

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ
ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
Χωρική Ανάλυση και Διαχείριση Περιβάλλοντος

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ
ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂

Επιμέλεια:
Ζαχαρή Κωνσταντίνα

Συνεπιβλέποντες:
Κούγκολος Α., Σαπουνάκης Α.

ΒΟΛΟΣ 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Όταν καταπιανόμαστε με κάτι τόσο απαιτητικό και ουσιαστικό, όπως μια μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, που απαιτεί την πλήρη προσοχή και φροντίδα μας, είναι ευχής έργον να έχουμε δίπλα μας, κατά τη διάρκειά συγγραφής της, ανθρώπους, που ο καθένας συμβάλλει με τον τρόπο του, ώστε αυτή η διαδρομή να είναι πιο δημιουργική, αλλά και πιο ανώδυνη.

Θα ήθελα με αυτή την αφορμή, να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες της διπλωματικής μου εργασίας, τον κ. Αθανάσιο Κούγκολο , Καθηγητή, και τον κ. Αριστείδη Σαπουνάκη, Επίκουρο Καθηγητή, του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφεραν, καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής της εργασίας.

Θα ήταν παράλειψη, να μην εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου, στον κ. Αριστείδη Τσαγκρασούλη, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Αρχιτεκτόνων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την πολύτιμη καθοδήγηση και τις καίριες υποδείξεις του.

Πιο πολύ όμως, ευχαριστώ για όλα τους γονείς μου, Κατερίνα και Βαγγέλη, για την αστείρευτη αγάπη και φροντίδα, καθώς και τα αδέρφια μου, Θάλεια και Αποστόλη, που είναι πάντα δίπλα μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Βασίλη, για τη συνολική βοήθεια και την υποστήριξη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το ενεργειακό πρόβλημα στις μέρες μας, εμφανίζεται οξύτερο από ποτέ. Η ουσία του προβλήματος, βρίσκεται στην συσχέτιση των ενεργειακών αποθεμάτων που διαρκώς μειώνονται, με τις απαιτήσεις για κατανάλωση ενέργειας, που διαρκώς αυξάνονται. Από τα στοιχεία που αναφέραμε και τα οποία συνθέτουν το περιβαλλοντικό πρόβλημα, σημαντικότερη απόρροια είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο εντείνεται με την καύση των εναπομεινάντων ορυκτών πόρων, που προορίζονται εδώ και δεκαετίες για την εξασφάλιση ποιοτικών συνθηκών διαβίωσης, για τις ανάγκες των μεταφορών, για βιομηχανικές χρήσεις και για αναρίθμητες άλλες δραστηριότητες. Η παρούσα διπλωματική εργασία, ασχολείται με τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιριακού τομέα, οι οποίες ευθύνονται για την έκλυση στην ατμόσφαιρα των επιβλαβών αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως του CO₂ και θα παρουσιαστεί μία λύση για τη δημιουργία κατοικίας, η οποία θα αντισταθμίσει τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος για κάλυψη των αναγκών της, με την επιτόπια παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται ταυτοχρόνως και αντιστάθμιση της ποσότητας CO₂, που εκλύεται κατά την παραγωγή των διαφόρων μορφών ενέργειας.

Λέξεις κλειδιά: Κτίρια μηδενικών εκπομπών, Κατανάλωση ενέργειας κατοικιών, Βιοκλιματικός σχεδιασμός, Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, Συστήματα περιβαλλοντικής αξιολόγησης

ABSTRACT

The energy crisis in our days, appears to be more pronounced than ever. The essence of the problem lies within the association between constantly diminishing energy reserves and the demand for energy consumption which is steadily rising. Based on the above mentioned data, that comprise the environmental problem, the most significant result is the greenhouse effect, which is intensified by the combustion of the remaining fossil fuels, which are being used during the past decades for ensuring living standards, for covering transport needs, industrial uses and innumerable other activities. The present study, is dealing with the energy needs of the building sector, which are responsible for the emission of harmful greenhouse gases into the atmosphere and especially CO₂ and is going to present a solution for designing a residential building, which will counterbalance the use of electricity to cover its energy needs, with on-site production of energy, using renewable sources.

Key words: Zero emission buildings, Residential energy consumption, Bioclimatic design, Renewable energy sources, Environmental Assessment Systems

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	12
1.1	ΤΟ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ	12
1.2	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΤΟΜΕΑ	13
1.3	ΒΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗ 13	
1.3.1	Η ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ...	14
1.3.2	ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ	15
1.3.2.1	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ	15
1.3.2.2	ΣΥΜΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΚΡΑΤΗ ΚΑΙ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ.....	16
1.3.3	ΣΥΝΟΔΟΣ ΚΟΠΕΓΧΑΓΗΣ	17
1.3.4	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ ‘20 20 20’ ΓΙΑ ΤΟ 2020	18
1.3.5	ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	19
1.3.6	ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ.....	20
1.3.7	Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΗ ΕΛΛΑΔΑ – ΚΕΝΑΚ	20
1.4	ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	21
1.5	ΣΚΟΠΟΣ, ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ της ΕΡΓΑΣΙΑΣ	22
2	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	24
2.1	ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	24
2.1.1	Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	25
2.1.2	Η ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	26
2.2	ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO ₂ ΠΟΥ ΕΚΛΥΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	27

2.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	28
2.3.1 Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ	29
2.3.2 Η ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΙΣΟΔΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ	30
2.3.2.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	32
2.3.2.2 Η ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	33
2.3.2.3 Η ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ.....	34
2.3.2.4 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	35
2.4 Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	35
2.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ κατά ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥ	36
3 ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	38
3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ZEB.....	38
3.1.1 ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ	39
3.1.2 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ‘NEARLY ZERO ENERGY BUILDING’	40
3.1.3 NET ZERO ENERGY BUILDING (nZEB).....	41
3.1.4 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ‘ZEB’	41
3.2 ΝΕΟΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ	42
3.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ZERO ENERGY BUILDINGS	43
3.3.1 ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ ΓΙΑ ZEB.....	43
3.3.2 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ BEDDINGTON ZERO ENERGY DEVELOPMENT (BedZED)	43
3.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ .	46
3.4.1 LEED (LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN)	47

3.4.2 BREEAM (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHOD).....	48
4 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	51
4.1 ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΑ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥΣ.....	51
4.2 ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	53
4.2.1 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	53
4.2.2 Η ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ.....	54
4.2.3 ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟ.....	54
4.2.4 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΡΡΥΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ.....	55
4.2.5 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ	56
4.3 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	56
4.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ	57
4.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΜΕΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ.....	59
4.3.2.1 ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ.....	59
4.3.2.2 ΤΟΙΧΟΣ TROMBE	60
4.3.2.3 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ Ή ΗΛΙΑΚΟΣ ΧΩΡΟΣ	61
4.3.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	62
4.4 ΣΚΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	63
4.4.1 ΣΚΙΑΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	64
4.4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ	65
4.5 ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΑ	66
4.5.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ	66
4.5.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΩΝ.....	67
4.5.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ	68
4.6 ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	68
4.6.1 ΕΠΙΠΕΔΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	69

4.7	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	69
4.8	ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	70
5	ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)	72
5.1	ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΕ	72
5.2	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ (ΑΠΕ).....	73
5.3	ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΠΕ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ	75
5.3.1	ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (Φ/Β).....	75
5.3.1.1	ΑΠΟΔΟΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	75
5.3.1.2	Η ΑΓΟΡΑ Φ/Β ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	78
5.3.1.3	ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ	78
5.3.1.4	ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΕΓΓΥΗΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΓΙΑ ΟΙΚΙΑΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ	79
5.3.2	ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ (ΖΝΧ) ..	79
5.3.2.1	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ.....	80
5.3.3	ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ ..	81
5.3.3.1	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ	82
5.3.3.2	ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	82
5.3.3.3	ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΚΑΙ ΘΕΡΙΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	82
5.3.3.4	ΤΥΠΟΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΟΙΚΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ	83
5.3.4	ΜΙΚΡΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΓΙΑ ΟΙΚΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ	85
5.3.4.1	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ	85
5.3.4.2	ΤΥΠΟΙ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ.....	86
5.4	ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΛΛΩΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΡΩΝ	86
5.4.1	ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ	86
6	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....	88
6.1	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	89
6.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ	89
6.2.1	ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΡΡΥΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ.....	91

6.2.2	ΣΕΝΑΡΙΟ ΚΑΤΟΙΚΗΣΗΣ	91
6.3	ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ	93
6.3.1	ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ.....	93
6.3.2	ΒΟΡΕΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ	93
6.3.3	ΝΟΤΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ	93
6.4	ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ.....	94
6.5	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ	95
6.5.1	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ (ΖΝΧ).....	95
6.5.2	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΝΩΠΟΣ ΑΕΡΑΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ...	95
6.5.3	ΦΟΡΤΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ.....	96
6.6	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΑΣ ΟΡΟΦΗΣ	96
6.6.1	ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΚΕΛΥΦΟΣ	97
6.7	ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	98
6.8	ΣΚΙΑΣΤΡΑ	99
6.9	ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ.....	99
6.9.1	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ ΟΡΟΦΗΣ.....	100
6.9.2	ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ	101
6.10	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ.....	101
6.10.1	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	102
6.10.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	102
6.10.3	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	103
6.10.4	ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΕ ΕΚΛΥΟΜΕΝΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ	103
6.10.5	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Φ/Β.....	104
6.10.5.1	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	104
6.10.5.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	105

6.10.5.3	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΛΥΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ.....	105
6.10.5.4	ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΡΙΘΜΟΥ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ.....	106
6.11	ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....	107
7	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	112
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	115

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγρ. 2.1:	Εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα, 1990-2002.	27
Διάγρ. 2.2:	Μέση τιμή και διάμεσος πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, για όλες τις ομάδες εισοδήματος.....	31
Διάγρ. 2.3:	Σχέση κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης και εισοδήματος.	32
Διάγρ. 2.4:	Περιβαλλοντικός αντίκτυπος κτιρίου κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.....	37
Διάγρ. 5.1:	Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην καταναλισκόμενη ενέργεια	73
Διάγρ. 5.2:	Αδειοδοτική εξέλιξη των Φ/Β και επιδιωκόμενοι στόχοι για το 2014 και 2020	74
Διάγρ.5.3:	Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β.....	77
Διάγρ. 5.4:	Ποσοστά της ευρωπαϊκής αγοράς Φ/Β	78
Διάγρ. 6.1:	Σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των σεναρίων 1 και 2, για τα φορτία θέρμανσης	108
Διάγρ. 6.2:	Σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των σεναρίων 1 και 2, για τα φορτία ψύξης.....	109
Διάγρ. 6.3:	Σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των σεναρίων 3 και 4, για τα φορτία θέρμανσης	110
Διάγρ. 6.4:	Σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των σεναρίων 3 και 4, για τα φορτία ψύξης.....	110

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικ.3.1: Πανοραμική άποψη του συγκροτήματος BedZED.	45
Εικ.3.2: Σχηματική τομή κτιρίου του συγκροτήματος BedZED.	45
Εικ. 4.1: Αλλαγή κατεύθυνσης αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου	54
Εικ.4.2 : Διαγραμματική απεικόνιση εσωτερικής διάταξης χώρων κατοικίας...	55
Εικ.4.3: Χειμερινή και θερινή λειτουργία ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους	59
Εικ.4.4: Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου μάζας	60
Εικ.4.5: Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες(τοίχος Trombe-Michelle)	61
Εικ.4.6: Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου, με ανοιγόμενα υαλοστάσια.	62
Εικ.4.7: Τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης για σκίαση	63
Εικ.4.8: Προτεινόμενα ύψη φύτευσης, σε σχέση με την απόσταση, για νότιο προσανατολισμό.	63
Εικ. 4.9: Προσδιορισμός των κατακόρυφων γωνιών (α) και (β).	65
Εικ. 5.1: Οριζόντιος γεωεναλλάκτης	83
Εικ. 5.2: Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης-Κάθετη γεώτρηση.....	84
Εικ. 5.3: Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης-Εγκατάσταση ανοικτού κυκλώματος.	84
Εικ.6.1: Περιβάλλον του προγράμματος Design Builder.	88
Εικ.6.2: Διάταξη των τμημάτων του κτιρίου	90
Εικ. 6.3: Κάτοψη κατοικίας	91
Εικ. 6.4: Αρχικός διαχωρισμός ζωνών	92
Εικ. 6.5: Τελικός διαχωρισμός ζωνών	92
Εικ. 6.6: Παρουσίαση δυτικών (α) και ανατολικών (β) ανοιγμάτων κατοικίας.	93
Εικ. 6.7: Πρόγραμμα σκίασης για δυτικά ανοίγματα.	94
Εικ. 6.8: Πρόγραμμα σκίασης για ανατολικά ανοίγματα.	94
Εικ. 6.9: Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων.	96
Εικ. 6.10: Τοποθέτηση Φ/Β πλασιών στην οροφή κτιρίου.	97
Εικ. 6.11: Τομή σε αεριζόμενο δώμα	98
Εικ. 6.12: Διάταξη σκιάστρων στη νότια πλευρά του κτιρίου.	99
Εικ. 6.13: Τιμές θερμοστατών για θέρμανση και ψύξη.....	101

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίν. 2.1: Κατανάλωση ενέργειας, οικονομική ανάπτυξη και πληθωρισμός (ετήσιοι ρυθμοί ανάπτυξης).....	24
Πίν. 2.2: Διαχωρισμός ομάδων βάσει εισοδήματος.	30
Πίν. 2.3: Διάφοροι τύποι κτιρίων και ποσοστό νοικοκυριών που διαμένουν σε αυτά.....	34
Πίν.2.4: Συσχέτιση εισοδήματος και συνθηκών θέρμανσης – ψύξης.	35
Πίν. 3.1: Σύστημα βαθμολόγησης του C3ode for Sustainable Homes.....	50
Πίν. 4.1: Προτεινόμενες τιμές φωτεινότητας για επίτευξη συνθηκών οπτικής άνεσης.	69
Πίν.4.2: Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς.....	71
Πίν. 5.1: Τιμές φωτοβολταϊκών για στέγες (€/MWh)	79
Πίν. 6.1: Γενικά γεωμετρικά στοιχεία κτιρίου.....	90
Πίν. 6.2: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δομικών διατάξεων για την κλιματική ζώνη Γ.	99
Πίν. 6.3: Καθορισμένες τιμές θερμοκρασίας για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.	100
Πίν. 6.4: Αποτελέσματα προσομοίωσης για φορτία θέρμανσης, ψύξης και ηλεκτρισμού.....	101
Πίν. 6.5: Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και εκλυόμενους ρύπους.....	103
Πίν. 6.6: Συγκεντρωτικός πίνακας πρωτογενούς ενέργειας	103
Πίν. 6.7: Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα επιφάνειας.....	104
Πίν. 6.8: Τελική κατανάλωση ενέργειας για διάφορες περιπτώσεις πλήθους Φ/Β πλαισίων.....	105
Πίν. 6.9: Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας για διάφορες περιπτώσεις πλήθους Φ/Β πλαισίων	105
Πίν. 6.10: Εκλυόμενοι ρύποι για διάφορες περιπτώσεις πλήθους Φ/Β πλαισίων	105
Πίν. 6.11: Επιλογή πλήθους Φ/Β πλαισίων, με βάση την τελική κατανάλωση ενέργειας.....	106

Πίν. 6.12: Επιλογή πλήθους Φ/Β πλαισίων, με βάση την πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας.....	106
Πίν. 6.13: Επιλογή πλήθους Φ/Β πλαισίων, με βάση τους εκλυόμενους ρύπους	107
Πίν. 6.14: Συγκεντρωτικός πίνακας τιμών για τα σενάρια 1 και 2.....	108
Πίν. 6.15: Συγκεντρωτικός πίνακας τιμών για τα σενάρια 3 και 4.....	110

ΑΡΤΙΚΟΛΕΞΑ

ΑΕΠ: Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν

ΑΚΖ: Ανάλυση Κύκλου Ζωής

ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση

ΖΝΧ: Ζεστό Νερό Χρήσης

ΗΠΑ: Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Ο.Ο.Σ.Α: Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης

ΣΗΘΥΑ: Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Αποδοτικότητας

ΥΠΕΚΑ: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

Φ/Β: Φωτοβολταϊκά

BRE: Building Research Establishment

BREEAM: Building Research Establishment Environmental Assessment Method

CO₂: Διοξείδιου του Άνθρακα

CSH: Code for Sustainable Homes

Eceee: European Council for an Energy Efficient Economy

EPBD: Energy Performance of Buildings Directive

EPIA: European Photovoltaic Industry Association

LEED: Leadership in Energy and Environmental Design

LOW-e: Low Emissivity

nZEB: Net Zero Energy Building

UNEP: United Nations Environment Programme (Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών)

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change (Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Αλλαγές)

USGBC: US Green Building Council

ZEB: Zero Energy Building

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΤΟ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Αποτελεί αναμφισβήτητα σημείο των καιρών, η συζήτηση και η ενασχόληση με τη λεγόμενη ‘Πράσινη Ανάπτυξη’, ως μέσο επίλυσης της ενεργειακής κρίσης. Σε αυτό συνέβαλλε η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας, σε παγκόσμιο επίπεδο. Όσο επίκαιρη θεωρείται αυτή η προσέγγιση, τόσο πρέπει να γίνει κατανοητό ότι, είναι αδήριτη ανάγκη να τεθεί σε άμεση εφαρμογή μία οργανωμένη στρατηγική αντιμετώπισης του ενεργειακού προβλήματος του πλανήτη και ουσιαστικής ευαισθητοποίησης της παγκόσμιας κοινότητας σε θέματα αειφορίας.

Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, η ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση των πλουτοπαραγωγικών μας αποθεμάτων και οι επιτακτικές ανάγκες για υπερκατανάλωση ενέργειας, οδήγησαν σε εξάντληση των διαθέσιμων ενεργειακών πόρων. Με τη σειρά της, η υπερκατανάλωση συμβατικών καυσίμων, συνδέεται και με περιβαλλοντικές καταστροφές που έχουν σημειωθεί κατά καιρούς και σχετίζονται με πετρελαιοκηλίδες, πυρηνικά ατυχήματα, διαρροές μεθανίου, και φυσικά με τις εκπομπές CO₂ (Martinez et al., 2009).

Η καύση ορυκτών καυσίμων, παρέχει περίπου το 75% της παγκόσμιας ενέργειας. Παρόλα αυτά, με τη διαδικασία της καύσης εκλύονται στην ατμόσφαιρα τα λεγόμενα αέρια του θερμοκηπίου, με κυριότερο το CO₂, που έχουν εδώ και αρκετά χρόνια ενοχοποιηθεί για την κλιματική αλλαγή και την υπερθέρμανση του πλανήτη (IEA, 2002, Bilgen et al., 2008).

Σε επίπεδο ποιότητας ζωής, η ταχεία αστικοποίηση στις αναδυόμενες οικονομίες οδήγησε σε υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε πολλές πόλεις, με αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Τα δυσοίωνα σύγχρονα κλιματικά δεδομένα, όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη και το φαινόμενο του θερμοκηπίου σε συνδυασμό με τη μείωση των ενεργειακών αποθεμάτων, επιτάσσουν τη θέσπιση μέτρων για την προστασία και τη βιωσιμότητα του πλανήτη.

Η ενέργεια είναι απαραίτητη για οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη και βελτίωση της ποιότητας ζωής. Μεγάλο μέρος της ενέργειας του πλανήτη, ωστόσο, παράγεται και καταναλώνεται με τρόπο που δε μπορεί να συνεχιστεί, χωρίς την εξέλιξη της τεχνολογίας σε αυτό τον τομέα. Η ανάγκη για έλεγχο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, πρέπει να υιοθετηθεί σε μία βάση αειφορίας, τόσο σε επίπεδο

παραγωγής, όσο και μεταφοράς, διανομής και τελικής κατανάλωσης. Από την άλλη πλευρά, οι υποδομές παροχής ηλεκτρικού ρεύματος σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες αναπτύσσονται ραγδαία ως φορείς χάραξης πολιτικής και οι επενδυτές σε όλο τον κόσμο, αναγνωρίζουν όλο και περισσότερο τον κεντρικό ρόλο της ηλεκτρικής ενέργειας ως μέσο για τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου αλλά και τη διατήρηση της οικονομικής ανάπτυξης (Bilgen et al., 2008).

1.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΤΟΜΕΑ

Σε επίπεδο κτιριακού τομέα, οι ενεργειακές του απαιτήσεις δεσμεύουν το 40%, και σε πολλές περιπτώσεις και περισσότερο, της παραγόμενης ενέργειας (Balaras et al., 2000, Balaras et al., 2007, Poel et al., 2007, Santamouris et al., 2007, Omer, 2008, Kwok et al., 2010, Dutil et al., 2011). Η Ευρωπαϊκή Ένωση, θέλοντας να μεθοδεύσει και να επιταχύνει τις διαδικασίες περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης των Κρατών-Μελών, εξέδωσε μία σειρά από οδηγίες και πρωτόκολλα για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και θεσμοθέτησε τη χρήση ΑΠΕ τόσο σε καινούρια, όσο και σε υπό ανακαίνιση κτίρια. Σύμφωνα με τους Martinez et al, η χρήση συμβατικών καυσίμων με τους ρυθμούς των προηγούμενων δεκαετιών και η αποχή από τη χρησιμοποίηση ΑΠΕ, θα αυξήσει την ενεργειακή εξάρτηση της ΕΕ σε εξωτερικές πηγές για εξεύρεση ενεργειακών πόρων από 50% σε 70% το 2030.

Επιπλέον, στη χώρα μας, τα κτίρια ευθύνονται για πάνω από το 45% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), βασικού αερίου υπαίτιου για την επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Balaras et al., 2007, Αξαρχλή, 2009), αλλά παρόμοια ποσοστά που κυμαίνονται από 30%-60% έχουν καταμετρηθεί για τις εκπομπές των κτιρίων σε παγκόσμιο επίπεδο (Sharma et al., 2011, Robert et al., 2012).

1.3 ΒΗΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗ

Το φαινόμενο της ενασχόλησης με το ενεργειακό προφίλ του πλανήτη δεν αποτελεί προνόμιο μόνο των τωρινών κυβερνήσεων, αλλά εντοπίζεται ακόμη από τη δεκαετία του 1970 με τις δύο μεγάλες πετρελαϊκές κρίσεις του 1973 και 1979, που βύθισαν την παγκόσμια οικονομία σε ύφεση (Hondroyiannis et al., 2002, Tsani, 2010).

Όπως είναι ευρέως γνωστό, η πρώτη πετρελαϊκή κρίση, υπήρξε εφελτήριο για την αφύπνιση της επιστημονικής κοινότητας στη δημιουργία συντονισμένων προσπάθειών προς την κατεύθυνση της περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και

ειδικότερα σε κτιριακό επίπεδο, της μείωσης των θερμαντικών φορτίων των κτιρίων με την υιοθέτηση παθητικών τεχνικών (Tombazis, 1994, Hondroyiannis et al., 2002).

Βελτιώνοντας την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, γίνεται το πρώτο βήμα προς την μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και μετριασμού της έκλυσης αερίων του θερμοκηπίου. Η επίτευξη του παραπάνω στόχου, είναι εφικτή, αλλά απαιτούνται συντονισμένες προσπάθειες από τους φορείς πολιτικής επιρροής και δράσης (Schimschar et al., 2011).

Προς αυτή την κατεύθυνση έχει κινηθεί τόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση, όσο και η παγκόσμια κοινότητα, προχωρώντας στη συγκρότηση Επιτροπών, στη σύναψη Συμφωνιών, στη θέσπιση Πρωτοκόλλων και στη διεξαγωγή Συνόδων σχετιζόμενες με το περιβάλλον και τη βιωσιμότητα του πλανήτη.

Στη συνέχεια παραθέτονται οι σημαντικότερες δράσεις και συμφωνίες που επιβεβαιώνουν τα παραπάνω.

1.3.1 Η ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ

Η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Αλλαγές (UNFCCC-United Nations Framework Convention on Climate Change), συνιστά το πρώτο βασικό νομοθέτημα που θέσπισε η διεθνής κοινότητα με στόχο την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών. Η Σύμβαση τέθηκε σε ισχύ στις 21.03.1994 και έχει ήδη κυρωθεί από 188 χώρες και περιφερειακούς οργανισμούς οικονομικής ολοκλήρωσης, συμπεριλαμβανομένης της Ευρωπαϊκής Κοινότητας (Καραγεώργου, 2005). Στη Σύμβαση-Πλαίσιο μεταξύ άλλων, οι χώρες της ΕΕ περιλαμβάνονται στις χώρες για τις οποίες ισχύουν ειδικές υποχρεώσεις σχετικά με τον περιορισμό των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Η σημαντικότητα της Σύμβασης έγκειται στο γεγονός ότι θεσπίζει ένα γενικό πλαίσιο αρχών και υποχρεώσεων στον τομέα της κλιματικής πολιτικής και υπογραμμίζει τη δέσμευση των συμβαλλόμενων μερών σε θέματα συνεργασίας, ανάπτυξης, εφαρμογής και διάδοσης ενεργειών προς αυτή την κατεύθυνση.

Τέλος, η Σύμβαση θεμελιώνει την υποχρέωση στα κράτη-μέλη για ενεργό συμμετοχή στη διεθνή προσπάθεια της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, η οποία είναι άρρηκτα συνδεδεμένη, τόσο με την υποχρέωση διεθνούς περιβαλλοντικής συνεργασίας, όσο και με το βασικό κανόνα του διεθνούς

περιβαλλοντικού δικαίου για τη μη πρόκληση σημαντικής ζημίας σε ξένο κράτος. (Καραγεώργου, 2005).

1.3.2 ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΤΟΥ ΚΙΟΤΟ

Το Πρωτόκολλο του Κιότο έλαβε χώρα το Δεκέμβριο του 1997 στην ομώνυμη πόλη της Ιαπωνίας και τέθηκε σε εφαρμογή το Φεβρουάριο του 2005. Μέχρι το Σεπτέμβριο του 2011 υπογράφηκε και κυρώθηκε από 191 κράτη (UNFCCC, 2011). Η έλλειψη σαφώς καθορισμένων ποσοτικών δεσμεύσεων σχετιζομένων με τις εκπομπές των αναπτυσσόμενων χωρών, είχε ως επακόλουθο τη μη επικύρωση του Πρωτοκόλλου από την κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (ΗΠΑ) (Stern, 2007).

Το πρωτόκολλο, διαδέχεται τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές και αποτελεί μία από τις σημαντικότερες διεθνείς νομοθετικές πράξεις καταπολέμησης των κλιματικών μεταβολών. Συνιστά ένα σημαντικό βήμα στην καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, επειδή περιλαμβάνει δεσμευτικούς και ποσοτικοποιημένους στόχους περιορισμού και μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου.

1.3.2.1 ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟΥ

Το Πρωτόκολλο του Κιότο, περιλαμβάνει τις δεσμεύσεις που έχουν αναλάβει οι εκβιομηχανισμένες χώρες για τον περιορισμό των οικείων εκπομπών ορισμένων αερίων, που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, υπεύθυνων για την υπερθέρμανση του πλανήτη, τα οποία είναι:

- το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
- το μεθάνιο (CH₄)
- το πρωτοξείδιο του αζώτου (N₂O)
- οι υδροφθοράνθρακες (HFC)
- οι υπερφθοριωμένοι υδρογονάνθρακες (PFC)
- το εξαφθοριούχο θείο (SF₆)¹

Σύμφωνα με τη Συνθήκη, οι ανεπτυγμένες χώρες πρέπει πρώτα να πάρουν εθνικά μέτρα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Ωστόσο, το Πρωτόκολλο επιτρέπει κάποιο βαθμό ευελιξίας στην επίτευξη των δεσμευτικών στόχων μείωσης των εκπομπών, προβλέποντας τρεις "ευέλικτους μηχανισμούς", οι οποίοι βασίζονται στη

¹ Όπως αναφέρονται στο παράρτημα I του Πρωτοκόλλου του Κιότο.

λειτουργία της οικονομίας της αγοράς: το εμπόριο εκπομπών (emissions trading), το μηχανισμό κοινής εφαρμογής (Joint Implementation) και το μηχανισμό "καθαής" ανάπτυξης (Clean Development Mechanism) (www.ypeka.gr).

1.3.2.2 ΣΥΜΒΑΛΛΟΜΕΝΑ ΚΡΑΤΗ ΚΑΙ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ

Τα κράτη που έχουν συνυπογράψει το Πρωτόκολλο, περιέχονται στο Παράρτημα Ι αυτού και αυτά αποτελούν τις εκβιομηχανισμένες χώρες, οι οποίες δεσμεύονται συλλογικά στη μείωση των οικείων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, για μείωση των συνολικών εκπομπών των ανεπτυγμένων χωρών κατά 5%, τουλάχιστον, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, κατά την περίοδο 2008-2012 (Edinger et al., 2000).

Πιο συγκεκριμένα, τα κύρια σημεία του Πρωτοκόλλου του Κιότο είναι τα εξής (Κούγκολος, 2007):

- Δέσμευση των ανεπτυγμένων χωρών για περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων αερίων, που ευθύνονται για την υπερθέρμανση του πλανήτη κατά 5,2% μέχρι το 2012. Οι αναπτυσσόμενες χώρες δεν έχουν καμία υποχρέωση να μειώσουν τις εκπομπές τους, εκτός αν το επιθυμούν.
- Υιοθετείται η αρχή του 'εμπορίου' των ρυπογόνων εκπομπών, η οποία επιτρέπει σε χώρες που δεν καλύπτουν το πλαφόν τους να προβαίνουν σε πώληση των ποσοστών που τους απομένουν. Έτσι, οι χώρες που ξεπερνούν τα δικά τους ποσοστά μπορούν να αγοράζουν από τις πρώτες τα δικαιώματα ρύπανσης («Ο ρυπαίνων πληρώνει»).
- Οι χώρες που διαθέτουν εκτεταμένες δασικές περιοχές, μπορούν να αυξήσουν το ποσοστό εκπομπών CO₂ που δικαιούνται κατά τόσες ποσοστιαίες μονάδες, όσες εκτιμάται ότι απορροφούν τα δασικά συμπλέγματα που βρίσκονται στην επικράτειά τους.
- Παρά τις σημαντικές δεσμεύσεις που επέβαλε το πρωτόκολλο, δεν συγκροτήθηκε κανένας μηχανισμός κυρώσεων για τις χώρες που παραβιάζουν τη συμφωνία.

1.3.3 ΣΥΝΟΔΟΣ ΚΟΠΕΓΧΑΓΗΣ

Η σύνοδος της Κοπεγχάγης έλαβε χώρα στην ομώνυμη πόλη της Δανίας με σκοπό την επίτευξη μιας νομικά δεσμευτικής συμφωνίας για την Κλιματική Αλλαγή, η οποία προοριζόταν να αντικαταστήσει το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο λήγει το 2012.

Το γενικότερο κλίμα από την έκβαση της Συνόδου χαρακτηρίστηκε από απογοήτευση για τη μη επίτευξη δεσμευτικών συμφωνιών για μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μέχρι το 2020, ενώ ο αρχικός στόχος ήταν να συμφωνηθεί μείωση 50% μέχρι το 2050 (Rogelj et al., 2010). Το μόνο βήμα προς αυτή την κατεύθυνση είναι πώς αναγνωρίζει την ανάγκη περιορισμού της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 2° C (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2010).

Σύμφωνα με έκθεση που δημοσίευσε το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP-United Nations Environment Programme), εκφράζονται ανησυχίες για πιθανό 'χάσμα' μεταξύ των εθελοντικών δεσμεύσεων μείωσης των εκπομπών που ανέλαβαν τα συμμετέχοντα κράτη κατά τη Σύνοδο και των πραγματικών μειώσεων που απαιτούνται, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος καθόδου της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 2° C (UNEP, 2010).

Παρά, όμως, τη γενικευμένη απογοήτευση περί του αποτελέσματός της, η Σύνοδος της Κοπεγχάγης, ανέδειξε τέσσερα σημεία που καταγράφονται για πρώτη φορά σε παρόμοια συνάντηση:

- Για πρώτη φορά όλες οι χώρες που συμμετείχαν, δήλωσαν σε επίσημο κείμενο του ΟΗΕ ότι αναγνωρίζουν ως κοινό στόχο τους, τον περιορισμό της αύξησης της θερμοκρασίας κατά 2° C.
- Όλες οι ανεπτυγμένες χώρες, συμπεριλαμβανομένων των ΗΠΑ, εντάχθηκαν στο ίδιο διεθνές πλαίσιο, σε μία συμφωνία που περιλαμβάνει επίσης "μέθοδο επαλήθευσης" της μείωσης των εκπομπών τους.
- Οι ανεπτυγμένες χώρες δεσμεύθηκαν να συμβάλλουν με κονδύλια ύψους 30 δισεκατομμυρίων δολαρίων στη στήριξη μέτρων περιορισμού των ρύπων στις αναπτυσσόμενες χώρες μόνο για την περίοδο 2010-2012.
- Οι αναπτυσσόμενες χώρες συμφώνησαν για πρώτη φορά να συμμετάσχουν στις προσπάθειες περιορισμού των κλιματικών αλλαγών και "έδειξαν πρόθυμες" να επιτρέψουν τη "διεθνή παρακολούθηση" των προσπαθειών τους (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2010).

1.3.4 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΣΧΕΔΙΟ ΔΡΑΣΗΣ '20 20 20' ΓΙΑ ΤΟ 2020

Η Έκθεση του Εθνικού Σχεδίου Δράσης για την επίτευξη της συμβολής των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό 20% έως το 2020, απορρέει από την Οδηγία 2009/28/ΕΚ και περιλαμβάνει εκτιμήσεις για την εξέλιξη του ενεργειακού τομέα και τη διείσδυση των τεχνολογιών των ΑΠΕ έως το 2020. Οι εκτιμήσεις αυτές εξειδικεύονται στη συμμετοχή των ΑΠΕ στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και ψύξης κυρίως για τον οικιακό τομέα, αλλά και στη χρήση βιοκαυσίμων στις μεταφορές. Αναφέρονται επίσης μέτρα για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και την αύξηση της αξιοποίησης των ΑΠΕ, καθώς και στοιχεία για τις βασικές διοικητικές δομές που θα επιταχύνουν τη διείσδυση αυτή (ΥΠΕΚΑ, 2010α).

Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, εκπονήθηκε στο πλαίσιο εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Ενεργειακής Πολιτικής σε σχέση με την διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την Εξοικονόμηση Ενέργειας και τον περιορισμό των εκπομπών αερίων ρύπων του θερμοκηπίου. Ειδικότερα για το σύνολο των Κρατών-Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μέχρι το 2020, προβλέπεται (ΥΠΕΚΑ, 2010β):

- α) 20% μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 σύμφωνα με την Οδηγία 2009/29/ΕΚ.
- β) 20% διείσδυση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας σύμφωνα με την Οδηγία 2009/28/ΕΚ.
- γ) 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

Ειδικά για την Ελλάδα, ο στόχος για τις εκπομπές αερίων ρύπων του θερμοκηπίου, είναι μείωση κατά 4% στους τομείς εκτός εμπορίας, σε σχέση με τα επίπεδα του 2005, και 18% διείσδυση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση.

Η Ελληνική κυβέρνηση στο πλαίσιο υιοθέτησης συγκεκριμένων αναπτυξιακών και περιβαλλοντικών πολιτικών, με το Νόμο 3851/2010 προχώρησε στην αύξηση του εθνικού στόχου συμμετοχής των ΑΠΕ στην τελική κατανάλωση ενέργειας στο 20%, ο οποίος και εξειδικεύεται σε 40 % συμμετοχή των ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή, 20 % σε ανάγκες θέρμανσης-ψύξης και 10 % στις μεταφορές.

Τέλος, σύμφωνα με έκθεσης του Eceee (European Council for an Energy Efficient Economy), στο άρθρο 9 της οδηγίας ορίζεται ότι τα κράτη-μέλη οφείλουν να μεριμνήσουν, ώστε:

- Μέχρι 31 Δεκεμβρίου 2020, όλα τα νέα κτίρια να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας και
- Από τις 31 Δεκεμβρίου 2018, όλα τα δημόσια κτίρια να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης (Eceee, 2011).

1.3.5 ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕΚ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η κλιματική αλλαγή, η ενεργειακή εξάρτηση από τρίτες χώρες και η αναγκαιότητα αναβάθμισης του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος οδήγησαν την Ευρώπη στην έκδοση της Κοινοτικής Οδηγίας 2002/91/ΕΚ περί ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Η οδηγία, αποτέλεσε μία μοναδική ευκαιρία για τη συλλογή πληροφοριών αναφορικά με τα χαρακτηριστικά του κτιριακού αποθέματος και της ενεργειακής του συμπεριφοράς τόσο σε επίπεδο χωρών, όσο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο (Balaras et al., 2007, Dascalaki et al., 2010).

Σύμφωνα με την οδηγία, τα κράτη μέλη οφείλουν να εφαρμόζουν ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης για νέα και υφιστάμενα κτίρια, να μεριμνούν για την πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και να επιβάλλουν την τακτική επιθεώρηση των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού στα κτίρια (Poel et al., 2007).

Πιο συγκεκριμένα, η οδηγία βασίζεται στα ακόλουθα τέσσερα κύρια στοιχεία (Europa, 2007):

- Κοινή μεθοδολογία για τον υπολογισμό της ολοκληρωμένης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- Ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για νέα κτίρια και υφιστάμενα κτίρια, εφόσον υποβάλλονται σε μεγάλης κλίμακας ανακαίνιση.
- Συστήματα πιστοποίησης για νέα και υφιστάμενα κτίρια και, σε δημόσια κτίρια, με πιστοποιητικά, τα οποία δεν πρέπει να είναι παλαιότερα των 5 ετών.
- Επιθεώρηση των λεβήτων και των κεντρικών εγκαταστάσεων κλιματισμού στα κτίρια σε τακτά χρονικά διαστήματα και αξιολόγηση της εγκατάστασης θέρμανσης για λέβητες παλαιότερους των 15 ετών.

1.3.6 ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η οδηγία 2010/31/ΕΕ, αποτελεί ουσιαστικά αναδιατύπωση της οδηγίας 2002/91/ΕΚ, προκειμένου να ενισχυθούν οι απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης, να διευκρινιστούν και να απλουστευθούν ορισμένες διατάξεις της.

Η παρούσα οδηγία, θεσπίζει απαιτήσεις που αφορούν (Europa, 2010):

- α) το κοινό γενικό πλαίσιο για μια μεθοδολογία υπολογισμού της συνολικής ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων
- β) την εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων
- γ) την εφαρμογή ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση υφισταμένων κτιρίων
- δ) τα εθνικά σχέδια αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας
- ε) την ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων
- στ) την τακτική επιθεώρηση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού κτιρίων.

1.3.7 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΤΗ ΕΛΛΑΔΑ – ΚΕΝΑΚ

Η Κοινοτική Οδηγία 2002/91/ΕΚ περί ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, δεν καθορίζει επίπεδα για ολόκληρη την ΕΕ, αλλά υποχρεώνει τα κράτη μέλη να θεσπίσουν τις συγκεκριμένες απαιτήσεις και τους συναφείς μηχανισμούς. Για το λόγο αυτό, η χώρα μας προέβη στη δημιουργία του δικού της Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων γνωστό ως ΚΕΝΑΚ. Αν και η Οδηγία τέθηκε σε ισχύ το 2002, η Ελλάδα υιοθέτησε την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ το 2010. Η καθυστέρηση αυτή αποδόθηκε κυρίως στην ανύπαρκτη έως πρόσφατα καταγραφή του κτιριακού αποθέματος της χώρας (Theodoridou et al., 2011).

