ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΝΥΧΤΕΡΙΝΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

ΜΑΡΑΓΚΟΓΙΑΝΝΗΣ Ζ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Χανιά 2011

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΝΥΧΤΕΡΙΝΟΥ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

ΜΑΡΑΓΚΟΓΙΑΝΝΗΣ Ζ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Διονυσία Κολοκοτσά, Επίκουρος Καθηγήτρια

Μέλη της Επιτροπής: **Ευπραξία Αίθρα Μαριά, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια**

Θεοχάρης Τσούτσος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Χανιά 2011

, στην θεία μου

Έτη φωτός στους ουρανούς, έτη Αρετής μες στον ασβέστη.

Οδυσσέα Ελύτη, *Μαρία Νεφέλη*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο εκπλήρωσης των υποχρεώσεων για την απόκτηση του Διπλώματος Μηχανικού Περιβάλλοντος από το Πολυτεχνείο της Κρήτης. Στόχος της εργασίας είναι η μελέτη της ενεργειακής αποδοτικότητας του φυσικού νυχτερινού αερισμού στο αστικό περιβάλλον, τόσο σε τεχνικό επίπεδο όσο και σε θεσμικό επίπεδο.

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις επιβλέπουσες καθηγήτριές Κα Διονυσία Κολοκοτσά, Επίκουρο Καθηγήτρια και Κα Ευπραξία-Αίθρα Μαριά, Επίκουρο Καθηγήτρια, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν στην ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος καθώς και για την αμέριστη συμπαράσταση και βοήθεια που μου παρείχαν σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην οικογένειά μου που με βοήθησε και ήταν δίπλα μου σε κάθε στάδιο της πορείας μου ως εδώ, αλλά και μου επιτρέπει να διαμορφώνω το μέλλον μου κατά βούληση.

Κωνσταντίνος Ζ. Μαραγκογιάννης

Χανιά, Νοέμβριος 2011

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Νυχτερινός Αερισμός είναι μία ιδιαίτερα σημαντική τεχνική παθητικής ψύξης, καθώς η εφαρμογή του προκαλεί τη μείωση των ψυκτικών φορτίων, την επίτευξη θερμικής άνεσης και τη βελτίωση της ποίτητας του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων.

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσει τις τεχνικές και θεσμικές διαστάσεις του Νυχτερινού Αερισμού, σε αστικές κλιματικές συνθήκες. Το Α΄ Μερος της εργασίας αφορά τις τεχνικές διαστάσεις όπου εξετάζεται η αποδοτικότητα της τεχνικής του νυχτερινού αερισμού και η επίδρασή της στην ενεργειακή συμπεριφορά μίας αστικής κατοικίας στο δήμο Χανίων. Επιπλέον μελετάται η επίδραση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας στην αποτελεσματικότητα της εφαρμογής του νυχτερινού αερισμού. Η αστική θερμότητα προκαλεί την υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα αλλά και την αλλαγή των μικροκλιματικών συνθηκών στα αστικά κέντρα που έχει σαν συνέπεια την μείωση της αποδοτικότητας του νυχτερινού αερισμού ως τεχνική παθητικής ψύξης. Στο Β΄ Μέρος της εργασίας εξετάζεται το θεσμικό πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και επισημαίνονται οι θεσμικές ανεπάρκειες του ισχύοντος ρυθμιστικού πλαισίου σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια και την εφαρμογή παθητικών μέσων ψύξης.

Λέξεις κλειδιά: Νυχτερινός Αερισμός, Ψυκτικό Φορτίο, Αστική Θερμική Νησίδα, Νομικό πλαίσιο

ABSTRACT

Night Ventilation is a critical technique of passive cooling as it combines a significant decrease of cooling demand and improvement of thermal comfort and indoor air quality.

The aim of the present paper is to study the technical and legal aspects of night ventilation in urban climatic conditions. The technical part examines the efficiency of night ventilation techniques for urban residential buildings. Moreover the influence of urban heat island on the night ventilation effectiveness is studied. Urban heat provokes the degradation of urban air quality and causes changes in the urban area microclimate which reduce the night ventilation effectiveness as a passive cooling technique. Moreover this paper studies the legal framework of energy efficiency in buildings and pinpoints the institutional deficiencies of the existing regulation regarding energy saving in buildings and passive cooling techniques

Keywords: Night Ventilation, Cooling demand, Urban Heat Island, legal framework

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ iii
ABSTRACT iv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
ΜΕΡΟΣ Α΄ 3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 3
1.1 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας 3
1.2 Ενεργειακός σχεδιασμός και εξοικονόμηση στα κτίρια 4
1.2.1 Θερμική Άνεση 7
1.2.2 Οπτική Άνεση 9
1.3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων 9
1.4 Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού αερισμού 11
1.4.1 Φυσικός Αερισμός 12
1.4.2 Διαμπερής αερισμός 13
1.4.3 Καμινάδα – Πύργος αερισμού 14
1.4.4 Ηλιακή Καμινάδα 14
1.4.5 Υβριδικός αερισμός 15
1.4.6 Δροσισμός από το έδαφος 15
1.4.7 Δροσισμός με εξάτμιση 16
1.4.8 Δροσισμός με ακτινοβολία 16
1.5 Φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας 18
1.5.1 Ορισμός 18
1.5.2 Χαρακτηριστικά 18
1.5.3 Συνέπειες του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας 19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 21
2. *ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ* 21
2.1 Επιλογή Αστικού περιβάλλοντος 21
2.1.1 Η μορφολογία της πόλης και η ενεργειακή της κατάσταση 21
2.1.2 Η ύπαρξη δεδομένων τεκμηρίωσης προβλήματος. 22
2.2 Δεδομένα καιρού 24
2.2.1 Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων 24
2.2.2 Επιλογή θέσεων 24
2.3 Επιλογή κτιρίου 25
2.3.1 Κριτήρια επιλογής 25
2.3.2 Περιγραφή κτιρίου 26

2.3.2.1 Προσανατολισμός – Χωροθέτηση ... 26
2.3.2.2 Χαρακτηριστικά ... 26
2.4 Υλοποίηση ... 27
2.4.1 Στρατηγική μελέτης του κτιρίου ... 27
2.4.2 Περιγραφή μοντέλου TRNSYS 16 ... 29
2.4.2.1 TRNSYS Simulation Studio ... 30
2.4.2.2 TRNBuild ... 32
2.4.2.3 TRNEdit ... 34
2.4.3 Εξαγωγή και μορφοποίηση δεδομένων ... 37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ... 39
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΘΝ ... 39
3.1 Σενάριο 1 ... 39
3.2 Σενάριο 2 ... 44
3.3 Σενάριο 3 ... 47
3.4 Σενάριο 4 ... 49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ... 55
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ Α΄ ΜΕΡΟΥΣ ... 55
ΜΕΡΟΣ Β΄ ... 57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ... 57
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ... 57
1.1. Κτιριακός τομέας στην Ελλάδα-Υφιστάμενη κατάσταση ... 57
1.2. Κλιματική αλλαγή και επίπτωση στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων ... 59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ... 61
2. ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΔΙΚΑΙΟ ... 61
2.1. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/EU ... 61
2.2. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/EC ... 63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ... 67
3. ΕΘΝΙΚΟ ΔΙΚΑΙΟ ... 67
3.1. Νόμος 3661/2008 ... 67
3.2. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – ΚΕΝΑΚ ... 70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ... 75
4. ΚΕΝΑ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ ΚΟΙΝΟΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ... 75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ Α΄ ΜΕΡΟΥΣ ... 79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ Β΄ ΜΕΡΟΥΣ ... 80
e – ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ... 81

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις νότιες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης η ανάγκη για ψύξη των κτιρίων έχει αυξηθεί ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες. Το αστικό μικροκλίμα και η γεωμορφολογική δομή μιας περιοχής έχει ιδιαίτερο αντίκτυπο στην εφαρμογή των διαφόρων τεχνικών ψύξης στα κτίρια. Μείζονος σημασίας τεχνική παθητικού δροσισμού αποτελεί ο Νυχτερινός Αερισμός, ο οποίος αφορά στον αερισμό του κτιρίου κατά τη διάρκεια της νύχτας με σκοπό να μειωθεί η θερμοκρασία των δομικών στοιχείων του. Συγκεκριμένα η διαδικασία αφορά στη εισαγωγή του ψυχρού αέρα από το περιβάλλον στο εσωτερικό του κτιρίου, ιδιαίτερα τις θερμές νύχτες του καλοκαιριού, όπου η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι μικρότερη της εσωτερικής και η θερμότητα εξάγεται στο εξωτερικό περιβάλλον.

Η τεχνική αυτή δροσισμού είναι απαραίτητη όχι μόνο για τη μείωση της θερμοκρασίας αλλά και για τη διατήρηση επιθυμητών επιπέδων θερμικής άνεσης εντός του κτιρίου. Η χρήση του νυχτερινού αερισμού δύναται να ελαττώσει το ψυκτικό φορτίο, να βελτιώσει τη θερμική άνεση και να διατηρήσει την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων. Η αποτελεσματικότητα των τεχνικών φυσικού αερισμού, καθορίζεται από τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες, το μικροκλίμα, τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και την δομή της περιοχής στην οποία είναι ενσωματωμένο. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την επιτυχή εφαρμογή των τεχνικών φυσικού αερισμού.

Επιπλέον, εδώ και πολλά χρόνια παρατηρείται το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας στα μεγάλα αστικά κέντρα που δείχνει να επιδρά σημαντικά στις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιριακού τομέα. Ένα παράγωγο του φαινομένου αυτού είναι οι έντονες θερμοκρασιακές διαφορές στις διάφορες θέσεις του αστικού ιστού που έχουν άμεσες συνέπειες στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Τα υλικά που κυριαρχούν στην πόλη όπως το τσιμέντο και η άσφαλτος, έχουν διαφορετικές θερμικές και ανακλαστικές ιδιότητες σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον. Η αύξηση της θερμοκρασίας από την απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας και η έλλειψη χώρων πρασίνου στα αστικά κέντρα, επηρεάζουν το ενεργειακό ισοζύγιο των κτιρίων. Για το λόγο αυτό, το κτίριο που μελετάμε δείχνει να διαφοροποιεί τις ενεργειακές του δαπάνες κυρίως για ψύξη ανάλογα με την εκάστοτε τοποθέτησή του, γεγονός που διαμορφώνει την ενεργειακή του απόδοση και το λειτουργικό του κόστος σε κάθε περίπτωση. Αν θεωρήσουμε τον αστικό ιστό ως ένα ζωντανό οργανισμό όπου κάθε κτίριο του ιστού αποτελεί στην ουσία ένα κύτταρο, τότε η συμπεριφορά του κάθε κυττάρου εξασφαλίζει και την βιώσιμη λειτουργία του οργανισμού. Με αυτόν τον τρόπο ένα κτίριο «συμμετέχει» στην εκτόνωση ή μείωση του φαινομένου της ΑΘΝ ανάλογα με τον τρόπο και τα υλικά κατασκευής του, μέχρι τον προσανατολισμό του, τους χώρους πρασίνου και την σχέση του με τα περιβάλλοντα κτίρια και κτιριακές δομές. Για τον λόγο αυτό και οι διαφορές που προκύπτουν στα φορτία.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσει τις τεχνικές και θεσμικές διαστάσεις του φυσικού νυχτερινού αερισμού στο αστικό περιβάλλον. Η εργασία διαιρείται σε δύο βασικά μέρη. Το τεχνικό μέρος εξετάζει την επίδραση του νυχτερινού αερισμού στο ψυκτικό φορτίο και την εσωτερική άνεση ενός πολυζωνικού οικιστικού κτιρίου, το οποίο είναι τοποθετημένο στην πόλη των Χανίων. Εισάγουμε μετεωρολογικά δεδομένα από 8 διαφορετικές θέσεις εντός και εκτός αστικού ιστού στο μοντέλο προσομοίωσης TRNSYS,για το ίδιο κτίριο αναφοράς και συγκρίνουμε προκειμένου να παρατηρήσουμε τις μεταβολές που επέρχονται στην ενεργειακή κατανάλωση και τους δείκτες θερμικής άνεσης του κτιρίου, λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές μικροκλιματικές συνθήκες καθώς και το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Το θεσμικό μέρος αναλύει το Ευρωπαϊκό και Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο, με σκοπό να αναδείξει πιθανές ελλείψεις που παρουσιάζονται τόσο στα νομικά κείμενα όσο και στις διαδικασίες υπολογισμού και αξιολόγησης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.

ΜΕΡΟΣ Α΄

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Τα τελευταία χρόνια, το ζήτημα της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων και του ρόλου τους στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο, έχει αποκτήσει ένα ιδιαίτερο κοινωνικό χαρακτήρα που οδηγεί σε μία δραστηριοποίηση τόσο σε τεχνικό όσο και θεσμικό επίπεδο. Πληθώρα επιστημονικών ερευνών και εφαρμογών πραγματώνονται προκειμένου να μειώσουμε τα ενεργειακά φορτία του κτιριακού τομέα που με σημερινά δεδομένα, αναλογούν στο 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.

Η ενεργειακή επιρροή της τεχνικής του νυχτερινού αερισμού μπορεί να προκαλέσει μείωση στο ψυκτικό φορτίο των κτιρίων, τόσο σε φυσικώς αεριζόμενα κτίρια όσο και σε εκείνα που υποστηρίζονται από συστήματα κλιματισμού [1]. Πληθώρα μελετών αποδεικνύουν την αποτελεσματικότητα της τεχνικής του νυχτερινού αερισμού. Υποστηρίζεται ότι η τεχνική αυτή καθίσταται αποτελεσματική ιδιαίτερα για τις άνυδρες περιοχές, όπου ο αερισμός κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι ανεπαρκής για να διασφαλίσει την θερμική άνεση [2-4]. Επιστήμονες εισάγουν κάποιες μεταβλητές για το κτίριο όπως η μάζα του κτιρίου, η αναλογία υαλοπινάκων στο κτίριο, τα ηλιακά και εσωτερικά οφέλη, ο προσανατολισμός και υποστηρίζουν ότι η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του κτιρίου για την εφαρμογή του νυχτερινού αερισμού σε αυτό, υπό το πρίσμα αυτών των παραμέτρων, δύναται να προκαλέσει μείωση ύψους 20-25% στις ενεργειακές δαπάνες των συστημάτων κλιματισμού που χρησιμοποιούνται [5]. Επιπλέον, υπολογίζεται ότι η εφαρμογή της τεχνικής αυτής σε οικιστικά κτίρια, μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του ψυκτικού φορτίου μέχρι και 40 $kWh/m^2/y$ με μέση συνεισφορά της τάξης των 12 $kWh/m^2/y$ [6]. Ωστόσο, βασικός περιοριστικός παράγων είναι η σχετική υγρασία όπου σε υψηλά επίπεδα έχει αρνητική επίπτωση στην θερμική άνεση. Σε περιοχές που χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας κατά τη θερινή περίοδο, η χρήση συμβατικών συστημάτων κλιματισμού είναι απαραίτητη για την απόρριψη της υγρασίας από το εσωτερικό του κτιρίου.

Ένα άλλο μείζων πρόβλημα που συναντούμε ιδιαίτερα στα μεγάλα αστικά κέντρα, είναι η ύπαρξη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ) το οποίο υποβαθμίζει την ποιότητα ζωής στην πόλη. Το φαινόμενο αυτό έχει άμεσο αντίκτυπο στις ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων, στις περιβαλλοντικές συνθήκες και κατά συνέπεια στην αποτελεσματικότητα του νυχτερινού αερισμού. Οι αυξημένες θερμοκρασίες του αέρα που παρουσιάζονται σε ένα αστικό κέντρο εξαιτίας του φαινομένου αυτού [7, 8], επιδεινώνουν το ψυκτικό φορτίο των κτιρίων, αυξάνουν την απαίτηση ηλεκτρισμού αιχμής για ψύξη, μειώνουν την απόδοση των συστημάτων κλιματισμού, και δημιουργούν την επιτακτική ανάγκη για παθητικό δροσισμό [9-11].

Από την άλλη πλευρά, τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζεται αξιοσημείωτο ενδιαφέρον για την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης στον κτιριακό τομέα, μέσα από τη διεθνή, περιφερειακή και νομική πολιτική και νομική δράση. Με τη βοήθεια των ενεργειακών κανονισμών για τα κτίρια, επιβάλλονται οι ελάχιστες απαιτήσεις για την επίτευξη του ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού των νεόδμητων κτιρίων. Επιπλέον, όσον αφορά το σχεδιασμό των κτιρίων, ενθαρρύνονται και προωθούνται τα παθητικά μέσα. Ο πρωταρχικός στόχος είναι η εξοικονόμηση της τελικής ενέργειας και οιασδήποτε σχετικής παραμέτρου όπως η πρωτογενής ενέργεια, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, το ενεργειακό κόστος, χωρίς την διακύβευση της θερμικής άνεσης [12, 13].

1.2 Ενεργειακός σχεδιασμός και εξοικονόμηση στα κτίρια

Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και ζεστό νερό χρήσης στον οικιακό και τριτογενή κτιριακό τομέα, αναλογεί στο 40% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ευρώπη. Η ανά χώρα κύμανση ποικίλλει από 20% για την Πορτογαλία έως και 45% για την Ιρλανδία, ενώ στην Ελλάδα κυμαίνεται περίπου στο 35%, με μέσο ρυθμό αύξησης 4% τη τελευταία δεκαετία. Έτσι, τα κτίρια των κατοικιών μαζί με αυτά του τριτογενή τομέα (σχολεία, εκπαιδευτικά ιδρύματα, νοσοκομεία, γυμναστήρια, κολυμβητήρια, εστιατόρια, ξενοδοχεία, καταστήματα και γραφεία), αποτελούν πλέον τον δεύτερο μεγαλύτερο καταναλωτή ενέργειας στην Ελλάδα, ενώ στην Ευρώπη βρίσκονται ήδη στην πρώτη θέση. Η ετήσια ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στην Ελλάδα, είναι της τάξης των 4.6 Mtoe, και αντιστοιχούν 0.55 Mtoe ενέργειας ανά κάτοικο το έτος, δηλαδή περίπου το μισό της αντίστοιχης κατανάλωσης στην υπόλοιπη Ευρώπη. Η διαχρονική μεταβολή της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων στην Ελλάδα είναι καθαρά αυξητική και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων είναι περίπου 1,8% [24].

Πίνακας Α. Μέση ενεργειακή κατανάλωση διαφόρων τύπων κτιρίων ανά είδος χρήσης (kWh/m^2) [24].

Τύπος Κτιρίου	Δροσισμός	Θέρμανση	Φωτισμός	Συσκευές	Σύνολο
Γραφεία	24	95	20	48	187
Εμπορικά	18	74	19	41	152
Σχολεία	2	66	16	8	92
Νοσοκομεία	3	299	52	53	407
Ξενοδοχεία	11	198	54	40	273

Για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων στην Ευρώπη, η ενέργεια που δαπανάται αντιστοιχεί σε περίπου ένα τόνο ισοδύναμου πετρελαίου (1ΤΙΠ

=11630 kWh) ανά έτος και ανά κάτοικο. Ταυτόχρονα, η παραγωγή και η χρήση ενέργειας ευθύνονται για το 94% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα, με ένα μερίδιο 45% να αναλογεί στον κτιριακό τομέα. Οι εκπομπές αυτές όμως προκαλούν δυσμενείς μεταβολές στην ατμόσφαιρα. Το CO_2, οι υδρατμοί (H_2O) και άλλα αέρια νέφη δημιουργούν ένα στρώμα σε ορισμένο ύψος πάνω από τη Γη το οποίο, αφού επιτρέψει στην υπέρυθρη ακτινοβολία να εισέλθει, απορροφά και κατακρατεί μέρος της θερμότητας, που εκπέμπει η επιφάνεια της Γης προς το διάστημα. Στην παρουσία αυτών των χημικών ενώσεων οφείλεται το 86% της κατακρατούμενης από την ατμόσφαιρα γήινης ακτινοβολίας. Η διεργασία αυτή γίνεται με φυσικό τρόπο εξασφαλίζοντας στην Γη μία σταθερή θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους. Αυτό ονομάζεται φαινόμενο του θερμοκηπίου και συμβάλλει μαζί με άλλα φαινόμενα στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Συνήθως όμως όταν μιλάμε για το φαινόμενο αυτό, δεν αναφερόμαστε στη φυσική διεργασία αλλά στην έξαρσή αυτής εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που προέρχεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως είναι και ο κλάδος των κατασκευών [14].

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι λειτουργικές ανάγκες του κτιριακού τομέα έχουν φέρει έξαρση στην ανάπτυξη και χρήση ψυκτικών μεθόδων, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες. Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), είναι εκείνα τα ψυκτικά μέσα που χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, όπως τη λειτουργία μηχανικών συστημάτων ψύξης (air condition) στα κτίρια και συμβάλλουν σημαντικά στη μείωση του στρώματος του όζοντος. Οι CFC έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αυτό επιτρέπει την μεταφορά τους από την τροπόσφαιρα στη στρατόσφαιρα πριν αδρανοποιηθούν. Όταν φτάσουν στην στρατόσφαιρα διασπόνται ελευθερώνοντας άτομα χλωρίου (Cl), με την επίδραση της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας και στη συνέχεια κάθε άτομο χλωρίου διασπά περισσότερα μόρια όζοντος (O_3). Το φαινόμενο της μοριακής αυτής μείωσης του O_3 ονομάζεται τρύπα του όζοντος και αποτελεί ένα εξίσου σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, διότι το στρώμα του όζοντος είναι απαραίτητο για την απορρόφηση του μεγαλύτερου μέρους της επικίνδυνης υπεριώδους ακτινοβολίας που φθάνει στη Γη. Το φαινόμενο αυτό παρουσίασε μέγεθος ρεκόρ το Σεπτέμβρη του 2006, γεγονός που καθιστά αναγκαία την άμεση αναθεώρηση της ενεργειακής πολιτικής τόσο από πλευράς ΕΕ όσο και σε εθνικό επίπεδο [14].

Προκύπτει λοιπόν ότι ο ενεργειακός σχεδιασμός και διαχείριση του κτιριακού τομέα αποτελεί μείζων θέμα. Πολλές μελέτες αποδεικνύουν ότι μέτρα εξοικονόμησης σε παλιά κτίρια μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας μέχρι και 60%, ενώ σε νεόδμητα η κατανάλωση μπορεί να μειωθεί ακόμα και σε ποσοστό 90% με σωστό σχεδιασμό. Η σχέση των κτιρίων με το περιβάλλον τους εκτός από αρχιτεκτονικές προεκτάσεις, φαίνεται να έχει και περιβαλλοντικές τις οποίες οφείλουμε να μελετήσουμε και ει δυνατόν να περιορίσουμε. Για το λόγο αυτό η έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία και είναι συνυφασμένη με την προστασία του περιβάλλοντος

Η εξοικονόμηση ενέργειας σε ένα κτίριο μπορεί να επιτευχθεί με:

∴ Τον περιορισμό των θερμικών-ψυκτικών φορτίων του κτιρίου.

∴ Την εκμετάλλευση παθητικών ηλιακών συστημάτων θέρμανσης και τεχνικών ή και συστημάτων φυσικού-υβριδικού δροσισμού και κλιματισμού-ψύξης.

∴ Την εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού.

∴ Τη σωστή επιλογή, εγκατάσταση, λειτουργία και συντήρηση των συμβατικών συστημάτων [15].

Ταυτόχρονα, ο σχεδιασμός ενός κτιρίου διαδραματίζει σημαντικό ρόλο διότι καθορίζει την ενεργειακή του συμπεριφορά και κατά συνέπεια τις ενεργειακές του δαπάνες και διαμορφώνει το ρόλο του στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο. Ο ενεργειακός σχεδιασμός ενός κτιρίου έχει σαν στόχο την ελαχιστοποίηση της καταναλισκόμενης ενέργειας, με ταυτόχρονη διατήρηση των δεικτών θερμικής άνεσης ή και τη βελτίωση τους για τους διαμένοντες.



Ο ενεργειακός σχεδιασμός των κτιρίων βασίζεται σε τέσσερις αρχές:

1. Εφαρμογή βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων και περιβάλλοντος χώρου.

2. Χρήση κατάλληλων συστημάτων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας.

3. Ενεργειακή διαχείριση με κατάλληλο σύστημα, που εξασφαλίζει τη διαρκή επιτήρηση και τον έλεγχο των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου. Το σύστημα αυτό, γνωστό ως BEMS (Building Energy Management System), αποτελεί τη μοναδική λύση για τη συντονισμένη και ορθολογική λειτουργία

των σύγχρονων εγκαταστάσεων σε μεσαία και μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα.

4. Αξιοποίηση των διαθέσιμων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) για τη μερική ή ολική κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κτιρίου.

Τα οφέλη που προκύπτουν από τον ενεργειακό σχεδιασμό των κτιρίων είναι:

∴ Η εξοικονόμηση ενέργειας με άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους λειτουργίας (λιγότερα φορτία).

∴ Η μείωση των ρύπων, που προκαλούνται από την καύση των συμβατικών καυσίμων.

∴ Η εξασφάλιση θερμικής και οπτικής άνεσης [14].

1.2.1 Θερμική Άνεση

Η θερμική άνεση ορίζεται ως η κατάσταση στην οποία το άτομο εκφράζει ικανοποίηση για το θερμικό περιβάλλον. Η θερμική άνεση σε ένα χώρο σχετίζεται με το ενεργειακό ισοζύγιο των ενοίκων. Κάθε οργανισμός παράγει, δέχεται και αποβάλλει θερμότητα με διαδικασίες αγωγιμότητας, μεταφοράς, εκπομπής και εξάτμισης. Θετικό θερμικό ισοζύγιο σημαίνει αίσθημα θερμικής δυσφορίας, ενώ το αρνητικό θερμικό ισοζύγιο προκαλεί αίσθημα κρύου. Αν το φυσικό περιβάλλον του κτιρίου δεν εξασφαλίζει τη θερμική ουδετερότητα του ατόμου, απαιτείται η αλλαγή των κλιματικών παραμέτρων στο κτίριο και ειδικότερα της εσωτερικής θερμοκρασίας. Είναι προφανές ότι στην περίπτωση αυτή επεμβαίνουμε στο ενεργειακό ισοζύγιο του ίδιου του κτιρίου. Το θερμικό περιβάλλον χαρακτηρίζεται από τις παρακάτω φυσικές παραμέτρους, οι οποίες καθορίζουν τον βαθμό αίσθησης της θερμικής άνεσης [14]:

∴ θερμοκρασία αέρα,
∴ ταχύτητα του ανέμου,
∴ σχετική υγρασία,
∴ μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας.

Δείκτες θερμικής άνεσης

Για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης χρησιμοποιούνται δείκτες που ενσωματώνουν το σύνολο, ή μέρος, της παραπάνω πληροφορίας. Οι βασικότεροι δείκτες για τον προσδιορισμό της θερμικής άνεσης είναι:

∴ Ο δείκτης Ισχύος Αποψύξεως (Cooling Power, CP) εκφράζει το ρυθμό της απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος που διατηρείται στη θερμοκρασία των 36.5°C όταν η επιφάνεια αυτή εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα και είναι ένα μέτρο της ικανότητας του αέρα να αυξάνει την απώλεια θερμότητας από ένα ανθρώπινο σώμα.

Ο δείκτης δίνεται από τη σχέση:

$CP= (0.2 + 0.4 \cdot V1/2 \times (36.5 – T) \cdot 41.868$ (όταν V<= 1m/sec) ή
$CP= (0.13 + 0.47 \cdot V1/2) \times (36.5 – T) \cdot 41.868$ (όταν V< 1m/sec)

Όπου V: ταχύτητα του ανέμου (m/s), T: θερμοκρασία του αέρα (°C)

∴ Ο δείκτης Αναμενόμενης Μέσης Αποδοχής (Predicted Mean Vote, PMV) είναι ένας δείκτης συσχέτισης μεταξύ της θερμικής άνεσης και του θερμικού αισθήματος. Ο δείκτης αυτός περιγράφεται με μια μαθηματική σχέση που συνδέει τα επίπεδα δραστηριότητας, ρουχισμού και περιβαλλοντικών παραμέτρων και ο προσδιορισμός του έγινε μετά από ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων. Ο δείκτης της αναμενόμενης μέσης αποδοχής δίνεται από τη σχέση:

$PMV = (0.303e\text{-}0.036M + 0.028) \cdot L$

Όπου, M: ο Μεταβολικός Ρυθμός, L: το θερμικό φορτίο που ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της εσωτερικής παραγωγής θερμότητας και των απωλειών προς το περιβάλλον

∴ Ο δείκτης Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (Physiological Equilevant Temperature, PET) δίνει την θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου του εξωτερικού περιβάλλοντος όταν το ισοζύγιο θερμότητας είναι πανομοιότυπο με αυτό ενός εσωτερικού χώρου. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται από τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, την θερμοκρασία αέρα, την ταχύτητα του ανέμου και την σχετική υγρασία.

∴ Ο δείκτης Κανονικής Ενεργού Θερμοκρασίας (Standard Effective Temperature, SET*) συγκρίνει την φυσιολογική κατάσταση ενός ατόμου με ένα περιβάλλον αναφοράς [16].

1.2.2 Οπτική Άνεση

Η οπτική άνεση περιγράφει την ικανότητα του ατόμου να εντοπίζει, να αναγνωρίζει και να αναλύει λεπτομερώς εύκολα ό,τι βρίσκεται στο πεδίο ορατότητας του, λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα, την ποιότητα και τη ακρίβεια της αντιληπτικότητας του. Εξαρτάται κατά κύριο λόγο από της συνθήκες φωτισμού του χώρου στον οποίο βρίσκεται το άτομο. Όταν υπάρχει ανεπαρκής φωτισμός, ή το φαινόμενο της θάμβωσης (κακή κατανομή του φωτός που μπορεί να περισπά ελαφρώς ή να τυφλώνει οπτικά τους ενοίκους, δημιουργώντας αίσθημα κόπωσης και δυσφορίας), η ικανότητα του ατόμου να δει αντικείμενα ή λεπτομέρειες σε ένα χώρο μειώνεται. Για την εξασφάλιση καλής οπτικής άνεσης απαιτείται στους εσωτερικούς χώρους να υπάρχει επαρκής ποσότητας φωτισμού (στάθμη φωτισμού) αφενός και αφετέρου ομαλή κατανομή, ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις της στάθμης, οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο της θάμβωσης. Τόσο η επάρκεια όσο και η κατανομή του φωτισμού εξαρτώνται από τα γεωμετρικά στοιχεία του χώρου και των ανοιγμάτων, αλλά και από τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των αδιαφανών επιφανειών (χρώμα/υφή) και των υαλοπινάκων (φωτοδιαπερατότητα/ ανακλαστικότητα). Η οπτική άνεση σε ένα χώρο απαιτεί α) την επίτευξη των απαραίτητων επιπέδων φωτισμού για το είδος των εργασιών που επιτελούνται στο χώρο, β) την εξασφάλιση οπτικής επαφής με το εξωτερικό περιβάλλον και γ) την αποφυγή της οπτικής θάμβωσης [17].

1.3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός κτιρίων

Η βιωσιμότητα και η αειφορία είναι δύο πολύ βασικές έννοιες που απασχολούν την κοινωνία και την επιστημονική κοινότητα ειδικά όσον αφορά στον κτιριακό τομέα και την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων. Η βιοκλιματική αρχιτεκτονική αφορά στο σχεδιασμό κτιρίων και χώρων (εσωτερικών και εξωτερικών-υπαίθριων) με βάση το τοπικό κλίμα, με σκοπό την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης, αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια και άλλες περιβαλλοντικές πηγές αλλά και τα φυσικά φαινόμενα του κλίματος. Βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν τα παθητικά συστήματα που ενσωματώνονται στα κτίρια με στόχο την αξιοποίηση των περιβαλλοντικών πηγών για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων.

