

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείριση και Προστασία  
Περιβάλλοντος**

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**



**Εναλλακτικές Δράσεις για την Επίτευξη Ενεργειακά  
Αποδοτικότερης Λειτουργίας των Ιστορικών Κτηρίων.  
Περιπτωσιολογική Μελέτη: ο Ιστορικός Οικισμός της  
Μονεμβασίας**

**Αικατερίνη Σπ. Κρεμαστιώτη**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Γεώργιος Ξύδης**

**Αύγουστος 2016**

# **Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου**

**Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών**

**Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών *Διαχείριση και Προστασία*  
*Περιβάλλοντος***

## **Μεταπτυχιακή Διατριβή**

**Εναλλακτικές Δράσεις για την Επίτευξη Ενεργειακά  
Αποδοτικότερης Λειτουργίας των Ιστορικών Κτηρίων.  
Περιπτωσιολογική Μελέτη: ο Ιστορικός Οικισμός της  
Μονεμβασίας**

**Αικατερίνη Σπ. Κρεμαστιώτη**

**Επιβλέπων Καθηγητής  
Δρ. Γεώργιος Ξύδης**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Αύγουστος 2016**



# Περίληψη

Το θέμα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής αναφέρεται στις εναλλακτικές δράσεις για την επίτευξη της ενεργειακά αποδοτικότερης λειτουργίας των ιστορικών κτηρίων. Το ενεργειακό πρόβλημα είναι σήμερα ένα από τα πλέον σημαντικά θέματα που απασχολούν την επιστημονική κοινότητα παγκοσμίως. Ο κτηριακός τομέας συμμετέχει γενικά με υψηλό ποσοστό στην κατανάλωση ενέργειας και στην έκλυση ρύπων. Περίπου το 25% του κτηριακού αποθέματος της Ε.Ε. οικοδομήθηκε πριν τα μέσα του περασμένου αιώνα και πριν την εισαγωγή των προτύπων της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, κατά συνέπεια είναι λιγότερο ενεργειακά αποδοτικά από τα σύγχρονά τους. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση και η παρουσίαση της διεθνούς και ελληνικής νομοθεσίας καταδεικνύει την εναγώνια προσπάθεια για την προστασία και διατήρηση των ιστορικών κτηρίων και συνόλων με ταυτόχρονη επίτευξη της ενεργειακά αποδοτικότερης λειτουργίας τους. Ως περιοχή μελέτης επιλέχθηκε ο οικισμός της Μονεμβασίας, ένας οικισμός κηρυγμένος «τόπος ιστορικός» και «τόπος ιδιαίτερου φυσικού κάλλους», αναγνωρισμένος ως ένα από τα πλέον αντιπροσωπευτικά μνημεία του ελληνικού μεσαιωνικού κόσμου. Πρωτίστως καταγράφονται τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του οικισμού. Ακολουθεί η επιλογή προτύπου κτηρίου και η παρουσίαση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του. Στη συνέχεια για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου εξετάζονται τέσσερις λύσεις: η τοποθέτηση εσωτερικής μόνωσης, η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας, η τοποθέτηση μόνωσης στην οροφή του κτηρίου και η αντικατάσταση των κουφωμάτων. Τα τέσσερα υπό μελέτη σενάρια εισάγονται στο λογισμικό TEE KENAK για τον υπολογισμό του ποσοστού της εξοικονόμησης ενέργειας που προκαλεί η εφαρμογή των ανωτέρω μέτρων. Έπεται η παρουσίαση και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων. Η εργασία ολοκληρώνεται με την συζήτηση των αποτελεσμάτων και με τις εισηγήσεις – προτάσεις για περαιτέρω ενέργειες και μελέτη.

**Λέξεις κλειδιά:** ιστορικά κτήρια, παραδοσιακή βιοκλιματική αρχιτεκτονική, ιστορικός οικισμός Μονεμβασίας, μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας κτηρίων, ενεργειακή απόδοση κτηρίων

# *Abstract*

This dissertation is about alternative ways of achieving optimum energy efficiency for historical buildings. The energy issue is nowadays one of the major issues facing the scientific community on a global scale. The building sector is generally responsible for a high percentage of energy consumption and emissions. About 25% of Europe's building stock was constructed before the mid-20th century and before the setting of energy performance standards for buildings, which means it is less energy-efficient compared to contemporary buildings. A literature review and a presentation of the international and Greek legislation show the strenuous efforts put in the protection and conservation of historical buildings and complexes while achieving optimum energy efficiency. The settlement of Monemvasia, a settlement declared “a place of historical importance” and “a place of unique natural beauty” is the area chosen for this study for being one of the most representative monuments of the Greek medieval world. First of all, the special characteristics of the settlement are recorded. Following that, a model building is selected and its special characteristics are presented. Four solutions to the energy efficiency upgrade of the building are then examined: the application of internal insulation, installing a heat pump, the application of roof insulation and the replacement of the doors. The four scenarios under study are entered into the TEE-KENAK software for calculating the percentage of energy saved through the application of each one of the above mentioned measures. The results are then presented and evaluated and conclusions are reached. The dissertation finally includes a discussion of the results and some suggestions-recommendations for further actions and study.

**Keywords:** historical buildings, traditional bioclimatic architecture, Monemvasia historical settlement, energy-saving measures for buildings, energy performance of buildings

# *Ευχαριστίες*

Με την ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος με τίτλο 'Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος', της Σχολής Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών, του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου, εκφράζω τις ειλικρινείς και θερμές ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή Δρ Γεώργιο Ξύδη για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου, για την υπόδειξη και ανάθεση του θέματος, και ιδιαίτερος για την πολύτιμη, συνεχή και ουσιαστική καθοδήγηση που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της.

Αύγουστος 2016

Αικατερίνη Σπ. Κρεμαστιώτη

# Περιεχόμενα

Περίληψη .....	iii
Abstract .....	iv
Ευχαριστίες .....	v
Περιεχόμενα .....	vi
Κατάλογος Πινάκων .....	viii
Κατάλογος Διαγραμμάτων .....	x
Κατάλογος Εικόνων .....	xii
Κατάλογος Χαρτών .....	xiv
Ακρονύμια .....	xv
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	1
Εισαγωγή .....	1
1.1 Καταγραφή προβλήματος .....	3
1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης .....	7
1.3 Σκοποί και στόχοι .....	7
1.4 Δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	9
Βιβλιογραφική ανασκόπηση .....	9
2.1 Εισαγωγή .....	9
2.1.1 Η αξία των ιστορικών κτηρίων .....	9
2.1.2 Δυνατότητες επεμβάσεων σε ιστορικά κτήρια .....	13
2.1.3 Βιοκλιματικά στοιχεία ιστορικών κτηρίων .....	15
2.1.4 Ενεργειακή ανάλυση παραδοσιακών υλικών κελύφους κτηρίων .....	18
2.1.5 Μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα ιστορικά κτήρια .....	19
2.1.6 Διεθνής πραγματικότητα για τις αποκαταστάσεις ιστορικών κτηρίων .....	22
2.1.7 Ελληνική πραγματικότητα για τις αποκαταστάσεις ιστορικών κτηρίων .....	23
2.1.8 Παραδείγματα .....	24
2.2 Ειδικό θεωρητικό πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων .....	27
2.2.1 Θερμικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων κτηρίων .....	28
2.2.2 Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων .....	29
2.2.3 Κλιματικές Ζώνες στην Ελλάδα .....	30
2.2.4 Κατηγορίες κτηρίων & ωράριο λειτουργίας .....	32

2.2.5 Εσωτερικές συνθήκες χώρων και κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης .....	33
2.2.5 Μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια .....	34
2.2.6 Τύπος ανακαίνισης κτηρίων και ενδεικτικό κόστος .....	37
2.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση .....	38
2.3.1 Διεθνής πραγματικότητα για τη κτηριακή εξοικονόμηση ενέργειας .....	39
2.3.2 Ελληνική πραγματικότητα για τη κτηριακή εξοικονόμηση ενέργειας .....	39
2.3.3 Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα και σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες .....	41
2.3.4 Ευρωπαϊκά προγράμματα .....	43
2.3.5 Συμπεράσματα .....	44
2.4 Περιοχή μελέτης.....	45
2.4.1 Ιστορικά στοιχεία οικισμού Μονεμβασίας .....	46
2.4.2 Νομοθετικό πλαίσιο προστασίας οικισμού Μονεμβασίας .....	48
2.4.3 Κλιματολογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής .....	50
2.4.4 Χρήσεις κτηρίων.....	51
2.4.5 Οικοδομικά στοιχεία.....	52
2.4.6 Βιοκλιματικά στοιχεία οικισμού .....	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	58
Μεθοδολογία.....	58
3.1 Μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.....	58
3.2 Παρουσίαση λογισμικού TEE KENAK.....	60
3.3 Πρότυπο Κτήριο Μελέτης.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	71
Αποτελέσματα.....	71
4.1 Υφιστάμενη καταναλισκόμενη ενέργεια.....	71
4.2 Σενάριο 1 – Τοποθέτηση εσωτερικής μόνωσης .....	77
4.3 Σενάριο 2 – Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας.....	79
4.4 Σενάριο 3 – Τοποθέτηση μόνωσης στην οροφή.....	82
4.5 Σενάριο 4 – Αντικατάσταση κουφωμάτων .....	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	87
Συζήτηση-Συμπεράσματα-Εισηγήσεις.....	87
5.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων .....	87
5.2 Συμπεράσματα .....	91
5.3 Προτάσεις – Εισηγήσεις.....	91
5.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	92
Βιβλιογραφία .....	94



# Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1	: Κατανομή κατοικιών νοικοκυριών με βάση την περίοδο κατασκευής (πλήθος κτηρίων) το έτος 2011.	5
Πίνακας 1.2	: Κατανομή κτηρίων τριτογενούς τομέα με βάση την περίοδο κατασκευής (πλήθος κτηρίων).	6
Πίνακας 1.3	: Αριθμός κτηρίων ανά χρήση για το 2011.	6
Πίνακας 2.1	: Ενεργειακά χαρακτηριστικά ιστορικών κτηρίων.	17
Πίνακας 2.2	: Θερμικές Ιδιότητες Τυπικών Δομικών Υλικών.	19
Πίνακας 2.3	: U value και καμπύλη θερμοκρασίας τοιχοποιίας από λιθοδομή πάχους 600 mm, χωρίς μόνωση και με μόνωση πάχους 70 mm αντίστοιχα.	21
Πίνακας 2.4	: Αποτελέσματα δοκιμών για μέτρα βελτίωσης σε παράθυρα	21
Πίνακας 2.5	: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.	28
Πίνακας 2.6	: Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων.	29
Πίνακας 2.7	: Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς.	31
Πίνακας 2.8	: Ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με τη χρήση τους για τις ανάγκες της τεχνικής οδηγίας TOTEE 20701-1/2010.	32
Πίνακας 2.9	: Τύπος ανακαίνισης κτηρίων.	37
Πίνακας 2.10	: Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και τυπικά κόστη.	38
Πίνακας 2.11	: Χρονολόγιο διαδοχικών κυρίαρχων της Καστροπολιτείας.	47
Πίνακας 2.12	: Χαρακτηριστικά κτηρίων οικισμού που ενισχύουν την ενεργειακή συμπεριφορά.	56
Πίνακας 4.1	: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> ) – Υφιστάμενη κατάσταση.	74
Πίνακας 4.2	: Ενεργειακές απαιτήσεις ανά μήνα – Υφιστάμενη κατάσταση.	75
Πίνακας 4.3	: Ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα – Υφιστάμενη κατάσταση.	75
Πίνακας 4.4	: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> ) – Σενάριο 1.	77
Πίνακας 4.5	: Ενεργειακές απαιτήσεις ανά μήνα – Σενάριο 1.	77
Πίνακας 4.6	: Ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα – Σενάριο 1.	77
Πίνακας 4.7	: Κόστος και περίοδος αποπληρωμής – Σενάριο 1.	78
Πίνακας 4.8	: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> ) – Σενάριο 2.	79
Πίνακας 4.9	: Ενεργειακές απαιτήσεις ανά μήνα – Σενάριο 2.	79
Πίνακας 4.10	: Ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα – Σενάριο 2.	80
Πίνακας 4.11	: Κόστος και περίοδος αποπληρωμής – Σενάριο 2.	80

Πίνακας 4.12	:	Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> ) – Σενάριο 3.	82
Πίνακας 4.13	:	Ενεργειακές απαιτήσεις ανά μήνα – Σενάριο 3.	82
Πίνακας 4.14	:	Ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα – Σενάριο 3.	82
Πίνακας 4.15	:	Κόστος και περίοδος αποπληρωμής – Σενάριο 3.	83
Πίνακας 4.16	:	Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> ) – Σενάριο 4.	84
Πίνακας 4.17	:	Ενεργειακές απαιτήσεις ανά μήνα – Σενάριο 4.	85
Πίνακας 4.18	:	Ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα – Σενάριο 4.	85
Πίνακας 4.19	:	Κόστος και περίοδος αποπληρωμής – Σενάριο 4.	85

# Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1	: Κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση για το έτος 2012.	4
Διάγραμμα 1.2	: Ποσοστιαία κατανομή εκπομπών CO <sub>2</sub> ανά ενεργειακό τομέα, στο σύνολο των 84,14 Mt CO <sub>2</sub> , για το έτος 2012.	4
Διάγραμμα 1.3	: Κατανομή ελληνικών κτηρίων ανά περίοδο κατασκευής.	5
Διάγραμμα 1.4	: Ποσοστιαία κατανομή του κτηριακού αποθέματος με βάση τη χρήση.	6
Διάγραμμα 2.1	: Μέση, ελάχιστη και μέση θερμοκρασία (Μετεωρολογικός Σταθμός Κυθήρων).	50
Διάγραμμα 2.2	: Μέση μηνιαία υγρασία (Μετεωρολογικός Σταθμός Κυθήρων)	50
Διάγραμμα 2.3	: Μέση μηνιαία ένταση ανέμων (Μετεωρολογικός Σταθμός Κυθήρων).	50
Διάγραμμα 2.4	: Μέση μηνιαία βροχόπτωση (Μετεωρολογικός Σταθμός Κυθήρων).	50
Διάγραμμα 4.1	: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων θέρμανσης – Υφιστάμενη κατάσταση.	76
Διάγραμμα 4.2	: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων ψύξης – Υφιστάμενη κατάσταση.	76
Διάγραμμα 4.3	: Μηνιαίες τιμές φορτίων θέρμανσης – Υφιστάμενη κατάσταση.	76
Διάγραμμα 4.4	: Μηνιαίες τιμές φορτίων ψύξης – Υφιστάμενη κατάσταση.	76
Διάγραμμα 4.5	: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 1.	78
Διάγραμμα 4.6	: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων ψύξης – Σενάριο 1.	78
Διάγραμμα 4.7	: Μηνιαίες τιμές φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 1.	79
Διάγραμμα 4.8	: Μηνιαίες τιμές φορτίων ψύξης – Σενάριο 1.	79
Διάγραμμα 4.9	: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 2.	81
Διάγραμμα 4.10	: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων ψύξης – Σενάριο 2.	81
Διάγραμμα 4.11	: Μηνιαίες τιμές φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 2.	81
Διάγραμμα 4.12	: Μηνιαίες τιμές φορτίων ψύξης – Σενάριο 2.	81
Διάγραμμα 4.13	: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 3.	83
Διάγραμμα 4.14	: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων ψύξης – Σενάριο 3.	83
Διάγραμμα 4.15	: Μηνιαίες τιμές φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 3.	84
Διάγραμμα 4.16	: Μηνιαίες τιμές φορτίων ψύξης – Σενάριο 3.	84
Διάγραμμα 4.17	: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 4.	86
Διάγραμμα 4.18	: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων ψύξης – Σενάριο 4.	86
Διάγραμμα 4.19	: Μηνιαίες τιμές φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 4.	86
Διάγραμμα 4.20	: Μηνιαίες τιμές φορτίων ψύξης – Σενάριο 4.	86
Διάγραμμα 5.1	: Συνολική πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m <sup>2</sup> ) για το κτήριο	88

	αναφοράς, το υπάρχον κτήριο και τα σενάρια.	
Διάγραμμα 5.2	: Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας ανά σενάριο.	89
Διάγραμμα 5.3	: Μείωση εκπομπών $CO_2$ ανά σενάριο.	89
Διάγραμμα 5.4	: Σύγκριση κόστους σεναρίων.	90
Διάγραμμα 5.5	: Σύγκριση κόστους αποπληρωμής σεναρίων.	90

# Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1	: Οι τρεις κύκλοι της βιώσιμης ανάπτυξης.	1
Εικόνα 1.2	: Αστικό νέφος.	2
Εικόνα 2.1	: Απεικονίσεις σε σκίτσο ιστορικών κτηρίων.	10
Εικόνα 2.2	: Το Palazzo d' Accursio, Bologna, Italy.	12
Εικόνα 2.3	: (Αριστερά) Διαμπερής αερισμός – είσοδος βορείου ανέμου από βόρεια όψη. (Δεξιά) Δροσισμός – εκβολή ζεστού αέρα από το εσωτερικό του κτηρίου.	17
Εικόνα 2.4	: Θερμικές απώλειες πριν και μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης.	20
Εικόνα 2.5	: Ανατολική όψη, 'The Camden Victorian house'.	24
Εικόνα 2.6	: Δυτική όψη, 'The Camden Victorian house'.	24
Εικόνα 2.7	: Κύρια όψη του Ελληνικού Κοινοβουλίου.	25
Εικόνα 2.8	: Θερμογραφία ενός γραφείου στον πρώτο όροφο. Βόρεια πρόσοψη του κτηρίου του Ελληνικού Κοινοβουλίου.	26
Εικόνα 2.9	: Κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης.	30
Εικόνα 2.10	: Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας.	31
Εικόνα 2.11	: Η άποψη της Κάτω Πόλης.	47
Εικόνα 2.12	: Βασικοί άξονες και χρήσεις του οικισμού της Μονεμβασίας – Κάτω Πόλη.	52
Εικόνα 2.13	: Σχηματική τομή τυπικής μονεμβασιώτικης οικίας.	55
Εικόνα 3.1	: Τυπικές θερμικές απώλειες κτηρίων από το κτηριακό κέλυφος (τοιχοί, παράθυρα, στέγη, δάπεδο) και τον αερισμό εξαερισμό.	59
Εικόνα 3.2	: Περιβάλλον προγράμματος TEE KENAK για ενεργειακή επιθεώρηση.	60
Εικόνα 3.3	: Περιβάλλον προγράμματος Energy Certificate CAD.	62
Εικόνα 3.4	: Απεικόνιση θέσης του κτηρίου σε ορθοφωτοχάρτη του Υπουργείου Γεωργίας.	63
Εικόνα 3.5	: Το (υπό μελέτη) κτήριο από τα δυτικά.	64
Εικόνα 3.6	: Η νοτιοδυτική είσοδος του (υπό μελέτη) κτηρίου.	64
Εικόνα 3.7	: Τοπογραφική αποτύπωση (υπό μελέτη) κτηρίου.	65
Εικόνα 3.8	: Κάτοψη α' στάθμης (υπό μελέτη) κτηρίου.	66
Εικόνα 3.9	: Κάτοψη β' στάθμης (υπό μελέτη) κτηρίου.	67
Εικόνα 3.10	: Κάτοψη γ' στάθμης (υπό μελέτη) κτηρίου.	68
Εικόνα 3.11	: Τομή I-I (υπό μελέτη) κτηρίου.	69
Εικόνα 3.12	: Τρισδιάστατη απεικόνιση του υπό μελέτη κτηρίου και των ομώνων του.	70
Εικόνα 4.1	: Ενεργειακή απεικόνιση κτηρίου.	71
Εικόνα 4.2	: Σκιασμοί κτηρίου.	72
Εικόνα 4.3	: Σκιασμοί α' στάθμης.	72

Εικόνα 4.4	: Σκιασμοί β' στάθμης.	73
Εικόνα 4.5	: Σκιασμοί γ' στάθμης.	73
Εικόνα 4.6	: Ενεργειακή κατάταξη του υπό μελέτη κτηρίου στο πρόγραμμα TEE KENAK.	74

# *Κατάλογος Χαρτών*

Χάρτης 2.1	: Θέση του οικισμού της Μονεμβασίας στην Πελοπόννησο.	46
Χάρτης 2.2	: Χάρτης καθορισμού χρήσεων γης που συνοδεύει το εγκεκριμένο Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π. της Δημοτικής Ενότητας Μονεμβασίας, του Δήμου Μονεμβασίας. (ΦΕΚ 231/Α.Α.Π./19-6- 2013).	48

# *Ακρωνύμια*

B.M.S	: Building Management Systems
IPCC	: Intergovernmental Panel on Climate Change
UNFCCC	: United Nations Framework Convention on Climate Change
Α.Π.Ε.	: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
Δ.Ε.Η.	: Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
Ε.Α.Α.	: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
Ε.Ε.	: Ευρωπαϊκή Ένωση
Ε.Κ.	: Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο
ΕΛΣΤΑΤ	: Ελληνική Στατιστική Αρχή
Ε.Μ.Υ.	: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
Z.N.X.	: Ζεστό Νερό Χρήσης
Ι.Ε.Π.Β.Α.	: Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ενέργειας
Κ.Α.Π.Ε.	: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
Κ.Εν.Α.Κ	: Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων
Μ.Ε.Ε.	: Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας
Π.Δ.	: Προεδρικό Διάταγμα
Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ	: Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά
Τ.Ε.Ε.	: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας
Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.	: Τεχνική οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος
Υ.Α.	: Υπουργική Απόφαση
Υ.Π.Ε.Κ.Α	: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
Φ.Ε.Κ.	: Εφημερίδα της Κυβερνήσεως

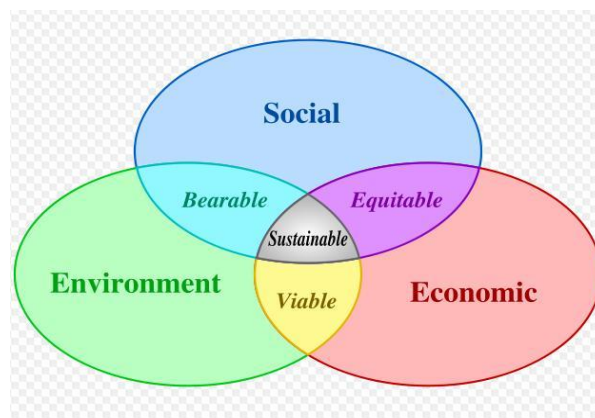


# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή έχει ήδη αρχίσει να αλλάζει τη ζωή στο πλανήτη. Οι εποχές μεταβάλλονται, η μέση θερμοκρασία είναι περίπου 1,4°C μεγαλύτερη από τα προβιομηχανικά επίπεδα με τα έτη 1998 και 2005 να καταγράφονται ως τα θερμότερα, η τήξη των παγετώνων επιταχύνεται, η στάθμη της θάλασσας μεταβάλλεται παρουσιάζοντας άνοδο κατά 1,7 mm ετησίως (IPCC, 2007) και όλο και πιο ακραία φαινόμενα παρατηρούνται σε όλο τον πλανήτη. Οι επιβλαβείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής γίνονται όλο και πιο έκδηλες παγκοσμίως καθώς εκτός από τις αρνητικές τους επιδράσεις στα οικοσυστήματα, τη βιοποικιλότητα, στους υδατικούς πόρους με αύξηση της λειψυδρίας και στην ανθρώπινη υγεία με τη μετάδοση μολυσματικών ασθενειών, απειλούν και τις ανθρώπινες δραστηριότητες με άμεσες συνέπειες σε διάφορους οικονομικούς τομείς όπως η γεωργία, ο τουρισμός και ο κλάδος των ασφαλειών. (Σαρτζετάκης, Καρατζόγλου and Καρατζόγλου, 2009) Ένα αποτελεσματικό βήμα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι η υιοθέτηση των αρχών της αειφορίας.

Σύμφωνα με τον ορισμό από την Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη η αειφορία είναι ένας όρος που αναφέρεται στη συνθήκη διατήρησης των περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών αναγκών που είναι απαραίτητες για την ανθρώπινη ύπαρξη.



**Εικόνα 1.1:** Οι τρεις κύκλοι της βιώσιμης ανάπτυξης. (Τζεφέρης, 2010)

«Αειφόρος Ανάπτυξη είναι η ανάπτυξη που καλύπτει τις ανάγκες του σήμερα χωρίς να υποσκάπτει την δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες» (Brundtland, 1987). Με βάση τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι η διαχείριση του περιβάλλοντος πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε αυτό να διατηρηθεί και να μπορεί να ανταπεξέλθει στις ανάγκες των επόμενων γενεών.

Η βιώσιμη ή αειφόρος ανάπτυξη αποτελεί στις μέρες μας έναν από τους βασικούς στόχους της παγκόσμιας κοινότητας με την παγκόσμια εξάρτηση στον τομέα της ενέργειας να έχει αυξηθεί σε ανησυχητικό βαθμό. (Martinez-Molina et al., 2016) Σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA, 2014), την περίοδο 1971-2014 η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε κατά 92%. Η Ευρωπαϊκή Ένωση λαμβάνοντας υπόψη την επιτακτική ανάγκη της ριζικής αλλαγής του τρόπου παραγωγής και χρήσης της ενέργειας για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, επικέντρωσε τη δράση της σε τομείς όπως οι αγορές ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου, οι πηγές ενέργειας, η συμπεριφορά των καταναλωτών και η σύσφιξη των διεθνών συνεργασιών. Στους τομείς αυτούς σημαντικό ρόλο κατέχει και ο κτηριακός τομέας, καθώς μέσα από τη χρήση πρωτογενών υλικών, τη κατανάλωση φυσικών πόρων και την παραγωγή ρύπων και οικιακών αποβλήτων έχει άμεσες επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην ενδυνάμωση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση σήμερα υφίστανται 200 εκατομμύρια κτήρια, τα οποία είναι υπεύθυνα για το περίπου 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας. Επίσης τα κτήρια, όπως αναφέρθηκε συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στη ρύπανση του περιβάλλοντος, αφού ευθύνονται περίπου για το 50% των εκπομπών διοξειδίου του θείου ( $SO_2$ ), το 35 % των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ( $CO_2$ ), το 25 % των εκπομπών οξειδίων του αζώτου ( $NO_x$ ) και το 10% των εκπεμπόμενων σωματιδίων. (Σπυροπούλου, 2011)



**Εικόνα 1.2:** Αστικό νέφος (CITYFACE, 2016)

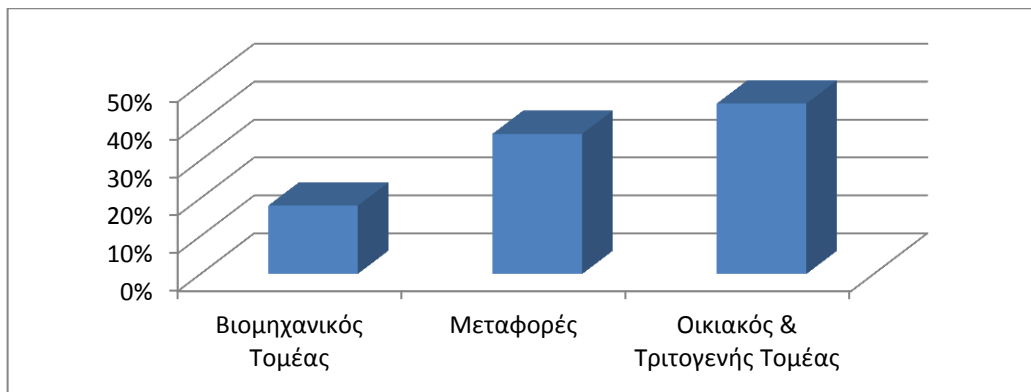
## 1.1 Καταγραφή προβλήματος

Το Εθνικό Σχέδιο Δράσης 20-20-20, το οποίο εκπονήθηκε στο πλαίσιο εφαρμογής της Ευρωπαϊκής Πολιτικής για την Ενέργεια με τις Οδηγίες 2009/29/EK (2009/29/EK, 2009) και 2009/28/EK (2009/28/EK, 2009) και αφορά την διεύθυνση ΑΠΕ, την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, προβλέπει για το σύνολο των Κρατών – Μελών ότι μέχρι το 2020 θα έχει επιτευχθεί:

- 20% μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.
- 20% διεύθυνση των ΑΠΕ στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας.
- 20% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας.

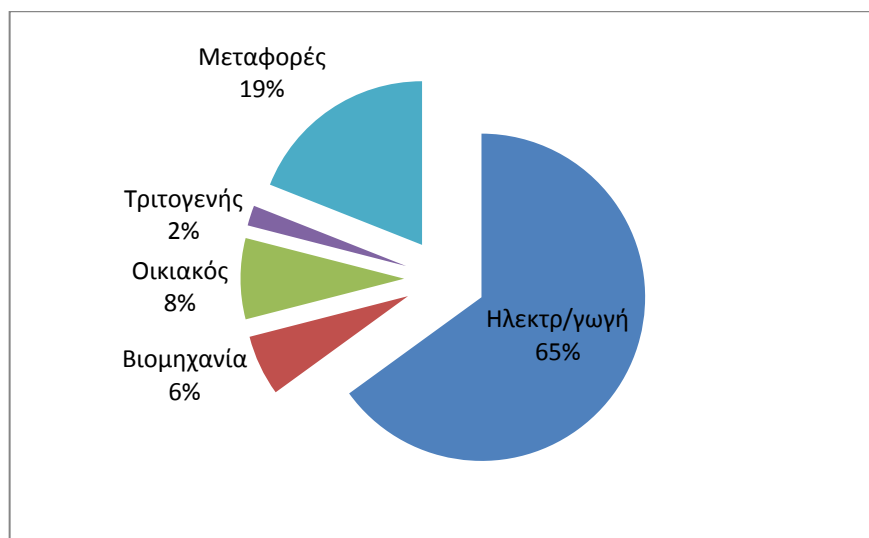
Ο κτηριακός τομέας κατέχει υψηλό ποσοστό στην κατανάλωση ενέργειας και στην έκλυση ρύπων στα Κράτη – Μέλη της Ε.Ε.. Στην Ελλάδα, ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας την περίοδο 1985 - 2005 ήταν 3%, ενώ ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά κτήρια ήταν 4,5%, μεγαλύτερος κατά 1,5%. Αντίστοιχα για την περίοδο 2000 - 2007 ο μέσος ρυθμός αύξησης της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας ανέρχονταν σε 1,8% και των κτηρίων στο 2,8%, μεγαλύτερος κατά μία ποσοστιαία μονάδα. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι αυτοί οι ρυθμοί αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας των κτηρίων δεν συμβαδίζουν με τους εθνικούς στόχους όπως αυτοί τέθηκαν στα πλαίσια των δεσμεύσεων που ανέλαβε η χώρα μας με την υπογραφή της συμφωνίας του Κιότο την οποία ακολούθησε το εθνικό σχέδιο δράσης 20-20-20.

Σύμφωνα με έκθεση που πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και του Εργαστηρίου Ήπιων Μορφών Ενέργειας και Προστασίας Περιβάλλοντος του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ, ο κτηριακός τομέας στον οποίο περιλαμβάνεται ο οικιακός και ο τριτογενής τομέας, το έτος 2012, αντιστοιχεί στο 45% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας, που αναλογούν σε 7.751 ktoe, παρουσιάζοντας το μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τους άλλους δύο τομείς, τον βιομηχανικό και τον τομέα των μεταφορών.



**Διάγραμμα 1.1:** Κατανομή της τελικής ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση για το έτος 2012. (EUROSTAT, 2014)

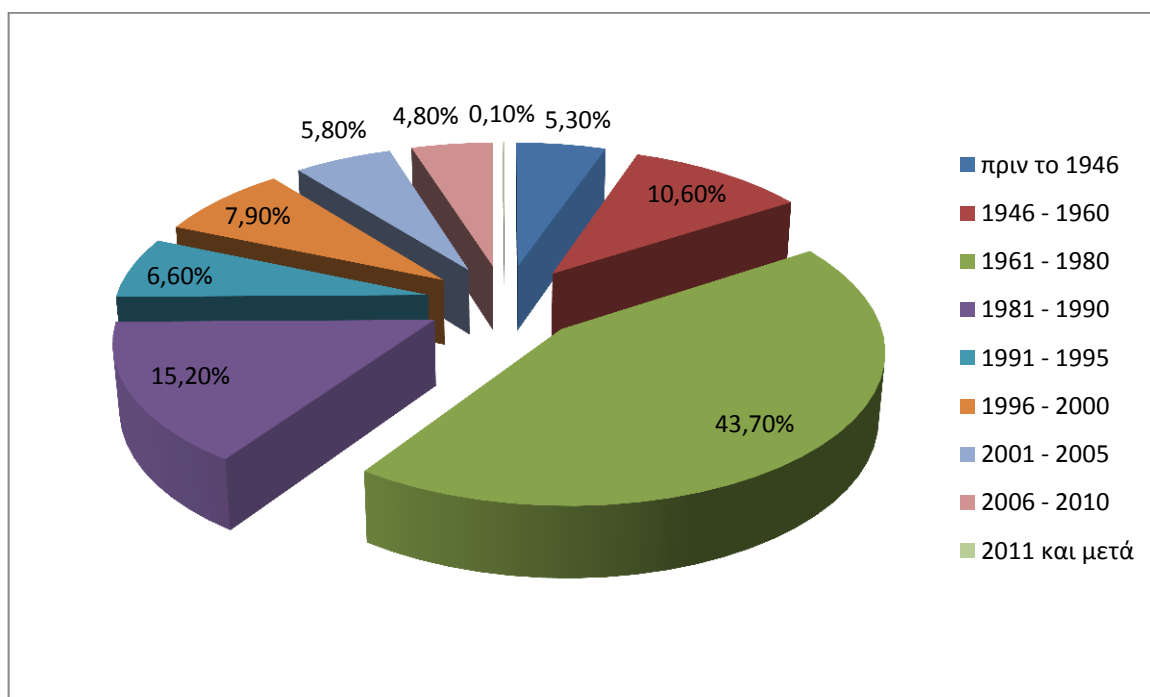
Σύμφωνα με καταγραφές της ΔΕΗ, για το έτος 2012 τα ελληνικά κτήρια καταναλώνουν σε σύνολο περίπου το 65% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, εκ του οποίου το 36% αφορά τον οικιακό και το 29 % τον τριτογενή τομέα. Αντίστοιχα στην κατανομή των ποσοστών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα  $CO_2$  η συμμετοχή του οικιακού και του τριτογενούς τομέα αντιστοιχεί στο 10%. (ΥΠΕΚΑ, 2014)



**Διάγραμμα 1.2:** Ποσοστιαία κατανομή εκπομπών  $CO_2$  ανά ενεργειακό τομέα, στο σύνολο των 84,14 Mt  $CO_2$ , για το έτος 2012. (ΥΠΕΚΑ, 2014)

Σύμφωνα με το διάγραμμα 1.3, περίπου το 60% του συνολικού κτηριακού αποθέματος, αντιστοιχεί σε κτήρια που έχουν κατασκευαστεί πριν το έτος 1980 τα οποία δεν διαθέτουν θερμική μόνωση, και παρουσιάζουν πολύ χαμηλή ενεργειακή απόδοση καθώς πριν το 1980 δεν υπήρχε ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων, ο οποίος ψηφίστηκε το 1979, (ΦΕΚ 362/Δ' /4.7.1979, «Περί εγκρίσεως κανονισμού δια την θερμομόνωσιν των κτιρίων») αντιγράφοντας τον πρώτο γερμανικό κανονισμό. Ο Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτηρίων

ήταν σε ισχύ μέχρι και το 2010 όταν και αντικαταστάθηκε από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ., 2010), και καθόριζε τα μέγιστα όρια θερμοπερατότητας διάφορων στοιχείων και του κελύφους των νέων κτηρίων. Από το σύνολο των κτηρίων που κατασκευάστηκε μετά το 1980 εκτιμάται ότι μόλις το 10% αυτών είναι πλήρως μονωμένα καθώς κατά την εφαρμογή του την πρώτη δεκαετία σε ελάχιστα κτήρια εφαρμόζονταν μόνωση.



**Διάγραμμα 1.3:** Κατανομή ελληνικών κτηρίων ανά περίοδο κατασκευής. (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)

**Πίνακας 1.1:** Κατανομή κατοικιών νοικοκυριών με βάση την περίοδο κατασκευής (πλήθος κτηρίων) για το έτος 2011. (ΕΛΣΤΑΤ, 2014)

	<b>μονοκατοικία</b>	<b>διπλοκατοικία</b>	<b>πολυκατοικία</b>
πριν το 1919	139.270	18.952	5.016
1919-1945	256.942	43.748	16.902
1946-1960	393.987	105.838	104.431
1961-1970	385.796	174.220	440.342
1971-1980	382.443	220.831	820.853
1981-1990	357.608	202.350	486.189
1991-2000	261.589	138.610	403.882
2001-2005	149.230	76.783	311.497
2005 και μετά	130.572	58.669	256.971

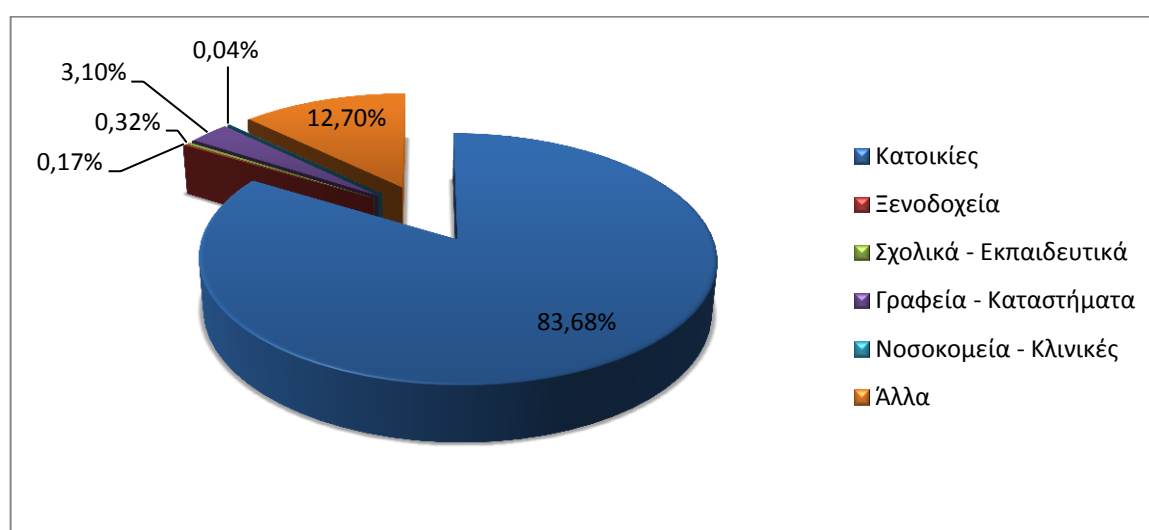
**Πίνακας 1.2:** Κατανομή κτηρίων τριτογενούς τομέα με βάση την περίοδο κατασκευής (πλήθος κτηρίων). (TABULA, 2012)

	<b>Γραφεία/Εμπορικά καταστήματα</b>	<b>Εκπαιδευτικά κτήρια</b>	<b>Νοσοκομεία / νοσηλευτικά</b>	<b>Ξενοδοχεία / Τουριστικά</b>
Μέχρι το 1980	89.352	14.126	1.566	3.015
1981-2000	39.348	700	177	258
2000-2010	2.385	750	59	1.214

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση από το σύνολο του κτηριακού αποθέματος, το 25% χτίστηκε πριν από τα μέσα του περασμένου αιώνα και πολύ πριν από την εισαγωγή των προτύπων της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων, καθιστώντας τα λιγότερο ενεργειακά αποδοτικά από τα σύγχρονά τους. Τα κτήρια αυτά λόγω της παλαιότητάς τους και της ιστορικής και πολιτιστικής τους αξίας προστατεύονται θεσμικά περιορίζοντας τις δυνατές παρεμβάσεις για την επίτευξη της ενεργειακά αποδοτικότερης λειτουργίας και αυξάνοντας την ανάγκη αναζήτησης εναλλακτικών δράσεων.

**Πίνακας 1.3:** Αριθμός κτηρίων ανά χρήση για το 2011. (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)

<b>Χρήση κτηρίου</b>	<b>Πλήθος κατοικιών &amp; κτηρίων τριτογενούς</b>
Κατοικίες	4.122.088
Ξενοδοχεία	8.309
Σχολικά – Εκπαιδευτικά	15.576
Γραφεία - Καταστήματα	152.550
Νοσοκομεία – Κλινικές	1.742
Άλλα	625.630
Σύνολο	4.925.895



**Διάγραμμα 1.4:** Ποσοστιαία κατανομή του κτηριακού αποθέματος με βάση τη χρήση. (ΕΛΣΤΑΤ, 2011)

## **1.2 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης**

Τα ιστορικά κτήρια και μνημεία εξαιρούνται από το υποχρεωτικό πλαίσιο της Οδηγίας για την Ενεργειακή Αποδοτικότητα των Κτηρίων (2002/91/EK, 2002) για επεμβάσεις με σκοπό την επίτευξη της βελτιστοποίησης της ενεργειακής τους απόδοσης, λόγω των αυστηρών νομοθετικών και πολεοδομικών ρυθμίσεων που τα διέπουν, γεγονός που συνιστά εξαιρετικά δύσκολη κάθε προσπάθεια για την εύρεση των κατάλληλων καινοτόμων τεχνολογιών για την ενεργειακή τους αναβάθμιση. Τα ιστορικά κτήρια έχουν υψηλό ενεργειακό κόστος και μεγαλύτερες από το μέσο όρο εκπομπές CO<sub>2</sub>. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την έλλειψη πληροφοριών γύρω από την πραγματική χρήση ενέργειας των ιστορικών κτηρίων και τις δυσκολίες στην επιλογή των κατάλληλων τεχνολογιών λόγω ελλείψεων που παρουσιάζουν τα λογισμικά ενεργειακών μοντέλων σχετικά με τα ιστορικά κτήρια, καθιστούν την παρούσα μελέτη απαραίτητη. Μελέτη περίπτωσης αποτελεί ένας οικισμός χαρακτηρισμένος ως ‘ιστορικός’ με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά χωρίς μέχρι στιγμής να έχει αποτελέσει αντικείμενο παρόμοιας μελέτης. Η επιλεγμένη περιοχή μελέτης, ο οικισμός του Κάστρου της Μονεμβασίας, είναι ένας οικισμός κηρυγμένος «τόπος ιστορικός» και «τόπος ιδιαίτερου φυσικού κάλλους», αναγνωρισμένος ως ένα από τα πλέον αντιπροσωπευτικά μνημεία του ελληνικού μεσαιωνικού κόσμου. Στον οικισμό της Μονεμβασίας υπάρχουν περίπου 160 ιδιοκτησίες και τα κτήρια στην πλειοψηφία τους έχουν χρήση κατοικίας με μεγάλη ποικιλία τυπολογικών, μορφολογικών και οικοδομικών στοιχείων η οποία έχει προκύψει λόγω της αδιάκοπης ζωής της Κάτω Πόλης επί 14 αιώνες.

## **1.3 Σκοποί και στόχοι**

Με γνώμονα τη βιώσιμη ανάπτυξη και την διαφύλαξη της πολιτιστικής και αρχιτεκτονικής κληρονομιάς γίνεται μία προσπάθεια εύρεσης των κατάλληλων επεμβάσεων στα κτήρια του οικισμού της Μονεμβασίας για την επίτευξη της ενεργειακά αποδοτικότερης λειτουργίας τους έτσι ώστε να προσαρμοστούν στον σύγχρονο τρόπο ζωής και να συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού γίνεται συλλογή δεδομένων σχετικά με τα γενικά στοιχεία, τον τύπο κτηρίων, το εσωτερικό και εξωτερικό κλίμα, την τεχνολογία κτηρίων κτλ, του οικισμού της Μονεμβασίας, και η κατηγοριοποίησή τους, η εύρεση καινοτόμων τεχνολογιών που επιφέρουν σημαντικές

βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση τους και η συγκριτική αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων πριν και μετά την εφαρμογή τους.

