονται στο άρθρο 11 του ν. 3661/08 και των περιπτώσεων που οι ανάγκες σε ZNX καλύπτονται από αποκεντρωμένα συστήματα παροχής ενέργειας που βασίζονται σε ΑΠΕ, ΣΗΘ, τηλεθέρμανση σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου και σε αντλίες θερμότητας με εποχιακό βαθμό απόδοσης SPF μεγαλύτερο από 3,3 ($SPF = 1.15 * 1/n$, όπου n ο λόγος της συνολικής ακαθάριστης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας προς την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρικής), σε όλα τα νέα ή ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια, θα είναι υποχρεωτική η κάλυψη του 60% τουλάχιστον των αναγκών σε ZNX, από ηλιοθερμικά συστήματα.

Ε) Η μέγιστη ενεργειακή απόδοση των συστημάτων γενικού φωτισμού στα κτίρια του τριτογενούς τομέα (νοσοκομεία, καταστήματα, αθλητικά κέντρα κλπ.), θα είναι 55lumen/W. Για μεγαλύτερη από 15m² επιφάνεια, ο τεχνητός φωτισμός θα ελέγχεται με ξεχωριστούς διακόπτες. Στους χώρους με φυσικό φωτισμό, θα εξασφαλίζεται η δυνατότητα σβέσης του 50% των λαμπτήρων τουλάχιστον που βρίσκονται εντός αυτών.

Ζ) Όπου απαιτείται κατανομή δαπανών, θα επιβάλλεται αυτονομία θέρμανσης και ψύξης. Ειδικά για τη θέρμανση χώρων και σε συστήματα παραγωγής ZNX, θα εφαρμόζεται θερμιδομέτρηση.

Η) Σε όλα τα κτίρια, θα απαιτείται θερμοστατικός έλεγχος της θερμοκρασίας εσωτερικού χώρου ανά ελεγχόμενη θερμική ζώνη κτιρίου.

Θ) Σε όλα τα κτίρια του τριτογενή τομέα, θα απαιτείται η εγκατάσταση κατάλληλου εξοπλισμού αντιστάθμισης της άεργου ισχύος των ηλεκτρικών τους καταναλώσεων, για την αύξηση του συντελεστή ισχύος τους σε επίπεδο κατ' ελάχιστον 0.95.

Αδυναμία εφαρμογής των ανωτέρω απαιτεί επαρκή τεχνική τεκμηρίωση σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία και τις επικρατούσες συνθήκες.

Κάποιοι από τους ιδιαίτερους όρους που χρησιμοποιούνται στις διατάξεις της απόφασης είναι:

- «Κτίριο αναφοράς»: το κτίριο με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το

εξεταζόμενο κτίριο. Πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ και το φωτισμό.

- «Συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κτιρίου», σύμφωνα με τους συντελεστές μετατροπής (πρωτογενής προς τελική ενέργεια), όπως αυτοί ορίζονται στον πιο κάτω πίνακα 3:

Πηγή Ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kg CO ₂ / kWh)
Φυσικό Αέριο	1.05	0.196
Πετρέλαιο Θέρμανσης	1.10	0.264
Ηλεκτρική Ενέργεια	2.90	0.989
Βιομάζα	1.00	---

- «Συντελεστής σκίασης», με τιμές από 0 μέχρι 1 και όσο μικρότερος τόσο πιο αποτελεσματικό το σκίαστρο.
- «EER, λόγος ή δείκτης ενεργειακής αποδοτικότητας» για τις ψυκτικές μονάδες αντίστοιχα.
- «SPF, εποχιακός βαθμός απόδοσης», ο μέσος εποχιακός συντελεστής των αντλιών θερμότητας στις μέσες συνθήκες λειτουργίας ψύξης/θέρμανσης.

Συγκεκριμένα για το κτίριο αναφοράς δίνονται όλες οι τιμές των παραμέτρων (συντελεστές, δείκτες, στοιχεία διαστασιολόγησης κ.α.) που το καθιστούν ενεργειακά αποδοτικό.

- Το περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων που σε γενικές γραμμές, περιλαμβάνει τα πιο κάτω:
 - A) Γενικά στοιχεία του κτιρίου: τοποθεσία, χρήση(κατοικία, γραφεία κ.α.), πρόγραμμα-ωράριο λειτουργίας, αριθμός χρηστών(συνολικός και ανά βάρδια για κτίρια με εικοσιτετράωρη λειτουργία).
 - B) Επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, αερισμός, φωτισμός). Αν υπάρχουν χώροι με διαφορετικές συνθήκες, όπως στα κτίρια νοσοκομείων, αναφέρονται αναλυτικά.