Είναι χαρακτηριστικό ότι ο βιοκλιματικός σχεδιασμός που ουσιαστικά είναι ενσωματωμένος στην αρχιτεκτονική που χαρακτηρίζει κάθε τόπο σε ολόκληρη τη γη, θεωρείται ως μία νέα «θεώρηση» και σχετίζεται με την οικολογία περισσότερο, παρά με την εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο, η βιοκλιματική αρχιτεκτονική έχει αποτελέσει τις τελευταίες δεκαετίες βασική προσέγγιση στην κατασκευή κτιρίων παγκοσμίως, ενώ στα περισσότερα κράτη πλέον αποτελεί βασικό κριτήριο σχεδιασμού μικρών και μεγάλων κτιρίων το οποίο λαμβάνεται υπόψη από όλους τους μελετητές αρχιτέκτονες και μηχανικούς. Κι αυτό, λόγω των χαμηλότερων

απαιτήσεων ενέργειας για την θέρμανση, τον δροσισμό και τον φωτισμό των κτιρίων που προκύπτουν από την πρακτική της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής και Υπάρχουν πολλαπλά οφέλη της εφαρμογής του βιοκλιματικού σχεδιασμού στα κτίρια όπως: ενεργειακά (εξοικονόμηση ενέργειας και θερμική/οπτική άνεση), οικονομικά (μείωση κόστους Η/Μ εγκαταστάσεων), περιβαλλοντικά (μείωση ρύπων) και κοινωνικά [18].

Βιοκλιματικός σχεδιασμός ενός κτιρίου είναι ο σχεδιασμός ο οποίος λαμβάνοντας υπόψη το κλίμα κάθε περιοχής, στοχεύει στην εξασφάλιση των απαραίτητων εσωκλιματικών συνθηκών (θερμική και οπτική άνεση, ποιότητα αέρα) με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, αξιοποιώντας τις διαθέσιμες περιβαλλοντικές πηγές (ήλιο, αέρα - άνεμο, νερό, έδαφος). Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός συνεισφέρει στην εξοικονόμηση ενέργειας για τη θέρμανση, την ψύξη και το φωτισμό των κτιρίων. Τεχνικές του βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελούν η θερμική προστασία του κελύφους, τα παθητικά ηλιακά συστήματα, οι τεχνικές και τα συστήματα φυσικού δροσισμού και φυσικού φωτισμού και ορισμένες τεχνικές ορθολογικής χρήσης ενέργειας (θερμικές ζώνες, αποθήκευση θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου) [18].

Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι οι ακόλουθες :

1. Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας για θέρμανση τον χειμώνα.
   Η ηλιακή ενέργεια εισέρχεται στο κτίριο μέσω των διαφανών ανοιγμάτων και αποθηκεύεται στη μάζα του, η οποία την επανεκπέμπει με τη μορφή θερμικής ακτινοβολίας, που δεν μπορεί πλέον να διαφύγει από το κτίριο (φαινόμενο θερμοκηπίου). Με αυτή τη διαδικασία βελτιώνεται το θερμικό ισοζύγιο του κτιρίου και μειώνονται οι ενεργειακές ανάγκες του για θέρμανση.

2. Αξιοποίηση των δροσερών ανέμων για τον αερισμό και την ψύξη του κτιρίου το καλοκαίρι.

3. Αξιοποίηση του φυσικού φωτός για τον φωτισμό του κτιρίου.

4. Αξιοποίηση της βλάστησης για τον σκιασμό του κτιρίου το καλοκαίρι.

5. Μείωση των θερμικών απωλειών του κτιρίου.
   Εξασφαλίζεται με τη θερμομόνωση του κελύφους και με την χρήση εναλλακτών θερμότητας, οι οποίοι περιορίζουν δραστικά τις απώλειες μέσω αερισμού [14].

Στον Πίνακα Α δίνονται οι συνθήκες σχεδιασμού των κλιματιζόμενων κτιρίων όπως αυτές ορίζονται από το ΤΕΕ για την θερινή περίοδο:

Πίνακας Β. Συνιστώμενες συνθήκες σχεδιασμού για κλιματιζόμενους χώρους το καλοκαίρι, *ΤΟΤΕΕ*

	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	**ΥΓΡΑΣΙΑ**
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΩΡΟΥ	**°C**	**%**
Κατοικίες	25-26	40-50
Κτίρια γραφείων	25-26	40-50
Βιβλιοθήκες -Μουσεία	22	40-55
Εστιατόρια και Κέντρα διασκέδασης	23-26	50-60
Εκπαιδευτικά κτίρια	26	45-50
Αίθουσες	24	45-50
Χειρουργεία	20-24	50-60
Αναρρωτήρια	24	50-60

1.4 Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού αερισμού

Όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, η χρήση συμβατικών κλιματιστικών συσκευών έχει σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, εξαιτίας των ψυκτικών μέσων που χρησιμοποιούν και ευθύνονται για την μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος. Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζουν μεγάλη ανάπτυξη και έχουν διεισδύσει στην ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων, αρκετές εναλλακτικές τεχνικές παθητικού και υβριδικού δροσισμού. Οι τεχνικές αυτές βασίζονται στην αυξημένη θερμική προστασία του κτιριακού κελύφους και την απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας. Τα συστήματα παθητικού δροσισμού έχουν τρεις βασικούς σχεδιαστικούς άξονες:

1. Προστασία του κτιρίου από τα θερμικά κέρδη
2. Απόσβεση και απορρόφηση της μεταφοράς θερμότητας προς το κτίριο.
3. Απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας σε περιβαλλοντικές «δεξαμενές» με χαμηλότερη θερμοκρασία από το κτίριο.

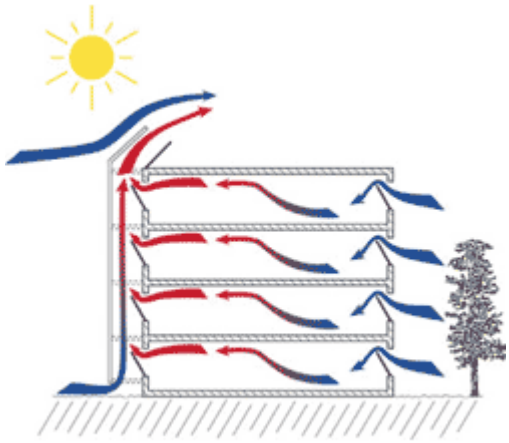
Οι τεχνικές προστασίας που εφαρμόζουμε στα κτίρια με σκοπό να μειώσουμε τα θερμικά τους κέρδη, περιλαμβάνουν κάποιες παρεμβάσεις όπως:

∴ Στο μικροκλίμα με κατάλληλη διαμόρφωση εξωτερικών χώρων.
∴ Βελτιστοποίηση της αρχιτεκτονικής του κτιρίου.
∴ Ηλιοπροστασία και σκίαση των διαφανών και αδιαφανών στοιχείων του κελύφους.
∴ Έλεγχος των εσωτερικών φορτίων.

Η θερμοχωρητικότητα ενός κτιρίου και η ικανότητά του να αποθηκεύει τη θερμότητα αυτή, σχετίζεται άμεσα με τις τεχνικές που εφαρμόζονται με σκοπό την απόσβεση και την απορρόφηση της εισερχόμενης σε αυτό θερμότητας. Η ύπαρξη σημαντικής θερμικής μάζας επιτρέπει την απόσβεση των μέγιστων εσωτερικών θερμοκρασιών και την μείωση του ψυκτικού φορτίου των κτιρίων. Η ενέργεια, με τη μορφή θερμότητας, που αποθηκεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, αποδίδεται στο εσωτερικό κατά τη νύχτα. Η απαγωγή της πλεονάζουσας θερμότητας, απαιτεί την ύπαρξη μιας θερμικής δεξαμενής με χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτήν του κτιρίου.

1.4.1 Φυσικός Αερισμός

Κατά τους θερινούς μήνες η βασική μέθοδος απομάκρυνσης της θερμότητας από τα κτίρια είναι η εφαρμογή του φυσικού αερισμού που επιτυγχάνεται με φυσικά μέσα. Αποτελεί τη βασική μέθοδο φυσικού δροσισμού και οδηγεί στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο στο εξωτερικό περιβάλλον, όταν το επιτρέπουν οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες. Επιπλέον, η εφαρμογή της μεθόδου αυτής, ιδιαίτερα τις νυχτερινές ώρες, απομακρύνει την θερμότητα που έχει αποθηκευτεί στη διάρκεια της ημέρας στα δομικά στοιχεία του κτιρίου, όταν βέβαια έχουν επαρκή θερμική μάζα. Τέλος, με το φυσικό αερισμό απομακρύνεται η θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και όταν εφαρμόζεται σε υψηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 1. Φυσικός Αερισμός

Ο φυσικός αερισμός των κτιρίων μπορεί να μειώσει την ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται τόσο για ψύξη όσο και θέρμανση και συνεπώς διαμορφώνει σε μεγάλο βαθμό το λειτουργικό κόστος των κτιρίων. Από μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις σε κατοικίες στην Ελλάδα, προκύπτει μείωση της τάξης του 75-100 % του ψυκτικού φορτίου λόγω του αερισμού (εφόσον εφαρμόζεται επαρκής ηλιοπροστασία στα κτίρια), γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υποκαταστήσει ένα κλιματιστικό σύστημα, καθώς επιτυγχάνονται επιθυμητές συνθήκες θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους [46].

Ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται και εφαρμόζεται μπορεί να είναι:

∴ Διαμπερής, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων.

∴ Κατακόρυφος (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού).

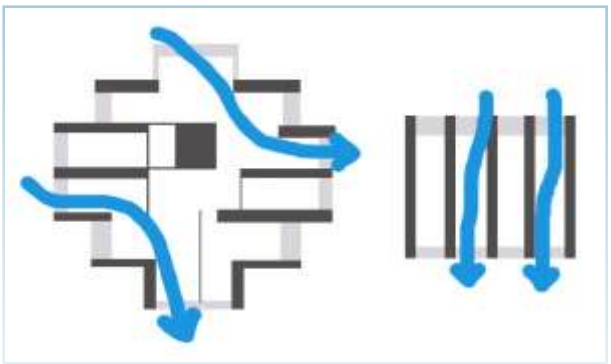
∴ Κατακόρυφος ενισχυμένος από ηλιακή καμινάδα.

∴ Υβριδικός αερισμός.

1.4.2 Διαμπερής αερισμός

Ο διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό και τοποθέτηση των ανοιγμάτων στο κτιριακό κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Η τοποθέτηση θυρίδων στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων, επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας. Η εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση ενός κτιρίου και οι άνεμοι που επικρατούν στο μικροκλίμα της εκάστοτε περιοχής επηρεάζουν τον διαμπερή αερισμό. Η θέση του κτιρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό, και γενικότερα εξωτερικά εμπόδια διευκολύνουν ή ενισχύουν την είσοδο και κυκλοφορία του αέρα μέσα στο κτίριο. Πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα (ανεμοπτερύγια) μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο προς το εσωτερικό του κτιρίου, ενισχύοντας έτσι τη δυνατότητα φυσικού αερισμού [46].

Ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Ο νυχτερινός αερισμός συνεισφέρει και στο δροσισμό της θερμικής μάζας του κτιρίου, σαρώνοντας τις επιφάνειες του κτιρίου με δροσερό αέρα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη επιβάρυνση του κτιρίου κατά την επόμενη μέρα και την μείωση των ενεργειακών δαπανών του.



Εικόνα 2. Διαμπερής αερισμός

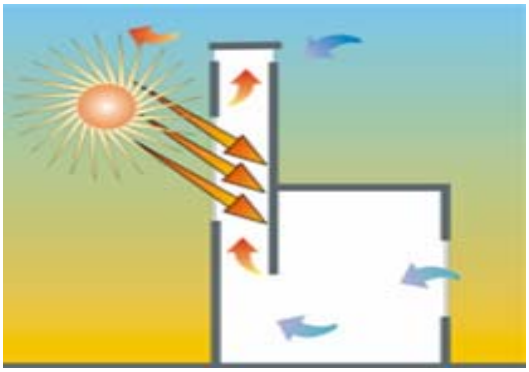
1.4.3 Καμινάδα – Πύργος αερισμού

Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. Η λειτουργία της καμινάδας αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Ως καμινάδες αερισμού μπορεί να λειτουργούν κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων.

Σε περιοχές με έντονο άνεμο υπάρχει η δυνατότητα εφαρμογής πύργων αερισμού, οι οποίοι προεξέχουν σημαντικά από την οροφή του κτιρίου, φέρουν άνοιγμα προς την σημαντική κατεύθυνση του ανέμου και έχουν τη δυνατότητα να «συλλαμβάνουν» τα ψυχρά ρεύματα αέρα και να τα κατευθύνουν μέσα στο χώρο, υποβοηθούμενοι, σε ορισμένες περιπτώσεις, από ανεμιστήρα [46].



Εικόνα 3. Καμινάδα – Πύργος αερισμού



Εικόνα 4. Ηλιακή Καμινάδα

1.4.4 Ηλιακή Καμινάδα

Πρόκειται για κατασκευή καμινάδας, η οποία φέρει στη νότια η νοτιοδυτική επιφάνειά της (± 30 ο Ν) υαλοπίνακα αντί τοιχοποιίας (εν γένει έναν μικρό ηλιακό τοίχο) και περσίδες στο άνω τμήμα αυτής της πλευράς.

Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi και συμβάλλει αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους. Επειδή επιτυγχάνει διαρκή ανανέωση του εσωτερικού αέρα στο κτίριο, η ηλιακή καμινάδα συνιστάται σε περιοχές με υψηλή επίπεδα σχετικής υγρασίας κατά τη θερινή περίοδο.

1.4.5 Υβριδικός αερισμός

Η χρήση ανεμιστήρων, ιδιαίτερα ανεμιστήρων οροφής, ενισχύει το φαινόμενο του φυσικού αερισμού, με ελάχιστη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επί πλέον, συνεισφέρει στην επίτευξη θερμικής άνεσης σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τις συνήθεις, καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργείται μεταφέρεται θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα. Πρακτικά, η χρήση ανεμιστήρων οροφής μειώνει την αναγκαιότητα χρήσης κλιματιστικών συστημάτων στα κτίρια για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Από μελέτες σε κτίρια κατοικιών στην Ελλάδα προκύπτει ότι η χρήση ανεμιστήρων οροφής σε κτίρια που εφαρμόζουν κατάλληλες τεχνικές φυσικού δροσισμού (επαρκή σκίαση και νυχτερινό αερισμό) πρακτικά καταργεί την ανάγκη εγκατάστασης κλιματιστικού συστήματος, καθώς συντελεί στη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης σε σχετικά υψηλές μεν θερμοκρασίες, οι οποίες, όμως, στα φυσικά δροσιζόμενα κτίρια είναι αρκετά χαμηλότερες από τις εξωτερικές.

Αντίστοιχα, σε κτίρια του τριτογενή τομέα η χρήση των ανεμιστήρων οροφής μειώνει σημαντικά τις ώρες λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού, αλλά και αυξάνει την απόδοσή τους την ώρα λειτουργία τους, καθώς ανεβάζει σημαντικά τη θερμοκρασία ρύθμισης του θερμοστάτη (π.χ. από τους 26 °C στους 29 °C) [47].

1.4.6 Δροσισμός από το έδαφος

∴ *Υπόσκαφα - Ημιυπόσκαφα Κτίρια*

Η κατασκευή υποσκαφών ή ημιυπόσκαφων κτιρίων, εφόσον τοπογραφικές και άλλες συνθήκες το συνιστούν, συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση του ψυκτικού φορτίου των κτιρίων. Κατά τους θερινούς μήνες, το έδαφος βρίσκεται σε αρκετά χαμηλότερη θερμοκρασία από το εξωτερικό περιβάλλον και, ερχόμενο σε επαφή με το κτιριακό κέλυφος, βοηθά στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο. Το χειμώνα, η επαφή του κτιρίου με το έδαφος μειώνει τις θερμικές απώλειες προς το ψυχρό περιβάλλον.

Σε περιοχές με πολύ ψυχρούς χειμώνες συνιστάται η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους, ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες προς το έδαφος, ενώ σε περιοχές με θερμά καλοκαίρια συνιστάται η αποφυγή μόνωσης ώστε να διευκολύνεται η μετάδοση της θερμότητας με αγωγή προς το έδαφος. Στα σημεία κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, τα οποία βρίσκονται σε θερμοκρασία που πλησιάζει αυτή του εξωτερικού αέρα, συνιστάται περιμετρική θερμομόνωση για παρεμπόδιση της μετάδοσης της θερμότητας στο κτίριο [48].

∴ *Υπεδάφιο σύστημα αγωγών (εναλλάκτες εδάφους - αέρα)*

Είναι σύστημα μεταλλικών αγωγών (ή PVC) που τοποθετούνται σε βάθος 1-3μ. Το υπεδάφιο σύστημα χρησιμοποιείται για την ψύξη των κτιρίων το καλοκαίρι, οπότε και αξιοποιεί το έδαφος - του οποίου η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη κάτω από την επιφάνεια - ως απαγωγέα της θερμότητας. Ο αέρας εισάγεται από το εξωτερικό περιβάλλον του κτιρίου, κυκλοφορεί στο δίκτυο αγωγών με τη βοήθεια φυσητήρων και εισέρχεται στο κτίριο ψυχρότερος.

Παράλληλα, το σύστημα λειτουργεί και το χειμώνα, συμβάλλοντας στην προθέρμανση του ψυχρού εξωτερικού αέρα, καθώς το έδαφος το χειμώνα είναι θερμότερο από τον εξωτερικό αέρα. Το σύστημα αυτό μπορεί να συνδυαστεί με σύστημα κλιματισμού, συντελώντας στην εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη και θέρμανση του κτιρίου, καθώς μειώνει την θερμοκρασιακή διαφορά εισερχόμενου-εξερχόμενου αέρα από το σύστημα, και συνεπώς μειώνει την εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος και την ενέργεια που αυτό καταναλώνει [48].

1.4.7 Δροσισμός με εξάτμιση

Σε περιοχές με σχετικά χαμηλή υγρασία, μπορεί να επιτευχθεί δροσισμός με την εξάτμιση νερού. Ο αέρας, διέρχεται από κάποιο σώμα νερού προκαλώντας την εξάτμισή του, ψύχεται και εμπλουτίζεται με υδρατμούς.

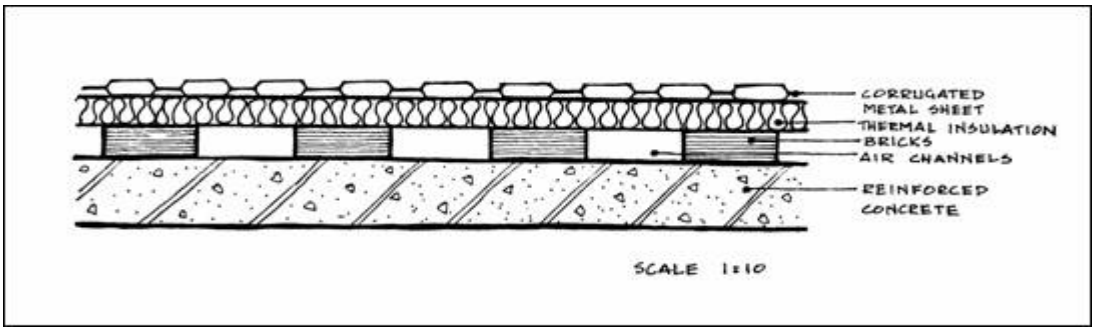
Όταν ο αέρας αυτός εισέρχεται απ' ευθείας στο κτίριο έχουμε άμεσο εξατμιστικό δροσισμό, ενώ όταν ψύχει το κέλυφος του κτιρίου ή εναλλάκτη, τότε έχουμε έμμεσο εξατμιστικό δροσισμό. Τεχνικές άμεσου φυσικού δροσισμού περιλαμβάνουν τη χρήση σωμάτων νερού (όπως λίμνες ή σιντριβάνια) σε εσωτερικές αυλές και αίθρια ή σε πύργους δροσισμού. Η εξωτερική πισίνα πλησίον μιας κατοικίας λειτουργεί ως τεχνική άμεσου δροσισμού. Τεχνικές έμμεσου φυσικού δροσισμού είναι οι ανοιχτές λίμνες οροφής και ο ψεκασμός των δωμάτων με νερό. Επί πλέον, υπάρχουν και υβριδικές (μηχανικές) ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης). Εν γένει, το νερό ως δομικό υλικό ενός υπαίθριου χώρου, χαρακτηρίζεται από μεγάλη θερμοχωρητικότητα και ανακλαστικότητα. Για το λόγο αυτό παρουσιάζει χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες από άλλα συμβατικά δομικά υλικά (άσφαλτος, σκυρόδεμα, πέτρα) και δεν έχει αρνητική επίπτωση στο μικροκλίμα [49].

1.4.8 Δροσισμός με ακτινοβολία

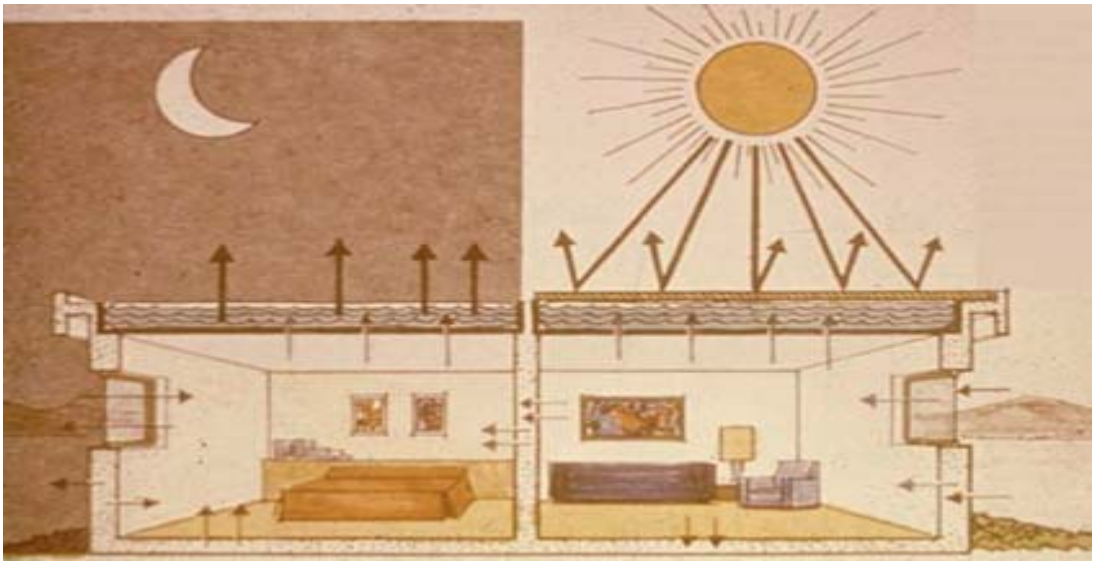
Όλες οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων ακτινοβολούν θερμότητα κατά τη διάρκεια της νύχτας προς τον ουρανό, ο οποίος λειτουργεί ως «μαύρο σώμα». Όσο πιο καθαρός είναι ο ουρανός και όσο χαμηλότερη είναι η υγρασία που περιέχει ο αέρας, τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσό ακτινοβολίας που εκπέμπεται.

Για να είναι αποτελεσματική η νυχτερινή ακτινοβολία θα πρέπει οι επιφάνειες που ακτινοβολούν να είναι εκτεθειμένες προς τον ουρανό. Κατά συνέπεια, οι οροφές των κτιρίων ακτινοβολούν το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας. Επιπλέον, θα πρέπει η επιφάνεια ακτινοβολίας να είναι έτσι κατασκευασμένη, ώστε η συσσωρευμένη κατά τη διάρκεια της ημέρας θερμότητα να έχει τη δυνατότητα να διοχετευθεί, μέσω κατάλληλης κατασκευής, προς την εξωτερική επιφάνεια του κελύφους. Επειδή πρακτικά η νυχτερινή ακτινοβολία μεγάλης ποσότητας θερμικής ενέργειας από το κτίριο προϋποθέτει οροφή χωρίς μόνωση, ενώ ταυτόχρονα η μόνωση της οροφής είναι απαραίτητη για την προστασία του κτιρίου από την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας, το σύστημα δροσισμού μέσω νυχτερινής ακτινοβολίας αποτελεί πάντα μια ειδική κατασκευή.

Τα συνηθέστερα συστήματα νυκτερινής ακτινοβολίας είναι ο μεταλλικός ακτινοβολητής τοποθετημένος στην οροφή του κτιρίου (Εικόνα 5) και η λίμνη οροφής (Εικόνα 6) [50].



Εικόνα 5. Μεταλλικός ακτινοβολητής στην οροφή κτιρίου.



Εικόνα 6. Λίμνη οροφής - *Living with the Sun – Arizona Style, Arizona Solar Center*

1.5 Φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας

1.5.1 Ορισμός

Ένας από τους βασικούς δείκτες ευημερίας σε ένα αστικό κέντρο είναι οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν εντός αυτού και επηρεάζουν άμεσα την διαβίωση του ποσοστού του πληθυσμού που κατοικεί σε αυτές.

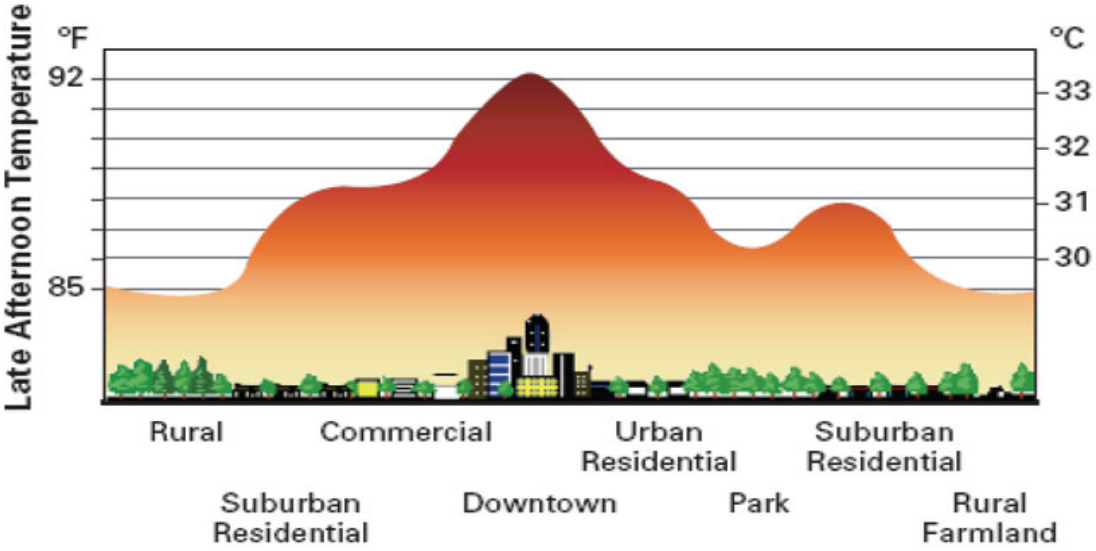
Τα τελευταία χρόνια η μεγέθυνση του φαινομένου της αστικοποίησης έχει οδηγήσει στη συγκέντρωση άνω του 50% του πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα με θετικές αλλά κυρίως αρνητικές συνέπειες. Από τη μία πλευρά δημιουργείται η δυνατότητα πρόσβασης της μεγαλύτερης μερίδας του πληθυσμού σε καλύτερες υπηρεσίες υγείας, παιδείας και αναψυχής, αλλά ταυτόχρονα αυξάνονται οι κοινωνικές ανισότητες, η εγκληματικότητα και μειώνεται ο διαθέσιμος χώρος καθώς και η φέρουσα ικανότητα των πόλεων.

Ως Αστική Θερμική Νησίδα (ΑΘΝ) ορίζουμε το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα εντός του αστικού ιστού ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες. Στα μεγάλα αστικά κέντρα παρατηρούνται μεγάλες θερμοκρασιακές διαφορές εντός και εκτός ορίων τους, με τη θερμοκρασία να τείνει να αυξάνει στο κέντρο των πόλεων και να μειώνεται στις αδόμητες περιαστικές περιοχές (Εικόνα 7).

Τα στοιχεία που διαμορφώνουν αυτό το φαινόμενο αφορούν στην πυκνότητα δόμησης των πόλεων, στα υλικά δόμησης, την αστικοποίηση, την αύξηση της κυκλοφορίας οχημάτων, την έλλειψη χώρων πρασίνου αλλά και στην κλιματική αλλαγή ανθρωπογενούς προέλευσης.

1.5.2 Χαρακτηριστικά

Ένα βασικό χαρακτηριστικό του φαινομένου της θερμικής νησίδας είναι η ένταση, η οποία μετράται ως η διαφορά στην θερμοκρασία του αέρα διαφόρων σημείων εντός αστικού ιστού με εκείνη των περιαστικών ή εξωαστικών περιοχών. Σημαντικό στοιχείο επίσης είναι ότι η θερμοκρασιακή διαφορά αστικών-περιαστικών περιοχών δημιουργεί διαφορές στην πυκνότητα του αέρα με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ρεύματα αέρα σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια της γης προς τα αστικά κέντρα και κατά συνέπεια να καθίσταται πιο δύσκολή η απομάκρυνση των ρύπων από αυτά. Επιπλέον τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την δόμηση των αστικών περιοχών έχουν πολλές φορές ακατάλληλα οπτικά και θερμικά χαρακτηριστικά (χαμηλή ανακλαστικότητα, υψηλή θερμοχωρητικότητα). Ένα μεγάλο μέρος της θερμότητας που μεταφέρει η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται από τα υλικά αυτά και επανακτινοβολείται στην ατμόσφαιρα κυρίως κατά τις νυχτερινές ώρες. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων θερμοκρασίας και ρύπανσης στα αστικά κέντρα.



Εικόνα 7. Αναπαράσταση του φαινομένου ΑΘΝ.

1.5.3 Συνέπειες του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας

- Στο ψυκτικό φορτίο των κτιρίων

Οι υψηλές θερμοκρασίες που παρουσιάζονται στα αστικά κέντρα κυρίως κατά τους θερινούς μήνες προκαλούν αύξηση της ενέργειας που καταναλώνεται για ψύξη σε κατοικίες και δημόσια κτίρια. Σαν αποτέλεσμα επιβαρύνεται το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας κυρίως κατά τις ώρες αιχμής [19].

- Στις εκπομπές ρύπων

Λόγω του φαινομένου οι αυξημένες ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων οδηγούν σε ΄΄εκτόνωση΄΄ των εργασιών των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και κατά συνέπεια σε αύξηση των εκπομπών ρύπων. Οι εκπομπές αυτές αφορούν και σε αέριους ρύπους όπως CO_2 και CH_4 με σοβαρές συνέπειες στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αλλά και σε γενικότερα φαινόμενα κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον η αυξημένη χρήση κλιματιστικών για την ψύξη των κτιρίων, αφήνει ένα εξίσου σοβαρό περιβαλλοντικό αποτύπωμα [19].

