



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας  
Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Κτιρίων

Διπλωματική Εργασία

Εφαρμογή αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού σε υφιστάμενα κτίρια  
γραφείων για βελτίωση της περιβαλλοντικής τους απόκρισης.  
Μελέτη περίπτωσης κτιρίου στη Λάρισα.

Λεωνίδας Ιωαννίδης

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Αγγελική Χατζηδημητρίου

Πάτρα, Αύγουστος 2019

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων

Εφαρμογή αρχών βιοκλιματικού σχεδιασμού σε υφιστάμενα κτίρια  
γραφείων για βελτίωση της περιβαλλοντικής τους απόκρισης.

Μελέτη περίπτωσης κτιρίου στη Λάρισα.

Λεωνίδας Ιωαννίδης

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:  
Αγγελική Χατζηδημητρίου  
«Δρ Αρχιτέκτων Μηχανικός»

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:  
Κωνσταντίνος Σακαντάμης  
«Δρ Αρχιτέκτων Μηχανικός»

Πάτρα, Αύγουστος 2019

*«Στην γυναίκα μου που με  
ανέχεται υπομονετικά τόσα χρόνια»*



## Περίληψη

Στην ελληνική επικράτεια, εντοπίζονται πλείστα παραδείγματα κτιρίων που έχουν κατασκευαστεί σε παλαιότερες εποχές και χρησιμοποιούνται ακόμα ως κτίρια γραφείων χωρίς να εφαρμόζουν τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Αποτέλεσμα της συνεχιζόμενης αυτής πρακτικής είναι, μεταξύ άλλων, η σπατάλη πόρων για τη λειτουργία των κτιρίων, η μειωμένη απόδοση και η δυσφορία των εργαζομένων, ή γενικότερη υποβάθμιση του εργασιακού περιβάλλοντος. Μάλιστα σε περίπτωση που τα κόστη συντήρησης και λειτουργίας των κτιρίων αυτών αποβούν δυσβάστακτα παρατηρείται η τελική εγκατάλειψη τους και η αναζήτηση άλλων πιο κατάλληλων με περαιτέρω αρνητικές περιβαλλοντικές - για το αστικό περιβάλλον - και οικονομικές συνέπειες.

Σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η διερεύνηση των τεχνικών που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό, σε δημόσια κτίρια - κτίρια γραφείων και η πρόκριση των τεχνικών αυτών που μπορούν να δώσουν τα καλύτερα αποτελέσματα σε υπάρχοντα κτίρια, όσον αφορά την περιβαλλοντική τους απόκριση, στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Ελλάδα.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, συγκεντρώνονται και παραθέτονται, μέσω βιβλιογραφικής διερεύνησης, επιτυχημένα παραδείγματα νέων και ενεργειακά αναβαθμισμένων κτιρίων με ικανοποιητική περιβαλλοντική απόκριση. Κατόπιν, εντοπίζονται και αξιολογούνται οι εφαρμοσμένες τεχνικές και δημιουργείται ένα είδος καταλόγου με αποτελεσματικές πρακτικές.

Ακολούθως επιλέγεται, ως παράδειγμα διερεύνησης του τρόπου αναβάθμισης των υπάρχοντων κτιρίων, ένα δημόσιο κτίριο γραφείων (Διοικητήριο Λάρισας) και αξιολογείται η περιβαλλοντική του απόδοση με τη χρήση της μεθόδου της προσομοίωσης. Επιλέγονται στη συνέχεια οι τεχνικές που αναμένεται ότι θα φέρουν τη μεγαλύτερη βελτίωση και ελέγχεται - αξιολογείται, επίσης μέσω προσομοίωσης, το αποτέλεσμα που θα επέφεραν.

Προσδοκώμενο αποτέλεσμα αυτής της Διπλωματικής Εργασίας είναι η συγκρότηση ενός καταλόγου ρεαλιστικών και οικονομικά βιώσιμων τεχνικών ενεργειακής αναβάθμισης υφιστάμενων δημόσιων κτιρίων γραφείων στην ελληνική επικράτεια.

## **Λέξεις – Κλειδιά**

Βιοκλιματικός Σχεδιασμός. Κτίρια γραφείων. Δημόσια κτίρια. Βελτίωση περιβαλλοντικής απόκρισης υπαρχόντων κτιρίων.

## «Application of bioclimatic design principles to existing office buildings for the amelioration of their environmental response.

### Building case study in Larissa.»

«Leonidas Ioannidis»

## Abstract

Within the Greek territory there can be traced many examples of older buildings that are still being used as office buildings, without conforming to the principles of bioclimatic design. This continuing practice results, among other things, to the waste of resources for the operation of buildings, the reduced performance and discomfort of workers, the general deterioration of the working environment. Furthermore, if the maintenance and operation costs of these buildings becomes unbearable, their final abandonment and the search for more suitable ones are observed with further negative environmental - for the urban environment - and economic consequences.

The purpose of this Diploma Thesis is to investigate the techniques that govern bioclimatic design in public buildings - office buildings and the qualification of the techniques that can give the best results to them where their environmental response is concerned, in the climatic conditions that prevail in Greece.

To achieve this goal, successful examples, of new and energy - upgraded buildings with a satisfactory environmental response, are gathered and cited, through bibliographic research. Then, the applied techniques are identified and evaluated and a list of effective practices is created.

Subsequently, a public office building (Larissa Governor's Office) is selected as an example of existing building upgrading, and its environmental performance is evaluated using the simulation method. Following this, the techniques that are expected to bring the greatest improvements are selected and the result of their implementation is controlled - evaluated, through again the simulation method.

The expected outcome of this diploma thesis is the creation of a list of realistic and economically viable techniques for the energy upgrading of existing public office buildings in the Greek territory.

### **Keywords**

Bioclimatic design. Office buildings. Public buildings. Improving the environmental response of existing buildings.

## Περιεχόμενα

Περίληψη .....	v
Abstract .....	vii
Περιεχόμενα .....	ix
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων .....	xii
Κατάλογος Πινάκων .....	xiv
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια .....	xvii
Highlights.....	xviii
Συνεισφορά της εργασίας .....	xvixi
Εισαγωγή .....	1
<b>Μέρος 1: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και Υπάρχουσα Δόμηση .....</b>	<b>4</b>
1. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων. Αρχές και Στόχοι .....	5
1.1 Ιστορική εξέλιξη Βιοκλιματικού Σχεδιασμού .....	5
1.2 Ορισμός Βιοκλιματικού Σχεδιασμού .....	6
1.3 Στόχοι Βιοκλιματικού Σχεδιασμού .....	7
1.4 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού .....	8
2. Παραδείγματα εφαρμογής βιοκλιματικού σχεδιασμού σε κτίρια γραφείων .....	11
2.1 Παθητικά Συστήματα .....	19
2.1.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης .....	20
2.1.2 Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού .....	26
2.1.3 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού .....	49
2.2 Ενεργητικά Συστήματα .....	50
2.3 Υβριδικά Συστήματα .....	57
2.4 Επισκόπηση εφαρμοσμένου παραδείγματος .....	57
3. Μέθοδοι αξιολόγησης περιβαλλοντικού σχεδιασμού κτιρίων .....	59
3.1 Προσομοίωση .....	64
3.1.1 Πρόγραμμα Energy Plus .....	65
3.1.2 Πρόγραμμα TEE KENAK .....	66
3.2 Έρευνα πεδίου με επιτόπου μετρήσεις και ερωτηματολόγιο .....	72
3.3 Συστήματα αξιολόγησης περιβαλλοντικής απόδοσης .....	73
3.3.1 Μέθοδος L.E.E.D. ....	74
3.3.2 Μέθοδος B.R.E.E.A.M. ....	77
3.3.3 Μέθοδος C.A.S.B.E.E. ....	81
4. Ενεργειακή αναβάθμιση και ενσωμάτωση στοιχείων βιοκλιματικού σχεδιασμού σε υφιστάμενα κτίρια .....	86
4.1 Στοιχεία υπάρχουσας κατάστασης .....	86
4.1.1 Κλίμα ελληνικής επικράτειας .....	86
4.1.2 Υπάρχοντα κτίρια γραφείων .....	87
4.2 Πρόκριση δόκιμων στοιχείων και αξιολόγηση αποτελεσμάτων .....	95
<b>Μέρος 2: Μελέτη Περίπτωσης δημόσιου κτιρίου γραφείων στη Λάρισα .....</b>	<b>100</b>
5. Υφιστάμενο κτίριο γραφείων μελέτης περίπτωσης .....	101
5.1 Κλιματικά Δεδομένα περιοχής .....	101
5.2 Αποτύπωση Υπάρχουσας Κατάστασης του κτιρίου .....	107
5.3 Αξιολόγηση περιβαλλοντικής απόκρισης υπάρχουσας κατάστασης του κτιρίου .....	112
6. Προτάσεις βιοκλιματικής αναβάθμισης του υπό μελέτη κτιρίου γραφείων .....	117
6.1 Προτάσεις βελτίωσης περιβαλλοντικής απόκρισης και Αιτιολόγηση .....	117
6.2 Αξιολόγηση περιβαλλοντικής απόκρισης του κτιρίου μετά τις επεμβάσεις .....	122

7. Αξιολόγηση προτάσεων αναβάθμισης μέσω λογισμικού προσομοίωσης .....	124
7.1 Προσομοίωση συμπεριφοράς κτιρίου πριν τις επεμβάσεις .....	127
7.2 Προσομοίωση συμπεριφοράς κτιρίου μετά τις επεμβάσεις .....	130
7.3 Αξιολόγηση επεμβάσεων .....	134
<b>Μέρος 3: Συνοψίζοντας .....</b>	<b>136</b>
8. Συμπεράσματα .....	137
Βιβλιογραφία .....	142
Παράρτημα Α: Αποτύπωση και Φωτογραφίες κτιρίου .....	157
Παράρτημα Β: Σχέδια κτιρίου με τις προτεινόμενες επεμβάσεις .....	173

## Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 2-1: Εθνικό Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Η.Π.Α. ....	11
Εικόνα 2-2: Δημαρχείο της πόλης Hengelo .....	12
Εικόνα 2-3: Κτίριο νέων γραφείων της εταιρείας TNT πόλη Hoofddorp Ολλανδίας .....	12
Εικόνα 2-4: Κτίριο του εθνικού πολυτεχνείου στο Galway της Ιρλανδίας .....	12
Εικόνα 2-5: Κτίριο γραφείων επί της Λεωφόρου Κηφισού, Αθήνα .....	14
Εικόνα 2-6: Κτίριο γραφείων ALPHA BANK στη Λεωφόρο Αθηνών, Αθήνα .....	14
Εικόνα 2-7: Κτίριο γραφείων ΚΑΠΕ, Πικέρμι Αττικής .....	14
Εικόνα 2-8: Πρόσοψη Κτιρίου γραφείων, οδός Πολυτεχνείου Θεσσαλονίκη .....	15
Εικόνα 2-9: Ιστία – Κτίριο γραφείων στον Πειραιά .....	15
Εικόνα 2-10: Καπνοβιομηχανία Ματσάγγου, Βόλος .....	16
Εικόνα 2-11: Συγκρότημα γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκης .....	16
Εικόνα 2-12: Κεντρικά γραφεία Γ.Ε.Κ. Α.Ε., Αθήνα .....	17
Εικόνα 2-13: Κτίριο Audubon στη Νέα Υόρκη .....	17
Εικόνα 2-14: Πράσινο κέντρο δεδομένων στη Φραγκφούρτη .....	19
Εικόνα 2-15: Βιομηχανικό κτίριο στο Μαρκόπουλο Αττικής .....	19
Εικόνα 2.1.1-1: Αποψη αίθριου κτιρίου Unilever .....	21
Εικόνα 2.1.1-2: Αίθριο του κτιρίου γραφείων στην Εθνική οδό Αθηνών Λαμίας .....	22
Εικόνα 2.1.1-3: Αίθριο του κτιρίου της εταιρείας ThyssenKrupp .....	22
Εικόνα 2.1.1-4: Αίθριο κτιρίου της εταιρείας TNT στην πόλη Hoofddorp Ολλανδίας ....	22
Εικόνα 2.1.1-5: Αίθριο των εγκαταστάσεων της εταιρείας APIVITA .....	23
Εικόνα 2.1.1-6: Αίθριο του διοικητικού κέντρου της οργάνωσης WWF στη πόλη Woking του ΗΒ .....	23
Εικόνα 2.1.1-7: Αίθριο Καπνοβιομηχανίας Ματσάγγου, Βόλος .....	24
Εικόνα 2.1.1-8: Αίθριο κτιρίου γραφείων & καταστημάτων, φωτογραφίες και τομές, Τάυρος .....	24
Εικόνα 2.1.1-9: Αίθριο κτιρίου γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκη .....	24
Εικόνα 2.1.1-10: Αίθριο κτιριακού συγκροτήματος της ΑΒΓ Καλυφτάκι .....	25
Εικόνα 2.1.1-11: Αίθριο κτιρίου γραφείων της ALPHA BANK .....	25
Εικόνα 2.1.2-1: Βιοκλιματικό κτίριο γραφείων στην Αθήνα .....	27
Εικόνα 2.1.2-2: Κτίριο γραφείων και καταστημάτων στο Μαρούσι .....	28
Εικόνα 2.1.2-3: Κτίριο γραφείων επί της λεωφόρου Ηρακλείου .....	28
Εικόνα 2.1.2-4: Κτίριο γραφείων επί της λεωφόρου Κηφισού .....	28
Εικόνα 2.1.2-5: Σκίαστρα συγκροτήματος γραφείων, καταστημάτων & κατοικιών στα Χανιά .....	29
Εικόνα 2.1.2-6: Σκίαστρα κτιρίου γραφείων στην Αττική .....	29
Εικόνα 2.1.2-7: Σκίαστρα κτιρίου στο Saint Denis του Παρισιού .....	30
Εικόνα 2.1.2-8: Λεπτομέρεια Σκίαστρων κτίριο ΚΑΠΕ στις ΗΠΑ .....	30
Εικόνα 2.1.2-9: Λεπτομέρεια Σκίαστρων του διοικητικού κέντρου της οργάνωσης WWF στη πόλη Woking του ΗΒ .....	30
Εικόνα 2.1.2-10: Σκίαστρα και λεπτομέρεια τους σε κτίριο γραφείων, εθν. οδός Αθηνών-Λαμίας .....	31
Εικόνα 2.1.2-11: Κινητές περσίδες και λεπτομέρεια θέσεων τους στο κτίριο της εταιρείας ThyssenKrupp .....	31
Εικόνα 2.1.2-12: Περσιδωτά πετάσματα από μπαμπού στην πρόσοψη κτιρίου γραφείων στην οδό Πολυτεχνείου στη Θεσσαλονίκη .....	31
Εικόνα 2.1.2-13: Περσίδες στο Δημαρχείο Κορυδαλλού .....	32

Εικόνα 2.1.2-14: Περσίδες στο Κτίριο της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας στη Θεσσαλονίκη .....	32
Εικόνα 2.1.2-15: Ξύλινες Περσίδες στο Κτίριο γραφείων και καταστημάτων στη Λ. Αλίμου .....	32
Εικόνα 2.1.2-16: Περσίδες σε κτίριο γραφείων στο Μαρούσι, Αθήνα .....	33
Εικόνα 2.1.2-17: Περσίδες στο Δημοτικό μέγαρο Δράμας .....	33
Εικόνα 2.1.2-18: Κατακόρυφες περσίδες σε κτίριο γραφείων στη Λεμεσό, Κύπρος .....	33
Εικόνα 2.1.2-19: Περιβάλλον χώρος σε κτίριο γραφείων επί της Λεωφόρου Ηρακλείου .....	34
Εικόνα 2.1.2-20: Περιβάλλον χώρος στο κέντρο δεδομένων στη Φραγκφούρτη .....	35
Εικόνα 2.1.2-21: Περιβάλλον χώρος στο Βιομηχανικό κτίριο στο Μαρκόπουλο .....	35
Εικόνα 2.1.2-22: Περιβάλλον χώρος στο Κτίριο γραφείων υψηλής ενεργειακής απόδοσης στη πόλη Woking .....	35
Εικόνα 2.1.2-23: Περιβάλλον χώρος μουσείου Biesbosch .....	36
Εικόνα 2.1.2-24: Λεπτομέρεια Κουφωμάτων σε βιοκλιματικό κτίριο γραφείων στην Αθήνα .....	37
Εικόνα 2.1.2-25: Λεπτομέρεια Κουφωμάτων – Κατασκευών σε συγκρότημα γραφείων, καταστημάτων & κατοικιών στα Χανιά .....	37
Εικόνα 2.1.2-26: Λεπτομέρεια Κουφωμάτων – Εικόνα από το εσωτερικό στις εγκαταστάσεις της ThyssenKrupp στο Έσσεν .....	38
Εικόνα 2.1.2-27: Λεπτομέρεια Πρόσοψης κτιρίου γραφείων στον Πειραιά .....	38
Εικόνα 2.1.2-28: Λεπτομέρεια κτίριο γραφείων του ομίλου A. A. Holdings .....	38
Εικόνα 2.1.2-29: Λεπτομέρεια κτίριο γραφείων & κατοικιών Triangel .....	39
Εικόνα 2.1.2-30: Τομή κτιρίου γραφείων στη Λεωφόρο Αθηνών .....	40
Εικόνα 2.1.2-31: Τομή κτιρίου γραφείων υψηλής ενεργειακής απόδοσης στη πόλη Woking .....	40
Εικόνα 2.1.2-32: Σχηματική Τομή - Κάτοψη κτιρίου στο κέντρο του Βόλου – πρώην καπνοβιομηχανία Ματσάγγου .....	40
Εικόνα 2.1.2-33: Ανάπλαση στοάς Σπυρομήλιου και αποκατάσταση θεάτρου "Παλλάς" .....	41
Εικόνα 2.1.2-34: Τομή Συγκροτήματος γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκης .....	41
Εικόνα 2.1.2-35: Κατόψεις κτιρίου ALPHA BANK με το φυτεμένο δώμα στο δεύτερο όροφο .....	43
Εικόνα 2.1.2-36: Άποψη δώματος Δημόσιου κτιρίου στην Αττική .....	43
Εικόνα 2.1.2-37: Φωτογραφίες σταδίων κατασκευής και τελικής μορφής φυτεμένου δώματος στο κτίριο γραφείων του ΚΑΠΕ .....	43
Εικόνα 2.1.2-38: Δώμα μουσείου Biesbosch .....	44
Εικόνα 2.1.2-39: Επένδυση βιοκλιματικού κτιρίου στην Αθήνα .....	45
Εικόνα 2.1.2-40: Επένδυση κτιρίου Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας .....	45
Εικόνα 2.1.2-41: Επένδυση πολυτεχνικής σχολής στο Galway της Ιρλανδίας .....	46
Εικόνα 2.1.2-42: Επένδυση κτιρίου γραφείων στο Πειραιά .....	46
Εικόνα 2.1.2-43: Επένδυση κτιρίου γραφείων στον Κηφισό .....	46
Εικόνα 2.1.2-44: Δίκτυα αγωγών και εναλλακτών στη φάση της κατασκευής στο κτίριο της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας .....	48
Εικόνα 2.1.2-45: Τομή κτιρίου Biesbosch όπου φαίνεται η ύπαρξη υπόσκαφων τμημάτων .....	48
Εικόνα 2.1.3-1: Φυσικός φωτισμός διαδρόμων Δημαρχείου Κορυδαλλού μέσω φωταγωγών .....	49
Εικόνα 2.1.3-2: Φυσικός φωτισμός από άνοιγμα οροφής στο Δημαρχείο Λαμπείας .....	49
Εικόνα 2.2-1: Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ .....	51
Εικόνα 2.2-2: Κτίριο εταιρείας SMA και θέση φωτοβολταϊκών στη πόλη Kassel .....	51



Εικόνα 3-1: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης .....	64
Εικόνα 5-1: Οικοδομική άδεια του Διοικητηρίου .....	101
Εικόνα 5.2-1: Κουφώματα Διοικητηρίου με τα κενά στα πλαίσια .....	111
Εικόνα 5.2-2: Διοικητήριο Λάρισας με γύρω οδούς και προσανατολισμός αυτού .....	111
Εικόνα 5.3-1: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) για το κτίριο μελέτης περίπτωσης .....	116
Σχήμα 5.1-1: Η θέση της Λάρισας στην Ελληνική επικράτεια .....	102
Σχήμα 5.2-1: Αποστάσεις κτιρίου από γειτονικά κτίρια και ύψη αυτών .....	108
Σχήμα 5.2-2: Κατόψεις κτιρίου .....	109

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3-1: Κατηγορίες Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων .....	63
Πίνακας 3.1.2-1: Κλιματικές ζώνες της ελληνικής επικράτειας βάσει ΚENAK .....	72
Πίνακας 3.3.3-1: Φύλλο Αποτελεσμάτων αξιολόγησης μεθόδου C.A.S.B.E.E .....	85
Πίνακας 4.1.2-1: Κτίρια κατά χρήση και αριθμό ορόφων στο σύνολο Ελλάδας .....	87
Πίνακας 4.1.2-2: Κτίρια κατά χρήση και χρονική περίοδο κατασκευής .....	89
Πίνακας 4.1.2-3: Κατανομή πλήθους και επιφάνειας κτιρίων γραφείων/καταστημάτων ανά ηλικιακή κατηγορία και κλιματική ζώνη στην Ελληνική Επικράτεια ..	90
Πίνακας 4.1.2-4: Κατανομή ανά κλιματική ζώνη πλήθους κτιρίων .....	91
Πίνακας 4.1.2-5: Κατανομή ανά κλιματική ζώνη επιφανειών κτιρίων .....	91
Πίνακας 4.1.2-6: Κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου (πραγματική και με προδιαγραφές ΚENAK) και κλιματική ζώνη .....	92
Πίνακας 4.1.2-7: Κατανάλωση ενέργειας κτιρίων γραφείων/καταστημάτων σε kWh/m <sup>2</sup> ανά ηλικιακή κατηγορία και κλιματική ζώνη .....	92
Πίνακας 4.1.2-8: Κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίων γραφείων / καταστημάτων ανά ηλικιακή κατηγορία και κλιματική ζώνη .....	93
Πίνακας 4.1.2-9: Μέση κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου (πραγματική και με προδιαγραφές ΚENAK για κατηγορία Β) και κλιματική ζώνη .....	94
Πίνακας 4.2-1: Τυπικές τιμές ωρών λειτουργίας κτιρίων γραφείων σε συνθήκες άπλετου φυσικού φωτισμού και ελλειπούς. ....	96
Πίνακας 4.2-2: Στοιχεία ΜΕΕ στα κτίρια γραφείων .....	98
Πίνακας 5.1-1: Μέση Θερμοκρασία Λάρισας ανά μήνα .....	103
Πίνακας 5.1-2: Βαθμοήμερες θέρμανσης και βαθμοώρες ψύξης Λάρισας .....	103
Πίνακας 5.1-3: Μέση Μηνιαία Υγρασία (%) Λάρισας .....	104
Πίνακας 5.1-4: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση & μέρες βροχής ανά μήνα Λάρισας .....	105
Πίνακας 5.1-5: Μέση Μηνιαία Ηλιοφάνεια (ώρες) Λάρισας .....	106
Πίνακας 5.1-6: Μέση Μηνιαία εξάτμιση (mm) Λάρισας .....	106
Πίνακας 5.1-7: Μέση Μηνιαία Διεύθυνση και ένταση ανέμου στη πόλη της Λάρισας ..	107
Πίνακας 5.2-1: Όροφοι, χρήσεις και επιφάνειες .....	110
Πίνακας 5.3-1: Επιφάνειες νότιων ανοιγμάτων Διοικητήριο Λάρισας .....	114
Πίνακας 7-1: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικά ανακαινισμένου κτιρίου (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, 2017) ίδια επεξεργασία .....	124
Πίνακας 7-2: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου, για κλιματική ζώνη Γ συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, 2017) ίδια επεξεργασία .....	125
Πίνακας 7.1-1: Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου μελέτης .....	128
Πίνακας 7.1-2: Ενεργειακές Απαιτήσεις για Θέρμανση - Ψύξη του κτιρίου μελέτης ....	129
Πίνακας 7.1-3: Ενεργειακές Καταναλώσεις για Θέρμανση - Ψύξη - Φωτισμό του κτιρίου μελέτης .....	129
Πίνακας 7.1-4: Καταναλώσεις καυσίμου και εκπομπές CO <sub>2</sub> ανά πηγή ενέργειας στο κτίριο μελέτης .....	129
Πίνακας 7.1-5: Καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας στο κτίριο μελέτης .....	130
Πίνακας 7.2-1: Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων σεναρίου 1 του κτιρίου μελέτης .....	131

Πίνακας 7.2-2: Συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων σεναρίου 1 του κτιρίου μελέτης .....	132
Πίνακας 7.2-3: Ενεργειακές Απαιτήσεις για Θέρμανση - Ψύξη του κτιρίου μελέτης, σενάριο 1 .....	132
Πίνακας 7.2-4: Ενεργειακές Καταναλώσεις για Θέρμανση - Ψύξη - Φωτισμό - Φωτοβολταϊκά του κτιρίου μελέτης, σενάριο 1 .....	133
Πίνακας 7.2-5: Καταναλώσεις καυσίμου και εκπομπές CO <sub>2</sub> ανά πηγή ενέργειας στο κτίριο μελέτης, σενάριο 1 .....	133
Πίνακας 7.2-6: Καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας στο κτίριο μελέτης, υπάρχον κτίριο και σενάρια 1,2 και 3 .....	133
Πίνακας 7.3-1: Εξοικονόμηση και κόστη στο υπάρχον/υπάρχον κτίριο και στα σενάρια 1,2 και 3 .....	134

## Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ΠΣΠ	Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Κτιρίων
ΣΥΝ	Συντονιστής
ΟΠΕΚ	Οργανισμός Πετρέλαιο-Εξαγωγικών Κρατών
ΝΟΚ	Νέος Οικοδομικός Κανονισμός
ΟΤ	Οικοδομικό Τετράγωνο
ΤΕΕ	Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
ΚΑΠΕ	Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Ει.Κε.πα	ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ
ΦΕΚ	Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως
ΚΟΧΕΕ	Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας
ΕΚ	Ευρωπαϊκή Κοινότητα
ΚΕΝΑΚ	Κανονισμός ΕΝεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
ΤΟΤΕΕ	Τεχνικές Οδηγίες Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας
ΥΠΕΚΑ	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
Τ.Ο.	Τεχνική Οδηγία
ΠΕΑ	Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης
Σ.Η.Θ.	Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού/Θερμότητας
ΙΕΠΒΑ	Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης
ΕΑΑ	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
ΕΛΟΤ	ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ
ΘΨΚ	Θέρμανση Ψύξη Κλιματισμός
ΖΝΧ	Ζεστό Νερό Χρήσης
ΕΜΥ	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environmental Efficiency
BRE	Building Research Establishment

B.E.E.	Building Environmental Efficiency
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΠΔ	Προεδρικό Διάταγμα
Η/Μ	Ηλεκτρομηχανολογικά
BMS	Building Master System
NATO	North Atlantic Treaty Organization
ΘΧ	Θερμαινόμενοι Χώροι
ΚΕΠ	Κέντρο Εξυπηρέτησης Πολιτών
LED	Light Emitting Diode

## Highlights

Μέσω βιβλιογραφικής διερεύνησης κτιρίων γραφείων, αναδείχθηκαν τα βασικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Από τα βασικά στοιχεία που αναφέρθηκαν παραπάνω προκρίθηκαν αυτά που έχουν εφαρμογή σε υφιστάμενα κτίρια γραφείων.

Η μελέτη αποτελεσματικότητας των μέτρων αναβάθμισης των κτιρίων γραφείων έγινε με ανάλυση επί υφιστάμενου κτιρίου.

Η ανάλυση των παρεμβάσεων στο κτίριο μελέτης, με το πρόγραμμα TEE-KENAK, ήταν θετική και επικύρωσε υφιστάμενες μελέτες.

Συντάχτηκε οδηγός ρεαλιστικών-οικονομικά βιώσιμων μέτρων βιοκλιματικής αναβάθμισης υφιστάμενων κτιρίων γραφείων.

## **Συνεισφορά της εργασίας**

Η εργασία εστιάζει στην ανάδειξη, μέσω βιβλιογραφικής διερεύνησης κτιρίων καλής περιβαλλοντικής απόδοσης που συμμορφώνονται στις επιταγές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, των αρχών που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και στον έλεγχο της δυνατότητας εφαρμογής αυτών των αρχών σε υφιστάμενα κτίρια γραφείων. Επικυρώνει υφιστάμενες μελέτες ως προς τα οφέλη της βιοκλιματικής αναβάθμισης των υφιστάμενων αυτών κτιρίων. Η κύρια συνεισφορά της συνοψίζεται στην τεκμηριωμένη αξιολόγηση, μέσω προσομοίωσης με το πρόγραμμα TEE-KENAK, των παρεμβάσεων ενεργειακής αναβάθμισης σε συγκεκριμένο δημόσιο κτίριο μεγάλης έκτασης και στη συγκρότηση ενός καταλόγου ρεαλιστικών και οικονομικά βιώσιμων τεχνικών για την ενεργειακή αναβάθμιση των εντός της ελληνικής επικράτειας υφιστάμενων δημόσιων κτιρίων γραφείων.

## Εισαγωγή

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός από τη μια μεριά αποτελεί πλέον αυτονόητη επιλογή αντιμετώπισης των ζητημάτων που εμφανίζονται κατά την ανέγερση νέων κτιρίων και κατά τον σχεδιασμό νέων δημόσιων χώρων. Έχοντας ως στόχο την προστασία του περιβάλλοντος και την διαφύλαξη των φυσικών πόρων με ταυτόχρονη κάλυψη των απαιτήσεων άνεσης των χρηστών - κατοίκων χαρακτηριστικά της εφαρμογής του εμφανίζονται πλέον σε όλα τα δημόσια κτίρια και τα κτίρια γραφείων. Από την άλλη πλευρά στην ελληνική επικράτεια εντοπίζονται ακόμα πολλά παραδείγματα δημοσίων κτιρίων γραφείων που βρίσκονται σε χρήση και τα οποία είχαν υλοποιηθεί σε προγενέστερες δεκαετίες χωρίς να λαμβάνουν καθόλου υπόψη τους τις επιταγές προστασίας του περιβάλλοντος. Τα υψηλά κόστη συντήρησης και λειτουργίας αυτών των κτιρίων καθίστανται περαιτέρω δυσβάστακτα στις ημέρες μας που η εξοικονόμηση πόρων είναι το κύριο ζητούμενο. Η εγκατάλειψη των κτιρίων αυτών και η αναζήτηση άλλων δεν αποτελεί την οικονομικότερη λύση και περιβαλλοντικά έχει αρνητική επίδραση στο αστικό περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής των κτιρίων που "παροπλίζονται". Αυτή η πρακτική οδηγεί στην εμφάνιση άδειων χώρων όταν θα ολοκληρώνεται η προβλεπόμενη χρήση τους. Χώροι εγκατάλειψης, "αμήχανα" σημεία του αστικού ιστού, εστίες μόλυνσης, που αποφεύγονται από τους περαστικούς και είναι δυνατόν να αποτελέσουν καταφύγιο για παραβατικές συμπεριφορές.

Ορθότερη πρακτική αποτελεί η ενεργειακή αναβάθμιση των υπαρχόντων δημόσιων κτιρίων γραφείων. Το κόστος της αναβάθμισης, στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι μικρότερο της ανέγερσης νέων και αντισταθμίζεται σε εύλογο χρονικό διάστημα από τη μείωση των αντίστοιχων κοστών συντήρησης - λειτουργίας. Τα ήδη κατασκευασμένα κτίρια σύμφωνα με τον Fuertes (Fuertes, 2017) περιέχουν μέσα τους ενσωματωμένη ενέργεια, δηλαδή την ενέργεια που δαπανήθηκε για την κατασκευή τους. Το κόστος της ενέργειας που απαιτείται σε περίπτωση επανάχρησης ενός ήδη υπάρχοντος κτιρίου είναι πολύ λιγότερο από αυτό που απαιτείται για την κατεδάφιση του και την ανέγερση νέου στη θέση του. Αρκεί βέβαια η καινούργια χρήση να είναι συμβατή με την παλαιά, να υπάρχει η δυνατότητα επαναφοράς του κτιρίου μετά το πέρας της νέας προβλεπόμενης χρήσης και οι τεχνικές λύσεις που προσαρμόζονται στην υπάρχουσα κατασκευή να έχουν την απαιτούμενη αντοχή που θα είναι σύμφωνη με τις χρονικές απαιτήσεις της νέας χρήσης. Μάλιστα σύμφωνα με τη μελέτη αυτή για την ανάκτηση της ενέργειας που σπαταλείται από την κατεδάφιση ενός συμβατικού



κτιρίου, σε περίπτωση που επιλεγεί αυτή η λύση αντί της επανάχρησης χρειάζονται 30 χρόνια. Σύμφωνα ακόμα με τους Gabay, Meir, Schwartz και Werzberger (Gabay etc, 2014) οι οποίοι προέβησαν σε ανάλυση οφέλους κέρδους το επιπλέον κόστος κατασκευής πράσινων κτιρίων ανέρχεται σε 0-10% σε σχέση με τα συμβατικά και η επιστροφή της επένδυσης από την οικονομία στο ηλεκτρικό ρεύμα συντελείται σε μικρό χρονικό διάστημα.

Στόχος της διπλωματικής αυτής, στα πλαίσια αυτής της ορθής πρακτικής, είναι η συγκρότηση ενός καταλόγου ρεαλιστικών και οικονομικά βιώσιμων τεχνικών για την ενεργειακή αναβάθμιση των εντός της ελληνικής επικράτειας υφιστάμενων δημόσιων κτιρίων γραφείων. Για την επίτευξη του στόχου αυτού γίνεται βιβλιογραφική διερεύνηση και αναφορά εφαρμοσμένων παραδειγμάτων κτιρίων γραφείων του ελληνικού και του διεθνούς χώρου, οι τεχνικές που εφαρμόζονται στα παραδείγματα αυτά αναλύονται, αξιολογούνται και προκρίνονται οι προσφορότερες ως προς τη δυνατότητα της χρήσης τους σε υπάρχοντα κτίρια. Στη συνέχεια μέσω πειραματικής διερεύνησης της χρήσης τους επί του υφιστάμενου κτιρίου μελέτης περίπτωσης οι πρακτικές αυτές αξιολογούνται και εξάγονται τα ανάλογα συμπεράσματα.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία (ΔΕ) αποτελείται από 3 μέρη.

Το 1<sup>ο</sup> μέρος τιτλοφορείται **Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και Υπάρχουσα Δόμηση** και αποτελείται από 4 κεφάλαια στα οποία παρουσιάζεται και αναλύεται η βιβλιογραφική διερεύνηση.

- Στο **1<sup>ο</sup> κεφάλαιο** παρατίθενται εισαγωγικά ο ορισμός, οι στόχοι και οι αρχές του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.
- Στο **2<sup>ο</sup> κεφάλαιο** μέσω βιβλιογραφικής διερεύνησης παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένα επιτυχημένα παραδείγματα κτιρίων γραφείων με ικανοποιητική περιβαλλοντική απόκριση εντοπίζονται και αξιολογούνται οι εφαρμοσμένες τεχνικές και δημιουργείται ένας συνοπτικός κατάλογος πρακτικών που εφαρμόζονται στον βιοκλιματικό σχεδιασμό.
- Στο **3<sup>ο</sup> κεφάλαιο** αναπτύσσονται οι τεχνικές με τις οποίες αξιολογούνται υφιστάμενα κτίρια ως προς την περιβαλλοντική τους απόκριση και την ενεργειακή τους συμπεριφορά.
- Στο **4<sup>ο</sup> κεφάλαιο** προκρίνονται οι πρακτικές που δύναται να χρησιμοποιηθούν σε υφιστάμενα κτίρια και αξιολογούνται με κριτήρια τις δυνατότητες εφαρμογής και τις

προοπτικές περιβαλλοντικής και ενεργειακής αναβάθμισης των κτιρίων στα οποία εφαρμόζονται.

Το 2<sup>ο</sup> μέρος της ΔΕ με τίτλο **Μελέτη περίπτωσης δημόσιου κτιρίου γραφείων στη Λάρισα** απαρτίζεται από 3 κεφάλαια, στα οποία αναλύεται και αξιολογείται η υφιστάμενη κατάσταση ενός επιλεγμένου κτιρίου και η προοπτική βελτίωσης της περιβαλλοντικής του απόκρισης.

- Στο **5<sup>ο</sup> κεφάλαιο** αναλύονται τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, αποτυπώνεται η υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου και αξιολογείται η περιβαλλοντική του απόκριση. Για την αξιολόγηση αυτή με τη χρήση λογισμικών και λαμβάνοντας υπόψη στοιχεία όπως κλιματικά δεδομένα της περιοχής, τα δομικά κτιριακά χαρακτηριστικά, οι επιθυμητές συνθήκες για το εσωτερικό του κτιρίου, τα τεχνικά χαρακτηριστικά συστημάτων του κτιρίου που βρίσκονται εν λειτουργία και όποιων παθητικών και ενεργητικών συστημάτων που τυχόν υπάρχουν υπολογίζεται η ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για τη ψύξη και τη θέρμανση του κτιρίου βάση προτύπων ΕΛΟΤ.
- Στο **6<sup>ο</sup> κεφάλαιο** προτείνονται αιτιολογημένες επεμβάσεις για την βελτίωση της περιβαλλοντικής απόκρισης του κτιρίου και αξιολογείται η συμπεριφορά του μετά από αυτές με τρόπο αντίστοιχο με αυτόν που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της υπάρχουσας κατάστασης.
- Στο **7<sup>ο</sup> κεφάλαιο** αναπαρίσταται μέσω προσομοίωσης η περιβαλλοντική απόκριση του κτιρίου πριν και μετά τις επεμβάσεις και αξιολογούνται οι επεμβάσεις αυτές ως προς την αποτελεσματικότητά τους.

Τέλος το 3<sup>ο</sup> μέρος της ΔΕ υπό τον τίτλο **Συμπεράσματα** αποτελείται από ένα κεφάλαιο:

- Στο **8<sup>ο</sup> κεφάλαιο** παρουσιάζονται τα κυριότερα συμπεράσματα τα οποία αντλούνται από τα παραπάνω κεφάλαια.

## **Μέρος 1:**

## **1. Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων. Αρχές και Στόχοι**

### **1.1 Ιστορική εξέλιξη Βιοκλιματικού Σχεδιασμού**

Ο Βιοκλιματικός Σχεδιασμός δεν είναι μια σύγχρονη θεώρηση. Η σύνδεση του κτιρίου με το περιβάλλον γύρω του και η επίδραση που έχει σε αυτό ήταν θέματα αντιληπτά από την αρχαιότητα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα οι διδαχές του Σωκράτη όπως αναφέρονται στα "Απομνημονεύματα" του Ξενοφώντα (Παντελάκης, 1937) περί νοτίου προσανατολισμού των σπιτιών, ο Αριστοτέλης που τόνιζε τη σπουδαιότητα της διαφύλαξης της υγείας των κατοίκων στη χωροθέτηση οικισμών (Μοσκόβης, 1989) και ο Ιπποκράτης που σύνδεσε το τοπικό κλίμα με την υγεία των ανθρώπων. (Μανδηλαράς, 1993)

Περαιτέρω αναφορές για τη σημασία του κλίματος, τη διαρρύθμιση των κτιρίων σύμφωνα με τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες και με την συνακόλουθη εναρμόνιση τους σε αυτό εντοπίζονται στον Βιτρούβιο (Λέφας, 2000), σε ρωμαϊκούς και βυζαντινούς νόμους, στην Ινδία με το "Βάστρου Σάστρα" και στην Κίνα με το "Φενγκ - Σούι". Παραδείγματα τέτοιων οικισμών και κτιρίων συναντιούνται σε όλο τον κόσμο. Βέβαια πρέπει να σημειωθεί ότι ως επί το πλείστον αυτό δεν οφείλεται σε κάποια ανεπτυγμένη οικολογική θεώρηση όσο στο γεγονός της έλλειψης πόρων και της ανάγκης για προστασία από φυσικά φαινόμενα και ανεκτής διαβίωσης με ό,τι υπήρχε προσιτό.

Με την Βιομηχανική Επανάσταση εκτεταμένα περιβαλλοντικά προβλήματα έκαναν την εμφάνιση τους. Στις ανεπτυγμένες χώρες συντελέστηκε εκτεταμένη αστικοποίηση, από κατοίκους της υπαίθρου που ήταν σε αναζήτηση ενός καλύτερου μέλλοντος. Η υποβάθμιση του περιβάλλοντος στις νεοσύστατες πόλεις ήταν εμφανής. Οι κατοικίες στις πόλεις των χαμηλότερων στρωμάτων της κοινωνίας, ιδιαίτερα των νεοεισερχομένων εργατών, στερούνταν στοιχειωδών συνθηκών υγιεινής (Καυκούλα, 2007). Μελέτες των βιολόγου-χημικού Louis Pasteur και φυσικού Robert Koch επί των διογκούμενων πόλεων αυτή την περίοδο συνέδεσαν επιστημονικά τις συνθήκες διαβίωσης με την ανθρώπινη υγεία. Μέσω των εργασιών τους συσχετίστηκε η εμφάνιση της φυματίωσης με το ανθρωπογενές περιβάλλον και συγκεκριμένα με την ανεπάρκεια φυσικού φωτός στις πόλεις της εποχής. (Montavon, 2010) Αυτή την εποχή εντοπίζεται ακόμα η αρχή της σύγχρονης πολεοδομίας με τους πρώτους περιορισμούς δόμησης που βασίζονται σε περιβαλλοντικά κριτήρια να εμφανίζονται στις αρχές του 20ου αιώνα καθώς και μια σειρά μελετών επί ουτοπικών πόλεων. Όπως η ουτοπική πόλη του Dr. Richardson με το όνομα "Hygeia" (Richardson,

1876) ή το όραμα των "Κηπουπόλεων" του Ebenezer Howard το 1902. (Καυκούλα, 2007) Έτσι ενώ υπήρχε μια απομάκρυνση από τη φύση και τους εθιμικούς τρόπους αντιμετώπισης των κλιματικών ζητημάτων δημιουργούνταν ένα επιστημονικό υπόβαθρο που μελετούσε και δημιουργούσε "κανόνες" περιβαλλοντικού σχεδιασμού. (Montavon, 2010)

Μεταπολεμικά υπήρξε περαιτέρω γοργή ανάπτυξη των πόλεων των βιομηχανοποιημένων χωρών. Εφευρέσεις όπως η κεντρική θέρμανση, τα συστήματα ψύξης (airconditioner), το αυτοκίνητο αποσύνδεσαν την αστική εικόνα από το κλίμα. (Carmona et al., 2010) Οι σύγχρονες τεχνολογίες δόμησης ομογενοποιήθηκαν παγκόσμια έχοντας σαν βασικό στόχο το κέρδος. Το κτίριο αποξενώθηκε από το οικείο του περιβάλλον. Υπερκαταναλωτισμός και περιβαλλοντικές καταστροφές συνδέθηκαν με αυτή τη περίοδο. (Carmona and Tiesdell, 2007)

Σε αυτή την κατάσταση αναπτύχθηκε ως αντίδραση από μερίδα επιστημόνων και της κοινωνίας ένα περιβαλλοντικό κίνημα. Συζητήθηκαν και υποστηρίχθηκαν η ομοιότητα της πόλης με οργανισμό - οικοσύστημα (Downton, 2009), η ανάγκη επιστροφής σε παραδοσιακές μεθόδους σχεδιασμού και δόμησης και ακόμα σημαντικότερο η ανάγκη περιορισμού της κατασπατάλησης πρώτων υλών και η απεξάρτηση από πεπερασμένες πηγές ενέργειας. Αυτή η τελευταία πτυχή έπαιξε σημαντικό ρόλο για την αύξηση του ενδιαφέροντος από τις κυβερνήσεις των κρατών, μετά την πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του 1970 που προκλήθηκε από το εμπάργκο του Οργανισμού Πετρέλαιο-Εξαγωγικών Κρατών (ΟΠΕΚ). Ειδικά για τις ευρωπαϊκές χώρες ήταν η κινητήρια δύναμη για τη θέσπιση κανονισμών με στόχο τη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης (Darko et al, 2016). Σε συνδυασμό με την σύνδεση της κατανάλωσης υδρογονανθράκων με την παγκόσμια κλιματική αλλαγή, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός προκρίθηκε ως ένας τρόπος επίτευξης ενεργειακής βιωσιμότητας χωρίς την αγνόησή του παράγοντα της ανθρώπινης ποιότητας ζωής.

## **1.2 Ορισμός Βιοκλιματικού Σχεδιασμού**

Σύμφωνα με τον ορισμούς του Νέου Οικοδομικού Κανονισμού (ΝΟΚ) που τέθηκε σε ισχύ στις 09 Απριλίου του 2012 και είναι αναρτημένοι στην ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας έχουμε τα ακόλουθα: (Νόμος 4067, 2012)

Με τον όρο Βιοκλιματικός Σχεδιασμός εννοούμε "το σχεδιασμό του κτιρίου που αποσκοπεί στη βέλτιστη εκμετάλλευση των φυσικών και κλιματολογικών συνθηκών με σκοπό την

επίτευξη των βέλτιστων εσωτερικών συνθηκών θερμικής άνεσης και ποιότητα αέρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας."

Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής, το Βιοκλιματικό Κτίριο, είναι "ένα κτίριο που ανταποκρίνεται στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος του, καθώς έχει σχεδιαστεί με τρόπο ώστε να επιτυγχάνονται οι βέλτιστες εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας και κατατάσσεται στις ανώτερες ενεργειακά κατηγορίες όπως αυτές κάθε φορά ορίζονται."

Αποτελώντας τμήμα του ευρύτερου ενεργειακού σχεδιασμού, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έρχεται σε πέρας με τη χρήση συστημάτων - τεχνολογιών Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, την Ορθολογική Χρήση και την εξοικονόμηση ενέργειας και με την χρήση συστημάτων διαχείρισης. (Καραβασίλη, 2005)

Στα αντικείμενα του βιοκλιματικού σχεδιασμού περιλαμβάνεται το κτίριο, το Ο.Τ. (οικοδομικό τετράγωνο), υπαίθριοι χώροι ή ακόμα και αστικά τμήματα και ολόκληρες πόλεις. Η προσέγγιση βέβαια όλων των παραπάνω γίνεται συνολικά και σε εξάρτηση μεταξύ τους. (Καραβασίλη, 2003)

### **1.3 Στόχοι Βιοκλιματικού Σχεδιασμού**

Σκοπός απώτερος του Βιοκλιματικού Σχεδιασμού είναι η προσαρμογή – ένταξη του εκάστοτε σχεδιαζόμενου κτιρίου στο φυσικό του περιβάλλον, στα περιβαλλοντικά δεδομένα της περιοχής του, η αξιοποίηση των οιονδήποτε τοπικών χαρακτηριστικών για την εξασφάλιση ικανοποιητικής ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος με την όσο είναι δυνατόν χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, χωρίς ταυτόχρονα την διατάραξη των συνθηκών θερμικής και οπτικής άνεσης των χρηστών, η μηδενική αν είναι δυνατόν επιβάρυνση του περιβάλλοντος και ο σεβασμός στους πεπερασμένους φυσικούς πόρους.

Επιμέρους στόχοι αντιστοίχως του βιοκλιματικού σχεδιασμού κτιρίων είναι:

- Η εξασφάλιση ηλιασμού το χειμώνα.
- Η προστασία από τους δυνατούς ανέμους το χειμώνα.
- Η ελαχιστοποίηση των απωλειών θερμότητας το χειμώνα.
- Η προστασία από τον ήλιο το καλοκαίρι.
- Η εκμετάλλευση των δροσερών ανέμων το καλοκαίρι.

- Η απομάκρυνση της πλεονάζουσας θερμότητας το καλοκαίρι.
- Η εξασφάλιση ικανοποιητικών επιπέδων φυσικού φωτισμού σε όλους τους εσωτερικούς χώρους.
- Η βελτίωση του μικροκλίματος στο περιβάλλον των κτιρίων.

## 1.4 Αρχές Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Οι αρχές που διέπουν το βιοκλιματικό σχεδιασμό κατά το σχεδιασμό κτιρίων σύμφωνα με τις τεχνικές οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας - ΤΕΕ (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, 2012) είναι οι ακόλουθες:

- Το κτίριο πρέπει να λειτουργεί ως **φυσικός ηλιακός συλλέκτης** το χειμώνα. Σε αυτό παίζουν ρόλο:
  - α) Η χωροθέτηση του κτιρίου στο οικοπέδο και ο προσανατολισμός του. Η μεγαλύτερη όψη του πρέπει να έχει νότιο προσανατολισμό με αποκλίσεις έως  $\pm 30^\circ$  του Νότου. Σε περίπτωση δυσμενούς προσανατολισμού προεξοχές του κελύφους μπορούν να στρέψουν τις όψεις προς το νότο.
  - β) Το σχήμα του κτιρίου που είναι καταλληλότερο για το κλίμα της Ελλάδας είναι το επίμηκες κατά τον άξονα Ανατολής – Δύσης.
  - γ) Η αναλογία βάθους - πλάτους της κάτοψης πρέπει να είναι 1/1,5. Όταν δεν είναι δυνατή η αναλογία αυτή υπάρχουν οι λύσεις σπαστών όγκων ή κλιμακωτής οργάνωσης των χώρων.
  - δ) Το μέγεθος των ανοιγμάτων σε σχέση με τον προσανατολισμό του κτιρίου. Μεγάλα μεγέθη ανοιγμάτων προς το νότο, μεσαία προς την ανατολή ή τη δύση και τα μικρότερα προς το Βορρά.
  - ε) Η διάρθρωση των εσωτερικών χώρων. Χώροι κυρίας - πολύωρης χρήσης τοποθετούνται στο νότο ή ανατολή. Αντιστοίχως βοηθητικοί χώροι τοποθετούνται προς Βορρά.
- Το κτίριο πρέπει να λειτουργεί ως **παγίδα θερμότητας**. Η αποτελεσματική λειτουργία προϋποθέτει τη παγίδευση της θερμότητας που προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτό προϋποθέτει:
  - α) Την προστασία του κτιρίου από τους ψυχρούς ανέμους μέσω κατάλληλων χειρισμών (ανεμοφράκτες, φύτευση αειθαλών δέντρων, κ. λπ.)
  - β) Την σωστή θερμική προστασία – θερμομόνωση του κτιρίου, με τις ανάλογες



επιλογές υλικών και πάχους θερμομόνωσης βάση των κλιματικών συντελεστών κάθε περιοχής, την επιλογή κατάλληλων κουφωμάτων και την καλή αεροστεγάνωση των αρμών τους.

- Η θερμότητα που συλλέγεται από τον ήλιο πρέπει να αποθηκεύεται στη μάζα του κτιρίου δηλαδή το κτίριο να λειτουργεί ως **αποθήκη θερμότητας**. Για το σκοπό αυτό:

Χρησιμοποιούνται υλικά με μεγάλη πυκνότητα και ειδική θερμοχωρητικότητα. (σε αυτά κατατάσσονται και τα συνήθη υλικά κατασκευών με την προϋπόθεση ότι η εσωτερική παρειά των οπτοπλινθοδομών έχει επαρκές πάχος.) Όσο περισσότερη είναι η μάζα του κτιρίου τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας αποθηκεύει στο εσωτερικό του διατηρώντας τη θερμοκρασία σταθερή, σε επίπεδα θερμικής άνεσης, με περιορισμό της λειτουργίας θέρμανσης το χειμώνα και ψύξης το καλοκαίρι.

- Το κτίριο πρέπει να λειτουργεί ως **αποδέκτης και αποθήκη φυσικής ψύξης**. Απαιτείται η προστασία του κτιρίου από τον καλοκαιρινό ήλιο και η μεταφορά της θερμότητας προς τους εξωτερικούς χώρους. Προτεινόμενες ρυθμίσεις είναι οι ακόλουθες:

**α)** Ηλιοπροστασία κτιρίου και ανοιγμάτων που περιλαμβάνει την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων ή βλάστησης σε κατάλληλες θέσεις καθώς και την τοποθέτηση σκιάστρων οριζοντίων (νότιος προσανατολισμός) κατακόρυφων (ανατολικός ή δυτικός προσανατολισμός) ή συνδυασμού αυτών (νοτιοανατολικός ή νοτιοδυτικός προσανατολισμός)

**β)** Χρώμα και υφή των εξωτερικών επιφανειών. Συμβαίνει ως επί το πλείστον στα δώματα τα οποία και θα πρέπει να είναι ανοικτού χρώματος ή με ανακλαστική επιφάνεια ή με φύτευση. Αντιστοίχως θα πρέπει να συμβαίνει το ίδιο και στους κατακόρυφους εξωτερικούς τοίχους.

**γ)** Επάρκεια θερμικής μάζας προκειμένου να περιορίζεται ή ανάγκη χρήσης κλιματισμού το καλοκαίρι (ιδιαίτερα για τα κτίρια των κλιματικών ζωνών Α και Β) με τα υλικά να παραλαμβάνουν την αυξημένη θερμότητα.

**δ)** Επαρκή θερμομόνωση όλων των επιφανειών.

**ε)** Κίνηση του αέρα μέσα στο κτίριο που θα απομακρύνει εκτός κτιρίου την πλεονάζουσα θερμότητα.

**στ)** Νυκτερινή ακτινοβολία μέσω των εξωτερικών επιφανειών, ιδιαιτέρως των



δωμάτων που είναι οριζόντιες επιφάνειες και εκπέμπουν προς τον ουρανό, κατά τη διάρκεια της νύκτας προς το περιβάλλον.

ζ) Επίδραση μέσω του μικροκλίματος στο περιβάλλον του κτιρίου. Η εξάτμιση από υδάτινα στοιχεία και η εξατμισοδιαπνοή από φυτά τα οποία και προκαλούν πτώση της θερμοκρασίας ιδιαίτερα τις μεσημβρινές ώρες που η υγρασία του αέρα είναι χαμηλή.

## **2. Παραδείγματα εφαρμογής βιοκλιματικού σχεδιασμού σε κτίρια γραφείων**

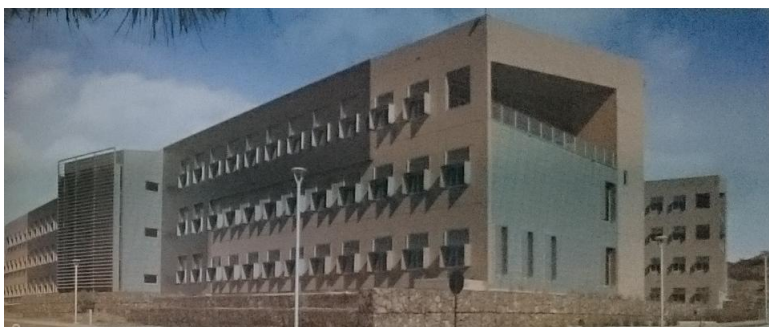
Όπως φαίνεται από τα παραπάνω η εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι βασικό στοιχείο των αρχών της βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Για τις ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου - θέρμανση και ψύξη - έχουν αναπτυχθεί δύο κατηγοριών τεχνολογικά συστήματα: τα παθητικά και τα ενεργητικά με μερικά συστήματα να συνδυάζουν στοιχεία των δύο κατηγοριών μεταξύ τους σε μια τρίτη κατηγορία: τα υβριδικά. (Αξαρχή, 2009)

Η χρήση αυτών των συστημάτων γίνεται αφού στο κτίριο έχουν ληφθεί βασικά μέτρα όπως ο προσανατολισμός, και η θερμομόνωση του κελύφους.

- **Προσανατολισμός**

Από τα μέτρα αυτά ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι από τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού, για την εκμετάλλευση των ηλιακών προσόδων, το οποίο όμως επιδέχεται ελάχιστων παρεμβάσεων σε μεταγενέστερες φάσεις χρήσης. Παραδείγματα κτιρίων που έχουν λάβει υπόψη τους τον προσανατολισμό είναι, χωρίς να είναι και τα μοναδικά:

- το Εθνικό Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας των ΗΠΑ (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012) στο Golden του Colorado.
- το Δημαρχείο της πόλης Hengelo στην Ολλανδία (Atelier Pro, 2012)
- το κτίριο των νέων γραφείων της εταιρείας TNT στην πόλη Hoofddorp της Ολλανδίας (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2014)
- το κτίριο του εθνικού πολυτεχνείου στο Galway της Ιρλανδίας (RMM Architects & Masterplanners, 2014)
- το κτιριακό συγκρότημα ΑΒΓ Καλυφτάκι ΑΕ στην Κάτω Κηφισιά (Buerger, 2006β) Αθήνα.



**Εικόνα 2-1:** Εθνικό Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Η.Π.Α.

(πηγή: Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012)



**Εικόνα 2-2:** Δημαρχείο της πόλης Hengelo (πηγή: Atelier Pro, 2012)



**Εικόνα 2-3:** Κτίριο νέων γραφείων της εταιρείας TNT στην πόλη Hoofddorp Ολλανδίας (πηγή: Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2014)



**Εικόνα 2-4:** Κτίριο του εθνικού πολυτεχνείου στο Galway της Ιρλανδίας (πηγή: RMM Architects & Masterplanners, 2014)

Για την βέλτιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας το σχήμα του κτιρίου πρέπει να είναι αναπτυγμένο στον άξονα Ανατολής – Δύσης, το βάθος του κτιρίου να είναι σχετικά μικρό ενώ η δυνατότητα αποκλίσεων του κτιρίου από τον άξονα αυτόν δεν επιφέρει μεταβολές στην ενεργειακή απόδοση έως τις 20°.

- **Χωροθέτηση ανοιγμάτων**

Στο Βόρειο ημισφαίριο ο νότιος προσανατολισμός είναι ο ιδεώδης όσον αφορά και τα ανοίγματα του κτιρίου. Η χωροθέτηση των ανοιγμάτων με αυτόν τον προσανατολισμό επιτρέπει το φυσικό φωτισμό των χώρων και συντελεί επικουρικά στη θέρμανση τους κατά τους χειμερινούς μήνες. Η ύπαρξη την ίδια στιγμή μεγάλων ανοιγμάτων προσφέρει τη δυνατότητα φυσικού αερισμού των χώρων και επιτρέπει την επαφή του εσωτερικού του κτιρίου και τον χρηστών αυτού με το γύρω του περιβάλλον.

- **Θερμομόνωση κελύφους**

Η θερμομόνωση του κελύφους, στη συνέχεια, είναι από τις πιο βασικές τεχνολογίες αναβάθμισης του κτιρίου και είναι μια τεχνική που προσφέρει μεγάλα οφέλη σε σχέση με το κόστος εφαρμογής της – περισσότερο σε σχέση με άλλες αναβαθμίσεις (Halawa, 2017). Βρίσκει εφαρμογή σε νέες κατασκευές καθώς και σε αναβαθμίσεις υπαρχόντων κτιρίων. Είναι βασική τεχνική των βιοκλιματικών κτιρίων όπως φαίνεται και από τα παρακάτω παραδείγματα:

- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Καλλιγιάς, 2015) επί της Λεωφόρου Κηφισού
- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα - Κτίριο γραφείων της ALPHA BANK στη Λεωφόρο Αθηνών, Αττική (Τομπάζης, 2009), (Buerger, 2010)
- Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012) στο Golden του Colorado
- Ενεργειακή αναβάθμιση σε κτίριο γραφείων του ΚΑΠΕ (Ανδρουτσόπουλος, 2012) στο Πικέρμι της Αττικής
- Αισθητική και ενεργειακή αναβάθμιση πρόσοψης κτιρίου γραφείων (Μακρίδης, 2013) στην οδό Πολυτεχνείου στη Θεσσαλονίκη
- Ιστία: Ανακατασκευή κτιρίου γραφείων στον Πειραιά (Κούβελα - Παναγιωτάτου, 2015)
- Επανάχρηση και μετασχηματισμός ιστορικού κτιρίου στο κέντρο του Βόλου – πρώην καπνοβιομηχανία Ματσάγγου (Αδαμάκης, 2017), (Πανέτσος, 2012ζ)



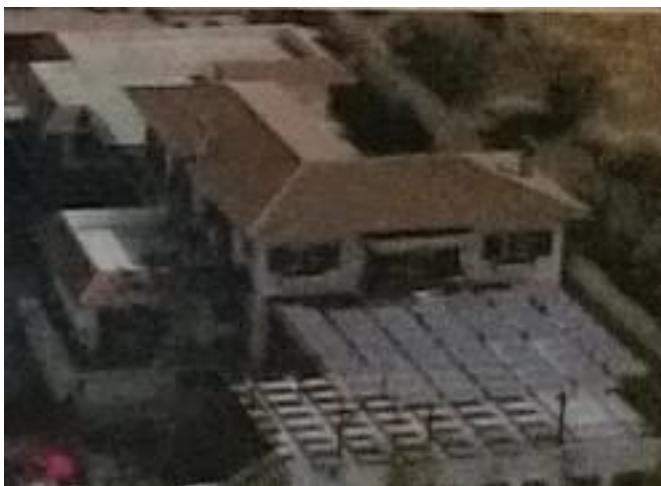
- Συγκρότημα γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκης (Buerger, 2011α)
- Κεντρικά γραφεία Γ.Ε.Κ. Α.Ε., Αθήνα (Buerger, 2005α)
- Το κτίριο Audubon στη Νέα Υόρκη (Croxtton Collaborate Architects, 1994)



**Εικόνα 2-5:** Κτίριο γραφείων επί της Λεωφόρου Κηφισού, Αθήνα (πηγή: Καλλιγιάς, 2015)



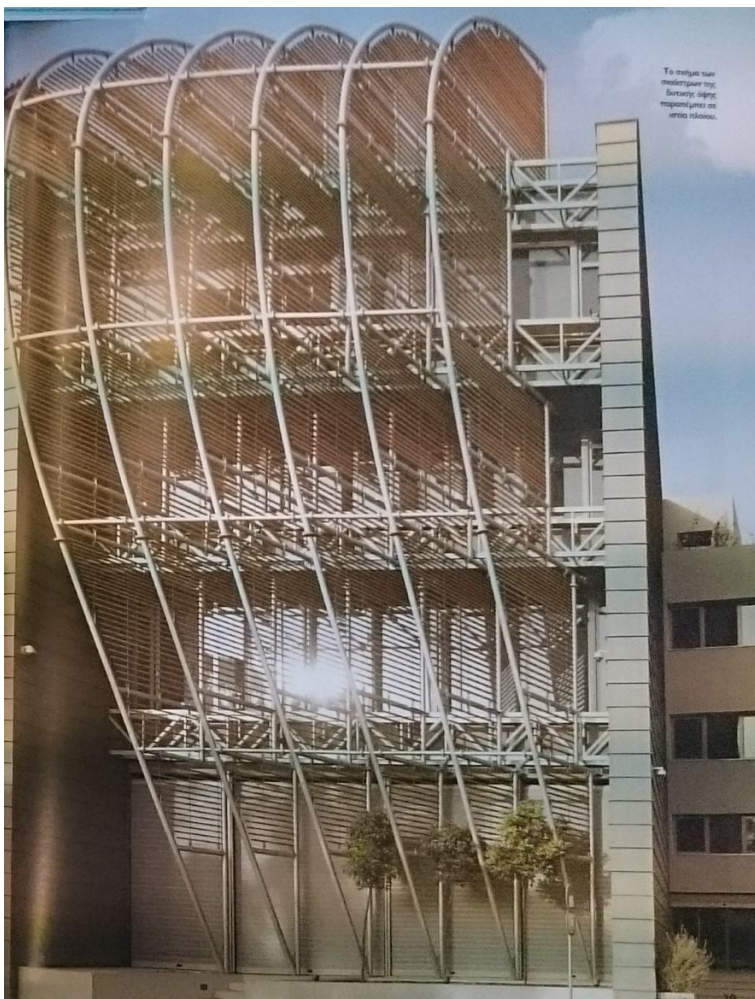
**Εικόνα 2-6:** Κτίριο γραφείων ALPHA BANK στη Λεωφόρο Αθηνών, Αθήνα (πηγή: Buerger, 2010)



**Εικόνα 2-7:** Κτίριο γραφείων ΚΑΠΕ, Πικέρμι Αττικής (πηγή: Ανδρουτσόπουλος, 2012)



**Εικόνα 2-8:** Πρόσοψη Κτιρίου γραφείων, οδός Πολυτεχνείου Θεσσαλονίκη (πηγή: Μακρίδης, 2013)



**Εικόνα 2-9:** Ιστία – Κτίριο γραφείων στον Πειραιά (πηγή: Κούβελα - Παναγιωτάτου, 2015)





**Εικόνα 2-10:** Καπνοβιομηχανία Ματσάγγου, Βόλος (πηγή: Αδαμάκης, 2017)



**Εικόνα 2-11:** Συγκρότημα γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκης (πηγή: Buerger, 2011α)



**Εικόνα 2-12:** Κεντρικά γραφεία Γ.Ε.Κ. Α.Ε., Αθήνα (Burger, 2005α)



**Εικόνα 2-13:** Κτίριο Audubon στη Νέα Υόρκη (Wikipedia, 2019)



Γενικά η αύξηση της θερμικής αντίστασης του κτιριακού περιβλήματος, με την τοποθέτηση θερμομονωτικών υλικών, θεωρείται ο πιο σημαντικός παράγοντας για την ελάττωση των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου, ιδιαίτερος στις θερμές περιοχές. (Verbeke, 2017).