## **1.4 Δομή της παρούσας διπλωματικής εργασίας**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αναπτύσσεται σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται η εισαγωγή της εργασίας, αναφέρεται το ερευνητικό αντικείμενό της, η αναγκαιότητα και ο σκοπός της συγγραφής της και τέλος η δομή της. Στο εν λόγω κεφάλαιο παρουσιάζεται η ανάγκη στροφής της παγκόσμιας κοινότητας προς τη βιώσιμη ανάπτυξη για την καταπολέμηση των επιβλαβών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, για την οποία μέρος της ευθύνης κατέχει ο κτηριακός τομέας, καθώς τα κτήρια παρουσιάζουν μεγάλα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας, με το 25% του κτηριακού αποθέματος στην Ευρωπαϊκή Ένωση να είναι κατασκευασμένα πριν από τα μέσα του περασμένου αιώνα. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση του θέματος, η ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης και η παρουσίαση της περιοχής μελέτης. Πιο αναλυτικά γίνεται η εισαγωγή σχετικά με τα ιστορικά κτήρια, τα βιοκλιματικά τους στοιχεία, την ενεργειακή ανάλυση των υλικών του κελύφους τους, τις δυνατές επεμβάσεις σε αυτά και παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα σημαντικότερα στοιχεία για την σύνταξη μίας μελέτης ενεργειακής απόδοσης και των υφιστάμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και ακολουθεί αναφορά στη διεθνή και ελληνική νομοθεσία, με καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης και παρουσίαση των συμπερασμάτων. Το δεύτερο κεφάλαιο κλείνει με την παρουσίαση της περιοχής της μελέτης που αποτελεί ο ιστορικός οικισμός της Μονεμβασίας και την καταγραφή των σημαντικότερων χαρακτηριστικών του. Στο τρίτο κεφάλαιο ακολουθεί η μεθοδολογία για την ανάλυση του θέματος και η παρουσίαση του πρότυπου κτηρίου που επιλέχθηκε και του λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των ενεργειακών καταναλώσεων του κτηρίου πριν και μετά την εφαρμογή των επιλεγμένων μέτρων για την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών για την υφιστάμενη ενεργειακή κατανάλωση και αυτών που προκύπτουν με την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων. Η εργασία ολοκληρώνεται με το πέμπτο κεφάλαιο όπου γίνεται η συζήτηση των συμπερασμάτων και εισηγήσεις - προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

## Βιβλιογραφική ανασκόπηση

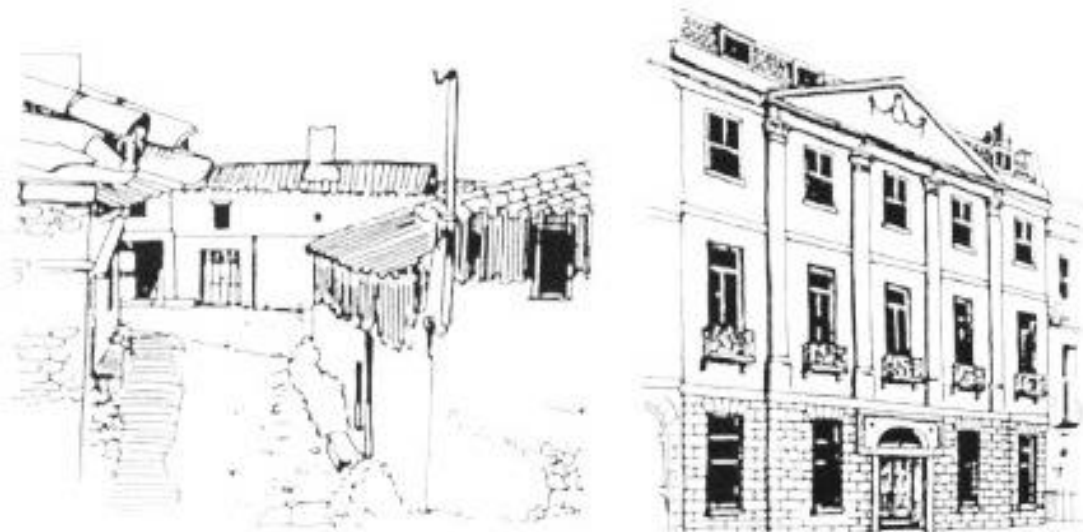
### 2.1 Εισαγωγή

#### 2.1.1 Η αξία των ιστορικών κτηρίων

*«Ένα μέρος του παρελθόντος πεθαίνει κάθε στιγμή και η θνησιμότητά του μας μολύνει, αν προσκολληθούμε σ' αυτό με υπερβολική αγάπη. Ένα μέρος του παρελθόντος μένει πάντα ζωντανό και κινδυνεύουμε καταφρονώντας τη ζωντάνια του.»* Αυτή η διατύπωση του Rex Warner, όπως υποστηρίζει ο ιστορικός και ερευνητής Ν. Σβορώνος, αποτελεί τη βάση της σκέψης του ποιητή Γ. Σεφέρη (Δοκιμές 1, σ. 520), (Σβορώνος, 1981) ο οποίος θέλοντας να τονίσει πόσο δύσκολο είναι να αντικρίσει κανείς κατάματα και χωρίς προκαταλήψεις την ιστορική εξέλιξη επιλέγει να γράψει: *«Σε κάθε ανθρώπινο πρόβλημα δεν είναι εύκολο – και λίγοι το πετυχαίνουν - να ξεχωρίσεις το ζωντανό από το θνησιμαίο. Οι δρόμοι της ζωής και του θανάτου είναι μπερδεμένοι και σκοτεινοί, γι' αυτό χρειαζόμαστε ολόκληρη την προσήλωσή μας. Εδώ κείται όλο το πρόβλημα της παράδοσης»*.

Αποτελεί κοινή διαπίστωση ότι η κοινωνική πορεία ενός λαού συνίσταται σε ένα διαρκή κύκλο ανάμεσα σε καθετί που γεννιέται και παλαιώνει για να προκύψει πάλι μια μορφή ζωής. Παρατηρείτε λοιπόν μια αδιάλειπτη πορεία από το παρελθόν στο παρόν και αντίστροφα. Κατά συνέπεια κάθε δημιούργημα ενός λαού, το οποίο αφενός αντιστέκεται στη φθορά του χρόνου, αφετέρου αποδεικνύει τη λειτουργικότητα και την αξία του, παραδίδεται από γενιά σε γενιά και συνιστά την ιστορική πορεία του, καθώς και τη φυσική του συνέχεια ως ένα αδιάσπαστο σύνολο. Είναι η παράδοσή του, η πολιτιστική του κληρονομιά, της οποίας η προστασία και ανάδειξη αποτελεί ατομική υποχρέωση και συλλογική ευθύνη, αφού η σημασία της είναι καθοριστική και πολυδιάστατη.

Ένα σημαντικό υποσύνολο της πολιτιστικής κληρονομιάς ενός λαού αποτελεί και η αρχιτεκτονική κληρονομιά του, που περιλαμβάνει το σύνολο των μεμονωμένων κτηρίων ή συνόλων μιας χώρας, τα οποία αποτελούν "μνημεία" με την ευρεία έννοια του όρου, δηλαδή κτίσματα ή σύνολα κτισμάτων, στα οποία αποδίδονται αξίες μνημείου, όπως η ιστορική, η αρχαιολογική, η καλλιτεχνική, η αισθητική κ.ά. Έτσι, η έννοια της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς δεν περιλαμβάνει μόνο τα μεγάλα και σημαντικά μνημεία «εθνικής σημασίας» αλλά και μικρής σημασίας κτήρια και κάθε είδους κτίσματα και κατασκευές που αποτελούν δείγματα της οικοδομικής δραστηριότητας του παρελθόντος, από την αρχαιότητα μέχρι υπό ορισμένες συνθήκες ακόμη και τις μέρες μας. (Μαμαλούκος, 2009) Για παράδειγμα, μεμονωμένοι τοίχοι, ειδικές κατασκευές κτηρίων, ιστορικά σύνολα όπως οικοδομικά τετράγωνα, οικισμοί, κέντρα πόλεων, τοπία και γενικά κάθε είδος ιστορικής κατασκευής που δεν μπορεί να μετακινηθεί ανήκει στην αρχιτεκτονική κληρονομιά.



**Εικόνα 2.1:** Απεικονίσεις σε σκίτσο ιστορικών κτηρίων. (Gallo, Sala and Sayigh, 1998)

Επιβάλλεται στο σημείο αυτό να διευκρινιστεί ότι ως ιστορικό ορίζεται το κτήριο που μας δίνει την αίσθηση θαυμασμού και μας ωθεί σε περαιτέρω έρευνα και γνώση των ανθρώπων και του πολιτισμού που το παρήγαγε. Και στο άρθρο 1 της "Χάρτας της Βενετίας" το 1964 αναφέρεται ότι: *«η έννοια του αρχιτεκτονικού ιστορικού μνημείου δεν καλύπτει μόνο το μεμονωμένο αρχιτεκτονικό έργο, αλλά και την αστική τοποθεσία που μαρτυρεί έναν ιδιαίτερο πολιτισμό, μια ενδεικτική εξέλιξη ή ένα ιστορικό γεγονός. Αυτό ισχύει όχι μόνο για μεγάλες δημιουργίες, αλλά και για ταπεινά έργα που με τον καιρό απέκτησαν πολιτιστική σημασία»*. (Λάββας, 1984)

Στις μέρες μας, εποχή ριζικών αλλαγών σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας η διατήρηση της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς αναδεικνύεται σε αναγκαιότητα, αφού αναμφισβήτητα η ιστορία ενός λαού τόσο σε ατομικό όσο και σε συλλογικό επίπεδο, στηρίζεται στις ρίζες του παρελθόντος, στην αέναη προσπάθειά του, εκμεταλλευόμενος τον πνευματικό μόχθο των προγενεστέρων του, να ανελιχθεί σ' όλους τους τομείς των δραστηριοτήτων του. Εξάλλου ο άνθρωπος από τη νηπιακή ηλικία του πολιτισμού του συνειδητοποίησε τη φθοροποιό δύναμη του χρόνου γι' αυτό και προσπάθησε να καταπολεμήσει αυτή την πραγματικότητα.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι η αρχιτεκτονική κληρονομιά αποτυπώνει κυρίως την ανώνυμη δημιουργία, εκφράζει το λαό στο σύνολό του και αντανάκλα τη συλλογική οργάνωση της κοινωνικής ζωής, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τη φυσιογνωμία ενός λαού, δίνει το στίγμα της πολιτιστικής του ταυτότητας, (Μητούλα, 1999) την αφομοιωτική και δημιουργική του ικανότητα, ενώ ταυτόχρονα προδιαγράφει και καθορίζει την πολιτιστική του πορεία στο μέλλον. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά υποδηλώνουν και την εξαιρετική σημασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς σε κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα.

Αρχικά το κτιστό περιβάλλον διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στο σύγχρονο κοινωνικό γίγνεσθαι, καθώς μεταφέρει σημαντικά μηνύματα από τη μια γενιά στην άλλη και λειτουργεί ως ένας θησαυρός από πολιτισμικά νοήματα. Για παράδειγμα δημιουργεί την αίσθηση ενός τόπου, το πνεύμα του τόπου, το οποίο ενισχύει τη συλλογική μνήμη των πολιτών και τη βούλησή τους να συναθροίζονται και να παίρνουν μέρος σε δράσεις. Καλλιεργεί λοιπόν την ομαδικότητα, τη συνεργασία, τη φιλική και επικοινωνιακή διάθεση, στοιχεία που είναι απαραίτητα στις κοινωνικές ομάδες περισσότερο από κάθε άλλη εποχή.

Επίσης, η κύρια λειτουργία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς είναι να προάγει την ανθρώπινη μνήμη και να λειτουργεί ως συνδετικός κρίκος του παρόντος με το παρελθόν, αφού η επαφή με αυτήν προκαλεί ερεθίσματα τουλάχιστον σε μεγάλο μέρος των επισκεπτών ανεξάρτητα προέλευσης και καταγωγής. (Krier, 1979)

Τα κτίσματα της πολιτιστικής μας κληρονομιάς σήμερα έχουν και περιβαλλοντική αξία, αφού δεν θεωρούνται μόνο τμήματα της ταυτότητας και της φυσιογνωμίας ενός τόπου αλλά και περιβαλλοντικά αποθέματα. Προσφέρουν βιώματα ενός τόπου, εικόνες, νοήματα, μνήμες, αλλά και γνώση των μεθόδων διαβίωσης του παρελθόντος με όρους περιβαλλοντικής ενσωμάτωσης. Έτσι μας διδάσκουν τρόπους επίλυσης των παρόντων και μελλοντικών προβλημάτων της υπερβολικής κατανάλωσης π.χ. σχετικά με την ανακύκλωση και την

επαναχρησιμοποίηση υλικών, μία τάση που διαδίδεται ιδιαίτερα και σχετίζεται με τους τρόπους της φυσικής δόμησης των παραδοσιακών κατοικιών. (Τελλάκη, 2013)

Επιπρόσθετα, οι κατασκευές αποτελούν ζωντανές μαρτυρίες των κατασκευαστικών μεθόδων, των χωρικών επιλογών αλλά και της γενικότερης αντίληψης του εκάστοτε πολιτισμού. Εξάλλου η προσπάθεια για τη μελέτη, τη διατήρηση και τη χρήση τους κατά καιρούς υποδηλώνει τον πολιτισμό και τις βασικές επιλογές της κάθε κοινωνίας.



**Εικόνα 2.2:** Το Palazzo d' Accursio, Bologna, Italy (3encult, n.d.)

Αν και οι θεμελιώδεις αξίες της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς βασίζονται στο φυσικό υλικό των κατασκευών, οι εξωγενείς αξίες τους προσδιορίζονται από ιθύνοντες και ενδιαφερόμενους όπως οι κάτοικοι, οι ειδικευμένοι επιστήμονες οι επαγγελματίες και οι τουρίστες. Συνεπώς καθίσταται πασιφανής ο ρόλος των ιστορικών κτηρίων στην οικονομική ανάπτυξη, πρόοδο και αναζωογόνηση ενός τόπου. Η αρχιτεκτονική κληρονομιά προσελκύει τουρίστες, επενδυτές και επαγγελματίες που ενισχύουν την πρόοδο και την ανάπτυξη της τοπικής και εθνικής οικονομίας. (Tweed and Sutherland, 2007)

Τέλος η αρχιτεκτονική κληρονομιά αποτελεί πλούτο με τη δηλωτική και τη συνυποδηλωτική σημασία του όρου. Θα ήταν παράλειψη αν δεν τονιστεί ότι οι αρχαιότητες αποτελούν παράγοντα ακτινοβολίας του πολιτισμού, πηγή κύρους και έρεισμα για το χειρισμό εθνικών υποθέσεων. Και οπωσδήποτε η αρχιτεκτονική κληρονομιά παραμένει δάσκαλος και οδηγός, η εσωτερική δύναμη και η ευσυνειδησία του λαού.

Αν και στην εποχή μας η διατήρηση της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς αναδεικνύεται σε αναγκαιότητα, δυστυχώς αυτή απειλείται από ανεπανόρθωτη καταστροφή όπως επίσης και το φυσικό περιβάλλον. Και ενώ στις υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες γίνονται καίρια βήματα προστασίας και διάσωσής τους κατά τις τελευταίες δεκαετίες κυρίως, στην Ελλάδα συντελείται ανεπανόρθωτη καταστροφή, η οποία αφορά τόσο στα μεμονωμένα ιστορικά κτήρια, όσο και στα σύνολα, στα οποία εντάσσονται και οφείλεται στη δομή και τη λειτουργία της σύγχρονης κοινωνίας. Πρωταρχική αιτία καταστροφής είναι η «κατεδάφιση λόγω ανοικοδόμησης». (Μαμαλούκος, 2009)

Συγκεκριμένα, με την πρακτική αυτή που άρχισε κατά τη διάρκεια των πρώτων δεκαετιών μετά τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο από τα μεγάλα αστικά κέντρα και εξαπλώθηκε γρήγορα μέχρι και το τελευταίο ελληνικό χωριό, έχουν καταστραφεί ή εξαφανιστεί ιστορικά κτήρια μικρής ή και ανυπολόγιστης αξίας για να αντικατασταθούν με νέα στο βωμό της «αξιοποίησης» και του άμετρου καταναλωτισμού – πλουτισμού. (Μαμαλούκος, 2009)

Άλλοι λόγοι σχετίζονται με την αδιαφορία, την άγνοια, τη λανθασμένη νοοτροπία των ατόμων απέναντι στα μνημεία, καθώς τα αντιμετωπίζουν ως «ξεπερασμένα, αναχρονιστικά, άχρηστα» κατάλοιπα το παρελθόντος χωρίς αξία λόγω της αποξένωσής τους από πνευματική παράδοση και λόγω της αλλοτρίωσης και της ψυχρότητας της σημερινής εποχής, της οποίας χαρακτηριστικό είναι και η υποτίμηση της πολιτισμικής εν γένει κληρονομιάς. Στο σημείο αυτό πρέπει να προστεθεί ότι αν και η τεχνολογία έχει σημειώσει τεράστια πρόοδο, εν τούτοις στον τομέα της προστασίας της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς γενικά και ειδικότερα σε ό,τι σχετίζεται με την έρευνα και τη μελέτη της επισκευής – διατήρησης των κτηρίων με μεθόδους που να εξασφαλίζουν σε αυτά όσο το δυνατόν περισσότερη ενεργειακή απόδοση, στην ελληνική τουλάχιστον πραγματικότητα η επαγγελματική ενημέρωση και κατάρτιση μειονεκτεί.

### **2.1.2 Δυνατότητες επεμβάσεων σε ιστορικά κτήρια**

Οι βασικές αρχές για την αποκατάσταση ενός ιστορικού κτηρίου ή συνόλου και τις δεοντολογίας των επεμβάσεων που θα επιλεγθούν είναι οι ακόλουθες:

- Η διαφύλαξη και η ανάδειξη των ιδιαίτερων τυπολογικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών του κτηρίου (Νομικός, 2004) με ταυτόχρονη διατήρηση και προβολή των αισθητικών και ιστορικών αξιών του μνημείου.
- Σεβασμός στην αρχική του υπόσταση και στα αυθεντικά στοιχεία του μνημείου όπως τα υλικά και η τεχνολογία κατασκευής του.
- Κάθε επέμβαση πρέπει να σταματά στο σημείο που αρχίζουν να υπάρχουν υποθέσεις, με αντίστοιχη διατήρηση των φάσεων κατασκευής του.
- Για την ορθή διαχείριση του μνημείου ως προς την ανακατασκευή του απαιτείται η αναγνωρισιμότητα και η αντιστρεψιμότητα των ανακατασκευασμένων τμημάτων του. (Χατζηνώτα, 2009)

Ο τρόπος αντιμετώπισης του κάθε μνημείου θα πρέπει να καθορίζεται ανάλογα με τη χρονολογία της κατασκευής του, τις επεμβάσεις που αυτό έχει δεχτεί κατά τη διάρκεια της ζωής του, το βαθμό της φθοράς των υλικών του, τα είδη της παθολογίας του και τέλος τη χρήση του υφιστάμενη ή μελλοντική. Στην αναζήτηση του αρτιότερου αποτελέσματος και της ορθής απόφασης σχετικά με τα μέτρα των επεμβάσεων, καταλυτικό ρόλο έχει η συστηματική μελέτη που θα οδηγήσει σε μία αειφορική λύση. Η μελέτη για την αποκατάσταση, επισκευή ή ενεργειακή αναβάθμιση που πολλές φορές συντελούνται ταυτόχρονα είναι μία επίπονη και σύνθετη διαδικασία η οποία βασίζεται στην ανάλυση και τη τεκμηρίωση του κτηρίου, την επεξεργασία των στοιχείων του και τέλος στη λήψη απόφασης. Βασικό μέλημα για κάθε μελέτη συντήρησης και αποκατάστασης αποτελεί η παρακολούθηση των παραμορφώσεων όπου σήμερα υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία από τεχνικές που μπορούν να εφαρμοστούν όπως μετρήσεις με GPS, σαρώσεις με λέιζερ κ.α. (Baselga et al., 2011)

Κατά το πρώτο στάδιο της ανάλυσης και της τεκμηρίωσης, απαιτείται έρευνα για την ιστορία και την πολεοδομική οργάνωση της πόλης, την περιοχή και το κτήριο, αποτυπώσεις (τοπογραφική, γεωμετρική και φωτογραφική), καταγραφή των δομικών υλικών της κατασκευής και της δομοστατικής οργάνωσης, εργαστηριακές δοκιμές, αξιολόγηση του δομικού συστήματος και του τρόπου μεταφοράς του φορτίου, αποτύπωση ζημιών και φθορών και τέλος πλήρης καταγραφή προσθηκών, αλλαγών και τροποποιήσεων. Κατά το δεύτερο στάδιο, το στάδιο της επεξεργασίας των στοιχείων γίνεται η αρχιτεκτονική ανάλυση της υπάρχουσας κατάστασης και ο προσδιορισμός των οικοδομικών φάσεων, καταγραφή των αιτιών της παθολογίας του κτηρίου, αξιολόγηση της στατικής ικανότητάς του και τέλος εκτίμηση της έκτασης των απαιτούμενων επεμβάσεων. Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο, το στάδιο της λήψης αποφάσεων για τα μέτρα αποκατάστασης, γίνεται διερεύνηση των αναγκών της υφιστάμενης χρήσης ή αυτής που πρόκειται να εγκατασταθεί σε συνδυασμός με τις αρχές

διατήρησης και αποκατάστασης. Οι επιλεγμένες κατασκευαστικές επεμβάσεις που προτείνονται τελικά, πρέπει να έχουν ως στόχο τη βιωσιμότητα του κτηρίου και της λειτουργικής χρήσης του ώστε να διατηρείται και να προβάλλεται η ιστορική και αρχιτεκτονική του αξία.

Ο συνδυασμός ενεργειών ανάδειξης των ιστορικών κτηρίων με ταυτόχρονη τήρηση του απαιτούμενου σεβασμού στο ίδιο το μνημείο και στην παραδοσιακή μορφή του, είναι στοιχεία αλληλένδετα που θα πρέπει να εφαρμόζονται στις καινοτόμες επεμβάσεις που επιλέγονται. Λαμβάνοντας υπόψη όλους τους σύγχρονους ορισμούς που διέπουν την αποκατάσταση και την διαχείριση των μνημείων και έτσι όπως αυτοί διατυπώθηκαν στον Χάρτη της Βενετίας το 1964 διαπιστώνεται ότι θα πρέπει απαραίτητα να τηρείται η αρχή της αναστρεψιμότητας. Σε κάθε μελέτη αποκατάστασης ή επισκευής θα πρέπει να έχει ληφθεί υπόψη η δυνατότητα μελλοντικής αναίρεσής της. Τέλος δεν πρέπει να παραλείπεται το γεγονός ότι κάθε μνημείο κρύβει μια εν δυνάμει χρηστική λειτουργία, ενώ αποτελεί σημαντικό στοιχείο του δομημένου περιβάλλοντος που γίνεται πολύτιμο εάν η επανένταξή του γίνει σωστά. (Παπουλάκου, 2011)

### **2.1.3 Βιοκλιματικά στοιχεία ιστορικών κτηρίων**

Τα βιοκλιματικά στοιχεία αναπτύχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στη λαϊκή αρχιτεκτονική μέσα στους αιώνες από πολλούς πολιτισμούς σε όλο τον κόσμο. (Shanthi Priya et al., 2012) Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική είναι η αρχή της εξέλιξης της βιοκλιματικών αρχών που διέπουν τη σύγχρονη αρχιτεκτονική, καθώς μελετώντας την εύκολα μπορεί να διαπιστώσει κανείς ότι οι τεχνικές που έχουν εφαρμοστεί και τα υλικά κατασκευής που έχουν χρησιμοποιηθεί σε κάθε κτήριο μεμονωμένα ή σύνολο δρουν καταλυτικά στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων χρησιμοποιώντας σε μέγιστο βαθμό φυσικές πηγές για θέρμανση, κλιματισμό, αερισμό και φωτισμό. Ο περιορισμός της κατανάλωσης ενέργειας προερχόμενος από μη ανανεώσιμες πηγές, η εξοικονόμηση νερού και η αποφυγή υπερθέρμανσης των κτηρίων συνιστούν τις βασικές αρχές της παραδοσιακής βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής:

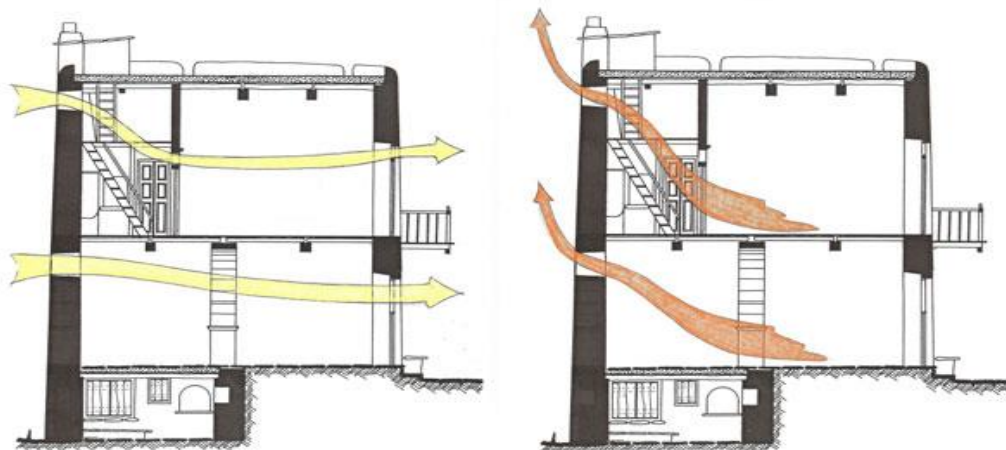
Ο περιορισμός κατανάλωσης ενέργειας προερχόμενης από μη ανανεώσιμες πηγές συμπεριλαμβάνει τον περιορισμό σε κατανάλωση ενέργειας για την μεταφορά των οικοδομικών υλικών καθώς τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνταν φυσικά υλικά της περιοχής και σπάνια γίνονταν η εισαγωγή υλικών από μακρινά μέρη. Οι καταναλώσεις ενέργειας για την μεταφορά υλικών σήμερα, προκαλούν σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η χρήση τοπικών δομικών υλικών λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων

μεταφοράς τους από μακρινές περιοχές, καθιστά την παραδοσιακή αρχιτεκτονική, οικολογικά άριστη. Οι χαμηλές καταναλώσεις ενέργειας για θέρμανση των κτηρίων είναι άλλος ένας παράγοντας εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς με τον κατάλληλο σχεδιασμό επιτυγχάνονταν η ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών των κτηρίων.

Η αρχή της *εξοικονόμησης νερού* απαντάται συχνά, με τη χρήση υδρόμυλων και ανεμόμυλων οι οποίοι αξιοποιούν την ενέργεια του ύδατος και του αέρα, για την παραγωγή κινητικής ενέργειας. Σε περιοχές που υπάρχει έλλειψη νερού (ποτάμια, πηγές κτλ) συνήθως γίνεται η συλλογή των όμβριων υδάτων σε στέρνες οι οποίες είναι κατασκευασμένες είτε σε κάποιο υπόγειο του κτηρίου είτε στον περιβάλλοντά του χώρο. Η συλλογή του βρόχινου νερού επιτυγχάνονταν από ένα δίκτυο πήλινων σωληνώσεων εγκατεστημένο στο κτήριο που οδηγούσε το νερό από την οροφή του κτηρίου στις στέρνες. Άλλο ένα σημαντικό στοιχείο αποτελεί η μη πλακόστρωση του περιβάλλοντα χώρου για τον εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα και την λειτουργία του υδρολογικού κύκλου και ίσως σε κάποιες φορές και την αποφυγή πλημμυρών.

Η αποφυγή *υπερθέρμανσης των κτηρίων* επιτυγχάνονταν με την ελαχιστοποίηση της άμεσης θέρμανσης από τον ήλιο και πιο συγκεκριμένα με την μη εφαρμογή μεγάλης έκτασης υαλοστασίων, με τη δημιουργία μεγάλων ανοιγμάτων στη νότια και την ανατολική όψη του κτηρίου και μικρότερα στη βορινή όψη, με χρήση λευκού επιχρίσματος για την αντανάκλαση μεγάλου μέρους της ηλιακής ακτινοβολίας, και με τη δημιουργία εξωτερικών σκιάσεων. Για την αποφυγή της υπερθέρμανσης των κτηρίων παρατηρούνται τεχνικές φυσικού δροσισμού όπως η κατασκευή υπόσκαφων κτηρίων για την παθητική ψύξη τους από το έδαφος και τεχνικές φυσικού δροσισμού με την τοποθέτηση των κύριων ανοιγμάτων στη νότια ή ανατολική όψη των κτηρίων και ακριβώς απέναντι στη βορινή όψη, μικρότερων σε ψηλό σημείο του εξωτερικού κελύφους έτσι ώστε τα καλοκαίρια ο βορεινός αέρας να εισέρχεται από τα μικρά βορινά παράθυρα και να διατρέχει το κτήριο ενώ το βράδυ η θερμότητα να αποβάλλεται από τα ψηλά βορινά ανοίγματα. Τέλος σημαντικό ρόλο στην αποφυγή υπερθέρμανσης των κτηρίων κατέχει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός του περιβάλλοντα χώρου – οικισμού, με την ορθή διαμόρφωση των ακάλυπτων χώρων και την αξιοποίηση της ροής του ανέμου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα χαγιάτια, δηλαδή οι σκεπασμένες βεράντες στην είσοδο των πάνω ορόφων. (Tassiopoulou, Grindley and Probert, 1996)





**Εικόνα 2.3:** (Αριστερά) Διαμπερής αερισμός – είσοδος βορείου ανέμου από βόρεια όψη. (Δεξιά) Δροσισμός – εκβολή ζεστού αέρα από το εσωτερικό του κτηρίου. (Φλώρος, 2014)

Στα ιστορικά κτήρια, όπως αναφέραμε παραπάνω, απαντώνται πολλά χαρακτηριστικά στοιχεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού βοηθώντας τα να αξιοποιούν σε μεγάλο βαθμό το τοπικό κλίμα και τον περιβάλλοντα χώρο γεγονός που τα καθιστά ικανά ύστερα από τη σωστή διατήρησή τους και την κατάλληλη χρήση τους να έχουν θετική ενεργειακή απόδοση κατά τη λειτουργία τους. Στο πίνακα που ακολουθεί καταγράφονται μερικά από τα κύρια χαρακτηριστικά των ιστορικών κτηρίων που συμβάλλουν στη θετική ενεργειακή συμπεριφορά τους.

**Πίνακας 2.1:** Ενεργειακά χαρακτηριστικά ιστορικών κτηρίων (SECHURBA, 2009)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΟΦΕΛΗ
Μεγάλα ύψη χώρων/αυξημένοι όγκοι.	Αποτελεσματική συμπεριφορά στην ψύξη. Αυξημένες ανάγκες για θέρμανση.
Αυξημένη θερμική μάζα και πάχος τοιχοποιίας/συμπαγείς τοιχοποιίες χωρίς θερμομόνωση.	Έλεγχος των εσωτερικών θερμοκρασιών, ήπιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, ποιότητα κατασκευής κελύφους.
Ελεγχόμενα και περιορισμένα ανοίγματα/το ποσοστό της επιφάνειας των παραθύρων ανά όψη είναι συχνά μικρότερο του 20%), ενώ στο σύγχρονο σχεδιασμό οι διαφανείς επιφάνειες είναι πολύ μεγαλύτερες.	Έλεγχος των ηλιακών κερδών και του φυσικού φωτισμού, περιορισμός δυνατοτήτων για παθητική θέρμανση
Παράθυρα και ανοίγματα σε εσοχή.	Σκίαση από την ίδια κατασκευή, καλύτερη ηλιοπροστασία, αλλά περιορισμένα ηλιακά κέρδη για παθητική θέρμανση.
Εξωτερικοί πρόβολοι, αίθρια βεράντες, φύτευση, εσωτερικές αυλές, φεγγίτες ορόφων, ηλιακές καμινάδες ή καμινάδες αερισμού.	Ευνοϊκό μικροκλίμα και δροσισμός από τον περιβάλλοντα χώρο, προστατευμένο κέλυφος.
Ανοικτοί χρωματισμοί (σε θερμότερα κλίματα)	Προσαρμογή στο περιβάλλον και το μικροκλίμα.
Φυσικός αερισμός και φωτισμός.	Ικανοποίηση χρηστών, αίσθημα ευεξίας.

## 2.1.4 Ενεργειακή ανάλυση παραδοσιακών υλικών κελύφους κτηρίων

Φυσικό τεκμήριο καταγραφής της εποχής, των τεχνικών, του τόπου και της χρήσης των ιστορικών κτηρίων αποτελούν τα υλικά δόμησης, οι τεχνοτροπίες και ο τρόπος κατασκευής τους, πολύτιμα στοιχεία για τη διατήρηση του χαρακτήρα τους. (Feilden, 1994) Παρακάτω ακολουθεί παρουσίαση των δομικών υλικών του κελύφους που απαντώνται στα ελληνικά παραδοσιακά – ιστορικά κτήρια.

*Λίθοι (ασβεστόλιθοι, σχιστόλιθοι, τραβερτίνη, μάρμαρο, γρανίτης):* Οι λίθοι χαρακτηρίζονται από μεγάλη ανθεκτικότητα με ελάχιστες απαιτήσεις συντήρησης ενώ έχουν μεγάλη θερμική μάζα. Η υψηλή θερμική μάζα προστατεύει το εσωτερικό του κτηρίου από τις ακραίες θερμοκρασίες, διότι τα ηλιακά κέρδη μπορούν να απορροφηθούν εντός της μάζας κατά τη διάρκεια της ημέρας και να απελευθερώνονται το βράδυ, έτσι οι συνθήκες άνεσης μπορούν να διατηρηθούν για μεγάλο μέρος της ημέρας. Το πάχος της λιθοδομής αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό για την θερμική μάζα. Όσο μεγαλύτερο είναι το πάχος της λιθοδομής τόσο μεγαλύτερη είναι και η χρονική καθυστέρηση. (Canas and Martin, 2004)

*Πλίνθοι:* Οι πλίνθοι είναι τα πρώτα δομικά υλικά που έφτιαξε ο άνθρωπος με πρώτη ύλη τον πηλό ο οποίος βρίσκεται σε αφθονία στον πλανήτη μας και διακρίνονται και αυτοί όπως και οι λίθοι για την μεγάλη θερμική μάζα. Για την παραγωγή τους, σε αντίθεση με τους λίθους απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας.

*Γυαλί:* Τα βασικά συστατικά του γυαλιού είναι η άμμος, το ανθρακικό νάτριο και ο ασβέστης, τα οποία απαντώνται σε αφθονία στη φύση. Η διαδικασία παραγωγής του γυαλιού σε υψηλές θερμοκρασίες απαιτεί την κατανάλωση υψηλών ποσών ενέργειας, ενώ μπορεί εύκολα να ανακυκλωθεί χωρίς να χαλάσει η ποιότητά του. Το γυαλί επιτρέπει τη διέλευση του φωτός στο εσωτερικό των κτηρίων, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για τεχνητό φωτισμό.

*Ξύλο:* Το ξύλο είναι ένας ανανεώσιμος πόρος που δεσμεύει ποσότητες διοξειδίου της ατμόσφαιρας. Έχει μικρή ενσωματωμένη ενέργεια και είναι ανακυκλώσιμο υλικό. Παρ' όλα αυτά η χρήση του σχετίζεται με την εξαφάνιση σπάνιων ειδών ξύλου και την καταστροφή των δασών. Επίσης η μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις αυξάνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το ξύλο θεωρείται ένα μέτριο θερμομονωτικό υλικό με τη μορφή ελαφρών πλακών. Πλάκες από ροκανίδια ή από ίνες ξύλου παρουσιάζουν καλύτερη θερμομονωτική ικανότητα. (Κορωναίος and Πουλάκος, 2005)

*Επιχρίσματα:* Τα επιχρίσματα από ασβέστη γύψο είναι προτιμότερα από τα τσιμεντιτικά, γιατί είναι περισσότερο διαπερατά στη θέρμανση και στην υγρασία, επιτρέποντας την αναπνοή της τοιχοποιίας και την αποφυγή συμπύκνωσης. Προστατεύουν τις επιφάνειες των κτηρίων και αυξάνουν την θερμομονωτική τους επάρκεια.

*Μέταλλα (χαλκός, σίδηρος, κασσίτερος):* Σε σύγκριση με τα άλλα υλικά έχει τη μεγαλύτερη ενσωματωμένη ενέργεια (τριακόσιες φορές μεγαλύτερη από αυτή του ξύλου). Κάποια από τα μειονεκτήματα του υλικού είναι ότι η εξόρυξη του καταστρέφει το περιβάλλον, επιπλέον επειδή είναι πολύ καλός αγωγός της θερμότητας μπορεί να σχηματίσει ψυχρές γέφυρες στο κτήριο. Τα μέταλλα ανακυκλώνονται εύκολα ενώ το προϊόν μετά την διεργασία

ανακύκλωσης έχει μικρότερη περιεχόμενη ενέργεια. Η χρήση των μετάλλων στη σύγχρονη αρχιτεκτονική είναι εκτεταμένη.

**Πίνακας 2.2:** Θερμικές Ιδιότητες Τυπικών Δομικών Υλικών (Μοροπούλου and Λαμπρόπουλος, n.d.)

Περιγραφή	Θερμική Αγωγιμότητα [W/m.K]	Πυκνότητα [kg/m <sup>3</sup> ]	Ειδική Θερμότητα [kJ/kg.K]
Κοινό τούβλο	0,727	1922	0,84
Ασβεστοκονίαμα	0,87	1800	1
Γυψοσανίδα	0,42	900	1
Κιτσηρομπετόν	0,79	1400	1
Κοινό σκυρόδεμα	2,10	2400	1
Οπλισμένο σκυρόδεμα	1,731	2243	0,84
Πέτρα	0,87	1400	1
Ασβεστόλιθος	0,988	1800	1
Μάρμαρο	3,50	2800	1
Γρανίτης	3,50	2800	1
Πεύκο	0,13	600	2
Οξιά	0,20	800	2
Ατσάλι	1,80	7800	1,8
Αλουμίνιο	200	2700	3,43
Χαλκός	372	8300	0,42
Γύψος	0,43	1200	1,08
Γυαλί	1	2230	0,84

Μέχρι τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα το κέλυφος των κτηρίων κατασκευάζεται από φέρουσα λιθοδομή με αργούς λίθους. Το πάχος της τοιχοποιίας κυμαίνονταν από 60 cm έως 100 cm, η οποία σε σύγκριση με τους σημερινούς παρουσιάζει μεγάλη χρονική καθυστέρηση, δηλαδή το κρύο ή η ζέστη χρειάζονταν το τριπλάσιο χρόνο για να φτάσει στο εσωτερικό του κτηρίου. Επιπροσθέτως, στα κτήρια κατοικιών η θέρμανση γίνονταν μόνο σε ένα χώρο, στον οποίο περνούσαν και τις περισσότερες ώρες της ημέρας, με μία σόμπα ή ένα τζάκι.

### 2.1.5 Μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα ιστορικά κτήρια

Οι πιο δύσκολες αλλά ταυτόχρονα πιο αποδοτικές μέθοδοι επεμβάσεων για εξοικονόμηση ενέργειας στα ιστορικά κτήρια είναι οι επεμβάσεις στο εξωτερικό κέλυφός τους, καθώς αυτό είναι υπεύθυνο για απώλειες ενέργειας που κυμαίνονται από 10% έως 25% της συνολικής

καταναλισκόμενης ενέργειας του κτηρίου. Το ποσοστό αυτό βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου και την απόδοση των δομικών υλικών του. Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του κελύφους χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι, όπως η χρήση θερμοκάμερας για την θερμική του απεικόνιση και την μέτρηση της εσωτερικής του υγρασίας. Η θερμογραφία αποτελεί μια μη καταστρεπτική μέθοδο ενεργειακής αξιολόγησης και έχει εφαρμοστεί για περισσότερο από τριάντα χρόνια για την ποιοτική και ποσοτική παρακολούθηση της θερμικής συμπεριφοράς των κτηρίων. (Grinzato, Bison and Marinetti, 2002)

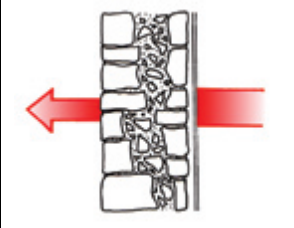
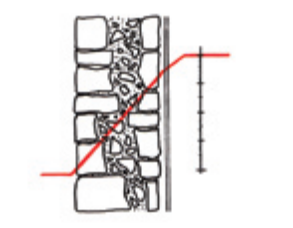
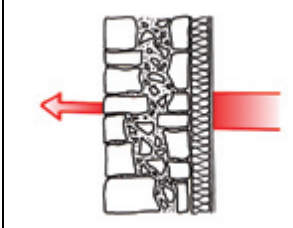
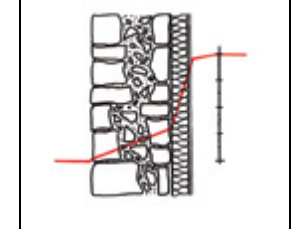


**Εικόνα 2.4:** Θερμικές απώλειες πριν και μετά την εφαρμογή θερμομόνωσης. (English Heritage, 2008)

Στόχο των επεμβάσεων στο εξωτερικό κέλυφος αποτελούν η μείωση των απωλειών θερμότητας του κτηρίου, η μείωση της διείσδυσης του αέρα και του νερού και η αύξηση της προστασίας έναντι του ήχου που θα έχουν ως αποτέλεσμα την άνεση των χρηστών του κτηρίου. Τα μέτρα που λαμβάνονται για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του εξωτερικού κελύφους είναι η τοποθέτηση εξωτερικής ή εσωτερικής μόνωσης στη τοιχοποιία – φέρων οργανισμό του κτηρίου, η τοποθέτηση μόνωσης στα δάπεδα και στην οροφή του κτηρίου και τέλος η αντικατάσταση των κουφωμάτων με άλλα πιο αποδοτικά. Στους δύο πίνακες που ακολουθούν παρατηρείται η βελτίωση που προκαλείται από την εφαρμογή μόνωσης στην τοιχοποιία ενός κτηρίου που στην εν λόγω περίπτωση είναι από λιθοδομή και στον δεύτερο πίνακα που ακολουθεί αποτυπώνονται μέτρα βελτίωσης των κουφωμάτων και η αποδοτικότητά τους όταν αυτά εφαρμοστούν. Ωστόσο δεδομένου ότι τα ιστορικά κτήρια συμπεριφέρονται διαφορετικά σε σύγκριση με τα νεότερα, οι παρεμβάσεις σε αυτά με νέες

τεχνολογίες μπορεί να αυξήσουν την φθορά τους για παράδειγμα τα παλιά τείχη πρέπει να αναπνέουν. (Pracchi, 2014)

**Πίνακας 2.3:** U value και καμπύλη θερμοκρασίας τοιχοποιίας από λιθοδομή πάχους 600 mm, χωρίς μόνωση και με μόνωση πάχους 70 mm αντίστοιχα. (Ronchini and Haase, n.d.)

			
Uvalue λιθοδομής χωρίς μόνωση: 1,0 W/m <sup>2</sup> K	Καμπύλη θερμοκρασίας διαμέσου της τοιχοποιίας χωρίς μόνωση	Uvalue λιθοδομής με μόνωση 70 mm: 1,0 W/m <sup>2</sup> K	Καμπύλη θερμοκρασίας διαμέσου της τοιχοποιίας με μόνωση

**Πίνακας 2.4:** Αποτελέσματα δοκιμών για μέτρα βελτίωσης σε παράθυρα. (Jenkins and Curtis, 2008)

Μέθοδος Βελτίωσης	Μείωση Απώλειας Ενέργειας	Uvalue [W/m <sup>2</sup> K]
Μονός υαλοπίνακας.	-	5.4
Τοποθέτηση αδιαφανών κουρτινών.	14%	3.2
Βελτίωση παντζουριών.	51%	2.2
Βελτίωση παντζουριών με εσωτερική μόνωση.	60%	1.6
Τοποθέτηση ρολών.	22%	3.0
Τοποθέτηση ρολών και μεμβράνης στην εσωτερική πλευρά του παραθύρου.	45%	2.2
Τοποθέτηση δεύτερου κουφώματος.	63%	1.7
Τοποθέτηση δεύτερου κουφώματος και κουρτινών.	66%	1.3
Τοποθέτηση δεύτερου κουφώματος και παντζουριών με εσωτερική μόνωση.	77%	1.0
Τοποθέτηση διπλού υαλοπίνακα στο υφιστάμενο κούφωμα.	79%	1.3
Τοποθέτηση δεύτερου κουφώματος και παντζουριών.	75%	1.1

Άλλη μέθοδος για την ενεργειακή αναβάθμιση που δεν απειλεί σε τόσο μεγάλο βαθμό τα αρχιτεκτονικά στοιχεία ενός ιστορικού κτηρίου είναι η εγκατάσταση αποδοτικών ηλεκτρομηχανολογικών συστημάτων ή η αντικατάσταση των παλαιών με νέα πιο αποδοτικά σε περίπτωση που υφίστανται ήδη στο κτήριο.

