



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)

"ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ"

**"Εξέταση της χρήσης κονιαμάτων
ειδικής σύνθεσης και διερεύνηση της
επίδρασής τους στην θερμική
συμπεριφορά δομικών μελών κτιρίων"**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΡΟΥΠΑ Π. ΕΛΕΝΗ

Διπλωματούχου Αρχιτέκτονα Μηχανικού Π.Κ.

ΕΠΙΒΛΕΨΗ:

Ε.ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ

Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2016



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)

"ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ"

**"Εξέταση της χρήσης κονιαμάτων
ειδικής σύνθεσης και διερεύνηση της
επίδρασής τους στην θερμική
συμπεριφορά δομικών μελών κτιρίων"**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΡΟΥΠΑ Π. ΕΛΕΝΗ

Διπλωματούχου Αρχιτέκτονα Μηχανικού Π.Κ.

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Ε.ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ, Επίκουρη Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

Ε.ΜΠΑΔΟΓΙΑΝΝΗΣ, Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Κ. ΤΣΑΚΑΛΑΚΗΣ, Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, Ιούνιος 2016

Ευχαριστώ ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτρια της διπλωματικής μου κ.α Ελένη Αλεξάνδρου για την συνεργασία και τον χρόνο της και τον κ. Παναγιώτη Γκατσόπουλο για την πολύτιμη συμβολή του στην κατανόηση και εκμάθηση του προγράμματος *Design Builder*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση της επίδρασης ειδικών κονιαμάτων στην φυσική συμπεριφορά δομικών μελών παραδοσιακής κατοικίας. Σε πρώτο στάδιο μελετάται το Αρχοντικό των Μπενιζέλων, κτίριο μεταβυζαντινής περιόδου στην Πλάκα, ίσως το παλαιότερο σωζόμενο στην Αθήνα. Για την ανάλυσή του χρησιμοποιείται το πρόγραμμα προσομοίωσης Design Builder και με την χρήση του Energy Plus διεξάγονται αποτελέσματα σχετικά με την θερμική συμπεριφορά του συνόλου του κτιρίου, των δύο ανόμοιων μεταξύ τους ορόφων, των διαφορετικών χώρων και των δομικών μελών των τοιχοποιιών. Σε επόμενο στάδιο και ύστερα από σχετική έρευνα επιλέγονται φυσικά κονιάματα ειδικής σύνθεσης, τα οποία διαθέτουν σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες και τοποθετούνται στις τοιχοποιίες. Η χρήση αυτών είναι είτε ως κονιάματα δόμησης και ενεμάτων είτε ως θερμομονωτικά επιχρίσματα. Στην συνέχεια επιλέγονται δύο εξ αυτών, ένα από κάθε κατηγορία και προσομοιώνονται στο κτίριο με διάφορους συνδυασμούς. Σκοπός είναι η επίτευξη της βέλτιστης θερμικής άνεσης στο εσωτερικών των χώρων, με τα ιδανικά θερμικά κέρδη των δομικών μελών για διαφορετικές χρονικές περιόδους.

ABSTRACT

Object of this study is to evaluate the impact of special mortars on the thermal behavior of building's structural members. This study refers in a recently restored, two-storey Post Byzantine historic building, which is located in the centre of Athens. Design Builder simulation program, is used for the design and then it is simulated by Energy Plus. Afterwards, there are conducted results about the thermal behavior of the building envelope, the two dissimilar floors and the different masonry constructions. It is following a research concerning on special composition mortars, of significant thermal insulation properties. These are imported on building envelope either as mortar joints and grouts or as insulating renders. After these materials being evaluated, two of them are selected, one for each category and they are variously combined and simulated. Aim of this work, is to achieve the optimum thermal comfort of indoor spaces with the ideal heat gains of structural members for different periods of time.

Πίνακας περιεχομένων

A' ΜΕΡΟΣ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ - ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ.....	3
2.1 ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ	3
2.2 ΧΡΗΣΗ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ	4
2.3 ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ.....	6
2.3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΟΣ	6
2.4 ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΑ ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ	7
2.5 ΦΘΟΡΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ	10
2.5.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	11
2.5.2 ΦΘΟΡΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ	11
2.6 ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	12
2.7. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	13
2.8 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΦΘΟΡΩΝ	15
2.8.1 ΠΛΗΡΩΣΗ ΡΩΓΜΩΝ ΜΕ ΚΟΠΑΝΙΣΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ	15
2.8.2. ΕΝΕΜΑΤΑ	15
2.9 ΥΛΙΚΑ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΦΘΟΡΩΝ	16
2.10 ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΩΝ	17
2.11 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	18
3. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ.....	22
3.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	22
3.2 ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ	23
3.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ	24
3.4 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	25
3.4.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.....	25
3.4.2 ΦΥΣΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.....	26
3.5 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΣΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	28
3.6 ΩΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ.....	29
3.6.1 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ	29
3.6.2 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ.....	30
3.7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	32
4. ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣ	33

4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΩΝ	33
4.1.1 ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	35
4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΩΝ	37
4.3 ΦΘΟΡΕΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΩΝ	39
4.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	41
Β' ΜΕΡΟΣ: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	42
5. ΑΡΧΟΝΤΙΚΟ ΜΠΕΝΙΖΕΛΩΝ	42
5.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	44
5.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49
6. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ DESIGN BUILDER	50
7. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	52
7.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ	52
7.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	57
7.2.1 ΙΣΟΓΕΙΟ	58
7.2.1.1 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ	60
7.2.2 ΟΡΟΦΟΣ	61
7.2.2.1 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΟΡΟΦΟΥ	64
7.2.3 ΕΞΩΦΥΛΛΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ	66
7.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	67
7.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68
Γ' ΜΕΡΟΣ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	59
8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	69
8.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ	70
8.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΡΟΦΩΝ	72
8.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΩΡΩΝ	75
8.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΜΕΛΩΝ	79
9. ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	93
9.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ	93
10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ - ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ	100
10.1 ΕΝΕΜΑΤΑ - ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΔΟΜΗΣΗΣ	101
10.2. ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ	104
10.3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	110
11. ΣΕΝΑΡΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ	111
11.1 ΣΕΝΑΡΙΟ 1	111

11.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 2.....	114
11.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3	117
11.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 4.....	123
11.5 ΣΕΝΑΡΙΟ 5	128
11.6 ΣΕΝΑΡΙΟ 6.....	137
11.7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	141
Δ' ΜΕΡΟΣ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	142
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	145

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Χρονολογίες χρήσης διαφόρων ειδών κονιαμάτων	10
Πίνακας 2: Θερμικές Ιδιότητες Δομικών Μελών Ισογείου Ι	59
Πίνακας 3: Θερμικές Ιδιότητες Δομικών Μελών Ισογείου ΙΙ	60
Πίνακας 4: Παράθυρα Ισογείου	60
Πίνακας 5: Πόρτες Ισογείου	61
Πίνακας 6: Θερμικές Ιδιότητες Δομικών Μελών Ορόφου Ι	61
Πίνακας 7: Θερμικές Ιδιότητες Δομικών Μελών Ορόφου Ι	62
Πίνακας 8: Παράθυρα Ορόφου.....	65
Πίνακας 9: Πόρτες Ορόφου.....	66
Πίνακας 10: Λίθινοι με ανοιχτά και κλειστά εξώφυλλα	83
Πίνακας 11: Επίδραση της λειτουργίας των εξώφυλλων στις επιφανειακές θερμοκρασίες των ξυλόπηκτων	87
Πίνακας 12: Επίδραση φεγγιτών νότιου λίθινου στην επιφανειακή θερμοκρασία του βόρειου ξυλόπηκτου	88
Πίνακας 13: Συγκριτική επίδραση της λειτουργίας των εξώφυλλων σε λίθινους και ξυλόπηκτους.....	91
Πίνακας 14: Θερμικές ιδιότητες ειδικών κονιαμάτων	101
Πίνακας 15: Σύγκριση κονιαμάτων δόμησης.....	102
Πίνακας 16: Επίδραση των θερμομονωτικών επιχρισμάτων στους λίθινους και ξυλόπηκτους τοίχους.....	106
Πίνακας 17: Σύγκριση λίθινων τοίχων ισογείου με εσωτερικό επίχρισμα και χωρίς-Καλοκαίρι	114

Πίνακας 18: Σύγκριση λίθινων τοίχων ισογείου με εσωτερικό επίχρισμα και χωρίς- Χειμώνας	115
Πίνακας 19: Θερμικές Ιδιότητες θερμομονωτικών πανέλων	124
Πίνακας 20: Επιφανειακές Θερμοκρασίες νότιου λίθινου τοίχου με την χρήση εσωτερικής θερμομόνωσης.....	125
Πίνακας 21: Επιφανειακές Θερμοκρασίες ξυλόπηκτου τοίχου με την χρήση εσωτερικής θερμομόνωσης.....	126
Πίνακας 22: Σύγκριση συντελεστών θερμοπερατότητας	128

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Κατηγορίες Λιθοδομών	33
Εικόνα 2: Κατηγορίες Πλινθοδομών	34
Εικόνα 3: Κατηγορίες Παραδοσιακών Τοιχοποιιών.....	36
Εικόνα 4: Φωτογραφίες του Αρχοντικού Μπενιζέλων πριν και μετά τις εργασίες αποκατάστασης (Τριανταφύλλου, Γ. ,2015)	43
Εικόνα 5: Κάτοψη Ισογείου	47
Εικόνα 6: Κάτοψη Ορόφου.....	48
Εικόνα 7: Δύο τύποι Ξυλόπηκτων Τοιχοποιιών	54
Εικόνα 8: Αξονομετρικές Απεικονίσεις του μοντέλου	56
Εικόνα 9: Αξονομετρικές Όψεις Κτιρίου μετά την τοποθέτηση των υλικών	63
Εικόνα 10: Σκίαση νότιας πλευράς ορόφου.....	71
Εικόνα 11: Σύγκριση δύο ημερών του χειμώνα με ηλιοφάνεια και χωρίς.....	73
Εικόνα 12: Σύγκριση θερμοκρασιών Ορόφου με ανοιχτά και κλειστά εξώφυλλα.....	74
Εικόνα 13: Χειμερινός Οντάς.....	76
Εικόνα 14: Θερινός Οντάς	77
Εικόνα 15: Σύγκριση λίθινων τοιχοποιιών ίδιου προσανατολισμού	79
Εικόνα 16: Σύγκριση λίθινων τοιχοποιιών διαφορετικού προσανατολισμού	81
Εικόνα 17: Ανάλυση Νότιας λίθινης τοιχοποιίας, ημέρα με ηλιοφάνεια και χωρίς	84
Εικόνα 18: Σύγκριση βόρειων ξυλόπηκτων τοιχοποιιών ορόφου	85
Εικόνα 19: Σύγκριση λίθινων και ξυλόπηκτων τοιχοποιιών	90
Εικόνα 20: Επίδραση των ανοιχτών παραθύρων κατά την διάρκεια της νύχτας στον νότιο λίθινο τοίχο	92

Εικόνα 21: Πραγματικές μετρήσεις ισογείου.....	95
Εικόνα 22: Αποτελέσματα προσομοίωσης ισογείου	96
Εικόνα 23: Πραγματικές μετρήσεις ορόφου.....	97
Εικόνα 24: Αποτελέσματα προσομοίωσης ορόφου	98
Εικόνα 25: Σύγκριση υπάρχοντος με νέο κονιάμα δόμησης	103
Εικόνα 26: Σύγκριση θερμομονωτικών επιχρισμάτων	108
Εικόνα 27: Σύγκριση Σεναρίου 1 με Υπάρχουσα κατάσταση (Θερμοκρασίες).....	112
Εικόνα 28: Σύγκριση Σεναρίου 1 με Υπάρχουσα κατάσταση (Θερμικά Κέρδη)	113
Εικόνα 29: Σύγκριση θερμικών κερδών του λίθινου τοίχου του ισογείου	116
Εικόνα 30: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Νότιος Λίθινος Τοίχος - Καλοκαίρι	118
Εικόνα 31: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Νότιος Λίθινος Τοίχος - Χειμώνας	118
Εικόνα 32: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Νότιος Λίθινος Τοίχος - Θερμικά Κέρδη	119
Εικόνα 33: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος - Καλοκαίρι	120
Εικόνα 34: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος - Χειμώνας	121
Εικόνα 35: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος - Θερμικά Κέρδη	122
Εικόνα 36: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος - Καλοκαίρι	129
Εικόνα 37: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος - Χειμώνας	130
Εικόνα 38: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος - Θερμικά κέρδη	131
Εικόνα 39: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Νότιος Λίθινος Τοίχος - Καλοκαίρι	132
Εικόνα 40: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Νότιος Λίθινος Τοίχος - Χειμώνας	132
Εικόνα 41: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Νότιος Λίθινος Τοίχος - θερμικά κέρδη.....	133
Εικόνα 42: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Βόρειος Ξυλόπηκτος Τοίχος - Καλοκαίρι	134
Εικόνα 43: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Βόρειος Ξυλόπηκτος Τοίχος - Χειμώνας	136

Εικόνα 44: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Βόρειος Ξυλόπηκτος Τοίχος-Θερμικά κέρδη	136
Εικόνα 45: Σύγκριση εσωτερικής και εξωτερικής θερμομόνωση βόρειων λίθινων και ξυλόπηκτων	138
Εικόνα 46: Επίδραση του πάχους και της αντανακλαστικότητας του επιχρίσματος στους νότιους λίθινους τοίχους.....	139

A' ΜΕΡΟΣ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η θερμική συμπεριφορά δομικών μελών παραδοσιακής κατοικίας και η ανταπόκριση αυτών στην προσθήκη κονιαμάτων φυσικής προέλευσης με ειδικά χαρακτηριστικά.

Η μελέτη πραγματοποιείται στο Αρχοντικό των Μπενιζέλων, μεταβυζαντινής περιόδου κτίριο, το οποίο βρίσκεται στην Πλάκα, στην οδό Αδριανού 96 και αποτελεί πιθανότατα το παλαιότερο σωζόμενο στην Αθήνα. Αναλύονται τα δύο διαφορετικά είδη τοιχοποιίας που συναντώνται σε αυτό, λίθινες και ξυλόπηκτες και ο τρόπος που ανταποκρίνονται θερμικά στα ειδικά κονιάματα. Η διερεύνηση των αποτελεσμάτων χρήσης των ειδικών υλικών είναι άμεσα συνυφασμένη με τον προσανατολισμό, τις αναλογίες πλήρων και κενών και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Σκοπός της εργασίας είναι ο κατάλληλος συνδυασμός υλικών που θα βελτιώνει την θερμική απόδοση των τοιχοποιιών και επομένως θα οδηγήσει σε ιδανικότερες συνθήκες εσωτερικού χώρου. Απώτερος στόχος, είναι η όλο και μικρότερη ανάγκη για κατανάλωση ενέργειας που σχετίζεται με την θερμική άνεση, μέσα από τον βέλτιστο σχεδιασμό και επιλογή υλικών. Για τον λόγο αυτό, πραγματοποιείται επισταμένη έρευνα στα δομικά μέλη, χωρίς να συνυπολογίζονται θερμικά κέρδη από την ανθρώπινη δραστηριότητα και χωρίς την χρήση ψύξης και θέρμανσης, με αποκλειστική προσήλωση στο δομικό σύστημα.

Για την διεξαγωγή συμπερασμάτων χρησιμοποιείται το πρόγραμμα Design Builder, όπου σχεδιάζεται το σύνολο του κτιρίου και με την χρήση του Energy Plus, πραγματοποιούνται προσομοιώσεις.

Αρχικά εξετάζεται το κτίριο στην παρούσα φάση, μετά την ολοκλήρωση των εργασιών αποκατάστασης, απ' όπου εξάγονται πληροφορίες για την συμπεριφορά των τοιχοποιιών, ανάλογα με τα κατασκευαστικά τους υλικά, τη

θέση τους στο κτίριο, την επιρροή που δέχονται από παράγοντες όπως η χρήση των κουφωμάτων και των εξωφύλλων.

Μετά από εμπειριστατωμένη έρευνα, συλλέγονται στοιχεία για μια σειρά από ειδικά κονιάματα διαφορετικής χρήσης, τα οποία τοποθετούνται στις τοιχοποιίες, είτε ως κονιάματα δόμησης, είτε ως θερμομονωτικά επιχρίσματα. Όλα τα υλικά τα οποία εξετάζονται είναι φυσικά, χωρίς τσιμέντο και περιέχουν ειδικά συνθετικά συστατικά, τα οποία προσδίδουν στο τελικό προϊόν ιδιαίτερες ιδιότητες, όπως μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας και μειωμένο ειδικό βάρος και πυκνότητα.

Στην τελευταία ενότητα, χρησιμοποιούνται από τα παραπάνω κονιάματα εκείνα που απέδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα και γίνεται έλεγχος της θερμικής συμπεριφοράς των λίθινων και ξυλόπηκτων τοιχοποιιών μέσα από διαφορετικούς συνδυασμούς χρήσης αυτών. Τέλος, εξετάζεται η χρήση θερμομόνωσης και η απόδοση των δομικών μελών με την ανάλυση διαγραμμάτων θερμικών κερδών και επιφανειακών θερμοκρασιών.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προαναφερθείσας μελέτης και εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με την θερμική συμπεριφορά τοιχοποιιών, ανόμοιων ως προς το είδος κατασκευής και τον προσανατολισμό, σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Γίνεται μια προσπάθεια εξατομίκευσης των αναγκών των μελών της κατασκευής, με βάση τα αποτελέσματα ανάλυσης, με τελικό στόχο την καλύτερη ενεργειακή απόδοση του συνόλου του κτιρίου. Τέλος, επιχειρείται ταυτόχρονα, μια σχετική κατηγοριοποίηση αναφορικά με την χρήση κονιαμάτων ειδικής σύνθεσης, όσο αυτό επιτρέπεται καθώς κάθε περίπτωση κτιρίου είναι μοναδική και χρήζει επανεξέτασης του τρόπου χρήσης και σχεδιασμού των υλικών.

2. ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ - ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ

Το κεφάλαιο που ακολουθεί αφορά στο βασικό κομμάτι με το οποίο καταπιάνεται η συγκεκριμένη εργασία, στα κονιάματα, τα οποία χρησιμοποιούνται τόσο σε καινούριες όσο και σε υφιστάμενες κατασκευές. Αρχικά, παρατίθενται γενικές πληροφορίες σχετικά με την σύσταση και χρήση τους και την επίδραση που έχουν στις μηχανικές και θερμικές ιδιότητες των δομικών στοιχείων και των κτιρίων γενικότερα. Στην συνέχεια, αναλύεται η πορεία χρήσης των κονιαμάτων στην διάρκεια των χρόνων, μέσα από μια ιστορική αναδρομή και το είδος που κατά καιρούς προτιμάται σε ιστορικά κτίρια, διαφόρων περιοχών, στα διάφορα στάδια των αποκαταστάσεων τους, για λιθόκτιστες κατασκευές και οπτοπλινθοδομές. Τέλος, διερευνώνται οι αιτίες φθοράς των κονιαμάτων και οι τρόποι συντήρησης και αποκατάστασης αυτών σε υπάρχοντα κτίρια, δίνοντας βάση στην ανάγκη για συμβατότητα μεταξύ των υλικών γειτνίασης.

2.1 ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ

Κονίαμα καλείται το υλικό το οποίο σχηματίζεται από την σύνθεση άμμου ή αδρανών γενικότερα, υγρού το οποίο είναι συνήθως νερό και μίας η περισσότερων συνδετικών υλών ή κονιών. Συχνά, το μίγμα του κονιάματος εμπλουτίζεται με ειδικά πρόσθετα, τα οποία προσδίδουν ιδιαίτερες ιδιότητες στο τελικό προϊόν ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται. Οι διαφορετικές κονίες και οι αναλογίες των τριών αυτών συστατικών, καθορίζουν το τελικό προϊόν και τα τεχνικά του χαρακτηριστικά. Η ταυτότητα του κάθε κονιάματος ορίζεται από την αναλογία $\alpha:\beta$, όπου α τα μέρη του όγκου της κονίας και β τα μέρη του όγκου της άμμου. Κατά το αρχικό στάδιο της παραγωγής του, το κονίαμα βρίσκεται υπό μορφή πολτού, έχει πλαστικές ιδιότητες και μπορεί να υποστεί επεξεργασία ως προς το σχήμα του, χωρίς να αλλοιώνονται οι ιδιότητές του. Στο επόμενο στάδιο, πραγματοποιείται η σταδιακή του σκλήρυνση, η χρονική διάρκεια της οποίας εξαρτάται από το είδος της κονίας.

2.2 ΧΡΗΣΗ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ

Τα κονιάματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διαφορετικούς τρόπους σε μια κατασκευή. Μια από τις πιο συχνές και διαδομένες, είναι ως **συνδεδετικά υλικά**, όπου χρησιμοποιούνται κατά την δόμηση των τοιχοποιιών, είτε αποτελούνται από φυσικούς είτε από τεχνητούς λίθους. Το κονίαμα, σε αυτή την περίπτωση, φέρει σημαντικό ρόλο στην αντοχή της κατασκευής.

Οι κύριες λειτουργίες σε αυτή την κατηγορία είναι οι εξής:

- Κονίαμα για την προστασία από την διείσδυση του νερού και την αισθητική αποκατάσταση.
- Ως ένεμα, δηλαδή υλικό πλήρωσης των κοιλοτήτων της τοιχοποιίας
- Ως το υλικό πλήρωσης της μάζας μεταξύ των επιφανειών των λιθοσωμάτων.
- Ως συνδεδετικό υλικό σε οροφές και στέγες.

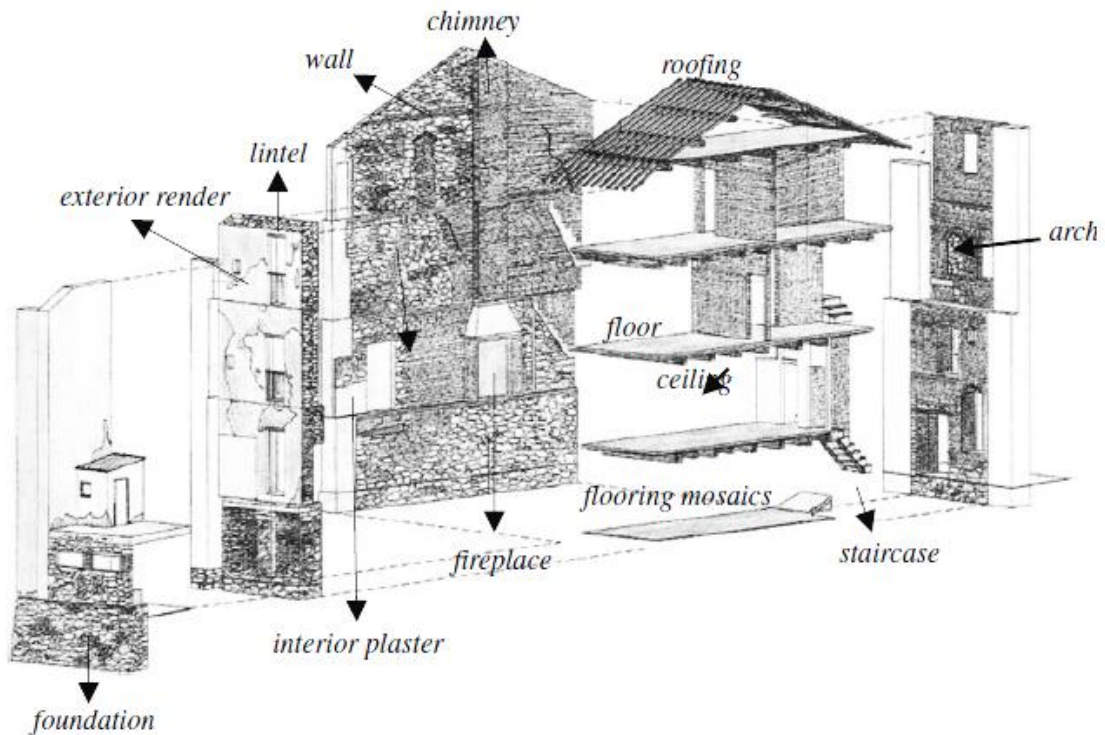
Μια δεύτερη χρήση του κονιάματος, είναι ως **καλυπτικό και μονωτικό υλικό**. Χρησιμοποιείται για λόγους βελτίωσης της εμφάνισης των τελικών επιφανειών και συνήθως έχει πάχος 2.5-3.5cm. Αναλόγως αν θα τοποθετηθεί σε εσωτερική ή εξωτερική επιφάνεια του κτιρίου, πρέπει να χαρακτηρίζεται από διαφορετικές ιδιότητες.

Οι κύριες λειτουργίες σε αυτή την κατηγορία είναι οι εξής:

- Ως εξωτερικό κονίαμα επίστρωσης, δηλαδή ένα επίχρισμα εξωτερικής επιφάνειας, που προορίζεται για προστασία από την διείσδυση υγρασίας, ως θερμομονωτικό και ηχομονωτικό. Εξαιτίας της θέσης του στο κτίριο, πρέπει να αντέχει στις εκάστοτε καιρικές συνθήκες και στις μηχανικές καταπονήσεις. Οι διάφορες ιδιότητες που μπορεί να κατέχουν (θερμομονωτικά ηχομονωτικά κλπ) οφείλονται σε κάποια ειδικά πρόσθετα, τα οποία εισάγονται κατά το στάδιο της παραγωγής.
- Ως επισκευαστικό υλικό, εξωτερικών ή εσωτερικών ασυνεχειών των επιφανειών της τοιχοποιίας.
- Ως διακοσμητικό υλικό, που προστίθεται για λόγους αισθητικής.

- Ως υλικό επίστρωσης δαπέδου, είτε ως τελική επιφάνεια, είτε ως υπόστρωμα - βάση για πλακίδια και ψηφιδωτά.

Τέλος, τα κονιάματα χρησιμοποιούνται ως **πρώτη ύλη** για την κατασκευή τεχνητών λίθων, όπως τούβλα, τσιμεντόλιθους κ.α. (Λεγάκις, 1970)



Στο σχήμα εικονογραφούνται τα συνήθη δομικά στοιχεία μια λίθινης τοιχοποιίας, τα κατασκευαστικά διαρθρωτικά χαρακτηριστικά, οι επιφάνειες και επικαλύψεις και οι περιοχές όπου τοποθετείται το κονίαμα. (Hughes, 2012)

2.3 ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ

Επίχρισμα καλείται το υλικό που προκύπτει από την σύνθεση ενός ή περισσότερων ανόργανων συνδετικών υλικών, αδρανών και νερού. Εφαρμόζεται σε τοίχους, δάπεδα και οροφές, σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους. Κάποιες φορές, προστίθενται πρόσθετα ή πρόσμικτα για την βελτίωση των ιδιοτήτων του τελικού υλικού. Τα τελικά χαρακτηριστικά των επιχρισμάτων, επέρχονται μετά την σκλήρυνσή τους και εξαρτώνται από το πάχος των στρώσεων, το είδος και τις αναλογίες των συνδετικών υλικών.

Τα **αδρανή υλικά** που προστίθενται στα επιχρίσματα πρέπει να επιλέγονται έτσι ώστε να μην μειώνουν την αισθητική εμφάνιση του επιχρίσματος και για αυτό χρήζει ιδιαίτερης προσοχής η κοκκομετρική σύνθεση αυτών. Η υφή του τελικού υλικού, εξαρτάται από την επιλογή των αδρανών.

2.3.1 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΟΣ

Για την σωστότερη επιλογή επιχρίσματος, υπάρχουν διάφοροι παράγοντες, που πρέπει να συνυπολογίζονται.

Υπόστρωμα: Όταν το υλικό του υποστρώματος, διαθέτει λεία επιφάνεια, τότε η πρώτη στρώση πρέπει να είναι πεταχτή και το συνολικό πάχος να μην ξεπερνά το 16mm. Σε διαφορετική περίπτωση, είναι δυνατή η εκτράχυνση της επιφάνειας με την χρήση ειδικών ξυλότυπων. Για πορώδη υποστρώματα, με υψηλή απορροφητικότητα χαμηλές αντοχές, συστήνεται η διαβροχή αυτών πριν την εφαρμογή των επιχρισμάτων. Στην περίπτωση που το υπόβαθρο αποτελείται από πλίνθους που περιέχουν θειούχες προσμίξεις, πρέπει το επίχρισμα να επιτρέπει την αναπνοή του τοίχου, ώστε να παρεμποδίζεται η παραμονή της υγρασίας στον τοίχο για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Περιβάλλον χώρος: Αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για την σωστή λειτουργία του επιχρίσματος και γενικότερα του δομικού μέλους το οποίο απαρτίζει. Η υγρασία του περιβάλλοντος, πρέπει να συνυπολογίζεται ως παράγοντας φθοράς του υλικού και για αυτό συστήνονται κάποια μέτρα

προστασίας. Στους τοίχους κοντά σε θεμέλια θα διαμορφώνονται στραγγιστήριες οπές σε αποστάσεις 1 m περίπου και λίγο πάνω από το έδαφος, ώστε να μην διεισδύει η υγρασία στο κέλυφος. Επίσης, τα επιχρίσματα πρέπει να προστατεύονται από τα κουφώματα και τυχόν νερά που φτάνουν σε αυτά μέσω της ποδιάς των παραθύρων. (Παπαγιάννη, και συν.)

Τελική εμφάνιση: Εξαρτάται από την υφή και το χρώμα της τελικής επίστρωσης, οπότε προσοχή πρέπει να δίνεται στην επιλογή των αδρανών (μέγεθος και σχήμα), και στην τεχνοτροπία επίστρωσης του επιχρίσματος (επιφανειακή επεξεργασία και είδος εξοπλισμού).

Ειδικές απαιτήσεις: Τα επιχρίσματα δεν πρέπει να είναι ισχυρότερα από την επιφάνεια του υπόστρωματος, γιατί διαφορετικά δύναται να αναπτυχθούν τάσεις, οι οποίες επιφέρουν ρηγματώσεις και επομένως αποκολλήσεις. παρομοίως, κάθε στρώση επιχρίσματος πρέπει να είναι λιγότερο ισχυρή από αυτή που ακολουθεί. Στην περίπτωση που απαιτείται ένα ιδιαίτερα ανθεκτικό και σκληρό φινίρισμα, η τελική στρώση μπορεί να είναι ισχυρότερη από τις προηγούμενες αλλά πολύ λεπτή (πάχος 3 mm – 4 mm). (Παπαγιάννη, και συν.)

2.4 ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΑΝΑ ΙΣΤΟΡΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥΣ

Το κονίαμα αποτελεί, ένα από τα αρχαιότερα τεχνητά δομικά υλικά, το οποίο με την πάροδο του χρόνου και ανάλογα με την τεχνογνωσία και τις ανάγκες της κάθε εποχής, δέχθηκε διάφορες αλλαγές-προσθήκες. Η άσβεστος, η ποζολάνη, το κεραμάλευρο, αδρανή υλικά όπως η άμμος και τα θραυστά κεραμικά, είναι μερικά από τα συνθετικά των κονιαμάτων που κατά καιρούς χρησιμοποιήθηκαν. Η επιλογή των υλικών και κυρίως των αδρανών, γινόταν με κανόνες εμπειρικούς. Η πρώτη χρήση κατασκευαστικών κονιαμάτων σε λιθοδομές χρονολογείται από τον 8^ο αι π.Χ στην Μεσοποταμία και τη Βαβυλωνία. Στην Ελλάδα, τα πρώτα παραδείγματα συναντώνται τον 6ο αι π.χ στον οικισμό του Σέσκλου και Διμηνιού. Επίσης, η θήρα αποτελούσε νησί που κατά κόρον χρησιμοποιούσε κονιάματα στις τοιχοποιίες, από τοπικό αργιλικό χώμα αναμεμιγμένο με χαλίκι, κάρβουνο και

άχυρο. Η τοιχοποιία καλυπτόταν με ασβεστοκονίαμα πάχους 2-3cm. (Pachta, Stefanidou, Konopisi, & Papayianni, 2014)

Τα κονιάματα, εξαιτίας της βαρύνουσας σημασίας και του καθοριστικού ρόλου αυτών στις κατασκευές, έγιναν αντικείμενο αναφοράς και μελέτης σε πολλά κείμενα αρχαίων συγγραφέων, όπως του Αριστοτέλη, του Θεόφραστου, του Στράβωνα, του Διοσκουρίδη, οι οποίοι αναφέρθηκαν εκτενώς στα συνδετικά υλικά της άσβεστου και της ποζολάνης. Σύμφωνα με τον Βιτρούβιο, τα κονιάματα δόμησης, αποτελούνταν από ένα μέρος άσβεστου και τρία μέρη άμμο ποταμού, ή διαφορετικά αντικαθίστατο το ένα μέρος άμμου από θραυσμένο κεραμικό. Τα κονιάματα δόμησης ήταν κοκκινωπής απόχρωσης και χαρακτηρίζονταν από χαμηλή ειδική πυκνότητα, υψηλή ανθεκτικότητα και στεγανότητα καθώς και μεγάλα πάχη, που μπορεί να έφταναν και τα 6cm. (Pachta, Stefanidou, Konopisi, & Papayianni, 2014)

Κατά τη **Ρωμαϊκή περίοδο** (2^ο π.Χ- 3^ομ.Χ), κυριαρχούσε η χρήση ασβέστη και ποζολάνης, ενώ τότε άρχιζε να προστίθεται ως αδρανές υλικό, το θραυστό κεραμικό στον τομέα των κονιαμάτων. Πολλές φορές, όταν δεν ήταν διαθέσιμη η φυσική υδραυλική άσβεστος, αναμίγνυαν το θραυστό κεραμικό με στόκο ασβέστη (putty lime), ώστε να επιτευχθούν υδραυλικές ιδιότητες, όπου ήταν αναγκαίο, επιτυγχάνοντας με αυτόν τον τρόπο υψηλές μηχανικές αντοχές. (Binda & Tedeschi, 2015) Λόγω του χαμηλού ειδικού βάρους και της μεγαλύτερης τραχύτητας τα θραυστά κεραμικά αδρανή αποδίδουν ελαφρά κοκκοδέματα με πολύ καλή πρόσφυση με τη συνδετική κονία. (Παπαγιάννη, Πάχτα, & Στεφανίδου, 2005)

Τα ποζολανικά πρόσθετα, σκοπό είχαν την παραγωγή υδαρών μιγμάτων, που θα είχαν αυξημένη αντοχή και θα ήταν ανθεκτικά σε υδάτινα περιβάλλοντα, ή σε χώρους αυξημένης υγρασίας.

Επίσης, συνηθιζόταν και η χρήση κεραμάλευρου (τεχνητή ποζολάνη), από κονιοποιημένο κεραμικό, ενώ σε πολύ μικρότερο ποσοστό το λευκό τσιμέντο. (Papayianni, 2004)

Τόσο οι **ρωμαϊκές**, όσο και οι **βυζαντινές** τοιχοποιίες, περιείχαν παχείς στρώσεις κονιαμάτων (3-5cm), καταλαμβάνοντας έτσι ένα σημαντικό ποσοστό της συνολικής μάζας της τοιχοποιίας.

Τα βυζαντινά κονιάματα, είχαν βάση κυρίως την υδράσβεστο πολλές φορές σε συνδυασμό με ποζολανικά υλικά, όπως ποζολάνη και κεραμάλευρο, ή τον υδραυλικό ασβέστη.

Κατά την **Οθωμανική περίοδο** (15^ο-19^ο αι μ.Χ), τα κονιάματα δόμησης κατασκευάζονταν σύμφωνα με τις εκάστοτε υπάρχουσες πρώτες ύλες. Κατά βάση, είχαν ως συστατικό την άσβεστο και κάποιες φορές σε συνδυασμό με άργιλο και σε κάποιες ειδικές περιπτώσεις, που ήταν αναγκαία η αντοχή σε υγρά περιβάλλοντα, προστίθεντο ποζολάνη και κεραμάλευρο.

Στα οθωμανικά κτίρια, κυρίως αυτά του 15ου, συνηθιζόταν να χρησιμοποιείται το κονίαμα Horasan. Πρόκειται για ανθεκτικό στο νερό κονίαμα, που προέρχεται από το βορειοανατολικό Ιράν και αναπτύχθηκε στην Ανατολή πριν από τους Οθωμανούς. Είναι κοκκινωπής - ροζ απόχρωσης, και προοριζόταν για κονιάματα δόμησης σε λίθινες τοιχοποιίες. Παρότι ανθεκτικό στο νερό, δεν πληροί τις προϋποθέσεις ώστε να χρησιμοποιηθεί σε κατασκευές δεξαμενών. (ARCHNET)

Στην **Μεσαιωνική περίοδο** (15^ο-19^ο αι μ.Χ), σε περιοχές τις Ελλάδας όπως στα Δωδεκάνησα στο Ιόνιο και την Κρήτη, χρησιμοποιούνταν κατά κύριο λόγο ασβεστοκονιάματα.

Μετά την **Αναγέννηση και τον 18-19^ο αι**, οι τεχνολογικές εξελίξεις, επέφεραν αλλαγές και στον τομέα των κονιαμάτων, με την χρήση τεχνητών και φυσικών υδραυλικών συνδετικών υλών, προερχόμενων από την έψηση ασβεστόλιθου με πηλό.

Κατά τον **19^ο αι μ.Χ** και στην **αρχή του 20^{ου} αι μ.Χ**, τα κονιάματα διαφοροποιούνταν ανάλογα με την χρήση του κτιρίου και την παραδοσιακή αρχιτεκτονική της εκάστοτε περιοχής. Στις ιδιωτικές κατοικίες και σε έργα μικρής κλίμακας, χρησιμοποιούνταν η άσβεστος σε συνδυασμό με άργιλο, σε δημόσια και σημαντικά κτίσματα, τα κονιάματα ήταν καλύτερης ποιότητας, κυρίως από ασβέστη και ποζολάνη. Στις αρχές του 19^{ου} έκανε και τη εμφάνισή του το τσιμέντο Πόρτλαντ, το οποίο εν συνεχεία θα αποτελέσει το πιο κοινό χρησιμοποιούμενο υλικό της σύγχρονης εποχής.

Όλες τις ιστορικές περιόδους τα κονιάματα δόμησης τα οποία προτιμούνταν κατά κύριο λόγο είχαν ως συνδετικό υλικό ασβέστη και ανά περιόδους και αναλόγως των χρήσεων προστίθεντο και ποζολάνη. Επίσης, θραυσμένο κεραμικό συναντάται κατά την ελληνιστική εποχή, που επικράτησε τη ρωμαϊκή και βυζαντινή περίοδο και μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αι. (Pachta, Stefanidou, Kooporisi, & Parayianni, 2014)

Τα κονιάματα διακρίνονται σε τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες, που στηρίζονται στο συνδετικό υλικό και στα πρόσθετα. Η πρώτη ομάδα περιλαμβάνει κονιάματα ασβέστη, υδραυλικού και μη. Στον παρακάτω πίνακα, καταγράφονται οι χρονολογίες χρήσης των διαφόρων ειδών κονιαμάτων. (Lindqvista & Johanssonb, 2007)

Πίνακας 1: Χρονολογίες χρήσης διαφόρων ειδών κονιαμάτων

Είδος Κονιάματος	Χρονολογία
Κονιάματα Άσβεστου και Φυσικής Υδράσβεστου	1595 - 1950
Φυσικό τσιμέντο και proto-Portland τσιμέντο	1840 - 1880
Κονιάματα θραυσμένου κεραμικού	1676 – 1688

2.5 ΦΘΟΡΑ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ

Ο ρόλος των κονιαμάτων, ως δομικό μέλος μια τοιχοποιίας, είναι πολύ σημαντικός για την συνολική συμπεριφορά του κτιρίου. Οι αιτίες φθοράς των ιστορικών κονιαμάτων, είναι πολλές, μπορούν όμως να ομαδοποιηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες, όπως οι περιβαλλοντικές συνθήκες και το είδος των επισκευαστικών κονιαμάτων, που ανά καιρούς χρησιμοποιήθηκαν σε επεμβάσεις συντήρησης. (Arioglu & Acun, 2006) Γενικοί παράγοντες που συντελούν στη φθορά των κονιαμάτων, είναι η γήρανση του υλικού, οι καταπονήσεις από φορτία, εξαιτίας του κακού σχεδιασμού του οικοδομήματος, που επιτρέπουν την δημιουργία εφελκυστικών τάσεων. (Μοροπούλου)

Παρακάτω, παρουσιάζονται αναλυτικά οι δύο βασικές αυτές ομαδοποιήσεις με τις επιμέρους κατηγορίες τους.

2.5.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Βασικός παράγοντας φθοράς, είναι οι **θερμοκρασιακές μεταβολές**, είτε πρόκειται για ημερήσιες, είτε για εποχιακές, οι οποίες, προκαλούν τη διαστολή ή συστολή των κονιαμάτων. (Μοροπούλου) Όταν η πτώση της θερμοκρασίας είναι σημαντική, τότε το νερό που υπάρχει στους τριχοειδείς πόρους του υλικού, πήζει, με συνέπεια να αυξάνεται ο όγκος του. Το αποτέλεσμα, είναι η άσκηση υδραυλικών πιέσεων στα τοιχώματα των πόρων, που δύναται να προκαλέσει τη θραύση του ιστού του κονιάματος. (Θεοδωρίδης, 2006)

Όξινα ύδατα, τα οποία προέρχονται από βροχή ή χιόνι, διαλύουν τα ανθρακικά (carbonates) στην περίπτωση του ασβεστοκονιάματος και μειώνουν την συνοχή και την πρόσφυση του κονιάματος, καθώς, τα αδρανή υλικά αποσυντίθεται. (Arioglu & Acun, 2006)

Εάν η άμμος που χρησιμοποιήθηκε ως αδρανές υλικό του κονιάματος, περιέχει **άργιλο**, σε περιβάλλον **υγρασίας**, παρατηρείται διόγκωση με αποτέλεσμα να εμφανίζονται εσωτερικές τάσεις, που οδηγούν σε οιδήματα και ρωγμές. (Arioglu & Acun, 2006)

Βιολογικοί παράγοντες, όπως η ανάπτυξη φυτών και μικροοργανισμών στην επιφάνεια του κονιάματος, προκαλούν την μείωση της συνοχής του υλικού, επιφέρουν μεταβολές στο χρώμα και εν τέλει με την ταυτόχρονη άσκηση μηχανικών τάσεων, δύναται να προκαλέσουν την τελική αποσύνθεση του κονιάματος.

Καταπονήσεις από **φυσικές καταστροφές**, όπως σεισμοί, πυρκαγιές, φορτία από χιονοπτώσεις κλπ, επηρεάζουν τα κονιάματα.

2.5.2 ΦΘΟΡΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ

Κηλίδες: Οφείλονται στα στάσιμα νερά και την υγρασία και εμφανίζονται με την μορφή στιγμάτων, ή με την ανάπτυξη βρύων και λειχήνων.

Ρωγμές: Οφείλονται, σε λάθος αναλογίες των συνδετικών υλικών, στον τρόπο ανάμιξης του επιχρίσματος, στο γρήγορο στέγνωμα. Παράδειγμα αποτελεί η χρήση τσιμέντου σε μεγαλύτερο ποσοστό από ασβέστη, γεγονός που καθιστά το κονίαμα δύσκαμπτο, με αποτέλεσμα την δημιουργία ρωγμών. Επίσης, η υπερβολική προσθήκη συνθετικής ρητίνης, επηρεάζει την διαπερατότητα του νερού και του ατμού και παρατηρούνται ασυνέχειες στην επιφάνεια του κονιάματος. (Arioglu & Acun, 2006). Τέλος, παράγοντες που ευνοούν την εμφάνιση ρωγμών, είναι η υγρασία στην τοιχοποιία και η εμφάνιση θλιπτικών / εφελκυστικών τάσεων, καθώς και η ύπαρξη πολλών υλικών με διαφορετικούς συντελεστές αγωγιμότητας.

Αποφλοιώσεις: Αιτίες εμφάνισής τους είναι η κακή κατασκευή και ποιότητα υλικών, η υγρασία, η απότομη ξήρανση του κονιάματος (λόγω υψηλών θερμοκρασιών), τα μεγάλα πάχη στρώσεων (άνω των 3cm), η κακή πρόσφυση των επιφανειών των στρώσεων μεταξύ τους ή με την τοιχοποιία. Σε αυτές τις περιπτώσεις, παρατηρείται τοπικό φούσκωμα ανά σημεία και αποκόλληση.

Επανθήσματα: Οφείλονται σε υγρασία και άλατα και εμφανίζονται με την μορφή μικρών φυσαλίδων.

Τέλος, η **ασυμβατότητα** μεταξύ των υλικών που έρχονται σε επαφή, μπορεί να επιταχύνει την φθορά του κονιάματος, καθώς αναπτύσσονται τάσεις, οι οποίες προκαλούν ρωγμές στην επιφάνειά τους.

2.6 ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Ο αριθμός των υλικών που χρησιμοποιούνται στα ιστορικά κτίρια, είναι περιορισμένος και πρόκειται ουσιαστικά, για λίθους, πλίνθους, ξύλο και κονιάματα. Τα δύο τελευταία αποτελούν τα πιο ευάλωτα υλικά στις καιρικές συνθήκες και άρα αυτά που χρήζουν των περισσότερων διαδικασιών συντήρησης και επιδιόρθωσης. Η συντήρηση τους όμως καθίσταται ιδιαίτερα σημαντική και δύσκολη διαδικασία, καθώς τα υλικά επέμβασης πρέπει να ανταποκρίνονται στην αρχιτεκτονική δομή της κατασκευής και επίσης να είναι συμβατά με τα υπόλοιπα στοιχεία του δομικού μέλους. Τα κονιάματα και τα

επιχρίσματα, πρέπει να αντιμετωπίζονται με κοινή λογική στην κατασκευή, καθώς είναι κατασκευασμένα από παρόμοια υλικά.

Στον Χάρτη της Βενετίας (Venice Charter 1964), όπου παρουσιάζονται οι αρχές αποκατάστασης των ιστορικών κτιρίων, δίνεται η δυνατότητα επιλογής υλικών από μια ευρεία γκάμα. Καθότι οι επιλογές είναι πολλές, πρέπει να ελέγχονται οι φυσικοχημικές ιδιότητες μέσα από τα ειδικά πρότυπα, ώστε η επισκευή να γίνεται, με υλικά συμβατά.

Τα **κονιάματα αποκατάστασης**, αποτελούν κατηγορία κονιαμάτων, που προορίζονται για χρήση σε ιστορικά μνημεία και κτίρια. Η σωστή επιλογή υλικών, αποτελεί διαδικασία απαραίτητη για την σωστή διατήρηση του συνόλου του κτίσματος στο πέρασμα των χρόνων. Καθοριστική είναι η εξέταση παραγόντων όπως η συμβατότητα των υλικών και η δυνατότητα επέμβασης και επιδιόρθωσης σε περίπτωση λανθασμένης προσθήκης υλικού.

2.7 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Για την **ιδανική επιλογή υλικού** στις εργασίες αποκατάστασης ιστορικών κτιρίων, είναι απαραίτητη η γνώση των ιδιοτήτων του παραδοσιακού κονιάματος. Για να επιτευχτεί αυτό, πρέπει να ακολουθηθεί μια διαδικασία τεσσάρων σταδίων. (Arioglu & Acun, 2006) Κατά την αρχική φάση, ακολουθείται η διαδικασία της οπτικής ανάλυσης και τεκμηρίωσης του κονιάματος, σε δεύτερη φάση ακολουθεί η πειραματική έρευνα, από την οποία στη συνέχεια εξάγονται αποτελέσματα σχετικά με την καταλληλότερη επιλογή χρήσης κονιάματος σε κάθε εξειδικευμένη περίπτωση.

Για την προσθήκη νέου κονιάματος σε παραδοσιακή κατασκευή είναι απαραίτητο να προηγηθούν κάποιες διεργασίες που θα διασφαλίσουν την επιτυχή τοποθέτηση και λειτουργία αυτών στο δομικό κέλυφος. Το αρχικό στάδιο πρέπει να αποτελείται από την εμπειριστατωμένη διερεύνηση και αξιολόγηση των **υπαρχόντων υλικών** με σκοπό τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων. Επίσης, η επιλογή του κονιάματος, δεν μπορεί

να γίνεται χωρίς την προηγούμενη αξιολόγηση των **περιβαλλοντικών συνθηκών**, όπως τοπικές θερμοκρασίες αέρα, υγρασία κλπ, ώστε να επιλεγεί ή παραχθεί υλικό κατάλληλης ανθεκτικότητας. Καθοριστικός παράγοντας είναι και η σωστή **τοποθέτηση**, καθώς, συστατικά των κονιαμάτων, όπως το νερό και οι διαβρωτικοί παράγοντες που μπορεί να περιέχει, εισέρχονται στο δομικό μέλος, με αποτέλεσμα την πιθανότητα πρόκλησης συνολικότερων βλαβών στην κατασκευή. (Στεφανίδου, 2008) Ακόμη, η **αισθητική προσέγγιση** της επιλογής υλικού δεν μπορεί να παραβλέπεται και αυτή ορίζεται τόσο από τη δομή όσο και από την χρωματική συμβατότητα, σε συνδυασμό όμως με τις μηχανικές και φυσικές ιδιότητες του κονιάματος. Για την σωστή λειτουργία του συνολικού δομικού συστήματος μιας κατασκευής, η επιλογή κονιάματος οφείλει να εξαρτάται από την μορφολογία και τυπολογία της υπάρχουσας τοιχοποιίας. Με την αξιολόγηση της ηλικίας του κτιρίου, της τυπολογίας της τοιχοποιίας και της γενικότερης κατάστασης ενός ιστορικού κτιρίου, είναι δυνατόν να αναπτυχθεί η προδιαγραφή ενός επισκευαστικού κονιάματος. (Hughes, 2012) Τέλος, προτείνεται τα επισκευαστικά κονιάματα που προορίζονται για ανακατασκευή παλαιών τοιχοποιιών, να απαρτίζονται από χονδρόκοκκα αδρανή υλικά, όπως συνηθιζόταν παλαιότερα. (Parayianni, 2004)

Τα κονιάματα αποκατάστασης, πρέπει να ανταποκρίνονται σε κάποιες προδιαγραφές, οι οποίες αφορούν τα χαρακτηριστικά των πρώτων υλών, την ποσότητα νερού και την εργασιμότητα αυτών. Επίσης, στην φάση της πήξης, όπου αποκτούν τις αντοχές τους, πρέπει να ελέγχεται η συμβατότητα με τα υλικά της τοιχοποιίας ως προς την μικροδομή, η επιτελεστικότητα και οι μηχανικές αντοχές και η εξέλιξη των υδραυλικών φάσεων. (Μοροπούλου) Επίσης, συχνά στόχος είναι η παραγωγή κονιάματος που θα παρουσιάζει παρόμοιες ιδιότητες με το ιστορικό προϋπάρχον κονίαμα, κάτι που απαιτεί έρευνα σχετικά με το συνδετικό υλικό, τα αδρανή υλικά, τα πρόσθετα και τον τρόπο παραγωγής - τοποθέτησης.

