Διερεύνηση των βιοκλιματικών στοιχείων και αποτίμηση της θερμικής συμπεριφοράς των παραδοσιακών και ιστορικών κατασκευών.

Ελένη Αλεξάνδρου

Περίληψη
Η εισήγηση αυτή παρουσιάζει τα αποτελέσματα της διερεύνησης των βιοκλιματικών στοιχείων των παραδοσιακών και ιστορικών κατασκευών, με στόχο την κατανόηση της θερμικής και περιβαλλοντικής τους συμπεριφοράς μέσα από την επιστημονική έρευνα και την διδακτική διαδικασία στην οποία, αναγνωρίζεται και αποτιμάται η ποικιλότητα και τα κοινά σημεία αναφοράς των δομικών συστημάτων του Ελλαδικού χώρου, η χρήση των υλικών και η σχέση των κτιρίων αλλά και των οικιστικών συνόλων με το φυσικό τους περιβάλλον.
Αρχικά παρουσιάζονται τα βιοκλιματικά στοιχεία των παραδοσιακών κατασκευών του Πηλίου και στη συνέχεια αναλύονται διεξοδικά δύο ερευνητικές προσεγγίσεις που στοχεύουν στην διερεύνηση της θερμικής συμπεριφοράς προβιομηχανικών κτιρίων της ίδιας περίπου περιόδου, με κοινά δομικά χαρακτηριστικά. Η πρώτη αφορά την διερεύνηση της θερμικής συμπεριφοράς στο Πηλιορείτικο σπίτι της κλασσικής περιόδου με μετρήσεις θερμοκρασίας στο εσωτερικό και το εξωτερικό συγκεκριμένων κτισμάτων που διατηρούν σχεδόν αναλλοίωτο τον αρχικό τους χαρακτήρα. Η δεύτερη έγινε στα πλαίσια διεπιστημονικής έρευνας που βρίσκεται σε εξέλιξη, σε συνεργασία με την σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ στο ιστορικό κτίριο των Μπενιζέλων στην Πλάκα με στόχο την λεπτομερή ανάλυση της θερμικής συμπεριφοράς και των θερμικών ιδιοτήτων όλων των δομικών μελών του κτιρίου με τη βοήθεια καταγραφικών οργάνων για έναν ολόκληρο χρόνο.
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Παραδοσιακές κατασκευές, θερμική συμπεριφορά, βιωσιμότητα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραδοσιακή και πρωτόγονη αρχιτεκτονική σε όλο τον κόσμο έχουν αποτελέσει αντικείμενο πολλών μελετών και εργασιών που σχετίζονται με την ανταπόκριση των κτιρίων στις τοπικές κλιματικές συνθήκες (Korumaz & Canan & Gulec 2006), (Oikonomou, 2008). Παράλληλα, έχει αναγνωρισθεί αλλά δεν έχει ερευνηθεί επαρκώς η βιωσιμότητά και η οικολογική τους συμπεριφορά σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής τους. Αυτή εκφράζεται με την χρήση τοπικών υλικών, την οικονομία σε υλικά και χώρο, καθώς και την επανάχρηση (ανακύκλωση) υλικών και κτιρίων που μειώνει την εμπεριεχόμενη ενέργεια των κατασκευών. Συνήθως οι διάφορες στρατηγικές περιβαλλοντικού και παθητικού σχεδιασμού δεν είναι απλώς τεχνικές εφαρμογές αλλά και αναπόσπαστα δομικά συστατικά στοιχεία των κτιρίων της αρχιτεκτονικής τους και των συνθηκών διαβίωσης (Weber & Yannas 2014), ενώ μεταβατικοί χώροι όπως αίθρια αυλές, εσωτερικές και εξωτερικές αυλές και βεράντες αποτελούν αναγνωρίσιμα βιοκλιματικά στοιχεία.

Οι προβιομηχανικές κοινωνίες, κυρίως της υπαίθρου, καταφέρνουν να εναρμονίσουν αντικρουόμενες συνθετικές, λειτουργικές, τεχνικές και κοινωνικές απαιτήσεις. Η μορφή των κτιρίων καθορίζεται από έναν συνδυασμό παραγόντων όπως το κλίμα, η τοπογραφία, τα τοπικά υλικά και η δομική τεχνολογία, σε συνδυασμό με τις ιστορικές και κοινωνικές συγκυρίες και τις λειτουργικές ανάγκες και ο βαθμός επιρροής καθενός από αυτούς, εξηγεί την πολυμορφία από τόπο σε τόπο (Rapoport 2010). Σε περιοχές όπου παράδοση, κοινωνικοπολιτικοί, λειτουργικοί, αμυντικοί, τοπογραφικοί κοινωνικοί ιστορικοί παράγοντες καθόρισαν την μορφή των κτισμάτων, το κλίμα δεν

υποτιμήθηκε. Το πρότυπο προσαρμόζεται στις κλιματικές και μορφολογικές συνθήκες της κάθε περιοχής. Αξίζει εδώ να αναφερθεί ότι τα παραδοσιακά κτίσματα που βασίζονται στο ίδιο πρότυπο/αρχέτυπο μιας περιοχής, διαφέρουν όταν βρίσκονται μέσα στα όρια ενός αστικού κέντρου – πόλης, ή σε έναν οικισμό της υπαίθρου, όπου το κλίμα και η άμυνα είναι παράγοντες που καθορίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό την μορφή των κτισμάτων από ότι στις πόλεις όπου οι κοινωνικοοικονομικές και ιστορικές συγκυρίες επικρατούν. Στους παραδοσιακούς οικισμούς η εξάρτηση και αλληλεπίδραση με την φύση είναι πιο άμεση. Τα κτίρια είναι προσαρμοσμένα στο φυσικό και κλιματικό τους περιβάλλον και είναι δομημένα με σεβασμό προς αυτά. Ο προσανατολισμός, η τοποθέτηση των κτιρίων στο οικόπεδο και η σχέση των κτιρίων μεταξύ τους είναι πάντα σχετιζόμενα με τις ευνοϊκότερες κλιματικές συνθήκες, ενώ στις πόλεις η τοποθέτηση του κτιρίου στο οικόπεδο σχετίζεται περισσότερο με την θέση του δρόμου ή την θέα σε σημαντικά μνημεία ή κτίρια και όχι προς τις ευνοϊκότερες κλιματικές συνθήκες.

Η μελέτη και αναγνώριση των θεμελιωδών χαρακτηριστικών των κτιρίων της προβιομηχανικής εποχής βοηθά τους αρχιτέκτονες και χρήστες να ανταποκριθούν εύστοχα και με επιτυχία σε επισκευές και αποκαταστάσεις σεβόμενοι τον τόπο το κλίμα τα πολιτισμικά χαρακτηριστικά καθώς και το φυσικό και δομημένο περιβάλλον. Με λίγα λόγια τους βοηθά στην απόκτηση των κατάλληλων κριτηρίων για την αξιολόγηση και την ερμηνεία όλων των συστατικών τους (δομικών, λειτουργικών, οικολογικών κ.α.) με στόχο την επιτυχή ενσωμάτωση των συστημάτων που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις.