Τέλος η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως η ηλιακή, η γεωθερμία κ.α. αυξάνουν την αποδοτικότητα των κτηρίων. Η εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών επιτυγχάνεται συνήθως με την εγκατάσταση ηλιακών συλλεκτών στη στέγες των κτηρίων για παροχή ζεστού νερού χρήσης, με την τοποθέτηση φωτοβολταϊκών επίσης στις στέγες για παραγωγή

ηλεκτρικής ενέργειας και κάποιες φορές με την τοποθέτηση ανεμογεννητριών, όπου βέβαια αυτή επιτρέπεται από το ισχύον νομοθετικό πλαίσιο για την προστασία του ιστορικού κτηρίου ή συνόλου. Επίσης η χρήση της βιομάζας και της γεωθερμίας είναι και αυτές κάποιοι μέθοδοι που έχουν εξελιχθεί ραγδαία τα τελευταία χρόνια για την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

Σημαντικό ρόλο βέβαια για την εξοικονόμηση ενέργειας κατέχει και η διάταξη του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου που θα πρέπει ο σχεδιασμός του να γίνεται με γνώμονα τη μέγιστη εκμετάλλευση της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα και την αποφυγή της το καλοκαίρι, (Πέρδιος, 2011) ώστε να επιτυγχάνεται η διαμόρφωση εσωτερικών συνθηκών άνεσης, το εξωτερικό περιβάλλον με τη δημιουργία κατάλληλων σκιασμών και φύτευσης αλλά και η αλλαγή των ενεργοβόρων συνηθειών των χρηστών.

Η ολοκληρωμένη ενεργειακή προσέγγιση βασίζεται σε τρεις πυλώνες: την αειφορία, την εξοικονόμηση ενέργειας και τη συμβατότητα των υλικών. Σχετικά με τη βιωσιμότητα απαιτείται οι επεμβάσεις συντήρησης/επισκευής ιστορικών κτηρίων και μνημείων να ελαχιστοποιούν τις επιπτώσεις που αυτά επιφέρουν στο περιβάλλον καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Για την επίτευξη της ενεργειακής τους αναβάθμισης με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας απαιτείται η ορθή χρήση από των χρήστη, συστήματα μη ενεργοβόρα για την θέρμανση τον κλιματισμό και τον φωτισμό των χώρων του κτηρίου και τέλος χρήση δομικών υλικών φιλικών προς το περιβάλλον και ενεργειακά αποδοτικών.

### **2.1.6 Διεθνής πραγματικότητα για τις αποκαταστάσεις ιστορικών κτηρίων**

Την δεκαετία του '30 άρχεται η συνεχής επικύρωση Χαρτών και Συμβάσεων για την προστασία των μνημείων που στη συνέχεια υιοθετούνται από τα ευρωπαϊκά κράτη και τίθενται σε ισχύ με την σχετική θεσμοθέτηση. Οι σημαντικότερες των παραπάνω είναι ο Χάρτης της Βενετίας το 1964 για την *«Αποκατάσταση και Συντήρηση Μνημείων και Μνημειακών Συνόλων»*, η σύμβαση του Παρισιού το 1972 για την *«προστασία της πολιτιστικής και φυσικής κληρονομιάς»*, η διακήρυξη του Άμστερνταμ το 1975 και η Σύμβαση της Γρανάδας το 1985 στην οποία διατυπώνονται σαφείς ορισμοί, εισάγεται η έννοια της προστασίας της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς και οι βάσεις για την αρχή μίας ολοκληρωμένης ευρωπαϊκής πολιτικής για την προστασία των μνημείων. Επίσης πολλές μη κυβερνητικές οργανώσεις όπως το ICOMOS δραστηριοποιούνται με σκοπό τη διάσωση και την προστασία των πολιτιστικών αγαθών. (ICOMOS, 2011)

### 2.1.7 Ελληνική πραγματικότητα για τις αποκαταστάσεις ιστορικών κτηρίων

Στην Ελλάδα η προστασία των οικιστικών συνόλων ξεκίνησε αργότερα από άλλες χώρες και εξελίχθηκε με αργούς ρυθμούς και αρκετά απρόθυμα με χρονική περίοδο αφετηρίας τη δεκαετία του 1970. Το 1975 με την αναθεώρηση του Συντάγματος για πρώτη φορά ορίστηκαν γενικά πλαίσια για την προστασία των μνημείων. (Κουδούνη, 2014) Ουσιαστικά το θεσμικό πλαίσιο προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς και των παραδοσιακών συνόλων άρχεται στο άρθρο 24 του Συντάγματος του 1975, ορίζοντας ότι:

*«1. Η προστασία του φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος αποτελεί υποχρέωση του Κράτους και δικαίωμα του καθενός» και ότι*

*«6. Τα μνημεία, οι παραδοσιακές περιοχές και τα παραδοσιακά στοιχεία προστατεύονται από το Κράτος. Νόμος θα ορίσει τα αναγκαία για την πραγματοποίηση της προστασίας αυτής, περιοριστικά μέτρα της ιδιοκτησίας, καθώς και τον τρόπο και το είδος αποζημίωσης των ιδιοκτητών»*

Εκείνη τη περίοδο άρχισε να διαμορφώνεται ευρέως η ανάγκη προστασίας όχι μόνο σημαντικών αρχιτεκτονημάτων αλλά και πολεοδομικών ενοτήτων. Στην Ευρώπη από τη δεκαετία του 1960 άρχισε να αναπτύσσεται μία κίνηση για τη σωτηρία των παλιών ευρωπαϊκών πόλεων, η οποία έφτασε στο ζενίθ της το 1975, έτος ευρωπαϊκής αρχιτεκτονικής κληρονομιάς, με κύρωση της Ευρωπαϊκής Χάρτας για τη Πολιτιστική Κληρονομιά (Άμστερνταμ, 1975). Τα επόμενα χρόνια όλες σχεδόν οι Ευρωπαϊκές νομοθεσίες προσαρμόστηκαν στην επιθυμία να προστατευτούν τα ιστορικά κέντρα των πόλεων. Στο πλαίσιο των βασικών αυτών αρχών του Συντάγματος του 1975, ακολούθησε οι έκδοση νόμων για τον καθορισμό των απαραίτητων διαδικασιών και μέτρων για την προστασία των μνημείων και των παραδοσιακών κτηρίων και συνόλων. Πιο αναλυτικά:

Το ΠΔ του 1978 όρισε για πρώτη φορά στη χώρα μας ειδικούς όρους δόμησης για 411 οικισμούς κάνοντας το πρώτο βήμα για έναν μεγάλης έκτασης οικοδομικό έλεγχο σε όλη τη χώρα. (Γκράτζιου, 2004) Σήμερα βρίσκεται σε ισχύ ο Ν. 3028/2002, (Ν. 3028, 2002) με τις διατάξεις του οποίου ορίζεται το βασικό πλαίσιο προστασίας της πολιτιστικής κληρονομιάς. Σημαντική είναι και η παρουσία πολλών μη κυβερνητικών διεθνών οργανώσεων όπως το ελληνικό τμήμα του ICOMOS, που δημιουργήθηκε το 1972 αρχικά ως επιστημονική επιτροπή του ΤΕΕ και αργότερα ως ανεξάρτητο και αναγνωρισμένο σωματείο. (ΕΛΛΗΝΙΚΟ ICOMOS, 2011)

## 2.1.8 Παραδείγματα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που προτάθηκαν σε δύο ιστορικά κτήρια το 'The Camden Victorian house' και το Ελληνικό Κοινοβούλιο, και τα αποτελέσματα της εφαρμογής τους σχετικά με το βαθμό αύξησης της ενεργειακής τους απόδοσης και της διατήρησης των αρχιτεκτονικών στοιχείων που καθορίζουν την ταυτότητά τους.

*The Camden Victorian house - The 17 St. Augustine's Road refurbished Victorian House:* Το κτήριο βρίσκεται στο Camden, προάστιο του Λονδίνου και κατασκευάστηκε το 1850. Πρόκειται για κατοικία τεσσάρων ορόφων, συνολικού εμβαδού 250 τμ, χαρακτηριστικό παράδειγμα της αρχιτεκτονικής της βικτοριανής εποχής. Στόχος της ενεργειακής αναβάθμισης του κτηρίου ήταν η μείωση κατά 70% - 90% των ετήσιων εκπομπών CO<sub>2</sub>.



**Εικόνα 2.5:** Ανατολική όψη (Urban Buzz: Building sustainable communities, 2008)



**Εικόνα 2.6:** Δυτική όψη. (Urban Buzz: Building sustainable communities, 2008)

Τα μέτρα που επιλέχθηκαν για την ενεργειακή αναβάθμιση του κτηρίου ήταν η εφαρμογή εσωτερικής θερμομόνωσης, η αντικατάσταση των εξωτερικών παραθύρων/πορτών με παρεμφερή καλύτερης ενεργειακής απόδοσης, τοποθέτηση μόνωσης στη στέγη και μονωτικών στα δάπεδα. Επιπλέον όσον αφορά τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτηρίου, αντικαταστάθηκε ο υπάρχων λέβητας με νέο καλύτερης απόδοσης, αντικαταστάθηκαν τα σώματα θέρμανσης με άλλα που διέθεταν ενσωματωμένο θερμοστάτη. Τέλος στη στέγη του κτηρίου τοποθετήθηκαν ηλιακοί συλλέκτες και φωτοβολταϊκά πάνελ



έτσι ώστε να προέρχεται ένα ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή). Όλες οι αναφερόμενες επεμβάσεις επέφεραν 60% μείωση στις εκπομπές  $CO_2$ , 68% μείωση στη κατανάλωση φυσικού αερίου ενώ ταυτόχρονα το 33% των απαιτήσεων σε ηλεκτρική ενέργεια προέρχεται από ΑΠΕ. (Makrodimitri, 2010)

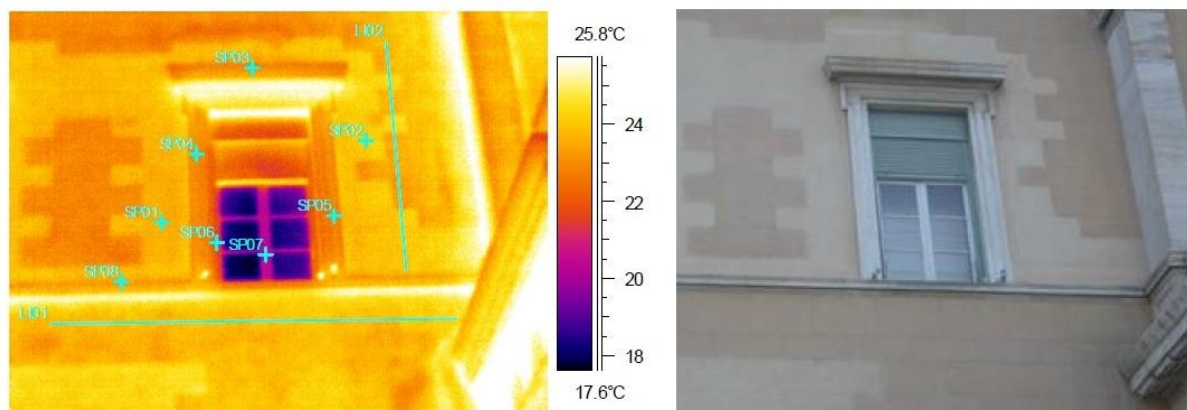
*Ελληνικό Κοινοβούλιο:* Το Ελληνικό Κοινοβούλιο βρίσκεται στο κέντρο της Αθήνας και πιο συγκεκριμένα στη Πλατεία Συντάγματος. Το κτήριο κατασκευάστηκε το 1836, αναπτύσσεται σε τρεις ορόφους και δύο υπόγεια, με συνολικό εμβαδό 17.788,40 τμ., και λειτουργεί 24 ώρες. Το κτηριακό του κελύφος αποτελείται από λίθινους τοίχους 65εκ. και 70εκ.



**Εικόνα 2.7:** Κύρια όψη του κτηρίου. (WP4/D10:Energy Audit Reporting, 2010)

Η στέγη του είναι από σκυρόδεμα και ένα τμήμα αυτής γυάλινο με μεταλλικό πλαίσιο. Τα δάπεδα έχουν στη βάση τους σκυρόδεμα άλλοτε συνδυασμένο με ξύλο και άλλοτε με μάρμαρο και τα παράθυρα ποικίλουν σε ξύλινα με μονό υαλοπίνακα, ξύλινα με διπλό υαλοπίνακα και μεταλλικά με μονό υαλοπίνακα. Η ενέργεια προς κατανάλωση προέρχεται από φυσικό αέριο για τη θέρμανση και ηλεκτρισμό για ψύξη. Το φθινόπωρο του 2010 πραγματοποιήθηκε μια θερμογραφική μελέτη του κτηριακού κελύφους με την οποία διαπιστώθηκε ότι η διαφορά θερμοκρασίας εξωτερικού και εσωτερικού αέρα κυμαίνονταν από 4°C - 9°C. Οι θερμογράφοι έδειξαν ότι οι στέγες και οι τοίχοι του κτηριακού κελύφους παρουσιάζουν μια ικανοποιητική θερμική συμπεριφορά, ενώ δεν εντοπίστηκαν σημαντικές θερμογέφυρες. Τα παράθυρα του κτηρίου εμφάνισαν υψηλές θερμικές απώλειες, επειδή το πλαίσιο τους ήταν παλιό ξύλινο και διέθεταν μονούς υαλοπίνακες. Τα συστήματα θέρμανσης και ψύξης (σωλήνες, κλπ) βρέθηκαν μονωμένα σε ικανοποιητικό βαθμό με πολύ μικρές απώλειες. Εκτός από τη θερμογραφική μελέτη ελήφθησαν και ενδεικτικές μετρήσεις της εσωτερικής θερμοκρασίας, της υγρασίας και της φωτεινότητας. Για την περίοδο που έλαβαν

χώρα οι μετρήσεις οι παραπάνω τιμές κυμάνθηκαν εντός των αποδεκτών ορίων για την άνεση των χρηστών. Οι κύριες καταναλώσεις του κτηρίου είναι σε ηλεκτρική ενέργεια σε ποσοστό 80%, όπου και διανέμεται το 71% για ψύξη, το 17% για φωτισμό και το 12% για τον υπόλοιπο εξοπλισμό.



**Εικόνα 2.8:** Θερμογραφία ενός γραφείου στον πρώτο όροφο. Βόρεια πρόσοψη του κτηρίου. (WP4/D10:Energy Audit Reporting, 2010)

Οι προτάσεις που έγιναν για την ενεργειακή αναβάθμιση του Ελληνικού Κοινοβουλίου άλλες πιο εύκολα εφαρμόσιμες και άλλες πιο απαιτητικές ως προς την εφαρμογή τους και πιο δαπανηρές είναι οι ακόλουθες:

- Αντικατάσταση των εξωτερικών παραθύρων πορτών.
- Μόνωση οροφής και δαπέδων.
- Δημιουργία φυτεμένου δώματος.
- Τοποθέτηση ανεμιστήρων.
- Εγκατάσταση BMS με την οποία θα επιτευχθεί έλεγχος των εσωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών, έλεγχος του συστήματος θέρμανσης και κλιματισμού. Με την εφαρμογή BMS η μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας προβλέπεται να κυμανθεί από 5% έως 20%
- Αντικατάσταση του παλιού εξοπλισμού.
- Αντικατάσταση των 20 Θερμοσιφώνων για την παροχή ζεστού νερού χρήσης.
- Τοποθέτηση καυστήρων υγραερίου για την κάλυψη των θερμικών αναγκών των χώρων που δεν καλύπτονται από το κεντρικό σύστημα θέρμανσης.

Επίσης πέραν των παραπάνω έχει γίνει μελέτη για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος 10 kWh στην οροφή του κτηρίου. Υπολογίζεται ότι θα παράγει 14.470 kWh ηλεκτρικής ενέργειας και θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση εκπομπών  $CO_2$  που θα φτάνει τα 12,32 tn το χρόνο.

## 2.2 Ειδικό θεωρητικό πλαίσιο για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων

Οι κλιματικές συνθήκες, η μορφή και ο προσανατολισμός, η οργάνωση των εσωτερικών χώρων, η ηλιοπροστασία - σκίαση, ο φυσικός φωτισμός και αερισμός, η κτηριακή θερμική μάζα, ο νυχτερινός φυσικός δροσισμός και τα συστήματα παθητικής θέρμανσης και παθητικού δροσισμού είναι οι παράμετροι που παίζουν κυρίαρχο ρόλο στη βιώσιμη ανάπτυξη μέσω του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτηρίων με κύριους στόχους την εξοικονόμηση ενέργειας για την καλή ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος των κτηρίων, (Δασκαλάκη et al., 2016) τη μείωση της κατανάλωσης των υδατικών πόρων και της ανακύκλωσής τους καθώς και της βελτιστοποίησης της χρήσης υλικών φιλικών προς το περιβάλλον. (Μαρούλας, 2011). Ο σχεδιασμός των νέων κτηρίων πρέπει να διέπεται από τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού με την ενεργειακά αποδοτικότερη λειτουργία του. Άξιο όμως λόγου και ιδιαίτερου ενδιαφέροντος είναι τα ενεργειακά στοιχεία των υφιστάμενων κτηρίων καθώς για τα νέα έχει ήδη διαμορφωθεί το νομοθετικό πλαίσιο προς αυτή τη κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης.

Το κτηριακό απόθεμα του οικιακού και του τριτογενή τομέα στην Ελλάδα κατέχει ένα σημαντικό ποσοστό στην συνολική κατανάλωση ενέργειας και στις εκπομπές  $CO_2$ , το οποίο είναι μεγαλύτερο από το μέσο όρο του κτηριακού αποθέματος της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το υψηλό αυτό ποσοστό σχετίζεται με τη μη ορθολογική διαχείριση των χρηστών αλλά και την ενεργοβόρα κατασκευή των κτηρίων. Ο αστάθμητος παράγοντας 'χρήστης', είναι υπεύθυνος για τις αποκλίσεις που μπορεί να υπάρξουν στα αποτελέσματα των υπολογισμών της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Έτσι στον υπολογισμό των κτηριακών ενεργειακών καταναλώσεων λαμβάνονται υπόψη οι κανονικές τυπικές συνθήκες ενός κτηρίου σχετικά με τις εσωτερικές συνθήκες, τις κλιματικές συνθήκες κ.α.

Για τον υπολογισμό της κτηριακής ενεργειακής απόδοσης λαμβάνονται υπόψη οι κλιματολογικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά του κτηρίου (δομικά υλικά, ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις κ.α.), οι τυπικές εσωτερικές συνθήκες και το ωράριο λειτουργίας, όπως αυτά παρουσιάζονται παρακάτω. Δεδομένου ότι ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας αυξάνεται τα τελευταία χρόνια, γεγονός που αντίκειται στους εθνικούς στόχους, για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και έκλυσης ρύπων

προτείνονται μέτρα για την βελτίωση της τελικής απόδοσης, όπως αυτά ορίζονται στο Ν.3855/2010.

### 2.2.1 Θερμικά χαρακτηριστικά δομικών στοιχείων κτηρίων

Στην κατανόηση των θερμικών χαρακτηριστικών ενός δομικού στοιχείου μας βοηθά ο συντελεστής θερμοπερατότητας U value. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας δίνει την ποσότητα της θερμότητας σε βατώρες, η οποία διέρχεται σε 1 ώρα μέσα σε επιφάνεια 1 m<sup>2</sup> της κατασκευής, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα, που βρίσκεται στην μία και στην άλλη πλευρά της κατασκευής, είναι ένας βαθμός Κέλβιν και το σύστημα βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας μετράται σε βατ ανά τετραγωνικό μέτρο και βαθμό Κέλβιν [W/m<sup>2</sup>K]. (Κορωναίος and Πουλάκος, 2005) ή kcal/m<sup>2</sup>h°C (Αθανασόπουλος, 1997) Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. ο συντελεστής θερμοπερατότητας κάθε δομικού στοιχείου του εξωτερικού κελύφους του κτηρίου που έρχεται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, με το έδαφος, με μη θερμαινόμενο χώρο, δεν πρέπει να ξεπερνά τις τιμές όπως αυτές ορίζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

**Πίνακας 2.5:** Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή θερμοπερατότητας δομικών στοιχείων για τις τέσσερις κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα. (TOTEE 20701-1, 2012)

Δομικό στοιχείο	Σύμβολο	Συντελεστής θερμοπερατότητας [W/(m <sup>2</sup> .K)]			
		Κλιματική ζώνη			
		A	B	Γ	Δ
Εξωτερική οριζόντια ή κεκλιμένη επιφάνεια σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (οροφές).	$U_{V\_D}$	0,50	0,45	0,40	0,35
Εξωτερικοί τοίχοι σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα.	$U_{V\_W}$	0,60	0,50	0,45	0,40
Δάπεδα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα (πυλωτή).	$U_{V\_DL}$	0,50	0,45	0,40	0,35
Δάπεδα σε επαφή με το έδαφος ή με κλειστούς μη θερμαινόμενους χώρους.	$U_{V\_G}$	1,20	0,90	0,75	0,70
Τοίχοι σε επαφή με το έδαφος ή με μη θερμαινόμενους χώρους.	$U_{V\_WE}$	1,50	1,00	0,80	0,70
Ανοίγματα (παράθυρα, μπαλκονόπορτες κ.ά.)	$U_{V\_F}$	3,20	3,00	2,80	2,60
Γυάλινες προσόψεις κτηρίων μη ανοιγόμενες και μερικώς ανοιγόμενες.	$U_{V\_GF}$	2,20	2,00	1,80	1,80

Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ ISO13790:2009 το κτήριο διαχωρίζεται σε θερμικές ζώνες. Τα στοιχεία του κτηρίου λαμβάνονται ανά θερμική ζώνη. Ο διαχωρισμός ενός κτηρίου σε περισσότερες των μια θερμικών ζωνών εφαρμόζεται στις περιπτώσεις όπου η διαφορά θερμοκρασίας ενός χώρου από έναν άλλο μέσα στο κτήριο ξεπερνά τους 4°C, ή όταν ένας χώρος εξυπηρετείται από διαφορετικό σύστημα θέρμανσης ή ψύξης από το υπόλοιπο κτήριο, ή όταν υπάρχουν χώροι που γίνεται ανταλλαγή μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας, ή τέλος όταν υπάρχουν χώροι που καλύπτονται από σύστημα μηχανικού αερισμού και η επιφάνεια τους είναι μικρότερη του 80% της συνολικής επιφάνειας του κτηρίου.

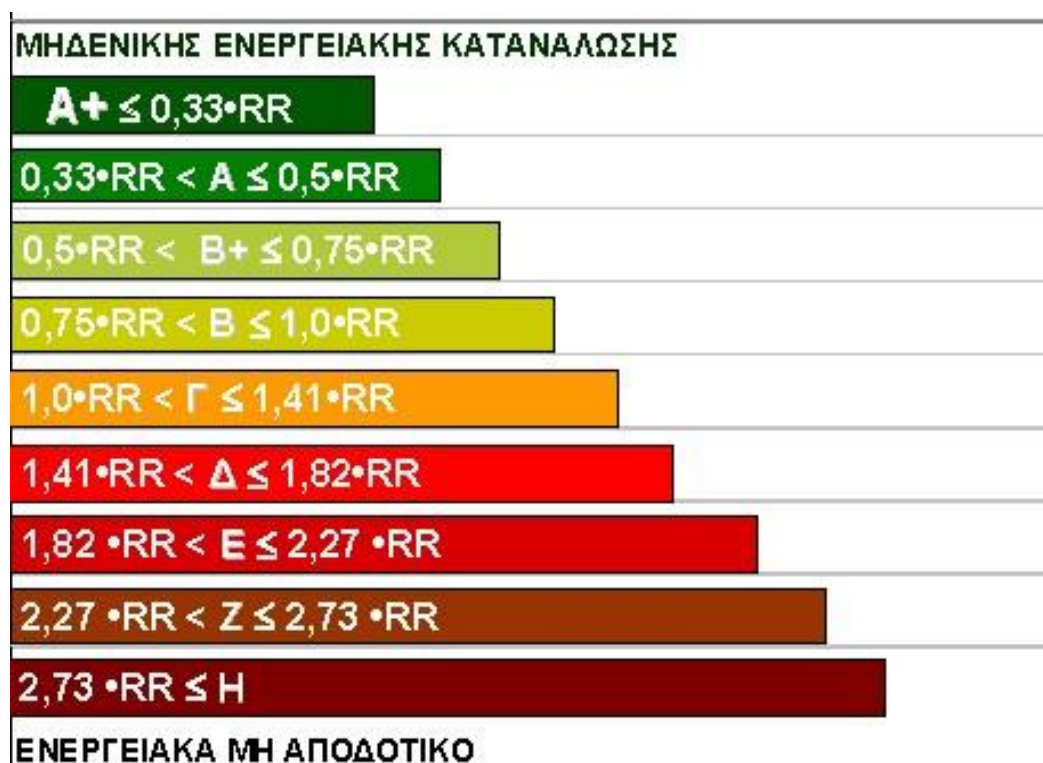
## 2.2.2 Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων

Η κατηγορία της ενεργειακής απόδοσης ενός κτηρίου καθορίζεται με βάση την τελική ανηγμένη σε πρωτογενή ενέργεια κατανάλωση του. Ο δείκτης  $R_R$  είναι ίσος με την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς. Ο λόγος  $T$  είναι το πηλίκο της υπολογιζόμενης κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτηρίου (EP) προς την υπολογιζόμενη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας του κτηρίου αναφοράς ( $R_R$ ) και αποτελεί το κριτήριο για την κατάταξη του κτηρίου στην αντίστοιχη κατηγορία ενεργειακής απόδοσης. (TEE, 2012) Το κτήριο αναφοράς δεν είναι ίδιο σε όλες τις περιπτώσεις αλλά είναι ίδιο με το υπό μελέτη κτήριο καθώς έχει τα ίδια χαρακτηριστικά (γεωμετρία, θέση, προσανατολισμό) με αυτό, αλλά πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις και προδιαγραφές που ορίζει ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης κτηρίων.

**Πίνακας 2.6:** Κατηγορίες ενεργειακής απόδοσης κτηρίων. (TOTEE 20701-3, 2012)

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	$0,75R_R < EP \leq 1,00R_R$	$0,75 < T \leq 1,00$
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	$2,73R_R < EP$	$2,73 < T$

Οι εννέα κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης καθορίζονται από ένα εύρος τιμών κατανάλωσης. Η κατάταξη του κτηρίου γίνεται βάσει της υπολογιζόμενης συνολικής κατανάλωσης ενέργειας σε [kWh/m<sup>2</sup>].



Εικόνα 2.9: Κατηγορίες ενεργειακής κατάταξης.

Ο στόχος στην αποκατάσταση των ιστορικών κτηρίων δεν μπορεί να είναι η ενεργειακή κατάταξη A ή κτήριο ‘μηδενικής ενεργειακής κατανάλωσης’, αλλά η αύξηση της ενεργειακής απόδοσής του για την ικανοποίηση σε μεγαλύτερο βαθμό της θερμικής άνεσης. (Fabbre, 2013)

Κτήρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας θεωρούνται τα κτήρια πολύ υψηλής ενεργειακής απόδοσης στα οποία η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται (αν όχι μηδενική, αρκετά χαμηλή) για την κάλυψη των ενεργειακών τους απαιτήσεων, καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. (2010/31/EK, 2010) (Τζανακάκη, n.d.)

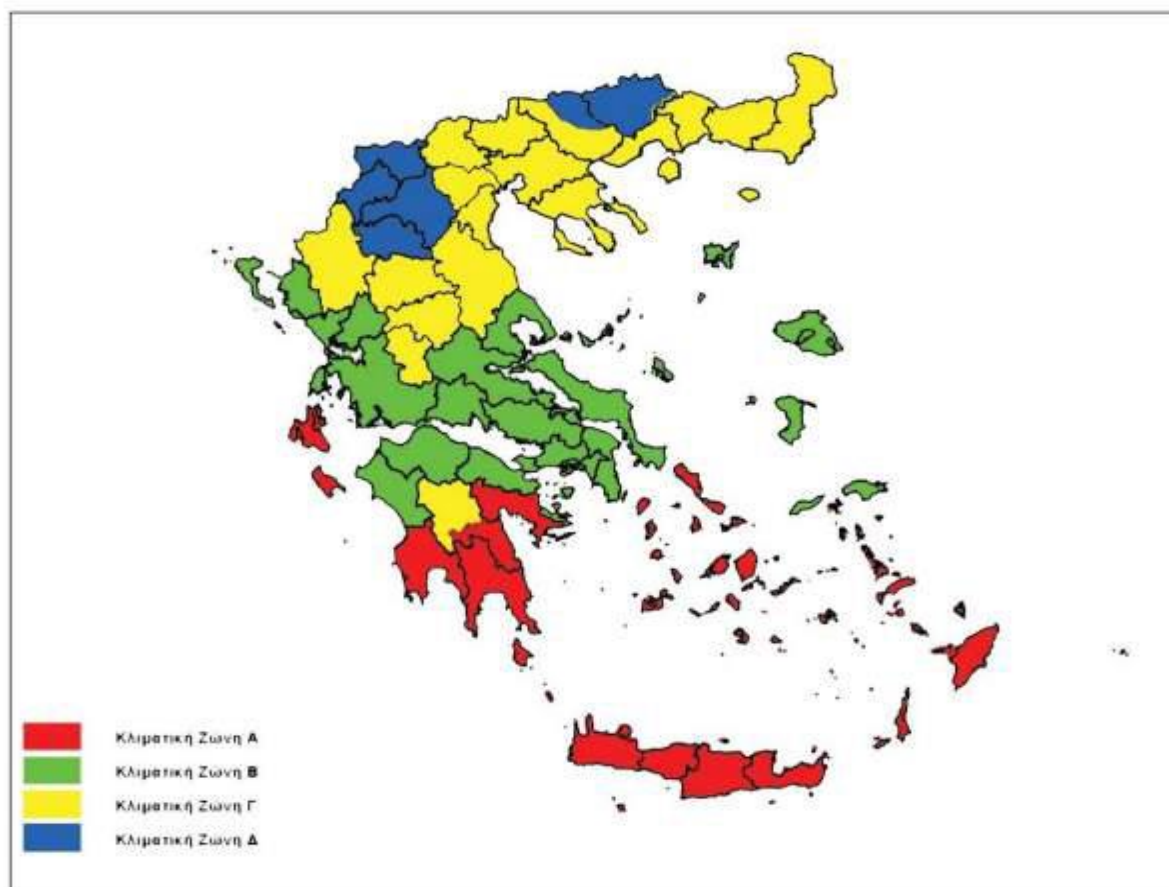
### 2.2.3 Κλιματικές Ζώνες στην Ελλάδα

Η ελληνική επικράτεια χωρίζεται σε τέσσερις κλιματικές ζώνες με κριτήριο τις βαθμοημέρες θέρμανσης. Σε κάθε νομό, οι περιοχές που βρίσκονται σε υψόμετρο άνω των 500 μέτρων,

εντάσσονται στην επόμενη ψυχρότερη κλιματική ζώνη από εκείνη στην οποία ανήκουν. (ΤΟΤΕΕ 20701-3, 2012) Για την ζώνη Δ όλες οι περιοχές ανεξαρτήτως υψομέτρου περιλαμβάνονται στη ζώνη Δ. Στον πίνακα που ακολουθεί κατηγοριοποιούνται οι νομοί της Ελλάδας στις τέσσερις κλιματικές ζώνες από τη θερμότερη στη ψυχρότερη.

**Πίνακας 2.7:** Διαχωρισμός της ελληνικής επικράτειας σε κλιματικές ζώνες κατά νομούς.

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



**Εικόνα 2.10:** Σχηματική απεικόνιση των κλιματικών ζωνών της ελληνικής επικράτειας.

## 2.2.4 Κατηγορίες κτηρίων & ωράριο λειτουργίας

Η χρήση ενός κτηρίου καθορίζει τα μεγέθη της απαιτούμενης κατανάλωσης ενέργειας για τη λειτουργία του και τις εκπομπές ρύπων η οποία σχετίζεται άμεσα με την περίοδο λειτουργίας ενός κτηρίου. Στον πίνακα που ακολουθεί αποτυπώνεται η ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με τη χρήση τους. Η χρήση ενός χώρου και το τυπικό ωράριο λειτουργίας που καθορίζεται από την εκάστοτε χρήση είναι οι παράγοντες για τον καθορισμό των θερμικών ζωνών ενός κτηρίου.

**Πίνακας 2.8:** Ταξινόμηση των κτηρίων σύμφωνα με τη χρήση τους για τις ανάγκες της τεχνικής οδηγίας TOTEE 20701-1/2010. (TOTEE 20701-1, 2012)

Βασικές κατηγορίες κτηρίων	Χρήσεις κτηρίων που περιλαμβάνονται στις κατηγορίες
Κατοικίας	Μονοκατοικία, πολυκατοικία (κτήριο με περισσότερα του ενός ανεξάρτητα διαμερίσματα).
Προσωρινής διαμονής Συνάθροισης κοινού	Ξενοδοχείο, ξενώνας, οικοτροφείο και κοιτώνας.
Εκπαίδευσης	Χώρος συνεδρίων, χώρος εκθέσεων, μουσείο, χώρος συναυλιών, θέατρο, κινηματογράφος, αίθουσα δικαστηρίων, κλειστό γυμναστήριο, εστιατόριο, ζαχαροπλαστείο, καφενείο, τράπεζα, αίθουσα πολλαπλών χρήσεων.
Υγείας και κοινωνικής πρόνοιας	Νοσοκομείο, κλινική, αγροτικό ιατρείο, υγειονομικός σταθμός, κέντρο υγείας, ιατρείο, ψυχιατρείο, ίδρυμα ατόμων με ειδικές ανάγκες, ίδρυμα χρονίως πασχόντων, οίκος ευγηρίας, βρεφοκομείο, βρεφικός σταθμός, παιδικός σταθμός.
Σωφρονισμού	Κρατητήριο, αναμορφωτήριο, φυλακή.
Εμπορίου	Κατάστημα, εμπορικό κέντρο, αγοράς και υπεραγοράς, φαρμακείο, κουρείο και κομμωτήριο, ινστιτούτο γυμναστικής.
Γραφείων	Γραφείο, βιβλιοθήκη.
Βιομηχανίας και βιοτεχνίας	Συnergείο συντήρησης και επισκευής αυτοκινήτων, βαφείο, ξυλουργείο, παρασκευαστήριο τροφίμων, καθαριστήριο, σιδερωτήριο, οργανωμένο πλυντήριο ενδυμάτων, αυτοτελές κέντρο μηχανογράφησης.
Αποθήκευσης	Γενική αποθήκη, αποθήκη καταστήματος, αποθήκη μουσείου.
Στάθμευσης αυτοκινήτων & πρατήρια υγρών καυσίμων	Στάθμευση αυτοκινήτων, δικύκλων ή τρικύκλων, πρατήριο υγρών καυσίμων, πλυντήριο αυτοκινήτων.



## 2.2.5 Εσωτερικές συνθήκες χώρων και κατανάλωση ζεστού νερού χρήσης

Ο σκοπός κάθε συστήματος θέρμανσης ή κλιματισμού είναι η επίτευξη θερμικής άνεσης στους χώρους διαμονής και δραστηριότητας των χρηστών κάθε κτηρίου. (TOTEE 20701-1, 2012) Οι επιθυμητές συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου για την διαμόρφωση της θερμικής άνεσης σε έναν χώρο καθορίζονται από τη χρήση του χώρου και εξαρτώνται από μία σειρά παραμέτρων και συνθηκών οι σημαντικότερες των οποίων είναι οι ακόλουθες:

- Η θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων. Με βάση τις συνιστώμενες τιμές στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 15251:2007 καθορίζονται στην TOTEE:20701-1, για όλες τις κατηγορίες των κτηρίων, οι τιμές θερμοκρασίας εσωτερικών χώρων για τη χειμερινή και τη καλοκαιρινή περίοδο, οι οποίες λαμβάνονται για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων.
- Η σχετική υγρασία των εσωτερικών χώρων. Για το βέλτιστο έλεγχο των εσωτερικών συνθηκών στα κτήρια γίνεται η εγκατάσταση συστημάτων κλιματισμού, τα οποία πέρα από τη θερμοκρασία του αέρα, ελέγχουν και ρυθμίζουν και τη σχετική υγρασία. Οι τιμές της σχετικής υγρασίας για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων καθορίζονται στην TOTEE:20701-1.
- Ο νωπός αέρας των εσωτερικών χώρων. Για την εξασφάλιση συνθηκών υγιεινής στο εσωτερικό κάθε κτηρίου και κάθε ανεξάρτητου τμήματος κτηρίου, απαιτείται η ανανέωση του αέρα, δηλαδή η αντικατάστασή μέρους του εσωτερικού αέρα από νωπό αέρα περιβάλλοντος. Οι απαιτήσεις νωπού αέρα, καθορίζονται ανάλογα με τη χρήση του κτηρίου, τον πληθυσμό των χρηστών και τη παραγωγή ρύπων λόγω χρήσης του κτηρίου. Ο υπολογισμός της απαραίτητης ποσότητας νωπού αέρα γίνονται σύμφωνα με το ΕΛΟΤ EN 15251:2007. (TOTEE 20701-1, 2012)
- Η στάθμη του φωτισμού. Σε κάθε χώρο πρέπει να παρέχεται ο φωτισμός που εξασφαλίζει στους χρήστες οπτική άνεση, δηλαδή ένας χώρος με την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα φωτισμού, όπου επιτρέπεται η ευχάριστη διαμονή και η εκτέλεση εργασιών, χωρίς να δημιουργείται οπτική δυσφορία ή κόπωση. Στο πρότυπο ΕΛΟΤ 12464.1:2002 αναγράφονται τα μέσα ελάχιστα επίπεδα φωτισμού και εγκατεστημένης ισχύος ηλεκτροφωτισμού που συνιστανται ανά χρήση κτηρίου.

Η ζήτηση σε ζεστό νερό χρήσης (Z.N.X.) σε ένα κτήριο ή σε ένα ανεξάρτητο λειτουργικά τμήμα του εξαρτάται από τη χρήση του κτηρίου ή τμήματός του αλλά και σε σημαντικό βαθμό από τον ανθρώπινο παράγοντα. Έτσι κάθε κτήριο, ανάλογα με τη γενική του χρήση

αλλά και τις συνθήκες των χρηστών του, παρουσιάζει διαφορετική κατανάλωση Z.N.X. Για τον υπολογισμό της κατανάλωσης θερμικής ενέργειας για παραγωγή Z.N.X καθορίστηκε στην TOTEE:20701-1 η ημερήσια κατανάλωση του Z.N.X. ανά άτομο και ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας του υπό μελέτη κτηρίου ή της υπό μελέτης ζώνης, καθώς επίσης και η ετήσια κατανάλωση ανά μονάδα δομημένης επιφάνειας για όλες τις χρήσεις κτηρίων. Επιπροσθέτως για τον υπολογισμό των ενεργειακών αναγκών για παραγωγή του απαιτούμενου ζεστού νερού χρήσης, είναι αναγκαία η μέση εξωτερική θερμοκρασία και η θερμοκρασία του εδάφους της εκάστοτε περιοχής. Για τους υπολογισμούς των απαιτούμενων φορτίων για Z.N.X. λαμβάνονται οι τιμές της μέσης θερμοκρασίας νερού δικτύου, για κάθε κλιματική ζώνη που ανήκει η εκάστοτε περιοχή που δίνονται στη TOTEE20701-1.

### **2.2.5 Μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια**

Παρακάτω αναφέρονται μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας για τα ελληνικά κτήρια, όπως αυτά παρουσιάζονται στα πλαίσια μελέτης με αντικείμενο την διερεύνηση πολιτικών σχετικών με την μείωση εκπομπών  $CO_2$  στο οικιακό και τριτογενή τομέα, που εκπονήθηκε για λογαριασμό του ΥΠΕΚΑ. Για την υλοποίηση της εν λόγω μελέτης εφαρμόστηκαν τα ακόλουθα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα ποσοστό κτηρίων και είχαν ως αποτέλεσμα τις παραδοχές των εφαρμογών και τα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας. :

- i. *Θερμομόνωση εξωτερικών τοίχων:* Η εφαρμογή της θερμικής θωράκισης των κτηρίων προτείνεται σε όλα τα κτήρια κατασκευασμένα προ του 1980 και επιφέρουν εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας 28%-60% και έως 5% εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη.
- ii. *Θερμομόνωση οροφής:* Η εφαρμογή μόνωσης στις οροφές το κτηρίων προτείνεται σε όλα σχεδόν τα κτήρια που έχουν κατασκευαστεί προ του 1983 και δεν διαθέτουν ήδη μόνωση. Η εφαρμογή της επιφέρει 4-8% εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας και 2% εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη.
- iii. *Διπλά υαλοστάσια:* Προτείνονται σχεδόν σε όλα τα κτήρια με χρήση κατοικίας, σε όλα τα κτήρια σχολείων, ξενοδοχείων και νοσοκομείων προ του 1985 και στο 50-70% αυτών που είναι κατασκευασμένα την περίοδο 1980-2001, στο 15% των κτηρίων προ του 1980 και στο 50% αυτών που είναι κατασκευασμένα την περίοδο 1980-2001 με χρήση γραφείων και καταστημάτων. Η εφαρμογή τους επιφέρει 10-28% εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας.
- iv. *Συντήρηση κεντρικών θερμάνσεων:* Η τακτική συντήρηση των κεντρικών συστημάτων θέρμανσης προτείνεται στα κτήρια όπου επιβάλλεται σύμφωνα με την εθνική

- νομοθεσία ετήσια συντήρηση και δύναται να επιφέρει 10-12% εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων.
- v. *Νέες κεντρικές θερμάνσεις*: Η αντικατάσταση με νέο κεντρικό σύστημα θέρμανσης εφαρμόζεται σε όλα τα κτήρια με παλιό μη αποδοτικό σύστημα κεντρικής θέρμανσης και επιφέρει 15-17% εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας για θέρμανση.
  - vi. *Κεντρική θέρμανση Φυσικού Αερίου*: Η εφαρμογή δύναται να γίνει στο 15% των κτηρίων με παλιά κεντρική θέρμανση και μόνο στις κλιματικές ζώνες Β και Γ όπου αυτό είναι διαθέσιμο. Η κεντρική θέρμανση φυσικού αερίου επιφέρει εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων σε ποσοστό από 19% έως 21%.
  - vii. *Θερμοστάτες αντιστάθμισης*: Οι θερμοστάτες αντιστάθμισης προτείνονται σε όλα τα κτήρια με κεντρική θέρμανση που δεν τους διαθέτουν. Η εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων κυμαίνεται από 2-3% για τα κτήρια με χρήση κατοικίας και 5% για όλα τα υπόλοιπα.
  - viii. *Θερμοστάτες χώρων*: Εφαρμογή σε όλα τα κτήρια με κεντρική θέρμανση και δυνατότητα θερμοστάτη χώρου. Με την εφαρμογή αυτή επιτυγχάνεται εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων από 2-3% για τα κτήρια με χρήση κατοικίας και 5% για όλα τα υπόλοιπα.
  - ix. *Εξωτερική σκίαση*: Η εξωτερική σκίαση έχει εφαρμογή στο 50% των κλιματιζόμενων κτηρίων με χρήση κατοικίας (θεωρώντας ότι κλιματίζεται μόνο το 20% των χώρων τους) και στο 60% των κλιματιζόμενων κτηρίων όλων των υπόλοιπων χρήσεων που είναι κατασκευασμένα προ του έτους 2011. Με την εφαρμογή εξωτερικής σκίασης γίνεται εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη από 10% έως 20%.
  - x. *Ανεμιστήρες οροφής*: Οι ανεμιστήρες οροφής έχουν εφαρμογή σε όλα τα κλιματιζόμενα κτήρια με χρήση κατοικίας με κάλυψη του 20% της επιφάνειάς τους, σε όλα τα κλιματιζόμενα σχολικά κτήρια με κάλυψη του 80% της επιφάνειάς τους, και στο 50% των κλιματιζόμενων κτηρίων όλων των υπόλοιπων χρήσεων με κάλυψη του 50-70% της επιφάνειάς τους. Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη με την χρήση ανεμιστήρων οροφής ανέρχεται στο 60%.
  - xi. *Νυχτερινός αερισμός*: Ο νυχτερινός αερισμός εφαρμόζεται στο 10% των κλιματιζόμενων κτηρίων γραφείων και καταστημάτων (ετήσια κατανάλωση ενέργειας 0.45 kWh/m<sup>3</sup>, για 5 ACH και 5 ώρες την ημέρα) με εξοικονόμηση 15-20% ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη.
  - xii. *Ηλιακοί συλλέκτες για ζεστό νερό χρήσης*: Εφαρμογή σε όλα τα κτήρια με χρήση κατοικίας, στο 20% των κτηρίων γραφείων και καταστημάτων και στο 50% των κτηρίων των υπόλοιπων χρήσεων που στο σύνολό τους δεν διαθέτουν ηλιακούς

- συλλέκτες. Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης στα κτήρια κατοικιών είναι 50-80%, στα κτήρια γραφείων και καταστημάτων 35-50%, στα ξενοδοχεία 65-80%, στα σχολικά κτήρια 25-40% και στα νοσοκομεία 55-70%.
- xiii. *Λαμπτήρες υψηλής απόδοσης*: Εφαρμογή γίνεται σε όλα τα κτήρια που δεν έχουν εγκαταστήσει λαμπτήρες υψηλής απόδοσης με 60% εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για φωτισμό.
- xiv. *BMS*: Η εγκατάσταση συστημάτων διαχείρισης ενέργειας προτείνεται στα κτήρια του τριτογενή τομέα και πιο συγκεκριμένα στο 20% των κλιματιζόμενων κτηρίων γραφείων και καταστημάτων που κατασκευάστηκαν την περίοδο 1980-2001 και στο 50% αυτών που κατασκευάστηκαν την περίοδο 2001-2010, ενώ για τα ξενοδοχεία και τα νοσοκομεία εφαρμογή έχουν στο 10% των κλιματιζόμενων κτηρίων που κατασκευάστηκαν πριν το 1980, στο 30% αυτών που κατασκευάστηκαν την περίοδο 1980-2001 και στο 50% τις περιόδου 2001-2010. Με την εφαρμογή BMS επιτυγχάνεται 60% εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και 20% εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας.
- xv. *Αεροστεγάνωση*: Εφαρμογή σε όλα τα κτήρια με χρήση κατοικίας και στο 10% αυτών που έχουν ανεγερθεί τη δεκαετία του '90. Με την αεροστεγάνωση επιτυγχάνεται 16-21% εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας για τη θέρμανση των χώρων.
- xvi. *Κλιματιστικά υψηλής απόδοσης*: Η αντικατάσταση με νέα κλιματιστικά έχει εφαρμογή στο 50% όλων των κτηρίων για τα οποία υιοθετήθηκε η παραδοχή ότι έχουν παλιά συστήματα κλιματισμού. Με την αντικατάσταση των παλιών συστημάτων κλιματισμού με νέα υψηλής απόδοσης επιτυγχάνεται 65-75% εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη. (TEE, 2012)

Οι κατοικίες αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του κτηριακού αποθέματος στην Ελλάδα, σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του 2011 όπως αυτά παρουσιάζονται στο διάγραμμα 2, σε ποσοστό 76,67% και έτσι εμφανίζονται ως οι πιο δυναμικές για την μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>, ύστερα από την λήψη των κατάλληλων μέτρων για εξοικονόμηση ενέργειας. (Balaras et al., 2007) (Gaglia et al., 2007) Τα πιο αποδοτικά μέτρα για τις κατοικίες με φθίνουσα σειρά ως προς τον βαθμό απόδοσής τους είναι τα ακόλουθα:

- Θερμομόνωση των εξωτερικών τοίχων
- Αεροστεγάνωση των ανοιγμάτων
- Τοποθέτηση διπλών υαλοστασίων
- Τακτική συντήρηση των συστημάτων θέρμανσης (Λάλας et al., 2002)

Οι ευκαιρίες εξοικονόμησης ενέργειας στα ελληνικά κτήρια είναι πολλές και αξιοποιούνται εύκολα με την εφαρμογή των απαραίτητων μέτρων χωρίς να απαιτείται κρατική χρηματοδότηση καθώς στην πλειοψηφία τους είναι οικονομικά προσιτά και αποδοτικά. Οι ανοδικές τιμές των συμβατικών πόρων παραγωγής ενέργειας καθιστούν σήμερα τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας ακόμα πιο ελκυστικά. Απαραίτητη για την επίτευξη ακόμα πιο μεγάλης μείωσης της ενέργειας που καταναλώνεται και τον εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι η κρατική καθοδήγηση ύστερα από την υιοθέτηση μιας πολύ καλά σχεδιασμένης περιβαλλοντικής πολιτικής.