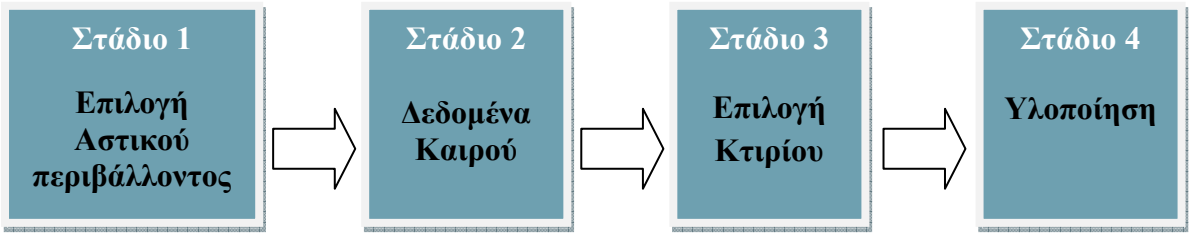
- Στην ανθρώπινη υγεία

Τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά και το μικροκλίμα μιας περιοχής επηρεάζουν άμεσα την ανθρώπινη υγεία. Ιδιαίτερα οι υψηλές θερμοκρασίες επιδρούν σε μεγάλο βαθμό στη θνησιμότητα. Σε περιόδους καύσωνα στα μεγάλα αστικά κέντρα παρατηρείται αύξηση στις εισαγωγές περιστατικών που αφορούν από θερμοπληξία μέχρι και θάνατο από καρδιαγγειακά ή αναπνευστικά αίτια. Η πλειοψηφία των περιστατικών αυτών αφορά τους ηλικιωμένους [19].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. *ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ*

Για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας ακολουθήθηκε συγκεκριμένη μεθοδολογία, η οποία ορίστηκε σε πρωταρχικό στάδιο της εργασίας, με σκοπό την ολοκληρωμένη και πιο στρατηγική μελέτη της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, του φαινομένου της ΑΘΝ και της επίδρασης του μικροκλίματος. Τα στάδια που ακολουθήθηκαν είναι:



2.1 Επιλογή Αστικού περιβάλλοντος

Το πρώτο στάδιο της μεθοδολογίας αφορά στην επιλογή κατάλληλου αστικού περιβάλλοντος για την περαίωση των μετρήσεων και την πραγμάτωση της μελέτης. Για το σκοπό αυτό, θεσπίστηκαν αρχικά κάποια κριτήρια σύμφωνα με τα οποία επιλέχθηκε η βέλτιστη περιοχή μελέτης και ακολούθως προχώρησαν τα επόμενα στάδια της εργασίας. Συγκεκριμένα επιλέχθηκε η πόλη των Χανίων, μία μικρή μεσογειακή πόλη στο βόρειο τμήμα της νήσου Κρήτης. Τα βασικά κριτήρια που οδήγησαν σε αυτή την επιλογή είναι:

2.1.1 Η μορφολογία της πόλης και η ενεργειακή της κατάσταση

Η πόλη των Χανίων αποτελεί μία παράκτια περιοχή, με βόρειο προσανατολισμό, που βρέχεται από το Αιγαίο πέλαγος. Οι γεωμορφολογικές δομές ποικίλουν στο νομό, όπου οι ορεινοί όγκοι καλύπτουν κυρίως το κεντρικό και νότιο τμήμα του, ενώ τα πεδινά τμήματα απλώνονται στο βόρειο τμήμα του νομού. Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν ακολουθούν το ανάγλυφο του νομού. Ειδικότερα οι βροχοπτώσεις είναι ιδιαίτερα αυξημένες σε σχέση με την υπόλοιπη Κρήτη εξαιτίας των υγρών ρευμάτων που προέρχονται από το Ιόνιο πέλαγος και εγκλωβίζονται στα Λευκά Όρη. Στο πεδινό τμήμα που αποτελεί το 18.3% της συνολικής επιφάνειας του νομού, είναι δομημένος ο δήμος Χανίων. Η έκταση του δήμου είναι 12564 στρέμματα, μόλις το 0.53% της συνολικής έκτασης του νομού, με πραγματικό πληθυσμό 53373 κατοίκους

Στην Κρήτη έχει διαπιστωθεί η σημαντική και με αυξητικές τάσεις κατανάλωση ενέργειας στον κτιριακό τομέα, λόγω της αξιόλογης οικονομικής ανάπτυξης αλλά και της ανόδου του βιοτικού επιπέδου των τελευταίων δεκαετιών. Ωστόσο, το νησί παρουσιάζει μεγάλα ενεργειακά προβλήματα.

Τα κυριότερα προβλήματα είναι:

- ∴ Το υψηλό κόστος προμηθευόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω γεωγραφικής θέσης.
- ∴ Την εξάρτηση από εισαγόμενη πρωτογενή ενέργεια, κυρίως πετρέλαιο.
- ∴ Το χαμηλό βαθμό αξιοπιστίας και ασφάλειας των ενεργειακών συστημάτων.
- ∴ Τους ειδικούς περιβαλλοντικούς περιορισμούς, κυρίως λόγω τουρισμού

Επιπλέον η μη ορθολογική χρήση της ενέργειας έχει ως συνέπεια υπερβολικές ενεργειακές καταναλώσεις και αυξημένη ζήτηση ηλεκτρικής ισχύος που συντελούν στο φαινόμενο «ενεργειακό πρόβλημα της Κρήτης».

Από μελέτες και ενεργειακές καταγραφές που έχουν πραγματοποιηθεί σε κατοικίες, έχει καταδειχθεί ότι η παρούσα ενεργειακή κατάσταση δεν είναι καθόλου ενθαρρυντική. Υπάρχουν σημαντικά περιθώρια λήψης μέτρων για την ορθολογική χρήση και εξοικονόμηση της ενέργειας, που μπορούν να επιφέρουν μια αξιόλογη μείωση ενέργειας και κυρίως ηλεκτρικής ισχύος και να αμβλύνουν τα προβλήματα της «οριακής επάρκειας ηλεκτρικής ενέργειας» στο νησί [20].

2.1.2 Η ύπαρξη δεδομένων τεκμηρίωσης προβλήματος.

Η Κρήτη αποτελεί σε εθνικό επίπεδο ένα ευρύ πεδίο επιστημονικών εφαρμογών και ερευνών. Τόσο σε επίπεδο αγοράς όσο και σε ακαδημαϊκό επίπεδο, εκτελείται πληθώρα εφαρμογών και ερευνητικών προγραμμάτων που απαιτούν επαρκή δεδομένα μελέτης, από τη χρήση ενεργειακών και ηλιακών εφαρμογών μέχρι και το σχεδιασμό συστημάτων. Για το λόγο αυτό, καθίσταται δυνατή και σχετικά εύκολη η συλλογή επίσημων μετεωρολογικών δεδομένων για την περιοχή των Χανίων. Με τη βοήθεια της εφαρμογής METEONORM, που αποτελεί μία παγκόσμια μετεωρολογική βάση δεδομένων, αντλήθηκαν τα ευρύτερα κλιματολογικά δεδομένα για την περιοχή Σούδα/ Χανιά τα οποία αφορούν στο έτος 2005. Τα στοιχεία αυτά επεξεργάστηκαν και διαμορφώθηκαν κατάλληλα ώστε να αναγνωρίζονται από το στούντιο προσομοίωσης TRNSYS και συγκεκριμένα από το μοντέλο Type 109 που αναλύουμε παρακάτω. Ο Πίνακας Γ περιλαμβάνει μερικά βασικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση του κτιρίου.

Πίνακας Γ. METEONORM, *Souda/Khania, 1996-2005*

Month	G_Gh	G_Dh	Ta	G_Lin	Ts	RH	FF	DD
Jan	105	46	11.1	316	10.7	74	3.6	178
Feb	123	58	10.9	316	10.5	71	4.1	178
Mar	186	81	12.5	320	12.9	69	4.0	178
Apr	232	96	15.3	330	15.8	66	4.2	180
May	282	108	20.1	345	21.3	58	3.7	178
Jun	293	100	24.4	364	25.5	51	3.5	311
Jul	306	90	27.0	378	28.5	51	3.6	311
Aug	286	80	26.4	373	27.6	57	3.4	311
Sep	250	59	23.3	367	23.9	62	3.3	311
Oct	212	31	19.7	353	20.1	68	3.0	178
Nov	111	47	16.0	342	15.2	72	3.0	178
Dec	89	43	12.7	325	12.0	74	3.4	178
Year	206	70	18.3	344	18.7	64	3.6	206

Όπου:

G_Gh: Μέση ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο.
G_Dh: Μέση διάχυτη ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο.
G_Lin: Μέση ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος.
Ta: Θερμοκρασία αέρα
RH: Σχετική υγρασία
FF: Ταχύτητα ανέμου
DD: Κατεύθυνση ανέμου
Ts: Επιφανειακή θερμοκρασία

Μονάδες μέτρησης:

Ακτινοβολία: W/m^2
Θερμοκρασία: °C
Ταχύτητα ανέμου: m/s

2.2 Δεδομένα καιρού

2.2.1 Συλλογή μετεωρολογικών δεδομένων

Για την μελέτη του αστικού περιβάλλοντος της πόλης των Χανίων χρειάσθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα τα οποία αντλήθηκαν από προηγούμενη, σχετική με την περιοχή, μελέτη [21]. Τα δεδομένα αυτά αφορούν στην θερινή περίοδο τριών μηνών και περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων την θερμοκρασία περιβάλλοντος, την σχετική υγρασία και τα χαρακτηριστικά των πνεόντων ανέμων που επικρατούν στην περιοχή σε όλη την διάρκεια της περιόδου μελέτης.

2.2.2 Επιλογή θέσεων

Στην παρούσα εργασία ε το υφιστάμενο κτίριο τοποθετείται και μελετάται σε οχτώ (8) διαφορετικές θέσεις στην πόλη των Χανίων για καθεμία από τις οποίες έχουν ληφθεί ξεχωριστές μετρήσεις που οδηγούν αντίστοιχα σε διαφορετικά κλιματολογικά δεδομένα για κάθε περίπτωση. Ειδικότερα, ορίζουμε ως σημείο αναφοράς την θέση όπου βρίσκεται το Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Χανίων (ΤΕΙ), που αφορά περιοχή εκτός του πυκνοδομημένου αστικού ιστού της πόλης, και επιλέγουμε άλλες επτά (7) περιοχές εντός πόλεως καλύπτοντας όλο το φάσμα των ορίων της πόλης. Οι άλλες επτά επιλεχθείσες θέσεις είναι η πλατεία 1866, η περιοχή Άγιος Ιωάννης, η περιοχή Δικαστηρίων, η οδός Αναγνώστου Γογονή, η περιοχή Νέας Χώρας, η Παλιά Πόλη και η οδός Σφακίων. Στην Εικόνα 8 φαίνονται οι θέσεις που επιλέχθηκαν στο χάρτη της πόλης, καθώς και οι γεωγραφικές συντεταγμένες των εν λόγω θέσεων:



Εικόνα 8. Αεροφωτογραφία της πόλης των Χανίων με τις περιοχές μελέτης.

Πίνακας Δ. Γεωγραφικές συντεταγμένες επιλεχθέντων περιοχών.

	Θέσεις	**Latitude**	**Longitude**
1	1866	$35^0$30’48.00’’	$24^0$01’03.50’’
2	A.Ioannis	$35^0$30’28.00’’	$24^0$02’32.63’’
3	Dikastiria	$35^0$30’36.80’’	$24^0$01’43.30’’
4	Gogoni	$35^0$30’14.40’’	$24^0$00’48.80’’
5	NeaXora	$35^0$30’44.00’’	$24^0$00’12.30’’
6	Old Town	$35^0$31’00.75’’	$24^0$01’08.98’’
7	Sfakion	$35^0$30’41.40’’	$24^0$01’23.17’’
8	TEI - suburban (reference)	$35^0$31’08.00’’	$24^0$02’32.63’’

2.3 Επιλογή κτιρίου

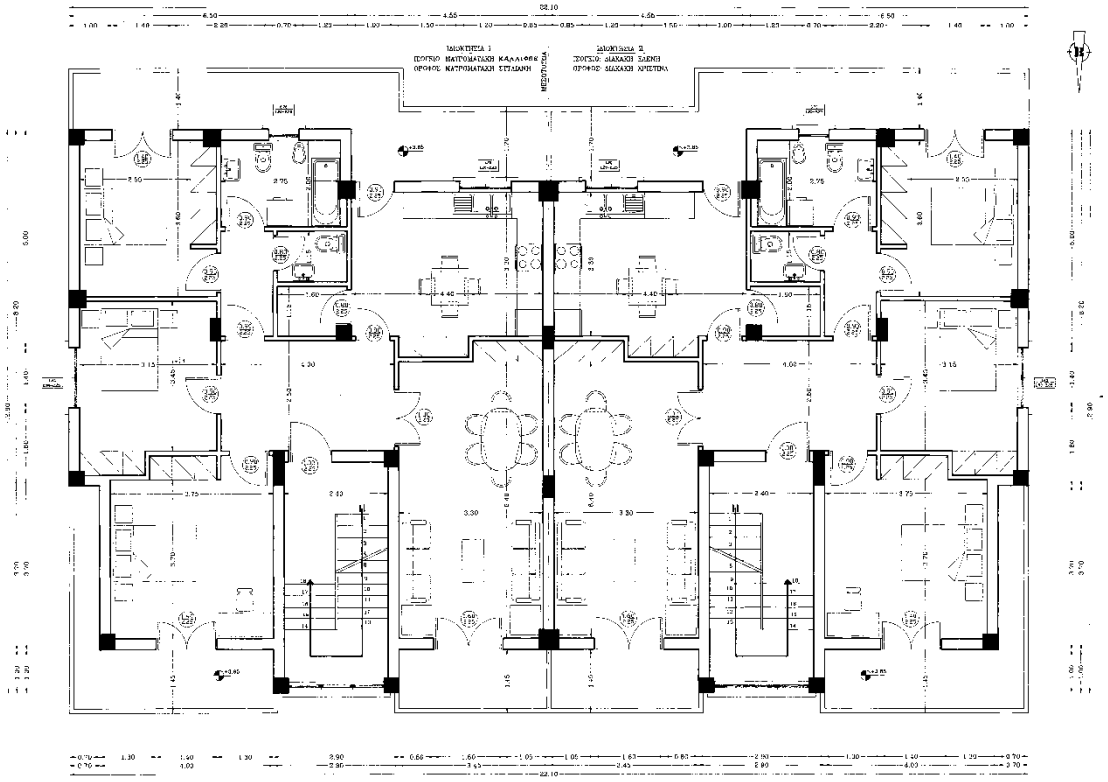
2.3.1 Κριτήρια επιλογής

Τα Χανιά αποτελούν ένα ιδιαίτερο αστικό περιβάλλον όπου οι χρήσεις γης και τα επίπεδα δόμησης ποικίλουν. Σύμφωνα με την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία από τις απογραφές κτιρίων για τα έτη 1991 και 2011, ο συνολικός αριθμός των κτιρίων κατά τη δεκαετία αυτή αυξήθηκε σε μικρό ποσοστό και ανέρχεται στα 13423 κτίρια για όλες τις ζώνες και χρήσεις. Ειδικότερα ο κτιριακός τομέας που αφορά σε κατοικίες ανέρχεται στο 87% επί του συνόλου για τον Δήμο Χανίων, όταν σε κλίμακα Νομού το ποσοστό κατοικίας στον κτιριακό τομέα ανέρχεται σε 79%. Το γεγονός αυτό καθιστά τη πόλη των Χανίων ιδιαίτερα πυκνοδομημένη και κατά συνέπεια πυκνοκατοικημένη. Ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό που πρέπει να αναφέρουμε είναι ότι τα Χανιά αποτελούν την τρίτη πιο πυκνοκατοικημένη περιοχή στην Ελλάδα, ακολουθώντας τις δύο μεγάλες πόλεις Αθήνα και Θεσσαλονίκη, με 4444.1 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο [48-50].

Η επιλογή του κτιρίου για τη παρούσα μελέτη, αφορά μία τυπική ελληνική κατασκευή τοποθετημένη στη περιοχή Λενταριανά, Χανίων η οποία κατοικείται από μία πολυμελή οικογένεια. Στην Εικόνα 9 βλέπουμε το συγκεκριμένο κτίριο που διαμορφώνεται σε δύο επίπεδα και στην Εικόνα 10 την κάτοψη των δύο επιπέδων [22].



Εικόνα 9. Εξωτερική όψη κατοικίας



Εικόνα 10. Κάτοψη κατοικίας

2.3.2 Περιγραφή κτιρίου

2.3.2.1 Προσανατολισμός – Χωροθέτηση

Στην παρούσα εργασία μελετάται ένα πολυζωνικό κτίριο στην περιοχή των Χανίων. Το κτίριο αυτό είναι κατασκευασμένο - τοποθετημένο σε κατοικημένη περιοχή, εντός αστικού ιστού, στην ανατολική πλευρά της πόλης των Χανίων και συγκεκριμένα στην περιοχή Λενταριανά, ενώ περιβάλλεται και στις τέσσερις πλευρές του από άλλα κτίρια γεγονός που προκαλεί ικανοποιητική σκίαση. Ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι Βόρειος για το οπίσθιο τμήμα του και Νότιος για το εμπρόσθιο αυτού. Περαιτέρω πληροφορίες για την ολοκληρωμένη μελέτη του κτιρίου αντλήθηκαν από προηγούμενη σχετική μελέτη [22].

2.3.2.2 Χαρακτηριστικά

Το κτίριο που προσομοιώνεται για τις ανάγκες του μοντέλου TRNSYS είναι δομημένο σε δύο επίπεδα περιλαμβάνοντας δύο διαμερίσματα 110m^2 έκαστο. Κάθε διαμέρισμα αποτελείται από ένα μεγάλο χώρο καθιστικού, συμπεριλαμβανομένης της κουζίνας και τρία υπνοδωμάτια. Οι χώροι των καθιστικών καθώς και η πίσω αυλή του σπιτιού έχουν νότιο προσανατολισμό ενώ τα υπνοδωμάτια των διαμερισμάτων

έχουν βόρειο προσανατολισμό. Υπάρχουν ακόμα δύο σκάλες στην βόρεια πλευρά του κτιρίου ενώ ο χώρος της ταράτσας καλύπτει εξολοκλήρου το άνωθεν τμήμα του κτιρίου.

Οι τοίχοι του κτιρίου είναι καλυμμένοι με σοβά ενώ εσωτερικά αποτελούνται από δύο σειρές τούβλα με ενδιάμεση μόνωση. Τα παράθυρα σε όλες τις ζώνες του κτιρίου περιλαμβάνουν διπλά τζάμια και σκελετό από αλουμίνιο. Στην ταράτσα του κτιρίου υπάρχουν τέσσερις ηλιακοί συλλέκτες που καλύπτουν $2m^2$ έκαστος καθώς και ένα φυτεμένος χώρος πρασίνου με μεταλλική κατασκευή ύψους δύο μέτρων που καλύπτει το 50% του συνολικού εμβαδού κατά προσέγγιση.

2.4 Υλοποίηση

2.4.1 Στρατηγική μελέτης του κτιρίου

Για την καλύτερη και πιο στρατηγική μελέτη της αποδοτικότητας του φυσικού νυχτερινού αερισμού στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων, προβαίνουμε στη σύσταση/δημιουργία τεσσάρων (4) σεναρίων, το καθένα από τα οποία αφορά και μία ξεχωριστή περίπτωση ψύξης-θέρμανσης του κτιρίου. Τα σενάρια αυτά προσομοιώνονται στο μοντέλο που χρησιμοποιούμε και εξάγονται αποτελέσματα που αφορούν στην περιβαλλοντική, εσωτερική και λειτουργική θερμοκρασία καθώς και στο συνολικό καταναλισκόμενο φορτίο για ψύξη – θέρμανση και την ενέργεια αερισμού. Συγκεκριμένα:

- **Σενάριο 1**

Στο πρώτο σενάριο υπάρχει η μοναδική παρουσία ενεργητικών συστημάτων ψύξης - θέρμανσης. Ορίζεται για το μηχανικό εξοπλισμό του κτιρίου συγκεκριμένο εύρος τιμών και μελετάται η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου, απουσία οιασδήποτε μορφής φυσικού νυχτερινού αερισμού. Ειδικότερα, θεωρείται ένα εύρος επιθυμητών επιπέδων θερμικής άνεσης εντός του κτιρίου από 20°C έως 26°C και ακολούθως θέτουμε ως κατώτατη τιμή λειτουργίας του συστήματος ψύξης τους 26°C και ως ανώτατη τιμή λειτουργίας για την θέρμανση τους 20°C. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ένα θερμοκρασιακό εύρος που εξασφαλίζει τη θερμική άνεση για τους χρήστες και διατηρείται η ποιότητα αέρα στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου.

- **Σενάριο 2**

Στο υπό μελέτη κτίριο εφαρμόζεται μόνο παθητικό μέσο ψύξης με την παρουσία της τεχνικής του φυσικού αερισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας. Συγκεκριμένα η εφαρμογή της τεχνικής του ΝΑ αφορά στην χρονική περίοδο από 20.00 το απόγευμα μέχρι 8.00 το πρωί και υπολογίζεται σε δύο (2) αλλαγές του εσωτερικού αέρα ανά

ώρα (ACH), ενώ για τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας σε 0.5 ACH, κυρίως λόγω απουσίας των κατοίκων. Με τη βοήθεια της εφαρμογής TRNBuild, μέσα από το περιβάλλον εργασίας του μοντέλου TRNSYS 16, το οποίο χρησιμοποιείται για την προσομοίωση, δημιουργείται ένα πρόγραμμα λειτουργίας του κτιρίου το οποίο περιλαμβάνει όλα τα προσαχθέντα στοιχεία και εφαρμόζεται σε όλες τις πιθανές θέσεις.

- **Σενάριο 3:**

Στην περίπτωση αυτή εξετάζεται η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και το επίπεδο θερμικής άνεσης που επιτυγχάνεται όταν στο κτίριο δεν εφαρμόζεται κανένα μέσο ψύξης-θέρμανσης, είτε παθητικό είτε ενεργητικό. Στην περίπτωση αυτή η συμπεριφορά του κτιρίου καθορίζεται από τα δομικά του υλικά, το προσανατολισμό του, την αρχιτεκτονική του καθώς και από τις εκάστοτε κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στη θέση όπου μελετάται.

- **Σενάριο 4**

Στην τελευταία περίπτωση για την μελέτη του κτιρίου εφαρμόζεται συνδυασμός των μηχανικών μέσων ψύξης-θέρμανσης όπως αυτά περιγράφηκαν ανωτέρω στο *σενάριο 1* και της τεχνικής του φυσικού νυχτερινού αερισμού όπως αυτή ορίστηκε στο *σενάριο 2*. Με τον τρόπο αυτό καλύπτονται όλες οι πιθανές περιπτώσεις αερισμού του κτιρίου. Συγκεκριμένα, για να αποφευχθεί το πρόβλημα που θα δημιουργηθεί με την ταυτόχρονη εφαρμογή ενεργητικού και παθητικού συστήματος στην ψύξη όταν η θερμοκρασία τη νύχτα θα ξεπερνά τους 26, κατασκευάζεται με τη βοήθεια του TRNBuild ένα πρόγραμμα λειτουργίας για την ψύξη ώστε να λειτουργεί όταν δεν ανοίγουν τα παράθυρα για φυσικό δροσισμό των χώρων του κτιρίου.

Το πολυζωνικό κτίριο που μελετάται στην παρούσα εργασία, εξετάζεται για καθένα από τα διαφορετικά σενάρια, σε καθεμία από τις διαφορετικές θέσεις εντός και εκτός αστικού ιστού. Με τον τρόπο αυτό το κτίριο προσομοιώνεται για κάθε πιθανή επιλογή τεχνικής αερισμού του, που θα μπορούσε να εφαρμόζεται κατά τους θερινούς μήνες, ενώ η προσομοίωση αυτή επαναλαμβάνεται για καθεμία από τις θέσεις που έχουν επιλεχθεί. Συνεπώς εκτός από τις τιμές που εξάγονται για τα ψυκτικά φορτία, την εσωτερική και εξωτερική θερμοκρασία και τα επίπεδα θερμικής άνεσης, καθίσταται πιο εύκολη η μελέτη της διαφοροποίησης των τιμών αυτών αναδεικνύοντας την επίδραση που έχει το φαινόμενο της ΑΘΝ στο μικροκλίμα μιας περιοχής και ακολούθως την συνέπεια αυτού στην ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου και τις συνθήκες θερμικής άνεσης.

2.4.2 Περιγραφή μοντέλου TRNSYS 16

Το TRNSYS (Transient System Simulation program), είναι ένα ευέλικτο και επεκτάσιμο υπολογιστικό περιβάλλον που χρησιμοποιείται για την προσομοίωση μεταβαλλόμενων με το χρόνο συστημάτων όπως για παράδειγμα ένα πολυζωνικό κτίριο. Χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στα πεδία εφαρμοσμένης μηχανικής, ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και προσομοίωσης κατασκευών για τη μελέτη της ενεργειακής τους συμπεριφοράς.. Το TRNSYS αποτελεί ένα εμπορικό πακέτο λογισμικού που αναπτύσσεται στο πανεπιστήμιο του Wisconsin. Χρησιμοποιείται από μηχανικούς και ερευνητές παγκοσμίως για την αξιολόγηση νέων ενεργειακών συστημάτων για διάφορες χρήσεις. Από ένα απλό σύστημα θέρμανσης νερού μέχρι τον σχεδιασμό και την προσομοίωση κτηρίων και του εξοπλισμού τους, συμπεριλαμβανομένων των στρατηγικών ελέγχου, της συμπεριφοράς των κατοίκων και συστημάτων εναλλακτικών πηγών ενέργειας (άνεμος, ήλιος, φωτοβολταϊκά, συστήματα υδρογόνου κ.α.).

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του TRNSYS είναι το γεγονός ότι ο πηγαίος κώδικας, ο πυρήνας του προγράμματος καθώς και ο κώδικας των διαφόρων μοντέλων που περιλαμβάνει το TRNSYS, δίνονται στον χρήστη ο οποίος μπορεί να τα τροποποιήσει κατάλληλα ώστε να εξυπηρετεί καλύτερα τις δικές του ανάγκες. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής νέων μοντέλων που μπορεί να κατασκευάσει ο ίδιος ο χρήστης ή άλλοι προγραμματιστές χρησιμοποιώντας κοινές γλώσσες προγραμματισμού (C, C^{++}, PASCAL, FORTRAN κ.α.). Αυτό είναι δυνατόν χάρη στην αρχιτεκτονική του προγράμματος η οποία είναι βασισμένα στα αρχεία DLL. Επιπλέον, το TRNSYS μπορεί να συνδεθεί εύκολα με πολλές άλλες εφαρμογές για επεξεργασία πριν, μετά ή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης (Microsoft Excel, Matlab, COMIS). Το μοντέλο TRNSYS συμπεριλαμβάνει τις ακόλουθες εφαρμογές:

∴ Ηλιακά συστήματα (θερμικά, ηλιακά και φωτοβολταϊκά)

∴ Συστήματα ΑΠΕ

∴ Συμπαραγωγή. Κυψέλες καυσίμου

∴ Οτιδήποτε απαιτεί δυναμική προσομοίωση

Το TRNSYS αποτελείται από το σύνολο των ακόλουθων προγραμμάτων: Το στούντιο προσομοίωσης (TRNSYS Simulation Studio) και το εκτελέσιμο αρχείο του (TRNExe.exe), το γραφικό περιβάλλον διεπαφής κτηρίου, για την εισαγωγή των δεδομένων κτηρίων (TRNBuild.exe), και τον επεξεργαστή με τον οποίο μπορούν να δημιουργηθούν αυτόνομα προγράμματα, γνωστά ως "TRNSED εφαρμογές" (TRNEdit.exe). Παρακάτω αναλύουμε μερικώς, τα προαναφερθέντα προγράμματα, εξηγώντας τις ενέργειες που έγιναν για την προσομοίωση του υφιστάμενου κτιρίου [54].

2.4.2.1 TRNSYS Simulation Studio

Το κεντρικό γραφικό περιβάλλον του TRNSYS αποτελεί το στούντιο προσομοίωσης. Σε αυτό δημιουργούνται τα προγράμματα της προσομοίωσης "ρίχνοντας" με το ποντίκι στο παράθυρο εργασίας τα επιλεγόμενα μοντέλα, συνδέοντάς τα και θέτοντας τις μεταβλητές της προσομοίωσης. Τα μοντέλα αναπαρίστανται με τα εικονίδιά τους στο παράθυρα εργασίας.

Το στούντιο προσομοίωσης δημιουργεί το αρχείο με τα δεδομένα του προγράμματος προσομοίωσης του χρήστη (*.tpf). Επίσης δημιουργεί αρχείο εισόδου, το οποίο είναι ένα αρχείο κειμένου που περιέχει όλες τις πληροφορίες της προσομοίωσης. Ταυτόχρονα, περιλαμβάνει έναν διαχειριστή των εξόδων του προγράμματος, με τον οποίο ο χρήστης μπορεί να καθορίσει ποιές μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στις εξόδους, ποίες θα εκτυπωθούν και ποιές θα χρησιμοποιηθούν στα διαγράμματα. Τέλος περιλαμβάνει έναν καταγραφέα/ διαχειριστή σφαλμάτων ο οποίος επιτρέπει την λεπτομερή μελέτη των γεγονότων κατά τη διάρκεια μίας προσομοίωσης.

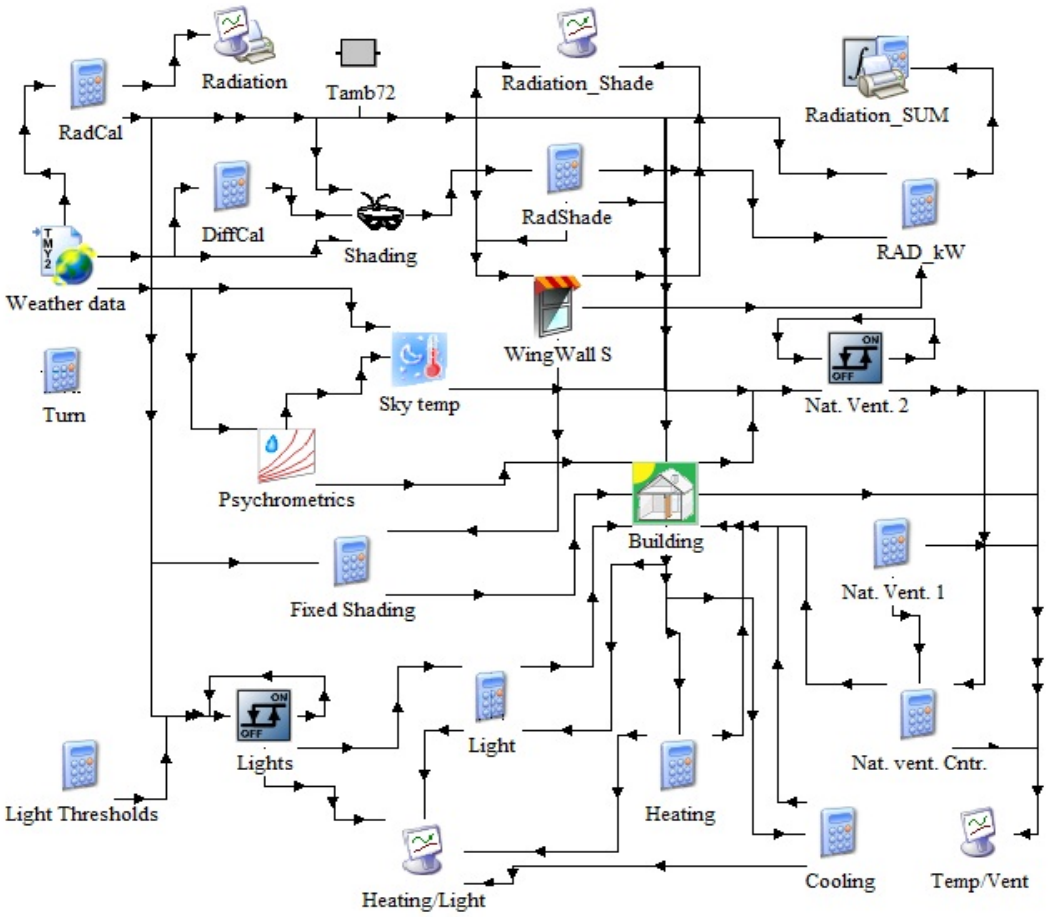
Τέλος, πολλές επιπρόσθετες εργασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσα από το στούντιο προσομοίωσης, όπως η δημιουργία νέων υπολογιστικών μοντέλων προς εισαγωγή στο TRNSYS, χρησιμοποιώντας την επιλογή "Fortran Wizard", η ανάγνωση των εξαγόμενων αρχείων και η επεξεργασία της περιγραφής ενός μοντέλου τροποποιώντας τις παραμέτρους, τις εισόδους και τις εξόδους του μοντέλου.

Ρύθμιση των επιλεγμένων μοντέλων της προσομοίωσης

Η ρύθμιση των μοντέλων της προσομοίωσης γίνεται κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο του μοντέλου. Έτσι ανοίγει ένα παράθυρο με τις καρτέλες του μοντέλου. Όλα τα μοντέλα έχουν τις εξής καρτέλες: παραμέτρων, εισόδων, εξόδων, παραγώγων και σύνδεσης με εξωτερικά αρχεία. Από τις καρτέλες αυτές ρυθμίζονται οι τιμές όλων των στοιχείων του μοντέλου. Οι τιμές των εισόδων παραβλέπονται αν το μοντέλο συνδεθεί με κάποιο άλλο μοντέλο.

Συνδέσεις Μοντέλων

Η σύνδεση των μοντέλων επιτυγχάνεται με άνοιγμα της γραμμής συνδέσεων στα αριστερά του παραθύρου εργασίας και επιλέγοντας τα δύο στοιχεία που επιθυμούμε να συνδέσουμε. Κάνοντας διπλό κλικ στην γραμμή σύνδεσης μεταξύ των δύο μοντέλων ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο μπορούν να επιλεγούν ποιές έξοδοι του ενός μοντέλου θα συνδεθούν με τις εισόδους του άλλου. Εκεί ορίζουμε τι θα υπολογίζει και τι θα εμφανίζει κάθε μοντέλο. Στην Εικόνα 12 φαίνεται το σύνολο των συνδέσεων, όπως αυτές διαμορφώθηκαν για την προσομοίωση του μοντέλου.