2. Η παραδοσιακή αρχιτεκτονική του Πηλίου και ο κλιματικός παράγοντας

Η περιοχή του Πηλίου έχει μια μακριά ιστορία παραδοσιακής αρχιτεκτονικής και πλούσια κληρονομιά με μεγάλη ποικιλία κτισμάτων που χρονολογούνται από τον 17^{ο} έως τον 19^{ο} αιώνα και είναι διάσπαρτη στα δεκάδες χωριά της, ανατολικά δυτικά και νότια του βουνού. Σε εργασία που εκπονήθηκε κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών μου σπουδών (Alexandrou-Charonis, 1997) με θέμα την αναζωογόνηση και αναβάθμιση των χωριών του Πηλίου, διερευνήθηκε μερικώς η βιοκλιματική συμπεριφορά και η θερμική άνεση των παραδοσιακών κατασκευών στην περιοχή και εξετάστηκαν οι δυνατότητες εφαρμογής στρατηγικών ενεργειακού σχεδιασμού και παθητικών συστημάτων με τα υφιστάμενα στοιχεία και δυνατότητες. Το συμπέρασμα που προέκυψε ήταν ότι παρά το γεγονός ότι το κλίμα δε αποτέλεσε καθοριστικό παράγοντα στην μορφή των κτισμάτων, αξιολογήθηκε σημαντικά στην κατασκευή τους καθώς και στην διάταξη των οικισμών και πολλά στοιχεία ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στα τοπικά κλιματικά χαρακτηριστικά. Πιο αναλυτικά, ο χωρισμός του σπιτιού σε χειμωνιάτικο και καλοκαιρινό στα ορεινά χωριά φανερώνει τις διαφορετικές κλιματολογικές ανάγκες στις διαφορετικές εποχές. Έτσι το χειμωνιάτικο που βρίσκεται στο μεσαίο επίπεδο, έχει μικρό ύψος και λιγοστά ανοίγματα και προστατεύεται από τον κρύο αέρα με τη μάζα των πέτρινων τοίχων αλλά και του υπερκείμενου ορόφου. Το καλοκαιρινό που έχει μεγαλύτερο ύψος, διατηρεί τα ίδια χαρακτηριστικά στην πίσω ζώνη του που βρίσκονται τα δωμάτια ενώ η μπροστινή ζώνη διαμορφώνεται με μία σειρά ανοιγμάτων στην ξυλόπηκτη κατασκευή, συνήθως προς τον καλό προσανατολισμό και την θέα που προωθούσαν αποτελεσματικά τον αερισμό σκιάζοντας παράλληλα τον χώρο με τα σκούρα. Στην βορινή πλευρά ο παχύς πέτρινος τοίχος συνεχίζεται μέχρι την στέγη με ελάχιστα και πάλι ανοίγματα δημιουργώντας ένα μέτωπο στον ψυχρό καιρό, ενώ παράλληλα εμποδίζει την ζέστη να εισχωρήσει στο εσωτερικό. Το καλοκαίρι αυτά τα δωμάτια διατηρούσαν μία δροσερή θερμοκρασία και ήταν ιδανικά για ύπνο. Το κάτω επίπεδο, το κατώγι, ήταν

επίσης χωρισμένο σε δύο ζώνες και η πίσω ζώνη που συχνά εισχωρούσε στην πλαγιά, εκμεταλλευόταν τις θερμομονωτικές ιδιότητες της γης. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τους υπερκείμενους ορόφους βοηθούσε στη διατήρηση μίας σχετικά σταθερής θερμοκρασίας στο χώρο και τον καθιστούσε ιδανικό για την αποθήκευση τροφίμων, λαδιού κλπ. Συνοψίζοντας, τα βασικά βιοκλιματικά χαρακτηριστικά των κτισμάτων αυτών είναι η εκμετάλλευση της μάζας των μεγάλου πάχους λίθινων τοίχων που χαρακτηρίζονται από θερμική αδράνεια που μειώνει τις έντονες θερμικές μεταβολές της εσωτερικής θερμοκρασίας, η κατά το δυνατόν μείωση των απωλειών από τα ανοίγματα και ο επαρκής σκιασμός με τον διαμπερή αερισμό το καλοκαίρι. Το σκούρο με τις διάφορες παραλλαγές του αποτελούσε ένα ακόμα αξιόλογο κλιματικό στοιχείο. Το τρίφυλλο είναι ίσως η πιο καλή μορφή μιας και σκιάζει από τις κατακόρυφες αλλά και από τις πλάγιες χαμηλές ακτίνες του ήλιου. Τέλος το μεταγενέστερο Γερμανικό με τις κινητές περσίδες επέτρεπε την είσοδο του αέρα όταν αυτός ήταν επιθυμητός ενώ παράλληλα κρατούσε την ηλιακή ακτινοβολία έξω από το σπίτι.

Σε πολεοδομική κλίμακα, αξιολογείται ο προσανατολισμός, η διάταξη των κτισμάτων, καθώς και η προσαρμογή στο φυσικό περιβάλλον και η αξιοποίησή των φυσικών χαρακτηριστικών του τόπου στα σπίτια, τα μονοπάτια και τις πλατείες. Η αμφιθεατρική και ελεύθερη (δηλαδή με τα κτίρια να μην ακουμπούν τον ένα με το άλλο) διάταξη των κτιρίων προς τον ευνοϊκό προσανατολισμό (νότιο, νοτιοδυτικό) επιτρέπει τον ηλιασμό τους σε διάφορες ώρες της ημέρας κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου ενώ βοηθάει την κυκλοφορία του ανέμου για αερισμό. Συγχρόνως, η πλούσια βλάστηση και οι πέργκολες με τα κλίματα σκιάζουν τους υπαίθριους χώρους, την αυλή τα δρομάκια και τα κτίσματα κατά τη διάρκεια των ζεστών μηνών του καλοκαιριού ενώ επιτρέπουν τον ηλιασμό τον χειμώνα μιας και χάνουν τα φύλλα τους. Παρόμοια είναι και η χρησιμότητα του πλάτανου που δεσπόζει στις πλατείες, στην καρδιά του χωριού.

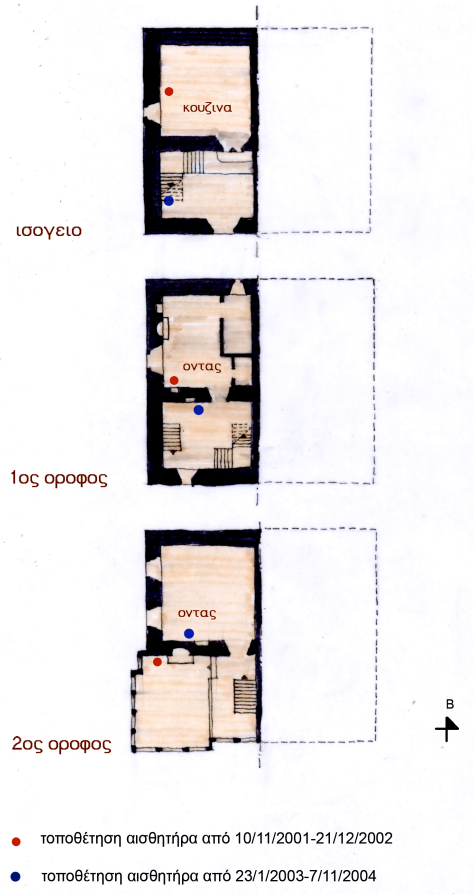
Τα συμπεράσματά αποτέλεσαν και την αφορμή για την εκπόνηση περαιτέρω έρευνας στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής που βρίσκεται σε εξέλιξη, με ενόργανες καταγραφές θερμοκρασίας σε δύο κτίρια με την τυπολογία που επικράτησε τον όψιμο 18^{ο} αιώνα μέχρι τα μέσα του 19^{ου} δηλαδή το κλασσικό πηλιορείτικο σπίτι με την λίθινη βάση και τη ξυλόπηκτη προεξοχή στο τελευταίο επίπεδο, το λεγόμενο σαχνισί.
Ο τύπος αυτός αποτελεί πρότυπο ευρύτατα διαδομένο κατά την περίοδο της τουρκοκρατίας σε όλη τη Βαλκανική χερσόνησο (Günay, 1998) ενώ η μορφή του προσαρμόζεται στις συνθήκες της κάθε περιοχής ανάλογα με την τοπογραφία τα υλικά και της κοινωνικοοικονομικές συνθήκες. Στη περιοχή του Πηλίου τα σπίτια ήταν στην πλειοψηφία τους διώροφα και τριώροφα. Η κάτοψη του κάθε ορόφου χωρίζεται συνήθως σε δύο ζώνες την πίσω που βρίσκονται τα δωμάτια και την μπροστινή που είναι τις περισσότερες φορές ανοιχτή και χρησιμεύει ως χώρος διημέρευσης, υποδοχής και εργασίας.

