

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



Πτυχιακή εργασία

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ
ΣΤΟΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΚΟΥΡΙΟΥ

Ιωάννα Παναγιώτου

Λεμεσός 2016

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή εργασία

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ
ΣΤΟΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΚΟΥΡΙΟΥ

Ιωάννα Παναγιώτου

Σύμβουλοι καθηγητές
Δρ. Διόφαντος Γλ. Χατζημιτσής
Δρ. Άθως Αγαπίου

Λεμεσός 2016

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Ιωάννα Παναγιώτου, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Πρώτα από όλα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή Διόφαντο Χατζημιτσή για την ευκαιρία που παρείχε να ασχοληθώ με το θέμα του δύσκολου αυτού εγχειρήματος, καθώς και για την καθοδήγηση του σε όλο το διάστημα εκπόνησης της εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Δρ. Άθω Αγαπίου, για την πολύτιμη βοήθεια που μου πρόσφερε αλλά και για τις κατευθυντήριες συμβουλές καθ' όλη τη διάρκεια συγγραφής της πτυχιακής εργασίας μου. Έπειτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Ρένο Βότση για την πολύτιμη βοήθεια του με την θερμοκάμερα. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένεια μου για την υποστήριξη τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και για την δυνατότητα που μου χάρισαν να σπουδάσω αυτό που πάντα ήθελα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη διερευνάται η θερμοκρασία των μνημείων και άλλων επιφανειών στην περιοχή του αρχαίου Κουρίου. Οι κλιματικές αλλαγές προκαλούν αρκετά προβλήματα στην διαφύλαξη της πολιτιστικής κληρονομιάς λόγω της βροχόπτωσης, της σχετικής υγρασίας, της μέσης σχετικής υγρασίας, των παραμέτρων ανέμου, των παραμέτρων ρύπανσης όπως το διοξείδιο του θείου (SO₂), το νιτρικό οξύ αλλά και από το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Αρχικά αναφέρονται οι μηχανισμοί φθοράς που προκαλούν προβλήματα στην πολιτιστική κληρονομιά και μετέπειτα αναλύεται ο περιβάλλον χώρος των μνημείων. Στη συνέχεια περιγράφονται οι εφαρμογές μέτρησης της θερμοκρασίας των μνημείων, ηλεκτρονικών μεθόδων και μη. Ακολουθεί η ανάλυση των στοιχείων που έχουν συλλεχθεί από τις μετρήσεις, με τη βοήθεια της χρήσης αισθητήρων και των κλιματολογικών δεδομένων για τον περιβάλλον χώρο. Στην ανάλυση περιέχεται η μεθοδολογία που έχει χρησιμοποιηθεί για την συλλογή των στοιχείων, η περιγραφή των υλικών των σημείων μέτρησης και των καιρικών συνθηκών. Τέλος, εξάγονται τα συμπεράσματα από τα γραφήματα σχετικά με το θέμα.

Όλες οι μετρήσεις της έρευνας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επίλυση πιθανών προβλημάτων που τυχόν να παρουσιαστούν στο μέλλον και την καλύτερη διαφύλαξη της πολιτιστικής κληρονομιάς.

Λέξεις κλειδιά: [κλιματικές αλλαγές, θερμοκρασία μνημείων, αρχαιολογικός χώρος Κουρίου, αισθητήρες, διαφύλαξη μνημείων]

ABSTRACT

The present study investigated the temperature of monuments and other surfaces in the area of ancient Curium. Climatic changes may cause several problems in the preservation of cultural heritage due to rainfall, relative humidity and mean relative humidity, wind parameters, pollution factors such as sulphur dioxide (SO₂), nitric acid and the greenhouse effect.

The study below shows a review of measurement applications of the monuments temperature with electronic and traditional methods. Then an analysis of data is done with the use of sensors and climatic data from the surrounding area. The analysis contains the methodology that has been used to collect the data and also description of materials and weather conditions of the surrounding environment. In addition a final conclusion is derived from the graphic analysis of the subject.

All measurements can be used to resolve problems in the future and can be the best preservation of cultural heritage.

Keywords: [climate changes, temperature monuments, archaeological site of Curium, sensors, preservation of monuments]

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	iv
ABSTRACT	v
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	vi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	x
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xi
ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ.....	xii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	2
1.1 Περιβάλλον και θερμοκρασία μνημείων.....	2
1.2 Επίδραση του νερού και των αλάτων.....	3
1.2.1 Ο ρόλος του νερού.....	3
1.2.2 Κρυστάλλωση αλάτων	3
1.3 Παράγοντες και συνέπειες της υγρασίας μνημείων	4
1.3.1 Εξωτερικοί παράγοντες υγρασίας	5
1.3.2 Εσωτερικοί παράγοντες υγρασίας.....	6
1.4 Θερμοκρασιακές μεταβολές μνημείων.....	8
1.4.1 Χειμώνας	9
1.4.2 Καλοκαίρι.....	9
1.4.3 Ατμοσφαιρική ρύπανση και υγρασία στα μνημεία	10
1.4.4 Ρυπαντής.....	10
1.4.5 Γενικές κατηγορίες συχνότερα συναντόμενων μορφών επιφανειακής φθοράς λόγω ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και σχετικών υγρασιών	11

2	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	12
2.1	Εφαρμογές για προστασία μνημείων.....	12
2.1.1	Ενεργητικά και Παθητικά Συστήματα	12
2.2	Τρόποι μέτρησης θερμοκρασίας	13
2.2.1	Μη ηλεκτρικές μέθοδοι	14
2.2.2	Μικροκύματα.....	16
2.2.3	Υπέρυθρη ακτινοβολία.....	17
2.2.4	Ηλεκτρονικές μέθοδοι	17
3	Περιοχή Μελέτης Και Μεθοδολογία	21
3.1	Κλιματική κατάσταση της Κύπρου	21
3.1.1	Βροχόπτωση	22
3.1.2	Θερμοκρασία αέρα	22
3.1.3	Θερμοκρασία Εδάφους.....	22
3.1.4	Σχετική υγρασία Αέρα.....	23
3.1.5	Άνεμοι και Ηλιοφάνεια	23
3.2	Κλιματική διάσταση αρχαίου θεάτρου Κουρίου.....	23
3.2.1	Η αρχαία πόλη του Κουρίου.....	23
3.3	Σκοπός	25
3.4	Μέθοδος	26
3.5	Εξοπλισμός.....	27
3.5.1	Θερμοκάμερα	27
3.5.2	Θερμόμετρο	28
3.6	Δομικά υλικά σημείων.....	29
3.7	Διαγράμματα μετρήσεων.....	33
4	Αποτελέσματα/Συμπεράσματα	36

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	47
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	53

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ποσότητες υγρασίας	6
Πίνακας 2: Το κλίμα στην Λεμεσό.....	37

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1:Υγρομετρικός ή ψυχομετρικός χάρτης (Λαμπρόπουλος 2003)	7
Διάγραμμα 2: Ποσότητα νερού (Λαμπρόπουλος 2003).....	8
Διάγραμμα 3: Θερμοκρασία χώρου κατά τη περίοδο μετρήσεων.....	34
Διάγραμμα 4: Άνεμος κατά τη περίοδο μετρήσεων	34
Διάγραμμα 5: Σχετική υγρασία κατά τη περίοδο μετρήσεων	35
Διάγραμμα 6: Αποτελέσματα μετρήσεων	35
Διάγραμμα 7: Διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής ξύλινης σανίδας και ξύλινη σανίδα θεάτρου.....	38
Διάγραμμα 8: Διαφορά μέσου όρου θερμοκρασίας ψηφιδωτών μνημείων	39
Διάγραμμα 9: Διαφορά μέσου όρου θερμοκρασίας σκηνών του αρχαίου θεάτρου.....	41
Διάγραμμα 10: Θερμοκρασιακή διαφορά μνημείων	41
Διάγραμμα 11: Η τυπική απόκλιση των σημείων μετρήσεων	43
Διάγραμμα 12: Η Διακύμανση των σημείων μετρήσεων.....	43
Διάγραμμα 13: Μέτρηση στο σημείο του πλακόστρωτου στο διάδρομο	53
Διάγραμμα 14: Μέτρηση στο σημείο ξύλινης σανίδας εκτός στεγάστρου	54
Διάγραμμα 15: Μέτρηση στο σημείο ξύλινης σανίδας εντός στεγάστρου	54
Διάγραμμα 16: Μέτρηση στο σημείο των δοκίδων.....	55
Διάγραμμα 17: Μέτρηση στο σημείο του ψηφιδωτού Κτίσις.....	55
Διάγραμμα 18: Μέτρηση στα σημεία των ψηφιδωτών καλυμμένα με χρώμα.....	56
Διάγραμμα 19: Μέτρηση στο σημείο του κέντρου του θεάτρου	56
Διάγραμμα 20: Μέτρηση στο σημείο του κέντρου της σκηνής	57
Διάγραμμα 21: Μέτρηση στο σημείο χωμάτινου χώρου στάθμευσης.....	57
Διάγραμμα 22: Μέτρηση στο σημείο πλακόστρωτου χώρου στάθμευσης.....	58

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΤΕΠΑΚ.:	Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
FPA	Focal Plane Array
IRSR	IR Scanning Radiometer
SEM	Scanning electron microscope

ΑΠΟΔΟΣΗ ΟΡΩΝ

Laser	Λείζερ
Thermal imaging	Θερμική απεικόνιση
Air-conditioning	Κλιματισμός

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια οι κλιματικές αλλαγές είναι γεγονός και οι επιπτώσεις ποικίλλουν λόγω των φυσικών συνθηκών αποτελώντας κίνδυνο για την διαφύλαξη της πολιτιστικής κληρονομιάς κυρίως στο εξωτερικό περιβάλλον. Οι επιπτώσεις μπορεί να προέρχονται από ποσοστά βροχόπτωσης, σχετικής υγρασίας, μέσης σχετικής υγρασίας, των παραμέτρων ανέμου, των παραμέτρων ρύπανσης όπως το διοξείδιο του θείου (SO₂), το νιτρικό οξύ, το όζον και ακόμη από τον περιβάλλοντα χώρο. Η γη είναι περικυκλωμένη από ένα στρώμα αόρατων αερίων που κρατάνε τη θερμότητα της ακτινοβολίας του ήλιου κοντά στον πλανήτη, το φαινόμενο που συμβάλει άμεσα όμως είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Sabbioni 2008).

Οι μετρήσεις που συλλέγονται από την αξιολόγηση των κλιματικών αλλαγών κατά διαστήματα χρησιμοποιούνται για την επίλυση προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν στο μέλλον. Υπάρχουν πλέον απομακρυσμένες τεχνολογίες ανίχνευσης της θερμοκρασίας και άλλα χρήσιμα εργαλεία που αναπτύσσονται διαρκώς για την επί τόπου διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς. Όλες οι πληροφορίες που συλλέγονται από τα εργαλεία προέρχονται από τα υλικά που είναι φτιαγμένα ή και έχουν αποκατασταθεί τα μνημεία. Η φυσική πέτρα, το ξύλο, τα χαλίκια και οι τεχνητοί λίθοι παρουσιάζουν διαφορετικούς μηχανισμούς φθοράς και αυτό είναι μια συνέπεια των διαφορετικών κλιματικών παραγόντων. Οι μηχανισμοί φθοράς συνήθως που παρουσιάζονται στην πολιτιστική κληρονομιά είναι η χημική αλλοίωση, ο θερμός και ψυχρός αέρας, οι κύκλοι ψύξης-τήξης στο λίθο και το ξύλο, η κρυστάλλωση των αλάτων και η απομείωση της επιφάνειας.

Βασικά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν κατά την συλλογή των δεδομένων από τις μετρήσεις είναι η ακρίβεια των οργάνων, των μετρήσεων και των στατιστικών μεγεθών. Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν τις τυπικές αποκλίσεις για εποχικές και ημερήσιες διακυμάνσεις, έτσι ώστε να γίνεται απόκλιση των μεμονωμένων περιπτώσεων για μεγαλύτερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Η προσπάθεια επίλυσης των επιπτώσεων που προκύπτουν από τις κλιματικές αλλαγές μπορεί να βοηθήσουν στην μείωση των προβλημάτων και κυρίως στη ορθότερη και αποτελεσματικότερη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς (Μελάς και Ασωνίτης 2000).

1 Θεωρητικό Υπόβαθρο

1.1 Περιβάλλον και θερμοκρασία μνημείων

Τα αρχαιολογικά μνημεία του Κουρίου αποτελούνται από συγκεκριμένα δομικά υλικά, ανόργανα και οργανικά, τα οποία βρίσκονται εκτεθειμένα στους διάφορους παράγοντες πρόκλησης φθορών του περιβάλλοντος. Για τη συντήρηση και την αποκατάστασή τους, απαιτείται η καταγραφή και επεξεργασία των περιβαλλοντικών παραγόντων.

Βασικοί παράγοντες διάβρωσης που φθείρουν και αλλοιώνουν τα μνημεία είναι τα υψηλά ποσοστά υγρασίας, οι βροχοπτώσεις, ο παγετός, οι άνεμοι, η άμεση ηλιακή έκθεση, οι έντονες διακυμάνσεις θερμοκρασίας και υγρασίας αλλά και η ανάπτυξη της έντονης βιολογικής προσβολής λόγω της διάβρωσης, όπου οι φυτικοί και οι ζωικοί οργανισμοί τρέφονται με το ξύλο, αλλοιώνοντας και καταστρέφοντας το.

Το νερό κυρίως αποτελεί μια σημαντική αιτία φθοράς των μνημείων. Μπορεί να εισχωρήσει εύκολα μέσα στις ρωγμές των πορωδών υλικών προκαλώντας έτσι το φαινόμενο της τριχοειδούς αναρρίχησης και τη δημιουργία αλάτων.

Όπως και ο χώρος της αρχαίας πόλης του Κουρίου βρίσκεται κοντά στην θάλασσα, συνεπώς διακρίνονται πιο υψηλά ποσοστά ατμοσφαιρικής υγρασίας. Επίσης τα υψηλότερα ποσοστά βροχής όπου τα μνημεία απορροφούν κάνουν το φαινόμενο κρυστάλλωσης των αλάτων στα μνημεία ακόμη πιο έντονο. Στα δομικά υλικά αυτά των μνημείων όπως στα πετρώματα ασκείται πίεση και προκαλείται θραύση αυτών. Κάποια άλλα φαινόμενα που μπορεί να προκύψουν είναι του παγετού, της θιξοτροπίας και της ιονοεναλλακτικής εξαλλοίωσης, το φαινόμενο παγετού δεν έχει ξανασυμβεί στην περιοχή του Κουρίου λόγω της κοντινής απόστασης από την θάλασσα (Υπηρεσία Ενέργειας 2010b).

Ο συνδυασμός υψηλών τιμών υγρασίας και υψηλών τιμών της θερμοκρασίας, προκαλούν ανάπτυξη μικροοργανισμών σε ποσοστό άνω των 70% ενώ η πτώση της θερμοκρασίας προκαλεί ακόμη μεγαλύτερες φθορές στις πέτρες όπως συρρίκνωση και καταστροφή .

1.2 Επίδραση του νερού και των αλάτων

1.2.1 Ο ρόλος του νερού

Το νερό στην περιοχή των μνημείων προέρχεται από τις πηγές υγρασίας. Μπορεί δηλαδή να κάνει την εμφάνιση του μέσα από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, με τη συμπύκνωση της ατμοσφαιρικής υγρασίας, με την τριχοειδή αναρρίχηση του εδαφικού νερού, με την απευθείας μεταφορά σταγονιδίων από τη θάλασσα, από τη χρήση νερού κατά τη διαδικασία καθαρισμού και από τις διαρροές των δικτύων αποχέτευσης και παροχέτευσης.

Το νερό ελέγχει τη μεταφορά, κρυστάλλωση, ανακρυστάλλωση και ενυδάτωση των αλάτων στα δομικά υλικά ενώ παράλληλα ευθύνεται για την ανάπτυξη ισχυρών οσμωτικών πιέσεων όταν υπάρχουν οι κατάλληλες προϋποθέσεις.

Οι αέριοι ρύποι μεταφέρονται στο νερό με τη βροχή ή με συμπύκνωση για να σχηματίσουν όξινα διαλύματα ιδιαίτερα επικίνδυνα για τις πέτρες ανθρακικής σύστασης. Πολλές αντιδράσεις στην επιφάνεια και στο εσωτερικό της πέτρας μπορούν να λάβουν χώρα μόνο με την παρουσία νερού. Οι δράσεις αυτές είναι κρίσιμες για τη διάβρωση των αργιλο-πυριτικών πετρωμάτων.

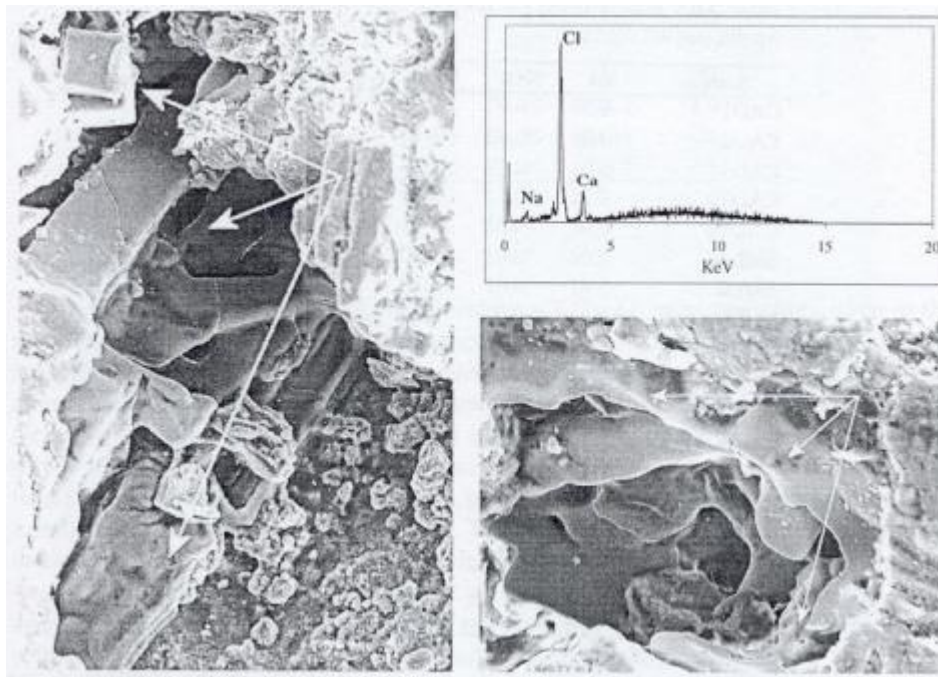
Μια μεγάλη κατηγορία διαβρωτικών φαινομένων ερμηνεύεται μέσω των κυκλικών μεταβολών της ατμοσφαιρικής υγρασίας, ιδιαίτερα παρουσία διαλυτών αλάτων. Επίσης η θιξοτροπία και η διόγκωση του πλέγματος ορισμένων αργίλων είναι φαινόμενα που σχετίζονται με τις αλλαγές της ατμοσφαιρικής υγρασίας.

Το νερό προκαλεί μηχανική φθορά όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από 0°C, είναι δηλαδή ένα φαινόμενο αρκετά περίπλοκο και ιδιαίτερα σοβαρό όταν αυξάνεται η συχνότητα των κύκλων του. Φθορά μπορεί να προκληθεί επίσης και από ισχυρές καταιγίδες και χαλαζοπτώσεις. Το σύνολο σχεδόν των βιολογικών δράσεων συμβαίνει μόνο στην παρουσία υγρασίας.

1.2.2 Κρυστάλλωση αλάτων

Ο κυριότερος και πιθανά ο σημαντικότερος παράγοντας φθοράς για τα πορώδη υλικά είναι η κρυστάλλωση αλάτων. Επιδρά σε όλα τα πορώδη υλικά ανεξάρτητα από την χημική τους σύσταση και ενισχύει τους υπόλοιπους παράγοντες φθοράς. Συμβαίνει λόγω δημιουργίας υπέρκορων διαλυμάτων και καθίζησης αλάτων στο εσωτερικό της πέτρας κατά τη φάση της ξήρανσης.

Η πίεση κρυστάλλωσης που αναπτύσσεται, είναι πιθανό να οδηγήσει σε ρήξη των τοιχωμάτων πόρων όταν είναι μεγαλύτερη από τη θλιπτική αντοχή της πέτρας (Σκουλικίδη 1995; Μοροπούλου 1998).



Σχήμα 1: Μικρογραφία SEM που παρουσιάζει το εσωτερικό πόρων λίθου. Το διάγραμμα άνω-δεξιά δείχνει το φάσμα ακτίνων X που καταγράφεται στο εσωτερικό του πόρου στα αριστερά. Είναι φανερή η ύπαρξη NaCl (χλωριούχο νάτριο) (Μοροπούλου 2013).

1.3 Παράγοντες και συνέπειες της υγρασίας μνημείων

Οι αιτίες φθοράς προέρχονται από κακοτεχνίες, διαλυτά άλατα, παγετό, υπέρβαση ορίου αντοχής θλίψης, φωτιά αλλά οι συχνότερες είναι εκείνες της υγρασίας για το λόγο ότι επιφέρουν την αλλοίωση και καταστροφή των μνημείων.

Τα επίπεδα μελέτης της φθοράς μπορούμε να τα διακρίνουμε από τη μακροκλίμακα και τη μικροκλίμακα. Η μακροκλίμακα αναφέρεται στο είδος και την μορφολογία της διάβρωσης, ενώ η μικροκλίμακα αναφέρεται στην κινητική του φαινομένου (ταχύτητα διάβρωσης) και στην θερμοδυναμική του φαινομένου (πιθανότητα διάβρωσης).

Η εξέλιξη του φαινομένου της φθοράς σε βάθος, η όξινη ανθρακική κρούστα δηλαδή η μετατροπή του ανθρακικού ασβεστίου, CaCO_3 , σε όξινο ανθρακικό ασβέστιο, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, το οποίο στην συνέχεια με την εξάτμιση του νερού μετατρέπεται σε ανακρυσταλλωμένο ανθρακικό ασβέστιο. Το στρώμα αυτό, θεωρείται ότι δεν έχει καλή συνοχή με το υποκείμενο ανθρακικό ασβέστιο (της κύριας μάζας της πέτρας) και οδηγεί σε χαλάρωση της κρούστας, που σε συνέργια με βιολογική δραστηριότητα, και την χαλάρωση των αρμών μπορεί να προκαλέσει τοπικές καταρρεύσεις (Μοροπούλου 1998).