Όσο αφορά στα υφιστάμενα κτήρια, για τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας προτείνεται η εφαρμογή των ρυθμίσεων όπως αυτές καταγράφονται στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ενημέρωση των πολιτών σχετικά με τα ευεργετήματα των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας και τη χορήγηση των χρηματοπιστωτικών εργαλείων που θα συμβάλλουν στην υλοποίηση των επεμβάσεων.

#### 2.2.6 Τύπος ανακαίνισης κτηρίων και ενδεικτικό κόστος

Ο τύπος της ανακαίνισης σχετίζεται με το ποσοστό ανακαίνισης, η οποία συνδέεται με την αναμενόμενη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και επηρεάζει το κόστος των επεμβάσεων σε ένα κτήριο.

**Πίνακας 2.9:** Τύπος ανακαίνισης κτηρίων (ΥΠΕΚΑ, 2014)

Τύπος ανακαίνισης	Ποσοστό εξοικονόμησης
Ελαφριά	20%
Μέτρια	40%
Ριζική	60%
Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης	80%

Αν και στην Ελλάδα επίσημα δεν έχει οριστεί το Σχεδόν Μηδενικής Ενεργειακής Κατανάλωσης Κτήριο και δεν έχουν καθοριστεί τα επιμέρους χαρακτηριστικά του, θεωρείται ότι αυτό θα εξοικονομεί ενέργεια κατά περίπου 80%, πολύ κοντά στον ευρωπαϊκό στόχο για κατανάλωσης 40-50 kWh/m<sup>2</sup> για τη περίπτωση της κατοικίας. (Svenfelt, Engstom and Svane, 2011) Μόνο ο τύπος της ριζικής ανακαίνισης είναι δυνατό να επιτύχει τους στόχους που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτήρια. (TABULA, 2012)

**Πίνακας 2.10:** Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και τυπικά κόστη (ΥΠΕΚΑ, 2014)

A/A	Μέτρα επέμβασης – ανακαίνισης γι εξοικονόμηση ενέργειας	Κόστος
1	Εξωτερική θερμομόνωση	50 ευρώ/τμ
2	Υαλοστάσια – πλαίσια και υαλοπίνακες	200-250 ευρώ/τμ
3	Ηλιακός θερμοσίφωνας	1.000-1.300 ευρώ για τυπική κατοικία
4	Αποδοτικότερες εγκαταστάσεις θέρμανσης	8.000-10.000 ευρώ
5	Φωτιστικά συστήματα υψηλής ενεργειακής απόδοσης	2ευρώ/τμ
6	Πράσινα φυτεμένα δώματα	90-120 ευρώ/τμ

Το κόστος ανά μονάδα μέτρησης της εξοικονόμησης ενέργειας με τη σύνθεση διάφορων επιλογών μέτρων επεμβάσεων σε τυπικά κτήρια κατοικιών, και αντίστοιχα για άλλων χρήσεων, (CA EED, CA EPBD and CA RES, 2013) που καταγράφονται βιβλιογραφικά για την Ελλάδα κυμαίνονται από 0,7 έως 2,2 ευρώ/kWh, λαμβάνοντας υπόψη τη μέγιστη τιμή των χρησιμοποιούμενων υλικών και τη μέγιστη αξία του κόστους της εργασίας. (ΥΠΕΚΑ, 2014) Σύμφωνα με μελέτη του ΥΠΕΚΑ, οι τυπικές ανακαινίσεις σε κατοικίες εκτιμάται ότι κοστίζουν 1 €/kWh, σε σχολεία 1,2 €/kWh και τέλος σε γραφεία, καταστήματα νοσοκομεία και ξενοδοχεία περίπου 1,5 €/kWh.

## 2.3 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Προκειμένου να γίνουν κατανοητά τα ζητήματα της προστασίας του περιβάλλοντος και της διατήρησης της πολιτιστικής μας κληρονομιάς όσον αφορά την παραδοσιακή αρχιτεκτονική ακολουθεί μια γενική αναφορά στις διεθνείς και ελληνικές συμβάσεις που αφορούν το περιβάλλον και τις αποκαταστάσεις των ιστορικών κτηρίων. Η έλλειψη ενός νομοθετικού πλαισίου που αφορά την ενεργειακή αναβάθμιση ιστορικών κτηρίων, οδηγεί στη παρουσίαση κάποιων προγραμμάτων που έλαβαν χώρα με στόχο την λήψη κατάλληλων μέτρων για την ενεργειακή αναβάθμιση των ιστορικών κτηρίων με την ταυτόχρονη προστασία τους και διατήρησή τους. Επίσης αρκετές μελέτες περιπτώσεων έχουν παρουσιαστεί στη επιστημονική βιβλιογραφία στις οποίες οι ενεργειακές απαιτήσεις των κτηρίων μειώθηκαν με ταυτόχρονη αναγνώριση της άρρηκτης σχέσης μεταξύ της διατήρησης και της αειφορίας (Ascione et al.,

2015) και ακόμα και η ανάπτυξη εργαλείων σχεδιασμού όπως έγινε από τους (De Berardinis et al., 2014) για τα ιστορικά κτήρια της περιοχής Abruzzo στην Ιταλία. Επίσης έχει ερευνηθεί η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Lopez and Frontini, 2014) και έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες περίπτωσης όπως συνέβη για ένα κτήριο των αρχών του 20<sup>ου</sup> αιώνα στο κέντρο της Coimbra στην Πορτογαλία, (Tadeu et al., 2015) για την εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου οικονομικού μοντέλου βέλτιστου κόστους και υπολογισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

### **2.3.1 Διεθνής πραγματικότητα για τη κτηριακή εξοικονόμηση ενέργειας**

Το πρώτο βήμα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και την προστασία του περιβάλλοντος σε παγκόσμιο επίπεδο αποτέλεσε η Σύμβαση – Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές (UNFCCC). Η σύμβαση υπογράφηκε τον Ιούνιο του 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας, στο πλαίσιο της συνδιάσκεψης για τη Γη από 154 χώρες, θέτοντας την αρχή της συνεργασίας των χωρών για τη μείωση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. (Σαρτζετάκης, Καρατζόγλου and Καρατζόγλου, 2009). Ακολούθησε το βήμα ορόσημο με την 3<sup>η</sup> Σύνοδο των Συμβαλλομένων στο UNFCCC Μερών με τη ψήφιση του 'Πρωτοκόλλου του Κιότο', τον Δεκέμβριο του 1997 στο Κιότο της Ιαπωνίας. Το Πρωτόκολλο του Κιότο δεσμεύει νομικά τις ανεπτυγμένες χώρες με στόχο «τη σταθεροποίηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε ένα επίπεδο που θα προλαμβάνει την επικίνδυνη ανθρωπογενή παρέμβαση στο κλίμα. (UNFCCC United Nations, 1998) Το 2009 ακολούθησε η συμφωνία της Κοπεγχάγης για την εφαρμογή της οποίας εκδόθηκαν οι 2002/91/EK και 2010/31/EK στις οποίες διατυπώνονται απαιτήσεις όπως η πιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, η ελάχιστη ενεργειακή απόδοση των νέων κτηρίων, η τακτική επιθεώρηση των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού κ.α. (Δασκαλάκη et al., 2011)

### **2.3.2 Ελληνική πραγματικότητα για τη κτηριακή εξοικονόμηση ενέργειας**

Προκειμένου η Ελλάδα να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις της, όπως αυτές απορρέουν από την Κύρωση του Πρωτοκόλλου του Κιότο το 1997 ( ( Ν.3017, 2002) ΦΕΚ 117/Α'30.5.2002, το Υπουργείο Περιβάλλοντος και κλιματικής αλλαγής συνέταξε το Εθνικό Πρόγραμμα μείωσης εκπομπών αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου 2000 - 2010 (ΦΕΚ 58/Α'5.3.2003) και το ενσωμάτωσε στο εθνικό νομοθετικό της πλαίσιο.

Με το Ν. 3661/2008 (Ν.3661, 2008) (ΦΕΚ 89/Α'/19.5.2008) 'Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και άλλες διατάξεις' επιτυγχάνεται η εναρμόνιση με την 2002/91/ΕΚ. Σε συνέχεια τέθηκε σε ισχύ ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων (Κ.Εν.Α.Κ.), (ΦΕΚ 407/ Β'/2010) σε εφαρμογή της οδηγίας 2002/91/ΕΚ που τέθηκε τελικά σε ισχύ τον Οκτώβριο του 2010 ενώ παράλληλα αντικατέστησε τον κανονισμό θερμομόνωσης. Για την εφαρμογή του Κανονισμού εγκρίθηκαν με την οικ. 2618/23.10.2014 απόφαση του αναπλ/τη Υπουργού ΠΕΚΑ (ΦΕΚ 2945/Β'/2014) οι ακόλουθες Τεχνικές Οδηγίες του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας:

- TOTEE 20701–1/2010 «Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης»,
- TOTEE 20701–2/2010 «Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων»,
- TOTEE 20701–3/2010 «Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών»,
- TOTEE 20701–4/2010 «Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού».
- TOTEE 20701–5/2012 «Συμπαράγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε Κτήρια».

Ακολούθησε ο Ν. 4122/2013 (ΦΕΚ 42/Α'/2013) (Ν. 4122, 2013) «Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ (2010/31/ΕΚ, 2010) του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις», στον οποίο προβλέπονται:

- Οι απαιτήσεις της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στη χώρα μας.
- Η έκδοση των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης, των Εκθέσεων Συστημάτων Θέρμανσης και Κλιματισμού. Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης είναι αναγνωρισμένο και δείχνει την ενεργειακή απόδοση ενός κτηρίου ή κτηριακής μονάδας και υπολογίζεται σύμφωνα με το άρθρο 3 της οδηγίας 2010/31/EU (BPIE, 2011)
- Η κατάρτιση του Μητρώου Ενεργειακών Επιθεωρητών και η διαδικασία επιβολής κυρώσεων στις περιπτώσεις παραβίασης σχετικών διατάξεων.

Σύμφωνα με το αρ. 4 του Ν. 4122/2013 οι ελάχιστες απαιτήσεις του Κ.Εν.Α.Κ. δεν εφαρμόζεται σε κτήρια που προστατεύονται λόγω της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής ή ιστορικής τους αξίας, στο βαθμό που η συμμόρφωση προς ορισμένες ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης θα αλλοίωνε με μη αποδεκτό τρόπο τον χαρακτήρα ή την όψη τους. (ΤΕΕ, n.d.) Το



2015 αναρτήθηκε δημόσια το Εθνικό Σχέδιο Δράσης Εξοικονόμησης Ενέργειας. (ΥΠΕΚΑ and ΚΑΠΕ, 2014)

### **2.3.3 Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα και σε άλλες Ευρωπαϊκές χώρες.**

Παρακάτω ακολουθεί περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης σε σχέση με τις πολιτικές διαφορών χωρών της ευρωπαϊκής ένωσης για την ενεργειακή αναβάθμιση των ιστορικών κτηρίων και των υφιστάμενων λογισμικών

*Ελλάδα:* Στην Ελλάδα, τα ιστορικά κτήρια έχουν μόλις πρόσφατα θεωρηθεί μέρος της ατζέντας της ενεργειακής απόδοσης, επειδή σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι δυνατή η παρέμβαση στο εξωτερικό περίβλημα του κτηρίου λόγω της ιστορικής και πολιτιστικής αξίας τους. Ως εκ τούτου, τα περισσότερα ιστορικά κτήρια έχουν παραμείνει άθικτα και είναι σημαντικά λιγότερο ενεργειακά αποδοτικά από τις σύγχρονες κατασκευές. Το λογισμικό ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ είναι το Ελληνικό λογισμικό για ενεργειακούς ελέγχους και την υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων. Το εν λόγω λογισμικό αποτελεί το κοινό σημείο αναφοράς για την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων στην Ελλάδα. Ταυτόχρονα έχουν αξιολογηθεί και άλλες εμπορικές εφαρμογές λογισμικού από μια ειδική μονάδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής που χρησιμοποιούνται σήμερα στην Ελλάδα, χωρίς ωστόσο να λαμβάνουν υπόψη το χαρακτήρα και τις ιδιαιτερότητες των ιστορικών κτηρίων και μη χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία λογισμικού ενεργειακής απόδοσης.

*Πορτογαλία:* Στατιστικές του κτηριακού τομέα στην Πορτογαλία δείχνουν ότι ο μέσος όρος ηλικίας των κτηρίων είναι 34 χρόνια. Σύμφωνα με τις στατιστικές, σήμερα το 38,1% των κτηρίων χρειάζεται παρέμβαση και το 2,9% βρίσκονται σε εξαιρετικά κακή κατάσταση. Η κατανάλωση ενέργειας στην Πορτογαλία στον οικιακό και τριτογενή τομέα αντιπροσωπεύει το 28% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, όπου το 31,2% είναι για τις απαιτήσεις θέρμανσης, το 0,8% για τις απαιτήσεις ψύξης και το 29% για τη θέρμανση του νερού. Υπάρχουν πολλά παραδείγματα κτηρίων κοινωνικής στέγασης που κατασκευάστηκαν από το 18ο έως τον 20ό αιώνα στην Πορτογαλία, αλλά τα κτήρια που έχουν μεγαλύτερη ανάγκη αποκατάστασης χτίστηκαν μεταξύ 1940 και 1960. Η εσωτερική ποιότητα ζωής των κτηρίων συνήθως δεν είναι δυνατόν να υπολογιστεί ή να ελεγχθεί. Η Πορτογαλία έχει νομοθεσία για την ενεργειακή πιστοποίηση των κτηρίων. Όλα τα νέα κτήρια θα πρέπει να έχουν πιστοποίηση. Ωστόσο, για τα υφιστάμενα κτήρια, το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης

απαιτείται μόνο εάν το συνολικό κόστος των παρεμβάσεων αντιπροσωπεύει έως και το 25% της συνολικής αξίας του κτηρίου. Η Πορτογαλία έχει πολύ πρόσφατα ενημερωμένο κώδικα ενεργειακής απόδοσης (Δεκέμβριος 2013). Χρησιμοποιεί τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης, αλλά βασίζεται στο πρότυπο EN ISO 13790 και δεν έχει ένα συγκεκριμένο κωδικό για το παλαιό κτηριακό απόθεμα. Ωστόσο, οι κατευθυντήριες γραμμές για τη θερμική βελτίωση και την ενεργειακή απόδοση έχουν καθοριστεί από την εθνική υπηρεσία ενέργειας. Επιπλέον, υπήρξαν και κάποια δημόσια προγράμματα παροχής κινήτρων για την επισκευή κατοικιών παλαιών κτιρίων σε σχέση με τη θερμική άνεση και την ενεργειακή απόδοση. Σε σχέση με τα εργαλεία θερμικής προσομοίωσης, το πιο διαδεδομένο είναι: DesignBuilder, Transys, EcoTech και HAP.

*Ισπανία:* Ένας μεγάλος αριθμός κοινωνικών κατοικιών που χρονολογούνται μεταξύ του 19ου και του 20ου αιώνα βρίσκεται στο «ιστορικό κέντρο» αρκετών πόλεων της Ισπανίας, στοιχείο που μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα, όταν πρόκειται για την ανακαίνιση και την επισκευή τους. Στις παρυφές των πόλεων υπάρχουν πολλές πολυκατοικίες χτισμένες στη δεκαετία του 1950 και του '60 που δεν είναι ενεργειακά αρκετά αποδοτικές και που έχουν ανάγκη από ριζική ανακαίνιση. Υπάρχουν τρία διαπιστευμένα συστήματα λογισμικού ενεργειακής απόδοσης για τα υφιστάμενα κτήρια στην Ισπανία: CE3, CE3X και CERMA. Τα εργαλεία αυτά είναι προβληματικά όταν εφαρμόζονται σε ιστορικά σπίτια καθώς θεωρούν μόνο το U-value των προσόψεων και στεγών, και δεν λαμβάνουν υπόψη την θερμική αδράνεια. Επιπροσθέτως, το επίσημο λογισμικό δεν περιλαμβάνει τα υλικά κατασκευής των ιστορικών σπιτιών στη βάση δεδομένων.

*Σκωτία:* Το 20% των κτηρίων της Σκωτίας χτίστηκε πριν από το 1919, και το ένα τρίτο πριν το 1944. Πολλά από αυτά είναι αρχιτεκτονικά ή πολιτιστικά σημαντικά - υπάρχουν πάνω από 70.000 διατηρητέων κτηρίων στη Σκωτία. Αυτό το στοιχείο επιβάλλει και συνεπάγεται την εξέταση αυστηρότερων μέτρων στον τομέα της ενεργειακής τους απόδοσης. Το 27% των νοικοκυριών στη Σκωτία βρίσκονται σε ενεργειακή ένδεια. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αύξηση των λογαριασμών των καυσίμων. Οι μέσες τιμές της ενέργειας αυξήθηκαν κατά 37% μεταξύ Οκτωβρίου του 2010 και Νοεμβρίου 2013, ενώ οι μέσες αποδοχές αυξήθηκαν κατά μόλις 4,4%. Τα επίπεδα φτώχειας των καυσίμων στον τομέα της κοινωνικής κατοικίας είναι υψηλότερα από ό, τι στον ιδιωτικό τομέα, κυρίως λόγω των χαμηλότερων κερδών. Ως εκ τούτου, η ενεργειακή απόδοση αποτελεί προτεραιότητα και η κυβέρνηση της Σκωτίας εισάγει νέα ελάχιστα πρότυπα ενεργειακής απόδοσης για την κοινωνική στέγαση. Αυτό θα είναι μια ιδιαίτερη πρόκληση για την κοινωνία με ένα σημαντικό ιστορικό κτηριακό απόθεμα. Ο υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στη Σκωτία υπολογίζεται

χρησιμοποιώντας τη Διαδικασία Αξιολόγησης - πρότυπο της βρετανικής κυβέρνησης για την Ενεργειακή Αξιολόγηση των κτηρίων - (SAP). Λιγότερο χρησιμοποιείται το SAP Data για τις υφιστάμενες κατοικίες. Επί του παρόντος, επτά (7) εταιρείες έχουν εγκριθεί για χρήση στη Σκωτία κατέχοντας διαπίστευση λογισμικού SAP. Μια σειρά από μελέτες έχουν δείξει ότι τα σενάρια σε αυτό το λογισμικό υποτιμούν τη θερμική απόδοση των ιδιαίτερων κατασκευαστικών στοιχείων των ιστορικών κτηρίων. Επιπλέον, αυτό το λογισμικό δεν λαμβάνει υπόψη τη θερμική μάζα που συνδέεται με πολλούς τύπους τοίχων των παλαιότερων κτισμάτων.

### 2.3.4 Ευρωπαϊκά προγράμματα

Το κενό που παρατηρείται τόσο στην ευρωπαϊκή όσο και στη διεθνή νομοθεσία για την ενεργειακή αναβάθμιση ιστορικών κτηρίων γίνεται προσπάθεια να καλυφθεί με την διεξαγωγή κάποιων πανευρωπαϊκών προγραμμάτων που ως στόχο έχουν την καταγραφή και την εφαρμογή των γενικών κανόνων που διέπουν τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας κτηρίων επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα την προστασίας και την ανάδειξη ιστορικών κτηρίων και συνόλων, που αποτελούν μνημεία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς, όπως το SECHURBA, το EFFESUS, το Climate for Culture, NEW4OLD, 3ENCULT, RENERPATH, RESSEPE, LIFE-INSU-SHELL, PIME's. (Vieites, Vassileva and Arias, 2015) Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια από αυτά τα προγράμματα και το αντικείμενο τους:

- SECHURBA: Η βιώσιμη ανάπτυξη των ιστορικών περιοχών προστατεύοντας και αναδεικνύοντας την πολιτιστική τους αξία, είναι ο κύριος στόχος του προγράμματος SECHURBA στο οποίο συμμετέχει και το ελληνικό Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Η άποψη ότι οι ιστορικές και προστατευόμενες περιοχές είναι σημαντικό κομμάτι που πρέπει να προσαρμοστεί με ορθές πρακτικές στο σύγχρονο τρόπο ζωής, για την ενίσχυση της προσπάθειας των τοπικών κοινωνιών στη μείωση παραγωγής εκπομπών  $CO_2$  είναι η κεντρική ιδέα που γέννησε το πρόγραμμα SECHURBA. Στα πλαίσια αυτού του προγράμματος δημιουργήθηκε ένα λογισμικό, ως βοήθημα για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις επεμβάσεις σε διατηρητέα κτήρια. Επιπλέον με τη βοήθεια της τοπικής κοινωνίας και τη στήριξη των τοπικών αρχών συντάχθηκαν μελέτες σε επιλεγμένα κτήρια που περιελάμβαναν συστάσεις για τη μείωση τουλάχιστον κατά 40% της καταναλισκόμενης ενέργειας. Τέλος χαραχτηκαν στρατηγικές για την καταπολέμηση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής και την ελάττωση εκπομπών  $CO_2$  σε ιστορικά κτήρια και σύνολα.

- EFFESUS: Το πρόγραμμα Energy Efficiency for EU Historic Districts' Sustainability που έλαβε χώρα τη χρονική περίοδο Σεπτέμβριος 2012- Αύγουστος 2016 είχε ως κύριο στόχο να αναπτύξει και να αποδείξει μέσα από μελέτες περιπτώσεων μία μεθοδολογία για την αξιολόγηση και την επιλογή παρεμβάσεων ενεργειακής απόδοσης, με βάση τις υφιστάμενες και τις νέες τεχνολογίες που είναι συμβατές με τις αξίες της πολιτιστικής κληρονομιάς. Πρωταρχικός στόχος του προγράμματος η παράδοση ενός συστήματος για τη λήψη αποφάσεων και ένα μοντέλο διαχείρισης δεδομένων. Επιπλέον στόχος του προγράμματος ήταν η ανάπτυξη νέων μη επεμβατικών, αναστρέψιμων και οικονομικά αποδοτικών τεχνολογιών για τη βελτίωση των θερμικών ιδιοτήτων. Στο πρόγραμμα συμμετείχαν μεγάλες εταιρείες, ερευνητικά ιδρύματα και τελικοί χρήστες από 13 χώρες. (EFFESUS, 2012)
- Climate for Culture: Σκοπός του προγράμματος είναι η εκτίμηση των επιπτώσεων των μεταβαλλόμενων κλιματικών συνθηκών σε ιστορικά κτήρια στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο. Απαρτίζεται από μία διεπιστημονική ερευνητική ομάδα 27 εταίρων, αποσκοπώντας στον προσδιορισμό της πιθανής βλάβης στην πολιτιστική μας κληρονομιά, έτσι ώστε να ενθαρρυνθεί η ανάπτυξη στρατηγικών για την άμβλυνση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής μεταξύ των φορέων χάραξης πολιτικής και της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC). Επιπλέον το πρόγραμμα προσφέρει μία εικόνα για τις πιθανές κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, με δεδομένη τη σημασία της πολιτιστικής κληρονομιάς για την οικονομία της Ευρώπης. Η κύρια καινοτομία του έργου είναι η χρήση προσομοίωσης και μοντελοποίησης εργαλείων για την καλύτερη πρόβλεψη της επίδρασης των μεταβαλλόμενων εξωτερικών συνθηκών στο μικροκλίμα των ιστορικών κτηρίων μέχρι το 2100 και η αξιολόγηση της πιθανής ζημιάς. Το Climate for Culture χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για την περίοδο από το 2009 έως το 2014. (Climate for Culture, n.d.)

### **2.3.5 Συμπεράσματα**

Στις μέρες μας η ενεργειακή αναβάθμιση των ιστορικών κτηρίων αποτελεί μια διπλή πρόκληση καθώς υπάρχει έλλειψη πληροφοριών σχετικά με την πραγματική κατανάλωση ενέργειας από τα ιστορικά κτήρια. Η θερμική συμπεριφορά των ιστορικών κτηρίων δεν είναι ίδια με αυτή των σύγχρονων κτηρίων που έχουν κατασκευαστεί κατά το χρόνο της βιομηχανικής περιόδου. (Cantin et al., 2010) Είναι κοινή η διαπίστωση ότι υπάρχει έλλειψη

κατανόησης για τις θερμικές ιδιότητες των παραδοσιακών κτηρίων και των οικοδομικών υλικών, και ότι τα τρέχοντα λογισμικά υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης δεν είναι ακριβή όταν εφαρμόζονται σε παραδοσιακά κτήρια και επιπλέον παρουσιάζονται δυσκολίες στην επιλογή των κατάλληλων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας για την εγκατάσταση και τη χρήση τους. Τα υπάρχοντα λογισμικά θεωρούνται μη αξιόπιστα για τα ιστορικά κτήρια καθώς αυτά δεν μπορούν να λάβουν υπόψη τον διαφορετικό τρόπο με τον οποίο κατασκευάστηκαν (π.χ. να έχουν μεγάλη θερμική μάζα και να αξιοποιούν την ακτινοβολία και όχι την παθητική θέρμανση) και τις ιδιαίτερες τεχνικές μεθόδους - στρατηγικές της βιοκλιματικής παραδοσιακής αρχιτεκτονικής.

Στην Ελλάδα τα παραδοσιακά, διατηρητέα και ιστορικά κτήρια έχουν μόλις πρόσφατα θεωρηθεί ως μέρος της ατζέντας της ενεργειακής απόδοσης, επειδή σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι δυνατές οι παρεμβάσεις στο εξωτερικό κέλυφος των κτηρίων λόγω της ιστορικής και πολιτιστικής τους αξίας. Ως εκ τούτου, τα περισσότερα ιστορικά κτήρια έχουν παραμείνει άθικτα και είναι σημαντικά λιγότερο ενεργειακά αποδοτικά από τις σύγχρονες κατασκευές.

Εντός της Ελλάδας υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις κλιματολογικές συνθήκες. Για παράδειγμα το κλίμα στη νησιωτική Ελλάδα είναι διαφορετικό από αυτό που επικρατεί στην ηπειρωτική Ελλάδα και οι κλιματολογικές συνθήκες στα νησιά του Αιγαίου Πελάγους, είναι εντελώς διαφορετικές από αυτές που καταγράφονται στα νησιά του Ιονίου Πελάγους. Για το λόγο αυτό παρατηρούνται και σημαντικές διαφορές στις τεχνικές κατασκευής που χρησιμοποιούνται και τα επίπεδα της ενεργειακής απόδοσης ανάλογα με τη θέση – περιοχή και τη χρονική περίοδο κατασκευής των κτηρίων. Μετρήσεις της ενεργειακής απόδοσης των ιστορικών κτηρίων συντονισμένα και συλλογικά με πλήρη καταγραφή των δεδομένων δεν έχει συμβεί στην Ελλάδα μέχρι σήμερα.

## 2.4 Περιοχή μελέτης

Ο ιστορικός οικισμός της Μονεμβασιάς απαντάται πάνω σε ένα βράχο ο οποίος δεσπόζει στη νοτιοανατολική ακτή της Πελοποννήσου, στο νομό Λακωνίας, είκοσι μίλια περίπου βορειότερα του Κάβου Μαλέα, (Κατσώρης, 1972) προκαλώντας δέος και θαυμασμό σε όλη τη διάρκεια της μακράς ιστορίας του. Το ύψος του βράχου με τους περιμετρικούς γκρεμούς, δεν είναι μεγαλύτερο των 203 μέτρων και η περίμετρός του 3.600 μέτρα. Ο μεγάλος άξονάς του είναι κάθετος προς την ακτή, έχει κατεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά, το

μήκος του είναι περίπου 1.500 μέτρα και το μέγιστο πλάτος του 600 μέτρα. Ο βράχος συνδέεται με τη χερσόνησο Μαλέα μόνο με μία γέφυρα από όπου προκύπτει και το όνομα Μονεμβασιά. Ο βράχος είναι γυμνός χωρίς βλάστηση και νερό. Η κορυφή του είναι επίπεδη σαν μικρό οροπέδιο και οι πλαγιές του κατακόρυφες και κοφτές.



**Χάρτης 2.1:** Θέση του οικισμού της Μονεμβασιάς στην Πελοπόννησο.

Την πόλη της Μονεμβασιάς αποτελούν δύο οικισμοί: η Πάνω Πόλη, σε επίπεδη έκταση ψηλά στο βράχο, με το φρούριο της Ακρόπολης στη κορυφή του και η Κάτω Πόλη χαμηλά, σε κεκλιμένη έκταση κοντά στη θάλασσα. Η Πάνω Πόλη από το 1821, όταν ολόκληρη η έκταση περιήλθε στο ελληνικό Δημόσιο, εγκαταλείφτηκε πλήρως. Η Κάτω Πόλη περικλείεται από τείχη από τις τρεις πλευρές και τον απότομο βράχο από την τέταρτη (βόρεια πλευρά). Η ζωή στη Κάτω Πόλη δεν σταμάτησε ποτέ αλλά με την πάροδο των ετών έχει υποστεί αξιοσημείωτες μεταβολές.

#### **2.4.1 Ιστορικά στοιχεία οικισμού Μονεμβασιάς**

Η ίδρυση του αρχικού οικισμού (Πάνω Πόλη) στο πλάτωμα που βρίσκεται πάνω στο βράχο, χρονολογείται στα τέλη του 6<sup>ου</sup> αιώνα μ.Χ. Οι πρώτοι κάτοικοί του ήταν Λακεδαιμόνιοι που εγκατέλειψαν την Σπάρτη πιεζόμενοι από τις εισβολές των επιδρομέων Αβάρων. Ακολούθησε στα τέλη του 10<sup>ου</sup> αιώνα αρχές του 11<sup>ου</sup> αιώνα, λόγω της πύκνωσης της Πάνω Πόλης και της ανάγκης που προέκυψε για την επέκτασή της, η δημιουργία ενός δεύτερου οικισμού (Κάτω Πόλη ή προάστιο) και η σταδιακή ανάπτυξη του συνόλου σε μία πόλη με σημαντικό λιμάνι και μεγάλη στρατηγική σημασία. Η Κάτω Πόλη χτίστηκε αμφιθεατρικά, έχοντας τα χαρακτηριστικά μίας πρώιμης βυζαντινής πόλης, με στενούς, δαιδαλώδεις και με

αδιέξοδα δρόμους, μικρές πλατείες, ενώ τα καταστήματα ήταν ανεπτυγμένα δεξιά και αριστερά του κεντρικού δρόμου. (Κουτσογιαννόπουλος, 2010)



**Εικόνα 2.11:** Η άποψη της Κάτω Πόλης.

Τα χρόνια που ακολούθησαν ο οικισμός της Μονεμβασίας, αναπτύχθηκε με γρήγορους ρυθμούς, και καθιερώθηκε ως το σπουδαιότερο ναυτικό και εμπορικό κέντρο της ανατολικής Πελοποννήσου. Εντός της Πόλη δημιουργήθηκαν αρκετές βιοτεχνίες και διαμετακομιστικά εμπορικά κέντρα. Η Μονεμβασία λόγω της σπουδαιότητάς της ως ναυτικό και στρατιωτικό κέντρο των περασμένων αιώνων είχε μία πολυτάραχη ζωή με σκληρές πολιορκίες και διαδοχικούς κυρίαρχους. (Κουτσογιαννόπουλος, 2001). Παρακάτω ακολουθεί ένα χρονολόγιο της ιστορικής πορείας της Πόλεως της Μονεμβασίας.

**Πίνακας 2.11:** Χρονολόγιο διαδοχικών κυρίαρχων της Καστροπολιτείας. (Κουτσογιαννόπουλος, 2010)

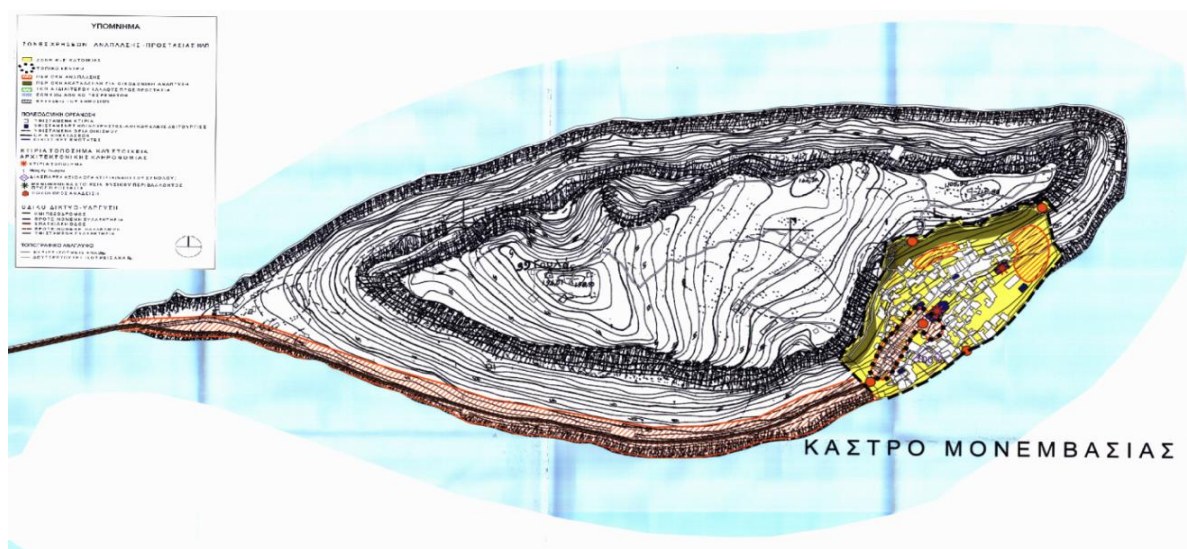
Από το έτος 566μ.Χ. έως το 1248 μ.Χ.	Η εμφάνιση της πόλης και συνέχεια η Βυζαντινή περίοδος.
1248 μ.Χ. – 1262 μ.Χ.	Η δεκατετράχρονη Φραγκοκρατία.
1263 μ.Χ. – 1394 μ.Χ.	Η βυζαντινή περίοδος της μεγάλης ακμής.
1395 μ.Χ. – 1464 μ.Χ.	Προσωρινές κυριαρχίες Τούρκων, Ενετών, του Πάπα και Παλαιολόγων του Μυστρά.
1464 μ.Χ. – 1540 μ.Χ.	Η περίοδος της α' Ενετοκρατίας.
1540 μ.Χ. – 1690 μ.Χ.	Η περίοδος της α' Τουρκοκρατίας.
1690 μ.Χ. – 1715 μ.Χ.	Η περίοδος της β' Ενετοκρατίας.
1715 μ.Χ. – 1821 μ.Χ.	Η περίοδος της β' Τουρκοκρατίας.

Στις 23 Ιουλίου του 1821 το κάστρο παραδίνεται στους επαναστατημένους Έλληνες μετά την τετράμηνη πολιορκία του. Με την ανασύσταση του ελληνικού κράτους ο οικισμός της Μονεμβασίας χάνει την γεωπολιτική του αξία και χαράζει μία πορεία παρακμής η οποία φτάνει ως την δεκαετία του '70. Τη δεκαετία αυτή και τα χρόνια που ακολούθησαν αργότερα

εμφανίζεται ξανά στο προσκήνιο όπως και πολλά άλλα μέρη της ελληνικής υπαίθρου που είχαν και αυτά παρακμάσει και άρχισε σιγά σιγά να αποκτά και πάλι ζωή. Ο οικισμός άρχισε να αναστυλώνεται και τα ερειπωμένα κτήρια να επισκευάζονται προσεκτικά καθώς ήδη από το 1961 είχε κηρυχτεί αρχαιολογικός χώρος και ιστορικό διατηρητέο μνημείο. (Κουτσογιαννόπουλος, 2010)

#### 2.4.2 Νομοθετικό πλαίσιο προστασίας οικισμού Μονεμβασίας

Η κήρυξη της Μονεμβασίας ως αρχαιολογικός χώρος και ιστορικό διατηρητέο μνημείο έγινε με την Υ.Α.15794/19-12-61 (ΦΕΚ 35/Β/2.2.62), η συμπληρωματική κήρυξή της με την Υ.Α. 1857/12-9-1970 (ΦΕΚ 66/Β/23-9-70) και ως μνημείου, τόπου ιδιαίτερου φυσικού κάλλους και ιστορικού τόπου με την Υ.Α. 25309/242/30-10-1971 (ΦΕΚ 910/Β/12-11-71). Τέλος η έγκριση της οριοθέτησης αρχαιολογικού χώρου Μονεμβασίας έγινε με Υ.Α. ΦΕΚ 207/Α.Α.Π./2013.



**Χάρτης 2.2:** Χάρτης καθορισμού χρήσεων γης που συνοδεύει το εγκεκριμένο Σ.Χ.Ο.Α.Π. της Δημοτικής Ενότητας Μονεμβασίας, του Δήμου Μονεμβασίας. (ΦΕΚ 231/Α.Α.Π./19-6- 2013)

Το 1978 ο οικισμός χαρακτηρίστηκε ως παραδοσιακός με το Π.Δ. της 19-10-1978 (ΦΕΚ 594/Δ'/13-11-1978) «Περί χαρακτηρισμού ως Παραδοσιακών Οικισμών τινών του Κράτους και καθορισμού των όρων και περιορισμών δομήσεως των οικοπέδων αυτών». Παρακάτω ακολουθούν κάποιοι από τα πιο σημαντικά σημεία περιορισμών που καθορίζονται αυτό:

- Η ογκοπλαστική μορφή των κτηρίων πρέπει να προσεγγίζει τα παραδοσιακά πρότυπα ως προς τη σύνθεση, τη κλίμακα και τις αναλογίες των όγκων. Η τελική επεξεργασία



των κτηρίων διαμορφώνεται κατά τα παραδοσιακά πρότυπα από την άποψη των υλικών και του τρόπου κατασκευής.

- Τα στοιχεία των κτηρίων συμπεριλαμβανομένων των κουφωμάτων και των καμινάδων προσαρμόζονται ως προς τη μορφή, το υλικό, τον τρόπο κατασκευής και τους χρωματισμούς στα παραδοσιακά πρότυπα του άμεσου περιβάλλοντος του κτηρίου.
- Εντός των ορίων των οικισμών που υπάγονται στις διατάξεις του εν λόγω Π.Δ. επιτρέπεται η ανέγερση κτηρίων κατοικίας, κοινής ωφελείας και κοινωνικού εξοπλισμού. Απαγορεύεται δε η εγκατάσταση βιοτεχνιών και βιομηχανιών όπως και όλων των άλλων χρήσεων υψηλής όχλησης.
- Για την επισκευή και την αποκατάσταση παλαιών κτισμάτων, αντιπροσωπευτικών της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής κατά τη κρίση του Συμβουλίου Αρχιτεκτονικής, χορηγείται άδεια οικοδομής έστω και αν απαιτείται να εκτελεστούν εργασίες καθ' υπέρβαση του μέγιστου ποσοστού κάλυψης, του μέγιστου ύψους, τον αριθμό ορόφων και του συντελεστή δόμησης, όπως αυτά ορίζονται στο Π.Δ.
- Ειδικά όταν πρόκειται για ερειπωμένα κτίσματα επιτρέπεται η αναστύλωσή τους έστω και αν απαιτούνται εργασίες που αντίκειται στις διατάξεις του εν λόγω Π.Δ.
- Για όλες τις εργασίες απαιτείται έγκριση από το Συμβούλιο Αρχιτεκτονικής.

Επιπροσθέτως για οποιαδήποτε εργασία μικρής ή μεγάλης κλίμακας στον οικισμό της Μονεμβασίας απαραίτητη είναι η έγκριση της Εφορείας Αρχαιοτήτων καθώς ο οικισμός είναι κηρυγμένος αρχαιολογικός χώρος.