Το Πήλιο ανήκει στην ηπειρωτική Μεσογειακή κλιματική ζώνη, που χαρακτηρίζεται από αρκετά κρύους χειμώνες με δυνατούς ΒΑ ανέμους βροχές και καταιγίδες με συχνές χιονοπτώσεις. Η θερμοκρασία το χειμώνα είναι χαμηλή και συχνά πέφτει κάτω από το μηδέν. Τα καλοκαίρια είναι ζεστά και ξηρά. Το κλίμα διαφοροποιείται ελαφρά στις διάφορες περιοχές του λόγω της μορφολογίας και του υψομέτρου του δημιουργώντας κατά περιοχή τα αντίστοιχα μικροκλίματα (Ανατολικό, Δυτικό και Νότιο). Στην ανατολική πλευρά που αντικρίζει το Αιγαίο οι θερμοκρασίες είναι πιο

χαμηλές, ο αέρας πιο ψυχρός και η υγρασία υψηλότερη από την Δυτική που προστατεύεται από τον ορεινό όγκο.

Οι ενόργανες καταγραφές έγιναν σε δύο σπίτια που διατηρούν αναλλοίωτο τον αρχικό τους χαρακτήρα, σε δύο διαφορετικά χωριά του Δυτικού Πηλίου για 3 περίπου χρόνια. Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζονται διεξοδικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων στο ένα από τα δύο το οποίο είναι κατοικία και οι μετρήσεις που διήρκεσαν 2 περίπου χρόνια είναι πιο αξιόπιστες.

Εικ. 1 Αρχοντικό Τριανταφύλλου



Εικ. 2 Θέσεις αισθητήρων

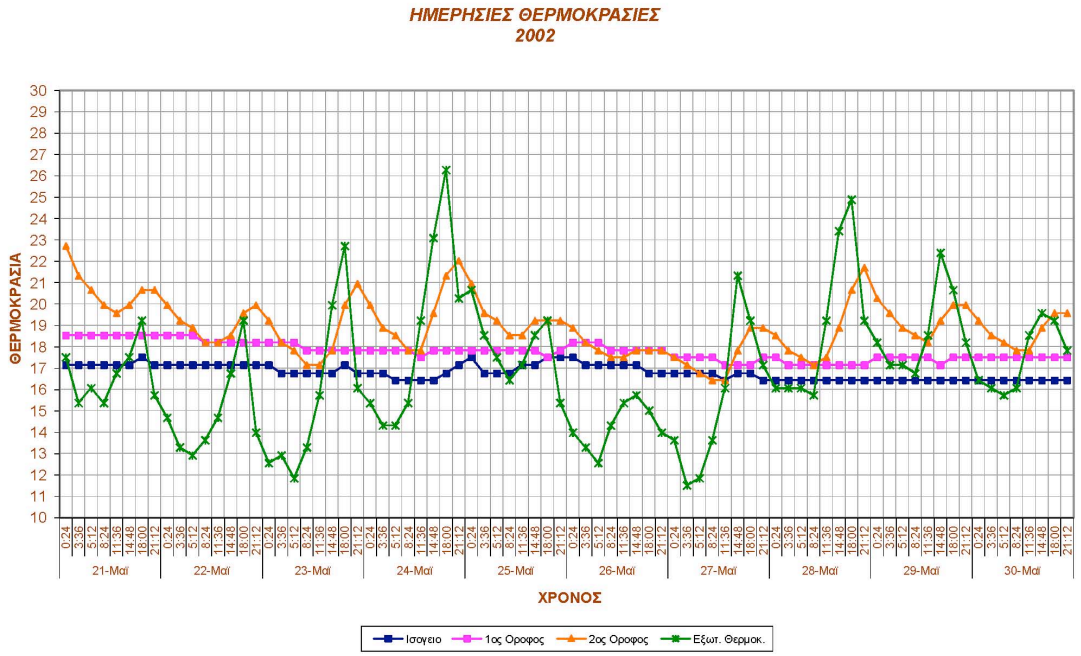
Το αρχοντικό Τριανταφύλλου στον Άγιο Γεώργιο Νηλείας κτίστηκε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα. Στα μέσα του ίδιου αιώνα χωρίστηκε σε δύο κατοικίες (αδελφορμοίρι). Το δυτικό σπίτι στο οποίο έγιναν και οι μετρήσεις διατηρεί την αρχική του μορφή σε αντίθεση με το ανατολικό που ανακατασκευάστηκε σχεδόν εξολοκλήρου στις αρχές του 20^{ου} αιώνα ακολουθώντας νεοκλασικά πρότυπα (Κίζης, 1994). Το δυτικό τμήμα επισκευάστηκε και αποκαταστάθηκε πρόσφατα (πριν από 20 περίπου χρόνια). Σύμφωνα με πληροφορίες του μελετητή μηχανικού οι επισκευές αφορούσαν στην ενίσχυση της δομής χωρίς σημαντικές αλλαγές στην διάρθρωση των χώρων και το κτιριακό κέλυφος. Δεν τοποθετήθηκαν μονώσεις ή διπλοί υαλοπίνακες στα κουφώματα και θερμαίνεται αποκλειστικά με τα δύο τζάκια στον πρώτο και δεύτερο όροφο και μικρό θερμαντικό σώμα (αερόθερμο) στο ισόγειο. Η κατοικία αναπτύσσεται σε τρία δίχωρα επίπεδα Στην εμπρός ζώνη με προσανατολισμό νότιο νοτιοδυτικό βρίσκονται οι χώροι υποδοχής και διημέρευσης και στα τρία επίπεδα, ενώ στην πίσω με πλάτη στον βορά, τα υπνοδωμάτια στους δύο ορόφους και η κουζίνα στο

ισόγειο. Όλοι οι χώροι έχουν από ένα μικρό σχετικά άνοιγμα εκτός από τον χώρο υποδοχής στον δεύτερο που περιβάλλεται από τον διάτρητο από ανοίγματα ξυλόπηκτο τοίχο. Το σπίτι κατοικείται χειμώνα καλοκαίρι με μικρές απουσίες των ενοίκων.