Η κρυστάλλωση αλάτων αναφέρεται στη μηχανική φθορά των πορωδών λίθων και δομικών υλικών, μέσω της ανάπτυξης μηχανικών τάσεων στο εσωτερικό των υλικών (πόρους) από κρυστάλλους αλάτων και διάρρηξη της συνέχειας του υλικού όταν οι τάσεις ξεπεράσουν την αντοχή του όπως αναφέρθηκε πιο πάνω. Οι κύριες πηγές αλάτων είναι η τριχοειδής αναρρίχηση (από το έδαφος), τα γειτονικά υλικά όπως το τσιμέντο, και συχνά το ίδιο το συνδετικό κονίαμα. Αν η εξάτμιση λάβει χώρα στο εσωτερικό της μάζας του υλικού, ο τύπος αυτός της φθοράς εμφανίζεται μακροσκοπικά με την μορφή της κυψέλωσης, δηλαδή την αποκόλληση τμήματος του διερρηγμένου υλικού (Θεοδορίδης 2006; Μοροπούλου 1998).

Κατά την παρουσία ενός λεπτού στρώματος νερού στην επιφάνεια των λίθων, το οποίο μπορεί να προέρχεται είτε από υδρατμούς λόγω υψηλής υγρασίας είτε από το νερό της βροχής, είναι η βασική συνθήκη για την έναρξη των διαδικασιών διάβρωσης. Ο χρόνος παραμονής της υγρασίας στην επιφάνεια του μνημείου είναι ακόμα ένας κρίσιμος παράγοντας διάβρωσης, αφού η διάβρωση ενεργοποιείται κυρίως όταν η επιφάνεια των πετρωμάτων είναι υγρή (Σκουλικίδη 1995; Μοροπούλου 1998).

1.3.1 Εξωτερικοί παράγοντες υγρασίας

Οι βροχοπτώσεις. Η δράση της βροχής διεισδύει στο εσωτερικό ενός μνημείου ή μουσείου από το κενά στην τοιχοδομή και την αυξημένη συμπύκνωση των υδρατμών που περιέχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Για την απορρόφηση του νερού της βροχής από ένα υλικό υπάρχει ο εμπειρικός τύπος:

$$M = B \cdot \sqrt{t} - \frac{B^2}{4 \cdot i}$$

Όπου: M: ποσότητα απορροφούμενου νερού ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$).

B: συντελεστής απορρόφησης του υλικού ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1/2}$).

i: ένταση βροχής ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$).

t: διάρκεια βροχής (sec).

Κάποιες φορές το νερό της βροχής παρασύρει και διαλύει τα προϊόντα διάβρωσης και αποσύρει τα προϊόντα από τις επιφάνειες των μνημείων. Δεύτερος εξωτερικός παράγοντας είναι η εξάτμιση του νερού επάνω στα υλικά, που το νερό μπορεί να είναι τρεχούμενο ή στάσιμο, με αποτέλεσμα η αύξηση ή η μείωση της θερμοκρασίας του υλικού. Τρίτος παράγοντας, η εξάτμιση της υγρασίας της βλάστησης και οι πηγές υγρασίας από τα δομικά στοιχεία (Λαμπρόπουλος 2003).

1.3.2 Εσωτερικοί παράγοντες υγρασίας

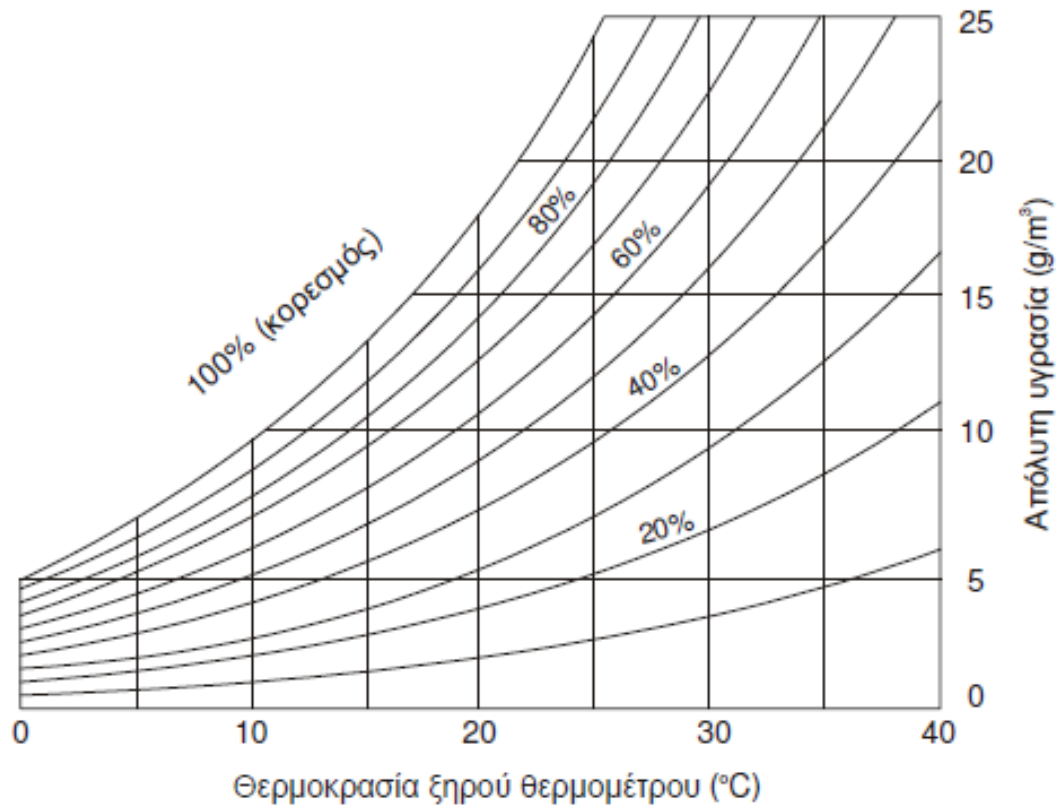
Σημειώνουμε επίσης ότι το πλύσιμο των δαπέδων στους χώρους ενός μουσείου, η αναπνοή και η εφίδρωση των επισκεπτών μπορεί να προκαλέσει αναστρέψιμες ζημιές. Επιπρόσθετα η συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας ενός μνημείου παράγει υγρασία. Ένα κυβικό μέτρο (m³) αέρα μπορεί να περιέχει σε κατάσταση κορεσμού περίπου την εξής ποσότητα υγρασίας (g):

Πίνακας 1: Ποσότητες υγρασίας

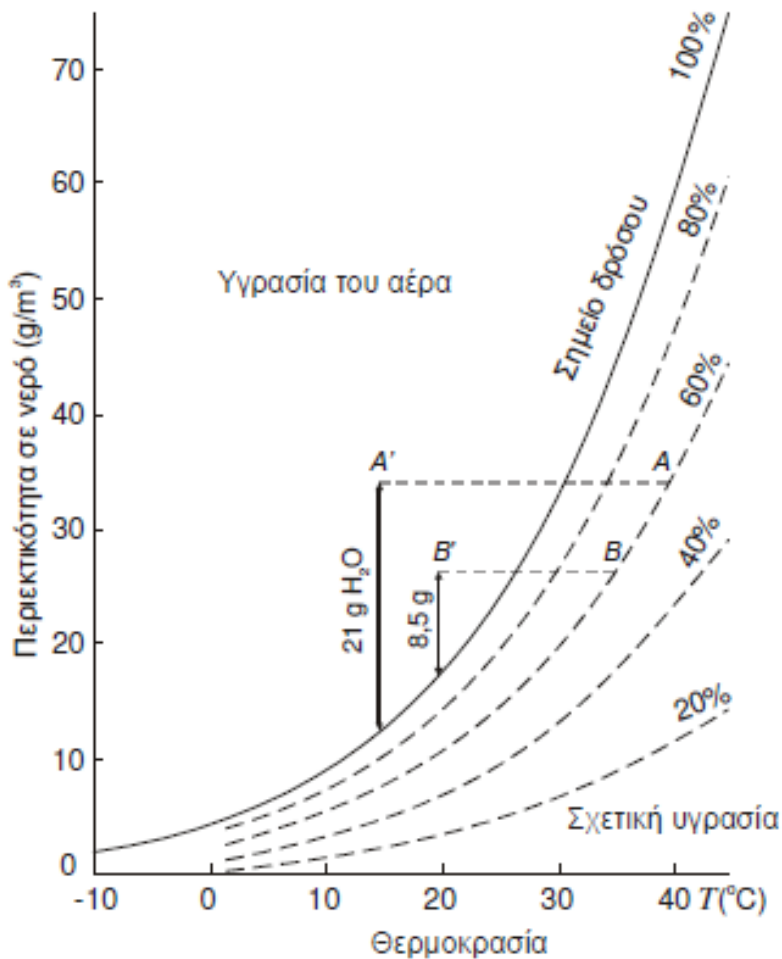
Θερμοκρασία (°C)	Ανώτατο όριο υδρατμών (g)
0	4,85
5	6,85
10	9,32
15	10,29
20	17,11
25	20,37
30	30,03
35	40,06
40	50,80

Πηγή: Διαχείριση κινδύνων και προληπτική συντήρηση συλλογών και μνημείων (Βασίλειος και Λαμπρόπουλος 2003)

Το πιο κάτω διάγραμμα με το οποίο υπολογίζεται η ποσότητα νερού που ελευθερώνεται κατά την ψύξη μιας ποσότητας αέρα, υπό σταθερή περιεκτικότητα σχετικής υγρασίας.



Διάγραμμα 1: Ψυχομετρικός ή ψυχομετρικός χάρτης (Λαμπρόπουλος 2003)



Διάγραμμα 2: Ποσότητα νερού (Λαμπρόπουλος 2003)

1.4 Θερμοκρασιακές μεταβολές μνημείων

Οι θερμοκρασιακές μεταβολές δηλαδή οι συνεχείς αυξομειώσεις τις θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια μίας ολόκληρης μέρας, προκαλούν στα δομικά υλικά των μνημείων κυρίως στις εκτεθειμένες πέτρες διαστολές κατά την ημέρα και συστολές κατά τη νύχτα. Το αποτέλεσμα των πετρωμάτων που είναι κακοί αγωγοί είναι ότι το εξωτερικό των υλικών θερμαίνεται περισσότερο από το εσωτερικό τους έτσι αρχικά να προκαλούνται ξεφλουδίσματα και στην συνέχεια θραύση και αποδυνάμωση των υλικών.

Σημαντικό ρόλο στο φαινόμενο αυτό έχει η ταχύτητα και η συχνότητα των θερμοκρασιακών μεταβολών. Τα δομικά υλικά των μνημείων, με διαφορετικούς βαθμούς θερμικής αγωγιμότητας συμπεριφέρονται διαφορετικά. Οι συχνές και οι ξαφνικές απότομες αλλαγές

προκαλούν ρωγμές, απολεπίσεις και αποκολλήσεις στην επιφάνεια τους, αυτές οι απότομες αλλαγές μπορεί να προκληθούν από μία καταιγίδα, από το συνδυασμό θερμοκρασιών με την υγρασία κ.α. (Σκαπέτη 2004).

1.4.1 Χειμώνας

Ο χώρος που βρίσκονται τα μνημεία του αρχαιολογικού χώρου είναι εκτεθειμένα σε αντίξοες καιρικές συνθήκες, ο ήλιος δημιουργεί ένα μικροκλίμα που διαμορφώνει τη θερμοκρασία που περικυκλώνει τα μνημεία. Αυτό όμως εξαρτάται από τη συχνότητα και την ένταση που δέχεται από την ηλιακή ακτινοβολία, τους ανέμους, τις βροχές και τα χιόνια.

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι η εξασφάλιση της ιδιωτικότητας τους και των ενεργειακών οφελών και αυτό είναι ένας από τους λόγους που έχτισαν τις οικίες τους προς τη νότια πλευρά του βουνού. Το κύριο προτέρημα τους ήταν η χρήση των κατάλληλων δομικών υλικών (π.χ. πλίνθος, πέτρες) όπου δεν γινόταν έντονη η μεταφορά θερμότητας.

Η βλάστηση (δέντρα) ήταν για αυτούς οι προσκρουστήρες στους ψυχρούς ανέμους, ελαττώνοντας τη ταχύτητα τους και κατ' επέκταση τις ενεργειακές απώλειες.

1.4.2 Καλοκαίρι

Οι πολλαπλές θερμοκρασιακές λειτουργίες του ηλιακού και της αυλής ποικίλουν ανάλογα με τη διαμόρφωση τους, τα υλικά κατασκευής τους σε συνδυασμό με τη μορφολογία της περιοχής που το περικυκλώνει και μπορεί έτσι να μετριάξει τις διάφορες θερμοκρασιακές συνιστώσες.

Το ξηρό κλίμα και έδαφος της Κύπρου, η εξάτμιση για την ύγρανση του αέρα είναι απαραίτητα στοιχεία άνεσης. Οι επιφάνειες που εκτίθενται σε καθαρό ουρανό, μειώνεται η θερμοκρασία τους λόγω της εκπομπής ακτινοβολίας ή της επαφής με τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Το καλοκαίρι η διαμόρφωση του χώρου αποτελεί ιδιαίτερη σημασία εξαιτίας της ακτινοβολίας που εκπέμπεται πίσω στον καθαρό ουρανό και κατά συνέπεια των μεγάλων θερμοκρασιακών διακυμάνσεων μεταξύ της ημέρας και νύχτας (π.χ. από 25° C→15° C). Πιο αναλυτικά απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια της ημέρας και την εκπέμπουν πίσω κατά τη διάρκεια του δροσερού νυχτερινού περιβάλλοντα αέρα.

1.4.3 Ατμοσφαιρική ρύπανση και υγρασία στα μνημεία

Η ατμοσφαιρική ρύπανση συντελεί στην καταστροφή των υλικών με διάφορους τρόπους όπως με διάβρωση λόγω τριβής, με ακαθαρσία (στερεά σωματίδια, ιδίως καπνός) που επικάθεται στα υλικά, μειώνοντας το αισθητικό κάλλος μνημείων και κτιρίων, καθώς και με διάβρωση από όξινες ουσίες και άλλα οξειδωτικά. Η όξινη απόθεση διαβρώνει τα οικοδομήματα σε πολλές πόλεις στον κόσμο, για παράδειγμα η περιοχή μελέτης μας στην Κύπρο αλλά και Αθήνα και τη Ρώμη όπου η οξύτητα των βροχοπτώσεων έχει αρχίσει να παραμορφώνει ανεκτίμητα εξωτερικά μνημεία.

Το βασικό υλικό των μνημείων μας στην περιοχή Κουρίου είναι τα δομικά υλικά και το μάρμαρο. Τα οποία είναι εκτεθειμένα σε υψηλές συγκεντρώσεις θερμοκρασιών. Οι επιφάνειες τους έχουν λερωθεί και είναι εκτεθειμένα και στις χημικές δράσεις των όξινων αποθέσεων. Το διοξείδιο του άνθρακα του θείου και η υγρασία αντιδρούν με το ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) και σχηματίζουν θειικό ασβέστιο (CaSO_4) και γύψο ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) τα οποία είναι διαλυτά στο νερό, με αποτέλεσμα να προκαλείται φθορά τόσο στα δομικά υλικά όσο και στο κονίαμα που τα συνδέει (Μελάς κ.α. 2000).

1.4.4 Ρυπαντής

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας είναι ένα φαινόμενο που αναπτύσσεται στην παρουσία μη φυσιολογικών προσμίξεων δηλαδή ουσιών που δεν υπήρχαν στη φύση σε καθαρή κατάσταση και προστέθηκαν από ανθρώπινες δραστηριότητες ή και το αντίθετο.

Ρυπαντής είναι οποιαδήποτε ουσία υπερβαίνει μια οριακή συγκέντρωση στο περιβάλλον και ρυπαίνει την ατμόσφαιρα, το έδαφος ή/και τη θάλασσα. Η φθορά που οφείλεται στην ρύπανση της ατμόσφαιρας είναι αποτέλεσμα συνεργατικής δράσης των ρυπαντών και συχνά είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι επιμέρους επιδράσεις.

Οι αέριοι ρυπαντές και τα αερολύματα, μεταφέρονται στις επιφάνειες των υλικών με τους πιο κάτω μηχανισμούς:

1. Ξηρή απόθεση λόγω βαρύτητας.
2. Ξηρή απόθεση από ατμοσφαιρικές κινήσεις
3. Υγρή απομάκρυνση με βροχή
4. Υγρή απομάκρυνση με σταγόνες νεφών

(Μελάς κ.α. 2000).

1.4.5 Γενικές κατηγορίες συχνότερα συναντόμενων μορφών επιφανειακής φθοράς λόγω ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και σχετικών υγρασιών

Ρωγμές το συνηθέστερο πρόβλημα φθοράς που οφείλονται σε αστοχίες υλικού κατά την τοποθέτηση, σε σεισμικές καταπονήσεις, σε θερμοκρασιακές μεταβολές, παγετό ή εξωτερικά μηχανικά αίτια.

Περικρυσταλλικές ρηγματώσεις οφείλονται σε κόπωση του λίθου λόγω συνεχών κύκλων συστολο-διαστολών. Οι ρηγματώσεις επιδεινώνονται από την όξινη προσβολή αέριων ρυπαντών.

Ζαχαροειδής φθορά εμφανίζεται κυρίως στα μάρμαρα. Οφείλεται σε διακρυσταλλική αποσάθρωση που οδηγεί στην εκλεκτική αποκόλληση κόκκων μεταβάλλοντας την υφή της επιφάνειας με αποτέλεσμα αυτή να προσομοιάζει κόκκους ζάχαρης.

Αποπλυμένες επιφάνειες είναι αποτέλεσμα διαδοχικής έκπλυσης/διάλυσης του ασβεστίτη από την όξινη βροχή γεγονός που συνεπάγεται απώλεια αυθεντικού υλικού. Συνηθής η παρουσία μικρορηγματώσεων και απολέπισης, τραχιάς επιφάνειας σε πλήρως απροστάτευτες επιφάνειες.

Ανθρακικές κρούστες οφείλονται σε διαδοχική διάλυση του ασβεστίτη από την όξινη βροχή όπου λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών (θερμοκρασία, σχετική υγρασία κ.α.) σχηματίζεται ανακρυσταλλωμένος ασβεστίτης.

Προσανατολισμένα χαράγματα όπου πρόκειται για κατευθυνόμενες – προσανατολισμένες γραμμές από παλαιότερες ασύμβατες επεμβάσεις συντήρησης από μεταλλικές βούρτσες και σβουράκια.

Ανθρακική κρούστα σχηματίζεται λόγω διάβρωσης ασβεστολιθικών πετρωμάτων σε φυσικό περιβάλλον. Στρώμα γύψου σχηματίζεται σε επιφάνειες ασβεστικών λιθών προστατευμένων από το νερό της βροχής.

Φθορά με απόσπαση κόκκων ή κρυστάλλων εμφανίζεται λόγω δράσης αλάτων ή περικρυσταλλικής χημικής προσβολής. Η απολέπιση συμβαίνει λόγω δράσης αλάτων, όξινης προσβολής και θερμοκρασιών μεταβολών. Κυψέλωση συμβαίνει λόγω δράσης διαλυτών αλάτων σε πορώδεις λίθους και λόγω όξινης προσβολής ή βιολογικών δράσεων σε συμπαγείς λίθους (Αλεξάκη κ.α. 2012; Λαμπρόπουλος 2003).

2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εφαρμογές για προστασία μνημείων

Απομακρυσμένες τεχνολογίες ανίχνευσης είναι όλο και πιο χρήσιμα εργαλεία για την επί τούτου διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και η συνεχώς επικαιροποιεί την έκθεση κατάσταση ενός μνημείου. Τα οφέλη μπορούν να ληφθούν τόσο σε καταστάσεις της συντήρησης αλλά και έκτακτης ανάγκης έρευνες. Η ένταξη τους είναι χρήσιμη για τη βελτίωση της ποιότητας και της αξιοπιστίας των εκστρατειών παρακολούθησης των μνημείων και ιστορικών κτιρίων.

Οι εφαρμογές πλέον είναι πολύτιμα εργαλεία όπου είναι δυνατόν να μετράς από απόσταση τη θερμοκρασία για τον εντοπισμό προβλημάτων. Χρησιμοποιούνται περισσότερο οι εφαρμογές με τις αποτελεσματικότερες μετρήσεις και οι μέθοδοι μη καταστρεπτικού ελέγχου.

Η παρακολούθηση των επιφανειακών παραμορφώσεων που επηρεάζουν την αρχαιολογική και αρχιτεκτονική κληρονομιά είναι πλέον αναγκαίο. Η επισκόπηση των μνημείων, ξεκινά από τη προκαταρκτική επιλογή της τοποθεσίας για την εγκατάσταση οργάνων και συστημάτων. Γίνεται συνεχώς η παρακολούθηση μιας εφαρμογής όσον αφορά τις δυνατότητες και τα όρια αυτής της μεθοδολογίας, ειδικά όσον αφορά τις δραστηριότητες της καθημερινής παρακολούθησης και προειδοποίησης σε αρχαιολογικά μνημεία.

2.1.1 Ενεργητικά και Παθητικά Συστήματα

Συστήματα αποθήκευσης θερμικής ενέργειας όπου η αλλαγή της φάσης του υλικού δε γίνεται σε απόλυτα σταθερή θερμοκρασία αφού τα συστήματα αυτά δεν έχουν θερμοδυναμική ισορροπία. Η επιφανειακή θερμοκρασία ενός αντικειμένου παράλληλα με την ικανότητα ακτινοβολίας κατά την οποία εξαρτώνται κυρίως από το υλικό, την τραχύτητα, την ύπαρξη επιφανειακών στρωμάτων και τον βαθμό πόλωσης της επιφάνειας, δηλαδή η θερμοκρασία ενός σώματος απορροφά όλη την ακτινοβολία.

Δυο τεχνικές διακρίνονται στην υπέρυθη θερμογραφία, η ενεργητική και η παθητική κατά τις οποίες για να γίνει η χρήση τους χρειάζεται να συλλεχθεί, να αποθηκευτεί και να

διανεμηθεί κατάλληλα στο χώρο. Κατά την παθητική θερμογραφία καταγράφεται η εκπεμπόμενη από το σώμα υπέρυθη ακτινοβολία, χωρίς την εφαρμογή κάποιας εξωτερικής πηγής θερμότητας. Οι σημαντικές εφαρμογές της παθητικής προσέγγισης είναι στην παραγωγή, προληπτική συντήρηση, ιατρική, πυρανίχνευση δασών, προγράμματα θερμικής αποδοτικότητας κτιρίων, έλεγχος οδικής κυκλοφορίας, γεωργία και βιολογία, ανίχνευση αερίου και σε μη καταστρεπτικές δοκιμές (non destructive testing, NDT). Σε όλες αυτές τις εφαρμογές, μη κανονικά θερμοκρασιακά αποτελέσματα δείχνουν ένα πιθανό πρόβλημα που πρέπει να προσεχθεί.