Εικόνα 12. Οι συνδέσεις των μοντέλων για την εφαρμογή της προσομοίωσης.

Εκτέλεση προσομοίωσης και ανάγνωση αποτελεσμάτων.

Η προσομοίωση του κτιρίου εκτελείται πληκτρολογώντας "F8" ή κάνοντας κλικ στην συντόμευση "Calculate/Run" στα αριστερά του παραθύρου εργασίας. Στο πρόγραμμα της προσομοίωσης έχει προστεθεί ένα μοντέλο ταυτόχρονης δημιουργίας διαγραμμάτων (Online Plotter) ώστε να εμφανίζεται ένα διάγραμμα κατά τη διάρκεια των υπολογισμών της προσομοίωσης. Το μοντέλο αυτό παρέχει πολλές δυνατότητες που χρησιμεύουν στην ανάλυση των αποτελεσμάτων κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης αλλά και μετά την περάτωσή της.. Ενδεικτικά κάποιες από αυτές τις δυνατότητες είναι η παύση, το σταμάτημα και η επανέναρξη της προσομοίωσης, η απόκρυψη και η εμφάνιση μιας μεταβλητής στο διάγραμμα, η επιλογή χρωμάτων και η προσαρμογή των αξόνων του διαγράμματος καθώς και η μεγέθυνση ενός μέρους του διαγράμματος. Έπειτα, προσθέτουμε μοντέλο εκτυπωτή στην προσομοίωση και οι τιμές που προκύπτουν εκτυπώνονται σε ένα αρχείο εξόδου το οποίο μπορεί να ανοιχθεί μέσω του στούντιο προσομοίωσης κάνοντας κλικ στο "Calculate/ Open/ External Files" στο επάνω μέρος του παραθύρου εργασίας.

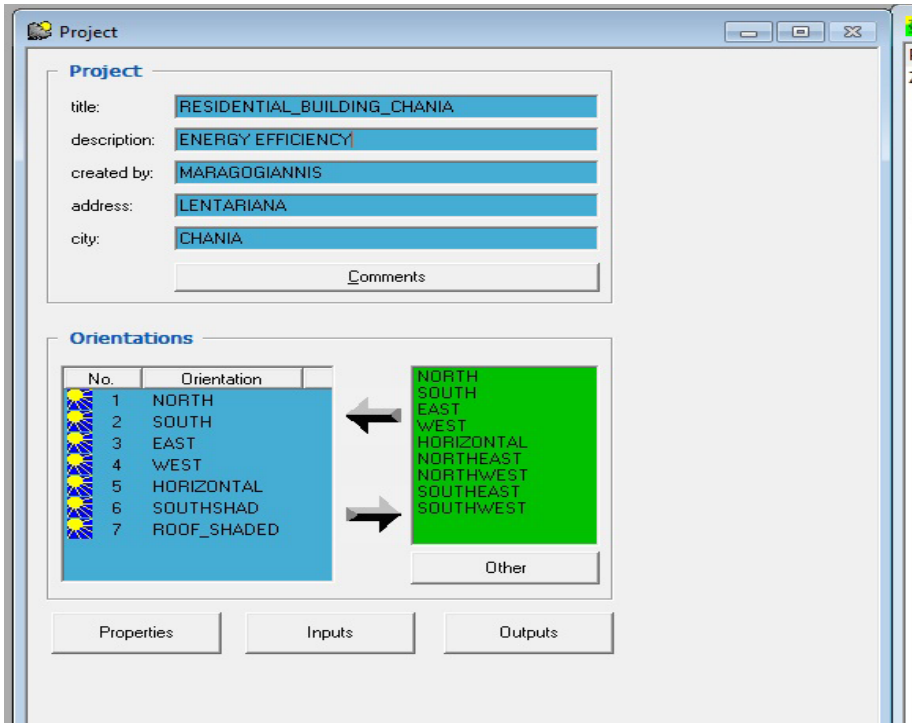
Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης δημιουργείται αρχείο καταγραφής γεγονότων στο οποίο καταγράφονται εκτός των άλλων και τα σφάλματα που προκύπτουν κατά την προσομοίωση. Το στούντιο προσομοίωσης παρέχει πρόσβαση στο αρχείο αυτό μέσω του διαχειριστή σφαλμάτων. Το παράθυρο του διαχειριστή σφαλμάτων εμφανίζεται κάνοντας κλικ στο εικονίδιο "LST" στα αριστερά του παραθύρου εργασίας. Στο παράθυρο αυτό εμφανίζονται όλα τα σφάλματα και οι προειδοποιήσεις που προέκυψαν καθώς και σχετικά στατιστικά στοιχεία. Επίσης μπορεί να ανοιχθεί το αρχείο "Listing file", το οποίο δημιουργείται κατά την προσομοίωση και περιέχει και αυτό όλα τα σφάλματα που προκύπτουν καθώς και μια επανάληψη του αρχείου εισόδου του TRNSYS (deck) μαζί με επιπρόσθετες εξόδους.

2.4.2.2 TRNBuild

Το TRNBuild είναι το πρόγραμμα εισαγωγής των δεδομένων ενός πολυζωνικού κτηρίου. Επιτρέπει στον χρήστη τον λεπτομερή καθορισμό όλων των κατασκευαστικών και λειτουργικών στοιχείων του κτιρίου, καθώς και ότι χρειάζεται για τον καθορισμό της θερμικής του συμπεριφοράς, όπως οι οπτικές ιδιότητες των παραθύρων, το πρόγραμμα ψύξης, θέρμανσης και αερισμού που εφαρμόζεται στο κτίριο [22].

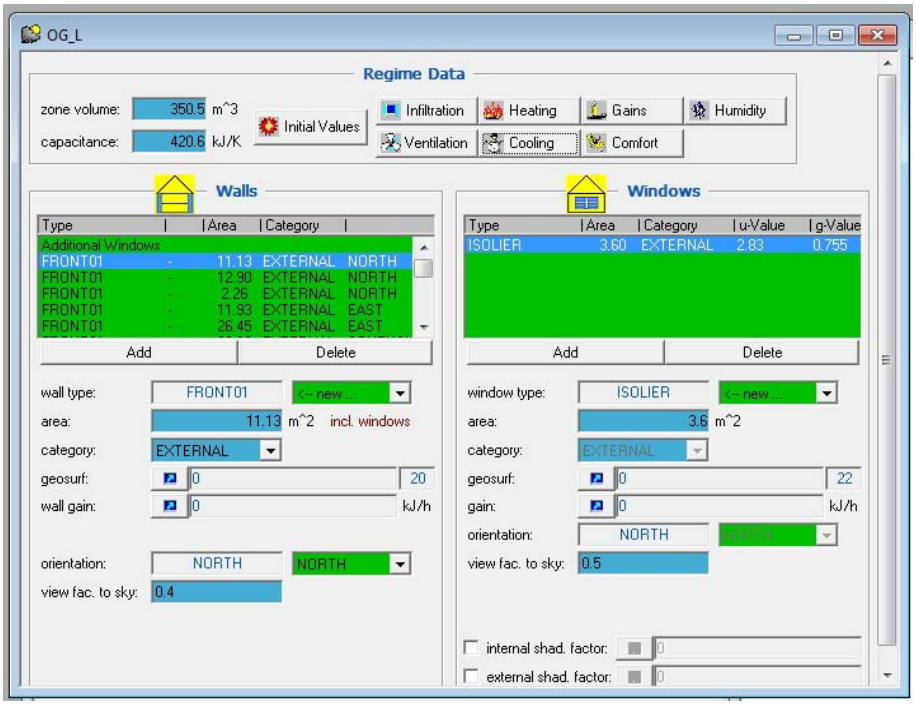
Το μοντέλο του πολυζωνικού κτηρίου εμπλέκει πολλές παραμέτρους ώστε να έχει ένα τυπικό αρχείο περιγραφής όπως τα υπόλοιπα μοντέλα του TRNSYS. Έτσι κάθε κτήριο που δημιουργεί ο χρήστης έχει το δικό του ειδικό αρχείο περιγραφής με επέκταση .bui. Με τη βοήθεια του "Edit Building" γίνεται ο καθορισμός των στοιχείων του κτιρίου. Μέσω του TRNBuild καθορίζονται αρχικά οι γενικές παράμετροι του κτηρίου από την καρτέλα "Project" και οι 6 θερμικές ζώνες του κτιρίου. Η Εικόνα 14 απεικονίζει την εν λόγω καρτέλα. Στην καρτέλα "Project" ορίζονται:

- ∴ Ιδιότητες του κτιρίου.
- ∴ Οι επιτρεπτοί προσανατολισμοί για τους τοίχους και τα παράθυρα.
- ∴ Οι επιθυμητές έξοδοι του μοντέλου του κτιρίου και οι επιπλέον είσοδοι.

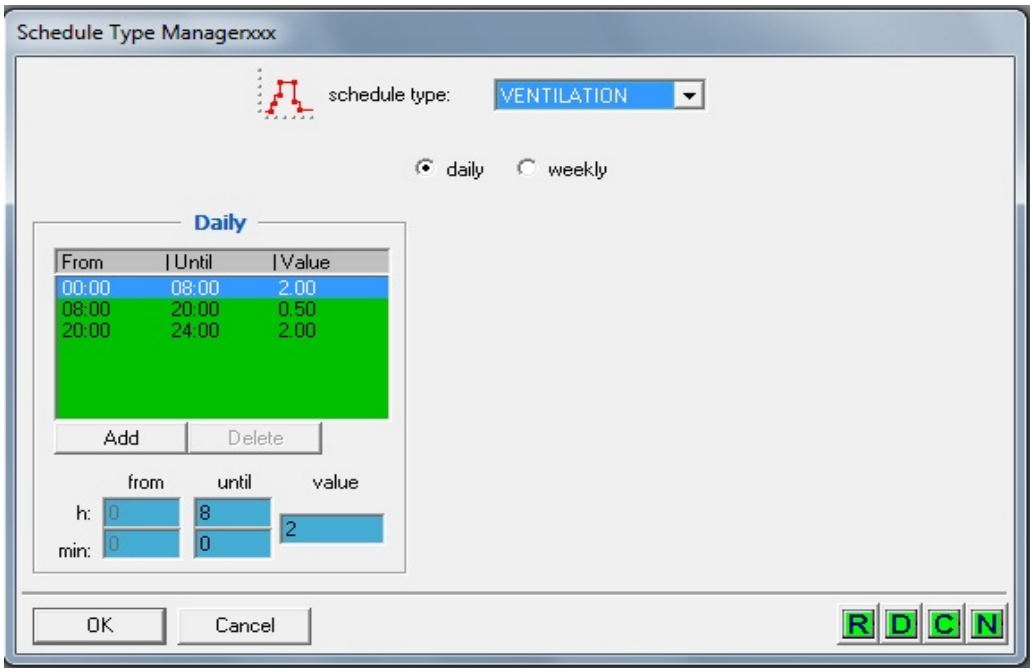


Εικόνα 14. Το παράθυρο Project στο πρόγραμμα TRNBuild

Έπειτα, με τη βοήθεια του TRNBuild Manager καθορίζουμε τα στοιχεία κάθε ζώνης ξεχωριστά και επιλέγουμε τα κατάλληλα προγράμματα λειτουργίας που θα εφαρμόσουμε στην εκάστοτε προσομοίωση. Στην Εικόνα 15 φαίνεται το παράθυρο διαμόρφωσης της Ζώνης 1.



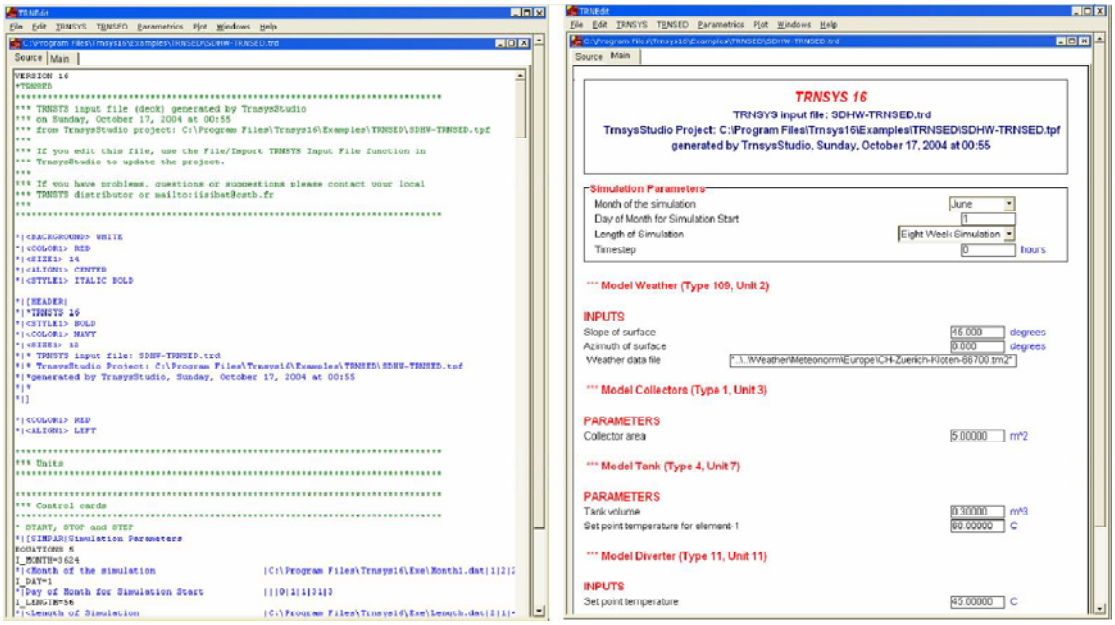
Εικόνα 15. Περιβάλλον διαμόρφωσης για την ζώνη 1



Εικόνα 16. Schedule για την εφαρμογή νυχτερινού αερισμού.

2.4.2.3 TRNEdit

Το πρόγραμμα TRNEdit είναι ένας εξειδικευμένος επεξεργαστής ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροποποίηση των αρχείων εισόδου του TRNSYS. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αυτόνομων εφαρμογών οι οποίες είναι γνωστές ως TRNSED εφαρμογές. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να διανεμηθούν ελεύθερα μεταξύ των χρηστών που δεν έχουν άδεια χρήσης του TRNSYS με σκοπό να τους παραχθεί ένα απλοποιημένο εργαλείο προσομοίωσης. Το πρόγραμμα TRNEdit παρέχεται με ένα κατάλληλο γραφικό περιβάλλον στο οποίο ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει το αρχείο εισόδου του TRNSYS εισάγοντας ειδικές εντολές ώστε να προστεθούν στο πρόγραμμα που κατασκευάζεται στοιχεία όπως πολλαπλά παράθυρα και ενεργές εικόνες. Το περιβάλλον του TRNEdit αποτελείται από δύο καρτέλες. Στην πρώτη φαίνεται ο κώδικας του αρχείου εισαγωγής, και στην άλλη το γραφικό αποτέλεσμα του κώδικα που αποτελεί την Trnsed εφαρμογή (Εικόνα 17).



Εικόνα 17. Καρτέλα του κώδικα του TRNEdit και μορφή της Trnsed εφαρμογής

Με το πρόγραμμα TRNEdit παρέχονται οι ακόλουθες δυνατότητες [54]:

- ∴ Ορισμός σταθερών του προγράμματος ως μεταβλητές και αντίστροφα.
- ∴ Αλλαγή των τιμών σταθερών, μεταβλητών και παραμέτρων.
- ∴ Ορισμός των εξωτερικών αρχείων που χρησιμοποιούν τα μοντέλα του προγράμματος (μετεωρολογικά δεδομένα, αρχείο περιγραφής κτηρίου κτλ).
- ∴ Καθορισμός γραφικών παραμέτρων όπως δημιουργία πολλαπλών παραθύρων, ενεργών εικόνων, εισαγωγή εικόνων.
- ∴ Ρύθμιση των Trnsed εφαρμογών έτσι ώστε να μπορούν να επιλεχθούν οι τιμές άμεσα ή από λίστα ή από καθοριζόμενο αρχείο και εισαγωγή αποκλειστικών και μη αποκλειστικών επιλογών.
- ∴ Παραμετρικές εκτελέσεις της προσομοίωσης.

Στον Πίνακα Ε περιγράφονται τα βασικά εργαλεία από το περιβάλλον εργασίας του TRNSYS, που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση του κτιρίου.

Πίνακας Ε. Βασικά εργαλεία του μοντέλου TRNSYS για την προσομοίωση του κτιρίου.

ΕΙΚΟΝΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
 Building	**Type 56.** Με το σύμβολο αυτό περιγράφεται η θερμική συμπεριφορά του κτιρίου. Με αυτό συνδέονται όλες οι ρυθμίσεις και μπορεί να έχει ως και 25 θερμικές ζώνες. Η επιλογή των χαρακτηριστικών του περιγράφεται από μία λεπτομερή διαδικασία. Εξάγει σε εξωτερικά αρχεία συγκεντρωτικά δεδομένα ανά μήνα ή ώρα.
 WingWall S	**Type 34.** Υπολογίζει την σκίαση από προβόλους και πλευρικά στοιχεία που προκαλείται στο κτίριο.
 Radiation_SUM	**Type 28.** Εξάγει τα αποτελέσματα σε εξωτερικά αρχεία που μπορούν να αποθηκευτούν και να επεξεργαστούν.
 Shading	**Type 67.** Υπολογίζει την σκίαση που δέχεται το κτίριο από το περιβάλλον του (κτίρια κλπ.).
 Sky temp	**Type 69**. Ορίζει τα δεδομένα της θερμοκρασίας του ουρανού και συμβάλλει στον υπολογισμό της ανταλλασσόμενης θερμότητας του περιβάλλοντος με μορφή ακτινοβολίας με την επιφάνεια της θερμικής ζώνης. Υπολογίζει και τον παράγοντα νέφους.
 Weather data	**Type 109.** Δέχεται τα μετεωρολογικά δεδομένα ολόκληρου έτους για την περιοχή που εξετάζουμε και εισάγει στο σύστημα μας τις τιμές όπως αυτές έχουν καταχωρηθεί από στατιστικές μελέτες. Διαβάζει αρχεία *tm2 και τα δεδομένα αντλούνται από το Meteonorm.
 Type9e	**Type 9e.** Διαβάζει τα δεδομένα των μετρήσεων που εκτελέσαμε και τα στέλνει στο Type 33 και Type 69.
 Psychrometrics	**Type 33.** Δέχεται σαν μεταβλητές χαρακτηριστικά του ατμοσφαιρικού αέρα (θερμοκρασία, πίεση, σχετική υγρασία) και εξάγει αντίστοιχες τιμές στο σύστημα.
 Lights	**Type 2.** Αποτελεί ένα διαφορικό διακόπτη που ελέγχει αυτόματα το φωτισμό και δέχεται τιμές 0 (κλειστός) και 1 (ανοιχτός).
 Nat. Vent. 2	**Type 2.** Ακόμα ένας διαφορικός διακόπτης που ελέγχει την λειτουργία ψύξης-θέρμανσης και την θερμοκρασία κάθε θερμικής ζώνης.

2.4.3 Εξαγωγή και μορφοποίηση δεδομένων

Η προσομοίωση του κτιρίου εφαρμόζεται για κάθε σενάριο σε καθεμία από τις οχτώ (8) θέσεις ξεχωριστά. Το περιβάλλον εργασίας του μοντέλου TRNSYS που χρησιμοποιείται εξάγει αποτελέσματα μέσω τριών διαφορετικών αρχείων κάθε φορά που επαναλαμβάνεται η προσομοίωση για την εκάστοτε θέση.

Το πρώτο αρχείο ονομάζεται "Monthly Summary Report" και εμφανίζει τα καταναλισκόμενα φορτία για ψύξη-θέρμανση-αερισμό σε kWh, σε συνοπτική μορφή για καθένα από τους τρεις μήνες της θερινής περιόδου αρχικά για το σύνολο των ζωνών του κτιρίου και έπειτα για κάθε ζώνη ξεχωριστά.

Το δεύτερο αρχείο εμφανίζει πιο αναλυτικά, αρχικά τις μέσες τιμές για το σύνολο των ζωνών και κατόπιν τις τιμές που αποκτά για την εκάστοτε ζώνη, η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η εσωτερική θερμοκρασία και η operative θερμοκρασία σε °C και σε ωριαία βάση, για το σύνολο των ωρών που καλύπτουν το διάστημα της θερινής περιόδου.

Το τρίτο αρχείο εμφανίζει το συνολικό φορτίο (kWh) που καταναλώνεται για ψύξη και για θέρμανση σε ωριαία βάση αλλά και πως αυτό διανέμεται σε κάθε ζώνη ξεχωριστά. Οι τιμές αφορούν αντίστοιχα στο σύνολο της θερινής περιόδου για την οποία εξετάζουμε το κτίριο.

Τα εξαγόμενα αρχεία είναι της μορφής .txt και χρήζουν περαιτέρω μορφοποίησης ώστε να επεξεργασθούν και να προκύψουν τα αντίστοιχα διαγράμματα και πίνακες. Συγκεκριμένα μεταφέρονται τα αρχεία αυτά στο περιβάλλον εργασίας του Excel και κατηγοριοποιούνται ανά σενάριο και ανά περιοχή. Με τον τρόπο αυτό γίνεται πιο εύκολη η σύγκριση των τιμών κάθε μεταβλητής σε κάθε περίπτωση. Συνολικά δημιουργούνται τέσσερα αρχεία σύμφωνα με τα σενάρια, που εμπεριέχουν πληροφορίες για την κάθε θέση εξέτασης του κτιρίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΑΘΝ

Κατόπιν μελέτης της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου υπό το πρίσμα τεσσάρων διαφορετικών σεναρίων, όπως αυτά διαμορφώθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο, προκύπτουν αποτελέσματα για την ενεργειακή κατανάλωση των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης-αερισμού αλλά και για την εσωτερική και λειτουργική θερμοκρασία του κτιρίου. Τα δεδομένα που εξάγονται από το μοντέλο περιέχουν τα αποτελέσματα αυτά για κάθε ζώνη του κτιρίου ξεχωριστά. Τα αποτελέσματα αφορούν αρχικώς στην ξεχωριστή εφαρμογή του εκάστοτε σεναρίου και εν συνεχεία εξετάζονται στο σύνολό τους για να τονιστούν οι διαφορές μεταξύ των σεναρίων αλλά και να επιλεχθεί το βέλτιστο αυτών, από πλευράς σχέσης κατανάλωσης-θερμικής άνεσης.

3.1 Σενάριο 1

Στο πρώτο σενάριο το κτίριο λειτουργεί με ενεργητικά μέσα τόσο για την ψύξη όσο και για τη θέρμανση, με τη βοήθεια συστημάτων air-condition και κεντρικού συστήματος θέρμανσης. Για το λόγο αυτό έχουμε ορίσει σαν τιμές κατωφλιού για το σύστημα ψύξης και θέρμανσης, τους 27 °Cκαι τους 20 °C αντίστοιχα. Παράλληλα δεν υπάρχει παρουσία καμίας τεχνικής φυσικού νυχτερινού αερισμού. Όπως αναμένουμε η ηλεκτρική κατανάλωση για ψύξη και θέρμανση θα είναι αυξημένη στην περίπτωση αυτή, εφόσον δεν υπάρχει κάποιο παθητικό σύστημα που να ισορροπεί τα καταναλισκόμενα φορτία. Παρακάτω στον Πίνακα 1^{α} φαίνονται οι μέσες τιμές ανά μήνα για τη θερμοκρασία περιβάλλοντος (**Tamb)** και στον Πίνακα 1^{β} για τη θερμοκρασία εσωτερικού χώρου (**Τ αέρα**).

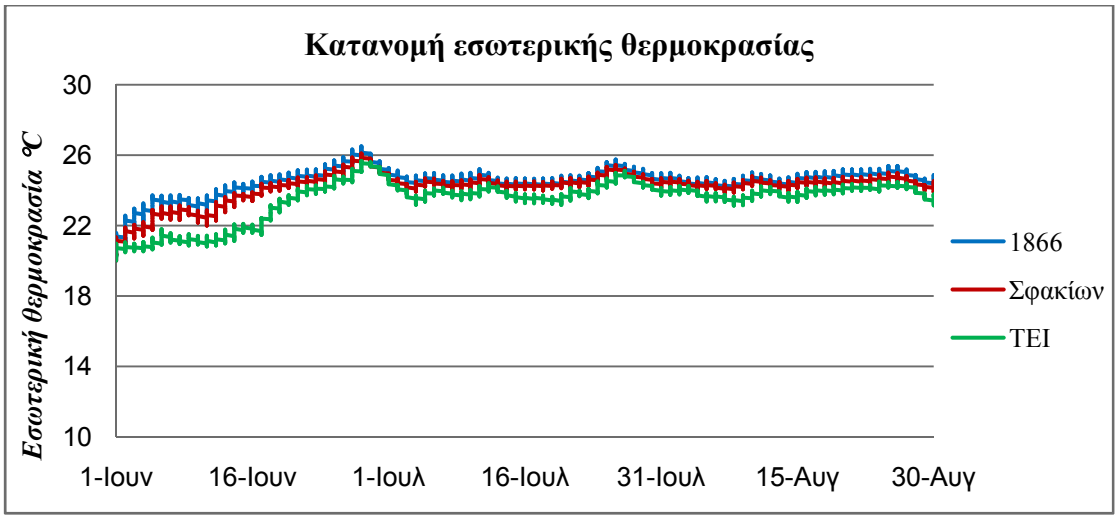
Πίνακας 1^{α}. Μέσες τιμές περιβαλλοντικής θερμοκρασίας για όλες τις θέσεις.

Tamb	1866	Α.Ιωάννης	Δικαστήρια	Γογονή	Νέα Χώρα	Παλιά Πόλη	Σφακίων	ΤΕΙ
Ιουν	28.87	28.03	27.54	26.73	26.67	26.62	27.55	25.18
Ιουλ	29.9	29.04	28.8	28.2	28.33	28.25	28.97	26.68
Αυγ	30.06	28.36	28.82	27.6	27.97	28.22	28.93	26.58

Πίνακας 1$^{\beta}$. Μέσες τιμές εσωτερικής θερμοκρασίας για όλες τις θέσεις.

Ταέρα	1866	Α.Ιωάννης	Δικαστήρια	Γογονή	Νέα Χώρα	Παλιά Πόλη	Σφακίων	ΤΕΙ
Ιουν	24.08	23.76	23.59	23.28	23.21	23.22	23.61	22.55
Ιουλ	24.69	24.52	24.47	24.33	24.36	24.36	24.49	23.97
Αυγ	24.66	24.3	24.4	24.14	24.23	24.27	24.41	23.89
Μ.Ο.	**24.48**	**24.19**	**24.15**	**23.92**	**23.93**	**23.95**	**24.17**	**23.47**

Όπως ξεκάθαρα παρατηρούμε και στον ανωτέρω πίνακα, η εσωτερική θερμοκρασία, η οποία καθορίζει σε ένα βαθμό τις συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν στο ίδιο πολυζωνικό κτίριο που μελετάμε κάθε φορά, διαφοροποιείται ανάλογα με την περιοχή στην οποία αναφερόμαστε, σύμφωνα πάντα και με τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε κάθε περίπτωση. Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε στην περίπτωση του πρώτου σεναρίου, ότι τα ενεργητικά μέσα ψύξης που χρησιμοποιούνται για την επίτευξη των επιθυμητών επιπέδων θερμικής άνεσης, οδηγούν σε μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου έως και 5.5 °C. Η μείωση αυτή διαφοροποιείται ανάλογα με την περιοχή που εξετάζουμε, με το να γίνεται μικρότερη όσο απομακρυνόμαστε από τις αμιγώς αστικές περιοχές. Στο Διάγραμμα 1$^{\alpha}$ φαίνεται η κατανομή που ακολουθεί η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου στην διάρκεια του καλοκαιριού για τρεις διαφορετικές περιοχές μελέτης.



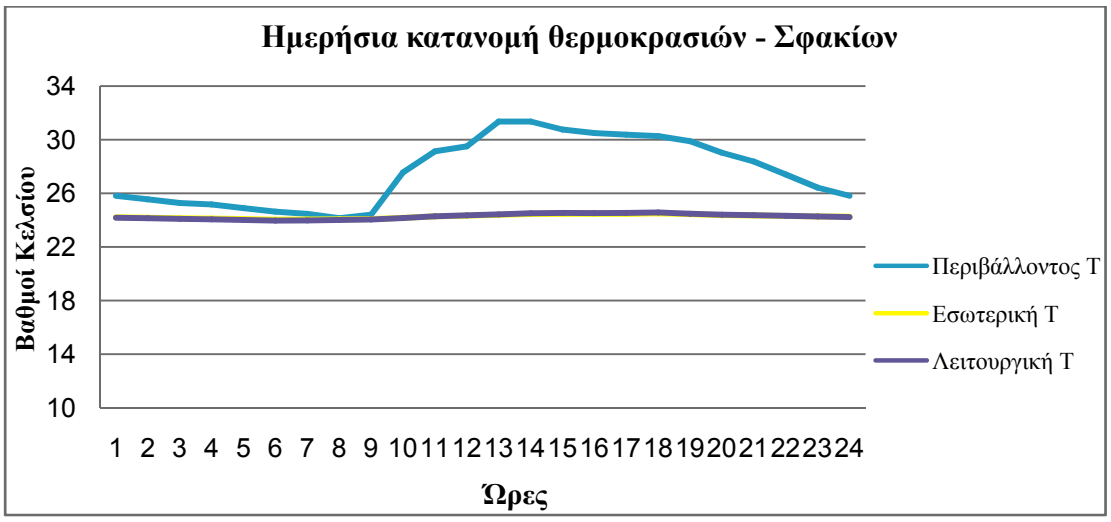
Διάγραμμα 1$^{\alpha}$. Θερμοκρασιακές κατανομές για τρείς θέσεις εντός και εκτός αστικού ιστού.

Με τη βοήθεια του ανωτέρω διαγράμματος παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κτιρίου δεν παρουσιάζει έντονες διαφορές μεταξύ των τριών περιοχών που εξετάζουμε, σε όλη τη διάρκεια της θερινής περιόδου, ακολουθώντας ομαλή κατανομή. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην παρουσία ενεργητικών μέσων τα

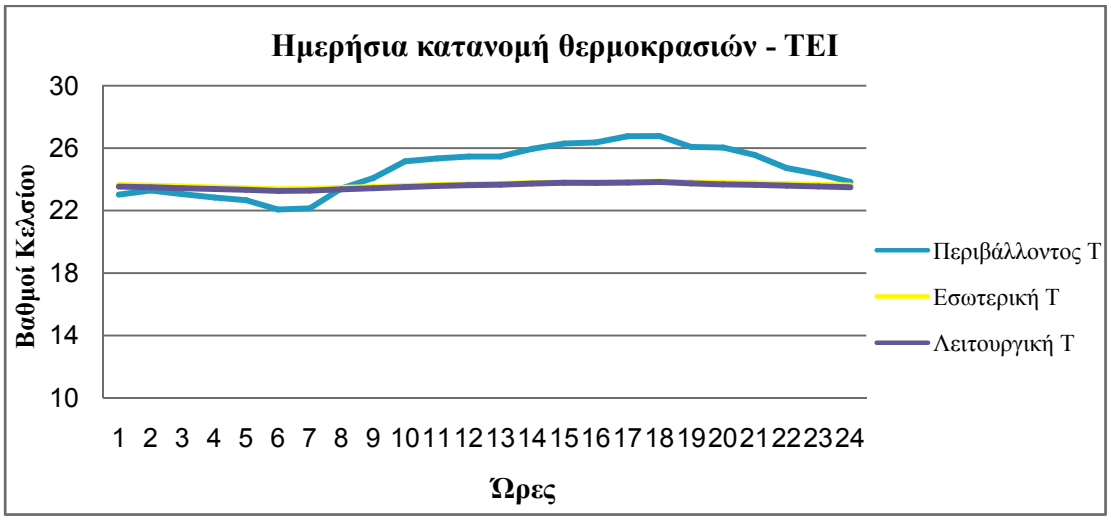
οποία δεν επιτρέπουν κατά μία έννοια τις μεγάλες διαφορές στην θερμοκρασία αφού έχουν προσομοιωθεί να λειτουργούν σε συγκεκριμένο εύρος τιμών.

