



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ-ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

**ΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΙΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ**

Διδακτορική Διατριβή

ΝΙΚΟΛΑΟΥ Μ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ

ΑΘΗΝΑ
2023

ΠΕΡΙΛΗΨΗ:

Η Αστική Θερμική Νησίδα είναι ένα ατμοσφαιρικό φαινόμενο, που εμφανίζεται στο αστικό και ημιαστικό περιβάλλον, όπου λόγω της πυκνής δόμησης των κτηρίων, η θερμότητα εγκλωβίζεται, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα σε σχέση με τις αγροτικές περιοχές γύρω από αυτή. Η μελέτη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας και εν γένει του αστικού κλίματος είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι, λόγω του φαινομένου της αστικοποίησης που παρουσιάζει μία δραματική έξαρση (υπολογίζεται ότι μέχρι το 2030 πάνω από το 60% του παγκόσμιου πληθυσμού να ζει στις πόλεις), επηρεάζει καθημερινά την ζωή εκατομμυρίων ανθρώπων.

Σκοπός της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι:

- να παρουσιάσει το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας στο λεκανοπέδιο της Αττικής, εντός του κτιριακού οριακού στρώματος (BCL), για τους θερινούς μήνες του 1996, 1997 και 1998 χρησιμοποιώντας συνολικά 27 αυτογραφικούς σταθμούς με ωριαίο βήμα καταγραφής της θερμοκρασίας του αέρα, σε σχέση με την κατά CORINE κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης,
- να μελετήσει το θερμοκρασιακό καθεστώς 9 αστικών χαραδρών με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά σε διάφορες περιοχές του λεκανοπεδίου για την θερινή περίοδο του 1997, ώστε να παρουσιαστούν αναλυτικά οι γενεσιουργίες αιτίες του φαινομένου να εξετάσει την επίδραση της έντασης του αδιατάρακτου ανέμου πάνω από το λεκανοπέδιο στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και τέλος
- να αναδείξει την επίδραση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας στις ενεργειακές απαιτήσεις δροσισμού ενός κτηρίου, η οποία αποτελεί μία από τις σημαντικότερες και άμεσα κατανοητές επιδράσεις του φαινομένου.

Στο πλαίσιο αυτό εξετάσθηκε η μέση μηνιαία ένταση του φαινομένου στην πόλη των Αθηνών, η οποία προσδιορίστηκε στους 6.3 ° C και 5.4 ° C κατά την ημερήσια και νυχτερινή περίοδο αντίστοιχα, με τις μεγαλύτερες τιμές να εντοπίζονται στις αστικές περιοχές που χαρακτηρίζονται ως συνεχής αστικός ιστός σύμφωνα με την κατά Corine κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης, ενώ η χωρική αποτύπωση του φαινομένου ανέδειξε για πρώτη φορά την επέκταση του φαινομένου προς τα δυτικά και νότια προάστια της πόλης των Αθηνών. Η μελέτη εξ άλλου του θερμοκρασιακού καθεστώτος εντός των αστικών χαραδρών έδειξε την άμεση εξάρτηση της θερμοκρασίας του αέρα

από τις επιφανειακές θερμοκρασίες, όταν αυτή μετριέται κοντά σε αυτές, ενώ η θερμοκρασία του αέρα στο μέσο της οδού, κατά την διάρκεια της ημέρας, είναι γενικά χαμηλότερη ως και $1,5^{\circ}\text{C}$ από αυτή που καταγράφεται πάνω από την αστική χαράδρα και συστηματικά υψηλότερη, ως και 2°C , κατά την νυχτερινή περίοδο. Οι διαφορές αυτές, όσο και το μέγεθος του φαινομένου, εξαρτώνται άμεσα από την ένταση του ανέμου. Η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας παρουσιάζει αντισυσχέτιση με την ένταση του ανέμου, ενώ για εντάσεις πάνω από τα 5 ως 7 m/s το φαινόμενο ελαχιστοποιείται ή σταθεροποιείται.

Τέλος, η επίδραση του φαινομένου είναι καταλυτική, στην απαιτούμενη από τα κτήρια ενέργεια δροσισμού. Το φαινόμενο επιδρά τόσο στον βαθμό απόδοσης των κλιματιστικών μονάδων, με διαφοροποίηση που μπορεί να φτάσει στο 14% μεταξύ των εξεταζόμενων σταθμών, όσο και στη απαιτούμενη αισθητή ψυκτική ενέργεια. Αυτή που προέκυψε με βάση το «Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος», ήταν μικρότερη κατά 15 ως και 50% από αυτή που υπολογίζεται στις διάφορες περιοχές της Δυτικής Αθήνας.

Λέξεις Κλειδιά: Αστική Θερμική Νησίδα, αστική χαράδρα, ένταση ανέμου, κατανάλωση

ψυκτικής ενέργειας

SUMMARY:

The Urban Heat Island is an atmospheric phenomenon that occurs in urban and semi-urban environments where, due to the dense construction of buildings, heat is trapped, resulting in an increase in air temperature in urban areas compared to the surrounding rural areas. The study of the phenomenon of the Urban Heat Island and in general, the urban climate, is particularly important because, due to the phenomenon of urbanization which is showing a dramatic increase (it is estimated that until 2030 more than 60% of the world population will be live in cities) affects millions of people every day.

The purpose of this thesis is:

- to present the phenomenon of the Urban Heat Island in the basin of Attica, within the building boundary layer (BCL), for the summer months of 1996, 1997 and 1998 using a total of 27 autographic meteorological stations, on an hourly air temperature basis, related to the CORINE land use categories.

- to study the air and surface temperature regime of 9 urban canyons with different geometric characteristics over different places of the city of Athens, for the summer season of 1997 in order to present in detail the generative causes of the phenomenon
- to examine the effect of the undisturbed wind intensity over the basin on the urban heat island phenomenon and
- finally, to highlight the effect of the phenomenon on the cooling energy requirements of a building, which is one of the most important and immediately understandable effects.

In this context, the average monthly intensity of the heat island phenomenon in the city of Athens, was determined at 6.3°C and 5.4°C during the day and night time respectively, with the highest values being found in the urban areas, characterized as a continuous urban fabric according to the Corine categorization of land uses, while the spatial mapping of the phenomenon, highlighted for the first time, the extension of it, towards the western and southern suburbs of the city of Athens. The study of the temperature regime inside the urban canyons showed the direct dependence of the air temperature on the surface temperatures, when it is measured close to them, while the air temperature in the middle of the road, during the day time is generally lower about 1.5 °C than that recorded above the urban canyon and systematically higher (up to 2°C), during the night period. These differences, as well as the intensity of the phenomenon directly depends on the wind. intensity. The intensity of the urban heat island shows an inverse correlation with low wind speed, while for intensities above 5 to 7 m/s there is a minimization of the phenomenon.

Finally, the effect of the urban heat island is catalytic in the cooling energy. The phenomenon affects both the degree of efficiency of the air conditioning units (COP), the effect of which can vary by up to 14%, and the required latent cooling energy (kWh/m²). where the obtained in the basis of the “Standard Meteorological Year” was 15% to 50% less than that calculated over various areas of Western Athens

Key words: Urban heat island, urban canyon, wind speed, cooling energy consumption

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Μετεωρολογίας του Τομέα Περιβάλλοντος-Μετεωρολογίας, του Τμήματος Φυσικής, του Πανεπιστημίου Αθηνών με αντικείμενο την μελέτη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας στην περιοχή της Αθήνας και της επίδρασής της στις ενεργειακές καταναλώσεις για τον δροσισμό των κτιρίων.

Με την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που με παρότρυναν και με στήριζαν στην πραγματοποίησή της.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή του Πανεπιστημίου New South Wales, της Αυστραλίας, κ. Μ. Σανταμούρη για την στενή συνεργασία που είχαμε από την ανάθεση της παρούσας διατριβής καθώς και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε μέχρι και την ολοκλήρωσή της. Θεωρώ ότι η επιστημονική καθοδήγηση, οι πολύτιμες συμβουλές του και οι καθοριστικές παρεμβάσεις του συνετέλεσαν στο μέγιστο βαθμό στην επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της διατριβής.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω στον Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής κ. Κ. Καρτάλη για τη μακροχρόνια δημιουργική επιστημονική και εργασιακή συνεργασία μας. Τον ευχαριστώ ιδιαίτερα για την ηθική υποστήριξη, και την ενθάρρυνση που μου προσέφερε για την ολοκλήρωσή της .

Τις ευχαριστίες μου οφείλω, στον Ομότιμο Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής κ. Δ. Ασημακόπουλο για τις ουσιαστικές παρεμβάσεις και για την υποστήριξή του ως μέλος της τριμελούς επιτροπής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια του Τμήματος Φυσικής κα Μ. Ασημακοπούλου, τον Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής κ. Χ. Τζάνη, τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, του ΠΑΔΑ, κ. Κ. Μουστρή και τον Διευθυντή Ερευνών του ΙΚΕ, κ. Ν. Χρυσουλάκη, για τις σημαντικές παρατηρήσεις τους, οι οποίες συνέβαλαν στην αρτιότερη παρουσίαση της εργασίας αυτής.

Θερμές ευχαριστίες εκφράζω στην πρόην Καθηγήτρια του Τμήματος Φυσικής κ. Η. Λιώκη-Λειβαδά για τη μακροχρόνια και δημιουργική συνεργασία μας, τις επιστημονικές κατευθύνσεις και τις πολύτιμες συμβουλές της στην επιτυχή ολοκλήρωση της διατριβής. Την ευχαριστώ ιδιαίτερα για την απεριόριστη ηθική υποστήριξη, την ενθάρρυνση και την αμέριστη συμπαράσταση που μου παρείχε με την συνεχή παρότρυνση να μην εγκαταλείψω την προσπάθεια.

Αφιερωμένο

στην σύζυγό μου Αναστασία και στην κόρη μου Μαρία-Άννα

και

στην μνήμη των γονέων μου

Μελέτιο και Μαρία Παπανικολάου

«Τα πάντα στη ζωή αιτιολογούνται δεν δικαιολογούνται.....»

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	Σελ.
1.1: Θεωρητικό υπόβαθρο εργασίας	1
1.2. Σκοπός και καινοτομία της διδακτορικής διατριβής	2
1.3. Διάρθρωση της διδακτορικής διατριβής.....	3

Κεφάλαιο 2: Μελέτη παραμέτρων διαμόρφωσης κλιματικών στοιχείων	Σελ.
2.1. Βασικές αρχές μετάδοσης θερμότητας.....	6
2.1.1. Αγωγή.....	6
2.1.2. Μεταφορά.....	7
2.1.3. Ακτινοβολία.....	10
2.1.3.1. Ορισμοί μεγεθών και βασικοί νόμοι που διέπουν την ακτινοβολία.....	11
2.1.3.2. Ανταλλαγή ακτινοβολίας μεταξύ σωμάτων.....	15
2.1.4. Μετατροπή φάσης.....	16
2.2. Είδη ακτινοβολίας στο φυσικό περιβάλλον.....	17
2.2.1. Μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία.....	17
2.2.1.1. Γεωμετρία ήλιου –Γης.....	17
2.2.1.2.Γεωμετρία ήλιου-επιφάνειας.....	18
2.2.1.3. Άμεση ηλιακή ακτινοβολία.....	19
2.1.2.4. Ανακλώμενη ακτινοβολία.....	20
2.2.2. Μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία.....	21
2.2.2.1. Γήινη ακτινοβολία.....	21
2.2.2.2. Ατμοσφαιρική ακτινοβολία.....	22
2.3. Ατμοσφαιρικό Οριακό Στρώμα – Κίνηση του αέρα.....	22
2.3.1. Πλανητικό ή ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα (Α.Ο.Σ.).....	23
2.3.2. Κίνηση αέρα στο επιφανειακό Α.Ο.Σ. - Λογαριθμική κατατομή ανέμου.....	24
2.3.3. Μελέτη των παραμέτρων και των συνθηκών εφαρμογής του λογαριθμικού νόμου	26
2.3.3.1.Μήκος τραχύτητας (z_0) - Επίπεδο μηδενικής μετατόπισης (d_0).....	27
2.3.3.2. Συνθήκες ευστάθειας.....	29
2.3.4. Εκθετικός νόμος.....	29
2.4. Ενεργειακά Ισοζύγια.....	30
2.4.1. Ενεργειακό ισοζύγιο ιδανικής επιφάνειας.....	30
2.4.1.1.Πυκνότητα ροής καθαρής ακτινοβολίας: (Q^*).....	31
2.4.1.2. Πυκνότητα ροής θερμότητας με αγωγή (Q_g).....	33
2.4.1.3. Πυκνότητα ροής αισθητής θερμότητας(Q_h).....	33
2.4.1.4. Πυκνότητα ροής λανθάνουσας θερμότητας (Q_e).....	34
2.4.2. Βασικά ενεργειακά ισοζύγια ιδανικών επιφανειών.....	34

2.4.2.1 . Ενεργειακό ισοζύγιο επιφανείας ξηρού εδάφους.....	34
2.4.2.2. Ενεργειακό ισοζύγιο επιφανείας υγρού εδάφους.....	35
2.4.3. Ενεργειακό ισοζύγιο στρώματος.....	37
2.4.4. Ενεργειακό ισοζύγιο στρώματος με ποώδη βλάστηση.....	37
2.5. Ενεργειακό ισοζύγιο Αστικού Οριακού Στρώματος (ΑΟΣ).....	40
2.5.1. Ενεργειακό ισοζύγιο αστικού στρώματος.....	41
2.5.2.1. Ενεργειακό ισοζύγιο των επιφανειών αστικής χαράδρας και η επίδραση της αλλαγής του άξονα προσανατολισμού της.....	45
2.5.2.2. Διαφοροποίηση ενεργειακού ισοζυγίου αστικών επιφανειών με την αλλαγή του ύψους και του πλάτους της αστικής χαράδρας.....	49
2.5.2.3. Διαφοροποίηση ενεργειακού ισοζυγίου αστικής επιφάνειας λόγω διαφορετικών υλικών και κλιματολογικών συνθηκών.....	50
2.6. Θερμοκρασίες αέρα εντός της αστικής χαράδρας.....	51
2.7. Συμπεράσματα.....	52

Κεφάλαιο 3: Κλίμα – Αστικό Κλίμα – Αστική Θερμική Νησίδα	Σελ.
3.1. Κλίμα – Κλιματικοί Παράγοντες – Κλιματικά στοιχεία	53
3.2. Κλίμα της Ελλάδας.....	55
3.3. Κλίμα της Αττικής.....	56
3.4. Αστικό κλίμα.....	58
3.5. Αστική Θερμική Νησίδα (ΑΘΝ).....	61
3.5.1. Αστική θερμική νησίδα: Γενική περιγραφή – Αίτια.....	61
3.5.2. Μετρήσεις - αποτελέσματα της αστικής θερμικής νησίδας σε διάφορες αστικές περιοχές.....	65
3.6. Προτυποποίηση του προσδιορισμού της αστικής θερμικής νησίδας.....	65
3.7. Μετρήσεις - αποτελέσματα της αστικής θερμικής νησίδας σε διάφορες αστικές περιοχές	72
3.7.1. Αστική Θερμική νησίδα - Ένταση σε διάφορες πόλεις από όλο τον κόσμο.....	72
3.7.2. Ένταση της αστικής θερμικής νησίδας σε Ευρωπαϊκές Πόλεις.....	81
3.7.2.1. Μεσογειακή ζώνη	82
3.7.2.2. Κεντρική Ευρώπη και Ηνωμένο Βασίλειο.....	85
3.7.2.3. Βόρεια Ευρώπη.....	89
3.7.3. Αστική θερμική νησίδα στην Ελλάδα.....	90
3.8. Η επίδραση του φαινομένου στις ενεργειακές καταναλώσεις.....	95
3.9. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και η επίδραση των κυριότερων παραγόντων διαμόρφωσής της.....	102
3.9.1. Ο Ρόλος της λευκάγειας.....	103
3.9.2. Ο Ρόλος των Χώρων Πρασίνου.....	114
3.9.3. Ο Ρόλος του Οδικού Σχεδιασμού.....	120

3.9.4. Ο Ρόλος της Ανθρωπογενούς Θερμότητας.....	126
3.10. Σύνοψη:.....	129

Κεφάλαιο 4: Αστική Θερμική Νησίδα στην Αθήνα: Πειραματική Διαδικασία και Ανάλυση Μετρήσεων	
4.1. Πειραματική διαδικασία για την μέτρηση των θερμοκρασιών του αέρα εντός του αστικού περιβάλλοντος.....	140
4.1.1. Όργανα μέτρησης - Μετεωρολογικός κλωβός-Έλεγχος μετρήσεων.....	140
4.1.2. Επιλογή των θέσεων μέτρησης της θερμοκρασίας του αέρα στο ευρύτερο αστικό περιβάλλον της Αθήνας.....	142
4.1.3. Περιγραφή θέσης σταθμών και των χαρακτηριστικών των περιοχών αυτών...	144
4.2. Ανάλυση πειραματικών δεδομένων:.....	159
4.2.1. Ανάλυση βασικών στατιστικών θερμομετρικών παραμέτρων.....	162
4.2.1.1. Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα.....	162
4.2.1.2. Μέση ημερήσια μηνιαία θερμοκρασία αέρα.....	165
4.2.1.3. Μέση νυχτερινή μηνιαία θερμοκρασία αέρα.....	169
4.2.1.4. Μέση μηνιαία διαφορά της θερμοκρασίας του αέρα κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς κατά την διάρκεια της ημέρας.....	172
4.2.1.5. Μέση μηνιαία νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας αέρα ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς.....	176
4.2.1.6. Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία.....	179
4.2.1.7. Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία.....	182
4.2.1.8. Μέσο μηνιαίο Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος.....	186
4.3. Εξέταση των μέσων ωριαίων θερμοκρασιών αέρα των σταθμών μέτρησης	188
4.3.1: Σταθμός 1 – Αστεροσκοπείο.....	189
4.3.2: Σταθμός 2 – Ηλιούπολη.....	190
4.3.3. Σταθμός 3 – Αμπελόκηποι.....	191
4.3.4. Σταθμός 4 – Κορυδαλλός.....	192
4.3.5: Σταθμός 5 - Παγκράτι Λ. Υμηττού και Λ. Καισαριανής).....	193
4.3.6. Σταθμός 6 - ΑΓ. ΚΟΣΜΑ (πρώην κτήριο Ε.Κ.Θ.Ε.).....	194
4.3.7: Σταθμός 7 - Στουρνάρη και Πατησίων (Κέντρο Αθήνας).....	195
4.3.8: Σταθμός 8 - Περιοχή Γλυκών Νερών.....	196
4.3.9: Σταθμός 9 – ΦΙΞ.....	197
4.3.10: Σταθμός 10 – Ευγενίδειο.....	198
4.3.11: Σταθμός 11 - Αιόλου και Ερμού (Κέντρο Αθηνών).....	199
4.3.12: Σταθμός 12 - Πανεπιστημιακή Λέσχη (Κέντρο Αθηνών).....	200
4.3.13: Σταθμός 13 – Σόλωνος.....	201

4.3.14: Σταθμός 14 - Γεωπονική Σχολή.....	202
4.3.15: Σταθμός 15 - Υπουργείο Υγείας (Αχαρνών).....	203
4.3.16: Σταθμός 16 – Κηφισιά.....	204
4.3.17: Σταθμός 17 – Δάσος Χαϊδαρίου.....	205
4.3.18: Σταθμός 18 – Αιγάλεω (Θηβών & Αθηνών Κορίνθου).....	206
4.3.19: Σταθμός 19 - Εθνικός Κήπος.....	207
4.3.20: Σταθμός 21 - Αγ. Παρασκευή.....	207
4.3.21: Σταθμός 22 - Πεδίο του Άρεως.....	208
4.3.22: Σταθμός 23 - Κόκκινος Μύλος.....	209
4.3.23: Σταθμός 24 - Παράδεισος Αμαρουσίου (Ιππικός Όμιλος).....	210
4.3.24: Σταθμός 25 – Κολωνός.....	211
4.3.25: Σταθμός 26 - Περιοχή HILTON.....	212
4.3.26: Σταθμός 27 - Ν. Ιωνία.....	213
4.4. Χωροχρονική αποτύπωση της αστικής θερμικής νησίδας στην Αθήνα για τον Ιούλιο του 1997.....	214
4.4.1. Χρονική εξέλιξη της χωρική αποτύπωση των θερμοκρασιών του αέρα τον Ιούλιο του 1997.....	214
4.4.2. Χρονική εξέλιξη της χωρική αποτύπωση των διαφορών θερμοκρασιών του αέρα από τον σταθμό αναφοράς τον Αύγουστο του 1997.....	217
4.5. Συμπεράσματα.....	219

Κεφάλαιο 5: Αστική Θερμική Νησίδα στην Αθήνα: Κατηγοριοποίηση των σταθμών μέτρησης και συγκριτική εξέταση των κατηγοριών	
5.1. Κατηγοριοποίηση σταθμών.....	222
5.2. Ανάλυση των μέσων μηνιαίων ημερήσιων και νυχτερινών θερμοκρασιών των σταθμών ανά κατηγορία.....	224
5.2.1. Κατηγορία 1.....	225
5.2.2. Κατηγορία 2.....	228
5.2.3. Κατηγορία 3.....	230
5.2.4. Κατηγορία 4.....	232
5.2.5. Κατηγορία 5.....	234
5.2.6. Συμπεράσματα.....	236
5.3. Παρουσίαση βασικών θερμοκρασιακών παραμέτρων ανά κατηγορία σταθμών..	237
5.3.1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.....	237
5.3.2. Μέση μηνιαία ημερήσια θερμοκρασία σταθμού.....	238
5.3.3. Μέση μηνιαία νυχτερινή θερμοκρασία σταθμού.....	239
5.3.4. Μέση μηνιαία ημερήσια διαφορά θερμοκρασίας σταθμού από τον σταθμό αναφοράς.....	240
5.3.5. Μέση μηνιαία νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας σταθμού από τον σταθμό	

αναφοράς.....	241
5.3.6. Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία.....	242
5.3.7. Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία.....	243
5.3.8. Μέσο μηνιαίο Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος.....	244
5.3.9. Συμπεράσματα.....	245
5.4. Συσχέτιση μέσων μηνιαίων ωριαίων ημερήσιων και νυχτερινών θερμοκρασιών του αέρα των σταθμών ανά μήνα, και ανά κατηγορία, σε σχέση με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς.....	245
5.5. Ανάλυση συχνότητας εμφάνισης διαφορών θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς.....	247
5.5.1. Ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.....	248
5.5.2. Εμμονή του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.....	250
5.7. Συμπεράσματα.....	255

Κεφάλαιο 6: Μελέτη θερμοκρασιακού καθεστώτος εννέα αστικών οδών (URBAN CANYON) στην Αθήνα	
6.1. Περιγραφή των αστικών οδών και των πειραμάτων.....	258
6.2. Ανάλυση θερμοκρασιών επιφανείας εντός των οδών.....	262
6.2.1. Θερμοκρασίες επιφάνειας επί της οριζόντιας επιφανείας της οδού.....	263
6.2.2. . Θερμοκρασίες επιφάνειας στις προσόψεις των κτηρίων.....	270
6.2.3. Σύγκριση των θερμοκρασιών επιφανείας των απέναντι προσόψεων των οδών	272
6.2.4. Κατακόρυφη κατανομή επιφανειακών θερμοκρασιών στις οδούς.....	275
6.3. Θερμοκρασίες αέρα.....	284
6.3.1. Ανάλυση των μέγιστων, ελάχιστων και μέσων θερμοκρασιών στις εννέα αστικές χαράδρες.....	285
6.3.2. Μελέτη των καθ' ύψος και πλάτος των θερμοκρασιών του αέρα των εννέα οδών.....	289
6.3.3. Ο ρόλος του προσανατολισμού και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του δρόμου στη διαμόρφωση των θερμοκρασιών αέρα.....	302
6.4. Σύγκριση θερμοκρασιών αέρα των οδών με το σταθμό αναφοράς.....	305
6.5. Σύγκριση των θερμοκρασιών των Σταθμών Σόλωνος και Αιγάλεω που τοποθετήθηκαν εντός των οδών που διεξήχθησαν τα πειράματα, με τις θερμοκρασίες αέρα των αντίστοιχων οδών και του σταθμού αναφοράς.....	314
6.6. Συμπεράσματα.....	315

Κεφάλαιο 7: Συσχέτιση Αστικής Θερμικής Νησίδας της Αθήνας με την ταχύτητα και την φορά του ανέμου	
7.1. Συσχέτιση της αστικής θερμικής νησίδας με την ένταση του ανέμου για το	

σύνολο εξεταζόμενης θερινής περιόδου κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύκτας.....	319
7.1.1. Συσχέτιση της μέσης διαφοράς θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς, με την ένταση του ανέμου, για διαμερίσεις ανά 1m/s, κατά την διάρκεια της ημέρας.....	319
7.1.2. Υπολογισμός της επίδρασης της έντασης του ανέμου στις διαφορές θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς κατά την ημερήσια περίοδο.....	325
7.1.3. Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας με την ένταση του ανέμου για τον Ιούλιο και Αύγουστο 1997 κατά την διάρκεια της ημέρας.....	326
7.1.4. Εξέταση με βάση τις διαμερίσεις της έντασης του ανέμου ανά 1m/s, από 0 ως 9m/s, των μέσων ωριαίων διαφορών θερμοκρασίας με τις θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς σε συνδυασμό με τις ταχύτητες του ανέμου κατά την ημερήσια περίοδο.....	328
7.1.5. Συσχέτιση μέσης διαφοράς θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς, με την ένταση του ανέμου, για διαμερίσεις ανά 1m/s και για εντάσεις από 0 ως 9m/s για όλη την εξεταζόμενη περίοδο κατά την διάρκεια της νυχτερινής περιόδου.....	330
7.1.6. Υπολογισμός της επίδρασης της έντασης του ανέμου στις διαφορές θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς κατά την νυχτερινή περίοδο.....	335
7.1.7. Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας με την ένταση του ανέμου για τον Ιούλιο και Αύγουστο 1997 κατά την διάρκεια της νυχτερινής περιόδου.....	337
7.1.8. Εξέταση με βάση τις διαμερίσεις της ταχύτητας του ανέμου ανά 1m/s από 0 ως και 9m/s των μέσων ωριαίων διαφορών θερμοκρασίας από τις θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς σε συνδυασμό με ένταση του ανέμου κατά την νυχτερινή περίοδο.....	339
7.2. Συσχέτιση έντασης και διεύθυνσης του ανέμου με τις τιμές της Αστικής Θερμικής Νησίδας.....	341
7.2.1. Παρουσίαση των ανεμολογικών δεδομένων του σταθμού του Αστεροσκοπείου Αθηνών κατά την θερινή περίοδο του 1997.....	341
7.2.2. Συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και της έντασης του ανέμου για περιπτώσεις με Β – ΑΒΑ και ΝΑ – ΝΔ άνεμο.....	343
7.2.3. Μελέτη των μέσων μηνιαίων τιμών της αστικής θερμικής νησίδα σε συνάρτηση με την διεύθυνση του ανέμου.....	344
7.2.4. Μελέτη της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, μεταξύ της αστικής θερμικής	

νησίδα και της ένταση του ανέμου.....	347
7.2.5. Απλή και δευτέρου βαθμού παλινδρόμηση μεταξύ της αστικής θερμικής νησίδα και της ένταση του ανέμου.....	354
7.2.6. Ορισμός της σημαντικότητας των διαφορών των κλίσεων των ευθειών παλινδρόμησης μεταξύ της αστικής θερμικής νησίδα/έντασης του ανέμου($V > 6\text{m/s}$ έναντι $V < 6\text{m/s}$).....	359
7.2.7. Η συμπεριφορά της αστικής θερμικής νησίδα την ημέρα(07.00-20.00L.T.) και την νύκτα(21.00-06.00L.T.) σε συνάρτηση με υψηλές και χαμηλές ταχύτητες του ανέμου.....	360
7.2.8. Μελέτη της σχέσης μεταξύ των τιμών b_i των γραμμικών συσχετίσεων θερμοκρασίας του αέρα/έντασης του ανέμου και του συντελεστή συσχέτισης της ευθείας παλινδρόμησης μεταξύ θερμοκρασίας του αέρα/έντασης του ανέμου για B-ABA και NA-NΔ διεύθυνση του ανέμου.....	361
7.2.9. Σύγκριση ανά μήνα της αστικής νησίδα μεταξύ των σταθμών κάθε κατηγορίας κατά την ημερήσια και νυκτερινή περίοδο για B-ABA και NA-NΔ άνεμο.....	363
7.3. Μελέτη του βαθμού επίδρασης της θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς σε συνδυασμό με την ένταση του ανέμου, στην αστική νησίδα κάθε σταθμού.....	365
7.4. Συμπεράσματα.....	372

Κεφάλαιο 8: Επίδραση της Αστικής Θερμικής Νησίδα στις Ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων.	
8.1. Εισαγωγή.....	376
8.2. Βαθμώρες ψύξης για θερμοκρασία βάσης τους 28°C.....	377
8.2.1. Αριθμός βαθμοωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για την εξεταζόμενη περίοδο.....	379
8.2.2. Αριθμός βαθμοωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για την ημερήσια περίοδο.....	381
8.2.3. Αριθμός βαθμοωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για την νυκτερινή περίοδο.....	383
8.2.4. Χωρική κατανομή βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28 °C	

για τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 1997.....	385
8.2.4.1. Χωρική κατανομή του ολικού αριθμού βαθμοωρών.....	385
8.2.4.2. Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C κατά την ημερήσια περίοδο.....	386
8.2.4.3. Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28oC κατά την νυχτερινή περίοδο.....	387
8.2.4.4. Χωροχρονική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C.....	388
8.3. Ώρες ψύξης για θερμοκρασία βάσης τους 28°C.....	392
8.3.1. Αριθμός ωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για την εξεταζόμενη περίοδο.....	392
8.3.2. Αριθμός ωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα κατά την διάρκεια της ημέρας για την εξεταζόμενη περίοδο.....	394
8.3.3. Αριθμός ωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα κατά την διάρκεια της νύκτας για την εξεταζόμενη περίοδο.....	395
8.4. Επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στο βαθμό απόδοσης των κλιματιστικών (C.O.P.).....	367
8.5. Εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης για κλιματισμό σε περιοχές της Αθήνας.....	400
8.5.1. Η Δυτική Αθήνα.....	400
8.5.2. Δεδομένα προγράμματος.....	402
8.5.2.1. Κλιματικά Δεδομένα.....	402
8.5.2.2. Κτιριακά Δεδομένα	403
8.5.3. Σύγκριση των ψυκτικών και ενεργειακών φορτίων σε διάφορες περιοχές της Αθήνας.....	404
8.5.4. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στην ενεργειακή κατανάλωση.....	406
8.5.4.1. Επίδραση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατοφλίου.....	406
8.5.4.2. Επίδραση του προγραμματισμού λειτουργίας του κλιματιστικού μηχανήματος.....	407
8.5.4.3. Επίδραση του ρυθμού αερισμού.....	408
8.5.4.4. Επίδραση του προσανατολισμού του κτιρίου.....	408
8.5.5. Εκτίμηση της ολικής ενέργειας εξαιτίας της επίδρασης της θερμικής Νησίδας.....	409
8.6. Συμπεράσματα.....	410
Κεφάλαιο 9: Σύνοψη	412

Κατάλογος Σχημάτων.....	423
Κατάλογος Πινάκων.....	436
Κατάλογος Δημοσιεύσεων.....	443
Βιβλιογραφία.....	444

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Το θέμα της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι: «Αστική Θερμική Νησίδα και η επίδραση στην ενεργειακή κατανάλωση κτηρίων». Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το βασικό θεωρητικό υπόβαθρο της παρούσας διδακτορικής έρευνας, ο σκοπός, η σπουδαιότητα και οι καινοτομίες που εισάγει. Τέλος, περιγράφεται η δομή της παρούσας διατριβής.

1.1: Θεωρητικό υπόβαθρο εργασίας

Εδώ και μισό αιώνα, η επιστημονική κοινότητα μελετά συστηματικά την επίδραση της ανθρωπογενούς δραστηριότητας στο κλίμα, τόσο σε τοπικό, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Διάφορες μελέτες έχουν καταδείξει ότι η ανθρωπογενής δραστηριότητα, συμβάλλει σημαντικά στην φυσική κλιματική αλλαγή του πλανήτη. Επιταχύνει την υπερθέρμανση του, και ενισχύει την εμφάνιση ακραίων μετεωρολογικών φαινομένων, με μεγάλο κοινωνικό και οικονομικό κόστος. Το πρώτο φαινόμενο που παρατηρήθηκε από την επιστημονική κοινότητα και συγκεκριμένα από τον Luke Howard στις αρχές του 18^{ου} αιώνα, σε σχέση με την επίδραση της ανθρωπογενούς δραστηριότητας στο κλίμα, ήταν αυτό της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

Η Αστική Θερμική Νησίδα είναι ένα ατμοσφαιρικό φαινόμενο που εμφανίζεται στο αστικό και ημιαστικό περιβάλλον. Λόγω της πυκνής δόμησης των κτηρίων η θερμότητα εγκλωβίζεται, προκαλώντας το φαινόμενο που ευθύνεται για την αύξηση της θερμοκρασίας στις αστικές περιοχές (Gartland, 2008). Αποτέλεσμα αυτή της υπερθέρμανσης είναι, η αποτύπωση των ισόθερων μιας αστικής περιοχής, να ομοιάζει με την αποτύπωση των ισοϋψών ενός νησιού και για αυτό το φαινόμενο καλείται «Αστική Θερμική Νησίδα». Η μελέτη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας και εν γένει του αστικού κλίματος είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι, λόγω του φαινομένου της αστικοποίησης το οποίο τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζει μία δραματική έξαρση, με αποτέλεσμα να υπολογίζεται ότι μέχρι το 2030 πάνω από το 60% του παγκόσμιου πληθυσμού να ζει και να δραστηριοποιείται στις πόλεις. Η συσσώρευση μεγάλων πληθυσμών, σε μικρές αναλογικά εκτάσεις και οι ανάγκες τους για κατοικία, εργασία, τροφή και μετακινήσεις έχει ως αποτέλεσμα, την πυκνή δόμηση αυτών των περιοχών και την αποψίλωσή τους. Παράλληλα οι ανάγκες των ανθρώπων για κατανάλωση ενέργειας, ώστε να ικανοποιήσουν διάφορες καθημερινές ανάγκες έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή της χημικής σύσταση της ατμόσφαιρας και την απόρριψη στο περιβάλλον της πόλης μεγάλων θερμικών φορτίων (θερμική ρύπανση). Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι, ότι παρά το γεγονός ότι αστικές περιοχές καταλαμβάνουν μόνο το 2% της επιφάνειας της γης, αυτές να είναι υπεύθυνες για τη μη ισορροπημένη χρήση των πόρων (O'Meara, 1999). Για παράδειγμα, οι αστικές περιοχές ευθύνονται για το 75% περίπου της χρήσης βιομηχανικού ξύλου και το 60% της κατανάλωσης υδάτινων πόρων (Hinrichsen et al., 2002). Η έκταση των αστικών επιπτώσεων στο περιβάλλον διευρύνεται όσο αυξάνει ο πληθυσμός και η κατά κεφαλήν ζήτηση για πόρους (βιομηχανικούς ή καταναλωτικούς).

Για όλους τους ανωτέρω λόγους το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, είναι ίσως το πιο μελετημένο φαινόμενο του αστικού κλίματος. Δημιουργείται από το γεγονός ότι ο αέρας του αστικού περιβάλλοντος θερμαίνεται μέσω τριών μεθόδων: (Akbari, 2005).

- της άμεσης απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας,
- της μεταφοράς της θερμότητας από τις θερμές επιφάνειες και
- της ανθρωπογενούς θερμότητας (καυσαέρια από αυτοκίνητα, κτίρια, κ.λπ.)

Συνήθως, το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης απορροφάται ή ανακλάται. Η άμεση απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τον ατμοσφαιρικό αέρα αυξάνει τη θερμοκρασία του αέρα κατά ένα μικρό ποσοστό. Η ακτινοβολία που απορροφάται από τις επιφάνειες αυξάνει την επιφανειακή θερμοκρασία και με τη σειρά τους, οι θερμές επιφάνειες θερμαίνουν τον αέρα. Αυτή η διαδικασία είναι η κυρίως υπεύθυνη για την ημερήσια θερμοκρασιακή μεταβολή. Αν και οι αιτίες του φαινομένου είναι σύνθετες, παρόλα αυτά κυρίως ενοχοποιούνται,

- οι διαφορές στις θερμικές δομές μεταξύ αστικού και αγροτικού περιβάλλοντος,
- η ατμοσφαιρική ρύπανση των αστικών περιοχών,
- η ανθρωπογενής θερμότητα που εκλύεται από τα αυτοκίνητα και τα κλιματιστικά μηχανήματα,
- τα θερμικά χαρακτηριστικά του αστικού ιστού και
- η αστική γεωμετρία (Park, 1986·, Oke et al., 1991· Santamouris et al., 2007). Όλα τα ανωτέρω έχουν μελετηθεί εκτενώς σε πολλές χώρες.

Για την περίπτωση της Αττικής, έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες αναφορικά με την Αστική Θερμική Νησίδα, τόσο κάνοντας χρήση χρονοσειρών μετρήσεων από υφιστάμενους μετεωρολογικούς σταθμούς (Livada, Moustris et el. 1994), όσο και με την χρήση νεότερων αυτοματοποιημένων σταθμών (PhD Άννα Τζαβαλή, 2015), που βρίσκονται σε διάφορες περιοχές εντός του λεκανοπεδίου, αλλά είναι μικρός ο αριθμός των μελετών (PhD Γιαννοπούλου 2017) που πραγματοποιήθηκαν εντός του κτιριακού οριακού στρώματος (BCL) όπως και η παρούσα διατριβή. Η αναλυτική παρουσίαση των μετρήσεων και των συμπερασμάτων της για την θερινή περίοδο του 1996 του 1997 και του 1998 θα μπορούσαν να αποτελέσουν βάση αναφοράς για αντίστοιχες νεότερες μελέτες, τόσο για την επιπλέον εξειδίκευση αλλά και για την εξέταση σε βάθος χρόνου:

- α. της επίδρασης της Κλιματικής Αλλαγής,
- β. των εκτεταμένων αλλαγών του Αστικού Περιβάλλοντος (π.χ. παλιό αεροδρόμιο Ελληνικού) και των Φυσικών Καταστροφών (πυρκαγιές στους ορεινούς όγκους της Πεντέλης και Πάρνηθας),

στα χαρακτηριστικά του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας στην Αθήνα.

1.2. Σκοπός και καινοτομία της διδακτορικής διατριβής

Ο κύριος στόχος της παρούσας διδακτορικής διατριβής είναι η ανάλυση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας εντός του κτιριακού οριακού στρώματος και ακολούθως η επίδρασή της στην ενεργειακή κατανάλωση για τον κλιματισμό των κτιρίων. Στο πλαίσιο αυτό η παρούσα διδακτορική διατριβή συμβάλλει καινοτομικά στα κατωτέρω:

- Στον σχεδιασμό πρωτότυπης μεθοδολογίας και πειραματικών διατάξεων για την διεξαγωγή αξιόπιστων πειραματικών μετρήσεων εντός του κτιριακού οριακού στρώματος η οποία

ακολουθήθηκε σε άλλες πειραματικές εργασίες με αποτέλεσμα να είναι από πλευράς καταγραφών άμεσα συγκρίσιμες οι μετρήσεις και των σχετικών αποτελεσμάτων.

- Στη συσχέτιση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του αστικού περιβάλλοντος, αξιοποιώντας την κατά Corine κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης καθώς και με την ταχύτητα του ανέμου, όπως αυτή καταγράφεται στο Αστεροσκοπείο, Αθηνών τόσο ως προς μέτρο όσο και ως προς την διεύθυνσή.
- Στον προσδιορισμό του μεγέθους του φαινομένου μεταξύ διαφορετικών κατά CORINE κατηγοριών χρήσεων γης.
- Στη συσχέτιση του φαινομένου με το βασικό αστικό γεωμετρικό σχηματισμό της αστικής χαράδρας.
- Στη μελέτη της επίδρασης της ΑΘΝ στην ενεργειακή κατανάλωση για κλιματισμό των κτηρίων στη Δυτική και Ανατολική Αθήνα σε σύγκριση με το τυπικό μετεωρολογικό έτος που χρησιμοποιείται για την ενεργειακή προσομοίωση κτηρίων.

1.3. Διάρθρωση της διδακτορικής διατριβής.

Η παρούσα διδακτορική διατριβή αποτελείται από 9 κεφάλαια. Κατωτέρω αναφέρονται συνοπτικά τα περιεχόμενα των επόμενων κεφαλαίων

Στο δεύτερο κεφάλαιο μελετώνται οι φυσικές παράμετροι που διαμορφώνουν το κλίμα μιας περιοχής. Με αυτόν τον τρόπο αποκτάται η αναγκαία γνώση και γίνονται κατανοητοί οι φυσικοί μηχανισμοί που διαμορφώνουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του αστικού κλίματος. Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται με σύντομο και σαφή τρόπο οι βασικές φυσικές διαδικασίες μεταφοράς θερμότητας και οι παράμετροι που τις προσδιορίζουν. Η γνώση αυτών των παραμέτρων είναι σημαντική, δεδομένου ότι η μεταφορά θερμότητας, είναι η κύρια αιτία διαμόρφωσης των διαφορετικών κλιματικών, μετεωρολογικών και μικρομετεωρολογικών συνθηκών στην γη. Στη συνέχεια μελετάται η ηλιακή ακτινοβολία αναλύοντας τις συνιστώσες της, επειδή είναι η κύρια πηγή ενέργειας για το σύστημα γης-ατμόσφαιρας. Επίσης αναλύεται η μέση κίνηση του ανέμου στο ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα, χρησιμοποιώντας το πρότυπο της λογαριθμικής κατατομής του ανέμου, ώστε να αναδειχθούν εκείνες οι παράμετροι που διαμορφώνουν την κατακόρυφη δομή του ανέμου πάνω από μία επιφάνεια ως μια από τις κυριότερες φυσικές διαδικασίες μεταφοράς θερμότητας. Τέλος παρουσιάζονται τα βασικά ενεργειακά ισοζύγια επιφανειών και στρωμάτων για να γίνουν κατανοητοί οι μηχανισμοί διαμόρφωσης των θερμοκρασιών επιφανείας και του αέρα, καθώς και της ταχύτητας του ανέμου. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται δυνατή η αναλογική εφαρμογή όλων αυτών των διαδικασιών, μεγεθών και παραμέτρων στο αστικό περιβάλλον.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο για τη διαμόρφωση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του αστικού κλίματος και της διαμόρφωσης της αστικής θερμικής νησίδας. Ειδικότερα στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η έννοια του κλίματος και των κλιματικών στοιχείων που διαμορφώνουν το κλίμα της Ελλάδας, ενώ συγχρόνως δίνεται και μια απεικόνιση του κλίματος της περιοχής του λεκανοπεδίου της Αττικής. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι κλιματικές διαφοροποιήσεις που παρουσιάζει μία αστική περιοχή σε σχέση με την ευρύτερη περιβάλλουσα περιοχή της, και αναλύονται οι παράγοντες που δημιουργούν το φαινόμενο της αστικής θερμικής

νησίδας. Ακολούθως, παρουσιάζονται μια εκτεταμένη ανασκόπηση αποτελεσμάτων από εργασίες σχετικές με την μελέτη του φαινομένου της «Αστικής Θερμικής Νησίδας» ανά τον κόσμο, εστιάζοντας στην περιοχή της Ευρώπης καθώς και εργασιών σχετικά με την επίδραση της Αστικής Θερμικής νησίδας στις ενεργειακές καταναλώσεις των κτηρίων Τέλος, αναλύεται η επίδραση στην αστική θερμική νησίδα των επιμέρους παραγόντων που συντελούν στην δημιουργία της, όπως η ανακλαστικότητα, η βλάστηση, ο αστικός σχεδιασμός κ.α..

Στο τέταρτο κεφάλαιο ξεκινά το κύριο μέρος της διατριβής. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε για την καταγραφή των θερμοκρασιών του αέρα εντός του λεκανοπεδίου της Αττικής, ώστε να μελετηθεί χωρικά κατά την θερινή περίοδο, το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας της Αθήνας εντός του κτιριακού οριακού στρώματος. Συνολικά τοποθετήθηκαν 27 σταθμοί σε όλη της Αθήνα. Η εξεταζόμενη πειραματική περίοδος αφορά τον 8^ο και 9^ο μήνα του 1996, τον 6^ο,7^ο,8^ο και 9^ο του 1997 και τον 6^ο,7^ο και 8^ο του 1998, στην οποία καταγράφηκε ένα σημαντικό πλήθος και εύρος θερμοκρασιών αέρα. Επίσης στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η ανάλυση σε πρώτο βαθμό των βασικών θερμοκρασιακών παραμέτρων του αέρα που καταγράφηκαν για κάθε σταθμό (μέσες μηνιαίες τιμές, μέσες ωριαίες μέσες μέγιστες τιμές κλπ.). Επίσης παρουσιάζεται η θερμική συμπεριφορά κάθε σταθμού, εξετάζοντας την ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα, την ώρα εμφάνισης του μέγιστου και του ελάχιστου της ημερήσιας θερμοκρασίας του αέρα, το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος καθώς και η σύγκρισή τους με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες που καταγράφηκαν στον σταθμό αναφοράς.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η σε δεύτερη βαθμό ανάλυση των θερμομετρικών χαρακτηριστικών κάθε σταθμού, με στόχο την αιτιολόγηση της θερμοκρασιακής του συμπεριφοράς, την ομαδοποίηση (clustering) των σταθμών με βάση τα χαρακτηριστικά τους και την αναλυτική μελέτη της αστικής θερμικής νησίδας στην Αθήνα. Ειδικότερα στο κεφάλαιο αυτό προτείνεται η κατηγοριοποίηση των σταθμών βάσει της μέσης διαφοράς θερμοκρασίας των σταθμών από το σταθμό αναφοράς κατά την νυχτερινή περίοδο σε συνδυασμό με τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά των σταθμών, λαμβάνοντας υπόψη και την κατά CORINE κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης. Τέλος παρουσιάζεται η μεταξύ των κατηγοριών, συγκριτική ανάλυση των θερμοκρασιών των σταθμών για να γίνουν κατανοητοί οι μηχανισμοί που επηρεάζουν την θερμοκρασιακή συμπεριφορά των σταθμών που έχουν όμοια χαρακτηριστικά.

Στο έκτο κεφάλαιο, λόγω του ότι η αστική θερμική νησίδα επηρεάζεται καταλυτικά από την μορφή του αστικού περιβάλλοντος και τις χρήσεις αυτού και για να κατανοηθεί ο βαθμός επίδρασης αυτών των παραγόντων στις θερμοκρασίες του αέρα, το καλοκαίρι του 1997 πραγματοποιήθηκε η λεπτομερή καταγραφή του θερμοκρασιακού καθεστώτος των αστικών οδών σε διάφορες περιοχές τις Αθήνας. Ειδικότερα στο κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνεται η ανάλυση των πειραμάτων, που διεξήχθησαν εντός εννέα αστικών οδών. Σε τρία ζεύγη από αυτές, όπου σε κάθε ζεύγος οι οδοί ήταν κάθετες μεταξύ τους, με κοινά χαρακτηριστικά, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την ίδια περίοδο. Αναλύονται οι επιφανειακές θερμοκρασίες στο οριζόντιο επίπεδο και στις προσόψεις των οδών. Επίσης αναλύονται οι θερμοκρασίες του αέρα πάνω από τις χαράδρες, κοντά στις προσόψεις και στο μέσο κάθε οδού. Τέλος, γίνεται σύγκριση των θερμοκρασιών του αέρα, όλων των οδών, με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς.

Στο έβδομο κεφάλαιο εξετάζεται η συσχέτιση της αστικής θερμικής νησίδας με τη ταχύτητα του ανέμου. Για την συσχέτιση αυτή χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες ωριαίες ταχύτητες του ανέμου που καταγράφηκαν στο σταθμό του Αστεροσκοπείου Αθηνών στο Λόφο των Νυμφών. Ειδικότερα στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η συσχέτιση της Αστικής θερμικής νησίδας, με τον άνεμο, και πως επιδρά στην ένταση αυτής, χρησιμοποιώντας τις ωριαίες μετρήσεις του ανέμου όπως αυτές καταγράφηκαν στο Αστεροσκοπείο Αθηνών για όλη της εξεταζόμενη περίοδο. Επίσης, για την θερινή περίοδο του 1997 μελετήθηκε, η επίδραση και της φοράς του ανέμου στο μέγεθος της αστικής θερμικής νησίδας.

Στο όγδοο κεφάλαιο μελετάται η επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων κατά την εξεταζόμενη θερινή περίοδο. Η μελέτη εστιάζει στο αριθμό βαθμοωρών και ωρών ψύξης για κάθε σταθμό και στη χωρική τους κατανομή στην περιοχή της Αθήνας. Επίσης, εξετάζεται η επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στον βαθμό απόδοσης των κλιματιστικών και η ενεργειακή κατανάλωση για τον κλιματισμό τυπικού κτηρίου, χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις σταθμών τοποθετημένων σε περιοχές της Δ. Αθήνας και σε αντιπαραβολή με μετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται από προγράμματα υπολογισμού ενεργειακών καταναλώσεων (χρήση του ειδικού λογισμικού ενεργειακών υπολογισμών D.O.E).

Τέλος, **στο ένατο κεφάλαιο** παρατίθενται τα συμπεράσματα και δίνονται οι απαντήσεις στους ερευνητικούς στόχους που τέθηκαν στην αρχή της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΛΕΤΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Κεφάλαιο 2: Μελέτη παραμέτρων διαμόρφωσης κλιματικών στοιχείων

Το κεφάλαιο αυτό περιγράφει με σύντομο και σαφή τρόπο τις βασικές φυσικές διαδικασίες μεταφοράς θερμότητας και των παραμέτρων που τις προσδιορίζουν. Η γνώση αυτών των παραμέτρων είναι σημαντική, δεδομένου ότι η μεταφορά θερμότητας, είναι η κύρια αιτία διαμόρφωσης των διαφορετικών κλιματικών, μετεωρολογικών και μικρομετεωρολογικών συνθηκών στην γη. Στη συνέχεια μελετάται η ηλιακή ακτινοβολία αναλύοντας τις συνιστώσες της, επειδή είναι η κύρια πηγή ενέργειας για το σύστημα γης-ατμόσφαιρας. Επίσης αναλύεται η μέση κίνηση του ανέμου στο ατμοσφαιρικό οριζικό στρώμα χρησιμοποιώντας το πρότυπο της λογαριθμικής κατατομής του ανέμου, ώστε να αναδειχθούν εκείνες οι παράμετροι που διαμορφώνουν την κατακόρυφη δομή του ανέμου πάνω από μία επιφάνεια ως μια από τις κυριότερες φυσικές διαδικασίες μεταφοράς θερμότητας. Τέλος παρουσιάζονται βασικά ενεργειακά ισοζύγια επιφανειών και στρωμάτων για να γίνουν κατανοητοί οι μηχανισμοί διαμόρφωσης των θερμοκρασιών επιφανείας και του αέρα, καθώς και της ταχύτητας του ανέμου. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται δυνατή η αντιδιαστολή όλων αυτών των μεγεθών και παραμέτρων με τα αντίστοιχα μεγέθη του αστικού περιβάλλοντος.

2.1. Βασικές αρχές μετάδοσης θερμότητας

Οι τρόποι με τους οποίους η επιφάνεια ενός σώματος, ανταλλάσσει ποσά θερμότητας με το περιβάλλον της είναι οι ακόλουθες τέσσερις:

- με αγωγή
- με μεταφορά
- με ακτινοβολία
- με αλλαγή φάσης

Το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα καθορίζει την φορά ροής της θερμότητας από ένα σώμα σε ένα άλλο. Σύμφωνα με αυτό «Είναι αδύνατη οποιαδήποτε μεταβολή, με τελικό αποτέλεσμα τη μεταφορά θερμότητας από ένα σώμα σε ένα άλλο το οποίο βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία», ως εκ τούτου γίνεται αντιληπτό ότι η ελεύθερη ροή θερμότητας πραγματοποιείται μόνο από σώμα μεγαλύτερης, σε σώμα μικρότερης θερμοκρασίας.

Λαμβάνοντας υπ' όψη το αξίωμα αυτό παρουσιάζεται στη συνέχεια μία συνοπτική περιγραφή των διαδικασιών μετάδοσης της θερμότητας και των μακροσκοπικών νόμων που τις διέπουν τονίζοντας την σημαντικότητα των παραμέτρων που υπεισέρχονται σε κάθε διαδικασία.

2.1.1. Αγωγή

Η μετάδοση θερμότητας με «αγωγή» συμβαίνει μέσα σε ένα σώμα, όταν αυτό εμφανίζει σημεία ή περιοχές με διαφορετική θερμοκρασία. Είναι γνωστό ότι η θερμοκρασία ενός σώματος συνδέεται άμεσα με το περιεχόμενο της εσωτερικής του ενέργειας που σχετίζεται με την κινητικότητα των μορίων που το απαρτίζουν. Έτσι περιοχές ή σημεία ενός στερεού σώματος που βρίσκονται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία παρουσιάζουν μικροσκοπικά μεγαλύτερη κινητική ενέργεια η οποία είτε μέσω συγκρούσεων, είτε μέσω ταλαντώσεων, μεταβιβάζεται στα γειτονικά μόρια και ούτω καθ' εξής. Με αυτό τον τρόπο μεταφέρεται θερμότητα στο εσωτερικό ενός σώματος. Η μετάδοση θερμότητας με αγωγή σχετίζεται κυρίως με:

- την θερμική αγωγιμότητα των υλικών
- την ειδική θερμοχωρητικότητα
- την πυκνότητα του σώματος.

Η βασική μακροσκοπική ποσοτική διατύπωση του φαινομένου της αγωγής δόθηκε από τον Fourier με τον ομώνυμο νόμο του. Σημειώνεται ότι ο νόμος αυτός είναι φαινομενολογικός και προέκυψε από ένα πλήθος παρατηρήσεων. Σύμφωνα με αυτόν, η ροή θερμότητας στην περίπτωση της αγωγής είναι ευθέως ανάλογη της επιφάνειας ανταλλαγής της θερμότητας, της διαμορφωμένης βαθμίδας θερμοκρασίας ενώ εξαρτάται και από το υλικό. Η μαθηματική διατύπωση του νόμου δίνεται από την σχέση

$$Q_g = - A n \nabla kT \quad [2.1]$$

όπου

Q_g : η θερμική ισχύς (Watt)

A: η επιφάνεια ανταλλαγής (m^2)

n : το μοναδιαίο άνυσμα που χαρακτηρίζει την επιφάνεια A

k: ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας [$W/(^{\circ}K \cdot m^2)$]

T: θερμοκρασία υλικού $^{\circ}K$

Το αρνητικό πρόσημο απορρέει από το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα όπως αυτό αναλύθηκε προηγουμένως.

Ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας εκφράζει την ευκολία ροής της θερμότητας διαμέσου του υλικού. Εξαρτάται από πολλούς παράγοντες με κυριότερους την φύση του υλικού και την θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται. Γενικά ισχύει ότι η θερμική αγωγιμότητα των στερεών είναι μεγαλύτερη από αυτή των υγρών και των υγρών μεγαλύτερη από αυτή των αερίων λόγω της διαφορετικής έντασης των δυνάμεων αλληλεπίδρασης των μορίων που απαρτίζουν τα σώματα στις διάφορες φυσικές τους καταστάσεις. Στα περισσότερα στερεά η θερμική αγωγιμότητα ελαττώνεται ελαφρά με την αύξηση της θερμοκρασίας. Σε αντίθεση στα αέρια η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται στις περισσότερες φορές αύξηση της αγωγιμότητας. Στα υγρά η εξάρτηση της αγωγιμότητας από την θερμοκρασία είναι πολυπλοκότερη. Γενικά σε μεταλλικά υγρά η θερμική αγωγιμότητα μικραίνει με την αύξηση της θερμοκρασίας, με εξαιρέσεις το νερό και την γλυκερίνη.

2.1.2.Μεταφορά

Με τον όρο «μεταφορά» εννοείται η μετάδοση θερμότητας διαμέσου της διαχωριστικής επιφάνειας δύο σωμάτων που βρίσκονται σε διαφορετική θερμοκρασία και σε διαφορετική φυσική κατάσταση, όταν αυτά κινούνται το ένα ως προς το άλλο. Πρέπει να σημειωθεί ότι παράλληλα με την μεταφορά ενέργειας που είναι συνυφασμένη με την μακροσκοπική κίνηση του ρευστού, παρατηρείται πάντα και διάχυση θερμότητας, δηλαδή μετάδοση θερμότητας οφειλόμενη σε μικροσκοπική κίνηση των μορίων του ρευστού. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις η μετάδοση με μεταφορά είναι πολύ μικρή.

Τα αίτια τώρα της κίνησης μπορεί να οφείλονται:

- α) Σε τοπικές διαφορές πυκνοτήτων στο εσωτερικό ενός ρευστού λόγω αντίστοιχων διαφορών θερμοκρασίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, οι δυνάμεις βαρύτητας να είναι μεγαλύτερες στα τμήματα του ρευστού με την μεγαλύτερη πυκνότητα (ψυχρότερα) και να τα έλκουν προς τα κάτω, ενώ τα τμήματα του ρευστού χαμηλότερης πυκνότητας να ωθούνται προς τα πάνω και με αυτό τον τρόπο να γίνεται η μετάδοση θερμότητας (φυσική μεταφορά θερμότητας).
- β) Σε εξωτερικά αίτια αν η κίνηση του ρευστού οφείλεται π.χ. σε διαφορές εξωτερικών πιέσεων (εξαναγκασμένη μεταφορά θερμότητας) .

γ) σε συνύπαρξη των δύο προαναφερόμενων αιτιών κίνησης, οπότε η μεταφορά ονομάζεται μεικτή.

Ο φαινομενολογικός νόμος που περιγράφει το φαινόμενο της μεταφοράς είναι ο νόμος του Newton ο οποίος λέει ότι «η μεταφερόμενη θερμική ισχύς από μία επιφάνεια A θερμοκρασίας T_s σε ένα ρευστό θερμοκρασίας T_f είναι ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας και της επιφάνειας» και δίνεται από την σχέση:

$$q = h A (T_s - T_f) \quad [2.2]$$

Ο συντελεστής h ($W/m^2 \cdot K$) ονομάζεται συντελεστής μεταφοράς θερμότητας και εξαρτάται από το σημείο της επιφάνειας στο οποίο εφαρμόζεται η εξίσωση. Γενικά όμως σε πρακτικές εφαρμογές χρησιμοποιείται ο μέσος συντελεστής μεταφοράς ο οποίος προκύπτει από την ολοκλήρωση κατά μήκος της χαρακτηριστικής διάστασης της ροής. Ο συντελεστής αυτός σε γενικές γραμμές εξαρτάται από:

- τις θερμοφυσικές ιδιότητες του ρευστού
- την γεωμετρία της επιφάνειας
- τα χαρακτηριστικά της ροής.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η μετάδοση θερμότητας με μεταφορά εξαρτάται άμεσα από την ροή του ρευστού. Υπάρχουν δύο είδη ροής, η στρωτή και η τυρβώδης. Ως «στρωτή» χαρακτηρίζεται η ροή εκείνη όπου η ταχύτητα του ρευστού σε οποιοδήποτε δοσμένο σημείο είναι χρονικά σταθερή (σχήμα 2.1). Σε αντίθεση στην «τυρβώδη» ροή η ταχύτητα του ρευστού σε δεδομένο σημείο δεν είναι χρονικά σταθερή (σχήμα 2.2).

Όταν ένα ρευστό κινείται με στρωτή ροή πάνω από μία επιφάνεια της οποίας η θερμοκρασία είναι διαφορετική από αυτή του ρευστού, η θερμότητα μεταδίδεται μέσα στο ρευστό με μοριακή αγωγή. Όταν ένα ρευστό κινείται με τυρβώδη ροή, αναπτύσσονται στροβιλώδεις κινήσεις οι οποίες μεταφέρουν την μάζα του ρευστού μεταδίδοντας με αυτό τον τρόπο την θερμότητα. Όσο αυξάνεται ο ρυθμός της τυρβώδους κίνησης τόσο αυξάνεται και το ποσό της θερμότητας που μεταδίδεται με τον μηχανισμό της μεταφοράς.

Το είδος της ροής χαρακτηρίζεται από τον αδιάστατο αριθμό του Reynolds (Re), ο οποίος ορίζεται από την σχέση

$$Re = UL/v \quad [2.3]$$

όπου U η μέση ταχύτητα του ρευστού (m/s), L ένα χαρακτηριστικό μήκος (m), που στην περίπτωση μιας επίπεδης επιφάνειας ταυτίζεται με το μήκος αυτής κατά την κύρια διεύθυνση της ροής, και v ($m^2 \cdot s^{-1}$) το κινηματικό ιξώδες, που είναι ο λόγος του δυναμικού ιξώδους μ ($Kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$) του ρευστού, προς την πυκνότητά του ($v = \mu/\rho$).

Για μία επίπεδη πλάκα η ροή ενός ρευστού μεταβαίνει από στρωτή σε τυρβώδη για τιμές το αριθμού Re μεταξύ του $3 \cdot 10^5$ ως $6 \cdot 10^5$.

Ο αδιάστατος αριθμός όπου δίνει την σχέση των δυνάμεων ανώσεως, προς τις δυνάμεις ιξώδους του ρευστού είναι ο αριθμός του Grashoff ο οποίος ορίζεται από την έκφραση:

$$Gr = L^3 \rho^2 g \beta \Delta T / \mu^2 \quad [2.4]$$

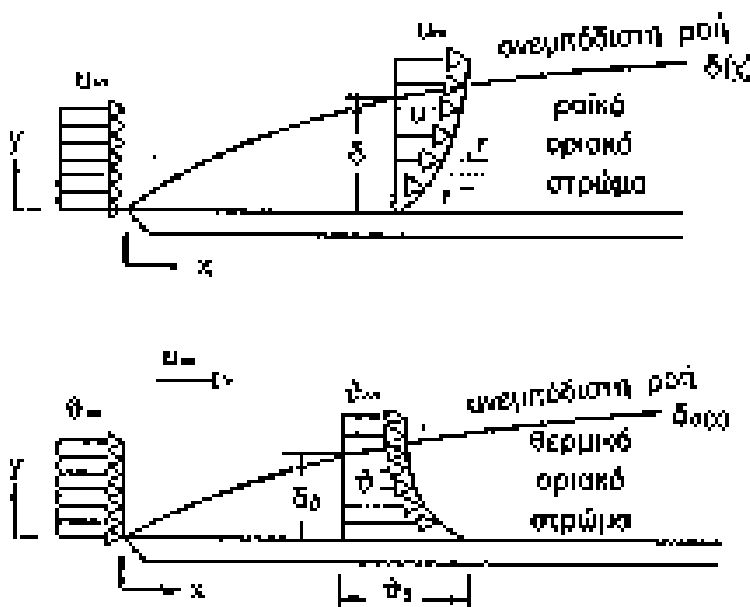
όπου

- L η χαρακτηριστική διάσταση του προβλήματος
- ρ η πυκνότητα του ρευστού
- g η επιτάχυνση της βαρύτητας
- β ο συντελεστής διαστολής όγκου
- ΔT η διαφορά θερμοκρασίας
- μ το δυναμικό ιξώδες

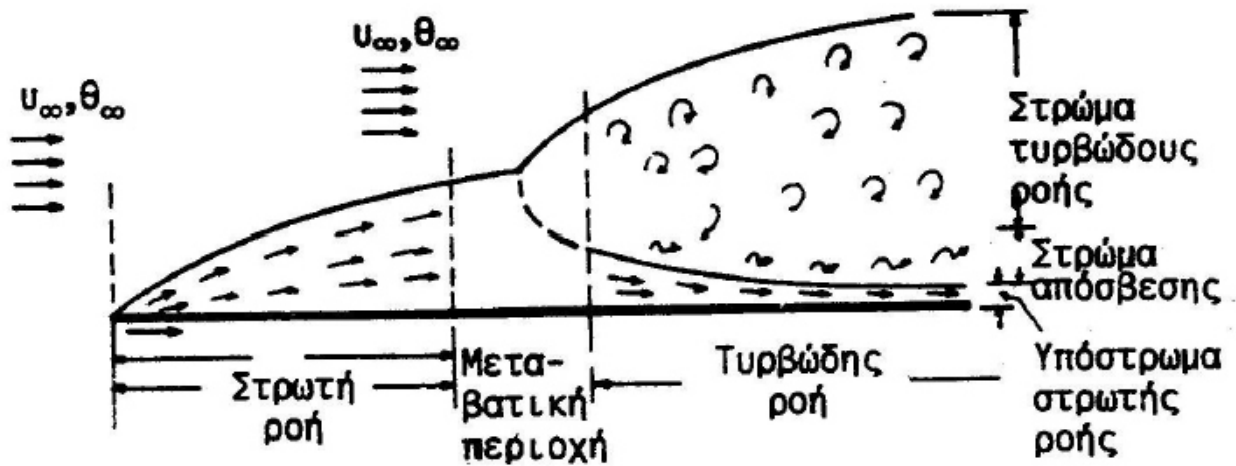
Η σχέση μεταξύ Gr και Re μπορεί να χαρακτηρίσει το είδος της μεταφοράς που εμφανίζεται αφού αποτελούν μέτρο των δυνάμεων άνωσης και δυνάμεων αδρανείας αντιστοίχως. Συγκεκριμένα ισχύει ότι:

- Αν $Gr \gg Re^2$ η μεταφορά είναι ελεύθερη
- Αν $Gr \ll Re^2$ η μεταφορά είναι εξαναγκασμένη
- Αν $Gr = Re^2$ η μεταφορά είναι μικτή

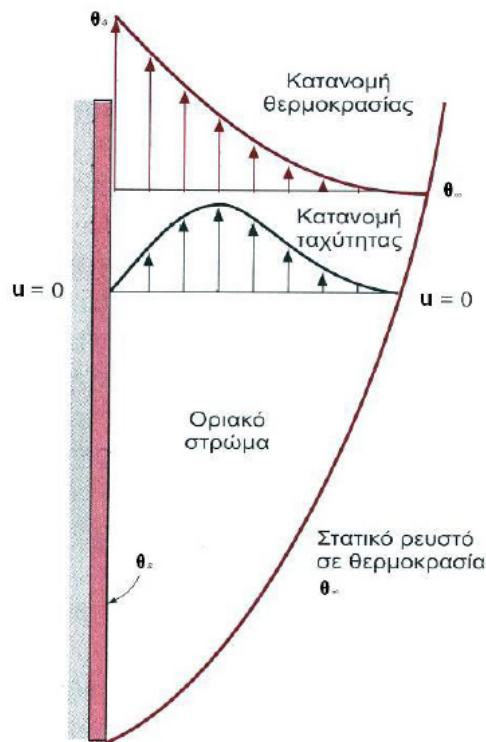
Από τον συνδυασμό των τριών διαφορετικών τρόπων διάδοσης της θερμότητας και τα δύο διαφορετικά είδη ροής (στρωτή και τυρβώδη) προκύπτει ένας συνδυασμός 6 περιπτώσεων. Στο σχήμα 2.3 αναπαριστάτε σχηματικά η μεταφορά θερμότητας και η ελεύθερη ροή που δημιουργείται κατά μήκος κατακόρυφου τοίχου λόγω ανωστικών δυνάμεων που οφείλονται μόνο στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αέρα και τοίχου. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα στην αρχή η μεταφορά θερμότητας από τον τοίχο προς τον αέρα γίνεται διαμέσου του μοριακού στρώματος και λόγω των ανωστικών δυνάμεων αρχίζει να δημιουργείται μία ροή προς τα πάνω η οποία είναι αρχικά στρωτή. Καθώς οι ανωστικές δυνάμεις ενισχύουν την ταχύτητα κίνησης του ρευστού και επομένως αυξάνεται ο συντελεστής Re η ροή τελικά θα μεταβεί από την στρωτή κατάσταση στην τυρβώδη, όπου πλέον κυρίαρχο ρόλο στην μεταφορά θερμότητας δεν έχει το μοριακό στρώμα αλλά οι στρόβιλοι που δημιουργούνται.



Σχήμα 2.1: (α) Στρωτή ροή πάνω από επίπεδη επιφάνεια χωρίς διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ρευστού και επιφάνειας
 (β) Στρωτή ροής πάνω από επίπεδη επιφάνεια με διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ρευστού και επιφάνειας



Σχήμα 2.2: Περιγραφή εξαναγκασμένης πραγματικής ροής σε επίπεδη επιφάνεια με διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και ρευστού

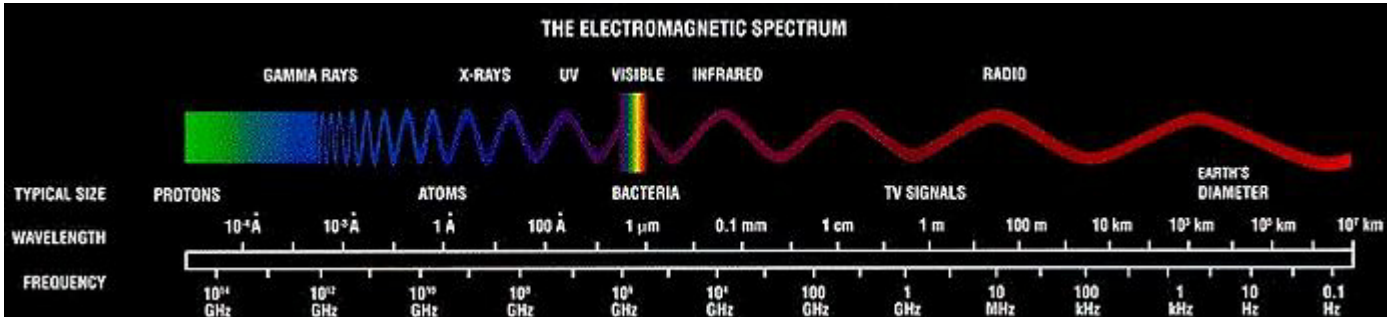


Σχήμα 2.3: Ελεύθερη ροή κατά μήκος κατακόρυφου τοίχου λόγω ανωστικών δυνάμεων που οφείλονται σε διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αέρα και τοίχου

2.1.3. Ακτινοβολία

Ένα σώμα το οποίο βρίσκεται σε μία θερμοκρασία T ανταλλάσσει ποσά θερμότητας με το περιβάλλον του, ακόμα και όταν είναι φυσικά μονωμένο με αυτό π.χ. με κενό. Ο μηχανισμός αυτός ανταλλαγής θερμότητας, ονομάζεται μετάδοση ενέργειας με θερμική ακτινοβολία.

Η θερμική ακτινοβολία είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία η οποία καλύπτει όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Η υπέρυθρη ακτινοβολία, στη οποία εκπέμπουν σώματα που βρίσκονται σε συνήθεις θερμοκρασίες περιβάλλοντος, βρίσκεται μεταξύ της ορατής ακτινοβολίας και των μικροκυμάτων, δηλαδή μεταξύ 0.7 μm και 500 μm (σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Είναι γνωστό από την βασική φυσική η δυική φύση της ακτινοβολίας. Δηλαδή ότι αυτή η εκπεμπόμενη ενέργεια μπορεί να θεωρηθεί κατά δύο διαφορετικούς αλλά και συμπληρωματικούς τρόπους, κυματική θεώρηση και σωματιδιακή θεώρηση.

- Κυματική θεώρηση.

Σύμφωνα με αυτήν η ακτινοβολία είναι το αποτέλεσμα της ταυτόχρονης διάδοσης ενός ηλεκτρικού E πεδίου, και ενός κάθετου στο πρώτο μαγνητικού πεδίου H . Η ενέργεια μεταδίδεται στο χώρο κάθετα στα δύο αυτά πεδία και χαρακτηρίζεται από το άνυσμα Poiniting: $\mathbf{P} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$. Το μέτρο του ανύσματος αυτού εκφράζει την μονοχρωματική ροή η οποία περνάει κάθετα μέσα από την μονάδα επιφανείας.

- Σωματιδιακή θεώρηση

Σύμφωνα με αυτή η ακτινοβολία αποτελείται από σωματίδια μηδενικής αδρανειακής μάζας, ενέργειας W , η οποία συνδέεται με την συχνότητα f εκπομπής σύμφωνα με το νόμο του Planck: $W = h_p f$, όπου h_p η σταθερά του Planck $\{(6.6255 \pm 0.0001) 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}\}$.

Γενικά στις περιπτώσεις που μελετώνται ενεργειακά ισοζύγια συνηθίζεται η ακτινοβολία μελετάται με βάση την κυματική θεώρηση αυτής.

2.1.3.1. Ορισμοί μεγεθών και βασικοί νόμοι που διέπουν την ακτινοβολία

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούν βασικοί ορισμοί μεγεθών και οι νόμοι που διέπουν την ακτινοβολία

Ροή μονοχρωματικής ακτινοβολίας (F_λ) (σχήμα 2.5) ονομάζεται το ποσό της ενέργειας (dE) το οποίο διέρχεται από μία στοιχειώδη επιφάνεια (dA) στην μονάδα του χρόνου (dt) και ισούται με:

$$F_\lambda = dE_\lambda / (dA \cdot dt) \text{ (Watt/m}^2\text{)} \quad [2.5]$$

Η αναφορά γίνεται στην μονάδα επιφανείας, οπότε ονομάζεται μονοχρωματική πυκνότητα ροής ακτινοβολίας

Η ενέργεια που εκπέμπεται από μία απειροστή επιφάνεια dA κατανέμεται σε διάφορες διευθύνσεις και μήκη κύματος. Η διεύθυνση της διάδοσης συνήθως περιγράφεται με την βοήθεια της ζενίθιας γωνίας θ και του αζιμουθίου φ ενός σφαιρικού συστήματος συντεταγμένων με κέντρο την επιφάνεια στην οποία προσπίπτει η ακτινοβολία. Το μέγεθος,

$$d\omega = dA/r^2 = \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\varphi \quad [2.6]$$

είναι η απειροστή στερεά γωνία και ισούται με το ημίγιο της απειροστής επιφάνειας διάδοσης ($dA = r \cdot d\theta \cdot r \cdot \sin\theta \cdot d\varphi$) και του τετραγώνου της απόστασης από την επιφάνεια εκπομπής. Έτσι η μονοχρωματική ένταση ακτινοβολίας μπορεί να ορισθεί ως η ενέργεια ακτινοβολίας ανά μονάδα χρόνου, η προερχόμενη από δοθείσα διεύθυνση, ανά μονάδα επιφανείας κάθετα προς την διεύθυνση διάδοσης, ανά στερεά γωνία και ανά μήκος κύματος και δίδεται από τη σχέση:

$$I_\lambda(\theta, \varphi, \lambda) \equiv dE / (dt \cdot dA \cdot \cos\theta \cdot d\omega \cdot d\lambda) \quad [2.7]$$

Κατά συνέπεια, για την μονοχρωματική πυκνότητα ροής εκπεμπόμενης ενέργειας ακτινοβολίας, ολοκληρώνοντας ως προς όλες τις διευθύνσεις προκύπτει ότι:

$$F_\lambda = \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} I_\lambda(\theta, \varphi) \cos\theta \sin\theta \, d\theta \, d\varphi \quad [2.8]$$

Σε περίπτωση ισοτροπίας η ολοκλήρωση οδηγεί στη σχέση:

$$F_\lambda = \pi \cdot I_\lambda \quad [2.9]$$

Στη συνέχεια για τον υπολογισμό της συνολικής πυκνότητας ροής εκπεμπόμενης ενέργειας ακτινοβολίας, απαιτείται ολοκλήρωση και ως προς το μήκος κύματος:

$$F = \int_0^\infty F_\lambda \, d\lambda \quad [2.10]$$

Όσον αφορά την μελέτη της φασματικής κατανομής της εκπεμπόμενης ενέργειας ακτινοβολίας ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η εισαγωγή ενός πρότυπου σώματος του λεγόμενου μέλανος σώματος (σχήμα 2.6). Οι κυριότερες ιδιότητες αυτού του σώματος είναι ότι:

- απορροφά όλη την ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό
- για δεδομένη θερμοκρασία και δεδομένο μήκος κύματος εκπέμπει την μέγιστη δυνατή ενέργεια ακτινοβολίας και
- εκπέμπει ισότροπα.

Η φασματική κατανομή της εκπομπής ακτινοβολίας ενός μέλανος σώματος δίδεται από την συνάρτηση του Planck.

$$I_{\lambda, \max}(\lambda, T) = 2hc_0^2 / \{\lambda^5 [\exp(hc_0/\lambda kT) - 1]\} \quad [2.11]$$

όπου h και k είναι αντίστοιχα οι σταθερές Planck ($h=6.6256 \cdot 10^{-34}$ J s) και Boltzmann ($k=1.3805 \cdot 10^{-23}$ J/K). Θεωρώντας ισοτροπική εκπομπή η συνάρτηση του Planck οδηγεί στην μέγιστη δυνατή πυκνότητα ροής εκπεμπόμενης ενέργειας ακτινοβολίας που δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$F_{\lambda_{\max}(\lambda, T)} = C_1 / \{\lambda^5 [\exp(C_2/\lambda T) - 1]\} \quad [2.12]$$

με $C_1 = 2h \cdot c_0^2 = 3.742 \cdot 10^8$ W $\mu\text{m}^4/\text{m}^2$ και $C_2 = h \cdot c_0/k = 1.439 \cdot 10^4$ $\mu\text{m} \cdot \text{K}$.

Αξιοσημείωτες είναι οι εξής ιδιότητες αυτής της φασματικής κατανομής:

- Η μονοχρωματική ένταση ακτινοβολίας υπόκειται σε συνεχή μεταβολή με το μήκος κύματος
- Για κάθε μήκος κύματος η μονοχρωματική ένταση ακτινοβολίας αυξάνει με την θερμοκρασία.
- Η φασματική περιοχή που επικεντρώνεται η ακτινοβολία εξαρτάται από την θερμοκρασία και μετατοπίζεται προς μικρότερα μήκη κύματος αυξανόμενης της θερμοκρασίας.
- Η μέγιστη ένταση ακτινοβολίας εμφανίζεται στο μήκος κύματος

$$\lambda_{\max} = C_3/T \quad [2.13]$$

με $C_3 = 2897.6$ $\mu\text{m} \cdot (\text{K})$. Η τελευταία εξίσωση εκφράζει το νόμο μετατόπισης του Wien.

Με ολοκλήρωση σε όλα τα μήκη κύματος προκύπτει η συνολική πυκνότητα ροής εκπεμπόμενης ενέργειας ακτινοβολίας του μέλανος σώματος που αποτελεί τον νόμο των Stefan-Boltzman:

$$F = \sigma \cdot T^4 \quad [2.14]$$

όπου η σταθερά $\sigma = 2\pi^5 \cdot k^4 / (15c_0^2 \cdot h^3) = 5.67 \cdot 10^{-8}$ W/($\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$) καλείται σταθερά Stefan-Boltzman που ορίζει την σταθερά ακτινοβολίας του μέλανος σώματος.

Το μέλαν σώμα, όπως αναφέρθηκε, είναι ένα πρότυπο σώμα το οποίο δεν απαντάται πουθενά πραγματικά στην φύση. Οι επιφάνειες των πραγματικών σωμάτων απορροφούν μόνο ένα μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε αυτές και επίσης εκπέμπουν λιγότερο απ' ό,τι αντίστοιχες μελανές επιφάνειες (σχήμα 2.7). Αγνοώντας φαινόμενα ανισοτροπίας, σε πρακτικές εφαρμογές συχνά χρησιμοποιείται ο μονοχρωματικός βαθμός εκπομπής.

$$\epsilon_{\lambda}(\lambda, T) = (F_{\lambda}(\lambda, T)) / (F_{\lambda_{\max}}(\lambda, T)) \quad [2.15]$$

ή συνηθέστερα χρησιμοποιείται ο συνολικός βαθμός εκπομπής του λεγόμενου φαιού σώματος ο οποίος προκύπτει από τον προηγούμενο με ολοκλήρωση σε όλα τα μήκη κύματος.

$$\varepsilon(T) = (F(T)) / (F_{\max}(T)) \quad [2.16]$$

Επομένως και ο νόμος των Stefan-Boltzmann για μία πραγματική επιφάνεια δίνεται από την σχέση

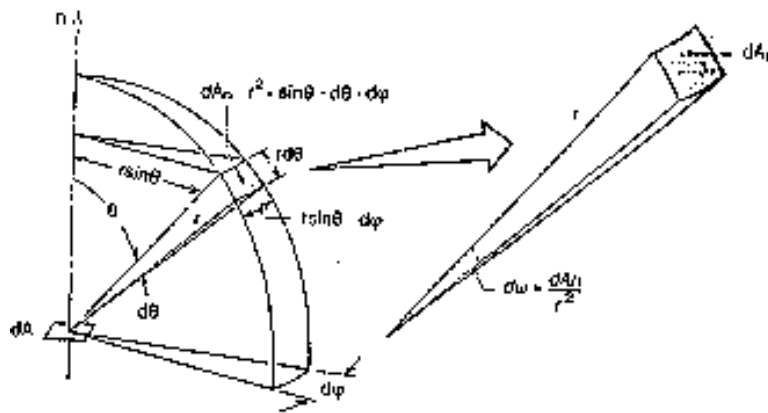
$$F = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad [2.17]$$

Το ποσοστό απορρόφησης της ακτινοβολίας που προσπίπτει σε επιφάνειες πραγματικών σωμάτων προσδιορίζεται από τον μονοχρωματικό βαθμό απορρόφησης α_λ , συνήθως με την παραδοχή ιστροπικής συμπεριφορά. Όπως και στην περίπτωση του βαθμού εκπομπής, συνήθως χρησιμοποιείται ο συνολικός βαθμός απορρόφησης (α). Αξίζει να αναφερθεί ότι, σε αντίθεση με τον βαθμό εκπομπής, ο βαθμός απορρόφησης στις περισσότερες πρακτικές εφαρμογές μπορεί να θεωρηθεί ανεξάρτητος της θερμοκρασίας της επιφάνειας στην οποία προσπίπτει η ακτινοβολία.

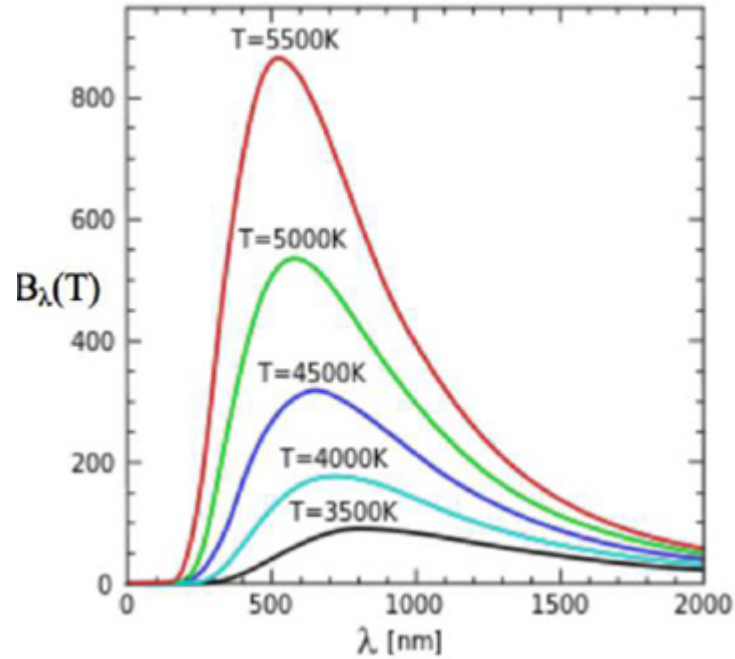
Το ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που δεν απορροφάται από την επιφάνεια, είτε την διαπερνά, είτε ανακλάται. Εισάγοντας αντίστοιχα τους συνολικούς βαθμούς ανάκλασης (r) και διαπερατότητας (t) προκύπτει τελικά η ακόλουθη εξίσωση:

$$\alpha + r + t = 1 \quad [2.18]$$

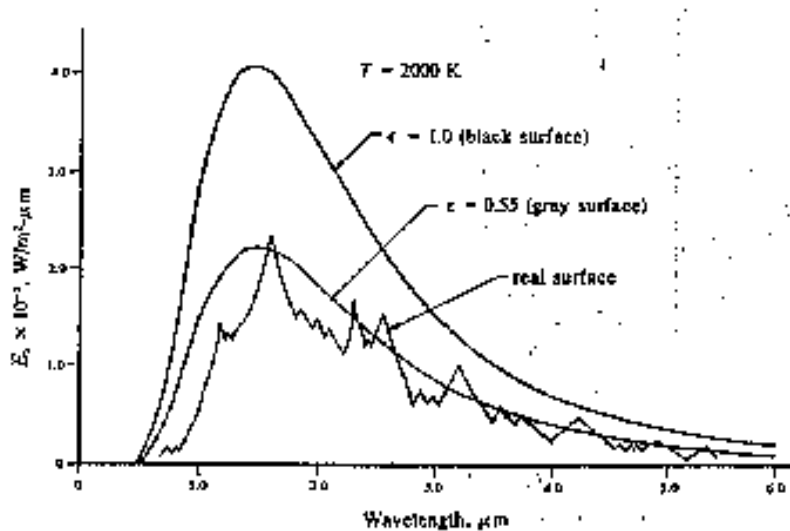
Αν η εξεταζόμενη επιφάνεια είναι αδιαπέραστη στην ακτινοβολία είναι προφανές ότι $t=0$



Σχήμα 2.5: Γεωμετρική αποτύπωση προσδιορισμού μονοχρωματική ένταση ακτινοβολίας.



Σχήμα 2.6: Φασματική ανάλυση ενέργειας εκπομπής για μέλαν σώμα για διάφορες θερμοκρασίες εκπομπής (νόμος μετατόπισης του Wien.)



Σχήμα 2.7: Φασματική ανάλυση ενέργειας εκπομπής για διάφορες κατηγορίες επιφανειών για επιφανειακή θερμοκρασία 2000 °K.

2.1.3.2. Ανταλλαγή ακτινοβολίας μεταξύ σωμάτων

Στα προβλήματα που συναντώνται στην πράξη, όπως και στο ενεργειακό ισοζύγιο της αστικής χαράδρας που θα αναλυθεί στο τρίτο κεφάλαιο, το ποσό της θερμότητας το οποίο ανταλλάσσεται μεταξύ των επιφανειών εξαρτάται από την γεωμετρία της εξεταζόμενης περίπτωσης. Η επίδραση αυτή της γεωμετρίας λαμβάνεται υπ' όψη με την εισαγωγή μίας παραμέτρου που ονομάζεται παράγοντας μορφής ή όψης. Ο παράγοντας μορφής μεταξύ δύο επιφανειών ορίζεται σαν το πηλίκο της ακτινοβολούμενης ενέργειας η οποία φεύγει από τη μία επιφάνεια και φθάνει στην δεύτερη επιφάνεια ως προς την συνολικά

εκπεμπόμενη στον χώρο ακτινοβολία από την πρώτη, θεωρώντας ότι οι δύο επιφάνειες εκπέμπουν και απορροφούν ισότροπα. Η γενική αντιμετώπιση του προβλήματος γίνεται με τον προσδιορισμό του παράγοντα μορφής μεταξύ δύο απειροστών επιφανειών. Θεωρώντας λοιπόν δύο στοιχειώδεις επιφάνειες dA_1 και dA_2 , η ενέργεια στη μονάδα του χρόνου $dW_{1 \rightarrow 2}$ η οποία εκπέμπεται από την επιφάνεια dA_1 και προσπίπτει στην επιφάνεια dA_2 δίνεται από την σχέση:

$$dW_{1 \rightarrow 2} = F_1 \cos \varphi_1 dA_1 d\omega_{1 \rightarrow 2} \quad [2.19]$$

όπου $d\omega_{1 \rightarrow 2}$ η στερεά γωνία η οποία ορίζεται από την επιφάνεια με την οποία βλέπει την επιφάνεια dA_1 η επιφάνεια dA_2 . Η στερεά αυτή γωνία ισούται με,

$$d\omega_{1 \rightarrow 2} = \cos \varphi_2 dA_2 / r^2 \quad [2.20]$$

Η ολική ενέργεια που εκπέμπεται από την dA_1 είναι:

$$dW_1 = \pi \cdot F_1 \cdot dA_1 \quad [2.21]$$

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο παράγοντας μορφής $F_{dA_1 \rightarrow dA_2}$ ορίζεται ως ο λόγος $d\Phi_{1 \rightarrow 2} / d\Phi_1$ οπότε:

$$F_{dA_1 \rightarrow dA_2} = \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot dA_2 / (\pi \cdot r^2) \quad [2.22]$$

Από την τελευταία σχέση γίνεται αντιληπτό ότι αν θεωρηθεί ισοτροπική εκπομπή και απορρόφηση της ακτινοβολίας από δύο στοιχειώδεις επιφάνειες, ο παράγοντας μορφής τους εξαρτάται μόνο από τα γεωμετρικά στοιχεία της κάθε εξεταζόμενης περίπτωσης

Εφαρμόζοντας τον παραπάνω τύπο για διάφορους γεωμετρικούς σχηματισμούς μπορεί να προσδιορισθεί ο συντελεστής μορφής, είτε με αναλυτική, είτε με αλγεβρική μέθοδο.

2.1.4. Μετατροπή φάσης

Οι συνηθέστεροι μηχανισμοί μετατροπής φάσης είναι δύο: η εξάτμιση και η υγροποίηση. Για να προσδιοριστεί η μετάδοση θερμότητας με μετατροπή φάσης χρησιμοποιείται η ίδια λογική όπως και στην απλή μεταφορά:

$$Q_e = h \cdot A \cdot (T_s - T_{sat}) \quad [2.23]$$

όπου,

h ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας,

T_s η θερμοκρασία της θερμαινόμενη (ή ψυχόμενη) επιφάνειας και

T_{sat} η θερμοκρασία του κορεσμένου υγρού.

Δεδομένου ότι η αλλαγή φάσης έχει σαν αποτέλεσμα να μεταβάλλονται η πυκνότητα, το ιξώδες, η ειδική θερμότητα και η θερμική αγωγιμότητα του ρευστού και ταυτόχρονα να απελευθερώνεται (υγροποίηση) ή να απορροφάται (συμπύκνωση) η

λανθάνουσα θερμότητα του, ο συντελεστής h ο οποίος χρησιμοποιείται είναι πολύ πιο σύνθετος από αυτόν της απλής μεταφοράς.

2.2. Είδη ακτινοβολίας στο φυσικό περιβάλλον

Η ακτινοβολία στο φυσικό περιβάλλον μπορεί να χωριστεί ανάλογα με την πηγή προέλευσής της στην μικρού (ήλιος) και μεγάλου (γη, ατμόσφαιρα) μήκους κύματος ακτινοβολία.

2.2.1. Μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία

Η μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης προσδιορίζεται από την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στα όρια της ατμόσφαιρας και από την αλληλεπίδρασή της με την ατμόσφαιρα. Γενικά μπορεί να χωριστεί σε άμεση και διάχυτη των οποίων το άθροισμά τους δίνει την ολική ακτινοβολία, μέρος της οποίας ανακλάται από την επιφάνεια της Γης και ορίζεται ως ανακλώμενη ακτινοβολία. Κύριος παράγοντας διαμόρφωσής της είναι η γεωμετρία του συστήματος ήλιου – Γης και ήλιου-επιφανείας.

2.2.1.1. Γεωμετρία ήλιου -Γης

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι η κύρια πηγή ενέργειας για το σύστημα «γη-ατμόσφαιρα» και καθορίζει σε σημαντικότατο βαθμό τον καιρό και γενικότερα το κλίμα μιας περιοχής, αφού διαμορφώνει το ενεργειακό της ισοζύγιο που είναι η γενεσιουργός αιτία της μεταβλητότητας των καιρικών και κλιματικών παραμέτρων.

Ο ήλιος όπως κάθε σώμα εκπέμπει ακτινοβολία, η οποία προσεγγίζει πολύ καλά την συμπεριφορά μέλανος σώματος το οποίο βρίσκεται σε θερμοκρασία 6000 °K. Το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε ένα τόπο εξαρτάται άμεσα από την σχηματιζόμενη γεωμετρία από το σύστημα «ήλιου-τόπου». Σε όλη την διεθνή βιβλιογραφία έχει καθιερωθεί η μελέτη του συστήματος να γίνεται με την χρήση ενός σφαιρικού συστήματος συντεταγμένων με κέντρο, το κέντρο της γης. Στο σχήμα 2.8 απεικονίζεται αυτή η γεωμετρία όπου:

φ : το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας, το οποίο ορίζεται ως η γωνία μεταξύ του ισημερινού επιπέδου και του τόπου (σημειώνεται με X). Παίρνει θετικές τιμές στο βόρειο ημισφαίριο (0 ως 90°) και αρνητικές στο νότιο (0° ως -90°).

δ : η γωνία ηλιακής απόκλισης, η οποία ορίζεται ως η γωνία μεταξύ των ακτινών του ήλιου και του ισημερινού επιπέδου.

Z : η ζενίθια γωνία, η οποία είναι η γωνία μεταξύ των ακτινών του ήλιου και της κατακόρυφου του τόπου. Η συμπληρωματική γωνία είναι η **β** , που ονομάζεται ύψος του ήλιου και ορίζεται ως η γωνία μεταξύ του οριζοντα του τόπου και των ακτινών του ήλιου.

h : η ωριαία γωνία, που ορίζεται ως η γωνία με την οποία πρέπει να περιστραφεί η Γη ώστε ο μεσημβρινός του τόπου να βρεθεί στην ίδια ευθεία με την προβολή της ακτίνας «Γης – ήλιου» στον τόπο και είναι συνάρτηση της ώρας της ημέρας.

Ω το ηλιακό αζιμούθιο, που είναι η γωνία μεταξύ της προβολής στο οριζόντιο επίπεδο του τόπου, της ευθείας που ενώνει τον ήλιο με τον τόπο και την διεύθυνση του βορρά. Η γωνία αυτή παίρνει τιμές μεταξύ 0° και 360° κινούμενοι δεξιόστροφα, με αρχή τον βορρά

Η σφαιρική τριγωνομετρία δίνει τις ακόλουθες σχέσεις :

$$\cos Z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cosh = \sin \beta \quad [2.24]$$

$$\cos \Omega = (\sin \delta \cdot \cos \varphi - \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cosh) / \sin Z \quad \text{για } t < 12$$

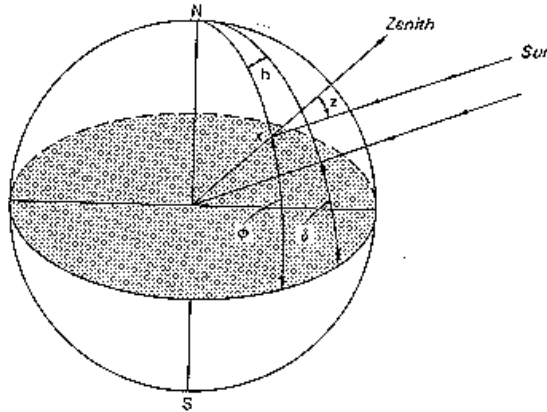
$$\eta \cos\Omega = 360 - (\sin\delta \cdot \cos\phi - \cos\delta \cdot \sin\phi \cdot \cos h) / \sin Z \quad \text{για } t > 12 \quad [2.25]$$

όπου t είναι η τοπική ηλιακή ώρα

Η ηλιακή απόκλιση εξαρτάται μόνο από την ημέρα του χρόνου. Μία πρώτη προσέγγιση υπολογισμού της ηλιακής απόκλισης δίνεται από την σχέση:

$$\delta = -23.4 \cos[360(t_j + 10)/365] \quad [2.26]$$

όπου t_j είναι η Ιουλιανή μέρα (1-365) ενώ η ωριαία γωνία δίνεται από την σχέση $h = 15(12 - t)$



Σχήμα 2.8: Σχηματική αποτύπωση της γεωμετρίας μεταξύ ήλιου και γης.

2.2.1.2. Γεωμετρία ήλιου-επιφάνειας

Η αναφορά στη γεωμετρία ήλιου - επιφάνειας σκοπό έχει να δείξει την διαφοροποίηση που παρατηρείται στην προσλαμβανόμενη, από την επιφάνεια, ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με την κλίση της επιφάνειας. Αν θεωρηθεί μία μη οριζόντια επιφάνεια σε ένα συγκεκριμένο τόπο η οποία παρουσιάζει μία κλίση s ως προς το οριζόντιο επίπεδο και η κάθετη, που χαρακτηρίζει την επιφάνεια, απέχει κατά γωνία ψ (αζιμούθιο επιφάνειας) από τον νότιο προσανατολισμό του τόπου, ενώ το ύψος του ήλιου είναι β και το ηλιακό αζιμούθιο Ω , τότε το συνημίτονο της σχηματιζόμενης γωνίας μεταξύ της καθέτου στην επιφάνεια και της διεύθυνσης των ακτινών του ήλιου (i) δίνεται από την σχέση

$$\cos(i) = \cos(\Omega - s) \cdot \cos(\delta) \cos(\psi) + \sin(\Omega - s) \cdot \sin(\delta) \quad [2.26]$$

Στην περίπτωση που η επιφάνεια είναι κατακόρυφη ($s = 90^\circ$) τότε η σχέση γίνεται:

$$\cos(i) = -\sin(\Omega) \cdot \cos(\delta) \cos(\psi) + \cos(\Omega) \cdot \sin(\delta) \quad [2.27]$$

Από τις δύο τελευταίες σχέσεις γίνεται αντιληπτή η σημαντική διαφορά της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία οριζόντια και σε μία κάθετη επιφάνεια, δεδομένου ότι διαφοροποιείται σημαντικά η γωνία πρόσπτωσης. Γενικά, η γωνία πρόσπτωσης σε οριζόντια επιφάνεια, κατά το τοπικό μεσημέρι, για τα μέσα και μικρά γεωγραφικά πλάτη είναι μικρή σε σχέση με την αντίστοιχη γωνία μίας κατακόρυφης επιφάνειας. Στην κατακόρυφη επιφάνεια η γωνία πρόσπτωσης είναι μικρή κατά την ανατολή ή την δύση του ήλιου ανάλογα με τον προσανατολισμό της επιφάνειας.

2.2.1.3. Άμεση ηλιακή ακτινοβολία

Για τον προσδιορισμό της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ορίζεται η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ως μέτρο αυτής μπορεί να θεωρηθεί η ηλιακή σταθερά (F_0), η οποία ορίζεται ως η ροή της ηλιακής ακτινοβολίας η οποία προσπίπτει κάθετα σε μία επιφάνεια όταν αυτή βρίσκεται στα όρια της ατμόσφαιρας και η γη βρίσκεται στην μέση απόστασή της από τον ήλιο ($1pc=1,496 \times 10^8$ Km). Από διάφορους ακριβείς υπολογισμούς και μετρήσεις έχει προκύψει ότι η ηλιακή σταθερά ισούται με $F_0=1368W/m^2$. Υπάρχουν ενδείξεις για περιοδική διακύμανση της τιμής της που σχετίζεται με την περιοδικότητα της ηλιακής δραστηριότητας (11ετής κύκλος). Το πραγματικό ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που λαμβάνει μια οριζόντια επιφάνεια εξαρτάται κύρια από την ζενίθια γωνία του ηλίου καθώς και από το τετράγωνο του λόγου της μέσης ως προς την πραγματική απόσταση της γης από τον ήλιο (dm/d). Συνδυάζοντας τους δύο παραπάνω παράγοντες η πυκνότητα ροής της ηλιακής ακτινοβολίας για μία οριζόντια επιφάνεια στα όρια της ατμόσφαιρας ανά πάσα χρονική στιγμή δίνεται από την σχέση:

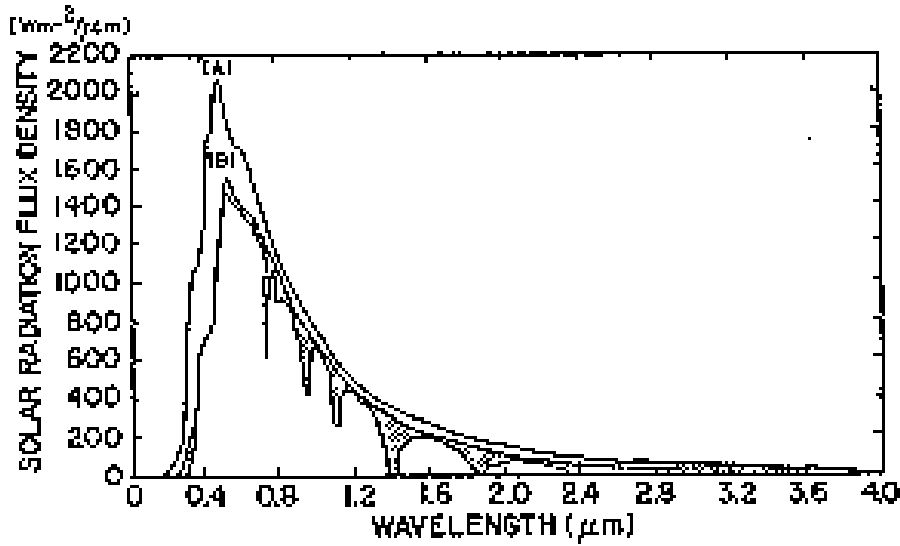
$$F = F_0 \cdot (dm/d)^2 \cdot \cos(z) \quad [2.28]$$

Για δεδομένη ημερομηνία και ώρα και για γνωστό γεωγραφικό πλάτος, η ζενίθια γωνία του ηλίου (z) και ο λόγος dm/d μπορούν να υπολογιστούν από γνωστές αστρονομικές σχέσεις ή πίνακες, και έτσι με την χρήση της προηγούμενης σχέσης να υπολογισθεί και η πυκνότητα ροής της ακτινοβολίας στα όρια της ατμόσφαιρας (F).