2.8 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΦΘΟΡΩΝ

Συνηθισμένες εργασίες αποκατάστασης κονιαμάτων είναι η αρμολόγηση με κονιάματα αποκατάστασης και η πλήρωση των ρωγμών και ασυνεχειών της δομής με την χρήση ενέσιμων υλικών. (Παπαγιάννη, Πάχτα, & Στεφανίδου, 2005) Όσον αφορά την δεύτερη περίπτωση, εφαρμόζονται διαφορετικές μέθοδοι για την επιδιόρθωση των ατελειών, οι οποίες καθορίζονται από τις ιδιαιτερότητες των φθορών.

2.8.1 ΠΛΗΡΩΣΗ ΡΩΓΜΩΝ ΜΕ ΚΟΠΑΝΙΣΤΟ ΚΟΝΙΑΜΑ

Υφυγρα κονιάματα τοποθετούνται στις ρωγμές με το χέρι και συμπυκνώνονται με τη χρήση σφυριού. Η επισκευασμένη επιφάνεια πρέπει να προστατεύεται από τον ήλιο και τον αέρα και να αποφεύγεται η χρήση νερού για την εξομάλυνση της τελικής επιφάνειας. Χρειάζεται προσεκτική εκτέλεση της επισκευής και καλή συντήρηση με νερό για να αναπτύξει καλές μηχανικές αντοχές.

2.8.2. ΕΝΕΜΑΤΑ

Πρόκειται για υλικό αποτελούμενο από συνδετική κονία, νερό, με ή χωρίς την παρουσία πολύ λεπτόκοκου αδρανούς, που εισάγονται με πίεση 1 atm μέσα σε ρωγμές με το κατάλληλο σύστημα. (Παπαγιάννη, και συν., Οδηγός Δομικών Υλικών: Κονιάματα) Χρησιμοποιούνται για την αποκατάσταση ρωγμών σχετικά μεγάλου βάθους και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τα ενέματα με βάση το τσιμέντο και με βάση τις ρητίνες.

Τσιμεντενέματα: Η μέθοδος εφαρμόζεται για επισκευές ρωγμών ανοίγματος λίγων χιλιοστών σε φέρουσες τοιχοποιίες από λιθοδομές μεγάλου πάχους. (Παπαγιάννη, Πάχτα, & Στεφανίδου, 2005) Στόχος είναι η επίτευξη υλικού υψηλής ρευστότητας, ώστε να καθίσταται δυνατή η πλήρωση της ρωγμής και υψηλής συνεκτικότητας των στερεών συστατικών του, για την πλήρη κάλυψη των κενών σημείων.

Εποξειδικά ενέματα: Χρησιμοποιούνται για την πλήρωση ρωγμών μικρότερου εύρους, δίνοντας βάση στην αποκατάσταση της αντοχής και της ελαστικότητας του στοιχείου. (Παπαγιάννη, και συν., Οδηγός Δομικών Υλικών: Κονιάματα) Για την επιτυχή εφαρμογή ενεμάτων με εποξειδικές ρητίνες, σημαντικό ρόλο παίζουν οι σωστές αναλογίες των υλικών καθώς και η ρητίνη και ο σκληρυντής, που θα προστεθούν. Οι ρητίνες, προστατεύουν το δομικό μέλος από την διείσδυση χλωριόντων μέσω των ρωγμών και επομένως, ελαττώνουν τις πιθανότητες διάβρωσης λόγω ενανθράκωσης.

Τέλος, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα σχετικά με τα κονιάματα, για να είναι επιτυχής και η εφαρμογή ενεμάτων πρέπει να αξιολογούνται τα χαρακτηριστικά της, υπό μελέτη, τοιχοποιίας, ώστε να επιλέγονται συμβατά υλικά ενεμάτων.

2.9 ΥΛΙΚΑ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ ΦΘΟΡΩΝ

Για την κατασκευή κονιαμάτων αποκατάστασης, οι πιο συνηθισμένες πρώτες ύλες, είναι η υδράσβεστος, το τσιμέντο και ο υδραυλικός ασβέστης ως συνδετικά υλικά και η πυριτική άμμος και το θραυσμένο κεραμίδι ως αδρανή. (Μοροπούλου) Επίσης προστίθενται ειδικά πρόσμικτα, φυσικές και τεχνητές ποζολάνες, όπως μηλαϊκή γη και κεραμάλευρο αντίστοιχα, τα οποία προσφέρουν υδραυλικότητα στο κονίαμα. (Αγγελακοπούλου & Μούνδουλας, 2004)

Το ποσοστό του νερού που προστίθεται στο μίγμα του κονιάματος, σε συνδυασμό με την ποσότητα της κονιάς, διαφοροποιεί την εργασιμότητα του τελικού προϊόντος.

Τα κονιάματα υδραυλικής άσβεστου, προσφέρουν εκτός από υψηλή υδραυλικότητα και υψηλές μηχανικές αντοχές. Τα ποζολανικά κονιάματα, παρουσιάζουν μέσους ρυθμούς ενανθράκωσης και συμβάλουν στην ανάπτυξη υδραυλικών φάσεων και μηχανικών αντοχών. Τα κονιάματα με υψηλή περιεκτικότητα σε τσιμέντο έχουν πολύ υψηλές αντοχές και απόλυτα

ασύμβατη μικροδομή με τα δομικά υλικά και τα ιστορικά κονιάματα. (Αγγελακοπούλου & Μούνδουλας, 2004) Το τσιμέντο λοιπόν, θεωρείται σχετικά ακατάλληλο υλικό για χρήση σε κονιάματα αποκατάστασης, καθώς δύναται να προκαλέσει βλάβες στις ιστορικές τοιχοποιίες. (Bartz & Filar, 2009) Όσον αφορά τα αδρανή υλικά και συγκεκριμένα την άμμο και το θραυσμένο κεραμικό, πρέπει να παρουσιάζουν υψηλή καθαρότητα, απουσία προσμίξεων και να είναι φυσικής προελεύσεως.

2.10 ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΩΝ

Η επιλογή των κονιαμάτων σε μια υπάρχουσα κατασκευή δεν μπορεί να γίνεται χωρίς την ταυτόχρονη αξιολόγηση της συνολικής δομής της τοιχοποιίας όπου πρόκειται να τοποθετηθεί. Στόχος είναι η προσθήκη υλικού συμβατού με τα υπάρχοντα και αυτό έγκειται ως προς τα φυσικό-μηχανικά χαρακτηριστικά τους, τους συντελεστές θερμικής διαστολής και το στατικό μέτρο ελαστικότητας. (Αγγελακοπούλου & Μούνδουλας, 2004)

Τρόποι εκτίμησης της συμβατότητας των υλικών, αφορούν κυρίως στην μελέτη της μικροδομής και την κατανομή του πορώδους σε διάφορες ακτίνες πόρων. (Μοροπούλου) Επίσης, μέσω της θερμογραφίας υπερύθρου, η οποία αναλύεται εκτενώς στο επόμενο κεφάλαιο, είναι δυνατόν να εντοπιστούν ζητήματα ασυμβατότητας, μέσω της διερεύνησης συμπυκνωμάτων (φαινόμενο δρόσου), εσωτερικά ή εξωτερικά της τοιχοποιίας.

Κριτήριο για την εκτίμηση της συμβατότητας των υλικών, είναι η διάρκεια ζωής, μέσω της αύξησης της αντοχής των υλικών στη διάρκεια των χρόνων και στις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες.

2.11 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ARCHNET, ARCHNET. Ανάκτηση 05 2016, από http://archnet.org/archive/message_289
- Arioglu, N., & Acun, S. (2006). A research about a method for restoration of traditional lime mortars and plastersQ A staging system approach. *Research Gate*.
- Bahobail, M. A. (2012). The mud additives and their effect on thermal conductivity of adobe bricks. *Journal of Engineering Sciences*, σσ. 21-34.
- Balksten, K., & Steenari, B. (2008). A method to recreate historic mortars applied at Norrlanda church on the Island of Gotland, Sweden. HMC08 - Historical Mortars Conference.
- Bartz, W., & Filar, T. (2009). Mineralogical characterization of rendering mortars from decorative details of a baroque building in Kożuchów (SW Poland). *Elsevier*.
- Hughes, J. (2012). The role of mortar in masonry an introduction to requiremenrs for the design of repair mortars. *RILEM TC* .
- Lindqvista, J., & Johanssonb, S. (2007). Aggregate shape and orientation in historic mortars. *11th Euroseminar on Microscopy Applied to Building Materials*. Porto.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., & Anagnostopoulou, S. (2005). Composite materials in ancient structures. *Elsevier*, σσ. 295-300.
- Moropoulou, A., Maravelaki-Kalaitzaki, P., Borboudakis, M., Bakolas, A., Michailidis, P., & Chronopoulos, M. (1997). Historic mortars technologies in Crete and guidelines for compatible restoration mortars, Compatible materials for the protection of European cultural heritage. *RESEARCH GATE*, vol. 55, σσ. 55-72.

- Pachta, V., Stefanidou, M., Konopisi, S., & Papayianni, I. (2014). Technological Evolution of Historic Structural Mortars. *Research Gate*.
- Papayianni, I. (2004). Creep Deformation of Lime-based Repair Mortars. The Effect of Aggregate Size. Amsterdam: 13th International Brick and Block Masonry Conference.
- Αγγελακοπούλου, Ε., & Μούνδουλας, Π. (2004). Κονιάματα αποκατάστασης ιστορικών τοιχοποιιών. *Κύκλος διαλέξεων Παθολογία των Κατασκευών*. Αθήνα: ΤΕΕ.
- Αθανασιάδη, Ι. (2011). *Προδιαγραφές και τεχνολογίες επιχρισμάτων*. Αθήνα: ΕΜΠ.
- Γερογιάννης, Γ. (2003). *Μελέτη και αξιολόγηση πρώτων υλών και κονιαμάτων ως προς την καταλληλότητά τους για επεμβάσεις συντήρησης και αναστήλωσης*. Χανιά.
- Δημοσθένους, Μ. (2009). *Μέθοδοι και υλικά αποκατάστασης και ενίσχυσης διατηρητέων κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία*. ΤΕΕ / Τ.Κ.Μ.
- Θεοδωρίδης, Χ. (2006). *Συμβατά Υλικά και Μέθοδοι Συντήρησης και Αποκατάστασης Ιστορικών Κτιρίων*. Αλεξανδρούπολη.
- Κορωναίος, Α., & Πουλάκος, Ι. (2006). *Τεχνικά Υλικά Τόμος 1*. Αθήνα.
- Λεγάκις, Α. (1970). *Δομικά υλικά, Τόμος Α*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
- Μανωλοπούλου, Κ. (2014). *Πειραματική Μελέτη που αφορά στην τυποποίηση επισκευαστικών κονιαμάτων με βάση την άσβεστο*. Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ.
- Μαρκόπουλος, Θ., Ρεπούσκου, Ε., Ροτόντο, Π., Τριανταφύλλου, Γ., & Αποστολάκη, Χ. (2008). *Σύνθεση και ποιοτικός έλεγχος δομικών κονιαμάτων από ασβεστολιθικές πρώτες ύλες της Κρήτης*. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων. Αθήνα: ΤΕΕ.
- Μαρκόπουλος, Θ., Τριανταφύλλου, Γ., & Μαυριγιαννάκης, Σ. (2006). *Σύνθεση κονιαμάτων υδραυλικής ασβέστου που παρήχθησαν από*

ασβεστολιθικές πρώτες ύλες της Κρήτης και έλεγχος της μηχανικής τους συμπεριφοράς. 15ο Συνέδριο Σκυροδέματος. Αλεξανδρούπολη: ΤΕΕ, ΕΤΕΚ.

Μοροπούλου, Α., Δομικά Υλικά, Κονίες, Ιστορικά Κονιάματα, Σχολή Χημικών Μηχ, 9ο εξάμ. Χ-Μ Δομικά Υλικά.

Μούνδουλας, Π., Μπακόλας, Α., Αγγελακοπούλου, Ε., Μοροπούλου, Α., & Cakmak, A. (2008). Αντίστροφη μηχανική προσέγγιση - Reverse Engineering για τον σχεδιασμό συμβατών κονιαμάτων αποκατάστασης - Η περίπτωση της Αγίας Σοφίας. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων. ΤΕΕ.

Μπακόλας-Καραγιάννης, Α. (2002). Κριτήρια και μέθοδοι χαρακτηρισμού ιστορικών κονιαμάτων. Αθήνα: ΕΜΠ.

Μπούντα, Ο. (2007). Η εφαρμογή των ενεμάτων στην αποκατάσταση των μνημείων. Πάτρα: Πανεπιστήμιο Πατρών.

Νέλλα, Ε. (2013). Άσβεστος, γύψος & τα κονιάματά τους. Αθήνα: ΕΜΠ.

Παπαγιάννη, Ι. (2006). Υλικά επεμβάσεων σε Ιστορικά κτίρια: Σχεδιασμός και κριτήρια επιλογής. Αθήνα.

Παπαγιάννη, Ι., Πάχτα, Β., & Στεφανίδου, Μ. (2005). Χρήση θραυστού κεραμικού υλικού για την παραγωγή έγχρωμων κονιαμάτων και ενεμάτων. Θεσσαλονίκη: Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου για την Αξιοποίηση των Βιομηχανικών Παραπροϊόντων στη Δόμηση.

Παπαγιάννη, Ι., Τσίμα, Σ., Μοίρα, Π., Μαλαμή, Χ., Παπαγιαννάκη, Σ., Ζήση, Σ., & Σακελλάρη, Ι. Κονιάματα. Ανάκτηση από ΤΕΕ:
http://portal.tee.gr/portal/page/portal/MATERIAL_GUIDES/P_KONIAMATA

Πάχτα, Β. (2011). Μελέτη εξέλιξης τεχνολογίας κονιαμάτων. Θεσσαλονίκη: ΑΠΘ.

Πιτυτζόγια, Α. (2014). Μελέτη τροποποιημένων επιχρισμάτων με βάση τον πηλό για την προστασία ωμόπλινθων έναντι υγρασίας. Θεσσαλονίκη.

Σπηλιώτης, Ξ. Ανάκτηση από

<http://www.google.gr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwiS77Od18LMAhWBnRQKHVDbCIYQFgggMAE&url=http%3A%2F%2Fclass.teilar.gr%2Fmodules%2Fdocument%2Ffile.php%2FGT8E116%2F%25CE%25A0%25CE%2591%25CE%25A1%25CE%2591%25CE%2594%25CE%259F%25CE%25A>

Στεφανίδου, Μ. (2008). Παράμετροι για τη σύνθεση Παραδοσιακών Επισκευαστικών Κονιαμάτων. *Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ*.

Συλλογικό. (1978). Κατευθυντήριες προδιαγραφές και οδηγίες για επισκευές κτιρίων με βλάβες από σεισμό. Θεσσαλονίκη.

Τζιοτζιου, Μ. (2013). Μελέτη του μηχανισμού πήξης κονιαμάτων τύπου ασβέστη - φυσικής ποζολάνης. Χανιά: Πολυτεχνείο Κρήτης.

Τουμπακάρη, Ε. (2008). Τριμερείς συνθέσεις υδράσβεστου - ποζολάνης - τσιμέντου ως βάση για το σχεδιασμό κονιαμάτων & ενεμάτων για την επισκευή ιστορικών τοιχοποιιών. 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Δομικών Υλικών και Στοιχείων. Αθήνα: ΤΕΕ.

Τριανταφύλλου, Γ., & Μανούτσογλου, Ε. (2004). Η συμβολή της Άσβεστου στην αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προβλημάτων. Θεσσαλονίκη: Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου.

3. ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ

Ο γενικός όρος μόνωση υποδηλώνει την προστασία του κτιρίου από την θερμότητα, τον ήχο και την υγρασία. Στον τομέα της κατασκευής αναφέρονται με τους όρους θερμομόνωση, ηχομόνωση και υγρασιμόνωση αντίστοιχα. Οι τρεις αυτές διαφορετικές ανάγκες μόνωσης σε μια κατασκευή δύναται να καλύπτονται από ένα υλικό, αν χρησιμοποιηθεί και τοποθετηθεί με τον κατάλληλο τρόπο. Η επιλογή της αποδοτικότερης θερμομόνωσης σε κάθε ξεχωριστό κτίριο συμβάλλει στην διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας σε σταθερά επίπεδα, καθώς μειώνονται έως εξαλείφονται οι θερμικές απώλειες. Το αποτέλεσμα είναι η εξοικονόμηση ενέργειας λόγω μειωμένης ανάγκης για ψύξη και θέρμανση.

3.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Ως θερμομόνωση νοείται ο τύπος μόνωσης μέσω του οποίου επιδιώκεται η μείωση της ταχύτητας ανταλλαγής θερμότητας μεταξύ χώρων με διαφορετικές θερμοκρασίες. Η τοποθέτηση θερμομόνωσης, σκοπεύει στην δημιουργία συνθηκών άνεσης στον χώρο μέσω της βελτίωσης των ελάχιστων θερμοκρασιών χώρων, για τις οποίες εξασφαλίζονται άνετες συνθήκες διαβίωσης μέσα στους χώρους ενός κτηρίου, ανάλογα με τη χρήση τους.

Οι βασικές αρχές της θερμομόνωσης και οι όροι - συντελεστές μέσω των οποίων ελέγχεται η απόδοση των υλικών είναι οι εξής:

1. Η θερμομονωτική ικανότητα, δηλαδή η αντίσταση θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$) των στοιχείων κατασκευής. Αυτή εξαρτάται από τις ιδιότητες των βασικών υλικών που συνθέτουν μια κατασκευή θερμομόνωσης, δηλαδή τη θερμική τους αγωγιμότητα, το πάχος τους και την περιεκτικότητα τους σε υγρασία.

2. Η θερμοχωρητικότητα (Q) των στοιχείων της κατασκευής, η οποία συμβάλλει στον περιορισμό της ταχύτητας μεταβολής της αρχικής κατάστασης της θερμοκρασίας. (Αργυροπούλου, 2009) Πρόκειται για την ικανότητα του σώματος να αποθηκεύει θερμότητα κατά την θέρμανσή του. Δομικά μέλη με μεγάλη θερμοχωρητική ικανότητα, συγκεντρώνουν την θερμότητα κατά την

διάρκεια της ημέρας που επικρατούν υψηλότερες θερμοκρασίες, ή όσο λειτουργεί το σύστημα θέρμανσης του εσωτερικού χώρου. Η αποβολή τη θερμότητας γίνεται με χρονική υστέρηση, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η γρήγορη ψύξη των χώρων.

3. Οι τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας (λ), Θερμοπερατότητας (U-value), Θερμικής Αντίστασης (R), Θερμοδιαφυγής ($1/\Lambda$).

3.2 ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Τα θερμικά κέρδη σε μια κατασκευή διακρίνονται σε εσωτερικά και εξωτερικά. Τα εσωτερικά κέρδη, προέρχονται από τα φωτιστικά σώματα, τους ανθρώπους και τις δραστηριότητές τους καθώς και από τις ηλεκτρικές συσκευές. Τα εξωτερικά θερμικά κέρδη, προέρχονται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και από την ανταλλαγή θερμότητας με το εξωτερικό περιβάλλον και καλούνται ηλιακά κέρδη. Τα εσωτερικά και τα ηλιακά κέρδη συμβάλουν σε μικρό βαθμό, στην προσωρινή θέρμανση του κτιρίου. Υπάρχουν όμως και οι περιπτώσεις όπου τα ηλιακά κέρδη αναλαμβάνουν την κάλυψη ενός μεγάλου μέρους των αναγκών θέρμανσης ενός κτιρίου, όπως συμβαίνει με τα βιοκλιματικά κτίρια.

Οι θερμικές απώλειες οφείλονται στους δύο παρακάτω βασικούς παράγοντες (Γαλάνης, Καλλιακούδη, & Ευθυμιάδης, 2014):

1. Στις απώλειες θερμοπερατότητας του κτιριακού κελύφους η οποία επιτρέπει την ροή της θερμότητας από τα μέσα προς τα έξω, λόγω υψηλότερης εσωτερικής θερμοκρασίας κτιρίου κατά την περίοδο θέρμανσης.
2. Στις απώλειες αερισμού/εξαερισμού λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας του εισερχόμενου αέρα.

Ένας κλειστός χώρος που θερμαίνεται ακτινοβολεί θερμότητα στο ψυχρότερο περιβάλλον που είναι γύρω του. Ταυτόχρονα η θερμότητα διαφεύγει από τις ατέλειες του περιβλήματος. Οι απώλειες αυτές πρέπει να αντιμετωπίζονται με τους διάφορους τρόπους μόνωσης. Η μείωση των θερμικών απωλειών των εσωτερικών χώρων ενός κτηρίου, έχει ως συνέπεια τη μείωση της

κατανάλωσης των καυσίμων που τροφοδοτούν τα διάφορα τεχνητά συστήματα θέρμανσης-ψύξης.

3.3 ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

Η θερμομόνωση των κτιρίων είναι μια διαδικασία που απασχόλησε μηχανικούς, κτίστες και χρήστες κατοικιών από αρχαιοτάτων χρόνων. Η μόνωση των κτιρίων επιτεύχθηκε με διάφορες μορφές ανά διαφορετικές ιστορικές περιόδους καθώς δεν υπήρχε η συμβατική έννοια της θερμομόνωσης που συναντάται σήμερα. Η θερμική άνεση του εσωτερικού χώρου γινόταν με τα φυσικά υλικά της περιοχής και πολλές φορές η επιλογή αυτών ήταν αισθητική ή συμπτωματική. Το αυξημένο πάχος της τοιχοποιίας και η επιλογή πέτρας και εξωτερικών επιχρισμάτων, υπήρξαν κατασκευαστικές επιλογές για αποφυγή θερμικών απωλειών και βελτίωση των εσωτερικών θερμοκρασιών του χώρου. Σχετικό παράδειγμα αποτελεί η Κλασική Αρχιτεκτονική των Μάγια με τα επιβλητικά πέτρινα κτίρια, στεγασμένα με συμπαγείς θόλους. Κατασκευάζονταν είτε με διαδοχικούς πλακοειδείς λίθους, δομημένους με το σύστημα επεξοχής (corbel), είτε με βαθμιδωτούς θόλους από μια μορφή σκυροδέματος που παρασκεύαζαν από υδραυλικό κονίαμα και χαλίκια. (Φλώρος, 2013)

Οι Αιγύπτιοι χρησιμοποίησαν επίσης αυτές τις μεθόδους κατασκευής για να θερμομονωθούν τα κτίρια από τις υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες της ερήμου της Σαχάρας. Οι κατοικίες χαρακτηρίζονταν από χαμηλές στέγες και μικρά παράθυρα, έτσι ώστε η θερμότητα να μην μπορεί να διεισδύσει στο εσωτερικό της οικίας. (Κονδύλης & Ροκανάς, 2012)

Στην Αρχαία Ελλάδα κατασκευάζονταν επίσης λίθινα κτίρια και κτίρια από πηλό και ξύλο, συμβάλλοντας στην θερμική άνεση του κτιρίου. Η πέτρα ήταν το κυρίαρχο υλικό λόγω αφθονίας της στην φύση αλλά, των μηχανικών της ιδιοτήτων και στην ιδιότητα της να δημιουργεί συνθήκες άνεσης κυρίως το καλοκαίρι, λόγω της μεγάλης μάζας και θερμοχωρητικότητάς της.

Η νησιώτικη παραδοσιακή αρχιτεκτονική χαρακτηρίζεται από τις λευκές εξωτερικά επιχρισμένες επιφάνειες των τοιχοποιιών. Το λευκό χρώμα λόγω της μεγάλης ανακλαστικότητάς του χρησιμοποιείται έως και σήμερα για την αντανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας, ώστε να αποφευχθεί η μεταφορά θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. (Κονδύλης & Ροκανάς, 2012)

Κατά τη διάρκεια της Βιομηχανικής Επανάστασης, η μόνωση άρχισε να λαμβάνει άλλη μορφή. Ο αμίαντος ήταν ο βασικός τύπος της χρησιμοποιούμενης μόνωσης λόγω των πυρίμαχων ιδιοτήτων του και συνέχισε να επιλέγεται ως υλικό μόνωσης για περισσότερο από ένα αιώνα, μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1970 που χαρακτηρίστηκε ως βλαβερός και διεκόπη η χρήση του. Τότε, το Fiberglass (υαλονήματα) έκανε την εμφάνιση του το οποίο αποτελεί ένα υλικό που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα.

Στην σημερινή εποχή, διατίθεται μεγάλος αριθμός μονωτικών υλικών με εξαιρετικές ιδιότητες. Η ανάγκη για ύπαρξη ανακυκλώσιμων μη τοξικών και φιλικών προς το περιβάλλον υλικό έχει οδηγήσει στην χρήση φυσικών και βιοδιασπώμενων θερμομονωτικών.

3.4 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

3.4.1 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα θερμομονωτικά υλικά θα ταξινομούνται ανάλογα με την προέλευσή τους σε οργανικά ή ανόργανα, τη δομή τους σε ινώδη, κυψελώδη ή κοκκώδη, την παρασκευή τους σε φυσικά ή τεχνητά, τις ιδιοτήτές τους σε προσβαλλόμενα και μη προσβαλλόμενα από την υγρασία, ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες, κλπ. Επίσης, κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες στα θερμομονωτικά μικρού και μεγάλου ειδικού βάρους. Τα ελαφρά θερμομονωτικά υλικά χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά στοιχεία σε μια κατασκευή και ο βασικός ρόλος τους είναι η θερμική προστασία, ενώ τα βαριά θερμομονωτικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως κύρια δομικά υλικά και να συμμετέχουν στο φέροντα οργανισμό της κατασκευής.

Τα ελαφριά θερμομονωτικά υλικά διακρίνονται ανάλογα με τη σύστασή τους σε ανόργανα ινώδη (υαλοβάμβακας, πετροβάμβακας ή ορυκτοβάμβακας),

οργανικά ινώδη (ξυλόμαλλο, μοριοσανίδες, υλικά φυτικών ή ζωικών ινών), κυψελώδη (διογκωμένη πολυστερίνη, αφρώδης εξηλασμένη πολυστερίνη, πολυουρεθάνη, ουρική φορμαλδεύδη, φελλός), κοκκώδη (κίσσηρη ή ελαφρόπετρα, περλίτης, βερμικουλίτης, θηραϊκή γη). (Αργυροπούλου, 2009)

3.4.2 ΦΥΣΙΚΑ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα στάδια ζωής των κτιρίων, η κατασκευή, η χρήση, η συντήρηση, ακόμα και η κατεδάφιση τους, έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα της ζωής και της υγείας, τόσο των χρηστών όσο και των περιοίκων του. Ο σχεδιασμός τους επηρεάζει το ενεργειακό ισοζύγιο και την ποιότητα του εσωτερικού χώρου. Για τους λόγους αυτούς, οι απαιτήσεις για χρήση οικολογικών θερμομονωτικών υλικών έχουν αυξηθεί. Τέτοια υλικά θεωρούνται όσα δεν απαιτούν μεγάλη ενέργεια για την παραγωγή τους, ανακυκλώνονται, δεν μολύνουν το περιβάλλον κατά την διάρκεια παραγωγής τους, δεν απελευθερώνουν τοξικούς ρύπους και δεν εκλύουν τέτοιους ρύπους κατά την διάρκεια εφαρμογής τους και μέχρι την καταστροφή τους. Για την επιλογή τέτοιου είδους δομικών υλικών, απαιτούνται γνώσεις σχετικές με τη διαθεσιμότητα και την επάρκεια των φυσικών πρώτων υλών, την απαιτούμενη ενέργεια για την παραγωγή αυτών καθώς και τις υπόλοιπες φάσεις του κύκλου ζωής τους, την αντοχή τους στο χρόνο και τη διάρκεια ζωής τους, τις ανάγκες συντήρησης, την περιεκτικότητάς τους σε ανακυκλωμένα υλικά καθώς και τη δυνατότητα επανάχρησης ή ανακύκλωσης αυτών μετά το τέλος του κύκλου ζωής τους. Τέτοιου είδους θερμομονωτικά υλικά αποτελούν το λιναρόμαλλο, το ρολό από ίνες κοκκοφοίνικα, το μονωτικό ρολό από υπολείμματα βαμβακιού, η τζίβα (σε φύλλα και λωρίδες) η διογκωμένη άργιλος κ.α.

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια από τα φυσικά θερμομονωτικά υλικά (Κατσιγιάννη), (Συλλογικό, 2013):

Ξυλόμαλλο: Αποτελείται από ίνες ξύλου με συνδετική ύλη τσιμέντο. Η ενέργεια παραγωγής του είναι αρκετή αλλά λιγότερη από άλλα υλικά. Θεωρείται οικολογική επιλογή και είναι φιλικό προς τον άνθρωπο.

Διογκωμένος φελλός: Απόλυτα υγιεινό υλικό με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας παραγωγής και 100% ανακυκλώσιμο. Μοναδικό μειονέκτημα οι υψηλές τιμές σε σχέση με τα υπόλοιπα μονωτικά.

Μαλλί προβάτου: Αποτελεί εξαιρετικό θερμομονωτικό υλικό, με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας παραγωγής. Το μειονέκτημά του είναι ότι χρησιμοποιούνται χημικά ως μυκητοκτόνα και για τη μείωση κινδύνου πυρκαγιάς.

Κυτταρίνη: Παράγονται από ανακυκλωμένο χαρτί και είναι πολύ διαδεδομένες διότι ανταποκρίνονται πλήρως στα κριτήρια της οικολογικής δόμησης και ταυτόχρονα η απόδοσή τους είναι πολύ υψηλή, ανάλογη των μονώσεων του ορυκτοβάμβακα ή των αφρωδών συνθετικών μονώσεων.

Κάνναβη: Οι θερμομονωτικές ιδιότητές της οφείλονται στον αέρα που εγκλωβίζουν οι ίνες των μίσχων της. Τα είδη μονώσεων που παράγονται από αυτές είναι: στερεές ή μαλακές θερμομονωτικές πλάκες, ρολά, στρώματα, μαλλί σφράγισης αρμών και χυτές μονώσεις. Οι ίνες των μονώσεων αποσπώνται από το μίσχο (κοτσάνι) του φυτού, μετά από ψήσιμο, ή σπάσιμο και συμπίεση με ειδικούς κυλίνδρους.

Λινάρι: Οι μονώσεις λιναριού παράγονται από τις ισχυρές ίνες του φυτού. Το κύριο συστατικό τους είναι η κυτταρίνη. Οι πόροι μεταξύ των ινών των μονωτικών πλακών εγκλωβίζουν αέρα που προσδίδει στις πλάκες μονωτικές ιδιότητες. Οι μονώσεις λιναριού παρασκευάζονται από τις κοντές ίνες του φυτού, που περισσεύουν από τη νηματουργική και υφαντουργική επεξεργασία των πολύτιμων μακριών ινών του.

Άχυρο: Άφθονο και προσιτό υλικό, που παράγεται, όπου παράγονται δημητριακά, σχεδόν σε όλες τις χώρες του κόσμου. Έχει μικρή αντίσταση στη

διάχυση υδρατμών ($\mu = 2$). Όταν το πάχος των δομικών του στοιχείων είναι μεγάλο, ενώ στεγνώνουν οι εξωτερικές του επιφάνειες, διατηρεί υψηλά ποσοστά υγρασίας στο εσωτερικό της μάζας του, για μεγάλο χρονικό διάστημα με αποτέλεσμα τη σήψη.

Βαμβάκι: Έχει πολύ καλές θερμομονωτικές ιδιότητες, με συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, εξαιτίας της δομής των ινών του. Οι ίνες του αναπνέουν και απορροφούν υγρασία. Έτσι εξισορροπούν την υγρασία των εσωτερικών χώρων και συμβάλουν στο αίσθημα ευεξίας. Το βαμβάκι είναι υδρόφιλο, για αυτό δεν μπορεί να εκτίθεται σε υψηλά ποσοστά υγρασίας για μεγάλο χρονικό διάστημα.

3.5 ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΣΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

Για την επίτευξη της καταλληλότερης θερμομόνωσης σε ιστορικές υπάρχουσες κατοικίες, χρειάζεται να ληφθούν υπ' όψιν διάφοροι παράγοντες.

1. Το μικροκλίμα (άνεμος, θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, υψόμετρο, παράκτια ή αστική περιοχή.)
2. Κλίση αναχώματος και θερμικές εξασθενήσεις μπορεί να επιφέρουν αλλαγές σε θερμοκρασία αέρα. (Tamelikecht, Royet, Cantin, Burgholzer, & Guarracino, 2009)
3. Τα γειτονικά κτίρια και σκίαση εξ αυτών στο κτίριο μελέτης
4. Η ηλικία του κτιρίου και τα αρχιτεκτονικά του χαρακτηριστικά
5. Τα τοπικά υλικά και η συμβατότητα των νέων με τα υφιστάμενα

Η θερμική συμπεριφορά του κτιρίου δημιουργείται από την κατάστασή του και τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του: τον προσανατολισμό των χώρων, την τυπολογία και το μέγεθος των χώρων.

Σε ιστορικά κτίρια, χωρίς υπάρχουσα θέρμανση, εξαερισμό και κλιματισμού (HVAC), το εσωτερικό περιβάλλον γενικά τείνει να διατηρεί συνθήκες

εσωτερικής άνεσης, ιδίως στα πέτρινα κτίσματα. Το χειμώνα, μια υψηλή θερμική αδράνεια επιτρέπει την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Με αυτό τον τρόπο, τα δομικά στοιχεία απελευθερώνουν αποθηκευμένη ενέργεια με καθυστέρηση αρκετών ωρών. Η καθυστέρηση αυτή καθιστά δυνατή τη μείωση της περιόδου θέρμανσης και διατηρείται μια άνετη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Η αρχιτεκτονική και ιστορική σημασία των εξωτερικών όψεων ιστορικών κτιρίων συνήθως αποκλείει τη χρήση της εξωτερικής μόνωσης για αρκετές δομές. Η εσωτερική μόνωση θεωρείται μια πιο βιώσιμη εναλλακτική λύση, αν και δύναται και αυτή να θεωρηθεί επεμβατική ως λύση. Με την εσωτερική θερμομόνωση δημιουργείται κίνδυνος ασυμβατότητάς της με την παραδοσιακή κατασκευή. Αλλαγή της ισορροπίας μεταξύ της θερμότητας, του αέρα και της κίνησης της υγρασίας στο δομικό μέλος μπορεί να επηρεάσει την ακεραιότητα του κτιρίου. (Rhee-Duverne & Baker, 2013). Η εφαρμογή εσωτερικής θερμομόνωσης λοιπόν, μπορεί να οδηγήσει στην συσσώρευση υγρασίας μέσα στο τοίχωμα και στην δημιουργία συμπυκνωμάτων μέσω της συσσώρευση υγρασίας. (Walker & Ρανία, 2015)

3.6 ΩΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗΣ

3.6.1 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

Οι παράμετροι που επηρεάζουν την θερμική άνεση διακρίνονται παρακάτω (Παπαδόπουλος, 2006):

1. Φυσικές παράμετροι

- Θερμοκρασία του αέρα
- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών
- Η υγρασία και η σχετική υγρασία του αέρα
- Η ταχύτητα του εσωτερικού αέρα
- Χωροταξική κατανομή των παραπάνω μεγεθών

2. Βιολογικές παράμετροι

- Το φύλο των χρηστών του χώρου
- Η ηλικία των χρηστών του χώρου
- Οι συνήθειες των χρηστών του χώρου

3. Εξωτερικές παράμετροι

- Το είδος των δραστηριοτήτων των χρηστών του χώρου
- Ο τύπος του ρουχισμού των χρηστών του χώρου

Επίσης, σημαντικό ρόλο παίζει η σχέση που υπάρχει μεταξύ της ηλιακής ακτινοβολίας και των στοιχείων του κτηρίου. Ένα μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει στα συμπαγή δομικά μέλη του κελύφους ανακλάται και ένα μέρος απορροφάται. Αυτό εξαρτάται και από την ανακλαστικότητα του υλικού της εξωτερικής επιφάνειας, η οποία οφείλει να συμπεριλαμβάνεται στη μελέτη σχεδιασμού. Η εισερχόμενη ακτινοβολία απορροφάται από τα δομικά στοιχεία και μετατρέπεται σε θερμότητα. Η θερμότητα αυτή είτε αποθηκεύεται, είτε επανεκπέμπεται στο περιβάλλον. Για τον έλεγχο της θερμικής άνεσης, είναι αναγκαία η ύπαρξη ισορροπίας της εισροής και εκροής θερμικής ενέργειας από το εξωτερικό περιβάλλον, μέσω του ελέγχου του επιπέδου θερμικών κερδών-απωλειών. (Αργυροπούλου, 2009)

3.6.2 ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η ενέργεια που καταναλώνεται στα κτίρια οφείλεται στην ανάγκη για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και για χρήση άλλων εγκατεστημένων συσκευών και εξοπλισμών. Η ποσότητα κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και θερινό κλιματισμό εξαρτάται από τον τύπο και την κατασκευή του κτιρίου, από την σωστή επιλογή μονώσεων, από τον τρόπο χρήσης του κτιρίου από τους χρήστες του, από τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, από τις ώρες λειτουργίας του, τα συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού, από τις συσκευές και τον υπόλοιπο ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Επίσης, η ελλιπής ή λανθασμένη ηλιοπροστασία των κτηρίων οδηγεί στην ανάγκη για επιπλέον

ενέργεια, για λόγους δροσισμού του εσωτερικού χώρου, προκειμένου να επιτευχθούν συνθήκες θερμικής άνεσης κατά τους θερινούς μήνες.

Στα κτίρια κατοικιών η θέρμανση των χώρων αντιπροσωπεύει το 61% της συνολικής κατανάλωσης και ο δροσισμός το 2%, με συνεχώς αυξανόμενη τάση. Στα υπόλοιπα κτίρια του τριτογενή τομέα η θέρμανση αντιπροσωπεύει το 52% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας και ο θερινός κλιματισμός το 17%. Από τα παραπάνω ποσοστά εξάγεται το συμπέρασμα ότι περίπου το 20% του ενεργειακού ισοζυγίου της χώρας μας καταναλώνεται για τη θέρμανση και τον κλιματισμό των κτιρίων του οικιακού και του τριτογενούς τομέα και η τάση είναι αυξητική. (Παπακώστας)

Σε σωστά θερμομονωμένα κτίρια, η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να είναι 20-40% μικρότερη από την ενεργειακή κατανάλωση ενός κτηρίου χωρίς θερμομόνωση. Το μέγεθος της ενέργειας που καταναλώνεται στον τομέα των κτηρίων, είναι περίπου το 40% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα. Τα μεγέθη στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι περίπου της ίδιας τάξης, δηλαδή 40%. (Βάκα, 2005)

Πέρα λοιπόν από την ανάγκη για θερμική άνεση στο εσωτερικό ενός κτιρίου, πολύ σημαντική θεωρείται και η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, από την καλύτερη θερμική λειτουργία των κατασκευών. Εξαιτίας του γεγονότος ότι το κάθε κτίριο είναι ξεχωριστό και έχει διαφορετικές ανάγκες σύμφωνα με τις χρήσεις του, κρίνεται αναγκαίος ο εξατομικευμένος και προσεκτικός σχεδιασμός και επιλογή υλικών.

3.7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Rhee-Duverne, S., & Baker, P. (2013). Research into the Thermal Performance of Traditional. *English Heritage Report*.
- Runming, Y., Baizhan, L., & Jing, L. (2009). A theoretical adaptive model of thermal comfort – Adaptive Predicted Mean Vote (aPMV). *Elsevier*.
- Tamelikecht, S., Royet, B., Cantin, R., Burgholzer, J., & Guarracino, G. (2009). Field assessment of thermal behaviour of historical dwellings in France. *Elsevier*.
- Walker, R., & Pavía, S. (2015). Thermal performance of a selection of insulation materials suitable for historic buildings. *Elsevier*.
- Αργυροπούλου, Α. (2009). Κτήριο, Ενέργεια, Θερμομόνωση, Περιβάλλον & η αλληλοεξάρτησή τους. Χανιά.
- Βάκα, Θ. (2005). Υλικά - Κατοικία και περιβάλλον. Αθήνα.
- Γαλάνης, Ν., Καλλιακούδη, Κ., & Ευθυμιάδης, Α. (2014). Εναλλακτικές τεχνολογίες θέρμανσης - εξοικονόμησης ενέργειας. Αθήνα.
- ΚΑΠΕ. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ε. Κ. (1999). Οδηγός Εξοικονόμησης Ενέργειας Μέσω Θερμομόνωσης. Υπ. Εργασίας.
- Κατσιγιάννη, Ξ. Συλλογος Ολιστικής Αρχιτεκτονικής. Ανάκτηση 05 2016, από <http://www.s-ol-ar.gr>
- Κονδύλης, Ν., & Ροκανάς, Μ. (2012). Θερμομονωτικά και υγραμονωτικά υλικά στις σύγχρονες κατασκευές. Αθήνα: ΕΜΠ.
- Παπαδόπουλος, Ά. (2006). Θερμική Άνεση στα Κτίρια. Νέα Πρότυπα και Βελτίωση Θερμικής Άνεσης στα Κτίρια. Ιωάννινα.
- Παπακώστας, Κ. Εξοικονόμηση Ενέργειας σε συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού.
- Συλλογικό. (2013). Ανέλιξη. Ανάκτηση 06 2016, από <http://www.anelixi.org/>
- Συλλογικό. (2010). Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων. Αθήνα: Υ.Π.Ε.Κ.Α.
- Φλώρος, Χ. (2013). Προκολομβιανή Αρχιτεκτονική της Κεντρικής Αμερικής.

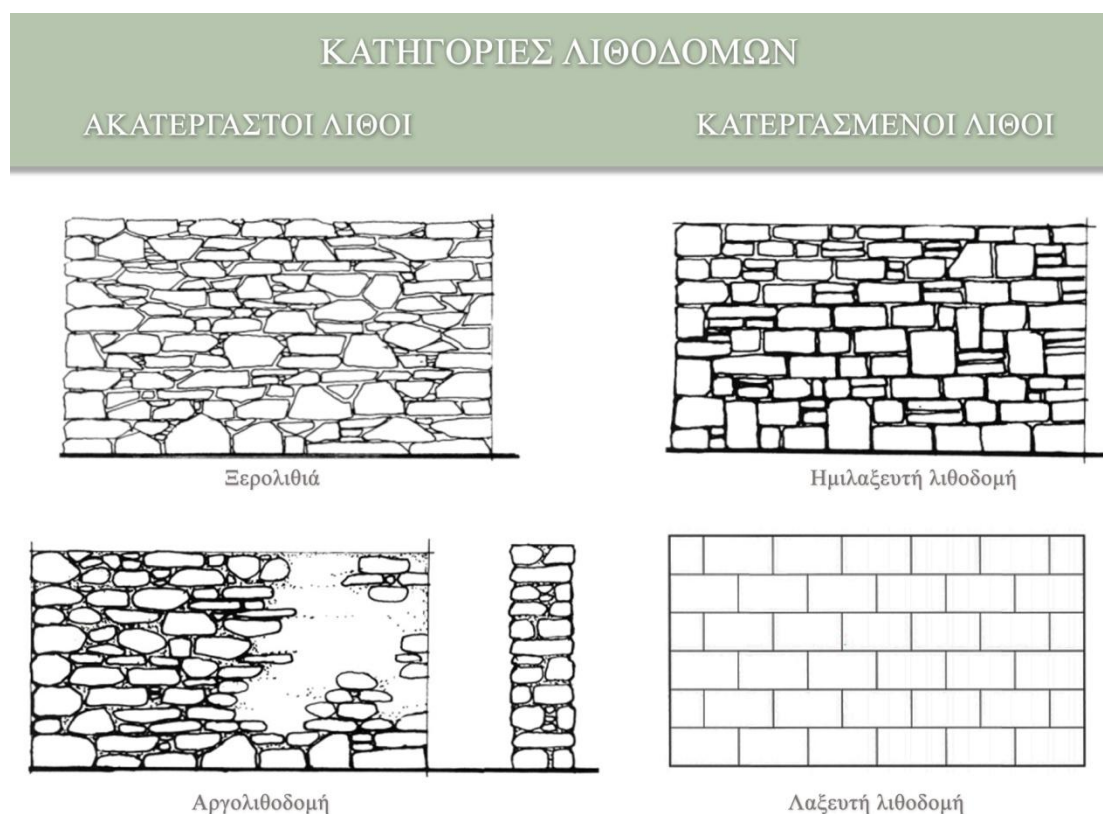
4. ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΕΣ

4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΩΝ

Οι τοιχοποιίες μπορούν ταξινομηθούν σε κατηγορίες ανάλογα με το είδος των λιθοσωμάτων από τα οποία είναι κατασκευασμένες, οι οποίες είναι οι παρακάτω (Ιγνατάκης, 2004):

1. Λιθοδομές, οι οποίες διακρίνονται στις κατηγορίες:

- Ξηρολιθοδομές (χωρίς συνδετικό κονίαμα)
 - Αργοξηρολιθοδομές ή Ξηρολιθιές
 - Ημιλάξευτες ξηρολιθοδομές
 - Λαξευτές ξηρολιθοδομές
- Αργολιθοδομές
- Λιθοδομές με την χρήση ημιλαξευτών λίθων
- Λιθοδομές με την χρήση λαξευτών λίθων



Εικόνα 1: Κατηγορίες Λιθοδομών

Πηγή: <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C119/48/346,1382/>

2. Πλινθοδομές (Τεχνητοί Λίθοι)

- Ωμοπλινθοδομές - Πλιθιά
- Οπτοπλινθοδομές
 - Συμπαγών πλίνθων με ή χωρίς σκάφη
 - Διάτρητων πλίνθων με οριζόντιες οπές
 - Διάκενων πλίνθων με κατακόρυφες οπές ή διάκενα

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΙΝΘΟΔΟΜΩΝ



Ωμοπλινθοδομή



Οπτόπλινθοδομή με συμπαγή τούβλα

Εικόνα 2: Κατηγορίες Πλινθοδομών

Πηγή 1: <http://www.anelixi.org/>

Πηγή 2: http://e-oikodomos.blogspot.gr/2011/05/blog-post_18.html

3. Τσιμεντολιθοδομές - Γυψοδομές

- Τσιμεντόπλινθων βαρέως τύπου
- Πλίνθων ελαφροσκυροδέματος ή Κισσηρόπλινθοι
- Πλίνθων αεροσκυροδέματος
- Γυψοπλίνθων

4. Μικτές τοιχοποιίες

- Λιθοπλινθοδομές
- Ξυλόπηκτες τοιχοποιίες ή Τσατμάδες
- Σύνθετες τοιχοποιίες

4.1.1 ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

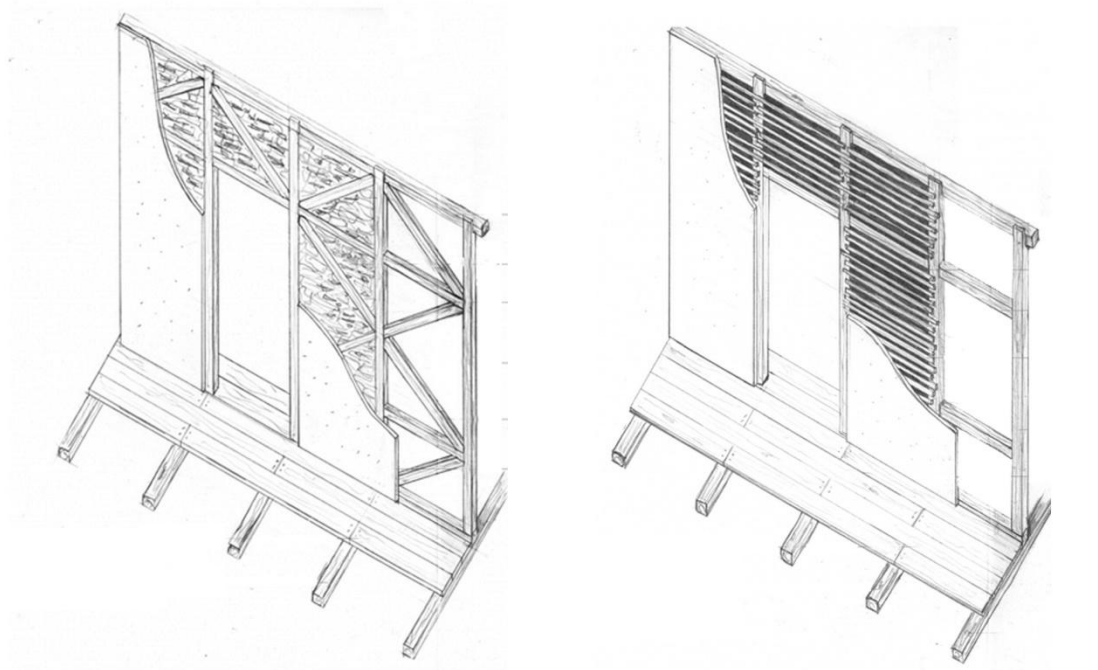
Τσατμάς (ξυλόπηκτη): Εμφανίζεται με πολλές παραλλαγές στις παραδοσιακές κατασκευές, αλλά ουσιαστικά πρόκειται για κατασκευή από ξύλινο σκελετό με κάθετα και οριζόντια στοιχεία, ή πλέγματα ξύλου, ποικίλων διατομών και μορφής. Κατακόρυφοι πήχεις στηρίζονται ή συνδέονται με τη φέρουσα κατασκευή και πάνω τους πλέκονται οριζόντια κλαδιά. Συνήθης διατομή των ορθοστατών και άλλων οριζόντιων στοιχείων που αποτελούν τον σκελετό είναι 10x10 ή ακόμα και 7x7. (Συλλογικό, 2012-13) Στον σκελετό τοποθετούνται και διαγώνια ξύλινα στοιχεία. Πάνω στο πλέγμα πιέζεται το μείγμα του πηλού, ταυτόχρονα και από τις δύο πλευρές του, από δύο άτομα, ώστε η εσωτερική και η εξωτερική στρώση του πηλού να κολλήσουν μεταξύ τους και να σχηματιστεί ένα ενιαίο στρώμα, που ενσωματώνει τα κλαδιά. Το μείγμα του πηλού που χρησιμοποιείται στην κατασκευή του τσατμά έχει σχετικά μικρή περιεκτικότητα αργίλου, με άμμο και μικρό χαλίκι και με αρκετό συνδετικό άχυρο ή ζωική τρίχα (αιγότριχα). Άλλες φορές τα φατνώματα της φέρουσας κατασκευής γεμίζουν με πλιθιά, οπτόπλινθους, ή μικρά λιθάρια και πάνω τους πιέζεται ο πηλός. (Συλλογικό, 2013)

Μπαγδατί (ξυλόπλεκτη τοιχοποιία): Το μπαγδατί κατασκευάζεται από λεπτά πηχάκια ή και από καλάμια που καρφώνονται οριζόντια πάνω στα ξύλα του φέροντος οργανισμού. Μικρότερα ξύλα - κλαδιά δέντρων, πηχάκια ή λεπτές σανίδες (μικρού πλάτους) ή αρκετές φορές καλάμια μικρής διατομής καρφώνονται οριζόντια πάνω στους ορθοστάτες του σκελετού αφήνοντας κενό όχι μεγαλύτερο από 2cm. (Συλλογικό, 2012-13) Στην παραδοσιακή κατασκευή ο τσατμάς και το μπαγδατί είναι συνήθως οι μη φέροντες διαχωριστικοί τοίχοι του ισογείου και σχεδόν πάντα οι διαχωριστικοί τοίχοι του ορόφου. Αποτελούν επίσης τμήματα του κελύφους του ορόφου είτε ως περίβλημα των σαχνισιών είτε ως εξωτερικοί φέροντες τοίχοι στο νότο. Με τον τρόπο αυτό, τα φορτία στον όροφο, στην ανώτερη ζώνη της κατασκευής, μειώνονται σημαντικά σε σύγκριση με τα φορτία της φέρουσας ωμοπλινθοδομής του ισογείου. (Συλλογικό, 2013)

ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣΕΣ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

ΕΥΛΟΠΗΚΤΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ
(Τσατμάς)

ΕΥΛΟΠΛΕΚΤΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ
(Μπαγδατί)



Εικόνα 3: Κατηγορίες Παραδοσιακών Τοιχοποιιών

Πηγή: <https://5a.arch.ntua.gr/project/1001/1348>

Ωμόπλινθοι ή πλιθιά: Σε όλο σχεδόν τον ελλαδικό χώρο, ακόμα και σε περιοχές όπου κυριαρχούσαν οι λιθόχτιστες κατασκευές ο πηλός χρησιμοποιούνταν για τη δημιουργία ελαφροβαρών εσωτερικών χωρισμάτων ή και νότιων εξωτερικών τοίχων. Η δόμηση του πηλού στην Ελλάδα ήταν πάντα δόμηση με πλιθιά. Οι φέρουσες τοιχοποιίες πλιθιού, σε συνδυασμό με τα ξύλινα οριζόντια διαζώματα τους και τα διαφράγματα των δαπέδων των ορόφων, ήταν το μοντέλο της δόμησης που επικράτησε και άντεξε στις καταπονήσεις των μεγάλων σεισμών του ελλαδικού χώρου. (Συλλογικό, 2013) Κατασκευάζονταν από αργιλώδες χώμα σε ποσοστό 15% - 30% και πολλές φορές ενισχύονταν από κομμένο άχυρο, τρίχες κατσίκας ή άλλες ίνες. Οι συνήθεις διαστάσεις των ωμόπλινθων είναι 350mm x 250mm x 100mm και ποικίλουν ανάλογα με τη χρήση. Όταν οι ωμόπλινθοι προορίζονται για κατασκευές δευτερεύουσας χρήσεως οι διαστάσεις αυξάνονται. (Τζώρτζης, 2012)

Στις παραδοσιακές κατοικίες συχνά συναντώνται στο ίδιο κτήριο τοιχοποιίες διαφορετικών τύπων, κατασκευασμένες όμως από το ίδιο συνδετικό κονίαμα δόμησης, εκτός αν πρόκειται για μεταγενέστερες φάσεις, αναδομήσεις ή προσθήκες.