Από την άλλη πλευρά, η ύπαρξη του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας γίνεται εύκολα αντιληπτή από τις διαφορές που παρουσιάζονται στη θερμοκρασία περιβάλλοντος και άλλες κλιματικές παραμέτρους, ανάμεσα στις αμιγώς αστικές περιοχές (1866, Σφακίων) και εκείνες που βρίσκονται στα όρια (Νέα Χώρα) ή περιμετρικά του αστικού ιστού της πόλης όπως η θέση ΤΕΙ [Πίνακας 1^{α}]. Γίνεται επιπλέον εμφανές από το Διάγραμμα 1^{α}, ότι και το επίπεδο τιμών εσωτερικής θερμοκρασίας που έχει η περιαστική περιοχή ΤΕΙ είναι χαμηλότερο από τις άλλες δύο αστικές θέσεις.

Ιδιαίτερο όμως ενδιαφέρον παρουσιάζει και η διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στο Διάγραμμα 1^{β} φαίνεται η διακύμανση της εσωτερικής, λειτουργικής και περιβαλλοντικής θερμοκρασίας για μία περιοχή εντός του αστικού ιστού, ενώ στο Διάγραμμα 1^{γ} για το σημείο αναφοράς στην περιαστική περιοχή ΤΕΙ. Αμφότερα τα δύο Διαγράμματα αναπαριστούν τις θερμοκρασίες για την $15^{η}$ Ιουλίου.



Διάγραμμα 1^{β}. Ημερήσια κατανομή των θερμοκρασιών για τη θέση Σφακίων.



Διάγραμμα 1^{γ}. Ημερήσια κατανομή θερμοκρασιών για τη θέση ΤΕΙ.

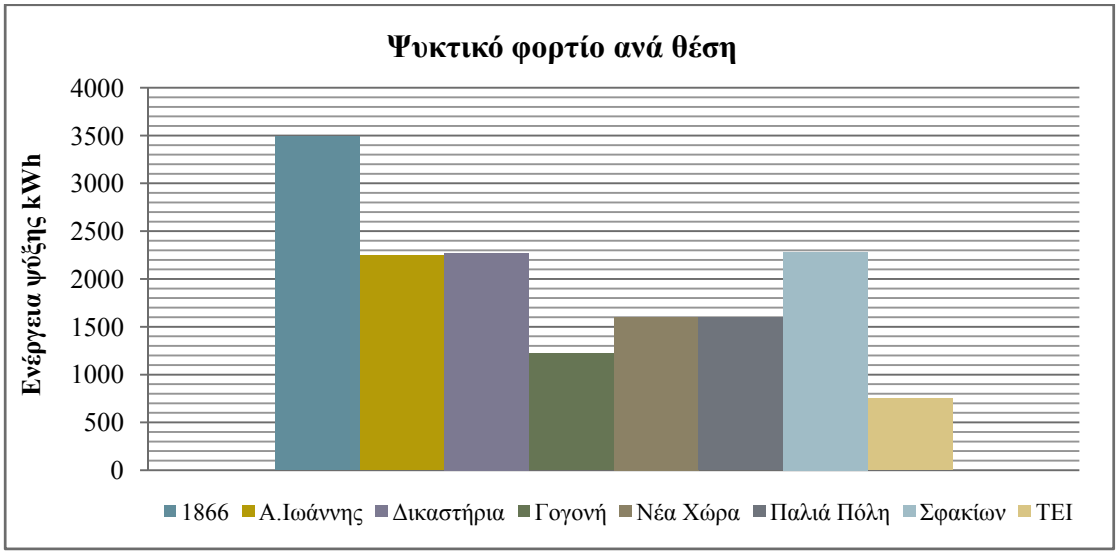
Στα ανωτέρω διαγράμματα παρατηρείται μεγάλη διαφορά τόσο στην κατανομή της κάθε θερμοκρασίας όσο και μεταξύ των περιοχών. Προκύπτει ότι και στις δύο περιοχές, η θερμοκρασία περιβάλλοντος βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα κατά τις πρωινές ώρες, ενώ αυξάνεται σημαντικά κατά τις μεσημεριανές ώρες. Ωστόσο, στη θέση ΤΕΙ, η θερμοκρασία ακολουθεί πιο ομαλή και ήπια κατανομή σε σύγκριση με τη θέση Σφακίων, λόγω της δράσης του φαινομένου της ΑΘΝ όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Ταυτόχρονα όμως, η εφαρμογή ενεργητικού μέσου ψύξης σε όλη τη διάρκεια της ημέρας, συνεπάγεται την ομαλή κατανομή τόσο της εσωτερικής όσο και της λειτουργικής θερμοκρασίας. Η θέσπιση ορισμένου θερμοκρασιακού εύρους για το κτίριο, έχει σαν αποτέλεσμα και στις δύο περιοχές οι θερμοκρασίες να κυμαίνονται κάτω από το όριο των 26°C, αν και στη θέση ΤΕΙ η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από τη θέση Σφακίων [Πίνακας 1^{β}].

Ταυτόχρονα, μεγάλες διαφορές εμφανίζονται στο φορτίο ψύξης που καταναλώνει το κτίριο σε κάθε θέση. Είναι βέβαιο ότι η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ενέργεια που δαπανά το κτίριο προκειμένου να μειώσει την εσωτερική θερμοκρασία του. Οι διαφορές όμως στην εξωτερική θερμοκρασία δεν είναι ανάλογες των διαφορών στα φορτία κάθε φορά, διότι τα φορτία επηρεάζονται γενικότερα από το μικροκλίμα κάθε περιοχής μελέτης, του οποίου, μία παράμετρος είναι η θερμοκρασία [Πίνακας 1^{α}, Πίνακας 1^{γ}].

Πίνακας 1^{γ}. Συνολικό και ανά μήνα ψυκτικό φορτίο για κάθε θέση.

Cooling kWh	**1866**	**Α.Ιωάννης**	**Δικαστήρια**	**Γογονή**	**Νέα Χώρα**	**Παλιά Πόλη**	**Σφακίων**	**ΤΕΙ**
Ιουν	1014	858.7	765.6	502.1	601.1	572.9	711.6	422.1
Ιουλ	1241	866.4	789.4	490.3	601.2	555.1	832	240.7
Αυγ	1236	520.1	716.1	227.7	397.5	467.9	739.9	89.39
Sum	**3491**	**2245**	**2271**	**1220**	**1600**	**1596**	**2283**	**752.2**

Το Διάγραμμα 1^{δ} παρουσιάζει το συνολικό ψυκτικό φορτίο ανά θέση και μας βοηθά να παρατηρήσουμε πιο εύκολα τις διαφορές που εμφανίζονται.



Διάγραμμα 1[δ]. Συνολικό καταναλισκόμενο ψυκτικό φορτίο για όλες τις θέσεις

Παρατηρούμε όντως ότι οι διαφορές στα φορτία ψύξης είναι μεγάλες μεταξύ αστικών και περιαστικών περιοχών για την περίπτωση του πρώτου σεναρίου. Συγκεκριμένα, όταν το κτίριο είναι τοποθετημένο στην αμιγώς αστική περιοχή της πλατείας 1866 δαπανά 364 % επιπλέον φορτίο για τις ανάγκες ψύξης του σε σύγκριση με την τοποθέτηση και λειτουργία του στην περιαστική περιοχή όπου βρίσκεται το ΤΕΙ. Επιπλέον όταν το κτίριο τοποθετείται και εξετάζεται στο αστικό περιβάλλον της οδού Σφακίων φαίνεται να καταναλώνει 203.5 % περισσότερο φορτίο σε σύγκριση πάλι με την περιαστική περιοχή της θέσης ΤΕΙ [Πίνακας 1[γ]]. Οι διαφορές στις ενεργειακές απαιτήσεις μεταφράζονται όπως είναι φυσικό και σε διαφορές στο κόστος που δαπανάται από τους διαμένοντες προκειμένου να επιτύχουν τα επιθυμητά επίπεδα θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου για κάθε περίπτωση.

3.2 Σενάριο 2

Στο δεύτερο σενάριο προσομοίωσης, στο κτίριο δεν εφαρμόζεται κανένα ενεργητικό μέσο ψύξης ή θέρμανσης, αλλά έχουμε την εφαρμογή μόνο της τεχνικής του φυσικού νυχτερινού αερισμού, όπως αναλύσαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας. Είναι λογικό το γεγονός ότι στην περίπτωση αυτή το μοντέλο δεν εμφανίζει καταναλισκόμενα φορτία ψύξης ή θέρμανσης. Ωστόσο παρουσιάζει ενδιαφέρον η κατανομή της θερμοκρασίας όταν αερίζουμε το κτίριο μόνο με φυσικές μεθόδους. Στον Πίνακα 2^{α} εμφανίζονται οι τιμές της εσωτερικής θερμοκρασίας αέρα κατά μέση τιμή, ανά μήνα, για όλες τις πιθανές θέσεις.

Πίνακας 2^{α}. Μέσες τιμές εσωτερικής θερμοκρασίας ανά θέση.

Ταέρα	**1866**	**Α.Ιωάννης**	**Δικαστήρια**	**Γογονή**	**Νέα Χώρα**	**Παλιά Πόλη**	**Σφακίων**	**ΤΕΙ**
Ιουν	25.13	24.76	24.38	23.84	23.67	23.94	24.32	22.57
Ιουλ	26.67	26.32	26.06	25.69	25.57	25.92	26.09	24.51
Αυγ	26.63	25.62	25.87	25.03	25.18	25.66	25.89	24.16

Με τη βοήθεια του Πίνακα 2^{α} μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε ότι οι εσωτερικές θερμοκρασίες που επικρατούν στο κτίριο έπειτα από την εφαρμογή της τεχνικής του φυσικού νυχτερινού αερισμού, διαμορφώνονται σε υψηλότερο επίπεδο από εκείνες του πρώτου σεναρίου, διαφέρει όμως ο τρόπος που επιτυγχάνονται σε κάθε σενάριο. Είναι επόμενο ότι η απουσία μηχανικών συστημάτων ψύξης στο κτίριο, δεν ωφελεί επιπροσθέτως την επίτευξη επιθυμητών επιπέδων θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου, αν και αυτό διαφέρει όπως φαίνεται από περιοχή σε περιοχή [Πίνακας 2^{α}]. Για παράδειγμα, αν θεωρήσουμε τους 26 °C, που σε προηγούμενο σενάριο ορίσαμε ως τιμή κατωφλιού, σαν την ανώτερη θερμοκρασία για ένα φυσιολογικό επίπεδο θερμικής άνεσης σε μία κατοικία, τότε παρατηρούμε ότι αυτό επιτυγχάνεται στις περισσότερες από τις υπό μελέτη περιοχές και μόνο από την εφαρμογή ενός παθητικού μέσου ψύξης, γεγονός που ελαχιστοποιεί το φορτίο ψύξης για το κτίριο και κατά συνέπεια το κόστος λειτουργίας του κτιρίου κατά την θερινή περίοδο [Πίνακας 2^{α}]. Το διαφορετικό μικροκλίμα των περιαστικών περιοχών δεν επιβάλλει την ύπαρξη ενεργητικών μέσων ψύξης, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιούνται μόνο ως βοηθητικά τουλάχιστον κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Αντίθετα για ένα σπίτι στο κέντρο του αστικού ιστού θα ήταν καλύτερη η εφαρμογή υβριδικών συστημάτων ψύξης ώστε να επιτυγχάνονται πιο ευνοϊκές συνθήκες.

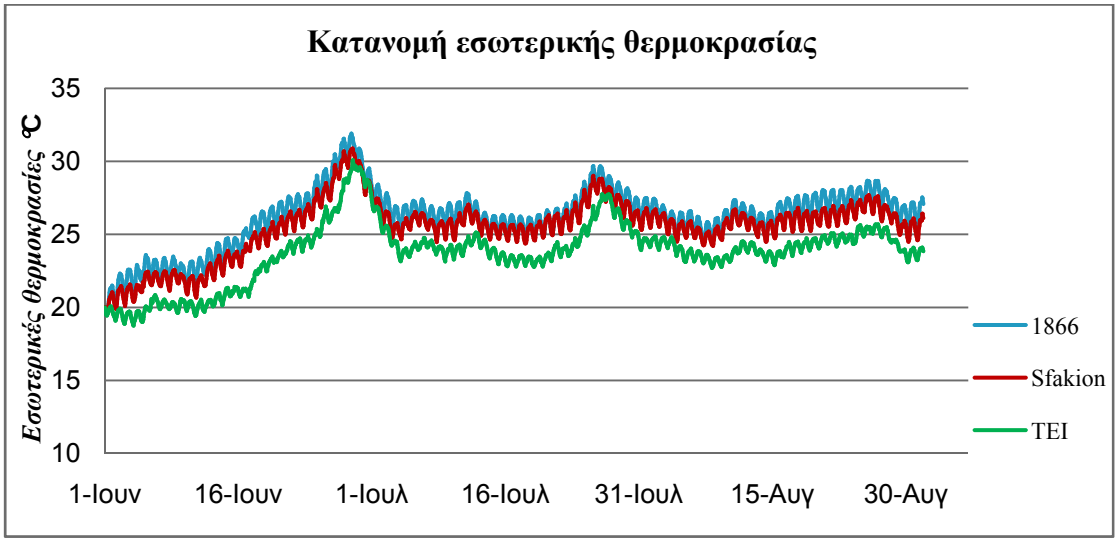
Με τη βοήθεια του Πίνακα 2^{β}, παρατηρούμε ότι η μόνη χρήση του νυχτερινού αερισμού, παρότι σε όλες τις περιπτώσεις καθίσταται αρκετή, μειώνει την θερμοκρασία σε ποσοστό από 9.1 % (περιοχή Παλιάς Πόλης) έως 11.68 % (πλατεία 1866). Άλλο ένα στοιχείο που αποδεικνύει ότι η εφαρμογή του φυσικού αερισμού

κατά τις νυχτερινές ώρες σε ένα κτίριο δεν έχει την ίδια επίδραση για όλες τις πιθανές θέσεις του, παρά το γεγονός ότι αποδίδει ποσοστιαίως σε παρόμοιο βαθμό [Πίνακας 2^{α}, Πίνακας 2^{β}]

Πίνακας 2^{β}. Ποσοστιαίες μεταβολές και αποκλίσεις εσωτερικών θερμοκρασιών μεταξύ δύο σεναρίων.

	Σενάριο 2		**Σενάριο 4**	
Θέσεις	**Μείωση %**	**Διαφορά °C**	**Μείωση %**	**Διαφορά °C**
1866	11.68	3.46	13.70	4.06
A.Ioannis	10.18	2.9	11.34	3.23
Dikastiria	10.39	2.95	11.41	3.24
Gogoni	9.67	2.66	9.92	2.73
NeaXora	10.27	2.84	10.66	2.95
OldTown	9.10	2.52	9.71	2.69
Sfakion	10.67	3.04	11.72	3.34
TEI	9.17	2.4	9.64	2.26

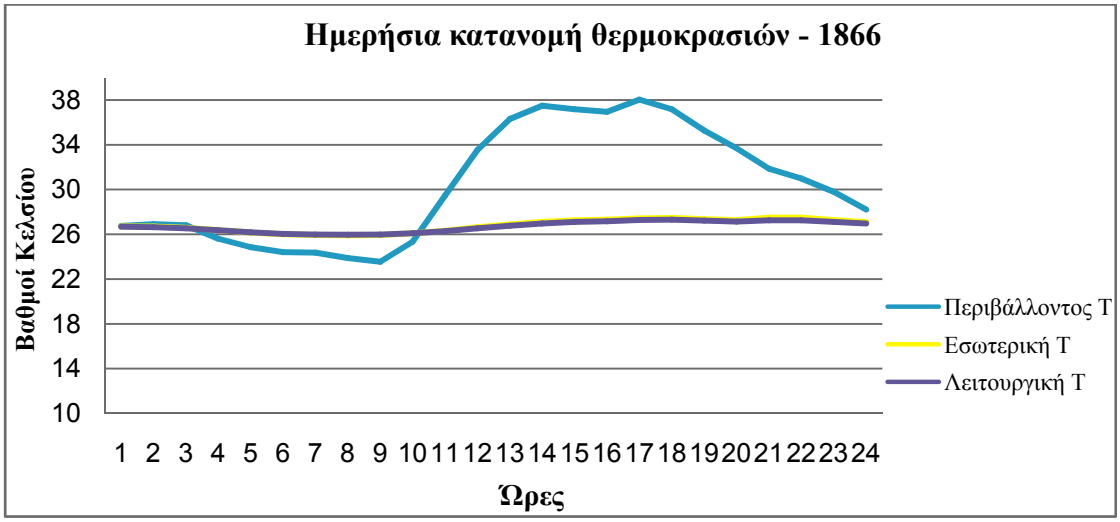
Επιπλέον οι μηδενικές ηλεκτρικές δαπάνες για συστήματα θέρμανσης-ψύξης, καθιστούν το σενάριο αυτό βέλτιστο από πλευράς κόστους, λόγω των μειωμένων καταναλισκόμενων φορτίων, άρα και μειωμένων δαπανών, επιτυγχάνοντας «άνετες» εσωτερικές θερμοκρασίες για τους διαμένοντες. Οι έντονες διαφορές στις εσωτερικές συνθήκες του κτιρίου που μελετάμε για ολόκληρη την θερινή περίοδο, γίνονται ακόμα πιο εμφανείς με τη βοήθεια του Διαγράμματος 2^{α} όπου συγκρίνουμε την εσωτερική θερμοκρασία σε τρεις διαφορετικές θέσεις.



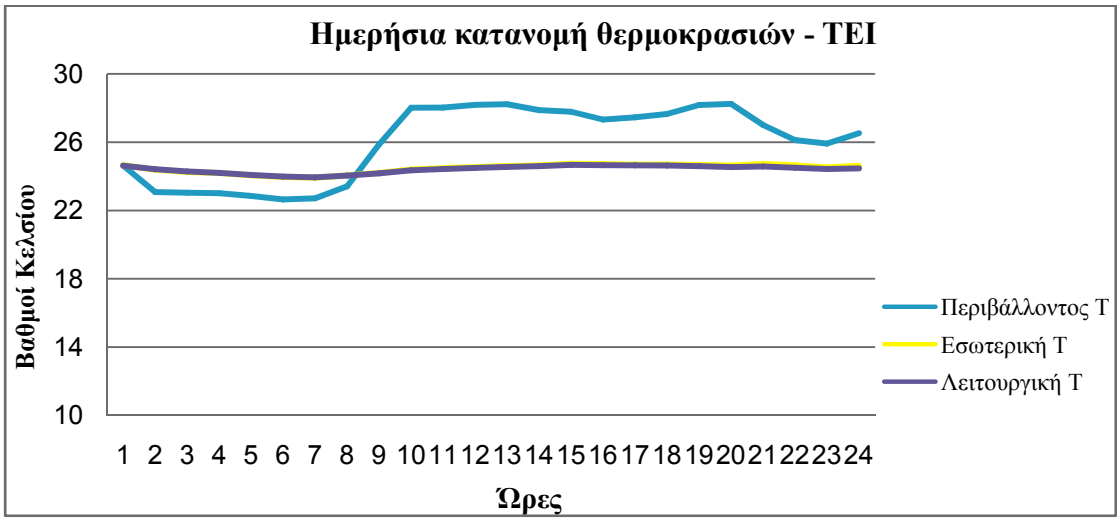
Διάγραμμα 2^{α}. Θερμοκρασιακές κατανομές για τρείς θέσεις εντός και εκτός αστικού ιστού.

Με τη βοήθεια του ανωτέρω διαγράμματος παρατηρούμε, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ότι η εφαρμογή της παθητικής τεχνικής του φυσικού νυχτερινού

αερισμού έχει διαφορετική επίδραση για κάθε περιοχή [Πίνακας 2^{β}]. Για την καλύτερη όμως διαπίστωση αυτού του φαινομένου, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι κατανομές των θερμοκρασιών (περιβάλλοντος, εσωτερική, λειτουργική) μέσα στη διάρκεια της ημέρας. Το Διάγραμμα 2^{β} που ακολουθεί αφορά την κατανομή των θερμοκρασιών για την αμιγώς αστική περιοχή που βρίσκεται η πλατεία 1866, ενώ το Διάγραμμα 2^{γ} αφορά στην περιαστική περιοχή όπου βρίσκεται το ΤΕΙ. Τα δύο διαγράμματα αφορούν στην $31^{η}$ Ιουλίου, ημέρα με ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες.



Διάγραμμα 2^{β}. Ημερήσια κατανομή θερμοκρασιών για τη θέση 1866.



Διάγραμμα 2^{γ}. Ημερήσια κατανομή θερμοκρασιών για τη θέση ΤΕΙ.

Με τη βοήθεια των ανωτέρω διαγραμμάτων παρατηρούμε πιο εύκολα την διαφορετική επίδραση που έχει η παθητική τεχνική που εφαρμόζεται στο ίδιο κτίριο, ανάλογα με την εκάστοτε περιοχή μελέτης. Ειδικότερα, στη θέση ΤΕΙ η εσωτερική και λειτουργική θερμοκρασία ακολουθούν μερικώς ομαλή κατανομή και εντός του θερμοκρασιακού εύρους που εξασφαλίζει επιθυμητές συνθήκες θερμικής άνεσης. Αντίθετα στη θέση 1866, αν και προκύπτει αντίστοιχα μερικώς ομαλή κατανομή,

εντούτοις οι θερμοκρασίες ξεπερνούν τους 26°C σε όλη τη διάρκεια της ημέρας, γεγονός που καθιστά την εφαρμογή της τεχνικής μη αποτελεσματική για τη συγκεκριμένη περιοχή. Να σημειωθεί ότι ο όρος «μερικώς ομαλή κατανομή» προκύπτει συγκριτικά με το πρώτο σενάριο όπου η κατανομή των θερμοκρασιών διαμορφώνεται σε ευθεία γραμμή, λόγω της ύπαρξης μηχανικού συστήματος ψύξης. Τέλος, η ύπαρξη του φαινόμενο της ΑΘΝ γίνεται εύκολα αντιληπτή από την διαφορετική κατανομή που ακολουθεί η θερμοκρασία περιβάλλοντος στις δύο περιοχές.

3.3 Σενάριο 3

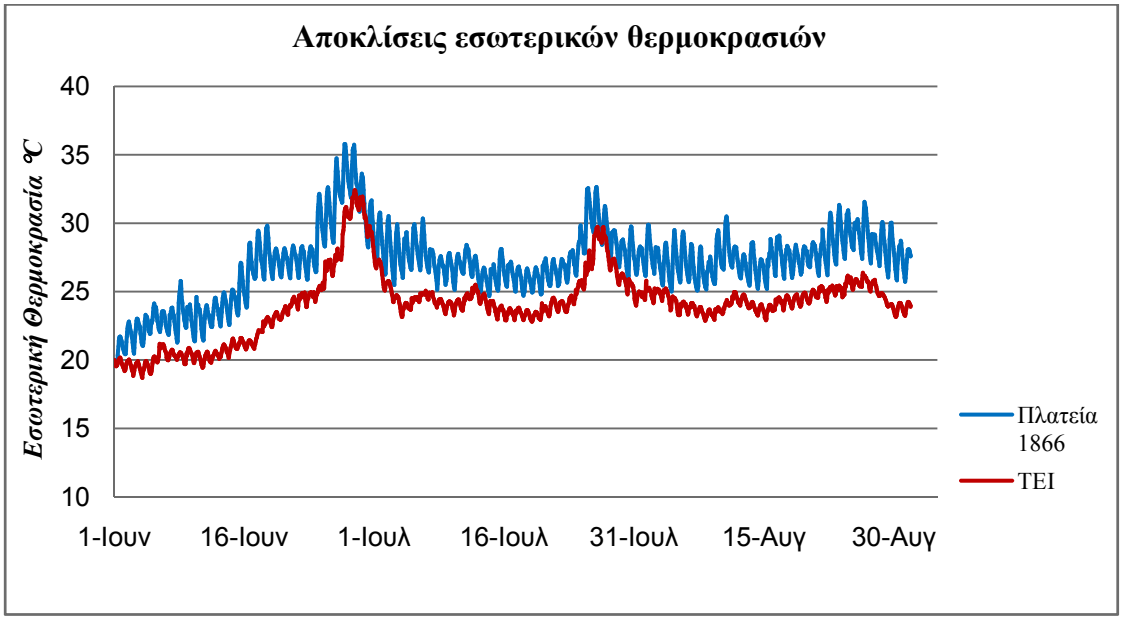
Στο τρίτο σενάριο το κτίριο προσομοιώνεται και εξάγονται αποτελέσματα για την περίπτωση όπου δεν εφαρμόζεται κανένα παθητικό ή ενεργητικό μέσο ψύξης-θέρμανσης. Στην περίπτωση αυτή βέβαια εφαρμόζεται κάποιου είδους νυχτερινός αερισμός, καθώς συνυπολογίζεται και η διείσδυση αέρα από κουφώματα και λοιπά δομικά στοιχεία, κατά την μοντελοποίηση και μελέτη του κτιρίου [Martinreport]. Με τον τρόπο αυτό μελετάμε την ενεργειακή και λειτουργική συμπεριφορά του κτιρίου, απουσία οιασδήποτε δικής μας παρέμβασης στα συστήματα ψύξης-θέρμανσης, όταν αυτό είναι εκτεθειμένο στις εκάστοτε μετεωρολογικές συνθήκες. Στον Πίνακα 3 μπορούμε να εξετάσουμε τις μέσες τιμές που προκύπτουν από το μοντέλο για τις μεταβλητές της περιβαλλοντικής, εσωτερικής και λειτουργικής θερμοκρασίας, για το διάστημα των τριών μηνών του καλοκαιριού:

Πίνακας 3. Μέση τιμή περιβαλλοντικής, εσωτερικής και λειτουργικής θερμοκρασίας.

Θέσεις	Τ-Περιβάλλοντος	Τ-Εσωτερική	Τ-Λειτουργίας
1866	29.62	27.08	26.93
Agios Ioannis	28.48	26.13	25.99
Dikastiria	28.4	25.87	25.76
Gogoni	27.52	25.22	25.10
NeaXora	27.66	25.23	25.12
OldTown	27.71	25.55	25.43
Sfakion	28.49	26	25.87
TEI	26.16	24.07	23.97

Παρατηρούμε λοιπόν στο τρίτο σενάριο ότι, τόσο η εσωτερική όσο και η λειτουργική θερμοκρασία του κτιρίου διαμορφώνονται σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με τα άλλα σενάρια, για καθεμία των υπό εξέταση θέσεων [Πίνακας 3]. Είναι επόμενο της απουσίας παθητικών και ενεργητικών συστημάτων, η αυξημένη τάση των δεικτών θερμικής άνεσης του κτιρίου. Ωστόσο, όπως παρατηρήσαμε και στο σενάριο 2, οι τιμές που θέσαμε ως όρια για επιθυμητές συνθήκες θερμικής άνεσης

επιτυγχάνονται στην περίπτωση της περιαστικής περιοχής ΤΕΙ. Αποτελεί κοινό συμπέρασμα το ότι η εσωτερική θερμοκρασία του κτιρίου αποκτά υψηλότερες τιμές όσο πλησιάζουμε τις αμιγώς αστικές περιοχές καθιστώντας με αυτό τον τρόπο πιο δυσμενείς τις συνθήκες για τους διαμένοντες. Από την άλλη πλευρά όμως τα μηδενικά ηλεκτρικά φορτία για συστήματα ψύξης-θέρμανσης οδηγούν στη μείωση του συνολικού καταναλισκόμενου φορτίου και επομένως σε λιγότερες λειτουργικές δαπάνες για το κτίριο όπως και στην περίπτωση του δεύτερου σεναρίου.



Διάγραμμα 3. Θερμοκρασιακές κατανομές για δύο θέσεις εντός και εκτός αστικού ιστού.

Στο ανωτέρω διάγραμμα παρατηρούμε την κατανομή των εσωτερικών θερμοκρασιών στο κτίριο για την περίοδο των τριών θερινών μηνών, συμπεραίνοντας εύκολα ότι η θερμοκρασία του κτιρίου τοποθετημένου στη θέση ΤΕΙ ακολουθεί ένα μικρότερο εύρος τιμών σε σύγκριση με την πυκνοδομημένη περιοχή της πλατείας 1866.

Η ύπαρξη και επίδραση του φαινομένου της ΑΘΝ ακόμα και στο αστικό περιβάλλον μικρής κλίμακας, όπως είναι τα Χανιά, γίνεται εμφανής και σε αυτή την περίπτωση. Το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα στο περιβάλλον των αστικών περιοχών (1866), σε σχέση με τις περιαστικές περιοχές (ΤΕΙ), οδηγεί σε διαφορετικό εύρος θερμοκρασιών μεταξύ των περιοχών αυτών. Από τη συμπεριφορά αυτή επηρεάζεται και η κατανομή της εσωτερικής θερμοκρασίας στα κτίρια [Διάγραμμα 3].

3.4 Σενάριο 4

Η τελευταία περίπτωση που εξετάζουμε αφορά την επιλογή υβριδικής μεθόδου ψύξης για το κτίριο. Στο σενάριο 4 έχουμε τον συνδυασμό ενεργητικών μέσων για ψύξη και θέρμανση και παθητικών με την εφαρμογή φυσικού νυχτερινού αερισμού. Τα ενεργητικά μέσα που χρησιμοποιούνται είναι όμοια με εκείνα που αναφέρθηκαν στο σενάριο 1 και λειτουργούν με τις ίδιες οριακές θερμοκρασίες για θέρμανση και ψύξη. Ο νυχτερινός αερισμός που εφαρμόζεται, διαμορφώνεται ομοίως με το σενάριο 2. Στον Πίνακα 4^{α} εμφανίζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου προσομοίωσης που χρησιμοποιούμε για την εσωτερική θερμοκρασία, ενώ στον Πίνακα 4^{β} για τη θερμοκρασία λειτουργίας.

Πίνακας 4^{α}. Μέσες τιμές εσωτερικής θερμοκρασίας για όλες τις θέσεις.

Ταέρα °C	**1866**	**Α.Ιωάννης**	**Δικαστήρια**	**Γογονή**	**Νέα Χώρα**	**Παλιά Πόλη**	**Σφακίων**	**ΤΕΙ**
Ιουν	24.84	24.62	24.37	24.02	23.85	24.09	24.34	23.05
Ιουλ	25.93	25.78	25.61	25.41	25.25	25.57	25.61	24.42
Αυγ	25.92	25.34	25.51	24.95	25.02	25.41	25.51	24.22
Μ.Ο.	**25.56**	**25.25**	**25.16**	**24.79**	**24.71**	**25.02**	**25.15**	**23.90**

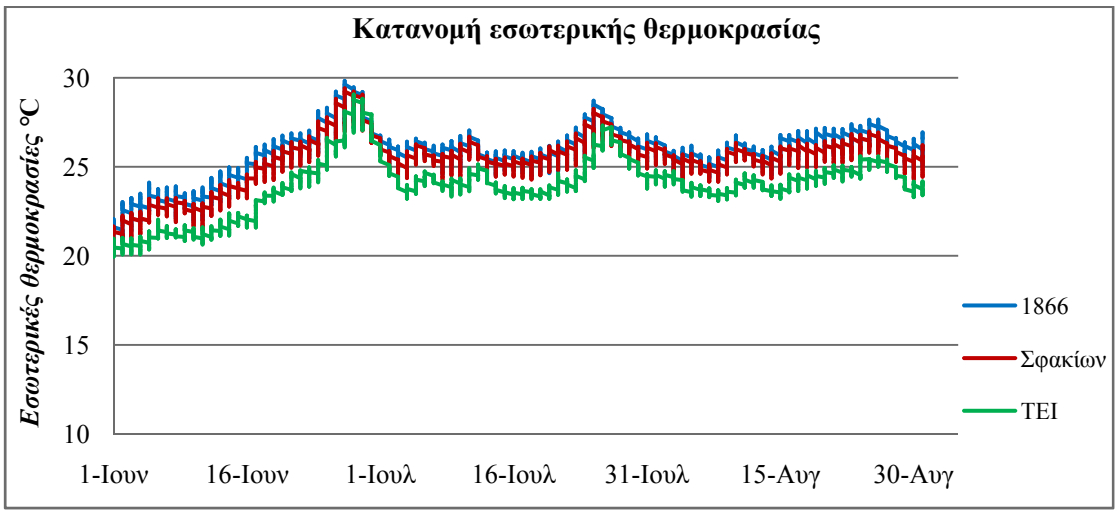
Πίνακας 4^{β}. Μέσες τιμές λειτουργικής θερμοκρασίας για όλες τις θέσεις.