Η πυκνότητα ροής που λαμβάνει η επιφάνεια της γης είναι μικρότερη από αυτή στα όρια της ατμόσφαιρας λόγω εξασθένησής της κατά την διέλευσή της από την ατμόσφαιρα. Ο κυριότερος παράγοντας εξασθένησης είναι τα σύννεφα (κυρίως από τα χαμηλά *ciptus*) στα οποία παρατηρείται ανάκλαση και απορρόφηση, με αποτέλεσμα η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος να είναι σημαντικά εξασθενημένη. Επίσης σημαντική μεταβλητότητα παρατηρείται όταν στον ουρανό εμφανίζονται διασκορπισμένα και συνεχώς μετακινούμενα νέφη. Ο δεύτερος σημαντικός παράγοντας που ευθύνεται για την εξασθένηση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διέλευσή της από την ατμόσφαιρα είναι η ατμοσφαιρική διατάρραξη (*turbidity*). Με τον όρο αυτόν εννοούνται όλες εκείνες οι καταστάσεις της ατμόσφαιρας (εκτός των νεφών) που οδηγούν σε μείωση της διαπερατότητά της στην ηλιακή ακτινοβολία. Το κυριότερο αίτιο αυτής της μείωσης είναι η ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων τα οποία μπορεί να είναι γύρη, καπνός, σκόνη, σταγονίδια κ.τ.λ. Τα σωματίδια που παρεμβάλλονται στον δρόμο της ηλιακής ακτινοβολίας ένα μέρος της το ανακλούν ενώ ένα άλλο το διαχέουν. Τα μεγάλα στερεά σωματίδια ανακλούν κυρίως της ηλιακή ακτινοβολία με ομοιόμορφο σχεδόν τρόπο για όλα τα μήκη κύματος (σκέδαση *Mie*). Έτσι στις πόλεις που παρατηρείται πολλές φορές μεγάλη συγκέντρωση τέτοιων σωματιδίων ο ουρανός είναι λευκού χρώματος. Αντίθετα τα μόρια της ατμόσφαιρα και τα πολύ μικρά σωματίδιά της σκεδάζουν κυρίως την ηλιακή ακτινοβολία, σύμφωνα με τον νόμο του *Rayleigh*. Η σκέδαση είναι αντιστρόφως ανάλογη της τέταρτης δύναμης του μήκους κύματος. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο ουρανός να έχει το γνωστό γαλάζιο χρώμα μίας και το μικρού μήκους κύματος χρώμα (ιώδες) υφίσταται μεγαλύτερη σκέδαση από την ατμόσφαιρα.

Ακόμα και σε ανέφελο ουρανό και σε μη διαταραγμένη ατμόσφαιρα, αέρια που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, όπως το όζον, το διοξείδιο του άνθρακα, οι υδρατμοί και τα οξείδια του αζώτου, απορροφούν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας σε συγκεκριμένα μήκη κύματος, με το όζον να απορροφά το μεγαλύτερο ποσό της εξαιρετικά βλαβερής για τους οργανισμούς υπεριώδους ακτινοβολίας. Ο συνδυασμός των παραπάνω φαινομένων φαίνεται στο σχήμα 2.9. Η πρώτη καμπύλη (A)

παρουσιάζει την φασματική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στα όρια της ατμόσφαιρας, ενώ η δεύτερη καμπύλη (B) παρουσιάζει την αντίστοιχη ανάλυση στην επιφάνεια της γης. Το γκρι τμήμα αντιστοιχεί στην απορρόφηση που υφίσταται η ηλιακή ακτινοβολία από τα διάφορα αέρια (O_3 , O_2 , CO_2 , H_2O). Το υπόλοιπο τμήμα μεταξύ των δύο καμπύλων οφείλεται στην μείωση της ακτινοβολίας λόγω σκέδασης.



Σχήμα 2.9: Φασματική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στα όρια της ατμόσφαιρας[A] και στην επιφάνεια της γης.

2.1.2.4. Ανακλώμενη ακτινοβολία

Ένα σημαντικό ποσοστό της προσπίπτουσας στο έδαφος ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται από αυτήν. Το ποσοστό αυτό εξαρτάται από την ανακλαστικότητα της επιφανείας στην ηλιακή ακτινοβολία, η γνώση της οποίας καθώς και οι μεταβολές που υφίσταται είτε σε εποχιακό, είτε σε μακροπρόθεσμο επίπεδο (κυρίως λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης), παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον μιας και μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το ενεργειακό ισοζύγιο κοντά στην επιφάνεια, αλλά και στην ατμόσφαιρα με σημαντικές μετεωρολογικές και κλιματικές διαφοροποιήσεις. Η συνεχή παρακολούθηση της ανακλαστικότητας γίνεται με την χρήση πλέον των δορυφορικών συστημάτων. Χαρακτηριστικές τιμές λευκαύγεια (συντελεστή ανακλαστικότητας) δίνονται στον πίνακα 2.1. Γενικά τα βραχώδη εδάφη, η άμμος και το γυμνό έδαφος παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ανακλαστικότητα 10-45% με τις μεγαλύτερες τιμές να παρατηρούνται στις έρημους. Οι ανακλαστικότητες για τις περισσότερες από τις επιφάνειες που καλύπτονται με πράσινο μειώνονται στο 10-25%. Εάν τώρα στο έδαφος υπάρχει υγρασία η λευκαύγεια μειώνεται ενώ η ύπαρξη χιονιού την αυξάνει. Θα πρέπει να τονισθεί ότι η ανακλαστικότητα των επιφανειών που είναι καλυμμένες με βλάστηση παρουσιάζουν μεταβλητότητα κατά την διάρκεια της ημέρας με τις μεγαλύτερες τιμές κατά της μεσημεριανές ώρες και τις μικρότερες τιμές κατά την ανατολή και την δύση του ηλίου. Επίσης παρουσιάζεται και εποχική διακύμανση που σχετίζεται με το στάδιο ανάπτυξης της βλάστησης.

Τέλος στην περίπτωση που υπάρχει πυκνή νέφωση (stratus, stratocumulus, nimbostratus) το μεγαλύτερο ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας δεν φτάνει στο έδαφος λόγω της υψηλής ανακλαστικότητας της κορυφής των νεφών ($\alpha=0.6-0.8$)

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικές τιμές λευκαύγειας τυπικών επιφανειών στην επιφάνεια της γης. (Πηγές: Bretz et al 1992 , Baker 1980 , Oke 1983 , Martin et al 1989).

Είδος επιφάνειας	Τυπική τιμή λευκαύγειας
Άσφαλτος	0,04-012
Κωνοφόρο δάσος	0,08
Κανονικό χώμα	0,30
Στεγνό γρασίδι	0,30
Ανοιχτόχρωμη άμμος	0,40-0,60
Τσιμέντο	0,55
Χιόνι	0,80-0,90
Φυλλοβόλα φυτά	0,2-0,30
Φυλλοβόλα δάση	0,15-0,20
Καλλιεργημένο έδαφος	0,20
Υγρή άμμος	0,10-0,20
Ξύλο (δρυς)	0,10
Σκούρο επεξεργασμένο χώμα	0,07-0,10
Προστατευτικό κάλυμμα χλόης και φυλλωμάτων	0,05

Διάχυτη ακτινοβολία

Η διάχυτη ακτινοβολία ορίζεται ως το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης αφού σκεδασθεί από τα μόρια και τα αιωρούμενα σωματίδια της ατμόσφαιρας. Σε συνθήκες νέφωσης συμπεριλαμβάνεται και το ποσό της ακτινοβολίας που ανακλάται από τα νέφη. Γενικά μπορεί να θεωρηθεί ως η προσπίπτουσα ακτινοβολία στην επιφάνεια σε συνθήκες σκίασης. Πριν την ανατολή και μετά την δύση του ηλίου όλη η μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία είναι διάχυτη ακτινοβολία. Ο λόγος της διάχυτης προς την ολική ακτινοβολία μεταβάλλεται ημερησίως, εποχικά και με το γεωγραφικό πλάτος. Στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία είναι πολύ σημαντική, ενώ ακόμα και στα μέσα γεωγραφικά πλάτη αποτελεί το 30 με 40% της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας.

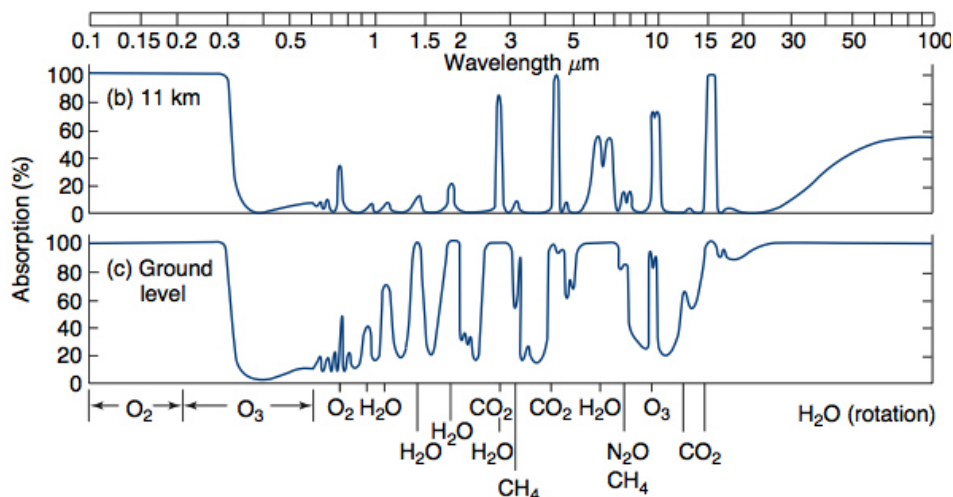
2.2.2. Μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία

Οι πηγές της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία είναι η ατμόσφαιρα και η επιφάνεια της γης

2.2.2.1. Γήινη ακτινοβολία

Όπως είναι γνωστό όλες οι επιφάνειες ανάλογα με την θερμοκρασία τους εκπέμπουν ακτινοβολία, με πυκνότητα ροής που δίνεται από τον νόμο των Stefan-Boltzmann. Είναι γνωστό ότι για τις περισσότερες επιφάνειες του φυσικού περιβάλλοντος ο συντελεστής εκπομπής κυμαίνεται από 0.9 ως 1. Έτσι γνωρίζοντας την επιφανειακή θερμοκρασία και έχοντας μία εκτίμηση για την ικανότητα εκπομπής της επιφάνειας υπολογίζεται με ακρίβεια περίπου 90% η πυκνότητα ροής της ακτινοβολίας. Δυσκολίες προκύπτουν στον προσδιορισμό της επιφανειακής θερμοκρασίας όταν η επιφάνεια είναι εξαιρετικά ανομοιογενής, όπως συμβαίνει σε φυτοκαλυμμένες εκτάσεις ή σε αστικές περιοχές. Σε αυτές τις περιπτώσεις συνιστάται η μέτρησή της, για τον προσδιορισμό της πυκνότητας ροής της ακτινοβολία.

Κατά την διέλευσή της γήινης ακτινοβολίας μέσα από την ατμόσφαιρα, ένα μεγάλο τμήμα της απορροφάται από τα διάφορα αέρια της ατμόσφαιρας (υδρατμοί, CO_2 , NO_x , CH_4 , O_3). Κυριότεροι απορροφητές, στην ατμόσφαιρα, της γήινης ακτινοβολίας είναι οι υδρατμοί και το CO_2 όπου με την επανεκπομπή μέρος της ακτινοβολίας από αυτούς προς την γη μειώνεται η διαφυγή της προς το διάστημα δημιουργώντας το γνωστό φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το μόνο τμήμα της υπέρυθρης ακτινοβολίας της γης που μπορεί να διαφύγει σχεδόν ανεπηρέαστο από ανέφελο ουρανό είναι αυτό μεταξύ των 8 και 11 μm το οποίο ονομάζεται ατμοσφαιρικό παράθυρο (σχήμα 2.10).



Σχήμα 2.10 : Συντελεστής απορρόφησης αερίων ατμόσφαιρας για διάφορα μήκη κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας το οποίο ονομάζεται ατμοσφαιρικό παράθυρο.

2.2.2.2. Ατμοσφαιρική ακτινοβολία

Από την μέχρι τώρα ανάλυση προκύπτει ότι η ατμόσφαιρα απορροφά σημαντικό ποσό της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας καθώς και μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα αέρια της ατμόσφαιρας και τα αερολύματα εκτός από το να απορροφούν, εκπέμπουν επίσης ακτινοβολία. Η εκπεμπόμενη από τα αέρια ακτινοβολία εξαρτάται κυρίως από την κατακόρυφη κατανομή της συγκέντρωσής τους και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Θα πρέπει να τονισθεί, όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.10, ότι τόσο η απορρόφηση όσο και η εκπομπή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία από την ατμόσφαιρα, γίνεται σε συγκεκριμένα εύρη μηκών κύματος. Όλα τα επίπεδα της ατμόσφαιρας συμμετέχουν σε διαφορετικό βαθμό στην απορρόφηση και στην εκπομπή της ακτινοβολίας αλλά το τμήμα της ατμόσφαιρας με την μεγαλύτερη συμμετοχή λόγω της αυξημένης περιεκτικότητάς της σε υδρατμούς και σε CO_2 , είναι το ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα. Η ύπαρξη νεφών παίζει καθοριστικό ρόλο στο ποσό της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπει η ατμόσφαιρα. Είναι γνωστό ότι τα νέφη εκπέμπουν προς την γη σχεδόν ως μέλανα σώματα με θερμοκρασία εκπομπής περίπου ίση με αυτή της βάσης του νέφους. Βεβαίως μέρος αυτής της ακτινοβολίας πριν φτάσει στην επιφάνεια της γης απορροφείται από τους υδρατμούς και το CO_2 . Γενικά ο υπολογισμός της ατμοσφαιρικής ακτινοβολίας είναι πολύπλοκος ακόμα και αν είναι γνωστή η κατανομή των υδρατμών, του CO_2 και της θερμοκρασίας. Κατόπιν αυτού για αξιόπιστα αποτελέσματα είναι προτιμότερο η μέτρησή της.

2.3. Ατμοσφαιρικό Οριακό Στρώμα – Κίνηση του αέρα

Η ατμόσφαιρα με την επιφάνεια της γης αποτελούν ένα σύστημα που δέχεται ενέργεια από τον ήλιο με μορφή ηλιακής ακτινοβολίας. Η επίδραση της ακτινοβολίας στο σύστημα και η αλληλεπίδραση της Γης με την ατμόσφαιρα οδηγεί, μέσω της τεσσάρων τρόπων μετάδοσης θερμότητας, στην ανακατανομή της θερμότητας και των ατμοσφαιρικών κινήσεων στο

εσωτερικό του συστήματος. Οι παράγοντες αυτοί είναι εκείνοι που διαμορφώνουν τα καιρικά φαινόμενα και το κλίμα στην επιφάνεια της γης.

2.3.1. Πλανητικό ή ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα (Α.Ο.Σ.)

Τα φαινόμενα αλληλεπίδρασης μεταξύ ατμόσφαιρας και επιφάνειας της γης περιορίζονται στα πρώτα 10 Km αυτής, στην αποκαλούμενη τροπόσφαιρα. Για χρονική περίοδο της τάξεως μίας μέρας η αλληλεπίδραση αυτή περιορίζεται σε ένα σημαντικά μικρότερο στρώμα το οποίο ονομάζεται ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα (Α.Ο.Σ.). Το στρώμα αυτό ορίζεται από την επιφάνεια της γης μέχρι του ύψους όπου η τριβή λόγω της τραχύτητας της επιφανείας πρακτικά μηδενίζεται και ο άνεμος γίνεται γεωστροφικός, δηλαδή στο επίπεδο εκείνο όπου η δύναμη Coriolis εξισορροπεί την δύναμη βαροβαθμίδας. Το στρώμα αυτό χαρακτηρίζεται από σημαντική ομοιογένεια που οφείλεται στην τυρβώδη ανάμιξή του, λόγω των στροβίλων που δημιουργούνται, είτε λόγω της τραχύτητάς του εδάφους, είτε λόγω της διαφοράς ανωστικών δυνάμεων μεταξύ αερίων μαζών διαφορετικής μέσης θερμοκρασίας. Το βάθος του στρώματος αυτού δεν είναι σταθερό και εξαρτάται από την ένταση της στροβιλώδους κίνησης στο εσωτερικό του λόγω της αλληλεπίδρασής του με την επιφάνεια της γης. Κατά την διάρκεια της μέρας λόγω θέρμανσης της επιφάνειας, οι αέριες μάζες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ανωστικών δυνάμεων δημιουργώντας έτσι έντονες κατακόρυφες κινήσεις. Αποτέλεσμα αυτού είναι το βάθος του στρώματος να κυμαίνεται από 1 ως 2 Km. Το βράδυ λόγω της έντονης ψύξης της επιφάνειας οι διαφορές ανωστικών δυνάμεων περιορίζονται σημαντικά οπότε το στρώμα αυτό περιορίζεται σε βάθος μικρότερο αρκετές φορές των 100 μέτρων. Θα πρέπει να τονισθεί ότι η επίδραση της τραχύτητας της επιφανείας του εδάφους και των εμποδίων που παρουσιάζονται σε αυτή, στην διαμόρφωση του βάθους τους Α.Ο.Σ. είναι γενικά μικρή, ιδιαίτερα για μικρές ταχύτητες ανέμου, σε σχέση με τις κατακόρυφες κινήσεις λόγω διαφοράς ανωστικών δυνάμεων.

Στο εσωτερικό του Α.Ο.Σ. διακρίνονται τρία επί μέρους στρώματα. Το επιφανειακό στρώμα, το στρώμα τραχύτητας και το μοριακό στρώμα.

- Το επιφανειακό στρώμα χαρακτηρίζεται από έντονες μικρής κλίμακας στροβιλώδης κινήσεις που οφείλονται στην τραχύτητα της επιφάνειας και την διαφορά ανωστικών δυνάμεων. Κατά την διάρκεια της ημέρας μπορεί να εκτείνεται μέχρι και τα 50 μέτρα πάνω από τα εμπόδια ροής που συνιστούν την τραχύτητα της επιφάνειας. Την νύκτα το στρώμα αυτό συρρικνώνεται σε βάθος μικρότερο των 5 μέτρων. Η μεταφορά ορμής, μάζας και θερμότητας γίνεται με ταχύ ρυθμό, σχεδόν σταθερό σε όλο το βάθος του, λόγω της έντονα τυρβώδους κίνησης.
- Το στρώμα τραχύτητας είναι το στρώμα εκείνο που βρίσκεται πάνω από τα εμπόδια τραχύτητας της επιφάνειας και εκτείνεται σε βάθος διπλάσιο ως τριπλάσιο του ύψους των εμποδίων. Η ροή σε αυτό είναι τελείως ακανόνιστη και εξαρτάται άμεσα από την τραχύτητα της επιφάνειας και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των εμποδίων που υπάρχουν σε αυτή, καθώς και από το μέτρο της έντασης του ανέμου πάνω από αυτό.
- Το μοριακό στρώμα εκτείνεται σε πάχος μερικών χιλιοστών γύρω από την επιφάνεια της γης. Η ροή σε αυτό είναι στρωτή και οι ανταλλαγές θερμότητας μάζας και ορμής γίνονται με μοριακές κινήσεις. Επειδή η μοριακή διάχυση είναι μία πολύ αργή διαδικασία και επειδή οι διαφορές της θερμοκρασίας και έντασης του ανέμου μεταξύ ατμόσφαιρας και επιφανείας είναι σημαντικές, οι βαθμίδες των μεγεθών αυτών μέσα σε αυτό το στρώμα είναι πολύ έντονες. Ουσιαστικά αποτελεί το μεταβατικό στρώμα μεταξύ της επιφάνειας και του κινούμενου ρευστού.

Η μελέτη του Α.Ο.Σ. περιλαμβάνει φαινόμενα με κλίμακα μήκους μικρότερη των 4Km και κλίμακα χρόνου περίπου μίας ώρας. Η μελέτη του πέρα από πειραματικές μετρήσεις πραγματοποιείται με την χρήση τριών βασικών μεθόδων:

- Την στοχαστική μέθοδο που ασχολείται με την στατιστική μελέτη της στροβιλώδους ροής.
- Την θεωρία ομοιότητας που ασχολείται με την εμφάνιση κοινής συμπεριφοράς πολλών φαινομένων που παρατηρούνται εμπειρικά και την οργάνωση των παραμέτρων τους σε ομάδες αδιάστατων μεγεθών με σκοπό την παραγωγή κοινών σχέσεων.
- Τέλος υπάρχει η φαινομενολογική μέθοδος όπου δομές μεγάλου μεγέθους όπως είναι τα θερμικά ανοδικά ρεύματα ταξινομούνται και περιγράφονται με ένα σχεδόν καθοριστικό τρόπο.

Στην συνέχεια θα αναλυθεί κάτω από συγκεκριμένες χαρακτηριστικές συνθήκες, η μέση ένταση του ανέμου πάνω από διάφορα είδη επιφανειών.

2.3.2. Κίνηση αέρα στο επιφανειακό Α.Ο.Σ. - Λογαριθμική κατατομή ανέμου

Στο ανώτερο τμήμα του Α.Ο.Σ. η κίνηση του αέρα εξαρτάται τόσο από την επιφάνεια (τριβή, ανοδικές κινήσεις) όσο και από τις συνοπτικές συνθήκες που κυριαρχούν πάνω από αυτό (γεωστροφικός άνεμος). Επειδή όμως οι ανθρώπινες δραστηριότητες και η μελέτη των κλιματικών παραμέτρων λαμβάνουν χώρα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους, η μελέτη της κίνησης του αέρα που ακολουθεί εστιάζεται στο επιφανειακό ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα.

Από σειρά μετρήσεων, που έχουν πραγματοποιηθεί στο επιφανειακό στρώμα, η ταχύτητα του ανέμου είναι μία εξαιρετικά μεταβλητή παράμετρος τόσο ως προς το μέτρο όσο και ως προς την διεύθυνση. Η μεταβλητότητα αυτή οφείλεται στις έντονα στροβιλώδεις κινήσεις που παρατηρούνται μέσα στο Α.Ο.Σ.. Στη συνέχεια θα περιγραφεί η διαδικασία που οδηγεί στο θεωρητικό υπολογισμό της κατακόρυφης κατανομής της μέσης ταχύτητας του ανέμου (κατατομή του ανέμου) σε συνθήκες ατμοσφαιρικής ευστάθειας.

Σύμφωνα με τον Reynolds η στιγμιαία ταχύτητα του ανέμου σε οποιοδήποτε σημείο της ροής μπορεί να θεωρηθεί ως το άθροισμα της μέσης τιμής της και της διακύμανσης της την συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Δηλαδή

$$U(t) = U + U'(t) \quad [2.29]$$

όπου:

$U(t)$ η στιγμιαία ταχύτητα

U η μέση ταχύτητα και

$U'(t)$ η στιγμιαία διακύμανση

- Η μέση ταχύτητα ως προς το χρόνο δίνεται από το ολοκλήρωμα:

$$U = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} U(t) dt \quad [2.30]$$

όπου T η χρονική περίοδος

- Η μέση τιμή πρέπει να είναι ανεξάρτητη από τον χρόνο και για αυτό τον λόγο η χρονική περίοδος που επιλέγεται στα κατώτερα τμήματα της ατμόσφαιρας κυμαίνεται μεταξύ 10 λεπτών και μίας ώρας.

- Η στιγμιαία ταχύτητα $\vec{U}(t)$ σε σύστημα καρτεσιανών συντεταγμένων μπορεί να γραφεί ως:

$$u(t) = u + u'(t) \quad (\text{άξονας } x)$$

$$v(t) = v + v'(t) \quad (\acute{\alpha}\xi\omicron\nu\alpha\varsigma y)$$

$$w(t) = w + w'(t) \quad (\acute{\alpha}\xi\omicron\nu\alpha\varsigma z)$$

Στην περίπτωση που στην ατμόσφαιρα επικρατούν ουδέτερες συνθήκες ευστάθειας και θεωρώντας ότι ο αέρας είναι πρακτικά ασυμπίεστος εξασφαλίζεται, όπως θα αποδειχθεί στην συνέχεια ότι η μέση ταχύτητα εξαρτάται μόνο από τα αεροδυναμικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας, από την απόσταση από αυτή, και από την ταχύτητα του γεωστροφικού ανέμου.

Οι εξισώσεις των Navier-Stokes για ομογενή σταθερή ροή, όπου το μοριακό ιξώδες είναι αμελητέο, οδηγούν στην εξίσωση

$$u(\partial u/\partial x) + v(\partial v/\partial y) + w(\partial w/\partial z) = 0 \quad [2.31]$$

ενώ η εξίσωση συνέχειας για ασυμπίεστο ρευστό είναι:

$$\partial u/\partial x + \partial v/\partial y + \partial w/\partial z = 0 \quad [2.32]$$

Εισάγοντας την αρχή του Reynolds στις προηγούμενες δύο εξισώσεις και θεωρώντας ότι η οριζόντια κίνηση του αέρα πραγματοποιείται μόνο κατά την διεύθυνση του άξονα των x προκύπτει τελικά ότι:

$$\partial(u'w')/\partial z = 0 \quad [2.33]$$

Από την τελευταία εξίσωση είναι εμφανές ότι η κατακόρυφη μεταφορά ορμής είναι σταθερή με το ύψος .

Ολοκληρώνοντας την τελευταία σχέση από μηδενικό ύψος ως ύψος z προκύπτει ότι:

$$-u'w' = \tau_o/\rho \quad [2.34]$$

όπου τ_o η επιφανειακή διατμητική τάση.

Η διατμητική αυτή τάση εκφράζει την τάση που ασκείται από το ρευστό στην επιφάνεια (και το αντίστροφο από αρχή δράσης αντίδρασης) και της οποίας η τιμή είναι σταθερή για όλο το στρώμα σύμφωνα με τις ως τώρα παραδοχές. Το ίδιο παρατηρείται και στο επιφανειακό ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα. Έχει αποδειχθεί ότι η διατμητική τάση είναι ανάλογη του τεταγμένου της ταχύτητας σε κάποιο αυθαίρετο ύψος αναφοράς. Με βάση αυτή την παρατήρηση εισάγεται η έννοια της ταχύτητας τριβής για την οποία ισχύει ότι:

$$u^{*2} = \tau_o/\rho \quad [2.35]$$

Η χρησιμότητα της ταχύτητας τριβής είναι μεγάλη, διότι σε αντίθεση με την επιφανειακή διατμητική τάση τ_o η τιμή της μπορεί να προσδιορισθεί είτε από πειραματικές μετρήσεις, είτε γραφικά.

Για να εκφραστεί η μεταφορά τυρβώδους ορμής μέσα στο επιφανειακό Α.Ο.Σ. με μεγέθη μέσων τιμών, εκτός των προηγούμενων παραδοχών χρειάζεται και η χρήση της θεωρίας του μήκους ανάμιξης στροβίλου την οποία εισήγαγε ο L. Prandtl το 1925. Σύμφωνα με αυτή, η θεωρία των ιδανικών αερίων μπορεί να επεκταθεί και στην τυρβώδη κίνηση. Το ρόλο των μορίων έχουν οι στρόβιλοι οι οποίοι δημιουργούνται σε μία περιοχή του ρευστού και αφού διανύσουν μία διαδρομή (μέσο μήκος ανάμιξης l) διαλύονται σε μία άλλη περιοχή του ρευστού μεταφέροντας εκεί τις ιδιότητες της περιοχής (θερμοκρασία, ταχύτητα, συγκεντρώσεις κ.τ.λ.) από την οποία προήλθαν, δίνοντας με αυτό τον τρόπο τις παρατηρούμενες διακυμάνσεις γύρω από την μέση τιμή. Στην περίπτωση δε που οι διακυμάνσεις της κατακόρυφης συνιστώσας είναι της ίδιας τάξης με αυτές της οριζόντιας $w'=-cu'$ προκύπτει ότι:

$$u'(t) = -(\partial u / \partial z) l \quad [2.36]$$

από τις οποίες σε συνδυασμό με τις σχέσεις [2.34],[2.35] και [2.36] προκύπτει ότι:

$$cl^2(\partial u / \partial z) = u'^2 \quad [2.37]$$

Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη και τη σχέση

$$cl^2 = kz \quad (\text{όπου } k \text{ η σταθερά von Karman ίση με } 0.4) \quad [2.38]$$

προκύπτει ότι η μέση ταχύτητα μπορεί να υπολογιστεί από την σχέση:

$$\partial u / \partial z = (u^* / k) z \quad [2.39]$$

Η μέση ταχύτητα είναι ίση με μηδέν μέσα στο ύψος αναφοράς $z=z_0$ όπου z_0 είναι το μήκος τραχύτητας (σταθερά που εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας) ενώ ολοκληρώνοντας την τελευταία σχέση από z_0 ως z προκύπτει ότι:

$$u(z) = u^* / k \ln(z / z_0) \quad [2.40]$$

Σύμφωνα με την τελευταία σχέση η μέση ταχύτητα του ανέμου πάνω από το ύψος αναφοράς εμφανίζει λογαριθμική κατατομή

Οι τιμές της ταχύτητας τριβής και του μήκους τραχύτητας λαμβάνονται με πειραματικό τρόπο. Συγκεκριμένα σε ημιλογαριθμική κλίμακα η τελευταία εξίσωση έχει μορφή ευθείας όπου η κλίση της ευθείας είναι ίση με k/u^* και η τομή της με τον άξονα των y γίνεται στο σημείο $\ln(z_0)$ από το οποίο υπολογίζεται το μήκος τραχύτητας της επιφάνειας (σχήμα 2.11).

2.3.3. Μελέτη των παραμέτρων και των συνθηκών εφαρμογής του λογαριθμικού νόμου

Στη παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η μαθηματική προσέγγιση στη καθ' ύψος διανομή της μέσης ταχύτητας του ανέμου.

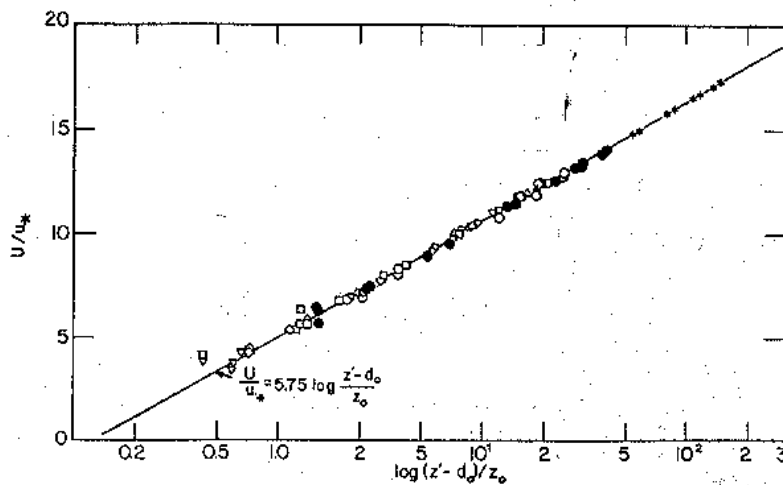
2.3.3.1. Μήκος τραχύτητας (z_0) - Επίπεδο μηδενικής μετατόπισης (d_0)

Η αεροδυναμική τραχύτητα σε μία επίπεδη ομοιόμορφη επιφάνεια εξαρτάται από το είδος της επιφάνειας, το μέσο ύψος και την επιφανειακή πυκνότητα των εμποδίων της στην ροή του αέρα, το σχήμα τους και την δυναμική συμπεριφορά τους (ευκαμψία, ευκινησία κ.τ.λ.). Για την μελέτη της ροής του αέρα πάνω από το στρώμα τραχύτητας, απαιτούνται δύο παράμετροι, το μήκος τραχύτητας (z_0), και το μήκος μηδενικής μετατόπισης (d_0). Το πρώτο εξαρτάται από την τραχύτητα στο επίπεδο αναφοράς και το δεύτερο σχετίζεται με τα εμπόδια στο έδαφος που επηρεάζουν την ροή (σχήμα, πυκνότητα, ύψος, ευκινησία κ.τ.λ.). Έχει βρεθεί πειραματικά ότι ο λογαριθμικός νόμος μπορεί να εφαρμοσθεί από ένα ύψος από το έδαφος και πάνω, διότι σε μικρότερα ύψη η κίνηση του ανέμου δεν μπορεί να προσεγγιστεί με την λογαριθμική κατατομή του ανέμου διότι λόγω των εμποδίων δημιουργείται χαοτική κυκλοφορία. Μία πρώτη εκτίμηση της κατανομής του ανέμου για επιφανειακή πυκνότητα εμποδίων άνω του 25%, όπου το d_0 μπορεί να θεωρηθεί ίσο με $0,7 h_0$, με h_0 το μέσο ύψος των εμποδίων δίνεται από τη σχέση:

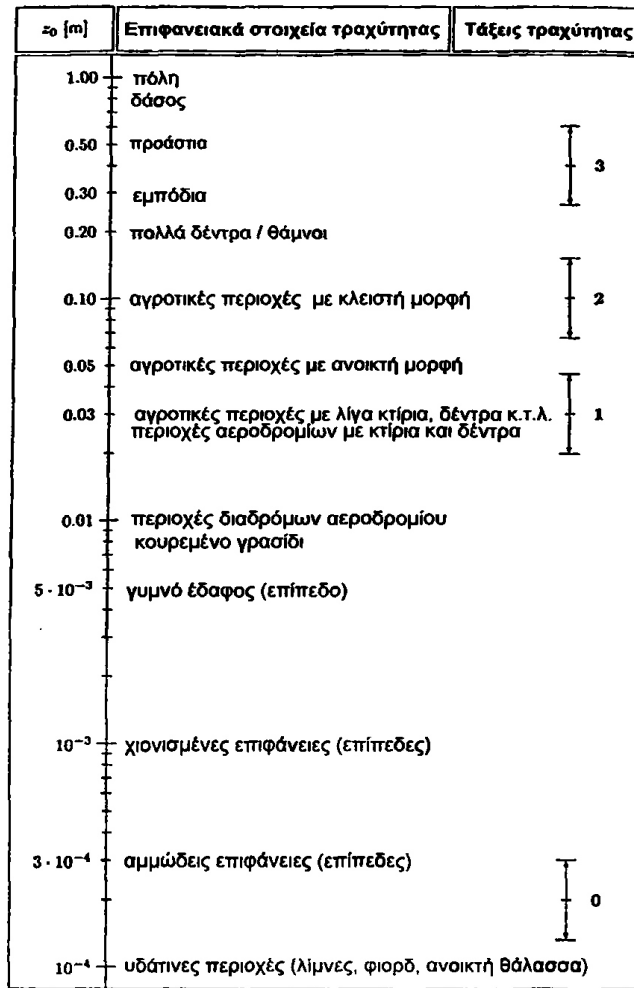
$$u(z) = u_* / k \ln\left(\frac{z-d_0}{z_0}\right) \quad [2.41]$$

Τυπικά παραδείγματα τιμών των z_0 και d_0 στα σχήματα 2.11 και 2.12 καθώς και στον πίνακα 2.2.

Η αύξηση του μήκους τραχύτητας για σταθερό γεωστροφικό άνεμο έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του πάχους του Α.Ο.Σ. με αποτέλεσμα την μείωση του ρυθμού μεταβολής της ταχύτητας με το ύψος



Σχήμα 2.11: Γραφική συσχέτιση του λόγου u/u_* και $\log(z-d_0)/z_0$



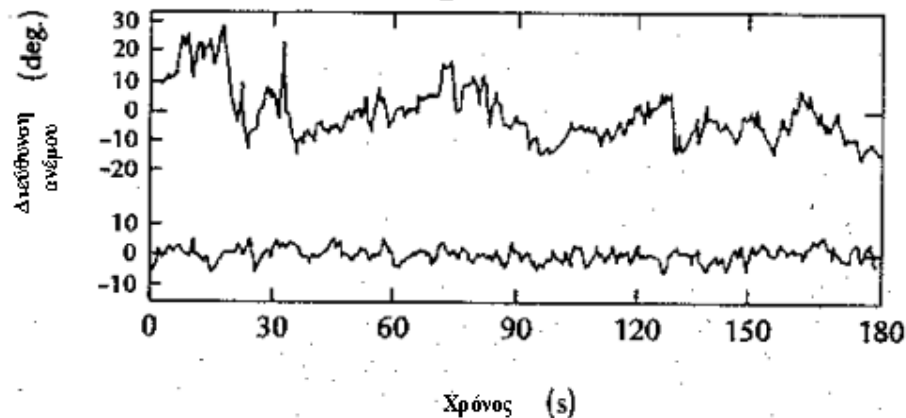
Σχήμα 2.12: Διάφορα μήκη τραχύτητας για διαφορετικές φυσικές επιφάνειες.

Πίνακας 2.2: Χαρακτηριστικές τιμές του μήκους τραχύτητας (z_0) και μήκους μετατόπισης (d) για διάφορες επιφάνειες

Επιφάνεια	Παρατηρήσεις	Μήκος τραχύτητας, z_0 (m)	Επίπεδο μηδενικής μετατόπισης, d_0 (m)
Νερό	Ήρεμη ανοικτή θάλασσα	$0,1 - 10,0 \times 10^{-5}$	-
Πάγος	ομαλή	$0,1 \times 10^{-4}$	-
Χιονισμένη		$0,5 - 10,0 \times 10^{-4}$	-
Άμμος, έρημος		0,0003	-
Γυμνό έδαφος		0,001 - 0,01	-
Γρασίδι	0,02 - 0,1 m	0,003 - 0,01	< 0,07
	0,25 - 1,0 m	0,04 - 0,10	< 0,66
Αγροτική Περιοχή		0,04 - 0,20	< 3,0
Οπωρώνες		0,5 - 1,0	< 4,0
Δάση		1,0 - 6,0	< 20,0
	Κωνοφόρα	1,0 - 6,0	< 30,0

2.3.3.2. Συνθήκες ευστάθειας

Οι συνθήκες ευστάθειας για τα πρώτα δύο μέτρα πάνω από το επίπεδο εφαρμογής του λογαριθμικού νόμου για σχετικά μεγάλες ταχύτητες του ανέμου δεν επηρεάζουν σημαντικά την κατατομή της μέσης ταχύτητας του ανέμου μιας και στην περιοχή αυτή κυριαρχεί η τυρβώδη κίνηση λόγω της επιφανειακής τραχύτητας (τύρβεις μικρών διαστάσεων). Σε ουδέτερες συνθήκες και σε μεγαλύτερα ύψη ο λογαριθμικός νόμος βρίσκει σχεδόν ακριβή εφαρμογή. Σε συνθήκες έντονης αστάθειας οι κατακόρυφες κινήσεις λόγω διαφοράς ανωστικών δυνάμεων παίζουν όλο και σημαντικότερο ρόλο με αποτέλεσμα για τον ίδιο γεωστροφικό άνεμο το πάχος του Α.Ο.Σ. να αυξάνει και παράλληλα να μειώνεται η βαθμίδα μεταβολής της μέσης ταχύτητας του ανέμου. Τα αντίστροφα φαινόμενα συμβαίνουν στην περίπτωση ισχυρής ευστάθειας όπου το στρώμα συρρικνώνεται. (σχήμα 2.13)



Σχήμα 2.13: Η επίδραση της ευστάθειας στην δομή της στροβιλώδους κίνησης της ατμόσφαιρας. Παρουσιάζεται η διακόμανση της διεύθυνσης της ταχύτητας σε ύψος 29 m κατά την διάρκεια αστάθειας (άνω γραφική) και ευστάθειας (κάτω γραφική) πάνω από επιφάνεια με γρασίδι και για ταχύτητες μεταξύ 3 και 4 m/s.

2.3.4. Εκθετικός νόμος

Μία άλλη έκφραση που χρησιμοποιείται για την περιγραφή της κατατομής της μέσης ταχύτητας του ανέμου ($U(z)$) με το ύψος (z) δίνεται από τον εκθετικό νόμο σύμφωνα με τον οποίο:

$$U(z)=U_r(z/z_r)^m \quad [2.42]$$

όπου U_r είναι η ταχύτητα του ανέμου σε ένα ύψος αναφοράς z_r , (συνήθως τα 10 m).

Ο εκθετικός νόμος προέκυψε από καθαρά πειραματική προσέγγιση, αντίθετα με το λογαριθμικό όπου υπάρχει θεωρητικό υπόβαθρο και παρουσιάζει πολύ καλή εφαρμογή στις συνήθως παρατηρούμενες ταχύτητες στο κατώτερο τμήμα του Α.Ο.Σ.. Ο εκθέτης m εξαρτάται από την τραχύτητα της επιφάνειας και από τις συνθήκες ισορροπίας της ατμόσφαιρας. Η αύξηση της τραχύτητας οδηγεί σε αύξηση τις τιμές του εκθέτη. Έτσι πάνω από λείες επιφάνειες (χιόνι ,νερό) $m \approx 0.1$ ενώ πάνω από αστικό περιβάλλον $m \approx 0.4$. Επίσης όσο μεγαλώνουν οι συνθήκες ευστάθειας αυξάνει η τιμή του m προσεγγίζοντας την τιμή 1 (γραμμική κατατομή) για εξαιρετικά ευσταθείς συνθήκες.

2.4. Ενεργειακά Ισοζύγια

Η μελέτη των κλιματικών και μετεωρολογικών στοιχείων και η κατανομή τους στο χώρο είναι πολύ σημαντική και σε αυτό τον τομέα είχε επικεντρωθεί το ενδιαφέρον των κλιματολόγων και μετεωρολόγων στο πρώτο μισό του 20ου αιώνα. Τα αίτια που διαμορφώνουν την κατανομή αυτών των στοιχείων σχετίζονται άμεσα με τον τρόπο που διαμορφώνεται το ενεργειακό ισοζύγιο (σχήμα 2.14) κυρίως κοντά στην επιφάνεια της γης. Η συσχέτιση μεταξύ της ροής ενέργειας και του κλίματος μπορεί γενικά να αναπαρασταθεί ως εξής. Αν θεωρηθεί η ατμόσφαιρα και η γη ως το σύστημα που δέχεται την ροή ενέργειας (ακτινοβολία, θερμική κινητική κ.τ.λ.), σαν ολότητα ή τμηματικά, τότε σύμφωνα με το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα θα ισχύει ότι:

$$\{ \text{Ενέργεια εισόδου} \} - \{ \text{Ενέργεια εξόδου} \} - \{ \text{αλλαγή της αποθηκευμένης ενέργειας από το σύστημα} \} = 0$$

Ανάλογα με το σύστημα ο δεύτερος προσθετός μπορεί να είναι μηδενικός, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι το σύστημα δεν έχει ενέργεια ή ότι καμία αλλαγή στην μορφή της ενέργειας εισόδου δεν συνέβη. Αυτό θα γίνει αντιληπτό στην συνέχεια όταν θα εξετασθεί το ενεργειακό ισοζύγιο επιφανείας, στρώματος και φυτοκαλυμμένης επιφανείας.



Σχήμα 2.14: Σχηματική αναπαράσταση της ροής ενέργειας μέσω ενός συστήματος

2.4.1. Ενεργειακό ισοζύγιο ιδανικής επιφάνειας

Για να εξασφαλισθεί ότι οι ανταλλαγές θερμότητας μεταξύ επιφανείας και ατμόσφαιρας είναι χωρικά ομοιόμορφες θεωρείται ότι η εξεταζόμενη επιφάνεια είναι μη διαπερατή και ιδανική, όπου ιδανική θεωρείται μία επιφάνεια όταν είναι ομαλή, οριζόντια ομογενής και εκτεταμένη. Το ενεργειακό ισοζύγιο μίας επιφάνειας, η οποία ως μαθηματική έννοια δεν περιέχει μάζα και άρα δεν μπορεί να διαφοροποιήσει το ενεργειακό της περιεχόμενο, δίνεται από την σχέση:

$$Q^* - Q_g - Q_h - Q_e = 0 \quad [2.43]$$

όπου

- Q^* : η καθαρή πυκνότητα ροής ακτινοβολίας, η οποία προκύπτει από το ισοζύγιο των ακτινοβολιών στην επιφάνεια
- Q_g : Η πυκνότητα ροής θερμότητας με αγωγή από ή προς το υποκείμενο στερεό στρώμα
- Q_h : Η πυκνότητα ροής αισθητής θερμότητας από ή προς την ατμόσφαιρα
- Q_e : Η πυκνότητα ροής λανθάνουσας θερμότητας από εξάτμιση ή συμπύκνωση

2.4.1.1. Πυκνότητα ροής καθαρής ακτινοβολίας: (Q^*)

Η καθαρή ακτινοβολία είναι το αλγεβρικό άθροισμα όλων των ροών ακτινοβολίας στην εξεταζόμενη ιδανική επιφάνεια. Όπως φαίνεται και από το σχήμα 2.15 το ισοζύγιο ακτινοβολιών μπορεί να γραφεί ως το αλγεβρικό άθροισμα (θετικές τιμές για προσπίπτουσα στην επιφάνεια ακτινοβολία) των συνιστωσών της ακτινοβολίας:

$$Q^* = F_s\downarrow + F_s\uparrow + F_L\downarrow + F_L\uparrow \quad [2.44]$$

όπου:

- $F_s\downarrow$: Η πυκνότητα ροής της προσπίπτουσα προς την επιφάνεια ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος. Η μορφή της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας για ανέφελο ουρανό εξαρτάται από το αζιμούθιο και το ύψος του ηλίου με την μέγιστη τιμή της να εμφανίζεται κατά την διάρκεια της αληθούς μεσημβρίας του τόπου.
- $F_s\uparrow$: Η πυκνότητα ροής της ανακλώμενης από την επιφάνεια ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος. Το ποσό της ανακλώμενης ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος από μία επιφάνεια εξαρτάται από το ποσό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας και την λευκαύγεια (α) της επιφάνειας. Παρόλο που η λευκαύγεια δεν είναι σταθερή κατά την διάρκεια της ημέρας μπορεί να υπολογισθεί μία μέση τιμή έτσι ώστε τελικά να ισχύει ότι:

$$F_s\uparrow = \alpha \cdot F_s\downarrow \quad [2.45]$$

Στο σχήμα 2.15 φαίνεται η ημερησία πορεία της ανακλώμενης ακτινοβολίας με μέση τιμή λευκαύγειας του εδάφους $\alpha=0.16$. Το άθροισμα των δύο αυτών συνιστωσών δίνει την καθαρή ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος (F_s^* για την επιφάνεια:

$$F_s^* = F_s\downarrow (1-\alpha) \quad [2.46]$$

- $F_L\downarrow$: Η εισερχόμενη στην επιφάνεια πυκνότητα ροής ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος. Η ακτινοβολία αυτή έχει σχεδόν αποκλειστική πηγή της, την ατμόσφαιρα. Όπως αναφέρθηκε, για ανέφελο ουρανό, η ακτινοβολία που εκπέμπει, σύμφωνα με τον νόμο των Steffan – Boltzmann, εξαρτάται από την συγκέντρωση των βασικών αερίων της ατμόσφαιρας και από την κατανομή της θερμοκρασίας. Επειδή κανένας από τους παραπάνω παράγοντες κατά την διάρκεια της ημέρας δεν μεταβάλλεται ώστε να επηρεάσει την ατμοσφαιρική ακτινοβολία, αυτή όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.15 παραμένει σχεδόν σταθερή.
- $F_L\uparrow$: Η εξερχόμενη από την επιφάνεια πυκνότητα ροής ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος. Η ακτινοβολία αυτή σύμφωνα με τον νόμο εκπομπής των Steffan -Boltzman εξαρτάται από την θερμοκρασία επιφανείας και από την ικανότητα εκπομπής (ϵ). Θα πρέπει να τονισθεί ότι υπάρχει και ανακλώμενη συνιστώσα ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος, η οποία οφείλεται στην ανάκλαση της ατμοσφαιρικής ακτινοβολίας από την επιφάνεια. Το ποσό της όμως είναι πρακτικά αμελητέο. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι:

$$F_L \uparrow = \varepsilon \sigma T_s^4 + (1 - \varepsilon) F_L \downarrow \approx \varepsilon \sigma T_s^4 \quad [2.47]$$

όπου T_s η μέση θερμοκρασία επιφανείας.

Όπως στην ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος ορίστηκε η αντίστοιχη καθαρή ακτινοβολία, έτσι μπορεί να οριστεί και η καθαρή ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος.

$$F_L^* = F_L \uparrow + F_L \downarrow \quad [2.48]$$

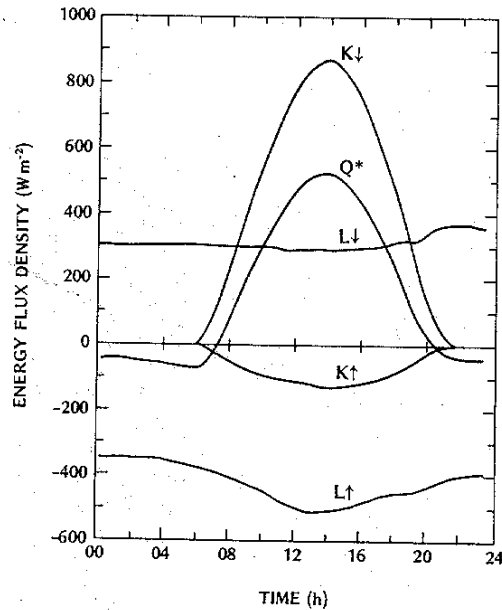
Από τα παραπάνω προκύπτει τελικά ότι η καθαρή ακτινοβολία είναι:

$$Q^* = F_s^* + F_L^* = F_s \downarrow + F_s \uparrow + F_L \downarrow + F_L \uparrow = F_s \downarrow (1 - \alpha) + F_L \downarrow - \varepsilon \sigma T_s^4 \quad [2.49]$$

Η καθαρή ακτινοβολία είναι η σημαντικότερη συνιστώσα θερμικής μεταφοράς διότι για τις περισσότερες των περιπτώσεων αντιπροσωπεύει την απαιτούμενη ενέργεια που πρέπει να εξισορροπηθεί από τις άλλες συνιστώσες μετάδοσης θερμότητας του εξεταζόμενου συστήματος.

Γενικά, η ημερήσια πορεία της καθαρής ακτινοβολίας είναι η ακόλουθη. Κατά την διάρκεια της ημέρας λαμβάνει θετικές τιμές λόγω της επίδρασης της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ κατά την διάρκεια της νύκτας λαμβάνει αρνητικές τιμές α) διότι μηδενίζεται η ηλιακή ακτινοβολία και β) λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας επιφανείας από αυτή της ατμόσφαιρας. Η εκπεμπόμενη από την επιφάνεια ακτινοβολία είναι αυτή που τελικά καθορίζει την συμπεριφορά της καθαρής ακτινοβολίας.

Για ένα συγκεκριμένο τόπο αυτό που διαφοροποιεί την διαμόρφωση του ισοζυγίου των ακτινοβολιών σε μία ιδανική επιφάνεια είναι η ανακλώμενη μικρού μήκους και η εκπεμπόμενη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία δεδομένου ότι η προσπίπτουσα ηλιακή και ατμοσφαιρική ακτινοβολία καθορίζεται αντίστοιχα από την γεωμετρία γης-ήλιου και από τα μεγάλης κλίμακα καιρικά συστήματα. Επειδή το εύρος διακύμανσης της ικανότητας εκπομπής για μία φυσική επιφάνεια είναι μικρό, τελικά οι παράγοντες που καθορίζουν το ισοζύγιο ακτινοβολιών πάνω από μία ιδανική επιφάνεια είναι η θερμοκρασία επιφανείας και η ανακλαστικότητα της.



Σχήμα 2.15: Το τυπικό ενεργειακό ισοζύγιο σε 24ωρη βάση ιδανικής επιφάνειας εδάφους μέσης ανακλαστικότητας 0.16

2.4.1.2. Πυκνότητα ροής θερμότητας με αγωγή (Q_g)

Το ποσό της θερμότητας που αποδίδεται προς ή από το υποκείμενο στερεό μέσω μίας ιδανικής επιφάνειας εξαρτάται από τις θερμοφυσικές ιδιότητες του στερεού και από την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αυτού και της επιφάνειας σύμφωνα με τον νόμο του Fourier. Οι θερμικές ιδιότητες που σχετίζονται με την μεταφορά θερμότητας μέσω ενός μέσου και η επίδρασή τους στη μέση θερμοκρασία (ή την κατανομή των θερμοκρασιών) στο μέσο είναι, η πυκνότητα (ρ), η ειδική θερμοχωρητικότητα (c), η θερμική αγωγιμότητα (K) και η θερμική διάχυση ($\alpha=K/\rho c$).

Η ειδική θερμοχωρητικότητα (c) ενός υλικού εκφράζει το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για την ανύψωση της θερμοκρασίας υλικού μοναδιαίας μάζας κατά 1°C , ενώ η θερμική διάχυση εκφράζει την αντίσταση που εμφανίζει το υλικό στην ροή της θερμότητας δια μέσου της μάζας του. Στην περίπτωση που το υλικό είναι πορώδες τότε η ύπαρξη αέρα ή ύδατος στο εσωτερικό του έχει σαν αποτέλεσμα η μετάδοση θερμότητας να πραγματοποιείται όχι μόνο με μοριακές κινήσεις αλλά και με μεταφορά κάνοντας το φαινόμενο πολύπλοκο. Σε αυτή την περίπτωση το πρόβλημα επιλύεται με την χρήση ισοδύναμων συντελεστών που διαφέρουν ανάλογα με την υφή του εδάφους και την περιεκτικότητά του σε νερό.

Γενικά, υλικά με μικρή θερμοχωρητικότητα και πυκνότητα και μεγάλη θερμική αγωγιμότητα επιτρέπουν την μετάδοση της θερμότητας σε μεγάλο βάθος μέσα στο σώμα χωρίς να δημιουργείται ισχυρή θερμοβαθμίδα, σε αντίθεση με τα υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας και πυκνότητας με μικρή θερμική αγωγιμότητα, όπου δημιουργείται έντονη θερμοβαθμίδα με αποθήκευση μεγάλων ποσών θερμότητας στο εσωτερικό του υλικού.

2.4.1.3. Πυκνότητα ροής αισθητής θερμότητας (Q_h)

Η πυκνότητα ροής αισθητής θερμότητας από ή προς την ατμόσφαιρα δια μέσου της επιφάνειας εξαρτάται, σύμφωνα με τον νόμο του Newton, από την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της ατμόσφαιρας και της επιφάνειας και από το είδος της ροής και τα χαρακτηριστικά του εδάφους. Σε γυμνές επιφάνειες όπου το υπόστρωμα δεν περιέχει (ή περιέχει σε μικρές ποσότητες) νερό, η αισθητή θερμότητα που μεταφέρεται από την επιφάνεια προς την ατμόσφαιρα είναι σημαντική την ημέρα, ενώ κατά

την νυκτερινή περίοδο η αισθητή θερμότητα που μεταφέρεται από την ατμόσφαιρα προς την επιφάνεια, η οποία παρουσιάζει μικρότερες θερμοκρασίες λόγω ψύξης από ακτινοβολία, είναι πολύ μικρότερη.

2.4.1.4. Πυκνότητα ροής λανθάνουσας θερμότητας (Q_e)

Η πυκνότητα ροής λανθάνουσας θερμότητας μπορεί να συμβεί είτε λόγω εξάτμισης ύδατος από την επιφάνεια, είτε λόγω συμπύκνωσης υδρατμών στην επιφάνεια. Αν μία ιδανική επιφάνεια σε υποκείμενα από αυτή στρώματα περιέχει νερό τότε κατά την διάρκεια συνήθως της ημέρας, μέρος του νερού εξατμίζεται και με την τυρβώδη ή την μοριακή διάχυση οι υδρατμοί μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα. Η πηγή της θερμότητας που απαιτείται για την μετάβαση του νερού σε αέρια κατάσταση (λανθάνουσα θερμότητα) είναι η επιφάνεια και η προσπίπτουσα σε αυτή ηλιακή ακτινοβολία. Η επιφάνεια, τροφοδοτείται συνεχώς με νερό από τα υποκείμενα στρώματα, βάση του νόμου της μοριακής διάχυσης του Fick. Κατά την διάρκεια της νύκτας η εξάτμιση είναι γενικά αμελητέα, μιας και λόγω της μικρής θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και των μικρών ατμοσφαιρικών κινήσεων οι υδρατμοί του μοριακού στρώματος της ατμόσφαιρας έρχονται πολύ γρήγορα σε σημείο κορεσμού. Αυτό που μπορεί να παρατηρηθεί ειδικά κατά την χειμερινή περίοδο με ανέφελο ουρανό είναι η υγροποίηση ή και παγοποίηση υδρατμών στην επιφάνεια, λόγω της έντονης ψύξης από ακτινοβολία της επιφάνειας, που καθιστά το μοριακό στρώμα της ατμόσφαιρας υπέρκορο. Αντίθετα κατά την υγροποίηση ποσά θερμότητας αποδίδονται στην επιφάνεια μειώνοντας τον ρυθμό ψύξης της.

2.4.2. Βασικά ενεργειακά ισοζύγια ιδανικών επιφανειών

Στη συνέχεια αναλύονται δύο βασικά ενεργειακά ισοζύγια ιδανικών επιφανειών. Το πρώτο αφορά το ενεργειακό ισοζύγιο επιφάνειας ξηρού εδάφους και το άλλο επιφάνεια με σημαντικό περιεχόμενο νερού.

2.4.2.1 . Ενεργειακό ισοζύγιο επιφανείας ξηρού εδάφους:

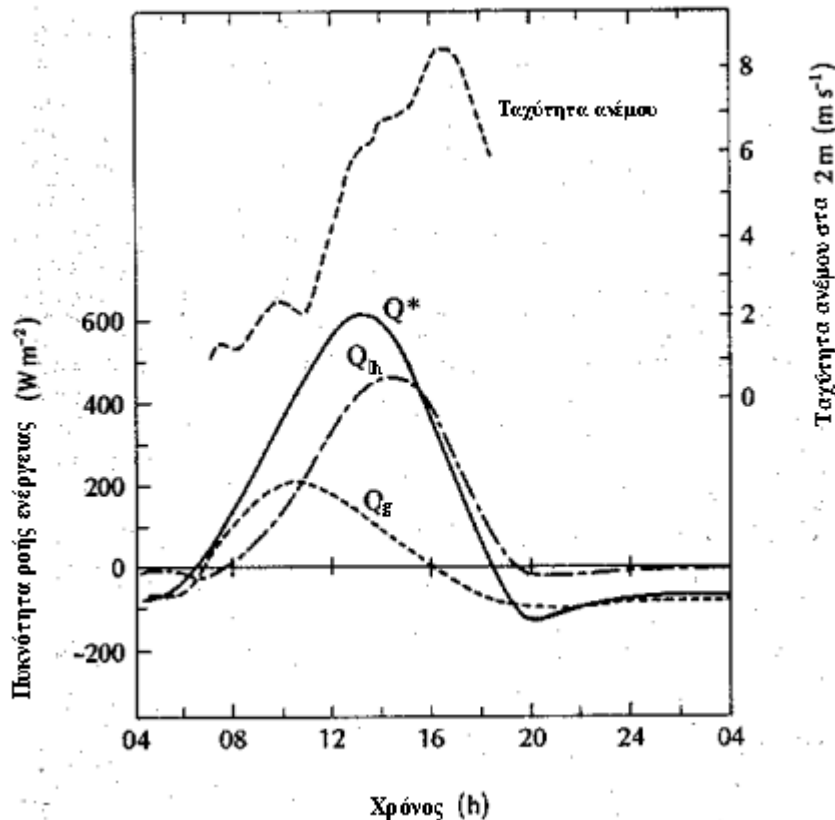
Η συνιστώσα της θερμότητας που καθορίζει την συμπεριφορά των άλλων ροών είναι η καθαρή ακτινοβολία που για δεδομένο γεωγραφικό τόπο και για ανέφελο ουρανό είναι σχεδόν κοινή η συμπεριφορά της και για τους δύο τύπους επιφανειών που θα εξετασθούν. Μία τυπική συμπεριφορά της ημερήσιας πορείας της αναλύθηκε προηγουμένως και αποτυπώνεται στο σχήμα 2.15.

Στην περίπτωση που το έδαφος είναι ξηρό η λανθάνουσα ροή θερμότητας πρακτικά μηδενίζεται. Τέτοιου είδους επιφάνειες στις περισσότερες των περιπτώσεων παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα με αποτέλεσμα κατά την διάρκεια της ημέρας το ποσό της καθαρής ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος που λαμβάνουν να είναι μειωμένο κατά 30 με 40 % σε σχέση με την προσπίπτουσα ακτινοβολία. Λαμβάνει την μέγιστη τιμή της στο τοπικό μεσημέρι και ελάχιστες τιμές κατά την ανατολή και την δύση του ηλίου. Για να διατηρηθεί το ισοζύγιο ενεργειών μεταδίδεται θερμότητα από την επιφάνεια προς το έδαφος με αγωγή και από την επιφάνεια προς τον αέρα με μεταφορά. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.16 η αγωγή (Q_g) παίρνει την μέγιστη τιμή της νωρίτερα από αυτή της καθαρής ακτινοβολίας (Q^*) (συνήθως 3 ώρες νωρίτερα) διότι εκείνη την ώρα η διαφορά της επιφανειακής θερμοκρασίας με αυτή του υποστρώματος έχει την μέγιστη τιμή της. Η ροή θερμότητας με μεταφορά (Q_h) παίρνει την μέγιστη τιμή της μία με δύο ώρες αργότερα, όταν παρατηρείται η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του αέρα και της επιφάνειας, ενώ συνήθως παρατηρούνται και οι μεγαλύτερες ταχύτητες του ανέμου. Το μέγιστο της καθαρής ακτινοβολίας (Q^*) είναι περί τα 600 W/m^2 και της αισθητής θερμότητας (Q_h) περί τα 400 W/m^2 . Το μέγιστο της ροής με αγωγή (Q_g) είναι της τάξης των 200 W/m^2 , λόγω της σύστασης του εδάφους που παρουσιάζει μικρή θερμική

διάχυση. Π.χ. σε ερήμους όπου έχουν παρατηρηθεί θερμοκρασίες επιφανείας που ξεπερνούν τους 60°C κατά την διάρκεια του μεσημεριού, ενώ η θερμοκρασία του αέρα σε απόσταση δύο μέτρα από την επιφάνεια είναι αντίστοιχα κατά 25°C βαθμούς μικρότερη εμφανίζεται στην ατμόσφαιρα κοντά στην επιφάνεια μία πολύ έντονη θερμοβαθμίδα. Το ίδιο ισχύει και για το εσωτερικό του εδάφους όπου κοντά στην επιφάνεια εμφανίζεται μία πολύ ισχυρή θερμοβαθμίδα που εξομαλύνεται σε μικρό βάθος.

Κατά την διάρκεια της νύκτας με ανέφελο ουρανό, η επιφάνεια ψύχεται έντονα λόγω της διαφυγής μέσω του ατμοσφαιρικού παράθυρου ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος. Αποτέλεσμα της παρατηρούμενης χαμηλής θερμοκρασίας επιφανείας είναι η εμφάνιση λόγω και της μικρής ταχύτητας του αέρα που ελαχιστοποιεί την μεταφορά θερμότητας, αντίστροφη θερμοβαθμίδα, τόσο στο έδαφος όσο και στην ατμόσφαιρα που οδηγεί σε ροή θερμότητας από την ατμόσφαιρα και το έδαφος προς την επιφάνεια.

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι το ενεργειακό ισοζύγιο ξηρού εδάφους μοιάζει σημαντικά στην συμπεριφορά με αυτό που παρατηρείται σε μία αστική επιφάνεια, λόγω του ότι αυτή δεν περιέχει νερό, ενώ και η θερμική διάχυση είναι μικρή. Αυτό που διαφοροποιείται σημαντικά στην αστική επιφάνεια είναι η διάρκεια έκθεσής της στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία και ο ρυθμός ψύξης της λόγω της σημαντικής μείωσης του συντελεστή μορφής με τον ουρανό.



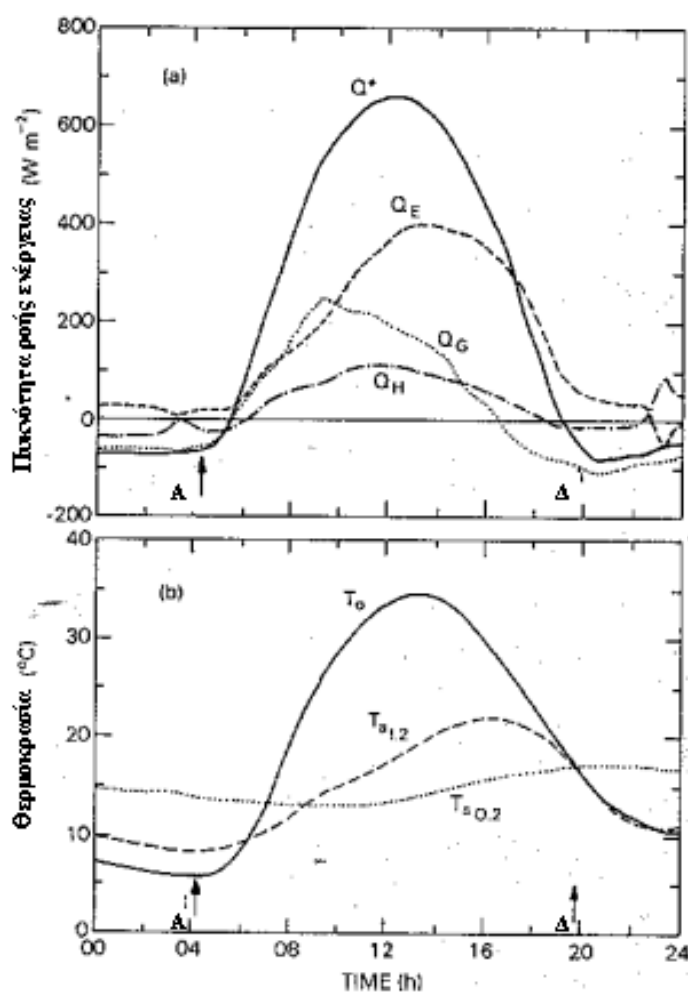
Σχήμα 2.16: Τυπικό ενεργειακό ισοζύγιο ξηρού εδάφους

2.4.2.2. Ενεργειακό ισοζύγιο επιφανείας υγρού εδάφους

Εξετάζοντας το ενεργειακό ισοζύγιο επιφανείας υγρού εδάφους (σχήμα 2.17), όπως αναμενόταν, η συνιστώσα της καθαρής ακτινοβολίας έχει την ίδια συμπεριφορά με αυτή που παρατηρήθηκε και στην επιφάνεια του ξηρού εδάφους. Έτσι το

μέγιστο και εδώ εμφανίζεται στη αληθή μεσημβρία και το ελάχιστο λίγο πριν την ανατολή και την δύση του ηλίου. Η διαφορά σε αυτήν την περίπτωση είναι ότι το μέγιστο παίρνει τιμές γύρω στα 700 W/m^2 , κυρίως λόγω της μικρότερης λευκαύγειας που εμφανίζουν τα υγρά εδάφη ($\alpha=0.16$). Η πιο σημαντική όμως διαφορά εμφανίζεται στην ροή αισθητής θερμότητας. Λόγω της ύπαρξης του νερού η κυρίαρχη συνιστώσα είναι η λανθάνουσα θερμότητα, η οποία εμφανίζει την μέγιστη τιμή σχεδόν ταυτόχρονα με το μέγιστο της ηλιακής ακτινοβολίας (400 W/m^2). Τα μεγάλα ποσά της λανθάνουσας θερμότητας έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση μικρότερων θερμοκρασιών επιφανείας, και άμβλυνση των θερμοβαθμίδων τόσο στο έδαφος όσο και στην ατμόσφαιρα παρόλο που η καθαρή ακτινοβολία λαμβάνει μεγαλύτερες τιμές. Σε αυτό συμβάλλει και η μεγαλύτερη, λόγω της ύπαρξης, του νερού θερμική διάχυσης του εδάφους. Η συμπεριφορά της ροής με αγωγή δεν διαφοροποιείται σε ότι αναφορά την ημερήσια πορεία της για τους ίδιους λόγους που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Η μέγιστη τιμή της είναι μεγαλύτερη λόγω της μεγαλύτερης τιμής της καθαρής ακτινοβολίας αλλά κυρίως λόγω της μεγαλύτερης θερμικής διάχυσης και θερμοχωρητικότητας του εδάφους που οφείλεται στο νερό. Η επίδραση του νερού στην λανθάνουσα θερμότητα έχει σαν αποτέλεσμα την σημαντική μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας (μέγιστη τιμή περίπου 35°C) και της θερμοκρασίας του αέρα (μέγιστη τιμή περίπου 23°C).

Συγκρίνοντας τις δύο περιπτώσεις γίνεται αντιληπτή η επίδραση της εξάτμισης στην διαμόρφωση τόσο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος όσο και της θερμοκρασίας επιφανείας.



Σχήμα 2.17: Τυπικό ενεργειακό ισοζύγιο υγρού εδάφους

2.4.3. Ενεργειακό ισοζύγιο στρώματος

Ιδανική επιφάνεια σε φυσικό περιβάλλον είναι πρακτικά αδύνατο να βρεθεί. Αυτό διότι στις περισσότερες των περιπτώσεων η επιφάνεια της γης εμφανίζει οριζόντια ανομοιογένεια είτε σε μικρή κλίμακα (π.χ. φυτά, δένδρα, κτίρια) είτε σε μεσαία κλίμακα (π.χ. πόλεις, ύπαιθρος, κοιλάδες, λόφοι, ακτές) είτε τέλος σε μεγάλη κλίμακα (οροσειρές). Επίσης είναι πιθανόν, τμήμα των επιφανειών να είναι διαπερατό από την ηλιακή ακτινοβολία ενώ άλλο τμήμα να μην είναι. Από πλευράς μεθοδολογίας συνήθως προτιμάται να μελετηθεί το ενεργειακό ισοζύγιο ενός στρώματος που να ορίζεται μεταξύ δύο επιπέδων, όπου το ανώτερο επίπεδο βρίσκεται στο μέσο ύψος των διαφορετικών στοιχείων που συνιστούν της ανομοιογένεια της υπό εξέταση περιοχής και το κατώτερο βρίσκεται σε τέτοια θέση που να είναι ενεργό στις ανταλλαγές της ακτινοβολίας. Αυτό το στρώμα θεωρείται ότι έχει ορισμένη μάζα και θερμοχωρητικότητα ώστε να είναι δυνατή η αποθήκευση ή η έκλυση θερμότητας για ένα δεδομένο χρονικό διάστημα. Σε αυτήν την περίπτωση το ενεργειακό ισοζύγιο του συστήματος (στρώματος) μπορεί να γραφεί ως εξής :

$$Q^* - Q_g - Q_h - Q_e - Q_s = 0 \quad [2.50]$$

όπου το Q_s εκφράζει τον ρυθμό αποθήκευσης ή έκλυσης ενέργειας από το στρώμα. Θα πρέπει να τονισθεί ότι οι ροές θερμότητας σε ένα στρώμα συμβαίνουν μόνο κατά την κατακόρυφη διάσταση. Πρακτικά η ανταλλαγή αισθητής και λανθάνουσας θερμότητας με την ατμόσφαιρα καθώς και η καθαρή ακτινοβολία πραγματοποιείται δια μέσω του ανώτερου επιπέδου του στρώματος, ενώ η αγωγή θερμότητας στη βάση του στρώματος.

Ο ρυθμός αλλαγής του περιεχομένου θερμότητας του στρώματος μπορεί τελικά να εκφραστεί από τη σχέση:

$$Q_s = \int_{z_1}^{z_2} \frac{\partial}{\partial t} (\rho \cdot c \cdot T) dz \quad [2.51]$$

όπου ρ είναι η πυκνότητα μάζας, c η ειδική θερμότητα και T η απόλυτη θερμοκρασία του υλικού σε κάποιο επίπεδο z . Η ολοκλήρωση γίνεται σε όλο το βάθος του στρώματος.

Η παραπάνω προσέγγιση δεν επιτρέπει την ακριβή γνώση των ανταλλαγών θερμότητας που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό του στρώματος. Επειδή στις περισσότερες περιπτώσεις το φαινόμενο είναι πολύπλοκο χρειάζονται λεπτομερείς μετρήσεις και γνώση πολλών παραμέτρων με ακρίβεια για την κατανόηση και την ποσοτική του εξήγηση.

Σε περίπτωση που εμφανίζονται ροές ενέργειας και στο οριζόντιο επίπεδο (συνήθως αισθητής θερμότητας) τότε αντί για ένα στρώμα ορίζεται πλέον ένας όγκος μέσα στον οποίο εφαρμόζεται το ενεργειακό ισοζύγιο.

2.4.4. Ενεργειακό ισοζύγιο στρώματος με ποώδη βλάστηση

Χαρακτηριστική περίπτωση ενεργειακού ισοζυγίου στρώματος είναι αυτή που αφορά επιφάνειες με ποώδη βλάστηση (σχήμα 2.20). Θα πρέπει να τονισθεί ότι η δυνατότητα μελέτης των μηχανισμών της κατακόρυφης μετάδοσης θερμότητας στο εσωτερικό του στρώματος με ποώδη βλάστηση, λόγω της πολυπλοκότητας που παρουσιάζεται είναι πάρα πολύ δύσκολη.

Για τον λόγο αυτό οι ενεργειακές ανταλλαγές θερμότητας (Q^* , Q_e , & Q_h) μεταξύ ατμόσφαιρας και στρώματος λαμβάνονται στο ανώτερο επίπεδο του στρώματος.

Ο υπολογισμός του ισοζυγίου ακτινοβολιών εμφανίζεται περίπλοκος λόγω της σημαντικής απορρόφησης, ανάκλασης, μετάδοσης και εκπομπής ακτινοβολίας που πραγματοποιείται στο εσωτερικό του στρώματος. Αποδεικνύεται από μετρήσεις ότι το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που διεισδύει σε ένα τέτοιο σώμα ακολουθεί εκθετική μείωση με το βάθος του στρώματος ενώ εξαρτάται και από το είδος και την πυκνότητα της βλάστησης. Επίσης, λόγω της φυσιολογίας των φυτών παρατηρείται μία έντονη εξάρτηση της ανακλαστικότητάς τους από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Έτσι παρουσιάζουν σημαντική απορρόφηση στην ιώδη περιοχή και μικρότερη στην ερυθρά περιοχή του ορατού φάσματος (εξ' αιτίας της φωτοσύνθεσης) με αποτέλεσμα το γνωστό πράσινο χρώμα του φυλλώματος. Επιπλέον, η ανακλαστικότητα ενός τέτοιου στρώματος είναι μικρότερη από την ανακλαστικότητα που παρουσιάζει κάθε φύλλο ξεχωριστά λόγω της πολύπλοκης γεωμετρικής διάταξής τους και την γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Έτσι ενώ η μέση ανακλαστικότητα των φύλλων κυμαίνεται γύρω στο 30%, η ανακλαστικότητα εκτεταμένων πλήρως φυτοκαλυμμένων περιοχών είναι μικρότερη και συνεχώς μειούμενη με την αύξηση του ύψους της βλάστησης (σχήμα 2.19). Η ανακλαστικότητα εξαρτάται ακόμα από το ύψος του ηλίου. Οι μεγαλύτερες τιμές καταγράφονται κατά την ανατολή και την δύση, ενώ οι μικρότερες στην μεσουράνηση, λόγω όμως τις μικρής έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στην αρχή και το τέλος της ημέρας η επίδραση είναι μικρή στην απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία στην διάρκεια της ημέρας.

Η καθαρή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία λαμβάνει γενικά αρνητική τιμή σχεδόν πάντα. Τις απολύτως μεγαλύτερες τιμές της, τις έχει κοντά στην επιφάνεια που ορίζει η κορυφή της βλάστησης και τις πιο μικρές στο επίπεδο του στρώματος που βρίσκεται κοντά στο έδαφος. Αυτό συμβαίνει λόγω α) της μείωσης του παράγοντα μορφής με τον ουρανό με το βάθος του φυλλώματος, και β) λόγω της αύξησης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από το πυκνότερο φύλλωμα. Αποτέλεσμα αυτών είναι η καθαρή ακτινοβολία να ακολουθεί σε σημαντικό βαθμό την άμεση ηλιακή ακτινοβολία κατά την διάρκεια της ημέρας λαμβάνοντας θετικές τιμές με μέγιστη τιμή περί τα 500 W/m^2 . Κατά την διάρκεια της νύκτας έχει αρνητικές τιμές στην περιοχή του φυλλώματος κοντά στις κορυφές των φυτών, ενώ σε μεγαλύτερα βάθη η καθαρή ακτινοβολία είναι πρακτικά μηδενική. Στο σχήμα 2.20α δίνεται το ισοζύγιο ακτινοβολίας στην επιφάνεια ενός στρώματος με πώδη βλάστηση.

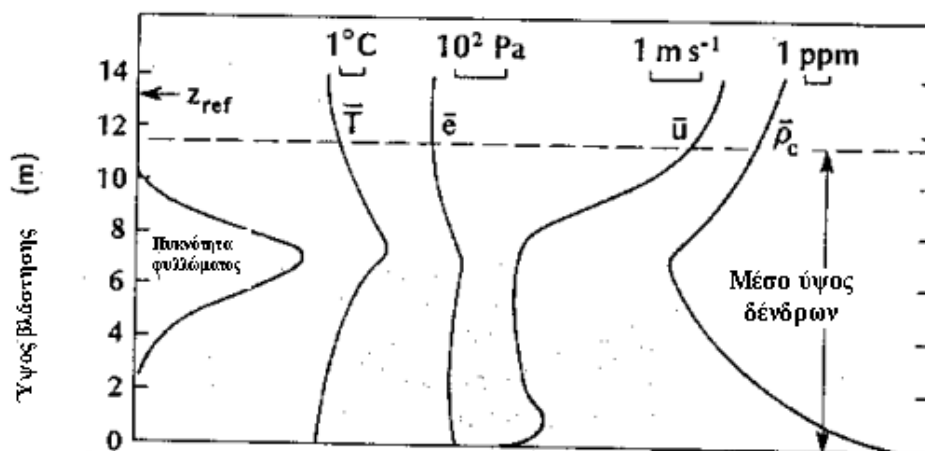
Καθοριστικό ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο του στρώματος παίζει η λανθάνουσα θερμότητα (Q_e) (σχήμα 2.20β). Είναι η σημαντικότερη μεταξύ όλων των συνιστωσών μετάδοσης θερμότητας και μάλιστα κατά την ανατολή και την δύση του ηλίου ξεπερνά και την τιμή της καθαρής ακτινοβολίας. Αυτό συμβαίνει λόγω της σημαντικής μεταφοράς αισθητής θερμότητας από την ατμόσφαιρα προς το στρώμα. Η λανθάνουσα θερμότητα λαμβάνει υψηλές τιμές (μέγιστη τιμή περί τα 400 W/m^2) στην περίπτωση μεγάλου περιεχομένου νερού στο έδαφος. Η αισθητή θερμότητα χρησιμοποιείται για την μετατροπή του περιεχόμενου νερού τόσο στο έδαφος όσο και στα φυτά με την μορφή υδρατμών, μέσω του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής με τον μέγιστο δυνατό ρυθμό (δυναμική εξατμισοδιαπνοή) Η βαθμίδα της θερμοκρασίας του αέρα στο στρώμα λόγω της σημαντικής εξατμισοδιαπνοής που λαμβάνει χώρα σε αυτό δεν παρουσιάζει αυξημένες τιμές με αποτέλεσμα η λανθάνουσα θερμότητά του να παρουσιάζει μικρές τιμές. Μάλιστα στις περισσότερες των περιπτώσεων κατά την διάρκεια της ημέρας έχει φορά από την ατμόσφαιρα προς το στρώμα λόγω της μικρότερης θερμοκρασίας αέρα που παρουσιάζει αυτό. Μόνο στην περίπτωση που το περιεχόμενο ύδατος στο έδαφος δεν είναι σημαντικό τότε κατά την διάρκεια της ημέρας η αισθητή θερμότητα λαμβάνει υψηλότερες τιμές.

Τέλος, η μετάδοση θερμότητας στο έδαφος με αγωγή, λόγω της πολύ μικρής έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει σε αυτό εξαιτίας του φυλλώματος, είναι πρακτικά μηδενική κατά την διάρκεια της ημέρας. Σε αντίθεση η θερμότητα που αποθηκεύεται στο στρώμα το καλοκαίρι στην διάρκεια της ημέρας φτάνει στα 100 W/m^2 .

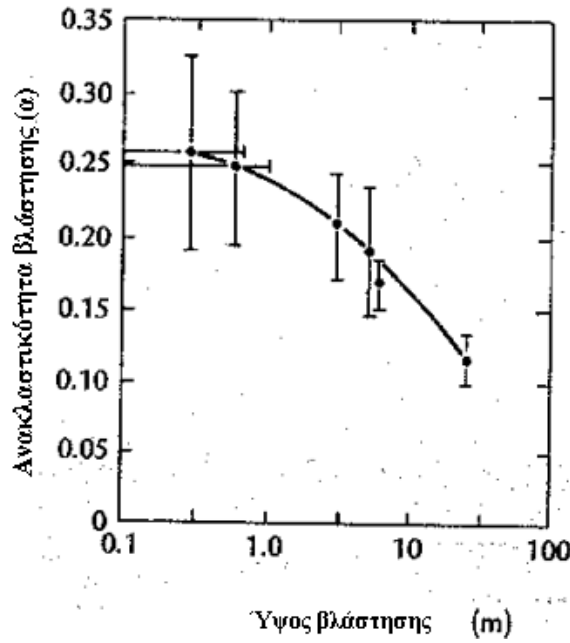
Η επίδραση της βλάστησης στην κατακόρυφη διανομή της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του ανέμου δίνεται στο σχήμα 2.18, το οποίο είναι χαρακτηριστικό για οποιοδήποτε εκτεταμένο και ομοιογενές στρώμα βλάστησης. Η θερμοκρασία κατά την διάρκεια του μεσημεριού παρουσιάζει την μέγιστη τιμή της στο μέσο περίπου του στρώματος, εκεί που η πυκνότητα του φυλλώματος παίρνει την μέγιστη τιμή της, διότι παρουσιάζεται μικρή μεταφορά θερμότητας εξαιτίας του ότι α) η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μεγάλη και β) η ταχύτητα του αέρα μικρή. Κατά την διάρκεια της νύκτας στο ίδιο σχεδόν σημείο λόγω της ακτινοβολίας και της διαπνοής παρουσιάζεται το ελάχιστο της θερμοκρασίας με την θερμοκρασία να αυξάνει τόσο προς τα πάνω όσο και προς το έδαφος.

Η κατακόρυφη διανομή της ταχύτητας του αέρα μπορεί να χωριστεί σε τρεις περιοχές. α) Στο τμήμα μεταξύ ατμόσφαιρας και στρώματος το οποίο ακολουθεί τον λογαριθμικό νόμο με μεταβλητό βάθος διείσδυσης ανάλογα με τις τιμές της τραχύτητας και του επίπεδου μηδενικής μετατόπισης. Οι τιμές αυτές εξαρτώνται άμεσα, όπως έχει ήδη αναφερθεί, από την ταχύτητα του ανέμου και την πυκνότητα και το ύψος βλάστησης. β) Μέσα στο στρώμα όπου η κατατομή του ανέμου εξαρτάται από την γεωμετρία των φυτών της βλάστησης καθώς και από την σχετική θέση τους. Γενικά το ελάχιστο παρουσιάζεται στην περιοχή με την μέγιστη πυκνότητα φυλλώματος που συνήθως εντοπίζεται μεταξύ του μέσου και ανώτερου επιπέδου του στρώματος και γ) Κοντά στο έδαφος όπου λόγω της τραχύτητάς του εδάφους η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται και τελικά μηδενίζεται.

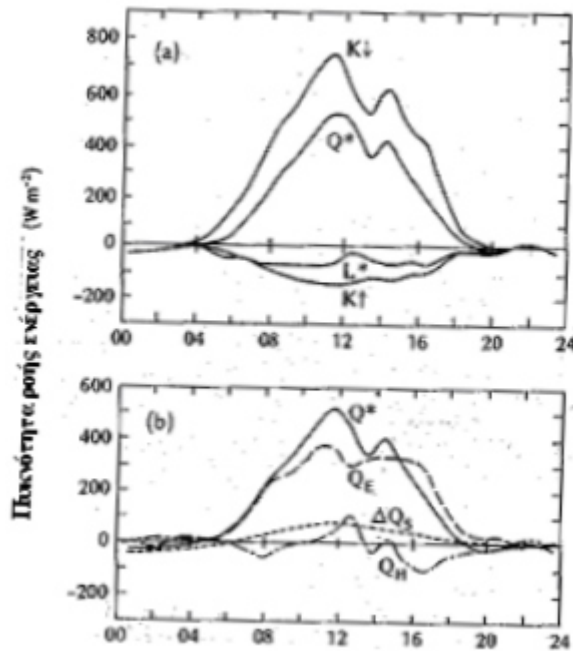
Η παραπάνω περιγραφή των μηχανισμών που καθορίζουν το ενεργειακό ισοζύγιο καθώς και την θερμοβαθμίδα και την κατατομή της ταχύτητας του ανέμου, σε ένα στρώμα ποώδους βλάστησης βρίσκει εφαρμογή για οποιοδήποτε στρώμα και είδος βλάστησης. Αυτό που διαφοροποιείται είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της βλάστησης (ύψος, πυκνότητα, γεωμετρία φυτού), το είδος της βλάστησης (δέντρα θάμνοι ποώδη φυτά), η φυσιολογία τους (είδος φυλλώματος, περίοδο ανάπτυξης) και τέλος το περιεχόμενο ύδατος του εδάφους που καθορίζει τα ποσά της λανθάνουσας θερμότητας που αποδίδονται στην ατμόσφαιρα διαμέσου του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής.



Σχήμα 2.18: Κατανομή βασικών παραμέτρων μέσα και πάνω από δεντροφυτεμένη επιφάνεια



Σχήμα 2.19: Εξάρτηση ανακλαστικότητας φυτοκαλυμμένης επιφάνειας από το ύψος της βλάστησης



Σχήμα 2.20: Τυπικό ενεργειακό ισοζύγιο στρώματος με πόδη βλάστηση κατά την διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου . α) Το ισοζύγιο ακτινοβολίας μεταξύ στρώματος και ατμόσφαιρας β) Το ενεργειακό ισοζύγιο στρώματος

2.5. Ενεργειακό ισοζύγιο Αστικού Οριακού Στρώματος (ΑΟΣ)

Για την μελέτη του ενεργειακού ισοζυγίου του αστικού στρώματος είναι σημαντικό να γίνει ένας διαχωρισμός του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος που διαμορφώνεται πάνω από τις πόλεις (αστικό οριακό στρώμα) σε δύο τμήματα, κατά αναλογία με το οριακό στρώμα που εμφανίζεται σε φυτοκαλυμμένες εκτάσεις. Το πρώτο τμήμα εκτείνεται πάνω από το μέσο

επίπεδο των κτιρίων (h_b) που απαρτίζουν την πόλη και φτάνει μέχρι το ύψος όπου ελαχιστοποιείται η επίδραση της πόλης στην διαμόρφωση των χαρακτηριστικών του οριακού στρώματος, το οποίο συνήθως ταυτίζεται με το ύψος της πρώτης θερμοκρασιακής αναστροφής. Το δεύτερο τμήμα ορίζεται από την επιφάνεια του εδάφους ως το μέσο ύψος των κτιρίων το οποίο στην συνέχεια θα αναφέρεται ως αστικό στρώμα ή «αστικός θόλος» (Urban Canopy Layer). Ο Oke το 1977 εισήγαγε αυτόν τον διαχωρισμό στην μεθοδολογία που ανέπτυξε για την μελέτη του αστικού κλίματος επειδή, ενώ τα διάφορα χαρακτηριστικά του πρώτου τμήματος παρουσίαζαν μία ομοιόμορφη συμπεριφορά, τα χαρακτηριστικά του δεύτερου παρουσίαζαν μεγάλη ποικιλία με μικρή εξάρτηση από τα χαρακτηριστικά του υπερκείμενου στρώματος, ιδιαίτερα δε σε ότι αφορά την ακτινοβολία, την θερμοκρασία και την κίνηση του αέρα. Αυτό οφείλεται στην πολυπλοκότητα της γεωμετρίας και των υλικών που χρησιμοποιούνται στο αστικό περιβάλλον. Αποτέλεσμα αυτόν είναι η διαμόρφωση πολλών διαφορετικών μικροκλιμάτων στο εσωτερικό των πόλεων καθένα από τα οποία επηρεάζει σημαντικά μία μικρή μόνο περιοχή της. Η πολυπλοκότητα των διαδικασιών στο εσωτερικό αυτού του στρώματος και η δυσκολία ανάλυσής τους καθώς και το ιδιαίτερο ενδιαφέρον που παρουσιάζεται λόγω της δραστηριότητας του ανθρώπου σε αυτό οδηγεί στην αναγκαιότητα της ξεχωριστής και λεπτομερούς ανάλυσής του.

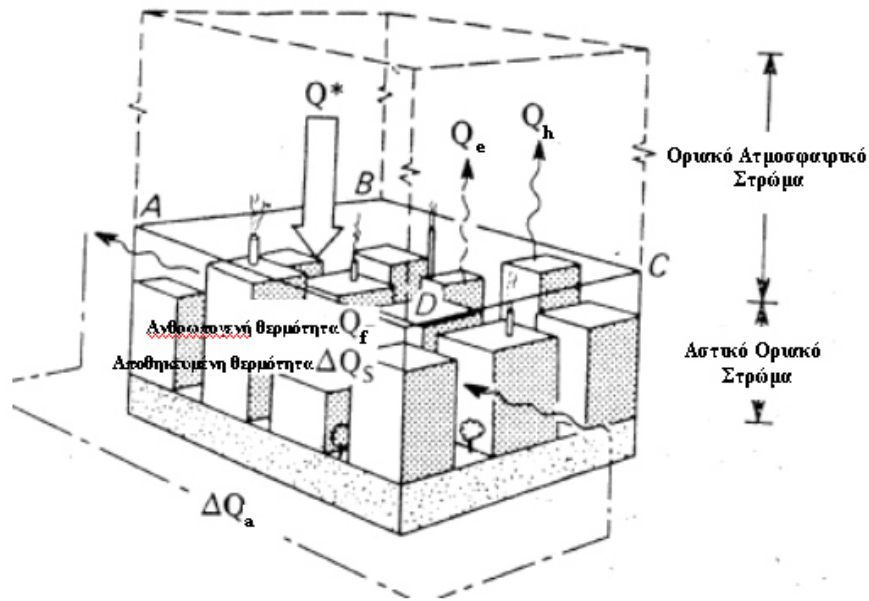
2.5.1. Ενεργειακό ισοζύγιο αστικού στρώματος

Το ενεργειακό ισοζύγιο του αστικού στρώματος ομοιάζει με αυτό της φυτοκαλυμμένης επιφάνειας (σχήμα 2.21) και δίνεται από την σχέση:

$$Q^* + Q_f = Q_h + Q_e + \Delta Q_s + \Delta Q_a \quad [2.52]$$

όπου:

Q^* , Q_h , Q_e , ΔQ_s είναι αντίστοιχα η πυκνότητα ροής καθαρής ακτινοβολίας, αισθητής θερμότητας, λανθάνουσας θερμότητας και αποθηκευμένη θερμότητα στο στρώμα, η οποία για λόγους απλοποίησης περιλαμβάνει και την πυκνότητα ροής θερμότητας με αγωγή στο έδαφος (Q_g). Ιδιαίτερη αναφορά χρήζουν οι όροι Q_a και Q_f . Ο πρώτος εκφράζει την πυκνότητα ροής θερμότητας την μεταδιδόμενη με οριζόντια μεταφορά. Η τιμή του (Q_a) μπορεί να είναι σημαντική στα όρια περιοχών με διαφορετικό ενεργειακό ισοζύγιο και σημαντικές ταχύτητες ανέμου. Για την περίπτωση των πόλεων με εκτεταμένη ομοιογένεια και για μικρές ταχύτητες ανέμου ο όρος αυτός μπορεί να μην ληφθεί υπόψη. Ο δεύτερος όρος (Q_f) εκφράζει την πυκνότητα ροής θερμότητας που εκλύεται στο αστικό οριακό στρώμα εξ' αιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων (ανθρωπογενής θερμότητα). Σχηματική αναπαράσταση των όρων του ενεργειακού ισοζυγίου στο αστικό στρώμα δίνεται στο σχήμα 2.21 που ακολουθεί.



Σχήμα 2.21: Σχηματική αποτύπωση των διαφόρων ροών ενέργειας στο αστικό οριακό στρώμα

Η προσπίπτουσα ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος ($F_s \downarrow$) σε μία αστική περιοχή διαφοροποιείται σημαντικά σε σχέση με την ακτινοβολία σε μία αντίστοιχη υπαίθρια περιοχή. Η αλλαγή της οφείλεται στην διαφορετική χημική σύσταση της ατμόσφαιρας πάνω από τις πόλεις. Η μείωσή της εξαρτάται από το είδος και την συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Σε μία έντονα βιομηχανοποιημένη περιοχή με σημαντικές καύσεις πρώτων υλών η μείωση κυμαίνεται από 10 ως 20% ενώ σε πόλεις όπου κυριαρχεί η φωτοχημική ρύπανση η μείωση μπορεί να είναι μεταξύ 2 και 10%. Η φωτοχημική ρύπανση λειτουργεί επίσης επιλεκτικά ως προς την απορρόφηση που παρουσιάζει σε διαφορετικά μήκη κύματος με μεγαλύτερη απορροφητικότητα, που φτάνει μερικές φορές και στο 90% στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Η σημαντική σκέδαση και ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας που διέρχεται από την ατμόσφαιρα μίας πόλης επιδρά και στην αύξηση της διάχυτης ακτινοβολίας με αποτέλεσμα τον καλύτερο φυσικό φωτισμό των κτιρίων αλλά με παράλληλη μείωση της διαύγειας της ατμόσφαιρας. Αυτό γίνεται αντιληπτό από το ότι λόγω της σκέδασης Mie ο ουρανός γίνεται λευκόχρωμος.

Η ανακλώμενη ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος, από το αστικό περιβάλλον, εξαρτάται εκτός από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και από την ανακλαστικότητα του ($F_s \uparrow = \alpha F_s \downarrow$). Η τιμή της λευκαύγειας μίας πόλης λόγω της πολυμορφίας της είναι μία εξαιρετικά μεταβλητή παράμετρος. Η τιμή της εξαρτάται τόσο από τη λευκαύγεια κάθε επιφάνειας της πόλης όσο και από την σχετική γεωμετρία των επιφανειών. Η γεωμετρία των επιφανειών και η σχετική τους θέση μειώνει το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται προς την ατμόσφαιρα από ένα δρόμο. Αυτό συμβαίνει λόγω των πολλαπλών ανακλάσεων που υφίσταται η ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του δρόμου, με τελικό αποτέλεσμα ένα πολύ μικρό ποσό της να διαφεύγει από αυτόν. Η μέση τιμή της λευκαύγειας που αναφέρεται από τον Οκε για πόλεις στα μέσα γεωγραφικά πλάτη είναι 0.15. Τιμή αυτή είναι μικρότερη από τις περισσότερες λευκαύγειες των υλικών που απαντώνται στο αστικό περιβάλλον. Οι πόλεις σε μικρότερα γεωγραφικά πλάτη παρουσιάζουν μεγαλύτερη λευκαύγεια λόγω των στενών δρόμων και των ανοιχτόχρωμων επιφανειών που τις χαρακτηρίζουν (σχήμα 2.22).



Σχήμα 2.22: Σχηματική αποτύπωση διάφορων συντελεστών λευκαύγειας στο αστικό περιβάλλον

Το γενικό συμπέρασμα το οποίο προκύπτει είναι ότι η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στο αστικό περιβάλλον είναι μικρότερη από αυτή που καταγράφεται σε αντίστοιχη υπαίθρια περιοχή λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η ανακλώμενη ακτινοβολία εξαρτάται από την λευκαύγεια των πόλεων και της υπαίθρου. Η πιο συνήθης περίπτωση είναι η λευκαύγεια των πόλεων να είναι μικρότερη. Σε αυτή την περίπτωση οι διαφορές της ροής καθαρής ακτινοβολίας μεταξύ υπαίθρου και πόλεως είναι μικρές.

Η εκπεμπόμενη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία έχει μεγαλύτερες τιμές από τις αντίστοιχες της ανοικτής υπαίθρου λόγω των μεγαλύτερων επιφανειακών θερμοκρασιών. Αυτό συμβαίνει παρόλο που η μέση ικανότητα εκπομπής των επιφανειών είναι μικρότερη στο αστικό περιβάλλον (πίνακας 2.3) και παρόλο που η γεωμετρία των δρόμων μειώνει τον παράγοντα μορφής των επιφανειών με τον ψυχρότερο ουρανό, με αποτέλεσμα την μείωση της διαφεύγουσας υπέρυθρης ακτινοβολίας. Λόγω όμως της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ιδιαίτερα των αερίων του θερμοκηπίου (CO_2 , H_2O_g) η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία απορροφάται από την ατμόσφαιρα και ένα μέρος της επανεκπέμπεται προς την επιφάνεια.

Τελικά στις περισσότερες των περιπτώσεων, όπως και στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία, η καθαρή ροή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές μεταξύ της υπαίθρου και του αστικού περιβάλλοντος

Από την παραπάνω θεωρητική ανάλυση προκύπτει ότι ενώ το αστικό περιβάλλον διαφοροποιεί τα ποσά των συνιστωσών της ακτινοβολίας τελικά οι διαφορές της καθαρής ακτινοβολίας μεταξύ υπαίθρου και αστικού περιβάλλοντος δεν είναι σημαντικές.

Πίνακας 2.3: Τυπικοί συντελεστές λευκαύγειας και εκπομπής κοινών υλικών αστικών επιφανειών (Πηγή: Threlkeld –1862, Sellers-1965, van Straaten-1967, Oke-1974, Arnfield-1982)

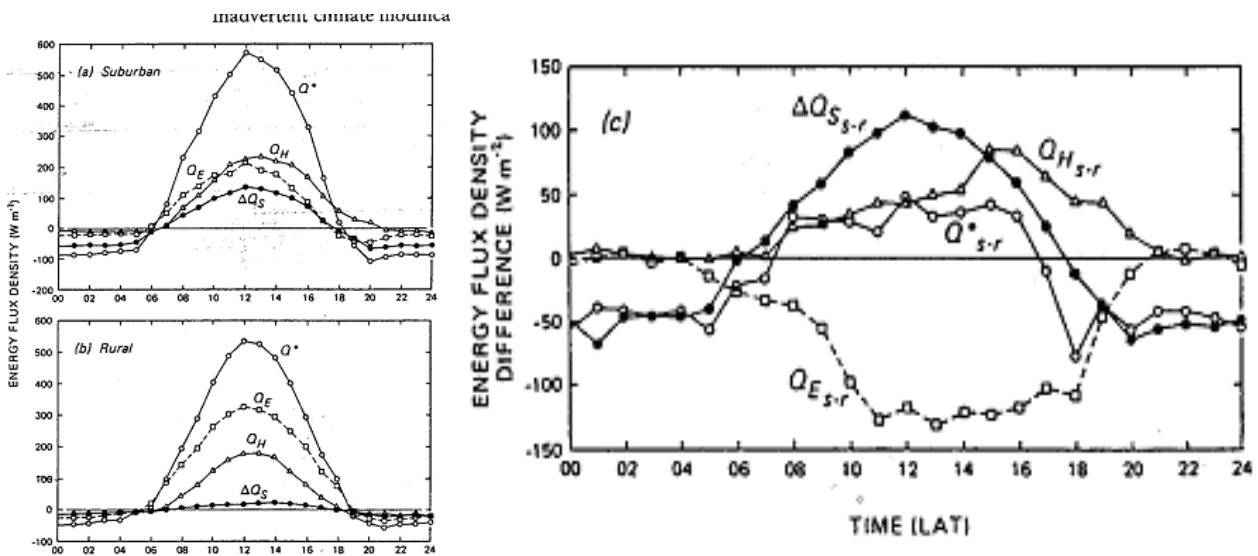
Επιφάνεια	Λευκαύγεια (α)	Συντελεστής Ικανότητας εκπομπής (ϵ)
Δρόμοι με άσφαλτο	0,05 – 0,20	0,95
Τοίχοι:		

Από τσιμέντο	0,10 – 0,35	0,71 – 0,90
Από τούβλα	0,20 – 0,40	0,90 – 0,92
Από πέτρα	0,20 – 0,35	0,85 – 0,95
Από ξύλο		0,90
Οροφές:		
Από αμμοχάλικο	0.08 – 0.18	92
Από κεραμίδι	0.10 – 0.35	90
Από πλάκα τσιμέντου	0.10	90
Από thatch	0.15 – 0.20	
Από μη στιλννό σίδηρο	0.10 – 0.16	0.13 – 0.28
Παράθυρα:		
Ζενίθια γωνία <40°	0,08	0,87 – 0,94
Ζενίθια γωνία μεταξύ 40° και 80°	0,9 – 0,52	0,87 – 0,92
Χρώματα:		
Λευκό, ανοιχτόχρωμο	0,50 – 0,90	0,85 – 0,95
Κόκκινο, Καφέ, Πράσινο	0,20 - 0,35	0,85 – 0,95
Μαύρο	0,02 - 0,15	0,90 – 0,98
Αστικές περιοχές*:	0.10 – 0.27 (0.15)	0.85 – 0.96 (0.95)

*Για πόλεις μέσου γεωγραφικού πλάτους μη χιονισμένες

Κατά συνέπεια είναι εμφανές ότι η διαφοροποίηση του αστικού κλίματος δεν οφείλεται τόσο στην διαφοροποίηση της καθαρής ακτινοβολίας (Q*) όσο στην διαφορετική σχετική διαμόρφωση των άλλων συνιστωσών μετάδοσης της θερμότητας. Συγκεκριμένα η αποψύλωση του εδάφους και η κάλυψή του σε μεγάλο ποσοστό (πολλές φορές και πάνω από 90%) με κτίρια και υλικά πολύ μικρής ικανότητας κατακράτησης νερού οδηγούν στη μείωση της εξατμισοδιαπνοής η οποία πολλές φορές στο κέντρο των μεγαλουπόλεων πρακτικά μηδενίζεται. Αυτό με την σειρά του έχει ως αποτέλεσμα την μείωση ως και την εξαφάνιση της λανθάνουσας ροής θερμότητας. Για να διατηρηθεί το ενεργειακό ισοζύγιο θα πρέπει να αυξηθούν στο αστικό περιβάλλον οι άλλες ροές, δηλαδή της αισθητής θερμότητας και της θερμότητας που αποθηκεύεται από τα δομικά υλικά του αστικού στρώματος. Η αισθητή θερμότητα αυξάνεται λόγω των σημαντικών επιφανειακών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στο εσωτερικό του στρώματος. Αυτό συμβαίνει διότι η προσπίπτουσα στις επιφάνειες ηλιακή ακτινοβολία όπως και στην περίπτωση του ξηρού εδάφους εξισορροπείται από την μετάδοση θερμότητας κυρίως με μεταφορά, και λιγότερο με αγωγή και αποθήκευση λόγω των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των υλικών. Σημαντικό ρόλο στην αύξηση της αποθήκευσης θερμότητας παίζει η γεωμετρία των πόλεων που αυξάνει την συνολική επιφάνεια που δέχεται την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Η αύξηση αυτών των δύο συνιστωσών και η μείωση της λανθάνουσας θερμότητας στο αστικό περιβάλλον σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές της υπαίθρου είναι η κύρια αιτία αλλαγής των κλιματικών στοιχείων πάνω από μία πόλη.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα διαμόρφωσης των ενεργειακών συνιστωσών σε μία περιαστική περιοχή σε σχέση με μία περιβάλλουσα υπαίθρια φαίνεται στο σχήμα 2.23. Η υπαίθρια περιοχή είναι μία μεγάλη έκταση καλυμμένη από γρασίδι, ενώ η περιαστική έχει μικρή πυκνότητα δόμησης (33%), με κτίρια ενός και δύο ορόφων ενώ το υπόλοιπο της έκτασης είναι φυτοκαλυμμένο. Λόγω της μικρής πυκνότητας δόμησης τόσο η μέγιστη μείωση της λανθάνουσας όσο και η μέγιστη αύξηση της αισθητής θερμότητας στην περιαστική περιοχή είναι μικρότερη των $150\text{W/m}^2\text{K}$. Είναι όμως ήδη σημαντική η διαφορά τους σε σχέση με την μέγιστη διαφορά της καθαρής ακτινοβολίας που είναι μόνο $50\text{W/m}^2\text{K}$. Επίσης, αξιοσημείωτη είναι η διαφορά στην ημερήσια πορεία της αισθητής θερμότητας η οποία μετά την δύση του ηλίου στην υπαίθρο μηδενίζεται, ενώ στην περιαστική περιοχή εξακολουθεί να εμφανίζεται και δύο με τρεις ώρες αργότερα λόγω της συσσωρευμένης θερμότητας από τα κτήρια κατά την διάρκεια της ημέρας η οποία αποβάλλεται προς την ατμόσφαιρα με μικρότερο ρυθμό.