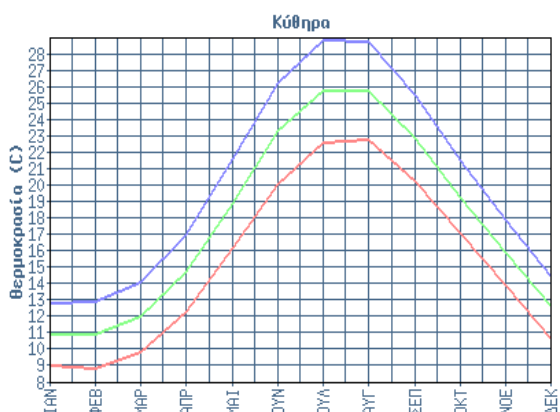
Λαμβάνοντας υπόψη τις διατάξεις του Π.Δ., τα βασικά σημεία των οποίων παρουσιάστηκαν παραπάνω, διαπιστώνεται ότι η βούληση του νομοθέτη είναι η προστασία, η διατήρηση και η ανάδειξη της παραδοσιακής αρχιτεκτονικής του οικισμού. Ο οικισμός συμπεριλαμβάνεται και στο Σχέδιο Χωρικής Οικιστικής Οργάνωσης Ανοικτών Πόλεων (Σ.Χ.Ο.Ο.Α.Π.) της Δημοτικής Ενότητας Μονεμβασίας, του Δήμου Μονεμβασίας. (ΦΕΚ 231/Α.Α.Π./19-6- 2013) όπου προτείνεται ο καθορισμός χρήσεων γης σχετικά με το τοπικό κέντρο, τις περιοχές αμιγούς κατοικίας και τις περιοχές προς ανάπλαση.

Τέλος ο βράχος της Μονεμβασίας εμπίπτει στο Ευρωπαϊκό οικολογικό δίκτυο Natura 2000, (ΦΕΚ 60/Α' /31-3-2011, «Διατήρηση της βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις»), (Ν. 3937/2011, 2011) στην κατηγορία των «Τόπων Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (Sites of Community Importance – SCI), όπως αυτή ορίζεται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ με κωδικό GR2540001.

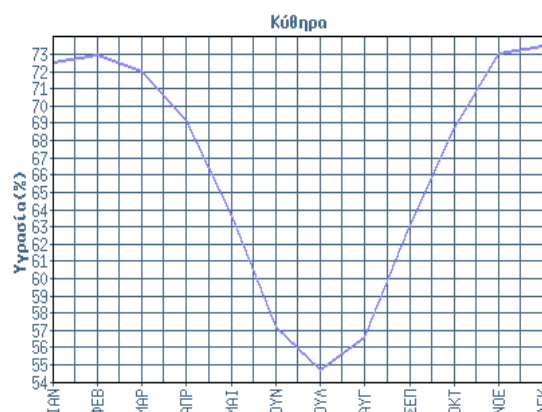
### 2.4.3 Κλιματολογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής

Το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό, ήτοι ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά μακρές περιόδοι ηλιοφάνειας κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2015)

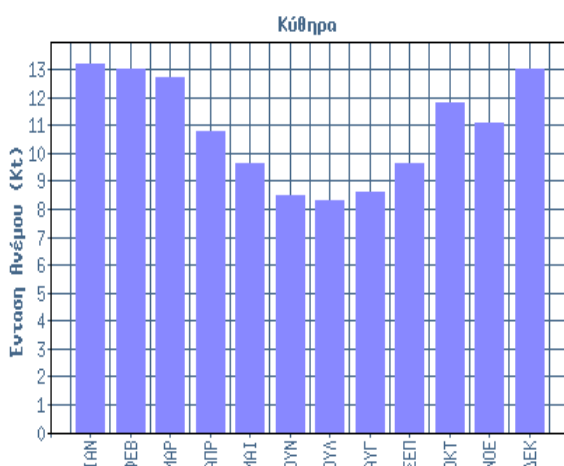
Στα παρακάτω διαγράμματα αποτυπώνονται κάποια βασικά κλιματικά στοιχεία όπως αυτά καταγράφηκαν στο μετεωρολογικό σταθμό των Κυθήρων για την χρονική περίοδο 1955-1977. Ο μετεωρολογικός σταθμός των Κυθήρων είναι ο κοντινότερος στον υπό μελέτη οικισμό και παρουσιάζει τις πιο πολλές ομοιότητες με τις συνθήκες που επικρατούν στην υπό μελέτη περιοχή από κάθε άλλο σταθμό στον ελλαδικό χώρο.



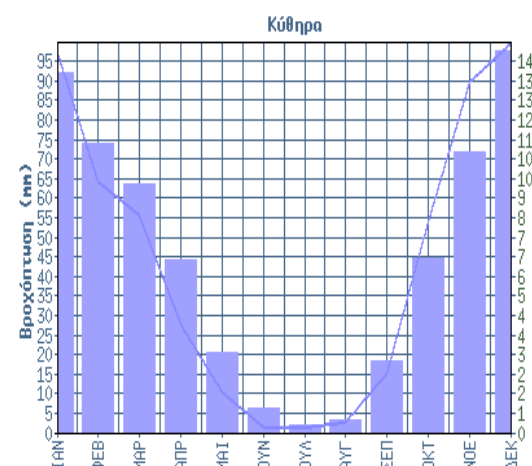
Διάγραμμα 2.1: Η μέγιστη, ελάχιστη και μέση θερμοκρασία.



Διάγραμμα 2.2: Η μέση μηνιαία υγρασία.



Διάγραμμα 2.3: Μέση μηνιαία ένταση ανέμων.

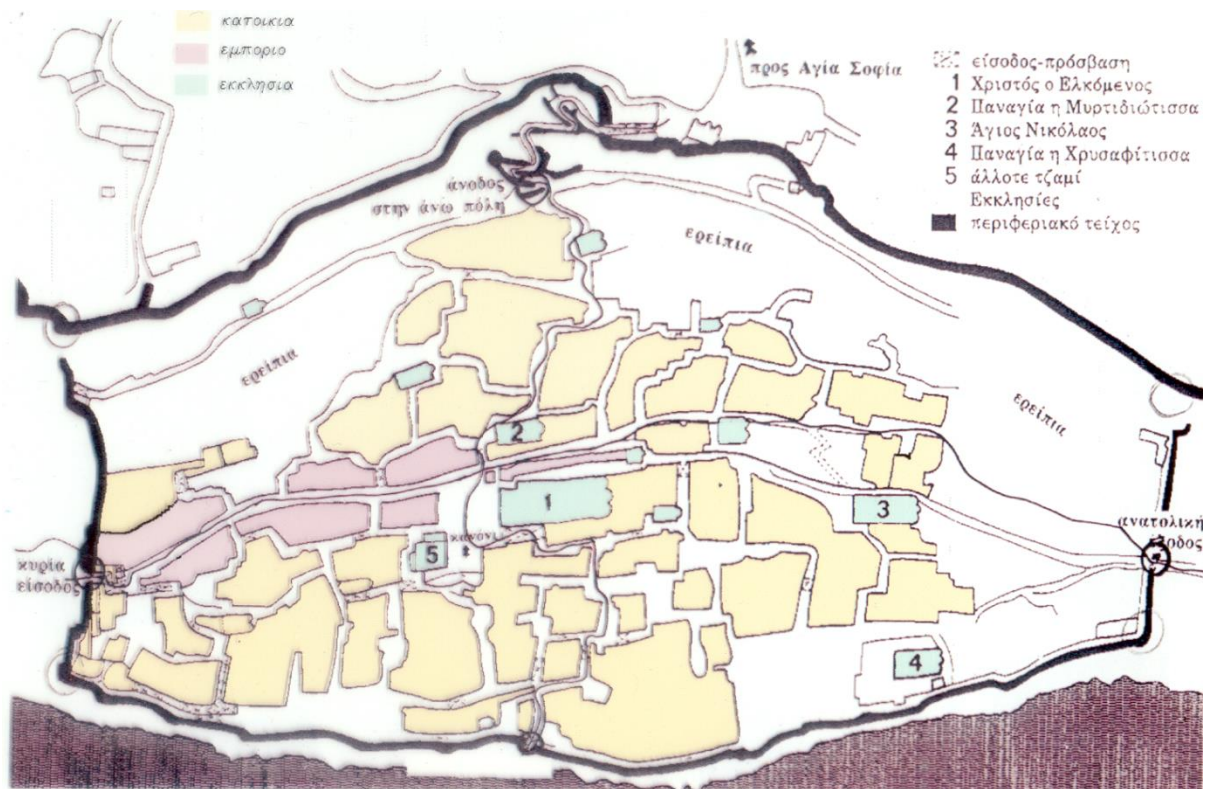


Διάγραμμα 2.4: Μέση μηνιαία βροχόπτωση

#### 2.4.4 Χρήσεις κτηρίων

Τα ιστορικά κτήρια και σύνολα, επιβάλλεται να κατοικούνται, γιατί η συνεχής χρήση και επαναχρήση τους τους δίνει ψυχή. (Καλλιγιά, 2004) Ο ασφαλέστερος τρόπος για τη συντήρηση και διατήρησή τους στο χρόνο είναι η επανάχρησή τους. Η καταλληλότερη συνήθως χρήση είναι μια παρόμοια χρήση με την αρχική, ενώ σε περίπτωση εντάξεως σε αυτά νέας χρήσης, αυτή δεν θα πρέπει να απαιτεί πολλές αλλαγές των χαρακτηριστικών τους, αλλά ούτε του περιβάλλοντός τους. (Bloszies, 2012) Το έτος του 1980 σύμφωνα με μελέτη των E. Μπουρνάζου και J. Sporri υπήρχαν στο κάστρο 150 ιδιοκτησίες, οι οποίες κατανέμονταν σε 80 δεύτερες κατοικίες ξένων, 10 κατοικίες ντόπιων και 60 ακατοίκητα ή ερειπωμένα κτίσματα. Από τις 40 εκκλησίες που λέγεται ότι υπήρχαν μόνο πέντε βρίσκονταν σε σχετικά καλή κατάσταση. Στην αγορά που αναπτύσσεται στο κεντρικό καλντερίμι και παραμένει μέχρι σήμερα ο κυριότερος δρόμος του οικισμού, βρίσκονταν έξι μικρά τουριστικά καταστήματα, δύο εστιατόρια, ένα καφενείο και μία μικρή γκαλερί, ενώ τα υπόλοιπα κτίσματα του δρόμου είχαν μετατραπεί σε κατοικίες ή έμεναν αχρησιμοποίητα. Για την διανυκτέρευση των ξένων υπήρχε ένας ξενώνας και άλλοι δύο ήταν υπό κατασκευή και 10 ενοικιαζόμενα δωμάτια. (Sporri and Μπουρνάζου, 1980) Σήμερα στη Μονεμβασία έχει αναπαλαιωθεί το μεγαλύτερο μέρος των ερειπωμένων κτηρίων τα οποία στην πλειονότητα τους έχουν τη χρήση κατοικίας. Η Αγορά δεν έχει πλέον εγκαταλελειμμένα κτήρια αλλά αποτελείται από πολλά τουριστικά μαγαζιά, εστιατόρια και καφενεία. Τέλος πλήθος τουριστικών καταλυμάτων (ενοικιαζόμενα δωμάτια και διαμερίσματα) λειτουργούν σε όλη την έκταση της Κάτω Πόλης.

Στην εικόνα 2.12 αποτυπώνονται οι βασικού άξονες του οικισμού και οι κύριες χρήσεις των κτηρίων οι οποίες είναι κατοικίες στην πλειονότητα των κτηρίων και καταστήματα εμπορίου στον κύριο άξονα του οικισμού. Στον οικισμό απαντώνται και πολλές εκκλησίες όπως η εκκλησία του Ελκόμενου Χριστού, της Παναγίας της Χρυσάφτισσας, της Παναγίας της Μυρτιδιώτισσας κ.α.. Με τη μαύρη γραμμή αποτυπώνονται τα περιμετρικά τείχη του οικισμού ενώ διακρίνεται και η οδός (βόλτες) που οδηγεί στην Πάνω Πόλη



**Εικόνα 2.12:** Βασικοί άξονες και χρήσεις του οικισμού της Μονεμβασίας – Κάτω Πόλη. (5η ΕΒΑ, 2001)

#### 2.4.5 Οικοδομικά στοιχεία

Η αρχιτεκτονική της Μονεμβασίας είναι μία ανάμειξη παλαιών ισχυρών παραδοσιακών στοιχείων, σε συνδυασμό με νεότερα που εισάγονταν από Ενετούς και Τούρκους κατακτητές και οδήγησε στη δημιουργία ενός ιδιαίτερου ύφους. (Καλλιγιάς and Καλλιγιά, 1996) Σε γενικές γραμμές τα κτήρια στη Κάτω Πόλη απαντώνται σε αρκετά μεγάλη πυκνότητα. Παρακάτω αναφέρονται κάποια από τα χαρακτηριστικά στοιχεία οικοδομικής του οικισμού που συνδράμουν στο ενεργειακό αποτύπωμα των ιστορικών αυτών κτισμάτων.

*Τοιχοποιίες:* Οι τοιχοποιίες είναι κατασκευασμένες από γκρίζα ασβεστολιθικά πετρώματα της περιοχής και ψαμμιτικού πωρόλιθου που βρίσκεται σε αφθονία σε παραλίες της ευρύτερης περιοχής. Ο συνδυασμός αυτός με την ταυτόχρονη χρήση συνδετικών κονιαμάτων καλής ποιότητας δημιούργησαν λίθινες κατασκευές μεγάλης αντοχής. Οι κατασκευές, αν εξαιρέσουμε τη ξύλινη στέγη και το ενδιάμεσο ξύλινο πάτωμα, αποτελούνταν από μία ενιαία τοιχοποιία από αργολιθοδομή σε συνδυασμό με θόλους και τόξα. Η χρήση πωρόλιθου περιορίζεται σε ειδικά τμήματα της κατασκευής, στις γωνίες, τα γκωνάρια, στα πόρινα περιθώρια των ανοιγμάτων, στους θόλους και τα τόξα και σε κάποιες ειδικές κατασκευές

όπως τα τζάκια. Το πιο διαδεδομένο πάχος τοίχου είναι 50 εκ., αλλά συχνά στις χαμηλότερες στάθμες μπορεί να ξεπερνούσε τα 60 εκ. Τα συνεκτικά κονιάματα αποτελούνται από ασβέστη και άμμο και σε πολλά έχει χρησιμοποιηθεί τριμμένο κεραμίδι ή και θηραϊκή γη κάνοντας τα πολύ ισχυρά. Τα κτήρια είναι γενικά επιχρισμένα. Ανεπίχριστα έμεναν συνήθως τα βοηθητικά κτίσματα και κάποιες φορές οι χαμηλότερες στάθμες των σπιτιών. Οι ξυλοδεσιές είναι σπάνιες.

*Θολοδομία:* Οι θόλοι είναι το στοιχείο που δίνει τον ιδιαίτερο χαρακτήρα στην αρχιτεκτονική της Μονεμβασίας. Οι θόλοι συνδέουν τα κτίσματα με τέτοιο τρόπο, ώστε να γίνονται ένα σώμα πολύ μεγάλης αντοχής. Έχουν συνήθως κυμαινόμενο άνοιγμα από 3,00 μ. έως 3,50 μ., και σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να φτάνει και τα 4,00 μ.

*Στέρνες:* Πλήθος δεξαμενών και στερνών απαντώνται στον οικισμό της Μονεμβασίας. Οι δεξαμενές και οι στέρνες είναι θολωτές και περιλαμβάνονται μέσα στην επιφάνεια που καλύπτει το κτήριο που εξυπηρετούν, ενώ δεν υπάρχουν υπαίθριες στέρνες. Λόγω του μεγάλου όγκου νερού είναι κατασκευασμένες πάνω στο βράχο και οι περιμετρικοί τοίχοι είναι ενισχυμένοι με πρόσθετους τοίχους με επικάλυψη από κουρασάνι με το οποίο έχει επικαλυφτεί και ο βράχος. Η άντληση του νερού γίνεται από άνοιγμα που έχει αφεθεί πάνω στο θόλο.

*Στέγες:* Οι στέγες των κτηρίων του οικισμού είναι απλής κατασκευής συνήθως δίρριχτες, ενώ υπάρχουν τρίρριχτες, τετράρριχτες ή και κάποιες πιο πολύπλοκες. Μονόρριχτες στέγες απαντώνται μόνο σε βοηθητικά κτίσματα μικρών διαστάσεων. Οι ξύλινες στέγες καλύπτονται από καλάμι ή σανίδι χωρίς προσθήκη άλλης μόνωσης. Πάνω από το καλάμι τοποθετούνται τα κεραμίδια, τα οποία λόγω ισχυρών ανέμων είναι τοποθετημένα πάντα κολυμπητά στο κονίαμα και με μεγάλη προσοχή. Η συλλογή των ομβρίων υδάτων επιτυγχάνεται με ανοικτά λούκια πλάτους ίσου ή μικρότερου με το πλάτος ενός κεραμιδιού. Με μικρή ή λίγο πιο μεγάλη κλίση που έχει διαμορφωθεί στη φάση του χτισίματος τα λούκια οδηγούν το νερό που μαζεύεται από τα κεραμίδια της στέγης στα κατακόρυφα κιούγκια και μέσω αυτών καταλήγει στη στέρνα.

*Ανοίγματα:* Όλα σχεδόν τα ανοίγματα των κτηρίων του οικισμού έχουν εξωτερικό πώρινο περιθώριο το οποίο προστατεύει τη ξύλινη κάσα, εμποδίζοντας όμως το κούφωμα να ανοίγει προς τα έξω. Τα σκούρα βρίσκονται προς το εξωτερικό του χώρου και τα τζαμιλίκια προς τα έξω. Σε παλαιότερα ανοίγματα έχουν χρησιμοποιηθεί και ημικυκλικά υπέρθυρα εξωτερικά.

*Κουφώματα:* Τα κουφώματα είναι πάντα ξύλινα και μόνο ορθογωνικά, οποιοδήποτε σχήμα και αν έχει το άνοιγμα εξωτερικά. Στις παλαιότερες κάσες το πρέκι και το κατωκάσι προεξείχαν δεξιά και αριστερά μέσα στη τοιχοποιία, ήταν δηλαδή χτισμένα μαζί με τους τοίχους. Τα τζαμιλίκια ήταν πάντα τοποθετημένα απ' έξω και τα σκούρα από μέσα, μερικές φορές με πρόσθετη κάσα. Ήταν πλήρη με κατακόρυφες σανίδες και οριζόντιες τραβέρσες. Αργότερα εμφανίζονται κάποια ταμπλαδωτά ή ψευδοταμπλαδωτά.

*Ξύλινα πατώματα:* Οι ξυλοκατασκευές που σώζονται είναι και αυτές απλές. Τα πατώματα είναι απλής κατασκευής με δοκάρια πελεκητά ανά 40 έως 50 εκ. που γεφυρώνονται με φαρδιές σανίδες περίπου 30 εκ. και πάχους 3 εκ. Οι τρύπες για τα δοκάρια διαμορφώνονταν στους τοίχους με πουριά και τα δοκάρια έμπαιναν στη θέση τους κατά το χτίσιμο και όχι μετά. Σε σπάνιες περιπτώσεις τα ξύλινα πατώματα είχαν ταβάνια από κάτω από σανίδες πάχους 17 χιλιοστών και πλάτους 20,25 ή 30 εκ. που καρφώνονταν κατευθείαν στα δοκάρια. Ταβάνια απαντώνται συχνότερα κάτω από τις στέγες, όπου ο ρόλος τους είναι διπλός, η καλύτερη μόνωση αλλά και η προστασία του χώρου από τα τρίμματα του κονιάματος των κεραμιδιών.

*Διαχωριστικοί τοίχοι:* Οι διαχωριστικοί τοίχοι είναι συνήθως από μπαγδάτι ή αλλιώς τσατμά, ή και από ξύλο και σε σπάνιες περιπτώσεις από λιθοδομή. Οι ξύλινοι τοίχοι ήταν μόνο από σανίδες πάχους έως 17 χιλιοστών, που καρφώνονταν οριζόντιες πάνω σε ξύλινους ορθοστάτες. Τα ξύλα είναι όλα καλοπλανισμένα και όσα σώζονται σήμερα, είναι ελαιοχρωματισμένα.

*Δάπεδα:* Στον οικισμό απαντώνται δάπεδα κάθε είδους: κουρασάνι, σχιστόπλακες, μάρμαρο, πωρόλιθοι διαφόρων σχημάτων, ορθογωνικοί, τετράγωνοι, εξαγωνικοί, τούβλα και πολλών ειδών πλακάκια.

*Τζάκια:* Το τζάκι κατασκευαζόταν συνήθως αξονικά στη μέση της στενής πλευράς του σπιτιού, συχνά ανάμεσα σε δύο παράθυρα. Πιο σπάνια βρίσκεται σε μία από τις μακριές πλευρές και παραδοσιακά ποτέ σε γωνία. Τα παλαιότερα τζάκια είναι χαμηλά 10-15 εκ. από το δάπεδο, ενώ τα μεταγενέστερα έχουν τη πυροστιά ψηλά στο επίπεδο εργασίας. Το βάθος είναι τουλάχιστον 60 εκ. καθαρό, τις περισσότερες φορές μεγαλύτερο γιατί προεξέχει και η πυροστιά μέσα στο χώρο κατά 20-30 εκ. (Καλλιγιάς and Καλλιγιά, 2006)

#### 2.4.6 Βιοκλιματικά στοιχεία οικισμού

Ο οικισμός της Μονεμβασίας από τα πρώτα χρόνια της ζωής του μέχρι και σήμερα χαρακτηρίζεται από την άριστη προσαρμογή του στο φυσικό περιβάλλον, στοιχεία του οποίου αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα της παραδοσιακής βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής. Η στενότητα του χώρου που δημιουργούν το ανατολικό και δυτικό τοίχος και η μορφολογία του εδάφους με απότομη κλίση και μεγάλες υψομετρικές διαφορές οδήγησαν στην δημιουργία ενός οικισμού απόλυτα εκμεταλλευόμενου των αρνητικών αυτών περιορισμών με την καθ' ύψος ανάπτυξη των κτηρίων σε πολλές στάθμες.



**Εικόνα 2.13:** Σχηματική τομή τυπικής μονεμβασιώτικης οικίας. (5η ΕΒΑ, 2001)

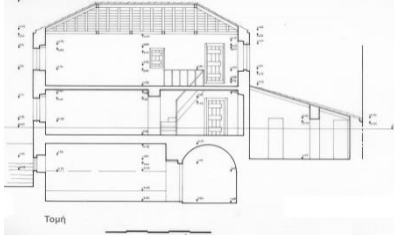

Ο οικισμός ακολουθεί την κλίση του εδάφους με θέσεις πλάγιες και ο προσανατολισμός του είναι προς το νότο, προστατεύοντας τον έτσι από τον ήλιο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και επιτρέποντας την διείσδυση του κατά την χειμερινή περίοδο για την θέρμανση των εσωτερικών χώρων του κτηρίου. Ένα από τα κύρια μελήματα κατά την κατασκευή των κτηρίων ήταν η ηλιοπροστασία τους, καθώς ο οικισμός άνηκε στην πρώτη παράκτια ζώνη.

Έτσι το κέλυφος χαρακτηρίζεται από μεγάλη θερμική αδράνεια και η χρήση αργών λίθων που βρίσκεται σε αφθονία στην περιοχή αποτελούσε την καταλληλότερη επιλογή. Άλλο ένα στοιχείο της προσπάθειας αυτής και ταυτόχρονα χαρακτηριστικής τεχνικής των παραδοσιακών κατοικιών για τα μέγιστα ενεργειακά οφέλη είναι η μικρές εκτάσεις υαλοστασίων με τη κατασκευή μικρών ανοιγμάτων στο εξωτερικό κέλυφος των κτηρίων. Επίσης χαρακτηριστικό του οικισμού λόγω των στενών δρομίσκων και της πυκνότητας των κτισμάτων είναι τα οφέλη της εξωτερικής σκίασης καθώς το ένα κτήριο σκιάζει το άλλο.

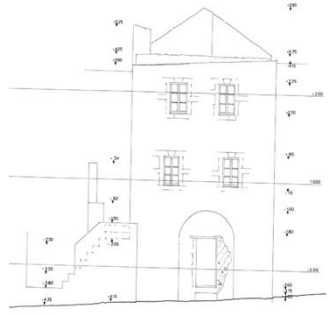


Όλα τα υλικά κατασκευής των κτηρίων του οικισμού, τα οποία ήταν αργοί λίθοι, πωρόλιθοι, πλίνθοι, κονιάματα από ασβέστη, κεραμίδια και ξύλο, προέρχονται από την ευρύτερη περιοχή του οικισμού με εξαίρεση τη θηραϊκή γη που μεταφέρονταν από την Σαντορίνη, επιτρέποντας στις κατασκευές να εναρμονιστούν πλήρως με το φυσικό τους περιβάλλον. Όλα αυτά τα υλικά θεωρούνται οικολογικά υλικά και το γεγονός ότι δεν τίθεται θέμα μεταφοράς τους από μακρινές περιοχές τα καθιστά περιβαλλοντικά ακίνδυνα.

Τέλος η έλλειψη φυσικών αποθεμάτων νερού (ποτάμια, λίμνες κτλ) στην ευρύτερη περιοχή οδήγησε στο σχεδιασμό ενός οργανωμένου συστήματος υδρεύσεως με άμεση εκμετάλλευση των όμβριων υδάτων, αποθηκευοντάς τα σε ιδιωτικές ή δημόσιες στέρνες.

**Πίνακας 2.12:** Χαρακτηριστικά κτηρίων οικισμού που ενισχύουν την ενεργειακή συμπεριφορά.

Χαρακτηριστικά	Ενεργειακά χαρακτηριστικά	
Μεγάλα ύψη χώρων / αυξημένοι όγκοι.	Αποτελεσματική συμπεριφορά στην ψύξη / Αυξημένες ανάγκες για θέρμανση.	
Αυξημένη θερμική μάζα και πάχος της τοιχοποιίας / συμπαγείς τοιχοποιίες χωρίς θερμομόνωση.	Έλεγχος των εσωτερικών θερμοκρασιών, ήπιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, ποιότητα κατασκευής κελύφους.	



<p>Ελεγχόμενα και περιορισμένα ανοίγματα (επιφάνεια παραθύρων ανά όψη συχνά μικρότερη του 20%)</p>	<p>Έλεγχος των ηλιακών κερδών και του φυσικού φωτισμού. Περιορισμός δυνατοτήτων παθητικής θέρμανσης.</p>	
<p>Εξωτερικοί πρόβολοι, αίθρια, βεράντες, φύτευση, εσωτερικές αυλές, φεγγίτες στη στέγη, ηλιακές καμινάδες ή καμινάδες αερισμού.</p>	<p>Ευνοϊκό μικροκλίμα και δροσισμός από τον περιβάλλοντα χώρο, προστατευμένο κέλυφος.</p>	
<p>Φυσικός αερισμός και φωτισμός.</p>	<p>Ικανοποίηση χρηστών, αίσθημα ευεξίας.</p>	

Μελετώντας τον οικισμό της Μονεμβασίας γίνεται αμέσως αντιληπτή η αξιοποίηση και η ενσωμάτωση των στοιχείων του φυσικού περιβάλλοντος όπως η μορφολογία του εδάφους, οι κλιματικές συνθήκες, ο προσανατολισμός κτλ, στην κατασκευή του και στην αρχιτεκτονικής των κτηρίων του. Με τη χρήση των παραδοσιακών τεχνικών φαίνεται να έγινε προσπάθεια να εξασφαλιστούν τόσο οι μέγιστες συνθήκες άνεσης στο εσωτερικό των κτηρίων όσο και στη διαμόρφωση του μικροκλίματος του οικισμού. Η αξιοποίηση των στοιχείων του φυσικού περιβάλλοντος για την κάλυψη των αναγκών των χρηστών τους σε θέρμανση, κλιματισμό, αερισμό και φωτισμό αποκαλύπτει τη βαθιά γνώση των περιορισμών και των δυνατοτήτων του φυσικού περιβάλλοντος. Όλα τα παραπάνω είχαν σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ενός οικισμού απόλυτα ενσωματωμένου στο τοπικό και φυσικό του περιβάλλον επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα την ορθή λειτουργικότητα του και την αρτιότητα της αισθητικής του. Στις μέρες μας η αρχιτεκτονική του οικισμού της Μονεμβασίας αποτελεί πολύτιμη πηγή γνώσεων πέραν όλων των άλλων και για την παραδοσιακή βιοκλιματική αρχιτεκτονική του.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## Μεθοδολογία

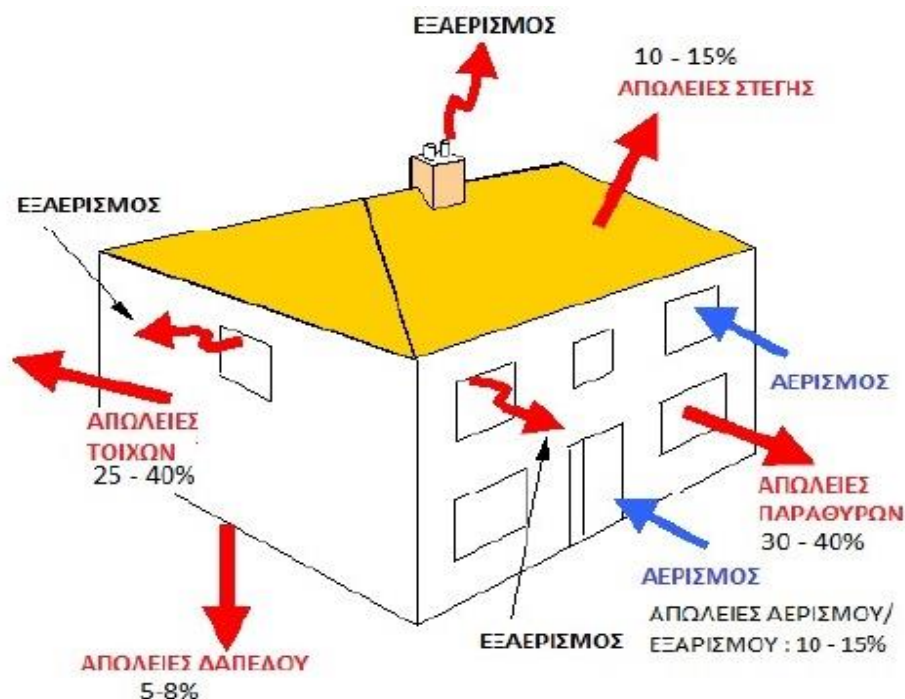
### 3.1 Μεθοδολογία υπολογισμού ενεργειακής απόδοσης κτηρίων

Για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- Τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής του κτηρίου (διακύμανση της μέσης μηνιαίας τιμής της θερμοκρασίας αέρα, της σχετικής υγρασίας, της ταχύτητας του ανέμου, της ολικής ακτινοβολίας και της ηλιακής τροχιάς)
- Οι επιθυμητές συνθήκες του εσωτερικού περιβάλλοντος του κτηρίου κατά την περίοδο της λειτουργίας του και της χρήσης του (θερμοκρασία, υγρασία, νωπός αέρας κ.α.)
- Τα θερμικά χαρακτηριστικά των δομικών στοιχείων του κτηριακού κελύφους (θερμοπερατότητα, απορροφητικότητα, ανακλαστικότητα κ.τ.λ.) στα οποία περιλαμβάνεται και ο προσανατολισμός του εκάστοτε στοιχείου και ο συντελεστής σκίασης του από οριζόντιους και κατακόρυφους προβόλους και τον ορίζοντα.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων θέρμανσης (ο βαθμός απόδοσής τους και η μόνωση του δικτύου διανομής τους)
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων ψύξης/κλιματισμού του κτηρίου (ο βαθμός απόδοσής τους και η μόνωση του δικτύου διανομής τους)
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων αυτόματου αερισμού.
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της κεντρικής εγκατάστασης παραγωγής και διανομής ζεστού νερού χρήσης (ο βαθμός απόδοσης των εν λόγω συστημάτων και η μόνωση του δικτύου διανομής τους)
- Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων τεχνητού φωτισμού.

- Τα παθητικά ηλιακά συστήματα.
- Τα συστήματα που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ηλιακή, αιολική κτλ)
- Τα συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας.
- Τα συστήματα τηλεθέρμανσης.
- Τα συστήματα διαχείρισης ενέργειας BEMS.

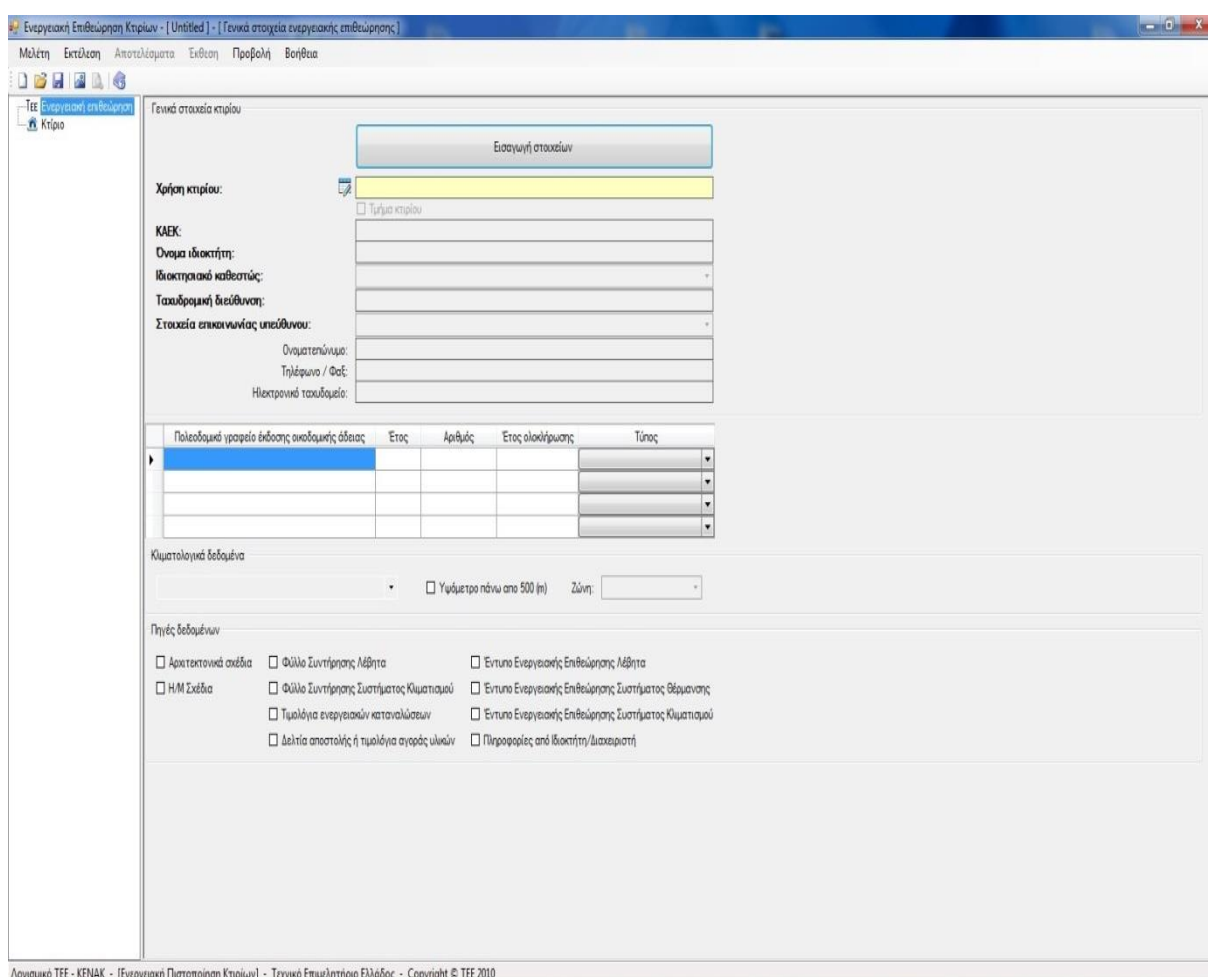
Αρχικά γίνεται η αποτύπωση της γεωμετρίας των κτηρίων και των θερμικών ζωνών, ο προσδιορισμός των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των δομικών στοιχείων και η καταγραφή των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων. Ύστερα από την επεξεργασία των απαραίτητων στοιχείων του κελύφους και των εγκαταστάσεων του κτηρίου εισάγονται τα δεδομένα στο λογισμικό TEE KENAK για τον υπολογισμό έτσι ώστε να προσδιοριστεί η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ( $\text{kWh/m}^2/\text{έτος}$ ) του εξεταζόμενου κτηρίου. Η κατανάλωση συγκρίνεται με την αντίστοιχη κατανάλωση του κτηρίου αναφοράς και έτσι γίνεται η κατάταξη του κτηρίου. Ακολουθούν οι προτάσεις για βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτηρίου. Τα προτεινόμενα μέτρα θα εξεταστούν ως προς τη μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας που προκαλούν και ως προς τη μείωση των εκπομπών  $\text{CO}_2$ . Επίσης θα γίνει οικονομοτεχνική ανάλυση των προτεινόμενων μέτρων.



**Εικόνα 3.1:** Τυπικές θερμικές απώλειες κτηρίων από το κτηριακό κέλυφος (τοιχοί, παράθυρα, στέγη, δάπεδο) και τον αερισμό εξαερισμό. (Ευθυμιάδης, Γαλάνης and Καλλιακούδη, 2014)

## 3.2 Παρουσίαση λογισμικού TEE KENAK

Το λογισμικό TEE KENAK είναι το Ελληνικό λογισμικό για ενεργειακούς ελέγχους και την ενεργειακή κατάταξη των κτηρίων. Είναι το κοινό σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων στην Ελλάδα. Στην αγορά διατίθενται πλήθος άλλων εμπορικών εφαρμογών λογισμικού ύστερα από την αξιολόγησή τους από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, όπως είναι το Civil Energy Building, 4M-KENAK κ.α.



**Εικόνα 3.2:** Περιβάλλον προγράμματος TEE KENAK για ενεργειακή επιθεώρηση.

Πιο αναλυτικά, το TEE KENAK είναι ένα ειδικό λογισμικό που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της συνεργασίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας και της Ομάδας Εξοικονόμησης Ενέργειας, του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) για τον υπολογισμό της ενεργειακής κατάταξης των κτηρίων ύστερα από την εισαγωγή των απαραίτητων στοιχείων. Το εν λόγω λογισμικό

χρησιμοποιεί τους απαραίτητους αλγόριθμους βασιζόμενο στη μεθοδολογία Ευρωπαϊκών προτύπων (ΕΛΟΤ EN ISO 13790 κ.α.) καθώς και στα σχετικά εθνικά πρότυπα και στις αντίστοιχες Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. που είναι οι εξής:

- TOTEE 20701-1/2010: Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης. (TOTEE 20701-1, 2012)
- TOTEE 20701-2/2010: Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων. (TOTEE 20701-2, 2012)
- TOTEE 20701-3/2010: Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών. (TOTEE 20701-3, 2012)
- TOTEE 20701-4/2010: Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεώρησης κτηρίων λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού. (TOTEE 20701-4, 2012)

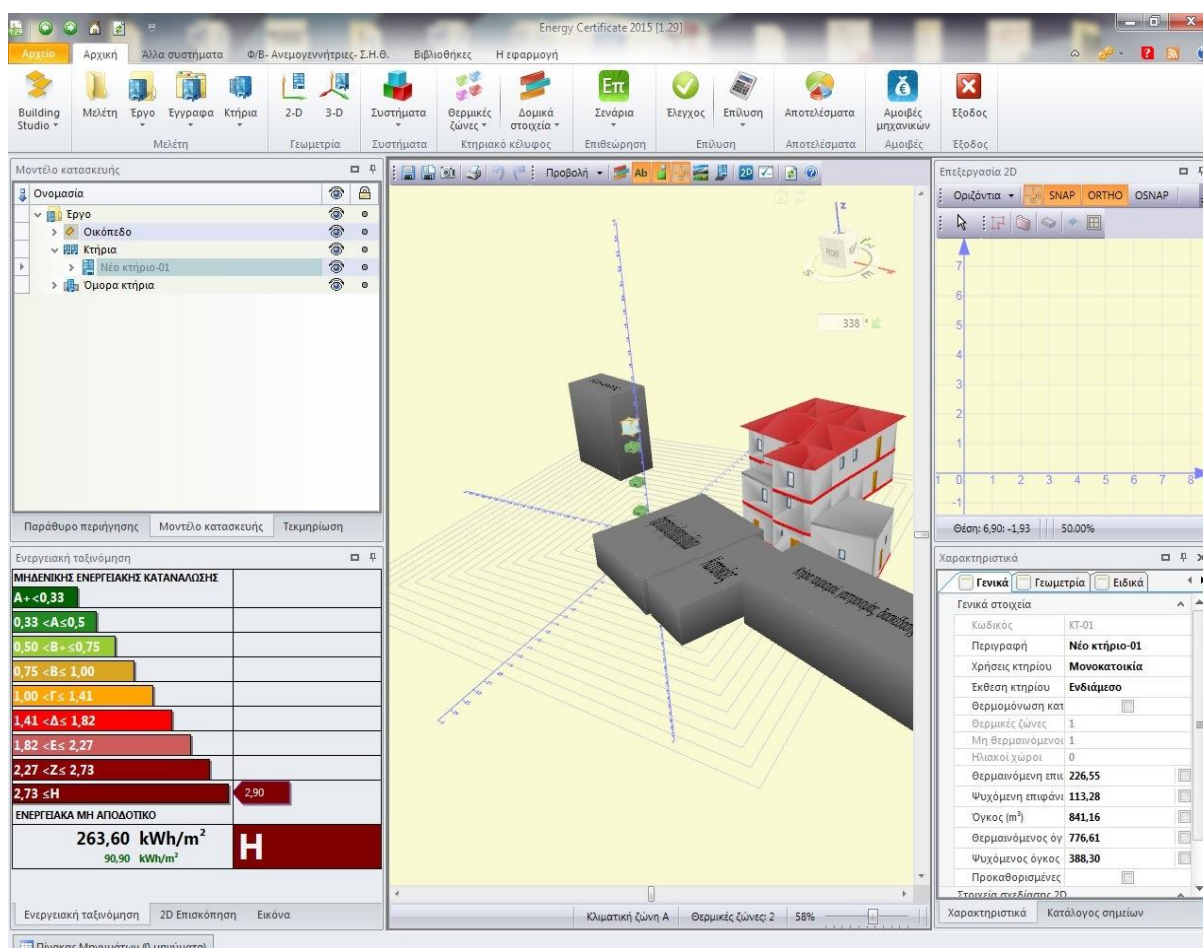
Το ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ δημιουργήθηκε με σκοπό να χαράξει μια κοινή μεθοδολογία για τη μέγιστη αντικειμενικότητα σχετικά με τον υπολογισμό της ενεργειακής κατάταξης των κτηρίων. Σε αυτό το ειδικό λογισμικό εισάγονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κελύφους του κτηρίου, η χωροθέτησή του στο περιβάλλον και τα απαραίτητα Η/Μ στοιχεία για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και της κατάταξης του κτηρίου. (ΤΕΕ, 2016)

Το λογισμικό ΤΕΕ-ΚΕΝΑΚ αποτελείται από πέντε ανεξάρτητα μεταξύ τους λογισμικά, τα οποία είναι τα ακόλουθα:

1. Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτηρίων
2. Ενεργειακή Μελέτη
3. Ενεργειακή Επιθεώρηση Λέβητα
4. Ενεργειακή Επιθεώρηση Εγκατάστασης Θέρμανσης
5. Ενεργειακή Επιθεώρηση Εγκατάστασης Κλιματισμού

Στη παρούσα εργασία για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης του υπό μελέτη κτηρίου και τον προτεινόμενων σεναρίων θα χρησιμοποιηθεί το ΤΕΕ ΚΕΝΑΚ – Ενεργειακή επιθεώρηση κτηρίων. Η τρισδιάστατη απεικόνιση του υπό μελέτη κτηρίου και των ορόρων του, η ενεργειακή απεικόνιση (καθορισμός θερμικών ζωνών και μη θερμαινόμενου χώρου) του υπό μελέτη κτηρίου, τα σχέδια των σκιάσεων του κτηρίου και των επί μέρους επιπέδων αυτού, όπως επίσης και τα διαγράμματα των ισοζυγίων ενέργειας για του υπολογισμό φορτίων θέρμανσης – ψύξης και τα διαγράμματα των μηνιαίων τιμών φορτίων θέρμανσης –

ψύξης, παρήχθησαν στο λογισμικό Energy Certificate της CivilTech, για την καλύτερη παρουσίασή τους.