Από την άλλη από τα ενεργητικά συστήματα απαιτείται ένα εξωτερικό ερέθισμα για να παράγει τις σχετικές διαφορές θερμοκρασίας που αλλιώς δε θα εμφανίζονταν. Γνωστά χαρακτηριστικά αυτού του εξωτερικού ερεθίσματος επιτρέπουν τον ποσοτικό χαρακτηρισμό όπως για παράδειγμα την ανίχνευση του βάθους μιας ρωγμής. Βασιζόμενοι σε εξωτερικό ερέθισμα έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές τεχνικές ενεργητικής θερμογραφίας, όπως Θερμογραφία παλμού (PT), Βηματικής θέρμανσης (SH), Θερμογραφία ασφαλείας (LT), Θερμογραφία ταλαντώσεων (VT). Η ενεργητική προσέγγιση βρίσκει πολυάριθμες εφαρμογές σε μη καταστρεπτικές δοκιμές (Τσόλκας και Τυρέκογλου 2008; Σιδηροπούλου 2012).

2.2 Τρόποι μέτρησης θερμοκρασίας

Η μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος βασίζεται μεταξύ του αντικείμενου και του αισθητήρα. Η ισορροπία αυτή επιτυγχάνεται με την μετάδοση θερμότητας που προκύπτει λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας αντικείμενου και αισθητήρα. Η μετάδοση θερμότητας μπορεί να γίνεται με τρεις τρόπους: την αγωγή, τη συναγωγή και την ακτινοβολία. Τα όργανα μέτρησης των θερμοκρασιών χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την χρήση ή όχι ηλεκτρικά μεταδιδόμενου σήματος ή αισθητήρα.

Από τη άλλη στόχος των ατμοσφαιρικών μετρήσεων υγρασίας είναι προσδιορισθεί το ποσοστό των υδρατμών στην ατμόσφαιρα σε σχέση με το βάρος, τον όγκο ή κατά την πίεση ή κατά κορεσμό. Η μέτρηση υγρασίας στο πεδίο των μνημείων είναι γενικά προβληματική. Υπάρχουν βασικά δύο είδη αισθητήρων για την μέτρηση της υγρασίας, τα ψυχρόμετρα και τα υγρόμετρα.

2.2.1 Μη ηλεκτρικές μέθοδοι

Τα θερμόμετρα αυτά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μέτρηση της θερμοκρασίας των μνημείων είναι:

- **Ψυχρόμετρα**

Τα ψυχρόμετρα είναι όργανα τα οποία αποτελούνται από δύο αισθητήρες θερμοκρασίας και με τα οποία μετρείται η θερμοκρασία του αέρα και η απόλυτη υγρασία του αέρα. Το ένα μετρά την θερμοκρασία της ατμόσφαιρας όπως ένα κανονικό ξηρό θερμόμετρο ενώ το δοχείο του άλλου σκεπάζεται με λεπτό ύφασμα το οποίο υγραίνεται με απεσταγμένο νερό. Στο σύστημα παροχετεύεται ρεύμα αέρα σταθερής ταχύτητας. Η εξάτμιση στο υγρό θερμόμετρο έχει σαν συνέπεια η υγρή θερμοκρασία να είναι συνήθως χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα, ενώ το μέγεθος της διαφοράς εξαρτάται από την υγρασία του αέρα. Κατά συνέπεια, η διαφορά της θερμοκρασίας των δύο θερμομέτρων και η θερμοκρασία του υγρού μας δίνουν τη σχετική υγρασία. Επειδή η ποσότητα της αφαιρούμενης θερμότητας εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία εξατμίζεται και αυτή μικραίνει όσο μεγαλώνει η υγρασία του περιβάλλοντος, η μείωση της θερμοκρασίας που παρουσιάζεται στο υγρό θερμόμετρο προσφέρει ένα μέτρο της υγρασίας αυτής (Λαμπρόπουλος 2003).



Σχήμα 2: Φωτογραφία του ψυχρομέτρου Assmann (Αλκιβιάδη κ.α. 2011).

- **Υγρόμετρα τριχός**

Τα υγρόμετρα τριχός ανήκουν στην κατηγορία των μηχανικών υγρομέτρων στα οποία υλικά των οποίων οι διαστάσεις μεταβάλλονται με την υγρασία συνδέονται μηχανικά με κάποιο μετατροπέα ή δείκτη. Τα υγρόμετρα τριχός στηρίζονται στο φαινόμενο της μεταβολής του μήκους ανθρώπινων ή ζωικών τριχών ανάλογα με την ποιότητα υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Όταν η σχετική υγρασία αλλάζει από 0% σε 100% η ανθρώπινη τρίχα υπόκειται σε αύξηση του μήκους της κατά 2.0-2.5%. Λόγω αυτής της ιδιότητας, η τρίχα χρησιμοποιείται σαν αισθητήριο στις περιπτώσεις που χρειαζόμαστε συνεχή καταγραφή της υγρασίας. Οι υγρογράφοι έχουν συνήθως δέσμη τριχών (ξανθού) ανθρώπου οι οποίες έχουν καθαριστεί από τις σκόνες και το λίπος. Η συρρίκνωση ή η έκταση του στελέχους των τριχών μεγεθύνεται και μεταφέρεται μέσω συστήματος μοχλών σε γραφίδα για την καταγραφή της μέτρησης σε περιστρεφόμενη χάρτινη ταινία. Νεότεροι υγρογράφοι χρησιμοποιούν νημάτιο από νάυλον σαν αισθητήρα. Σε αναλογία με το εβδομαδιαίο διάγραμμα θερμογράφου προκύπτει και το εβδομαδιαίο διάγραμμα υγρογράφου.

Η χρονική σταθερά του υγρόμετρου τριχός μεταβάλλεται τόσο με την θερμοκρασία όσο και με την υγρασία. Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες ο χρόνος ισορροπίας του υγρόμετρου τριχός στις αλλαγές της υγρασίας είναι πολύ μεγάλος. Για αυτές τις περιπτώσεις, και προκειμένου να μειωθεί η χρονική σταθερά τους, οι τρίχες υποβάλλονται σε ειδική επεξεργασία. Από την άλλη μεριά η επεξεργασία κάνει τις τρίχες πιο εύθραυστες.

Εκτός από τρίχες, άλλα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί στα μηχανικά υγρόμετρα είναι βαμβάκι, μετάξι, νάυλον, χαρτί και ξύλο. Βασικά μειονεκτήματα αυτών των αισθητήρων είναι η σημαντική αλλαγή των φυσικών χαρακτηριστικών τους με τον χρόνο, η μεγάλη υστέρηση και η μεγάλη χρονική καθυστέρηση στην απόκριση στις αλλαγές της υγρασίας.

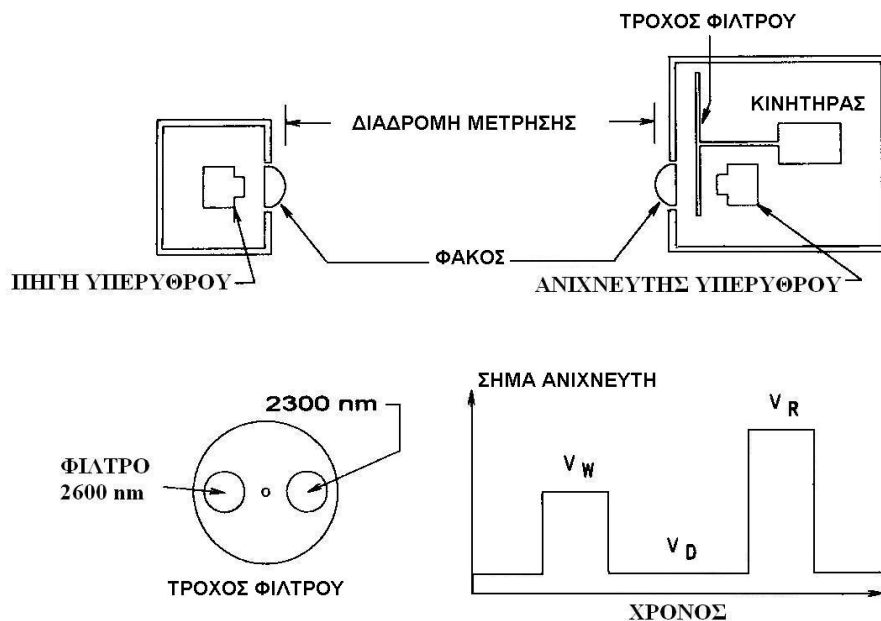
- **Υγρόμετρα υπέρυθρου**

Τα υγρόμετρα υπέρυθρου βασίζονται στη σύγκριση της απορρόφησης που υφίσταται μία ακτινοβολία σε ένα μήκος κύματος στο υπέρυθρο στο οποίο υπάρχει ισχυρή απορρόφηση από τους υδρατμούς με την απορρόφηση που υφίσταται ακτινοβολία σε άλλο μήκος κύματος στο οποίο δεν απορροφούν οι υδρατμοί. Έτσι, π.χ. τα υγρόμετρα υπέρυθρου χρησιμοποιούν δύο μήκη κύματος, ένα στην περιοχή απορρόφησης του νερού (~2600nm) και ένα στην περιοχή μη απορρόφησης (~2300nm). Μια πιθανή διάταξη φαίνεται στο σχήμα 2.13. Τα

υγρόμετρα υπέρυθρου είναι εξειδικευμένες συσκευές, υψηλού κόστους οι οποίες χρησιμοποιούνται μόνο σε πολύ ειδικές εφαρμογές.

- **Υγρόμετρα υπεριώδους**

Τα υγρόμετρα αυτά βασίζονται μόνο στην ισχυρή απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας από τους υδρατμούς στα 121.56 nm. Το γυαλί και άλλα υλικά είναι αδιαφανή σε αυτό το μήκος κύματος, οπότε τα παράθυρα των οργάνων κατασκευάζονται από φθοριούχο μαγνήσιο. Δυστυχώς στο ίδιο μήκος κύματος απορροφούν τόσο το οξυγόνο όσο και το όζον. Η συνεισφορά του όζοντος στην τροπόσφαιρα είναι μικρή ενώ η απορρόφηση από το οξυγόνο είναι ασθενής και η επίδραση της μπορεί να ληφθεί υπόψη εφαρμόζοντας μια μικρή διόρθωση.



Σχήμα 3: Σχηματική παρουσίαση της υλοποίησης ενός υγρομέτρου υπέρυθρου. (Λαμπρόπουλος 2003)

2.2.2 Μικροκύματα

Τα μικροκύματα αποτελούνται από μία περιοχή των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με μήκος κύματος μεταξύ 0,1 και 100 εκατοστών. Έχουν πολύ περισσότερες εφαρμογές σε σχέση με

τις άλλες ζώνες ραδιοκυμάτων λόγω του πλαισίου φάσματος τους. Χρησιμοποιούνται για εκπομπή επίγειου τηλεοπτικού σήματος (UHF), στην εκπομπή δορυφορικού τηλεοπτικού σήματος αλλά και στις δορυφορικές επικοινωνίες γενικότερα. Εφαρμόζονται επίσης στην κινητή τηλεφωνία, στα Ραντάρ αλλά και στους φούρνους μικροκυμάτων καθώς οι μικροκυματικές συχνότητες αλληλεπιδρούν με την ύλη (Καραθανάση 2006; Αιβαλιώτης και Θεοφράστου 2008).

2.2.3 Υπέρυθρη ακτινοβολία

Η υπέρυθη ακτινοβολία είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα κάτω από την περιοχή της ερυθρής περιοχής του ορατού φωτός, δηλαδή οι υπέρυθρες ακτίνες είναι τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Τα σώματα με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία εκπέμπουν περισσότερες υπέρυθρες και αντίστροφα τα σώματα που απορροφούν περισσότερες υπέρυθρες αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με την ταλάντωση των σωματιδίων από τα οποία αποτελείται, η οποία αφορά τη θερμική ενέργεια του σώματος. Έτσι, οι υπέρυθρες μηχανές απεικόνισης συμβάλουν τις υπέρυθρες ακτίνες που εκπέμπει το σώμα και εμφανίζουν τα αποτελέσματα σε θερμογραφήματα. (Τσόλκας και Τυρέκογλου 2008; Σιδηροπούλου 2012).

2.2.4 Ηλεκτρονικές μέθοδοι

- **Ηλεκτρικά υγρόμετρα**

Τα ηλεκτρικά υγρόμετρα στηρίζονται στη μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας υδατικών διαλυμάτων ηλεκτρολυτών λόγω αντίστοιχης μεταβολής της συγκέντρωσης υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Η ακρίβεια των ηλεκτρικών υγρομέτρων είναι πολύ καλή και για αυτό τον λόγο χρησιμοποιούνται ευρέως (Λαμπρόπουλος 2003).

- **Υγρόμετρα πυκνωτή**

Η χωρητικότητα ενός πυκνωτή εξαρτάται από το διηλεκτρικό υλικό το οποίο παρεμβάλλεται μεταξύ των οπλισμών του. Τα χαρακτηριστικά του διηλεκτρικού όμως εξαρτώνται από την

ποσότητα υγρασίας που περιέχει το διηλεκτρικό. Έτσι λοιπόν, χρησιμοποιώντας κατάλληλο διηλεκτρικό υλικό είναι δυνατή η κατασκευή ενός πυκνωτή του οποίου η χωρητικότητα μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας. Τα υγρόμετρα πυκνωτή έχουν πολύ καλή ακρίβεια και χρησιμοποιούνται σε πλήθος εφαρμογών, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια.

- **Tas**

Το TAS είναι ένα πακέτο εφαρμογών το οποίο υλοποιεί τη μέθοδο παράγοντα απόκρισης για τα κατασκευαστικά στοιχεία του κελύφους, για χρονικά διαστήματα ημερών, εβδομάδων και μηνών, απαιτώντας λιγότερο υπολογιστικό χρόνο από τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών με αποτελέσματα εφάμιλλης ακρίβειας. Έχει τη δυνατότητα αντιμετώπισης παθητικών ηλιακών συστημάτων, σε συνδυασμό με τους υπολογισμούς κλιματισμού. Με βάση τα ωριαία καιρικά δεδομένα που περιλαμβάνουν τιμές ηλιακής ακτινοβολίας, θερμοκρασία εξωτερικού αέρα, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου, η εφαρμογή επιλύει εξισώσεις ενεργειακής ισορροπίας και διατήρησης των ροών του αέρα για ωριαία χρονικά βήματα. Για τον φυσικό αερισμό συγκεκριμένα, στις ροές του αέρα συνυπολογίζονται οι παραχθείσες από τον άνεμο αλλά και από τη θερμοκρασιακή διαφορά ροές, ανάλογα με τις – αναφερθείσες σε προηγούμενο κεφάλαιο – στρατηγικές που διαφαίνονται κατά τη μοντελοποίηση. Μέσω της εισαγωγής προγραμμάτων λειτουργίας για τα ανοίγματα, δίνεται δυνατότητα εφαρμογής της στρατηγικής νυχτερινού αερισμού, σημαντική για τις βιοκλιματικές κατασκευές (Τσουκαλάς 2011).

- **Trnsys**

Το TRNSYS είναι ένα ολοκληρωμένο εργαλείο το οποίο χρησιμοποιείται από τους μηχανικούς για την αξιολόγηση των νέων ενεργειακών συστημάτων για διάφορες χρήσεις. Στην περίπτωση μας είναι χρήσιμο με το σύστημα ψύξης-θέρμανσης που προσφέρει. Το TRNSYS έχει την δυνατότητα να συνδεθεί με άλλες γλώσσες προγραμματισμού και άλλες εφαρμογές κατά τις οποίες μπορούν να επεξεργαστούν τα δεδομένα πριν, μετά ή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

- **Energy plus**

Το λογισμικό Energy Plus είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης κατανάλωσης ενέργειας για τη μοντελοποίηση κυρίως κτιρίων, ψύξης, φωτισμού, αερισμού και άλλων ροών ενέργειας και έχει αναπτυχθεί από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ. Ένα πρόγραμμα που απαιτεί τη φυσική περιγραφή του κτιρίου ή του χώρου, την εισαγωγή των μετεωρολογικών δεδομένων, την ενσωμάτωση των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, κλπ. Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα υπολογισμού σε ωριαία βάση, των θερμικών και ψυκτικών φορτίων, της ενεργειακής κατανάλωσης των συστημάτων θέρμανσης και ψύξης, τον υπολογισμό των θερμοκρασιακών των θερμικών ζωνών καθώς και των επιφανειακών εσωτερικών και εξωτερικών θερμοκρασιών των δομικών στοιχείων.

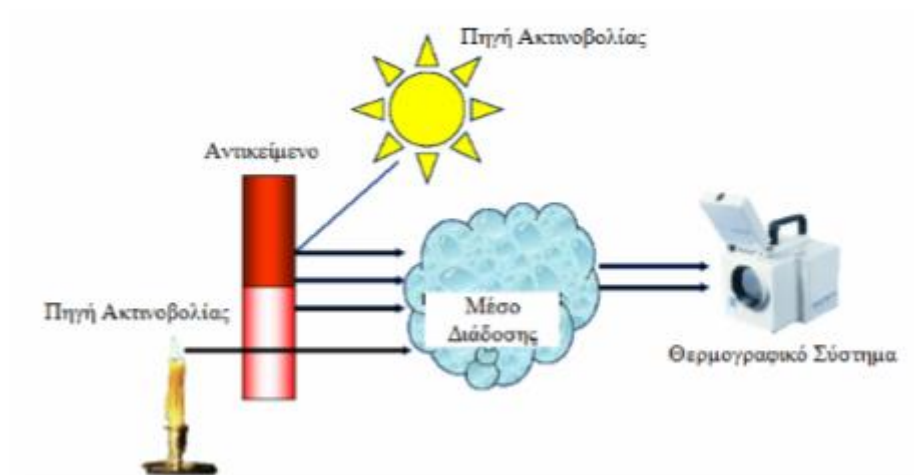
- **Ecotect**

Το ECOTECT είναι ακόμη ένα πρόγραμμα ανάλυσης ηλιασμού και τεχνητού φωτισμού, μελέτη θερμικής άνεσης και αναγκών σε θέρμανση και ψύξη, ακουστική μελέτη και υπολογισμό κόστους. Χρειάζεται η εισαγωγή των σχεδίων και τα μετεωρολογικά στοιχεία. Μπορεί να εξαχθεί πληροφορίες και σε άλλα προγράμματα.

- **Θερμογραφικά απεικονιστικά συστήματα**

Ένας υπέρυθρος θερμικός απεικονιστής είναι μια φωτογραφική μηχανή που ανιχνεύει την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που ακτινοβολείται στην υπέρυθη (IR) φασματική ζώνη από ένα αντικείμενο (του οποίου η θερμοκρασία πρέπει να μετρηθεί) και την μετατρέπει σε ένα ηλεκτρονικό σήμα που καταγράφεται ψηφιακά. Συγκεκριμένα η ενέργεια ακτινοβολείται από το αντικείμενο μέσω ενός μέσου (συνήθως τον αέρα) και εν συνεχεία προσλαμβάνεται από το αισθητήριο σύστημα, όπου περνά πρώτα απ' τον φακό, το φίλτρο και τελικά καταλήγει σ' έναν υπέρυθρο ανιχνευτή ή σ' έναν επιφανειακό εστιακό αισθητήρα - Focal Plane Array (FPA), οι οποίοι μετατρέπουν την ακτινοβολία σε ηλεκτρονικό σήμα. Τα υπέρυθρα συστήματα πρώτης γενιάς, που είναι εξοπλισμένα με έναν απλό ενιαίο ανιχνευτή, χρησιμοποιούν επίσης έναν επιπλέον μηχανισμό σάρωσης και για αυτόν τον λόγο καλούνται συμβατικά υπέρυθρα ραδιόμετρα ανίχνευσης (IR Scanning Radiometer-IRSR). Αντίθετα οι υπέρυθρες φωτογραφικές μηχανές με αισθητήρια στοιχεία FPA, αν και δεν περιλαμβάνουν

μηχανισμό σάρωσης, εντούτοις παρέχουν εικόνες αντίστοιχες με αυτές από ηλεκτρονική σάρωση, γι' αυτό και αναφέρονται συνήθως ως IRSR (Σιδηροπούλου 2012).



Σχήμα 4: Ανίχνευση υπέρυθρης ακτινοβολίας (Αϊβαλιώτης και Θεοφράστου 2008).

- **Θερμόμετρα υπέρυθρων για μετρήσεις θερμοκρασίας από απόσταση**

Αυτό το ηλεκτρονικό θερμόμετρο υπέρυθρων (infrared) Laser στερεών - υγρών με πιστόλι, είναι ένα ιδανικό θερμόμετρο από απόσταση για πολλαπλές χρήσεις. Στοχεύεις από απόσταση με το θερμόμετρο πιστόλι υπέρυθρων (infrared) Laser στερεών - υγρών και στην οθόνη εμφανίζει ψηφιακά την ένδειξη της θερμοκρασίας.

Με το ηλεκτρονικό θερμόμετρο υπέρυθρων (infrared) Laser στερεών - υγρών με πιστόλι από απόσταση, δεν χρειάζεται επαφή με το υπό μέτρηση αντικείμενο, έτσι έχει πολλές εφαρμογές στην καθημερινότητα σαν θερμόμετρο υγρών, θερμόμετρο στερεών, θερμόμετρο φούρνου κ.λπ Το θερμόμετρο αυτό είναι το κατάλληλο για μετρήσεις εξ αποστάσεως ακόμα και για πολύ χαμηλές θερμοκρασίες αφού μπορεί να μετρήσει από -50°C έως και $+330^{\circ}\text{C}$. Ιδανικό για ποιοτικό έλεγχο κτιρίων, πολιτιστικής κληρονομιάς, σε επισκευές η ακόμα και για καθημερινή χρήση σε φούρνους, σωλήνες, επιφάνειες με δύσκολη πρόσβαση και για μετρήσεις που απαιτούν ταχύτητα και ακρίβεια (Αϊβαλιώτης και Θεοφράστου 2008).

