

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



Μεταπτυχιακή διατριβή

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΣΤΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ

Λουκία Σιαμαρή

Λεμεσός 2015

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

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΣΤΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ

της
Λουκία Σιαμαρή

Λεμεσός 2015

ΕΝΤΥΠΟ ΕΓΚΡΙΣΗΣ

Μεταπτυχιακή διατριβή

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ
ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ
ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΣΤΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ**

Παρουσιάστηκε από

Λουκία Σιαμαρή

Επιβλέπων καθηγητής _____

Μέλος επιτροπής _____

Μέλος επιτροπής _____

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Δεκέμβριος, 2015

Πνευματικά δικαιώματα

Copyright © Λουκία Σιαμαρή, 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η έγκριση της μεταπτυχιακής διατριβής 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.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον υπεύθυνο καθηγητή της διατριβής μου εργασίας Δρ. Διόφαντο Χατζημιτσή, Καθηγητή στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Γεωπληροφορικής του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Κύπρου, που μου έδειξε εμπιστοσύνη και αποδέχτηκε το θέμα που του πρότεινα για την εν λόγω μεταπτυχιακή εργασία. Επίσης ευχαριστώ θερμά τον Δρ. Άθω Αγαπίου, για την καθοδήγηση του και τις πολύτιμες υποδείξεις του καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας μεταπτυχιακής μου εργασίας. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την διαρκή υποστήριξή της και ιδιαίτερα την ξαδέλφη μου Γιώτα Χατζηαντώνη για την καθοδήγηση και τις γνώσεις που μου μετέφερε σε θέματα κλιματικών αλλαγών του φαινομένου και μετεωρολογίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η μελέτη της Αστικής Θερμικής Νησίδας, των χαρακτηριστικών της, καθώς και των τρόπων μείωσης του φαινομένου με νέα υλικά.

Η συγκεκριμένη εργασία χωρίζεται σε δύο βασικά μέρη. Πρώτο είναι το θεωρητικό μέρος και δεύτερο και κυριότερο το πειραματικό.

Το θεωρητικό μέρος αποτελείται από δύο κεφάλαια, τα οποία χωρίζονται σε υπό κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική αναφορά στην έννοια, στα χαρακτηριστικά, στις μορφές, στα αίτια, στις επιπτώσεις και τέλος στους σύγχρονους τρόπους αντιμετώπισης του φαινομένου της Αστικής Θερμική Νησίδα. Στο δεύτερο κεφάλαιο είναι η ανασκόπηση του φαινομένου όπου περιγράφονται αντίστοιχες μελέτες που έχουν εφαρμοστεί στην Μεσόγειο, στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη. Ακόμη υπάρχουν μελέτες που έγιναν για τα υλικά κατασκευής των κτιρίων και συγκοινωνιών έργων.

Το πειραματικό μέρος αποτελείται και αυτό από δυο κεφάλαια. Στο τρίτο κεφάλαιο της μελέτης μου παρουσιάζεται ο σκοπός της εργασίας, η περιοχή μελέτης που είναι η Λεμεσός και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την μελέτη, η ειδική θερμοκάμερα. Με τον εξοπλισμό αυτό καταφέραμε να διαπιστώσουμε ποια υλικά συμβάλουν στην δημιουργία και την επιδείνωση του φαινομένου αυτού. Επίσης, στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση πειραματικών δεδομένων που αφορούν τις μετρήσεις της θερμοκρασίας στις επιφάνειες των υλικών.

Εν κατακλείδι, το τελευταίο και κυριότερο μέρος της εργασίας διατυπώνονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τα αποτελέσματα αλλά και προτεινόμενες προτάσεις τροποποίησης των συμβατικών υλικών για την μείωση του φαινομένου.

Abstract

The subject of this master thesis is to study Urban Heat Island, its characteristics and the ways of reducing the phenomenon with new materials. This paper is divided into two main parts.

First is the theoretical part and the second and main the experimental part. The theoretical part consists of two chapters, which are divided into sub chapters. The first chapter is a detailed reference to the concept, the characteristics, the forms, the causes, effects and finally to modern ways of dealing with the phenomenon of Urban Heat Island.

The second chapter reviews the phenomenon describing similar studies that have been implemented in the Mediterranean, in Central and Northern Europe. There are also studies for the construction materials of buildings and communication and works projects.

The experimental part is divided into two chapters.

The third chapter of my study presents the aim of the work, the study area which is Limassol and the relevant equipment which was used for the study (special Thermal Camera).

With this equipment we managed to see what materials contributed to the creation and aggravation of the above phenomenon. Furthermore the fourth chapter presents the results obtained from the analysis of experimental data on the temperature measurements on the surfaces of materials.

To conclude with, the last and most important part of my thesis deals with the general conclusions drawn from the results and recommended proposals to modify the conventional materials in order to reduce the aforesaid phenomenon.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vi
Abstract.....	vii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	xiii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	xv
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	xvi
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	xvii
1 Αστική Θερμική Νησίδα.....	1
1.1 Έννοια της Αστικής Θερμικής Νησίδας.....	1
1.2 Χαρακτηριστικά της Αστικής Θερμικής Νησίδας	2
1.3 Μορφές Αστικής Θερμικής Νησίδας	3
1.4 Αίτια του φαινομένου της Α.Θ.Ν.....	5
1.4.1 Ανθρωπογενείς δραστηριότητες.....	6
1.4.2 Πυκνή δόμηση	6
1.4.3 Υλικά κατασκευής.....	7
1.4.4 Γεωμετρία των κτιρίων και των αστικών δρόμων.....	9
1.4.5 Αύξηση Πληθυσμού	10
1.5 Επιπτώσεις φαινομένου της Α.Θ.Ν.	10
1.6 Τρόποι αντιμετώπισης του φαινομένου.....	11
1.6.1 Χώροι με πράσινο.....	12
1.6.2 Ψυχρά υλικά	13
1.6.3 Πράσινες στέγες	15

1.6.4	Ζώνες ύδατος.....	16
1.6.5	Τεχνική σκίαση.....	16
2	Ανασκόπηση του φαινομένου της Α.Θ.Ν.....	18
2.1	Μελέτες για την μέτρηση του φαινομένου της ΑΘΝ στην Μεσόγειο	18
2.2	Μελέτες για την μέτρηση του φαινομένου της ΑΘΝ στην Κεντρική Ευρώπη και στο Ηνωμένο Βασίλειο.....	19
2.3	Μελέτες για την μέτρηση του φαινομένου της ΑΘΝ στην Βόρεια Ευρώπη	20
2.4	Μελέτες για Υλικά κατασκευής.....	21
3	Μεθοδολογία.....	24
3.1	Σκοπός.....	24
3.2	Περιοχή μελέτης.....	24
3.2.1	Κλιματολογικές συνθήκες της Κύπρου.....	25
3.3	Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε.....	26
3.3.1	Θερμοκάμερα	26
3.4	Μέθοδος	27
3.4.1	Μετρήσεις θερμοκρασίας επιφάνειας υλικών.....	27
4	Αποτελέσματα.....	28
4.1	Θερμοκρασίες της επιφάνειας των υλικών.....	28
4.2	Εφαρμογή t-test	37
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	41
5.1	Γενικά Συμπεράσματα.....	41
5.2	Θερμοκρασία επιφάνεια υλικών.....	41
5.3	Προτάσεις για μελλοντικές επεκτάσεις	43
5.3.1	Θερμοχρωμικά υλικά.....	43
5.3.2	Φυτοκαταλυτικά υλικά.....	43
5.3.3	Πλάκες πεζοδρομίων	43

5.3.4	Κεραμίδια	44
5.3.5	Οδόστρωμα.....	44
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....		47
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Α		50
	Συμπληρωματικά αποτελέσματα για την καλοκαιρινή περίοδο	50
	Συμπληρωματικά αποτελέσματα για την φθινοπωρινή περίοδο	55
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Β		61
	Συμπληρωματικά αποτελέσματα των t-test	61

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Φυσικές ιδιότητες υλικών	8
Πίνακας 2: Ενδεικτικές τιμών ανακλαστικότητας και εκπεμφιμότητας συνηθισμένων υλικών	15
Πίνακας 3: Αποτελέσματα θερμοκρασίες υλικών για την καλοκαιρινή περίοδο	28
Πίνακας 4: Αποτελέσματα θερμοκρασίες υλικών για τις πρωινές ώρες την φθινοπωρινή περίοδο	31
Πίνακας 5: Αποτελέσματα θερμοκρασίες υλικών για τις μεσημεριανές ώρες την φθινοπωρινή περίοδο	32
Πίνακας 6: Αποτελέσματα θερμοκρασίες υλικών για τις βραδυνές ώρες την φθινοπωρινή περίοδο	33
Πίνακας 7: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο το πρωί και ασφαλτο το μεσημέρι για καλοκαιρινή περίοδο	37
Πίνακας 8: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο και πεζοδρόμιο το μεσημέρι	38
Πίνακας 9: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο και άμμο το πρωί	39
Πίνακας 10: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο και κεραμίδι το βράδι.....	40
Πίνακας 11: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο το πρωί και ασφαλτο το βράδι.....	61
Πίνακας 12: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο το μεσημέρι και ασφαλτο το βράδι.....	61
Πίνακας 13: Αποτελέσματα t-test για πεζοδρόμιο το μεσημέρι και πεζοδρόμιο το βράδι	61
Πίνακας 14: Αποτελέσματα t-test για πεζοδρόμιο το μεσημέρι και πεζοδρόμιο το πρωί.....	62
Πίνακας 15: Αποτελέσματα t-test για πεζοδρόμιο το πρωί και πεζοδρόμιο το βράδι	62
Πίνακας 16: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο πεζοδρόμιο το πρωί.....	62
Πίνακας 17: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο πεζοδρόμιο το βράδι	62
Πίνακας 18: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο και κεραμίδι το πρωί.....	63
Πίνακας 19: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο και κεραμίδι το μεσημέρι.....	63
Πίνακας 20: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο και άμμο το μεσημέρι	63

Πίνακας 21: Αποτελέσματα t-test για άσφαλτο και άμμο το βράδι 63

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Θερμοκρασίες ασφάλτου για την συνολική χρονική περίοδο.....	29
Διάγραμμα 2: Θερμοκρασίες πεζοδρομίου για την συνολική χρονική περίοδο	30
Διάγραμμα 3: Θερμοκρασίες ασφάλτου- πεζοδρομίου για όλες τις ώρες	30
Διάγραμμα 4: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου – κεραμίδι – άμμος η ώρα 08:00πμ.....	34
Διάγραμμα 5: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου – κεραμίδι – άμμος η ώρα 15:00μμ.....	34
Διάγραμμα 6: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου – κεραμίδι – άμμος η ώρα 21:00μμ.....	35
Διάγραμμα 7: Θερμοκρασίες ασφάλτου – πεζοδρομίου – κεραμίδι – άμμος για όλες τις ώρες	35
Διάγραμμα 8: Άσφαλτος κατά τις πρωινές ώρες (08:00).....	50
Διάγραμμα 9: Άσφαλτος κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00)	50
Διάγραμμα 10: Άσφαλτος κατά τις βραδινές ώρες (21:00).....	51
Διάγραμμα 11: Πεζοδρόμιο κατά τις πρωινές ώρες (08:00)	51
Διάγραμμα 12: Πεζοδρόμιο κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00).....	52
Διάγραμμα 13: Πεζοδρόμιο κατά τις βραδινές ώρες (21:00).....	52
Διάγραμμα 14: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου η ώρα 08:00πμ.....	53
Διάγραμμα 15: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου η ώρα 15:00μμ	53
Διάγραμμα 16: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου η ώρα 21:00.....	54
Διάγραμμα 17: θερμοκρασία ασφάλτου – πεζοδρομίου ανά ώρα.....	54
Διάγραμμα 18: Άσφαλτος κατά τις πρωινές ώρες (08:00).....	55
Διάγραμμα 19: Άσφαλτος κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00)	55
Διάγραμμα 20: Άσφαλτος κατά τις βραδινές ώρες (21:00).....	56
Διάγραμμα 21: Πεζοδρόμιο κατά τις πρωινές ώρες (08:00)	56

Διάγραμμα 22: Πεζοδρόμιο κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00).....	57
Διάγραμμα 23: Πεζοδρόμιο κατά τις βραδινές ώρες (21:00).....	57
Διάγραμμα 24: Άμμος κατά τις πρωινές ώρες (08:00).....	58
Διάγραμμα 25: Άμμος κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00)	58
Διάγραμμα 26: Άμμος κατά τις βραδινές ώρες (21:00)	59
Διάγραμμα 27: Κεραμίδι κατά τις πρωινές ώρες (08:00).....	59
Διάγραμμα 28: Κεραμίδι κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00).....	60
Διάγραμμα 29: Κεραμίδι κατά τις βραδινές ώρες (21:00)	60

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Ο τρόπος με τον οποίο υψηλά και χαμηλά κτίρια αντανακλούν την υλική ακτινοβολία (Allaby M. 2007).	1
Εικόνα 2: Προφίλ Αστικής Θερμικής Νησίδας.....	3
Εικόνα 3: Σχηματική αναπαράσταση της ατμόσφαιρας των πόλεων που παρουσιάζει την διάκριση μεταξύ διαφόρων τύπων Α.Θ.Ν (Oke 2006).....	4
Εικόνα 4: Ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της γης	5
Εικόνα 5: Ροή του αέρα ανάμεσα στα κτίρια καθώς αυξάνει ο λόγος H/W (ύψος κτιρίου προς πλάτος δρόμου).....	7
Εικόνα 6: Η ροή του ανέμου σε σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κτηρίων και των δρόμων.....	9
Εικόνα 7: Χώροι πρασίνου που σχηματίζουν ένα δίκτυο πρασίνου	13
Εικόνα 8: Πράσινη οροφή	16
Εικόνα 9: Περιοχή μελέτης	24
Εικόνα 10: Θερμοκάμερα.....	26

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΤΕΠΑΚ.: Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Α.Θ.Ν.: Αστική Θερμική Νησίδα

CLHI: Canopy Layer heat Island

BLHI: Boundary Layer Heat Island

SHI: Surface Heat Island

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αύξηση του πληθυσμού και οι τρέχουσες ανάγκες, έχουν οδηγήσει στην δημιουργία μεγάλων πόλεων και πολεοδομικών συστημάτων. Σε ότι αφορά το περιβάλλον, ο αστικός ιστός εκπέμπει ρύπους και θερμότητα σε μεγάλες ποσότητες, μετατρέποντας έτσι τις περιοχές αυτές, αν το δούμε σε μεγάλη κλίμακα, σε σημειακές πηγές ρύπων και θερμότητας. Η σημειακή και έντονη εκπομπή θερμότητας προκαλεί αλλαγές στην ισορροπία της θερμότητας της περιοχής. Λόγω της πυκνής δόμησης των κτηρίων, η θερμότητα εμποδίζεται στο να εξαπλωθεί και εγκλωβίζεται μέσα στις πόλεις, προκαλώντας το θερμικό φαινόμενο, που ονομάζεται «Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας».

Η αστική θερμική νησίδα είναι ένα πολύ γνωστό φαινόμενο που έχει καταγραφεί σε εκατοντάδες πόλεις σε όλο τον κόσμο και έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη υψηλών θερμοκρασιών αέρα και επιφανειών στις αστικές περιοχές σε αντίθεση με τις γύρω αγροτικές περιοχές. Οι θερμοκρασίες στις αστικές περιοχές είναι μεγαλύτερες έτσι οδηγεί στην αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό των χώρων. Σε μικροκλιματικό επίπεδο προκαλούνται αλλαγές του αστικού κλίματος, όπως μεταβολή της υγρασίας, αλλαγή των τοπικών ανέμων κτλ. Η αλλαγή αυτή στο κλίμα των πόλεων έχει τεκμηριωθεί επιστημονικά κατά το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα.

Γενικά οι περισσότερες πόλεις, λόγω των δομικών υλικών που χαρακτηρίζονται από υψηλή θερμοχωρητικότητα, χαμηλή αντανακλαστικότητα και μη ικανοποιητικούς πόρους, έχουν υψηλότερες θερμοκρασίες από τις περιαστικές περιοχές και παρουσιάζουν μία πληθώρα αλλοιώσεων των κλιματικών τους χαρακτηριστικών και επηρεάζονται σημαντικά από το δομημένο περιβάλλον, το είδος, την ποιότητα των κτιρίων, την παραγωγή ανθρωπογενούς θερμότητας, την έλλειψη πρασίνου και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Η ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος έχει επιδεινωθεί μέσα από την πυκνή δόμηση και τη βιομηχανοποίηση των υλικών, ενώ παράλληλα η απουσία οικολογικής προσέγγισης στο σχεδιασμό τόσο των πόλεων όσο και των κτιρίων, οδήγησε σε περιβαλλοντική υποβάθμιση. Ο αστικός ιστός εκπέμπει ρύπους και θερμότητα σε μεγάλες ποσότητες, με αποτέλεσμα να μετατρέπονται οι περιοχές σε σημειακές πηγές ρύπων και θερμότητας. Εξαιτίας της πυκνής δόμησης των κτιρίων, η θερμότητα δύσκολα μπορεί να εξαπλωθεί, με αποτέλεσμα να εγκλωβίζεται μέσα στις πόλεις, προκαλώντας το θερμικό φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ).

Η αντιμετώπιση του φαινομένου έχει απασχολήσει πολύ την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα. Λύσεις υπάρχουν φτάνει η αντιμετώπιση να προϋποθέτει την ενσωμάτωση στρατηγικών βιωσιμότητας λαμβάνοντας υπόψη οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική ανάπτυξη.

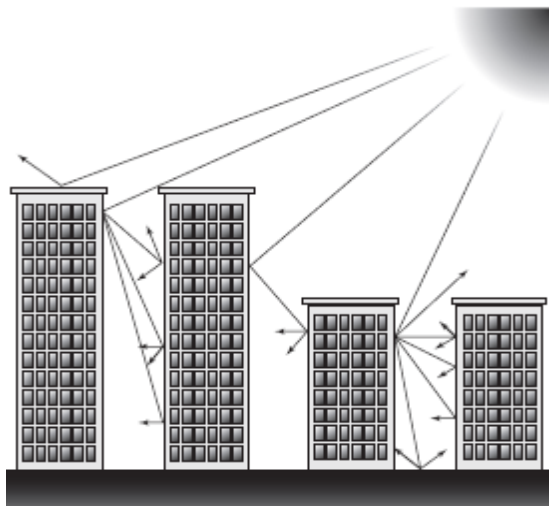
1 Αστική Θερμική Νησίδα

1.1 Έννοια της Αστικής Θερμικής Νησίδας

Οι κοινωνικές και οικονομικές παράμετροι που διαμορφώθηκαν μετά το τέλος του 2^{ου} παγκόσμιου πολέμου, οδηγούν τον παγκόσμιο πληθυσμό σε μαζικές μετακινήσεις σε μεγάλα αστικά κέντρα.

Περίπου το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε αστικές περιοχές. Στο μέλλον αναμένεται ότι το σύνολο της αστικοποίησής θα αυξηθεί κατά 70% του σημερινού παγκοσμίου αστικού πληθυσμού έως το 2030, η μετανάστευση του πληθυσμού από τις αγροτικές στις αστικές περιοχές συνεχίζεται. Ως εκ τούτου, οι αρνητικές επιπτώσεις που ακολουθούν την αστικοποίηση είναι μια αυξανόμενη ανησυχία που ελκύει την προσοχή των ανθρώπων σε όλο τον κόσμο (εικόνα 1).

Η απότομη πληθυσμιακή και οικιστική εξέλιξη του αστικού περιβάλλοντος προκαλεί αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, κυρίως από την παραγωγή ρύπανσης, την τροποποίηση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων της ατμόσφαιρας, καθώς και την κάλυψη του εδάφους. Έτσι λοιπόν θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο κατά το οποίο ένας χώρος είναι αισθητά πιο θερμός από το περιβάλλον του και μπορεί να παρομοιαστεί με ένα νησί θερμότητας σε μια θάλασσα από δροσερό αέρα. Αυτή η επίδραση περιεγράφηκε για πρώτη φορά από τον Luke Howard στο κλίμα του Λονδίνου και έκτοτε έχει παρατηρηθεί σε πολλές μεγάλες πόλεις.



Εικόνα 1: Ο τρόπος με τον οποίο υψηλά και χαμηλά κτίρια αντανακλούν την υλική ακτινοβολία (Allaby M. 2007).

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας συνίσταται στην εμφάνιση θερμοκρασιών στο αστικό περιβάλλον κατά 1-10°C υψηλότερες σε σχέση με τις αγροτικές περιοχές. Η συνεχώς αυξανόμενη αστικοποίηση σε συνδυασμό με την έλλειψη σχεδιασμού και ελέγχου στην δομική εξέλιξη των πόλεων οδήγησε στην αύξηση της πληθυσμιακής πυκνότητας του αστικού ιστού, με ολοένα και λιγότερη εκμεταλλεύσιμη επιφάνεια για ανθρώπινες δραστηριότητες και με ολοένα αυξανόμενες ώρες κυκλοφοριακής συμφόρησης. Τα κτίρια συνδέονται άμεσα με τα παραπάνω προβλήματα (Εικόνα 1.1). Τα κτίρια θερμαίνονται το χειμώνα και σε θερμά κλίματα ψύχονται από τα κλιματιστικά το καλοκαίρι. Τα θερμαινόμενα κτίρια χάνουν θερμότητα από τα παράθυρα και τις πόρτες προς τον εξωτερικό αέρα, και ψυχτικά λειτουργούν με αποβολή θερμότερου αέρα από αυτόν του περιβάλλοντος κατά το ψυχτικό τους κύκλο.

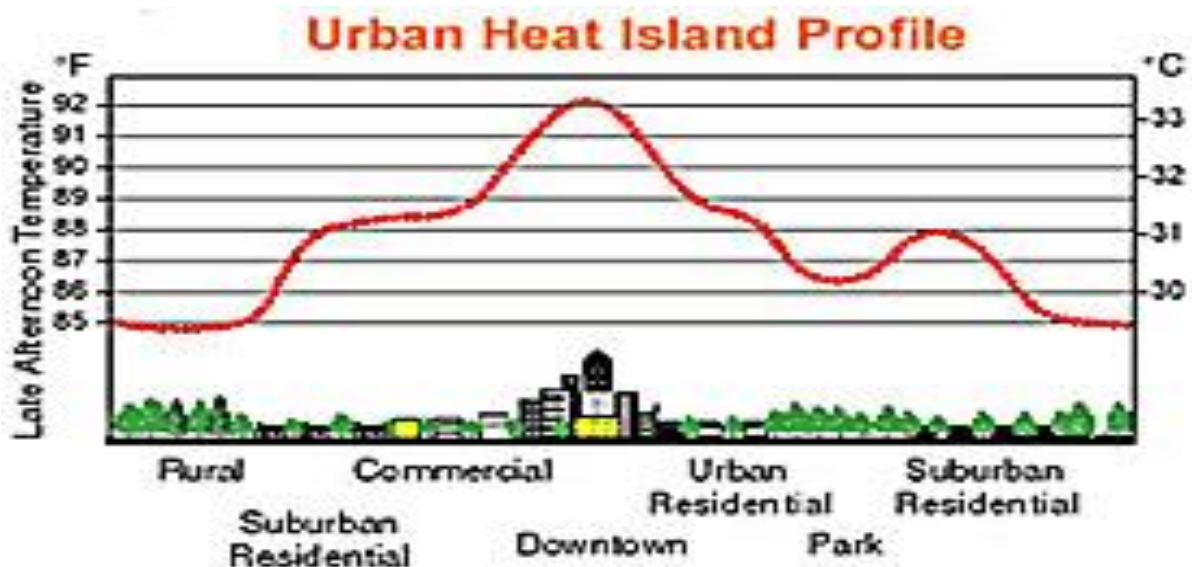
1.2 Χαρακτηριστικά της Αστικής Θερμικής Νησίδας

Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας έχει παρατηρηθεί σε πολλές πόλεις παγκοσμίως. Η πρώτη αναφορά του φαινομένου έγινε το 1820 από τον Luke Howards, ο οποίος μετά από έρευνα, συνέκρινε τα δεδομένα της θερμοκρασίας εντός του Λονδίνου και της περιαστικής ζώνης και κατέληξε στο συμπέρασμα μιας «τεχνητής αύξησης θερμότητας» στην πόλη σε σχέση με τα περίχωρα. (Howards, 1833). Οι μεγαλύτερες θερμοκρασιακές διαφορές κατα κανόνα παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της νύχτας της θερινής περιόδου εξαιτίας του υψηλού δείκτη θερμοχωρητικότητας των υλικών του αστικού ιστού, της μειωμένης ακτινοβολίας και της ταχύτητας των ανέμων σε σχέση με τα περίχωρα. (CIBSE- GUIDE A, 2006).

Οι υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της νύχτας έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της επίδραση του φυσικού νυχτερινού δροσισμού των κτιρίων, ο οποίος εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία και τη ροή του περιβάλλοντος αέρα που κυκλοφορεί στο κτίριο κατά τη διάρκεια της νύχτας. (Mumovic, Wilton & Hong, 2009)

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του φαινομένου θερμικής νήσου είναι οι γενικά αυξημένες θερμοκρασίες στο κέντρο της πόλης. Αστική θερμική νησίδα χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες του ατμοσφαιρικού αέρα και των επιφανειών του αστικού ιστού. Ο ατμοσφαιρικός αέρας "εγκλωβίζεται" ανάμεσα στο επίπεδο των κτιρίων και σε σύγκριση με τον ατμοσφαιρικό αέρα στα περίχωρα, φτάνει μέχρι και στους 6°C διαφορά.