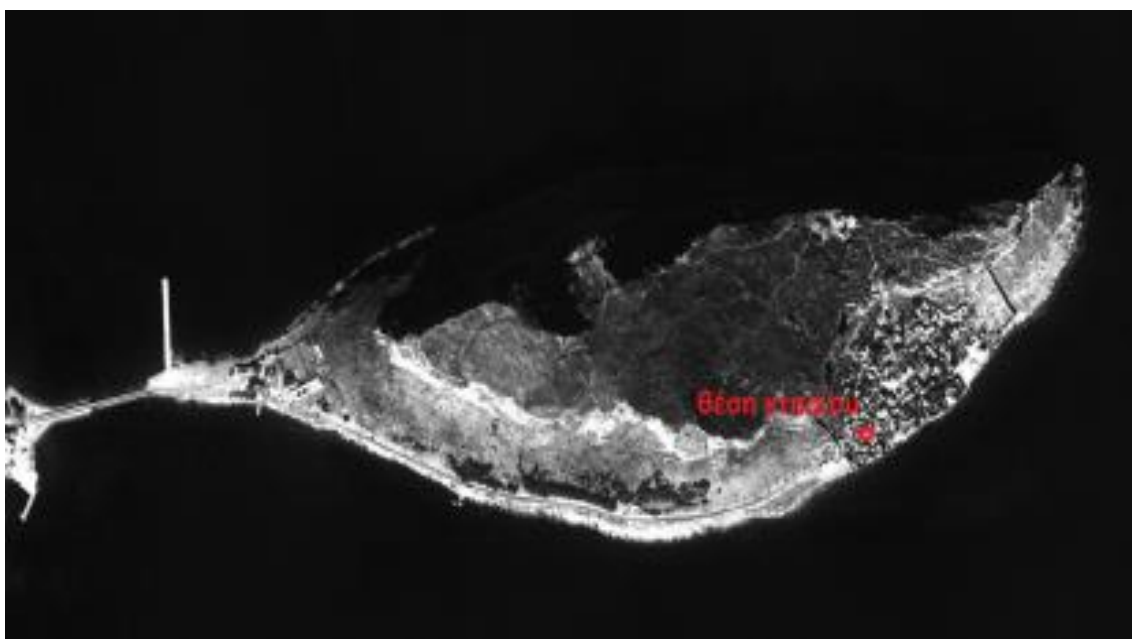
Εικόνα 3.3: Περιβάλλον προγράμματος Energy Certificate CAD.

Η εφαρμογή Energy Certificate CAD αποτελεί μέρος της εφαρμογής Energy Building CAD της εταιρείας Civil Tech. Το εν λόγω λογισμικό, αποτελεί ένα υπολογιστικό εργαλείο για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης κτηρίων το οποίο έχει αξιολογηθεί και εγκριθεί από την αρμόδια επιτροπή του ΥΠΕΚΑ, την Ειδική Υπηρεσία Επιθεωρητών Ενέργειας (Ε.Υ.ΕΠ.ΕΝ)

Το λογισμικό αυτό χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία επειδή επιτρέπει τη χρήση της τεχνολογίας σχεδιασμού κτηρίου σε περιβάλλον CAD, δύο διαστάσεων (2D) και τριών διαστάσεων (3D). (civiltech, 2016) Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατή η παρουσίαση του υπό μελέτη κτηρίου, των συνοριακών συνθηκών του, οι σκιασμοί του και κάποια από τα αποτελέσματα με μεγαλύτερη ευκρίνεια.

### 3.3 Πρότυπο Κτήριο Μελέτης

Για την εύρεση των ενεργειακά αποδοτικότερων λύσεων επιλέχθηκε ένα πρότυπο κτήριο του οικισμού του Κάστρου Μονεμβασίας, από τα πιο αντιπροσωπευτικά όσον αφορά την αρχιτεκτονική και τον τρόπο κατασκευής του για την εφαρμογή ενεργειακά αποδοτικών λύσεων. Τα στοιχεία του εν λόγω κτηρίου θα εισαχθούν στο επιλεγμένο πρόγραμμα ΤΕΕ Κ.Εν.Α.Κ. για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης και της κατάταξής του σε ενεργειακή κατηγορία.



**Εικόνα 3.4:** Απεικόνιση θέσης του κτηρίου σε ορθοφωτοχάρτη του Υπουργείου Γεωργίας.

Το κτήριο έχει χρήση κατοικίας, όπως η πλειονότητα των κτηρίων του οικισμού, ο προσανατολισμός του είναι στο νότο, ενώ τα υλικά και ο τρόπος κατασκευής του όπως επίσης και τα αρχιτεκτονικά του στοιχεία συμπίπτουν με τα παραδοσιακά πρότυπα κατασκευής όλων των κτηρίων του ιστορικού οικισμού.

Πιο αναλυτικά, το επιλεγμένο κτήριο αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα σπίτια στο Κάστρο Μονεμβασίας, του Δήμου Μονεμβασίας. Εκτείνεται σε τρεις στάθμες, με κήπο στα δυτικά και μία ερειπωμένη έκταση στα ανατολικά. Η οικία βρίσκεται εντός του παραδοσιακού οικισμού του Κάστρου Μονεμβασίας, κοντά στη πύλη του δυτικού τείχους και βορείως του ναού των Αγίων Δημητρίου και Αντωνίου. Στα ανατολικά και βορειοανατολικά η ιδιοκτησία συνορεύει με κτήριο όμορης ιδιοκτησίας, ενώ στα βορειοανατολικά, δυτικά και νότια η οικία περιβάλλεται από δημοτικούς δρόμους.



**Εικόνα 3.5:** Το κτήριο από τα δυτικά. (Γεώργας, 2007)

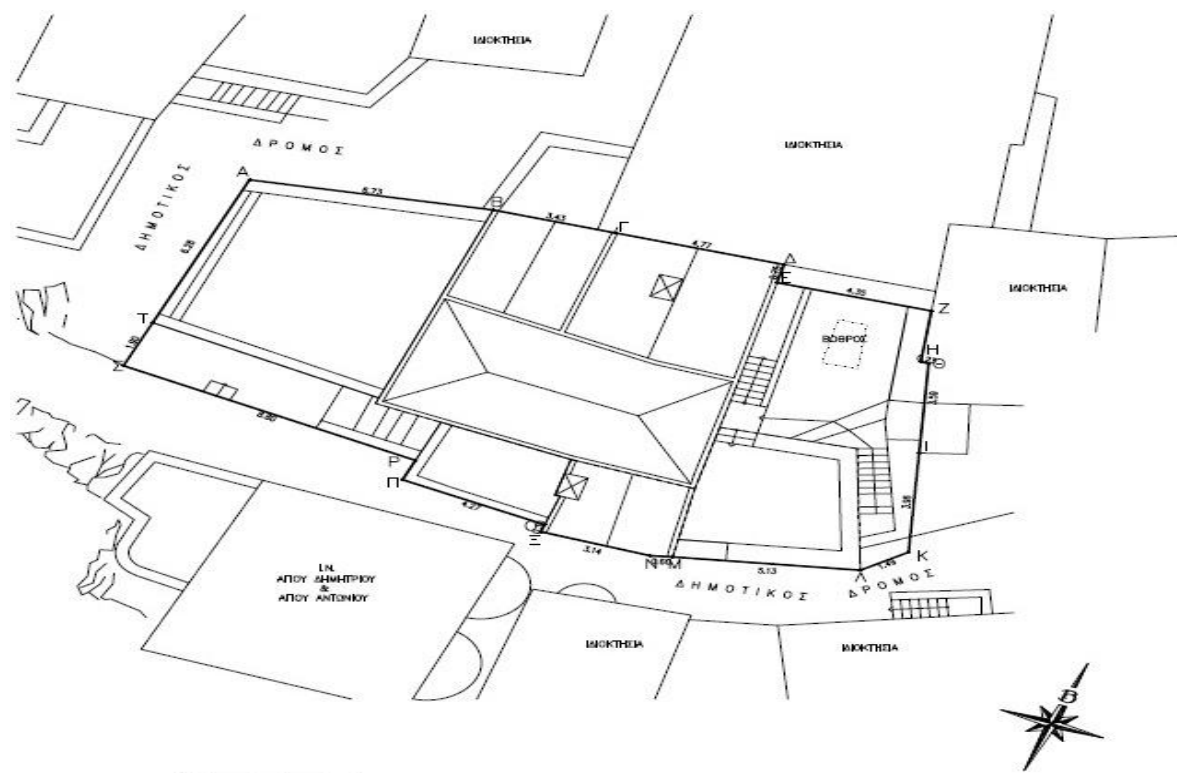


**Εικόνα 3.6:** Η νοτιοδυτική είσοδος του κτηρίου. (Γεώργας, 2007)



Το κτήριο είναι κατασκευασμένο με φέρουσα τοιχοποιία από αργολιθοδομή. Οι επιφάνειες των λιθοδομών είναι επιχρισμένες εσωτερικά και εξωτερικά. Τα κουφώματα είναι ξύλινα με τζαμιλίκια απ' έξω και τα σκούρα εσωτερικά. Η στέγαση του σπιτιού γίνεται με ξύλινες στέγες, μία τετράριχτη και τρεις δίριχτες, και η κάλυψή τους γίνεται με κεραμίδια βυζαντινού τύπου. Δύο τμήματα της στέγασης του φέρουν επισκέψιμο δώμα.

Το σπίτι αποκτήθηκε από την σημερινή οικογένεια των ιδιοκτητών το 1963. Το σπίτι ήταν τότε σε καλή κατάσταση και μόνο κάποιες εργασίες συντήρησης πραγματοποιήθηκαν. Τη δεκαετία του '70 έγιναν μεγαλύτερης κλίμακας επισκευές. Έγινε ανακεράμωση της στέγης, μετατροπές στην δυτική όψη του σπιτιού, και κάποιες επισκευές στα επιχρίσματα. Το 1988 πλακοστρώθηκε ο κήπος ύστερα από σχετική έγκριση. Το 2007 έγιναν μεγαλύτερης έκτασης επεμβάσεις επισκευής στις οποίες συμπεριλαμβάνονται γενική επισκευή της οικίας (καθαίρεση εσωτερικών και εξωτερικών επιχρισμάτων και αντικατάσταση με νέα, αντικατάσταση κουφωμάτων, ανακατασκευή λουτρών με νέες υδραυλικές και ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις κτλ), ανακατασκευή του θόλου και διαμόρφωση του ανατολικού τμήματος, αναδιοργάνωση των χώρων για την κάλυψη των σημερινών αναγκών των ιδιοκτητών.

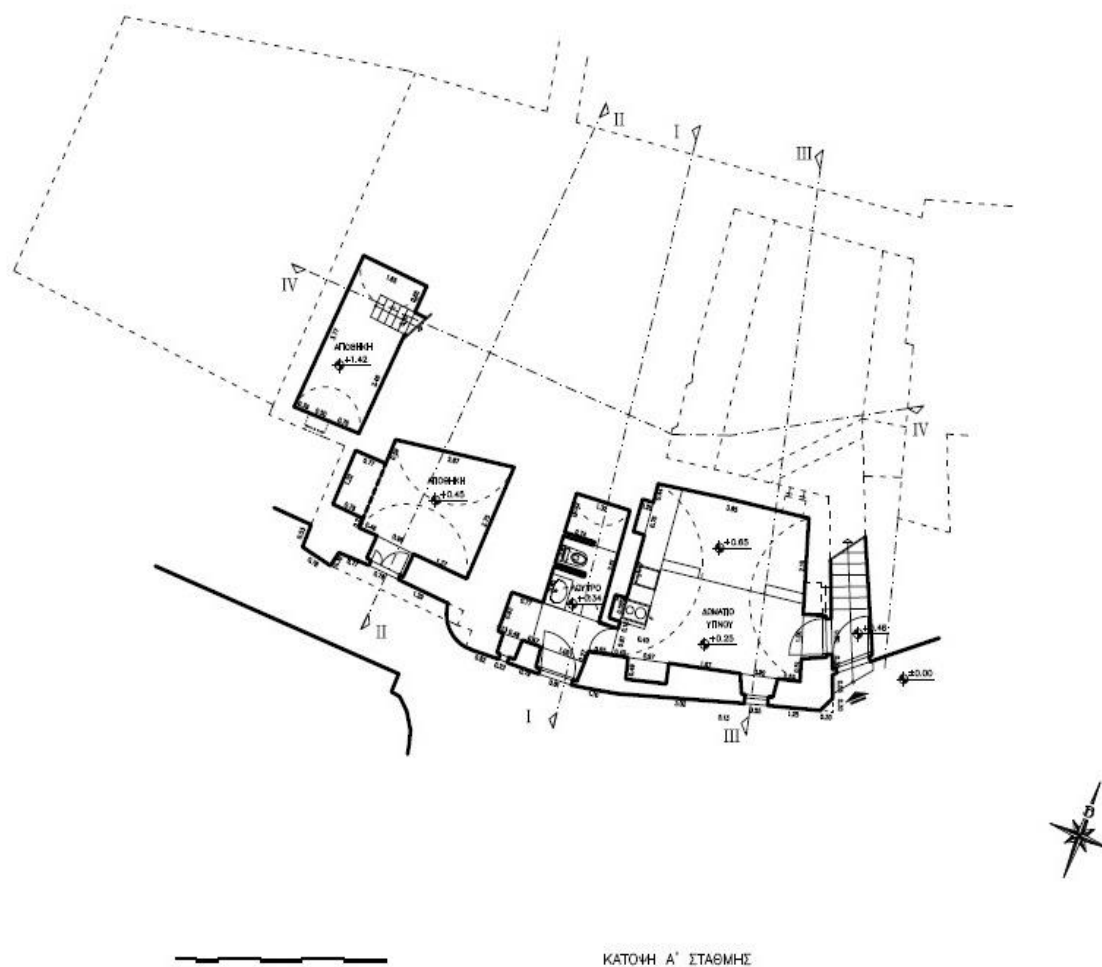


**Εικόνα 3.7:** Τοπογραφική αποτύπωση κτηρίου. (Γεώργας, 2007)

Για την ευκολότερη ανάλυση της σημερινής κατάστασης του κτιρίου θα γίνει περιγραφή της κάθε μία στάθμης της ιδιοκτησίας ξεχωριστά, όπως φαίνεται και στα σχέδια της αποτύπωσης που ακολουθούν.

#### *Α' Στάθμη:*

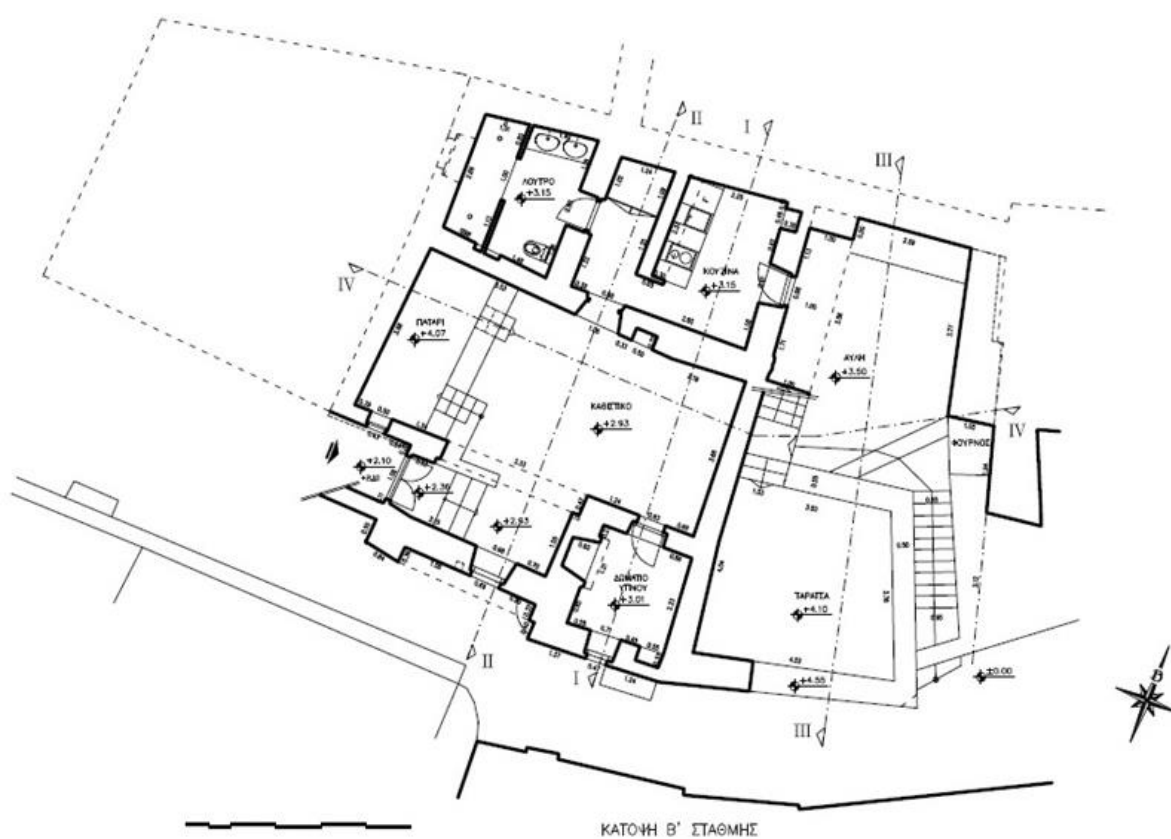
Η χαμηλότερη στάθμη της ιδιοκτησίας αποτελείται από τέσσερις θόλους. Ο δυτικότερος ήταν άγνωστος μέχρι τη στιγμή που άρχισαν οι εργασίες επισκευής στα μέσα της δεκαετίας του '70. Έχει ένα μικρό παράθυρο προς Νότο και μία υπερυψωμένη σκάλα τον συνδέει με τη δεύτερη στάθμη. Οι δύο αμέσως επόμενοι θόλοι προς τα Ανατολικά έχουν από μία είσοδο από τον δρόμο προς Νότο. Ο ανατολικότερος είναι παράλληλος με τον δρόμο. Τμήμα του νότιου τοίχου του θόλου έχει ενσωματωθεί στη αντηρίδα που στηρίζει το σπίτι και κατασκευάστηκε προφανώς όταν αυτό άρχισε να χάνει την ευστάθειά του για να στηριχθεί ο ανατολικός τοίχος του σπιτιού.



**Εικόνα 3.8:** Κάτοψη α' στάθμης. (Γεώργας, 2007)

### Β' Στάθμη:

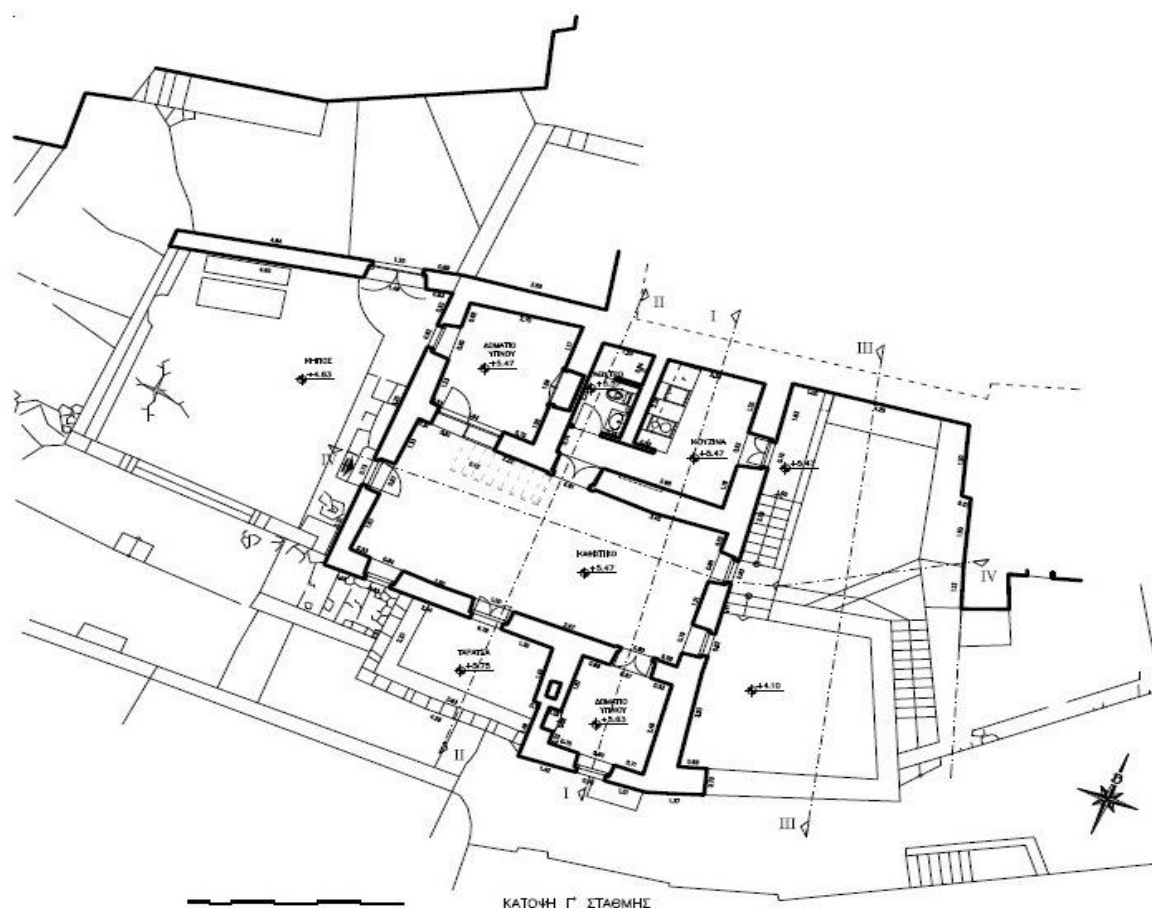
Η δεύτερη στάθμη του σπιτιού έχει είσοδο με χτιστή σκάλα στην ΝΔ γωνία του σπιτιού. Ο μικρός προθάλαμος συνδέεται μέσω ενός τόξου με το κεντρικό δωμάτιο της στάθμης αυτής. Το κεντρικό αυτό δωμάτιο ενώνεται με τα άλλα δωμάτια της δεύτερης στάθμης, ένα μικρό προς νότο με παλιό τζάκι, και την κουζίνα και το λουτρό στα βόρεια. Μια ξύλινη σκάλα οδηγεί στη τρίτη στάθμη, ενώ δύο άλλες κλίμακες οδηγούν σε μικρό θόλο της πρώτης στάθμης και σε μικρό πατάρι λίγο ψηλότερα. Στη δεύτερη στάθμη υπάρχει επικοινωνία, μέσω πόρτας στην κουζίνα, με το ανατολικό τμήμα της ιδιοκτησίας.



Εικόνα 3.9: Κάτοψη β' στάθμης. (Γεώργας, 2007)

### Γ' Στάθμη

Η τρίτη στάθμη του σπιτιού έχει είσοδο από τον κήπο στην ίδια στάθμη. Η σημερινή είσοδος ήταν παλαιότερα παράθυρο και η πόρτα εισόδου του σπιτιού ήταν στο σημείο που σήμερα υπάρχει παράθυρο, στην δυτική όψη του σπιτιού. Και σε αυτήν την στάθμη υπάρχει ένα κεντρικό δωμάτιο που επικοινωνεί με τρία μικρότερα, την μικρή ταράτσα με τα φουρούσια και την δεύτερη στάθμη μέσω ξύλινης σκάλας. Το βορειοανατολικό δωμάτιο έχει πόρτα προς το ανατολικό τμήμα της ιδιοκτησίας που όμως δεν είναι δυνατή η προσέγγιση του λόγω μεγάλης υψομετρικής διαφοράς. Και τα δύο βορινά δωμάτια έχουν ορθογώνιους φεγγίτες κάτι που δεν σώζεται σε άλλα σπίτια της Μονεμβασίας.



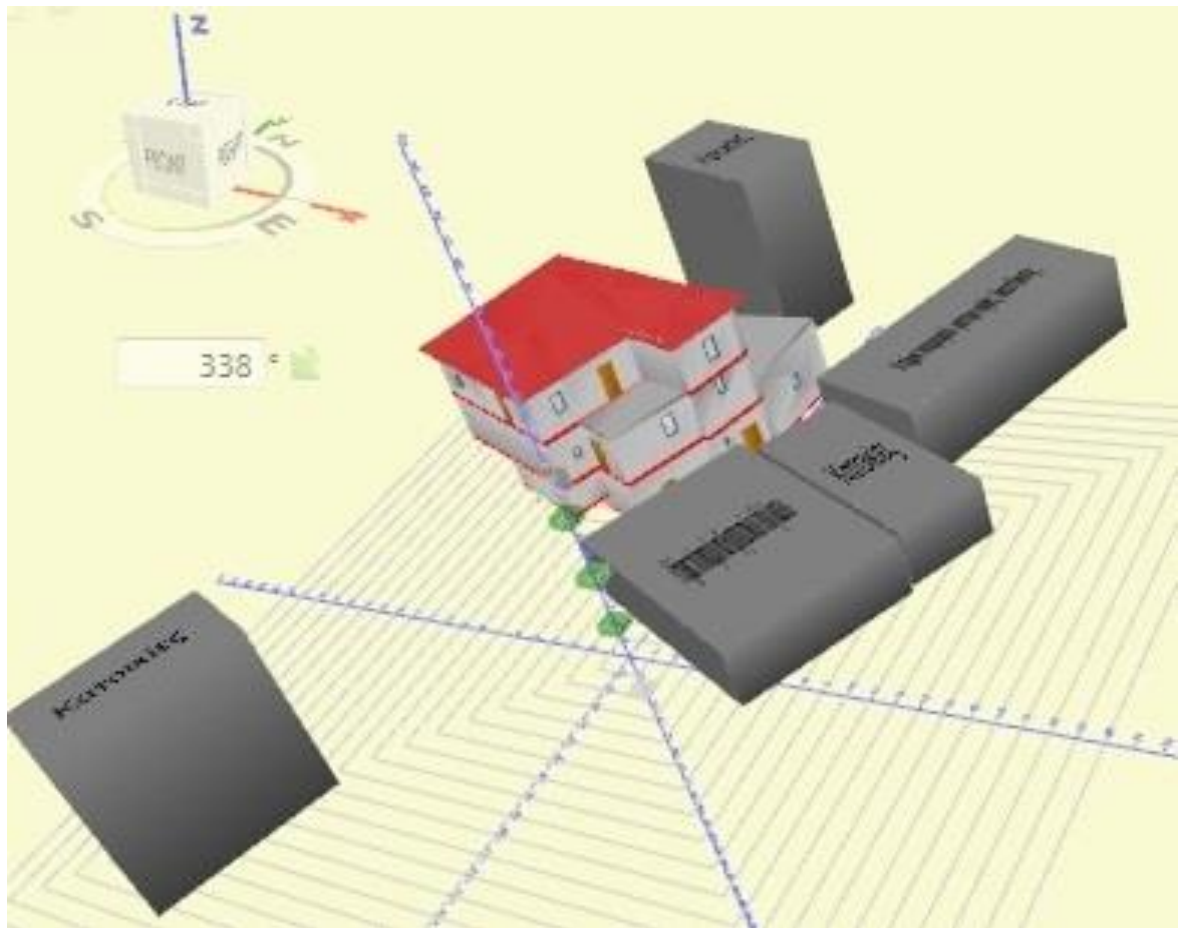
Εικόνα 3.10: Κάτοψη γ' στάθμης. (Γεώργας, 2007)



**Εικόνα 3.11:** Τομή Ι - Ι. (Γεώργας, 2007)

Στο κτήριο δεν βρέθηκαν εγκατεστημένα συστήματα ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων για τη θέρμανση και την ψύξη του κτηρίου. Για την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης χρησιμοποιείται ένας τοπικός ηλεκτρικός θερμαντήρας.

Αφού συγκεντρώθηκαν όλα τα στοιχεία των αποτυπώσεων του κτηρίου και πραγματοποιήθηκε η έρευνα για τις ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις του κτηρίου ακολούθησε η αξιολόγηση των στοιχείων. Συγκεντρωτικά το υπό μελέτη κτήριο όπως αναφέρθηκε αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό κτήριο κατοικίας του οικισμού της Μονεμβασίας. Το κτήριο έχει ανεγερθεί σε τρεις στάθμες, με μεγάλα ύψη και αυξημένους όγκους. Η εξωτερική τοιχοποιία του είναι από λιθοδομή και τα παράθυρα και οι πόρτες του είναι ξύλινα ενώ φέρει τρεις μικρές σκεπές με κεραμίδια βυζαντινού τύπου και δύο δώματα κατασκευασμένα κατά τα παραδοσιακά πρότυπα. Επίσης διαθέτει αυλή. Σε μία από τις σκεπές υπάρχει φεγγίτης. Στο σύνολό του παρουσιάζει έντονα πολλά στοιχεία της παραδοσιακής βιοκλιματικής αρχιτεκτονικής όπως το σύνολο των κτηρίων του οικισμού.



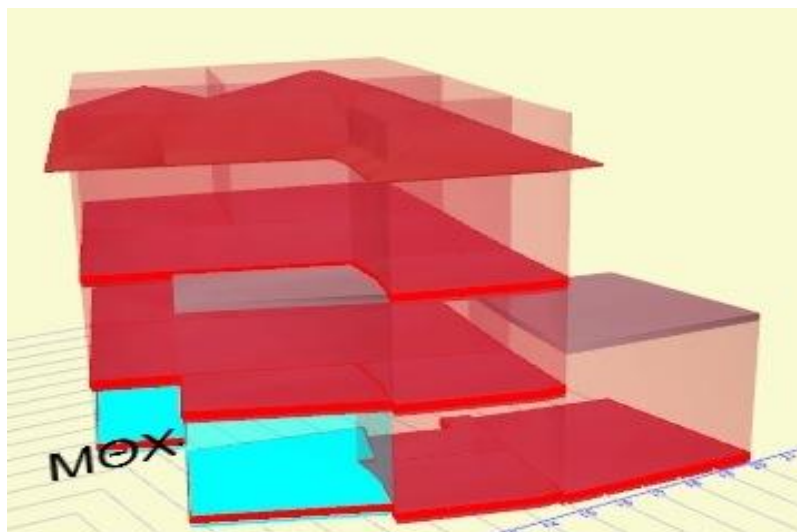
**Εικόνα 3.12:** Τρισδιάστατη απεικόνιση του υπό μελέτη κτηρίου και των ομόρων του.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

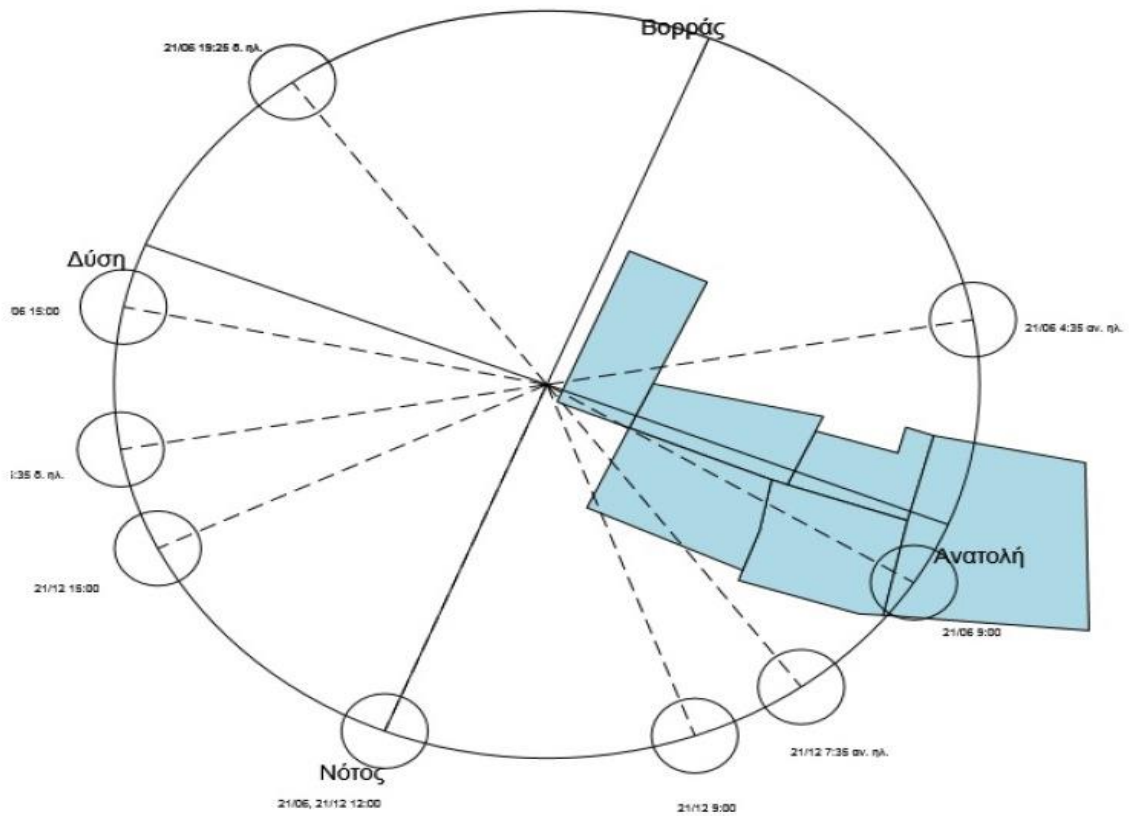
## Αποτελέσματα

### 4.1 Υφιστάμενη καταναλισκόμενη ενέργεια

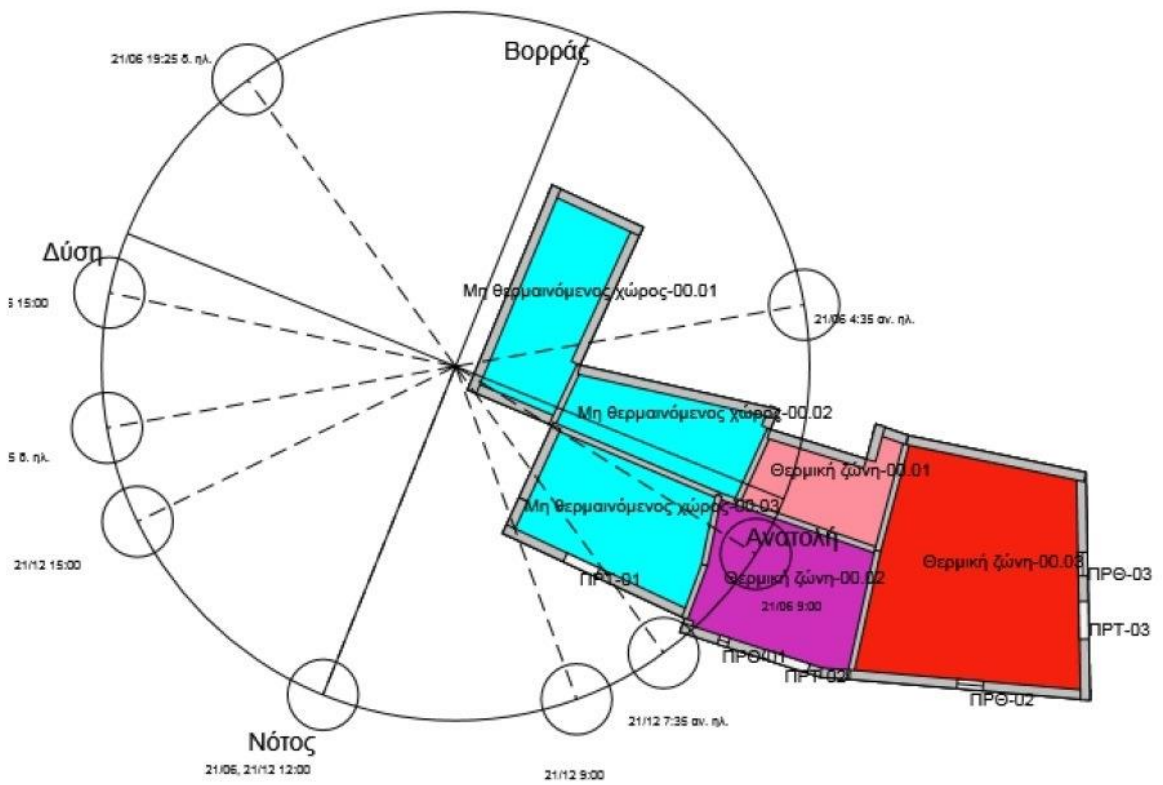
Το υπό μελέτη κτήριο χωρίστηκε για τον υπολογισμό της ενεργειακής του απόδοσης σε μία θερμική ζώνη η οποία περιλαμβάνει ένα τμήμα της α' στάθμης και εξ' ολοκλήρου την β' και γ' στάθμη και ένα μη θερμαινόμενο χώρο (το υπόλοιπο τμήμα της α' στάθμης το οποίο υφίσταται από τους δύο βοηθητικούς χώρους) όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1. Έπειτα έγινε η εισαγωγή των στοιχείων του κελύφους που αποτελείται από τους εξωτερικούς τοίχους, τις πόρτες και τα παράθυρα, τις στέγες/δώματα του κτηρίου και τα δάπεδα και δηλώθηκαν οι συνοριακές τους συνθήκες, δηλαδή αν αυτά βρίσκονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα, σε επαφή με το έδαφος ή σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο. Επίσης εισήχθησαν και οι σκιάσεις του κτηρίου από οριζόντιους και κάθετους προβόλους και από τον ορίζοντα. Αναλυτικά οι σκιάσεις του κτηρίου και των επιμέρους σταθμών του αποτυπώνονται στις εικόνες 4.2, 4.3, 4.4 και 4.5.



Εικόνα 4.1: Ενεργειακή απεικόνιση κτηρίου.

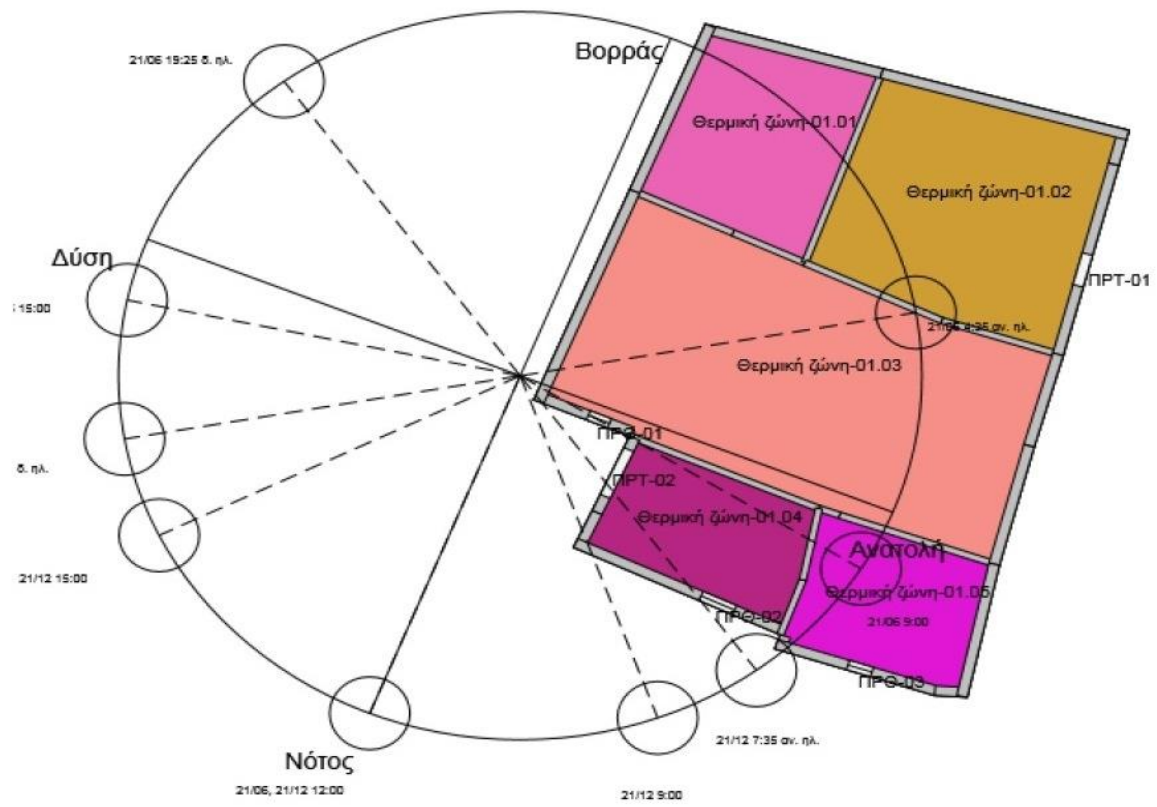


Εικόνα 4.2: Σκιασμοί κτηρίου.

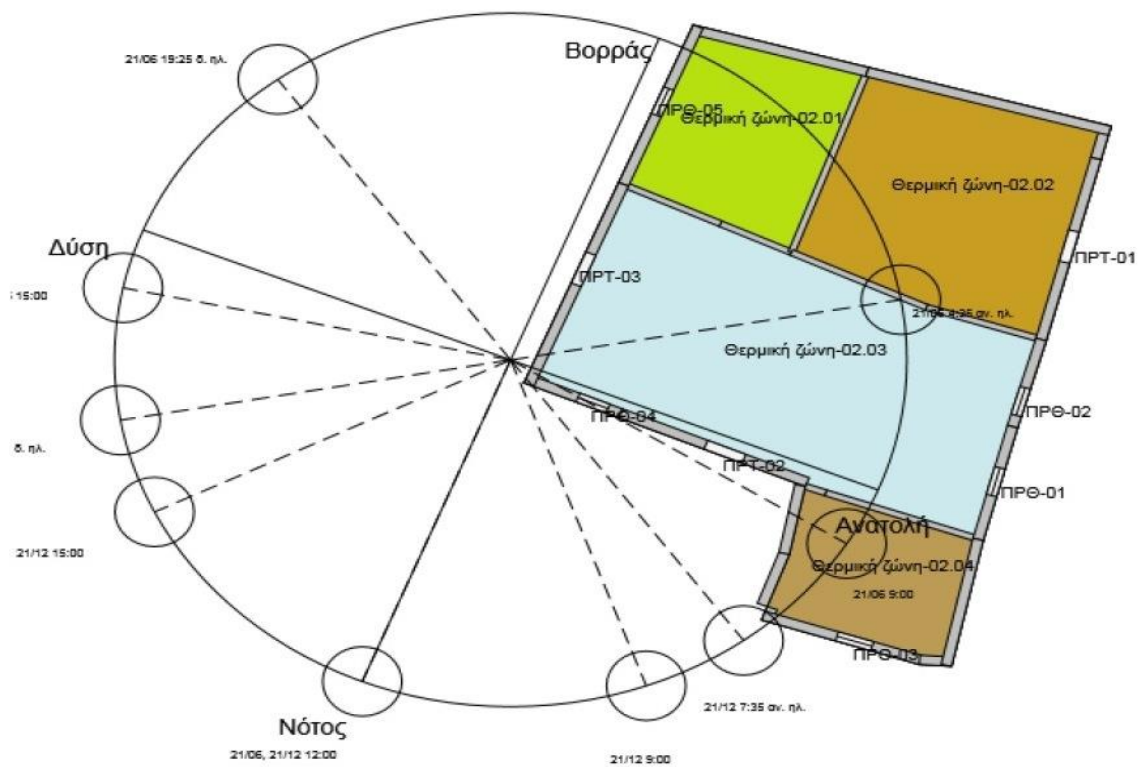


Εικόνα 4.3: Σκιασμοί α' στάθμης.



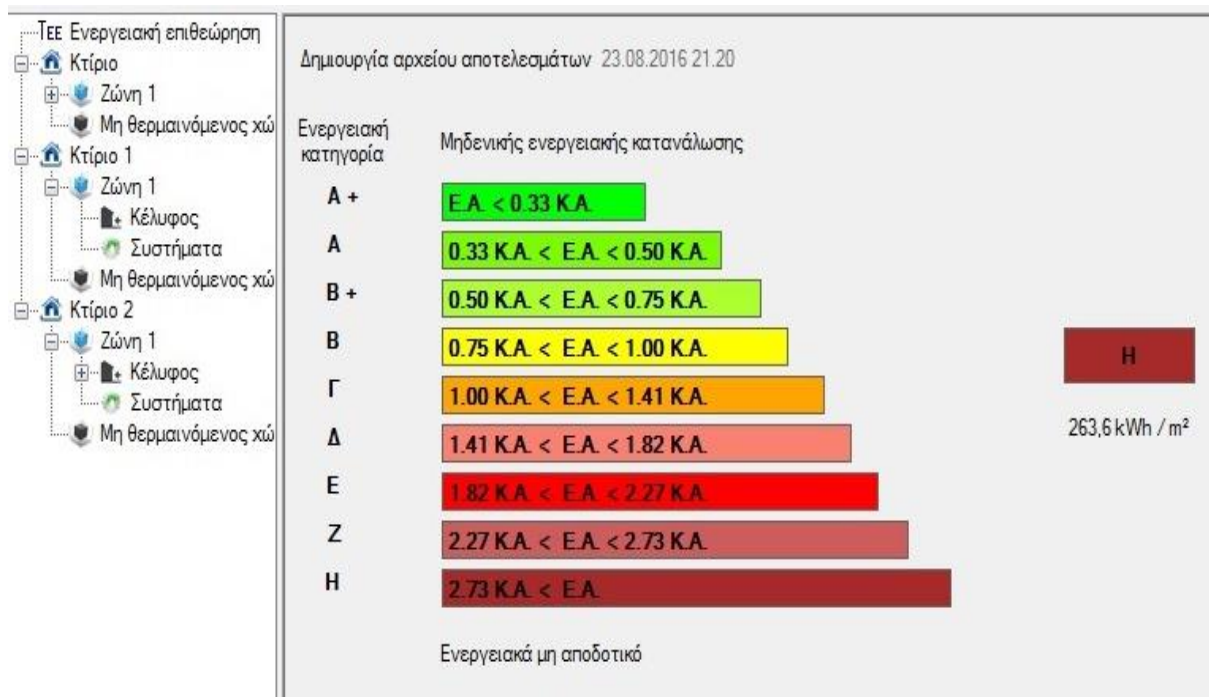


Εικόνα 4.4: Σκιασμοί β' στάθμης.