3 Περιοχή Μελέτης και Μεθοδολογία

Η κλιματική αλλαγή που θα επέλθει σύμφωνα με τους επιστήμονες τα επόμενα χρόνια, αναμένεται να απειλήσει άμεσα ανεκτίμητους αρχαιολογικούς χώρους και γενικά τον πολιτισμό της Κύπρου. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, τα συχνότερα ακραία καιρικά φαινόμενα, θα πλήξουν άμεσα μνημεία, αλλά και έμμεσα οι μεταβολές των συνθηκών υγρασίας και θερμοκρασίας θα έχουν άσχημες επιπτώσεις στα μνημεία και τους ιστορικούς χώρους. Η προστασία των μνημείων δεν είναι μόνο ανάγκη αλλά εθνικό χρέος και ένδειξη σεβασμού στην ιστορία μας. Η αποτελεσματική προστασία ενός μνημείου ή αρχαιολογικού χώρου, εκτεθειμένου στις καιρικές συνθήκες δεν είναι πάντα εύκολη υπόθεση, τα διλήμματα είναι πολλά. Η προστασία αυτών των χώρων μπορεί να επιβάλλει κατασκευές που αλλοιώνουν τόσο το φυσικό περιβάλλον όσο και την ιστορικότητα και την αισθητική αξία του χώρου.

3.1 Κλιματική κατάσταση της Κύπρου

Η Κύπρος έχει μεσογειακό κλίμα για το λόγο ότι βρίσκεται σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος 35^0 και ανατολικό γεωγραφικό πλάτος 33^0 και είναι προς την ανατολική Μεσόγειο θάλασσα. Το μεσογειακό κλίμα περιλαμβάνει ζεστό και ξηρό καλοκαίρι και ήπιο χειμώνα.

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού η Κύπρος και γενικότερα η περιοχή της ανατολικής Μεσογείου βρίσκεται κάτω από την επίδραση του εποχιακού βαρομετρικού χαμηλού, που έχει το κέντρο του στη νοτιοδυτική Ασία. Αποτέλεσμα της επίδρασης αυτής είναι οι ψηλές θερμοκρασίες και ο καθαρός ουρανός. Το χειμώνα η Κύπρος επηρεάζεται από το συχνό πέρασμα μικρών υφέσεων και μετώπων που κινούνται στη Μεσόγειο με κατεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Οι καιρικές αυτές διαταραχές διαρκούν συνήθως από μια μέχρι τρεις ημέρες κάθε φορά και δίνουν τις μεγαλύτερες ποσότητες βροχής. Η συνολική μέση βροχόπτωση στους μήνες Δεκέμβρη, Γενάρη και Φλεβάρη αντιστοιχεί περίπου με το 60% της βροχόπτωσης ολόκληρου του χρόνου (Τμήμα Μετεωρολογίας 2011; Πρεσβεία της Κυπριακής Δημοκρατίας στη Στοκχόλμη).

3.1.1 Βροχόπτωση

Η βροχόπτωση για ολόκληρη την Κύπρο κυμαίνεται στα 759-182 χιλιόμετρα για τις χρονικές περιόδους 1951-1980 και με μέση τιμή στα 480 χιλιόμετρα. Στις ορεινές περιοχές η βροχόπτωση αυξάνεται από 450 μέχρι 1,100 χιλιοστόμετρα ενώ στις πλαγιές μειώνεται από 300 σε 350. Κατά τον 20^ο αιώνα και αρχές του 21^{ου} εμφανίζει μείωση της βροχόπτωσης και εμφανίζεται συνεπώς το φαινόμενο της ανομβρίας (Τμήμα Μετεωρολογίας 2011).

3.1.2 Θερμοκρασία αέρα

Η Κύπρος έχει ζεστό καλοκαίρι και ήπιο χειμώνα, όμως η γενική αυτή κατάσταση διαφοροποιείται σε διάφορες περιοχές. Κάθε 1,000 μέτρα ύψος η θερμοκρασίας ελαττώνεται κατά 5 βαθμούς Κελσίου και λόγω επίδρασης της θάλασσας το καλοκαίρι είναι πιο δροσερό και ήπιο χειμώνα στις παραλίες.

Κατά την διάρκεια της ημέρας ψηλή θερμοκρασία και χαμηλή την νύχτα για το καλοκαίρι, οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 29 βαθμών Κελσίου σε πεδιάδες και 22 βαθμού στις ψηλότερες κορυφές του Τροόδους. Το χειμώνα οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες είναι 10 βαθμοί Κελσίου σε πεδιάδα και 3 βαθμοί Κελσίου στις ψηλότερες κορυφές του Τροόδους. Κατά τον 20^ο αιώνα προκύπτει αύξηση 0.01°C/έτος. Το 1976-1998 προκύπτει αύξηση θερμοκρασίας στις πόλεις με 0.035°C/έτος και στην ύπαιθρο 0.015°C/έτος. Ένας από τους παράγοντες που οφείλεται η αστικοποίηση στις πόλεις (Ευαγγελινός 2009; Τμήμα Μετεωρολογίας 2011).

3.1.3 Θερμοκρασία Εδάφους

Το έδαφος απορροφά μεγάλες ποσότητες ηλιακής ενέργειας στη διάρκεια της μέρας και η μεγάλη απώλεια θερμότητας λόγω ακτινοβολίας τη νύχτα του καλοκαιριού με καθαρό ουρανό, προκαλούν μεγάλη ημερήσια κύμανση της θερμοκρασίας του επιφανειακού στρώματος του εδάφους το καλοκαίρι (Τμήμα Μετεωρολογίας 2011).

3.1.4 Σχετική υγρασία Αέρα

Το υψόμετρο και η απόσταση μίας περιοχής, λαμβάνουν σημαντικό παράγοντα σχετικά με την υγρασία του αέρα για κάθε περιοχή. Οι μέρες για τον χειμώνα και όλες οι νύχτες του χρόνου η υγρασία κυμαίνεται σε επίπεδα 65%-95%. Το καλοκαίρι στις πεδιάδες, η υγρασία είναι στο 30%-15%, γενικά όμως είναι χαμηλή (Τμήμα Μετεωρολογίας 2011).

3.1.5 Άνεμοι και Ηλιοφάνεια

Φαινόμενα τα οποία μπορεί να επηρεάσουν τους ανθρώπους και τα αντικείμενα είναι οι άνεμοι και η ηλιοφάνεια. Οι άνεμοι είναι από μέτριοι ως ασθενείς για το χειμώνα και πιο ήπιοι για το καλοκαίρι. Οι θυελλώδεις άνεμοι είναι πολύ ασυνήθιστοι και οι δυνατές καταιγίδες σπάνιες.

Κατά την ηλιοφάνεια η Κύπρος είναι από τις χώρες που έχουν καθ'όλη τη διάρκεια του έτους, και ιδιαίτερα από τον Απρίλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο. Το καλοκαίρι η ηλιοφάνεια διαρκεί περίπου με μέσο όρο 11.5 ώρες ενώ τον χειμώνα στις 5.5 ώρες (Τμήμα Μετεωρολογίας 2011).

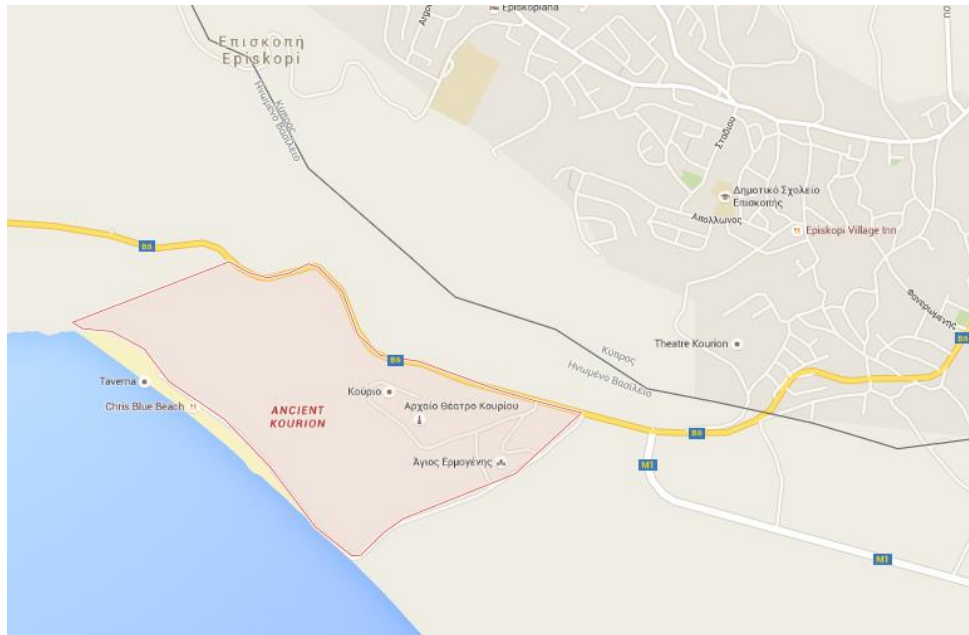
3.2 Κλιματική διάσταση αρχαίου θεάτρου Κουρίου

3.2.1 Η αρχαία πόλη του Κουρίου

Η αρχαία πόλη του Κουρίου, ο λόφος βρίσκεται στη νότια ακτή της Κύπρου και πιο συγκεκριμένα 4 χιλιόμετρα νοτιοδυτικά του χωριού Επισκοπή, της επαρχίας Λεμεσού. Πρόκειται για έναν από τους σημαντικότερους αρχαιολογικούς χώρους της Κύπρου. Σύμφωνα με τον οικιστικό μύθο που παραδίδει ο Ηρόδοτος, η αρχαία πόλη του Κουρίου ιδρύθηκε από Αχαιούς που ήρθαν από το Άργος της Πελοποννήσου. Η έλευση των Αχαιών υπολογίζεται μέσα στο 13^ο και κατά το 12^ο αιώνα π.Χ.

Οι ανασκαφές στη περιοχή άρχισαν το 1933 από το Πανεπιστημιακό Μουσείο του Πανεπιστημίου της Πενσυλβάνιας και συνεχίστηκαν, με διακοπές μέχρι το 1954. Το 1964 ξεκίνησε τις ανασκαφικές του έρευνες στο χώρο το Τμήμα Αρχαιοτήτων. Κατά τα έτη 1974-1979 η Αμερικανική Αποστολή του Κέντρου Βυζαντινών Σπουδών Dumbarton Oaks ανέλαβε την ανασκαφή της επισκοπικής παλαιοχριστιανικής βασιλικής. Την χρονική περίοδο

1980-1983 έσκαψε στο λόφο του Κουρίου η Αμερικανική Αποστολή του Walters Art Gallery και των Πανεπιστημίων του Missouri και του Maryland. Το Τμήμα Αρχαιοτήτων δημιούργησε αρχαιολογικό πάρκο και κέντρο επισκέψεων.



Σχήμα 5: Περιοχή Κουρίου (Google map)

Τα σημαντικότερα μνημεία που βρίσκονται στο Κούριο είναι:

1. η Ρωμαϊκή Αγορά
2. η Οικία του Αχιλλέα
3. η Οικία των Μονομάχων
4. η Οικία του Ευστολίου
5. η Επισκοπική Παλαιοχριστιανική Βασιλική
6. το Ιερό του Απόλλωνα Υλάτη
7. το Στάδιο
8. η Μικρή Βασιλική Εκτός των Τειχών
9. η παράλια Βασιλική
10. και το Θέατρο

Ο λόφος όπου είναι κτισμένη η αρχαία πόλη του Κουρίου βρίσκεται στους πρόποδες της περιοχής Επισκοπής, κοντά στη δυτική όχθη του ποταμού Κούρη και δεσπόζει του κόλπου του Κουρίου (Τμήμα Αρχαιοτήτων 2011).



Σχήμα 6: Φωτογραφία της περιοχής Κουρίου από δορυφόρο (Google map)

Η εμφάνιση της θάλασσα και του ποταμού Κούρη στην γύρω περιοχή παίζει σημαντικό ρόλο. Το κλίμα που επικρατεί στη πόλη του Κουρίου λόγω της κοντινής απόστασης του από τη θάλασσα του Κουρίου είναι πιο κρύο από ότι σε περιοχές που βρίσκονται πιο μακριά από τη θάλασσα κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Τον χειμώνα επικρατεί ζεστός και βροχερός καιρός γιατί ο Μεσογειακός άνεμος κυμαίνεται από τα δυτικά και λόγω ότι η θάλασσα είναι ακόμη ζεστή, έτσι ο άνεμος που περνά υγραίνεται και καθώς ανέρχεται μέσα από την ξηρά ψύχεται, συμπυκνώνεται και δημιουργείται βροχή. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται “ορογραφική βροχή”(Πολυκάρπου 2011).

3.3 Σκοπός

Στην έρευνα αυτή έγινε μία προσπάθεια παρακολούθησης της θερμοκρασίας των μνημείων στο χώρο του αρχαίου Κουρίου. Παρουσιάζονται οι αυτόματοι μετρητές, το είδος των

μετρήσεων, η επιλογή των σημείων και η περίοδος των μετρήσεων. Με τις μετρήσεις θα δημιουργηθεί μία εικόνα ώστε να συγκριθεί και να εκτιμηθεί η δράση τους προς τα μνημεία. Στόχος είναι η προστασία των μνημείων από τις φθορές των κλιματικών αλλαγών που πρόκειται να επέλθουν και η διατήρηση τους περισσότερο χρόνο.

3.4 Μέθοδος

Για την μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα στον αρχαιολογικό χώρο του μουσείου χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία μετρητών θερμοκρασίας. Τα δεδομένα συλλέγονταν δύο φορές την εβδομάδα σε εργάσιμες μέρες και τα Σαββατοκύριακα για τους μήνες του χειμώνα και της άνοιξης. Όλες οι μετρήσεις του πεδίου καταγράφονταν κατά τις ώρες 12:00 μ.μ.-13:30 μ.μ. . Η χρονική περίοδος μέτρησης έπρεπε να είναι σταθερή για να υπάρχουν συγκρίσιμα δεδομένα μεταξύ των διαφορετικών ημερών, όπως επίσης και η μέτρηση του εδαφικού σημείου όπου αποτελούσε ακόμη ένα σημαντικό παράγοντα για τις μετέπειτα συγκρίσεις.

Τα σημεία μετρήσεων επιλέχθηκαν με τη βοήθεια του υπεύθυνου καθηγητή κος. Άθου Αγαπίου κατά τη πρώτη επίσκεψη στο πεδίο. Τα σημεία καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος του αρχαίου Κουρίου. Οι μετρήσεις που δεν καλύπτονταν από κάποιο στέγαστρο γίνονταν στον ήλιο χωρίς όμως οποιοσδήποτε άλλος παράγοντας να επηρεάζει τις μετρήσεις όπως π.χ. σκιά από κάποιο άλλο αντικείμενο.

Η εξασφάλιση των μετρήσεων γινόταν με την βοήθεια της θερμοκάμερας και του θερμομέτρου. Η θερμοκάμερα δόθηκε από τον υπεύθυνο καθηγητή. Τα δεδομένα καταγράφονταν τόσο στην συσκευή όσο και γραπτός. Ακολούθησε λήψη φωτογραφιών από τον ερευνώμενο χώρο.

Επιπλέον, με τη βοήθεια του τμήματος μετεωρολογίας Κύπρου κατέστη δυνατόν να λαμβάνονται μετεωρολογικά στοιχεία κατά την διάρκεια των ωρών των μετρήσεων.

Η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή των μέσων όρων και των τυπικών αποκλίσεων έγινε με το πρόγραμμα Microsoft Excel. Στη συνέχεια συσχετίστηκαν τα γραφήματα έγιναν οι συσχετίσεις και καταγράφηκαν τα συμπεράσματα.

Μέσα από την πιο πάνω διαδικασία αξιολογήθηκε η κατάσταση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος ως προς τα μνημεία, δηλαδή πως επηρεάζονται από τις κλιματικές αλλαγές και η συμπεριφορά τους από τα υλικά από τα οποία αποτελούνται, αυτά που τα προστατεύουν ή και αυτά που τα στηρίζουν μέχρι σήμερα.



Σχήμα 7: Κατά τη διάρκεια μετρήσεων

3.5 Εξοπλισμός

3.5.1 Θερμοκάμερα

Η θερμοκάμερα είναι μια ανιχνευτική διάταξη κατά την οποία δύναται να καταγράψει την θερμική ακτινοβολία που προσπίπτει στον φακό και παρουσιάζει τις μετρήσεις σε θερμοκρασία των σωμάτων στα οποία εστιάζει. Βασίζεται στην ακτινοβολία που εκπέμπει κάθε σώμα ανάλογα με τη θερμοκρασία του και πραγματοποιεί μια θερμική εικόνα του σώματος (Σιδηροπούλου 2012; Λαυρέντη χ.χ.; Ρογκοτης 2010).

Η θερμοκάμερα Fluke TiRx που χρησιμοποιήθηκε είναι προϊόν 3^{ης} εξελικτικής γενιάς, από την ταχύτατα ανερχόμενη τεχνολογική δύναμη στο thermal imaging, την ULIRvision. Στις εφαρμογές ξεχωρίζει δυναμικά, από τα ειδικά χαρακτηριστικά που διαθέτει. Παρέχει εξαιρετικές τεχνικές διαγνωστικές επιθεωρήσεις στη θερμογραφία. Γενικά, οι θερμοκάμερες ULIRvision είναι ιδιαίτερα ελκυστικού κόστους και ως όργανα υψηλής ποιότητας, προσφέρουν ακριβείς μετρήσεις θερμοκρασίας, από ασφαλή απόσταση.

Η θερμοκάμερα είναι το κατάλληλο όργανο για τον έλεγχο θερμοκρασιών. Επιτρέπει εύκολα και αξιόπιστα την πλήρη εικόνα ενδεχόμενων προβλημάτων και την ακριβή διάγνωση. Η θερμοκάμερα Fluke TiRx χρησιμοποιείται για τις παρακάτω εφαρμογές:

- απώλειες κουφωμάτων
- απώλειες θερμότητας στο κέλυφος, τους αρμούς και το δώμα
- κακές ηλεκτρικές συνδέσεις και ασυμμετρία φάσεων
- θερμοκρασίες λειτουργίας μοτέρ μηχανημάτων και ενεργού εξοπλισμού
- εντοπισμός διαρροών ορόφων
- θέρμανση, εξαερισμός, air-conditioning
- εντοπισμός διαρροών
- εντοπισμός καλωδίων ρεύματος
- ηλεκτρικοί κινητήρες
- αντλίες και υδραυλικές εγκαταστάσεις



Σχήμα 8: Θερμοκάμερα Fluke TiRx (IRISTEM)

3.5.2 Θερμόμετρο

Το θερμόμετρο χειρός χρησιμοποιείται κυρίως για την μέτρηση θερμοκρασία της επιφάνειας χωρίς επαφή. Αυτή η μη επαφή μέθοδος μέτρησης είναι ιδανική για τη λήψη μετρήσεων θερμοκρασίας σε τοποθεσίες που είναι δύσκολη η πρόσβαση. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να λαμβάνει μετρήσεις σε επικίνδυνες ζώνες, όπως όταν υπάρχουν κινητά μέρη της μηχανής ή στις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις.

Ο τρόπος μέτρησης γίνεται με την εστίαση λέιζερ όπου αναδεικνύεται το σημείο που πρέπει να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια και εμφανίζοντας την θερμοκρασία με την υψηλότερη τιμή και η πιο πρόσφατη μετρούμενη τιμή. Παρέχει μεγάλο εύρος μέτρησης θερμοκρασίας: από -

40 ° C έως 600 ° C. Το θερμόμετρο που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διαδικασία είναι το Laserliner ThermoSpot. Είναι εύκολο στον χειρισμό.



Σχήμα 9: Θερμόμετρο Laserliner ThermoSpot

3.6 Δομικά υλικά σημείων

ΟΡΘΟΓΩΝΙΟ ΠΛΑΚΟΣΤΡΩΤΟ

Σε δημόσιους εξωτερικούς χώρους τοποθετείται δάπεδο με αρμονική συνύπαρξη το οποίο ορίζει διαδρομές. Το υλικό είναι τεχνητός κυβόλιθος με αρμούς σε σχήμα ορθογωνίου. Είναι συμπαγή, με μεγάλο πάχος και με αντοχή στο χρόνο. Το ίδιο πλακόστρωτο είναι τοποθετημένο και στο χώρο στάθμευσης.



Σχήμα 10: Ορθογώνιο πλακόστρωτο με αρμούς

ΠΑΛΑΙΑ ΕΥΛΙΝΗ ΣΑΝΙΔΑ

Εύλινο δάπεδο από μέτριου έως μεγάλου μήκους σανίδες. Είναι ξυλεία μεγάλης σκληρότητας και αντοχής, κατά κύριο λόγο δρυς ή πεύκος. Κατά μήκος των σανίδων υπάρχει δόντι και αυλάκωση μέσω των οποίων κλειδώνουν δύο γειτονικές σανίδες. Ένα μέρος των σανίδων βρίσκεται κάτω από το στέγαστρο το οποίο προστατεύει κυρίως τα ψηφιδωτά από τις καιρικές συνθήκες.



Σχήμα 11: Εύλινη σανίδα κάτω από στέγαστρο και εξωτερική

ΔΟΚΑΡΙΑ-ΚΟΛΩΝΕΣ

Οι κολώνες από εμποτισμένη ξυλεία πεύκου είναι βοήθημα της κατασκευής του στεγάστρου. Έχουν ορθογώνια εγκάρσια τομή και είναι σε διάφορα μήκη.



Σχήμα 12: Δοκάρια εμποτισμένης ξυλείας πεύκου

ΨΗΦΙΔΩΤΟ ΚΤΙΣΙΣ

Το ψηφιδωτό της Κτίσις στην Οικία του Ευστόλιου αποτελείται από γεωμετρικά και καμωμένα από βότσαλα χρώματος άσπρου, μαύρου και καφέ. Κάτω από το ψηφιδωτό απλωνόταν ένα μείγμα από μικρές πέτρες και χοντρό ασβεστοκονίαμα. Πάνω από αυτό άπλωναν ένα δεύτερο στρώμα από σπασμένες πέτρες και κομμάτια αγγείων ανακατεμένα με ασβέστη και πάνω από αυτό ένα λεπτό στρώμα ασβέστη. Το ΚΤΙΣΙΣ είναι το ιδρυματικό σύμβολο του ΤΕΠΑΚ. Μέρος του ψηφιδωτού έχει αναπληρωθεί με τεχνητά μέσα.