Το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αντιστροφής, όπου το στρώμα θερμότερου αέρα βρίσκεται κάτω από το στρώμα ψυχρότερου αέρα φαίνεται ξεκάθαρα από τις μετρήσεις που έχουν γίνει από μελετητές και δείχνουν ότι η θερμοκρασία πάνω από την πόλη είναι χαμηλότερη. Το φαινόμενο αυξάνεται με τα χρόνια και γίνεται πιο έντονο όσο μεγαλώνει ο αστικός ιστός. (Gartland L., 2008) (εικόνα 2)



Εικόνα 2: Προφίλ Αστικής Θερμικής Νησίδας

(Πηγή: <http://www.dec.ny.gov/lands/30344.html>)

1.3 Μορφές Αστικής Θερμικής Νησίδας

Γενικά η αστική θερμική νησίδα έχει 3 τύπους (σχήμα 1.2)

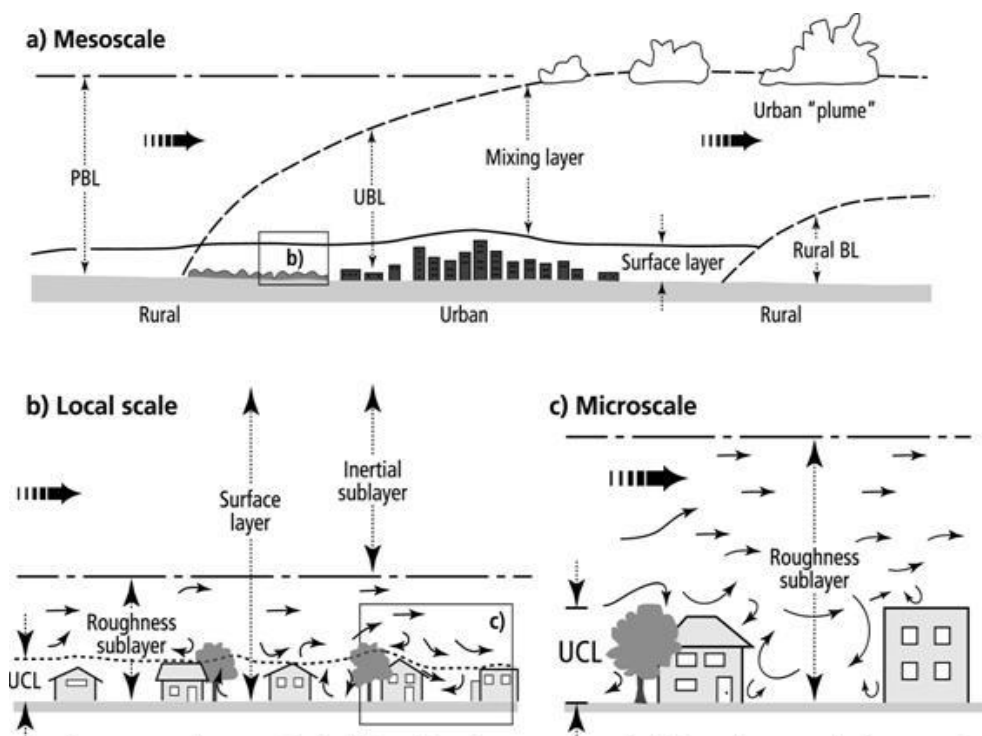
- Θερμική Νησίδα Στρώματος Κτιρίων (CLHI – Canopy Layer heat Island)
- Θερμική Νησίδα Οριακού Στρώματος (BLHI – Boundary Layer Heat Island)
- Θερμική Νησίδα Επιφάνειας (SHI – Surface Heat Island)

Η Αστική Θερμική Νησίδα Στρώματος Κτιρίων (CLHI) και η Θερμική Νησίδα Οριακού Στρώματος (BLHI) αναφέρονται στη θέρμανση της αστικής ατμοσφαιρας, ενώ η Θερμική Νησίδα Επιφάνειας (SHI) αναφέρεται στην σχετική θέρμανση των διαφόρων μορφών επιφανειών εντός των πόλεων (Oke, 1976). Αρχίζοντας από το κατώτερο στρώμα αέρα συναντάμε το Αστικό Στρώμα Κτιρίων που φτάνει περίπου το μισό ύψος των κτιρίων.

Προχωρώντας προς τα πάνω βρίσκουμε το Αστικό Οριακό Στρώμα που μπορεί να φτάνει και το 1km πάχος την ημέρα και να συρρικνώνεται σε εκατοντάδες μέτρα κατά την νύχτα. Η Θερμική Νησίδα Οριακού Στρώματος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί σαν ένας θόλος θερμού αέρα πάνω από την πόλη.

Με μετρήσεις της θερμοκρασίας αέρα από πρότυπους μετεωρολογικούς σταθμούς μπορούν να ανιχνευθούν οι πρώτες δύο θερμικές νησίδες (CHLI, BHLI), ενώ για να ανιχνευθεί η Αστική Θερμική Νησίδα Επιφάνειας χρειάζεται θερμική τηλεπισκόπηση που καταγράφει την ανερχόμενη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια. Τα δορυφορικά θερμικά δεδομένα μπορούν να απεικονίσουν αποτελεσματικά τα πρότυπα θερμικού περιβάλλοντος σε εκτενείς αστικές περιοχές, σε επαναλαμβανόμενη βάση. Αρά χωρική και χρονική επανάληψη είναι τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου.

Προτιμάται οι μετρήσεις των CLHI και BLHI να γίνονται κατά την διάρκεια της νύχτας κάτω από συνθήκες νηνεμίας, ενώ αντίθετα η μέτρηση της Επιφανειακής Θερμικής Νησίδας γίνεται δορυφορικά κατά την διάρκεια της μέρας όπου οι εντάσεις του φαινομένου είναι μεγαλύτερες (εικόνα 3).



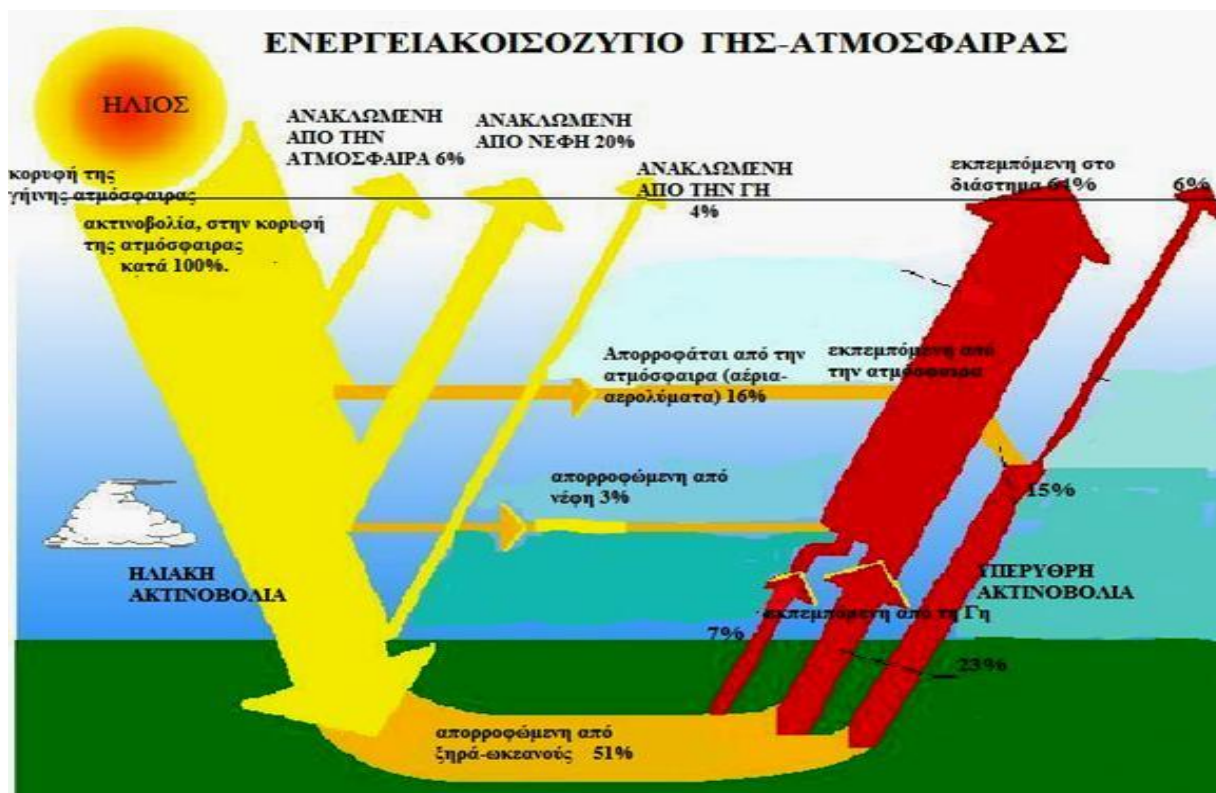
Gambar. 1.2: Skema skala iklim dan lapisan vertikal di perkotaan (Oke 2006)

Εικόνα 3: Σχηματική αναπαράσταση της ατμόσφαιρας των πόλεων που παρουσιάζει την διάκριση μεταξύ διαφόρων τύπων Α.Θ.Ν (Oke 2006)

(Πηγή: <http://www.eurasap.org/35/paper1.html>)

1.4 Αίτια του φαινομένου της Α.Θ.Ν

Το φαινόμενο της ΑΘΝ μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, οι οποίοι είναι άμεσα συνδεδεμένοι με το σχεδιασμό, τις δραστηριότητες των πόλεων, τον τρόπο κατασκευής τους και τα υλικά κατασκευής υψηλής θερμοχωρητικότητας και μικρής ηλιακής αντανάκλασης (πχ άσφαλτος, τσιμέντος). Για την δημιουργία αστικών θερμικών νησίδων δεν οφείλεται μόνο η ηλιακή ακτινοβολία που προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας αλλά και άλλες ανθρωπογενείς παράγοντες (εικόνα 4). Σημαντικό ρόλο στην επιδείνωση του φαινομένου έχουν τα δομικά υλικά τα οποία έχουν διαφορετικές θερμικές ιδιότητες από τα φυσικά στοιχεία της υπαίθρου, εκπέμποντας με διαφορετικό τρόπο την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Επιπλέον η γεωμετρία και ο τρόπος δόμησης των περισσότερων μεγαλουπόλεων, η έντονη κυκλοφορία οχημάτων, οι εκπομπές ρύπων και η έλλειψη πρασίνου αποτελούν επίσης βασικά αίτια του φαινομένου. Τέλος, η πυκνή δόμηση που αυξάνει την σκίαση και επηρεάζει την κυκλοφορία του αέρα και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν κατά την περίοδο των αυξημένων θερμοκρασιών.



Εικόνα 4: Ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια της γης

(Πηγή: http://49lyk-athin.att.sch.gr/DIANOMH_AKTINOBOLIAS.htm)

1.4.1 Ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος είναι η αύξηση των εκπομπών ρύπων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η ανθρωπογενής θερμότητα παράγεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες όπως χρήση κλιματιστικών, καύση ορυκτών καυσίμων κ.α. (Sailor, D.J and Lu. 2004).

Ειδικότερα στις πόλεις, η ρύπανση συνεισφέρει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην τοπική υποβάθμιση των συνθηκών ζωής, αφού μεταβάλλει αρνητικά το αστικό κλίμα και την ποιότητα της ατμόσφαιρας. Αυτό συμβαίνει γιατί στις πόλεις συσσωρεύονται οι ενεργότερες δραστηριότητες και αντίστοιχα η ρύπανση. Το 80% του εκπεμπόμενου διοξειδίου του άνθρακα οφείλεται στις μεταφορές, στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και στα καύσιμα που χρησιμοποιούν οι βιομηχανίες και οι πολίτες κάτι που συνεχώς αυξάνεται.

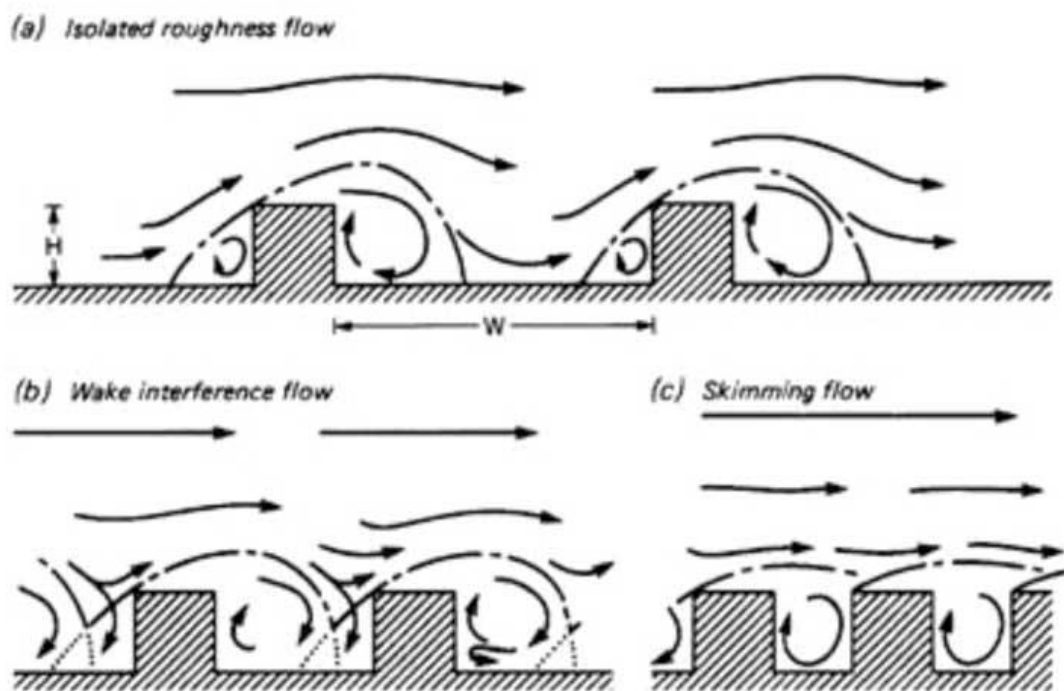
Η έλλειψη πρασίνου και υδατοπερατών επιφανειών είναι από τους κυριότερους παράγοντες που συμβάλουν στη επιδείνωση του φαινομένου. Το πράσινο έχει τη δυνατότητα να απορροφά ρύπους όπως το διοξείδιο του άνθρακα και να δίνει οξυγόνο στην ατμόσφαιρα. Η σημασία των δένδρων και των φυτών στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι πολύ σημαντική. Σε περιοχές με υγιή ψηλά δένδρα, μπορεί να μειωθεί η συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης ως και 7000 σωματίδια ανά λίτρο αέρα. Βελτίωση των συνθηκών θα μπορούσαμε να έχουμε με χρήση φυτών εξωτερικού χώρου, τα οποία θα μπορούσαν να λειτουργούν ως φίλτρα: θάμνοι όπως το μπαμπού, η αλόη, η φτέρη, το χρυσάνθεμο, ο κισσός καθώς και δέντρα όπως η δάφνη, η ελιά είναι το ίδιο αποτελεσματικές στο φιλτράρισμα των ρύπων.

1.4.2 Πυκνή δόμηση

Η πυκνή δόμηση και τα ψηλά κτίρια επηρεάζουν το ποσοστό απορρόφησης της ακτινοβολίας καθώς η παρουσία τους προκαλεί πολλαπλές αντανακλάσεις. Η πυκνή δόμηση θεωρείται ένας από τους κυριότερους παράγοντες, καθώς η κτιριακή μάζα λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας και οι όγκοι των κτιρίων εμποδίζουν τον άνεμο με αποτέλεσμα να μειώνεται η έντασή του (Ψωμάς Α, 2008). Πιο συγκεκριμένα οι εξωτερικές επιφάνειες και οι τοίχοι των κτιρίων αποθηκεύουν τη θερμότητα που ανακλάται με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Έτσι ο αέρας που έρχεται σε επαφή με τις επιφάνειες αυτές αποκτά την ίδια θερμοκρασία, με αποτέλεσμα να μεταφέρει την θερμότητα και στις γειτονικές μάζες του αέρα αυξάνοντας την θερμοκρασία του. Κατά την διάρκεια της νύχτας, οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων

εκπέμπουν την θερμότητά τους προς τα πίσω με την μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας εμποδίζοντας έτσι τον αέρα να ψυχθεί αποτελεσματικά.

Εκτός από την κατά μέσο όρο μείωση στην ταχύτητα του ανέμου, η διαφοροποίηση της επιφάνειας, ασκεί ουσιώδη επίδραση κατά την μεταβολή της διεύθυνσης του. Τα κτίρια και η διάταξη των δρόμων εκτρέπουν τοπικά, τον άνεμο προς διάφορες κατευθύνσεις (σχήμα 2). Έτσι μπορούμε να βρούμε σημεία μέσα στην πόλη χωρίς άνεμο ή και σημεία με μεγάλη ταχύτητα και διάφορες κατευθύνσεις σε σχέση με την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου εκτός της πόλης. Το φαινόμενο αυτό γίνεται όλο και πιο έντονο με τα χρόνια λόγω της αύξησης των αστικών περιοχών (εικόνα 5).



Εικόνα 5: Ροή του αέρα ανάμεσα στα κτίρια καθώς αυξάνει ο λόγος H/W (ύψος κτιρίου προς πλάτος δρόμου).

(Πηγή: <http://www.econ3.gr>)

1.4.3 Υλικά κατασκευής

Το σκυρόδεμα, η άσφαλτο, η πέτρα, τα τούβλα, το μέταλλο, είναι υλικά στην πλειοψηφία τους που έχουν σκούρο χρώμα, επιδρούν στο περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης της εξατμισοδιαπνοής, της αύξησης της επιφανειακής απορροής, της αυξανόμενης αποθήκευσης και μεταφοράς της ανιχνεύσιμης θερμότητας, την επιδείνωση του ατμοσφαιρικού αέρα και της ποιότητας του νερού. (Kardinal et al, 2007· Taha et al, 1991· Papanastasiou και Kittas, 2011·

Mallick και Rahman, 2012). Οι θερμικές ιδιότητες των υλικών αλλά και το σκούρο χρώμα τους αυξάνουν την αποθήκευση θερμότητας στον αστικό ιστό, ενώ η διαφορετική θερμική συμπεριφορά ανάμεσα στις αστικές και αγροτικές περιοχές δημιουργεί μια διαφορετική ταχύτητα ψύξης, με αποτέλεσμα η διαφορά θερμοκρασίας να μεγιστοποιείται.

Οι τιμές της αντανακλαστικότητας και της απορροφητικότητας παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία, καθώς εξαρτώνται κυρίως από το χρώμα των υλικών. Οι τιμές των θερμοφυσικών ιδιοτήτων για διαφορετικά υλικά παρουσιάζονται στον πιο κάτω πίνακα. **(πίνακας 1)**

Υλικο	ρ kg/m ³	c wh/kg*K	λ w/m*K	C wh/m ³ *K	K m ² /sec10 ⁻⁶	μ w/m ² *K
μάρμαρο	2600	0,26	2,9	676	1,192	22,58
γρανίτης	2800	0,26	3,5	728	1,335	25,74
μαλακός ασβεστόλιθος	1600	0,26	1,05	416	0,701	10,66
ασβεστόλιθος	2200	0,26	1,7	572	0,825	15,9
σκληρός ασβεστόλιθος	2600	0,26	2,33	676	0,957	20,24
σκυρόδεμα	2400	0,24	1,51	576	0,728	15,04
κυβόλιθοι από μπετόν	2083	0,24	1,19	500	0,661	12,44
εμφανή τουβλα	1700	0,26	0,74	442	0,465	9,15
κεραμικά πλακίδια	2000	0,39	1	788	0,352	14,32
μαλακή ξυλεια	500	0,55	0,14	275	0,141	3,16
σκληρή ξυλεια	700	0,55	0,17	385	0,123	4,13
αλουμίνιο	2700	0,26	200	702	79,14	191,1
χάλυβας	7800	0,09	204	710	79,81	194,07
άσφαλτος	2110	0,25	0,75	527	0,395	10,14
γυαλί	2480	0,18	0,75	446	0,46	9,33
νερό	1000	1,16	0,57	1160	0,136	13,11

Πίνακας 1: Φυσικές ιδιότητες υλικών

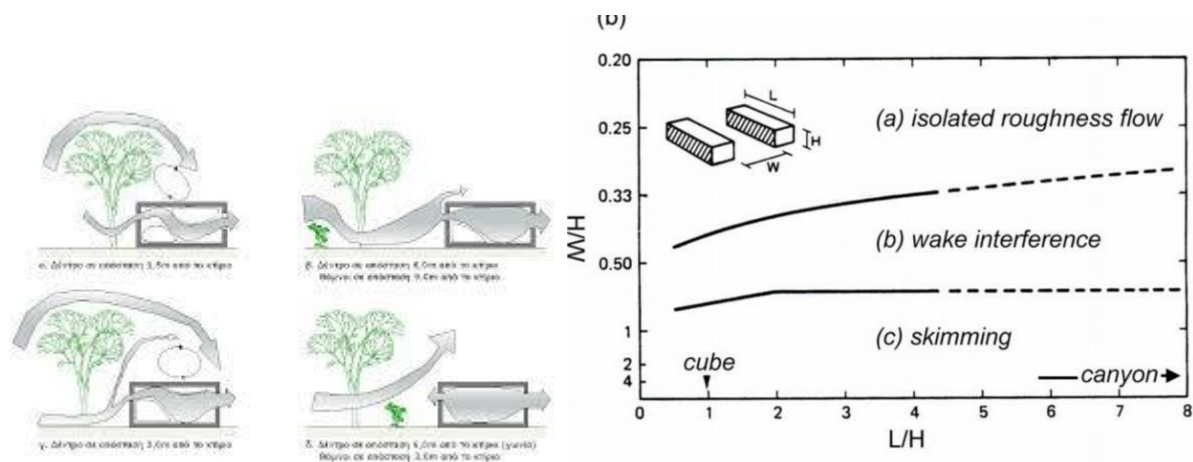
(Πηγή: Το αστικό μικρόκλιμα. Φλώρα-Μαρία Μπουγιατιώτη)

1.4.4 Γεωμετρία των κτιρίων και των αστικών δρόμων

Άλλη μια αιτία που επηρεάζει αρνητικά τον τρόπο ψύξης των κτηρίων είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δρόμων και των κτηρίων, τα οποία δημιουργούν αστικές χαράδρες και περιορίζουν τη θέαση του ουρανού. Μεγάλο είναι το ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τα κτήρια, τα πεζοδρόμια και την άσφαλτο, συγκρούεται με γειτονικές επιφάνειες και ουσιαστικά παγιδεύεται και δεν μπορεί να φύγει προς την ελεύθερη ατμόσφαιρα.

Η συσσώρευση θερμότητας εντός των αστικών δρόμων και η αντανάκλαση της σε όλες τις γύρω επιφάνειες μειώνει την κυκλοφορία του αέρα στον αστικό χώρο και αυξάνει τη θερμοκρασία.

Η γεωμετρία των κτηρίων και των δρόμων εκτός του ότι επηρεάζει την ταχύτητα του ανέμου, διαμορφώνει και διάφορα χαρακτηριστικά είδη ροών με βάση τη γωνία πρόσπτωσης του ανέμου στο δρόμο, αλλά και τα τρία γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου: το μέσο ύψος των κτηρίων H , το πλάτος W και το μήκος του δρόμου L . Στην πιο κοινή περίπτωση όπου ο άνεμος που ρέει πάνω από τα κτήρια προσπίπτει υπό γωνία ως προς τον άξονα του δρόμου, η ροή ανάμεσα στα κτήρια είναι ελικοειδής και όταν η σχέση ύψους κτηρίων προς το πλάτος του δρόμου είναι μεγάλη τότε ο φυσικός αερισμός που επιτυγχάνεται είναι σχετικά μικρός (εικόνα 6) (Oke, 1988; Σανταμούρης, 2008).



Εικόνα 6: Η ροή του ανέμου σε σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κτηρίων και των δρόμων.

(Πηγή: Oke, 1988)

1.4.5 Αύξηση Πληθυσμού

Σε όλο τον κόσμο, το ποσοστό των ανθρώπων που κατοικούν στα αστικά κέντρα έχει εκτιναχθεί. Το 1950 υπήρχαν περίπου 750 εκ. άνθρωποι παγκοσμίως, που κατοικούσαν στις πόλεις και ήταν μόλις το 25% του συνολικού πληθυσμού της γης. Οι επιστήμονες υπολογίζουν ότι ως το 2025 το ποσοστό των κατοίκων των πόλεων θα έχει ξεπεράσει το 60% σε όλο τον κόσμο με επακόλουθο να αυξάνονται και οι οικισμοί.

Παράλληλα, με την μαζική αύξηση του πληθυσμού κατά τις τελευταίες δεκαετίες διαμορφώθηκε μια σημαντική στροφή των κατοίκων από τις αγροτικές περιοχές στα αστικά κέντρα. Όσο οι πόλεις μεγαλώνουν οι απαιτήσεις των ανθρώπων για φυσικούς πόρους, τεχνικές υποδομές και τεχνολογικό εξοπλισμό αυξάνονται. Ταυτόχρονα όμως αυξάνεται και ο όγκος αερίων, στερεών και υγρών αποβλήτων που εξάγονται στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Με αυτό τον τρόπο αποθηκεύονται στην ατμόσφαιρα και αυξάνουν την μόλυνση.

1.5 Επιπτώσεις φαινομένου της Α.Θ.Ν.

Με την συνεχομένη επέκταση του αστικού ιστού και την διερεύνηση των οδικών αρτηριών και ασφαλτοστρώσεων, το αστικό περιβάλλον υπερτερεί ολοένα και περισσότερο του φυσικού, ενισχύοντας το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και διαμορφώνοντας συνεχώς τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής. Η επίδραση του φαινομένου έχει αντίκτυπο στο φυσικό περιβάλλον με τις αυξανόμενες θερμοκρασίες και την αρνητική επιρροή του επιπέδου ρύπανσης και ταυτόχρονα στο δομικό περιβάλλον επηρεάζοντας το ενεργειακό ισοζύγιο των κτιρίων.