Γ) Δεδομένα και παραδοχές που λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Δ) Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής (θερμοκρασία, υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, διεύθυνση, ένταση και ταχύτητα ανέμου κ.α.).

Ε) Περιγραφή και τεκμηρίωση του ενεργειακού σχεδιασμού του κτιρίου όσον αφορά στον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και τον σχεδιασμό των Η/Μ εγκαταστάσεων καθώς και στα προτεινόμενα συστήματα Εξοικονόμησης Ενέργειας / Ορθολογικής Χρήσης Ενέργειας και ΑΠΕ.

Ζ) Αναφορά του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου και των παραδοχών που λήφθηκαν υπόψη όπως τυχόν θερμικές ζώνες λόγω διαφοροποίησης της χρήσης των χώρων ή θερμογέφυρες στα διάφορα στοιχεία του κτιριακού κελύφους.

Σημειώνεται ότι η αμοιβή για την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης κτιρίου προσδιορίζεται σε σχέση με την επιφάνεια του εξεταζόμενου κτιρίου και των εν ισχύ προβλεπόμενων αμοιβών για κτιριακές μελέτες (βλ. Πίνακα 4). Δικαίωμα δε, υπογραφής της μελέτης αυτής, έχουν οι νομιμοποιούμενοι, μέχρι την έναρξη ισχύος της παρούσας.

Πίνακας 4: Αμοιβές για μελέτη ενεργειακής απόδοσης κτιρίου

Επιφάνεια δαπέδου κτιρίου (A)	Ποσοστό επί συνολικής αμοιβής αρχιτεκτονικής και Η/Μ μελέτης
$A \leq 5000 \text{m}^2$	20%
$A > 5000 \text{m}^2$	18%

- Οι κατηγορίες και η μορφή του Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίου(ΠΕΑ).

Οι κατηγορίες για την ενεργειακή ταξινόμηση των κτιρίων δίνονται στον παρακάτω πίνακα 5. Ο δείκτης RR λαμβάνεται ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς. Ο λόγος T είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και αποτελεί τη βάση για τον καθορισμό των κατηγοριών ενεργειακής απόδοσης.

Πίνακας 5: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτιρίων

Κατηγορία	Όρια κατηγορίας	Όρια κατηγορίας
A+	EP £ 0,33R _R	T £ 0,33
A	0,33R _R < EP £ 0,50R _R	0,33 < T £ 0,50
B+	0,50R _R < EP £ 0,75R _R	0,50 < T £ 0,75
B	0,75R _R < EP £ 1,00R _R	0,75 < T £ 1,00
Γ	1,00R _R < EP £ 1,41R _R	1,00 < T £ 1,41
Δ	1,41R _R < EP £ 1,82R _R	1,41 < T £ 1,82
E	1,82R _R < EP £ 2,27R _R	1,82 < T £ 2,27
Z	2,27R _R < EP £ 2,73R _R	2,27 < T £ 2,73
H	2,73R _R < EP	2,73 < T

Η ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς αντιστοιχεί στο άνω όριο της κατηγορίας ενεργειακής απόδοσης B. Κτίρια με χαμηλότερη ή υψηλότερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κατατάσσονται στην αντίστοιχη ενεργειακή κατηγορία.

Στο ΠΕΑ απεικονίζεται η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου και αναφέρονται μεταξύ άλλων, τα γενικά στοιχεία του, η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς και του εξεταζόμενου κτιρίου, η ετήσια κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή ενέργειας και τελική χρήση, η πραγματική ετήσια συνολική τελική κατανάλωση ενέργειας, οι υπολογιζόμενες και πραγματικές ετήσιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα καθώς και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου.

Κάθε συμβολαιογράφος για την κατάρτιση πράξεως αγοραπωλησίας ακινήτου υποχρεούται να μνημονεύσει στο συμβόλαιο τον αριθμό πρωτοκόλλου του ΠΕΑ και να επισυνάψει σε αυτό επίσημο αντίγραφο του. Σε κάθε μίσθωση ακινήτου, ο αριθμός πρωτοκόλλου του ΠΕΑ πρέπει να αναγράφεται στο ιδιωτικό ή συμβολαιογραφικό μισθωτήριο έγγραφο. Η φορολογική αρχή δε θεωρεί μισθωτήρια έγγραφα εάν δεν προσκομίζεται ενώπιον της ισχύον ΠΕΑ.