Σχήμα 13: Ψηφιδωτό Κτίσις

ΨΗΦΙΔΩΤΑ ΚΑΛΥΜΜΕΝΑ ΑΠΟ ΧΩΜΑ

Ψηφιδωτά τα οποία διατηρούνται σε πάρα πολύ κατάσταση κάτω από την Γή για 16 αιώνες.



Σχήμα 14: Ψηφιδωτά καλυμμένα με χώμα

ΚΕΝΤΡΟ ΑΡΧΑΙΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ

Το κέντρο του θεάτρου, είναι κατασκευασμένο από πέτρινο ή μαρμάρινο υπερυψωμένο δάπεδο. Αυτή είναι η σκηνή όπου διεξάγονταν οι παραστάσεις των προγόνων αναπληρωμένη και αυτή με τσιμέντο για να μην προκληθούν περισσότερες ζημιές (Τμήμα Αρχαιοτήτων).



Σχήμα 15: Κέντρο αρχαίου θεάτρου

ΚΕΝΤΡΟ ΞΥΛΙΝΗΣ ΣΚΗΝΗΣ

Η ξύλινη σκηνή κτίστηκε αργότερα για την υποστήριξη της διεξαγωγής των καλοκαιρινών παραστάσεων των φεστιβάλ. Αποτελείται από κόντρα πλακέ κατασκευασμένο από λεπτά φύλλα ξύλου τα οποία συγκολλούνται μαζί με αντίθετη φορά, για περισσότερη αντοχή.



Σχήμα 16: Κέντρο ξύλινης σκηνής

ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΙΟΣ ΧΩΡΟΣ ΜΕ ΧΑΛΙΚΙΑ

Το πάτωμα αυτό αποτελείται από ένα μίγμα άσπρων χαλικιών και τσιμέντου συμπιεσμένα. Τα άσπρα χαλίκια προέρχονται από κομμάτια βράχου από λατομείο και το τσιμέντο προέρχεται από μείγμα νερού με άμμο και χαλίκια.



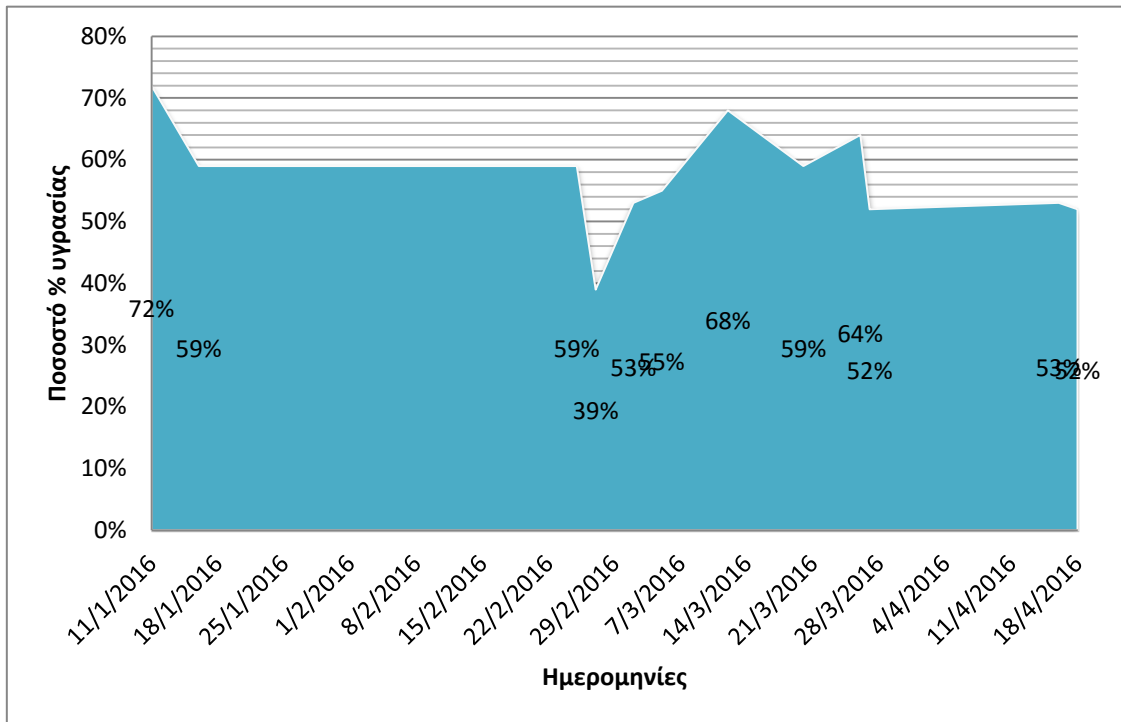
Σχήμα 17: Τσιμεντένιος χώρος μπροστά από το θέατρο

ΧΩΜΑΤΙΝΟΣ ΧΩΡΟΣ ΣΤΑΘΜΕΥΣΗΣ

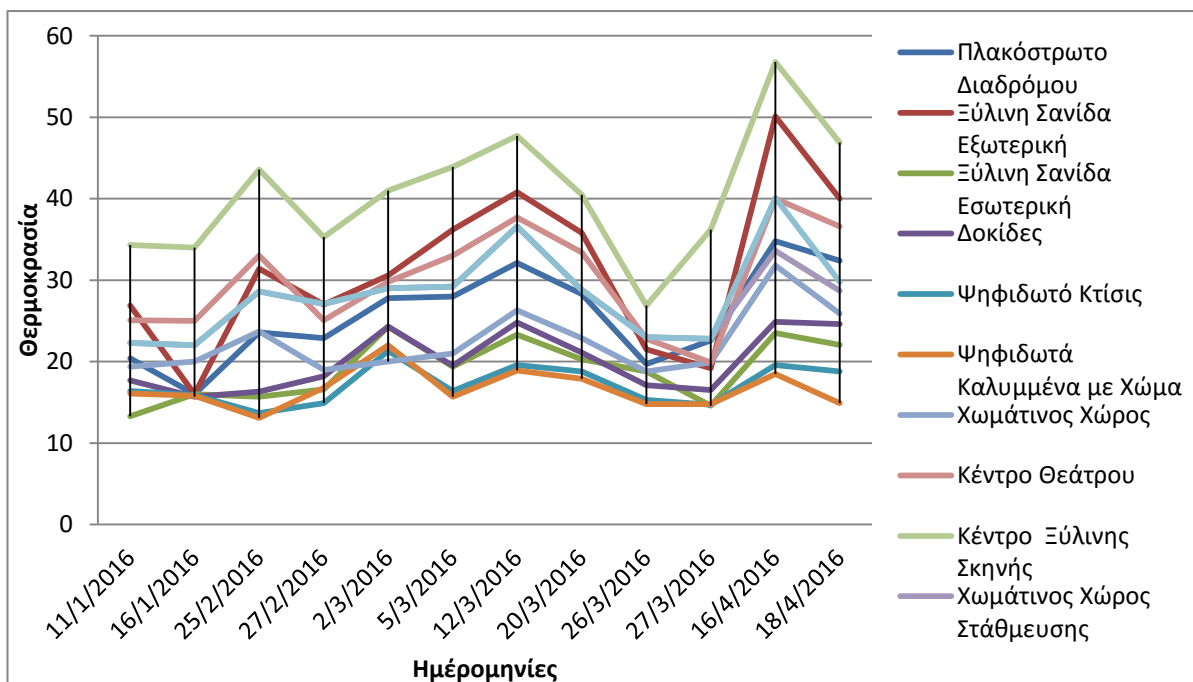
Ο χώρος στάθμευσης αποτελείται από στρώση βιολογικού χώματος και μερικών άσπρων χαλικιών.

3.7 Διαγράμματα μετρήσεων

Στα διαγράμματα που ακολουθούν διακρίνονται η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και ο άνεμος κατά την περίοδο των μετρήσεων από την σελίδα του τμήματος μετεωρολογίας. Στο διάγραμμα έξι παρουσιάζονται τα αποτελέσματα όλων των μετρήσεων.



Διάγραμμα 5: Σχετική υγρασία κατά τη περίοδο μετρήσεων



Διάγραμμα 6: Αποτελέσματα μετρήσεων

4 Αποτελέσματα

Μέσα από την ανάλυση των δεδομένων των μετρήσεων παρατηρείται ότι η συμπεριφορά των υλικών των μνημείων σε μέγιστο βαθμό επηρεάζεται από την καθημερινή θερμοκρασία του χώρου όπως επίσης και από τους παραμέτρους της εξωτερικής υγρασίας αλλά και του ανέμου. Η επεξεργασία των μετρήσεων που λήφθηκαν έδωσαν χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με τη θερμοκρασία των μνημείων που χρειάζονται περισσότερη προσοχή και των επιφανειών που είναι ακάλυπτα. Συγκρίνοντας αρχικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων θερμοκρασίας χώρου, ανέμου και της σχετικής υγρασίας καταγράφονται τα πιο κάτω συμπεράσματα των αποτελεσμάτων.

Κάποιες από τις μέρες επίσκεψης στον αρχαιολογικό χώρο είχαν προηγηθεί βροχές ενώ οι περισσότερες μέρες ήταν ηλιόλουστες με ελαφρύ αέρα ή ηλιόλουστες με ήπιο αέρα. Σχετικά οι θερμοκρασίες χώρου που μετρήθηκαν ήταν σχεδόν σταθερές για το χρονικό διάστημα των μετρήσεων και κυμαίνονται στους 10°C, ενώ η σχετική υγρασία του αέρα με μέσο όρο 57%, κανονικές τιμές σχετικής υγρασίας πρέπει να διατηρούνται περί το 45% ενώ σε κάποιες περιπτώσεις υπήρξε μέγιστο κατά τη περίοδο του χειμώνα 72% και χαμηλότερο κατά τη περίοδο της άνοιξης 39%. Η τυπική απόκλιση της σχετικής υγρασίας κατά το μέσο όρο κυμαίνεται στους $\pm 8,25$ °C. Οι άνεμοι κυμαίνονταν από 11-35 km/h δηλαδή ήταν ελαφροί μέχρι μέτριοι. Το μέγιστο που παρατηρήθηκε κυρίως σε παραλιακές περιοχές ήταν μέχρι 35 χιλιόμετρα.

Το κλίμα της Κύπρου έχει τα στοιχεία του μεσογειακού κλίματος με διαφορές τον χειμώνα και το καλοκαίρι μεταξύ μέγιστης θερμοκρασίας άνω των 15,7 °C όπως διακρίνεται στο Πίνακα 2. Με βάση λοιπόν τα μετεωρολογικά δεδομένα της Κύπρου για την περίοδο μετρήσεων που συλλέχθηκαν και προκύπτουν ότι για τους ανοιξιάτικους και καλοκαιρινούς μήνες οι μέγιστες θερμοκρασίες συμπίπτουν με την εμφάνιση της μείωσης της σχετικής υγρασίας κατά τις ώρες του μεσημεριού που γίνονταν οι μετρήσεις δηλαδή ανάμεσα στις 12:00 με 15:00 το μεσημέρι.

Πίνακας 2: Το κλίμα στην Λεμεσό

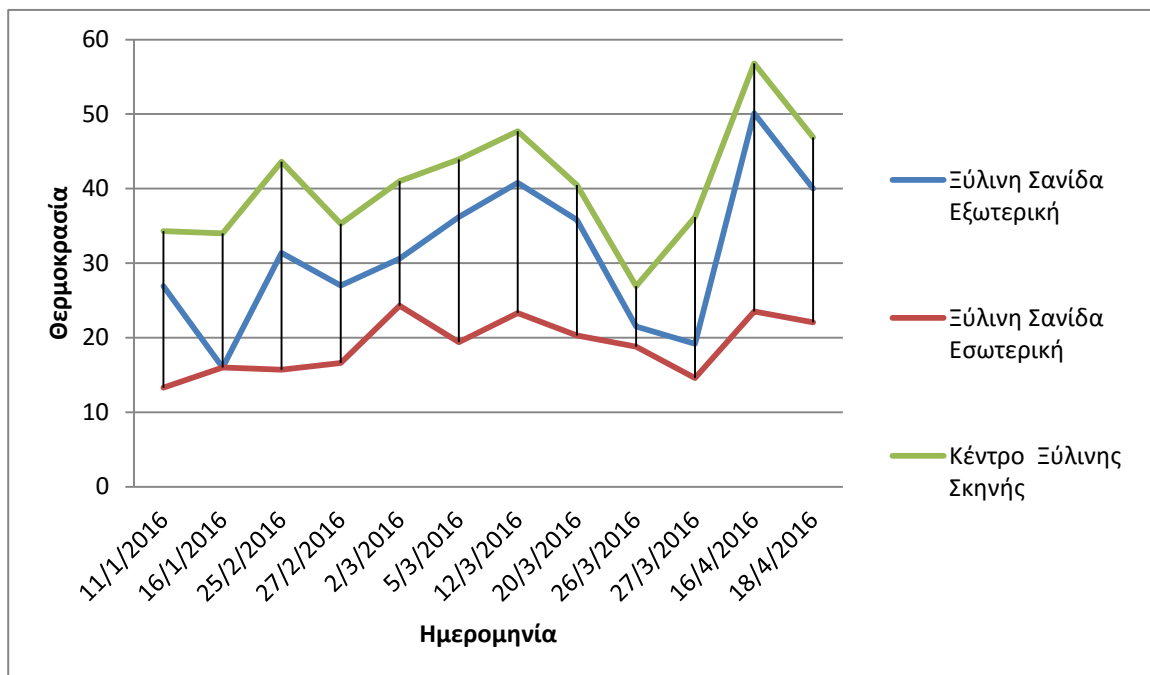
	ΓΕΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΗ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Μέση μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία (°C)	17.6	17.8	20.0	22.9	26.9	30.8	33.2	33.3	31.3	28.6	23.5	18.9
Μέσος αριθμός ημερών με βροχή (>=5.0 μμ)	5.4	3.8	2.9	1.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.2	0.8	3.7	5.3

Πηγή: Cyprus Walks Etc

Μέσω του διαγράμματος αποτελεσμάτων μετρήσεων, η καμπύλη του πλακόστρωτου του διαδρόμου το οποίο αποτελεί χώρο καθορισμού δρόμου προς τα μνημεία με βορειοανατολικό προσανατολισμό παρατηρούμε την αύξηση της θερμοκρασίας από το χειμώνα προς την άνοιξη. Πρόκειται λοιπόν, για ένα υλικό το οποίο δέχεται τις επιδράσεις των κλιματικών αλλαγών ανάλογα με την εποχή. Ο μέσος όρος του σημείου είναι 25.7°C. Η ίδια ακριβώς κατάσταση παρατηρείται και στη καμπύλη του πλακόστρωτου του χώρου στάθμευσης αφού και στις δύο περιπτώσεις αποτελούνται από το ίδιο υλικό. Οι ατμοσφαιρικές παράμετροι και οι αλληλεπιδράσεις τους και στα δύο σημεία έχουν τις ίδιες επιπτώσεις.

Σε συσχέτισμό μεταξύ των καμπυλών εσωτερικής ξύλινης σανίδας με την εξωτερική ξύλινη σανίδα, διαφαίνεται ότι η εξωτερική ξύλινη σανίδα είναι φυσικό επακόλουθο να επηρεάζεται άμεσα αφού είναι εκτεθειμένη στις διάφορες καιρικές συνθήκες με μέσο όρο 31,29 °C σε ικανοποιητική αντίθεση της εσωτερικής σανίδας που έχει μέσο όρο θερμοκρασίας στους 15.19 °C . Η διαφορά τους είναι περίπου στους 15 °C από το μέγιστο και ελάχιστο ποσοστό θερμοκρασίας. Η μέγιστη θερμοκρασία της εξωτερικής σανίδας όπως διακρίνεται στο διάγραμμα 7 είναι στους 50.1 °C και η ελάχιστη στους 16 °C ενώ στην εσωτερική σανίδα είναι στους 24.3 °C και 14.6 °C αντίστοιχα. Παρατηρείται στις καμπύλες ότι τα δύο από τα

τρία σημεία τα οποία είναι από ξύλο και είναι εκτεθειμένα στις καιρικές συνθήκες ακολουθούν ακριβώς την ίδια κατάσταση, αντίθετα με την καλυμμένη από το στέγαστρο σανίδα που παρατηρείται ότι διατηρεί μια σταθερή θερμοκρασία. Το στέγαστρο αποτελείται και αυτό από ξύλο, έχει μεγάλη αισθητική και κυρίως είναι άριστο δομικό υλικό με μεγάλες κατασκευαστικές δυνατότητες, είναι μονωτικό υλικό στη θερμότητα και στον ηλεκτρισμό και δεν οξειδώνεται, είναι κατά προτίμηση το καταλληλότερο υλικό για την προστασία των μνημείων (Μαντάνης 2003).

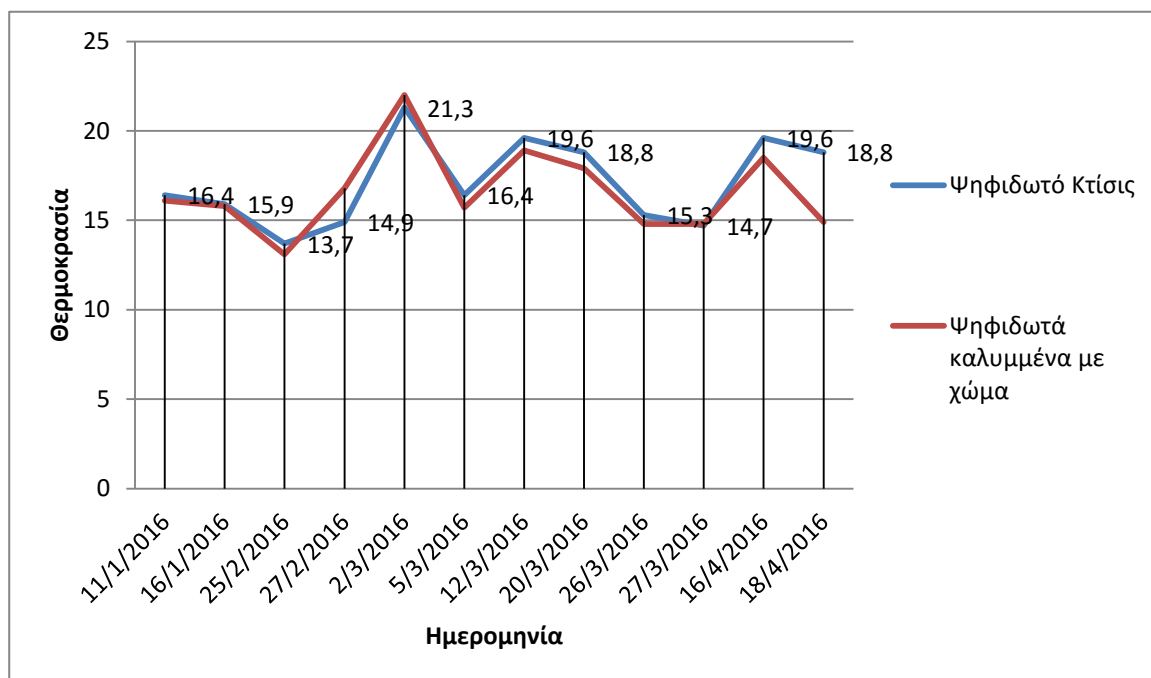


Διάγραμμα 7: Διαφορά εσωτερικής και εξωτερικής ξύλινης σανίδας και ξύλινη σανίδα θεάτρου

Η καμπύλη στην οποία παρουσιάζεται η θερμοκρασία στη δοκίδα της οροφής έχει μέσο όρο 18.0 °C. Η δοκίδα βρίσκεται ψηλά στο στέγαστρο δηλαδή πιο κοντά στην κάλυψη των μνημείων από τις θερμοκρασιακές μεταβολές όπου παρατηρείται ότι το στέγαστρο διατηρεί τις θερμοκρασίες σε επίπεδο που να μην ξεπερνά το μέγιστο της ημερήσιας θερμοκρασίας 22.9 °C κατά τη περίοδο μετρήσεων μέχρι το μήνα Απρίλιο.

Οι θερμοκρασίες του ψηφιδωτού Κτίσις και των ψηφιδωτών που είναι καλυμμένα με χώμα έχουν μέσους όρους 17.12 °C και 16.6 °C αντίστοιχα. Παρατηρείται στο διάγραμμα 8 ότι υπάρχει ελάχιστη διαφορά, οι καμπύλες ακολουθούν την ίδια κατάσταση με μέγιστη

θερμοκρασία και από τις δύο καμπύλες 21.3 °C και ελάχιστη 13.7 °C. Το ψηφιδωτό Κτίσις αποτελείται κυρίως από χαλίκια στα οποία μπορεί να προκληθούν φθορές λόγω αλάτων ή διάβρωση των κονιαμάτων που είναι συμπληρωμένα από τα νερά της βροχής ή της σχετικής υγρασίας. Διακρίνεται όμως ότι ο σκοπός του στεγάστρου γίνεται επιτυχής διατηρώντας τα μνημεία σε μια σταθερή θερμοκρασία από την εξωτερική περιοχή, έτσι οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών μειώνονται σε μεγάλο βαθμό. Το στέγαστρο αποτελείται από ειδικό διάτρητο πανί ενωμένο με τον σκελετό της πέργκολας όπου προσφέρει σκιά και προστασία από τον πλαϊνό ήλιο και τις βροχές με το κατάλληλο σχήμα που φαίνεται στο σχήμα 18. Το μόνιμο αυτό στέγαστρο επιβραδύνει επίσης την υγρασία των θερμοκρασιακών μεταβολών και τις μορφές διάβρωσης. Προστατεύει ακόμη τα ευαίσθητα σημεία των μνημείων από την όξινη βροχή. Το ξύλο έχει έπειτα μεγαλύτερη ειδική θερμότητα.