Σχήμα 2.23: Ταυτόχρονη αποτύπωση του ενεργειακού ισοζυγίου στρώματος μεταξύ (a) περιαστική περιοχής (s) και (b) υπαίθρου και η σχετική τους διαφορά(r) (c) στην πόλη Vancouver στον Καναδά.

2.5.2. Ενεργειακό Ισοζύγιο Επιφανειών Αστικού Δρόμου (Αστικής Χαράδρας)

Στη συνέχεια θα γίνει μία προσπάθεια παρουσίασης της πολυπλοκότητας των ενεργειακών ανταλλαγών στο εσωτερικό του αστικού στρώματος, μελετώντας αυτές σε επίπεδο αστικού δρόμου, ο οποίος αποτελεί και την βασική δομή ενός τυπικού αστικού περιβάλλοντος.

Έτσι, ενώ εξετάζοντας το ενεργειακό ισοζύγιο του αστικού στρώματος στα πλαίσια των ανταλλαγών θερμότητας που συμβαίνουν σε αυτό, μπορεί να αγνοηθεί η ιδιαίτερη συμπεριφορά κάθε επιφάνειας που το συνιστά, δεν μπορεί όμως να συμβεί αυτό στην περίπτωση που επιδιώκεται η ακριβής γνώση του για μία μικρή περιοχή στο εσωτερικό του. Για την μελέτη αυτή, που είναι αναγκαία μίας και αυτό είναι το περιβάλλον μέσα στο οποίο δραστηριοποιείται ο άνθρωπος, χρειάζεται να οριστούν μικρές δομικές μονάδες που επαναλαμβανόμενες να συνιστούν το τυπικό αστικό περιβάλλον. Ως τέτοια δομική μονάδα μπορεί να οριστεί το τμήμα ενός δρόμου μεταξύ δύο διασταυρώσεων στις δύο πλευρές του οποίου υπάρχουν κτίρια που σχηματίζουν την μορφή της χαράδρας, «αστικής χαράδρας» (urban canyon). Η αστική χαράδρα αποτελείται από:

- α) τις επιφάνειες των όψεων των κτιρίων στις δύο απέναντι πλευρές του δρόμου,
- β) την επιφάνειά του δρόμου, και

γ) τον όγκο του αέρα που περικλείεται μεταξύ αυτών των τριών επιφανειών των δύο εξόδων του δρόμου και την οροφή της χαράδρας που ορίζεται στο ύψος των κτιρίων που τη αποτελούν.

Διαμέσου της οροφής χαράδρας θεωρείται ότι πραγματοποιούνται, οι ενεργειακές ανταλλαγές μεταξύ της αστικής χαράδρας και της υπερκείμενης ατμόσφαιρας. Ο ορισμός της αστικής χαράδρας με αυτό τον τρόπο δίνει την τρισδιάστατη υφή του προβλήματος της διαμόρφωσης του ενεργειακού ισοζυγίου σε αυτή. Σε μία πόλη που έχει την πολεοδομία του Ιπποδάμιου συστήματος (οι δρόμοι σχηματίζουν κνάβο), κάθε μία από τις κύριες διευθύνσεις θα παρουσιάζει και διαφορετικό ενεργειακό ισοζύγιο λόγω της διαφορετικής γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και λόγω της διαφορετικής γωνίας που σχηματίζει η διεύθυνση της ροής του ανέμου πάνω από τα κτίρια με τους άξονες των δρόμων. Σε αυτές τις διαφορές αλλά και στις διαφορές των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των δομικών στοιχείων των δρόμων καθώς και στα διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους, δηλαδή το μήκος (L) το πλάτος (W) και το ύψος των κτιρίων (H) οφείλονται οι μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας που καταγράφονται τόσο εντός μίας αστικής χαράδρας σε μία πόλη όσο και μεταξύ διαφορετικών δρόμων .

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω παραμέτρων οδηγούν δε ένα πλήθος διαφορετικών οδικών σχηματισμών με διαφορετικά ενεργειακά ισοζύγια. Για το λόγω αυτό θα γίνει προσπάθεια να παρουσιασθούν οι βασικές διαφοροποιήσεις που συμβαίνουν στο ενεργειακό ισοζύγιο της χαράδρας όταν μεταβάλλεται μία από τις παραπάνω παραμέτρους.

2.5.2.1. Ενεργειακό ισοζύγιο των επιφανειών αστικής χαράδρας και η επίδραση της αλλαγής του άξονα προσανατολισμού της.

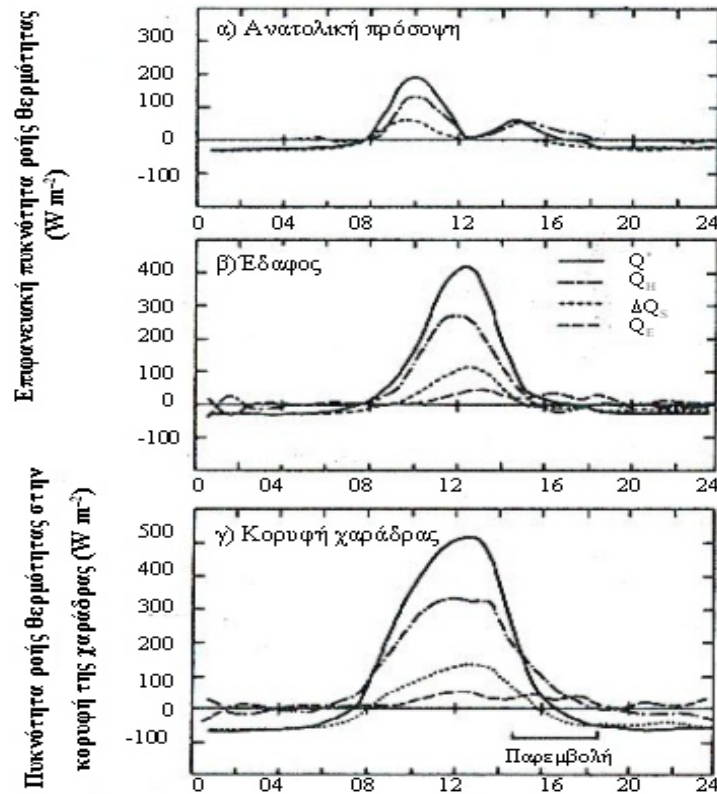
Ο προσανατολισμός του άξονα του δρόμου διαφοροποιεί σημαντικά το ποσό και την ημερήσια πορεία της εισερχόμενης στην χαράδρα ηλιακής ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα όπως φαίνεται από την σχέση (2.26) η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία επηρεάζεται άμεσα από την κλίση και τον προσανατολισμό της αστικής επιφάνειας.

Το 1987 ο Οκε εξετάζοντας την ημερήσια εξέλιξη του ενεργειακού ισοζυγίου των επιφανειών που συνιστούσαν μία αστική χαράδρα με άξονα προσανατολισμού Βορρά- Νότου όρισε τα διαγράμματα του σχήματος 2.24.

Σύμφωνα με αυτά καθώς ο ήλιος ανατέλλει, η ανατολική πρόσοψη της χαράδρας προσλαμβάνει πρώτη την ηλιακή ακτινοβολία (σχήμα 2.24α), ενώ η δυτική πρόσοψη και η επιφάνεια του εδάφους παραμένουν υπό σκιά. Αναλυτικότερα φωτίζεται το πάνω μέρος του τοίχου, αλλά επειδή η επιφάνεια αυτή λαμβάνει άμεση ακτινοβολία, η προσλαμβανόμενη ακτινοβολία ανά μονάδα επιφάνειας στο σημείο αυτό είναι μέγιστη. Για παράδειγμα στις 08:30π.μ. η καθαρή πυκνότητα ροής θερμότητας, Q_1^* , ήταν σχεδόν 360Wm^{-2} στο ανώτερο σημείο της ανατολικής πρόσοψης. Εντούτοις, αφού στο υπόλοιπο τμήμα του τοίχου το Q_1^* ήταν σχεδόν μηδέν, η χωρική μέση τιμή του σε όλη την επιφάνεια ήταν περίπου 65Wm^{-2} . Αργότερα, όταν φωτίζεται όλη η επιφάνεια το Q_1^* αυξάνει, ενώ εν συνεχεία, εξαιτίας της μεταβολής της γωνίας πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια αυτή, το Q_1^* μειώνεται. Μετά το μεσημέρι, η ανατολική πρόσοψη προσλαμβάνει μόνο διάχυτη ακτινοβολία, αλλά το απόγευμα παρουσιάζει ένα μικρό μέγιστο στην καμπύλη του ενεργειακού ισοζυγίου, το οποίο συμπίπτει με το μέγιστο της προσλαμβανόμενης ηλιακής ακτινοβολίας του απέναντι τοίχου (και άρα και της μέγιστης ανάκλασης στην ανατολική πρόσοψη).

Το έδαφος (σχήμα 2.24β) φωτίζεται κατά τη διάρκεια του μεσημεριού και η ημερήσια πορεία του Q_2^* είναι συμμετρική γύρω από το τοπικό μεσημέρι, αλλά το μέγεθος του είναι μεγαλύτερο σε σχέση με εκείνο των τοίχων εξαιτίας του μικρότερου συντελεστή ανάκλασης (albedo) στην μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, το καθαρό ισοζύγιο των μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολιών είναι μικρότερο μέσα στη χαράδρα σε σχέση με άλλες επιφάνειες (στην οροφή των κτιρίων ή στην ύπαιθρο), εξαιτίας του μικρότερου ποσοστού οπτικής επαφής του ουρανού (sky view factor).

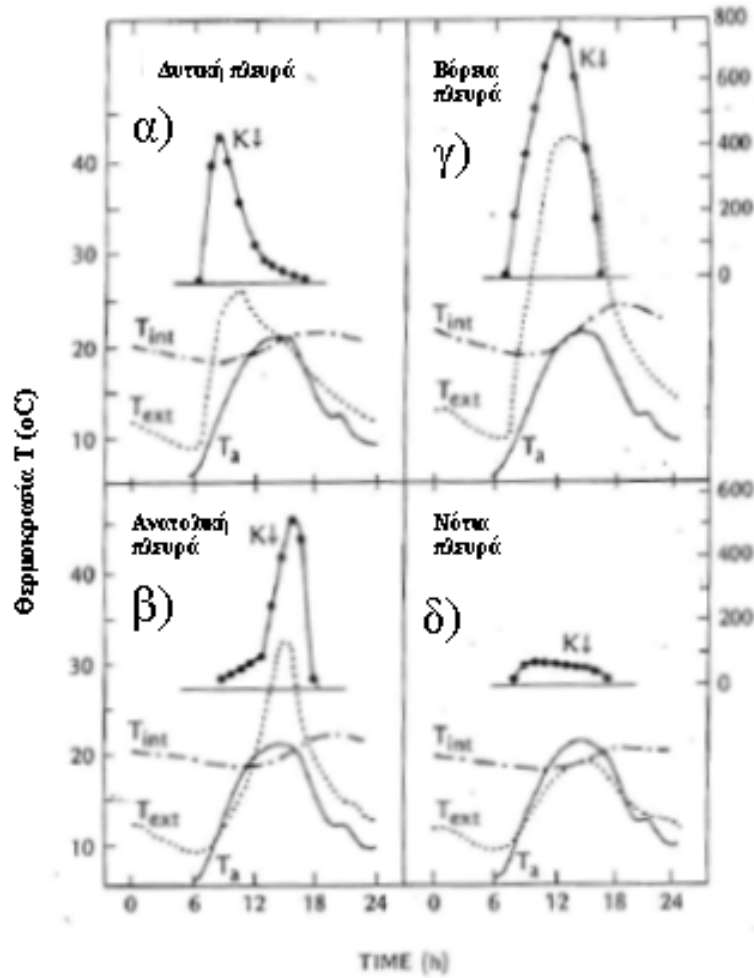
Το σχήμα 2.24γ απεικονίζει την ημερήσια πορεία των παραμέτρων του ενεργειακού ισοζυγίου στην κορυφή της χαράδρας. Προκύπτει ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας το πλεόνασμα της ακτινοβολούμενης θερμότητας μεταφέρεται έξω από τη χαράδρα και το υπόλοιπο παραμένει αποθηκευμένο.



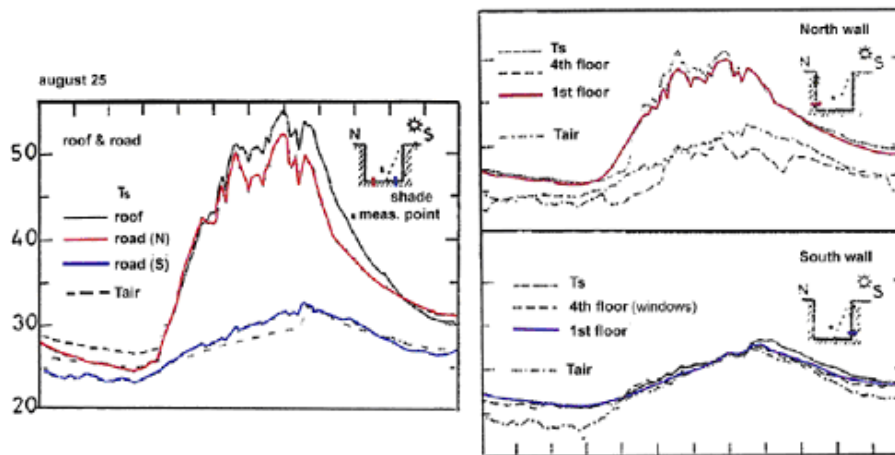
Σχήμα 2.24: Ημερήσια μεταβολή των παραμέτρων του ενεργειακού ισοζυγίου: α) της ανατολικής πρόσοψης των κτιρίων, β) της επιφάνειας του εδάφους και γ) της αστικής χαράδρας (στην κορυφή της) με προσανατολισμό B-N (Oke, 1987).

Η αλλαγή του προσανατολισμού του δρόμου διαφοροποιεί τόσο την ημερήσια πορεία όσο και τις τιμές του μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας που προσπίπτει στις δύο κατακόρυφες πλευρές της χαράδρας, διαφοροποιώντας έτσι τόσο τις ώρες εμφάνισης των μεγίστων όσο και τις τιμές αυτών. Στην περίπτωση δε που ο άξονας είναι από ανατολάς προς δυσμάς τα μέγιστα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας της τάξεων των 700W/m^2 (σχήμα 2.25γ και δ) εμφανίζονται σχεδόν ταυτόχρονα σημαντικές διαφορές. Αυτό συμβαίνει διότι η Νότια πλευρά δεν δέχεται άμεση ηλιακή ακτινοβολία και τη μέγιστη τιμή της ακτινοβολίας μικρού κύματος την λαμβάνει από ανάκλαση και διάχυση ηλιακής ακτινοβολίας όταν είναι μέγιστη η τιμή της προσπίπτουσας. Αυτό συμβαίνει στο τοπικό μεσημέρι όταν η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία παίρνει την μέγιστη τιμή της και για την Βορινή επιφάνεια της χαράδρας (νότιο προσανατολισμό).

Οι θερμοκρασίες επιφανείας, για μία αστική χαράδρα με άξονα προσανατολισμού Ανατολής - Δύσης και για λόγο ύψους προς πλάτος $H/W=0,96$ κάτω από ανέφελο ουρανό για μία καλοκαιρινή μέρα, στο Κιότο της Ιαπωνίας (35°B), δόθηκε από το Yoshida κ.α. το 1990. Τα αποτελέσματα των μετρήσεών του για διαφορετικά ύψη αποτυπώνονται στο σχήμα 2.26. Είναι εμφανές ότι η θερμοκρασία ακολουθεί την ημερήσια πορεία της ηλιακής ακτινοβολίας με τις διαφορές των μεγίστων επιφανειακών θερμοκρασιών μεταξύ βόρειας και νότιας πλευράς να ανέρχονται στους 15°C .



Σχήμα 2.25: Η εισερχόμενη ακτινοβολία μικρού κύματος με τις αντίστοιχες εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες επιφανείας και της θερμοκρασίας αέρα για δρόμο με άξονα προσανατολισμού Βορρά - Νότο (α, β) και δρόμο με άξονα προσανατολισμού Ανατολή - Δύση (γ, δ) (Oke, 1987).

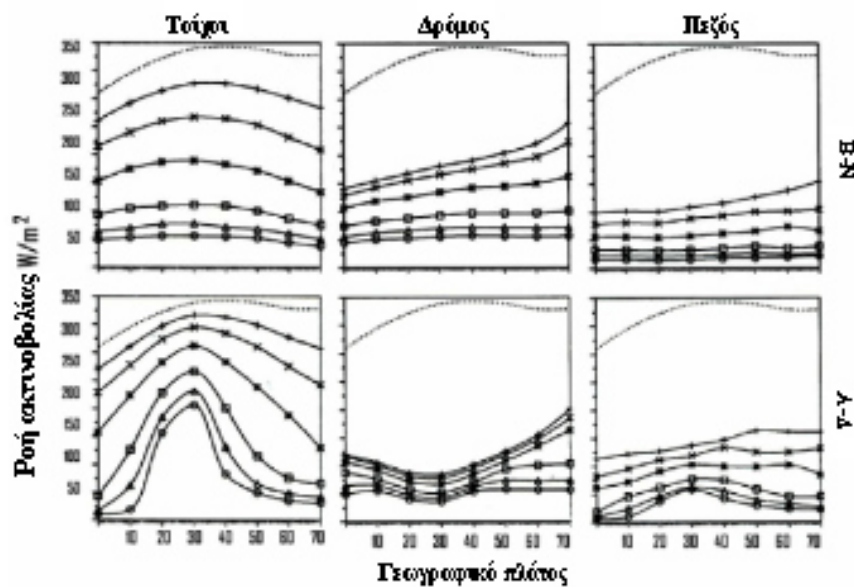


Σχήμα 2.26: Οι θερμοκρασίες επιφανείας και η θερμοκρασία του αέρα, για μία αστική χαράδρα με άξονα προσανατολισμού Ανατολής -Δύσης και για λόγο ύψους προς πλάτος $H/W=0,96$ κάτω από ανέφελο ουρανό την καλοκαιρινή περίοδο στο Κιότο της Ιαπωνίας $35^\circ B$ (Yoshida et. El. 1990/1991)

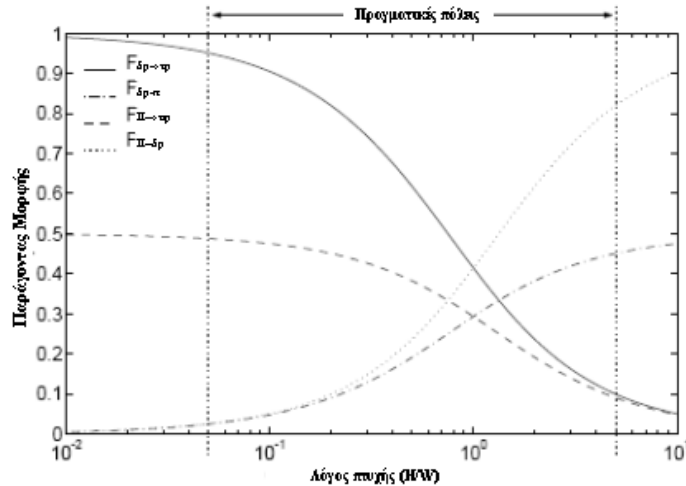
2.5.2.2. Διαφοροποίηση ενεργειακού ισοζυγίου αστικών επιφανειών με την αλλαγή του ύψους και του πλάτους της αστικής χαράδρας

Επί πλέον η αλλαγή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του δρόμου, ήτοι του ύψους των κτιρίων (H) και του πλάτους του δρόμου(W) επιδρούν σημαντικά στο ποσό της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια επιφάνεια. Οι παράγοντες αυτοί διαμορφώνουν τον παράγοντα μορφής της επιφάνειας με αποτέλεσμα να επηρεάζουν κυρίως κατά την διάρκεια της ημέρας την διάρκεια που μία επιφάνεια δεδομένου προσανατολισμού δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία (σχήμα 2.27). Η αύξηση του λόγου πτυχής (aspect ratio, H/W) οδηγεί σε αύξηση του παράγοντα μορφής των επιφανειών (σχήμα 2.28) που συνιστούν την αστική χαράδρα και κατ' επέκταση σε μείωση της εισερχόμενης ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος κατά την διάρκεια της ημέρας λόγω της αυξημένης σκίασης, ιδιαίτερα στα χαμηλά στρώματα της χαράδρας. Επηρεάζεται έτσι επίσης και το ποσό της ακτινοβολίας που ανακλάται ή διαχέεται στο περιβάλλον εκτός της αστικής χαράδρας.

Κατά την διάρκεια της νύχτας ο παράγοντας μορφής επηρεάζει το καθαρό ισοζύγιο ακτινοβολιών μεγάλου μήκους κύματος(υπέρυθρη ακτινοβολία). Όσο πιο μεγάλος είναι ο λόγος πτυχής τόσο μικρότερο είναι ποσό της καθαρής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος που αποβάλλεται από αυτή. Επιπλέον οδηγεί σε μείωση της υπέρυθρης ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της νύκτας λόγω μείωση του παράγοντα μορφής των επιφανειών με τον ψυχρότερο ουρανό.



Σχήμα 2.27: Η μαθηματικά υπολογισμένη προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στις επιφάνειες ενός δρόμου και σε ένα πεζόδρομο για τον μήνα Ιούνιο για δύο αστικές χαράδρες με προσανατολισμό A-Δ και B-N για διάφορους λόγους πτυχής (H/W) και διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη. Τα σύμβολα +, x, Δ, ο, αντιστοιχούν σε λόγους πτυχής H/W=0.25,0.5,1,2,3 και 4(Arnfield 1990)

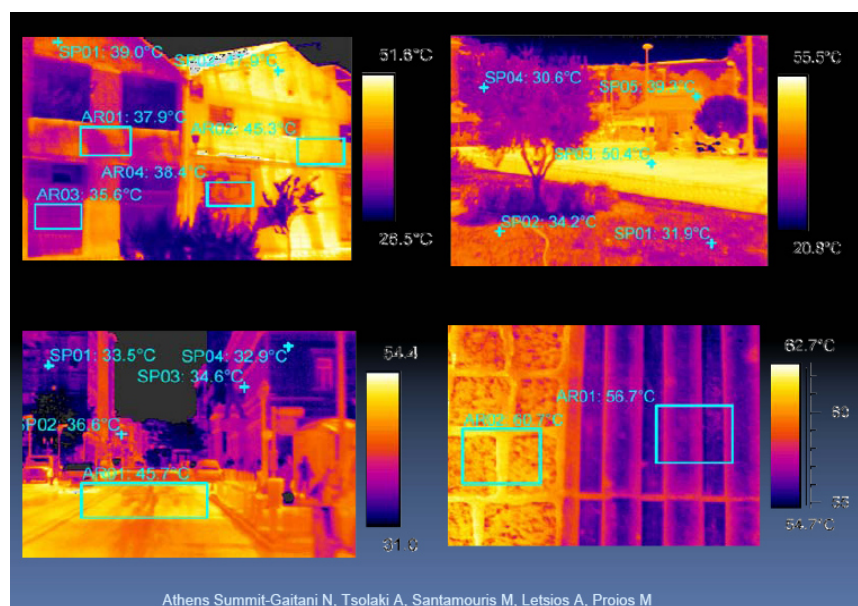


Σχήμα 2.28: Παράγοντες μορφής για της επιφάνειες της αστικής χαράδρας για διάφορους λόγους πτυχής (H/W).

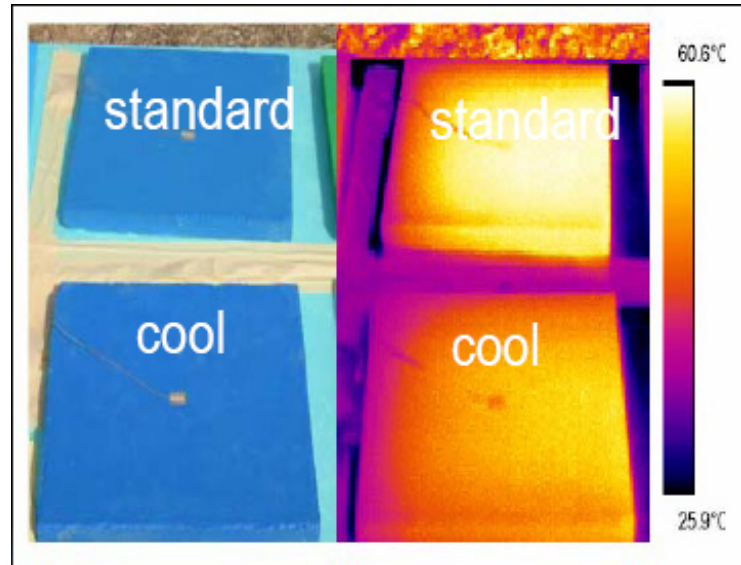
2.5.2.3. Διαφοροποίηση ενεργειακού ισοζυγίου αστικής επιφάνειας λόγω διαφορετικών υλικών και κλιματολογικών συνθηκών.

Τα δομικά υλικά με τα ιδιαίτερα θερμοφυσικά χαρακτηριστικά τους επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό το ενεργειακό ισοζύγιο της αστικής χαράδρας. Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.29 μέσα στο αστικό περιβάλλον υπάρχει ένα σημαντικό εύρος επιφανειακών θερμοκρασιών της τάξης των 30°C, (σχήμα 2.30) που δημιουργούνται ακόμα και μεταξύ υλικών που δέχονται το ίδιο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας.

Η αλλαγή των δομικών υλικών μπορεί να επιδράσει σημαντικά στην ανακλαστική ικανότητα της χαράδρας καθώς και στο ποσό της θερμότητας που αποθηκεύεται σε αυτή με τη μορφή αισθητής θερμότητας. Έτσι η χρήση υλικών μεγάλης ανακλαστικότητας (λευκαύγειας) έχει ως αποτέλεσμα το ποσό της καθαρής ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από αυτή να μειωθεί σημαντικά και να αποκτούν χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες. Ταυτόχρονα αν τα δομικά υλικά έχουν μειωμένη θερμοχωρητικότητα τότε το ποσό της αποθηκευμένης αισθητής θερμότητας θα είναι και αυτό μειωμένο και έτσι κατά την νυχτερινή ιδιαίτερα περίοδο θα υπάρχουν μικρότερες θερμοκρασίες επιφανείας.



Σχήμα 2.29: Επιφανειακές Θερμοκρασίες αστικού περιβάλλοντος



Σχήμα 2.30: Διαφορές θερμοκρασιών επιφανείας μεταξύ δύο πλακών χρωματισμένων η μία με απλό χρώμα και η άλλη με χρώμα υψηλής ανακλαστικότητας.

Επίσης, οι διαφορετικές καιρικές συνθήκες επηρεάζουν και αυτές την ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ της αστικής χαράδρας και της υπερκείμενης ατμόσφαιρας. Συγκεκριμένα η αύξηση της έντασης του ανέμου οδηγεί στην αύξηση της τυρβώδους και οριζόντιας μεταφοράς θερμότητας στο εσωτερικό του δρόμου. Αποτέλεσμα αυτού είναι η άμβλυνση των διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ χαράδρας και υπερκείμενης ατμόσφαιρας, καθώς και μεταξύ χαράδρας και περιβάλλουσας υπαίθριας περιοχής. Ομοίως η αύξηση της νεφοκάλυψης μειώνει τις ενεργειακές διαφορές μεταξύ διαφορετικών χαραδρών την διάρκεια της ημέρας μίας και η μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία με τη μορφή διάχυτης ακτινοβολίας είναι πιο ομοιόμορφη και δεν επηρεάζεται από τον προσανατολισμό της χαράδρας. Την νύκτα, επειδή η βάση των νεφών παρουσιάζει μεγαλύτερη θερμοκρασία σε σχέση με αυτή του ανέφελου ουρανού, το ποσό της καθαρής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος, δεν επηρεάζεται σημαντικά από τον παράγοντα μορφής της χαράδρας. Τέλος η βροχοπτώση επηρεάζει σημαντικά το ενεργειακό ισοζύγιο της επιφάνειας λόγω του φαινομένου της εξάτμισης ή της μεταφοράς θερμότητας από ή προς το νερό που την καλύπτει.

2.6. Θερμοκρασίες αέρα εντός της αστικής χαράδρας

Σύμφωνα με σχετικές μελέτες (Κ. Niachou et. al.(2008), Nakamura et. al. (1988), Stoll et al(1992), Toudert et. al (2006)) οι θερμοκρασίες του αέρα εντός τη αστικής χαράδρας εξαρτώνται και αυτές από πλήθος παραγόντων όπως είναι η ταχύτητα του αέρα, η θερμοκρασία το αέρα πάνω από το ύψος αυτής, οι επιφανειακές θερμοκρασίες κ.λπ. Όπως προκύπτει από σχετικές μελέτες, οι θερμοκρασίες του αέρα πλησίον των επιφανειών που συνιστούν την αστική χαράδρα, για ένα μη σταθερού πάχους στρώμα αέρα, επηρεάζονται σε σημαντικό βαθμό από της την θερμοκρασία αυτών και συνήθως οι θερμοκρασίες του αέρα κοντά σε αυτές συμμεταβάλλονται. Το πάχος του στρώματος αυτού και η επίδραση που δέχεται από τις επιφάνειες είναι πιο μεγάλο για συνθήκες άπνοιας. Κινούμενοι προς το κέντρο του δρόμου η διαμόρφωση των θερμοκρασιών του αέρα γίνεται πιο πολύπλοκη και επηρεάζεται τόσο από τις επιφανειακές θερμοκρασίες αλλά και από την θερμοκρασία πάνω από το ύψος των κτηρίων. Όταν υπάρχει άνεμος η επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα πάνω από την χαράδρα, στο κέντρο αυτής είναι καθοριστική, ενώ το πάχος τους στρώματος που επηρεάζεται από τις θερμοκρασίες των επιφανειών περιορίζεται σημαντικά. Οι στιγμιαίες διαφορές θερμοκρασίας ιδιαίτερα κατά την διάρκεια της ημέρας λόγω των μεγάλων διαφορών των

επιφανειακών θερμοκρασιών μπορεί να είναι σημαντικές και να φτάνουν και πάνω των 5°C, ιδιαίτερα αν επικρατούν συνθήκες άπνοιας και τα σημεία μέτρησης είναι κοντά στις επιφάνειες της χαράδρας που έχει ως αποτέλεσμα η θερμοκρασία του αέρα να επηρεάζεται άμεσα από τις επιφανειακές θερμοκρασίες

2.7. Συμπεράσματα

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει, ότι από ενεργειακής άποψης, ο πλανήτης μας είναι μία μηχανή ανταλλαγής ενέργειας, που αποτελείται από επί μέρους φυσικά συστήματα, με διαφορετικά χαρακτηριστικά ανταλλαγής ενέργειας (ακτινοβολία, αισθητή θερμότητα, μεταφορά, εξάτμιση κ.λπ.), τα οποία τελικά διαμορφώνουν τα κλιματικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής. Στα συστήματα αυτά μπορεί να προστεθεί και ένα μη φυσικό σύστημα, αυτό των αστικών κέντρων όπου λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους (διαφορετικά υλικά, έλλειψη πράσινου, μεγάλη τραχύτητα, κατανάλωση ενέργειας, κ.λπ.) διαμορφώνει ένα διαφορετικό κλίμα, το αστικό κλίμα, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό, μιας και σε αυτό αναμένεται να ζει, μέχρι το τέλος της δεκαετίας, πάνω από το 60% της ανθρωπότητας. Το φαινόμενο της εμφάνισης υψηλότερων θερμοκρασιών στο αστικό περιβάλλον και ιδιαίτερα στο πυκνοδομημένο κέντρο των πόλεων σε σχέση με την περαστική και περιοχή και την ύπαιθρο γνωστό και ως αστική θερμική νησίδα είναι το πιο παλιά καταγεγραμμένο και πιο πολύ έντονα μελετημένο φαινόμενο του αστικού κλίματος. Αναλυτικά στοιχεία για αυτό υπάρχουν στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΚΛΙΜΑ - ΑΣΤΙΚΟ ΚΛΙΜΑ - ΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ

Κεφάλαιο 3: Κλίμα – Αστικό Κλίμα – Αστική Θερμική Νησίδα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η έννοια του κλίματος και των κλιματικών στοιχείων που διαμορφώνουν το κλίμα της Ελλάδας, ενώ συγχρόνως δίνεται και μια απεικόνιση του κλίματος της περιοχής του λεκανοπεδίου της Αττικής. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι κλιματικές διαφοροποιήσεις που παρουσιάζει μία αστική περιοχή σε σχέση με την ευρύτερη περιβάλλουσα περιοχή της, και αναλύονται οι παράγοντες που δημιουργούν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Ακολούθως, παρουσιάζονται αποτελέσματα από εργασίες που έχουν γίνει για την μελέτη το υ φαινομένου της «αστικής θερμικής νησίδας» ανά τον κόσμο, εστιάζοντας στην περιοχή της Ευρώπης. Τέλος, αναλύονται οι επιδράσεις των επιμέρους παραγόντων που δημιουργούν το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής νησίδας.

3.1. Κλίμα – Κλιματικοί Παράγοντες – Κλιματικά στοιχεία

Η εξέλιξη της ιστορίας, του πολιτισμού και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών ενός λαού είναι στενά συνδεδεμένα με το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή που κατοικεί. Είναι γνωστό ότι η κατάσταση της ατμόσφαιρας ή ο συνδυασμός των καιρικών φαινομένων σε μία δεδομένη χρονική στιγμή ή μία μικρή χρονική περίοδο, σε μία περιοχή, λέγεται καιρός και εξετάζεται από την Μετεωρολογία που σκοπό έχει την μελέτη της εξέλιξης των στοιχείων του καιρού όπως είναι η υγρασία η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η ταχύτητα του ανέμου κ.τ.λ.

Ως κλίμα ορίζεται η μέση καιρική κατάσταση για μεγάλη χρονική διάρκεια, κατά συνέπεια οι μέσες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων για μία μεγάλη περίοδο ορίζονται ως κλιματικά στοιχεία. Η χρονική περίοδος πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να ελαχιστοποιείται η διακύμανση γύρω από την μέση τιμή. Γενικά ικανοποιητική θεωρείται μία περίοδος πάνω από τριάντα χρόνια, ενώ για ορισμένες μετεωρολογικές παραμέτρους και μικρότερη περίοδος μπορεί επίσης να θεωρηθεί ικανοποιητική.

Τα κλιματικά στοιχεία εμφανίζουν τοπικές και χρονικές διαφοροποιήσεις λόγω της επίδρασης ορισμένων παραγόντων όπως είναι:

Ο ήλιος, ο οποίος τροφοδοτεί την γη με τεράστια ποσά ενέργειας (ηλιακή σταθερά 1400 W/m^2). Η τροφοδοσία αυτή όμως δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από την θέση της γης ως προς τον ήλιο. Για τον λόγο αυτό υπάρχει η ετήσια και η ημερήσια διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας που παίζει κυρίαρχο ρόλο στις αντίστοιχες διακυμάνσεις των άλλων κλιματικών στοιχείων (τοπική και χρονική διαφοροποίηση).

Το γεωγραφικό πλάτος, το οποίο καθορίζει σε σημαντικότερο βαθμό το ποσό της ακτινοβολίας που δέχεται κάθε τόπος, μιας και επηρεάζει την διάρκεια της ημέρας και το ύψος του ηλίου σε κάθε τόπο (τοπική διαφοροποίηση).

Η φύση της γήινης επιφάνειας, η διανομή δηλαδή των ξηρών και θαλασσών, το ανάγλυφο, το υψόμετρο κ.λπ. είναι παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά το κλίμα. Η θάλασσα έχει μεγάλη θερμοχωρητικότητα και δεν παρουσιάζει εμπόδια στην κυκλοφορία του αέρα, έτσι παρουσιάζει μικρότερη θερμοκρασία κατά την θερμή περίοδο και μεγαλύτερη κατά την ψυχρή σε σχέση με τις παρακείμενες ξηρές του ίδιου γεωγραφικού πλάτους, με αποτέλεσμα να επηρεάζει το κλίμα στις παραθαλάσσιες περιοχές με τον ίδιο τρόπο. Το ανάγλυφο και το υψόμετρο επιδρούν επίσης σημαντικά στην θερμοκρασία, στη νέφωση, στους ανέμους, στην βροχόπτωση κ.λπ. και δημιουργούν ιδιαίτερους κλιματικούς τύπους. Η φυτοκάλυψη μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση του κλίματος μιας και διαφοροποιεί το ενεργειακό ισοζύγιο της περιοχής (εξατμισοδιαπνοή, απορρόφηση

ακτινοβολίας, φωτοσύνθεση, κ.τ.λ.), ενώ λόγω αυξημένη τραχύτητα του εδάφους μπορεί να μειώσει τις ταχύτητες του ανέμου (τοπική διαφοροποίηση).

Τα σπουδαιότερα κλιματικά στοιχεία είναι τα εξής:

Η ολική ηλιακή ακτινοβολία. Αυτή είναι το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια. Άμεση είναι η ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια της γης άμεσα από τον ήλιο και εξαρτάται κυρίως από την ηλιακή σταθερά, το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή, το υψόμετρο, το ύψος του ηλίου, την απορρόφηση και την διάχυση στην ατμόσφαιρα, την ύπαρξη και το είδος των νεφών, και την κλίση της επιφάνειας πρόσπτωσης. Διάχυτη είναι η ακτινοβολία που έρχεται απ' όλες τις διευθύνσεις του ουρανού λόγω πολλαπλής ανάκλασης στα μόρια της ατμόσφαιρας. Εξαρτάται από την κατάσταση της ατμόσφαιρας, το υψόμετρο, την λευκαύγεια της επιφάνειας κ.τ.λ.. Ως εκ τούτου η ολική ηλιακή ακτινοβολία είναι ο ρυθμιστικός παράγοντας της θερμικής κατάστασης της γης, η οποία εξαρτάται από όλους τους παράγοντες που επηρεάζουν την άμεση και την διάχυτη ακτινοβολία, με σημαντικότερο από όλους την νέφωση και το είδος των νεφών.

Η θερμοκρασία του αέρα.(αναφερόμενη σε ύψος από 1.5 ως 20 m πάνω από το έδαφος).Η θερμοκρασία του αέρα εξαρτάται από την ηλιακή ενέργεια και για αυτό οι μεταβολές της θερμοκρασίας ακολουθούν γενικά τις μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας και επηρεάζονται από τους ίδιους παράγοντες. Σημαντικές παράμετροι, σε σχέση με την θερμοκρασία του αέρα, είναι η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία καθώς και το ημερήσιο (Η.Θ.Ε.) και το ετήσιο(Ε.Θ.Ε.) θερμομετρικό εύρος. Ως Η.Θ.Ε. ορίζεται η διαφορά της μέγιστης και ελάχιστης ημερήσιας θερμοκρασίας του αέρα. Το Ε.Θ.Ε ορίζεται ως η διαφορά της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του θερμότερου μήνα από την αντίστοιχη μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα του έτους.

Ο άνεμος, που ορίζεται ως η οριζόντια συνιστώσα της κίνησης των μορίων στην ατμόσφαιρα, χαρακτηρίζεται από την διεύθυνσή του και την έντασή του, με τη μέτρησή του να γίνεται συνήθως σε ύψος 10 μέτρων, για να είναι μειωμένη η επίδραση του εδάφους.

Εξάτμιση και διαπνοή. Η μετάβαση του νερού από την υγρή φάση του στην αέρια, από την ελεύθερη επιφάνεια του, λέγεται εξάτμιση. Η απόδοση των υδρατμών στην ατμόσφαιρα μέσω των φυτών ορίζεται ως διαπνοή. Η εξάτμιση και η διαπνοή ιδιαίτερα, είναι δύο πολύπλοκα φαινόμενα που εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες (θερμοκρασία νερού, τάση υδρατμών, μέγιστη τάση υδρατμών, ατμοσφαιρική πίεση, θερμοκρασία του αέρα, καθαρότητα του νερού, ταχύτητα του ανέμου, είδος των φυλλωμάτων, περίοδο ανάπτυξης κ.τ.λ.).

Υετός. Στον όρο υετό περιλαμβάνονται όλα τα υγρά και στερεά ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Σημαντικό στοιχείο είναι η κατανομή του υετού στην διάρκεια του έτους, καθώς και η ένταση της βροχής, δηλαδή το ποσό του νερού που πέφτει στη μονάδα του χρόνου.

Υγρασία. Με τον όρο αυτό εννοείται η περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς. Οι εκφράσεις της είναι πολλές με συνηθέστερη την σχετική υγρασία

Ηλιοφάνεια. Είναι το κλιματικό στοιχείο που εκφράζει την διάρκεια κατά την οποία δέχεται η επιφάνεια ενός τόπου την ηλιακή ακτινοβολία και εκφράζεται σε ώρες. Η μέση ετήσια ηλιοφάνεια επηρεάζεται από το γεωγραφικό πλάτος και την νέφωση

3.2. Κλίμα της Ελλάδας

Ενώ το κλίμα στον Ελλαδικό χώρο χαρακτηρίζεται γενικά ως μεσογειακό, παρόλα αυτά παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία. Αυτό οφείλεται στην σημαντική επίδραση της θάλασσας και στο έντονο ανάγλυφο, που έχει ως αποτέλεσμα τον γεωγραφικό διαμελισμό της χώρας σε ξεχωριστές και απομονωμένες περιοχές, τόσο στο οριζόντιο όσο και στο κατακόρυφο επίπεδο (οροσειρές, νησιά, μεγάλη παραλιακή γραμμή, πολύμορφοι σχηματισμοί οροσειρών και λεκανοπεδίων, κ.λπ.). Έτσι, ακόμα και σε μικρές αποστάσεις παρουσιάζεται μεταβολή του μεσογειακού κλίματος φθάνοντας να είναι μέχρι και αλπικό. Επιπλέον, ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αποτελεί η μεγάλη ακτογραμμή που, σε συνδυασμό με την τοπογραφία της περιοχής, διαμορφώνει ποικίλα κλιματικά χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν επίσης να διαφοροποιήσουν τον μεσογειακό τύπο του κλίματος (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011).

Έτσι η Ελλάδα, λόγω της επίδρασης του γεωγραφικού παράγοντα, μπορεί να διαιρεθεί κλιμακά στις εξής κύριες «Κλιματικές Ζώνες».

α) Ορεινή Ζώνη. Σε αυτή περιλαμβάνονται οι μεγάλοι ορεινοί όγκοι και κυρίως η μεγάλη οροσειρά της Πίνδου, που εκτείνεται από ΒΒΔ προς ΝΝΑ στην περιοχή της Ηπείρου, και η προέκτασή της στην Στερεά Ελλάδα. Η οροσειρά αυτή χωρίζει την Ελληνική χερσόνησο σε δύο περιοχές με διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά όπως θα αναλυθεί στην συνέχεια. Το κλίμα σε αυτά τα βουνά εμφανίζει χαρακτηριστικά ορεινού τύπου. Δηλαδή παρουσιάζεται μείωση της μέσης θερμοκρασίας με το ύψος, ενώ μετά τα 2000 μέτρα ελαχιστοποιείται η βροχόπτωση. Επίσης οι δυτικές πλευρές, είναι οι πλευρές που πρώτες συναντούν οι υφέσεις, οι οποίες ακολουθούν την γενική δυτική κυκλοφορία των μέσων γεωγραφικών πλατών που βρίσκεται η χώρα μας, με αποτέλεσμα να δέχονται υψηλές βροχοπτώσεις. Οι αέριες μάζες λόγω των ανοδικών κινήσεων στις πλαγιές οδηγούνται σε ψύξη, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται εντονότατη νέφωση και ομίχλη. Σε αντίθεση οι ανατολικές πλευρές της οροσειράς που είναι και οι υπήνεμες πλαγιές λόγω των καθοδικών κινήσεων των αερίων μαζών παρουσιάζουν μικρότερη βροχόπτωση, διάλυση των νεφών μεγαλύτερη ηλιοφάνεια και μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Κατά την θερινή περίοδο η θέρμανση των αερίων μαζών κατά την καθοδική τους κίνηση σε συνδυασμό με την υψηλή ηλιακή ακτινοβολία οδηγεί στην δημιουργία στον Θεσσαλικό κάμπο, στους πρόποδες της οροσειράς, ασθενείς πολύ ζεστούς και ξηρούς ανέμους «τύπου Foehn».

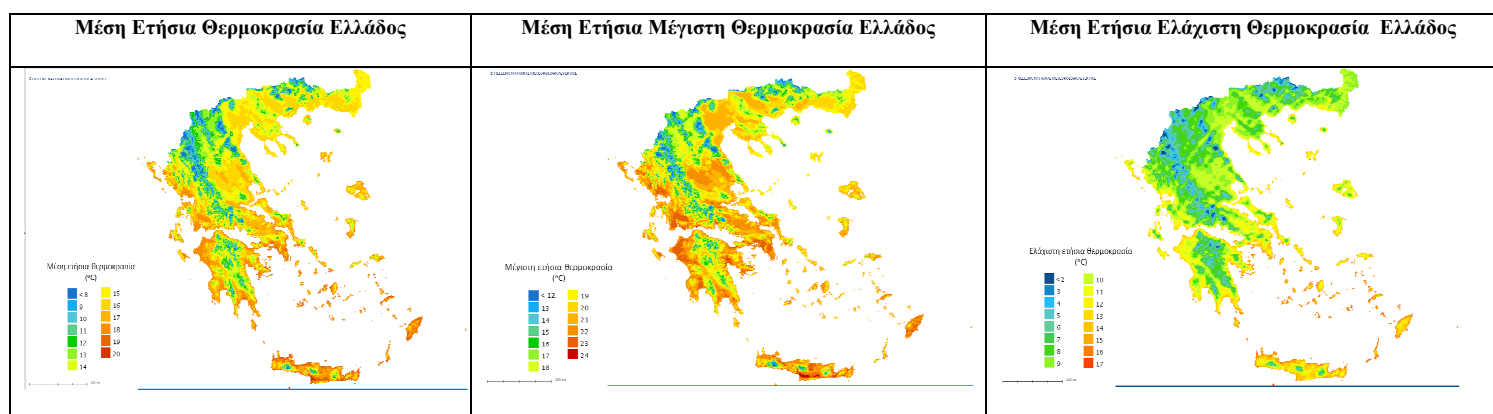
β) Ηπειρωτική Ζώνη. Περιλαμβάνει το εσωτερικό της Ηπείρου, της Θεσσαλίας, της Μακεδονίας, και της Θράκης. Το κλίμα σε αυτές τις περιοχές απομακρύνεται βαθμιαία από το καθαρά Μεσογειακό και τείνει να προσεγγίσει το κλίμα ηπειρωτικού χαρακτήρα της Ευρώπης. Εδώ, παρατηρούνται τα μεγαλύτερα ετήσια και ημερήσια θερμομετρικά εύρη και οι μικρότερες μέσες ετήσιες θερμοκρασίες.

γ) Θαλάσσια Μεσογειακή Ζώνη. Περιλαμβάνει τις δυτικές παράκτιες περιοχές της χώρας και τα νησιά του Ιονίου πελάγους. Σε αυτές τις περιοχές παρουσιάζεται σημαντική βροχόπτωση λόγω των υφέσεων και της δυτικής γενικής ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας. Η επίδραση της θάλασσας έχει σαν συνέπεια να παρατηρούνται μικρά ημερήσια και ετήσια θερμομετρικά εύρη. Η χειμερινή περίοδος είναι πιο ήπια, ενώ το καλοκαίρι οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες από την χερσαία μεσογειακή ζώνη και η υγρασία υψηλότερη από τις άλλες ζώνες.

δ) Την χερσαία μεσογειακή ζώνη. Περιλαμβάνει την Ν.Α. Ελλάδα, μέρος της Θεσσαλίας, ορισμένα τμήματα της Στερεάς και της Πελοποννήσου τα παράλια και τα νησιά του Αιγαίου και την Κρήτη. Οι περιοχές αυτές παρουσιάζουν μεγαλύτερη ξηρασία και

ισχυρότερους ανέμους κατά το θέρος σε σχέση με τις δυτικές περιοχές του ίδιου γεωγραφικού πλάτους ενώ τον χειμώνα, παρατηρούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες και λιγότερες βροχοπτώσεις σε σχέση με τα νησιά του Ιονίου πελάγους.

Στο σχήμα 3.1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέσες ετήσιες, οι μέσες ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες, στην επικράτεια, βάσει των κλιματολογικών χαρτών της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, όπως αυτοί προέκυψαν, από την επεξεργασία των δεδομένων της Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, για την περίοδο από το 1971-2000. Είναι εμφανές ότι η περιοχή της Αττικής ανήκει στις περιοχές της χώρας που παρουσιάζουν κατά μέσο όρο τις υψηλότερες τιμές κυρίως στις μέσες και μέσες μέγιστες θερμοκρασίες.



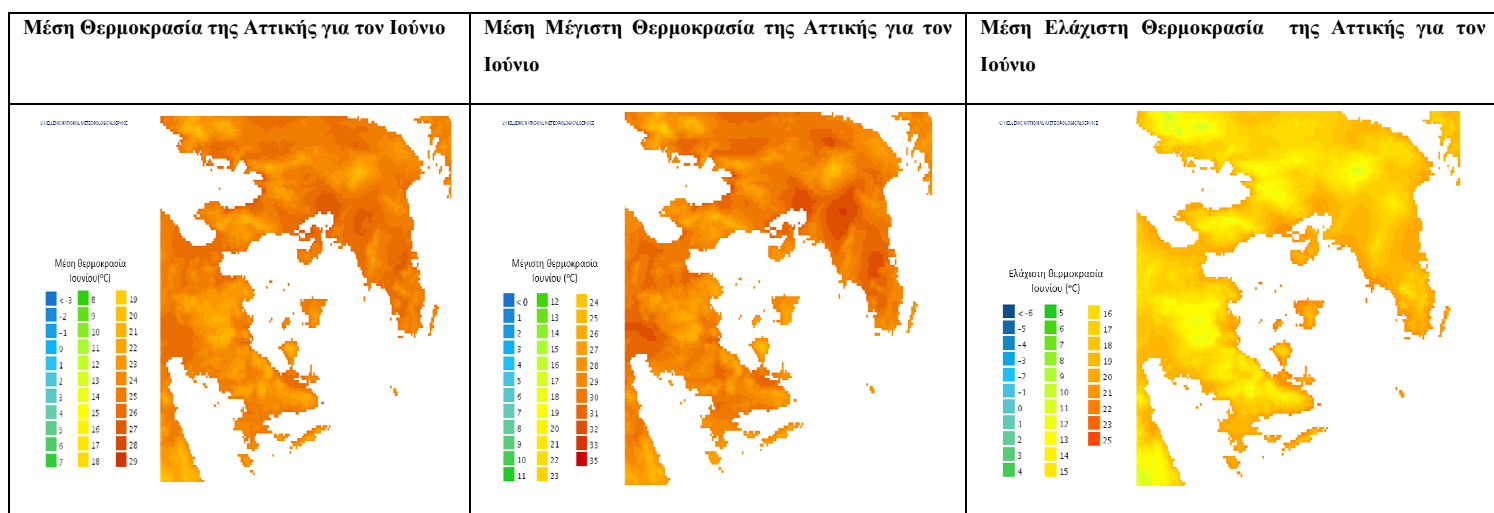
Σχήμα 3.1: Μέση, Μέση Μέγιστη και Μέση Ελάχιστη ετήσια χωρική κατανομή της Θερμοκρασία στον Ελληνικό χώρο (Πηγή: Κλιματικοί χάρτες Ε.Μ.Υ.: <http://climatlas.hnms.gr/sdi/>)

3.3. Κλίμα της Αττικής

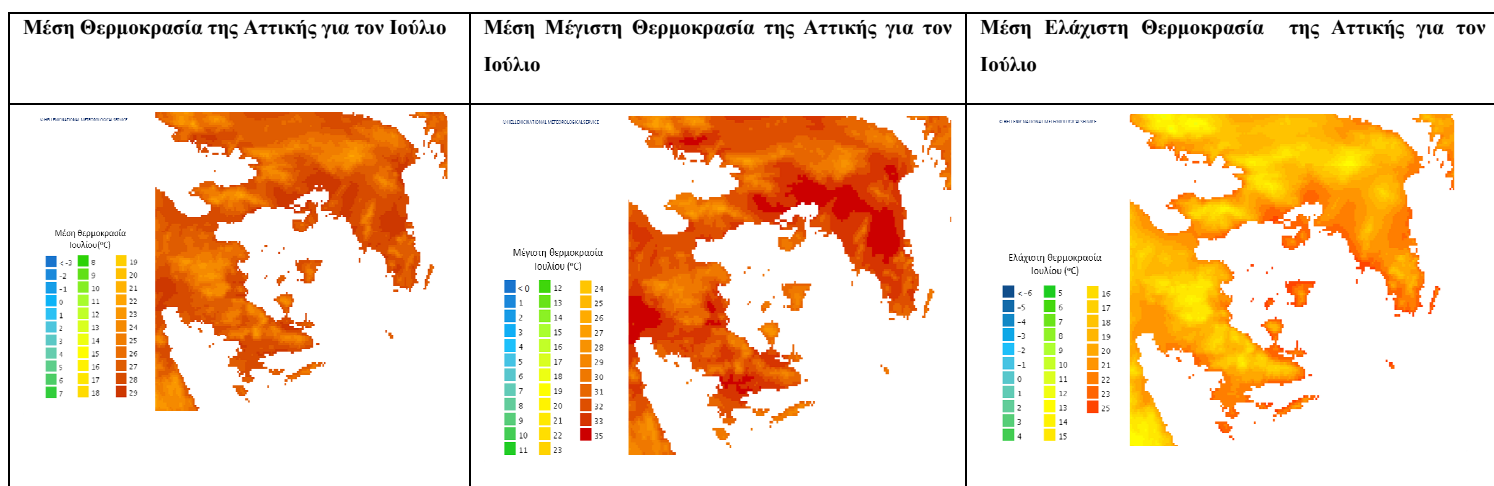
Το κλίμα στην περιοχή της Αττικής και ειδικότερα του λεκανοπεδίου είναι ξηρό Μεσογειακό. Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές: Την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου μέχρι το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Η μέση μηνιαία θερμοκρασία κυμαίνεται από 9.3°C τον Ιανουάριο έως 27°C τον Ιούλιο και η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 376 mm. Η παρατεταμένη ηλιοφάνεια είναι χαρακτηριστική του κλίματος της Αττικής, με ετήσιο επίπεδο που φθάνει στις 2.884 ώρες (120.2 ημέρες). Όσον αφορά τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες η αντικυκλωνική κυκλοφορία υπερισχύει στην περιοχή της Αθήνας με μέγιστη εμφάνιση, τον Ιανουάριο και τον Ιούλιο (Kassomenos et. al., 1998). Οι βροχές στην Αττική κατά τη χειμερινή περίοδο δεν διαρκούν για πολλές ημέρες και ο ουρανός της δεν παραμένει νεφοσκεπής για πολλές συνεχόμενες ημέρες. Οι χειμερινές κακοκαιρίες διακόπτονται συχνά κατά τον Ιανουάριο και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Φεβρουαρίου από ηλιόλουστες ημέρες, τις γνωστές από την αρχαιότητα “ Αλκυονίδες ημέρες”. Κατά τη θερμή και άνομβρη εποχή ο ουρανός είναι σχεδόν συνεχώς αίθριος, ο ήλιος λαμπερός και δεν βρέχει εκτός από σπάνια διαλείμματα με ραγδαίες βροχές ή καταιγίδες μικρής όμως διάρκειας. Η θερμότερη περίοδος παρατηρείται το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου, οπότε η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 32°C και 33,5 °C, ενώ κατά τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια αυξητική τάση που οφείλεται στην «κλιματική αλλαγή». Κατά τη θερμή εποχή οι υψηλές θερμοκρασίες μετριάζονται από τη δροσερή θαλάσσια αύρα στις παράκτιες περιοχές του Λεκανοπεδίου και από τους βόρειους ως

βορειοανατολικούς ανέμους (ετησίες). Τέλος, κατά μέσο όρο στο λεκανοπέδιο φυσούν άνεμοι από βόρειες διευθύνσεις με εξαίρεση του μήνες του Απριλίου, του Μάιου και του Ιουνίου όπου κυριαρχούν άνεμοι από Νότιες διευθύνσεις. Οι μεγαλύτερες τιμές της έντασης του ανέμου παρατηρούνται κατά την θερινή περίοδο και ιδιαίτερα τον Αύγουστο με μέσες τιμές που κυμαίνονται περί τους 6,6 με 7,8 κόμβους, που οφείλονται στους «Ετησίες ανέμους». «Ετησίες» άνεμοι παρατηρούνται επίσης με μικρότερη συχνότητα τον Ιούνιο («πρόδρομοι Ετησίες»), ενώ μπορούν να εμφανισθούν ακόμα και μέχρι τις αρχές Οκτωβρίου («μετώποροι Ετησίες»).

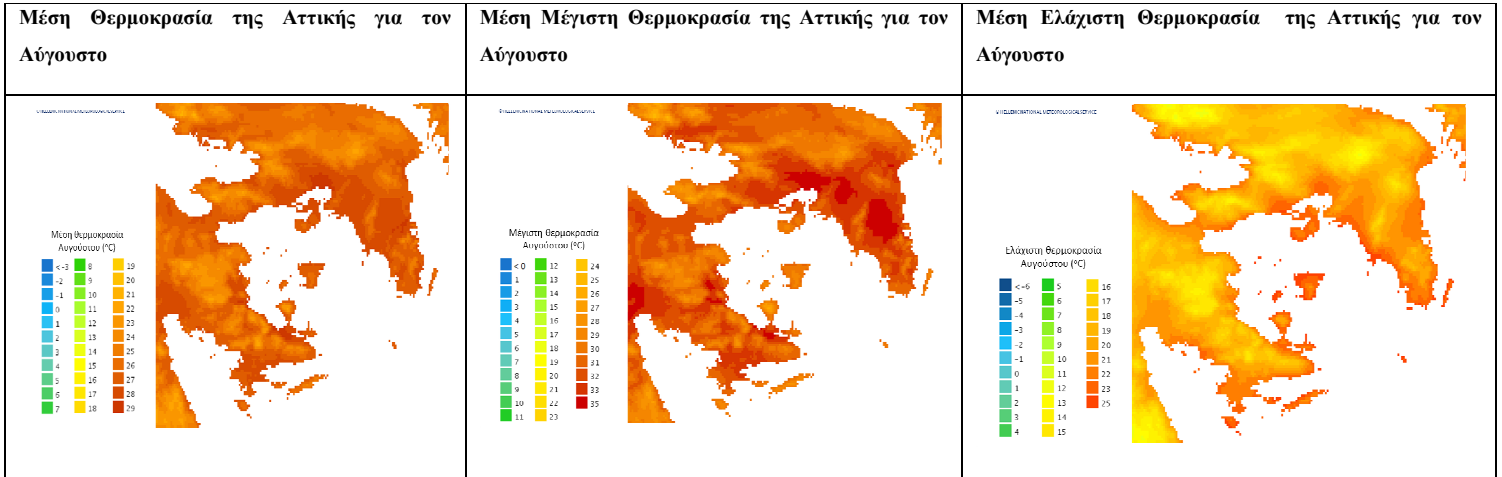
Στα σχήματα 3.2,3.3,3.4 και 3.5, που ακολουθούν παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες, οι μέσες μέγιστες και ελάχιστες, μηνιαίες θερμοκρασίες για το λεκανοπέδιο της Αττικής για την θερινή περίοδο, ήτοι Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο σύμφωνα με τους κλιματολογικούς χάρτες της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας για την περίοδο 1971-2000



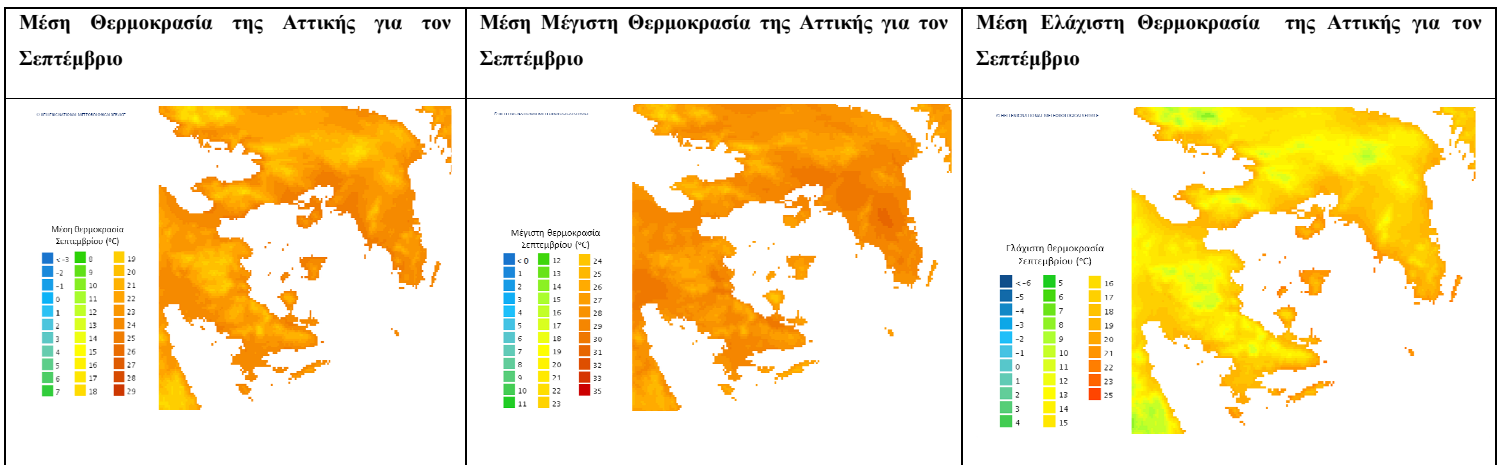
Σχήμα 3.2: Μέση μηνιαία, Μέση Μέγιστη και Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία στην Αττική για τον μήνα Ιούνιο (Πηγή: Κλιματικοί χάρτες Ε.Μ.Υ. : <http://climatlas.hnms.gr/sdi/>)



Σχήμα 3.3: Μέση μηνιαία, Μέση Μέγιστη και Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία στην Αττική για τον μήνα Ιούλιο (Πηγή: Κλιματικοί χάρτες Ε.Μ.Υ. : <http://climatlas.hnms.gr/sdi/>)



Σχήμα 3.4: Μέση μηνιαία, Μέση Μέγιστη και Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία στην Αττική για τον μήνα Αύγουστο (Πηγή: Κλιματικοί χάρτες Ε.Μ.Υ. : <http://climatlas.hnms.gr/sdi/>)



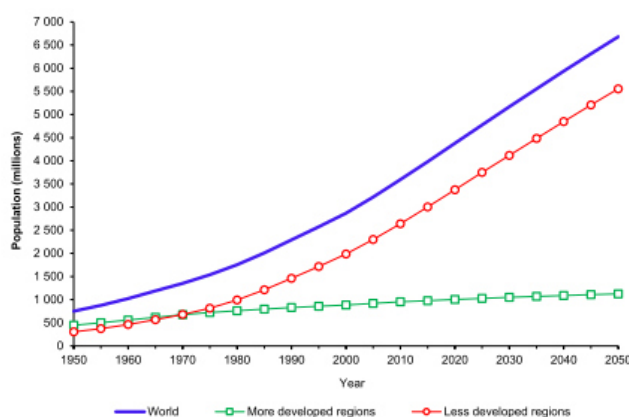
Σχήμα 3.5: Μέση μηνιαία, Μέση Μέγιστη και Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία στην Αττική για τον μήνα Σεπτέμβριο (Πηγή: Κλιματικοί χάρτες Ε.Μ.Υ. : <http://climatlas.hnms.gr/sdi/>)

Μία πρώτη ανάγνωση των χαρτών καταδεικνύει την εμφάνιση υψηλών μέσων μέγιστων θερμοκρασιών στην περιοχή του λεκανοπεδίου της Αττικής κατά την θερινή περίοδο. Στα ανατολικά του λεκανοπεδίου οι μέσες και οι μέγιστες θερμοκρασίες είναι μικρότερες από αυτές που παρατηρούνται στο κέντρο και στα δυτικά τμήματα του λεκανοπεδίου. Αντίστοιχη συμπεριφορά παρατηρείται μεταξύ των βόρειων τμημάτων του λεκανοπεδίου με αυτά που βρίσκονται προς το παράλιο μέτωπό του.

3.4. Αστικό κλίμα

Λόγω του φαινομένου της αστικοποίησης, το οποίο τις τελευταίες δεκαετίες παρουσιάζει μία δραματική έξαρση υπολογίζεται ότι μέχρι το 2030 πάνω από το 60% του παγκόσμιου πληθυσμού θα ζει και θα δραστηριοποιείται σε πόλεις(σχήμα 1). Το κλίμα που διαμορφώνεται σε αστικό περιβάλλον αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία. Η συσσώρευση μεγάλων πληθυσμών σε μικρές αναλογικά εκτάσεις και οι ανάγκες τους για κατοικία, εργασία, τροφή και μετακινήσεις έχει ως αποτέλεσμα την πυκνή δόμηση αυτών των περιοχών και την αποψίλωσή τους. Παράλληλα οι ανάγκες των ανθρώπων για κατανάλωση ενέργειας (σχήμα 2) για την πραγματοποίηση διαφόρων δραστηριοτήτων, έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή της χημικής σύστασης της ατμόσφαιρας και την απόρριψη στο περιβάλλον της πόλης μεγάλων θερμικών φορτίων (θερμική ρύπανση). Οι αστικές περιοχές καταλαμβάνουν το 2% της επιφάνειας της γης αλλά είναι υπεύθυνες για τη μη ισορροπημένη χρήση των πόρων (O'Meara, 1999). Για παράδειγμα, οι αστικές περιοχές ευθύνονται για το 75% περίπου της χρήσης βιομηχανικού ξύλου και το 60% της κατανάλωσης υδάτινων πόρων (Hinrichsen et al., 2002). Η έκταση των αστικών επιπτώσεων στο περιβάλλον μεγαλώνει όσο αυξάνει ο πληθυσμός και η κατά κεφαλήν ζήτηση για πόρους (βιομηχανικούς ή καταναλωτικούς). Επιπλέον, ο αριθμός των νοικοκυριών αυξάνεται ταχύτερα από ότι ο ίδιος ο πληθυσμός, γεγονός που αντανάκλα την τάση για δημιουργία μικρότερων οικογενειών και ως εκ τούτου μείωση του μέσου αριθμού ατόμων ανά νοικοκυριό. Ειδικότερα, αναλύοντας στοιχεία από 141 χώρες υπολογίστηκε ότι η ετήσια αύξηση του αριθμού των νοικοκυριών (3.1%) ήταν πολύ ταχύτερη από ότι η ίδια η αύξηση του πληθυσμού (1.8%) μεταξύ των ετών 1985 και 2000.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η δημιουργία νέων ή η σημαντική επέκταση παλαιότερων αστικών κέντρων έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή βασικών κλιματικών παραγόντων σε αυτές. Οι παράγοντες οι οποίοι κυρίως διαφοροποιούνται είναι το ενεργειακό ισοζύγιο και η κίνηση του αέρα. Αποτέλεσμα αυτής της αλλαγής είναι η διαφοροποίηση των κλιματικών στοιχείων της αστικής περιοχής, δημιουργώντας ένα διαφορετικό κλίμα, το οποίο ονομάστηκε **αστικό κλίμα**.



Σχήμα 3.6: Εκτίμηση παγκόσμιου πληθυσμού που ζει σε αστικές περιοχές (1950 – εκτίμηση 2050) (Πηγή : UN World Urbanization Prospects, 2018)



Σχήμα 3.7: Δορυφορική εικόνα της γης την νυχτερινή περίοδο όπου φαίνονται τα μεγάλα αστικά κέντρα από τον έντονο φωτισμό τους δηλωτικό της σημαντικής κατανάλωσης ενέργειας.

Από την διεθνή βιβλιογραφία προκύπτουν τα ακόλουθα βασικά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά για το κλίμα των αστικών κέντρων σε σχέση με την περιβάλλουσα ύπαιθρο:

1. Μείωση της προσπίπτουσας άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας: Λόγω της σημαντικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης που παρατηρείται σε πολλά αστικά κέντρα και που σχετίζεται κυρίως με την κατανάλωση ενέργειας αλλά και με την ανάπτυξη πολλών και εκτεταμένων εργοταξίων και εργοστασίων, αυξάνεται ο αριθμός των αιρούμενων σωματιδίων στη ατμόσφαιρα. Η αύξηση αυτή έχει ως αποτέλεσμα να εντείνεται το φαινόμενο σκέδασης (σκέδαση Mie) πάνω από μία αστική περιοχή, με αποτέλεσμα την μείωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας σε σημαντικά ποσοστά (20% ως 30%). Το ποσοστό της μείωσης εξαρτάται από την ποσότητα και την ποιότητα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης το ύψος του ηλίου και την περίοδο του έτους.
2. Μείωση ταχύτητας του αέρα: Λόγω της πυκνής δόμησης και της μεγάλης τραχύτητας της επιφάνειας του εδάφους που δημιουργείται στο αστικό περιβάλλον παρατηρείται μείωση της έντασης του ανέμου κατά 20 με 30%, ενώ και οι παρατηρούμενες ριπές του ανέμου παρουσιάζουν μείωση κατά 10 με 20%.
3. Αύξηση της νέφωσης και της ομίχλης: Λόγω της σκόνης και των διαφόρων αιρούμενων σωματιδίων που λειτουργούν ως πυρήνες συμπύκνωσης της υγρασίας παρατηρείται αύξηση της νέφωσης κατά 5 με 10%. Σημαντική είναι η επίδραση στην συχνότητα εμφάνισης ομίχλης η οποία μπορεί να αυξηθεί ως και 100% κατά την χειμερινή περίοδο και ως 30% κατά την θερινή.
4. Αύξηση της βροχόπτωσης και μείωση της χιονόπτωσης: Οι αυξημένοι πυρήνες συμπύκνωσης πέρα από την αύξηση της νέφωσης οδηγούν και σε αύξηση της πιθανότητας βροχόπτωσης κατά 5 με 10 % σε ετήσια βάση και σε συνδυασμό με τις υψηλότερες θερμοκρασίες σε μείωση της χιονόπτωσης ως και 14%.
5. Αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα σε σχέση με την θερμοκρασία της υπαίθρου που περιβάλλει τον αστικό ιστό. Το φαινόμενο αυτό ορίζεται σαν Αστική Θερμική Νησίδα.

3.5. Αστική Θερμική Νησίδα

Το σημαντικότερο και πιο καλά διαπιστωμένο κλιματικό φαινόμενο, από αυτά που παρατηρούνται στο αστικό περιβάλλον, είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα σε σχέση με αυτή της περιβάλλουσας υπαίθρου. Η θερμοκρασία του αέρα αυξάνει, συνήθως, από την περιφέρεια της πόλης προς το κέντρο της. Αναφορά στο φαινόμενο αυτό έγινε για πρώτη φορά από τον Luke Howard στις αρχές του 18^{ου} αιώνα (Santamouris, 2007). Στο τρίτομο έργο του, που εστίαζε κυρίως στην ατμοσφαιρική ρύπανση στην πόλη του Λονδίνου, λόγω της εκτεταμένης καύσης κάρβουνου, αναφέρει ότι στο κέντρο της πόλης η θερμοκρασία του αέρα σε σχέση με την υπαίθρο ήταν μικρότερη κατά την διάρκεια της ημέρας και μεγαλύτερη κατά την διάρκεια της νύκτας. Συγκεκριμένα παραθέτοντας μετρήσεις από δύο θερμομέτρα εγκατεστημένα στο Λονδίνο και σε μία υπαίθρια περιοχή έξω από αυτό, έδειξε ότι τη νύκτα στην πόλη η θερμοκρασία του αέρα ήταν κατά 3.7 °C μεγαλύτερη και κατά την διάρκεια της ημέρας 0.54°C χαμηλότερη από τη θερμοκρασία που μετρήθηκε στο σταθμό της υπαίθρου. Ο Howard θεώρησε ότι η διαφορά θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της νύκτας ήταν το αποτέλεσμα της εκτεταμένης καύσης του κάρβουνου και της απόρριψης στο περιβάλλον σημαντικών ποσών θερμότητας.

Μερικές δεκαετίες αργότερα ο E. Renow παρατήρησε το ίδιο φαινόμενο στο Παρίσι. Η διαφορά θερμοκρασίας που καταγράφηκε ήταν της τάξεως των ενός με δύο βαθμούς Κελσίου, με την μέγιστη τιμή να παρατηρείται κατά τις πρώτες απογευματινές ώρες. Στην προσπάθειά του να εξηγήσει το φαινόμενο αυτό, ίσως είναι ο πρώτος που εισάγει την διαφορά ψύξης από ακτινοβολία μεταξύ αστικής και υπαίθριας περιοχής. Ο Renow επίσης παρατήρησε ότι οι μέρες εμφάνισης παγετού στο Παρίσι ήταν λιγότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες στην υπαίθρο, ενώ το ίδιο συνέβαινε και για τις μέρες εμφάνισης νηνεμίας.

3.5.1. Αστική θερμική νησίδα: Γενική περιγραφή - Αίτια

Η ονομασία του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας οφείλεται στην ομοιότητα της μορφής των ισόθερμων στο οριζόντιο επίπεδο με την κατανομή των ισούψων ενός νησιού. Τον ρόλο της θάλασσας παίζει η περιβάλλουσα υπαίθρος με τις χαμηλότερες και ομοιόμορφες θερμοκρασίες, και τον ρόλο της επιφάνειας του νησιού οι θερμοκρασίες του αέρα στις πόλεις.

Στο σχήμα 3.3 αποτυπώνεται το φαινόμενο για μία πόλη μεγάλης έκτασης σε συνθήκες ανέφελου ουρανού και μερικής νηνεμίας. Σε αυτή την περίπτωση μία τυπική κατανομή της θερμοκρασίας σε κατακόρυφη τομή και σε οριζόντια τομή δίνεται στα σχήμα 3.3(α) και 3.3(β).

Από τα σχήματα αυτά είναι εμφανές ότι, κατά την μετάβαση από την υπαίθρο προς την περιαστική περιοχή παρατηρείται μία σημαντική βαθμίδα της θερμοκρασίας του αέρα, της τάξεως των 4°C/Km. Στην συνέχεια η θερμοκρασία σταθεροποιείται παρουσιάζοντας διακυμάνσεις ανάλογα με την χρήση της γης (πυκνότητα δόμησης, χρήση των κτιρίων, ανθρώπινες δραστηριότητες, πάρκα, ποτάμια, λίμνες κ.τ.λ.). Τέλος, στο κέντρο της πόλης, όταν αυτό χαρακτηρίζεται από μεγάλη δόμηση και έντονη ανθρωπογενή δραστηριότητα, παρατηρείται ανύψωση της θερμοκρασίας, και οι θερμοκρασίες του αέρα παίρνουν τις μέγιστες τιμές τους.

Η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικής και υπαίθριας περιοχής μια δεδομένη χρονική στιγμή ονομάζεται ένταση της αστικής θερμικής νησίδας. Η ένταση της θερμικής νησίδας εξαρτάται από πάρα πολλούς παράγοντες με σημαντικότερους το μέγεθος της πόλης, τις ενεργειακές καταναλώσεις, την γεωγραφική της θέση, την εποχή του έτους, την ώρα της ημέρας και τέλος τις επικρατούσες συνοπτικές συνθήκες. Η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας για μία συγκεκριμένη πόλη και σε αντικυκλωνικές συνθήκες,

ακριβώς πάνω από το αστικό στρώμα, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία παρατηρείται λίγες ώρες μετά την δύση του ηλίου. Οι μικρότερες διαφορές παρατηρούνται κατά την διάρκεια του τοπικού μεσημεριού. Διαφορές στην ένταση παρατηρούνται και κατά την διάρκεια του έτους λόγω των διαφορετικών ενεργειακών ισοζυγίων της πόλης. Τέλος, η ένταση αλλά και η έκταση της αστικής θερμικής νησίδας εξαρτώνται σε σημαντικό βαθμό, από την τοπογραφία της πόλης, καθώς και από την ύπαρξη μεγάλων υδάτινων επιφανειών μέσα και έξω από αυτές. Έτσι η αστική θερμική νησίδα εξελίσσεται διαφορετικά σε μία παραθαλάσσια πόλη, απ' ότι σε μία πόλη εγκατεστημένη στους πρόποδες ή στην πλαγία ενός βουνού. Για να εξηγηθεί η μεγάλη ποικιλία που παρουσιάζει το φαινόμενο από πόλη σε πόλη, αλλά και από περιοχή της πόλης σε περιοχή, θα πρέπει να αναλυθούν τα αίτια που προκαλούν το φαινόμενο.

Η συστηματική μελέτη και για πολλά χρόνια του φαινομένου σε παγκόσμιο επίπεδο έδειξε ότι κυριότερες αιτίες του είναι οι ακόλουθες:

- Αύξηση της εισερχόμενης μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας εξ αιτίας της απορρόφησης που υφίσταται η εκπεμπόμενη ακτινοβολία της πόλεως, από την ρυπασμένη ατμόσφαιρα και της επανεκπομπής, μέρους αυτής, προς την πόλη (φαινόμενο αστικού θερμοκηπίου).
- Μείωση της εκπεμπόμενης μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας από τους δρόμους των πόλεων. Η μείωση αυτή οφείλεται σε αντίστοιχη μείωση που υφίσταται ο παράγοντας μορφής των επιφανειών της αστικής χαράδρας με τον γενικά ψυχρότερο ουρανό, λόγω της γεωμετρίας των δρόμων (αστική χαράδρα).
- Αύξηση της ικανότητας απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας από το αστικό στρώμα σε σχέση με την ύπαιθρο. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην αύξηση της συνολικής επιφάνειας απορρόφησης λόγω της γεωμετρίας των δρόμων, καθώς και των πολλαπλών ανακλάσεων που υφίσταται αυτή στο εσωτερικό της χαράδρας (μείωση λευκαύγειας-albedo).
- Αύξηση της αποθηκευμένης θερμότητας από τα δομικά υλικά των κτιρίων, κυρίως λόγω της ελαχιστοποίησης της λανθάνουσας θερμότητας στο αστικό περιβάλλον. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μετάδοση σημαντικών ποσών θερμότητας από τα κτίρια προς την ατμόσφαιρα με μεταφορά. Μεταφορά που γίνεται μέγιστη τις πρώτες ώρες μετά την δύση του ηλίου όταν η ηλιακή ακτινοβολία δεν επηρεάζει πλέον το ενεργειακό ισοζύγιο της πόλης.
- Απόρριψη στο περιβάλλον της πόλης σημαντικών ποσών θερμότητας, ανθρωπογενούς προελεύσεως, λόγω μεταφοράς, βιομηχανικών αναγκών, ψύξης, κ.τ.λ.
- Ελαχιστοποίηση ως και μηδενισμό της λανθάνουσας θερμότητας λόγω εξάτμισης και διαπνοής. Η δραματική αυτή μείωση οφείλεται κυρίως στην εξαφάνιση του πράσινου στο κέντρο των πόλεων και στην μικρή ικανότητα κατακράτησης ύδατος από τα δομικά υλικά των αστικών περιοχών.
- Η μεγάλη τραχύτητα των αστικών περιοχών που οδηγεί σε μικρότερες εντάσεις του ανέμου μειώνει την μεταφορά θερμότητας από την πόλη, με αποτέλεσμα η θερμότητα να συσσωρεύεται στο αστικό στρώμα.

Συγκεντρωτικά, για μία τυπική πόλη και κάτω από τις συνθήκες που αναφέρθηκαν ανωτέρω, οι διαδικασίες μετάδοσης θερμότητας στο αστικό περιβάλλον λειτουργούν με τέτοιο τρόπο, ώστε να συνεισφέρουν θετικά στην δημιουργία του φαινομένου. Μερικές από τις συνιστώσες μετάδοσης θερμότητας, επιδρούν κυρίως κατά την διάρκεια της ημέρας, άλλες κυρίως κατά την διάρκεια της νύκτας και άλλες όλο το εικοσιτετράωρο. Ο βαθμός που επηρεάζει, κάθε μία από τις αιτίες, στην διαμόρφωση του φαινομένου, διαφοροποιείται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά κάθε πόλης, την εποχή και το κλίμα αυτής.

Στο σχήμα 3.8α δίνεται μία τυπική αποτύπωση των χαρακτηριστικών μίας κάθετης τομής της θερμοκρασίας του αέρα και της θερμοκρασίας επιφανείας ενός αστικού κέντρου. Όπως φαίνεται κατά την διάρκεια της νύχτας, οι διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ του κέντρου της πόλης και της υπαίθρου είναι σημαντικότερες από αυτές που παρατηρούνται κατά την διάρκεια της ημέρας. Διατρέχοντας οριζόντια την πόλη κατά την διάρκεια της νύχτας η θερμοκρασία του αέρα αυξάνει από τις παρυφές τις πόλεις στις περιαστικές περιοχές. Στη συνέχεια παρατηρείται μία απότομη αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα πάνω από την περιαστική περιοχή της πόλης και στις περιοχές γύρω από αυτή. Η θερμοκρασία του αέρα συνεχίζει και πάλι να αυξάνει στην βιομηχανική περιοχή (βιομηχανικά κτίρια και αποθήκες) και εξακολουθεί να αυξάνει στις οικιστικές περιοχές της πόλης. Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα καταγράφονται στο κέντρο της πόλης. Αντίστροφη πορεία παρουσιάζει η θερμοκρασία του αέρα από το κέντρο προς της υπαίθρο σημειώνοντας μία απότομη μείωση στα αστικά πάρκα της πόλης. Αντίστοιχες διακυμάνσεις παρατηρούνται και για τις θερμοκρασίες επιφανείας των περιοχών στις πόλεις, οι οποίες γενικά σχετίζονται με αυτές του αέρα.

Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα στο κέντρο της πόλης εντός του αστικού θόλου είναι μικρότερες από αυτές που καταγράφονται στην υπαίθρο που περιβάλλει την πόλη λόγω της σκίασης που προσφέρουν τα υψηλά και πυκνοδομημένα κτήρια του κέντρου. Επίσης πάνω από τις υγρές επιφάνειες, οι θερμοκρασίες του αέρα είναι μικρότερες από αυτές που την περιβάλλουν, ενώ εξίσου χαμηλές θερμοκρασίες παρατηρούνται και εντός των αστικών πάρκων ενώ οι επιφανειακές θερμοκρασίες παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις και παίρνουν τις μικρότερες τιμές στις περιοχές με αντίστοιχα μικρότερες θερμοκρασίες αέρα.

Η οριζόντια τομή της διαφοράς θερμοκρασίας κατά την νυχτερινή περίοδο της αποτυπώνεται στο σχήμα 3.8β. Όπως προκύπτει από τις ισόθερμες υπάρχει μια ομαλή κατανομή μείωσης της θερμοκρασίας γύρω από το κέντρο της πόλης με μόνες περιοχές που παρουσιάζουν μία σημαντική αλλαγή και που αλλοιώνουν την γενική κατανομή να είναι οι περιοχές της περιαστική λίμνης και του αστικού πάρκου.

Τέλος στο σχήμα 3.8γ αποτυπώνεται το τυπικό ενεργειακό ισοζύγιο μεταξύ υπαίθριας περιοχής και αστικής περιοχής. (Οι μονάδες είναι $KWh/m^2 \cdot day$). Εξετάζοντας λεπτομερέστερα τα στοιχεία του, προκύπτει ότι οι κύριες ενεργειακές συνιστώσες που διαφοροποιούνται μεταξύ υπαίθρου και αστικής περιοχής και που οδηγούν στην εμφάνιση του φαινομένου είναι, η απορροφούμενη θερμότητα στρώματος (Q_s), η λανθάνουσα θερμότητα (Q_L), η ανακλώμενη ακτινοβολία (Q_R) και η ανθρωπογενής θερμότητα (Q_F).

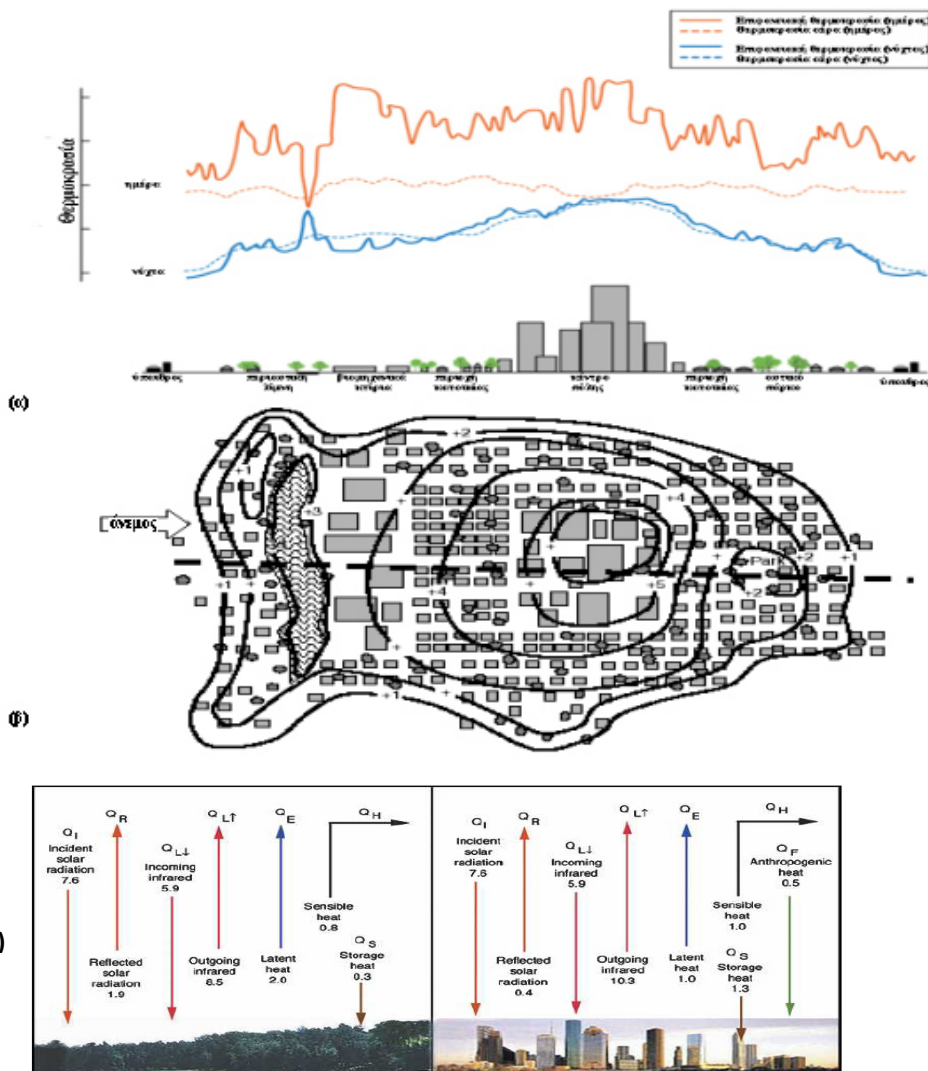
Γενικά η καλοκαιρινή Αστική Θερμική Νησίδα είναι εντονότερη όταν ο ουρανός είναι καθαρός και επικρατούν ήπιοι άνεμοι. Η συννεφιά εμποδίζει την ηλιακή ακτινοβολία, μειώνοντας την πρωινή αύξηση της θερμοκρασίας στις πόλεις. Οι ισχυροί άνεμοι αυξάνουν την ατμοσφαιρική μίξη, μειώνοντας τη διαφορά μεταξύ αστικής και αγροτικής θερμοκρασίας.

3.5.2. Είδη Αστικής Θερμικής Νησίδας

Η Αστική Θερμική Νησίδα που ορίζεται με βάση τη θερμοκρασία του αέρα καθορίζεται από θερμότερο αέρα στις αστικές περιοχές σε σχέση με το δροσερότερο των γύρω αγροτικών περιχώρων. Οι ειδικοί την διαιρούν σε δύο διαφορετικούς τύπους (Oke, 1982):

- Θερμική Νησίδα Αστικής Χαράδρας (Canopy layer): βρίσκεται στο στρώμα του αέρα όπου ζουν οι άνθρωποι, από το έδαφος έως κάτω από τις κορυφές των δέντρων και των στεγών. Πρόκειται για τον πλέον χρησιμοποιούμενο τύπο.

- Η Αστική Θερμική Νησίδα οριακού στρώματος (Boundary layer): ξεκινά από το επίπεδο στεγών και των κορυφών των δέντρων και επεκτείνεται μέχρι το σημείο όπου τα η αστικές κατασκευές δεν επηρεάζουν πλέον την ατμόσφαιρα. Τα χαρακτηριστικά της περιοχής αυτής εκτείνονται ως ένα μίλι (~1.5 km) από την επιφάνεια του εδάφους. Η αστική θερμική νησίδα των θερμοκρασιών του αέρα είναι συχνά ασθενής το πρωί και καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και γίνεται περισσότερο έντονη μετά από το ηλιοβασίλεμα, λόγω της αργής απελευθέρωσης θερμότητας από την αστική υποδομή. Εντούτοις, ο συγχρονισμός αυτής της έντασης εξαρτάται από τις ιδιότητες των αστικών και αγροτικών επιφανειών, την εποχή και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες.



Σχήμα 3.8: Σχηματική αναπαράσταση της αστικής θερμικής νησίδας:

(α) της κατακόρυφη τομή της θερμοκρασίας αέρα μετρούμενη εντός του αστικού θόλου(----) και της επιφανειακής θερμοκρασίας(———) όπως μετρήθηκε από δορυφορικά δεδομένα κάτω από ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη της αστικής θερμικής νησίδας κατά την διάρκεια της (i) νύχτας και της (ii) ημέρας.

(β) της οριζόντιας τομής της διαφοράς θερμοκρασίας του αέρα της πόλης από την ύπαιθρο κατά την διάρκεια της νύχτας.

(γ) Τυπικό ενεργειακό ισοζύγιο μεταξύ υπαίθριας περιοχής και αστικής περιοχής. (Οι μονάδες είναι σε KW h / m² day)

Τέλος, σημειώνεται ότι με την σημαντική ανάπτυξη των συστημάτων τη επισκόπησης, είναι δυνατή η μελέτη των επιφανειακών θερμοκρασιών της πόλης και των διαφορών που παρουσιάζουν από αυτές της υπαίθρου. Αυτού του είδους η θερμική νησίδα ονομάστηκε Αστική Θερμική Νησίδα Επιφάνειας (Surface Urban Heat Island, SUHI), όρος που προτάθηκε από τους Voogt & Oke (2003). Παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια θερμών, ηλιόλουστων καλοκαιρινών ημερών, όπου ο ήλιος θερμαίνει τις ξηρές, εκτεθειμένες αστικές επιφάνειες, όπως είναι οι στέγες και τα πεζοδρόμια (4). Οι σκιερές ή υγρές επιφάνειες -συχνά σε πιο αγροτικά περίχωρα- προσεγγίζουν τις θερμοκρασίες του αέρα. Η αστική θερμική νησίδα επιφάνειας είναι παρούσα ημέρα και νύχτα, αλλά τείνει να είναι ισχυρότερη κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν υπάρχει ηλιοφάνεια. Το μέγεθός της ποικίλλει ανάλογα με τις εποχές, λόγω των αλλαγών στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, την επίγεια δομική κάλυψη (groundcover) και τις καιρικές συνθήκες. Ως αποτέλεσμα αυτών των διακυμάνσεων, η «Αστική Θερμική Νησίδα επιφάνειας» είναι χαρακτηριστικά μεγαλύτερη το καλοκαίρι (Oke, 1982). Καταγράφονται θερμοκρασίες 27-50°C υψηλότερες από αυτές του αέρα (Berdahl & Bretz, 1997). Κατά μέσον όρο, η διαφορά στις πρωινές θερμοκρασίες επιφάνειας μεταξύ των αστικών και αγροτικών περιοχών είναι 10-15°C ενώ τη νύχτα κυμαίνονται μεταξύ 5-10°C (Roth et al., 1989· Voogt & Oke, 2003).

3.6. Προτυποποίηση του προσδιορισμού της αστικής θερμικής νησίδας

Παρά το γεγονός ότι πληθώρα δεδομένων σχετικά με την καταγραφή του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας υπάρχουν για την Ευρώπη, αλλά και σε ολόκληρο τον κόσμο, η συνολική εικόνα του φαινομένου δεν μπορεί να είναι άμεσα συγκρίσιμη μεταξύ των μελετών. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνικές, όπως τυπικούς μετεωρολογικούς σταθμούς ή κινητούς σταθμούς, σταθμούς ειδικού τρόπου κατασκευής, ενώ οι αναλύσεις έχουν γίνει είτε με μέσες ή στιγμιαίες τιμές κλπ. Παράλληλα οι περισσότερες των μετρήσεων πραγματοποιούνταν για μικρές χρονικές περιόδους, ενώ μερικές περιορίζονται κατά την διάρκεια της ημέρας ή την νύχτα μόνο. Οι αναλύσεις των διαφορών θερμοκρασίας σε σχέση με τα μετεωρολογικά χαρακτηριστικά όσο και με τα αστικά χαρακτηριστικά διαφέρουν σημαντικά από εργασία σε εργασία ως αποτέλεσμα των διαφορετικών στόχων κάθε εργασίας.

Βάσει των ανωτέρω δεδομένων, τη σύνθετη μορφή και την μεγάλη ποικιλία του αστικού περιβάλλοντος, έγινε κατανοητό από πολύ νωρίς στους μελετητές η αναγκαιότητα προτυποποίησης των μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων εντός αστικών περιοχών, για να είναι συγκρίσιμα τα αποτελέσματα των μελετών αλλά και για να μπορούν να αξιολογηθούν πιθανές αποκλίσεις στις παρατηρήσεις μεταξύ αυτών. Ένας βασικός παράγοντας προτυποποίησης ήταν αυτός του αστικού και περιαστικού περιβάλλοντος. Η τυποποίηση πρέπει να λάβει υπόψη της τα βασικά χαρακτηριστικά που επιδρούν στη διαμόρφωση των μικρομετεωρολογικών παραμέτρων του αστικού περιβάλλοντος, μια από τις οποίες είναι και η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας. Τα χαρακτηριστικά του αστικού τοπίου που διαμορφώνουν τις μικρομετεωρολογικές παραμέτρους εντός του αστικού θόλου είναι κυρίως η πυκνότητα δόμησης, τα ύψη των κτηρίων και τα πλάτη των δρόμων, το μέγεθος και η κάλυψη των ανοιχτών εκτάσεων εντός των αστικών περιοχών, καθώς και τα υλικά από τα οποία αποτελούνται, τα κτήρια και η ύπαρξη και το είδος πρασίνου καθώς και οι υδάτινες εκτάσεις ή επιφάνειες με υψηλή υγρασία και τέλος η ανθρωπογενής θερμότητα, η οποία κατά την

θερινή περίοδο, εντός των αστικών χαραδρών, είναι επί πλέον ιδιαίτερα σημαντική, εξαιτίας της χρήσης των κλιματιστικών. Οι μελετητές ανέφεραν ότι μια τέτοια κατηγοριοποίηση θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει το Ευρωπαϊκό πρότυπο CORINE, που κατηγοριοποιεί τις χρήσεις γης ανάλογα με την πυκνότητα δόμησης, την ύπαρξη πρασίνου, την ύπαρξη βιομηχανιών και άλλων στοιχείων, το οποίο σε μεγάλο βαθμό θα κάλυπτε τις απαιτήσεις ενός μοντέλου χαρακτηρισμού των αστικών περιοχών. Όμως δεδομένου ότι το πρότυπο αυτό είναι Ευρωπαϊκό και του γεγονότος ότι δεν μπορεί να καλύψει περιπτώσεις αστικής δόμησης που εμφανίζονται σε άλλες ηπείρους προτείνουν περαιτέρω εξειδίκευση των χρήσεων μέσω του μοντέλου των τοπικών κλιματικών ζωνών(LCZ).

Συγκεκριμένα, οι I. D. Stewart και ο T.R. Oke στο Bulletin of the American Meteorological Society, το 2012, παρουσίασαν μία τέτοια μεθοδολογία με τίτλο «The new “local climate zone” (LCZ) classification system provides a research framework for urban heat island studies and standardizes the worldwide exchange of urban temperature observations». Η μεθοδολογία αυτή βρήκε σύντομα μεγάλη ανταπόκριση από την επιστημονική κοινότητα και πάρα πολλές μετρήσεις στο αστικό περιβάλλον ακολουθούν πλέον τις αρχές της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

Κεντρική ιδέα σε αυτή, είναι ο ορισμός περιοχών, «Τοπικές Κλιματικές Ζώνες» (LCZ), εντός της αστικής περιοχής, με ομοιόμορφη επιφανειακή κάλυψη, δομή, υλικά και ανθρώπινη δραστηριότητα, που εκτείνεται ιδανικά από μερικές εκατοντάδες μέτρα έως αρκετά χιλιόμετρα σε οριζόντια κλίμακα.

Κάθε κατηγορία «τοπικής κλιματικής ζώνης» (LCZ) χαρακτηρίζεται από μία (ή και περισσότερες) διακριτές ιδιότητες επιφάνειας, που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι το ύψος των κτηρίων και το κυρίαρχο είδος κάλυψης της περιοχής.

Το νέο αυτό πρότυπο αποτελείται από 17 κατηγορίες τυπικών LCZ, εκ των οποίων οι 15 ορίζονται από τα στοιχεία δόμησης και τα ποσοστά κάλυψης της περιοχής και οι δύο από τα υλικά κατασκευής και τις ανθρωπογενείς εκπομπές θερμότητας.





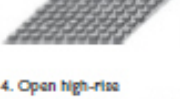

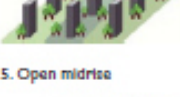
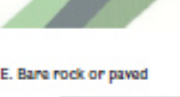

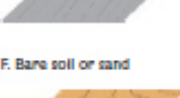
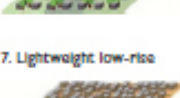
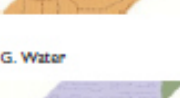
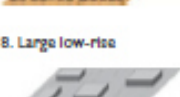
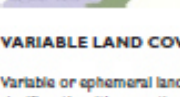
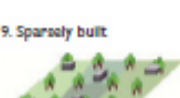


Στο σχήμα 3.9 αποδίδεται σχηματικά η μορφή των Τοπικών Κλιματικών Ζωνών(TKZ) σύμφωνα με τους μελετητές.

Για να είναι μετρήσιμος ο τρόπος χαρακτηρισμού των παραπάνω Τοπικών Κλιματικών Ζωνών(TKZ) οι μελετητές, στον πίνακα 3.1. παρουσίασαν τα τυπικά μεγέθη των παραμέτρων που θα πρέπει να χαρακτηρίζουν τις παραπάνω 17 κατηγορίες των «Τοπικών Κλιματικών Ζωνών» (TKZ).

Τέλος στον πίνακα 3.2 παρουσιάζονται τυπικές τιμές του μήκους τραχύτητας σε κάθε μία από τις κλιματικές ζώνες.