Ο Νόμος 3661/2008, ενσωματώνει όλες τις διατάξεις της Οδηγίας, προβλέπει την έκδοση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης των κτιρίων και διακρίνει πέντε βασικές θεματικές ενότητες, οι οποίες αφορούν:

- Στον καθορισμό των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης νέων και στη μέθοδο υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης νέων και υφιστάμενων κτιρίων.
- Στην έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.
- Στις επιθεωρήσεις των λεβήτων και των εγκαταστάσεων κλιματισμού

- Στην πρόβλεψη ειδικευμένων και διαπιστευμένων ενεργειακών επιθεωρητών.

Η μέθοδος υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων περιλαμβάνει (Ν.3661/2008):

- α) τα θερμικά χαρακτηριστικά των στοιχείων του κτιρίου, περιλαμβανομένης και της αεροστεγανότητας
- β) την εγκατάσταση θέρμανσης και τροφοδοσίας θερμού νερού, περιλαμβανομένων και των χαρακτηριστικών των μονώσεών τους
- γ) την εγκατάσταση κλιματισμού
- δ) τον εξαερισμό και το φυσικό αερισμό
- ε) την ενσωματωμένη εγκατάσταση φωτισμού κτιρίων άλλων χρήσεων, πλην της κατοικίας
- στ) τη θέση και τον προσανατολισμό των κτιρίων, περιλαμβανομένων και των εξωτερικών κλιματικών συνθηκών
- ζ) τα παθητικά ηλιακά συστήματα και την ηλιακή προστασία
- η) τις επικρατούσες εσωτερικές κλιματικές συνθήκες

1.4 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αναλογιζόμενοι ότι ο μέσος σύγχρονος άνθρωπος αναλώνει το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου του σε εσωτερικούς χώρους, προκύπτει η σημαντικότητα μιας οικολογικής προσέγγισης των κατοικιών και ακολούθως, της ποιότητας ζωής σε αυτές. Το πρόβλημα που καλούμαστε να διερευνήσουμε, είναι η επακόλουθη μείωση των ενεργειακών αποθεμάτων σε συνδυασμό με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, και την αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και πώς μπορεί να συμβάλλει στην άμβλυνση του φαινομένου η οργανωμένη στρατηγική ενεργειακής ευαισθητοποίησης και η εφαρμογή της στον κτιριακό τομέα, που αντιπροσωπεύει ένα κλάδο με τεράστιες ενεργειακές απαιτήσεις.

Επιπλέον, δεδομένου ότι ο κτιριακός τομέας έχει αποδειχθεί τόσο ενεργοβόρος, προβάλλεται ως επιτακτική η ανάγκη μείωσης των ορυκτών καυσίμων ως μέσο ικανοποίησης των ενεργειακών απαιτήσεων των κτιρίων. Η επίτευξη αυτού του στόχου βασίζεται σε μία στρατηγική προσανατολισμένη σε δύο κατευθύνσεις: α) ενίσχυση των μηχανισμών εξοικονόμησης ενέργειας και β) χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), έναντι των συμβατικών καυσίμων (Ferrante et al., 2011).

Ουσιαστικά, από την οπτική της κλιματικής αλλαγής, οι παραπάνω στρατηγικές συνηγορούν στην επίτευξη κατασκευής και λειτουργίας κτιρίων, που θα επιτυγχάνουν κύκλο ζωής μηδενικών εκπομπών CO₂ (Robert et al., 2012).

1.5 ΣΚΟΠΟΣ, ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία, σκοπό έχει να αποσαφηνίσει τα προβλήματα που έχουν ανακύψει κατά καιρούς και αφορούν ζητήματα ενέργειας και κυρίως εκείνα που απευθύνονται και έχουν άμεση σχέση με τον κτιριακό τομέα. Τα προβλήματα αυτά, περιλαμβάνουν τόσο τη συρρίκνωση των ενεργειακών πόρων από τις αυξημένες απαιτήσεις των κτιρίων, την υποβάθμιση του περιβάλλοντος από την ανεξέλεγκτη δόμηση όσο και την αύξηση της συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Μέσα από τη διπλωματική αυτή εργασία, επιδιώκεται να δοθεί μία κατεύθυνση κτιριακού σχεδιασμού, που να λαμβάνει υπόψη της όλες τις παραμέτρους της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, όπως το κλίμα, τον τόπο κατασκευής, τα υλικά, τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες και την ηλιακή ακτινοβολία, με σκοπό την ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης ενέργειας για κάλυψη αναγκών του κτιρίου. Με την ελαχιστοποίηση αυτή και με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, επιδιώκεται τελικά η αντιστάθμιση των εκπομπών CO₂, που προκύπτουν από την καύση συμβατικών ορυκτών πόρων, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο ηλεκτρισμού.

Στο πρώτο κεφάλαιο, εισάγονται οι κύριες διαστάσεις του ενεργειακού ζητήματος, παραθέτοντας στοιχεία που οδήγησαν προς αυτή την κατεύθυνση αλλά και λύσεις που προτάθηκαν σε παγκόσμιο και ευρωπαϊκό επίπεδο, με σκοπό να αμβλυνθούν οι αρνητικές επιπτώσεις του φαινομένου.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύονται κάποια στατιστικά δεδομένα που σχετίζονται με την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές CO₂ στην Ελλάδα, και την επιρροή του βιοτικού επιπέδου, στην κατανάλωση ενέργειας, στον κτιριακό τομέα.

Στο τρίτο κεφάλαιο, γίνεται εισαγωγή στην έννοια του Zero Energy Building (ZEB) και παρουσιάζονται τα βασικότερα εργαλεία περιβαλλοντικής αξιολόγησης και πιστοποίησης κτιρίων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται εκτενής βιβλιογραφική αναφορά στο θέμα του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού και γίνεται παρουσίαση διαφόρων τεχνικών αυτού.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και η διείσδυσή τους στην ελληνική αγορά.

Στο έκτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται το λογισμικό πακέτο, που χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση της κατοικίας μηδενικών εκπομπών CO₂ και αναλύονται, με βάση τις αναφορές των προηγούμενων κεφαλαίων, οι εκάστοτε επιλογές σε θέματα σχεδιασμού, επιλογής υλικών και ΑΠΕ. Επίσης, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης και εξάγονται βασικά συμπεράσματα, που αφορούν τη σχεδιαστική διαδικασία.

Τέλος, παραθέτονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας.

2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.1 ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Κατά τη δεκαετία του 1960 και πριν την πρώτη ενεργειακή κρίση του 1973, η ελληνική οικονομία βίωνε εξαιρετικά υψηλούς ρυθμούς οικονομικής ανάπτυξης (περίπου 7,7%), ως αποτέλεσμα της άνθησης του βιομηχανικού κλάδου (Tsani, 2010), που άρχισε να αντιπροσωπεύει όλο και μεγαλύτερο ποσοστό του ΑΕΠ (Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν) (Hondroyiannis et al., 2002). Κατά την ίδια χρονική περίοδο, ο μέσος ρυθμός αύξησης της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανήλθε σε 12.3% και ειδικότερα, σε 14.3% για βιομηχανικές χρήσεις, ποσοστά που υπερέβαιναν σημαντικά τις τιμές της τότε παραγόμενης ενέργειας. Από το 1973 και μέχρι τη δεύτερη πετρελαϊκή κρίση του 1979, η κατανάλωση ενέργειας και ο ρυθμός αύξησης του ΑΕΠ, μειώθηκαν. Κατά τη δεκαετία του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990, η οικονομική δραστηριότητα στην Ελλάδα, κατέγραψε χαμηλά μέσα ποσοστά ανάπτυξης (1,6%), γεγονός που αντικατοπτρίζεται στο πρότυπο κατανάλωσης ενέργειας. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι, από τα μέσα της δεκαετίας του 1970, παρατηρήθηκε αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας στις μεταφορές και στην ενέργεια που προοριζόταν για οικιακή χρήση, σε σχέση με εκείνη που εξυπηρετούσε τις ανάγκες της βιομηχανίας, ως αποτέλεσμα της γενικότερης βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου στην Ελλάδα (χρήση Ι.Χ., εκτεταμένη χρήση ηλεκτρικών συσκευών) (Hondroyiannis et al., 2002).

Το μοντέλο εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα, αποτυπώνεται στον πίνακα 2.1.

Πίν. 2.1: Κατανάλωση ενέργειας, οικονομική ανάπτυξη και πληθωρισμός (ετήσιοι ρυθμοί ανάπτυξης)

	1960-1973	1974-1979	1980-1996
ΑΕΠ	7,7	3,7	1,6
Κατανάλωση Ενέργειας^a			
Συνολική	12,3	3,9	2,2
Βιομηχανική	14,3	4,7	-0,1
Κτιριακή	10,9	1,2	3,2
Μετακινήσεων	11,7	4,5	3,1
Δείκτης τιμών καταναλωτή	3,3	14,2	16,7
^a Σε Mtoes			

Πηγή: Επεξεργασία από Hondroyiannis et al., 2002.

2.1.1 Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΑΠΟΘΕΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα, καταγράφει ένα σχετικά υψηλό ποσοστό ενεργειακών απαιτήσεων, για την κάλυψη των αναγκών της, γεγονός που την κατατάσσει στις ιδιαίτερα ευάλωτες οικονομίες σε περιόδους ενεργειακών κρίσεων, λόγω της απουσίας αποτελεσματικών στρατηγικών εξοικονόμησης (Tsani, 2010).

Η σημαντική εξάρτηση της Ελλάδας σε εισαγωγή ενέργειας, με κυρίαρχο καύσιμο το πετρέλαιο, που προοριζόταν για την κάλυψη του 79% των ενεργειακών αναγκών στα μέσα της δεκαετίας του 1990, μοιραία συνεισέφερε στο να καθορίζονται οι τιμές των προϊόντων και των υπηρεσιών στην Ελλάδα, από τις τιμές των εισαγόμενων καυσίμων (Hondroyiannis et al., 2002). Το κλίμα αυτό επικρατεί μέχρι και σήμερα, όπου τα αποτελέσματα του έχουν πολύ μεγαλύτερο αντίκτυπο από αυτά της δεκαετία του 1990, λόγω της οικονομικής κρίσης που βιώνει η Ελλάδα και γενικότερα η νότια Ευρώπη.

Η κατανάλωση ενέργειας των ελληνικών κτιρίων, τις τελευταίες δεκαετίες, παρουσίασε αυξητική τάση, λόγω αύξησης της χρήσης κλιματιστικών και μικροσυσκευών. Η ενέργεια αυτή, προέρχεται σε ποσοστό 58% από πετρέλαιο και σε ποσοστό 27,3% από ηλεκτρική ενέργεια, παραγόμενη από λιγνίτη. Το μερίδιο πρωτογενούς ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, είναι μόλις 4% και από φυσικό αέριο 9% (Γιαμά, 2009).

Η κατανάλωση ενέργειας για τις οικιακές συσκευές, το φωτισμό και τον κλιματισμό ανέρχεται στο 18% του συνολικού ενεργειακού ισοζυγίου. Οι κατοικίες με κεντρικό σύστημα θέρμανσης, το οποίο χρησιμοποιεί ως καύσιμο αποκλειστικά το πετρέλαιο, αντιστοιχούν στο 36% του συνόλου. Το υπόλοιπο 64% είναι αυτόνομα θερμαινόμενες κατοικίες που χρησιμοποιούν σε ποσοστό 25% πετρέλαιο, 12% ηλεκτρισμό και 18% καυσόξυλα (Γιαμά, 2009).

Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία, υπάρχουν περίπου 4 εκατομμύρια κτίρια στην Ελλάδα, που καταλαμβάνουν έκταση 552 εκατομμυρίων τετραγωνικών μέτρων. Ο οικιακός τομέας αντιστοιχεί στο 77% του συνόλου, ενώ ο τριτογενής τομέας συμμετέχει με ποσοστό 23%. Τα κτίρια που καλύπτουν στεγαστικές ανάγκες, στην πλειοψηφία τους είναι παλαιά κατασκευαστικά και διαθέτουν Η/Μ εγκαταστάσεις χαμηλής αποδοτικότητας (Dascalaki et al., 2010).

2.1.2 Η ΖΗΤΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα, αυξήθηκε με μεγαλύτερο ρυθμό από το 1990. Η κύρια αύξηση προέρχεται από τον οικιακό και τον τριτογενή τομέα. Ειδικά ο οικιακός τομέας, ήταν το 2006 ο μεγαλύτερος καταναλωτής ηλεκτρικής ενέργειας, με 177 TWh ετήσια κατανάλωση. Πρόκειται για ποσοστιαία αύξηση της τάξης του 94% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, όταν η κατανάλωση του οικιακού τομέα ήταν 91 TWh (Αξαρχή, 2009).

Ενδεικτικά, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα, στην Ελλάδα, αντιστοιχεί σε ποσοστό 32,7% της συνολικής ενεργειακής ζήτησης, ενώ η ενέργεια που καταναλώνεται για θέρμανση αντιστοιχεί στο 91,2% της συνολικής θερμικής ενέργειας. Τα ποσοστά αυτά αναμφίβολα κατατάσσουν τη στέγαση ως τον κύριο καταναλωτή ενέργειας ανάμεσα στον κτιριακό τομέα, ο οποίος δεσμεύει το 25% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της χώρας (Balaras et al., 2007).

Η εικόνα αυτή, ιδιαίτερα την τελευταία διετία, δείχνει τάσεις ανατροπής, με τη χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) να κάνουν την εμφάνισή τους εντονότερα στην εγχώρια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, με την παραγωγή από φωτοβολταϊκά συστήματα και μικρές ανεμογεννήτριες να κερδίζουν συνεχώς έδαφος. Ως έναυσμα και αρωγός σε αυτή την προσπάθεια, υπήρξε αναμφισβήτητη η νομοθεσία τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο και οι ευνοϊκές συνθήκες έναρξης αυτών των δραστηριοτήτων με τη μορφή επιδοτήσεων και πώλησης της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας στο δίκτυο της ΔΕΗ.

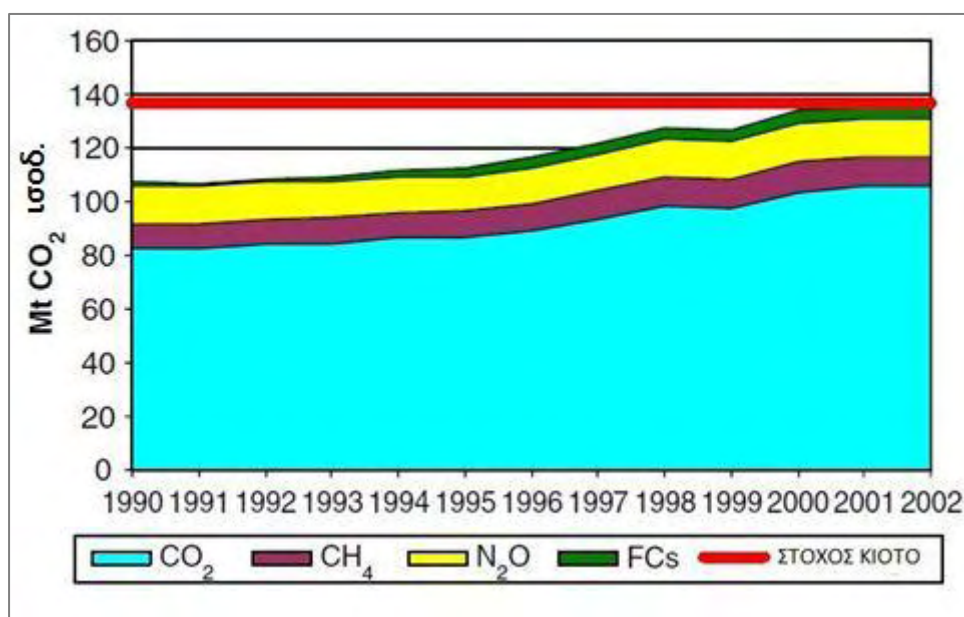
Επιπλέον, το σκηνικό της ενεργειακής εξάρτησης άρχισε να αλλάζει, με την εισαγωγή στην ελληνική αγορά του φυσικού αερίου, το οποίο διέγραψε ακμάζουσα σταθερή πορεία, σημειώνοντας ποσοστά αύξησης 78% κατά τη δεκαετία 1996 – 2006. Η χρήση φυσικού αερίου, αναμένεται να αυξάνεται σταδιακά, με την εγκατάσταση όλο και περισσότερων μονάδων παραγωγής και η ετήσια ζήτηση για αυτό το καύσιμο, αναμένεται να αυξηθεί κατά 2,8% κατά το χρονικό διάστημα 2010-2030 (Tsani, 2010).

2.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ CO₂ ΠΟΥ ΕΚΛΥΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Η Ελλάδα, ως χώρα που συνυπέγραψε το Πρωτόκολλο του Κιότο, πρέπει να συμμορφωθεί με τις υποχρεώσεις που υποβλήθηκαν από αυτή τη συμφωνία, που αφορούν στη μείωση των εκπομπών CO₂, στις ανεπτυγμένες χώρες, για την περίοδο 2008-2012. Αυτό για τη χώρα μας, μεταφράζεται σε περιορισμό του μέσου ρυθμού αύξησης των εκπομπών έως +25%, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990.

Παρόλο που αυτός ο στόχος, επιτρέπει αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στη χώρα μας, αναγνωρίζοντας με αυτό τον τρόπο το χαμηλότερο επίπεδο ανάπτυξης και συνεπαγόμενα, τη μικρότερη ευθύνη της Ελλάδας, σε σχέση με άλλες ανεπτυγμένες χώρες, έχουν εκφραστεί ανησυχίες, σχετικά με την ικανότητα ενσωμάτωσης των στόχων στην ελληνική πραγματικότητα (Tsani, 2010). Αυτό συνέβη, διότι οι τρέχουσες τάσεις των εκπομπών, οδηγούν σε μια πολύ μεγαλύτερη αύξηση (40%), σε σύγκριση με το επίπεδο διαπραγμάτευσης (Diakoulaki et al., 2006).

Διάγρ. 2.1: Εξέλιξη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην Ελλάδα, 1990-2002.



Πηγή: Επεξεργασία από Diakoulaki et al., 2006.

Κατά την περίοδο 1990-2002, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αυξήθηκαν αισθητά, καταγράφοντας τιμές κατά 23,4% υψηλότερες, σε σχέση με τα επίπεδα του 1990. Η εν λόγω αύξηση, οφείλεται κυρίως στο CO₂, το οποίο αντιπροσωπεύει το 80% του συνόλου των αερίων του θερμοκηπίου. Ο ενεργειακός τομέας, έχει τη μεγαλύτερη ευθύνη στο φαινόμενο των εκπομπών, με συνεισφορά

75%, από το σύνολο του οποίου, περίπου το 90% αναφέρεται σε εκπομπές CO₂. Το συμπέρασμα που εξάγεται εύκολα, είναι ότι, οποιαδήποτε στρατηγική μετριασμού των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, πρέπει να εστιάσει στον τομέα της ενέργειας (Diakoulaki et al., 2006), με μεγαλύτερη έμφαση, στη χώρα μας, στον κτιριακό, λόγω των μεγάλων ενεργειακών απαιτήσεων που παρουσιάζει.

2.3 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ενέργεια, συνιστά θεμελιώδες αγαθό για κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη και αποτελεί πάροχο βασικών αναγκών και υπηρεσιών (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, μαγείρεμα, μεταφορές), καθώς επίσης, ένα κρίσιμο παράγοντα παραγωγής σε όλους σχεδόν τους κλάδους της βιομηχανίας (Koroneos et al., 2011).

Όπως έχει αναφερθεί εκτενώς, η αναβάθμιση του τρόπου ζωής, ευθύνεται κατά κύριο λόγο για τη σημαντική αύξηση των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιριακού τομέα.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, τα νοικοκυριά διαθέτουν το 21% του συνόλου των εξόδων τους για θέρμανση, ψύξη, ΖΝΧ και φωτισμό, που καταλαμβάνει 'τη μερίδα του λέοντος', συγκρινόμενο με άλλους καταναλωτικούς σκοπούς. Σε χώρες όπως η Ελλάδα, αλλά και η Ισπανία, η ενεργειακή κατανάλωση για τις οικιακές ανάγκες, αυξάνεται με σταθερούς ρυθμούς τα τελευταία χρόνια (Balaras et al., 2007).

Η παροχή υπηρεσιών ενέργειας, είναι απόρροια του συνδυασμού διαφόρων τεχνολογιών, όπως των υποδομών (κεφάλαιο), της εργασίας (τεχνογνωσία), των υλικών και της πρωτογενούς ενέργειας. Κάθε ένα από αυτά τα δεδομένα φέρει τη δική του τιμή και είναι εν μέρει υποκατάστατα το ένα του . Από την πλευρά του καταναλωτή, σημασία έχουν η οικονομική αξία και η χρησιμότητα που προκύπτει, από τις υπηρεσίες παροχής ενέργειας. Οι καταναλωτές, συχνά δε γνωρίζουν τις πρώτες φάσεις των εργασιών που απαιτούνται για την παραγωγή ενεργειακών υπηρεσιών και πιθανότατα αυτός είναι και ένας από τους σημαντικότερους λόγους υπερκατανάλωσης (Bilgen et al., 2008).

Δεδομένου ότι η κλιματική αλλαγή, αποτελεί μία από τις πιο πολυδιάστατες και δύσκολες προκλήσεις με τις οποίες βρίσκονται αντιμέτωπες οι σύγχρονες κοινωνίες, η πρόληψη και αντιμετώπιση το προβλήματος έγκειται ως επί το πλείστον

στην αλλαγή του τρόπου με τον οποίο παράγουμε, διανέμουμε και καταναλώνουμε ενέργεια (Bilgen et al., 2008).

2.3.1 Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ

Είναι ευρέως αναγνωρισμένο ότι, η κατανάλωση ενέργειας είναι ένας από τους πιο αξιόπιστους δείκτες ανάπτυξης και ποιότητας ζωής για μια χώρα και η ανάγκη για να ικανοποιηθεί η προβλεπόμενη ζήτηση ενέργειας, πάνω από ένα ορισμένο χρονικό διάστημα, είναι η βάση της χάραξης ενεργειακής στρατηγικής. Η στρατηγική αυτή, λαμβάνει υπόψη της την οικονομική ανάλυση για προσφορά και ζήτηση ενέργειας, καθώς και την εφαρμογή των μέσων για την εξασφάλιση της κάλυψης των ενεργειακών αναγκών σε εθνικό, αλλά και διεθνές πλαίσιο. Επιπλέον, ο εν λόγω σχεδιασμός, πρέπει να γίνεται με γνώμονα πολιτικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές παραμέτρους και να διεξάγεται βάσει ιστορικών στοιχείων, που απευθύνονται σε προγενέστερες μελέτες ενεργειακού σχεδιασμού (Cormio et al., 2003).

Πολλές έρευνες έχουν διεξαχθεί σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα, κάποιες από τις οποίες αποσκοπούν, στο να βρεθεί ο συσχετισμός της εν λόγω κατανάλωσης, σε συνάρτηση με το βιοτικό επίπεδο και τις παραμέτρους που το καθορίζουν. Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, έχουν συλλεχθεί στοιχεία από διάφορες έρευνες, που ανταποκρίνονται κυρίως στην ελληνική πραγματικότητα. Στις εργασίες αυτές, μελετάται ένα αξιόπιστο δείγμα του κτιριακού αποθέματος και εξάγονται σημαντικά συμπεράσματα σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών και οι οποίοι ποικίλουν από οικονομικούς, κατασκευαστικούς, λειτουργικούς, κοινωνικούς.

Οι παράμετροι-κλειδιά για τον προσδιορισμό της ενεργειακής κατανάλωσης είναι το μέγεθος και το σχήμα του κτιρίου, ο προσανατολισμός και η θέση του, η κλιματική ζώνη στην οποία κατατάσσεται, τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού του, το ύψος του εισοδήματος του νοικοκυριού και οι διαθέσιμες ενεργειακές υποδομές και δίκτυα (Balaras et al., 2007).

2.3.2 Η ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΙΣΟΔΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΚΤΙΡΙΑΚΟ ΤΟΜΕΑ

Όπως επισημαίνεται σε έρευνες (Balaras et al., 2007, Santamouris et al., 2007, Tsani, 2010, Theodoridou et al., 2011), των οποίων τα αποτελέσματα θα σχολιαστούν στη συνέχεια, η κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών, συνδέεται άρρηκτα με τις αποδοχές των ενοίκων.

Στην έρευνα των Santamouris et al., συλλέχθηκαν δεδομένα από 1110 νοικοκυριά, στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής, κατά το έτος 2004. Ο διαχωρισμός του δείγματος, έγινε σε επτά κατηγορίες, με βάση το οικογενειακό εισόδημα, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίν. 2.2: Διαχωρισμός ομάδων βάσει εισοδήματος.

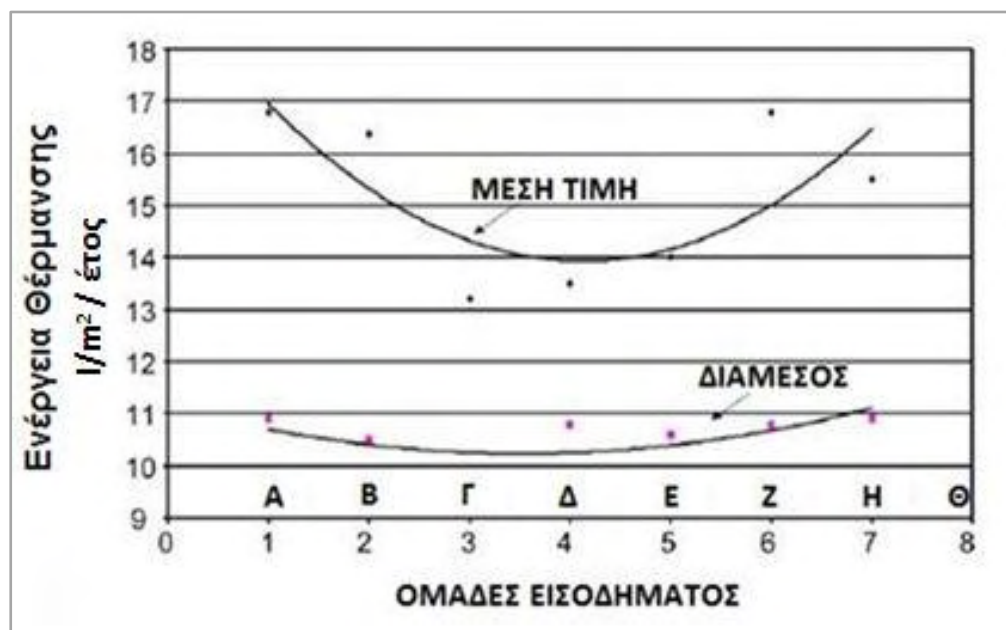
ΟΜΑΔΑ	ΕΤΗΣΙΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ
A	<9.000 Ευρώ/Έτος
B	9.000–13.000 Ευρώ/Έτος
Γ	13.000–24.000 Ευρώ/Έτος
Δ	24.000–36.000 Ευρώ/Έτος
E	36.000–63.000 Ευρώ/Έτος
Z	63.000–100.000 Ευρώ/Έτος
H	>100.000 Ευρώ/Έτος

Πηγή: Επεξεργασία από Santamouris et al., 2007.

Από τα συμπεράσματα που προέκυψαν, διαπιστώθηκε ότι, όσο υψηλότερο είναι το οικογενειακό εισόδημα, τόσο μεγαλύτερη είναι η κατανάλωση ενέργειας που σχετίζεται με την κάλυψη των αναγκών διαβίωσης του νοικοκυριού.

Η μέση τιμή και η διάμεσος της ενεργειακής κατανάλωσης, που καλύπτει τις ανάγκες θέρμανσης ανά τετραγωνικό μέτρο, για τις διάφορες ομάδες εισοδήματος, δίνονται στο διάγραμμα 2.2.

Διάγρ. 2.2: Μέση τιμή και διάμεσος πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης, για όλες τις ομάδες εισοδήματος



Πηγή: Επεξεργασία από Santamouris et al., 2007.

Οι δύο καμπύλες, ακολουθούν κατανομή τύπου U, με καταγραφή υψηλών τιμών κατανάλωσης στα δύο όρια του άξονα X. Όπως βλέπουμε από το διάγραμμα, η υψηλή κατανάλωση ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο, τόσο στην ομάδα χαμηλού εισοδήματος, όσο και στην ομάδα υψηλού εισοδήματος, οφείλεται στο γεγονός ότι η πρώτη ομάδα διαμένει κατά κανόνα σε κτίρια με κακή ποιότητα κτιριακού κελύφους, επομένως απαιτείται μεγάλη ποσότητα ενέργειας, προκειμένου να επιτευχθούν συνθήκες θερμικής άνεσης. Παράλληλα, για τη δεύτερη ομάδα, οι υψηλές τιμές οφείλονται στο γεγονός ότι, η ομάδα αυτή, συνήθως διαμένει σε απομονωμένα σπίτια με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις (Santamouris et al., 2007).

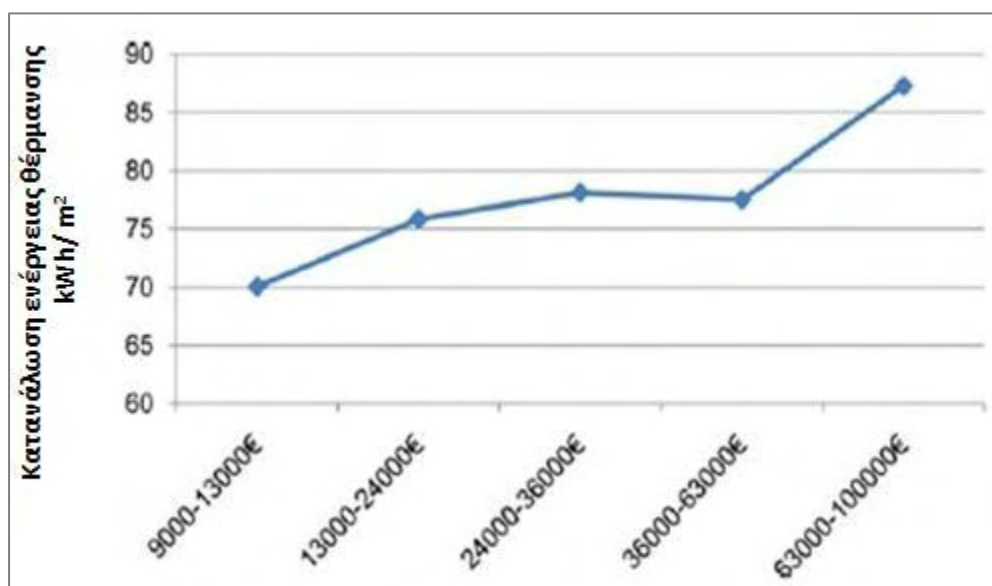
Επισημαίνεται ότι, υπάρχει μια σχεδόν γραμμική σχέση μεταξύ του εισοδήματος και του χρησιμοποιούμενου χώρου ανά νοικοκυριό. Το ποσοστό της μέσης κατεχόμενης περιοχής για την πλουσιότερη εισοδηματικά ομάδα, είναι περίπου 115% υψηλότερο από αυτό που αντιστοιχεί στην εισοδηματικά χαμηλότερη (Santamouris et al., 2007).

Να σημειωθεί επίσης, ότι δεν είναι πάντοτε εφικτό να διασφαλίζονται οι επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασιακές συνθήκες, στα υπάρχοντα, παλαιά, μη επαρκώς μονωμένα κτίρια, κυρίως λόγω των υψηλών απαιτήσεων των τελευταίων σε ενέργεια, σε συνδυασμό με το υψηλό κόστος για θέρμανση και το χαμηλό του

εισοδήματος που συχνά συνοδεύει τους ενοίκους παλαιών κτιρίων (Balaras et al., 2007).

Σε παρόμοια συμπεράσματα, κατέληξε και η έρευνα των Theodoridou et al., σχετικά με το συσχετισμό του εισοδήματος και της καταναλισκόμενης ενέργειας. Εδώ, ο διαχωρισμός γίνεται σε πέντε ομάδες εισοδήματος, όπως φαίνεται στο διάγραμμα, αλλά τα αποτελέσματα, ουσιαστικά, δε διαφέρουν, καθώς είναι ευδιάκριτη η θετική αναλογία μεταξύ κατανάλωσης ενέργειας και ύψους εισοδήματος.

Διάγρ. 2.3: Σχέση κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης και εισοδήματος.



Πηγή: Επεξεργασία από Theodoridou et al., 2011

2.3.2.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ανά τον κόσμο, η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας, και δη ηλεκτρικής, είναι σε μεγάλο βαθμό συνδεδεμένη με διάφορους δείκτες που σχετίζονται με την ποιότητα ζωής. Από καιρό, έχει επισημανθεί ότι η κατά κεφαλήν κατανάλωση ενέργειας, βρίσκεται σε υψηλή συσχέτιση με την οικονομική ανάπτυξη και με άλλους δείκτες του σύγχρονου τρόπου ζωής, συμπεραίνοντας ότι, όσο περισσότερη ενέργεια καταναλώνεται, ιδίως με τη μορφή της ηλεκτρικής ενέργειας, τόσο καλύτερη θεωρείται η ποιότητα ζωής (Mazur, 2011).

Στην εργασία των Santamouris et al., όσον αφορά στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος, υπάρχει μία γραμμικότητα στη σχέση που τη συνδέει με το οικογενειακό εισόδημα. Οι υψηλά εισοδηματικά οικογένειες, πληρώνουν κατά 160% μεγαλύτερους λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος, από τις οικογένειες με χαμηλό

εισόδημα. Από την άλλη πλευρά, η κατά κεφαλή κατανάλωση ενέργειας ανά τετραγωνικό μέτρο καταγράφεται κατά 67% μεγαλύτερη για τη δεύτερη ομάδα, από ότι για την πρώτη (Santamouris et al., 2007).

2.3.2.2 Η ΕΠΙΡΡΟΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η κατάσταση του κτιρίου, δηλαδή, η ηλικία του, η ύπαρξη ή μη, μόνωσης, το είδος των εγκατεστημένων υαλοστασίων, είναι αναμφισβήτητα παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα κατοίκησης και την κατανάλωση ενέργειας.

Σύμφωνα με αποτελέσματα ερευνών, επιβεβαιώνεται ότι, όσο αυξάνεται το εισόδημα, τόσο πιο καινούρια, χρονικά, είναι η κατασκευή της κατοικίας (Theodoridou et al., 2011). Η μέση ηλικία των κατοικιών, των χαμηλότερων εισοδηματικών νοικοκυριών, είναι τα 29 χρόνια, ενώ για τα πλουσιότερα, είναι τα 19 χρόνια (Santamouris et al., 2007).

Όπως διαπιστώθηκε και για τις υπόλοιπες παραμέτρους, έτσι και η ύπαρξη επαρκώς μονωμένου κελύφους, είναι μεταβλητή, που σχετίζεται με το οικογενειακό εισόδημα. Προφανώς, όσο μεγαλύτερο το εισόδημα, τόσο μεγαλύτερο το ποσοστό των οικογενειών που διαμένουν σε κτίρια με μόνωση των εξωτερικών δομικών τους στοιχείων. Από το δείγμα που εξετάστηκε, μόλις το 28% των χαμηλά αμειβόμενων διαμένει σε κτίρια με μόνωση, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για όσους ανήκουν στην υψηλότερη ομάδα εισοδήματος ανέρχεται σε 70%.

Παρόμοια ποσοστά ισχύουν και για την ύπαρξη διπλών υαλοστασίων και τη συσχέτισή τους με τις απολαβές των ενοίκων. Οι χαμηλά αμειβόμενοι, έχουν παράθυρα με διπλά υαλοστάσια σε ποσοστό 24%, ενώ η ομάδα των υψηλά αμειβόμενων, έχει σε ποσοστό 67%. Τέλος, ο συνδυασμός μονωμένου κτιριακού κελύφους και διπλών υαλοστασίων, συναντάται κατά 8% στην πρώτη ομάδα και κατά 60% στη δεύτερη.

Τα αποτελέσματα αυτά, δίνονται συγκεντρωτικά και στον ακόλουθο πίνακα

Πίν. 2.3: Διάφοροι τύποι κτιρίων και ποσοστό νοικοκυριών που διαμένουν σε αυτά.

ΟΜΑΔΑ ΕΙΣΟΔΗΜΑΤΟΣ	ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΜΟΝΩΣΗ (%)	ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΔΙΠΛΟΥΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ(%)	ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ ΣΕ ΜΟΝΩΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ ΜΕ ΔΙΠΛΟΥΣ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ
A: <9.000 Ευρώ/Έτος	28	24	8,00
B: 9.000–13.000 Ευρώ/Έτος	39	33	23,20
Γ: 13000–24.000 Ευρώ/Έτος	43	41	27,30
Δ: 24.000–36.000 Ευρώ/Έτος	54	50	37,60
E: 36.000–63.000 Ευρώ/Έτος	68	62	51,30
Z: 63.000–100.000 Ευρώ/Έτος	73	65	63,20
H: >100.000 Ευρώ/Έτος	70	67	60,00

Πηγή: Επεξεργασία από Santamouris et al., 2007

Ένα σημαντικό στοιχείο που δίνεται από την έρευνα των Theodoridou et al., είναι ότι, αν και ο Ελληνικός Κανονισμός Θερμομόνωσης επιβλήθηκε στη χώρα το 1979, έρευνες έχουν δείξει ότι, ακόμη και τα κτίρια που κατασκευάστηκαν μετά το 1990, τείνουν να παρουσιάζουν μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση από τα παλαιότερά τους. Το παράδοξο αυτό εξηγείται εκ του γεγονότος, ότι, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κελύφους των κτιρίου και των συστημάτων θέρμανσης, αντισταθμίζεται από το υψηλότερο βιοτικό επίπεδο των κατοίκων, το οποίο οδηγεί σε υψηλότερα επίπεδα άνεσης και ως εκ τούτου σε υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας.

Ένας επιπλέον λόγος για την παρατήρηση αυτού του φαινομένου, είναι το γεγονός ότι ο κανονισμός θερμομόνωσης εφαρμόστηκε πλημμελώς για αρκετά χρόνια (Santamouris et al., 2007).

2.3.2.3 Η ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΕΙΣΟΔΗΜΑ

Η μέση ημερήσια διάρκεια θέρμανσης σύμφωνα με την έρευνα των Santamouris et al, είναι 7,5 ώρες. Για τα υψηλά εισοδήματα, η διάρκεια θέρμανσης φτάνει τις 8,5 ώρες. Η μέση θερμοκρασία του σημείου εκκίνησης της θέρμανσης είναι στους 18,4 °C, με τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στις δύο ακραίες ομάδες να κυμαίνεται στον 1 °C.

Για την περίοδο ψύξης, παρατηρείται ότι, η μέση τιμή των εγκαταστημένων μονάδων κλιματισμού είναι 0,6 για τα χαμηλά εισοδήματα και 2,15 για τα υψηλά. Στον πίνακα 2.4, βλέπουμε συγκεντρωτικά τα στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Πίν.2.4: Συσχέτιση εισοδήματος και συνθηκών θέρμανσης – ψύξης.