Toper °C	**1866**	**Α.Ιωάννης**	**Δικαστήρια**	**Γογονή**	**Νέα Χώρα**	**Παλιά Πόλη**	**Σφακίων**	**ΤΕΙ**
Ιουν	24.8	24.55	24.29	23.92	23.77	23.99	24.34	22.95
Ιουλ	25.91	25.73	25.56	25.34	25.20	25.49	25.61	24.35
Αυγ	25.9	25.27	25.45	24.87	24.95	25.33	25.51	24.14
Μ.Ο.	**25.54**	**25.18**	**25.10**	**24.71**	**24.64**	**24.94**	**25.15**	**23.81**

Όπως παρατηρούμε από τους ανωτέρω πίνακες, η μέση εσωτερική (**T αέρα)** και λειτουργική (**T operative)** θερμοκρασία κυμαίνεται στα επιθυμητά επίπεδα για την διασφάλιση της θερμικής άνεσης στο εσωτερικό του κτιρίου. Οι δύο θερμοκρασίες δεν παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις ανάλογα με την εκάστοτε υπό εξέταση θέση, γεγονός που δικαιολογείται λόγω της παρουσίας υβριδικού μηχανισμού ο οποίος σε κάθε περίπτωση οδηγεί στην επίτευξη ευνοϊκών συνθηκών εξισορροπώντας το θερμοκρασιακό εύρος. Προφανώς και η παρουσία του φαινομένου της ΑΘΝ οδηγεί σε αποκλίσεις της θερμοκρασίας μεταξύ των διαφορετικών περιοχών, όπου για ακόμα μια φορά το σημείο αναφοράς που είναι τοποθετημένο σε περιαστική περιοχή εμφανίζει την χαμηλότερη εσωτερική και λειτουργική θερμοκρασία.

Ακόμα και η κατανομή της εσωτερικής θερμοκρασίας για το σύνολο της θερινής περιόδου είναι πιο ομαλή σε σύγκριση με τα δύο προηγούμενα σενάρια. Στο Διάγραμμα 4^{α} έχουμε την κατανομή της εσωτερικής θερμοκρασίας του κτιρίου σε

όλη τη θερινή περίοδο για τρεις διαφορετικές θέσεις εντός και εκτός αστικού περιβάλλοντος.



Διάγραμμα 4^{α}. Θερμοκρασιακές κατανομές για τρείς θέσεις εντός και εκτός αστικού ιστού.

Επιπλέον, με τη βοήθεια του Πίνακα 4^{γ} συμπεραίνουμε ότι ο συνδυασμός μηχανικού μέσου ψύξης και φυσικού αερισμού κατά τη διάρκεια της νύχτας οδηγεί σε περαιτέρω μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας σε σύγκριση με το σενάριο 2. Τόσο οι θερμοκρασιακές διαφορές όσο και τα ποσοστά μείωσης αποκτούν μεγαλύτερες τιμές για την περίπτωση του τέταρτου σεναρίου. Αυτό ισχύει για όλες τις περιοχές μελέτης και τα ποσοστά μείωσης κυμαίνονται από 9.64 % (TEI) έως και 13.70 % στην περιοχή της πλατείας 1866. Αντίστοιχα με την επιλογή υβριδικής μεθόδου ψύξης επιτυγχάνεται μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας έως και 4 °C. Το αυξημένο ποσοστό μείωσης που παρουσιάζεται στο σενάριο 4 σε σύγκριση με το σενάριο 2, οφείλεται στην επιπλέον λειτουργία των ενεργητικών μέσων ψύξης (air-condition). Τα ποσοστά μείωσης και στις δύο περιπτώσεις εμφανίζουν διακυμάνσεις γεγονός που μαρτυρά ότι πέραν της μεθόδου που επιλέγεται, η ύπαρξη διαφορετικών κλιματικών συνθηκών μεταξύ των περιοχών λόγω κυρίως δράσης του φαινομένου της ΑΘΝ, διαφοροποιεί και τις αποδόσεις των επιλεχθέντων τεχνικών που εφαρμόζονται.

Πίνακας 4^{γ}. Σύγκριση εσωτερικής θερμοκρασίας για τα δύο σενάρια.

Τ αέρα	**Σενάριο 2**		**Σενάριο 4**	
Θέσεις	**Διαφορά °C**	**Μείωση %**	**Διαφορά °C**	**Μείωση %**
1866	3.46	11.68	4.06	13.70
A.Ioannis	2.9	10.18	3.23	11.34
Dikastiria	2.95	10.39	3.24	11.41
Gogoni	2.66	9.67	2.73	9.92
Nea Xora	2.84	10.27	2.95	10.66
Old Town	2.52	9.10	2.69	9.71
Sfakion	3.04	10.67	3.34	11.72
TEI	2.4	9.17	2.26	9.64

Στον Πίνακα 4^{δ} ακολούθως, συγκρίνουμε την εσωτερική θερμοκρασία μεταξύ των σεναρίων 1 και 4, ώστε να μελετήσουμε την επίδραση που έχει η επιπλέον παρουσία του ΝΑ στις θερμικές συνθήκες του κτιρίου. Παρατηρούμε εύκολα ότι οι μέσες τιμές ανά μήνα που προκύπτουν για την θερμοκρασία, δεν έχουν σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ των δύο σεναρίων, συνεπώς ο υβριδικός μηχανισμός ψύξης δεν οδηγεί σε σημαντικές μεταβολές στην θερμοκρασία.

Πίνακας 4^{δ}. Τιμές εσωτερικής θερμοκρασίας για διαφορετικά σενάρια.

	Σενάριο 1	**Σενάριο 4**
Θέσεις	**Ταέρα °C**	**Ταέρα °C**
1866	24.84	24.63
A.Ioannis	24.61	24.42
Dikastiria	24.56	24.31
Gogoni	24.35	24.14
NeaXora	24.34	24.03
OldTown	24.38	24.24
Sfakion	24.6	24.35
TEI	23.83	23.55

Αναδείξαμε όμως προηγουμένως, τη σημασία που έχει η επιλογή της σωστής μεθόδου ψύξης που θα εφαρμόσουμε για να επιτύχουμε τον τελικό μας στόχο, που είναι οι επιθυμητές συνθήκες θερμικής άνεσης, στο τελικό φορτίο που καταναλώνεται. Στον Πίνακα 4^{ε} συγκρίνουμε το συνολικό ψυκτικό φορτίο που καταναλώνεται στην εκάστοτε περίπτωση για την επίτευξη κοινού στόχου, καθώς και την επίδραση σε ποσοστό που έχει η εφαρμογή του ΝΑ στα φορτία ψύξης.

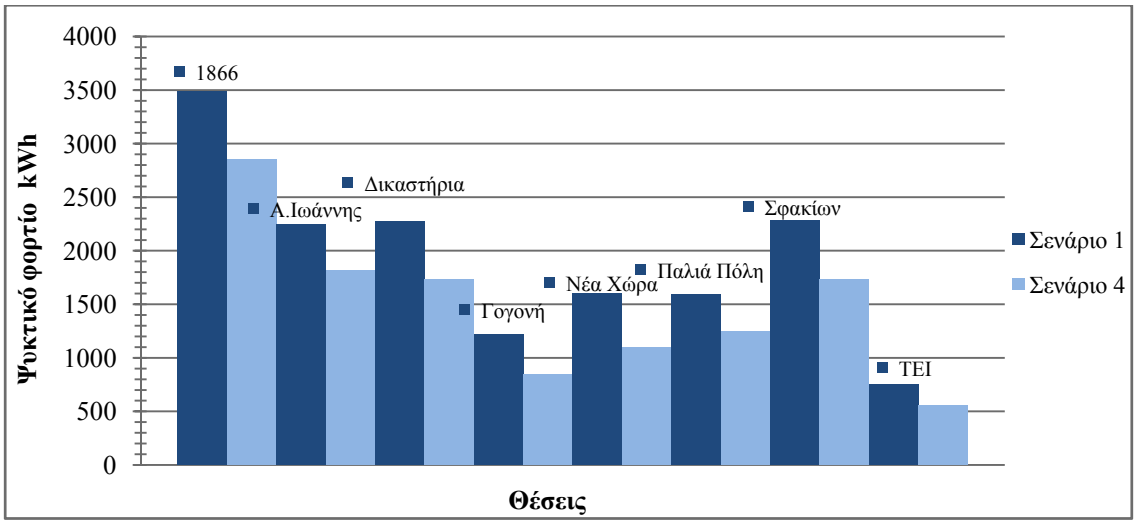
Πίνακας 4^{ε}. Σύγκριση ψυκτικών φορτίων και % συνεισφορά αερισμού.

Ψυκτικό φορτίο	**Σενάριο 1**	**Σενάριο 4**	**Συνεισφορά Αερισμού**
Θέσεις	**kWh**	**kWh**	**%**
1866	3491	2854	**18.25**
A.Ioannis	2245	1815	**19.15**
Dikastiria	2271	1728	**23.90**
Gogoni	1220	843	**30.90**
Nea Xora	1600	1099	**31.31**
Old Town	1596	1250	**21.68**
Sfakion	2283	1727	**24.35**
TEI	752.2	553	**26.48**

Όσον αφορά μόνο το τέταρτο σενάριο, παρουσιάζονται μεγάλες αποκλίσεις στο φορτίο που καταναλώνει το κτίριο για να διασφαλίσει συνθήκες θερμικής άνεσης για τους διαμένοντες σε κάθε θέση. Χαρακτηριστικό των αποτελεσμάτων είναι, ότι οι περιοχές με έντονη δόμηση παρουσιάζουν υψηλότερα φορτία σε σύγκριση με λιγότερο δομημένες περιοχές ή το σημείο αναφοράς. Παρατηρούμε λοιπόν ότι όταν το κτίριο είναι τοποθετημένο στην περιοχή πλησίον της πλατείας 1866 καταναλώνει 4 φορές περίπου περισσότερο φορτίο από εκείνο που θα καταναλώσει αν τοποθετηθεί στην περιαστική περιοχή πλησίον του ΤΕΙ. Ομοίως, το ίδιο κτίριο θα καταναλώσει σε ποσοστό 212% περισσότερο φορτίο αν τοποθετηθεί στην πυκνοδομημένη οδό Σφακίων, σε σύγκριση πάντα με το σημείο αναφοράς [Πίνακας 4^{ε}].

Όσον αφορά και τα δύο σενάρια, η μοναδική διαφορά τους έγκειται στην παρουσία του φυσικού αερισμού στο Σενάριο 4, του οποίου η εφαρμογή είναι ταυτόχρονη με τα ενεργητικά μέσα που χρησιμοποιούμε. Προκύπτει λοιπόν από τον Πίνακα 4^{ε} ότι η συνεισφορά του αερισμού στο ψυκτικό φορτίο που καταναλώνεται διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Τα ποσοστά ακολουθούν ένα μεγάλο εύρος τιμών από 18.25 % έως 31.31 %. Παρατηρούμε ότι ποσοστιαίως ο ΝΑ είναι μεγαλύτερος όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο του αστικού ιστού. Κατά ένα μέρος λοιπόν οφείλεται στο γεγονός ότι στο πυρήνα του αστικού ιστού όπου συναντούμε μικρότερες αποστάσεις μεταξύ των κτιρίων, υπάρχει παρουσία έντονης κυκλοφορίας οχημάτων, έχουμε υψηλότερη θερμοκρασία αλλά και σχετική υγρασία, η κίνηση των αέριων μαζών καθίσταται πιο δύσκολη. Κατά συνέπεια ο αερισμός είναι πιο δύσκολος για ένα σπίτι στο κέντρο της πόλης και επομένως η συνεισφορά του στη μείωση του καταναλισκόμενου φορτίου ψύξης είναι μικρότερη.

Στο Διάγραμμα 4^{β} παρουσιάζονται οι διαφορές των συνολικών φορτίων που καταναλώθηκαν σε κάθε περιοχή και για τα δύο σενάρια.



Διάγραμμα 4^{β}. Ψυκτικά φορτία για όλες τις θέσεις εντός και εκτός αστικού ιστού.

Εύκολα μπορούμε να διαπιστώσουμε από το Διάγραμμα 4^{β}, ότι μεταξύ των δύο σεναρίων υπάρχουν έντονες διακυμάνσεις στο συνολικό καταναλισκόμενο φορτίο ψύξης, ενώ παράλληλα όπως είδαμε η εσωτερική θερμοκρασία κυμαίνεται σε

παρόμοια επίπεδα [Πίνακας 4^{δ}]. Συνεπώς και στα δύο σενάρια επιτυγχάνουμε την θερμική άνεση καταναλώνοντας όμως διαφορετικά φορτία για την κάθε περίπτωση. Συγκεκριμένα, το φορτίο ψύξης του κτιρίου μειώνεται έως και 637 kWh στην θέση 1866, ποσοστό που ανέρχεται σε 18.25 %. Αντίστοιχα, στην περιοχή της Νέας Χώρας όπου έχουμε πιο αραιή δόμηση συναντούμε το μεγαλύτερο ποσοστό μείωσης που φθάνει το 31.31 %.

Κατά συνέπεια λοιπόν, η εφαρμογή της τεχνικής του ΝΑ στο Σενάριο 4 δείχνει να μειώνει σε μεγάλο ποσοστό τις ενεργειακές δαπάνες του κτιρίου, συντελώντας σε ανάλογη μείωση του λειτουργικού κόστους. Τα μικρότερα καταναλισκόμενα φορτία καθιστούν την εφαρμογή του σεναρίου 4 ποιο φιλική προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα πιο οικονομική σε σχέση με την εφαρμογή του πρώτου σεναρίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ Α΄ ΜΕΡΟΥΣ

Έπειτα από την παράθεση των τεσσάρων σεναρίων προέκυψαν αποτελέσματα που χρήζουν περαιτέρω σχολιασμού, για κάθε σενάριο ξεχωριστά. Επιπλέον, προκύπτουν περαιτέρω σχόλια αν συνεκτιμήσουμε τα διαφορετικά σενάρια μεταξύ τους. Το πρίσμα υπό το οποίο διεξήχθη η παρούσα εργασία αφορά στην ενεργειακή κατανάλωση που παρουσιάζει το υφιστάμενο κτίριο ανάλογα με το σενάριο το οποίο λειτουργεί αλλά και τη θέση στην οποία βρίσκεται, για τη θερινή περίοδο. Κοινός στόχος κάθε σεναρίου είναι η εξασφάλιση επιθυμητών επιπέδων θερμικής άνεσης για τους διαμένοντες. Σαν αποτέλεσμα της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιρίου, διαπιστώνουμε την ύπαρξη και επίδραση του φαινομένου της ΑΘΝ σε αυτό.

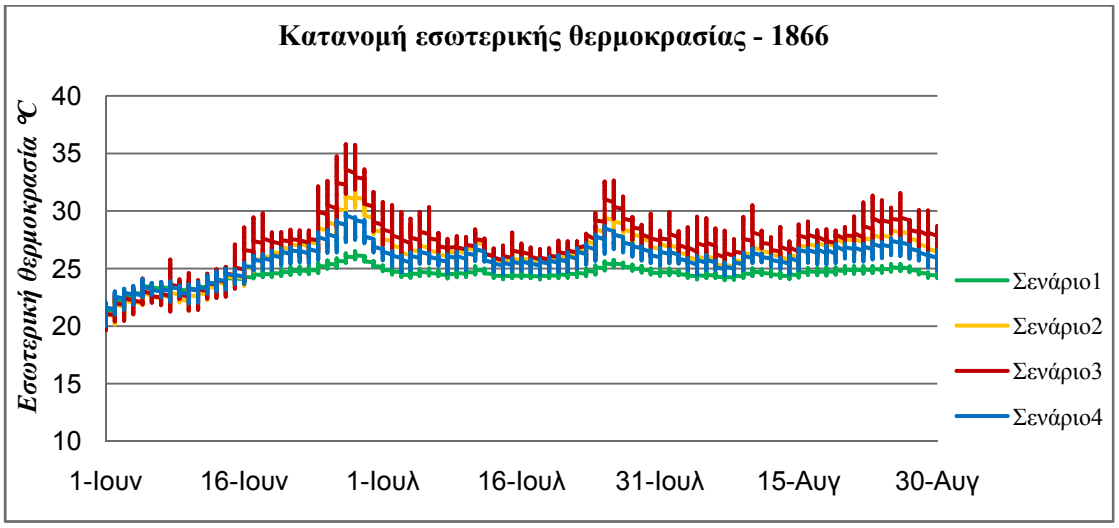
Αρχικά, διαπιστώνουμε ότι στα σενάρια 1,2 και 4 επιτυγχάνουμε ευνοϊκές συνθήκες θερμικής άνεσης, όπως αυτές ορίστηκαν προηγουμένως. Είτε λοιπόν επιλέξουμε να εφαρμόσουμε κάποιο παθητικό ή ενεργητικό σύστημα ψύξης είτε κάποιο υβριδικό μοντέλο, η θερμική και οπτική άνεση εντός του κτιρίου εξασφαλίζονται. Όπως είναι φυσικό, η λειτουργία του κτιρίου χωρίς κανένα μέσο αερισμού ή ψύξης (σενάριο 3) δεν οδηγεί στα επιθυμητά αποτελέσματα. Το κτίριο σε αυτήν την περίπτωση δεν δύναται να ελέγξει τις εσωτερικές του συνθήκες με κάποιο μέσο και κατά συνέπεια είναι εκτιθέμενο στις εκάστοτε κλιματολογικές συνθήκες και συμπεριφέρεται αναλόγως.

Οι χαμηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες προκύπτουν στο πρώτο σενάριο, όπου εφαρμόζεται ενεργητικό μέσο ψύξης με την παρουσία συστημάτων κλιματισμού. Τα συστήματα ψύξης λειτουργούν σε αυτή την περίπτωση καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Είναι επόμενο λοιπόν ότι θα έχουμε τις χαμηλότερες εσωτερικές θερμοκρασίες για όλες τις θέσεις αλλά ταυτόχρονα και τα υψηλότερα ψυκτικά φορτία. Το γεγονός αυτό καθιστά το πρώτο σενάριο ως το χειρότερο από πλευράς κατανάλωσης άρα και λειτουργικού κόστους.

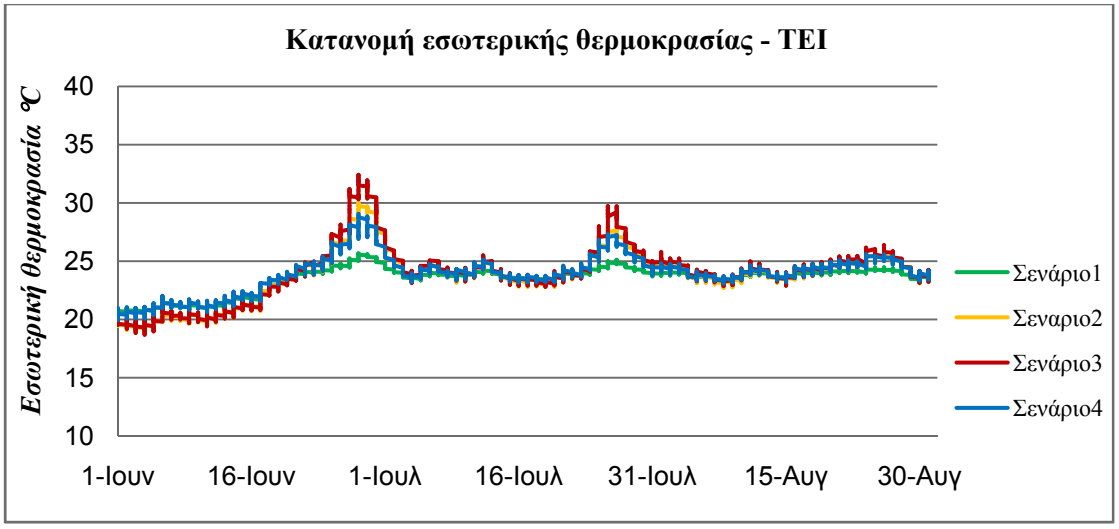
Επιπλέον, στο δεύτερο σενάριο που έχουμε την εφαρμογή παθητικού μέσου ψύξης και απουσιάζει κάποιο μηχανικό μέσο δροσισμού, η εσωτερική θερμοκρασία είναι λίγο μεγαλύτερη κατά μέση τιμή και για τους τρεις μήνες σε σύγκριση με τα άλλα δύο σενάρια (1,4). Είναι λογικό ότι η απουσία μηχανικής υποστήριξης για δροσισμό στο κτίριο, δεν επιτρέπει την μείωση της εσωτερικής του θερμοκρασίας πέραν κάποιου βαθμού, λόγω αδυναμίας ελέγχου του εσωκλίματος, αν και ο βαθμός μείωσης και άρα η επιτυχία της παθητικής τεχνικής διαφοροποιείται όπως είδαμε ανάλογα με την περιοχή [Πίνακας 2^{β}]. Ωστόσο, ο νυχτερινός αερισμός που εφαρμόζουμε καθιστά το σενάριο αυτό βέλτιστο από πλευράς κόστους λόγω των μηδενικών ψυκτικών φορτίων.

Τέλος, στην περίπτωση του τέταρτου σεναρίου, το ενεργητικό μέσο ψύξης λειτουργεί καθόσον δεν εφαρμόζεται η τεχνική του νυχτερινού αερισμού. Ο συνδυασμός αυτών των δύο μέσων οδηγεί σε μειωμένα φορτία ψύξης αλλά και σε ενδιάμεσες των σεναρίων 1 και 2 θερμοκρασίες. Εφόσον επιτυγχάνεται και η θερμική άνεση εντός του κτιρίου, το σενάριο 4 καθίσταται βέλτιστο από πλευράς σχέσης κατανάλωσης-θερμικής άνεσης.

Παράλληλα με τα όσα αναφέρθησαν, διακρίνουμε την ύπαρξη και δράση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη των Χανίων. Παρά την μικρή κλίμακα της πόλης και τον μη βιομηχανικό της χαρακτήρα, εμφανίζει μεγάλες αποκλίσεις στην θερμοκρασία μεταξύ των περιοχών που βρίσκονται εντός του αστικού ιστού και των περιαστικών. Οι υψηλότερες περιβαλλοντικές θερμοκρασίες και γενικότερα το διαφορετικό μικροκλίμα της κάθε περιοχής μελέτης, οδηγεί σε διαφοροποίηση των καταναλισκόμενων φορτίων και των επιπέδων θερμικής άνεσης. Το κτίριο φαίνεται να καταναλώνει έως και πέντε φορές επιπλέον φορτίο όταν βρίσκεται στη θέση 1866 σε σύγκριση με τη θέση ΤΕΙ. Σαν αποτέλεσμα το κτίριο όταν τοποθετείται στη θέση ΤΕΙ έχει μειωμένο λειτουργικό κόστος και συνεπώς και μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Παρακάτω παρατίθενται δύο διαγράμματα που φαίνεται η θερμική συμπεριφορά του κτιρίου για όλο το διάστημα του καλοκαιριού, στα τέσσερα σενάρια λειτουργίας του. Το Διάγραμμα 1 αφορά στην αμιγώς αστική περιοχή που βρίσκεται η πλατεία 1866 και το Διάγραμμα 2 αφορά την περιαστική περιοχή που βρίσκεται το ΤΕΙ (σημείο αναφοράς):



Διάγραμμα 1. Κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας στη θέση 1866.



Διάγραμμα 2. Κατανομή εσωτερικής θερμοκρασίας στη θέση ΤΕΙ.

ΜΕΡΟΣ Β΄

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, από τη μία πλευρά η ραγδαία αύξηση του κτιριακού τομέα, ιδιαίτερα στα μεγάλα αστικά κέντρα, ως αποτέλεσμα της βελτίωσης του βιοτικού επιπέδου και από την άλλη οι επιπτώσεις που επιφέρει η κλιματική αλλαγή, έχουν σαν συνέπεια την εκτόνωση των ηλεκτρικών φορτίων που καταναλώνονται για ψύξη-θέρμανση-αερισμό των κτιρίων και κτιριακών μονάδων. Η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων αποτελεί ένα πολύ σημαντικό ζήτημα που παρουσιάζει ιδιαίτερη δυναμική και το οποίο δημιουργεί προβληματισμούς και χρήζει μελέτης και διεπιστημονικής μάλιστα αντιμετώπισης, τόσο σε Κοινοτικό όσο και σε εθνικό επίπεδο.

1.1. Κτιριακός τομέας στην Ελλάδα-Υφιστάμενη κατάσταση

Στην Ελλάδα ο κτιριακός τομέας ευθύνεται για το ένα τρίτο περίπου των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και για το 36% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Οι εκπομπές CO_2 του κτιριακού τομέα παρουσίαζαν, πριν την περίοδο της οικονομικής κρίσης, ετήσιο ρυθμό αύξησης 4%, ενώ παράλληλα μεγιστοποιείτο συνεχώς η ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων [24]. Η συνεχής αύξηση που παρατηρείται στην κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια έχει τόσο ποσοτική διάσταση, καθώς καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια σε απόλυτο μέγεθος, όσο και ποιοτική διάσταση, επειδή χρησιμοποιούμε όλο και περισσότερο τον ηλεκτρισμό.

Τα ελληνικά κτίρια παρουσιάζουν υψηλή ενεργειακή κατανάλωση. Συμφώνα με στοιχεία της Eurostat και του Ευρωπαϊκού Κέντρου Περιβάλλοντος, τα ελληνικά νοικοκυριά παρουσιάζουν, με κλιματική ανάγωγη, την μεγαλύτερη ενεργειακή κατανάλωση στην Ευρώπη, περίπου 30% μεγαλύτερη από αυτή της Ισπανίας και περίπου διπλάσια από την κατανάλωση της Πορτογαλίας, ενώ είναι σημαντικά μεγαλύτερη από χώρες με ψυχρότερο κλίμα όπως το Βέλγιο και οι Σκανδιναβικές χώρες. Το γεγονός αυτό προκαλεί δυσμενείς συνέπειες τόσο στη χώρα γενικότερα όσο και στους πολίτες ειδικότερα. Από τη μία πλευρά λοιπόν εξαιτίας της αυξημένης ενεργειακής κατανάλωσης, επιβαρύνεται το εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο και εκτινάσσεται το ηλεκτρικό φορτίο αιχμής επιβάλλοντας την κατασκευή νέων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και από την άλλη επιβαρύνεται σημαντικά το λειτουργικό κόστος των κτιρίων με συνέπειες στον προϋπολογισμό του κάθε πολίτη και ιδίως των οικογενειών χαμηλού εισοδήματος, ενώ παράλληλα δημιουργεί

πρόβλημα ενεργειακού εφοδιασμού υποχρεώνοντας πληθώρα κόσμου σε ενεργειακή φτώχεια [25].

Επιπλέον, η ελλιπής προστασία των κτιρίων από το εξωτερικό περιβάλλον, ο ανορθόδοξος σχεδιασμός των νέων κτιρίων ως συνέπεια μιας περιβαλλοντικά αποκομμένης αρχιτεκτονικής αντίληψης που αγνοεί τις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες, η αστική κλιματική μεταβολή, η παλαιότητα των κτιρίων και η παντελής έλλειψη σύγχρονης νομοθεσίας για περίπου 40 χρόνια, για την ενεργειακή και περιβαλλοντική προστασία των κτιρίων, είχαν σαν αποτέλεσμα:

- ∴ την ασφυκτική διόγκωση του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας,
- ∴ τη συμπίεση οικονομικά και κοινωνικά των χαμηλών εισοδηματικών τάξεων,
- ∴ την αύξηση της ενεργειακής ένδειας της χώρας,
- ∴ την για μεγάλο χρονικό διάστημα διεθνή δέσμευση της χώρας για το περιβάλλον, όπως η συμφωνία του Κιότο και η Οδηγία 2002/91/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Τα αίτια αυτής της εξέλιξης είναι:

i. Η ύπαρξη της μεγάλης πλειοψηφίας των κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, τα οποία δεν είναι θερμομονωμένα, και τα οποία απαιτούν πολύ μεγάλα ποσά ενέργειας για να εξασφαλίσουν τις, με τα σημερινά επίπεδα αποδεκτές, συνθήκες άνεσης το χειμώνα.

ii. Η, κατά κανόνα, μέτρια κατάσταση των συστημάτων θέρμανσης, που οδηγεί σε μειωμένους βαθμούς απόδοσης και επομένως αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και περιβαλλοντική επιβάρυνση.

iii. Η συνεχής αύξηση, τόσο σε αριθμό όσο και σε εγκατεστημένη ισχύ, των συστημάτων και συσκευών που καταναλώνουν ηλεκτρική ενέργεια. Αυτό αφορά τα κτίρια κατοικιών αλλά κυρίως όμως τα κτίρια γραφείων, καταστημάτων και υπηρεσιών.

iv. Η ολοένα ισχυρότερη απαίτηση για βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας, ιδίως σε ότι αφορά τη θερμική άνεση το καλοκαίρι, που σε συνδυασμό με τη μείωση του κόστους των συσκευών, οδήγησε στην εγκατάσταση πάνω από 3.000.000 κλιματιστικών μονάδων τα τελευταία 25 χρόνια [25].

1.2. Κλιματική αλλαγή και επίπτωση στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων

Οι ενεργειακές δαπάνες στον κτιριακό τομέα έχουν άμεση σχέση με τις κλιματικές συνθήκες κάθε περιοχής και ως εκ τούτου, η κλιματική μεταβολή επιφέρει σημαντικές συνέπειες στο σύνολο του κτιριακού περιβάλλοντος. Έχει ήδη διαπιστωθεί ότι η αυξανομένη θερμική υποβάθμιση των μεγάλων αστικών κέντρων της χώρας, η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος σαν αποτέλεσμα τοπικών και παγκόσμιων μεταβολών, η εμμονή στην χρήση εμπειρικών και ξεπερασμένων τεχνικών σχεδιασμού του αστικού χώρου και των κτιρίων και η αποψίλωση του αστικού και περιαστικού πράσινου αποτελούν το αίτιον της σημερινής υπάρχουσας κατάστασης. Πιο συγκεκριμένα, αφορά στην δημιουργία συνθηκών δυσφορίας στον αστικό ιστό, μεγιστοποίηση της χρήσης ενεργοβόρων μηχανικών μέσων για την εξασφάλιση της θερμικής άνεσης και δημιουργία σημαντικού προβλήματος επιβίωσης σε σημαντικό κομμάτι του πληθυσμού που αδυνατεί να ανταποκριθεί οικονομικά στην νέα πραγματικότητα [25].

Η Αθήνα και τα υπόλοιπα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας, χαρακτηρίζονται από πυκνοδομημένες κεντρικές περιοχές και εκτεταμένες επεκτάσεις με πιο ήπια δόμηση. Η ένταση των δραστηριοτήτων, η πυκνή και υψηλή δόμηση, οι εκτεταμένες ασφαλτοστρώσεις, η κυκλοφορία των αυτοκινήτων και γενικότερα ο περιορισμός του φυσικού περιβάλλοντος έχουν προσδώσει στις μεγάλες πόλεις τα χαρακτηριστικά του αστικού κλίματος. Με τη συνεχόμενη επέκταση του αστικού ιστού και τη διεύρυνση των οδικών αρτηριών και ασφαλτοστρώσεων, το αστικό περιβάλλον υπερτερεί ολοένα και περισσότερο του φυσικού, ενισχύοντας το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας το οποίο εξετάστηκε εκτενώς στο πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας και φαίνεται να επιφέρει τεράστιες μεταβολές στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων. Επιπλέον, η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα στο περιβάλλον, σαν συνέπεια της κλιματικής αλλαγής, δύναται να οδηγήσει σε μείωση των θερμικών αναγκών των κτιρίων αλλά και αύξηση των φορτίων που καταναλώνονται για ψύξη κατά τη θερινή περίοδο, διαμορφώνοντας ανάλογα και το λειτουργικό κόστος. Στα κτίρια που δεν κλιματίζονται με κάποιο μηχανικό μέσο, οι θερμοκρασιακές αλλαγές στο περιβάλλον επιβαρύνουν της συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό τους αν και παράλληλα μειώνουν τα φορτία θέρμανσης κατά τη χειμερινή περίοδο. Ταυτόχρονα, τα κτίρια στα οποία εφαρμόζεται θερμοστατικός έλεγχος αυξάνουν την ενεργειακή κατανάλωση των συστημάτων ψύξης-θέρμανσης.