Οι υψηλές θερμοκρασίες των πεζοδρομίων και των δωματίων προκαλούν θέρμανση στα όμβρια ύδατα. Με βάση μελέτες τα πεζοδρόμια έχουν θερμοκρασία 38°C, η οποία αυξάνει την θερμοκρασία των όμβριων υδάτων από 21°C σε 35°C. Έτσι τα ζεστά όμβρια ύδατα απορρέοντας στο δίκτυο των όμβριων και καταλήγοντας σε ρυάκια, ποτάμια, και λίμνες και αυξάνουν τη θερμοκρασία. Όπως είναι γνωστό η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει όλες τις απεικονίσεις της υδρόβιας ζωής και ιδιαίτερα το μεταβολισμό και την αναπαραγωγή πολλών υδρόβιων ειδών. Οι έντονες αλλαγές της θερμοκρασίας στα υδάτινα οικοσυστήματα που προκύπτουν από την απορροή όμβριων μπορεί να αποβούν μοιραίες για την υδρόβια ζωή. (U.S EPA, 2008).

Οι αυξημένες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου στην πόλη αυξάνουν την ζήτηση ενέργειας για ψύξη. Σύμφωνα με έρευνες η ηλεκτρική κατανάλωση αυξάνεται 1,5 – 2,0% για κάθε 0,6 °C. Η ζήτηση ξεκινάει από τους 20-25 °C, υποδηλώνοντας ότι 5-10% της ζήτησης χρησιμεύει στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Το φαινόμενο αυξάνει παράλληλα την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος τις ώρες αιχμής (συνήθως ζεστά απογεύματα των εργάσιμων ημερών, κατά τα οποία οι κατοικίες και τα γραφεία χρησιμοποιούν κλιματιστικά παράλληλα με ηλεκτρικό φωτισμό και συσκευές). (U.S EPA, 2008)

Επιπρόσθετα οι ψηλές αστικές θερμοκρασίες μειώνουν αρκετά την δυνατότητα ψύξης των τεχνικών φυσικού και νυχτερινού εξαερισμού με αποτέλεσμα να αυξάνονται τα επίπεδα ρύπανσης. Επιπρόσθετα οι άνθρωποι είναι αυτοί που υπόκεινται τις περισσότερες επιπτώσεις από το αντίκτυπο ενός τέτοιου φαινομένου και κυρίως τα ανήλικα παιδιά και οι ηλικιωμένοι που το ανοσοποιητικό τους σύστημα δεν μπορεί να διαχειριστεί την ένταση των θερμοκρασιών κατά την διάρκεια της μέρας και της νύχτας.

Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος είναι η αύξηση αέριων ρύπων. Οι δύο παράγοντες που το επηρεάζουν είναι η αυξημένη εκπομπή των φυτών κυρίως κατά τις μέρες του καλοκαιριού και η αύξηση ρύπων από μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όπως και τα μηχανοκίνητα οχήματα. Οι ρύποι που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα δημιουργούν πολλά ρυπογόνα στοιχεία και παράγουν αιθαλομίχλη που είναι πιο έντονη πάνω από τις πόλεις τις ημέρες που έχει άπνοια και έντονη ηλιοφάνεια (Βαλεντάκη, 2009).

Τέλος, να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις από το φαινόμενο διαφέρουν ανάλογα με την ένταση, την διάρκεια, τον σχεδιασμό την κοινωνική δομή και την ενημέρωση που παρέχεται από της αρμόδιες αρχές. Όσο πιο μεγάλη είναι η ένταση τόσο μεγαλύτερες είναι οι επιπτώσεις στην κοινωνία, στην οικονομία και κυρίως στους ανθρώπους που βιώνουν το φαινόμενο.

1.6 Τρόποι αντιμετώπισης του φαινομένου

Η αντιμετώπιση του φαινομένου έχει απασχολήσει πολύ την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα. Η στρατηγική αντιμετώπισης προϋποθέτει την ενσωμάτωση στρατηγικών βιωσιμότητας λαμβάνοντας υπόψη οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική ανάπτυξη.

Οι τρόποι και οι τεχνολογίες αντιμετώπισης είναι :

1.6.1 Χώροι με πράσινο

Η παράδοση των δικτύων πρασίνου ξεκινά από πολύ παλιά από τις αρχές του 20ου αιώνα από τον Olmsted & Vaux's οι οποίοι σχεδίασαν πρώτοι την ενοποίηση των πάρκων (Greensward Plan 1858). Το σχέδιο είναι εμπνευσμένο από το Central Park Arsenal.

Οι χώροι με πράσινο μειώνουν την θερμοκρασία με την δροσιά της βλάστησης. Η βλάστηση και η σκίαση των δέντρων αλληλοεπιδρώντας με την ατμόσφαιρα, δροσίζουν αποτελεσματικά τον περιβάλλοντα χώρο, μειώνοντας όχι μόνο την θερμοκρασία αλλά και την δυσφορία που μπορεί να νιώθει ο πληθυσμός.

Ένα κτίριο με φυλλοβόλα δέντρα για σκιά θα επιτρέψει την αύξηση της θερμοκρασίας το χειμώνα στο κτίριο, ειδικά αν τα κλαδιά του κλαδεύονται για να μεγιστοποιείται η έκθεση στον ήλιο. Τα δέντρα μπορούν επίσης να σιάσουν την περίμετρο και τον εσωτερικό χώρο στάθμευσης.

Η ιδιότητα που έχουν τα φυτά να μετατρέπουν το νερό που βρίσκεται στις ρίζες τους σε ατμό και να το αποβάλλουν στην ατμόσφαιρα ονομάζεται εξατμισοδιαπνοή. Με αυτό το τρόπο δεσμεύεται ένα μέρος της ενέργειας του περιβάλλοντος για την διαδικασία αυτή και μειώνεται η αισθητή θερμοκρασία.

Τα πάρκα μπορούν να μειώσουν τις αστικές θερμοκρασίες. Η μείωση της θερμοκρασίας εξαρτάται από το μέγεθος των πάρκων αλλά και την απόσταση τους από τις αστικές περιοχές. Η θερμοκρασία γύρω από ένα πάρκο επηρεάζεται κυρίως από άλλες παραμέτρους όπως η πυκνότητα των κτηρίων και ο ρυθμός της ανθρωπογενούς θερμότητας, που απελευθερώνεται κυρίως με τα αυτοκίνητα.

Επίσης η απλή παρουσία χώρων πρασίνου στην πόλη δεν είναι αρκετή. Για να είναι δυνατή η καλύτερη αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους, πρέπει να είναι χωροταξικά κατάλληλα κατανομημένοι στον αστικό ιστό (ομοιόμορφα) και να συνδέονται μεταξύ τους με ζώνες πρασίνου σχηματίζοντας έτσι ένα εκτεταμένο δίκτυο πρασίνου όπως φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα (εικόνα 7).



Εικόνα 7: Χώροι πρασίνου που σχηματίζουν ένα δίκτυο πρασίνου

(Πηγή: http://www.patrisnews.com/sites/default/files/field/news/image/16525_ph1.jpg)

1.6.2 Ψυχρά υλικά

Τα ψυχρά υλικά είναι μια ποικιλία επιστρώσεων και παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα στη μικρού κύματος ακτινοβολία με ταυτόχρονα υψηλές τιμές ικανότητας ακτινοβολίας. Συμβάλλουν στη μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών και κατ' επέκταση των θερμοκρασιών των εσωτερικών χώρων των κτιρίων. Έτσι μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για το δροσισμό των εσωτερικών χώρων και, εμμέσως, στην αντιμετώπιση του φαινομένου της θερμικής νησίδας των πόλεων.

Η χρήση των ψυχρών υλικών είναι απαραίτητη σε οροφές που για οποιονδήποτε λόγο δεν έχουν θερμομόνωση, σε επιφάνειες που δεν σκιάζονται και σε τοίχους που δεν μπορεί να γίνει η προσθήκη μόνωσης.

Ο Doulos et al, (2004), έχει εκτελέσει μια συγκριτική μελέτη με στόχο να ερευνηθεί την καταλληλότητά υλικών που χρησιμοποιούνται στους υπαίθριους αστικούς χώρους. Χρησιμοποιήθηκε πλήθος δειγμάτων σε μορφή κεραμιδιού, τα οποία διέφεραν στο υλικό, το χρώμα και την υφή της επιφάνειάς τους. Όπως αναμενόταν, οι ελάχιστες τιμές των μέσων ημερήσιων και των απόλυτων μέγιστων θερμοκρασιών επιφάνειας παρατηρήθηκαν για το

χρωματισμένα άσπρο υλικό κεραμίδι, ενώ οι μέγιστες τιμές μετρήθηκαν για τα σκοτεινά χρωματισμένα κεραμίδια. Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες επιφάνειας κυμάνθηκαν μεταξύ των 29.7°C, για το άσπρο μαρμάρινο κεραμίδι, και των 46.°C για το κεραμίδι ασφάλτου. Οι απόλυτες μέγιστες θερμοκρασίες κυμάνθηκαν μεταξύ των 33.4°C και των 54°C για τα ίδια υλικά αντίστοιχα.

Συμπεράθηκε ότι τα περισσότερα από τα μελετημένα υλικά παρουσίασαν υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες επιφάνειας από τη μέση περιβαλλοντική θερμοκρασία. Μόνο τα άσπρα χρωματισμένα κεραμίδια φτιαγμένα από μάρμαρο ήταν πιο ψυχρά από τον περιβαλλοντικό αέρα. Συμπεράθηκε επίσης, υλικά με ίδιες θερμικές ιδιότητες, αλλά διαφορετικό χρώμα, αναπτύσσουν διαφορετικές θερμοκρασίες. Όσο πιο σκούρα είναι μια επιφάνεια τόσο μεγαλύτερη επιφανειακή θερμοκρασία αναπτύσσει. Η διαφορά μεταξύ των επιφανειακών θερμοκρασιών ενός υλικού σκούρου χρώματος και του ίδιου υλικού ανοιχτού χρώματος, μπορεί να φτάσει έως και 20 °C. Τα υλικά με μεγάλη ανακλαστικότητα, ανοιχτόχρωμα και λεία, όπως το λευκό μάρμαρο, ανακλούν το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται, διατηρώντας έτσι σχετικά χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες. Αντίθετα, υλικά με μικρή ανακλαστικότητα, σκουρόχρωμα και αδρά, όπως η άσφαλτος, απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας, που προσπίπτει πάνω τους, αυξάνοντας έτσι πολύ τη θερμοκρασία της μάζας και της επιφάνειάς τους. (πίνακας 1). Για τα υλικά με μαύρες χρωματισμένες επιφάνειες οι χαμηλότερες θερμοκρασίες μετρήθηκαν για εκείνα φτιαγμένα από μωσαϊκό, τσιμέντο και μάρμαρο. Για τα υλικά με άσπρες χρωματισμένες επιφάνειες οι χαμηλότερες θερμοκρασίες μετρήθηκαν σε εκείνα φτιαγμένα από μωσαϊκό, τσιμέντο, γρανίτη, χαλίκι και μάρμαρο. Για τα υλικά με γκρίζες χρωματισμένες επιφάνειες όλα τους εκτός από εκείνα φτιαγμένα από χαλίκι και πέτρα επίστρωσης παρουσίασαν χαμηλές θερμοκρασίες. Για τα υλικά με πράσινες χρωματισμένες επιφάνειες οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκε σε εκείνα φτιαγμένα από μωσαϊκό και γρανίτη. Τέλος, για τα υλικά με καφέ χρωματισμένες επιφάνειες οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκε σε εκείνα φτιαγμένα από μωσαϊκό και πέτρα.

ΥΛΙΚΑ	ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΕΚΠΕΜΨΙΜΟΤΗΤΑ
Λευκός σοβάς	0.93	0.91
Λαμπερό έλασμα αλουμινίου	0.85	0.04
Λευκό χρώμα	0.85	0.96
Λευκή μπογιά σε αλουμίνιο	0.80	0.91
Λευκό χαρτί	0.75	0.95
Πράσινο χρώμα	0.73	0.95
Γαρμπίλι	0.72	0.28
Ξύλο	0.40	0.90
Λαμπερό γαλβανισμένοι μέταλλο	0.35	0.13
Σκυρόδεμα	0.30	0.94
Κόκκινο τούβλο	0.30	0.90
Άμμος	0.24	0.76
Πισσόχαρτο	0.05	0.93
Μαύρη μπογιά σε αλουμίνιο	0.04	0.88
Γκρίζο χρώμα	0.03	0.87
Οικοδομικό τούβλο	—	0.45
Πλάκες σκυροδέματος	0.40	0.63

Πίνακας 2: Ενδεικτικές τιμών ανακλαστικότητας και εκπεψιμότητας συνηθισμένων υλικών

(Πηγή: Littlefair et al, 2010)

1.6.3 Πράσινες στέγες

Οι πράσινες στέγες (εικόνα 8) βελτιώνουν την ποιότητα του εισπνεόμενου αέρα (παράγουν οξυγόνο, φιλτράρουν τη σκόνη), συμβάλλουν στην μείωση του φαινομένου της αστικής νησίδας θερμότητας, στην ορθολογική διαχείριση του νερού και παρέχουν χρήσιμο χώρο στην εκτοπισμένη από τις πόλεις άγρια ζωή.

Τα φυτά με την παραγωγή οξυγόνου και την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα βελτιώνουν την ποιότητα του αέρα των πόλεων. Συγχρόνως απορροφούν ποσότητα σκόνης και ρύπων και συμβάλλουν στη μείωση της ηχορύπανσης. Παράλληλα επιτυγχάνεται μείωση της απορροής όμβριων υδάτων στους υπονόμους έως και 90% αφού μεγάλη ποσότητά τους απορροφάτε από τα φυτά που βρίσκονται στις στέγες. Τα φυτεμένα δώματα είναι ένας από τους λίγους τρόπους επαναφοράς της βλάστησης στα αστικά κέντρα και θα μπορούσαν να αποτελέσουν καταφύγιο ακόμη και για την τοπική χλωρίδα και πανίδα.

Επιπλέον η δημιουργία πράσινων στεγών στις σύγχρονες πόλεις θα μπορούσε να συμβάλλει στην ενίσχυση της ψυχικής υγείας και ηρεμίας των κατοίκων καθώς και στη σύσφιξη των σχέσεων μεταξύ τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις θα μπορούσε να επιτραπεί και η καλλιέργεια εδώδιμων φυτών στα φυτεμένα δώματα. Με τον τρόπο αυτό θα ευνοούνταν ακόμη περισσότερο η βιώσιμη ανάπτυξη καθώς και η ενασχόληση με τη γη σε ένα αστικό κέντρο.



Εικόνα 8: Πράσινη οροφή

(Πηγή: [green-roofs.jpg](#))

1.6.4 Ζώνες ύδατος

Το νερό αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος που δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία και ένα μέρος της ενέργειας, χρησιμοποιείται για την εξάτμιση. Συνεπώς με αυτό τον τρόπο μειώνεται η ατμοσφαιρική θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Δημιουργώντας ζώνες ύδατος στις πόλεις είναι σαν δημιουργούνται ψυχρά σημεία κατά την διάρκεια της μέρας.

Μέσω της φυσικής διαδικασίας της εξάτμισης, οι υδάτινες επιφάνειες, όπως στρώματα τρεχούμενου νερού, καταρράκτες, λίμνες ή σιντριβάνια, μπορούν να συνεισφέρουν στο δροσισμό του αέρα, ιδιαίτερα αν συνδυαστούν με τεχνικές αερισμού. Ο ήχος επίσης του τρεχούμενου νερού σε δημόσιους ανοιχτούς χώρους καλύπτει τοπικά το θόρυβο που δημιουργούν οι διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες κυρίως από τα μέσα μαζικής μεταφοράς, δημιουργώντας έτσι ελκυστικές συνθήκες για τους χρήστες. (Τσαγδής Χ, 2014)

1.6.5 Τεχνική σκίαση

Ο έλεγχος της ηλιακής ακτινοβολίας σε έναν αστικό χώρο είναι μια από τις κρίσιμότερες παραμέτρους ρύθμισης των μικροκλιματικών συνθηκών και αφορά, κατά κύριο λόγο, στην

εξασφάλιση της απαιτούμενης σκίασης, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, συνδυαζόμενη με την εξασφάλιση ηλιασμού κατά τους χειμερινούς μήνες.

Η σκίαση αφορά στην παρεμπόδιση του άμεσου ηλιακού φωτός να προσπίπτει σε μια επιφάνεια. Στον αστικό χώρο ενδιαφέρει κυρίως η σκίαση στο επίπεδο του ανθρώπου. Η σκίαση επιτυγχάνεται με τη γεωμετρία των φυσικών και τεχνητών στοιχείων του χώρου, όπως τη χρήση δέντρων, πέργκολες, στοές και στέγαστρα.

Για να υπάρχουν συνθήκες θερμικής άνεσης, ένας αστικός ανοιχτός χώρος θα πρέπει να παρέχει στον κόσμο τμήματα σκιασμένα και ασκίαστα, έτσι ώστε να καλύπτει τις ανάγκες σε όλες τις εποχές του χρόνου.

Τα οφέλη της σκίασης είναι η μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας, με όλα τα συνεπαγόμενα οφέλη στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και την μείωση του ενεργειακού φορτίου των παρακείμενων κτιρίων. Η σημαντική βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης ενός χώρου έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της χρηστικότητάς του (π.χ. μεγαλύτερη χρήση από πεζούς και ποδηλάτες και μείωση της χρήσης αυτοκινήτων), αλλά και η βελτίωση της οπτικής άνεσης.

2 Ανασκόπηση του φαινομένου της Α.Θ.Ν

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (ΑΘΝ), η οποία χαρακτηρίζεται από υψηλότερες θερμοκρασίες σε πυκνοδομημένες περιοχές από εκείνες της γύρω αγροτικής περιοχής, μπορεί να θεωρηθεί ως η πιο αντιπροσωπευτική και τεκμηριωμένη εκδήλωση της τροποποίησης του κλίματος (Landsberg, 1981).

Οι πόλεις έχουν χωριστεί σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το κλίμα που επικρατεί σε αυτές καθώς και το Γεωγραφικό τους Πλάτος. Οι τρεις κατηγορίες είναι η Ζώνη της Μεσογείου, η Ζώνη της Κεντρικής Ευρώπης και το Ηνωμένο Βασίλειο και, τέλος, η Ζώνη της Βόρειας Ευρώπης.

Πολλές είναι οι μελέτες που διεξάχθηκαν σε όλη την Ευρώπη. Οι πλείστες αναφέρονται στον αντίκτυπο του ανέμου, της νεφοκάλυψης και των κυκλωνικών και αντικυκλώνων συνθηκών στην ένταση της Θερμικής Νησίδας. Αυτές οι μελέτες επικεντρώθηκαν κυρίως γύρω από τις απόψεις του Oke (1982) και συνοψίστηκαν πρόσφατα με τον Arnifield(2003). Άλλο ένα θέμα που μελετήθηκε είναι το χρονικό διάστημα που παρουσιάζεται η Θερμική Νησίδα καθώς και η εποχή που παίρνει το μέγιστο της.

2.1 Μελέτες για την μέτρηση του φαινομένου της ΑΘΝ στην Μεσόγειο

Μελέτη που διενεργήθηκε στην Λισσαβόνα της Πορτογαλίας από τον Alcoforado (1992) , χρησιμοποιώντας κινητούς σταθμούς σε τουλάχιστον 20 περιοχές της πόλης, έδειξε ότι κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών και χειμερινών νυχτών, εμφανίστηκε Θερμική Νησίδα με μία μέση ένταση των 2,5°C. Περαιτέρω μελέτη, εκτελεσμένη από τους Alcoforado και H. Andrade (2006) και βασισμένη σε 69 περιοχές μέτρησης της θερμοκρασίας του αέρα, έδειξε ότι η μέγιστη ένταση της Θερμικής Νησίδας είναι 3,5°C. Οι Θερμικές Νησίδες είναι ανεπτυγμένες στις πιο πυκνά οικονομημένες περιοχές της πόλης.

Επίσης, στο Oporto της Πορτογαλίας ο Balkestahl και λοιποί, εκτέλεσαν μετρήσεις της περιβάλλουσας θερμοκρασίας, χρησιμοποιώντας έναν κινητό σταθμό (2006). Βρέθηκε ότι η Θερμική Νησίδα έπαιρνε το μέγιστο της έντασής της κατά χρονικές περιόδους με ανέμους χαμηλής έντασης. Η τιμή της έντασης της Θερμικής Νησίδας τότε ήταν 7,3oC.

Στην Ρώμη της Ιταλίας, η Θερμική Νησίδα μελετήθηκε αρχικά από τους Colacino και Lavagnini (1982), χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο δέκα αστικών και αγροτικών σταθμών.

Συγκρίνοντας τις μετρήσεις θερμοκρασίας ανάμεσα στους αστικούς και αγροτικούς σταθμούς, για την περίοδο μεταξύ των ετών 1964-1975, ανέφεραν ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια του χειμώνα ήταν κοντά στους 2,5 °C, ενώ κατά την διάρκεια του καλοκαιριού ήταν κοντά στους 4,3 °C. Η ανάλυση αυτών των αποτελεσμάτων βασίστηκε στις ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες. Επίσης, μια μελέτη εξομοίωσης εκτελέστηκε από τους Bonacquisti και λοιπούς (2005) . Η μελέτη αυτή έδειξε ότι η Θερμική Νησίδα είναι νυχτερινό φαινόμενο, το οποίο παρουσιάζεται και τον χειμώνα, όπου έχει σαν μέγιστη διαφορά μεταξύ αστικών και αγροτικών θερμοκρασιών περίπου στους 2 °C. Το καλοκαίρι η εν λόγω διαφορά ήταν περίπου στους 5 °C.

Στην πόλη της Πάρμα στην Ιταλία, ο Zanella (1976) εκτέλεσε μετρήσεις για την Θερμική Νησίδα. Συγκρίνοντας αστικά και αγροτικά δεδομένα για την περίοδο 1959-1973. Η μέση ένταση της Θερμικής Νησίδας βρέθηκε περίπου στους 1,4 °C. Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των αστικών και αγροτικών θερμοκρασιών είναι εποχική και βρέθηκε ότι παρουσιάζει ένα μέγιστο κατά την διάρκεια της Άνοιξης και του καλοκαιριού.

Στην Βαρκελώνη της Ισπανίας εκτελέστηκαν μετρήσεις για την Θερμική Νησίδα από τον Moreno Garcia (1994) και βρέθηκε ότι η έντασή της ήταν κοντά στους 8°C.

Ο Santamouris (2001), ανέφερε μετρήσεις Θερμικής Νησίδας στηνκεντρική περιοχή της Αθήνας στην Ελλάδα. Χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν 30 σταθμοί επιφανειακής θερμοκρασίας και εκτελέστηκαν μετρήσεις σε ωριαία βάση για πολλά χρόνια. Αναφέρθηκε ότι η μέγιστη ένταση της Θερμικής Νησίδας στην πιο κεντρική περιοχή ήταν κοντά στους 16 °C, μια μέση τιμή για την κεντρικότερη περιοχή της Αθήνας ήταν κοντά στους 12 °C. Επίσης, οι απόλυτα μέγιστες τιμές θερμοκρασίες στην κεντρική περιοχή ήταν κοντά στους 15 °C υψηλότερες από τις προαστιακές περιοχές, ενώ η απόλυτες ελάχιστες θερμοκρασίες ήταν 3 °C υψηλότερες στο κέντρο. Βρέθηκε, επίσης, ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας στο κεντρικό πάρκο της Αθήνας ήταν κοντά στους 6,1 °C, ενώ η ένταση της Θερμικής Νησίδας των κοντινών σταθμών ήταν κοντά στους 10 °C.

2.2 Μελέτες για την μέτρηση του φαινομένου της ΑΘΝ στην Κεντρική Ευρώπη και στο Ηνωμένο Βασίλειο

Στο Λοτζ, τεχνητές επιφάνειες (στέγες, πεζοδρόμια, οδοστρώματα με άσφαλτο) καλύπτουν πάνω από το 80% αυτής της περιοχής Στο κλίμα της Πολωνίας η εμφάνιση αστικής θερμικής

νησίδας είναι το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό των αστικών περιοχών. Οι Klysiak και Fortuniak (1999), έχουν αναλύσει σειρές συγχρονισμένων μετεωρολογικών μετρήσεων για μία περίοδο τριών χρόνων για την πόλη του Lodz της Πολωνίας. Χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις από έναν αστικό και έναν αγροτικό σταθμό. Βρέθηκε ότι σε ειδικές περιπτώσεις η ένταση της Θερμικής Νησίδας μπορεί να φτάσει περισσότερο από τους 10°C, και μερικές φορές μπορεί να είναι κοντά στους 12°C. Παρατηρήθηκαν δύο τύποι Θερμικής Νησίδας: πολυκυψελοειδής με καιρό χωρίς ανέμους και χωρίς σύννεφα και γενικά απλός, με άνεμο εντάσεως 2 - 4 m/s. Μεγαλύτερη ταχύτητα ανέμου αποκλείει το πλεόνασμα της αστικής θερμότητας και δεν παρουσιάζεται η Θερμική Νησίδα. Οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας εμφανίζονται κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών νυκτών όταν ο ουρανός είναι καθαρός.

Στην Λειψία της Γερμανίας οι Schwarz et al, 2012 μελετήθηκαν 15 μετεωρολογικοί σταθμοί. Μια γραμμική παλινδρόμηση των θερμοκρασιών του αέρα έδειξε ότι ο ρυθμός ψύξης εξαρτάται από την απόσταση από το κέντρο της πόλης.