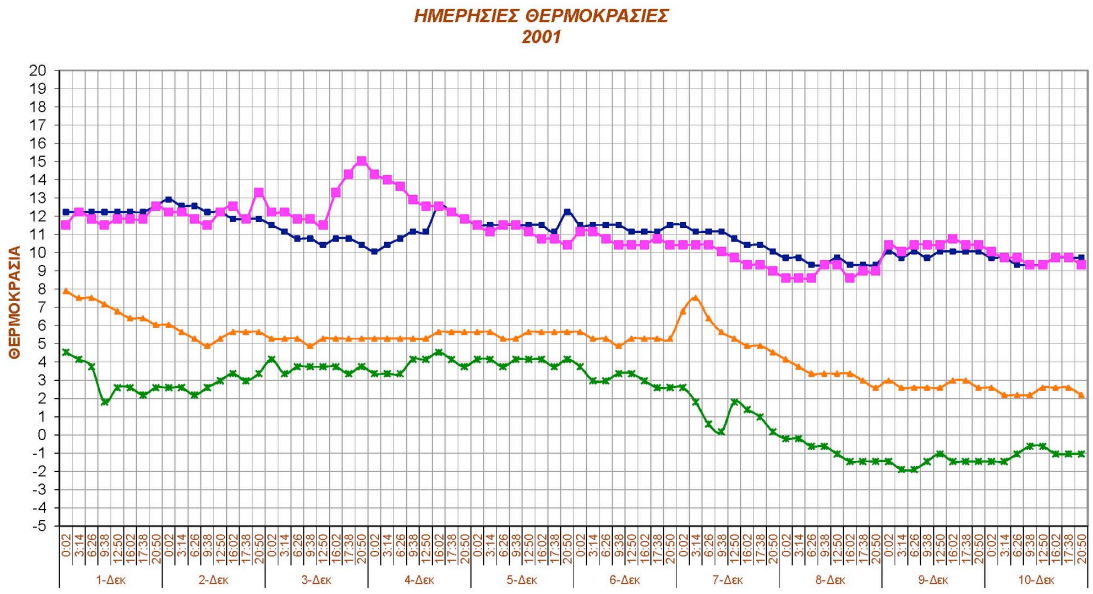
Το χωριό Αή Γιώργης Νηλείας βρίσκεται σε υψόμετρο 700 μέτρων και το χειμώνα οι μέγιστες θερμοκρασίες είναι γύρω στους 10°C ενώ οι ελάχιστες κοντά και συχνά κάτω από το μηδέν. Τα καλοκαίρια οι μέγιστες τιμές κυμαίνονται από 30-35°C και το χαρακτηριστικό στοιχείο της περιόδου είναι η μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ μέρας και νύχτας.

Στα δύο χρόνια που διήρκεσαν οι μετρήσεις οι θέσεις των αισθητήρων άλλαξαν με στόχο να αξιολογηθεί η συμπεριφορά του κελύφους και στις δύο ζώνες του κτιρίου και ειδικά η διαφορά μεταξύ των λίθινων με μεγάλη μάζα τοίχων και του ξυλόπηκτου του τελευταίο ορόφου. Το πρώτο διάστημα (11/2001-12/2002) στους μεν δύο πρώτους ορόφους τοποθετήθηκαν στην πίσω ζώνη με βορειοδυτικό προσανατολισμό ενώ στον δεύτερο στον ανοιχτό χώρο το δοξάτο (καλός οντάς) (Κίζης, 1994). Το δεύτερο διάστημα (1/2003-11/2004) οι θέσεις αντιστράφηκαν δηλαδή στα δύο πρώτα επίπεδα τοποθετήθηκαν στην μπροστά ζώνη και στο τελευταίο στην πίσω. Τέλος έγιναν συγχρόνως καταγραφές της εξωτερικής θερμοκρασίας σε δύο διαφορετικά σημεία της αυλής.

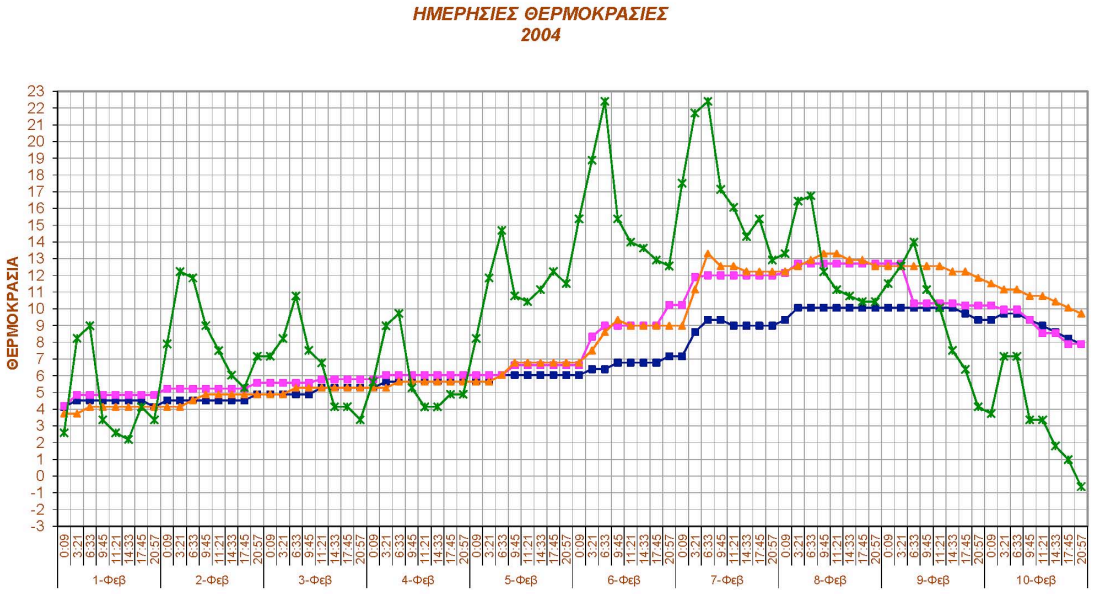
Πρέπει να τονιστεί ότι το κτίριο έχει μόνο τις τρεις του όψεις ελεύθερες γιατί η ανατολική του είναι μεσοτοιχία με το διπλανό κτίριο. Το γεγονός αυτό μειώνει την εκτεθειμένη μάζα του κτιρίου στον καιρό, μειώνοντας τις απώλειες μέσω του κελύφους.



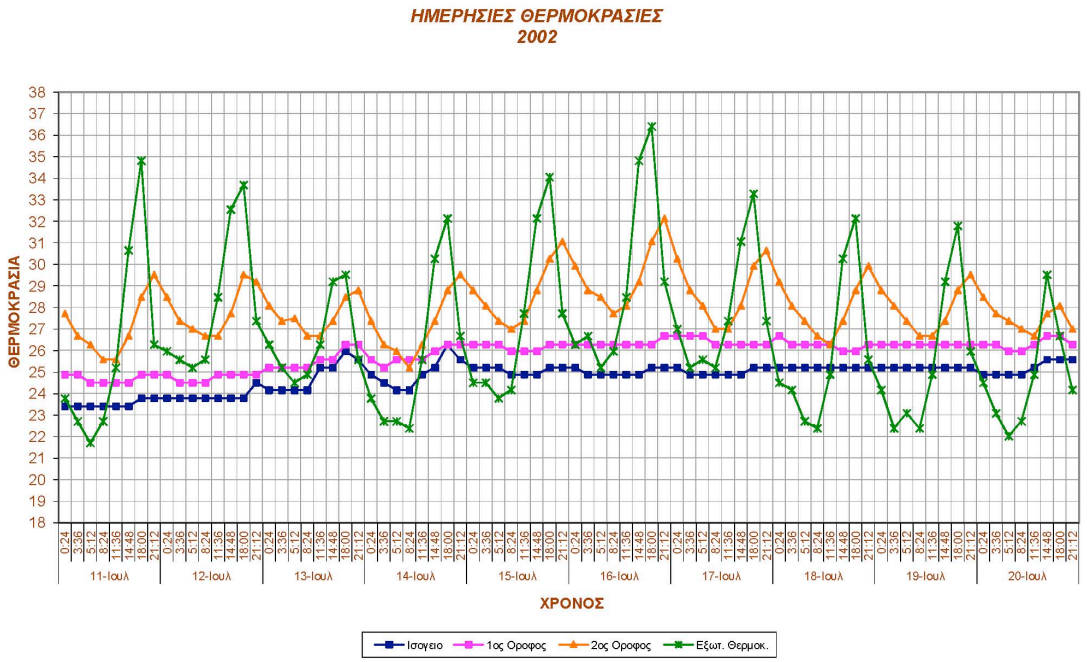
Διαγ. 1 Ημερήσιες θερμοκρασίες στους τρεις χώρους και το εξωτερικό. Μάιος 2002