ΟΜΑΔΑ ΕΙΣΟΔΗΜΑΤΟΣ	ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΩΡΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ/ΗΜΕΡΑ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΘΕΡΜΟΣΤΑΤΗ(°C)	ΚΛΙΜΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΑΝΑ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΟ
A: <9.000 Ευρώ/Έτος	7,5	17,9	0,60
B: 9.000–13.000 Ευρώ/Έτος	7,1	17,9	0,84
Γ: 13000–24.000 Ευρώ/Έτος	6,7	18,3	1,10
Δ: 24.000–36.000 Ευρώ/Έτος	7,6	18,7	1,20
E: 36.000–63.000 Ευρώ/Έτος	7,9	18,5	1,50
Z: 63.000–100.000 Ευρώ/Έτος	8,3	18,7	1,70
H: >100.000 Ευρώ/Έτος	8,5	18,9	2,15

Πηγή: Επεξεργασία από Santamouris et al., 2007.

Στο σημείο αυτό, είναι σκόπιμο να επισημανθεί ότι, οι έρευνες πάνω στον τρόπο χρήσης των κατοικιών από τους ενοίκους, δε γίνεται να είναι τελείως αντιπροσωπευτικές, διότι καθοριστικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας, παίζει η συμπεριφορά των ενοίκων, καθώς η έννοια της άνεσης, όπως την αντιλαμβάνεται ο εκάστοτε χρήστης του κτιρίου, ποικίλει, όπως είναι ευνόητο, ανάλογα με τις προσωπικές προτιμήσεις και επηρεάζει τις εσωτερικές συνθήκες διαβίωσης (Dutil et al., 2011).

2.3.2.4 Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Σχετικά με τον τύπο του κτιρίου, τα αποτελέσματα έχουν δείξει ότι όσο το εισόδημα μεγαλώνει, τόσο μειώνεται η πιθανότητα της διαμονής σε διαμέρισμα, ενώ το 64% των οικογενειών με χαμηλό εισόδημα, διαμένουν σε πολυκατοικίες και πιο συχνά στους χαμηλότερους ορόφους. Το αντίστοιχο ποσοστό της ομάδας των υψηλών εισοδημάτων, που κατοικεί σε διαμέρισμα είναι 48% (Santamouris et al., 2007). Όσον αφορά στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, τα απομονωμένα σπίτια έχουν αυξημένες απαιτήσεις, που είναι κατά 50% υψηλότερες σε σχέση με εκείνες των διαμερισμάτων.

2.4 Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Έχει αποδειχθεί πως, ο κύκλος ζωής των κτιρίων συνδέεται με σημαντικές καταναλώσεις ενέργειας. Η κατασκευή των κτιρίων έχει σημαντική αλληλεπίδραση με το περιβάλλον, καθώς επηρεάζεται από αυτό αλλά και το επηρεάζει, με τη χρήση

γης, πρώτων υλών και ενέργειας, καθώς και με την παραγωγή αποβλήτων, σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής του.

Οι σημαντικότερες καταναλώσεις ενέργειας μη ανανεώσιμων πηγών και αντίστοιχα εκπομπών του θερμοκηπίου εντοπίζονται στο στάδιο της χρήσης του κτιρίου. Η ενέργεια που καταναλώνεται στο στάδιο της χρήσης του κτιρίου, με διάρκεια ζωής τα 50 χρόνια, είναι το 80 – 90% της συνολικής του ενέργειας (Γιαμά, 2009, Sharma et al., 2011). Είναι λοιπόν φανερό, πως η παρέμβαση στον κτιριακό τομέα και ο συνυπολογισμός του περιβαλλοντικού κριτηρίου στη λήψη αποφάσεων δεν αποτελεί απλώς μία σύγχρονη τάση αλλά μία αναγκαιότητα (Γιαμά, 2009).

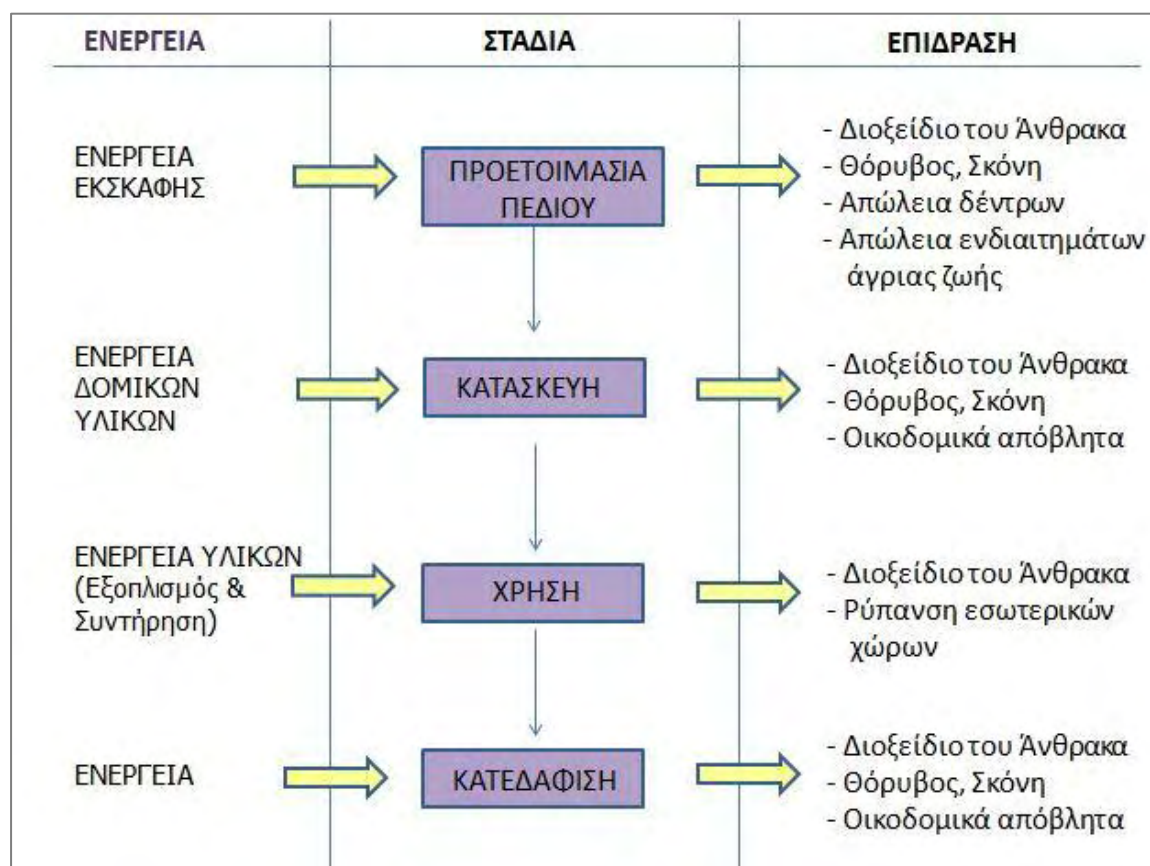
2.5 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΑΝΤΙΚΤΥΠΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥ

Τα υλικά κατασκευής του εκάστοτε κτιρίου, έχουν μεγάλο αντίκτυπο στη γενικότερη επιβάρυνση του περιβάλλοντος και αυτό, συναντάται σε διάφορες μορφές και επίπεδα. Τοπικά, εξαιτίας των εκσκαφών στο χώρο της κατασκευής, παγκοσμίως, ως αποτέλεσμα της έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, προερχόμενο από την ενέργεια που απαιτήθηκε ώστε να κατασκευαστούν τα χρησιμοποιούμενα υλικά και τέλος, στο εσωτερικό του κτιρίου, μέσω των επιπτώσεων στην υγεία των ενοίκων.

Όπως έχει προαναφερθεί, ο κτιριακός τομέας θεωρείται υπεύθυνος για ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας που κυμαίνονται στο 40%-60% της συνολικά παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον, εκτιμήσεις έχουν δείξει ότι η ενέργεια παραγωγής και μεταφοράς δομικών υλικών, αντιστοιχεί σε ποσοστό 8% της πρωτογενούς ενέργειας (Harris, 1999). Εκτός της καταναλισκόμενης ενέργειας, η κατασκευή και η κατεδάφιση κτιρίων επιφέρει και άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που συνδέονται με την εξόρυξη πρώτων υλών, τη διάθεση των αποβλήτων και τις αρνητικές επιδράσεις των δομικών υλικών στην υγεία των ενοίκων και των εργαζομένων στο έργο.

Στο διάγραμμα 2.4, αποδίδεται με σχηματική μορφή, ο αντίκτυπος ενός κτιρίου στο περιβάλλον.

Διάγρ. 2.4: Περιβαλλοντικός αντίκτυπος κτιρίου κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του.



Πηγή: Επεξεργασία από Harris, 1999.

Όπως παρατηρούμε, η πρόκληση θορύβου και οι ρύποι λαμβάνουν χώρα κατά την κατασκευή και κατεδάφιση του κτιρίου και επομένως θεωρούνται παροδικές οχλήσεις. Αντίθετα, η εκπομπή CO₂ είναι μία ρυπογόνος διαδικασία, που συνδέεται με το κτίριο σε όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό, το μέγεθος της επιβλαβούς επίδρασης του κτιριακού τομέα στη συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα.

3 ΚΤΙΡΙΑ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η έννοια του Zero Energy Building (ZEB), έχει κερδίσει διεθνώς μεγάλο ενδιαφέρον κατά τα τελευταία χρόνια και θεωρείται, ως η μελλοντική κατευθυντήρια γραμμή για τον σχεδιασμό των κτιρίων, καθώς αποτελεί μία ρεαλιστική επιλογή προς τη μετρίαση των εκπομπών CO₂ που εκλύονται στην ατμόσφαιρα, κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής των κτιρίων και τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης (Marszal et al., 2011, Robert et al., 2012). Η έννοια του ZEB, εμπεριέχει την ερμηνεία του κτιρίου που καταγράφει μηδενική καθαρή κατανάλωση ενέργειας και μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ετησίως. Συναντάται και με τον όρο ‘Zero Emission Building’, επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον στο γεγονός ότι η αντιστάθμιση ενέργειας από τη χρήση ανανεώσιμων πηγών, συντελεί στη μείωση των εκπομπών CO₂.

Ο σχεδιασμός ενός ZEB, εξαρτάται από έξι παράγοντες. Το μικροκλίμα και το σχεδιασμό του εξωτερικού περιβάλλοντα χώρου, την αρχιτεκτονική μορφή του κτιρίου, τον σχεδιασμό του κτιριακού περιβλήματος, των σχεδιασμό των συστημάτων παροχής ενέργειας καθώς και τον τρόπο κατοίκησης και διαχείρισης του από τους χρήστες.

Ο χρήστης, οφείλει να γνωρίζει τις ανάγκες του κτιρίου και να λειτουργεί αναλόγως, επιπλέον είναι βασικό να είναι ενήμερος για το πώς ο τρόπος που χειρίζεται το κτίριο μεταφράζεται σε κατανάλωση ενέργειας, δηλαδή η συχνότητα που ανοίγει τα παράθυρα, η θερμοκρασία που ορίζει στον θερμοστάτη, η συντήρηση των διαφόρων συστημάτων, η χρήση ενεργειακά αποδοτικών συσκευών και φωτισμού.

3.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ZEB

Σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, ως ‘Zero Energy Building’ (ZEB) νοείται το κτίριο εκείνο που καταγράφει μηδενική καθαρή κατανάλωση ενέργειας και μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), ετησίως.

Ο πρώτος ορισμός του ZEB ήρθε από τη Δανία, κατά τη χρονική περίοδο που το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης ενέργειας της χώρας προοριζόταν για κάλυψη των θερμαντικών αναγκών των κτιρίων, για κλιματισμό και για ζεστό νερό χρήσης. Ως ZEB τότε, ορίστηκε ένα κτίριο οικιακής χρήσης, ενεργειακά αυτόνομο, το οποίο είχε τη δυνατότητα να εξασφαλίζει την απαραίτητη ενέργεια για θέρμανση

και ZNX, κάτω από κανονικές κλιματικές συνθήκες για την περιοχή (Todorovic B., 2011). Σύμφωνα με τον ίδιο συγγραφέα, το ZEB είναι ένας συμβατικός όρος, διότι ένα κτίριο δε μπορεί να έχει μηδενική κατανάλωση, καθώς και απαιτεί και καταναλώνει ενέργεια. Επομένως, το ZEB είναι ένα σύνθετος θεωρητικός όρος, που λαμβάνει υπόψη ιδιαίτερα αποδοτικά σχεδιαστικά πρότυπα, την επιλογή προηγμένων υλικών κατασκευής, ενεργειακά αποδοτικά συστήματα και εξοπλισμούς που ελαχιστοποιούν τις ενεργειακές απαιτήσεις, την αειφορία και τέλος τη μείωση των εκπομπών CO₂.

Υπάρχουν όμως και ορισμοί που υποστηρίζουν ότι η έννοια του ZEB πρωτίστως αναφέρεται στην ετήσια κατανάλωση ενέργειας, την απαιτούμενη για τη λειτουργία του κτιρίου και συγκεκριμένα, εκείνη που καλύπτει τις ανάγκες για θέρμανση, ψύξη, αερισμό και φωτισμό (Ferrante et al., 2011, Hernandez et al., 2010).

Παρά τους προσδιορισμένους διεθνείς στόχους και την προσοχή που δόθηκε στα ZEB, υπάρχουν δύο σημαντικές προκλήσεις, οι οποίες πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν την πλήρη ενσωμάτωση της έννοιας των ZEB στους διεθνείς κώδικες και τα διεθνή πρότυπα. Οι προκλήσεις αυτές περιλαμβάνουν την υιοθέτηση ενός κοινού και μονοσήμαντου ορισμού και την ανάπτυξη μιας επίσημης και κοινής μεθοδολογίας, για τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου (Marszal et al., 2011).

3.1.1 ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ

Τα ZEB, ανάλογα με τον τρόπο που λαμβάνουν την ηλεκτρική ενέργεια, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Σε αυτά που είναι συνδεδεμένα με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και εκείνα που είναι αυτόνομα. Και στις δύο περιπτώσεις, το κτίριο είναι ταυτόχρονα ο παραγωγός και ο καταναλωτής της ενέργειας. Η κύρια διαφορά είναι η σύνδεση με την ενεργειακή πηγή (Marszal et al., 2011).

Το διασυνδεδεμένο με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας ZEB, έχει τη δυνατότητα τροφοδότησης με ενέργεια από το δίκτυο αλλά και της διοχέτευσης της περίσσειας ενέργειας σε αυτό, αποφεύγοντας με αυτό τον τρόπο την επιτόπια αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας (Marszal et al., 2011). Από αυτό, συμπεραίνουμε ότι ένα ZEB που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο, είναι κτίριο που παράγει ενέργεια, αλλά επιπλέον έχει την ευελιξία της αλληλεπίδρασης με το δίκτυο τόσο για να πάρει, όσο και για να αποδώσει ενέργεια, ώστε να αντισταθμίσει όση χρησιμοποίησε για κάλυψη των αναγκών του σε ετήσια βάση (Lund et al., 2011).

Το μη διασυνδεδεμένο, αυτόνομο ενεργειακό κτίριο, παράγει την ενέργεια που χρειάζεται επιτόπου και χρησιμοποιεί συστήματα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, για να τα αξιοποιήσει σε περιόδους υψηλής ζήτησης, όπως ενδεχομένως θεωρούνται οι καλοκαιρινοί μήνες, με υψηλές απαιτήσεις ψύξης ή οι χειμερινοί μήνες, με υψηλές απαιτήσεις θέρμανσης, αντίστοιχα (Todorovic B., 2011). Δηλαδή, αυτός ο τύπος ZEB δεν ανταλλάσσει ενέργεια με εξωτερικές πηγές, αλλά αντισταθμίζει τη ζήτηση με την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (Lund et al., 2011, Todorovic B., 2011).

3.1.2 H ENNOIA TOY 'NEARLY ZERO ENERGY BUILDING'

Ο όρος 'nearly zero energy building' καθιερώθηκε με την οδηγία της ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων (2002/91/EC, EPBD), σύμφωνα με την οποία, ορίζεται ότι τα κράτη-μέλη οφείλουν να μεριμνήσουν, ώστε μέχρι 31 Δεκεμβρίου 2020, όλα τα νέα κτίρια, να είναι κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας και από τις 31 Δεκεμβρίου 2018, όλα τα δημόσια κτίρια να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας (Eceee, 2011, Marszal et al., 2011, Schimschar et al., 2011, Todorovic B., 2011). Θέτοντας αυτό το στόχο, με το συγκεκριμένο χρονικό ορίζοντα σε ευρωπαϊκό επίπεδο, τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας θα πρέπει να είναι πραγματικότητα στα επόμενα οκτώ χρόνια.

Η έννοια του 'nearly zero energy building' προϋποθέτει ότι, το κτίριο είναι ενεργειακά ιδιαίτερα αποδοτικό, δηλαδή απαιτεί πολύ μικρά ποσά ενέργειας για τη λειτουργία του, τα οποία πρέπει να καλύπτονται σε μεγάλο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων και εκείνων που παράγονται επιτόπου (Eceee, 2011).

Σύμφωνα πάλι με την οδηγία 2002/91/EC, η πρωτογενής ενέργεια που χρησιμοποιεί ένα τέτοιο κτίριο, θα πρέπει να είναι ένα μέγεθος για τον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου κτιρίου (Marszal et al., 2011, Todorovic B., 2011).

3.1.3 NET ZERO ENERGY BUILDING (NZEB)

Με τον όρο Net Zero Energy Building (nZEB), περιγράφεται ένα κτίριο, που είναι συνδεδεμένο με το δίκτυο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και παρουσιάζει πολύ υψηλή ενεργειακή επίδοση (Todorovic B., 2011). Το nZEB, ισοσταθμίζει τη χρήση πρωτογενούς ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών του με τέτοιο τρόπο, ώστε το ποσό της ενέργειας με το οποίο τροφοδοτεί το δίκτυο ηλεκτρισμού να ισοδυναμεί με το ποσό εκείνο που χρησιμοποιεί από το δίκτυο ή από άλλη πηγή παραγωγής ενέργειας (Hernandez et al., 2010, Robert et al., 2012). Πρακτικά, ένα nZEB χρησιμοποιεί το δίκτυο ηλεκτρισμού τόσο ως πηγή, όσο και ως καταβόθρα ηλεκτρικής ενέργειας, αποφεύγοντας έτσι την επιτόπια αποθήκευση της παραγόμενης ενέργειας (Ferrante et al., 2011).

Επιπλέον, ένα τέτοιο κτίριο, παράγει ενέργεια όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν και χρησιμοποιεί την ηλεκτρική ενέργεια του δικτύου παροχής το υπόλοιπο χρονικό διάστημα. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι ένα nZEB χρησιμοποιεί πρωτογενή ενέργεια μεγαλύτερη των 0 kWh/m² ανά έτος (Todorovic B., 2011).

3.1.4 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ 'ZEB'

Στην Ελλάδα, η γνωριμία με την έννοια του ZEB έγινε μέσω του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού (Ν.4067/2012), όπου, σύμφωνα με το άρθρο 2 αυτού, ορίζονται τα 'Κτίρια Ελάχιστης Ενεργειακής Κατανάλωσης' ως κτίρια που, τόσο από το βιοκλιματικό σχεδιασμό τους όσο και από τη χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, παρουσιάζουν πολύ υψηλή ενεργειακή κατάταξη σύμφωνα με τον KENAK, όπως ισχύει και ότι, η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία της χρήσης τους, καλύπτεται από ανανεώσιμες πηγές, μονάδες Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Αποδοτικότητας (ΣΗΘΥΑ), καθώς και της παραγομένης ενέργειας επιτόπου ή πλησίον.

Η απαραίτητη ενέργεια που χρησιμοποιείται από 'Κτίρια Μηδενικής Κατανάλωσης Ενέργειας' παράγεται επιτόπου, χρησιμοποιώντας κυρίως συνδυαστικά διαφορές τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας, όπως η Ηλιακή και η Αιολική, καθώς και η Γεωθερμική. Με τη σύγχρονη χρήση ιδιαίτερα αποδοτικών τεχνολογιών κλιματισμού και φωτισμού, άλλα και με τη μελέτη του κατάλληλου συστήματος εξαερισμού, επιτυγχάνεται μία ικανοποιητική μείωση της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι ο χρήστης παίζει ένα

πολύ σημαντικό ρόλο στην τελική απόδοση της κατασκευής, διότι είναι εκείνος τελικά που αλληλεπιδρά και σχετίζεται άμεσα με την εύρυθμη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος, όπως είναι ένα κτίριο.

3.2 ΝΕΟΣ ΟΙΚΟΔΟΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Ο Νέος Ελληνικός Οικοδομικός Κανονισμός (Ν.4067/2012), σύμφωνα με το άρθρο 25, θέλοντας να εναρμονιστεί με το κλίμα περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος και εξοικονόμησης ενέργειας σε κτιριακό επίπεδο, προβλέπει μία σειρά κινήτρων και ελαφρύνσεων για κτίρια που φέρουν μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση.

Συγκεκριμένα, αν το κτίριο κατατάσσεται στην ανώτερη ενεργειακή κατηγορία, που βάσει του ΚΕΝΑΚ είναι η Α+ και σύμφωνα με τον ενεργειακό σχεδιασμό του απαιτείται η ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας μέσω συστημάτων εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και μονάδων Συμπαράγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Αποδοτικότητας (ΣΗΘΥΑ), καθώς και συστημάτων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τότε δίνεται κίνητρο αύξησης του συντελεστή δόμησης κατά 5%.

Επιπροσθέτως, προσφέρεται ειδική αύξηση του συντελεστή δόμησης κατά 10% σε κτίρια ελάχιστης ενεργειακής κατανάλωσης που παρουσιάζουν παράλληλα εξαιρετική περιβαλλοντική απόδοση. Τα εν λόγω κτίρια, θα πρέπει να παρουσιάζουν ετήσια πρωτογενή ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση, κλιματισμό, φωτισμό, αερισμό και ζεστό νερό χρήσης κάτω των 10 kWh/m²/έτος. Η όλη ενεργειακή μελέτη θα πρέπει να εκπονείται σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, και είναι δυνατόν να συμπληρώνεται με ειδικά υπολογιστικά δεδομένα που προκύπτουν από την προσομοίωση του κτιρίου με αναγνωρισμένα διεθνώς υπολογιστικά εργαλεία ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Στα κτίρια αυτά πρέπει αναγκαστικά να περιλαμβάνονται συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παράλληλα, πρέπει να τεκμηριώνεται η εξαιρετική περιβαλλοντική τους απόδοση² με χρήση διεθνώς αναγνωρισμένης μεθοδολογίας περιβαλλοντικής αξιολόγησης, όπως το LEED ή άλλη ισοδύναμη διεθνής μεθοδολογία.

² Ως εξαιρετική περιβαλλοντική απόδοση θεωρείται αυτή που είναι ισοδύναμη ή καλύτερη από τη χρυσή πιστοποίηση LEED.

3.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ZERO ENERGY BUILDINGS

3.3.1 ΟΙ ΠΡΩΤΕΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΣ ΓΙΑ ZEB

Οι τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν, με σκοπό την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, έχουν τις ρίζες τους στα τέλη της δεκαετίας του 1930, όπου το Solar House I που κατασκευάστηκε από ερευνητές του MIT και χρησιμοποιούσε ηλιακούς συλλέκτες για θέρμανση και διατάξεις αποθήκευσης νερού για χρήση, θεωρείται ένα από τα πρώτα εγχειρήματα προς τη δημιουργία ZEB (Dutil et al., 2011). Η συνέχεια δόθηκε με την κατασκευή του “Bliss House” το 1955, που χρησιμοποιούσε ηλιακούς συλλέκτες και πέτρες ως θερμική μάζα για αποθήκευση θερμότητας και το 1970 κατασκευάστηκε το ‘Vagn Korsgaard Zero Energy Home’ στη Δανία (Dutil et al., 2011, Ferrante et al., 2011). Σε αυτές τις περιπτώσεις, τα κτίρια που μελετήθηκαν παρουσίαζαν σχεδόν μηδενική ζήτηση για θέρμανση, κατά τη διάρκεια του έτους, γεγονός που επιτεύχθηκε με πολύ καλά μονωμένα κτιριακά κελύφη (Hernandez et al., 2010).

3.3.2 Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ BEDDINGTON ZERO ENERGY DEVELOPMENT (BEDZED)

Ένα από τα πιο διάσημα παραδείγματα ZEB είναι αυτό του Beddington Zero Energy Development (BedZED), στο Λονδίνο. Σχεδιάστηκε από τον αρχιτέκτονα Bill Dunster, με σκοπό να υποστηρίξει ένα βιώσιμο τρόπο ζωής και περιλαμβάνει 82 κατοικίες 17 γραφεία, σε μία έκταση 1.405 τετραγωνικών μέτρων.

Το έργο, συνδυάζει την κατοικία με την εργασία, μεγιστοποιεί τη σύνδεση μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών και ελαχιστοποιεί τις μηχανοκίνητες μετακινήσεις. Η μελέτη των κτιρίων αξιοποιεί πλήρως τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, όπου τα τριώροφα κτίρια είναι προσανατολισμένα στον άξονα ανατολής-δύσης, οι κύριοι χώροι βρίσκονται στο νότο, ενώ στις στέγες έχουν δημιουργηθεί κήποι, δίνοντας τη δυνατότητα σε κάθε διαμέρισμα να έχει το δικό του χώρο πρασίνου (Marsh, 2002).

Επιπλέον, το κτίριο τροφοδοτείται με ηλεκτρική ενέργεια μέσω φωτοβολταϊκών ηλιακών συστημάτων, οι συσκευές είναι ειδικά επιλεγμένες ώστε να καταναλώνουν την ελάχιστη δυνατή ενέργεια, με αποτέλεσμα κάθε σπίτι να σημειώνει ποσοστά εξοικονόμησης έως 60%. Στην ίδια λογική κυμαίνεται και η εξοικονόμηση σε υδατικούς πόρους, όπου έχουν κατασκευαστεί δεξαμενές στα

θεμέλια των κτισμάτων για αποταμίευση του βρόχινου νερού και του νερού από ανακύκλωση, συντελώντας στη μείωση της κατανάλωσης κατά 33%, σε σχέση με τις συμβατικές κατοικίες (www.kathimerini.gr).

Η κατανάλωση πετρελαίου είναι σχεδόν μηδενική, αφού οι καθημερινές ανάγκες των κατοίκων καλύπτονται από ένα σταθμό συμπαραγωγής θερμότητας, ο οποίος κινείται με βιοκαύσιμα που με την κατάλληλη τεχνολογία καύσης έχουν μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.

Τα δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του BedZED είναι επαναχρησιμοποιημένα ή ανακυκλωμένα, το 52% των οικοδομικών υλικών μεταφέρθηκαν από περιοχές μέγιστης ακτίνας 60 χλμ., χωρίς δηλαδή να επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με τις μεταφορές και η επιλογή ξύλινων κουφωμάτων αντί του PVC εξοικονόμησε 800 τόνους εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα (www.kathimerini.gr).

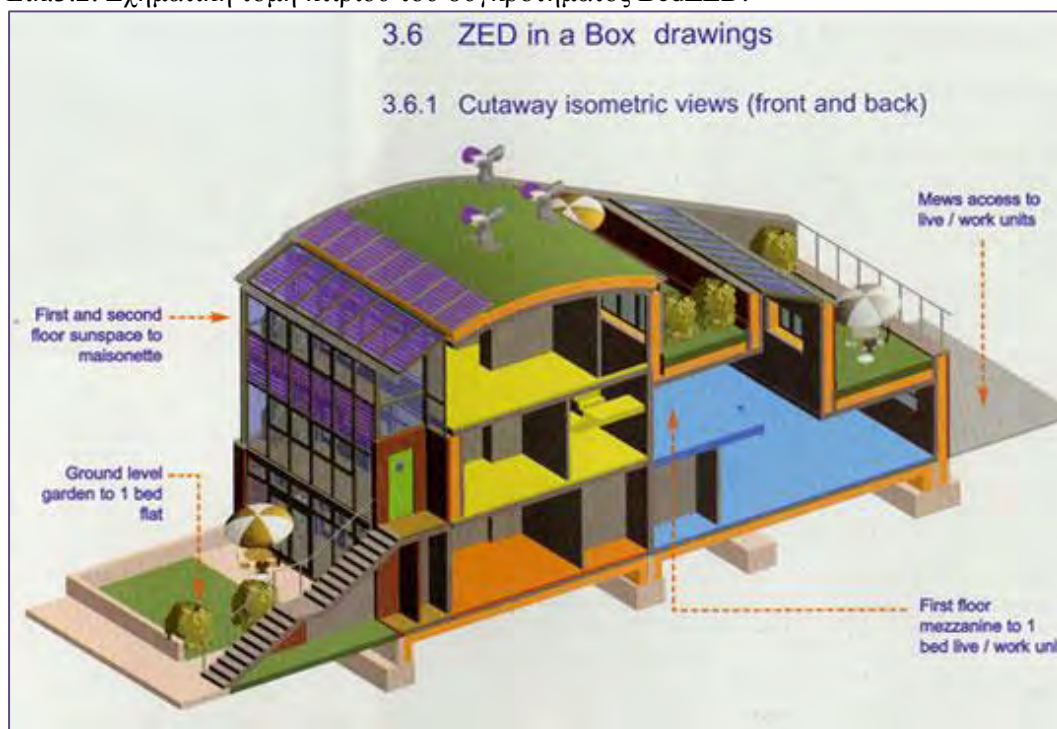
Ο σχεδιασμός του BedZED, ως προς την ανάγκη των μετακινήσεων των κατοίκων του, έγινε ώστε να προωθήσει το περπάτημα και η χρήση ποδηλάτου, αλλά τα μέσα μαζικής μεταφοράς. Στη συνεισφορά της εξοικονόμησης ενέργειας από τις μεταφορές, εδραιώθηκε το carpooling, δηλαδή η κοινή χρήση ιδιωτικών οχημάτων από τους πολίτες, το οποίο σε συνδυασμό με τις υπόλοιπες πρωτοβουλίες, αποτελεί μέρος μιας αναβαθμισμένης στρατηγικής στο ζήτημα των μετακινήσεων. Ο στόχος του BedZED ως προς την ανάπτυξη των 'πράσινων' μεταφορών, είναι η μείωση κατά 50 % στην κατανάλωση ορυκτών καυσίμων κατά τη διάρκεια των επόμενων 10 ετών, σε σύγκριση με ένα συμβατικό μοντέλο μετακινήσεων (Andrews, 2008).

Στη συνέχεια παραθέτονται ορισμένες φωτογραφίες από το συγκρότημα του BedZED.

Εικ.3.1: Πανοραμική άποψη του συγκροτήματος BedZED.

Πηγή: www.inhabitat.com

Εικ.3.2: Σχηματική τομή κτιρίου του συγκροτήματος BedZED.

Πηγή: www.inhabitat.com

3.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Η αναγκαιότητα τεκμηρίωσης της λειτουργίας των κτιρίων, έκανε επιτακτική τη δημιουργία πλαισίων αξιολόγησης της απόδοσης των κατασκευών, με στόχο τόσο την αποφυγή ασυνεπειών στο σχεδιασμό, όσο και την ευρύτερη διάδοση ορθών περιβαλλοντικών σχεδιαστικών λύσεων (Azhar et al., 2011).

Τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης είναι περιβαλλοντικά εργαλεία διαχείρισης, που στόχο έχουν τη βιωσιμότητα, με παράλληλα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη, δίνοντας έμφαση και στην ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος (www.usgbc.org). Αποτελούν ολοκληρωμένα εργαλεία, τα οποία βασίζονται στη φιλοσοφία των ενεργειακών ελέγχων, επεκτείνονται όμως και σε άλλα περιβαλλοντικά θέματα, όπως τη χρήση νερού, την ποιότητα εσωτερικού αέρα, την επιλογή υλικών, τη διαχείριση αποβλήτων κ.α.

Είναι ουσιαστικά, συστήματα, των οποίων η δομή στηρίζεται στη συλλογή μονάδων και έχουν σχεδιαστεί για να αξιολογούν νέα και υφιστάμενα κτίρια, με βάση συγκεκριμένο πρότυπο αξιολόγησης της περιβαλλοντικής επίδοσης. Ο βιώσιμος σχεδιασμός, στοχεύει στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικών θεμάτων στον κύκλο ζωής των κτιρίων και συγκεκριμένα στο στάδιο του σχεδιασμού, της κατασκευής και της λειτουργίας. Τα κριτήρια, με βάση τα οποία αξιολογούνται και επιλέγονται τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης είναι τα ακόλουθα (Γιαμά, 2009):

- Μετρησιμότητα: Αν το σύστημα χρησιμοποιεί μετρήσιμα χαρακτηριστικά για να ενσωματώνει το βιώσιμο σχεδιασμό στον κύκλο ζωής του κτιρίου.
- Εφαρμοσιμότητα: Αν το σύστημα μπορεί να εφαρμοστεί σε όλους τους τύπους κτιρίων (εμπορικά, κατοικίες, γραφεία, νοσοκομεία κ.α.).
- Διαθεσιμότητα: Αν το σύστημα μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλες χώρες με ευκολία.³
- Ανάπτυξη: Με βάση ποιά μεθοδολογία έχει δημιουργηθεί το σύστημα αξιολόγησης.⁴
- Χρηστικότητα: Αν είναι πρακτικό και φιλικό προς το χρήστη.

³ Δηλαδή, αν μπορεί ένα ευρωπαϊκό κτίριο κατοικίας να πιστοποιηθεί με ένα αμερικανικό σύστημα αξιολόγησης και το αντίστροφο.

⁴ Αν βασίζεται στη νομοθεσία, σε πρότυπα, σε περιβαλλοντικά εργαλεία όπως η AKZ (Ανάλυση Κύκλου Ζωής) και τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης.

- Ωριμότητα: Το κριτήριο αυτό σχετίζεται με το έτος δημιουργίας του συστήματος, τον αριθμό των κτιρίων που έχει πιστοποιήσει, το έτος αναδιαμόρφωσης του συστήματος.
- Τεχνικό περιεχόμενο: Σχετίζεται με την εξέταση των περιβαλλοντικών πτυχών κατά τη διαδικασία της πιστοποίησης.
- Επικοινωνία: Ο τρόπος με τον οποίο ανακοινώνονται τα αποτελέσματα της διαδικασίας αξιολόγησης. Πώς γνωστοποιείται στο κοινό και στους οργανισμούς ένα πιστοποιημένο κτίριο.
- Κόστος: Περιλαμβάνει το κόστος του κτιρίου κατά τη διαδικασία αξιολόγησης.

3.4.1 LEED (LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN)

Το LEED, αποτελεί ένα σύστημα περιβαλλοντικής αξιολόγησης και πιστοποίησης κτιρίων, το οποίο θεωρείται το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο και αποδεκτό σύστημα αξιολόγησης στις ΗΠΑ (Briller, 2011), που είναι ταυτοχρόνως και ιδιαίτερα αναγνωρισμένο διεθνώς. Αναπτύχθηκε το 1998, από το USGBC (US Green Building Council) και από τότε συνεχώς εξελίσσεται, καθώς νέες τεχνολογίες και προϊόντα εισέρχονται στην αγορά, και καινοτόμες τεχνικές σχεδιασμού και πρακτικές κατασκευής αποδεικνύονται αποδοτικές.

Το LEED είναι ένα σύστημα που βασίζεται στην απόδοση ποσοτικοποιημένων προτύπων, με τη βοήθεια των οποίων γίνεται αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης μιας κατασκευής κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής της, παρέχοντας μια ολιστική προσέγγιση της όλης διαδικασίας. Έτσι, παρέχει ένα πλήρες πρότυπο για το τι σημαίνει 'πράσινο' κτίριο στον σχεδιασμό, την κατασκευή και την λειτουργία (Leed, 2009).

Το σύστημα αξιολόγησης LEED, για νέες κατασκευές και ριζικές ανακαινίσεις, βαθμολογεί τις κατασκευές στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Βιωσιμότητα του επιλεγμένου χώρου, όπου αξιολογούνται παράμετροι όπως οι επιλογές που παρέχονται για μετακίνηση των χρηστών, η μεγιστοποίηση των ελεύθερων χώρων, οι επιπτώσεις της κατασκευής στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και η φωτορύπανση.

2. Αποδοτικότητα διαχείρισης υδάτων, όπου αξιολογούνται παράμετροι όπως, η χρήση καινοτόμων τεχνολογιών στην διαχείριση αποβλήτων και η μείωση κατανάλωσης νερού.
3. Ενέργεια και ατμόσφαιρα, με παραμέτρους όπως η βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, η χρήση ΑΠΕ και η διαχείριση της ψυκτικής λειτουργίας της κατασκευής.
4. Υλικά και πόροι, όπου γίνεται αξιολόγηση της διαχείρισης των οικοδομικών απορριμμάτων κατά την κατασκευή, η χρήση ανανεώσιμων υλικών, η επαναχρησιμοποίηση υλικών όπου αυτό είναι δυνατόν, η χρήση τοπικών υλικών και η χρήση πιστοποιημένης ξυλείας.
5. Ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος, όπου αξιολογούνται παράμετροι όπως ο εξαερισμός των εσωτερικών χώρων, η χρήση υλικών χαμηλών εκπομπών επιβλαβών ουσιών, η δυνατότητα ελέγχου των συστημάτων θέρμανσης και φωτισμού του χώρου, η ποιότητα του φυσικού φωτισμού και η θερμική άνεση.
6. Καινοτομία σχεδίασης.
7. Έμφαση στην περιφερειακή περιβαλλοντική πολιτική, δίνοντας προτεραιότητα στην ιδιομορφία του εκάστοτε τόπου.

Η πιστοποίηση χορηγείται μετά από βαθμολόγηση των κτιρίων, εξετάζοντας το βαθμό στον οποίο η εκάστοτε κατασκευή πληροί τα παραπάνω κριτήρια και ανάλογα με τους πόντους που συγκεντρώνονται, κατατάσσεται στις ακόλουθες κατηγορίες (**Leed, 2009**):

- Πιστοποιημένο: 40-49 πόντοι
- Ασημένια Πιστοποίηση: 50-59 πόντοι
- Χρυσή Πιστοποίηση: 60-79 πόντοι
- Πλατινένια Πιστοποίηση: 80 πόντοι και άνω

3.4.2 BREEAM (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHOD)

Το BREEAM, είναι ένα εργαλείο αξιολόγησης ‘πράσινων κτιρίων’, που δημιουργήθηκε το 1990, από τον οργανισμό Building Research Establishment (BRE) και αποτελεί μία ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο. Αξίζει να σημειωθεί, ότι υπήρξε

το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο εργαλείο μέτρησης της περιβαλλοντικής απόδοσης κτιρίων (Haario, 2012).

Σύμφωνα με την επίσημη σελίδα του οργανισμού, 'το BREEAM, έθεσε τις βάσεις για τη δημιουργία μιας βέλτιστης πρακτικής στην αξιολόγηση της αειφόρου ανάπτυξης στον κτιριακό τομέα και εξελίχθηκε σε ένα από τα πιο ολοκληρωμένα εργαλεία αξιολόγησης της περιβαλλοντικής απόδοσης των κτιρίων.'