Συμπερασματικά, προτείνεται ότι οι απόλυτες τιμές που προέρχονται από διαφορετικούς δείκτες δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για τις συγκρίσεις μεταξύ πόλεων, διότι δεν είναι σε θέση να παρέχουν συγκρίσιμα αποτελέσματα, ακόμη και στην ίδια πόλη.

Ο Watkins και λοιποί 2002, ανέφεραν τα αποτελέσματα μετρήσεων θερμοκρασίας που εκτελέστηκαν στο Λονδίνο του Ηνωμένου Βασιλείου, το καλοκαίρι του 1999, και την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η ένταση της Θερμικής Νησίδας του Λονδίνου, αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας ένα ακτινωτό πλέγμα 68 σταθμών, οι οποίοι κατέγραφαν ταυτόχρονα ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα. Το φαινόμενο της Θερμικής Νησίδας βρέθηκε να είναι κυρίως νυχτερινό φαινόμενο και η έντασή του σε κάποιες περιπτώσεις έφτανε τους 7°C.

2.3 Μελέτες για την μέτρηση του φαινομένου της ΑΘΝ στην Βόρεια Ευρώπη

Οι Hara και Autio (2006), αναφέρανε δεδομένα της έντασης της Θερμικής Νησίδας στην υψηλού Γεωγραφικού Πλάτους πόλη του Oulu στην κεντρική Φιλανδία. Μετρήθηκαν ωριαίες θερμοκρασίες σε τρεις σταθερούς σταθμούς από το 1996 μέχρι το 1998 με αυτόματους μετρητές. Αναφέρθηκε ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας κατά την χειμερινή περίοδο ήταν κοντά στους 3,4°C.

Στο Ρεύκιαβικ, ο κυκλοφοριακός φόρτος υπολογίστηκε 500 οχήματα ανά 1000 κατοίκους και η ετήσια κατανάλωση ενέργειας 417 GJ ανά κάτοικο. Οι συχνά θυελλώδεις καιρικές συνθήκες εμποδίζουν την ανάπτυξη αναστροφών που οδηγούν σε μεγάλη αστική νησίδα. Οι υψηλές ταχύτητες ανέμου, τυπικές για ανοικτό περιβάλλον κοντά στην ακτή (μέση ταχύτητα ανέμου 4.0 m/s) μειώνονται δραστικά μέσα στην πυκνοδομημένη πόλη (μέση ταχύτητα ανέμου 1.8 m/s).

Οι διαφορές στη θερμοκρασία του αέρα ανάμεσα στο κέντρο της πόλης και τα αραιά κατοικημένα προάστια κατά τη διάρκεια της νύχτας και τις πρώτες πρωινές ώρες έχει μέγιστη τιμή περίπου 1- 2°C, μερικές φορές μέχρι 5.6°C την άνοιξη και το τέλος του καλοκαιριού.

Η εργασία παρουσιάζει μια μελέτη στο Γκέτεμποργκ στην Σουηδία οι Eliasson και Holmer (1990) , μελέτησαν ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια της νύχτας είναι τουλάχιστον 2,5oC. Σε μία περαιτέρω μελέτη, ο Eliasson (1996), χρησιμοποιώντας σταθερούς και κινητούς σταθμούς, έχει ερευνήσει για το 1989 – 1991, το κλίμα στην πόλη του Geteborg, για μια περίοδο τριών χρόνων. Αναλύθηκε η διανομή των νυχτερινών διαφορών θερμοκρασίας σε σχέση με την γεωμετρία των δρόμων και την χρήση της γης. Φάνηκε ότι οι διαφορές στην θερμοκρασία του αέρα την νύχτα είναι μικρές μέσα στην κεντρική πόλη του Getemborg, ενώ η διαφορά της υψηλότερης μέσης θερμοκρασίας του αέρα ανάμεσα στα «φαράγγια» και στην ανοιχτή περιοχή είναι μικρότερη από 3°C.

2.4 Μελέτες για Υλικά κατασκευής

Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι τα κτήρια και οι τεχνητές επιφάνειες καλύπτουν το 77% της συνολικής έκτασης της πόλης, ενώ το 19% αντιστοιχεί στο οδικό δίκτυο. Μόνο το 4% της έκτασης της πόλης είναι πράσινοι ανοιχτοί χώροι. (Stathopoulou et al, 2004). Η αφαίρεση της φυσικής κάλυψης γης και η αντικατάσταση από υλικά υψηλής θερμικής ικανότητας και χαμηλής ηλιακής ανακλαστικότητας σαν το σκυρόδεμα, την άσφαλτο, πέτρα, τούβλα, μέταλλο, επιδρούν στο περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης της εξατμισοδιαπνοής, την αύξησης της επιφανειακής απορροής, αυξανόμενη αποθήκευση και μεταφορά της ανιχνεύσιμης θερμότητας και επιδείνωση (υποβάθμιση, ποιοτική) του ατμοσφαιρικού αέρα και της ποιότητας του νερού (Kardinal et al, 2007· Taha et al, 1991· Papanastasiou και Kittas, 2011· Mallick και Rahman, 2012).

Σε μελέτη από τον Taha (1990) και τους Taha και άλλοι (1988), έδειξε ότι μια αλλαγή 0,01 στην ανακλαστικότητα προκαλεί αλλαγή στη θερμοκρασία του αέρα 0,2-0,25°C σε

οποιοδήποτε ύψος 5 μέτρων πάνω από την επιφάνεια. Πιο συγκεκριμένα οι Giridharan και άλλοι (2004), διαπίστωσαν για το Χονγκ Κονγκ της Κίνας ότι, όταν το επίπεδο ανακλαστικότητας μειώνεται κατά 54% η επιρροή του συντελεστή ανακλαστικότητας σχετικά με τη μείωση της αστικής θερμικής νησίδας μειώνεται κατά 87%. Η μείωση του επιπέδου ανακλαστικότητας αναφέρεται στην αλλαγή από κεραμίδι σε πλάκα σκυροδέματος και τσιμέντου. Το 1997 επισημάνθηκε ότι η ανακλαστικότητα παίρνει τιμές μεταξύ 0,10 και 0,20 με μερική της αύξηση σε ορισμένες περιοχές (Taha, 1997). Τα ίδια αποτελέσματα βγήκαν και από τους Simpson και McPherson (1997), οι οποίοι διαπίστωσαν επίσης ότι οι λευκές στέγες ήταν μέχρι και 30°C δροσερότερες από ότι οι καφέ (0,1 ανακλαστικότητα), 20°C από ότι οι γκρι (0,3 ανακλαστικότητα) ή ασήμι στέγες (0,5 ανακλαστικότητα).

Οι Stathopoulou και Cartalis (2007) απέδειξαν ότι τα αστικά υλικά μεταβάλλουν το ενεργειακό ισοζύγιο μιας αστικής επιφάνειας καθώς απορροφούν, αντί να αντανακλούν, την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία προκαλώντας αύξηση στις θερμοκρασίες επιφάνειας και περιβάλλοντος. Η έλλειψη της βλάστησης στις αστικές περιοχές επηρεάζει επίσης το ενεργειακό ισοζύγιο, καθώς η φυσική ψύξη της επιφάνειας μέσω εξατμισοδιαπνοής ελαχιστοποιείται (Taha, 1997). Επίσης, εξέτασαν τα πιο κοινά υλικά που χρησιμοποιούνται στον αστικό ιστό της Αθήνας. Υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως σε αστικές περιοχές, όπως είναι το σκυρόδεμα και η άσφαλτος, έχουν σημαντικά διαφορετικές θερμικές ιδιότητες (π.χ. θερμοχωρητικότητα) και ιδιότητες ακτινοβολίας (π.χ. ανακλαστικότητα) από τις γύρω αγροτικές περιοχές.

Σύμφωνα με τον Ψωμά Α. (2008) στην προσπάθεια να ερευνηθεί η δυνατότητα των ψυχρών χρωματισμένων επιστρωμάτων στο να διατηρήσουν χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας από συμβατικά χρωματισμένα αντίστοιχου χρώματος επιστρώματα, ελέγχθηκε η θερμοκρασία επιφάνειας των δοκιμασμένων επιστρωμάτων εφαρμοσμένη σε τσιμεντένια κεραμίδια, χρησιμοποιώντας αισθητήρες θερμοκρασίας επιφάνειας και ένα σύστημα αναγραφών στοιχείων σε 24ωρη βάση από τον Αύγουστο μέχρι τον Δεκέμβριο του 2005. Αποδείχθηκε ότι για τον πρώτο και δεύτερο μήνα της πειραματικής περιόδου, οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες επιφάνειας κυμάνθηκαν μεταξύ των 36.4°C και 31.6°C για το ψυχρό πορτοκάλι και 49.4°C και 40.9°C για το τυπικό μαύρο, αντίστοιχα. Τις χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας είχαν τα επιστρώματα με τις υψηλότερες τιμές ηλιακού συντελεστή ανάκλασης. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, όλα τα ψυχρά χρωματισμένα επιστρώματα είχαν χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας από τα αντίστοιχα κοινά χρωματισμένα επιστρώματα. Η υψηλότερη διαφορά θερμοκρασίας παρατηρήθηκε μεταξύ του ψυχρού και κοινού μαύρου και ήταν ίση με 10,2°C.

Η χαμηλότερη διαφορά θερμοκρασίας παρατηρήθηκε μεταξύ ψυχρού και κοινού πράσινου και ήταν ίση με 1,6°C. Η θερμοκρασία επιφάνειας των δειγμάτων είναι σχεδόν σταθερή όταν υπάρχει απώλεια της ηλιακής ακτινοβολίας (νυχτερινές ώρες). Παρόλα αυτά, τα δροσερά χρωματισμένα επιστρώματα παραμένουν πιο δροσερά από τα αντίστοιχα κοινά χρωματισμένα επιστρώματα, λόγω της πιθανής απορρόφησης μικρότερων ποσών ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η διαφορά θερμοκρασίας και η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία μεταξύ των ψυχρών και κοινών επιστρωμάτων μειώνεται από τον Αύγουστο μέχρι τον Δεκέμβριο, καθώς και ο αντίκτυπος από τις χρωστικές ουσίες που αντανακλούν στο υπέρυθρο γίνεται λιγότερο εμφανής.

Τέλος σε μελέτη από τον Santamouris και άλλους (2001), μελετήθηκε η θερμική απόδοση των ενενήντα τριών πιο συχνά χρησιμοποιούμενων υλικών πεζοδρομίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι πλάκες που είναι κατασκευασμένες από μάρμαρο, ψηφιδωτό και πέτρα είναι πιο δροσερές από τις πλάκες που είναι κατασκευασμένες από άσφαλτο και σκυρόδεμα, με την άσφαλτο να έχει χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας απ' ό τι το σκυρόδεμα.

3 Μεθοδολογία

3.1 Σκοπός

Το κεφάλαιο αυτό έχει ως σκοπό την αναλυτική παρουσία των βημάτων της πειραματικής διαδικασίας, την περιγραφή της περιοχής μελέτης και τα όργανα μετρήσεων, όπως επίσης και την δημιουργία πινάκων με τα αποτελέσματα. Στόχος μου ήταν να μελετήσω την θερμοκρασία στην αστική περιοχή, σε μια περίοδο 6 μηνών και με βάση τα αποτελέσματα μου να βρω λύσεις στο πρόβλημα της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

3.2 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης στην οποία έγινε η διπλωματική εργασία ήταν η Λεμεσός και συγκεκριμένα το κέντρο της Λεμεσού (εικόνα 9).



Εικόνα 9: Περιοχή μελέτης

(Πηγή: <http://www.hellenicaworld.com/Cyprus/Geo/gr/Lemesos.html>)

Η Λεμεσός είναι η δεύτερη σε πληθυσμό πόλη της Κύπρου και ο μεγαλύτερος Δήμος, ο οποίος ιδρύθηκε το 1878. Ο πληθυσμός της ανέρχεται στους 100.952 κατοίκους εντός των δημοτικών ορίων και στους περίπου 180.000 στην ευρύτερη αστική περιοχή. Η αύξηση του ρυθμού

γεννήσεων στα τέλη του 19ου αιώνα και στις αρχές του 20ου (1878 – 1960) ήταν 70%. Ο αριθμός των κατοίκων το 1881 ήταν 6.131 ενώ το 1960 ανέβηκε στους 43.593.

Η Λεμεσός είναι σχετικά νεότερη πόλη, αν και στην περιοχή της βρέθηκαν ίχνη που μαρτυρούν ότι την κατοικούσαν από τα αρχαιότερα χρόνια. Βρίσκεται στο νοτιότερο τμήμα της Κύπρου, χτισμένη αμφιθεατρικά πάνω στο Κόλπο Ακρωτηρίου, μεταξύ δύο αρχαίων πόλεων: της Αμυθούνας στα ανατολικά, και του Κουρίου στα δυτικά. Η ανάπτυξη της πόλης αναχαιτίζεται από τις Βρετανικές Στρατιωτικές Βάσεις στα δυτικά, έτσι η πόλη εξαπλώνεται προς τα ανατολικά, με αμμώδεις παραλίες κατά μήκος του παραλιακού της μετώπου.

Μετά τα τραγικά γεγονότα της Τουρκικής εισβολής του 1974 έχει εξελιχθεί σε ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της Μεσογείου για διαμετακόμιση εμπορευμάτων και σε ένα μεγάλο επιχειρηματικό κέντρο, ένα από τα μεγαλύτερα ναυτιλιακά κέντρα στον κόσμο και το μεγαλύτερο κέντρο διαχείρισης πλοίων στην Ευρωπαϊκή ένωση. Έκτοτε η Λεμεσός εξελίσσεται ραγδαία σε ένα από τα σημαντικότερα κέντρα τουρισμού, εμπορίου και παροχής υπηρεσιών στην περιοχή.

Η Λεμεσός μπορεί να θεωρηθεί ως το βιομηχανικό κέντρο ολόκληρης της Κύπρου, με γύρω στις 350 βιομηχανικές μονάδες που κατασκευάζουν έπιπλα, υποδήματα, μεταλλικά είδη, ηλεκτρικές συσκευές και πλαστικά. Με μια πληθώρα παραλιών και πολυτελών ξενοδοχείων, η Λεμεσός μετατράπηκε σε σημαντικό τουριστικό κέντρο.

Η Κύπρος έχει μεσογειακό κλίμα με κύρια χαρακτηριστικά το ζεστό και ξηρό καλοκαίρι από τα μέσα Μαΐου ως τα μέσα του Σεπτέμβρη, τον ήπιο χειμώνα από τα μέσα Νοεμβρίου ως τα μέσα Μαρτίου και τις δυο χρονικά σύντομες διάρκειας ενδιάμεσες μεταβατικές εποχές του φθινοπώρου και της άνοιξης.

3.2.1 Κλιματολογικές συνθήκες της Κύπρου

Λόγω του ότι η Κύπρος βρίσκεται στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου κατά την διάρκεια του καλοκαιριού παρουσιάζονται ψηλές θερμοκρασίες και καθαρός ουρανός. Οι θερμοκρασίες αυτές κυμαίνονται μεταξύ 29 βαθμούς Κελσίου στην κεντρική πεδιάδα έως 22 βαθμούς Κελσίου στο Τρόδος, ενώ η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 36 και 27 βαθμούς Κελσίου αντίστοιχα. Το χειμώνα η θερμοκρασία είναι πιο ήπια με 10 βαθμούς Κελσίου στην κεντρική πεδιάδα και 3 βαθμούς Κελσίου στις υψηλότερες κορφές του Τρόδους και με μέση

ελάχιστη θερμοκρασία 5 και 0 βαθμούς Κελσίου αντίστοιχα. Υπάρχει μια πολύ σημαντική εποχιακή διαφορά μεταξύ των θερμοκρασιών του καλοκαιριού και του χειμώνα που κυμαίνονται από 18°C στην ενδοχώρα μέχρι περίπου 14°C στις ακτές.

3.3 Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

3.3.1 Θερμοκάμερα

Οι θερμοκάμερες είναι ένα μέσο το οποίο μας βοηθά να δούμε τη θερμοκρασία ενός αντικειμένου. Έχουν τη δυνατότητα να καταγράφουν τη θερμική ακτινοβολία που έχει κάθε αντικείμενο. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι όλα τα αντικείμενα έχουν μια θερμική ακτινοβολία.

Η θερμοκάμερα συνήθως χρησιμοποιείται για την καταγραφή της θερμικής ακτινοβολίας των κτηρίων ή αντικειμένων, για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας τους. Στον τομέα των κτηρίων οι θερμοκάμερες μας βοηθούν να βρούμε τυχόν ενεργειακές απώλειες του κτηρίου, να εντοπίσουμε έγκαιρα προβλήματα που μπορεί να υπάρχουν και να πραγματοποιήσουμε ένα σωστό έλεγχο στην απόδοση της μόνωσής του.

Η θερμοκάμερα που χρησιμοποιήθηκε για το σκοπό αυτό ήταν μάρκας Laserline ThermoSport (Εικόνα 10), και μας βοηθά να μετρήσουμε γρήγορα και αξιόπιστα χωρίς να χρειαστεί να έρθουμε σε επαφή με την θερμοκρασία της επιφάνειας του υλικού. Το εύρος μέτρησης κυμαίνεται μεταξύ -30 °C και 260 °C, με ακρίβεια ± 2 °C.



Εικόνα 10: Θερμοκάμερα

(Πηγή: <https://www.google.com.cy/search?q=termokamera>)

3.4 Μέθοδος

3.4.1 Μετρήσεις θερμοκρασίας επιφάνειας υλικών

Με το συγκεκριμένο όργανο που χρησιμοποίησα, τη θερμοκάμερα, πήρα τις μετρήσεις για να διαπιστώσω κατά πόσο τα υλικά μου αποθηκεύουν θερμική ακτινοβολία.

Τα υλικά, τα οποία χρησιμοποίησα είναι αυτά που είναι πιο διαδεδομένα στην σημερινή εποχή. Μερικά από αυτά είναι η άσφαλτος, το πεζοδρόμιο το οποίο είναι κατασκευασμένο από σκυρόδεμα, το κεραμίδι και η άμμος. Οι μετρήσεις και η καταγραφή των δεδομένων γίνονταν τις πρωινές, μεσημβρινές και βράδυνες ώρες για τουλάχιστο για έξι μήνες. Μελέτησα δυο διαφορετικές εποχές, καλοκαίρι και φθινόπωρο, για να γίνει μεταξύ τους μια σύγκριση. Επίσης χρησιμοποίησα και το στατιστικό πρόγραμμα t-test για να αξιολογήσω κατά πόσο τα μέσα των διαφόρων υλικών είναι στατιστικά διαφορετικά το ένα από το άλλο.

Οι μετρήσεις που πήρα ήταν από στις 23 Ιουνίου μέχρι 21 Νοεμβρίου κατά την διάρκεια των ωρών 08:00, 15:30, και 21:30 για τις συγκεκριμένες μέρες που έγινε το πείραμα. Σύμφωνα με την μετεωρολογική υπηρεσία, για του μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο η θερμοκρασία κυμαινόταν από τους 32°C στους 38°C. Επίσης, για τους υπόλοιπους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Νοέμβριο η θερμοκρασία κυμαινόταν από τους 11°C στους 30°C.

4 Αποτελέσματα

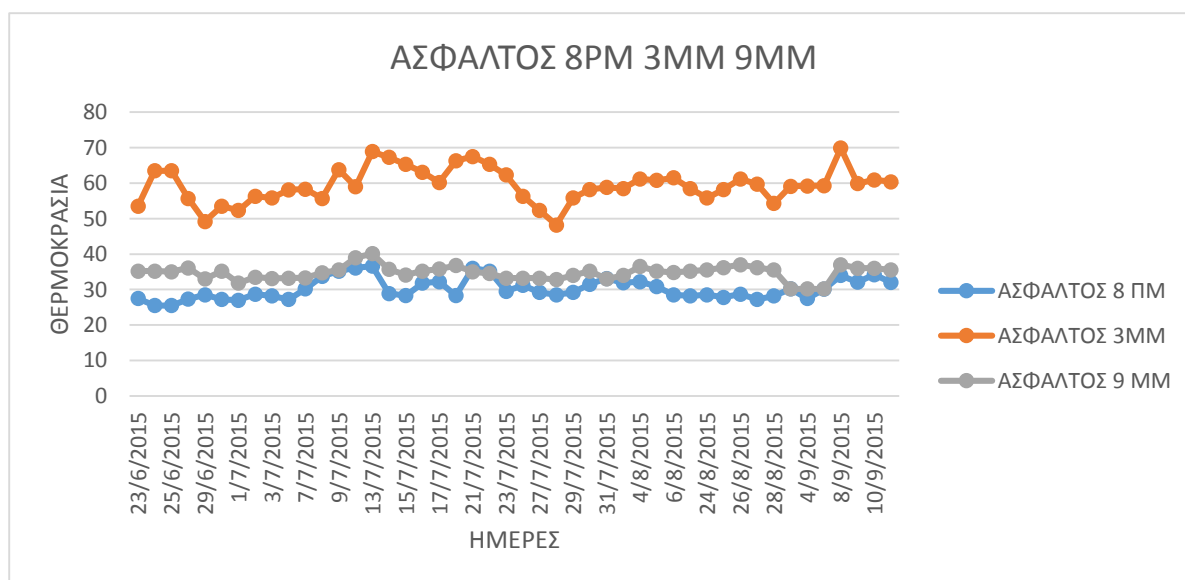
4.1 Θερμοκρασίες της επιφάνειας των υλικών

Τα αποτελέσματα από τη θερμοκάμερα φαίνονται στους πιο κάτω πίνακες και διαγράμματα. Πιο αναλυτικά θα δούμε πρώτα τα αποτελέσματα της καλοκαιρινής περιόδου (Πίνακας 3 και Διαγράμματα 1-3) και στη συνέχεια της φθινοπωρινής προς χειμερινής περιόδου (Πίνακας 4,5,6 και Διαγράμματα 4-7). Με αυτό τον τρόπο καταγράφονται οι θερμοκρασίες των διαφόρων επιφανειών κατά τη διάρκεια των ημερών από την πρώτη μέρα καταγραφής μέχρι και την τελευταία. Ακόμη με βάση τα αποτελέσματα της θερμοκάμερας παρουσιάζονται οι πιο κάτω πίνακες από t-test (Πίνακας 7-10).