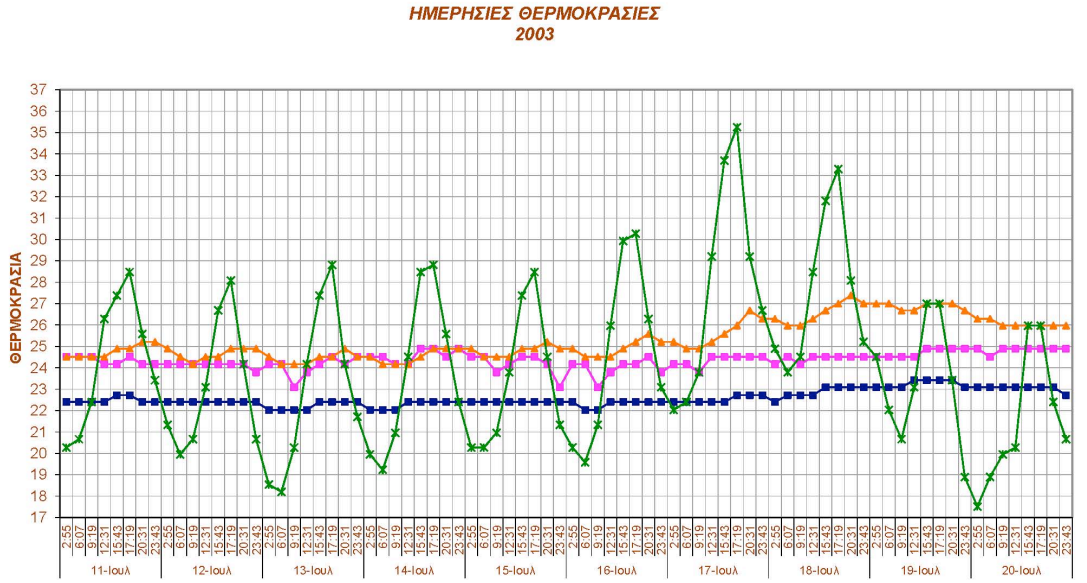
Διαγ. 2 Ημερήσιες θερμοκρασίες στους τρεις χώρους και το εξωτερικό. Δεκέμβριος 2001, πρώτη τοποθέτηση



Διαγ. 3 Ημερήσιες θερμοκρασίες στους τρεις χώρους και το εξωτερικό. Φεβρουάριος 2000, δεύτερη τοποθέτηση



Διαγ. 4 Ημερήσιες θερμοκρασίες στους τρεις χώρους και το εξωτερικό. Ιούλιος 2002, πρώτη τοποθέτηση



Διαγ. 5 Ημερήσιες θερμοκρασίες στους τρεις χώρους και το εξωτερικό. Ιουλιος 2003, δεύτερη τοποθέτηση

Τους καλοκαιρινούς μήνες στο ισόγειο και τον όροφο η εσωτερική θερμοκρασία έχει ελάχιστες διακυμάνσεις και παραμένει σταθερά 8-10°C χαμηλότερα από την εξωτερική, και κοντά στις συνθήκες άνεσης (21° C). Όταν η εξωτερική θερμοκρασία βαθμιαία «πέφτει», παρουσιάζεται το φαινόμενο της χρονικής υστέρησης, δηλαδή η εσωτερική μεταβολή της θερμοκρασίας ακολουθεί με αρκετές ώρες διαφορά. Το γεγονός αυτό οφείλεται στα λιγοστά ανοίγματα, στην μάζα των λίθινων τοίχων του εξωτερικού περιβλήματος και στην μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας (ημερήσια θερμοκρασιακή διακύμανση). Στον τελευταίο όροφο με τον ξυλόπηκτο τοίχο στην νότια όψη παρατηρείται το εξής: Στην μεν πρώτη χωροθέτηση

του αισθητήρα στον χώρο αυτό η εσωτερική θερμοκρασία ακολουθεί τις διακυμάνσεις της εξωτερικής θερμοκρασίας με τιμές από 4-6°C χαμηλότερες από αυτήν, ενώ στην δεύτερη ακολουθεί το μοτίβο των χώρων στους υπόλοιπους ορόφους, δηλαδή αισθητά χαμηλότερη και χωρίς διακυμάνσεις. Τον χειμώνα οι εσωτερικές θερμοκρασίες παραμένουν σταθερά κάτω από τις συνθήκες άνεσης με τον τελευταίο χώρο να ακολουθεί και πάλι τις διακυμάνσεις της εξωτερικής θερμοκρασίας στην πρώτη χωροθέτηση με διαφορά θερμοκρασίας της τάξης των 4°C περίπου, ενώ οι άλλοι χώροι έχουν υψηλότερες τιμές χωρίς διακυμάνσεις.
Συμπερασματικά το κέλυφος λειτουργεί πολύ καλά το καλοκαίρι και σε μεγάλο μέρος της άνοιξης και του φθινοπώρου ενώ το χειμώνα με τις χαμηλές θερμοκρασίες οι εσωτερική θερμοκρασία χωρίς μέσα θέρμανσης είναι χαμηλή.
Επίσης το γεγονός ότι το κτίριο χρησιμοποιούταν χωρίς όμως να ξέρουμε τον ακριβή τρόπο μας βοηθά μερικώς στην συμβολή της χρήσης, (εσωτερικά κέρδη, ηλιασμός, αερισμός) στη θερμική συμπεριφορά, δηλαδή το άνοιγμα των παραθύρων, την σκίαση ή την χρήση των τζακιών.

3. Διερεύνηση της θερμικής συμπεριφοράς του ιστορικού κτιρίου του 18^{ου} αιώνα στην Αθήνα.

Την άνοιξη του 2012 σε συνεργασία με το τμήμα Μηχανολόγων ΕΜΠ ξεκίνησαν ενόργανες μετρήσεις σε διατηρητέο κτίριο που βρίσκεται στην οδό Αδριανού στην Πλάκα (το ιστορικό κτίριο των Μπενιζέλων) για έναν ολόκληρο χρόνο (Atsonios & Mandilaras & Kolaitis & Tsakanika-Theohari & Alexandrou & Founti, 2013). Έχει τα ίδια δομικά χαρακτηριστικά με αυτά των Πηλιορείτικων σπιτιών της κλασσικής περιόδου (λίθινους και ξυλόπηκτους τοίχους) με αρκετές διαφορές στην διάρθρωση των χώρων και αποτελεί τυπικό παράδειγμα της αστικής αρχιτεκτονικής της περιόδου του 18ου αιώνα κατά την Οθωμανική κυριαρχία. Έχοντας περάσει διάφορες φάσεις στην μακριά ιστορία του, η οικία των Μπενιζέλων αποκαταστάθηκε το 2010 στην αρχική του μορφή, διατηρώντας πολλά από τα δομικά του μέλη (τμήματα των λίθινων τοίχων και ξύλινα στοιχεία των τοίχων της στέγης και των πατωμάτων). Η επισκευή και αποκατάσταση εμπεριείχε πολλές καινοτόμες πρακτικές για την στατική και δομική ενίσχυση του κτιρίου ούτως ώστε να μην αλλοιωθεί ο αρχιτεκτονικός και δομικός του χαρακτήρας (Tsakanika-Theohari & Mouzakis, 2010).