- Η διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων καθώς και η διαδικασία των επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού.

Η ενεργειακή επιθεώρηση αποσκοπεί:

- α) Στην εκτίμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου ανά τελική χρήση(θέρμανση, ψύξη, αερισμός, φωτισμός, ZNX) και συνολικά,
- β) στην ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου,
- γ) στην έκδοση του ΠΕΑ,
- δ) στη σύνταξη συστάσεων προς τον ιδιοκτήτη/χρήστη για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου του και διεξάγεται από Ενεργειακούς Επιθεωρητές.

Συγκεκριμένα η επιθεώρηση στους λέβητες των κτιρίων που θερμαίνονται με συμβατικά καύσιμα, διενεργείται όπως αναφέρεται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 6: Συχνότητα επιθεωρήσεων λεβήτων

Ωφέλιμη Ονομαστική Ισχύς λέβητα	Είδος καυσίμου	Συχνότητα επιθεωρήσεων
20 – 100 KW	Υγρό ή στερεό καύσιμο	Κάθε 5 έτη
> 100 KW	Υγρό ή στερεό καύσιμο	Κάθε 2 έτη
> 100 KW	Αέριο καύσιμο	Κάθε 4 έτη
> 20 KW και παλαιότεροι των 15 ετών	Ανεξαρτήτως καυσίμου	Μία συνολική επιθεώρηση της εγκατάστασης θέρμανση

- Στο Παράρτημα της απόφασης αλλά και πιο κάτω, παρατίθενται η Μεθοδολογία των Υπολογισμών καθώς και ένα ενδεικτικό ΠΕΑ.

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης και της ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων εφαρμόζεται η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και των υπόλοιπων προτύπων.

Οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης ικανοποιούνται είτε όταν η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου είναι μικρότερη ή ίση από τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς είτε όταν το εξεταζόμενο κτίριο έχει τα ίδια τεχνικά χαρακτηριστικά με το κτίριο αναφοράς τόσο ως προς το κτιριακό κέλυφος όσο και ως προς τις ηλεκτρομηχανολογικές του εγκαταστάσεις στο σύνολό τους (ΥΠΕΚΑ, 2010).

9.4.β. Μεθοδολογία Υπολογισμών – Ενδεικτικό Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης

Μεθοδολογία Υπολογισμών

Υπολογισμός ενεργειακής ζήτησης κτιρίου για θέρμανση και ψύξη (μηνιαία μέθοδος)		
ΕΛΟΤ EN ISO 13790 E2 (2009)	Ενεργειακή επίδοση κτιρίων - Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων	Υπολογισμός της ενεργειακής ζήτησης του κτιριακού κελύφους με τη μέθοδο ημισταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος.
ΕΛΟΤ EN ISO 13789 E2 (2009)	Θερμική επίδοση κτιρίων - Συντελεστές μεταφοράς θερμότητας σχετικά με μετάδοση και αερισμό - Μέθοδος υπολογισμού	
ΕΛΟΤ EN ISO 8946 E2 (2009)	Κτιριακά μέρη και στοιχεία - Θερμική αντίσταση και θερμοπερατότητα - Μέθοδος υπολογισμού	
ΕΛΟΤ EN ISO 13370 E2 (2009)	Θεμικές επιδόσεις κτιρίων - Μετάδοση θερμότητας μέσω του εδάφους - Μέθοδοι υπολογισμού	
ΕΛΟΤ EN ISO 14683 (2009)	Θερμογέφυρες σε κτιριακές κατασκευές - Γραμμική θερμική μετάδοση - Απλοποιημένες μέθοδοι και τιμές προεπιλογής	
ΕΛΟΤ EN ISO 10211 (2009)	Θερμογέφυρες στις κτιριακές κατασκευές - Ροές θερμότητας και επιφανειακές θερμοκρασίες - Λεπτομερείς υπολογισμοί	Υπολογισμός των απωλειών θερμότητας κτιρίου προς το περιβάλλον, μέσω των διαφανών και αδιαφανών δομικών στοιχείων, καθώς και μέσω του αερισμού του κτιρίου (διείσδυση αέρα, φυσικός ή μηχανικός αερισμός)
EN ISO 10077-1 (2008)	Θερμική επίδοση παραθύρων, θυρών και εξώφυλλων - Υπολογισμός θερμικής μετάδοσης - Μέρος 1 : Απλοποιημένη μέθοδος	
ΕΛΟΤ EN 13947 (2007)	Θερμική επίδοση τοιχοπετασμάτων - Υπολογισμός της θερμικής μετάδοσης	
ΕΛΟΤ EN 15241 (2008)	Αερισμός κτιρίων - Μέθοδοι υπολογισμού ενεργειακών απωλειών σε εμπορικής χρήσης κτίρια λόγω αερισμού και διήθησης	
ΕΛΟΤ EN ISO 15927.01 (2004)	Υγροθερμικές επιδόσεις κτιρίων - Υπολογισμός και παρουσίαση κλιματικών δεδομένων - Μέρος 1: Μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές μετεωρολογικών στοιχείων	Παραδοχές και υπολογισμοί για κλιματικά δεδομένα
ΕΛΟΤ EN 15193 (2008)	Ενεργειακή επίδοση κτιρίων - Ενεργειακές απαιτήσεις για φωτισμό	Υπολογισμός εσωτερικών κερδών από φωτισμό

Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου για θέρμανση και ψύξη – Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης (μηνιαία μέθοδος)		
ΕΛΟΤ EN ISO 13790 E2 (2009)	Ενεργειακή επίδοση κτιρίων - Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων	Υπολογισμός της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου για θέρμανση και ψύξη βάσει της ενεργειακής ζήτησης του κτιριακού κελύφους και των αποδόσεων των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης
ΕΛΟΤ EN 15318.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 1: Γενικά	Υπολογισμός της απόδοσης του συστήματος θέρμανσης.
ΕΛΟΤ EN 15318.02.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων - Μέρος 2-1: Συστήματα εκπομπών θέρμανσης χώρου	
ΕΛΟΤ EN 15318.02.03 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 2-3: Συστήματα διανομής για τη θέρμανση χώρων	
ΕΛΟΤ EN 15318.04.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 4-1: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Συστήματα καύσης (Λέβητες)	
ΕΛΟΤ EN 15318.04.02 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού των απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων - Μέρος 4-2: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρου, συστήματα αντλιών για θερμότητα	
ΕΛΟΤ EN 15318.04.03 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων - Μέρος 4-3: Συστήματα παραγωγής θερμότητας, θερμικά ηλιακά	Υπολογισμός απόδοσης συστήματος ψύξης
ΕΛΟΤ EN 15318.04.04 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 4-4: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Συστήματα συμπαραγωγής, ενσωματωμένα στο κτίριο	
ΕΛΟΤ EN 15243 (2008)	Άερισμός κτιρίων - Υπολογισμός θερμοκρασίας χώρου και του φορτίου και της ενέργειας κτιρίων εξοπλισμένων με σύστημα κλιματισμού	
ΕΛΟΤ EN 15318.04.05 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 4-5: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Απόδοση και ποιότητα συστημάτων τηλεθέρμανσης και συστημάτων μεγάλου όγκου	Υπολογισμός απόδοσης συστήματος ψύξης
ΕΛΟΤ EN 15318.04.06 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 4-6: Συστήματα παραγωγής θέρμανσης χώρων. Φωτοβολταϊκά συστήματα	
ΕΛΟΤ EN 15318.04.07 (2010)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού απαιτήσεων συστημάτων ενέργειας και απόδοση συστημάτων - Μέρος 4-7: Συστήματα παραγωγής θερμότητας χώρων, συστήματα καύσης βιομάζας	

Υπολογισμός ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου για Ζεστό Νερό Χρήσης (ZNX) και Φωτισμό		
ΕΛΟΤ EN 15316.03.01 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 3-1: Συστήματα ζεστού νερού χρήσης. Χαρακτηρισμός αναγκών (απαιτήσεις άντλησης)	Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας για ZNX
ΕΛΟΤ EN 15316.03.02 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 3-2: Συστήματα ζεστού νερού χρήσης, διανομή	
ΕΛΟΤ EN 15316.03.03 (2008)	Συστήματα θέρμανσης σε κτίρια - Μέθοδος υπολογισμού των ενεργειακών απαιτήσεων και της απόδοσης των συστημάτων - Μέρος 3-3: Συστήματα ζεστού νερού χρήσης, παραγωγή	
ΕΛΟΤ EN 15193 (2008)	Ενεργειακή επίδοση κτιρίων - Ενεργειακές απαιτήσεις για φωτισμό	Υπολογισμός κατανάλωσης ενέργειας για φωτισμό στα κτίρια