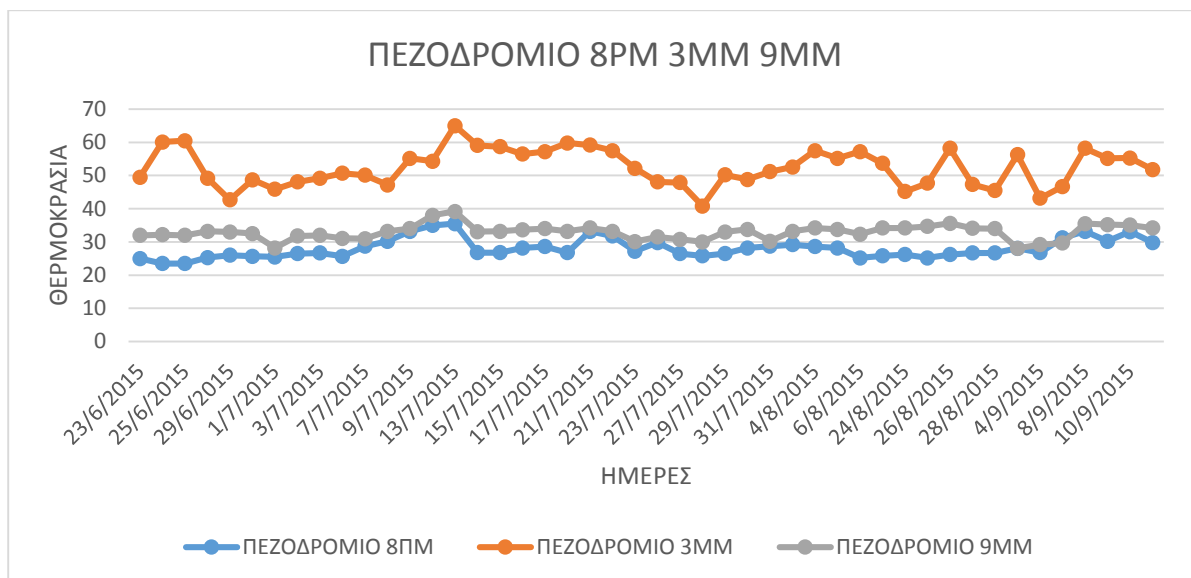
Πίνακας 3: Αποτελέσματα θερμοκρασίες υλικών για την καλοκαιρινή περίοδο

ΗΜΕΡΕΣ	ΠΡΩΙ (7ΠΜ -8 ΠΜ)		ΜΕΣΗΜΕΡΙ(3ΜΜ-4ΜΜ)		ΒΡΑΔΥ (9ΜΜ-10ΜΜ)	
	ΑΣΦΑΛΤΟ Σ (°C)	ΠΕΖΟΔΟΜΙ Ο (°C)	ΑΣΦΑΛΤΟ Σ (°C)	ΠΕΖΟΔΟΜΙ Ο (°C)	ΑΣΦΑΛΤΟ Σ (°C)	ΠΕΖΟΔΟΜΙ Ο (°C)
23/6/2015	27.5	25	53.5	49.5	35.2	32
24/6/2015	25.5	23.5	63.5	60.1	35.2	32.2
25/6/2015	25.5	23.5	63.5	60.5	35	32
26/6/2015	27.3	25.3	55.7	49.2	36.1	33.2
29/6/2015	28.5	26	49.2	42.7	33	33
30/6/2015	27.2	25.7	53.5	48.7	35.2	32.5
1/7/2015	27	25.5	52.3	45.9	31.8	28.2
2/7/2015	28.7	26.5	56.3	48.1	33.5	31.8
3/7/2015	28.2	26.7	55.8	49.2	33.1	32
6/7/2015	27.2	25.7	58.1	50.7	33.2	31.1
7/7/2015	30.2	28.7	58.3	50.1	33.3	31
8/7/2015	33.7	30.2	55.7	47.2	34.7	33.2
9/7/2015	35.2	33.2	63.8	55.2	35.5	34
10/7/2015	36.1	35	59	54.3	39	38
13/7/2015	36.6	35.5	68.9	65	40.1	39.2
14/7/2015	28.9	26.8	67.3	59.1	35.7	33.1
15/7/2015	28.3	26.8	65.3	58.7	34.1	33.2
16/7/2015	31.8	28.2	63.1	56.5	35.2	33.7
17/7/2015	32.2	28.6	60.2	57.2	35.8	34
20/7/2015	28.3	26.8	66.3	59.8	36.8	33.2
21/7/2015	36	33.2	67.5	59.2	35	34.2
22/7/2015	35.2	31.8	65.3	57.5	34.5	33.2
23/7/2015	29.5	27.2	62.3	52.2	33.2	30.1
24/7/2015	31.2	29.8	56.3	48.1	33.2	31.5

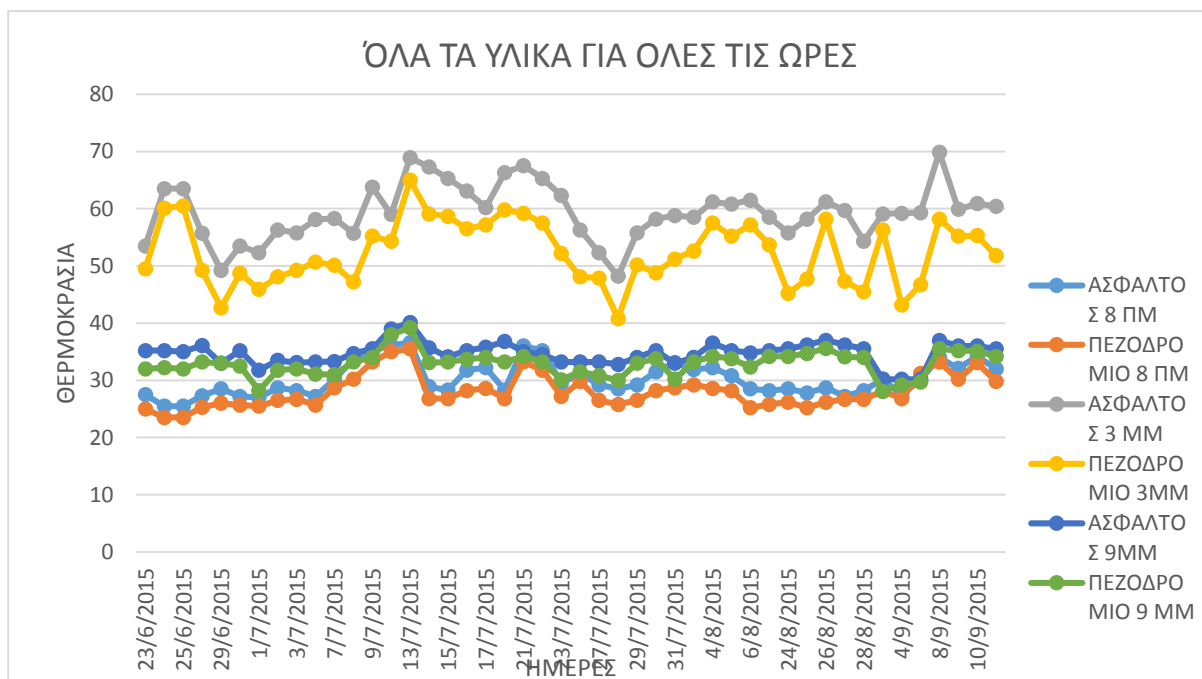
27/7/2015	29.2	26.5	52.3	47.9	33.2	30.8
28/7/2015	28.5	25.8	48.2	40.8	32.8	30
29/7/2015	29.2	26.5	55.8	50.2	34	33
30/7/2015	31.5	28.2	58.2	48.8	35.2	33.8
31/7/2015	33.1	28.7	58.8	51.2	33	30.2
3/8/2015	31.9	29.2	58.5	52.6	34	33.2
4/8/2015	32.2	28.6	61.2	57.5	36.5	34.2
5/8/2015	30.8	28.2	60.8	55.2	35.2	33.8
6/8/2015	28.5	25.2	61.5	57.2	34.8	32.32
7/8/2015	28.2	25.8	58.5	53.7	35.2	34.2
24/8/2015	28.5	26.2	55.8	45.2	35.5	34.2
25/8/2015	27.8	25.2	58.2	47.7	36.2	34.7
26/8/2015	28.7	26.2	61.2	58.2	37	35.6
27/8/2015	27.2	26.7	59.7	47.3	36.2	34.1
28/8/2015	28.2	26.7	54.3	45.5	35.5	34
3/9/2015	30.2	28.1	59.1	56.3	30.2	28.1
4/9/2015	27.5	26.8	59.2	43.2	30.2	29.2
7/9/2015	30.1	31.2	59.3	46.7	30.2	29.7
8/9/2015	34	33.2	69.9	58.2	37	35.5
9/9/2015	32.1	30.2	59.9	55.2	36	35.2
10/9/2015	34.2	33.1	60.9	55.3	36	35.1
11/9/2015	32	29.8	60.4	51.8	35.5	34.2



Διάγραμμα 1: Θερμοκρασίες ασφάλτου για την συνολική χρονική περίοδο



Διάγραμμα 2: Θερμοκρασίες πεζοδρομίου για την συνολική χρονική περίοδο



Διάγραμμα 3: Θερμοκρασίες ασφάλτου- πεζοδρομίου για όλες τις ώρες

Στα πιο πάνω διαγράμματα (διάγραμμα 1-3) φαίνονται οι μετρήσεις της καλοκαιρινής περιόδου για την ασφάλτο και το πεζοδρόμιο. Παρατηρούμε ότι η ασφάλτος σε σχέση με το πεζοδρόμιο παρουσιάζει αυξημένες τιμές θερμοκρασίας και συγκεκριμένα κατά την μεσημβρινή ζώνη. Οι τιμές των θερμοκρασιών για τα δύο υλικά για το πρωί – βράδυ είναι περίπου οι ίδιες.

Πίνακας 4: Αποτελέσματα θερμοκρασίες υλικών για τις πρωινές ώρες την φθινοπωρινή περίοδο

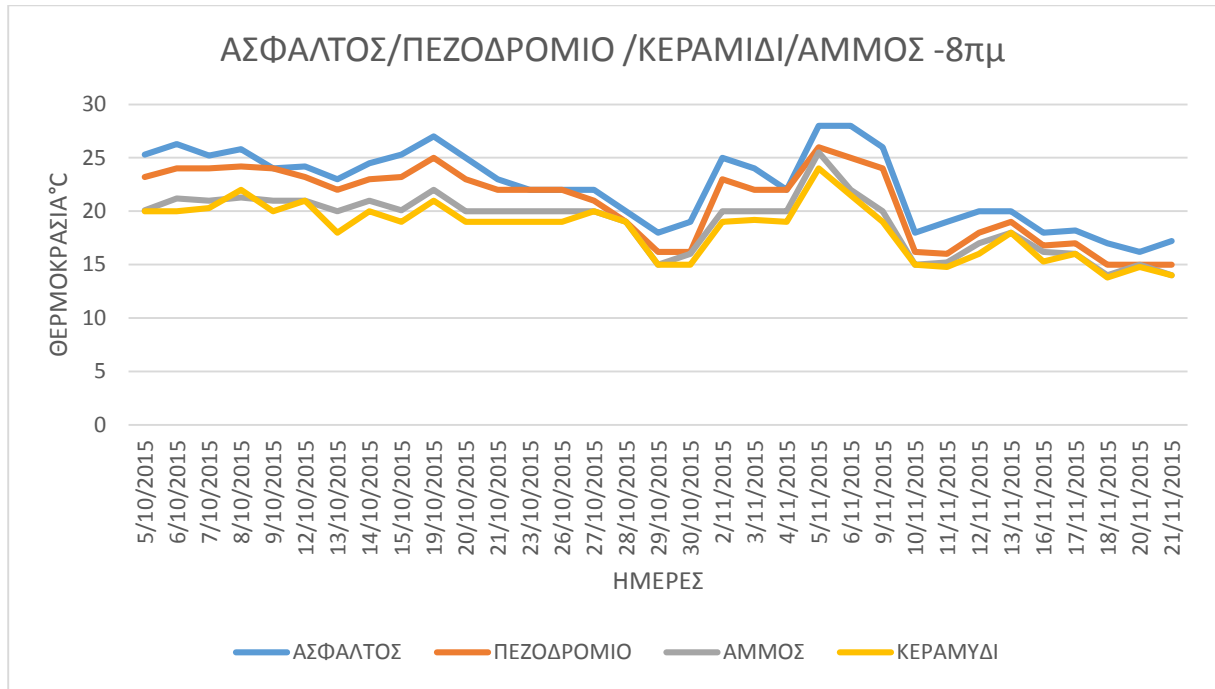
ΗΜΕΡΕΣ	ΠΡΩΙ (7ΠΜ -8 ΠΜ)			
	ΑΣΦΑΛΤΟΣ (°C)	ΠΕΖΟΔΟΜΙΟ (°C)	Άμμος (°C)	Κεραμύδια (°C)
5/10/2015	25.3	23.2	20.1	20
6/10/2015	26.3	24	21.2	20
7/10/2015	25.2	24	21	20.3
8/10/2015	25.8	24.2	21.3	22
9/10/2015	24	24	21	20
12/10/2015	24.2	23.2	21	21
13/10/2015	23	22	20	18
14/10/2015	24.5	23	21	20
15/10/2015	25.3	23.2	20.1	19
19/10/2015	27	25	22	21
20/10/2015	25	23	20	19
21/10/2015	23	22	20	19
23/10/2015	22	22	20	19
26/10/2015	22	22	20	19
27/10/2015	22	21	20	20
28/10/2015	20	19	19	19
29/10/2015	18	16.2	15	15
30/10/2015	19	16.2	16	15
2/11/2015	25	23	20	19
3/11/2015	24	22	20	19.2
4/11/2015	22	22	20	19
5/11/2015	28	26	25.5	24
6/11/2015	28	25	22	21.5
9/11/2015	26	24	20	19
10/11/2015	18	16.2	15	15
11/11/2015	19	16	15.2	14.8
12/11/2015	20	18	17	16
13/11/2015	20	19	18	18
16/11/2015	18	16.8	16.2	15.3
17/11/2015	18.2	17	16	16
18/11/2015	17	15	14	13.8
20/11/2015	16.2	15	15	14.8
21/11/2015	17.2	15	14	14

Πίνακας 5: Αποτελέσματα θερμοκρασίες υλικών για τις μεσημεριανές ώρες την φθινοπωρινή περίοδο

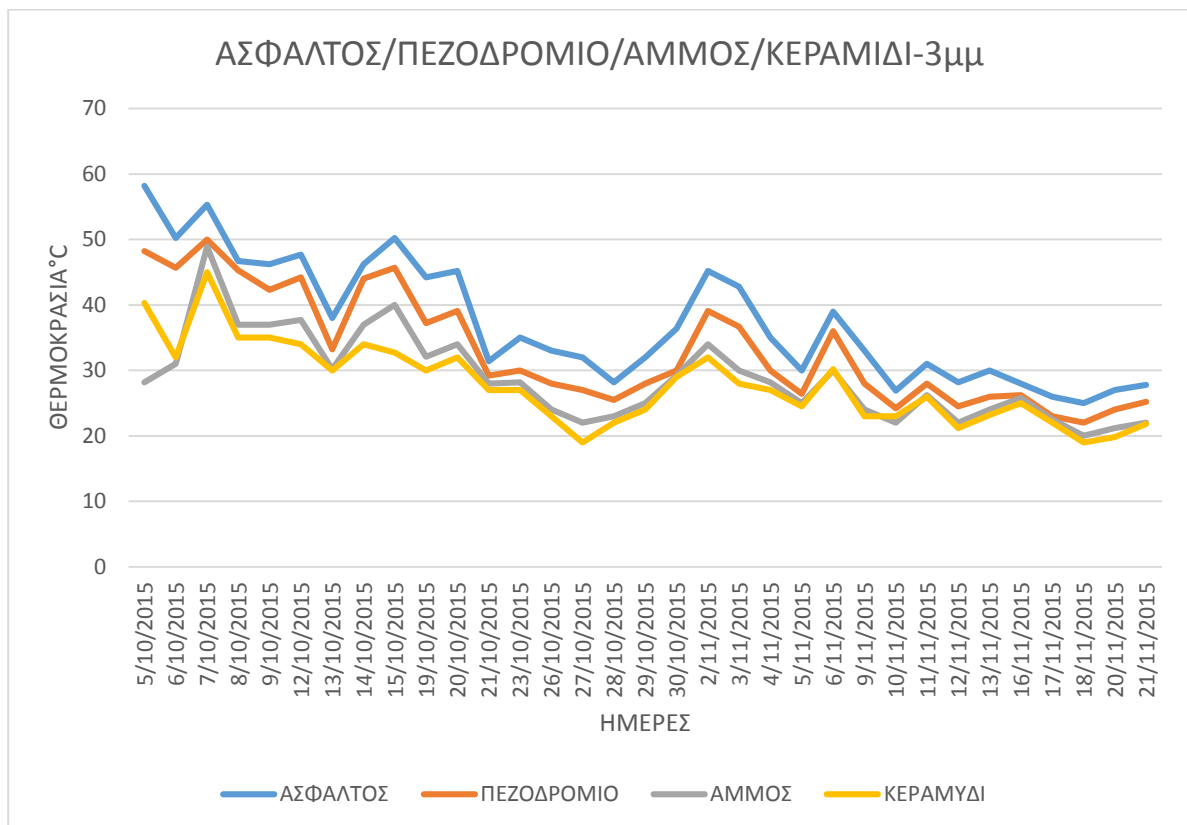
ΗΜΕΡΕΣ	ΜΕΣΗΜΕΡΙ(3ΜΜ-4ΜΜ)			
	ΑΣΦΑΛΤΟΣ (°C)	ΠΕΖΟΔΟΜΙΟ (°C)	Άμμος (°C)	Κεραμύδια (°C)
5/10/2015	58.2	48.2	28.2	40.3
6/10/2015	50.2	45.7	31	32
7/10/2015	55.3	50	48.9	45
8/10/2015	46.7	45.3	37	35
9/10/2015	46.2	42.3	37	35
12/10/2015	47.7	44.2	37.7	34
13/10/2015	38	33.2	30.2	30
14/10/2015	46.2	44	37	34
15/10/2015	50.2	45.7	40	32.7
19/10/2015	44.2	37.2	32.1	30
20/10/2015	45.2	39.1	34	32
21/10/2015	31.4	29.2	28	27
23/10/2015	35	30	28.2	27
26/10/2015	33	28	24	23
27/10/2015	32	27	22	19
28/10/2015	28.2	25.5	23	22
29/10/2015	32	28	25	24
30/10/2015	36.4	30	29.2	29
2/11/2015	45.2	39.1	34	32
3/11/2015	42.8	36.7	30	28
4/11/2015	35	30	28.2	27
5/11/2015	30	26.4	25	24.5
6/11/2015	39	36	30	30.2
9/11/2015	33	28	24	23
10/11/2015	26.9	24.2	22	23
11/11/2015	31	28	26.2	26
12/11/2015	28.2	24.5	22	21.2
13/11/2015	30	26	24	23.2
16/11/2015	28	26.2	25.8	25
17/11/2015	26	23	22.5	22
18/11/2015	25	22	20	19
20/11/2015	27	24	21.2	19.8
21/11/2015	27.8	25.2	22	21.8

Πίνακας 6: Αποτελέσματα θερμοκρασίες υλικών για τις βραδυνές ώρες την φθινοπωρινή περίοδο

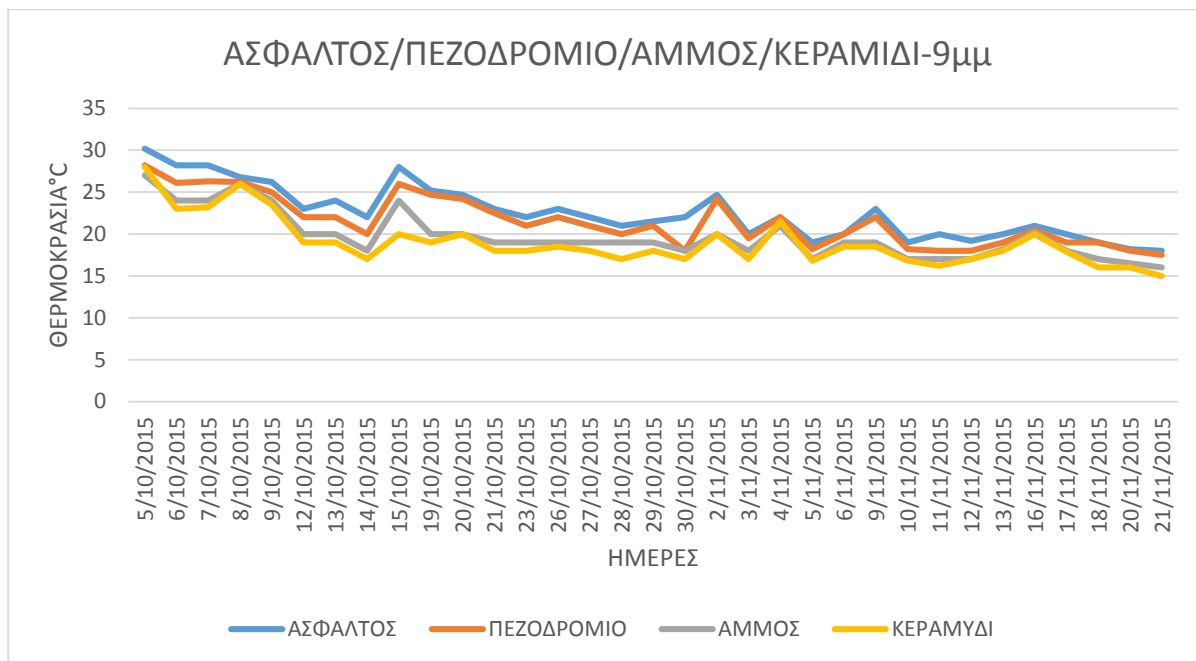
ΗΜΕΡΕΣ	ΒΡΑΔΥ (9ΜΜ-10ΜΜ)			
	ΑΣΦΑΛΤΟΣ (°C)	ΠΕΖΟΔΟΜΙΟ (°C)	Άμμος (°C)	Κεραμύδια (°C)
5/10/2015	30.2	28.2	27	28
6/10/2015	28.2	26.1	24	23
7/10/2015	28.2	26.3	24	23.2
8/10/2015	26.8	26.2	26	26
9/10/2015	26.2	25	24	23.5
12/10/2015	23	22	20	19
13/10/2015	24	22	20	19
14/10/2015	22	20	18	17
15/10/2015	28	26	24	20
19/10/2015	25.2	24.7	20	19
20/10/2015	24.7	24.2	20	20
21/10/2015	23	22.5	19	18
23/10/2015	22	21	19	18
26/10/2015	23	22	19	18.5
27/10/2015	22	21	19	18
28/10/2015	21	20	19	17
29/10/2015	21.5	21	19	18
30/10/2015	22	18	18	17
2/11/2015	24.7	24.2	20	20
3/11/2015	20	19.5	18	17
4/11/2015	22	22	21	21.5
5/11/2015	19	18.2	17	16.8
6/11/2015	20	20	19	18.5
9/11/2015	23	22	19	18.5
10/11/2015	19	18.2	17	16.8
11/11/2015	20	18	17	16.2
12/11/2015	19.2	18	17	17
13/11/2015	20	19	18.2	18
16/11/2015	21	20.5	20.2	20
17/11/2015	20	19	18	17.9
18/11/2015	19	19	17	16
20/11/2015	18.2	18	16.5	16
21/11/2015	18	17.5	16	15



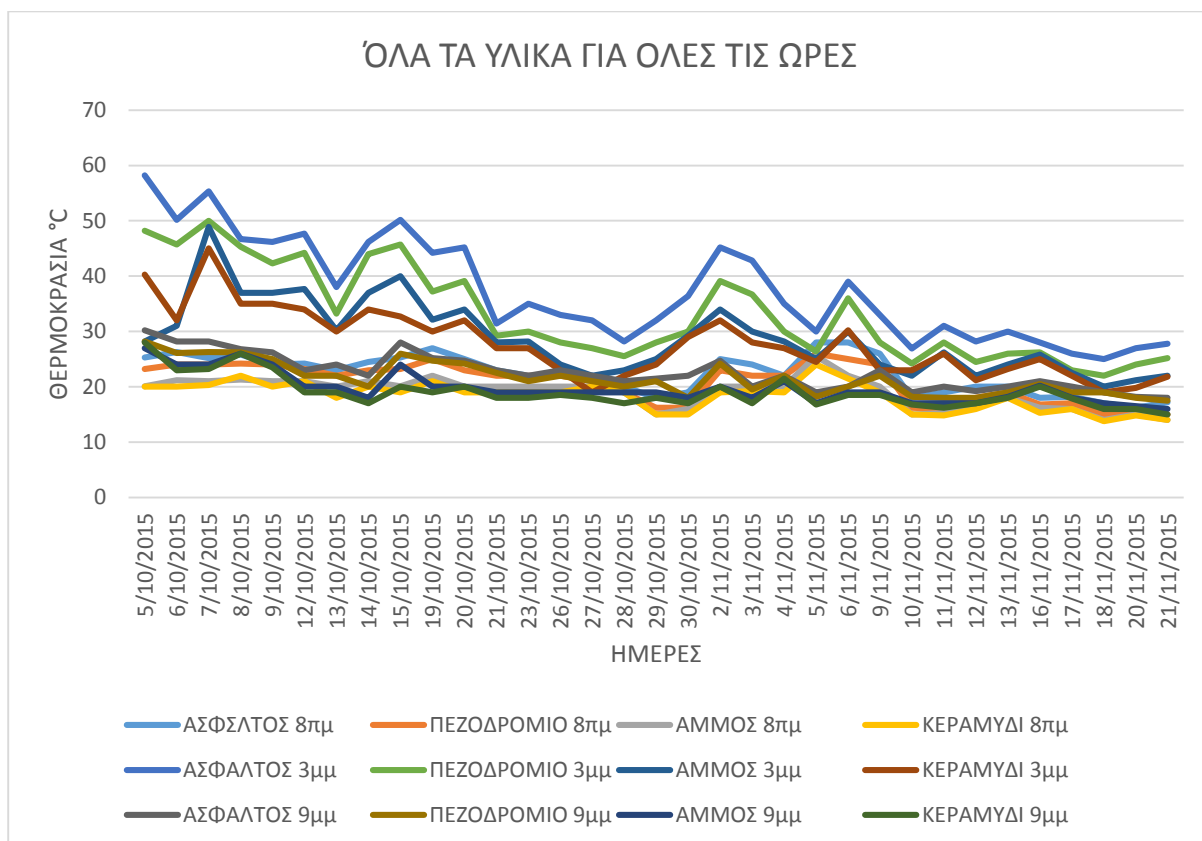
Διάγραμμα 4: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου – κεραμίδι – άμμος η ώρα 08:00πμ



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου – κεραμίδι – άμμος η ώρα 15:00μμ



Διάγραμμα 6: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου – κεραμίδι – άμμος η ώρα 21:00μμ



Διάγραμμα 7: Θερμοκρασίες ασφάλτου – πεζοδρομίου – κεραμίδι – άμμος για όλες τις ώρες

Στα πιο πάνω διαγράμματα (διάγραμμα 4-7) φαίνονται οι μετρήσεις της φθινοπωρινής προς χειμερινής περιόδου για την άσφαλτο, το πεζοδρόμιο, την άμμο και το κεραμίδι. Παρατηρούμε ότι η άσφαλτος σε σχέση με τα υπόλοιπα υλικά παρουσιάζει αυξημένες τιμές θερμοκρασίας και συγκεκριμένα κατά την μεσημβρινή ζώνη. Οι τιμές των θερμοκρασιών για τα υπόλοιπα υλικά για το πρωί – βράδυ πιο χαμηλές. Επίσης παρατηρούμε από τον μήνα Οκτώβριο και μετά μια μείωση των θερμοκρασιών όλων των υλικών γιατί αυτές τις μέρες υπάρχει πολύ μικρή ηλιοφάνεια και χαμηλή εξωτερική θερμοκρασία, με αποτέλεσμα οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν να ήταν σχεδόν οι ίδιες.

Τα υπόλοιπα διαγράμματά (Διάγραμμα 8-29), τα οποία εξετάστηκαν για τις θερμοκρασίες της άσφαλτού, του πεζοδρομίου, της άμμου και των κεραμιδιών όπως και συνδυασμών αυτών φαίνονται στο Παράρτημα Α.

4.2 Εφαρμογή t-test

Προκειμένου να εξεταστεί αν υπάρχουν διαφορές μεταξύ των συνολικών δεδομένων ήταν αναγκαία στατιστική δοκιμή. Για το λόγο αυτό η t-test εφαρμόστηκε σε διάφορες περιπτώσεις.

Πρώτα, η έρευνα αυτή εξέτασε αν υπήρχε διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας της ασφάλτου το πρωί και το μεσημέρι μεταξύ όλων των συνολικών δεδομένων. Πριν από το t-test είναι απαραίτητο να δηλώσω δύο περιπτώσεις, μια μηδενική υπόθεση και μια εναλλακτική υπόθεση. Για το πρώτο t-test οι δύο υποθέσεις έχουν ως εξής:

- H_1 (η εναλλακτική υπόθεση): Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνολικών δεδομένων.
- H_0 (η μηδενική υπόθεση): Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνολικών δεδομένων.