Το BREEAM, έχει αναπτύξει πρότυπα συστήματα για την εκτίμηση των κτιρίων (BREEAM schemes), τα οποία αναφέρονται σε διάφορους τύπους και χρήσεις κτιρίων, οικιακά και μη. Τα πρότυπα αυτά είναι τα ακόλουθα (www.breeam.org):

- BREEAM New Construction
- BREEAM Refurbishment
- Code for Sustainable Homes
- BREEAM Communities
- BREEAM In-Use
- BREEAM 2011⁵

Στη συνέχεια, θα γίνει αναφορά στο 'Code for Sustainable Homes', που αναφέρεται στο πρότυπο που 'έχει αναπτύξει ο οργανισμός για τις κατοικίες.

Ο προάγγελος του Code for Sustainable Homes υπήρξε το εργαλείο 'EcoHomes', που έκανε την εμφάνιση του το 2000 και σύμφωνα με αυτό το πρότυπο πιστοποιήθηκαν πάνω από 200.000 κατοικίες. Το 2007, ανακοινώθηκε το Code for Sustainable Homes, για την αξιολόγηση νέων κατοικιών στην Αγγλία, την Ουαλία και τη Νότια Ιρλανδία (BREEAM:EcoHomes).

Το Code for Sustainable Homes (CSH). είναι ένα σχέδιο περιβαλλοντικής αξιολόγησης και πιστοποίησης της απόδοσης νέων κατοικιών, που βασίζεται στο EcoHomes. Αποτελεί ένα εθνικό πρότυπο, που σκοπό έχει την προώθηση της διαρκούς εξέλιξης της αειφόρου ανάπτυξης, στον τομέα των κατοικιών.

Το CSH καλύπτει εννέα κατηγορίες αειφορικού σχεδιασμού (BREEAM: Code for Sustainable Homes):

⁵ Τα πρότυπα αυτά εφαρμόζονται στο Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ έχουν αναπτυχθεί αντίστοιχα πρότυπα BREEAM και για άλλες χώρες, όπως Γερμανία, Νορβηγία, Ολλανδία, Ισπανία, Σουηδία, αλλά και διεθνή (<http://www.breeam.org/podpage.jsp?id=362>).

1. Ενέργεια και Εκπομπές CO₂ (Y)⁶
2. Ύδατα (Y)
3. Υλικά (Y)
4. Επιφανειακή απορροή υδάτων (Y)
5. Διαχείριση Αποβλήτων (Y)
6. Ρύπανση
7. Υγεία και Ευημερία (Y)
8. Διαχείριση
9. Οικολογία

Στον πίνακα που ακολουθεί, παρατίθεται το σύστημα αξιολόγησης σύμφωνα με το CSH.

Πίν. 3.1: Σύστημα βαθμολόγησης του Code for Sustainable Homes

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ	Σύνολο μονάδων, κατηγορία	Σταθμιστικοί Παράγοντες (%)	Σταθμισμένη τιμή κάθε μονάδας
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1 Ενέργεια & εκπομπές CO ₂	31	36,40%	1,17
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2 Υδατα	6	9%	1,50
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3 Υλικά	24	7,20%	0,30
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4 Επιφάνεια και επιφανειακή απορροή	4	2,20%	0,55
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5 Απόβλητα	8	6,40%	0,80
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 6 Ρύπανση	4	2,80%	0,70
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 7 Υγεία και ποιότητα ζωής	12	14%	1,17
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 8 Διαχείριση	9	10%	1,11
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 9 Οικολογία	9	12%	1,33
ΣΥΝΟΛΟ	-	100%	-

Πηγή: Code for Sustainable Homes, Technical Guide (2010).

⁶ Οι κατηγορίες που υποδηλώνονται με '(Y)' αποτελούν υποχρεωτικά πεδία προσέγγισης.

4 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

Βιοκλιματικός σχεδιασμός, είναι ο σχεδιασμός του κτιρίου, που αποσκοπεί στη βέλτιστη εκμετάλλευση των φυσικών και κλιματολογικών συνθηκών, με σκοπό να επιτυγχάνονται οι βέλτιστες εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα, κατά τη διάρκεια όλου του έτους με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, με όλα τα οφέλη που αυτό συνεπάγεται σε οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο, καθώς και στην αναβάθμιση της ποιότητας ζωής εντός του κτιρίου (ΝΟΚ. 4067/2012⁷).

Ο παραπάνω στόχος, στην περίπτωση της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, επιτυγχάνεται με καθαρά σχεδιαστικούς χειρισμούς, ή με διάφορες τεχνικές στην κατασκευή του κτιρίου, περιορίζοντας έτσι την εξάρτηση από το μηχανολογικό εξοπλισμό για τη θέρμανση ή ψύξη των κτιρίων.

Για να επιτευχθεί μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά τη χειμερινή περίοδο, από τη μία πλευρά, πρέπει να περιοριστούν οι θερμικές απώλειες του κτιρίου (απώλειες με αγωγιμότητα και απώλειες αερισμού) και από την άλλη, πρέπει να μεγιστοποιηθούν κυρίως τα θερμικά ηλιακά κέρδη. Αντιστρόφως, για την καλοκαιρινή περίοδο, το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα είναι ο φυσικός δροσισμός του κτιρίου, με ελαχιστοποίηση των θερμικών κερδών και θερμική αποφόρτιση του κτιρίου, μέσω του αερισμού και άλλων τεχνικών. Οι παραπάνω δύο ομάδες θερμικών ροών από και προς το κτίριο (θερμικές απώλειες - θερμικά κέρδη), συνθέτουν στην πραγματικότητα και το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου (www.evonymos.org).

Η σημαντικότητα του βιοκλιματικού σχεδιασμού, άρχισε να γίνεται ευρέως αποδεκτή από τη δεκαετία του 1970 και η εφαρμογή των αρχών του σε πρακτικό επίπεδο, είναι καίριας σημασίας, ώστε να επιτευχθεί ενεργειακή αποδοτικότητα στον κτιριακό τομέα. Παρόλα αυτά, η διαδρομή από την επιστημονική αποδοχή μέχρι την εμπορική αξιοποίηση, είναι μακρά (Karkanias et al., 2010).

4.1 ΤΑ ΚΥΡΙΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΑ ΥΠΑΡΧΟΝΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΥ ΤΟΥΣ

Η άτακτη σε πολλές περιπτώσεις ανοικοδόμηση των πόλεων στην Ελλάδα, κατά παλαιότερες κυρίως δεκαετίες, σε συνδυασμό με την απουσία Κανονισμού

⁷ Ορισμός, σύμφωνα με το άρθρο 2 του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού, Ν.4067/2012.

Θερμομόνωσης μέχρι τη θέσπισή του το 1979⁸, η ελλιπής μελέτη χωροθέτησης και η απουσία περιβαλλοντικής-ενεργειακής προσέγγισης από τους μελετητές, οδήγησε στην κατασκευή πληθώρας κτιρίων, πολύ πυκνά δομημένων, με αυξημένες θερμαντικές ανάγκες και έλλειψη φυσικού φωτισμού, σε μία χώρα με τόση ηλιοφάνεια.

Στα παραπάνω ζητήματα καλείται να δώσει λύσεις και κατευθυντήριες γραμμές ο Ενεργειακός Σχεδιασμός των κτιρίων, τόσο σε θέματα χωροθέτησης, όσο και σε θέματα προσανατολισμού, επιλογής υλικών αλλά και επεμβάσεων, σε καινούρια και υφιστάμενα κτίρια.

Αναφορικά με τη χωροθέτηση του κτιρίου, προτείνεται η κατασκευή του στην πίσω βορινή πλευρά του οικοπέδου, ώστε να αυξηθεί η απόσταση από τα απέναντι κτίρια και να αποφευχθεί κατά το δυνατόν η πιθανότητα σκίασης από παρακείμενα κτίρια, το οποίο και καταργεί ουσιαστικά τα πιθανά ηλιακά οφέλη. Επιπλέον, στη νότια πλευρά, η ύπαρξη υδάτινων επιφανειών ή η ανάπτυξη χαμηλής βλάστησης και φυλλοβόλων δέντρων, παρέχει την επιθυμητή σκίαση και δροσισμό, μέσω εξάτμισης κατά τη θερινή περίοδο (Αξαρχή, 2009, www.evonymos.org). Στη βορινή πλευρά, η οποία και επηρεάζεται κατά κανόνα από τους ψυχρούς ανέμους κατά τη χειμερινή περίοδο, σκόπιμη θεωρείται η φύτευση αιθιαλών δέντρων για την ανάσχεση τους (Colombo et al., 1994, Αξαρχή, 2009).

Οι αυξημένες αστικές θερμοκρασίες έχουν άμεσο αντίκτυπο στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων, ειδικά κατά τη θερινή περίοδο. Επιπλέον, το φαινόμενο της θερμικής αστικής νησίδας ευνοεί την παραγωγή ρυπογόνων ουσιών, την ίδια στιγμή που το οικολογικό αποτύπωμα των πόλεων είναι επαυξημένο (Santamouris, 2006).

Προκειμένου να μετριαστούν οι επιπτώσεις του φαινομένου της θερμικής αστικής νησίδας, έχουν προταθεί πολλές τεχνικές, μία εκ των οποίων είναι η χρήση ιδιαίτερα ανακλαστικών υλικών, αύξηση της φύτευσης και η χρήση καταβόθρων για ψύξη (Fintikakis et al., 2011). Εναλλακτική λύση, αποτελούν τα λευκά και έγχρωμα υλικά, που έχει αποδειχθεί ότι μειώνουν την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, επειδή παρέχουν πολύ μεγάλο βαθμό ανακλαστικότητας και υψηλές τιμές εκπομπών (Synnefa et al., 2007).

⁸ Π.Δ. της 4-7-/1979 - Περί εγκρίσεως κανονισμού δια την θερμομόνωσιν των κτιρίων, ΦΕΚ 362Δ_79.

Από την άλλη πλευρά, έχουν δημιουργηθεί προηγμένα υλικά, τα οποία έχουν θερμοχρωμικές ιδιότητες και παρουσιάζουν μέγιστες τιμές αποδοτικότητας, τόσο κατά τη θερινή όσο και κατά τη χειμερινή περίοδο.

Η αύξηση των χώρων πρασίνου στις πόλεις είναι μία πολύ αποδοτική τεχνική μείωσης της τοπικής υπερθέρμανσης. Επιπλέον, συμβάλλει σημαντικά στη μείωση του θορύβου και στην αναβάθμιση της ποιότητας του ελεύθερου χώρου. Παρόμοιο αποτέλεσμα επιφέρουν και οι 'πράσινες στέγες', οι οποίες μειώνουν σημαντικά τις ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων (Fintikakis et al., 2011).

Επιπροσθέτως, η χρήση καταβοθρών για ψύξη, όπως το νερό, ο ουρανός ή το υπέδαφος, που παρουσιάζουν μειωμένες σταθερές θερμοκρασίες σε σχέση με τον εξωτερικό αέρα, είναι γνωστή τεχνική για την απαγωγή θερμότητας από το εσωτερικό περιβάλλον. (Fintikakis et al., 2011).

4.2 ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

4.2.1 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

Οι γυάλινες επιφάνειες των ανοιγμάτων ενός κτιρίου, αποτελούν τον οικονομικότερο, αποδοτικότερο και απλούστερο ηλιακό συλλέκτη το χειμώνα, αρκεί να έχουν προσανατολισμό νότιο ή μία απόκλιση 30°, ανατολικά ή δυτικά του νότου.

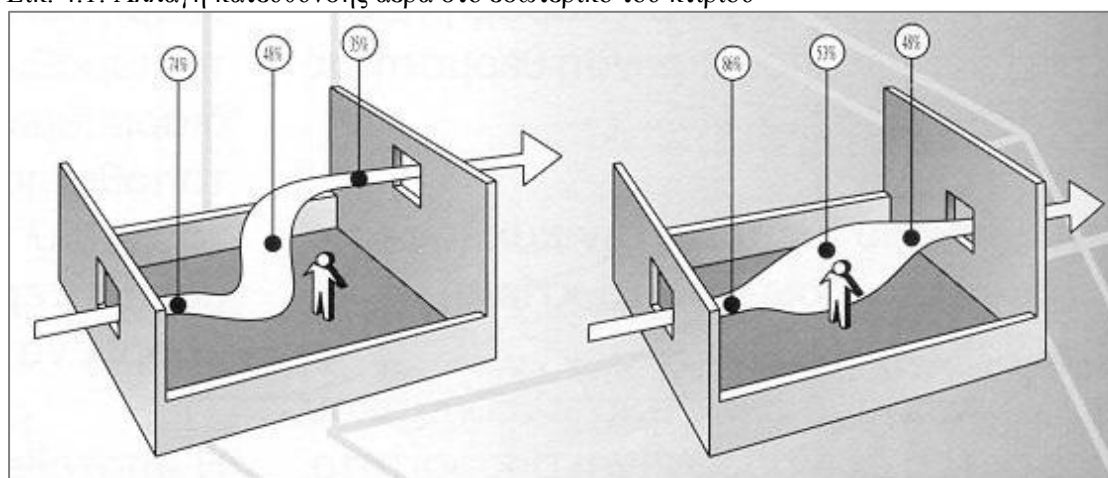
Τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δέχονται το χειμώνα μικρές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας. Αντίθετα, το καλοκαίρι επιτρέπουν την είσοδο επιβαρυντικής ακτινοβολίας. Οι διαστάσεις τους πρέπει να είναι περιορισμένες και επίσης να σκιάζονται είτε από φυλλοβόλα δέντρα, είτε από κατακόρυφες τέντες ή παντζούρια. Τα ανοίγματα με πρόσωπο προς το νότο προτείνεται να καλύπτουν μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας του νότιου τοίχου και τα βορεινά ανοίγματα, πρέπει να είναι λίγα και μικρά, να κλείνουν καλά και να είναι προστατευμένα. Τα τελευταία, παρά το προτεινόμενο μικρό μέγεθός τους, πρέπει οπωσδήποτε να προβλέπονται στο σχεδιασμό των κτηρίων, διότι πέραν της διασφάλισης φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους, παρέχουν τη δυνατότητα διαμπερούς αερισμού το καλοκαίρι, συνεπώς και φυσικού δροσισμού του κτιρίου (T.O.TEE, 2010α).

4.2.2 Η ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

Καθοριστικό παράγοντα στον επαρκή αερισμό του κτιρίου αποτελούν η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων.

Η τοποθέτηση των ανοιγμάτων πρέπει να γίνεται όσο είναι εφικτό, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται διαμπερής αερισμός, δηλαδή, σε περισσότερους από έναν τοίχους σε κάθε χώρο και κατά προτίμηση αντιμέτωπους. Καλύτερες συνθήκες αερισμού επιτυγχάνονται όταν η ροή του αέρα ακολουθεί κίνηση μεταβαλλόμενη μέσα στο χώρο, γιατί έτσι παρατηρείται πιο ομοιόμορφη διανομή του αέρα και επιτυγχάνεται ο φυσικός δροσισμός σε όλους τους χώρους διαβίωσης (Εικ. 4.1) (T.O.TEE, 2010α).

Εικ. 4.1: Αλλαγή κατεύθυνσης αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου



Πηγή: T.O.TEE 20702-5/2010

Όσον αφορά το μέγεθος των ανοιγμάτων, αν το παράθυρο εισόδου είναι μεγαλύτερο από το εξόδου, παρατηρούνται στην περιοχή εισόδου μεγαλύτερες ταχύτητες αέρα. Οι αναλύσεις καταδεικνύουν ότι, η βέλτιστη λύση για μεγιστοποίηση της ροής του αέρα, είναι η εξίσωση των επιφανειών εισόδου και εξόδου (Colombo et al. 1994), με την προϋπόθεση ότι η θέση τους στην τομή του κτιρίου δε βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Δηλαδή, όταν το άνοιγμα εισόδου είναι χαμηλά, το άνοιγμα εξόδου πρέπει να είναι σχετικά ψηλά ή το αντίστροφο (T.O.TEE, 2010α).

4.2.3 ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΟ ΟΙΚΟΠΕΔΟ

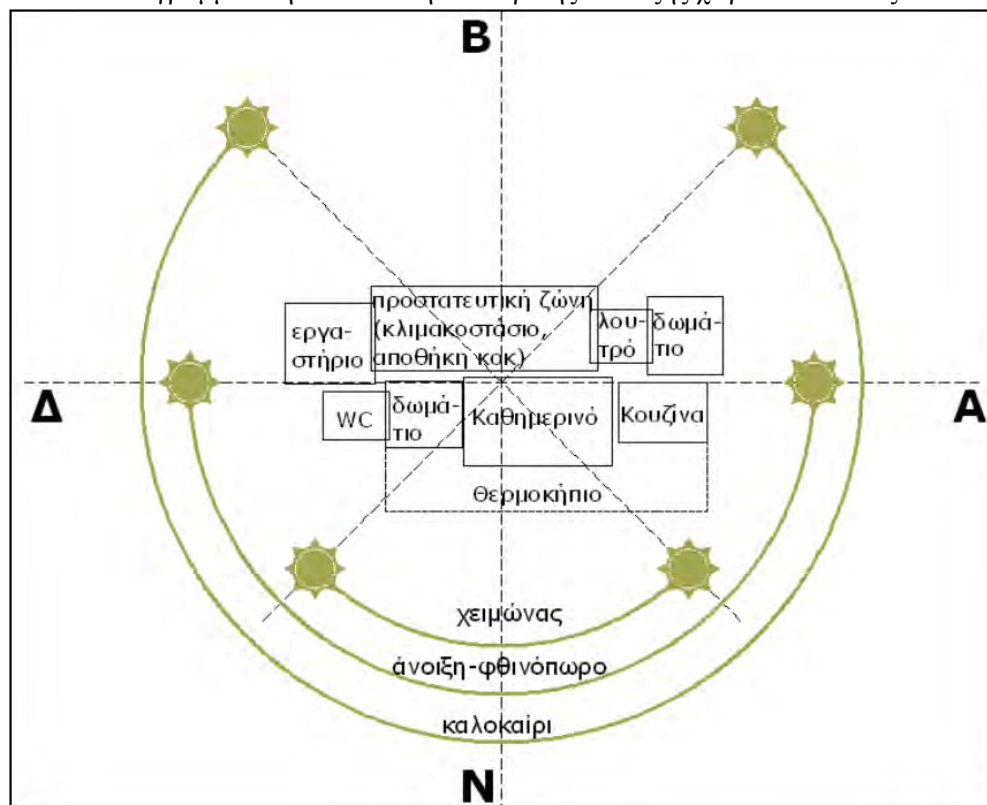
Αν το οικόπεδο είναι νότιο και επιπλέον ελεγχθεί ότι δεν υπάρχει πρόβλημα σκίασης από διπλανά κτίρια, τότε κρίνεται σκόπιμο να αναπτυχθεί το κτίριο κατά τον άξονα Ανατολή - Δύση, ώστε να μεγιστοποιηθεί όσο είναι δυνατό η νότια όψη του. Μία απόκλιση της τάξης των 25° θεωρείται ενεργειακά, οριακά αποδεκτή. Στην

περίπτωση αυτή θα πρέπει να εξεταστεί σοβαρά και η δυνατότητα εφαρμογής παθητικών ηλιακών συστημάτων, έτσι ώστε να ικανοποιηθεί και η δεύτερη απαίτηση για μεγιστοποίηση των θερμικών ηλιακών κερδών (T.O.TEE, 2010α, www.evonymos.org)

4.2.4 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΡΡΥΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ

Κατά το σχεδιασμό της κάτοψης, οι εσωτερικοί χώροι θα πρέπει να τοποθετηθούν έτσι ώστε, όσοι έχουν μεγάλο χρόνο χρήσης και υψηλές επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες (καθιστικό, τραπεζαρία, γραφείο) να χωροθετηθούν στη νότια πλευρά του κτιρίου. Αντίθετα, οι χώροι με περιορισμένο χρόνο χρήσης, που απαιτούν συγκριτικά και χαμηλότερες θερμοκρασίες (μπάνιο, υπνοδωμάτια), θα πρέπει να χωροθετούνται σε ενδιάμεση θερμική ζώνη. Άλλοι βοηθητικοί χώροι, όπως γκαράζ και αποθήκες, θα πρέπει να προβλεφθούν στη βορεινή πλευρά, ώστε να λειτουργούν ως ζώνες θερμικής ανάσχεσης, ανάμεσα στους θερμαινόμενους χώρους και το εξωτερικό περιβάλλον. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνονται οι θερμικές απώλειες από τους κύριους χώρους (www.evonymos.org).

Εικ.4.2 : Διαγραμματική απεικόνιση εσωτερικής διάταξης χώρων κατοικίας



Πηγή: T.O.TEE, 2010α.

4.2.5 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Η θερμομόνωση, έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών και της ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος και τη δημιουργία ενός ευχάριστου εσωκλίματος, με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς με το μικρότερο κόστος (Αραβαντινός, 2003). Παράλληλα συμβάλλει:

- στην αποταμίευση θερμότητας με την εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας των υλικών
- στη διατήρηση υψηλών εσωτερικών επιφανειακών θερμοκρασιών και στην αποτροπή εμφάνισης δρόσου
- στη μείωση των πιθανοτήτων σχηματισμού εσωτερικής συμπύκνωσης λόγω διάχυσης των υδρατμών μέσω των δομικών στοιχείων των κατασκευών
- στην προστασία των δομικών στοιχείων του περιβλήματος του κτιρίου από τις έντονες θερμικές καταπονήσεις

Επιπλέον, η συμβολή της είναι σημαντική και στην προστασία του περιβάλλοντος, διότι με την επίτευξη της εξοικονόμησης ενέργειας μειώνεται η κατανάλωση των ενεργειακών πόρων και επιπροσθέτως, μειώνονται οι εκπομπές CO₂.

Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, η θερμομόνωση πρέπει να τοποθετείται στην εξωτερική πλευρά του κελύφους του κτιρίου, η οποία λειτουργεί εξίσου ικανοποιητικά και το χειμώνα. Έτσι επιτυγχάνεται διπλή προστασία του κελύφους, αλλά και προστασία από φθορές και βλάβες της κατασκευής, από τις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες. Επισημαίνεται ότι, η εξωτερική θερμομόνωση πρέπει να μην είναι εκτεθειμένη άμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον, γιατί υφίσταται φθορές, κυρίως από την υπεριώδη ακτινοβολία. Συνεπώς, η θερμομονωτική στρώση πρέπει να επικαλύπτεται είτε με επίχρισμα είτε με άλλο προστατευτικό υλικό (Τ.Ο.ΤΕΕ, 2010α).

4.3 ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Παθητικά ηλιακά συστήματα, ονομάζονται εκείνα, που εκμεταλλεύονται την ηλιακή ακτινοβολία για θέρμανση ή ψύξη και δεν κάνουν χρήση μηχανικών μέσων για τη μεταφορά της θερμότητας προς το χώρο. Βασίζονται στη φυσική ροή της

θερμικής ενέργειας, εκμεταλλεύονται τις φυσικές ιδιότητες των υλικών του κτιρίου και χρησιμοποιούν, για τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της

θερμότητας, τα δομικά στοιχεία του κελύφους (τοίχους, δάπεδα, οροφές, δώμα) (T.O.TEE, 2010α).

Ο παθητικός ηλιακός σχεδιασμός, είναι μία τεχνική, που χρησιμοποιήθηκε για αιώνες από όλους σχεδόν τους ανώνυμους κτίστες και έχει περάσει μόνο ένα μικρό χρονικό διάστημα, από τη Βιομηχανική Επανάσταση, μετά την οποία, χάρη στη φθηνή ενέργεια, οι μελετητές δεν προσάρμοζαν τη σχεδιαστική τους ικανότητα σε συνάρτηση με το κλίμα (Παπαδόπουλος κ.α., 1995).

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης, πρέπει να έχουν νότιο προσανατολισμό, με απόκλιση έως 30° προς την ανατολή ή τη δύση και ο χειμερινός ηλιασμός τους, να είναι ανεμπόδιστος από πλευρικά εμπόδια και σταθερά εξωτερικά σκιάστρα. Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης διακρίνονται σε συστήματα άμεσου ή έμμεσου ηλιακού κέρδους.

1. Τα συνηθέστερα παθητικά συστήματα είναι:
2. Σύστημα άμεσου κέρδους – νότιο υαλοστάσιο
3. Τοίχος θερμικής αποθήκευσης ή τοίχος μάζας ή ηλιακός τοίχος
4. Θερμοκήπιο ή ηλιακός χώρος
5. Θερμοσιφωνικό πάνελ ή αεροσυλλέκτης
6. Τοιχοποιία με διαφανή μόνωση

Στη συνέχεια αναλύονται τρία από τα συστήματα αυτά, που απαντώνται πιο συχνά στην ελληνική κατασκευαστική πρακτική.

4.3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΜΕΣΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΚΕΡΔΟΥΣ

Τα συστήματα άμεσου κέρδους, είναι η απλούστερη και πιο διαδεδομένη μέθοδος για την επίτευξη παθητικής θέρμανσης. Στην περίπτωση, αυτή το κτίριο λειτουργεί σαν συλλέκτης, αποθήκη και διανομέας της θερμότητας.

Οι κύριες συνιστώσες ενός συστήματος άμεσου κέρδους είναι:

- Η επιφάνεια συλλογής (υαλοστάσια)
- Η επιφάνεια αποθήκευσης (τοίχοι, δάπεδα, οροφές)

Ουσιαστικά, σε ένα σύστημα άμεσου κέρδους, η συλλογή, η διάχυση, η αποθήκευση και η μετάδοση της θερμότητας γίνεται στο εσωτερικό του κατοικήσιμου χώρου (Colombo et al., 1994).

Η λειτουργία των παθητικών ηλιακών συστημάτων, βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας και τη μετατροπή της σε θερμότητα, στη θερμοχωρητικότητα των υλικών, για την αποθήκευση της θερμότητας και στους βασικούς νόμους της θερμοδυναμικής, για τη μεταφορά της θερμότητας από το χώρο της συλλογής στα στοιχεία αποθήκευσης ή και στο χώρο που πρόκειται να θερμανθεί.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αναφέρεται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας που διέρχεται από τον υαλοπίνακα, σε θερμική ακτινοβολία και στη δέσμευσή της ως θερμότητα στον εσωτερικό χώρο (T.O.TEE, 2010α).

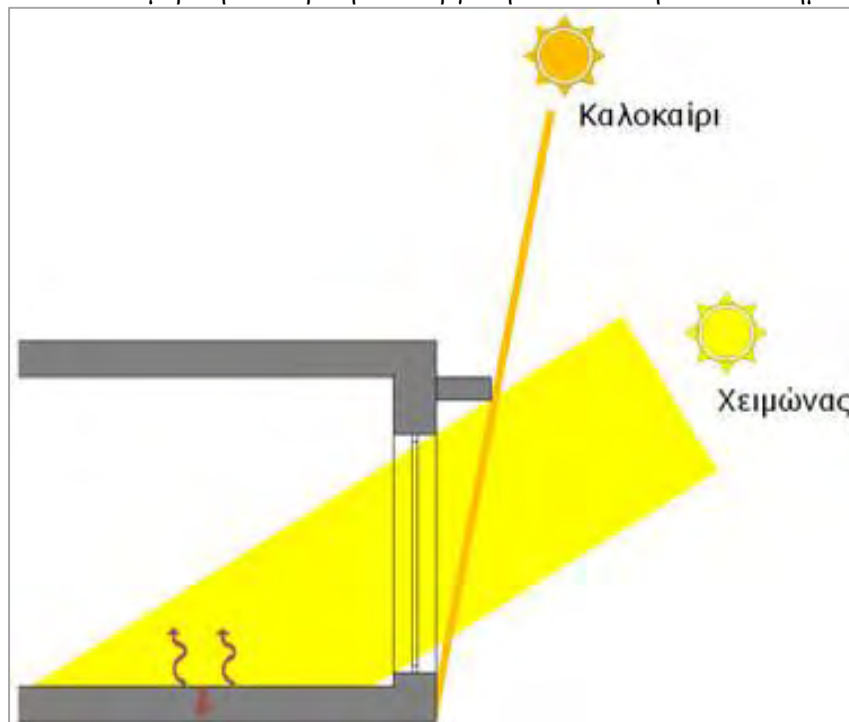
Τα παράθυρα, συμμετέχουν στο θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου ανεξάρτητα του αν ο σχεδιασμός του είναι συμβατικός ή ενεργειακός. Στο παθητικό σύστημα άμεσου κέρδους, η διαφορά από ένα συμβατικό, εντοπίζεται στη θερμική απόδοση των παραθύρων και στα υλικά και το μέγεθος (διαθέσιμη επιφάνεια και πάχος) των δομικών του στοιχείων (τοίχοι, πάτωμα, οροφή). Τα τελευταία κατασκευάζονται από υλικά (με θερμοχωρητικότητα), ώστε να αποθηκεύουν θερμότητα, αφενός χρήσιμη για τη νύχτα και τις περιόδους συννεφιάς και αφετέρου να συμβάλλουν στην αποφυγή της υπερθέρμανσης του χώρου.

Ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, το μέγεθος και τον προσανατολισμό του ανοίγματος, το σχεδιασμό του κελύφους του κτιρίου και την χρησιμοποίηση υλικών μεγάλης θερμοχωρητικότητας, η εξοικονόμηση σε θερμαντική ενέργεια μπορεί να κυμαίνεται από 30% - 100% (Αξαρχή, 2009).

Τα κριτήρια σχεδιασμού που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για ένα σύστημα άμεσου κέρδους αφορούν:

- Την ώρα ηλιασμού του ανοίγματος: Η ηλιακή ακτινοβολία πρέπει να μπαίνει στο κτίριο το χειμώνα και να κρατιέται μακριά το καλοκαίρι. Σε αυτό συμβάλλουν ο σωστός προσανατολισμός και η κατάλληλη ηλιοπροστασία.
- Τον τύπο του υαλοστασίου που χρησιμοποιείται.
- Την απαίτηση για φυσικό φωτισμό του κτιρίου, που θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των χρηστών.

Εικ.4.3: Χειμερινή και θερινή λειτουργία ηλιακού παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους



Πηγή: T.O.TEE, 2010α.

4.3.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΜΜΕΣΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

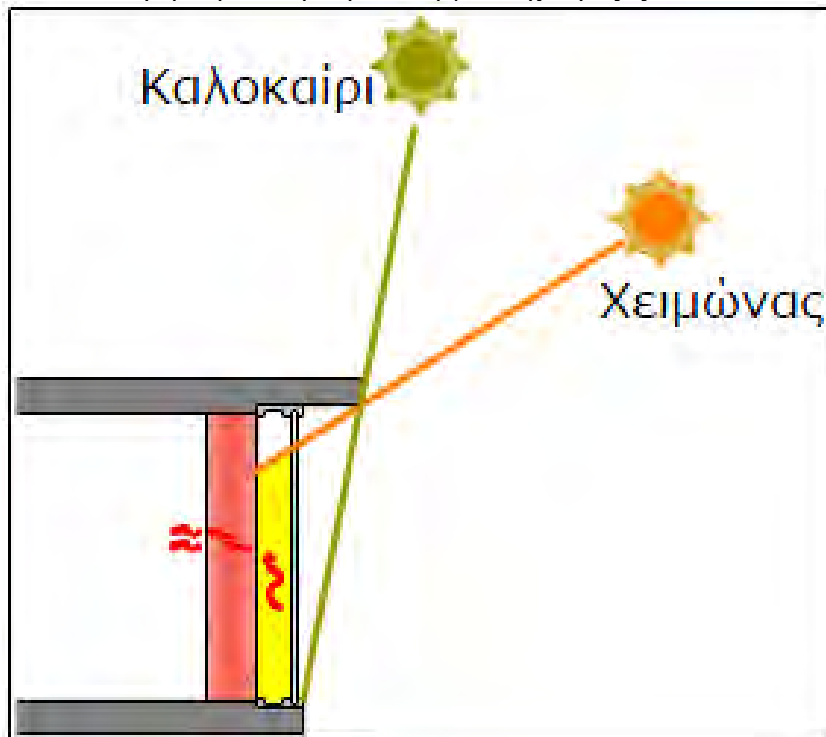
4.3.2.1 ΤΟΙΧΟΣ ΜΑΖΑΣ

Ο τοίχος μάζας ή τοίχος θερμικής αποθήκευσης είναι κατά κανόνα νότιος, κατασκευασμένος με υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας και λειτουργεί σαν αποθήκη και διανομέας θερμότητας. Ένα υαλοστάσιο τοποθετημένο σε μια απόσταση 10-15cm από αυτόν προς την εξωτερική του πλευρά, χρησιμεύει για τη δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας (ΔΠΠΕ, 2000).

Με την αρχή του θερμοκηπίου, η ηλιακή ακτινοβολία που συγκεντρώνεται, μετατρέπεται σε θερμότητα στο χώρο μεταξύ του υαλοστασίου και του τοίχου. Από εκεί, μεταδίδεται μέσα από τον τοίχο, με αγωγιμότητα ή και μεταφορά, στο χώρο. Ταυτόχρονα, το γυαλί λειτουργεί σαν μονωτικό στρώμα για τη μείωση των θερμικών απωλειών από το θερμό τοίχο προς το εξωτερικό ψυχρό περιβάλλον.

Για την καλή λειτουργία του τοίχου, το βάθος του θερμαινόμενου χώρου, δεν πρέπει να υπερβαίνει το 4,5-6,0m, που είναι η μέγιστη απόσταση για να είναι αποτελεσματική η θέρμανση του χώρου με την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον τοίχο (Αξαρή, 2009).

Εικ.4.4: Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου μάζας



Πηγή: T.O.TEE, 2010α.

4.3.2.2 ΤΟΙΧΟΣ TROMBE

Ο τοίχος Trombe, είναι μια παραλλαγή του τοίχου μάζας, ο οποίος μελετήθηκε από τον καθηγητή F. Trombe και τον αρχιτέκτονα J. Michelle. Είναι ένας τοίχος θερμικής αποθήκευσης, με θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα του, όπου η μετάδοση της θερμότητας γίνεται εκτός από την αγωγιμότητα και με φυσικό θερμοσιφωνισμό (ΔΠΠΕ, 2000).

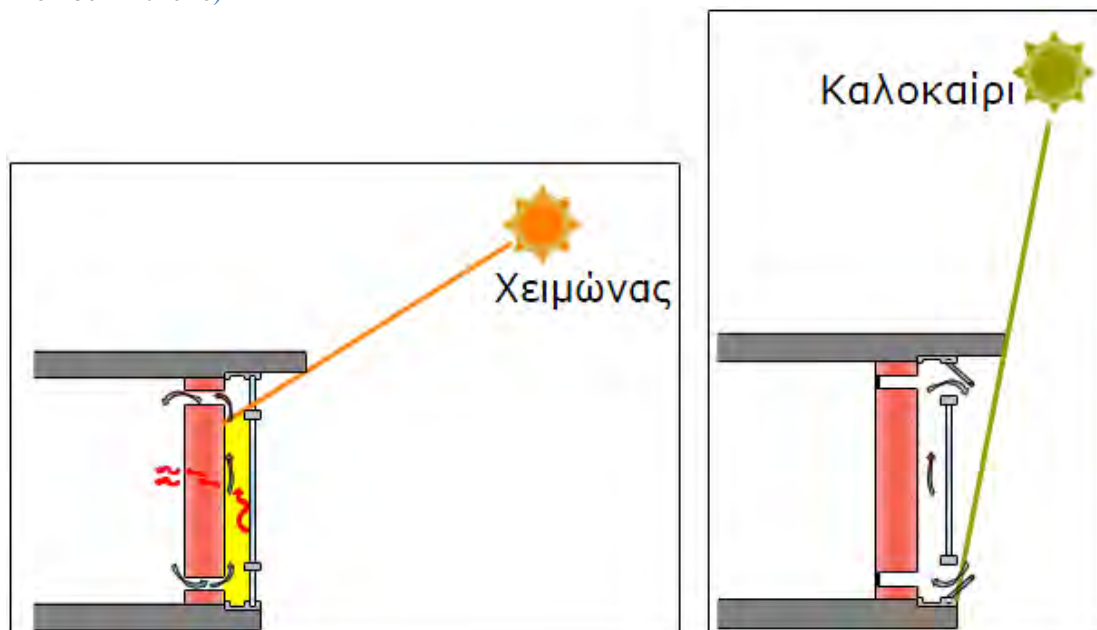
Μία τέτοια διάταξη, αποτελείται από τρία μέρη:

- Ένα συμπαγή τοίχο μεγάλης θερμοχωρητικότητας από σκυρόδεμα, πάχους 30-40cm
- Μία απορροφητική επιφάνεια, όπως ένας τοίχος μαύρου χρώματος
- Ένα κάλυμμα από διαφανές μονωτικό υλικό

Η ηλιακή ακτινοβολία, περνώντας μέσα από το γυαλί, απορροφάται σαν θερμική ακτινοβολία από τον τοίχο και η εξωτερική του επιφάνεια θερμαίνεται (μπορεί να φθάνει ως τους 65 °C). Στη συνέχεια, η θερμότητα μεταδίδεται στον αέρα που κυκλοφορεί μεταξύ του γυαλιού και του τοίχου. Από τις θυρίδες που βρίσκονται στο επάνω μέρος του τοίχου, ο θερμός αέρας μπαίνει στον κατοικήσιμο χώρο, ενώ συγχρόνως ο ψυχρός, εξαιτίας της υποπίεσης που δημιουργείται, εισέρχεται από τις χαμηλές θυρίδες στο χώρο μεταξύ γυαλιού και τοίχου, όπου και αναθερμαίνεται. Με

αυτή την κατασκευή του τοίχου, αποδίδεται πρόσθετη θερμότητα στο χώρο σε περιόδους ηλιοφάνειας και η θέρμανση του χώρου αρχίζει αμέσως, με τη λειτουργία του τοίχου. Το βράδυ, κλείνοντας τις θυρίδες, ο τοίχος λειτουργεί σαν τον κλασσικό τοίχο θερμικής αποθήκευσης, αποδίδοντας με ακτινοβολία και έμμεση μεταφορά τη θερμότητα που έχει συγκεντρωθεί στη μάζα του.

Εικ.4.5: Χειμερινή και θερινή λειτουργία τοίχου θερμικής αποθήκευσης με θυρίδες(τοίχος Trombe-Michelle)



Πηγή: T.O.TEE, 2010α.

4.3.2.3 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ Ή ΗΛΙΑΚΟΣ ΧΩΡΟΣ

Το σύστημα, αποτελεί ουσιαστικά συνδυασμό παθητικού συστήματος άμεσου κέρδους και τοίχου θερμικής αποθήκευσης, με το στοιχείο συγκέντρωσης της ηλιακής ακτινοβολίας διαχωρισμένο από το χώρο διαμονής. Ο ηλιακός χώρος, κατασκευάζεται στη νότια πλευρά του κτιρίου, περιβάλλεται από τη μια ή μέχρι τρεις από τις πλευρές του με υαλοστάσιο και από τις υπόλοιπες, από συμπαγή τοίχο με θερμική μάζα, με τον οποίο και συνδέεται με το κυρίως κτίριο (Colombo et al., 1994).

Ο χώρος του θερμοκηπίου, θερμαίνεται απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία και λειτουργεί σαν παθητικό σύστημα του άμεσου κέρδους. Συγχρόνως, η ηλιακή ενέργεια απορροφάται από τον πίσω συμπαγή τοίχο του θερμοκηπίου, μετατρέπεται σε θερμότητα και ένα ποσοστό μεταφέρεται στο κτίριο.