Οι τοιχοποιίες μικρότερου βάρους και χαμηλότερων μηχανικών αντοχών, όπως οι ξυλόπηκτες ή ξυλόπλεκτες τοιχοποιίες, ή πλινθοδομές διάτρητων πλίνθων, συναντώνται συνήθως στους ανώτερους ορόφους, είτε χρησιμοποιούνται ως εσωτερικοί διαχωριστικοί και συχνά πρόκειται για μη φέρουσες τοιχοποιίες. Αντίθετα, οι τοιχοποιίες μεγαλύτερου βάρους, όπως λιθοδομές ή πλινθοδομές πλήρων πλίνθων, συναντώνται συνήθως στους κατώτερους ορόφους. Η θεμελίωση και οι φέρουσες τοιχοποιίες τυχόν υπόγειων ή ημιυπόγειων χώρων είναι σχεδόν αποκλειστικά κατασκευασμένες από λιθοδομή καθώς οι πλινθοδομές εμφανίζουν μεγαλύτερη υδατοπερατότητα και απορρόφηση υγρασίας, με αποτέλεσμα η εδαφική υγρασία να προκαλεί αποσάθρωση των πλίνθων. (Ιγνατάκης, 2004)

4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΩΝ

Ο πηλός αποτέλεσε το πρώτο δομικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε στις κατασκευές. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε ως μέσο ενίσχυσης κονιαμάτων και επιχρισμάτων, ενώ σταδιακά αποτέλεσε κύριο υλικό κατασκευής ενισχυμένο με ξύλα, καλάμια άχυρα κλπ. Στην Ελλάδα στα τέλη της 7ης - αρχές της 6ης χιλιετίας π.Χ, καταγράφονται τα πρώτα πασσαλόπηκτα σπίτια, με πασσάλους πακτωμένους στο έδαφος, επιχρισμένους με πηλό ή με κλαδιά που πλέκονται στους πασσάλους. (Παλυβού, 2005)

Οι ωμόπλινθοι ανακαλύφθηκαν την 8η χιλιετία, αρκετά αργότερα από την εδραίωση χρήσης του πηλού ως οικοδομικό υλικό και χρησιμοποιήθηκαν αρχικά στην Μεσοποταμία και Βαβυλωνία, όπου το ξύλο και οι λίθοι ήταν διαθέσιμα. Την 6η χιλιετία π.Χ κατασκευάστηκαν στην Τουρκία και το Ιράν οι πρώτοι κανονικού σχήματος ωμόπλινθοι, που προορίζονταν για χρήση σε

δημόσια κτίρια. Την 2η χιλιετία π.Χ στην Μυκηναϊκή Ελλάδα χρησιμοποιήθηκαν στα ψηλότερα μέρη της κατασκευής και ενισχύονταν με ξυλοδεσιές. Οι ωμόπλινθοι συναντώνται έως και σήμερα στις οικοδομές, με τα περισσότερα παραδείγματα στην Ελλάδα να βρίσκονται στην Μακεδονία και την Ήπειρο. (Πάχτα, 2011)

Επόμενη σημαντική εξέλιξη αποτέλεσε η εμφάνιση των οπτοπλινθοδομών κατά την 3η χιλιετία π.Χ στην Μεσοποταμία, οι οποίες διέθεταν μεγαλύτερη αντοχή στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Στη **Ρωμαϊκή περίοδο**, οι πλίνθοι χαρακτηρίζονται από την σταθερότητα των διαστάσεών τους και των μηχανικών τους αντοχών και τότε ξεκινά η ευρεία παραγωγή και χρήση αυτών, η οποία συνεχίστηκε και κατά την **Βυζαντινή περίοδο**. Εκείνη την εποχή, αναπτύσσεται η τεχνική της τοιχοποιίας με συνδετικό κονίαμα τον πηλό, από χώμα ή άμμο, με κονία την τίτανο ή αλλιώς άσβεστο ή χωρύγιο. Συνηθισμένη μεθοδολογία στερέωσης (δεσίματος) της τοιχοποιίας, από τους βυζαντινούς, ήταν η ιμάντωση, δηλαδή η παράθεση δύο ή τριών ξύλινων δοκών, διαστάσεων 0.10×0.10 m ή 0.15×0.12 m. Οι εσωτερικοί τοίχοι ήταν συνήθως κατασκευασμένοι από σύνθετες οπτοπλινθοδομές ή αμμοπλινθοδομές, με προσθήκη καλαμιών ή ξύλινων πηχίσκων. (Μπαβελλας & Μπουζούκου, 2005)

Επόμενο στάδιο της χρήσης πηλού ήταν η χρήση λίθων και αρχικά συναντάται στην **Αίγυπτο** σε μνημειώδη κτίσματα ανακτόρων. Οι αιγυπτιακές πυραμίδες ήταν οι πρώτες πρώιμες λιθοκατασκευές ενώ στην Ελλάδα τα κτίσματα των **Μυκηνών** αποτελούν τα πρώτα παραδείγματα εξελιγμένης οικοδομικής αντίληψης. (Πάχτα, 2011)

Κατά την **ρωμαϊκή περίοδο** εμφανίστηκε το επονομαζόμενο ρωμαϊκό σκυρόδεμα από υδραυλικό κονίαμα και τεμάχια λίθων - οπτόπλινθων και ξυλότυπων. Στην υστεροβυζαντινή περίοδο, στην Β. Ελλάδα επικρατούσαν οι οπτοπλινθοδομές, ενώ στην Ν. Ελλάδα οι αργολιθοδομές. Τέλος, στην **Οθωμανική περίοδο**, σε μια κατασκευή συνυπάρχουν διαφορετικοί δομικοί τύποι, ανάλογα με τα υλικά της εκάστοτε περιοχής.

4.3 ΦΘΟΡΕΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΩΝ

Οι παράγοντες που συντελούν στη φθορά των δομικών λίθων των κτιρίων μπορούν να διακριθούν σε φυσικούς, χημικούς, βιολογικούς, κλιματολογικούς και γεωλογικούς. Πιθανές αιτίες εμφάνισης φθορών είναι οι εξής (Μανίτα & Παντζόπουλος, 2000):

- Η μεταβολή της θερμοκρασίας η οποία προκαλεί την χαλάρωση της σύνδεσης των υλικών με αποτέλεσμα την δημιουργία ρηγματώσεων.
- Το νερό ελέγχει την ενυδάτωση, μεταφορά, κρυστάλλωση και ανακρυστάλλωση των αλάτων τα οποία μπορεί να προκαλέσουν την δημιουργία στεγανών στρωμάτων στην επιφάνεια με δυσμενή αποτελέσματα.
- Η συνεχής έκθεση των δομικών λίθων στον άνεμο και στην αμμοβολή φθείρει τις επιφάνειές τους.
- Η δράση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και του διοξειδίου του θείου (SO_2) της ατμόσφαιρας προκαλούν χημικές φθορές στους δομικούς λίθους και ιδιαίτερα λίθους ασβεστολιθικής σύστασης.
- Οι μικροοργανισμοί, τα φυτά και τα ζώα είναι δυνατόν να προκαλέσουν εκτεταμένες ζημιές, λόγω της έκκρισης οργανικών οξέων, της κατακράτησης νερού, αλλά και εξαιτίας των μηχανικών τάσεων που δύναται να ασκήσουν στο δομικό μέλος.

Κύριες τεχνικές επισκευής και ενίσχυσης λιθοδομών είναι οι παρακάτω (Δημοσθένους & Στυλιανίδης, 2000):

Βαθύ αρμολόγημα: για λιθοδομές μικρού πάχους (< 0.004 m) ή πλινθοδομές που παρουσιάζουν ρηγματώσεις μέχρι 0,1 m.

Ενέσεις σε ρωγμές: Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται όπου το εύρος των ρωγμών

της τοιχοποιίας δεν υπερβαίνει τα 0,01 m ενώ μπορεί να εφαρμοστεί και σε τοιχοποιίες μεγαλύτερου πάχους. Η τεχνική αυτή οδηγεί σε αποκατάσταση της αρχικής αντοχής της τοιχοποιίας. Το ένεμα δύναται πέρα από την πλήρωση των ρωγμών να χρησιμοποιηθεί και για την πλήρωση των κενών που συναντώνται στην τοιχοποιία. Αυτή η μέθοδος εφαρμόζεται συχνά σε αργολιθοδομές και σε τρίστρωτες λιθοδομές.

Συρραφή μεγάλων ρωγμών: Εφαρμόζεται για την πλήρωση μεγάλων ρωγμών. Επιτυγχάνεται η αύξηση της διατμητικής αντοχής της τοιχοποιίας, όμως προκαλείται αλλοίωση της εξωτερικής όψης του τοίχου.

Συρραφή αποκολλημένων τοίχων: Εφαρμόζεται στα σημεία που συναντάται ρωγμή αποκόλλησης ή μερική κατάρρευση. Με την συγκεκριμένη τεχνική ανακτάται και εν μέρει αυξάνεται τοπικά η αντοχή του τοίχου στην ανακατασκευαζόμενη περιοχή. (Θεοδωρίδης, 2006)

4.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Lisø, K. R., & Kvande, T. (2008). Climate adapted design of masonry structures. *Elsevier*.
- Oliveira, D., Silva, R., Garbin, E., & Lourenço, P. (2012). Strengthening of three-leaf stone masonry walls: an experimental research. *RILEM*.
- Δημοσθένους, Χ., & Στυλιανίδης, Μ. (2000). Κριτήρια επιλογής μεθόδων επισκευής και ενίσχυσης μνημείων και παραδοσιακών κτιρίων από τοιχοποιία, Πρακτικά 1ου Εθνικού Συνεδρίου Ήπιες επεμβάσεις για την προστασία ιστορικών κατασκευών., (σσ. 445-461). Θεσσαλονίκη.
- Θεοδωρίδης, Χ. (2006). Συμβατά Υλικά και Μέθοδοι Συντήρησης και Αποκατάστασης Ιστορικών Κτιρίων. Αλεξανδρούπολη.
- Ιγνατάκης, Χ. (2004). Μηχανική της τοιχοποιίας – Σύθεση φέροντος οργανισμού – Απόκριση και τυπολογία βλαβών υπό κατακόρυφα και σεισμικά φορτία.
- Κορωναίος, Α., & Πουλάκος, Γ. (2006). *Τεχνικά Υλικά, Τόμος 4*. Αθήνα.
- Μανίτα, Π., & Παντζόπουλος, Σ. (2000). Παθολογία και Μηχανισμοί φθοράς Ιστορικών Κτιρίων, Πρακτικά 1ου Εθνικού Συνεδρίου Ήπιες επεμβάσεις για την προστασία ιστορικών κατασκευών., (σσ. 331-341,). Θεσσαλονίκη.
- Μπαβελλας, Χ., & Μπουζούκου, Μ. (2005). *Συγκριτική μελέτη ενισχύσεως τοιχοποιίας με σύνθετα υλικά οργανικής & ανόργανης μήτρας*. Πάτρα.
- Συλλογικό. (2013). *Ανέλιξη*. Ανάκτηση 06 2016, από <http://www.anelixi.org/>
- Συλλογικό. (2012-13). *Αρχιτεκτονική ανάλυση παραδοσιακών κτιρίων και συνόλων, ΕΜΠ | Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών*. Ανάκτηση από <https://5a.arch.ntua.gr/project/1001>
- Τζώρτζης, Π. (2012). Διερεύνηση της επίδρασης των ωμόπλινθων στην ενεργειακή συμπεριφορά κτηρίων στην περιοχή Κορεστέων Ν.Καστοριάς. Βόλος.

B' ΜΕΡΟΣ: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

5. ΑΡΧΟΝΤΙΚΟ ΜΠΕΝΙΖΕΛΩΝ

Στην οδό Αδριανού 96, στην Πλάκα βρίσκεται το παλαιότερο σωζόμενο κτίριο της Αθήνας, το Αρχοντικό των Μπενιζέλων. Πρόκειται για ένα από τα σημαντικότερα δείγματα αρχοντικού της Οθωμανικής περιόδου και επομένως ένα μνημείο υψίστης σημασίας, για την ιστορία της Αθήνας του 16^{ου}-18^{ου} αιώνα.

Παρέμεινε εγκαταλελειμμένο για χρόνια και το 2000 παραχωρήθηκε στην Ιερά Αρχιεπισκοπή από το Υπουργείο Πολιτισμού, η οποία ενέκρινε και την αποκατάστασή του. Η μελέτη Αποκατάστασης πραγματοποιήθηκε το 2008 από τους Γιάννη Κίζη, Κλήμη Ασλανίδη και Χριστίνα Πινάτση, αρχιτέκτονες, Ελευθερία Τσακανίκα, πολιτικό μηχανικό και Χρήστο Ζόμπολα, μηχανολόγο.

Η ιστορική κατοικία, έχει πλέον αποκατασταθεί στην αρχική της μορφή και πρόκειται να λειτουργήσει ως μουσειακός χώρο αναπαράστασης ενός Αθηναϊκού Αρχοντικού της Τουρκοκρατίας, έχοντας ως στόχο να προσφέρει στον επισκέπτη μια βιωματική εμπειρία για ένα αρχοντικό αστικού τύπου του 1750.

ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΧΟΝΤΙΚΟΥ ΜΠΕΝΙΖΕΛΩΝ

1979

2010



Εικόνα 4: Φωτογραφίες του Αρχοντικού Μπενιζέλων πριν και μετά τις εργασίες αποκατάστασης (Τριανταφύλλου, Γ., 2015)

5.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

Το Αρχοντικό των Μπενιζέλων, είναι ένα ορθογώνιο κτίσμα διαστάσεων 23,0 x 9,40m και απαρτίζεται από το ισόγειο και τον όροφο, που συνδέονται μέσω μιας κτιστής πέτρινης σκάλας. Το ισόγειο (κατώι) αποτελείται από τρεις εσωτερικούς χώρους, με πρόσβαση από μια στοά με κυλινδρικούς κιονίσκους που στηρίζουν απλές καμάρες. Επίσης, στο ίδιο επίπεδο, υπάρχουν και δύο υπαίθριοι χώροι, στην νότια και στην βόρεια πλευρά, που συνδέονται μέσω μιας τοξοτής στοάς.

Κατά την διάρκεια του 17^{ου} - 18^{ου} αιώνα, ο νότιος και οι εσωτερικοί λίθινοι τοίχοι του ισογείου κατεδαφίστηκαν, προκειμένου να δημιουργηθούν νέοι που θα στηρίξουν τον πρώτο όροφο. Όλο μαζί θα αποτελούσε την νέα κατοικία που θα άνηκε στην οικογένεια των Μπενιζέλων. Οι επεμβάσεις συνεχίστηκαν και κατά την διάρκεια των επόμενων ετών, με αποτέλεσμα την αλλοίωση των πρωταρχικών αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών. Στην βορινή πλευρά του κτιρίου στο ημιυπαίθριο χαγιάτι τοποθετήθηκαν παράθυρα και προστέθηκαν ξυλόπηκτοι τοίχοι, οι οποίοι διαιρούσαν τον χώρο σε 2-4 ανεξάρτητες κατοικίες. Η προεξοχή του νότιου τοίχου, εκεί όπου τοποθετείται ο ορτά σοφάς, κατεδαφίστηκε και τα κενά επενδύθηκαν με αργολιθοδομή. (Tsakanika-Theohari & Mouzakis, 2010) Το κτίριο δηλαδή, έχει υποστεί αλλεπάλληλες μετατροπές, οι οποίες αλλοίωσαν την αρχική του μορφή, κάτι το οποίο αναφέρεται και σε μελέτη του Αναστάσιου Ορλάνδου το 1940.

Η παρούσα εργασία, καταπιάνεται με την ανάλυση του κτιρίου στην σημερινή του μορφή και αφού έχουν ολοκληρωθεί οι εργασίες αποκατάστασής του που το επανέφεραν στην αρχική του μορφή.

Στον όροφο (ανώι), συναντάται το ημιυπαίθριο χαγιάτι, με τον δυτικό σοφά και τον ορτά σοφά, που προεξέχει προς το νότο και τοποθετείται ανάμεσα στον θερινό και χειμερινό οντά. Το χαγιάτι αποτελούσε ένα ζωτικό χώρο της κατοικίας, καθώς χρησιμοποιούταν για ανάπαυση, κυκλοφορία, μαγείρεμα και

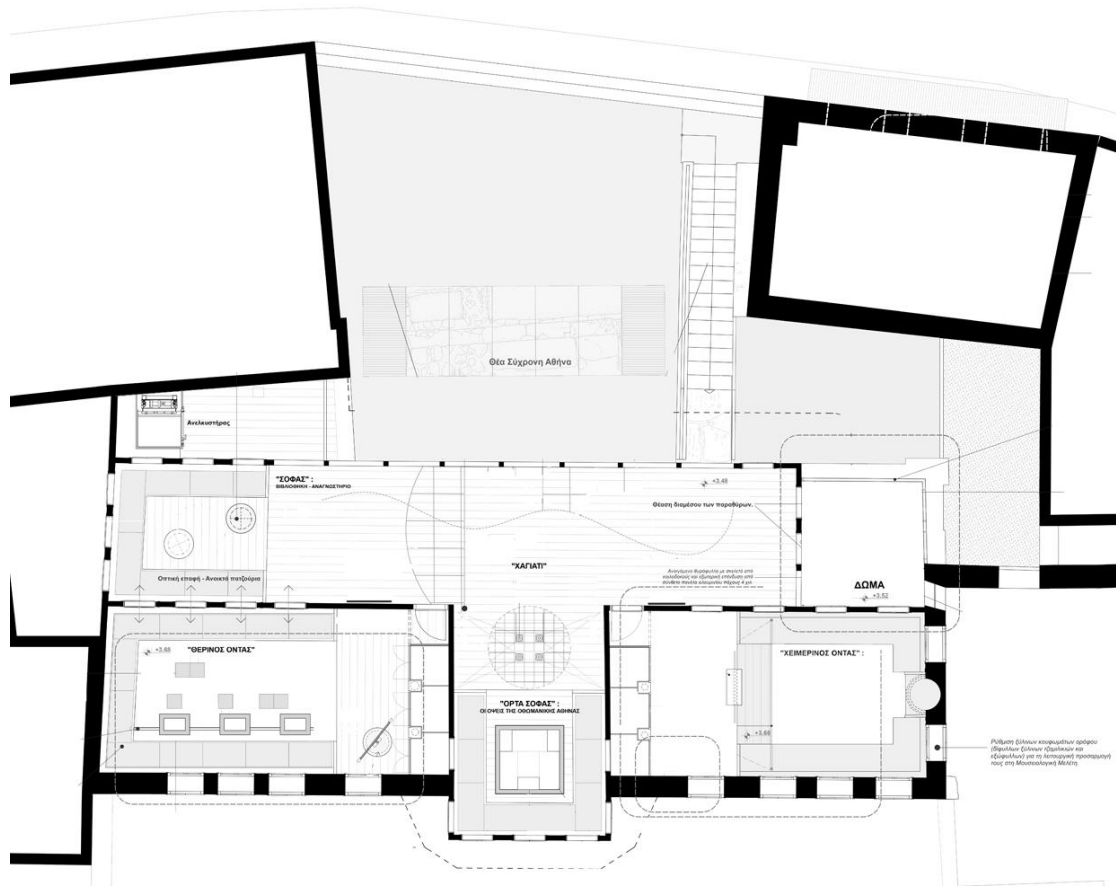
άλλες οικιακές λειτουργίες. Οι σοφάδες που βρίσκονται στον ίδιο χώρο χρησιμοποιούνταν επίσης για κυκλοφορία και συνάξεις, ενώ οι οντάδες, οι οποίοι είναι συμμετρικά τοποθετημένοι στην ανατολική και δυτική πλευρά του ορόφου, αποτελούσαν τους ιδιωτικούς χώρους όπου εκτελούνταν οι κύριες δραστηριότητες. (Atsonios, Mandilaras, Kolaitis, Tsakanika-Theohari, Alexandrou, & Founti, 2013)

Οι δύο όροφοι παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους και αυτές αφορούν τόσο στα υλικά κατασκευής των τοιχοποιιών, όσο και στα ανοίγματα που διαθέτουν. Συγκεκριμένα, το ισόγειο απαρτίζεται από πέτρινες τοιχοποιίες, ίδιας κατασκευής που διαφοροποιούνται μόνο στα πάχη. Στον όροφο, μόνο τρεις τοίχοι είναι λίθινοι, οι δύο νότιες τοιχοποιίες των οντάδων και ο ανατολικός ενώ όλοι οι υπόλοιποι είναι ξυλόπηκτοι. Ο τύπος της λιθοδομής που συναντάται είναι αργολιθοδομή, η οποία δομείται από τρεις στρώσεις. Οι δυο εξωτερικές στρώσεις αποτελούνται από πέτρες ασβεστολιθικής προελεύσεως με συνδετικό κονίαμα υδράσβεστου χωρίς τσιμέντο και εσωτερική στρώση αδρανών υλικών με κονίαμα, που πληρείται σε ποσοστό περίπου 10% από ενέματα επίσης υδράσβεστου. Σημαντική διαφορά των δύο ορόφων ως προς τις λίθινες τοιχοποιίες, είναι ότι οι εσωτερικές επιφάνειες των τοίχων του ορόφου έχουν καλυφθεί με επίχρισμα υδράσβεστου χωρίς τσιμέντο. Οι ξυλόπηκτοι τοίχοι αποτελούνται από κατακόρυφα και οριζόντια ξύλινα στοιχεία, πλήρεις οπτόπλινθους και κονίαμα υδράσβεστου. Επίσης, έχουν επιχρισθεί τόσο από την εσωτερική, όσο και από την εξωτερική τους όψη με το ίδιο κονίαμα. Υπάρχουν δύο τύποι ξυλόπηκτων τοιχοποιιών, αυτοί που απαρτίζονται από πολλά ανοίγματα, όπως οι βόρειοι τοίχοι των οντάδων και εκείνοι που δεν έχουν ανοίγματα ή έχουν ελάχιστα, όπως ο ανατολικός και ο δυτικός του θερινού οντά. Και οι δύο τύποι αποτελούνται από ξύλινους ορθοστάτες διαστάσεων 14x14cm, σε απόσταση 70-160cm, καθώς και από μικρότερα, κάθετα και οριζόντια διαστάσεων 7x12cm ή 6x13cm. Η διαφορά των δύο τύπων έγκειται στην ύπαρξη διαγώνιων ξύλινων στοιχείων μεταξύ των ορθοστατών σε εκείνους τους τοίχους που δεν έχουν ανοίγματα.

Στο ισόγειο τα ανοίγματα είναι σχεδόν ανύπαρκτα, με εξαίρεση ένα στην βόρεια όψη στον χώρο Γ, και ένα στον δυτικό τοίχο, στον χώρο Α. Αντίθετα, ο όροφος αποτελείται από πληθώρα ανοιγμάτων, τα οποία μπορούν να διαχωριστούν σε τέσσερις τύπους. Η κάτω σειρά ανοιγμάτων, η οποία συναντάται τόσο στους λίθινους όσο και στους ξυλόπηκτους και είναι ίδιων διαστάσεων, αποτελείται από ανοιγόμενα παράθυρα με ξύλινα εξωτερικά εξώφυλλα. Στην επάνω σειρά υπάρχει μια σειρά από σταθερούς φεγγίτες, οι οποίοι επίσης συναντώνται σε λίθινους και ξυλόπηκτους τοίχους. Εξαίρεση αυτών, αποτελεί ο τρίτος τύπος, ο οποίος παρότι στην εσωτερική του όψη, δεν διαφέρει από τους υπόλοιπους φεγγίτες, εξωτερικά όμως, έχει πληρωθεί με πέτρες αφήνοντας μόνο μια μικρή σχισμή για φωτισμό. Αυτά τα ανοίγματα είναι τρία, εκ των οποίων τα δύο βρίσκονται στον ανατολικό τοίχο και το τρίτο στον νότιο τοίχο του θερινού οντά. Ο τελευταίος τύπος ανοίγματος, είναι τα δύο παράθυρα που τοποθετούνται επάνω από την πόρτα εισόδου των οντάδων.

Το πάτωμα μεταξύ των δύο επιπέδων και οι οροφές οι κατασκευασμένα από ξύλο πεύκου, ενώ το πάτωμα στους εσωτερικούς χώρους του ισογείου είναι από πατημένο χώμα. Η στέγη αποτελείται από ξύλινες δοκούς και βυζαντινά κεραμίδια, ενώ στην οροφή του ορόφου συναντάται το μοναδικό είδος θερμομόνωσης και αυτό είναι στρώμα αφρώδους εξηλασμένης πολυστερίνης τοποθετημένο πάνω από το κόντρα πλακέ.

ΚΑΤΟΨΗ ΟΡΟΦΟΥ



Εικόνα 6: Κάτοψη Ορόφου

5.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Atsonios, I., Mandilaras, I., Kolaitis, D., Tsakanika-Theohari, E., Alexandrou, E., & Founti, M. (2013). Large scale measurement campaign to assess the thermal behaviour of an 18th century historic building in Athens. Italy: 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation .

Tsakanika-Theohari, E., & Mouzakis, H. (2010). A Post-Byzantine mansion in Athens. The restoration project of the timber structural elements. *World Conference Timber Engineering WCTE* .

Tsakanika, E. (2014). Reinforcement methods of historic and existing timber structures: Cases studies from Greece. *ΕΤΕΠΑΜ – ΕΜΦΑΝΕΙΣ & ΑΦΑΝΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ* .

Κίζης, Γ., & Δούγκας, Θ. *Ιερά Αρχιεπισκοπή Αθηνών*. Ανάκτηση 11 2015

Κίζης, Γ., Ασλανίδης, Κ., Πινάτση, Χ., & Δούγκας, Θ. (2014). *kizis architects*. Ανάκτηση 06 2016, από <http://www.kizisarchitects.gr/gr/index.php/en/projects/item/206-project51#null>

Τριανταφύλλου, Γ. (2015). *triantafyllou giorgos architect*. Ανάκτηση 05 2016, από http://triantafylloug.blogspot.gr/2015_04_01_archive.html

6. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ DESIGN BUILDER

Ο σχεδιασμός του Αρχοντικού των Μπενιζέλων πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα Design Builder ενώ η προσομοίωσή του έγινε με την βοήθεια του ενσωματωμένου Energy Plus. Το πρόγραμμα προσφέρει πληροφορίες ως προς την ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων, την θερμική συμπεριφορά τόσο του συνόλου του κτιρίου, όσο των μεμονωμένων χώρων του, ακόμα και επιφανειών του. Λειτουργεί σύμφωνα με την παρακάτω ιεραρχία:

- Τοποθεσία
- Κτίριο
- Μπλοκ (Όροφοι)
- Ζώνη (Χώροι)
- Επιφάνειες (Δομικά μέλη)
- Ανοίγματα

Τα δεδομένα που δίνονται σε κάποια από τις ιεραρχίες, "κληρονομούνται" και σε αυτές που βρίσκονται από κάτω. Για παράδειγμα, ο ορισμός δεδομένων στο επίπεδο της ζώνης, αυτομάτως σημαίνει ότι τα ίδια δεδομένα θα ισχύουν για επιφάνειες και ανοίγματα, αν και κάθε επίπεδο δύναται να διαφοροποιείται από το προηγούμενο ή επόμενο, εάν έτσι επιβάλλει ο σχεδιασμός του. Η κατανόηση της παραπάνω ιεραρχίας είναι πολύ βασική για τον σωστό σχεδιασμό των κτιρίων.

Επόμενο βασικό στάδιο για την σωστή χρήση του προγράμματος, είναι ο διαχωρισμός του σε τρία βασικά στάδια. Το πρώτο είναι ο σχεδιασμός του/των κτιρίων, η βασική του γεωμετρία, το επόμενο είναι ο ορισμός των στοιχείων - (τεχνικών) χαρακτηριστικών του μοντέλου και τέλος η προσομοίωση με το Energy Plus για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Τα χαρακτηριστικά του μοντέλου, αφορούν σε στοιχεία, όπως τα υλικά κατασκευής του κτιρίου, τα πάχη των δομικών μελών, η χρήση του, τα ωράρια λειτουργίας του, η ανθρώπινη δραστηριότητα, τα ανοίγματα, ο σκιασμός, η θέρμανση, η ψύξη, ο αερισμός κ.α. Γίνεται λοιπόν κατανοητό, ότι ίσως πρόκειται για το σημαντικότερο στάδιο, από το οποίο κυρίως εξαρτάται η ορθότητα των τελικών αποτελεσμάτων. Η κατανόηση αυτών των τριών σταδίων είναι πολύ

σημαντική για την βέλτιστη χρήση του προγράμματος. Στην επόμενη ενότητα, περιγράφεται ο τρόπος σχεδιασμού του Αρχοντικού των Μπενιζέλων και καταγράφονται τα βασικότερα στάδια επεξεργασίας.

7. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

7.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Αρχικά ορίζεται η περιοχή του βρίσκεται το κτίριο. Η μόνη επιλογή που υπάρχει για την Αθήνα, είναι η περιοχή του Ελληνικού, καθώς, για κάθε ελληνική πόλη, ορίζεται η περιοχή του αεροδρομίου. Η επιλογή περιοχής είναι πολύ σημαντική καθώς από εκεί λαμβάνονται τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της περιοχής, που θα εμφανιστούν στα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

Ο σχεδιασμός του κτιρίου στο Design Builder, έγινε σύμφωνα με τα σχέδια κατασκευής του, καθώς το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα εισαγωγής αρχείου .dxf.

Αρχικά σχεδιάστηκε το ισόγειο, με την εντολή add new block. Αυτό που είναι σημαντικό για την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του προγράμματος, είναι το γεγονός ότι σχεδιάζεται το block του κάθε ορόφου, το οποίο αποτελείται από τις επιμέρους επιφάνειες, δηλαδή τους τοίχους, τις οροφές, τα δάπεδα. Σκοπός δεν είναι ο σχεδιασμός κάθε επιφάνειας ξεχωριστά, καθώς τα χαρακτηριστικά αυτών θα αποδοθούν σε επόμενη διαδικασία.

Επιλέγεται ως είδος το Building block και με την εντολή αυτή λοιπόν σχεδιάζεται το ισόγειο, το οποίο συνίσταται από το δάπεδο ισογείου (ground floor), την οροφή (roof) και τους τοίχους (walls). Το block του ισογείου περιλαμβάνει τους κλειστούς χώρους, την στοά, και τον χώρο όπου τοποθετείται το αναβατόριο.

Το ισόγειο, απαρτίζεται από επιμέρους χώρους, οι οποίοι περιλαμβάνονται στο block του ισογείου. Για τον διαχωρισμό του σε επιμέρους χώρους, χρησιμοποιήθηκε η εντολή Draw partitions. Πλέον εισάγονται νέοι χώροι στο μοντέλο, οι ζώνες του ορόφου αυτού (zones), οι οποίες είναι η στοά που οδηγεί στην πίσω αυλή, οι εσωτερικοί χώροι Α, Β, C. Οι χώροι Α και C απαρτίζονται από επιμέρους χώρους, που διαχωρίζονται με λίθινες καμάρες.

Τα τόξα της στοάς σχεδιάστηκαν με την εντολή Draw Holes, καθότι πρόκειται για ανοίγματα, που δεν κλείνουν με οποιονδήποτε τρόπο. Για τις πόρτες και τα

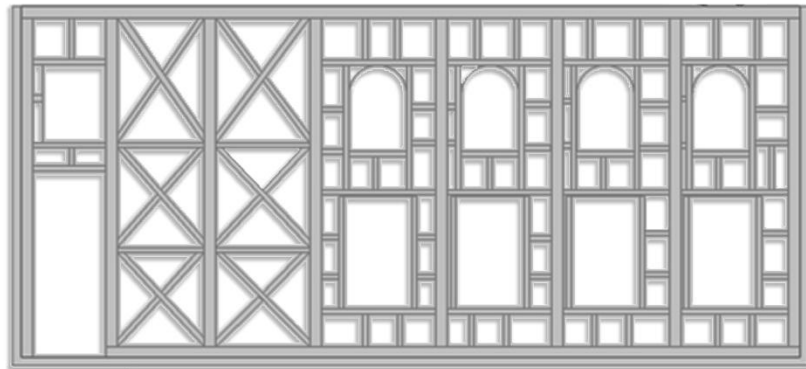
δύο παράθυρα, χρησιμοποιήθηκαν οι εντολές draw door και draw window αντίστοιχα. Το άνοιγμα του ανατολικού τοίχου, το οποίο, εσωτερικά έχει καλυφθεί με φιλμ αμμοβολής και εξωτερικά, έχει υποστεί προσωρινή φραγή, αντιμετωπίστηκε ως sub surface, καθώς δεν λειτουργεί ως παράθυρο.

Ο σχεδιασμός του ορόφου, ήταν πιο σύνθετη διαδικασία συγκριτικά με το ισόγειο, λόγω των ανοιγμάτων και των κατασκευαστικών του ιδιαιτεροτήτων.

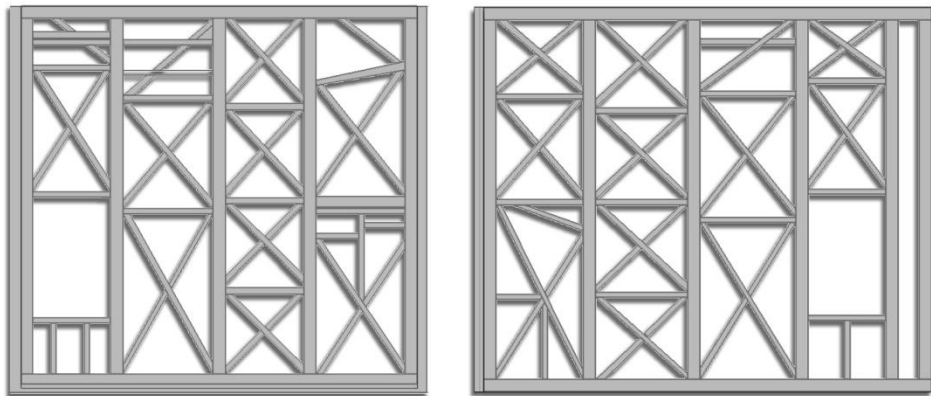
Αρχικά σχεδιάστηκε ο όροφος ως μπλοκ, προσπαθώντας να εξασφαλιστεί η συνάφεια και συνέχεια με το ισόγειο. Σε αυτό περιλαμβάνονται, ο χειμερινός οντάς, ο θερινός οντάς, το χαγιάτι, ο σοφάς και ο χώρος του αναβατορίου. Όπως και στο ισόγειο, με την εντολή draw partitions διαχωρίστηκαν οι χώροι, με την δημιουργία τοίχων (partitions), όπως υποδηλώνεται στα σχέδια.

Αρχικά, στην βόρεια όψη, όπου, υπάρχουν μόνο κατακόρυφα στοιχεία, αυτοί σχεδιάζονται στο πρόγραμμα, με την δημιουργία κενών (holes). Στην συνέχεια σχεδιάζονται τα παράθυρα, τα οποία, όπως προαναφέρθηκε είναι τεσσάρων τύπων και οι πόρτες των οντάδων. Για να επιτραπεί ο σχεδιασμός τους, πρέπει να είναι επιλεγμένη η επιφάνεια στην οποία βρίσκονται.

Ένα πολύ σημαντικό τμήμα σχεδιασμού του ορόφου, είναι ο σχεδιασμός των οριζόντιων, κατακόρυφων και διαγώνιων ξύλινων στοιχείων των ξυλόπηκτων τοίχων. Αρχικά, σχεδιάστηκε το σύστημα του ξυλότυπου στις επιφάνειες των ξυλόπηκτων τοίχων, με την βοήθεια σχεδίων και σχεδιαστικών εργαλείων του design builder. Οι ξύλινοι δοκοί, αντιμετωπίζονται ως υπο - επιφάνειες (sub-surfaces), δηλαδή σαν "εξαιρέσεις", στο σύνολο του τοίχου. Ο λόγος είναι τα διαφορετικά υλικά κατασκευής των επιφανειών αυτών από τον υπόλοιπο τοίχο και θα εξηγηθεί αναλυτικότερα στην επόμενη ενότητα. Παρομοίως, η ίδια διαδικασία πραγματοποιείται και για τις δοκούς της βόρειας όψης.



Τύπος I: Βόρειος Ξυλόπηκτος με ανοίγματα



Τύπος II: Ανατολικός και Δυτικός Ξυλόπηκτος με παράθυρο στο Χαγιάτι

Εικόνα 7: Δύο τύποι Ξυλόπηκτων Τοιχοποιιών

Στο επόμενο στάδιο, ακολουθεί η κατασκευή της στέγης, η οποία αποτελείται από τρία τμήματα, την κεντρική στέγη, το τμήμα στέγης που βρίσκεται στο χώρο του χαγιατιού και το τμήμα στο χώρο του χειμερινού οντά.

Ο σχεδιασμός της κεντρικής στέγης έγινε με την εντολή add new block, επιλέχθηκε ως τύπος block, το Building block και μορφής Pitched Roof. Το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα να οριστούν, η κλίση της στέγης, το αν θα είναι δίρριχτη ή τετράριχτη, καθώς και το μήκος προεξοχής από τον τοίχο.

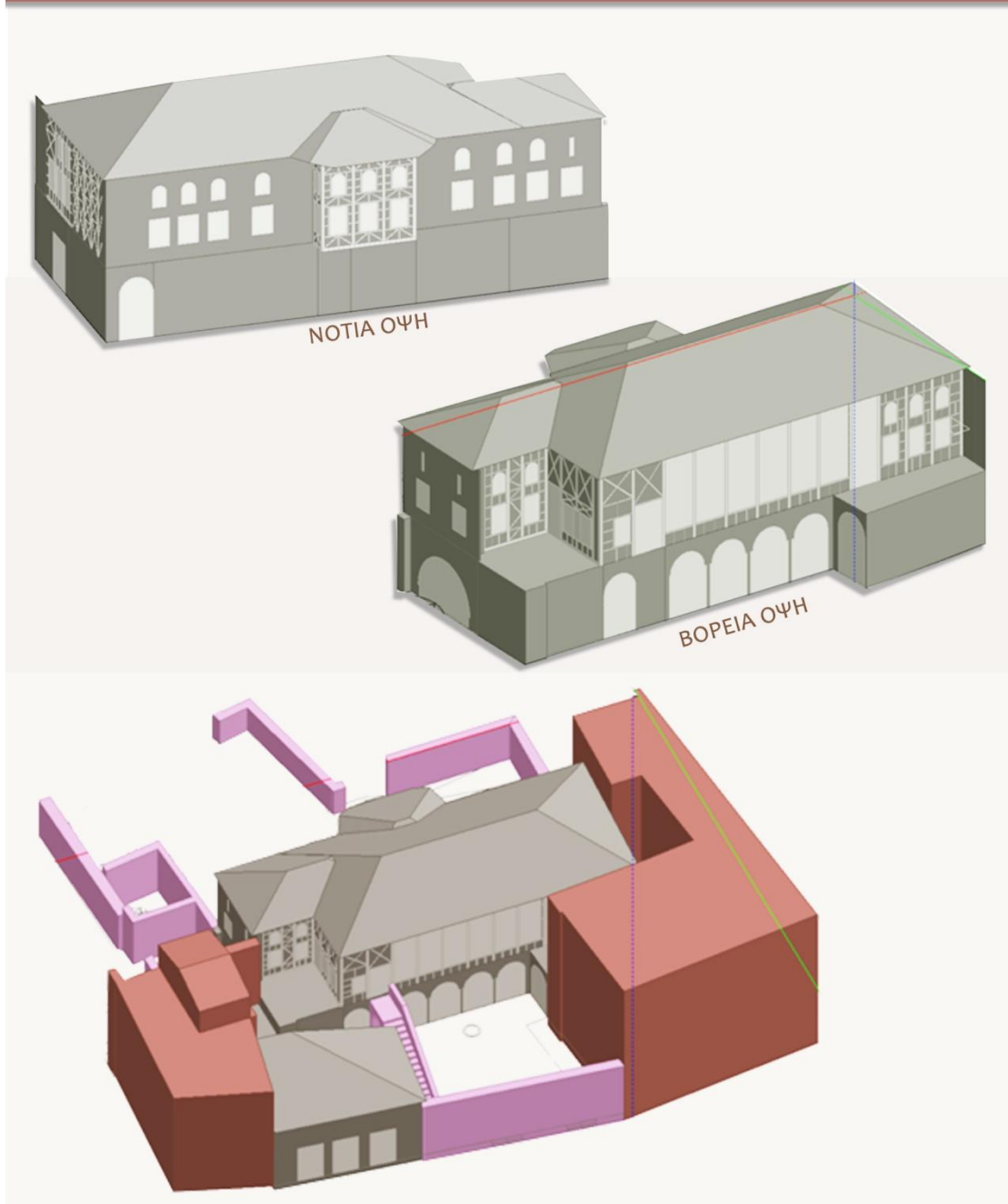
Σύμφωνα με τα σχέδια και τους αναγκαίους υπολογισμούς, επιλέχθηκε, τετράριχτη στέγη, κλίσης 20%, η οποία προεξέχει 0,26m.

Στην συνέχεια προστίθενται τα διπλανά κτίρια, καθώς επηρεάζουν την θερμική συμπεριφορά του κτιρίου, εξαιτίας του σκιασμού που προσφέρουν σε αυτό. Στα διπλανά κτίρια συγκαταλέγονται τόσο τα γειτονικά, όσο και το κτίριο όπου θα στεγάζεται η γραμματεία του μουσείου και μία μικρή αποθήκη, με τουαλέτες, στην ανατολική πλευρά του κεντρικού κτιρίου.

Τα γειτονικά, κατασκευάζονται με την εντολή add new block και επιλέγεται ο τύπος Component Block - Adiabatic (κόκκινες επιφάνειες), καθώς βρίσκονται σε επαφή με το αρχοντικό των Μπενιζέλων, δεν μεταφέρουν θερμότητα πέραν της εξωτερικής τους επιφάνειας, αλλά επηρεάζουν τον σκιασμό και ηλιασμό του κτιρίου.

Τα υπόλοιπα τμήματα που υπάρχουν σε ολόκληρη την έκταση του τοπογραφικού σχεδίου, δηλαδή, η σκάλα και τα τοιχάκια περίφραξης, σχεδιάστηκαν ως τμήματα που δεν περιέχουν ζώνες, όμως εν δυνάμει αποτελούν εμπόδια σκίασης και επιφάνειες αντανάκλασης φωτός, τα οποία μπορεί να επηρεάζουν σε κάποιο ελάχιστο βαθμό τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ



Εικόνα 8: Αξονομετρικές Απεικονίσεις του μοντέλου

7.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Μετά τον σχεδιασμό του κτιρίου προς μελέτη, ακολουθεί η σημαντικότερη διαδικασία, η οποία θα αποδώσει τα τελικά αποτελέσματα ανάλυσης. Αυτή η διαδικασία μπορεί να εκτελεστεί στο επίπεδο κτιρίου, μπλοκ, ζώνης, επιφανειών και ανοιγμάτων.

Η συγκεκριμένη εργασία καταπιάνεται με την θερμική συμπεριφορά των δομικών μελών του κτιρίου, η οποία εξαρτάται από τα κατασκευαστικά τους υλικά. Για αυτόν τον λόγο και για την εξαγωγή συμπερασμάτων για το δομικό σύστημα και μόνο, παράγοντες όπως, η ανθρώπινη δραστηριότητα, ο φωτισμός, η θέρμανση, ο ηλεκτρισμός, η χρήση υπολογιστών, ο εξοπλισμός γραφείου, δεν θα συμπεριληφθούν στην έρευνα.

Η χρήση του κτιρίου, μπορεί να διαμορφωθεί επακριβώς, στην ενότητα Occupancy - Schedule. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι στο κτίριο δεν υπολογίζεται ανθρώπινη δραστηριότητα, κατασκευάζεται πρόγραμμα, στο οποίο, όλες οι μέρες και οι μήνες, επιλέγονται στο Off, δηλαδή χωρίς την ύπαρξη ανθρώπων στο κτίριο. Η συγκεκριμένη δυνατότητα που προσφέρει το πρόγραμμα, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς, μπορούν να οριστούν κάποιες ημέρες, ή μήνες στο On (υπολογισμοί που αξιολογούν τον ανθρώπινο παράγοντα), και να γίνει μια συγκριτική μελέτη για τη θερμική λειτουργία του κτιρίου, στις δύο περιπτώσεις.