Οι θερμομονώσεις όπως φαίνεται στα παραπάνω παραδείγματα, μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορες θέσεις στο κέλυφος του κτιρίου. Μπορεί να είναι εξωτερικές, οπότε συμπεριλαμβάνεται η κτιριακή μάζα (θερμική μάζα) στους χώρους επέμβασης. Η μάζα αυτή θα μπορεί στις μεταβατικές καταστάσεις να απορροφήσει, αποθηκεύσει και προοδευτικά απελευθερώσει τη ζέστη αναλόγως της θερμοκρασιακής διαφοράς του άμεσου περιβάλλοντος και του κτιρίου. Τα κτίρια με μεγάλη ποσότητα θερμικής μάζας παρουσιάζουν καθυστερημένη και ελαττωμένη αντίδραση στην αρχική πρόκληση – φαινόμενο γνωστό και ως θερμική αδράνεια του κτιρίου με αντίστοιχα μειωμένες απαιτήσεις ενέργειας – αλλά σε αντιδιαστολή χρειάζονται περισσότερο χρόνο να φθάσουν σε επιθυμητές συνθήκες θερμικής άνεσης σε περίπτωση διακοπτόμενης λειτουργίας. Αντιθέτως στις περιπτώσεις κτιρίων στις οποίες η θερμομόνωση τοποθετείται εσωτερικά όπως το κτίριο Audubon ή η καπνοβιομηχανία Ματσάγγου, διατηρητέα στην όψη κτίρια εξ' ου και η απαγόρευση τοποθέτησης της θερμομόνωσης εξωτερικά του περιβλήματος, οι περίοδοι προετοιμασίας του κτιρίου για επίτευξη συνθηκών θερμικής άνεσης είναι ελαττωμένοι αλλά οι μεταβολές πιο γρήγορες. Η ενδιαμέση θερμομόνωση συνδυάζει στοιχεία και από τις δύο παραπάνω περιπτώσεις αλλά ενέχει τον κίνδυνο κατασκευαστικών αστοχιών και θερμογεφυρών που περιορίζουν την αποτελεσματικότητα της επέμβασης.

#### • Υλικά

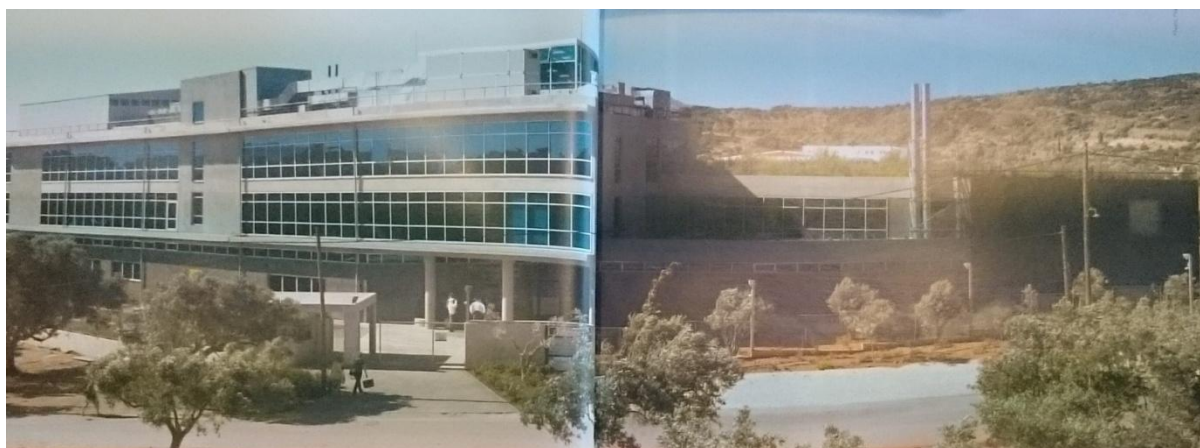
Στον τομέα των υλικών έμφαση δίνεται στη χρήση υλικών χαμηλής εμπεριεχόμενης ενέργειας, κατά προτίμηση ειδικά σε προϊόντα ανακύκλωσης ή και σε υλικά τοπικά στην περιοχή του εκάστοτε κτιρίου. Σημαντικός παράγοντας είναι και η δυνατότητα ανακύκλωσης τους μετά το πέρας του κύκλου ζωής τους. Στα κτίρια της βιβλιογραφίας γίνεται μνεία στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012) στο Golden του Colorado
- Πράσινο κέντρο δεδομένων στη Φραγκφούρτη (Arup Associates, 2012)
- Κτίριο γραφείων με πιστοποίηση LEED (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2014) στη πόλη Hoofddorp της Ολλανδίας

- Βιομηχανικό κτίριο με ενεργειακό σχεδιασμό και σεβασμό στη φύση (Παντελιά, 2014) στο Μαρκόπουλο Αττικής
- Ολιστικός Σχεδιασμός και τεχνολογική καινοτομία σε πρότυπη πολυτεχνική σχολή (RMM Architects & Masterplanners, 2014) στο Galway της Ιρλανδίας



**Εικόνα 2-14:** Πράσινο κέντρο δεδομένων στη Φραγκφούρτη (πηγή: Arup Associates, 2012)



**Εικόνα 2-15:** Βιομηχανικό κτίριο στο Μαρκόπουλο Αττικής (πηγή: Παντελιά, 2014)

## 2.1 Παθητικά Συστήματα

Με τον όρο παθητικά συστήματα εννοούμε εκείνα στα οποία η εκμετάλλευση των φυσικών πηγών, όπως η ηλιακή ακτινοβολία δε γίνεται μέσω μηχανικών μέσων ή υψηλής τεχνολογίας αλλά βασίζονται στη φυσική ροή της θερμικής ενέργειας, στις ιδιότητες των υλικών και περιλαμβάνουν την συλλογή της ηλιακής ενέργειας και την αποθήκευση της ως θερμότητας στα δομικά στοιχεία του κελύφους του κτιρίου (τοίχοι, δάπεδα, οροφές, δώμα). Σημαντικός παράγοντας είναι η ευκολία τοποθέτησης και χρήσης των συστημάτων αυτών.

Τα παθητικά συστήματα χωρίζονται στις εξής τρεις κατηγορίες:

- 1. Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης**
- 2. Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού**
- 3. Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού**

Παρακάτω αναλύονται συστήματα που ανήκουν και στις τρεις παραπάνω κατηγορίες και απαντώνται σε νέα κτίρια γραφείων καθώς και σε ανακατασκευές υπαρχόντων κτιρίων

### **2.1.1 Παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης**

Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης έχουν ως στόχο τους τη συλλογή της ηλιακής ενέργειας, την αποθήκευση της και την διανομή της στο χώρο.

Πέραν των ανοιγμάτων που αποτελούν το συνηθέστερο σύστημα και βασίζεται στην αξιοποίηση των παραθύρων κατάλληλου προσανατολισμού καθώς και της αξιοποίησης της θερμικής μάζας, τα υπόλοιπα παθητικά ηλιακά συστήματα είναι έμμεσου κέρδους. Οι ηλιακοί τοίχοι, είτε με την μορφή των τοίχων θερμικής αποθήκευσης, είτε αυτοί που ακολουθούν το θερμοσιφωνικό μοντέλο ή και οι τοίχοι τύπου Trombe-Michel δεν απαντώνται συνήθως σε κτίρια γραφείων καθώς οι τοίχοι νοτίου προσανατολισμού - οι κατάλληλοι για εφαρμογή των προηγουμένως αναφερθέντων συστημάτων έχουν ανοίγματα που επιτρέπουν τον φυσικό αερισμό και φωτισμό.

Άλλα συστήματα:

- **Αίθρια - Θερμοκήπια**

Στα παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους που χρησιμοποιούνται σε κτίρια γραφείων συγκαταλέγονται και τα ηλιακά αίθρια, εσωτερικοί χώροι των κτιρίων με τζάμι στην οροφή. Η ηλιακή ενέργεια που συγκεντρώνεται σε αυτούς τους χώρους, όπως και στα θερμοκήπια, μεταφέρεται στους κυρίους χώρους μέσω ανοιγμάτων η και των δομικών στοιχείων του κτιρίου. Στα παραδείγματα εφαρμογής αυτών των συστημάτων στα κτίρια γραφείων συγκαταλέγονται:

- Κατασκευή βιοκλιματικού αίθριου στο ιστορικό κτίριο της Unilever (Pedersen, 2011) στην περιοχή Victoria Embankment του Λονδίνου.
- Κτίριο γραφείων στην εθνική οδό Αθηνών - Λαμίας (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2006)
- Οι εγκαταστάσεις της εταιρείας ThyssenKrupp (ISWD ARCHITEKTEN, 2012) στο Έσεν της Γερμανίας.

- Κτίριο γραφείων με πιστοποίηση LEED (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2014) στη πόλη Hoofddorp της Ολλανδίας.
- Βιομηχανικό κτίριο με ενεργειακό σχεδιασμό και σεβασμό στη φύση (Παντελιά, 2014) στο Μαρκόπουλο Αττικής, εγκαταστάσεις της εταιρείας APIVITA.
- Κτίριο γραφείων υψηλής ενεργειακής απόδοσης (Τσιώρα - Παπαιωάννου και άλλοι, 2015) στη πόλη Woking του Ηνωμένου Βασιλείου.
- Επανάχρηση και μετασχηματισμός ιστορικού κτιρίου στο κέντρο του Βόλου – πρώην καπνοβιομηχανία Ματσάγγου (Αδαμάκης, 2017), (Πανέτσος, 2012ζ)
- Κτίριο γραφείων Ταύρος (Πανέτσος, 2012στ) - συμβολή οδών 25<sup>ης</sup> Μαρτίου, Θεσσαλονίκης και Τεώ
- Κτίριο γραφείων & καταστημάτων, Ταύρος (Πανέτσος, 2012γ) στην οδό Πειραιώς.
- Δημοτικό μέγαρο Δράμας, Δράμα (Buerger, 2011ε)
- Συγκρότημα γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκη (Buerger, 2011α)
- Διοικητήριο Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Αχαΐας (Buerger, 2011στ)
- Το κτιριακό συγκρότημα της ΑΒΓ Καλυφτάκι ΑΕ στην Κάτω Κηφισιά (Buerger, 2006β)
- Κτίριο γραφείων της ALPHA BANK στη Λεωφόρο Αθηνών, Αττική (Buerger, 2010)
- Κτίριο Διοίκησης Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά, Κρήτη (μελέτη) (Buerger, 2011δ)
- Κτίριο Δημαρχείου Λαμπείας, Ηλεία (Buerger, 2011η), με θερμοκήπιο στη νότια όψη.



**Εικόνα 2.1.1-1:**Άποψη αίθριου κτιρίου Unilever (πηγή: Pedersen, 2011)





**Εικόνα 2.1.1-2:** Αίθριο του κτιρίου γραφείων στην Εθνική οδό Αθηνών Λαμίας

(πηγή: Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2006)



**Εικόνα 2.1.1-3:** Αίθριο του κτιρίου της εταιρείας ThyssenKrupp (πηγή: ISWD ARCHITEKTEN, 2012)



**Εικόνα 2.1.1-4:** Αίθριο κτιρίου της εταιρείας TNT στην πόλη Hoofddorp Ολλανδίας (πηγή: Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2014)



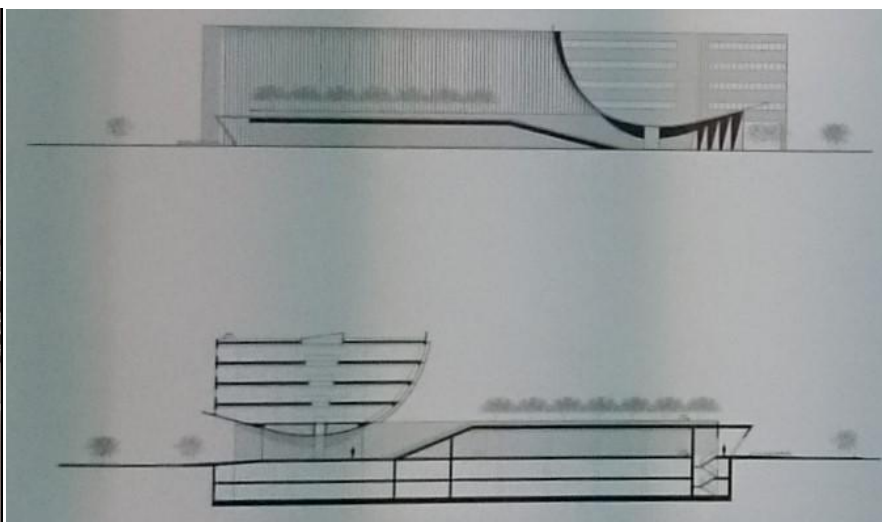
**Εικόνα 2.1.1-5:** Αίθριο των εγκαταστάσεων της εταιρείας APIVITA (πηγή: Παντελιά, 2014)



**Εικόνα 2.1.1-6:** Αίθριο του διοικητικού κέντρου της οργάνωσης WWF στη πόλη Woking του HB  
(πηγή: Τσιώρα - Παπαιωάννου και άλλοι, 2015)



**Εικόνα 2.1.1-7:** Αίθριο Καπνοβιομηχανίας Ματσάγγου, Βόλος (πηγή: Αδαμάκης, 2017)

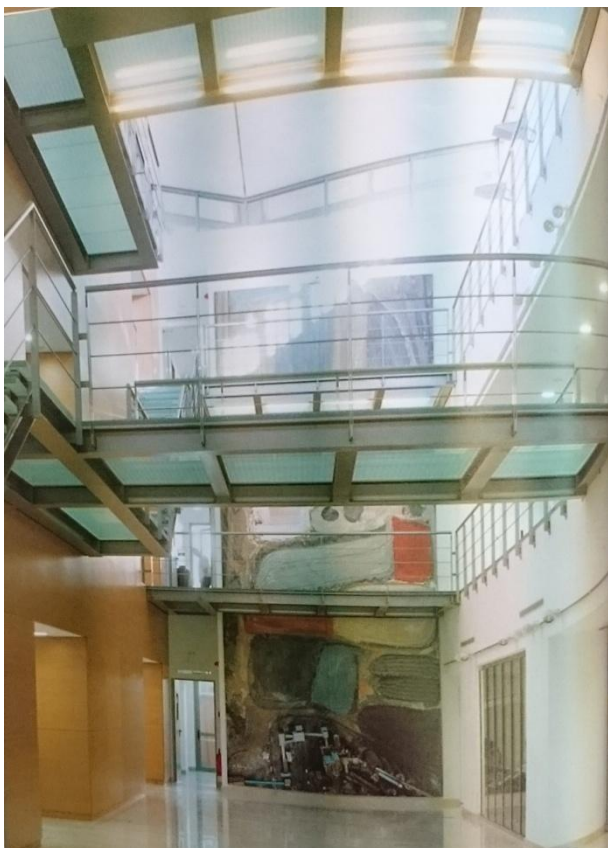


**Εικόνα 2.1.1-8:** Αίθριο κτιρίου γραφείων & καταστημάτων, φωτογραφίες και τομές, Τάυρος (πηγή: Πανέτσος, 2012γ)



**Εικόνα 2.1.1-9:** Αίθριο κτιρίου γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκη (πηγή: Buerger, 2011α)





**Εικόνα 2.1.1-10:** Αίθριο κτιριακού συγκροτήματος της ΑΒΓ Καλυφτάκι (πηγή: Buerger, 2006β)



**Εικόνα 2.1.1-11:** Αίθριο κτιρίου γραφείων της ALPHA BANK (πηγή: Buerger, 2010)



### **2.1.2 Παθητικά συστήματα και τεχνικές φυσικού δροσισμού**

Μια από τις πιο συνηθισμένες και απλές μεθόδους φυσικού δροσισμού είναι η ηλιοπροστασία - σκίαση του κτιρίου. Αυτή επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους - φυσική βλάστηση, ειδικά γεωμετρικά στοιχεία, προεξοχές του κτιριακού όγκου, σκιάστρα όλων των ειδών, ειδικοί υαλοπίνακες με επιστρώσεις ή ειδικής επεξεργασίας. Επιτυχημένα παραδείγματα αυτών των συστημάτων και τεχνικών παρατίθενται παρακάτω ανά κατηγορία, από την επισκόπηση των βιβλιογραφικών αναφορών κτιρίων γραφείων.

- **Σκιάστρα**

Στα κτίρια γραφείων, το συνηθέστερο παθητικό σύστημα που απαντάται είναι ή ηλιοπροστασία των παραθύρων – ανοιγμάτων κατάλληλου προσανατολισμού μέσω της χρήσης σκιαδίων, σκιάστρων μόνιμων ή κινητών, που εμποδίζουν τον καλοκαιρινό ήλιο με την υψηλή γωνία πρόσπτωσης του να εισέλθει στο κτίριο και να το θερμάνει. Στα παραδείγματα που απαντώνται συμπεριλαμβάνονται οι παρακάτω περιπτώσεις:

- Βιοκλιματικό κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Δουριδά, 2007) στην οδό Χατζηιωάννου
- Κτίριο γραφείων και καταστημάτων στο Μαρούσι (Βικέλας, 2009) επί της Αγ. Κωνσταντίνου & του πεζόδρομου Αρματολών και Κλεφτών.
- Ανάπλαση όψης κτιρίου γραφείων στην Αθήνα (Βουτσινά. 2008) - λεωφ, Ηρακλείου.
- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Καλλιγιάς, 2015) επί της λεωφόρου Κηφισού.
- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Τομπάζης, 2009) επί της λεωφόρου Αθηνών.
- Συγκρότημα γραφείων, καταστημάτων & κατοικιών στα Χανιά (Μπόμπου - Αραχωβίτου, 2010)
- Δημόσιο κτίριο στην Αττική (Καϊρή, 2010)
- Σχεδιασμός Βιοκλιματικών όψεων και στεγών για ηχοπροστασία (Mikou Design Studio, 2011) στο προάστιο Saint Denis του Παρισιού.
- Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012) στο Golden του Colorado.
- Βιοκλιματικό Δημαρχείο στην Ολλανδία (Atelier Pro, 2012) στη πόλη Hengelo.
- Κτίριο γραφείων, εθν. οδό Αθηνών-Λαμίας (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι 2006)
- Ηλιοπροστασία κελύφους με σύστημα κινητών περσίδων (ISWD ARCHITEKTEN, 2012) στο Έσεν της Γερμανίας.

- Αισθητική και ενεργειακή αναβάθμιση πρόσοψης κτιρίου γραφείων (Μακρίδης, 2013) στην οδό Πολυτεχνείου στη Θεσσαλονίκη.
- Δημαρχείο Κορυδαλλού (Potiropoulos, 2014)
- Επανάχρηση και μετασχηματισμός ιστορικού κτιρίου στο κέντρο του Βόλου – πρώην καπνοβιομηχανία Ματσάγγου (Αδαμάκης, 2017), (Πανέτσος, 2012ζ)
- Κτίριο της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας στη Θεσσαλονίκη (Ψυχούλα, 2014)
- Ιστία. Ανακατασκευή κτιρίου γραφείων στον Πειραιά (Κούβελα - Παναγιωτάτου, 2015)
- Αποκατάσταση και ανασχεδιασμός κτιρίου πρόνοιας στη Θεσσαλονίκη (Τσιώρα και άλλοι, 2004)
- Κτίριο γραφείων και καταστημάτων, Λεωφόρος Αλίου, Άλιμος (Πανέτσος, 2012β)
- Κτίριο γραφείων Κηφισιά, Αθήνα (Πανέτσος, 2012δ)
- Κτίριο γραφείων Μαρούσι, Αθήνα (Πανέτσος, 2012ε)
- Δημοτικό μέγαρο Δράμας, Δράμα (Buerger, 2011ε)
- Συγκρότημα γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκη (Buerger, 2011α)
- Κτίριο Διοίκησης Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά, Κρήτη (μελέτη) (Buerger, 2011δ)
- Κτίριο γραφείων στη Λεμεσό, Κύπρος (Buerger, 2011ζ)
- Κτίριο γραφείων της ALPHA BANK στη Λεωφόρο Αθηνών, Αττική (Buerger, 2010)
- Το κτιριακό συγκρότημα της ΑΒΓ Καλυφτάκι ΑΕ, Κάτω Κηφισιά (Buerger, 2006β)



**Εικόνα 2.1.2-1:** Βιοκλιματικό κτίριο γραφείων στην Αθήνα (πηγή: Δουριδά, 2007)



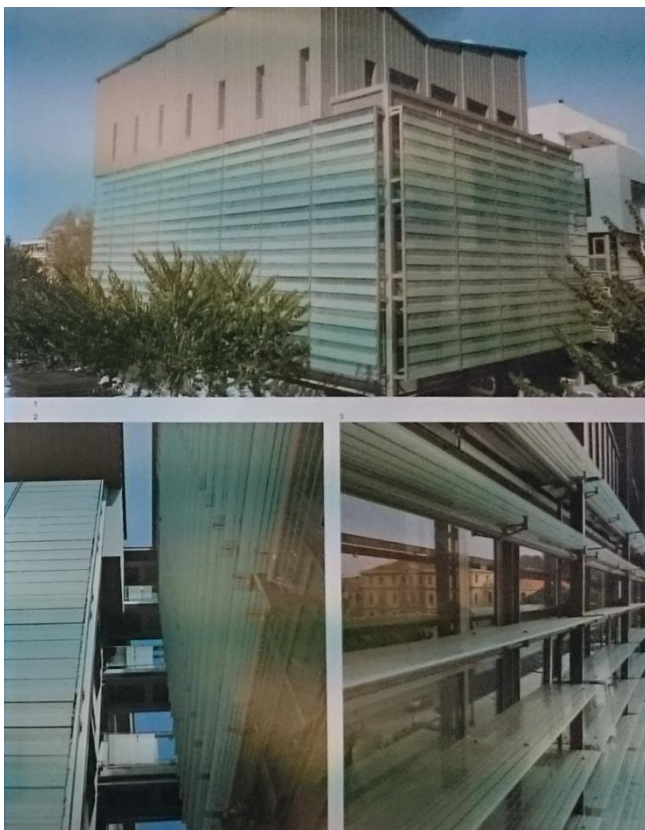
**Εικόνα 2.1.2-2:** Κτίριο γραφείων και καταστημάτων στο Μαρούσι (Βικέλας, 2009)



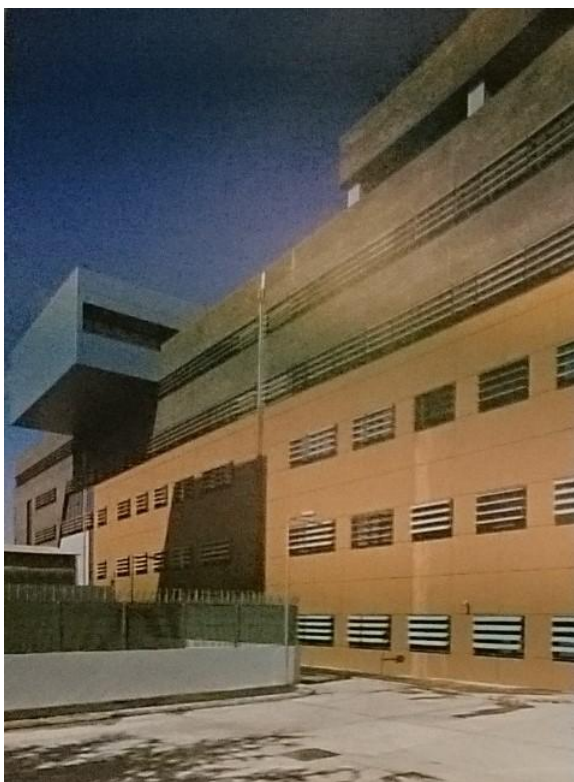
**Εικόνα 2.1.2-3:** Κτίριο γραφείων επί της λεωφόρου Ηρακλείου (Βουτσινά, 2008)



**Εικόνα 2.1.2-4:** Κτίριο γραφείων επί της λεωφόρου Κηφισσού (Καλλιγιάς, 2015)



**Εικόνα 2.1.2-5:** Σκίαστρα συγκροτήματος γραφείων, καταστημάτων & κατοικιών στα Χανιά  
(Μπόμπου - Αραχωβίτου, 2010)



**Εικόνα 2.1.2-6:** Σκίαστρα κτιρίου γραφείων στην Αττική (Καϊρή, 2010)





**Εικόνα 2.1.2-7:** Σκίαστρα κτιρίου στο Saint Denis του Παρισιού (Mikou Design Studio, 2011)



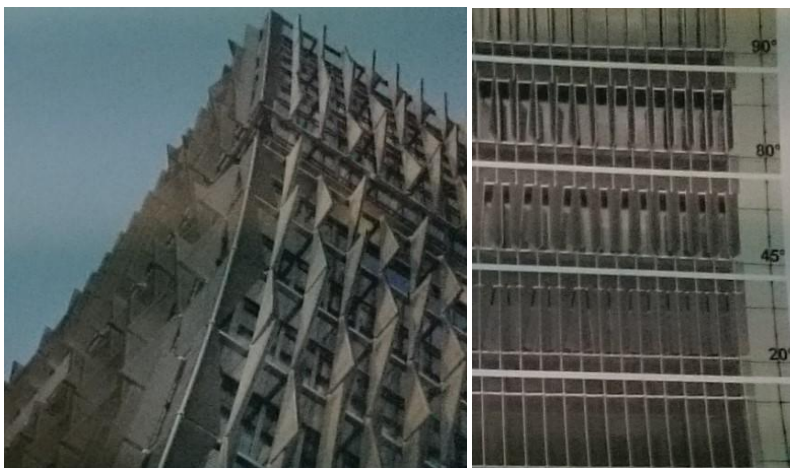
**Εικόνα 2.1.2-8:** Λεπτομέρεια Σκίαστρων κτίριο ΚΑΠΕ στις ΗΠΙΑ (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012)



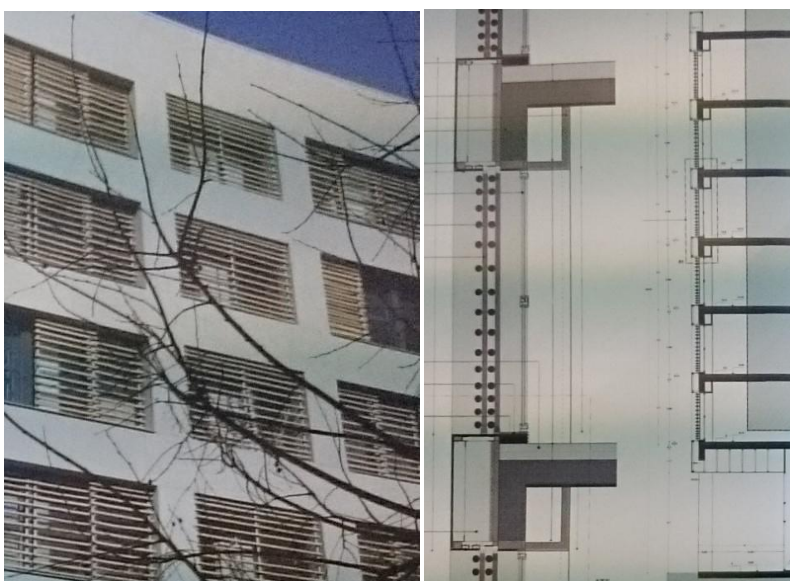
**Εικόνα 2.1.2-9:** Λεπτομέρεια Σκίαστρων του διοικητικού κέντρου της οργάνωσης WWF στη πόλη Woking του ΗΒ (πηγή: Τσιώρα - Παπαιωάννου και άλλοι., 2015)



**Εικόνα 2.1.2-10:** Σκίαστρα και λεπτομέρεια τους σε κτίριο γραφείων, εθν. οδός Αθηνών-Λαμίας  
(πηγή: Τσιώρα - Παπαιωάννου και άλλοι, 2006)



**Εικόνα 2.1.2-11:** Κινητές περσίδες και λεπτομέρεια θέσεων τους στο κτίριο της εταιρείας ThyssenKrupp  
(πηγή: ISWD ARCHITEKTEN, 2012)



**Εικόνα 2.1.2-12:** Περσιδωτά πετάσματα από μπαμπού στην πρόσοψη κτιρίου γραφείων στην οδό Πολυτεχνείου στη Θεσσαλονίκη (πηγή: Μακρίδης, 2013)





**Εικόνα 2.1.2-13:** Περσίδες στο Δημαρχείο Κορυδαλλού (πηγή: Potiropoulos, 2014)



**Εικόνα 2.1.2-14:** Περσίδες στο Κτίριο της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας στη Θεσσαλονίκη (Ψυχούλα, 2014)



**Εικόνα 2.1.2-15:** Ξύλινες Περσίδες στο Κτίριο γραφείων και καταστημάτων στη Λ. Αλίμου (Πανέτσος, 2012β)



**Εικόνα 2.1.2-16:** Περσίδες σε κτίριο γραφείων στο Μαρούσι, Αθήνα (Πανέτσος, 2012ε)



**Εικόνα 2.1.2-17:** Περσίδες στο Δημοτικό μέγαρο Δράμας (πηγή: Buerger, 2011ε)



**Εικόνα 2.1.2-18:** Κατακόρυφες περσίδες σε κτίριο γραφείων στη Λεμεσό, Κύπρος (πηγή: Buerger, 2011ζ)



- **Φύτευση περιβάλλοντα χώρου**

Εκτός της φύτευσης στο δώμα του κτιρίου, φύτευση χρησιμοποιείται και στον περιβάλλοντα χώρο των κτιρίων και σε γειτνίαση με αυτά για σκιασμό - δροσισμό των χώρων και βελτίωση του μικροκλίματος στον άμεσο περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου. Στα παραδείγματα συμπεριλαμβάνονται:

- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Καλλιγιάς, 2015) επί της Λεωφόρου Κηφισού.
- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Τομπάζης, 2009) στη Λεωφόρο Αθηνών.
- Δημόσιο κτίριο στην Αττική (Καϊρή, 2010)
- Ξύλινο διάτρητο κέλυφος για τη δημιουργία κατακόρυφων κήπων (Jacques Ferrier Architectures, 2012) στη πόλη Soissons της Γαλλίας.
- Πράσινο κέντρο δεδομένων στη Φραγκφούρτη (Arup Associates, 2012)
- Βιομηχανικό κτίριο με ενεργειακό σχεδιασμό και σεβασμό στη φύση (Παντελιά, 2014) στο Μαρόκο Αττικής.
- Κτίριο γραφείων υψηλής ενεργειακής απόδοσης (Τσιώρα - Παπαιωάννου και άλλοι, 2015) στη πόλη Woking του Ηνωμένου Βασιλείου.
- Ανακατασκευή του μουσείου Biesbosch (Studio Marco Vermeulen, 2017) στην πόλη Werkendam της Ολλανδίας.
- Κτίριο γραφείων Ταύρος (Πανέτσος, 2012στ) - συμβολή οδών 25<sup>ης</sup> Μαρτίου, Θεσσαλονίκης και Τεώ.
- Αποθήκη Χρηματικού-Θησαυροφυλάκιο στην Πυλαία, Θεσσαλονίκη (Buerger, 2011γ)



**Εικόνα 2.1.2-19:** Περιβάλλον χώρος σε κτίριο γραφείων επί της Λεωφόρου Ηρακλείου (πηγή: Καλλιγιάς, 2015)



**Εικόνα 2.1.2-20:** Περιβάλλον χώρος στο κέντρο δεδομένων στη Φραγκφούρτη (πηγή: Arup Associates, 2012)



**Εικόνα 2.1.2-21:** Περιβάλλον χώρος στο Βιομηχανικό κτίριο στο Μαρκόπουλο (πηγή: Παντελιά, 2014)



**Εικόνα 2.1.2-22:** Περιβάλλον χώρος στο Κτίριο γραφείων υψηλής ενεργειακής απόδοσης στη πόλη Woking (πηγή: Τσιώρα - Παπαιωάννου και άλλοι, 2015)



**Εικόνα 2.1.2-23:** Περιβάλλον χώρος μουσείου Biesbosch (πηγή: Studio Marco Vermeulen, 2017)

### • Κουφώματα

Ταυτόχρονα με τα σκιάδια – περσίδες, παραδείγματα των οποίων αναφέρονται παραπάνω, η ηλιοπροστασία των κτιρίων επιτυγχάνεται και με την τοποθέτηση σύγχρονων κουφωμάτων – υαλοπινάκων στα ανοίγματα που εξασφαλίζουν τον άμεσο φυσικό φωτισμό των χώρων. Είτε αναφέρονται σε κουφώματα με θερμοδιακοπή, είτε σε τοποθέτηση ειδικών υαλοπινάκων, παραδείγματα αυτών από βιβλιογραφική έρευνα παρατίθενται παρακάτω:

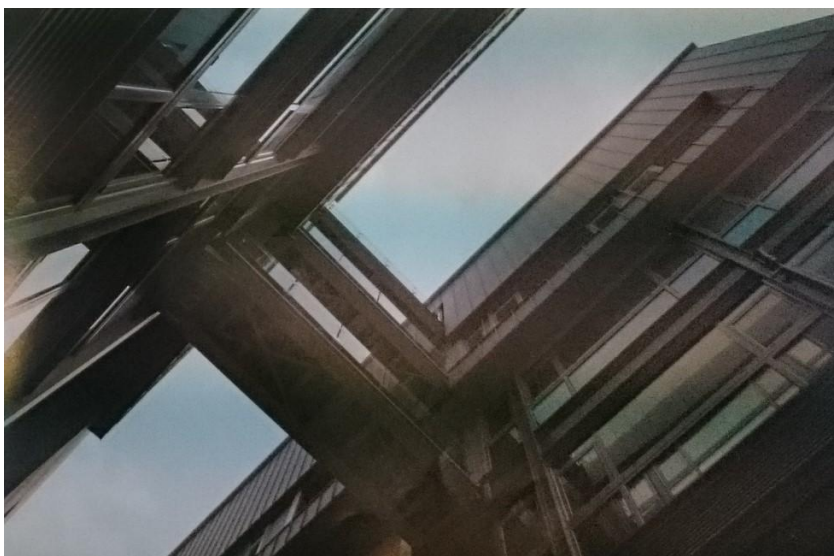
- Βιοκλιματικό κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Δουριδά, 2007) στην οδό Χατζηιωάννου.
- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Καλλιγιάς, 2015) επί της Λεωφόρου Κηφισού.
- Συγκρότημα γραφείων, καταστημάτων & κατοικιών στα Χανιά (Μπόμπου - Αραχωβίτου, 2010)
- Κατασκευή βιοκλιματικού αίθριου σε ιστορικό κτίριο (Pedersen, 2011) στην περιοχή Victoria Embankment του Λονδίνου.
- Βιοκλιματικό Δημαρχείο στην Ολλανδία (Atelier Pro, 2012) στη πόλη Hengelo.
- Κτίριο γραφείων στην εθνική οδό Αθηνών - Λαμίας (Τσιώρα – Παπαιωάννου Δήμητρα και άλλοι, 2006)
- Ηλιοπροστασία κελύφους με σύστημα κινητών περσίδων (ISWD ARCHITEKTEN, 2012) στο Έσεν της Γερμανίας.
- Ενεργειακή Αναβάθμιση σε κτίριο γραφείων του ΚΑΠΕ (Ανδρουτσόπουλος, 2012) στην περιοχή του Πικερμίου, στην Αττική.
- Βιομηχανικό κτίριο με ενεργειακό σχεδιασμό και σεβασμό στη φύση (Παντελιά, 2014) στο Μαρόπουλο Αττικής.



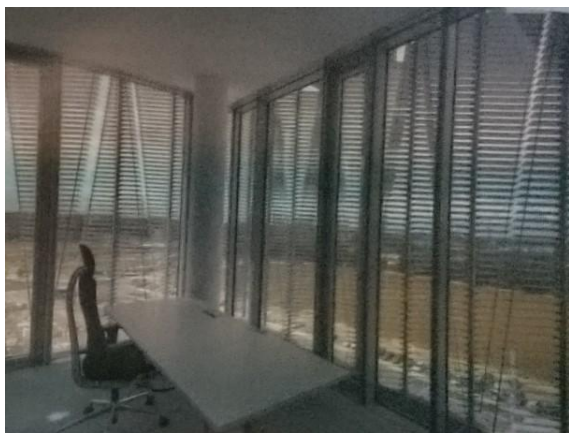
- Ανακατασκευή του μουσείου Biesbosch (Studio Marco Vermeulen, 2017) στην πόλη Werkendam της Ολλανδίας.
- Ανακαίνιση κελύφους κτιρίου γραφείων στον Κηφισό, Αιγαλεω, (Buerger, 2011β)
- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα - Κτίριο γραφείων της ALPHA BANK στη Λεωφόρο Αθηνών, Αττική (Τομπάζης, 2009), (Buerger, 2010)
- Κτίριο γραφείων στον Πειραιά (Buerger, 2006α)
- Κεντρικά γραφεία της Γ.Ε.Κ. Α.Ε., Αθήνα (Buerger, 2005α), λεωφόρος Μεσογείων
- Κτίριο γραφείων του ομίλου Α. Α. Holdings, Άγιος Ιωάννης, Ρέντη, (Buerger, 2005β)



**Εικόνα 2.1.2-24:** Λεπτομέρεια Κουφωμάτων σε βιοκλιματικό κτίριο γραφείων στην Αθήνα  
(πηγή: Δουριδά, 2007)



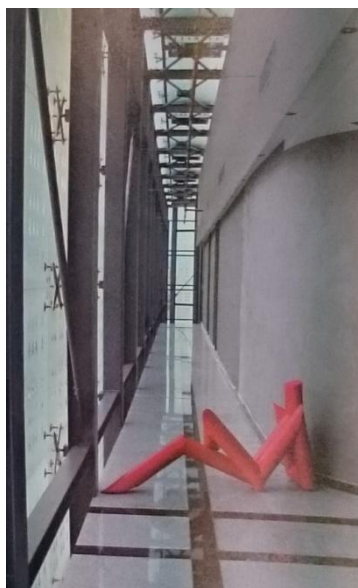
**Εικόνα 2.1.2-25:** Λεπτομέρεια Κουφωμάτων – Κατασκευών σε συγκρότημα γραφείων, καταστημάτων & κατοικιών στα Χανιά (πηγή: Μπόμπου - Αραχωβίτου, 2010)



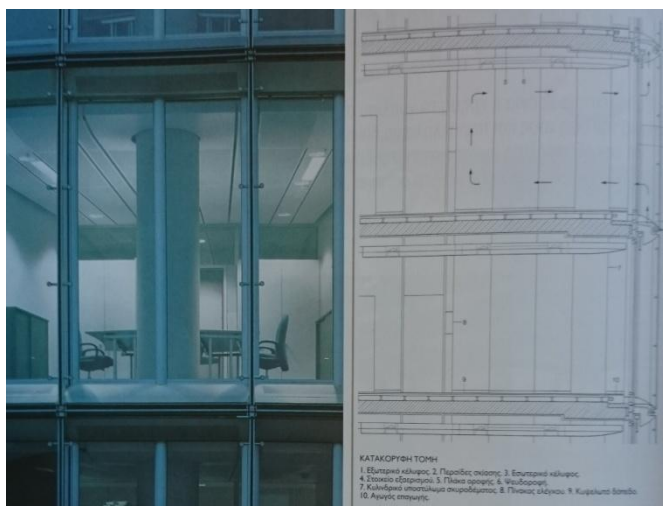
**Εικόνα 2.1.2-26:** Λεπτομέρεια Κουφωμάτων – Εικόνα από το εσωτερικό στις εγκαταστάσεις της ThyssenKrupp στο Έσσεν (πηγή: ISWD ARCHITEKTEN, 2012)



**Εικόνα 2.1.2-27:** Λεπτομέρεια Πρόσοψης κτιρίου γραφείων στον Πειραιά (πηγή: Buerger, 2006α)



**Εικόνα 2.1.2-28:** Λεπτομέρεια κτίριο γραφείων του ομίλου A. A. Holdings (πηγή: Buerger, 2005β)



Εικόνα 2.1.2-29: Λεπτομέρεια κτίριο γραφείων & κατοικιών Triangel (πηγή: Σπέντζα Μαρά,, 2007)

Εκτός της ηλιοπροστασίας-σκίασης του κτιρίου υπάρχουν και οι ακόλουθες τεχνικές παθητικού δροσισμού: φυσικός αερισμός, φύτευση δωματών, επενδύσεις όψεων, ανεμιστήρες οροφής εκμετάλλευση θερμικής αδράνειας εδάφους για δροσισμό.

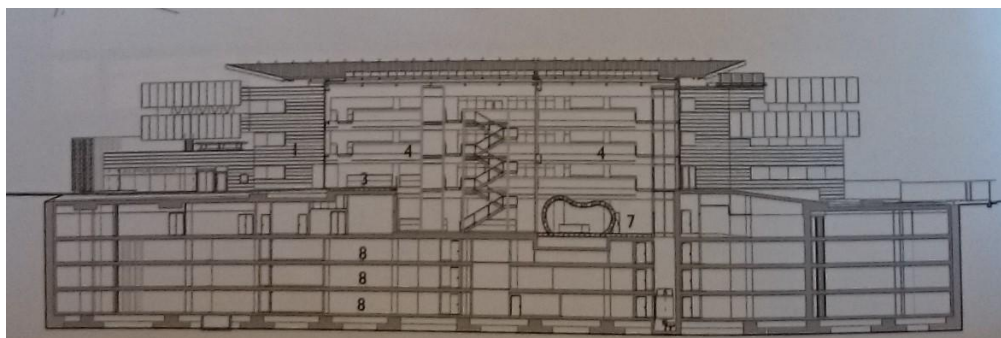
### • Φυσικός αερισμός

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί μια παλιά τεχνική που υιοθετήθηκε από τον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Αντιστρατεύεται την εκτεταμένη χρήση κλιματιστικών, για επίτευξη θερμικής άνεσης, προσφέροντας φυσικά μέσα για την απομάκρυνση της θερμότητας κατά τους θερινούς μήνες. "Ηλιακές καμινάδες" και άλλα συστήματα φυσικού αερισμού απαντώνται σε βιοκλιματικά κτίρια.

- Βιοκλιματικό κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Δουριδά, 2007) στην οδό Χατζηιωάννου.
- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Τομπάζης, 2009) στη Λεωφόρο Αθηνών.
- Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012) στο Golden του Colorado.
- Βιοκλιματικό Δημαρχείο στην Ολλανδία (Atelier Pro, 2012) στη πόλη Hengelo.
- Κτίριο γραφείων υψηλής ενεργειακής απόδοσης (Τσιώρα - Παπαιωάννου και άλλοι, 2015) στη πόλη Woking του Ηνωμένου Βασιλείου.
- Επανάχρηση και μετασχηματισμός ιστορικού κτιρίου στο κέντρο του Βόλου – πρώην καπνοβιομηχανία Ματσάγγου (Αδαμάκης, 2017), (Πανέτσος, 2012ζ)
- Ανάπλαση στοάς Σπυρομήλιου και αποκατάσταση θεάτρου "Παλλάς", (Πανέτσος, 2012α) στο κέντρο της Αθήνας.
- Συγκρότημα γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκης (Buerger, 2011α)



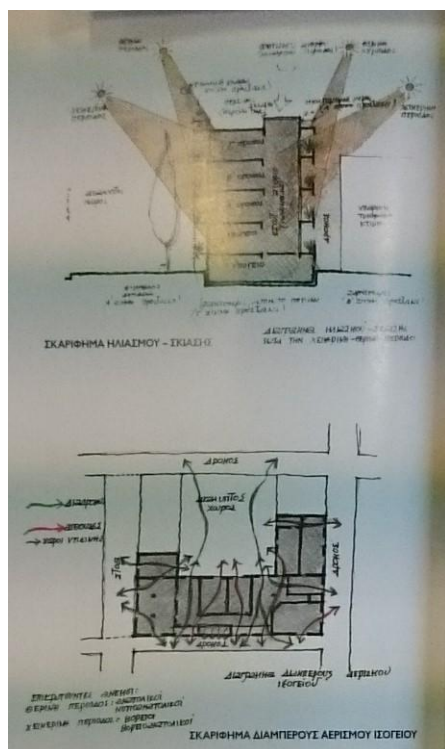
- Αλλαγή εσωτερικής διαμόρφωσης & όψεων κτιρίου, Πικέρμι, Αττική (Buerger, 2011α)
- Κτίριο Διοίκησης Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά, Κρήτη (μελέτη) (Buerger, 2011δ)
- Κτίριο γραφείων της ALPHA BANK στη Λεωφόρο Αθηνών, Αττική (Buerger, 2010)



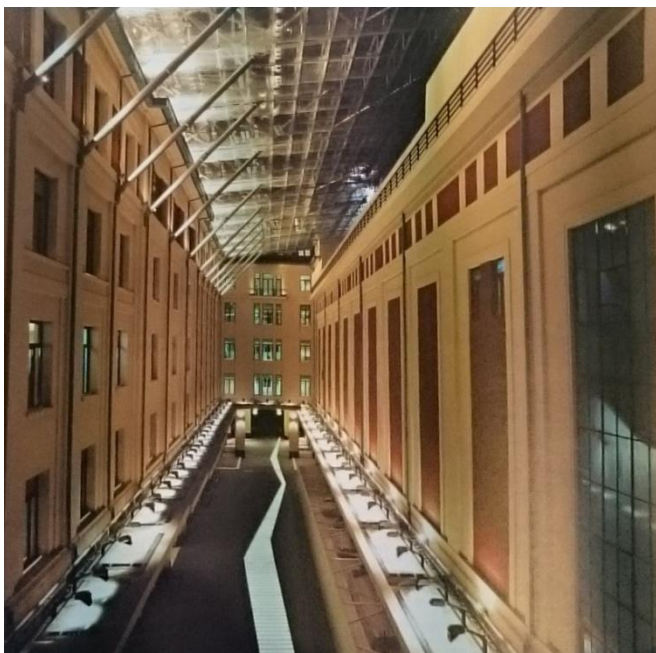
Εικόνα 2.1.2-30: Τομή κτιρίου γραφείων στη Λεωφόρο Αθηνών (πηγή: Τομπάζης, 2009)



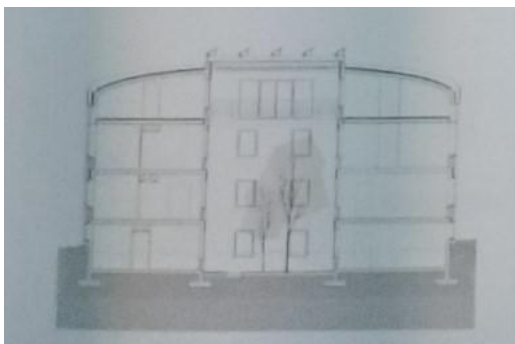
Εικόνα 2.1.2-31: Τομή κτιρίου γραφείων υψηλής ενεργειακής απόδοσης στη πόλη Woking (πηγή: Τσιώρα - Παπαιωάννου και άλλοι, 2015)



Εικόνα 2.1.2-32: Σχηματική Τομή - Κάτοψη κτιρίου στο κέντρο του Βόλου – πρώην καπνοβιομηχανία Ματσάγγου (πηγή: Αδαμάκης, 2017)



Εικόνα 2.1.2-33: Ανάπλαση στοάς Σπυρομήλιου και αποκατάσταση θεάτρου "Παλλάς"  
(πηγή: Πανέτσος, 2012α)



Εικόνα 2.1.2-34: Τομή Συγκροτήματος γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκης (πηγή: Buerger, 2011α)

Η φύτευση των δωματίων και οι επενδύσεις των όψεων αποτελούν μια σειρά μεθόδων – τεχνικών έχει ως στόχο της τη **θερμική προστασία του κτιριακού περιβλήματος**. Αυτές οι τεχνικές και τα αντίστοιχα παραδείγματα που έχουν εντοπιστεί παρουσιάζονται παρακάτω:

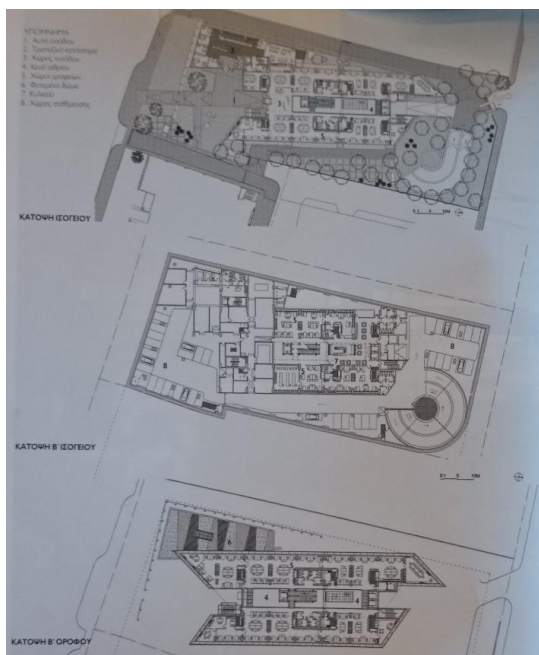
- **Φυτεμένα Δώματα**

Μια από τις τεχνικές παθητικού δροσισμού - προστασίας του κτιριακού περιβλήματος είναι και η φύτευση του δώματος. Στα πλεονεκτήματα που προσφέρει συμπεριλαμβάνονται η εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη, ο έλεγχος της απορροής όμβριων υδάτων και η αποφυγή πλημμυρών ύστερα από έντονες βροχοπτώσεις, η μείωση των φαινομένων της αστικής θερμικής νησίδας, η κατακράτηση αέριων ρύπων, σωματιδίων και σκόνης, η αισθητική αναβάθμιση δώματος, η δημιουργία ευχάριστων κοινόχρηστων χώρων, η επαναφορά τοπικής χλωρίδας στον αστικό ιστό, η προστασία και σημαντική επέκταση



χρόνου ζωής στεγανοποιητικών μεμβρανών. (Θεοδοσίου, 2013) Χωρίζεται σε τρεις τύπους-εκτατικού τύπου (μικρών απαιτήσεων), ημιεντατικού τύπου (μέσων απαιτήσεων) και εντατικού τύπου (αυξημένων απαιτήσεων). Αναλόγως του τύπου είναι και το πάχος της στρώσης αποστράγγισης και το πάχος της φυτικής γης και αντιστοίχως ανάλογα είναι και τα οφέλη που προκύπτουν. Σύμφωνα με τον Ζιώγου και τους συνεργάτες του (Ζιώγου, 2017) οικονομικές αναλύσεις έδειξαν την οικονομική αναποτελεσματικότητα των πράσινων στεγών αλλά την ίδια στιγμή δεν μπορούν να παραβλεφθούν τα περιβαλλοντικά οφέλη από την κατασκευή τους που δεν αναλύονται με οικονομικούς όρους. Παραδείγματα κτιρίων με φυτεμένα δώματα είναι τα ακόλουθα:

- Βιοκλιματικό κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Δουριδά, 2007) στην οδό Χατζηιωάννου.
- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα - Κτίριο γραφείων της ALPHA BANK στη Λεωφόρο Αθηνών, Αττική (Τομπάζης, 2009), (Buerger, 2010) επί της λεωφόρου Αθηνών.
- Δημόσιο κτίριο στην Αττική (Καϊρή, 2010) στα όρια του Δήμου Αθηναίων.
- Κατασκευή βιοκλιματικού αίθριου σε ιστορικό κτίριο (Pedersen, 2011) στην περιοχή Victoria Embankment του Λονδίνου.
- Σχεδιασμός Βιοκλιματικών όψεων και στεγών για ηχοπροστασία (Mikou Design Studio, 2011) στο προάστιο Saint Denis του Παρισιού.
- Πράσινο κέντρο δεδομένων στη Φραγκφούρτη (Arup Associates, 2012)
- Ενεργειακή Αναβάθμιση σε κτίριο γραφείων του ΚΑΠΕ (Ανδρουτσόπουλος, 2012) στην περιοχή του Πικερμίου, στην Αττική.
- Βιομηχανικό κτίριο με ενεργειακό σχεδιασμό και σεβασμό στη φύση (Παντελιά, 2014) στο Μαρκόπουλο Αττικής.
- Ολιστικός Σχεδιασμός και τεχνολογική καινοτομία σε πρότυπη πολυτεχνική σχολή (RMM Architects & Masterplanners, 2014) στο Galway της Ιρλανδίας.
- Επανάχρηση και μετασχηματισμός ιστορικού κτιρίου στο κέντρο του Βόλου – πρώην καπνοβιομηχανία Ματσάγγου (Αδαμάκης, 2017), (Πανέτσος, 2012ζ)
- Ανακατασκευή του μουσείου Biesbosch (Studio Marco Vermeulen, 2017) στην πόλη Werkendam της Ολλανδίας.
- Κτίριο γραφείων & καταστημάτων, Ταύρος (Πανέτσος, 2012γ) στην οδό Πειραιώς.
- Αποθήκη Χρηματικού-Θησαυροφυλάκιο στην Πυλαία, Θεσσαλονίκη (Buerger, 2011γ)



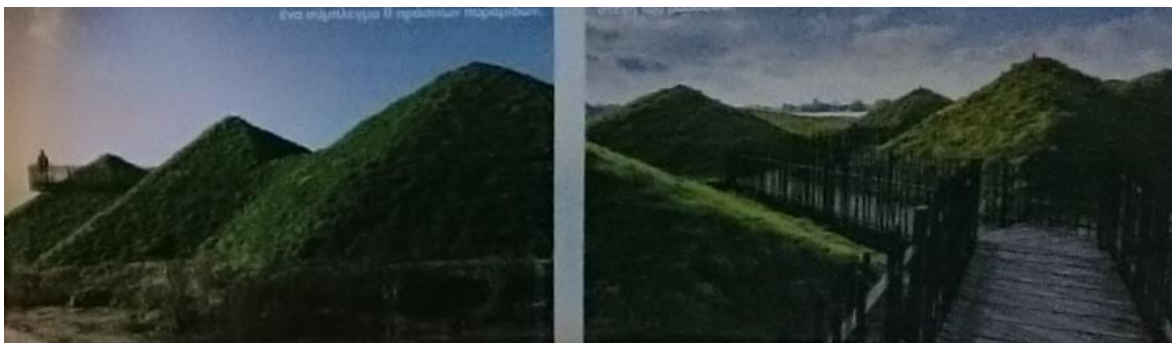
**Εικόνα 2.1.2-35:** Κατόψεις κτιρίου ALPHA BANK με το φυτεμένο δώμα στο δεύτερο όροφο (πηγή: Τομπάζης, 2009)



**Εικόνα 2.1.2-36:** Άποψη δώματος Δημόσιου κτιρίου στην Αττική (πηγή: Καϊρή, 2010)



**Εικόνα 2.1.2-37:** Φωτογραφίες σταδίων κατασκευής και τελικής μορφής φυτεμένου δώματος στο κτίριο γραφείων του ΚΑΠΕ (πηγή: Ανδρουτσόπουλος, 2012)



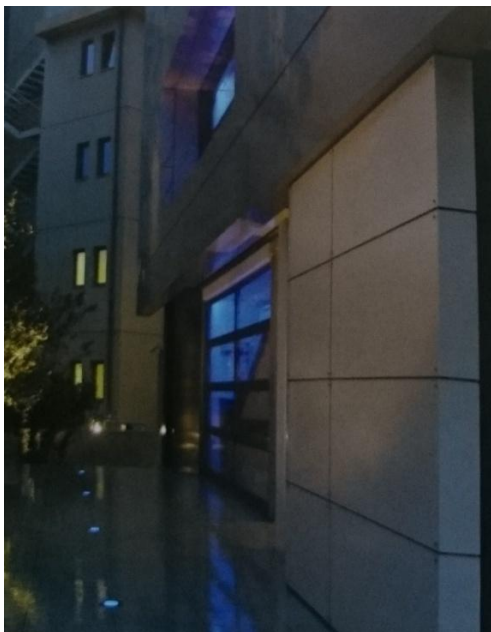
Εικόνα 2.1.2-38: Δόμα μουσείου Biesbosch (πηγή: Studio Marco Vermeulen, 2017)

- **Επενδύσεις Όψεων (ανακλαστικά επιχρίσματα, φράγματα ακτινοβολίας, αεριζόμενα κελύφη)**

Για την επίτευξη επιπλέον ηλιοπροστασίας των κτιρίων και την ελάττωση των θερμικών κερδών τους, παρατηρείται η χρήση διάφορων τρόπων και μέσων προστασίας του θερμικού περιβλήματος όπως οι εξωτερικές επενδύσεις στις όψεις – στην ουσία η κατασκευή διπλών όψεων – η τοποθέτηση ανακλαστικών υλικών ή και υλικών υψηλής θερμοχωρητικότητας σε αυτές. Παραδείγματα αυτών:

- Βιοκλιματικό κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Δουριδά, 2007) στην οδό Χατζηιωάννου.
- Κτίριο γραφείων και καταστημάτων στο Μαρούσι (Βικέλας, 2009) επί της Αγ. Κωνσταντίνου & του πεζόδρομου Αρματολών και Κλεφτών.
- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα - Κτίριο γραφείων της ALPHA BANK στη Λεωφόρο Αθηνών, Αττική (Τομπάζης, 2009), (Buerger, 2010) στη Λεωφόρο Αθηνών.
- Συγκρότημα γραφείων, καταστημάτων & κατοικιών στα Χανιά (Μπόμπου - Αραχωβίτου, 2010)
- Αισθητική και ενεργειακή αναβάθμιση πρόσοψης κτιρίου γραφείων (Μακρίδης, 2013) στη Λεωφόρο Αθηνών.
- Το κτίριο Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας στη Θεσσαλονίκη (Ψυχούλα, 2014)
- Ολιστικός Σχεδιασμός και τεχνολογική καινοτομία σε πρότυπη πολυτεχνική σχολή (RMM Architects & Masterplanners, 2014) στο Galway της Ιρλανδίας.
- Ιστία. Ανακατασκευή κτιρίου γραφείων στον Πειραιά (Κούβελα - Παναγιωτάτου, 2015)
- Κτίριο γραφείων υψηλής ενεργειακής απόδοσης (Τσιώρα - Παπαϊωάννου και άλλοι, 2015) στη πόλη Woking του Ηνωμένου Βασιλείου.
- Επανάχρηση και μετασχηματισμός ιστορικού κτιρίου στο κέντρο του Βόλου – πρώην καπνοβιομηχανία Ματσάγγου (Αδαμάκης, 2017), (Πανέτσος, 2012ζ)

- Δημοτικό μέγαρο Δράμας, Δράμα (Buerger, 2011ε)
- Συγκρότημα γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκης (Buerger, 2011α)
- Ανακαίνιση κελύφους κτιρίου γραφείων στον Κηφισό, Αιγάλεω (Buerger, 2011β)
- Κτίριο γραφείων στον Πειραιά (Buerger, 2006α)
- Κεντρικά γραφεία της Γ.Ε.Κ. Α.Ε., Αθήνα (Buerger, 2005α) στη Λεωφόρο Μεσογείων



**Εικόνα 2.1.2-39:** Επένδυση βιοκλιματικού κτιρίου στην Αθήνα (πηγή: Δουριδά, 2007)



**Εικόνα 2.1.2-40:** Επένδυση κτιρίου Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (πηγή: Ψυχούλα, 2014)

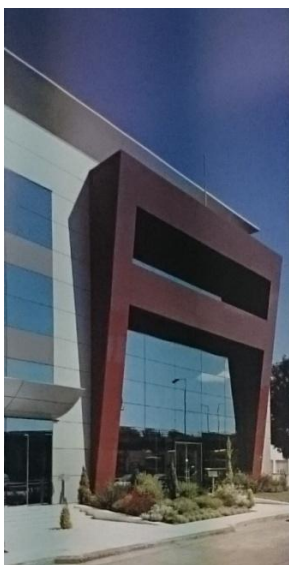




**Εικόνα 2.1.2-41:** Επένδυση πολυτεχνικής σχολής στο Galway της Ιρλανδίας (πηγή: RMM Architects & Masterplanners, 2014)



**Εικόνα 2.1.2-42:** Επένδυση κτιρίου γραφείων στο Πειραιά (πηγή: Κούβελα - Παναγιωτάτου, 2015)



**Εικόνα 2.1.2-43:** Επένδυση κτιρίου γραφείων στον Κηφισό (πηγή: Buerger, 2011β)

- **Ανεμιστήρες οροφής**

Ένας ακόμα τρόπος ενίσχυσης του φυσικού δροσισμού με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας είναι η χρήση ανεμιστήρων οροφής. Συνεισφέρει στην επίτευξη θερμικής άνεσης υψηλότερες του κανονικού καθώς με την κίνηση του αέρα που δημιουργεί ο ανεμιστήρας απάγεται η θερμότητα από το ανθρώπινο σώμα. Παραδείγματα της μεθόδου αυτής:

- Κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Τομπάζης, 2009) επί της λεωφόρου Αθηνών.
- Building of the general Secretariat of research and technology (Santamouris, 1995α) v2 p9-31 στη Λεωφόρο Μεσογείων, Αθήνα.
- Πολυχρηστικό κτίριο γραφείων στην οδό Αμερικής (Santamouris, 1995α) v2 p33-54
- Κτίριο Τράπεζας Αττικής (Santamouris, 1995α) v2 p55-78 στην οδό Ομήρου, Αθήνα.
- Ministry of Culture-General Secretariat of adult education (Santamouris, 1995α) v2 p79-102 στην οδό Αχαρνών, Αθήνα.
- National Research Institute (Santamouris, 1995α) v2 p103-131 στη Λεωφόρο Βασιλέως Κωνσταντίνου, Αθήνα.
- Private Office Building (Santamouris, 1995α) v2 p133-149, στο Μαρούσι Αττικής.
- Private Office Building in Halandri (Santamouris, 1995α) v2 p151-169 στην οδό Τομπάζη, Αθήνα.
- Building of the ministry of Presidency (Santamouris, 1995α) v2 p171-197 στην Αθήνα.
- The BP Oil Company building (Santamouris, 1995β) v3 p9-36 στη Λεωφ. Κηφισιάς, Αθήνα.
- "Heraklis" general cement company S.A., Headquarters (Santamouris, 1995β) v3 p37-68 στη Λυκόβρυση Αττικής.
- The El.Ke.Pa. building (headquarers) (Santamouris, 1995β) v3 p70-87 στην οδό Καποδιστρίου, Αθήνα.
- The El.Ke.Pa. building (branch) (Santamouris, 1995β) v3 p89-110 στη Λεωφόρο Κηφισίας στο Μαρούσι, Αθήνα.
- The "Mechaniki" Headquarters Building (Santamouris, 1995β) v3 p111-132 στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως, Αθήνα.
- Building of "Meletitiki" (Santamouris, 1995β) v3 p133-158 στην Λεωφόρο Μαραθωνοδρόμου, Ψυχικό.



- National bank of Industrial Development (Santamouris, 1995β) v3 p183-206 στη Λεωφόρο Συγγρού, Αθήνα.
- **Απόρριψη θερμότητας από το κτίριο στη γη με αγωγή**

Η απόρριψη θερμότητας από το κτίριο στη γη με αγωγή συντελείται με διάφορες μεθόδους όπως την κατασκευή υπόσκαφων τμημάτων του κτιρίου, την κατασκευή υπεδάφιου δικτύου αγωγών και εναλλακτών κ.α.. Παραδείγματα των περιπτώσεων αυτών είναι:

- Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ (Τσιώρα – Παπαϊωάννου Δήμητρα και άλλοι, 2012) στο Golden του Colorado.
- Πράσινο κέντρο δεδομένων στη Φραγκφούρτη (Arup Associates, 2012)
- Το νέο κτίριο της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας στη Θεσσαλονίκη (Ψυχούλα, 2014)
- Ανακατασκευή του μουσείου Biesbosch (Studio Marco Vermeulen, 2017) στην πόλη Werkendam της Ολλανδίας.
- Ενεργειακά αυτόνομο και έξυπνο κτίριο (SMA, 2012) κοντά στη πόλη Kassel στη Γερμανία.