Το θερμοκήπιο επίσης, λειτουργεί σαν φράγμα θερμικών απωλειών του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον και έτσι συμβάλλει στη μείωση των θερμικών

απωλειών από το κτίριο. Χωρίς ηλιοφάνεια, η εσωτερική θερμοκρασία σε ένα θερμοκήπιο με διπλό υαλοστάσιο φθάνει τουλάχιστον στους 10 °C όταν η εξωτερική είναι 0 °C. Η συνολική θερμική απόδοση ενός θερμοκηπίου, υπολογίζεται σε 60-75% κάλυψης των θερμαντικών αναγκών του θερμοκηπίου κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ στους παρακείμενους κατοικήσιμους χώρους του κτιρίου, διανέμεται το 10-30% της ενέργειας που προσπίπτει στην επιφάνειά του (Αξαρή, 2009).

Για το καλοκαίρι, θα πρέπει να προβλεφθεί ηλιοπροστασία και άνοιγμα τμημάτων του υαλοστασίου (φεγγίτες ή θυρίδες στο επάνω και κάτω τμήμα του υαλοστασίου), για να επιτρέπεται η διαφυγή του θερμού αέρα, που υπάρχει στο χώρο μεταξύ υαλοστασίου και τοίχου προς το εξωτερικό περιβάλλον και να εξασφαλίζεται αποφόρτιση της θερμότητας και δροσισμός του τοίχου (T.O.TEE, 2010α).

Εικ.4.6: Χειμερινή και θερινή λειτουργία θερμοκηπίου, με ανοιγόμενα υαλοστάσια.



Πηγή: T.O.TEE, 2010α.

4.3.3 ΕΝΕΡΓΗΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

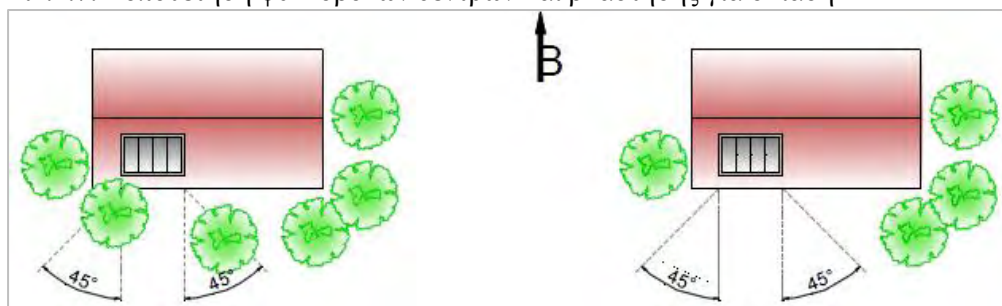
Ενεργητικά συστήματα, ονομάζονται εκείνα που επιτυγχάνουν βιοκλιματικούς στόχους, με τη βοήθεια της τεχνολογίας. Τέτοια συστήματα είναι οι θερμοσυσσωρευτές, μηχανοκίνητα συστήματα σκίασης, συστήματα υπογείου αερισμού καθώς και άλλοι αυτοματισμοί. Αυτά τα συστήματα, παρ' όλο που είναι πολύ αποτελεσματικά, καθώς επιτυγχάνουν πολύ μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας, δεν κρίνονται κατάλληλα για οικιακή χρήση λόγω της πολυπλοκότητας του χειρισμού τους.

4.4 ΣΚΙΑΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΙ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

Ο Le Corbusier, στα μεταγενέστερα έργα του, αναγνώρισε την ανάγκη της σκίασης και του φυσικού αερισμού των κτιρίων, ακόμα και αν προερχόταν από μια αυθαίρετη και κυρίως αισθητική άποψη (Tombazis, 1994).

Ο σκιασμός ολόκληρου του κτιρίου, μπορεί να επιτευχθεί (σε περιπτώσεις χαμηλών κτιρίων), με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης σε κατάλληλες θέσεις (Εικ. 4.7), έτσι ώστε να διακόπτεται ο ηλιασμός τους καλοκαιρινούς μήνες. Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει και η απόσταση της φύτευσης από το κτίριο (Εικ.4.8). Παράλληλα η βλάστηση, απορροφώντας θερμότητα, μειώνει την εξωτερική θερμοκρασία.

Εικ.4.7: Τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης για σκίαση



Πηγή: T.O.TEE, 2010α.

Εικ.4.8: Προτεινόμενα ύψη φύτευσης, σε σχέση με την απόσταση, για νότιο προσανατολισμό.



Πηγή: T.O.TEE, 2010α.

Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι:

- Ο προσανατολισμός της όψης
- Η χρήση του χώρου (κατοικία, σχολείο, εργασιακός χώρος)
- Η μορφή των ανοιγμάτων - ανοίγματα συνεχόμενα ή διακοπτόμενα από τοίχους
- Η αισθητική του κτιρίου
- Η οικονομία, ως αρχική επένδυση και ως κόστος λειτουργίας του κτηρίου.

4.4.1 ΣΚΙΑΣΗ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

Η σκίαση των ανοιγμάτων επιβάλλεται να είναι στην εξωτερική πλευρά του υαλοστασίου, προκειμένου να αποφευχθεί η διείσδυση του ήλιου και η συνεπαγόμενη υπερθέρμανση του χώρου. Η προστασία με σκίαστρα στο εσωτερικό των υαλοστασίων (κουρτίνες, περσίδες) ή ανάμεσα στους υαλοπίνακες (περσίδες), προσφέρει μεν μείωση της θάμβωσης από το έντονο ηλιακό φως, δεν απαλλάσσει όμως το χώρο από την υπερθέρμανση. Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων και η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης, σε μορφή, μέγεθος και θέση, είναι συνάρτηση του προσανατολισμού της όψης (T.O.TEE, 2010α).

Σε σχέση με τον προσανατολισμό, από μελέτες έχει προκύψει ότι:

α) για το νότιο προσανατολισμό, τα πιο κατάλληλα στοιχεία σκίασης είναι τα οριζόντια σκίαστρα, σταθερά ή κινητά, λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος της προεξοχής των σκιάστρων από το κτίριο, έτσι ώστε το καλοκαίρι να διασφαλίζεται πλήρης σκιασμός των ανοιγμάτων, ενώ το χειμώνα, αντίστροφα, να επιτρέπεται η διείσδυση του ήλιου μέσα στο χώρο.

β) για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες, κάθετες στην όψη ή υπό κλίση ή με παντζούρια, είναι πιο αποτελεσματική, γιατί ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα. Επίσης καλή πρακτική είναι η σκίαση από φυλλοβόλα δέντρα.

γ) για προσανατολισμό νοτιανατολικό και νοτιοδυτικό, τα ηλιοπροστατευτικά στοιχεία, για να είναι αποτελεσματικά, πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων περσίδων, υπό μορφή εσχάρας. Η διάταξη αυτή των περσίδων καθορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου, για τους μήνες του καλοκαιριού.

4.4.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ

Από μελέτες έχει προκύψει ότι, για να είναι τα σκίαστρα αποτελεσματικά πρέπει:

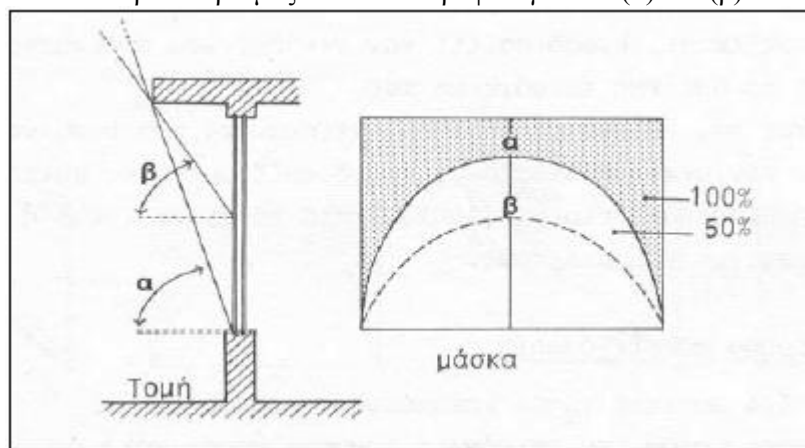
Α) Για 32° και 36° Β.Γ.Π., η κατακόρυφη γωνία (α) να είναι ίση με 60° ως προς την οριζόντια

Β) Για 40° Β.Γ.Π., η κατακόρυφη γωνία (α) να είναι ίση με 55° ως προς την οριζόντια

Για τις κατακόρυφες προεξοχές, στην περίπτωση σκιασμού ανατολικών ή δυτικών όψεων, χρησιμοποιείται η κάτοψη του ανοίγματος-υαλοστασίου. Για τα οριζόντια σκίαστρα, χρησιμοποιείται η τομή του ανοίγματος-υαλοστασίου, ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

1. Συνδέεται η απόληξη της προεξοχής με το κατώφλι του παραθύρου, ορίζοντας έτσι την κατακόρυφη γωνία (α) που σχηματίζεται ως προς την οριζόντια ευθεία (Εικ. 4.9). Η προεξοχή αυτή, προσφέρει σκίαση σε όλο το ύψος του παραθύρου, όταν η γωνία ύψους ηλίου είναι μεγαλύτερη από τη γωνία (α).
2. Στην περίπτωση που μας ενδιαφέρει να σκιάζεται μόνον το 50% του ανοίγματος, τότε συνδέεται η απόληξη της προεξοχής με το μέσον του παραθύρου, ορίζοντας έτσι τη γωνία (β) ως προς την οριζόντια ευθεία.

Εικ. 4.9: Προσδιορισμός των κατακόρυφων γωνιών (α) και (β).



Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ 20702-5/2010.

Ωστόσο, οι λεγόμενες τεχνικές φυσικού δροσισμού συχνά παρεμποδίζονται από τις τοπικές καιρικές συνθήκες. Επομένως, η αποκλειστική τους χρήση δε μπορεί να εγγυηθεί συνθήκες θερμικής άνεσης σε πολλές περιπτώσεις και απαιτείται συχνά πρόσθετος ψυκτικός εξοπλισμός (Argiriou et al, 2005).

4.5 ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΑ

Τα υαλοστάσια είναι αναμφισβήτητα ο καθρέφτης του κτιρίου προς το εξωτερικό περιβάλλον. Όσο απαραίτητη είναι η χρήση τους, τόσο είναι διαπιστωμένη η αρνητική συνεισφορά τους στη θερμική ισορροπία του κτιρίου⁹. Με βάση αυτή τη διαπίστωση, έχουν γίνει πολλές έρευνες για τη εύρεση του κατάλληλου συνδυασμού υλικών και τεχνολογίας, ώστε να επιτευχθεί η δημιουργία υαλοστασίων που να αλληλεπιδρούν κατάλληλα με το εξωτερικό περιβάλλον, καθ'όλη τη διάρκεια του έτους.

Οι θερμικές απώλειες σε υαλοστάσια, εμφανίζονται με τρεις διαφορετικούς μηχανισμούς (library.tee.gr):

- Από τις επιφάνειες του εσωτερικού χώρου προς την εσωτερική επιφάνεια της υάλωσης
- Διαμέσου της μάζας του γυαλιού
- Από την εξωτερική επιφάνεια του γυαλιού, εξαιτίας των συνθηκών περιβάλλοντος και της διαφοράς θερμοκρασίας με το εσωτερικό

4.5.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

Οι Ενεργειακοί Υαλοπίνακες, αλλιώς αποκαλούμενοι ως 'Χαμηλής Εκπομπής Υαλοπίνακες (LOW-e = Low Emissivity)', που έκαναν την εμφάνισή τους στις αρχές της δεκαετίας του 1980 (Karlsson et al., 2001), παρέχουν σημαντική μείωση στις απαιτήσεις θέρμανσης των κτιρίων, μέσω ελαχιστοποίησης της μεταφοράς θερμότητας από τη μάζα τους (Manz, 2008). Επιπλέον, επιτρέπουν τη διείσδυση του ηλιακού φωτός, παρέχοντας ταυτόχρονα θερμική μόνωση στην κατασκευή. Η ιδιότητα αυτή είναι αποτέλεσμα μιας ειδικής επίστρωσης μετάλλων στην εσωτερική πλευρά ενός εκ των υαλώσεων (συναντώνται συνήθως με διπλή και τριπλή υάλωση), η οποία παρουσιάζει υψηλή φασματική επιλεκτικότητα και εμφανίζει υψηλές τιμές περατότητας και πολύ υψηλή ανακλαστικότητα στο υπέρυθρο φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας (Martin-Palma et al., 1998, Leftheriotis et al., 1999).

Πιο συγκεκριμένα, η επίστρωση, αποκαλούμενη ως 'χαμηλής εκπομπής επίστρωση', αποτελείται από διάφορα μικροσκοπικά μεταλλικά οξείδια, που επιβραδύνουν τη μεταφορά θερμότητας από την εξωτερική πλευρά του τζαμιού στην

⁹ Το χειμώνα λόγω απώλειας θερμότητας προς τα έξω και το καλοκαίρι λόγω υπερθέρμανσης του χώρου από την ηλιακή ακτινοβολία.

εσωτερική και το αντίστροφο, εμποδίζοντας ταυτόχρονα, σε μεγάλο βαθμό την περατότητα της υπερϊόδους και της υπέρυθρης ακτινοβολίας, που φθείρει τα υλικά στο εσωτερικό των κτιρίων. Δηλαδή, αντί να αποτρέπεται η είσοδος της θερμότητας, αυτή διατηρείται εντός του κτιρίου και ταυτόχρονα φιλτράρεται η ηλιακή ακτινοβολία.

Μεταξύ των υαλοπινάκων παρεμβάλλεται κοιλότητα, η οποία μπορεί να πληρωθεί με κάποιο ευγενές αέριο (συνήθως Αργό [Ar], Κρυπτό [Kr], Ξένο [Xe]), για να μειωθεί η μεταφορά θερμότητας λόγω αγωγιμότητας και συναγωγής. Περαιτέρω έρευνες ωστόσο, έχουν δείξει ότι το κενό αέρος είναι πιο αποτελεσματικό στην παρεμπόδιση της μεταφερόμενης θερμότητας από ότι η πλήρωση με κάποιο αέριο (Fang et al., 2007, Manz, 2008, Eames, 2008).

4.5.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΥΑΛΟΣΤΑΣΙΩΝ

Οι προδιαγραφές των υαλοπινάκων εξαρτώνται και προσδιορίζονται από τους παρακάτω δείκτες, βάσει των οποίων γίνεται η επιλογή του κατάλληλου υαλοστασίου κατά περίπτωση (Karlsson et al., 2001):

α) Συντελεστής Θερμοπερατότητας, U-value (W/m^2K^{-1}), εκφράζει το ρυθμό απώλειας της θερμότητας ανά τετραγωνικό μέτρο επιφάνειας υαλοπίνακα, μεταξύ της εσωτερικής και της εξωτερικής του πλευράς και καθορίζεται από την ικανότητα μιας επιφάνειας να απορροφά ή να αντανakλά θερμότητα. Όσο χαμηλότερη είναι η δυνατότητα εκπομπής (Emissivity), τόσο χαμηλότερος είναι ο συντελεστής θερμοπερατότητας και άρα τόσο αποδοτικότερος ενεργειακά είναι ο υαλοπίνακας.

β) Ηλιακός Συντελεστής, Solar Factor (g): εκφράζει το ποσοστό της συνολικής ηλιακής ενέργειας-θερμότητας, που περνάει μέσα από το γυαλί στο εσωτερικό του χώρου. Οι τιμές του κυμαίνονται από 0-1.

γ) Οπτική Διαπερατότητα, Light Transmission (LT): εκφράζει το ποσοστό της φωτεινής ακτινοβολίας, που περνά μέσα από το γυαλί. Όσο μεγαλώνει ο δείκτης τόσο περισσότερο φως περνάει στο εσωτερικό του χώρου. Ένας χαμηλός συντελεστής φωτοπερατότητας, επιβαρύνει την κατανάλωση στο σύστημα τεχνητού φωτισμού. Οι ιδανικές τιμές του δείκτη αυτού είναι από 60% - 80%.

Επομένως, συνθέτοντας τις παραπάνω παραμέτρους, για να εξασφαλίσουμε βέλτιστο ενεργειακό αποτέλεσμα, πρέπει να επιλέγουμε υαλοπίνακες με :

- Χαμηλό U-value
- Χαμηλό g
- Υψηλό LT

Επιπροσθέτως, η θερμική συμπεριφορά του υαλοστασίου, εξαρτάται και από το πλάτος του διάκενου μεταξύ των υαλοπινάκων, το είδος του εμπεριεχόμενου αερίου και το μέγεθος του υαλοστασίου (Karlsson et al., 2001).

4.5.3 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ

Έχοντας υπόψη τις πληροφορίες που παραθέτονται παραπάνω για τους Ενεργειακούς Υαλοπίνακες, μπορούμε να συνοψίσουμε τα πλεονεκτήματά τους:

- Μειώνουν το κόστος θέρμανσης το χειμώνα και το κόστος ψύξης το καλοκαίρι
- Εγγυώνται ομοιογενή θερμοκρασία του χώρου, παρέχοντας αποδοτικότερη θερμομόνωση
- Εξασφαλίζουν υψηλή διαπερατότητα φωτός και οπτική άνεση
- Περιορίζουν το φαινόμενο των υδρατμών, λόγω χαμηλής αλληλεπίδρασης με την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος
- Μειώνουν τη μετάδοση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV)
- Προστατεύουν το εσωτερικό του κτιρίου από τις διαβρωτικές ιδιότητες της ηλιακής ακτινοβολίας (www.alkon.gr).

Επομένως, οι ενεργειακοί υαλοπίνακες μας δίνουν τη δυνατότητα να διαχειριζόμαστε το ηλιακό φως προς όφελός μας, για να δημιουργούμε ένα άνετο περιβάλλον κατοικίας ή εργασίας, με όσο το δυνατόν λιγότερο οικονομικό και ενεργειακό κόστος.

4.6 ΟΠΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Οι διάφορες λειτουργίες της ανθρώπινης όρασης, όπως η ανάγνωση, η χρήση υπολογιστή, οι διάφορες εργασίες, έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε φωτισμό. Ανάλογα με το είδος των δραστηριοτήτων που εκτελούνται στο εσωτερικό ενός κτιρίου, απαιτείται και ο κατάλληλος σχεδιασμός του συστήματος φωτισμού.

Στη διαμόρφωση των συνθηκών οπτικής άνεσης επιδρούν οι ακόλουθοι παράγοντες (ΔΙΠΕ, 2000):

- Η φωτεινότητα της πηγής και τα επίπεδα φωτισμού στο χώρο
- Η ένταση της έμμεσης ή άμεσης θάμβωσης
- Η κατανομή του φωτός
- Ο διαχωρισμός και η ανάδειξη των χρωμάτων
- Το χρώμα της φωτεινής πηγής
- Η κατεύθυνση του φωτός
- Η ανάκλαση και διάχυση του φωτός που προκαλείται από τα αντικείμενα του χώρου

4.6.1 ΕΠΙΠΕΔΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Τα επίπεδα φωτισμού στο εσωτερικό ενός κτιρίου, τα οποία εξασφαλίζουν οπτικά άνεση, εξαρτώνται από τις απαιτήσεις των λειτουργιών και των εργασιών που εκτελούνται στους χώρους αυτούς. Σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά πρότυπα, οι ελάχιστες τιμές φωτεινότητας που θεωρούνται ικανοποιητικές σε κατοικίες φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα (ΔΙΠΕ, 2000).

Πίν. 4.1: Προτεινόμενες τιμές φωτεινότητας για επίτευξη συνθηκών οπτικής άνεσης.

ΕΙΔΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ	ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑ (lux)
Είσοδος κατοικίας	50 -100
Τραπεζαρία	100
Καθιστικό -Κουζίνα	200
Χώρος Μελέτης	300 – 500
Αποθήκες	150

4.7 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ο ενεργειακός σχεδιασμός του κτιριακού κελύφους, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη (N.3661/2008):

- Τη θέση και τον προσανατολισμό του κτιρίου
- Τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων
- Την αεροστεγανότητα
- Το φυσικό αερισμό και εξαερισμό
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα και την ηλιακή προστασία
- Τις επιδιωκόμενες κλιματικές συνθήκες.

Ο ενεργειακός σχεδιασμός των Η/Μ εγκαταστάσεων αφορά:

- Στα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της ενεργειακής απόδοσης του κτιριακού κελύφους (με τις μέσες μέγιστες ωριαίες τιμές θερμοκρασίας εξωτερικού περιβάλλοντος της περιοχής, για το σύστημα θέρμανσης και ψύξης αντίστοιχα)

- Στο σύστημα παραγωγής ZNX

- Στο σύστημα τεχνητού φωτισμού

Κατά περίπτωση, ειδικά όταν πρόκειται για κτίριο μηδενικών εκπομπών CO₂, όπως στην παρούσα μελέτη, συνυπολογίζονται και τα άλλα συστήματα θέρμανσης και ψύξης, όπως τα συστήματα ηλεκτροπαραγωγής που βασίζονται σε ΑΠΕ.

4.8 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Για την εκπόνηση της μελέτης ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, είναι απαραίτητη η γνώση της κλιματικής ζώνης, στην οποία ανήκει η υπό εξέταση περιοχή. Η ελληνική επικράτεια, διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες, με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Στον πίνακα 4.2, προσδιορίζονται οι νομοί που υπάγονται στις τέσσερις κλιματικές ζώνες (από τη θερμότερη στην ψυχρότερη). Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων, εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη, από εκείνη στην οποία ανήκουν σύμφωνα με τα παραπάνω (Τ.Ο.ΤΕΕ, 2010β).

Πίν.4.2: Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΝΟΜΟΙ
ΖΩΝΗ Α	Ηρακλείου, Χανίων, Ρεθύμνου, Λασιθίου, Κυκλάδων, Δωδεκανήσου, Σάμου, Μεσσηνίας, Λακωνίας, Αργολίδας, Ζακύνθου, Κεφαλληνίας & Ιθάκης, Κύθηρα & νησιά Σαρωνικού (Αττικής), Αρκαδίας (πεδινή).
ΖΩΝΗ Β	Αττικής (εκτός Κυθήρων & νησιών Σαρωνικού), Κορινθίας, Ηλείας, Αχαΐας, Αιτωλοακαρνανίας, Φθιώτιδας, Φωκίδας, Βοιωτίας, Ευβοίας, Μαγνησίας, Λέσβου, Χίου, Κέρκυρας, Λευκάδας, Θεσπρωτίας, Πρέβεζας, Άρτας.
ΖΩΝΗ Γ	Αρκαδίας (ορεινή), Ευρυτανίας, Ιωαννίνων, Λάρισας, Καρδίτσας, Τρικάλων, Πιερίας, Ημαθίας, Πέλλας, Θεσσαλονίκης, Κιλκίς, Χαλκιδικής, Σερρών (εκτός ΒΑ τμήματος), Καβάλας, Ξάνθης, Ροδόπης, Έβρου.
ΖΩΝΗ Δ	Γρεβενών, Κοζάνης, Καστοριάς, Φλώρινας, Σερρών (ΒΑ τμήμα), Δράμας.

Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ, 2010β.

5 ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΑΠΕ)

5.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΕ

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ονομάζονται οι μη ορυκτές ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, η ενέργεια κυμάτων, η παλιρροϊκή ενέργεια, η υδραυλική, τα αέρια τα εκλυόμενα από χώρους υγειονομικής ταφής, από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και το βιοαέριο (ΥΠΕΚΑ, 2010α). Ο όρος ‘ανανεώσιμες’ δόθηκε επειδή ανανεώνονται μέσω του κύκλου της φύσης και θεωρούνται πρακτικά ανεξάντλητες. Η χρήση ΑΠΕ, υπήρξε η πρωταρχική πηγή ενέργειας στην ιστορία της ανθρωπότητας (Edinger et al., 2000, Bilgen et al., 2008). Κατά τα τελευταία 200 χρόνια, οι εκβιομηχανισμένες χώρες, μετατόπισαν την παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας προς τη χρήση ορυκτών καυσίμων.

Πιθανότατα, η πιο διαδεδομένη και ευρέως γνωστή μορφή ΑΠΕ, είναι η ηλιακή ενέργεια, η οποία αποτελεί μία τεράστια ενεργειακή πηγή. Για να γίνει κατανοητό το μέγεθος της ισχύος της, αναφέρεται ότι κάθε μέρα ο ήλιος παρέχει στη Γη, ενέργεια ίση με 10.000 φορές μεγαλύτερη από εκείνη που απαιτείται ώστε να καλυφθούν οι παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες του πλανήτη (El Chaara et al., 2011). Επιπλέον, οι περισσότερες από τις άλλες μορφές Α.Π.Ε., όπως η υδροηλεκτρική, η αιολική και η βιο-ενέργεια εξαρτώνται από τον ήλιο.

Η ηλιακή ενέργεια, μπορεί να ενσωματωθεί πολύ αρμονικά στα περισσότερα κτίρια με διάφορες μορφές, οι κυριότερες από τις οποίες είναι τα φωτοβολταϊκά συστήματα και οι ηλιακοί συλλέκτες. Παρόλα αυτά, η ανάγκη κάλυψης των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων, επιβάλλει κατά περίπτωση και την επικουρική χρησιμοποίηση άλλων μορφών ΑΠΕ, όπως μικρές ανεμογεννήτριες, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, βιομάζα κ.ά. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, συμβάλλει ουσιαστικά προς την αποδοτικότητα των ΑΠΕ στα κτίρια, διότι, με το σωστό σχεδιασμό του κτιρίου περιορίζονται σημαντικά οι απαιτήσεις των κατασκευών για πρόσθετη ενέργεια θέρμανσης, δροσισμού και φωτισμού.

5.2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ (ΑΠΕ)

Η Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από ΑΠΕ¹⁰, είναι η Ηλεκτρική Ενέργεια η προερχόμενη από (ΥΠΕΚΑ, 2010α):

1. Την εκμετάλλευση αιολικής ή ηλιακής ενέργειας ή βιομάζας ή βιοαερίου
2. Την εκμετάλλευση γεωθερμικής ενέργειας
3. Την εκμετάλλευση της ενέργειας από τη θάλασσα
4. Την εκμετάλλευση υδάτινου δυναμικού με μικρούς υδροηλεκτρικούς σταθμούς, μέχρι 10 MW
5. Συνδυασμό των ανωτέρω
6. Τη συμπαραγωγή, με χρήση των πηγών ενέργειας, των (1) και (2) και συνδυασμό τους

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις, σύμφωνα με το Ν. 3851/2010¹¹ της διείσδυσης των ΑΠΕ, ως μέσο για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Διάγρ. 5.1: Εθνικοί δεσμευτικοί στόχοι για τη συμμετοχή των ΑΠΕ στην καταναλισκόμενη ενέργεια



Πηγή: ΥΠΕΚΑ (2010α)

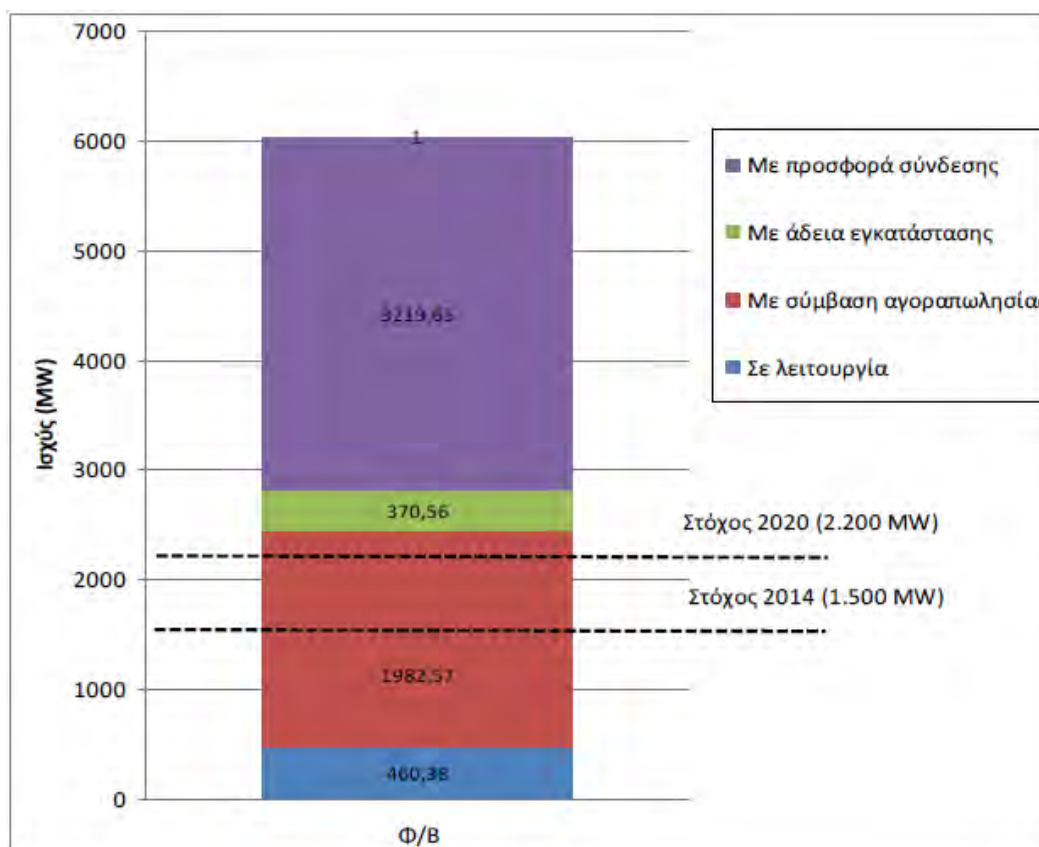
¹⁰ Όπως καθορίζεται σύμφωνα με τον Ν. 2773/1999.

¹¹ Νόμος 3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής».

Η εγκατεστημένη ισχύς ΑΠΕ στη χώρα, ξεπερνάει τα 2,4GW. Κυρίαρχες τεχνολογίες είναι τα αιολικά και τα φωτοβολταϊκά συστήματα, ενώ ακολουθούν τα μικρά υδροηλεκτρικά και η βιομάζα. Ειδικότερα τα φωτοβολταϊκά, εμφανίζουν μία πολύ δυναμική εικόνα εξέλιξης. Η εγκατεστημένη ισχύς τους τον Σεπτέμβριο του 2011 ήταν 460MW, από 198MW που ήταν στο τέλος του 2010, ενώ με σύμβαση αγοραπωλησίας, βρίσκονται περίπου 2.000MW (300% αύξηση σε σύγκριση με το τέλος του 2010).

Με βάση αυτή την εξέλιξη, η χώρα μας αναμένεται να επιτύχει τους εθνικούς στόχους, που έχουν τεθεί για ΑΠΕ από φωτοβολταϊκά, το 2014 (1.500MW), ενώ η υλοποίηση και μόνο όσων επενδύσεων έχουν ήδη σύμβαση αγοραπωλησίας σημαίνει ότι, οι στόχοι του 2020 (2.200MW), θα επιτευχθούν πριν από αυτή την ημερομηνία (Διάγρ 5.2) (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Διάγρ. 5.2: Αδειοδοτική εξέλιξη των Φ/Β και επιδιωκόμενοι στόχοι για το 2014 και 2020



Πηγή: ΥΠΕΚΑ, 2012.

5.3 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΠΕ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Οι ΑΠΕ εξ' ορισμού, αποτελούν βιώσιμες μορφές ενέργειας, οι οποίες κερδίζουν όλο και μεγαλύτερο έδαφος και οι εφαρμογές τους σε κτίρια, ως μέσο εξοικονόμησης ενέργειας, υιοθετούνται με αυξανόμενο ενδιαφέρον ανά τον κόσμο. Ακολούθως, αναφέρονται οι πιο διαδεδομένες τεχνικές ενσωμάτωσης ΑΠΕ που προορίζονται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων:

1. Φωτοβολταϊκά συστήματα για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
2. Ηλιακοί συλλέκτες για ζεστό νερό χρήσης (ZNX)
3. Γεωθερμικά συστήματα για θέρμανση/ψύξη
4. Τοποθέτηση μικρής ανεμογεννήτριας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

Η γεωγραφική θέση της Ελλάδας, προσφέρει πολλαπλά πλεονεκτήματα, όσον αφορά τη χρήση των περισσότερων μορφών ΑΠΕ.

5.3.1 ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ (Φ/Β)

Τα Φ/Β συστήματα, αξιοποιούν την ηλιακή ενέργεια, μετατρέποντας την σε ηλεκτρική. Η λειτουργία τους, βασίζεται στην άμεση παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από την ηλιακή ακτινοβολία και συγκεκριμένα, χρησιμοποιούν ημιαγώγιμα υλικά, τα οποία απορροφούν ηλεκτρόνια, η ροή των οποίων συνεπάγεται την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος.

Παρουσιάζουν μια σειρά από πλεονεκτήματα, όπως (Καρυώτη, 2010):

- Μηδενική ρύπανση
- Αθόρυβη λειτουργία
- Αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής (έως και 30 έτη)
- Δυνατότητα επέκτασης ανάλογα με τις ανάγκες που καλούνται να καλύψουν
- Ελάχιστη συντήρηση

5.3.1.1 ΑΠΟΔΟΣΗ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα φωτοβολταϊκά πάνελ, μετατρέπουν μόνο ένα ποσοστό της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό. Το ποσοστό αυτό, εξαρτάται από τον τύπο των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Το πιο διαδεδομένο υλικό κατασκευής, είναι το πυρίτιο (Silicon- Si). Έτσι, κατασκευάζονται φωτοβολταϊκά κύτταρα από μονό-κρυσταλλικό ή πολύ-κρυσταλλικό πυρίτιο, όπως και από άμορφο πυρίτιο. Φωτοβολταϊκά κύτταρα

όμως, κατασκευάζονται και από συνδυασμούς άλλων υλικών, όπως γαλλίου-Αρσενίου (GaAs), καδμίου-τελλουρίου (CdTe) και χαλκού-ινδίου-δισεληνίου (CuInSe₂ ή CIS). Έτσι, παρέχεται μια μεγάλη γκάμα φωτοβολταϊκών, που διαφέρουν τόσο σε κόστος, όσο και σε βαθμό απόδοσης (Πολυχρονιάδου, 2004).

Τα λεγόμενα μονοκρυσταλλικά στοιχεία, έχουν τη μεγαλύτερη απόδοση (μετατρέπουν έως και το 23% της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρισμό). Τα πολυκρυσταλλικά στοιχεία, έχουν ελαφρώς χαμηλότερη απόδοση (13%-15%), είναι όμως πιο οικονομικά από τα μονοκρυσταλλικά (El Chaara et al., 2011).

Υπάρχουν και τα φωτοβολταϊκά άμορφου πυριτίου, που αποτελούνται από μια ενιαία επιφάνεια και όχι από διασυνδεδεμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία όπως τα προηγούμενα. Αυτά έχουν χαμηλότερη απόδοση (5%-10%) αλλά είναι τα οικονομικότερα. Χρειάζονται απλώς μεγαλύτερη επιφάνεια για να δώσουν την ίδια ισχύ με τα μονοκρυσταλλικά ή τα πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά. (Parida et al., 2011).

Ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής τους, τα φωτοβολταϊκά κύτταρα μπορούν να διακριθούν σε δύο διαφορετικές ομάδες. Η πρώτη ομάδα, η οποία συναντάται κυρίως σε οικιακές εφαρμογές, χρησιμοποιεί την τεχνολογία 'thick film' και υλοποιεί τα φωτοβολταϊκά από συνδυασμό διακριτών κυττάρων, ενώ η δεύτερη ομάδα, χρησιμοποιεί την τεχνολογία των λεπτών μεμβρανών (thin film). Η απόδοση της τεχνολογίας 'thick film', πλησιάζει αυτές των ηλιακών κελιών, που ισοδυναμούν σε πάχος, με εκατοντάδες μικρά. Αυτές οι προσεγγίσεις, βασίζονται γενικά στην τεχνολογία του πυριτίου. Η απόδοση της λεπτής Φ/Β μεμβράνης συνήθως, πλησιάζει αυτές που χρησιμοποιούν ενεργά ημι-αγώγιμα υλικά, σε πάχος περίπου τον 10μm ή και μικρότερα (Πολυχρονιάδου, 2004).

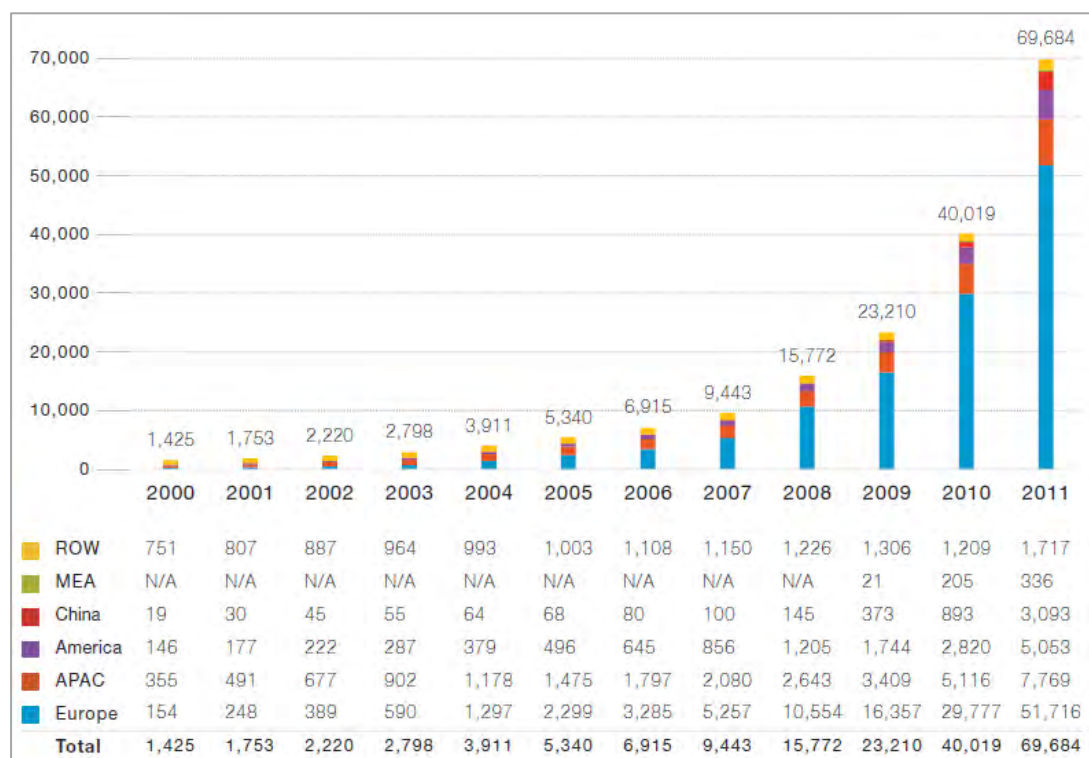
Σε σχέση με τα φωτοβολταϊκά στοιχεία πυριτίου, η τεχνολογία 'thin film', φιλοδοξεί να μειώσει το κόστος των φωτοβολταϊκών συστημάτων, μειώνοντας ουσιαστικά τα χρησιμοποιούμενα υλικά και ταυτοχρόνως, διασφαλίζοντας την αντοχή των κελιών στο χρόνο και την φιλικότητά τους προς το περιβάλλον (El Chaara et al., 2011).