Στην καρτέλα του Construction, ορίζονται τα κατασκευαστικά υλικά, των διαφόρων δομικών μελών του κτιρίου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, τα υλικά θα οριστούν στο επίπεδο επιφάνειας, γιατί δεν υπάρχουν ζώνες, που να διαθέτουν τοιχοποιίες με τα ίδια υλικά. Επίσης, όλα τα υλικά, των τοιχοποιιών, δαπέδων, οροφών και στεγών, κατασκευάστηκαν από την αρχή, ώστε να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα και σύμφωνα με τις πρώτες ύλες που υπάρχουν στην Ελλάδα.

7.2.1 ΙΣΟΓΕΙΟ

Στο ισόγειο, τα υλικά που χρειάστηκε να διαμορφωθούν, είναι το πάτωμα του ισογείου, η οροφή του ισογείου (και πάτωμα του ορόφου) και οι λίθινες τοιχοποιίες.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, το πάχος των τοίχων, ορίζεται από την καρτέλα των υλικών, δίνοντας πάχος σε κάθε στρώμα υλικού, που συνθέτει την τοιχοποιία. Για τον λόγο αυτό, κατασκευάστηκαν 4 τύποι λίθινων τοίχων, καθώς τα πάχη των πέτρινων τοίχων διαφέρουν, κάτι που ενδέχεται να συμβάλει στις διαφορετικές θερμικές συμπεριφορές, οπότε δεν μπορούσε να παραληφθεί.

Τα στρώματα υλικών που συνθέτουν την αργολοθοδομή, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Τα κονιάματα αρμολόγησης, καλύπτουν το 30% του συνολικού όγκου της τοιχοποιίας και το υπόλοιπο 70% είναι η πέτρα. Από το 30% των κονιαμάτων αρμολόγησης, το 10-15% αποτελούν τα ενέματα, που προστέθηκαν για την πλήρωση των κενών που είχαν δημιουργηθεί στην τοιχοποιία. Στην καρτέλα της λιθοδομής, τα κονιάματα δεν καταλαμβάνουν ένα ολόκληρο στρώμα (layer), αλλά χρησιμοποιείται η επιλογή bridged, με την οποία στην ουσία "γεφυρώνονται" τα δύο υλικά διαφορετικής αγωγιμότητας, η πέτρα και το κονίαμα. Παρακάτω δίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της αργολιθοδομής και των επιμέρους συνθετικών της.

Πίνακας 2: Θερμικές Ιδιότητες Δομικών Μελών Ισογείου Ι

	Δομικά Μέλη Ισογείου			
	Πάχος υλικού (m)	Θερμ.Αγωγιμότητα (W/ m K)	Πυκνότητα (kg/m ³)	U-value (W / m ² K)
	Βόρειος Λίθινος Τοίχος Ισογείου			
Ασβεστολιθική πέτρα	0.18	1.7	2200	
Αδρανή υλικά	0.14	2.0	2200	
Ασβεστολιθική πέτρα	0.18	1.7	2200	
Κονίαμα	30% του όγκου	0.83	2040	
Νότιος Λίθινος Τοίχος Ισογείου				1.710
Ασβεστολιθική πέτρα	0.20	1.7	2200	
Αδρανή υλικά	0.18	2.0	2200	
Ασβεστολιθική πέτρα	0.20	1.7	2200	
Κονίαμα	30% του όγκου	0.83	2040	
Ανατολικός Λίθινος Τοίχος Ισογείου				1.710
Ασβεστολιθική πέτρα	0.20	1.7	2200	
Αδρανή υλικά	0.18	2.0	2200	
Ασβεστολιθική πέτρα	0.20	1.7	2200	
Κονίαμα	30% του όγκου	0.83	2040	
Δυτικός Λίθινος Τοίχος Ισογείου				1.491
Ασβεστολιθική πέτρα	0.25	1.7	2200	
Αδρανή υλικά	0.20	2.0	2200	
Ασβεστολιθική πέτρα	0.25	1.7	2200	
Κονίαμα	30% του όγκου	0.83	2040	

Πίνακας 3: Θερμικές Ιδιότητες Δομικών Μελών Ισογείου II

	Δομικά Μέλη Ισογείου				
	Πάχος υλικού (m)	Θερμ.Αγωγιμότητα (W/ m K)	Πυκνότητα (kg/m ³)	U-value (W / m ² K)	
	Πάτωμα Ισογείου				1.022
Συμπαγές χώμα	0.25	2.0	1800		
Θηραϊκή γη	0.07	0.12	400		
	Οροφή Ισογείου				1.968
Σανίδωμα από πέυκο	0.03	0.14	600		
Κόντρα πλακέ	0.02	0.13	500		

7.2.1.1 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

Στο ισόγειο συναντώνται τεσσάρων τύπων ανοίγματα, πόρτες παράθυρα, οι καμάρες, οι οποίες σχεδιάστηκαν με το εργαλείο draw holes και το υαλοστάσιο τοξοτού ανοίγματος του ανατολικού λίθινου τοίχου, το οποίο έχει υποστεί προσωρινή φραγή.

Πίνακας 4: Παράθυρα Ισογείου

	Γενικά Χαρακτηριστικά Κουφωμάτων Ισογείου	
	Πάχος υλικού (m)	U-value (W / m ² K)
	Κουφώματα Λίθινων Τοιχοποιιών	
Υαλοστάσιο	0.003	5.894

Πίνακας 5: Πόρτες Ισογείου

	Πόρτες Ισογείου			
	Πάχος υλικού (m)	Θερμ.Αγωγιμότητα (W/ m K)	Πυκνότητα (kg/m ³)	U-value (W / m ² K)
Ξύλινη από πεύκο	0.02	0.14	600	3.196

7.2.2 ΟΡΟΦΟΣ

Πίνακας 6: Θερμικές Ιδιότητες Δομικών Μελών Ορόφου I

	Δομικά Μέλη Ορόφου			
	Πάχος υλικού (m)	Θερμ.Αγωγιμότητα (W/ m K)	Πυκνότητα (kg/m ³)	U-value (W / m ² K)
	Οροφή Ορόφου			
Αφ. εξηλασμένη πολυστερίνη	0.05	0.031	35	
Κόντρα πλακέ	0.02	0.13	500	
Στέγη Ορόφου				2.190
Βυζαντινό κεραμίδι	0.05	0.84	1900	
Διαπνέουσα μεμβράνη	0.05	0.19	960	
Σανίδωμα από πεύκο	0.03	0.13	500	

Πίνακας 7: Θερμικές Ιδιότητες Δομικών Μελών Ορόφου Ι

	Δομικά Μέλη ορόφου				
	Πάχος υλικού (m)	Θερμ.Αγωγιμότητα (W/ m K)	Πυκνότητα (kg/m ³)	U-value (W / m ² K)	
	Λίθινος Τοίχος Ορόφου				1.388
Ασβεστολιθική πέτρα	0.20	1.7	2200		
Αδρανή υλικά	0.16	2.0	2200		
Ασβεστολιθική πέτρα	0.20	1.7	2200		
Επίχρισμα	0.04	0.27	1300		
Κονίαμα	30% του όγκου	0.83	2040		
	Ξυλόπηκτος Τοίχος Ορόφου				1.505
Επίχρισμα	0.04	0.27	1300		
Συμπαγής Οπτόπλινθος	0.14	0.7	1600		
Επίχρισμα	0.04	0.27	1300		
Κονίαμα	5% του όγκου	0.83	2040		
	Δομικό Σύστημα Ξυλόπηκτων				0.682
Επίχρισμα	0.04	0.27	1300		
Ξύλινος Ορθοστάτης	0.14	0.14	600		
Επίχρισμα	0.04	0.27	1300		
Κονίαμα	5% του όγκου	0.83	2040		

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΥΛΙΚΩΝ



Βόρεια Όψη



Νότια Όψη

Εικόνα 9: Αξονομετρικές Όψεις Κτιρίου μετά την τοποθέτηση των υλικών

Σε αυτό το σημείο, πρέπει να σημειωθεί, ότι η εμφάνιση των υλικών, δεν θυμίζει ακριβώς την πραγματικότητα, καθώς προτεραιότητα του προγράμματος, είναι τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υλικών και όχι η εξωτερική απεικόνιση μέσω του "visualise".

7.2.2.1 ΚΟΥΦΩΜΑΤΑ ΟΡΟΦΟΥ

Στον όροφο συναντώνται τα περισσότερα ανοίγματα του κτιρίου και είναι διαφορετικών τύπων. Στην συνέχεια, διακρίνονται τα είδη των κουφωμάτων και ο αριθμός αυτών για κάθε κατηγορία:

- Κάτω σειρά παραθύρων λίθινων τοίχων: **10**
- Φεγγίτες λίθινων τοίχων: **7**
- Κάτω σειρά παραθύρων ξυλόπηκτων τοίχων: **22**
- Φεγγίτες ξυλόπηκτων τοίχων: **18**
- Παράθυρα ξυλόπηκτων, πάνω από την πόρτα: **2**
- Φεγγίτες λίθινων με μερική εξωτερική πλήρωση από λίθους: **3**

Όπως και στην καρτέλα του Construction, έτσι και σε αυτή των ανοιγμάτων, δίνεται η δυνατότητα κατασκευής του υλικού του ανοίγματος, για κάθε ξεχωριστή περίπτωση. Επίσης, μπορεί να οριστεί το υλικό κατασκευής του πλαισίου του παραθύρου, το πάχος του, και αν το υαλοστάσιο είναι ενιαίο, ή αν έχει διαχωριστικά. Τέλος, στην καρτέλα αυτή, συμπληρώνονται τα χαρακτηριστικά και τα ωράρια λειτουργίας των σκιάστρων, εάν το άνοιγμα διαθέτει.

Τα κουφώματα του ορόφου, αντιμετωπίζονται ως διπλά, που απαρτίζονται από δύο μονούς υαλοπίνακες με κενό. Στον πίνακα που ακολουθεί, ορίζονται τα στρώματα που τα απαρτίζουν.

Πίνακας 8: Παράθυρα Ορόφου

	Γενικά Χαρακτηριστικά Κουφωμάτων Ορόφου	
	Πάχος υλικού (m)	U-value (W / m ² K)
	Κουφώματα Λίθινων Τοιχοποιιών	2.788
Υαλοστάσιο	0.003	
Κενό αέρος	0.3	
Υαλοστάσιο	0.003	
	Κουφώματα Ξυλόπηκτων Τοιχοποιιών	2.788
Υαλοστάσιο	0.003	
Κενό αέρος	0.2	
Υαλοστάσιο	0.003	

Πρέπει όμως να σημειωθεί, ότι στον λίθινο τοίχο, έχει δοθεί μικρότερο κενό από αυτό που πραγματικά έχει καθώς το πρόγραμμα δεν επιτρέπει υπολογισμούς με κενό αέρος μεγαλύτερο των 300mm. Ακολουθεί ο πίνακας με τα συγκεντρωτικά χαρακτηριστικά των ανοιγμάτων των ξυλόπηκτων τοίχων,

Οι πόρτες του ορόφου είναι δύο, ξύλινες από πεύκο, πάχους 0.035m και βρίσκονται στους βόρειους ξυλόπηκτους τοίχους. Παρακάτω φαίνονται τα συνολικά χαρακτηριστικά αυτών

Εξαίρεση αποτελούν οι φεγγίτες την εξωτερική πλήρωση από λίθους. Τα τρία αυτά ανοίγματα, αντιμετωπίζονται ως μονά, καθώς απαρτίζονται από ένα μόνο υαλοστάσιο στην εσωτερική πλευρά του τοίχου πάχους 3mm.

Τέλος, ακολουθεί πίνακας με τα στοιχεία των πορτών του κτιρίου.

Πίνακας 9: Πόρτες Ορόφου

	Πόρτες Ορόφου			
	Πάχος υλικού (m)	Θερμ. Αγωγιμότητα (W/ m K)	Πυκνότητα (kg/m ³)	U-value (W / m ² K)
Ξύλινη από πεύκο	0.035	0.14	600	2.381

7.2.3 ΕΞΩΦΥΛΛΑ ΚΟΥΦΩΜΑΤΩΝ

Τα μοναδικά κουφώματα που διαθέτουν εξώφυλλα είναι αυτά που βρίσκονται στον όροφο και συγκεκριμένα στην κάτω σειρά των λίθινων και ξυλόπηκτων τοίχων. Πρόκειται για ξύλινα εξώφυλλα που βρίσκονται στην εξωτερική πλευρά του ανοίγματος. Επειδή, οι προσομοιώσεις θα γίνουν με κλειστά εξώφυλλα, ώστε να ελεγχθεί πως λειτουργεί αυτόνομα το δομικό μέλος, τότε, στην καρτέλα του υλικού θα επιλεγούν να μηδενιστούν οι παρακάτω συντελεστές.

Επίσης, δίνεται η δυνατότητα λειτουργίας των σκιάστρων με πρόγραμμα που μπορεί να οριστεί επακριβώς. Στην ενότητα των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης, παρουσιάζονται αποτελέσματα σε επίπεδο ζώνης και επιφανειών, με κλειστά και ανοιχτά εξώφυλλα, καθώς και συνδυαστικά, ώστε να γίνει αντιληπτός ο διαφορετικός τρόπος λειτουργίας των λίθινων από τους ξυλόπηκτους τοίχους, εξαιτίας της διαφορετικής τους θερμοχωρητικότητας. Αυτό επιτυγχάνεται με τον ορισμό του προγράμματος λειτουργίας των σκιάστρων.

Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα να οριστεί το πρόγραμμα λειτουργίας των πορτών και παραθύρων, δηλαδή αν ανοίγουν η όχι, πόσες ώρες της ημέρας είναι ανοιχτά κλπ. Αυτές οι επιλογές, επιτρέπουν προσομοιώσεις μεγαλύτερης

ακρίβειας, που μπορούν να συνυπολογίσουν το φώς του ηλίου και την εξωτερική θερμοκρασία και να προσδώσουν αποτελέσματα και την βέλτιστη χρήση των ανοιγμάτων.

7.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Για την εξαγωγή των τελικών αποτελεσμάτων που αφορούν στην θερμική λειτουργία του κτιρίου, των χώρων ή των επιφανειών, χρησιμοποιείται η καρτέλα Simulation, όπου σε ειδικό παράθυρο επιλέγονται οι κατάλληλες συνθήκες ώστε να υπολογιστούν τα ανάλογα αποτελέσματα.

Σύμφωνα με την ανάλυση που έγινε στην προηγούμενη ενότητα, για το συγκεκριμένο κτίριο, στην καρτέλα Outputs - Simulation Output Options, θα ενεργοποιηθούν οι παρακάτω επιλογές, στην ενότητα Graphable outputs και Comfort and Environmental:

- Surface Heat Transfer
- Environmental
- Internal Gains including solar
- Store surface Output
 - Store opening/sub-surface output
 - Inside Surface Temperature
 - Outside Surface Temperature
 - Surface Heat Gain
 - Internal Convective Heat Transfer Coefficient
 - External Convective Heat Transfer Coefficient

Επίσης, ενεργοποιείται η επιλογή "Include unoccupied zones in block and building totals and averages", καθώς θεωρείται πως το κτίριο δεν χρησιμοποιείται, ώστε να μην επηρεαστούν τα αποτελέσματα θερμικής συμπεριφοράς του κτιρίου από τον ανθρώπινο παράγοντα.

7.4 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Atsonios, I., Mandilaras, I., Kolaitis, D., Tsakanika-Theohari, E., Alexandrou, E., & Founti, M. (2013). Large scale measurement campaign to assess the thermal behaviour of an 18th century historic building in Athens. Italy: 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation .

BASF. (2006). *ALBARIA SP2*. Italy.

BASF. (2004). *ALBARIA STRUTTURA*. Barcelona.

BASF. (2006). *Wind Crete*. Ανάκτηση 06 2016, από

<http://www.windcrete.it/INDICE%20ALFABETICO/INDICE%20ALFABETICO.htm>

Design Builder Software. Ανάκτηση 2016, από

<http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.5/index.htm>

Tsakanika, E. (2014). Reinforcement methods of historic and existing timber structures: Cases studies from Greece. *ΕΤΕΠΑΜ – ΕΜΦΑΝΕΙΣ & ΑΦΑΝΕΙΣ ΕΝΙΣΧΥΣΕΙΣ ΜΝΗΜΕΙΩΝ* .

Tsakanika-Theohari, E., & Mouzakis, H. (2010). A Post-Byzantine mansion in Athens. The restoration project of the timber structural elements. *World Conference Timber Engineering WCTE* .

Καπαρός, Ι. (2013). Ενεργειακή αξιολόγηση παραδοσιακής κατοικίας στην Αττική. Αθήνα.

Κίζης, Γ., & Δούγκας, Θ. *Ιερά Αρχιεπισκοπή Αθηνών*. Ανάκτηση 11 2015

Κίζης, Γ., Ασλανίδης, Κ., Πινάτση, Χ., & Δούγκας, Θ. (2014). *kizis architects*.

Ανάκτηση 06 2016, από

<http://www.kizisarchitects.gr/gr/index.php/en/projects/item/206-project51#null>

ΤΟΤΕΕ, ο. ε. (2012). *Εκπαιδευτικό υλικό του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας για τους Ενεργειακούς Επιθεωρητές*. Αθήνα: ΙΕΚΕΜΤΕΕ.

Τριανταφύλλου, Γ. (2015). *triantafyllou giorgos architect*. Ανάκτηση 05 2016, από

http://triantafylloug.blogspot.gr/2015_04_01_archive.html

Γ' ΜΕΡΟΣ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

8. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Στην ενότητα που ακολουθεί, αναλύεται το Αρχοντικό των Μπενιζέλων, μέσα από μια σειρά πινάκων και διαγραμμάτων. Αρχικά αναλύεται ο περιβάλλον χώρος και ακολουθούν το σύνολο του κτιρίου, οι όροφοι, οι κλειστοί χώροι και τα δομικά μέλη. Οι προσομοιώσεις έχουν πραγματοποιηθεί για χειμώνα και καλοκαίρι και συγκεκριμένα, οι περίοδοι που επιλέχθηκαν ως τυπικές για κάθε εποχή σύμφωνα με το Design Builder, είναι 29 Ιουνίου - 5 Ιουλίου και 13-19 Ιανουαρίου. Σε κάποιες περιπτώσεις, έχουν καταγραφεί και το θερινό και χειμερινό ηλιοστάσιο, 21 Ιουνίου και 21 Δεκεμβρίου. Επίσης, όλες οι προσομοιώσεις, εκτός από αυτές που αναφέρεται το αντίθετο, έχουν πραγματοποιηθεί με κλειστά παράθυρα και εξώφυλλα, χωρίς θέρμανση και ψύξη, χωρίς την παρουσία ανθρώπων και χωρίς εξοπλισμό, προκειμένου να ελεγχθεί η θερμική λειτουργία αυτούσιου του κτιρίου, στον βαθμό που αυτό επιτρέπεται

Οι εξωτερικές θερμοκρασίες αέρα κυμαίνονται για την καλοκαιρινή περίοδο που εξετάζεται παρακάτω, περίπου από 21°C έως 36°C, με μέση τιμή τους 26 °C και για την χειμερινή περίοδο από 4°C έως 16°C, με μέση τιμή τους 10°C. Η μέση τιμή της υγρασίας για το καλοκαίρι είναι περίπου 45%, ενώ για το χειμώνα 56%. Η ταχύτητα του αέρα κυμαίνεται στα 2.9 - 3 m/s για χειμώνα και καλοκαίρι. Στο Παράρτημα παρουσιάζονται αναλυτικά οι τιμές στα διαγράμματα για τις δύο περιόδους.

8.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

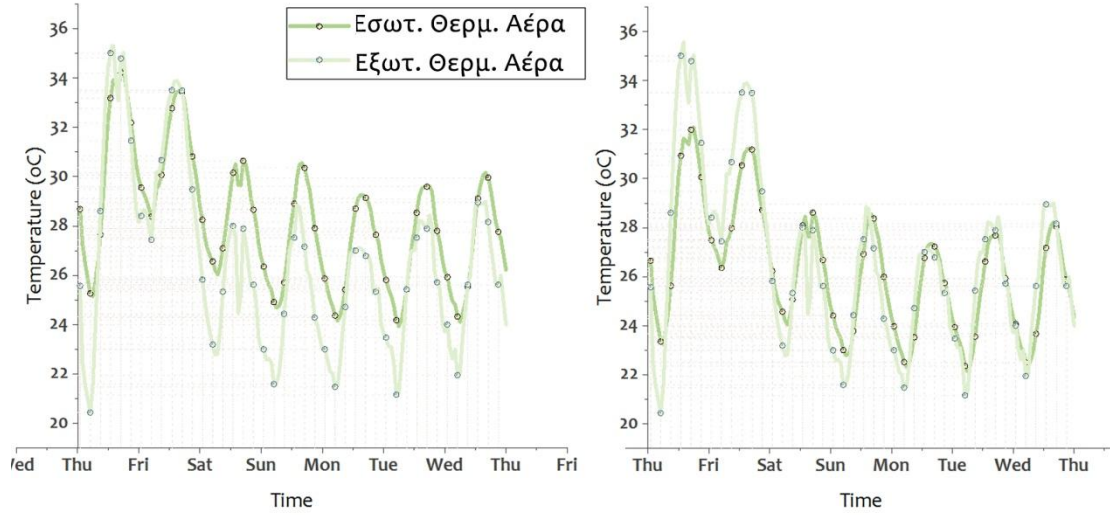
Στο διάγραμμα που ακολουθεί γίνεται μια προσπάθεια ανάλυσης της επίδρασης του σκιασμού στις εσωτερικές θερμοκρασίες αέρα. Ο πίνακας χωρίζεται σε δύο ενότητες, στην υπάρχουσα κατάσταση και σε αυτή που θα επικρατούσε εάν υπήρχε κάποιου είδους σκίαση στην νότια πλευρά του κτιρίου. Προσομοιώθηκε λοιπόν το κτίριο με την υπόθεση ότι η στέγη προεξείχε ένα μέτρο. Η επίδραση του ενός αυτού μέτρου στις εσωτερικές θερμοκρασίες, όπως φαίνεται στα διαγράμματα, είναι σημαντική. Η μέση θερμοκρασία αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου, το καλοκαίρι κυμαίνεται τους 28°C, ενώ με το σκιάστρο μειώνεται κατά περίπου 2°C. Το Χειμώνα, η επιρροή του είναι μικρότερη, με διαφορές περίπου 1°C. Αυτό είναι πολύ φυσιολογικό γιατί το χειμώνα ο ήλιος είναι χαμηλά και ο σκιασμός δεν λειτουργεί. Η θέση του σκιάστρου, ως προεξοχή της στέγης, ευνοεί την προστασία των εσωτερικών χώρων από την ακτινοβολία του ηλίου κυρίως το καλοκαίρι, που η κλίση του ηλίου είναι μεγαλύτερη και επομένως εμποδίζεται η εισαγωγή ακτινοβολίας από τους φεγγίτες του θερινού και χειμερινού οντά.

ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΑΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

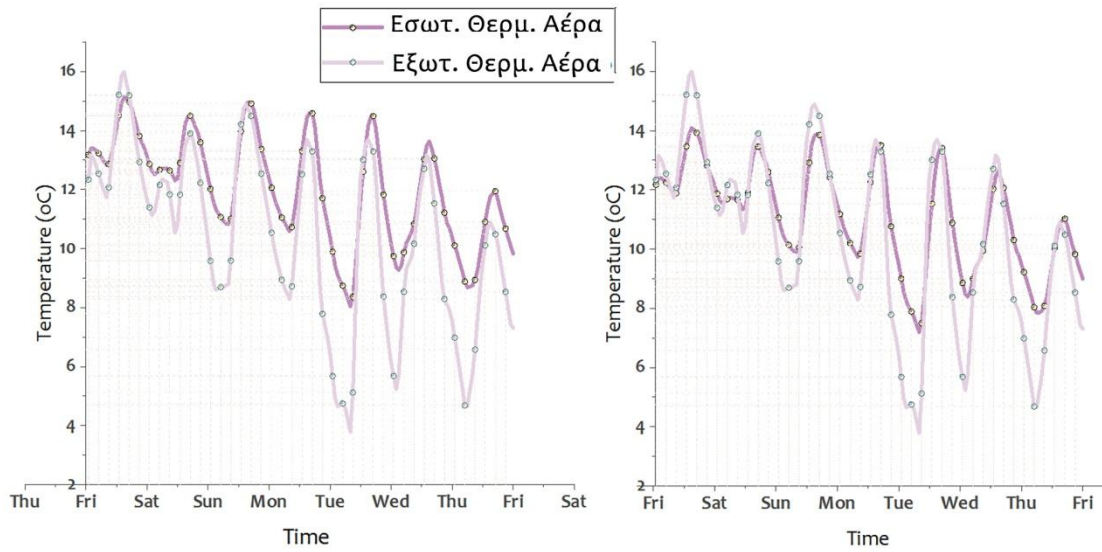
ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

ΣΚΙΑΣΗ ΣΤΗ ΝΟΤΙΑ ΟΥΨΗ

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ



ΧΕΙΜΩΝΑΣ



Εικόνα 10: Σκίαση νότια πλευράς ορόφου

8.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΡΟΦΩΝ

Σε αυτήν την παράγραφο αξιολογείται η επίδραση της ηλιοφάνειας και ηλιακής ακτινοβολίας στους δύο ορόφους του κτιρίου.

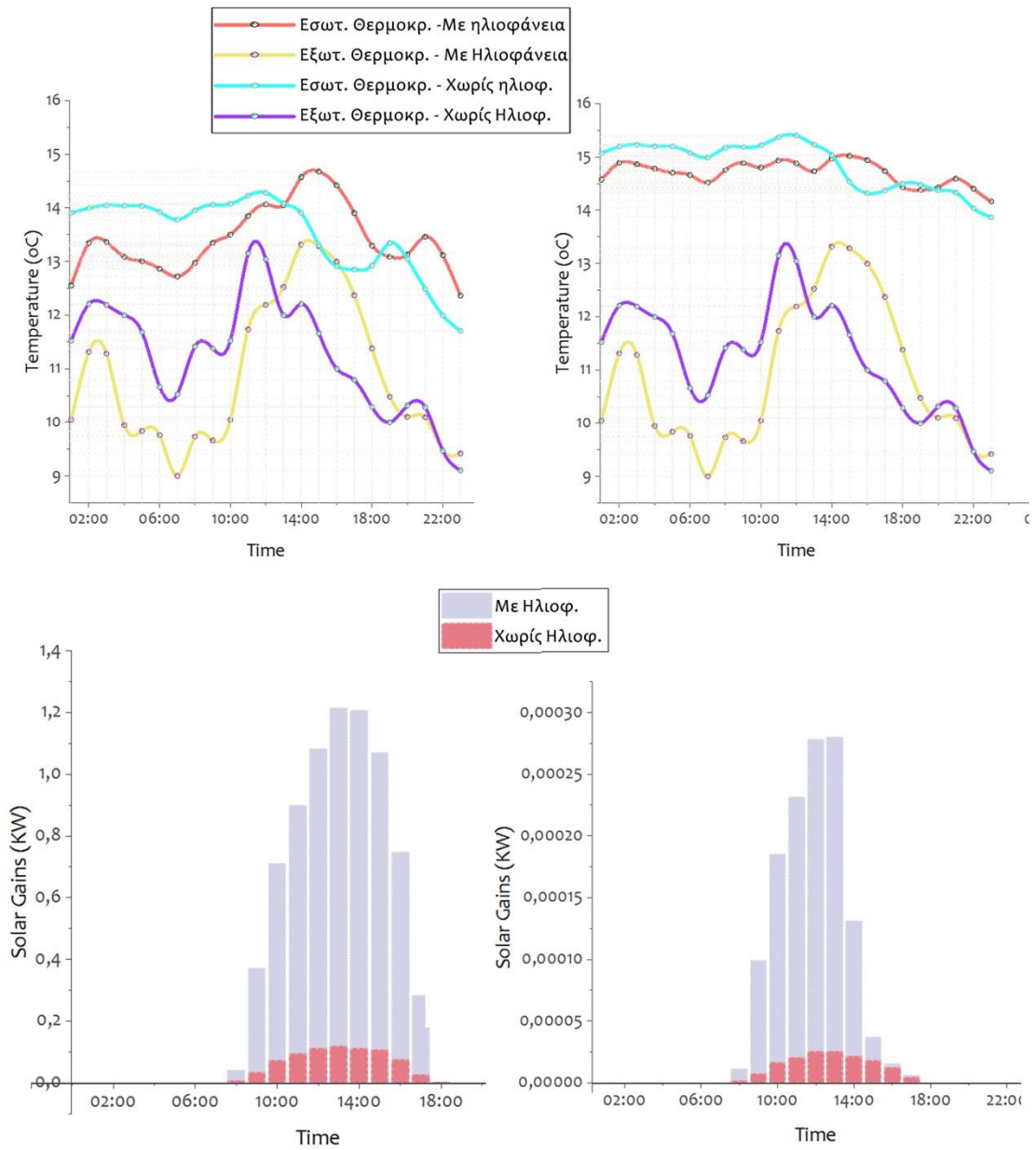
Στο πρώτο διάγραμμα μελετώνται οι όροφοι σε δύο διαφορετικές ημέρες του χειμώνα, οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετικά επίπεδα ηλιοφάνειας. Επιλέχθηκαν δύο ημέρες κοντινές, οι οποίες να έχουν παρόμοιες θερμοκρασίες, και αυτές είναι οι 18 και 20 Δεκεμβρίου. Από την μελέτη των ηλιακών κερδών διαπιστώθηκε ότι στις 20/12 η ηλιοφάνεια ήταν ελάχιστη έως ανύπαρκτη σε αντίθεση με τις 18/12, μέρα με ηλιοφάνεια αλλά με χαμηλότερη θερμοκρασία από τις 20/12. Αυτό αποδεικνύεται και από τα διαγράμματα, από το γεγονός ότι ενώ στις 18/12 η εξωτερική θερμοκρασία ήταν χαμηλότερη κατά 2°C, σε σχέση με τις 20/12, αυτή η διαφορά εξομαλύνεται στις 12 περίπου το μεσημέρι, εξαιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας. Το ίδιο συμβαίνει και με τις εσωτερικές θερμοκρασίες. Ακόμη, το ισόγειο, παρουσιάζει καλύτερη θερμική συμπεριφορά απ' ό,τι ο όροφος, το οποίο οφείλεται τόσο στους λίθινους τοίχους του ισογείου, όσο και στους ξυλόπηκτους του ορόφου, στον υψηλό συντελεστή θερμοπερατότητας της στέγης, τα οποία θα αναλυθούν σε επόμενες ενότητες.

Στην Εικόνα 12, καταγράφεται η επίδραση των εξωτερικών σκιάστρων στα θερμικά κέρδη και επομένως στις εσωτερικές θερμοκρασίες αέρα. Η ανάλυση γίνεται για τον όροφο, όπου υπάρχουν πολλά ανοίγματα. Παρατηρούνται μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, όταν τα εξώφυλλα είναι ανοικτά, με τα μέγιστα να καταγράφονται τις μεσημεριανές ώρες. Τον χειμώνα, οι μέγιστες θερμοκρασίες αυξάνονται έως και δυόμισι βαθμούς, όταν εισέρχεται η ηλιακή ακτινοβολία στον χώρο, ενώ οι ελάχιστες κατά μισό βαθμό.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΡΟΦΩΝ ΜΕ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ ΚΑΙ ΧΩΡΙΣ

ΟΡΟΦΟΣ

ΙΣΟΓΕΙΟ

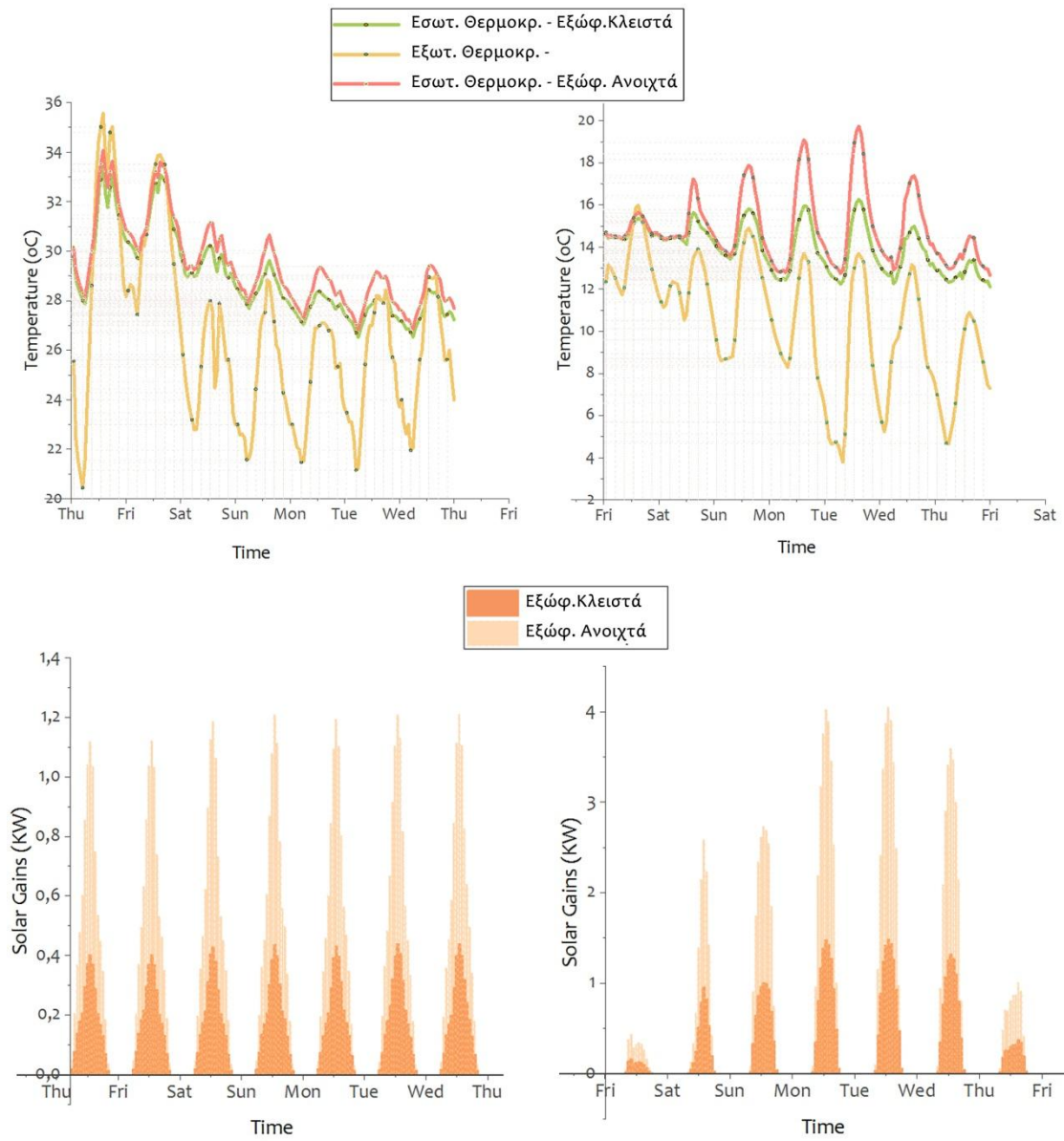


Εικόνα 11: Σύγκριση δύο ημερών του χειμώνα με ηλιοφάνεια και χωρίς

ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΡΟΦΩΝ ΜΕ ΑΝΟΙΧΤΑ ΚΑΙ ΚΛΕΙΣΤΑ ΕΞΩΦΥΛΛΑ

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

ΧΕΙΜΩΝΑΣ



Εικόνα 12: Σύγκριση θερμοκρασιών Ορόφου με ανοιχτά και κλειστά εξώφυλλα

8.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΩΡΩΝ

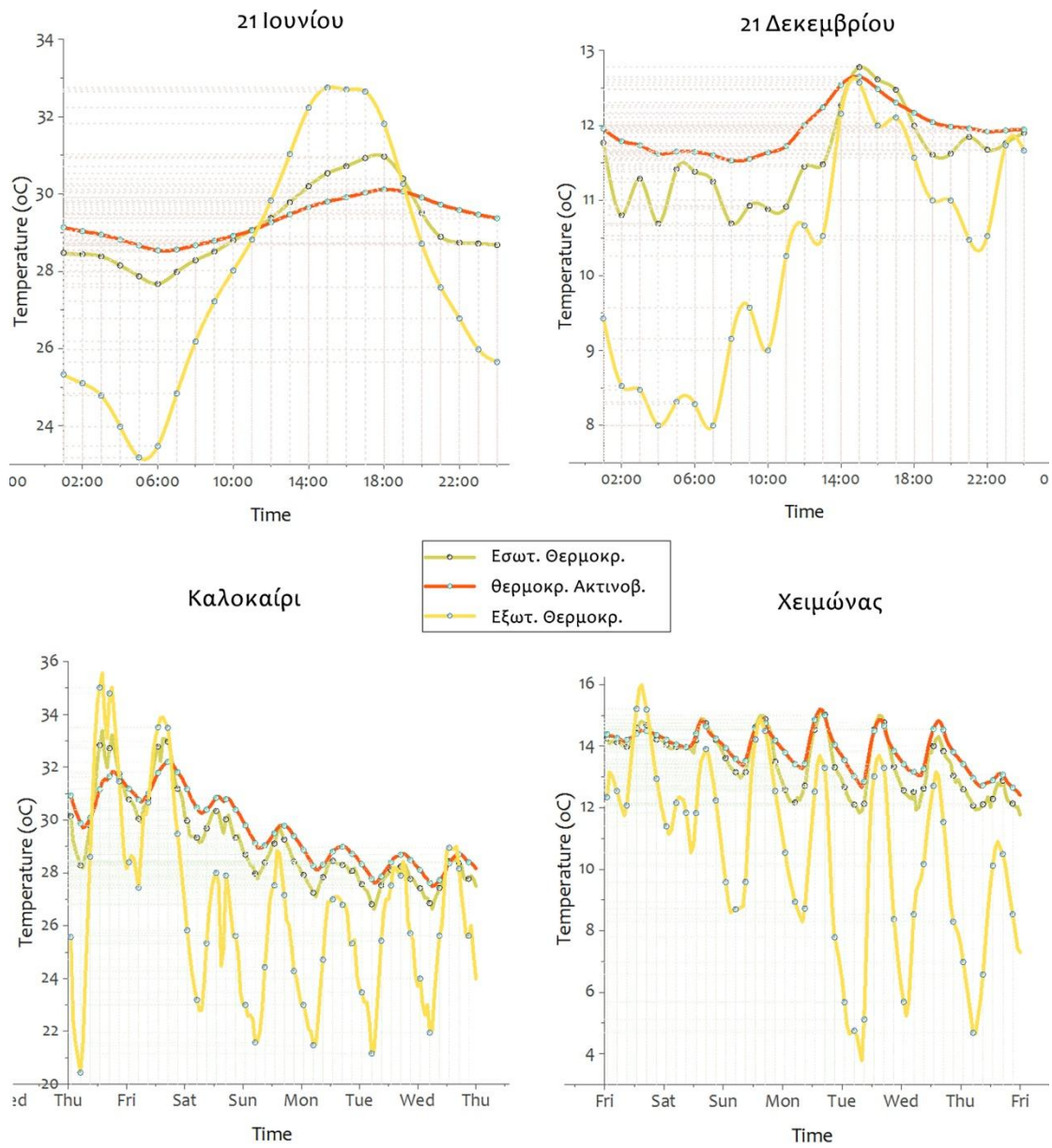
Στα επόμενα διαγράμματα αναλύονται ο χειμερινός και ο θερινός οντάς και στην συνέχεια πραγματοποιείται μια σύγκριση μεταξύ αυτών, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο επηρεάζονται οι θερμοκρασίες του χώρου από τα διαφορετικά ανοίγματα και προσανατολισμούς. Οι θερμοκρασίες του αέρα ενός χώρου, εξαρτώνται πάντα τόσο από τα αέρια ρεύματα που εισέρχονται σε αυτόν, όσο και από τις κλιματικές εισροές ενέργειας, οι οποίες αποτελούν και τον βασικό παράγοντα στην συγκεκριμένη περίπτωση ανάλυσης.

Στον χειμερινό οντά, οι εσωτερικές θερμοκρασίες αέρα κυμαίνονται στους 28.75°C το καλοκαίρι και στους 14°C τον χειμώνα. Οι διακυμάνσεις είναι εντονότερες το καλοκαίρι, αγγίζοντας ακόμα και τους 6°C , σε αντίθεση με τον χειμώνα, που οι διαφορές θερμοκρασίας δεν ξεπερνούν τους 3°C ημερησίως. Αυτό οφείλεται στα πολλά ανοίγματα που εντοπίζονται στον χώρο και κυρίως στην νότια πλευρά και αποδεικνύεται και από τις τιμές της θερμοκρασίας της ακτινοβολίας του ηλίου.

Στον θερινό οντά, οι θερμοκρασίες κυμαίνονται στα ίδια περίπου επίπεδα με τον χειμερινό οντά, με μόνη διαφορά τον χειμώνα, κατά τον οποίο οι μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα είναι υψηλότερη κατά μισό βαθμό. Αυτό οφείλεται αφενός στο ότι ο μισός βορινός ξυλόπηκτος τοίχος του χειμερινού οντά είναι εκτεθειμένος σε εξωτερικό περιβάλλον και αφετέρου, στα ανοίγματα του νότου. Ο χειμερινός οντάς διαθέτει τρεις φεγγίτες και ένα που είναι σχεδόν καλυμμένο με πέτρες, σε αντίθεση με τον θερινό οντά που διαθέτει τέσσερις.

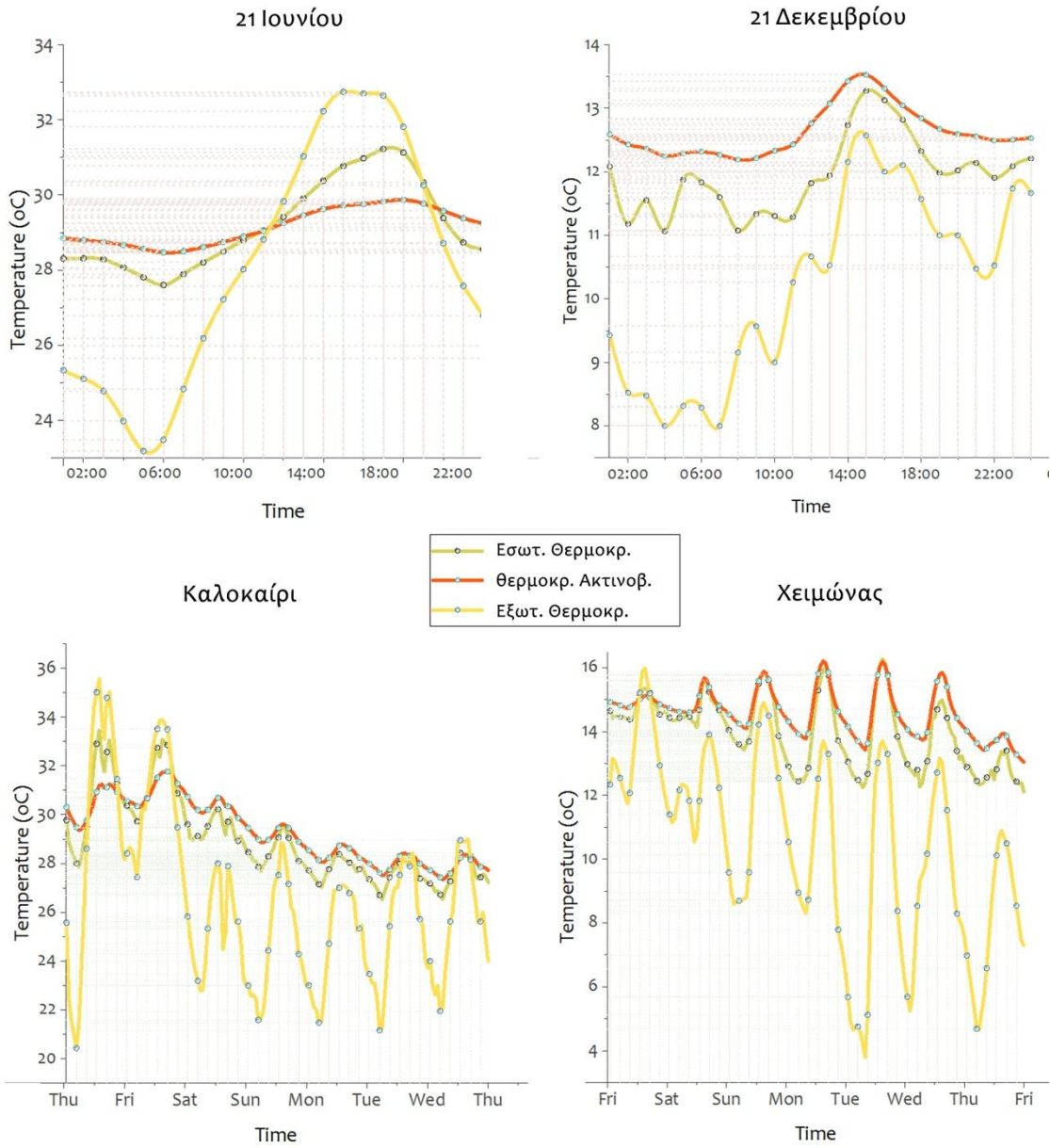
Η θερμοκρασία της ακτινοβολίας του ηλίου είναι υψηλότερη στον χειμερινό οντά το καλοκαίρι, εξαιτίας των ανοιγμάτων στην ανατολή, κάτι το οποίο δεν δείχνει να επηρεάζει τον χειμώνα, με τον θερινό οντά να εμφανίζει υψηλότερες κατά μισό βαθμό θερμοκρασίες. Κατά τον ίδιο τρόπο κυμαίνονται και τα ηλιακά κέρδη από τα εξωτερικά ανοίγματα, δηλαδή του νότου και της ανατολής.

ΧΕΙΜΕΡΙΝΟΣ ΟΝΤΑΣ



Εικόνα 13: Χειμερινός Οντάς

ΘΕΡΙΝΟΣ ΟΝΤΑΣ

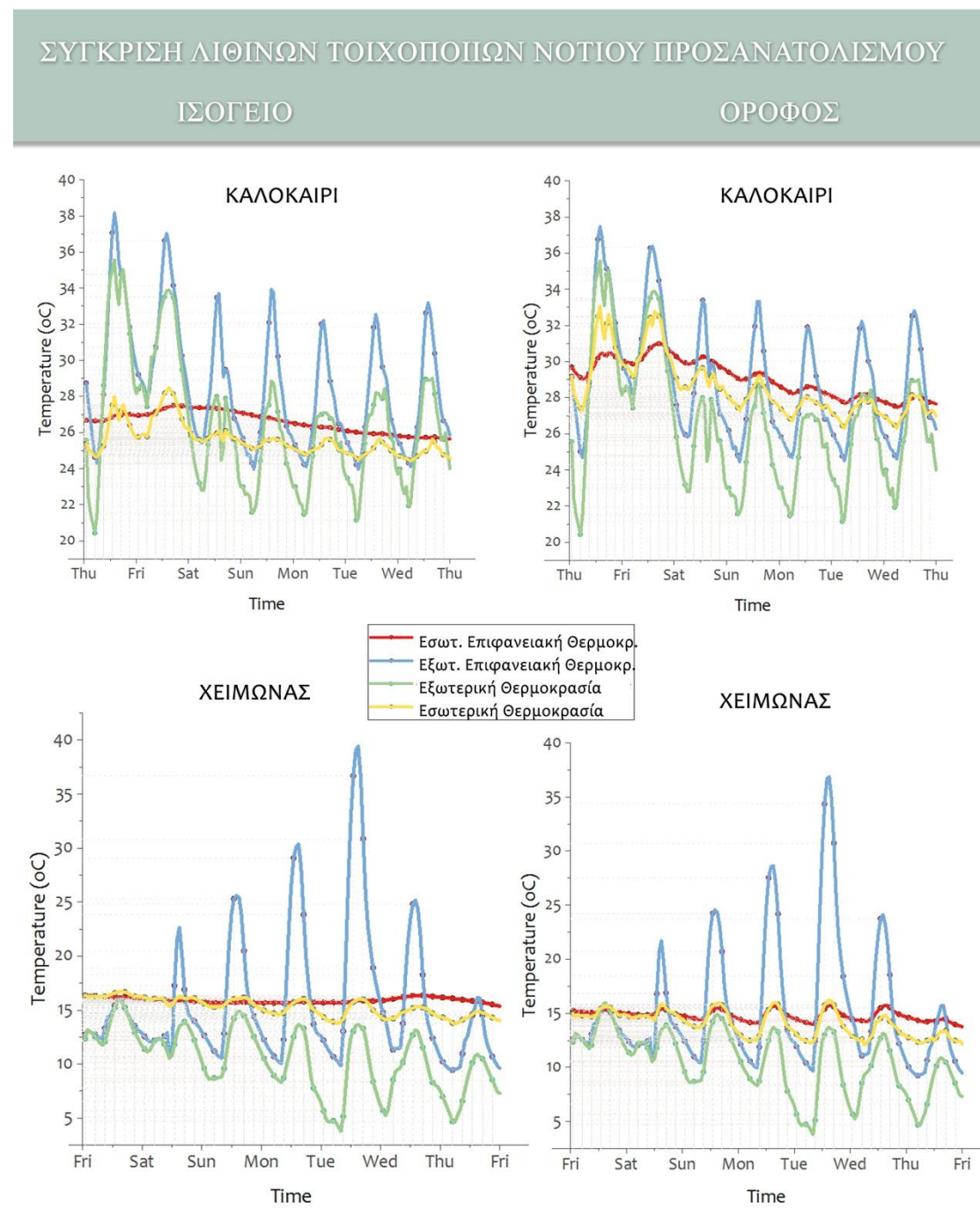


Εικόνα 14: Θερινός Οντάς

Καλοκαίρι						
	Θερινός Οντάς			Χειμερινός Οντάς		
	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέση Τιμή
Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία (KW)	0	0.88	0.28	0	0.88	0.28
Διάχυτη Οριζόντια Ηλιακή Ακτιν. (KW)	0	0.38	0.10	0	0.38	0.10
Ηλιακά κέρδη (εξωτ. ανοίγματα) (KW)	0	0.41	0.12	0	0.44	0.15
Ηλιακά Κέρδη (εσωτ. ανοίγματα) (KW)	0	0.05	0.02	0	0.03	0.01
Εσωτ. Θερμοκρασία Αέρα (°C)	26.29	33.06	28.55	26.41	32.91	28.75
Θερμοκρασία Ηλιακής Ακτιν. (°C)	27.08	31.12	28.82	27.25	31.55	29.17
Εξωτ. Θερμοκρασία (°C)	20.44	35.56	26.54	20.44	35.56	26.54

Χειμώνας						
	Θερινός Οντάς			Χειμερινός Οντάς		
	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέση Τιμή	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέση Τιμή
Άμεση Ηλιακή Ακτινοβολία (KW)	0	0.87	0.14	0	0.87	0.14
Διάχυτη Οριζόντια Ηλιακή Ακτιν. (KW)	0	0.23	0.41	0	0.23	0.41
Ηλιακά κέρδη (εξωτ. ανοίγματα) (KW)	0	1.46	0.25	0	1.24	0.22
Ηλιακά Κέρδη (εσωτ. ανοίγματα) (KW)	0	0.05	0.01	0	0.03	0.01
Εσωτ. Θερμοκρασία Αέρα (°C)	12.09	16.25	14.05	11.73	15.22	13.57
Θερμοκρασία Ηλιακής Ακτιν. (°C)	13.11	16.27	14.68	12.54	15.27	13.99
Εξωτ. Θερμοκρασία (°C)	3.79	15.99	10.44	3.79	15.99	10.44

8.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΜΙΚΩΝ ΜΕΛΩΝ



Εικόνα 15: Σύγκριση λίθινων τοιχοποιιών ίδιου προσανατολισμού

Στην Εικόνα 15 γίνεται σύγκριση των λίθινων τοιχοποιιών του ισογείου και του ορόφου, ως προς τις επιφανειακές θερμοκρασίες και τις εσωτερικές θερμοκρασίες αέρα. Η επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα οφείλεται κατά κύριο λόγο στην διαδικασία αποθήκευσης και απόδοσης θερμότητας στον εσωτερικό περιβάλλον και επομένως, οι εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες αέρα που παρατηρούνται στα διαγράμματα είναι αναμενόμενες. Οι εσωτερικές θερμοκρασίες του αέρα επηρεάζονται κυρίως από τις εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες της τοιχοποιίας.