Πίνακας 7: Αποτελέσματα t-test για άσφαλτο το πρωί και άσφαλτο το μεσημέρι για καλοκαιρινή περίοδο

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	22.4	37.3
df	64	
t Stat	-8.63	
P(T<=t) one-tail	1.26E-12	
t Critical one-tail	1.6713	
P(T<=t) two-tail	2.52E-12	
t Critical two-tail	1.99	

Όπως μπορεί να φανεί από τον πίνακα πάνω από την τιμή t υπολογίζεται να είναι -8,63 και η t κρίσιμη τιμή (δύο ουρά) υπολογίζεται ότι είναι 1,99. Καθώς η τιμή t είναι μικρότερη από την κρίσιμη t η εναλλακτική υπόθεση απορρίπτεται. Έτσι έχουμε ως αποτέλεσμα ότι, η εναλλακτική υπόθεση απορρίπτεται και μπορεί να ειπωθεί ότι δεν υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ των μέσων του δείγματος.

Η δεύτερη δοκιμασία t εφαρμόστηκε προκειμένου να εξετάσει αν υπήρχε διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας ασφάλτου και πεζοδρομίου το μεσημέρι. Οι υποθέσεις παραμένουν οι ίδιες με την προηγούμενη.

- H1 (η εναλλακτική υπόθεση): Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνολικών δεδομένων.
- H0 (η μηδενική υπόθεση): Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνολικών δεδομένων.

Πίνακας 8: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο και πεζοδρόμιο το μεσημέρι

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	37.3	33.08
Df	64	
t Stat	6,94	
P(T<=t) one-tail	0.03	
t Critical one-tail	1.67	
P(T<=t) two-tail	0.06	
t Critical two-tail	1.99	

Σε αυτή την εφαρμογή t-test η τιμή t υπολογίζεται να είναι 6,94 και το t κρίσιμη υπολογίζεται να είναι 1,99. Καθώς η τιμή t είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη t, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Έτσι φαίνεται να υπάρχει στατιστική διαφορά μεταξύ των μέσων του δείγματος.

Προχωρώντας στο τρίτο t-test, το οποίο εφαρμόστηκε για να εξετάσει αν υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της ασφάλτου και της άμμου το πρωί. Οι υποθέσεις είναι οι εξής:

- H1 (η εναλλακτική υπόθεση): Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνολικών δεδομένων.
- H0 (η μηδενική υπόθεση): Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνολικών δεδομένων.

Πίνακας 9: Αποτελέσματα t-test για ασφάλτο και άμμο το πρωί

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	22.37	18.98
df	64	
t Stat	4.4	
P(T<=t) one-tail	2.23E-05	
t Critical one-tail	1.67	
P(T<=t) two-tail	4.4E-05	
t Critical two-tail	1.99	

Σε αυτή την εφαρμογή t-test η τιμή t υπολογίζεται ότι είναι 4,4 και το t κρίσιμη υπολογίστηκε να είναι 1,99. Η t τιμή είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη, επομένως, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται. Υπάρχει μια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της ασφάλτου και της άμμου.

Τέλος, η t-test εφαρμόστηκε με παρόμοιο τρόπο με το προηγούμενο t-test. Για να γίνει αυτό το t-test θα διερευνηθεί κατά πόσον υπάρχει ή όχι διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας της ασφάλτου και του κεραμιδιού το βράδυ.

- H1 (η εναλλακτική υπόθεση): Υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνολικών δεδομένων.
- H0 (η μηδενική υπόθεση): Δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο συνολικών δεδομένων.

Πίνακας 10: Αποτελέσματα t-test για ασφάλτο και κεραμίδι το βράδι

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	22.55	19.01
Df	64	
t Stat	4.68	
P(T<=t) one-tail	7.77E-06	
t Critical one-tail	1.67	
P(T<=t) two-tail	1.55E-05	
t Critical two-tail	1.99	

Πάλι αυτό που παρατηρείται είναι ότι η τιμή t υπολογίζεται να είναι 4,67 το οποίο είναι πολύ χαμηλότερη από την κρίσιμη τιμή t, η οποία υπολογίστηκε να είναι 1,99. Έτσι παρατηρούμε ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ του ασφάλτου και του κεραμιδιού.

Τα υπόλοιπα t-test, τα οποία εξετάστηκαν για τις θερμοκρασίες της ασφάλτου, του πεζοδρομίου, της άμμου και των κεραμιδιών όπως και συνδυασμών αυτών φαίνονται στο Παράρτημα Β.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

5.1 Γενικά Συμπεράσματα

Τα γενικά συμπεράσματα για το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας είναι τα εξής:

- Τα ανοιχτόχρωμα υλικά, λόγω της αυξημένης ανακλαστικότητας τους, συντείνουν στη μείωση της απορρόφησης ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τα σκουρόχρωμα υλικά με αποτέλεσμα τις χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες.
- Η αύξηση της ανακλαστικότητας μπορεί να επιτευχθεί με το βάψιμο υφιστάμενων επιφανειών ή με την εφαρμογή ανοιχτόχρωμων υλικών.
- Σε στενούς δρόμους, όπου η ηλιακή ακτινοβολία εισέρχεται για περιορισμένες ώρες κατά τη διάρκεια της ημέρας, η χρήση ανοιχτόχρωμων υλικών σε όψεις κτιρίων, οδόστρωμα και πεζοδρόμια μπορεί να αυξήσει τα επίπεδα φυσικού φωτισμού.
- Η χρήση ανοιχτόχρωμων υλικών σε όλα ανεξαιρέτως τα κτίρια και τους υπαίθριους χώρους της πόλης αποτελεί θέμα αρχιτεκτονικού και αστικού σχεδιασμού.

5.2 Θερμοκρασία επιφάνεια υλικών

Τα συγκεκριμένα υλικά που εξετάστηκαν στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ήταν συγκεκριμένων χρωμάτων. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν στο τέλος της ερευνας αναλύονται αναλυτικότερα πιο κάτω. Η μελέτη όπως προαναφέρθηκε έγινε με ειδική θερμοκάμερα σε άσφαλτο, σκυρόδεμα, πεζοδρόμιο, κεραμίδι και άμμο τις πρωινές, μεσημβρινές και νυχτερινές ώρες. Ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί ήταν δυο περίοδοι καλοκαιρινής και φθινοπωρινή προς χειμερινής περιόδου.

- Με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα υλικά που σημείωσαν τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες ήταν η άσφαλτος που άγγιζε περίπου τους 69oC, ακολουθεί το πεζοδρόμιο με 65oC, η άμμος με 48oC και το κεραμίδι με 45oC. Αυτές οι μετρήσεις σημειώθηκαν κατά τις μεσημβρινές ώρες όπου η θερμοκρασία ήταν υψηλότερη σε αντίθεση με τις πρωινές και βραδινές ώρες όπου και για τις δυο περιόδους ήταν πιο χαμηλές.
- Επίσης οι θερμοκρασίες των υλικών αφορούν τις δυο περιόδους(καλοκαίρι προς χειμώνα) όπου έχουμε παρατηρήσει ότι σημαντικό ρόλο παίζουν οι κλιματολογικές συνθήκες στο φαινόμενο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το καλοκαίρι λόγω υψηλής

κλιματολογικών συνθήκων να έχουμε αυξανόμενες θερμοκρασίες στα υλικά που μελετήθηκαν σε αντίθεση με το φθινόπωρο προς χειμώνα αρχίζει η μείωση.

- Το καλοκαίρι και πιο συγκεκριμένα κατά την διάρκεια της ημέρας, συναντάμε τις ισχυρότερες Αστικές Θερμικές Νησίδες. Με αποκορύφωμα τον καλοκαιρινό καύσωνα, η ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας κατά μέσο όρο, αυξάνεται περίπου στους 6oC, ενώ κατά τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες η αύξηση ήταν περίπου στους 3oC.
- Ιδιαίτερα σημαντική είναι η μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην άσφαλτο σε σχέση με κεραμίδι πορσελάνης (χρώματος μπεζ) όπου παρουσιάστηκε μεταξύ τους απόκλιση σχεδόν 7-9oC όταν είχαμε ψηλές θερμοκρασίες .
- Τις πρωινές ώρες αλλά και γενικά τις μέρες με πολύ μικρή ηλιοφάνεια και χαμηλή εξωτερική θερμοκρασία, οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν ήταν σχεδόν οι ίδιες.
- Σε μέρες με κανονική ηλιοφάνεια, κατά την περίοδο από το μεσημέρι μέχρι το βράδυ που τα υλικά άρχισαν να ψύχονται, η διαφορά θερμοκρασίας ήταν αισθητή. Έντονη διαφορά παρατηρήθηκε στο ότι μερικά υλικά εκπέμπαν περισσότερη αντανάκλαστικότητα από κάποια άλλα. Επομένως μπορούμε να μειώσουμε αυτά τα υλικά που προκαλούν το φαινόμενο αυτό και να τα αντικαταστήσουμε βάφοντας με ανοιχτά χρώματα ακόμη και να αυξήσουμε τους χώρους πρασίνου.
- Παρόμοια με τα συμπεράσματα μας ήταν και αυτά των Doulos και άλλοι (2004), όπου συμφωνούμε το ότι το χρώμα των υλικών διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα σκουρόχρωμα υλικά αποθηκεύουν θερμότητα ενώ τα ανοιχτόχρωμα-ψυχρά υλικά την ανακλούν προς τα πίσω.

Κλείνοντας, θα ήταν ωφέλιμο οι επόμενες μελέτες που θα γίνουν για το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας να διαφοροποιήσουν τόσο τα υλικά όσο και τις τοποθεσίες. Μια μελέτη και σύγκριση της αγροτικής περιοχής σε σχέση με την αστική, όπως και χρήση υλικών διαφόρων χρωμάτων θα απέδιδε περισσότερα αποτελέσματα. Επίσης η σύγκριση δορυφορικών εικόνων θα βοηθούσε ακόμα πιο πολύ.

5.3 Προτάσεις για μελλοντικές επεκτάσεις

Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται διάφορες προτάσεις για την αντικατάσταση ή τη βελτίωση των διαφόρων υλικών, για τη μείωση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Θα εστιαστούμε κυρίως στις επιφάνειες που παρουσίασαν τη μικρότερη ανακλαστικότητα μέσα από τις μετρήσεις μου.

Κάποια υλικά προσδίδουν αυξημένη ανακλαστικότητα και με τη μορφή χρωστικών προσθέτων μπορούν να ενσωματωθούν σε πολλών ειδών τεχνητά προϊόντα επιστρώσεων και επενδύσεων.

Τα υλικά των επιστρώσεων μπορούν να είναι:

- Πλάκες πεζοδρομίου από σκυρόδεμα, διαφόρων διαστάσεων, επίπεδες, ανάγλυφες ή με αυλακωτή επιφάνεια .
- Κυβόλιθοι από σκυρόδεμα σε διάφορα σχήματα (ορθογώνιοι, καμπυλοειδείς.
- Κεραμικά πλακίδια

5.3.1 Θερμοχρωμικά υλικά

Τα θερμοχρωμικά υλικά έχουν την ικανότητα να αλλάζουν χρώμα ανάλογα με τη θερμοκρασία. Δηλαδή, το καλοκαίρι έχουν λευκή απόχρωση με μεγάλη ανακλαστικότητα, ενώ αντίθετα το χειμώνα είναι έγχρωμα και παρουσιάζουν μεγάλη απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία.

5.3.2 Φυτοκαταλυτικά υλικά

Τα φωτοκαταλυτικά υλικά βασίζονται στην ενσωμάτωση τιτανίας υπό μορφή νανοσωματιδίων στα χυτά υλικά εδαφοκάλυψης. Η τιτανία βοηθά αποτελεσματικά στη δημιουργία ισχυρών οξειδωτικών μέσων, όπου καταστρέφουν ρύπους ή μικροοργανισμούς.

Τα ψυχρά φωτοκαταλυτικά υλικά που απαντώνται στην κάλυψη των εξωτερικών χώρων μπορεί να είναι όπως πλάκες πεζοδρομίου από σκυρόδεμα με φωτοκαταλυτικές ιδιότητες., κεραμικά πλακίδια με φωτοκαταλυτικές ιδιότητες και τσιμεντοειδές κόνιαμα επιστρώσεων επιφανειών ασφαλτικού σκυροδέματος.

5.3.3 Πλάκες πεζοδρομίων

Αντί για επίστρωση με ενιαίες επιφάνειες, καλό είναι να προτιμούνται πλάκες που επιτρέπουν τη διείσδυση του νερού και την ανάπτυξη βλάστησης στους αρμούς ή τουλάχιστον να χρησιμοποιείται υδατοπερατή στρώση αδρανών. Είναι πολύ θετικό, τόσο από θερμικής

πλευράς, όσο κι από πλευράς εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα και παράλληλης αποφόρτισης του δικτύου ομβρίων.

5.3.4 Κεραμίδια

Σύμφωνα με την Σπυρουλιά Ελένη (2009), υπάρχουν ψυχρά υλικά κεραμιδιών που μπορούν να εφαρμοστούν, έτσι ώστε να αυξηθεί η ανακλαστικότητα τους.

5.3.4.1 Κεραμίδια αργίλου

Η ανακλαστικότητα των κεραμιδιών αυτών μπορεί να αυξηθεί με τρεις τρόπους: πρώτον με τη χρήση ακατέργαστων υλικών αργίλου με χαμηλές συγκεντρώσεις οξειδίων σιδήρου, δεύτερον με τη χρήση ψυχρών χρωστικών ουσιών στο επίστρωμα και τρίτον με την εφαρμογή διπλού επιστρώματος, με τη χρήση υλικών ψηλού συντελεστή ανακλαστικότητας.

5.3.4.2 Κεραμίδια ασφάλτου

Τα ασφατικά κεραμίδια χρησιμοποιούν συνήθως διπλή στρώση οξειδωμένης ασφάλτου, υαλοϋφασμα ή προεμποτισμένο πολυεστέρα σαν οπλισμό και χαλαζία. Σε σύγκριση με άλλους τύπους κεραμιδιών, τα ασφατικά κεραμίδια έχουν υψηλότερο κόστος και μικρότερη λειτουργική ζωή, ειδικότερα όταν εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες που προκαλούν γρηγορότερη γήρανση. Παρόλα αυτά όμως, η επιλογή πιο ανοιχτόχρωμων ασφατικών κεραμιδιών θα βοηθήσει στην μείωση της απομάκρυνσης συσσωρευμένης θερμότητας.

5.3.4.3 Σκυρόδετα κεραμίδια

Υπάρχουν τρεις τρόποι να βελτιωθεί η ηλιακή ανακλαστικότητα των χρωματισμένων σκυροδέτων κεραμιδιών. Ο πρώτος λευκαίνει το κεραμίδι με την χρήση άσπρου τσιμεντόντου στο μίγμα σκυροδέματος, χρησιμοποιώντας ένα άσπρο τσιμεντένιο επιστρώματα επιφάνειας. Η δεύτερη μέθοδος είναι η χρήση ψυχρών χρωστικών ουσιών στο επίστρωμα για την παροχή χρώματος με υψηλό συντελεστή ανάκλασης. Η τρίτη προσέγγιση είναι να χρησιμοποιηθούν οι ψυχρές χρωστικές ουσίες πάνω από ένα ιδιαίτερα αντανακλαστικό υπόστρωμα.

5.3.5 Οδόστρωμα

Διάφορα είδη οδοστρωμάτων με έντονη ανακλαστικότητα έχουν εφευρεθεί από μια ομάδα προστασίας του κλίματος στις Η.Π.Α (Environmental Protection Agency's Office of Atmospheric Programs, Eva Wong και άλλοι). Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μονοπάτια,

πεζοδρόμια και χώρους στάθμευσης. Μερικά από αυτά τα οδοστρώματα αναφέρονται πιο κάτω.

5.3.5.1 Ασφαλτικά οδοστρώματα

Τα ασφαλτικά αυτά οδοστρώματα είναι τροποποιημένα με υλικά υψηλής ανακλαστικότητας και αποτελούνται από συνδετική άσφαλτο αναμειγμένη με αδρανή όπως άμμο και πέτρα. Με τη χρήση ανοιχτόχρωμων αδρανών, χρωστικών ουσιών ή στεγανοποιητικών επιτυγχάνεται η αύξηση της ανακλαστικότητας.

5.3.5.2 Οδόστρωμα από σκυρόδεμα

Είναι από τσιμέντο τύπου Πόρτλαντ αναμειγμένο με νερό και αδρανή. Η ανακλαστικότητά τους μπορεί να αυξηθεί περισσότερο από 30% χρησιμοποιώντας λευκό τσιμέντο έναντι του συμβατικού γκρι χρώματος.

5.3.5.3 Οδόστρωμα με βάση τη ρητίνη με χρωματιστή άσφαλτο και χρωματιστό σκυρόδεμα

Τα οδοστρώματα με βάση την ρητίνη χρησιμοποιούν ανοιχτόχρωμη ρητίνη στη θέση του τσιμέντου για τη δέσμευση των αδρανών, έτσι η ανακλαστικότητα καθορίζεται από το χρώμα των αδρανών.

Η χρωματιστή άσφαλτος/χρωματιστό σκυρόδεμα περιλαμβάνει χρωστικές ουσίες ή χρωματιστές λωρίδες, τα οποία συμβάλουν στην επίτευξη υψηλής ανακλαστικότητας. Μπορούν να εφαρμοστούν στην αρχή της κατασκευής ή κατά τη διάρκεια της συντήρησής της.

Όπως και με το σκυρόδεμα η ανακλαστικότητα ήτα τους μπορεί να μειωθεί με την πάροδο του χρόνου από ακαθαρσίες λόγω της κυκλοφορίας, κάνοντας το οδόστρωμα πιο σκουρόχρωμο. Η ανακλαστικότητα των οδοστρωμάτων αυτών βασίζεται στα υλικά που χρησιμοποιούν για την κατασκευή των υλικών. Η θερμοκρασία που αναπτύσσουν είναι μικρή λόγω του ότι η περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία ανακλάτε προς τα πίσω.

5.3.5.4 Διαπερατό οδόστρωμα

Η πορώδης άσφαλτος έχει περισσότερα κενά από ότι η συμβατική, επιτρέποντας στο νερό να απορροφάτε. Τα διαπερατά οδοστρώματα μπορεί να έχουν λιγότερη ανακλαστικότητα από τα μη διαπερατά, λόγω του αυξημένου εμβαδού επιφάνειας. Το νερό μειώνει την θερμοκρασία

του οδοστρώματος, και όταν στεγνώσει, μπορεί να είναι ζεστό στην επιφάνεια, αλλά κάτω από αυτή θα είναι η ίδια όπως ένα μη διαπερατό οδόστρωμα.

5.3.5.5 Λευκή επικάλυψη οδοστρώματος

Γίνεται λευκεπικάλυψη ενός υφιστάμενου ασφαλτοτάπητα με ένα παχύ στρώμα τσιμέντου Πόρτλαντ. Η θερμοκρασία που αναπτύσσουν είναι μικρή λόγω του ότι η περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία ανακλάτε προς τα πίσω.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alcoforado, MJ. (1992). “O clima da regio de Lisboa. Contrastes e ritmos térmicos.” (PhD Thesis). Memorias do Centro de Estudos Geograficos. Lisboa: CEG 15: 347p.
- Alcoforado, M.-J. and H. Andrade. (2006) “Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modelling attempts”. *Theor. Appl. Climatol.* 84, 151–159
- Alcoforado, M.J And Andrade, H. (2008) **Global Warming And The Urban Heat Island**. University Of Lisbon Portugal: Originally Published In J.M. Marzluff Et Al., *Urban Ecology*, Springer
- Akbari, H. Levinson, R. And Berdahl, P. (2003) **A Review Of Methods For The Manufacture Of Residential Roofing Materials**. Lawrence Berkeley National Laboratory Berkeley Usa.
- Bacci, P. and Maugeri, M.: 1992, ‘The Urban Heat Island of Milan’, *Nuovo Cimento*, 15 C 4, 417– 424.
- CIBSE, 2006, Guide A. “Environmental Design.” 7th editon, Page Bros. (Norwich) Ltd. Great Britain
- Masson V. Aphysically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models. *Bound-Layer Meteorol* 2000;94:357–97.
- Ihara T., Kikegawa Y., Asahi K., Genchi Y., Kondo H. (2008). Changes in year-round air temperature and annual energy consumption in office building areas by urban heat-island countermeasures and energy-saving measures. *Applied Energy* 85: 12-25
- Livada, M. Santamouris, K. Niachou, N. Papanikolaou, G. Mihalakakou, Determination of places in the great Athens area where the heat island is observed. *Theoretical and Applied Climatology*, 71, 219–230, 2002
- Landsberg HE. (1981). “The Urban Climate, Academic Press.” New York.
- Konstantinos Kourtidis, User Consultation Meeting on Urban Heat Island (UHI), Athens, 8 June 2007
- Magee N, Curtis J, Wendler G. The urban heat island effect at Fair banks, Alaska. *The or Appl Climatol* 1999;64:39–47

- Oke, T. R., G. T. Johnson, D. G. Steyn, και I. D. Watson. ‘Simulation of Surface Urban Heat Islands under 'ideal' Conditions at Night Part 2: Diagnosis of Causation’. *Boundary-Layer Meteorology* 56, τχ. 4: 339–358, 1 Σεπτέμβρη 1991
- Oke, T. R., City size and the urban heat island. (1973). “Atmospheric Environment.” 7, 769-779.
- Oke, T.R.. (1982). “The energetic basis of the urban heat island. ”*Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 108, 1–24.
- Oke, T.R., και G.B. Maxwell. ‘Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver’. *Atmospheric Environment* 9, τχ. 2: 191–200, 1975.
- Pinho O.S and M.D. Manso Orgaz. “The urban heat island in a small city in coastal Portugal, *Int J Biometeorol* (2000).” 44:198–203.
- Santamouris, M, N Papanikolaou, I Livada, I Koronakis, C Georgakis, A Argiriou, και D.N Assimakopoulos. (2001). ‘On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings’. *Solar Energy* 70, τχ. 3: 201–216.
- Taha, H., H. Akbari, και A. Rosenfeld. ‘Heat Island and Oasis Effects of Vegetative Canopies: Micro-Meteorological Field-Measurements’. *Theoretical and Applied Climatology* 44, τχ. 2: 123–138, 1 Ιουνίου 1991.
- Taha, Haider. ‘Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat’. *Energy and Buildings* 25, τχ. 2: 99–103, 1997.
- Ζησοπούλου, Α. και Κάζδαγλης, Μ. (χ.χ.). “Η Αντιμετώπιση του Φαινομένου της Θερμικής Νησίδας Μέσω του Στρατηγικού Σχεδιασμού της Βιώσιμης Ανάπτυξης του Ελληνικού Αστικού Περιβάλλοντος.” 12
- Καψανάκη Ε. (2005). Η συμβολή των αστικών κενών στη βελτίωση του αστικού περιβάλλοντος και μικροκλίματος. Η περίπτωση της περιοχής του Ψυρρή, ΕΜΠ
- U.S Environmental Protection Agency. (2008). “Heat Islands Impacts.” Available at: <http://www.epa.gov/heatisld/impacts/index.htm>
- ΜΠΟΥΓΙΑΤΙΩΤΗ, Φ.-Μ. (χ.χ.). “Το Αστικό μικρόκλιμα. Βιοκλιματικές παρεμβάσεις για τη βελτίωσή του.” <http://www.greekarchitects.gr/site_parts/doc_files/ereunitiki.96.2010.pdf> (Φεβρουάριος 2015).

Μπουντάς, Ν. (2014). “Διερεύνηση της Αστικής Θερμικής Νησίδας των Ελληνικών Πόλεων” Μεταπτυχιακή Διατριβή, Ε.Μ. Πολυτεχνείο., Ελλάδα.

ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Π. (2012). “«Μελέτη και εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας σε δημόσιους χώρους και σε χώρους παραγωγής».” Πανεπιστημίου Πατρών.