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι οι μελετητές τονίζουν ότι η κατηγοριοποίηση αυτή δεν έρχεται να καταργήσει και να απορρίψει τις παλιότερες μελέτες ή μελέτες που δεν θα ακολουθήσουν της συγκεκριμένη κατηγοριοποίησης αλλά να βοηθήσει στην κατανόηση των συμπερασμάτων και στην συγκριτική τους αξιολόγηση.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι οι μελετητές αντιλαμβανόμενοι την πολυπλοκότητα του αστικού περιβάλλοντος, αναφέρουν ότι εντός ενός πραγματικού αστικού ιστού είναι δύσκολο να εντοπισθούν τόσο εκτεταμένες ομοιόμορφες περιοχές και ότι τα φαινόμενα μεταφοράς θερμότητας μεταξύ δύο ζωνών παίζουν καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση του θερμοκρασιακού καθεστώτος στα όρια αυτών, και για το λόγο αυτό συστήνουν να αποφεύγεται η τοποθέτηση μετρητικών σταθμών στο μεταίχμιο δύο διαφορετικών κλιματικών ζωνών.

Built types	Definition	Land cover types	Definition
 <p>1. Compact high-rise</p>	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	 <p>A. Dense trees</p>	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
 <p>2. Compact midrise</p>	Dense mix of midrise buildings (3–9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	 <p>B. Scattered trees</p>	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
 <p>3. Compact low-rise</p>	Dense mix of low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	 <p>C. Bush, scrub</p>	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
 <p>4. Open high-rise</p>	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	 <p>D. Low plants</p>	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
 <p>5. Open midrise</p>	Open arrangement of midrise buildings (3–9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	 <p>E. Bare rock or paved</p>	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
 <p>6. Open low-rise</p>	Open arrangement of low-rise buildings (1–3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	 <p>F. Bare soil or sand</p>	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
 <p>7. Lightweight low-rise</p>	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	 <p>G. Water</p>	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
 <p>8. Large low-rise</p>	Open arrangement of large low-rise buildings (1–3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	VARIABLE LAND COVER PROPERTIES	
 <p>9. Sparsely built</p>	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	b. bare trees	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
 <p>10. Heavy industry</p>	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	c. snow cover	Snow cover >10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		d. dry ground	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		w. wet ground	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

Σχήμα 3.9: Οι δεκαεπτά Τοπικές Κλιματικές Ζώνες (TKZ) σύμφωνα με τους Stewart και Oke

Πίνακας 3.1: Τιμές παραμέτρων βάσει των οποίων καθορίζεται κάθε η κατηγορία της Τοπικής Κλιματικής Ζώνης (TKZ) σύμφωνα με τους Stewart και Oke 2012

Local climate zone (LCZ)	Sky view factor ^a	Aspect ratio ^b	Building surface fraction ^c	Impervious surface fraction ^d	Pervious surface fraction ^e	Height of roughness elements ^f	Terrain roughness class ^g
LCZ 1 <i>Compact high-rise</i>	0.2–0.4	> 2	40–60	40–60	< 10	> 25	8
LCZ 2 <i>Compact midrise</i>	0.3–0.6	0.75–2	40–70	30–50	< 20	10–25	6–7
LCZ 3 <i>Compact low-rise</i>	0.2–0.6	0.75–1.5	40–70	20–50	< 30	3–10	6
LCZ 4 <i>Open high-rise</i>	0.5–0.7	0.75–1.25	20–40	30–40	30–40	>25	7–8
LCZ 5 <i>Open midrise</i>	0.5–0.8	0.3–0.75	20–40	30–50	20–40	10–25	5–6
LCZ 6 <i>Open low-rise</i>	0.6–0.9	0.3–0.75	20–40	20–50	30–60	3–10	5–6
LCZ 7 <i>Lightweight low-rise</i>	0.2–0.5	1–2	60–90	< 20	<30	2–4	4–5
LCZ 8 <i>Large low-rise</i>	>0.7	0.1–0.3	30–50	40–50	<20	3–10	5
LCZ 9 <i>Sparsely built</i>	> 0.8	0.1–0.25	10–20	< 20	60–80	3–10	5–6
LCZ 10 <i>Heavy industry</i>	0.6–0.9	0.2–0.5	20–30	20–40	40–50	5–15	5–6
LCZ A <i>Dense trees</i>	<0.4	>1	<10	<10	>90	3–30	8
LCZ B <i>Scattered trees</i>	0.5–0.8	0.25–0.75	<10	<10	>90	3–15	5–6
LCZ C <i>Bush, scrub</i>	0.7–0.9	0.25–1.0	<10	<10	>90	<2	4–5
LCZ D <i>Low plants</i>	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	<1	3–4
LCZ E <i>Bare rock or paved</i>	>0.9	<0.1	<10	>90	<10	<0.25	1–2
LCZ F <i>Bare soil or sand</i>	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	< 0.25	1–2
LCZ G <i>Water</i>	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	–	1

^a Ratio of the amount of sky hemisphere visible from ground level to that of an unobstructed hemisphere

^b Mean height-to-width ratio of street canyons (LCZs 1–7), building spacing (LCZs 8–10), and tree spacing (LCZs A–G)

^c Ratio of building plan area to total plan area (%)

^d Ratio of impervious plan area (paved, rock) to total plan area (%)

^e Ratio of pervious plan area (bare soil, vegetation, water) to total plan area (%)

^f Geometric average of building heights (LCZs 1–10) and tree/plant heights (LCZs A–F) (m)

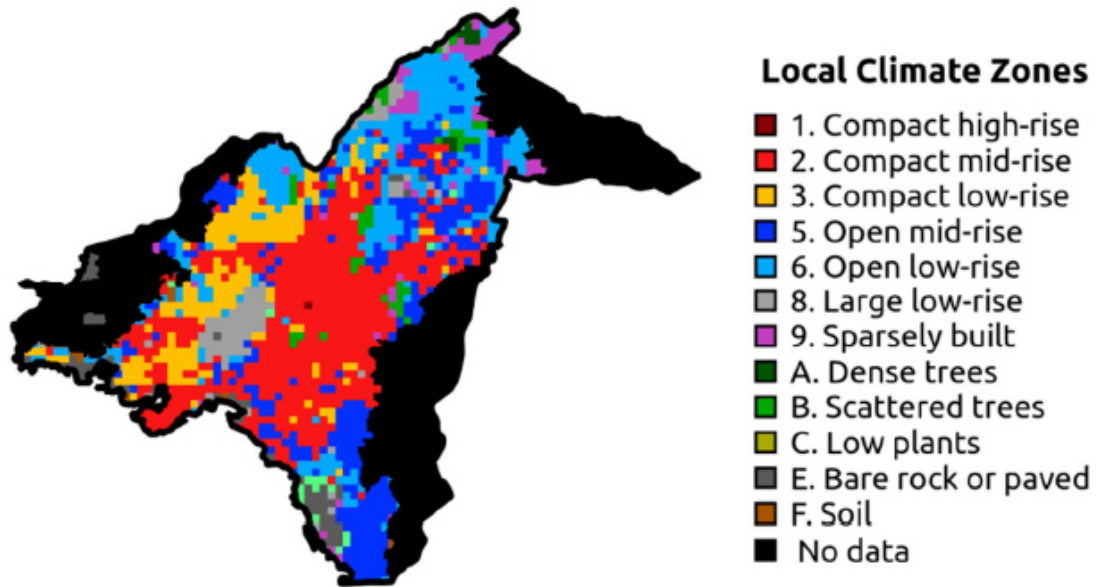
^g Davenport et al.'s (2000) classification of effective terrain roughness (z_0) for city and country landscapes. See Table 5 for class descriptions

Πίνακας 3.2: Οι τυπικές τιμές του μήκους τραχύτητας σε κάθε μία από τις κλιματικές ζώνες σύμφωνα με τον Davenport et. al (2000)

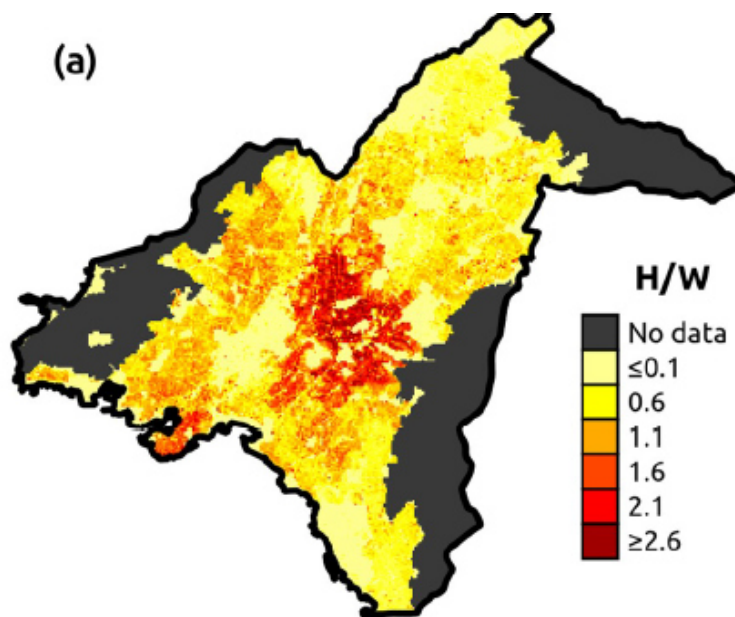
Davenport class	Roughness length, z_0 (m)	Landscape description	LCZ correspondence
1. Sea	0.0002	Open water, snow-covered flat plain, featureless desert, tarmac, and concrete, with a free fetch of several kilometers.	E, F, G
2. Smooth	0.0005	Featureless landscape with no obstacles and little if any vegetation (e.g., marsh, snow-covered or fallow open country).	E, F
3. Open	0.03	Level country with low vegetation and isolated obstacles separated by 50 obstacle heights (e.g., grass, tundra, airport runway).	D
4. Roughly open	0.10	Low crops or plant covers; moderately open country with occasional obstacles (e.g., isolated trees, low buildings) separated by 20 obstacle heights.	7, C, D
5. Rough	0.25	High crops, or crops of varying height; scattered obstacles separated by 8 to 15 obstacle heights, depending on porosity (e.g., buildings, tree belts).	5–10, B, C
6. Very rough	0.5	Intensely cultivated landscape with large farms and forest clumps separated by 8 obstacle heights; bushland, orchards. Urban areas with low buildings interspaced by 3 to 7 building heights; no high trees.	2, 3, 5, 6, 9, 10, B
7. Skimming	1.0	Landscape covered with large, similar-height obstacles, separated by 1 obstacle height (e.g., mature forests). Dense urban areas without significant building-height variation.	2, 4
8. Chaotic	≥ 2	Landscape with irregularly distributed large obstacles (e.g., dense urban areas with mix of low and high-rise buildings, large forest with many clearings).	1, 4, A

Source: Davenport et al. (2000)

Από τότε, η ανωτέρω μεθοδολογία χρησιμοποιήθηκε σε πάρα πολλές μελέτες αστικής θερμικής νησίδας (Cardoso et al 2018, Zhang et al 2021, Zhongli et al 2020, P. Alexander et al 2014, Ng et al 2015 Kaloustiana et al 2016). Μάλιστα έχει αναπτυχθεί ειδικός διαδικτυακός τόπος όπου έχουν αναρτηθεί για πολλές πόλεις, η κατηγοριοποίηση των διαφόρων περιοχών τους σύμφωνα με τις Τοπικές Κλιματικές Ζώνες κάνοντας χρήση δορυφορικών εικόνων και πληροφοριών από Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Μία από αυτές τις πόλεις είναι και η Αθήνα. Συγκεκριμένα, το 2019 οι Ilias Agathangelidis Constantinos Cartalis and Mat Santamouris στο πλαίσιο της εργασίας τους «Integrating Urban Form, Function, and Energy Fluxes in a Heat Exposure Indicator in View of Intra-Urban Heat Island Assessment and Climate Change Adaptation» (Climate · May 2019) μελέτησαν τις κλιματικές ζώνες του Λεκανοπεδίου των Αθηνών χρησιμοποιώντας δορυφορικά δεδομένα και στοιχεία από γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών και με διακριτική ανάλυση 400μ. αποτύπωσαν τις Τοπικές Κλιματικές Ζώνες στο λεκανοπέδιο των Αθηνών, ενώ με διακριτική ανάλυση 100μ. αποτύπωσαν τον χαρακτηριστικό λόγο των οδών (H/W) κάθε περιοχής. Η αποτύπωση αυτή φαίνεται στα σχήματα 3.10 και 3.11 που ακολουθούν:



Σχήμα 3.10: Η χωρική κατανομή με διακριτική ικανότητα 400μ. των Τοπικών Κλιματικών Ζωνών(TKZ) στο λεκανοπέδιο των Αθηνών



Σχήμα 3.11: Η χωρική κατανομή του χαρακτηριστικού λόγου των οδών στο λεκανοπέδιο των Αθηνών με διακριτική ικανότητα 100μ-

Σε ότι αφορά την προτυποποίηση των διαδικασιών μέτρησης ο ΟΚΕ το 2006 πρότεινε βασικές οδηγίες για την διεξαγωγή μετρήσεων θερμοκρασιών αέρα, εντός του αστικού περιβάλλοντος. Σύμφωνα με αυτές:

- Οι αισθητήρες που γενικά χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα, συμπεριλαμβανομένης της ακρίβειάς τους και των χαρακτηριστικών απόκρισης, είναι κατάλληλοι για μετρήσεις εντός αστικών περιοχών.
- Ιδιαίτερη έμφαση και προσοχή θα πρέπει να δίνεται στην προστασία αυτών από την ακτινοβολία. Συνιστάται ιδιαίτερα καλή ηλιοπροστασία καθώς και συνθήκες καλού αερισμού τους. Στο αστικό περιβάλλον ένας σταθμός καταγραφής της θερμοκρασίας του αέρα μπορεί να είναι σχετικά κοντά σε θερμές επιφάνειες όπως ένας ηλιόλουστος τοίχος, δρόμος ή σε οχήματα με ζεστό κινητήρα ή μπορεί να λαμβάνει ανακλώμενη ακτινοβολία από γυάλινες επιφάνειες. Επομένως απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην ηλιοπροστασία των σταθμών ώστε να εμποδίζεται αποτελεσματικά η επίδραση της ακτινοβολίας στις καταγραφές του αισθητήρα. Ομοίως, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στον αερισμό του αισθητήρα ειδικά όταν είναι τοποθετημένος εντός του κτηριακού οριακού στρώματος. Πρέπει η πειραματική διάταξη εκτός από προστασία από την ακτινοβολία να εξασφαλίζει επαρκή αερισμό του αισθητήρα διότι η επίτευξη της ηλιοπροστασίας του μπορεί να οδηγήσει σε ανεπαρκή αερισμό του, για αυτό τον λόγο συνιστάται ο εξαναγκασμένος αερισμός του αισθητήρα. Εάν ένα δίκτυο περιλαμβάνει ένα μείγμα συγκροτημάτων αισθητήρων χωρίς ηλιοπροστασία και εξαερισμό, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε διαφορές στις συνθήκες μέτρησης μεταξύ των διαφορετικών μετρητικών διατάξεων και επομένως να επηρεαστεί και μόνο από αυτό η συγκρισιμότητα των καταγραφών. Για το λόγο αυτό προτείνεται να χρησιμοποιούνται ομοιόμορφα μετρητικά συστήματα.
- Ο αισθητήρας εντός του κτιριακού οριακού στρώματος θα πρέπει να βρίσκεται πλησίον επιφανειών που είναι τυπικές για την εξεταζόμενη αστική δομή. Σε αυτές τις περιπτώσεις συστήνεται να βρίσκεται σε απόσταση άνω του ενός μέτρου από τις προσόψεις των κτηρίων.
- Ο προσανατολισμός του οδικού άξονα εφόσον προβλέπεται μακρά πειραματική περίοδο συστήνεται να είναι Βορράς-νότος σε σχέση με την ανατολή- δύση επειδή υπάρχει μικρότερη παραμόρφωση φάσης των μετρήσεων, ώστε να ακολουθεί η ημερήσια πορεία της θερμοκρασία του αέρα την τυπική ημερήσια πορεία ενός υπαίθριου σταθμού.
- Σε μη αστικούς σταθμούς συνιστάται να τοποθετούνται μεταξύ 1,25 και 2 m πάνω από το επίπεδο του εδάφους. Το ίδιο συστήνεται και για εντός αστικού ιστού σταθμούς, χωρίς όμως να είναι ιδιαίτερα αυστηρή προδιαγραφή. Οι μετρήσεις σε ύψη 3 ή 5 m είναι ελάχιστα διαφορετικές από αυτές που καταγράφονται στο τυπικό ύψος και παράλληλα εξασφαλίζουν την προστασία του σταθμού από άλλους αστάθμητους παράγοντες όπως η κλοπή, η πρόκληση ζημιών και επιπλέον επιτυγχάνεται πιο ομοιογενής κατανομή της εκλυόμενης ανθρωπογενούς θερμότητας από τον κυκλοφοριακό φόρτο ή άλλες δραστηριότητες.
- Σε ότι αφορά τις μετρήσεις πάνω από τις στέγες των κτιρίων, ο ΟΚΕ σημειώνει, ότι αυτές είναι πολύ πιο μεταβλητές θερμικά, σε σχέση με τις περισσότερες επιφάνειες που απαρτίζουν το κτιριακό οριακό στρώμα. Οι περισσότερες στέγες έχουν σχεδιαστεί για να μονώνουν και ως εκ τούτου να ελαχιστοποιηθεί η ανταλλαγή θερμότητας με το εσωτερικό του κτιρίου. Αποτέλεσμα αυτού είναι στη στέγη οι επιφανειακές θερμοκρασίες να είναι κατά την διάρκεια της ημέρας πολύ πιο υψηλές σε σχέση με τις μερικώς σκιασμένες και με μεγαλύτερη αγωγιμότητα προσόψεις των κτηρίων που απαρτίζουν την αστική χαράδρα. Το βράδυ το φαινόμενο αντιστρέφεται με τις θερμοκρασίες επιφανείας στις στέγες να είναι σχετικά μικρότερες από αυτές στο εσωτερικό της αστικής χαράδρας οι οποίες απελευθερώνουν τα υψηλότερα ποσά θερμότητας που αποθήκευσαν κατά την διάρκεια της ημέρας.

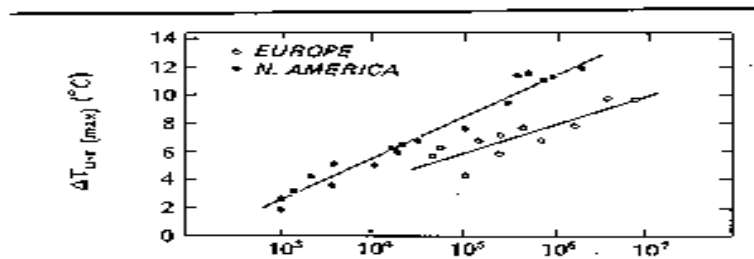
3.7.Μετρήσεις - αποτελέσματα της αστικής θερμικής νησίδας σε διάφορες αστικές περιοχές

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα από έρευνες για το φαινόμενο από όλο τον κόσμο, ενώ θα γίνει εστίαση σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Ευρώπη και στον Ελλαδικό χώρο.

Σημειώνεται ότι οι μελέτες της αστικής θερμικής νησίδας αναφέρονται συνήθως στην ένταση της (η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στην πόλη και την γύρω περιοχή) και χρησιμοποιούν σταθερούς ή κινητούς, αστικούς και υπαίθριους σταθμούς καταγραφής της θερμοκρασίας.

3.7.1. Αστική Θερμική νησίδα - Ένταση σε διάφορες πόλεις από όλο τον κόσμο

Ο Oke, το 1982, συγκεντρώνοντας μετρήσεις του φαινομένου που είχαν πραγματοποιηθεί μέχρι τότε στις Η.Π.Α. και στην Ευρώπη παρουσίασε το διάγραμμα του σχήματος 3.12 όπου αποτυπώνεται η ένταση του φαινομένου, σε σχέση με τον πληθυσμό κάθε πόλης. Μετά από σχετική επεξεργασία των δεδομένων πρότεινε δύο διαφορετικές γραμμές παλινδρόμησης για την Βόρεια Αμερική και για τις Ευρωπαϊκές πόλεις. Όπως φαίνεται, η αναμενόμενη ένταση της θερμικής νησίδας για μία πόλη ενός εκατομμυρίου κατοίκων πλησιάζει στους 8°C για την Ευρώπη και 12°C για τις ΗΠΑ. Οι υψηλότερες τιμές για τις Αμερικανικές πόλεις οφείλονται σύμφωνα με τον Oke στο ότι τα κέντρα των πόλεων της Βόρειας Αμερικής έχουν υψηλότερα κτήρια και μεγαλύτερες πυκνότητες δόμησης από τις τυπικές Ευρωπαϊκές πόλεις και πιθανά και μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας.



Σχήμα 3.12: Ένταση του φαινομένου της Αστικής θερμικής Νησίδας για πόλεις της Ευρώπης και των ΗΠΑ. [Πηγή: Oke, (1982)]

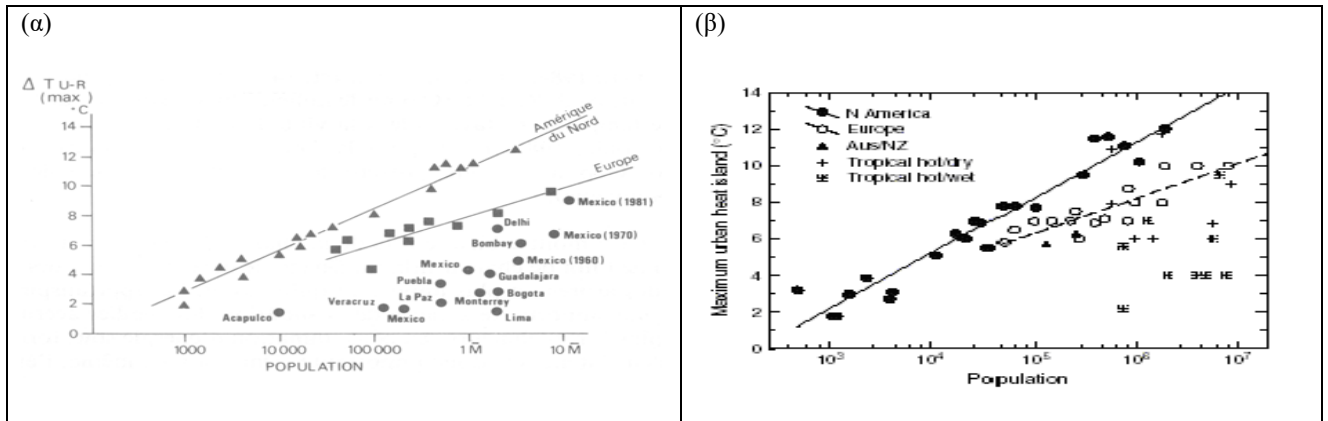
Ο Jauregui το 1984 , πρόσθεσε στην εργασία του Oke δεδομένα από διάφορες πόλεις της Νότιας Αμερικής και της Ινδίας , (σχήμα 3.13(α)). Όπως φαίνεται, η ένταση της θερμικής νησίδας σε αυτές τις πόλεις είναι πιο ασθενής. Σύμφωνα με τον Jauregui αυτό το φαινόμενο μπορεί να αποδοθεί μερικώς στην διαφορά του σχεδιασμού των πόλεων, ανάμεσα στις Νοτιοαμερικανικές και τις Ευρωπαϊκές πόλεις καθώς και στα δομικά υλικά αυτών.

Ο Park (1987) εκσυγχρόνισε το προηγούμενο σχήμα του Oke , συμπεριλαμβάνοντας δεδομένα από την Κορέα και την Ιαπωνία , (σχήμα 3.13(β)).Όπως φαίνεται , η ένταση της θερμής νησίδας είναι χαμηλότερη και σε αυτές τις πόλεις.

Σύμφωνα πάλι με τον Oke , (1984), οι κυριότερες διαφορές μορφολογίας ανάμεσα στις τροπικές πόλεις, στις αναπτυσσόμενες χώρες και στις Ευρωπαϊκές και Βορειοαμερικανικές πόλεις που οδηγούν σε διαφορά στην ένταση του φαινομένου είναι συνοπτικά οι ακόλουθες:

Στις πιο πολλές τροπικές πόλεις τα κτίρια είναι τοποθετημένα σε πιο συμπαγή διάταξη σε σχέση με τις εύκρατες περιοχές. Είναι επίσης σύνηθες να υπάρχει ένα σημαντικό υψηλότερο ποσοστό εμφάνισης μονοκατοικιών στις τροπικές πόλεις σε σχέση με τις Βορειοαμερικανικές πόλεις.

Τέτοια γεωμετρικά χαρακτηριστικά , σε συνδυασμό με τα μεγάλα ύψη στα οποία φτάνει ο ήλιος κατά την διάρκεια της ημερήσιας πορείας του, αυξάνουν την σημαντικότητα του ύψους των κτιρίων, στην διαμόρφωση του θερμικού ισοζυγίου των πόλεων. Οι διαφορές αυτές έχουν επιπτώσεις στη λευκαύγεια των πόλεων, στην ικανότητα εκπομπής, στον φωτισμό και στο σκιασμό της πόλης, στην διαμόρφωση του παράγοντα μορφής μεταξύ επιφανειών και ουρανού, στην αεροδυναμική τραχύτητα και στην αλληλεπίδραση του αέρα ανάμεσα στους δρόμους και του αέρα πάνω από το επίπεδο των κτιρίων.



Σχήμα 3.13: (α) Ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας ανάλογα με τον πληθυσμό τους, για πόλεις της Ευρώπης των ΗΠΑ. Πηγή: Jauregui 1984, (β) όπως επίσης και στοιχεία για την Αυστραλία και Τροπικές Πόλεις. Πηγή: Park, 1987.

Η IPCC, το 1990 , λαμβάνοντας υπ' όψη τα δεδομένα από διαφορετικές πόλεις για να εκτιμήσει το μέγεθος της αστικής θερμικής νησίδας κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η επίδραση της είναι σημαντική σε μεγάλα αστικά κέντρα. Η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της αστικής θερμικής νησίδας κυμαίνεται ανάμεσα στους 1.1 και τους 6.5°C (Πίνακας 3.3). Η μεγαλύτερη αύξηση καταγράφηκε στην πόλη της Σαγκάης, μια πόλη που έχει πολύ μεγάλο πληθυσμό και είναι πυκνά δομημένη.

Πίνακας 3.3: Επιδράσεις της θερμική νησίδα σε κάποιες πόλεις Πηγή: IPCC , (Ομάδα εργασίας 2), 1990

Πόλη	Αύξηση θερμοκρασίας, (°C)
30 πόλεις των ΗΠΑ	1.1
Νέα Υόρκη	2.9
Μόσχα	3-3.5
Τόκιο	3.0
Σαγκάη	6.5

Οι Akbari et.al. , το 1992 , παρουσίασαν (Πίνακας 3.4) τις τάσεις των θερμοκρασιών σε καθαρά αστικό περιβάλλον σε βάθος χρόνου για διάφορες πόλεις της Καλιφόρνια, καθώς και για άλλες πόλεις των Ηνωμένων Πολιτειών και της Ασίας. Η συνολική ανάλυση βασίζεται στη χρήση μέσων ετήσιων τιμών, μέσων μεγίστων και μέσων ελαχίστων θερμοκρασιών.

Πίνακας 3.4 : Τάσεις μεταβολής θερμοκρασίας σε επιλεγμένες πόλεις Πηγή: Akbari et al. , 1992

Πόλη	Τάση (F/ δεκαετία)	Είδος θερμοκρασιακών δεδομένων
Λος Άντζελες	1,3	μέγιστα
Λος Άντζελες	0,8	μέσα
Σαν Φραντσίσκο	0,2	μέσα
Όκλαντ	0,4	μέσα
Σαν Χοσέ	0,3	μέσα
Σαν Ντιέγκο	0,8	μέσα
Σακραμέντο	0,4	μέσα
Ουάσιγκτον	0,5	μέσα
Βαλτιμόρη	0,4	μέσα
Λαουδερδάλη	0,2	μέσα
Σανγκάη	0,12	μέσα
Σανγκάη	0,2	ελάχιστα
Τόκυο	0,6	μέσα

Η παρατηρούμενη αύξηση θερμοκρασίας σε κάποιες βορειοαμερικανικές πόλεις γίνεται περισσότερο εμφανής όταν εξεταστούν οι βαθμοώρες ψύξης που αντιστοιχούν σε αστικούς και αγροτικούς σταθμούς. Ο Taha, (1977) , εξήγησε την αύξηση τους με βάση την αστικοποίηση και τις επιδράσεις της αστικής θερμικής νησίδας, για επιλεγμένες βορειοαμερικανικές περιοχές (Πίνακας 3.5). Όπως φαίνεται, η μέγιστη διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών φθάνει το 92%, ενώ η ελάχιστη διαφορά πλησιάζει το 10%. Η αύξηση των βαθμοωρών ψύξης όπως είναι γνωστό σχετίζεται άμεσα με αυξημένες ανάγκες στην κατανάλωση ενέργειας για την ψύξη των κτιρίων.

Πίνακας 3.5: Αύξηση των βαθμοημερών ψύξης μεταξύ αστικών και αγροτικών σταθμών εξαιτίας της αστικοποίησης. Μέσες τιμές επιλεγμένων περιοχών για την περίοδο 1941-1979. (Taha H, 1977)

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΑΣΤΙΚΗ	ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟ	ΔΙΑΦΟΡΑ(%)
Λος Άντζελες	368	191	92
Ουάσιγκτον	440	361	21
Σέντ Λουίς	510	459	11
Νέα Υόρκη	333	268	24
Βαλτιμόρη	464	344	35
Σιάτλ	111	72	54
Ντιτρόιτ	416	366	14

Σικάγο	463	372	24
Ντένβερ	416	350	19

Πλήθος μελετών για την ένταση της Αστικής θερμικής νησίδα, τροπικών πόλεων παρουσιάστηκαν σε διεθνή διάσκεψη του WMO το 1986 για την αστική κλιματολογία και την εφαρμογή της, ειδικότερα σε σχέση με τις τροπικές περιοχές. Ο Givoni, (1989), παρουσίασε μια περιεκτική περίληψη των σημαντικότερων πληροφοριών που παρουσιάστηκαν σε εκείνη την συνδιάσκεψη. Περισσότερα στοιχεία δόθηκαν σε μια δεύτερη διάσκεψη του WMO για τα τροπικά αστικά κλίματα, (WMO, 1994).

Σύμφωνα με αυτές τις μελέτες, στο Σάο Πάολο της Βραζιλίας, η μέση ετήσια θερμοκρασία έχει αυξηθεί περίπου 2°C, (Monteiro, 1986). Στη Νιγηρία, το φαινόμενο της θερμικής νησίδα στο Λάγος οφείλεται κυρίως στην πυκνή κίνηση των οχημάτων, και η έντασή της παρουσιάζει τις σημαντικότερες τιμές της το μεσημέρι ή αργά το απόγευμα κυμαινόμενη μεταξύ 2°C και 4°C, (Oguntoyinbo, 1986). Στο Ibadan, η εμφάνιση της αστικής θερμικής νησίδα σημειώνεται κυρίως στο μέσο της περιόδου ξηρασίας, τον Μάρτιο, και η ένταση της κυμαίνεται ανάμεσα στους 5 με 7°C, στο κέντρο της πόλης. Κατά την περίοδο υγρασίας οι μέσες διαφορές θερμοκρασίας είναι γύρω στους 1-3°C, (Oguntoyinbo, 1986).

Δεδομένα για το Δελχί, την Βομβάη και την Καλκούτα στην Ινδία, καταγράφονται από τον Padmanabhamurty, (1986). Σύμφωνα με τον μελετητή, η μέγιστη ένταση της θερμικής νησίδα στο Δελχί βρέθηκε να είναι 6°C, στην Βομβάη 9.5°C και στην Καλκούτα 4°C. Κατά την διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου η ένταση της, στο Δελχί, ποικίλει ανάμεσα στους 2 και 5°C. Ο ίδιος συγγραφέας, σε μία μεταγενέστερη εργασία, (Padmanabhamurty, 1990/91), έδωσε στοιχεία για την ένταση της θερμικής νησίδα για οχτώ διαφορετικές Ινδικές πόλεις, (Πίνακας 3.4). Όπως φαίνεται, η ένταση της θερμικής νησίδα φθάνει έως και 10°C.

Πίνακας 3. 6 : Εντάσεις της θερμικής νησίδα σε κάποιες Ινδικές πόλεις. (Πηγή: Padmanabhamurty, 1990/91)

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΕΝΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΝΗΣΙΔΑΣ,(°C)
Νέο Δελχί	6.0
Μποπάλ	6.5
Καλκούτα	4.0
Βομβάη	9.5
Πιοόν	10.0
Βισακαπατνάμ	0.6
Βιζαγιαγούντα	2.0
Μαδράς	4.0

Στοιχεία για την Σαγκάη στην Κίνα, δίνονται από τον Chow, 1986. Σύμφωνα με τον συγγραφέα η αστική περιοχή είναι πάντα θερμότερη από την ύπαιθρο. Η διαφορά θερμοκρασίας είναι περίπου 6°C για αίθριες νύχτες με νηνεμία.

Μελέτες για την ένταση της θερμικής νησίδας στην Σιγκαπούρη παρουσιάστηκαν από τον Tso, 1994, όπου η ένταση της θερμικής νησίδας πλησιάζει τον ένα βαθμό Κελσίου. Παρόμοιες μελέτες από τον Estela et al., 1994, για την Αβάνα στην Κούβα δείχνει μία ένταση ανάμεσα στους 1-3°C, ενώ μελέτες για το Κάιρο, στην Αίγυπτο, δείχνουν μία ένταση της αστικής θερμικής νησίδας κοντά στους 4°C κατά τις νυχτερινές και πρώτες πρωινές ώρες της θερινής περιόδου, (Fouli, 1994). Παρόμοιες μελέτες για την στην Ντάκα στο Μπαγκλαντές δείχνουν μία ένταση μεταξύ 0.5°C και 6°C κατά τη νύχτα. Η ένταση κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου ήταν σχετικά χαμηλή, (0.6°C), εξαιτίας της υψηλής σχετικής υγρασίας και των ισχυρών επιφανειακών ανέμων, (Ershad M.H και Nooruddin Md, 1994). Τέλος, ο Sani S (1990/91), έδωσε στοιχεία για την ένταση της θερμικής νησίδας για επιλεγμένες περιοχές στην Μαλαισία, (Πίνακας 3.7). Όπως φαίνεται, η ένταση της κυμαίνεται μεταξύ των 2°C και 7°C.

Πίνακας 3.7: Ένταση θερμικής νησίδας για αστικές περιοχές στην Μαλαισία. Πηγή: Sani S. 1990/91.

ΑΣΤΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ	ΕΝΤΑΣΗ ΘΕΡΜΟΝΗΣΙΔΑΣ,(°C)
Kuala Lumpur-Petaling Jaya	6-7
Αστικά κέντρα στην κοιλάδα του Klang	2-5
Georgetown	4
Johor Bahru	3
Kota Kinabalu	3

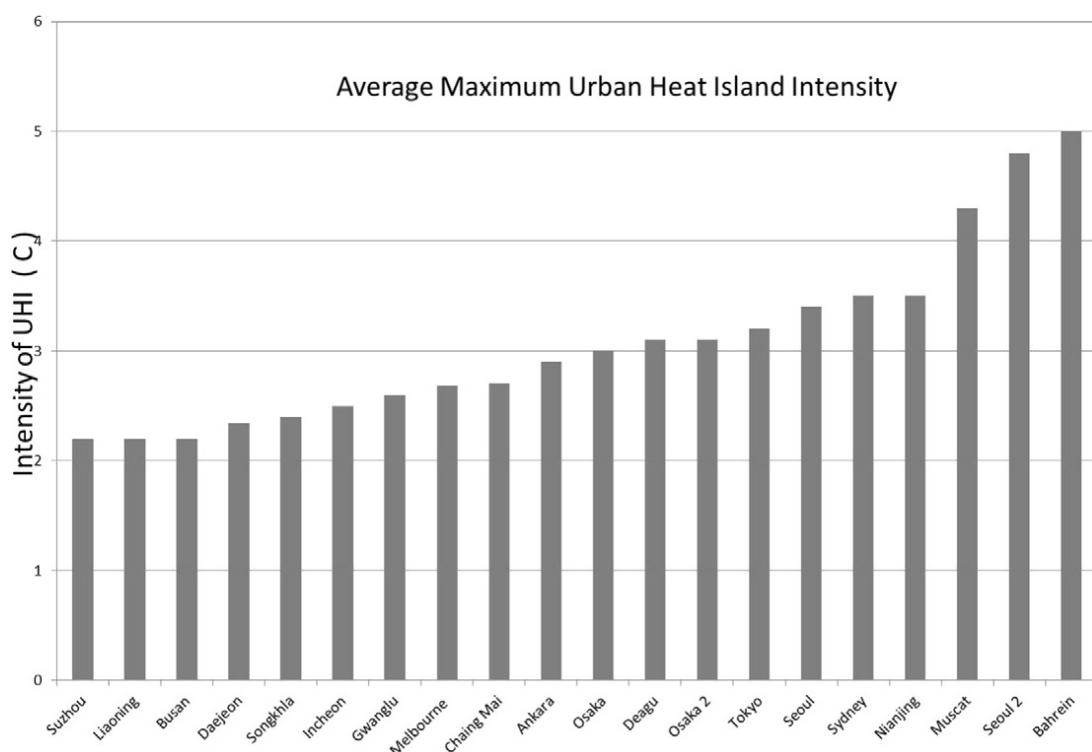
Οι μελέτες για τη θερμή νησίδα στο Γιοχάνεσμπουργκ στη Νότια Αφρική καταγράφηκαν από τον Goldreich,(1985). Παρατηρήθηκαν κατά την καλοκαιρινή περίοδο, με ένταση που πλησίασε τους 1.9°C και 2.0°C στην διάρκεια της νύχτας και της ημέρας αντίστοιχα.

Μελέτες για πόλεις στον Tama River Basin στην Ιαπωνία καταγράφηκαν από τους Yamashita κ.α., (1986). Σε όλες τις πόλεις η θερμική νησίδα παρατηρήθηκε να αναπτύσσεται σε κάποια έκταση. Η έντασή της εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τις καιρικές συνθήκες. Στην πόλη Tachinawa η ένταση έφτασε στους 3.5°C κατά την διάρκεια της ημέρας, τον μήνα Μάιο. Στην πόλη Fussa η θερμική νησίδα εμφανίζεται σχεδόν καθημερινά εκτός από την διάρκεια της ημέρας τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο. Η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στο αστικό κέντρο και τις αγροτικές περιοχές ήταν συνήθως μεγαλύτερη την ημέρα παρά τη νύχτα. Οι Kimura, Takahashi και Kawamura, (1979), ανέφεραν ότι στις περιοχές γύρω από την ευρύτερη περιοχή του Τόκιο η μέση θερμοκρασία θερινής νύχτας ήταν υψηλότερη κατά 3°C έως 5°C απ' ότι στις γύρω αγροτικές περιοχές παρουσιάζοντας συνεχή αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια.

Οι Mazzeo και Camilioni, (1990/91), έδωσαν στοιχεία για το Μπουένος Άιρες στην Αργεντινή. Οι μετρήσεις για μία περίοδο πέντε ημερών τον Ιούνιο του 1978, έδειξαν ότι η μέγιστη τιμή της αστικής θερμικής νησίδας έφθασε τους 7.4°C.

Αντίστοιχα αποτελέσματα προκύπτουν και από νεότερες μελέτες οι οποίες εκτός της καταγραφής του φαινομένου μελετούν συστηματικά τις παραμέτρους που επηρεάζουν το φαινόμενο και εφαρμόζουν τις προαναφερόμενες προτυποποιήσεις. Συγκεκριμένα:

Ο Santamouris M. το 2015 ανέλυσε, μέσω με της διεθνούς βιβλιογραφίας, το μέγεθος και τα χαρακτηριστικά της αστικής θερμικής νησίδας εντός του κτηριακού οριακού στρώματος, σε 100 πόλεις στην Ασία και στην Αυστραλία. Από την ανάλυση αυτή προέκυψε ότι η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας για μελέτες που χρησιμοποιούν κινητούς σταθμούς καταγραφής κυμαίνεται από 0, °C και 11 °C με μέση τιμή περί τους 4,1 °C. Αντίστοιχα για σταθερούς σταθμούς καταγραφής, εντός του αστικού περιβάλλοντος, η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας κυμαίνεται από 1.5 °C ως 10.7 °C με μέση τιμή τους 5 °C. Οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν με την χρήση τυπικών μετεωρολογικών σταθμών κατέγραψαν μέση ετήσια ένταση της αστικής θερμικής νησίδας της τάξης του 1°C, με μέση μέγιστη ένταση της τάξης των 3.1 °C (Σχήμα 3.14), ενώ σύμφωνα με την μελέτη η απόλυτα μέγιστη ένταση ήταν της τάξης των 6.2 °C



Σχήμα 3.14: Μέση μέγιστη ένταση της αστικής θερμικής νησίδας από μετρήσεις από μετεωρολογικούς σταθμούς (Πηγή: Santamouris M. 2015)

Από την ίδια μελέτη προέκυψε ότι σε όλες σχεδόν τις μελέτες που εξέτασαν την ένταση της αστικής θερμικής νησίδας σε σχέση με την ένταση του ανέμου, παρατηρήθηκε μείωση αυτής με την αύξηση της έντασης του ανέμου. Επίσης σε όλες αυτές τις περιπτώσεις καταγράφηκε μια κρίσιμη ταχύτητα του ανέμου όπου πάνω από αυτή την τιμή το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας σχεδόν

εξαφανίζεται με το εύρος αυτών να κυμαίνεται από 4 ως 12 m/s. Επίσης στην μελέτη αυτή αναφέρεται ότι η ένταση της θερμικής νησίδας έχει σημαντική εποχιακή μεταβλητότητα και το μέγιστο παρουσιάζεται πάντα κατά τη θερινή περίοδο, εκτός από πόλεις με υγρό κλίμα όπου η μέγιστη ένταση παρατηρείται κατά την ξηρή περίοδο. Επίσης στις περισσότερες πόλεις, η μέγιστη ένταση της αστικής θερμικής νησίδας παρατηρείται αργά το απόγευμα, τη νύχτα ή νωρίς το πρωί, ωστόσο σε πολλές ασιατικές πόλεις η μέγιστη ένταση μετριέται κατά τη διάρκεια της ημέρας ως αποτέλεσμα κυρίως της αυξημένης απελευθέρωσης ανθρωπογενούς θερμότητας. Σε αστικές περιοχές με εκτεταμένη σκίαση, λόγω των αστικών χαραδρών με μεγάλο χαρακτηριστικό λόγο και σε περιοχές με μειωμένη ανθρωπογενή θερμότητα και με πιθανή επίδραση της θαλάσσιας αύρας στις παράκτιες περιοχές, η αστική θερμοκρασία μπορεί να είναι χαμηλότερη από αυτή που καταγράφεται, στην περιβάλλουσα της πόλης, αγροτική περιοχή, δημιουργώντας φαινόμενα ψυχρής αστικής νησίδας. Τέλος η μέση μέγιστη και η απόλυτα μέγιστη ένταση της αστικής θερμικής νησίδα σχετίζεται με τον πληθυσμό των πόλεων στην περίπτωση μελετών που χρησιμοποιούν μετεωρολογικούς σταθμούς.

Επίσης το 2017 οι Santamouris et al., μελέτησαν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη του Σίδνεϋ της Αυστραλίας. Χρησιμοποιήθηκαν κλιματικά δεδομένα, που κάλυπταν περίοδο 10 ετών, από έξι μετεωρολογικούς σταθμούς που βρίσκονται σε αστικές και περιαστικές περιοχές του Σίδνεϋ. Η μέση τιμή της αστικής νησίδας βρέθηκε να υπερβαίνει τους 6 °C. Η ένταση και τα χαρακτηριστικά του φαινομένου επηρεάζονται έντονα από τις συνοπτικές καιρικές συνθήκες και ειδικότερα την ανάπτυξη της θαλάσσιας αύρας και των δυτικών ανέμων από την περιοχή της ερήμου. Η ένταση της του φαινομένου κυμαίνεται μεταξύ 0 και 11 °C, ανάλογα με τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Η αστική θερμική νησίδα αναπτύσσεται κυρίως κατά τη ζεστή καλοκαιρινή περίοδο.

Οι Fu Luo et al. (2023), μελέτησαν την συσχέτιση της εμφάνισης των φαινομένων καύσωνα με την αστικής θερμική νησίδα στην πόλη της Guangzhou στην Κίνα. Τα αποτελέσματα της μελέτη έδειξαν ότι υπάρχει μια σαφής συσχέτιση μεταξύ των φαινομένων καύσωνα και της έντασης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, η οποία είναι πιο σημαντική κατά την νυχτερινή περίοδο. Τα φαινόμενα της αστικής θερμικής νησίδας και η εμφάνιση φαινομένων καύσωνα στην πόλη εξασθενούσαν με την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου. Ο υψηλότερος κίνδυνος εμφάνισης φαινομένων καύσωνα στην περιοχή και η σημαντικότερη συσχέτιση αυτών με την αστική θερμική νησίδα παρατηρήθηκε σε περιοχές με συνεχή αστικό ιστό με μεσαίου μεγέθους κτήρια (LCZ2, LCZ3) και αμέσως μετά, σε περιοχές με συμπαγή πολυώροφα κτήρια (LCZ1). Η συχνότητα εμφάνισης φαινομένων καύσωνα παρατηρήθηκε σε περιοχές μη συνεχούς αστικού ιστού με πολυώροφα και μεσαίου μεγέθους κτήρια (LCZ4 και LCZ5) να είναι μικρότερη σε σχέση με αυτές που αντιστοιχούν σε πυκνοδομημένες περιοχές. Η μέση ένταση της αστικής θερμικής νησίδας την περίοδο που εμφανίστηκαν φαινόμενα καύσωνα ήταν 1.76 °C ενώ την υπόλοιπη περίοδο ήταν 0.87 °C

Οι Hong, J.-W. et al. (2019), μελέτησαν και ανέλυσαν την ένταση της αστικής θερμικής νησίδας στη μητροπολιτική περιοχή της Σεούλ, για μία περίοδο 56 χρόνων (1962 -2017). Κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής, η αστικοποίηση ήταν ιδιαίτερα σημαντική με αποτέλεσμα η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα στο κέντρο της πόλης να είναι περίπου 1.7 °C. Η αύξηση που αναφέρεται από τους μελετητές ήταν περίπου 0.8 °C μεγαλύτερη από τη γειτονική αγροτική περιοχή και περίπου 1.8 φορές μεγαλύτερη από την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας της γης, υποδεικνύοντας ότι η αστικοποίηση έχει σημαντική συμβολή (47%) στην τάση θέρμανσης στη Σεούλ. Μελετώντας τις περιόδους που παρουσίασαν διαφορετικό ρυθμό αστικοποίησης από το 1980 ως το 1990, η τοπική κλιματική ζώνη (LCZ) που περιβάλλει το αστικό σταθμό άλλαξε από LCZ3 (συμπαγή με χαμηλό ύψος κτηρίων) σε LCZ2

(συμπαγές με μεσαίο ύψος κτηρίων) με αντίστοιχες αυξήσεις του πληθυσμού της περιοχής. Σε αυτήν την περίοδο, η ένταση του φαινομένου αυξήθηκε από περίπου 1.5 °C σε 3.0-3.5°C. Ωστόσο, η ένταση μειώθηκε μετά τα τέλη της δεκαετίας του 1990 με απότομες διακυμάνσεις, λόγω των οικονομικών κρίσεων, παρά την διαμορφωμένη σε LCZ2 περιοχή. Τα ευρήματά της μελέτης υποδεικνύουν ότι το φαινόμενο πρέπει να γίνει κατανοητό όχι μόνο με τις μετεωρολογικές συνθήκες, αλλά και με τις μεταβολές του αστικού περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένης και της οικονομικής ανάπτυξης ή κρίσης. Επίσης σε εποχικό επίπεδο παρατηρήθηκε ότι η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας μειώθηκε αμέσως μετά από βροχοπτώσεις και χρειάζονταν περίπου 5 ημέρες για να ανακτήσει το σύνηθες μέγεθός της. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας ήταν ισχυρότερη κατά 0.9 °C κατά την διάρκεια των φαινομένων καύσωνα.

Οι Zhang Y., et al. (2021) κατέγραψαν τις θερμοκρασίες του αέρα στο επίπεδο των πεζών χρησιμοποιώντας μικρομετεωρολογικούς σταθμούς σε 50 τοποθεσίες τοποθετημένους σε 11 διαφορετικούς τύπους τοπικών κλιματικών ζωνών (LCZ). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι θερμοκρασίες του αέρα στο επίπεδο του δρόμου ήταν υψηλότερες σε περιοχές που είχαν πυκνή κάλυψη σε σχέση με αυτές που είχαν χαμηλή. Για περιοχές με ίδιο συντελεστή κάλυψης οι θερμοκρασίες του αέρα είναι υψηλότερες για περιοχές με κτήρια μεγάλων υψών από αυτές που καλύπτονται από χαμηλού ύψους κτήρια. Σε περιοχές με παρόμοιο κλάσμα επιφάνειας κτιρίου, το ύψος του κτιρίου επηρεάζει επίσης το μέγεθος της αστικής θερμικής νησίδας, καθώς τα ψηλά κτίρια δημιουργούν σημαντική σκίαση στο επίπεδο του δρόμου με αποτέλεσμα να καταγράφονται χαμηλότερες θερμοκρασίες από αυτές που καταγράφονται σε περιοχές με χαμηλού ύψους κτήρια. Συγκεκριμένα το μέγεθος της αστικής θερμικής νησίδας των LCZ 8 και LCZ E είναι υψηλότερο λόγω μικρότερης σκίασης και περισσότερη πλακόστρωτη γη, ενώ για τις τοπικές κλιματικές ζώνες των κατηγοριών LCZ B, LCZ 4 και LCZ D το μέγεθος είναι χαμηλότερο λόγω της φυτοκάλυψης. Το μέγιστο μέγεθος της θερμικής νησίδας ήταν 6.5 °C, το οποίο καταγράφηκε σε περιοχή που καλύπτεται από χαμηλού ύψους κτήρια της κατηγορίας LCZ 8. Το μέσο μέγεθος του φαινομένου για όλους τους τύπους των εξεταζόμενων κλιματικών ζωνών ήταν 2.1 °C.

Οι O'Malley C. et al. (2022) μελέτησαν την αποθηκευμένη θερμότητα στην πόλη του Τόκιο ανά Κατηγορία Κλιματικής Ζώνης με διακριτική ικανότητα τα 100 m. χρησιμοποιώντας δορυφορικά δεδομένα από το 2013 ως το 2021. Ως δείκτη της αποθηκευμένης αισθητής θερμότητας για κάθε περιοχή όρισαν την ανά περιοχή διαφορά μεταξύ της έντασης της ημερήσιας αστικής θερμικής νησίδας από την αντίστοιχη νυχτερινή (ΔSUHI). Οι μικρότερες τιμές υποδηλώνουν μικρότερη αποθήκευση θερμότητας. Οι μέσοι όροι της ανωτέρω παραμέτρου για συνεχώς δομημένες περιοχές με υπερυψηλά, ψηλά, μεσαίου ύψους και χαμηλά κτήρια ήταν 3.1 °C, 4.1 °C, 5.8 °C και 8.3 °C, αντίστοιχα. Επιπλέον, οι αντίστοιχοι μέσοι όροι της παραμέτρου για ανοιχτές περιοχές με υπερυψηλά, ψηλά και μεσαίου ύψους κτήρια ήταν 5.8 °C, 6.4 °C και 7.8 °C, αντίστοιχα. Η ανάλυση κατέδειξε ότι ο δείκτης άρα και η αποθηκευμένη θερμότητα είναι πιο υψηλή για περιοχές με μεγάλη πυκνότητας δόμηση και υψηλά κτήρια και οι μικρότερες σε ασυνεχής περιοχές, με χαμηλή πυκνότητα δόμησης και χαμηλά ύψη κτηρίων.

Οι Feng J.-L. et al. (2021) διερεύνησαν την σχέση μεταξύ της έντασης της επιφανειακής θερμικής νησίδας (sUHI) και της έντασης της θερμικής νησίδας στο αστικό οριακό στρώμα (aUHI) (σχέση sUHI-aUHI) λόγω του ότι εάν βρεθεί μια τέτοια συστηματική συσχέτιση, θα μπορούσε να αντισταθμίσει τη χωρική ασυνέχεια των μετρήσεων της θερμοκρασίας του αέρα (Ta) που υπάρχουν σήμερα λόγω της έλλειψης μετεωρολογικών σταθμών στις αστικές περιοχές. Στο πλαίσιο αυτό εξέτασαν αυτή τη συσχέτιση στις αστικές περιοχές της πόλης της Οκλαχόμα και του Μπέριμιγχαμ. Από τη μελέτη προέκυψαν μερικά γενικά μοτίβα της γραμμικής συσχέτισης των εντάσεων της αστικής θερμικής νησίδας με την επιφανειακή, όπως ο μειωμένος ρυθμός μεταβολής της έντασης της

αστικής θερμικής νησίδας σε σχέση με την ένταση της Επιφανειακής Αστικής νησίδας, με την αύξηση της έντασης του ανέμου. Επίσης οι διαφορές της γραμμικής συσχέτισης της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας με την επιφανειακή αστική νησίδα μεταξύ δύο πόλεων μειώνονταν υπό ιδανικές συνθήκες (καθαρός ουρανός, ηρεμία και μεγάλη εισροή ηλιακής ακτινοβολίας από την προηγούμενη μέρα στο αστικό σύστημα). Το πιο σημαντικό εύρημα της μελέτης ήταν ότι η συσχέτιση των δύο εντάσεων μεταξύ των δύο πόλεων παρουσιάζει σημαντική εξάρτηση από το είδος και το πλέγμα των τοπικών μετεωρολογικών σταθμών υποδεικνύοντας ότι ένα τυποποιημένο πρωτόκολλο για το χρησιμοποιούμενο δίκτυο μετεωρολογικών παρατηρήσεων εντός του αστικού ιστού είναι εξαιρετικά σημαντικό για τον προσδιορισμό ευρύτερης εφαρμογής συσχέτισης της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας σε σχέση με την αντίστοιχη επιφανειακή

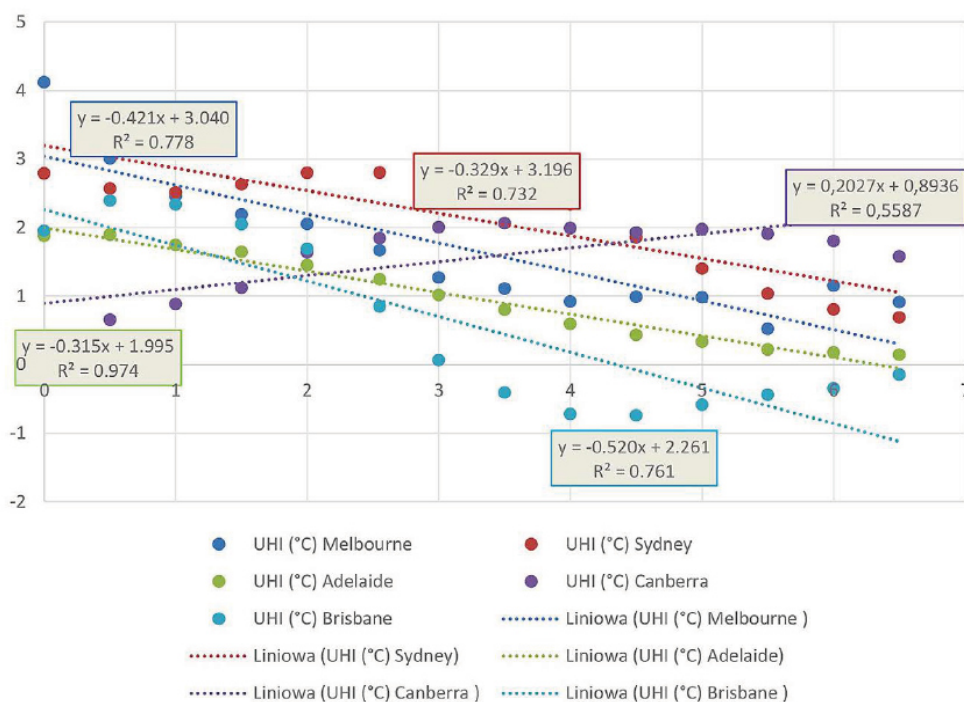
Οι Anjos M. et al. (2020), μελέτησαν την επίδραση του αστικού περιβάλλοντος με βάση την κατηγοριοποίηση των τοπικών κλιματικών ζωνών στην αστική θερμική νησίδα σε μία πόλη στη Βραζιλία χρησιμοποιώντας επιτόπιες παρατηρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Από την μελέτη προέκυψε ότι η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας ήταν ισχυρή κατά τη διάρκεια της νύχτας ως και νωρίς το πρωί, με μέσες μέγιστες τιμές 6.0°C και ήταν σχεδόν 0°C ή και αρνητική κατά την υπόλοιπη ημέρα. Η απόλυτα μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου ήταν 11.0°C και καταγράφηκε σε συνθήκες αντικυκλώνα, ενώ οι μικρότερες περίπου 0°C παρατηρήθηκαν πάντα κάτω από συνθήκες συννεφιάς και βροχερές συνθήκες ψυχρών μετώπων. Η χωρική κατανομή της έντασης του φαινομένου κατά την νυχτερινή περίοδο έδειξε ότι οι κεντρικές περιοχές ήταν σημαντικά θερμότερες από τις προαστιακές και τις αγροτικές περιοχές.

Οι Zong L. et. al. (2021), με βάση τις παρατηρήσεις των αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών στο Πεκίνο για την καλοκαιρινή περίοδο του 2014–2020, μελέτησαν την αλληλεπίδραση μεταξύ της εμφάνισης καύσωνα και του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας ήταν κατά μέσο όρο υψηλότερο κατά 0.55°C κατά τις περιόδους με καύσωνα. Στη συνέχεια αξιολογήθηκε η διαμόρφωση των γεγονότων καύσωνα και του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου και τις τοπικές κλιματικές ζώνες (LCZs). Από την μελέτη προέκυψε ότι σε περιοχές μεγάλης αστικής πυκνότητας και μεγάλου ύψους κτηρίων (LCZ1) όπου η ταχύτητα του ανέμου επιβραδύνεται σημαντικά ευνοήθηκε η συχνότητα εμφάνισης φαινομένων καύσωνα. Αναλυτικά, 35 συμβάντα καύσωνα συνέβησαν πάνω από LCZ1 περιοχές που ήταν υψηλότερα από αυτά που καταγράφηκαν σε άλλους τύπους LCZ (< 30 συμβάντα).

Οι Piham Al-Obaidi et. al. το 2021 μελέτησαν της συσχέτιση της έντασης και της κατεύθυνσης του ανέμου με το μέγεθος της αστικής θερμικής νησίδας για 5 μεγάλες πόλεις της Αυστραλίας. Από την μελέτη προέκυψε ότι η αστική νησίδα είναι πιο εμφανής κάτω από ήρεμες καιρικές συνθήκες. Η έντασή της, εξασθενεί όσο η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει ενώ βρέθηκε σημαντική αντισυσχέτιση μεταξύ της μέσης έντασης της αστικής θερμικής νησίδας και της μέσης έντασης του ανέμου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι για εντάσεις ανέμου ως 2m/s καταγράφονται οι μεγαλύτερες μέσες εντάσεις της αστικής θερμικής νησίδας ενώ για μέσες εντάσεις του ανέμου άνω των 6m/s το μέγεθος του φαινομένου εξασθενεί σημαντικά. Επιπλέον, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κρίσιμη τιμή της έντασης του ανέμου πάνω από την οποία το φαινόμενο είναι σημαντικά εξασθενημένο είναι περί τα $4 - 5 \text{ m/s}$. Επιπλέον η μελέτη έδειξε ότι η κατεύθυνση του ανέμου αποτελεί κρίσιμη παράμετρο για την ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Συγκεκριμένα όταν ο άνεμος φυσάει προς την πόλη από ξηρές περιοχές ενισχύει την ένταση της αστικής

θερμικής νησίδας, ενώ όταν προέρχεται από τον ωκεανό και το παράλιο μέτωπο των πόλεων η αστικής θερμικής νησίδας είναι πιο ασθενής.

Στο σχήμα 3.15 αποτυπώνεται η γραμμική αντισυσχέτιση της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας με την μέση ένταση του ανέμου. Από την ανάλυση προέκυψε ότι ανάλογα με την πόλη αύξηση της έντασης του ανέμου κατά 1m/s οδηγεί σε μείωση της έντασης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας από 0.52 °C ως 0.22 °C.



Σχήμα 3.15 : Συσχέτιση της μέσης τιμής της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας με την μέση ένταση του ανέμου για τις 5 μεγαλύτερες πόλεις της Αυστραλίας. (Μελβούρνη, Αδελαΐδα, Μπρισμπέιν, Σύδνεϋ, Καμπέρα)

3.7.2. Ένταση της αστικής θερμικής νησίδας σε Ευρωπαϊκές Πόλεις

Σημαντικές μελέτες του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας έχουν διεξαχθεί στην Ευρώπη. Αυτές στηρίζονται **α.** σε στατιστικές επεξεργασίες διαφορών μεταξύ δύο ή περισσότερων σταθμών αστικού και περιαστικού αστικού τύπου, (Bacci and Maugeri, (1992), Yaggi et al., (1991), Moreno-Garcia, (1994), Tayanc and Toros, (1997), Klysiak and Fortuniak, (1999), Beranova and Huth, (2005) Shahoedanova et al., (1997), Bohm, R. (1998), Eliason and Holmer, (1990), Eliasson, (1996)), Juan A. Acero (2013), Peron F. et. al. (2015), **β.** σε μετρήσεις που λήφθηκαν από δίκτυα σταθερών σταθμών μέσα στη πόλη (Tumanov et al., (1999), Karaca et al., (1995), Szymanowski, (2005), Dupont et al., (1999), Cristen and Vogtt (2004), Lazar, R. and Podesser, A. (1999), Watkins et al., (2002),) António Lopes et al. to 2013, Martinelli et. al. (2020), Cecilia et al. (2022), Ūnal, Y. S et al. (2019) και οι Simge Irem Bilgen et al. (2016), Simge Irem Bilgen et al. (2016), Marco Possega et al. (2022), Brousse et al. (2022), Battista G. et al. (2023) και **γ.** σε μετρήσεις που λήφθηκαν από κινητούς σταθμούς κατά μήκος μιας αστικής περιοχής, (Unger, (1996) and Bottyan and Unger, (2003), Szegedi and Kircsi, Alcoforado, (1992), Pinho · M.D. Manso Orgaz, (2000), Montavez et al., (2000), Szymanowski, (2005), , Eliasson, (1996)), Noro M. et al. (2014) .

Οι περισσότερες από τις μελέτες οργανώθηκαν με βάση την γενική περιγραφή του φαινομένου που προτάθηκε από τον Oke το 1982, και συνοψίσθηκαν από τον Arnfield, (2003). Η επίδραση της έντασης του ανέμου, το ποσοστό νεφοκάλυψης και γενικά των κυκλωνικών ή αντικυκλωνικών συνθηκών, στην ένταση της αστικής θερμικής νησίδας αναφέρονται σε ορισμένες από τις μελέτες. Εξετάζεται επίσης σε πολλές μελέτες, η διάρκεια, καθώς και η εποχή που το φαινόμενο παίρνει τη μέγιστη τιμή του. Οι ανωτέρω μελέτες κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος στο οποίο διεξήχθησαν. Έτσι ορίστηκαν τρεις κατηγορίες μελετών του φαινομένου. Αυτές που έγιναν στην περιοχή της Μεσογείου και που προσομοιάζουν περισσότερο με την πόλη της Αθήνας, αυτές που πραγματοποιήθηκαν στην Κεντρική Ευρώπη και τέλος αυτές της Βόρειας Ευρώπης. Οι κυριότερες πειραματικές διαδικασίες και τα αντίστοιχα αποτελέσματα αναφέρονται στη συνέχεια. Τέλος, όλα τα αποτελέσματα δίνονται συγκεντρωτικά στους πίνακες 3.15 και 3.16.

3.7.2.1. Μεσογειακή ζώνη

Ο Alcoforado, (1992), πραγματοποίησε μετρήσεις του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας για την πόλη της Λισαβόνας στην Πορτογαλία, χρησιμοποιώντας κινητούς σταθμούς σε τουλάχιστον 20 περιοχές στην πόλη από τον Ιανουάριο ως τον Αύγουστο του 1992. Όπως αναφέρει η νυχτερινή αστική νησίδα εμφανίζεται τόσο τον χειμώνα όσο και το καλοκαίρι με μέση ένταση περί τους 2.5 °C. Σε μία επιπλέον μελέτη, που πραγματοποίησαν οι Alcoforado and Andrade το 2006, στηριζόμενοι σε 69 μετρητικά σημεία, έδειξαν ότι η μέση μέγιστη ένταση του φαινομένου είναι κοντά στους 3.5°C. Η αστική θερμική νησίδα είναι δε πιο καλά αναπτυγμένη στις περιοχές με την μεγαλύτερη πυκνότητα δόμησης.

Οι António Lopes et al. το 2013 δημοσίευσαν επικαιροποιημένα στοιχεία για την αστική νησίδα στην πόλη της Λισαβόνας. Σύμφωνα με αυτά, οι υψηλότερες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας καταγράφηκαν στο κέντρο της πόλης (Restauradores) και ήταν της τάξεως των 4 °C, με μέση νυχτερινή τιμή τους στους 2°C και 1.8°C κατά την διάρκεια της ημέρας. Στο καταπράσινο πάρκο του Monsanto, καταγράφηκε ψυχρή αστική νησίδα της τάξεως των -2°C. Οι υψηλότερες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας παρατηρήθηκαν για εντάσεις του ανέμου μεταξύ 2 και 6 m/s, ενώ για εντάσεις του ανέμου άνω των 8 m/s το φαινόμενο δεν παρατηρείται.

Οι Pinho M.D. Manso Orgaz, το 2000, μέτρησαν την ένταση του φαινομένου στην παραθαλάσσια πόλη του Αβέιρο της Πορτογαλίας, χρησιμοποιώντας κινητούς σταθμούς επιφανείας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια 48 νυχτών το καλοκαίρι το φθινόπωρο και τον χειμώνα του 1996 μεταξύ 23:00 και 01:00. Βρέθηκε ότι η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας μπορεί να φτάσει τους 7.5°C. Επίσης βρέθηκε ότι κάτω από αντικυκλωνικές συνοπτικές συνθήκες με ανέφελο ουρανό και συνθήκες άπνοιας το φαινόμενο εντείνεται, ενώ κάτω από κυκλωνικές συνθήκες η ένταση του φαινομένου ελαττώνεται.

Ο Balkestahl et al. το 2006, πραγματοποίησε μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα στην πόλη του Πόρτο στην Πορτογαλία, από τον Νοέμβριο του 2003 ως τον Ιανουάριο του 2005, χρησιμοποιώντας κινητό σταθμό. Από την μελέτη αυτή βρέθηκε ότι η μέγιστη ένταση της αστικής θερμικής νησίδας ήταν κοντά στους 7.3°C, και εμφανιζόταν κυρίως κατά την διάρκεια ημερών με χαμηλές εντάσεις ανέμου.

Ο Yaggi et al. το 1991, ανέλυσαν μια χρονοσειρά θερμοκρασιών του αέρα η οποία καταγράφηκε σε ένα αστικό σταθμό και σε τρεις σταθμούς υπαίθρου στη Μαδρίτη της Ισπανίας για την περίοδο 1965 ως 1987. Η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας έδειξε

να έχει την μικρότερη τιμή την άνοιξη και την μεγαλύτερη το καλοκαίρι με μέγιστη τιμή τους 3.1°C. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε εξετάζοντας τα ημερήσια ελάχιστα. Επίσης βρέθηκε ότι οι υψηλότερες τιμές αντιστοιχούν σε αντικυκλωνικές συνθήκες κατά την ψυχρή περίοδο και οι χαμηλότερες σε κυκλωνικές συνοπτικές συνθήκες.

Η αστική θερμική νησίδα στη Ρώμη είχε αρχικά μελετηθεί το 1982 από τους Colacino και A.Lavagnini, χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο δέκα αστικών και υπαίθριων σταθμών. Συγκρίνοντας τις διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των αστικών και των υπαίθριων σταθμών για μια περίοδο δώδεκα χρόνων, από το 1964 ως το 1975, ανέφεραν ότι η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας, εξετάζοντας τις ελάχιστες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια του χειμώνα ήταν κοντά στους 2.5°C ενώ κατά την διάρκεια του καλοκαιριού έφθανε στους 4.3°C.

Αποτελέσματα που προέκυψαν από προσομοιώσεις που έκαναν οι Bonacquisti et al. το 2005, έδειξαν ότι το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας είναι νυχτερινό φαινόμενο το οποίο εμφανίζεται τόσο κατά την χειμερινή περίοδο, όπου η έντασή του είναι περί τους 2 °C, όσο και την καλοκαιρινή περίοδο όπου οι διαφορές θερμοκρασίας είναι περί τους 5°C, ως αποτέλεσμα κυρίως της αστικής γεωμετρίας και των θερμικών ιδιοτήτων των υλικών.

Ο Zanella το 1976, είχε πραγματοποιήσει μετρήσεις για την αστική θερμική νησίδα στη πόλη της Πάρμα στην Ιταλία που είχε πληθυσμό 170.000 κατοίκων. Η σύγκριση μεταξύ του αστικού και του περιαστικού σταθμού (αεροδρόμιο) από το 1953 ως το 1973 έδειξε ότι η μέση διαφορά θερμοκρασιών ήταν περί τους 1.4°C, με την μέγιστη μέση διαφορά να είναι 1.6 βαθμούς και να εμφανίζεται γύρω από το ημερήσιο θερμοκρασιακό μέγιστο. Στη μελέτη αυτή επίσης αναφέρεται ότι οι διαφορές αυτές εμφανίζουν μία εποχιακή διακύμανση με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται κατά την διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού .

Οι Bacci and Maugeri, το 1992, πραγματοποίησαν μετρήσεις στο Μιλάνο. Παρότι δεν υπάρχει επαρκής πληροφόρηση για την πειραματική διαδικασία που ακολούθησαν ανέφεραν ότι οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ του κέντρου της πόλης και του σταθμού στο αεροδρόμιο Linate ήταν κοντά στους 1.4°C με ρυθμό αύξησης περί τους 0.13 βαθμούς ανά δεκαετία.

Οι Petralli et. al. το 2006, χρησιμοποιώντας σταθμούς επιφανείας πραγματοποίησαν μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα στην πόλη της Φλωρεντίας στην Ιταλία κατά το καλοκαίρι του 2005. Η ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας ήταν γύρω στους 3°C. Η μέγιστη ένταση του φαινομένου παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια ημερών με αίθριο ουρανό και με συνθήκες νηγεμίας.

Ο Moreno Garcia το 1994, πραγματοποίησε μετρήσεις στην Βαρκελώνη της Ισπανίας. Από την μελέτη προέκυψε ότι η ένταση του φαινομένου έφτασε στους 8°C.

Οι Montavez et. al. το 2000, εξέτασαν το φαινόμενο στην πόλη της Γρενάδας της Ισπανίας. Για την μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν κινητοί και σταθεροί σταθμοί μέτρησης της θερμοκρασίας. Από την ανάλυση των μετρήσεων προέκυψε ότι το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας ήταν ισχυρότερο κατά την διάρκεια του χειμώνα και οι μέγιστες διαφορές εμφανίζονταν νωρίς το πρωί όταν οι θερμοκρασία του αέρα λάμβανε την πιο χαμηλή τιμή της. Η ένταση δε του φαινομένου ήταν περί τους 5°C.

Οι Tayanc και Toros το 1997 μελέτησαν του φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας σε τέσσερις μεγάλες πόλεις της Τουρκίας και συγκεκριμένα στην Σμύρνη, στα Άδανα, στην Προύσα και στην Γκαζιεντίπ. Εξετάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για σύγκριση τα δεδομένα από αστικούς και υπαίθριους μετεωρολογικούς σταθμούς κάθε πόλης. Τα δεδομένα αυτά κάλυπταν μία περίοδο από το 1951 ως το 1990. Η ανάλυση έδειξε ότι οι σημαντικότερες διαφορές θερμοκρασίας εμφανίζονται περί τις 21:00 τοπική ώρα. Η

εποχιακή ανάλυση έδειξε ότι οι διαφορές θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερες κατά την διάρκεια της άνοιξης και πιο μικρές τον φθινόπωρο και το χειμώνα. Οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ της αστικής περιοχής και του σταθμού υπαίθρου κυμαίνονταν από 6.5°C ως 9.1°C και για τις τέσσερις πόλεις. Η αστική υπερθέρμανση βρέθηκε να είναι όμοια για όλο τον χρόνο.

Οι Karaca et. al. το 1995, μελέτησαν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στην Κωνσταντινούπολη και στην Άγκυρα, στην Τουρκία. Η πολυετής εξέταση των διαφορών των ελαχίστων τιμών μεταξύ επτά αστικών και περιβαστικών σταθμών στην Κωνσταντινούπολη έδειξε μία αυξητική τάση στην διάρκεια του χρόνου της έντασης του φαινομένου. Από τα συμπεράσματα τις εργασίας προέκυψε ότι το φαινόμενο ήταν εντονότερο κατά την νυχτερινή περίοδο, όπου ο ρυθμός αύξησης της έντασης υπολογίστηκε στους 0.03°C ανά έτος. Η μέση διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικών και σταθμών υπαίθρου ήταν 2°C. Χαρακτηριστικό είναι ότι για την Άγκυρα η μελέτη δεν έδειξε κάποιο ρυθμό αύξησης της έντασης του φαινομένου.

Σε νεότερες μελέτες οι Ünal, Y. S et al. (2019) και οι Simge Irem Bilgen et al. (2016) ανέλυσαν τις ετήσιες, μηνιαίες και εποχιακές διακυμάνσεις της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας (UHI) στην Κωνσταντινούπολη χρησιμοποιώντας μετεωρολογικά δεδομένα που μετρήθηκαν για την περίοδο 1960–2012 σε έξι σταθμούς και 34 σταθμούς για την περίοδο 2007–2012. Η μέση ελάχιστη ένταση της αστικής θερμικής νησίδας βρέθηκε να είναι θετική για όλες τις εποχές, ενώ η μέση ένταση παρουσίασε εποχιακές αλλαγές, με αυξητική συμπεριφορά το καλοκαίρι και πιο ήπιες τιμές το χειμώνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της νυχτερινής έντασης του φαινομένου κατά 0.41–0.50°C/δεκαετία και μείωσή της κατά τη διάρκεια της ημέρας μεταξύ 0.13–0.18 °C/δεκαετία στις αστικές τοποθεσίες. Το φαινόμενο ενισχύθηκε με την επέκταση της πόλης λόγω του αυξημένου πληθυσμού. Διαπιστώθηκε επίσης ότι η ένταση του φαινομένου μειώνεται με την αύξηση της έντασης του ανέμου και της νεφοκάλυψης. Συγκεκριμένα σε σχέση με την ένταση του ανέμου, κατά τη διάρκεια της ημέρας το φαινόμενο ενισχύεται γρήγορα για ήρεμες συνθήκες (ένταση του ανέμου 2–3 m/s), και στη συνέχεια αυξάνεται ελαφρά μέχρι τις εντάσεις του ανέμου 4–5 m/s και αρχίζει να μειώνεται μετά. Σε αντίθεση, οι νυχτερινή ένταση του φαινομένου στις αστικές τοποθεσίες μειώνεται συνεχώς με τον ίδιο ρυθμό, έως ότου οι εντάσεις του ανέμου φτάσουν στα 5–6 m/s. Επίσης η διαφορά στην ένταση του φαινομένου κατά τη διάρκεια της ημέρας μεταξύ των βροχερών καλοκαιρινών ημερών και των αντίστοιχων ξηρών ημερών βρέθηκε να είναι περίπου 1°C, διαφορά που είναι σχεδόν ανεξάρτητη από την ποσότητα της βροχόπτωσης. Τόσο η νυχτερινή όσο και η ημερήσια ένταση εξαρτώνται από την εποχή και την περιοχή και η μέση της τιμή κυμαίνεται μεταξύ 0.24 και 1.74°C και – 0.62 και 2.61°C, αντίστοιχα. Ωστόσο, με βάση την ελάχιστη θερμοκρασία για περιπτώσεις των επιλεγμένων ξηρών ημερών με μικρές εντάσεις του ανέμου και καθαρό ουρανό, το φαινόμενο βρέθηκε να αυξάνει στους 1.70–3.08°C. Τέλος για το σύνολο των 127 ξηρών ημερών, της θερινής περιόδου που έχουν νέφωση μικρότερη από 2/8 και ένταση του ανέμου μικρότερη από 2 m/s, οι ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ ενός επιλεγμένου αστικού σταθμού και ενός αγροτικού σταθμού, υπολογίζονται ως 5°C για τη μέρα και 8°C για τη νύχτα.

Οι Juan A. Acero et. al. (2013), μελέτησαν την αστική θερμική νησίδα για την πόλη του Μπιλμπάο για μια περίοδο από το 2005–2009. Η ανάλυση έδειξε ότι η αστική θερμική νησίδα παίρνει την μέγιστή τιμή της κατά τη διάρκεια της νύχτας μέχρι λίγο μετά την ανατολή του ηλίου και είναι της τάξης των 1.6°C, ενώ η ελάχιστη τιμή της παρατηρήθηκε λίγο μετά το μεσημέρι. Κατά την διάρκεια το καλοκαιριού μετά το μεσημέρι καταγράφηκε ψυχρή αστική νησίδα λόγω της θαλάσσιας αύρας. Η επίδραση της θαλάσσιας αύρας μειώνεται όσο ο αέρας διασχίζει την κύρια αστική περιοχή. Η αστική θερμική νησίδα μειώνεται με την αύξηση της έντασης του ανέμου εκτός από τις κατευθύνσεις ανέμου που πνέουν από την ξηρά προς την θάλασσα.

Οι Martinelli et. al. (2020) εξέτασαν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη του Μπάρι της Ιταλίας χρησιμοποιώντας δεδομένα από 4 μετεωρολογικούς σταθμούς για την περίοδο του 2014 ως το 2018. Η μελέτη έδειξε ότι τα χαρακτηριστικά της αστικής περιοχής παίζουν κρίσιμο ρόλο στην διαμόρφωση του φαινομένου. Οι περιοχές με την μεγαλύτερη πυκνότητα δόμησης (LCZ2) παρουσίασαν τις υψηλότερες εντάσεις του φαινομένου τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας (4,0°C) όσο και κατά την διάρκεια της νύχτας (4.2°C), ενώ περιοχές με μικρότερη πυκνότητα δόμησης (LCZ3) παρουσίασαν κατά την διάρκεια της ημέρας εντάσεις ως 4.8°C και την νύχτα ως 2.8 °C. Επίσης επιβεβαίωσαν ότι η θαλάσσια αύρα ειδικά στις παραθαλάσσιες περιοχές έχει ισχυρή επίδραση στην μείωση της έντασης του φαινομένου.

Οι Noro M. et al. (2014) μελέτησαν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στην Πάντοβα της Ιταλίας χρησιμοποιώντας δεδομένα από κινητούς σταθμούς μέτρησης κατά την ανοιξιάτικη και θερινή περίοδο του 2010 και 2011. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ένταση του φαινομένου έφτασε του 5 °C.

Οι Cecilia et al. (2022) μελέτησαν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη της Ρώμης χρησιμοποιώντας ένα πυκνό δίκτυο 17 μετεωρολογικών σταθμών για την θερινή περίοδο του 2019 και 2020. Η ανάλυση τους έδειξε ότι η ένταση της αστικής νησίδας κατά την διάρκεια της ημέρας είναι πρακτικά μηδενική στις 10:00(CET) και αυξάνει σταδιακά κατά την διάρκεια της ημέρας παίρνοντας την μέγιστη τιμή της (3.4°C) τα μεσάνυχτα, με πολύ μικρή μείωση κατά την διάρκεια της νύχτας. Η εξασθένιση του φαινομένου γίνεται πολύ έντονη με την ανατολή του ηλίου.

Οι Battista G. et al. (2023) διερεύνησαν το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας και τις επιπτώσεις του στην ενεργειακή απόδοση και κατανάλωση των κτηρίων χρησιμοποιώντας δεδομένα από 23 μετεωρολογικούς σταθμούς στη Ρώμη (Ιταλία). Τα μετεωρολογικά δεδομένα των σταθμών χρησιμοποιήθηκαν ως είσοδοι για την εκτέλεση δυναμικών προσομοιώσεων για την εκτίμηση των ενεργειακών αναγκών θέρμανσης και ψύξης δύο τυπικών κτιρίων κατοικιών, που χαρακτηρίζονται από διαφορετική κατασκευή. Τα αποτελέσματα αποκάλυψαν σημαντικές διαφορές ως προς τη θερμοκρασία, την ένταση του ανέμου και τη σχετική υγρασία, λόγω του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, το οποίο εμφανίζεται κατά την διάρκεια όλου του χρόνου. Η μέση ένταση του φαινομένου προσδιορίστηκε στους 5.4°C κατά τη διάρκεια της ημέρας και ξεπερνούσε τους 4.5°C κατά την διάρκεια της νύκτας .

Οι Peron F. et. al. (2015) μελέτησαν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας για την πόλη της Βενετίας χρησιμοποιώντας δεδομένα από 3 αστικούς και ένα περιαστικό μετεωρολογικό σταθμό για την περίοδο από 1/7/2012 ως 31/8/2012. Τη νύχτα κατέγραψαν κατά μέσο όρο διαφορές θερμοκρασίας αέρα μεταξύ πυκνοδομημένων αστικών και περιαστικών περιοχών της τάξης των 4°C με εντάσεις που έφτασαν και τους 7°C.

Οι Marco Possega et al. (2022) ανέπτυξαν μία μεθοδολογία μελέτης της συσχέτισης της αστικής θερμικής νησίδας με τις ημέρες εμφάνισης φαινομένων καύσωνα για μία περίοδο από το 2000 ως το 2019, για 37 ευρωπαϊκές πόλεις εστιάζοντας στην νυχτερινή περίοδο. Από την μεθοδολογία προέκυψε ότι η μέση ένταση της αστικής θερμικής νησίδας είναι μεγαλύτερη κατά την περίοδο που εμφανίζονται φαινόμενα καύσωνα σε σχέση με αυτή που δεν εμφανίζουν. Η μέση τιμή των διαφορών αυτών είναι της τάξης των 0.7°C κατά την νυχτερινή περίοδο.

3.7.2.2. Κεντρική Ευρώπη και Ηνωμένο Βασίλειο

Οι Tumanov et. al. το 1999, πραγματοποίησαν μετρήσεις στο Βουκουρέστι, στη Ρουμανία, χρησιμοποιώντας τρεις σταθμούς εδάφους σε μερικά αντιπροσωπευτικά σημεία. Η ένταση του φαινομένου αναλύθηκε σε συνδυασμό με τις συνοπτικές συνθήκες που επικρατούσαν πάνω από την πόλη. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από τον Μάιο ως τον Δεκέμβριο του 1994, έδειξαν ότι η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας ήταν περί τους 3.5°C και αύξανε με γρήγορους ρυθμούς αμέσως μετά την δύση του ηλίου, παραμένοντας σχεδόν σταθερή καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου, ενώ είχε μικρότερες τιμές κατά την διάρκεια της νύκτας. Βρέθηκε η ύπαρξη σημαντικής συσχέτισης μεταξύ της έντασης της αστικής νησίδας και των συνοπτικών συνθηκών. Οι μεγαλύτερες διαφορές παρατηρήθηκαν όταν επικρατούσαν αντικυκλωνικές συνθήκες ενώ οι ελάχιστες διαφορές εμφανίζονταν κατά την διέλευση των θερμών και ψυχρών μετώπων.

Οι Pongracz et. al. το 2005 μελέτησαν την ένταση της αστικής θερμικής νησίδας σε διάφορες Ουγγρικές πόλεις μετρώντας την επιφανειακή θερμοκρασία μέσω δορυφορικών δεδομένων. Οι μέσες διαφορές των επιφανειακών θερμοκρασιών μεταξύ του αστικού και του περιαστικού χώρου κυμαίνονταν μεταξύ 1 °C και 6 °C.

Ο Unger το 1996 και οι Bottyan and Unger το 2003 εξέτασαν την επίδραση αστικών και μετεωρολογικών παραμέτρων στην ένταση της αστικής νησίδας σε μία μεσαίου μεγέθους πόλη της Ουγγαρίας, την πόλη Szeged. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποίησαν τόσο κινητούς όσο και σταθερούς σταθμούς και πραγματοποίησαν μετρήσεις κάτω από διάφορες μετεωρολογικές συνθήκες για την περίοδο από τον Μάρτιο του 2000 ως τον Φεβρουάριο 2001. Βρέθηκε ότι η ένταση του φαινομένου στο κέντρο της πόλης ήταν κοντά στους 2.1°C κατά την θερινή περίοδο και 3.1 °C την υπόλοιπη περίοδο. Παράλληλα παρατήρησαν την ύπαρξη ισχυρής συσχέτισης μεταξύ της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας και της πυκνότητας δόμησης. Ο Unger το 1996 ανέφερε ότι το μέγεθος της επίδρασης του αστικού περιβάλλοντος στην διαμόρφωση των ελάχιστων θερμοκρασιών είναι μεγαλύτερο για αντικυκλωνικές συνοπτικές συνθήκες και μικρότερο για κυκλωνικές. Αντιθέτως οι Bottyan και Unger το 2003 αναφέρουν ότι οι συνοπτικές μετεωρολογικές συνθήκες δεν επηρεάζουν σημαντικά την ένταση της αστικής θερμικής νησίδας την περίοδο της μέγιστης ανάπτυξής της.

Οι Szegedi και Kircsi μελέτησαν το φαινόμενο στην πόλη Ντέμπρετσεν (Debrecen), την δεύτερη σε πληθυσμό (220.000 κάτοικοι) της Ουγγαρίας. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν ανά δέκα ημέρες και κάτω από διάφορες μετεωρολογικές συνθήκες, χρησιμοποιώντας έναν κινητό σταθμό για την περίοδο από τον Απρίλιο του 2002 ως τον Μάρτιο του 2003. Στη μελέτη αναφέρεται ότι η μέση μέγιστη ένταση της θερμικής νησίδας ήταν 2.3 °C, ενώ η απόλυτως μέγιστη ένταση έφθασε τους 5.8 °C. Κατά την ψυχρή περίοδο παρατηρήθηκαν υψηλότερες τιμές της έντασης του φαινομένου σε σχέση με την θερμή περίοδο. Παρόμοια αποτελέσματα καταγράφονται και από τους Bottyan et. al. το 2005, καθώς επίσης και από τον Szegedi το 2006, για την πόλη του Debrecen.

Ο Szymanowski το 2005 μελέτησε την μεταβλητότητα του θερμοκρασιακού πεδίου της πόλης Wroclau της Πολωνίας κατά την διάρκεια σημαντικών ανοδικών κινήσεων (thermal advection) σε συνδυασμό με την ένταση του φαινομένου της Αστικής θερμικής νησίδας. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από 6 αστικούς και σταθμούς υπαίθρου για την περίοδο από το 1997 ως το 2000. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και κινητοί σταθμοί. Από την μελέτη προέκυψε ότι οι θερμοκρασιακές διαφορές σε αυτές τις περιπτώσεις είχαν μικρή διάρκεια αλλά μεγάλη ένταση που έφθανε στους 5°C με 6°C, και κάποιες σπάνιες φορές στους 9°C. Τέλος παρατήρησε ότι η

βαρύτητα στην εμφάνιση του φαινομένου αυτών των συνοπτικών συνθηκών είναι μεγαλύτερη από αυτή των αστικών παραμέτρων. Η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν 5°C με 6°C ενώ κατά την διάρκεια της νύκτας ήταν 8 °C με 9 °C.

Οι Klysik και Fortuniak το 1999 ανέλυσαν διάφορες μετεωρολογικές παραμέτρους για περίοδο μεγαλύτερη των τριών χρόνων στην πόλη Lodz της Πολωνίας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις από αστικό και σταθμό υπαίθρου. Βρέθηκε ότι σε κάποιες περιπτώσεις η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας ήταν πάνω από τους 10°C φθάνοντας ακόμα και στους 12°C. Παρατηρήθηκαν μάλιστα δύο ειδών θερμικές νησίδες. Η πολυκεντρική, κάτω από συνθήκες άπνοιας και καθαρού ουρανού και η απλή για εντάσεις του ανέμου μεταξύ 2 και 4 m/s, ενώ για μεγαλύτερες τιμές το φαινόμενο πρακτικά εξαφανιζόταν, Τέλος, οι μεγαλύτερες διαφορές παρατηρήθηκαν κατά την διάρκεια της νύκτας όταν ο ουρανός ήταν αίθριος.

Οι Blazejczyk et. al. το 2005 κατέγραψαν το μέγεθος της αστικής θερμικής νησίδας για διάφορες πόλεις της Πολωνίας. Στην Βαρσοβία η μέση ένταση της αστικής θερμικής νησίδας ήταν κοντά στον 1°C, με μέγιστη και ελάχιστη τιμή 3.1 °C και 0.1 °C αντίστοιχα. Για την πόλη Poznan η μέση ένταση του φαινομένου ήταν 2.2°C, και η αντίστοιχη μέγιστη και ελάχιστη τιμή ήταν 3,8 °C και 2.1°C. Για την πόλη Bydgoszcz, οι αντίστοιχες τιμές ήταν 1.1°C, 1.6°C και 1.0°C ,ενώ για την πόλη Glucholazy ήταν 1.9°C, 3,5°C και 0,8°C.

Οι Beranova και Huth το 2005 μελέτησαν την ένταση της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη της Πράγας χρησιμοποιώντας μια μεγάλη χρονοσειρά δεδομένων από το 1961 ως το 1990. Η συγκρίσεις έγιναν μεταξύ των ελαχίστων ημερήσιων θερμοκρασιών που καταγράφηκαν από ένα αστικό σταθμό στο κέντρο της πόλης και τριών σταθμών στην ύπαιθρο. Στη μελέτη αναφέρεται ότι η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας μεγαλώνει από χρόνο σε χρόνο. Η αύξηση βρέθηκε να είναι σημαντική σε όλες τις εποχές με εξαίρεση τον χειμώνα όπου παρατηρήθηκε μικρότερη τάση μεταβολής. Η ετήσια τάση ήταν περί τους 1.2°C ανά 100 χρόνια, ενώ η αντίστοιχη τάση για την θερινή περίοδο ήταν 1.5 °C ανά 100 χρόνια.

Οι Dupont et. al. το 1999, πραγματοποίησαν συγκρίσεις μεταξύ θερμοκρασιών αστικού και υπαίθρου περιβάλλοντος στο Παρίσι χρησιμοποιώντας δεδομένα που συγκεντρώθηκαν κατά την διάρκεια του πειράματος ECLAP τον χειμώνα του 1995. Βρέθηκε ότι η αστική θερμική νησίδα κυμαινόταν μεταξύ 0°C και 6°C, με την μέγιστη ένταση να εμφανίζεται τις πρώτες πρωινές ώρες (γύρω στις 8:00 UTC).

Οι Cristen και Vogtt το 2004 παρουσίασαν πειραματικά αποτελέσματα από ένα δίκτυο επτά σταθμών μέτρησης του ενεργειακού ισοζυγίου μέσα και γύρω από την πόλη Basel, της Ελβετίας, μεταξύ του 2001 και 2002. Η ένταση της νυχτερινής θερμικής νησίδας μετρήθηκε περί τους +3 °C και παρατηρήθηκε αμέσως μετά την δύση του ηλίου με συνεχώς μειούμενες τιμές κατά την εξέλιξη της νύκτας.

Ο Bohm,P. (1998), ανέλυσε τα δεδομένα από έξι αστικούς και τρεις υπαίθριους σταθμούς στην Βιέννη της Αυστρίας. Από την ανάλυση βρέθηκε ότι η ένταση του φαινομένου είναι διαφορετική από περιοχή σε περιοχή και κυμαίνεται από 0.2°C στις περιφερειακές περιοχές ως τους 1.6 °C στο πυκνοδομημένο κέντρο της πόλης. Επίσης αναφέρει ότι η ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας επηρεάζεται περισσότερο από την ύπαιθρο που περιβάλλει την πόλη από ότι την ίδια την πόλη.

Οι Lazar,R και Rodesser,A. το 1999, αναφέρουν τα συμπεράσματά τους από την εκτεταμένη ανάλυση στοιχείων του αστικού περιβάλλοντος της πόλης του Γκρας που λήφθηκαν το 1995. Σε αυτή την εργασία αναφέρουν ότι οι διαφορές των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών μεταξύ αστικών και περαστικών περιοχών ήταν 2.2°C. Χρησιμοποιώντας ως βάση προσδιορισμού της μηνιαίας έντασης της θερμικής νησίδας τα μέσα μηνιαία ελάχιστα, οι διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ του κέντρου της πόλης και των περιαστικών περιοχών έφτανε στους 4.3°C τον Ιανουάριο. Επίσης αναφέρουν ότι οι διαφορές παρουσιάζουν σημαντική εξάρτηση από την χιονοκάλυψη και την έκλυση θερμότητας από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες στο κέντρο της πόλης. Κατά την καλοκαιρινή περίοδο οι διαφορές ήταν μικρότερες και έφταναν στους 2°C, κυρίως ως αποτέλεσμα του νυχτερινού νεφοσκεπή ουρανού μετά από έντονη βροχόπτωση και αστραπές.

Οι Watkins et.al. το 2002 αναφέρουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποίησαν στο Λονδίνο το 1999. Η ένταση της Αστικής θερμικής νησίδας στο Λονδίνο εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας ένα ακτινικό δίκτυο 68 σταθμών οι οποίοι κατέγραφαν ταυτόχρονα σε ωριαία βάση τις θερμοκρασίες του αέρα. Η αστική θερμική νησίδα εμφανίζεται να είναι ιδιαίτερα σημαντική την νυχτερινή περίοδο και η έντασή της σε ορισμένες περιπτώσεις έφτανε στους 7 °C. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η θερμότερη περιοχή βρίσκεται στο κέντρο του Λονδίνου όπου χαρακτηρίζεται από μεγάλη πυκνότητα δόμησης, υψηλά κτίρια και σημαντική παραγωγή ανθρωπογενούς θερμότητας.

Οι Brousse O. et al. (2022) έδειξαν ότι η παρακολούθηση και η μελέτη των αστικών θερμοκρασιών σε ποικίλα αστικά περιβάλλοντα με crowdsourced δεδομένα είναι δυνατή, όπως υποστηρίζεται και σε μία σειρά άλλων μελετών (π.χ. Meier et al. 2015, 2017, Chapman et al. 2017, Fenner et al. 2017, 2019, Napoly et al. 2018, Droste et al. 2020, Varentsov et al. 2020, Venter et al. 2020, 2021, de Vos et al. 2020, Benjamin et al. 2021, Potgieter et al.2021to CWS). Εστιάζοντας σε μια περίοδο 6 ετών που κυμαίνεται από το 2015 έως το 2020, χρησιμοποιώντας crowdsourced δεδομένα, κατέγραψαν μια μέση ετήσια ένταση της αστικής θερμικής νησίδας στην ευρύτερη περιοχή του Λονδίνου της τάξης 1.0°C–1.5°C. Η ανάλυσή τους έδειξε την ανάπτυξη υψηλότερων θερμοκρασιών μεταξύ διαφορετικών αστικών χαρακτηριστικών (πυκνότητα δόμησης ύψη και υλικά κτηρίων) μέσα στην ίδια την πόλη του Λονδίνου. Συγκεκριμένα για περιοχές που χαρακτηρίζονται ως πυκνής δόμησης με μεσαίου ύψους κτήρια (LCZ 2) παρουσιάζουν σχεδόν πάντα αυξημένη μέση μηνιαία ωριαία θερμοκρασία πάνω ~1.5°C καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σε σύγκριση με περιοχές μικρότερης δόμησης. Επίσης στη μελέτη ανάδειξαν την οριζόντια μεταφορά αισθητής θερμότητας από το κέντρο της πόλης του Λονδίνου, λόγω των ανέμων, την οποία υπολόγισαν να είναι κατά μέσο όρο για την εξεταζόμενη πειραματική περίοδο της τάξης των $0,22 \pm 0,96^\circ\text{C}$. Επίσης, παρατήρησαν ότι το φαινόμενο της οριζόντιας μεταφοράς θερμότητας για ανέμους από την αγροτική περιοχή προς την πόλη, φέρνει πιο δροσερό αέρα προς αυτές. Αυτό προκαλεί σημαντική χωροχρονική μεταβλητότητα της αστικής θερμικής νησίδας ειδικά σε ανοιχτές περιοχές με μεσαίο ή χαμηλό ύψος κτηρίων (LCZ 5 και LCZ 6). Σύμφωνα με τους μελετητές κατά μέσο όρο, η αστική θερμική νησίδα μεταφέρει από τις κεντρικές γειτονιές του Λονδίνου αστική θερμότητα σε περίξ αυτών προαστιακές περιοχές. Αυτή η έλξη είναι περίπου $0.22 \pm 0.96^\circ\text{C}$ κατά μέσο όρο,συνολικά από τις γειτονιές του Μεγάλου Λοντίνου μεταφορά δίνου, και για όλες τις κατάντη συνθήκες ανέμου κατά την δετή τους περίοδο (2015–2020). Υπάρχουν επίσης περιοχές με πράσινο εντός του Λονδίνου όπου η αστική μεταφορά θερμότητας, μειώνει την αξία τους ως περιοχές δροσισμού. Γενικά, η μελέτη της αστικής θερμικής νησίδας ανά τεταρτημόριο διεύθυνσης του ανέμου έδειξε την μεταφορά δροσερότερου αέρα από αγροτικές περιοχές προς τα αντίθετα αυτών τεταρτημόρια στο κέντρο της πόλης. Αυτό προκαλεί μία σημαντική χωροχρονική μεταβλητότητα της αστικής θερμότητας. Επίσης βρέθηκαν υψηλοί βαθμοί μεταβλητότητας της αστικής

θερμικής νησίδας τόσο εντός κλιματικών ζωνών τόσο σε ανοικτές όσο και σε μεσαίου ή χαμηλού ύψους τοποθεσίες (LCZ 5 και LCZ 6). Σύμφωνα με την μελέτη, ανάλογα με τις ανεμολογικές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά της περιοχής, η οριζόντια μεταφορά θερμότητας μπορεί να οδηγήσει κατά μέσο όρο σε μεταβολή της θερμοκρασίας έως και τους $\sim 3^{\circ}\text{C}$ με τιμές συνήθως κάτω από $1,0^{\circ}\text{C}$ και με μέγιστο περί τους 6°C .

3.7.2.3. Βόρεια Ευρώπη

Ο Shahoedanova et. al. το 1997 μελέτησαν το θερμοκρασιακό καθεστώς της Μόσχας του 1990. Στη μελέτη τους αναλύουν την θερμοκρασία του αέρα, κοντά στην επιφάνεια, για διάφορες περιοχές αντιπροσωπευτικές διαφορετικών χρήσεων γης. Βρέθηκε ότι οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ αστικού και υπαίθριου περιβάλλοντος κυμαίνονται μεταξύ 1 και 3°C , με την απόλυτα μέγιστη διαφορά να είναι $9,8^{\circ}\text{C}$. Οι μέγιστες τιμές μετρήθηκαν κατά την διάρκεια της νύκτας. Οι μεγαλύτερες εντάσεις του φαινομένου της Αστικής θερμικής νησίδας παρατηρήθηκαν κυρίως την θερμή περίοδο μεταξύ Μαΐου και Αυγούστου.

Οι Eliasson και Holmer το 1997 μελέτησαν την Αστική θερμική νησίδα στο Γκέτεμποργκ της Σουηδίας. Από τη μελέτη τους προέκυψε ότι η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας κατά την διάρκεια της νύκτας ήταν τουλάχιστον $2,5^{\circ}\text{C}$. Σε μία άλλη μελέτη ο Eliasson το 1996 χρησιμοποιώντας σταθερούς και κινητούς σταθμούς μελέτησε από το 1989 ως το 1991 το κλίμα στην πόλη του Γκέτεμποργκ. Η νυκτερινή κατανομή της θερμοκρασίας αναλύθηκε σε σχέση με τις διαφορετικές γεωμετρίες των δρόμων και τις χρήσεις γης. Βρέθηκε ότι οι διαφορές θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της νύκτας είναι μικρές στο κέντρο της πόλης. Επίσης βρέθηκε ότι οι μεγαλύτερες μέσες διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ αστικής χαράδρας και ανοικτής αστικής περιοχής, όπου μετρήθηκαν ακόμα και μεγαλύτερες των 3°C . Επίσης βρέθηκε ότι η μέση διαφορά θερμοκρασίας, μεταξύ αστικής περιοχής και της υπαίθρου, κυμάνθηκε μεταξύ $3,5^{\circ}\text{C}$ και 6°C .

Οι Hara και Autio το 2006 αναφέρουν δεδομένα για το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη του Oulu της κεντρικής Φινλανδίας. Για το σκοπό αυτό καταγράφηκαν με τη βοήθεια αυτογραφικών θερμομέτρων, οι θερμοκρασίες του αέρα σε ωριαία βάση, σε τρεις σταθερούς σταθμούς από το 1996 ως το 1998. Σύμφωνα με τους μελετητές η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας κατά την χειμερινή περίοδο ήταν περί τους $3,4^{\circ}\text{C}$.