**Εικόνα 2.1.2-44:** Δίκτυα αγωγών και εναλλακτών στη φάση της κατασκευής στο κτίριο της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (πηγή: Ψυχούλα, 2014)



**Εικόνα 2.1.2-45:** Τομή κτιρίου Biesbosch όπου φαίνεται η ύπαρξη υπόσκαφων τμημάτων (πηγή: Studio Marco Vermeulen, 2017)

### 2.1.3 Συστήματα και τεχνικές φυσικού φωτισμού

Για την εξασφάλιση επαρκούς ποσότητας (ικανοποιητικής στάθμης φωτισμού) και ομαλά κατανομημένης ώστε να αποφεύγονται έντονες διαφοροποιήσεις στάθμης δηλαδή φαινόμενα θάμβωσης, χρησιμοποιούνται κατάλληλα συστήματα και τεχνικές. Πέραν των ανοιγμάτων στην κατακόρυφη τοιχοποιία και των αίθριων που έχουν αναφερθεί παραπάνω καθώς και συστημάτων όπως τα ράφια φωτισμού (επί των κατακόρυφων ανοιγμάτων) και οι φωτοσωλήνες στα κτίρια συναντούνται και ανοίγματα οροφής. (καθώς και φωταγωγού)

- **Ανοίγματα οροφής - φεγγίτες**
  - Σχεδιασμός Βιοκλιματικών όψεων και στεγών για ηχοπροστασία (Mikou Design Studio, 2011) στο προάστιο Saint Denis του Παρισιού.
  - Δημαρχείο Κορυδαλλού (Potiropoulos, 2014)
  - Κτίριο Δημαρχείου Λαμπείας, Ηλεία (Buerger, 2011η)



**Εικόνα 2.1.3-1:** Φυσικός φωτισμός διαδρόμων Δημαρχείου Κορυδαλλού μέσω φωταγωγών (πηγή: Potiropoulos, 2014)



**Εικόνα 2.1.3-2:** Φυσικός φωτισμός από άνοιγμα οροφής στο Δημαρχείο Λαμπείας (πηγή: Buerger, 2011η)

## 2.2 Ενεργητικά Συστήματα

Με τον όρο ενεργητικά συστήματα αναφερόμαστε σε μηχανολογικά συστήματα συλλογής ενέργειας (ηλιακής, αιολικής, γεωθερμικής), αποθήκευσης της και διοχέτευσης της με χρήση υγρού ή αέρα ως μέσου μεταφοράς της παραγόμενης θερμότητας. Συλλέκτες και μια ξεχωριστή δεξαμενή αποθήκευσης λειτουργούν ως ξεχωριστές συνιστώσες του συστήματος και η μεταφορά της ενέργειας ανάμεσα τους επιτυγχάνεται με τη βοήθεια αντλίας. Κυρίως οι μέθοδοι αυτοί βρίσκουν εφαρμογή σε μεθόδους θέρμανσης νερού οικιακής χρήσης, ψύξη και θέρμανση χώρων και σε άλλες διεργασίες. Το πιο κοινό και ευρέως διαδεδομένο ενεργητικό σύστημα είναι ο ηλιακός θερμοσίφωνας ιδιαίτερος στη χώρα μας με την έντονη ηλιοφάνεια της.

Τα ενεργητικά συστήματα χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες, ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, το μέγεθος, την εφαρμογή για την οποία προορίζονται, το επικρατούν κλίμα κ.α.. Διαθέτουν μεγάλη ποικιλία διατάξεων λόγω και των κάθε φορά διαφορετικών τρόπων προστασίας τους από τον παγετό. Χωρίζονται σε δύο τύπους: στα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας και σε αυτά της φυσικής. (Χεγκάζι, 2009)

### • Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Ιδιαίτερη κατηγορία ενεργητικών συστημάτων τα οποία βρίσκουν εφαρμογή σε βιοκλιματικές λύσεις είναι τα φωτοβολταϊκά, όντας και τεχνολογία ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Είναι ευρέως διαδεδομένα στον ελλαδικό χώρο και μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Αποτελούνται από συστοιχίες, συσσωρευτές και συστήματα μετατροπής της ισχύος. οι βασικοί τύποι που απαντώνται είναι οι ακόλουθοι:

- Αυτόνομο σύστημα
- Σύστημα συνδεδεμένο με το δίκτυο
- Υβριδικό σύστημα
- Σύστημα μικρής ισχύος

Στα κτίρια γραφείων της βιβλιογραφίας συναντάμε τα παρακάτω παραδείγματα φωτοβολταϊκών συστημάτων:

- Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012) στο Golden του Colorado.
- Βιοκλιματικό Δημαρχείο στην Ολλανδία (Atelier Pro, 2012) στη πόλη Hengelo.

- Βιομηχανικό κτίριο με ενεργειακό σχεδιασμό και σεβασμό στη φύση (Παντελιά, 2014) στο Μαρκόπουλο Αττικής.
- Ενεργειακά αυτόνομο και έξυπνο κτίριο (SMA, 2012) κοντά στη πόλη Kassel στη Γερμανία.
- Κτίριο γραφείων υψηλής ενεργειακής απόδοσης (Τσιώρα - Παπαιωάννου και άλλοι, 2015) στη πόλη Woking του Ηνωμένου Βασιλείου.
- Κτίριο Διοίκησης Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά, Κρήτη (μελέτη) (Buerger, 2011δ)



**Εικόνα 2.2-1:** Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ (πηγή: Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012)



**Εικόνα 2.2-2:** Κτίριο εταιρείας SMA και θέση φωτοβολταϊκών στη πόλη Kassel (πηγή: SMA, 2012)

Ως αναβάθμιση τα φωτοβολταϊκά απαιτούν μεγαλύτερη αρχική επένδυση σε σχέση με άλλες ενεργειακά πιο αποδοτικές τεχνικές-συστήματα χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. (Ma, 2012) Παρόλα αυτά ως συστήματα, τα φωτοβολταϊκά προσφέρουν αθόρυβη λειτουργία, μηδενική ρύπανση, ελάχιστη συντήρηση, αξιοπιστία και μεγάλη διάρκεια ζωής ενώ



προσφέρουν ανεξαρτησία από την εξωτερική τροφοδοσία ρεύματος, μερική ή ολική αναλόγως της δυναμικότητας των συστημάτων και των αναγκών του εκάστοτε κτιρίου.

- **Εγκαταστάσεις ψύξης - Θέρμανσης**

Οι εγκαταστάσεις ψύξης – θέρμανσης αποτελούν σημαντικό τμήμα των βιοκλιματικών κτιρίων γραφείων. Είτε μιλάμε για συστήματα Α.Π.Ε. τα οποία χρησιμοποιούν αρχές γεωθερμίας, είτε για μια απλή αντικατάσταση των λεβήτων πετρελαίου με λέβητες φυσικού αερίου η εξοικονόμηση ενέργειας που προσφέρουν είναι σημαντική.

Ιδιαίτερος στις περιπτώσεις γεωθερμίας είναι δυνατό στο δίκτυο σωληνώσεων να κυκλοφορεί το χειμώνα θερμό νερό, θερμοκρασίας  $32^{\circ}\text{C}$  και το καλοκαίρι  $18^{\circ}\text{C}$  έχοντας ως αποτέλεσμα την μετατροπή τους σε επιφάνειες ακτινοβολίας δροσισμού – θέρμανσης ανάλογα με την εποχή.

Στα συστήματα γεωθερμίας που απαντώνται στη βιβλιογραφία έχουμε:

- Βιοκλιματικό κτίριο γραφείων στην Αθήνα (Δουριδά, 2007) επί της οδού Χατζηιωάννου.
- Κτίριο γραφείων και καταστημάτων στο Μαρούσι (Βικέλας, 2009) επί της Αγ. Κωνσταντίνου & του πεζόδρομου Αρματολών και Κλεφτών.
- Συγκρότημα γραφείων, καταστημάτων & κατοικιών στα Χανιά (Μπόμπου-Αραχωβίτου, 2010)
- Δημόσιο κτίριο στην Αττική (Καϊρή, 2010) στα όρια του Δήμου Αθηναίων.
- Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012) στο Golden του Colorado.
- Ενεργειακά αυτόνομο και έξυπνο κτίριο (SMA, 2012) κοντά στη πόλη Kassel στη Γερμανία.
- Ηλιοπροστασία κελύφους με σύστημα κινητών περσίδων (ISWD ARCHITEKTEN, 2012) στο Έσεν της Γερμανίας.
- Το νέο κτίριο της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας στη Θεσσαλονίκη (Ψυχούλα, 2014)
- Κτίριο γραφείων με πιστοποίηση LEED (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2014) στη πόλη Woking του Ηνωμένου Βασιλείου.
- Βιομηχανικό κτίριο με ενεργειακό σχεδιασμό και σεβασμό στη φύση (Παντελιά, 2014) στο Μαρκόπουλο Αττικής.

- Ολιστικός Σχεδιασμός και τεχνολογική καινοτομία σε πρότυπη πολυτεχνική σχολή (RMM Architects & Masterplanners, 2014) στο Galway της Ιρλανδίας.
- Ιστία. Ανακατασκευή κτιρίου γραφείων στον Πειραιά (Κούβελα - Παναγιωτάτου, 2015)
- Κτίριο γραφείων υψηλής ενεργειακής απόδοσης (Τσιώρα - Παπαιωάννου και άλλοι, 2015) στη πόλη Woking του Ηνωμένου Βασιλείου.
- Ανακατασκευή του μουσείου Biesbosch (Studio Marco Vermeulen, 2017) στην πόλη Werkendam της Ολλανδίας.
- Συγκρότημα γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκης (Buerger, 2011α)
- Κτίριο Διοίκησης Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά, Κρήτη (μελέτη) (Buerger, 2011δ)

Ακόμα και όταν δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν συστήματα γεωθερμίας ένα από τα πρώτα μέτρα που γίνονται κατά τη διάρκεια μιας αναβάθμισης είναι η αντικατάσταση των συστημάτων πετρελαίου με φυσικού αερίου τα οποία έχουν καλύτερη απόδοση και μικρότερο κόστος λειτουργίας. Κτίρια που εντοπίζονται από τη βιβλιογραφία στα οποία συντελέστηκε η αντικατάσταση είναι τα ακόλουθα:

- Building of the general Secretariat of research and technology (Santamouris, 1995α) v2 p9-31 στη Λεωφόρο Μεσογείων, Αθήνα.
- Πολυχρηστικό κτίριο γραφείων στην οδό Αμερικής (Santamouris, 1995α) v2 p33-54.
- Κτίριο Τράπεζας Αττικής (Santamouris, 1995α) v2 p55-78 στην οδό Ομήρου, Αθήνα.
- Ministry of Culture-General Secretariat of adult education (Santamouris, 1995α) v2 p79-102 στην οδό Αχαρνών, Αθήνα.
- National Research Institute (Santamouris, 1995α) v2 p103-131 στη Λεωφόρο Βασιλέως Κωνσταντίνου, Αθήνα.
- Building of the ministry of Presidency (Santamouris, 1995α) v2 p171-197 στην Αθήνα.
- The BP Oil Company building (Santamouris, 1995β) v3 p9-36 στη Λεωφόρο Κηφισιάς, Αθήνα.
- "Heraklis" general cement company S.A., Headquarters (Santamouris, 1995β) v3 p37-68 στη Λυκόβρυση Αττικής.
- The El.Ke.Pa. building (headquarters) (Santamouris, 1995β) v3 p70-87 στην οδό Καποδιστρίου, Αθήνα.

- The El.Ke.Pa. building (branch) (Santamouris, 1995β) v3 p89-110 στη Λεωφόρο Κηφισίας στο Μαρούσι, Αθήνα.
- The "Mechaniki" Headquarters Building (Santamouris, 1995β) v3 p111-132 στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως, Αθήνα.
- Building of "Meletitiki" (Santamouris, 1995β) v3 p133-158 στην Λεωφόρο Μαραθωνοδρόμου, Ψυχικό.
- National bank of Industrial Development (Santamouris, 1995β) v3 p183-206 στη Λεωφόρο Συγγρού, Αθήνα.
- The National Center for Oceanographic Research Building (Santamouris, 1995β) v3 p207-229 στον Άγιο Κοσμά Αττικής.

- **Συστήματα διαχείρισης κτιρίων**

Τα συστήματα διαχείρισης κτιρίων ελέγχουν τις περιβαλλοντικές παραμέτρους των κτιρίων στα οποία εγκαθίστανται. Χρησιμοποιούν δίκτυα αισθητήρων τα οποία είτε λειτουργούν αυτόνομα είτε μέσω κεντρικών συστημάτων και έχουν ως στόχο την εξασφάλιση συνθηκών άνεσης με ταυτόχρονη εξοικονόμηση ενέργειας. Υπό τον έλεγχο των συστημάτων διαχείρισης κτιρίων μπορούν να τεθούν διάφοροι τομείς του κτιρίου όπως η θέρμανση, η ψύξη, ο αερισμός και κλιματισμός του, ο φωτισμός, γενικότερα η διαχείριση της ενέργειας και ακόμα και στοιχεία όπως η ασφάλεια - προστασία αυτού.

Η εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης προσφέρει πλεονεκτήματα όπως η εξοικονόμηση ενέργειας, η καλύτερη διαχείριση των φορτίων αιχμής, η βελτίωση του περιβάλλοντος εργασίας της κτιριακής λειτουργικότητας και οικονομίας. Τα συστήματα αυτά ελέγχονται εύκολα και από απόσταση από ελάχιστο προσωπικό και προσφέρουν δυνατότητες μεγάλης ευελιξίας ως προς τον προγραμματισμό τους, προσαρμόζονται εύκολα στις απαιτήσεις των χρηστών του κτιρίου, επιτρέπουν την εύκολη χρήση των συστημάτων τους και δίνουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης και εύκολης πραγματοποίησης πολλαπλών αλληλοεξαρτώμενων λειτουργιών και τη διαχείριση και ανάλυση μεγάλου όγκου δεδομένων με ακρίβεια και σε χρόνους που δεν είναι δυνατό να επιτευχθούν από το προσωπικό του κτιρίου. Την ίδια στιγμή παρέχουν δυνατότητες συνεχούς ενημέρωσης σχετικά με την λειτουργία τους, την απόδοση των συστημάτων τους, σχετικά με τις αναγκαίες επεμβάσεις συντήρησης και αποκατάστασης βλαβών που παρουσιάζονται σε αυτά ενώ προσφέρουν και πληροφορίες - αναφορές στους

διοικούντες τα κτίρια για τη λήψη αποφάσεων αξιοποίησεως αυτών και για τον καθορισμό μελλοντικών προϋπολογισμών.

Παραδείγματα συστημάτων διαχείρισης κτιρίων είναι και τα ακόλουθα:

- Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012) στο Golden του Colorado.
- Βιοκλιματικό Δημαρχείο στην Ολλανδία (Atelier Pro, 2012) στη πόλη Hengelo.
- Επανάχρηση και μετασχηματισμός ιστορικού κτιρίου στο κέντρο του Βόλου – πρώην καπνοβιομηχανία Ματσάγγου (Αδαμάκης, 2017), (Πανέτσος, 2012ζ)
- Συγκρότημα γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκης (Buerger, 2011α)
- Ενεργειακά αυτόνομο και έξυπνο κτίριο (SMA, 2012) κοντά στη πόλη Kassel στη Γερμανία.
- Το νέο κτίριο της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας στη Θεσσαλονίκη (Ψυχούλα, 2014)
- Ιστία. Ανακατασκευή κτιρ. γραφείων στον Πειραιά (Κούβελα - Παναγιωτάτου, 2015)
- Ανακατασκευή του μουσείου Biesbosch (Studio Marco Vermeulen, 2017) στην πόλη Werkendam της Ολλανδίας.
- Building of the general Secretariat of research and technology (Santamouris, 1995α) v2 p9-31 στη Λεωφόρο Μεσογείων, Αθήνα.
- Πολυχρηστικό κτίριο γραφείων στην οδό Αμερικής (Santamouris, 1995α) v2 p33-54.
- Κτίριο Τράπεζας Αττικής (Santamouris, 1995α) v2 p55-78 στην οδό Ομήρου, Αθήνα.
- Ministry of Culture-General Secretariat of adult education (Santamouris, 1995α) v2 p79-102 στην οδό Αχαρνών, Αθήνα.
- National Research Institute (Santamouris, 1995α) v2 p103-131 στη Λεωφόρο Βασιλέως Κωνσταντίνου, Αθήνα.
- Private Office Building in Halandri (Santamouris, 1995α) v2 p151-169, οδός Τομπάζη, Αθήνα.
- The BP Oil Company building (Santamouris, 1995β) v3 p9-36 στη Λεωφ. Κηφισιάς.
- "Heraklis" general cement company S.A., Headquarters (Santamouris, 1995β) v3 p37-68 στη Λυκόβρυση Αττικής.
- The El.Ke.Pa. building (branch) (Santamouris, 1995β) v3 p89-110 στη Λεωφόρο Κηφισίας στο Μαρούσι, Αθήνα.



- **Αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών**

Μία ακόμα μέθοδος εξοικονόμησης ενέργειας σε χώρους εργασίας είναι και η αντικατάσταση των ηλεκτρικών συσκευών και των λαμπτήρων φωτισμού με νεότερους χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Σύμφωνα με το άρθρο "Πράσινα γραφεία: Σχεδιασμός, οικολογικά υλικά και διαχείριση" (Κεσίδου, 2011) τα υλικά με τα οποία θα αντικαθίστανται θα πρέπει να έχουν ενεργειακή πιστοποίηση, να έχουν μεγαλύτερο κύκλο ζωής και κατά προτίμηση να είναι κατασκευασμένα από ανακυκλώσιμα υλικά και από εταιρείες με περιβαλλοντική πιστοποίηση. Παραδείγματα κτιρίων στα οποία συντελέστηκε αυτή η αντικατάσταση είναι:

- Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012) στο Golden του Colorado.
- Βιοκλιματικό Δημαρχείο στην Ολλανδία (Atelier Pro, 2012) στη πόλη Hengelo.
- Το νέο κτίριο της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας στη Θεσσαλονίκη (Ψυχούλα, 2014)
- Κτίριο Τράπεζας Αττικής (Santamouris, 1995α) v2 p55-78 στην οδό Ομήρου, Αθήνα.
- Ministry of Culture-General Secretariat of adult education (Santamouris, 1995α) v2 p79-102 στην οδό Αχαρνών, Αθήνα.
- National Research Institute (Santamouris, 1995α) v2 p103-131 στη Λεωφόρο Βασιλέως Κωνσταντίνου, Αθήνα.
- Building of the ministry of Presidency (Santamouris, 1995α) v2 p171-197 στην Αθήνα.
- The BP Oil Company building (Santamouris, 1995β) v3 p9-36, στη Λεωφ. Κηφισιάς.
- "Heraklis" general cement company S.A., Headquarters (Santamouris, 1995β) v3 p37-68 στη Λυκόβρυση Αττικής.
- The El.Ke.Pa. building (headquarers) (Santamouris, 1995β) v3 p70-87 στην οδό Καποδιστρίου, Αθήνα.
- The El.Ke.Pa. building (branch) (Santamouris, 1995β) v3 p89-110 στη Λεωφόρο Κηφισιάς στο Μαρούσι, Αθήνα.
- The "Mechaniki" Headquarters Building (Santamouris, 1995β) v3 p111-132 στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως, Αθήνα.
- Building of "Meletitiki" (Santamouris, 1995β) v3 p133-158 στην Λεωφόρο Μαραθωνοδρόμου, Ψυχικό.

- The National Center for Oceanographic Research Building (Santamouris, 1995β) v3 p207-229 στον Άγιο Κοσμά Αττικής

## 2.3 Υβριδικά Συστήματα

Τα υβριδικά συστήματα συνδυάζουν την φυσική ροή με τη μηχανική υποβοήθηση της. Σε οποιοδήποτε παθητικό σύστημα, η τοποθέτηση κάποιου μηχανισμού – π. χ. ανεμιστήρα – για την υποβοήθηση της μεταφοράς θερμότητας ή έστω κάποιου θερμοστάτη για τον έλεγχο της αποδιδόμενης θερμότητας, το μετατρέπουν αυτομάτως σε υβριδικό.

## 2.4 Επισκόπηση εφαρμοσμένου παραδείγματος

Από τα παραπάνω αναφερθέντα παραδείγματα ιδιαίτερη μνεία θα πρέπει να γίνει στο Εθνικό Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις Η.Π.Α. που παρουσιάστηκε από την κα Τσιώρα - Παπαιωάννου (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012)

Κατασκευασμένο για το Υπουργείο Ενέργειας των Η.Π.Α., από τις εταιρείες RNL Architects (αρχιτεκτονική μελέτη, διαμόρφωση εσωτερικών χώρων και αρχιτεκτονική του τοπίου), KL&A Engineering (στατική μελέτη) και Stantec Conmsulting (H/M μελέτη), στο Golden του Κολοράντο, τον Ιούνιο του 2010 έχει εμβαδό 20.600,00 μ<sup>2</sup> και κόστισε περίπου 64 εκατομμύρια δολάρια Ηνωμένων Πολιτειών (περίπου 55 εκατομμύρια ευρώ με τη σημερινή ισοτιμία)

Αρχίζοντας από το σχήμα του κτιρίου, αυτό έχει τη μορφή Η. Δύο επιμήκεις κτιριακοί όγκοι, ανεπτυγμένοι στον άξονα ανατολής - δύσης για την όσο δυνατό καλύτερη εκμετάλλευση του φυσικού φωτισμού και αερισμού με τη σύνδεση μεταξύ τους να γίνεται μέσω του κεντρικού πυρήνα. Η κάτοψη στους χώρους γραφείων είναι ανοιχτή με χαμηλά κινητά χωρίσματα ανάμεσα στις θέσεις εργασίας, με όλους τους εργαζόμενους να έχουν πρόσβαση σε φυσικό φωτισμό και θέα.

Το κτίριο κατασκευάστηκε από μονωμένα πετάσματα σκυροδέματος που είναι προκατασκευασμένα (εξ' ου και ο μικρός χρόνος κατασκευής) και συντελούν στη θερμική μάζα του. Τα ανοίγματα χωροθετήθηκαν με βάση τις αρχές του φυσικού αερισμού είτε μονόπλευρου είτε διαμπερούς. Κάθε θέση εργασίας βρίσκεται εντός 9 μέτρων από άνοιγμα για εξασφάλιση παθητικού δροσισμού. Η θερμότητα που αποθηκεύεται στο κέλυφος του

κτιρίου κατά τη διάρκεια της ημέρας εκτονώνεται κατά τη διάρκεια της νύκτας μέσω των παραθύρων που ανοίγει αυτόματα το σύστημα διαχείρισης του κτιρίου.

Στον τομέα των υλικών έχει γίνει προσπάθεια για χρήση ανακυκλωμένων υλικών ή αντιστοίχως τοπικών υλικών, εύκολων στην μεταποίηση για χρήση και γρήγορα ανακυκλώσιμων. (ξύλεια από πεύκα της περιοχής, επαναχρησιμοποίηση χαλύβδινων σωλήνων αερίου κ.λπ.)

Συστήματα ηλιοπροστασίας εξειδικευμένα αναλόγως του προσανατολισμού και του μεγέθους του εκάστοτε ανοίγματος έχουν κατασκευαστεί για να αντιμετωπίσουν τα ανεπιθύμητα ηλιακά κέρδη ιδιαιτέρως τους θερινούς μήνες. (περσίδες οριζόντιες ή κατακόρυφες, σκίαστρα, ηλεκτροχρωμικοί υαλοπίνακες) Ταυτόχρονα ένα σύστημα ανακλαστήρων στη νότια όψη του κτιρίου μεταφέρει τον φυσικό φωτισμό σε όλες τις θέσεις εργασίας στο κτίριο.

Σωληνώσεις διατρέχουν το δάπεδο όλων των ορόφων (ενδοδαπέδια) μέσω των οποίων ρέει ζεστό ή κρύο νερό από τις εγκαταστάσεις γεωθερμίας του κτιρίου - υπόγειο θερμικό λαβύρινθο - για τη θέρμανση ή ψύξη των χώρων μέσω ακτινοβολίας.

Φωτοβολταϊκά στοιχεία στην οροφή του κτιρίου και στα σκίαστρα των θέσεων στάθμευσης προσφέρουν πλήρη κάλυψη των ετήσιων ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου. Ταυτόχρονα φωτιστικά σώματα χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης αντιστοιχούν για το μόλις 6% των ενεργειακών αναγκών του σε αντιδιαστολή με το 30% των αντίστοιχων απαιτήσεων συμβατικών κτιρίων. Στην ίδια λογική η τοποθέτηση φορητών υπολογιστών αντί των ενεργοβόρων σταθερών οδήγησε σε εξοικονομήσεις ενέργειας της τάξεως του 85% ανά θέση εργασίας.

Η καινοτόμος προσέγγιση που ακολουθήθηκε στο σχεδιασμό και την κατασκευή του κτιρίου το οδήγησε σε πληθώρα τοπικών και διεθνών βραβείων. Τον Ιούνιο του 2011 έλαβε μια από τις σημαντικότερες διακρίσεις, την βράβευση του ως Πλατινένιο Κτίριο με τη μέθοδο LEED από το Συμβούλιο Πράσινων Κτιρίων των Η.Π.Α.. (Escudero, 2011) Βαθμολογήθηκε άριστα στους τομείς της χωροθέτησης, της υδατικής απόδοσης, της ενέργειας και ατμοσφαιρικής ρύπανσης, των υλικών και φυσικών πόρων, την περιβαλλοντική ποιότητα εσωτερικού χώρου και την καινοτομία στη λειτουργία του. Κατατάχθηκε βαθμολογικά ως το κορυφαίο κτίριο για το 2011 στο Κολοράντο και το 25ο σε πλήθος 9.000 κτιρίων που αξιολογήθηκαν εκείνη τη χρονιά από το Συμβούλιο.

### **3. Μέθοδοι αξιολόγησης περιβαλλοντικού σχεδιασμού κτιρίων**

Η αξιολόγηση των κτιρίων μπορεί να συντελεστεί με διάφορες μεθόδους όπως η χρήση προγραμμάτων προσομοίωσης και τα ερωτηματολόγια. Για την επίτευξη της αξιολόγησης αυτή ήταν απαραίτητη η θέσπιση κανονισμών που να διέπουν την θερμική απόδοση των κτιρίων.

Της εφαρμογής μεθόδων αξιολόγησης είναι πάντως χρήσιμο να προηγείται η ανάλυση των μικροκλιματικών και περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών της περιοχής, η ανάλυση του προφίλ του εκάστοτε κτιρίου και των επιζητούμενων εντός αυτού συνθηκών άνεσης

Στην Ελλάδα ο πρώτος κανονισμός θερμομόνωσης εμφανίστηκε το 1979 -στις 4 Ιουλίου 1979 (ΦΕΚ 362) επιβλήθηκε η θερμομόνωση όλων των νέων κτιρίων. Με βάση τον κανονισμό θερμομόνωσης αυτόν καθορίστηκαν οι απαιτήσεις θερμομόνωσης κατοικήσιμων κατασκευών και τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν για την ικανοποίησή τους, οι βασικές αρχές της θερμομόνωσης, προκρίθηκε η διαίρεση του Ελλαδικού χώρου σε ζώνες διαφορετικών θερμομονωτικών απαιτήσεων η καθεμία - αναλόγως της θερμοκρασίας του εξωτερικού αέρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της διάρκειας της περιόδου θέρμανσης, ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε στοιχείου αναλόγως της ζώνης.

Η ΚΥΑ 21475/4707 (ΦΕΚ 880Β'/1998) με θέμα "Περιορισμός των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τον καθορισμό μέτρων και όρων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων" πέραν των όρων και προϋποθέσεων που έθετε, προέβλεπε την έκδοση Κανονισμού Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Ο.Χ.Ε.Ε.), που θα αντικαθιστούσε τον Κανονισμό Θερμομόνωσης του 1979. Με τον κανονισμό αυτόν

- Έγινε προσπάθεια συμμόρφωσης προς τις διατάξεις της οδηγίας 93/76/ΕΟΚ της 13<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 1993 περί περιορισμού εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και της κατ' επέκταση προστασίας του περιβάλλοντος.
- Μείωση στην κατανάλωση συμβατικής ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και λοιπές ενεργειακές απαιτήσεις των κτιρίων, χωρίς τη διαταραχή των συνθηκών άνεσης. Η επιλογή των μέτρων που ενδείκνυνται για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης θα λάμβαναν υπόψη τις επικρατούσες συνθήκες, το κλίμα, τους στόχους για τις προς επίτευξη εσωτερικές συνθήκες και τις όποιες ιδιαιτερότητες της κάθε περίπτωσης.



- Θα αντικαθιστούνταν ο ισχύοντας ως τότε κανονισμός θερμομόνωσης και θα επιβάλλονταν η εκπόνηση ενεργειακής μελέτης και η έκδοση δελτίου ενεργειακής ταυτότητας.

Ο κανονισμός αυτός παρόλο που ολοκληρώθηκε δεν υπογράφηκε ποτέ. Γενικότερα η Κοινοτική Οδηγία δεν έφερε τα αναμενόμενα αποτελέσματα, λόγω πλημμελούς εφαρμογής της από τα κράτη μέλη.

Το Δεκέμβριο του 2002 εκδόθηκε η Κοινοτική Οδηγία 2002/91/EK "Για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων" με ημερομηνία εφαρμογής την 4η Ιανουαρίου 2006 - με τριετή παράταση για εφαρμογή του στη χώρα μας. Στο πλαίσιο αυτής της οδηγίας θεσπίστηκε ο νέος ενεργειακός νόμος 3661/2008 (ΦΕΚ 89Α/2008) "Μέτρα για την μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και άλλες διατάξεις.". Με κοινή τους απόφαση οι υπουργοί α) Οικονομικών και β) Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ενέκριναν τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), τον Απρίλιο του 2010 (ΦΕΚ 407Β/2010). Ο κανονισμός αυτός περιλαμβάνει: (Αξαρχή, 2009)

- Μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων.
- Καθορισμό ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης είτε σε εθνικό είτε σε περιφερειακό επίπεδο. Διάκριση μεταξύ νέων και υφιστάμενων κτιρίων
- Αναθεώρηση και αναπροσαρμογή απαιτήσεων ανά πενταετία κατ' ελάχιστο σε συντονισμό με την τεχνική πρόοδο στον κατασκευαστικό τομέα.
- Συνεκτίμηση τοπικών και κλιματολογικών συνθηκών.
- Υποχρέωση κατάρτισης ενεργειακής μελέτης ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ για τα νέα κτίρια ή για αυτά στα οποία συντελείται ριζική ανακαίνιση άνω των 1.000,00 μ<sup>2</sup>.
- Για κτίρια άνω των 1.000,00 μ<sup>2</sup> θέσπιση υποχρέωσης υποβολής τεχνικής, περιβαλλοντικής και οικονομικής σκοπιμότητας εγκατάστασης συστημάτων παροχής ενέργειας βασισμένα σε ΑΠΕ.
- Εφοδιασμός κτιρίων με πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης – πιστοποίησης.
- Καθιέρωση τακτικής ενεργειακής επιθεώρησης λεβήτων και εγκαταστάσεων κλιματισμού.

- Πιστοποίηση, σύνταξη ενεργειακών συστάσεων και ενεργειακές επιθεωρήσεις από εξειδικευμένους εμπειρογνώμονες.

Για την υποστήριξη της πλήρους εφαρμογής του KENAK – όπως αυτός ισχύει με τις τροποποιήσεις του οι οποίες τέθηκαν σε ισχύ το 2010 με τους νόμους 3851 και 3889 – εγκρίθηκαν με απόφαση του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής οι παρακάτω Τεχνικές Οδηγίες του Τ.Ε.Ε. (TOTEΕ):

- **TOTEΕ 20701 – 1/2010:**  
«Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»
- **TOTEΕ 20701 – 2/2010:**  
«Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων»
- **TOTEΕ 20701 – 3/2010:**  
«Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών»
- **TOTEΕ 20701 – 4/2010:**  
«Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού»

Αργότερα με την απόφαση Υ.Π.Ε.Κ.Α. υπ' αριθμ. οικ. 1192/ΦΕΚ 1413-2012, με την οποία είχε εγκριθεί η δεύτερη έκδοση των παραπάνω οδηγιών είχε εγκριθεί και η τεχνική οδηγία:

- **TOTEΕ 20701–5/2012** «Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε Κτήρια»

Μετά διετή εφαρμογή του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. εμφανίστηκαν και καταγράφηκαν ερωτήματα – παρατηρήσεις σχετικά τόσο με τη διαδικασία της ενεργειακής επιθεώρησης του κτιρίου όσο και την υποβολή μελέτης ενεργειακής απόδοσης. (ΤΕΕ, 2018) Στα πλαίσια της ανάγκης για ενιαία αντιμετώπιση των θεμάτων που προέκυψαν, τις διευκόλυνσης και σωστής καθοδήγησης των μελετητών καθώς και της συγκέντρωσης των διευκρινιστικών εγκυκλίων του ΥΠΕΚΑ το ΤΕΕ υπέβαλε σχετικά κείμενα ανά Τ.Ο., με τις απαραίτητες διευκρινήσεις, προσθήκες και τροποποιήσεις στις αρμόδιες υπηρεσίες. Ακολούθως μετά τη διαδικασία

παρατηρήσεων – διορθώσεων – εγκρίσεων τα τροποποιημένα τμήματα τέθηκαν σε ισχύ αντικαθιστώντας τις παραπάνω Τεχνικές Οδηγίες του 2010. Οι νέες Τεχνικές Οδηγίες που τέθηκαν σε ισχύ αντικαθιστώντας τις προηγούμενες είναι:

- **TOTEE 20701-1/2017:** (Α΄ Έκδοση)  
«Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»
- **TOTEE 20701-2/2017:** (Α΄ Έκδοση)  
«Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων»
- **TOTEE 20701-3/2010:** (Γ΄ Έκδοση)  
«Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών»
- **TOTEE 20701-4/2017:** (Α΄ Έκδοση)  
«Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού»
- **TOTEE 20701-5/2017:** (Α΄ Έκδοση)  
«Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε Κτήρια»

Με τον κανονισμό ως στόχος της ενεργειακής μελέτης και των ενεργειακής επιθεώρησης κτιρίου ορίζεται:

- Η εκτίμηση πρωτογενούς κατανάλωσης ενέργειας για κάθε χρήση.  
(θέρμανση, ψύξη, κ.λπ.)
- Η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου.  
(αναλόγως της πρωτογενούς καταναλισκόμενης ενέργειας)
- Η έκδοση ενεργειακού πιστοποιητικού. (ΠΕΑ)
- Οι συστάσεις προς τον ιδιοκτήτη/χρήστη του κτιρίου για βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης.

Όριο για όλα τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια τέθηκε η **επίτευξη ενεργειακής απόδοσης B**. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται οι κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης με βάση τον KENAK.

Κατηγορία	Όρια Κατηγορίας	Όρια Κατηγορίας
A+	$EP \leq 0,33R_R$	$T \leq 0,33$
A	$0,33R_R < EP \leq 0,50R_R$	$0,33 < T \leq 0,50$
B+	$0,50R_R < EP \leq 0,75R_R$	$0,50 < T \leq 0,75$
<b>B</b>	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
Γ	$1,00R_R < EP \leq 1,41R_R$	$1,00 < T \leq 1,41$
Δ	$1,41R_R < EP \leq 1,82R_R$	$1,41 < T \leq 1,82$
E	$1,82R_R < EP \leq 2,27R_R$	$1,82 < T \leq 2,27$
Z	$2,27R_R < EP \leq 2,73R_R$	$2,27 < T \leq 2,73$
H	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

**Πίνακας 3-1:** Κατηγορίες Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, 2017)

Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης ΠΕΑ που θεσμοθετήθηκε με τον KENAK είναι ένα αναγνωρισμένο από το Υπουργείο έγγραφο το οποίο εκδίδεται από τον πιστοποιημένο Ενεργειακό Επιθεωρητή και στο οποίο αποτυπώνεται η ενεργειακή κατάσταση του κτιρίου, με ισχύ 10 ετών. Στο πιστοποιητικό αυτό αναγράφονται τα γενικά χαρακτηριστικά του κτιρίου, η υπολογιζόμενη ετήσια συνολική κατανάλωση ενέργειας ανά πηγή και τελική χρήση, η συνολική πραγματική κατανάλωση ενέργειας, οι υπολογιζόμενες και πραγματικές ετήσιες εκπομπές CO<sub>2</sub> και οι όποιες συστάσεις για βελτίωση της ενεργειακής του απόδοσης.

Συνοδεύει δε κάθε επίσημο έγγραφο που αφορά το ακίνητο.



Αρ. Πρωτ.: .....

ΧΡΗΣΗ: ☐ Κτίριο ☐ Τμήμα κτιρίου ☐ Αριθμός (διοικήσεις για τμήμα κτιρίου)

Κλιματική ζώνη: ..... Τ.Κ. .... (φωτογραφία κτιρίου)

Πολύς: ..... Έτος κατασκευής: ..... Συνολική επιφάνεια (m<sup>2</sup>): ..... Όνομα ιδιοκτήτη: .....

**ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ**

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ (ως ποσοστό κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του κτιρίου ανάφορας)

ΜΗΔΕΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

$A+ \leq 0.33 \cdot RR$

$0.33 \cdot RR < A \leq 0.5 \cdot RR$

$0.5 \cdot RR < B \leq 0.75 \cdot RR$

$0.75 \cdot RR < C \leq 1.0 \cdot RR$

$1.0 \cdot RR < D \leq 1.41 \cdot RR$

$1.41 \cdot RR < E \leq 1.82 \cdot RR$

$1.82 \cdot RR < F \leq 2.27 \cdot RR$

$2.27 \cdot RR < G \leq 2.73 \cdot RR$

$2.73 \cdot RR \leq H$

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΗ ΑΠΟΔΟΤΙΚΟ

ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΑΝΑΦΟΡΑΣ [kWh/(m<sup>2</sup>·έτος)]

ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m<sup>2</sup> θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m<sup>2</sup>·έτος)]: .....

ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m<sup>2</sup> θερμαινόμενης επιφάνειας [kgCO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>·έτος)]: .....

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m<sup>2</sup> θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m<sup>2</sup>·έτος)]: .....

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΕΤΗΣΙΑ ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ανά m<sup>2</sup> θερμαινόμενης επιφάνειας [kWh/(m<sup>2</sup>·έτος)]: με βάση την αξιολόγηση της λειτουργίας

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ ανά m<sup>2</sup> θερμαινόμενης επιφάνειας [kgCO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>·έτος)]: .....

Αρ. Πρωτ.: .....

**ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ με βάση τους υπολογισμούς**

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

ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ [kWh/(m<sup>2</sup>·έτος)] ανά χρήση με βάση τους υπολογισμούς:

Θέρμανση

Ψύξη

Αερισμός

Φωτισμός

Συσκεύς

Ζεστό Νερό χρήσης (ΖΝΧ)

**ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ**

- .....
- .....
- .....

Αριθμός συστήματος	Αρχικό εκτιμώμενο κόστος επένδυσης (€)	Εκτιμώμενη ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας* (kWh/m <sup>2</sup> ·έτος)	(%)	Εκτιμώμενη ετήσια μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (kg/m <sup>2</sup> ·έτος)	Εκτιμώμενη περίοδος αποπληρωμής (έτη)
1					
2					
3					

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

Μητροπολιτική Έκδοση Πιστοποιητικού: .....

Όνοματεπώνυμο Επιθεωρητή: .....

Α.Μ. Επιθεωρητή: .....

Υπογραφή: ..... Σφραγίδα: .....

Εικόνα 3-1: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ)

### 3.1 Προσομοίωση

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω στοιχεία:

- Τα κλιματικά δεδομένα στην περιοχή του κτιρίου.
- Τα χαρακτηριστικά των δομικών του στοιχείων.
- Οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας του. (αριθμός χρηστών και χρήση κτιρίου)
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων θέρμανσης/κλιματισμού, των εγκαταστάσεων αερισμού και στοιχεία που αφορούν το φωτισμό του.
- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα που υπάρχουν.

Ταυτόχρονα θετικά συνεκτιμάται η χρήση των παρακάτω στοιχείων:

- Συστημάτων συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού/Θερμότητας (Σ.Η.Θ.)
- Κεντρικών συστημάτων θέρμανσης σε κλίμακα περιοχής ή οικοδομικού τετραγώνου (τηλεθέρμανση)
- Η αξιοποίηση του Φυσικού Φωτισμού.
- Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας για παραγωγή θερμότητας, ψύξης και ηλεκτρισμού

Οι υπολογισμοί αυτοί μπορούν να διενεργηθούν αξιόπιστα και με ακρίβεια από λογισμικά τα οποία εφαρμόζουν τεχνικές ολοκληρωμένης ανάλυσης των ενεργειακών ροών και ακριβούς υπολογισμού των ενεργειακών εισροών και εκροών με τις αντίστοιχες εκπομπές καυσαερίων που τις συνοδεύουν. Ως υπόβαθρο βασίζονται σε Ευρωπαϊκά πρότυπα.

Παρακάτω περιγράφονται δύο από τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς κτιρίων και συγκεκριμένα το Energy Plus και το TEE KENAK.

### **3.1.1 Πρόγραμμα Energy Plus**

Μέσω προσομοίωσης του κτιρίου και των συναφών με αυτό συστημάτων ενέργειας όταν είναι εκτεθειμένα στις διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες, το πρόγραμμα Energy Plus υπολογίζει την ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση και ψύξη του κτιρίου. Ξεκινώντας από την περιγραφή του κτιρίου και των μηχανικών συστημάτων το πρόγραμμα υπολογίζει τα αναγκαία φορτία θέρμανσης - ψύξης για την επίτευξη των επιθυμητών συνθηκών και τις ενεργειακές καταναλώσεις των εγκαταστάσεων βασιζόμενο σε θεμελιώδεις αρχές του θερμικού ισοζυγίου. (EnergyPlus, 2018)

Η προσομοίωση του προγράμματος εκτελείται μέσω αλληλεπιδρούμενων ενοτήτων. Οι υπολογισμοί εκτελούνται ταυτόχρονα και για τα τρία βασικά μέρη. (κτίριο, Η/Μ συστήματα και μονάδες παραγωγής ενέργειας) ξεκινώντας από μια θερμική ισορροπία ζώνης και καθορίζοντας τα απαιτούμενα φορτία θέρμανσης και ψύξης για διατήρηση αυτής. Μέσω αυτών των πληροφοριών στην προσομοίωση του συστήματος προσδιορίζεται η απόκριση του χωρίς αλλαγή των συνθηκών. Για να πραγματοποιηθεί ρεαλιστική λύση τα στοιχεία της λύσης πρέπει να συνδέονται. Για το πρόγραμμα Energy Plus ένας διαχειριστής της προσομοίωσης (Integrated Solution Manager) ελέγχει, ενσωματώνει και συνδέει μεταξύ τους όλα τα στοιχεία.

Το πρόγραμμα Energy Plus προσφέρει:

- Υπολογισμό ωριαίου χρονικού βήματος αλληλεπίδρασης (καταχωρούμενα και από τους χρήστες) μεταξύ θερμικών ζωνών κτιρίου και περιβάλλοντος καθώς και μεταξύ θερμικών ζωνών και συστημάτων θέρμανσης - αερισμού - κλιματισμού (HVAC)
- Αρχεία με καταγεγραμμένες τις περιβαλλοντικές συνθήκες εσωτερικές και εξωτερικές, ωριαίες ή και υποωριαίες, καθώς και εκθέσεις αποτελεσμάτων οριζόμενες από τον χρήστη.

- Τεχνική λύση προσδιορισμού των θερμικών φορτίων, με βάση τις αρχές της θερμικής ισορροπίας, με ταυτόχρονο υπολογισμό των επιδράσεων της ακτινοβολίας και της συναγωγής στην εξωτερική όσο και στην εσωτερική επιφάνεια του κτιρίου στην διάρκεια των χρονικών βημάτων.
- Υπολογισμό θερμικής αγωγιμότητας δομικών στοιχείων κτιρίου (τοίχοι, δάπεδα κ.λπ.) με τη χρήση συναρτήσεων αγωγιμότητας.
- Μοντελοποίηση της μετάδοσης θερμότητας στο έδαφος. Χρήση τρισδιάστατων μοντέλων εδάφους πεπερασμένων διαφορών και απλοποιημένων τεχνικών ανάλυσης
- Μοντέλο μεταφοράς θερμότητας σε σχέση με τη μάζα σε συνδυασμό με την υγρασία.
- Μοντέλο της ατμόσφαιρας που προσφέρει δυνατότητα βελτιωμένου υπολογισμού της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε κεκλιμένες επιφάνειες.
- Υπολογισμούς κουφωμάτων που εμφανίζουν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από τους υαλοπίνακες των ανοιγμάτων.

Το Energy Plus παρ' όλες τις δυνατότητες του δε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενεργειακές μελέτες στην Ελλάδα. Η απαιτούμενη μέθοδος προσομοίωσης για ενεργειακές μελέτες σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ελληνικού κανονισμού είναι αυτή που χρησιμοποιείται στο λογισμικό TEE KENAK.

### **3.1.2 Πρόγραμμα TEE KENAK**

Όπως αναφέρεται στην ιστοσελίδα του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας "το λογισμικό TEE KENAK αναπτύχθηκε από την Ομάδα Εξοικονόμησης Ενέργειας του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο πλαίσιο του προγράμματος συνεργασίας με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (ΤΕΕ)." (ΤΕΕ, 2018)

Βασίζεται στις οδηγίες του ΤΕΕ που αναφέρθηκαν παραπάνω και αποτελεί το νόμιμο λογισμικό στην Ελλάδα για την διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων.

Η μέθοδος υπολογισμού ημι-σταθερής κατάστασης μηνιαίου βήματος που χρησιμοποιείται από το πρόγραμμα TEE KENAK για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατανάλωσης ψύξης – θέρμανσης του κτιρίου έχει τη βάση της στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790 και τους αλγόριθμους που αναφέρονται σε αυτό.

Όπως ορίζεται στην έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Απόφαση Δ6/Β/οικ. 5828, 2010) - στο άρθρο 3 - ως "κτίριο αναφοράς" νοείται κτίριο με τα ίδια

γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, χρήση και χαρακτηριστικά λειτουργίας με το εξεταζόμενο κτίριο. Το κτίριο αναφοράς πληροί τις ελάχιστες προδιαγραφές και έχει καθορισμένα τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο στα εξωτερικά δομικά στοιχεία του, όσο και στις Η/Μ εγκαταστάσεις που αφορούν τη ΘΨΚ των εσωτερικών χώρων, την παραγωγή ΖΝΧ και το φωτισμό."

Η δομή του προγράμματος το οποίο αποτελείται, από πέντε ενότητες, έχει τη μορφή παραθύρων με παρεμφερή παράθυρα εισαγωγής δεδομένων.

Ο χωρισμός γίνεται σε :

1. Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίου
2. Ενεργειακή Μελέτη
3. Ενεργειακή επιθεώρηση λέβητα
4. Ενεργειακή επιθεώρηση εγκατάστασης θέρμανσης
5. Ενεργειακή επιθεώρηση εγκατάστασης κλιματισμού.

Με την έναρξη του προγράμματος στην αρχική οθόνη περιλαμβάνονται τα εισαγωγικά στοιχεία, το βασικό μενού εντολών και μια γραμμή εργαλείων. Ο χωρισμός γίνεται σε δύο τμήματα. Στο αριστερό τμήμα της οθόνης όπου υπάρχει ένα δέντρο πλοήγησης παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία του κτιρίου ή τμήματος αυτού. Στο αντίστοιχο δεξί τμήμα υπάρχει παράθυρο για εισαγωγή των δεδομένων.

Ο κατάλογος επιλογών στην βασική οθόνη του λογισμικού περιλαμβάνει τις επιλογές: (με τις επιλογές αποτελέσματα και έκθεση να είναι ενεργές μόνο μετά την πραγματοποίηση των υπολογισμών που γίνεται με την επιλογή εκτέλεση)

- Μελέτη
- Εκτύπωση
- Αποτελέσματα
- Έκθεση
- Προβολή
- Βοήθεια

Για την μεθοδολογία υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης από το πρόγραμμα περιλαμβάνονται διάφορα στοιχεία. Γενικά η συνολική κατανάλωση ενέργειας των κτιρίων αποτελεί τη βάση προσδιορισμού της ενεργειακής απόδοσης τους. Στην μεθοδολογία προσδιορισμού θα πρέπει να περιλαμβάνονται:

- Η χρήση του κτιρίου, οι επιθυμητές εσωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος, τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του κτιρίου, ο αριθμός των χρηστών.
- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτιρίου.
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτιρίου, τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών του στοιχείων και υλικών, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης / κλιματισμού, αερισμού, φωτισμού των εσωτερικών του χώρων.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων παραγωγής ζεστού νερού χρήσης.

Συνεκτιμούνται ως θετικές επιδράσεις κατά τον υπολογισμό τα ακόλουθα συστήματα:

- Ενεργητικά ηλιακά συστήματα και διάφορα συστήματα ΑΠΕ για την παραγωγή θερμότητας, ψύξης, ηλεκτρισμού.
- Συμπαγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (Σ.Η.Θ.)
- Συστήματα τηλεθέρμανσης. (ψύξη - θέρμανση)
- Αξιοποίηση φυσικού φωτισμού.

Βασικό χαρακτηριστικό του προγράμματος στην διαδικασία της εκτίμησης της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου είναι ο χωρισμός του σε χώρους με παρόμοια χρήση και κοινά, εφόσον είναι δυνατό, μηχανολογικά συστήματα που αποκαλούνται θερμικές ζώνες. Κατά τον χωρισμό ακολουθούνται οι παρακάτω κανόνες:

- Για οικονομία στον υπολογιστικό χρόνο και στο πλήθος των δεδομένων που πρέπει να εισαχθούν στο σύστημα ο διαχωρισμός του κτιρίου πρέπει να περιέχει όσο το δυνατόν μικρότερο αριθμό ζωνών.
- Ο προσδιορισμός των θερμικών ζωνών πρέπει να γίνεται με βάση την πραγματική εικόνα λειτουργίας του κτιρίου.
- Ακόμα και αν δικαιολογείται ο διαχωρισμός τους και η εξέταση τους ως ξεχωριστές θερμικές ζώνες, τμήματα του προς εξέταση κτιρίου με όγκο μικρότερο του 10% του συνολικού όγκου του κτιρίου, να εξετάζονται εντεταγμένα σε άλλες θερμικές ζώνες.



Η δημιουργία θερμικών ζωνών είναι υποχρεωτική όταν:

- Υπάρχει διαφορά τουλάχιστον 4°C μεταξύ της επιθυμητής θερμοκρασίας του εσωτερικού του χώρου και των άλλων τμημάτων του κτιρίου
- Υπάρχουν χώροι διαφορετικής χρήσης/λειτουργίας και συνήθως με διαφορετικές εσωτερικές συνθήκες σχεδιασμού.
- Λόγω διαφορετικών εσωτερικών συνθηκών τα υπό εξέταση τμήματα εξυπηρετούνται από διαφορετικά συστήματα ψύξης - θέρμανσης - κλιματισμού.
- Οι χώροι που παρουσιάζουν πολύ μεγάλες, συγκριτικά με το υπόλοιπο κτίριο, συναλλαγές ενέργειας με τον περιβάλλοντα χώρο σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο.
- Χώροι στους οποίους το σύστημα μηχανικού αερισμού καλύπτει λιγότερο από το 80% της επιφάνειας τους σε σχέση με το υπόλοιπο κτίριο.

Όσον αφορά τον υπολογισμό αερισμού αεροστεγανότητας (ακούσιου αερισμού) όταν αυτός αναφέρεται σε διείσδυση μέσω των αδιαφανών εξωτερικών επιφανειών του κτιριακού κελύφους, αυτός θεωρείται αμελητέος και ίσος με μηδέν. Για την διείσδυση μέσω των χαραμάδων στα κουφώματα του κελύφους και τους αρμούς αυτού χρησιμοποιείται η σχέση:

$V_{inf} = \Sigma(1.\alpha)RH$  όπου:

- 1 σε m το συνολικό μήκος χαραμάδων
- $\alpha$  σε  $m^3/(h \cdot m)$  ο συντελεστής αεροδιαπερατότητας ο οποίος λαμβάνεται από πίνακα των Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ (ΤΟΤΕΕ-20701-1 2017)
- R ο συντελεστής διεισδυτικότητας (λόγος επιφανείας εξωτερικών προς εσωτερικά ανοίγματα)
- H ο συντελεστής θέσης ανοίγματος και της ανεμόπτωσης

Ο συντελεστής χρήσης στο πρόγραμμα ΤΕΕ KENAK του εκούσιου αερισμού υποδηλώνει το μέσο ετήσιο ποσοστό του χρόνου για το οποίο εφαρμόζεται εκούσιος αερισμός - και υπολογίζεται με βάση την ποσότητα του απαιτούμενου φρέσκου αέρα, η οποία δίνεται επίσης από πίνακα Τεχνικών Οδηγιών του ΤΕΕ, και τη διάρκεια λειτουργίας του κτιρίου.

Ταυτόχρονα τα εσωτερικά θερμικά κέρδη χρηστών και συσκευών καθώς και φωτισμού μη θερμαινόμενων χώρων θεωρούνται μηδενικά και δε λαμβάνονται υπόψη. Γενικά τα φορτία για το φωτισμό δε συνυπολογίζονται στην τελική ενεργειακή απόδοση του κτιρίου αλλά ως εσωτερικά κέρδη προσμετρούνται στον υπολογισμό των ψυκτικών του φορτίων.

Στον τομέα του υπολογισμού της σκίασης ο συνολικός σκιασμός του κτιρίου προκύπτει ως γινόμενο των τριών παρακάτω συντελεστών:

- Συντελεστής σκίασης ορίζοντα (Fhor)

με τιμές από ένα για ελεύθερο ορίζοντα έως μηδέν στην περίπτωση πλήρους σκίασης. Απαραίτητος είναι ο υπολογισμός της γωνίας θέασης  $\alpha$  τυχόν εμποδίου. Ο υπολογισμός γίνεται ανά προσανατολισμό και ανά δομικό στοιχείο του κτιρίου ή ζώνης αυτού. Τα αδιαφανή στοιχεία μιας όψης υπολογίζονται με μια ενιαία τιμή όπου ως γωνία θέασης ορίζεται η γωνία που σχηματίζεται από το οριζόντιο επίπεδο του μέσου της εξεταζόμενης όψης και της ευθείας που το ενώνει το ανώτερο σημείο του εμποδίου.

Σε κάθε άνοιγμα γίνεται ξεχωριστός υπολογισμός της γωνίας  $\alpha$  η οποία προκύπτει από το οριζόντιο επίπεδο που διέρχεται από το μέσο του ανοίγματος και την ευθεία που το ενώνει με το ανώτερο σημείο του αντίστοιχου εμποδίου.

Η τιμή του συντελεστή σκίασης ορίζοντα προκύπτει από πίνακα των TOTEE 20701-1 2010 λαμβάνοντας υπόψη τη γωνία  $\alpha$  και τον προσανατολισμό της επιφανείας.

- Συντελεστής σκίασης προβόλου (Fov)

Ο συντελεστής σκίασης προβόλου προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών του κτιρίου λόγω τυχόν οριζόντιων προεξοχών - προβόλων. Το εύρος των τιμών κυμαίνεται από 1 όταν δεν υπάρχει πρόβολος έως το μηδέν όταν η σκίαση είναι πλήρης.

Ο υπολογισμός γίνεται ανά πρόβολο και ανά δομικό στοιχείο. Για αδιαφανή στοιχεία υπολογίζεται μια ενιαία τιμή όταν είναι ίδιος ο προσανατολισμός. Ως γωνία  $\beta$  ορίζεται αυτή προκύπτει από το οριζόντιο επίπεδο που διέρχεται από το μέσο της όψης και της ευθείας που το ενώνει με το πέρας του προβόλου. Στα διαφανή ανοίγματα ο υπολογισμός γίνεται για το κάθε άνοιγμα ξεχωριστά και ορίζεται από την ευθεία που ενώνει το μέσον του ανοίγματος και το πέρας του προβόλου και το επίπεδο που διέρχεται από το μέσο του ανοίγματος.

Η τιμή του συντελεστή σκίασης προβόλου προκύπτει από πίνακα των TOTEE 20701-1 2010 λαμβάνοντας υπόψη τη γωνία  $\beta$  και τον προσανατολισμό της επιφανείας.

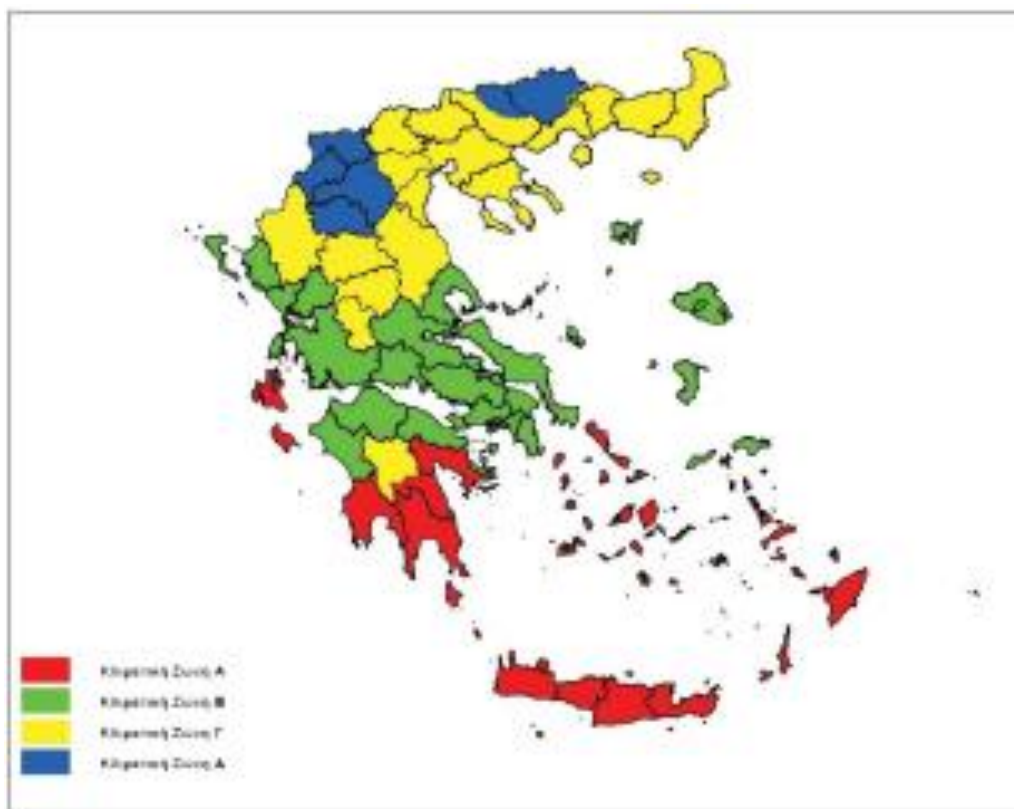
- Συντελεστής σκίασης πλευρικών προεξοχών (Ffin)

Αντιστοίχως με τους παραπάνω συντελεστές ο συντελεστής σκίασης πλευρικών προεξοχών υπολογίζει την σκίαση επιφανειών του κτιρίου λόγω ύπαρξης

κατακόρυφων στοιχείων - προεξοχών κατακόρυφων, τμημάτων του κτιρίου, διπλανών κτιρίων. Οι τιμές που μπορεί να πάρει ο συντελεστής κυμαίνονται από μηδέν όταν είναι πλήρης η σκίαση έως το ένα όταν δεν υπάρχει πλευρική προεξοχή. Η γωνία  $\gamma$  της πλευρικής προεξοχής γίνεται ανά προσανατολισμό και δομικό στοιχείο κτιρίου ή ζώνης. Για τα αδιαφανή στοιχεία κατά παραδοχή επιτρέπεται ο υπολογισμός ενιαίας τιμής. Η γωνία  $\gamma$  σχηματίζεται από το κατακόρυφο επίπεδο που διέρχεται από το μέσο της επιφανείας και από την ευθεία που ενώνει το μέσο της εξεταζόμενης όψης με το άκρο της πλευρικής προεξοχής. Αντιστοίχως ισχύει και για τα διαφανή ανοίγματα αλλά ο υπολογισμός γίνεται για το κάθε άνοιγμα ξεχωριστά. Η τιμή του συντελεστή σκίασης προβόλου προκύπτει από πίνακες των TOTEE 20701-1 2010 (διαφορετικοί πίνακες αναλόγως της πλευράς από την οποία γίνεται η σκίαση) λαμβάνοντας υπόψη τη γωνία  $\gamma$  και τον προσανατολισμό της επιφανείας. Σε περίπτωση σκιάσεων και από τις δύο πλευρές λαμβάνονται οι δύο συντελεστές ανεξάρτητα και γίνεται η χρήση συνολικού συντελεστή ο οποίος ισούται με τους δύο.

Στο λογισμικό του TEE KENAK χρησιμοποιούνται δεδομένα από το κλιματικό αρχείο της περιοχής του κτιρίου, όπως της E.M.Y. με τη χρήση κατάλληλων θεωρητικών μοντέλων. Τέτοια δεδομένα είναι η μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία, η αντίστοιχη ειδική υγρασία, η μέση μηνιαία ολική ηλιακή ακτινοβολία σε όλα τα επίπεδα, η περίοδος ψύξης / θέρμανσης του κτιρίου. Τα δεδομένα της E.M.Y. αναφέρονται σε μακροχρόνιες μετρήσεις απο μετεωρολογικούς σταθμούς μέτρησης στην ελληνική επικράτεια.

Πέραν των κλιματικών δεδομένων η ελληνική επικράτεια, για την μελέτη ενεργειακής απόδοσης, διαιρείται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με βάση τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Σε κάθε νομό οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500,00 μ εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη ζώνη εκτός της Δ όπου όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου εντάσσονται σε αυτήν.



**Πίνακας 3.1.2-1:** Κλιματικές ζώνες της ελληνικής επικράτειας βάσει KENAK  
(Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, 2014)

Οι δυνατότητες του προγράμματος οι οποίες είναι προϊόν συμβολής μεγάλου αριθμού εξειδικευμένων επιστημόνων αλλά και απλών χρηστών με συνεχείς προσπάθειες αναβάθμισης και βελτίωσης από την ημέρα πιλοτικής διάθεσης του το έκανε να αποτελεί σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτιρίων στην Ελλάδα και το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης της μελέτης περίπτωσης και των προτεινόμενων επεμβάσεων σε αυτή.

### 3.2 Έρευνα πεδίου με επιτόπου μετρήσεις και ερωτηματολόγιο

Ένας ακόμα τρόπος αξιολόγησης των επικρατούσων συνθηκών σε κτίρια γραφείων (και σε διάφορες άλλες, κατηγορίες κτιρίων γενικότερα) και της συνακόλουθης πρότασης μέτρων βελτίωσης των συνθηκών και εξασφάλισης της απαραίτητης θερμικής και οπτικής άνεσης εφόσον και όπου αυτή απαιτείται είναι η έρευνα πεδίου. Η επιτόπου παρακολούθηση του εσωτερικού χώρου του εκάστοτε υπό διερεύνηση κτιρίου συνδυάζεται με ερωτηματολόγια κλειστού τύπου των οποίων η συμπλήρωση τους από τους χρήστες είναι αναγκαία.

Τα ερωτηματολόγια μέσω του στυλ ερωτήσεων τους και των κλιμάκων που προσφέρουν στις απαντήσεις επιτρέπουν την χαρτογράφηση των απόψεων των χρηστών – ιδιοκτητών και την

διαμόρφωση μέσω αναγωγών αριθμητικών αποτελεσμάτων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω εξαγωγή συμπερασμάτων. Υπάρχουν διάφορα είδη κλιμάκων – **Thurstone scale, Guttman scale, Rasch model, Likert scale** οι οποίες κλίμακες κυμαίνονται από έντονα αρνητικό πρόσημο έως έντονα θετικό (παραδείγματος χάρη από την απόλυτη διαφωνία έως την απόλυτη συμφωνία). (Rattray & Jones, 2007) Η συνηθέστερη επιλογή διαφορετικών απαντήσεων με την οποία μετρείται η συμφωνία των ερωτούμενων με την ερώτηση στην κλίμακα likert η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη από τις παραπάνω κλίμακες είναι 5. Η καταγραφή και των προσωπικών πληροφοριών των ερωτούμενων (φύλο, ηλικία κ.α.) επιτρέπουν την ακόμα μεγαλύτερη εξακρίβωση της πραγματικής κατάστασης και την ακριβέστερη διεξαγωγή συμπερασμάτων.