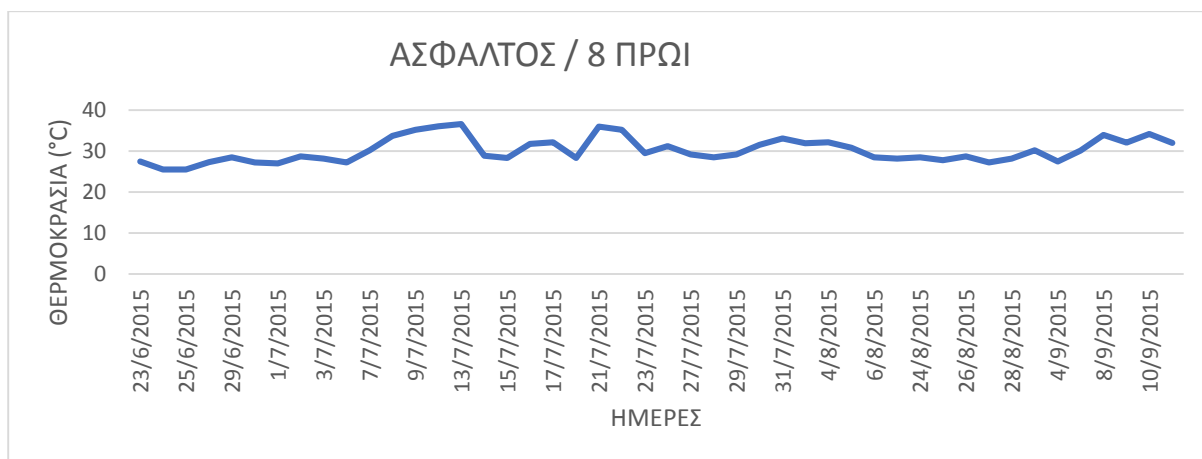
Οδηγός Μελετών.(2012)"Πράσινες Αγροτικές και Νησιωτικές «Κοινότητες»- Νέο Πρότυπο Ανάπτυξης." < http://www.cres.gr/epperaa/pdf/prasines_nisiotikes/odigos_meleton.pdf>

Ψωμάς, Α. (2008). “Μελέτη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας (UHI) στην ημιαστική περιοχή της πόλης των Χανίων.” Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

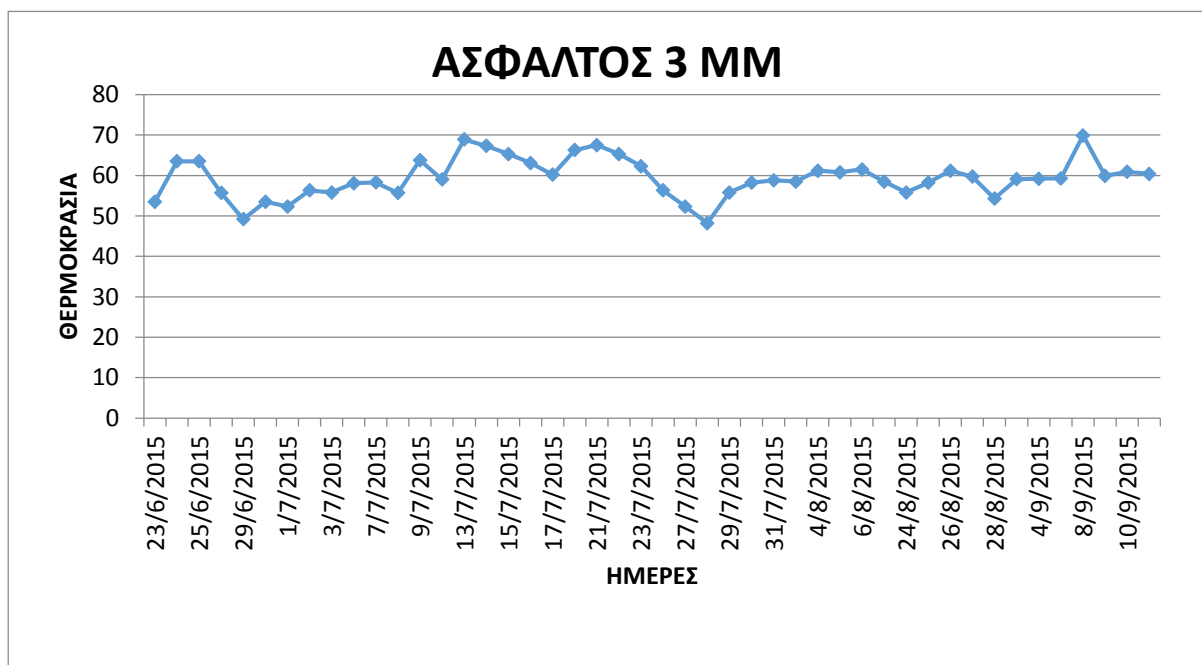
Ψωμαδάκη, Ε. Γ. (2011). "Πρόταση αλγορίθμου για αναγνώριση ορίων οδοστρώματος με μέτρηση της λαμπρότητας σε πραγματικό χρόνο για δρόμο χωρίς κλίση."Μεταπτυχιακη διατριβή, Ε.Μ.Πολυτεχνείο, Ελλάδα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Α

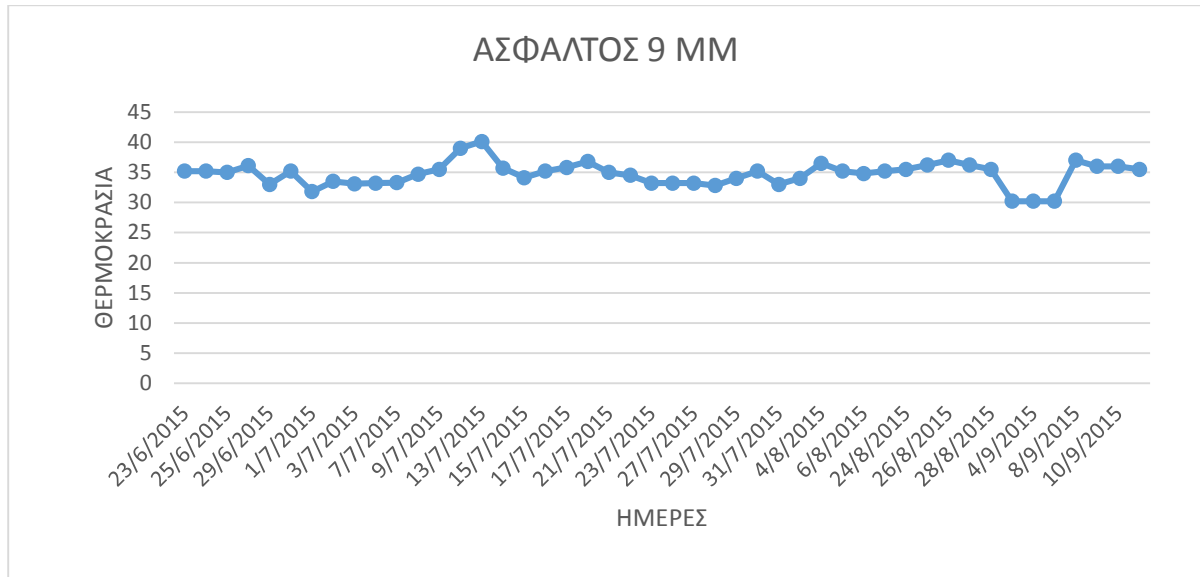
Συμπληρωματικά αποτελέσματα για την καλοκαιρινή περίοδο



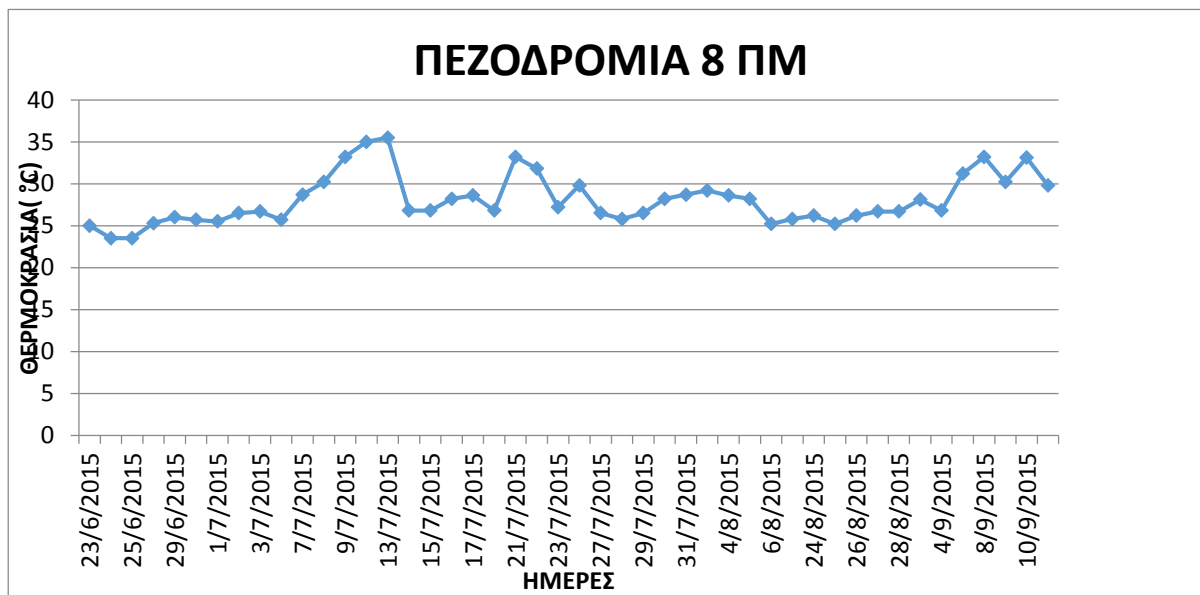
Διάγραμμα 8: Ασφαλτος κατά τις πρωινές ώρες (08:00)



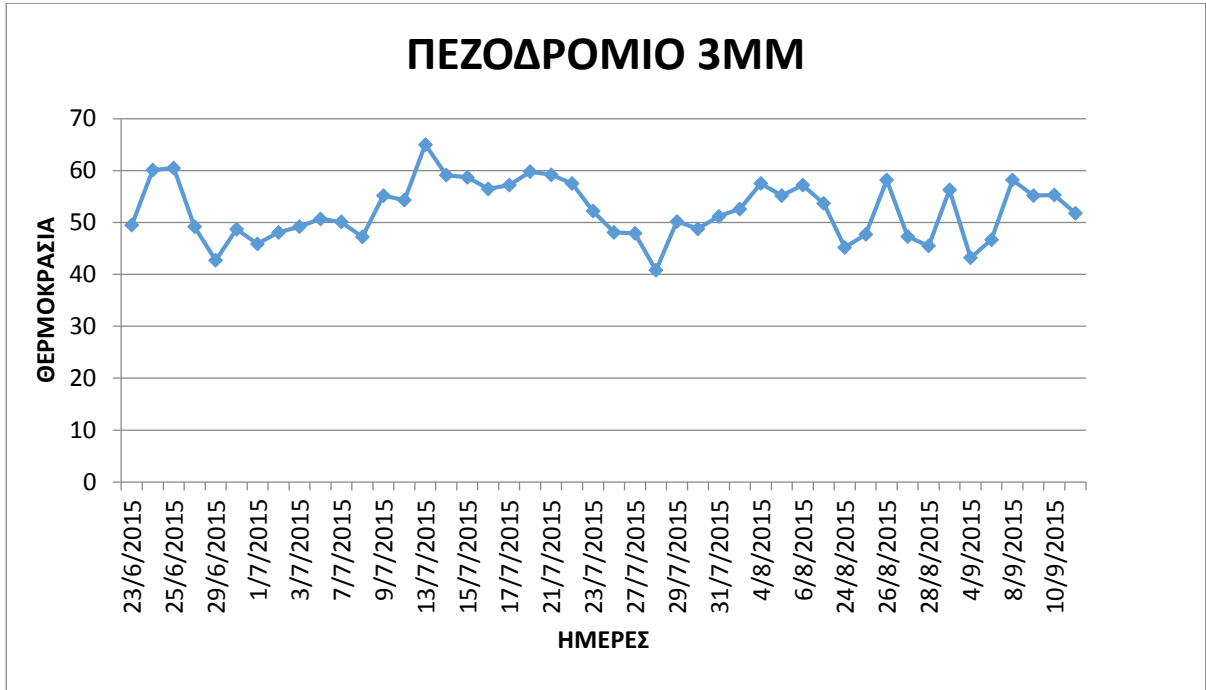
Διάγραμμα 9: Ασφαλτος κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00)



Διάγραμμα 10: Ασφαλτος κατά τις βραδινές ώρες (21:00)



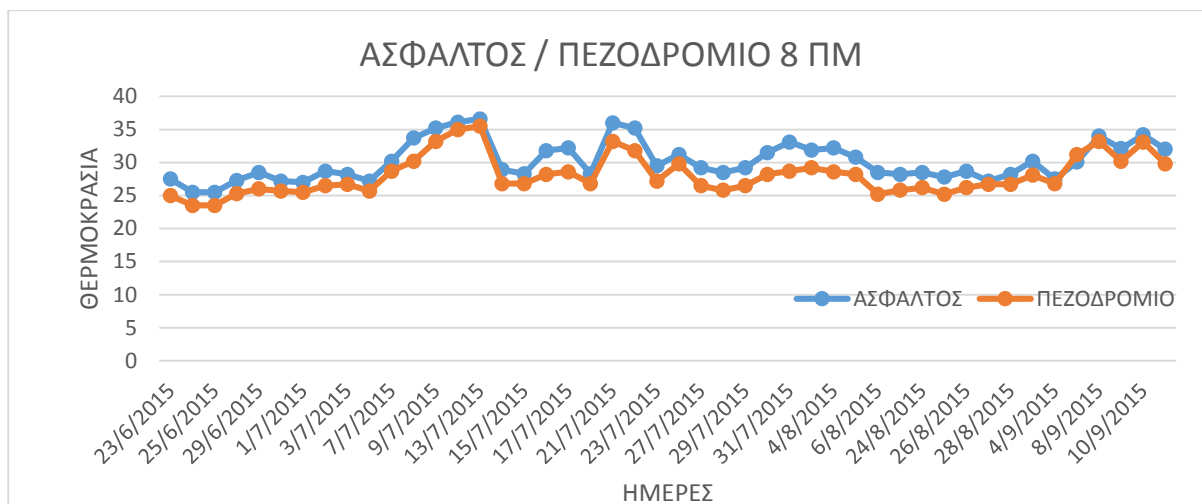
Διάγραμμα 11: Πεζοδρόμιο κατά τις πρωινές ώρες (08:00)



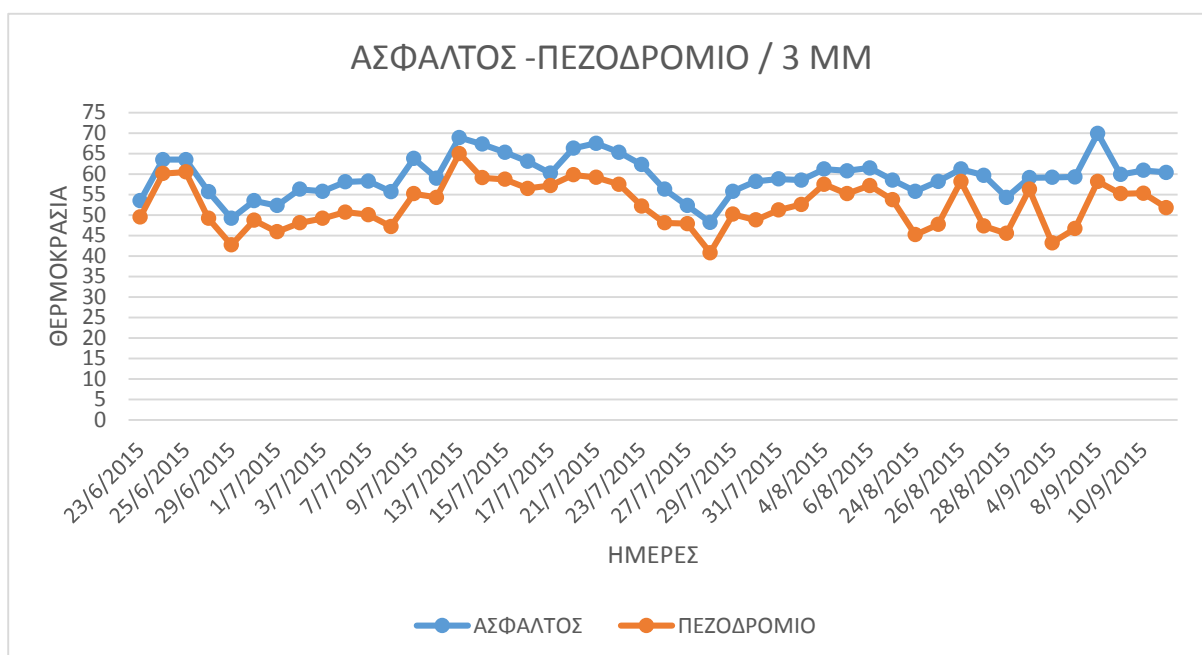
Διάγραμμα 12: Πεζοδρόμιο κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00)



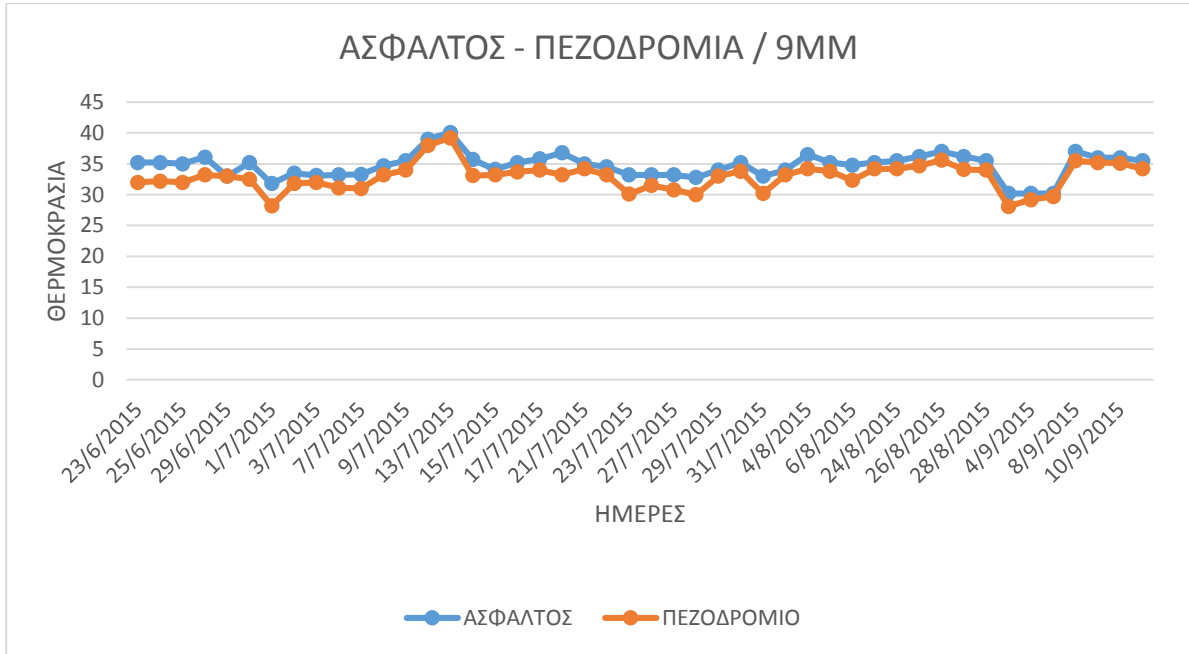
Διάγραμμα 13: Πεζοδρόμιο κατά τις βραδινές ώρες (21:00)



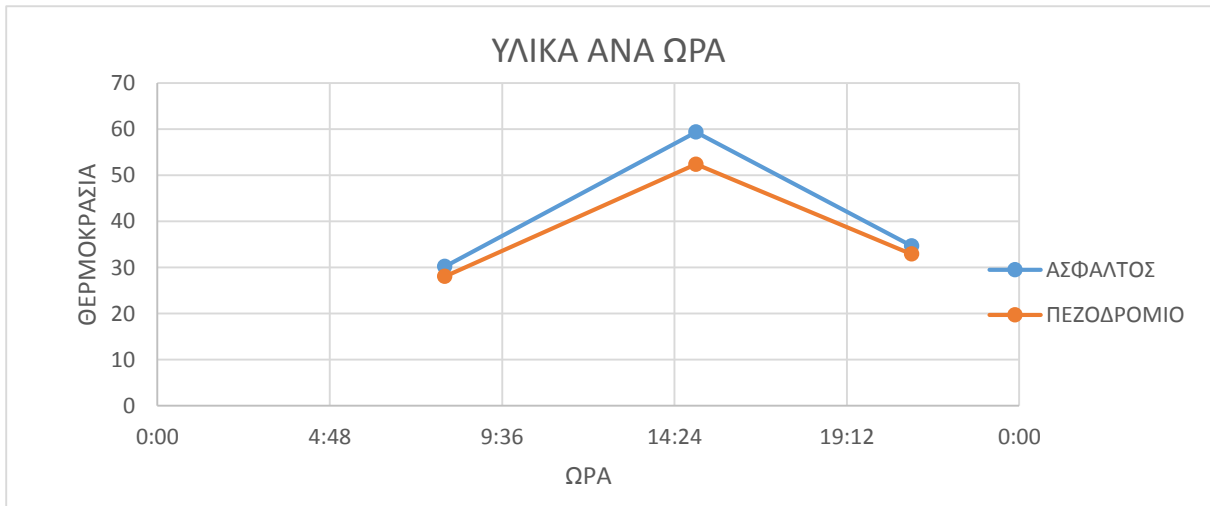
Διάγραμμα 14: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου η ώρα 08:00πμ



Διάγραμμα 15: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου η ώρα 15:00μμ

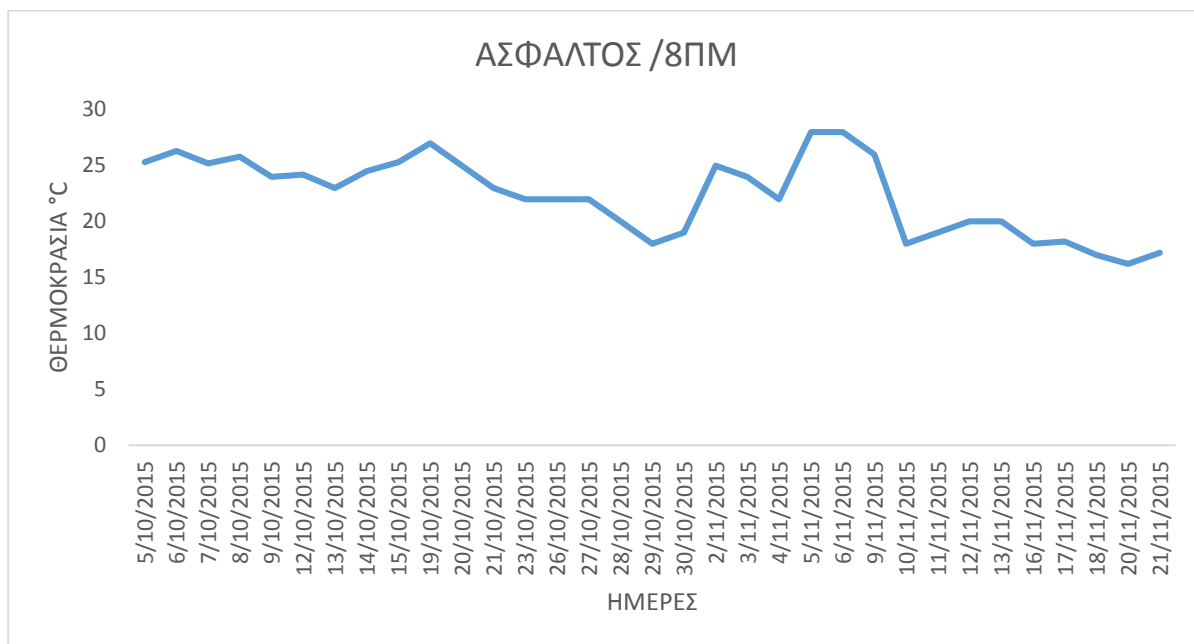


Διάγραμμα 16: Διάγραμμα θερμοκρασίας ασφάλτου – πεζοδρομίου η ώρα 21:00

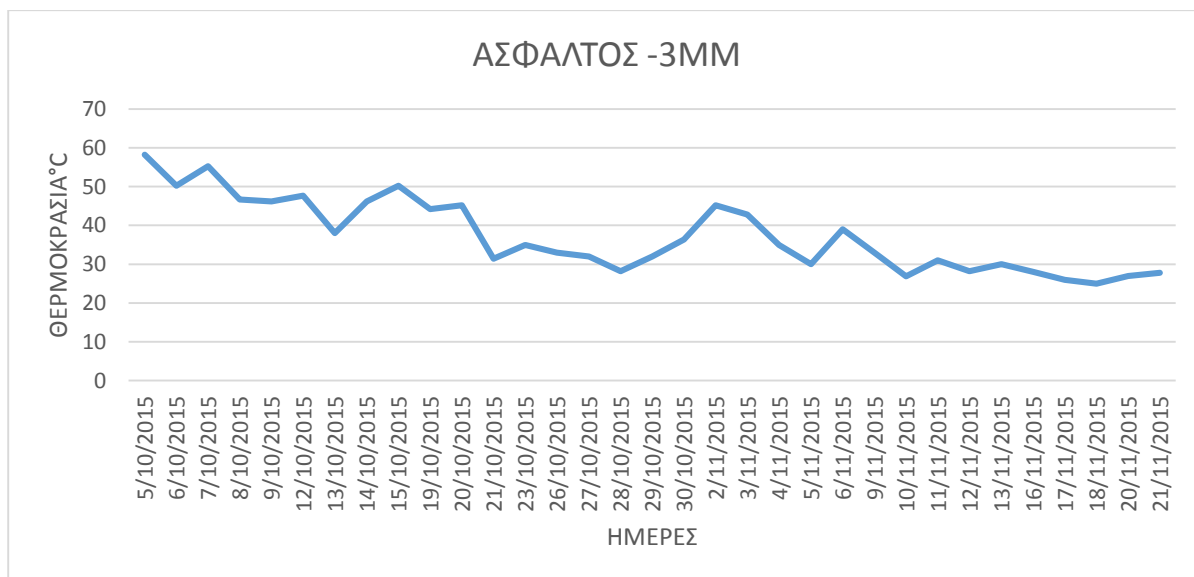


Διάγραμμα 17: θερμοκρασία ασφάλτου – πεζοδρομίου ανά ώρα

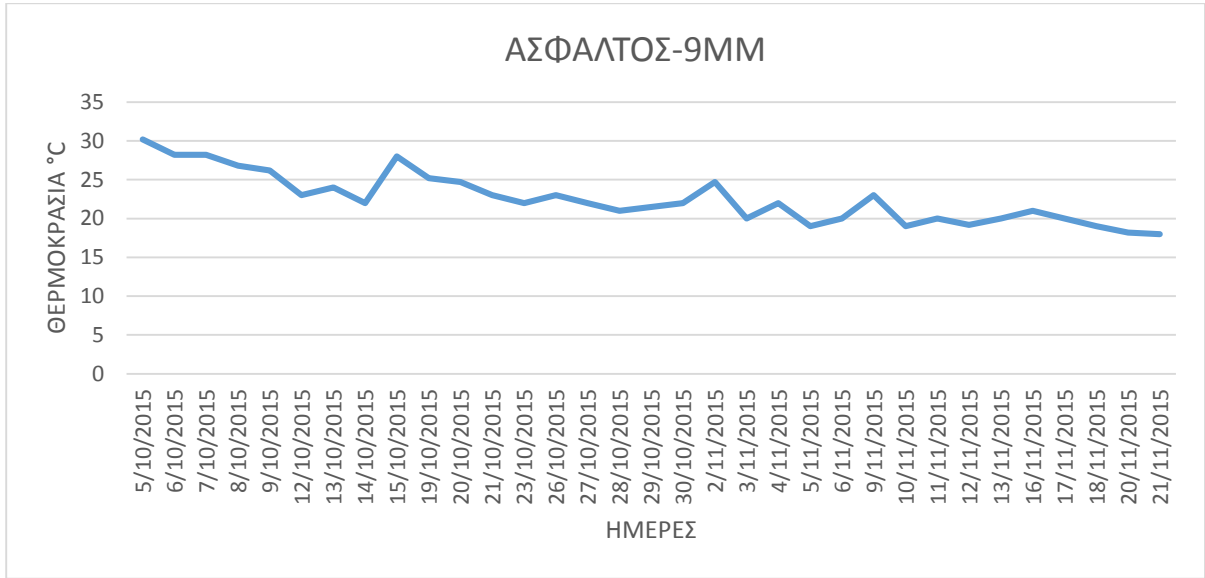
Συμπληρωματικά αποτελέσματα για την φθινοπωρινή περίοδο