Ο Gross, G. (2019), συνέκρινε τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα και της έντασης του ανέμου ενός αστικού και ενός αγροτικού σταθμού στο Αννόβερο. Η αστική θερμική νησίδα είναι ένα φαινόμενο που εμφανιζόταν πολλές νύχτες του χρόνου, ειδικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και όταν οι επικρατούσες συνθήκες ανέμου ήταν ασθενείς. Όταν η ένταση του ανέμου στην αγροτική περιοχή ήταν υψηλότερη, δηλαδή πάνω από 4 m s^{-1} σε ύψος $2,5\text{m}$, το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας εξαφανίστηκε σχεδόν εντελώς. Ωστόσο, σε περισσότερες από το 25 % των νυκτών της εξεταζόμενης περιόδου, το φαινόμενο ήταν ιδιαίτερα σημαντικό με μέση διαφορά θερμοκρασίας μεγαλύτερη από 4°C . Οι παρατηρήσεις από τις αστικές και αγροτικές τοποθεσίες στο Αννόβερο καταδεικνύουν ξεκάθαρα έναν πρόσθετο μηχανισμό αερισμού που ενεργοποιείται από το ίδιο το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Η αστάθεια που παρατηρείται στην αστική περιοχή λόγω του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας κατά τη διάρκεια της νύκτας προκαλεί αυξημένη καθοδική ροή ορμής από τη ροή αέρα που διέρχεται πάνω από την πόλη που ενισχύει την ένταση του ανέμου εντός της πόλης κοντά στην επιφάνεια. Αυτό το πρόσθετο φαινόμενο αερισμού ήταν

πιο έντονο όταν υπήρχε ισχυρότερη ένταση του φαινομένου και όταν η διαφορά της έντασης του ανέμου σε σχέση με την αγροτική τοποθεσία ήταν της τάξης του $0.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Οι Lokoshchenko, M.A. et al. (2023), εξέτασαν την επίδραση διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη της Μόσχας για την περίοδο 2018-2020 χρησιμοποιώντας τα δεδομένα από 46 αστικούς, περιαστικούς και αγροτικούς μετεωρολογικούς σταθμούς. Η μελέτη έδειξε ότι φαινόμενο στην τελευταία δεκαετία έχει σταθεροποιηθεί. Υπό ισχυρές αντικυκλωνικές συνθήκες η ένταση του φαινομένου έφτασε τους $11-12^{\circ}\text{C}$. Η χαμηλή νέφωση και το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος, καθώς και η επιφανειακή θερμοκρασία, ήταν οι παράμετροι ανάμεσα σε άλλες που εξετάστηκαν με τις οποίες η μέγιστη ένταση της αστικής θερμικής νησίδας έδειξε την μεγαλύτερη συσχέτιση. Στην περίπτωση της χαμηλής νέφωσης, ο συντελεστής συσχέτισης έφτασε στην στατιστικά σημαντική τιμή του -0.67 . Η επίδραση της έντασης του ανέμου, του ποσοστού νεφοκάλυψης και της σχετικής υγρασίας είναι πιο ασθενής αλλά σε όλες τις περιπτώσεις σημαντική. Ο συντελεστής πολλαπλής συσχέτισης της μέγιστης έντασης της αστικής θερμικής νησίδας με την ένταση του ανέμου και το ποσοστό χαμηλής νέφωσης κυμάνθηκε μεταξύ $0.76-0.82$. Η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας μειώνεται με την αύξηση της έντασης του ανέμου και εξασθενεί με το ύψος. Η τιμή κατωφλίου της έντασης του ανέμου πάνω από την οποία η αστική θερμική νησίδα παίρνει την ελάχιστη τιμή της στην οποία και σταθεροποιείται είναι περίπου 10 m/s σε ύψος $40-200 \text{ m}$.

3.8. Αστική θερμική νησίδα στην Ελλάδα.

Στην Ελλάδα, μια σειρά από ερευνητικά προγράμματα που χρησιμοποιούν τις θερμοκρασιακές καταγραφές των μετεωρολογικών σταθμών έχουν δημοσιευθεί κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας, τα οποία ερεύνησαν και τεκμηρίωσαν την ύπαρξη της Θερμικής Νησίδας κυρίως στην Αθήνα αλλά και σε μικρότερες πόλεις.

Μια από τις βασικές μελέτες που αναφέρονται στην βιβλιογραφία και στην έρευνα είναι αυτή που παρουσιάζεται στην παρούσα διδακτορική διατριβή.

Οι Stathoroulou et.al. (2006) εξέτασαν το θερμικό περιβάλλον για κάποιες μεγάλες πόλεις της Ελλάδας (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Πάτρα, Βόλο και Ηράκλειο), χρησιμοποιώντας δορυφορικές εικόνες που παρέχονταν από αισθητήρα Landsat Enhanced Thematic Mapper (ETM+) που βρισκόταν σε έναν δορυφόρο Landsat 7 και συμπίπτει με τη διάρκεια της ημέρας και τη θερμή περίοδο όταν η αστική θερμική νησίδα επιφάνειας μπορεί να παρατηρηθεί με τον καλύτερο τρόπο. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μικτές αστικές περιοχές παρουσιάζουν υψηλές τιμές θερμοκρασιών επιφάνειας για όλες τις πόλεις. Η εκτιμώμενη ένταση ημερήσιας αστικής θερμικής νησίδας για την πόλη της Αθήνας την 20η Μαΐου 2000 έδειξε ότι στις κεντρικές αστικές περιοχές ήταν κατά 3.3°C υψηλότερη από ό,τι στις αγροτικές περιοχές, ενώ οι ημιαστικές περιοχές εμφανίστηκαν κατά 2.3°C θερμότερες από ό,τι οι αγροτικές. Ως μικτές αστικές περιοχές θεωρήθηκαν κάποια ιδιαίτερα ζεστά σημεία της πόλης, καθώς φάνηκε να είναι κατά 1.9°C θερμότερα από τις κεντρικές αστικές περιοχές και 5.2°C θερμότερα από τις γύρω αγροτικές περιοχές. Τα νοτιοδυτικά προάστια (όπως Πετρούπολη, Νίκαια και Καλλιθέα) έφθασαν σε υψηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας σε σχέση με τα βορειοανατολικά προάστια (όπως Κηφισιά, Χαλάνδρι και Ζωγράφου), καθώς η ύπαρξη πράσινου είναι πιο χαμηλή και η πυκνότητα δόμησης είναι πιο υψηλή. Η βιομηχανική περιοχή μεταξύ Νίκαιας, Καλλιθέας και του κέντρου της Αθήνας, καθώς και το νοτιοανατολικό άκρο του λεκανοπεδίου (αεροδρόμιο του Ελληνικού) είχαν επίσης υψηλές επιφανειακές θερμοκρασίες. Για την Θεσσαλονίκη οι συγγραφείς

διαπίστωσαν ότι η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας μεταξύ των κεντρικών αστικών και των γύρω αγροτικών περιοχών της πόλης κυμάνθηκε γύρω στους 2.7°C στις 30 Μαΐου 2001. Στις ημιαστικές περιοχές κυμάνθηκε στους 1.2°C χαμηλότερα από τις κεντρικές αστικές περιοχές και κατά 1.5°C υψηλότερα από τις περιβάλλουσες αγροτικές περιοχές. Μικτές αστικές περιοχές κατέγραψαν υψηλότερη θερμοκρασία επιφάνειας (34°C) και μία ασθενής θερμοκρασιακή διαφορά επιφάνειας της τάξεως των 0.5°C . Η Θεσσαλονίκη είναι ένα κεντρικό λιμάνι και η αστική δομή της έχει αναπτυχθεί έτσι ώστε να υποβοηθά τη λειτουργία του λιμανιού. Για το λόγο αυτό, το κύριο οδικό δίκτυο και το εμπορικό κέντρο βρίσκονται κατά μήκος της παραλιακής ζώνης της πόλης. Η θερμική εικόνα της φαίνεται να ακολουθεί τη φυσική διάταξη της πόλης. Θερμότερες περιοχές εντοπίζονται κοντά στην ακτή και σχετίζονται με αστικές, πυκνοδομημένες αστικές περιοχές, ενώ ψυχρότερες περιοχές που συσχετίζονται με τα πιο πράσινα προάστια της Σταυρούπολης, Τριανδρίας και Πυλαίας, εντοπίζονται στην περιφερική ζώνη της πόλης. Στην Πάτρα, η αύξηση της θερμοκρασίας επιφάνειας παρατηρήθηκε από αγροτικές σε αστικές περιοχές όπου παρατηρούνται οι μέγιστες θερμοκρασίες. Οι τιμές κυμάνθηκαν από 30.7°C για τις γύρω αγροτικές περιοχές σε 32.2°C για τις ημιαστικές και αυτές με μέτρια δομική κάλυψη και έως 33.4°C για τις αστικές και πυκνοδομημένες περιοχές. Η ημερήσια ένταση της αστικής θερμικής νησίδας κυμάνθηκε γύρω στους 3°C μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών, και στους 1.7°C χαμηλότερη από τις κεντρικές αστικές περιοχές μεταξύ ημιαστικών και μετρίως δομημένων περιοχών. Στην βιομηχανική περιοχή (βορειοανατολικά της Πάτρας) καταγράφηκαν τιμές θερμοκρασιών επιφάνειας 35.4°C , δηλαδή $1.6-4.6^{\circ}\text{C}$ υψηλότερες από τις κεντρικές αστικές και τις γύρω αγροτικές περιοχές. Στον Βόλο, η ημερήσια ένταση ΑΘΝ είναι ασθενέστερη: οι αστικοποιημένες περιοχές κυμάνθηκαν μεταξύ $0.4-0.8^{\circ}\text{C}$ υψηλότερα από τις αγροτικές περιοχές, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην ηλιακή θερμότητα. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας παρατηρήθηκαν στις βορειοανατολικές περιοχές της πόλης. Μικτές αστικές περιοχές αποτέλεσαν τα πολύ θερμά σημεία της πόλης και κυμάνθηκαν στους 2.3°C υψηλότερα από τη γύρω αγροτική περιοχή. Το Ηράκλειο (στο νησί της Κρήτης) είχε τις υψηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας. Στις 9 Ιουλίου 2000 η ημερήσια ένταση της αστικής θερμικής νησίδας σε αστικές και πυκνοδομημένες περιοχές με θερμοκρασία αέρα που έφτασε τους 40°C κυμάνθηκε στους, 1.9°C υψηλότερα από τις γύρω αγροτικές περιοχές. Στις ημιαστικές και μετρίως δομημένες περιοχές κυμάνθηκαν περί τους 1.6°C χαμηλότερες από τις αστικές πυκνοδομημένες περιοχές, παρουσιάζοντας μέση τιμή θερμοκρασίας επιφάνειας 38.3°C . Η περιοχή του αεροδρομίου αναγνωρίστηκε ως ένα ιδιαίτερα θερμό σημείο της πόλης με θερμοκρασίες $5.4-7^{\circ}\text{C}$ υψηλότερες από τις αστικοποιημένες περιοχές και 7.3°C υψηλότερες από τις γύρω αγροτικές περιοχές, με αποτέλεσμα να θεωρηθεί ως ένα hot spot της πόλης.

Οι Kassomenos et. al., 2006 ανέλυσαν στοιχεία που καλύπτουν την περίοδο 1990- 2001. Προέκυψε ότι ο σταθμός στη Ν. Φιλαδέλφεια είναι ο πιο αντιπροσωπευτικός για τις αστικές συνθήκες, ενώ στα Σπάτα ο πιο αντιπροσωπευτικός για αγροτικές συνθήκες. Εντύπωση προκαλεί ότι στο 70% των ημερών, οι θερμοκρασίες ήταν υψηλότερες στην Ελευσίνα σε σύγκριση με τη Νέα Φιλαδέλφεια. Αυτό δείχνει ότι η περιοχή της Ελευσίνας είναι θερμότερη από το λεκανοπέδιο Αττικής. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι η γύρω περιοχή συγκεντρώνει σχεδόν το 40% της βιομηχανικής δραστηριότητας της χώρας.

Πίνακας 3.8: Οι κλάσεις αστικής θερμικής νησίδας, με βάση τις διαφορές θερμοκρασίας και το ποσοστό εμφάνισης για κάθε κατηγορία (Πηγή: Kassomenos και Katsoulis, 2006).

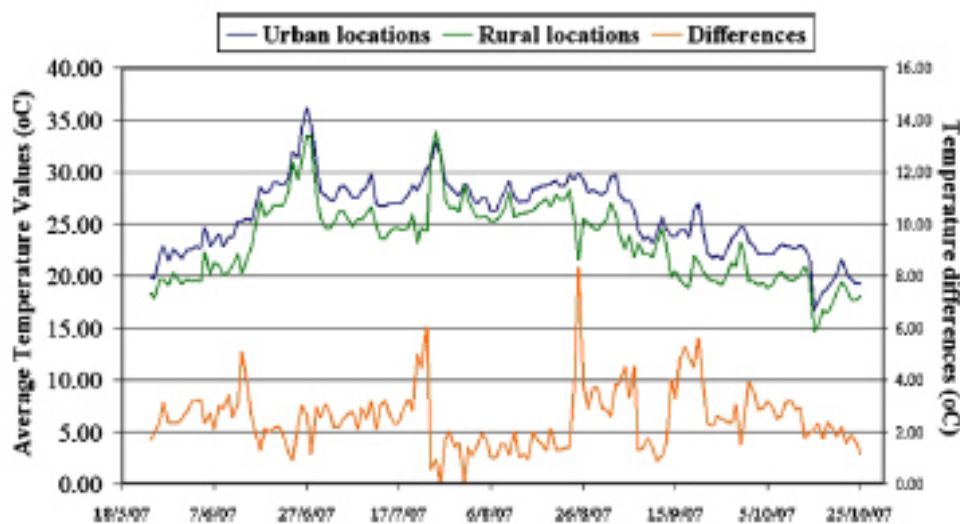
UHI class	ΔT_{u-r}	Percentage of occurrence (%)
1	< -1	15.2
2	(-1,0]	17.4
3	(0,1]	11.2
4	(1,2]	11.5
5	(2,3]	13
6	(3,4]	12.7
7	>4	19

Όπως φαίνεται στον πίνακα 3.8, στα 2/3 των ημερών είναι εμφανής η ύπαρξη θερμικής νησίδας, σχεδόν στο 20% των ημερών, η ένταση της θερμικής νησίδας είναι μεγαλύτερη από 4°C, ενώ σχεδόν το 1/3 των ημερών, η ένταση της θερμικής νησίδας είναι σχετικά υψηλή (πάνω από 3°C). Επίσης, αξιοσημείωτο είναι πως όταν η ένταση του ανέμου ήταν χαμηλότερη από 4m/s, η διαφορά ΔT_{u-r} ήταν θετική. Αντιθέτως, όταν η ένταση του ανέμου ήταν μεγαλύτερη από 6m/s, η ΔT_{u-r} ήταν αρνητική. Οι άνεμοι, γενικά, ήταν ασθενέστεροι στην πόλη από ότι στην αγροτική περιοχή σε συνθήκες έντονης αστικής θερμικής νησίδας, ενώ το αντίθετο εμφανίζεται σε αρνητικές συνθήκες αστικής θερμικής νησίδας. Η μεγάλη ένταση θερμικής νησίδας, συνδέεται με χαμηλή πίεση πάνω από το Αιγαίο και αντικυκλωνικές συνθήκες στην Αθήνα κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Τα στοιχεία αυτά επιβεβαιώθηκαν και από τους Michalakakou et.al. με την χρήση προσομοιώσεων νευρωνικών δικτύων.

Οι Stathopoulou et. al. (2009) χρησιμοποίησαν χάρτες ημερήσιας και νυχτερινής θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης (LST) που απεικονίζουν τις χωρικές μεταβολές της θερμοκρασίας σε όλη την πόλη της Αθήνας. Σε αυτούς εντοπίστηκαν και αναλύθηκαν αυτούς, περιοχές ψύξης και θέρμανσης. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποίησαν δύο θερμικές δορυφορικές εικόνες: στις 11 Οκτωβρίου 2003 τις νυκτερινές ώρες και στις 12 Οκτωβρίου 2003 κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι δύο εικόνες επιλέχθηκαν για το έτος 2003 γιατί έχει χαρακτηριστεί από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών ως ένα από τα έξι θερμότερα έτη της Αθήνας και επίσης αντιστοιχούν σε ατμοσφαιρικές συνθήκες χωρίς σύννεφα. Στη διάρκεια της ημέρας, αποκαλύπτεται η ανάπτυξη «αρνητικής» αστικής θερμικής νησίδας, όπου αστικές επιφάνειες είναι σχετικά πιο δροσερές από τις γύρω αγροτικές επιφάνειες. Αστικές/πυκνοδομημένες και προαστιακές/λιγότερο πυκνοδομημένες επιφάνειες βρέθηκαν να είναι περίπου 1°C δροσερότερες από αγροτικές επιφάνειες, που οδηγεί σε μια αρνητική αστική νησίδα με μέση τιμή 1°C, ενώ βιομηχανικές/εμπορικές επιφάνειες, βρέθηκαν να είναι περίπου 2.7°C θερμότερες από τις κατοικημένες περιοχές.

Ωστόσο, κατά τις νυκτερινές ώρες, οι αστικές / πυκνά δομημένες επιφάνειες της Αθήνας ευρέθη να είναι 4.3°C θερμότερες από τις γύρω αγροτικές επιφάνειες, λόγω της υψηλότερης θερμικής ακτινοβολίας των επιφανειών με βλάστηση σε σύγκριση με επιφάνειες σκυροδέματος. Αξιοσημείωτες είναι οι χαμηλότερες θερμοκρασίες στην επιφάνεια του Ελληνικού(παλιό αεροδρόμιο), σε σύγκριση με τις γύρω αστικές επιφάνειες. Δεδομένου ότι είναι μια ανοικτή επιφάνεια, καλυπτόμενη κυρίως από γυμνό έδαφος και σκυροδέμα, χαρακτηρίζεται από θερμική αδράνεια. Έτσι, αυτή η επιφάνεια εμφανίζεται να είναι πιο ζεστή και πιο δροσερή από την επιφάνεια στις γύρω αστικές περιοχές στη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, αντίστοιχα.

Οι Kolokotsa et. al. (2009) διερεύνησαν την αστική θερμική νησίδα στα Χανιά, μια παράκτια πυκνοδομημένη μεσογειακή πόλη στο νησί της Κρήτης, από το Μάιο έως τον Οκτώβριο του 2007. Εννέα αστικοί και τρεις αγροτικοί μετεωρολογικοί σταθμοί χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη αυτή. Οι μέσες τιμές για κάθε κατηγορία σταθμού φαίνονται στο σχήμα 3.16. Οι μετρήσεις συλλέχθηκαν ανά 10 λεπτά από Μάιο έως Οκτώβριο 2007.



Σχήμα 3.16: Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες όλων των αστικών και των αγροτικών τοποθεσιών (Πηγή: Kolokotsa et al, 2009).

Κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου, όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή, η αστική θερμική νησίδα φθάνει στην μέγιστη ένταση περίπου 8°C. Η μορφή της αστικής θερμικής νησίδας επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ένταση του ανέμου και την διεύθυνση που συμβάλλει στη μείωση της. Η διαφορά μεταξύ αστικών και αγροτικών θερμοκρασιών ανά σταθμό κυμάνθηκε από 0.6-8°C κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η μέση διαφορά για το σύνολο της περιόδου ήταν 2.6°C. Η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας αυξήθηκε μετά τον Ιούνιο, ενώ μειώθηκε μετά το Σεπτέμβριο. Τέλος, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των αστικών και αγροτικών περιοχών ήταν μικρότερη από 1°C τον Ιούνιο, 3°C μέσα στον Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο και 2°C τον Οκτώβριο.

Η Γιαννοπούλου μελέτησε την Αστική θερμική νησίδα της πόλης της Αθήνας για την θερινή περίοδο του 2009. Για την μελέτη τοποθετήθηκαν 26 σταθμοί εντός του κτιριακού οριακού στρώματος σε όλο το Λεκανοπέδιο των Αθηνών. Σύμφωνα με αυτή την μελέτη προέκυψε ότι το φαινόμενο της Αστικής θερμικής νησίδας ήταν πιο έντονο και σαφές κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο του 2009. Τα αποτελέσματα της μελέτης αφορούσαν το διάστημα Ιουνίου-Αυγούστου του 2009 και έδειξαν τόσο την εμφάνιση στο κέντρο της πόλης φαινομένου αστικής θερμικής νησίδας, με μέση ένταση τον Ιούνιο 5.,8°C, όσο και την εμφάνιση στις δυτικές περιοχές του λεκανοπεδίου της Αθήνας «θερμών κηλίδων» με μέγιστη ένταση 8.7°C. Αυτές οι «θερμές κηλίδες» έχουν σαν αποτέλεσμα την επικράτηση μιας αρνητικής αστικής νησίδας κατά την διάρκεια των μηνών Ιουλίου και Αυγούστου. «Θερμές κηλίδες» εντοπίστηκαν επίσης στην ανατολική περιοχή (Βύρωνας) και στο νότιο τμήμα της πόλης στο Ελληνικό (λόγω τοπικών συνθηκών) και στην περιοχή Μοσχάτου και Ρέντη, δηλαδή σε μια περιοχή που βρίσκεται μέσα στη βιομηχανική ζώνη της πόλης και συγχρόνως γειτονεύει με το λιμάνι του Πειραιά. Η χωρική κατανομή των μέσων και μέσων μέγιστων θερμοκρασιών του αέρα στο λεκανοπέδιο των Αθηνών και οι διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς που προσδιορίζουν την Αστική Θερμική

Νησίδα έδειξε ότι αυτή εντοπίζεται στα νοτιοδυτικά και δυτικά τμήματα του λεκανοπεδίου με διαφορές, που όσον αφορά τις μέσες τιμές κυμαίνονται γύρω στους 2.5°C, ενώ οι διαφορές των μέσων μεγίστων τιμών ξεπερνούν τους 7°C.

Οι Keramitsoglou I. et. al. (2011) μελέτησαν το φαινόμενο της «αστικής θερμικής νησίδας επιφανείας» αξιοποιώντας περισσότερες από 3000 θερμικές εικόνες LST της περιοχής που αποκτήθηκαν από τον αισθητήρα MODIS για μια δεκαετία. Εντοπίστηκαν και μελετήθηκαν τρία ημερήσια hot spots (Μέγαρα, Ελευσίνα Ασπρόπυργος και Μεσόγεια) και ένα νυκτερινό που αφορούσε τον αστικό ιστό εντός του λεκανοπεδίου. Σύμφωνα με την μελέτη κατά τη διάρκεια της νύχτας, το κέντρο της Αθήνας ανέπτυξε μια τυπική μορφή αστικής θερμικής νησίδας. Η νυκτερινή μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία κορυφώθηκε (κατά μέσο όρο) στα τέλη Ιουλίου και η μέση έντασή του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας επιφανείας ήταν 5.6 °C. Η μέγιστη ένταση καταγράφηκε στις 11 Σεπτεμβρίου του 2004 στις 20:30 UTC και ήταν 12.3 °C. Σημαντική είναι η παρατήρηση των μελετητών ότι κατά την διάρκεια της νύχτας εκτός του κέντρου της πόλης των Αθηνών καταγράφηκαν τοπικά μέγιστα και σε άλλες οικιστικές περιοχές κυρίως δυτικά (Ίλιον, Αγ. Ανάργυροι, Καματερό, Νέα Χαλκηδόνα, Περιστερί, Αιγάλεω, Νίκαια, Κερατσίνι, Ταύρος, Αγ. Ιωάννης Ρέντη, Δραπετσώνα) και νότια (Πειραιάς, Μοσχάτο, Καλλιθέα, Ν. Σμύρνη) του κέντρου, η οποία συμφωνεί με αντίστοιχες παρατηρήσεις των Stathopoulou and Cartalis (2007) και Γιαννοπούλου το 2009

Οι Papanastasiou & Kittas (2012) διερεύνησαν την αστική θερμική νησίδα στο Βόλο, κατά τη διάρκεια των χειμερινών και θερινών περιόδων (τα δεδομένα ελήφθησαν Δεκέμβρη 2009- Φλεβάρη 2010 και το καλοκαίρι του 2010) . Οι σταθμοί βρίσκονται στο κέντρο της πόλης και σε ένα προάστιο σε απόσταση 3.1 km. Η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του κέντρου της πόλης και του προαστίου κυμάνθηκε στους 3.4°C και 3.1°C κατά τη διάρκεια του χειμώνα και το καλοκαίρι αντίστοιχα, με μέση μέγιστη ένταση της αστικής θερμικής νησίδας για όλες τις εποχές ίση με 2°C. Η αστική θερμική νησίδα εκδηλώνεται συνήθως μετά τη δύση του ηλίου, ενώ η ημερήσια μέγιστη ωριαία έντασή της συσχετίστηκε θετικά με την ηλιακή ακτινοβολία. Η εβδομαδιαία διακύμανση της ημερήσιας μέγιστης ωριαίας έντασης της αστικής θερμικής νησίδας κατά τη διάρκεια του χειμώνα κυμάνθηκε στους 0.4°C

Οι Giannaros & Melas (2012) διερεύνησαν την αστική θερμική νησίδα στην παράκτια πόλη της Θεσσαλονίκης κατά την περίοδο 2008-2009. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αυτή στη Θεσσαλονίκη ήταν ισχυρότερη τη νύχτα από ότι στη διάρκεια της ημέρας και μειώθηκε με την αύξηση της έντασης του ανέμου. Οι μέγιστες και ελάχιστες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν τον Αύγουστο και το Φεβρουάριο, αντίστοιχα. Η μέγιστη ένταση της κυμάνθηκε από 2-4°C κατά τη διάρκεια της θερμής και από 1-3°C κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους. Υπήρξε μικρή μεταβλητότητα κατά τους θερινούς μήνες σε σχέση με το χειμώνα. Οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρήθηκαν κυρίως μετά τη δύση του ηλίου, ενώ οι ελάχιστες διαπιστώθηκαν κατά την ηλιακή ώρα του μεγίστου της ηλιακής ακτινοβολίας. Η νυκτερινή θερμική νησίδα οδήγησε σε αύξηση της νυκτερινής εξάτμισης στις αστικές περιοχές.

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και τα χαρακτηριστικά της μελετήθηκε από τους Vardoulakis et al. (2013) στο Αγρίνιο, μια πόλη της Δυτικής Ελλάδας. Η έρευνα βασίστηκε σε στοιχεία ενός πλήρους έτους (2010- 2011) χρησιμοποιώντας ένα τοπικό δίκτυο εννέα μικροκαταγραφών θερμοκρασίας και ενός μετεωρολογικού σταθμού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι αυτή ήταν ένα νυκτερινό φαινόμενο, ενώ η ψυχρή αστική νησίδα παρατηρήθηκε νωρίς το πρωί, σε πολλούς σταθμούς θερμοκρασιακών καταγραφών στην πόλη. Η μέγιστη μέση μηνιαία ένταση της κυμάνθηκε γύρω στους 3.8°C σε μία κεντρική πλατεία της πόλης κατά τη νυκτερινή περίοδο του Αυγούστου 2010, με στιγμιαία ωριαία ένταση που έφθασε έως τους 5.6°C.

Η Τζαβάλη το 2015 μελέτησε το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας στην περιοχή της Αττικής, με βάση τα δεδομένα που κατέγραψαν οι 20 μετεωρολογικοί σταθμοί του ΕΑΑ κατά την περίοδο Ιανουαρίου 2003 έως και Δεκεμβρίου 2012. Η υπό μελέτη 10ετής περίοδος παρείχε τη δυνατότητα απεικόνισης και εξαγωγής συμπερασμάτων. Οι παράμετροι που εξεργάστηκε η μελέτη ήταν οι ημερήσιες θερμοκρασίες, μέση ημερήσια, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, μέση μηνιαία, ημερήσια βροχόπτωση και επικρατούσα διεύθυνση ανέμου. Οι σταθμοί κατηγοριοποιήθηκαν σε αστικούς (8 σταθμοί), ημιαστικούς (10 σταθμοί) και αγροτικούς (2 σταθμοί). Από την μελέτη προέκυψε ότι όλες οι θερμοκρασιακοί παράμετροι παρουσιάζουν μια σημαντική αντισυσχέτιση με το υψόμετρο του σταθμού της τάξης των $0.65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$, ενώ μία ασθενέστερη συσχέτιση παρουσίασε η μέγιστη καταγεγραμμένη θερμοκρασία με το ποσοστό δομικής κάλυψης της περιοχής.

Για τον υπολογισμό της έντασης της Αστικής Θερμικής Νησίδας μελετήθηκαν οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ αστικών, ημιαστικών και αγροτικών σταθμών και συγκρίθηκαν με το σταθμό του Διονύσου που λειτουργήσε ως σταθμός αναφοράς. Η ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας στους υπό μελέτη σταθμούς της Αττικής κυμάνθηκε από -5.7°C στο σταθμό της Πάρνηθας έως 5.1°C στο σταθμό του Θησείου.

Γενικότερα, οι σταθμοί που βρίσκονται σε αστικές περιοχές χαρακτηρίζονται από υψηλότερες θερμοκρασίες και άρα υψηλότερα επίπεδα τιμών στην ένταση του φαινομένου. Συγκεκριμένα οι αστικές περιοχές καταγράφουν $2.2 - 5.1^{\circ}\text{C}$ υψηλότερες θερμοκρασίες από τις γύρω ημιαστικές και αγροτικές περιοχές.

3.9. Η επίδραση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας στις ενεργειακές καταναλώσεις

Οι αυξανόμενες αστικές θερμοκρασίες, ασκούν σημαντική επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια κυρίως κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Είναι εμφανές ότι υψηλότερες αστικές θερμοκρασίες οδηγούν στην αύξηση της ζήτησης σε ηλεκτρική ενέργεια για την ψύξη, με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρύπων, ενώ οι υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου μπορούν να μειώσουν το απαιτούμενο φορτίο θέρμανσης των κτιρίων.

Οι Akbari H et al., 1992, για πόλεις των ΗΠΑ με πληθυσμό μεγαλύτερο από 100.000 κατοίκους κατέγραψαν αύξηση του μέγιστου φορτίου ηλεκτρικής ενέργειας κατά 1.5 έως 2% για κάθε βαθμό (1°F) (μετάτρέψτε τα σε Κελσίου) αύξησης της θερμοκρασίας. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι αστικές θερμοκρασίες κατά τα καλοκαιρινά απογεύματα στις ΗΠΑ έχουν αυξηθεί κατά 2 έως 4°F (μετάτρέψτε τα σε Κελσίου) από το 1950 ως το 1990, μπορεί να υποθεθεί ότι το 3 έως 8% της αστικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας χρησιμοποιείται για να αντισταθμίσει, μόνο το φαινόμενο της θερμικής νησίδας. Οι συγκρίσεις υψηλών θερμοκρασιών περιβάλλοντος με τα φορτία αιχμής στην περιοχή του Λος Άντζελες έδειξαν ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση. Έχει βρεθεί ότι ο καθαρός ρυθμός αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας είναι σχεδόν 300 MW ανά $^{\circ}\text{F}$. (μετάτρέψτε τα σε Κελσίου) Λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχει μια αύξηση κατά 5°F (μετάτρέψτε τα σε Κελσίου) των μέγιστων θερμοκρασιών στο Λος Άντζελες από το 1940, ως το 1990, αυτό μεταφράζεται σε μια πρόσθετη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας 1.5 GW μέρος της οποίας οφείλεται στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Παρόμοια συσχέτιση μεταξύ των μέγιστων θερμοκρασιών και της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας μελετήθηκε για επιλεγμένες υποδομές κοινής ωφέλειας στις ΗΠΑ. Ο ρυθμός αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικής ισχύος σε $\text{MW}/^{\circ}\text{F}$ (μετάτρέψτε τα σε Κελσίου), καθώς και η αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, υπολογίστηκε για διάφορες εταιρείες κοινής ωφέλειας σε επιλεγμένες πόλεις των ΗΠΑ. Με βάση τα παραπάνω ποσοστά αύξησης, έχει υπολογιστεί ότι για τις

ΗΠΑ το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας εξαιτίας αστικής θερμικής νησίδας κατά την θερινή περίοδο θα μπορούσε να είναι έως και 1 εκατομμύριο \$ ανά ώρα ή πάνω από 1 δισεκατομμύριο \$ ετησίως .

Άλλες μελέτες για την περιοχή του Τόκιο που αναφέρθηκαν από τον Ojima (1990/91), έδειξαν επίσης σαφώς, ότι κατά τη διάρκεια της δεκαετίας από το 1965 έως το 1975, λόγω του φαινομένου των θερμικών νησίδων, το ψυκτικό φορτίο των υπαρχόντων κτιρίων αυξήθηκε κατά 10 - 20 % κατά μέσο όρο .

Στην Ευρώπη, η επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στο φορτίο ψύξης και θέρμανσης των κτιρίων έχει μελετηθεί εκτενώς για την πόλη του Λονδίνου.

Μετρήσεις από σχεδόν 80 σταθμούς επιφανείας που πραγματοποιήθηκαν στο Λονδίνο, χρησιμοποιήθηκαν από τους Watkins et al., (2002), ως δεδομένα του μοντέλου της θερμικής προσομοίωσης, για τον υπολογισμό του απαιτούμενου ψυκτικού και θερμικού φορτίου ενός τυπικού κλιματιζόμενου κτιρίου γραφείων τοποθετημένου σε διαφορετικές περιοχές του Λονδίνου. Βρέθηκε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για τον δροσισμό των κτιρίων είναι πάντα μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες που απαιτούνται για την θέρμανση του τυπικού κτιρίου για όλες τις περιοχές. Αναφέρεται ότι το φορτίο δροσισμού είναι μεγαλύτερο ως και 25 % στο κέντρο της πόλης σε σχέση με το αντίστοιχο της υπαίθρου κατά την διάρκεια του έτους. Το αντίστοιχο ετήσιο για την θέρμανση φορτίο, μειώνεται ως και 22%.

Σε μία άλλη μελέτη από την Kolokotroni et al., (2006), χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, σε ένα θερμικό μοντέλο, για τον υπολογισμό του απαιτούμενου θερμικού και ψυκτικού φορτίου ενός τυπικού κλιματιζόμενου κτιρίου γραφείων τοποθετημένου σε 24 διαφορετικές περιοχές του Λονδίνου από την ύπαιθρο ως το κέντρο της πόλης. Ορίστηκαν επίσης οκτώ αστικές κατηγορίες για να καλύψουν το εύρος των περιοχών από την ύπαιθρο ως την τυπική αστική περιοχή. Και εδώ βρέθηκε ότι το ετήσιο φορτίο δροσισμού είναι μεγαλύτερο κατά 25%, υψηλότερο από το αντίστοιχο αγροτικής περιοχής, ενώ το ετήσιο φορτίο θέρμανση μειώνεται κατά 22% στην αστική περιοχή σε σχέση με τη αγροτική.

Οι Caouris et. al., (2005), πραγματοποίησαν μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα για την παράκτια πόλη της Πάτρας χρησιμοποιώντας δέκα σταθμούς τοποθετημένους σε αστικούς και προαστιακούς σταθμούς. Αναφέρουν ότι οι βαθμοημέρες θέρμανσης για θερμοκρασία αναφοράς τους 14°C που υπολογίστηκαν για αστικές περιοχές είναι κατά 39.1 % ως και 33.7% μικρότερες από τις αντίστοιχες βαθμοημέρες των αγροτικών και περιαστικών περιοχών. Όταν η θερμοκρασία αναφοράς ορισθεί στους 18°C η μείωση των βαθμοημερών θέρμανσης είναι 22.3 ως και 16.9 % αντίστοιχα.

Οι Taesler et. al. το 2006 υπολόγισαν στην Σουηδία, την επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας, τον χειμώνα, στο απαιτούμενο θερμικό φορτίο των κτιρίων, όπου αναφέρουν ότι οι αυξημένες θερμοκρασίες στο κέντρο των πόλεων μπορούν να μειώσουν το θερμικό φορτίο των κτιρίων από 10% ως και 15%.

Οι Moustiris et al.(2014) υπολόγισαν τις βαθμοημέρες θέρμανσης και ψύξης για μια περίοδο 5 ετών (2001-2005) χρησιμοποιώντας ως μέθοδο υπολογισμού τις βαθμοώρες που προέκυψαν από τις ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα όπως αυτές καταγράφηκαν στους οκτώ σταθμούς του Υπουργείου Ενέργειας και Περιβάλλοντος που βρίσκονται στην περιοχή του λεκανοπεδίου της Αττικής για θερμοκρασία αναφοράς τους 18°C(για θέρμανση) και τους 26 °C(για ψύξη). Στη μελέτη αυτή υπολογίστηκαν οι ενεργειακές καταναλώσεις για την θέρμανση και τον δροσισμό ενός πρότυπου κτιρίου. Η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τον δροσισμό

του κτιρίου και για τις οκτώ εξεταζόμενες περιοχές κυμάνθηκε μεταξύ μεταξύ των 1.72 KWH/m² για την περιοχή των Θρακομακεδόνων (LCZ9) και 7.75 kw/m² για την περιοχή των Πατησίων(LCZ2) στο κέντρο της πόλης παρουσιάζοντας ισχυρή διακύμανση ανάλογα με τον αστικό χαρακτήρα της περιοχής.

Ο Santamouris M. (2015a) αναφέρει ότι η αστική θερμική νησίδα έχει σοβαρή επίδραση στη κατανάλωση ενέργειας ενώ το φορτίο ζήτησης αιχμής μπορεί να αυξηθεί μεταξύ 0.45 και 4.6%, το οποίο ανά άτομο αντιστοιχεί στα 21 ($\pm 10,4$) W ανά βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας. Παράλληλα, η ωριαία, ημερήσια ή μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται μεταξύ 0.5% και 8.5% ανά βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας. Επιπλέον, η μέση επιβάρυνση στην ενέργεια δροσισμού που προκαλείται από την αστική θερμική νησίδα, σε κτίρια αναφοράς διαφορετικού τύπου σύμφωνα με την μελέτη προσδιορίστηκε κοντά στο 13%. Μελέτες που στοχεύουν στην αξιολόγηση της επίδρασης της υπερθέρμανσης του πλανήτη στο επίπεδο πόλης έδειξαν ότι η μέση αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης ανά μονάδα επιφάνειας πόλης είναι κοντά στα 2.4 ($\pm 1,5$) kW h/m². Επίσης, η σύγκριση της κατανάλωσης ενέργειας σε κτίρια αναφοράς για την περίοδο 1970-2010, έδειξε ότι κατά τη διάρκεια αυτών των 40 ετών, η μέση αύξηση του ψυκτικού φορτίου ήταν κοντά στο 23%, ενώ το συνολικό φορτίο θέρμανσης και ψύξης αυξήθηκε κατά 11% κατά την ίδια περίοδο. Τέλος η εργασία αναφέρει ότι η αύξηση της λευκαύγειας, μέσω εφαρμογής των αναπτυγμένων τεχνικών και τεχνολογιών σε έργα μεγάλης κλίμακας στις αστικές επιφάνειες, καθώς και η αύξηση του ποσοστού κάλυψης από αστικό πράσινο μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος 1–2 °C, ενώ η πιθανή μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος μπορεί να είναι σημαντικά υψηλότερη.

Το 2017 οι Santamouris M. et. al. αναφέρουν ότι η επίδραση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδα στο Σίδνεϋ (η μέγιστη ένταση της οποίας ήταν 6 °C), έχει ως συνέπεια των τριπλασιασμό της ζήτησης ενέργειας για την ψύξη των κτιρίων. Με στόχο τον μετριασμό των επιπτώσεων του φαινομένου εφαρμόστηκαν δοκιμαστικά διάφορες στρατηγικές, που περιλαμβάνουν τη χρήση εξωτερικών επιφανειών με υψηλή ηλιακή ανάκλαση και τη χρήση πρασίνου σε εξωτερικές επιφάνειες στο επίπεδο του εδάφους και σε στέγες. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι λύσεις που περιλαμβάνουν την αύξηση λευκαύγειας της πόλης επιδεικνύουν τα υψηλότερα οφέλη, επιτυγχάνοντας μείωση της μέγιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος έως και 3 °C και της μέγιστης ζήτησης ψύξης των κτιρίων κατοικιών έως και 20%.

Αντίστοιχα οι Guattari C. et al. (2018), μελέτησαν τα μετεωρολογικά δεδομένα που προέρχονταν από δύο αεροδρόμια κοντά στην πόλη της Ρώμης και αντίστοιχα δεδομένα που καταγράφηκαν για δύο χρόνια σε μια κεντρική πυκνοδομημένη περιοχή της. Λόγω των σημαντικών διαφορών όσον αφορά τη θερμοκρασία, την ταχύτητα του ανέμου και τη σχετική υγρασία, οι προσομοιώσεις έδειξαν ότι στο κέντρο της Ρώμης μια μέση αύξηση της ζήτησης ενέργειας ψύξης κατά περίπου 30% και μια μέση μείωση της ζήτησης ενέργειας θέρμανσης κατά περίπου 11% σε σχέση με την περιφέρεια, σημειώνοντας και αυτοί τον προβληματισμό τους για την αξιοπιστία των κλιματικών αρχείων και των δεδομένων καιρού που χρησιμοποιούνται συνήθως σε προσομοιώσεις κτιρίων, προκειμένου να εκτιμηθεί σωστά η ενεργειακή ζήτηση των κτιρίων στο αστικό περιβάλλον.

Οι Vallati A. et. al. (2019) εξέτασαν και αυτοί, στην πόλη της Ρώμης, την επίδραση του αστικού περιβάλλοντος στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων, Τα αποτελέσματα έδειξαν και σε αυτή την μελέτη ότι το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας προκαλεί αύξηση της ζήτησης ψύξης έως και +33% για την αστική περιοχή και +20% για την αγροτική περιοχή σε σύγκριση με τη ζήτηση που υπολογίζεται χρησιμοποιώντας δεδομένα καιρού από τους μετεωρολογικούς σταθμούς των αεροδρομίων της πόλης.

Αντίστοιχα η αστική θερμική νησίδα έχει θετική επίδραση στη ζήτηση θέρμανσης, καθώς αυτή μειώνεται έως και -32% για την αστική περιοχή και -14% για την αγροτική περιοχή.

Στην ίδια πόλη, σε πρόσφατη μελέτη που διεξήγαγαν οι Battista G et al. (2023), χρησιμοποιώντας δεδομένα από 23 μετεωρολογικούς σταθμούς έδειξαν ότι οι διαφορές θερμοκρασίας ως αποτέλεσμα της αστικής θερμικής νησίδας φτάνουν περίπου τους 5,4 °C κατά τη διάρκεια της ημέρας και ξεπερνούν τους 4,5 °C τη νύχτα. Οι επιπτώσεις στην ενεργειακή ζήτηση των κτιρίων για θέρμανση και ψύξη είναι σημαντικές. Για ένα παλιό κτίριο, οι απαιτήσεις σε ενέργεια θέρμανσης παρουσίασαν ποσοστιαίες διαφορές που κυμαίνονταν από -33,28% έως -4,51%, και οι ανάγκες σε ενέργεια ψύξης παρουσίασαν διακυμάνσεις από -5,33% έως 93,25%. Από την άλλη πλευρά, λαμβάνοντας υπόψη ένα νεόδμητο κτήριο, παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις από -37,73% έως 0,22% για τις ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και αντίστοιχα παρατηρήθηκαν διαφορές από -2,72% έως 63,31% για τις ενεργειακές απαιτήσεις ψύξης αυτού του κτηρίου.

Οι Litardo, J., et al. (2020) μελέτησαν αντίστοιχα την επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στις καταναλώσεις ενέργειας σε κτήρια κατοικιών και καταστημάτων στην πόλη Ντουράν του Ισημερινού. Σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης η επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας αυξάνει την κατανάλωση ενέργειας που σχετίζεται με την ψύξη κατά 30-70 % για κτήρια κατοικιών και 10-20 % για εμπορικά κτήρια.

Οι Boudali E. et. al. το 2022 για την πόλη του Μόντρεαλ στο Καναδά διερευνώντας το μικροκλίμα 8 περιοχών, τόσο με πραγματικές μετρήσεις όσο και με προσομοιώσεις, για μια περίοδο τεσσάρων μηνών, το καλοκαίρι του 2020, έδειξαν η ζήτηση ενέργειας ψύξης ποικίλλει σημαντικά στις οκτώ τοποθεσίες, αν και βρίσκονται σε ακτίνα 20 km μεταξύ τους. Η μέση διακύμανση στη ζήτηση ενέργειας ψύξης μεταξύ των τοποθεσιών ανέρχεται σε 14 % σε σύγκριση με τη μέση ζήτηση ψύξης. Χρησιμοποιώντας τα τυπικά κλιματικά δεδομένα της περιοχής, οι προσομοιώσεις έδειξαν υπάρχει σημαντική υποτίμηση της ζήτησης ενέργειας ψύξης η οποία κατά μέσο όρο φτάνει στο 25 % έως και στο 34 %. Η αύξηση του σημείου ρύθμισης ψύξης του θερμοστάτη κατά 1 °C οδηγεί σε μείωση της μέσης ζήτησης ενέργειας ψύξης κατά 4.5 kWh/m², ή κατά 11.7 %. Επίσης βρέθηκε γραμμική σχέση μεταξύ της ζήτησης ενέργειας ψύξης και των βαθμοωρών βαθμού ψύξης (CDH), υποδεικνύοντας ότι οι βαθμοώρες χρήσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια πρώτη ένδειξη για τη ζήτηση ενέργειας ενός κτιρίου.

Οι Li, X et al. (2019) εξέτασαν από την υπάρχουσα βιβλιογραφία μελέτες σχετικά με την επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στις ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων (Πίνακας 3.9). Σύμφωνα με τους μελετητές το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας μπορεί να οδηγήσει σε μέση αύξηση 19.0% στην κατανάλωση ενέργειας ψύξης και μέση μείωση 18.7% στην κατανάλωση ενέργειας θέρμανσης. Οι επιπτώσεις του φαινομένου μεταξύ διαφόρων πόλεων παρουσίασαν έντονες διακυμάνσεις σύμφωνα με τις οποίες η αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας ψύξης κυμάνθηκε μεταξύ 10% και 120% ενώ η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας θέρμανσης κυμάνθηκε μεταξύ 3% και 45%. Οι επιπτώσεις της αστικής θερμικής νησίδας παρουσίασαν σαφείς διακυμάνσεις εντός διαφορετικών περιοχών εντός της ίδιας πόλης με ισχυρότερες επιπτώσεις στο κέντρο αυτών. Τέλος σημειώθηκε από τους μελετητές η μεγάλη διασπορά στη μέθοδο και στα δεδομένα που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των επιπτώσεων του φαινομένου στις μελέτες που εξέτασαν αναδεικνύοντας την ανάγκη εφαρμογής κοινών μεθόδων διεξαγωγής αυτού του είδους μελετών.

Πίνακας 3.9: Επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στην κατανάλωση ενέργειας για τον δροσισμό ενός κτιρίου (πηγή Li et al. (2019))

Βιβλιογραφική αναφορά	Επίδραση	ΑΘΝ(°C)	Είδος Δεδομένων θερμοκρασιών αέρα	Αστικοί-Αγροτικοί Σταθμοί	Χαρακτηριστικά Κτιρίου	Set point (°C)
Kolokotroni M, Giannitsaris I, Watkins R. The effect of the London urban heat island on building summer cooling demand and night ventilation strategies. Sol Energy 2006;80(4).	19% αύξηση της ενέργειας δροσισμού Η επίδραση είναι όμοια είτε αφορά μία τυπική εβδομάδα είτε μια εξαιρετικά θερμή εβδομάδα	7	Αστικός vs Αγροτικός	1Αστ.-1Αγρ.	Τυπικό Γραφείο (60m ²)	24
Kolokotroni M, Zhang Y, Watkins R. The London Heat Island and building cooling design. Sol Energy 2007;81(1) Watkins R, et al. The balance of the annual heating and cooling demand within the London urban heat island. Build Serv Eng Technol 2002;23(4)	Ως και 25% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	6	Αστικός vs Αγροτικός (Αύγουστος 1999 – Ιούλιος 200)	6Αστ.-1Αγρ.	Τυπικό Κτίριο Γραφείων (450m ²)	24
Chan ALS. Developing a modified typical meteorological year weather file for Hong Kong taking into account the urban heat island effect. Build Environ 2011;46(12)	10% αύξηση της ενέργειας κλιματισμού	1.8	Καταγεγραμμένη Αστική Θερμική Νησίδα (Μάιος-Οκτώβριος 2010) vs TMY	4Αστ.(μέση τιμή) - 1Αγρ.	Κτήριο Γραφείων (1296m ²) και διαμέρισμα (95m ²)	25.5
Hirano Y, Fujita T. Evaluation of the impact of the urban heat island on residential and commercial energy consumption in Tokyo. Energy 2012;37(1)	> 27.5% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	2.5	Προσομοίωση Αστικής θερμικής Νησίδας	-	9 διαφορετικοί τύποι κτηρίων με εφαρμογή σε όλη την πόλη	-
Kolokotroni M, et al. London's urban heat island: impact on current and future energy consumption in office buildings. Energy Build 2012;47(0)	> 33% αύξηση της ενέργειας δροσισμού το 2000 > 28% αύξηση της ενέργειας δροσισμού το 2050	-	Αστικός vs Αγροτικός(Σεπτέμβριος 1999-Αύγουστος 2000)	19Αστ.-1Αγρ..	Τυπικό Κτίριο Γραφείων (1350m ²)	24
Radhi H, Sharples S. Quantifying the domestic electricity consumption for airconditioning due to urban heat islands in hot arid regions. Appl Energy 2013;112(0)	Μέχρι 10% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	-	Αστικός vs Αγροτικός (2009)	5Αστ.-1Αγρ.	82 διαφορετικά κτήρια κατοικιών	-
Roman KK, et al. Simulating the effects of cool roof and PCM (phase change materials) based roof to mitigate UHI (urban heat island) in prominent US cities. Energy 2016;96	> 4-22% or 5-41% αύξηση της ενέργειας δροσισμού ανάλογα με τον σταθμό αναφοράς	1.3 or 2.8	Αστικός vs Αγροτικός (2011)	1Αστ.-2Αγρ.	Τυπικό διαμέρισμα και ένα μικρό γραφείο (δεν αναφέρεται επιφάνεια)	-
Li C, et al. Interaction between urban microclimate and electric airconditioning energy consumption during high temperature season. Appl Energy 2014;117	11.28% αύξηση της ενέργειας δροσισμού > 20.4% αύξηση του φορτίου αιχμής	2.5	Αστικός vs Αγροτικός	1Αστ.-1Αγρ.	Όλα τα κτήρια	-
Ren Z, et al. Constructing weather data for building simulation considering urban	> 8.2-11.4% αύξηση της ενέργειας	1	Προσομοίωση Αστικής θερμικής νησίδας	-	Κτήρια κατοικίας (185m ² and 1350m ²)	-

heat island. Build Serv Eng Technol 2014;35(1)	δροσισμού					
Sun Y, Augenbroe G. Urban heat island effect on energy application studies of office buildings. Energy Build 2014;77	> 13-35% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	2 (Houston)	UHI vs TMY	1Αστ.-1Αγρ. (για διάφορες πόλεις)	Τυπικό γραφείο (δεν αναφέρεται επιφάνεια)	-
Magli S, et al. Analysis of the urban heat island effects on building energy consumption. Int J Energy Environ Eng 2015;6(1)	> 10% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	1.4	Αστικός vs Αγροτικός (Καλοκαίρι του 2012)	1Αστ.-1Αγρ.	Πανεπιστημιακή βιβλιοθήκη (2200m ²)	-
Radhi H, Sharples S, Assem E. Impact of urban heat islands on the thermal comfort and cooling energy demand of artificial islands case study of AMWAJ Islands in Bahrain. Sustain Cities Soc 2015;19(Supplement C)	> 11-18% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	5	Προσομοίωση αστικής θερμικής νησίδας	-	82 sampled residential house	-
Ignatius M, Wong NH, Jusuf SK. The significance of using local predicted temperature for cooling load simulation in the tropics. Energy Build 2016;118(Supplement C)	4.6-12.18% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	2	Προσομοίωση αστικής θερμικής νησίδας (3 χρόνων μέση τιμή)	-	Κτήρια γραφείων (24000-180000 m ²)	-
Skelhorn CP, Levermore G, Lindley SJ. Impacts on cooling energy consumption due to the UHI and vegetation changes in Manchester, UK. Energy Build 2016;122	9.4-12.2% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	3	Προσομοίωση αστικής θερμικής νησίδας	-	Τρία γραφεία (972m ² , 3204m ² , and 5418m ²)	23
Hwang R-L, Lin C-Y, Huang K-T. Spatial and temporal analysis of urban heat island and global warming on residential thermal comfort and cooling energy in Taiwan. Energy Build 2017;152:	> 61% αύξηση της ενέργειας δροσισμού την δεκαετία του 1990 > 52% αύξηση της ενέργειας δροσισμού το 2025 in the 2025 > 27% αύξηση της ενέργειας δροσισμού το 2085	3	Προσομοίωση αστικής θερμικής νησίδας	Δύο επίπεδα αστικής θερμικής νησίδας	Κτήριο κατοικίας (87m ²)	23
Cui Y, et al. Temporal and spatial characteristics of the urban heat island in Beijing and the impact on building design and energy performance. Energy 2017;130(Supplement C):.	> 11% αύξηση της ενέργειας δροσισμού > 7% του φορτίου αιχμής	8	Αστ. μ.σ. vs Αγρ. μ.σ (1961-2014)	7Αστ.-10Αγρ	Γραφείο (δεν αναφέρεται επιφάνεια)	18
Liu Y, et al. Comparing micro-scale weather data to building energy consumption in Singapore. Energy Build 2017;152(Supplement C):776-91.	> 4.15-11% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	1-2	Προσομοίωση αστικού σταθμού vs TMY	Τρία διαφορετικά επίπεδα αστικής θερμικής νησίδας	Κατοικία (δεν αναφέρεται επιφάνεια)	-
Palme M, et al. From urban climate to energy consumption. Enhancing building performance simulation by including the urban heat island effect. Energy Build 2017;145(Supplement C)	> 15-200% αύξηση της ενέργειας δροσισμού		Προσομοίωση αστικής θερμικής νησίδας	Πέντε διαφορετικά επίπεδα αστικής θερμικής νησίδας	4 διαφορετικές κατοικίες (δεν αναφέρεται επιφάνεια)	-

Salvati A, Roura HC, Cecere C. Assessing the urban heat island and its energy impact on residential buildings in Mediterranean climate: Barcelona case study. Energy Build 2017;146	18-28% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	4.3	Αστικός vs Αγροτικός (2014)	2Αστ.-1Αγρ.	Κτήριο κατοικίας (δεν αναφέρεται επιφάνεια)	23
Zinzi M, Carnielo E. Impact of urban temperatures on energy performance and thermal comfort in residential buildings. The case of Rome, Italy. Energy Build 2017;157	> 12-46% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	8	Αστικός vs Αγροτικός (Καλοκαίρι 2015, 2016)	4Αστ.-1Αγρ.	Κτήριο κατοικίας (270m ²)	26
Guattari C, Evangelisti L, Balaras CA. On the assessment of urban heat island phenomenon and its effects on building energy performance: a case study of Rome (Italy). Energy Build 2018;158	30% αύξηση της ενέργειας δροσισμού	1.4	Αστικός vs Αγροτικός (Οκτώβριος 2014 – Οκτώβριο 2016)	1Αστ.-2Αγρ.	Κτήριο κατοικίας (72m ²)	-

Οι Yang, X. et al. το 2020, μελέτησαν την επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στις ενεργειακές καταναλώσεις των κτηρίων σε 10 γειτονίες στη πόλη Ναντζίνγκ της Κίνας, σε σχέση με τις τοπικές κλιματικές ζώνες των περιοχών αυτών. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις τοποθεσίες και τους προαστιακούς μετεωρολογικούς σταθμούς αναλύθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για τις ενεργειακές προσομοιώσεις για δύο τύπου κτίρια (κατοικίες και γραφεία). Για τις 10 τοποθεσίες, η ετήσια μέση ένταση της αστικής θερμική νησίδας κυμάνθηκε από 0.4 °C έως 2.2 °C κατά την διάρκεια της νύχτας (19:00–06:00) και από 0.3 °C έως 0.9 °C κατά την διάρκεια της ημέρας (07:00– 18:00). Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας όπως αυτό εμφανίζεται σε κάθε μία από τις 10 περιοχές θα αυξάνει την ζήτηση για ενέργεια ψύξης των κατοικιών από 12–24% και των γραφείων από 9–14% κατά την θερινή περίοδο. Κατά την χειμερινή παρατηρήθηκε και σε αυτή την μελέτη μείωση της ζήτησης θέρμανσης κατά 3–20% κτίρια κατοικιών και κατά 5–20% για τα κτήρια γραφείων. Σε όλες τις περιπτώσεις οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρήθηκαν σε περιοχές που εντάσσονται στην κατηγορία LCZ2. Σε ετήσια βάση το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας σύμφωνα με την μελέτη οδήγησε σε αύξηση της ετήσιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας, κατά 2–5% για τα κτήρια κατοικιών και κατά 2–6% για τα κτήρια γραφείων. Σε σύγκριση με τα κτίρια κατοικιών, τα κτίρια γραφείων ήταν λιγότερο ευαίσθητα στο φαινόμενο σε ότι αφορά τη ζήτηση ψύξης και θέρμανσης. Η ανάλυση των θερμότερων και ψυχρότερων ημερών έδειξε ότι το μέσο ημερήσιο φορτίο αιχμής ψύξης των κτιρίων κατοικιών αυξήθηκε κατά 6–14% ενώ των γραφείων κατά 5–9% ενώ αντίστοιχα το μέσο ημερήσιο φορτίο αιχμής θέρμανσης μειώθηκε κατά 4–15% και κατά 3–14% αντίστοιχα. Σύμφωνα με τους μελετητές η χωροχρονική μεταβλητότητα του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας σε τοπική κλίμακα μπορεί να ασκήσει διαφορετικές επιπτώσεις στην ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Επιπλέον, υπογράμμισαν την σημασία ανάπτυξης κλιματικών δεδομένων για κάθε τοποθεσία, για την αξιόπιστη αξιολόγηση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων σε αστικά περιβάλλοντα.

Οι Hwang, R. et. al. (2020), ποσοτικοποίησαν την επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στην κατανάλωση ενέργειας για τον κλιματισμό των κτηρίων δημιουργώντας τοπικά αρχεία μικροκλίματος περιοχών εντός των πόλεων και στην υπερθέρμανση των κτηρίων. Ως κτήριο μελέτης χρησιμοποιήθηκε ένα κοινό τριώροφο αρχοντικό στην πόλη Ταινάν της Ταϊβάν. Η Ταινάν χωρίστηκε σε 1496 μικροκλιματικές περιοχές και τα αποτελέσματα της ανάλυσης μέσω ενεργειακών προσομοιώσεων έδειξαν ότι οι κατοικίες στο κέντρο και τις προαστιακές περιοχές αντιμετώπιζαν κίνδυνο υπερθέρμανσης για 3-5 μήνες και εμφάνισαν μειωμένο δυναμικό φυσικού αερισμού που έφτανε 43%-47% σε σχέση με αυτό εκτός πόλεως, από τον Μάιο έως τον Οκτώβριο. Επιπλέον, η

κατανάλωση ενέργειας του κλιματισμού στο 60% αυτών των περιοχών ήταν 14.5–21.5 kWh/m², με το 8% να υπερβαίνει τις 21.5 kWh/m². Αντίθετα, το δυναμικό φυσικού αερισμού των κατοικιών στην ύπαιθρο και τις περιφερειακές περιοχές ήταν 63%-72%, και η κατανάλωση ενέργειας του κλιματισμού ήταν ≤ 11.0 kWh/m².

Οι Romano P. et al. (2021) χρησιμοποιώντας την ευρωπαϊκή πλατφόρμα EURECA (Energy Urban Resistance Capacitance Approach) η οποία προβλέπει την αστική ζήτηση ενέργειας κατά την θερμή περίοδο του έτους και λαμβάνοντας υπόψη μετρήσεις πεδίου για την περίπτωση της Πάντοβα (Ιταλία) έδειξαν ότι λόγω του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, η μέση αύξηση της θερμοκρασίας της πόλης ήταν 2.2° η οποία συνεπάγεται αύξηση της ζήτησης αστικής ενέργειας ψύξης και ηλεκτρικής ενέργειας, κατά 6 και 8% αντίστοιχα. Επίσης σημείωσαν ότι η αύξηση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας είναι πιο σημαντική διότι το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας προκαλεί υποβάθμιση στην απόδοση των συστημάτων HVAC.

Τέλος οι López-Guegtero R. et al. (2022) μελέτησαν την ενεργειακή συμπεριφορά αστικών κτιρίων σε σχέση με το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας κάνοντας μία ανασκόπηση σχετικών μελετών που εκδόθηκαν μέχρι το 2021. Σύμφωνα με την μελέτη ην επίδραση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας δημιουργεί μια μέση αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας για ψύξη της τάξης των 6.63 kWh/m²/y/°C και 3.81 kWh/m²/y/°C, για κτήρια κατοικιών και κτήρια γραφείων αντίστοιχα.

3.9. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και η επίδραση των κυριότερων παραγόντων διαμόρφωσής της

Όπως έχει αναφερθεί οι αιτίες του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας σχετίζονται πρακτικά με την διαφορετική διαδικασία μετάδοσης της θερμότητας που υπάρχει στο αστικό περιβάλλον σε σχέση με την ύπαιθρο.

Επομένως ο αστικός σχεδιασμός μπορεί να είναι καθοριστικός για την ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Για το σκοπό αυτό, εξετάζονται τέσσερις παράμετροι που έχουν άμεση σχέση με την αστική θερμική νησίδα και κατ' επέκταση στην κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό στο αστικό περιβάλλον. Αυτές είναι:

- η λευκαύγεια,
- η βλάστηση ,
- ο οδικός σχεδιασμός, και
- η ανθρωπογενής θέρμανση από σταθερές και κινητές πηγές.

Έρευνες που μελετούν την επίδραση αυτών των παραμέτρων στην διαμόρφωση του θερμοκρασιακού καθεστώτος στο αστικό περιβάλλον παρουσιάζονται στη συνέχεια.

3.8.1. Ο Ρόλος της λευκαύγειας

Τα οπτικά χαρακτηριστικά των υλικών που χρησιμοποιούνται στο αστικό περιβάλλον και ιδιαίτερα η λευκαύγεια στην ηλιακή ακτινοβολία και η ικανότητα εκπομπής στην ακτινοβολία μεγάλου κύματος έχουν πολύ σημαντικές επιπτώσεις στο αστικό ενεργειακό ισοζύγιο. Ο Yap, (1975) , έχει αναφέρει ότι οι συστηματικές αστικό-αγροτικές διαφορές στην ικανότητα εκπομπής μιας επιφάνειας έχουν την δυνατότητα να προκαλέσουν φαινόμενα θερμικής νησίδας.

Η χρήση υλικών υψηλής λευκαύγειας μειώνει την ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάτε μέσω των κτιριακών κελυφών και των αστικών δομικών μονάδων (δρόμοι, πλατείες, πάρκα, κ.τ.λ.) και κρατά τις επιφάνειες πιο δροσερές. Υλικά με υψηλή τιμή λευκαύγειας έχουν μεγάλη ικανότητα εκπομπή της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος και με ευκολία απελευθερώνουν την ενέργεια που έχει απορροφηθεί ως ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος. Χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας συμβάλλουν στη μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αέρα, αφού η ένταση της μεταφοράς θερμότητας από μία ψυχρότερη επιφάνεια είναι μικρότερη (νόμος Fourier). Τέτοιες μειώσεις θερμοκρασίας μπορούν να έχουν αξιοσημείωτες επιπτώσεις στην κατανάλωση ψυκτικής ενέργειας δροσισμού σε αστικές περιοχές, γεγονός ιδιαίτερης σημασίας για πόλεις, με θερμό κλίμα.

Απλά ομοιόμορφα υλικά που χρησιμοποιούνται στο αστικό περιβάλλον χαρακτηρίζονται από διάφορες τιμές λευκαύγειας, που καθορίζουν τη σύνθετη ανακλαστικότητα μιας πόλης. Στον πίνακα 3.10 δίνονται οι τιμές της λευκαύγειας για διάφορα τυπικά αστικά υλικά και περιοχές, (Bretz et al. 1992 , Baker 1980 , Oke 1983 , Martien et al. 1989 , Stirling et al. 1981), ενώ στον πίνακα 3.11 δίνεται η ικανότητα εκπομπής, καθώς και η ανακλαστικότητα για επιλεγμένα υλικά, (Bretz et al. 1982, Edwards 1981 , Martien et al. 1989).

Πίνακας 3.10: Λευκαύγεια τυπικών αστικών υλικών και περιοχών. Πηγές: (Bretz et al. 1992, Baker 1980, Oke 1983, Martin et al. 1989).

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΛΕΥΚΑΥΓΕΙΑ
ΔΡΟΜΟΙ	
Ασφαλτος[φρεσκοστρωμένη (0.05), παλιά (0.2)]	0.05-0.2
ΤΟΙΧΟΙ	
Συμπαγής	0.10-0.35
Τούβλο / Πέτρα	0.20-0.40
ασβεστωμένη πέτρα	0.80
Κομμάτια λευκού μαρμάρου	0.55
Ανοιχτόχρωμο τούβλο	0.30-0.50
Κόκκινο τούβλο	0.20-0.30
Σκούρο τούβλο και πλάκα	0.20
Ασβεστόλιθος	0.30-0.45

ΟΡΟΦΕΣ	
Λείας επιφάνειας άσφαλτος(πολυκαιρισμένη)	0.07
Άσφαλτος	0.10-0.15
Πίσσα και χαλίκι	0.08-0.18
Πλακάκι	0.10-0.35
Πλάκα	0.10
Καλαμοσκεπή	0.15-0.20
Αυλακωτός τσίγκος	0.10-0.16
Υψηλά αντανακλαστική οροφή από διάβρωση	0,6-0.7
ΒΑΦΕΣ	
Άσπρο , Ασβεστομένο	0.50-0.90
Κόκκινο , καφέ , πράσινο	0.20-0.35
Μαύρο	0.02-0.15
ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	
Μέσος όρος	0.15
ΑΛΛΑ	
Ανοιχτόχρωμη άμμος	0.40-0.60
Στεγνό γρασίδι	0.30
Κανονικό χόμα	0.30
Στεγνή άμμος	0.20-0.30
Φυλλοβόλα φυτά	0.20-0.30

Φυλλοβόλα δάση	0.15-0.20
Καλλιεργημένο έδαφος	0.20
Υγρή άμμος	0.10-0.20
Κωνοφόρα δάση	0.10-0.15
Ξύλο (δρυς)	0.10
Σκούρο επεξεργασμένο χώμα	0.07-0.10
Τεχνητή χλόη	0.05-0.10
Προστατευτικό κάλυμμα χλόης και φυλλωμάτων	0.05

Πίνακας 3.11: Λευκαύγεια και ικανότητα εκπομπής για επιλεγμένες επιφάνειες, (Bretz 1992, Edwards 1981).

ΥΛΙΚΟ	ΛΕΥΚΑΥΓΕΙΑ	ΕΚΠΟΜΠΗ
Συμπαγές	0.3	0.94
Κόκκινο τούβλο	0.3	0.90
Οικοδομικό τούβλο	-----	0.45
Συμπαγή πλακάκια	-----	0.63
Ξύλο(φρεσκοκομμένο)	0.4	0.90
Λευκή ταπετσαρία	0.75	0.95
Πισσόχαρτο	0.05	0.93
Σοβάς	0.93	0.91
Γαλβανισμένο σίδερο	0.35	0.13
Έλασμα αλουμινίου	0.85	0.04

Λευκή βαφή	0.85	0.96
Γκρι βαφή	0.03	0.87
Πράσινη βαφή	0.73	0.95
Λευκή βαφή σε αλουμίνιο	0.80	0.91
Μαύρη βαφή σε αλουμίνιο	0.04	0.88
Βαφή αλουμινίου	0.80	0.27-0.67
Χαλίκι	0.72	0.28
Άμμος	0.24	0.76

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 3.10 οι τυπικές τιμές της λευκαύγειας για το αστικό περιβάλλον είναι ανάμεσα στο 0.1 και 0.2. Ο Taha συγκέντρωσε στοιχεία για την αστική λευκαύγεια, χωρίς χιονοπτώσεις, για διάφορες πόλεις και όπου ήταν δυνατό έδωσε τη διαφορά ανάμεσα στο αστικό και το αγροτικό συντελεστή λευκαύγειας. Τα στοιχεία στον πίνακα 3.12 προέρχονται από τους Taha 1994 , Kung et al. 1964 , Dabberdt και Davis 1978 , Vukonich 1983 , Brest 1987 , Coppin et al. 1978 , Rouse και Bello 1979 , Mayer και Noack 1980 , Steyn και Oke 1980 , Aida 1982 και Oguntoyinbo (1970 και 1982).

Πίνακας 3.12: Επιλεγμένες τιμές αστικής λευκαύγειας. Πηγή: Taha 1997 , Taha 1994 , Kung et al. 1964 , Dabberdt και Davis 1978, Vukonich 1983 , Brest 1987 , Coppin et al. 1978 , Rouse και Bello 1979 , Mayer και Noack 1980 , Steyn και Oke 1980 , Aida 1982 και Oguntoyinbo (1970 και 1982).

ΑΣΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	ΛΕΥΚΑΥΓΕΙΑ	Δ (αστικό-αγροτικό)
Λος Άντζελες , (πυρήνας)	0.20	0.09
Μάντισον , WI (αστική)	0.15-0.18	0.02
Σέντ Λούις , MI (αστική)	0.12-0.14	-----
Σέντ Λούις , MI (κέντρο)	0.19-0.16	0.03
Χάρτφορντ CT (αστική)	0.09-0.14	-----

Αδελαΐδα , AUS (εμπορική)	0.27 (μέση)	0.09
Χάμιλτον , Οντάριο	0.12-0.13	-----
Μόναχο , Δυτική Γερμανία	0.16 (μέση)	-0.08
Βανκούβερ , BC	0.13-0.15	-----
Τόκιο	0.10 (μέση)	-0.02
Ιμπαντάν , Νιγηρία	0.12 (μέση)	0.03
Λάγος , Νιγηρία	0.45	0.25

Ο Oke T. et. al. (1991), προσομοίωσαν την επίδραση των οπτικών και θερμικών χαρακτηριστικών των χρησιμοποιημένων υλικών στην μελέτη της έντασης της θερμικής νησίδας κατά την νυχτερινή περίοδο. Σύμφωνα με αυτή την μελέτη ο ρόλος της ικανότητας εκπομπής των υλικών είναι ελάχιστος. Καθώς ο συντελεστής αυξήθηκε από 0.85 σε 1.0 υπήρξε μία ελάχιστη αύξηση της τάξεως των 0.4°C στην ένταση της θερμικής νησίδας ανάμεσα στο αστικό και το αγροτικό περιβάλλον για πολύ στενές χαράδρες. Αντιθέτως, η επίδραση των θερμικών ιδιοτήτων των χρησιμοποιούμενων υλικών εμφανίζεται πολύ πιο σημαντική. Για επίπεδη γη, βρέθηκε ότι εάν η απορροφούμενη θερμότητα από το αστικό περιβάλλον είναι 2200J/(m²·°K) και η αγροτική είναι 800 μονάδες χαμηλότερη, τότε αναπτύσσεται τη νύχτα θερμονησίδα περίπου 2°C, ενώ όταν η απορροφούμενη θερμότητα από το αστικό περιβάλλον μειώνεται στα 600J/(m²·°K), μπορεί να σχηματιστεί μία ψυχρή νησίδα πάνω από 4°C κατά την διάρκεια της νύχτας.

Αντιλαμβανόμενοι οι επιστήμονες ότι η αστική θερμική νησίδα μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από την μείωση των θερμικών κερδών του αστικού περιβάλλοντος και ιδιαίτερα από το ποσό της απορροφούμενης ηλιακής ακτινοβολίας, αναζήτησαν υλικά για τα κτίρια αλλά και τους κοινόχρηστους χώρους τα οποία να παρουσιάζουν μεγάλη ανακλαστικότητα στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Τέτοια υλικά υπάρχουν στην φύση και χρησιμοποιούνται ευρέως στα θερμά κλίματα. Παράλληλα, έχουν κατασκευαστεί τεχνητά υλικά που παρουσιάζουν μεγάλη ανακλαστικότητα στην μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία και παράλληλα μεγάλη ικανότητα εκπομπής στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία. Αυτά τα υλικά, γνωστά και ως ψυχρά υλικά έχουν γίνει αντικείμενο σοβαρής μελέτης κυρίως από τους Akbari et al. 1992, 1997; Bretz and Akbari, 1997

Μια σχετική ανάλυση για το θέμα των ψυχρών υλικών έχει δοθεί από τον Santamouris M. et .al. το 2001. Σύμφωνα με αυτή η έρευνα για τα ψυχρά υλικά έγινε σε τέσσερις φάσεις :

Η πρώτη φάση αφορούσε την μελέτη των θερμικών και οπτικών χαρακτηριστικών και τις αποδόσεις τους για φυσικά ανακλαστικά υλικά. Η δεύτερη και τρίτη φάση αφορούσε την ανάπτυξη και τον έλεγχο των λευκών και έγχρωμων υλικών αντίστοιχα, που παρουσιάζουν μεγάλη ανακλαστικότητα στο ορατό και μεγάλη ικανότητα εκπομπής στο υπέρυθρο. Τέλος, η τέταρτη φάση αφορούσε την ανάπτυξη και τον έλεγχο έγχρωμων υλικών που παρουσιάζουν μεγάλη ανακλαστικότητα στην περιοχή του υπέρυθρου.

Στο σημείο αυτό θα γίνει αναφορά στα υλικά της πρώτης φάσης, καθώς αυτά αφορούν τα ευρέως χρησιμοποιούμενα υλικά στα αστικό περιβάλλον και αυτά μπορούν να επηρεάσουν της θερμοκρασίες του αέρα σε πραγματικές συνθήκες όπως είναι τα πειράματα που θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν στα επόμενα κεφάλαια. Οι Doulos et. al. το 2004, διεξήγαγαν συγκριτική μελέτη με στόχο να μελετήσουν την καταλληλότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται στο αστικό περιβάλλον και στους ανοικτούς κοινόχρηστους χώρους, με στόχο να συνεισφέρουν στην ανάπτυξη χαμηλότερων θερμοκρασιών του αέρα ώστε να καταπολεμηθεί το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε κατά την θερινή περίοδο του 2001 αφορούσε 93 κοινά χρησιμοποιούμενα υλικά κάλυψης στο αστικό περιβάλλον. Το δείγμα αποτελείται από διαφορετικά υλικά κατασκευής (τσιμέντο, άσφαλτος, μάρμαρο, γρανίτης, πλάκες πεζοδρομίου, πέτρες, χαλίκι και μωσαϊκό) με διαφορετικό επιφανειακό χρώμα (άσπρο, γκρι, μαύρο, κόκκινο, καφέ και πράσινο) και επιφάνειες διαφορετικής υφής (ομαλή, άγρια ανάγλυφη με σημάδια και σχέδια).

Όλα τα υλικά εκτέθηκαν στην ηλιακή ακτινοβολία και μετρήθηκε η επιφανειακή τους θερμοκρασία χρησιμοποιώντας αισθητήρες επιφανειακής θερμοκρασίας και θερμομέτρο υπέρυθρων. Καθώς όλα τα υλικά παρουσιάζουν ένα συντελεστή ικανότητας εκπομπής περί το 0.9, οι μετρήσεις επέτρεψαν την αξιολόγηση των υλικών λόγω της διαφορετικής ανακλαστικότητας και των διαφορετικών θερμοφυσικών χαρακτηριστικών τους.

Όπως ήταν αναμενόμενο οι μικρότερες επιφανειακές θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν σε υλικά με λευκό χρώμα, ενώ οι μεγαλύτερες σε υλικά με μαύρο χρώμα. Η μικρότερη μέση ημερήσια θερμοκρασία καταγράφηκε για το λευκό μάρμαρο, ενώ η μεγαλύτερη για τη άσφαλτο και ήταν 29.7°C και 46.7 °C αντίστοιχα. Επίσης οι αντίστοιχες απόλυτα μέγιστες θερμοκρασίες ήταν 33.4 °C και 54 °C. Σε ότι αφορά τις λευκές επιφάνειες, υλικά με λεία μορφή εμφανίζουν χαμηλότερες γενικά θερμοκρασίες σε σχέση με αυτά που έχουν τραχεία ή με έντονο ανάγλυφο επιφάνεια.

Από την μελέτη προέκυψε ότι όλα τα υλικά παρουσιάζουν γενικά θερμοκρασίες μεγαλύτερες από την θερμοκρασία του αέρα με εξαίρεση τα ανοιχτόχρωμα μάρμαρα.

Το θερμότερο (38.1°C) ανοιχτόχρωμο υλικό ήταν φτιαγμένο από χαλίκι με άσπρο και πράσινο χρώμα. όπου η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας με τον αέρα ήταν περί τους 6.9 °C. Σε ότι αφορά τα μαύρου χρώματος υλικά η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας παρατηρήθηκε στην άσφαλτο και ήταν κοντά στους 15 °C. Επιπλέον, τα πιο ψυχρά σκουρόχρωμα υλικά ήταν φτιαγμένα από πετρώδες υλικό με μέση ημερήσια θερμοκρασία περί τους 41.4 °C και με διαφορά από την θερμοκρασία του αέρα περί τους 10.2 °C. Επίσης από την μελέτη προέκυψε ότι ανάμεσα στα μαύρου χρώματος υλικά η χαμηλότερη επιφανειακή θερμοκρασία μετρήθηκε σε αυτά που ήταν φτιαγμένα από μωσαϊκό, τσιμέντο και μάρμαρο. Για τις επιφάνειες από ανοιχτόχρωμα επιφανειακά υλικά, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν σε επιφάνειες φτιαγμένες από μωσαϊκό, σκυρόδεμα, γρανίτης, χαλίκι και μάρμαρο. Για τις πράσινα χρωματισμένες επιφάνειες, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν σε εκείνες που ήταν φτιαγμένες από μωσαϊκό και γρανίτη. Τέλος, για τις καφετιές χρωματισμένες επιφάνειες, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν σε εκείνες που αποτελούνταν από μωσαϊκό και πέτρα.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η μεταφορά θερμότητας από μία επιφάνεια σε αστικό περιβάλλον προς τον αέρα μπορεί να διαφέρει σημαντικά από υλικό σε υλικό, λόγω των διαφορετικών θερμοφυσικών χαρακτηριστικών τους. Επομένως, και οι θερμοκρασίες του αέρα που καταγράφονται κοντά σε αυτές τις επιφάνειες είναι δυνατόν να διαφέρουν σημαντικά. Οι χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες καταγράφηκαν σε λευκά λεία υλικά, όπου μάλιστα το λευκό μάρμαρο ήταν και το μόνο υλικό που παρουσίαζε θερμοκρασίες ακόμα και μικρότερες από αυτές του αέρα.

Το συγκεκριμένο αντικείμενο μελέτης αποτέλεσε την τελευταία 15ετία ερευνητική αιχμή στην προσπάθεια μετριασμού του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας μέσω της αύξησης της λευκαύγειας και της χρήσης έξυπνων υλικών στην αστικές επιφάνειες.

Οι Morini, E. et. al. (2018) κάνοντας χρήση τριών μοντέλων αστικών χαράδρων με διαφορετικούς χαρακτηριστικούς λόγους ($H/W = 1, 0.5, 2$), αξιολόγησαν την επίδραση των επιφανειών υψηλής ανακλαστικότητας, σε αστικές χαράδρες με σκοπό τον μετριασμό της αστικής θερμικής νησίδας. Χρησιμοποιήθηκαν υλικά με λευκό και γκρι χρώμα. Η ανακλαστικότητα των υλικών μετρήθηκε μέσω φασματοφωτομετρικής ανάλυσης και βρέθηκε 0.85 και 0.275 αντίστοιχα. Οι θερμοκρασίες αέρα, οδοστρώματος και κάθετων επιφανειών αναλύθηκαν κατά την διάρκεια μιας αντιπροσωπευτικής ημέρας και για τα τρία μοντέλα των αστικών χαράδρων. Η θερμοκρασία του αέρα είναι μικρότερη στα μοντέλα των χαράδρων με λευκό χρώμα καθόλη την διάρκεια της ημέρας, ειδικά δε τις ώρες γύρω από το τοπικό μεσημέρι, και ιδιαίτερα στην αστική χαράδρα με χαρακτηριστικό λόγο $H/W=2$. Σύμφωνα με την μελέτη, οι θερμοκρασίες των λευκών κατακόρυφων επιφανειών παρουσίασαν χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφανείας τόσο για νότιο όσο και για βόρειο προσανατολισμό, σε σχέση με τις αντίστοιχες γκρι επιφάνειες. Επιπλέον, οι θερμοκρασίες του οδοστρώματος βρέθηκαν να είναι χαμηλότερες στη χαράδρα με λευκό χρώμα σε σχέση με την γκρι για την περίπτωση με χαρακτηριστικό λόγο H/W ίσο με 0.5. Ωστόσο, διαφορετική συμπεριφορά παρατηρήθηκε στις λευκές αστικές χαράδρες με $H/W = 1$ και 2, όπου οι θερμοκρασίες του οδοστρώματος στις περιπτώσεις του λευκού χρώματος ήταν μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές του γκρι χρώματος. Σύμφωνα με τους μελετητές αυτό οφείλεται στις οπτικές ιδιότητες των υλικών και στην γεωμετρία των αστικών χαράδρων. Η ηλιακή ανάκλαση στο λευκό υλικό είναι στην πραγματικότητα υψηλότερη από αυτή του γκριζού υλικού, επομένως είναι πολύ πιθανόν μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας να ανακλάται από τις κάθετες επιφάνειες προς το οδόστρωμα. Επιπλέον, ο αριθμός των αντανακλάσεων στις βαθύτερες χαράδρες είναι υψηλότερος από ό,τι σε πιο ανοικτές περιοχές. Από την μελέτη προέκυψε ότι οι κατακόρυφες ανοιχτόχρωμες επιφάνειες επιτρέπουν τη μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών έως και $1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ενώ η αντίστοιχη μείωση για τη θερμοκρασία του αέρα ήταν περίπου $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Οι Manni, M. et. al. (2019) διερεύνησαν την επίδραση της χρήσης πρωτοποριακών επιφανειών αστικών χαράδρων, οι οποίες αποτελούνται από υλικά ενισχυμένα με γωνιακή-επιλεκτική ανακλαστικότητα, για διαφορετικές κλιματικές συνθήκες (από την Αρκτική έως την περιοχή του Περσικού Κόλπου). Η μελέτη προσομοίωσε αστικές χαράδρες με διαφορετικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά (H/W) και προσανατολισμούς. Επίσης πραγματοποιήθηκαν ετήσιες και εποχιακές αναλύσεις της ηλιακής ακτινοβολίας συγκρίνοντας τα παραδοσιακά υλικά με τα γωνιακής-επιλεκτικής ανακλαστικότητας υλικά, που εφαρμόζονται στην πρόσοψη των κτηρίων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα γωνιακής-επιλεκτικής ανακλαστικότητας υλικά μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά μόνο κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου, όταν ο κίνδυνος εμφάνισης της αστικής θερμικής νησίδας είναι ισχυρότερος χωρίς να εμποδίζεται η συμβολή της ηλιακής ενέργειας τους κρύους μήνες. Τα υλικά, που είναι ενισχυμένα με γωνιακή-επιλεκτική συμπεριφορά στην ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας σύμφωνα με την μελέτη είναι αποτελεσματικά σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη, καθώς μείωσαν την ετήσια ηλιακή ακτινοβολία που προσκρούει στις επιφάνειες της οδού έως και 20%, 30% και 50% στο Όσλο, το Μιλάνο και το Κάιρο, αντίστοιχα.

Οι Fabiani, C. et al. (2019), μελέτησαν με προσομοιώσεις την επίδραση των θερμοχρωμικών υλικών, στα τοπικά φαινόμενα μεταφοράς ενέργειας, σε σχέση με μια παραδοσιακή γκρι οροφή και μια κοινή λύση υψηλής ανακλαστικότητας στέγη. Τα

θερμοχρωμικά υλικά υφίστανται μια ταχεία αύξηση ανακλαστικότητάς τους όταν η θερμοκρασία της επιφάνειας υπερβαίνει ένα ορισμένο όριο. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η χρήση θερμοχρωμικών υλικών παράγει μια έξυπνη οπτική απόκριση σε τοπικά περιβαλλοντικά ερεθίσματα και επιτρέπει την ενισχυμένη ανάκλαση του μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία σε καλοκαιρινές συνθήκες, μειωμένη ανακλαστικότητα το χειμώνα και προσαρμοστικές ιδιότητες κατά τη διάρκεια των μεταβατικών περιόδων.

Οι McRae I. et. al. (2020), μελέτησαν μέσω προσομοιώσεων τις θερμότερες ημέρες στην ιστορία της Καλιφόρνιας καθώς και μια τυπική καλοκαιρινή ημέρα, εφαρμόζοντας τρεις διαφορετικές εφαρμογές για το μετριασμό της θερμοκρασίας εντός της αστικής χαράδρας, οι οποίες αφορούσαν την αύξηση της βλάστησης, την αύξηση της λευκαύγειας στην ταράτσα και την εφαρμογή αρχιτεκτονικών στοιχείων σκίασης. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι όλες οι μέθοδοι είχαν αμελητέες επιπτώσεις στις νυχτερινές θερμοκρασίες του αέρα εντός της χαράδρας. Η αυξημένη βλάστηση ωστόσο, ήταν η πιο αποτελεσματική στρατηγική κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα για τις ημέρες με ακραίες θερμοκρασίες ήταν της τάξης των 3.5°C ενώ για την τυπική καλοκαιρινή ημέρα ήταν 3.3°C. Η αυξημένη ανάκλαση στη στέγη σύμφωνα με την μελέτη οδήγησε σε σχεδόν αμελητέες επιπτώσεις στη θερμοκρασία του αέρα, ενώ η αυξημένη σκίαση οδήγησε σε μέγιστη μείωση των θερμοκρασιών του αέρα κατά -1.6 και -1.7 °C, αντίστοιχα.

Οι Xu et al. (2021), έκαναν μια σημαντική βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τις σύγχρονες τεχνολογίες ψύξης του οδοστρώματος και των εφαρμογών τους ως μία από τις βασικές στρατηγικές που προτείνονται διεθνώς για τον μετριασμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Από την ανασκόπηση αυτή οι συγγραφείς κατέληξαν στα ακόλουθα βασικά συμπεράσματα:

- Η αύξηση της ανακλαστικότητας των επιφανειών του πεζοδρομίου είτε χρησιμοποιώντας απλές μεθόδους όπως χρησιμοποιώντας ανοιχτόχρωμα υλικά είτε κάνοντας χρήση μίας τεχνητής λευκής επιστρώσης (Πίνακας 3.13) είτε χρησιμοποιώντας ειδικής τεχνολογίας υλικά όπως υλικά με επιλεκτική γωνία ανακλαστικότητας είτε θερμοχρωμικά υλικά αποτελεί μία τις πιο αποτελεσματικές στρατηγικές για τον μετριασμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Δεδομένου όμως ότι η επιφάνεια του οδοστρώματος είναι αυτή που έχει την σημαντικότερη σημασία για την καθημερινότητα του ανθρώπου θα πρέπει όμως ο σχεδιασμός να είναι συνολικός και να λαμβάνονται υπόψη οι πιθανές αρνητικές συνέπειες της αυξημένης ανακλαστικότητας του οδοστρώματος όπως τυχόν φαινόμενα θάμβωσης, θερμικής καταπόνησης πεζών αλλά και η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας σε παρακείμενα κτίρια.
- Η επίδραση του σχεδιασμού και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της αστικής χαράδρας στον μετριασμό του φαινομένου της θερμικής νησίδας είναι εξίσου σημαντική κυρίως σε ότι αφορά την ικανότητα αερισμού αυτών και την αύξηση της ανταλλαγής θερμότητας με τις επιφάνειες αλλά και σε ότι αφορά στις πολλαπλές οριζόντιες ηλιακές αντανάκλασεις ανακλαστικού οδοστρώματος και φαίνεται από την σχετική βιβλιογραφία να έχει παραμεληθεί.
- Η εφαρμογή του εξατμιστικού πεζοδρομίου μπορεί να αποτελέσει μία άλλη στρατηγική για τον μετριασμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και η οποία αφορά την εφαρμογή πορωδών, διαπερατών, υλικών ή οδοστρωμάτων συγκράτησης νερού τα οποία μέσω της διαδικασίας ύγρανσής τους θα μετριάσουν την αρνητική θερμική επίδραση του πεζοδρομίου. Σύμφωνα με τους μελετητές χρειάζεται συστηματική έρευνα και μελέτη πριν την εφαρμογή αυτής της στρατηγικής σε ότι αφορά την επίδραση του

φαινομένου της εξάτμισης και να καθορίσει το βέλτιστο χρονικό πλαίσιο για την αναπλήρωση της υγρασίας για τον μετριασμό της επίδρασης του οδοστρώματος χωρίς όμως να δημιουργήσει άλλες δυσάρεστες παρενέργειες λόγω της αυξημένης σχετικής υγρασίας.

• Η επίδραση άμβλυνσης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας μέσω χρήσης υλικών με υψηλή θερμική αγωγιμότητα και θερμοχωρητικότητας είναι μια αμφιλεγόμενη μέθοδος μετριασμού, λόγω της πρόσθετης απελευθέρωσης θερμότητας τη νύχτα. Σε αυτή την μέθοδο η αστική γεωμετρία και οι τοπικές ατμοσφαιρικές συνθήκες θα πρέπει να μελετηθούν αναλυτικά για να μπορέσει η μέθοδος αυτή να αποτελέσει στρατηγική μετριασμού του φαινομένου. Σύμφωνα με τους μελετητές συστήνεται τα υλικά πεζοδρομίων υψηλές ή χαμηλές θερμικές ιδιότητες να χρησιμοποιούνται όταν το φαινόμενο της Αστικής Νησίδας εμφανίζεται πολύ σημαντικό είτε κατά την διάρκεια της ημέρας είτε κατά την διάρκεια της νύχτας ώστε κατά την διάρκεια του 24ωρου να παρουσιάζουν συνολικά θετική επίδραση στη μείωση του φαινομένου.

Πίνακας 3.13.: Επίδραση των τεχνολογιών ανακλαστικού οδοστρώματος στην ψύξη των επιφανειών αυτού (Xu et al (2021))

Βιβλιογραφική αναφορά	Τεχνικές πληροφορίες εφαρμογής	Προηγούμενος συντελεστής ανακλαστικότητα	Συντελεστής ανακλαστικότητας μετά την εφαρμογή	Αποτελέσματα δροσισμού
Synnefa A, Santamouris M, Livada I. A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. Sol Energy 2006;80(8):968–81.	Τα τσιμεντένια πλακάκια βάφτηκαν με ψυχρά υλικά	0.65	0.82	Μείωση επιφανειακής θερμοκρασίας κατά 7.5 °C
Santamouris M, Synnefa A, Kolokotsa D, Dimitriou V, Apostolakis K. Passive cooling of the built environment - use of innovative reflective materials to fight heat islands and decrease cooling needs. Int J Low-Carbon Technol 2008;3(2): 71–82.	Επικάλυψη οδοστρώματος με υψηλής ανακλαστικότητας υλικά που είχαν βάση το υδροξείδιο του ασβεστίου Highly reflective white coatings using calcium hydroxide 0.76 0.88 Lower surface temperatures ranging between 1 and 5 K during daytime and 1 K	0.76	0.288	Μείωση της θερμοκρασίας επιφανείας από 1 -5 οC κατά την διάρκεια της ημέρας και κατά 1οC κατά την διάρκεια της νύχτας
Boriboonsomsin K, Reza F. Mix design and benefit evaluation of high solar reflectance concrete for	Επικάλυψη οδοστρώματος με υψηλής ανακλαστικότητας	Δεν αναφέρεται στην μελέτη	0.46-0.57	Η επιφανειακή θερμοκρασία μειώθηκε μεταξύ 10.2 και 18.8 °C

pavements. Transp Res Rec 2007;2011(1):11–20.	χρώματα			
Stathopoulou M, Synnefa A, Cartalis C, Santamouris M, Karlessi T, Akbari H. A surface heat island study of Athens using high-resolution satellite imagery and measurements of the optical and thermal properties of commonly used building and paving materials. Int J Sustain Energ 2009;28(1–3):59–76.	Επικάλυψη με ανοιχτού χρώματος βαφή	0.13	0.26	Η επιφανειακή θερμοκρασία μειώθηκε από 66.7 σε 51.1 °C
Levinson R. Solar reflectivity testing of Emerald cool pavement. Lawrence Berkeley National Laboratory; 2017.	Χρωματισμός επιφανειών χρώματα υψηλής υπέρυθρης ανακλαστικότητας	Δεν αναφέρεται στην μελέτη	0.45–0.55	Η επιφανειακή θερμοκρασία μειώθηκε μεταξύ 11–22 °C.
Wan WC, Hien WN, Ping TP, Aloysius AZW. A study on the effectiveness of heat mitigating pavement coatings in Singapore. J Heat Island Inst Int 2012;7(2).	Επικάλυψη με κεραμικό υλικό με προσμείξεις χρωστικών ουσιών υψηλής υπέρυθρης ανακλαστικότητας	Δεν αναφέρεται στην μελέτη	0.46	Η επιφανειακή θερμοκρασία μειώθηκε μέχρι και 5 °C
Synnefa A, Karlessi T, Gaitani N, Santamouris M, Assimakopoulos DN, Papakatsikas C. Experimental testing of cool colored thin layer asphalt and estimation of its potential to improve the urban microclimate. Build Environ 2011;46(1):38–44	Επίστρωση της ασφάλτου με λεπτό στρώμα χρωστικής υψηλής ανακλαστικότητας σε μήκη κύματος κοντά στο υπέρυθρο	0.04(μαύρη άσφαλτος)	0.55 (υπόλευκο χρώμα) 0.27 (κόκκινο και πράσινο χρώμα)	Η επιφανειακή θερμοκρασία μειώθηκε μέχρι και 12 °C την μέρα και 1-2 °C τη νύχτα. Η θερμοκρασία του αέρα μειώθηκε μέχρι και 5 °C
Synnefa A, Santamouris M, Apostolakis K. On the	Επίστρωση με ψυχρό υλικό χρωματισμένο με	0.05(τυπικό μαύρο χρώμα)	0.27	Η επιφανειακή θερμοκρασία

development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment. Sol Energy 2007;81(4):488–97	ανόργανη μπόγιά υψηλής ανακλαστικότητας σε μήκη κύματος κοντά στο υπέρυθρο			μειώθηκε μέχρι και 10.2 °C το καλοκαίρι και λιγότερο από 1 °C τον χειμώνα
Anak Guntor NA, Md Din MF, Ponraj M, Iwao K. Thermal performance of developed coating material as cool pavement material for tropical regions. J Mater Civ Eng 2014;26(4):755–60.	Επικάλυψη ασφάλτου με ανοιχτού χρώματος μπόγιά	Δεν αναφέρεται στην μελέτη	0.52	Η επιφανειακή θερμοκρασία μειώθηκε μέχρι και 4 °C απογευματινές ώρες το καλοκαίρι
Wan WC, Hien WN, Ping TP, Aloysius AZW. A study on the effectiveness of heat mitigating pavement coatings in Singapore. J Heat Island Inst Int 2012;7(2).	Επίστρωση της ασφάλτου με λεπτό στρώμα χρωστικής υψηλής ανακλαστικότητας σε μήκη κύματος κοντά στο υπέρυθρο	Not reported	0.40–0.59	Η επιφανειακή θερμοκρασία μειώθηκε μέχρι και 15 °C
Carnielo E, Zinzi M. Optical and thermal characterisation of cool asphalts to mitigate urban temperatures and building cooling demand. Build Environ 2013; 60:56–65.	Επίστρωση της ασφάλτου με λεπτό στρώμα χρωστικής υψηλής ανακλαστικότητας σε μήκη κύματος κοντά στο υπέρυθρο	0.09	0.66	Η μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία μειώθηκε μεταξύ 8-20 °C
Li G. Review of thermal energy storage technologies and experimental investigation of adsorption thermal energy storage for residential application;	Επικάλυψη της ασφάλτου με υψηλής υπέρυθρης ανακλαστικότητας χρωστικές ουσίες	0.27	0.55	Η επιφανειακή θερμοκρασία μειώθηκε μεταξύ 16 and 24 °C Κατά την διάρκεια της ημέρας και 2

2013				°C κατά την διάρκεια της νύχτας
Takebayashi H, Moriyama M. Relationships between the properties of an urban street canyon and its radiant environment: introduction of appropriate urban heat island mitigation technologies. Sol Energy 2012;86(9):2255–62.	Επικάλυψη της ασφάλτου με υψηλής υπέρυθρης ανακλαστικότητας χρωστικές ουσίες	0.25	0.6	Η επιφανειακή θερμοκρασία μειώθηκε μεταξύ 6.8 and 20 K

3.8.2. Ο Ρόλος των Χώρων Πρασίνου

Τα δέντρα και οι χώροι πρασίνου συμβάλλουν σημαντικά στην μείωση των θερμοκρασιών του αέρα στο αστικό περιβάλλον και κατ' επέκταση και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Τα δέντρα μπορούν να παρέχουν ηλιακή προστασία στα σπίτια κατά την διάρκεια της θερινής περιόδου, ενώ το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής μειώνει τις θερμοκρασίες του αέρα στο αστικό περιβάλλον. Τα δέντρα επίσης βοηθούν στον μετριασμό του φαινομένου του θερμοκηπίου, λειτουργώντας ως φίλτρα των ατμοσφαιρικών ρύπων, προλαμβάνουν τη διάβρωση του εδάφους, ενώ και από αισθητικής άποψης βοηθούν στην ψυχική ηρεμία των ανθρώπων. Όπως τονίζεται από τους Akbari et al. , (1992), “η αποτελεσματικότητα της βλάστησης στην μείωση των θερμοκρασιών του αέρα στο αστικό περιβάλλον εξαρτάται από την ένταση της, το σχήμα, τις διαστάσεις και την τοποθεσία. Γενικά, η απώλεια κάθε δέντρου ακόμη και ενός φύλλου μπορεί να έχει αξιοσημείωτη επίπτωση στη χρήση ενέργειας”.

Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί έχουν αποδείξει ότι η εξατμισοδιαπνοή από τα συστήματα εδάφους-βλάστησης μπορεί να έχει αξιόλογη συνεισφορά στη μείωση των αστικών θερμοκρασιών. Οι Duckworth και Sandberg , (1954) , βρήκαν ότι οι θερμοκρασίες στο πυκνής βλάστησης Golden Gate Park στο Σαν Φραντσίσκο είναι κατά μέσο όρο γύρω στους 8°C χαμηλότερες από κοντινές περιοχές με λιγότερη βλάστηση. Στο Τόκιο, οι ζώνες βλάστησης το καλοκαίρι είναι 16°C ψυχρότερες από τα σημεία χωρίς βλάστηση , (Tatsu Oka 1980 και Gao et al. , 1994) , ενώ στο Μόντρεαλ τα αστικά πάρκα μπορούν να είναι 2.5°C ψυχρότερα από τις γύρω οικοδομημένες περιοχές, (Oke 1977). Ο Jauregui , (1990-1991) , αναφέρει ότι το πάρκο στην πόλη του Μεξικού ήταν 2-3 °C ψυχρότερο αναφορικά με τα όριά του. Ο Lindqvist , (1992) , πραγματοποίησε μελέτες στο Gotemborg, στη Σουηδία και αναφέρει ότι σε κάποιες περιπτώσεις η θερμοκρασία του αέρα αυξήθηκε κατά 6°C, σ' ένα σημείο μέσα στην οικοδομημένη περιοχή, 250 m έξω από το κέντρο του πάρκου. Συγκεκριμένα, η οριζόντια βαθμίδα θερμοκρασίας στη ζώνη μετάβασης μεταξύ του πάρκου και της αστικής περιοχής ήταν 0.3-0.4°C ανά 100 m έξω από το πάρκο. Παρόμοια αποτελέσματα για το Gotenborg αναφέρονται από τον Eliason (1996). Οι Taha et al. , (1989, 1991), αναφέρουν ότι η εξατμισοδιαπνοή μπορεί να δημιουργήσει οάσεις 2-8°C ψυχρότερες από το περιβάλλον τους, ενώ ο Bowen, (1980), αναφέρει μείωση θερμοκρασίας 2-3°C εξαιτίας της εξατμισοδιαπνοή από τα φυτά. Τέλος, οι Saito et al., (1990/1991), μελέτησαν την επίδραση των χώρων πρασίνου στο θερμικό περιβάλλον της πόλης Kumamoto στην Ιαπωνία. Αναφέρουν ότι, ακόμη και μικρές περιοχές πρασίνου της τάξεως των 60x40m έδειχναν ψυκτική επίδραση, με μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μέσα και έξω από την περιοχή πρασίνου της τάξεως των 3°C.

Η επίδραση της βλάστησης σχετίζεται με την θερμότητα που απαιτείται για την αλλαγή φάση του νερού από υγρό σε υδρατμούς. Η μετάδοση θερμότητας, με την μορφή λανθάνουσας θερμότητας, από τα φυτά είναι πολύ υψηλή, περίπου 2324KJ/ kg νερού που εξατμίζεται, (Montgomery, 1987). Οι Moffat και Schiller, (1981), αναφέρουν ότι ένα μέσο δέντρο εξατμίζει 1460 kg νερού κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης καλοκαιρινής ημέρας, καταναλώνοντας περίπου 860 MJ ενέργειας, το οποίο έχει ένα ψυκτικό αποτέλεσμα έξω από το σπίτι ισοδύναμο με πέντε κλιματιστικά. Οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι η μεταφορά λανθάνουσας θερμότητας από το υγρό γρασίδι μπορεί να καταλήξει σε θερμοκρασίες 6-8°C μικρότερες από το υπερεκετθειμένο έδαφος και ότι ένα εκτάριο γης με γρασίδι μπορεί να μετατρέψει σε λανθάνουσα θερμότητα περισσότερο από 50 GJ σε μία ηλιόλουστη ημέρα.