Ως βασικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι το συνήθως μικρό δείγμα των ενδιαφερόμενων να απαντήσουν στα ερωτηματολόγια, το οποίο πρέπει να κυμαίνεται σε ποσοστά 60% και άνω για να είναι αποδεκτό. (Fincham, 2008) Αν οι απαντήσεις προέλθουν από το πιο σύνηθες 20 με 30% των χρηστών του κτιρίου αυτό αντιστρόφως απαιτεί την ύπαρξη μεγάλου αριθμού χρηστών – ως δεξαμενή διεξαγωγής του ερωτηματολογίου – για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Στη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης της παρούσας εργασίας επίπεδα απάντησης των 20 και 30% θα θεωρούνταν μη αξιόπιστο δείγμα λαμβάνοντας υπόψη των μικρό σχετικά αριθμό των εργαζομένων στο κτίριο αυτό, κάτω των 110 σε αριθμό, και τις αρχιτεκτονικές ιδιαιτερότητες του υπό εξέταση κτιρίου όπου επικρατούν τελείως διαφορετικές συνθήκες στα γραφεία αναλόγως του προσανατολισμού τους – κάτι το οποίο έπαιξε καταλυτικό ρόλο στη μη επιλογή της για την ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης του παραδείγματος εφαρμογής.

### **3.3 Συστήματα αξιολόγησης περιβαλλοντικής απόδοσης**

Η προσπάθεια για αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των κτιρίων με χρήση μεθόδων όπως αυτές που αναφέρονται παραπάνω αποσκοπεί στην ανάδειξη ενεργειακά και περιβαλλοντικά γενικότερα "ορθών" κατασκευών. Στην περιβαλλοντική αξιολόγηση και συνακόλουθη πιστοποίηση των κτιρίων ερευνώνται στοιχεία όπως η κατανάλωση ενέργειας, τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται στις εκάστοτε περιπτώσεις, τη χρήση για την οποία προορίζονται, το εξωτερικό περιβάλλον κ.α..

Σκοπός αυτών των συστημάτων αξιολόγησης είναι η προώθηση των οφελών υιοθέτησης "πράσινων" στρατηγικών σχεδιασμού, δηλαδή της μειωμένης κατανάλωσης ενέργειας και



νερού, την ελάττωση χρήσης αναλώσιμων (χαρτιού κ.λπ.) - των οποίων η αναπλήρωση απαιτεί κατανάλωση φυσικών πόρων - και της παραγωγής απορριμμάτων καθώς και της καλύτερης απόδοσης των εργαζομένων σε αυτά. (Κεσίδου, 2011)

Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται στα κτίρια και αναλύονται παρακάτω είναι:

- Η μέθοδος LEED (Leadership in Energy & Environmental Design)
- Η μέθοδος BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)
- Η μέθοδος CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environmental Efficiency)

### **3.3.1 Μέθοδος L.E.E.D.**

Το αρκτικόλεξο L.E.E.D. που ορίζεται από τις λέξεις **L**eadership in **E**nergy & **E**nvironmental **D**esign, μεταφράζεται ως Ηγεσία στον Ενεργειακό και Περιβαλλοντικό Σχεδιασμό. Με χρονολογία καθιέρωσης εφαρμογής το 1998 όταν και δημιουργήθηκε από το Συμβούλιο Πράσινων Κτιρίων των Η.Π.Α. - US Green Building Council - η εφαρμογή της μεθόδου LEED καταλήγει σε έναν δείκτη συνολικής περιβαλλοντικής απόδοσης. Τυγχάνει διεθνούς αναγνωρίσεως και προσφέρει ένα εργαλείο αξιολόγησης - κατάταξης των κτιρίων στους κατασκευαστές, τους ιδιοκτήτες και τους χρήστες των κτιρίων. Παρουσιάζει διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα υπάρχοντα κτίρια - όπου αναφέρεται στη λειτουργία και συντήρησή τους - και στα υπό κατασκευή. Στην κλίμακα αξιολόγησης της μεθόδου έχουμε τις ακόλουθες κατηγορίες: (Αξαρχή και Μπαμπούρης, 2016)

α) Πιστοποιημένο κτίριο (40 - 49 βαθμοί)

β) Ασημένιο κτίριο (50 - 59 βαθμοί)

γ) Χρυσό κτίριο (60 - 79 βαθμοί)

δ) Πλατινένιο κτίριο (80 + βαθμοί)

Κατά τη βαθμολόγηση του κτιρίου οι παράγοντες που εξετάζονται είναι οι ακόλουθοι: (United States Green Building Council, 2018)

Παράγοντες Γενικής Βιωσιμότητας (26 βαθμοί) που αναλύονται:

- Πιστοποίηση σχεδίου - κατασκευής με βάση το LEED (4 βαθμοί)
- Σχέδιο διαχείρισης εξωτερικής επιφανείας κτιρίου (1 βαθμός) και ολοκληρωμένη διαχείριση της μούχλας, ελέγχου της διάβρωσης και του τοπίου (1 βαθμός)

- Εναλλακτικά μέσα μεταφοράς (3-15 βαθμοί)
- Διατάραξη του περιβάλλοντα χώρου – Προστασία ή αποκατάσταση των ανοικτών οικισμών (1 βαθμός)
- Έλεγχος της ποσότητας του βρόχινου νερού (1 βαθμός)
- Μείωση θερμονησίδας (1 βαθμός) – χρήση μέτρων σκίασης επιφανειών χωρίς την στέγαση τους (1 βαθμός)
- Μείωση της “φωτορρύπανσης” (π.χ. διαχείριση φωτισμού) (1 βαθμός)

- Υδατική απόδοση (14 βαθμοί) - μείωση χρήσης νερού εσωτερικά & εξωτερικά του κτιρίου

Προϋπόθεση μέτρησης της υδατικής απόδοσης αποτελεί η ύπαρξη ειδών υγιεινής εντός του κτιρίου και η άριστη απόδοση τους.

- Μέτρηση της υδατικής απόδοσης (2 βαθμοί) και διαχείριση του νερού χρήσης (2 βαθμοί)
- Επιπρόσθετα είδη υγιεινής εντός του κτιρίου και η σωστή λειτουργία τους (1-5 βαθμοί)
- Υδατική απόδοση σε σχέση με το τοπίο της περιοχής (1-5 βαθμοί)

- Ενέργεια και ατμοσφαιρική ρύπανση (35 βαθμοί)

Γενικά πριν την εφαρμογή οποιασδήποτε από τις παρακάτω πρακτικές, προϋπόθεση είναι η ήδη βελτιωμένη διαχείριση της ενεργειακής απόδοσης του κτιρίου (σχεδιασμός - νομοθεσία - εφαρμογή τρόπων ελαχιστοποίησης ενεργειακής κατανάλωσης) καθώς και των υπαρχόντων ψυκτικών μέσων. Περαιτέρω αυτών έχουμε την:

- Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης (1-18 βαθμοί)
- Ανάλυση υπάρχουσας κατάστασης (2 βαθμοί) και πρόκριση πρακτικών αντιμετώπισης προβλημάτων ενεργειακής κατάστασης του κτιρίου που εμφανίζονται (2 βαθμοί)
- Βελτίωση της ενεργειακής κατάστασης του κτιρίου (2 βαθμοί)
- Μέτρηση ενεργειακής απόδοσης κτιρίου. Εγκατάσταση συστημάτων αυτοματισμού (1 βαθμός) και εγκατάσταση συστημάτων μέτρησης (1-2 βαθμοί)
- Εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εντός και εκτός οικοπέδου (1-6 βαθμοί)

- Διαχείριση βελτιωμένων τρόπων ψύξης (1 βαθμός) και καταγραφή της μείωσης εκπομπών (1 βαθμός)

- Υλικά και φυσικοί πόροι (10 βαθμοί)

Η εφαρμογή πολιτικών βιώσιμης ανάπτυξης στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων και στην αγοραστική δύναμη αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για τον έλεγχο των κτιρίων ως προς τα υλικά που χρησιμοποιούνται και τους φυσικούς πόρους που καταναλώνουν. Στη συνέχεια εξετάζονται:

α) Η Αγοραστική Δύναμη

- Συνεχής κατανάλωση (1 βαθμός)
- Στερεά αγαθά γενικής κατανάλωσης (1-2 βαθμοί) , τρόφιμα (1 βαθμός)
- Αλλαγές και προσθήκες στην εγκατάσταση (1 βαθμός) , μείωση της ποσότητας υδραργύρου στις λάμπες φωτισμού (1 βαθμός)

β) Στερεά Απόβλητα

- Έλεγχος των ρευμάτων αποβλήτων (1 βαθμός), συνεχείς καταναλώσεις (1 βαθμός)
- Στερεά αγαθά (1 βαθμός), αλλαγές - προσθήκες στην εγκατάσταση (1 βαθμός)

- Περιβαλλοντική ποιότητα Εσωτερικού Χώρου (15 βαθμοί)

Πριν την αξιολόγηση της περιβαλλοντικής ποιότητας του εσωτερικού χώρου υπάρχοντος κτιρίου είναι απαραίτητη προϋπόθεση η ύπαρξη γενικού συστήματος πράσινου καθαρισμού, η ελάχιστη ρύπανση των εσωτερικών χώρων και σύστημα ελέγχου καπνού.

- Διαχείριση της ποιότητας του αέρα (1 βαθμός), έλεγχος εισερχόμενου αέρα (1 βαθμός)
- Βελτίωση του εξαερισμού (1 βαθμός), μείωση αιωρούμενων σωματιδίων (1 βαθμός)
- Πρόγραμμα διαχείρισης της ποιότητας του αέρα ύστερα από αλλαγές-προσθήκες στην κτιριακή εγκατάσταση (1 βαθμός)
- Γενική (1 βαθμός) και θερμική (1 βαθμός) άνεση χρηστών
- Έλεγχος συστημάτων τεχνητού φωτισμού (1 βαθμός)
- Φυσικός φωτισμός & θέα (1 βαθμός)
- Σύστημα καθαρισμού, οικολογικό και υψηλής απόδοσης (1 βαθμός)
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες και η επίδραση που έχουν στους κατοίκους (1 βαθμός)

- Οικολογικά υλικά - εξοπλισμός καθαρισμού (1 βαθμός)
- Συστήματα ελέγχου ρύπανσης και μόλυνσης (1 βαθμός), διαχείριση της μούχλας στον εσωτερικό χώρο (1 βαθμός)

- Καινοτομία στη λειτουργία του κτιρίου (6 βαθμοί)

- Γενικές καινοτομίες λειτουργίας (1-4 βαθμοί)
- Επικύρωση επαγγελματικών στρατηγικών του LEED (1 βαθμός)
- Έγγραφο καταγραφή επίδρασης κτιριακού κόστους στη βιωσιμότητα (1 βαθμός)

- Επίτευξη Αναπτυξιακών Προτεραιοτήτων που θέτει η Περιφέρεια στην οποία ανήκει το κτίριο(4 βαθμοί)

Η μέθοδος LEED σε αντίθεση με τις μεθόδους που θα εξεταστούν παρακάτω θέτει προαπαιτούμενα στο κτίριο χωρίς την τήρηση των οποίων δεν είναι δυνατή η αξιολόγηση του. Παρουσιάζει μεγάλο εύρος παραμέτρων εξέτασης και είναι διεθνώς πιο διαδεδομένη. Δίνει μεγάλη σημασία στον έλεγχο της ποιότητας του αέρα, στοιχείο σημαντικό για τους κατοίκους - χρήστες του κτιρίου και θέτει ως στόχο και την επίτευξη των αναπτυξιακών στόχων στην περιφέρεια στην οποία ανήκει το εκάστοτε κτίριο ευνοώντας την προώθηση της βιώσιμης ανάπτυξης και σε πολεοδομικό - περιφερειακό επίπεδο.

### **3.3.2 Μέθοδος B.R.E.E.A.M.**

Η μέθοδος B.R.E.E.A.M. είναι η παλαιότερη των 3 που αναλύονται εδώ. Η εφαρμογή της ξεκίνησε το 1991 στην Μεγάλη Βρετανία. Η πλήρης ονομασία του αρτικόλεξου της είναι **Building Research Establishment Environmental Assessment Method** και μεταφράζεται ως κατοχυρωμένη Μέθοδος Περιβαλλοντικής Αποτίμησης / Αξιολόγησης του ιδρύματος ερευνών σε κτίρια B.R.E.. Η διεθνής έκδοση της μεθόδου με την επωνυμία BREEAM International ξεκίνησε αντιστοίχως το 2008 ως απάντηση στην απήχηση της μεθόδου σε Ευρώπη και Μέση Ανατολή. Η χρήση της γίνεται ως επί το πλείστον σε περιπτώσεις εμπορικών ή βιομηχανικών κτιρίων. (BRE, 2014) Όντας η παλαιότερη μέθοδος έχει το μεγαλύτερο υπόβαθρο στοιχείων – περιπτώσεων και τη μεγαλύτερη εξέλιξη και είναι δημοφιλέστατη στον Ευρωπαϊκό χώρο, αν και λιγότερο στις υπόλοιπες περιοχές του πλανήτη σε αντίθεση με την μέθοδο LEED.

Η μέθοδος αναπτύχθηκε ως μια απάντηση – μέθοδος μέτρησης της αποδοτικότητας των κατασκευών - κτιρίων απέναντι σε φαινόμενα όπως η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας,

η μείωση των ορυκτών πόρων, η μείωση του στρώματος του όζοντος, η ατμοσφαιρική ρύπανση, η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η ρύπανση των υδάτων ελάττωση των πόσιμων αποθεμάτων, το φαινόμενο της όξινης βροχής και γενικότερα η υπερπαραγωγή αποβλήτων.

Οι στόχοι της μεθόδου που διατηρήθηκαν αναλλοίωτοι σε όλες τις εκδόσεις που κυκλοφόρησαν κατά καιρούς προσηλώθηκαν στις ακόλουθες κατευθύνσεις. (BRE, 2016)

- Στη μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων του κτιρίου καθ' όλο το κύκλο ζωής του.
- Στην αναγνώριση περιβαλλοντικών οφελών από "σωστά" κατασκευασμένα κτίρια.
- Στη προσφορά ενός αναγνωρισμένου κτιριακού περιβαλλοντικού σήματος.
- Στην τόνωση της ζήτησης βιοκλιματικών κτιρίων.

Οι βασικές αρχές που διέπουν τη μέθοδο (BRE, 2016) είναι οι παρακάτω:

- Διασφάλιση της περιβαλλοντικής ποιότητας με μέτρηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.
- Χρήση ποσοτικών μέτρων στον προσδιορισμό ποιότητας περιβάλλοντος
- Υιοθέτηση ευπροσάρμοστων λύσεων με αποφυγή κανονιστικών αντιμετώπισεων των θεμάτων.
- Χρήση των βέλτιστων διαθέσιμων εργαλείων (επιστημονικού ή ή και πρακτικού υπόβαθρου) ως βάση για την ποσοτικοποίηση και βαθμονόμηση ενός προτύπου επιδόσεων που θα είναι οικοδομικά αποδοτικό και θα καθορίζει την ποιότητα του περιβάλλοντος.
- Σύνδεση οικονομικών και κοινωνικών οφελών με περιβαλλοντικούς στόχους.
- Δημιουργία ενιαίου πλαισίου αξιολόγησης, προσαρμόσιμου στις τοπικές ανάγκες και ικανού να συνδυάσει τόσο το θεσμικό σύστημα που είναι σε ισχύ όσο και τοπικά χαρακτηριστικά της περιοχής του κτιρίου.
- Προώθηση της συμμετοχής των εκάστοτε κατασκευαστών στις διαδικασίες του προγράμματος για τη διασφάλιση της προσβασιμότητας τους στα αποτελέσματα και της ευρείας κατανόησης των απαιτούμενων ενεργειών – αποφάσεων που προκύπτουν.
- Υιοθέτηση πιστοποίησης.
- Ενσωμάτωση όπου γίνεται υφιστάμενων εργαλείων, τεχνικών και δεξιοτήτων για την ευκολότερη κατανόηση των απαιτούμενων ενεργειών και την ελαχιστοποίηση του κόστους.



- Διαβούλευση με τους ενδιαφερόμενους φορείς και ενημέρωση τους σχετικά με τις διαρκώς εξελισσόμενες απαιτήσεις και πρότυπα επιδόσεων.

Για την έκδοση βαθμολογίας βαθμολογείται ξεχωριστά καθεμία από τις ορισμένες παραμέτρους με τον συντελεστή βαρύτητας που της αναλογεί με άθροιση των επιμέρους αποτελεσμάτων. Η κατηγοριοποίηση των κτιρίων με βάση τη συνολική βαθμολογία είναι:

- Outstanding (Διάκριση)  $\geq 85$
- Excellent (Άριστα)  $\geq 70$  και  $< 85$
- Very Good (Πολύ Καλά)  $\geq 55$  και  $< 70$
- Good (Καλά)  $\geq 40$  και  $< 55$
- Pass (Βάση)  $\geq 25$  και  $< 40$
- Acceptable (Αποδεκτό)  $\geq 10$  και  $< 25$
- Unclassified (Αταξινόμητο)  $< 10$

Αυτή η κατηγοριοποίηση των κτιρίων προκύπτει από τη μέθοδο με αξιολόγηση της επίδοσης των κτιρίων σε τομείς όπως: (BRE, 2016)

- Η χωροθέτηση τους καθώς και διάφορα διαδικαστικά ζητήματα.
- Η κατανάλωση ενέργειας και οι εκλύσεις διοξειδίου του άνθρακα τόσο από το κτίριο όσο και κατά τη διάρκεια των μεταφορών – μετακινήσεων από αλλά και προς αυτό.
- Η υγιεινή και η ασφάλεια τόσο στον εσωτερικό όσο και στον εξωτερικό χώρο του κτιρίου.
- Η ρύπανση που προκαλείται στον αέρα και στα ύδατα της περιοχής.
- Η κατανομή και αξιοποίηση των χώρων, κτιρίου και περιβάλλοντος – πρασίνου.
- Η προσπάθεια διατήρησης της οικολογικής ταυτότητας της περιοχής.
- Ο προσδιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τα οικοδομικά υλικά που χρησιμοποιούνται υπολογιζόμενος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του κτιρίου.
- Η κατανάλωση νερού.

Όταν συγκεκριμένα η μέθοδος εφαρμόζεται σε υπάρχοντα κτίρια οι παράγοντες που μελετώνται είναι σύμφωνα με την κα Αξαρχη είναι: (Αξαρχή κ. α., 2011),

#### - Ενέργεια (24 βαθμοί)

- Μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> (15 βαθμοί)
- Βελτίωση απόδοσης του κτιρίου. Μείωση συντελεστή θερμικών απωλειών (2 βαθμοί)

- Πρόβλεψη χώρου στεγνώματος ρούχων (1 βαθμός)
- Χρήση ηλεκτρικών συσκευών οικολογικά πιστοποιημένων (2 βαθμοί)
- Εσωτερικός (2 βαθμοί) και εξωτερικός φωτισμός (2 βαθμοί)

- Συστήματα Μεταφορών (6 βαθμοί)

- Μέσα Μαζικής Μεταφοράς (2 βαθμοί) - χώροι στάθμευσης ποδηλάτων (2 βαθμοί)
- Ύπαρξη υπηρεσιών και διευκολύνσεων κοντά στο κτίριο (1 βαθμός)  
εξασφάλιση χώρου εντός διαμερισμάτων για διαμόρφωση γραφείων (1 βαθμός)

- Ρύπανση (11 βαθμοί)

- Θερμομόνωση (1 βαθμός)
- Εκπομπές NOx (3 βαθμοί)
- Έλεγχος ροής βρόχινου νερού προς τους φυσικούς αποδέκτες (2 βαθμοί)  
πρόληψη για μείωση κινδύνου από πλημμύρες (2 βαθμοί)
- Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (3 βαθμοί)

- Χρήση υλικών (31 βαθμοί):

- Αντιμετώπιση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τα υλικά (16 βαθμοί)
- Επιλογή υλικών βασικών στοιχείων (6 βαθμοί) και δευτερευόντων στοιχείων (3 βαθμοί) δόμησης έχοντας ως βάση επιλογής τους την περιβαλλοντική προστασία.
- Ανακύκλωση των αποβλήτων (6 βαθμοί)

- Κτιριακή Διαχείριση (8 βαθμοί):

- Ύπαρξη/Δημιουργία κανονισμού λειτουργίας κτιρίου (3 βαθμοί)
- Διαχείριση (2 βαθμοί) και ασφάλεια (2 βαθμοί) κτιρίου
- Δημιουργία – τήρηση συστήματος διαχείρισης (3 βαθμοί)

- Χρήσεις γης και οικολογία (9 βαθμοί):

- Οικολογία του οικοπέδου (1 βαθμός) – διατήρηση/αναβάθμιση οικολογικού χαρακτήρα άμεσης περιοχής του κτιρίου (1 βαθμός)
- Προστασία οικολογικού χαρακτήρα ευρύτερης περιοχής κατασκευής κτιρίου (4 βαθμοί)
- Κτιριακό αποτύπωμα (2 βαθμοί)

- Άνεση -υγεία χρηστών του κτιρίου (8 βαθμοί):

- Φυσικός φωτισμός (3 βαθμοί)
- Ηχομόνωση κτιρίου (4 βαθμοί)
- Αποθηκευτικοί και βοηθητικοί χώροι (1 βαθμός)

- Χρήση νερού (6 βαθμοί):

- Εξωτερική (5 βαθμοί) και εσωτερική (1 βαθμός) χρήση πόσιμου νερού.

Ως μέθοδος, η μέθοδος BREEAM έχει λεπτομερέστερο καθορισμό των επιμέρους παραμέτρων και αντιμετωπίζει με μεγαλύτερη βαρύτητα την κατανάλωση ενέργειας στο κτίριο. Ταυτόχρονα όμως δεν έχει συμπεριλάβει στις παραμέτρους βαθμολόγησης τον έλεγχο του εισερχόμενου αέρα στο κτίριο παρά μόνο τα επίπεδα NOx. Σύμφωνα με τους Abdalla κ.α. (2011) και Ding (2008) η μέθοδος δε λαμβάνει υπόψη της τις οικονομικές πτυχές των έργων στην αξιολόγηση του σχεδιασμού τους. Αυτό μπορεί εν δυνάμει να αποτελέσει πηγή προβλημάτων καθώς το κόστος και η απόσβεση της επένδυσης είναι αντικείμενα θεμελιώδους σημασίας για όλα τα έργα και ένα κτίριο που είναι με βάση την μέθοδο περιβαλλοντικά ορθό να είναι ταυτόχρονα πολύ ακριβό ως προς την κατασκευή του. Σύμφωνα μάλιστα με τους Abdalla κ.α. (2011) θα έπρεπε ένα έργο ακριβότερο σε σχέση με ένα εφάμιλλο του το οποίο θα έχει υπερβεί και τον αρχικό προϋπολογισμό του θα έπρεπε να παίρνει χαμηλότερη βαθμολογία. Ταυτόχρονα η τελική βαθμολογία του προγράμματος κατά τη φάση του σχεδιασμού δεν διασφαλίζει την συνέχεια αυτής της απόδοσης κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, οι μετρήσεις υπόκεινται πολλές φορές σε αλλαγές κατά τη φάση της λειτουργίας πράγμα που δεν υπολογίζεται. Ούτως ή άλλως βέβαια η μέθοδος και η αξιολόγηση των κτιρίων που προσφέρει με την ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών αποδόσεων των κτιρίων ωθεί τον κατασκευαστικό κλάδο προς την οικοδόμηση βιοκλιματικών κτιρίων (Abdalla κ.α., 2011)

### **3.3.3 Μέθοδος C.A.S.B.E.E.**

Η μέθοδος C.A.S.B.E.E. έχει τις ρίζες της στην Ιαπωνία. Με αρχή εφαρμογής τον Απρίλιο του 2001 (Ikaga, 2013) το αρτικόλεξο της ονομασίας της αναλύεται σε **C**omprehensive **A**ssessment **S**ystem for **B**uilt **E**nvironment **E**fficiency που αντιστοίχως μεταφράζεται σε Περιεκτικό Σύστημα Εκτίμησης Αποδοτικότητας Δομημένου Περιβάλλοντος. Η ανάπτυξη της ακολούθησε ορισμένες πολιτικές – αρχές οι οποίες αποτυπώθηκαν στο τελικό προϊόν:

- Η δομή της μεθόδου να είναι τέτοια που να επιβραβεύει με υψηλότερους βαθμούς τα ανώτερα τεχνικά κτίρια, αντί να είναι απλώς μια λίστα αρνητικών παρατηρήσεων

ενισχύοντας με αυτόν τον τρόπο το κίνητρο σε σχεδιαστές, τεχνίτες – ενδιαφερόμενους πελάτες για την χρήση της.

- Η μέθοδος αξιολόγησης να είναι όσο το δυνατόν πιο απλή και κατανοητή στην εφαρμογή της
- Θα πρέπει να είναι ένα εργαλείο γενικής χρήσης, ικανό να αξιολογεί κτίρια διαφόρων τύπων και μεγεθών. Για την εξασφάλιση διαδεδομένης χρήσης θα πρέπει να είναι ευέλικτη και ικανή να ρίχνει φως στις καινοτόμες πρωτοβουλίες που παίρνουν οι χρήστες ανάλογα με τις επικρατούντες οργανωτικές συνθήκες.
- Να λαμβάνει υπόψη της θέματα και προβλήματα που εμφανίζονται ιδιαιτέρως στην περιοχή της Ιαπωνίας και της Ασίας γενικότερα.

Η ανάπτυξη και η επέκταση της μεθόδου C.A.S.B.E.E. βασίστηκε σε τρεις βασικές έννοιες. (Ikaga, 2013) Πρώτον η μέθοδος σχεδιάστηκε για την εκτίμηση κτιρίων ανταποκρινόμενη στον κύκλο ζωής τους. Δεύτερον ξεχωρίζονται οι Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις (L) από την Περιβαλλοντική Ποιότητα και Απόδοση του Κτιρίου (Q). Τρίτον η μέθοδος εισάγει τον όρο Building Environmental Efficiency = B.E.E.

α) Η Περιβαλλοντική Ποιότητα και Απόδοση του κτιρίου – που συμβολίζεται με το γράμμα Q – και υποδιαιρείται σε: Εσωτερικού Περιβάλλοντος (Q1), ποιότητας της λειτουργίας του κτιρίου (Q2) και εξωτερικού περιβάλλοντος και οικοπέδου του κτιρίου (Q3)

β) Η Μείωση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του κτιρίου που επίσης υποδιαιρείται σε: Ενέργεια (LR-1), Φυσικούς Πόρους και υλικά κατασκευής (LR-2) και στο εξωτερικό περιβάλλον (LR-3).

Τα βαθμονομούμενα χαρακτηριστικά όσον αφορά τον παράγοντα Q1 είναι τα ακόλουθα:

1. Θόρυβος και Ακουστική: Επίπεδα θορύβου (εξωτερικού περ/ντος και κτιριακού εξοπλισμού), Ηχομόνωση (δομικών στοιχείων και χωρισμάτων), Απορρόφηση θορύβου
2. Θερμική Άνεση: Θερμοκρασιακός έλεγχος των χώρων (θερμοκρασία δωματίου, μεταβλητότητα, συμπεριφορά περιμέτρου κτιρίου, θερμοκρασιακός έλεγχος διαφόρων ζωνών του κτιρίου, αποδοτικότητα συστημάτων ελέγχου, ατομικός έλεγχος) έλεγχος της υγρασίας, αποδοτικότητα συστήματος κλιματισμού (διαφορά μέγιστης με ελάχιστη θερμοκρασία, μέση ταχύτητα κυκλοφορίας αέρα)

3. Φωτισμός και Φωτεινότητα: Φυσικός Φωτισμός (επίπεδα φυσικού φωτισμού, ανοίγματα εξαιτίας κτιριακού προσανατολισμού, συστήματα φυσικού φωτισμού), Μείωση θαμπώματος (θάμπωμα από συστήματα φωτισμού) και έλεγχος των επιπέδων φωτεινότητας.
4. Ποιότητα αέρα: Έλεγχος των πηγών ρύπανσης (ως προς χημικά που χρησιμοποιούνται, τον αμίαντο, ακάρεα και μούχλα, κ.λπ.), εξαερισμός (σχεδιασμός της τροφοδοσίας αέρα, ρυθμός, απόδοση στοιχείων φυσικού εξαερισμού), σχέδιο λειτουργίας κτιρίου (ως προς παρακολούθηση CO<sub>2</sub> και καπνού)

Όσον αφορά τον παράγοντα Q2 έχουμε τα ακόλουθα βαθμονομούμενα χαρακτηριστικά:

1. Απόδοση Γενικότερης Κτιριακής Λειτουργίας: Δηλαδή σχεδιασμός για χώρους τροφοδοσίας – αποθήκευσης, αποφυγής εμποδίων στο χώρο), ορθολογικός και προσεγμένος σχεδιασμός (ανοίγματα χώρων, θέα, διακόσμηση), συντήρηση χώρων (καθαρισμός, συστήματα υγιεινής, εύρος συντήρησης)
2. Αντοχή και Αξιοπιστία: Αντισεισμικός σχεδιασμός, χρόνος λειτουργίας επιμέρους στοιχείων του κτιρίου, απαιτούμενες ανανεώσεις – αναδομήσεις, αξιοπιστία (εξοπλισμών, υδρεύσεων – αποχετεύσεων κ.α.)
3. Προσαρμοστικότητα: Χωρικών ορίων (ύψος ορόφων, σχεδίων κατόψεων), ορίων φορτίων στα δάπεδα, προσαρμοστικότητα εγκαταστάσεων (υδρευσης, αποχέτευσης, Η/Μ κ.α.)

Στον παράγοντα Q3 έχουμε:

1. Διατήρηση Βιοπικαιότητας
2. Διατήρηση και Προστασία Τοπίου και Πολεοδομίας
3. Τοπικά Χαρακτηριστικά και Βελτίωση Μικροκλίματος

Αντιστοίχως με τα παραπάνω στην Μείωση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του κτιρίου έχουμε όσον αφορά τον παράγοντα LR1:

1. Θερμικό φορτίο του κτιρίου
2. Χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Απόδοση, μετατροπή τους)
3. Ενεργειακή απόδοση συστημάτων λειτουργίας κτιρίου (εξαερισμός, κλιματισμός κ.α.)



#### 4. Γενικό σύστημα διαχείρισης ενεργειακής αποδοτικότητας κτιρίου

Στον παράγοντα LR2 βαθμονομούνται:

1. Υδατικοί πόροι: (αποταμίευση, χρήση βρόχινου νερού, επαναχρησιμοποίηση νερού)
2. Μείωση χρήσης μη ανανεώσιμων πηγών-υλικών: (Πρόκριση χρήσης ανακυκλώσιμων υλικών, ξυλείας που παράγεται μέσω βιώσιμης υλοτομίας, κ.α.)
3. Αποφυγή χρήσης ρυπογόνων υλικών

Τέλος ο παράγοντας LR3 βαθμονομείται από τα ακόλουθα:

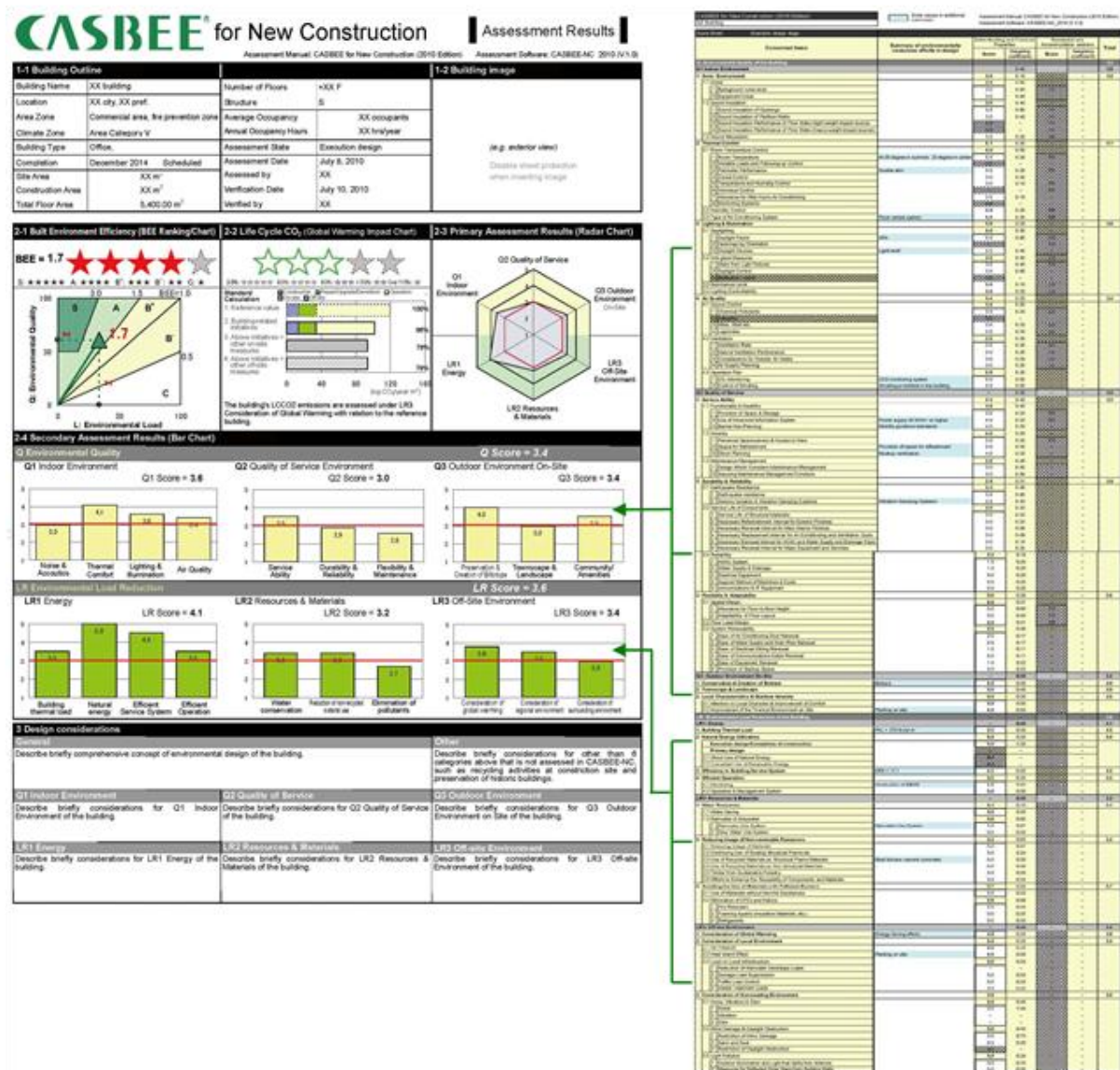
1. Πρόληψη για την κλιματική αλλαγή.
2. Μέριμνα για το τοπικό φυσικό περιβάλλον: Συμβολή στην ατμοσφαιρική ρύπανση, δημιουργία φαινομένου θερμονησίδας, μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων
3. Μέριμνα για τα γειτονικά κτίρια: Ελάττωση θορύβου, όχλησης και τυχόν οσμών, περιορισμός των καταστροφών από ανέμους και της παρεμπόδισης της ηλιοφάνειας

Στη συνέχεια μέσω συντελεστών βαρύτητας που καθορίζονται από κοινωνικοοικονομικά και τεχνικά πρότυπα και βαθμών από 0 έως 5 που απονέμονται για κάθε παράγοντα ξεχωριστά καθώς και μέσω του τελικού τύπου υπολογισμού της Περιβαλλοντικής Απόδοσης Κτιρίου (Building Environmental Efficiency - B.E.E.) ο οποίος είναι ο εξής:

$$B.E.E. = Q / L = 25 * (SQ - 1) / 25 * (5 - SLR)$$

όπου SQ ο τελικός βαθμός για την κατηγορία Q και SLR ο τελικός βαθμός για την κατηγορία LR. Με τα αποτελέσματα του τύπου μπορούμε να τοποθετήσουμε σε διάγραμμα κάθε κτίριο ως προς τις περιβαλλοντικές του επιπτώσεις - με βάση το πόσο μικρές είναι - και ως προς την αντίστοιχη ποιότητα και επίδοση του στον ίδιο τομέα - και το πόσο μεγάλες είναι. Η βέλτιστη περιοχή S είναι αυτή στην οποία οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κτιρίου (L) είναι οι μικρότερες δυνατές, και η περιβαλλοντική του επίδοση και ποιότητα (Q) η μεγαλύτερη δυνατή. Εκτός από την περιοχή (S) στην κατηγοριοποίηση υπάρχουν και οι περιοχές A, B+, B-, C. Ως μέθοδος, η CASBEE διαθέτει την πιο μαθηματικοποιημένη αντίληψη όμως δεν έχει σαφή όρια για τη διαμόρφωση των συντελεστών βαρύτητας. Στην Ιαπωνία η μέθοδος χρησιμοποιείται από διάφορες κατασκευαστικές εταιρείες, σχεδιαστικά γραφεία, κτηματομεσίτες σε εθελοντική βάση σαν ένα εργαλείο αξιολόγησης της περιβαλλοντικής απόδοσης των κτιρίων τους. (Ikaga, 2013) Από το Μάρτιο του 2013

μάλιστα περιφερειακές κυβερνήσεις της Ιαπωνίας έχουν ενσωματώσει τη χρήση της μεθόδου στην αδειοδότηση νέων κατασκευών για ενθάρρυνση της κατασκευής πράσινων κτιρίων



Πίνακας 3.3.3-1: Φύλλο Αποτελεσμάτων αξιολόγησης μεθόδου C.A.S.B.E.E. (J.S.B.C., 2017)

Όλες οι μέθοδοι που αναλύονται παραπάνω αντιμετωπίζουν το κτίριο από την ίδια οπτική. Αποτιμούν το περιβαλλοντικό προφίλ του κτιρίου εισάγοντας βαθμολογίες, παραμέτρους, συντελεστές. Και στις τρεις μεθόδους κύριος τομέας είναι η ενέργεια. Συνοψίζοντας αποτελούν σημαντική προσπάθεια αποτίμησης των επιπτώσεων του οικιστικού χώρου στο περιβάλλον.

## **4. Ενεργειακή αναβάθμιση και ενσωμάτωση στοιχείων βιοκλιματικού σχεδιασμού σε υφιστάμενα κτίρια**

### **4.1 Στοιχεία υπάρχουσας κατάστασης**

#### **4.1.1 Κλίμα ελληνικής επικράτειας**

Η ελληνική επικράτεια βρίσκεται ανάμεσα στον 34ο και 42ο παράλληλο βόρειου γεωγραφικού πλάτους και βρέχεται από την Ανατολική Μεσόγειο.

Στον ελληνικό χώρο σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ, 2017) επικρατεί το μεσογειακό κλίμα δηλαδή οι χειμώνες είναι ήπιοι και υγροί, τα καλοκαίρια είναι σχετικά θερμά και ξηρά ενώ σε γενικές γραμμές παρουσιάζονται εκτεταμένες περίοδοι ηλιοφάνειας την μεγαλύτερη περίοδο του έτους. Λόγω βεβαίως του έντονου ανάγλυφου της χώρας και της γρήγορης εναλλαγής μεταξύ ξηράς και θάλασσας παρουσιάζονται διάφορες κλιματικές ιδιαιτερότητες και αποκλίσεις, ακόμα και σε περιοχές με μικρές μεταξύ τους αποστάσεις, πάντα μέσα στα πλαίσια του Μεσογειακού κλίματος. Στην Ανατολική Ελλάδα γενικά απαντάται ξηρό κλίμα ενώ στη Δυτική και Βόρεια υγρό.

Κατά τη διάρκεια του έτους διακρίνονται δύο κυρίως εποχές, μια ψυχρή βροχερή περίοδος από τα μέσα Οκτωβρίου έως τα μέσα Μαρτίου και μια θερμή, ξηρή από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο.

Την ψυχρή περίοδο οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο και κυμαίνονται από 0 έως 5°C στις νότιες ηπειρωτικές και από 5 έως 10°C στις παραθαλάσσιες. Στις αντίστοιχες βόρειες περιοχές οι θερμοκρασίες που παρατηρούνται είναι χαμηλότερες του μηδενός. Η χαμηλότερη απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία που έχει παρατηρηθεί στην ελληνική επικράτεια είναι -27,8°C στην Πτολεμαΐδα Κοζάνης. Οι βροχές ακόμα και τη χειμερινή περίοδο δεν είναι πολυήμερες και ο ουρανός είναι αίθριος τον περισσότερο καιρό. Στα νησιά, Αιγαίου και Ιονίου, ο καιρός είναι ηπιότερος σε σχέση με τη Βόρεια και Ανατολική Ελλάδα.

Τη θερμή περίοδο οι υψηλότερες θερμοκρασίες απαντώνται το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου με την μέγιστη θερμοκρασία να κυμαίνεται από 29°C μέχρι 35°C. Η μεγαλύτερη απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία έχει παρατηρηθεί στην Ελευσίνα και στο Τατόι με 48°C. Στις παράκτιες περιοχές η θαλασσινή αύρα μετριάζει τις υψηλές

θερμοκρασίες. Τακτικοί - ετήσιοι - βόρειοι άνεμοι που φυσούν κυρίως στο Αιγαίο πέλαγος κάνουν παρόμοια δουλειά.

Από τις ενδιαμέσες εποχές η Άνοιξη είναι μικρής διάρκειας ενώ το Φθινόπωρο είναι μεγάλης διάρκειας και θερμό. Στη Νότια Ελλάδα πολλές φορές μάλιστα η περίοδος παρατείνεται έως και τα μέσα Δεκεμβρίου.

Από τα παραπάνω καθίσταται φανερό ότι κύριος περιβαλλοντικός παράγοντας που επιβαρύνει τα κτίρια γραφείων στην Ελλάδα είναι η ηλιοφάνεια που οδηγεί σε υπερθέρμανση του κελύφους ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες. Ταυτόχρονα βέβαια το εύρος των παρατηρημένων θερμοκρασιών καθιστά υποχρεωτική την προστασία του κτιρίου και από το κρύο. Η ηλιοφάνεια προσφέρει άπλετο φυσικό φωτισμό αλλά οδηγεί και σε φαινόμενα θάμβωσης.

#### 4.1.2 Υπάρχοντα κτίρια γραφείων

Στην Ελλάδα σήμερα υπάρχουν γύρω στα τέσσερα εκατομμύρια κτίρια. Συγκεκριμένα σύμφωνα με την απογραφή του 2011 (ΥΠΕΝ, 2018) εντοπίστηκαν στον ελλαδικό χώρο 4.105.637 κτίρια. Από αυτά τα 4.105.637 κτίρια 206.254 τον αριθμό έχουν καταχωρηθεί ως, αποκλειστικής (153.510) ή κύριας χρήσης (52.744), κτίρια γραφείων/καταστημάτων, ποσοστό εάν αθροιστούν τα κτίρια κυρίας και αποκλειστικής χρήσης περίπου 5% επί του συνόλου. Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι χρήσεις των κτιρίων της απογραφής.

Απογραφή Κτιρίων 2011											
Περιγραφή διοικητικής διαίρεσης	Σύνολο κτιρίων	Κτίρια αποκλειστικής χρήσης									
		Σύνολο κτιρίων αποκλειστικής χρήσης	Αποκλειστική χρήση κτιρίων								
			Κατοικία	Εκκλησία - Μοναστήρι	Ξενοδοχείο	Εργαστάσιο - Εργαστήριο	Σχολικό κτίριο	Κατάστημα - Γραφείο	Σταθμός αυτοκινήτων (πάρκινγκ)	Νοσοκομείο, κλινική κλπ.	Άλλη χρήση
ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	4.105.637	3.775.848	2.990.324	47.872	34.736	30.731	19.474	153.510	16.952	1.749	480.500
		100.00%	91.97%					3.74%			

Κτίρια μικτής χρήσης									
Σύνολο κτιρίων μικτής χρήσης	Κύρια χρήση κτιρίων μικτής χρήσης								
	Κατοικία	Εκκλησία - Μοναστήρι	Ξενοδοχείο	Εργαστάσιο - Εργαστήριο	Σχολικό κτίριο	Κατάστημα - Γραφείο	Σταθμός αυτοκινήτων (πάρκινγκ)	Νοσοκομείο, κλινική κλπ.	Άλλη χρήση
	329.789	255.684	515	8.780	3.031	2.379	52.744	515	224
	8.03%						1.28%		

**Πίνακας 4.1.2-1:** Κτίρια κατά χρήση και αριθμό ορόφων στο σύνολο Ελλάδας (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)

Πίνακας 3 (ιδία επεξεργασία)

Ηλικιακά τα κτίρια ταξινομούνται σε τρεις διαφορετικές περιόδους. Καθοριστικό ρόλο για τη διαφοροποίηση ανάμεσα στις περιόδους αυτές παίζει το νομικό πλαίσιο το οποίο διέπει την κάθε εποχή. Η υποχρεωτική εγκατάσταση θερμομόνωσης στα κτίρια θεσπίστηκε με το Π.Δ. της 01.06.1979 (ΦΕΚ 362Δ'/04.07.1979). Όντας σε ισχύ από το 1981 έως το 2000 σύμφωνα με την έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής του Δεκεμβρίου του 2014 του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής - ΥΠΕΚΑ - η οποία και εγκρίθηκε και με την Απόφαση υπ. αρ. ΔΕΠΕΑ/Γ/οικ. 185497 δημοσιευμένη στο ΦΕΚ 3004Β'/31.12.2015 η σταδιακή εφαρμογή των συστημάτων θερμομόνωσης οδήγησε σε μια μετρίως βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων που νομοθετήθηκε το 2010 (ΦΕΚ 407Β'/09.04.2010) απαίτησε όχι μόνο την εφαρμογή θερμομόνωσης από τα κτίρια αλλά και την επίτευξη ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης.

Ως προς τις ηλικιακές κατηγορίες των κτιρίων όπως αναφέρει το Υπουργείο (ΥΠΕΚΑ, 2014) τα οποία πρέπει να αποτελούν και τον βασικό στόχο των προσπαθειών ενεργειακής αναβάθμισης έχουμε τα παρακάτω.

- πριν το 1980 όταν στα κτίρια δεν εφαρμόζονταν κανόνες θερμομόνωσης και τα κτίρια δεν είχαν θερμική προστασία.
- τα έτη μεταξύ 1980 και 2000 όταν υπήρξε σταδιακή εφαρμογή συστημάτων θερμομόνωσης και άλλων αντίστοιχων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων.
- τα έτη μεταξύ 2000 και 2010 με την καθιέρωση των νέων τεχνολογιών και προϊόντων βελτίωσης των ενεργειακών χαρακτηριστικών των κτιρίων

Από το 2010 τα κτίρια είναι υποχρεωμένα να ακολουθούν τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης που προαναφέρθηκε με τις ανάλογες βελτιώσεις στην ενεργειακή τους απόδοση.

Η απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ το 2011 (ΕΛΣΤΑΤ, 2011) ανέδειξε και το πλήθος των κατασκευασμένων κτιρίων ανά χρονική περίοδο. Από τα 206.254 κτίρια γραφείων/καταστημάτων (αποκλειστικής και μικτής χρήσης) πριν το 1981 είχαν κτιστεί τα 108.620 από αυτά (78.871 αποκλειστικής και 29.749 μικτής χρήσης) ποσοστό 52,66%. Αντιστοίχως την εικοσαετία 1981 - 2000 κτίστηκαν 70.647 κτίρια γραφείων/καταστημάτων (52.738 αποκλειστικής και 17.909 μικτής) ποσοστό 34,25%. Τέλος την δεκαετία 2001-2010 είχαμε 24.975 κτίρια γραφείων/καταστημάτων (20.250 αποκλειστικής και 4.725 μικτής)



12,11%. Το 2011 την περίοδο της απογραφής υπό κατασκευή 2.012 κτίρια γραφείων/καταστημάτων (1651 αποκλειστικής χρήσης και 361 μικτής) 0,97% του συνόλου. Γενικότερα και σύμφωνα με τους Bertone κ.α. (2017) στις αναπτυγμένες χώρες η ανανέωση των υπαρχόντων κτιρίων γραφείων συντελείται με ρυθμό 1 - 1,5% ποσοστό μικρό σε σχέση με το σύνολο. Στον παρακάτω πίνακα από την ΕΛΣΤΑΤ φαίνονται αναλυτικά τα παραπάνω παρουσιασμένα στοιχεία:

Σύνολο Ελλάδος												
Απογραφή Κτιρίων 2011												
Περίοδος κατασκευής	Σύνολο κτιρίων	Κτίρια αποκλειστικής χρήσης										
		Σύνολο κτιρίων αποκλειστικής χρήσης	Αποκλειστική χρήση κτιρίων									
			Κατοικία	Εκκλησία - Μοναστήρι	Ξενοδοχείο	Εργοστάσιο - Εργαστήριο	Σχολικό κτίριο	Κατάστημα - Γραφείο	Σταθμός αυτοκινήτων (πάρκινγκ)	Νοσοκομείο, κλινική κλπ.	Άλλη χρήση	
ως το 1980	ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	4.105.637	3.775.848	2.990.324	47.872	34.736	30.731	19.474	153.510	16.952	1.749	480.500
	Προ του 1919	154.006	147.703	105.158	13.827	515	682	765	5.786	135	49	20.786
	1919 - 1945	324.701	310.996	242.492	8.600	354	1.216	2.206	10.529	349	148	45.102
	1946 - 1960	573.250	541.900	420.912	7.064	829	2.404	3.325	18.400	827	200	87.939
	1961 - 1970	639.475	580.592	444.068	4.438	1.611	3.802	2.365	21.083	1.302	224	101.699
ρικό Σύνολο	1971 - 1980	704.340	621.451	491.114	3.779	4.158	5.101	2.559	23.073	2.397	273	88.997
								78.871				
981 - 2000	1981 - 1985	402.368	362.322	293.626	1.926	4.156	3.344	1.608	14.902	2.130	165	40.465
	1986 - 1990	316.799	289.781	234.973	1.770	5.316	3.271	1.346	13.294	2.251	143	27.417
	1991 - 1995	259.394	238.243	191.945	1.663	4.678	3.043	1.386	12.432	2.109	144	20.843
	1996 - 2000	254.797	235.830	192.691	1.739	4.215	3.002	1.484	12.110	2.140	107	18.342
	ρικό Σύνολο							52.738				
006 - 2010	2001 - 2005	237.460	221.112	183.806	1.499	4.267	2.518	1.222	11.119	1.793	129	14.759
	2006 και μετά	186.861	175.824	144.710	1.249	3.878	2.155	1.069	9.131	1.419	139	12.074
ρικό Σύνολο								20.250				
	2011+	Υπό κατασκευή	52.186	50.094	44.829	318	759	193	139	1.651	100	28
ρικό Σύνολο								1.651				

Κτίρια μικτής χρήσης											
Σύνολο κτιρίων μικτής χρήσης	Κύρια χρήση κτιρίων κτιρίων μικτής χρήσης										
	Κατοικία	Εκκλησία - Μοναστήρι	Ξενοδοχείο	Εργοστάσιο - Εργαστήριο	Σχολικό κτίριο	Κατάστημα - Γραφείο	Σταθμός αυτοκινήτων (πάρκινγκ)	Νοσοκομείο, κλινική κλπ.	Άλλη χρήση		
ως το 1980	ΣΥΝΟΛΟ ΧΩΡΑΣ	329.789	255.684	515	8.780	3.031	2.379	52.744	515	224	5.917
	Προ του 1919	6.303	4.290	93	148	31	60	1.458	6	7	210
	1919 - 1945	13.705	10.052	70	134	77	103	2.796	27	18	428
	1946 - 1960	31.350	24.009	60	320	179	210	5.739	49	32	752
	1961 - 1970	58.883	47.498	51	699	362	308	8.903	53	41	968
ρικό Σύνολο	1971 - 1980	82.889	68.036	63	1.618	587	531	10.853	91	43	1.067
							29.749				
981 - 2000	1981 - 1985	40.046	31.070	36	1.458	410	325	6.054	72	22	599
	1986 - 1990	27.018	19.774	40	1.347	353	243	4.693	46	10	512
	1991 - 1995	21.151	15.285	36	1.116	312	181	3.762	41	12	406
	1996 - 2000	18.967	13.746	38	871	285	168	3.400	49	13	397
	ρικό Σύνολο						17.909				
006 - 2010	2001 - 2005	16.348	12.155	19	616	247	144	2.787	45	11	324
	2006 και μετά	11.037	8.154	9	406	168	93	1.938	34	12	223
ρικό Σύνολο							4.725				
	2011+	Υπό κατασκευή	2.092	1.615	0	47	20	13	361	2	3
ρικό Σύνολο							361				

Πίνακας 4.1.2-2:Κτίρια κατά χρήση και χρονική περίοδο κατασκευής (ΕΛΣΤΑΤ, 2011) Πίνακας 7

(ιδία επεξεργασία)

Εκτός από το πλήθος των κτιρίων η συνολική επιφάνεια των κτιρίων γραφείων/καταστημάτων ανά ηλικιακή κατηγορία έχει υπολογιστεί από τους Γαγλία και συνεργάτες της (2007) με προβολή στοιχείων συλλεγμένων από την οικοδομική δραστηριότητα της δεκαετίας του 1990 και άλλες παρεμφερείς μελέτες έως το έτος 2010. Από αυτή τη μελέτη προκύπτει ότι από την υπολογιζόμενη επιφάνεια κτιρίων γραφείων/καταστημάτων των 92.082.181,00 μ<sup>2</sup>, τα 34.176.657,00 μ<sup>2</sup> από αυτά, δηλαδή ποσοστό 37,11%, αντιστοιχούν σε κτίρια κτισμένα πριν τη δεκαετία του 1980. Αντιστοίχως την εικοσαετία 1981-2001 η συνολική επιφάνεια των κατασκευασμένων κτιρίων γραφείων/καταστημάτων έφτασε τα 32.361.389,00 μ<sup>2</sup> ποσοστό 35,14% του συνόλου. Παρατηρείται σε αντίθεση με τη διαφορά σε πλήθος μια ισορροπία σε επιφάνεια των κτιρίων που έχουν κατασκευαστεί πριν το 1980 με αυτά που κατασκευάστηκαν μεταξύ των ετών 1981-2001. Συνολικά πάντως το 72,25% της συνολικής κτιριακής επιφάνειας γραφείων/καταστημάτων έχει κατασκευαστεί πριν την πλήρη εφαρμογή των κανονισμών θερμομόνωσης και την εισαγωγή των νέων τεχνολογιών. Αυτά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Climatic zones	Number of buildings			Floor area (m <sup>2</sup> )		
	Pre-1980	(1981–2001)	(2002–2010)	Pre-1980	(1981–2001)	(2002–2010)
Greece (total)	89,352	39,348	23,850	34,176,657	32,361,389	25,544,135
Zone A	20,580	7,923	5,282	2,057,998	2,773,066	2,641,015
Zone B	39,817	18,313	10,772	19,908,653	18,313,115	14,004,147
Zone C	26,223	12,061	7,094	11,800,285	10,854,575	8,513,392
Zone D	2,731	1,052	701	409,721	420,633	385,581

**Πίνακας 4.1.2-3:** Κατανομή πλήθους και επιφάνειας κτιρίων γραφείων/καταστημάτων ανά ηλικιακή κατηγορία και κλιματική ζώνη στην Ελληνική Επικράτεια (Gaglia κ.α., 2007)

Είναι εμφανές από τα παραπάνω ότι περισσότερα από τα μισά κτίρια γραφείων/καταστημάτων του ελληνικού κτιριακού αποθέματος ανεγέρθηκαν πριν την εφαρμογή του κανονισμού θερμομόνωσης και είναι θερμικά απροστάτευτα. Ακόμα και αυτά που κατασκευάστηκαν μετά την θέσπιση των κανονισμών θερμομόνωσης είναι μερικούς απροστάτευτα αφού η εφαρμογή των συστημάτων θερμομόνωσης και βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ήταν σταδιακή. Σε κάθε περίπτωση ποσοστό 86,91% του πλήθους των κτιρίων γραφείων/καταστημάτων - αντιστοίχως 72,25% της επιφάνειας των γραφειακών χώρων - χρήζει αναβάθμισης για την εξοικονόμηση ενέργειας και πρώτων υλών και τη μείωση των εκπομπών αερίων. Οποιοσδήποτε ρυθμός ανανέωσης και να έχει ακολουθηθεί στο κτιριακό απόθεμα γραφείων/καταστημάτων είναι βέβαιο ότι μεγάλο μέρος των κτιρίων αυτών παραμένει θερμικά απροστάτευτο.

Όσον αφορά την κατανομή των υπαρχόντων κτιρίων γραφείων/εμπορικών καταστημάτων σύμφωνα με την έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια δημόσια και ιδιωτικά εθνικού κτιριακού αποθέματος (ΥΠΕΚΑ, 2014) έχουμε με βάση τις ζώνες που αναφέρονται στον ΚΕΝΑΚ ως προς τον αριθμό των κτιρίων 33.785 στη ζώνη Α, 68.852 στη ζώνη Β, 45.378 στη ζώνη Γ και 4.124 στη ζώνη Δ.

	Γραφεία/ Εμπορικά καταστήματα	Εκπαιδευτικά κτίρια	Νοσοκομεία/ Νοσηλευτικά	Ξενοδοχεία/ τουριστικά
Ζώνη Α	33.785	2.641	325	3.975
Ζώνη Β	68.852	7.036	808	1.334
Ζώνη Γ	45.378	5.236	564	1.470
Ζώνη Δ	4.124	663	45	12

**Πίνακας 4.1.2-4:** Κατανομή ανά κλιματική ζώνη πλήθους κτιρίων (ΥΠΕΚΑ, 2014)

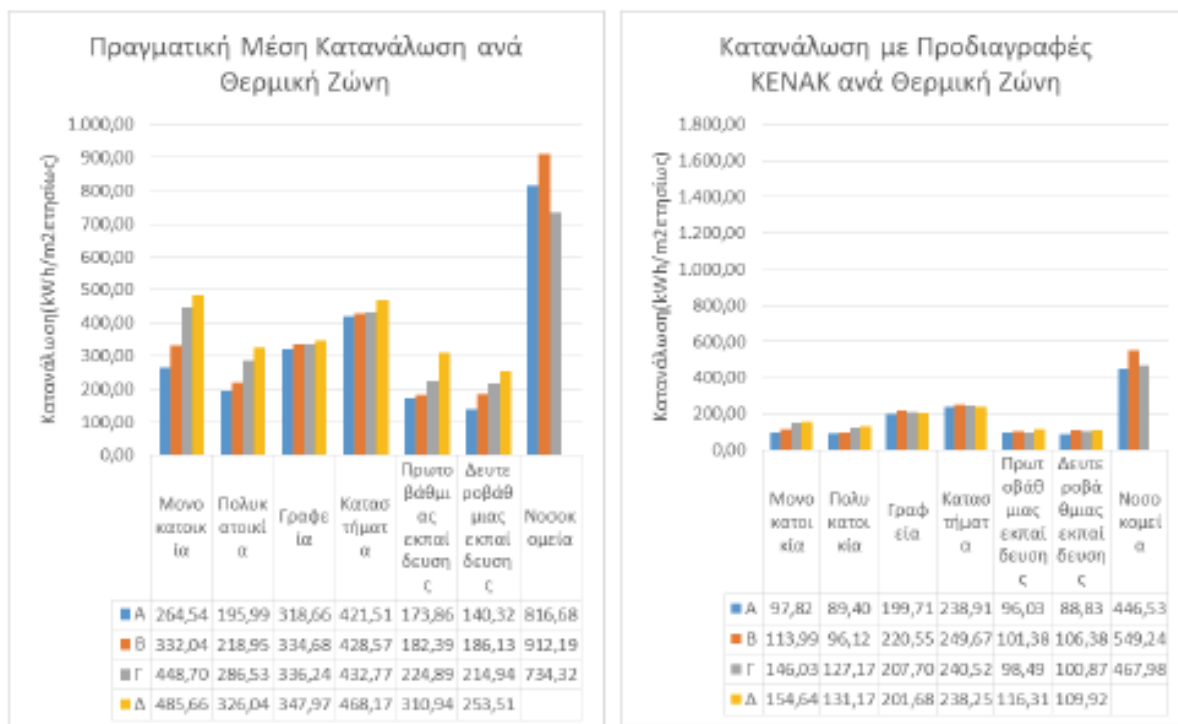
Αντιστοίχως από την ίδια έκθεση και όσον αφορά την επιφάνεια σε  $\mu^2$  των κτιρίων γραφείων/εμπορικών καταστημάτων, το μεγαλύτερο μέρος τους βρίσκεται στις ζώνες Β και Γ όπως φαίνεται και στον ακόλουθο πίνακα:

	Γραφεία/Εμπορικά καταστήματα	Εκπαιδευτικά κτίρια	Νοσοκομεία/ Νοσηλευτικά	Ξενοδοχεία/ τουριστικά
Ζώνη Α	7.472.079	2.678.480	640.044	13.583.636
Ζώνη Β	62.225.915	12.125.699	2.733.553	3.868.963
Ζώνη Γ	31.168.252	7.976.887	1.495.458	3.854.819
Ζώνη Δ	1.215.935	672.283	109.786	27.530

**Πίνακας 4.1.2-5:** Κατανομή ανά κλιματική ζώνη επιφανειών κτιρίων (ΥΠΕΚΑ, 2014)

Η έκθεση επίσης καταδεικνύει την τεράστια σημασία του κτιριακού τομέα για το ενεργειακό ισοζύγιο. Σύμφωνα με το Ενεργειακό Ισοζύγιο του 2012 η ενεργειακή κατανάλωση που σχετίζεται με κτίρια 7,751 Mtoe ποσό αντίστοιχο με το 45% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης με την κατανάλωση ιδιαίτερα του οικιακού τομέα να ευθύνεται για το 29%. Η ενεργειακή κατανάλωση γραφειακών χώρων στην Ελλάδα είναι από τις μεγαλύτερες στην Ευρωπαϊκή Ένωση. (Bosseboeuf κ. α., 2012) Στους παρακάτω πίνακες, από την έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής (ΥΠΕΚΑ, 2014), αποτυπώνεται η μέση θεωρητική κατανάλωση ενέργειας κτιρίων ανάλογα με τη χρήση τους και η αντίστοιχη κατανάλωση

θεωρητικών κτιρίων με τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, θέση, προσανατολισμό, όρους χρήσης και χαρακτηριστικά λειτουργίας που θα ήταν κατασκευασμένα με βάση τις προδιαγραφές του ΚΕΝΑΚ ανά κλιματική ζώνη.



**Πίνακας 4.1.2-6:** Κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου (πραγματική και με προδιαγραφές ΚΕΝΑΚ) και κλιματική ζώνη (ΥΠΕΚΑ, 2014)

Ηλικιακά - λαμβάνοντας υπόψη τις τρεις ηλικιακές κατηγορίες - και για κάθε κλιματική ζώνη, η μακροπρόθεσμη έκθεση στρατηγικής παραθέτει εκτίμηση για την κατανάλωση ενέργειας των γραφείων/καταστημάτων ανάλογα με την ηλικιακή τους κατηγορία η οποία και αποδίδεται στον παρακάτω πίνακα. Η συλλογή των στοιχείων βασίστηκε σε εμπειρικές μετρήσεις ερευνητικών εργασιών σε συνδυασμό με την υπολογιστική μέθοδο TEE-KENAK από το πρόγραμμα TABULA.

	μέχρι 1980	1981-2001	2002-2010
<b>Ζώνη Α</b>	438.147.774	697.426.099	813.432.620
<b>Ζώνη Β</b>	4.344.068.085	4.417.123.338	3.925.362.404
<b>Ζώνη Γ</b>	2.723.505.778	2.668.054.535	2.357.358.245
<b>Ζώνη Δ</b>	103.167.748	109.448.707	114.131.976

**Πίνακας 4.1.2-7:** Κατανάλωση ενέργειας κτιρίων γραφείων/καταστημάτων σε kWh/m<sup>2</sup> ανά ηλικιακή κατηγορία και κλιματική ζώνη (ΥΠΕΚΑ, 2014)

Αναλυτικότερα η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας των κτιρίων γραφείων σύμφωνα με την μελέτη των (Gaglia κ. α., 2007) χωρισμένη στις τέσσερις διαφορετικές κλιματικές ζώνες και για τις τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους συμπεκνώνεται στον παρακάτω πίνακα.