Εικόνα 4.5: Σκιασμοί γ' στάθμης.

Στη συνέχεια στο πρόγραμμα του TEE KENAK αφού ολοκληρώθηκε η εισαγωγή όλων των δεδομένων του κελύφους του κτηρίου συμπληρώθηκε και η καρτέλα των συστημάτων με την εισαγωγή των δεδομένων του τοπικού ηλεκτρικού θερμαντήρα για την παραγωγή του ζεστού νερού. Ύστερα από όλα τα παραπάνω έγινε ο υπολογισμός της ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου.



**Εικόνα 4.6:** Ενεργειακή κατάταξη του υπό μελέτη κτηρίου στο πρόγραμμα TEE KENAK.

Το υπό μελέτη κτήριο υπολογίστηκε ότι η πρωτογενής ενέργεια για θέρμανση είναι 188,1 kWh/m<sup>2</sup>, για ψύξη 43,5 kWh/m<sup>2</sup>, για ζεστό νερό χρήσης 32,0 kWh/m<sup>2</sup> με τη συνολική πρωτογενή ενέργεια να ανέρχεται στα 263,60 kWh/m<sup>2</sup>, κατατάσσοντας το κτήριο στη κατηγορία H. Φαίνεται ότι το υπό μελέτη κτήριο είναι ένα ενεργειακά μη αποδοτικό κτήριο.

**Πίνακας 4.1:** Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>) – Υφιστάμενη κατάσταση.

Τελική χρήση	Κτήριο Αναφοράς	Υπάρχον Κτήριο
Θέρμανση	61,6	188,1
Ψύξη	16,7	43,5
ZNX	12,6	32,0
Φωτισμός	0,0	0,0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0,0	0,0
Σύνολο	90,9	263,60
Κατάταξη	-	H

Στους πίνακες 4.2 και 4.3 που ακολουθούν καταγράφονται οι ενεργειακές απαιτήσεις του υπό μελέτη κτηρίου για τη θέρμανσή του, τη ψύξη του και το ζεστό νερό χρήσης για τους δώδεκα

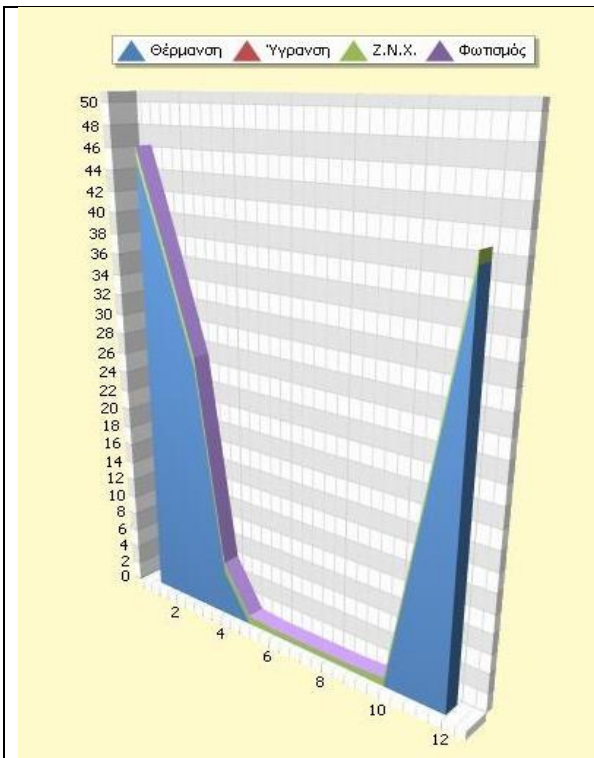
μήνες του χρόνου και οι ενεργειακές καταναλώσεις του για θέρμανση, ψύξη, ZNX για κάθε μήνα.

**Πίνακας 4.2:** Ενεργειακές απαιτήσεις ανά μήνα – Υφιστάμενη κατάσταση.

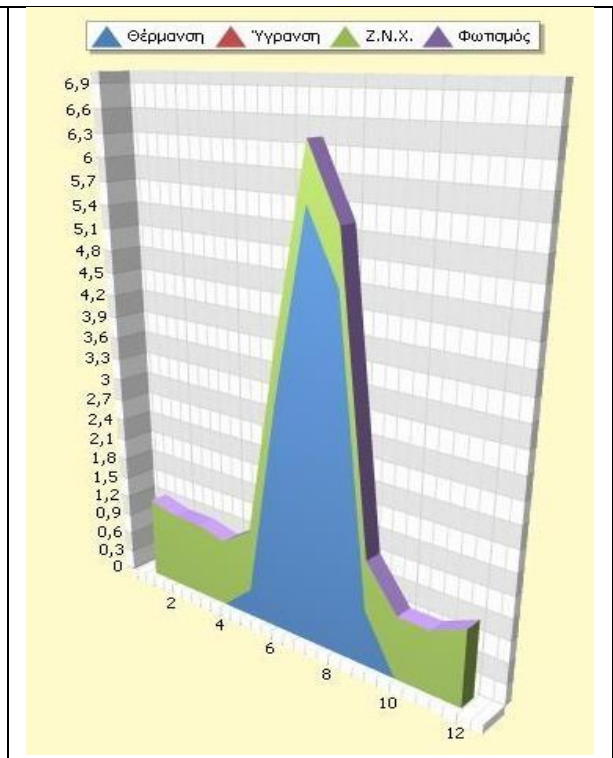
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ετήσιο
<b>Θέρμανση</b>	33,8	26,9	19,5	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,6	29,7	128,1
<b>Ψύξη</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	16,7	28,7	24,4	4,1	0,0	0,0	0,0	76,0
<b>Υγρανση</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>ZNX</b>	1,1	1,0	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	10,8

**Πίνακας 4.3:** Ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα – Υφιστάμενη κατάσταση.

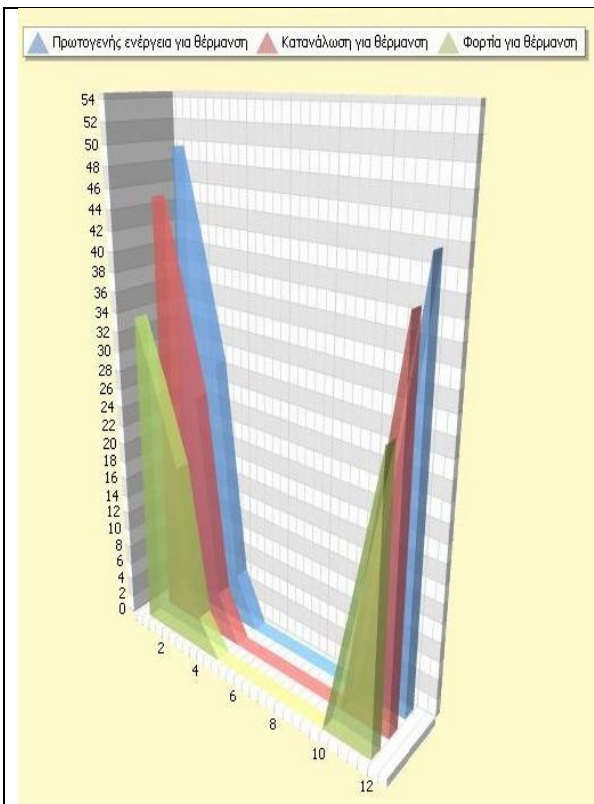
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ετήσιο
<b>Θέρμανση</b>	45,1	35,8	26,0	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	39,6	170,8
<b>Ηλιακή ενέργεια για θέρμ/ση χώρων</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Ψύξη</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,3	5,7	4,8	0,8	0,0	0,0	0,0	15,0
<b>ZNX</b>	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	1,1	11,0
<b>Ηλιακή ενέργεια για ZNX</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Φωτισμός</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Εν. από φωτ/κα - ΣΗΘ</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Σύνολο</b>	46,2	36,9	27,1	15,9	1,3	4,0	6,3	5,5	1,5	0,9	20,4	40,7	196,8



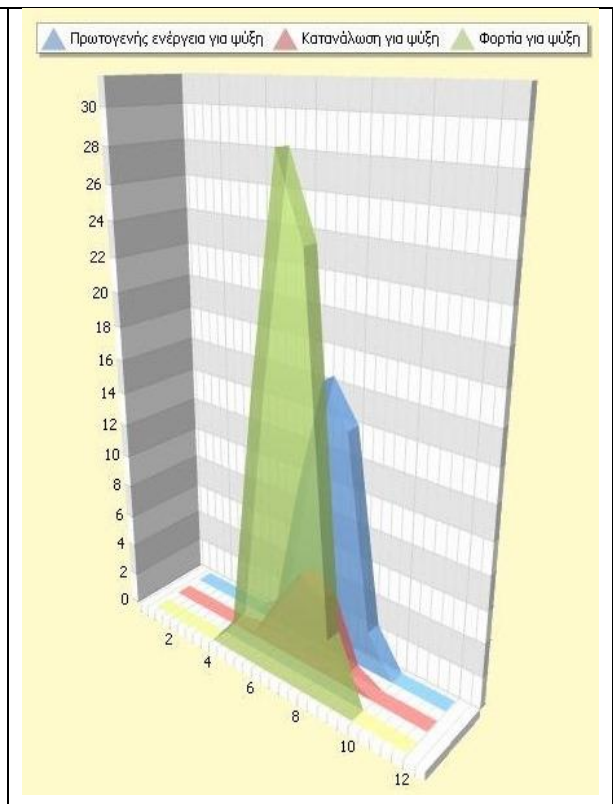
**Διάγραμμα 4.1:** Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων θέρμανσης – Υφιστάμενη κατάσταση.



**Διάγραμμα 4.2:** Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων ψύξης – Υφιστάμενη κατάσταση.



**Διάγραμμα 4.3:** Μηνιαίες τιμές φορτίων θέρμανσης – Υφιστάμενη κατάσταση.



**Διάγραμμα 4.4:** Μηνιαίες τιμές φορτίων ψύξης – Υφιστάμενη κατάσταση.

## 4.2 Σενάριο 1 – Τοποθέτηση εσωτερικής μόνωσης

Πίνακας 4.4: Προτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>) – Σενάριο 1

Τελική χρήση	Σενάριο 1
Θέρμανση	92,3
Ψύξη	32,3
ZNX	32,0
Φωτισμός	0,0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0,0
Σύνολο	156,6
Κατάταξη	Δ

Πίνακας 4.5: Ενεργειακές απαιτήσεις ανά μήνα – Σενάριο 1

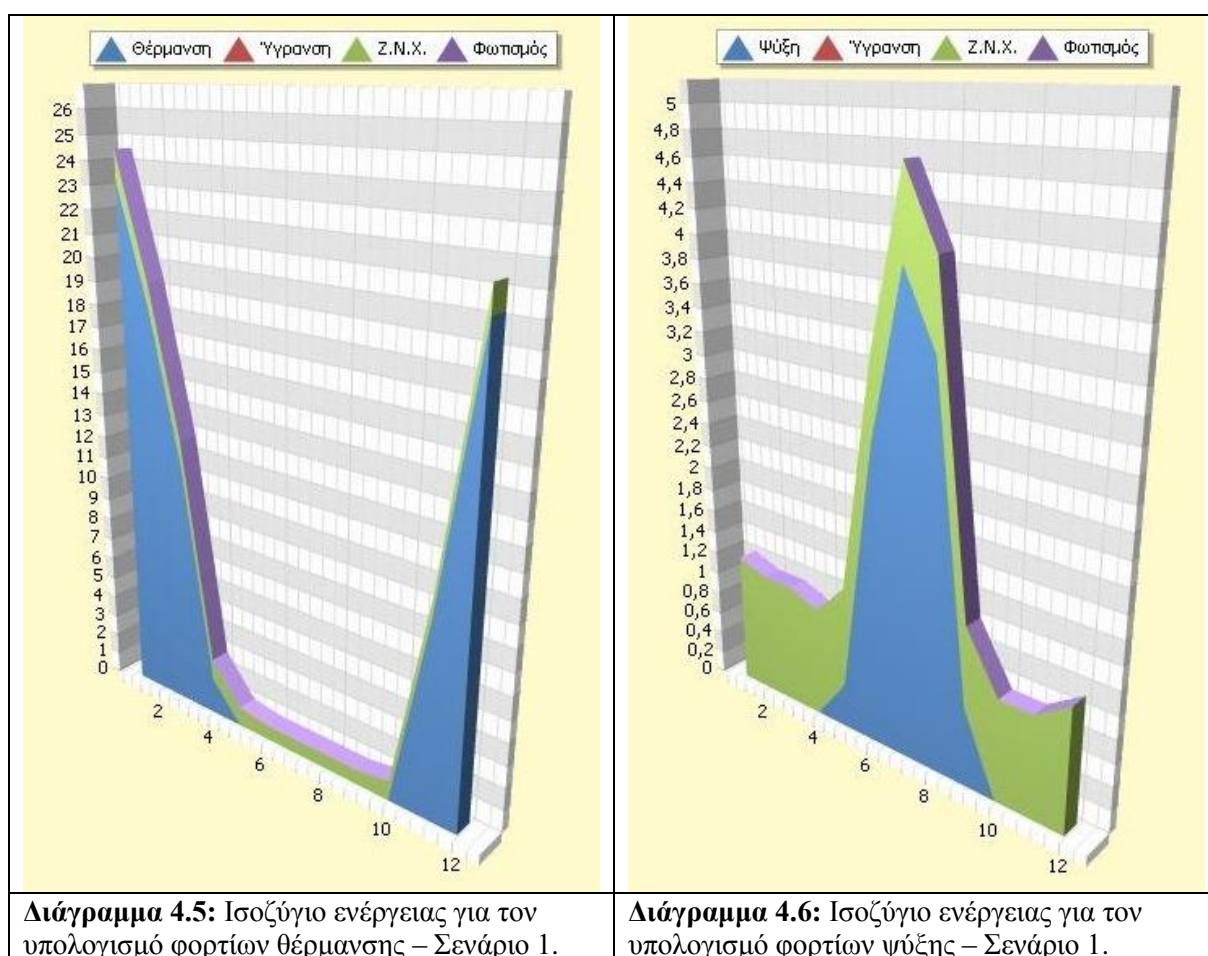
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ετήσιο
Θέρμανση	17,5	13,7	8,7	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	15,2	62,7
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	13,4	20,1	17,5	3,7	0,0	0,0	0,0	56,6
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	1,1	1,0	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	10,8

Πίνακας 4.6: Ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα – Σενάριο 1.

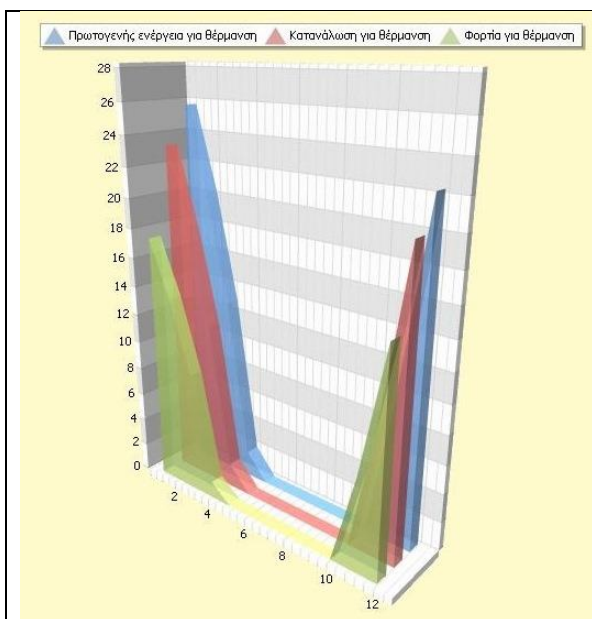
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ετήσιο
Θέρμανση	23,3	18,2	11,6	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,7	20,2	83,6
Ηλιακή ενέργεια για θέρμ/ση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,6	4,0	3,4	0,7	0,0	0,0	0,0	11,2
ZNX	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	1,1	11,0
Ηλιακή ενέργεια για ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Εν. από φωτ/κα - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	24,5	19,3	12,7	2,7	1,3	3,4	4,7	4,1	1,4	0,9	9,6	21,3	105,8

**Πίνακας 4.7:** Κόστος και περίοδος αποπληρωμής – Σενάριο 1.

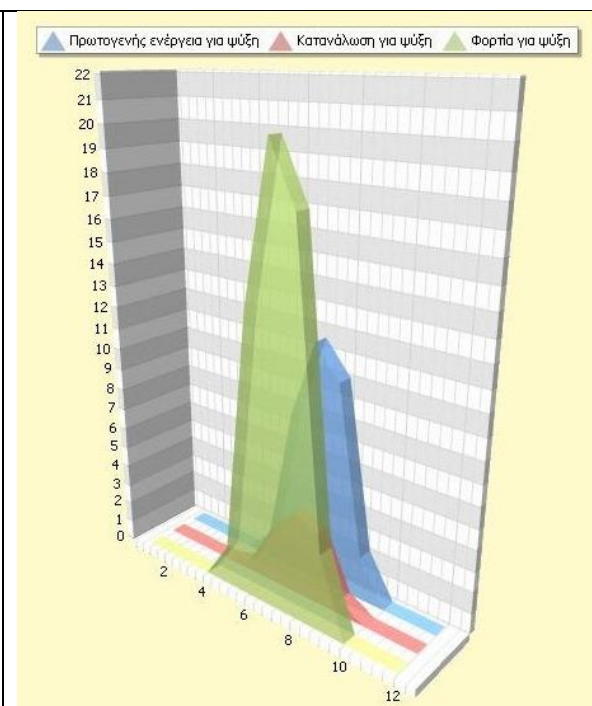
Εξοικονόμηση και κόσθη	Σενάριο 1
Λειτουργικό κόστος (€)	2.288,7
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	15.108,4
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	107,0
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)	40,6
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)	0,6
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	26,8
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	8,0



Στο σενάριο 1 επιλέχθηκε η τοποθέτηση εσωτερικής μόνωσης στην εξωτερική τοιχοποιία του κελύφους του κτηρίου πάχους 5 cm.



**Διάγραμμα 4.7:** Μηνιαίες τιμές φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 1.



**Διάγραμμα 4.8:** Μηνιαίες τιμές φορτίων ψύξης – Σενάριο 1.

### 4.3 Σενάριο 2 – Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας

**Πίνακας 4.8:** Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>) – Σενάριο 2.

Τελική χρήση	Σενάριο 2
Θέρμανση	104,9
Ψύξη	34,9
ZNX	32,0
Φωτισμός	0,0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0,0
Σύνολο	171,8
Κατάταξη	E

**Πίνακας 4.9:** Ενεργειακές απαιτήσεις ανά μήνα – Σενάριο 2.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ετήσιο
Θέρμανση	33,4	26,5	19,2	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	29,3	126,3
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	16,7	28,5	24,3	4,1	0,0	0,0	0,0	75,6
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	1,1	1,0	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	10,8

**Πίνακας 4.10:** Ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα – Σενάριο 2.

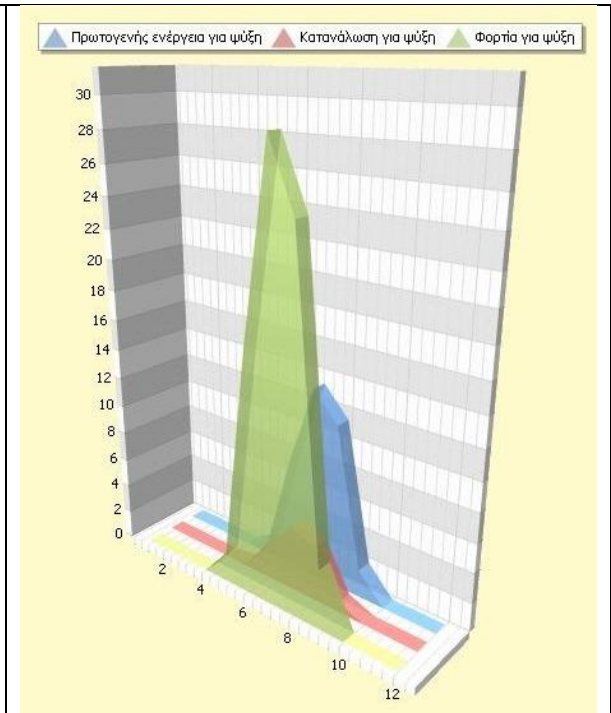
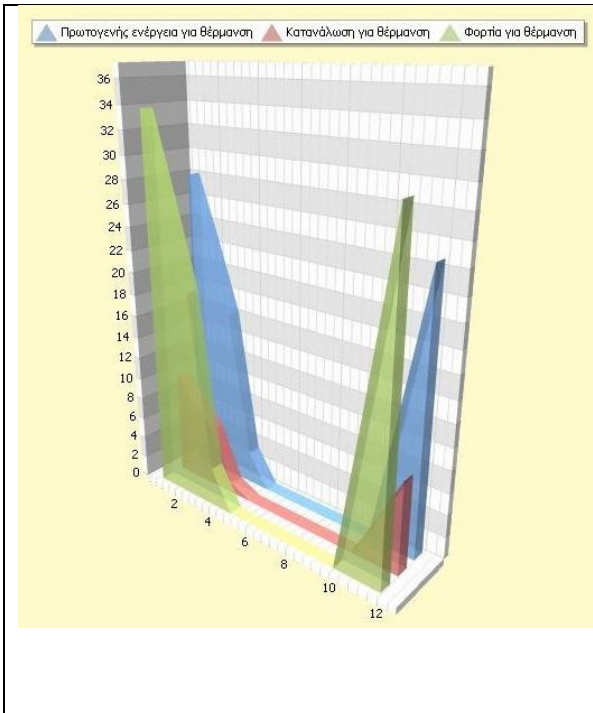
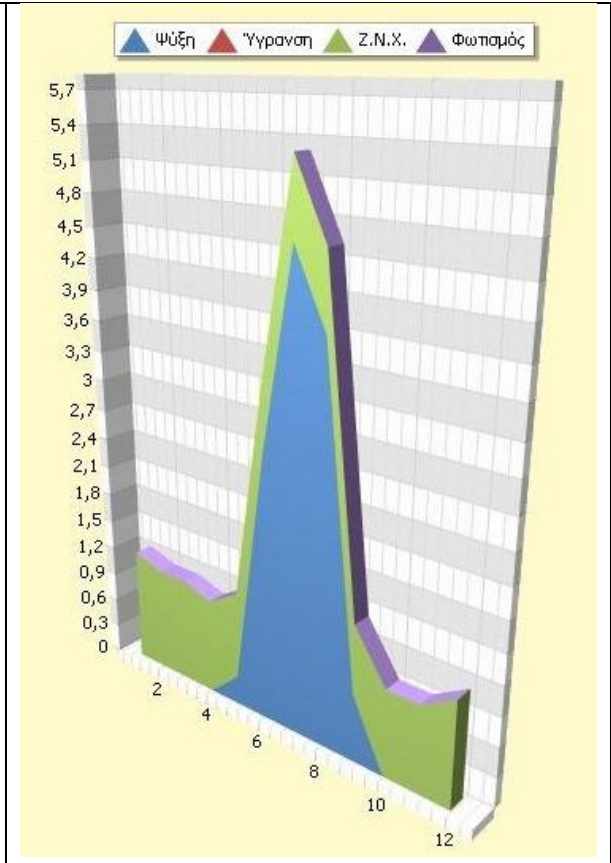
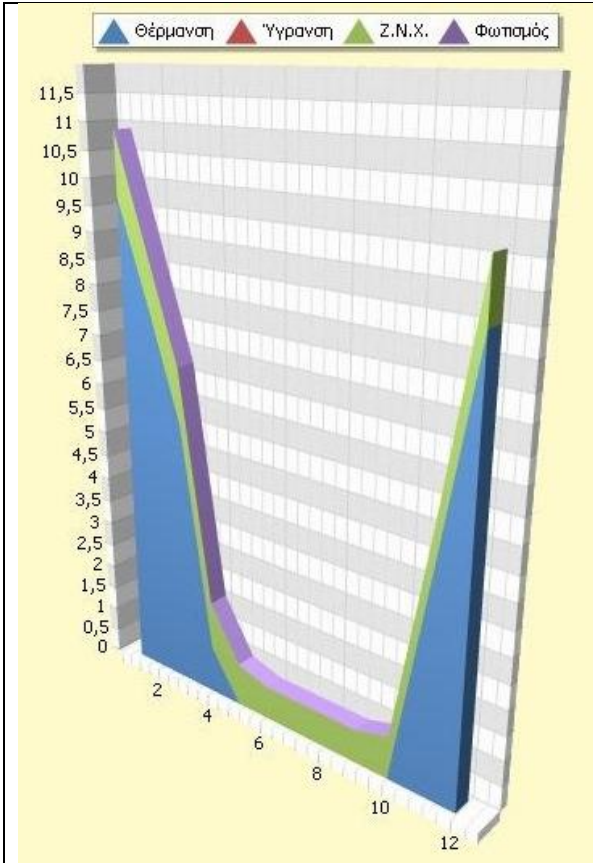
Ενεργειακή καταναλώση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ετήσιο
<b>Θέρμανση</b>	9,6	7,6	5,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	8,4	36,2
<b>Ηλιακή ενέργεια για θέρμ/ση χώρων</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Ψύξη</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	2,7	4,5	3,9	0,7	0,0	0,0	0,0	12,0
<b>ZNX</b>	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	1,1	11,0
<b>Ηλιακή ενέργεια για ZNX</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Φωτισμός</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Εν. από φωτ/κα - ΣΗΘ</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Σύνολο</b>	10,7	8,7	6,6	2,0	1,2	3,4	5,2	4,5	1,4	0,9	5,1	9,5	59,2

**Πίνακας 4.11:** Κόστος και περίοδος αποπληρωμής – Σενάριο 2.

Εξοικονόμηση και κόστη	Σενάριο 2
Λειτουργικό κόστος (€)	1.516,50
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	8.000,00
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	91,8
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)	34,8
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)	0,4
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	12,3
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	3,0

Η αντλία θερμότητας παράγει θέρμανση και ψύξη με τη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Η λειτουργία της βασίζεται στο ψυκτικό κύκλο συμπίεσης ατμού και η αξιολόγησή της ης προς την αποδοτικότητα της επιτυγχάνεται με τη χρήση δύο δεικτών αποδοτικότητας: τον C.O.P. (Coefficient Of Performance) για τη θέρμανση και τον E.E.R. (Energy Efficiency Ratio) για την ψύξη. (Ευθυμιάδης, Γαλάνης and Καλλιακούδη, 2014) Η αντλία θερμότητας θεωρείται από τα πιο αποτελεσματικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας με πολύ χαμηλό λειτουργικό κόστος. Τα χαρακτηριστικά της τοπικής αερόψυκτης αντλίας θερμότητας που χρησιμοποιήθηκε στο σενάριο 2 είναι: Ισχύς (KW) = 9,00, Βαθμός απόδοσης = 1,00 και Συντελεστής επίδοσης COP = 4,00 ενώ για την ψύξη ο Δείκτης Ενεργειακής Αποδοτικότητας (EER) = 3,60.





## 4.4 Σενάριο 3 – Τοποθέτηση μόνωσης στην οροφή

Πίνακας 4.12: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>) – Σενάριο 3.

Τελική χρήση	Σενάριο 3
Θέρμανση	152,9
Ψύξη	28,3
ZNX	32,0
Φωτισμός	0,0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0,0
Σύνολο	213,2
Κατάταξη	Z

Πίνακας 4.13: Ενεργειακές απαιτήσεις ανά μήνα – Σενάριο 3.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ετήσιο
Θέρμανση	27,3	22,4	16,2	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	23,8	104,10
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	10,1	19,5	16,6	2,5	0,0	0,0	0,0	49,5
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	1,1	1,0	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	10,8

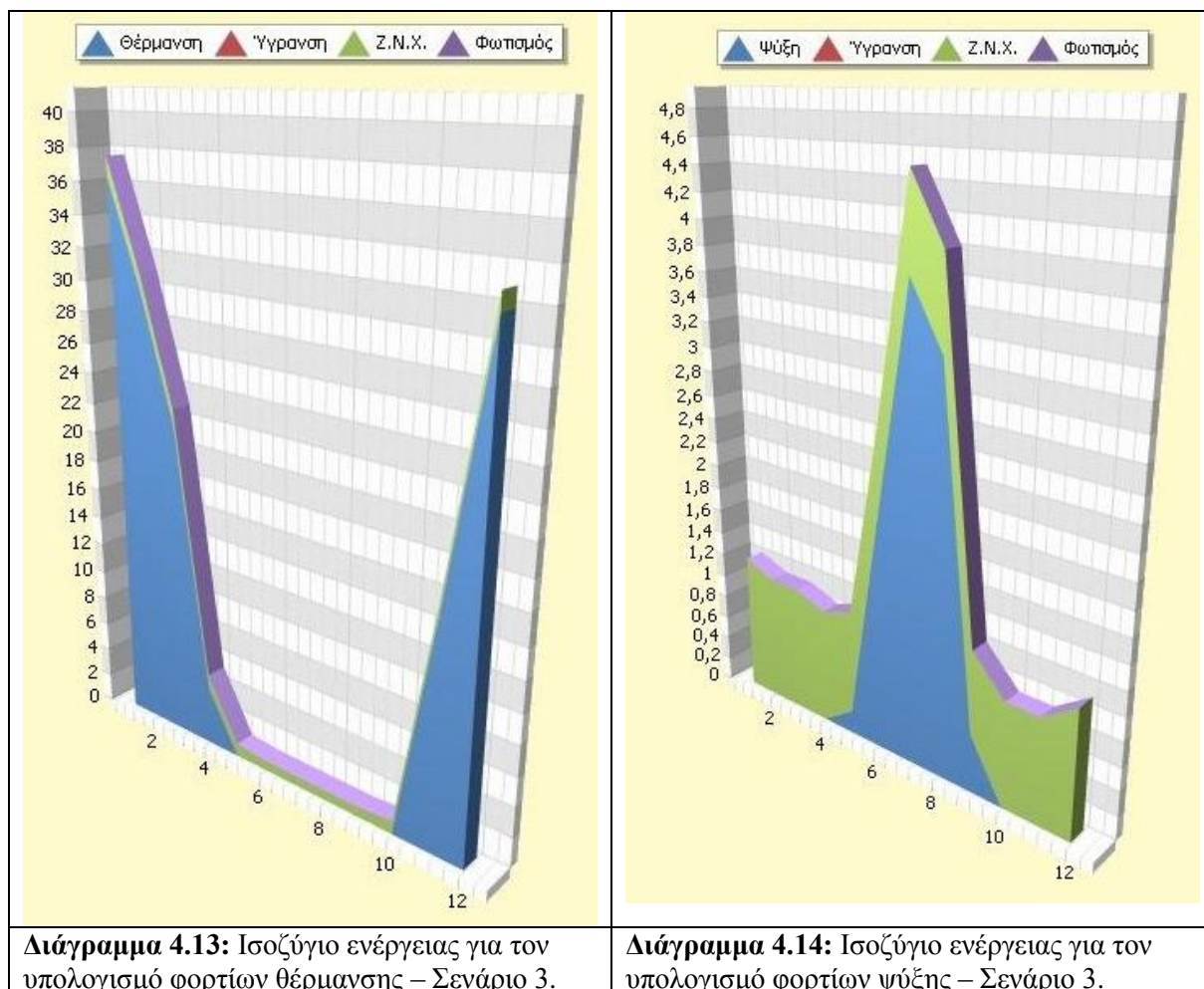
Πίνακας 4.14: Ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα – Σενάριο 3.

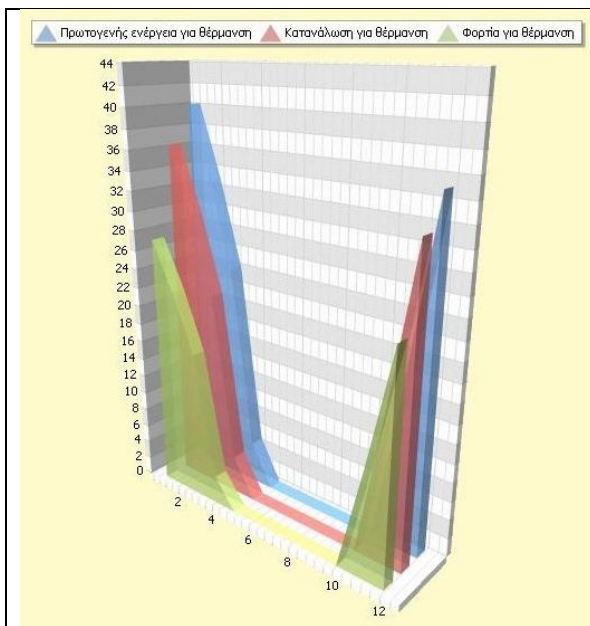
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ετήσιο
Θέρμανση	36,4	29,8	21,6	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,1	31,7	138,8
Ηλιακή ενέργεια για θέρμ/ση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,0	3,8	3,3	0,5	0,0	0,0	0,0	9,8
ZNX	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	1,1	11,0
Ηλιακή ενέργεια για ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Εν. από φωτ/κα - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	37,6	30,9	22,8	5,1	1,1	2,7	4,5	3,9	1,2	0,9	16,0	32,8	159,5

**Πίνακας 4.15:** Κόστος και περίοδος αποπληρωμής – Σενάριο 3.

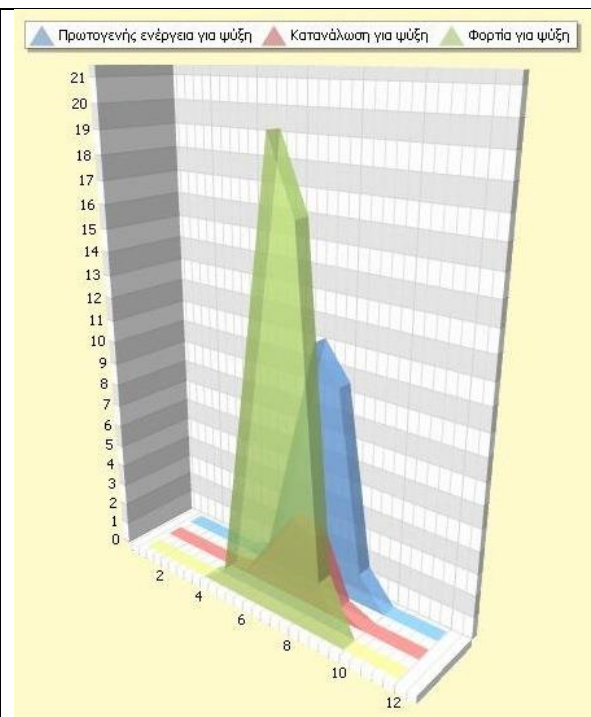
Εξοικονόμηση και κόστη	Σενάριο 3
Λειτουργικό κόστος (€)	3.386,40
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	7.368,70
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	50,4
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)	19,10
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)	0,6
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	13,6
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	9,3

Στο σενάριο 3 προτείνεται η τοποθέτηση μόνωσης στις τρεις στέγες του κτηρίου και στις δύο οροφές του. Πιο αναλυτικά στις κεκλιμένες ξύλινες στέγες προτείνεται η τοποθέτηση μόνωσης 6 cm και στα δύο δώματα μόνωση πάχους 5 cm.





**Διάγραμμα 4.15:** Μηνιαίες τιμές φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 3.



**Διάγραμμα 4.16:** Μηνιαίες τιμές φορτίων ψύξης – Σενάριο 3.

## 4.5 Σενάριο 4 – Αντικατάσταση κουφωμάτων

Στο σενάριο 4 προτείνεται η αντικατάσταση των παραθύρων με άλλα πιο αποδοτικά με διπλούς υαλοπίνακες και η αντικατάσταση των πορτών επίσης με άλλες πιο αποδοτικές. Επιλέχθηκαν παράθυρα με διπλούς υαλοπίνακες με επίστρωση χαμηλής εκπομπής ενός φύλλου, θερμικής εκπομπής  $\leq 0,05$ , διάκενο αέρα 16 mm, ποσοστό πλαισίου 20% - ξύλινο πλαίσιο σκληρής ξυλείας μέσου πάχους πλαισίου – κάσας 5 cm, αεροστεγές με πιστοποίηση  $U = 1,60$ . Οι πόρτες είναι επίσης ξύλινες, με αεροστεγανότητα, με πιστοποίηση για την τιμή της θερμοπερατότητας τους  $U (W/m^2K) = 2,20$

**Πίνακας 4.16:** Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>) – Σενάριο 4

Τελική χρήση	Σενάριο 4
Θέρμανση	184,2
Ψύξη	41,9
ZNX	32,0
Φωτισμός	0,0
Συνεισφορά ΑΠΕ-ΣΗΘ	0,0
Σύνολο	258,0
Κατάταξη	H

**Πίνακας 4.17:** Ενεργειακές απαιτήσεις ανά μήνα - Σενάριο 4

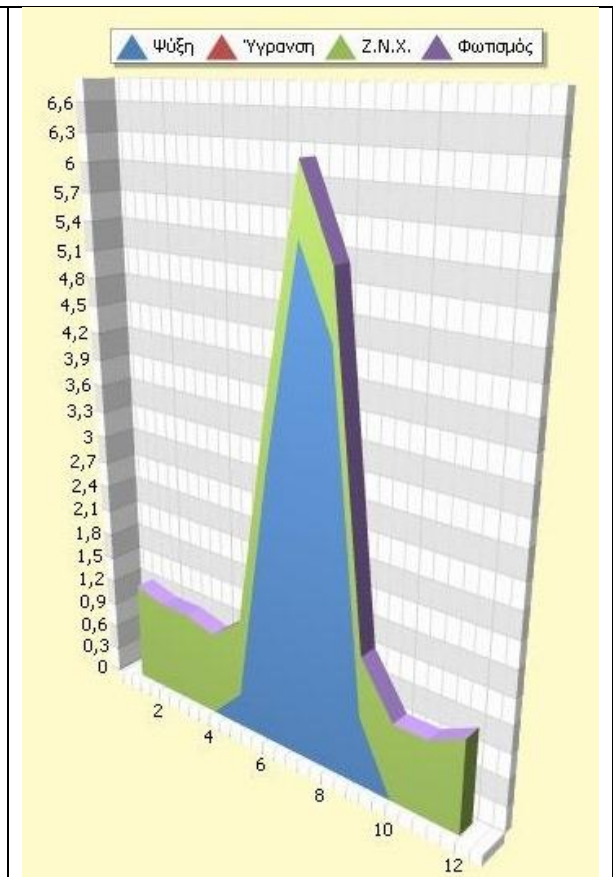
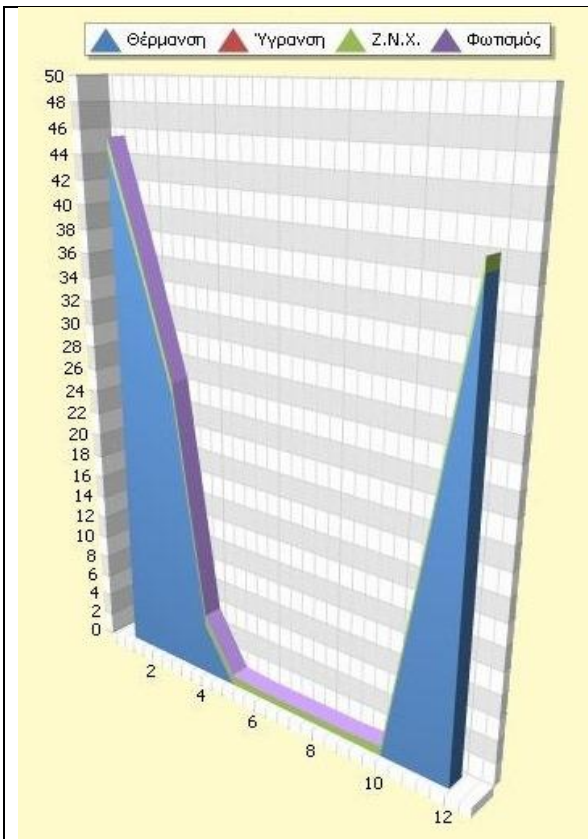
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ετήσιο
Θέρμανση	33,2	26,4	18,9	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	29,2	125,4
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	16,1	27,7	23,5	3,9	0,0	0,0	0,0	73,2
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	1,1	1,0	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	10,8

**Πίνακας 4.18:** Ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα - Σεναρίου 4.

Ενεργειακή καταναλώση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ετήσιο
Θέρμανση	44,3	35,2	25,2	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	38,9	167,2
Ηλιακή ενέργεια για θέρμ/ση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,2	5,5	4,6	0,8	0,0	0,0	0,0	14,4
ZNX	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	1,1	11,0
Ηλιακή ενέργεια για ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Εν. από φωτ/κα - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Σύνολο</b>	<b>45,4</b>	<b>36,3</b>	<b>26,3</b>	<b>5,7</b>	<b>1,3</b>	<b>3,9</b>	<b>6,1</b>	<b>5,3</b>	<b>1,5</b>	<b>0,9</b>	<b>19,9</b>	<b>40,0</b>	<b>192,6</b>

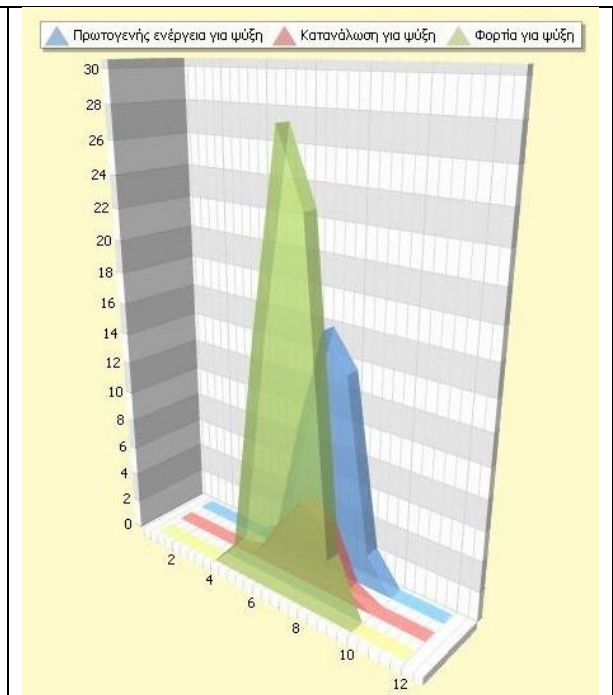
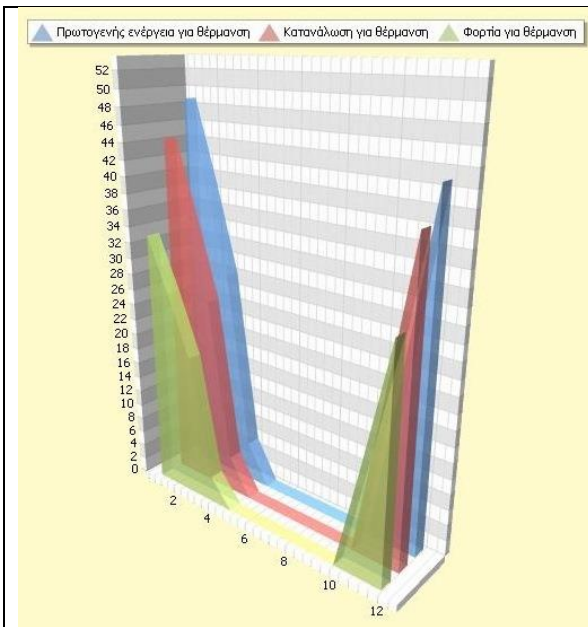
**Πίνακας 4.19:** Κόστος και περίοδος αποπληρωμής - Σενάριο 4.