Κατά την τελευταία δεκαετία, η τεχνολογία των φωτοβολταϊκών έχει πείσει την παγκόσμια αγορά ότι έχει το δυναμικό να καταστεί μια πρωταρχική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αφού παρουσιάζει ισχυρή και συνεχή ανάπτυξη ακόμη και στην περίοδο της χρηματοπιστωτικής και οικονομικής κρίσης που διανύουμε. Τα στοιχεία που δόθηκαν από τον Ευρωπαϊκό Σύνδεσμο Βιομηχανιών

Φωτοβολταϊκών (EPIA- European Photovoltaic Industry Association) στην ετήσια έκθεσή του, υποστηρίζουν ότι, οι ρυθμοί ανάπτυξης θα συνεχίσουν με ανοδική πορεία τα επόμενα χρόνια. Από τα μέχρι τώρα δεδομένα, στα τέλη του 2009, η παγκόσμια αθροιστική εγκατεστημένη ισχύς πλησίασε τα 23 GW. Το 2010, έφτασε στα 40 GW και το 2011, ανήλθε στα 69 GW εγκατεστημένης ισχύος παγκοσμίως, οδηγώντας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 85 TWh ετησίως. Αξίζει να σημειωθεί ότι, το ποσό αυτό ενέργειας, καλύπτει επαρκώς τις ετήσιες ανάγκες πάνω από 20 εκατομμυρίων νοικοκυριών (www.epia.org).

Από το διάγραμμα, βλέπουμε ότι η Ευρώπη κρατάει τα ηνία με πάνω από 50 GW εγκατεστημένης ισχύος το 2011, ποσό που αντιπροσωπεύει το 75% της παγκόσμιας ισχύος. Ακολουθούν στην κατάταξη η Ιαπωνία (5 GW) και οι ΗΠΑ (4.4 GW) και τέλος η Κίνα με (3.1 GW).

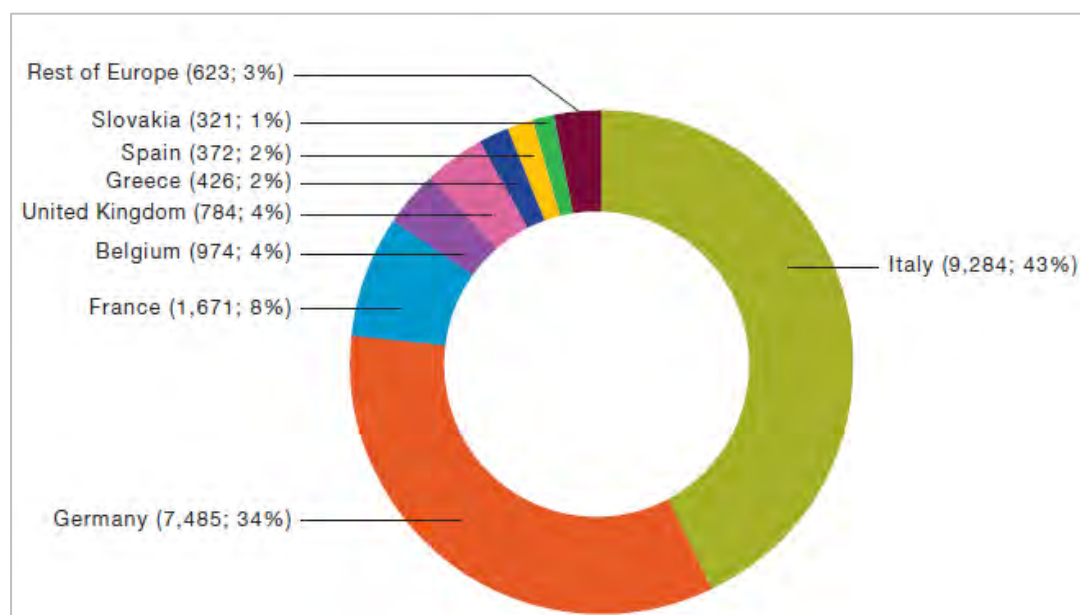
Διάγρ.5.3: Παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύς Φ/Β¹²



Πηγή: www.epia.org

¹² Όπου: ROW: Rest of the World
MEA: Middle East and Africa
APAC: Asia Pacific

Διάγρ. 5.4: Ποσοστά της ευρωπαϊκής αγοράς Φ/Β



Πηγή: www.epia.org

Στην Ευρώπη, μέχρι στιγμής, τις πρώτες θέσεις κατέχουν η Γερμανία και η Ιταλία, με τα εγκατεστημένα φωτοβολταϊκά να αντιστοιχούν σε πάνω από 450 watt ανά κεφαλή (Διάγρ. 5.4).

5.3.1.2 Η ΑΓΟΡΑ Φ/Β ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σύμφωνα με την έκθεση της ΕΡΙΑ, ανά Έλληνα αντιστοιχούν 58,9 Watt, από την εγκατεστημένη ισχύ των φωτοβολταϊκών στη χώρα μας. Επίσης αναφέρεται ότι, το 2011 στην Ελλάδα, εγκαταστάθηκαν 426 MW, τα οποία αντιστοιχούν στο 2% της συνολικής εγκατάστασης στην Ευρώπη.

Ακόμη ένα ενδιαφέρον στατιστικό στοιχείο είναι ότι στην Ελλάδα, παρατηρείται αναλογικά μεγαλύτερη εγκατάσταση συστημάτων επί του εδάφους, με τα έργα αυτά να αναλογούν σχεδόν στο 80% του συνόλου το 2011. Αντιθέτως, μικρό συγκριτικά με τις άλλες χώρες, είναι το μερίδιο των οικιακών φωτοβολταϊκών και απειροελάχιστο το μερίδιο των εταιρικών φωτοβολταϊκών.

5.3.1.3 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ

Ο Ν.3734/2009, που αφορά στην ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων σε κτιριακές εγκαταστάσεις και κυρίως σε δώματα και στέγες κτιρίων, υπήρξε η πρώτη

θεσμοθετημένη προσπάθεια ένταξης των συστημάτων αυτών, για παραγωγή ενέργειας σε κτιριακό επίπεδο.

Σύμφωνα με το νόμο θεσπίζεται (Ν.3734/2009):

1. Η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων μέχρι 10 kWp, που χρησιμοποιούνται για κατοικία ή στέγαση πολύ μικρών επιχειρήσεων με διάρκεια έως 31.12.2019.

2. Το πρόγραμμα αφορά σε φωτοβολταϊκά συστήματα για παραγωγή ενέργειας που εγχέεται στο Δίκτυο, τα οποία εγκαθίστανται σε δώμα ή στέγη κτιρίου, συμπεριλαμβανόμενων των στεγάστρων.

3. Το πρόγραμμα, αφορά σε όλη την Επικράτεια, με εξαίρεση τα μη διασυνδεδεμένα με το ηπειρωτικό σύστημα της χώρας, νησιά.

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

5.3.1.4 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΕΓΓΥΗΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ ΓΙΑ ΟΙΚΙΑΚΑ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ

Ο μηχανισμός των εγγυημένων τιμών έχει συμβάλει καθοριστικά στην ανάπτυξη σημαντικής εγκατεστημένης ισχύος, για την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (ΥΠΕΚΑ, 2012).

Πίν. 5.1: Τιμές φωτοβολταϊκών για στέγες (€/MWh)

Μήνας / Έτος	Υφιστάμενη κατάσταση	Νέα τιμή	Ποσοστό μείωσης 5%
Φεβρουάριος 2012	522,5	495	
Αύγουστος 2012	522,5	470,25	
Φεβρουάριος 2013	496,38	446,73	
Αύγουστος 2013	496,38	424,40	
Φεβρουάριος 2014	471,56	403,18	
Αύγουστος 2014	471,56	383,02	
Φεβρουάριος 2015	447,98	363,87	
Αύγουστος 2015	447,98	345,68	

Πηγή: ΥΠΕΚΑ, 2012

5.3.2 ΗΛΙΑΚΟΙ ΣΥΛΛΕΚΤΕΣ ΓΙΑ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ ΧΡΗΣΗΣ (ZNΧ)

Τα συστήματα ηλιακών συλλεκτών, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή θερμικής ενέργειας, με την αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτή η θερμική

ενέργεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη θέρμανση χώρων ή για τη θέρμανση του ζεστού νερού χρήσης, της υπό μελέτη ζώνης του κτιρίου.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ηλιακών συλλεκτών, που μπορούν να εγκατασταθούν σε ένα κτίριο, ανάλογα με τη χρήση και τη διαθέσιμη επιφάνεια εγκατάστασης.

5.3.2.1 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΘΕΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΗΛΙΑΚΩΝ ΣΥΛΛΕΚΤΩΝ

Οι βασικές παράμετροι θέσης εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών είναι (T.O.TEE, 2010β):

- Ο προσανατολισμός τους ως προς τον νότο
- Η κλίση της επιφάνειας ως προς το οριζόντιο επίπεδο
- Ο συντελεστής σκίασης

Ο προσανατολισμός (αζιμούθιο γ) τοποθέτησης των ηλιακών συλλεκτών, είναι η απόκλιση τους από το νότο της περιοχής εγκατάστασης. Ο βέλτιστος προσανατολισμός για τους ηλιακούς συλλέκτες, είναι ο νότιος με μικρή απόκλιση $\pm 50^\circ$. Για νότιο προσανατολισμό, σύμφωνα με την μεθοδολογία υπολογισμού ορίζεται $\gamma = 180^\circ$.

Η κλίση (β) των ηλιακών συλλεκτών, ορίζεται ως προς το οριζόντιο επίπεδο εγκατάστασης και απαιτείται για τον υπολογισμό της ηλιακής ακτινοβολίας, που προσπίπτει επάνω στην συλλεκτική επιφάνεια.

Για κάθετη τοποθέτηση της επιφάνειας του συλλέκτη, η κλίση είναι 90° , ενώ για οριζόντια τοποθέτηση η κλίση είναι 0° .

Η βέλτιστη κλίση εγκατάστασης των ηλιακών συλλεκτών για την Ελλάδα εξαρτάται από την εποχική χρήση:

- για ετήσια χρήση $\beta = 30^\circ$
- για χειμερινή χρήση $\beta = \text{γεωγραφικό πλάτος} + 15^\circ$
- για θερινή χρήση $\beta = 0 \div 5^\circ$

Ο συντελεστής σκίασης, είναι διορθωτικός συντελεστής για τη μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας, λόγω της σκίασης που προκαλείται από το περιβάλλοντα χώρο στην επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών. Ο συντελεστής σκίασης ίσος με 0 δείχνει ότι υπάρχει πλήρης σκίαση των ηλιακών συλλεκτών.

Η συνήθης πρακτική, είναι η εγκατάσταση 1 m^2 απλού επιπέδου ηλιακού συλλέκτη για κάθε άτομο, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες για ζεστό νερό

χρήσης. Αντίστοιχα, για τη θέρμανση χώρων αντιστοιχεί 1 m² επίπεδου απλού ηλιακού συλλέκτη για θερμικό φορτίο 700 W (\approx 600 kcal/h) (T.O.TEE, 2010β).

5.3.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΑΙ ΨΥΞΗ

Η χρήση γεωθερμικής ενέργειας για τις ανάγκες θέρμανσης, είναι μία ιδιαίτερα αποδοτική μέθοδος. Η εξαγωγή θερμότητας από το υπέδαφος για κάλυψη των αναγκών θέρμανσης και ψύξης, αποτελεί μία ιδανική λύση, διότι η θερμοκρασία του εδάφους ακόμη και σε μικρά βάθη, δύο έως τριών μέτρων, παραμένει σταθερή καθ'όλη τη διάρκεια του έτους.

Η μεταφορά θερμότητας σε περιοχή χαμηλότερων θερμοκρασιών, απαιτεί λιγότερη ενέργεια, επομένως, η αποδοτικότητα της αντλίας ενισχύεται από τις υψηλότερες θερμοκρασίες, που επικρατούν στο υπέδαφος.

Ένα τέτοιο σύστημα, μπορεί να λειτουργήσει με μεγάλο βαθμό αποδοτικότητας, σε σχέση με την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια, με την προϋπόθεση ότι το κτίριο, έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να έχει χαμηλές απαιτήσεις θέρμανσης (Clemens et al., 2006).

Τα γεωθερμικά συστήματα αντλιών θερμότητας, αποτελούν μια μακροχρόνια πηγή θέρμανσης και ψύξης. Η μέση γεωθερμική αντλία, έχει διάρκεια ζωής περίπου 25 χρόνια, που ισοδυναμεί με το διπλάσιο του προσδόκιμου ζωής των περισσότερων συστημάτων καύσης ορυκτών καυσίμων (www.geothermalheatingandcoolingreview.com).

Η γεωθερμία είναι μία τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον, που μπορεί να εφαρμοστεί σε κάθε τύπο κτιρίου, σε οποιαδήποτε γεωγραφική θέση. Μπορεί να καλύψει πλήρως τις ενεργειακές ανάγκες ενός κτιρίου ή μιας εγκατάστασης, χωρίς επιπρόσθετα συμβατικά καύσιμα. Μπορεί δηλαδή να παρέχει θέρμανση και ψύξη του χώρου, ζεστό νερό χρήσης και θέρμανση πισίνας. Η χρηματική εξοικονόμηση που προκύπτει κατά την λειτουργία της θέρμανσης αγγίζει το 55%, ενώ κατά την λειτουργία της ψύξης το 45% (www.esegepe.gr).

5.3.3.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

Η λειτουργία των γεωθερμικών αντλιών, έγκειται στην εξαγωγή θερμότητας χαμηλότερης θερμοκρασίας από το υπέδαφος (ή από τα υπόγεια ύδατα, καθώς και τα νερά λιμνών και θαλασσών) και στη μετατροπή της σε υψηλότερη θερμοκρασία, με σκοπό τη θέρμανση των εσωτερικών χώρων (Greening et al., 2012).

Το σύστημα αποτελείται από τρία κύρια μέρη, τον εναλλάκτη θερμότητας νερού (γεωεναλλάκτης - κλειστό ή ανοιχτό κύκλωμα), την αντλία θερμότητας και το εσωτερικό σύστημα διανομής της θερμότητας στο κτίριο (αεραγωγοί ή ενδοδαπέδια ή fan coil).

5.3.3.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η γεωθερμική αντλία θερμότητας, χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο κατάλληλα τοποθετημένων σωληνώσεων (συλλεκτών), μέσα στο οποίο κυκλοφορεί διάλυμα νερού με αντιψυκτικό υγρό, ανταλλάζει θερμότητα με το έδαφος. Στον εναλλάκτη θερμότητας, η θερμική ενέργεια μεταφέρεται από το υπέδαφος στο ψυκτικό μέσο, το οποίο και εξατμίζεται. Το ψυκτικό μέσο, μεταφέρεται στο κύκλωμα μέσω του συμπιεστή, ο οποίος αυξάνει την πίεση και την θερμοκρασία του. Έπειτα, στον συμπυκνωτή (εναλλάκτης θερμότητας), το ψυκτικό μέσο ψύχεται και συμπυκνώνεται.

Η ενέργεια που απορροφήθηκε κατά την συμπύκνωση μεταφέρεται, διαμέσου του ψυκτικού μέσου στο θερμαντικό σύστημα της οικίας. Τοποθετείται και μία εκτονωτική βαλβίδα, που ρυθμίζει την ροή μάζας του ψυκτικού μέσου, ούτως ώστε να διατηρείται η διαφορά πίεσης μεταξύ της "περιοχής χαμηλής-υψηλής πίεσης".

5.3.3.3 ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΚΑΙ ΘΕΡΙΝΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

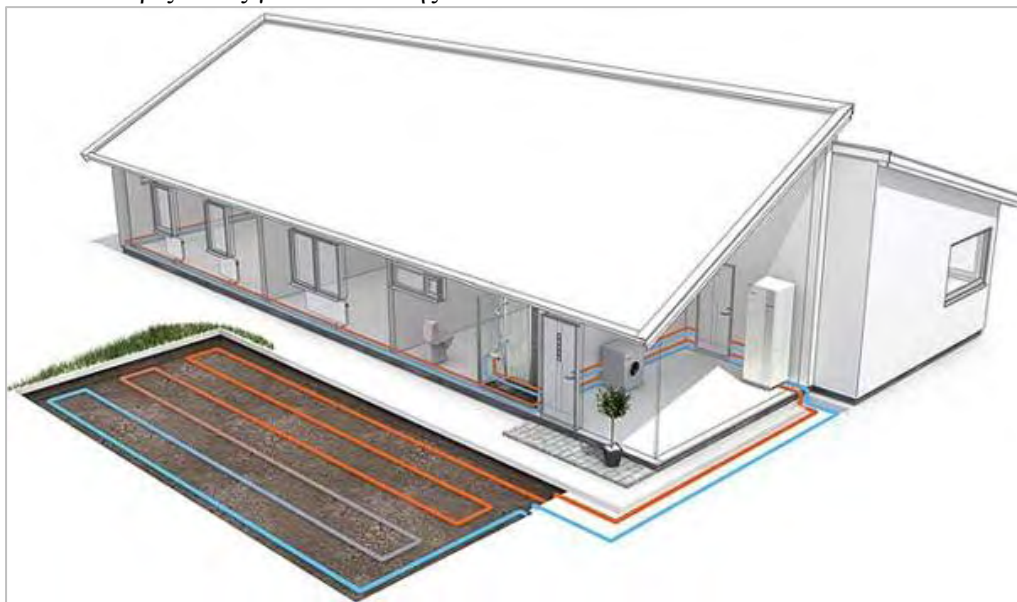
Το χειμώνα, το ρευστό που κυκλοφορεί μέσα στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη, απορροφά την αποθηκευμένη θερμότητα του εδάφους και την φέρνει στη μονάδα, εσωτερικά του κτιρίου. Η μονάδα, αντλεί τη θερμότητα σε μια υψηλότερη θερμοκρασία και την διανέμει στο κτίριο. Το καλοκαίρι, το σύστημα αντιστρέφεται, απάγει τη θερμότητα από το κτίριο, τη μεταφέρει στο κύκλωμα του γεωεναλλάκτη και την αποθέτει στο υπέδαφος

5.3.3.4 ΤΥΠΟΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΟΙΚΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ

Το γεωθερμικό σύστημα, εφαρμόζεται είτε σαν ανοιχτό κύκλωμα, είτε σαν κλειστό κύκλωμα, με κατακόρυφους ή οριζόντιους εναλλάκτες και προσαρμόζεται ανάλογα με την μορφολογία του εδάφους και τον διαθέσιμο χώρο του οικοπέδου.

Στα ακόλουθα σχήματα, παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι γεωθερμικών συστημάτων.

Εικ. 5.1: Οριζόντιος γεωεναλλάκτης



Πηγή: www.sigma-geo.gr

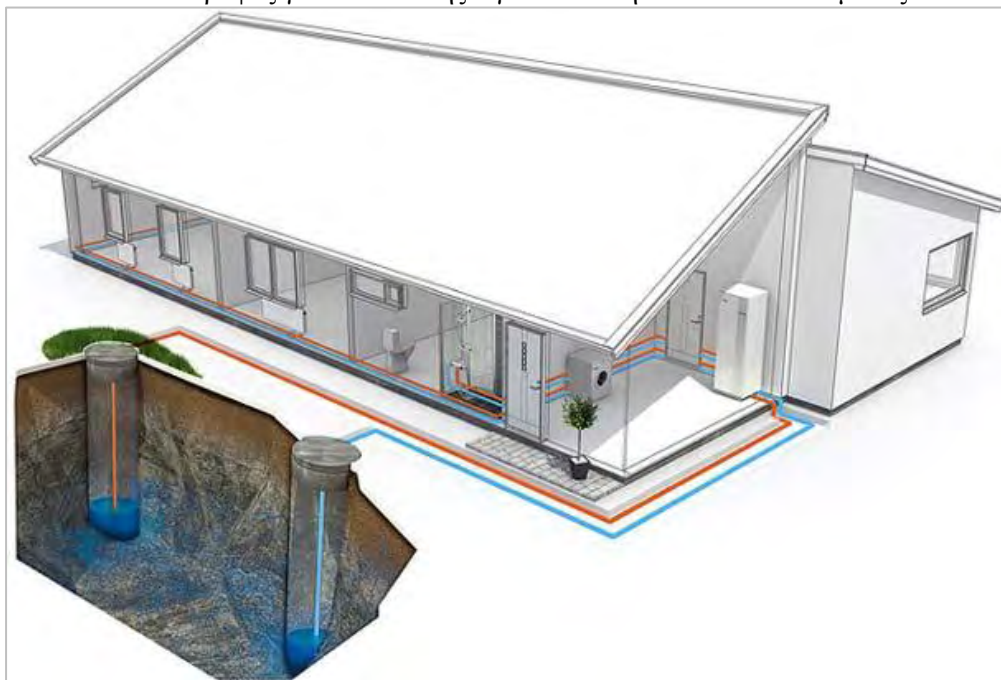
Στον οριζόντιο γεωεναλλάκτη, το βάθος εκσκαφής είναι περίπου 1,2 –1,40m. και ο γεωθερμικός εναλλάκτης, είναι τοποθετημένος παράλληλα προς την επιφάνεια του εδάφους σε βάθος 1,2-1,8 m, σε μια ή περισσότερες στρώσεις σωλήνων. Τα συστήματα αυτά δίνουν 20-30W/m². Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, για μία μονοκατοικία 150 m² θερμαινόμενης επιφάνειας, απαιτούνται περίπου 220-300 m² σκάμματος. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για εδάφη που απαιτούν χαμηλό κόστος εκσκαφής.

Ο κατακόρυφος γεωεναλλάκτης, είναι τοποθετημένος κάθετα στην επιφάνεια του εδάφους, μέσα σε τρύπες ανοιγμένες από γεωτρύπανο, και σε βάθη συνήθως από 50-150 m. Δεν αξιοποιείται το νερό του εδάφους, διότι το σύστημα είναι κλειστό. Για κατοικία 150 m², απαιτούνται περίπου 120-130m γεώτρησης. Η μέθοδος, είναι κατάλληλη για όλα τα εδάφη.

Εικ. 5.2: Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης-Κάθετη γεώτρηση

Πηγή: www.sigma-geo.gr

Εικ. 5.3: Κατακόρυφος γεωεναλλάκτης-Εγκατάσταση ανοικτού κυκλώματος.

Πηγή: www.sigma-geo.gr

Το γεωθερμικό σύστημα ανοικτού κυκλώματος, κρίνεται κατάλληλο στην περίπτωση που υπάρχει υπόγειο νερό και καθίσταται εύκολη πρόσβαση σε αυτό, καθώς η θερμοκρασία του κυμαίνεται από τους 14 °C με 16 °C όλο τον χρόνο. Η γεώτρηση θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 15m. Επιπλέον, αυτού του είδους οι εγκαταστάσεις απαιτούν άδεια καθώς και νομικές προαπαιτήσεις.

5.3.4 ΜΙΚΡΕΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΕΣ ΓΙΑ ΟΙΚΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ

Η χρησιμοποίηση της αιολικής ενέργειας προς κάλυψη ενεργειακών αναγκών, έχει γίνει ιδιαίτερα ελκυστική και μπορεί να συμβάλλει δραστικά στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Οι μικρές ανεμογεννήτριες, είναι μια κατηγορία ΑΠΕ, που εκμεταλλεύεται την ενέργεια του ανέμου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα μεγέθη τους ποικίλλουν, ξεκινώντας από οικιακής εγκατάστασης ανεμογεννήτριες, με διάμετρο μικρότερης του ενός μέτρου και ισχύος μικρότερης του ενός kW, μέχρι ανεμογεννήτριες διαμέτρου 20 μέτρων και ισχύος 50 kW, με ενδεικτικό κόστος περίπου 4.000 έως 7.500 ευρώ ανά εγκατεστημένο kW.

Οι ανεμογεννήτριες δεν είναι επιβλαβείς, δεν εκπέμπουν κανενός είδους ακτινοβολία ή ρύπο που θα μπορούσε να βλάψει τον άνθρωπο, αντιθέτως με τη λειτουργία τους παράγεται πράσινη ενέργεια και εξοικονομείται η χρήση άλλων ρυπογόνων μορφών ενέργειας, ενώ αποφεύγεται η έκλυση ρύπων, όπως CO₂ στην ατμόσφαιρα (**Omer, 2008**). Σημειώνεται ότι, μια ανεμογεννήτρια των 50kW, μπορεί να παράγει έως 250 MWh ετησίως, ποσό ενέργειας ικανό να καλύψει την ενέργεια που καταναλώνουν περισσότερα από 60 νοικοκυριά. Παράλληλα, βοηθά στις εξοικονόμηση 275 τόνων CO₂ που θα εκπέμπονταν από συμβατικές μορφές παραγωγής ενέργειας (www.georhythmiki.gr).

5.3.4.1 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΙΚΡΗΣ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

Σχετικά με την τοποθεσία εγκατάστασης μιας μικρής ανεμογεννήτριας, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ανεκτού αιολικού δυναμικού, ενώ άλλες εξίσου σημαντικές προϋποθέσεις, είναι η ύπαρξη δικτύου σε κοντινή απόσταση και η δυνατότητα πρόσβασης, ενώ συνιστάται η αποφυγή μεγάλων εμποδίων στο χώρο εγκατάστασης, όπως ψηλά κτήρια ή δέντρα.

Για το χώρο που απαιτεί η εγκατάσταση, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ακόμα και για τις μικρές ανεμογεννήτριες με τις μεγαλύτερες διαστάσεις οι απαιτήσεις για δέσμευση χώρου είναι ελάχιστες, καθώς ο απαραίτητος χώρος είναι μόλις αυτός που χρειάζεται από το συνεργείο για την εγκατάσταση. Μια μικρή ανεμογεννήτρια 50 kW, μπορεί να εγκατασταθεί σε ένα χώρο (χωράφι, οικόπεδο, βουνοκορφή, κτλ.) που έχει τουλάχιστον 15 μέτρα διαθέσιμα για την ανέγερσή της.

5.3.4.2 ΤΥΠΟΙ ΜΙΚΡΩΝ ΑΝΕΜΟΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ

Γενικά, υπάρχουν δύο τύποι συστημάτων μικρών ανεμογεννητριών: οι αυτόνομες μονάδες και οι διασυνδεδεμένες με το δίκτυο (www.cres.gr).

- Αυτόνομα συστήματα

Οι μικρές ανεμογεννήτριες χρησιμοποιούνται για να παράγουν ηλεκτρισμό για τη φόρτιση μπαταριών, οι οποίες τροφοδοτούν μικρές ηλεκτρικές εφαρμογές. Τέτοιες ανάγκες, υπάρχουν για παράδειγμα σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν είναι τεχνικά ή οικονομικά λογική η σύνδεση με το δίκτυο, όπως σε αγροκτήματα.

- Διασυνδεδεμένα συστήματα

Η έξοδος μιας μικρής ανεμογεννήτριας μπορεί να συνδεθεί με το υπάρχον δίκτυο. Αυτό μπορεί να συμβεί και σε μία μόνη ανεμογεννήτρια και σε ένα αιολικό πάρκο. Η ενέργεια που παράγεται από την ανεμογεννήτρια του οικιακού παραγωγού, μπορεί να μειώσει την ανάγκη του για αγορά ηλεκτρισμού από το τοπικό δίκτυο. Η διασύνδεση με το δίκτυο διανομής πρέπει να πληροί υψηλές τεχνικές προδιαγραφές και γι' αυτό το κόστος ενσωμάτωσης του απαιτούμενου εξοπλισμού μέτρησης και ασφάλειας είναι υψηλό. Για μικρές ανεμογεννήτριες, το κόστος της σύνδεσης με το δίκτυο μπορεί να αποτελεί σεβαστό ποσοστό του συνολικού προϋπολογισμού.

5.4 ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΛΛΩΝ ΑΠΟΔΟΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΕ ΚΤΙΡΙΑ ΓΙΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΡΩΝ

5.4.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΟΜΒΡΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Παρότι η Γη, καλύπτεται στο μεγαλύτερο ποσοστό της από νερό, αυτό, δεν είναι άμεσα διαθέσιμο στις περισσότερες των περιπτώσεων. Το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού της Γης (97,25%) είναι αλμυρό και επομένως, δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των βασικών ανθρώπινων αναγκών. Επιπλέον, ένα σημαντικό ποσοστό του γλυκού νερού (2,1%), είναι εγκλωβισμένο στους παγετούς και στα χιόνια των πόλων, με αποτέλεσμα να καθίσταται δύσκολη η προσβασιμότητα σε αυτό (Κούγκολος, 2007).

Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού στις αστικές περιοχές, η υπεράντληση υδατικών πόρων, η ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον κύκλο του νερού, αποτελούν εδώ και αρκετές δεκαετίες σημείο ανησυχίας, σχετικά με την πρόσβαση των ανθρώπων στον υδατικό πόρο.

Στο κλίμα της αειφορίας, κινείται και η επαναχρησιμοποίηση του νερού, που προορίζεται για οικιακή χρήση. Τα συστήματα αυτά, αποτελούνται από μία επιφάνεια συλλογής, που συνήθως είναι η στέγη, το δώμα ή τα μπαλκόνια, από τα συστήματα μεταφοράς του νερού (σωλήνες, υδρορροές) και από τη δεξαμενή αποθήκευσης. Ανάλογα με την επεξεργασία που θα υποστεί, το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για χρήσεις όπως, πότισμα κήπου, πλύσιμο ρούχων και πιάτων, νερό για το καζανάκι ή ακόμη και για χρήσεις προσωπικής υγιεινής. Για μεγαλύτερη αποδοτικότητα στη διαχείριση του νερού, μπορούν να προβλεφθούν στο σχεδιασμό των κατοικιών και μέθοδοι επαναχρησιμοποίησης υγρών αποβλήτων, μέσω βιολογικής επεξεργασίας. (Καρυώτη, 2010).

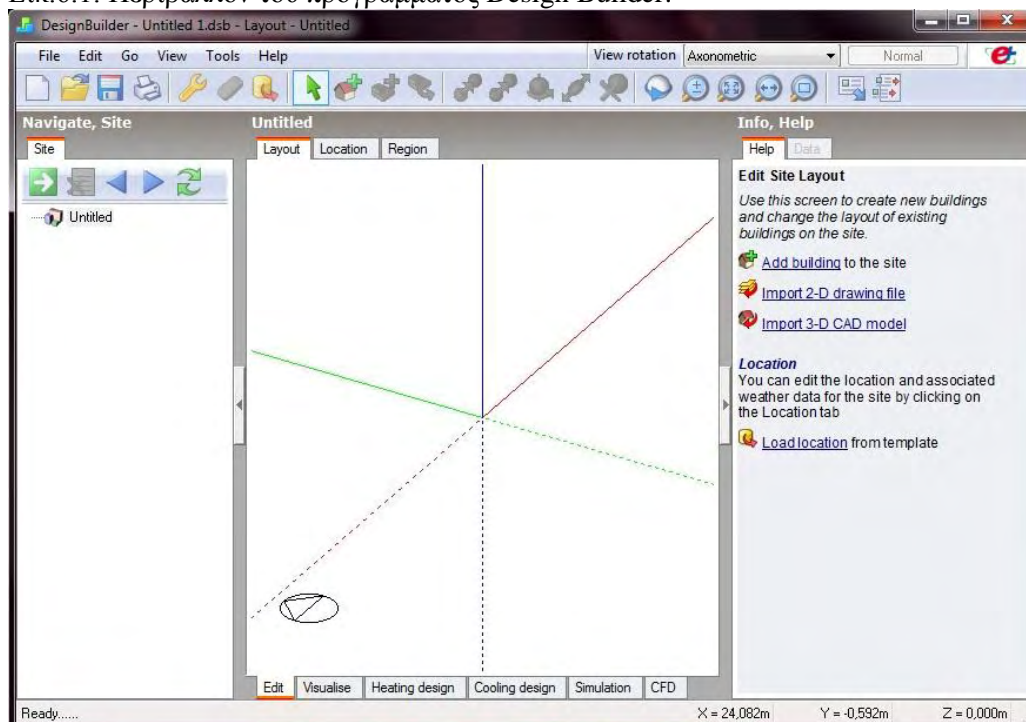
6 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Το ερευνητικό πεδίο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, κινείται στα πλαίσια του σχεδιασμού κτιρίου κατοικίας, με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και στην ουσία ελαχίστων εκπομπών CO₂. Όπως διατυπώθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια, αυτό ουσιαστικά αναφέρεται στη δημιουργία ενός κτιρίου που, εκμεταλλευόμενο τις αρχές της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής, επιδιώκεται να καταγράφει μειωμένες έως ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις, τις οποίες θα αντισταθμίζει με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.

Η κατοικία, είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και διοχετεύει την ενέργεια που παράγει επιτόπου, πίσω σε αυτό. Με αυτό τον τρόπο, αντισταθμίζεται η ενέργεια που καταναλώνει για τις λειτουργικές της ανάγκες, οι οποίες περιλαμβάνουν ενέργεια για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, ζεστό νερό χρήσης και οικιακό εξοπλισμό.

Για την ενεργειακή μελέτη, ακολουθήθηκε διαδικασία προσομοίωσης, που αποτέλεσε το κύριο εργαλείο για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου, όπως αποτυπώθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Το πρόγραμμα προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε είναι το 'Design Builder'.

Εικ.6.1: Περιβάλλον του προγράμματος Design Builder.



6.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η κατοικία την οποία θα μελετήσουμε βρίσκεται στη Θεσσαλία, στην πόλη των Τρικάλων, σε περιοχή που απέχει 1 χλμ. από το κέντρο της πόλης, σε εντός σχεδίου περιοχή και σε οικοπέδο συνολικού εμβαδού 500 τ.μ., όπου οι οδοί που το περιβάλλουν είναι προσανατολισμένοι κατά τον άξονα ανατολής-δύσης. Αυτή η διάταξη θεωρείται από τις καλύτερες, για την εξασφάλιση ευνοϊκού προσανατολισμού για το κτίριο (Colombo et al., 1994). Επιπλέον, το κτίριο θα διαταχθεί στη βορεινή πλευρά του οικοπέδου, ώστε να βρίσκεται εκτός της επιρροής των σκιάσεων από γειτονικά κτίρια.

Για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης, απαιτείται να εισαχθούν στο πρόγραμμα ορισμένα δεδομένα για την περιοχή. Αρχικά, εισάγουμε την τοποθεσία και στη συγκεκριμένη περίπτωση, θα προτιμήσουμε την επιλογή 'LARISSA (HEL-AFB)' από την διατιθέμενη λίστα, που είναι το πιο κοντινό σημείο αναφοράς σε σχέση με την περιοχή μελέτης.

Από την ταμπέλα 'Location', βλέπουμε ότι εισήχθηκαν και τα υπόλοιπα στοιχεία, όπως γεωγραφικό ύψος και πλάτος, στοιχεία εδάφους και ζώνη ώρας. Προσθέτουμε τέλος, τα κλιματολογικά στοιχεία (με μέσες θερμοκρασίες αέρα ανά μήνα), από τα οποία, τα πιο κοντινά γεωγραφικά διαθέσιμα, σύμφωνα με το πρόγραμμα προσομοίωσης αναφέρονται στην πόλη της Θεσσαλονίκης, αλλά δεδομένου ότι, οι δύο πόλεις βρίσκονται στην ίδια κλιματική ζώνη, η παραδοχή αυτή θεωρείται αποδεκτή.

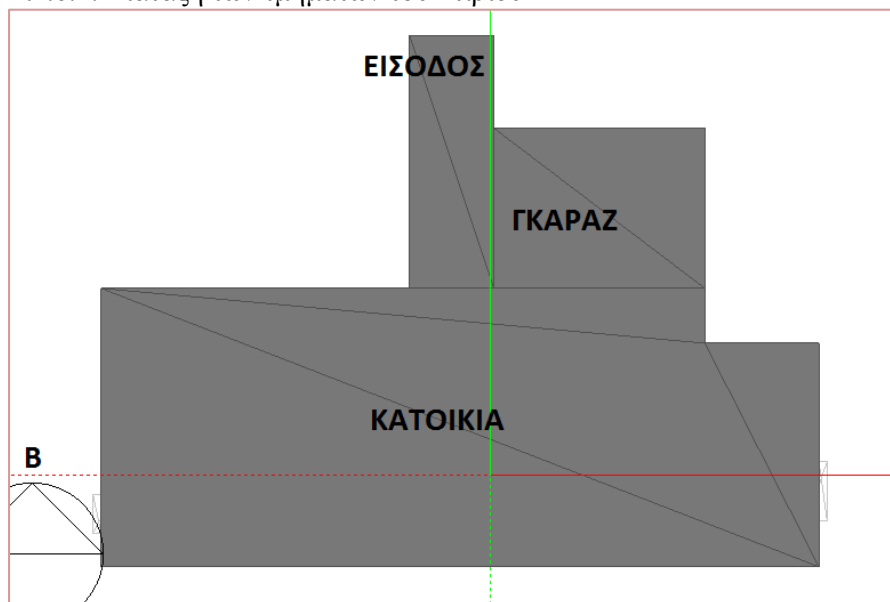
6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το κτίριο, τοποθετείται στον άξονα ανατολή-δύση, έτσι ώστε η νότια πλευρά του, που είναι και η μεγαλύτερη και με τα περισσότερα ανοίγματα, να δέχεται τις ευεργετικές ιδιότητες της ηλιακής ακτινοβολίας, ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες¹³. Στη βόρεια πλευρά, τοποθετείται το γκαράζ, πρώτον, γιατί ο δρόμος και άρα η πρόσβαση στο οικοπέδο γίνεται από το βορρά και δεύτερον, γιατί προστατεύει τη βόρεια πλευρά της κατοικίας από τους χειμερινούς ψυχρούς ανέμους. Για παρόμοιους λόγους, τοποθετείται και η είσοδος στη βόρεια πλευρά και σε αυτή την περίπτωση σχεδιάζεται ένας διάδρομος, ως διπλή είσοδος, πριν την κύρια, για να προστατέψει το

¹³ Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, μία απόκλιση της τάξης των $\pm 25^\circ$ θεωρείται ενεργειακά, οριακά αποδεκτή.

κτίριο από τους βορεινούς ανέμους. Στην εικόνα 6.2, φαίνεται η διάταξη των τμημάτων του κτιρίου σε σχέση με το γεωγραφικό βορρά, όπως εξάγεται από το 'Design Builder'.

Εικ.6.2: Διάταξη των τμημάτων του κτιρίου



Το επίμηκες σχήμα το κτιρίου, πλάτους 6,6m και μήκους 17m, προσφέρει χώρους με άπλετο φυσικό φωτισμό και αερισμό.

Η συνολική επιφάνεια του κύριου κτιρίου της κατοικίας, είναι 109m² και το ύψος ορόφου είναι 3m. Το γκαράζ έχει διαστάσεις 5m και 3,8m και εμβαδό 19m² και η είσοδος 12m², τα οποία φαίνονται και συγκεντρωτικά στον ακόλουθο πίνακα.