Average annual electrical and thermal energy consumption (kWh/m<sup>2</sup>) in Hellenic NR buildings for the different climatic zones at different construction periods

Climatic zones	Electrical energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> a)			Thermal energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> a)		
	1980	2001	2010	1980	2001	2010
<i>Office/commercial (O/C)</i>						
Greece (total)	42	56	71	93	75	70
Zone A	48	67	88	67	52	48
Zone B	43	57	72	85	69	65
Zone C	39	51	64	107	89	83
Zone D	36	48	63	134	110	103

**Πίνακας 4.1.2-8:** Κατανάλωση θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίων γραφείων/καταστημάτων ανά ηλικιακή κατηγορία και κλιματική ζώνη (Gaglia κ.α., 2007)

Από τον πίνακα αυτόν φαίνεται ότι τα κτίρια γραφείων/καταστημάτων που κατασκευάστηκαν πριν το 1981 κατανάλωναν κατ' εκτίμηση 93 Kwh/m<sup>2</sup> θερμικής ενέργειας ετησίως σε σύγκριση με τα νεότερα που κατανάλωναν 70 Kwh/m<sup>2</sup>. Η θερμική τους κατανάλωση προέρχεται από καυστήρες πετρελαίου ή φυσικού αερίου. Αντιστρόφως στην ηλεκτρική ενέργεια παρατηρείται αύξηση της κατανάλωσης στα νεότερα κτίρια Από 42 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως για τα προ του 1980 κτίρια φτάνουμε στα 71 KWh/m<sup>2</sup> ετησίως για τα νεώτερα. Με την αναγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται σε πρωτογενή με τη χρήση του συντελεστή 2,9 και της θερμικής που προέρχεται όπως προαναφέρθηκε από το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο με συντελεστή 1,1 και 1,05 αντιστοίχως όπως αναφέρεται στον ΚΕΝΑΚ (ΚΕΝΑΚ, 2010) καθίσταται φανερό η μεγαλύτερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας των νεότερων κτιρίων σε αντίθεση με τις μειωμένες απαιτήσεις του κελύφους τους και των Η/Μ συστημάτων τους και στη δημιουργία σημαντικών προβλημάτων στο φορτίο αιχμής..

Αυτό σύμφωνα με τους (Γαγλία κ.α., 2007) οφείλεται στην εισαγωγή νέου εξοπλισμού και συσκευών συμπεριλαμβανομένων και μονάδων κλιματισμού για την ικανοποίηση των υψηλότερων προτύπων διαβίωσης και εργασίας που αντιστάθμιζε τις εξοικονομήσεις που προέκυψαν από τη εφαρμογή της νομοθεσίας και από τη χρήση νέων δομικών υλικών και εξοπλισμού και στην πραγματικότητα οδηγούσε σε αύξηση της μέσης κατανάλωσης ενέργειας στα κτίρια.



Στην 2η έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος τον Απρίλιο του 2018 (ΥΠΕΝ, 2018) αποτυπώθηκε, με την αξιοποίηση των στατιστικών στοιχείων από τις ΠΕΑ, στον παρακάτω πίνακα η μέση κατανάλωση ενέργειας κάθε τύπου κτιρίου - υπολογισμένη θεωρητικά με βάση τα χαρακτηριστικά των κτιρίων (asset method) ανά κλιματική ζώνη σε σύγκριση με τα αντίστοιχα κτίρια αναφοράς, θεωρητικά κτίρια ιδίων γεωμετρικών χαρακτηριστικών και λοιπών στοιχείων σε σχέση με τα εξεταζόμενα κτίρια που πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του ΚΕΝΑΚ για το σχεδιασμό το κέλυφος και τις Η/Μ εγκαταστάσεις ώστε να θεωρούνται κτίρια ενεργειακής κατηγορίας Β. Στην τελευταία στήλη υπολογίζεται το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας με την αναβάθμιση των υπαρχόντων κτιρίων στην ενεργειακή κατηγορία Β.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (kWh/m <sup>2</sup> )	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ ΚΤΙΡΙΟΥ (GWh)	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΤΑ ΚΕΝΑΚ (kWh/m <sup>2</sup> )	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΜΕΝΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΚΑΤΑ ΚΕΝΑΚ (GWh)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (%)
Α	Εμπορίου	2.669.693,143	433,08	1.156,20	243,19	649,24	43,85%
	Υγείας και Πρόνοιας	392.339,0534	410,75	161,15	274,71	107,78	33,12%
	Προσωρινής Διαμονής	2.370.314,035	440,13	1.043,25	256,23	607,34	41,78%
	Εκπαίδευσης	368.403,238	167,41	61,67	109,23	40,24	34,75%
	Συνάθροισης Κοινού	743.573,0246	729,37	542,34	454,16	337,70	37,73%
	Σωφρονισμού	3.005,03	640,56	1,92	369,88	1,11	42,26%
	Γραφεία	563.206,3020	353,51	199,10	207,33	116,77	41,35%
	Μονοκατοικία	3.911.994,649	254,05	993,82	95,33	372,94	62,47%
	Πολυκατοικία	7.765.713,226	191,63	1.488,14	87,97	683,13	54,10%
Β	Εμπορίου	9.906.443,659	451,86	4.476,32	256,41	2.540,14	43,25%
	Υγείας και Πρόνοιας	991.942,214	441,31	437,76	288,00	285,68	34,74%
	Προσωρινής Διαμονής	1.404.196,855	510,14	716,34	288,01	404,42	43,54%
	Εκπαίδευσης	1.520.058,749	190,46	289,51	121,18	184,21	36,37%
	Συνάθροισης Κοινού	2.335.469,799	760,92	1.777,12	469,72	1.097,02	38,27%
	Σωφρονισμού	110.608,35	675,86	74,76	433,00	47,89	35,93%
	Γραφεία	7.138.260,822	353,45	2.523,00	218,92	1.562,72	38,06%
	Μονοκατοικία	7.914.336,098	332,92	2.634,87	113,12	895,25	66,02%
	Πολυκατοικία	39.305.720,98	222,16	8.732,24	95,50	3.753,66	57,01%
Γ	Εμπορίου	5.021.449,769	459,11	2.305,38	250,62	1.258,49	45,41%
	Υγείας και Πρόνοιας	961.530,1345	441,45	424,47	285,08	274,12	35,42%
	Προσωρινής Διαμονής	1.100.617,708	442,57	487,10	268,37	295,37	39,36%
	Εκπαίδευσης	877.471,398	223,63	196,23	125,34	109,98	43,95%
	Συνάθροισης Κοινού	1.276.550,596	780,69	996,59	455,88	581,95	41,61%
	Σωφρονισμού	35.482,53	528,31	18,75	418,02	14,83	20,88%
	Γραφεία	1.618.577,923	358,08	579,58	217,20	351,56	39,34%
	Μονοκατοικία	5.237.154,188	444,80	2.329,49	146,40	766,74	67,09%
	Πολυκατοικία	18.864.187,55	285,75	5.390,37	129,24	2.438,01	54,77%
Δ	Εμπορίου	437.519,7525	493,15	215,76	249,77	109,28	49,35%
	Υγείας και Πρόνοιας	78.938,814	420,92	33,23	286,05	22,58	32,04%
	Προσωρινής Διαμονής	49.328,13	752,37	37,11	366,63	18,09	51,27%
	Εκπαίδευσης	84.370,74	243,65	20,56	119,90	10,12	50,79%
	Συνάθροισης Κοινού	144.077,595	822,84	118,55	474,51	68,37	42,33%
	Σωφρονισμού	926,4	1.586,60	1,47	493,70	0,46	68,88%
	Γραφεία	114.632,108	375,33	43,02	208,94	23,95	44,33%
	Μονοκατοικία	876.510,3971	496,77	435,42	156,52	137,19	68,49%
	Πολυκατοικία	1.873.273,308	314,10	588,40	133,43	249,95	57,52%

Πίνακας 4.1.2-9: Μέση κατανάλωση ανά χρήση κτιρίου (πραγματική και με προδιαγραφές ΚΕΝΑΚ για κατηγορία Β) και κλιματική ζώνη (ΥΠΕΝ, 2018)

Για τα κτίρια γραφείων το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας κυμαίνεται σε ποσοστά πλησίον του 40% και αναλυτικά είναι 41,35% για κτίρια που βρίσκονται στην κλιματική ζώνη Α, 38,06% για κτίρια στην κλιματική ζώνη Β, 39,34% για τα κτίρια στην κλιματική ζώνη Γ και 44,33% για τα κτίρια γραφείων της κλιματικής ζώνης Δ.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω είναι εμφανές ότι υπάρχει μεγάλη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας στο κτιριακό απόθεμα της Ελλάδας. Στα οφέλη αυτής της αναβάθμισης συγκαταλέγονται:

- Μικρότερο κόστος λειτουργίας του κτιρίου. Σύντομη απόσβεση του κόστους επένδυσης λόγω της μείωσης αυτής και εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων.
- Περιβαλλοντικά οφέλη μέσω της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου και θετικής επίδρασης στο μικροκλίμα της περιοχής. (αποφυγή διαμόρφωσης αστικών θερμικών νησίδων) Συνεισφορά στους της ΕΕ για μια ανταγωνιστική οικονομία εκπομπών ως το έτος 2020.
- Βελτίωση του εσωτερικού κλίματος με θετική επίδραση στην παραγωγικότητα των εργαζομένων και στην βελτίωση της διάθεσης του κοινού με ταυτόχρονη βελτίωση της εικόνας της επιχείρησης – υπηρεσίας.
- Δημιουργία νέας αγοράς και αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας με τις εργασίες που σχετίζονται με την ανακαίνιση. Απαίτηση για εξειδικευμένο προσωπικό, με νέες ειδικότητες γύρω από την αναβάθμιση και δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.
- Αύξηση της αντικειμενικής αξίας του ακινήτου λόγω μειωμένου κόστους λειτουργίας, του υψηλότερου κύρους που έχει το κτίριο και το οποίο λειτουργεί ως ένα είδος διαφήμισης. Ένα κτίριο με υψηλή ενεργειακή κλάση (ανώτερη από Β) μπορεί να διεκδικήσει υψηλότερο τίμημα πώλησης ή ενοικίασης.

## **4.2 Πρόκριση δόκιμων στοιχείων και αξιολόγηση αποτελεσμάτων**

Τα κτίρια γραφείων διαφέρουν από τα άλλα κτίρια ειδικών χρήσεων λόγω της διακοπτόμενης λειτουργίας τους. Οι ιδιαίτερες συνθήκες λειτουργίας τους ρυθμίζουν και τις ενεργειακές καταναλώσεις τους. Γενικά η περίοδος λειτουργίας των κτιρίων γραφείων συμπίπτει με το διάστημα φυσικού φωτισμού - ηλιασμού με κατά συνέπεια αντιστοίχως πιο περιορισμένες ανάγκες για τεχνητό φωτισμό και λαμβάνοντας ταυτοχρόνως υπόψη το κλίμα της Ελλάδας περιορισμένες σχετικά ανάγκες για θέρμανση. Σύμφωνα με τα στοιχεία της αντίστοιχης τεχνική οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας, στην Α΄ της έκδοση, (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.

20701-1/2017, 2017) κατά μέσο όρο τα κτίρια γραφείων λειτουργούν για 10 ώρες την ημέρα, 5 ημέρες την εβδομάδα και 12 μήνες το χρόνο. Συνολικά αυτά αντιστοιχούν σε 2600 ώρες λειτουργίας του κτιρίου γραφείων ανά έτος με τις 2080 από αυτές τις ώρες να είναι ώρες που αντιστοιχούν σε περίοδο ημέρας και τις υπόλοιπες 520 ώρες να αντιστοιχούν σε περίοδο νύκτας.

Τα παραπάνω στοιχεία συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα που παρατίθεται μέσα στην εν λόγω Τεχνική Οδηγία:

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών	Ώρες λειτουργίας ημέρας ( $T_D$ )	Ώρες λειτουργίας νύκτας ( $T_N$ )	Σύνολο ωρών ( $T_T = T_N + T_D$ )
		[h]	[h]	[h]
Γραφείων	Γραφείο	2080	520	2600
	Βιβλιοθήκη	1040	520	1560

**Πίνακας 4.2-1:** Τυπικές τιμές ωρών λειτουργίας κτιρίων γραφείων σε συνθήκες άπλετου φυσικού φωτισμού και ελλείπους. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, 2017)

Ταυτόχρονα μια σειρά από άλλα στοιχεία λαμβάνονται υπόψη όπως:

- Το επίπεδο του φωτισμού για εξασφαλισμένη οπτική άνεση στο επίπεδο της εργασίας, δηλαδή 80 εκατοστά από το επίπεδο του εκάστοτε ορόφου, το οποίο πρέπει να είναι το λιγότερο 500 lx.
- Όρια θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων που στους χώρους γραφείων ορίζονται σε 26°C για τη θερινή περίοδο και 20°C για τη χειμερινή.
- Αντιστοίχως με τη θερμοκρασία η σχετική υγρασία θα πρέπει να βρίσκεται στα επίπεδα των 35% τη χειμερινή περίοδο και 45% τη θερινή.
- Η ανάγκη ικανοποιητικού αερισμού - δροσισμού των χώρων, για αποφυγή φαινομένων υγροποίησης και για λόγου υγιεινής, που στα κτίρια γραφείων έχει υπολογιστεί στα 30 m<sup>3</sup>/ώρα φρέσκου αέρα για κάθε άτομο.
- Η πυκνότητα κάλυψης, επιφάνεια κτιρίου ανά χρήστη χώρο, του κτιρίου.

Επηρεάζει τις ανάγκες αερισμού όπως αναφέρθηκε παραπάνω καθώς και τον ρυθμό παραγωγής εσωτερικής ενέργειας, ο οποίος συνδέεται με τον αριθμό των χρηστών και των συσκευών και φωτιστικών. Σύμφωνα με τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, 2017) η θερμική επιβάρυνση από τις ηλεκτρικές συσκευές και τον εξοπλισμό των γραφειακών χώρων είναι σχετικά μεγάλη και υπολογίζεται σε 15 W/m<sup>2</sup>, ενώ

αντίθετα η θερμική επιβάρυνση από τους χρήστες κυμαίνεται στα  $8\text{W/m}^2$  λόγω του συνήθους πληθυσμού των 10 ατόμων / ανά  $100\text{ m}^2$  επιφανείας.

Όπως προαναφέρθηκε η αναβάθμιση των κτιρίων γραφείων με βάση τον KENAK θα οδηγούσε σε μια εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 40%. Σύμφωνα με τα στοιχεία ενεργειακής απόδοσης κτιρίων που είναι καταχωρημένα από τους ενεργειακούς επιθεωρητές κτιρίων (Πετρολιαγκή, 2017) στα κτίρια γραφείων χρησιμοποιείται κυρίως η ηλεκτρική ενέργεια, με ποσοστό 77,18%, ακολουθούμενη από την ενέργεια από το πετρέλαιο, ποσοστό 19,34%, με το φυσικό αέριο να αντιστοιχεί σε ποσοστό 2,81%. Το υψηλό ποσοστό χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας σε συνδυασμό με τις υψηλές ανάγκες φωτισμού και ψύξης φανερώνουν τη δυνατότητα μεγάλης εξοικονόμησης ενέργειας. Πόσο μάλλον του μεγάλου ποσοστού κτιρίων που κατασκευάστηκαν πριν την εφαρμογή κανονισμών θερμομόνωσης και των συνθηκών θερμικής άνεσης που επικρατούν σε αυτά. Συνεπώς πρέπει να δοθεί ιδιαίτερο βάρος στη θερμική θωράκιση των κτιρίων γραφείων για μείωση των καταναλώσεων ενέργειας και για την δημιουργία εσωτερικού εργασιακού περιβάλλοντος ποιοτικού και φιλικού προς τους χρήστες.

Για την αναβάθμιση των κτιρίων όπως είδαμε και παραπάνω στο κεφάλαιο 2 προκρίνονται διάφορα μέτρα. Εφαρμογή σε ήδη υπάρχοντα κτίρια γραφείων έχουν:

- α)** Η θερμομόνωση του κελύφους με τη συνακόλουθη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης
- β)** Η κατασκευή σκιάστρων για σκίαση των γραφειακών χώρων κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και παρεμπόδιση της άμεσης εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας που θα είχε ως αποτέλεσμα να θερμάνει τους χώρους και να εντείνει τυχόν φαινόμενα θάμβωσης.
- γ)** Η φύτευση του περιβάλλοντος χώρου και των δωματίων για έλεγχο του μικροκλίματος και ελάττωση της ενέργειας που απαιτείται για την ψύξη του κτιρίου
- δ)** Η αντικατάσταση των υπαρχόντων κουφωμάτων για ενίσχυση της θερμομόνωσης
- ε)** Επενδύσεις των όψεων για περαιτέρω ελάττωση των θερμικών κερδών και απωλειών του κτιρίου.
- στ)** Τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής για ενίσχυση του φυσικού δροσισμού.
- ζ)** Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων για κάλυψη μέρους των εξωτερικών ενεργειακών αναγκών του κτιρίου
- η)** Αντικατάσταση των εγκαταστάσεων ψύξης - θέρμανσης όπου απαιτείται
- θ)** Εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης των κτιρίων. (BMS)

ι) Αντικατάσταση - τοποθέτηση ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων φωτισμού με αντίστοιχες συσκευές και λαμπτήρες ενεργειακά αποδοτικές.

ια) Μετατροπή των κτιρίων όπου είναι δυνατό για την επίτευξη συνθηκών φυσικού αερισμού.

Στα παραπάνω πρέπει να προστεθεί όπου είναι δυνατό και αν απαιτείται η κατασκευή αιθρίων και διάνοιξη φεγγιτών. Σε όλες τις παραπάνω εργασίες σημαντική παράμετρος είναι η χρήση τοπικών υλικών όπου είναι δυνατό με δυνατότητα ανακύκλωσης μετά το πέρας της χρήσης τους στο κτίριο.

Μέτρα που προσφέρουν εξοικονόμηση ενέργειας έχουν καταγραφεί σε πλείστες μελέτες. Σε μελέτη των Γαγλία κ.α., (2009) με τίτλο "Κτιριακό απόθεμα, δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας και μείωση ρύπων στον οικιακό και τριτογενή τομέα στην Ελλάδα - Μέτρα αντιμετώπισης" ως πιο ενεργειακά αποδοτικά και οικονομικά ελκυστικά μέτρα προκρίνονται η θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων, η εγκατάσταση BMS που διαχειρίζεται αποτελεσματικότερα τις ανάγκες του κτιρίου σε ενέργεια, η χρήση λαμπτήρων υψηλής απόδοσης, η χρήση φυσικού αερίου για θέρμανση και η αντικατάσταση των παλαιών κεντρικών θερμάνσεων. Τελευταία σε αποδοτικότητα μέτρα θεωρούνται οι θερμοστάτες αντιστάθμισης και χώρων λόγω χαμηλής απόδοσης η τοποθέτηση ηλιακών συλλεκτών για ζεστό νερό χρήσης και η εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης φυσικού αερίου. Στη μελέτη αυτή παρουσιάζονται τα στοιχεία που αναφέρονται στα κτίρια γραφείων/καταστημάτων (Πίνακας 4.2-2):

Α.Α.	Μ.Ε.Ε.	Παραδοχές εφαρμογής μέτρων	Εξοικονόμηση ενέργειας (%)	Διάρκεια ζωής επένδυσης	Μέσο κόστος επένδυσης στον τριτογενή τομέα	Μείωση ρύπων CO2 σε (t/t) από τα κτίρια	Προτεινόμενα Μέτρα
1	Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων	Σχεδόν όλα τα κτίρια προ-1980 είναι αμόνιστα. Ε/Μ: Εφαρμογή μόνο στο (15%) των αμόνιστων κτιρίων που έχουν κεραμικά θερμομονωτικά.	20-24% της θερμικής ενέργειας (Θ.Ε.) και 4% της ηλεκτρ. ενέργειας για ψύξη (Η.Ε.Ψ)	30 χρόνια	31.9 €/m2 μόνωσης	54.1	*
2	Θερμομόνωση οροφής	Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια προ-1980 και δεν διαθέτουν μόνωση οροφής.	4-7% της Θ.Ε. και 2% της Η.Ε.Ψ.	30 χρόνια	27.1 €/m2 μόνωσης	10.9	X
3	Διατάξιο υαλοστάσιων	Εφαρμογή στο 15% των κτιρίων (με κεντρική θέρμανση) προ-1980 και στο 20% του 1980-2004.	10-12% της θερμικής ενέργειας	30 χρόνια	176 €/m2 υαλοστασίων	46.9	X
4	Συντήρηση κεντρικών θερμάνσεων	Εφαρμογή σε όλα τα υφιστάμενα κτίρια, που χρειάζονται σύμφωνα με τους εθνικούς κανονισμούς, επίσημη συντήρηση.	11% της θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων.	-	170-500 €/κτίριο (για 1000-5000m2)	137.5	*
5	Νέες κεντρικές θερμάνσεις	Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια με παλιά συστήματα κεντρικής θέρμανσης.	15-17% της θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων.	25 χρόνια	1700-6000 €/κτίριο (για 1000-5000m2)	49.2	V
6	Κεντρική θέρμανση Θ.Α.	Εφαρμογή σε 15% των κτιρίων με παλιά συστήματα κεντρικής θέρμανσης, στις κλιματικές ζώνες Θ και Γ, όπου το Θ.Α. είναι διαθέσιμο.	19-21% της θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων.	25 χρόνια	1300-6000 €/κτίριο (για 500-5000m2)	16.4	X
7	Θερμοστάτες αντιστάθμισης	Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια με κεντρική θέρμανση που δεν έχουν θερμοστάτες αντιστάθμισης, σύμφωνα με τους εθνικούς κανονισμούς.	5% της θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων.	20 χρόνια	800-2800 €/κτίριο (για 1000-5000m2)	26.0	*
8	Θερμοστάτες χώρων	Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια με κεντρική θέρμανση και δυνατότητα θέρμανσης χώρων.	5% της Θ.Ε. για Θ.Χ.	15 χρόνια	19.3 €/θερμοστάτη	18.4	V
9	Εξωτερική σκίαση	Εφαρμογή στο 60% των κλιματιζόμενων κτιρίων, προ-2001.	10-20% της ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη.	10 χρόνια	24.2 €/m2 σκάπρου	49.6	*
10	Ανεμιστήρες οροφής	Εφαρμογή στο 50% των κλιματιζόμενων κτιρίων με κάλυψη του 50-70% της επιφάνειάς τους.	60% της ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη.	10 χρόνια	48 €/ανεμιστήρα	488.5	V
11	Νυχτερινός αερισμός	Εφαρμογή στο 10% των κλιματιζόμενων κτιρίων. Επίσης κατανομή ενέργειας 0.4 kWh/m2, για 3 AC και 5 ώρες την ημέρα.	15-20% της ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη.	-	0.08 €/kWh	53.9	*
12	Ηλιακοί συλλέκτες για ΖΝΧ	Εφαρμογή στο 20% των κτιρίων που δεν διαθέτουν ηλιακούς συλλέκτες.	30-50% της ηλεκτρ. ενέργειας για ΖΝΧ	10 χρόνια	290 €/m2 ηλιακό συλλέκτη	15.3	X
13	Λαμπτήρες υψηλής απόδοσης	Εφαρμογή σε όλα τα κτίρια που δεν διαθέτουν λαμπτήρες υψηλής ενεργειακής απόδοσης.	60% της ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό	10 χρόνια	0.6 €/m2 επιφάνειας κτιρίου	713.1	V
14	BMS	Για το 20% των κλιματιζόμενων κτιρίων του 1980-2004 και του 50% των κτιρίων του 2001-2010.	30% της ηλεκτρικής ενέργειας και 20% της θερμικής ενέργειας	10 χρόνια	14.5 €/m2 επιφάνειας κτιρίου	815.1	V

\* μέτρα ενεργειακά αποδοτικά αλλά απαιτούν έμμεσα ή άμεσα οικονομικά κίνητρα.

X ΜΕΕ που για ορισμένους τύπους κτιρίων είναι υψηλότερος κόστους και απαιτούνται οικονομικά κίνητρα για να συμβάλουν στην βιωσιμότητά τους

V μέτρα οικονομικά ελκυστικά και βιώσιμα δεν απαιτούν κάποια οικονομικά κίνητρα για εφαρμογή, και συμβάλουν σημαντικά

Πίνακας 4.2-2: Στοιχεία ΜΕΕ στα κτίρια γραφείων (Γαγλία κ.α., 2009)



Από τον πίνακα 4.2-2 βλέπουμε τις εργασίες που πρέπει να γίνουν, το ποσοστό ενεργειακής απόσβεσης που προσφέρουν κατά μέσο όρο και τον χρόνο απόσβεσης της επένδυσης αναβάθμισης ο οποίος είναι κατ' ελάχιστο 10 χρόνια. Τα μέτρα αυτά αποτυπώθηκαν και από το ΥΠΕΚΑ. (ΥΠΕΚΑ, 2014) Η αντιστοιχία των μέτρων αυτών με τα μέτρα που προτείνονται στα πλαίσια αυτής της εργασίας είναι εμφανής. Συμπερασματικά η αποδοτικότητα των μέτρων που προτείνονται και η θετική τους επίδραση στην εξοικονόμηση ενέργειας και βελτίωση του εργασιακού περιβάλλοντος υφιστάμενων κτιρίων γραφείων είναι τεκμηριωμένη.

Συνοψίζοντας τα καταλληλότερα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια γραφείων είναι η εγκατάσταση συστημάτων BMS, η θερμομόνωση των κελυφών, η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής, η τοποθέτηση εξωτερικών σκιάστρων, η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με συστήματα υψηλής απόδοσης καθώς και των ενεργοβόρων συσκευών και η συντήρηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης – καθώς η αντικατάσταση έχει μεγάλο κόστος επένδυσης με αντίστοιχα μεγάλο χρόνο απόσβεσης της επένδυσης που προσεγγίζει τα 25 έτη. Όσον αφορά τις τεχνολογίες ΑΠΕ ρόλο παίζουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κτιρίων και του περιβάλλοντος χώρου τους, οι χρήσεις των κτιρίων, τα κλιματικά δεδομένα των εκάστοτε περιοχών. Μεγαλύτερη εφαρμογή βρίσκουν τα φωτοβολταϊκά συστήματα και οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας όταν το επιτρέπει ο περιβάλλοντας χώρος.

Στη συνέχεια μέσω της εφαρμογής των μέτρων **α)** έως και **ια)** επί συγκεκριμένου κτιρίου γραφείων θα μετρηθεί η αποτελεσματικότητα τους στην εξοικονόμηση της απαιτούμενης ενέργειας θερμικής και ηλεκτρικής.

## **Μέρος 2:**

### **Μελέτη Περίπτωσης δημόσιου κτιρίου γραφείων στη Λάρισα**

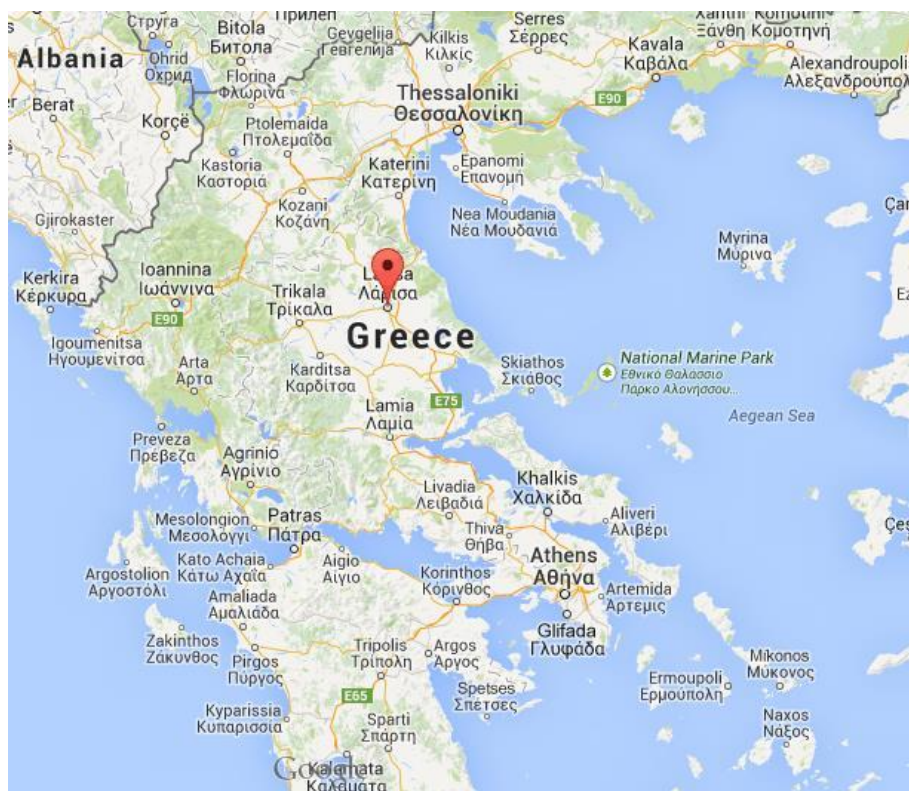
Για τη μελέτη της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων αναβαθμίσεων επί του κτιριακού αποθέματος γραφείων της ελληνικής επικράτειας γίνεται μελέτη περίπτωσης σε υφιστάμενο πολυώροφο κτίριο γραφείων εντός της πόλης της Λάρισας το οποίο κατασκευάστηκε το 1970 – αριθμός οικοδομικής αδείας 50/1966 ως τετραώροφης οικοδομής με την επισήμανση Διοικητήριο – που στεγάζει την Περιφέρεια Θεσσαλίας ενώ στο παρελθόν έχει λειτουργήσει ως κτίριο υπηρεσιών της Νομαρχίας και παλαιότερα ως το Διοικητήριο του νομού Λάρισας.

[illegible]

**Εικόνα 5-1:** Οικοδομική άδεια του Διοικητηρίου (πηγή Πολεοδομία Δήμου Λαρισαίων)

Η Λάρισα, είναι ηπειρωτική πόλη της Θεσσαλίας, πρωτεύουσα του ομώνυμου νομού καθώς και έδρα της Περιφέρειας Θεσσαλίας, της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδας, του Αρχηγείου Τακτικής Αεροπορίας, της έδρας της 1ης Στρατιάς, του Στρατηγείου του ΝΑΤΟ, του Θεσσαλικού Θεάτρου και των σχολών Ιατρικής και

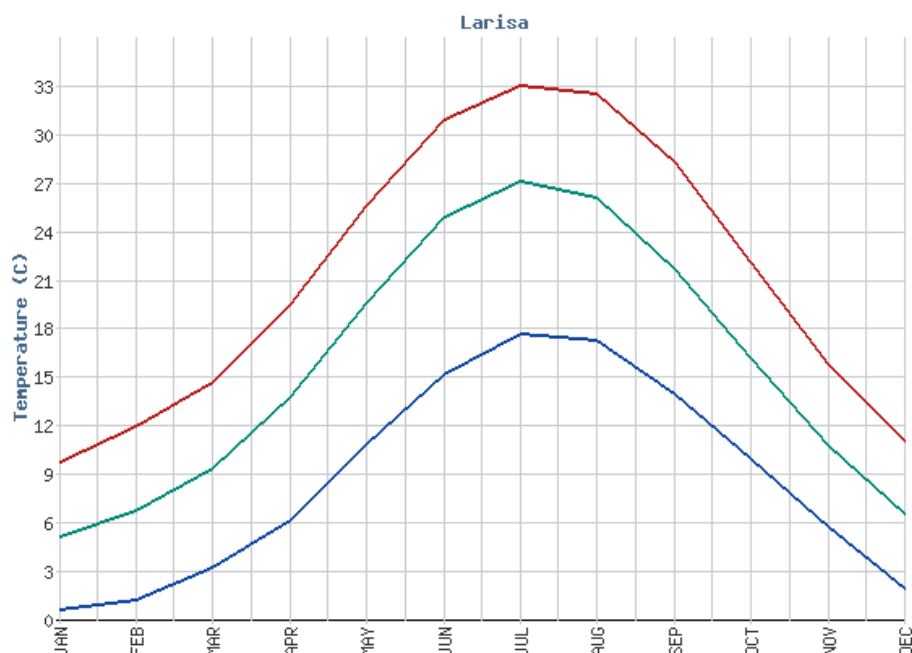
Βιοχημείας-Βιοτεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας καθώς και του Τ.Ε.Ι. Θεσσαλίας (Βικιπαίδεια, 2019). Με πληθυσμό 163.000 κατοίκων περίπου σύμφωνα με την απογραφή του 2011 αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους πληθυσμιακά δήμους της χώρας και τον μεγαλύτερο της Θεσσαλίας. Βρίσκεται στο κέντρο του Ανατολικού τμήματος της Θεσσαλικής πεδιάδας σε μεσόγεια θέση στις δύο όχθες του ποταμού Πηνειού. Το γεωγραφικό πλάτος της πόλης είναι  $39^{\circ} 39'$  και το πλάτος της  $22^{\circ} 27'$ . (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010, 2014) Το μέσο υψόμετρο της από τη θάλασσα είναι 73,6 μέτρα. Στα ανατολικά της πόλης εντοπίζονται τα όρη Όσσα και Μαυροβούνι, βορειοανατολικά της τα όρη Κάτω Όλυμπος και Όλυμπος και βορειοδυτικά της τα όρη Μελούνα και Τίτανος.



**Σχήμα 5.1-1:** Η θέση της Λάρισας στην Ελληνική επικράτεια (πηγή χάρτη World Easy Guides)

Διαθέσιμο στο Διαδίκτυακό τόπο <http://www.worldeasyguides.com/europe/greece/larissa/>

Κλιματικά η πόλη με βάση τις κλιματικές ζώνες που αναπτύσσονται στην οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 (2014) ανήκει στη ζώνη Γ. Έχει στοιχεία ηπειρωτικού κλίματος με πολύ θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Η θερμοκρασία κυμαίνεται, σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ., 2017) που συγκεντρώθηκαν από τον μετεωρολογικό σταθμό της Λάρισας, από  $0,7^{\circ}\text{C}$  την ελάχιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία που παρατηρείται τον Ιανουάριο έως τους  $33,1^{\circ}\text{C}$  που είναι η μέγιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία Ιουλίου. Γραφιστικά αυτές οι διακυμάνσεις φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
<b>Ελάχιστη Μηνιαία Θερμοκρασία</b>	0.7	1.3	3.3	6.2	10.9	15.2	17.7	17.3	14.0	10.0	5.8	2.0
<b>Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία</b>	5.2	6.8	9.4	13.8	19.7	25.0	27.2	26.2	21.8	16.2	10.8	6.6
<b>Μέγιστη Μηνιαία Θερμοκρασία</b>	9.8	12.0	14.7	19.6	25.7	31.0	33.1	32.6	28.4	22.2	15.8	11.1

Πίνακας 5.1-1: Μέση Θερμοκρασία Λάρισας ανά μήνα (πηγή Ε.Μ.Υ.,2017)

Από την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου της Ελλάδας 207010-3/2010 όπως αυτή αναθεωρήθηκε το 2014 (2014) η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία στην Λάρισα έχει καταγραφεί τον Ιανουάριο με  $-6,7^{\circ}\text{C}$  και αντιστοίχως η απόλυτη μέγιστη έχει καταγραφεί τον Ιούλιο με  $39,6^{\circ}\text{C}$ . Σε αυτή την οδηγία καταγράφονται και οι βαθμομέρες θέρμανσης DD με θερμοκρασία αναφοράς τους  $18^{\circ}\text{C}$  και οι βαθμοώρες ψύξης CDH με θερμοκρασία αναφοράς τους  $26^{\circ}\text{C}$  οι οποίες δίνονται και από τον παρακάτω πίνακα.

	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
<b>Βαθμομέρες θέρμανσης</b>	397	314	264	120	-	-	-	-	-	53	213	357
<b>Βαθμοώρες Ψύξης</b>	-	-	-	-	-	951	1563	1221	121	-	-	-

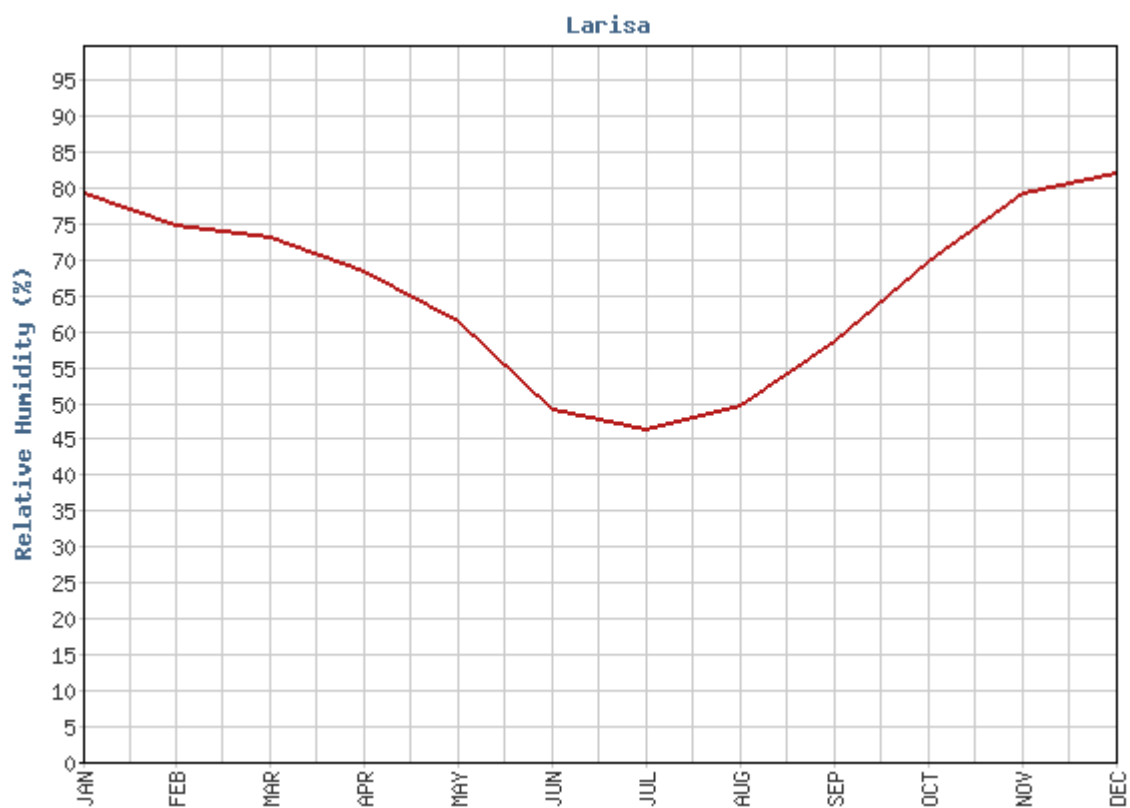
Πίνακας 5.1-2: Βαθμομέρες θέρμανσης και βαθμοώρες ψύξης Λάρισας

(πηγή Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 207010-3/2010, 2014, επεξ. γράφοντα)

Η μέση μηνιαία σχετική υγρασία πάλι σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας κυμαίνεται από 46,6% τον Ιούλιο έως 82,2% τον Δεκέμβριο. Μάλιστα από την



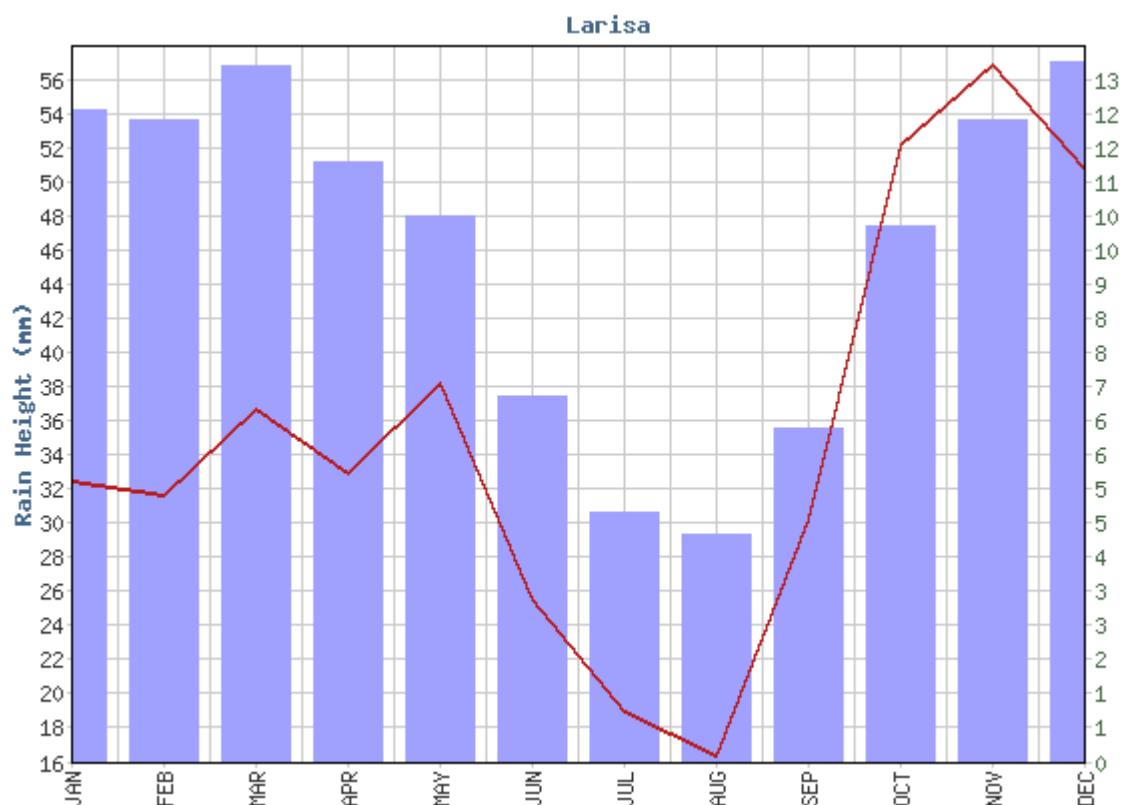
εξέταση των στοιχείων που παρατίθενται στην Τεχνική Οδηγία 207010-3/2010 προκύπτει ότι η Λάρισα είναι ταυτόχρονα στην πεντάδα των πιο ξηρών πόλεων της ελληνικής επικράτειας το καλοκαίρι και η πιο υγρή πόλη το χειμώνα.



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
<b>Μέση Μηνιαία Υγρασία</b>	79.6	75.1	73.4	68.7	61.6	49.2	46.6	50.0	58.9	70.0	79.5	82.2

**Πίνακας 5.1-3:** Μέση Μηνιαία Υγρασία (%) Λάρισας (πηγή Ε.Μ.Υ.,2017)

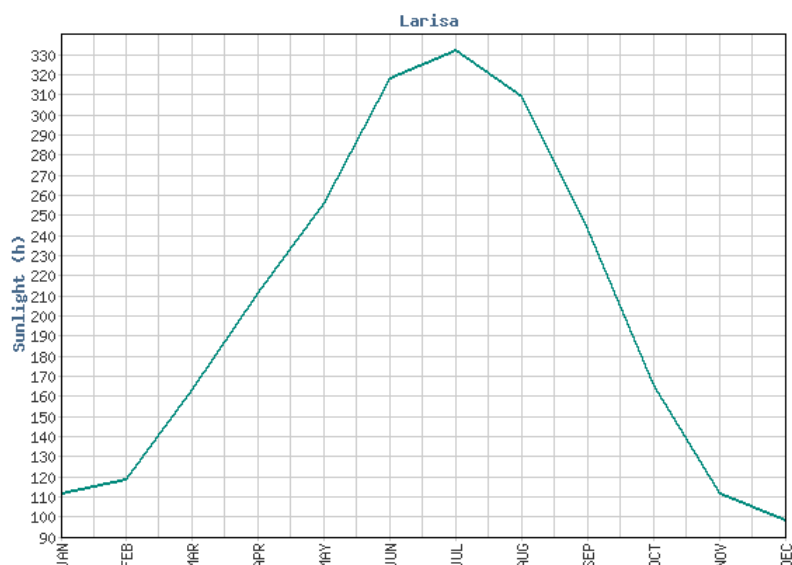
Οι μέρες βροχόπτωσης εκτός των καλοκαιρινών μηνών κυμαίνονται στις 11 μέρες περίπου με την μεγαλύτερες βροχοπτώσεις σε mm να συμβαίνουν τους τελευταίους μήνες του χρόνου με 50+ mm βροχής κάθε μήνα. Οι θερινοί μήνες Ιούλιος και Αύγουστος όπως ήταν αναμενόμενο έχουν τις λιγότερες μέρες και mm βροχόπτωσης.



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
<b>Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση</b>	32,5	31,7	36,7	33,0	38,2	25,6	19,0	16,4	30,2	52,2	56,9	50,8
<b>Συνολικές Μέρες Βροχής</b>	12,3	12,1	13,1	11,3	10,3	6,9	4,7	4,3	6,3	10,1	12,1	13,2

**Πίνακας 5.1-4:** Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση & μέρες βροχής ανά μήνα Λάρισας (πηγή Ε.Μ.Υ., 2017)

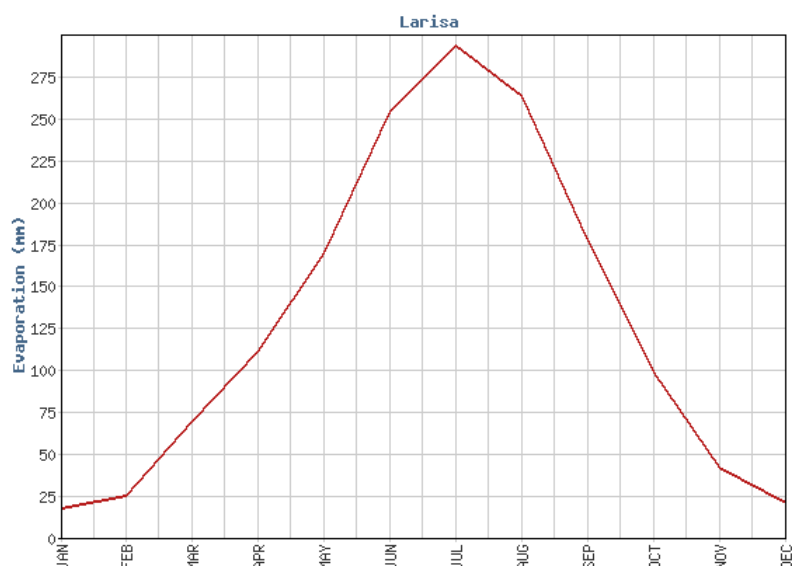
Αντιστρόφως με τα παραπάνω η ηλιοφάνεια εντείνεται τους καλοκαιρινούς μήνες με την μεγαλύτερη ηλιοφάνεια να παρατηρείται τον Ιούλιο με την μέγιστη μέση ηλιοφάνεια των 332.8 ωρών και τη χαμηλότερη τον Δεκέμβριο με μόλις 98,8 ώρες. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται η μέση μηνιαία ηλιοφάνεια ανά μήνα της Λάρισας.



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Ηλιοφάνεια (ώρες)	112.2	119.2	163.9	211.9	256.7	318.9	332.8	309.6	243.6	165.9	112.0	98.8

Πίνακας 5.1-5: Μέση Μηνιαία Ηλιοφάνεια (ώρες) Λάρισας (πηγή Ε.Μ.Υ.,2017)

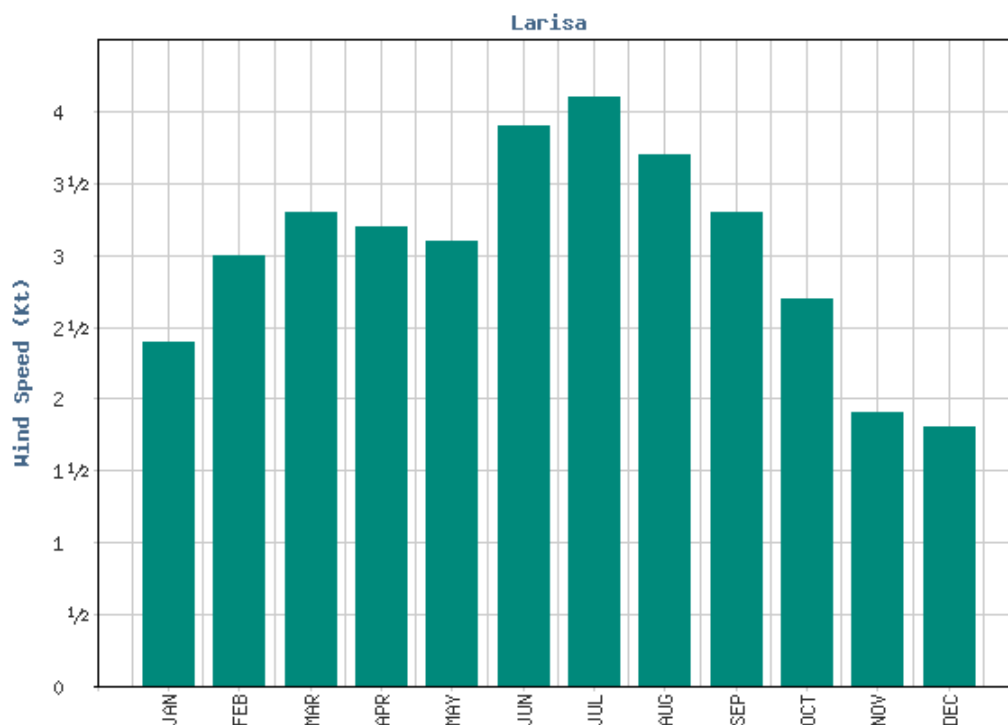
Σε αναλογική συνάρτηση με τα παραπάνω η εξάτμιση κορυφώνεται τους καλοκαιρινούς μήνες, 294,2 mm τον Ιούλιο και ελαχιστοποιείται τον Ιανουάριο όταν παρατηρούνται μόλις 17,8 mm εξάτμισης. Η καμπύλη του σχήματος παρακάτω ακολουθεί μια ανάλογη πορεία με αυτή της ηλιοφάνειας που δείχνει την άμεση σχέση μεταξύ τους.



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση Μηνιαία Εξάτμιση	17.8	25.8	70.0	111.6	170.8	255.5	294.2	264.0	178.3	98.9	42.1	21.0

Πίνακας 5.1-6: Μέση Μηνιαία εξάτμιση (mm) Λάρισας (πηγή Ε.Μ.Υ.,2017)

Οι άνεμοι στην πόλη της Λάρισας έχουν κυρίως προέλευση Ανατολική εκτός των χειμερινών μηνών - Δεκεμβρίου και Ιανουαρίου - που κυριαρχούν οι Βόρειοι. Η μέση ένταση των ανέμων είναι χαμηλές με μόλις 4.1 μποφόρ να παρατηρούνται τον Ιούλιο, την περίοδο των εντονότερων ανέμων.



	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
<b>Μέση Μηνιαία Διεύθυνση Ανέμου</b>	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
<b>Μέση Μηνιαία Ένταση Ανέμου</b>	2.4	3.0	3.3	3.2	3.1	3.9	4.1	3.7	3.3	2.7	1.9	1.8

**Πίνακας 5.1-7:** Μέση Μηνιαία Διεύθυνση και ένταση ανέμου στη πόλη της Λάρισας (πηγή Ε.Μ.Υ.,2017)

## 5.2 Αποτύπωση Υπάρχουσας Κατάστασης του κτιρίου

Το κτίριο μελέτης περίπτωσης βρίσκεται εντός του πολεοδομικού ιστού της πόλης της Λάρισας, σε πυκνοδομημένο αστικό περιβάλλον. Κατασκευασμένο το 1970 όπως προαναφέρθηκε, δηλαδή πριν το 1978 και τον κανονισμό θερμομόνωσης. Στο κτίριο εργάζονται περίπου 100 με 110 εργαζόμενοι. Το ωράριο λειτουργίας των εργαζομένων είναι 07:30 με 15:30 κατά μέσο όρο, 5 ημέρες την εβδομάδα, εκτός Σαββάτου και Κυριακής.

Το οικοδομικό τετράγωνο στο οποίο εδράζεται το Διοικητήριο περικλείεται από τις οδούς Παπαναστασίου, Βελή, Ανθίμου Γαζή και Κουμουνδούρου. Όλες οι οδοί έχουν αυξημένη

Architectural floor plan of the 1st floor of the 'Korinthios' building. The plan shows a central corridor connecting various rooms, including a large hall, several smaller rooms, and a kitchen area. The building is surrounded by a perimeter wall. The plan is labeled with dimensions and a scale.

Σύνολο Όγκος = 7.000 μ.  
Πολυκατοικία = 21 μ.

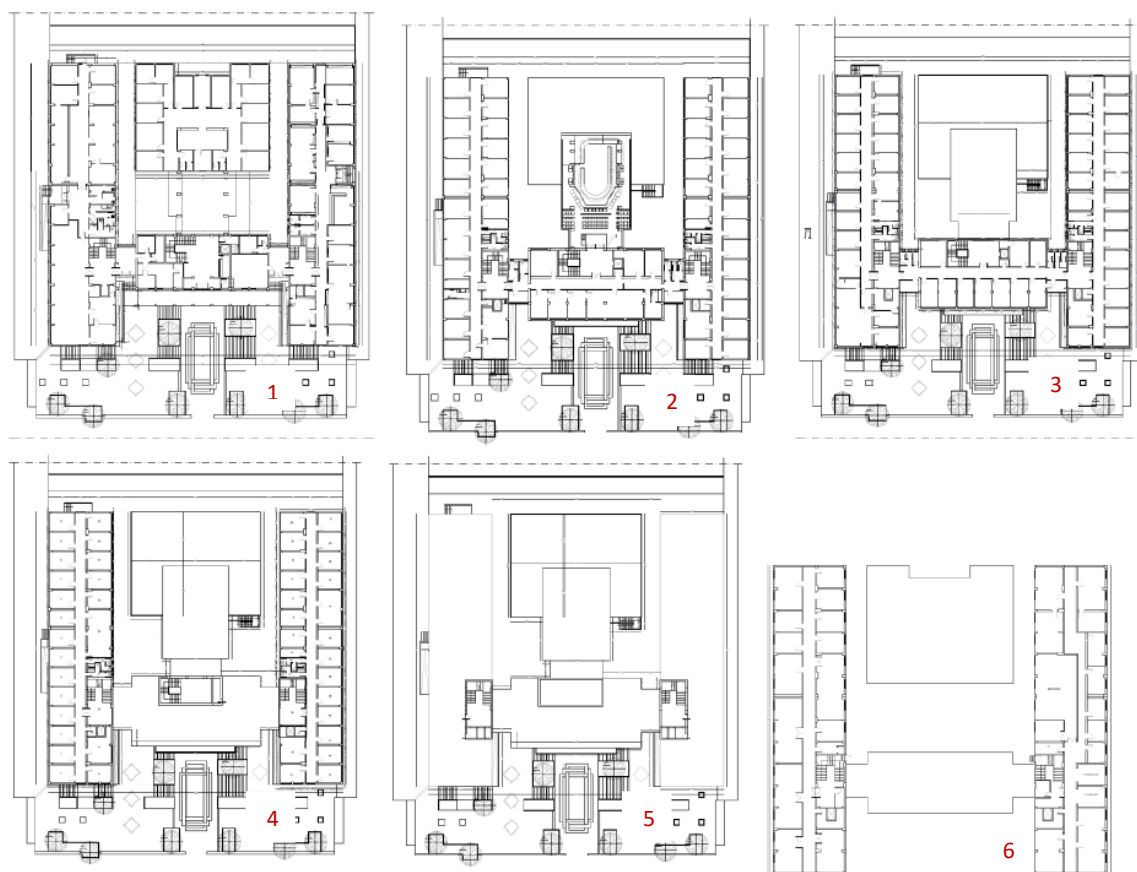
Σύνολο Όγκος = 7.000 μ.  
ΟΤΗ = 20 μ.

Σύνολο Όγκος = 7.000 μ.  
Πολυκατοικία = 21 μ.

Ο αύλειος χώρος αποτελεί την μοναδική οδό πρόσβασης ενός τμήματος του κτιρίου, της Διεύθυνσης Υγείας, της Υγειονομικής Υπηρεσίας. Η φύτευση στις πλευρικές οδούς εντοπίζεται στις δεντροστοιχίες των πεζοδρομίων ενώ από την μπροστινή πλευρά στην πλατεία Ρήγα Φεραίου υπάρχουν αρκετά δέντρα μικρού και μεσαίου μεγέθους με παρτέρια πρασίνου αλλά και εκτεταμένους χώρους πλακόστρωσης. Το κτίριο μελετης έχει 5 επίπεδα -



υπόγειο, ισόγειο και 3 ορόφους - με διάταξη των χώρων σε μορφή τρίαινας, βασικός πυρήνας σχήματος Π με μια μεσαία προσθήκη που έχει τη Διεύθυνση Υγείας και την αίθουσα συνεδριάσεων. Στο κτίριο εντοπίζονται 3 κλιμακοστάσια. Στο ισόγειο του κτιρίου στεγάζεται ΚΕΠ, η Υγειονομική Υπηρεσία όπως προαναφέρθηκε και λοιπές διοικητικές υπηρεσίες της Περιφέρειας. Στους υπόλοιπους ορόφους εντοπίζονται η Τεχνική και η Οικονομική Υπηρεσία, τα γραφεία του Περιφερειάρχη και των Αντιπεριφερειάρχων και λοιπές υπηρεσίες. Στον 1ο όροφο ακόμα πάνω από τον ισόγειο χώρο της Υγειονομικής Υπηρεσίας βρίσκεται ο χώρος του Περιφερειακού Συμβουλίου της Θεσσαλίας. Στο υπόγειο υπάρχουν αποθηκευτικοί χώροι, το μηχανοστάσιο και το λεβητοστάσιο του κτιρίου. Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου είναι  $7.784,58 \mu^2$  με το υπόγειο να καταλαμβάνει έκταση  $1.215,20 \mu^2$ . Η κάλυψη του κτιρίου είναι  $1.942,66 \mu^2$ .



**Σχήμα 5.2-2:** Κατόψεις κτιρίου (1. Κάτοψη Ισογείου 2. Κάτοψη 1<sup>ου</sup> Ορόφου 3. Κάτοψη 2<sup>ου</sup> Ορόφου 4. Κάτοψη 3<sup>ου</sup> Ορόφου 5. Κάτοψη 4<sup>ου</sup> Ορόφου – Δώματος 6. Κάτοψη Υπογείου)

Το κτίριο, μαζί με τα κλιμακοστάσια είναι Θερμαινόμενοι Χώροι (ΘΧ) εκτός του υπογείου. (ως θερμικές ζώνες καθορίζονται ως χρήση γραφείου και ως συνάθροισης κοινού αλλά για

την Μελέτη Ενεργειακής Απόδοσης θα αντιμετωπίζονται ως χρήση γραφείου μια και η συνάθροιση κοινού αποτελεί δευτερεύουσα και ήσσονος σημασίας χρήση)

Οι χρήσεις των θερμικών ζωνών το κτιρίου δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Όροφος	Θερμικές Ζώνες - Χώροι	Βασικές Κατηγορίες χρήσεων τμημάτων του κτιρίου	Επιφάνεια (μ <sup>2</sup> )
Υπόγειο	Μη θερμαινόμενος χώρος	Γραφείων (αποθήκες)	1.117,56
Υπόγειο	Θερμαινόμενος Χώρος	Γραφείων	97,72
Ισόγειο	Θερμαινόμενος Χώρος	Γραφείων	1.921,58
1ος όροφος	Θερμαινόμενος Χώρος	Γραφείων	1583,31
1ος όροφος	Θερμαινόμενος Χώρος	Συνάθροισης κοινού	244,09
2ος όροφος	Θερμαινόμενος Χώρος	Γραφείων	1.583,31
3ος όροφος	Μη θερμαινόμενος χώρος	Γραφείων (Απόληξη Κλιμακοστασίων)	9,20
3ος όροφος	Θερμαινόμενος Χώρος	Γραφείων	1.269,20
4ος όροφος	Μη θερμαινόμενος χώρος	Γραφείων (Απόληξη Κλιμακοστασίων)	21,09
4ος όροφος	Θερμαινόμενος Χώρος	Γραφείων	90,18

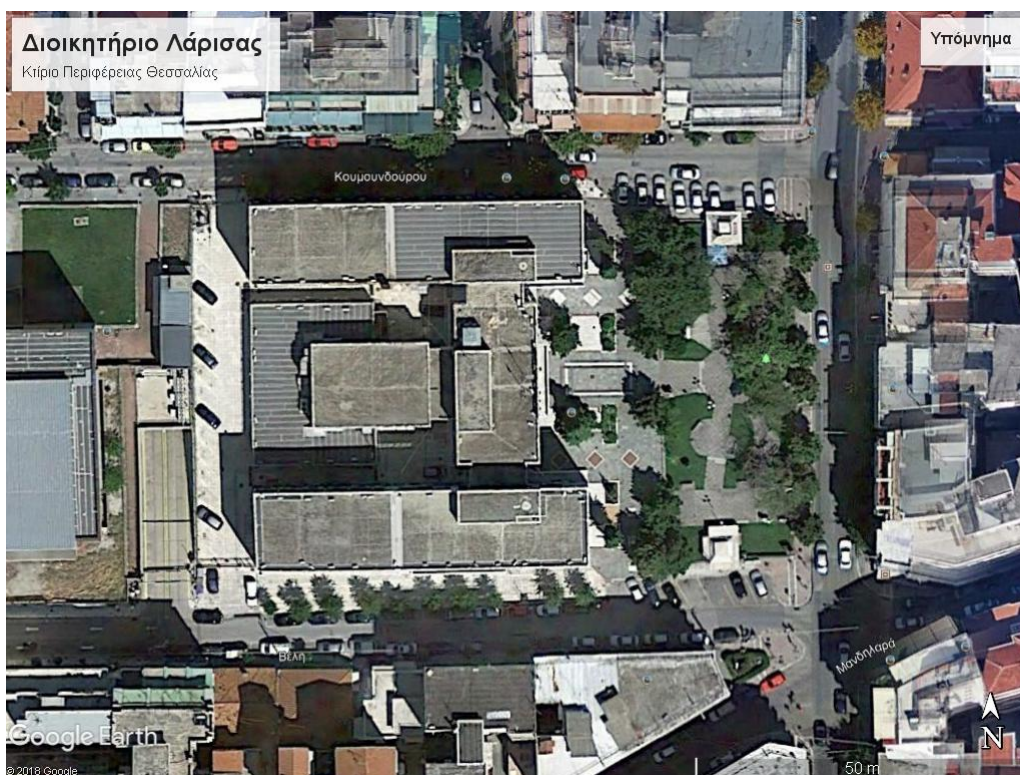
**Πίνακας 5.2-1:** Όροφοι, χρήσεις και επιφάνειες

Το κτίριο είναι συμβατικής κατασκευής. Ο φέροντας οργανισμός είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα χωρίς θερμομόνωση. Οι τοίχοι των όψεων είναι από μπατική οπτοπλινθοδομή επίσης χωρίς θερμομόνωση. Εξωτερικά στις όψεις του κτιρίου που είναι ορατές από τους γύρω δρόμους υπάρχει επένδυση από μάρμαρα - ορθομαρμάρωση - με εποξική κόλλα. Τα εσωτερικά χωρίσματα είναι από δρομική τοιχοποιία και υπάρχουν αρμοί διαστολής στις πτέρυγες του κτιρίου. Τα εξωτερικά κουφώματα εκτός κάποιων εξαιρέσεων νεώτερων επεμβάσεων όπου έχουν χρησιμοποιηθεί κουφώματα αλουμινίου με θερμοδιακοπή και διπλό υαλοπίνακα είναι στην συντριπτική τους πλειονότητα μεταλλικά με μονό υαλοπίνακα και με εμφανή κενά ανάμεσα στα πλαίσια. Τα εσωτερικά κουφώματα είναι ξύλινα νταμπλαδωτά.



**Εικόνα 5.2-1:** Κουφώματα Διοικητηρίου με τα κενά στα πλαίσια (φωτογραφία από προσωπικό αρχείο)

Ο προσανατολισμός του κτιρίου με τις επιμήκεις πλευρές του στον άξονα Ανατολής - Δύσης είναι ενδεδειγμένος. Επιτρέπει τον άπλετο φυσικό φωτισμό των γραφειακών χώρων που βρίσκονται στην πλειονότητα τους είτε με Νότιο είτε με Βόρειο προσανατολισμό. Υπάρχουν γραφεία με ανοίγματα και προς τον άξονα Ανατολή Δύση αλλά αυτά είναι λίγα τον αριθμό.



**Εικόνα 5.2-2:** Διοικητήριο Λάρισας με γύρω οδούς και προσανατολισμός αυτού (Google Earth) (ιδία επεξεργασία)

Στον τεχνητό φωτισμό γίνεται χρήση λαμπτήρων φθορισμού σε γραμμικά φωτιστικά, εκτός του χώρου συνάθροισης κοινού και των γραφείων του περιφερειάρχη και των

αντιπεριφερειάρχων, του γενικού γραμματέα και του ΚΕΠ όπου χρησιμοποιούνται τετράγωνες κασέτες. Ψευδοροφές εντοπίζονται επίσης στους χώρους αυτούς καθώς και στα σημεία των διαδρόμων έξω από αυτούς όπου υπάρχουν και σημεία κρυφού φωτισμού.

Η θέρμανση των χώρων γίνεται από το παλαιό σύστημα κεντρικής θέρμανσης του οποίου ο λέβητας πετρελαίου έχει αντικατασταθεί από νεώτερο φυσικού αερίου. Η ψύξη των χώρων γίνεται με τοπικές αερόψυκτες κλιματιστικές μονάδες ενώ ο αερισμός είναι φυσικός.