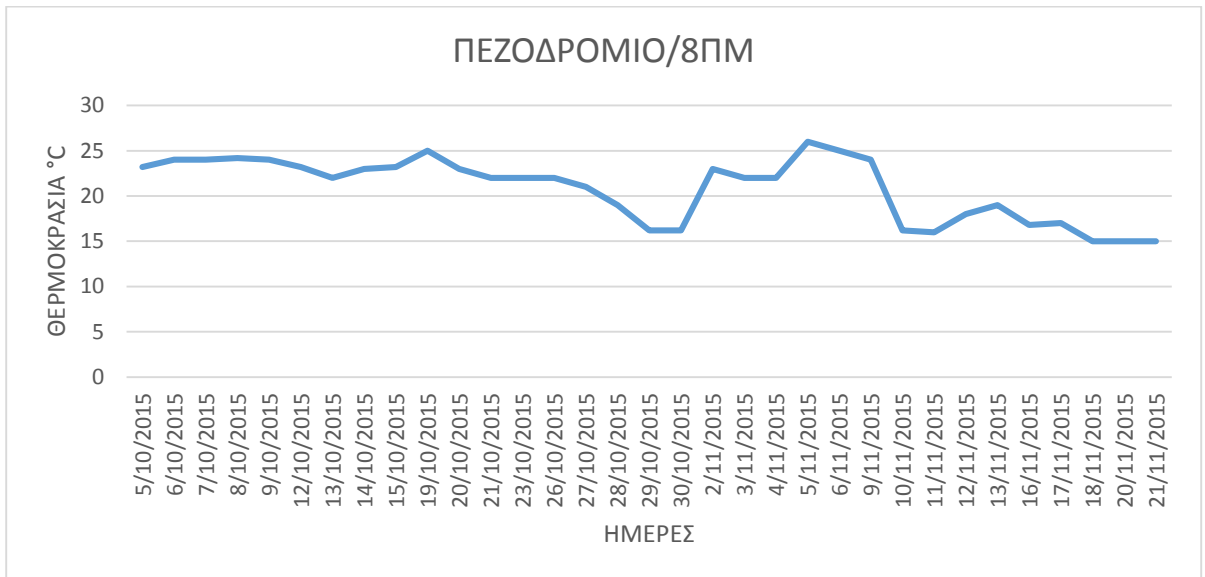
Διάγραμμα 18: Ασφαλτος κατά τις πρωινές ώρες (08:00)



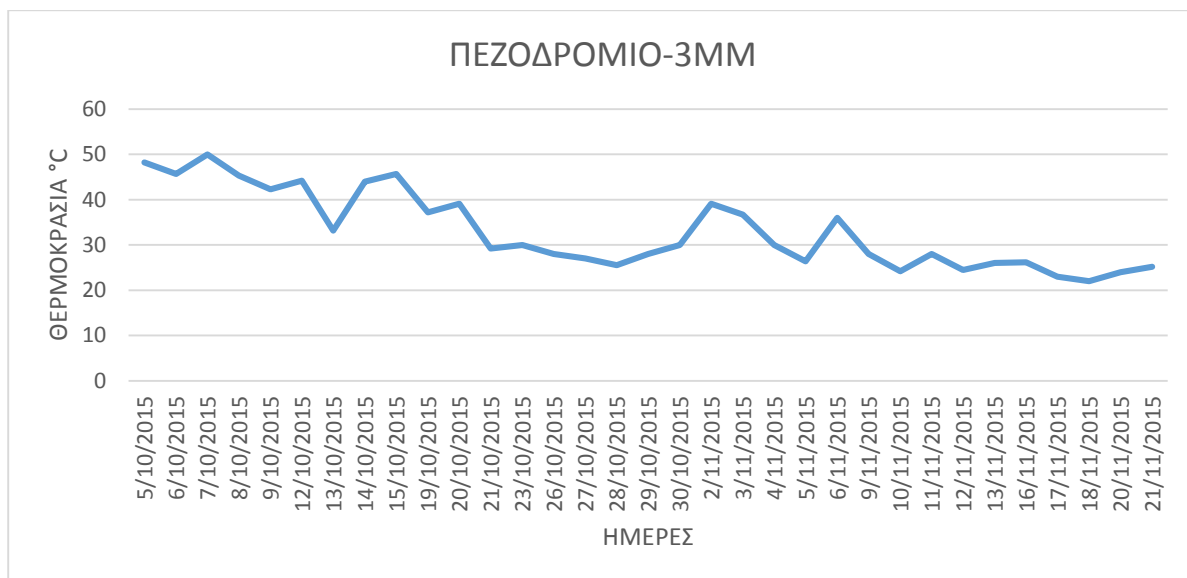
Διάγραμμα 19: Ασφαλτος κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00)



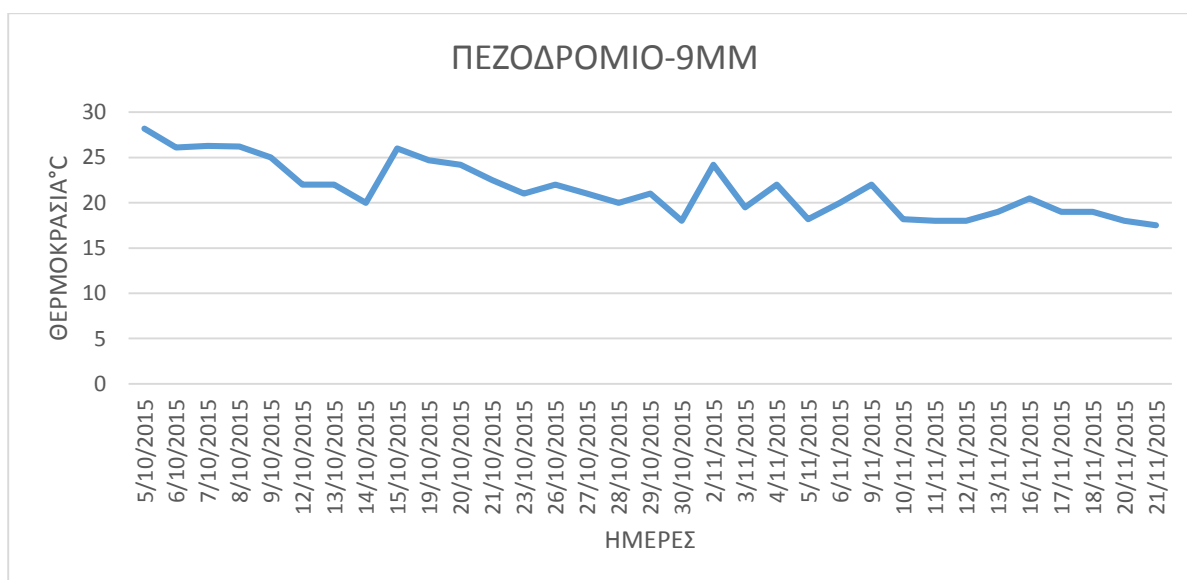
Διάγραμμα 20: Ασφαλτος κατά τις βραδινές ώρες (21:00)



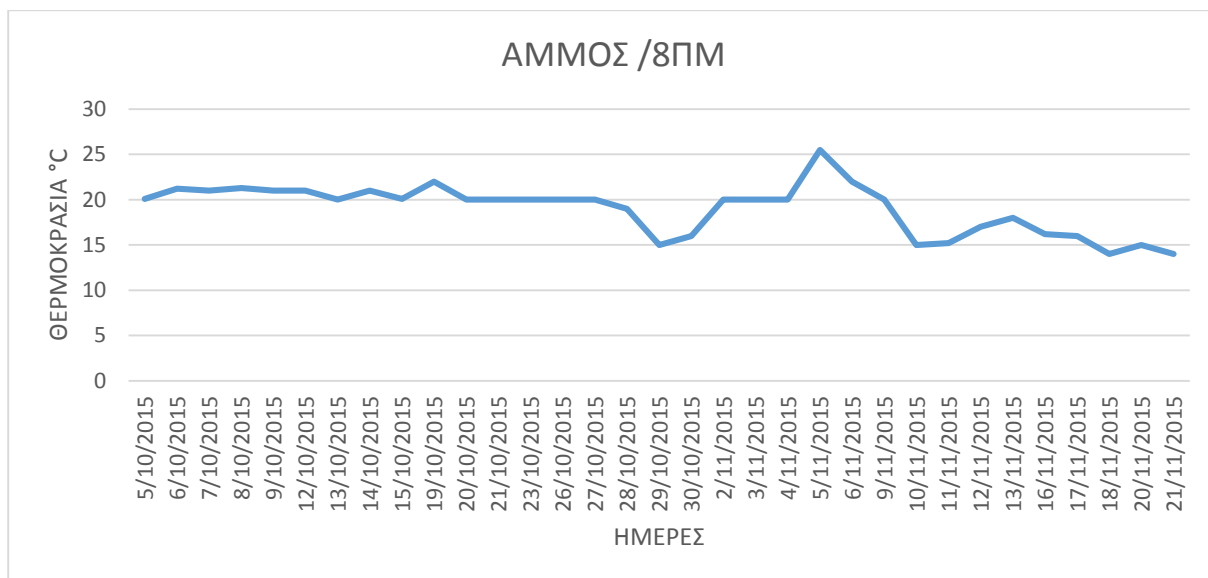
Διάγραμμα 21: Πεζοδρόμιο κατά τις πρωινές ώρες (08:00)



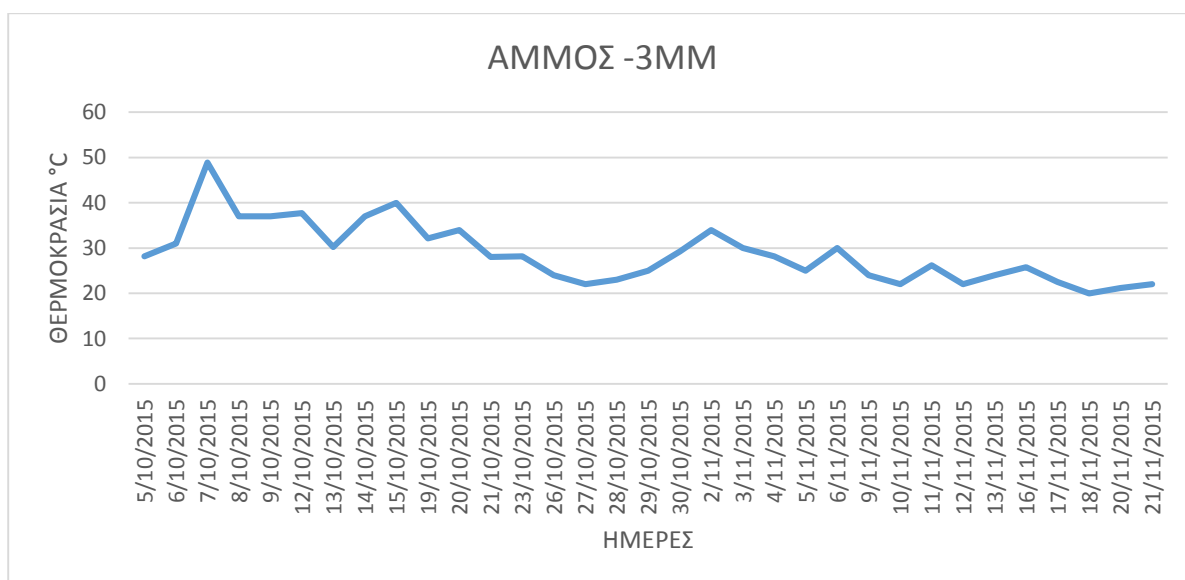
Διάγραμμα 22: Πεζοδρόμιο κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00)



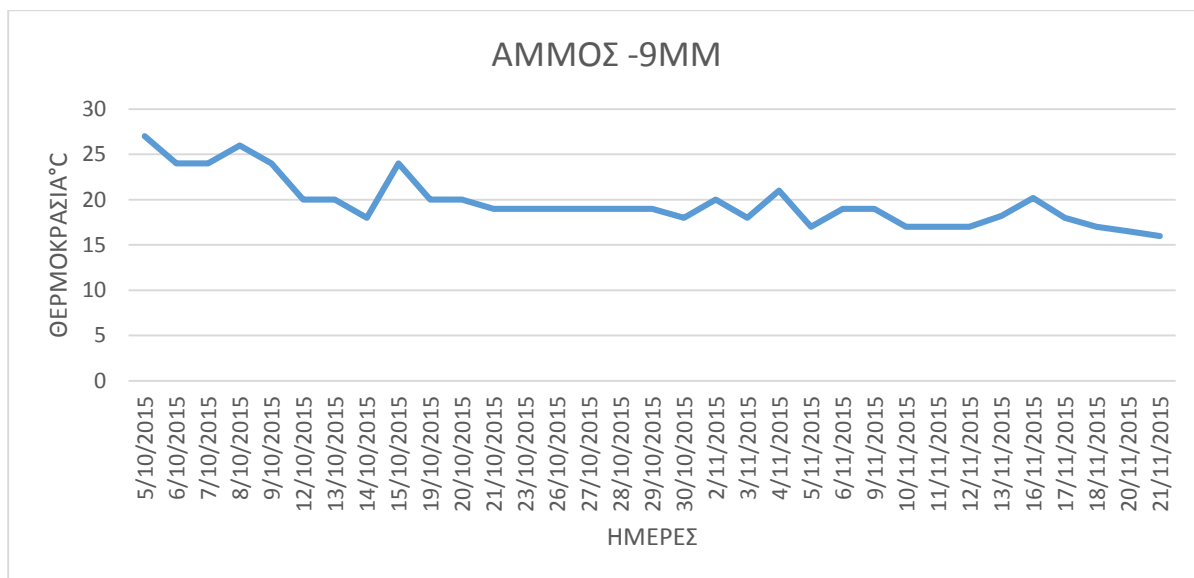
Διάγραμμα 23: Πεζοδρόμιο κατά τις βραδινές ώρες (21:00)



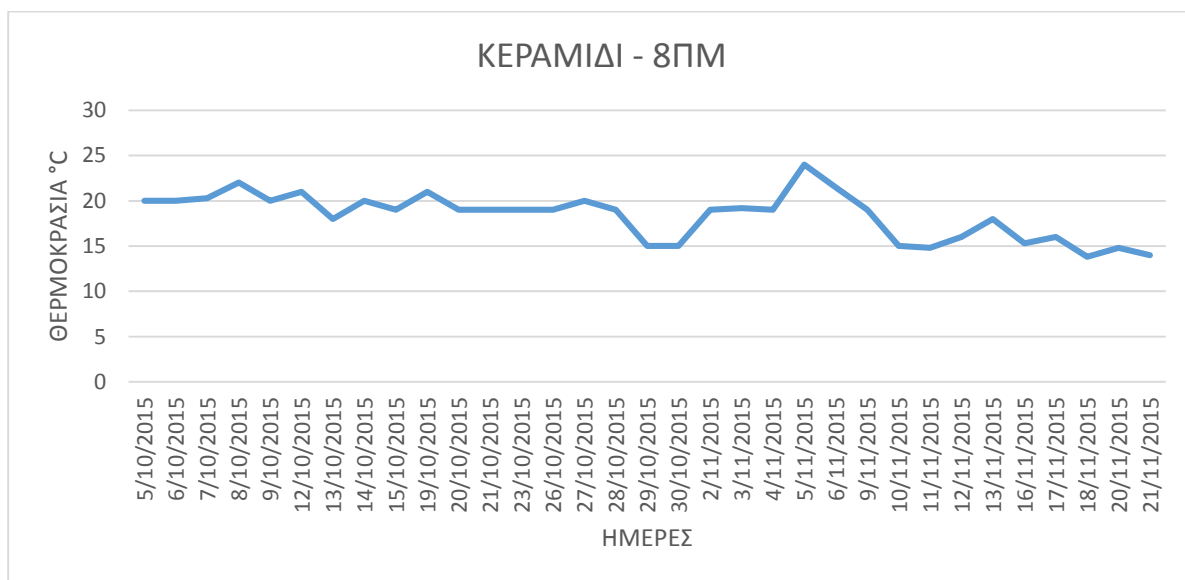
Διάγραμμα 24: Άμμος κατά τις πρωινές ώρες (08:00)



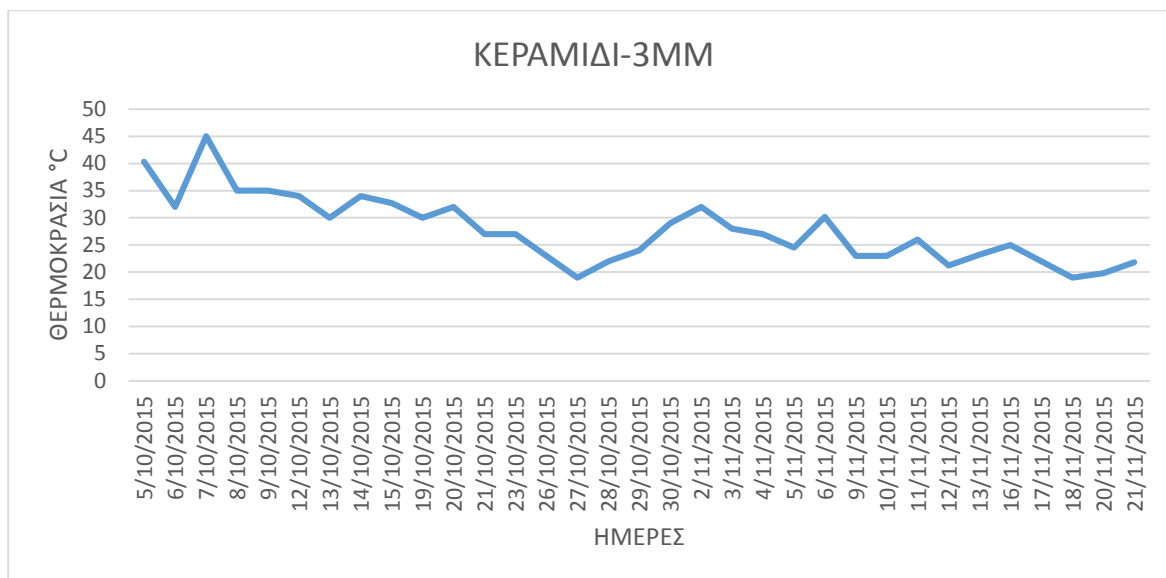
Διάγραμμα 25: Άμμος κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00)



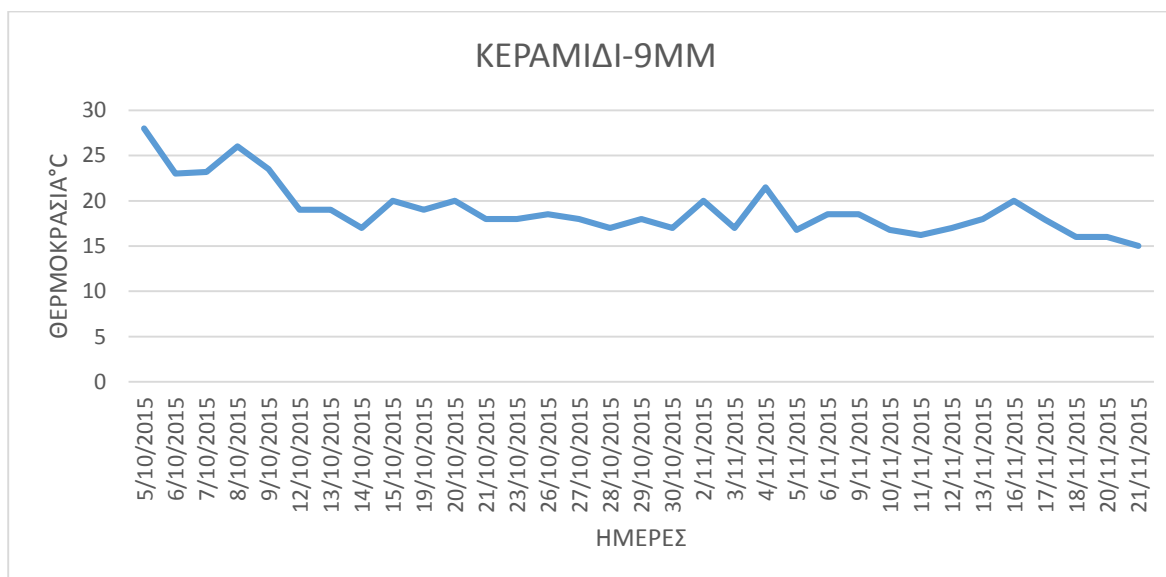
Διάγραμμα 26: Άμμος κατά τις βραδινές ώρες (21:00)



Διάγραμμα 27: Κεραμίδι κατά τις πρωινές ώρες (08:00)



Διάγραμμα 28: Κεραμίδι κατά τις μεσημβρινές ώρες (15:00)



Διάγραμμα 29: Κεραμίδι κατά τις βραδινές ώρες (21:00)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ Β

Συμπληρωματικά αποτελέσματα των t-test

Πίνακας 11: Αποτελέσματα t-test για άσφαλτο το πρωί και άσφαλτο το βράδι

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	30.20	34.71
df	90	
t Stat	-8.66	
P(T<=t) one-tail	8.68E-14	
t Critical one-tail	1.66	
P(T<=t) two-tail	1.74E-13	
t Critical two-tail	1.99	

Πίνακας 12: Αποτελέσματα t-test για άσφαλτο το μεσημέρι και άσφαλτο το βράδι

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	59.4	34.71304
df	90	
t Stat	31.96	
P(T<=t) one-tail	3.24E-51	
t Critical one-tail	1.66	
P(T<=t) two-tail	6.49E-51	
t Critical two-tail	1.99	

Πίνακας 13: Αποτελέσματα t-test για πεζοδρόμιο το μεσημέρι και πεζοδρόμιο το βράδι

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	52.4	32.92869565
df	90	
t Stat	22.05	
P(T<=t) one-tail	2.36E-38	
t Critical one-tail	1.66	
P(T<=t) two-tail	4.72E-38	
t Critical two-tail	1.99	

Πίνακας 14: Αποτελέσματα t-test για πεζοδρόμιο το μεσημέρι και πεζοδρόμιο το πρωί

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	28	52.4
df	90	
t Stat	-26.25	
P(T<=t) one-tail	2.95E-44	
t Critical one-tail	1.66	
P(T<=t) two-tail	5.9E-44	
t Critical two-tail	1.99	

Πίνακας 15: Αποτελέσματα t-test για πεζοδρόμιο το πρωί και πεζοδρόμιο το βράδι

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	28.07	32.9287
df	90	
t Stat	-8.99	
P(T<=t) one-tail	1.78E-14	
t Critical one-tail	1.66	
P(T<=t) two-tail	3.57E-14	
t Critical two-tail	1.99	

Πίνακας 16: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο πεζοδρόμιο το πρωί

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	30.2	28.07173913
df	90	
t Stat	3.5	
P(T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.66	
P(T<=t) two-tail	0	
t Critical two-tail	1.99	

Πίνακας 17: Αποτελέσματα t-test για ασφαλτο πεζοδρόμιο το βράδι

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	34.71	32.9287
Df	90	
t Stat	4.07	
P(T<=t) one-tail	4.98E-05	
t Critical one-tail	1.66	
P(T<=t) two-tail	9.96E-05	
t Critical two-tail	1.99	

Πίνακας 18: Αποτελέσματα t-test για άσφαλο και κεραμίδι το πρωί

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	22.4	18.35455
Df	64	
t Stat	5.34	
P(T<=t) one-tail	6.55E-07	
t Critical one-tail	1.66	
P(T<=t) two-tail	1.31E-06	
t Critical two-tail	1.99	

Πίνακας 19: Αποτελέσματα t-test για άσφαλο και κεραμίδι το μεσημέρι

Mean	37.3	27.77879
Df	64	
t Stat	4.89	
P(T<=t) one-tail	3.48E-06	
t Critical one-tail	1.66	
P(T<=t) two-tail	6.96E-06	
t Critical two-tail	1.99	

Πίνακας 20: Αποτελέσματα t-test για άσφαλο και άμμο το μεσημέρι

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	37.3	28.7697
Df	64	
t Stat	4.29	
P(T<=t) one-tail	3.03E-05	
t Critical one-tail	1.66	
P(T<=t) two-tail	6.07E-05	
t Critical two-tail	1.99	

Πίνακας 21: Αποτελέσματα t-test για άσφαλο και άμμο το βράδι

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	22.55	19.69394
Df	64	
t Stat	3.85	
P(T<=t) one-tail	0	
t Critical one-tail	1.66	
P(T<=t) two-tail	0	
t Critical two-tail	1.99	