Ενδεικτικό Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης

Αρ. Πρωτ.:		
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	ΧΡΗΣΗ: <input type="checkbox"/> Κτίριο <input type="checkbox"/> Τμήμα κτιρίου <input type="checkbox"/> Αριθμός ιδιοκτησίας (για τμήμα κτιρίου) Κλιματική Ζώνη: Διεύθυνση: Τ.Κ. Πόλη: Έτος κατασκευής: Συνολική επιφάνεια (m ²): Όνομα ιδιοκτήτη:	(Φωτογραφία κτιρίου)
	ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	
	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ (ως ποσοστό κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς)	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [kWh/(m²·έτος)]
	ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	
	A+ $\leq 0,33 \cdot RR$	
	$0,33 \cdot RR < A \leq 0,5 \cdot RR$	
	$0,5 \cdot RR < B+ \leq 0,75 \cdot RR$	
	$0,75 \cdot RR < B \leq 1,0 \cdot RR$	←
	$1,0 \cdot RR < Γ \leq 1,41 \cdot RR$	
	$1,41 \cdot RR < Δ \leq 1,82 \cdot RR$	
$1,82 \cdot RR < E \leq 2,27 \cdot RR$		
$2,27 \cdot RR < Z \leq 2,73 \cdot RR$		
$2,73 \cdot RR \leq H$		
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ		
ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ [kWh/(m²·έτος)]:	B	
ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)]:		
ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kgCO ₂ /(m ² ·έτος)]:		
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)]:		
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m ² ·έτος)]: με βάση την αξιολόγηση της λειτουργίας		
ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m ² θερμαινόμενης επιφάνειας [kgCO ₂ /(m ² ·έτος)]:		

ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ με βάση τους υπολογισμούς

Πηγή ενέργειας		Τελική χρήση				Συνεισφορά στο ενεργειακό ισοζύγιο του κτιρίου (%)
Ηλεκτρική		Θέρμανση	<input type="checkbox"/> Ψύξη	<input type="checkbox"/> Αερισμός	<input type="checkbox"/>	
		Φωτισμός	<input type="checkbox"/> Συσκευές	<input type="checkbox"/> ΖΝΧ	<input type="checkbox"/>	
Ορυκτά καύσιμα	Πετρέλαιο	Θέρμανση	<input type="checkbox"/> Ψύξη	<input type="checkbox"/> ΖΝΧ	<input type="checkbox"/>	
	Φυσικό αέριο	Θέρμανση	<input type="checkbox"/> Ψύξη	<input type="checkbox"/> ΖΝΧ	<input type="checkbox"/>	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση	<input type="checkbox"/> Ψύξη	<input type="checkbox"/> ΖΝΧ	<input type="checkbox"/>	
ΑΠΕ	Ηλιακή	Θέρμανση	<input type="checkbox"/> Ψύξη	<input type="checkbox"/> Φωτισμός	<input type="checkbox"/>	
		Συσκευές	<input type="checkbox"/> ΖΝΧ			
	Βιομάζα	Θέρμανση	<input type="checkbox"/> Ψύξη	<input type="checkbox"/> ΖΝΧ	<input type="checkbox"/>	
	Γεωθερμία	Θέρμανση	<input type="checkbox"/> Ψύξη	<input type="checkbox"/> ΖΝΧ	<input type="checkbox"/>	
	Άλλο (προσδιορίστε)	Θέρμανση	<input type="checkbox"/> Ψύξη	<input type="checkbox"/> Φωτισμός	<input type="checkbox"/>	
	Συσκευές	<input type="checkbox"/> ΖΝΧ				
Σύνολο						

ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [kWh/(m²*έτος)] ανά χρήση με βάση τους υπολογισμούς:

Θέρμανση

Ψύξη

Αερισμός

Φωτισμός

Συσκευές

Ζεστό Νερό Χρήσης (ΖΝΧ)

ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ

1.
2.
3.

Αριθμός σύστασης	Αρχικό εκτιμώμενο κόστος επένδυσης (€)	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας*		Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [kg/(m ² *έτος)]	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής (έτη)
		(kWh/m ² *έτος)	(%)		
1					
2					
3					

* Η εξοικονόμηση ενέργειας αφορά την κάθε επί μέρους σύσταση και τα ποσά δεν αθροίζονται. Ομοίως για την ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και την περίοδο αποπληρωμής.

Ημερομηνία έκδοσης Πιστοποιητικού:

Ονοματεπώνυμο Επιθεωρητή:

Α.Μ. Επιθεωρητή:

Υπογραφή:

Σφραγίδα:

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