Αριθμητικές προσομοιώσεις για τον υπολογισμό της επίδρασης του πράσινου στην θερμοκρασία του αέρα έχουν πραγματοποιηθεί από διάφορους ερευνητές. Οι Huang et al., (1987), αναφέρουν ότι η αύξηση της δεντροκάλυψης κατά 25%, στις πόλεις του Sacramento και του Phoenix των Η.Π.Α., μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 6 ως και 10°F(μετέτρεψε σε Κελσίου) μετά τις 14:00 L.T. Προσομοιώσεις αυτού του είδους έγιναν και από τον Taha,(1998), για την πόλη Davis στην Καλιφόρνια χρησιμοποιώντας το μοντέλο URBMET. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι για την φυτοκαλυμμένη περιοχή (30%) η θερμοκρασία του αέρα σε σχέση με την αντίστοιχη για περιβάλλον με γυμνό έδαφος, ήταν χαμηλότερη μέχρι και 6 °C τις απογευματινές ώρες και 2°C υψηλότερη κατά την διάρκεια της νύκτας. Οι παράγοντες που οδηγούν στην μείωση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας είναι η εξατμισοδιαπνοή και η σκίαση του εδάφους. Η μεγαλύτερη θερμοκρασία κατά την διάρκεια της νύχτας οφειλόταν σύμφωνα με τους μελετητές στον μειωμένο παράγοντα μορφής μεταξύ εδάφους και ουρανού από την ύπαρξη των φυτών.

Άλλες αριθμητικές προσομοιώσεις που περιγράφονται από τον Gao,(1993), δείχνουν ότι οι πράσινες περιοχές μειώνουν τις μέγιστες και μέσες θερμοκρασίες κατά 2°C. Επίσης βρέθηκε ότι το πράσινο σε μια αστική χαράδρα μπορεί να μειώσει την μέγιστη θερμοκρασία του αέρα κατά 2°C.

Ο Givoni,(1989), συγκεντρώνοντας δεδομένα από διάφορες εργασίες προτείνει ότι για τον καλύτερο δροσισμό των αστικών περιοχών και την αποτελεσματικότερη επίδρασή τους στην ποιότητα της ατμόσφαιρας στο αστικό περιβάλλον, οι χώροι πράσινου να είναι διασκορπισμένοι σε όλη την έκταση της πόλης και όχι συγκεντρωμένοι σε μερικά σημεία της.

Στα ίδια αποτελέσματα κατέληξαν με αριθμητικές προσομοιώσεις και οι Honjo και Takakura, (1990/1991), οι οποίοι προτείνουν ότι μικροί χώροι πράσινου σε σαφείς αποστάσεις μεταξύ τους είναι αποτελεσματικότεροι για την μείωση της θερμοκρασίας του αέρα της αστικής περιοχής.

Η σημαντικότητα της επίδρασης του αστικού περιβάλλοντος στην μείωση της αστικής θερμικής νησίδας έχει αναφερθεί και από πολλούς Ευρωπαίους Ερευνητές (Harrison κ.λπ. 1995, Eliasson 2000, Handley κλπ 2003). Τα δέντρα δημιουργούν ένα πολύ φιλικό για τους ανθρώπους ενεργειακό ισοζύγιο και ως εκ τούτου σημαντική θερμική άνεση στο εξωτερικό περιβάλλον (Picot, 2003). Οι Papadakis et. al. το 2001 διεξήγαγαν μετρήσεις για να ερευνήσουν την ικανότητα των δέντρων να ελέγξουν την ηλιακή ακτινοβολία σε μία κάθετη επιφάνεια στην Ελλάδα. Αναφέρουν ότι σχεδόν το 70 με 85% της προσπίπτουσας στην επιφάνεια ηλιακής ακτινοβολίας παρεμποδίζεται από τα δέντρα, ενώ η θερμοκρασία πίσω από αυτά είναι σημαντικά μικρότερη από αυτή που υπάρχει κοντά σε κάθετες επιφάνειες που δεν σκιάζονται από αυτά.

Σύμφωνα με τους μελετητές τα πάρκα μπορούν να μειώσουν την θερμοκρασία του αέρα στο αστικό περιβάλλον. Η μείωση αυτή εξαρτάται τόσο από το μέγεθος του πάρκου όσο και από την απόσταση από αυτό. Οι Gomez et al. το 1998, συνέκριναν τις

θερμοκρασίες του αέρα στο πάρκο και σε άλλες περιοχές της πόλης της Βαλένθια στην Ισπανία. Αναφέρουν ότι στο πάρκο οι θερμοκρασίες του αέρα είναι μικρότερες από αυτές της πόλης και μάλιστα ακόμα και όταν οι γενικές συνθήκες δεν ευνοούν την δημιουργία αστικής θερμικής νησίδας, είναι κατά 2.5 °C μικρότερες σε σχέση με την μέγιστη παρατηρούμενη θερμοκρασία στην πόλη εκείνη την στιγμή.

Ο Von Stülpnagel το 1987 και οι Von Stülpnagel et al. το 1990, αναφέρουν ότι κατά την διάρκεια της ημέρας στο μεγάλο αστικό πάρκο του Βερολίνου η θερμοκρασία του αέρα βρέθηκε να είναι μικρότερη από τις γύρω από αυτό αστικές περιοχές πάνω από 2 °C. Σύμφωνα με τις ίδιες μελέτες τα αστικά πάρκα μειώνουν τις θερμοκρασίες του αέρα στις άμεσα γειτονικές αστικές περιοχές, όμως η επίδραση εκτείνεται το πολύ ως τα 200 με 400 m γύρω από κάποιο σημαντικό πάρκο σε μία μέρα νηνεμίας.

Μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα μέσα και γύρω από το μεγαλύτερο αστικό πάρκο της Αθήνας πραγματοποιήθηκαν για μια περίοδο 10 ημερών τον Αύγουστο του 1998 (Santamouris, 2001). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν ταυτόχρονα κατά την διάρκεια της ημέρας χρησιμοποιώντας πέντε κινητούς σταθμούς με διαδρομές από το κέντρο του πάρκου προς την περιφέρεια και το αστικό περιβάλλον, για τέσσερις διαφορετικές κατευθύνσεις. Ο σκοπός των πειραμάτων ήταν να ερευνηθεί η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ μίας περιοχής με πράσινο και της περιβάλλουσα αστικής περιοχής, καθώς και ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με την απόσταση από το πάρκο. Στα αποτελέσματα του πειράματος αναφέρεται ότι:

α) Η θερμοκρασία μέσα στο πάρκο διαφέρει ανάλογα με την πυκνότητα βλάστησης και την σκίαση. Η διαφορά μεταξύ της μεγαλύτερης και της μικρότερης θερμοκρασίας μπορεί να είναι ως και 1.5 °C.

β) Η μέγιστη διαφορά μεταξύ του πάρκου και της περιβάλλουσας αστικής περιοχής κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν κοντά στους 3 °C.

γ) Δεν καταγράφηκε κάποια σταθερή βαθμίδα αύξησης της θερμοκρασίας με την απόσταση από το πάρκο σε καμία από τις τέσσερις εξόδους του πάρκου, ενώ βρέθηκε ότι κατά την έξοδο από το πάρκο παρατηρήθηκε απότομη αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1 °C. και

δ) Η θερμοκρασία γύρω από το πάρκο βρέθηκε να επηρεάζεται από άλλες παραμέτρους σε σχέση με την ύπαρξη του πάρκου, όπως η πυκνότητα δόμησης, η παραγόμενη θερμότητα από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (κυρίως αυτοκίνητα), η σκίαση από τις αστικές χαράδρες, κ.λ.π.

Σύμφωνα με τους Handley et. al. (2003), τα πάρκα θα πρέπει να έχουν μέγεθος τουλάχιστον ενός εκταρίου για να έχουν σημαντική επίδραση στο μικροκλίμα και για αυτό, ένα πυκνό δίκτυο δημόσιων εκτάσεων αστικού πράσινου είναι απαραίτητο για την βελτίωση του μικροκλίματος των πόλεων. Παράλληλα όπως σημειώνεται και από τους Pauleit και Duhme, (1995, 2000), η δημιουργία αστικών χώρων πρασίνου δεν μπορεί να αντισταθμίσει την παντελή έλλειψη πράσινου στο πυκνοδομημένο αστικό περιβάλλον. Τέλος, σε ότι αφορά στην προσομοίωση της επίδρασης του αστικού πράσινου στις πόλεις οι Robitu et al. (2006), ανέπτυξαν ένα αριθμητικό ημιστατικό μοντέλο, το οποίο επιτρέπει τον υπολογισμό της επίδρασης των δέντρων και των υγρών επιφανειών στο αστικό περιβάλλον και στην θερμική άνεση των πεζών.

Οι στέγες με πράσινο μπορούν να συνεισφέρουν σε σημαντικό βαθμό στην μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Οροφές κτιρίων καλυμμένες με πράσινο παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες από αυτές που παρατηρούμε σε «σκληρές» επιφάνειες και συνεισφέρουν στην μείωση της θερμοκρασίας του αέρα μέσω των φαινομένων της μεταφοράς και της εξατμισοδιαπνοής. Σημαντικές μελέτες έχουν διεξαχθεί στην Ευρώπη για την διερεύνηση της επίδρασης των πράσινων ταρατσών στην θερμική συμπεριφορά των κτιρίων καθώς και στο αστικό περιβάλλον. Οι Εφρεμόπουλος και Αραβαντινός το 1998,

προσομοίωσαν διάφορες τεχνικές φυτεύσεις στις στέγες και τις συνέκριναν με τις τυπικές στέγες. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι πράσινες στέγες συνεισφέρουν σημαντικά στην θερμική προστασία του κτιρίου αλλά δεν μπορούν να αντικαταστήσουν το στρώμα θερμομόνωσης του τυπικού κτιρίου. Οι Niachou et. al. το 2001 πραγματοποιώντας μια μεγάλη σειρά μετρήσεων σε πράσινες στέγες στην Ελλάδα κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι συνεισφέρουν σημαντικά στην μείωση του απαιτούμενου ψυκτικού φορτίου των κτιρίων.

Αναπτύχθηκαν επίσης διάφορα προγνωστικά μοντέλα για πράσινες στέγες. Ο Del Bario,(1998) πρότεινε ένα απλοποιημένο μοντέλο και προχώρησε σε μια παραμετρική μελέτη ευαισθησίας για να υπολογίσει το ψυκτικό δυναμικό των πράσινων οροφών κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Βάσει αυτού βρήκε ότι οι πράσινες στέγες δεν ενεργούν ως ψυκτικές μονάδες αλλά περισσότερο ως μονωτικές επιφάνειες που μειώνουν τη ροή θερμότητας διαμέσου της οροφής. Ο Θεοδοσίου το 2003 πρότεινε ένα θερμικό μοντέλο για την προσομοίωση της πράσινης στέγης και αξιολόγησε το μοντέλο χρησιμοποιώντας δεδομένα από πραγματική κατασκευή. Οι στέγες μπορούν να καλύπτονται πλήρως ή εν μέρει με βλάστηση. Λόγω της σκίασης αλλά και της μικρότερης επιφανειακής θερμοκρασίας, σύμφωνα με τους μελετητές, οι πράσινες στέγες ενισχύουν τη συνολική υδατοδιαπερατή επιφάνεια της πόλης, βοηθώντας το νερό να συγκρατείται στο έδαφος και επιτρέποντας μεγαλύτερες ποσότητες να είναι διαθέσιμες για εξατμισοδιαπνοή. Σύμφωνα με την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών, «τις ζεστές μέρες του καλοκαιριού, η θερμοκρασία της επιφάνειας μιας πράσινης στέγης μπορεί να είναι πιο δροσερή από τη θερμοκρασία του αέρα, ενώ η επιφάνεια μιας συμβατικής στέγης μπορεί να είναι έως και 50°C θερμότερη» Επίσης οι πράσινοι τοίχοι και οι προσόψεις θεωρούνται πολύ σημαντική πτυχή της πράσινης υποδομής και λύσεων που βασίζονται στη φύση για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής στο αστικό περιβάλλον

Οι Akbari et. al. (2016), συγκέντρωσαν μελέτες σχετικά με την επίδραση στην θερμοκρασία του αέρα των αστικών πάρκων και του αστικού πράσινου γενικότερα. Σύμφωνα με αυτούς, διάφορες μορφές πρασίνου υπάρχουν στις περιοχές της πόλης, όπως φυσικά άλση, πάρκα, κήποι σε ταράτσες, φυτεμένες προσόψεις κτηρίων πρασινάδες, δένδρα σε δρόμους οι οποίες κατηγοριοποιούνται κυρίως σε δύο μεγάλες κατηγορίες: φυσικές και ανθρωπογενείς. Σύμφωνα με τους μελετητές ο ρόλος της πράσινης βλάστησης στο αστικό κλίμα και ο μετριασμός της αστικής υπερθέρμανσης επισημάνθηκε από τους Hoyano et al. 1988 και Wilmers 1990 δείχνοντας την επίδραση της μείωσης της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των περιοχών που καλύπτονται με βλάστηση και των περιχώρων τους. Σε σχετική μελέτη που αφορούσε ένα πάρκο στο Μόντρεαλ καθώς και ένα μικρό πάρκο 0,6 km² στην Ιαπωνία, η κλιματική επιρροή του πάρκου το μεσημέρι μπορεί να επεκταθεί έως και 1000 μέτρα πέρα από την σύνορα του. Ο Wattkins et al. (2002) εκτίμησαν ότι ο αντίκτυπος των πάρκων στο Λονδίνο εκτείνεται σε απόσταση μεταξύ 200 και 400 μέτρων. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν οι Wong (2006) για τη Σιγκαπούρη, Hamada και Ohta (2010) για την Ιαπωνία και Skoulika et al. (2014) για την Αθήνα. Επίσης σύμφωνα με την ανασκόπηση των μελετητών προκύπτει ότι η μέση νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας στα πάρκα είναι κατά 1.15 °C μεγαλύτερη σε σχέση με τις αστικές περιοχές, ενώ κατά τη διάρκεια της ημέρας μικρότερη κατά 0.94°C. Επίσης, δεδομένα από τέσσερα πειράματα σε πόλεις που χαρακτηρίζονται από ωκεάνιο κλίμα δείχνουν ότι η ένταση ψυχρής αστικής νησίδας εντός των πάρκων κυμάνθηκε μεταξύ 0.5 και 2.5°C.

Οι Santatouris M. et al. (2018) έκαναν μια αντίστοιχη ανασκόπηση σχετικά με την επίδραση της εξατμισοδιαπνοής των φυτών στο αστικό κλίμα. Σύμφωνα με αυτή η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα σε μεγάλα αστικά πάρκα είναι περί τους 2–3°C. Το καλοκαίρι, η επίδραση του φαινομένου είναι μεγαλύτερη οδηγώντας σε πάνω από 2°C χαμηλότερες θερμοκρασίες από ότι το χειμώνα όπου είναι χαμηλότερες των 0.5 °C. Η επίδραση του φαινομένου διαφέρει σε μέγεθος και πρόσημο ανάλογα με τα φυσικά

χαρακτηριστικά του αστικού πράσινου σε συνδυασμό με εκείνα του περιβάλλοντος χώρου. Έχει παρατηρηθεί ότι η αστική βλάστηση δροσίζει τον αέρα περισσότερο τη νύχτα παρά την ημέρα το καλοκαίρι, π.χ. έως 3.3°C και 2.3 °C αντίστοιχα (Taha et al. 2018). Σε άλλες περιπτώσεις, ψύχουν τον αέρα εξίσου κατά τη διάρκεια της ημέρας και τη νύχτα (Sun et al. 2009) ή με μεταβαλλόμενη συμπεριφορά μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού, π.χ. μεγαλύτερη ψύξη τη νύχτα το χειμώνα αλλά μεγαλύτερη ψύξη κατά τη διάρκεια της ημέρας το καλοκαίρι (Hamada, Ohta 2010· Taha 2015). Η ψύξη από τη βλάστηση είναι πιο αποτελεσματική αν η φύτευση εφαρμόζεται σε στοχευμένες περιοχές και διαμορφώσεις, π.χ. αστικά πάρκα, αντί σε εκτεταμένες περιοχές (Taha 2013, Taha et al. 2015). Επίσης το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής και της εξάτμισης επιτρέπει τη μεταφορά ψυχρού αέρα, από το πάρκο, στις περιβάλλουσες αυτού αστικές περιοχές, σε βάθος από μερικές δεκάδες μέτρα μέχρι μερικές εκατοντάδες (50-1500 m, απόσταση που εξαρτάται από τη δομή και το μέγεθος των πάρκων, τη συχνότητα ποτίσματος, τον τύπο των φυτών, καθώς και από την χαρακτηριστικά των γύρω αστικών ζωνών, όπως πυκνότητα δόμησης το ύψος των κτηρίων, την παραγόμενη ανθρωπογενή θερμότητα και τέλος, από τις καιρικές συνθήκες (ανέμους, υγρασία, θερμοκρασία αέρα, νέφωση) και την κλιματική ζώνη της περιοχής. Αρκετές μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε πυκνοδομημένες αστικές περιοχές με υψηλή ανθρωπογενή θερμότητα κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο αντίκτυπος των πάρκων μπορεί να είναι χαμηλός ή ακόμη και ασήμαντος (Zouliia et al. 2009· Saito et al. 1990–1991). Σε μία άλλη περίπτωση η μείωση της θερμοκρασίας γύρω από τα αστικά πάρκα βάσει μετρήσεων σε μια πόλη στα δυτικά του Τόκιο για ένα πάρκο 0.6 km² έφτασε 1.5 °C το μεσημέρι σε μια εμπορική περιοχή σε απόσταση 1 km όταν ο άνεμος είχε κατεύθυνση από το πάρκο προς την περιοχή.

Οι Charfi S. et al. (2015) με μετρήσεις που διεξήγαγαν σε πάρκα της πόλης της Τύνιδας βρήκαν ότι οι χώροι πρασίνου μειώνουν τις θερμοκρασίες του αέρα κατά 1 έως 2°C κατά τη διάρκεια της ημέρας και κατά περίπου 3°C τη νύχτα. Η μελέτη έδειξε ότι η ένταση του φαινομένου στο αστικό πάρκο στην Τύνιδα εξαρτάται από το μέγεθος της περιοχής με βλάστηση, τον όγκο της φυτικής βιομάζας και την άρδευση. Η βλάστηση επιτρέπει στους δρόμους γύρω από τα πάρκα να ψύχονται το καλοκαίρι κατά 1 έως 2°C κατά τη διάρκεια της ημέρας με ηλιοφάνεια.

Οι Nouri, A.S et. al. (2018), εξέτασαν τις επιδράσεις της βλάστησης στα επίπεδα θερμικής άνεσης των πεζών χρησιμοποιώντας ένα από τα αυτοφυή ημιφυλλοβόλα δέντρα, το Tiruana tiru, της πόλης της Λισαβόνας. Η μελέτη έδειξε ότι η επίδραση του, κατά τη διάρκεια μιας πολύ ζεστής περιόδου ημέρα, όπου η ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία του αέρα ξεπέρασε τους 35 °C οδήγησε σε σημαντική μείωση της φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας (PET) που έφτασε έως και τους 15.6°C.

Οι Huang, Z., et al. (2020) διεξήγαγαν μικρομετεωρολογικές μετρήσεις για την καλύτερη κατανόηση των επιπτώσεων των διαφορετικής φυλλικής επιφάνειας δέντρων στην ανθρώπινη θερμική άνεση σε ρηχές αστικές χαράδρες σε μια περιοχή υψηλής θερμοκρασίας και υψηλής υγρασίας στο Wuhan της Κίνας τις ηλιόλουστες μέρες του καλοκαιριού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα μικροκλιματικά οφέλη είναι σημαντικότερα για περιοχές με υψηλό ποσοστό κάλυψης δέντρων, σε σύγκριση με αυτές που είχαν μεσαίο και χαμηλό ποσοστό ειδικά το μεσημέρι. Σε δρόμους με υψηλό ποσοστό κάλυψης δέντρων, οι απογευματινές θερμοκρασίες του αέρα και οι μέσες θερμοκρασίες ακτινοβολίας μπορούν να μειωθούν κατά 3.3 °C και 13.9 °C, αντίστοιχα, σε σύγκριση με έναν παρόμοιο δρόμο χωρίς σκιά δέντρων. Σύμφωνα με τους μελετητές η παρεμπόδιση της ηλιακής ακτινοβολίας και η αύξηση της έντασης του ανέμου είναι πιο εφικτές μέθοδοι για την βελτίωση της ανθρώπινη θερμικής άνεση σε σχέση με τον έλεγχο της θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα.

Σύμφωνα με τους Chen T. et. al. (2021), η αστική δενδροφύτευση έχει τη δυνατότητα να μειώσει την ένταση της αστικής θερμικής νησίδας ωστόσο, η ετερογένεια των πόλεων καθιστά δύσκολη την ποσοτική αξιολόγηση των ολοκληρωμένων επιπτώσεων της δενδροφύτευσης και της διάταξης των δρόμων. Στο πλαίσιο αυτό οι μελετητές πραγματοποίησαν πειράματα σε εξωτερικούς χώρους για τη διερεύνηση της επίδρασης των δενδροφυτεύσεων στην ροή του αέρα και στο θερμικό περιβάλλον αυτών, σε αστικές χαράδρες με προσανατολισμό βορρά-νότου για διάφορους χαρακτηριστικούς λόγους (H/W 1, 2 3). Εξετάστηκε η επίδραση δέντρων με παρόμοιο δείκτη φυλλικής επιφάνειας αλλά διαφορετικού σχήματος (*C. kotoense*, μεγάλη κορώνα, *C. macrocarpa*, μικρή κορώνα), η πυκνότητα της δενδροφύτευσης ($\rho = 1$, και 0.5) και ο τρόπος φύτευσή τους (διπλής σειράς, μονής σειράς). Οι μετρήσεις έδειξαν ότι η βλάστηση μειώνει την ένταση του ανέμου, σε επίπεδο πεζών, κατά 29%-70%. Για $\rho = 1$ και διάταξη μονής σειράς, το *C. kotoense* (μεγάλη κορώνα) έχει καλύτερη επίδραση σκίασης και μειώνει τη θερμοκρασία επιφανείας των τοίχων και του αέρα, κατά τη διάρκεια της ημέρας έως και 9.4 °C και 1.2 °C, αντίστοιχα. Αντίθετα, το *C. macrocarpa* (μικρό στέμμα) οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας στο επίπεδο πεζών. Επιπλέον, το *C. kotoense* αυξάνει τη θερμοκρασία του αέρα και των τοίχων του ανώτερου στρώματος του αστικού θόλου και αυξάνει την λευκαύγεια του δρόμου κατά τη διάρκεια της ημέρας λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται από τα δέντρα. Το *macrocarpa* παράγει τη μέγιστη ψύξη κατά τη διάρκεια της ημέρας ενώ αυξάνει την νυχτερινή θέρμανση του δρόμου, όταν H/W = 2, λόγω της ασθενέστερης μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή. Όταν H/W = 3, η σκίαση του κτιρίου είναι σημαντικότερη στο δροσισμό σε σχέση με την σκίαση των δένδρων και η ψύξη των δέντρων είναι λιγότερο σημαντική. Όταν $\rho = 1$, τα δέντρα διπλής σειράς (*C. kotoense*) μπορούν να μειώσουν, κατά τη διάρκεια της ημέρας, τις θερμοκρασίες των τοίχων και του αέρα κατά 10.0°C και 1.0 °C αντίστοιχα. Ωστόσο, η μείωση της πυκνότητας φύτευσης από 1 σε 0.5 αποδυναμώνει την ικανότητα ψύξης κατά τη διάρκεια της ημέρας για το *C. kotoense* και το φαινόμενο της θέρμανσης για το *C. macrocarpa*.

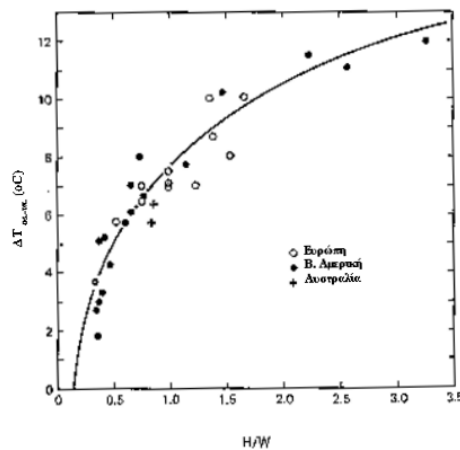
Πρόσφατα οι Federica Marando et al. (2022) μελέτησαν, σε 601 Ευρωπαϊκές πόλεις, μέσω προσομοιώσεων, την επίδραση της δενδροκάλυψης στην μείωση της θερμοκρασίας του αέρα. Σύμφωνα με τους μελετητές, βρέθηκε ότι για τα διάφορα σενάρια δενδροφύτευσης η θερμοκρασία του αέρα στα κέντρα των πόλεων μπορεί μειωθεί κατά μέσο όρο μεταξύ 1.07°C και 2.9 °C, αλλά για να επιτευχθεί πτώση κατά 1 °C, απαιτείται η αύξηση του ποσοστού δενδροκάλυψης σε μία πόλη να είναι τουλάχιστον 16%.

Οι Zheng X. Et. al. (2023), πραγματοποίησαν ένα υπαίθριο πείραμα για τη διερεύνηση της χωροχρονικής διακύμανσης του αστικού ανέμου και του θερμικού περιβάλλοντος που προκαλείται από συστήματα κατακόρυφου πρασίνου (VGS) με δυτικό προσανατολισμό σε φαράγγια δρόμων με χαρακτηριστικό λόγο H/W = 1 και 2 στην υποτροπική πόλη Guangzhou της Κίνας. Σε αστικές χαράδρες μια τυπική ζεστή μέρα (26 Οκτωβρίου 2021), τα συστήματα κατακόρυφου πρασίνου μείωσαν την ένταση του ανέμου κατά 38.0 % και 21.0 % σε χαράδρες με H/W = 1 και 2, αντίστοιχα. Σε σύγκριση με τις περιπτώσεις αναφοράς δρόμων χωρίς πράσινο, οι επιφανειακές θερμοκρασίες των δρόμων με συστήματα κατακόρυφου πρασίνου για χαρακτηριστικούς λόγους H/W = 1 και 2, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας τοίχου με δυτική όψη (Tw-δυτική), της θερμοκρασία τοίχου με ανατολική όψη (Tw-ανατολή), της θερμοκρασίας εδάφους (Tg), και της θερμοκρασίας του αέρα (Ta), ήταν όλες σημαντικά χαμηλότερες. Λόγω του φαινομένου ψύξης που προκαλούν συστήματα κατακόρυφου πρασίνου η μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας επιφανείας του Tw-west στο ανώτερο επίπεδο των αστικών χαραδρών με H/W = 1 και 2 ήταν 20.3 και 16.8 °C, αντίστοιχα. Η μέγιστη μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας εδάφους Tg, στο κέντρο της οδού στην περίπτωση οδών με VGS και χαρακτηριστικό λόγο H/W = 2 ήταν 4.6°C, η οποία ήταν πιο έντονη από την αντίστοιχη περίπτωση για H/W = 1 (1.8 °C). Η μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας του

αέρα T_a , στο επίπεδο των πεζών κατά μήκος του κεντρικού άξονα των οδών με χαρακτηριστικό λόγο $H/W = 1$ και 2 ήταν 0.8 και 1.6 °C, αντίστοιχα, η οποία ήταν πιο έντονη από ό,τι στο ανώτερο επίπεδο. Η μείωση του T_w -west στο ανώτερο επίπεδο και των T_g και T_a με VGS ήταν μεγαλύτερη στην περίπτωση των χαράδρων $H/W = 2$ από αυτή που παρατηρήθηκε για χαράδρες με $H/W=1$, λόγω της χαμηλότερης έντασης ανέμου και της μικρότερης λευκαύγειας.

3.8.3. Ο Ρόλος του Οδικού Σχεδιασμού

Η παρούσα παράγραφος αναφέρεται στο ρόλο του οδικού σχεδιασμού στην ένταση της αστικής θερμικής νησίδας. Ο Oke, (1981), πρότεινε την εξίσωση $\Delta T_{max} = 7.45 + 3.97 \cdot \ln(H/W)$ για να συσχετίσει τη μέγιστη ένταση της θερμικής νησίδας, σε αίθριες νύκτες με συνθήκες νηνεμίας, με τη γεωμετρία της αστικής χαράδρας όπως εκφράζεται από τη σχέση ανάμεσα στο ύψος των κτιρίων H και την απόσταση ανάμεσα τους W , δηλαδή τον λόγο (H/W).



Σχήμα 3.17: Σχέση ανάμεσα στον παράγοντα θέας του ουρανού και την ένταση της αστικής θερμικής νησίδας (Park 1987)

Όπως αναφέρθηκε ήδη, ο Oke βρήκε ότι η αστική θερμική νησίδα προκαλείται από τη μειωμένη καθαρή ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος που εκπέμπεται προς τον ουρανό εξ αιτίας του μειωμένου συντελεστή μορφής μεταξύ των επιφανειών και του ψυχρότερου ουρανού. Ο Park (1987) πρόσθεσε στοιχεία από την Κορέα και την Ιαπωνία (σχήμα 3.15), συζητώντας τη σχέση ανάμεσα στον πληθυσμό και τη συνάρτηση θέας του ουρανού για τις διαφορετικές περιοχές. Όπως φαίνεται, οι επιδράσεις του σχεδιασμού των κτιρίων είναι διαφορετικές από περιοχή σε περιοχή, αφού διαφορετικές περιοχές χαρακτηρίζονται από διαφορετικά ύψη κτιρίων και διαφορετικά πλάτη αστικής χαράδρας.

Διάφορες μελέτες πραγματοποιήθηκαν επίσης για τη σχέση ανάμεσα στο σχεδιασμό της αστικής χαράδρας και ιδιαίτερα τη συνάρτηση θέας του ουρανού, με την ένταση της θερμικής νησίδας, όπως επίσης και με τις θερμοκρασίες επιφάνειας. Οι Yamashita et al., (1986), αναφέρουν μία σαφή συσχέτιση της θερμοκρασίας του αέρα σε αστικό περιβάλλον με τον συντελεστή μορφής των επιφανειών και του ουρανού για κάποιες πόλεις της Ιαπωνίας. Ο Barring (1985), μελέτησε τη σχέση ανάμεσα στη θερμοκρασία επιφάνειας του δρόμου συναρτήσει του παράγοντα μορφής με τον ουρανό στο Malmoe της Σουηδίας, και αναφέρει ότι η σχέση αυτή είναι ισχυρή και μάλιστα ότι οι επιφανειακές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της νύκτας είναι τόσο μικρότερες όσο

μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής μορφής μεταξύ των επιφανειών και του ουρανού. Υψηλές θερμοκρασίες επιφάνειας καταγράφονται σε αστικές χαράδρες χαμηλού συντελεστή μορφής ουρανού. Ωστόσο, δεν έχει βρεθεί μία σαφής συσχέτιση ανάμεσα στην θερμοκρασία επιφάνειας σε αστικό περιβάλλον και του παράγοντα μορφής με τον ουρανό. Αυτό δείχνει εμφανώς ότι το τυπικό επίπεδο θερμοκρασίας του αέρα στο δρόμο επηρεάζεται από πιο σύνθετους και τοπικούς παράγοντες απ' ό,τι η θερμοκρασία επιφάνειας τους, αν και η γεωμετρία της αστικής χαράδρας είναι σημαντική σε τοπικό επίπεδο.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρονται από τον Eliason (1990/91 και 1996) για το Γκέτεμποργκ της Σουηδίας. Βρέθηκε ότι κατά την χειμερινή περίοδο η επιφανειακή θερμοκρασία, επηρεάζεται σε σημαντικό βαθμό από την δομή της πόλης χωρίς όμως να προσδιορισθεί κάποια σημαντική συσχέτιση μεταξύ των δύο μεγεθών. Αυτό που εντοπίστηκε είναι ότι η μέγιστη διαφορά της επιφανειακής θερμοκρασίας μεταξύ δρόμων με $H/W=0.5$ και $H/W=2.0$ ήταν 3.5°C . Σε παρόμοια μελέτη και για τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά ο Arnfield, (1990), ανέφερε ότι παρατηρήθηκαν διαφορές επιφανειακής θερμοκρασίας μέχρι και 4°C . Και οι δύο μελέτες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι, ενώ η επιφανειακή θερμοκρασία εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την γεωμετρία του δρόμου, η θερμοκρασία του αέρα εντός αυτού δεν εμφανίζει κάποια σημαντική σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά. Αυτό συμβαίνει διότι η θερμοκρασία του αέρα εξαρτάται και από την κατακόρυφη και οριζόντια μεταφορά αέρα στο εσωτερικό της χαράδρας. (Roth et al., 1989), Stoll και Brazel (1992).

Οι Offerle, B et al. (2006) μελέτησαν την ταχύτητα του ανέμου και την θερμοκρασία του αέρα σε μία αστική χαράδρα με χαρακτηριστικό λόγο 2.1, και με προσανατολισμό άξονα περίπου B-N (340°), στο Γκέτεμποργκ της Σουηδίας, για διάφορες εποχές του έτους, εστιάζοντας κυρίως σε ηλιόλουστες ημέρες. Στο πλαίσιο της μελέτης βρέθηκε ότι στο ίδιο ύψος των δύο κάθετων προσόψεων της χαράδρας οι διαφορές των επιφανειακών θερμοκρασιών έφτασαν μέχρι τους 15°C την καλοκαιρινή περίοδο. Τα μοτίβα των θερμοκρασιών επιφάνειας των προσόψεων της χαράδρας και του οριζόντιου οδοστρώματος ακολουθούσαν αυτό της προσπίπτουσας άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, με δευτερεύοντα παράγοντα διαμόρφωσής τους κατά τη διάρκεια της ημέρας την ανταλλαγή υπέρυθρης ακτινοβολίας μεταξύ των επιφανειών της χαράδρας. Σύμφωνα με την μελέτη λίγο πριν το τοπικό μεσημέρι η πρόσοψη με δυτικό προσανατολισμό αρχίζει να δέχεται την επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας ξεκινώντας από το επίπεδο του δρόμου. Κατά την διάρκεια της ημέρας η επίδραση της υπέρυθρης ακτινοβολίας μεταξύ των προσόψεων είναι πιο εμφανής το απόγευμα, αφού η πρόσοψη με ανατολικό προσανατολισμό έχει ψυχθεί αρκετά. Οι θερμοκρασίες αυτής της πρόσοψης εμφανίζουν τότε ένα δευτερεύον μέγιστο λόγω της εκπεμπόμενης από την απέναντι πρόσοψη υπέρυθρης ακτινοβολίας. Αντίστοιχα και η δυτικού προσανατολισμού πρόσοψη, δείχνει ένα πρωινό τοπικό μέγιστο, αν και πιο αδύναμο, και πάλι πιθανώς λόγω της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τον απέναντι τοίχο. Τη νύχτα, η διακύμανση της θερμοκρασίας της επιφάνειας με το ύψος οφείλεται στη διακύμανση της καθαρής υπέρυθρης ακτινοβολίας με το ύψος, η οποία από μόνη της προκύπτει κυρίως από τις διαφορές στους παράγοντες μορφής με τον ουρανό και τις πλευρές της αστικής χαράδρας. Γενικά επιφανειακές θερμοκρασίες μειώνονται με το ύψος προς την κορυφή του φαραγγιού αλλά οι διαφορές είναι μικρότερες από 2.5°C . Το χειμώνα, τα τοιχώματα της χαράδρας δέχονται μικρή επίδραση από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και οι διαφορές των επιφανειακών θερμοκρασιών οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στην ανθρωπογενή θέρμανση του εσωτερικού του κτιρίου.

Σε ότι αφορά την θερμοκρασία του αέρα λίγο μετά την ανατολή του ηλίου, η θερμοκρασία του αέρα πάνω από την χαράδρα αυξάνεται ταχύτερα από τη θερμοκρασία του αέρα μέσα σε αυτή. Μέχρι τα μέσα του πρωινού, ο αέρας εντός της χαράδρας είναι από $0,5$ έως 2°C θερμότερος σε σχέση με την θερμοκρασία του αέρα πάνω από αυτήν, με την μεγαλύτερη διαφορά να παρατηρείται

στο μέσο ύψος της χαράδρας. Όσο προχωράει η μέρα το μέγιστο της θερμοκρασίας του αέρα εντός της χαράδρας μετακινείται σε μεγαλύτερο ύψος.

Οι Niachou et al. (2008) διερεύνησαν πειραματικά, το καλοκαίρι του 2002, τα θερμικά χαρακτηριστικά μία τυπικής αστικής χαράδρας με προσανατολισμό ANA-ΔΒΔ. Εξετάστηκε επί 24ώρου βάσης η χρονική και χωρική κατανομή της θερμοκρασίας του αέρα και των επιφανειών στην αστική χαράδρα δίνοντας έμφαση στην κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας των επιφανειών και του του αέρα της χαράδρας. Σύμφωνα με την μελέτη η κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας του αέρα στο κέντρο της οδού δεν παρουσίασε σημαντικές διακυμάνσεις. . Ισχυρή αναστροφή θερμοκρασίας, έως και 7.2 C/100 m, παρατηρήθηκε το πρωί που συνέπεσε με τις ελάχιστες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ του ασφαλτοστρωμένου δρόμου και του στρώματος αέρα στα 3.5 m πάνω από την οδό. Κατά τη διάρκεια της ημέρας η ατμόσφαιρα έγινε ασταθής, ως αποτέλεσμα της άμεσης ηλιακής θέρμανσης του ασφαλτοστρωμένου δρόμου και των τοίχων του κτιρίου παρόλα αυτά οι διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μέσα και έξω από το φαράγγι στο κέντρο της οδού βρέθηκαν πολύ μικρές. Όσον αφορά τις θερμοκρασίες του αέρα κοντά στις κάθετες προσόψεις της χαράδρας ήταν υψηλότερες στη ΝΝΔ σε σχέση με αυτές που καταγράφηκαν στο ίδιο ύψος στη ΒΒΑ πρόσοψη. Οι μεγαλύτερες διαφορές που καταγράφηκαν ήταν στους 5.4°C, και παρατηρήθηκαν κατά τις πρώτες απογευματινές ώρες γύρω στις 16:00–17:00 LT και οι χαμηλότερες νωρίς το πρωί γύρω στις 7:00 LT. Οι επιφανειακές θερμοκρασίες όπως ήταν αναμενόμενο στην ΝΝΔ πλευρά ήταν υψηλότερες από αυτές της απέναντι ΒΒΑ πλευράς. Οι σημαντικότερες διαφορές καταγράφηκαν στον 4ο όροφο και ήταν της τάξης των 6.1°C λόγω της υψηλής διαφοράς στην προσλαμβάνουσα ηλιακή ακτινοβολία και στο ισόγειο που ήταν μέχρι 5.1°C λόγω της μικρής έντασης του ανέμου και του υπερθερμασμένο επίπεδο του δρόμου. Οι μετρήσεις στο οριζόντιο της επιφανειακής θερμοκρασίας κατά πλάτος του οριζόντιου επίπεδο της χαράδρας από την ΒΒΑ πλευρά προς την ΝΝΔ πλευρά κατέγραψαν της υψηλότερες θερμοκρασίες στην άσφαλτο που έφτασε τους 60.1°C το τοπικό μεσημέρι. Στις πλάκες πεζοδρομίου της ΝΝΔ πλευράς παρουσίασε μέγιστη τιμή του 55.1°C μία ώρα πριν το τοπικό μεσημέρι ενώ στο πεζοδρόμιο της ΒΒΑ πλευράς οι θερμοκρασίες επιφανείας κυμάνθηκαν μεταξύ 25 και 30°C. Οι στιγμιαίες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ του ΝΝΔ και του ΒΒΔ μέρους της οριζόντιας επιφάνειας έφτασε στους 30.1 °C. Αυτή η διαφορά οδηγεί στην υπερθέρμανση των χαμηλότερων επιπέδων αέρα που έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ανοδικών κινήσεων κοντά στη νότια πρόσοψη της χαράδρας. Σύμφωνα με τους μελετητές η κατανομή της θερμοκρασίας του αέρα μέσα σε ένα φαράγγι του δρόμου έχει άμεση συσχέτιση με τη γεωμετρία και του προσανατολισμού του φαραγγιού, καθώς και των οπτικών και θερμικών ιδιοτήτων των υλικών του κτιρίου και του δρόμου και των καιρικών συνθηκών περιβάλλοντος.

Οι Georgakis, C. et al. (2010) μελέτησαν την κατακόρυφη διαστρωμάτωση της αστικής καταγράφοντας την καθ' ύψος κατανομή της θερμοκρασία του αέρα σε έναν αγρικό σταθμό αναφοράς και τις σε αντίστοιχο ύψος θερμοκρασίες του αέρα στο μέσο 5 αστικών χαραδρών στο κέντρο της πόλης των Αθηνών. Σύμφωνα με τη μελέτη βασικός ρυθμιστικός παράγοντας των διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ της αστικής περιοχής και του αγροτικού σταθμού είναι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της αστικής περιοχής. Άλλοι ρυθμιστικοί παράγοντες είναι ο προσανατολισμός της αστικής περιοχής, οι μετεωρολογικές συνθήκες και η ύπαρξη και το μέγεθος των θερμοκρασιακών αναστροφών. Τέλος σύμφωνα με τους μελετητές η αύξηση του χαρακτηριστικού λόγου οδηγεί σε μείωση των διαφορών από τον σταθμό αναφοράς κατά την διάρκεια της ημέρας.

Οι Giannopoulou, K et al. (2010) μελέτησαν την επίδραση του χαρακτηριστικού λόγου τριών παράλληλων αστικών χαραδρών, του πυκνοδομημένου κέντρου της πόλης των Αθηνών, στην ανάπτυξη της νυχτερινής αστικής θερμικής νησίδας σε συνδυασμό με την

αδιατάραχτη ταχύτητα του ανέμου πάνω από αυτές και την νεφοκάλυψη. Τα πειράματα διεξήχθησαν την νυχτερινή καλοκαιρινή και φθινοπωρινή περίοδο του 2007 και οι χαρακτηριστικοί λόγοι (H/W) ήταν 3, 2.1 και 1.7. Σύμφωνα με την μελέτη ο ρυθμός μείωσης της θερμοκρασίας του αέρα εντός των χαράδρων είναι πιο μεγάλος όσο πιο μικρός είναι ο χαρακτηριστικός λόγος των οδών. Επίσης παρατηρήθηκε ότι υπό χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος ο ρυθμός μείωσης της θερμοκρασίας του αέρα εντός της χαράδρας είναι πιο σημαντικός με την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου για την ίδια χαράδρα. Αντίστοιχα για υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος ο ρυθμός μείωσης είναι μικρότερος. Επίσης παρατηρήθηκε ότι ο ρυθμός ψύξης της αστικής χαράδρας μειώνεται όσο αυξάνει η νεφοκάλυψη. Η αστική θερμική νησίδα στις μελετώμενες αστικές χαράδρες ήταν πάντα σημαντικότερη όσο πιο μεγάλος είναι χαρακτηριστικός λόγος των οδών. Το φαινόμενο της αστικής νησίδας ήταν πιο έντονο κάτω από συνθήκες νηνεμίας. Η ένταση της θερμικής νησίδας σε σχέση με τον σταθμό αναφοράς στο Αστεροσκοπείο Αθηνών και στις τρεις αστικές χαράδρες ήταν υψηλότερη γύρω στα μεσάνυχτα και στη συνέχεια παρατηρήθηκε μείωση το υπόλοιπο της νυχτερινής περιόδου. Η ένταση κυμάνθηκε μεταξύ 2.2 και 2.7 °C.

Οι μελετώμενες, A. et al. (2017) μελέτησαν στην πόλη της Θεσσαλονίκης χρησιμοποιώντας μετρήσεις πεδίου για την βαθμονόμηση και αξιολόγηση του αριθμητικού μοντέλου μικροκλιματικών προσομοιώσεων βάσει του οποίου μελετήθηκαν 17 αστικές χαράδρες με διαφορετικούς χαρακτηριστικούς λόγους (από 0.6 ως 3.3), διαφορετικούς προσανατολισμούς διαφορετική πυκνότητα φύτευσης και διαφορετικά υλικά οδοστρώματος. Από τα αποτελέσματα της μελέτης προέκυψε ότι οι καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης κατά την περίοδο του καλοκαιριού παρατηρήθηκαν σε αστικές χαράδρες μεσαίου ή υψηλού χαρακτηριστικού λόγου με άξονα προσανατολισμού της οδού B-N, ενώ στις χαράδρες με άξονα προσανατολισμού A-Δ χρειάζονται βελτιώσεις όπως πρόσθετη σκίαση στην εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία πρόσοψη με Νότιο προσανατολισμό. Τέλος οι αστικές χαράδρες με μεγάλο χαρακτηριστικό λόγο είχαν καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης από τις αντίστοιχες με μικρό χαρακτηριστικό λόγο κατά τις απογευματινές ώρες του καλοκαιριού

Οι Jin, H. et al. (2020) ερευνήσαν σε τρία είδη δρόμων, την επίδραση της θέρμανσης του κτιρίου στο περιβάλλον του, τη σχέση μεταξύ των χαρακτηριστικών της μορφολογίας των δρόμων και του μικροκλίματος και της ανθρώπινης άνεσης (φυσιολογική ισοδύναμη θερμοκρασία, PET). Από την μελέτη προέκυψε ότι για δρόμους ανοιχτού τύπου, οι μέσες θερμοκρασίες του αέρα για διαφορετικούς προσανατολισμούς μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους ως και 1.3 °C το χειμώνα λόγω της επίδρασης των δέντρων στα πεζοδρόμια. Για ημι-ανοιχτούς δρόμους, η θερμοκρασία των δρόμων επηρεάζεται από τους προσανατολισμούς των οδών. Η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ των δρόμων με διαφορετικούς προσανατολισμούς έφτασε και στους 2.1 °C το χειμώνα. Από την ίδια μελέτη προέκυψε ότι η μεταφορά θερμότητας έχει πιο σημαντική επίδραση στην αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα από ότι η ακτινοβολία θερμότητας. Για λεωφόρους και ημι-ανοιχτού τύπου οδούς, ο συντελεστή μορφής ουρανού (SVF) και οι αποστάσεις των ανοιγμάτων της οδού παρουσίασαν αρνητική συσχέτιση με την θερμοκρασία του αέρα αλλά και με την φυσιολογική ισοδύναμη θερμοκρασία (PET), ενώ συσχετίζονται θετικά με την ένταση του ανέμου. Σύμφωνα με την μελέτη η αύξηση του SVF κατά 0,1, οδηγεί σε μείωση της θερμοκρασίας του αέρα κατά 0.1°C και σε αύξηση της έντασης του ανέμου κατά 0.19 m/s, ενώ η φυσιολογική ισοδύναμη θερμοκρασία (PET) μειώθηκε κατά 0.7 °C.

Οι Nasrollahi, N et al. (2021) διερευνήσαν σε έξι αστικές χαράδρες στο Αχβάζ του Ιράν, τον ρόλο της αστικής γεωμετρίας και της αστικής σκίασης στη βελτίωση της θερμικής άνεσης των πεζών. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων πεδίου, έδειξαν ότι το εύρος εξωτερικής θερμικής άνεσης στο Ahvaz επιτυγχάνεται για τιμές της PET μεταξύ 19.6 °C έως 30.9 °C. Τα αποτελέσματα της

προσομοίωσης έδειξαν ότι όσο πιο κοντά είναι ο προσανατολισμός της αστικής χαράδρας προς την κατεύθυνση βορρά-νότου, τόσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία του αέρα (T_a) και η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (MRT). Επίσης, με τη μείωση του λόγου διαστάσεων της αστικής χαράδρας, η PET επίσης αυξάνεται. Οι αστικές σκιάσεις μείωσαν τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και την PET στους $34\text{ }^\circ\text{C}$ και $17.6\text{ }^\circ\text{C}$, αντίστοιχα. Αντίθετα, οι σκιάσεις δεν επηρέασαν σημαντικά τη θερμοκρασία του αέρα. Η μείωση του PET που προκαλείται από σκίαση ήταν πιο σημαντική στις χαράδρες με προσανατολισμό ανατολής-δύσης, καθώς και σε χαράδρες με μικρό χαρακτηριστικό λόγο. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και η PET σε όλες τις περιπτώσεις συσχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με τον συντελεστή θέασης του ουρανού (SVF). Τέλος οι παρατηρήσεις δεν έδειξαν σημαντική συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα, της σχετικής υγρασίας και της έντασης του ανέμου, με τον παράγοντα μορφής του ουρανού για όλες τις αστικές χαράδρες.

Οι Li, Z. et al. (2020), μελέτησαν την επίπτωση των διαμορφώσεων ασύμμετρων αστικών χαράδρων στη θερμοκρασία του αέρα μέσω προσομοιώσεων σε μια υποτροπική πόλη, όπου υπάρχει μια κυρίαρχη κατεύθυνση ανέμου όταν αυτή είναι κάθετη στον άξονα της χαράδρας, καθώς αυτή είναι η χειρότερη περίπτωση από άποψη υπερθέρμανσης αυτής. Συγκεκριμένα, η διεύθυνση των χαράδρων ήταν Βορρά-Νότου και μελετήθηκαν υπό ρεαλιστική ηλιακή ακτινοβολία για πρωινές (08:00) και απογευματινές ώρες (16:00), και για δύο διαφορετικές εντάσεις του ανέμου (χαμηλή και υψηλή). Οι αντίστοιχες αναλογίες υψών των κτιρίου ήταν 1/3, 2/3, 3/1, και 3/2, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όταν η υψηλότερη πλευρά της χαράδρας βρίσκεται στην προσήνεμη πλευρά δημιουργείται υψηλότερη θερμοκρασία προς στη πλευρά αυτή της χαράδρας σε σύγκριση με την απέναντι χαμηλότερη πλευρά μόνο στην περίπτωση της χαμηλής έντασης ανέμου. Για την περίπτωση που η προσήνεμη πλευρά της χαράδρας είναι αυτή με το χαμηλότερο ύψος, στην υψηλότερη πλευρά της χαράδρας παρατηρήθηκαν χαμηλότερες θερμοκρασίες τόσο για χαμηλές όσο και για υψηλές εντάσεις ανέμου, σε σύγκριση με τη χαμηλότερη πλευρά της χαράδρας. Με την υψηλή ένταση ανέμου το θερμικό περιβάλλον ήταν καλύτερο στην αστική χαράδρα που η προσήνεμη πλευρά ήταν η υψηλότερη πλευρά, σε σχέση με την χαράδρα με την αντίθετη διαμόρφωση. Επιπλέον βάσει της μελέτης βρέθηκε ότι για τιμή του αριθμού Richardson $|Ri| > 20$, στο πεδίο ροής κυριαρχούσε κυρίως η φυσική μεταφορά και μια αύξηση του $|Ri|$ είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, ενώ αντίθετα όταν ίσχυε ότι $|Ri| < 20$, στο πεδίο ροής κυριαρχούσε η εξαναγκασμένη συναγωγή και η διακύμανση του $|Ri|$ είχε ασήμαντη επίδραση στη θερμοκρασία του αέρα.

Σύμφωνα με τους Karimimoshaver, M., et al. (2021) η διαμόρφωση των αστικών δρόμων-χαράδρα, και ιδιαίτερα η αναλογία του ύψους των κτιρίων προς το πλάτος του δρόμου (H/W) και το μήκος προς το πλάτος (L/W), παίζει ουσιαστικό ρόλο στην κατεύθυνση και τη διασπορά της ροής του ανέμου και κατά συνέπεια επηρεάζει τις αλλαγές στη θερμοκρασία του αέρα και το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (UHI). Μέσα από μια σειρά προσομοιώσεων με χρήση ρευστοδυναμικού μοντέλου οι μελετητές έδειξαν ότι οι αναλογίες $H/W = 1$ και $L/W = 2$ είναι οι καταλληλότερες συνθήκες για τη μείωση της θερμοκρασίας και κατ'επέκταση της μείωσης της έντασης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Θέση που προκύπτει και από μια ανάλυση ευαισθησίας η οποία επιβεβαιώνει τη γενίκευση των λαμβανόμενων αναλογιών και σε άλλα πεδία με διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας και έντασης του ανέμου.

Οι Giannaros, C. et al. (2018), εφάρμοσαν ένα μοντέλο για την προσομοίωση ενός τριήμερου καλοκαιρινού κύματος καύσωνα (24-26/7/2009), πάνω από την πόλη της Αθήνας. Με το μοντέλο διερευνήθηκε η χωρική και χρονική κατανομή της θερμοκρασίας του

αέρα κοντά στην επιφάνεια, σε αστική κλίμακα και το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας (GAA). Κατά τις προσομοιώσεις παρατηρήθηκαν συστηματικές αποκλίσεις κατά την διάρκεια της νύχτας σε αστικές περιοχές μικρής πυκνότητας δόμησης. Από μια σειρά προσομοιώσεων ευαισθησίας αναδείχθηκε η σημασία της λευκαύγειας και της γεωμετρίας της αστικής χαράδρας στη συνολική ανάπτυξη του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Ειδικότερα:

- Η μείωση της λευκαύγειας των επιφανειών οδήγησε σε σημαντική αύξηση των θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της ημέρας, με μέγιστες ευαισθησίες περίπου 1°C ανά 0.1 μονάδα αλλαγής albedo μέσα στο υπολογιζόμενο εύρος. Το ίδιο αποτέλεσμα, αλλά με μικρότερο μέγεθος, παράγεται κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Η επιφανειακή ικανότητα εκπομπής είχε μικρότερο αντίκτυπο στις αστικές θερμοκρασίες. Η αύξηση αυτής της παραμέτρου οδηγεί σε μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας κατά 0.3°C ανά 0.1 μονάδα αλλαγής εκπομπής στην περιοχή από 0.88 έως 0.97 κατά τη διάρκεια της νύχτας, ενώ είναι ανεπαίσθητη η επίδρασή της κατά τη διάρκεια της ημέρας.
- Η μείωση του μέσου ύψους των κτιρίων και του πλάτους του δρόμου συμβάλλουν στην άνοδο των αστικών θερμοκρασιών του αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας, καθώς και κατά τη διάρκεια της νύχτας, οδηγώντας σε μέγιστες ευαισθησίες 0.55°C/m και 0.27°C/m αντίστοιχα.
- Οι προσομοιωμένες αστικές θερμοκρασίες είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στην πυκνότητα κάλυψης. Η μείωση της πυκνότητας κάλυψης με αντίστοιχη αύξηση της πυκνότητας βλάστησης κατά 1% μπορεί να οδηγήσει σε πτώση της θερμοκρασίας του αέρα κοντά στην επιφάνεια κατά 0.1°C στο εξεταζόμενο εύρος θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της νύχτας, όταν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας είναι πιο έντονο.

Οι Qaid, A., et al. (2018) μελέτησαν την επίδραση του συντελεστή παράγοντα θέασης ουρανού (SVF) μιας αστικής χαράδρας σε συνδυασμό με τον προσανατολισμό της στην διαμόρφωση των μικροκλιματικών παραμέτρων εντός αυτού. Για τη διερεύνηση αυτής της συσχέτισης μελετήθηκαν διαφορετικοί αστικοί δρόμοι που έχουν παρόμοια τιμή SVF αλλά διαφορετικές θέσεις ορατού ουρανού σε διαφορετικές κατευθύνσεις δρόμων που τέμνονται με τη διαδρομή του ήλιου, συγκεκριμένα B-N, BA-ND και BΔ-NA. Οι επιδράσεις των μικρομετεωρολογικών μεταβλητών κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας μελετήθηκαν με την χρήση ειδικού λογισμικού προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων δείχνουν ότι η θέση του ορατού ουρανού έχει μεγαλύτερη επίδραση στις μετεωρολογικές και ανθρώπινες συνθήκες θερμικής άνεσης του δρόμου από την τιμή SVF. Έχει την ικανότητα να μεγιστοποιεί ή να ελαχιστοποιεί τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (T_{mrt} , $^{\circ}\text{C}$) και τη φυσιολογική ισοδύναμη θερμοκρασία (PET, $^{\circ}\text{C}$) στο επίπεδο του δρόμου. Ωστόσο, ο ορατός ουρανός τοποθετημένος στο ζενίθ σε κατεύθυνση δρόμου BA-ND ή B-N και προς επιτυγχάνει τις καλύτερες μικρομετεωρολογικές και θερμικές συνθήκες άνεσης κατά τη διάρκεια της ημέρας. Εναλλακτικά, ο ορατός ουρανός τοποθετημένος στα BA για κατεύθυνση δρόμου BΔ-NA, προς BΔ και στο ζενίθ για κατεύθυνση δρόμου BA-ND και στο ζενίθ για κατεύθυνση B-N οδού μειώνει τη θερμοκρασία του αέρα τη νύχτα (T_a , $^{\circ}\text{C}$). Βάσει αυτών των στοιχείων σύμφωνα με τους μελετητές ο παράγοντας μορφής της οδού με τον ουρανό και η θέση του ορατού ουρανού σε σχέση με την τροχιά του ήλιου, στην κύρια και κατεύθυνση, πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη διάρκεια του αστικού ρυμοτομικού σχεδιασμού για να κατανοηθούν καλύτερα οι προκύπτουσες μικρομετεωρολογικές και ανθρώπινες συνθήκες θερμικής άνεσης.

Οι Nice, K.A., et al. (2022) μέσω 9814 προσομοιώσεων που κάλυπταν ένα ευρύ φάσμα ρεαλιστικών κτισμένων και φυσικών μορφών (κτίρια, δρόμοι, γρασίδι και πυκνότητες δέντρων καθώς και ύψη κτιρίων και δέντρων) προσπάθησαν να προσδιορίσουν στην Αυστραλία την επιρροή τους στο μικροκλίμα εντός των αστικών χαράδρων. Από τις προσομοιώσεις προέκυψε ότι οι

υψηλότερες θερμοκρασίες αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας και οι δείκτες θερμικής άνεσης επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από το ποσοστό κάλυψης, με τις μέγιστες θερμοκρασίες αέρα να αυξάνονται έως και 10 και 15°C καθώς η πυκνότητα δόμησης κινείται από 0,9 (πολύ στενές αστικές χαράδρες) σε 0,2 και 0,1 (ρηχές χαράδρες). Κατά τη διάρκεια της ημέρας παρατηρείται έως και 5°C μείωση στη θερμοκρασία του αέρα καθώς αυξάνει το ποσοστό κάλυψης από γρασίδι και δέντρα από 0 στο 100%.

Οι Khalvandi, et al. (2023) συνέκριναν για την περιοχή του Ιράν, τα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιώσεων και την ανάλυση θερμικών δορυφορικών εικόνων, για την επίτευξη βέλτιστων τιμών και την καλύτερη κατανόηση των συνθηκών θερμοκρασίας σε πραγματικές αστικές χαράδρες για διαφορετικούς χαρακτηριστικούς λόγους (H/W) αστικών χαράδρων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι αναλογίες του χαρακτηριστικού λόγου(H/W) μεταξύ 1–1.5 έχουν τη χαμηλότερη και πιο ισορροπημένη θερμοκρασία σε διαφορετικές φυσικές συνθήκες και ως εκ τούτου αυτή η αναλογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στον μελλοντικό σχεδιασμό και την έρευνα.

3.8.4. Ο Ρόλος της Ανθρωπογενούς Θερμότητας

Η ανθρωπογενής θερμότητα στις αστικές περιοχές μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και να αυξήσει την ένταση της θερμικής νησίδας. Η ανθρωπογενής θερμότητα συνδέεται κυρίως με τα μέσα μεταφοράς, την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και άλλες πηγές θερμότητας που συνδέονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η παραγωγή ανθρωπογενούς θερμότητας για κάποια κέντρα πόλεων στις ΗΠΑ κυμαίνεται από 20 ως και 40 W/m² το καλοκαίρι και από 70 ως 210 W/m² κατά τη διάρκεια του χειμώνα, (Holster και Landsberg, 1977). Ο Oke (1988b), αναφέρει ότι το μέσο ετήσιο μέγεθος της πηγής θερμότητας για τυπικού γεωγραφικού πλάτους πόλεις βρίσκεται ανάμεσα στα 15 και 50 W/m². Οι Gutman και Torrance (1975), πρότειναν για τον χειμώνα τιμές μεταξύ 84 και 167 W/m² για μεσαίου γεωγραφικού πλάτους πόλεις. Ο Atwater (1972), πρότεινε συνεχείς ροές των 92 και 17 W/m² για την χειμερινή και θερινή περίοδο αντίστοιχα. Οι Kerschgens και Drauschke (1986), αναφέρουν μετρήσεις από την Βόνη στη Γερμανία. Για την χειμερινή περίοδο, βρήκαν έναν ημερήσιο τύπο αποτελούμενο από δύο μέγιστες εισροές των 45 W/m² από 08:00 ως 17:00 και ένα ελάχιστο των 30 W/m² από τα μεσάνυχτα έως τις 06:00. Οι Torrance και Sham (1976), αναφέρουν μία ροή θερμότητας με μέση ημερήσια τιμή, από τη μεταφορά και τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών το καλοκαίρι, περί τα 54W/m². Ο Taha (1977), δίνει το δείκτη ανθρωπογενούς θερμότητας για κάποιες Αμερικανικές, Ευρωπαϊκές και Ασιατικές πόλεις, (πίνακας 3.14). Στον πίνακα αυτό φαίνεται επίσης και η καθαρή ακτινοβολία πάνω από αυτές τις περιοχές. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από τους, Oke (1988b), Chandler (1960), Flohn(1971), Gay και Stewart(1974), McNaughton και Black(1973), Hosler και Landsberg(1977), Dabberdt και Davis(1978) και Mayer και Noack(1980).

Πίνακας 3.14: Μέσες ετήσιες τιμές ανθρωπογενούς θερμότητας και ολικής ακτινοβολίας μέσα στα αστικοποιημένα όρια των πόλεων. Τα δεδομένα δεν περιλαμβάνουν προαστιακά ή αγροτικά περιχώρα. [Πηγή: Taha (1997), Oke (1988b), Chandler (1960), Flohn (1971), Gay και Stewart (1974), McNaughton και Black (1973), Hosler και Landsberg (1977), Dabberdt και Davis (1978) και Mayer και Noack 1980).]

ΠΟΛΗ	ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΟΥΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ(W/m ²)	ΚΑΘΑΡΗ ΟΛΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ
Σικάγο	53	-----
Τσιντσινάτι	26	-----
Λος Άντζελες	21	108
Φέαρμπανκς	19	18
Σέντ Λούις	16	-----
Μανχάταν, NY	117-159	93
Μόσχα	127	-----
Μόντρεαλ	99	52
Βουδαπέστη	43	46
Οσάκα	26	-----
Βανκούβερ	19	-----
Γουέστ Μπέρλιν	21	57

Υπάρχουν διάφοροι υπολογισμοί που δίνουν την επίδραση της ανθρωπογενούς θερμότητας στις επικρατούσες θερμοκρασίες του αέρα σε αστικές περιοχές. Υπολογισμοί που έγιναν σε ημερήσια βάση από τους Taha et al.,(1992), όρισαν αυτή την επίδραση με διάφορες προσομοιώσεις και έδειξαν ότι σε μία μεγάλη πόλη μπορεί να δημιουργηθεί αστική νησίδα της τάξεως των 2 με 3°C τόσο κατά την διάρκεια της νύκτας όσο και κατά την διάρκεια της ημέρας.

Ο Oke et al.,(1991) προσομοίωσαν την επίδραση της θερμότητας που αποδίδεται στο περιβάλλον από την κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια στην ένταση της αστικής θερμικής νησίδας. Για διαφορετικές γεωμετρικές δομές βρήκαν ότι η ένταση της θερμικής νησίδας είναι υψηλότερη για χαμηλές επικρατούσες θερμοκρασίες περιβάλλοντος και φτάνει σε τιμές 2 με 8°C.

Οι Gutman και Torrance,(1975), αναφέρουν ότι για μία πόλη υπόδειγμα και για την περίπτωση σταθερού ρυθμού απόρριψης θερμότητας στο αστικό περιβάλλον από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, κατά την διάρκεια νύκτας, της τάξεως των 125W/m² , η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας μπορεί να κυμαίνεται από 2.6 ως 9.7°C.

Οι Said et al.,(1993), στηριζόμενοι στο ποσό της ανθρωπογενούς θερμότητας που δίνεται από τον Grimont,(1992), προσομοίωσαν σε ωριαία βάση την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα σε αστικό περιβάλλον και τη βρήκαν σχεδόν σταθερή και ίση με 0.7°C.

Οι Grajeda-Rosado et al (2022) προσπάθησαν να υπολογίσουν την ανθρωπογενή θερμότητα των οχημάτων και τον αντίκτυπό της στο θερμικό προφίλ μιας αστικής χαράδρας. Πραγματοποίησαν συνολικά 108 προσομοιώσεις, ενσωματώνοντας μεταβλητές όπως ο αριθμός των οχημάτων, η ένταση του ανέμου, ο προσανατολισμός της αστικής χαράδρας και η αναλογία διαστάσεων της αστικής χαράδρας. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με μια βάση δεδομένων από 61 αμερικανικές πόλεις για το έτος 2015 και έδειξαν ότι ο προσανατολισμός είναι ο κύριος παράγοντας που ρυθμίζει την επίδραση της παραγόμενης ανθρωπογενούς θερμότητας, στην θερμοκρασία του αέρα, αυξάνοντάς την σε ένα εύρος τιμών που κυμαίνεται από 2°C έως 6.5°C, με άμεσο επόμενο σημαντικό παράγοντα επίδρασης την ένταση του ανέμου, όπου για διακυμάνσεις μεταξύ 1.2 έως και 2.2 m/s, δημιούργησε μειώσεις της θερμοκρασίας του αέρα από 1 έως 3.8°C.

Οι Li, Q. et al. (2019) μέσω προσομοιώσεων, που επιβεβαιώθηκαν και από μετρήσεις πεδίου για συγκεκριμένη οδό στην πόλη Guangzhou της Κίνας, υπολόγισαν ότι για κάθε 10 W/m³ εκλυόμενη θερμότητα από τα οχήματα, η θερμοκρασία αέρα στο ύψος του 1.5 μ. αυξάνεται αντίστοιχα κατά περίπου 0.02 °C. Επίσης σύμφωνα με τους μελετητές η επίδραση είναι πιο σημαντική όσο αυξάνει ο λόγος ύψους της χαράδρας προς το μήκος της (H/L) με την επίδραση αυτού του λόγου να είναι πιο σημαντική από την επίδραση του χαρακτηριστικού λόγου της χαράδρας (H/W)

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μία προσπάθεια να μελετηθεί η συνδυασμένη εφαρμογή διαφορετικών μεθόδων μετριασμού του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Στο πλαίσιο αυτό οι Valentino S et al. (2020), πρότειναν έναν νέο δείκτη που στόχο είχε την ποσοτικοποίηση του κινδύνου της απόλυτης μέγιστης έντασης UHI σε αστικές περιοχές κατά τη θερινή περίοδο, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν το φαινόμενο. Στο πλαίσιο αυτό, η επίδραση κάθε παραμέτρου στην εμφάνιση της μέγιστης έντασης της αστικής θερμικής νησίδας ποσοτικοποιήθηκε με τους ακόλουθους συντελεστές βαρύτητας: Η λευκαύγεια της πόλης και η παρουσία πρασίνου αντιπροσωπεύουν τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά με επιρροή 29% και 21% αντίστοιχα . Η πυκνότητα του πληθυσμού, το πλάτος των δρόμων, ο προσανατολισμός του και τα ύψη των κτιρίων έχουν μέτρια επίδραση 12%, 10%, 9% και 8% αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες παράμετροι είχαν συνολική επίδραση 11%. Για τον προσδιορισμό των παραπάνω χρησιμοποιήθηκαν ειδικές στατιστικές μέθοδοι και μια διαδικασία βελτιστοποίησης που περιλαμβάνει η προσέγγιση επαναδειγματοληψίας Jackknife για τη βαθμονόμηση του δείκτη, αξιοποιώντας την ένταση της αστικής θερμικής νησίδας που μετρήθηκε σε συνολικά 41 αστικές συνοικίες και 35 ευρωπαϊκές πόλεις.

Οι Shamila H. et.al. (2020) , μελέτησαν για την πόλη του Darwin της Αυστραλίας, χρησιμοποιώντας μια πλατφόρμα μοντελοποίησης που υποστηρίζεται από λεπτομερείς μετρήσεις μετεωρολογικών δεδομένων, αξιολόγησαν τις επιπτώσεις των τεχνολογιών μετριασμού της θερμότητας για τη μείωση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος στην πόλη του Darwin. Το σενάριο μετριασμού με την καλύτερη απόδοση, το οποίο συνδυάζει υλικά υψηλής ανακλαστικότητας, σκίαση και πράσινο, μειώνει τη μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά 2.7 °C και κατά συνέπεια μειώνει τη μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και το συνολικό ετήσιο ψυκτικό φορτίο κατά 2% και 7.2%, αντίστοιχα.

Οι Santamouris, M., et al. (201&) εξέτασε τις βιβλιογραφικές αναφορές από περίπου 220 έργα αστικής ανάπλασης στα οποία εφαρμόστηκαν διάφορες τεχνολογίες μετριασμού του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Σύμφωνα με τον μελετητή το δυναμικό των κύριων τεχνολογιών μετριασμού είναι σημαντικό και μπορεί να αντισταθμίσει τις επιδράσεις της αστικής θερμικής νησίδας εν μέρει ή και πλήρως. Η μέση μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας που υπολογίστηκε για όλα τα έργα ήταν κοντά στους 2 °C, ενώ η αντίστοιχη μείωση της μέσης θερμοκρασίας περιβάλλοντος ήταν κοντά στους 0.74 °C. Σχεδόν το 31% των μελετών που αναλύθηκαν οδήγησαν σε πτώση της μέσης θερμοκρασίας αιχμής κάτω από 1 °C, το 62% κάτω από 2 °C, το 82% κάτω από 3 °C και 90% κάτω από 4 °C.

3.10. Σύνοψη:

Το πιο παλιά εντοπισμένο και πιο καλά μελετημένο χαρακτηριστικό του αστικού κλίματος είναι το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, δηλαδή το φαινόμενο εμφάνισης υψηλότερων θερμοκρασιών αέρα στο εσωτερικό μιας πόλης σε σχέση με την περιβάλλουσα ύπαιθρο. Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με την διαφοροποίηση του ενεργειακού ισοζυγίου που συμβαίνει στο αστικό περιβάλλον σε σχέση με την ύπαιθρο λόγω των διαφορετικών υλικών και της ιδιαίτερης μορφολογίας των πόλεων, με την δημιουργία δρόμων που δίνουν την μορφή της «πτύχωσης». Πλήθος μελετών έχουν γίνει τα τελευταία 50 χρόνια για την διερεύνηση του φαινομένου, χρησιμοποιώντας διαφορετικές πειραματικές τεχνικές και διαφορετικές παραμέτρους μελέτης.

Για την περιοχή της Ευρώπης οι μελέτες έδειξαν ότι:

- Στην μεσογειακή ζώνη οι πιο πολλές μελέτες (Ρώμη, Λισσαβόνα, Αβέιρο, Μαδρίτη Γρανάδα, Τουρκικές πόλεις κ.α.) εστίασαν στην ένταση του φαινομένου κατά την νυχτερινή περίοδο. Η ένταση του φαινομένου κυμάνθηκε μεταξύ των 2 °C για την Κωνσταντινούπολη(πληθυσμός ~10.000.000) και 7.5 °C για την πόλη του Αβέιρο(πληθυσμός 75000) και τους 9 °C για μεσαίου μεγέθους Τουρκικές πόλεις. Είναι εμφανές ότι η ένταση του φαινομένου δεν φαίνεται να εξαρτάται μόνο από τον πληθυσμό. Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις, οι μεγαλύτερες τιμές της έντασης συμβαίνουν για μικρές εντάσεις του ανέμου. Για την Λισσαβόνα οι βόρειοι άνεμοι συνδυάζονται με υψηλές θερμοκρασίες στο κέντρο της πόλης πιθανότατα λόγω μεγάλης πυκνότητας δόμησης ή και στο γεγονός ότι οι βόρειοι άνεμοι προσεγγίζουν την πόλη διερχόμενοι πάνω από την ξηρά. Σε ότι αφορά τη επίδραση της νεφοκάλυψης στο φαινόμενο, μελέτες στην πόλη του Αβέιρο, στη Μαδρίτη και στην Γρανάδα έδειξαν ότι η μεγαλύτερες τιμές του φαινομένου συμβαίνουν όταν ο ουρανός είναι αίθριος. Τέλος, για τις πόλεις του Αβέιρο και της Μαδρίτης βρέθηκε ότι οι μεγαλύτερες τιμές της έντασης του φαινομένου της θερμής νησίδας συμβαίνουν όταν κυριαρχούν αντικυκλωνικές συνοπτικές συνθήκες. Το μέγιστο της έντασης της αστικής θερμικής

νησίδα παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια της ημέρας στην πόλη της Πάρμα. Οι υψηλότερες τιμές της έντασης της αστικής θερμικής νησίδα για τις πόλεις της Ρώμης, της Μαδρίτης και της Πάρμα παρουσιάστηκαν κατά την θερινή περίοδο. Αντίθετα, στην πόλη της Λισαβόνα, μελέτη βασισμένη στις ελάχιστες των θερμοκρασίες, έδειξε ότι η μέγιστη ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδα εμφανίστηκε την χειμερινή περίοδο.

- Οι μελέτες στην Κεντρική Ευρώπη και στο Ηνωμένο Βασίλειο εστιάζουν στην ανάλυση του φαινομένου κατά την νυχτερινή περίοδο. Η μέγιστη ένταση σύμφωνα με τα δεδομένα εμφανίστηκε κατά την διάρκεια της νύκτας. Η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στην πόλη Lotz στην Πολωνία και ήταν 12 °C. Η ελάχιστη τιμή παρατηρήθηκε στην πόλη της Βιέννης και ήταν 1.6 °C. Όπως και στην περιοχή της Μεσογείου, η αστική θερμική νησίδα δεν φαίνεται να σχετίζεται με τον πληθυσμό της πόλης. Σε ότι αφορά την επίδραση του ανέμου και της νέφωσης στοιχεία από τις πόλεις Sgezed, Debrecen, Wroclau και Lotz, έδειξαν ότι μεγαλύτερη ένταση παρατηρείται όταν επικρατούν χαμηλές εντάσεις του ανέμου και ασθενής νέφωση. Για τις πόλεις Praque, Debrecen, Lodz and Sgezed η ανάλυση της σχέσης των συνοπτικών συνθηκών και της έντασης της Αστικής θερμικής νησίδα έδειξε ότι οι αντικυκλωνικές συνοπτικές συνθήκες ευνοούν στην ανάπτυξη του φαινομένου. Τέλος, στις πόλεις Bucharest, Debrecen, και Wroclau εμφανίζεται το φαινόμενο να έχει υψηλότερες τιμές κατά την θερινή περίοδο.
- Τέλος, η μελέτη του φαινομένου στην Βόρεια Ευρώπη και συγκεκριμένα στις πόλεις της Μόσχας και του Γκέτενμποργκ έδειξε ότι οι μεγαλύτερες εντάσεις εμφανίζονται και εδώ κατά την διάρκεια της νύκτας. Η ένταση του φαινομένου κατά την διάρκεια της νύκτας στην Μόσχα ήταν 9.8 °C, ενώ στο Γκέτενμποργκ ήταν περί τους 6 °C. Στη Μόσχα οι μεγαλύτερες τιμές του φαινομένου εμφανίστηκαν μεταξύ του Μάιου και του Αυγούστου περίοδο όπου οι αντικυκλωνικές συνοπτικές συνθήκες ευνοούν τις συνθήκες άπνοιας και καθαρού ουρανού.

Για την περιοχή της Ελλάδας, σημαντικός αριθμός μελετών έχει γίνει τόσο μέσω δορυφορικών μετρήσεων όσο και με την χρήση αισθητήρων μετρήσεων του αέρα εντός της αστικής περιοχής και με την χρήση μόνιμων μετεωρολογικών σταθμών, εκμεταλλεζόμενοι οι μελετητές την ανάπτυξη κατά την τελευταία δεκαετία ενός πυκνού δικτύου αυτόματων σταθμών τόσο από ο Αστεροσκοπείο Αθηνών, όσο και από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Από όλες τις μελέτες προέκυψε ότι το φαινόμενο της Αστικής νησίδα είναι υπαρκτό σε όλες τις πόλεις και είναι γενικά τόσο πιο έντονο όσο μεγαλύτερος είναι ο αστικός ιστός αυτών και ο πληθυσμός τους, ενώ εξαρτάται άμεσα και από τα τοπικά χαρακτηριστικά των πόλεων και κυρίως την άμεση γειτνίασή τους με την θάλασσα.

Συνοπτική παρουσίαση των μελετών για την ένταση της αστικής θερμικής νησίδα παρουσιάζονται στους πίνακες 3.13 και 3.14. Στοιχεία που επιβεβαιώνονται και από μελέτες σε άλλες περιοχές της Ευρώπης αλλά και του κόσμου έδειξαν ότι η ένταση του φαινομένου είναι τόσο πιο σημαντική, όσο πιο μεγάλος είναι ο πληθυσμός των πόλεων. Επίσης εξαρτάται από την πυκνότητα δόμησης, από τις συνοπτικές συνθήκες από την γειτνίασή της με μεγάλες υδάτινες επιφάνειες, από την ποσότητα και την ποιότητα του αστικού πράσινου, από τα υλικά και τις συνθήκες μόλυνσης, την ταχύτητα του ανέμου, το ανάγλυφο κ.λ.π. Όλοι αυτοί οι παράγοντες κάνουν την μελέτη της αστικής θερμικής νησίδα κάθε πόλης μία ξεχωριστή περίπτωση όπου δεν μπορεί να οδηγήσει σε ευθεία σύγκριση μεταξύ τους εάν δεν εφαρμοστεί μια τυποποίηση των κατηγοριών του αστικού περιβάλλοντος. Ένα τέτοιο μοντέλο είναι αυτό των «Τοπικών Κλιματικών Ζωνών» που πρότειναν οι Stewart & Oke το 2012 .

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας επιδρά σημαντικά στις ενεργειακές καταναλώσεις αλλά και στους ενεργειακούς υπολογισμούς. Η γνώση και η μείωσή της μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά ενεργειακά οφέλη για πόλεις που βρίσκονται σε μικρά γεωγραφικά πλάτη κατά τη θερινή περίοδο.

Στα επόμενα κεφάλαια θα παρουσιαστούν τα πειράματα, η μελέτη και τα συμπεράσματα για τη αστική θερμική νησίδα της πόλης των Αθηνών για την θερινή περίοδο με βάση μετρήσεις που διήρκεσαν τρία χρόνια 1996-1998 και οι οποίες προήλθαν από καταγραφικούς σταθμούς εντός των οδών, δηλαδή εντός του ύψους των αστικών χαραδρών η οποία είναι και η συνθετότερη μορφή της αστικής θερμικής νησίδας.

Πίνακας 3.15: Συνοπτική παρουσίαση των μελετών της αστικής θερμικής νησίδας στην Ευρώπη

Πόλη	Τύπος μετρήσεων	Περίοδος μετρήσεων	Μέγιστη ένταση Αστικής θερμικής νησίδας	Περίοδος εμφάνισης μέγιστης έντασης
Νότια Ευρώπη				
Ρώμη, Ιταλία	Δέκα αστικοί και αγροτικοί σταθμοί επιφάνειας.	1964-1975	4.3 °C στις ελάχιστες θερμοκρασίες	Δεν αναφέρεται ρητώς αλλά προφανώς εννοείται κατά την νυχτερινή περίοδο.
Ρώμη, Ιταλία	17 μετεωρολογικούς σταθμούς	Θερινή περίοδο 2019-2020	3.4 °C μέση ένταση	Τα μεσάνυχτα και σχεδόν σταθερή μέχρι την ανατολή
Ρώμη, Ιταλία	23 μετεωρολογικούς σταθμούς	2020	5.4°C μέση ένταση την ημέρα 4.5°C μέση ένταση τη νύκτα.	
Πάρμα, Ιταλία,	Ένας αστικός και ένας αγροτικός σταθμός επιφάνειας,	1959-1973	1.6 °C	Κατά τη διάρκεια της καθημερινής μέγιστης θερμοκρασίας
Βενετία Ιταλία	3 αστικοί και ένα αγροτικός σταθμός	1/7-31/8/2012	4°C μέση ένταση 7°C μέγιστη ένταση	Κατά την διάρκεια της νύχτας
Πάντοβα Ιταλία	Κινητοί σταθμοί	Καλοκαίρι 2010 και 2011	5°C μέγιστη ένταση	Κατά την διάρκεια της νύχτας
Μπάρι Ιταλία	3 αστικοί και ένας αγροτικός σταθμός	2014-2018	4.8°C ημέρα LCZ3 4.2 °C νύχτα LCZ2	Καλοκαιρινή περίοδο
Φλωρεντία, Ιταλία	Σταθμός Επιφάνειας και κινητοί σταθμοί	Καλοκαίρι 2005	3.0 °C. κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού	2.0 – 6.0 μ.μ.
Μιλάνο, Ιταλία	Ένας αστικός και οι σταθμοί επιφάνειας αερολιμένων,	Πριν από το 1992	1.4 °C	Δεν αναφέρεται
Λισσαβόνα, Πορτογαλία	Κινητοί σταθμοί	Ιανουάριος ως και Αύγουστο του 1992 και 4 - 15 Ιανουαρίου του 1995.	3.5 °C	Νυχτερινή περίοδο
Λισσαβόνα, Πορτογαλία	7 αυτογραφικοί	2004-2012	5.7 °C ημέρα	

	σταθμοί		6.1 °C νύχτα 1.8 °C μέση ένταση ημέρα 2 °C μέση ένταση νύχτα	
Πόρτο, Πορτογαλία	Κινητοί σταθμοί	Νοέμβριος 2003 μέχρι τον Ιανουάριο του 2005	7.3 °C	Δεν αναφέρεται
Αβέιρο, Πορτογαλία	Κινητοί σταθμοί	48 νύχτες το καλοκαίρι, το φθινόπωρο και το χειμώνα του 1996	7.5 °C	Κάποιες ώρες μετά την δύση.
Μαδρίτη, Ισπανία	Τέσσερις σταθμοί επιφάνειας	1965-1987	3.1 °C. στις ελάχιστες θερμοκρασίες	Δεν αναφέρεται ρητώς αλλά προφανώς εννοείται κατά την νυχτερινή περίοδο.
Γρανάδα, Ισπανία,	Κινητοί και σταθμοί επιφάνειας	Δεν αναφέρεται	5.0 °C	Στις αρχές του πρωινού
Μπιλμπάο Ισπανίας	Κινητοί και σταθεροί σταθμοί	2005-2009	1.6°C	Από τα μεσάνυχτα ως την ανατολή
Σμύρνη, Άδανα, Προύσα, και Gaziantep, Τουρκία	Ένας αστικός και ένας αγροτικός σταθμός επιφάνειας για κάθε πόλη	1951–1990	6.5 – 9.0 °C	Κάποιες ώρες μετά την δύση.
Κωνσταντινούπολη, Τουρκία	Επτά αστικοί και αγροτικοί σταθμοί επιφάνειας.	1951-1992	2 °C . στις ελάχιστες θερμοκρασίες	Δεν αναφέρεται ρητώς αλλά προφανώς εννοείται κατά την νυχτερινή περίοδο.
Κωνσταντινούπολη, Τουρκία	6 αστικοί και αγροτικοί σταθμοί επιφάνειας. 34 σταθμοί	1960-2012 2007-2012	5°C για τη μέρα 8°C για τη νύχτα. – 0.62 ως 2.61°C μέση ένταση ημέρα 0.24 ως 1.74°C Μέση ένταση νύχτας	
Κεντρική Ευρώπη και UK				
Βουκουρέστι, Ρουμανία	Τρεις σταθμοί επιφάνειας,	Μάιος – Δεκέμβριος 1994	3.5 °C	Κάποιες ώρες μετά την δύση.
Szeged, Ουγγαρία	Κινητοί και σταθεροί σταθμοί	Μάρτιος και Φεβρουάριος 2000 και Οκτώβριος –Απριλίου του 2002	2.1 °C στις ελάχιστες θερμοκρασίες. κατά τη θερινή περίοδο και των 3.1 °C κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου	Δεν αναφέρεται ρητώς αλλά προφανώς εννοείται κατά την νυχτερινή περίοδο.

Debrecen, Ουγγαρία	Χρήση ενός κινητού σταθμού	Απρίλιος του 2002 και Μάρτιος του 2003	5.8 °C	Ώρες μετά από το ηλιοβασίλεμα
Bucharest, Romania	Τρεις σταθεροί σταθμοί επιφάνειας,	Μάιος – Δεκέμβριος 1994	3.5 °C	Ώρες μετά από το ηλιοβασίλεμα
<u>Διάφορες πολωνικές πόλεις</u> Βαρσοβία	Σταθμοί αέρα επιφάνειας	Ιούνιος 2001	1.1 °C μέση ημερήσια θερμοκρασία 3.1 °C ελάχιστη θερμοκρασία 0.1 °C μέγιστη θερμοκρασία	
Πόζναν	Σταθμοί επιφάνειας στον αερολιμένα και το κέντρο της πόλης	14-30 Ιουνίου του 2005	2.1 °C μέση ημερήσια θερμοκρασία 2.3 °C ελάχιστη θερμοκρασία 3.8 °C μέγιστη θερμοκρασία	
Bydgoszcz	Ένας αστικός και ένας αγροτικός σταθμός	Από 17 Ιουλίου ως 30 Σεπτεμβρίου του 2004	1.1 °C μέση ημερήσια θερμοκρασία 1.2 °C ελάχιστη θερμοκρασία 1.5 °C μέγιστη θερμοκρασία	
Glucholazy	Ένας αστικός και ένας αγροτικός σταθμός	14 – 26 Ιουνίου 2001	0.8 °C μέση ημερήσια θερμοκρασία 1.9 °C ελάχιστη θερμοκρασία 3.5 °C μέγιστη θερμοκρασία	
Wroclau, Πολωνία,	Έξι αστικοί και αγροτικοί σταθμοί επιφάνειας και κινητοί σταθμοί	1997-2000	8-9 °C 5- 6 °C	Νυχτερινή περίοδο Ημερήσια περίοδο
Λοντζ, Πολωνία	Ένας αστικός και ένας αγροτικός σταθμός	Από το 1992	12 °C	οι μέγιστες διαφορές εμφανίζονται κατά τη διάρκεια των θερινών νυχτών όταν ο ουρανός είναι ανέφελος.
Πράγα, Δημοκρατία της Τσεχίας	Ένας αστικός σταθμός που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης τρεις αγροτικοί σταθμοί	1961–1990	Η ετήσια τάση είναι κοντά στους 1.2 °C ανά 100 χρόνια. ενώ η αντίστοιχη τάση για το καλοκαίρι είναι κοντά στους 1.5 °C /100 χρόνια. Η ανάλυση είναι βασισμένη στις ελάχιστες θερμοκρασίες	Δεν αναφέρεται ρητώς αλλά προφανώς εννοείται κατά την νυχτερινή περίοδο.
Παρίσι, Γαλλία	Μια αστική περιοχή	Χειμώνας 1995	6.0 °C	08:00

	και μια αγροτική περιοχή			
Βασιλεία, Ελβετία	Επτά σταθμοί καταγραφής ενεργειακού ισοζυγίου.	2001-2002	3.0 °C	Μετά από το ηλιοβασιλέμα
Βιέννη, Αυστρία	Έξι αστικοί και τρεις αγροτικοί σταθμοί επιφάνειας		1.6 °C	
Gratz, Αυστρία	Ένας αστικός και ένας αγροτικός σταθμός	1995	4.3 °C. με βάση τις ελάχιστες θερμοκρασίες.	Κατά την νυχτερινή περίοδο.
Λονδίνο, UK	68 σταθμοί επιφάνειας	καλοκαίρι 1999	7.0 °C	Κατά την νυχτερινή περίοδο.
Λονδίνο, UK	crowdsourced δεδομένα	2015 έως το 2020	1-1.5°C μέση ετήσια ένταση 6°C μέγιστη ένταση	
Βόρεια Ευρώπη				
Μόσχα, Ρωσία	8 αστικοί και αγροτικοί σταθμοί επιφάνειας.	1990	9.8 °C	Κατά την νυχτερινή περίοδο.
Gotemborg, Σουηδία	Αστικοί σταθμοί επιφάνειας και κινητοί σταθμοί	1988-1991	6.0 °C	Κατά την νυχτερινή περίοδο.
Οουλ, Φινλανδία	Τρεις σταθμοί επιφάνειας	1996 to 1998	3.4 °C	Χειμερινή περίοδος
Αννόβερο Γερμανία			4°C	
Μόσχα Ρωσία	46 σταθμοί	2018-2020	11-12 °C	

Πίνακας 3.16: Συνοπτική παρουσίαση της συσχέτισης της αστικής θερμικής νησίδας με μετεωρολογικά χαρακτηριστικά

Πόλη - Χώρα	Επίδραση του ανέμου	Επίδραση νεφοκάλυψης	Επίδραση συνοπτικών συνθηκών	Περίοδο μελέτης της αστικής θερμικής νησίδας
ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ				
Ρώμη, Ιταλία	Η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου οδηγεί σε μείωση της έντασης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας σε σχέση με την ένταση που καταγράφεται σε συνθήκες άπνοιας χωρίς όμως να οδηγεί σε			Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας εμφανίζεται τόσο την χειμερινή όσο και την θερινή περίοδο με την ένταση του φαινομένου να αυξάνει από την χειμερινή περίοδο προς την καλοκαιρινή με εξαίρεση

	εξάλειψη του.			των Δεκέμβριο όπου παρατηρείται ένα δευτερεύον μέγιστο.
Πάρμα, Ιταλία				Η ένταση του φαινομένου παρουσιάζει μια εποχιακή διακύμανση με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται την άνοιξη και το καλοκαίρι
Φλωρεντία, Ιταλία	Η μέγιστη ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας παρατηρήθηκε τις ημέρες που επικρατούσε άπνοια.	Η ένταση του φαινομένου εμφάνισε τις μεγαλύτερες τιμές του όταν ο ουρανός είναι αίθριος.		Καλοκαιρινή περίοδος
Λισσαβόνα, Πορτογαλία	α)Μεγάλες θερμοκρασίες του αέρα καταγράφηκαν στο κέντρο της πόλης όταν επικρατούν βόρειοι άνεμοι. β)Οι υψηλότερες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας παρατηρήθηκαν για εντάσεις του ανέμου μεταξύ 2 και 6 m/s ενώ για εντάσεις του ανέμου άνω των 8 m/s το φαινόμενο δεν παρατηρείται	Η μελέτη έγινε μόνο για αίθριες νύχτες.		Κατά την εποχιακή διακύμανση του φαινομένου οι μέγιστες τιμές του καταγράφηκαν την νυχτερινή περίοδο.
Αβέιρο, Πορτογαλία	Η μέγιστη τιμή της αστικής θερμικής νησίδας καταγράφεται σε συνθήκες άπνοιας.	Η ένταση του φαινομένου παίρνει τις μέγιστες τιμές για αίθριες συνθήκες.	Το φαινόμενο είχε τις μικρότερες τιμές του σε συνοπτικές συνθήκες βαρομετρικού χαμηλού ή σε συνθήκες έντονης ατμοσφαιρικής διαταραχής και αστάθειας με ισχυρούς ανέμους και νέφωση που οδηγούν πολλές φορές σε βροχόπτωση. Οι μεγαλύτερες τιμές του φαινομένου παρατηρήθηκαν κάτω από αντικυκλωνικές συνοπτικές συνθήκες που αντιστοιχούν σε υψηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις αίθριο	

			ουρανό και συνθήκες άπνοιας.	
Μαδρίτη, Ισπανία	Η μεγαλύτερη τιμή του φαινομένου αντιστοιχεί σε χαμηλές ταχύτητες αέρα.	Η ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής παίρνει την μέγιστη τιμή του όταν ο ουρανός είναι συνολικά αίθριος	Οι μεγαλύτερες τιμές του φαινομένου καταγράφηκαν κάτω από αντικυκλωνικές συνθήκες κατά την θερμή περίοδο και οι μικρότερες τιμές κάτω από τις υπόλοιπες συνοπτικές συνθήκες την χειμερινή περίοδο.	Μέγιστες τιμές την θερινή περίοδο.
Γρανάδα, Ισπανία,	Η μέγιστη τιμή του φαινομένου καταγράφηκε για τις χαμηλές ταχύτητες του ανέμου.	Κάτω από αίθριο ουρανό καταγράφονται οι μέγιστες εντάσεις του φαινομένου.		Οι μέγιστες τιμές του φαινομένου καταγράφηκαν την χειμερινή περίοδο.
Μπιλμπάο	Η αστική θερμική νησίδα μειώνεται με την αύξηση της έντασης του ανέμου εκτός από τις κατευθύνσεις ανέμου που πνέουν από την ξηρά προς την θάλασσα.			
Κωνσταντινούπολη Τουρκία	Η ένταση του φαινομένου μειώνεται με την αύξηση της έντασης του ανέμου	Η ένταση του φαινομένου μειώνεται με την αύξηση της νεφοκάλυψης		Η μέση ένταση παρουσίασε εποχιακές αλλαγές, με αυξητική συμπεριφορά το καλοκαίρι και πιο ήπιες τιμές το χειμώνα
Σμύρνη, Άδανα, Προύσα, Γκαζιαντέπ, Τουρκία				Δεν καταγράφηκε κάποια σημαντική εποχιακή διακύμανση του φαινομένου. Μόνο μία μικρή αύξησή του κατά την περίοδο του φθινοπώρου.
ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΥΡΩΠΗ ΚΑΙ Η.Β.				
Βουκουρέστι, Ρουμανία	Οι μεγαλύτερες τιμές της Αστικής θερμικής νησίδας καταγράφηκαν κάτω από χαμηλές ταχύτητες αέρα	Οι μεγαλύτερες τιμές της Αστικής θερμικής νησίδας καταγράφηκαν Κάτω από αίθριο ουρανό	Η αστική θερμική νησίδα παίρνει τις μεγαλύτερες τιμές κάτω από αντικυκλωνικές συνοπτικές συνθήκες	Οι αστική νησίδα είναι πιο αναπτυγμένη την θερινή περίοδο κάτω από αντικυκλωνικές συνοπτικές συνθήκες.
Szeged,	Οι συνθήκες άπνοιας ή	Ο αίθριος ή με πολύ	Οι αντικυκλωνικές συνοπτικές	

	μικρών ταχύτητας ανέμου οδηγούν σε έντονη ανάπτυξη του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.	μικρή νέφωση οδηγεί σε μεγαλύτερες τιμές του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας,	συνθήκες οδηγούν σε ισχυροποίηση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.	
Debrecen, Ουγγαρία	Ισχυρή αστική νησίδα καταγράφηκε κάτω από συνθήκες άπνοιας και σε συνδυασμό με αντικυκλωνικές συνθήκες	Ισχυρή αστική νησίδα καταγράφηκε κάτω από αίθριο καιρό, συνθήκες άπνοιας και σε αντικυκλωνικές συνθήκες	Οι αντικυκλωνικές συνθήκες οδηγούν σε ισχυροποίηση της αστικής θερμικής νησίδας αλλά το σχήμα της εξαρτάται από τους επικρατούντες ανέμους. Οι σιχρές κυκλωνικές συνθήκες οδηγούν σε εξάλειψη του φαινομένου ενώ οι απλές κυκλωνικές συνθήκες μειώνουν σημαντικά την ένταση του φαινομένου.	Στις ψυχρές περιόδους του έτους παρατηρήθηκε ισχυρότερη Αστική Θερμική Νησίδα από ότι την θερμή περίοδο του έτους.
Wroclau, Πολωνία,	Για ταχύτητες ανέμου πάνω από 4ms^{-1} κατά τη διάρκεια της νύχτας και για ταχύτητες πάνω από 1ms^{-1} κατά την διάρκεια της ημέρας σε συνδυασμό με αίθριο ουρανό το φαινόμενο εξαλείφεται ή μειώνεται σημαντικά (τιμές, μικρότερες του 1°C).	Κατά την διάρκεια της ημέρας η νέφωση δεν επηρεάζει το φαινόμενο. Κατά την διάρκεια της νύχτας μόνο η σημαντική νέφωση (άνω των 6/8) οδηγεί σε μείωση του φαινομένου.		Οι μεγαλύτερες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας καταγράφηκαν την θερμή περίοδο του έτους και ιδιαίτερα την άνοιξη (Απρίλιος Μάιος)
Λοντζ, Πολωνία	Η μέγιστη τιμή της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια της νύχτας σε συνθήκες άπνοιας και αίθριου ουρανού	Οι μέγιστες διαφορές εμφανίζονται κατά τη διάρκεια των θερμών νυχτών όταν ο ουρανός είναι ανέφελος.	Οι αξιοσημείωτες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας εμφανίζονται κατά την διάρκεια της νύχτας και συνδυάζονται αντικυκλωνικές συνοπτικές συνθήκες ψυχρών αρκτικών αερίων μαζών.	
Πράγα, Δημοκρατία της Τσεχίας			Η τιμές της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας είναι σημαντικότερες κάτω από αντικυκλωνικές συνθήκες σε σύγκριση με τις κυκλωνικές συνοπτικές συνθήκες για όλες τις εποχές με εξαίρεση την άνοιξη όπου δεν υπάρχει σαφής	Η αστική θερμική νησίδα αυξάνει όλες τις εποχές καθώς και ετήσια βάση. Η αύξηση είναι σημαντική όλες τις εποχές, με εξαίρεση τον χειμώνα όπου η τάση είναι σαφώς μικρότερη.

			διαφοροποίηση.	
Βόρεια Ευρώπη				
Μόσχα, Ρωσία	<p>α) Η ανάλυση των συνοπτικών συνθηκών της περιόδου μεταξύ του Μαΐου και του Αυγούστου έδειξε ότι οι χαμηλές τιμές της ταχύτητας του αέρα που συνδέονται με αντικυκλώνες δημιουργούν τις σημαντικότερες τιμές της έντασης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.</p> <p>β) Η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας μειώνεται με την αύξηση της έντασης του ανέμου και εξασθενεί με το ύψος. Η τιμή κατωφλίου της έντασης του ανέμου πάνω από την οποία η αστική θερμική νησίδα παίρνει την ελάχιστη τιμή της στην οποία και σταθεροποιείται είναι περίπου 10 m/s</p>	<p>Η ανάλυση των συνοπτικών συνθηκών της περιόδου μεταξύ του Μαΐου και του Αυγούστου έδειξε ότι ο αίθριος ουρανός συνδέεται με σημαντικές τιμές της έντασης του φαινομένου.</p> <p>β)Υπάρχει ισχυρή αντισυσχέτιση της έντασης του φαινομένου με το ποσοστό νεφοκάλυψης</p>	.	<p>α)Οι υψηλότερες εντάσεις του φαινομένου παρατηρήθηκαν μεταξύ του Μαΐου και του Αυγούστου.</p>
Getemborg, Sweden	<p>Η ένταση του φαινομένου είναι τουλάχιστον 2,5 °C, όταν η ταχύτητα του αέρα είναι λιγότερο από 3 m/s</p>	<p>Η ένταση του φαινομένου είναι τουλάχιστον 2,5 °C, όταν ο ουρανός είναι ανέφελος.</p>	Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο κάτω από αντικυκλωνικές συνθήκες.	
Ανόβεργο Γερμανίας	<p>Όταν η ένταση του ανέμου στην αγροτική περιοχή ήταν πάνω από 4 m s-1 φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας εξαφανίστηκε σχεδόν εντελώς</p>			

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΝΑ ΣΤΑΘΜΟ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ
ΑΕΡΑ

Κεφάλαιο 4: Αστική Θερμική Νησίδα στην Αθήνα: Πειραματική Διαδικασία και Ανάλυση Μετρήσεων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε για την καταγραφή των θερμοκρασιών του αέρα εντός του λεκανοπεδίου της Αθήνας, ώστε να μελετηθεί χωρικά κατά την θερινή περίοδο, το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας εντός του κτιριακού οριακού στρώματος της πόλης των Αθηνών.

Ακολουθώς παρουσιάζεται η θερμική συμπεριφορά κάθε σταθμού, όπου εξετάζεται η ημερήσια θερμοκρασία του αέρα, η ώρα εμφάνισης του μέγιστου και του ελάχιστου, και το ημερήσιο θερμομετρικό εύρος. Τέλος, καταγράφεται η σύγκριση των θερμοκρασιών του αέρα κάθε σταθμού με τον σταθμό αναφοράς (Εθνικός Κήπος).

4.1. Πειραματική διαδικασία για την μέτρηση των θερμοκρασιών του αέρα εντός του αστικού περιβάλλοντος

Η πειραματική διαδικασία σχεδιάστηκε με ιδιαίτερη προσοχή ώστε τόσο οι σταθμοί μέτρησης, όσο και η επιλογή των περιοχών τοποθέτησής τους να είναι η καταλληλότερη δυνατή, ώστε από την επεξεργασία των μετρήσεων να προκύψει η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για τους παράγοντες που επηρεάζουν την διαμόρφωση των θερμοκρασιών του αέρα.

Σημειώνεται ότι οι γενικές διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την πειραματική διάταξη και την επιλογή των περιοχών που προτάθηκαν βρέθηκαν σύμφωνες με αυτές που πρότειναν αργότερα οι Oke (2006) και Stewart et. el. (2012)

4.1.1. Όργανα μέτρησης - Μετεωρολογικός κλωβός - Έλεγχος μετρήσεων

Για την μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα στο αστικό περιβάλλον, χρησιμοποιήθηκαν βαθμονομημένα ψηφιακά αυτογραφικά θερμόμετρα (μοντέλο TINY TAG), τα οποία αποτελούνται από ένα θερμόμετρο πλατίνας και από ένα αυτογραφικό ηλεκτρονικό σύστημα καταγραφής, το οποίο ως ενεργειακή πηγή χρησιμοποιεί ηλεκτρική στήλη λιθίου. (σχήμα 2.1). Η αποθηκευτική ικανότητα των αυτογραφικών αυτών θερμομέτρων ήταν 7600 μετρήσεις και το ωριαίο χρονικό βήμα καταγραφής, το οποίο επιλέχθηκε στα πλαίσια της πειραματικής διαδικασίας, έδινε αυτονομία καταγραφής 316 ημερών. Το θερμομετρικό εύρος καταγραφής των αισθητήρων κυμαινόταν, σύμφωνα με τον κατασκευαστή, μεταξύ -40°C και 125°C . Η ακρίβεια του αισθητήρα πλατίνας ήταν $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$, ενώ η διευκρινιστική ικανότητα του αυτογραφικού θερμομέτρου ανήρχετο στους 0.5°C . Ως εκ τούτου το μέγιστο μη τυχαίο σφάλμα ήταν της τάξης των $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$.