Προκύπτει λοιπόν η ανάγκη για βελτίωση του ενεργειακού σχεδιασμού των κτιρίων, αξιοποίηση και υιοθέτηση πιο φιλικών προς το περιβάλλον τεχνολογιών και γενικότερα η ευρύτερη αναθεώρηση του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας με τη βοήθεια στρατηγικών μέτρων και δράσεων που θεσπίζονται σε εθνικό επίπεδο. Οι δράσεις που σχετίζονται με την ενεργειακή κατανάλωση και την περιβαλλοντική ποιότητα του δομημένου περιβάλλοντος οφείλουν να στοχεύουν:

I. Στη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης του κτιριακού τομέα και παράλληλα στην μείωση της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας

II. Στη σημαντική αύξηση της συμβολής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο κτιριακό ενεργειακό ισοζύγιο

III. Στη δραστική μείωση του ηλεκτρικού φορτίου αιχμής

IV. Στη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από τον κτιριακό τομέα

V. Στη δραστική μείωση της ενεργειακής ένδειας στην χώρα

VI. Στην προστασία των ευπαθών ομάδων κατά την διάρκεια ακραίων φαινομένων.

VII. Στη βελτίωση της ποιότητας των εσωτερικών συνθηκών και την αντιμετώπιση του προβλήματος της εσωτερικής ρύπανσης.

VIII. Στη βελτίωση της ποιότητας του οικιστικού περιβάλλοντος.

IX. Στην τόνωση του κατασκευαστικού τομέα και την βελτίωση των επενδύσεων στην χώρα.

X. Στην ενδυνάμωση της Ελληνικής κατασκευαστικής βιομηχανίας υλικών και συστημάτων και την βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της.

XI. Στην αύξηση της προσφοράς εργασίας στο ελληνικό τεχνικό δυναμικό και ιδίως στους νέους επιστήμονες.

Προς αυτή την κατεύθυνση κινούνται τα τελευταία χρόνια οι νομοθετικές ρυθμίσεις που αφορούν στην εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα, τόσο σε Κοινοτικό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Αρχικά η ΕΕ με τη θέσπιση των Οδηγιών και έπειτα τα κράτη μέλη με την εναρμόνιση και μεταφορά στο εθνικό δίκαιο των απαραίτητων διατάξεων, προσπαθούν αμφότεροι για τη χάραξη μιας νέας ενεργειακής πολιτικής στον τομέα των κτιρίων που θα ωφελήσει πολλαπλώς το περιβάλλον και θα διευκολύνει επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί για μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και για προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Στα κεφάλαια που ακολουθούν εξετάζεται το περιεχόμενο του Κοινοτικού και Εθνικού δικαίου καθώς και συμπεράσματα και σχόλια που προκύπτουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΔΙΚΑΙΟ

2.1. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2002/91/ΕU

Σε Ευρωπαϊκό επίπεδο, πριν από δέκα χρόνια περίπου, την 16η Δεκεμβρίου 2002, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξέδωσαν την Οδηγία 2002/91/ΕΚ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων [27]. Ο στόχος της παρούσας οδηγίας είναι η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων σε κοινοτικό επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη τις εξωτερικές κλιματολογικές και τοπικές συνθήκες, καθώς και τις κλιματικές απαιτήσεις των εσωτερικών χώρων και τη σχέση κόστους-οφέλους.

Η αυξημένη ενεργειακή απόδοση γενικότερα, κατέχει σημαντικό μέρος της δέσμης των μέτρων που πρέπει να ληφθούν σε επίπεδο κρατών, για την συμμόρφωση με το Πρωτόκολλο του Κιότο (σημείο 3 του Προοιμίου). Η Ελλάδα υπέγραψε το Πρωτόκολλο τον Απρίλιο του 1998 και η κύρωση αυτού έγινε με το Νόμο 3017/2002 (ΦΕΚ Α'117) [27]. Ειδικότερα, αναφορικά με τον κτιριακό τομέα, το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης ζήτησε τη λήψη ειδικών μέτρων σχετικά με τη διαχείριση της ενεργειακής ζήτησης, στα συμπεράσματα της 30ης Μαΐου 2000 και 5ης Δεκεμβρίου 2000. Σύμφωνα με την οδηγία, ο τομέας της κατοικίας και ο τριτογενής τομέας (που αφορά κυρίως κτίρια), συμμετέχουν σε ποσοστό άνω του 40% στην τελική κατανάλωση ενέργειας, σε κοινοτικό επίπεδο. Το ποσοστό αυτό παρουσιάζει αυξητικές τάσεις με αποτέλεσμα την αύξηση τόσο στην ενεργειακή κατανάλωση όσο και στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (σημείο 6 του Προοιμίου). Για το λόγο αυτό, σύμφωνα και με τις αρχές της επικουρικότητας και της αναλογικότητας, τα κράτη μέλη θα πρέπει να θεσπίσουν μέτρα και πολιτικές για την ενεργειακή απόδοση και εξοικονόμηση, που ανταποκρίνονται καλύτερα στην υφιστάμενη κατάστασή τους και να συμμορφωθούν με την οδηγία το αργότερο μέχρι τις 4 Ιανουαρίου 2006.

Το περιεχόμενο της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2002/91, αφορά στον έλεγχο της ενεργειακής απόδοσης τόσο για τα νέα κτίρια όσο και για τα υφιστάμενα. Συγκεκριμένα, ορίζει πως τα νέα κτίρια θα πρέπει να ικανοποιούν τις ελάχιστες απαιτήσεις της ενεργειακής απόδοσης, προσαρμοσμένες στο τοπικό κλίμα (σημείο 12 του Προοιμίου). Αναγκαία καθίσταται η εξέταση και αξιοποίηση εναλλακτικών συστημάτων ενεργειακού εφοδιασμού για τις νεόδμητες κατασκευές, στα πλαίσια μέτρων ενεργειακής διατήρησης που ορίζει το κάθε κράτος μέλος. Γεγονός όμως αποτελεί, ότι μοναδικό κριτήριο για τον κατάλογο μέτρων που θεσπίζεται σε εθνικό επίπεδο, σύμφωνα με την οδηγία (σημείο 12 του Προοιμίου), είναι η σχέση κόστους-οφέλους. Από την άλλη πλευρά, η βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των υφιστάμενων κτιρίων δεν αφορά μόνο στην συνολική ανακαίνισή τους αλλά και στην μερική βελτίωση των συστημάτων που συμμετέχουν κατά μείζονα βαθμό στην ενεργειακή κατανάλωση, όπως συστήματα θέρμανσης και ψύξης. Αμφότερα όμως τα

κτίρια θα πρέπει κατά την κατασκευή, την πώληση ή την εκμίσθωσή τους να συνοδεύονται από πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης δεκαετούς ισχύος, το οποίο θα περιλαμβάνει και συστάσεις για βελτίωση σε σχέση με το κόστος (Άρθρο 7).

Οι ενεργειακές ανάγκες του κτιριακού τομέα διαφοροποιούνται ανάλογα με την εποχή και κυρίως από την εκτεταμένη χρήση ενεργητικών συστημάτων ψύξης και θέρμανσης. Σύμφωνα και με την παρούσα οδηγία, τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση των συσκευών κλιματισμού στις χώρες της Νοτίου Ευρώπης με σοβαρότατες συνέπειες στο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω αυξημένης ζήτησης σε ώρες αιχμής, και στο εθνικό ενεργειακό ισοζύγιο. Ως εκ τούτου, προτεραιότητα δίδεται σε στρατηγικές που αφορούν στην βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων την περίοδο του καλοκαιριού. Ειδικότερα, η Οδηγία προωθεί την ανάπτυξη των τεχνικών παθητικής ψύξης που συμβάλλουν στη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού κλίματος και του μικροκλίματος. Η έννοια του μικροκλίματος και ο ρόλος που διαδραματίζει στην ενεργειακή συμπεριφορά ενός κτιρίου, είναι θέματα που μελετήθηκαν εκτενώς σε τεχνικό επίπεδο στο πρώτο μέρος της παρούσας εργασίας και τα οποία θα μας απασχολήσουν περαιτέρω, λόγω της ασάφειας που παρουσιάζουν, σε θεσμικό επίπεδο, στον προσδιορισμό τους και στο βαθμό που συμμετέχουν στην τελική πιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης. Ωστόσο ζήτημα αποτελεί και το γεγονός ότι δύναται να εξαιρεθούν από την διαδικασία εφαρμογής των ελαχίστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης, τα κτίρια με προβλεπόμενη χρήση λιγότερη των τεσσάρων μηνών (Άρθρο 4, Παρ. 3).

Αξίζει να τονιστεί ότι, η έννοια της εξοικονόμησης ενέργειας στον κτιριακό τομέα έχει απασχολήσει την ΕΕ και νωρίτερα στο πλαίσιο της Οδηγίας 89/106/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21^{ης} Δεκεμβρίου 1998 για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών όσον αφορά τα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών [28]. Η εν λόγω Οδηγία, προϋποθέτει την διαμόρφωση των δομικών κατασκευών και των συστημάτων ψύξης, θέρμανσης, αερισμού κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση κατά τη χρήση, ανάλογα πάντα με τα κλιματικά δεδομένα του τόπου και τους χρήστες. Εκτός όμως από τα κλιματικά δεδομένα, το μικροκλίμα και τη σχέση κόστους-οφέλους που λαμβάνονται υπόψη για την ενεργειακή μελέτη των κτιρίων, θωρείται επίσης και το δομημένο περιβάλλον αφού για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης συνυπολογίζονται και τα συστήματα κεντρικής θέρμανσης και ψύξης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου (Παράρτημα Ι).

Η Οδηγία 2002/91/ΕΚ θέτει τις βάσεις μίας ολοκληρωμένης στρατηγικής για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, με σκοπό τόσο την σταθερότητα του ενεργειακού εθνικού ισοζυγίου, όσο και την μείωση των εκπομπών ρύπων κατά την κατασκευή και λειτουργία των κτιρίων. Ως δράση όμως παρουσιάζει κάποιες ελλείψεις σχετικά με την σαφήνεια σημαντικών όρων και την πληρότητα του γενικότερου περιεχομένου της. Κατά συνέπεια, κρίθηκε αναγκαία η αναδιατύπωση της οδηγίας ώστε να γίνουν περαιτέρω τροποποιήσεις και για το λόγο αυτό το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξέδωσαν την Οδηγία 2010/31/ΕΕ την 19^{η} Μαΐου 2010.

2.2. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2010/31/ΕC

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 19ης Μαΐου 2010, εξέδωσαν την Οδηγία 2010/31/ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων [29]. Η Οδηγία αυτή αποτελεί αναδιατύπωση της προηγηθείσας Οδηγίας 2002/91/ΕC η οποία έχρηζε περαιτέρω σαφήνειας των όρων και ενίσχυσης του περιεχομένου της, θέτοντας πιο φιλόδοξους στόχους για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων.

Στο χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο Οδηγιών, η ανάγκη για μείωση της ενεργειακής απόδοσης στον κτιριακό τομέα αποκτά μεγαλύτερη σημασία και αποτελεί κύριο στοιχείο της πολιτικής δράσης των Κρατών. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει η Οδηγία 2010/31/ΕΕ, η λήψη κατάλληλων μέτρων για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας σε επίπεδο κρατών, θα επέτρεπαν τη συμμόρφωση προς το Πρωτόκολλο του Κιότο [27], της σύμβασης πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή UNFCCC, καθώς και την εκπλήρωση τόσο της μακροπρόθεσμης δέσμευσης για τη διατήρηση της ανόδου της θερμοκρασίας της Γης κάτω από τους 2°C, όσο και της δέσμευσης για μείωση κατά 20 % των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου έως το 2020 (σημείο 3 του Προοιμίου). Χρειάζεται να σημειωθεί ότι, η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων είναι άμεσα συνυφασμένη με την μείωση των εκπομπών CO_2 που αποτελεί εθνικό δεσμευτικό στόχο σύμφωνα με την απόφαση 406/2009/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009 [30]. Η τάση από πλευράς ΕΕ για χάραξη μιας ολοκληρωμένης ενεργειακής πολιτικής και συλλογικής δράσης πάνω στην εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια, προκύπτει και από το σημείο 8 του Προοιμίου της παρούσας Οδηγίας, όπου αναφέρεται η απαίτηση για θέσπιση πιο συγκεκριμένων δράσεων με σκοπό την αξιοποίηση του ανεκμετάλλευτου δυναμικού εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια και μείωση των διαφορών των επιδόσεων μεταξύ των κρατών στον τομέα αυτό.

Κοινοτοπία των δύο Οδηγιών αποτελεί το γεγονός ότι η ενεργειακή απόδοση των κτιρίων θα πρέπει να υπολογίζεται με βάση μεθοδολογία που δύναται να διαφοροποιείται σε περιφερειακό επίπεδο και συνάμα ότι δίδεται προτεραιότητα σε στρατηγικές που βελτιώνουν τις θερμικές επιδόσεις των κτιρίων κατά την θερινή περίοδο. Ωστόσο στην αναδιατύπωση της αρχικής Οδηγίας αναφέρεται συγκεκριμένα ότι η μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης δεν θα πρέπει να στηρίζεται μόνο στην εποχή κατά την οποία απαιτείται θέρμανση αλλά θα πρέπει να καλύπτει την ετήσια ενεργειακή απόδοση του κτιρίου και των δομικών του υλικών (σημείο 9 του Προοιμίου). Η παραπάνω πρόβλεψη εντάσσεται σε μία καταρχάς θετική προσέγγιση από πλευράς ΕΕ, ως προς την πλήρη θεώρηση και βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων. Προβλέπεται όμως ότι η ευθύνη από πλευράς κρατών για τη θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και των δομικών στοιχείων, αφορά στην επίτευξη της βέλτιστης από πλευράς κόστους ισορροπίας μεταξύ των συναφών επενδύσεων και των ενεργειακών δαπανών. Το γεγονός αυτό, που θα μπορούσε να ενταχθεί στα αρνητικά της Οδηγίας,

δημιουργεί ένα «περιβαλλοντικό κενό» στο περιεχόμενο της Οδηγίας, εφόσον η σκοπιά υπό την οποία μελετάται η εξοικονόμηση της ενεργειακής κατανάλωσης και οι σχετικές με αυτήν δράσεις, δεν αφορά στην περιβαλλοντική θεώρηση των δράσεων και δεν εξετάζει το συνολικό οικολογικό τους αποτύπωμα, αλλά επιλέγει ένα περισσότερο οικονομικό προσανατολισμό.

Ένας σημαντικός τομέας που οφείλει να αποτελεί παράδειγμα ενεργειακής συμπεριφοράς και να πρωτοστατεί σε θέματα παρεμβάσεων για την βέλτιστη ενεργειακή απόδοση είναι εκείνος των κτιρίων που στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες, σύμφωνα με το σημείο 21 του Προοιμίου. Οι σχετικές ρυθμίσεις εντάσσονται στα θετικά της Οδηγίας και καταμαρτυρούν τη βούληση του Κοινοτικού νομοθέτη, τα δημόσια κτίρια να αποτελέσουν τους «οδηγούς» ως προς τα ζητήματα της εξοικονόμησης ενέργειας. Επομένως, σύμφωνα και με το περιεχόμενο της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ, τα σχέδια και οι δράσεις που θεσπίζονται σε εθνικό επίπεδο για το σκοπό αυτό, θα πρέπει πρωτίστως να θέτουν φιλόδοξους στόχους για τα κτίρια που εξυπηρετούν δημόσιες λειτουργίες και τα οποία θα υπόκεινται σε τακτικές ενεργειακές πιστοποιήσεις. Οι πληροφορίες σχετικά με την ενεργειακή απόδοση των εν λόγω κτιρίων, που αφορούν δημόσιες αρχές και εκείνων που επισκέπτονται συχνά το κοινό, θα πρέπει να αναρτώνται σε περίοπτη θέση και να περιλαμβάνουν το πιστοποιητικό ενεργειακής του απόδοσης (σημείο 24).

Αξίζει να υπογραμμιστεί ότι, για πρώτη φορά, η παρούσα Οδηγία εισάγει την έννοια των «κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας» (σημείο 17). Το γεγονός αυτό συνιστά μία καινοτόμο προσθήκη και πολύ δραστική ενέργεια από πλευράς ΕΕ, η οποία θέτει πιο αυστηρά κριτήρια σχετικά με την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων [45]. Σύμφωνα με τον ορισμό που δίδεται στο Άρθρο 2 Παράγραφος 2 της παρούσας Οδηγίας, δημιουργείται η τάση για κτίρια με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση. Η σχεδόν μηδενική ή ελάχιστη ποσότητα ενέργειας που απαιτείται, θα πρέπει να συνίσταται σε πολύ μεγάλο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές, περιλαμβανομένης της παραγόμενης επιτόπου ή πλησίον του κτιρίου. Οι υποχρεώσεις από πλευράς κρατών μελών, σχετικά με την υιοθέτηση της νέας αυτής έννοιας κτιρίων, είναι εξίσου αυστηρές, τόσο για τα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές όσο και για τον ευρύτερο κτιριακό τομέα, εφόσον ορίζεται σύμφωνα με το Άρθρο 9 ότι όλα τα νέα κτίρια θα πρέπει να αποτελούν κτίρια με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020 και αντίστοιχα θα πρέπει τον ίδιο ρόλο να εκπροσωπούν τα κτίρια που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους έως τις 31 Δεκεμβρίου 2018. Ωστόσο σύμφωνα με την παράγραφο 3 του ιδίου Άρθρου, τα εθνικά σχέδια που καταρτίζονται για την αύξηση του αριθμού των εν λόγω κτιρίων, θα πρέπει να περιλαμβάνουν και τους ενδιάμεσους στόχους για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των νέων κτιρίων έως το 2015.

Επιπλέον, ένα ζήτημα που χρήζει περαιτέρω διευκρίνησης και προκύπτει από το περιεχόμενο του Άρθρου 9, Παράγραφος 6, είναι ότι ένα Κράτος Μέλος δύναται να εξαιρέσει από τις απαιτήσεις της Παραγράφου 1, στοιχεία α) και β), όλα τα νέα κτίρια καθώς και εκείνα που στεγάζουν δημόσιες αρχές ή είναι ιδιοκτησίας τους, για τα οποία η ανάλυση της σχέσης κόστους-οφέλους για τον οικονομικό κύκλο ζωής του

κτιρίου έχει αρνητικό αποτέλεσμα. Η πρόβλεψη της διακριτικής αυτής ευχέρειας θα μπορούσε να θεωρηθεί ως υπαναχώρηση και πιθανό μειονέκτημα στην προσπάθεια εισαγωγής μιας νέας έννοιας-κατηγορίας κτιρίων. Παρά τα προαναφερθέντα, στο σύνολό της η θέσπιση αυτή της νέας έννοιας κτιρίων, συμβάλλει στην ενίσχυση του εθνικού κτιριακού τομέα και προσδίδει στον όρο «σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας», σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας. Πρόκειται για μία σημαντική καινοτομία στον τομέα του Κοινοτικού Δικαίου, αφού η τάση που δημιουργείται προς τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης σηματοδοτεί μία νέα εποχή στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στην ανάλυση της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ, δύναται να εξαιρεθούν από την έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης τα κτίρια με προβλεπόμενη χρήση μικρότερη των τεσσάρων μηνών και το γεγονός αυτό χρήζει περαιτέρω διευκρίνησης. Η συγκεκριμένη ρύθμιση, που κατατάσσεται στα αρνητικά της αρχικής Οδηγίας 2002/91, φαίνεται να «βελτιώνεται» με τις νέες προβλέψεις του Άρθρου 4, Παράγραφος 2δ της νέας Οδηγίας 2010/31. Ως εκ τούτου, η αναδιατύπωση της Οδηγίας προχωρά σε επιπλέον ανάλυση των κτιρίων που δύνανται να εξαιρεθούν, αναφέροντας ότι θα πρέπει τα εν λόγω κτίρια να έχουν αναμενόμενη ενεργειακή κατανάλωση, μικρότερη του 25% εκείνης που θα προέκυπτε από χρήση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Άρθρο 4, Παράγραφος 2δ). Αξίζει επιπλέον να τονιστεί ότι, συγκριτικά με την προηγούμενη Οδηγία 2002/91 ενισχύεται σημαντικά το περιεχόμενο του Παραρτήματος Ι της Οδηγίας 2010/31/ΕΕ σχετικά με τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Συγκεκριμένα τα επιπλέον στοιχεία που προσετέθησαν στο Παράρτημα και λαμβάνονται υπόψη για τον καθορισμό της μεθοδολογίας, είναι ο σχεδιασμός του κτιρίου και τα εσωτερικά του φορτία. Επιπλέον γίνεται πιο σαφής καθορισμός των θερμικών χαρακτηριστικών του κτιρίου που λαμβάνονται υπόψη και αφορούν: τη θερμοχωρητικότητα, τη μόνωση, την παθητική θέρμανση, τα στοιχεία ψύξης και τις θερμικές γέφυρες.

Ένα τελευταίο σημείο που παρουσιάζει ενδιαφέρον και συγκαταλέγεται στα αρνητικά της Οδηγίας, βρίσκεται στο Άρθρο 2 Παράγραφος 14α, το οποίο δίνει τον ορισμό του «βέλτιστου από πλευράς κόστους επιπέδου». Διαπιστώνεται από το περιεχόμενο και των δύο Οδηγιών ότι η σχέση κόστους-οφέλους αποτελεί κοινό παρονομαστή τόσο για τον προσδιορισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, όσο και για τα εθνικά σχέδια που καταρτίζονται. Το βέλτιστο από πλευράς κόστους επίπεδο αφορά και στην επιλογή των δομικών υλικών. Ωστόσο αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι το χαμηλότερο κόστος καθορίζεται λαμβανομένου υπόψη του κόστους ενεργειακών επενδύσεων, του κόστους συντήρησης και λειτουργίας και των δαπανών διάθεσης. Προκύπτει λοιπόν ότι εξ' ορισμού η επιλογή των βέλτιστων από πλευράς κόστους δομικών υλικών, δεν λαμβάνει υπόψη επιπλέον στοιχεία που διαμορφώνουν το τελικό τους ενεργειακό αποτύπωμα, όπως για παράδειγμα την ενέργεια που δαπανάται για την εξόρυξη και μεταποίηση των επιλεχθέντων υλικών [44].

Η έκδοση των δύο ανωτέρω Οδηγιών, αποτελεί μία οργανωμένη και σχεδιασμένη προσπάθεια για μία Ευρωπαϊκή στρατηγική όσον αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα. Οι νομοθετικές αυτές πρωτοβουλίες

αποσκοπούν και εν τέλει επιτυγχάνουν να διαμορφώσουν το Κοινοτικό πλαίσιο εκείνο που ενδείκνυται για μία πιο εναρμονισμένη στρατηγική στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια. Οι σχετικές δράσεις και ενέργειες συνιστούν σε μεγάλο βαθμό μία σημαντική πρωτοβουλία από πλευράς ΕΕ για τον έλεγχο και τη μείωση του ενεργειακού ισοζυγίου στον τομέα των κτιρίων, θέτοντας μάλιστα ως παράδειγμα λειτουργίας τα δημόσια κτίρια. Ωστόσο μια διεπιστημονική προσέγγιση των ανωτέρω Ευρωπαϊκών νομοθετικών ρυθμίσεων, αναδεικνύει επιπλέον στοιχεία που χρήζουν περαιτέρω σχολιασμού και διευκρίνησης.

Η χάραξη εθνικής στρατηγικής για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια έχει συγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα. Τα κράτη μέλη οφείλουν να θεσπίσουν και να δημοσιεύσουν το αργότερο μέχρι τις 9 Ιουλίου 2012, τις αναγκαίες νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις ώστε να συμμορφωθούν με τα Άρθρα 2 έως 18 και 20 έως 27. Για το λόγο αυτό, η μεταφορά στο εθνικό μας δίκαιο και η εναρμόνιση με την Οδηγία 2002/91/ΕΚ πραγματοποιήθηκε, με τον Νόμο 3661/2008 *«Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις»* ΦΕΚ 89Α/19.5.2008 [31], αλλά και την Υπουργική Απόφαση Δ6/Β/14826/2008 – ΦΕΚ 1122/Β΄/17.6.2008 *«Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα»* [32], με σκοπό την παρακολούθηση της επίτευξης των στόχων της εθνικής ενεργειακής πολιτικής για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, έπειτα από μια μακρά καθυστέρηση και δυστυχώς μετά από σχετική καταδικαστική απόφαση του Δικαστηρίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (Απόφαση της 17^{ης} Ιανουαρίου 2008 του ΔΕΚ, υπόθεση C-342/07).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΕΘΝΙΚΟ ΔΙΚΑΙΟ

Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά και μεγέθη για κάθε κράτος. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαία η θέσπιση εθνικού νομοθετικού πλαισίου που θα αφορά στη ενεργειακή απόδοση των κτιρίων και θα ενσωματώνει μεν τις σχετικές ιδιαιτερότητες του κάθε κράτους, θα αποσκοπεί όμως στην επίτευξη του κοινού στόχου όπως αυτός διαμορφώνεται από τις Ευρωπαϊκές Οδηγίες. Βάσει του Άρθρου 1, Παράγραφος 3, οι απαιτήσεις που θέτονται στην παρούσα Οδηγία αποτελούν ελάχιστες απαιτήσεις και δεν εμποδίζουν τα κράτη μέλη να διατηρούν ή να θεσπίζουν αυστηρότερα μέτρα. Αυτό σημαίνει ότι με την εν λόγω διάταξη εισάγεται ένα επίπεδο ελάχιστης εναρμόνισης για τα Κράτη Μέλη. Η Ελληνική έννομη τάξη, προέβη στην θέσπιση Νόμου αλλά και Προεδρικών Διαταγμάτων με τα οποία εναρμονίζεται η Ελληνική νομοθεσία με τους στόχους που θέτει το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2002, στον κτιριακό τομέα [31,36,37]. Σημειώνεται όμως ότι η εναρμόνιση πραγματοποιήθηκε κατόπιν μεγάλης καθυστέρησης και έπειτα από σχετική καταδικαστική απόφαση του Δικαστηρίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, λόγω της μη εμπρόθεσμης εφαρμογής της Οδηγίας, ΔΕΚ, Υπόθεση C-342/07, 17.1.2008.

3.1. Νόμος 3661/2008

Το πρώτο σημαντικό βήμα για την Ελληνική εναρμόνιση αποτελεί η θέσπιση του Νόμου 3661 *«Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις»* [31]. Με το νόμο αυτό το Ελληνικό Κράτος ορίζει σε εθνικό επίπεδο, τα συγκεκριμένα κριτήρια και τη μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, βάσει του γενικού πλαισίου που καθορίζεται στο Παράρτημα Ι, της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2002/91/ΕΚ. Τα στοιχεία αυτά επανεξετάζονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα τα οποία δεν μπορεί να είναι μικρότερα των δύο ετών, έναντι των ελάχιστων απαιτήσεων για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων που αναθεωρούνται τουλάχιστον κάθε πενταετία, λαμβανομένης υπόψη της τεχνικής προόδου στον τομέα των κτιριακών κατασκευών.

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο είναι ότι στο Άρθρο 3, Παράγραφος 1, του εν λόγω Νόμου ορίζεται πως με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας, Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος εγκρίνεται ο Κανονισμός ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, εντός έξι μηνών από την έναρξη ισχύος του Νόμου [31,33]. Επιπροσθέτως, ο Νόμος 3661/2008 ορίζει το περιεχόμενο και τη διαδικασία του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης και τη δράση των αρμόδιων για αυτό προσώπων, ενώ προβλέπει και την επιβολή προστίμων σε περίπτωση μη συμμόρφωσης. Παρακάτω εξετάζουμε μερικά

σημεία που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, σε σχέση με το περιεχόμενο του Νόμου και συνδέονται κυρίως με την ουσία της παρούσας εργασίας.

Άρθρα 4-5. Στα συγκεκριμένα άρθρα που αφορούν τα νέα και τα υφιστάμενα κτίρια αντίστοιχα, όπως αυτά ορίζονται στο Άρθρο 2 του παρόντος νόμου, αναφέρεται ότι για τα νέα κτίρια συνολικής επιφάνειας άνω των χιλίων τ.μ., πριν την έναρξη της ανέγερσης, πρέπει να εκπονείται μελέτη η οποία περιλαμβάνει την τεχνική, περιβαλλοντική και οικονομική σκοπιμότητα εγκατάστασης τουλάχιστον ενός εκ των εναλλακτικών συστημάτων παροχής ενέργειας. Παρά το γεγονός ότι η συγκεκριμένη ρύθμιση είναι ρύθμιση εναρμόνισης (Άρθρο 5 και 6, Οδηγία 2002/91) και ενισχύει την προώθηση της ενεργειακής απόδοσης στον τομέα των κτιρίων, εντούτοις η εφαρμοσιμότητά της είναι αμφίβολη, εξαιτίας του ότι ο Νόμος δεν συνεπάγεται την ταυτόχρονη θέσπιση των απαραίτητων κινήτρων. Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στην Ελλάδα ένας σημαντικός αριθμός κτιρίων με ωφέλιμη επιφάνεια άνω των χιλίων τ.μ. αφορά σε οικοδομικά τετράγωνα διαμερισμάτων. Για τον οικιακό τομέα δεν παρέχονται κίνητρα και μηχανισμοί χρηματοδότησης για την ένταξη των ανανεώσιμων ή άλλων καινοτόμων τεχνολογιών, παρά το γεγονός ότι ο οικιακός τομέας καταναλώνει το μεγαλύτερο ποσό ενέργειας του κτιριακού τομέα [34]. Επιπλέον, στο Άρθρο 5, αναφέρεται ότι οι ελάχιστες απαιτήσεις που ορίζει ο Κανονισμός για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, θεσπίζονται είτε για το ανακαινιζόμενο κτίριο ως σύνολο είτε μόνο για τις ανακαινιζόμενες εγκαταστάσεις ή τα δομικά στοιχεία αυτού. Ταυτόχρονα όμως, όπως ορίζεται στην Παράγραφο 2 του παρόντος, είναι δυνατόν οι απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης να εφαρμόζονται και στις ριζικές ανακαινίσεις κτιρίων, συνολικής επιφάνειας κάτω των χιλίων τ.μ., όταν αυτό αποτελεί κοινή απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Το γεγονός αυτό δημιουργεί επιπλέον περιθώρια στην εφαρμογή των απαιτήσεων από πλευράς Κράτους, εφόσον δεν καθιστά το στοιχείο αυτό υποχρεωτικό, αν και εν γένει είναι ένα μάλλον θετικό στοιχείο στο περιεχόμενο του παρόντος Νόμου.

Άρθρο 11. Το συγκεκριμένο άρθρο αναφέρεται στις κατηγορίες κτιρίων που δεν εμπίπτουν στο πεδίο εφαρμογής του Νόμου 3661 και ενσωματώνει το Άρθρο 4 Παράγραφος 3 της Οδηγίας 2002/91/ΕΕ. Γεγονός αποτελεί ότι ο Έλληνας νομοθέτης υιοθετεί το περιεχόμενο του άρθρου της Ευρωπαϊκής Οδηγίας αυτούσιο, χωρίς να προβεί σε εξέταση των τοπικών αναγκών και ιδιαιτεροτήτων που εμφανίζονται. Το πρόβλημα δημιουργείται όσον αφορά στην εξαίρεση από την εφαρμογή των απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης, των κτιρίων με προβλεπόμενη χρήση μικρότερη των τεσσάρων μηνών. Στην Ελλάδα υπάρχει ένας σημαντικός αριθμός τέτοιων κτιρίων που χρησιμοποιούνται κυρίως κατά τη θερινή περίοδο. Οι αυξημένες θερμοκρασίες την περίοδο του καλοκαιριού στον ελλαδικό χώρο, έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση των καταναλισκόμενων φορτίων για ψύξη στον κτιριακό τομέα και ιδιαίτερα στις παραθεριστικές κατοικίες με μικρή προβλεπόμενη χρήση, οι οποίες τελικώς εξαιρούνται. Η παραπάνω νομοθετική προσέγγιση θεραπεύεται μεταγενέστερα με το Νόμο 3889/2010 (Άρθρο 24, Παράγραφος 4), με τον οποίο και

διαγράφεται η παραπάνω κατηγορία εξαίρεσης από το κείμενο του Νόμου [41]. Η παρέμβαση αυτή είναι προς θετική κατεύθυνση και στην ουσία επιβλήθηκε λόγω της διαφορετικής ρύθμισης που προβλέπεται στην Οδηγία 2002/91, Άρθρο 4. Με τον τρόπο αυτό δεν υφίσταται ως προς το σημείο αυτό αντίθεση με τις κοινοτικές ρυθμίσεις , ώστε να γίνεται λόγος για εσφαλμένη εναρμόνιση.