Η επιφάνεια του ακάλυπτου χώρου στο οικόπεδο έχει επιστρώσεις ασφάλτου, τσιμέντου και πλακών πεζοδρομίου. Δεν υπάρχουν στοιχεία πρασίνου εντός του ακάλυπτου και χρησιμοποιείται κυρίως ως χώρος προσωρινής στάθμευσης υπηρεσιακών αυτοκινήτων της Περιφέρειας.

Όσον αφορά τη μελέτη λόγω του τρόπου λειτουργίας του με τη συχνή κυκλοφορία ατόμων από γραφείο σε γραφείο για ολοκλήρωση εργασιών όλος ο χώρος θεωρείται μια θερμική ζώνη με χρήση γραφείων εκτός ορισμένων χώρων όπως φαίνεται στον πίνακα 5.2-1.

### **5.3 Αξιολόγηση περιβαλλοντικής απόκρισης υπάρχουσας κατάστασης του κτιρίου**

- **Μικροκλίμα Περιοχής Μελέτης**

Η περιοχή στην οποία βρίσκεται το κτίριο είναι τμήμα του κεντρικού αστικού ιστού της πόλης της Λάρισας. Περιοχή έντονα δομημένη παρουσιάζει απόκλιση στις θερμοκρασιακές τιμές σε σχέση με το μικρόκlima της πόλης που αναπτύχθηκε παραπάνω με μια αυξημένη θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά 2 με 3 °C να παρατηρείται τους θερινούς μήνες.

Τα γειτνιάζων κτίριο που βρίσκεται στη βορεινή πλευρά του κτιρίου μελέτης περίπτωσης επί της οδού Κουμουνδούρου λειτουργεί ως ανεμοφράκτης και ανακόπτει τους Βόρειους ανέμους. Από τις υπόλοιπες πλευρές - Δυτική, Ανατολική και Νότια - η σχετικά μεγαλύτερη απόσταση των υπολοίπων περιβαλλόντων κτιρίων επιτρέπει την ροή των ανέμων με τον Ανατολικό άνεμο που επικρατεί τους περισσότερους μήνες του χρόνου όπως αναφέρθηκε παραπάνω να επηρεάζει το κτίριο.

Η βλάστηση είναι χαμηλού ύψους στα σημεία που προαναφέρθηκαν - πλατεία Ρήγα Φεραίου και στα πεζοδρόμια περιμετρικά του κτιρίου μελέτης - και δεν επηρεάζει το κτίριο και την περιοχή. Δεν είναι επαρκής, δεν μπορεί να εξισορροπήσει τις υψηλότερες θερμοκρασίες της



περιοχής. Ειδικά τα δέντρα θα έπρεπε να είναι μεγαλύτερου μεγέθους για τον καλύτερο σκιασμό - δροσισμό των χώρων και των περιοίκων.

Η ορθομαρμάρωση που παρουσιάζει το κτίριο μελέτης σε ορισμένους εξωτερικούς τοίχους αντανakλά την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό και επηρεάζει δυσμενώς τον μικροκλίμα της περιοχής του δημιουργώντας φαινόμενα θάμβωσης και αντανakλώντας τμήμα της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στην τριγύρω περιοχή.

#### • Κριτική Αξιολόγηση Στοιχείων Κτιρίου

Το κτίριο της μελέτης περίπτωσης κατασκευάστηκε τη δεκαετία του 1960 - αδειοδοτήθηκε και θεμελιώθηκε το 1966 - χωρίς καμία από τις σύγχρονες προδιαγραφές.

Ο προσανατολισμός του κτιρίου είναι ευνοϊκός. Ο κύριος όγκος των γραφειακών του χώρων είναι καταμεμημένος στις 3 πτέρυγες του, οι οποίες έχουν κατασκευαστεί στον άξονα Ανατολής - Δύσης όπως προαναφέρθηκε με γραφεία εκατέρωθεν, τα μισά με Βόρειο προσανατολισμό και τα μισά με Νότιο. Από τις τρεις πτέρυγες η μεσαία στην οποία τα γραφεία είναι στο Ισόγειο σκιάζεται σχεδόν πλήρως από τη νότια πτέρυγα η οποία είναι τετραώροφη. Το αυτό συμβαίνει και για τμήματα των ισόγειων γραφείων της Βόρειας πτέρυγας λόγω της διώροφης μεσαίας πτέρυγας. Με βάση τα παραπάνω είναι εμφανές ότι στο πλήθος των γραφείων νότιου προσανατολισμού έχουν απρόσκοπτο ηλιασμό αυτά της νότιας πτέρυγας και αυτά αντίστοιχου προσανατολισμού των ορόφων της βόρειας. Στη μεσαία πτέρυγα τα γραφεία νοτίου προσανατολισμού δεν έχουν πρόσβαση σε άμεσο ηλιακό φως λόγω της τετραώροφης νότιας πτέρυγας, Εκτός των τριών πτερύγων υπάρχουν και γραφεία δυτικού και ανατολικού προσανατολισμού. Σε αυτά που είναι ανατολικού προσανατολισμού έχουμε διείσδυση του ηλιακού φωτός τις πρωινές ώρες, ως επί το πλείστον ώρες εργάσιμες, ενώ αυτά που είναι δυτικού προσανατολισμού υποβάλλονται στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία μετά τις μεσημεριανές ώρες, περίοδο κατά την οποία οι υπηρεσίες που στεγάζονται στο κτίριο έχουν κλείσει. Στους παραπάνω χώρους επιπλέον εμφανίζονται έντονα φαινόμενα θάμβωσης τις ηλιόλουστες μέρες. Σε αντίθεση με τα παραπάνω, οι γραφειακοί χώροι βόρειου προσανατολισμού και οι κεντρικοί διάδρομοι που η διάταξη των γραφείων στο κτίριο δημιουργεί, δεν έχουν άμεση επαφή με το φως του ήλιου.

Στο θέμα του φωτισμού όλα τα γραφεία έχουν μεγάλα κουφώματα που κυριαρχούν επί του χώρου. Ο φυσικός φωτισμός των γραφειακών χώρων ανεξαρτήτως προσανατολισμού



επιτυγχάνεται με ευκολία. Όπως φαίνεται και από τον πίνακα νότιων κουφωμάτων παρακάτω οι επιφάνειες τους είναι οι ακόλουθες:

Όροφος	Νότιος προσ/μός [μ <sup>2</sup> ]	Ανοίγματα [μ <sup>2</sup> ]	Ποσοστό %
04 όροφος	50.26	1.96	3.89
03 όροφος	331.22	122.79	37.07
02 όροφος	344.86	120.64	34.98
01 όροφος	456.04	147.55	32.35
Ισόγειο	380.97	138.78	36.43
Υπόγειο	22.93	0.00	0.00

**Πίνακας 5.3-1:** Επιφάνειες νότιων ανοιγμάτων Διοικητήριο Λάρισας (ιδία επεξεργασία)

Σε αντιδιαστολή με τους χώρους αυτούς οι διάδρομοι του κτιρίου που έχουν μήκος δεκάδες μέτρα και στους οποίους υπάρχουν παράθυρα μόνο στις άκρες τους, ενώ δρομική τοιχοποιία μπλοκάρει την είσοδο του ηλιακού φωτός από τους γραφειακούς χώρους, εμφανίζουν πολύ άσχημο - χαμηλό φωτισμό. Η χρήση τεχνητού φωτός είναι αναγκαία ακόμα και κατά τη διάρκεια της ημέρας. Στους λοιπούς κοινόχρηστους χώρους - τα κλιμακοστάσια υπάρχει επαρκής φυσικός φωτισμός.

Στον τομέα του Τεχνητού Φωτισμού είναι εκτεταμένη η χρήση λαμπτήρων φθορισμού γραμμικών φωτιστικών, όπως προαναφέρθηκε, αλλά χωρίς κάποιο εξωτερικό έλεγχο ως προς την ανάγκη χρήσης τους με απόλυτη εξάρτηση στις προσωπικές επιλογές και ευσυνειδησία του κάθε υπαλλήλου για την λελογισμένη χρήση τους και την αποφυγή σπατάλης.

Ο αερισμός του κτιρίου είναι απολύτως φυσικός. Δεν υπάρχει κάποιο μηχανικό σύστημα που ελέγχει την ανανέωση του αέρα στους χώρους κοινόχρηστους και γραφειακούς του κτιρίου. Μεγάλα ανοίγματα στα ανοίγματα των γραφειακών χώρων επιτρέπουν τον εύκολο αερισμό όλων των χώρων. Σε συνδυασμό με την παραίνεση – εντολή προς το προσωπικό από την Υπηρεσία να είναι ανοικτές οι πόρτες των γραφείων στα οποία βρίσκεται προσωπικό και εργάζεται επιτρέπει τον διαμπερή αερισμό των χώρων. Ταυτόχρονα η παλαιότητα των κουφωμάτων και η έλλειψη συντήρησης τους έχει οδηγήσει και σε φαινόμενα ύπαρξης ρευμάτων αέρα και σε χώρους με κλειστά ανοίγματα με ότι αυτό συνεπάγεται για τις εργασιακές συνθήκες ιδιαιτέρως τους χειμερινούς μήνες.

Το κτίριο είναι κλασσικό παράδειγμα κτιρίων της δεκαετίας του 1960. Υπάρχει παντελής έλλειψη οποιασδήποτε θερμομόνωσης στα δομικά στοιχεία των χώρων των γραφείων, εκτός κάποιων ανακαινίσεων που συντελέστηκαν σε νεότερες δεκαετίες και σε περιορισμένο αριθμό γραφείων (γραφεία Περιφερειάρχη, Αντιπεριφερειάρχων, Γενικού Διευθυντή). Στην

παντελή απουσία υλικών θερμομόνωσης στα εξωτερικά αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου προστίθεται και η ύπαρξη παλαιών μεταλλικών – σιδερένιων - κουφωμάτων μονού υαλοπίνακα στα παράθυρα των γραφειακών χώρων. Αυτή η απουσία οποιασδήποτε θερμομόνωσης αναλόγως και του προσανατολισμού του εκάστοτε γραφείου οδηγεί σε δυσάρεστες θερμοκρασιακές συνθήκες. Έτσι τα γραφεία με Βόρειο προσανατολισμό παρουσιάζουν ανεκτές συνθήκες το καλοκαίρι αλλά πολύ κρύες τον χειμώνα ενώ αντιθέτως τα γραφεία με νότιο προσανατολισμό παρουσιάζουν ανεκτές συνθήκες τον χειμώνα και πολύ θερμές το καλοκαίρι. Οι ανισότητες αυτές δεν εξισορροπούνται ούτε από το σύστημα θέρμανσης, που βασίζεται σε απαρχαιωμένα σώματα, ούτε από τα κλιματιστικά - κάθε γραφείο έχει το δικό του ατομικό σύστημα - τα οποία είναι χαμηλής απόδοσης. Μάλιστα σε μελέτη που έγινε από την Περιφέρεια το 2016 με την παρακολούθηση των ηλεκτρικών ροών και των καταναλώσεων φυσικού αερίου το χειμώνα παρατηρήθηκε τους μεν καλοκαιρινούς μήνες αυξημένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της μόνιμης χρήσης κλιματιστικών και τους χειμερινούς αυξημένη κατανάλωση φυσικού αερίου, ενώ η επιτυγχανόμενη θερμοκρασία των γραφειακών χώρων και στις 2 περιπτώσεις συνέχιζε να είναι μη αποδεκτή.

Τα εξωτερικά κουφώματα όπως προαναφέρθηκε εκτός των παραπάνω εξαιρέσεων, ανακαινίσεων γραφείων, συνεχίζουν να είναι μεταλλικά (σιδερένια) με μονό υαλοπίνακα. Αντιστοίχως στο εσωτερικό του κτιρίου όλες οι πόρτες είμαι ξύλινες νταμπλαδωτές με ξύλινο κάσσωμα. Δεν κλείνουν αεροστεγώς και δεν επιτρέπουν στο φως να περάσει. Όταν είναι κλειστές ελαττώνεται πάρα πολύ ο φωτισμός των διαδρόμων του κτιρίου.

Έχοντας αυτά τα δεδομένα υπόψη και χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα TEE – KENAK για την αξιολόγηση του υπάρχοντος κτιρίου και την εκτίμηση της ροής ενέργειας του, σε μηνιαία βάση για θέρμανση, ψύξη, αερισμό και φωτισμό, σε συνάρτηση και με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κελύφους καθώς και την απόδοση των συστημάτων Η/Μ, όπως καθορίζει το πρότυπο EN13790:2008 το κτίριο ανήκει στην Ενεργειακή Κατηγορία Ζ είναι δηλαδή ένα Ενεργειακά μη αποδοτικό κτίριο. Οι υπολογισμοί και τα στοιχεία της προσομοίωσης της υφιστάμενης κατάστασης αναφέρονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο (ενότητα 7.1)

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (ΠΕΑ) ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ & ΚΟΥΜΟΥΝΔΟΥΡΟΥ 0 41222 , ΛΑΡΙΣΑ			
Αρ. Πρωτοκόλλου:		Αρ. Ασφαλείας:	
Ημερομηνία Έκδοσης:	01/10/2018	Ημερομηνία Ισχύος:	01/10/2028
* Εύληξη των συμπεριλαμβανόμενων ενεργειών: <a href="#">http://www.buildingcert.gr/portal/CertView</a>			
Τίτλος Κτηριακής Μονάδας:			
Χρήση:	Γραφείο		
Κλιματική Ζώνη:			
Συνολική Επιφάνεια:	7983.0		
Θεάλητη Επιφάνεια:	6578.0		
Ενεργειακή κατηγορία:		Υφιστάμενη	Δυνατότητα
Μηδενικός Ενεργειακός Καταβάλλων:			
EP ≤ 0,33 R <sub>0</sub>		A+	
0,33 R <sub>0</sub> < EP ≤ 0,50 R <sub>0</sub>		A	
0,50 R <sub>0</sub> < EP ≤ 0,75 R <sub>0</sub>		B+	
0,75 R <sub>0</sub> < EP ≤ 1,00 R <sub>0</sub>		B	
1,00 R <sub>0</sub> < EP ≤ 1,25 R <sub>0</sub>		B-	
1,25 R <sub>0</sub> < EP ≤ 1,50 R <sub>0</sub>		C+	
1,50 R <sub>0</sub> < EP ≤ 1,82 R <sub>0</sub>		C	
1,82 R <sub>0</sub> < EP ≤ 2,27 R <sub>0</sub>		D	
2,27 R <sub>0</sub> < EP ≤ 2,73 R <sub>0</sub>		E	
2,73 R <sub>0</sub> < EP		F	
* Δείτε την κατηγορία των υποβληθέντων ενεργειακών αναδόχων σύμφωνα με τη βέλτιστη (ή/κ) κατάσταση			
Υπολογιζόμενη ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας			
Κτηρίου αναφοράς [kWh/m²]:		157,9	
Επιθεωρούμενου κτηρίου [kWh/m²]:		409,8	
Πραγματική Ετήσια Κατανάλωση Επιθεωρούμενου Κτηρίου:			
Ηλεκτρικής ενέργειας [kWh/m²]:			
Θερμικής ενέργειας (κυσίμα) [kWh/m²]:			
Συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας [kWh/m²]:			
Ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> επιθεωρούμενου κτηρίου			
Υπολογιζόμενες ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg /m²]:		121,4	
Πραγματικές ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub> [kg /m²]:			
Θερμική άνεση <input type="checkbox"/> Ψυχική άνεση <input type="checkbox"/> Ακουστική άνεση <input type="checkbox"/> Ποιότητα εσωτερικού αέρα <input type="checkbox"/>			
* Η ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου προσδιορίζεται βάσει της υπολογιζόμενης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας για την κάλυψη των κλημάτων που συνδέονται με τη χρήση του κτιρίου σε σύγκριση με τον μέγιστο αριθμό ενεργειακών αναδόχων που επιτρέπεται να υπάρχουν.			

Εικόνα 5.3-1: Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (ΠΕΑ) για το κτίριο μελέτης περίπτωσης

## **6. Προτάσεις βιοκλιματικής αναβάθμισης του υπό μελέτη κτιρίου γραφείων**

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, το κτίριο μελέτης περίπτωσης παρόλα τα θετικά στοιχεία που παρουσιάζει - προσανατολισμού του κτιρίου, διαρρύθμισης του, απρόσκοπτου ηλιασμού και αερισμού των γραφειακών του χώρων - όντας παλιάς κατασκευής και χωρίς να έχει γίνει κάποια εκτεταμένη ανακαίνιση επ' αυτού κατατάσσεται - με χρήση του προγράμματος TEE KENAK - στην Ενεργειακή Κατηγορία Ζ ως ένα ενεργειακά μη αποδοτικό κτίριο. Για την βιοκλιματική αναβάθμιση του και την κατάταξη του σε μια από τις αποδεκτές ενεργειακές κατηγορίες - τουλάχιστον την κατηγορία Β - θα πρέπει να γίνουν συγκεκριμένες παρεμβάσεις σε πολλούς τομείς.

### **6.1 Προτάσεις βελτίωσης περιβαλλοντικής απόκρισης και Αιτιολόγηση**

Οι προτάσεις βελτίωσης περιβαλλοντικής απόκρισης του κτιρίου μελέτης περίπτωσης βασίζονται στις πρακτικές που εντοπίζονται στα εφαρμοσμένα παραδείγματα κτιρίων γραφείων του 2ου κεφαλαίου. Ως προτάσεις αφορούν διαφορετικούς τομείς της περιβαλλοντικής απόκρισης του κτιρίου και συνδυασμένα αποσκοπούν στην αισθητή βιοκλιματική του αναβάθμιση καθώς και στη βελτίωση των συνθηκών εργασίας των υπαλλήλων του.

- **Παθητικά Συστήματα και Αναβάθμιση κελύφους**
  - ο Θερμομόνωση Δομικών Στοιχείων

Η θερμομόνωση του κτιρίου αποτελεί το πιο βασικό μέτρο ενεργειακής αναβάθμισης κτιρίων και το πρώτο μέτρο που πρέπει να αξιολογείται ως προς την αποδοτικότητα του κατά την εκπόνηση αντίστοιχων εργασιών. Στο κτίριο μελέτης περίπτωσης η εργασία αυτή, λόγω της μη υπάρξεως θερμομονωτικών στοιχείων κατά την κατασκευή του, προτείνει την θερμομόνωση των όψεων του, εσωτερικά η εξωτερικά των δομικών στοιχείων αναλόγως της ύπαρξης μαρμάρινης επένδυσης στην όψη, των δωματίων των διαφόρων περυγών του κτιρίου, της πλάκας της πυλωτής που ενώνει την αίθουσα περιφερειακού συμβουλίου με το υπόλοιπο κτίριο στα κλιμακοστάσια καθώς και της οροφής του υπογείου. Βασικός στόχος της θερμομόνωσης αποτελεί η εξάλειψη ει δυνατόν των θερμογεφυρών, σε συνδυασμό με τα προβλεπόμενα παρακάτω νέα κουφώματα και η μείωση - έλεγχος των θερμικών απωλειών ή προσόδων του κτιρίου κατά τη διάρκεια του έτους. Προτεινόμενο υλικό θερμομόνωσης είναι

η αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη πάχους 8mm καλυμμένη είτε με επίχρισμα είτε με πυράντοχες γυψοσανίδες. Η θερμική της αγωγιμότητα είναι  $\lambda = 0,031 \text{ W/mk}$  (πάχος=80mm)

#### ο Κατασκευή Σκιάστρων

Για την παρεμπόδιση εισόδου της ηλιακής ακτινοβολίας τους θερινούς μήνες και την συνακόλουθη ελάττωση των θερμικών φορτίων καθώς και των φαινομένων θάμβωσης που παρατηρούνται στο κτίριο μελέτης περίπτωσης προτείνεται η κατασκευή οριζόντιων σκιάστρων στα γραφεία με νότιο προσανατολισμό καθώς και κατακόρυφων σε αυτά με ανατολικό. Στα γραφεία του κτιρίου με δυτικό προσανατολισμό δεν είναι απαραίτητη η κατασκευή αντίστοιχων σκιάστρων καθώς η είσοδος του ήλιου στους χώρους αυτούς συντελείται μετά το πέρας του ωραρίου. Τα σκιάστρα που περιγράφονται παραπάνω θα είναι ικανού πλάτους για να εμποδίζουν την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας τους θερινούς μήνες και να την επιτρέπουν τους χειμερινούς και θα είναι κατασκευασμένα από μεταλλικά - γαλβανισμένα στοιχεία για αντοχή στις καιρικές συνθήκες με ελάχιστη προσθήκη βάρους στο σκελετό του κτιρίου.

#### ο Φύτευση δωμαίων

Στο πλαίσιο της προσπάθειας για έλεγχο του μικροκλίματος προτείνεται και η φύτευση του δώματος του κτιρίου. Εντάσσεται στη προσπάθεια για αποφυγή του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας που διέπει την περιοχή του κτιρίου ενώ θα λειτουργεί προστατευτικά και στις στεγανωτικές στρώσεις του δώματος που τώρα είναι εκτεθειμένες. Φυσικά δεν παραγνωρίζεται και η προσφορά του φυτεμένου δώματος στην εξοικονόμηση ενέργειας για την ψύξη και θέρμανση του κτιρίου. Για λόγους εύκολης συντήρησης και μικρών σχετικά επεμβάσεων προκρίνεται η χρήση του εκτατικού τύπου που είναι μικρών απαιτήσεων συντήρησης, μικρών αναγκών μετατροπών για συντήρηση τους καθώς και μικρού ίδιου βάρους κάτι το οποίο σημαίνει ότι μπορεί να βρίσκουν εύκολα εφαρμογή σε υφιστάμενα κτίρια όπως αυτό της μελέτης περίπτωσης.

#### ο Αντικατάσταση κουφωμάτων

Σε αντικατάσταση των υπαρχόντων μεταλλικών κουφωμάτων μονού υαλοπίνακα προτείνεται η κατασκευή στη θέση τους σύγχρονων υαλοστασίων αλουμινίου με τριπλούς υαλοπίνακες (triplex) laminated και πλαίσια αλουμινίου εφοδιασμένα με συστήματα θερμοδιακοπής τα οποία υαλοστάσια θα έχουν σταθερά καθώς και ανοιγόμενα και ανακλινόμενα τμήματα. Θα επιτρέπουν το φυσικό και ατομικό έλεγχο του αερισμού των χώρων από τους χρήστες των



γραφείων ενώ θα βοηθούν και στην ελάττωση των θερμικών απωλειών η και προσόδων του κτιρίου σε συνδυασμό με τη θερμομόνωση των δομικών στοιχείων του κτιρίου όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ταυτόχρονα εσωτερική μεμβράνη που προτείνεται να έχουν θα λειτουργήσει αποτρεπτικά ως προς τα φαινόμενα θάμβωσης, τα οποία επηρεάζουν τους γραφειακούς χώρους του κτιρίου με νότιο προσανατολισμό.

- ο Φυσικός Φωτισμός Διαδρόμων - κοινόχρηστων χώρων

Το κτίριο μελέτης περίπτωσης όπως αναφέρθηκε παραπάνω αντιμετωπίζει πρόβλημα φυσικού φωτισμού στους κοινόχρηστους χώρους - διαδρόμους. Το μεγάλο μήκος των διαδρόμων αυτών σε συνδυασμό με την ύπαρξη κουφωμάτων μόνο στα άκρα τους κάνει απαραίτητη τη χρήση τεχνητού φωτισμού καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας. Στα πλαίσια της βιοκλιματικής αναβάθμισης και της βελτίωσης των εργασιακών συνθηκών στο κτίριο προτείνεται η καθαίρεση των υφιστάμενων δομικών τοιχοποιιών και εσωτερικών ξύλινων κουφωμάτων και η αντικατάστασή τους από πολυκαρβονικά φύλλα σταθερά και ανοιγόμενα, σε ρόλο θυρών. Αυτά θα επιτρέπουν την είσοδο του φυσικού φωτός περιβάλλοντος στους διαδρόμους και θα μειώσουν αντίστοιχα τις ανάγκες τους σε τεχνητό φωτισμό. Για λόγους ιδιωτικότητας των γραφειακών χώρων και των εργαζομένων σε αυτά τα φύλλα αυτά θα έχουν υποστεί επεξεργασία (αμμοβολή) που θα μειώνει τη διαφάνειά τους αλλά θα επιτρέπει τη διέλευση του φωτός.

- **Η/Μ συστήματα**

- ο Ανεμιστήρες οροφής

Προτείνεται η τοποθέτηση αξονικών ανεμιστήρων χαμηλής κατανάλωσης στα κοινόχρηστα κλιμακοστάσια για τον εξαερισμό του κτιρίου. Η λειτουργία αυτών των ανεμιστήρων οι οποίοι θα απάγουν τον θερμό αέρα από το εσωτερικό του κτιρίου και θα βοηθούν στον δροσισμό καθώς και τον αερισμό των κοινόχρηστων χώρων θα είναι αυτόματη και θα ελέγχεται από αισθητήρια θερμοκρασίας και ειδικούς ελεγκτές που θα επιβλέπονται από σύστημα διαχείρισης κτιρίου - BMS.

- ο Αναβάθμιση Λεβητοστασίου & θερμαντικών σωμάτων

Στο πλαίσιο της ενεργειακής αναβάθμισης του κτιρίου προτείνεται και η πλήρη αναβάθμιση του λεβητοστασίου με την αποξήλωση και αντικατάσταση των εγκαταστάσεων του λεβητοστασίου και του συστήματος θέρμανσης γενικότερα (λεβήτων, καυστήρων, κυκλοφορητών, σωληνώσεων κ.λπ.) με νέες συστήματα μεγαλύτερης αποδοτικότητας. Στην

αναβάθμιση της αποδοτικότητας συντελεί και η αντικατάσταση των υπαρχόντων θερμαντικών σωμάτων - παλιάς τεχνολογίας με φέτες - με θερμαντικά σώματα τύπου Panel μεγαλύτερης απόδοσης και μικρότερων διαστάσεων. Θα ικανοποιούνται με αυτές τις αναβαθμίσεις οι ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου με χαμηλότερες καταναλώσεις ενώ ταυτόχρονα η σύνδεση των νέων σωμάτων με το σύστημα BMS θα επιτρέπει τη θέρμανση των χώρων μόνο όταν απαιτείται (χαμηλή θερμοκρασία, ύπαρξη ατόμων) και όταν αυτή η θέρμανση θα έχει αποτέλεσμα (κλειστά εξωτερικά κουφώματα) αποφεύγοντας την όποια σπατάλη.

#### ο Κλιματισμός - Τεχνητός Αερισμός

Στο κτίριο μελέτης περίπτωσης οι γραφειακοί χώροι έχουν ατομικά κλιματιστικά μηχανήματα τοποθετημένα σε βάσεις στερεωμένες στους εξωτερικούς τοίχους τους. Τα κλιματιστικά αυτά είναι παλιάς τεχνολογίας, κακοσυντηρημένα, ρυθμισμένα να λειτουργούν σε διαφορετικές θερμοκρασίες κατά τις προτιμήσεις των εκάστοτε χρηστών, ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και από την απομόνωση ή μη του εκάστοτε γραφείου από τον περιβάλλοντα χώρο του. Ως μέτρο ενεργειακής αναβάθμισης προτείνεται η αντικατάσταση όλων αυτών των κλιματιστικών μονάδων από αντίστοιχες κεντρικές τοποθετημένες στο δώμα του κτιρίου, μία για κάθε πτέρυγα. Τα μηχανήματα θα είναι τύπου inverter, ενεργειακής απόδοσης στην ψύξη A+++ και μέσω δικτύου αεραγωγών που θα διατρέχουν τους διαδρόμους, κρυμμένα πάνω από ψευδοροφές με μεταλλικές κασέτες, θα ρυθμίζουν τη θερμοκρασία και θα ανανεώνουν τον αέρα από κάθε γραφειακό χώρο του κτιρίου. Αισθητήρες θα ελέγχουν τη λειτουργία ανάλογα με τη θερμοκρασία, την ύπαρξη ή μη ανθρώπων στο χώρο και την απομόνωση του ή όχι από το περιβάλλον (ανοικτά ή μη παράθυρα). Το όλο σύστημα θα είναι υπό την επίβλεψη του προτεινόμενου BMS του κτιρίου. Η διάταξη θα αποτρέπει τις σπατάλες και θα υπάρχει εξοικονόμηση ενέργειας μεγέθους κλίμακας.

#### ο Τεχνητός Φωτισμός

Τα υπάρχοντα φωτιστικά σώματα του κτιρίου αποτελούνται όπως προαναφέρθηκε από παλιάς τεχνολογίας λάμπες φθορισμού. Ο έλεγχος τους γίνεται από τους εργαζομένους στο κτίριο. Πέραν της υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης που έχουν ως σώματα παλιότερης τεχνολογίας παρατηρούνται και σπατάλες άσκοπης λειτουργίας όπως λειτουργία σε συνθήκες υψηλού εξωτερικού φωτισμού και σε μη εργάσιμες μέρες και ώρες. Στα πλαίσια των προτάσεων βελτίωσης της περιβαλλοντικής απόκρισης του κτιρίου και της

εξοικονόμησης ενέργειας στο κτίριο προτείνεται η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων παλιάς τεχνολογίας, εσωτερικού και εξωτερικού χώρου με νέα τύπου LED χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης. Ο έλεγχος λειτουργίας τους θα γίνεται από το κεντρικό σύστημα διαχείρισης του κτιρίου - BMS μέσω αισθητήρων φωτεινότητας και ανιχνευτών κίνησης.

#### ο Σύστημα Διαχείρισης Κτιρίου - BMS

Κεντρικό ρόλο στις προτάσεις βελτίωσης περιβαλλοντικής απόκρισης του κτιρίου μελέτης παίζει η δημιουργία χώρου όπου θα εγκατασταθεί κεντρικό σύστημα διαχείρισης για το κτίριο – BMS. Υπό την επίβλεψη αυτού του συστήματος θα τεθούν κεντρικοί τομείς της λειτουργίας του κτιρίου καθώς και εργασίες συντήρησης που πρέπει να γίνονται σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Φωτισμός, θέρμανση, κλιματισμός, αερισμός των χώρων, η ενέργεια που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές, το πότισμα του φυτεμένου δώματος είναι μερικοί από αυτούς τους τομείς. Ο έλεγχος των συστημάτων αυτών θα γίνεται μέσω αισθητήρων – θέρμανσης, κίνησης, φωτεινότητας κ.λπ. αναλόγως του τομέα. Με την απομάκρυνση του παράγοντα του ανθρωπίνου λάθους ή αμέλειας από τον άμεσο έλεγχο αυτών των συστημάτων – χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι χρήστες δεν θα διατηρούν σημαντικό έλεγχο επί των συνθηκών εργασίας τους όπως η επιλογή θερμοκρασίας ή χρήσης των ανοιγμάτων ή λειτουργίας των φωτιστικών – θα υπάρξει εξοικονόμηση πόρων καθώς και άμεση ενημέρωση για όποιες δυσλειτουργίες ή παραλείψεις εμφανίζονται. (καμένα φώτα, ξεχασμένα ανοικτά παράθυρα και πόρτες)

#### • **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας**

##### ο Φωτοβολταϊκά Συστήματα

Στην προσπάθεια για επίτευξη μικρότερου ενεργειακού αποτυπώματος στο κτίριο και ανεξαρτησίας από συμβατικές πηγές ενέργειας εντάσσεται και η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών συστημάτων στο δώμα του. Στο κτίριο μελέτης περίπτωσης είναι δυνατή η ανάπτυξη φωτοβολταϊκών ισχύος 30kW. Το σύστημα αυτό θα καλύπτει μεγάλο μέρος των αναγκών του κτιρίου σε ηλεκτρική ενέργεια με τις υπόλοιπες ποσότητες που απαιτούνται να εισάγονται από το σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Η ανάπτυξη του συνεπάγεται τη δημιουργία ενός συστήματος με ελάχιστες ανάγκες συντήρησης, αθόρυβη λειτουργία, μηδενική ρύπανση του περιβάλλοντος, μεγάλη διάρκεια ζωής, με δυνατότητα αποθήκευσης της παραγόμενης ενέργειας, δυνατότητα μελλοντικών επεκτάσεων για κάλυψη αναγκών και

χωρίς την ανάγκη δημιουργίας μεγάλου δικτύου διανομής. Όλα αυτά έχουν ως τελικό αποτέλεσμα σημαντικά οφέλη για το περιβάλλον – για κάθε kW παραγόμενης ενέργειας από φωτοβολταϊκά και όχι από συμβατικά καύσιμα αποτρέπεται κάθε χρόνο η έκλυση 1,4 τόνων διοξειδίου του άνθρακα, ποσότητα ίση με αυτή που θα απορροφούσαν 2 στρέμματα δάσους – καθώς και οικονομικά από τη μείωση της ενεργειακής εξάρτησης του κτιρίου από εξωτερικές πηγές ηλεκτρικής ενέργειας.

## **6.2 Αξιολόγηση περιβαλλοντικής απόκρισης του κτιρίου μετά τις επεμβάσεις**

Η αποτίμηση – αξιολόγηση της επίδρασης των επεμβάσεων που προτείνονται παραπάνω στην περιβαλλοντική απόκριση του κτιρίου είναι αδιαμφισβήτητα θετική.

Η επίδραση της φύτευσης του δώματος στο μικροκλίμα της περιοχής θα οδηγήσει σε περιορισμό του φαινομένου της θερμικής νησίδας. Μια διαφορά που θα καταλήξει και σε μια αντίστοιχη ελάττωση των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια για το δροσισμό των χώρων τους θερινούς μήνες.

Αντίστοιχα η τοποθέτηση σκιάστρων στις όψεις του κτιρίου, πέραν των θετικών επιδράσεων στην ελάττωση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας που θα εισέρχεται στο εσωτερικό του κτιρίου και θα προκαλεί θάμβωση και υπερθέρμανση στο εσωτερικό των χώρων του κτιρίου, θα οδηγήσει και σε περιορισμό των φαινομένων θάμβωσης στην γύρω περιοχή λόγω της σκίασης μεγάλου μέρους των όψεων του κτιρίου που δέχονται άμεσα την ηλιακή ακτινοβολία και της συνακόλουθης εκτροπής αυτής υπό γωνίες που δεν επηρεάζουν οπτικά τους εργαζομένους στο κτίριο τους περίοικους και τους περαστικούς.

Η επένδυση των δομικών στοιχείων του κτιρίου με θερμομονωτικά υλικά και η αντικατάσταση των υπάρχοντων κουφωμάτων με σύγχρονα κουφώματα με θερμοδιακοπή επίσης θα θωρακίσουν το κτίριο και θα ελαττώσουν τις ενεργειακές του ανάγκες τόσο για δροσισμό κατά τους θερινούς μήνες όσο και για θέρμανση τους χειμερινούς.

Περαιτέρω πολλά από τα προτεινόμενα μέτρα έχουν ως στόχο τον περιορισμό των ενεργειακών απωλειών που παρατηρούνται τόσο από την παλαιότητα του εξοπλισμού όσο και από την κακή – άσκοπη – χρήση του. (λειτουργία κλιματιστικών με ανοικτά παράθυρα, φωτιστικών σωμάτων σε περιόδους έντονης ηλιοφάνειας, κ.λπ.) Είτε μιλάμε για την αναβάθμιση του λεβητοστασίου και του δικτύου θέρμανσης, την αντικατάσταση των υπάρχοντων φωτιστικών σωμάτων με μονάδες led, την κατασκευή κεντρικών μονάδων

κλιματισμού και πάνω απ' όλα την εγκατάσταση συστήματος BMS στόχος πέραν της ελάττωσης των ενεργειακών αναγκών αυτών καθ' εαυτών είναι και ο καλύτερος έλεγχος των συστημάτων αυτών και η ελάττωση αν όχι εξάλειψη της κακής τους χρήσης από ανθρώπινα λάθη ή αμέλεια. Φυσικά για λόγους μη αποξένωσης των χρηστών από το χώρο εργασίας τους θα υπάρχει σημαντική δυνατότητα παρέμβασης τους αλλά αυτή θα συμπληρώνεται από το σύστημα κεντρικού ελέγχου στο πλαίσιο της ομαλής και βιώσιμης λειτουργίας του κτιρίου.

Ως μέτρα η αντικατάσταση των δρομικών τοιχοποιιών στους διαδρόμους – κοινόχρηστους χώρους και η αντικατάσταση τους από πολυκαρβονικά φύλλα καθώς και η χρήση ανεμιστήρων χαμηλής κατανάλωσης στα κοινόχρηστα κλιμακοστάσια ενώ δεν έχουν μετρήσιμα αποτελέσματα ιδιαίτερης σημασίας (μια μικρή μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος) βοηθάνε πολύ στην αίσθηση ευεξίας των χρηστών – εργαζομένων σε αυτά.

Ταυτόχρονα η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων μειώνει τις ανάγκες του κτιρίου σε ηλεκτρική ενέργεια με ένα τρόπο ο οποίος είναι περιβαλλοντικά επωφελής και μειώνει το ενεργειακό αποτύπωμα του κτιρίου σημαντικά.

Όλα αυτά αποτυπώνονται αντιστοίχως στο πρόγραμμα TEE –KENAK και οδηγούν στην κατάταξη του στην ενεργειακή κατηγορία B. Οι προτεινόμενες επεμβάσεις αξιολογήθηκαν μέσω προσομοίωσης και οι αναλυτικοί υπολογισμοί και τα στοιχεία της προσομοίωσης παρουσιάζονται στην ενότητα 7.2 του επόμενου κεφαλαίου.



## 7. Αξιολόγηση προτάσεων αναβάθμισης μέσω λογισμικού προσομοίωσης

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναφέρθηκε ότι η πόλη της Λάρισας, όπου βρίσκεται το κτίριο μελέτης περίπτωσης, κλιματικά ανήκει στη ζώνη Γ, με έντονα στοιχεία ηπειρωτικού κλίματος με πολύ θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Στα κτίρια που υπόκεινται σε ριζική ανακαίνιση τα δομικά τους στοιχεία οφείλουν να πληρούν τους παρακάτω περιορισμούς θερμομόνωσης.

Δομικό στοιχείο	Μέγιστος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας $U$ [ $W/(m^2 \cdot K)$ ]
	Ζώνη Γ'
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφή)	0,40
Εξωτερικός τοίχος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	0,45
Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή)	0,40
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	0,75
Τοίχος σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	0,80
Δάπεδο σε επαφή με κλειστό μη θερμαινόμενο χώρο	0,75
Οριζόντια ή κεκλιμένη οροφή σε επαφή με το έδαφος	0,75
Τοίχος σε επαφή με το έδαφος	0,80
Δάπεδο σε επαφή με το έδαφος	0,75
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	2,80
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα	1,80
Κούφωμα ανοίγματος σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	4,80
Κούφωμα ανοίγματος χωρίς υαλοπίνακα σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	4,80
Γυάλινη πρόσοψη κτιρίου μη ανοιγόμενη ή μερικώς ανοιγόμενη σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο	3,10

**Πίνακας 7-1:** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας διαφόρων δομικών στοιχείων ανά κλιματική ζώνη σε περίπτωση ριζικά ανακαινισμένου κτιρίου (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, 2017) ιδία επεξεργασία

Την ίδια στιγμή η τιμή του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας του εξεταζόμενου κτιρίου δεν πρέπει να ξεπερνάει τα όρια του επόμενου πίνακα:

Λόγος $A/V$ [ m <sup>-1</sup> ]	Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας $U_m$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]
	Ζώνη Γ
$\leq 0,2$	1,05
0,3	1,00
0,4	0,95
0,5	0,90
0,6	0,86
0,7	0,81
0,8	0,76
0,9	0,71
$\geq 1,0$	0,66

**Πίνακας 7-2:** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας κτιρίου, για κλιματική ζώνη Γ συναρτήσει του λόγου της περιβάλλουσας επιφάνειας του κτιρίου προς τον όγκο του (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2/2017, 2017) ίδια επεξεργασία

Ο έλεγχος θερμομονωτικής επάρκειας γίνεται σε δύο στάδια. Πρώτα, υπολογίζεται ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  όλων των δομικών στοιχείων και ελέγχεται η συμμόρφωση του στα όρια των απαιτήσεων του πίνακα 7-1 και στη συνέχεια υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου  $U_m$  και ελέγχεται η συμμόρφωση του στα όρια των απαιτήσεων του πίνακα 7-2.

Ο υπολογισμός των συντελεστών θερμοπερατότητας  $U$  των δομικών στοιχείων & του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας  $U_m$  του κτιρίου, γίνεται βάσει της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-2.

Η γενική σχέση υπολογισμού του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  των αδιαφανών δομικών στοιχείων είναι:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + R_s + R_a} \quad \text{όπου:}$$

$d_j$  το πάχος της ομογενούς και ισότροπης στρώσης δομικού υλικού  $j$ ,

$\lambda_j$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ομογενούς και ισότροπου υλικού  $j$ ,

Ri και Ra οι αντιστάσεις θερμικής μετάβασης εκατέρωθεν του δομικού στοιχείου,

Rδ η θερμική αντίσταση κλειστού διάκενου αέρα

Αντίστοιχα με τα παραπάνω ο συντελεστής θερμοπερατότητας διαφανούς δομικού στοιχείου

Uw υπολογίζεται από τη σχέση:

$$U_w = \frac{A_f \cdot U_f + A_g \cdot U_g + l_g \cdot \Psi_g}{A_f + A_g} \quad \text{όπου:}$$

Uf ο συντελεστής θερμοπερατότητας πλαισίου του κουφώματος

Ug ο συντελεστής θερμοπερατότητας του τζαμιού του κουφώματος

Af το εμβαδό επιφάνειας του πλαισίου του κουφώματος

Ag το εμβαδό επιφάνειας του τζαμιού του κουφώματος

lg το μήκος της θερμογέφυρας του τζαμιού του κουφώματος

Ψg ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας του τζαμιού του κουφώματος

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ισχύει για κάθε είδους δομικά στοιχεία:

$$U \leq U_{\delta, \sigma, \max} \quad \text{όπου:}$$

U ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας δομικού στοιχείου όπως υπολογίστηκε βάσει των παραπάνω σχέσεων

Uδ,σ,max η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή για το δομικό στοιχείο (πίνακας 7-1).

Εφόσον κάθε δομικό στοιχείο καλύπτει τις απαιτήσεις, απαιτείται αντιστοίχως και το κτίριο συνολικά να παρουσιάζει αντιστοίχως ένα ελάχιστο βαθμό θερμικής προστασίας. Ο υπολογισμός του μέσου συντελεστή θερμοπερατότητας Um του κτιρίου δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$U_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j \cdot U_j \cdot b + \sum_{i=1}^v l_i \cdot \Psi_i \cdot b}{\sum_{j=1}^n A_j} \quad \text{όπου:}$$

Aj το εμβαδό δομικού στοιχείου j

Uj ο συντελεστής θερμοπερατότητας του δομικού στοιχείου j

Ψi ο συντελεστής γραμμικής θερμοπερατότητας της θερμογέφυρας i

li το μήκος της θερμογέφυρας i

b μειωτικός συντελεστής

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ισχύει:  $U_m \leq U_{m,max}$  όπου  $U_{m,max}$  είναι ο μέγιστος μέσος επιτρεπόμενος συντελεστής θερμοπερατότητας του κτιρίου

Αυτοί οι τύποι βρίσκονται στον πυρήνα του προγράμματος του TEE-KENAK κατά την εξέταση του κτιρίου μελέτης περίπτωσης. Πρόκειται για τετραώροφο κτίριο στο οποίο στεγάζεται το διοικητήριο της Περιφέρειας Θεσσαλίας. Όλο το κτίριο όπως προαναφέρθηκε, συμπεριλαμβανομένων των κλιμακοστασίων, στα πλαίσια της μελέτης θα θεωρείται ως Θερμαινόμενος Χώρος (ΘΧ) -1 θερμική ζώνη με χρήση γραφείου και 1 θερμική ζώνη με χρήση συνάθροισης κοινού- με εξαίρεση το υπόγειο το οποίο θεωρείται Μη Θερμαινόμενος Χώρος (ΜΘΧ) καθώς και οι απολήξεις των κλιμακοστασίων και τα μηχανοστάσια επί του δώματος. Για λόγους απλοποίησης των υπολογισμών κατά τη προσομοίωση το κτίριο εξετάστηκε ως χώρος γραφείων στο σύνολο του λαμβάνοντας υπόψη τη παραδοχή ότι και ο χώρος συνάθροισης κοινού υπολογίζεται ως χώρος γραφείων χωρίς σημαντικό αντίκτυπο στα αποτελέσματα της αξιολόγησης.

## 7.1 Προσομοίωση συμπεριφοράς κτιρίου πριν τις επεμβάσεις

Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης το κτίριο μελέτης περίπτωσης χωρίζεται σε διάφορα τμήματα. Στοιχεία όπως οι όροφοι, η διαφοροποίηση μεταξύ θερμαινόμενων η μη χώρων, διαφανών ή αδιαφανών δομικών στοιχείων, ο προσανατολισμός του κάθε στοιχείου, το μέγεθος, τα υλικά που το αποτελούν, οι συνθήκες που επικρατούν μεταξύ των διαφορετικών σημείων - εξωτερικές συνθήκες, εσωτερικός θερμαινόμενος ή μη χώρος - επηρεάζουν τον υπολογισμό των συντελεστών θερμοπερατότητας  $U$  και του μέσου συντελεστή του κτιρίου  $U_m$ . Βάση των οδηγιών του TEE στην οδηγία T.O.T.E.E. 20701-2/2017 (2017) ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  για διάφορα από τα υπάρχοντα δομικά στοιχεία του κτιρίου -συνολικό πλήθος δομικών στοιχείων στο κτίριο μεγαλύτερο των 50 - υπολογίζεται ως ακολούθως:

- Οπλισμένο σκυρόδεμα σε επαφή με τον αέρα:  $U = 3.165$
- Οπλισμένο σκυρόδεμα σε επαφή με το έδαφος:  $U = 3.623$
- Οπλισμένο σκυρόδεμα με επίστρωση μαρμάρου σε επαφή με τον αέρα:  $U = 3.194$
- Μπατική τοιχοποιία οπτοπλινθοδομής με επίστρωση μαρμάρου σε επαφή με τον αέρα:  $U = 1.574$

- Μπατική τοιχοποιία οπτοπλινθοδομής σε επαφή με τον αέρα:  $U = 1.567$
- Οροφή - Δάπεδο επαφή με έδαφος:  $U = 2.550$
- Οροφή επαφή με τον αέρα:  $U = 0.708$

Αυτά τα αποτελέσματα φαίνονται αναλυτικότερα στον πίνακα που ακολουθεί

Τμήμα κελύφους	Δομικό στοιχείο	Επαφή με	U	U <sub>max</sub>
Φ.Ο.	Οπλισμένο σκυρόδεμα, Μον. όχι	Αέρας	3.165	--
Φ.Ο.	Οπλισμένο σκυρόδεμα, Μον. όχι	Έδαφος	3.623	--
Δάπεδο - Οροφή	Επαφή με Έδαφος, Κεραμικό πλακάκι, Μον. όχι	Έδαφος	2.550	0.750
Τοίχος	Οπτοπλινθοδομή, Μπατική, Μον. όχι	Αέρας	1.567	--
Οροφή	Οριζόντια οροφή μη βατή, Μον. έξω και στεγανοποιητική μεμβράνη	Αέρας	0.364	0.400
Τοίχος	Μάρμαρο, Οπτοπλινθοδομή, Μπατική, Μον. όχι	Αέρας	1.574	0.450
Φ.Ο.	Μάρμαρο, Οπλισμένο σκυρόδεμα, Μον. όχι	Αέρας	3.194	0.450
Οροφή	Οριζόντια οροφή με στεγανοποιητική μεμβράνη 1,8mm, Μον. μέσα αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη 3mm	Αέρας	0.708	0.750

**Πίνακας 7.1-1:** Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων του κτιρίου μελέτης

Αντιστοίχως με τα παραπάνω αδιαφανή στοιχεία η ίδια εικόνα παρουσιάζεται και στα διαφανή στοιχεία - ανοιγόμενα κουφώματα και υαλοστάσια. Ενδεικτικά, μιας και το πλήθος των κουφωμάτων στο κτίριο είναι πολύ μεγάλο για τα τυπικά κουφώματα που απαντώνται στους γραφειακούς χώρους, δηλαδή ανοιγόμενο κούφωμα διαστάσεων 3,30 x 1.50 μέτρων με σταθερό υαλοστάσιο 3,30 x 0,30 μέτρων από πάνω του, έχουμε τιμές θερμοπερατότητας U που κυμαίνονται στα επίπεδα του 6 - 6.1.

Όλες οι αναφερόμενες τιμές συμπαράσφουρουν και το μέσο συντελεστή θερμοπερατότητας U<sub>m</sub> του κτιρίου ο οποίος κυμαίνεται σε επίπεδα μεταξύ 2.400 και 2.600.

Συνεπακόλουθη είναι και η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου στην **ενεργειακή κατηγορία Z** ως **Ενεργειακά μη Αποδοτικό** κτίριο.

Στο πρόγραμμα TEE-KENAK επιπλέον υπολογίζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις σε kWh/m<sup>2</sup> για θέρμανση και ψύξη οι οποίες δίνονται από τον παρακάτω πίνακα:



Ενεργειακές Απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	16,3	10,1	5,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,3	13,8	51,5
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	25,8	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	61,0

Πίνακας 7.1-2: Ενεργειακές Απαιτήσεις για Θέρμανση - Ψύξη του κτιρίου μελέτης

Μαζί με αυτές τις τιμές συνυπολογίζονται και οι μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις, σε kWh/m<sup>2</sup> για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό που εικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Ενεργειακή Κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	41,5	25,6	13,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	10,9	35,1	131,6
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	10,0	19,4	16,9	0,4	0,0	0,0	0,0	47,2
Φωτισμός	3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,7
Σύνολο	45,0	28,8	16,6	7,8	4,0	13,5	22,9	20,4	3,9	4,7	14,3	38,6	220,4

Πίνακας 7.1-3: Ενεργειακές Καταναλώσεις για Θέρμανση - Ψύξη - Φωτισμό του κτιρίου μελέτης

Αντιστοίχως με τα παραπάνω οι καταναλώσεις καυσίμου και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> υπολογίζονται από το πρόγραμμα TEE-KENAK στα παρακάτω μεγέθη: (τα είδη που δεν αναφέρονται δε χρησιμοποιούνται):

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
Ηλεκτρισμός	100,4	99,3
Φυσικό αέριο	124,7	24,4
Σύνολο	224,1	123,7

Πίνακας 7.1-4: Καταναλώσεις καυσίμου και εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά πηγή ενέργειας στο κτίριο μελέτης

Όλα αυτά συνοψίζονται σε κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>) συνολικά στα 408,5 kWh/m<sup>2</sup> η οποία αναλύεται ως ακολούθως:

Τελική Χρήση	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο
Θέρμανση	20,3	150,8
Ψύξη	44,9	136,7
ZNX	0,0	0,0
Φωτισμός	92,7	120,9
Συνεισφορά ΑΠΕ -ΣΗΘ	0,0	0,0
Σύνολο	157,9	408,5
Κατάταξη	-	Z

Πίνακας 7.1-5: Καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας στο κτίριο μελέτης

## 7.2 Προσομοίωση συμπεριφοράς κτιρίου μετά τις επεμβάσεις

Ακολουθώντας το πρόγραμμα TEE-KENAK προκρίνονται τρία διαφορετικά σενάρια. Από τα τρία σενάρια - απαραίτητα για τη λειτουργία του προγράμματος το 1ο σενάριο αποτελεί την πρόταση βιοκλιματικής αναβάθμισης του κτιρίου μελέτης με τα άλλα δύο να αποτελούν τμήματα του 1ου για τη συμπλήρωση της απαιτούμενης τριάδας διαφορετικών σεναρίων. Οι τρεις προτάσεις αναβάθμισης είναι:

1. Σενάριο 1: Το βασικό σενάριο. Περιλαμβάνει όλο το πλήθος των προτεινόμενων στο προηγούμενο κεφάλαιο εργασιών, δηλαδή τη θερμομόνωση των όψεων και του δώματος, την αντικατάσταση των κουφωμάτων, την κατασκευή σκιάστρων όπου απαιτείται, τη φύτευση των δωματίων, την αντικατάσταση των λεβήτων αερίου και σωμάτων θέρμανσης, τη τοποθέτηση κεντρικών κλιματιστικών μονάδων (split inverter), ανεμιστήρων, την αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με λαμπτήρες led, την τοποθέτηση διαφόρων τύπων ανιχνευτών (κίνησης, θερμοκρασίας κ.λπ.), την εγκατάσταση BMS, τη τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος σε τμήμα του δώματος του κτιρίου.
2. Σενάριο 2: Αποτελεί τμήμα του 1ου σεναρίου όπου εξετάζεται μόνο η θερμομόνωση των όψεων και του δώματος και η αντικατάσταση των κουφωμάτων
3. Σενάριο 3: Επίσης τμήμα του 1ου σεναρίου όπου εξετάζεται η αντικατάσταση των λεβήτων αερίου και των σωμάτων θέρμανσης, η τοποθέτηση κεντρικών κλιματιστικών μονάδων, ανεμιστήρων, αντικατάσταση των λαμπτήρων, η τοποθέτηση ανιχνευτών, η εγκατάσταση BMS.

Οι συντελεστές Θερμοπερατότητας  $U$  με την εφαρμογή των προτεινόμενων εργασιών του σεναρίου 1 σε διάφορα από τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του κτιρίου είναι οι εξής:

- Τοιχίο Υπογείου με μόνωση σε επαφή με το έδαφος:  $U = 0.775$
- Οπλισμένο σκυρόδεμα με επίστρωση μαρμάρου και μόνωση σε επαφή με τον αέρα:  $U = 0.319$
- Οπλισμένο σκυρόδεμα με μόνωση σε επαφή με τον αέρα:  $U = 0.365$
- Μπατική τοιχοποιία οπτοπλινθοδομής με επίστρωση μαρμάρου και μόνωση σε επαφή με τον αέρα:  $U = 0.29$
- Οριζόντια οροφή με στεγανοποιητική μεμβράνη, μόνωση και φυτεμένο δώμα 10 εκατοστών:  $U = 0.297$
- Μπατική τοιχοποιία οπτοπλινθοδομής με μόνωση σε επαφή με τον αέρα:  $U = 0.327$

Τμήμα κελύφους	Δομικό στοιχείο	Επαφή με	$U$	$U_{max}$
Φ.Ο.	Τοιχίο υπογείου, Μον. μέσα	Έδαφος	0.775	0.800
Φ.Ο.	Επίστρωση μαρμάρου, Οπλισμένο σκυρόδεμα, Μον αφρώδης πολυστερίνη 8mm, 2x Γυψοσανίδα	Αέρας	0.319	0.450
Φ.Ο.	Οπλισμένο σκυρόδεμα, Μον. διογκωμένη με 8mm	Αέρας	0.365	0.450
Τοίχος	Μάρμαρο, Οπτοπλινθοδομή, Μπατική, Μον. αφρώδης πολυστερίνη πλάκες 8mm, 2x Γυψοσανίδα	Αέρας	0.290	0.450
Οροφή	Οριζόντια οροφή με στεγανοποιητική μεμβράνη 1,8mm, Μον. μέσα αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη 8mm και φυτεμένο δώμα 10cm	Αέρας	0.297	0.400
Τοίχος	Οπτοπλινθοδομή, Μπατική, Μον. διογκωμένη πλάκες 8mm	Αέρας	0.327	0.450

**Πίνακας 7.2-1:** Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων σεναρίου 1 του κτιρίου μελέτης

Αντιστοιχώς με τα αδιαφανή στοιχεία και στα διαφανή στοιχεία - ανοιγόμενα κουφώματα και υαλοστάσια - παρουσιάζεται η ίδια βελτίωση στο σενάριο 1 (το αντίστοιχο του συνόλου των προτεινόμενων επεμβάσεων αναβάθμισης στο κτίριο μελέτης περίπτωσης) σε σχέση με το υπάρχον κτίριο. Στο σενάριο επιλέχθηκε η χρήση πλαισίου αλουμινίου με θερμοδιακοπή 24mm, Π075mm, με τριπλό υαλοπίνακα 4-6-4-6-4 αέρας επίστρωση χαμηλής εκπομπής και αέρα στο διάκενο. Ο υπολογισμός του  $U$  των κουφωμάτων στο σενάριο 1 γίνεται βάσει της

T.O.T.E.E. 20701-2. Ενδεικτικά, μιας και το πλήθος των κουφωμάτων στο κτίριο είναι πολύ μεγάλο για τα τυπικά κουφώματα που απαντώνται στους γραφειακούς χώρους έχουμε:

Κουφωμα	Προσαν/σμός	Πλάτος m	Ύψος m	Εμβαδό m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	U <sub>max</sub> W/(m <sup>2</sup> K)
Τυπικό ανοιγόμενο κουφωμα γραφείων	N	3.30	1.50	4.95	2.05	2.80
Υαλοστάσιο με ανακλινόμενα τμήματα	N	3.30	0.30	0.99	1.76	1.80

**Πίνακας 7.2-2:** Συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών δομικών στοιχείων σεναρίου 1 του κτιρίου μελέτης

Για τον έλεγχο της θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου στο σενάριο 1 υπολογίζεται ο λόγος της εξωτερικής περιβάλλουσας επιφάνειας των θερμαινόμενων τμημάτων του κτιρίου προς τον όγκο τους. Ο λόγος που προκύπτει από τον υπολογισμό αυτό είναι  $A/V = 0.40 \text{ m}^{-1}$ . Επομένως με εφαρμογή του τύπου προκύπτει  $U_{m,max} = 0.95 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ .

Για το κτίριο μελέτης προκύπτει  $\Sigma A \text{ [m}^2\text{]}: 9193,30$  και  $\Sigma(bxUxA) \text{ ή } (bx\Psi x l) \text{ [W/K]}: 7232,80$ . Το αποτέλεσμα  $\Sigma/\Sigma A$  δηλαδή ο μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας κτιρίου είναι:  $U_m = 0.79 < U_{m,max} = 0.95 \text{ [W/(m}^2\text{K)]}$ . Συνεπώς το κτίριο είναι επαρκώς θερμομονωμένο

Από τα παραπάνω συνεπάγεται η ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου κατά το σενάριο 1 στην **ενεργειακή κατηγορία B** με εγγύτητα μάλιστα προς την ανώτερη κατηγορία B+. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι στα σενάρια 2 και 3 που αποτελούν υποσύνολα του σεναρίου 1 το κτίριο φτάνει ως την ενεργειακή κατηγορία Δ με  $U_m > 1.41$  άρα μη επαρκή θερμομόνωση.

Όπως και στο υπάρχον κτίριο έτσι και στο σενάριο 1 από το πρόγραμμα TEE-KENAK υπολογίζονται οι ενεργειακές απαιτήσεις σε  $\text{kWh/m}^2$  για θέρμανση και ψύξη. Αυτές είναι:

Ενεργειακές Απαιτήσεις ( $\text{kWh/m}^2$ )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	7,5	4,7	2,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	6,3	22,8
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	18,0	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	44,6

**Πίνακας 7.2-3:** Ενεργειακές Απαιτήσεις για Θέρμανση - Ψύξη του κτιρίου μελέτης, σενάριο 1

Οι μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις, σε  $\text{kWh/m}^2$  για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό καθώς και τα κέρδη από τα φωτοβολταϊκά εικονίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Ενεργειακή Κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπτ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	8,0	5,1	2,6	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,1	6,8	25,7
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,0	5,0	4,5	0,2	0,0	0,0	0,0	13,0
Φωτισμός	2,2	2,0	2,2	2,1	2,2	2,1	2,2	2,2	2,1	2,2	2,1	2,2	25,7
Ενέργεια από φωτοβολταϊκά	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3	5,8
Σύνολο	10,2	7,1	4,8	2,9	2,4	5,1	7,2	6,7	2,3	2,5	4,2	9,0	64,3

Πίνακας 7.2-4: Ενεργειακές Καταναλώσεις για Θέρμανση - Ψύξη - Φωτισμό - Φωτοβολταϊκά του κτιρίου μελέτης, σενάριο 1

Οι καταναλώσεις καυσίμου και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> του κτιρίου μετά τις προτεινόμενες επεμβάσεις - σενάριο 1 - σύμφωνα με το πρόγραμμα είναι οι παρακάτω:

Πηγή Ενέργειας	Κατανάλωση Καυσίμου (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
Ηλεκτρισμός	38,7	38,3
Φυσικό αέριο	21,3	4,2
Σύνολο	64,3	42,4

Πίνακας 7.2-5: Καταναλώσεις καυσίμου και εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά πηγή ενέργειας στο κτίριο μελέτης, σενάριο 1

Η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>) στο σενάριο 1, το αντίστοιχο του συνόλου των προτεινόμενων προτάσεων αναβάθμισης σε σχέση με τα σενάρια 2 και 3 καθώς και το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς είναι η ακόλουθη:

Τελική Χρήση	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Θέρμανση	20,3	150,8	34,9	91,2	108,7
Ψύξη	44,9	136,7	37,7	103,0	81,7
ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	92,7	120,9	74,4	74,4	74,4
Συνεισφορά ΑΠΕ -ΣΗΘ	0,0	0,0	16,9	0,0	0,0
Σύνολο	157,9	408,5	130,2	268,6	264,8
Κατάταξη	-	Z	B	Δ	Δ

Πίνακας 7.2-6: Καταναλώσεις πρωτογενούς ενέργειας στο κτίριο μελέτης, υπάρχον κτίριο και σενάρια 1,2 και 3



### 7.3 Αξιολόγηση επεμβάσεων

Οι επεμβάσεις όπως φαίνεται από τους παραπάνω πίνακες βελτιώνουν σημαντικά την ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου μελέτης περίπτωσης.

Αυτό αποτυπώνεται στην αλλαγή της ενεργειακής κατηγορίας του κτιρίου από Z σε B, μια αλλαγή που περιληπτικά τεκμηριώνει ποσοτικά τις θετικές επιδράσεις των προτεινόμενων επεμβάσεων. Αναλύοντας τις διαφορετικές επιδόσεις του κτιρίου πριν και μετά τις επεμβάσεις παρατηρούμε ότι:

Στον τομέα της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας από τα 408,5 kWh/m<sup>2</sup> οι προτεινόμενες αναβαθμίσεις κατεβάζουν τις ανάγκες στα 130,2 kWh/m<sup>2</sup> μια εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας των 278,3 kWh/m<sup>2</sup>, δηλαδή μια εξοικονόμηση της τάξης του 68,1%.

Στον τομέα των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά τον ίδιο τρόπο έχουμε μείωση των εκπομπών από τα 123,7 kg/m<sup>2</sup> στα 42,4 kg/m<sup>2</sup> μια μείωση των 81,4 kg/m<sup>2</sup> (65,7%).

Το λειτουργικό κόστος ακόμα του υπάρχοντος κτιρίου σύμφωνα με το πρόγραμμα του TEE-KENAK ανέρχεται στα 166.107,40 € ενώ με την εφαρμογή των μέτρων αναβάθμισης πέφτει στα 52.782,30 € μια εξοικονόμηση 113.325,10 €, η οποία λαμβάνοντας υπόψη το κόστος επένδυσης για την κατασκευή των αναβαθμίσεων που σύμφωνα με το πρόγραμμα ανέρχεται στο 1.023.987,70 € οδηγεί σε μια περίοδο απόσβεσης του κόστους επένδυσης μόλις 9,0 ετών.

Ο ακόλουθος πίνακας, εξαγόμενος επίσης από το πρόγραμμα, συγκεντρώνει τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν παραπάνω (καθώς και τα αντίστοιχα για τα σενάρια 2 και 3):

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
Λειτουργικό κόστος (€)	66.430,3	166.107,4	52.782,3	110.346,3	107.333,9
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.023.987,7	651.987,7	448.213,0
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			278,3	139,8	143,6
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			68,1	34,2	35,2
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,6	0,7	0,6
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			81,4	39,3	45,3
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			9,0	11,7	7,6

**Πίνακας 7.3-1:** Εξοικονόμηση και κόστη στο υπάρχον/υπάρχον κτίριο και στα σενάρια 1,2 και 3

Εκτός βεβαίως των παραπάνω μετρήσιμων θετικών επιδράσεων στο κτίριο μελέτης περίπτωσης αξίζει να αναφερθεί ότι η βελτίωση του εργασιακού περιβάλλοντος θα έχει σημαντικό αντίκτυπο και στην αποδοτικότητα δηλαδή στο δίπτυχο μέγεθος - ποιότητα της παραγόμενης εργασίας καθώς και στη διάθεση του προσωπικού για εργασία. Θα δημιουργηθεί δηλαδή μέσω των προτεινόμενων επεμβάσεων ένα διαφορετικό εργασιακό περιβάλλον αποδοτικότερο που θα οδηγήσει εμμέσως σε μικρότερη περίοδο αποπληρωμής από αυτή των 9,0 ετών .