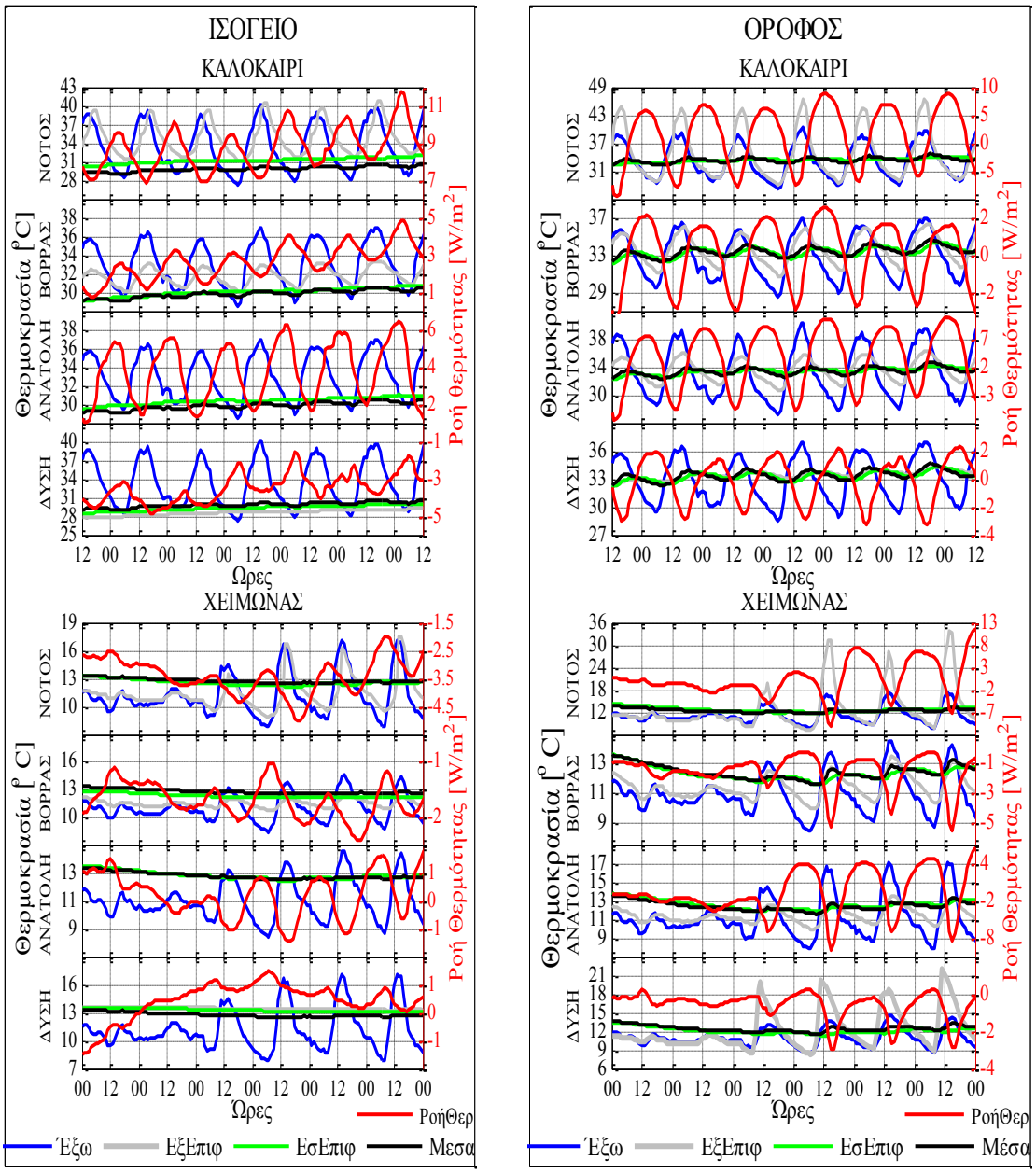
Το σχήμα του κτιρίου είναι ορθογωνικό και αποτελείται από το ισόγειο και τον όροφο. Στο ισόγειο υπάρχουν τρεις χώροι προσβάσιμοι από την αυλή μέσω λίθινης τοξωτής στοάς. Όλοι οι εξωτερικοί και εσωτερικοί τοίχοι στο κατώτατο επίπεδο είναι τρίστρωτες αργολιθοδομές πάχους 55-60εκ. με αργιλικό συνδετικό κονίαμα. Μέρος των λιθοδομών αποκαταστάθηκε με χρήση ασβεστοκονιάματος ως συνδετικό υλικό. Οι λιθοδομές είναι αρμολογημένες (σε βάθος 3-5εκ.) με προαναμεμιγμένο κονίαμα χωρίς τσιμέντο, αποτελούμενο από φυσική υδραυλική άσβεστο. Για την τοπική ενίσχυση του υφιστάμενου τοίχου έχουν διαπεραστεί υδραυλικά ενέματα χωρίς τσιμέντο. Μόνον ο τοίχος στην ανατολική πλευρά είναι μπατική οπτοπλινθοδομή χτισμένη με διάτρητο τούβλο 20εκ.
Η πρόσβαση στον όροφο γίνεται μέσω εξωτερικής λίθινης σκάλας που οδηγεί απευθείας σε ανοιχτό χαγιάτι που αναπτύσσεται σε όλη τη βόρεια όψη διαμορφώνοντας έναν ημιυπαίθριο μεταβατικό χώρο που οδηγεί στα δύο δωμάτια (οντάδες) που είναι συμμετρικά τοποθετημένα από το eyvan το οποίο επεκτείνεται στην νότια όψη με ξυλόπηκτη κατασκευή διαμορφώνοντας το σαχνισί. Τα δύο κλειστά δωμάτια έχουν το ίδιο μέγεθος και αναλογίες με τη διαφορά ότι το ανατολικό περιβάλλεται από δύο λίθινους τοίχους (νότιο και ανατολικό) και δύο ξυλόπηκτους, ενώ στο δυτικό δωμάτιο μόνο ο νότιος είναι κατασκευασμένος από πέτρα. Οι

λιθοδομές στον όροφο αποτελούν την συνέχεια αυτών του ισογείου και έχουν τα ίδια δομικά χαρακτηριστικά. Η ξυλόπηκτη τοιχοποιία αποτελείται από πυκνό ξύλινο σκελετό με κατακόρυφα, οριζόντια και διαγώνια ξύλινα στοιχεία, τα κενά των οποίων πληρούνται από συμπαγείς οπτόπλινθους με ασβεστοκονίαμα και συνδετικό επίχρισμα χωρίς τσιμέντο.
Και τα δύο δωμάτια έχουν από τέσσερα παράθυρα σε κάθε πλευρά (νότια και βόρια) και τρία στην στενή με σκούρα και μια σειρά φεγγιτών ακριβώς από επάνω τους. Τα πατώματα και η στέγη είναι ξύλινα.
Η λίθινη στοά στο ισόγειο αποτελεί τυπικό χαρακτηριστικό των κτισμάτων της εποχής τα οποία βρίσκονται στα αστικά κέντρα. Σε αντίθεση με τα σπίτια της ίδιας περιόδου που βρίσκονται στην ύπαιθρο και σε παραδοσιακούς οικισμούς και είναι κλειστά στην βάση τους για αμυντικούς λόγους, τα αστικά σπίτια είναι συνήθως ανοιχτά στο ισόγειο προς την αυλή τους μιας και προστατεύονται συνήθως από τα οχυρωματικά έργα της πόλης.