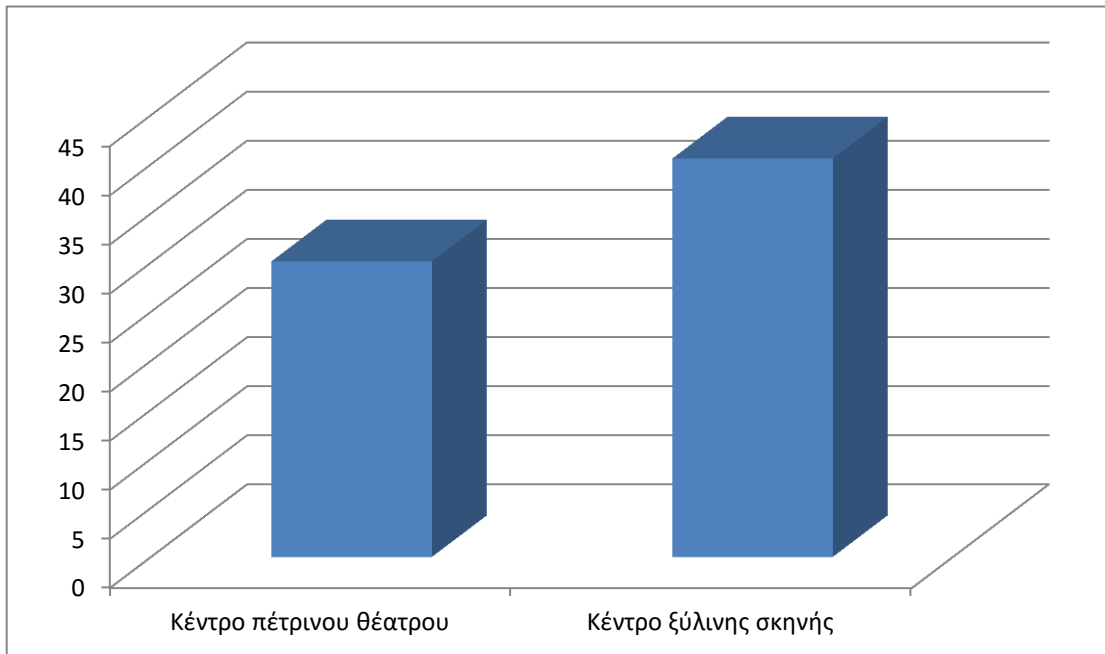
Διάγραμμα 8: Διαφορά μέσου όρου θερμοκρασίας ψηφιδωτών μνημείων



Σχήμα 18: Σχηματισμός στεγάστρου

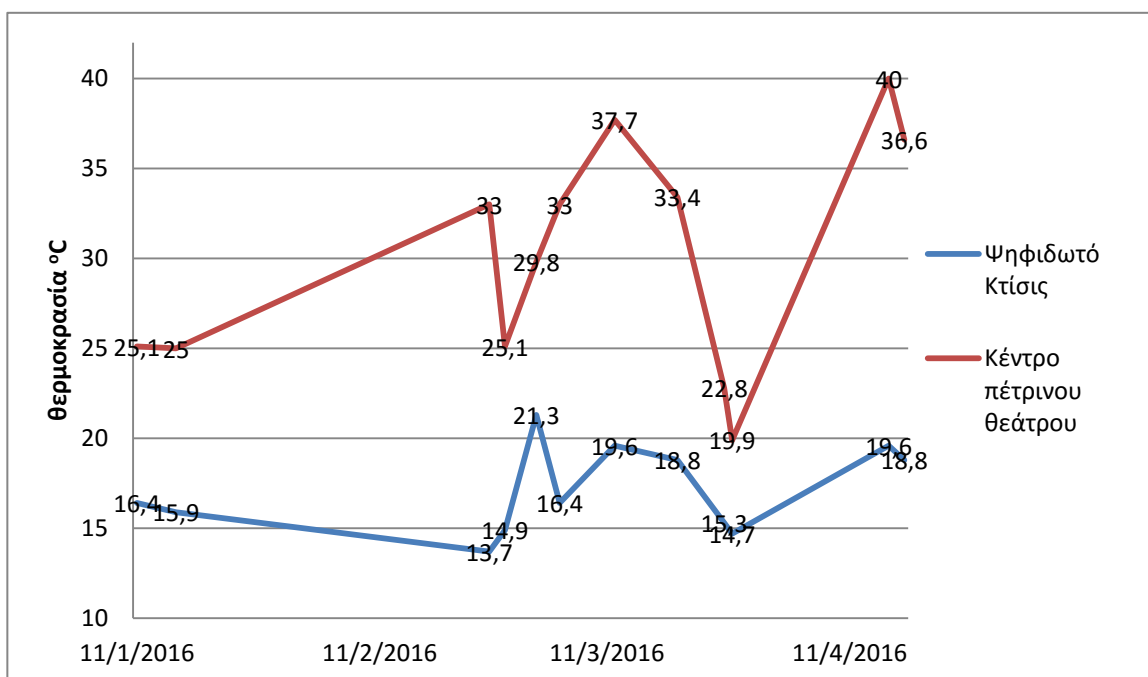
Καταγράφεται επίσης η κατάσταση της τσιμεντένιας επιφάνειας κατά την οποία η συνεχόμενη έκθεση της στις καιρικές συνθήκες είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ρηγματώσεων στο σκυρόδεμα συνεπώς και η εμφάνιση των χαλικιών που ήταν αναμιγμένα στο συγκεκριμένο σημείο. Ο μέσος όρος κυμαίνεται στους $22.39\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Επιπρόσθετα, στις καμπύλες της ξύλινης και της πέτρινης σκηνής παρατηρείται μια σταθερή διαφορά στους $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ και με μέσους όρους $40.59\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $30.12\text{ }^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα. Όπως είναι γνωστό το ξύλο και η πέτρα είναι κακοί αγωγοί της θερμότητας όμως η συνεχής έκθεση τους κυρίως στον μεσογειακό ήλιο δεν παύει να τα θερμαίνει όσο και περισσότερο τις ώρες του μεσημεριού και όσο κοντεύει στις θερμοκρασίες του καλοκαιριού. Η ξύλινη σκηνή είναι σε μεγαλύτερο βαθμό αλλοίωσης από τα δύο υλικά αν και είναι κατασκευασμένη πολύ πιο αργότερα από τους πολιτιστικούς ομίλους για τις καλοκαιρινές θεατρικές παραστάσεις που διεξάγονται κάθε χρόνο. Ο ρυθμός αλλοίωσης εξαρτάται δηλαδή από το περιβάλλον, από το είδος και την ποσότητα των ρυπαντών στους οποίους είναι εκτεθειμένες οι δυο επιφάνειες αλλά και από το υλικό που είναι κατασκευασμένα. Είναι γνωστό ακόμη ότι η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία είναι παράγοντες που μεταβάλλονται συνεχώς στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Συνεπώς, το ξύλο και η πέτρα δεν είναι δυνατόν να αποκτήσουν σταθερή υγρασία (Μαντάνη 2003).



Διάγραμμα 9: Διαφορά μέσου όρου θερμοκρασίας σκηνών του αρχαίου θεάτρου

Η θερμοκρασία στο χωμάτινο χώρο στάθμευσης ακολουθεί και αυτό την ίδια κατάσταση με τις υπόλοιπες επιφάνειες που είναι εκτεθειμένες στις καιρικές συνθήκες. Ο μέσος όρος της θερμοκρασίας του σημείου αυτού είναι στους 27.6 °C.



Διάγραμμα 10: Θερμοκρασιακή διαφορά μνημείων

Σύμφωνα με το πιο πάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι όσο αφορά την θερμοκρασία των δύο μνημείων υπάρχει έντονη διαφορά στους 19°C από το μέγιστο για το λόγο ότι το ψηφιδωτό Κτίσις είναι καλυμμένο από το στέγαστρο ενώ ολόκληρο το αρχαίο θέατρο είναι ακάλυπτο. Παρόλα αυτά το αρχαίο θέατρο το οποίο είναι από πετρώματα δηλαδή από φυσικό υλικό του περιβάλλοντος, βρίσκεται σε κατάστασή ισορροπίας και αλλοιώνεται βραδύτερα από τις μεταβολές των κλιματικών αλλαγών. Η επεξεργασία των υλικών των μνημείων τα κατατάσσει ενεργειακά αναβαθμισμένα παρόλο που είναι εκτεθειμένα στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος και υπόκεινται σε πορείες διάβρωσης. Στόχος λοιπόν πρέπει να είναι η συντήρηση να κάνει αυτές τις πορείες διάβρωσης πιο αργές και λιγότερο εμφανείς. Επίσης, η συγκόλληση των κομματιών της πέτρας καθώς και η συμπλήρωση των ρωγμών, σχισμών ή χαμένων τεμαχίων πρέπει να γίνεται με κονιάματα ή συνθετικές ρητίνες, αποφεύγοντας τη χρήση του σιδήρου για την συγκόλληση γιατί προκαλεί οξείδωση και σημαντικές φθορές στην πέτρα (Σκουλικίδης 2000).

Με βάση τις θερμοκρασίες που ακτινοβολούν τα υλικά όλων των σημείων οι θερμοκρασίες παίρνουν τιμές ανάμεσα στους 13.1 °C και 50.6 °C. Οι μέσοι όροι για όλα τα σημεία είναι το ελάχιστο με 16.6 °C από τα ψηφιδωτά εξαιτίας του στεγαστρου που είναι καλυμμένα και το μέγιστο με 40.59 °C από την ξύλινη σκηνή.

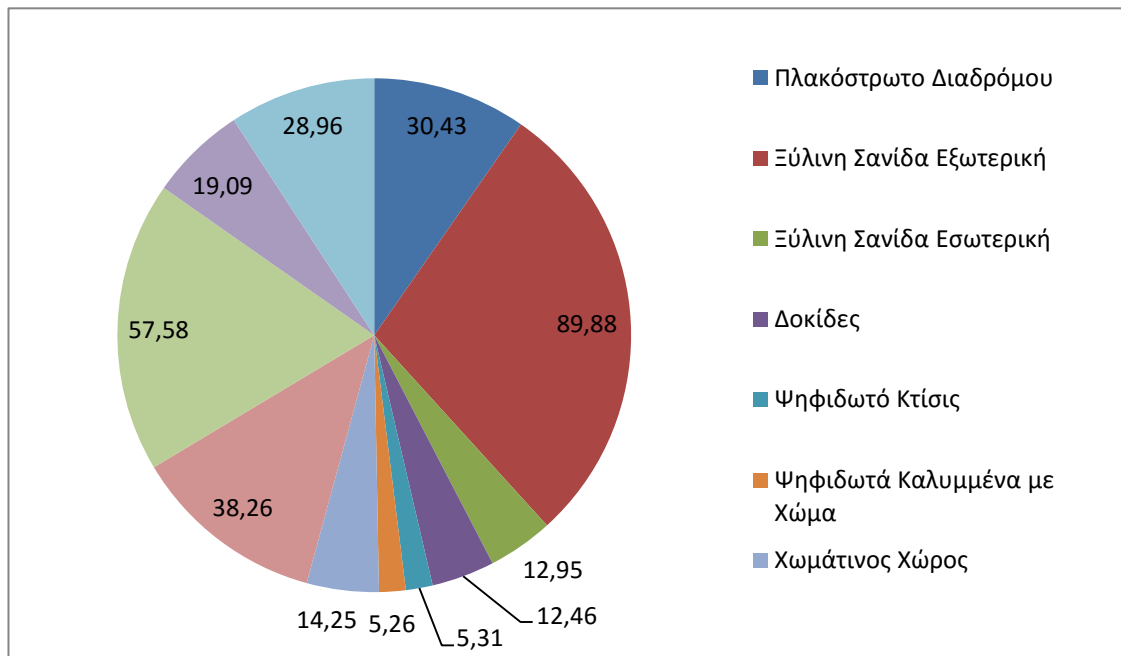
Τα σημεία που βρίσκονται σε εξωτερικό περιβάλλον παρατηρείται ότι βρίσκονται στις ψηλότερες θέσεις του διαγράμματος 6 των αποτελεσμάτων και κυρίως βρίσκονται σε πρώτη θέση τα σημεία τα οποία είναι από ξύλο και μετέπειτα η πέτρα και ο τεχνητός κυβόλιθος, ενώ στις χαμηλότερες θέσεις είναι όλα τα σημεία τα οποία βρίσκονται κάτω από το στέγαστρο. Η μέθοδος των στεγαστρων γενικά χρησιμοποιούνται για να προστατέψουν τα μνημεία από τις δυσμενέστερες μεταβολές των κλιματικών αλλαγών ή για αποφυγή της τυχόν υπερθέρμανσης κατά τους θερινούς μήνες.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που έγινε, προέκυψε ότι τα ψηφιδωτά έχουν επιβάρυνση της θερμοκρασίας σε υδρατμούς 18,15 hPa σε σύγκριση με την θερμοκρασία χώρου που κυμαίνονται σε 22.27 hPa. Συνιστάται λοιπόν να γίνει και η προσθήκη των προθηκών με ζεστό αέρα για να αποφεύγεται η υγραποίηση των υδρατμών. Η τιμή αυτή υπολογίστηκε από την εξίσωση των Magnus-Tetens.

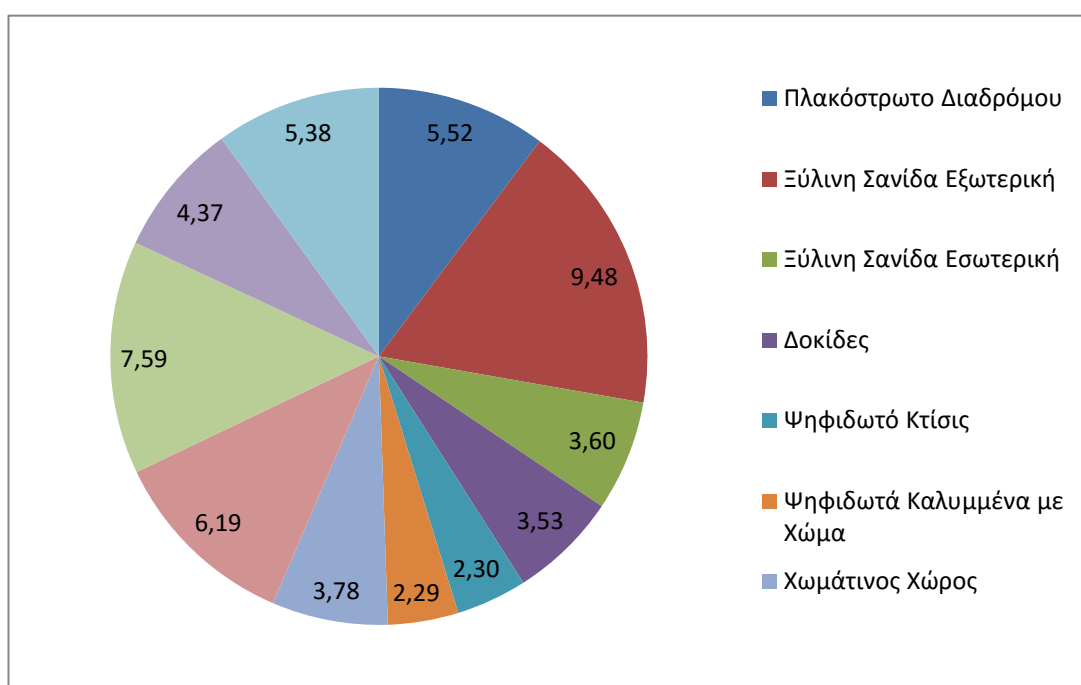
$$e_s(T) = 6,1094 \exp\left(\frac{17,625T}{T+243,04}\right)$$

Όπου e_s η μέγιστη τάση υδρατμών σε hPa ως συνάρτηση της θερμοκρασίας T της ατμόσφαιρας μετρούμενης σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$).

Με την βοήθεια της τυπικής απόκλισης υπολογίζεται πόσο απέχει η κάθε μέτρηση από τη μέση τιμή των μετρήσεων, κατά μέσο όρο όπως προαναφέρθηκε στην σύγκριση των αποτελεσμάτων.



Διάγραμμα 11: Η τυπική απόκλιση των σημείων μετρήσεων



Διάγραμμα 12: Η Διακύμανση των σημείων μετρήσεων

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στο πλαίσιο αυτής της πτυχιακής εργασίας, εξετάστηκε η θερμοκρασία των μνημείων και άλλων επιφανειών σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές στο αρχαίο Κουρίο κατά την περίοδο Νοέμβριο 2015 μέχρι και τον Απρίλιο 2016. Η έρευνα διεξήχθη με την ανασκόπηση εφαρμογών και τη καταγραφή των θερμοκρασιών, καθώς και με μετρήσεις πεδίου. Η συλλογή των απαραίτητων στοιχείων για την έρευνα έγινε με τη βοήθεια της χρήσης της θερμοκάμερας και του θερμομέτρου για τακτικά χρονικά διαστήματα, ενώ το σύνολο των κλιματολογικών δεδομένων για τον περιβάλλοντα χώρο προήλθε από το μετεωρολογικό σταθμό της Κύπρου.

Σημαντικό είναι να υπενθυμίσω ότι η περιοχή μελέτης βρίσκεται μόλις 2 χιλιόμετρα από την παραλία της Επισκοπής. Συνεπώς, το φαινόμενο της κρυστάλλωσης των αλάτων παρατηρείται συχνά στα μνημεία. Παρατηρείται ότι σε περιόδους ξηρασίας το νερό εξατμίζεται εντελώς και τα άλατα κρυσταλλώνονται προκαλώντας διάβρωση στις πέτρες και στα ψηφιδωτά. Κατά την χειμερινή περίοδο, με την πτώση της θερμοκρασίας από το φαινόμενο αυτό μπορεί να προκληθεί θραύση (Αυγερινού 2011).

Οι κλιματικές αλλαγές προκαλούν κυρίως προβλήματα στον εξωτερικό χώρο έτσι επιλέχθηκαν αυτά τα σημεία για μια πιο ευρύτερη ανάλυση της συμπεριφοράς των διάφορων υλικών περί της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας και του αέρα, έτσι εκτός των μεγεθών αυτών, μετρήθηκαν και οι θερμοκρασίες που ακτινοβολούν από το υλικό κάθε σημείου. Καθώς επίσης, να εντοπιστούν και να αιτιολογηθούν οι διαφορές των αποτελεσμάτων των μετρήσεων αλλά και η διαφορά των υλικών που είναι εκτεθειμένα και κάποιων προστατευόμενων. Κατά τη διάρκεια της έρευνας υπήρξαν σχόλια και αξιολογήσεις αποτελεσμάτων εντός κεφαλαίου των αποτελεσμάτων.

Η φυσική πέτρα, το ξύλο, τα χαλίκια και οι τεχνητοί λίθοι παρουσιάζουν διαφορετικούς μηχανισμούς φθοράς και αυτό είναι μια συνέπεια των διαφορετικών κλιματικών παραγόντων. Οι μηχανισμοί φθοράς που υφίσταται η πολιτιστική κληρονομιά είναι η χημική

αλλοίωση, ο θερμός και ψυχρός αέρας, οι κύκλοι ψύξης-τήξης στο λίθο και το ξύλο, η κρυστάλλωση των αλάτων και η απομείωση της επιφάνειας.

Παρουσιάζονται λοιπόν, μεγάλες απώλειες στα μνημεία τα οποία βρίσκονται στο εξωτερικό περιβάλλον του αρχαίου Κουρίου κατά τη διάρκεια της νύχτας του χειμώνα και κατά τη διάρκεια του μεσημεριού του καλοκαιριού. Παρουσίασαν έντονες αυξήσεις στη θερμοκρασία σχετικά με τα μνημεία που ήταν καλυμμένα από το στέγαστρο. Υπήρχε περίπτωση που η εξωτερική μέτρηση θερμοκρασίας που καταγράφηκε ήταν 15 °C υψηλότερο από το αντίστοιχο υλικό που ήταν καλυμμένο από το σύστημα σκίασης. Συνιστάται λοιπόν να γίνει χρήση κατάλληλων μεθόδων σκίασης με τέντες ή περσίδες και στους υπόλοιπους χώρους των μνημείων για να μειώσει τις φθορές των θερμοκρασιακών αλλαγών και της υγρασίας. Η χρήση των στεγάστρων γενικά χρησιμοποιείται για την προστασία των μνημείων από τις δυσμενέστερες μεταβολές των κλιματικών αλλαγών ή για αποφυγή της τυχόν υπερθέρμανσης κατά τους θερινούς μήνες. Συνιστάται επίσης να γίνει και η προσθήκη των προθηκών με ζεστό αέρα για να αποφεύγεται η υγραποίηση των υδρατμών (Λαμπρόπουλος 1993).

Το κάθε υλικό έχει τις δικές του συνθήκες διατήρησης. Η σχετική υγρασία που μπορεί να κυμαίνεται στην πέτρα είναι μεταξύ 20-60% και εξαρτάται επίσης από τα υπάρχοντα διαλυτά άλατα που υπάρχουν στην επιφάνεια του υλικού. Για την καλή διατήρηση ενός ξύλινου αντικειμένου, η σχετική υγρασία πρέπει να κυμαίνεται και να διατηρείται από 45%-55%. Έπειτα τα επίπεδα της θερμοκρασίας στο ξύλο επηρεάζουν ακόμη περισσότερο τα ποσοστά της σχετικής υγρασίας με αποτέλεσμα τις πολλές φθορές. Έτσι λοιπόν για την διατήρηση ενός ξύλινου επιπέδου πρέπει η θερμοκρασία να είναι μεταξύ 18 και 21 °C. Το ξύλο όπως παρατηρήθηκε και στα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι το πιο ευαίσθητο υλικό που είναι χρησιμοποιημένο στο αρχαιολογικό χώρο. Τα ψηφιδωτά επηρεάζονται κυρίως από τις υψηλές σχετικές υγρασίες και από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας όπου είναι υπεύθυνες για τις περισσότερες φθορές που μπορεί να προκληθούν στα ψηφιδωτά. Στην περίπτωση των ψηφιδωτών η σχετική υγρασία πρέπει να κυμαίνεται από 45% με 55% και η θερμοκρασία από 21 °C με τυπική απόκλιση ± 1.5 °C (Λαμπρόπουλος 2003).

Εν τούτοις σαν συμπέρασμα είναι ότι η εποχή, τα υλικά κατασκευής που οι θερμοκρασιακές μεταβολές επηρεάζουν τα μνημεία και τις επιφάνειες είναι για κάθε εποχή διαφορετικό. Για

παράδειγμα η αντιμετώπιση των ψηλών ποσοστών της σχετικής υγρασίας γίνεται με τη εφαρμογή του στεγάστρου ως σύστημα σκίασης για προστασία των μνημείων και από θέρμανση και από ψύξη και καθημερινά πρέπει να διεξάγεται οπτικός έλεγχος. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες απαιτείται ο καθαρισμός και ο δροσισμός των μνημείων για την αποφυγή των ρηγματώσεων από την ξηρασία. Όσο για την ανερχόμενη υγρασία η μέθοδος αντιμετώπισης του προβλήματος είναι η πρόληψη της (Μοροπούλου 1998). Η συντήρηση της επιφάνειας της πέτρας των μνημείων είναι απαραίτητη για την καταπολέμηση των μηχανικών φθορών όπως η κρυστάλλωση των αλάτων. Πρέπει να γίνεται η συγκόλληση των κομματιών της πέτρας καθώς και η συμπλήρωση των ρωγμών, σχισμών ή χαμένων τεμαχίων αλλά και ο καθαρισμός σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τα υλικά για την προστασία και τον καθαρισμό θα πρέπει να επιλέγονται ανάλογα με την ατμόσφαιρα της περιοχής γιατί στις επιφάνειες των μνημείων μπορεί να εμφανιστούν χρωματικές αλλοιώσεις.