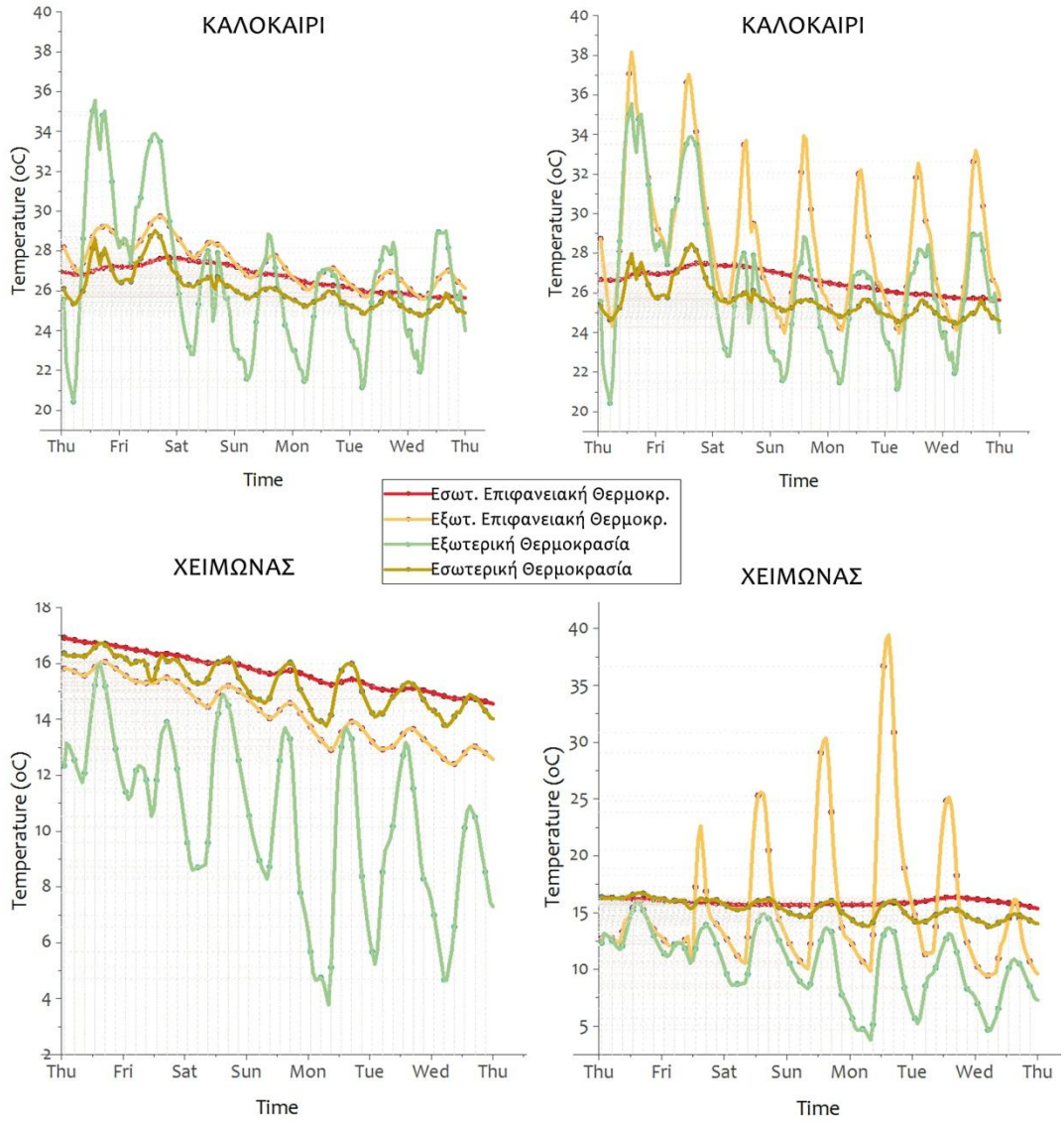
Στο ισόγειο δεν παρατηρούνται σχεδόν καθόλου διακυμάνσεις στην εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία, ενώ μικρές είναι οι διακυμάνσεις της καμπύλης του αέρα. Επειδή ο λίθινος τοίχος αποτελεί δομικό μέλος με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, παρατηρείται μια χρονική υστέρηση στην ψύξη και θέρμανση του χώρου. Κατά την διάρκεια της νύχτας, η εσωτερική θερμοκρασία είναι υψηλότερη από την εξωτερική, και αυτό οφείλεται στην μεγάλη θερμοχωρητικότητα του δομικού μέλους και στο γεγονός ότι η ροή θερμότητας κινείται από το εσωτερικό προς το εξωτερική επιφάνεια. Η θερμική αδράνεια της λίθινης τοιχοποιίας, συμβάλει σημαντικά στην διατήρηση της καμπύλης σχετικά σταθερής καθώς και στην χρονική υστέρηση, οδηγώντας σε θερμική μετατόπιση των φάσεων, επιβραδύνοντας την επίδραση αλλαγής θερμοκρασίας στο εσωτερικό του τοίχου.

Όπως φαίνεται και από τα διαγράμματα, οι διαφορές είναι σημαντικές και οφείλονται στην ύπαρξη ή μη ανοιγμάτων. Επίσης, δεν μπορεί να παραληφθεί το γεγονός ότι όλοι οι τοίχοι του ισογείου είναι λίθινοι, καθώς και η επαφή του με το έδαφος, συμβάλλοντας στις χαμηλότερες θερμοκρασίες. Αντίθετα, Ο λίθινος του ορόφου, εκτός από τα πολλά ανοίγματα που διαθέτει, τα οποία δημιουργούν θερμικά κέρδη και απώλειες, βρίσκεται σε επαφή με ξυλόπηκτους τοίχους και με αυτόν τον τρόπο, οι εσωτερικές θερμοκρασίες τόσο της επιφάνειας όσο και του χώρου, δεν δύναται να λειτουργούν το ίδιο καλά με αυτές του ισογείου.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΛΙΘΙΝΩΝ ΤΟΙΧΟΠΟΙΩΝ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

ΒΟΡΕΙΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

ΝΟΤΙΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ



Εικόνα 16: Σύγκριση λίθινων τοιχοποιών διαφορετικού προσανατολισμού

Συγκρίνοντας τις λίθινες τοιχοποιίες του ισογείου, την βόρεια και την νότια, παρατηρούμε ότι οι εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες δεν παρουσιάζουν διαφορές κατά την καλοκαιρινή περίοδο, ενώ την χειμερινή περίοδο οι διαφορές κυμαίνονται στον ένα βαθμό. Αυτό οφείλεται στο ότι η νότια τοιχοποιία είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία με αποτέλεσμα να επηρεάζεται σε μικρό βαθμό και η εσωτερική επιφάνεια, σε αντίθεση με την βόρεια τοιχοποιία που παρά τον συγκεκριμένο προσανατολισμό, βρίσκεται στον προστατευμένο και στεγασμένο χώρο της στοάς. Για τον ίδιο λόγο, παρατηρούνται τόσο έντονες διαφορές στις εξωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες. Ο νότιος λίθινος, γίνεται αποδέκτης υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας, την οποία απορροφά και μετατρέπει σε θερμότητα. Μέρος της επανεκπέμπεται στο εξωτερικό περιβάλλον και το υπόλοιπο διαμέσου της μάζας του τοίχου οδηγείται στον εσωτερικό χώρο, με χρονική υστέρηση.

Στον επόμενο πίνακα, αναλύονται οι επιφανειακές θερμοκρασίες και οι θερμοκρασίες αέρα του νότου λίθινου τοίχου, με την παρουσία ή μη εξωφύλλων, καθώς και με την χρήση αυτών τις μεσημεριανές και νυχτερινές ώρες της ημέρας. Όταν τα εξώφυλλα είναι ανοιχτά οι θερμοκρασία αέρα αυξάνεται κατά μισό βαθμό το καλοκαίρι και κατά σχεδόν ένα τον χειμώνα. Οι εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες επηρεάζονται κατά παρόμοιο τρόπο, ενώ ανεπηρέαστες παραμένουν οι εξωτερικές, λόγω της μεγάλης μάζας του λίθινου δομικού μέλους. Όταν ορίζεται να παραμένουν κλειστά τα εξώφυλλα το μεσημέρι, οι θερμοκρασίες εξισορροπούνται στο ενδιάμεσο, καθώς εμποδίζεται η έντονη ηλιακή ακτινοβολία από το να εισέλθει στον χώρο.

Πίνακας 10: Λίθινοι με ανοιχτά και κλειστά εξώφυλλα

	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ			ΧΕΙΜΩΝΑΣ		
	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή
	Εξώφυλλα Ανοιχτά					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	24.52	37.51	29.02	9.37	36.97	15.33
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	27.87	31.71	29.65	14.50	18.39	15.69
Εσωτ. Θερμοκρασία	26.57	33.63	29.05	12.72	19.68	14.95
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44
Εξώφυλλα Κλειστά						
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	24.45	37.47	28.97	9.24	36.86	15.27
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	27.47	30.99	29.07	13.77	15.74	14.81
Εσωτ. Θερμοκρασία	26.29	33.06	28.55	12.09	16.25	14.05
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44
Εξώφυλλα Ανοιχτά 10:00 - 14:00 / 17:00 - 21:00						
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	24.49	37.49	28.99	9.32	36.93	15.31
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	27.71	31.34	29.41	14.21	17.75	15.35
Εσωτ. Θερμοκρασία	26.49	33.42	28.85	12.51	19.10	14.61
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44

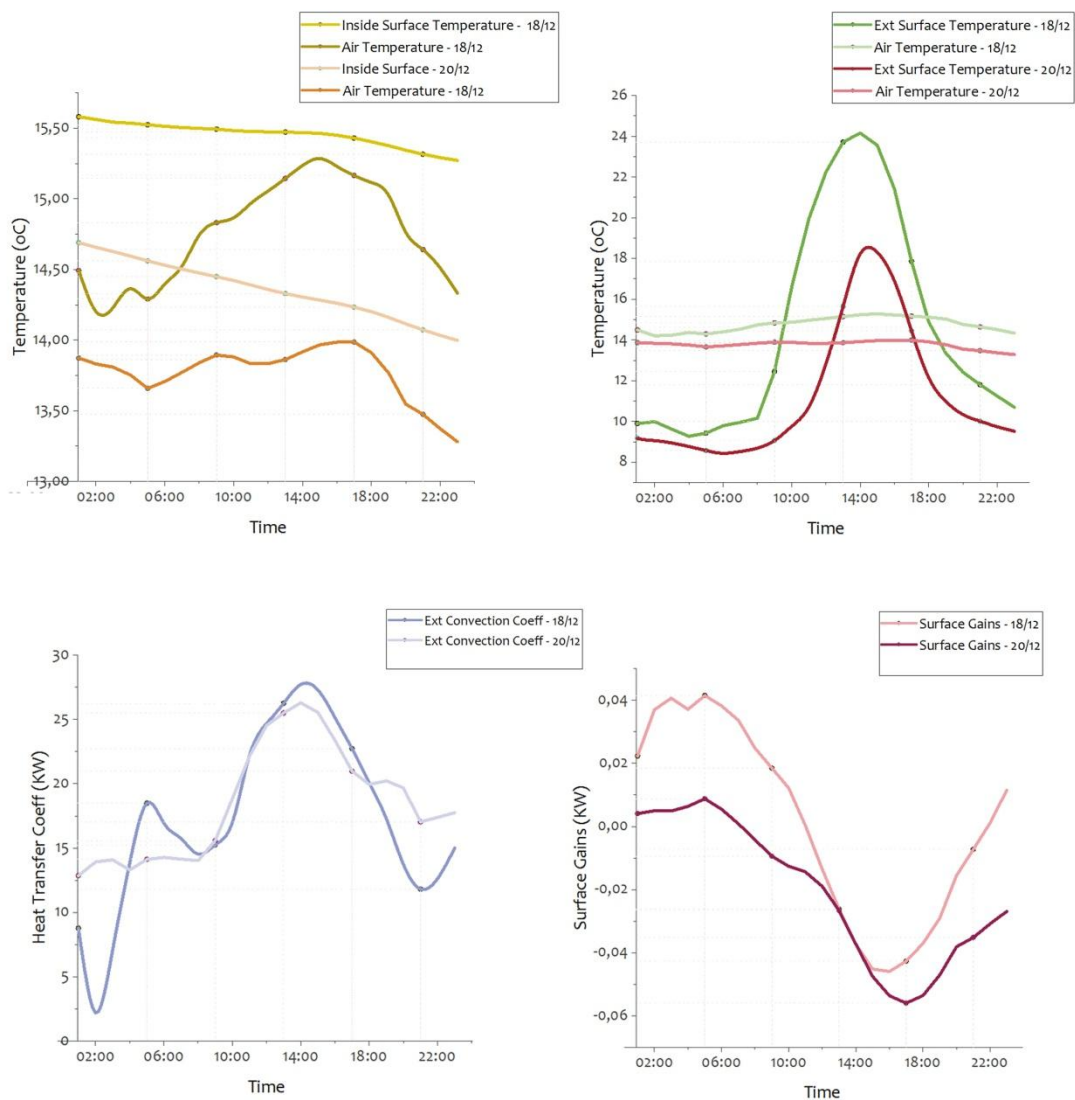
Όλες οι θερμοκρασίες που απεικονίζονται είναι σε °C.

Τα αποτελέσματα της τρίτης περίπτωσης είναι αρκετά κοντινά με την πρώτη περίπτωση, που τα εξώφυλλα είναι ανοιχτά. Θα ήταν αναμενόμενες μεγαλύτερες διαφορές εσωτερικής θερμοκρασίας κυρίως για τον χειμώνα, καθώς ο χώρος επωφελείται από τα θερμικά κέρδη της ημέρας και αποφεύγονται οι θερμικές απώλειες την νύχτα που τα εξώφυλλα κλείνουν.

Ίσως οι διαφορές να ήταν πιο αισθητές, αν μόνο για τον χειμώνα τα εξώφυλλα δεν έκλιναν καθόλου τις μεσημεριανές ώρες, για περισσότερα ηλιακά κέρδη.

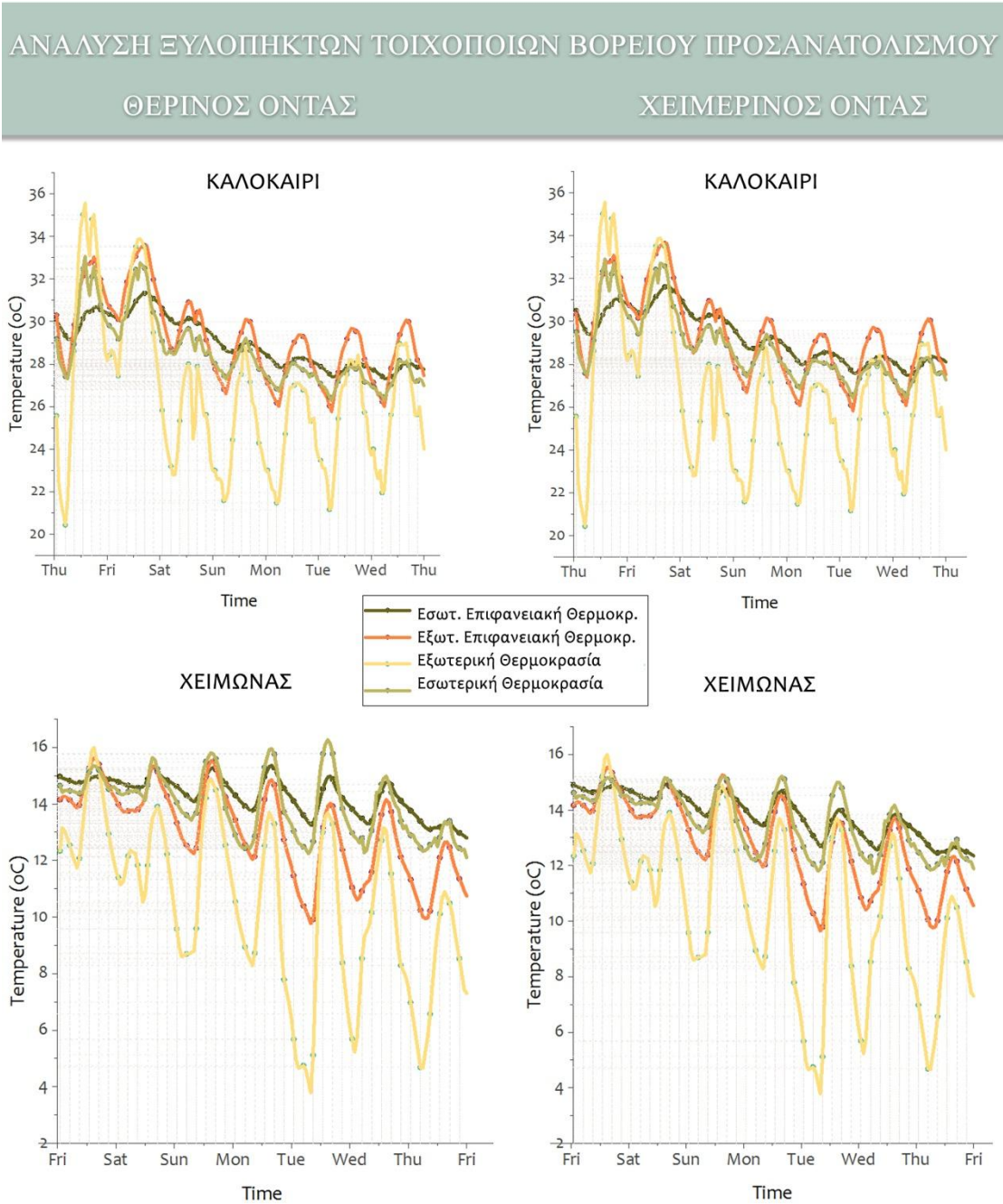
Ακολουθεί η ανάλυση της λίθινης νότιας τοιχοποιίας τις ίδιες δύο ημέρες του χειμώνα με την ύπαρξη και μη ηλιοφάνειας. Στις 18 Δεκεμβρίου, ημέρα με ηλιοφάνεια, οι θερμοκρασίες των χώρων και των επιφανειών, όπως είναι αναμενόμενο είναι υψηλότερες από ότι στις 20 Δεκεμβρίου, ημέρα χωρίς ηλιοφάνεια.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΝΟΤΙΑΣ ΛΙΘΙΝΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ



Εικόνα 17: Ανάλυση Νότιας λίθινης τοιχοποιίας, ημέρα με ηλιοφάνεια και χωρίς

Το ίδιο ισχύει και για την καμπύλη των θερμικών κερδών, ενώ η μετάδοση θερμότητας δεν προλαβαίνει να παρουσιάσει ιδιαίτερες διαφορές λόγω της μεγάλης μάζας του λίθινου τοίχου.



Εικόνα 18: Σύγκριση βόρειων ξυλόπηκτων τοιχοποιιών ορόφου

Οι ξυλόπηκτοι είναι τοίχοι μεσαίας μάζας και οι καμπύλες των επιφανειακών τους θερμοκρασιών παρουσιάζουν διάφορες σε σχέση με αυτές των λίθινων. Οι διακυμάνσεις είναι μεγαλύτερες, της τάξης των 4 περίπου βαθμών για εσωτερικές επιφάνειες και ακόμα και 8 βαθμών για τις εξωτερικές. Αυτή η διαφορά είναι μεγάλη, συνυπολογίζοντας ότι πρόκειται για βόρειο τοίχο που βρίσκεται σε στεγασμένο χώρο. Διακρίνεται λοιπόν η σημασία της μάζας της τοιχοποιίας, αν συγκριθεί με τον αντίστοιχο βόρειο λίθινο του ισογείου, του οποίου η εξωτερική επιφάνεια παρουσιάζει διακυμάνσεις της τάξης των τριών βαθμών.

Ακολουθεί πίνακας που αποτυπώνει τις μέγιστες, ελάχιστες και μέσες θερμοκρασίες των ξυλόπηκτων τοίχων, με ανοιχτά και κλειστά εξώφυλλα, καθώς και με πρόγραμμα χρήσης της πρωινές και απογευματινές ώρες. Οι διαφορές το καλοκαίρι αγγίζουν τους 0.7°C και τον χειμώνα σχεδόν τον 1°C , παρουσιάζοντας όμως διακυμάνσεις στις εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες που αγγίζουν τους 4.5°C , τις μεσημεριανές ώρες, λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας. Η λειτουργία με πρόγραμμα δείχνει να λειτουργεί εξίσου καλά το χειμώνα, εξαιτίας της εκμετάλλευσης της πρωινής ηλιοφάνειας.

Πίνακας 11: Επίδραση της λειτουργίας των εξώφυλλων στις επιφανειακές θερμοκρασίες των ξυλόπηκτων

	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ			ΧΕΙΜΩΝΑ		
	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή
	Εξώφυλλα Ανοιχτά					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	26.02	34.29	29.70	10.16	16.08	13.45
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	27.77	32.21	29.72	13.59	18.10	15.42
Εσωτ. Θερμοκρασία	26.57	33.63	29.05	12.72	19.68	14.95
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44
Εξώφυλλα Κλειστά						
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.76	33.58	29.24	9.76	15.63	12.98
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	27.31	31.51	29.00	12.80	15.52	14.37
Εσωτ. Θερμοκρασία	26.29	33.06	28.55	12.09	16.25	14.05
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44
Εξώφυλλα Ανοιχτά 10:00 - 14:00 / 17:00 - 21:00						
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.92	33.90	29.49	10.01	15.82	13.27
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	27.59	31.79	29.42	13.27	17.39	15.01
Εσωτ. Θερμοκρασία	26.49	33.42	28.85	12.51	19.10	14.61
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44

Όλες οι θερμοκρασίες που απεικονίζονται είναι σε °C.

Για την πραγματοποίηση της επόμενης προσομοίωσης, σκιάστηκαν οι φεγγίτες της λίθινης τοιχοποιίας του θερινού οντά, ώστε να ελεγχθεί η επίδραση αυτών στους ξυλόπηκτους τοίχους, που βρίσκονται στην βόρεια πλευρά του χώρου. Αυτό που φαίνεται να επηρεάζεται πιο πολύ είναι η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία του βόρειου ξυλόπηκτου τοίχου. Τον χειμώνα παρατηρείται μείωση μισού βαθμού της μέσης θερμοκρασίας αέρα και της ελάχιστης εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας, με την επιβολή σκιάστρων, ενώ το καλοκαίρι περισσότερο αξιοσημείωτη είναι η μείωση της μέγιστης εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας. Επομένως, γίνεται αντιληπτό, ότι τα ανοίγματα και η σκίαση αυτών μπορεί να επηρεάσουν τα δομικά μέλη και κατά συνέπεια την θερμική άνεση των χώρων. Για τον λόγο αυτό, ο τρόπος χρήσης και η σωστή χρονική λειτουργία τους, μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά τις συνθήκες του κτιρίου.

Πίνακας 12: Επίδραση φεγγιτών νότιου λίθινου στην επιφανειακή θερμοκρασία του βόρειου ξυλόπηκτου

	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ			ΧΕΙΜΩΝΑΣ		
	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή
	ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΩΝ ΦΕΓΓΙΤΩΝ ΣΤΗΝ ΝΟΤΙΑ ΛΙΘΙΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.76	33.58	29.24	9.76	15.63	12.98
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	27.31	31.51	29.00	12.80	15.52	14.37
Εσωτ. Θερμοκρασία	26.29	33.06	28.55	12.09	16.25	14.05
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44

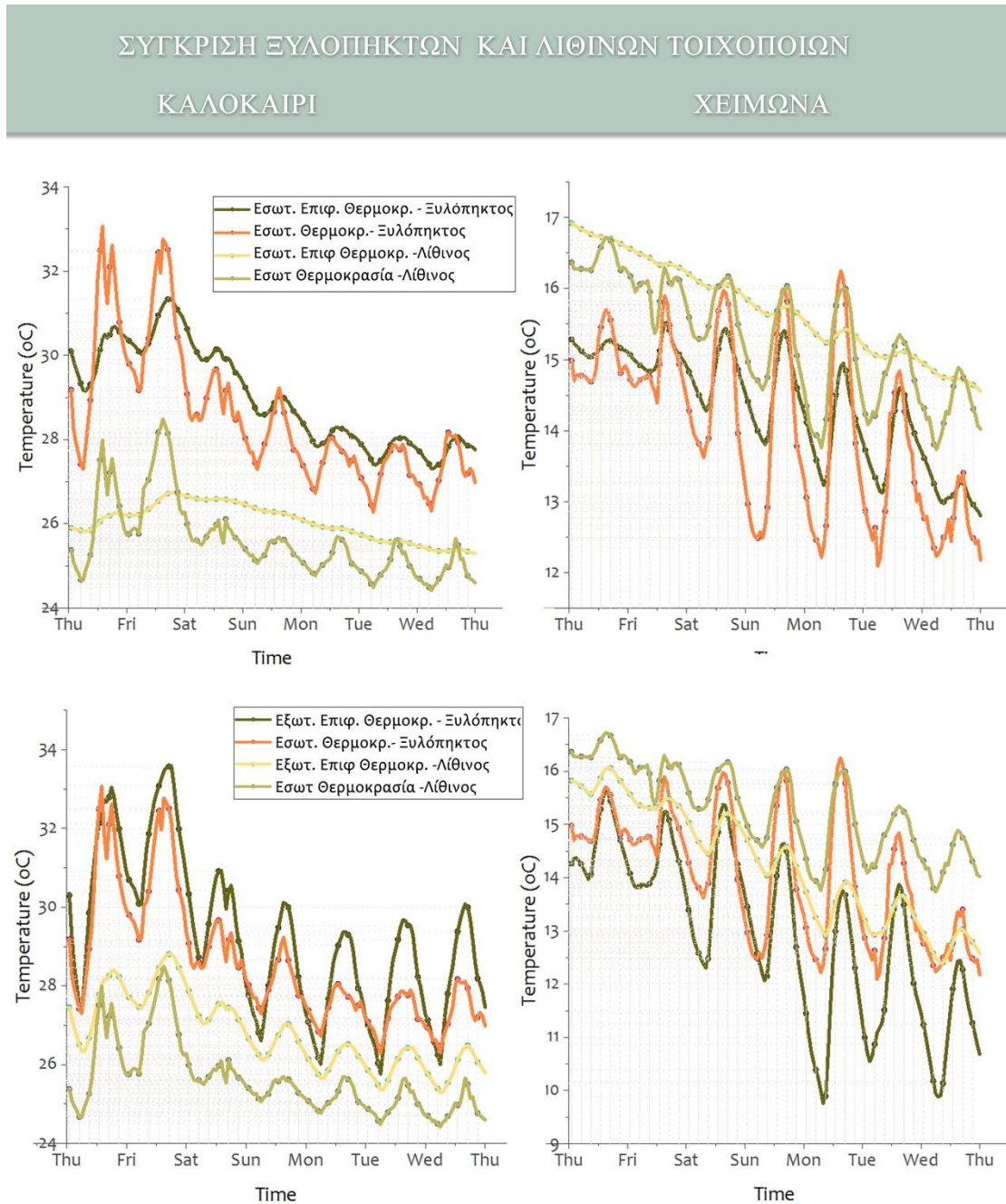
	ΣΚΙΑΣΗ ΤΩΝ ΦΕΓΓΙΤΩΝ ΣΤΗΝ ΝΟΤΙΑ ΛΙΘΙΝΗ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑ					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.69	33.49	29.16	9.59	15.61	12.84
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	27.11	30.95	28.69	12.32	15.24	13.75
Εσωτ. Θερμοκρασία	26.17	32.79	28.31	11.75	15.55	13.53
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44

Στον επόμενο πίνακα συγκρίνονται η ξυλόπηκτη και η λίθινη τοιχοποιία βόρειου προσανατολισμού, ως προς τις επιφανειακές τους θερμοκρασίες και τις θερμοκρασίες εσωτερικού αέρα τις οποίες επηρεάζουν.

Γίνεται αντιληπτό ότι οι εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες των λίθινων παρουσιάζουν ελάχιστες διακυμάνσεις και αυτές επηρεάζονται κυρίως από την εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι τιμές τους, είναι σταθερές και ελαφρώς υψηλότερες από τις θερμοκρασίες του χώρου. Αυτό οφείλεται στα θερμικά κέρδη κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών και έχει σαν αποτέλεσμα τις μειωμένες θερμικές απώλειες του εσωτερικού χώρου. Αντίθετα, οι ξυλόπηκτοι παρουσιάζουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις, ως τοίχοι μικρότερης μάζας και θερμοχωρητικότητας. Οι μεγαλύτερες απώλειες καταγράφονται το χειμώνα κατά τις μεσημεριανές ώρες, ενώ οι μέγιστες θερμοκρασίες κατά τις απογευματινές ώρες. Αυτό οφείλεται στην άμεση ακτινοβολία που δέχονται από τους φεγγίτες του νότιου λίθινου τοίχου, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενο πίνακα.

Οι εξωτερικές όμως επιφανειακές θερμοκρασίες των λίθινων φαίνεται να μην λειτουργούν το ίδιο καλά καθώς επηρεάζονται από τις εξωτερικές συνθήκες, τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Οι μέγιστες θερμοκρασίες εντοπίζονται περίπου στις 14:00 -15:00, οι οποίες πλησιάζουν τις εξωτερικές θερμοκρασίες αέρα και οι ελάχιστες εμφανίζονται τις πρωινές ώρες. Παρομοίως, οι ξυλόπηκτοι παρουσιάζουν, μεγάλες διακυμάνσεις στις εξωτερικές τους

θερμοκρασίες, οι οποίες ακολουθούν τις εξωτερικές με τις χαμηλότερες να παρουσιάζονται τις πρώτες πρωινές ώρες. Αυτό που γίνεται αντιληπτό είναι η χρονική υστέρηση με την οποία επηρεάζονται οι λίθινοι συγκριτικά με τους ξυλόπηκτους από τις βραδινές εξωτερικές συνθήκες. Σε γενικές γραμμές θερμικά κέρδη παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της νύχτας και απώλειες κατά την διάρκεια ης ημέρας.



Εικόνα 19: Σύγκριση λίθινων και ξυλόπηκτων τοιχοποιιών

Πίνακας 13: Συγκριτική επίδραση της λειτουργίας των εξώφυλλων σε λίθινους και ξυλόπηκτους

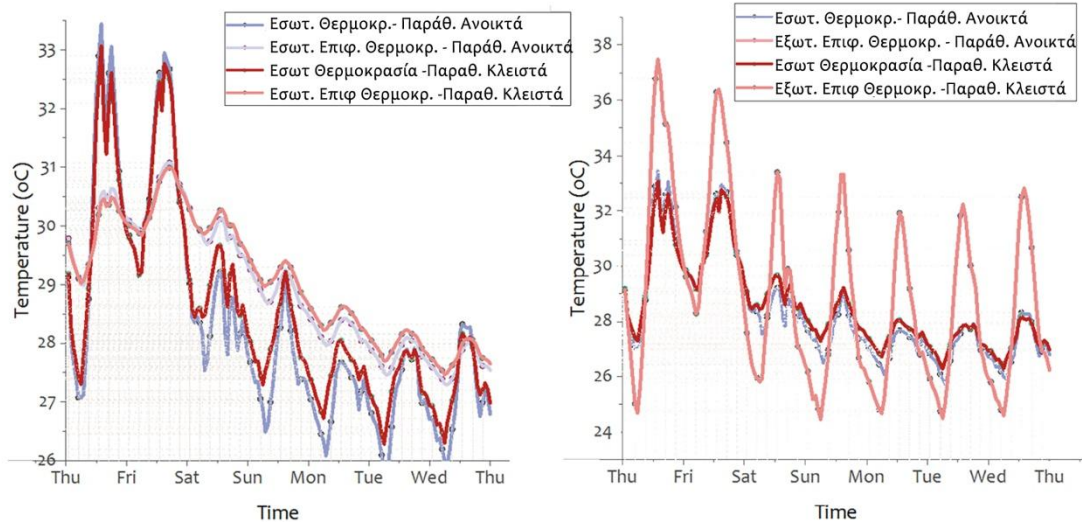
	Καλοκαίρι		Χειμώνας	
	Λίθινες Τοιχοποιίες	Ξυλόπηκτες Τοιχοποιίες	Λίθινες Τοιχοποιίες	Ξυλόπηκτες Τοιχοποιίες
	Shutters Open			
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	29.02	29.70	15.33	13.45
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	29.65	29.72	15.69	15.42
Εσωτ. Θερμοκρασία	29.05		14.95	
Εξωτ. Θερμοκρασία	26.54		10.44	
Shutters Closed				
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	28.97	29.24	15.27	12.98
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	29.07	29.00	14.81	14.37
Εσωτ. Θερμοκρασία	28.55		14.05	
Εξωτ. Θερμοκρασία	26.54		10.44	
Shutters Open 10:00 - 14:00 / 17:00 - 21:00				
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	28.99	29.49	15.31	13.27
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	29.41	29.42	15.35	15.01
Εσωτ. Θερμοκρασία	28.85		14.61	
Εξωτ. Θερμοκρασία	26.54		10.44	

Όλες οι θερμοκρασίες που απεικονίζονται είναι σε °C.

Στον Πίνακα 13 καταγράφονται συγκριτικά οι μέσες θερμοκρασίες των λίθινων και των ξυλόπηκτων με σκίαστρα ή χωρίς, ή με προγραμματισμένη χρήση αυτών, όπως αναλύθηκε σε προηγούμενους πίνακες. Οι ξυλόπηκτοι τοίχοι επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από τους λίθινους, καθώς η μεσαία τους μάζα επιτρέπει την γρηγορότερη ροή θερμότητας.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΝΟΤΙΑΣ ΛΙΘΙΝΗΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑΣ ΟΡΟΦΟΥ

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΟΙΚΤΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ



Εικόνα 20: Επίδραση των ανοικτών παραθύρων κατά την διάρκεια της νύχτας στον νότιο λίθινο τοίχο

Για τον έλεγχο της καλύτερης λειτουργίας και θερμικής άνεσης του χώρου, ορίστηκε να παραμένουν ανοιχτά τα παράθυρα κατά τους θερινούς μήνες, τις βραδινές ώρες, ώστε να εκτονώνεται η θερμότητα που συσσωρεύεται από τα κέρδη της ημέρας με τον νυχτερινό αερισμό. Παρατηρείται μια μικρή βελτίωση στις εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες καθώς και στην θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου. Οι εξωτερικές επιφάνειες παραμένουν ανεπηρέαστες.

9. ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Στην ενότητα που ακολουθεί γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης με τις πραγματικές μετρήσεις που έγιναν στο κτίριο για έναν ολόκληρο χρόνο (5/2012 - 7/2013). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν από τους Ι. Ατσόνιος, Ι. Μανδηλαράς, Δ. Κολαίτης, Ε.Τσακανίκα, Ε. Αλεξάνδρου, Μ.Φούντη, με την χρήση του DAS (Data Acquisition System).

Η μετρητική διάταξη DAS, συλλέγει και καταγράφει δεδομένα σχετικά με την θερμική συμπεριφορά του κτιριακού κελύφους. Τα δεδομένα που δύναται να καταγράψει είναι η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου, η υγρασία, η θερμοροή δια μέσω των εξωτερικών δομικών μελών (εξωτερικοί τοίχοι, πατώματα, στέγη) και οι συντελεστές θερμικής αντίστασης και θερμικής διαπερατότητας των μεγάλων επιφανειών. Τα μετεωρολογικά δεδομένα τα οποία χρησιμοποιούνται από το σύστημα, λαμβάνονται ακριβώς για την τοποθεσία του κτιρίου.

9.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ

Οι συγκρίσεις πραγματοποιούνται για τις χρονικές περιόδους 9-15 Ιουλίου και 30 Δεκεμβρίου - 5 Ιανουαρίου.

Συγκρίνοντας τα διαγράμματα των πραγματικών μετρήσεων με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρατηρούνται αρκετές διαφορές τόσο στις μέσες τιμές των εσωτερικών θερμοκρασιών, όσο και στις διακυμάνσεις που δημιουργούνται από τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές.

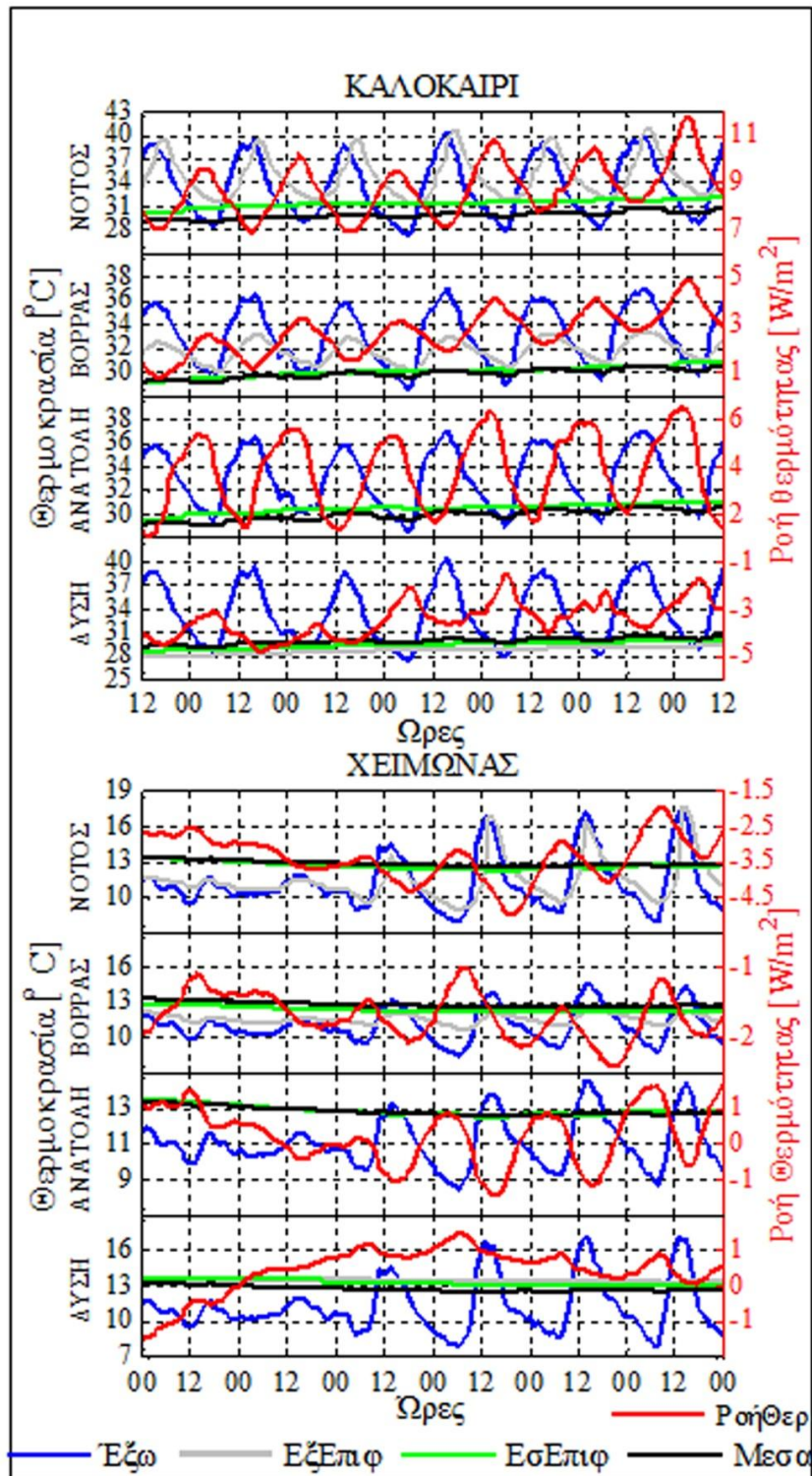
Η πιο σημαντική διαφορά που συναντάται σε όλα τα διαγράμματα του **ισογείου**, για χειμώνα και καλοκαίρι, είναι η καμπύλη της εσωτερικής θερμοκρασίας (μαύρη γραμμή), η οποία στις πραγματικές μετρήσεις είναι σταθερή με ελάχιστες αυξομειώσεις, ενώ στην προσομοίωση, παρατηρούνται διακυμάνσεις έως τρεις βαθμούς στην διάρκεια της ημέρας. Η καμπύλη της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές όσον αφορά στις διακυμάνσεις. Εξαιρούνται οι καμπύλες των αποτελεσμάτων

του χειμώνα, που ναι μεν παραμένουν σταθερές κατά την διάρκεια της ημέρας, όμως σε επίπεδο εβδομάδας παρατηρείται μια σχετική πτώση, αλλά αυτό ίσως οφείλεται στις διαφορετικές εξωτερικές θερμοκρασίες, που φαίνεται να χρησιμοποιεί το Design Builder. Επίσης, οι επιφανειακές θερμοκρασίες που έχουν μετρηθεί στην πραγματικά καταγράφονται κατά περίπτωση, 2-6°C υψηλότερες από εκείνες της προσομοίωσης.

Ομοίως, στον **όροφο**, συναντώνται παρόμοιες διαφορές, ως προς τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις και τις τιμές των επιφανειακών θερμοκρασιών. Οι καμπύλες των εσωτερικών θερμοκρασιών και εσωτερικών επιφανειακών θερμοκρασιών, δεν ταυτίζονται στην περίπτωση της προσομοίωσης, σε αντίθεση με τις πραγματικές μετρήσεις, που ταυτίζονται σχεδόν απόλυτα. Παρόλα αυτά υπάρχει μια σχετική συσχέτιση των δυο καμπύλων (στην προσομοίωση), με την χειμερινή περίοδο να πλησιάζει περισσότερο στις πραγματικές μετρήσεις.