Πίν. 6.1: Γενικά γεωμετρικά στοιχεία κτιρίου

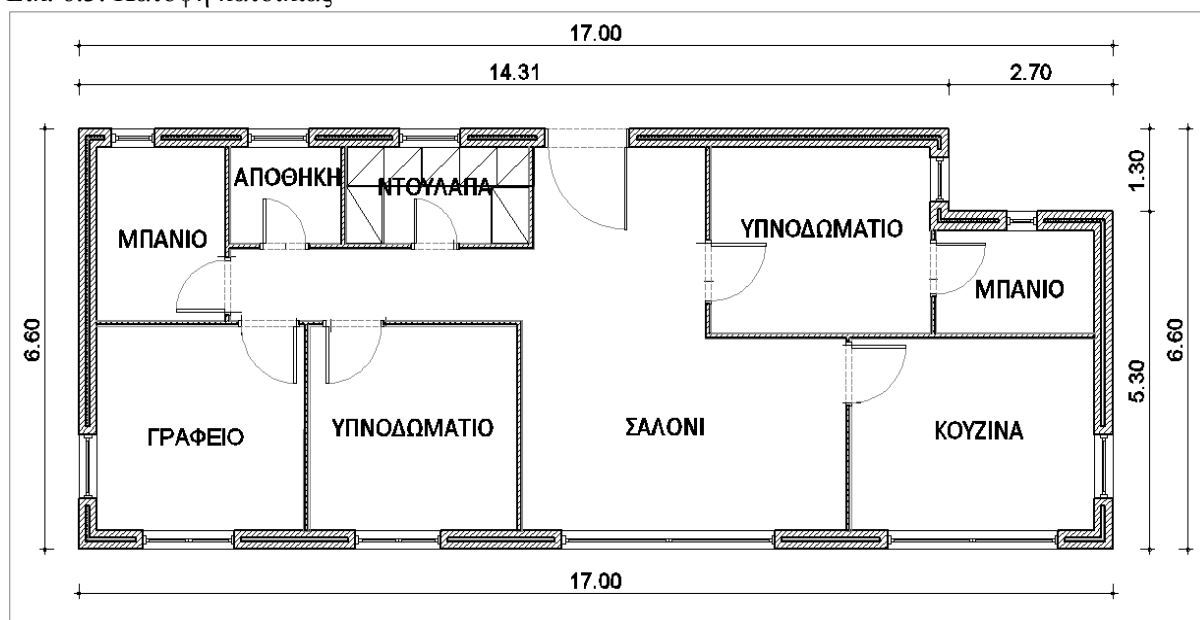
Αριθμός ορόφων: Ισόγειο	Ύψος ισόγειου: 3 m
Συνολική επιφάνεια κτιρίου: 109+12+19= 140 m ²	Συνολικός όγκος κτιρίου: 420 m ³
Θερμαινόμενη επιφάνεια: 109 m ²	Θερμαινόμενος όγκος: 327 m ³
Ψυχόμενη επιφάνεια: 109 m ²	Ψυχόμενος όγκος: 327 m ³

6.2.1 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΡΡΥΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ

Η κατοικία σχεδιάστηκε ώστε να στεγάσει μία οικογένεια τεσσάρων ατόμων, μία γυναίκα, έναν άντρα και δύο παιδιά.

Κατά τη μελέτη εσωτερικής διαρρύθμισης, οι εσωτερικοί χώροι τοποθετήθηκαν ώστε, αυτοί που έχουν μεγάλο χρόνο χρήσης και υψηλές επιθυμητές εσωτερικές θερμοκρασίες (καθιστικό, τραπεζαρία, γραφείο, παιδικό δωμάτιο) να χωροθετηθούν στη νότια πλευρά του κτιρίου. Το γκαράζ, η είσοδος, το WC και οι υπόλοιποι βοηθητικοί χώροι, τοποθετήθηκαν στη βορινή πλευρά, ώστε να λειτουργούν ως ζώνες θερμικής ανάσχεσης ανάμεσα στους θερμαινόμενους χώρους και το εξωτερικό περιβάλλον. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνονται στην πραγματικότητα οι θερμικές απώλειες από τους κύριους χώρους.

Εικ. 6.3: Κάτοψη κατοικίας



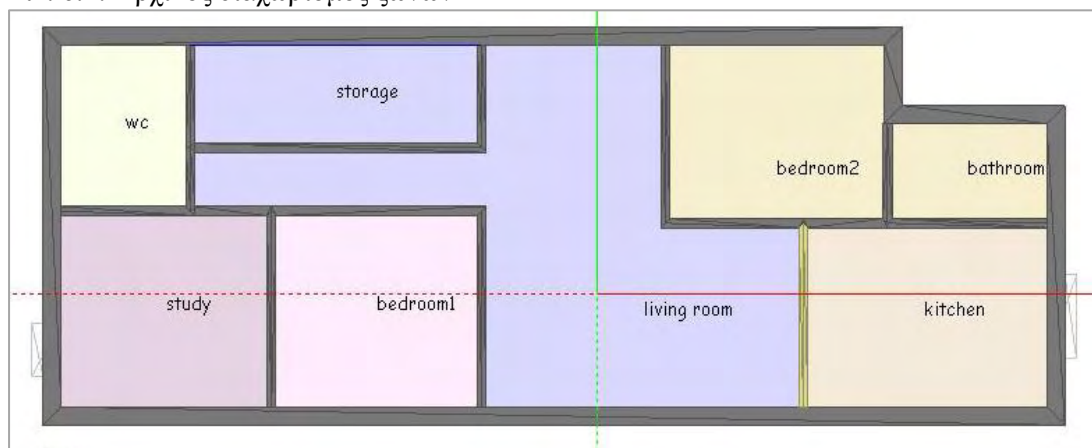
6.2.2 ΣΕΝΑΡΙΟ ΚΑΤΟΙΚΗΣΗΣ

Όπως ειπώθηκε και παραπάνω, το κτίριο θα ικανοποιήσει τις στεγαστικές ανάγκες μίας τετραμελούς οικογένειας. Για να πάρουμε καλύτερα αποτελέσματα σύμφωνα με το σενάριο κατοίκησης, πρέπει να ορίσουμε στο πρόγραμμα την πυκνότητα ατόμων ανά χώρο, ανάλογα με τη χρήση. Για παράδειγμα, η πυκνότητα έχει διαφορετικά νούμερα για το μπάνιο και το σαλόνι, όπου δίνονται οι τιμές 0,01 και 0,03 αντίστοιχα¹⁴.

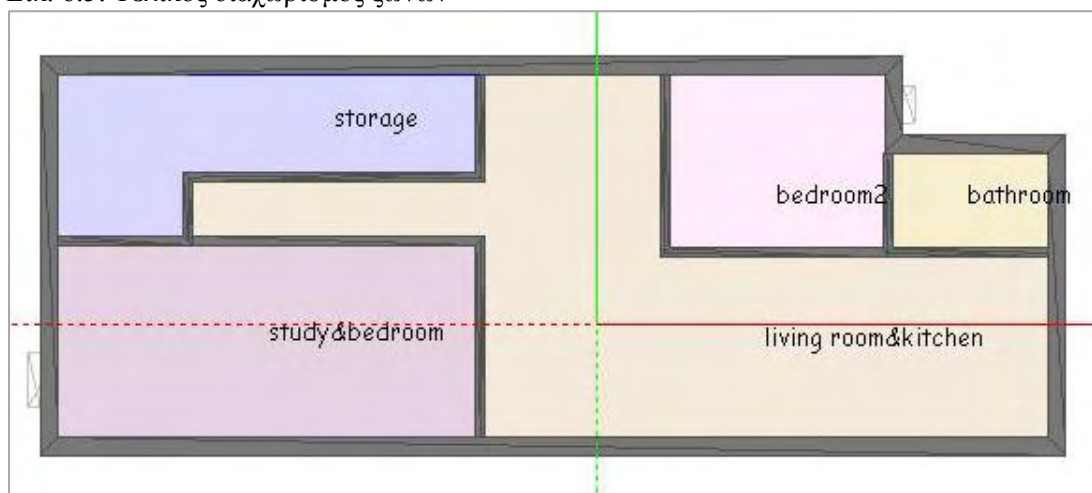
¹⁴ Η πυκνότητα εκφράζεται σε αριθμό ατόμων ανά τ.μ.

Σύμφωνα με την κάτοψη, έχει γίνει ο διαχωρισμός του κτιρίου σε χρήσεις, ο οποίος ουσιαστικά είναι και διαχωρισμός σε ζώνες. Για να πετύχουμε καλύτερα αποτελέσματα προσομοίωσης, κάποιες ζώνες με παρόμοιες χρήσεις και θερμικές απαιτήσεις, τις θεωρούμε ως ενιαίες. Επομένως, από οκτώ ζώνες που υπάρχουν στην πραγματικότητα, όπως φαίνεται στην εικόνα 6.4, καταλήγουμε σε πέντε ζώνες (Εικ. 6.5), για τις ανάγκες της προσομοίωσης.

Εικ. 6.4: Αρχικός διαχωρισμός ζωνών



Εικ. 6.5: Τελικός διαχωρισμός ζωνών



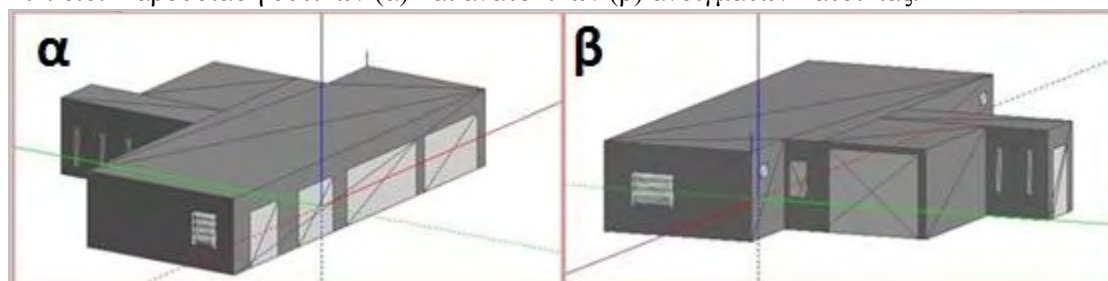
6.3 ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

Στο σχεδιασμό και τη διαστασιολόγηση των ανοιγμάτων του κτιρίου δόθηκε προσοχή στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

6.3.1 ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

Επειδή τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα δέχονται το χειμώνα μικρές ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας και αντίθετα, το καλοκαίρι επιτρέπουν την είσοδο επιβαρυντικής ακτινοβολίας, πρέπει οι διαστάσεις τους να είναι περιορισμένες. Για το λόγο αυτό, το γραφείο, το υπνοδωμάτιο των γονέων και η κουζίνα, έχουν μόνο ένα άνοιγμα στο δυτικό και στους ανατολικούς τοίχους αντίστοιχα.

Εικ. 6.6: Παρουσίαση δυτικών (α) και ανατολικών (β) ανοιγμάτων κατοικίας.



6.3.2 ΒΟΡΕΙΝΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

Τα βορεινά ανοίγματα, επιλέχθηκε να είναι περιορισμένα και μικρά, να κλείνουν καλά και να είναι προστατευμένα. Παρά τα απαιτούμενο μικρό τους μέγεθος, είναι σημαντικά για το κτίριο γιατί ενισχύουν τον διαμπερή αερισμό και το νυχτερινό δροσισμό το καλοκαίρι.

6.3.3 ΝΟΤΙΑ ΑΝΟΙΓΜΑΤΑ

Τα νότια ανοίγματα, αποτελούν σημαντική πηγή ηλιακής ακτινοβολίας και επομένως θερμότητας για το κτίριο. Συνίσταται ο λόγος επιφάνειάς τους προς το εμβαδό του τοίχου στον οποίο τοποθετούνται, να είναι 3/5, δηλαδή περίπου στο 60%.

Για τα ανατολικά και δυτικά ανοίγματα και συγκεκριμένα για τους καλοκαιρινούς μήνες, λειτουργεί αυτοματοποιημένο πρόγραμμα σκίασης με εξωτερικές περσίδες, που αποτρέπουν την είσοδο επιβαρυντικής ακτινοβολίας, που επηρεάζει τις συνθήκες θερμικής άνεσης του κτιρίου (Εικ. 6.7 και 6.8).

Εικ. 6.7: Πρόγραμμα σκίασης για δυτικά ανοίγματα.

Design day definition method				1-End use defaults			
Use end-use default				6-Cooling demand			
Profiles							
Mo...	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Feb	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Mar	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Apr	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
May	8:00 - 12:00	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Jun	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00
Jul	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00
Aug	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00
Sep	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00	12:00 - 18:00
Oct	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Nov	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Dec	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off

Εικ. 6.8: Πρόγραμμα σκίασης για ανατολικά ανοίγματα.

Profiles							
M...	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Jan	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Feb	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Mar	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Apr	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
May	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Jun	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00
Jul	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00
Aug	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00
Sep	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00	8:00 - 12:00
Oct	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Nov	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off
Dec	Off	Off	Off	Off	Off	Off	Off

6.4 ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ

Πολύ σημαντική για το φυσικό δροσίσιμο των κτιρίων, είναι η κατασκευή ενός μεγάλου ανοίγματος στην υψηλότερη στάθμη τους, στο δώμα ή στη στέγη, απ' όπου το καλοκαίρι απάγεται ο θερμός εσωτερικός αέρας προς τον εξωτερικό χώρο, με φυσικό ελκυσμό. Τα μικρά βορινά ανοίγματα, αντικαθιστούν το θερμό αέρα που απάγεται και τροφοδοτούν το κτίριο με δροσερό αέρα.

6.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ

Για τον υπολογισμό των ενεργειακών απαιτήσεων σε θέρμανση και ψύξη απαιτούνται τα εξής δεδομένα:

- Γνώση των χαρακτηριστικών του κτιρίου (γεωμετρία, προσανατολισμός, δομικά υλικά, στοιχεία επιφανειών)
- Καθορισμός θέσης, προσανατολισμού και εξωτερικής σκίασης του κτιρίου
- Γνώση μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής και εκτίμηση εξωτερικών συνθηκών σχεδιασμού
- Επιλογή εσωτερικών συνθηκών σχεδιασμού (θερμοκρασία, ρυθμός ανανέωσης αέρα)
- Γνώση λειτουργίας των χώρων
- Υπολογισμός των διαφόρων συνιστωσών των ενεργειακών απαιτήσεων για θέρμανση και ψύξη των χώρων

6.5.1 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΖΕΣΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ (ZNX)

Σύμφωνα με την τεχνική οδηγία του TEE, η ημερήσια κατανάλωση ZNX ανά δομημένη επιφάνεια, για κατοικία, ισοδυναμεί με 2,5 l/m²/ημέρα. Επομένως, αυτή είναι η τιμή της μεταβλητής που θα εισάγουμε στο λογισμικό.

Η παροχή με ZNX, θα γίνει με ηλιακούς συλλέκτες. Η συνήθης πρακτική είναι, η εγκατάσταση 1 m² απλού επίπεδου ηλιακού συλλέκτη για κάθε άτομο που διαμένει στην κατοικία, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες για ζεστό νερό χρήσης.

6.5.2 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΣ ΝΩΠΟΣ ΑΕΡΑΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

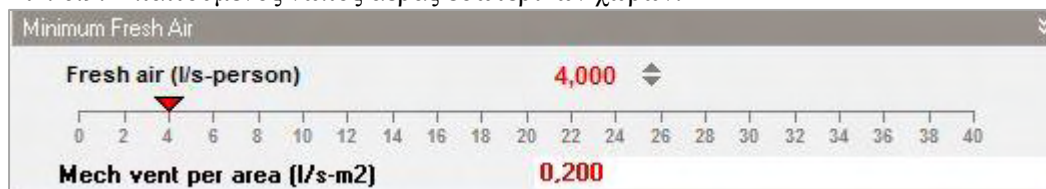
Για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής στο εσωτερικό κάθε κτιρίου και κάθε ανεξάρτητου τμήματος κτηρίου, απαιτείται η ανανέωση του αέρα, δηλαδή η αντικατάσταση μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος. Οι απαιτήσεις νωπού αέρα καθορίζονται ανάλογα με:

- τη χρήση του κτιρίου
- τον πληθυσμό των χρηστών και
- την παραγωγή ρύπων λόγω χρήσης του κτιρίου, που σε γενική προσέγγιση είναι αντίστοιχη της χρήσης του κτιρίου.

Σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του TEE, η τιμή της μεταβλητής του νωπού αέρα εσωτερικών χώρων, για μονοκατοικία, ανά άτομο, είναι 15 m³/h/άτομο και η τιμή ανά μονάδα επιφάνειας, είναι 0,75 m³/h/m² (T.O.TEE, 2010β).

Οι τιμές που εισήχθησαν στο πρόγραμμα, είναι αυτές της εικόνας 6.7, οι οποίες έχουν μετατραπεί σε l/s/άτομο και σε l/s/m².

Εικ. 6.9: Απαιτούμενος νωπός αέρας εσωτερικών χώρων.



6.5.3 ΦΟΡΤΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Τα επίπεδα φωτισμού των εσωτερικών χώρων εξαρτώνται, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, από τις απαιτήσεις των λειτουργιών και των εργασιών που εκτελούνται στους χώρους αυτούς. Ως απαιτούμενη ενέργεια φωτισμού στο πρόγραμμα, δόθηκε η τιμή των 3 W/m².

6.6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΛΑΚΑΣ ΟΡΟΦΗΣ

Στην οροφή της κατοικίας, θα τοποθετηθούν φωτοβολταϊκά συστήματα προκειμένου να αντισταθμιστούν οι ενεργειακές ανάγκες του νοικοκυριού. Τα σενάρια για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών στοιχείων στην οροφή του κτιρίου είναι δύο:

- Κατασκευή στέγης με κλίση 29° και τοποθέτηση των πλαισίων πάνω στη στέγη
- Τοποθέτησή τους απευθείας στην πλάκα οροφής του κτιρίου, με κατάλληλη διαμόρφωση και σύστημα στήριξης, για δημιουργία της επιθυμητής κλίσης

Αν επιλεγθεί το πρώτο σενάριο, θα δημιουργηθεί ένας όγκος στέγης που πλησιάζει σε μέγεθος τον όγκου του κτιρίου, γεγονός που αποδεικνύεται αντισυμβατικό, από άποψη υλικών και χώρου, δεδομένου ότι η σκεπή δεν θα είναι κατοικήσιμη.

Επομένως, επιλέγεται η τοποθέτησή τους απευθείας στο δώμα, όπου με κατάλληλες στηρίξεις, τους δίνεται η απαραίτητη κλίση των 29°, ώστε να εκμεταλλεύονται κατά το μέγιστο την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα.

Εικ. 6.10: Τοποθέτηση Φ/Β πλαισίων στην οροφή κτιρίου.



Πηγή: www.selasenergy.gr

Η βέλτιστη κλίση, είναι συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής και στη συγκεκριμένη περίπτωση, με γεωγραφικό πλάτος 39° και για ετήσια παραγωγή, ως επιθυμητή κλίση λαμβάνονται οι 29° (Τ.Ο.ΤΕΕ, 2010α).

Σύμφωνα με το Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης φωτοβολταϊκών συστημάτων, που χρησιμοποιούνται για κατοικίες, η μέγιστη εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται σε 10 kWp. Σύμφωνα με σχετικό πρόγραμμα της ιστοσελίδας της Europa, το Photovoltaic Geographical Information System, υπολογίζεται, ανάλογα με τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής, η απόδοση των εγκατεστημένων φωτοβολταϊκών συστημάτων. Για την περίπτωση των Τρικάλων, ένα σύστημα εγκατεστημένης ισχύος 1 kWp, αποδίδει 1180 kWh/ έτος (re.jrc.ec.europa.eu).

6.6.1 ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

Κατά τη διάρκεια σχεδιασμού του δώματος του κτιρίου, επιλέχθηκε η τοποθέτηση αεριζόμενου κελύφους. Πρόκειται για κατασκευή διπλού κελύφους, στο δώμα, με ενδιάμεσο κενό, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί εξωτερικός αέρας. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συμβάλλει στη μείωση της θερμικής επιβάρυνσης της πλάκας της οροφής από την έντονη ηλιακή ακτινοβολία.

Το αεριζόμενο κέλυφος μπορεί να συνεισφέρει και στην αυξημένη θερμική προστασία του κτιρίου κατά τους χειμερινούς μήνες, γιατί περιορίζονται οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Το σημείο στο οποίο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην κατασκευή του αεριζόμενου δώματος, είναι κατά την τοποθέτηση της θερμομόνωσης, η οποία πρέπει να βρίσκεται σε επαφή με την πλάκα του οπλισμένου σκυροδέματος. Το κενό, στο οποίο κυκλοφορεί ο αέρας δημιουργείται επάνω από τη θερμομόνωση και ακολουθούν οι στρώσεις στεγάνωσης (Εικ. 6.11).

Εικ. 6.11: Τομή σε αεριζόμενο δώμα



Πηγή: (Τ.Ο.ΤΕΕ, 2010α).

6.7 ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΣ ΤΙΜΕΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Σύμφωνα με τον πίνακα 4.2 (Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς), η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην κλιματική ζώνη Γ.

Από τον ΚΕΝΑΚ, δίνονται πίνακες, όπου καθορίζονται τα όρια των συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δομικών διατάξεων (U value) του κτιριακού κελύφους, για κάθε κλιματική ζώνη και για κάθε δομική διάταξη (τοιχοποιία, οροφή, δάπεδο, ανοίγματα).

Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας, με τις τιμές που αφορούν την κλιματική ζώνη της περιοχής μελέτης, σύμφωνα με τον οποίο έχουν επιλεγεί τα χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιρίου μελέτης.

Πίν. 6.2: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συντελεστών θερμικής διαπερατότητας δομικών διατάξεων για την κλιματική ζώνη Γ.

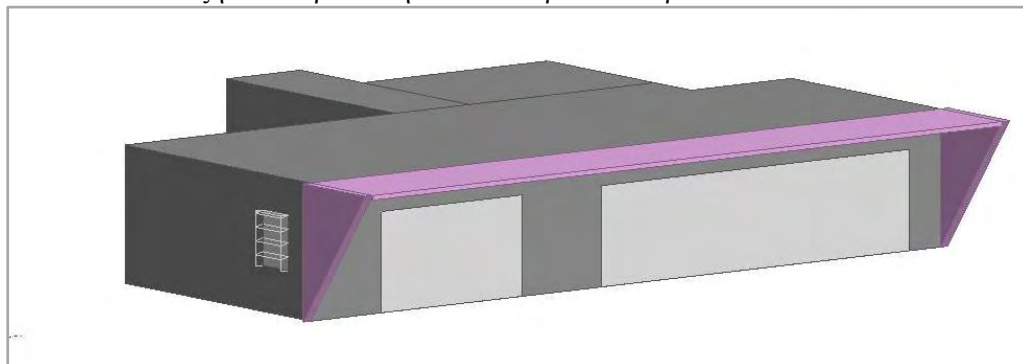
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ Γ	
Δομική διάταξη	U (Wm ⁻² K ⁻¹)
Τοιχοποιία	$U_T \leq 0,5$
Οροφή	$U_O \leq 0,4$
Δάπεδο	$U_\Delta \leq 0,7$
Ανοίγματα	$U_{YA} \leq 2,8$

6.8 ΣΚΙΑΣΤΡΑ

Η τοποθέτηση σκιάστρων, είναι απαραίτητη για την επίτευξη θερμικής άνεσης κατά τη θερινή περίοδο, για κλίμα όπως αυτό της Ελλάδας. Επιλέγεται η σκίαση των ανοιγμάτων και των δομικών στοιχείων της νότιας πλευράς του κτιρίου, τόσο με οριζόντιο, όσο και με κάθετα πλευρικά σκιάστρα, για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση του εσωτερικού των χώρων κατά τους θερινούς μήνες. Το οριζόντιο σκίαστρο είναι μόνιμο και έχει μήκος 1,5μ., ώστε να προστατεύει την κατασκευή από την επιβαρυντική ακτινοβολία των θερινών μηνών, αλλά να αφήνει την ωφέλιμη ακτινοβολία των χειμερινών μηνών να εισέλθει στο κτίριο.

Η διάταξη των σκιάστρων φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα, όπου τα σκιάστρα απεικονίζονται με μωβ χρωματισμό.

Εικ. 6.12: Διάταξη σκιάστρων στη νότια πλευρά του κτιρίου.



6.9 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Η εσωτερική θερμοκρασία, είναι η βασικότερη παράμετρος διαμόρφωσης της θερμικής άνεσης σε ένα χώρο. Είναι σαφές ότι, δεδομένης της υποκειμενικότητας του επιπέδου θερμικής άνεσης και των επιλογών του εκάστοτε χρήστη, η επιθυμητή θερμοκρασία εσωτερικών χώρων μπορεί να ποικίλλει.

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων και σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία του TEE, έχουν καθοριστεί τιμές θερμοκρασίας εσωτερικών

χώρων για τη χειμερινή και τη θερινή περίοδο, οι οποίες ουσιαστικά αντιστοιχούν στις τιμές που θέτονται στους θερμοστάτες των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης. Ο ακόλουθος πίνακας απεικονίζει τα μεγέθη αυτά.

Πίν. 6.3: Καθορισμένες τιμές θερμοκρασίας για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Θερμοκρασία [°C]	
	Χειμερινή περίοδος	Θερινή περίοδος
Μονοκατοικία, πολυκατοικία (περισσότερα του ενός διαμερίσματα)	20	26

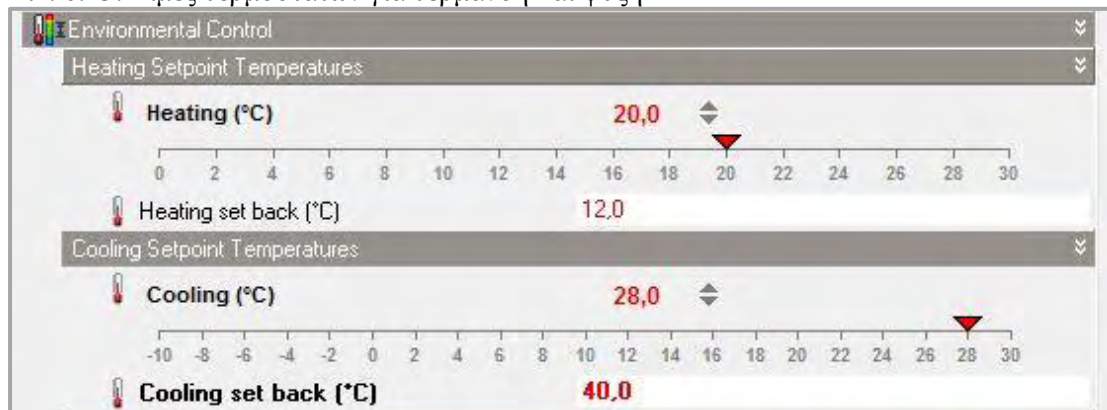
Πηγή: T.O.TEE, 2010β.

6.9.1 ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΕΣ ΟΡΟΦΗΣ

Οι ανεμιστήρες οροφής, βελτιώνουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης σε κλιματιζόμενους και μη, χώρους, ενισχύοντας την κυκλοφορία του εσωτερικού αέρα. Σε κλιματιζόμενα κτίρια, επιτρέπουν τη ρύθμιση του θερμοστάτη μιας κλιματιστικής μονάδας σε υψηλότερη θερμοκρασία (2-3°C), μειώνοντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη.

Για το λόγο αυτό, θέτουμε τους θερμοστάτες των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, στις θερμοκρασίες που φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα, που είναι σύμφωνες και με την Τεχνική Οδηγία του TEE για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Να σημειωθεί ότι, οι προδιαγραφές που δίνονται από την οδηγία, για τις καθοριζόμενες τιμές θερμοκρασίας, είναι για τη θερινή περίοδο 26 °C και για τη χειμερινή 20 °C, αλλά λόγω του ανεμιστήρα οροφής στο υπό μελέτη κτίριο, ο θερμοστάτης για τη περίοδο ψύξης, έχει οριστεί στους 28 °C, σύμφωνα με τα παραπάνω.

Εικ. 6.13: Τιμές θερμοστατών για θέρμανση και ψύξη



6.9.2 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΨΥΞΗΣ

Η θέρμανση του κτιρίου θα γίνει με τη χρήση συστήματος φυσικού αερίου και η ψύξη του χώρου θα πραγματοποιείται με τη χρήση ανεμιστήρων μέχρι τη θερμοκρασία των 28 °C και έπειτα με σύστημα κλιματισμού, με τη χρήση γεωθερμικής αντλίας.

Ο συντελεστή απόδοσης μιας γεωθερμικής αντλίας, CoP (Coefficient of performance), ισοδυναμεί με 4. Επιπλέον, το φυσικό αέριο έχει CoP ίσο με 0,9 (T.O.TEE, 2010β).

6.10 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Αφού εισήχθησαν όλες οι παράμετροι για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου μελέτης, ξεκινάει η διαδικασία της προσομοίωσης, η οποία θα γίνει για όλο το έτος και θα υπολογιστούν τα φορτία θέρμανσης και ψύξης που απαιτούνται, για την επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, καθώς και οι απαιτούμενες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, όπως προκύπτουν από το πρόγραμμα, φαίνονται συγκεντρωτικά στον ακόλουθο πίνακα.

Πίν. 6.4: Αποτελέσματα προσομοίωσης για φορτία θέρμανσης, ψύξης και ηλεκτρισμού

ΑΠΑΙΤΗΣΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/m ² /έτος)
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	44,19
ΨΥΞΗ	4,98
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	47,03

6.10.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Τελική ενέργεια, είναι το ενεργειακό περιεχόμενο, το οποίο αναφέρεται στην ενέργεια που χρησιμοποιείται από τον τελικό χρήστη, μειωμένο κατά τις απώλειες από τις διάφορες χρήσεις και μετατροπές ενέργειας. Παράδειγμα τελικής μορφής ενέργειας, αποτελεί το ενεργειακό περιεχόμενο του θερμαντικού πετρελαίου, το οποίο βρίσκεται ήδη στην οικιακή δεξαμενή του τελικού καταναλωτή (www.cie.org).

Για να εκτιμηθεί η τελική κατανάλωση ενέργειας, πρέπει, οι τιμές των ενεργειακών απαιτήσεων, που προέκυψαν από την προσομοίωση, να διαιρεθούν με το συντελεστή απόδοσης, ο οποίος, όπως ειπώθηκε παραπάνω, αντιστοιχεί σε 0,9 για το φυσικό αέριο και σε 4 για τη γεωθερμική αντλία.

$$\text{Τελική Κατανάλωση} = \frac{\text{Φορτίο}}{\text{CoP}} \quad (\text{kWh/m}^2)$$

Επομένως, για τον υπολογισμό της τελικής κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, ισχύει η σχέση:

$$\text{Τελική Κατανάλωση} = \frac{44,19}{0,9} = 49,10 \quad (\text{kWh/m}^2)$$

Αντίστοιχα, για ψύξη, η τελική κατανάλωση ενέργειας, είναι ίση με:

$$\text{Τελική Κατανάλωση} = \frac{4,98}{4} = 1,245 \quad (\text{kWh/m}^2)$$

Για τα μεγέθη ηλεκτρισμού, δε γίνεται μετατροπή, γιατί τα μεγέθη αυτά, σύμφωνα με τον ορισμό, αντιπροσωπεύουν τελική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

6.10.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πρωτογενείς πηγές ενέργειας, είναι εκείνες, που συναντώνται άμεσα στη φύση και μερικές από αυτές είναι ο ήλιος, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο, η γεωθερμική ενέργεια, η αιολική και η βιομάζα.

Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, προσδιορίζεται με βάση τη συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας. Η αναγωγή της υπολογιζόμενης τελικής κατανάλωσης καυσίμου σε πρωτογενή ενέργεια, γίνεται με τη χρήση των

συντελεστών μετατροπής του πίνακα 6.5. Αυτό γίνεται διότι, κατά τη μετατροπή μιας διαθέσιμης πρωτογενούς μορφής ενέργειας σε μια άλλη, προκύπτουν, εκτός από τις επιθυμητές μορφές ενέργειας και απώλειες.

Πίν. 6.5: Συντελεστές μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια και εκλυόμενους ρύπους

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΣΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΕΚΛΥΟΜΕΝΟΙ ΡΥΠΟΙ ΑΝΑ ΜΟΝΑΔΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kg CO ₂ /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Ηλεκτρική Ενέργεια	2,9	0,989

Πηγή: Τ.Ο.ΤΕΕ, 2010β

6.10.3 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η σχέση που συνδέει την πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας με την τελική κατανάλωση, είναι η εξής:

$$\text{Πρωτογενής Κατανάλωση Ενέργειας} = \text{Τελική Κατανάλωση} \times \text{Συντελεστής Μετατροπής}$$

Με βάση την παραπάνω σχέση, ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας της πρωτογενούς ενέργειας για όλα τα εξεταζόμενα μεγέθη.

Πίν. 6.6: Συγκεντρωτικός πίνακας πρωτογενούς ενέργειας

ΑΠΑΙΤΗΣΗ	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m ² /έτος)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/m ² /έτος)
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	49,1	1,05	51,56
ΨΥΞΗ	1,245	2,9	3,61
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	47,03	2,9	136,39
ΣΥΝΟΛΟ	97,375	ΣΥΝΟΛΟ	191,5525

6.10.4 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΕ ΕΚΛΥΟΜΕΝΟΥΣ ΡΥΠΟΥΣ

Η μετατροπή γίνεται με βάση τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{Εκλυόμενοι Ρύποι} = \text{Πρωτογενής Κατανάλωση} \times \text{Συντελεστής Ρύπων}$$

Επομένως, στον πίνακα 6.9, δίνονται οι τιμές των εκλυόμενων ρύπων για κάθε μορφή ενέργειας.

Πίν. 6.7: Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα επιφάνειας

ΑΠΑΙΤΗΣΗ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/m ²)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΡΥΠΩΝ (kg CO ₂ /kWh)	ΕΚΛΥΟΜΕΝΟΙ ΡΥΠΟΙ (kg CO ₂ /m ²)
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	51,56	0,196	10,105
ΨΥΞΗ	3,61	0,989	3,571
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	136,39	0,989	134,887
		ΣΥΝΟΛΟ	148,562

6.10.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΠΟ Φ/Β

Κατά γενικό κανόνα, σύμφωνα με εκτιμήσεις διαφόρων κατασκευαστών, ισχύει ότι, για τα συνήθη μονοκρυσταλλικά ή πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά, με ονομαστική ισχύ 1 kWp, διαστάσεων 1680x990x50 (mm) και βάρους 24 κιλών, απαιτούνται περίπου 15m², επίπεδης επιφάνειας οροφής κτιρίου (www.selasenergy.gr, www.bosch-solarenergy.com). Το ζητούμενο είναι, να υπολογιστεί ο βέλτιστος αριθμός Φ/Β πλαισίων, που θα καλύπτει την ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου.

Στο αυτό το σημείο, πρέπει να αναφερθεί ότι, η μέθοδος επιλογής του αριθμού των Φ/Β συστημάτων που θα εγκατασταθούν, ποικίλει, ανάλογα με το μέγεθος αναφοράς. Αυτό σημαίνει ότι, η διαστασιολόγηση μπορεί να γίνει με βάση τις τιμές της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, ή με τις τιμές κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας ή τέλος, με βάση την ποσότητα των εκλυόμενων ρύπων. Η διερεύνηση θα γίνει και για τις τρεις περιπτώσεις. Ως εκ τούτου, στη συνέχεια, θα υπολογιστούν τα μεγέθη τελικής ενέργειας, πρωτογενούς ενέργειας και εκλυόμενων ρύπων, με βάση την παραγόμενη ενέργεια από τα Φ/Β, για να ληφθούν τα συγκριτικά αποτελέσματα.

6.10.5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΕΛΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η στέγη της κατοικίας, έχει επιφάνεια 109 m². Επομένως, με βάση το διαθέσιμο χώρο, μπορούν να τοποθετηθούν κατά το μέγιστο, επτά Φ/Β πλαίσια, ονομαστικής ισχύος 1 kWp (κάθε πλαίσιο, χρειάζεται επιφάνεια περίπου 15 m²). Σύμφωνα με όσα ειπώθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο, στην περιοχή μελέτης, ένα σύστημα εγκατεστημένης ισχύος 1 kWp, αποδίδει 1180 kWh/ έτος. Για την τελική επιλογή του πλήθους των πλαισίων, θα γίνουν υπολογισμοί, για τον προσδιορισμό της απόδοσης 4, 5, 6 και 7 Φ/Β πλαισίων και της τελικής κατανάλωσης ενέργειας.

Πίν. 6.8: Τελική κατανάλωση ενέργειας για διάφορες περιπτώσεις πλήθους Φ/Β πλαισίων

ΠΛΗΘΟΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ	ΑΠΟΔΟΣΗ 1kWh/έτος	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ (kWh/έτος)	ΕΜΒΑΔΟ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ (m ²)	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m ² /έτος)
7	1180	8260	109	75,78
6	1180	7080	109	64,95
5	1180	5900	109	54,13
4	1180	4720	109	43,30

6.10.5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο υπολογισμός της πρωτογενούς ενέργειας, είναι ένας αξιόπιστος δείκτης για την εκτίμηση του ενεργειακού ισοζυγίου. Ισχύει και εδώ, η σχέση της παραγράφου 6.10.3 και ο συντελεστής μετατροπής που πίνακα 6.5, που όπως φαίνεται παρακάτω, ισούται με 2,9.

Πίν. 6.9: Πρωτογενής κατανάλωση ενέργειας για διάφορες περιπτώσεις πλήθους Φ/Β πλαισίων

ΠΛΗΘΟΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m ² /έτος)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/m ² /έτος)
7	75,78	2,9	219,76
6	64,95	2,9	188,37
5	54,13	2,9	156,97
4	43,30	2,9	125,58

6.10.5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΚΛΥΟΜΕΝΩΝ ΡΥΠΩΝ

Ο υπολογισμός γίνεται με τον ίδιο τρόπο, όπως στην παράγραφο 6.10.4.

Πίν. 6.10: Εκλυόμενοι ρύποι για διάφορες περιπτώσεις πλήθους Φ/Β πλαισίων

ΠΛΗΘΟΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/m ²)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΡΥΠΩΝ (kg CO ₂ /kWh)	ΕΚΛΥΟΜΕΝΟΙ ΡΥΠΟΙ (kg CO ₂ /m ²)
7	219,76	0,989	217,344
6	188,37	0,989	186,295
5	156,97	0,989	155,246
4	125,58	0,989	124,197

6.10.5.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΡΙΘΜΟΥ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ

Για να γίνει η επιλογή του καταλληλότερου αριθμού Φ/Β πλαισίων, παρουσιάζονται συγκριτικοί πίνακες, για τα εξεταζόμενα μεγέθη.

- Με κριτήριο την τελική κατανάλωση ενέργειας

Πίν. 6.11: Επιλογή πλήθους Φ/Β πλαισίων, με βάση την τελική κατανάλωση ενέργειας

ΠΛΗΘΟΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ	ΑΠΟΔΟΣΗ 1kWh/έτος	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ (kWh/έτος)	ΕΜΒΑΔΟ ΚΑΤΟΙΚΙΑΣ	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m ² /έτος)
7	1180	8260	109	75,78
6	1180	7080	109	64,95
5	1180	5900	109	54,13
4	1180	4720	109	43,30
			ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	97,38

Από τον πίνακα, φαίνεται ότι, με βάση την τελική κατανάλωση ενέργειας, η επιφάνεια της στέγης, δεν επαρκεί για την εξισορρόπηση της ενέργειας που καταναλώνεται από το κτίριο για την κάλυψη των αναγκών του, με την παραγωγή ενέργειας από Φ/Β συστήματα.