### **Μέρος 3:**

### **Συνοψίζοντας**

## 8. Συμπεράσματα

Αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας αποτέλεσαν οι αρχές που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και οι δυνατότητες εφαρμογής αυτών των αρχών σε υφιστάμενα κτίρια γραφείων καθώς και η κριτική αξιολόγηση εφαρμογής τους σε υφιστάμενο παράδειγμα κτιρίου γραφείων.

Οι βασικές διαπιστώσεις επί των οποίων κινήθηκε η διπλωματική είναι οι ακόλουθες:

Στη σύγχρονη εποχή ο Βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει καθιερωθεί πλέον ως η αυτονόητη επιλογή αντιμετώπισης των προβλημάτων που εμφανίζονται κατά την ανέγερση και λειτουργία των κτιρίων. Στόχος της είναι η προστασία του περιβάλλοντος και η διαφύλαξη των φυσικών πόρων, χωρίς την αποδοχή συμβιβασμών στις ανάγκες και απαιτήσεις των χρηστών των κτιρίων. Ο Βιοκλιματικός σχεδιασμός δεν είναι μια σύγχρονη θεώρηση. Οι σημερινές όμως ανάγκες για περιορισμό της κατανάλωσης πρώτων υλών, επίτευξη ενεργειακής βιωσιμότητας και διαφύλαξη της ανθρώπινης ποιότητας ζωής στα κτίρια οδήγησαν στην επικράτηση των θεωρήσεων του στη διάρκεια της σχεδίασης και ανέγερσης σύγχρονων κτιρίων γραφείων με τα ανάλογα θετικά αποτελέσματα. Όμως, πέραν των νέων κατασκευών υπάρχει στην ελληνική επικράτεια μεγάλο κτιριακό απόθεμα κτιρίων γραφείων υλοποιημένων σε προηγούμενες δεκαετίες τα οποία δεν εφάρμοσαν αυτές τις αρχές. Η αντικατάσταση τους με σύγχρονα κτίρια δεν είναι οικονομικά και ενεργειακά συνετή και η αναβάθμιση- επανάχρηση τους προκρίνεται ως η μόνη βιώσιμη λύση με τη χρήση τεχνικών που εντοπίζονται σε επιτυχημένα παραδείγματα. Αυτή η αναβάθμιση είναι μετρήσιμη με προγράμματα προσομοίωσης τα οποία και θα καταδεικνύουν την επίδραση των αναβαθμίσεων επί του ενεργειακού ισοζυγίου των κτιρίων. Μελέτη περίπτωσης χρησιμοποιείται για τον έλεγχο αυτό.

Μέσω βιβλιογραφικής διερεύνησης αναδείχτηκαν, με χρήση παραδειγμάτων και ιδιαιτέρως της επισκόπησης ενός εφαρμοσμένου παραδείγματος, στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού που εφαρμόζονται σε κτίρια γραφείων. Έτσι βασικά στοιχεία που επηρεάζουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό είναι ο προσανατολισμός, η χωροθέτηση των ανοιγμάτων, η θερμομόνωση του κελύφους και η χρήση υλικών χαμηλής εμπεριεχόμενης ενέργειας. Στα παθητικά συστήματα θέρμανσης που μπορούν να βρουν εφαρμογή σε κτίρια γραφείων συγκαταλέγονται τα αίθρια και τα θερμοκήπια. Στα συστήματα φυσικού δροσισμού αντιστοίχως απαντώνται τα σκίαστρα-περσίδες, η φύτευση του περιβάλλοντα χώρου, η

τοποθέτηση σύγχρονων κουφωμάτων, η τοποθέτηση συστημάτων φυσικού αερισμού, τα φυτεμένα δώματα, οι επενδύσεις των όψεων, η χρήση ανεμιστήρων οροφής και η απόρριψη θερμότητας από το κτίριο στη γη με αγωγή. Στα συστήματα φυσικού φωτισμού εκτός των ανοιγμάτων στην κατακόρυφη τοιχοποιία συναντάμε ανοίγματα οροφής-φεγγίτες. Στα ενεργητικά συστήματα απαντώνται τα φωτοβολταϊκά συστήματα, οι εγκαταστάσεις ψύξης-θέρμανσης, τα συστήματα BMS και η αντικατάσταση των ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων φωτισμού.

Στις μεθόδους αξιολόγησης έχουμε την έρευνα με επιτόπου μετρήσεις και ερωτηματολόγιο και τις προσομοιώσεις. Η προσομοίωση υπολογίζει την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη στοιχεία όπως τα κλιματικά δεδομένα στην ευρύτερη περιοχή του, τα χαρακτηριστικά των δομικών του στοιχείων, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας του, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων θέρμανσης/κλιματισμού, των εγκαταστάσεων αερισμού και φωτισμού καθώς και την τυχόν ύπαρξη παθητικών ηλιακών συστημάτων ενώ συνεκτιμά θετικά τη χρήση συστημάτων Σ.Η.Θ., κεντρικών συστημάτων θέρμανσης σε κλίμακα περιοχής, την αξιοποίηση του Φυσικού Φωτισμού και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Το βασικό πρόγραμμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ελληνική επικράτεια σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ελληνικού κανονισμού είναι το λογισμικό TEE-KENAK, και είναι και αυτό που χρησιμοποιείται στη μελέτη περίπτωσης κτιρίου εφαρμογής.

Στα πιστοποιημένα συστήματα αξιολόγησης που εφαρμόζονται στα κτίρια συγκαταλέγονται ακόμα οι μέθοδοι LEED, BREEAM, CASBEE. Έχουν ως σκοπό τους την προώθηση των οφελών υιοθέτησης "πράσινων" στρατηγικών και την ανάδειξη ενεργειακά και περιβαλλοντικά "ορθών" κατασκευών. Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης ερευνώνται στοιχεία όπως η κατανάλωση ενέργειας, τα δομικά υλικά που χρησιμοποιούνται στις εκάστοτε περιπτώσεις, η χρήση για την οποία προορίζονται, το εξωτερικό περιβάλλον κ.α. Και οι 3 μέθοδοι καταλήγουν στην υιοθέτηση κλιμάκων που κατατάσσουν τα κτίρια σε διάφορες κατηγορίες. Σημαντικότερος παράγοντας αξιολόγησης και στις 3 μεθόδους αποτελεί η ενέργεια. Αποτελούν συνοψίζοντας σε μια πρόταση μια σημαντική προσπάθεια αποτίμησης των επιπτώσεων του οικιστικού χώρου στο περιβάλλον.

Από την ανάλυση στοιχείων του ελληνικού κτιριακού αποθέματος προκύπτει ότι ποσοστό άνω του 70% (72,25%) της συνολικής κτιριακής επιφάνειας, περίπου 87% (86,91%) του



πλήθους των κτιρίων, έχει κατασκευαστεί πριν την πλήρη εφαρμογή των κανονισμών θερμομόνωσης και την εισαγωγή νέων τεχνολογιών και χρήζει αναβάθμισης.

Ακόμα επισημαίνονται μέσω αναλυτικής ανάγνωσης αντίστοιχων μελετών οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας από την πιθανή ενεργειακή αναβάθμιση των υπαρχόντων κτιρίων γραφείων, με τα ποσοστά εξοικονόμησης να κυμαίνονται σε μεγέθη πλησίον του 40%. Στα οφέλη των αναβαθμίσεων συγκαταλέγονται το μικρότερο κόστος λειτουργίας του κτιρίου που οδηγεί στη γρήγορη απόσβεση του κόστους επένδυσης και στην εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων, τα οφέλη στο περιβάλλον λόγω της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου με την ταυτόχρονη θετική επίδραση στο μικροκλίμα της περιοχής, την βελτίωση του εσωκλίματος του κτιρίου, τη δημιουργία μιας νέας αγοράς - οικονομικής δραστηριότητας γύρω από τις δραστηριότητες που σχετίζονται με την ανακαίνιση και την αύξηση της αντικειμενικής αξίας του ακινήτου.

Για την περιβαλλοντική-ενεργειακή αναβάθμιση υπαρχόντων κτιρίων προκρίνονται μέτρα όπως η θερμομόνωση του κελύφους, η κατασκευή σκιάστρων, η φύτευση του περιβάλλοντος χώρου και του δώματος του κτιρίου, η αντικατάσταση των υπαρχόντων κουφωμάτων, οι επενδύσεις των όψεων, η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής, η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων, η αντικατάσταση των εγκαταστάσεων ψύξης-θέρμανσης, η εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης των κτιρίων, η αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων φωτισμού με ενεργειακά αποδοτικά ανάλογα, η μετατροπή των κτιρίων για την επίτευξη συνθηκών φυσικού φωτισμού με ταυτόχρονη όπου απαιτείται κατασκευή αίθριων και διάνοιξη φεγγιτών. Σε αυτά σημαντική παράμετρος είναι η χρήση τοπικών υλικών με δυνατότητες ανακύκλωσης μετά το πέρας της χρήσης τους.

Κατά τη μελέτη του παραδείγματος εφαρμογής η υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου αποτυπώνεται και αξιολογείται αναλυτικά κριτικά ως προς την περιβαλλοντική του απόκριση με επισήμανση όλων των προβλημάτων που υπάρχουν. Έχοντας τα δεδομένα αυτής της αξιολόγησης υπόψη και με βάση το πρόγραμμα TEE-KENAK το κτίριο κατατάσσεται στην Ενεργειακή Κατηγορία Z, δηλαδή είναι ένα Ενεργειακά μη αποδοτικό κτίριο.

Λαμβάνοντας υπόψη τα προβλήματα του κτιρίου και τα γενικά προτεινόμενα μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης υπαρχόντων κτιρίων, προκρίνονται για την αναβάθμιση του κτιρίου και την κατάταξή του σε μια από τις ενεργειακά αποδεκτές κατηγορίες (τουλάχιστον B) μια σειρά από μέτρα όπως η θερμομόνωση των δομικών του στοιχείων, η κατασκευή

σκιάστρων, η φύτευση των δωματίων, η αντικατάσταση κουφωμάτων, οι εργασίες για την επίτευξη συνθηκών φυσικού φωτισμού στους διαδρόμους και κοινόχρηστους χώρους, η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής, η αναβάθμιση του λεβητοστασίου και των θερμαντικών σωμάτων, η τοποθέτηση κεντρικών κλιματιστικών μονάδων, η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων, η εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης του κτιρίου - BMS καθώς και η τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος στο δώμα του κτιρίου. Το αποτέλεσμα όλων αυτών των παρεμβάσεων είναι ένα ενεργειακά αποδοτικό κτίριο κατηγορίας B το οποίο είναι και το ζητούμενο.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της συμπεριφοράς του κτιρίου πριν και μετά τις επεμβάσεις προσφέρουν μια ποσοτική αξιολόγηση της αποδοτικότητας των προτεινόμενων μέτρων βελτίωσης στην ενεργειακή εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας με ελάττωση των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου κατά  $278,3 \text{ kWh/m}^2$ , μια εξοικονόμηση της τάξης  $68,1\%$ , στην μείωση των εκπομπών  $\text{CO}_2$  (ελάττωση εκπομπών κατά  $81,4 \text{ kg/m}^2$ ), στη βελτίωση των συνθηκών εργασίας και στην γενικότερη περιβαλλοντική απόκριση του κτιρίου αποδεικνύοντας κατ' αυτό τον τρόπο την ορθότητα τους.

Επομένως με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας και λαμβάνοντας υπόψη το κτίριο που μελετήθηκε ως μια τυπική περίπτωση δημοσίου κτιρίου γραφείων υφιστάμενου πριν την εφαρμογή των σύγχρονων κανονισμών και την αναγνώριση των νέων δεδομένων που αφορούν την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, οι επεμβάσεις που μπορούν να προταθούν ως αποδοτικά μέτρα για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόκρισης υφιστάμενων δημόσιων κτιρίων γραφείων, προσαρμοζόμενα βέβαια στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε κτιρίου και του εκάστοτε περιβάλλοντος συνοψίζονται στην:

- Θερμομόνωση του κελύφους
- Κατασκευή σκιάστρων
- Φύτευση του περιβάλλοντος χώρου και των δωματίων
- Αντικατάσταση των υπαρχόντων κουφωμάτων
- Επενδύσεις των όψεων.
- Τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής για ενίσχυση του φυσικού δροσισμού.
- Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων
- Αντικατάσταση των εγκαταστάσεων ψύξης - θέρμανσης όπου απαιτείται
- Εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης των κτιρίων. (BMS)

- Αντικατάσταση - τοποθέτηση ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων φωτισμού με αντίστοιχες συσκευές και λαμπτήρες ενεργειακά αποδοτικές.
- Μετατροπή των κτιρίων όπου είναι δυνατό για την επίτευξη συνθηκών φυσικού αερισμού.
- Κατασκευή όπου είναι δυνατό αιθρίων και διάνοιξη φεγγιτών.

## Βιβλιογραφία

- Abdalla G., G. Maas, J. Huyghe, O. Micke (2011). Criticism on Environmental Assessment Tools. 2011 2th International Conference on Environmental Science and Technology Singapore: IACSIT Press, IPCBEE vol. 6
- Arnold T., R. Hascher, S. Jeska, B. Klauck (Ed. 2002). A design Manual: Office Buildings. Basel ; Boston : Birhäuser.
- Anisah, I. Inayati, F. X. N. Soelami, R. Triyogo, (2016). Identification of existing office buildings potential to become green buildings in energy efficiency aspect. Procedia Engineering, Volume 170, pp 320-324, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.040>
- Arup Associates (επιμ. Ηλιάνα Γρ. Τρυσιάνη) (2012). Πράσινο κέντρο δεδομένων στη Φραγκφούρτη. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 06/Ιούλιος-Αύγουστος 2012, σελ. 124-127
- Atelier Pro (Επιμ. Αγγελική Παϊπάη), (2012). Βιοκλιματικό δημαρχείο στην Ολλανδία. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 06/Ιούλιος-Αύγουστος 2012, σελ. 54-61
- Beccali M., V. Strazzeri, M. L. Germanà, V. Melluso, A. Galatioto (2017). Vernacular and bioclimatic architecture and indoor thermal comfort implications in hot-humid climates: An overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 82, Part 2, pp 1726-1736, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.062>
- Bertone E., R. A. Stewart, O. Sahin, M. Alam (2017). Guidelines, barriers and strategies for energy and water retrofits of public buildings. Journal of Cleaner Production, Volume 174, pp 1064-1078, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.065>
- Bosseboeuf Didier, Bruno Lapillonne, Carine Sebi, Karine Pollier, Nicolas Mairet (2012). Energy Efficiency Trends in Buildings in the EU, Enerdata
- BRE (2014). BREEAM UK New Construction Non-Domestic Buildings Technical Manual SD5076: 0.1 (DRAFT-2014). BRE Global LTD, [https://tools.breeam.com/filelibrary/BREEAM%20UK%20NC%202014%20Resources/SD5076\\_DRAFT\\_BREEAM\\_UK\\_New\\_Construction\\_2014\\_Technical\\_Manual\\_ISSUE\\_0.1.pdf](https://tools.breeam.com/filelibrary/BREEAM%20UK%20NC%202014%20Resources/SD5076_DRAFT_BREEAM_UK_New_Construction_2014_Technical_Manual_ISSUE_0.1.pdf)

BRE (2016). BREEAM International New Construction 2016 Technical Manual SD233: 2.0.  
BRE Global LTD,

[https://www.breeam.com/BREEAMInt2016SchemeDocument/#resources/output/10\\_pdf/a4\\_pdf/nc\\_pdf\\_printing/sd233\\_nc\\_int\\_2016\\_print.pdf](https://www.breeam.com/BREEAMInt2016SchemeDocument/#resources/output/10_pdf/a4_pdf/nc_pdf_printing/sd233_nc_int_2016_print.pdf)

Buerger Stephan, Αριστοτέλης Φ. Δημητρακόπουλος, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Αθηνά Λούρου, Θεολόγος Παναγιωτίδης, (2005α). Κεντρικά γραφεία Γ.Ε.Κ. Α.Ε., Αθήνα. Περιοδικό Δομές Διεθνής Επιθεώρηση Αρχιτεκτονικής, Κτίρια Γραφείων Α', Τεύχος 04/05, σελ. 60-67

Buerger Stephan, Αριστοτέλης Φ. Δημητρακόπουλος, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Αθηνά Λούρου, Θεολόγος Παναγιωτίδης, (2005β). Κτίριο γραφείων του ομίλου Α.Α. Holdings, Άγιος Ιωάννης, Ρέντη, Αθήνα. Περιοδικό Δομές Διεθνής Επιθεώρηση Αρχιτεκτονικής, Κτίρια Γραφείων Α', Τεύχος 04/05, σελ. 94-99

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Αθηνά Λούρου, Θεολόγος Παναγιωτίδης, (2006α). Κτίριο γραφείων στον Πειραιά. Περιοδικό Δομές Διεθνής Επιθεώρηση Αρχιτεκτονικής, Νέα κτίρια γραφείων - Ελλάδα, Τεύχος 05/06, σελ. 74-79

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Αθηνά Λούρου, Θεολόγος Παναγιωτίδης, (2006β). Κτιριακό Συγκρότημα της Α.Β.Γ. Καλυφτάκι Α.Ε., Κάτω Κηφισιά, Αθήνα. Περιοδικό Δομές Διεθνής Επιθεώρηση Αρχιτεκτονικής, Νέα κτίρια γραφείων - Ελλάδα, Τεύχος 05/06, σελ. 54-61

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Ιωάννης Πουλαράκης, Νικόλαος Σούλης, (2010). Κτίριο γραφείων της ALPHA BANK στη Λεωφόρο Αθηνών, Αττική. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Β, Τεύχος 05/10, σελ. 38-39

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Νικόλαος Σούλης, (2011α). Αλλαγή εσωτερικής διαμόρφωσης και όψεων κτιρίου, Πικέρμι, Αττική. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Α, Τεύχος 05/11, σελ. 192-193

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Νικόλαος Σούλης, (2011β). Ανακαίνιση κελύφους κτιρίου γραφείων στον Κηφισό, Αιγ., Αττική. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Α, Τεύχος 05/11, σελ. 194-195



Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Νικόλαος Σούλης, (2011γ). Αποθήκη Χρηματικού-Θησαυροφυλάκιο στην Πυλαία, Θεσσαλονίκη. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Α, Τεύχος 05/11, σελ. 48-49

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Νικόλαος Σούλης, (2011δ). Αρχιτεκτονική μελέτη ερευνητικού περιεχομένου κτιρίου Διοίκησης πολυτεχνείου Κρήτης. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Β, Τεύχος 06/11, σελ. 138-139

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Νικόλαος Σούλης, (2011ε). Δημοτικό Μέγαρο Δράμας, Δράμα. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Α, Τεύχος 05/11, σελ. 26-27

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Νικόλαος Σούλης, (2011στ). Διοικητήριο Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Αχαΐας. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Α, Τεύχος 05/11, σελ. 112-113

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Νικόλαος Σούλης, (2011ζ). Κτίριο γραφείων στη Λεμεσό, Κύπρος. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Β, Τεύχος 06/11, σελ. 202-203

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Νικόλαος Σούλης, (2011η). Κτίριο Δήμου Λαμπείας, Ηλεία. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Β, Τεύχος 06/11, σελ. 70-71

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Νικόλαος Σούλης, (2011θ). Μέγαρο ασφαλιστικών εταιριών ΑΤΕ στη Λεωφόρο Συγγρού. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Β, Τεύχος 06/11, σελ. 42-43

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Νικόλαος Σούλης, (2011ι). Νέο οκταώροφο κτίριο καταστημάτων, γραφείων και κατοικιών, Παγκράτι. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Β, Τεύχος 06/11, σελ. 24-25

Buerger Stephan, Δήμητρα Κατσώτα, Γεωργ. Α. Πανέτσος, Νικόλαος Σούλης, (2011ια). Συγκρότημα γραφείων στη Θέρμη, Θεσσαλονίκη. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Α, Τεύχος 05/11, σελ. 54-55

Carmova M., Tiesfell S., (2007). Urban Design Reader. Oxford: Architectural Press

Carmova M., Tiesfell S., Heath T., Oc. T., (2010). Public Places - Urban Spaces The Dimensions of Urban Design 2nd edition. Oxford: Architectural Press, Elsevier.

Carroon J., (Ed. 2010). Sustainable Preservation. Greening Existing Buildings. Hoboken, N.J. : Wiley.

Chandel S. S., V. Sharma, B. M. Marwah (2016). Review of energy efficient features in vernacular architecture for improving indoor thermal comfort conditions. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 65, pp 459-477,

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.038>

Colombo R., A. Landabaso, A. Sevilla, (Ed. 1998). Εγχειρίδιο Σχεδιασμού Παθητική Ηλιακή Αρχιτεκτονική για την περιοχή της Μεσογείου. Αθήνα: Κοινό Κέντρο Ερευνών για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Cramer J., S. Breitling, (Ed. 2007). Architecture in existing fabric: planning, design, building. Basel [Switzerland] ; Boston : Birkhauser.

Croxton Collaborate Architects, National Audubon Society (Ed. 1994). Audubon House: Building the environmentally responsible energy efficient office. New York : Wiley.

Dahl, T., (Ed. 2010). Climate and Architecture. Milton Park, Abingdon, Oxon ; New York, N.Y.: Routledge.

Darko A., A. P. C. Chan, D. -G. Owusu-Manu, E. E. Ameyaw (2017). Drivers for implementing green building technologies: An international survey of experts. Journal of Cleaner Production, Volume 145, pp 386-394, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.043>

Darko A., C. Zhang, A. P. C. Chan (2016). Thermal Drivers for green building: A review of empirical studies. Habitat International, Volume 60, pp 34-49,

<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2016.12.007>

Delgado L., T. Shealy, (2017). Opportunities for greater energy efficiency in government facilities by aligning decision structures with advances in behavioral science. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 82, Part 3, pp 3952-3961,

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.078>

Desogus G., L. G. F. Cannas, A. Sanna (2016). Bioclimatic lessons from Mediterranean vernacular architecture: The Sardinian case. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 82, Part 3, pp 2147-2161, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.07.051>

Ding G. K. C., (2008). Sustainable Construction – The role of environmental assessment tools. Journal of Environmental Management, Volume 86, Issue 3, February 2008, pp 451-464 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.025>

Downtown PF. (2009) Ecopolis: Architecture and cities for a changing climate. Springer Netherlands.

Edwards B. MSc., (Ed. 1998). Green Buildings Pay. London ; New York : E & FN Spon for the Royal Institute of British Architects.

Ikaga Toshiharu (2013). Built Environment Efficiency Assessment for Housing, Building, urban Block and City in Japan. International Conference on Sustainable Building Asia SB13 Seoul.

Fincham E. Jack (2008). Response rates and Responsiveness for Surveys, Standards, and the Journal, American Journal of Pharmaceutical Education 2008, Volume 72 (2) Article 43, [https://www.researchgate.net/publication/5366238\\_Response\\_Rates\\_and\\_Responsiveness\\_for\\_Surveys\\_Standards\\_and\\_the\\_Journal](https://www.researchgate.net/publication/5366238_Response_Rates_and_Responsiveness_for_Surveys_Standards_and_the_Journal)

Fuertes P. PhD (2017). Embodied Energy Policies to Reuse Existing Buildings. Energy Procedia, Volume 115, pp 431-439, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.040>

Gabay H., I. A. Meir, M. Schwartz, E. Werzberger (2014). Cost-benefit analysis of green buildings: An Israeli office buildings case study. Energy and Buildings, Volume 76, pp 558-564, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.02.027>

Gaglia Athina G., Constantinos A. Balaras, Sevastianos Mirasgedis, Elena Georgopoulou, Yiannis Sarafidis, Dimitris P. Lalas (2007). Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. Energy Conversion and Management, Volume 48, Issue 4, April 2007, Pages 1160-1175 <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2006.10.008>

Goulding R.J., J.O. Lewis and T.C. Steemers, Ε.Π. Τσίγκας (1996). Ενέργεια στην Αρχιτεκτονική : το ευρωπαϊκό εγχειρίδιο για τα παθητικά ηλιακά κτίρια. Θεσσαλονίκη: Μαλλιάρης Παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Halawa, E., A. Ghaffarianhoseini, A. Ghaffarianhoseini, J. Trombley, N. Hassan, M. Baig, S. Y. Yusoff, M. A. Ismail (2017). A review on energy conscious designs of building façades in hot and humid climates: Lessons for (and from) Kuala Lumpur and Darwin. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 82, Part 3, pp 2147-2161, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.061>

Hastings S. R., (Ed. 1994). Passive Solar Commercial and Institutional buildings. A sourcebook of examples and design insights. Chichester ; New York : J. Wiley for the International Energy Agency. Solar Heating and Cooling Programme.

Hossain F. Md. (2017). Green science: Advanced building design technology to mitigate energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 81, Part 2, pp 3051-3060, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.064>

ISWD ARCHITEKTEN (Επιμ. Αγγελική Παϊπάη), (2012). Ηλιοπροστασία κελύφους με σύστημα κινητών περσίδων. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 06/Ιούλιος-Αύγουστος 2012, σελ. 130-131

Jacques Ferrier Architectures (επιμ. Απόστολος Κυριαζής), (2012). Ξύλινο διάτρητο κέλυφος για τη δημιουργία κατακόρυφων κήπων. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 05/Ιούνιος 2012, σελ. 81-84

Jagarajan R., M. N. A. M. Asmoni, A. H. Mohammed, M. N. Jaafar, J. L. Y. Mei, M. Baba (2016). Green retrofitting – A review of current status, implementations and challenges. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 67, pp 1360-1368, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.091>

Lewis J. O., T.C. Steemers, J. R. Goulding, (Ed 1992). Energy Conscious Design, A primer for Architects. London : B.T. Batsford, for the Commission of the European Communities.

Li H., B. Chena, G. Feng, (2017). Investigation and Analysis on Present Situation of Existing Building Green Retrofitting in Public Institution. Procedia Engineering, Volume 205, pp 3340-3345, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.366>

Li Y., J. Ren, Z. Jing, L. Jianping, Q. Ye, Z. Lv (2017). The Existing Building Sustainable Retrofit in China-A Review and Case Study. Procedia Engineering, Volume 205, pp 3638-3645, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.224>

Ma Z., P. Cooper, D. Daly, L. Ledo (2012). Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. Energy and Buildings, Volume 55, pp 889-902,

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.018>

Manzano-Agugliaro F., F. G. Montoya, A. Sabio-Ortega, A. García-Cruz, (2015). Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 49, pp 736-755, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.095>

Mendler S., W. Odell, M. A. Lazarus, (Ed. 2006). The HOK guidebook to sustainable design. Hoboken, N.J. : J. Wiley.

Mikou Design Studio, (2011). Σχεδιασμός βιοκλιματικών όψεων και στεγών για ηχοπροστασία. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 10/Νοέμβριος-Δεκέμβριος 2011, σελ. 105-110.

Miller B., (Ed. 1997). Buildings for a sustainable America: Case Studies. Boulder, Colo. : American Solar Energy Society.

Murray S. N., B. P. Walsh, D. Kelliher, D. T. J. O'Sullivan, (2014). Multi-variable optimization of thermal energy efficiency retrofitting of buildings using static modeling and genetic algorithms - A case study. Building and Environment, Volume 75, pp 98-107,

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.01.011>

Montavon M. (2010). Optimisation of Urban Form by Evaluation of the Solar Potential. Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, 10.5075/epfl-thesis-4657.

Pedersen Kohn Fox, (Επιμ. Σοφία Κεσίδου) (2011). Κατασκευή βιοκλιματικού αίθριου σε ιστορικό κτίριο. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 03/Απρίλιος 2011, σελ. 117-120.

Pombo O., K. Allacker, B. Rivela, J. Neila (2016). Sustainability assessment of energy saving measures: A multi-criteria approach for residential buildings retrofitting—A case study of the Spanish housing stock. Energy and Buildings, Volume 116, pp 384-394,

<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.01.019>

Potiropoulos D+L Architects, (2014). Δημαρχείο Κορυδαλλού. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 09/Νοέμβριος-Δεκέμβριος 2014, σελ. 38-47

Rashid Y. R., M. S. Sulaiman, A. Aziz, H. Selamat, A. H. M. Yani, M. Z. Kandar, (2011). Greening government's office buildings: PWD Malaysia experiences. Procedia Engineering, Volume 21, pp 1056-1060, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2111>



Richardson BW, (1876). Hygeia, a city of Health. London: McMillan and Co.

RMM Architects & Masterplanners (Επιμ. Έλλη-Κων/να Μυλωνά), (2014). Ολιστικός Σχεδιασμός και τεχνολογική καινοτομία σε πρότυπη πολυτεχνική σχολή. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 08/Οκτώβριος 2014, σελ. 94-99.

Rattray Janice, Jones C. Martyn (2007). Essential elements of questionnaire design and development. Journal of Clinical Nursing, Volume 16, pp 234-243, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2006.01573.x>

Santamouris M., D. Asimakopoulos, (Ed. 1995α). Energy retrofitting of office buildings Vol2: Case Studies. Athens : [s.n.] for European Commission. Directorate-General for Energy.

Santamouris M., D. Asimakopoulos, (Ed. 1995β). Energy retrofitting of office buildings Vol3: Case Studies. Athens : [s.n.] for European Commission. Directorate-General for Energy.

Schittich, C., (Ed.2003). In detail: solar architecture: strategies, visions, concepts. Munchen : Basel ; Boston : Edition Detail.

Schittich C., (Ed. 2007). Cost - Effective building: economic concepts and constructions. München : Basel ; Boston : Edition Detail, Institut für internationale Architektur-Dokumentation.

Shao Y., P. Geyer, W. Lang (2014). Integrating requirement analysis and multi-objective optimization for office building energy retrofit strategies. Energy and Buildings, Volume 82, pp 356-368, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.030>

SMA (επιμ. Νίκη Καμαριανού), (2012). Ενεργειακά αυτόνομο και έξυπνο κτίριο. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 06/Ιούλιος-Αύγουστος 2012, σελ. 120-123

Studio Marco Vermeulen (Επιμ. Άννα Μαυροπούλου), (2017). Ανακατασκευή του μουσείου BIESBOSCH και διαμόρφωση φυτεμένης στέγης. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 02/Μάρτιος 2017, σελ. 112-117

Thatcher A., K. Milner, (2016). Is a green building really better for building occupants? A longitudinal evaluation. Building and Environment, Volume 108, pp 194-206, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.08.036>

Tuluca A., Steven Winters Associates INC., (Ed. 1997). Energy - Efficient Design and Construction for commercial buildings. New York : McGraw-Hill.

United States Green Building Council (2018), LEED v4 for Building Operations and Maintenance Updated January 5 2018, United States Green Building Council, <http://www.usgbc.org/resources/leed-v4-building-operations-and-maintenance-current-version>

Verbeke S., A. Audenaert (2017). Thermal inertia in buildings: A review of impacts across climate and building use. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 82, Part 3, pp 2300-2318, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.083>

Wang H., Y. Xue, Y. Mu (2017). Assessment of energy savings by mechanical system retrofit of existing buildings. Procedia Engineering, Volume 205, pp 2370-2377, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.326>

Webb A. L. (2017). Energy retrofits in historic and traditional buildings: A review of problems and methods. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 77, pp 748-759, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.145>

Zhou Z., S. Zhang, C. Wang, J. Zuo, Q. He, R. Rameezdeen (2015). Achieving energy efficient buildings via retrofitting of existing buildings: a case study. Journal of Cleaner Production, Volume 112, Part 5, pp 3605-3615, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.046>

Ziogou I., A. Michopoulos, V. Voulgari, T. Zachariadis (2017). Energy, environmental and economic assessment of electricity savings from the operation of green roofs in urban office buildings of a warm Mediterranean region. Journal of Cleaner Production, Volume 168, pp 346-356, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.217>

---

Αδαμάκης Κώστας, Στέφανος Αδαμάκης, Αρχοντή Ιωάννου, (2017). Επανάχρηση και μετασχηματισμός ιστορικού κτιρίου στο κέντρο του Βόλου. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 09/Νοέμβριος-Δεκέμβριος 2017, σελ. 92-97

Ανδρουτσόπουλος Ανδρέας, Λένα Λαμπροπούλου, (2012). Ενεργειακή αναβάθμιση σε κτίριο γραφείων του ΚΑΠΕ. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 08/Οκτώβριος 2012, σελ. 59-66

Αξαρή Κλειώ Ν. (2009). Ενεργειακός Σχεδιασμός και ενεργειακή απόδοση κτιρίων - γενικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Σημειώσεις για το μικρής διάρκειας σεμινάριο του Τμήματος Κεντρικής Μακεδονίας με γενικό τίτλο Ενεργειακός σχεδιασμός νέων και υφιστάμενων κτιρίων, Ιανουάριος - Φεβρουάριος 2009

[http://library.tee.gr/digital/kma/kma\\_m1429/kma\\_m1429\\_axarli\\_basic.pdf](http://library.tee.gr/digital/kma/kma_m1429/kma_m1429_axarli_basic.pdf)

Αξαρή Κ., Μπαμπούρης Β. (2011). Μέθοδοι Περιβαλλοντικής Αξιολόγησης και Πιστοποίησης Κτιρίων (L.E.E.D., B.R.E.E.A.M. και C.A.S.B.E.E.),

<https://docplayer.gr/3668163-Metho-oi-perivallontikis-axiologisis-kai-pistopoiisis-ktirion-l-e-e-d-b-r-e-e-a-m-kai-c-a-s-b-e-e.html>

Απόφαση υπ' αριθμ. Δ6/Β/οικ. 5825, (2010) Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων, ΦΕΚ 407Β

Βικέλας Αλέξης, (2009). Κτίριο Γραφείων και Καταστημάτων στο Μαρούσι. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 04/Μάιος 2009, σελ. 31-36

Βουτσινά Μαρία, (2008). Ανάπλαση όψης κτιρίου γραφείων στην Αθήνα. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 05 Ιούνιος/2008, σελ. 45-47

Βραχόπουλος Μιχάλης Γρ., (2011). Παθητικά ηλιακά Συστήματα & η απόδοση τους στην Ελλάδα. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 06/Ιούλιος 2011, σελ. 67-74

Γαγλία Α. Γ., Κ. Α. Μπαλάρας, Σ. Μοιρασγένης, Ε. Γεωργοπούλου, Ι. Σαραφίδης, Δ. Λάλας, (2009) Κτιριακό Απόθεμα, Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας και Μείωση Ρύπων στον Οικιακό και Τριτογενή Τομέα στην Ελλάδα - Μέτρα Αντιμετώπισης. 10.13140/2.1.3841.3602. 9ο Εθνικό Συνέδριο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Ατ Πάφος, Κύπρος, Volume: σ. 45-52 <https://www.researchgate.net/publication/260230793>

Γερασίμου-Δούφιου Άννα, (2012). Ηλιακά συστήματα φωτισμού. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 06/Ιούλιος-Αύγουστος 2012, σελ. 107-112

Γιάνη Μαρία, (2007). Κτίζοντας πράσινα-Δομικά υλικά φιλικά προς το περιβάλλον. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 185/Ιανουάριος - Φεβρουάριος 2007, σελ. 87-92

Δουρίδα Δάνια, (2007). Βιοκλιματικό κτίριο γραφείων στην Αθήνα. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 188/Μάιος 2007, σελ. 35-40

Θεοδοσίου Ι. Θεόδωρος, (2013). Ενεργειακή συμπεριφορά φυτεμένων δωματίων. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 04/Μάιος 2013, σελ. 58-64

- Καλλιγιάς Παύλος Μ., (2015). Κτίριο γραφείων στην Αθήνα. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 07/Σεπτέμβριος 2015, σελ. 20-21
- Καϊρή Ελένη, (2010). Δημόσιο κτίριο στην Αττική. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 10/Νοέμβριος-Δεκέμβριος 2010, σελ. 55-60
- Καυκούλα Κ. 2007. Η περιπέτεια των κηπουπόλεων. Θεσσαλονίκη: University Studio Press
- Κεσίδου Σοφία, (2011). Πράσινα γραφεία: Σχεδιασμός, οικολογικά υλικά και διαχείριση. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 09/Οκτώβριος 2011, σελ. 93-100
- Κοσμόπουλος Ιωάννης, Κωνσταντίνος Παπακώστας, (2012). Κτίρια Μηδενικής Ενέργειας. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 06/Ιούλιος-Αύγουστος 2012, σελ. 83-89
- Κούβελα – Παναγιωτάτου Αγνή., (2015). Ιστία: Ανακατασκευή κτιρίου γραφείων στον Πειραιά. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 03/Απρίλιος 2015, σελ. 38-45
- Κρανιώτης Δημήτρης, (2010). Φάκελος: Διαφανείς επιστεγάσεις χώρων και κτιρίων. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 09/Οκτώβριος 2010, σελ. 112-134
- Κωστοπούλου Χριστίνα, (2014). Ενεργειακή Αναβάθμιση πολυκατοικιών με επεμβάσεις στο κέλυφος. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 08/Οκτώβριος 2014, σελ. 69-78
- Κωστοπούλου Χριστίνα, (2015). Δυναμικές όψεις για ηλιοπροστασία. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 03/Απρίλιος 2015, σελ. 65-72
- Λέφας Παύλος, (2000) Περί Αρχιτεκτονικής Βιβλία Ι - V. Αθήνα, Πλέθρον.
- Μακρίδης Π. και Συνεργάτες Ε.Π.Ε., (2013). Αισθητική και ενεργειακή αναβάθμιση πρόσοψης κτιρίου γραφείων. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 05/Ιούνιος 2013, σελ. 83-86
- Μανδηλαράς Βασίλειος Γ. (1993). Ιπποκράτης: Άπαντα 3 Παθολογία Οφθαλμολογία: Περί ανέμων, υδάτων, τόπων - Περί χυμών - Περί φυσών - Περί κρίσιων - Περί κρίσιμων - Περί όψιος. Αθήνα, Κάκτος.
- Μιχόπουλος Απόστολος Κ., (2014). Ενεργειακή αναβάθμιση πολυκατοικιών με επεμβάσεις στα Η/Μ. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 08/Οκτώβριος 2014, σελ. 81-86
- Μοσκόβης Β., (1989). Αριστοτέλους Πολιτικά Ι-ΙΙ. Αθήνα, Νομική Βιβλιοθήκη
- Μπόμπου-Αραχωβίτου Λιάνα, (2010). Συγκρότημα γραφείων, καταστημάτων & κατοικιών στα Χανιά. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 05/Ιούνιος 2010, σελ. 37-42

Νόμος 4067, (2012) Νέος Οικοδομικός Κανονισμός ΦΕΚ 79Α

Πανέτσος Γ., Ν. Σούλης, (2012α). Ανάπλαση Στοάς Σπυρομήλιου και αποκατάσταση θεάτρου "Παλλάς", Αθήνα. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Α, Τεύχος 04/12, σελ. 188-189

Πανέτσος Γ., Ν. Σούλης., (2012β). Κτίριο γραφείων & καταστημάτων, Λεωφόρος Αλίμου, Άλιμος, Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Β, Τεύχος 05/12, σελ. 56-57

Πανέτσος Γ., Ν. Σούλης, (2012γ). Κτίριο γραφείων & καταστημάτων, Ταύρος, Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Β, Τεύχος 05/12, σελ. 32-33

Πανέτσος Γ., Ν. Σούλης, (2012δ). Κτίρια γραφείων, Κηφισιά, Αθήνα. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Α, Τεύχος 04/12, σελ. 112-113

Πανέτσος Γ., Ν. Σούλης, (2012ε). Κτίριο γραφείων, Μαρούσι, Αθήνα. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Α, Τεύχος 04/12, σελ. 118-119

Πανέτσος Γ., Ν. Σούλης., (2012στ). Κτίρια Γραφείων, Ταύρος, Αθήνα. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Β, Τεύχος 05/12, σελ. 30-31

Πανέτσος Γ., Ν. Σούλης, (2012ζ). Μετατροπή πρώην καπνοβιομηχανίας Ματσάγγου σε κτίριο του πανεπιστημίου Θεσσαλίας, Βόλος, Μαγνησία. Περιοδικό Δομές Επετηρίδα Ελληνικής Αρχιτεκτονικής, Τόμος Α, Τεύχος 04/12, σελ. 68-69

Παντελάκης Εμμ. Γ., (1937). Ξενοφώντος Απομνημονεύματα. Αθήνα, Πάπυρος

Παντελιά Στέλλα, (2014). Βιομηχανικό κτίριο με ενεργειακό σχεδιασμό και σεβασμό στη φύση. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 08/Οκτώβριος 2014, σελ. 30-40

Παπαδοπούλου Μ. Απ., (2009). "Εξυπνο κτίριο" και ενεργειακά αποδοτικές λύσεις. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 07/Αύγουστος 2009, σελ. 118-122

Πενέλης Γρηγόρης, (2015). Κέντρο Πολιτισμού: Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 05/Ιούνιος 2015, σελ. 22-25

Πετρολιαγκή Μαργαρίτα (2017). Ανάλυση Αποτελεσμάτων Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων Κατοικίας και Τριτογενούς Τομέα. ΥΠΕΝ, Μάιος 2017

Πρεφτίτση Φωτεινή, (2009). Κτίρια Ανακαίνιση όψεων σε κτίρια γραφείων. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 04/Μάιος 2009, σελ. 61-66



Πρεφτίτση Φωτεινή., (2007). Φωτοβολταϊκά στοιχεία στις όψεις. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 188/Μάιος 2007, σελ. 77-82.

Πρεφτίτση Φωτεινή Γ., (2012). Ηλιακή ενέργεια στο σχεδιασμό του κελύφους. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 06/Ιούλιος-Αύγουστος 2012, σελ. 91-97

Ροδάκης Ε., Ε. Π. Κορωνάκης, (2011). Εναλλακτικά Συστήματα Ψύξης. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 06/Ιούλιος 2011, σελ. 75-78

Σκαρλάτος Παναγιώτης (επιμ. Δήμητρα Τσιώρα), (2006). Κτίρια γραφείων. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 179/Μάιος 2006, σελ. 97-128

Σπέντζα Μαρά, (2007). Διπλές γυάλινες όψεις. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 185/Ιανουάριος - Φεβρουάριος 2007, σελ. 115-120

Τομπάζης Αλέξανδρος, (2009). Κτίριο γραφείων στην Αθήνα. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 06/Ιούλιος 2009, σελ. 32-40

Τσιώρα Δήμητρα, Τέτη Λάλου, Παναγιώτης Σκαρλάτος, (2004). Αποκατάσταση και ανασχεδιασμός κτιρίου πρόνοιας στη Θεσσαλονίκη. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 165/Οκτώβριος 2004, σελ. 115-118

Τσιώρα - Παπαϊωάννου Δήμητρα, Τέτη Λάλου, Παναγιώτης Σκαρλάτος, (2006). Κτίρια Γραφείων Εθνική οδό Αθηνών - Λαμίας. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 179/Μάιος 2006, σελ. 41-48

Τσιώρα - Παπαϊωάννου Δήμητρα, Τέτη Λάλου, Παναγιώτης Σκαρλάτος, (2012). Πρότυπο κτίριο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 06/Ιούλιος-Αύγουστος 2012, σελ. 32-33

Τσιώρα - Παπαϊωάννου Δήμητρα, Τέτη Λάλου, Παναγιώτης Σκαρλάτος, (2014). Κτίριο γραφείων με πιστοποίηση LEED. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 08/Οκτώβριος 2014, σελ. 22-23

Τσιώρα - Παπαϊωάννου Δήμητρα, Τέτη Λάλου, Παναγιώτης Σκαρλάτος, (2015). Κτίριο γραφείων υψηλής ενεργειακής απόδοσης. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 08/Οκτώβριος 2015, σελ. 27-28

T.O.T.E.E. 20701-1/2017 (2017). Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού απόδοσης Σύμφωνα με την αναθεώρηση του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. (2017), Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Α' έκδοση, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας Υ.Π.Ε.Ν., Γενική Γραμματεία Ενέργειας και Ορυκτών Πρώτων Υλών, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα.

T.O.T.E.E. 20701-2/2017 (2017). Θερμοφυσικές ιδιότητες Δομικών Υλικών κα ιέλεγχος της Θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων Σύμφωνα με την αναθεώρηση του Κ.Ε.Ν.Α.Κ. (2017), Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Α' έκδοση, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας Υ.Π.Ε.Ν., Γενική Γραμματεία Ενέργειας και Ορυκτών Πρώτων Υλών, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα.

T.O.T.E.E. 20701-3/2010 (2014). Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών, Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Γ' έκδοση, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Υ.Π.Ε.Κ.Α., Ειδική Γραμματεία Επιθεώρησης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ελλάδας, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Αθήνα.

Υ.Π.Ε.Κ.Α. (2014) Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος, Άρθρο 4 Οδηγία 27/2012/ΕΕ, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, Αθήνα Δεκέμβριος 2014

Υ.Π.Ε.Ν. (2018). Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος, 2η Έκδοση, Άρθρο 4 Οδηγία 27/2012/ΕΕ, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Αθήνα Απρίλιος 2018

Ψυχούλα Γαρυφαλιά, (2014). Θεμελίωση και ενεργειακά συστήματα στο νέο κτίριο της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας στη Θεσσαλονίκη. Περιοδικό Κτίριο, Τεύχος 04/Μάιος 2014, σελ. 84-90

### **Ιστοσελίδες**

EnergyPlus. (2018). EnergyPlus, U.S. Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO) <https://energyplus.net/> [Πρόσβαση 15 05 2018]

Escudero Eric (2011) NREL Facility Named One of Nation's Top Sustainable Buildings. Department of Energy <https://www.energy.gov/articles/nrel-facility-named-one-nation-s-top-sustainable-buildings> [Πρόσβαση 20 07 2019]

Japan Sustainable Building Concorium (JSBC) and Institute for Building and Energy Conservation (IBEC) (2017). CASBEE Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/method2E.htm> [Πρόσβαση 18 03 2018]

Wikipedia, National Audubon Society (άρθρο wiki), 01 April 2019  
[https://en.wikipedia.org/wiki/National\\_Audubon\\_Society](https://en.wikipedia.org/wiki/National_Audubon_Society) [Πρόσβαση 06.04.2019]

Βικιπαίδεια, Λάρισα, (άρθρο wiki), 6 Μαρτίου 2019  
Available at: <https://el.wikipedia.org/wiki/Λάρισα> [Πρόσβαση 01 04 2019]

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (2017). Το κλίμα της Ελλάδας.  
<http://www.hnms.gr/emv/el/climatology/climatology> [Πρόσβαση 25 03 2018]

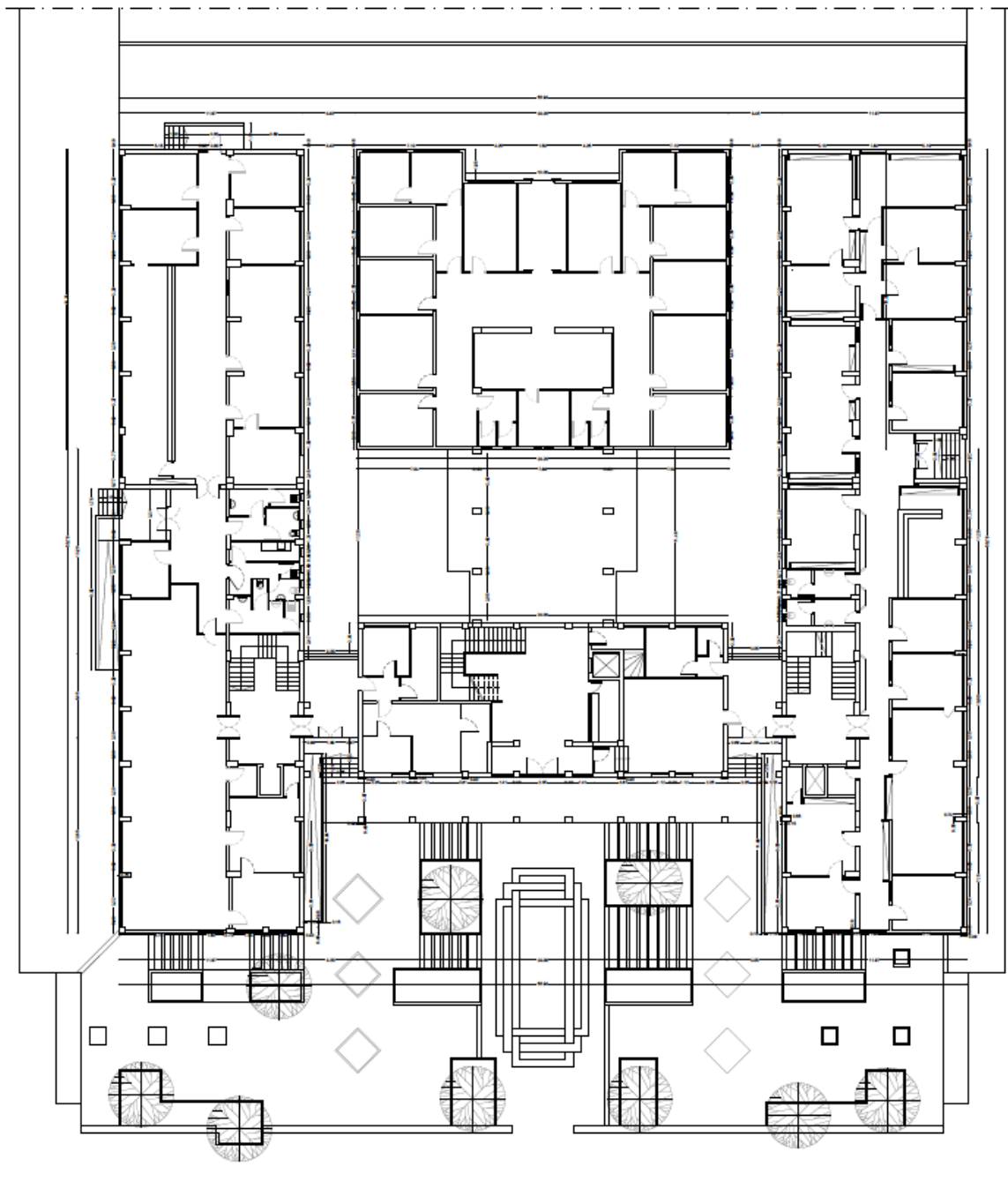
Ελληνική Στατιστική Αρχή, (2011) Απογραφή Κτιρίων 2011  
<http://www.statistics.gr/census-buildings-2011> [Πρόσβαση 31 03 2018]

Καραβασίλη Μαργαρίτα, (2003). Βιοκλιματικός σχεδιασμός για αειφόρες πόλεις. Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη.  
<http://www.evonymos.org/greek/viewarticle.asp?id=3578&string1=%CE%BA%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B2%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BB%CE%B7&string2=&string3=&string4=> [Πρόσβαση 15 03 2018]

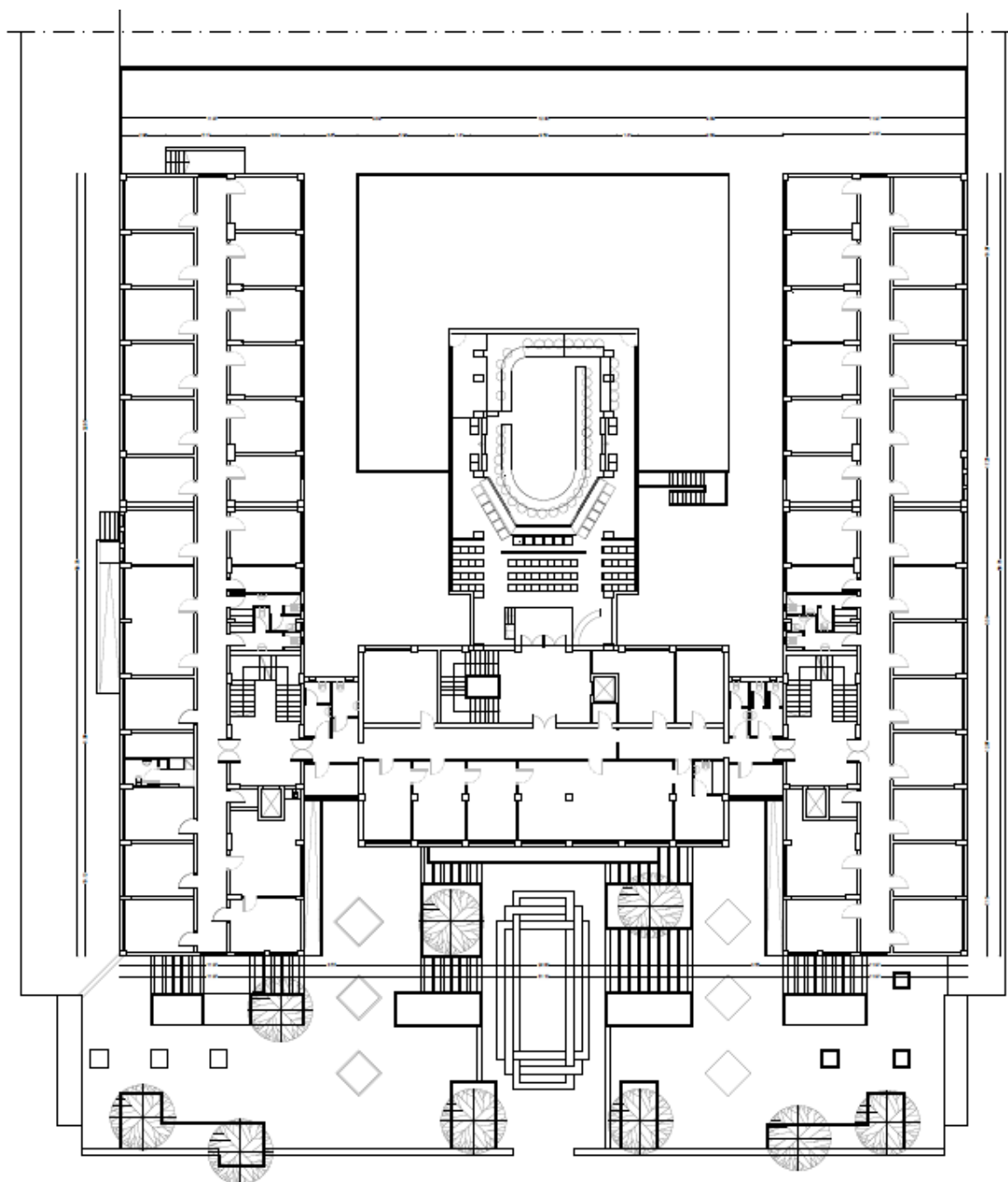
Καραβασίλη Μ. (2005). Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Υπαίθριων Χώρων.  
Ευώνυμος Οικολογική Βιβλιοθήκη <http://www.evonymos.org/greek/viewarticle.asp?id=918>  
[Πρόσβαση 15 03 2018]

TEE. (2018). Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Το λογισμικό TEE KENAK  
[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/tee\\_kenak](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/tee_kenak) [Πρόσβαση 15 05 2018]

## Παράρτημα Α: Αποτύπωση και Φωτογραφίες κτιρίου

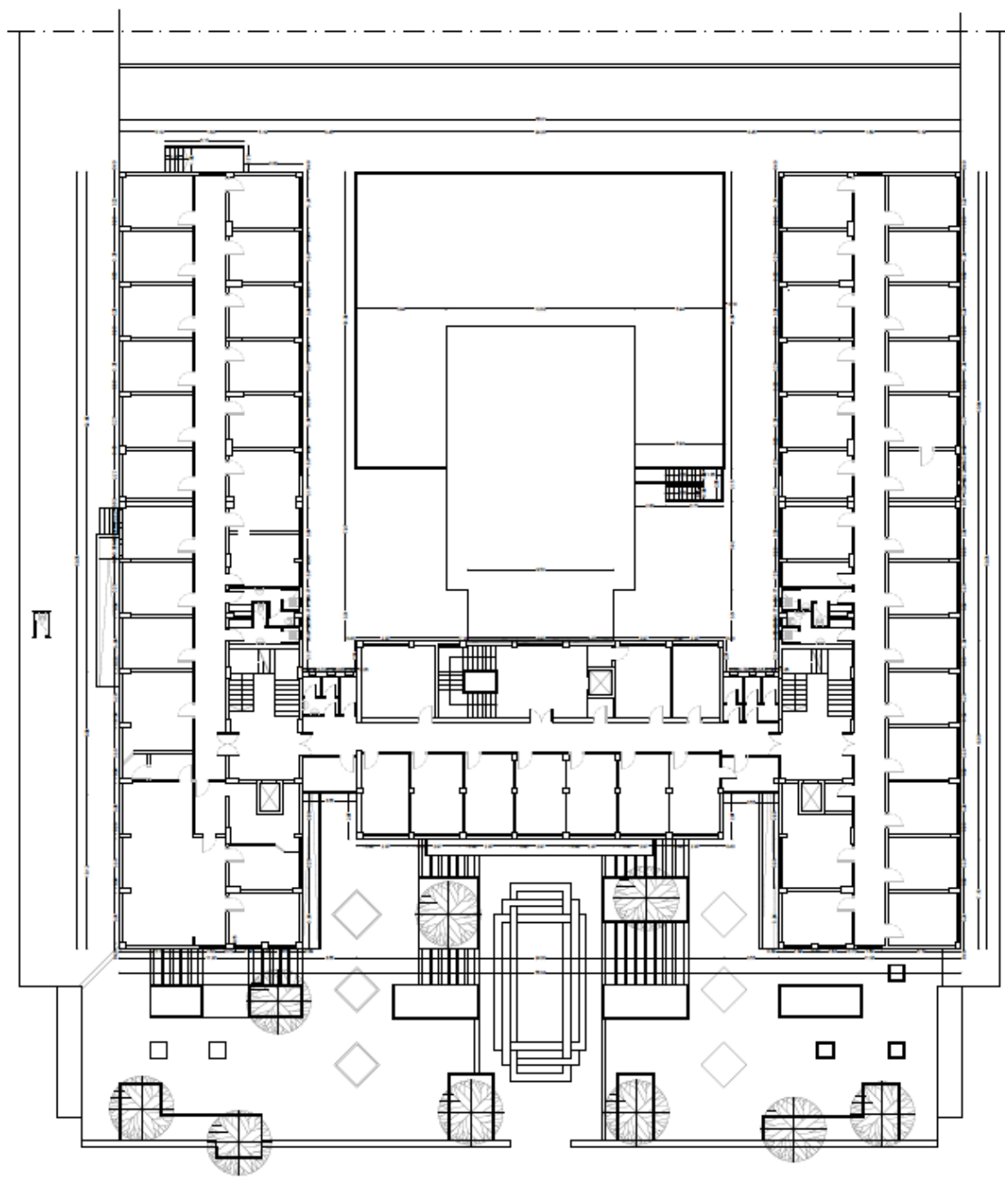


**Εικόνα Α1: Κάτοψη Ισογείου**

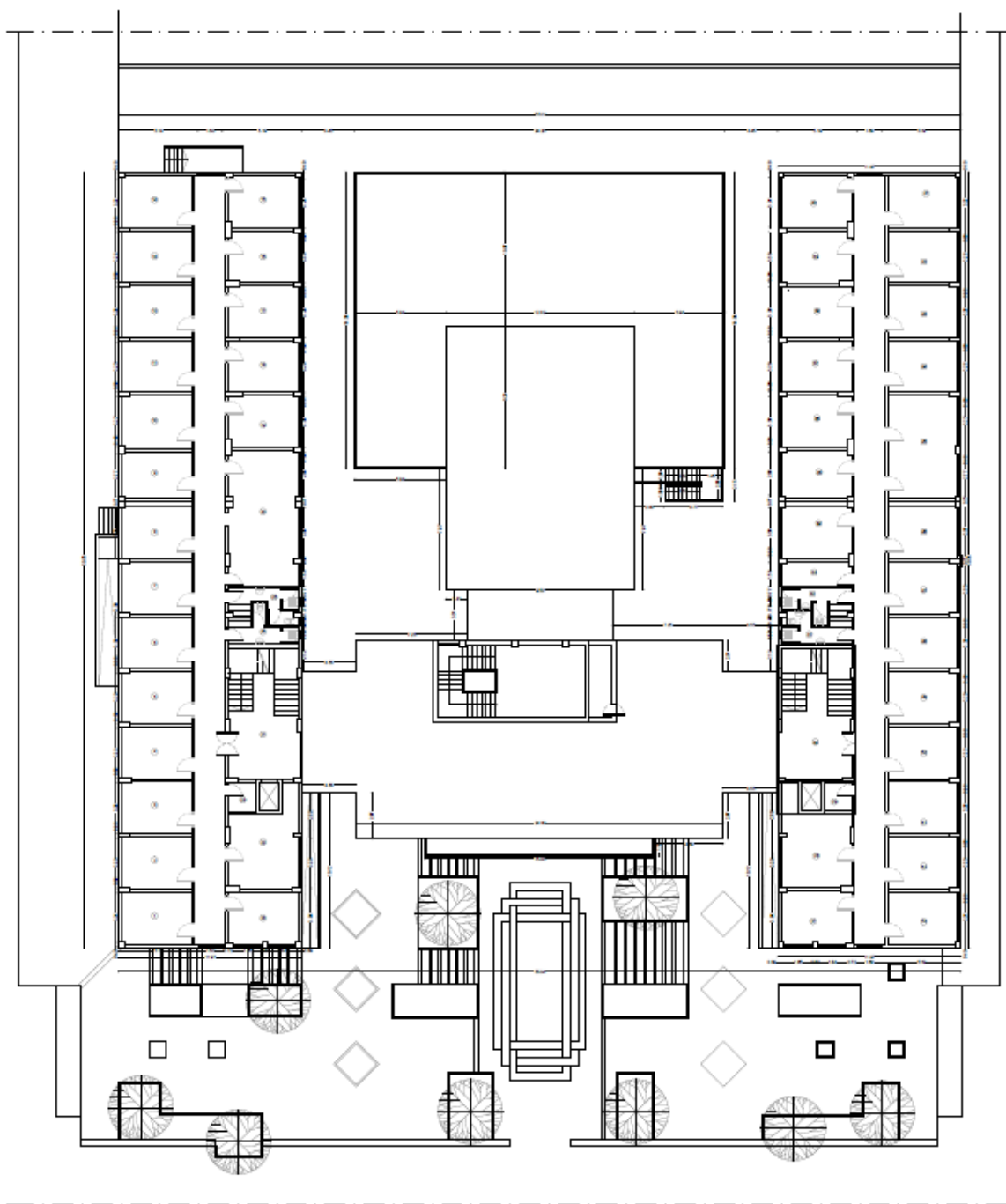


Εικόνα Α2: Κάτοψη Α' Ορόφου

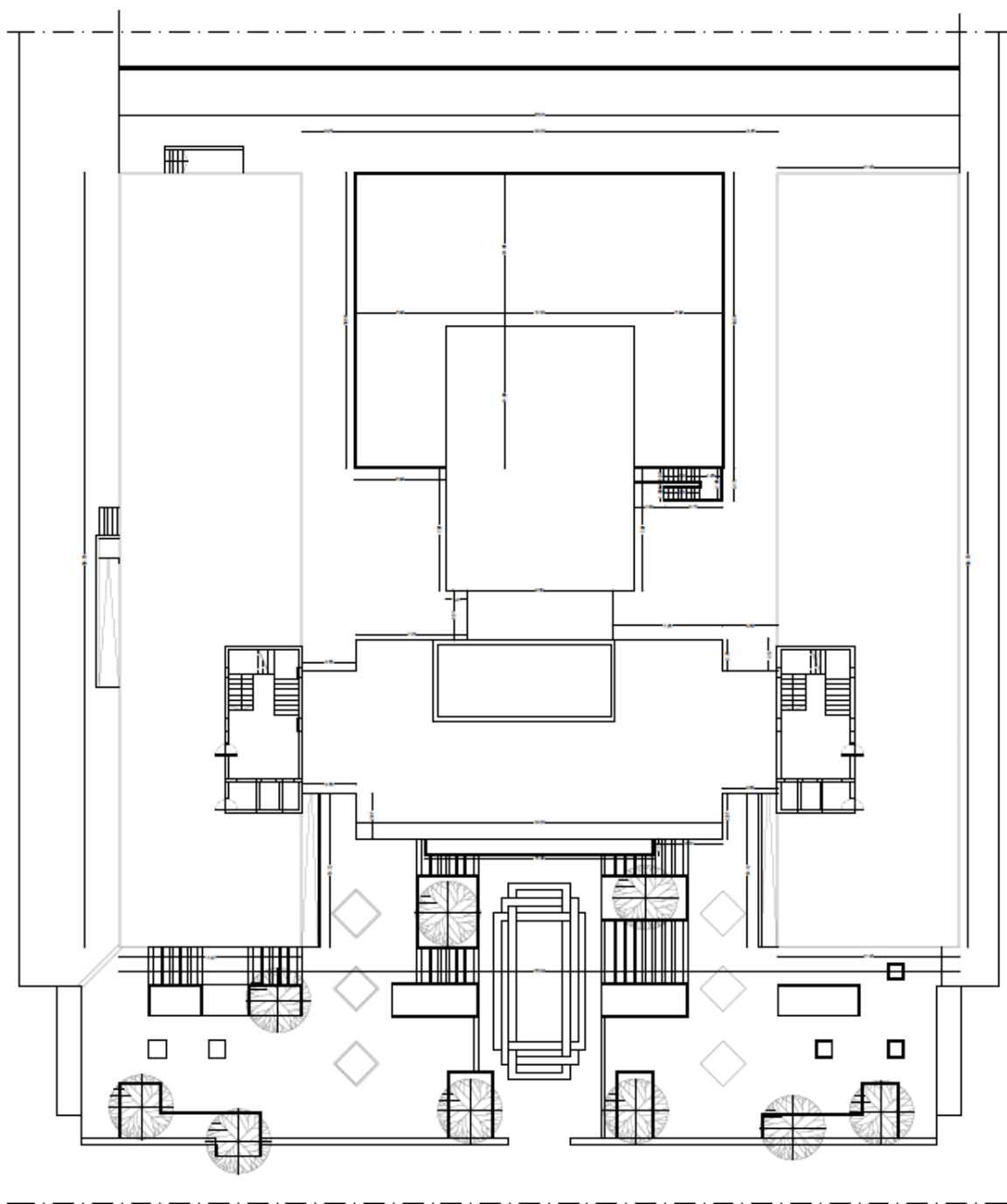




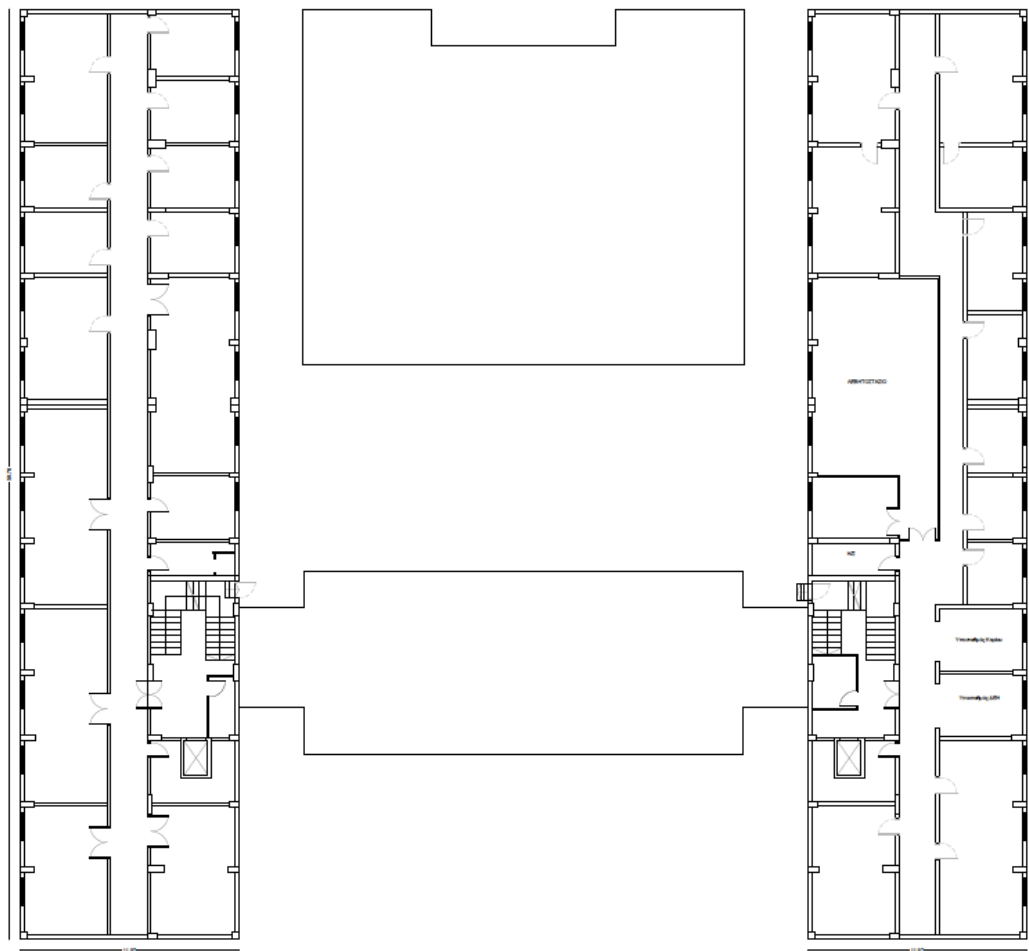
**Εικόνα Α3: Κάτοψη Β' Ορόφου**



**Εικόνα Α4: Κάτοψη Γ' Ορόφου**



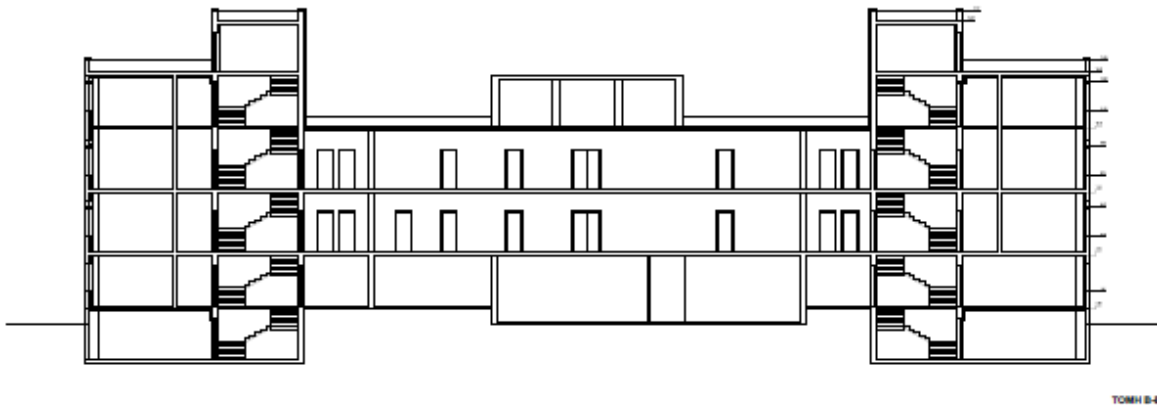
**Εικόνα Α5: Κάτοψη Δ' Ορόφου - Δώματος**