Για την περαιτέρω έρευνα του αντικειμένου της παρούσας έρευνας θα προτεινόταν η επέκταση του πειράματος με τη τοποθέτηση σταθερών αισθητήρων θερμοκρασίας, υγρασίας και ανέμου ώστε να ληφθούν δεδομένα ικανά που να προτρέχουν τους πιθανούς κινδύνους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bhargav, J.S., Mishra, R.C. and Das C.R. (1998). “The effect of physico-chemical parameters on the erosion of monumental stones of Orissa.” *Current Science*, 74(6), 545-548.
- Bhargav, J. S., Mishra, R. C., and Das, C. R. (1999). “Environmental deterioration of stone monuments of Bhubaneswar, the temple city of India.” *Studies in Conservation*, 44(1), 1–11.
- Celsius, A. (1850). “Στοιχεία από το Κεφάλαιο 2 : Θερμοκρασία – Υγρασία”. Σημειώσεις Μαθήματος Εργαστήρια Μετεωρολογίας.
- Chmielewski, R., and Kruszka, L. (2015). “Case studies in construction materials application of selected modern technology systems to strengthen the damaged masonry dome of historical St. Anna’s Church in Wilanów (Poland).” *Case Studies in Construction Materials*, in press.
- El-shahat, A., Minas, H., and Khomiara, S. (2014). “Weathering of Calcarenite Monuments at Roman and Byzantine Archaeological Sites at Sabratha , Northwestern Libya : A Pilot Study.” *African Archaeological Review*, 45–58.
- Hull, D. (2003) “Interpretation and reconstruction.” *Celtic and Anglo-Saxon Art: Geomertic aspects*, J. Owen, ed., Liverpool University Press
- Rescic, S., Plescia, P., Cossari, P., Tempesta, E., Capitani, D., and Proietti, N. (2011). “Mechano-chemical activation : an ecological safety process in the production of materials to stone conservation.” *Procedia Engineering*, 21, 1061–1071.
- Sabbioni, C. (2008). “Κλιματικές αλλαγές και έρευνα για την πολιτιστική κληρονομιά.” *Κλιματική αλλαγή και μουσειακές αλλαγές*, Εθνική Πινακοθήκη του Λονδίνου- Θέατρο Sainsbury Wing.
- Šahmenko, G., Aispurs, S., and Krasnikovs, A. (2015). “The Use of High Performance Cement Composite in Renovation and Restoration of Architectural Elements of Buildings Facades.” *Procedia Engineering*, 117, 317–324.
- Tapete, D., Casagli, N., Luzi, G., Fanti, R., Gigli, G., and Leva, D. (2013). “Integrating radar and laser-based remote sensing techniques for monitoring structural deformation of archaeological monuments.” *Journal of Archaeological Science*, 40(1), 176–189.

- Αιβαλιώτης, Π. και Θεοφράστου, Δ. (2008). “Εφαρμογές θερμογραφίας σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.” Πτυχιακή εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη
- Αλεξάκη, Α., Μηλοπούλου, Ε., Μπίστικα, Ε. και Μωυσόγλου, Ν. (2012). “Από την συντήρηση στην διατήρηση: Η διαδρομή των έργων τέχνης στον χρόνο. <<http://1lyk-arsak-ekalis.att.sch.gr/wp-content/uploads/2012/11/Keimeno.pdf>> (Φεβ. 24, 2016).
- Ανέμου, Μ. (2012). “Βιοκλιματικός σχεδιασμός διάρροφου μόνο-κατοικίας για εξοικονόμηση ενέργειας και εσωτερική θερμική άνεση.” Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λεμεσός.
- Ανέστης, Ψ. (2008). “Μελέτη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας (UHI) στην ημιαστική περιοχή της πόλης των Χανίων .” Πτυχιακή εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης, Χανιά.
- Βάσιλας, Γ. (2013). “Διαχρονική χαρτογράφηση χρήσεων/κάλυψης γης της περιοχής Λάρνακας με χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής χωρικής ανάλυσης.” Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λεμεσός.
- Γεώργιος, Δ., Ζιωβά, Τ., Κουκουλή, Γ., και Λατσούδα, Α. (2012). “Εργασία για τις κλιματικές αλλαγές.” <<http://2lyk-lamias.fth.sch.gr/downloads/toklima.pdf>> (Νοε. 14, 2015).
- Γεωργίου, Κ. (2011). “Ευφυής σχεδιασμός και διαχείριση κτιρίων για βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης.” Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λεμεσός.
- Ελεγκτική Υπηρεσία της Δημοκρατίας (2011). “Προσαρμογή στις κλιματικές αλλαγές: Αντιμετωπίζοντας σήμερα τις προκλήσεις του μέλλοντος.”
- Ελληνόπουλος, Χ. (n.d.). “Εφαρμογές θερμογραφίας στην ενεργειακή απόδοση των κτηρίων.” <[http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/0/B62543CD3AFF148EC22575AD002CBC82/\\$file/%CE%95%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CF%82%20%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1%CF%82.pdf](http://www.mcit.gov.cy/mcit/mcit.nsf/0/B62543CD3AFF148EC22575AD002CBC82/$file/%CE%95%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CF%82%20%CE%B8%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1%CF%82.pdf)> (Μαρ. 21, 2016).
- Κοινοτικό Συμβούλιο Επισκοπής Κουρίου (2013). “Γενικές πληροφορίες για το χωριό της Επισκοπής.” <<http://www.episkopikouriou.org/eta-kappaomicroniotaunuomicrontauetataualpha.html>> (Ιαν. 4, 2016).
- Ζησοπούλου, Α. και Καζδαγλής, Μ. (1961). “Η Αντιμετώπιση του Φαινομένου της Θερμικής Νησίδας Μέσω του Στρατηγικού Σχεδιασμού της Βιώσιμης Ανάπτυξης του Ελληνικού Αστικού Περιβάλλοντος.”
- “Η θερμοκρασία του αέρα.” *Τμήμα Γεωλογίας-Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, <http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc431e/th/Lesson04_Temperature.pdf> (Δεκ. 29, 2015).

- Θεουλάκης, Π. (χ.χ.). “Ο βιολογικός παράγοντας στη διάβρωση των λίθων.”
- Θεοδωρίδης, Χ.Δ. (2006). “Συμβατά Υλικά και Μέθοδοι Συντήρησης και Αποκατάστασης Ιστορικών Κτιρίων.” Πρ. 15ο Συνεδρίου Σκυροδέματος, ΤΕΕ, ΕΤΕΚ, Αλεξανδρούπολη.
- Καραθανάση, Β. (2006). “Μικροκυματική τηλεπισκόπηση.” Σημειώσεις Μαθ., ΕΜΠ
- Κεφαλέα, Π.Φ.Η. (2012). “Αντλίες θερμότητας και ενδοδάπεδα θέρμανση: εφαρμογές σε συστήματα θέρμανσης κτιρίων κατοίκων.” Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, Αιγάλεω.
- Κλάδος Ευρωπαϊκών Θεμάτων, Γ. Τ. Π. (2009). *Κλιματική αλλαγή και καταστροφή του περιβάλλοντος. Πώς μπορούμε να σώσουμε τον πλανήτη*, Γραφείου Τύπου και Πληροφοριών, Κυπριακή Δημοκρατία.
- Κυπριακός Οργανισμός Τουρισμού. “Κείμενο αρχαιολογικού χώρου Κουρίου.” *Επίσημη ιστοσελίδα τουρισμού Κύπρου*, <
http://www.visitcyprus.com/files/audio_guides/written_form/Archaeological_Site_of_Kourion_afigisi_gr.pdf> (Απρ. 2, 2016).
- Λαμπρόπουλος, Β. (χ.χ.). “Διαχείριση κινδύνων και προληπτική συντήρηση συλλόγων και μνημείων.”
- Λαυρέντη, Φ. (n.d.). “Ενεργειακές μετρήσεις σε κτήρια, χρήση θερμοκάμερας.” Τεχνολογικό εκπαιδευτικό ίδρυμα Χαλκίδας.
- Μαζέρη, Γ. και Πάρπα, Δ. (2010). “Παραδοσιακή αρχιτεκτονική και σύγχρονοι προβληματισμοί: Ανάλυση ενός παραδοσιακού οικισμού της Κύπρου-Ασκάς.” <
[http://www.vernarch.ac.cy/images/media/assetfile/Askas%20A'%20\(2010\).pdf](http://www.vernarch.ac.cy/images/media/assetfile/Askas%20A'%20(2010).pdf)> (Μαρ. 3, 2016)
- Μαυρομάτη, Μ. (2014). “Μελέτη συντήρησης υστερορωμαϊκού κλιβάνου στον αρχαιολογικό χώρο της αγοράς του Δίου.” Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Μελάς, Δ., Ασωνίτης, Γ. και Αμοιρίδης, Β. (2000). *Κλιματική αλλαγή: Οδηγός εκπαιδευτικών*, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Αθήνα.
- “Μερικές πληροφορίες σχετικά με την υγρασία.”
<<http://www.delonghi.com/Global/InstructionManuals/GR/GR-5714810081.pdf>>
- Μιχαήλ, Α. (2013). “Από τη παραδοσιακή στη σύγχρονη βιοκλιματική αρχιτεκτονική της Κύπρου.” Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λεμεσός.
- Μοροπούλου, Α. (χ.χ.). “Περιβαλλοντικά αίτια – Φαινόμενα και μηχανισμοί της φθοράς – Σχέση φθοράς και παθολογίας Άδεια Χρήσης.”

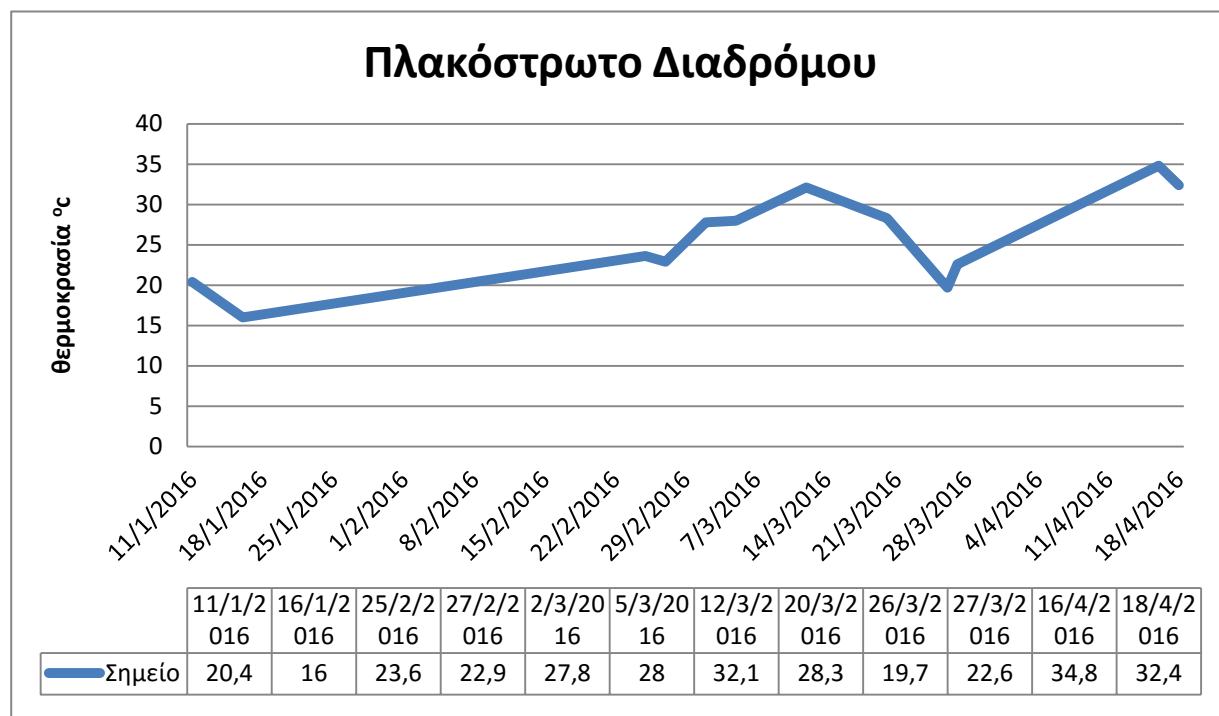
- Μοροπούλου, Α. (χ.χ.). “Υλικά και επεμβάσεις συντήρησης: Κριτήρια, μεθοδολογία και τεχνικές αποτίμησης και σχεδιασμού.” *Επιστημονική Ημερίδα για την προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Μπουγιατιώτη, Φ-Μ.(2009). “Το αστικό μικροκλίμα: Βιοκλιματικές παρεμβάσεις για τη βελτίωση του.” Σημειώσεις Μαθ.. Μάθημα Βιοκλιματικός Σχεδιασμός. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Μπούρμπουλα, Ε. (χ.χ.). “Πειράματα και Προσομοιώσεις στην Διδασκαλία της Φυσικής.” Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Αυγερινού, Μ. (2011). “Επιδράσεις του περιβάλλοντος σε μνημεία.” Νομικά Επίλεκτα, <<http://www.nomika-epilekta.gr/strepsodikopanoyrgia/dokimia/epidraseis-toy-periballontos-se-mnimeia>> (Ιαν. 10, 2016).
- Οικονομόπουλος, Γ. και Παπαζάνη, Ι. (2009). “Το νερό ως στοιχείο ελέγχου του μικροκλίματος στις πλατείες της Αθήνας.” Πτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Οργανισμός Σχολικών Κτιρίων Α.Ε. (2008). *Οδηγίες βιοκλιματικού σχεδιασμού σχολικών κτιρίων*, Γενική Διεύθυνση Έργων-Διεύθυνση Μελετών Συμβατικών Έργων, Αθήνα.
- Παπαγεωργίου, Η. κ.α. (2012). “Μελέτη συντήρησης τοιχογραφιών ιερού ναού Αγίου Δημήτριου «των όπλων».” Ιερά Αρχιεπισκοπή Αθηνών, Αθήνα.
- Πολυκάρπου, Π. (2011). “Ακουστικός σχεδιασμός του αρχαίου θεάτρου Κουρίου της Λεμεσού Κύπρου.” Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Πρεσβεία της Κυπριακής Δημοκρατίας στη Στοκχόλμη (2011). “Γεωγραφία/ Κλίμα”, <http://www.mfa.gov.cy/mfa/embassies/embassy_stockholm.nsf/ecsw08_gr/ecsw08_gr?OpenDocument> (Ιαν. 10, 2016).
- Ρογκότης, Σ. (2010). “Επεξεργασία εικόνας από θερμοκάμερα.” Πτυχιακή εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Αλκιβιάδη, Μ. κ.α.(2011). “Ατμοσφαιρική τεχνολογία.” Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Σιδηροπούλου-Βελίδου, Δ. (2012). “Αξιοποίηση θερμικών λήψεων για τον εντοπισμό παθολογίας στα μνημεία.” Πτυχιακή διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Σιμώνη, Ε. (2013). “Συμβολή στη διαχείριση της πολιτιστικής κληρονομιάς με τη χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών. Αρχαιολογική πληροφορία και πολεοδομικός σχεδιασμός: Η περίπτωση του σχεδίου πόλεως Πατρών.” Διατριβή επί διδακτορία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πολυτεχνική σχολή, Πάτρα.
- Σκαπέτη, Ε. (2004). “Περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε δομικούς λίθους μνημείων.” Μεταπτυχιακή εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

- Σκουλικίδης, Θ. κ.α. (1995). “Φθορές και συντήρηση μνημείων.” *Πυρφορός*, 46-57.
- Σκουλικίδης, Θ. (1997). “Μέθοδοι και Υλικά Συντήρησης Αρχαίων και Νεότερων Μνημείων.” 10^ο Σεμινάριο, Περιβάλλον και Πολιτιστική Κληρονομιά, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.
- Συλαίου, Σ. κ.α. (2012). “Έπισκόπηση εφαρμογών της Εθελοντικής Γεωγραφικής Πληροφορίας με έμφαση στην Πολιτισμική Κληρονομιά.” Χωρογραφίες, Πολυτεχνική Σχολή Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Τμήμα Αρχαιοτήτων (2005). “Κούριο.” Αρχαιολογικοί Χώροι, <<http://www.mcw.gov.cy/mcw/DA/DA.nsf/All/D68072D13C2FB379C225719B0029F872?OpenDocument>> (Ιαν. 4, 2016).
- Τμήμα Μετεωρολογίας (2006). “Το κλίμα της Κύπρου.”, <http://www.moa.gov.cy/moa/ms/ms.nsf/DMLcyclimate_gr/DMLcyclimate_gr?OpenDocument> (Ιαν. 10, 2016).
- Τσόλκας, Κ. Β. και Τυρέγκολου, Α. Σ. (2008). “Μετρήσεις της θερμοκρασίας λειτουργίας των μετασχηματισμών του δικτύου διανομής.” Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Τσουκαλάς, Κ. (2011). “Μέθοδοι Προσομοίωσης της θερμικής Συμπεριφοράς των Κτιρίων και Εφαρμογές.” Πτυχιακή εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Υπηρεσία Ενέργειας (2010). *Οδηγός Θερμομόνωσης κτιρίων*, 2^η Εκδ., Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού, Κύπρος.
- Υπηρεσία Μετεωρολογίας (2011). “Στοιχεία μετεωρολογίας.”
- Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού (χ.χ.). “Υπολογισμός Συντελεστή Θερμοπερατότητας Κατασκευής από Ξύλινο Σκελετό.”
- Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού (2010). “Οδηγός Πιστοποίησης Ενεργειακής Απόδοσης Υφιστάμενων Κατοικιών.”
- Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού (2015). “Μεθοδολογία Υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης κτιρίου.”
- Χάμπαλης, Π. (2012). “Παρακολούθηση ατμοσφαιρικής ρύπανσης με ηλιοφωτόμετρα και επίγειους σταθμούς στην αστική περιοχή της Λεμεσού.” Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου.
- Χαραλάμπους, Δ., Πολυκρέτη, Κ. και Αργυροπούλου, Β. (2007). “Οδηγός Καλής Πρακτικής για την Προστασία των Υπαίθριων Μπρούντζινων Μνημείων στην Ελλάδα.”

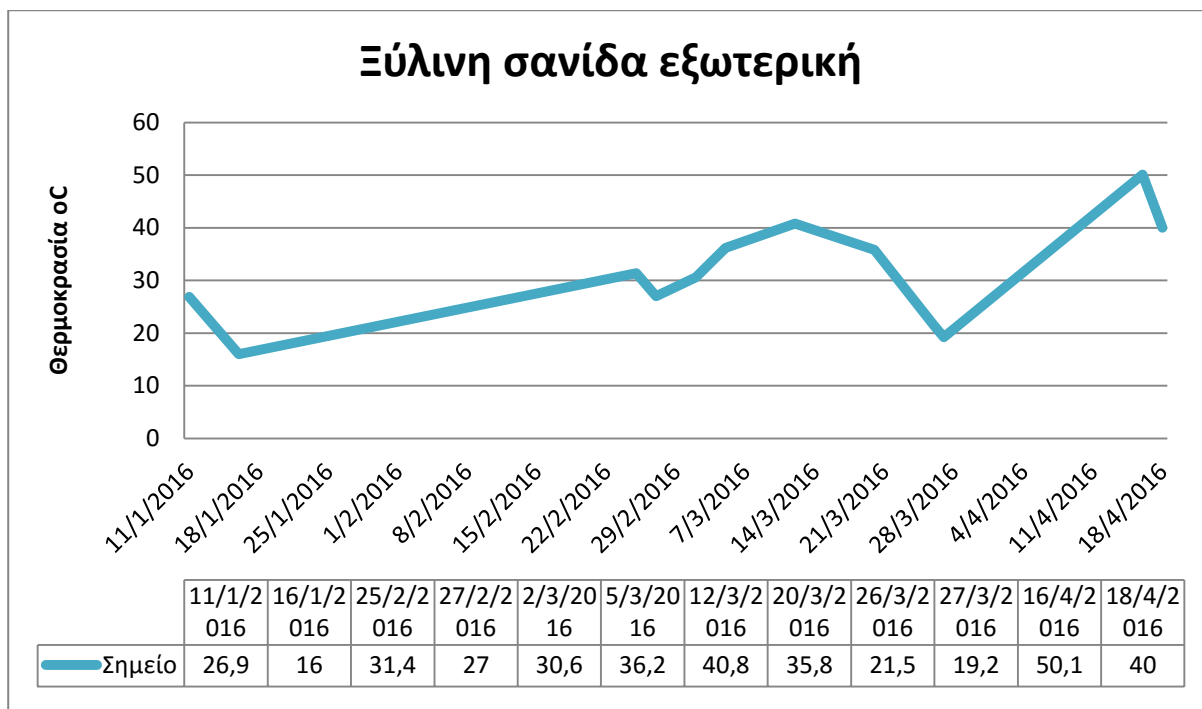
Χατζηνικόλα, Χ. (2013). “Έρευνα ενεργειακής συνείδησης και εσωτερικής θερμικής άνεσης των χρηστών στο κτίριο υπηρεσίας σπουδών και φοιτητικής μέριμνας ΤΕΠΑΚ”. Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου, Λεμεσός.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