Εξοικονόμηση και κόστη	Σενάριο 4
Λειτουργικό κόστος (€)	4.090,9
Αρχικό κόστος επένδυσης (€)	4.078,3
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )	5,6
Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)	2,1
Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)	3,2
Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	1,5
Περίοδος αποπληρωμής (έτη)	46,4



Διάγραμμα 4.17: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 4.

Διάγραμμα 4.18: Ισοζύγιο ενέργειας για τον υπολογισμό φορτίων ψύξης – Σενάριο 4.



Διάγραμμα 4.19: Μηνιαίες τιμές φορτίων θέρμανσης – Σενάριο 4.

Διάγραμμα 4.20: Μηνιαίες τιμές φορτίων ψύξης – Σενάριο 4.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

## Συζήτηση-Συμπεράσματα- Εισηγήσεις

### 5.1 Συζήτηση αποτελεσμάτων

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτέλεσε η διερεύνηση των δυνατών επεμβάσεων στα κτήρια του ιστορικού οικισμού της Μονεμβασίας για την επίτευξη της ενεργειακά αποδοτικότερης λειτουργίας. Στα πλαίσια αυτής της μελέτης επιλέχθηκαν να εξεταστούν τέσσερα σενάρια (μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας) τα οποία ήταν:

- Σενάριο 1: Εφαρμογή εξωτερικής μόνωσης
- Σενάριο 2: Εγκατάσταση αντλίας θερμότητας.
- Σενάριο 3: Τοποθέτηση μόνωσης στις στέγες και στα δύο δώματα του κτηρίου &
- Σενάριο 4: Αντικατάσταση κουφωμάτων με άλλα παρεμφερή, επίσης ξύλινα αλλά πιο αποδοτικά.

Τα δεδομένα εισήχθησαν στο λογισμικό TEE KENAK και υπολογίστηκαν: η πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση, οι ενεργειακές απαιτήσεις ανά μήνα και οι ενεργειακές καταναλώσεις ανά μήνα για τη θέρμανση, τη ψύξη και το ZNX του υπάρχοντος κτηρίου αλλά και ύστερα από την εφαρμογή του μέτρου που προτείνεται σε κάθε σενάριο. Επίσης υπολογίστηκαν το λειτουργικό κόστος του κτηρίου, το αρχικό κόστος επένδυσης, η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας, η μείωση εκπομπών  $CO_2$  και η περίοδος αποπληρωμής για κάθε μία από τις παραδοχές που έγιναν.

Η συνολική πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτήριο ανέρχεται στα 263 kWh/m<sup>2</sup> ενώ για το κτήριο αναφοράς (κτήριο ενεργειακής κατηγορίας B) μόλις στα 90,9 kWh/m<sup>2</sup>. Με την προσθήκη εσωτερικής μόνωσης η τιμή αυτή θα μειωθεί στο 156,6 kWh/m<sup>2</sup>, με την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας στο 171, 8 kWh/m<sup>2</sup>, με τη μόνωση οροφής στο

213,20 kWh/m<sup>2</sup> και με την αντικατάσταση των κουφωμάτων στο 258,0 kWh/m<sup>2</sup>. Παρατηρείται ότι επιλέγοντας ως επέμβαση την εσωτερική μόνωση η τιμή της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση πλησιάζει αυτή του κτηρίου αναφοράς. Σε αντίθεση με την αντικατάσταση των κουφωμάτων δεν μειώνεται σε μεγάλο ποσοστό η συνολική πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση.

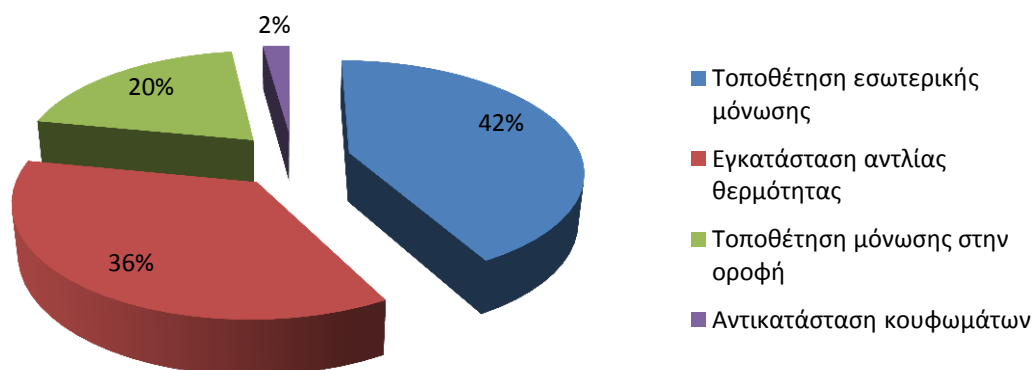


**Διάγραμμα 5.1:** Συνολική πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>) για το κτήριο αναφοράς, το υπάρχον κτήριο και τα σενάρια.

Με μοναδική επέμβαση την αντικατάσταση των κουφωμάτων εξοικονομείται μόλις 2% πρωτογενούς ενέργειας. Το ποσοστό αυτό ανεβαίνει με την τοποθέτηση μόνωσης στη στέγη στο 20% και με την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας στο 36 %. Με την τοποθέτηση μόνωσης επιτυγχάνεται 42% εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας. Η τοποθέτηση μόνωσης και η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας είναι δύο μέτρα που επιτυγχάνουν αρκετά μεγάλα ποσοστά εξοικονόμησης ενέργειας, στο υπό μελέτη κτήριο. Η αντικατάσταση των κουφωμάτων φαίνεται να μην είναι ένα μέτρο που μπορεί να εφαρμοστεί ως το μοναδικό για την εξοικονόμηση ενέργειας στο εν λόγω κτήριο αλλά μόνο σε συνδυασμό με κάποιο άλλο, αν θεωρητικά ο στόχος που έχει τεθεί είναι η εξοικονόμηση ενέργειας τουλάχιστον στο ποσοστό του 20%.

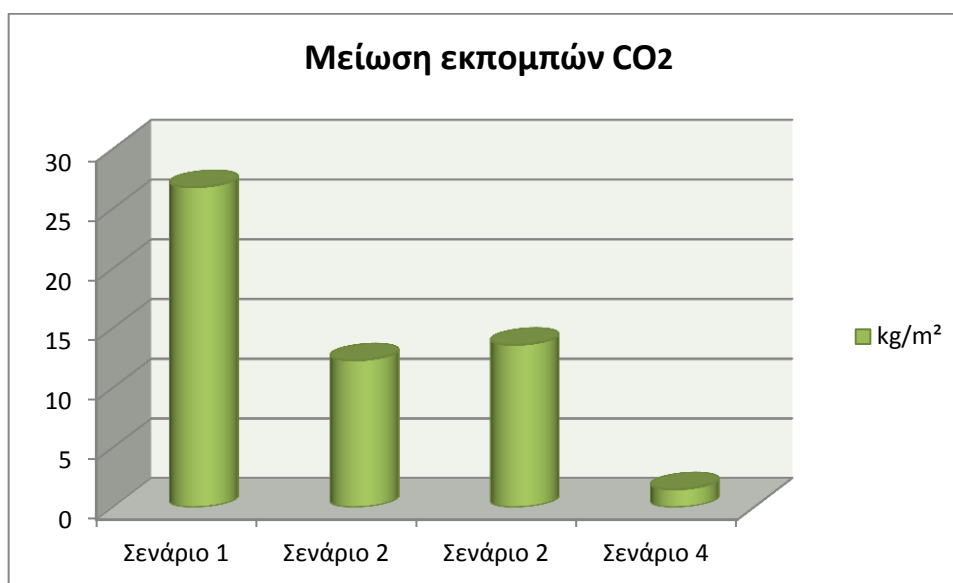


## Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας



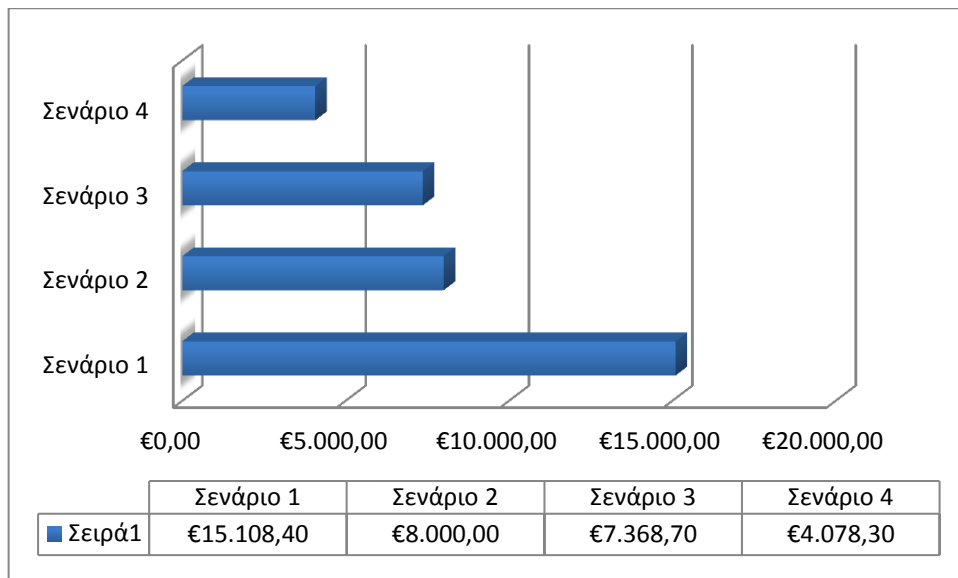
**Διάγραμμα 5.2:** Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας για κάθε ένα από τα σενάρια.

Με την τοποθέτηση εσωτερικής μόνωσης επιτυγχάνεται  $26,8 \text{ kg/m}^2$  εκπομπών  $\text{CO}_2$ , με την εγκατάσταση αντλίας θερμότητας  $12,3 \text{ kg/m}^2$ , με την τοποθέτηση μόνωσης στην οροφή  $13,6 \text{ kg/m}^2$  και με την αντικατάσταση των κουφωμάτων μόλις  $1,5 \text{ kg/m}^2$ . Αν και σε όλα τα άλλα εξεταζόμενα στοιχεία παρατηρείτε μία υπεροχή του σεναρίου 2 έναντι του σεναρίου 3 σε ότι αφορά τις εκπομπές  $\text{CO}_2$ , η τοποθέτηση μόνωσης στη στέγη επιτυγχάνει μεγαλύτερη μείωση.



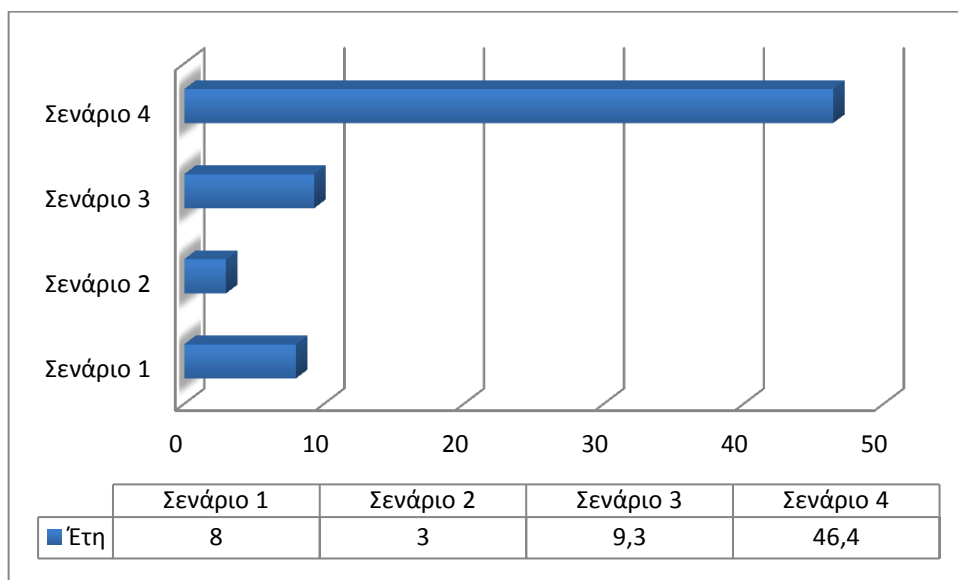
**Διάγραμμα 5.3:** Μείωση εκπομπών  $\text{CO}_2$  για κάθε ένα από τα σενάρια.

Σύμφωνα με διάγραμμα 5.4 που ακολουθεί η πιο οικονομική λύση είναι η αντικατάσταση των κουφωμάτων και η πιο ακριβή η τοποθέτηση μόνωσης, ενώ η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας και η μόνωση των στεγών & δωματίων του κτηρίου είναι δύο μέσες λύσεις που έχουν σχεδόν το ίδιο κόστος.



**Διάγραμμα 5.4:** Σύγκριση κόστους σεναρίων.

Αν και η τοποθέτηση εσωτερικής μόνωσης έχει το πιο υψηλό κόστος αυτό μπορεί να αποπληρωθεί μέσα σε 8 χρόνια, με το πιο άμεσο χρόνο αποπληρωμής να εμφανίζει το σενάριο 2 αυτό της εγκατάστασης αντλίας θερμότητας. Το κόστος της εγκατάστασης αντλίας θερμότητας μπορεί να αποσβεστεί σε μόλις τρία χρόνια. Την πιο αργή απόσβεση έχει η επιλογή της αντικατάστασης των κουφωμάτων η οποία ανέρχεται στα 46,4 έτη.



**Διάγραμμα 5.5:** Σύγκριση χρόνου αποπληρωμής σεναρίων

## 5.2 Συμπεράσματα

Η ενεργειακή αναβάθμιση των υπαρχόντων κτηρίων είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας στον κτηριακό τομέα, τη βελτίωση των επικρατουσών συνθηκών θερμικής άνεσης αλλά και για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών στις αστικές περιοχές. (Papadopoulos, Theodosiou and Karatzas, 2002) Χωρίς να μεταβάλλεται το κτηριακό κέλυφος, προστατεύοντας με αυτόν τον τρόπο τα αρχιτεκτονικά στοιχεία των ιστορικών κτηρίων μπορεί να επιτευχθεί μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης με χαμηλό κόστος και μεγάλη προστιθέμενη αξία, συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος και δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας. Από τα πιο αποτελεσματικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας σε ιστορικά κτήρια είναι η εσωτερική μόνωση και η εγκατάσταση αποδοτικών ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων όπως η αντλία θερμότητας η οποία και εξετάστηκε στη παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή. Η αντικατάσταση των κουφωμάτων με κουφώματα με διπλούς υαλοπίνακες έστω και αν επιφέρει ενεργειακή βελτίωση δεν προτείνεται από οικονομικής άποψης όπως συνέβη και στη μελέτη του Palazzo dell' Aquila Bosco – Lucarelli στο οποίο προτάθηκε η ενίσχυση της μόνωσης των κατακόρυφων τοίχων και η αντικατάσταση του λέβητα με άλλον πιο αποδοτικό ενώ η αντικατάσταση των υαλοστασίων θεωρήθηκε μία μη οικονομική επέμβαση (Ascione, de Rossi and Vanoli, 2011). Η τοποθέτηση μόνωσης είναι από τις πιο οικονομικά αποτελεσματικές επεμβάσεις σε αντίθεση με άλλα μέτρα (Jelle, 2011), καθώς πρόσφατες μελέτες επισημαίνουν ότι μέτρα όπως τα ηλιακά φωτοβολταϊκά και η χρήση αιολικής ενέργειας είναι πολύ λιγότερο αποδοτικά από την μόνωση ενός κτηρίου εκ των υστέρων. (McKinsey, 2009) Επίσης σημαντική για τα ιστορικά κτήρια είναι η προστιθέμενη αξία λόγω της ενεργειακής απόδοσης που λαμβάνεται επιπρόσθετα υπόψη σε δυνητικό κόστος της εξοικονόμησης ενέργειας. (Popescu et al., 2012) Τις μεγαλύτερες αποσβέσεις του κόστους εφαρμογής στη παρούσα μελέτη παρουσίασαν η τοποθέτηση εσωτερικής μόνωσης, η εγκατάσταση αντλίας θερμότητας και η τοποθέτηση μόνωσης στη στέγη.

## 5.3 Προτάσεις – Εισηγήσεις

Η ενημέρωση για τα οφέλη της εφαρμογής νέων ενεργειακών τεχνολογιών και της βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων, όπως επίσης για τα ισχύοντα θεσμικά – οικονομικά κίνητρα για την εφαρμογή ενεργειακών τεχνολογιών ακόμα και για τις Κοινοτικές Οδηγίες και τις υποχρεώσεις της Ελλάδας με ταυτόχρονη ευαισθητοποίηση των πολιτών είναι το πρώτο βήμα μίας εκστρατείας για την επίτευξη του στόχου της μείωσης των ενεργειακών

καταναλώσεων των ιστορικών κτηρίων και όχι μόνο. Επίσης ιδιαίτερη ενημέρωση και επιμόρφωση απαιτείται για όλους τους εμπλεκόμενους στη δόμηση.

Σημαντικά θεωρούνται τα οικονομικά κίνητρα για τους ιδιοκτήτες ιστορικών, διατηρητέων και παραδοσιακών κτηρίων τα οποία θα μπορούσαν να είναι τα ακόλουθα:

- ❖ Δημιουργία προγραμμάτων οικονομικής ενίσχυσης ενεργειακών επεμβάσεων που θα αφορούν την εξοικονόμηση ενέργειας σε ιστορικά κτήρια.
- ❖ Μείωση φόρων στις εμπορικές πράξεις (αγοραπωλησίες, γονικές παροχές) με συντελεστές που θα συσχετίζονται με την ενεργειακή κατηγορία στην οποία ανήκει το κτήριο..
- ❖ Μείωση φόρου ακίνητης περιουσίας.

Η πορεία προς την ενεργειακή αειφορία αναφέρεται στη σταδιακή υιοθέτηση των διαθέσιμων τεχνολογιών, τις πρακτικές και τις πολιτικές που μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο τομέα της ενέργειας παρέχοντας ταυτόχρονα ένα επαρκές επίπεδο ενεργειακών υπηρεσιών. (Manfren, Caputo and Costa, 2011)

## **5.4 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα**

Λόγω των περιορισμών του χρόνου για την εκπόνηση της παρούσας διατριβής αλλά και των δυνατοτήτων προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε για την επίλυση του προβλήματος δεν διερευνήθηκε η δυνατότητα χρησιμοποίησης Συστημάτων Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίων (Building Energy Management Systems – BEMS) για την ενεργειακή αναβάθμιση των ιστορικών κτηρίων. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες για την εφαρμογή συστημάτων διαχείρισης ενέργειας που έχουν επικεντρωθεί στον τομέα των κτηρίων ως αποτέλεσμα της συνεχόμενης αύξησης των δεικτών ενεργειακής έντασης και κατανάλωσης ενέργειας. Ο ρόλος των συστημάτων διαχείρισης ενέργειας των κτηρίων είναι γνωστός και σημαντικός από την άποψη αυτή για τη διαχείριση των καθημερινών ενεργοβόρων λειτουργιών ενός τυπικού κτηρίου. (Doukas, Nychtis and Psarras, 2009) Τα Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίων μέσα από τη διαρκή επιτήρηση και έλεγχο των συστημάτων ενέργειας ενός κτηρίου αποτελούν ένα συντονισμένο με μεγάλο βαθμό ακρίβειας σύστημα με ταυτόχρονη δυνατότητα ακριβούς καταγραφής των δαπανών ενέργειας και των συνθηκών άνεσης, μείωσης του λειτουργικού κόστους και δυνατότητα άμεσης επέμβασης σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης. Ο δε συνδυασμός ενός μοντέλου ελέγχου με

ένα Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίων (BEMS) μπορεί να προβλέψει τις εσωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες ενός κτηρίου και να επιλέγει αυτόματα τις καταλληλότερες ενέργειες ώστε να δημιουργούνται οι συνθήκες άνεσης των χρηστών του κτηρίου συμβάλλοντας στην ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος με την ταυτόχρονη ελαχιστοποίηση του ενεργειακού κόστους. (Kolokotsa et al., 2009)

Τα Συστήματα Ενεργειακής Διαχείρισης Κτηρίων έχουν επιφέρει σε πολλές περιπτώσεις σε κτήρια του τριτογενούς τομέα όπου θεωρούνται και τα πιο αποδοτικά, εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 20% έως 50%. Πιο συγκεκριμένα στα κτήρια γραφείων, καταστημάτων, ξενοδοχείων και νοσοκομείων συμβάλλουν κατά 30% στην εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και κατά 20% στην εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας. Τα BMS θεωρούνται ως το πιο αποδοτικό μέτρο για την εξοικονόμηση ενέργειας για τα ξενοδοχεία και τα κτήρια γραφείων και καταστημάτων. Λαμβάνοντας υπόψη ότι στη παρούσα εργασία ερευνήθηκαν μέτρα για εξοικονόμηση ενέργειας λαμβάνοντας ως πρότυπο ένα κτήριο με χρήση κατοικίας, χρήση που αποτελεί και την πλειοψηφία των υφιστάμενων κτηρίων του οικισμού προτείνεται ως αντικείμενο μιας μελλοντική μελέτης η εφαρμογή BEMS λαμβάνοντας ως πρότυπο ένα κτήριο του οικισμού με χρήση ξενώνα ή κατάστημα.

## Βιβλιογραφία

2002/91/EK (2002) *Οδηγία 2002/91/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 16ης Δεκεμβρίου 2002, για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων.*

2009/28/EK (2009) *Οδηγία 2009/28/EK του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009 σχετικά με την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των οδηγιών 2001/77/EK και 2003/30/EK .*

2009/29/EK (2009) *Οδηγία 2009/29/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Απριλίου 2009 για τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/EK με στόχο τη βελτίωση και την επέκταση του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου της Κοινότητας.*

2010/31/EK (2010) *Οδηγία 2010/31/EE του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του υμβουλίου της 19ης Μαΐου 2010 για την ενεργειακή απόδοση των κτηρίων.*

3encult, [Online], Available: <http://www.3encult.eu/en/casestudies/default.html> [10 Αύγουστος 2016].

5η ΕΒΑ (2001) *Μονεμβασία, Μία Πόλη Ταξιδεύει στο Χρόνο*, Αθήνα: Υπουργείο Πολιτισμού.

Ascione , F., Ceroni, F., Masi, R.F. and Rossi, F. (2015) 'Historical building: Multidisciplinary approach to structural / energy diagnosis and performance assessment', *Applied Energy*, 28 December.

Ascione, f., de Rossi, F. and Vanoli, G.P. (2011) 'Energy retrofit of historical buildings theoretical and experimental investigations for the modeling of reliable performance scenarios', *Energy and Buildings*, 8 August, pp. 1925-1936.

Balaras, C.A., Gaglia, A.G., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y. and Lalas, D.P. (2007) 'European Residential Buildings and Empirical Assessment of the Hellenic Residential Building Stock, Energy Consumption Emissions and potential Energy Savings', *Building & Environment*, pp. 1298-1314.

Baselga, S., Garrigues, P., Berne, J.L., Anquela, A.B. and Martin, A. (2011) 'Deformation Monitoring in Historic Buildings: A case study', *Survey Review*, pp. 484-492.

Bloszies, C. (2012) *Old Buildings, New Designs, Architectural Transformations*, New York: Priceton Architectural Press.

BPIE (2011) *Energy Performance Certificates across Europe: From design to implementation*, [Online], Available: [http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/BPIE\\_EPC\\_report\\_2010.pdf](http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/BPIE_EPC_report_2010.pdf) [8 Αύγουστος 2016].

Brundtland, G.H. (1987) *Our common future*, United Nations World Comission on Environment and Development: O.U. press.

CA EED, CA EPBD and CA RES (2013) *Towards assisting EU Member States on developing long term strategies for mobilising investment in building energy renovation (per EED Article 4)*, COMPOSITE DOCUMENT edition.

Canas, I. and Martin, S. (2004) 'Recover of Spanish vernacular construction as a model of bioclimatic architecture', *Building and Environment*, December, pp. 1477-1495.

Cantin, R., Burgholzer, J., Guarracino, G., Moujalled, B., Tamelikecht, S. and Royet, B.G. (2010) 'Field assessment of thermal behaviour of historical dwellings in France', *Building and Environment*, February, pp. 473-484.

CITYFACE (2016) *CITYFACE*, 21 Ιουλίου, [Online], Available: <http://www.cityface.gr/index.php/news/life/item/612-paramenei-se-ypsila-epipeda-to-ozon-stano-liosia-oi-kindynoi-gia-tin-ygeia> [10 Αύγουστος 2016].

civiltech (2016) *CivilTech*, [Online], Available: <http://www.civiltech.gr/products/Energy/EnergyCertificate> [2016].

*Climate for Culture*, [Online], Available: <http://www.climateforculture.eu/>.

De Berardinis, P., Rotilio, M., Marchionni, C. and Friedman, A. (2014) 'Improving the energy - efficiency of historic masonry buildings. A case study: A minor centre in the Abruzzo region, Italy', *Energy and Buildings*, September, pp. 415-423.

Doukas, H., Nychtis, C. and Psarras, J. (2009) 'Assesing energy - saving measures in buildings through an intelligent decision support model', *Building and Environment*, February, pp. 290-298.

EFFESUS (2012), [Online], Available: <http://www.effesus.eu/>.

English Heritage (2008) *English Conservation in Traditional Buildings*, [Online], Available: <http://www.greensuffolk.org/assets/Greenest-County/SGBN/Renewable-Energy/89410-energyconservation1.pdf> [1 Αύγουστος 2016].

EUROSTAT (2014) *EUROSTAT*, [Online], Available: <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/5785109/KS-EN-14-001-EN.PDF>.

Fabbre, K. (2013) 'Energy incidence of historic building: Leaving no stone unturned', *Journal of Cultural Heritage*, June, pp. e25-e27.

Feilden, B.M. (1994) *Conservation of Historic Buildings*, UK: Architectural Press.

Gaglia, A.G., Balaras, C.A., Misargedis, S., Georgopoulou, E., Sarafidis, Y. and Lalas, D.P. (2007) 'Empirical Assessment of the Hellenic Non-Residential Building Stock, Energy Consumption, Emissions and Potential Energy Savings', *Energy Conversion & Management*, pp. 1160-1175.

Gallo, C., Sala, M. and Sayigh, A.A.M. (1998) *Architecture: Comfort and Energy*, UK: ELSEVIER.

Grinzato, E., Bison, P.G. and Marinetti, S. (2002) 'Monitoring of ancient buildings by the thermal method', *Journal of Cultural Heritage*, April, pp. 21-29.

ICOMOS (2011) *International Council On Monuments and Sites*, [Online], Available: <http://www.icomos.org/en/> [5 Αύγουστος 2016].

IPCC (2007) *Intergovernmental Panel on Climate Change*, [Online], Available: [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_spm.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_spm.pdf) [8 Ιούλιος 2016].

- Jelle, P. (2011) 'Traditional, state - of- the - art and future thermal building insulation materials and solutions - properties, requirement and possibilities', *Energy and Buildings*, October, pp. 2549-2563.
- Jenkins, M. and Curtis, R. (2008) *Historic Scotland: Improving Energy Efficiency In Traditional Buildings*, [Online], Available: <http://conservation.historic-scotland.gov.uk/inform-energy-efficiency.pdf> [1 Αύγουστος 2016].
- Kolokotsa, D., Pouliezios, A., Stavrakakis, G. and Lazos, C. (2009) 'Predictive control techniques for energy and indoor environmental quality management in buildings', *Building and Environment*, September, pp. 1850-1863.
- Krier, R. (1979) *Urban Space*, New York: RIZOLLI.
- Lopez, C. and Frontini, F. (2014) 'Energy Efficiency and Renewable Solar Energy Integration in Heritage Historic Buildings', *Energy Procedia*, pp. 1493-1502.
- Makrodimitri, M. (2010) 'Energy efficient refurbishment of old listed dwellings. The case of Victorian housing stock', *Consilience: The Journal of Sustainable Development*, pp. 33-59.
- Manfren, M., Caputo, P. and Costa, G. (2011) 'Paradigm shift in urban energy systems through distributed generation: Methods and Models', *Applied Energy*, April, pp. 1032-1048.
- Martinez-Molina, A., Tort-Ausina, I., Cho, S. and Vivancos, J.-L. (2016) 'Energy efficiency and thermal comfort in historic buildings: A review', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, August, pp. 70-85.
- McKinsey (2009) *Pathways to a Low - Carbon Economy. Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*, McKinsey & Company.
- N.3661 (2008) *ΦΕΚ 117/Α/19-5-2008, Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και άλλες διατάξεις.*
- Papadopoulos, A.M., Theodosiou, T.G. and karatzas , K.D. (2002) 'Feasibility of energy saving renovation measures in urban buildings: The impact of energy prices and the acceptable pay back time criterion', *Energy and Buildings*, June, pp. 455-466.
- Popescu, D., Bienert, S., Schutzenhofer, C. and Boazu, R. (2012) 'Impact of energy efficiency measures on the economic value of buildings', *Applied Energy*, January, pp. 454-463.
- Pracchi, V. (2014) 'Historic Buildings and Energy Efficiency', *The Historic Environment: Policy & Practice*, pp. 210-225.
- Ronchini, C. and Haase, K. *Edinburgh World Heritage: Historic Home Guide*, [Online], Available: <http://www.ewht.org.uk/uploads/downloads/Energy%20Efficiency%20Guidebook%20Final.pdf> [8 Αύγουστος 2016].
- SECHURBA (2009) *SECHURBA*, [Online], Available: <http://www.sechurba.eu/files/Sechurba-Guide-GR-web.pdf> [8 Ιουλίου 2016].
- Shanthi Priya, R., Sundurraja, M.C., Radhakrishnan, S. and Vijayalakshmi, L. (2012) 'Solar passive techniques in the vernacular buildings of coastal regions in nagapattinam, TamiNadu-India - a qualitative and quantitative analysis', *Energy and Buildings*, June, pp. 50-61.



- Sporri, J. and Μπουρνάζου, Ε. (1980) 'Μονεμβασία: σημερινή κατάσταση και προτάσεις για οργάνωση', *αρχιτεκτονικά θέματα architecture in greece*, pp. 53-55.
- Svenfelt, A., Engstom, R. and Svane, O. (2011) 'Decreasing energy use in buildings by 50% by 2050 - A backcasting study using skateholder groups', *Technological Forecasting and Social Change*, June, pp. 785-796.
- TABULA (2012) *Typology Approach for Building Stoch Energy Assessment Main Results of the TABULA project. Final Project Report*, [Online], Available: [http://episcope.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA\\_FinalReport\\_AppendixVolume.pdf](http://episcope.eu/fileadmin/tabula/public/docs/report/TABULA_FinalReport_AppendixVolume.pdf) [8 Αύγουστος 2016].
- Tadeu, S., Freire, F., Rodrigues, C., Tadeu, A. and Simoes, N. (2015) 'Energy retrofit of historic buildings: Environmental assessment of cost - optimal solutions', *Journal of Building Engineering*, December, pp. 167-176.
- Tassiopoulou, T., Grindley, P.C. and Probert, S.D. (1996) 'Thermal Behaviour of an Eighteenth Century Athenian Dwelling', *Applied Energy*, April, pp. 383-398.
- TEE (2016), 1 Ιούλιος, [Online], Available: [www.tee.gr](http://www.tee.gr).
- Tweed, C. and Sutherland, M. (2007) 'Built cultural heritage and sustainable urban development', *Landscape and Urban Planning*, 12 November, pp. 62-69.
- UNFCCC United Nations (1998) *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, [Online], Available: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> [8 Ιούλιος 2016].
- Urban Buzz: Building sustainable communities* (2008), 12 Ιούνιος, [Online], Available: [http://www.ucl.ac.uk/urbanbuzz/projects\\_13.php](http://www.ucl.ac.uk/urbanbuzz/projects_13.php) [8 Ιούλιος 2016].
- Vieites, E., Vassileva, I. and Arias, J.E. (2015) 'European Initiatives Towards Improving the Energy Efficiency in Existing and Historic Buildings', *Energy Procedia*, August.
- WP4/D10:Energy Audit Reporting (2010) *Sechurba*, [Online], Available: [http://www.sechurba.eu/files/WP4.D10\\_Parliament\\_GR.pdf](http://www.sechurba.eu/files/WP4.D10_Parliament_GR.pdf) [8 Ιούλιος 2016].
- Αθανασόπουλος, Χ.Γ. (1997) *Προστασία Κτιρίων: θερμομόνωση, ηχομόνωση - ηχοπροστασία*, 2<sup>nd</sup> edition, Αθήνα.
- Γεώργας, Π.Κ. (2007) 'Επισκευή Οικίας και Ανακατασκευή Θόλου', in *Μελέτη Αποκατάστασης, Μονεμβασία*.
- Γκράτζιου, Ό. (2004) 'Οικιστικά σύνολα υπό καθεστώς προστασίας', *Θεωρία και Πρακτική για την αποκατάσταση ιστορικών οικισμών με σκοπό τις νέες χρήσεις, Μονεμβασία*, 59-72.
- Δασκαλάκη, Ε., Δρούτσα, Κ., Μπαλαράς, Κ. and Κοντογιαννίδης, Σ. (2011) *Τυπολογία Ελληνικών Κτηρίων Κατοικίας - Δυναμικό Εξοικονόμησης Ενέργειας*, *Intelligent Energy Europe*, [Online], Available: [http://www.energycon.org/tabula/tabula\\_book/book/book.html](http://www.energycon.org/tabula/tabula_book/book/book.html) [8 Ιούλιος 2016].
- Δασκαλάκη, Ε.Γ., Δρούτσα, Κ., Μπαλάρας, Κ.Α. and Κοντογιαννίδης, Σ. (2016) *EPISCOPE*, [Online], Available:

[http://episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/GR\\_TABULA\\_TypologyBrochure\\_NOA.pdf](http://episcopo.eu/fileadmin/tabula/public/docs/brochure/GR_TABULA_TypologyBrochure_NOA.pdf) [6 Αύγουστος 2016].

*Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία* (2015), [Online], Available: [www.hnms.gr](http://www.hnms.gr) [7 Αύγουστος 2016].

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ICOMOS (2011) *ΕΛΛΗΝΙΚΟ ICOMOS*, [Online], Available: <https://www.icomoshellenic.gr/> [6 Αυγούστου 2016].

ΕΛΣΤΑΤ (2011) *Ελληνική Στατιστική Αρχή*, [Online], Available: <http://www.statistics.gr/>.

ΕΛΣΤΑΤ (2014) *ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ - ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ 2011, Κατοικίες / νοικοκυριά ανέσεις*.

Ευθυμιάδης, Α., Γαλάνης, Ν. and Καλλιακούδη, Κ. (2014) *Εναλλακτικές τεχνολογίες θέρμανσης - εξοικονόμηση ενέργειας*, Αθήνα.

IEA (2014) *International Energy Agency*, [Online], Available: <https://www.iea.org/search/?q=energy+statistics#gsc.tab=0&gsc.q=energy%20statistics&gsc.page=3> [10 Αύγουστος 2016].

Κ.Εν.Α.Κ. (2010) *ΦΕΚ 407/Β'/9-5-2010: Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων*.

Καλλιγά, Χ.Α. (2004) 'Μονεμβασία: Η αποτίμηση μιας εμπειρίας', in Καλλιγά, Χ. and Μαλλιάρης, Α. (ed.) *Θεωρία και Πρακτική για την αποκατάσταση ιστορικών οικισμών με σκοπό τις νέες χρήσεις*, Αθήνα: ΕΣΤΙΑ.

Καλλιγάς, Α.Γ. and Καλλιγά, Χ.Α. (1996) *Ελληνική Παραδοσιακή Αρχιτεκτονική Μονεμβασία*, Αθήνα: ΜΕΛΙΣΣΑ.

Καλλιγάς, Α.Γ. and Καλλιγά, Χ.Α. (2006) *Μονεμβασία - Ξαναγράφοντας στα παλιμψηστα*, 1<sup>st</sup> edition, Αθήνα: ΠΟΤΑΜΟΣ.

Κατσώρης, Α.Δ. (1972) *Επαρχία Επιδαύρου Λιμηράς. Η Άγνωστος Χερσόνησος του Μαλέα. Ιστορία, Αρχαιολογία, Γεωγραφία από των Προϊστορικών μέχρι των Νεότερων Χρόνων*, Αθήνα.

Κορωναίος, Α.Γ. and Πουλάκος, Γ.Ι. (2005) *Τεχνικά Υλικά*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο.

Κουδούνη, Α. (2014) 'Το θεσμικό πλαίσιο προστασίας των παραδοσιακών οικισμών. Επικαλύψεις αρμοδιοτήτων, αδυναμίες στη συστηματοποίηση κριτηρίων προστασίας και προβλήματα εφαρμογής', Ημερίδα: Προστασία Παραδοσιακών Οικισμών & Σύγχρονος Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός, Καλαμάτα.

Κουτσογιαννόπουλος, Γ. (2001) *Η Μονεμβασία και η Ενδοχώρα της. Μία περιήγηση στον τόπο και στο χρόνο.*, Αθήνα.

Κουτσογιαννόπουλος, Γ.Δ. (2010) *Μονεμβασία η Θαλασσοκρατήσασα: Μία Περιήγηση στον Τόπο και τον Χρόνο*, Αθήνα.

Λάββας, Γ. (1984) *Προστασία μνημείων και συνόλων - Βασικές έννοιες, ιδεολογία και μεθοδολογία*, Θεσσαλονίκη: Α.Π.Θ.

Λάλας, Δ., Μπαλαράς, Α., Γαγλία, Α., Γεωργοπούλου, Ε., Μοιρασγεντής, Σ., Σαραφίδης, Ι. and Ψωμάς, Σ. (2002) 'Διερεύνηση Υποστηρικτικών Πολιτικών για την προώθηση των μέτρων πολιτικής

του ΥΠΕΧΩΔΕ Σχετικά με Μείωση των Εκπομπών CO<sub>2</sub> στον Οικιακό - Τριτογενή Τομέα', in ΙΕΠΒΑ *Τελική Τεχνική Έκθεση*, Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.

Μαμαλούκος, Σ. (2009) *Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών*, [Online], Available: [http://users.uoa.gr/~nektar/history/articles/stavros\\_mamaloukos\\_arxitektonikh\\_klhronomia\\_kindynoi\\_ellada.htm](http://users.uoa.gr/~nektar/history/articles/stavros_mamaloukos_arxitektonikh_klhronomia_kindynoi_ellada.htm) [8 Ιούλιος 2016].

Μαρούλας, Β. (2011) 'Βιοκλιματικός Αρχιτεκτονικός Σχεδιασμός', in Αραβαντινός, Δ. (ed.) *Οδηγός Ενεργειακού Σχεδιασμού*, 1<sup>st</sup> edition, Θεσσαλονίκη: ΚΤΙΡΙΟ.

Μητούλα, Ρ. (1999) 'Η προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς: Η προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς ως παράγοντας διατήρησης της φυσιογνωμίας της πόλης', *Αρχαιολογία & Τέχνες*, Σεπτέμβριος, pp. 67-71.

Μοροπούλου, Α. and Λαμπρόπουλος, Κ. *Δομικά Υλικά και Εξοικονόμηση Ενέργειας*, [Online], Available: <https://ocw.aoc.ntua.gr/modules/document/file.php/CHEMENG114/Building%20materials%20and%20energy%20efficiency%20of%20buildings.pdf> [8 Ιούλιος 2016].

Ν. 3028 (2002) *ΦΕΚ 153/Α'/28-6-2002*, Για την προστασία των αρχαιοτήτων και εν γένει της Πολιτιστικής Κληρονομιάς.

Ν. 3937/2011 (2011) *Διατήρηση της βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις*.

Ν. 4122 (2013) *ΦΕΚ 42/Α/19-2-2013*, Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις.

Ν.3017 (2002) *ΦΕΚ 117/Α'/30-5-2002*, Κύρωση του πρωτοκόλλου του Κιότο στη Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την αλλαγή του κλίματος.

Νομικός, Μ. (2004) *Αποκατάσταση, Επανάχρηση ιστορικών Κτηρίων και Συνόλων: Μεθοδολογία - Εφαρμογές*, Θεσσαλονίκη: Α.Π.Θ.

Παπουλάκου, Α. (2011) *Monumenta*, 4 Jan, [Online], Available: <http://www.monumenta.org/article.php?issueID=2&ArticleID=557&CategoryID=3&lang=gr> [8 Ιούλιος 2016].

Πέρδιος, Σ.Δ. (2011) *Οδηγός εκπόνησης μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίου*, Αθήνα: ΣΕΛΚΑ - 4Μ ΕΠΕ.

Σαρτζετάκης, Ε., Καρατζόγλου, Ο. and Καρατζόγλου, Β. (2009) 'Αποτίμηση του EU-ETS (2005-08) και των επιπτώσεων του στις ελληνικές επιχειρήσεις. Εκτιμήσεις για την μετά-Κιότο εποχή', in Τσάλτας, Γ.Ι. *Κλιματική Αλλαγή: Το περιβάλλον μετά τη διεθνή διάσκεψη των Η.Ε. στο Μπαλί*, 1<sup>st</sup> edition, Αθήνα: Ι. ΣΙΔΕΡΗΣ.

Σβορώνος, Ν. (1981) 'Παράδοση και ελληνική ταυτότητα', Β' Συμπόσιο του Συνδέσμου Σύγχρονης Τέχνης, Αθήνα.

Σπυροπούλου, Σ. (2011) *Οδηγός Ενεργειακού Σχεδιασμού*, 1<sup>st</sup> edition, Αθήνα: ΚΤΙΡΙΟ.

ΤΕΕ (2012) *Εκπαιδευτικό υλικό του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας για τους Ενεργειακούς Επιθεωρητές*, Αθήνα: ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ.

ΤΕΕ Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, [Online], Available: [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/TEEKENAK\\_FAQ/Tab](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/TEEKENAK_FAQ/Tab) [11 Αύγουστος 2016].

Τελλάκη, Μ.-Ρ. (2013) *Η πολιτιστική κληρονομιά της Λάρισας ως μοχλός για τη βιώσιμη ανάπτυξη της*, [Online], Available: [http://grsa.prd.uth.gr/conf2013/53\\_tellaki\\_ersagr13.pdf](http://grsa.prd.uth.gr/conf2013/53_tellaki_ersagr13.pdf) [8 Ιούλιος 2016].

Τζανακάκη, Ε. ΚΑΠΕ, [Online], Available: [http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/cres\\_14/Tzanakaki%20%2030-5-14%20NZEb.pdf](http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/cres_14/Tzanakaki%20%2030-5-14%20NZEb.pdf).

Τζεφέρης, Π. (2010) *Ελληνικός Ορυκτός Πλούτος*, 10 Δεκεμβρίου, [Online], Available: [http://www.oryktosploutos.net/2010/12/blog-post\\_10.html#.V77GlaNf0iQ](http://www.oryktosploutos.net/2010/12/blog-post_10.html#.V77GlaNf0iQ) [3 Αύγουστος 2016].

ΤΟΤΕΕ 20701-1 (2012) *Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης*, Αθήνα: ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ.

ΤΟΤΕΕ 20701-2 (2012) *Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων*, Αθήνα: ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ.

ΤΟΤΕΕ 20701-3 (2012) *Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών*, Αθήνα: ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ.

ΤΟΤΕΕ 20701-4 (2012) *Οδηγίες και έντυπα ενεργειακών επιθεωρήσεων κτηρίων, λεβήτων & εγκαταστάσεων θέρμανσης και εγκαταστάσεων κλιματισμού*, Αθήνα: ΙΕΚΕΜ ΤΕΕ.

ΥΠΕΚΑ (2011) *Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων*, [Online], Available: [http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC\\_WORK/GR\\_ENERGEIAS/kenak/guide%20energiakis%20epitheorisis.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/guide%20energiakis%20epitheorisis.pdf) [20 Ιούνιος 2016].

ΥΠΕΚΑ (2014) *Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος*, Αθήνα.

ΥΠΕΚΑ and ΚΑΠΕ (2014) *Εθνικό σχέδιο Δράσης Ενεργειακής Απόδοσης - Σύμφωνα με την παρ. 2 του Άρθρου 24 της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ*, Αθήνα.

Φλώρος, Χ. (2014) *greekARCHITECTS*, 6 Ιούνιος, [Online], Available: <http://www.greekarchitects.gr/gr/architects-eye-view/ελληνική-παραδοσιακή-βιοκλιματική-αρχιτεκτονική-id8960> [1 Αύγουστος 2016].

Χατζηνώτα, Α. (2009) 'Προστασία της αρχιτεκτονικής κληρονομιάς: Θεωρητική Προσέγγιση, Έννοιες της Αποκατάστασης, Ιστορική Προσέγγιση', in ΤΕΕ Θ' Κύκλος σεμιναρίων μικρής διάρκειας. Σεπτέμβριος - Οκτώβριος 2009.