Είναι γεγονός ότι η ελληνική εναρμόνιση συνιστά μία θεμελιώδη μεταρρύθμιση για το εθνικό ρυθμιστικό πλαίσιο. Το πλαίσιο αυτό έχει ως προτεραιότητα και βασικό στόχο να διασφαλίσει και να διαχειριστεί το ενεργειακό ισοζύγιο του κτιριακού τομέα, αλλά και να εξασφαλίσει μία βιώσιμη ανάπτυξη σύμφωνα με της Οδηγίες της ΕΕ. Ο παρών Νόμος δεν αποτελεί τη μοναδική προσπάθεια προς αυτή την κατεύθυνση. Για τη χάραξη μιας ολοκληρωμένης ενεργειακής πολιτικής, ακολούθησαν και άλλοι Νόμοι και νομοθετικές ρυθμίσεις που εξετάζουμε παρακάτω, με κύριο σταθμό την ψήφιση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων.

3.2. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων – ΚΕΝΑΚ

Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ) που εγκρίθηκε με την Δ6/Β/οικ.5825/30.03.2010 Κοινή Απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΦΕΚ Β΄407) [33], συνιστά το πρώτο νομοθετικό κείμενο ώστε να υπάρξει το αναγκαίο πλαίσιο των κανονιστικών ρυθμίσεων για την πλήρη εφαρμογή του Νόμου 3661/2008 (ΦΕΚ Α΄89) [31], όπως τροποποιήθηκε με το Άρθρο 10 του Νόμου 3851/2010 (ΦΕΚ Α΄85) [35], για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Το όλο εγχείρημα συμπληρώνεται και με τα Προεδρικά Διατάγματα 100/2010 [36] και 72/2010 [37]. Με τον ΚΕΝΑΚ, θεσμοθετείται ο ολοκληρωμένος ενεργειακός σχεδιασμός στον κτιριακό τομέα με σκοπό τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσής των κτιρίων, την εξοικονόμηση ενέργειας και την προστασία του περιβάλλοντος. Η απόφαση αυτή διαμορφώνει το πλαίσιο αρχών και καθορίζει τους όρους και τις προϋποθέσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, με συγκεκριμένες δράσεις:

1. Εκπόνηση Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
2. Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης κτιρίων
3. Ενεργειακή Κατάταξη Κτιρίων (Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης)
4. Ενεργειακές Επιθεωρήσεις κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και κλιματισμού

Η *Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων* συνιστά μία καινούργια έννοια η οποία για πρώτη φορά αντικαθιστά την μέχρι τότε ισχύουσα μελέτη θερμομόνωσης σύμφωνα με το Άρθρο 13, Παράγραφος 2, του Νόμου 3661/2008. Στο Νόμο αυτό, στο Άρθρο 11 εξαιρούνται από το πεδίο εφαρμογής του νόμου τα υφιστάμενα κτίρια τα οποία προορίζονται για χρήση που δεν υπερβαίνει του τέσσερις μήνες κάθε έτος. Το γεγονός αυτό συνιστά αυτούσια υιοθέτηση των προβλεπόμενων του Άρθρου 4, Παράγραφος 3, της Οδηγίας 2002/91/ΕΚ. Δύο χρόνια αργότερα, ο ΚΕΝΑΚ με το Άρθρο 2, Παράγραφος 1 στο πλαίσιο καθορισμού του πεδίου εφαρμογής του, λαμβάνει υπόψη τα κτίρια που προβλέπονται στα Άρθρα 3, 4 και 11 του Νόμου 3661/2008. Συνεπώς, εξακολουθεί να υφίσταται το πρόβλημα που εντοπίζεται με την εξαίρεση από την ενεργειακή μελέτη, των κτιρίων με μικρή προβλεπόμενη χρήση. Έχει όμως σημασία να αναφερθεί ότι η παραπάνω ρύθμιση του ΚΕΝΑΚ διαφοροποιήθηκε στη συνέχεια λόγω της κατάργησης της προβλεπόμενης σχετικής εξαίρεσης με την Παράγραφο 4 του Άρθρου 28 του Νόμου 3889/2010, υπό το φώς και της σχετικής διαφορετικής ρύθμισης της νέας Οδηγίας 2010/31. Με τον τρόπο αυτό, η Ελληνική νομοθετική εξουσία, λαμβάνει υπόψη τις ιδιαιτερότητες που παρουσιάζει ο ελληνικός κτιριακός τομέας και παράλληλα με σχετική εγκύκλιο που εκδίδει το ΥΠΕΚΑ με θέμα την εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ [41], ορίζεται ότι:

Η υποβολή της Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης επιβάλλεται επίσης για την έκδοση οικοδομικής άδειας και στην περίπτωση κτιρίων κατοικίας που προορίζονται για χρήση που δεν υπερβαίνει τους τέσσερις μήνες (παραθεριστικές κατοικίες), για τα οποία ο φάκελος θα υποβληθεί μετά τη δημοσίευση σε Φύλλο Εφημερίδας της Κυβέρνησης του νόμου «Χρηματοδότηση Περιβαλλοντικών Παρεμβάσεων, Πράσινο Ταμείο, Κύρωση Δασικών Χαρτών και άλλες διατάξεις».

Η *Θέσπιση ελάχιστων απαιτήσεων* πραγματοποιείται στο Άρθρο 4 του ΚΕΝΑΚ, με τον προσδιορισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, βάση μεθοδολογίας υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας η οποία περιλαμβάνει:

- ∴ Την χρήση του κτιρίου, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος, τα χαρακτηριστικά λειτουργίας και τον αριθμό των χρηστών.
- ∴ Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου (θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου, ηλιακή ακτινοβολία).
- ∴ Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους σε σχέση με τον προσανατολισμό και τα χαρακτηριστικά των εσωτερικών δομικών στοιχείων.
- ∴ Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους.
- ∴ Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης θέρμανσης χώρων.
- ∴ Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης ψύξης/κλιματισμού.
- ∴ Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης μηχανικού αερισμού.
- ∴ Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.
- ∴ Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης φωτισμού για τα κτίρια του τριτογενή τομέα.
- ∴ Τα παθητικά ηλιακά συστήματα.

Οδηγούμαστε στο συμπέρασμα, σύμφωνα με τις βασικές παραμέτρους (Άρθρο 4) που περιλαμβάνονται στην μεθοδολογία υπολογισμού, ότι πράγματι γίνεται συνεκτίμηση όλων των στοιχείων που επηρεάζουν στο μεγαλύτερο βαθμό την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου. Ειδικότερα, όσον αφορά την πολύ σημαντική έννοια του μικροκλίματος, που όπως αναφέραμε διαμορφώνει σημαντικά τις ενεργειακές ανάγκες των κτιρίων, υπάρχει έμμεση αναφορά, αφού εκτιμώνται οι βασικές παράμετροι που το καθορίζουν όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η ταχύτητα ανέμου. Ερώτημα βέβαια αποτελεί το γιατί σύμφωνα με τον ορισμό της «Συνολικής τελικής ενεργειακής κατανάλωσης κτιρίου» στο Άρθρο 3 του παρόντος Κανονισμού, κατά τον υπολογισμό του σε κατοικίες δεν συνεκτιμάται η ενέργεια που δαπανάται για φωτισμό.

Παράλληλα, ένα στοιχείο που δεν διευκρινίζεται επαρκώς στο περιεχόμενο του ΚΕΝΑΚ αλλά και στα υπόλοιπα νομικά κείμενα, είναι η τεχνική του φυσικού αερισμού και η συμβολή της στο ενεργειακό ισοζύγιο των κτιρίων, όπου αυτή εφαρμόζεται. Ειδικότερα, σύμφωνα με το Άρθρο 11 του ΚΕΝΑΚ, που καθορίζει το

περιεχόμενο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης, απαιτείται απλώς η τεκμηρίωση του σχεδιασμού και της χωροθέτησης των ανοιγμάτων ανά προσανατολισμό ανάλογα με τις ανάγκες για αερισμό. Αντίστοιχα στο Άρθρο 17 του παρόντος, που αφορά στην ενεργειακή επιθεώρηση εγκαταστάσεων κλιματισμού, οι προτάσεις που γίνονται για βελτίωση αφορούν στην ενεργειακή απόδοση και την αναβάθμιση των εγκαταστάσεων κλιματισμού. Ουδεμία αναφορά γίνεται λοιπόν στις τεχνικές φυσικού αερισμού και εν γένει τα παθητικά συστήματα ψύξης. Προκύπτει λοιπόν ότι αν ένα κτίριο δεν πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κατά την επιθεώρηση του, τότε προτείνεται η αναβάθμιση του μηχανικού συστήματος ψύξης που εφαρμόζει και όχι η υιοθέτηση εναλλακτικών τεχνικών αερισμού που δύνανται να ωφελήσουν σε μεγαλύτερο βαθμό την εξοικονόμηση ενέργειας.

Αδιαμφισβήτητα όμως ο ΚΕΝΑΚ συνιστά μία αξιόλογη προσπάθεια για την εκτίμηση των συνολικών φορτίων που καταναλώνονται για τις βασικές λειτουργίες του κτιριακού τομέα και αποτελεί βασικό και χρήσιμο εργαλείο για την εκτίμηση και βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς των νέων και υφιστάμενων κτιρίων. Η πλήρης όμως εφαρμογή του Νόμου 3661/2008 για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης στον κτιριακό τομέα, δεν ολοκληρώνεται μόνο με την Απόφαση του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων αλλά συμπληρωματικά με την θέσπιση εκ μέρους του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας τεσσάρων Τεχνικών Οδηγιών για την υποστήριξη της εφαρμογής του ΚΕΝΑΚ, σύμφωνα με την έγκριση της οικ. 17178/2010 Απόφασης της Υπουργού ΠΕΚΑ (ΦΕΚ Β΄1387) [38-41]. Οι Τεχνικές Οδηγίες του ΤΕΕ είναι:

α) ΤΟΤΕΕ20701−1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»,
β) ΤΟΤΕΕ20701−2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων»,
γ) ΤΟΤΕΕ20701−3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών»,
δ) ΤΟΤΕΕ20701−4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού»

Το *Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης* περιλαμβάνει μεταξύ άλλων, τα αποτελέσματα της αξιολόγησης του ενεργειακού επιθεωρητή και συστάσεις για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου, ώστε οι καταναλωτές να είναι σε θέση να συγκρίνουν και να αξιολογήσουν την πραγματική τους κατανάλωση και τις τυχόν δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης. Ωστόσο, σύμφωνα με το Άρθρο 15 του Κανονισμού, για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις, δεν αποτελεί υποχρέωση του Ενεργειακού Επιθεωρητή η ακριβής αποτύπωση του προς επιθεώρηση κτιρίου.

Η *Ενεργειακή Επιθεώρηση* αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο διάγνωσης της ενεργειακής κατάστασης των υφιστάμενων κτιρίων και των δυνατοτήτων βελτίωσής της, αλλά και της εφαρμογής της νομοθεσίας για την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων. Με την θέσπιση των προαναφερθέντων Τεχνικών Οδηγιών, ορίζονται πιο σαφή κριτήρια και μέθοδοι υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης στα κτίρια, ενώ αποτελούν βασικά εργαλεία στην δράση των ενεργειακών επιθεωρητών. Ο ιδιώτης Ενεργειακός Επιθεωρητής, που θα ενταχθεί σε Μητρώο Ενεργειακών Επιθεωρητών του ΥΠΕΚΑ, επιθεωρεί το κτίριο και το κατατάσσει σε ενεργειακή κατηγορία, βάσει του λόγου Τ που εκφράζει το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου αναφοράς, σύμφωνα με το Άρθρο 13 του ΚΕΝΑΚ.

Ένα άλλο πολύ σημαντικό ζήτημα που προκύπτει από τη μελέτη του Νόμου 3661/2008 είναι ότι για τον οικιακό τομέα δεν παρέχονται κίνητρα ή μηχανισμοί χρηματοδότησης, γεγονός που ισχύει και για τον ΚΕΝΑΚ. Το αρνητικό αυτό στοιχείο στο περιεχόμενο του Νόμου, φαίνεται να απασχολεί τον Έλληνα Νομοθέτη και για το λόγο αυτό στον μετέπειτα Νόμο 3851/2010 «Επιτάχυνση της ανάπτυξης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και άλλες διατάξεις σε θέματα αρμοδιότητας του ΥΠΕΚΑ», στο Άρθρο 10 ορίζεται ότι για εργασίες που αφορούν στη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και τη χρήση ΑΠΕ σε οικίες, μπορεί να παρέχεται χρηματοδότηση από το Πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων (Π.Δ.Ε.) [35].

Τα οφέλη από τον ΚΕΝΑΚ είναι οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά. Τα οικονομικά οφέλη αφορούν κυρίως στον περιορισμό των λειτουργικών εξόδων και εξόδων συντήρησης των κτιρίων, αλλά και στην αναθέρμανση της οικοδομικής δραστηριότητας και της βιομηχανίας δομικών υλικών. Τα κοινωνικά οφέλη αφορούν στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στη βελτίωση εθνικού ενεργειακού ισοζυγίου, ενώ τα περιβαλλοντικά οφέλη αφορούν στον περιορισμό των εκπομπών ρύπων, κυρίως διοξειδίου του άνθρακα, με σημαντική συμβολή στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και στην εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα.

Οι ανωτέρω πρωτοβουλίες από την ΕΕ και το Ελληνικό κράτος, συνιστούν σε μεγάλο βαθμό, μια σημαντική προσπάθεια για τη μείωση του ενεργειακού ισοζυγίου στον κτιριακό τομέα. Ωστόσο μια διεπιστημονική προσέγγιση του Κοινοτικού και Εθνικού νομοθετικού πλαισίου, όπως αναλύθηκε προηγουμένως, αναδεικνύει αρκετά σημεία που αξίζουν την προσοχή και περαιτέρω διευκρίνιση σχετικά με ορισμένες έννοιες που αφορούν σε φαινόμενα και τεχνικές, όπως η ΑΘΝ και το μικροκλίμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΚΕΝΑ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ ΚΟΙΝΟΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύσαμε τα πιο βασικά σημεία του Κοινοτικού και Εθνικού νομοθετικού πλαισίου σε ότι αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια. Αν και όπως αναφέρθηκε, συνίσταται μία σημαντική προσπάθεια για τον έλεγχο και την εξοικονόμηση των ενεργειακών δαπανών στον κτιριακό τομέα, με όλα τα οφέλη που συνεπάγονται της δράσης αυτής, θεωρούμε ότι δεν έχει επιτευχθεί ακόμα το τελικό στάδιο όσον αφορά στην πληρότητα των νομικών κειμένων και στη προσέγγιση και επίλυση της πραγματικής διάστασης του προβλήματος που δημιουργείται με την ενεργοβόρο λειτουργία των κτιρίων.

Αρχικά μία παράμετρος που δεν μελετάται πλήρως, ούτε στο Κοινοτικό αλλά ούτε και στο Εθνικό νομοθετικό πλαίσιο είναι το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ). Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται ως αποτέλεσμα των μικροκλιματικών αλλαγών που επέρχονται από τις ανθρώπινες παρεμβάσεις στην αστική επιφάνεια. Ειδικότερα, εκφράζεται ως η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικών και περιαστικών περιοχών και είναι υπεύθυνο σε μεγάλο βαθμό για την αύξηση των ενεργειακών δαπανών των κτιρίων, στα μεγάλα αστικά κέντρα, γεγονός που εξετάζεται εκτενώς στο πρώτο μέρος της εργασίας. Η δομή ενός αστικού ιστού επηρεάζει σημαντικά την ένταση του φαινομένου αυτού, γεγονός που μαρτυρά την επιτακτική ανάγκη για τον σαφή προσδιορισμό και την διαχείριση του φαινομένου και της επίδρασης που έχει στα καταναλισκόμενα φορτία του κτιριακού τομέα, από πλευράς νομοθετικών οργάνων της ΕΕ και των Κρατών-Μελών.

Ένα άλλο στοιχείο που χρήζει περαιτέρω σαφήνειας είναι ο όρος «μικροκλίμα». Γεγονός αποτελεί ότι και στις δύο Ευρωπαϊκές Οδηγίες, 2002/91/ΕΚ και 2010/31/ΕΕ, ο όρος αυτός αναφέρεται απλώς στα πλαίσια της ανάπτυξης των τεχνικών παθητικής ψύξης που οφείλουν να το βελτιώνουν. Σε κανένα άλλο σημείο των Ευρωπαϊκών νομικών κειμένων δεν αναφέρεται ο όρος αυτός. Σε ότι έχει να κάνει με την ελληνική εναρμόνιση, ο όρος του μικροκλίματος δεν αναφέρεται στο Νόμο 3661/2008, ούτε στο Νόμο 3851/2010, ενώ γίνεται μία απλή αναφορά στον ΚΕΝΑΚ. Συγκεκριμένα, ο Κανονισμός προβλέπει σαν ελάχιστη προδιαγραφή για το σχεδιασμό των κτιρίων, τη διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου για τη βελτίωση του μικροκλίματος. Ωστόσο, ο ΚΕΝΑΚ κάνει έμμεση αναφορά στον όρο αυτό, με τον υπολογισμό διαφόρων στοιχείων που το διαμορφώνουν, όπως θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ηλιακή ακτινοβολία, στο πλαίσιο του υπολογισμού της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία αποτελούν μία έμμεση αναφορά στον ουσιαστικό αυτό παράγοντα. Το μικροκλίμα είναι στοιχείο ιδιαίτερης σημασίας και από τεχνικής άποψης όπως προκύπτει από το πρώτο μέρος της εργασίας και συνεπώς θα πρέπει να ληφθεί υπόψη σε πιο λεπτομερή βάση, σε μία μελλοντική αναθεώρηση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας, ως ένα πιο ειδικό κριτήριο για την μελέτη της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων. Προς κοινό προσανατολισμό θα πρέπει να στραφούν και τα νομοθετικά όργανα των Κρατών-Μελών.

Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων έχει η εφαρμογή του φυσικού αερισμού. Όπως προκύπτει και από το πρώτο μέρος, η εφαρμογή αυτής της παθητικής τεχνικής, ιδιαίτερα τις νυχτερινές ώρες, διαμορφώνει σε μεγάλο βαθμό τις ενεργειακές δαπάνες του κτιρίου αλλά και τις συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν. Αν και ο φυσικός αερισμός αναφέρεται τόσο στο Κοινοτικό όσο και στο Εθνικό πλαίσιο, εντούτοις προκύπτουν κάποιες ελλείψεις. Αμφότερες οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες δεν κάνουν αναφορά στην επιλογή της βέλτιστης τεχνικής αερισμού, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν, καθώς και δεν ξεχωρίζουν τον νυχτερινό αερισμό από τον αερισμό στη διάρκεια της ημέρας, ένα θέμα που έχει απασχολήσει σε τεχνικό επίπεδο πληθώρα σχετικών μελετών. Στην ίδια κατεύθυνση, σε επίπεδο εθνικού δικαίου, σχετικές τεχνικές Οδηγίες ΤΟΤΕΕ, που θεσπίστηκαν ως βοηθητικά εργαλεία για εφαρμογή του ΚΕΝΑΚ, αναφέρουν ότι ο φυσικός αερισμός, που υπολογίζεται σε 18 ώρες/ημέρα, έχει μεγάλη επίδραση στο ψυκτικό φορτίο των κτιρίων και διαχωρίζουν απλώς το μηχανικό από το φυσικό αερισμό. Στο πλαίσιο της μελέτης ενεργειακής απόδοσης, σύμφωνα με τον Κανονισμό, μόνο μία γενική περιγραφή των τεχνικών φυσικού αερισμού που εφαρμόζονται στο υπό μελέτη κτίριο προβλέπεται. Επιπλέον, υπολογίζονται μόνο οι απώλειες του θερμικού και ψυκτικού φορτίου από την εφαρμογή του αερισμού, χωρίς να ληφθούν υπόψη σημαντικές παράμετροι, όπως το είδος του αερισμού, το πρόγραμμα λειτουργίας του και η αποτελεσματικότητα του.

Ένα άλλο ενδεικτικό αλλά σημαντικό ζήτημα που προκύπτει από τη μελέτη τόσο του Κοινοτικού όσο και του Εθνικού πλαισίου, σχετικά με την βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων είναι η προώθηση υλικών όπως το αλουμίνιο και το συνθετικό πλαστικό για την αντικατάσταση κουφωμάτων. Η επιλογή των υλικών αυτών αλλά και γενικότερα των δομικών υλικών, γίνεται υπό το πρίσμα της ενεργειακής τους απόδοσης και χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το ενεργειακό και περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Τα υλικά αυτά, αν και ευρέως διαδεδομένα, απαιτούν μεγάλα ποσά ενέργειας για την εξόρυξη και διαμόρφωσή τους, γεγονός που τα καθιστά μη φιλικά προς το περιβάλλον. Από τη μία πλευρά λοιπόν υπάρχει η ανάγκη να μειωθούν τα καταναλισκόμενα φορτία του κτιριακού τομέα, με σκοπό τον έλεγχο του εθνικού ενεργειακού ισοζυγίου, όταν από την άλλη πλευρά επιλέγονται τα πιο ενεργοβόρα και λιγότερο φιλικά προς το περιβάλλον υλικά για το σκοπό αυτό [44]. Κατά συνέπεια, θα πρέπει να προωθηθεί η εξέταση του ενεργειακού κύκλου ζωής των υλικών και μάλιστα από περιβαλλοντικής σκοπιάς, που χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της απόδοσης των κτιρίων και όχι μόνο ο οικονομικός κύκλος, όπως προβλέπεται στην Οδηγία 2010/31/ΕΕ.

Τέλος, παρά το γεγονός ότι οι δύο Ευρωπαϊκές Οδηγίες αποτελούν νομοθετικά εργαλεία για την χάραξη μιας ολοκληρωμένης περιβαλλοντικής πολιτικής, η ΕΕ ορίζει ότι στόχος είναι η έρευνα για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων υπό το πρίσμα της σχέσης κόστους-οφέλους. Όσον αφορά λοιπόν την εξοικονόμηση ενέργειας στον κτιριακό τομέα, θα ήταν γόνιμη η απόδοση σε μελλοντικές νομοθετικές ρυθμίσεις ενός χαρακτήρα που να συνάδει σε μεγαλύτερο βαθμό με τον περιβαλλοντικό χαρακτήρα του εγχειρήματος αυτού. Εξαιτίας της διεπιστημονικής

φύσης του θέματος της εξοικονόμησης ενέργειας, που βρίσκεται σε συνεχή ανάπτυξη, προκύπτει η ανάγκη για μελλοντική αναθεώρηση των Ευρωπαϊκών Οδηγιών, προκειμένου να συμβαδίζουν με τις τεχνικές εξελίξεις στον τομέα αυτό αλλά και να προστεθούν περαιτέρω παράμετροι, όπως το μικροκλίμα και το φαινόμενο ΑΘΝ, στο νομικό τους πλαίσιο. Η ίδια διαδικασία θα πρέπει να εφαρμοστεί και από τα Κράτη Μέλη.

Εν κατακλείδι, η νομική και πολιτική προώθηση των στρατηγικών εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια, με την ταυτόχρονη βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών στο αστικό περιβάλλον και υιοθέτηση παθητικών μέσων ψύξης, είναι η ενδεδειγμένη πορεία που θα βοηθούσε στην επίτευξη του αρχικού στόχου, δηλαδή την ουσιαστική συμβολή του κτιριακού τομέα στην βελτίωση του δομημένου περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής στα αστικά κέντρα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ Α΄ ΜΕΡΟΥΣ

1. **V. Geros, M. Santamouris, S. Karatasou, A. Tsangrassoulis, N. Papanikolaou**. On the cooling potential of night ventilation techniques in the urban environment, *Energy and Buildings* 2005, vol.37, N 3, p. 243-257.
2. **Givoni, B.** *Passive and low energy cooling of buildings.*New York: Van Nostrand Rheinold, 1994.
3. **Givoni, B**. Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings* 1992, vol. 18, N 1, p. 11-23.
4. **Givoni B**. Performance and applicability of passive and low energy cooling. Energy Build 1991, vol. 17, N 3, p. 177-199.
5. **Kolokotroni, M, Aronis, A**. Cooling-energy reduction in air-conditioned offices by using night ventilation. *Applied Energy,* 1999, vol. 63, N 4, p. 241-253.
6. **Santamouris, M., Sfakianaki, A., Pavlou, K.** On the efficiency of night ventilation techniques applied to residential buildings. *Energy and Buildings,* 2010, vol. 42, N 8, p. 1309-1313
7. **Livada, I., Santamouris, M., Niachou, K., Papanikolaou, N., Mihalakakou, G.** Determination of places in the great Athens area where the heat island effect is observed. *J. Theoretical and Applied Climatology,* 2002, 71, p.219-230.
8. **Livada, I., Santamouris, M., Assimakopoulos, M.N.** On the variability of summer air temperature during the last 28 years in Athens. *J Geophysical Research*, 2007, vol. 112, D12103.
9. **Cartalis, C., Synodinou, A., Proedrou, M., Tsangrassoulis A., Santamouris M.** Modifications in Energy Demand in urban areas as a result of climate changes: an assessment for the southeast Mediterranean region. *Energy Conversion and Management*, 2001, vol. 42,N 14, p. 1647-1656.
10. **Santamouris, M., Papanikolaou, N., Livada, I., Koronakis, I., Georgakis, C., Argiriou, A., Assimakopoulos, D.N.** On the Impact of Urban Climate to the Energy Consumption of Buildings. *Solar Energy* 2001,vol. 70, N 3, p. 201-216.
11. **Hassid, S., Santamouris, M., Papanikolaou, N., Linardi, A., Klitsikas, N., Georgakis, C., Assimakopoulos, D.** The Effect of the Athens Heat Island on Air Conditioning Load. *Energy and Buildings* 2000, vol. 32, p. 131-141.
12. **Lombard, P-L., Ortiz, J., Pout, C**. A review on buildings energy consumption information, *Energy and Buildings 2008*, vol. 40, p. 349-398.
13. **Lombard, L.-P., Ortiz, J., González, R., Maestre, I.M.** A review of benchmarking, rating and labeling concepts within the framework of building energy certification schemes, *Energy and Buildings* 2009 ,vol. 41, pp. 272-278.
14. **Σταμάτης Περδίος**, «Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια - βιομηχανίες - αθλητικά κέντρα», I.ΕΚ.Ε.Μ. - Τ.Ε.Ε. Α.Ε., Αθήνα 2006
15. **Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης (Ε.Κ.Π.Α.Α.). (2003)**, *Ενέργεια, Περιβάλλον & Επιχειρηματικότητα, Προτάσεις για τον ενεργειακό τομέα στον ελληνικό χώρο*.
16. **Πρόγραμμα Βιοκλιματικών Αναβαθμίσεων Δημόσιων Ανοικτών Χώρων**, *Οδηγός Μελετών*, Ιούλιος 2011.
17. **ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**, *Βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική*, Κώστας και Θέμης Σ.Τσιπήρας, Εκδόσεις Κέδρος, 2005.
18. **ΚΑΠΕ,** *Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα, Ενεργειακή απόδοση και κατευθύνσεις εφαρμογής,* Πικέρμι, Σεπτέμβριος 2002.
19. **Το φαινόμενο της Θερμικής Νησίδας**, *ECOCITY*, 29 Νοεμβρίου 2010.
20. **ΤΕΕ – Τμ. Αν.&Δυτ. Κρήτης**, *Η ενεργειακή επιθεώρηση στα κτίρια και στη βιομηχανία και η προετοιμασία των μηχανικών στην Κρήτη*, Οκτώβριος 2005.
21. **Kolokotsa, D., Psomas, A., & Karapidakis, E.** Urban heat island in southern Europe: The case study of Chania, Crete. *Solar Energy*, 2009 vol. 83, N 10, p.1871-1883.
22. **Neubauer Martin,** *"Building Simulation with TRNSYS 16",* Chania, 2008.
23. **Maragogiannis K., Kolokotsa D., Maria E.A.,** Study of Night Ventilation Efficiency in Urban Environment: Technical and Legal aspects, *Energy Resources 2011*, Riga 2011.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ Β΄ ΜΕΡΟΥΣ

24. **Σανταμούρης Μ.**, ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΚΤΙΡΙΟ, Ενεργειακή κατανάλωση κτιρίων και οι νέες τεχνικές για τη μείωσή της.
25. **ΤΡΑΠΕΖΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ**, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής, *Κίνδυνοι και επιπτώσεις της κλιματικής μεταβολής στο δομημένο περιβάλλον*, Ιούνιος 2011.
26. **Directive 2002/91/EC,** Official Journal of the European Communities of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, 2002, L1/65.
27. **Νόμος 3017/2002** (ΦΕΚ Α'117), Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος, 30 Μαΐου 2002.
28. **Οδηγία 89/106/ΕΟΚ**, *Για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών όσον αφορά τα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών*, 21 Δεκεμβρίου 1988
29. **Directive 2010/31/EU,** Official Journal of the European Communities of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast), 2010.
30. **Απόφαση αριθ. 406/2009/ΕΚ**, *περί των προσπαθειών των κρατών μελών να μειώσουν τις οικείες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, ώστε να τηρηθούν οι δεσμεύσεις της Κοινότητας για μείωση των εκπομπών αυτών μέχρι το 2020*, 23 Απριλίου 2009.
31. **Νόμος 3661/2008**, *Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις*, 19 Μαΐου 2008.
32. **Υπουργική Απόφαση Δ6/Β/14826/2008** – ΦΕΚ 1122/Β΄/17.6.2008 *«Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα».*
33. **Κοινή Υπουργική Απόφαση Δ6/Β/5825/9-4-2010.** ΦΕΚ (2010Β). *Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων,* ΚΕΝΑΚ, 2010.
34. **Μαριά, Ε.Α., Κολοκοτσά, Δ.,** Το νομοθετικό πλαίσιο της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια και η εφαρμογή του στην ελληνική νομική πραγματικότητα: κριτικές σκέψεις και παρατηρήσεις, *Ενέργεια και Δίκαιο, 2009*, σ. 7-20
35. **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*, 4 Ιουνίου 2010.
36. **Προεδρικό Διάταγμα 72/2010,** (ΦΕΚ Α΄ 132), *Συγκρότηση, διοικητική-οργανωτική δομή και στελέχωση της Ειδικής Υπηρεσίας Επιθεωρητών Ενέργειας*, 5 Αυγούστου 2010.
37. **Προεδρικό Διάταγμα 100/2010,** (ΦΕΚ Α΄ 177), *Ενεργειακοί Επιθεωρητές κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού*, 6 Οκτωβρίου 2010.
38. **ΤΟΤΕΕ (2010α) 20701−1/2010** «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης», ΦΕΚ 1387/Β΄/2.9.2010.
39. **ΤΟΤΕΕ (2010β) 20701−2/2010** «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων», ΦΕΚ 1387/Β΄/2.9.2010.
40. **ΤΟΤΕΕ (2010γ) 20701−3/2010** «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών», ΦΕΚ 1387/Β΄/2.9.2010.
41. **ΤΟΤΕΕ (2010δ) 20701−4/2010** «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού» ΦΕΚ 1387/Β΄/2.9.2010.
42. **ΝΟΜΟΣ 3889/2010,** *Χρηματοδότηση Περιβαλλοντικών Παρεμβάσεων, Πράσινο Ταμείο, Κύρωση Δασικών Χαρτών και άλλες δια τάξεις*, 14 Οκτωβρίου 2010.
43. **Εγκύκλιος ΥΠΕΚΑ**, Εφαρμογή του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, 4 Οκτωβρίου 2010.
44. **A. Zöld - Zs. Szalay,** What is missing from the concept of the new European Building Directive?, Building and Environment 2007, vol. 42, p.1761-1769
45. **D. Kolokotsa, D. Rovas, E. Kosmatopoulos, K. Kalaitzakis,** A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings, *Solar Energy 2010,* vol.85, p.3067-3084

e – ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

46. http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm
47. http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_ybridikos_aerismos.htm
48. http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_psixi_edafous.htm
49. http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_exatmistikos_drosismos.htm
50. http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm
51. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας - ΤΕΕ: **www.tee.gr**
52. Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ΥΠΕΚΑ **www.ypeka.gr**
53. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών & Εξοικονόμησης Ενέργειας – ΚΑΠΕ: www.cres.gr
54. TRNSYS simulation program www.trnsys.com