Σχήμα 4.1.: Τα αυτογραφικά θερμόμετρα TINY-TAG που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα

Για την διενέργεια των πειραμάτων εντός του αστικού ιστού, οι αισθητήρες έπρεπε να προστατεύονται, τόσο από τους κλιματικούς παράγοντες που μπορεί να αλλοιώσουν τις μετρήσεις (ηλιακή ακτινοβολία, βροχή κλπ.), όσο και από κλοπή ή

γενικότερα καταστροφή τους. Μετά από ενδελεχή μελέτη διαφόρων κατασκευών προκρίθηκε η κατασκευή ξύλινων κλωβών σε σχήμα κύβου, με τους οποίους εξασφαλίστηκε η ακριβής καταγραφή των θερμοκρασιών του αέρα, η εύκολη στερέωσή τους στο αστικό περιβάλλον και σε σημαντικό βαθμό, η ασφάλειά τους από κλοπές και καταστροφές.

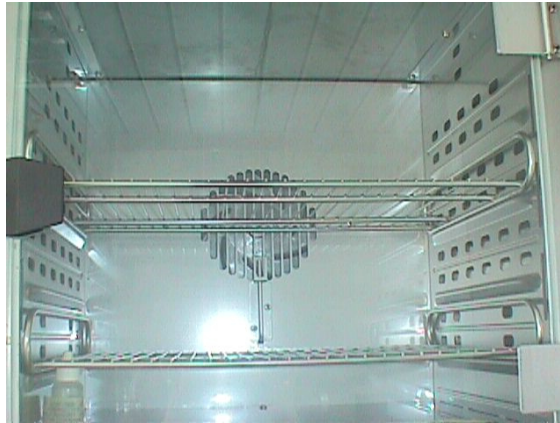
Το υλικό κατασκευής των κουτιών ήταν ξύλο MDF ($\lambda=0.1-0.14[W/(m.K)]$). Οι εσωτερικές διαστάσεις τους αντιστοιχούσαν σε ένα κύβο ακμής 20cm, εντός δε αυτών, τοποθετήθηκαν πακτωμένοι σε όρθια θέση οι αισθητήρες. Ακολουθώντας δε την λογική του μετεωρολογικού κλωβού Stevenson το εξωτερικό των κουτιών βάφτηκε λευκό, με ειδική ανακλαστική χρωστική ουσία, ενώ το εσωτερικό με μαύρο ματ χρώμα. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η υπερθέρμανση του κλωβού, και πιθανά προβλήματα από εσωτερικές ανακλάσεις.

Τέλος, για να επιτευχθεί ικανός φυσικός αερισμός στο εσωτερικό του κλωβού, ώστε να καταγράφεται η πραγματική θερμοκρασία του αέρα της περιοχής, έγιναν σε κάθε πλευρά του κουτιού (εκτός της άνω πλευράς) 4 σχισμές πάχους 3 με 4mm. Το πάχος των σχισμών ήταν το πλέον ενδεδειγμένο ώστε να μην μπορεί να εισχωρήσει η άμεση ηλιακή ακτινοβολία εντός του κουτιού και να δημιουργηθούν φαινόμενα υπερθέρμανσης ή επηρεασμού της αυτογραφικής διάταξης του οργάνου, αλλά και να υπάρχει επαρκής αερισμός ώστε να καταγράφονται από τους αισθητήρες οι πραγματικές θερμοκρασίες του αέρα γύρω από τον σταθμό (σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2.: Η τελική μορφή του ξύλινου κουτιού το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των θερμοκρασιών του αέρα.

Σημειώνεται ότι στα πλαίσια της βαθμονόμησης των οργάνων, κατά την διάρκεια της πειραματικής περιόδου έγιναν δύο βαθμονομήσεις των θερμομέτρων χρησιμοποιώντας την μονάδα “liquid bath” του Αστεροσκοπείου Αθηνών (σχήμα 4.3). Παρά το γεγονός ότι οι αποκλίσεις ήταν πολύ μικρές τα αποτελέσματα των βαθμονομήσεων λήφθηκαν υπόψη κατά την επεξεργασία των δεδομένων. Τέλος, αντίστοιχες πειραματικές διατάξεις χρησιμοποιήθηκαν από τους Giannopoulos (2011) και Bourdoulakis (2013) για διεξαγωγή μετρήσεων της θερμοκρασίας του αέρα εντός αστικού περιβάλλοντος και τον προσδιορισμό της αστικής θερμικής νησίδας στην περιοχή της Αθήνας και στο Αγρίνιο αντίστοιχα.



Σχήμα 4.3.: Μονάδα βαθμονόμησης εργαστηρίου

4.1.2. Επιλογή των θέσεων μέτρησης της θερμοκρασίας του αέρα στο ευρύτερο αστικό περιβάλλον της Αθήνας

Η επιλογή των θέσεων των σταθμών (σχήμα 4.4) για την ωριαία καταγραφή των θερμοκρασιών έγινε έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα όσο γίνεται πιο πυκνό δίκτυο μετρήσεων της θερμοκρασίας του αέρα στο κέντρο της πόλης και αραιότερο προς τις περιαστικές περιοχές, ώστε να μπορεί ταυτόχρονα να εξετασθεί η επίδραση στην θερμοκρασία του αέρα διαφόρων παραγόντων όπως:

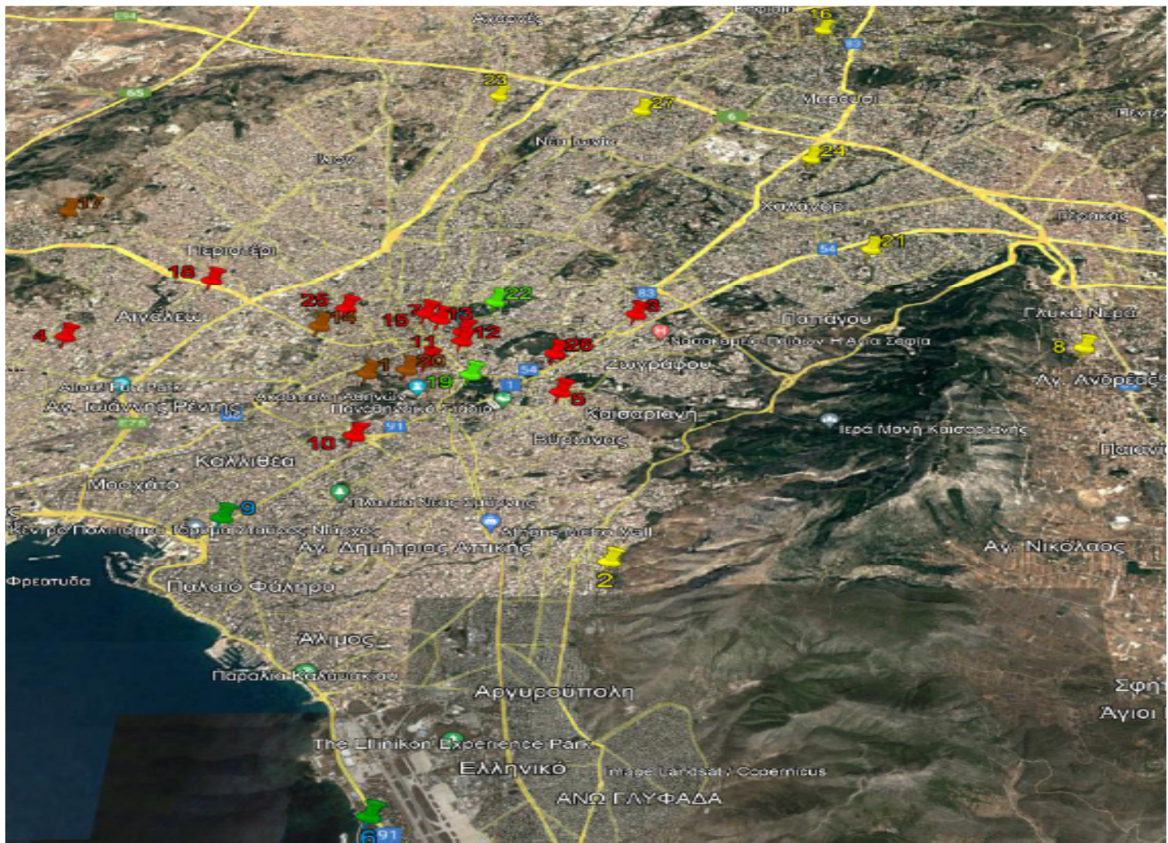
- η πυκνότητα δόμηση,
- ο κυκλοφοριακός φόρτος,
- ο προσανατολισμός των δρόμων,
- το υψόμετρο των σταθμών μέτρησης,
- το αστικό πράσινο,
- η θάλασσα,
- η γεωγραφική θέση.

Σημειώνεται ότι για λόγους μεγαλύτερης ομοιογένειας οι σταθμοί εντός του πολεοδομικού ιστού τοποθετήθηκαν σε μικρά ύψη κοντά στις επιφάνειες των κτιρίων, για λόγους στήριξης, αλλά και επειδή ο τελικός στόχος της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης της θερμοκρασίας του αέρα στις ενεργειακές καταναλώσεις των κτηρίων στο πραγματικό αστικό περιβάλλον, οπότε σε αυτή την περίπτωση ενδιαφέρει η μέτρηση της θερμοκρασία του αέρα κοντά στο κτίριο ώστε τα συμπεράσματα τα οποία θα προκύψουν αφορούν το κτιριακό οριακό στρώμα.

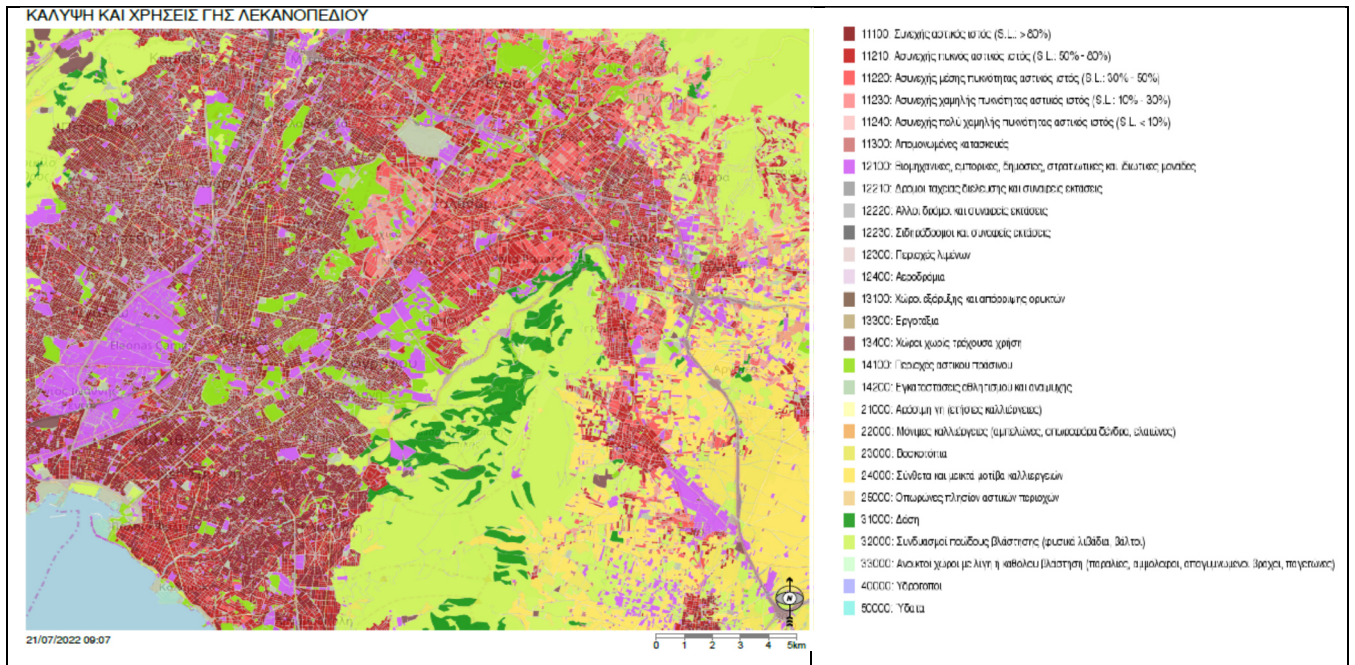
Με βάση τα ανωτέρω αναπτύχθηκε το δίκτυο των σταθμών σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση ολοκληρώθηκε μέχρι το τέλος Ιουλίου 1996 όπου και τοποθετήθηκαν είκοσι σταθμοί. Στη συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη τις επιπλέον απαιτήσεις του πειράματος, το δίκτυο επεκτάθηκε με την τοποθέτηση άλλων επτά σταθμών τον Μάρτιο του 1997.

Στον σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζονται η θέση των σταθμών καθώς και οι χρήσεις γης σύμφωνα με την κατάταξη Corine Land Cover 2012. Σημειώνεται ότι η αρίθμηση των σταθμών σχετίζεται με την χρονική σειρά εγκατάστασής τους.

α)



β)



Σχήμα 4.4.: α) Γεωγραφική αποτύπωση των θέσεων των σταθμών στο Λεκανοπέδιο της Αττικής

β) Καλύψεις χρήσεων γης στο Λεκανοπέδιο της Αττικής κατηγοριοποίησης κατά CORINE (πηγή ΥΠΕΝ)

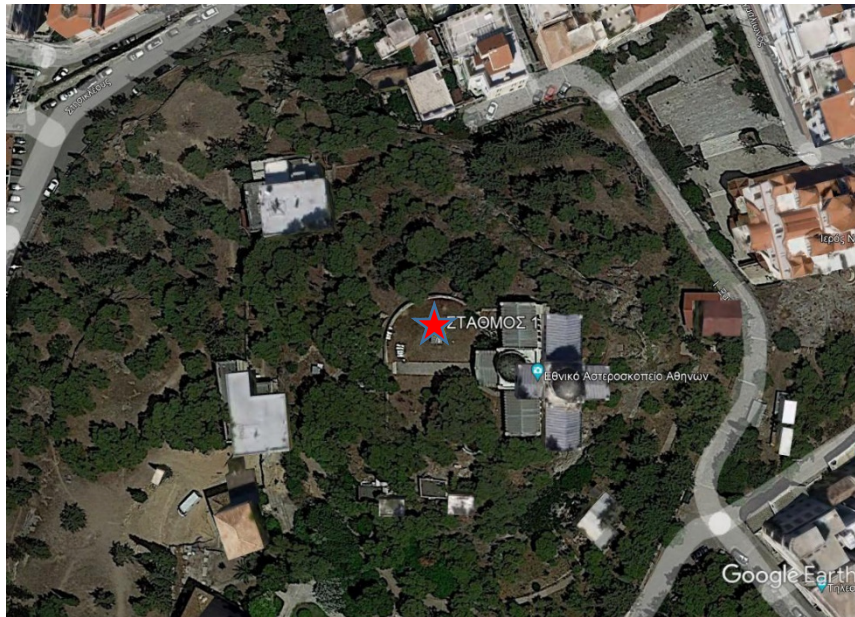
4.1.3. Περιγραφή θέσης σταθμών και των χαρακτηριστικών των περιοχών αυτών

Στη συνέχεια δίνεται η περιγραφή της θέσης των σταθμών και των χαρακτηριστικών των περιοχών στις οποίες τοποθετήθηκαν αυτοί .

Σταθμός 1: Αστεροσκοπείο.

Ο Σταθμός του Αστεροσκοπείου βρίσκεται σε μία περιοχή με σημαντική παρουσία πρασίνου. Ήταν τοποθετημένος εντός του κλωβού μετρήσεων Stevenson του Αστεροσκοπείου Αθηνών, ο οποίος βρισκόταν σε απόσταση από κτηριακές υποδομές. Το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας του σταθμού είναι στα 107 m

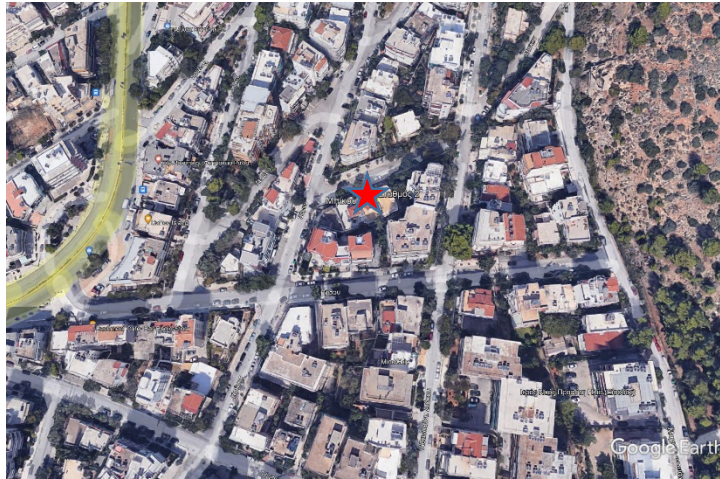
Η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως «περιοχή Αστικού Πρασίνου» σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 και πολεοδομικά θεωρείται ως εκτός σχεδίου πόλεως περιοχή, γενικής κατοικίας με συντελεστή κάλυψης μικρότερο από 0.2 .



Σχήμα 4.5.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 1 (Αστεροσκοπείο)

Σταθμός 2: Ηλιούπολη

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στο ισόγειο και στον ακάλυπτο χώρο διάροφης κατοικίας στην περιοχή της Ηλιούπολης στις παρυφές του ορεινού όγκου του Ύμηττου. Ο προσανατολισμός της επιφάνειας στην οποία στηρίχτηκε ο σταθμός ήταν Βόρειος – Βορειοδυτικός. Το υψόμετρο της περιοχής του σταθμού είναι 210m. Η δόμηση της περιοχής είναι τέτοια που δημιουργεί δρόμους με χαρακτηριστικό λόγο H/W \approx 1 και σύμφωνα με την κατάταξη του Corine Land Cover 2000 ανήκει στην κατηγορία του «Ασυνεχή Αστικού Ιστού». Πολεοδομικά η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως Γενική Κατοικία με συντελεστή δόμησης 1.4 .



Σχήμα 4.6.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 2 (Ηλιούπολη)

Σταθμός 3: Αμπελόκηποι

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στο δεύτερο όροφο πολυκατοικίας στην περιοχή των Αμπελοκήπων. Η περιοχή βρίσκεται βόρεια του ιστορικού κέντρου της Αθήνας σε υψόμετρο 165 m και είναι μία τυπική αστική περιοχή της Αθήνας με σημαντική δόμηση και υψηλά κτήρια. Ο προσανατολισμός του σταθμού ήταν Βορειοανατολικός.

Σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 χαρακτηρίζεται ως «Συνεχής Αστικός Ιστός». Πολεοδομικά η περιοχή χαρακτηρίζεται με χρήσεις γενικής κατοικίας, ενώ ο συντελεστής δόμησης κυμαίνεται από 3.0 ως 3.6, στοιχείο που οδηγεί στη δημιουργία οδών με χαρακτηριστικό λόγο H/W \approx 2 με 2.5.

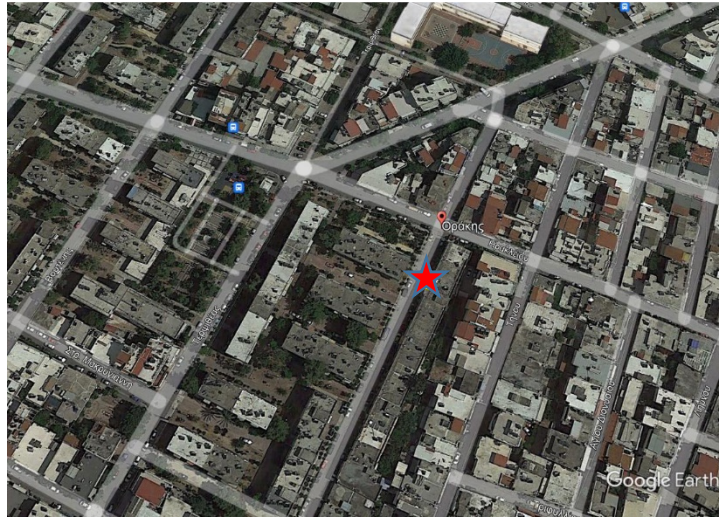


Σχήμα 4.7.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 3 (Αμπελόκηποι)

Σταθμός 4 :Κορυδαλλός

Ο σταθμός του Κορυδαλλού βρίσκεται στα όρια του ομώνυμου δήμου με τον Δήμο της Αγ. Βαρβάρας, στα δυτικά της πόλης των Αθηνών και τοποθετήθηκε στο πρώτο όροφο κτηρίου της περιοχής Η περιοχή χαρακτηρίζεται από κτήρια ύψους δύο ως τριών ορόφων, με σημαντική πυκνότητα δόμησης και μικρό κυκλοφοριακό φόρτο. Το υψόμετρο της περιοχής μέτρησης του σταθμού είναι 55m. Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι Βόρειος-Βορειοδυτικός.

Σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως «Συνεχής Αστικός Ιστός», ενώ πολεοδομικά η είναι χαρακτηρισμένη ως Γενικής Κατοικίας. Ο συντελεστής κάλυψης είναι 0.6, δόμησης 1.8 και μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος των κτηρίων είναι 18 m, στοιχεία που οδηγούν στην δημιουργία δρόμων με χαρακτηριστικό λόγο $H/W \approx 1.0$ με 1.5 .

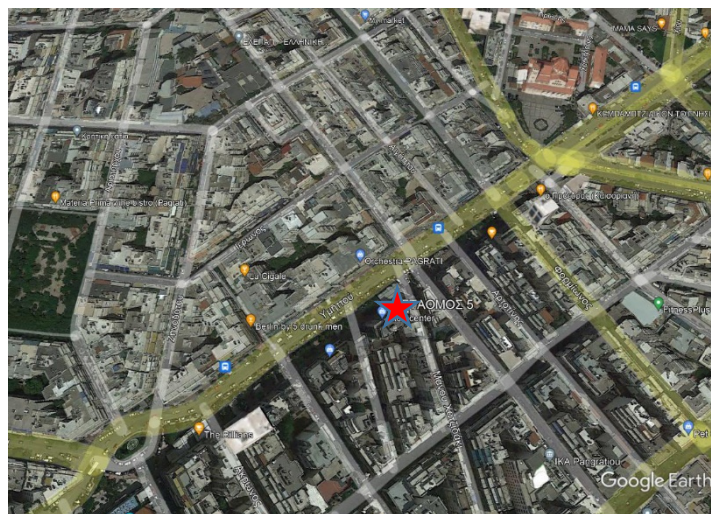


Σχήμα 4.8.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 4 (Κορυδαλλός)

Σταθμός 5: Παγκράτι-Α. Υμηττού

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στην περιοχή του Παγκρατίου, ανατολικά του κέντρου της πόλης του Αθηνών, στους πρόποδες του Υμηττού, στο πρώτο όροφο τριώροφης κατοικίας της περιοχής, επί της οδού Υμηττού πλησίον της Πανεπιστημιούπολης.

Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι Βορειοδυτικός. Η περιοχή βρίσκεται σε υψόμετρο 140m και χαρακτηρίζεται ως «Συνεχής Αστικός Ιστός» σύμφωνα με Corine Land Cover 2000. Πολεοδομικά έχει χρήσεις γης πολεοδομικού κέντρου με συντελεστή κάλυψης 0.7 ενώ ο συντελεστής δόμησης είναι 3.6. Οι συντελεστές αυτοί οδηγούν στην δημιουργία οδών με χαρακτηριστικό λόγο $H/W \approx 2$. Στη συγκεκριμένη λεωφόρο, λόγω του μεγάλου πλάτους της, ο χαρακτηριστικός λόγος είναι $H/W=1$.



Σχήμα 4.9.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 5 (Παγκράτι)

Σταθμός 6: Παραλία Αγ. Κοσμά-Πρώην ΕΚΘΕ

Η περιοχή του σταθμού είναι η παράλια ζώνη του Αγ. Κοσμά. Ο σταθμός τοποθετήθηκε στην οροφή του παλιού διώροφου κτηρίου του ΕΚΘΕ, δίπλα στη θάλασσα. Η περιοχή ήταν ανοικτή με ελάχιστη δόμηση και παρουσία πράσινου.

Η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως «Εγκαταστάσεις Αθλητισμού και αναψυχής» σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 και πολεοδομικά ως περιοχή Αθλητισμού και Τουρισμού.



Σχήμα 4.10.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 6 (Αγ. Κοσμάς)

Σταθμός 7: Κέντρο Αθήνας- Οδός Στουρνάρη

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στη κέντρο της πόλης των Αθηνών, στην οδό Στουρνάρη, στο πρώτο όροφο πενταόροφης πολυκατοικίας. Η περιοχή έχει πυκνή δόμηση και σημαντικό κυκλοφοριακό φόρτο και βρίσκεται σε υψόμετρο 85 m . Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι Νότιος-Νοτιοδυτικός. Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως «Συνεχής Αστικός Ιστός» σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 και πολεοδομικά χαρακτηρίζεται ως γενική κατοικία. Ο συντελεστή κάλυψης είναι 0.7 και δόμησης 4.8, στοιχεία που οδηγούν στη δημιουργία δρόμων με χαρακτηριστικό λόγο $H/W \approx 2.5$ με 3, οι οποίοι περιλαμβάνουν κτίρια 6 και 7 ορόφων.

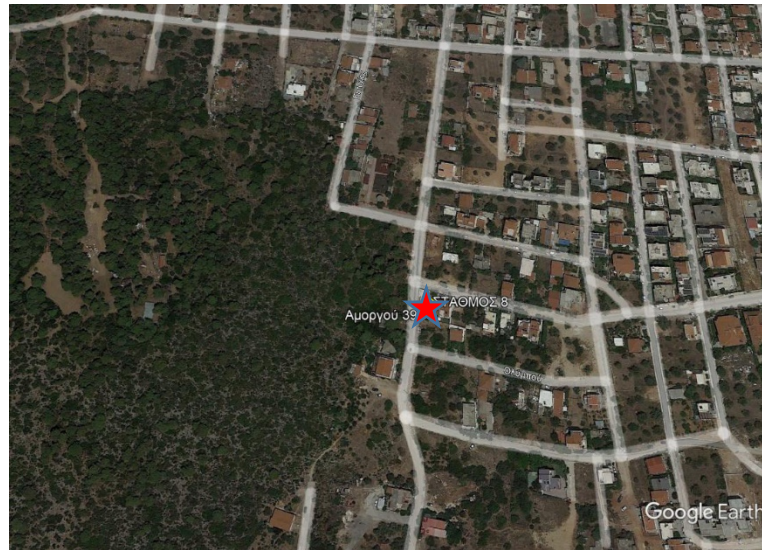


Σχήμα 4.11.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 7 (Στουρνάρη)

Σταθμός 8: Γλυκά Νερά

Ο σταθμός αυτός τοποθετήθηκε στο πρώτο όροφο, τριώροφης πολυκατοικίας της περιοχής Γλυκών Νερών, εκτός λεκανοπεδίου Αττικής, στις Βορειοανατολικές παρυφές του Υμηττού. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή δόμηση, την ύπαρξη έντονου αγροτικού και χορτολιβαδικού στοιχείου και βρίσκεται σε υψόμετρο 255m . Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι Βόρειος-Βορειοανατολικός.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως «Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις» σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 , ενώ πολεοδομικά έχει χαρακτηριστεί ως γενική κατοικία με συντελεστή κάλυψης 0.5 και μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος 7.5m . Η δόμηση της περιοχής είναι τέτοια που δημιουργεί δρόμους με χαρακτηριστικό λόγο $H/W \approx 1$.



Σχήμα 4.12.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 8 (Γλυκά Νερά)

Σταθμός 9: Περιοχή ΦΙΞ – Λ. Συγγρού

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στην περιοχή του ΦΙΞ (Κουκάκι) πλησίον της Λ. Συγγρού (1η παράλληλη). Η περιοχή έχει υψόμετρο 80m και χαρακτηρίζεται από υψηλή δόμηση. Πιο συγκεκριμένα ο σταθμός τοποθετήθηκε στο τρίτο όροφο πενταόροφης πολυκατοικίας της περιοχής . Ο προσανατολισμός της επιφάνειας στήριξης του σταθμού είναι Βορειοδυτικός.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως «Συνεχής Αστικός Ιστός» σύμφωνα με Corine Land Cover 2000, ενώ πολεοδομικά η περιοχή έχει χαρακτηριστεί ως πολεοδομικό κέντρο και γενική κατοικία με συντελεστή δόμησης 2.4, στοιχείο που οδηγεί στην δημιουργία οδών με χαρακτηριστικό λόγο $H/W \approx 2,5$.

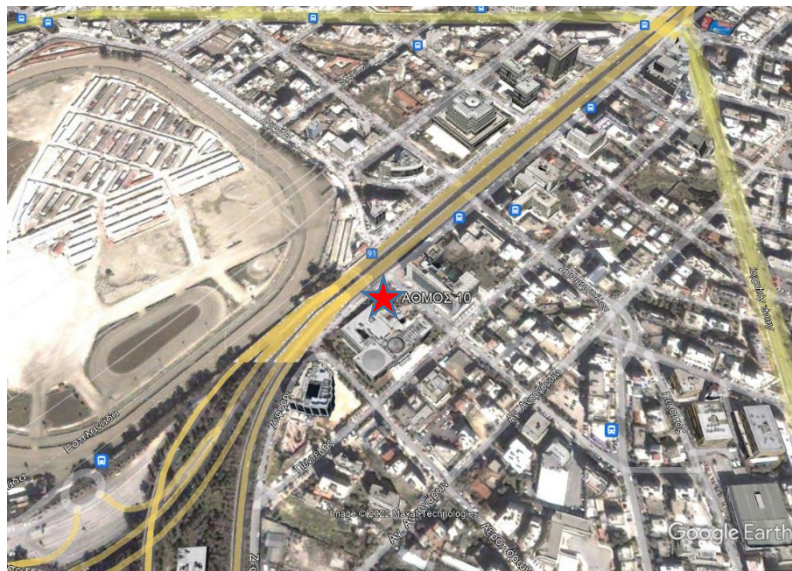


Σχήμα 4.13.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 9 (ΦΙΞ)

Σταθμός 10: Φάληρο- Ευγενείδιο Ίδρυμα

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στην οροφή του Ευγενειδείου Ιδρύματος με προσανατολισμό βορειοανατολικό, στο Φάληρο, νότιο προάστιο της πόλης της Αθήνας, και πολύ κοντά (600m) κοντά στην παραλιακή ζώνη του λεκανοπεδίου. Το υψόμετρο της περιοχής μέτρησης του σταθμού είναι 5 m

Σύμφωνα με το Corine Land Cover 2000 η περιοχή χαρακτηρίζεται ως «Ασυνεχής Αστικός Ιστός», ενώ πολεοδομικά ως περιοχή Γενικής Κατοικίας με συντελεστή δόμησης 1.4 .

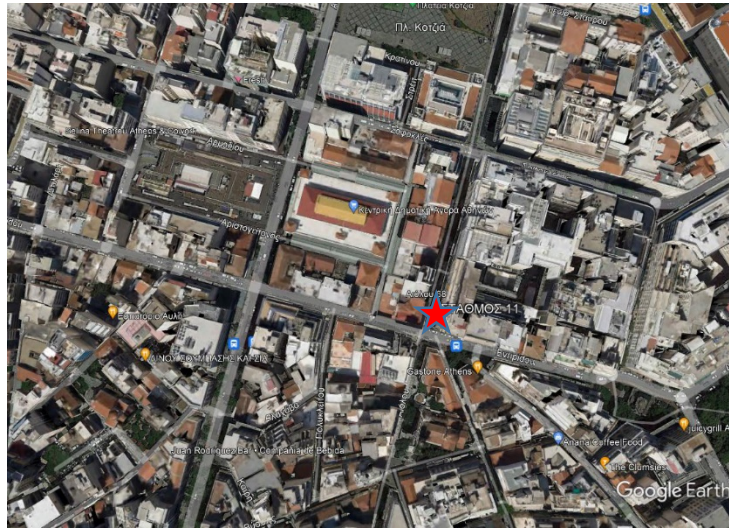


Σχήμα 4.14.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 10 (Ευγενείδιο Ίδρυμα)

Σταθμός 11: Κέντρο Αθήνας – Οδός Αιόλου.

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στον πρώτο όροφο, διάροφου κτηρίου, στην οδό Αιόλου, η οποία είναι ένας από τους εμπορικότερους πεζόδρομους του κέντρου της πόλης των Αθηνών. Η περιοχή έχει υψόμετρο 80m, ενώ ο προσανατολισμός του σταθμού είναι Δυτικός.

Σύμφωνα με το Corine Land Cover 2000 η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως «Συνεχής Αστικός Ιστός». Πολεοδομικά η χρήση της περιοχής είναι Πολεοδομικό Κέντρο. Ο συντελεστής κάλυψης είναι 0.7 και δόμησης 3.6, γεγονός που οδηγεί σε οδούς με χαρακτηριστικό λόγο άνω του 2 που απαρτίζονται από πενταόροφα και εξαώροφα κτήρια.

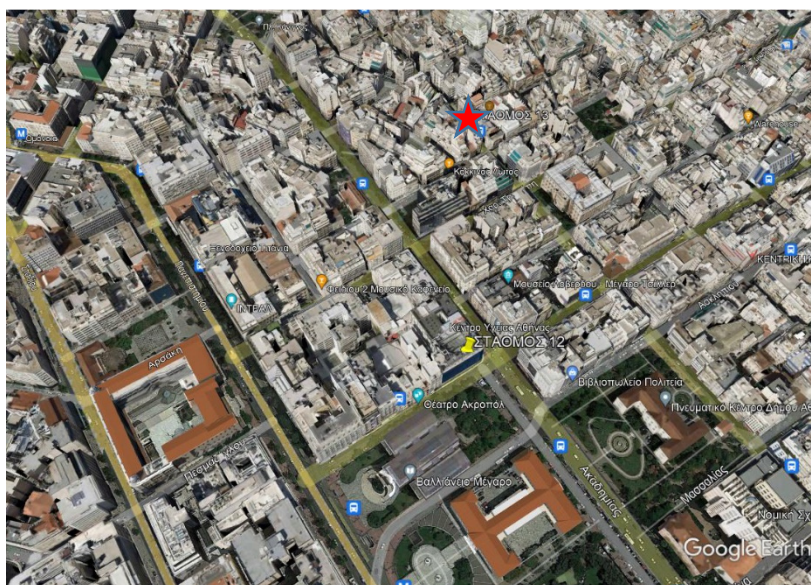


Σχήμα 4.15.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 11 (Αιόλου)

Σταθμός 12: Κέντρο Αθήνας – Πανεπιστημιακή Λέσχη

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στο κέντρο των Αθηνών στην Πανεπιστημιακή Λέσχη. Συγκεκριμένα ο σταθμός τοποθετήθηκε στον πρώτο όροφο της Πανεπιστημιακής Λέσχης στην γωνία Ιπποκράτους και Ακαδημίας επί της οδού Ιπποκράτους. Ο σταθμός έχει προσανατολισμό Νότιο-Ανατολικό. Η δόμηση της περιοχής είναι τέτοια που δημιουργεί χαρακτηριστικό λόγο $H/W \approx 2,5-3,5$ προς στη Δυτική πλευρά του κτηρίου. Η ανατολική πλευρά του κτηρίου βλέπει σε ένα μεγάλο αστικό άνοιγμα που αποτελείται από διασταυρώσεις δρόμων με μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο και πλατείες με πράσινο και μεγάλα κτήρια ύψους δύο με τρεις ορόφους. Το υψόμετρο της περιοχής του σταθμού είναι 81 m

Σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως «Συνεχής Αστικός Ιστός», ενώ πολεοδομικά έχει την χρήση Γενικής Κατοικίας, με συντελεστή δόμησης που κυμαίνεται μεταξύ 4,8 ως 5,4 και συντελεστή κάλυψης 0.7.



Σχήμα 4.16.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 12 (Πανεπιστημιακή Λέσχη)

Σταθμός 13: Κέντρο Αθήνας – Οδός Σόλωνος

Ο σταθμός αυτός τοποθετήθηκε στο δεύτερο όροφο εξώροφου κτηρίου στο κέντρο της πόλης της Αθήνας, στην οδό Σόλωνος. Μια οδό με σημαντικό κυκλοφοριακό φόρτο κατά της διάρκειας της ημέρας. Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι Βόρειο-Βορειοανατολικός. Η δόμηση της περιοχής είναι τέτοια που δημιουργεί χαρακτηριστικό λόγο περί το $H/W \approx 2,0-2,5$ και το υψόμετρο της είναι στα 88 m

Η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως «Συνεχής Αστικός Ιστός» σύμφωνα με το Corine Land Cover 2000, ενώ πολεοδομικά η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως Πολεοδομικό Κέντρο και Γενική Κατοικία, με συντελεστή κάλυψης 0.7 και συντελεστή δόμησης από 3.1 ως και 4.2 .



Σχήμα 4.17.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 13 (Σόλωνος)

Σταθμός 14: Γεωπονική Σχολή

Ο σταθμός τοποθετήθηκε εντός της έκτασης της Γεωπονικής Σχολής, στην οροφή ενός κτηρίου. Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι νοτιοδυτικός. Η περιοχή της Γεωπονικής Σχολής χαρακτηρίζεται από την παρουσία πρασίνου, και βρίσκεται ανάμεσα σε δύο σημαντικές οδικές αρτηρίες της Αθήνας με σημαντικό κυκλοφοριακό φόρτο. Την εθνική οδό Αθηνών Κορίνθου και την Ιερά Οδό. Η περιοχή της Γεωπονικής δεν έχει σημαντικές κτηριακές υποδομές. Η περιοχή γύρω από την γεωπονική σχολή χαρακτηρίζεται από ήπια μεταποιητική δραστηριότητα. Το υψόμετρο της περιοχής είναι γύρω στα 50 m

Ο χαρακτηρισμός της περιοχής σύμφωνα με το Corine Land Cover 2000 είναι «Βιομηχανικές και Εμπορικές ζώνες» ενώ πολεοδομικά έχει χαρακτηριστεί ως περιοχή «Εκπαίδευσης», με μηδενικό πρακτικά συντελεστή δόμησης και aspect ratio. Η γύρω περιοχή πολεοδομικά θεωρείται βιομηχανική περιοχή σύμφωνα με το Π.Δ. Προστασίας της περιοχής του Ελαιώνα.

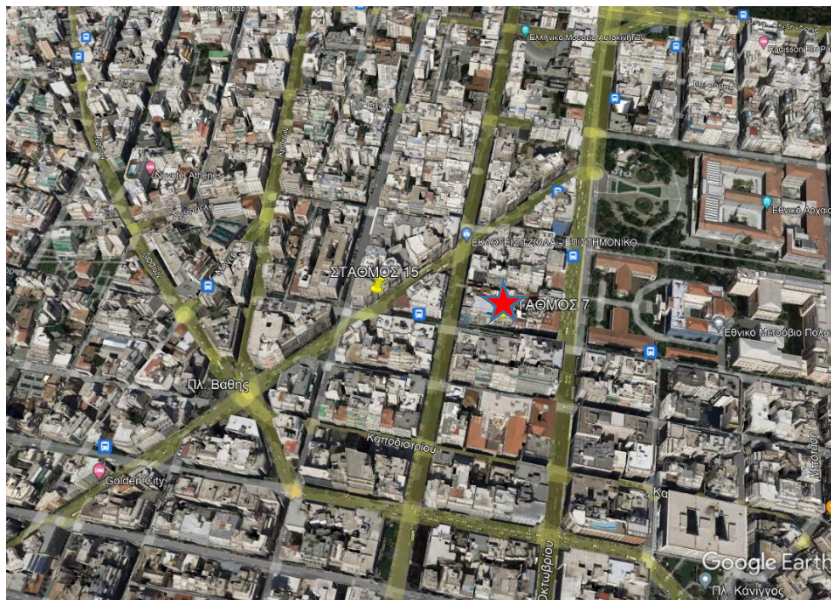


Σχήμα 4.18.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 14 (Γεωπονική)

Σταθμός 15: Κέντρο Αθήνας – Οδός Αριστοτέλους

Ο σταθμός αυτός χωροθετήθηκε στο κέντρο της πόλης της Αθήνας στην οδό Αριστοτέλους. Μια οδό με σημαντικό κυκλοφοριακό φόρτο κατά της διάρκειας της ημέρας. Ο σταθμός τοποθετήθηκε στον δεύτερο όροφο, του κτηρίου του Υπουργείου Υγείας, με προσανατολισμό Νότιο-Νοτιοανατολικό. Η δόμηση της περιοχής είναι τέτοια που δημιουργεί χαρακτηριστικό λόγο περί το $H/W \approx 2.0$ με 2.5 . Το υψόμετρο της περιοχής μέτρησης είναι στα 80 m

Η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως «Συνεχής Αστικός Ιστός» σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 και πολεοδομικά η περιοχή είναι Γενική Κατοικία, με συντελεστή κάλυψης 0.7 και συντελεστή δόμησης 4.2 .

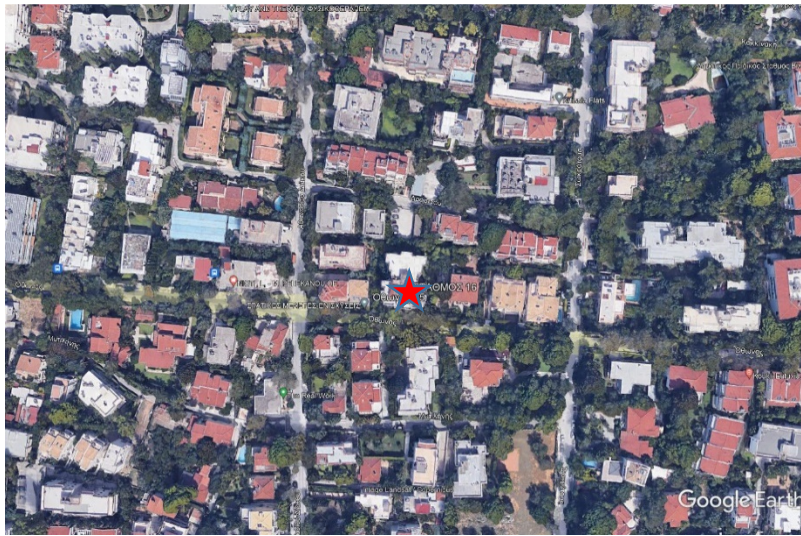


Σχήμα 4.19.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 15 (Αριστοτέλους)

Σταθμός 16: Κηφισιά

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στο δεύτερο όροφο, προς τον ακάλυπτο χώρο, πολυκατοικίας στην Κηφισιά, βόρειο προάστιο της πόλης των Αθηνών, η οποία χαρακτηρίζεται από χαμηλή δόμηση και σημαντική παρουσία πράσινου. Το υψόμετρο της περιοχής μέτρησης είναι 260 m . Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι Βόρειος – Βορειοδυτικός.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως «Ασυνεχής Αστικός Ιστός», σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 και πολεοδομικά ως περιοχή Γενικής Κατοικίας, με συντελεστή κάλυψης 0.6 . Η δόμηση της περιοχής είναι τέτοια, που δημιουργεί δρόμους με χαρακτηριστικό λόγο της αστικής χαράδρας $H/W \approx 1$. Σημαντική είναι η παρουσία του αστικού πράσινου στην περιοχή.



Σχήμα 4.20: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 16 (Κηφισιά)

Σταθμός 17: Χαϊδάρη

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στην περιοχή του Δάσους Χαϊδαρίου, στη Δυτική Αθήνα, και χαρακτηρίζεται από σημαντική παρουσία αστικού πρασίνου. Ο σταθμός τοποθετήθηκε ανάμεσα στα κτήρια των αθλητικών εγκαταστάσεων του ΕΑΚ του οικείου δήμου. Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι δυτικός-νοτιοδυτικός. Η περιοχή είναι ανοικτή με μικρή παρουσία κτηριακών εγκαταστάσεων και βρίσκεται στα όρια μεταξύ της οικιστικής ζώνης και της ζώνης περιαστικού πρασίνου του όρους Χαϊδαρίου, σε υψόμετρο 145 m .

Σύμφωνα με τον Corine Land Cover 2000 η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως «Εγκαταστάσεις Αθλητισμού και αναψυχής». Τον ίδιο χαρακτηρισμό έχει και πολεοδομικά. Η όμορη αστική περιοχή είναι χαρακτηρισμένη πολεοδομικά ως Αμιγής Κατοικία με συντελεστή δόμησης 0.3.

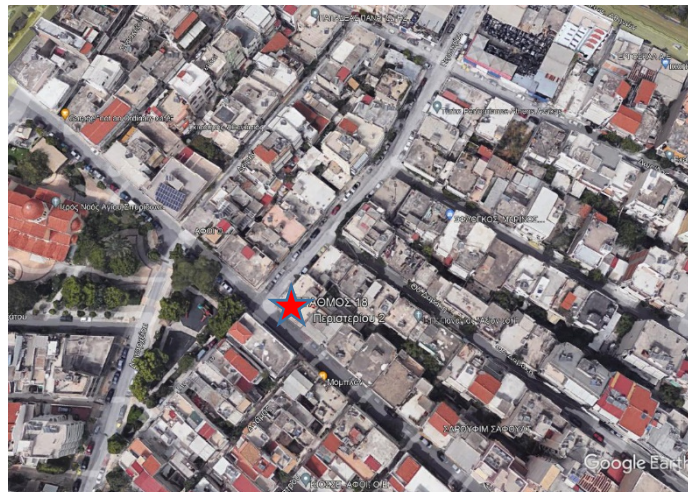


Σχήμα 4.21.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 17 (Χαϊδάρι)

Σταθμός 18: Αιγάλεω

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στον πρώτο όροφο, διώροφου γωνιακού κτηρίου, πλησίον της διασταύρωσης της Λ. Θηβών με την Λ. Αθηνών Κορίνθου στο Αιγάλεω, δυτικό προάστιο της πόλης των Αθηνών. Η περιοχή χαρακτηρίζεται κυρίως από χαμηλή δόμηση, με διώροφα κτήρια, ενώ βρίσκεται κοντά (150 μ) στις δύο προαναφερόμενες κεντρικές οδικές αρτηρίες. Στην περιοχή, η οποία έχει υψόμετρο 50 m, υπάρχει πλατεία με δέντρα και πράσινο. Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι Δυτικής-Βορειοδυτικός.

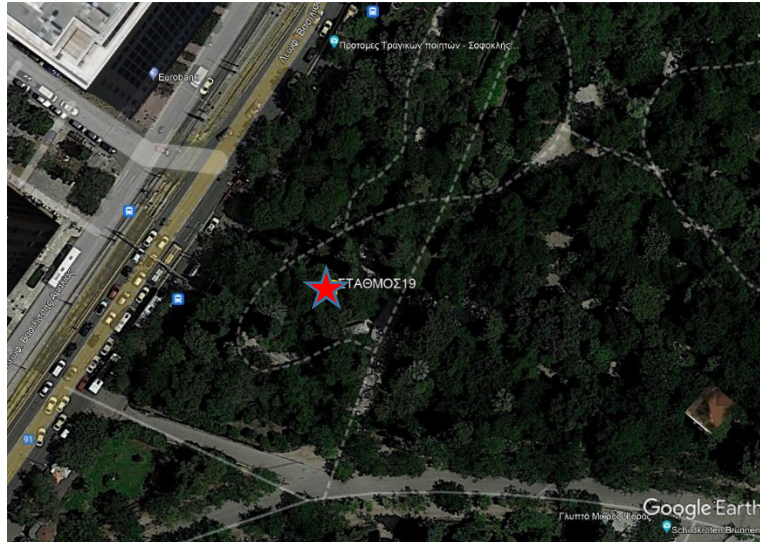
Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως «Συνεχής Αστικός Ιστός» σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 , ενώ πολεοδομικά, ως περιοχή Πολεοδομικού Κέντρου και Γενικής Κατοικίας. Ο συντελεστής κάλυψης είναι 0.6, με μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος κτηρίων τα 11 m, στοιχεία που οδηγούν στην δημιουργία οδών, με χαρακτηριστικό λόγο H/W≈1.



Σχήμα 4.22.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 18 (Αιγάλεω)

Σταθμός 19: Εθνικός Κήπος

Ο σταθμός αναφοράς βρίσκεται εντός της περιοχής του Εθνικού Κήπου. Είναι τοποθετημένος εντός ενός κλωβού επίδειξης μετεωρολογικών μετρήσεων Stevenson. Το υψόμετρο της περιοχής του Εθνικού Κήπου είναι 90 m Τόσο σύμφωνα με το Corine Land Cover 2000 όσο και πολεοδομικά η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως περιοχή «Αστικού Πράσινου».

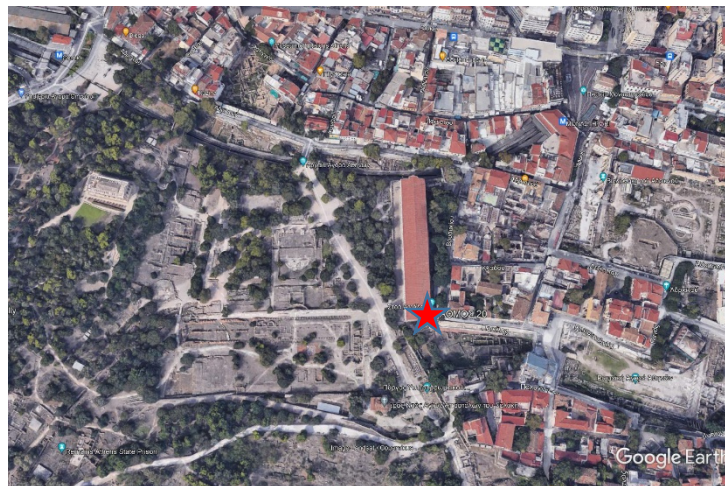


Σχήμα 4.23.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 19 (Εθνικός Κήπος- Σταθμός Αναφοράς)

Σταθμός 20: Αρχαία αγορά

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στον αρχαιολογικό χώρο του Θησείου. Στην περιοχή κυριαρχούν οι επιφανείες από γυμνό χώμα ενώ η βλάστηση είναι γενικά αραιή, με λίγα δέντρα.

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στο ισόγειο του κτιρίου της Αρχαίας Αγοράς στερεωμένος στην νότια πλευρά του. Το υψόμετρο της περιοχής είναι 75 μέτρα και χαρακτηρίζεται πολεοδομικά αλλά και σύμφωνα με το Corine Land Cover 2000 ως «Περιοχή Αστικού Πράσινου». Ο συγκεκριμένος σταθμός ιδιαίτερα κατά την διάρκεια της ημέρας λόγω ισχυρών φαινομένων μεταφοράς θερμότητας από το έδαφος παρουσίασε κατά την ανάλυση του μεγάλη στατιστική διακύμανση και η οποία δημιούργησε δυσκολία στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων και εξαιρέθηκε από την ανάλυση που ακολουθεί.



Σχήμα 4.24.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 20 (Αρχαία Αγορά)

Σταθμός 21. Αγ. Παρασκευή

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στο ισόγειο, στον ακάλυπτο χώρο, πανταχόθεν ελεύθερης πολυκατοικίας, στην περιοχή της Αγ. Παρασκευής, βορειοανατολικό προάστιο της πόλης των Αθηνών. Η περιοχή χαρακτηρίζεται από χαμηλή δόμηση και σημαντική παρουσία πράσινου ενώ βρίσκεται σε υψόμετρο 210 m Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι Βόρειος-Βορειοανατολικός και το έδαφος καλυπτόταν από γκαζόν.

Σύμφωνα με το Corine Land Cover 2000 η περιοχή χαρακτηρίζεται ως «Ασυνεχής Αστικός Ιστός» και πολεοδομικά ως Αμιγής Κατοικία, με συντελεστή δόμησης 1.0 στοιχείο που δημιουργεί δρόμους με χαρακτηριστικό λόγο της αστικής χαράδρας $H/W \approx 1$.

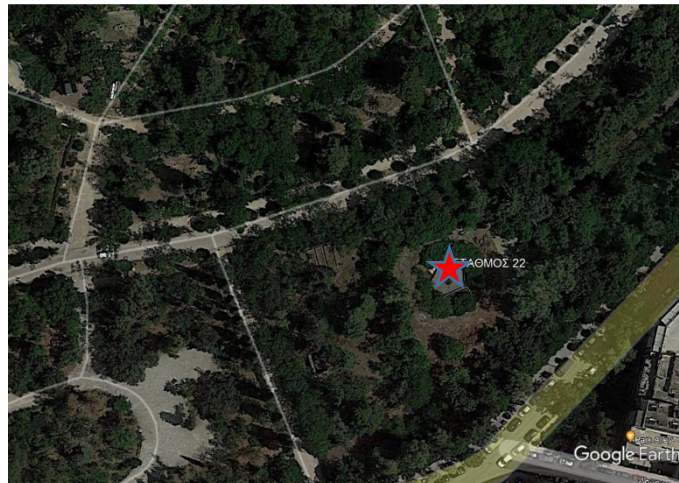


Σχήμα 4.25.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 21 (Αγ. Παρασκευή)

Σταθμός 22: Πεδίο του Άρεως

Ο Σταθμός στο Πεδίο του Άρεως, βρίσκεται εντός του δεύτερου σημαντικότερο πάρκου της πόλης των Αθηνών, και τοποθετήθηκε εντός του φυτωρίου που υπάρχει σε αυτό, (στο οποίο κάθε πρωί γινόταν πότισμα των φυτών), στην οροφή κτίσματος υπό συνεχή σκίαση. Το υψόμετρο της περιοχής είναι στα 100 m .

Η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 αλλά και πολεοδομικά ως «περιοχή Αστικού Πρασίνου».



Σχήμα 4.26.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 22 (Πεδίο του Άρεως)

Σταθμός 23: Κόκκινος Μύλος

Ο Σταθμός τοποθετήθηκε, σε ισόγειο κατοικίας προς στον ανοικτό ακάλυπτο χώρο, στην περιοχή του Κόκκινος Μύλου στα δυτικά προάστια της πόλης των Αθηνών. Ο προσανατολισμός του σταθμού ήταν Ανατολικός-Βορειοανατολικός. Η περιοχή έχει αδόμητα οικόπεδα και παρουσία πρασίνου με διάσπαρτα δέντρα.

Η περιοχή της οποίας το υψόμετρο είναι στα 130m χαρακτηρίζεται ως «Ασυνεχής Αστικός Ιστός» σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 και πολεοδομικά ως περιοχή Γενικής Κατοικίας. Ο συντελεστής κάλυψης είναι 0.6, ο συντελεστής δόμησης 1.6 και το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος στα 14.5 m Τα στοιχεία αυτά οδηγούν σε μία περιοχή που η δόμησή της δημιουργεί οδούς με χαρακτηριστικό λόγο H/W≈1.0 με 1.5.

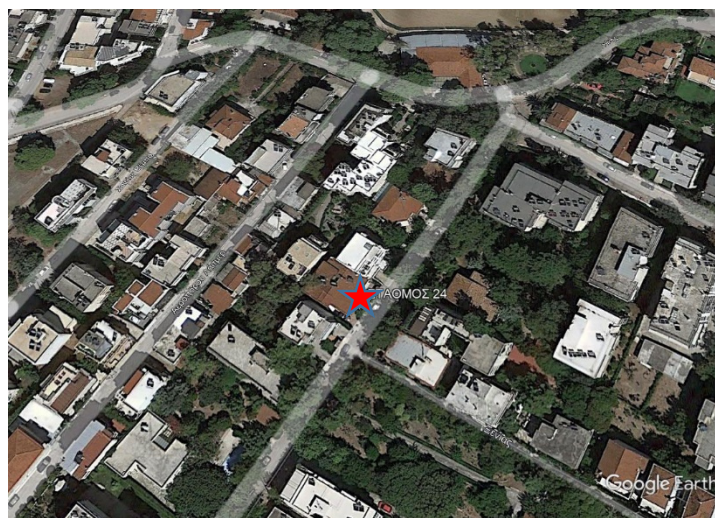


Σχήμα 4.27.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 23 (Κοκκίνος Μύλος)

Σταθμός 24: Παράδεισος Αμαρουσίου

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στο δεύτερο όροφο, διώροφης οικίας, στη περιοχή του Παράδεισου Αμαρουσίου, πλησίον του Ιππικού Ομίλου, βόρειο προάστιο της πόλης των Αθηνών, που χαρακτηρίζεται από χαμηλή, πανταχόθεν ελεύθερη, δόμηση και σημαντική παρουσία πράσινου. Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι Ανατολικός-Νοτιοανατολικός.

Η περιοχή, της οποίας το υψόμετρο είναι στα 190 m, χαρακτηρίζεται ως «Ασυνεχής Αστικός Ιστός» σύμφωνα με Corine Land Cover 2000 και πολεοδομικά ως Αμιγή Κατοικία με συντελεστή δόμησης 1 και μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος κτηρίων τα 11 m, στοιχεία που οδηγούν στο σχηματισμό αστικής χαράδρας με χαρακτηριστικό λόγο H/W≈1.



Σχήμα 4.28.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 24 (Παράδεισος Αμαρουσίου)

Σταθμός 25: Κολωνός

Ο σταθμός αυτός τοποθετήθηκε στον πρώτο όροφο κτιρίου της περιοχής του Κολωνού, δυτικά από το κέντρο της πόλης των Αθηνών. Ο προσανατολισμός του σταθμού είναι Βόρειο-Βορειοδυτικός. Το υψόμετρο της περιοχής είναι στα 50 m
Σύμφωνα με το Corine Land Cover 2000 η περιοχή είναι χαρακτηρισμένη ως «Συνεχής Αστικός Ιστός» και πολεοδομικά ως περιοχή Γενικής Κατοικίας. Ο συντελεστής κάλυψης είναι 0.7 και ο συντελεστής δόμησης κυμαίνεται από 2.1 ως 2.6, με ύψος κτηρίων 11 ως 14.5 m , τριών ή τεσσάρων ορόφων, στοιχεία που οδηγούν σε σχηματισμό οδών , με χαρακτηριστικό λόγο περι του $H/W \approx 2.5$.



Σχήμα 4.29.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 25 (Κολωνός)

Σταθμός 26 :Κέντρο Αθήνας- Hilton

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στο κέντρο της πόλης των Αθηνών στην περιοχή του Hilton Hotel. Η περιοχή διασχίζεται από σημαντικές οδικές αρτηρίες. Περιβάλλεται από σημαντικές ζώνες πρασίνου (Πάρκο Ελευθερίας) και μεγάλες νοσοκομειακές μονάδες. Ο συγκεκριμένος σταθμός τοποθετήθηκε στον πρώτο όροφο, πενταόροφης πολυκατοικίας της περιοχής, με προσανατολισμό Βόρειο -Βορειοανατολικό. Η πυκνότητα δόμησης είναι τέτοια που δημιουργεί χαρακτηριστικό λόγο $H/W \approx 2,5$. Το υψόμετρο της περιοχής μέτρησης είναι 110 m Η περιοχή χαρακτηρίζεται ως «Συνεχής Αστικός Ιστός» σύμφωνα με Corine Land Cover 2000. Πολεοδομικά η περιοχή έχει χαρακτηριστεί ως Γενική Κατοικία με συντελεστή κάλυψης 0.7 και συντελεστή δόμησης 3.6 .

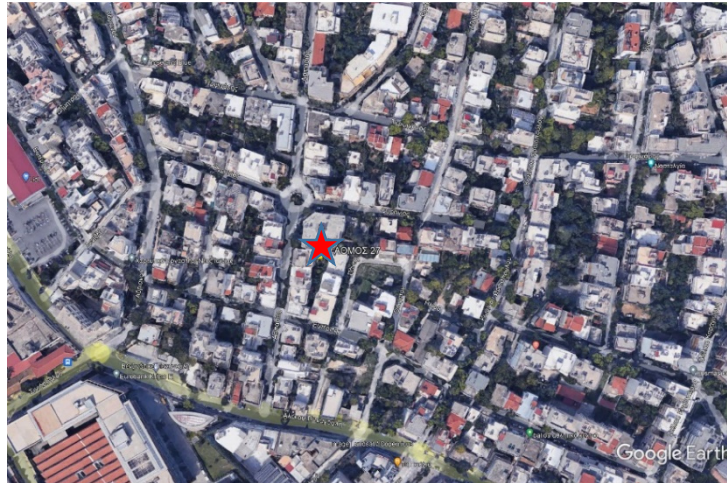


Σχήμα 4.30.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 26 (HILTON)

Σταθμός 27: Νέα Ιωνία

Ο σταθμός τοποθετήθηκε στο πρώτο όροφο διώροφης κατοικίας στην περιοχή της Νέας Ιωνίας, βορειοδυτικό προάστιο της πόλης των Αθηνών. Ο προσανατολισμός του είναι Δυτικός-Βορειοδυτικός.

Η περιοχή, της οποίας το υψόμετρο είναι 140m, χαρακτηρίζεται ως «Ασυνεχής Αστικός Ιστός» σύμφωνα με το Corine Land Cover 2000 και πολεοδομικά ως γενική κατοικία με συντελεστή δόμησης 2, στοιχείο που οδηγεί σε δημιουργία οδών με χαρακτηριστικό λόγο H/ W≈1 -1.5.



Σχήμα 4.31.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 27 (Νέα Ιωνία)

4.2. Ανάλυση πειραματικών δεδομένων:

Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι θερμοκρασίες του αέρα στο κέντρο και περίξ της πόλεως των Αθηνών για την θερινή περίοδο που περιλαμβάνει τους μήνες Αύγουστο-Σεπτέμβριο 1996, Ιούνιο-Σεπτέμβριο 1997 και Ιούνιο-Αύγουστο 1998, καλύπτοντας συνολικά εννέα μήνες. Η μελέτη επικεντρώνεται στην θερινή περίοδο δεδομένου του ότι παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον από πλευράς ενεργειακής κατανάλωσης στα κτίρια, λόγω των αυξημένων αναγκών κλιματισμού που παρουσιάζουν. Η αυξημένη αυτή ανάγκη έχει οδηγήσει στην μετατόπιση την τελευταία 15ετία του φορτίου αιχμής την θερινή περίοδο και ειδικότερα τον μήνα Ιούλιο. Αυτό σε συνδυασμό με την σημαντική αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης ακραίων θερμοκρασιών μεγάλης χρονικής διάρκειας οδηγεί στην δραματική αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από το κτιριακό κυρίως τομέα, ζήτηση που αυξάνει σημαντικά και το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας λόγω της μεγάλης επίδρασης των κλιματιστικών μονάδων στην διαμόρφωση του αστικού ενεργειακού ισοζυγίου.

Το σύνολο των καταγεγραμμένων θερμοκρασιών για την υπό εξέταση περίοδο ανέρχεται περί τις 140.000. Σημειώνεται ότι υπάρχουν σταθμοί για του οποίους δεν υπάρχει πλήρης χρονοσειρά δεδομένων, είτε λόγω προβλημάτων στους αισθητήρες είτε λόγω κλοπής τους, που είχε ως αποτέλεσμα να μην υπάρχουν καταγραφές για κάποιους μήνες.

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 4.1) φαίνεται για κάθε σταθμό, για ποιους μήνες έχουν καταγραφεί δεδομένα. Από τον πίνακα προκύπτει ότι η πληρέστερη χρονιά δεδομένων όλων των σταθμών ήταν το 1997 (25 από τους 27 σταθμούς) ενώ οι άλλες δύο χρονιές υπάρχουν δεδομένα από 19 σταθμούς. Για αυτό το λόγο η ανάλυση που θα ακολουθήσει θα εστιάσει περισσότερο στην χρονιά του 1997. Οι σταθμοί με πλήρη καταγραφή για όλα τα χρόνια ήταν οι 2,3,4,5,7,8,9,10,12,15,16,17,18,19 (14 σταθμοί).

Πίνακας 4.1.: Μήνες κατά τους οποίους υπάρχει χρονοσειρά δεδομένων για κάθε σταθμό

ΜΗΝΑΣ	8/96	9/96	6/97	7/97	8/97	9/97	6/98	7/98	8/98
ΣΤΑΘΜΟΣ									
Σταθμός 1: Αστεροσκοπείο	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Σταθμός 2: Ηλιούπολη	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 3: Αμπελόκηποι - Αθήνα	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 4: Κορυδαλλός	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 5: Λ. Υμηττού - Παγκράτι	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 6: Ε.Κ.Θ.Ε. - Αγ. Κοσμάς	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Σταθμός 7: Στουρνάρη - Αθήνα	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 8: Γλυκά Νερά	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 9: ΦΙΕ - Αθήνα	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 10: Ευγενίδειο - Λ. Συγγρού	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 11: Αιόλου & Ερμού - Αθήνα	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Σταθμός 12: Πανεπ. Λέσχη - Αθήνα	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 13: Σόλωνος - Αθήνα	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Σταθμός 14: Γεωπονική Σχολή	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Σταθμός 15: Αριστοτέλους- Αθήνα	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 16: Κηφισιά	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 17: Λάσος Χαϊδαρίου	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ

Σταθμός 18: Αιγάλεω	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 19: Εθνικός Κήπος	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 21: Αγ. Παρασκευή	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Σταθμός 22: Πεδίο του Άρεως - Αθήνα	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 23: Κόκκινος Μύλος	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Σταθμός 24: Παράδεισος Αμαρουσίου	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 25: Κολωνός	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Σταθμός 26: Περιοχή HILTON - Αθήνα	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ
Σταθμός 27: Νέα Ιωνία	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ

Τέλος για την ανάλυση των καταγεγραμμένων θερμοκρασιών και την ανάγκη εξαγωγής συγκριτικών αποτελεσμάτων χρειάστηκε να οριστεί ένας σταθμός αναφοράς. Μετά από ενδελεχή εξέταση (I. Livada et.al. 2001) επιλέχθηκε ως σταθμός αναφοράς ο σταθμός στον Εθνικό Κήπο (19) για τους ακόλουθους λόγους :

- βρίσκεται στο κέντρο της πόλης των Αθηνών στο μεγαλύτερο πάρκο της πόλης,
- έχει την μεγαλύτερη πληρότητα μετρήσεων για την εξαγωγή συγκριτικών στοιχείων,
- παρουσιάζει σχεδόν συνολικά τις μικρότερες θερμοκρασίες κατά την νυχτερινή περίοδο,
- βρίσκεται εντός περιοχής με σημαντική παρουσία πράσινου και είναι συνεχώς σκιαζόμενος,
- βρίσκεται μακριά (πάνω από 30m) από οποιοδήποτε κτιριακή κατασκευή.

Στο πλαίσιο της μελέτης, εξετάστηκε η συσχέτιση μεταξύ των ανά μήνα ωριαίων θερμοκρασιών κάθε σταθμού και του σταθμού του Εθνικού Κήπου (σταθμός αναφοράς). Όπως προκύπτει από τον πίνακα 4.2 οι τιμές των συντελεστών γραμμικής συσχέτισης βρέθηκαν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικά σημαντικές στη στάθμη σημαντικότητας 0.05. Αυτό δείχνει την ομοιόμορφη επίδραση των συνοπτικών καιρικών συνθηκών στο σύνολο των σταθμών, ενώ οι διαφοροποιήσεις μεταξύ των θερμοκρασιών των σταθμών οφείλονται σε επιμέρους τοπικές συνθήκες.

Πίνακας 4.2 : Συντελεστής συσχέτισης για κάθε σταθμό σε σχέση με τον σταθμό αναφοράς για κάθε μήνα

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Αυγ.96	0.97	0.81	0.91	0.84	0.86	0.87	0.90	0.84	0.85	0.95	0.87	0.92	0.90	0.92	0.86	0.83	0.93	0.86	1.00	
Σεπ.96	0.96	0.82	0.92	0.87	0.79	0.81	0.88	0.90	0.86	0.94	0.87	0.87	0.91	0.90	0.88	0.85	0.93	0.90	1.00	
Ιούν.97	0.98	0.71	0.94	0.88	0.89	0.94	0.92	0.85	0.89	0.96	0.85	0.95	0.93	0.98	0.90	0.78	0.95	0.91	1.00	
Ιούλ.97	0.97	0.69	0.86	0.80	0.82	0.93	0.92	0.74	0.86	0.87		0.88	0.83	0.97	0.85	0.65	0.92	0.91	1.00	
Αύγ.97	0.97	0.78	0.85	0.84	0.84	0.94	0.93	0.80	0.94	0.88		0.91	0.67	0.97	0.81	0.71	0.93	0.91	1.00	

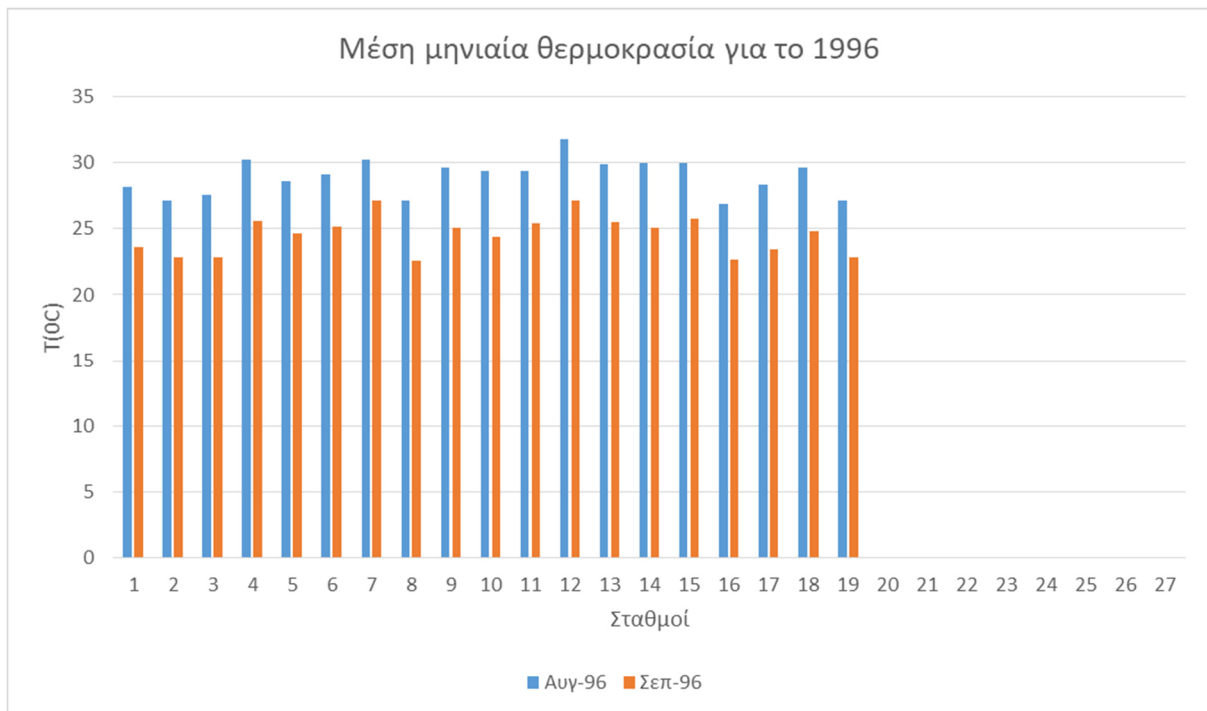
Σεπ.97	0.97	0.79	0.86	0.86	0.84	0.96	0.91	0.84	0.95	0.87		0.90	0.58	0.97	0.82	0.74	0.95	0.93	1.00	
Ιούν.98		0.82	0.91	0.84	0.87		0.91	0.83	0.86	0.94		0.89			0.85	0.64	0.94	0.92	1.00	
Ιούλ.98		0.83	0.91	0.84	0.86		0.91	0.83	0.88	0.94		0.89			0.88	0.67	0.93	0.92	1.00	
Αύγ.98		0.84	0.93	0.84	0.86		0.92	0.84	0.88	0.94		0.89			0.86	0.70	0.95	0.93	1.00	
	21	22	23	24	25		26	27												
Ιούν.97	0.92	0.95	0.91		0.87	0.90	0.87													
Ιούλ.97	0.85	0.94	0.83	0.82	0.77	0.83	0.78													
Αύγ.97	0.85	0.91	0.87	0.59	0.82	0.44	0.83													
Σεπ.97	0.88	0.92	0.89	0.64	0.84	0.52	0.84													
Ιούν.98		0.90		0.94	0.77		0.81													
Ιούλ.98		0.92		0.93	0.78		0.81													
Αύγ.98		0.92		0.93	0.80		0.81													

4.2.1. Ανάλυση βασικών στατιστικών θερμομετρικών παραμέτρων

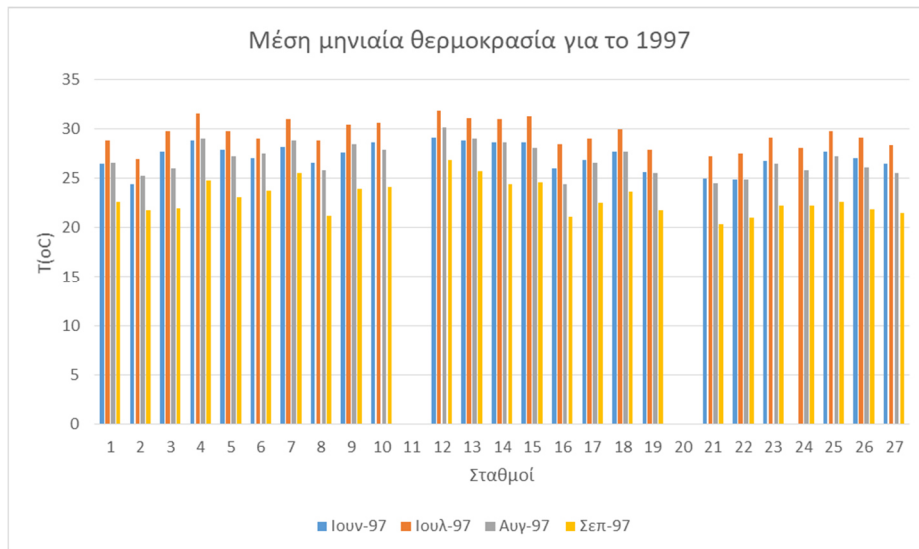
Στη συνέχεια μελετήθηκαν οι μέσες μηνιαίες τιμές βασικών θερμομετρικών παραμέτρων για κάθε σταθμό και για κάθε μήνα. Συγκεκριμένα μελετήθηκε η μέση μηνιαία, η μέση ημερήσια και νυχτερινή μηνιαία θερμοκρασία του αέρα κάθε σταθμού καθώς και οι αντίστοιχες διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς. Επίσης μελετήθηκε ανά μήνα το μέσο ημερήσιο θερμομετρικό εύρος. Σε κάθε μία από τις παραμέτρους παρουσιάζεται και η αντίστοιχη χωρική κατανομή τους στο λεκανοπέδιο Αττικής για την θερινή περίοδο του 1997, όπου ήταν διαθέσιμο το πληρέστερο δείγμα δεδομένων κάτι που μας δίνει την ακριβέστερη χωρική αποτύπωση της κάθε παραμέτρου, χρησιμοποιώντας την μέθοδο παρεμβολής Kriging.

4.2.1.1. Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα

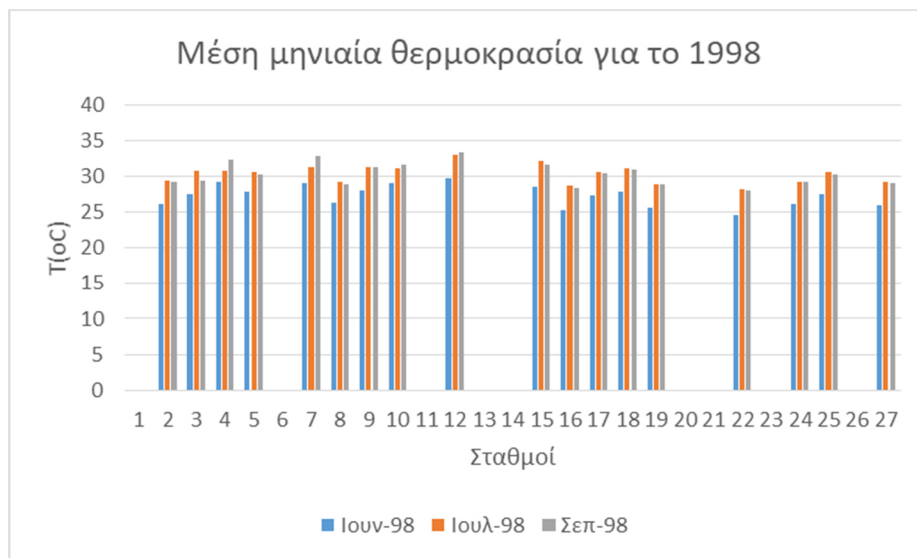
Η πρώτη παράμετρος η οποία εξετάζεται είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα κάθε σταθμού. Οι τιμές αποτυπώνονται στα σχήματα 4.32 , 4.33 και 4.34.



Σχήμα 4.32: Μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996



Σχήμα 4.33: Μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997



Σχήμα 4.34: Μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998

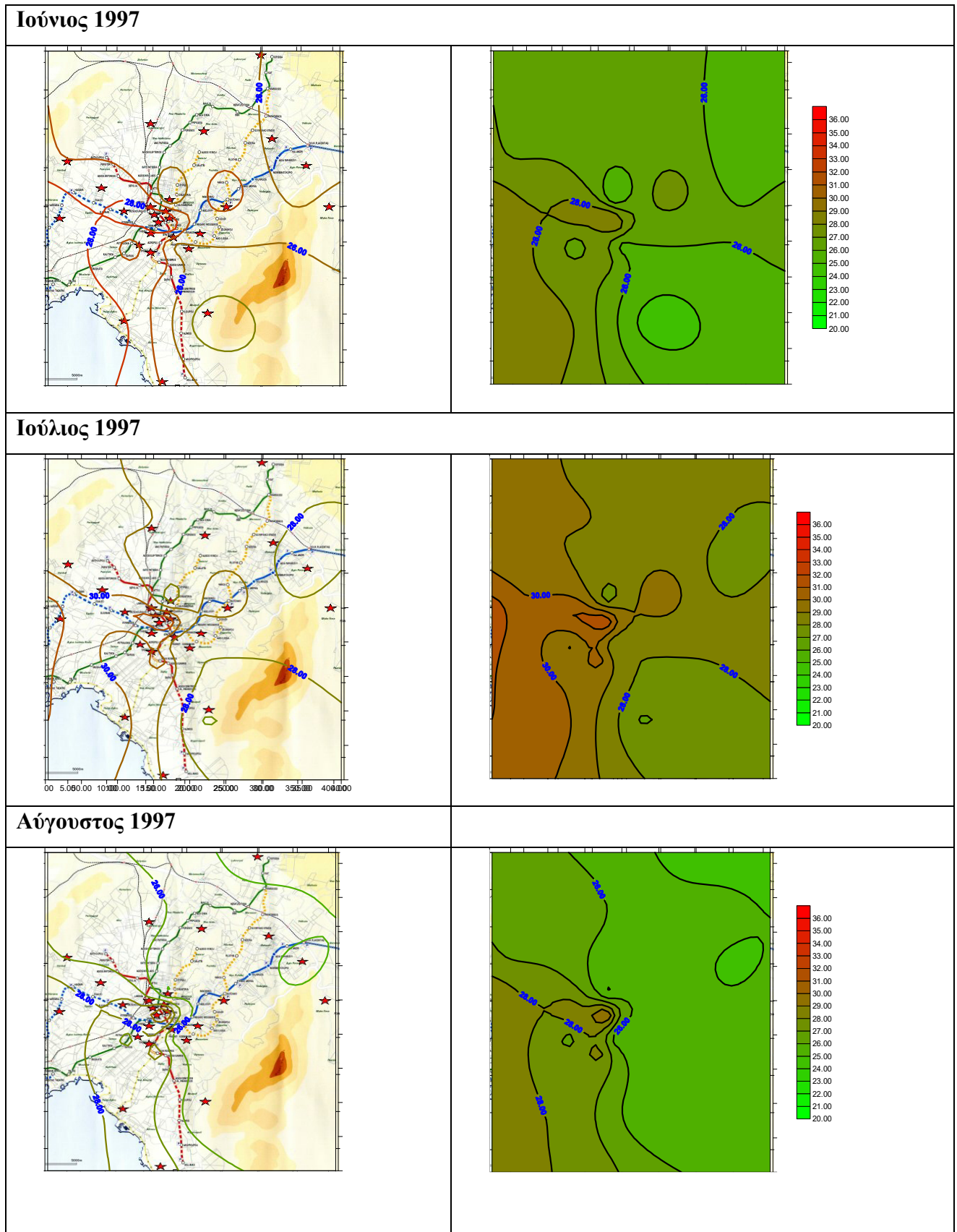
Μελετώντας τις παραπάνω παραμέτρους προκύπτει ότι για το σύνολο της θερινής περιόδου τις μεγαλύτερες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες του αέρα παρουσιάζει ο Σταθμός 12, της Πανεπιστημιακής Λέσχης, οι οποίες κυμαίνονται από 33.4°C, τον Αύγουστο του 1998 ως και 27.1°C τον Σεπτέμβριο του 1996.

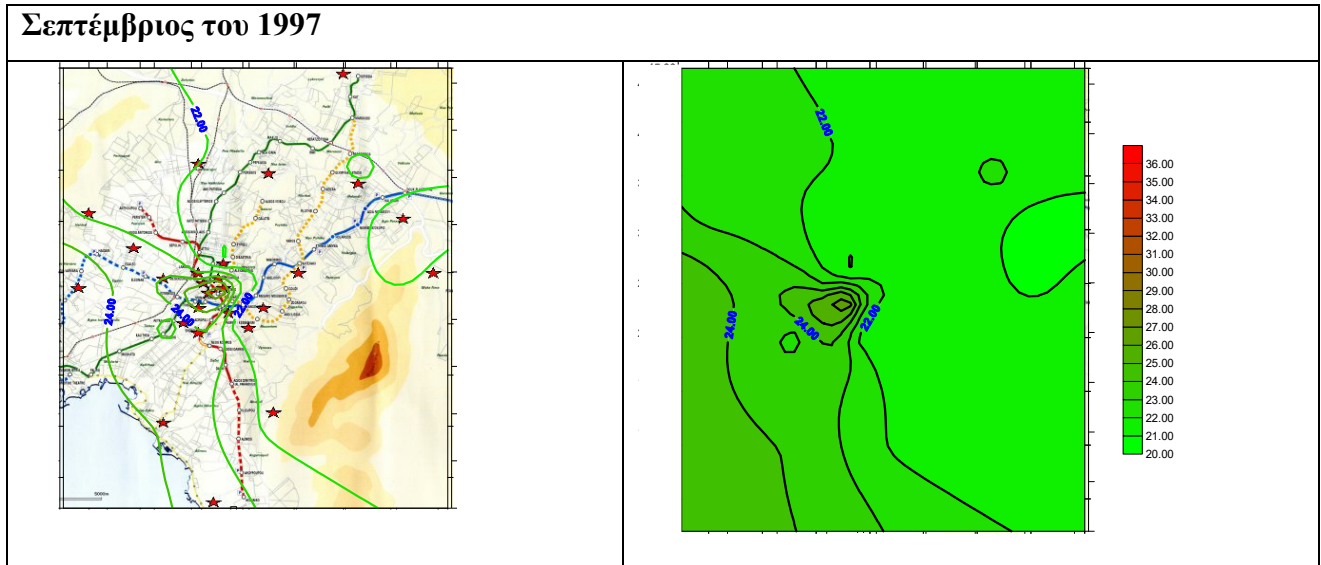
Σημειώνεται ότι σε αντίθεση με τις μεγαλύτερες μέσες τιμές που τις εμφανίζει για όλους τους μήνες ο Σταθμός 12, τις μικρότερες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες δεν τις εμφανίζει συστηματικά ένας σταθμός.

Η μέση μηνιαία μικρότερη θερμοκρασία όλων των εξεταζόμενων μηνών κυμάνθηκε μεταξύ των 20.4°C τον Σεπτέμβριο του 1997 στο σταθμό 21 στην Αγία Παρασκευή και 28.2 °C τον Ιούλιο του 1998 στο σταθμό του Πεδίου του Άρεως.

Σύμφωνα με το σταθμό αναφοράς η θερμότερη θερινή περίοδος εμφανίζεται το 1998, ειδικότερα τον μήνα Ιούλιο, ενώ η ψυχρότερη εμφανίζεται το 1997, με το 1996 να παρουσιάζει ενδιάμεσες θερμοκρασίες στοιχείο που αποτυπώνεται στην θερμική συμπεριφορά στο σύνολο σχεδόν των σταθμών μέτρησης.

Στα τέσσερα διαγράμματα που ακολουθούν (σχήμα 4.35) εμφανίζεται η χωρική κατανομή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών του αέρα στο λεκανοπέδιο της Αττικής για την θερινή περίοδο του 1997 χρησιμοποιώντας την ίδιο εύρος θερμοκρασιών στην θερμομετρική κλίμακα.





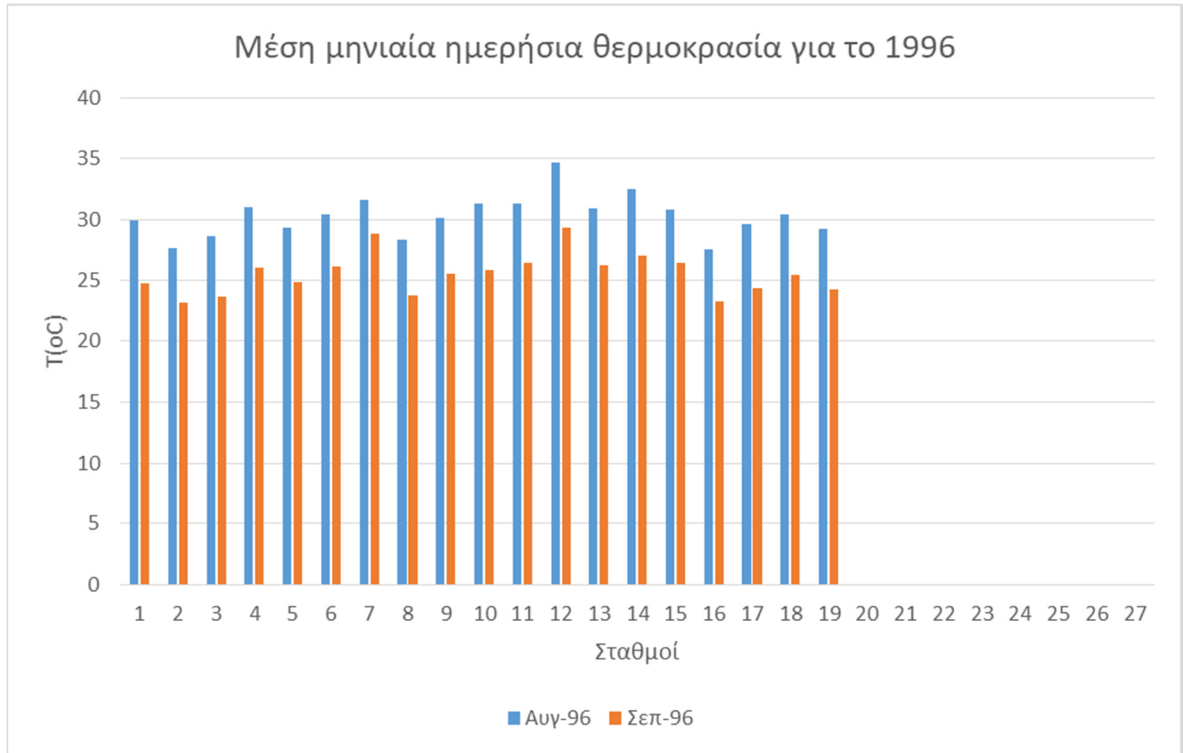
Σχήμα 4.35: Χωρική κατανομή μέσης θερμοκρασίας για το 1997 με κοινή θερμομετρική κλίμακα

Από την χωρική αποτύπωση προκύπτει ότι, οι υψηλότερες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες εμφανίστηκαν στο κέντρο της πόλης, όπως και αναμενόταν, αλλά και δυτικά αυτής, στις συνοικίες της Δυτικής Αθήνας. Οι πιο χαμηλές θερμοκρασίες εντοπίστηκαν βόρεια, ανατολικά και νοτιοανατολικά, στους πρόποδες των ορεινών όγκων του Υμηττού, της Πεντέλης και της Πάρνηθας, ενώ οι παραθαλάσσιες περιοχές εμφανίζουν ενδιάμεσες θερμοκρασίες.

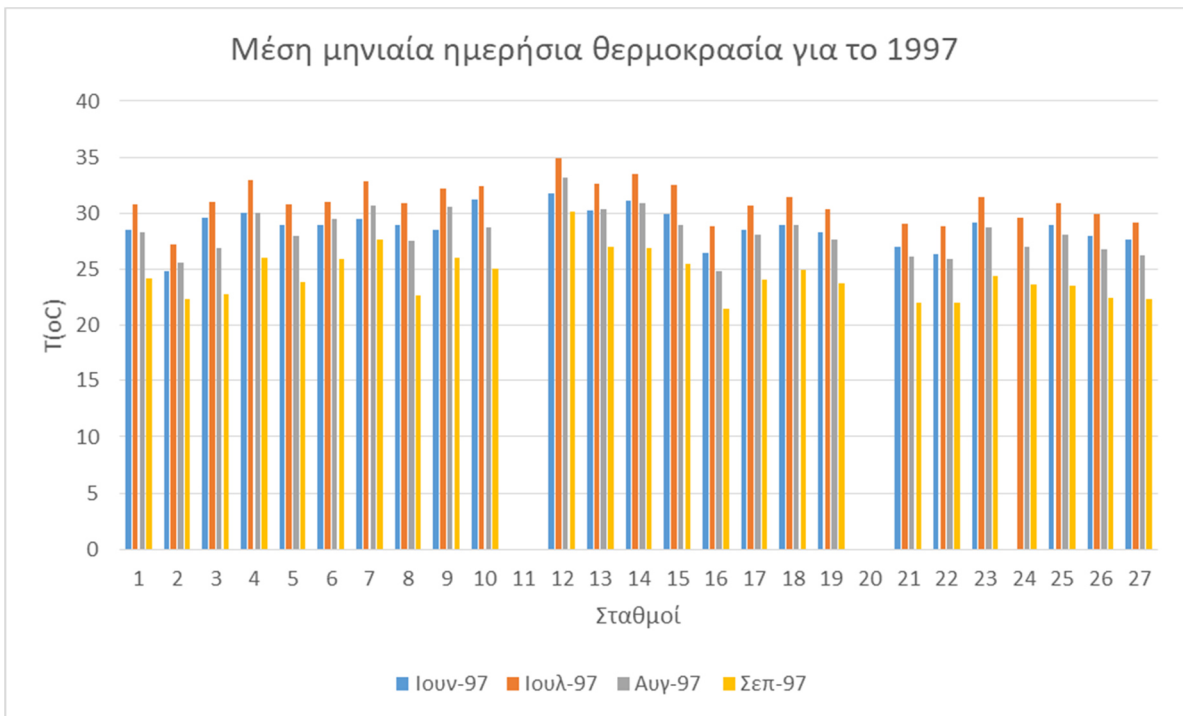
Όπως προκύπτει από την βιβλιογραφία (βλέπε 3^ο Κεφάλαιο), οι θερμοκρασίες του αέρα που καταγράφονται σε σταθμούς που είναι τοποθετημένοι εντός του κτιριακού οριακού στρώματος επηρεάζονται σημαντικά από τον προσανατολισμό τους και την προσπίπτουσα σε αυτούς ηλιακή ακτινοβολία. Για τον λόγο αυτό διαμερίστηκε το 24ωρο με βάση τα δεδομένα της ηλιακής ακτινοβολίας σε δύο περιόδους για όλους τους εξεταζόμενους μήνες. Την ημερήσια περίοδο η οποία ορίστηκε από τις 07:00-20:00 χειμερινή ώρα, και την νυχτερινή περίοδο η οποία ορίστηκε αντίστοιχα από τις 21:00 ως 06:00 όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι μηδενική ή σχεδόν μηδενική. Με βάση τον ανωτέρω διαχωρισμό υπολογίστηκε η μέση μηνιαία ημερήσια και νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα για κάθε σταθμό, καθώς και οι αντίστοιχες διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς. Στόχος ήταν να αναδειχτεί η σημασία του προσανατολισμού, σε συνδυασμό με την ηλιακή ακτινοβολία, στην διαμόρφωση των θερμοκρασιών του αέρα στο εσωτερικό του αστικού θόλου και να γίνει η αντιδιαστολή με την νυχτερινή κατανομή των θερμοκρασιών του αέρα όπου, απουσία της ηλιακής ακτινοβολίας, τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής του σταθμού (πυκνότητα δόμηση, αστικό πράσινο, υψόμετρο κ.λπ.) παίζουν καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση των θερμοκρασιών του αέρα.

4.2.1.2. Μέση μηνιαία ημερήσια θερμοκρασία αέρα

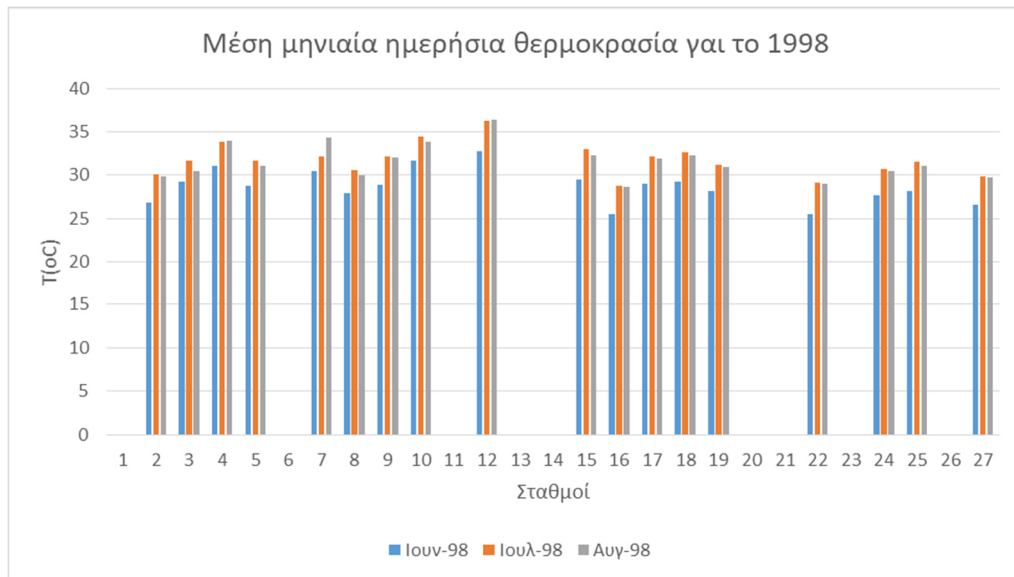
Στα διαγράμματα που ακολουθούν (σχήματα 4.36, 4.37, 4.38) παρουσιάζονται οι τιμές της μέσης μηνιαίας ημερήσιας θερμοκρασίας για κάθε σταθμό και κάθε μήνα για όλα τα έτη της πειραματικής περιόδου.



Σχήμα 4.36: Μέση μηνιαία ημερήσια θερμοκρασία για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996



Σχήμα 4.37: Μέση μηνιαία ημερήσια θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997



Σχήμα 4.38: Μέση μηνιαία ημερήσια θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998

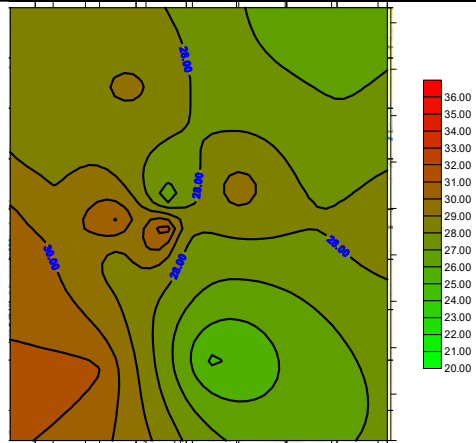
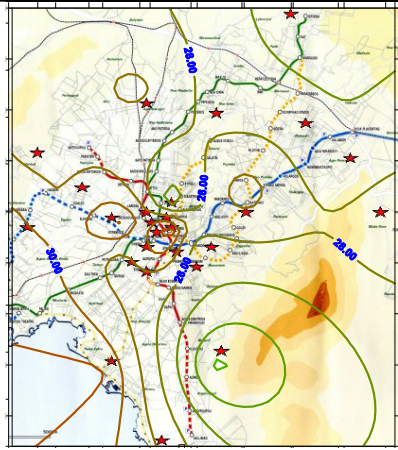
Κατά την διάρκεια της ημέρας οι μεγαλύτερες μέσες θερμοκρασίες καταγράφτηκαν πάλι στο Σταθμό 12. Η μεγαλύτερη μέση μηνιαία ημερήσια θερμοκρασία κατά την εξεταζόμενη περίοδο κυμάνθηκε από 29.4°C τον Σεπτέμβριο του 1996 ως 36.4°C τον Αύγουστο του 1998. Οι θερμοκρασίες αυτές είναι σημαντικά υψηλότερες σε σχέση με αυτές όλων των άλλων σταθμών. Οι ιδιαίτερα υψηλές αυτές θερμοκρασίες σχετίζονται τόσο με τον N-NA προσανατολισμό του σταθμού που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης, όσο και με την ύπαρξη μεγάλης πλατείας μπροστά από αυτόν, καθώς και στον σημαντικό κυκλοφοριακό φόρτο. Αναλυτικότερη εξήγηση θα παρουσιαστεί σε επόμενη παράγραφο.

Οι μικρότερες ημερήσιες μέσες θερμοκρασίες ανά μήνα εμφανίζονται στο Σταθμό 2 (Ηλιούπολη) και στο Σταθμό 16 (Κηφισιά), σταθμοί με παρόμοια μικροκλιματικά χαρακτηριστικά στα ανατολικά και βόρεια προάστια της Αθήνας αντίστοιχα. Συγκεκριμένα, βρίσκονται σε όμοιο υψόμετρο, με σημαντική παρουσία αστικού πράσινου, και είναι τοποθετημένοι στον ακάλυπτο χώρο των κτιρίων. Στο Σταθμό 16 καταγράφτηκαν οι μικρότερες μέσες μηνιαίες ημερήσιες θερμοκρασίες που κυμάνθηκαν από 21.5 °C τον Σεπτέμβριο του 1997 ως 28.8°C στον Ιούλιο του 1998, που είναι ο πιο θερμός μήνας σύμφωνα με τα στοιχεία του σταθμού αναφοράς. Σημειώνεται τέλος, ότι οι θερμοκρασίες αυτές είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες των δύο πάρκων της πόλης των Αθηνών, του Εθνικού Κήπου και του Πεδίου του Άρεως. (σταθμοί 19 και 22).

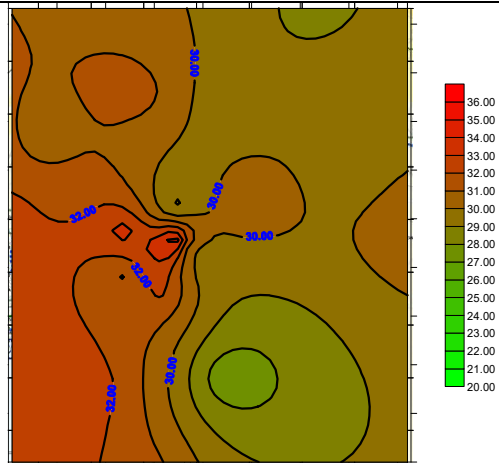
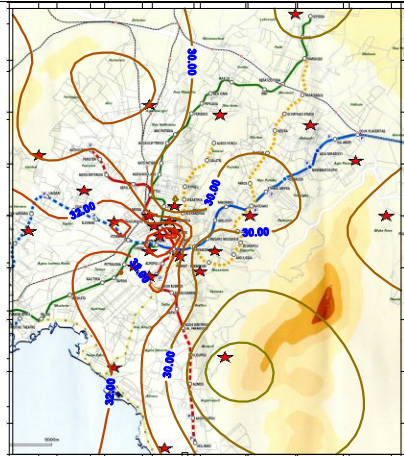
Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο που προκύπτει από την σύγκριση των θερμοκρασιών, είναι ότι σταθμοί που βρίσκονται σε αστικό περιβάλλον (με παρουσία ή όχι αστικού πράσινου στην περιοχή τους) και με βόρειο κύριο προσανατολισμό (B,BBΔ,BBA) παρουσιάζουν γενικά ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες μικρότερες από αυτές που καταγράφονται στους σταθμούς των δύο πάρκων.

Στα τέσσερα διαγράμματα που ακολουθούν (σχήμα 4.39) εμφανίζεται η χωρική κατανομή των ημερήσιων μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών του αέρα στο λεκανοπέδιο της Αττικής για την θερινή περίοδο του 1997, όπου η μορφή των ισόθερμων είναι παραπλήσια με αυτή των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών του αέρα το σχήματος 4.35.