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

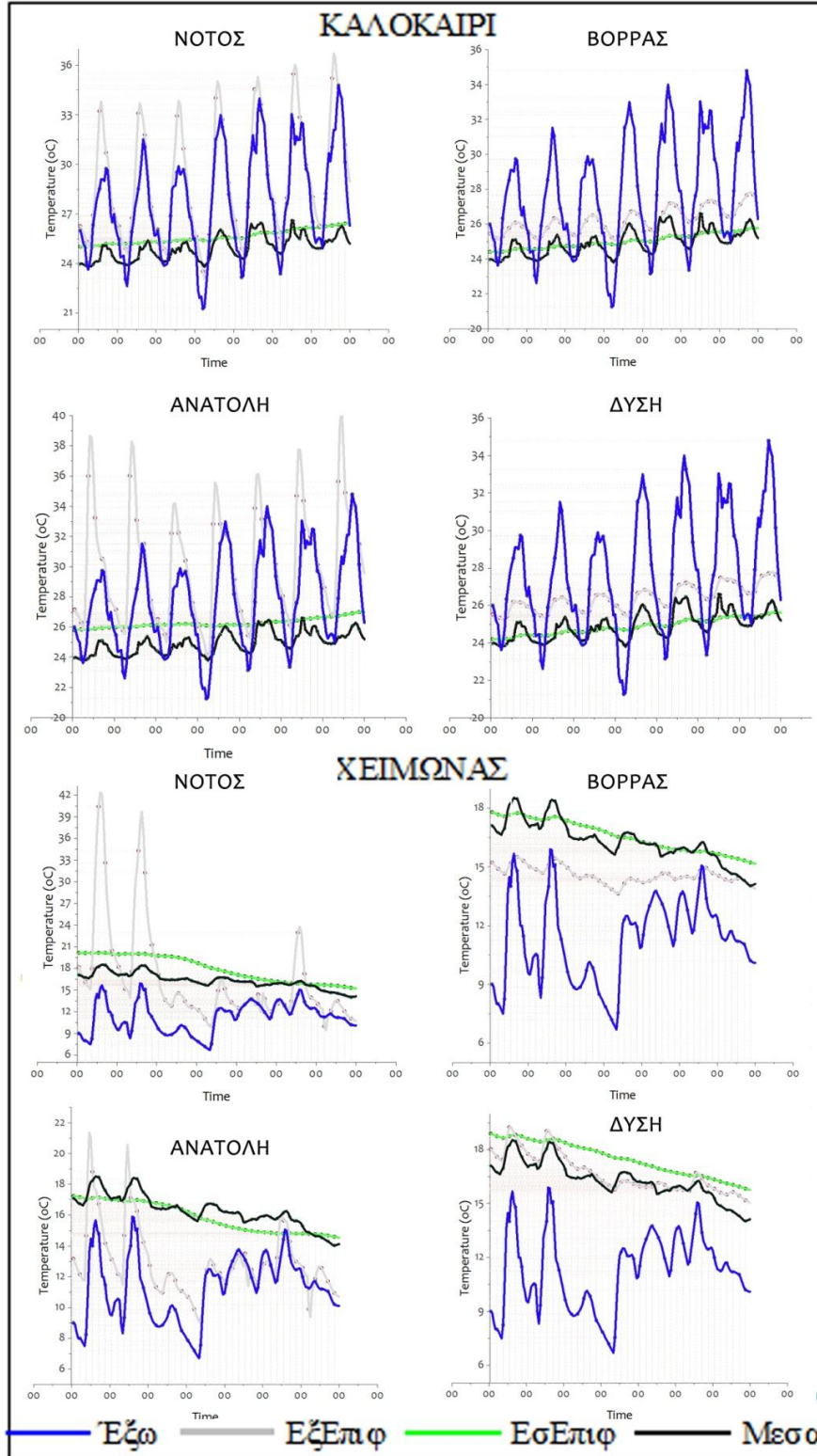
ΙΣΟΓΕΙΟ



Εικόνα 21: Πραγματικές μετρήσεις ισογείου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

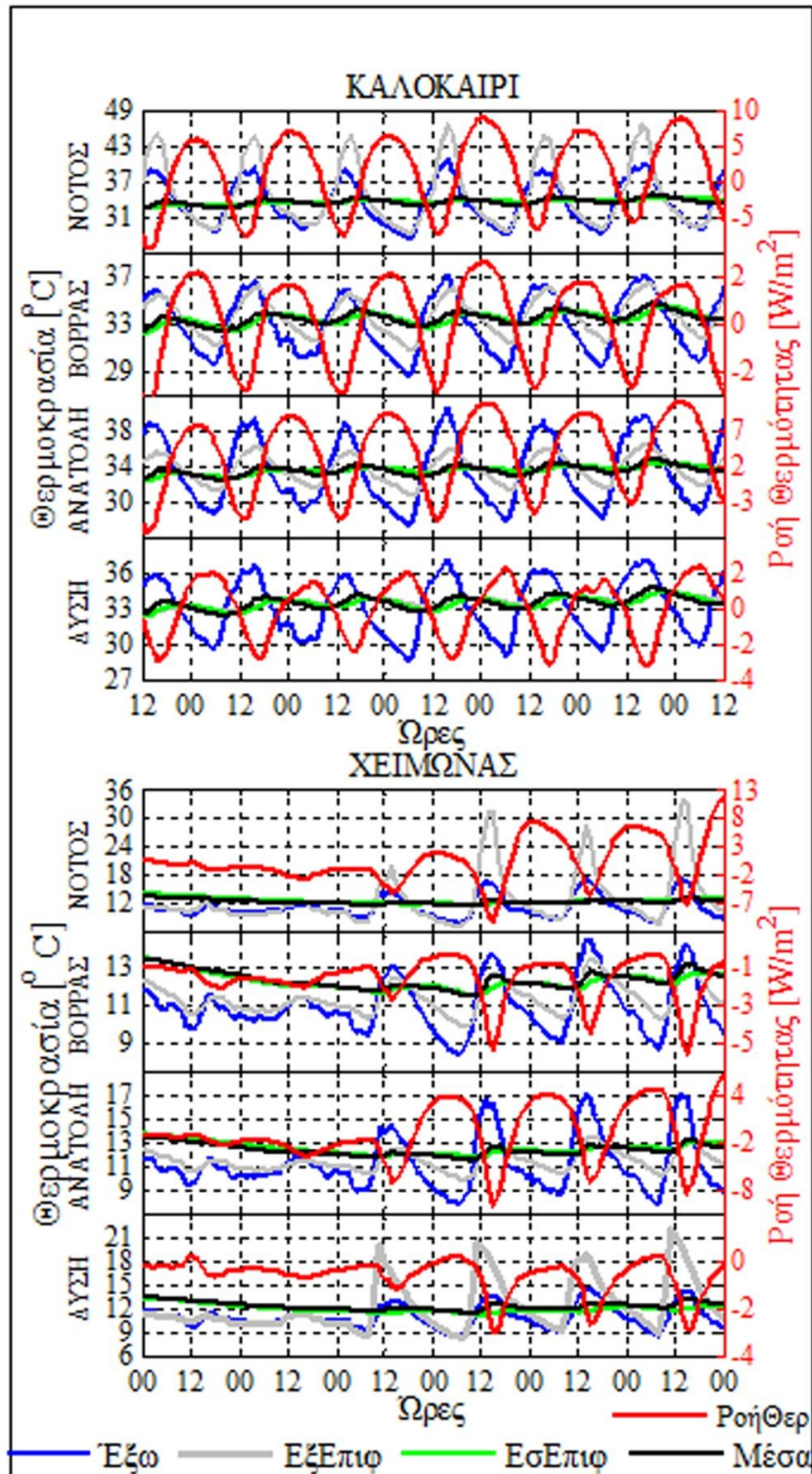
ΙΣΟΓΕΙΟ



Εικόνα 22: Αποτελέσματα προσομοίωσης ισογείου

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

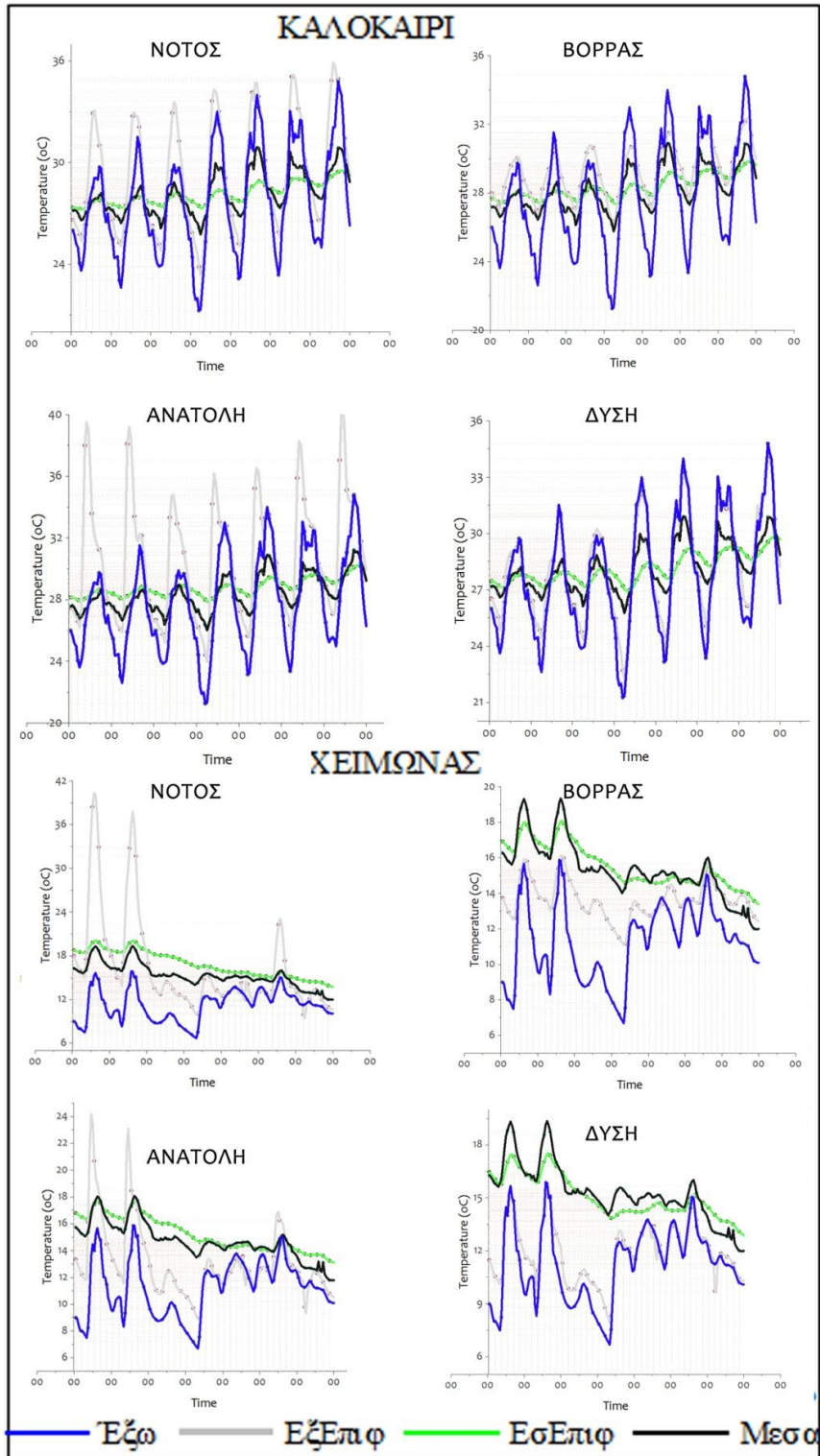
ΟΡΟΦΟΣ



Εικόνα 23: Πραγματικές μετρήσεις ορόφου

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗΣ

ΟΡΟΦΟΣ



Εικόνα 24: Αποτελέσματα προσομοίωσης ορόφου

9.2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Atsonios, I., Mandilaras, I., Kolaitis, D., Tsakanika-Theohari, E., Alexandrou, E., & Founti, M. (2013). Large scale measurement campaign to assess the thermal behaviour of an 18th century historic building in Athens. Italy: 3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation .

BASF. (2006). *ALBARIA SP2*. Italy.

BASF. (2004). *ALBARIA STRUTTURA*. Barcelona.

BASF. (2006). *Wind Crete*. Ανάκτηση 06 2016, από <http://www.windcrete.it/INDICE%20ALFABETICO/INDICE%20ALFABETICO.htm>

Tsakanika-Theohari, E., & Mouzakis, H. (2010). A Post-Byzantine mansion in Athens. The restoration project of the timber structural elements. *World Conference Timber Engineering WCTE* .

10. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ - ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ

Σε αυτή την ενότητα γίνεται η ανάλυση από μια σειρά κονιαμάτων και επιχρισμάτων τα οποία φέρουν ειδικά χαρακτηριστικά και μελετώνται οι επιδράσεις αυτών στα δομικά μέλη της κατασκευής. Τα κονιάματα τα οποία μελετώνται χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τα ενέματα και κονιάματα δόμησης και τα επιχρίσματα υψηλής θερμομονωτικής ικανότητας. Τοποθετούνται στην θέση των υπάρχοντων κονιαμάτων και επιχρισμάτων, δηλαδή το Albaria Struttura και το Albaria SP2 αντίστοιχα και γίνεται η σχετική σύγκριση. Τα δομικά μέλη τα οποία ερευνώνται είναι ο νότιος και βόρειος λίθινος, ως τοιχοποιίες διαφορετικού προσανατολισμού, ο λίθινος του ορόφου, ως τοιχοποιία με ανοίγματα και ο βόρειος ξυλόπηκτος του θερινού οντά. Όλα τα κονιάματα είναι φυσικής προέλευσης, χωρίς τσιμέντο ώστε να είναι συμβατά με την παραδοσιακή κατασκευή των τοιχοποιιών, διαπνέοντα και με μικρούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας. Ακολουθεί πίνακας με τα υλικά που χρησιμοποιούνται και τις θερμικές ιδιότητες αυτών.

Πίνακας 14: Θερμικές ιδιότητες ειδικών κονιαμάτων

	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ		
	Συντελεστής Θερμικής αγωγιμότητας λ (W/m K)	Πυκνότητα (Kg/m ³)	Συντελεστής διάχυσης υδρατμών μ
Albaria Struttura	0.83	2040	< 150
Calce Storica	0.124	1430	-
Albaria Sp2	0.27	1300	10
Sanabuild Kerakoll	0.3	1120	≤ 7
Tektoria TH1	0.09	700	< 15
Unilit 20	0.066	350	-
Leca Malta Laterlite M5	0.199	800	-
Diasen Diathonite Evolution	0.045	340	4

10.1 ΕΝΕΜΑΤΑ - ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΔΟΜΗΣΗΣ

Επιλέχθηκε να αντικατασταθεί το κονίαμα δόμησης και το ένεμα των τοιχοποιιών, με το Diasen Calce Storica, το οποίο είναι ένα έτοιμο προς χρήση κονίαμα, παρασκευάζεται από φυσική υδραυλική άσβεστο (NHL) και επιλεγμένα αδρανή. Έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατοδιαλυτά άλατα, μικρό συντελεστή συρρίκνωσης και αισθητά μικρότερη θερμική αγωγιμότητα και πυκνότητα. Η προσομοίωση γίνεται στις λίθινες τοιχοποιίες, καθώς διαθέτουν σημαντικό ποσοστό κονιάματος, 30%, εκ των οποίων το 10-15% είναι ένεμα. Οι ξυλόπηκτες τοιχοποιίες με ποσοστό 5% κονιάματος δόμησης, δεν επιφέρουν σχεδόν καμία αισθητή διαφορά, γι' αυτό θα μελετηθούν σε επόμενη ενότητα, ως προς τα εξωτερικά τους επιχρίσματα.

Πίνακας 15: Σύγκριση κονιαμάτων δόμησης

	ΛΙΘΙΝΕΣ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΕΣ					
	Καλοκαίρι			Χειμώνας		
	Νότιος Ισογείου	Βόρειος Ισογείου	Νότιος Ορόφου	Νότιος Ορόφου	Νότιος Ισογείου	Βόρειος Ισογείου
	Calce Storica					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	28.59	26.34	28.76	15.59	19.91	15.39
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.27	24.84	28.12	16.19	17.60	17.80
Εσωτ. Θερμοκρασία	24.73		27.98	14.97	16.54	
Εξωτ. Θερμοκρασία	26.54			10.44		
	Albaria Struttura					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	28.61	26.78	28.97	15.27	15.68	14.26
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	26.60	26.04	29.07	14.81	15.91	15.72
Εσωτ. Θερμοκρασία	25.60		28.55	14.05	15.30	
Εξωτ. Θερμοκρασία	26.54			10.44		

Όλες οι θερμοκρασίες που απεικονίζονται είναι σε °C.

Από τον Πίνακα 15, γίνεται αντιληπτό ότι το νέο κονίαμα επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό κυρίως τις εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες των τοίχων καθώς και τις θερμοκρασίες του αέρα. Οι θερμοκρασίες των εσωτερικών χώρων φαίνεται να βελτιώνονται κατά ένα περίπου βαθμό την χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο, οι εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες μεταβάλλονται κατά ενάμισι βαθμό, ενώ οι εξωτερικές επιφάνειες παραμένουν σχεδόν ανεπηρέαστες.

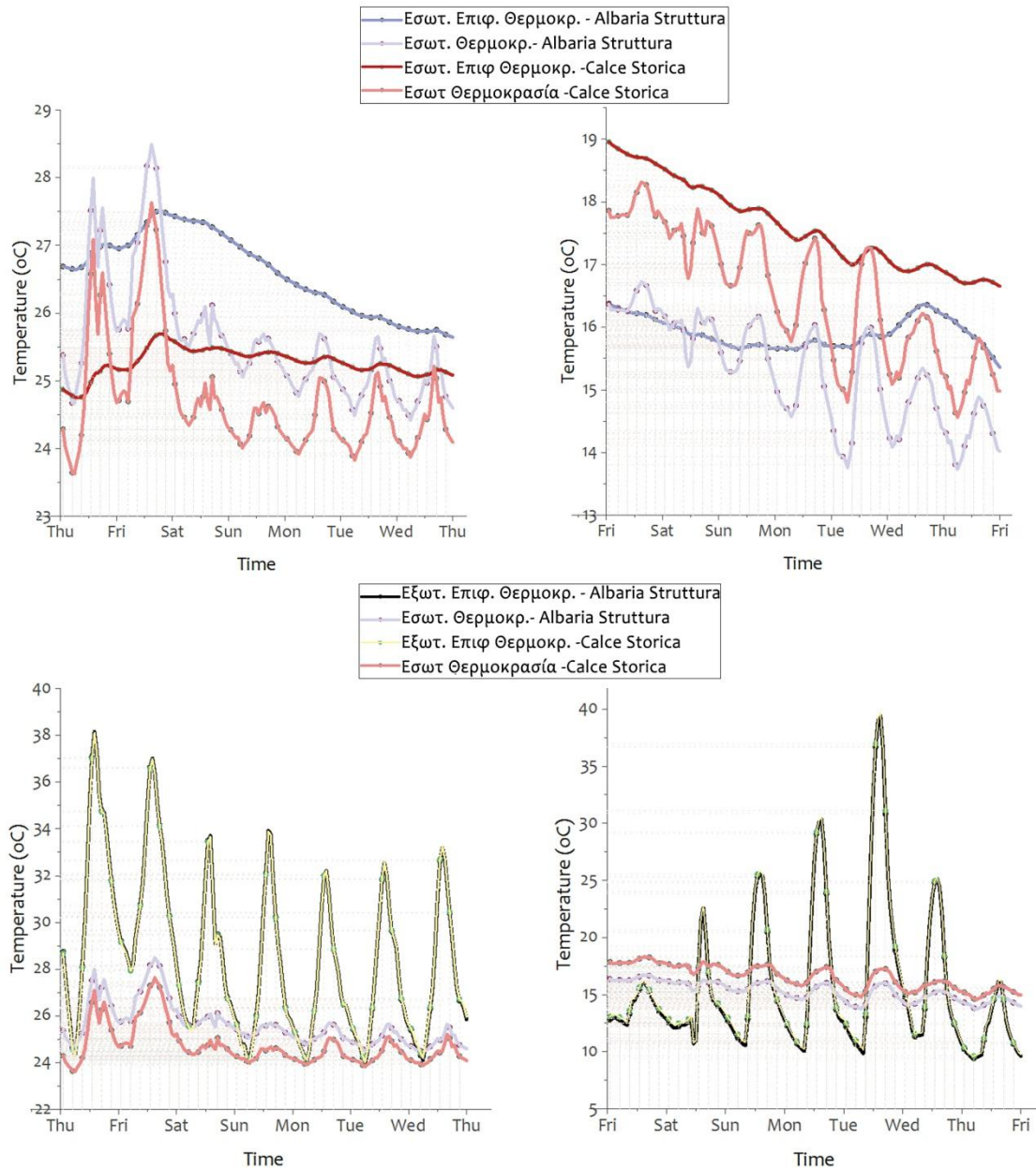
Τα στοιχεία του πίνακα αποτυπώνονται και στα διαγράμματα που ακολουθούν, όπου διαπιστώνεται ότι οι καμπύλες τόσο των επιφανειών, όσο και του εσωτερικού αέρα, μετατοπίζονται σχεδόν αυτούσιες προς χαμηλότερες ή υψηλότερες θερμοκρασίες για χειμώνα και καλοκαίρι αντίστοιχα. Κατά την χειμερινή περίοδο, καταγράφονται μεγαλύτερες διακυμάνσεις της

θερμοκρασίας του χώρου και ελαφρώς μεγαλύτερες στην εσωτερική επιφάνεια. Επίσης, οι θερμικές απώλειες παρατηρούνται τις πρωινές ώρες και τα κέρδη τις βραδινές.

ΕΝΕΜΑΤΑ - ΚΟΝΙΑΜΑΤΑ ΔΟΜΗΣΗΣ ΣΤΟΝ ΝΟΤΙΟ ΛΙΘΙΝΟ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

ΧΕΙΜΩΝΑΣ



Εικόνα 25: Σύγκριση υπάρχοντος με νέο κονίαμα δόμησης

10.2. ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Ι: ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Στην κατηγορία αυτή χρησιμοποιούνται επιχρίσματα υψηλής θερμομονωτικής ικανότητας και προσομοιώνονται οι τοιχοποιίες του θερινού οντά, ο λίθινος, ο οποίος διαθέτει επίχρισμα στην εσωτερική του επιφάνεια και ο ξυλόπηκτος, επιχρισμένος και από τις δύο πλευρές. Τα κονιάματα διαθέτουν ιδιαίτερα συστατικά τα οποία τους προσδίδουν, πολύ χαμηλούς συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας και επομένως, θερμομονωτική ικανότητα.

Το **Tektoria TH1**, είναι λευκό έτοιμο προς χρήση επίχρισμα υδραυλικής άσβεστου (NHL), το οποίο περιέχει φυσικά και πλήρως ανακυκλώσιμα υλικά, αναμεμιγμένο σε χαμηλές θερμοκρασίες και δεν εκπέμπει τοξικές ουσίες. Κατασκευασμένο από παραδοσιακά υλικά και με χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα, καθίσταται χημικά συμβατό με τα υπάρχοντα κονιάματα μιας παραδοσιακής κατασκευής. Είναι εξαιρετικά διαπνέον υλικό, καλό θερμομονωτικό, ηχομονωτικό, ελαφρύ, πυρίμαχο και ανθεκτικό σε μηχανικές καταπονήσεις.

Το **Unilit 20**, είναι παραδοσιακό, ξηρό προαναμεμιγμένο ορυκτό μονωτικό κονίαμα με βάση την υδραυλική άσβεστο και καλά διαβαθμισμένα αδρανή υλικά. Το ιδιαίτερό του χαρακτηριστικό το οποίο του προσδίδει θερμομονωτική ικανότητα και μηχανική αντοχή, είναι ο **διογκωμένος περλίτης**. Επίσης, χαρακτηρίζεται από υψηλή πλαστικότητα, χαμηλή περιεκτικότητα σε διαλυτά άλατα και εξαιρετικό συντελεστή διαπερατότητας υδρατμών.

Ο διογκωμένος περλίτης προέρχεται από την τριβή του περλίτη ως ηφαιστειογενές υλικό σε μικρούς κόκκους διαμέτρου 2-4mm και την απότομη θέρμανσή του σε θερμοκρασία άνω των 1000°C. Τα μονωτικά υλικά με περλίτη ανήκουν στις ανόργανες ορυκτές μονώσεις. (Συλλογικό)

Το **LECA Malta Laterlite M5**, είναι έτοιμο προς χρήση ελαφρύ θερμομονωτικό κονίαμα κατασκευασμένο από **διογκωμένη άργιλο** και υδραυλικά συνδετικά συστατικά. Χρησιμοποιείται σε παραδοσιακές κατασκευές ως επίχρισμα αλλά και ως υλικό πλήρωσης και εξάλειψης θερμογέφυρων στους αρμούς των κονιαμάτων.

Το **Diasen Diathonite Evolution**, είναι κατασκευασμένο από φυσική υδραυλική άσβεστο, φελλό, άργιλο, Diatomaceous earth, πηλό, φιλικά προς το περιβάλλον πρόσθετα και είναι ενισχυμένο με ίνες.

Ο φελλός, είναι μη τοξικό, σταθερό, αδιάβροχο, διαπνέον και με καλή μονωτική ικανότητα υλικό. Διαθέτει καλή μηχανική αντοχή, χαμηλό ποσοστό καύσης και έχει εξαιρετικές ακουστικές ιδιότητες. Επίσης, ο **άργιλος** είναι φυσικό πορώδες και ελαφρύ υλικό, διαθέτει καλή θερμική αδράνεια, διαπνοή και είναι ανθεκτικό στην υγρασία. Το **Diatomaceous earth**, είναι φυσικό ορυκτό, που σχηματίζεται από την συσσώρευση οργανικών υλικών στον πυθμένα των ωκεανών. Το υψηλό πορώδες του (85% του όγκου του), του επιτρέπει την απορρόφηση υγρών μιάμισι φορές το βάρος του. Τα **πρόσθετα**, λαμβάνονται από φυτά, μπορούν να προκαλέσουν το σχηματισμό πολύ μικρών κυττάρων, που διατηρούν υψηλό επίπεδο διαπερατότητας σε υδρατμούς, αυξάνοντας την θερμική αντίσταση του υλικού. Τέλος, οι **ίνες** προσδίδουν μηχανική αντοχή και σταθερότητα στην πάροδο του χρόνου, χωρίς να απελευθερώνουν τοξικά κατάλοιπα.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των θερμοκρασιών των επιφανειών και χώρων, των τοιχοποιιών του θερινού οντά, με την χρήση των τεσσάρων προαναφερθέντων θερμομονωτικών επιχρισμάτων.

Πίνακας 16: Επίδραση των θερμομονωτικών επιχρισμάτων στους λίθινους και ξυλόπηκτους τοίχους

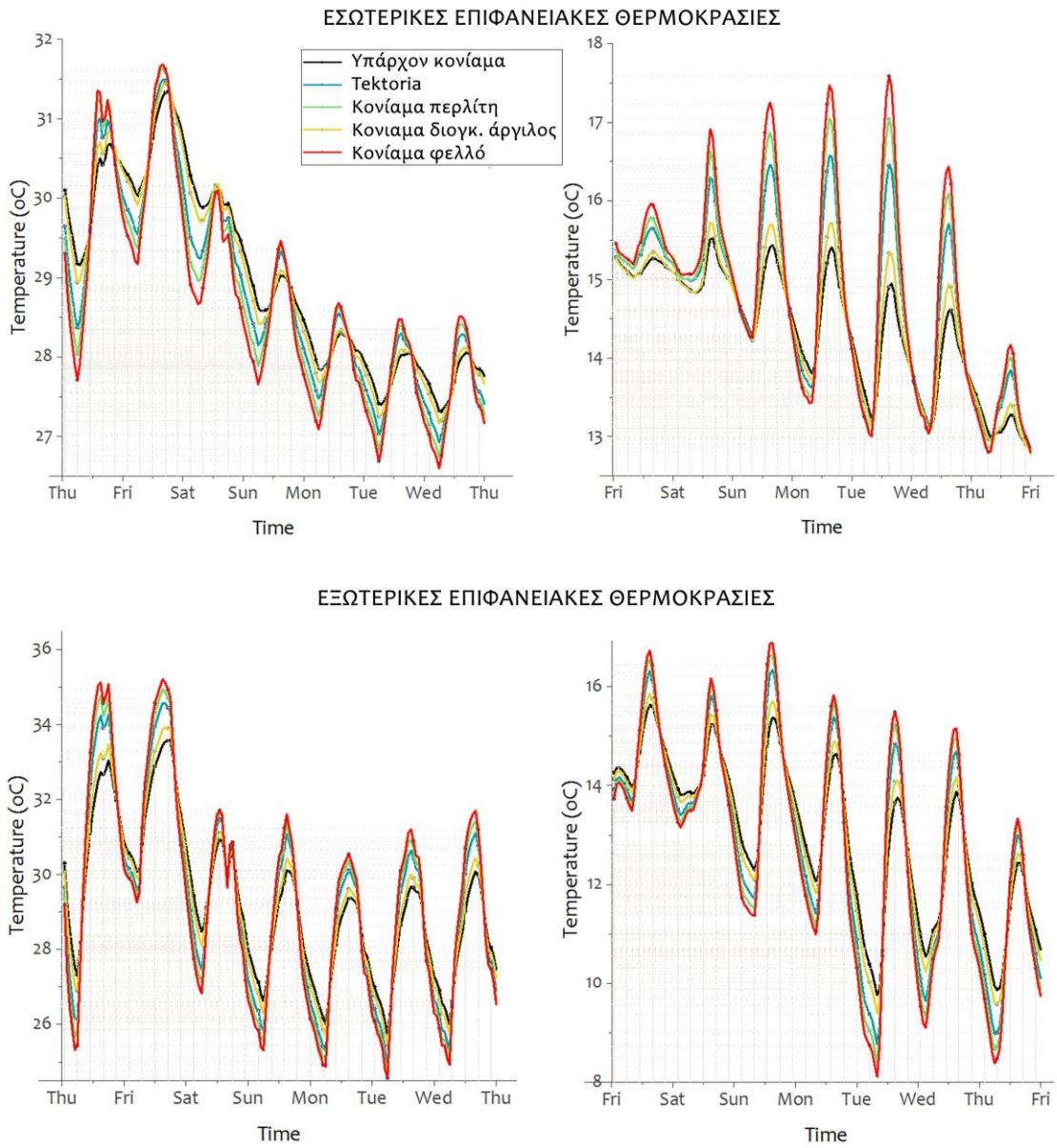
	ΤΟΙΧΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΟΡΟΦΟΥ			
	Καλοκαίρι		Χειμώνας	
	Νότιος Λίθινος	Βόρειος Ξυλόπηκτος	Νότιος Λίθινος	Βόρειος Ξυλόπηκτος
	Tektoria TH1			
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	28.96	29.28	15.25	12.84
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	28.85	28.83	14.86	14.67
Εσωτ. Θερμοκρασία	28.41		14.15	
Εξωτ. Θερμοκρασία	26.54		10.44	
	Unilit 20			
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	28.97	29.29	15.29	12.78
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	28.77	28,76	14.88	14.74
Εσωτ. Θερμοκρασία	28.35		14.18	
Εξωτ. Θερμοκρασία	26.54		10.44	
	LECA Malta Laterlite M5			
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	28.97	29.24	15.27	12.92
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	29.01	28.96	14.79	14.42
Εσωτ. Θερμοκρασία	28.51		14.06	
Εξωτ. Θερμοκρασία	26.54		10.44	
	Diasen Diathonite Evolution			
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	28.96	29.30	15.29	12.74
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	28.66	28.67	14.92	14.85
Εσωτ. Θερμοκρασία	28.29		14.23	
Εξωτ. Θερμοκρασία	26.54		10.44	

Στα διαγράμματα που ακολουθούν καταγράφονται οι επιφανειακές θερμοκρασίες της **βόρειας ξυλόπηκτης τοιχοποιίας** και οι θερμοκρασίες του θερμού οντά, με την χρήση πέντε διαφορετικών επιχρισμάτων συμπεριλαμβανομένου και του υπάρχοντος. Ο βόρειος ξυλόπηκτος είναι επιχρισμένος και εσωτερικά και εξωτερικά. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι όσο μειώνεται ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του επιχρίσματος, τόσο αυξάνονται και οι διακυμάνσεις κυρίως των εσωτερικών επιφανειακών θερμοκρασιών κατά την διάρκεια της ημέρας. Το αποτέλεσμα δηλαδή είναι να καταγράφονται μεγαλύτερα μέγιστα και ελάχιστα, για την ίδια χρονική περίοδο. Συγκεκριμένα, μετά την υπάρχουσα κατάσταση (μαύρη καμπύλη) με $\lambda = 0.83$, ακολουθούν το υλικό με την διογκωμένη άργιλο (κίτρινη καμπύλη) με $\lambda = 0.199$, το Tektoria (μπλε καμπύλη) με $\lambda = 0.09$, το υλικό με τον διογκωμένο περλίτη (πράσινη καμπύλη) με $\lambda = 0.06$ και τέλος το υλικό με το φελλό (κόκκινη καμπύλη) και το μικρότερο $\lambda = 0.045$. Στο τελευταίο παρατηρούνται τα πιο έντονα μέγιστα και ελάχιστα, αλλά και οι καλύτερες μέσες τιμές θερμοκρασίας εσωτερικού αέρα για τις δύο περιόδους.

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΘΕΡΙΝΟ ΟΝΤΑ

29 Jun - 05Jul

13 Jan - 19 Jan



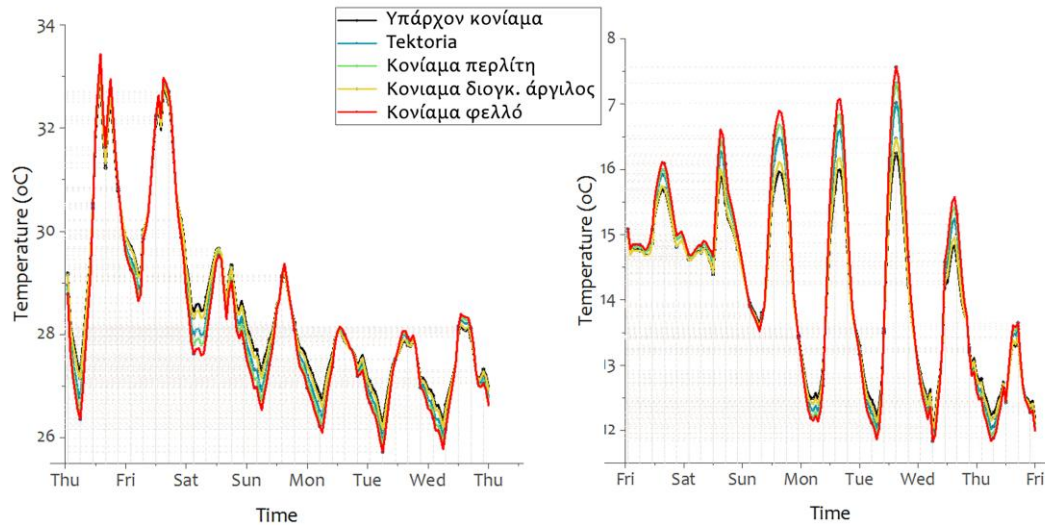
Εικόνα 26: Σύγκριση θερμομονωτικών επιχρισμάτων

ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΘΕΡΙΝΟ ΟΝΤΑ

29 Jun - 05 Jul

13 Jan - 19 Jan

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΧΩΡΟΥ



Στο τελευταίο διάγραμμα των θερμοκρασιών του εσωτερικού χώρου, παρατηρείται ότι, για το κονίαμα με το φελλό, κατά την θερινή περίοδο, στον χώρο καταγράφονται παρόμοιες μέγιστες τιμές με την υπάρχουσα κατάσταση, αλλά οι ελάχιστες είναι αισθητά χαμηλότερες. Αντίστοιχα, κατά την χειμερινή περίοδο, οι μέγιστες θερμοκρασίες που καταγράφονται στο χώρο με το συγκεκριμένο κονίαμα είναι αισθητά αυξημένες. Αυτό δικαιολογεί και τις αρχικές μέσες τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 16.

Σύμφωνα λοιπόν και με το τελευταίο διάγραμμα, επιλέγεται το επίχρισμα με το φελλό (Diasen Diathonite Evolution), ώστε να χρησιμοποιηθεί στην επόμενη ενότητα, καθώς και το ένεμα που αναλύθηκε αρχικά, τα οποία θα συνδυαστούν με διάφορους τρόπους, για την επίτευξη της βέλτιστης θερμικής άνεσης.

10.3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ανέλιξη. Ανάκτηση 06 2016, από <http://www.anelixi.org/>

BASF. (2006). *ALBARIA SP2*. Italy.

BASF. (2004). *ALBARIA STRUTTURA*. Barcelona.

BASF. (2006). *Wind Crete*. Ανάκτηση 06 2016, από <http://www.windcrete.it/INDICE%20ALFABETICO/INDICE%20ALFABETICO.htm>

CONSTRUCTO, A. (2006). *Unilit 20 (VOLCALITE) insulating mortar*. Belgium.

Design Builder Software. Ανάκτηση 2016, από <http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.5/index.htm>

DIASEN. (2016). *CALCE STORICA*. Milan.

DIASEN. (2012). *DIATHONITE EVOLUTION, Cork-based, eco-combatible plaster for thermal insulation and home energy retrofit*. Evora.

KIMIA. (2008). *TECTORIA TH1, T1(EN 998-1) white, ready-to-use mortar with hazelnut tones for insulating plastes*. Ponte Felcino.

LECA. (2016). *MALTA LECA LATERLITE M5, Ready-to-use lightweight and insulating mortar for the layng and roughing-in of walls*. Milan.

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

11. ΣΕΝΑΡΙΑ ΧΡΗΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΚΟΝΙΑΜΑΤΩΝ

Στην παρακάτω ενότητα επιλέγονται διάφοροι συνδυασμοί υλικών, οι οποίοι σύμφωνα με την προηγούμενη ενότητα, μπορούν να επιφέρουν καλύτερες θερμοκρασιακές συνθήκες και διερευνώνται οι επιδράσεις στο σύνολο των δομικών μελών. Επίσης, μελετάται και η περίπτωση προσθήκης εσωτερικής θερμομόνωσης στις λίθινες και ξυλόπηκτες τοιχοποιίες, όπως και επιχρίσματος στην εξωτερική επιφάνεια των λίθινων τοιχοποιιών.

11.1 ΣΕΝΑΡΙΟ 1

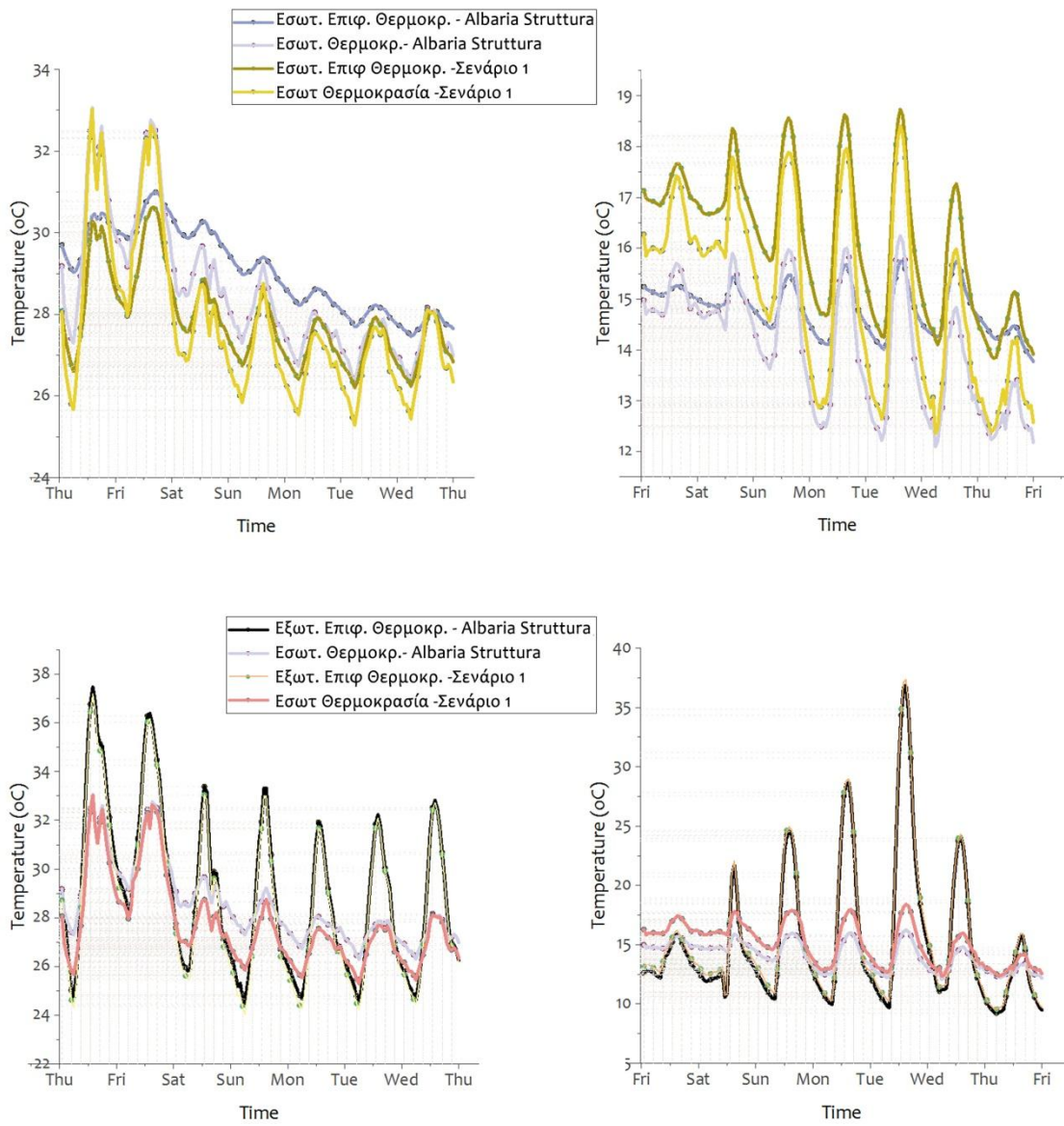
Συνδυασμός ενέματος με θερμομονωτικό επίχρισμα

Στην συγκεκριμένη ενότητα, γίνεται συνδυασμός της χρήσης του καινούριου κονιάματος δόμησης (Calce Storica), με το επίχρισμα με κύριο συστατικό τον φελλό (Diasen Diathonite Evolution). Ακολουθεί ανάλυση, του νότιου λίθινου τοίχου του ορόφου, ο οποίος είναι εσωτερικά επιχρισμένος κατασκευασμένος με 30% του συνόλου του όγκου του από κονίαμα δόμησης. Αυτό που γίνεται αντιληπτό από τα διαγράμματα είναι ότι οι εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία, παρουσιάζει διαφορές συγκριτικά με την υπάρχουσα κατάσταση, με μέση τιμή 27.8°C, το καλοκαίρι και 16.2°C, το χειμώνα, δηλαδή περίπου ενάμισι βαθμό χαμηλότερα και υψηλότερα για καλοκαίρι και χειμώνα αντίστοιχα. Επίσης, η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου, το καλοκαίρι στο σενάριο 1 μειώνεται από τους 28.55 °C στους 27.75 °C και το χειμώνα αυξάνεται από τους 14.05 °C στους 15.10 °C. Οι θερμοκρασίες δηλαδή βελτιώνονται κατά ένα περίπου βαθμό. Αντίθετα, στις εξωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες δεν παρατηρούνται διαφορές. Αυτό όμως που δεν μπορεί να παραληφθεί, είναι το γεγονός ότι οι νέες θερμοκρασίες παρουσιάζουν μεγαλύτερες διακυμάνσεις στην διάρκεια της ημέρας. Συγκεκριμένα, το καλοκαίρι η μέγιστη τιμή των θερμοκρασιών του χώρου παραμένει σχεδόν αμετάβλητη, ενώ η ελάχιστη μειώνεται κατά ένα βαθμό, βελτιώνοντας με αυτόν τον τρόπο την μέση θερμοκρασία του χώρου. Παρομοίως το χειμώνα, η μέγιστη τιμή είναι αρκετά

αυξημένη και η ελάχιστη ελαφρώς βελτιωμένη, με τον ίδιο τρόπο λειτουργούν και οι εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες.

ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΟΡΟΦΟΥ

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ **ΧΕΙΜΩΝΑΣ**



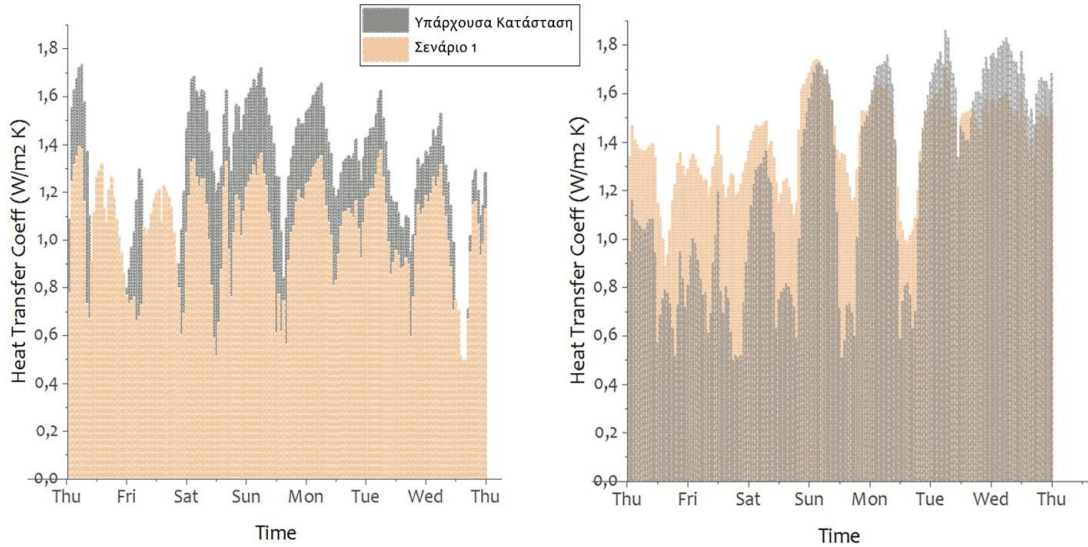
Εικόνα 27: Σύγκριση Σεναρίου 1 με Υπάρχουσα κατάσταση (Θερμοκρασίες)

ΣΕΝΑΡΙΟ 1: ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΟΡΟΦΟΥ

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

ΧΕΙΜΩΝΑΣ

Μετάδοση Θερμότητα από τον εσωτερικό χώρο προς τον εξωτερικό



Εικόνα 28: Σύγκριση Σεναρίου 1 με Υπάρχουσα κατάσταση (Θερμικά Κέρδη)

Στην Εικόνα 28, παρουσιάζεται ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας και παρατηρείται ότι η μετάδοση από τον εσωτερικό προς τον εξωτερικό χώρο παρουσιάζει διαφορές, εξαιτίας του θερμομονωτικού επιχρίσματος. Τον χειμώνα ο νέος συντελεστής είναι αρκετά αυξημένος σε σχέση με τον υπάρχων αλλά αυτό οφείλεται στο ότι είναι και αυξημένη η εσωτερική θερμοκρασία, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μεγαλύτερες διαφορές εσωτερικού-εξωτερικού χώρου. Επιπρόσθετα, η μεγαλύτερη μεταφορά θερμότητας γίνεται τις πρωινές ώρες και η ελάχιστη τις μεσημεριανές και αυτό εξηγείται από την υψηλή θερμοχωρητικότητα του τοίχου, ο οποίος αποβάλλει την θερμότητα με χρονική υστέρηση στο εξωτερικό περιβάλλον.

11.2 ΣΕΝΑΡΙΟ 2

Προσθήκη επιχρίσματος στην εσωτερική επιφάνεια των λίθινων τοιχοποιιών του ισογείου

Πίνακας 17: Σύγκριση λίθινων τοίχων ισογείου με εσωτερικό επίχρισμα και χωρίς- Καλοκαίρι

	ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ					
	Χωρίς επίχρισμα			Με επίχρισμα		
	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή
	ΒΟΡΕΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.29	28.81	26.78	23.00	30.85	26.24
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.29	26.74	26.06	23.94	24.97	24.26
Εσωτ. Θερμοκρασία	24.42	28.49	25.60	23.20	27.79	24.38
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	20.44	35.56	26.54
	ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	23.97	38.16	28.61	23.96	38.12	28.65
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.65	27.51	26.60	23.93	25.96	24.52
Εσωτ. Θερμοκρασία	24.42	28.49	25.60	23.20	27.79	24.38
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	20.44	35.56	26.54

Οι εξωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες παραμένουν ανεπηρέαστες, σε αντίθεση με τις εσωτερικές, οι οποίες, βελτιώνονται έως και δύο σχεδόν βαθμούς για καλοκαίρι και περίπου ένα βαθμό για τον χειμώνα. Το θερμομονωτικό επίχρισμα λοιπόν λειτουργεί καλύτερα το καλοκαίρι, εμποδίζοντας την ροή θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον προς το

εσωτερικό. Το χειμώνα βελτιώνονται οι συνθήκες άνεσης, καθότι παρεμποδίζονται οι θερμικές απώλειες τις πρώτες πρωινές ώρες. Αυτό αποδεικνύεται και από το διάγραμμα με τα θερμικά κέρδη της επιφάνειας το χειμώνα, τα οποία είναι αρκετά μειωμένα, καθώς το επίχρισμα μονώνει τον χώρο και μειώνονται οι θερμικές απώλειες.

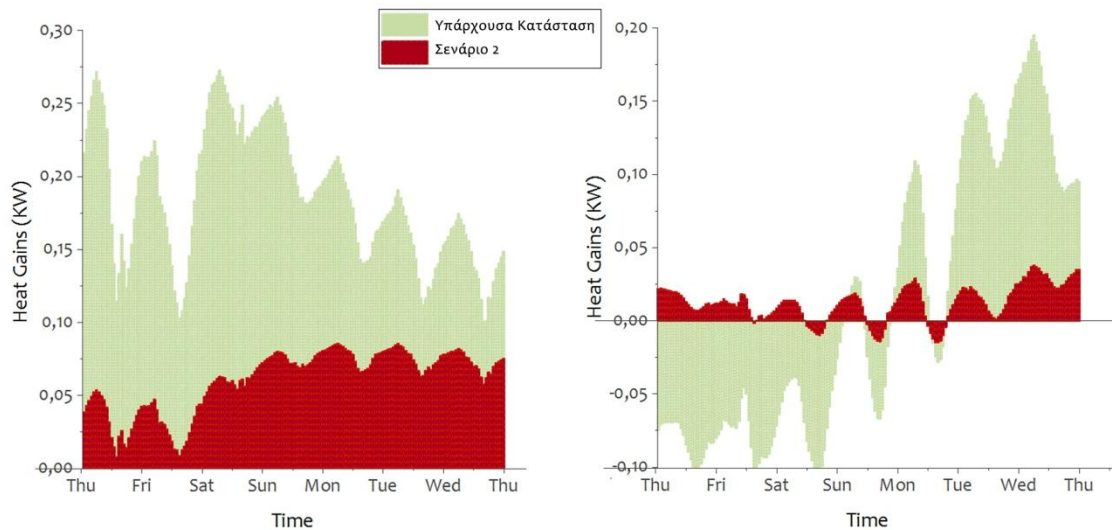
Πίνακας 18: Σύγκριση λίθινων τοίχων ισογείου με εσωτερικό επίχρισμα και χωρίς Χειμώνας

	ΧΕΙΜΩΝΑΣ					
	Χωρίς επίχρισμα			Με επίχρισμα		
	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή
	ΒΟΡΕΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	12.39	16.07	14.26	10.62	17.36	13.99
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	14.56	16.92	15.72	16.88	19.41	18.19
Εσωτ. Θερμοκρασία	13.73	16.72	15.30	14.40	18.18	16.46
Εξωτ. Θερμοκρασία	3.79	15.99	10.44	3.79	15.99	10.44
	ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	9.44	39.42	15.68	9.64	39.69	15.93
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	15.36	16.38	15.91	16.05	18.58	17.37
Εσωτ. Θερμοκρασία	13.73	16.72	15.30	14.40	18.18	16.46
Εξωτ. Θερμοκρασία	3.79	15.99	10.44	3.79	15.99	10.44

ΣΕΝΑΡΙΟ 2: ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

ΧΕΙΜΩΝΑΣ



Εικόνα 29: Σύγκριση θερμικών κερδών του λίθινου τοίχου του ισογείου

Από την Εικόνα 29, παρατηρείται ότι τα θερμικά κέρδη της επιφάνειας του νότιου λίθινου τοίχου μειώνονται αισθητά, κάτι το οποίο οφείλεται στο εσωτερικό θερμομονωτικό επίχρισμα. Το καλοκαίρι, τα κέρδη το νότιου τοίχου από την ηλιακή ακτινοβολία δεν εισχωρούν στο εσωτερικό του χώρου, το οποίο αποδεικνύεται και από την βελτίωση των εσωτερικών θερμοκρασιών. Παρομοίως, το χειμώνα που οι εσωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλότερες από τις εξωτερικές, το επίχρισμα εμποδίζει την μεταφορά της θερμότητας προς τα έξω.