**Εικόνα Α6: Κάτοψη Υπογείου**

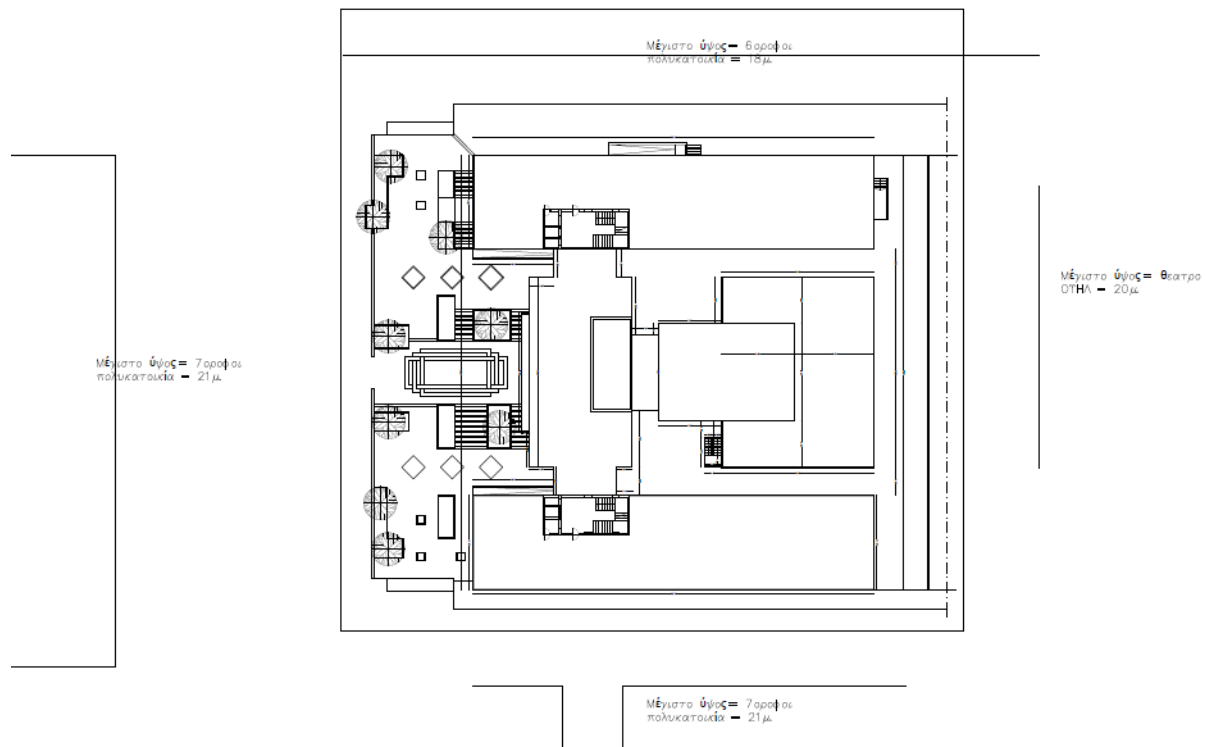


**Εικόνα Α7: Κύριες Όψεις Κτιρίου**



**Εικόνα Α8: Τομές Κτιρίου**





**Εικόνα Α9: Αποστάσεις από Γειτονικά Κτίρια**



**Εικόνα Α10: Άποψη εισόδου κτιρίου**



**Εικόνα Α11: Πλαϊνή άποψη εισόδου κτιρίου**





**Εικόνα Α12: Άποψη γραφειακών χώρων νότιας πλευράς**





**Εικόνα Α13: Άποψη γραφειακών χώρων νότιας πλευράς σε σχέση με τα απέναντι κτίρια**



**Εικόνα Α14: Άποψη νότιας εισόδου στην αυλή & δυτικής όψης κτιρίου (νότια πτέρυγα)**





**Εικόνα Α15: Άποψη δυτικής όψης κτιρίου (βόρια πτέρυγα)**





**Εικόνα Α16: Άποψη αύλειου χώρου**



**Εικόνα Α17: Άποψη δώματος (Διεύθυνση Υγείας) & γραφειακών χώρων βόρειας πτέρυγας**



**Εικόνα Α18: Άποψη τυπικού διαδρόμου κτιρίου**



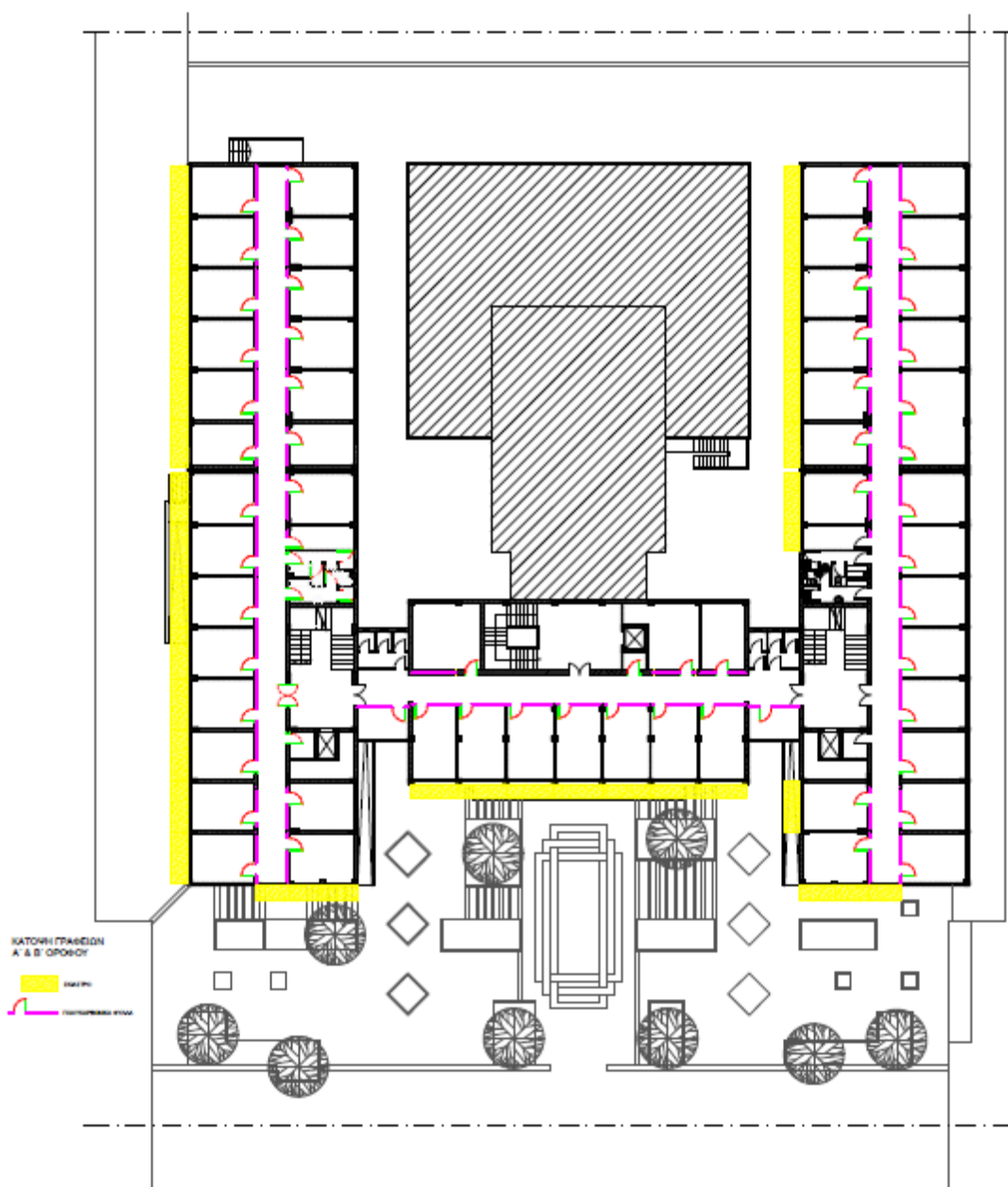
**Εικόνα Α19: Άποψη τυπικού γραφείου κτιρίου**





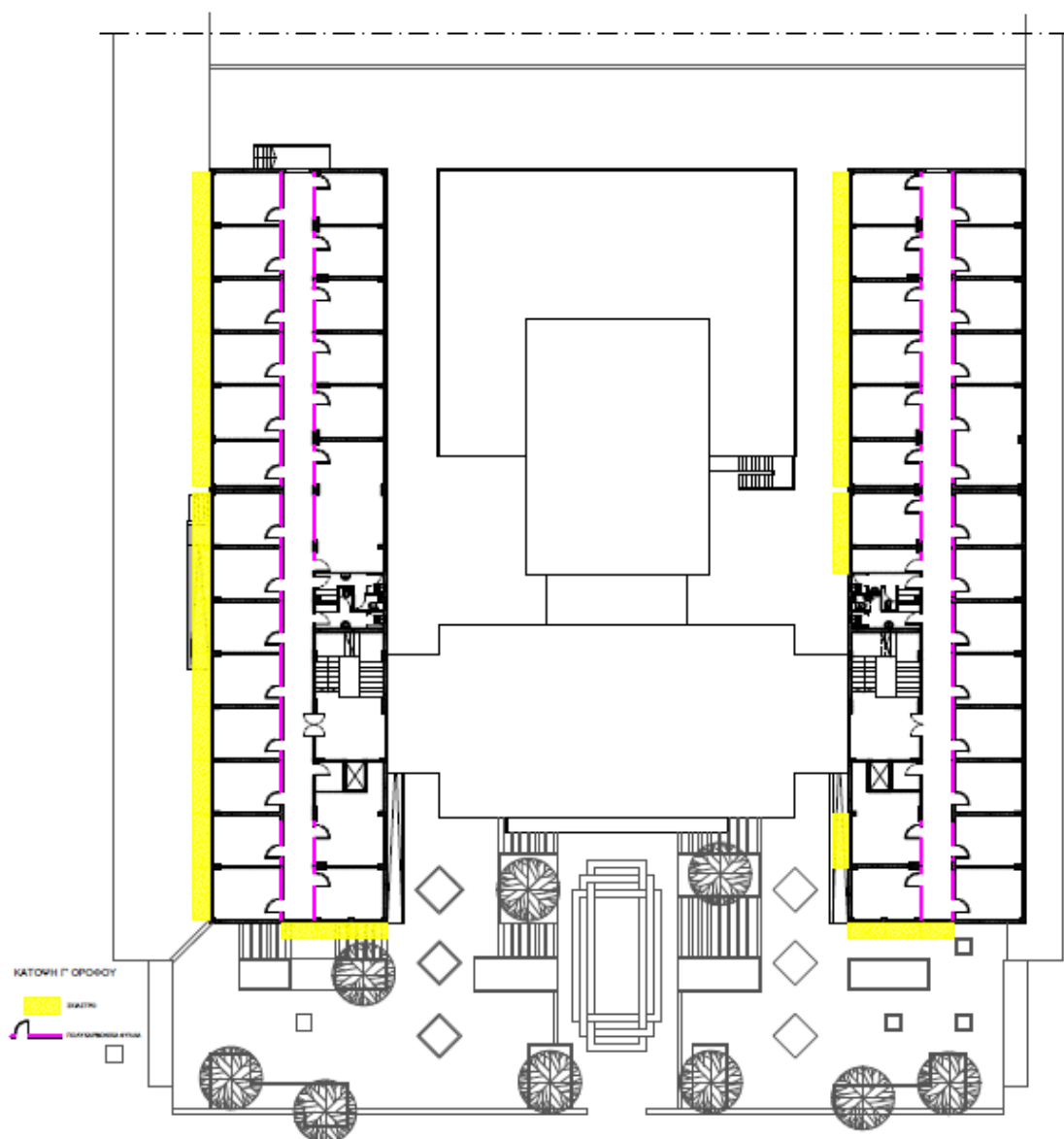
**Εικόνα Α20: Άποψη κλιμακοστασίου**

## Παράρτημα Β: Σχέδια κτιρίου με τις προτεινόμενες επεμβάσεις



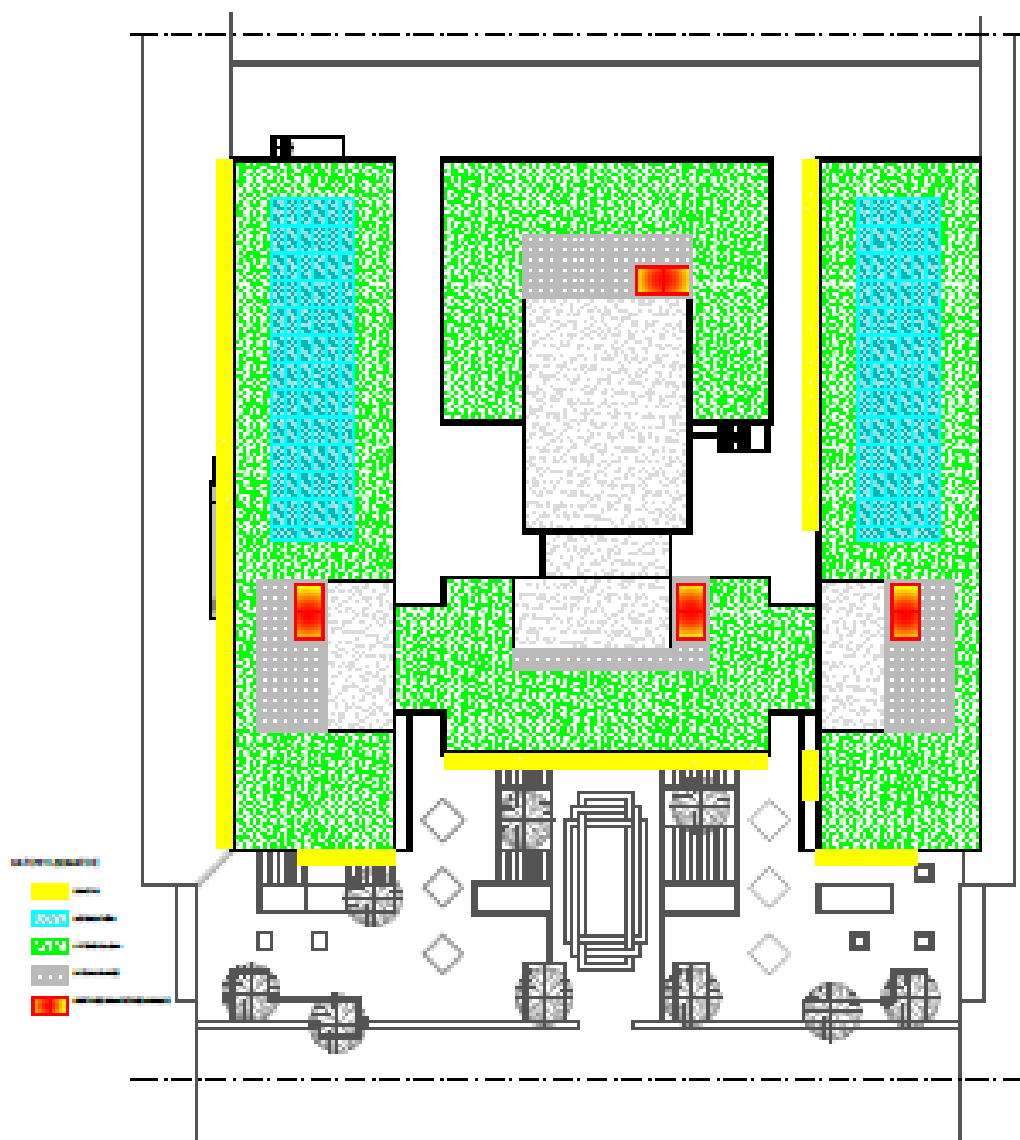
**Εικόνα Β1: Κάτοψη Γραφειακών Χώρων Α' & Β' Ορόφου**

(κίτρινο σκίαστρα, ροζ πολυκαρβονικά φύλλα)



**Εικόνα Β2: Κάτοψη Γ' Ορόφου**

(κίτρινο σκίασμα, ροζ πολυκαρβονικά φύλλα)



### Εικόνα Β3: Κάτοψη Δώματος

(κίτρινο σκίαστρα, μπλε φωτοβολταϊκά, πράσινο φυτεμένο δώμα, γκρι βοτσαλόπλακες, κόκκινο κλιματιστικές μονάδες)





### Εικόνα Β4: Τομή Κτιρίου

(κίτρινο σκίαστρα, μπλε φωτοβολταϊκά, πράσινο φυτεμένο δώμα,, κόκκινο αεραγωγοί)



### Εικόνα Β5: Νότια Όψη

(κίτρινο σκίαστρα, μπλε φωτοβολταϊκά, πράσινο φυτεμένο δώμα,, κόκκινο κλιματιστικές μονάδες



### Εικόνα Β6: Ανατολική Όψη

(κίτρινο σκίαστρα, μπλε φωτοβολταϊκά, πράσινο φυτεμένο δώμα,, κόκκινο κλιματιστικές μονάδες

Υπέθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΡΧΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΑ ΚΤΙΡΙΑ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΓΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΟΥΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΚΤΙΡΙΟΥ ΣΤΗ ΛΑΡΙΣΑ.

Λεωνίδας Ιωαννίδης<sup>1</sup>, Αγγελική Χατζηδημητρίου<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο,  
Πάροδος Αριστοτέλους 18, 26335, Πάτρα

email: [std104069@ac.eap.gr](mailto:std104069@ac.eap.gr), [chatzidimitriou.angeliki@ac.eap.gr](mailto:chatzidimitriou.angeliki@ac.eap.gr)

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην ελληνική επικράτεια, εντοπίζονται πλείστα παραδείγματα χρησιμοποιούμενων κτιρίων γραφείων κατασκευασμένων σε παλαιότερες εποχές που δεν εφαρμόζουν τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού, και εμφανίζουν σπατάλη λειτουργικών πόρων, μειωμένη απόδοση και δυσφορία των εργαζομένων τους, και μια γενικότερη υποβάθμιση του εργασιακού περιβάλλοντος. Τα υψηλά κόστη συντήρησης και λειτουργίας τους οδηγούν, όταν γίνονται δυσβάστακτα, στην εγκατάλειψη τους με περαιτέρω αρνητικές περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των τεχνικών που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό κτιρίων γραφείων και η πρόκριση αυτών που μπορούν να δώσουν τα καλύτερα αποτελέσματα σε υπάρχοντα κτίρια, σε θέματα περιβαλλοντικής απόκρισης, στις ελληνικές κλιματικές συνθήκες. Παραθέτονται παραδείγματα κτιρίων ικανοποιητικής περιβαλλοντικής απόκρισης και εντοπίζονται οι αποτελεσματικότερες εφαρμοζόμενες τεχνικές. Αναλύονται ακολούθως οι μέθοδοι περιβαλλοντικής αξιολόγησης κτιρίων και οι ιδιαιτερότητες τους. Στη συνέχεια επιλέγεται ως παράδειγμα, ένα κτίριο γραφείων στη πόλη της Λάρισας και αξιολογείται η περιβαλλοντική του απόδοση μέσω ενεργειακής προσομοίωσης. Προτείνονται μέτρα βελτίωσης και από τον έλεγχο των αποτελεσμάτων τους παρατηρείται εξοικονόμηση ενέργειας μέχρι και 68%. Με βάση αυτά τα δεδομένα, συγκροτείται τέλος ένας κατάλογος ρεαλιστικών και οικονομικά βιώσιμων τεχνικών ενεργειακής αναβάθμισης υφιστάμενων κτιρίων γραφείων.

**Λέξεις κλειδιά:** Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Κτίρια γραφείων, Δημόσια κτίρια, Βελτίωση περιβαλλοντικής απόκρισης υπαρχόντων κτιρίων

### ABSTRACT

In Greece, there can be located many examples of currently used office buildings built in earlier times that do not apply to the principles of bioclimatic design, and exhibit a waste of operational resources, reduced performance and inconvenience for their employees, and a general deterioration of the working environment. Their high maintenance and operating costs may also lead to their abandonment with further adverse environmental and economic consequences. The purpose of this thesis is to investigate the techniques that govern the bioclimatic design of office buildings and to qualify those that can give the best results to

existing buildings, in terms of environmental response, to Greek climatic conditions. Examples of buildings with good environmental response are cited and the most effective techniques are identified. The methods of environmental assessment of buildings and their characteristics are analyzed. Furthermore, an office building in the city of Larissa is selected as an example and its environmental performance is evaluated through simulation. Improvement measures are proposed and by evaluating their results energy savings of up to 68% are observed. Based on these data, finally, a list of realistic and economically viable energy upgrading techniques for existing office buildings is being compiled.

**Keywords:** *Bioclimatic design, Office buildings, Public buildings, Environmental performance improvement of existing buildings.*



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σύγχρονη εποχή ο βιοκλιματικός σχεδιασμός έχει καθιερωθεί ως αυτονόητη επιλογή αντιμετώπισης των προβλημάτων κατά την ανέγερση και λειτουργία των κτιρίων. Στόχος του, η προστασία του περιβάλλοντος και η διαφύλαξη φυσικών πόρων, χωρίς την αποδοχή συμβιβασμών στις ανάγκες των χρηστών των κτιρίων. Ορίζεται ως "ο σχεδιασμός του κτιρίου που αποσκοπεί στη βέλτιστη εκμετάλλευση των φυσικών και κλιματολογικών συνθηκών με σκοπό την επίτευξη των βέλτιστων εσωτερικών συνθηκών θερμικής άνεσης και ποιότητα αέρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας." (Νόμος 4067, 2012).

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός δεν αποτελεί σύγχρονη θεώρηση. Η σχέση κτιρίου, περιβάλλοντος ήταν αντιληπτή από την αρχαιότητα. Αναφορές εντοπίζονται στον Βιτρούβιο, σε ρωμαϊκούς και βυζαντινούς νόμους, στην Ινδία, στην Κίνα, και σε παραδείγματα οικισμών και κτιρίων σε όλο τον κόσμο. Ιστορικά αυτό οφειλόταν κυρίως στην έλλειψη πόρων και την ανάγκη για προστασία από φυσικά φαινόμενα και ανεκτή διαβίωση. Κατά τη Βιομηχανική Επανάσταση εμφανίστηκαν έντονα περιβαλλοντικά προβλήματα με την αστικοποίηση που οδήγησε σε υποβάθμιση του περιβάλλοντος στις νεοσύστατες πόλεις (Καυκούλα, 2007). Την ίδια εποχή η σύγχρονη πολεοδομία θέτει περιορισμούς δόμησης με περιβαλλοντικά κριτήρια. Με την απομάκρυνση από τη φύση και τους εθιμικούς τρόπους αντιμετώπισης των κλιματικών ζητημάτων, δημιουργήθηκε και ένα επιστημονικό υπόβαθρο με "κανόνες" περιβαλλοντικού σχεδιασμού (Montavon, 2010). Μεταπολεμικά συντελέστηκε γοργή ανάπτυξη των πόλεων και αποσύνδεση της αστικής εικόνας από το κλίμα (Carmona et al. 2010). Οι σύγχρονες τεχνολογίες δόμησης εφαρμόστηκαν παγκόσμια και το κτίριο αποξενώθηκε από το περιβάλλον του. Σε αντίδραση αναπτύχθηκε ένα κίνημα

επιστροφής σε παραδοσιακές μεθόδους σχεδιασμού, περιορισμού της σπατάλης πρώτων υλών και απεξάρτησης από πεπερασμένες πηγές ενέργειας, το οποίο γιγαντώθηκε μετά την πετρελαϊκή κρίση του '70, που οδήγησε τις ευρωπαϊκές χώρες στη θέσπιση κανονισμών μείωσης της ενεργειακής τους εξάρτησης (Darko et al, 2016). Ο συνδυασμός των παραπάνω με την σύνδεση που «ανακαλύφθηκε» ανάμεσα στην κατανάλωση υδρογονανθράκων και την κλιματική αλλαγή πρόκριναν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό ως μονόδρομο. Οι σημερινές ανάγκες για περιορισμό της κατανάλωσης πρώτων υλών, επίτευξη βιωσιμότητας και διαφύλαξη της ποιότητας ζωής στα κτίρια οδήγησαν στην επικράτηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού και στην ανέγερση σύγχρονων κτιρίων γραφείων.

Όμως, πέραν των νέων κατασκευών υπάρχει μεγάλο κτιριακό απόθεμα κτιρίων γραφείων, υλοποιημένων σε προηγούμενες δεκαετίες τα οποία δεν εφάρμοσαν αυτές τις αρχές. Στην ελληνική επικράτεια, ποσοστό άνω του 72% της επιφάνειας γραφείων και καταστημάτων και 86% των κτιρίων, έχει κατασκευαστεί πριν την εφαρμογή των κανονισμών θερμομόνωσης και την εισαγωγή νέων τεχνολογιών όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Η αντικατάσταση τους δεν είναι οικονομικά και ενεργειακά συνετή και η αναβάθμιση τους προκρίνεται ως η μόνη βιώσιμη λύση.

Η εργασία εστιάζει στη διερεύνηση και ανάδειξη των αρχών που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και στη δυνατότητα εφαρμογής τους σε υφιστάμενα κτίρια γραφείων. Η αποτελεσματικότητά τους αξιολογείται μέσα από παραδείγματα και μελέτη περίπτωσης υφιστάμενου δημόσιου κτιρίου. Στόχος η σύνταξη ένας οδηγού ρεαλιστικών και οικονομικά βιώσιμων μέτρων ενεργειακής - βιοκλιματικής αναβάθμισης υφιστάμενων δημόσιων κτιρίων γραφείων ελληνικής επικράτειας.

**Πίνακας 1.** Κατανομή πλήθους και επιφάνειας κτιρίων γραφείων/καταστημάτων ανά ηλικιακή κατηγορία και κλιματική ζώνη στην Ελληνική Επικράτεια (Gaglia et.al., 2007)

Κλιματικές Ζώνες	Αριθμός Κτιρίων			Επιφάνεια ορόφων (m <sup>2</sup> )		
	Πριν το 1980	(1981-2001)	(2002-2010)	Πριν το 1980	(1981-2001)	(2002-2010)
Ελλάδα (σύνολο)	89.352	39.348	23.850	34.176.657	32.361.389	25.544.135
Ζώνη Α	20.580	7.923	5.282	2.057.998	2.773.066	2.641.015
Ζώνη Β	39.817	18.313	10.772	19.908.653	18.313.115	14.004.147
Ζώνη Γ	26.223	12.061	7.094	11.800.285	10.854.575	8.513.392
Ζώνη Δ	2.731	1.052	701	409.721	420.633	385.581

## 2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 2.1. Βιβλιογραφική Επισκόπηση

Μέσω βιβλιογραφικής διερεύνησης μελετήθηκαν και αναλύθηκαν, παραδείγματα κτιρίων και στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού που εφαρμόζονται σε κτίρια γραφείων. Η επιλογή παραδειγμάτων έγινε με βάση την χωρίς συμβιβασμούς συμμόρφωση τους στις επιταγές του βιοκλιματικού σχεδιασμού την εφαρμογή πρωτοπόρων λύσεων και την καλή περιβαλλοντική τους απόδοση. Στόχος η ανάδειξη των βασικών στοιχείων βιοκλιματικού σχεδιασμού. Ιδιαίτερη μνεία έγινε στο Εθνικό Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις Η.Π.Α. (Τσιώρα – Παπαιωάννου και άλλοι, 2012).



**Εικόνα 1.** Εθνικό Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Η.Π.Α.

Πρόκειται για ένα κτίριο που το 2011 έλαβε μια από τις σημαντικότερες διακρίσεις. Βραβεύτηκε ως Πλατινένιο Κτίριο με τη μέθοδο LEED από το Συμβούλιο Πράσινων Κτιρίων των Η.Π.Α.. (Escudero, 2011) και κατατάχθηκε βαθμολογικά ως το κορυφαίο στο Κολοράντο και το 25ο σε πλήθος 9.000 κτιρίων των Η.Π.Α. που

αξιολογήθηκαν εκείνη τη χρονιά από το Συμβούλιο.

### 2.2. Μελέτη υφιστάμενου κτιρίου

Για τη μελέτη της αποτελεσματικότητας συγκεκριμένων μέτρων αναβάθμισης του κτιριακού αποθέματος γραφείων της ελληνικής επικράτειας γίνεται ανάλυση υφιστάμενου κτιρίου ως μελέτη περίπτωσης. Μελετήθηκε ένα υφιστάμενο πολυώροφο κτίριο γραφείων στη Λάρισα το οποίο κατασκευάστηκε το 1970.

Συλλέχτηκαν στοιχεία του κλίματος της περιοχής, κατασκευαστικά στοιχεία του κτιρίου, τεχνικά χαρακτηριστικά των μηχανικών και ηλεκτρικών συστημάτων του κ, καθώς και στοιχεία της τωρινής του χρήσης. Με πρόγραμμα προσομοίωσης αξιολογήθηκε η βιοκλιματική – ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου στην υφιστάμενη κατάσταση και μετά από την εφαρμογή των προτάσεων αναβάθμισης.

### 2.3. Μέθοδοι αξιολόγησης

Στις μεθόδους αξιολόγησης έχουμε την έρευνα με επιτόπου παρατήρηση - πειραματικές μετρήσεις, ερωτηματολόγιο και τις προσομοιώσεις.

Το βασικό πρόγραμμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ελληνική επικράτεια σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ελληνικού κανονισμού είναι το λογισμικό TEE-KENAK, και είναι και αυτό που χρησιμοποιείται στη μελέτη περίπτωσης κτιρίου εφαρμογής. Η προσομοίωση υπολογίζει την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων λαμβάνοντας υπόψη στοιχεία όπως τα κλιματικά δεδομένα στην ευρύτερη

περιοχή του, τα χαρακτηριστικά των δομικών του στοιχείων, τις επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας του, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων θέρμανσης/κλιματισμού, των εγκαταστάσεων αερισμού και φωτισμού καθώς και την τυχόν ύπαρξη παθητικών ηλιακών συστημάτων ενώ συνεκτιμά θετικά τη χρήση συστημάτων Σ.Η.Θ., κεντρικών συστημάτων θέρμανσης σε κλίμακα περιοχής, την αξιοποίηση του Φυσικού Φωτισμού και Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.

### 3. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Το κτίριο μελέτης περίπτωσης βρίσκεται εντός του πολεοδομικού ιστού της πόλης της Λάρισας, στην κλιματική ζώνη Γ της ελληνικής επικράτειας, σε πυκνοδομημένο αστικό περιβάλλον. Κατασκευασμένο το 1970, πριν τον κανονισμό θερμομόνωσης του 1978, στεγάζει την Περιφέρεια Θεσσαλίας ενώ στο παρελθόν λειτούργησε ως κτίριο υπηρεσιών της Νομαρχίας και ως το Διοικητήριο του νομού Λάρισας. Στο κτίριο εργάζονται περίπου 100 με 110 εργαζόμενοι με μέσο ωράριο λειτουργίας 07:30 με 15:30, 5 ημέρες την εβδομάδα.

Η συνολική επιφάνεια του κτιρίου είναι  $7.784,58 \text{ m}^2$  σε 5 επίπεδα - υπόγειο, ισόγειο και 3 ορόφους. Η κάλυψη του κτιρίου είναι  $1.942,66 \text{ m}^2$ .

Είναι κτίριο συμβατικής κατασκευής. Ο φέροντας οργανισμός είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα και οι τοίχοι των όψεων από μπατική οπτοπλινθοδομή όλα χωρίς θερμομόνωση. Εξωτερικά στις όψεις του κτιρίου που είναι ορατές από τους γύρω δρόμους υπάρχει επένδυση από μάρμαρα. Τα εσωτερικά χωρίσματα είναι από δρομική τοιχοποιία και υπάρχουν αρμοί διαστολής στις πτέρυγες του κτιρίου. Τα εξωτερικά κουφώματα, εκτός κάποιων εξαιρέσεων νεώτερων επεμβάσεων, είναι στην συντριπτική τους πλειονότητα μεταλλικά με

μονό υαλοπίνακα και με εμφανή κενά ανάμεσα στα πλαίσια. Τα εσωτερικά κουφώματα είναι ξύλινα νταμπλαδωτά. Ο προσανατολισμός του κτιρίου με τις επιμήκεις πλευρές στον άξονα Ανατολής-Δύσης είναι ενδεδειγμένος. Επιτρέπει τον άπλετο φυσικό φωτισμό των γραφειακών χώρων που βρίσκονται στην πλειονότητα τους είτε με Νότιο είτε με Βόρειο προσανατολισμό. Υπάρχουν γραφεία με ανοίγματα και προς τον άξονα Ανατολή-Δύση αλλά αυτά είναι λίγα τον αριθμό. Στον τεχνητό φωτισμό γίνεται χρήση λαμπτήρων φθορισμού. Το κτίριο, μαζί με τα κλιμακοστάσια είναι θερμαινόμενοι Χώροι (ΘΧ) εκτός του υπογείου. Η θέρμανση των χώρων γίνεται από το παλαιό σύστημα κεντρικής θέρμανσης του οποίου ο λέβητας πετρελαίου έχει αντικατασταθεί από νεώτερο φυσικού αερίου. Η ψύξη γίνεται με τοπικές κλιματιστικές μονάδες ενώ ο αερισμός είναι φυσικός.

Λαμβάνοντας υπόψη τα προβλήματα του κτιρίου και τα γενικά προτεινόμενα μέτρα ενεργειακής αναβάθμισης υπαρχόντων κτιρίων, προκρίνονται για την αναβάθμιση του και την κατάταξη του σε μια από τις ενεργειακά αποδεκτές κατηγορίες (τουλάχιστον Β) μια σειρά από μέτρα όπως η θερμομόνωση των δομικών του στοιχείων, η κατασκευή σκιάστρων, η φύτευση των δωμαίων, η αντικατάσταση κουφωμάτων, οι εργασίες για την επίτευξη συνθηκών φυσικού φωτισμού στους διαδρόμους και κοινόχρηστους χώρους, η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής, η αναβάθμιση του λεβητοστασίου και των θερμαντικών σωμάτων, η τοποθέτηση κεντρικών κλιματιστικών μονάδων, η αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων, η εγκατάσταση συστήματος διαχείρισης του κτιρίου - BMS καθώς και η τοποθέτηση φωτοβολταϊκού συστήματος στο δώμα του κτιρίου. Η επιλογή των μέτρων έγινε με βάση την τεχνική δυνατότητα κατασκευής τους, την οικονομική βιωσιμότητα τους και τη δυνατότητα άμεσης εφαρμογής στο

υπάρχον κτίριο. Το ζητούμενο όλων αυτών είναι ένα ενεργειακά αποδοτικό κτίριο.



Εικόνα 2. Διοικητήριο Λάρισας. (Google Earth)

#### 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

##### 4.1. Αποτελέσματα Βιβλιογραφικής Επισκόπησης

Από την βιβλιογραφική επισκόπηση αναδείχθηκαν τα βασικά στοιχεία τα οποία επηρεάζουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και είναι ο προσανατολισμός, η χωροθέτηση των ανοιγμάτων, η θερμομόνωση του κελύφους και η χρήση υλικών χαμηλής εμπεριεχόμενης ενέργειας. Στα παθητικά συστήματα θέρμανσης συγκαταλέγονται τα αίθρια και τα θερμοκήπια ενώ στα συστήματα φυσικού δροσισμού απαντώνται τα σκίαστρα-περσίδες, η φύτευση του περιβάλλοντα χώρου, η τοποθέτηση σύγχρονων κουφωμάτων και συστημάτων φυσικού αερισμού, τα φυτεμένα δώματα, οι επενδύσεις των όψεων, η χρήση ανεμιστήρων οροφής και η απόρριψη θερμότητας από το κτίριο στη γη με αγωγή. Στα συστήματα φυσικού φωτισμού εκτός των ανοιγμάτων στην κατακόρυφη τοιχοποιία συναντάμε ανοίγματα οροφής-φεγγίτες ενώ στα ενεργητικά συστήματα απαντώνται τα φ/β συστήματα, οι εγκαταστάσεις ψύξης - θέρμανσης, τα συστήματα διαχείρισης των κτιρίων (BMS) και η αντικατάσταση των ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων φωτισμού.

Από τα παραπάνω μέτρα για την περιβαλλοντική-ενεργειακή αναβάθμιση υπαρχόντων κτιρίων γραφείων στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας προκρίνονται η θερμομόνωση του κελύφους, η κατασκευή σκιάστρων, η φύτευση του περιβάλλοντος χώρου και του δώματος, η αντικατάσταση των κουφωμάτων, οι επενδύσεις στις όψεις, η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής, η εγκατάσταση φ/β συστημάτων, η αντικατάσταση των εγκαταστάσεων ψύξης-θέρμανσης, η εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης των κτιρίων, η αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων φωτισμού με ενεργειακά αποδοτικά ανάλογα, η μετατροπή των κτιρίων για την επίτευξη συνθηκών φυσικού φωτισμού με ταυτόχρονη όπου απαιτείται κατασκευή αίθριων και διάνοιξη φεγγιτών. Σημαντική παράμετρος είναι η χρήση τοπικών υλικών με δυνατότητες ανακύκλωσης μετά το πέρας της χρήσης τους.

##### 4.2. Αποτελέσματα Προσομοίωσης

Κατά τη μελέτη του παραδείγματος εφαρμογής η υπάρχουσα κατάσταση του κτιρίου αποτυπώνεται και αξιολογείται αναλυτικά κριτικά ως προς την περιβαλλοντική του απόκριση με επισήμανση όλων των προβλημάτων που υπάρχουν. Έχοντας τα δεδομένα αυτής της αξιολόγησης υπόψη και με βάση το πρόγραμμα TEE-KENAK το κτίριο κατατάσσεται στην Ενεργειακή Κατηγορία Z, δηλαδή είναι ένα Ενεργειακά μη αποδοτικό κτίριο.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της συμπεριφοράς του κτιρίου πριν και μετά τις επεμβάσεις προσφέρουν μια ποσοτική αξιολόγηση της αποδοτικότητας των προτεινόμενων μέτρων βελτίωσης στην ενεργειακή εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας με ελάττωση των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου κατά 278,3 kWh/m<sup>2</sup>, μια εξοικονόμηση της τάξης 68,1%, στην μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>

(ελάττωση εκπομπών κατά 81,4 kg/m<sup>2</sup>), στη βελτίωση των συνθηκών εργασίας και στην γενικότερη περιβαλλοντική απόκριση του κτιρίου με μια περίοδο αποπληρωμής 9 ετών αποδεικνύοντας κατ' αυτό τον τρόπο την ορθότητα τους (βλ. Πίνακα 2). Με βάση τα από τελεσμάτα της αξιολόγησης μετά τις επεμβάσεις το κτίριο κατατάσσεται στην Ενεργειακή κατηγορία Β.

Τα μέτρα που προσομοιώθηκαν στο παράδειγμα έχουν αντιστοιχίσει με τα μέτρα που προτείνονται από παρεμφερείς μελέτες όπως η μελέτη των Γαγλία κ.α., (2009). Ο χρόνος μάλιστα απόσβεσης της επένδυσης σύμφωνα με αυτή τη μελέτη σε περίπτωση αναβάθμισης είναι κατ' ελάχιστο 10 χρόνια σε αντιστοιχία με τα 9 χρόνια της μελέτης περίπτωσης.

**Πίνακας 2.** Εξοικονόμηση και κόστος στο υπάρχον κτίριο και στο σενάριο βελτίωσης.

Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο
Λειτουργικό κόστος (€)	66.430,3	166.107,4	52.782,3
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.023.987,7
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			278,3
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			68,1
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,6
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			81,4
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			9,0

Αντιστοίχως στην 2η έκθεση του Υ.Π.Ε.Ν. (2018) αποτυπώθηκε η μέση κατανάλωση ενέργειας κάθε τύπου κτιρίου (θεωρητικά) και έγινε σύγκριση με τα αντίστοιχα κτίρια αναφοράς. (κατηγορίας Β) Υπολογίστηκε ακολούθως το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας για την αντιστοιχη αναβάθμιση. Για τα κτίρια γραφείων το ποσοστό εξοικονόμησης κυμαίνεται πλησίον του 40% και αναλυτικά είναι 41,35% για κτίρια εντός της κλιματικής ζώνης Α, 38,06% για κτίρια στην κλιματική ζώνη Β, 39,34% για τα κτίρια στην κλιματική ζώνη Γ και 44,33% για τα κτίρια της κλιματικής ζώνης Δ. Μάλιστα το ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας στη μελέτη περίπτωσης 68,1% είναι σημαντικά ανώτερο του μέσου ποσοστού της έκθεσης του ΥΠΕΝ.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω είναι εμφανές ότι υπάρχει μεγάλη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας στο κτιριακό απόθεμα της Ελλάδας. Στα οφέλη αυτής της αναβάθμισης συγκαταλέγονται:

- Μικρότερο κόστος λειτουργίας του κτιρίου. Σύντομη απόσβεση του κόστους επένδυσης.

- Περιβαλλοντικά οφέλη.
- Βελτίωση του εσωτερικού κλίματος με θετική επίδραση στην παραγωγικότητα και στην διάθεση του κοινού με ταυτόχρονη βελτίωση της εικόνας της επιχείρησης – υπηρεσίας.
- Δημιουργία νέας αγοράς και αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας.
- Αύξηση της αντικειμενικής αξίας του ακινήτου λόγω μειωμένου κόστους λειτουργίας, και του υψηλότερου κύρους που έχει το κτίριο το οποίο λειτουργεί ως ένα είδος διαφήμισης. Ένα κτίριο με υψηλή ενεργειακή κλάση μπορεί να διεκδικήσει υψηλότερο τίμημα πώλησης ή ενοικίασης.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας και λαμβάνοντας υπόψη το κτίριο που μελετήθηκε ως μια τυπική περίπτωση δημοσίου κτιρίου γραφείων υφιστάμενου πριν την εφαρμογή των σύγχρονων κανονισμών και την αναγνώριση των νέων δεδομένων που αφορούν την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, οι επεμβάσεις που



μπορούν να προταθούν ως αποδοτικά μέτρα για τη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόκρισης υφιστάμενων δημόσιων κτιρίων γραφείων, προσαρμοζόμενα βέβαια στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε κτιρίου και του εκάστοτε περιβάλλοντος συνοψίζονται στην:

- Θερμομόνωση του κελύφους.
- Κατασκευή σκιάστρων.
- Φύτευση περ/ντος χώρου - δωματίων.
- Αντικατάσταση παλαιών κουφωμάτων.
- Επενδύσεις των όψεων.
- Τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής για ενίσχυση του φυσικού δροσισμού.
- Εγκατάσταση φ/β συστημάτων.
- Αντικατάσταση των εγκαταστάσεων ψύξης - θέρμανσης όπου απαιτείται.
- Εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης των κτιρίων. (BMS)
- Αντικατάσταση - τοποθέτηση ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων φωτισμού με αντίστοιχες συσκευές και λαμπτήρες ενεργειακά αποδοτικές.
- Μετατροπή των κτιρίων όπου είναι δυνατό για την επίτευξη συνθηκών φυσικού αερισμού.
- Κατασκευή όπου είναι δυνατό αίθριων και διάνοιξη φεγγιτών.

Τα προτεινόμενα μέτρα αναβάθμισης στο υφιστάμενο κτίριο γραφείων που μελετήθηκε ως μελέτη περίπτωσης οδηγούν σε μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων του κτιρίου κατά 68% με βάση τα αποτελέσματα ενεργειακής προσομοίωσης. Εκτός από την εξοικονόμηση ενέργειας, το αποτέλεσμα της αναβάθμισης προσφέρει πολύπλευρα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη δικαιολογώντας την όποια επένδυση.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Περιοδικά - Συνεδρια

- Darko A., C. Zhang, A. P. C. Chan (2016). Thermal Drivers for green building: A review of empirical studies. Habitat International, Volume 60, 2016, 34-49
- Gaglia A. G., C. A. Balaras, S. Mirasgedis, E. Georgopoulou, Y. Sarafidis, D. P. Lalas (2007). Empirical assessment of the

Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. Energy Conversion and Management, Volume 48, Issue 4, April 2007, 1160-1175

- Γαγλία Α. Γ., Κ. Α. Μπαλάρας, Σ. Μοιρασγένης, Ε. Γεωργοπούλου, Ι. Σαραφίδης, Δ. Λάλας (2009). Κτιριακό Απόθεμα, Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας και Μείωση Ρύπων στον Οικιακό και Τριτογενή Τομέα στην Ελλάδα - Μέτρα Αντιμετώπισης. 10.13140/2.1.3841.3602. 9ο Εθνικό Συνέδριο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πάφος Κύπρος, 2009, Volume, 45-52
- Τσιώρα - Παπαϊωάννου Δήμητρα, Τέτη Λάλου, Παναγιώτης Σκαρλάτος, Πρότυπο κτίριο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ. Περιοδικό Κτίριο, 2012, Τεύχος 06/Ιούλιος-Αύγουστος 2012, 32-33

Βιβλία

- Public Places - Urban Spaces The Dimensions of Urban Design 2nd edition. Oxford: Architectural Press, Elsevier, 2010.
- Καυκούλα Κ. (2007). Η περιπέτεια των κηπουπόλεων. Θεσσαλονίκη: University Studio Press, 2007
- Montavon M. (2010). Optimisation of Urban Form by Evaluation of the Solar Potential. Ecole Polytechnique Federale de Lausanne. 10.5075/epfl-thesis-4657.

Διαδικτυακή πηγή

- Escudero Eric, NREL Facility Named One of Nation's Top Sustainable Buildings. Department of Energy <https://www.energy.gov/articles/nrel-facility-named-one-nation-s-top-sustainable-buildings> retrieved 20/07/2019

Νομοθεσία

- Νόμος 4067, (2012) Νέος Οικοδομικός Κανονισμός ΦΕΚ 79Α'
- Υ.Π.ΕΝ. (2018). Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος, 2η Έκδοση, Άρθρο 4 Οδηγία 27/2012/ΕΕ, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Αθήνα, Απρίλιος 2018, ΑΔΑ:6Δ9Α4653Π8-ΓΕ2 ΑΠΟΦΑΣΗ Αριθμ. ΔΕΠΕΑ/Γ/οικ.175603 ΦΕΚ 2258Β' / 15.06.2018

# Εφαρμογή Αρχών Βιοκλιματικού Σχεδιασμού σε Υφιστάμενα Κτίρια Γραφείων για Βελτίωση της Περιβαλλοντικής τους Απόκρισης. Μελέτη Περίπτωσης Κτιρίου στη Λάρισα.

Λεωνίδα Ιωαννίδης<sup>1\*</sup>, Αγγελική Χατζηδημητρίου<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

<sup>\*</sup>std104069@ac.eap.gr, <sup>\*\*</sup>chatzidimitriou.angeliki@ac.eap.gr



## Εισαγωγή

Ο Βιοκλιματικός Σχεδιασμός έχει καθιερωθεί ως η αυτονόητη επιλογή αντιμετώπισης των προβλημάτων ανέγερσης και λειτουργίας των κτιρίων, όπως φαίνεται μέσα από εφαρμοσμένα παραδείγματα κτιρίων διεθνώς όπως το Εθνικό Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις Η.Π.Α. (Τσιώρα – Παπαϊωάννου και άλλοι, 2012) το κτίριο Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας στη Θεσσαλονίκη και άλλα. Πέραν όμως των νέων κατασκευών στην ελληνική επικράτεια υπάρχει μεγάλο κτιριακό απόθεμα κτιρίων γραφείων υλοποιημένων σε προηγούμενες δεκαετίες. Ποσοστό άνω του 72% της συνολικής κτιριακής επιφάνειας γραφείων και καταστημάτων και 86% του πλήθους των κτιρίων, έχει κατασκευαστεί πριν την πλήρη εφαρμογή των κανονισμών θερμομόνωσης (Πίνακας 1, Gaglia et.al., 2007). Η αντικατάσταση τους δεν είναι συνετή και η αναβάθμιση- επανάρθρωση τους είναι η βέλτιστη βιώσιμη λύση. Η εργασία εστιάζει στην ανάδειξη των αρχών που διέπουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό και στον έλεγχο της δυνατότητας εφαρμογής αυτών των αρχών σε υφιστάμενα κτίρια γραφείων.

**Στόχος της είναι η σύνταξη ενός οδηγού ρεαλιστικών και οικονομικά βιώσιμων τεχνικών ενεργειακής – βιοκλιματικής αναβάθμισης υφιστάμενων δημόσιων κτιρίων γραφείων.**

## Μεθοδολογία

Μέσω βιβλιογραφικής διερεύνησης αναδείχθηκαν, με χρήση παραδειγμάτων στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού, που εφαρμόζονται σε κτίρια γραφείων καλής περιβαλλοντικής απόδοσης, με βάση την αποτελεσματικότητα τους, τη δυνατότητα εφαρμογής τους σε υφιστάμενα κτίρια, την τεκμηριωμένη και πιστοποιημένη αξιολόγηση τους . Διεξοδικά εξετάστηκε το Εθνικό Κέντρο Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις Η.Π.Α. ένα κτίριο βραβευμένο ως Πλατινένιο με τη μέθοδο LEED (Τσιώρα – Παπαϊωάννου και άλλοι, 2012) στο οποίο συνδυάζονται αποτελεσματικά πληθώρα μέτρων και τεχνικών υψηλής ενεργειακής αποδοτικότητας και βιώσιμης περιβαλλοντικής απόκρισης.

Επιπλέον διερευνήθηκαν – αναλύθηκαν διεξοδικά οι μέθοδοι αξιολόγησης και τεκμηρίωσης της περιβαλλοντικής απόκρισης και ενεργειακής αποδοτικότητας κτιρίων.

Για τη μελέτη της αποτελεσματικότητας μέτρων αναβάθμισης του κτιριακού αποθέματος γραφείων γίνεται μελέτη περίπτωσης σε υφιστάμενο δημόσιο κτίριο γραφείων εντός της πόλης της Λάρισας. Η μελέτη του κτιρίου περιλαμβάνει ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης και των δυνατοτήτων αναβάθμισης και πρόταση βιώσιμων και τεχνικά εφικτών μέτρων βελτίωσης της αποδοτικότητας του με βάση τα στοιχεία που αναδείχθηκαν από τη βιβλιογραφική διερεύνηση. Η ενεργειακή συμπεριφορά του κτιρίου πριν και μετά τις προτεινόμενες επεμβάσεις αξιολογήθηκε μέσω προσομοίωσης με το λογισμικό TEE-KENAK.



**Εικόνα 1.** Εθνικό Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας Η.Π.Α. (Τσιώρα – Παπαϊωάννου και άλλοι, 2012)

## Μελέτη Περίπτωσης

Το κτίριο μελέτης περίπτωσης βρίσκεται εντός του πολεοδομικού ιστού της Λάρισας και είναι κατασκευασμένο το 1970, πριν τον κανονισμό θερμομόνωσης. Στο κτίριο εργάζονται περίπου 100 εργαζόμενοι. Είναι συμβατικής κατασκευής, χωρίς θερμομόνωση. Τα εξωτερικά κουφώματα του είναι μεταλλικά με μονό υαλοπίνακα. Ο προσανατολισμός του είναι ενδεδειγμένος δηλαδή με επιμήκεις πλευρές Νοτίου και Βορείου προσανατολισμού. Γίνεται χρήση λαμπτήρων φθορισμού. Η θέρμανση των χώρων γίνεται από το παλιό σύστημα κεντρικής θέρμανσης ενώ η ψύξη με τοπικές κλιματιστικές μονάδες. Ο αερισμός των χώρων είναι φυσικός.



**Εικόνα 2.** Διοικητήριο Λάρισας, άποψη κεντρικής εισόδου (πηγή: προσωπικό αρχείο)



**Εικόνα 3.** Διοικητήριο Λάρισας και περιβάλλον χώρος (πηγή: Google Earth)

Στα μέτρα περιβαλλοντικής-ενεργειακής αναβάθμισης προκρίθηκαν οι θερμομονώσεις, τα σκιάστρα, οι φυτεύσεις περιβάλλοντος χώρου - δώματος, η αντικατάσταση των κουφωμάτων, οι επενδύσεις όψεων, η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής, τα φ/β συστήματα, η αντικατάσταση των εγκαταστάσεων ψύξης-θέρμανσης, η εγκατάσταση BMS, η αντικατάσταση ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων, η μετατροπή τους για την επίτευξη συνθηκών φυσικού φωτισμού με ταυτόχρονη όπου απαιτείται κατασκευή αίθριων και διάνοιξη φεγγιτών. Σημαντική παράμετρος η χρήση τοπικών υλικών με δυνατότητες ανακύκλωσης.

## Αποτελέσματα

Το κτίριο μελέτης περίπτωσης πριν τις επεμβάσεις κατατάσσεται από την προσομοίωση στην Ενεργειακή Κατηγορία Ζ.

Οι επεμβάσεις οδηγούν σε ελάττωση των ενεργειακών απαιτήσεων του κατά 278,3 kWh/m<sup>2</sup>, μια εξοικονόμηση της τάξης 68,1%, μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 81,4 kg/m<sup>2</sup>, βελτίωση των συνθηκών εργασίας και της περιβαλλοντικής απόκρισης του κτιρίου με μια περίοδο αποπληρωμής 9 ετών (Πίνακας 2). Το αναβαθμισμένο κτίριο κατατάσσεται στην Ενεργειακή Κατηγορία Β. Τα μέτρα που προπομοιώθηκαν έχουν αντιστοίχηση με τα μέτρα που προτείνονται από αντίστοιχες μελέτες όπως η μελέτη των Γαγλία κ.α., (2009) και την έκθεση του ΥΠΕΝ (2018) και υπερκαλύπτουν τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών.

Καθίσταται φανερό από τα παραπάνω η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας στο υπάρχον κτιριακό απόθεμα. Στα οφέλη συγκαταλέγονται:

- Μικρότερο κόστος λειτουργίας του κτιρίου. Σύντομη απόσβεση επένδυσης.
- Περιβαλλοντικά οφέλη.
- Βελτίωση του εσωτερικού κλίματος.
- Δημιουργία νέας αγοράς και αύξηση της οικονομικής δραστηριότητας.
- Αύξηση της αντικειμενικής αξίας του ακινήτου.

Κλιματικές Ζώνες	Αριθμός Κτιρίων			Επιφάνεια ορόφων (m <sup>2</sup> )		
	Πριν το 1980	(1981-2001)	(2002-2010)	Πριν το 1980	(1981-2001)	(2002-2010)
<b>Ελλάδα (σύνολο)</b>	89.352	39.348	23.850	34.176.657	32.361.389	25.544.135
<b>Ζώνη Α</b>	20.580	7.923	5.282	2.057.998	2.773.066	2.641.015
<b>Ζώνη Β</b>	39.817	18.313	10.772	19.908.653	18.313.115	14.004.147
<b>Ζώνη Γ</b>	26.223	12.061	7.094	11.800.285	10.854.575	8.513.392
<b>Ζώνη Δ</b>	2.731	1.052	701	409.721	420.633	385.581

**Πίνακας 1.** Κατανομή πλήθους και επιφάνειας κτιρίων γραφείων/καταστημάτων ανά ηλικιακή κατηγορία και κλιματική ζώνη στην Ελληνική Επικράτεια (Gaglia et.al., 2007)

Εξοικονόμηση και κόστη	Κτίριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτίριο	Σενάριο
Λειτουργικό κόστος (€)	66.430,3	166.107,4	52.782,3
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			1.023.987,7
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			278,3
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			68,1
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,6
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )			81,4
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			9,0

**Πίνακας 2.** Εξοικονόμηση και κόστη στο υπάρχον κτίριο και στο σενάριο βελτίωσης.

## Συμπεράσματα

Οι επεμβάσεις που προτείνονται ως αποδοτικά μέτρα βελτίωσης της περιβαλλοντικής απόκρισης υφιστάμενων δημόσιων κτιρίων γραφείων, προσαρμοζόμενα στις εκάστοτε συνθήκες, συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Θερμομόνωση του κελύφους.
- Κατασκευή σκιάστρων.
- Φύτευση του περιβάλλοντος χώρου και των δωματίων .
- Αντικατάσταση των υπαρχόντων κουφωμάτων.
- Επενδύσεις των όψεων.
- Τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής για ενίσχυση του φυσικού δροσισμού.
- Εγκατάσταση φ/β συστημάτων.
- Αντικατάσταση των εγκαταστάσεων ψύξης - θέρμανσης όπου απαιτείται.
- Εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης των κτιρίων. (BMS)
- Αντικατάσταση - τοποθέτηση ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων φωτισμού ενεργειακά αποδοτικών.
- Μετατροπή των κτιρίων όπου είναι δυνατό για την επίτευξη συνθηκών φυσικού αερισμού.
- Κατασκευή όπου είναι δυνατό αίθριων και διάνοιξη φεγγιτών.

Το αποτέλεσμα της αναβάθμισης προσφέρει πολύπλευρα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη δικαιολογώντας την όποια επένδυση.

## Βιβλιογραφία

•Gaglia Athina G., Constantinos A. Balaras, Sevastianos Mirasgedis, Elena Georgopoulou, Yiannis Sarafidis, Dimitris P. Lalas., Empirical assessment of the Hellenic non-residential building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. Energy Conversion and Management, Volume 48, Issue 4, April 2007, 1160-1175  
•Τσιώρα - Παπαϊωάννου Δήμητρα, Τέτη Λάλου, Παναγιώτης Σκαρλάτος, Πρότυπο κτίριο μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας. Εθνικό κέντρο ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στις ΗΠΑ. Περιοδικό Κτίριο, 2012, Τεύχος 06/Ιούλιος-Αύγουστος 2012, 32-33  
•Γαγλία Α. Γ., Κ. Α. Μπαλάρας, Σ. Μοιρασγέντης, Ε. Γεωργοπούλου, Ι. Σαραφίδης, Δ. Λάλας., Κτιριακό Απόθεμα, Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας και Μείωση Ρύπων στον Οικιακό και Τριτογενή Τομέα στην Ελλάδα - Μέτρα Αντιμετώπισης. 10.13140/2.1.3841.3602. 9ο Εθνικό Συνέδριο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Πάφος Κύπρος, 2009, Volume, 45-52  
•Υ.Π.ΕΝ., Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος, 2η Έκδοση, Άρθρο 4 Οδηγία 27/2012/ΕΕ, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Αθήνα, Απρίλιος 2018, ΑΔΑ:6Δ9Α4653Π8-ΓΕ2 ΑΠΟΦΑΣΗ Αριθμ. ΔΕΠΕΑ/Γ'οικ.175603 ΦΕΚ 2258Β' / 15.06.2018