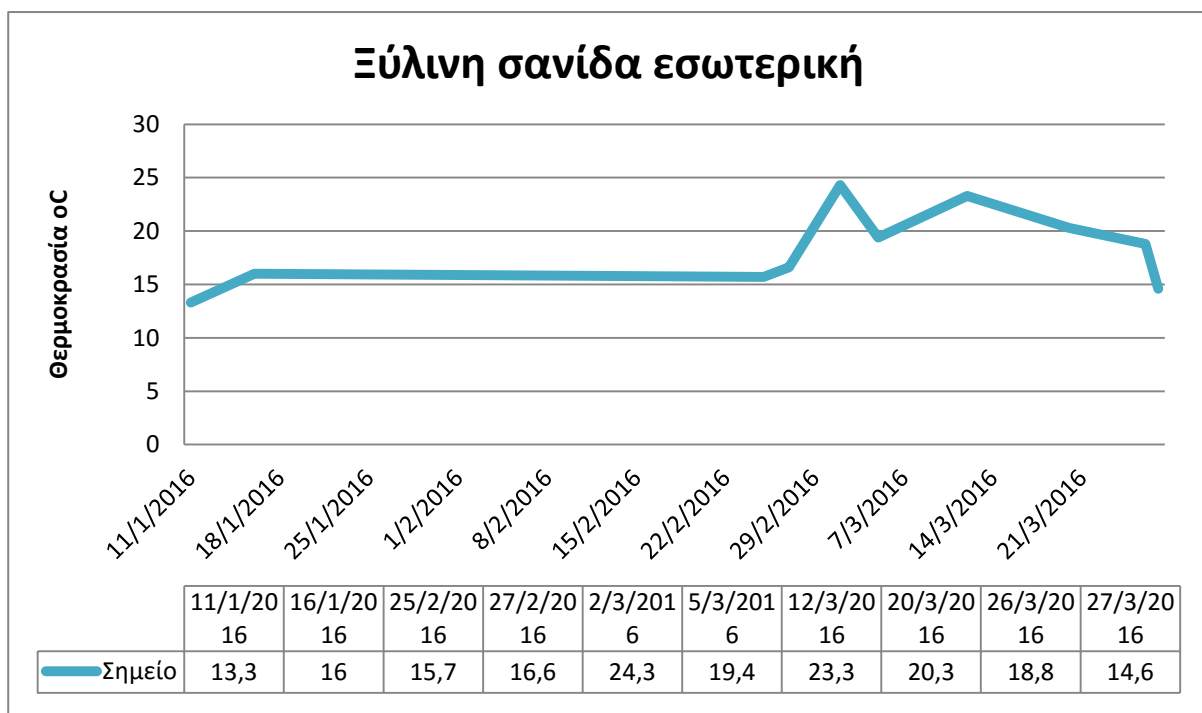
Βοηθητικά διαγράμματα μετρήσεων



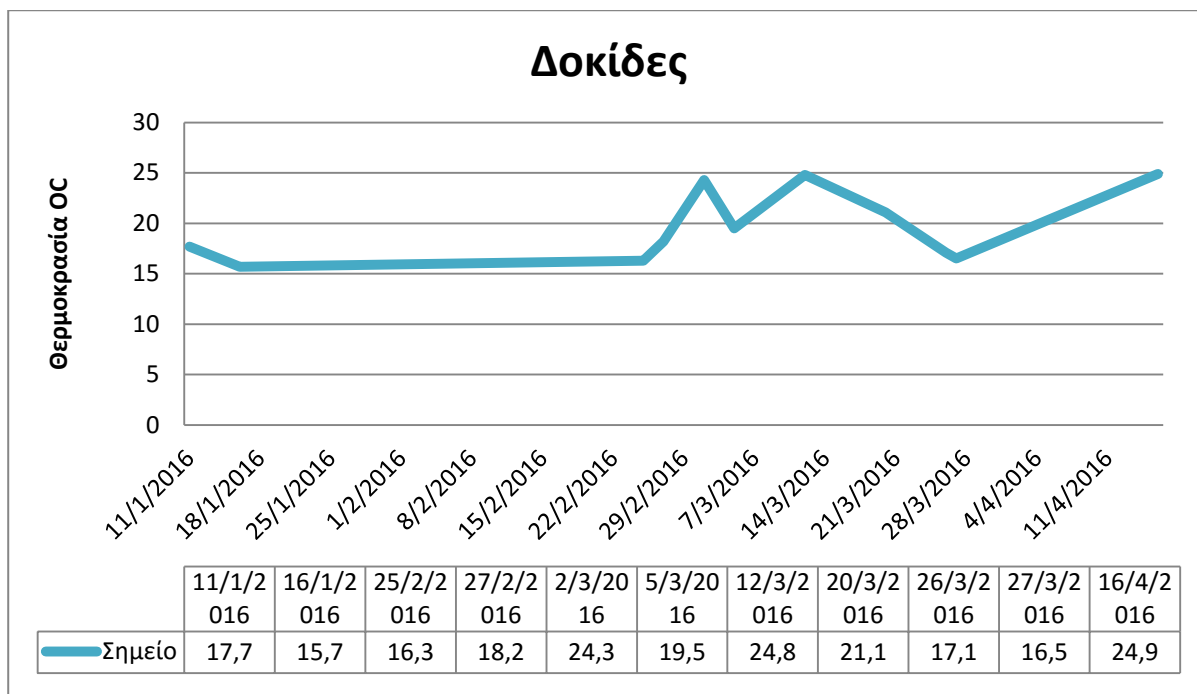
Διάγραμμα 13: Μέτρηση στο σημείο του πλακόστρωτου στο διάδρομο



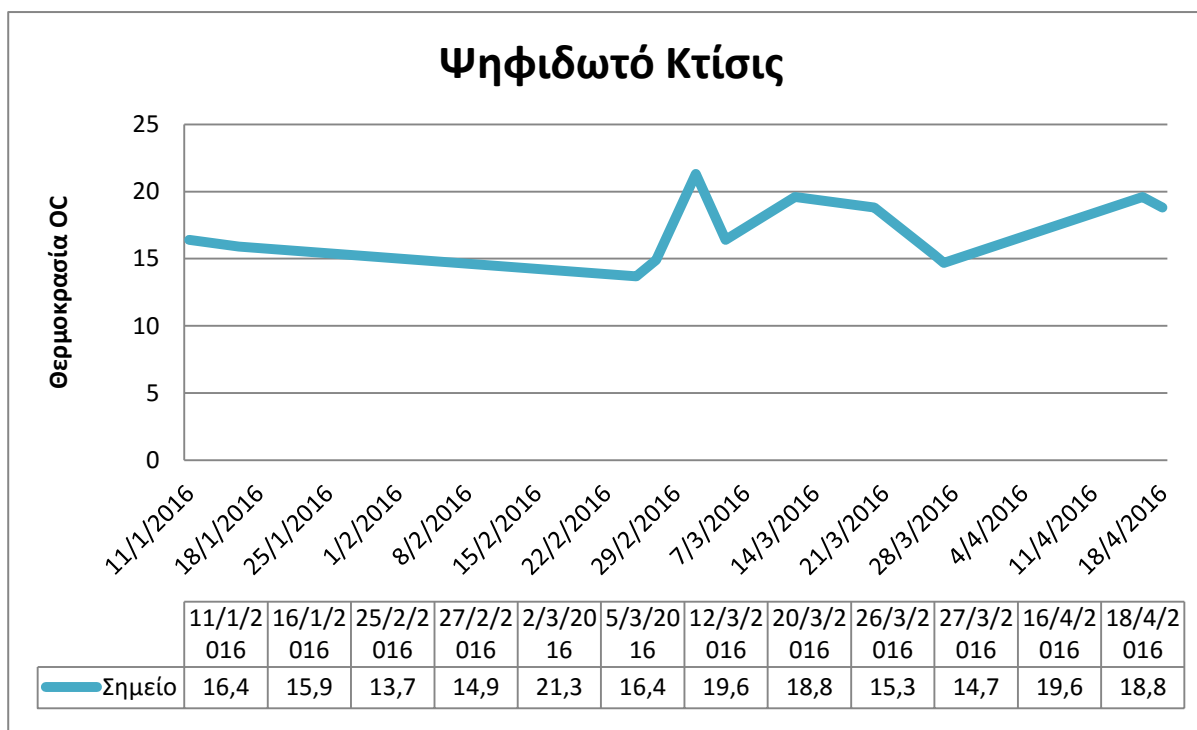
Διάγραμμα 14: Μέτρηση στο σημείο ξύλινης σανίδας εκτός στεγάστρου



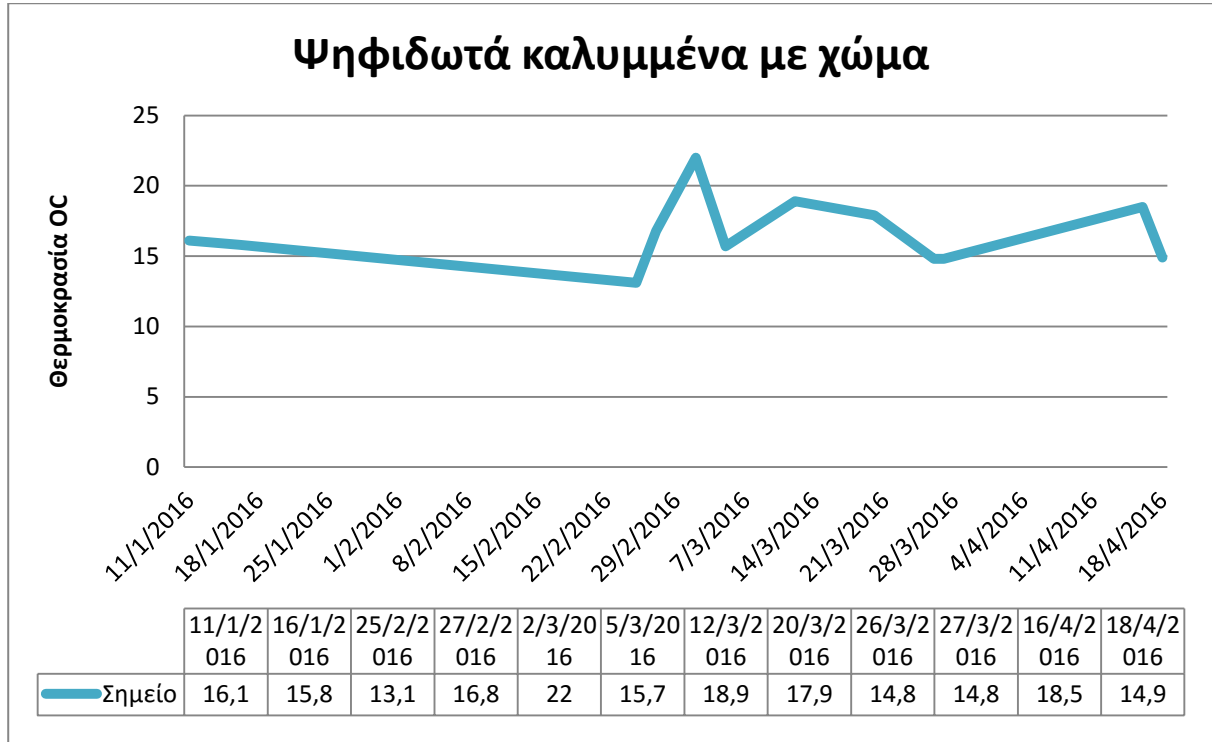
Διάγραμμα 15: Μέτρηση στο σημείο ξύλινης σανίδας εντός στεγάστρου



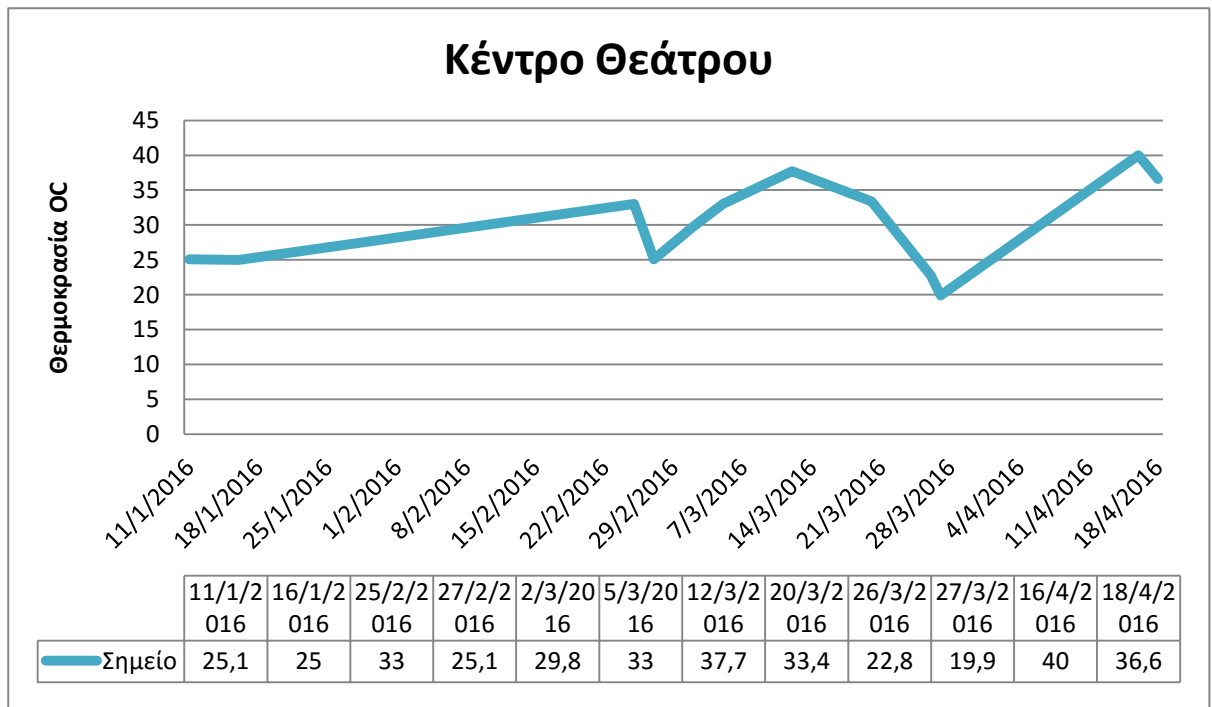
Διάγραμμα 16: Μέτρηση στο σημείο των δοκίδων



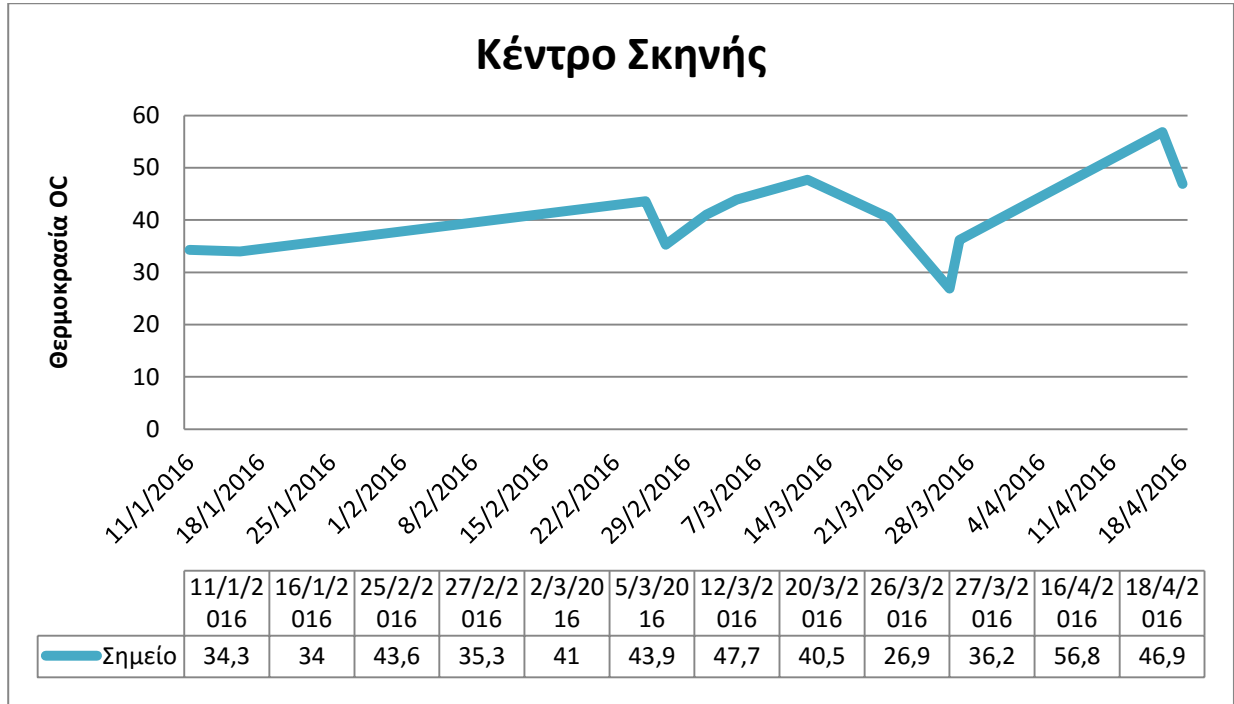
Διάγραμμα 17: Μέτρηση στο σημείο του ψηφιδωτού Κτίσις



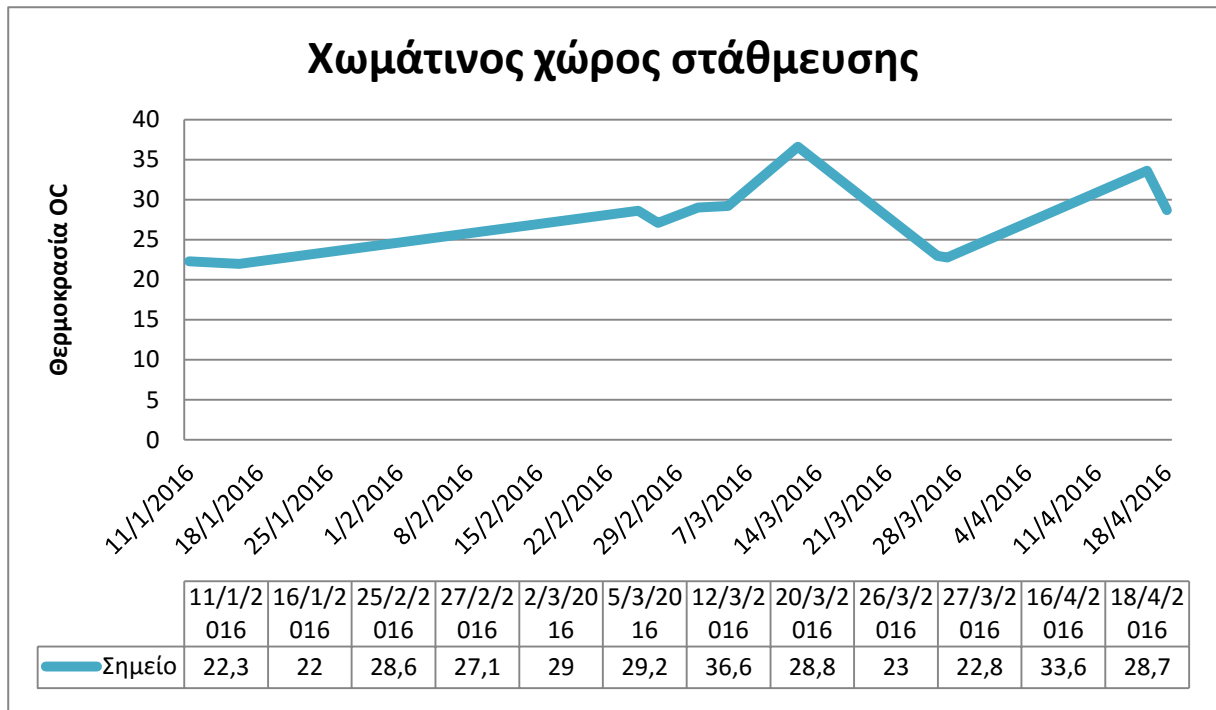
Διάγραμμα 18: Μέτρηση στα σημεία των ψηφιδωτών καλυμμένα με χώμα



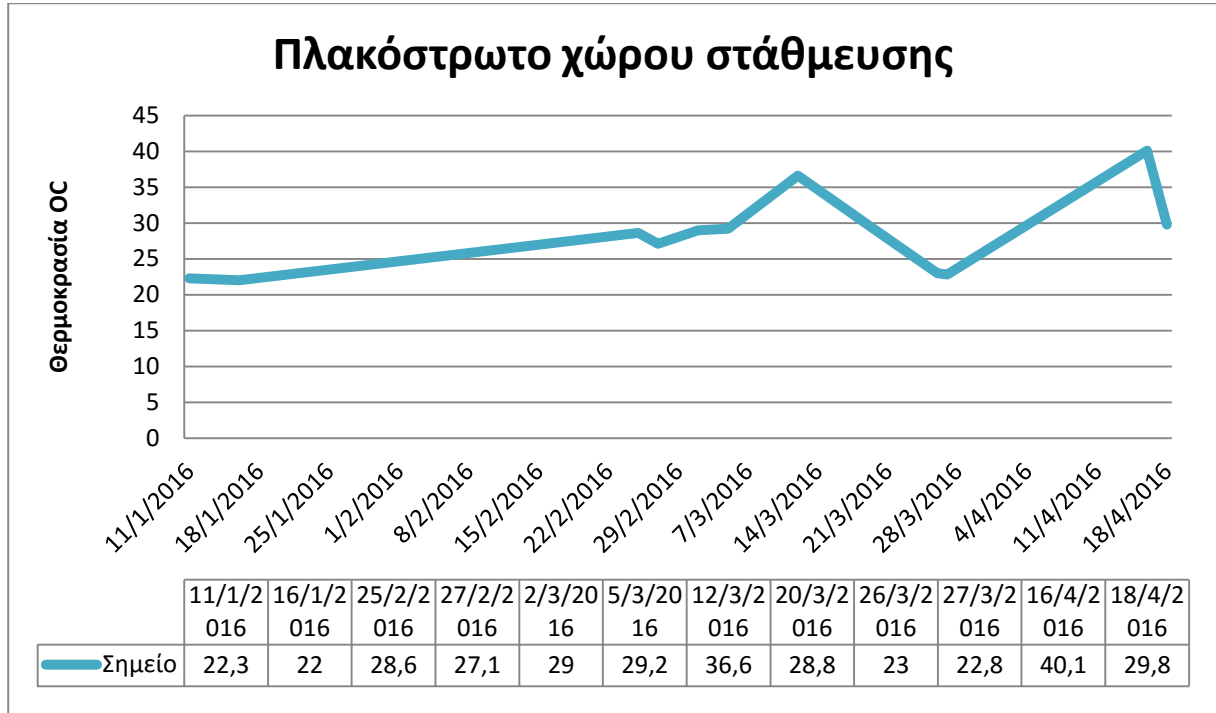
Διάγραμμα 19: Μέτρηση στο σημείο του κέντρου του θεάτρου



Διάγραμμα 20: Μέτρηση στο σημείο του κέντρου της σκηνής



Διάγραμμα 21: Μέτρηση στο σημείο χωμάτινου χώρου στάθμευσης



Διάγραμμα 22: Μέτρηση στο σημείο πλακόστρωτου χώρου στάθμευσης