11.3 ΣΕΝΑΡΙΟ 3

Προσθήκη επιχρίσματος στις εξωτερικές και εσωτερικές επιφάνειες των λίθινων τοιχοποιιών

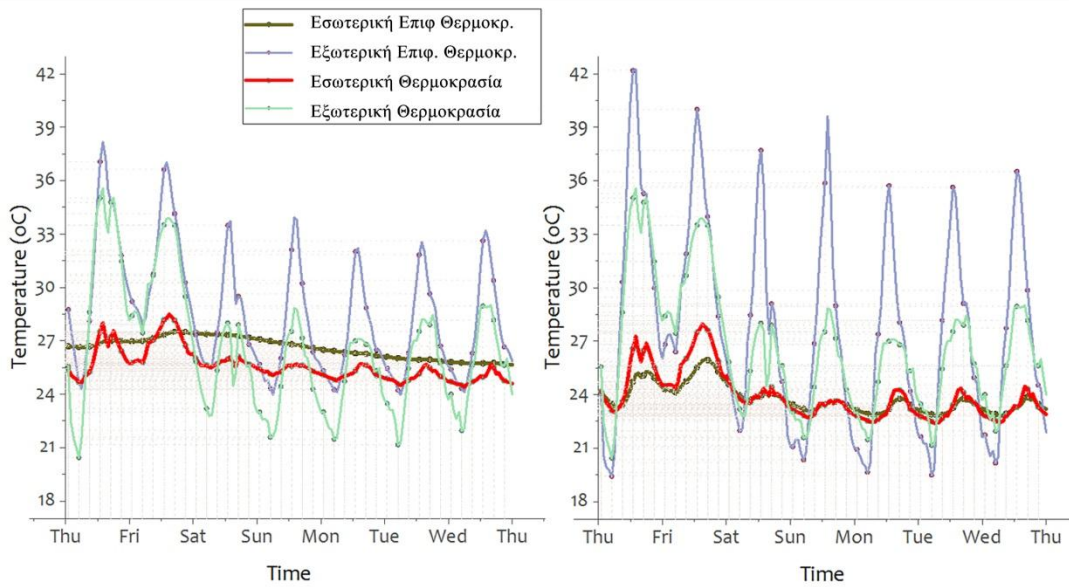
Στόχος του σεναρίου αυτού, είναι να μελετηθεί η επίδραση του εξωτερικού θερμομονωτικού επιχρίσματος στις επιφανειακές θερμοκρασίες των λίθινων τοιχοποιιών και επομένως στην θερμική άνεση του χώρου. Μελετώνται οι λίθινοι τοίχοι του ισογείου, οι οποίοι δεν διαθέτουν ανοίγματα και είναι διαφορετικού προσανατολισμού και ο νότιος λίθινος του ορόφου με πληθώρα ανοιγμάτων.

Στον **νότιο λίθινο του ισογείου**, η μέση εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία ελαττώνεται από τους 26.6 °C, στους 23.7 °C και η εξωτερική από τους 28.6 °C στους 27.8 °C. Η μέση εξωτερική ελαττώνεται αρκετά λιγότερο καθώς όπως φαίνεται και στο διάγραμμα εμφανίζει αρκετά αυξημένες μέγιστες τιμές, έως και 3.5 °C. Αυτό είναι λογικό γιατί δεν απορροφάται θερμότητα από τον τοίχο. Στη νέα εσωτερική επιφανειακή καμπύλη θερμοκρασίας φαίνεται να δημιουργούνται διακυμάνσεις, οι οποίες δεν υπήρχαν στα αρχικά διαγράμματα, όμως συμβαδίζουν με την καμπύλη της εσωτερικής θερμοκρασίας. Τον χειμώνα παρατηρούνται επίσης αυξήσεις στις εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες και στις θερμοκρασίες του αέρα. Οι εξωτερικές επιφανειακές μεταβάλλονται σημαντικά, ως προς τα μέγιστα και τα ελάχιστα που εμφανίζονται στις καμπύλες. Παρόλα αυτά όμως, οι εσωτερικές θερμοκρασίες τον χειμώνα βελτιώνονται αρκετά, που σημαίνει, ότι το εξωτερικό επίχρισμα, αγγίζει μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες πολύ υψηλότερες, τις οποίες όμως δεν επιτρέπει να μεταφερθούν στον εσωτερικό χώρο.

ΣΕΝΑΡΙΟ 3: ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ (ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ)

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ

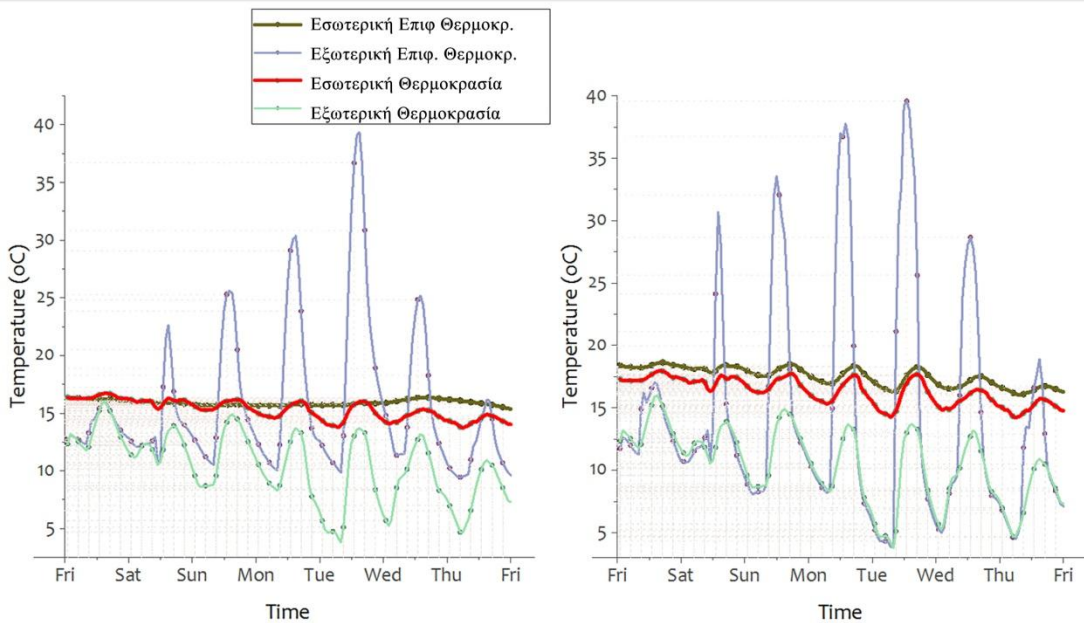


Εικόνα 30: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Νότιος Λίθινος Τοίχος -Καλοκαίρι

ΣΕΝΑΡΙΟ 3: ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ (ΧΕΙΜΩΝΑ)

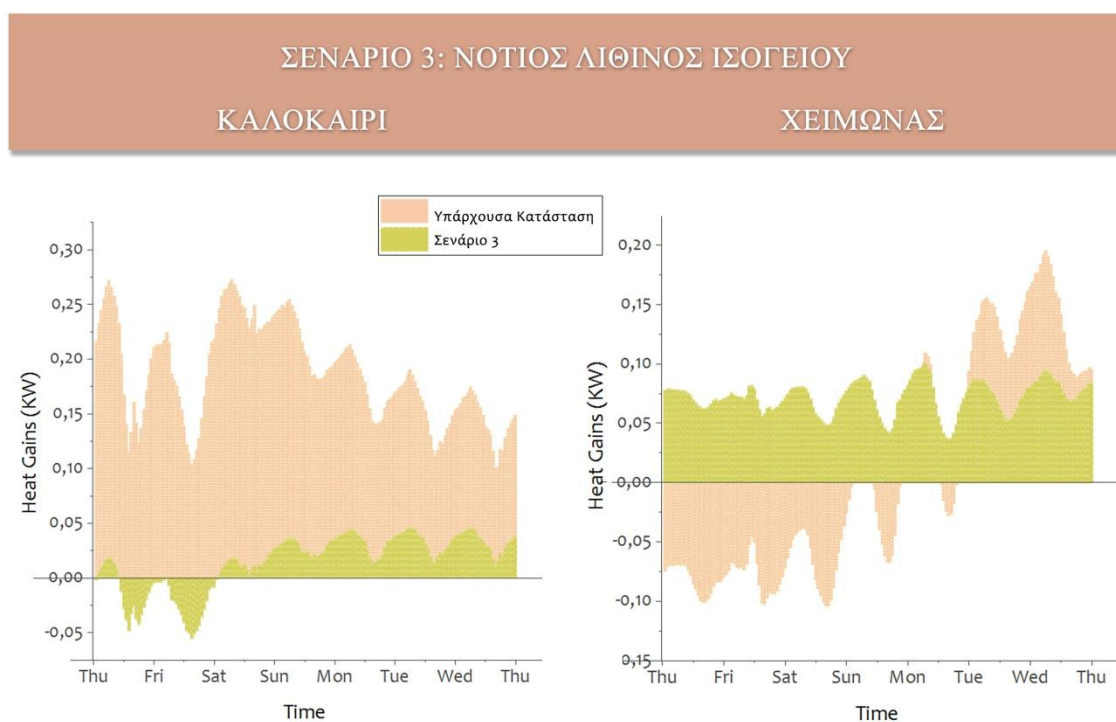
ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ



Εικόνα 31: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Νότιος Λίθινος Τοίχος -Χειμώνας

Ο νότιος λίθινος, το καλοκαίρι δέχεται αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία, η οποία όμως παρεμποδίζεται από το να μεταφερθεί με την μορφή θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου. Αυτό φαίνεται στα διαγράμματα με τα θερμικά κέρδη (Εικόνα 32), όπου το καλοκαίρι τα κέρδη της επιφάνειας είναι αρκετά μειωμένα, καθώς παρεμποδίζεται η εισαγωγή θερμότητας από τον εξωτερικό στον εσωτερικό χώρο, λόγω του εξωτερικού επιχρίσματος. Το χειμώνα είναι σε γενικές γραμμές αυξημένα και σταθερά, που σημαίνει πως δεν υπάρχουν πλέον απώλειες από τον εσωτερικό στον εξωτερικό χώρο, με την βοήθεια του εσωτερικού επιχρίσματος.



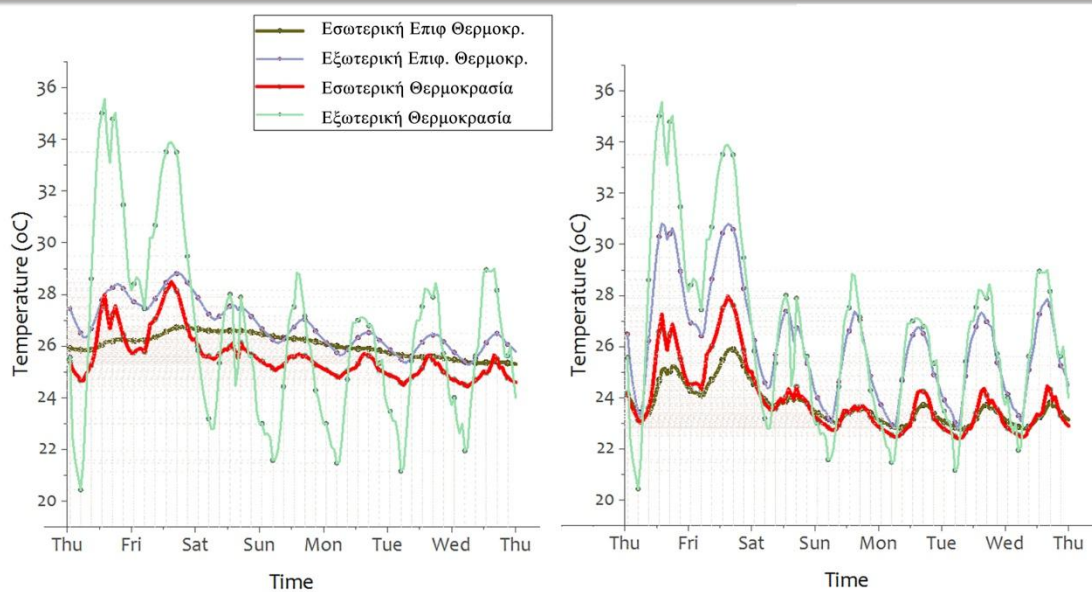
Εικόνα 32: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Νότιος Λίθινος Τοίχος - Θερμικά Κέρδη

Ο βόρειος λίθινος τοίχος του ισογείου λειτουργεί αρκετά διαφορετικά από τον νότιο, με χαμηλότερες αλλά και σταθερότερες επιφανειακές θερμοκρασίες, καθώς δεν επηρεάζεται από την ηλιοφάνεια. Το **καλοκαίρι**, με την προσθήκη επιχρισμάτων εσωτερικά και εξωτερικά, η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία μειώνεται αρκετά, με διακυμάνσεις των δύο περίπου βαθμών και η εξωτερική παρουσιάζει διακυμάνσεις έως και πέντε βαθμούς. Η εσωτερική θερμοκρασία μειώνεται, το οποίο σημαίνει πως η εξωτερική επιφάνεια δεν επιτρέπει την μεταφορά θερμότητας στον εσωτερικό χώρο, εμφανίζοντας έτσι τις έντονες αυτές διακυμάνσεις. Τον **χειμώνα**, η μέση τιμή της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας αυξάνεται κατά ενάμισι βαθμό, ενώ η εξωτερική, παρουσιάζει αρκετά εντονότερες διακυμάνσεις. Οι διακυμάνσεις αυτές όμως οφείλονται στην θερμομονωτική προστασία του χώρου από το εξωτερικό κονίαμα.

ΣΕΝΑΡΙΟ 3: ΒΟΡΕΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ (ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ)

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ

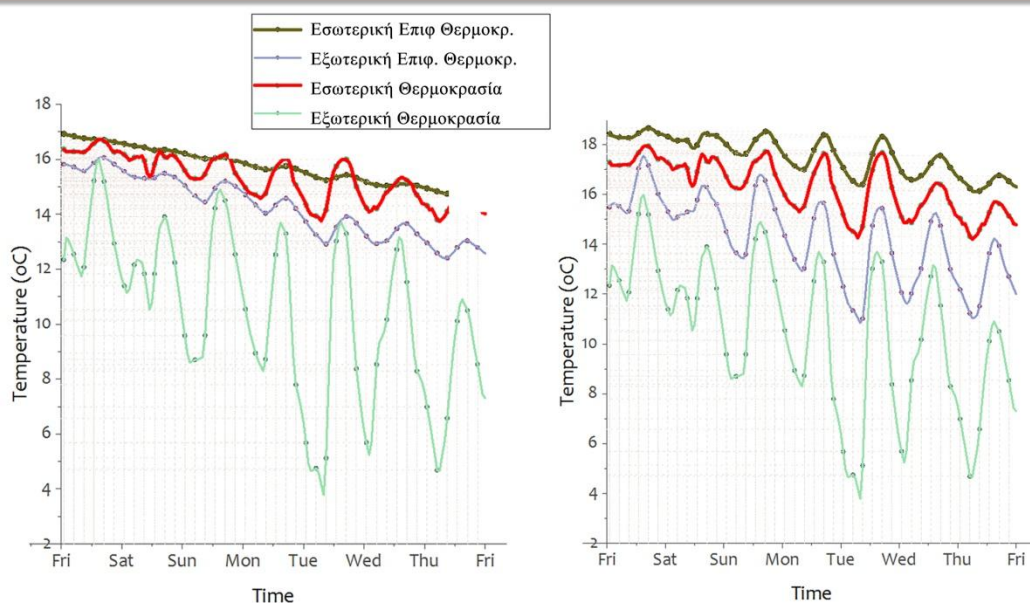


Εικόνα 33: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος -Καλοκαίρι

ΣΕΝΑΡΙΟ 3: ΒΟΡΕΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ (ΧΕΙΜΩΝΑ)

ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ



Εικόνα 34: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος -Χειμώνας

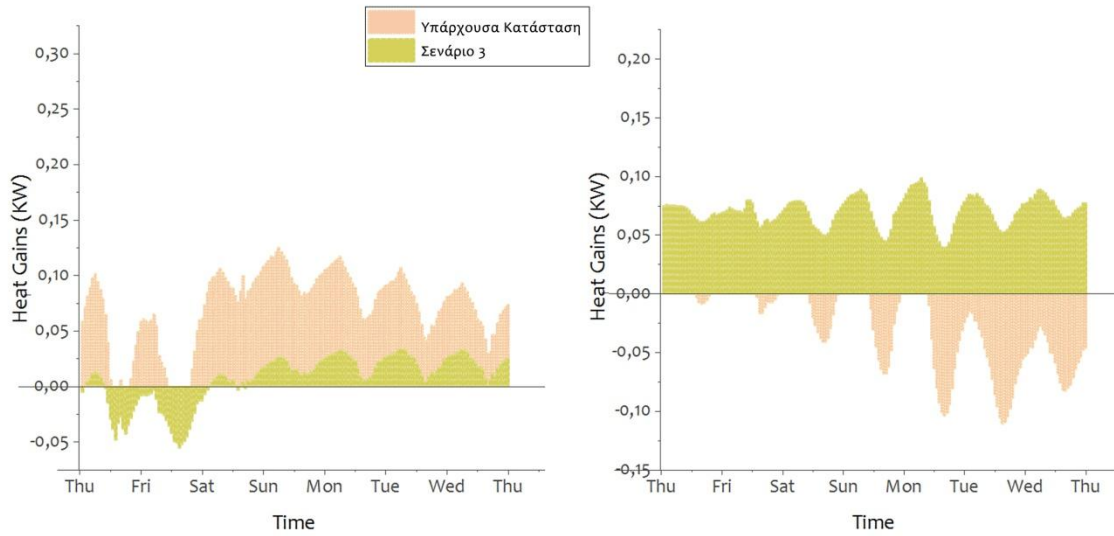
Τα διαγράμματα με τα θερμικά κέρδη του βόρειου λίθινου είναι αρκετά μειωμένα σε σύγκριση με τον νότιο λίθινο, όπως είναι φυσικό. Το καλοκαίρι, τα κέρδη του τοίχου έχουν αυξηθεί, με μειωμένες όμως επιφανειακές και εσωτερικές θερμοκρασίες. Αυτό σημαίνει πως το επίχρισμα το εξωτερικό λειτουργεί προστατευτικά για την θερμική άνεση του κτιρίου. Παρομοίως, τον χειμώνα, που υπήρχαν πολλές απώλειες από τον βόρειο τοίχο με αποτέλεσμα την μείωση της θερμοκρασίας στον χώρο, με την προσθήκη των επιχρισμάτων τα θερμικά κέρδη αυξάνονται αισθητά. Ταυτόχρονα βελτιώνονται και οι εσωτερικές θερμοκρασίες κατά ενάμισι περίπου βαθμό. Με την επιβολή επομένως επιχρισμάτων, οι δύο τοίχοι, ο νότιος και ο βόρειος αποκτούν το ίδιο διάγραμμα θερμικών κερδών, επομένως, το θερμομονωτικό κονίαμα βελτιώνει σε μεγάλο βαθμό την λειτουργία του βόρειου τοίχου από την στιγμή που εξισορροπούνται σε αυτό βαθμό τα θερμικά κέρδη.

Για την περαιτέρω βελτίωση της θερμική συμπεριφοράς του βόρειου λίθινου τοίχου, προτείνεται η αύξηση του πάχους του θερμομονωτικού επιχρίσματος.

ΣΕΝΑΡΙΟ 3: ΒΟΡΕΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

ΧΕΙΜΩΝΑΣ



Εικόνα 35: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 3 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος -Θερμικά Κέρδη

11.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 4

Προσθήκη εσωτερικής θερμομόνωσης στους λίθινους και ξυλόπηκτους με χρήση του υπάρχοντος επιχρίσματος

Σε αυτή την ενότητα γίνεται έλεγχος της συμπεριφοράς των δομικών μελών με την προσθήκη εσωτερικής θερμομόνωσης, η οποία τοποθετείται πριν από το επίχρισμα της εσωτερικής επιφάνειας. Μελετώνται τέσσερα διαφορετικά υλικά, όλα φυσικά, με διαφορετικές ιδιότητες.

Το **Ekopanely**, είναι φυσικό υλικό, κατασκευασμένο από συμπιεσμένο άχυρο κατασκευασμένο σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις. Δεν περιέχει συνδετικό υλικό και εξωτερικά περικλείεται από ανακυκλωμένο χαρτόνι, Χαρακτηρίζεται από καλή θερμομονωτική ικανότητα και υψηλή συσσώρευση θερμότητας. Είναι επίσης ηχομονωτικό, διαθέτει μηχανικές αντοχές και είναι 100% οικολογικό υλικό.

Το **Heraklith - A2C**, είναι κατασκευασμένο από ξυλόμαλλο και συνδετικό υλικό τσιμέντο. Προσφέρει θερμομόνωση και ηχομόνωση και αποτελεί καλή βάση για επίστρωση με επίχρισμα. Διαθέτει υψηλή αντοχή στη φωτιά, είναι χημικά ουδέτερο και δεν αντιδρά με τα υλικά που έρχεται σε επαφή. Έχει υψηλές μηχανικές αντοχές και δεν προσβάλλεται από μικροοργανισμούς.

Το **Canabest**, είναι θερμομονωτικό πάνελ κατασκευασμένο από κάνναβη. Είναι φυσικό υλικό, φιλικό προς το περιβάλλον και διαθέτει υψηλή αντοχή στην υγρασία. Παρεμποδίζει την συσσώρευση της υγρασίας, εξαιτίας της ιδιότητάς του να την απορροφά με αποτέλεσμα τη σωστή διαπνοή του συνόλου του κτιρίου.

Οι **πλάκες φελλού ΜΟΝΩΠΑΝ**, έχουν ως πρώτη ύλη μόνο φελλό, ο οποίος συσσωματώνεται στις δικές του ρητίνες. Είναι 100% φυσικό υλικό, πλήρως ανακυκλώσιμο με απεριόριστη διάρκεια ζωής. Τις μονωτικές του ιδιότητες τις οφείλει στους μικρούς του πόρους (κύστες ή κυψελίδες) που αποτελούν κλειστούς χώρους αέρα, με πολύ στερεά τοιχώματα, δύσκολα διαπερατά από το νερό και τον κυκλοφορούντα αέρα.

Ακολουθεί ο Πίνακας 19, με τις ιδιότητες των παραπάνω υλικών.

Πίνακας 19: Θερμικές Ιδιότητες Θερμομονωτικών πανέλων

	ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	
	Συντελεστής Θερμικής αγωγιμότητας λ (W/m K)	Πυκνότητα (Kg/m ³)
Ekorpanely	0.099	379
Heraklith - A2C	0.07	*
Canabest	0.04	100
ΜΟΝΩΠΑΝ Πλάκα φελλού	0.04	100

* Για το ξυλόμαλλο ήταν γνώστη η θερμική αντίσταση $R = 0.55 \text{ m}^2 \text{ K} / \text{W}$, για πάχος 50mm.

Έχει επιλεχθεί να αναλυθούν τα υλικά στους τοίχους του θερινού οντά, τον λίθινο και τον ξυλόπηκτο, οι οποίοι διαθέτουν τα περισσότερα ανοίγματα. Ο λίθινος είναι επιχρισμένος εσωτερικά και ο ξυλόπηκτος εσωτερικά και εξωτερικά.

Από τους πίνακες βγαίνει το συμπέρασμα, ότι το **καλοκαίρι** οι εξωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες των **λίθινων**, παραμένουν ανεπηρέαστες και ίδιες με οποιοδήποτε από τα παραπάνω πάνελ κι αν τοποθετηθεί. Τα θερμομονωτικά υλικά με το ξυλόμαλλο, την κάνναβη και τον φελλό, προσφέρουν χαμηλότερες μέσες κα ελάχιστες εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες, με τις μέγιστες να μην παρουσιάζουν διαφορές. Η μέση θερμοκρασία του χώρου μειώνεται κατά παραπάνω από μισό βαθμό με την πλάκα φελλού και το πάνελ με την κάνναβη, ενώ με τα υπόλοιπα οι διαφορές δεν είναι αξιοσημείωτες. Τον **χειμώνα**, δεν παρατηρούνται ιδιαίτερες αλλαγές, με τις μόνες που μπορούν να σημειωθούν είναι οι μέγιστες θερμοκρασίες αέρα και εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας που αυξάνονται κατά λιγότερο από μισό βαθμό με την χρήση του θερμομονωτικού από κάνναβη και φελλό.

Με παρόμοιο τρόπο λειτουργούν όλα τα υλικά και στον ξυλόπηκτου, με την διαφορά ότι παρατηρούνται ελαφρώς μεγαλύτερες -βελτιωμένες - διαφορές στις εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίας κατά την διάρκεια του χειμώνα, με την χρήση του φελλού ή της κάνναβης.

Πίνακας 20: Επιφανειακές Θερμοκρασίες νότιου λίθινου τοίχου με την χρήση εσωτερικής θερμομόνωσης

	ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΟΡΟΦΟΥ					
	Καλοκαίρι			Χειμώνας		
	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή
	Ekorpanely					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	24.44	37.44	28.96	9.3	36.9	15.33
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	29.94	31.06	28.66	13.48	16.26	15.02
Εσωτ. Θερμοκρασία	25.86	32.95	28.25	12.09	16.60	14.30
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44
	Heraklith - A2C					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	24.44	37.44	28.96	9.3	36.89`	15.33
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	26.88	31.13	28.63	13.41	16.31	15.00
Εσωτ. Θερμοκρασία	25.81	32.96	28.23	12.10	16.61	14.28
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44

	ΜΟΝΩΠΑΝ Πλάκα φελλού / Canabest					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	24.43	37.43	28.96	9.31	36.90	15.34
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	26.61	31.10	28.42	13.27	16.49	15.05
Εσωτ. Θερμοκρασία	25.61	32.89	28.09	12.09	16.67	14.35
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44
	Χωρίς Θερμομόνωση					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	24.45	37.47	28.97	9.24	36.86	15.27
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	27.47	30.99	29.07	13.77	15.74	14.81
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	26.29	33.06	28.55	12.09	16.25	14.05
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44

Πίνακας 21: Επιφανειακές Θερμοκρασίες ξυλόπηκτου τοίχου με την χρήση εσωτερικής Θερμομόνωσης

	ΒΟΡΕΙΟΣ ΞΥΛΟΠΗΚΤΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΟΡΟΦΟΥ					
	Καλοκαίρι			Χειμώνας		
	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή
	Ecopanely					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.64	33.73	29.23	9.67	15.77	12.95
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	26.86	31.25	28.66	12.89	16.25	14.79

Εσωτ. Θερμοκρασία	25.86	32.95	28.25	12.09	16.60	14.30
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44
	Heraklith - A2C					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.61	33.77	29.22	9.63	15.75	12.93
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	26.79	31.33	28.63	12.85	16.3	14.77
Εσωτ. Θερμοκρασία	25.81	32.96	28.23	12.10	16.61	14.28
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44
	ΜΟΝΩΠΙΑΝ Πλάκα φελλού / Canabest					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.60	33.85	29.25	9.55	15.71	12.87
Εσωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	26.55	31.25	28.44	12.91	16.55	14.93
Εσωτ. Θερμοκρασία	25.61	32.89	28.09	12.09	16.67	14.35
Εξωτ. Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44
	Χωρίς Θερμομόνωση					
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	25.76	33.58	29.24	9.76	15.63	12.98
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	27.31	31.51	29.00	12.80	15.52	14.37
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	26.29	33.06	28.55	12.09	16.25	14.05
Εξωτ. Επιφανειακή Θερμοκρασία	20.44	35.56	26.54	3.79	15.99	10.44

11.5 ΣΕΝΑΡΙΟ 5

Προσθήκη εσωτερικού και εξωτερικού θερμομονωτικού επίχρισματος και εσωτερικής θερμομόνωσης

Σε αυτή την ενότητα, πρόκειται να γίνει συνδυασμός των διαφορετικών υλικών που αναλύθηκαν παραπάνω. Τοποθετείται σε όλες τις επιφάνειες επίχρισμα εξωτερικά και εσωτερικά καθώς και εσωτερική θερμομόνωση. Χρησιμοποιείται το θερμομονωτικό επίχρισμα από φελλό και το θερμομονωτικό πάνελ επίσης από φελλό. Πριν την ανάλυση των διαγραμμάτων θεωρείται σκόπιμο να καταγραφούν οι νέοι συντελεστές θερμοπερατότητας των λίθινων και των ξυλόπηκτων τοίχων.

Πίνακας 22: Σύγκριση συντελεστών θερμοπερατότητας

	Συντελεστής θερμοπερατότητας (u-value)	
	Υπάρχουσα κατάσταση	Σενάριο 5
Βόρειος λίθινος τοίχος ισογείου	1.893	0.248
Νότιος λίθινος τοίχος ισογείου	1.710	0.256
Νότιος λίθινος τοίχος ορόφου	1.388	0.255
Βόρειος ξυλόπηκτος τοίχος ορόφου	1.505	0.293

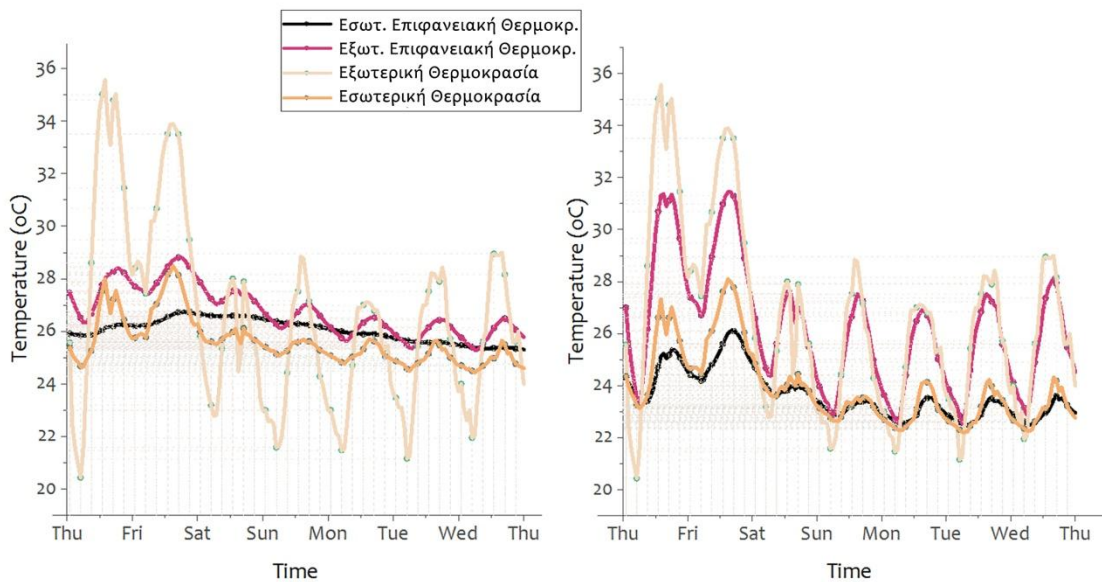
Στον **βόρειο λίθινο τοίχο του ισογείου**, η μέση τιμή της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας το **καλοκαίρι** μειώνεται κατά δύομισι βαθμούς και η εσωτερική θερμοκρασία αέρα κάτι λιγότερο από δύο βαθμούς. Η μέση τιμή της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας μειώνεται κατά μισό βαθμό, το οποίο οφείλεται στις πολύ μεγαλύτερες διακυμάνσεις που παρατηρούνται σε αυτή την καμπύλη. Αυτό που γίνεται αντιληπτό είναι ότι η εξωτερική

επιχρισμένη επιφάνεια ακολουθεί τις μέγιστες θερμοκρασίες του περιβάλλοντος, όμως η θερμομόνωση και τα επιχρίσματα δεν επιτρέπουν να επηρεαστούν οι εσωτερικές συνθήκες. Απόδειξη αποτελεί το **διάγραμμα των θερμικών κερδών**, όπου φαίνεται να διαφέρει πολύ από την υπάρχουσα κατάσταση. Οι μονώσεις που έχουν εισαχθεί στην κατασκευή δεν επιτρέπουν στην θερμότητα του εξωτερικού χώρου να εισέλθει στο εσωτερικό, στοιχείο επιθυμητό για την θερινή περίοδο.

ΣΕΝΑΡΙΟ 5: ΒΟΡΕΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ (ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ)

Υπάρχουσα κατάσταση

Συνδυασμός νέων υλικών

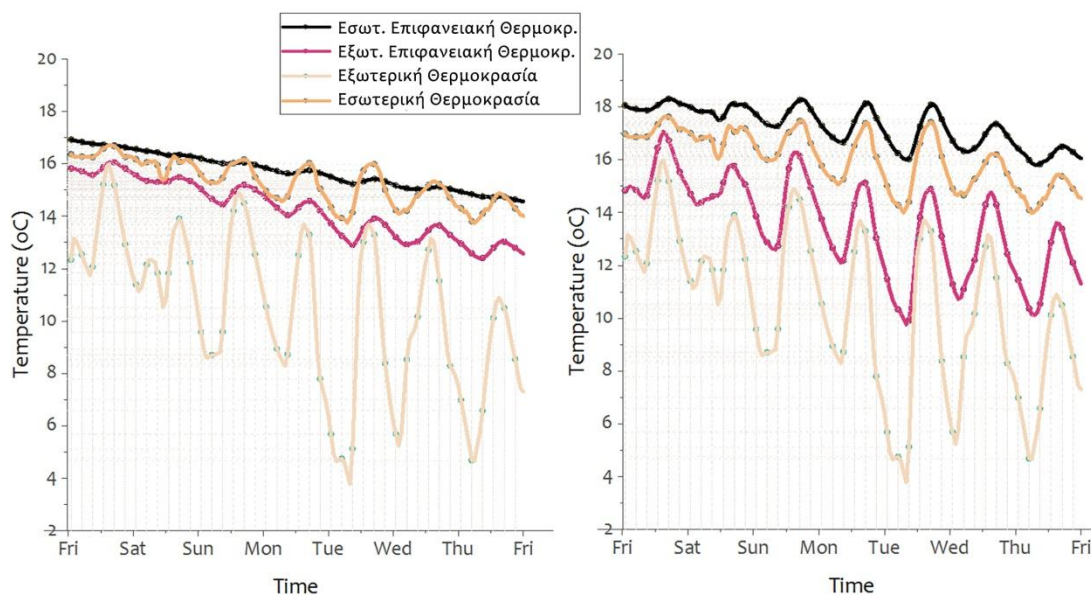


Εικόνα 36: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος - Καλοκαίρι

ΣΕΝΑΡΙΟ 5: ΒΟΡΕΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ (ΧΕΙΜΩΝΑΣ)

Υπάρχουσα κατάσταση

Συνδυασμός νέων υλικών



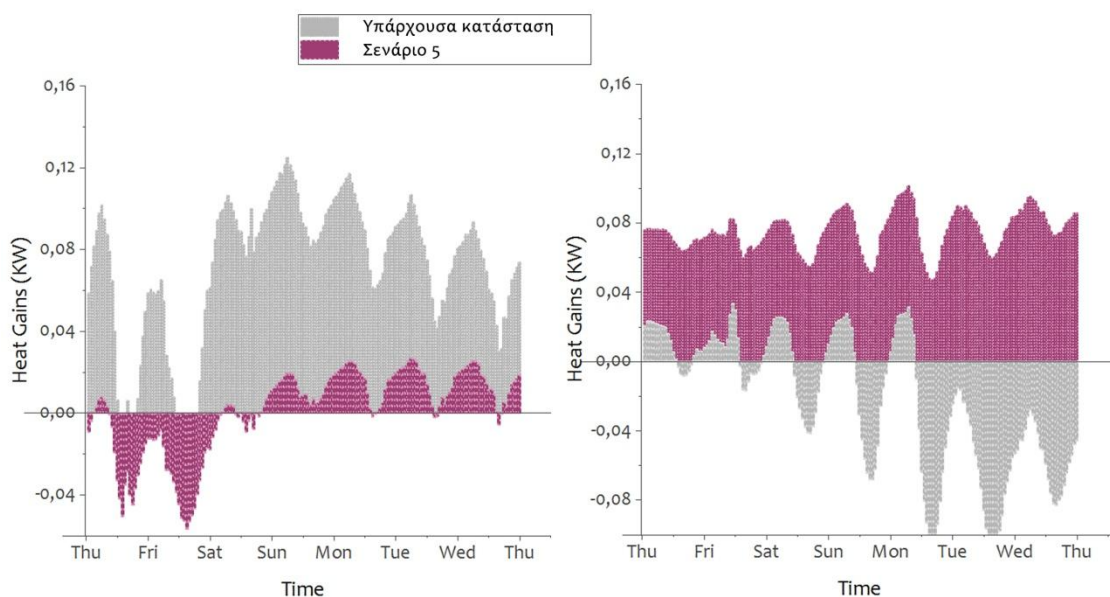
Εικόνα 37: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος - Χειμώνας

Τον **χειμώνα**, η μέση τιμή της εσωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας αυξάνεται κατά ενάμισι περίπου βαθμούς, και η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου κατά μόλις 0.70°C . Παρατηρούμε λοιπόν, ότι τον χειμώνα δεν λειτουργεί το ίδιο καλά, με τον καλοκαίρι. Πιθανός παράγοντας που επηρεάζει την θερμοκρασία του χώρου, είναι η εσωτερική θερμομόνωση του νότιου λίθινου τοίχου, η οποία δεν επιτρέπει στα ηλιακά κέρδη, να μεταφερθούν στον χώρο με την μορφή θερμότητας. Η μέση εξωτερική επιφανειακή θερμοκρασία του λίθινου μειώνεται κατά περίπου μισό βαθμό και αυτό οφείλεται στις μεγάλες διακυμάνσεις που παρατηρούνται. Όμως η εσωτερική θερμομόνωση δε επιτρέπει σε μεγάλο βαθμό, στην εσωτερική επιφανειακή να επηρεαστεί από τις εξωτερικές θερμοκρασίες. Το **διάγραμμα των θερμικών κερδών**, υποδηλώνει ότι πλέον υπάρχουν κέρδη και όχι απώλειες, όπως καταγράφονται στην υπάρχουσα κατάσταση και αυτό σημαίνει πως η εσωτερική θερμοκρασία του χώρου δεν μεταφέρεται προς το εξωτερικό περιβάλλον, καθώς εμποδίζεται από τον θερμοσοβά και την πλάκα της θερμομόνωσης.

ΣΕΝΑΡΙΟ 5: ΒΟΡΕΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ - ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ

Καλοκαίρι

Χειμώνα



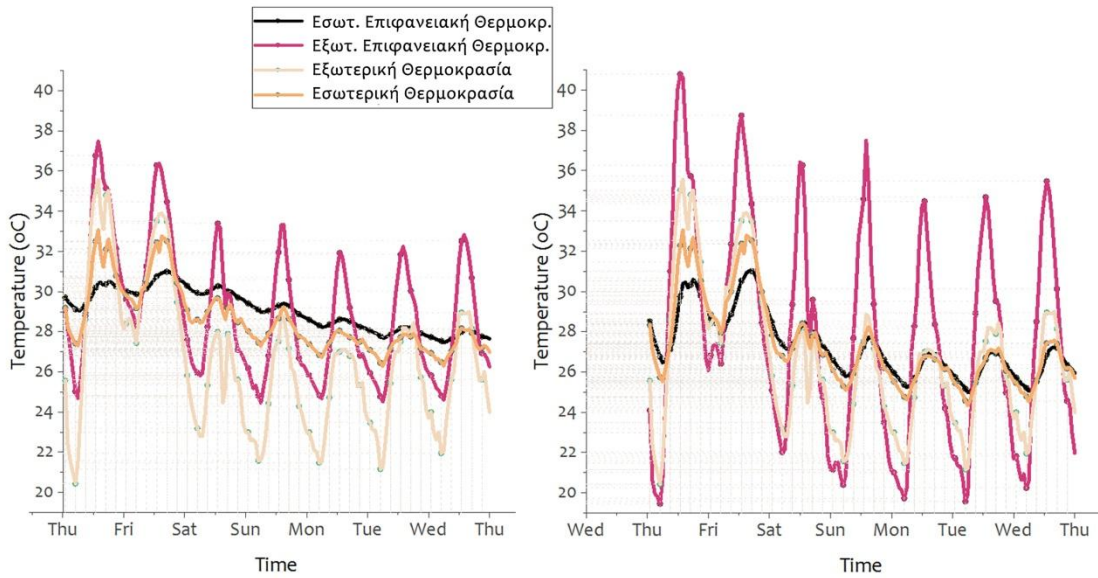
Εικόνα 38: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 -Βόρειος Λίθινος Τοίχος - Θερμικά κέρδη

Ο νότιος λίθινος τοίχος του θερινού οντά του ορόφου λειτουργεί πολύ διαφορετικά από τον βόρειο του ισογείου, λόγω διαφορετικού προσανατολισμού αλλά και ανοιγμάτων. Το **καλοκαίρι**, η μέση εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία μειώνεται κατά δύο βαθμούς, η μέση εξωτερική κατά ένα περίπου βαθμό και η εσωτερική θερμοκρασία χώρου επίσης κατά ένα βαθμό. Η εξωτερική επιφανειακή καμπύλη χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλες διακυμάνσεις, τα ελάχιστα της ακολουθούν την εξωτερική θερμοκρασία, αλλά τα μέγιστα την ξεπερνούν κατά πολύ. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η εξωτερική επιφάνεια δέχεται την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, η οποία αφού μετατραπεί σε θερμότητα δεν μπορεί να μεταδοθεί στον χώρο λόγω της θερμομόνωσης και του εσωτερικού θερμομονωτικού επιχρίσματος. Το αποτέλεσμα είναι η εμφάνιση των μεγάλων διακυμάνσεων που καταγράφονται στο διάγραμμα. Η δυσκολία μετάδοσης της θερμότητας στον εσωτερικό χώρο αποδεικνύεται και από το διάγραμμα των κερδών, όπου εμφανίζονται αρνητικές τιμές.

ΣΕΝΑΡΙΟ 5: ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΟΡΟΦΟΥ (ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ)

Υπάρχουσα κατάσταση

Συνδυασμός νέων υλικών

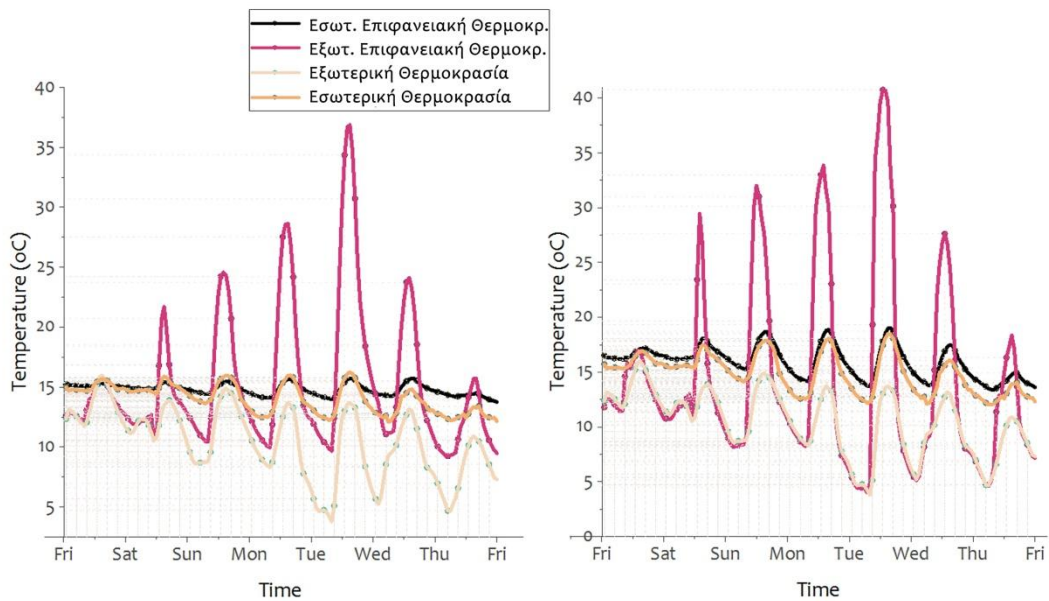


Εικόνα 39: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Νότιος Λίθινος Τοίχος - Καλοκαίρι

ΣΕΝΑΡΙΟ 5: ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΟΡΟΦΟΥ (ΧΕΙΜΩΝΑΣ)

Υπάρχουσα κατάσταση

Συνδυασμός νέων υλικών



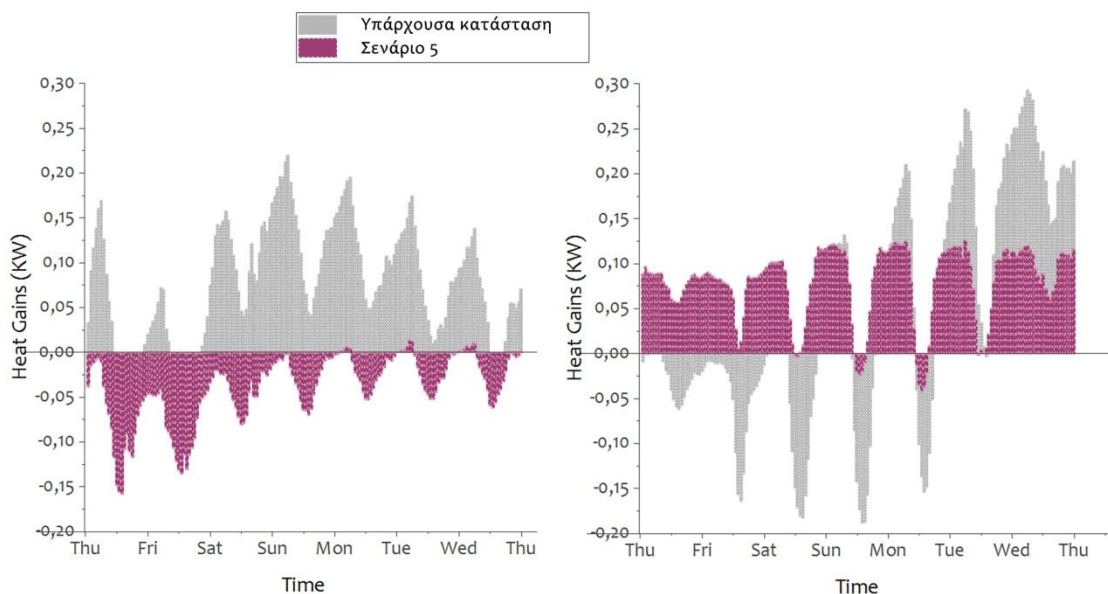
Εικόνα 40: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Νότιος Λίθινος Τοίχος - Χειμώνας

Τον **χειμώνα**, η μέση θερμοκρασία της εσωτερικής επιφάνειας του τοίχου αυξάνεται κατά ένα βαθμό, το ίδιο και η εσωτερική θερμοκρασία. Αντίθετα, η μέση εξωτερική επιφανειακή θερμοκρασία μειώνεται κατά μισό περίπου βαθμό. και τον χειμώνα η εξωτερική επιφάνεια χαρακτηρίζεται από μεγάλες εξωτερικές διακυμάνσεις με μέγιστα που ξεπερνούν πολύ την εξωτερική θερμοκρασία. Το δομικό μέλος στην υπάρχουσα κατάσταση του παρουσιάζει θερμικές απώλειες, ενώ με τις μονώσεις, οι απώλειες μετατρέπονται σε κέρδη από τον εξωτερικό περιβάλλον στον εσωτερικό, αν συνυπολογίσουμε ότι η εσωτερική θερμοκρασία χώρου βελτιώνεται. Επομένως, η νότια τοιχοποιία δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία η οποία μετατρέπεται σε θερμότητα, αλλά αυτή δεν μπορεί να διοχετευτεί ολόκληρη στο εσωτερικό, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση της εξωτερική επιφάνειας. Απόδειξη αυτού αποτελεί η τιμή των θερμικών κερδών, η οποία μπορεί να θεωρηθεί σχετικά χαμηλή για νότια τοιχοποιία. Δεν μπορεί όμως να παραληφθεί το γεγονός ότι, στον συγκεκριμένο τοίχο υπάρχουν πολλά ανοίγματα, τα οποία ευθύνονται και για τις απώλειες που καταγράφονται στην υπάρχουσα κατάσταση.

ΣΕΝΑΡΙΟ 5: ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΟΡΟΦΟΥ - ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ

Καλοκαίρι

Χειμώνα



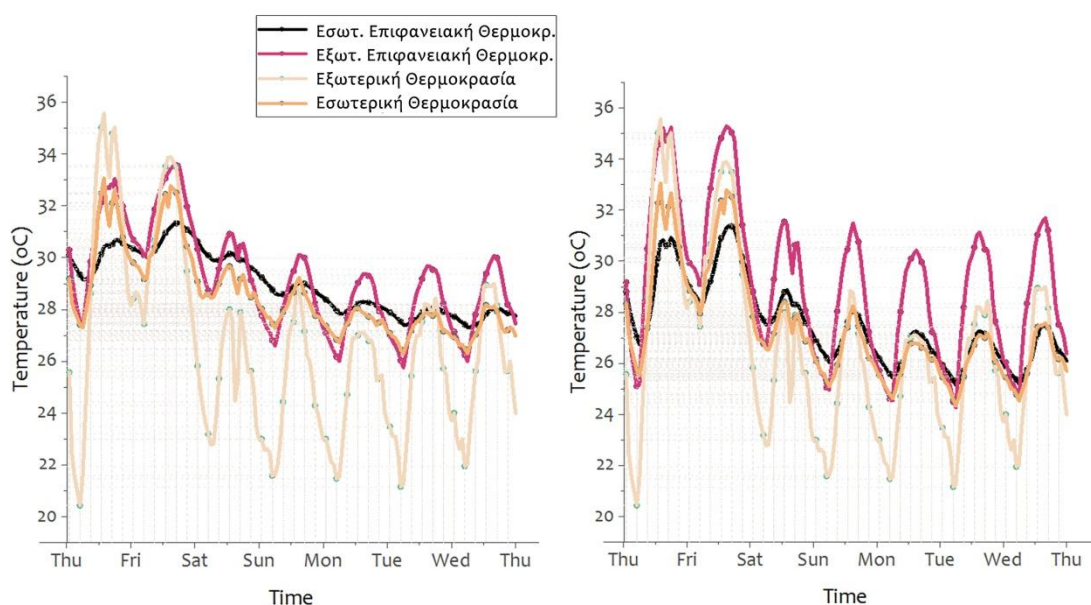
Εικόνα 41: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Νότιος Λίθινος Τοίχος - Θερμικά κέρδη

Ο βόρειος ξυλόπηκτος τοίχος του θερινού οντά, στον όροφο, το καλοκαίρι εμφανίζει βελτιωμένη μέση τιμή εσωτερικής θερμοκρασίας επιφάνειας κατά ενάμισι βαθμό, ενώ η εξωτερική επιφάνεια παραμένει αμετάβλητη ως προς τη μέση τιμή θερμοκρασίας της. Και σε αυτόν τον τοίχο παρατηρούνται αυξημένες εξωτερικές διακυμάνσεις, οι οποίες ξεπερνούν τις μέγιστες τιμές της εξωτερικής θερμοκρασίας. Το **διάγραμμα των θερμικών κερδών**, αποδεικνύει την διαφορά λειτουργίας των λίθινων με τους ξυλόπηκτους τοίχους. Τα θερμικά κέρδη είναι αρκετά αυξημένα σε σχέση με τον αντίστοιχο λίθινο του ίδιου προσανατολισμού, το οποίο υποδηλώνει πως υφίσταται ροή θερμότητας από τον εξωτερικό στον εσωτερικό χώρο, για το οποίο ευθύνονται ίσως και τα ανοίγματα που διαθέτει. Είναι όμως και αισθητά βελτιωμένα από την υπάρχουσα κατάσταση, η καμπύλη των κερδών της επιφάνειας, το οποίο δείχνει ότι συμβάλλουν σε κάποιο βαθμό οι μονώσεις στην επίτευξη αυτή.