- Με κριτήριο την πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας

Πίν. 6.12: Επιλογή πλήθους Φ/Β πλαισίων, με βάση την πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας

ΑΠΑΙΤΗΣΗ	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m ² /έτος)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/m ² /έτος)
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	49,1	1,05	51,56
ΨΥΞΗ	1,245	2,9	3,61
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	47,03	2,9	136,39
ΣΥΝΟΛΟ	97,375	ΣΥΝΟΛΟ	191,55
ΠΛΗΘΟΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ	ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (kWh/m ² /έτος)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/m ² /έτος)
7	75,78	2,9	219,76
6	64,95	2,9	188,37
5	54,13	2,9	156,97
4	43,30	2,9	125,58

Θέτοντας ως κριτήριο επιλογής την πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας, ως ασφαλέστερη επιλογή, επιλέγεται η τοποθέτηση επτά Φ/Β πλαισίων, αν και πιθανότατα, να ήταν αποδεκτή και μία λύση, με έξι Φ/Β πλαίσια, διότι, όπως φαίνεται στον πίνακα, η τιμή της πρωτογενούς ενέργειας των έξι πλαισίων, είναι πολύ κοντά αριθμητικά με το σύνολο της πρωτογενούς ενέργειας της κατοικίας.

- Με κριτήριο την ποσότητα των εκλυόμενων ρύπων

Πίν. 6.13: Επιλογή πλήθους Φ/Β πλαισίων, με βάση τους εκλυόμενους ρύπους

ΑΠΑΙΤΗΣΗ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/m ²)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΡΥΠΩΝ (kg CO ₂ /kWh)	ΕΚΛΥΟΜΕΝΟΙ ΡΥΠΟΙ (kg CO ₂ /m ²)
ΘΕΡΜΑΝΣΗ	51,56	0,196	10,105
ΨΥΞΗ	3,61	0,989	3,571
ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ	136,39	0,989	134,887
		ΣΥΝΟΛΟ	148,562
ΠΛΗΘΟΣ Φ/Β ΠΛΑΙΣΙΩΝ	ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh/m ²)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΡΥΠΩΝ (kg CO ₂ /kWh)	ΕΚΛΥΟΜΕΝΟΙ ΡΥΠΟΙ (kg CO ₂ /m ²)
7	219,76	0,989	217,344
6	188,37	0,989	186,295
5	156,97	0,989	155,246
4	125,58	0,989	124,197

Όπως διαπιστώνεται από τον πίνακα, σύμφωνα με αυτό το κριτήριο, επιλέγεται η εγκατάσταση πέντε Φ/Β πλαισίων. Η λύση αυτή, είναι η πιο οικονομική και συμφωνεί και με την έννοια του κτιρίου μηδενικών ή ελαχίστων εκπομπών CO₂ και επομένως, είναι εκείνη που επιλέγεται για την μελέτη περίπτωσης, όπου το ζητούμενο είναι, ο σχεδιασμός του κτιρίου, ώστε οι εκπομπές CO₂, που εκλύονται από τη χρήση διαφόρων μορφών ενέργειας, για την κάλυψη των αναγκών του, να αντισταθμίζονται από ανανεώσιμες πηγές.

6.11 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Η διαστασιολόγηση όλων των στοιχείων του κτιρίου, έγινε, όπως έχει ειπωθεί, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ και την Τεχνική Οδηγία του ΤΕΕ. Σε αυτό το σημείο, θα εξεταστούν κάποια εναλλακτικά σενάρια, που αποσκοπούν στην περαιτέρω μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, για την κάλυψη των αναγκών του κτιρίου.

Οι μεταβλητές οι οποίες θα τεθούν υπό εξέταση, είναι το μέγεθος των ανοιγμάτων στη νότια όψη και ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας της τοιχοποιίας (U value).

Στο λογισμικό, επιλέχθηκε, το ποσοστό των ανοιγμάτων για την κουζίνα και το σαλόνι, να καλύπτει επιφάνεια, ίση με το 65% του συνόλου των τοίχων αυτών των χώρων, ενώ για τα δωμάτια της νότιας όψης, το ποσοστό αυτό αντιστοιχεί στο 40%.

Σενάριο 1

Σε αυτή την περίπτωση, μειώνεται η αναλογία των ανοιγμάτων, σε σχέση με την επιφάνεια του τοίχου, κατά 10%.

Σενάριο 2

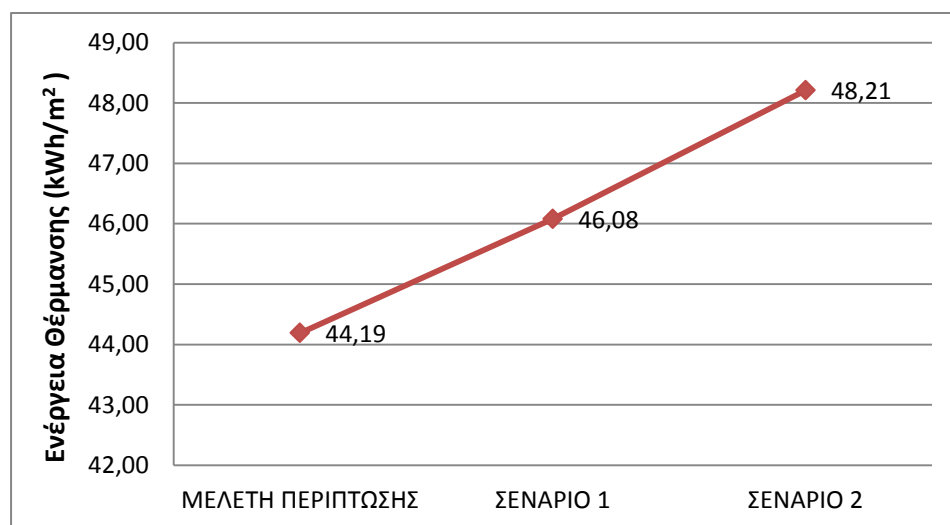
Μειώνεται η αναλογία των ανοιγμάτων, σε σχέση με την επιφάνεια του τοίχου, κατά 20%, σε σχέση με το αρχικό ποσοστό.

Ακολουθεί ο συγκεντρωτικός πίνακας, με τα φορτία που προέκυψαν από την εφαρμογή των δύο σεναρίων καθώς και τα διαγράμματα που απεικονίζουν τις μεταβολές στην κατανάλωση ενέργειας.

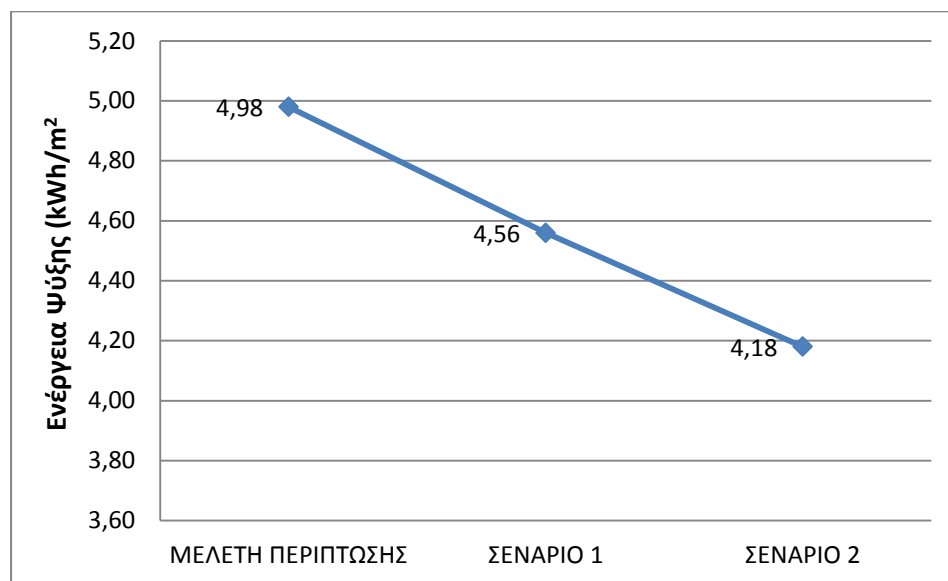
Πίν. 6.14: Συγκεντρωτικός πίνακας τιμών για τα σενάρια 1 και 2

ΦΟΡΤΙΑ (kWh/m ²)	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	ΣΕΝΑΡΙΟ 2
ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	44,19	46,08	48,21
ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΨΥΞΗΣ	4,98	4,56	4,18

Διάγρ. 6.1: Σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των σεναρίων 1 και 2, για τα φορτία θέρμανσης



Διάγρ. 6.2: Σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των σεναρίων 1 και 2, για τα φορτία ψύξης



Από τα διαγράμματα 6.1 και 6.2, διαπιστώνεται η γραμμική συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ του μεγέθους των ανοιγμάτων, ουσιαστικά, της επιφάνειας εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας και των ηλιακών κερδών και της συνεπακόλουθης απαίτησης σε θέρμανση και ψύξη. Η μείωση της επιφάνειας των ανοιγμάτων, είναι αντιστρόφως ανάλογη με την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ενώ, είναι ανάλογη με την κατανάλωση ενέργειας για ψύξη. Αυτό συμβαίνει, διότι, με τη μείωση της επιφάνειας των ανοιγμάτων, καταγράφονται μειωμένα ηλιακά κέρδη, στο εσωτερικό της κατοικίας, επομένως, υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη για θέρμανση και μικρότερη για ψύξη.

Σενάριο 3

Σε αυτή την περίπτωση, ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας της τοιχοποιίας (U value), που στη μελέτη περίπτωσης έχει τιμή 0,5 ($\text{Wm}^{-2} \text{K}^{-1}$), λαμβάνει την τιμή 0,4 ($\text{Wm}^{-2} \text{K}^{-1}$). Η μεταβολή του U value, μεταφράζεται σε αύξηση του πάχους θερμομόνωσης και συγκεκριμένα, από πάχος 0,043 m, που είναι στη μελέτη περίπτωσης, η θερμομόνωση αυξάνεται στο σενάριο 3, στα 0,06 m.

Σενάριο 4

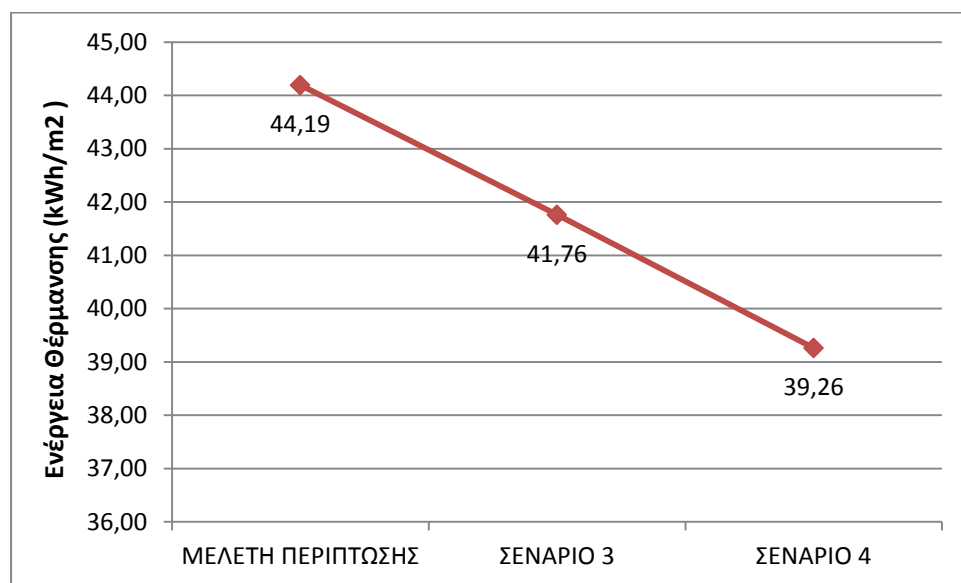
Εδώ, η τιμή του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας της τοιχοποιίας, γίνεται 0,3 ($\text{Wm}^{-2} \text{K}^{-1}$) και το πάχος της θερμομόνωσης, από 0,043m, αυξάνεται στα 0,088m.

Στον πίνακα και το διάγραμμα που ακολουθεί, αποτυπώνονται οι αντίστοιχες μεταβολές.

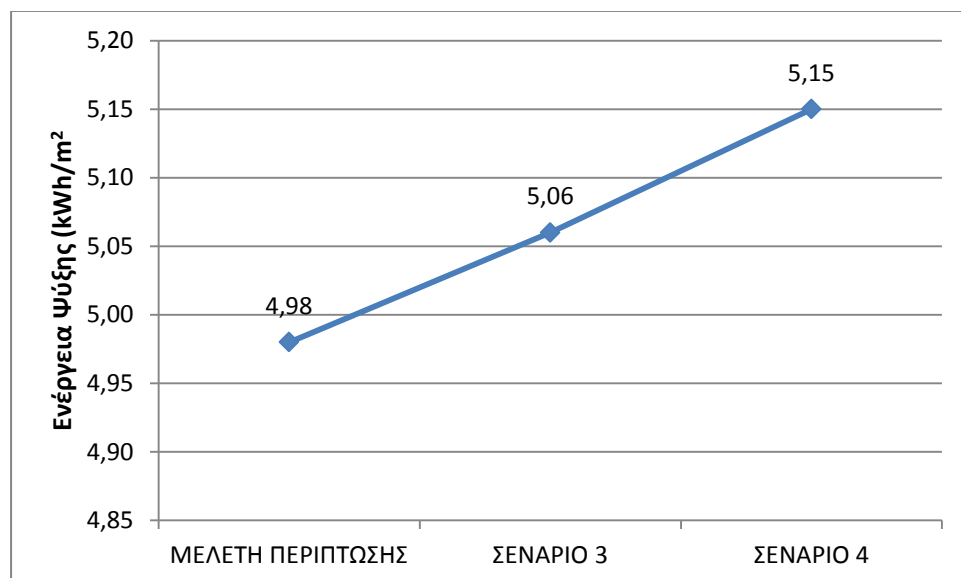
Πίν. 6.15: Συγκεντρωτικός πίνακας τιμών για τα σενάρια 3 και 4

ΦΟΡΤΙΑ (kWh/m ²)	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	ΣΕΝΑΡΙΟ 3	ΣΕΝΑΡΙΟ 4
ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ	44,19	41,76	39,26
ΑΠΑΙΤΗΣΗ ΨΥΞΗΣ	4,98	5,06	5,15

Διάγρ. 6.3: Σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των σεναρίων 3 και 4, για τα φορτία θέρμανσης



Διάγρ. 6.4: Σχηματική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των σεναρίων 3 και 4, για τα φορτία ψύξης



Από τα διαγράμματα 6.3 και 6.4, παρατηρείται επίσης μία γραμμική σχέση μεταξύ της μεταβολής του συντελεστή θερμικής διαπερατότητας της τοιχοποιίας (U

value), που μεταφράζεται σε αύξηση του πάχους της θερμομόνωσης και επομένως, της κατανάλωσης ενέργειας.

Συγκεκριμένα, όσο μειώνεται ο συντελεστής U value, τόσο μειώνεται και η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, διότι το κτίριο καταγράφει μικρότερες απώλειες θερμότητας (λόγω αύξησης της θερμομόνωσης), σε σχέση με τη μελέτη περίπτωσης. Αντίθετα, με τη μείωση του συντελεστή U value, η απαίτηση για ψύξη αυξάνεται, ως επακόλουθο της συγκράτησης της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου.

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το παγκόσμιο πρότυπο ευημερίας, υπαγορεύει την υπερκατανάλωση προϊόντων και τη χρήση υπηρεσιών επί σειράς δεκαετιών, με αποτέλεσμα την εξάντληση των ενεργειακών αποθεμάτων.

Στην Ελλάδα, καταγράφεται μία σταθερή αύξηση από πλευράς ενεργειακών απαιτήσεων, σε όλους τους σχετικούς τομείς, αλλά το σκηνικό αυτό, φιλοδοξεί να ανατραπεί, με την είσοδο στην ελληνική αγορά ενέργειας, των ΑΠΕ.

Η παρούσα διπλωματική εργασία, επικεντρώνοντας το ερευνητικό της ενδιαφέρον στην κατανάλωση ενέργειας του κτιριακού τομέα, έδειξε τη θετική συσχέτιση μεταξύ κατανάλωσης ενέργειας και βιοτικού επιπέδου. Έρευνες πάνω στο αντικείμενο, δείχνουν ότι, όσο μεγαλύτερο το εισόδημα, τόσο μεγαλύτερη η κατανάλωση ενέργειας, για οικιακή χρήση. Επιπλέον, όπως είναι ευκόλως εννοούμενο, όσο αυξάνεται το εισόδημα, τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα κατασκευής του εκάστοτε κτιρίου. Ενδιαφέρον, παρουσιάζει παρόλα αυτά, το γεγονός ότι, καινούρια κτίρια, με μονωμένα κελύφη και διπλούς υαλοπίνακες, σε πολλές περιπτώσεις, καταγράφουν μεγάλες τιμές ενεργειακής κατανάλωσης και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, η αύξηση του εισοδήματος, επηρεάζει τον τρόπο διαχείρισης του κτιρίου (ρύθμιση θερμοστάτη σε υψηλότερη θερμοκρασία, υπερκατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από ηλεκτρικές συσκευές, απομονωμένες κατοικίες).

Σύμφωνα με τα μέτρα που έχουν ληφθεί σε παγκόσμιο, αλλά και σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η λύση στην υπερκατανάλωση ενέργειας του κτιριακού τομέα, έγκειται αφενός στην ενεργειακή αναβάθμιση του υπάρχοντος κτιριακού αποθέματος, που αποτελεί τον μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας και αφετέρου, στην κατασκευή νέων κτιρίων με ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις, κάτι που επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό και με την ενσωμάτωση στο κτίριο, τεχνικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (φωτοβολταϊκά συστήματα, γεωθερμικές αντλίες, ανεμογεννήτριες), οι οποίες παράγοντας ενέργεια επιτόπου, αντισταθμίζουν τις εκπομπές CO₂, που εκλύονται κατά την περίοδο χρήσης του κτιρίου.

Η μελέτη περίπτωσης, περιλαμβάνει τη δημιουργία κατοικίας, σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια. Ο σχεδιασμός του κτιρίου, υλοποιήθηκε λαμβάνοντας υπόψη, το μικροκλίμα και το σχεδιασμό του εξωτερικού περιβάλλοντα χώρου, την αρχιτεκτονική μορφή του κτιρίου, τη διαστασιολόγηση του κτιριακού περιβλήματος,

το σχεδιασμό των συστημάτων παροχής ενέργειας καθώς και τον τρόπο κατοίκησης και διαχείρισης από τους χρήστες. Ο χρήστης, οφείλει να γνωρίζει τις ανάγκες του κτιρίου και να λειτουργεί αναλόγως. Επιπλέον είναι βασικό, να είναι ενήμερος για το πώς ο τρόπος που χειρίζεται το κτίριο, μεταφράζεται σε κατανάλωση ενέργειας.

Από τα αποτελέσματα της μελέτης περίπτωσης, το βασικό συμπεράσματα που εξάγεται, είναι ότι, η κατασκευή ενός κτιρίου ελάχιστων εκπομπών CO₂, είναι μία ρεαλιστική προσέγγιση, η οποία, σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς στόχους, πρέπει να γίνει πραγματικότητα μέσα στα επόμενα χρόνια και συγκεκριμένα, μέχρι το 2020.

Πρέπει να τονιστεί όμως ότι, οι παρεμβάσεις στον κτιριακό τομέα και ο συνυπολογισμός του περιβαλλοντικού κριτηρίου στο σχεδιασμό, δεν πρέπει να αποτελεί απλώς μία σύγχρονη τάση, αλλά μία αναγκαιότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αραβαντινός, Δ. (2003).** ‘Η θερμομόνωση των κτιρίων και τα θερμομονωτικά υλικά’. *Σημειώσεις του μαθήματος «Οικοδομική II»*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Γιαμά, Ε. (2009).** ‘Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Ολοκληρωμένη Περιβαλλοντική Αξιολόγηση Κτιρίων στην Ελλάδα’. *Διδακτορική Διατριβή*. Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Καρυώτη, Μ. (2010).** ‘Πράσινη Ανάπλαση Κτιριακού Αποθέματος στις Ελληνικές Πόλεις’. *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία*. Τμήμα Μηχανικών Πολεοδομίας Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Πολυχρονιάδου, Α. 2004.** ‘Τεχνικό-οικονομική μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκών συστημάτων στα κτίρια του Ξενία’. *Διδακτορική Διατριβή*. Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
- Κούγκολος, Α. (2007).** ‘Εισαγωγή στην Περιβαλλοντική Μηχανική’. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
- Παπαδόπουλος, Μ., Αξαρχή, Κ. (1995).** ‘Ενεργειακός σχεδιασμός και παθητικά ηλιακά συστήματα κτιρίων – Δομική φυσική II’. Θεσσαλονίκη, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε.
- ΔΙΠΕ (Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών) (2000).** ‘Οικολογική Δόμηση’. Αθήνα: ΥΠΕΧΩΔΕ
- Argiriou, A., Balaras, C., Kontoyiannidis, S., Michel, E. (2005).** ‘Numerical simulation and performance assessment of a low capacity solar assisted absorption heat pump coupled with a sub-floor system’. *Solar Energy*, 79 (3). p.290–301.
- Azhar, S., Carlton, W., Olsen, D., Ahmad, I. (2011).** ‘Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis’. *Automation in Construction*, 20(2), p. 217–224.
- Balaras, C. Droutsas, K., Argiriou, A., Asimakopoulos D. (2000).** ‘Potential for energy conservation in apartment buildings’. *Energy and Buildings*, 31(2), p.143–154.
- Balaras, C., Athina, G., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., Lalas D. (2007).** ‘European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings’. *Building and Environment*, 42 (3), p.1298–1314.
- Bazilian, M., Outhred, H., Miller, A., Kimble, M. (2010).** ‘Opinion: An energy policy approach to climate change’. *Energy for Sustainable Development*, 14 (4), p. 253–255.
- Bilgen, S., Keles, S., Kaygusuz, A., Saric, A., Kaygusuz K. (2008).** ‘Global warming and renewable energy sources for sustainable development: A case study in Turkey’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12 (2), p. 372–396.

Briller, D. (2011). ‘Using Leed® to Facilitate The Eisa Goal of Zero Fossil Fuel Use in New Federal Buildings’. *Strategic Planning for Energy and the Environment*, 30(4), p.7-70.

Clemens, R., Schulz, C., Zeitler, F. (2006). *Detail Practice – Energy Efficiency Upgrades*. Basel: Birkhäuser.

Colombo, R., Landabaso, A., Sevilla, A. (1994). ‘Παθητική Ηλιακή Αρχιτεκτονική για την περιοχή της Μεσογείου’. Κοινό Κέντρο Ερευνών, Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Cormio, C., Dicorato, M., Minoia, A., Trovato, M. (2003). ‘A regional energy planning methodology including renewable energy sources and environmental constraints’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 7 (2), p. 99–130.

Dascalaki, E., Drousa, K., Gaglia, A., Kontoyiannidis, S., Balaras, C. (2010). ‘Data collection and analysis of the building stock and its energy performance - An example for Hellenic buildings’. *Energy and Buildings*, 42 (8), p. 1231–1237.

Diakoulaki, D., Mavrotas, G., Orkopoulos, D., Papayannakis, L. (2006). ‘A bottom-up decomposition analysis of energy-related CO₂ emissions in Greece’. *Energy*, 31 (14), p. 2638–2651.

Dutil, Y., Rousse, D., Quesada, G. (2011). ‘Sustainable Buildings: An Ever Evolving Target’. *Sustainability*, 3, p. 443- 464.

Eames, P. (2008). ‘Vacuum glazing: Current performance and future prospects’ *Vacuum*, 82(7), p.717–722.

Edinger, R., Kaul, S. (2000). ‘Humankind's detour toward sustainability: past, present, and future of renewable energies and electric power generation’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4 (3), p. 295-313.

El Chaara, L., Lamont, L.A., El Zeinb, N. (2011). ‘Review of photovoltaic technologies’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (2), p. 2165–2175.

Fang, Y., Eames, P. et al. (2007). ‘Low emittance coatings and the thermal performance of vacuum glazing’. *Solar Energy*, 81 (1), p. 8–12.

Ferrante, A., Cascella, M.T. (2011). ‘Zero energy balance and zero on-site CO₂ emission housing development in the Mediterranean climate’. *Energy and Buildings*, 43 (8), p. 2002–2010.

Fintikakis, N., Gaitani, N., Santamouris, M., Assimakopoulos, M., Assimakopoulos, D.N., Fintikaki, M., Albanis, G., Papadimitriou, K., Chryssochoides, E., Katopodi, K., Doulas, P. (2011). ‘Bioclimatic design of open public spaces in the historic centre of Tirana, Albania’. *Sustainable Cities and Society*, 1, p. 54–62.

Greening, B., Azapagic, A. (2012). ‘Domestic heat pumps: Life cycle environmental impacts and potential implications for the UK’. *Energy*, 39 (1), p. 205-217.

Haapio, A. (2012). ‘Towards sustainable urban communities’. *Environmental Impact Assessment Review*, 32 (1), p. 165–169.

- Harris, D.J. (1999).** ‘A quantitative approach to the assessment of the environmental impact of building materials’. *Building and Environment*, 34 (6), p.751-758.
- Hernandez, P., Kenny, P. (2010).** ‘From net energy to zero energy buildings: Defining life cycle zero energy buildings (LC-ZEB)’. *Energy and Buildings*, 42 (6), p. 815–821.
- Hondroyiannis, G., Lolos, S., Papapetrou, E. (2002).** ‘Energy consumption and economic growth: assessing the evidence from Greece’. *Energy Economics*, 24(4), p. 319-336.
- Karlsson, J., Roos, A. (2001).** ‘Annual energy window performance vs. glazing thermal emittance - the relevance of very low emittance values’. *Thin Solid Films*, 392 (2), p. 345-348.
- Karkanias, C., Boemi, S.N, Papadopoulos, A.M, Tsoutsos, T.D., Karagiannidis, A. (2010).** ‘Energy efficiency in the Hellenic building sector: An assessment of the restrictions and perspectives of the market’. *Energy Policy*, 38(6), p.2776–2784.
- Koroneos, C., Nanaki, E., Xydis, G. (2011).** ‘Exergy analysis of the energy use in Greece’. *Energy Policy*, 39(5), p. 2475–2481.
- Kwok, A., Rajkovich, N. (2010).** ‘Addressing climate change in comfort standards’. *Building and Environment*. 45 (1), p.18–22.
- Lee, W.L., Burnett, J. (2008).** ‘Benchmarking energy use assessment of HK-BEAM, BREEAM and LEED’. *Building and Environment*, 43(11), p. 1882–1891.
- Leftheriotis, G., Yianoulis, P. (1999).** Characterization and stability of low-emittance multiple coatings for glazing applications’. *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 58(2), p.185-197.
- Lund, H., Marszal, A., Heiselberg, P. (2011).** ‘Zero energy buildings and mismatch compensation factors’. *Energy and Buildings*, 43(7), p. 1646–1654.
- Manz, H. (2008).** ‘On minimizing heat transport in architectural glazing’. *Renewable Energy*, 33(1), p.119–128.
- Marsh, G. (2002).** ‘Zero energy buildings: Key role for RE at UK housing development’. *Refocus*, 3(3), p. 58-61.
- Marszal, A., Heiselberg, P., Bourrelle, J, Musall, E, Voss, K, Sartori, I, Napolitano, A (2011).** ‘Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies’. *Energy and Buildings*, 43 (4), p.971–979.
- Martin-Palma, R., Vazquez, L., Martínez-Duart, J., Malats-Riera (1998).** ‘Silver-based low-emissivity coatings for architectural windows: Optical and structural properties’. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 53(1-2), p.55-66.
- Martínez, I., Díaz, P., Martínez, In., Ruiz, P. (2009).** ‘European Union’s renewable energy sources and energy efficiency policy review: The Spanish perspective’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(1), p. 100–114

- Mazur, A. (2011).** ‘Does increasing energy or electricity consumption improve quality of life in industrial nations?’. *Energy Policy*, 39 (5), p. 2568–2572.
- Omer, A.M. (2008).** ‘Green energies and the environment’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12 (7), p.1789–1821.
- Parida, B., Iniyar, S., Goic, R. (2011).** ‘A review of solar photovoltaic technologies’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (3), p.1625–1636.
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., Pout, C. (2008).** ‘A review on buildings energy consumption information’. *Energy and Buildings*, 40(3), p. 394–398.
- Poel, B., Van Cruchten, G., Balaras, C. (2007).** ‘Energy performance assessment of existing dwellings’. *Energy and Buildings*, 39 (4), p. 393–403.
- Robert, A., Kummert, M. (2012).** ‘Designing net-zero energy buildings for the future climate, not for the past’. *Building and Environment*, 55, p. 150-158.
- Santamouris, M. (2006).** ‘*Environmental Design of Urban Buildings – An Integrated Approach*’. Earthscan, London.
- Santamouris, M., Kapsis, K., Korres, D., Livada, I., Pavlou, C., Assimakopoulos, M.N. (2007).** ‘On the relation between the energy and social characteristics of the residential sector’. *Energy and Buildings*, 39(8), p. 893–905.
- Schimschar, S., Blok, K., Boermans, T., Hermelink, A. (2011).** ‘Germany’s path towards nearly zero-energy buildings—Enabling the greenhouse gas mitigation potential in the building stock’. *Energy Policy*, 39(6), p. 3346–3360.
- Self, S., Reddy, B., Rosen, M. (2012).** ‘Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options’. *Applied Energy*. Corrected proof.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.01.048> (Πρόσβαση 28/3/2012).
- Sharma, A., Saxena, A., Sethi, M., Shree, V. Varun (2011).** ‘Life cycle assessment of buildings: A review’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), p. 871–875.
- Synnefa, A., Santamouris, M., Apostolakis, K. (2007).** On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment. *Solar Energy*, 81(4), p. 488–497.
- Theodoridou, I., Papadopoulos, A., Heggera, M., (2011).** ‘Statistical analysis of the Greek residential building stock’. *Energy and Buildings*, 43 (9), p. 2422–2428.
- Tombazis, A. (1994).** ‘Architectural Design’. *Renewable Energy*, 5, Part II, p.893-899.
- Todorovic B. (2011).** ‘Towards Zero Energy Buildings: New and Retrofitted Existing Buildings’. *3rd IEEE International Symposium on Exploitation of Renewable Energy Sources*. Subotica, Serbia.
- Tsani, S. (2010).** ‘Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece’. *Energy Economics*, 32 (4), p. 582–590.

ΠΗΓΕΣ-ΚΕΙΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- Αξαρλή, Κ. (2009).** 'Γενικές Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού', Θεσσαλονίκη
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/teetkm/DRASTHRIOTHTES/EKDHLVSEIS/PROSEX_EIS_EKDHLWSEIS/ENERGEIAKO_PISTOPOIHTIKO_KTIRIWN/Tab1/axarlh.pdf
(Πρόσβαση 3/4/2012)
- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2010).** 'Καμία δεσμευτική συμφωνία στη σύνοδο κορυφής της Κοπεγχάγης για το κλίμα'. <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+IM-PRESS+20091130FCS65642+0+DOC+XML+V0//EL#title6> (Πρόσβαση 28/3/2012)
- Καραγεώργου, Β. (2005).** 'Η Ευρωπαϊκή Πολιτική για τις Κλιματικές Αλλαγές'. *Εισήγηση στη Διεθνή έκθεση και συνέδριο για την τεχνολογία περιβάλλοντος Heleco '05*, Αθήνα. [online] στο http://library.tee.gr/digital/m2045/m2045_karageorgou.pdf (Πρόσβαση 27/3/2012)
- ΥΠΕΚΑ (2010α):** Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.
<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=285> (Πρόσβαση 29/4/2012)
- ΥΠΕΚΑ (2010β).** Εθνικό Σχέδιο Δράσης για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.
<http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=vBWJVY3FdTk%3d&tabid=37> (Πρόσβαση 29/4/2012)
- ΥΠΕΚΑ (2012).** 'Αναδιάρθρωση των εγγυημένων τιμών για τα φωτοβολταϊκά'.
<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=362&snif524=1535&language=el-GR> (Πρόσβαση 13/5/2012)
- Andrews, K. (2008).** BEDZED: Beddington Zero Energy Development in London.
<http://inhabitat.com/bedzed-beddington-zero-energy-development-london/> (Πρόσβαση 13/5/2012)
- BREEAM: UK.** <http://www.breeam.org/podpage.jsp?id=362> (Πρόσβαση 20/4/2012)
- BREEAM: EcoHomes.** <http://www.breeam.org/page.jsp?id=21> (Πρόσβαση 20/4/2012)
- BREEAM: Code for Sustainable Homes.** <http://www.breeam.org/page.jsp?id=86>
(Πρόσβαση 20/4/2012)
- Code for Sustainable Homes, Technical Guide (2010).** Department for Communities and Local Government
http://www.planningportal.gov.uk/uploads/code_for_sustainable_homes_techguide.pdf
(Πρόσβαση 20/4/2012)
- Eceee (2011).** 'Nearly zero energy buildings: achieving the EU 2020 target'. European Council for an Energy Efficient Economy. <http://www.eceee.org/buildings/Steering-2-zeroBldgs.pdf> (Πρόσβαση 20/5/2012)
- Europa (2007).** 'Ενεργειακή απόδοση: ενεργειακή απόδοση των κτιρίων'
http://europa.eu/legislation_summaries/other/127042_el.htm (Πρόσβαση 28/3/2012)

Europa (2010). ‘Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings’.

http://europa.eu/legislation_summaries/internal_market/single_market_for_goods/construction/en0021_en.htm (Πρόσβαση 28/5/2012)

Europa (2011). ‘Renewable Energy Snapshots 2011’.

http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2011_renewable_energy_snapshots.pdf

(Πρόσβαση 5/5/2012)

IEA (2002). ‘Beyond Kyoto: energy dynamics and climate stabilization’. Paris: OECD/IEA.

http://philibert.cedric.free.fr/Downloads/Beyond%20Kyoto_NS.pdf (Πρόσβαση 31/5/2012)

Kyoto Protocol on climate change

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128060_en.htm

(Πρόσβαση 27/3/2012)

Leed (2009): Leed 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System

http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=5546&fb_source=message (Πρόσβαση

28/3/2012)

library.tee.gr. ‘Οι Ενεργειακοί Υαλοπίνακες ως μέσο εξοικονόμησης Ενέργειας στα Κτίρια’.

http://library.tee.gr/digital/kdth/kdth_3460/kdth_3460_iliadis.pdf (Πρόσβαση 28/4/2012)

re.jrc.ec.europa.eu. ‘Photovoltaic Geographical Information System’.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#> (Πρόσβαση 11/6/2012)

Rogelj, J., Chen, C., Nabel, J., Macey, K., Hare, W., Schaeffer, M., Markmann, K.,

Höhne, N., Krogh Andersen, K., Meinshausen, M. (2010). ‘Analysis of the Copenhagen Accord pledges and its global climatic impacts-a snapshot of dissonant ambitions’.

Environmental Research Letters, 5(3). <http://iopscience.iop.org/1748-9326/5/3/034013>

(Πρόσβαση 28/3/2012).

Stern, N. (2007). "Stern Review on the Economics of Climate Change (pre-publication edition)". Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, N.Y., U.S.A.

http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.hm-treasury.gov.uk/sternreview_index.htm (πρόσβαση 27/3/2012)

UNFCCC (2011). “Status of Ratification of the Kyoto Protocol”.

http://unfccc.int/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/2613.php (Πρόσβαση 27/3/2012)

UNEP (2010). “The Emissions Gap Report: Are the Copenhagen Accord pledges sufficient to limit global warming to 2°C or 1.5°C?”

http://www.unep.org/publications/ebooks/emissionsgapreport/pdfs/The_EMISSIONS_GAP_REPORT.pdf (Πρόσβαση 28/3/2012)

http://www.alkon.gr/energeiakoi_ialopinakes-ga-4.html . Ενεργειακοί Υαλοπίνακες.

(Πρόσβαση 27/4/2012)

http://www.bosch-solarenergy.com/fileadmin/downloads/Datenblaetter/Produktdatenblaetter_2012/Bosch_Solar_Module_c_Si_M_60_englisch.pdf Powerful performance – high stability. Bosch Solar Module c-Si M 60 EU30117. (Πρόσβαση 10/6/2012)

<http://www.breeam.org/> (Πρόσβαση 27/4/2012)

<http://www.cie.org.cy/sxoliko.html#menu2-1-1> Εκπαιδευτικό πρόγραμμα για την ενέργεια (Πρόσβαση 10/6/2012)

http://www.cres.gr/perch/pdf/guide_homeowners_greek.pdf Έργο PERCH: Παραγωγή ηλεκτρισμού με μικρά συστήματα ΑΠΕ & ΣΗΘ για κατοικίες και μικρές επιχειρήσεις – Οδηγός για ιδιοκτήτες κατοικιών. (Πρόσβαση 28/3/2012)

<http://www.evonymos.org/greek/viewarticle.asp?id=1808> Χρυσομαλλίδου, Ν. ‘Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων’, Δημοσίευση στο Περιοδικό Κτίριο (Πρόσβαση 3/4/2012)

<http://files.epia.org/files/Global-Market-Outlook-2016.pdf> Global Market Outlook for Photovoltaics until 2016. (Πρόσβαση 20/5/2012)

<http://www.esegepe.gr/FAQs.aspx> ‘Ελληνικός Σύνδεσμος Επιχειρήσεων Γεωθερμίας & Εναλλακτικών Πηγών Ενέργειας’. (Πρόσβαση 28/5/2012)

www.georythmiki.gr/ενημέρωση/ανανεώσιμες-πηγές-ενέργειας-ενημέρωση Συμφέρουσα επένδυση οι μικρές ανεμογεννήτριες για κατοικίες’. (Πρόσβαση 10/5/2012)

www.geothermalheatingandcoolingreview.com (Πρόσβαση 27/4/2012)

<http://inhabitat.com/bedzed-beddington-zero-energy-development-london/>

http://www.kathimerini.gr/4dcgi/w/articles_kathcommon_1_11/02/2006_1285499 ‘Η Βιοκλιματική γειτονιά του Λονδίνου’. Δημοσιευμένο άρθρο της Γεωργίας Ζαβιτσάνου στην εφημερίδα ‘Καθημερινή’. (Πρόσβαση 13/5/2012)

http://www.sigma-geo.gr/products1_oper.asp (Πρόσβαση 22/5/2012)

<http://www.selasenergy.gr/> Οικιακά Φωτοβολταϊκά (Πρόσβαση 12/6/2012)

<http://www.usgbc.org/> . U.S. Green Building Council (Πρόσβαση 27/3/2012)

<http://www.ypeka.gr/> ‘Ευέλικτοι Μηχανισμοί του Πρωτοκόλλου του Κυότο’.

<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=304> (Πρόσβαση 27/3/2012)

NOMΟΘΕΣΙΑ

N.3661/2008. Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων. Σχέδιο κανονισμού για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των Κτιρίων – KENAK. ΦΕΚ 89/A/19.05.2008.

N.3734/2009. Ειδικό Πρόγραμμα Ανάπτυξης Φωτοβολταϊκών Συστημάτων σε στέγες κτιρίων. ΦΕΚ. 1079/ B/4.6.2009.

N.4067/2012. Νέος Οικοδομικός Κανονισμός. ΦΕΚ 79/A/09.04.2012.

T.O.TEE (2010α). ‘Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων’. *Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας*, T.O.T.E.E. 20702-5/2010.

T.O.TEE (2010β). ‘Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης.’. *Τεχνική οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας*, T.O.T.E.E. 20701-1/2010.