Εικ. 3 Τοπεθέτηση αισθητήρων και το κτίριο

Η μετρητική διάταξη (Data acquisition system) είναι μια συσκευή λήψης και καταγραφής δεδομένων για την μέτρηση και τον χαρακτηρισμό της θερμικής συμπεριφοράς του κτιριακού κελύφους. Συγκεκριμένα καταγράφει εσωτερική θερμοκρασία και σχετική υγρασία στα διάφορα δωμάτια, την θερμοροή δια μέσω των εξωτερικών τοίχων, των πατωμάτων και της στέγης καθώς και λήψη μετεωρολογικών δεδομένων ακριβώς έξω από το κτίριο. Τέλος ο σχεδιασμός του συστήματος επιτρέπει την χρήση των δεδομένων που καταγράφονται για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης όλων των μεγάλων επιφανειών σε κάθε

θερμική ζώνη και για επιτόπου μετρήσεις των θερμικών ιδιοτήτων των μελών του κτιρίου δηλαδή την θερμική αντίσταση και την θερμική διαπερατότητα.
Το κλίμα της Αθήνας είναι μεσογειακό υποτροπικό και χαρακτηρίζεται από θερμά ξηρά καλοκαίρια και ήπιους προς κρύους υγρούς χειμώνες. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία τον Ιούλιο είναι 33.1^{o}C και η μέση ελάχιστη τον Ιανουάριο 6.7 ^{o}C. Οι ημερήσιες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις είναι μικρές (κάτω από 7 ^{o}C) το χειμώνα ενώ το καλοκαίρι φτάνουν τους 10 ^{o}C. Τις ίδιες περίπου τιμές κατέγραψε και ο μικρός μετεωρολογικός σταθμός που εγκαταστάθηκε στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου την περίοδο των μετρήσεων. Η εξωτερική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 35%-80% ενώ η ολική ηλιακή ακτινοβολία είναι 850W/m^2 το καλοκαίρι και 500W/m^2 το χειμώνα.



Διαγ. 6 Θερμοκρασία αέρα και ροή θερμότητας μέσω των τοίχων στα δύο επίπεδα, το χεμώνα και το καλοκαίρι

Σε γενικές γραμμές παρατηρείται ότι τα δωμάτια του ισογείου τα οποία αποτελούνται μόνο από λιθοδομές είναι πιο δροσερά το καλοκαίρι και ελάχιστα ψυχρότερα (1°C) το χειμώνα από τα δωμάτια του ορόφου τα οποία είναι κατασκευασμένα τόσο από λιθοδομές όσο και από ξυλόπηκτες τοιχοποιίες. Η μέση διαφορά μεταξύ τους το καλοκαίρι είναι περίπου 2,4^{o}C, ενώ στις μέρες με υψηλή εξωτερική θερμοκρασία η διαφορά φτάνει ακόμα και στους 4,6^{o}C. Η διαφορά οφείλεται στην μεγάλη θερμική μάζα των χώρων του ισογείου και στα πολλά ανοίγματα στα δωμάτια του ορόφου. Επίσης όταν η εξωτερική θερμοκρασία μειώνεται σταδιακά οι χώροι του ορόφου ακολουθούν ταχύτερα ενώ του ισογείου που περιβάλλονται από τις βαριές λιθόκτιστες τοιχοποιίες έχουν μεγαλύτερη υστέρηση λόγω της αποθηκευμένης θερμότητας στην μάζα τους. Η ημερήσια διακύμανση της θερμοκρασίας διαφέρει μεταξύ των χώρων του ισογείου και του ορόφου. Οι λιθοδομές που περιβάλλουν τους χώρους στο ισόγειο αποθηκεύουν κατά την διάρκεια της ημέρας την θερμότητα και την αποδίδουν τη νύχτα διατηρώντας μια σχεδόν σταθερή θερμοκρασία. Οι τοιχοποιίες των χώρων του ορόφου με την μικρότερη μάζα και τα πολλά ανοίγματα αποδίδουν πολύ λιγότερη θερμότητα που δεν επαρκεί για την ομαλοποίηση της θερμοκρασίας. Το χειμώνα οι εσωτερικές θερμοκρασίες στους δύο χώρους είναι περίπου η ίδια. Η ετήσια θερμοκρασιακή διακύμανση στο ισόγειο είναι από 11°C έως 31°C, ενώ στον όροφο από 11°C έως 35°C γεγονός πού έχει ως αποτέλεσμα οι εσωτερικές συνθήκες να εμπίπτουν στις συνθήκες άνεσης μόνο στις ενδιάμεσες εποχές (Μάιο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο). Σε κάθε περίπτωση, οι εσωτερικές θερμοκρασίες επηρεάζονται σημαντικά από την επιφανειακή θερμοκρασία στην εσωτερική παρειά του τοίχου.

Οι επιφανειακές θερμοκρασίες των οριζόντιων στοιχείων μεταβάλλονται ανάλογα με την απόσταση από το έδαφος. Οι χαμηλότερες καταγράφονται στο χώμα του δαπέδου των ισόγειων χώρων, αμέσως μετά η θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα και μετά η οροφή του ίδιου δωματίου. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η συμπεριφορά του δαπέδου (χώμα) στους ισόγειους χώρους μιας και αποτελεί το όριο του κτιρίου με το έδαφος. Όπως ήταν αναμενόμενο διατηρεί την πιο σταθερή θερμοκρασία του κτιρίου γεγονός που αποδεικνύει ότι μπορεί να εκμηδενίσει τις εξωτερικές θερμοκρασιακές διαφορές οι οποίες μέσα στο χρόνο κυμαίνονται από 12°C έως 30 ^{o}C. Το χειμώνα η επιφανειακή θερμοκρασία είναι 1 ^{o}C υψηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία του αέρα ενώ το καλοκαίρι 2 ^{o}C χαμηλότερη. Συνεπώς το δάπεδο απορροφά σημαντική ποσότητα περίσσιας θερμότητας το καλοκαίρι και συμβάλλει καθοριστικά στα θερμικά κέρδη το χειμώνα.
Το πάτωμα μεταξύ των δύο επιπέδων είναι κατασκευασμένο από ξύλο πάχους 3εκ. τοποθετημένο σε ξύλινα δοκάρια. Το καλοκαίρι που η θερμοκρασία του ορόφου είναι υψηλότερη, η θερμότητα ρέει προς το ισόγειο, ενώ το χειμώνα που η εσωτερική θερμοκρασία είναι σχεδόν ίδια μεταξύ των δύο επιπέδων η ροή της θερμότητας αλλάζει περιοδικά διεύθυνση.
Η οροφή του ορόφου είναι κατασκευασμένη από ξύλο πάχους 4εκ. και από πάνω είναι τοποθετημένες πλάκες εξιλασμένης πολυστερίνης XPS 5εκ. μέσα στη στέγη η οποία είναι ψυχρή. Η επιφανειακή θερμοκρασία της οροφής είναι πολύ κοντά σε αυτή του αέρα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει ροή θερμότητας. Επίσης το γεγονός ότι από πάνω υπάρχει η στέγη αποτρέπει το άμεσο κέρδος από την ηλιακή ακτινοβολία και εκμηδενίζει τις εξωτερικές θερμοκρασιακές διακυμάνσεις. Επίσης η θερμο-μόνωση στην οροφή μειώνει αισθητά τις απώλειες και τα κέρδη στον χώρο σε αντίθεση με τους τοίχους που είναι αμόνωτοι.
Με δεδομένο ότι το κτίριο ήταν τελείως κλειστό (παράθυρα και σκούρα) και δεν υπήρχαν χρήστες δεν επιτρέπει την αξιολόγηση της επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας, του φυσικού αερισμού και των εσωτερικών κερδών. Μπορεί όμως να