ΣΕΝΑΡΙΟ 5: ΒΟΡΕΙΟΣ ΞΥΛΟΠΗΚΤΟΣ ΟΡΟΦΟΥ (ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ)

Υπάρχουσα κατάσταση

Συνδυασμός νέων υλικών



Εικόνα 42: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Βόρειος Ξυλόπηκτος Τοίχος - Καλοκαίρι

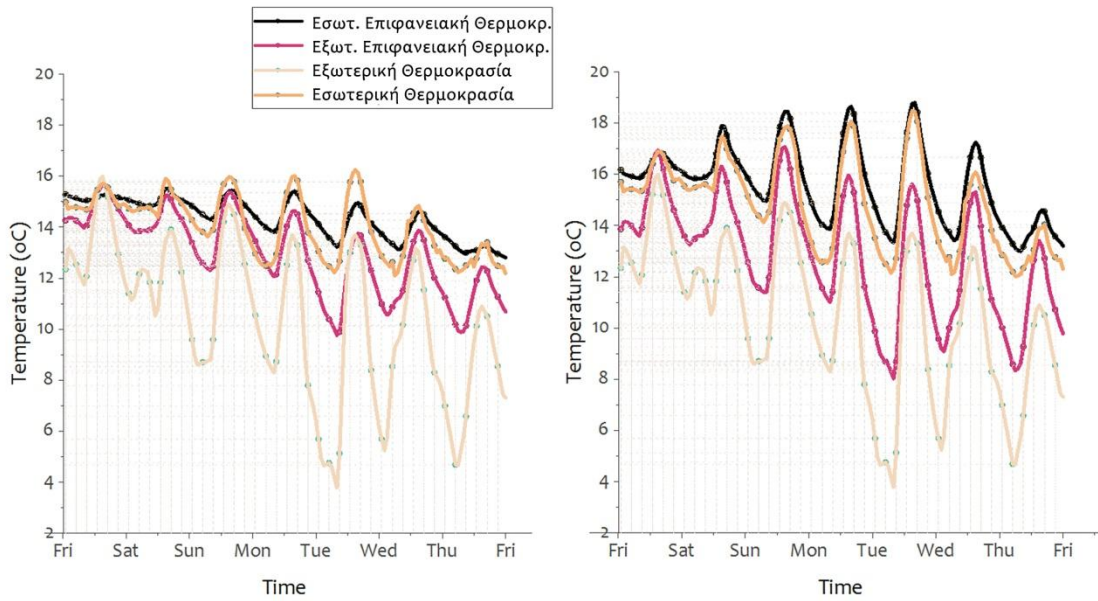
Τον **χειμώνα**, η μέση εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία βελτιώνεται επίσης κατά ενάμισι περίπου βαθμό και η εξωτερική παραμένει αμετάβλητη όπως και το καλοκαίρι. Οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις παρουσιάζονται και σε αυτό το δομικό στοιχείο αυξημένες. Η εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία ακολουθεί την θερμοκρασία του χώρου, με την διαφορά ότι εμφανίζει υψηλότερες ελάχιστες θερμοκρασίες. Η εξωτερική επιφανειακή καμπύλη, δεν ακολουθεί επακριβώς την εξωτερική θερμοκρασία, καθώς παρουσιάζει υψηλότερες τιμές τόσο στα μέγιστα όσο και στα ελάχιστα. Εδώ φαίνεται η επιρροή από τον εσωτερική επιφάνεια και σχετίζεται άμεσα με το διάγραμμα των θερμικών κερδών. Το **διάγραμμα των θερμικών κερδών**, δείχνει μεν να είναι βελτιωμένο ως προς την υπάρχουσα κατάσταση, αλλά υφίστανται ακόμα θερμικές απώλειες, με την θερμότητα του εσωτερικού χώρου να μεταφέρεται προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Διαπιστώνεται λοιπόν, ότι ο μεσαίος μάζας ξυλόπηκτος, δεν λειτουργεί το ίδιο καλά με τον λίθινο ακόμα και με την προσθήκη μονώσεων. Η εσωτερική θερμοκρασία της επιφάνειάς του βελτιώνεται ελάχιστα και αυτό ίσως συνδέεται με το γεγονός ότι δεν παρατηρείται συσσώρευση θερμότητας στην εξωτερική επιφάνεια του τοίχου. Τα ανοίγματα με βορινό προσανατολισμό επιτρέπουν τις θερμικές απώλειες τον χειμώνα αλλά αυτό διορθώνεται με την προσθήκη μονώσεων και σωστή χρήση του κτιρίου, ως προς τον σκιασμό, τον ηλιασμό και αερισμό του.

ΣΕΝΑΡΙΟ 5: ΒΟΡΕΙΟΣ ΞΥΛΟΠΗΚΤΟΣ ΟΡΟΦΟΥ (ΧΕΙΜΩΝΑ)

Υπάρχουσα κατάσταση

Συνδυασμός νέων υλικών

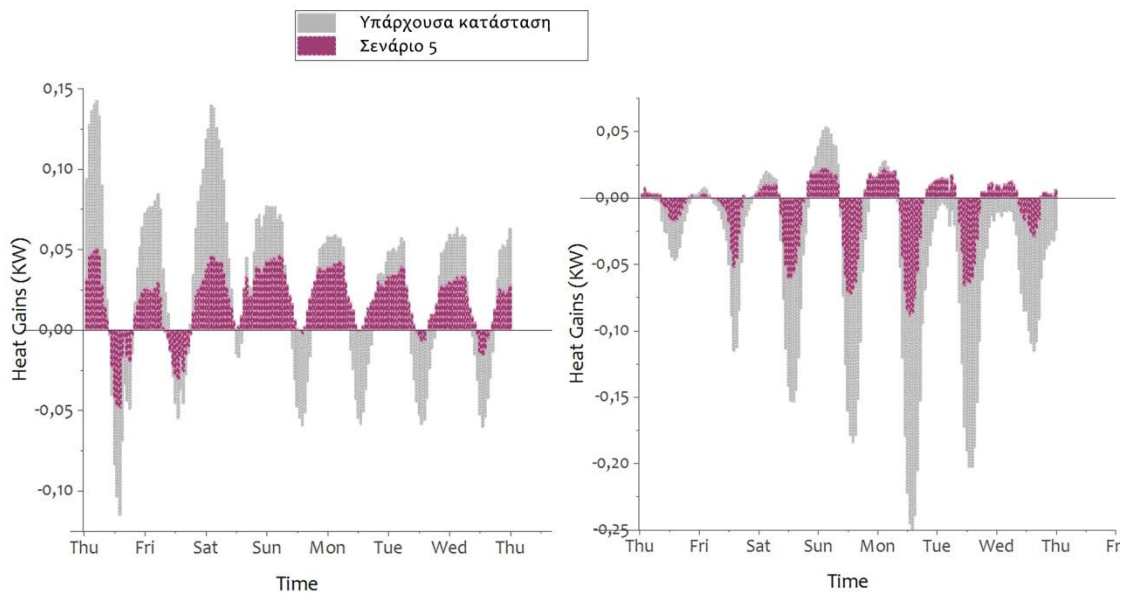


Εικόνα 43: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Βόρειος Ξυλόπηκτος Τοίχος - Χειμώνας

ΣΕΝΑΡΙΟ 5: ΒΟΡΕΙΟΣ ΞΥΛΟΠΗΚΤΟΣ ΟΡΟΦΟΥ - ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ

Καλοκαίρι

Χειμώνα



Εικόνα 44: Σύγκριση Υπάρχουσας κατάστασης με το Σενάριο 5 - Βόρειος Ξυλόπηκτος Τοίχος- Θερμικά κέρδη

11.6 ΣΕΝΑΡΙΟ 6

Συνδυασμός διαφορετικών παχών επιχρισμάτων και θέσης θερμομόνωσης

Στο παρακάτω σενάριο, διερευνάται η διαφορά στα διαγράμματα των θερμικών κερδών, όταν η **θερμομόνωση** στις τοιχοποιίες **βόρειου** προσανατολισμού τοποθετηθεί **εξωτερικά**. Επίσης, μελετάται η επίδραση του **πάχους της στρώσης** του επιχρίσματος στα θερμικά κέρδη των επιφανειών **νότιου** προσανατολισμού.

Στην Εικόνα 45, γίνεται σύγκριση της λειτουργίας των τοίχων με εξωτερική (σενάριο 6) και εσωτερική (σενάριο 5) θερμομόνωση.

Παρατηρείται ότι ο **βόρειος λίθινος τοίχος του ισογείου** μειώνει τα θερμικά κέρδη του, τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι με την εξωτερική θερμομόνωση. Αυτό σημαίνει πως, τον χειμώνα αυξάνονται οι απώλειες και η μεταφορά θερμότητας από το εσωτερικό προς το εξωτερικό του χώρου. Αυτό οφείλεται στην αποθήκευση θερμότητας στην μεγάλης μάζας λίθινη τοιχοποιία. Αντίθετα, το καλοκαίρι, η θερμοχωρητικότητα του λίθινου και η χρονική υστέρηση με την οποία αποδίδει την θερμότητα του λαμβάνει, βελτιώνουν τη ροή θερμότητας στο δομικό μέλος. Ακόμη, η εξωτερική θερμομόνωση δεν επιτρέπει την εισροή θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον.

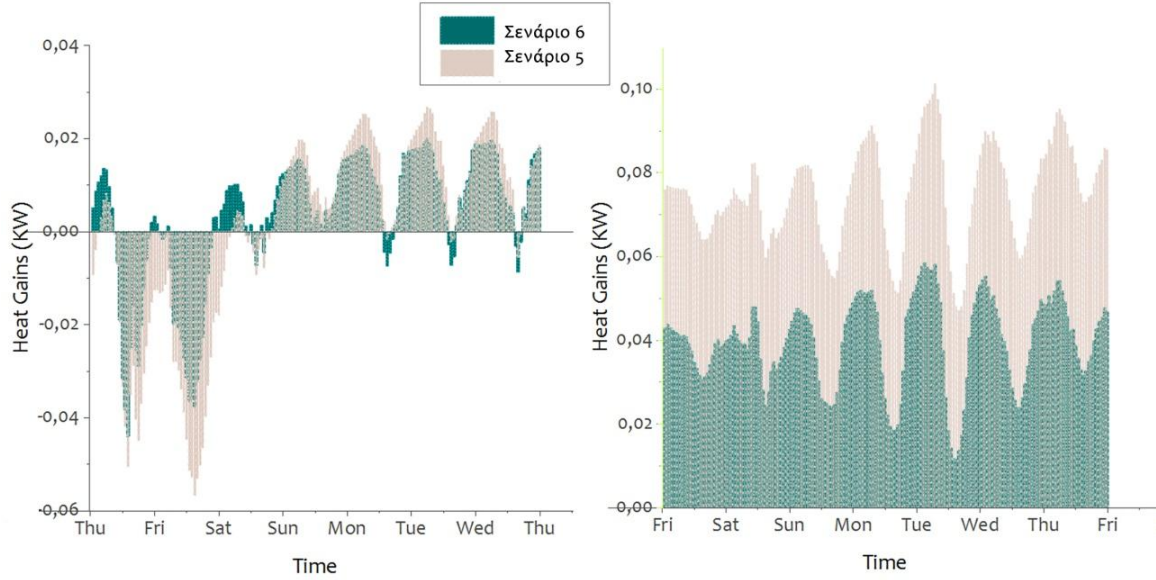
Αντίθετα, ο **βόρειος ξυλόπηκτος τοίχος** φαίνεται να αυξάνει τα θερμικά του κέρδη τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι. Το χειμώνα λοιπόν η εξωτερική θερμομόνωση λειτουργεί καλύτερα για τον βορινό τοίχο καθώς αποτρέπεται η ροή θερμότητας από το εσωτερικό στο εξωτερικό. Το καλοκαίρι όμως, παρατηρείται συσσώρευση θερμότητας, η οποία εγκλωβίζεται στο εσωτερικό του χώρου, μην μπορώντας να αποβληθεί στον εξωτερικό χώρο.

ΣΕΝΑΡΙΟ 6: ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ - ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΜΟΝΩΣΗ ΒΟΡΕΙΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

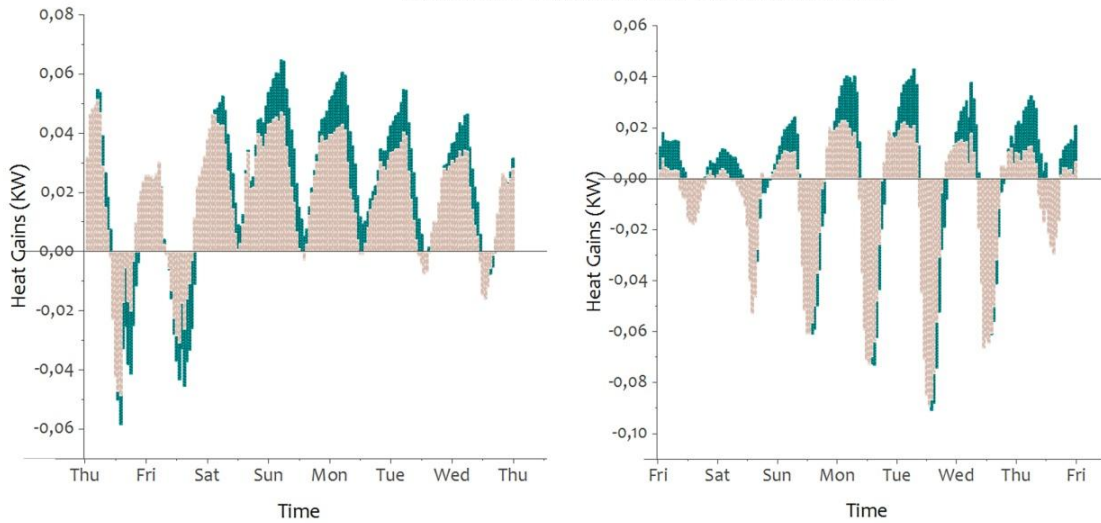
Καλοκαίρι

Χειμώνας

ΒΟΡΕΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΙΣΟΓΕΙΟΥ



ΒΟΡΕΙΟΣ ΞΥΛΟΠΗΚΤΟΣ ΤΟΙΧΟΣ ΟΡΟΦΟΥ

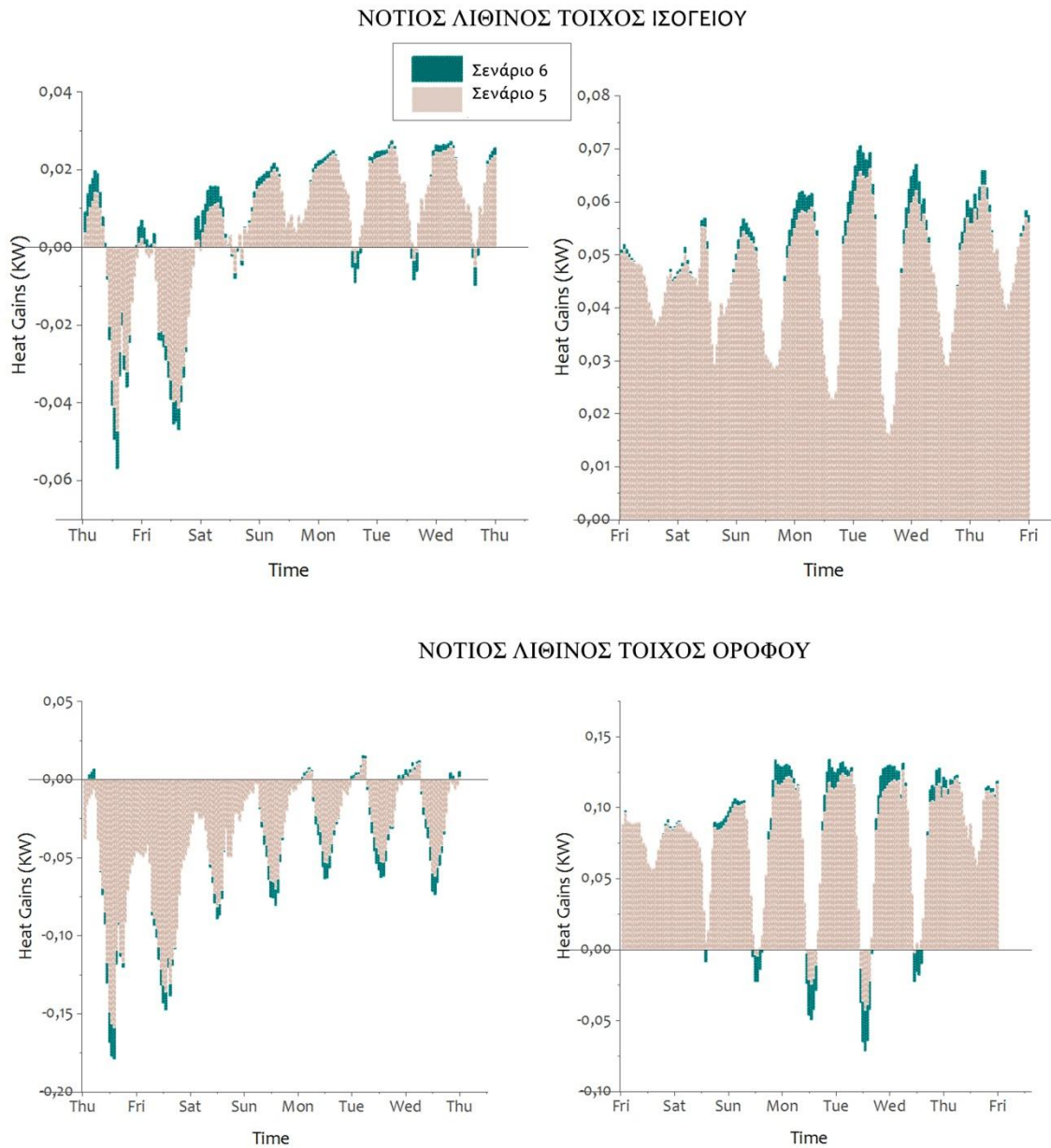


Εικόνα 45: Σύγκριση εσωτερικής και εξωτερικής θερμομόνωση βόρειων λίθινων και ξυλόπηκτων

ΣΕΝΑΡΙΟ 6: ΑΛΛΑΓΗ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΩΝ ΝΟΤΙΩΝ ΛΙΘΙΝΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

Καλοκαίρι

Χειμώνας



Εικόνα 46: Επίδραση του πάχους και της αντανakλαστικότητα του επιχρίσματος στους νότιους λίθινους τοίχους

Στους νότιους λίθινους τοίχους αντικαταστάθηκε το επίχρισμα από φελλό με το επίχρισμα από περλίτη που αναλύθηκε σε προηγούμενη ενότητα. Ο λόγος είναι η χρωματική διαφορά των δύο υλικών, η οποία καθιστά τον λευκό σοβά με περλίτη ανακλαστικό, στοιχείο αναγκαίο για την εύρυθμη λειτουργία των τοιχοποιιών στο καλοκαίρι. Για την εξισορρόπηση με το επίχρισμα του φελλού που διαθέτει καλύτερες θερμικές ιδιότητες **αυξήθηκε το πάχος** του εσωτερικού και εξωτερικού επιχρίσματος κατά 0.02m. Τα αποτελέσματα είναι ελαφρώς βελτιωμένα και για τις δύο τοιχοποιίες για χειμώνα και καλοκαίρι. Μικρές εξαιρέσεις αποτελούν αυξημένες απώλειες που παρατηρούνται στον νότιο λίθινο τοίχο του ορόφου, οι οποίες μπορεί να οφείλονται σε θερμογέφυρες που δημιουργούνται στα σενάζ των ανοιγμάτων.

11.7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BASF. (2006). *ALBARIA SP2*. Italy.

BASF. (2006). *Wind Crete*. Ανάκτηση 06 2016, από
<http://www.windcrete.it/INDICE%20ALFABETICO/INDICE%20ALFABETICO.htm>

CANABEST. (2009). *CANABEST PANEL*, . Breclav.

CONSTRUCTO, A. (2006). *Unilit 20 (VOLCALITE) insulating mortar*. Belgium.

Design Builder Software. (n.d.). Ανάκτηση 2016, από
<http://www.designbuilder.co.uk/helpv4.5/index.htm>

DIASEN. (2016). *CALCE STORICA*. Milan.

DIASEN. (2012). *DIATHONITE EVOLUTION, Cork-based, eco-combatible plaster for thermal insulation and home energy retrofit*. Evora.

EKOPANELY. *Ekopanely*. Ανάκτηση 06 2016, από
<http://www.ekopanely.com/services-and-products/ekopanely-boards/technical-specifications/>

INSULATION, K. (2014). *HERAKLITH A2C, Non-combustible wood wool insulation and soundproof board*. Hungary.

ΜΟΝΩΠΑΝ. (2016, 06). *ΠΛΑΚΑ ΦΕΛΛΟΥ*. Ανάκτηση από monopan:
http://www.monopan.gr/full_product.php?prod_id=05.01.000

ΤΟΤΕΕ, ο. ε. (2012). *Εκπαιδευτικό υλικό του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας για τους Ενεργειακούς Επιθεωρητές*. Αθήνα: ΙΕΚΕΜΤΕΕ.

Δ' ΜΕΡΟΣ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από όλη την διαδικασία της ανάλυσης, γίνεται κατανοητή η διαφορετική θερμική συμπεριφορά των λίθινων από τις ξυλόπηκτες τοιχοποιίες. Επίσης, ο προσανατολισμός στον οποίο είναι τοποθετημένο το δομικό μέλος και γενικότερα το σύνολο του κτιρίου παίζει σημαντικό ρόλο στην συμπεριφορά του και δεν μπορεί να παραλείπεται από την μελέτη σχεδιασμού και επιλογής κατασκευαστικών υλικών.

Ξεκινώντας από την υπάρχουσα κατάσταση παρατηρείται ότι οι δύο όροφοι παρουσιάζουν σημαντικές θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ τους, κυρίως το καλοκαίρι, οι οποίες κατά περιπτώσεις ξεπερνούν τους 3°C. Κύρια αιτία αποτελούν τα αυξημένα θερμικά κέρδη εξαιτίας του νότιου λίθινου τοίχου και των κουφωμάτων που διαθέτει. Επίσης, όπως αποδείχθηκε και σε σχετική ενότητα η έλλειψη σκιασμού στον νότο αυξάνει τα ηλιακά κέρδη των επιφανειών των τοίχων με αποτέλεσμα την μεγάλη ροή θερμότητας από τον εξωτερική στην εσωτερική επιφάνεια του τοίχου. Συγκρίνοντας τις καμπύλες των εσωτερικών θερμοκρασιών του θερινού οντά με την εσωτερική επιφανειακή θερμοκρασία του νότιου λίθινου τοίχου του ορόφου, συμπεραίνεται ότι η επιφάνεια επηρεάζει τον χώρο θερμοκρασιακά. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται σε μεγαλύτερο βαθμό στον βόρειο ξυλόπηκτο τοίχο. Αντίθετα, οι λίθινοι του ισογείου παρουσιάζουν πολύ διαφορετικές καμπύλες εσωτερικής και εξωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας, εξαιτίας της μεγάλης τους μάζας και θερμοχωρητικότητας. Απόδειξη αυτού αποτελεί και το γεγονός ότι παρόλο που η εξωτερική επιφάνεια του νότιου λίθινου παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, η εσωτερική παραμένει ανεπηρέαστη στον ίδιο βαθμό με αυτή του βόρειου λίθινου τοίχου. Αυτός είναι και ένας λόγος που το ισόγειο παρουσιάζει καλύτερες θερμοκρασιακές συνθήκες εσωτερικού αέρα από τον όροφο, οι οποίες βέβαια επηρεάζονται θετικά τον χειμώνα από την απουσία ανοιγμάτων στην νότια πλευρά.

Η διερεύνηση των σεναρίων με τα νέα κονιάματα και επιχρίσματα, έχει ως στόχο την ελάττωση των θερμικών απωλειών το χειμώνα κυρίως στους βόρειους τοίχους, των θερμικών κερδών το καλοκαίρι και την βελτίωση των εσωτερικών θερμοκρασιών του χώρου.

Με την αντικατάσταση του υπάρχοντος επιχρίσματος στην εσωτερική και εξωτερική επιφάνεια του **βόρειου ξυλόπηκτου** τοίχου με το πλέον θερμομονωτικό, καταγράφονται σημαντικές διαφορές. Παρατηρούνται αυξημένες διακυμάνσεις, κυρίως όσον αφορά τις μέγιστες εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες το χειμώνα και τις ελάχιστες το καλοκαίρι. Οι εσωτερικές θερμοκρασίες χώρου συμβαδίζουν με τις εσωτερικές επιφανειακές, με ελαφρώς μικρότερες διακυμάνσεις. Συγκρίνοντας τους δύο τύπους θερμομόνωσης για τον συγκεκριμένο τοίχο, παρατηρούμε ότι η εξωτερική θερμομόνωση λειτουργεί καλύτερα τον χειμώνα, καθώς προστατεύει το εσωτερικό κέλυφος από τις χαμηλές θερμοκρασίες. Επίσης, με αυτή την θέση, επιτρέπεται στην εσωτερική πλευρά του ξυλόπηκτου, να θερμανθεί προσωρινά από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία που εισέρχεται από τους φεγγίτες του νότιου λίθινου τοίχου. Αντίθετα το καλοκαίρι, η εσωτερική θερμομόνωση λειτουργεί σωστότερα για τον τοίχο αυτό, με τις εσωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες να επηρεάζονται ελάχιστα από τις μέγιστες διακυμάνσεις της εξωτερικής επιφάνειας.

Στον **βόρειο λίθινο του ισογείου**, δεν ισχύει το ίδιο όμως, με την θερμομόνωση να λειτουργεί ελαφρώς καλύτερα αν τοποθετηθεί εξωτερικά το καλοκαίρι, καθώς γίνεται εκμετάλλευση της θερμοχωρητικότητας του τοίχου, και της ιδιότητάς του εμφανίζει αυξημένη ροή θερμότητας κατά την διάρκεια της νύχτας. Με την τοποθέτηση στον τοίχο εσωτερικού και εξωτερικού θερμομονωτικού κονιάματος, το διάγραμμα των θερμικών κερδών του είναι περίπου ίδιο με αυτό του νότιου λίθινου, όπως και οι εσωτερικές τους επιφανειακές θερμοκρασίες. Αυτό δείχνει πως τα επιχρίσματα λειτουργούν με τον βέλτιστο τρόπο και εξισορροπούνται οι εσωτερικές συνθήκες του χώρου, με τις εξωτερικές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις επιφανειών και αέρα να επηρεάζουν σε ελάχιστο βαθμό τις εσωτερικές συνθήκες.

Ο **νότιος λίθινος τοίχος του ισογείου**, βελτιώνει το διάγραμμα των κερδών της επιφάνειάς του μόνο με την τοποθέτηση εσωτερικών θερμομονωτικών επιχρισμάτων. Σε αυτή την περίπτωση, τα θερμικά κέρδη μειώνονται αισθητά το καλοκαίρι και οι απώλειες είναι ανύπαρκτες τον χειμώνα. Αυτός είναι ο περισσότερος επιθυμητός στόχος για έναν νότιο τοίχο, καθώς γίνεται εκμετάλλευση των άμεσων ηλιακών κερδών το χειμώνα και το καλοκαίρι αποτρέπεται η ροή θερμότητας από την εξωτερική επιφάνεια στην εσωτερική και επομένως στον χώρο. Τα αποτελέσματα είναι αρκετά καλύτερα κυρίως το καλοκαίρι με την τοποθέτηση και εξωτερικού θερμομονωτικού επιχρίσματος.

Με την αύξηση του πάχους του επιχρίσματος και την επιλογή ανακλαστικού επιχρίσματος παρατηρούνται βελτιώσεις, κυρίως στον **νότιο λίθινο του ορόφου**, ο οποίος δέχεται μέγιστη άμεση ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι, αλλά τα θερμικά του κέρδη μειώνονται. Σε γενικές γραμμές παρατηρούνται μεγάλες εξωτερικές επιφανειακές διακυμάνσεις, οι οποίες αυξάνονται με την τοποθέτηση εσωτερικής θερμομόνωσης. Οι μέσες εσωτερικές όμως θερμοκρασίες της επιφάνειάς του όπως και του χώρου, βελτιώνονται σημαντικά, παρότι παρουσιάζουν ελαφρώς αυξημένες διακυμάνσεις.

Τέλος, μπορεί να διεξαχθεί το συμπέρασμα από την παραπάνω μελέτη, ότι τα επιχρίσματα με θερμομονωτικές ιδιότητες, δύναται να επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την συμπεριφορά των δομικών μελών ενός κτιρίου και επομένως τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Σε κάθε περίπτωση, ο σχεδιασμός και η επιλογή υλικών οφείλει να συμβαδίζει με το περιβάλλον, τη θέση του κτιρίου και τις εξωτερικές συνθήκες. Η εφαρμογή υλικών τέτοιου είδους, μπορεί να αποτελέσει εξαιρετική λύση σε περιπτώσεις κτιρίων, όπου δεν επιτρέπονται οι συμβατικές θερμομονώσεις όπως το Αρχοντικό των Μπενιζέλων. Επιπρόσθετα, για την μέγιστη αξιοποίηση των ιδιοτήτων των υλικών και για την καλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας, δεν μπορεί να παραβλέπεται η σπουδαιότητα της σωστής λειτουργίας του κτιρίου από τον χρήστη του, μέσω της ρύθμισης του αερισμού, ηλιασμού και σκιασμού των χώρων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

I. ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΧΟΝΤΙΚΟΥ ΜΠΕΝΙΖΕΛΩΝ



Πηγή: (Τριανταφύλλου, Γ. ,2015)

ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΧΟΝΤΙΚΟΥ ΜΠΕΝΙΖΕΛΩΝ



Πηγή: (Τριανταφύλλου, Γ., 2015) /

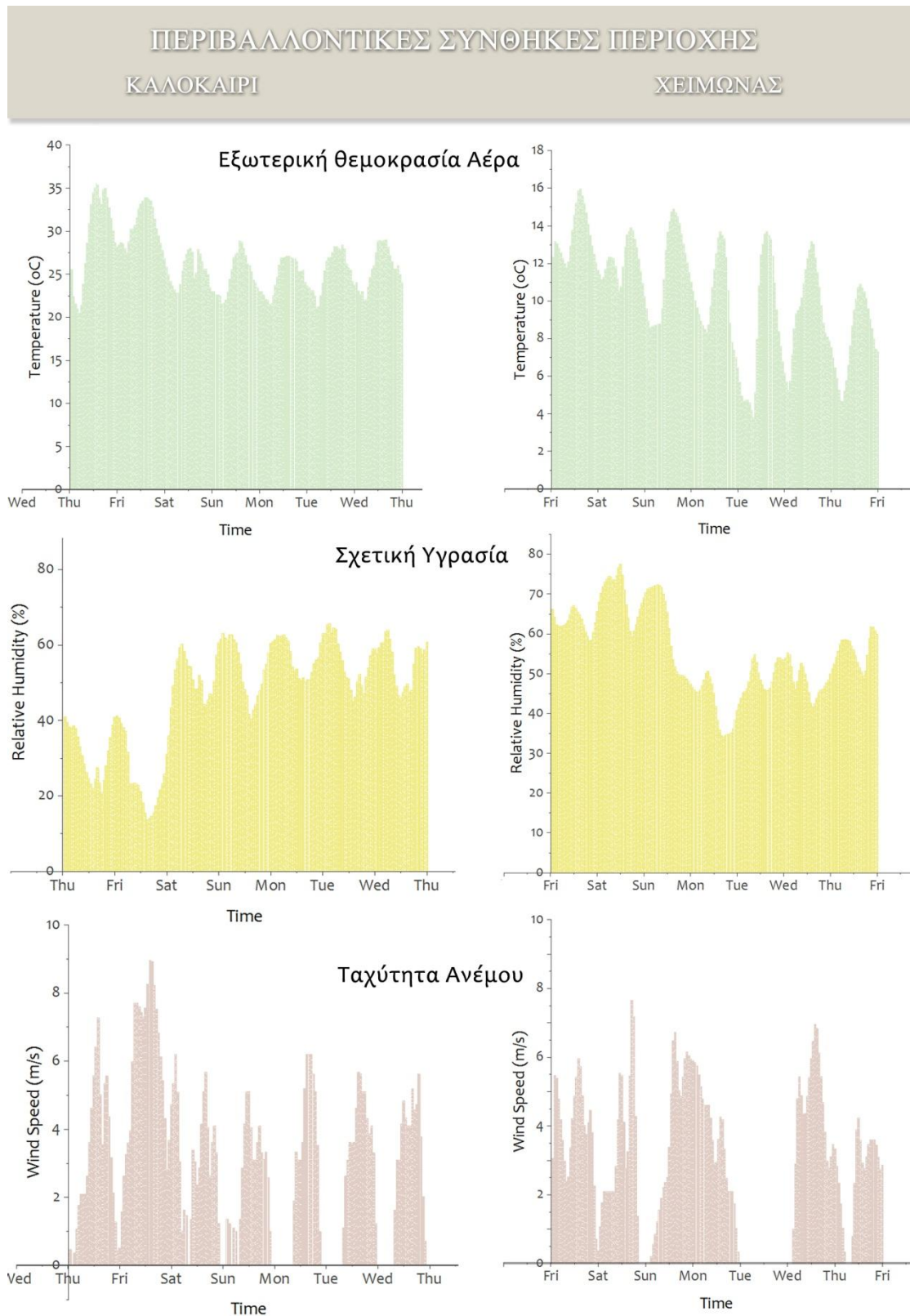
<http://www.athina984.gr/2016/02/19/ikia-benizelon-to-paleotero-spiti-tis-athinas-metatrepete-se-mousio/>

ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΧΟΝΤΙΚΟΥ ΜΠΕΝΙΖΕΛΩΝ



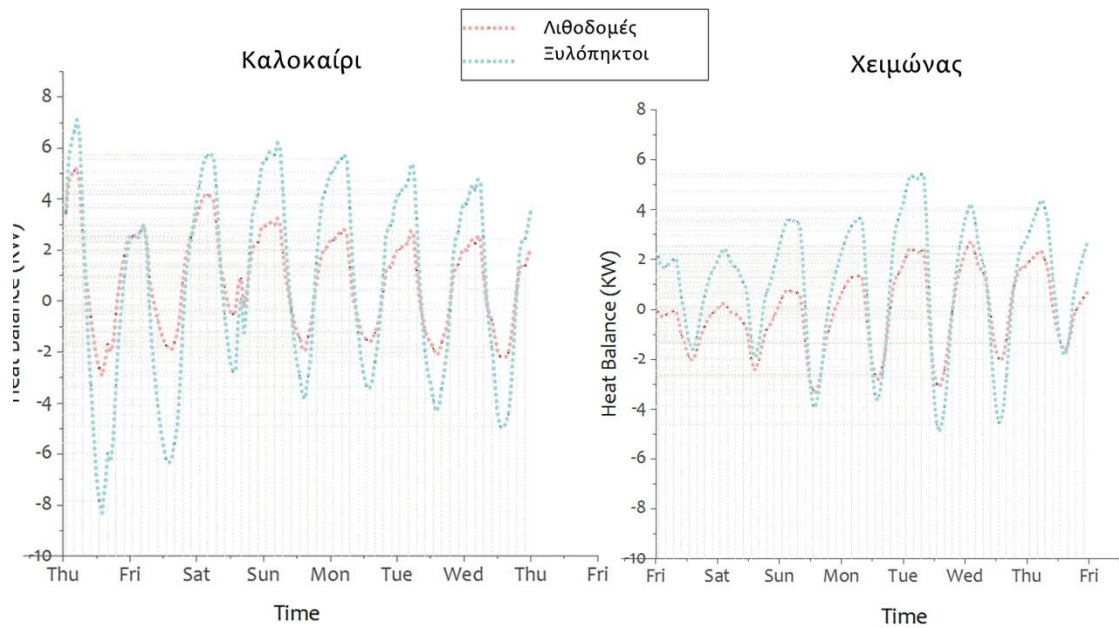
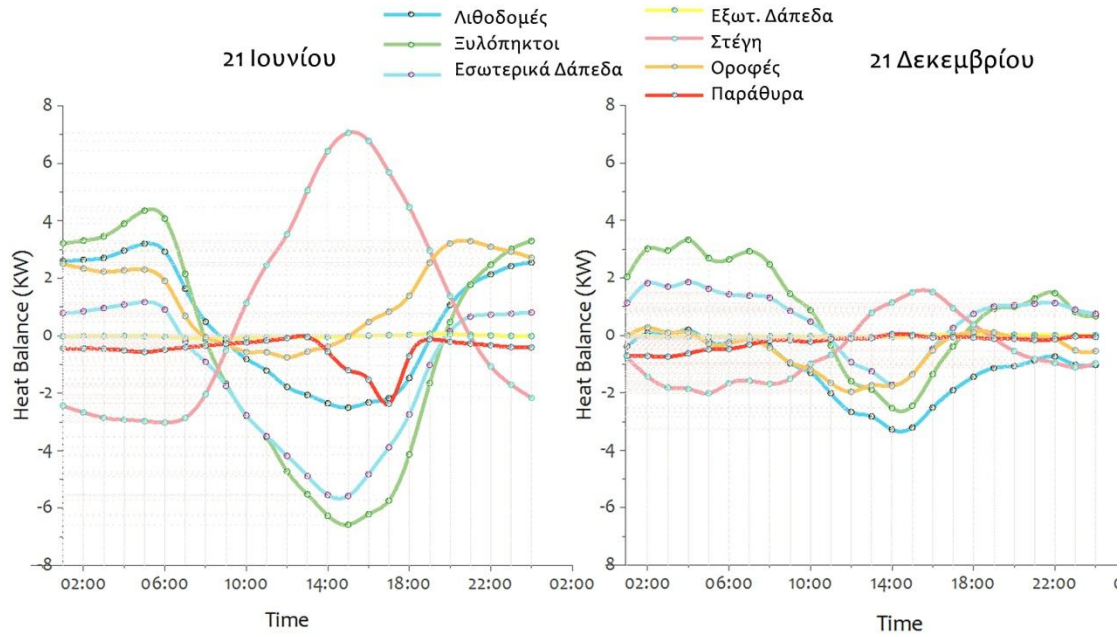
Πηγή: plakadiadromes.webnode.gr/news/οικία-μπενιζέλων/

II. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΥ



III. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

ΘΕΡΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ

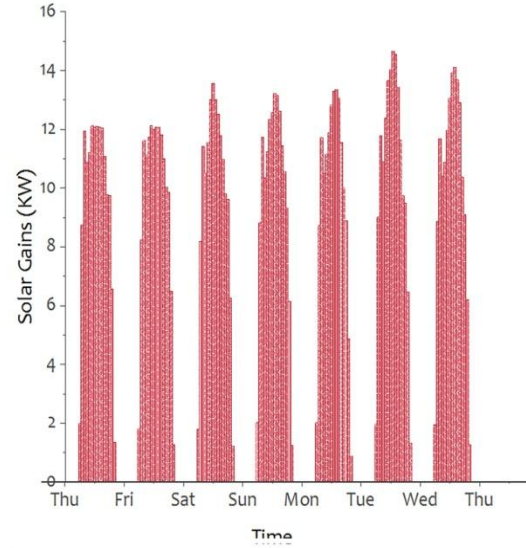
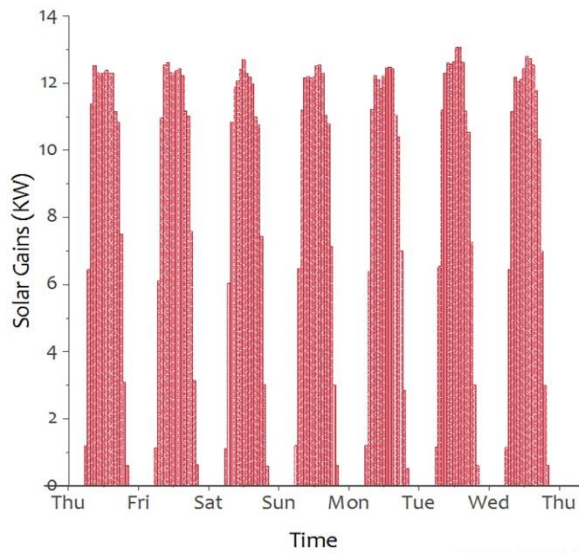


ΘΕΡΜΙΚΑ ΚΕΡΔΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

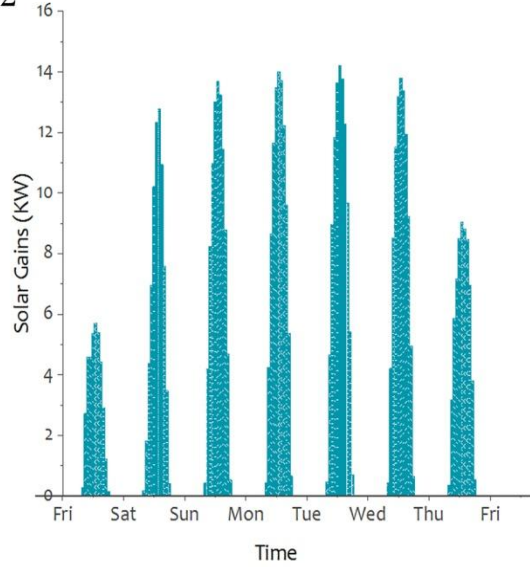
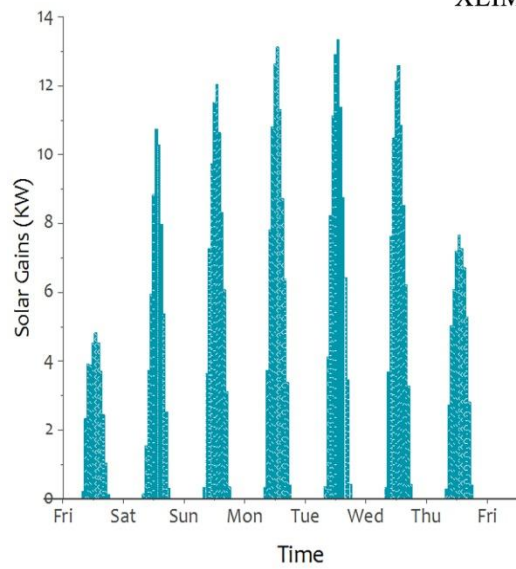
ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

ΧΩΡΙΣ ΓΕΙΤΟΝΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ



ΧΕΙΜΩΝΑΣ

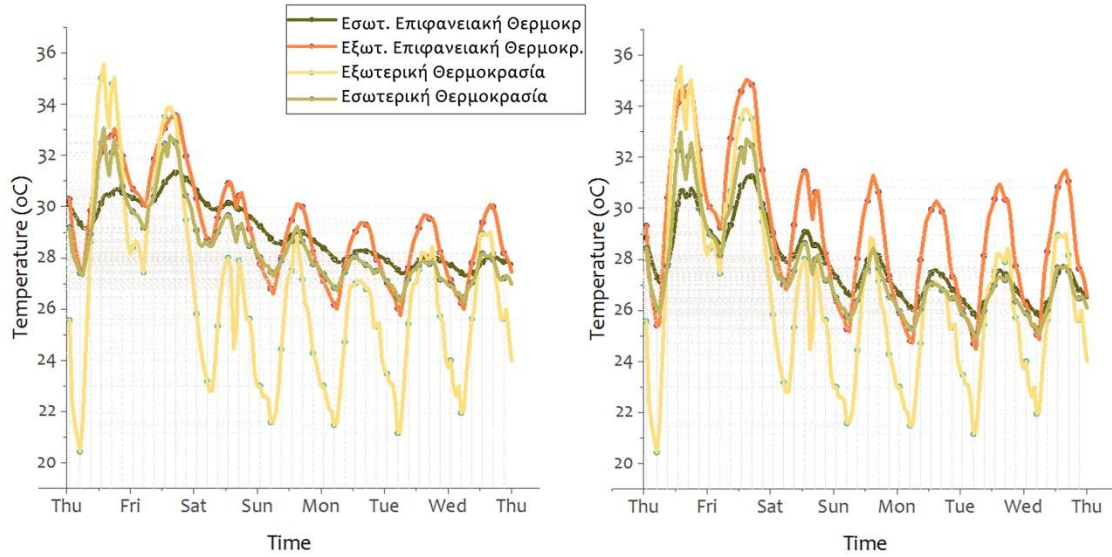


ΣΕΝΑΡΙΟ 7: ΒΟΡΕΙΟΣ ΕΥΛΟΠΗΚΤΟΣ ΟΡΟΦΟΥ

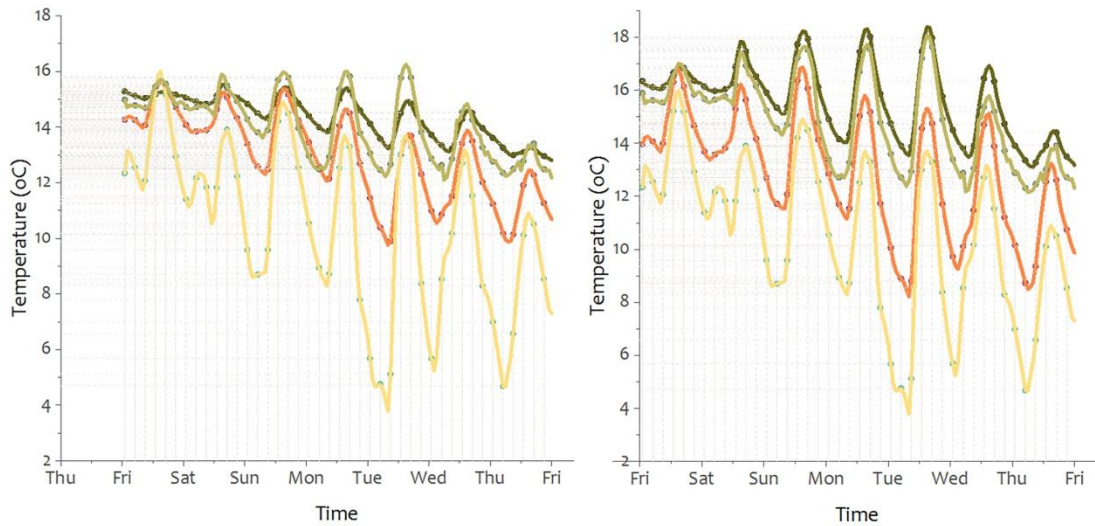
Υπάρχουσα κατάσταση

Συνδυασμός νέων υλικών

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ



ΧΕΙΜΩΝΑΣ

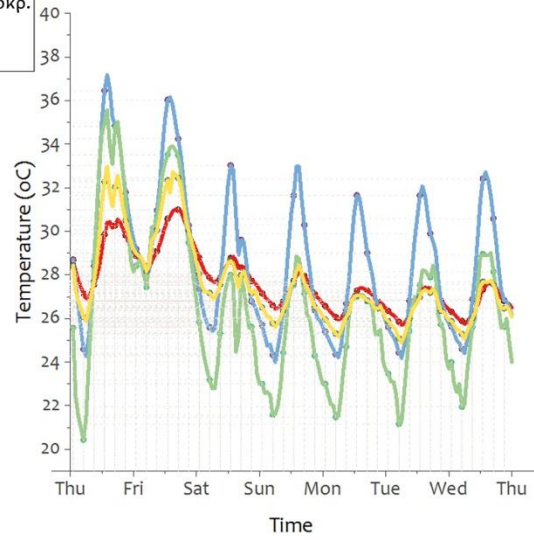
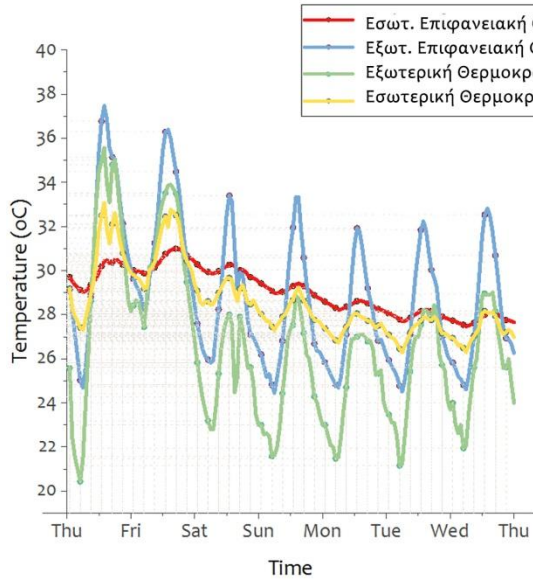


ΣΕΝΑΡΙΟ 7: ΝΟΤΙΟΣ ΛΙΘΙΝΟΣ ΟΡΟΦΟΥ

Υπάρχουσα κατάσταση

Συνδυασμός νέων υλικών

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ



ΧΕΙΜΩΝΑΣ