υποθέσει κανείς ότι σε αυτή την περίπτωση οι συνθήκες του ισογείου θα είχαν επηρεαστεί ελάχιστα. Αντίθετα οι επάνω χώροι θα ήταν πιο ζεστοί με τα σκούρα ανοιχτά προς τον νότο. Βέβαια ή ύπαρξη των φεγγιτών που είναι ασκίαστοι λειτουργεί προς αυτήν την κατεύθυνση και τώρα. Επίσης η διάταξη των ανοιγμάτων, αντικριστά στον νότιο και βόρειο προσανατολισμό θα ευνοούσε σημαντικά τον διαμπερή αερισμό τους θερμούς μήνες, ειδικά την νύχτα που η θερμοκρασία πέφτει
Ακόμα σύμφωνα με τα δεδομένα των μετρήσεων του κτιρίου στο Πήλιο, αν το κτίριο είχε τον ίδιο με εκείνο προσανατολισμό (και εδώ φαίνεται ακόμη μια διαφορά μεταξύ των κτιρίων της ίδιας τυπολογίας που βρίσκονται στην πόλη όπου ο κλιματικός παράγοντας επηρεάζει περισσότερο τον σχεδιασμό από τον κοινωνικό - η κύρια όψη του σπιτιού θα έπρεπε να αντικρίζει την οδό Αδριανού που ήταν σημαντικός δρόμος), τα αποτελέσματα θα ήταν διαφορετικά. Η νότια όψη θα ήταν σκιασμένη με το χαγιάτι τους θερμούς μήνες ενώ τον χειμώνα που ο ήλιος είναι χαμηλός θα εισερχόταν στο εσωτερικό αυξάνοντας σημαντικά την εσωτερική θερμοκρασία. Τέλος, το γεγονός ότι ο νότιος τοίχος είναι τελείως ασκίαστος έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι αναλύσεις και παρατηρήσεις επί των μετρήσεων στα δύο κτίρια που παρουσιάστηκαν, διερεύνησαν την θερμική συμπεριφορά των δομικών μελών των κτιρίων της
Τα δύο κτίρια αποτελούν αντιπροσωπευτικά παραδείγματα της περιόδου της Οθωμανικής επιρροής στην πόλη και την ύπαιθρο. Παρά το γεγονός ότι η διάρθρωση των χώρων και ο όγκος των κτιρίων διαφέρουν σημαντικά
οδηγούν στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν πολλά στοιχεία που ανταποκρίνονται ικανοποιητικά στα τοπικά κλιματικά χαρακτηριστικά. Παρόλα αυτά δύσκολα επιτυγχάνονται συνθήκες άνεσης για όλο τον χρόνο μόνο με την λειτουργία του κελύφους, ενώ η παλαιότητα και η κακή συντήρηση καθιστούν πολλές φορές τα κτίρια αυτά ενεργοβόρα. Για το λόγο αυτό υπάρχει η ανάγκη για εύστοχες επεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης και ενσωμάτωσης συστημάτων με σεβασμό στα ιδιαίτερα δομικά, μορφολογικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά της κάθε περίπτωσης. Πρέπει δηλαδή να αξιολογούνται οι θερμικές ιδιότητες των μελών του κτιρίου, η γεωμετρία, ο προσανατολισμός και όλα τα στοιχεία του κελύφους για να εξασφαλιστεί η βελτίωση της ενεργειακής τους συμπεριφοράς. Οι ενεργειακές αναβαθμίσεις των ιστορικών και παραδοσιακών κτιρίων πρέπει να στοχεύουν στην διατήρηση των ποιοτήτων τους καθώς και στις αρχιτεκτονικές και πολιτιστικές αξίες και να παρέχουν την δυνατότητα εύκολης προσαρμογής σε μελλοντικές αλλαγές χρήσης και ενεργειακών απαιτήσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alexandrou-Charonis, E. (1997) *The revitalization of the traditional settlements in Pelion, Greece. Strategies for economic and tourism development in the context of preservation of the natural and human environment* University of California Los Angeles. Thesis project
2. I. Atsonios. I. Mandilaras, D. Kolaitis, E. Tsakanika-Theohari, E. Alexandrou*, M. Founti* (2013). Large Scale measurement campaign to assess the thermal behavior of an 18th century historic building in Athens. *3rd European Workshop on Cultural Heritage Preservation, EWCHP 2013, 135-142,* EURAC Research, European Academy of Bozen/Bolzano
3. Günay, R. (1998). *Tradition of the Turkish Hayat Building* Istanbul:T.C. Ziraat Bankasi, MTR

4. Κίζης, Ι. (1994). *Πηλιορείτικη Οικοδομία*. Αθήνα: Πολιτιστικό Τεχνολογικό Ίδρυμα ΕΤΒΑ
5. Korumaz, M., Canan, F., Gulec, S.A. (2006). Evaluation of the energy efficiency of Gaziantep Traditional Buildings. In: *Plea 2006 23rd Conference on Passive and low Energy Architecture,* Geneva, Switzerland September
6. Oikonomou, A. (2008), Bioclimatic elements and design principles of the traditional architecture in northern Greece. In: *Plea, 25th Conference on passive and low Energy Architecture,* Dublin, Ireland
7. Rapoport, A. (2010) *Ανώνυμη Αρχιτεκτονική και πολιτιστικοί παράγοντες*. Αθήνα: Εκδοτικός οίκος ΜΕΛΙΣΣΑ
8. Tsakanika-Theohari E. and Mouzakis H. (2010). "A post-Byzantine mansion in Athens. The restoration project of the timber structural elements". In: *Proceedings of the World Conference on Timber Engineering*, Trento, Italy
9. Weber, W. Yannas, S. (2014) *Lessons from Vernacular Architecture.* London: Routledge

ΕΛΕΝΗ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ

Αρχιτέκτων Μηχανικός, ΕΜΠ (1991). March II, Graduate School of Architecture and Urban Design, University of California, Los Angeles, UCLA (1997), με κατεύθυνση στην Αρχιτεκτονική Τεχνολογία, σε θέματα βιοκλιματικού σχεδιασμού και αειφόρου ανάπτυξης. Κατά τη διάρκεια των σπουδών της στο UCLA συμμετείχε σε ερευνητικό πρόγραμμα που αφορούσε την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση, τον βιώσιμο και βιοκλιματικό σχεδιασμό. Επίκουρη Καθηγήτρια στη Σχολή Αρχιτεκτόνων Τομέας IV - Συνθέσεων Τεχνολογικής Αιχμής - Περιοχή Οικοδομικής. Συμμετέχει σε όλο σχεδόν το φάσμα διδασκαλίας των μαθημάτων της περιοχής. Γνωστικά αντικείμενα / ερευνητικά ενδιαφέροντα:

- Διερεύνηση και εφαρμογή αρχών βιωσιμότητας στο σχεδιασμό συμβατικών και εξελιγμένων κατασκευών
- Συστήματα βιοκλιματικού σχεδιασμού
- Μελέτη των Παραδοσιακών δομικών συστημάτων – Ενεργειακή συμπεριφορά ιστορικών κτιρίων
- Αρχιτεκτονική Τεχνολογία – Γενική Οικοδομική

Συμμετοχή σε ερευνητικά προγράμματα του ΕΜΠ. Διατηρεί γραφείο αρχιτεκτονικών μελετών από το 1998 και έχει συνεργαστεί με τα αρχιτεκτονικά έργα, των Κυριάκου Κρόκου και Νίκου Βαλσαμάκη. Μέλος του ISCES, ICOMOS

Διεύθυνση: Πάρνηθος 24 15123, Αθήνα, Τηλέφωνα: 2107723908, 6944643886
email: ealexandrou@arch.ntua.gr