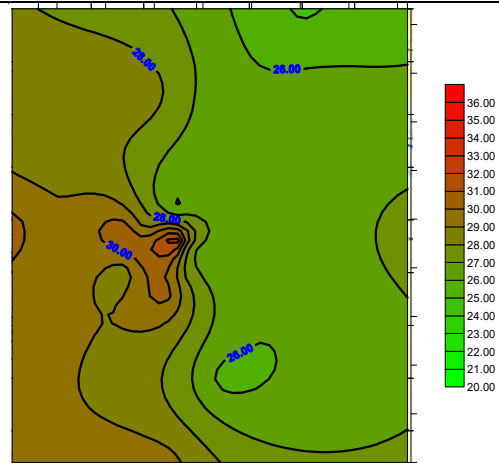
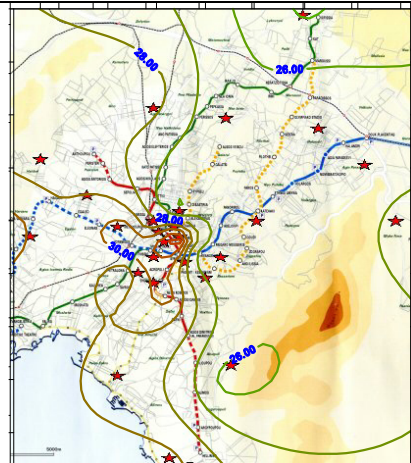
Ιούνιος 1997

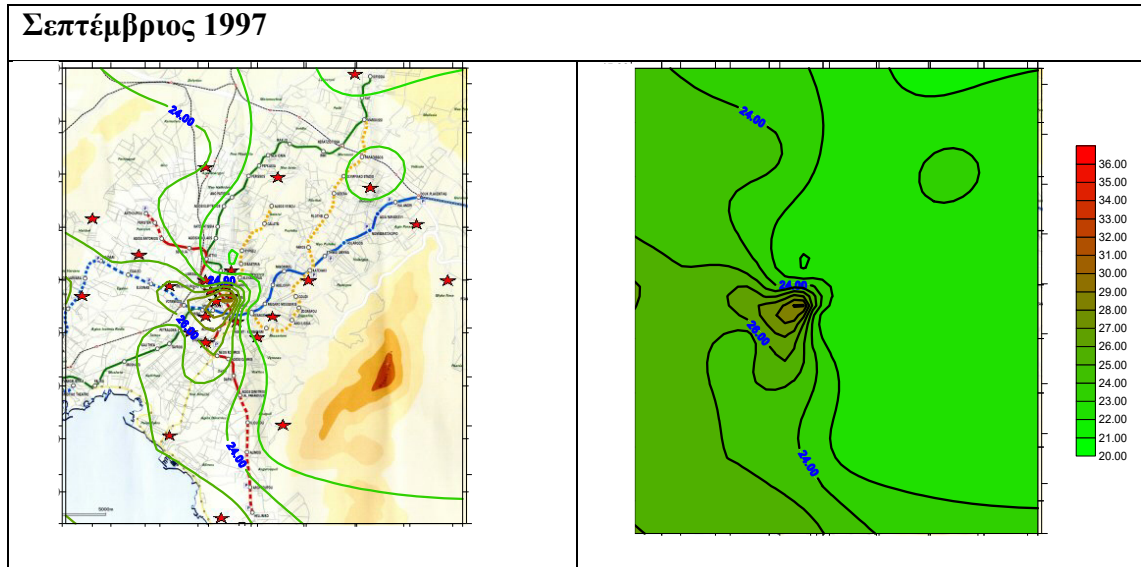


Ιούλιος 1997



Αύγουστος 1997



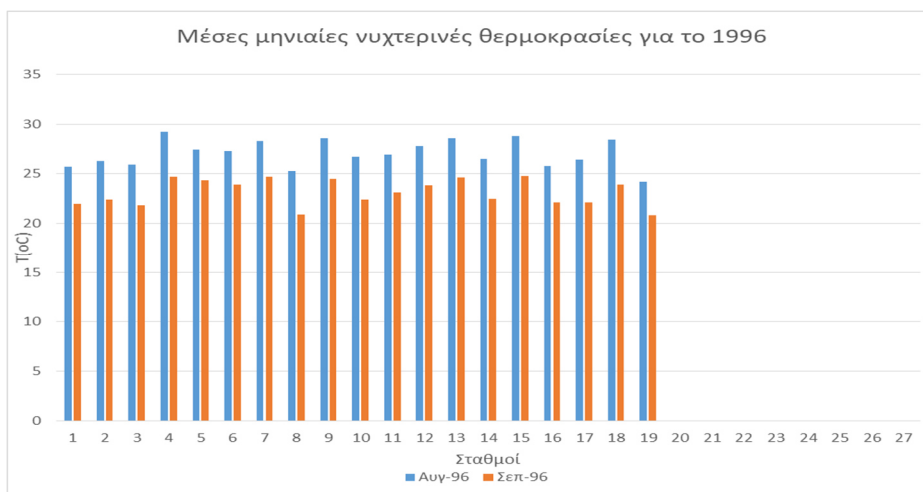


Σχήμα 4.39: Χωρική κατανομή της μέσης μηνιαίας ημερήσιας θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.

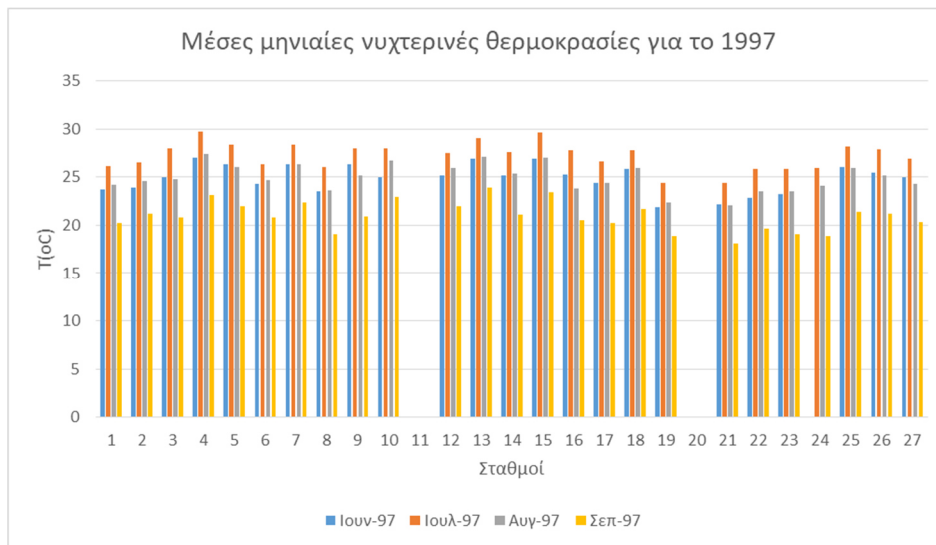
Από την χωρική αποτύπωση προκύπτει ότι οι υψηλότερες μέσες μηνιαίες ημερήσιες θερμοκρασίες εμφανίζονται στο κέντρο της πόλης, όπως και αναμενόταν, αλλά και δυτικά αυτής. Η συμπεριφορά αυτή είναι αντίστοιχη με αυτή που παρατηρήθηκε κατά την εξέταση των αντίστοιχων διαγραμμάτων των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών στην προηγούμενη παράγραφο (σχήμα 4.35). Η κύρια διαφορά μεταξύ των διαγραμμάτων χωρικής κατανομής των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών 24ώρου και των ημερήσιων μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών είναι ότι, κατά την διάρκεια της ημέρας εντοπίζεται ένα δευτερεύον μέγιστο υψηλών ημερήσιων μέσων θερμοκρασιών και προς τα ανατολικά και συγκεκριμένα στον άξονα μεταξύ του όρους Πεντέλης και του όρους Υμηττού το οποίο είναι σαφώς πιο ασθενές από αυτό των μέσων θερμοκρασιών και προφανώς προσδιορίζεται από τον Σταθμό 8, των Γλυκών Νερών, που βρίσκεται στην ανατολική πλευρά του Υμηττού. Τέλος, οι πιο χαμηλές θερμοκρασίες εντοπίστηκαν Βόρεια και Νότιο-Ανατολικά. Οι παραθαλάσσιες περιοχές εμφανίζουν ενδιάμεσες θερμοκρασίες αντίστοιχες με αυτές του προαναφερόμενου άξονα.

4.2.1.3. Μέση μηνιαία νυχτερινή θερμοκρασία αέρα

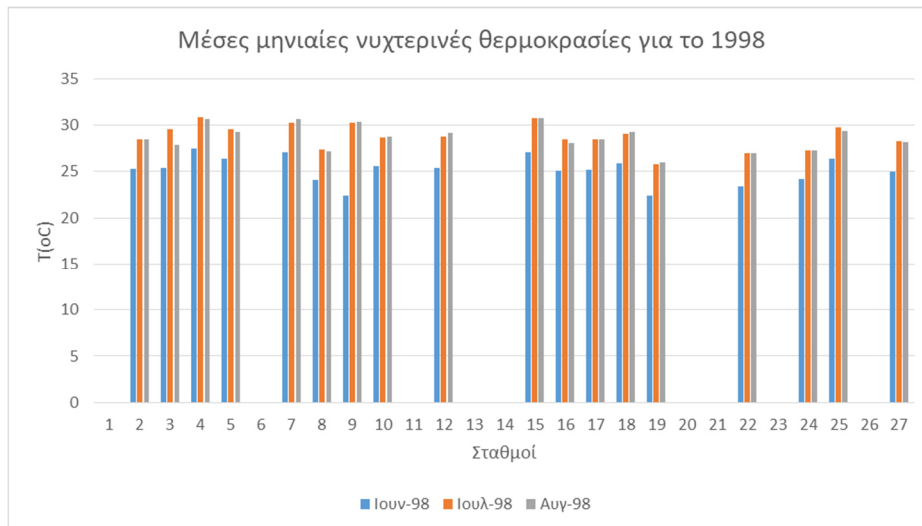
Οι τιμές της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας της νυχτερινής περιόδου για κάθε σταθμό και κάθε μήνα αποτυπώνονται στα διαγράμματα που ακολουθούν (σχήματα 4.40, 4.41 και 4.42).



Σχήμα 4.40: Μέση μηνιαία νυχτερινή θερμοκρασία για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996.



Σχήμα 4.41: Μέση μηνιαία νυχτερινή θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.



Σχήμα 4.42: Μέση μηνιαία νυχτερινή θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.

Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι οι μεγαλύτερες μέσες μηνιαίες νυχτερινές θερμοκρασίες παρατηρούνται κυρίως στο Σταθμό 4 (Κορυδαλλός) και δευτερευόντως στους σταθμούς 13 (Σόλωνος) 15 (Αριστοτέλους). Η μεγαλύτερη μέση μηνιαία νυχτερινή θερμοκρασία κυμάνθηκε από 23.9°C που καταγράφηκε τον Σεπτέμβριο του 1997 στο Σταθμό 13, ως 30.7°C, στο Σταθμό 15, τον Αύγουστο του 1998, ως 30.5°C.

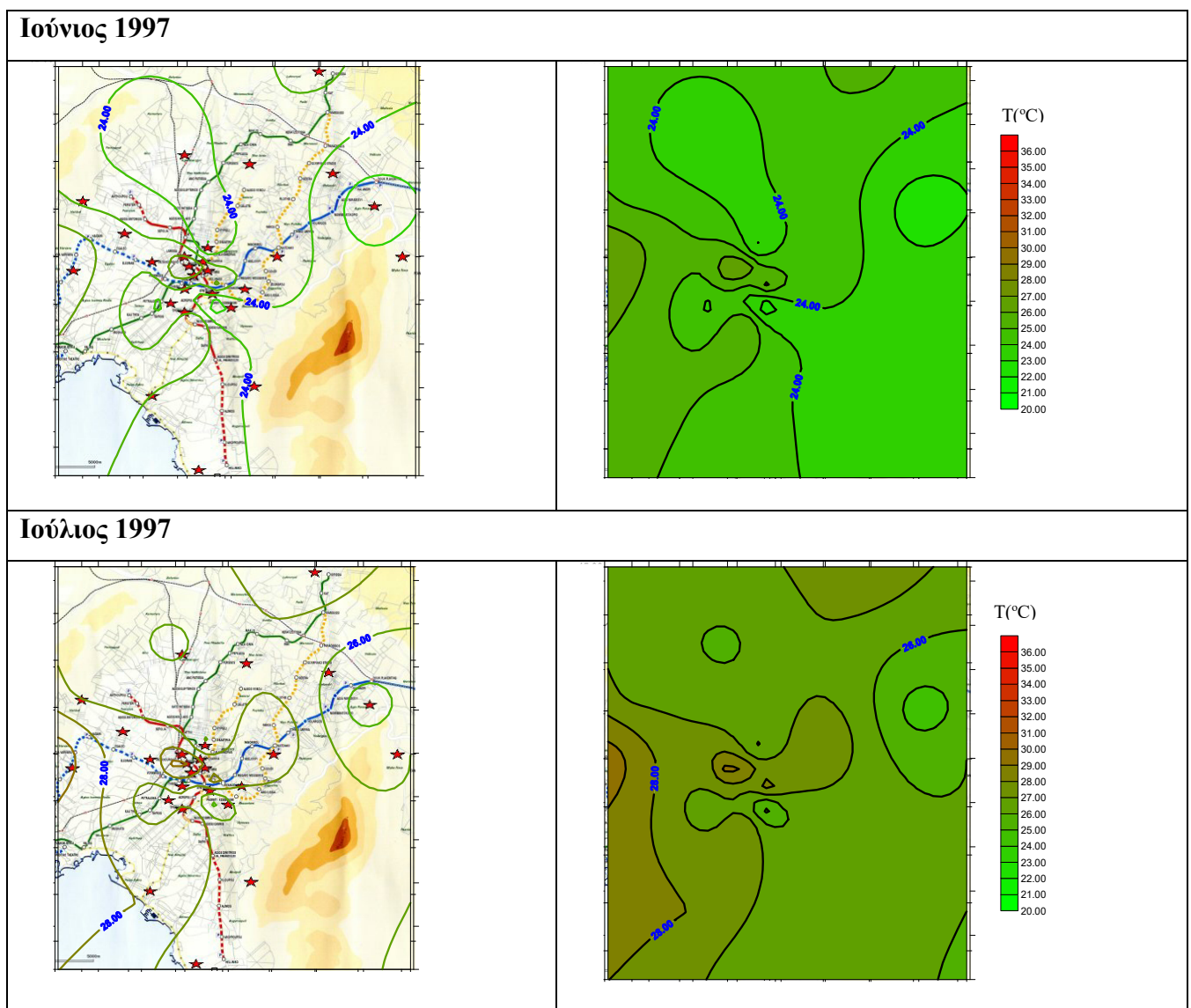
Οι σταθμοί 13 και 15 γειτνιάζουν και βρίσκονται στο κέντρο της πόλης των Αθηνών, ενώ ο Σταθμός 4 βρίσκεται στα δυτικά προάστια εντός αστικού ιστού που αποτελείται από χαμηλά κτήρια (διώροφα) και έχει δυτικό προσανατολισμό. Τέλος, οι τρεις σταθμοί έχουν εντελώς διαφορετικό προσανατολισμό. Ο Σταθμός 4 έχει Β.Δ. προσανατολισμό, ο Σταθμός 13 ΒΒΑ, και ο Σταθμός 15 ΝΝΑ προσανατολισμό. Το στοιχείο αυτό αποτελεί μια σαφή ένδειξη ότι κατά την νυχτερινή περίοδο ο προσανατολισμός του σταθμού δεν είναι καθοριστικός παράγοντας για την διαμόρφωση της θερμοκρασίας του αέρα εντός αυτής κατά την διάρκεια της νύχτας.

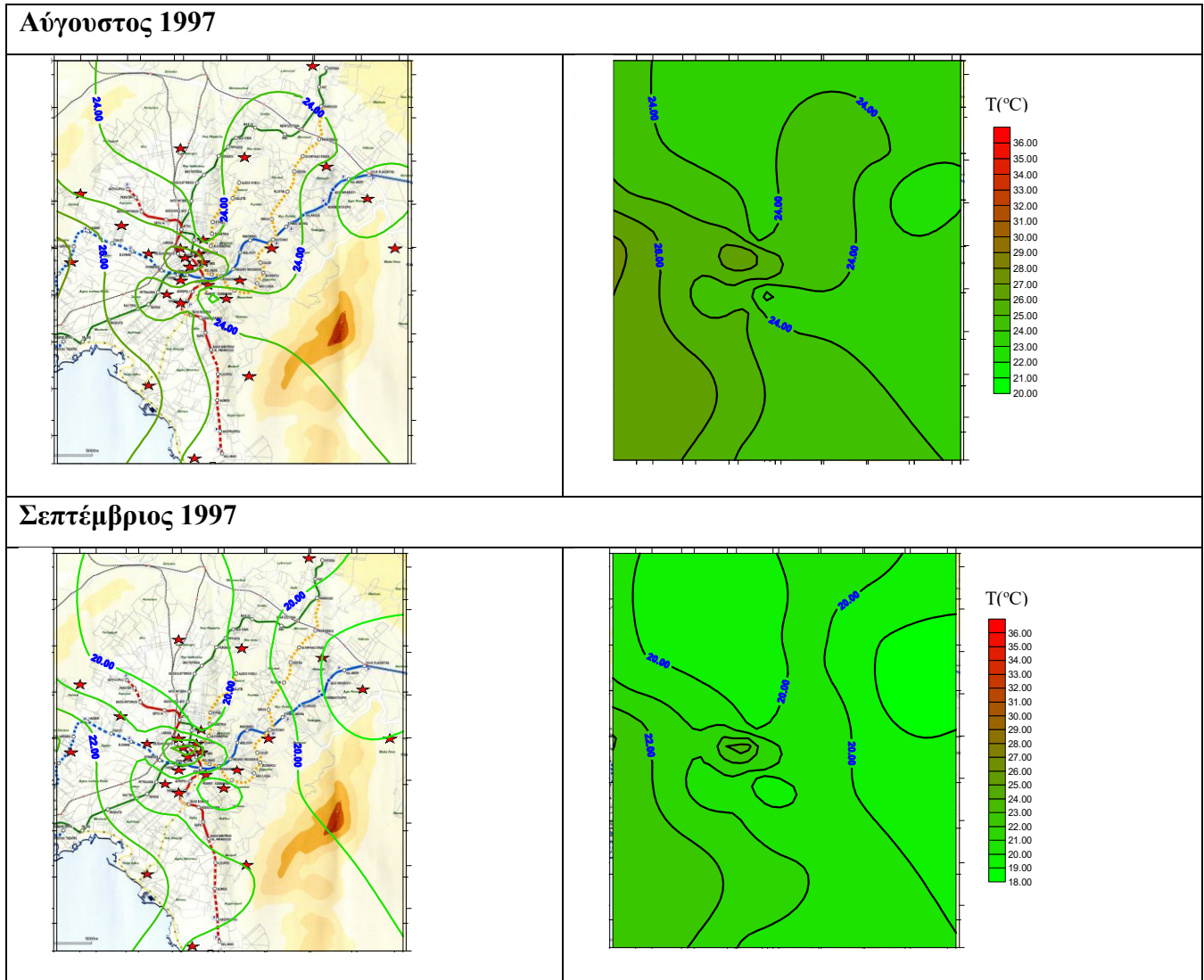
Οι μικρότερες νυχτερινές μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες καταγράφηκαν συστηματικά στο σταθμό του Εθνικού Κήπου (σταθμό αναφοράς) και κατά δεύτερον στο Σταθμό 21 (Αγ. Παρασκευή). Από την συμπεριφορά του σταθμού αναφοράς φαίνεται ότι η επίδραση της βλάστησης, του βασικού αστικού πάρκου της πόλης των Αθηνών, είναι σημαντική, παρά το γεγονός ότι χωροταξικά το πάρκο βρίσκεται στο κέντρο της πόλης.

Οι χαμηλές θερμοκρασίες στην Αγ. Παρασκευή οφείλονται τόσο στη γειτνίασή του σταθμού με τον λόφο του Τσακού και τον ορεινό όγκο του Υμηττού, που ευθύνονται για την δημιουργία τοπικών ανέμων, όσο και στη παρουσία σημαντικής αστικής βλάστησης (δέντρα γκαζόν κ.λπ.) γύρω από τον σταθμό.

Η μικρότερη νυχτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία κυμάνθηκε από 18.9°C τον Σεπτέμβριο του 1997 ως τους 26.0°C τον Αύγουστο του 1998, και καταγράφηκαν στον σταθμό αναφοράς, (Εθνικός Κήπος).

Στα τέσσερα διαγράμματα που ακολουθούν (σχήμα 4.43) εμφανίζεται η χωρική κατανομή των νυχτερινών μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών του αέρα στο λεκανοπέδιο της Αττικής για την θερινή περίοδο του 1997.



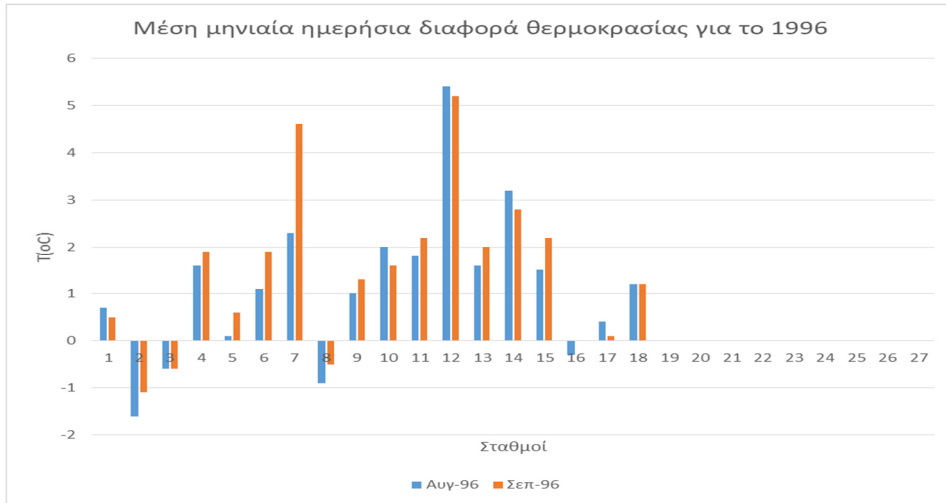


Σχήμα 4.43: Χωρική κατανομή της μέσης μηνιαίας νυχτερινής θερμοκρασίας για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.

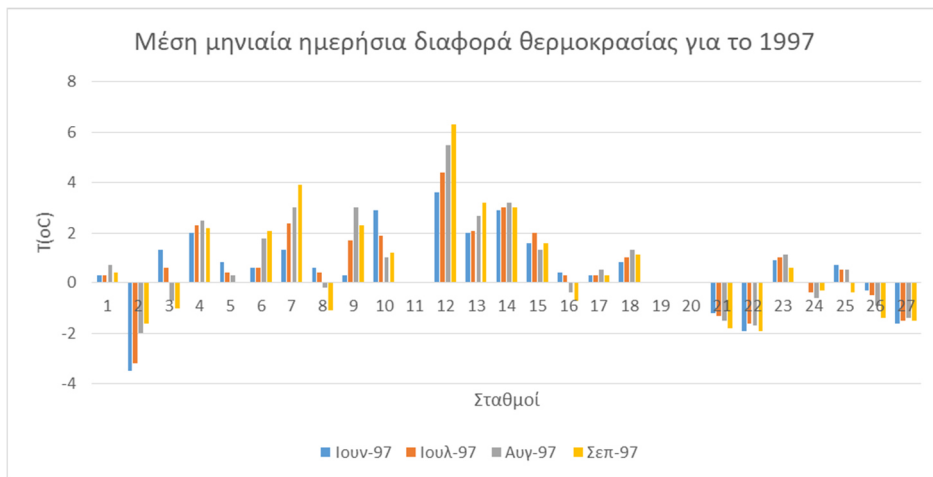
Η χωρική αποτύπωση της νυχτερινής μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας των σταθμών δείχνει μια σαφώς σχηματισμένη αστική θερμική νησίδα στο κέντρο της πόλης η οποία επεκτείνεται προς τα δυτικά και νότιο δυτικά αυτού. Επίσης υπάρχει ένας σημαντικός άξονας χαμηλών θερμοκρασιών στα νότια του κέντρου της πόλης με προσανατολισμό από Ανατολικά προς τα Δυτικά που αντιστοιχεί στους σταθμούς του Εθνικού Κήπου και του Αστεροσκοπείου. Ο άξονας αυτός δεν είχε παρατηρηθεί στις χωρικές αποτυπώσεις των μέσων και ημερήσιων μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών. Επίσης χαμηλές θερμοκρασίες παρατηρούνται στα βόρεια και ανατολικά του Λεκανοπεδίου, ενώ οι παραθαλάσσιες περιοχές εμφανίζουν και εδώ ενδιάμεσες θερμοκρασίες.

4.2.1.4. Μέση μηνιαία ημερήσια διαφορά θερμοκρασίας του αέρα ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς

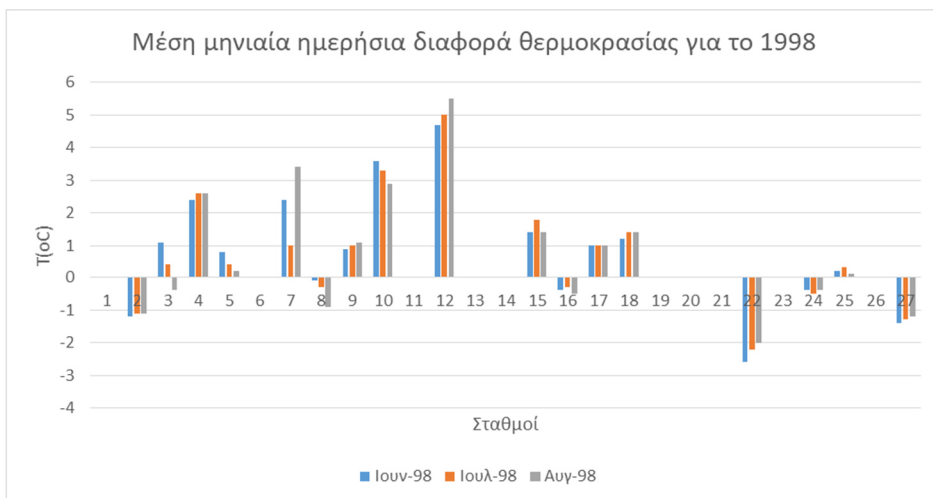
Στα διαγράμματα που ακολουθούν (σχήματα 4.44, 4.45 και 4.46) παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες διαφορές της θερμοκρασίας του αέρα των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς στον Εθνικό Κήπο κατά την διάρκεια της ημέρας.



Σχήμα 4.44: Μέση μηνιαία ημερήσια διαφορά θερμοκρασίας ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996.



Σχήμα 4.45: Μέση μηνιαία ημερήσια διαφορά θερμοκρασίας ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο Ιούλιο Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.



Σχήμα 4.46: Μέση μηνιαία ημερήσια διαφορά θερμοκρασίας ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.

Όπως ήταν αναμενόμενο, τις μεγαλύτερες μέσες μηνιαίες διαφορές της θερμοκρασίας του αέρα από τον σταθμό αναφοράς κατά την διάρκεια της ημέρας εμφανίζει ο Σταθμός 12 στην Πανεπιστημιακή Λέσχη, με τιμές που κυμάνθηκαν μεταξύ των 3.6 °C τον Ιούνιο του 1997 και των 6.3°C τον Σεπτέμβριο του 1997..

Κατά την διάρκεια της ημέρας σε ορισμένους σταθμούς παρατηρήθηκαν αρνητικές διαφορές θερμοκρασίας του αέρα, λόγω της ισχυρής επίδρασης

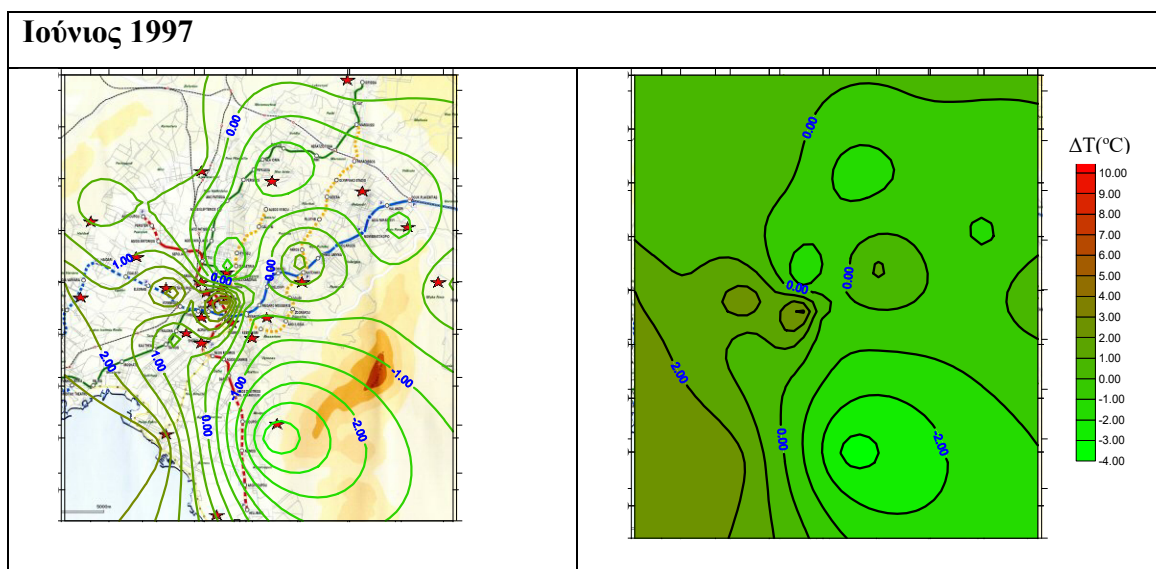
- του αστικού πράσινου,
- του προσανατολισμού του σταθμού,
- του υψομέτρου από την θάλασσα όπου βρίσκεται ο σταθμός και
- της γειτνίασης με ορεινούς όγκους

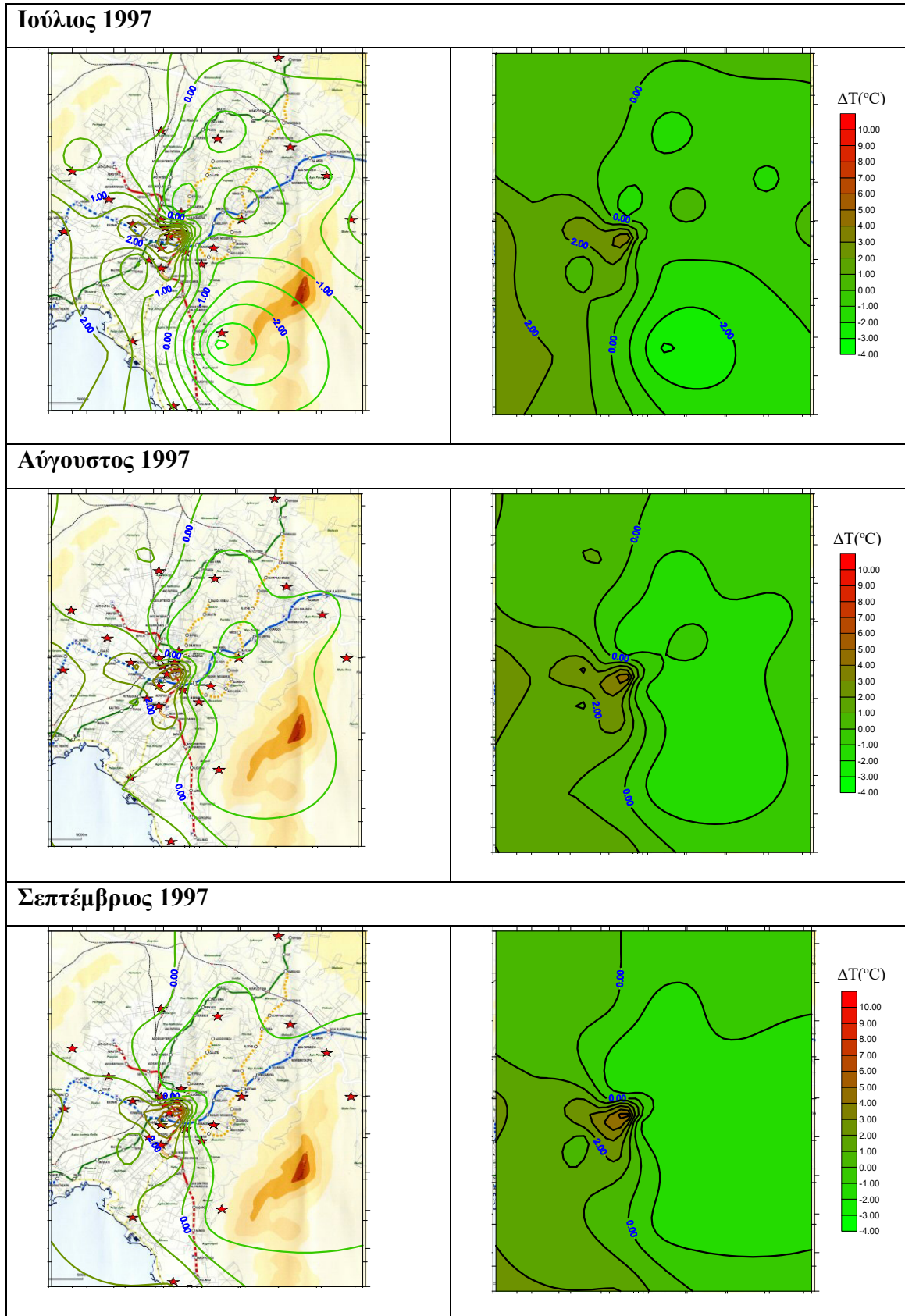
Έτσι, παρουσιάστηκαν θερμοκρασίες μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, ο οποίος λόγω και της θέσης του στο κέντρο της πόλης δέχεται κατά την διάρκεια της ημέρας την σημαντική επίδραση της μεταφοράς θερμών αέριων μαζών από το όμορο αστικό περιβάλλον την οποία δεν μπορεί να αντισταθμίσει η βλάστηση μέσω του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής. Ο Σταθμός 2 (Ηλιούπολη) παρουσίασε κατά την διάρκεια της ημέρας συστηματικά τις μικρότερες θερμοκρασίες. Η μεγαλύτερη διαφορά από τον σταθμό αναφοράς παρατηρήθηκε τον Ιούνιο του 1997 και ήταν 3.5 °C. Η μικρότερη διαφορά παρατηρήθηκε τον Σεπτέμβριο του 1996 και ήταν κατά 1.1 °C, μικρότερη από αυτή του σταθμού αναφοράς.

Επίσης παρατηρήθηκε σχεδόν συστηματικά, ότι οι σταθμοί με νότιο προσανατολισμό, εντός του αστικού ιστού, τοποθετημένοι κοντά ή πάνω στις προσόψεις κτιρίων, παρουσίασαν τις μεγαλύτερες διαφορές τον Σεπτέμβριο, τον ψυχρότερο μήνα της θερινής περιόδου. Αυτό οφείλεται στην σημαντική επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στην διαμόρφωση υψηλών θερμοκρασιών του αέρα σε συνδυασμό με τις χαμηλές συνοπτικές θερμοκρασίες του Σεπτεμβρίου.

Τέλος, η μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας, μεταξύ του σταθμού με την μεγαλύτερη μέση ημερήσια διαφορά θερμοκρασίας και αυτού με την μικρότερη των ίδιο μήνα, ήταν 7.9 °C και παρουσιάστηκε μεταξύ των σταθμών 12 και 2, το Σεπτέμβριο του 1997. Η αντίστοιχη μικρότερη τιμή ήταν 6.3 °C και καταγράφηκε τον Σεπτέμβριο του 1996 μεταξύ των ίδιων σταθμών. Όλους τους άλλους μήνες οι διαφορές αυτές κυμάνθηκαν μεταξύ 7.0 και 7.6 °C.

Στο σχήμα 4.47 που ακολουθεί, αποτυπώνεται χωρικά για την θερινή περίοδο του 1997 η μέση μηνιαία ημερήσια διαφορά θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς.



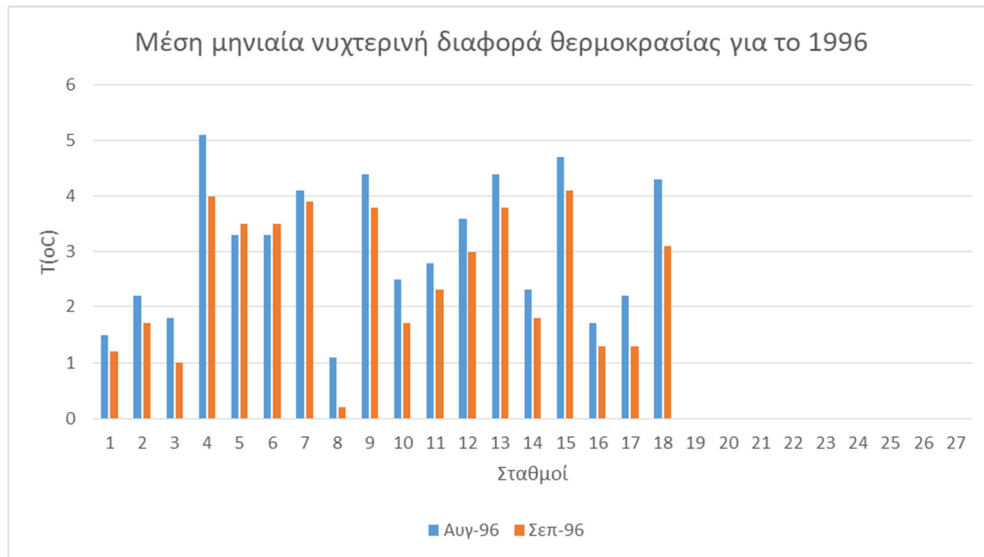


Σχήμα 4.47: Χωρική κατανομή της ημερήσιας μέσης μηνιαίας διαφοράς θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο Ιούλιο Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.

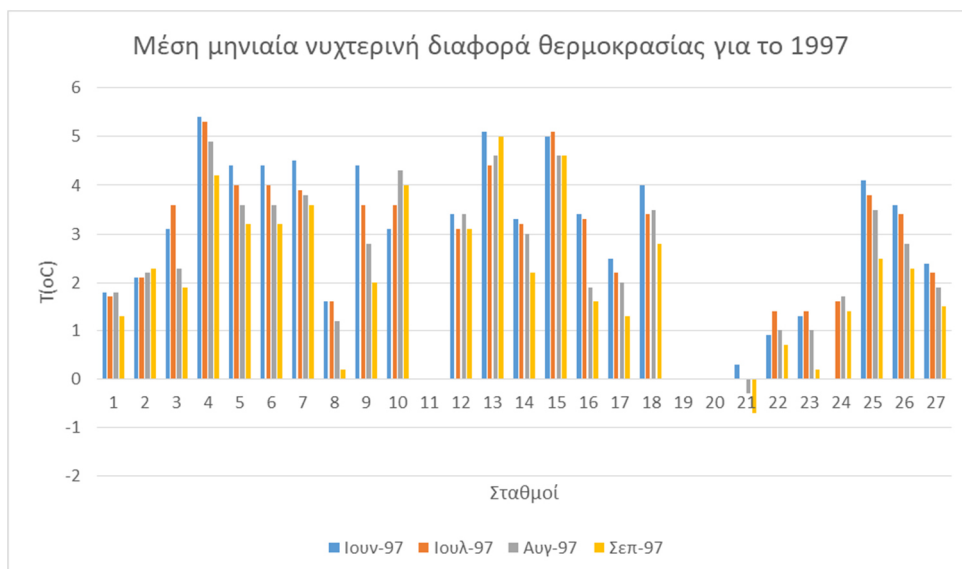
Από την χωρική αποτύπωση (σχήμα 4.47) προκύπτει ότι οι υψηλότερες ημερήσιες μέσες μηνιαίες διαφορές θερμοκρασίας εμφανίζονται στο κέντρο της πόλης, καθώς επίσης και προς τα δυτικά αυτού. Στα βόρεια και ανατολικά του κέντρου παρατηρούνται θερμοκρασίες που γενικά είναι μικρότερες του σταθμού αναφοράς. Οι παραθαλάσσιες περιοχές παρουσιάζουν θερμοκρασίες λίγο μεγαλύτερες του σταθμού αναφοράς.

4.2.1.5. Μέση μηνιαία νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας του αέρα ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς

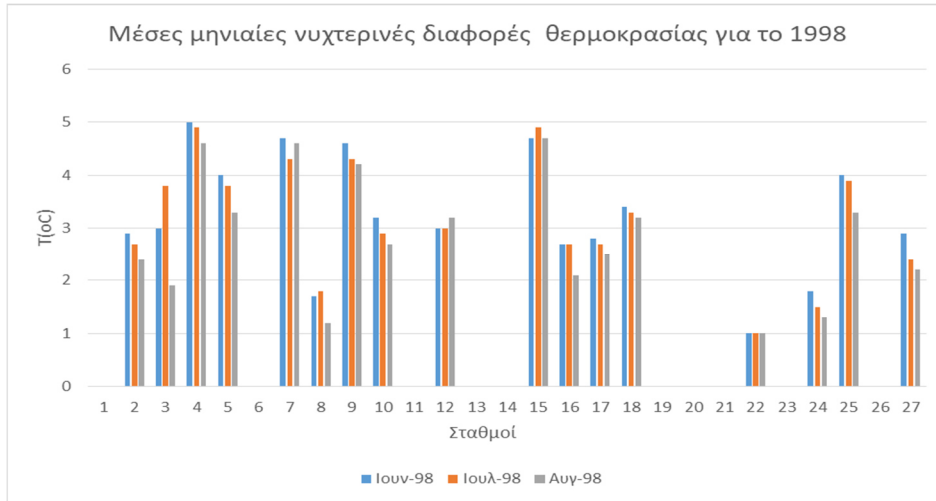
Στα ακόλουθα διαγράμματα (σχήματα 4.48, 4.49, 4.50) παρουσιάζονται οι μέσες μηνιαίες διαφορές θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς στον Εθνικό Κήπο κατά την διάρκεια της νύχτας.



Σχήμα 4.48: Μέση μηνιαία νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996.



Σχήμα 4.49: Μέση μηνιαία νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.

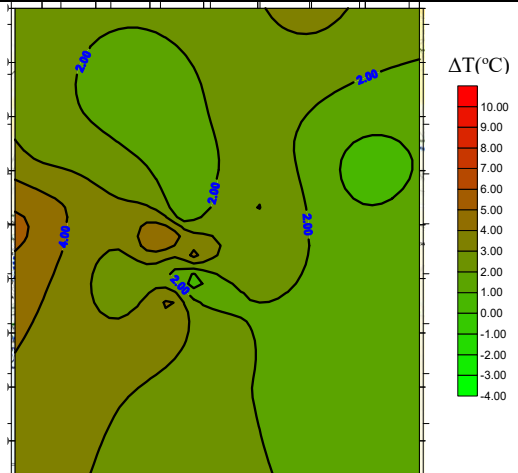
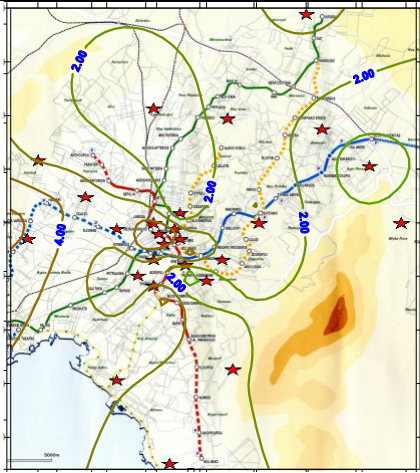


Σχήμα 4.50: Μέση μηνιαία νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας του αέρα ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.

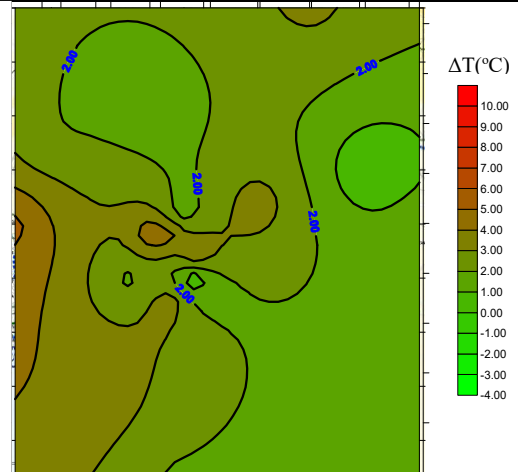
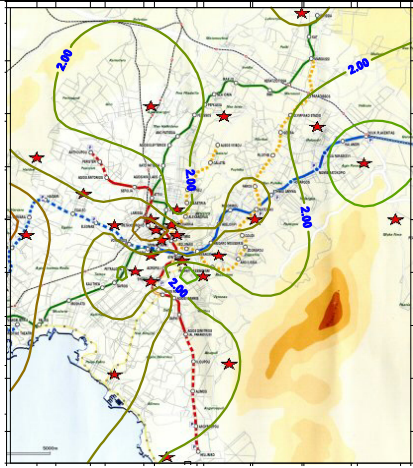
Οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών και του σταθμού αναφοράς κατά την νυχτερινή περίοδο βρέθηκαν σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις θετικές, δείχνοντας ότι συστηματικά οι θερμοκρασίες του αέρα στο χώρο του Εθνικού κήπου είναι οι μικρότερες που παρατηρήθηκαν στην αστική και περιαστική περιοχή του λεκανοπεδίου των Αθηνών. Οι μεγαλύτερες διαφορές παρατηρήθηκαν στο Σταθμό 4, στον Κορυδαλλό, στα δυτικά του λεκανοπεδίου και στο Σταθμό 15 στην Αριστοτέλους. Κοινό χαρακτηριστικό είναι ότι βρίσκονται σε περιοχές αστικού χαρακτήρα με απουσία πράσινου. Οι μικρότερες διαφορές παρατηρούνται στους σταθμούς 8, 21 και 22. Το κοινό χαρακτηριστικό των σταθμών αυτών είναι η σημαντική παρουσία αστικού πράσινου. Η μέγιστη διαφορά ήταν $5.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ και παρατηρήθηκε στο Σταθμό 4 τον Ιούνιο του 1997 και η μικρότερη ήταν $-0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ και σημειώθηκε στο Σταθμό 22 τον Σεπτέμβριο του 1997.

Τέλος, η μεγαλύτερη νυχτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ όλων των σταθμών καταγράφηκε το Σεπτέμβριο του 1997 μεταξύ του Σταθμού 13(Σόλωνος) και του Σταθμού 21(Αγ. Παρασκευή) και ήταν 5.7°C . Η αντίστοιχη μικρότερη τιμή της διαφοράς ήταν $4.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ και καταγράφηκε τον Σεπτέμβριο του 1996, μεταξύ των σταθμών 15 και 19. Όλους τους άλλους μήνες οι διαφορές κυμάνθηκαν μεταξύ 4.7 και $5.4\text{ }^{\circ}\text{C}$

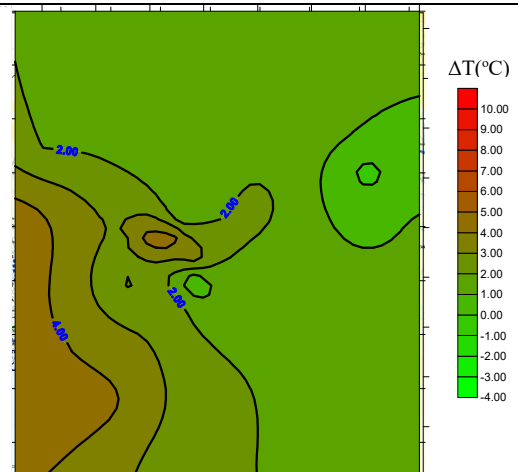
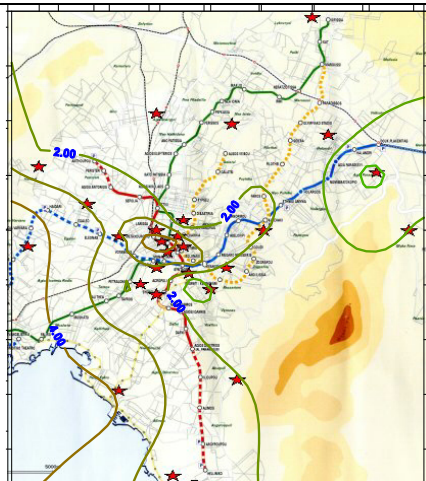
Ιούνιος 1997

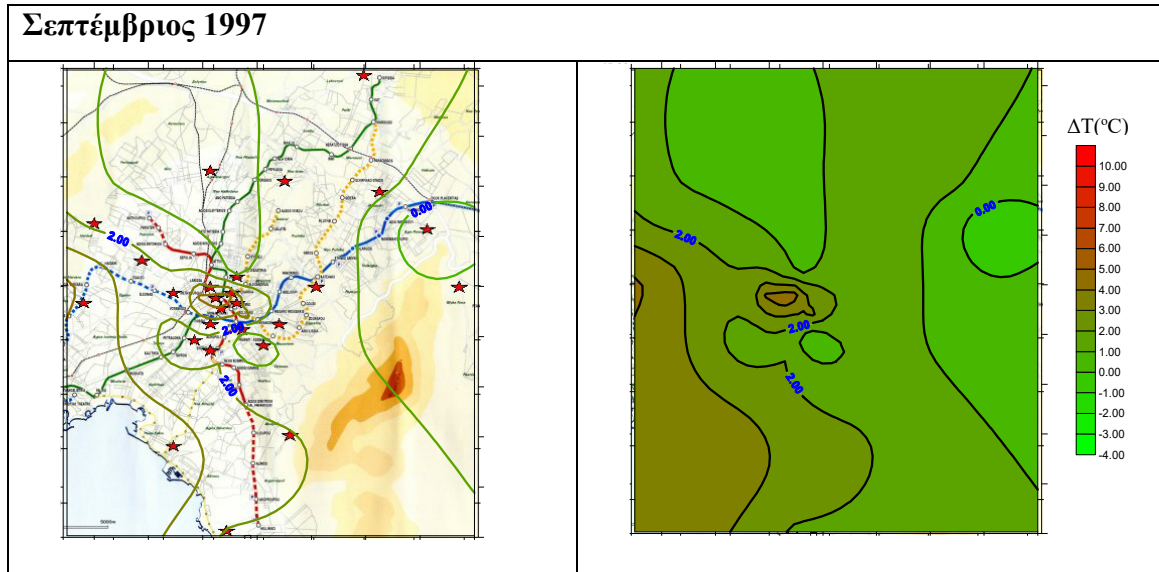


Ιούλιος 1997



Αύγουστος 1997





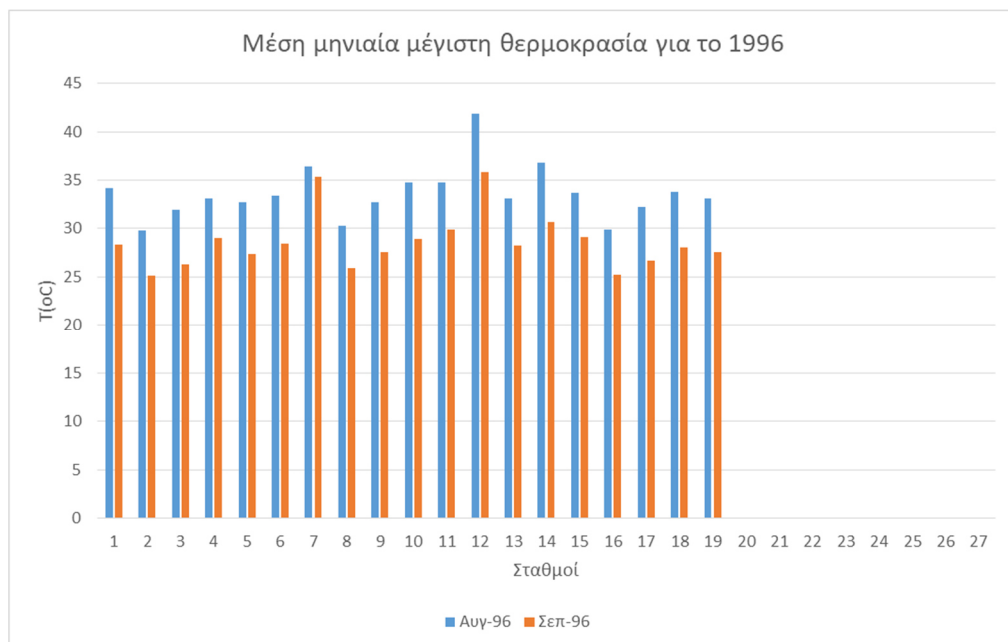
Σχήμα 4.51: Νυχτερινή χωρική κατανομή της μέσης μηνιαίας διαφοράς θερμοκρασίας σταθμού από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.

Από την χωρική αποτύπωση του σχήματος 4.51 προκύπτει ότι οι υψηλότερες νυχτερινές μέσες μηνιαίες διαφορές θερμοκρασίας εμφανίστηκαν στο κέντρο της πόλης και επεκτεινόμενες δυτικά αυτού. Οι μικρότερες διαφορές θερμοκρασίας εμφανίζονται σε εκτεταμένες περιοχές στα βόρεια, βορειοδυτικά και ανατολικά τμήματα του λεκανοπεδίου.

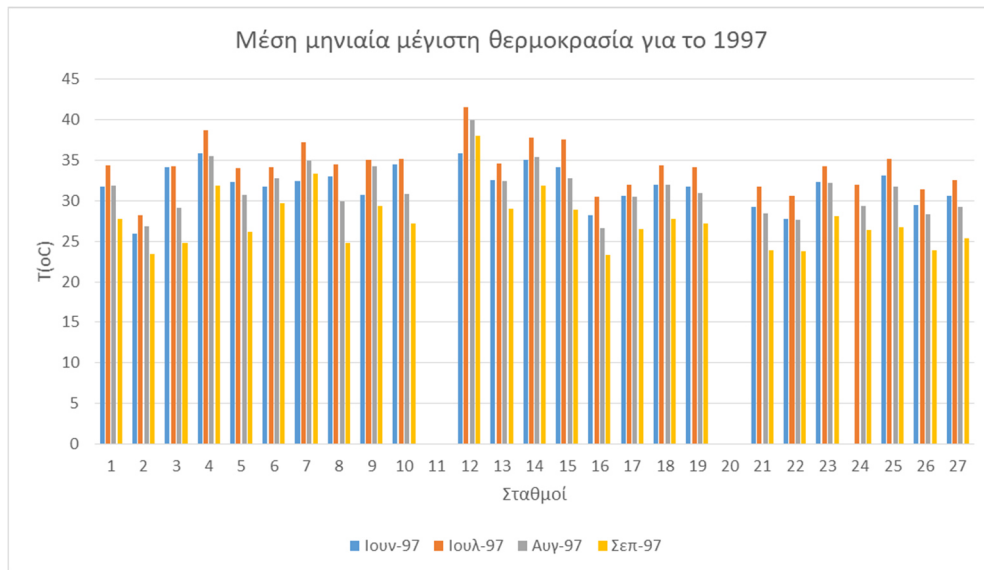
Επίσης παρατηρείται νότια του κέντρου μια ζώνη με μικρές διαφορές θερμοκρασίας που οροθετείται από τους σταθμούς 1 και 19 αντίστοιχη με αυτή που παρουσιάζεται στις νυχτερινές μέσες θερμοκρασίες.

4.2.1.6. Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία

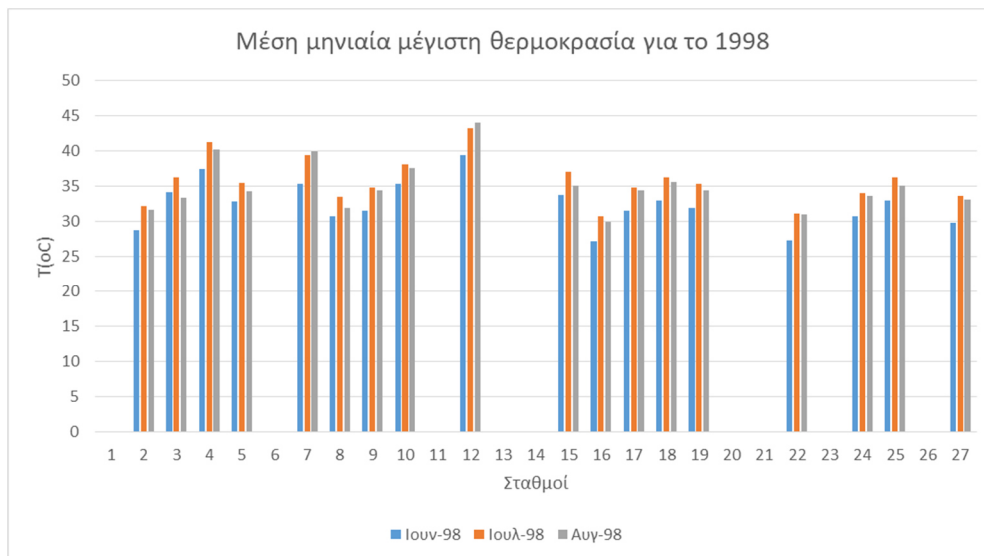
Στα διαγράμματα που ακολουθούν (σχήματα 4.52, 4.53, και 4.54) αποτυπώνεται η μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία για κάθε σταθμό.



Σχήμα 4.52: Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία σταθμού για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996.



Σχήμα 4.53: Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία σταθμού για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.



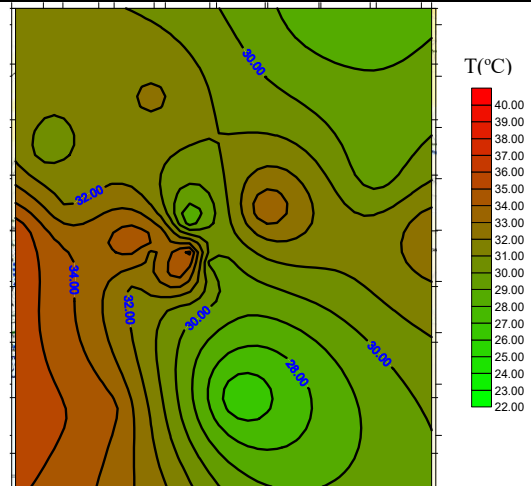
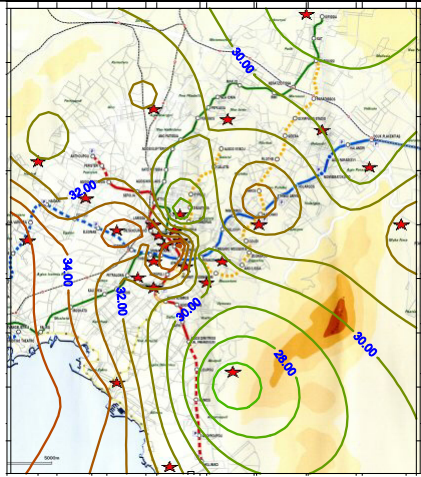
Σχήμα 4.54: Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία σταθμού για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.

Τις μεγαλύτερες μέσες μηνιαίες μέγιστες θερμοκρασίες παρουσιάζει συστηματικά ο Σταθμός 12, στην Πανεπιστημιακή Λέσχη, ενώ τις μικρότερες εμφανίζουν δύο σταθμοί με παρόμοια χαρακτηριστικά. Αυτοί είναι οι σταθμοί 2 και 16. Η μεγαλύτερη μέση μέγιστη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε ήταν 44.1 °C, τον Αύγουστο του 1998 ενώ η μικρότερη καταγράφηκε στο Σταθμό 16, τον Σεπτέμβριο του 1997 (23.3 °C). Ο μήνας με τα τις υψηλότερες τιμές κατά μέσο όρο ήταν ο και πάλι Ιούλιος του 1998.

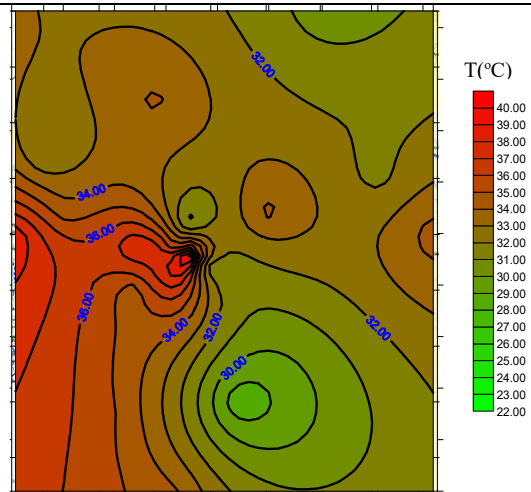
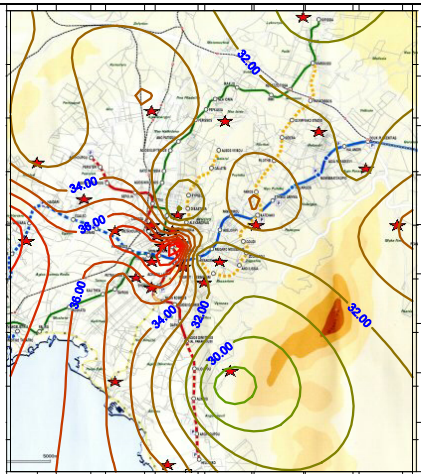
Τέλος, σημαντική είναι η διαφορά των μέσων μέγιστων θερμοκρασιών ανά μήνα που παρατηρείται στο λεκανοπέδιο της Αττικής. Η διαφορά αυτή κυμάνθηκε από 14,7 °C, τον Σεπτέμβριο του 1997 μεταξύ των σταθμών 12 και 16, ως 9,9°C τον Ιούνιο του 1997 μεταξύ των σταθμών 12 και 2.

Η έντονη αυτή διαφοροποίηση σχετίζεται με την ισχυρή επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας η οποία διαφοροποιείται σημαντικά από σταθμό σε σταθμό, ανάλογα με τον προσανατολισμό του και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δρόμων και των περιοχών στις οποίες είναι τοποθετημένοι.

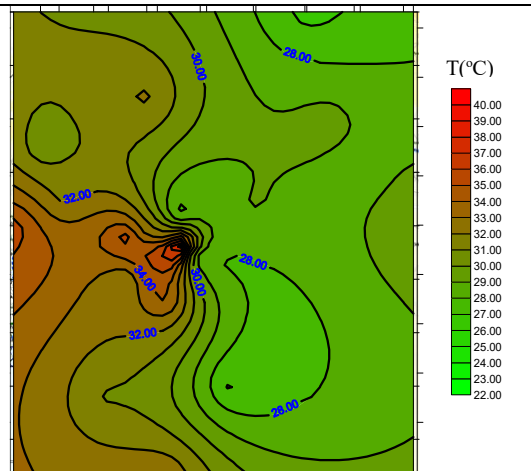
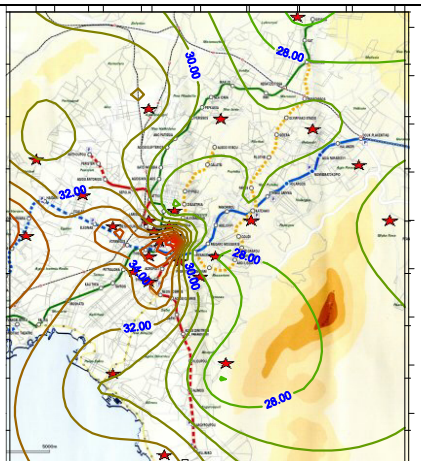
Ιούνιος 1997

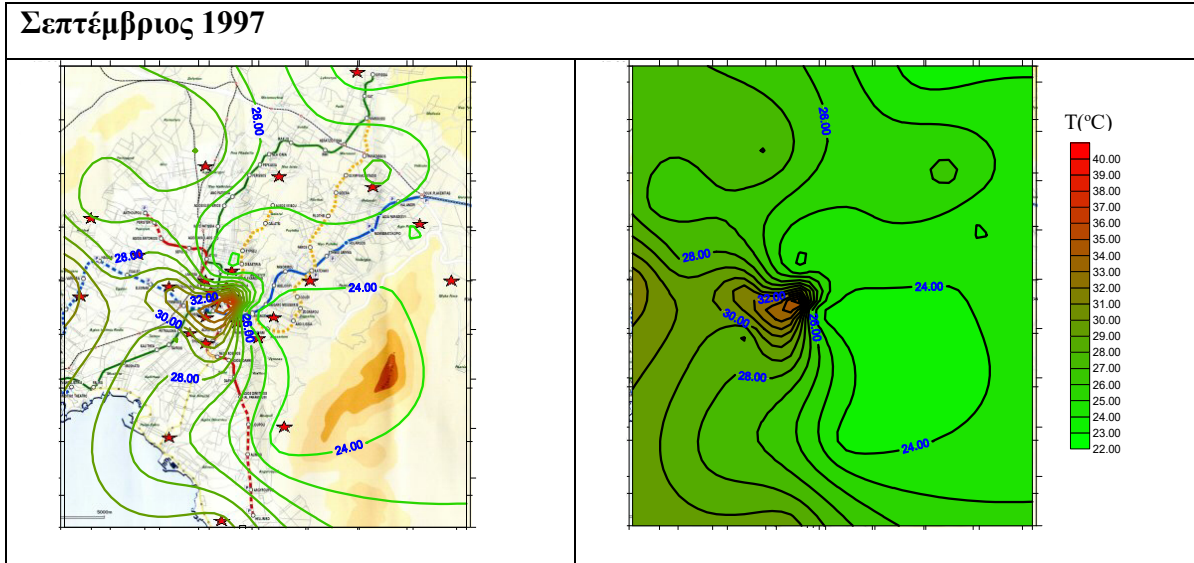


Ιούλιος 1997



Αύγουστος 1997



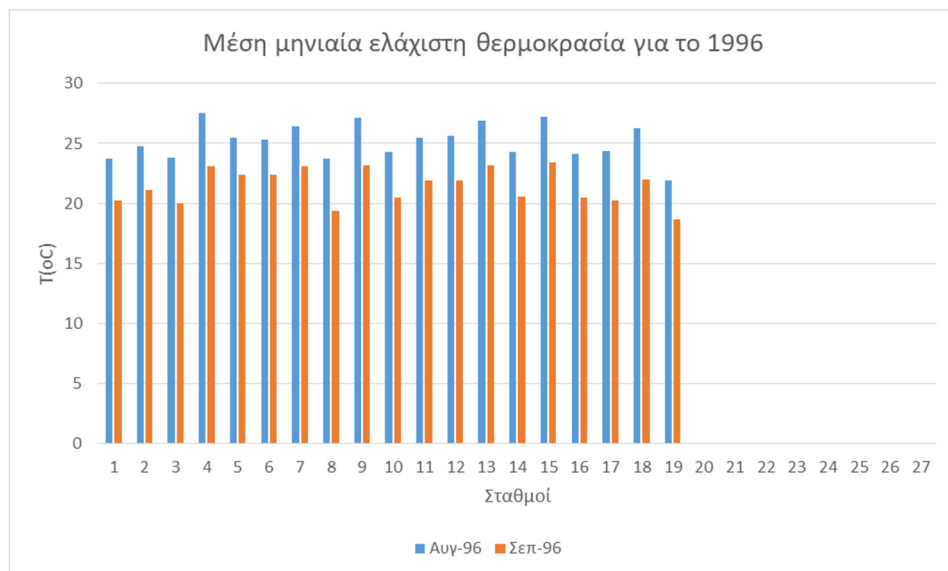


Σχήμα 4.55: Χωρική κατανομή της μέσης μέγιστης μηνιαίας θερμοκρασίας σταθμού για τον Ιούνιο Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.

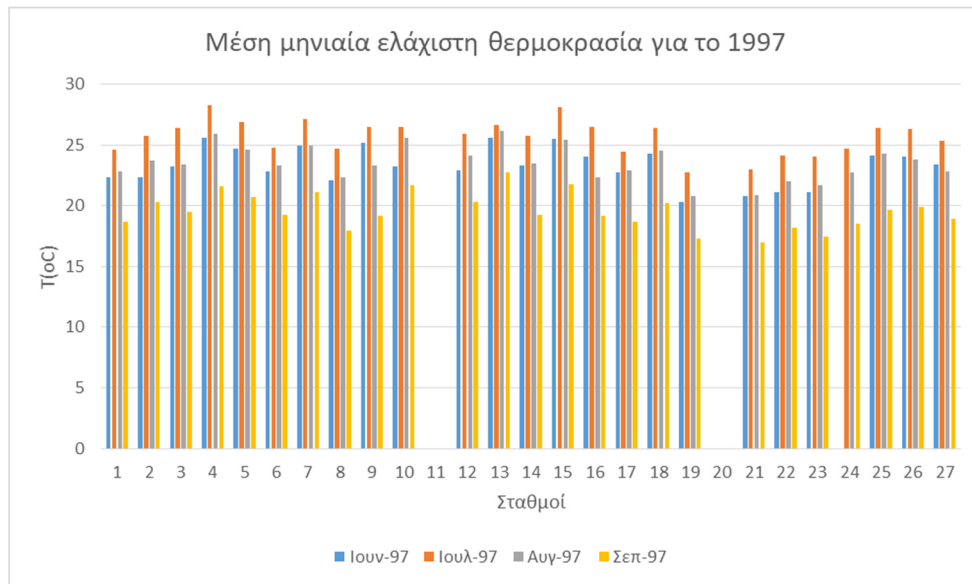
Από την χωρική αποτύπωση (σχήμα 4.55) προκύπτει ότι οι υψηλότερες μέσες μέγιστες θερμοκρασίες εμφανίζονται στο κέντρο της πόλης και επεκτείνονται δυτικά αυτής. Και εδώ, όπως και στις ημερήσιες θερμοκρασίες, παρατηρείται νότια και ανατολικά του κέντρου μια ζώνη που οριοθετείται από τους σταθμούς 2,6,8,21 και 23 με μικρότερες μέσες μέγιστες θερμοκρασίες. Μικρές μέσες μέγιστες θερμοκρασίες εμφανίζονται επίσης Βορειοδυτικά και Ανατολικά του λεκανοπεδίου, ενώ οι μικρότερες μέγιστες τιμές παρατηρήθηκαν τόσο νοτιοανατολικά, όσο και βορειοανατολικά του κέντρου.

4.2.1.7. Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία

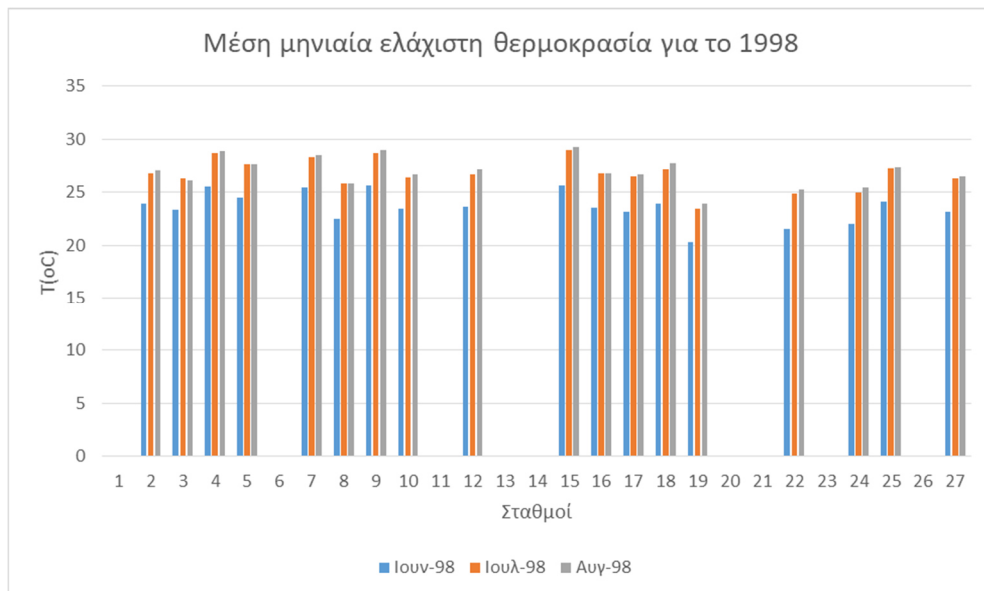
Στα διαγράμματα που ακολουθούν (σχήματα 4.56, 4.57 και 4.58) αποτυπώνεται η μέση τιμή των ελάχιστων θερμοκρασιών ημέρας για κάθε σταθμό και κάθε μήνα.



Σχήμα 4.56: Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα κάθε σταθμού για τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1996.



Σχήμα 4.57: Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα κάθε σταθμού για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1997.

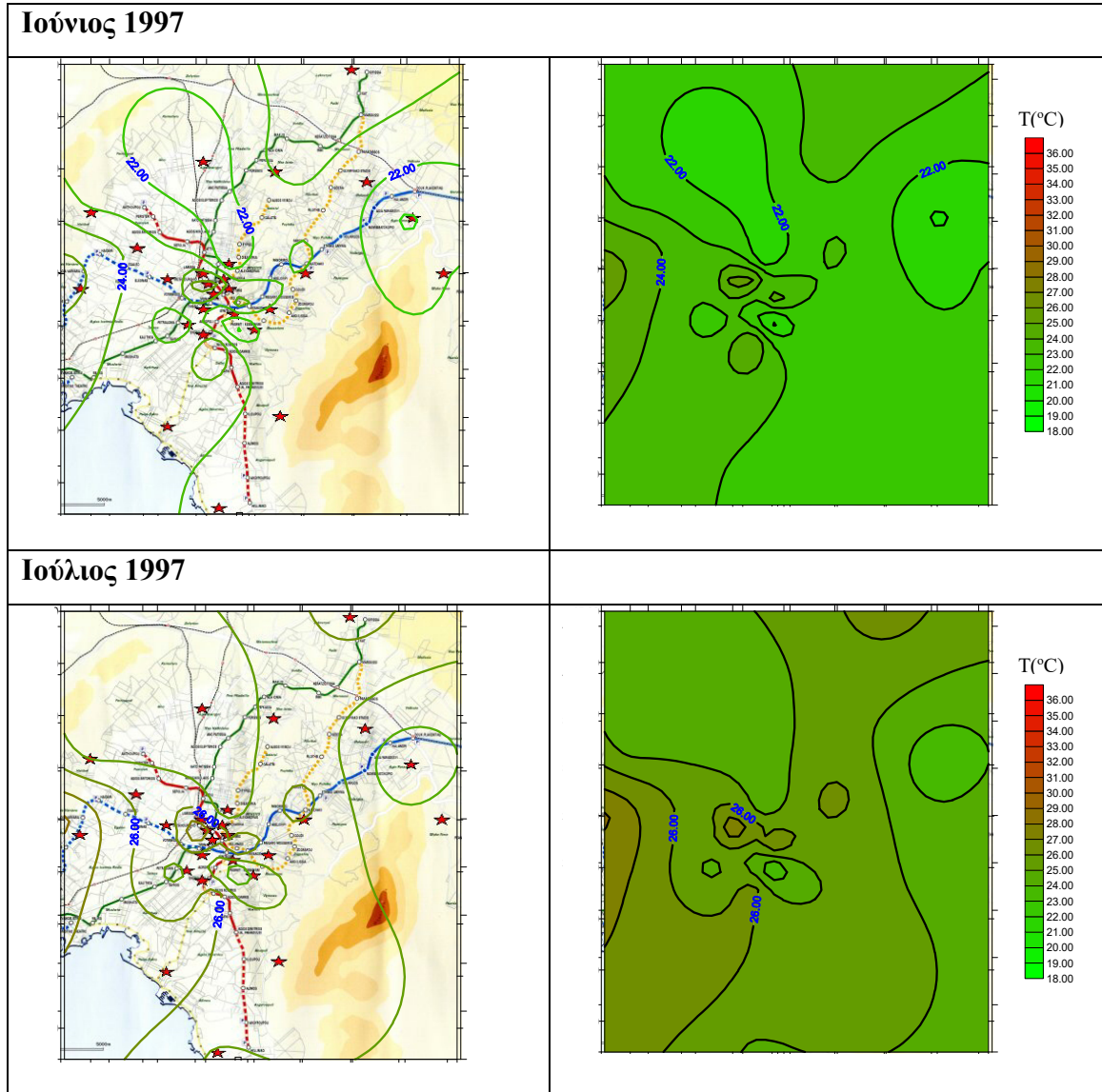


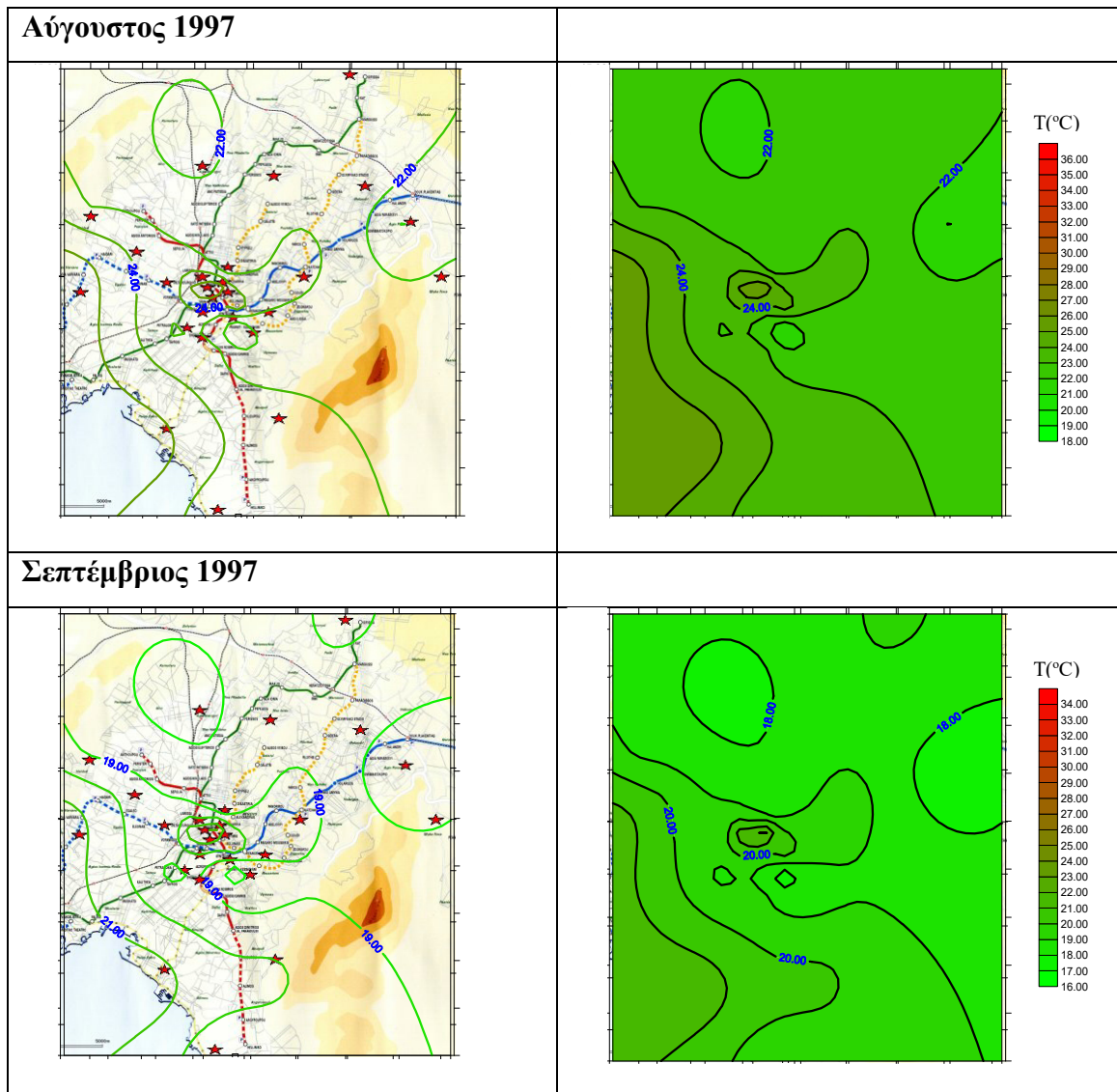
Σχήμα 4.58: Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα κάθε σταθμού για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.

Τις μεγαλύτερες μέσες μηνιαίες ελάχιστες θερμοκρασίες παρουσίασαν οι σταθμοί 4 (Κορυδαλλός), 13 (Σόλωνος) και 15 (Αριστοτέλους) ενώ οι μικρότερες εμφανίστηκαν σχεδόν συστηματικά στο σταθμό αναφοράς 19 (Εθνικό Κήπο). Η μεγαλύτερη μέση ελάχιστη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε ήταν 29.3 °C τον Αύγουστο του 1998 στο Σταθμό 15 (Αριστοτέλους) και η μικρότερη στο Σταθμό 21 (Αγ. Παρασκευή) τον Σεπτέμβριο του 1997 (17.0 °C). Ο μήνας με τις κατά μέσο όρο υψηλότερες τιμές μέσω ελαχίστων μηνιαίων θερμοκρασιών ήταν ο Αύγουστος του 1998 και πολύ κοντά σε αυτόν ο Ιούλιος της ίδιας χρονιάς. Τέλος, η μεγαλύτερη διαφορά των μέσων ελάχιστων θερμοκρασιών μεταξύ όλων των σταθμών τον ίδιο μήνα κυμάνθηκε από 5.7°C, τον Σεπτέμβριο του 1997, μεταξύ του Σταθμού 13(Σόλωνος) και του Σταθμού 21(Αγ. Παρασκευή), ως 4.7 °C, τον Σεπτέμβριο του 1996, μεταξύ του Σταθμού 15(Αριστοτέλους) και του Σταθμού 19 (Εθνικός Κήπος). Οι αντίστοιχες διαφορές τους υπόλοιπους μήνες κυμάνθηκαν μεταξύ 5,3 και 5.6°C.

Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ο Σταθμός 12, που είχε τις μεγαλύτερες μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες, δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα υψηλές ελάχιστες θερμοκρασίες και αυτό οφείλεται στα ιδιαίτερα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά του όπως θα εξηγηθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

Στο σχήμα 4.59 που ακολουθεί παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των μέσων ελαχίστων θερμοκρασιών για το 1997.



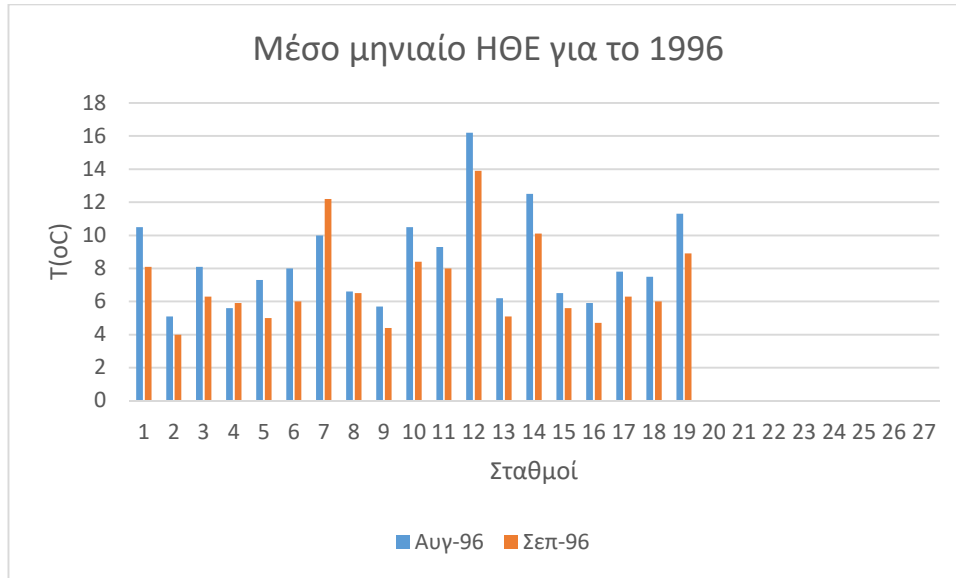


Σχήμα 4.59: Χωρική κατανομή μέσης μηνιαίας ελάχιστης θερμοκρασίας του αέρα για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1997.

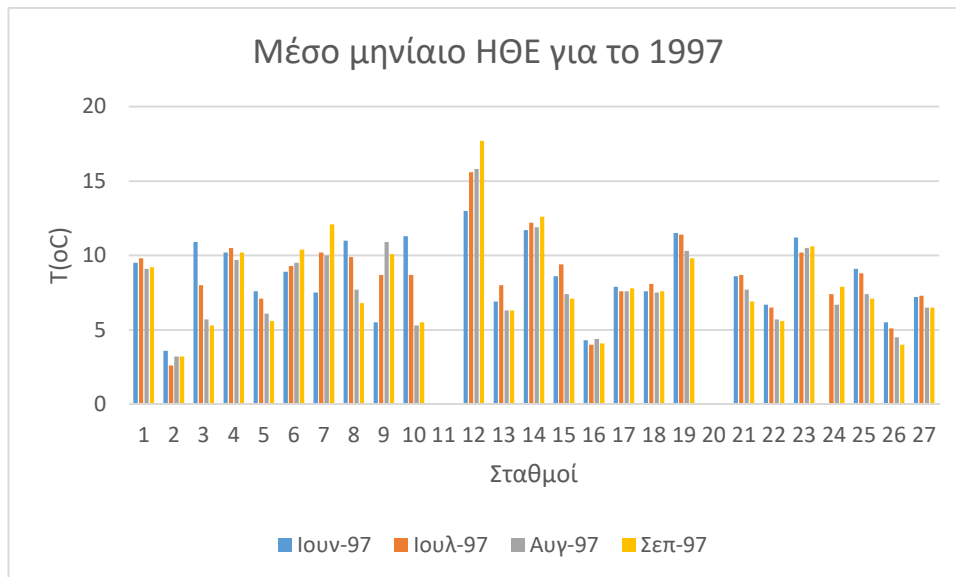
Από τη χωρική κατανομή των μέσων ελαχίστων θερμοκρασιών στο λεκανοπέδιο προκύπτει ότι οι μεγαλύτερες ελάχιστες θερμοκρασίες παρατηρούνται στο κέντρο της πόλης και δυτικά αυτού. Οι μικρότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται στα βόρεια του κέντρου της πόλης και στον άξονα Εθνικού Κήπου και Αστεροσκοπείου Αθηνών. Οι παραθαλάσσιες περιοχές εμφανίζουν ενδιάμεσες ελάχιστες θερμοκρασίες στοιχεία που συνάδουν και με του κλιματολογικούς χάρτες της ΕΜΥ για τους αντίστοιχους μήνες.

4.2.1.8. Μέσο μηνιαίο Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος

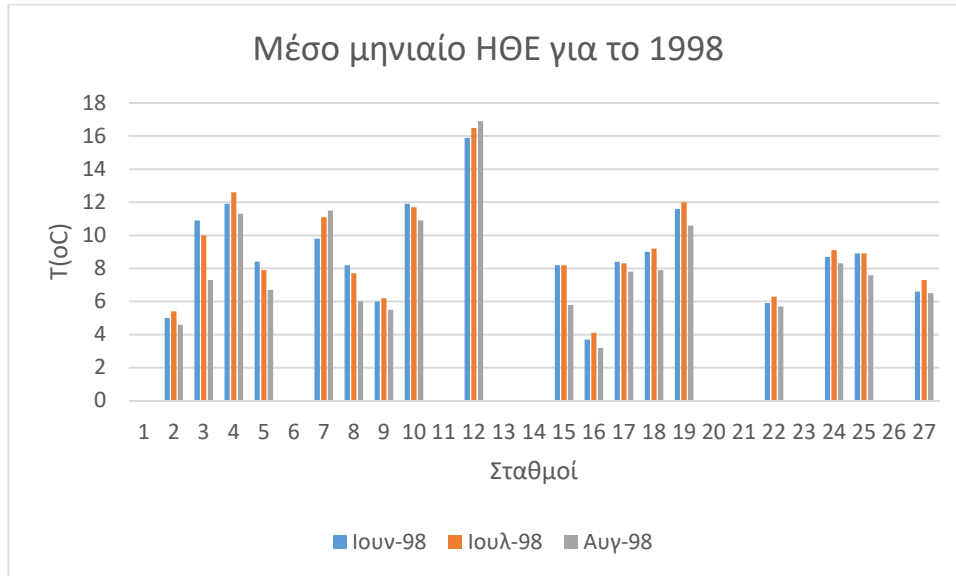
Στα σχήματα 4.60, 4.61 και 4.62 που ακολουθούν αποτυπώνεται η μέση μηνιαία τιμή του ημερήσιου θερμομετρικού εύρους κάθε σταθμού για κάθε μήνα.



Σχήμα 4.60: Μέσο μηνιαίο Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος για τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1996.

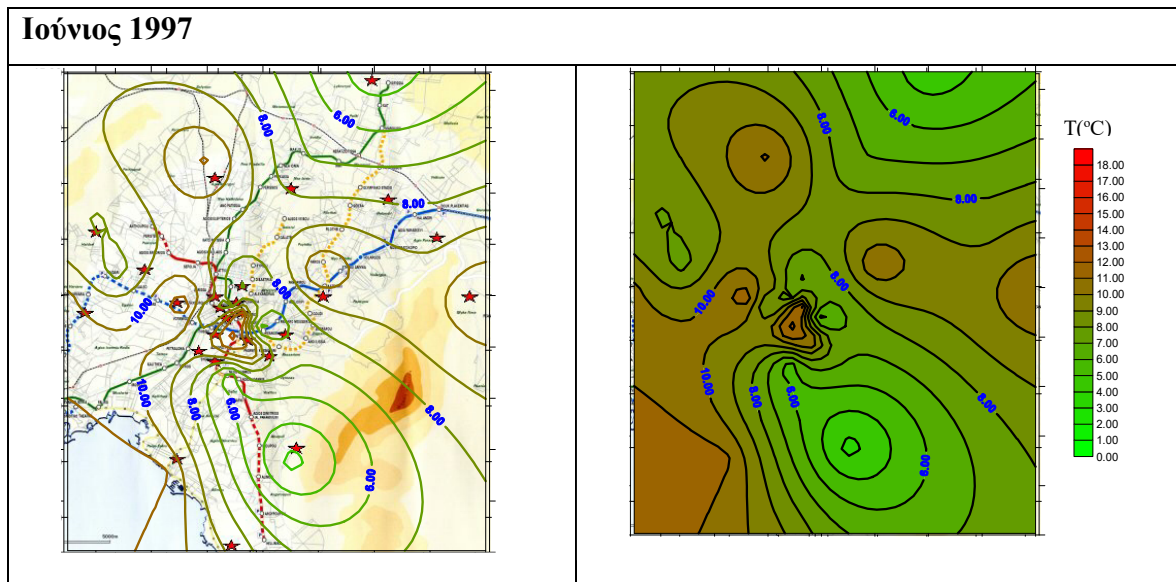


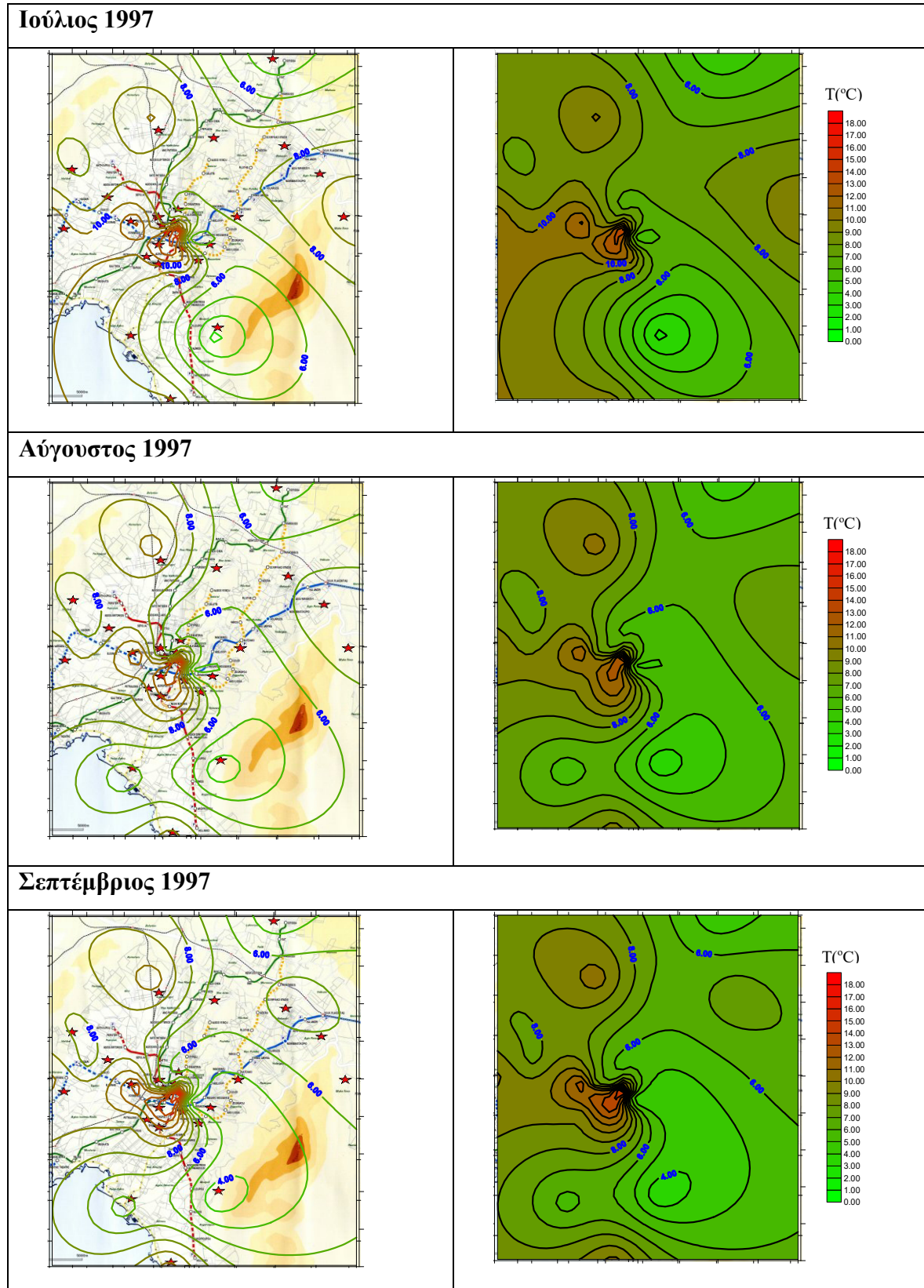
Σχήμα 4.61: Μέσο μηνιαίο Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1997.



Σχήμα 4.62: Μέσο μηνιαίο Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.

Η διακύμανση του ημερήσιου θερμομετρικού εύρους ομοιάζει με αυτή των μέσων μέγιστων θερμοκρασιών. Έτσι το μεγαλύτερο μέσο μηνιαία ημερήσιο θερμομετρικό εύρος παρουσίασε ο Σταθμός 12, στην Πανεπιστημιακή Λέσχη, ενώ το μικρότερο, οι σταθμοί 2 και 16, που έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά. Η απόλυτα μεγαλύτερη τιμή του ημερήσιου θερμομετρικού εύρους παρατηρήθηκε τον Σεπτέμβριο του 1997, στο Σταθμό 12 και ήταν 17.7 °C. Η μικρότερη τιμή στο Σταθμό 2 τον Ιούλιο του 1997 και ήταν 2.6 °C. Ο μήνας με τα τις υψηλότερες τιμές και σε αυτή την θερμοκρασιακή παράμετρο ήταν ο Ιούλιος του 1998. Η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των μέσων μηνιαίων ημερήσιων θερμομετρικών ευρών καταγράφηκε τον Σεπτέμβριο του 1997 μεταξύ του Σταθμού 12 και του 2 και ήταν 14.5°C. Η αντίστοιχη μικρότερη τιμή ήταν 9.4°C και καταγράφηκε τον Ιούνιο του 1997 μεταξύ των ίδιων σταθμών.





Σχήμα 4.63: Χωρική κατανομή του μέσου μηνιαίου Ημερήσιου Θερμομετρικού Εύρους για τον Ιούνιο, Ιούλιο Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.

Από την χωρική αποτύπωση (σχήμα 4.63) προκύπτει ότι οι υψηλότερες τιμές του Ημερήσιου Θερμομετρικού Εύρους εμφανίζονται στο κέντρο της πόλης και επεκτείνονται δυτικά αυτού. Οι μικρότερες τιμές του ΗΘΕ παρατηρήθηκαν νότια και ανατολικά του κέντρου καθώς και στα Βόρεια του λεκανοπεδίου.

4.3. Εξέταση των μέσων ωριαίων θερμοκρασιών αέρα των σταθμών μέτρησης

Στο σημείο αυτό παρουσιάζεται η μέση μηνιαία εικοσιτετράωρη πορεία της θερμοκρασίας του αέρα των σταθμών, όπως αυτή προσδιορίζεται από τις μέσες ωριαίες θερμοκρασίες κάθε σταθμού για το σύνολο του στατιστικού δείγματος κάθε σταθμού. Για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα όπου αποτυπώνονται σε μορφή box plot ανάλυσης οι ωριαίες θερμοκρασίες κάθε σταθμού για το σύνολο των καταγεγραμμένων θερμοκρασιών του σταθμού. Με την ανάλυση αυτή αποτυπώνεται η ενδιάμεση τιμή του δείγματος (κόκκινη γραμμή) και το εύρος των ωριαίων θερμοκρασιών γύρω από αυτή στην οποία περιέχεται το 50% του στατιστικού δείγματος. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα με τα οποία αποτυπώθηκε η μέση ωριαία θερμοκρασία κάθε σταθμού για το σύνολο των μετρήσεων των θερμοκρασιών αυτού (κόκκινο αστεράκι *) και των θερμοκρασιών του σταθμού αναφοράς (μπλε σταυρός +)

Στο πλαίσιο της ανάλυσης αυτής εξετάστηκαν και οι αντίστοιχες μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα από τον σταθμό αναφοράς (Σταθμό 19). Τα συνοπτικά αποτελέσματα για το σύνολο της εξεταζόμενης περιόδου για κάθε σταθμό δίνονται στη συνέχεια. Σημειώνεται ότι οι αναφερόμενες στην ανάλυση ώρες, αφορούν την τοπική χειμερινή ώρα. Με την ανάλυση αυτή ολοκληρώνεται, σε συνδυασμό με τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά και τις μέσες τιμές που παρουσιάστηκαν προηγουμένως, η πλήρης καταγραφή της θερμοκρασιακής συμπεριφοράς κάθε σταθμού, ώστε να εντοπισθούν τα κοινά χαρακτηριστικά τους, που θα οδηγήσουν στην κατάλληλη ομαδοποίηση και κατηγοριοποίησή τους και τελικά στην εξήγηση της θερμικής συμπεριφορά τους.

4.3.1: Σταθμός 1 - Αστεροσκοπείο

Στο σχήμα 4.64 παρουσιάζονται για όλη την εξεταζόμενη περίοδο του σταθμού, οι μέσες ωριαίες θερμοκρασίες (κόκκινος αστερίσκος) με τις αντίστοιχες για την ίδια περίοδο μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς (μπλε σταυρός).

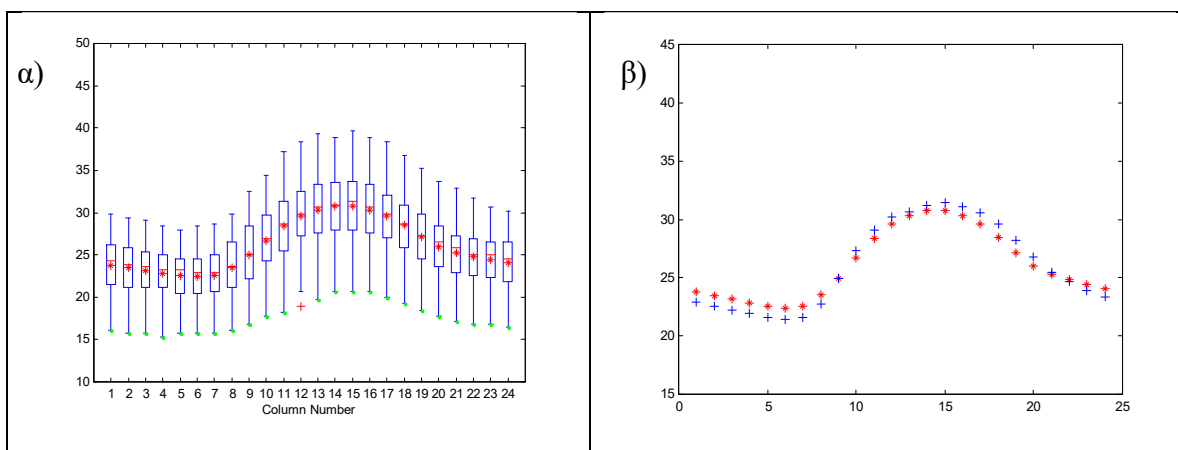
Από τα στοιχεία του διαγράμματος προκύπτει ότι η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα του σταθμού παρουσιάζει μια τυπική συμπεριφορά με τα ελάχιστα να παρατηρούνται τις πρώτες πρωινές ώρες και τα μέγιστα στις ώρες της αληθούς μεσημβρίας. Η μετάβαση δε από τα ελάχιστα προς τα μέγιστα και το αντίστροφο γίνεται με ομαλό τρόπο. Τέλος οι θερμοκρασίες του σταθμού κατά την διάρκεια της νύκτας είναι μεγαλύτερες από του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας οι διαφορές ελαχιστοποιούνται στις ώρες γύρω από το τοπικό μεσημέρι.

Η εξέταση των μέσων ωριαίων θερμοκρασιών του σταθμού για κάθε μήνα κατέγραψε τις εξής παρατηρήσεις:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα, για όλους τους μήνες, παρατηρήθηκαν στο διάστημα μεταξύ των 13:00 και 16:00 και κυμάνθηκαν μεταξύ 27.0 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 33.9 °C (Ιούλιος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 05:00 ως 08:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 19.1 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 25.4 °C (Ιούλιος 1998).
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα, μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς, παρατηρήθηκαν μεταξύ 04:00 και 08:00 και κυμάνθηκαν μεταξύ 1.3 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 2.1 °C (Αύγουστος 1998)
- Οι μικρότερες αντίστοιχα μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς παρατηρήθηκαν μεταξύ 17:00 και 20:00 χειμερινή τοπική ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 0,1 και 0,4 °C. Τέλος, παρατηρήθηκαν και περιπτώσεις

όπου οι μέσες ωριαίες θερμοκρασίες ανά μήνα του σταθμού αναφοράς ήταν μικρότερες ως και 1.1 °C από τις αντίστοιχες του σταθμού του Αστεροσκοπείου Αθηνών. Αυτές οι διαφορές σχετίζονται με τις διαφορετικές τοπικές συνθήκες που παρατηρούνται στο εσωτερικό του Κήπου, όπου βρίσκεται ο σταθμός αναφοράς.

- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους εξεταζόμενους μήνες είναι κατά μέσο όρο 1.5°C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας είναι μεγαλύτερη μόνο κατά 0.5°C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε μεταξύ των 7.3 °C (Σεπτέμβριος 1997) και των 9.6 °C (Αύγουστος 1996).



Σχήμα 4.64: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 1 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

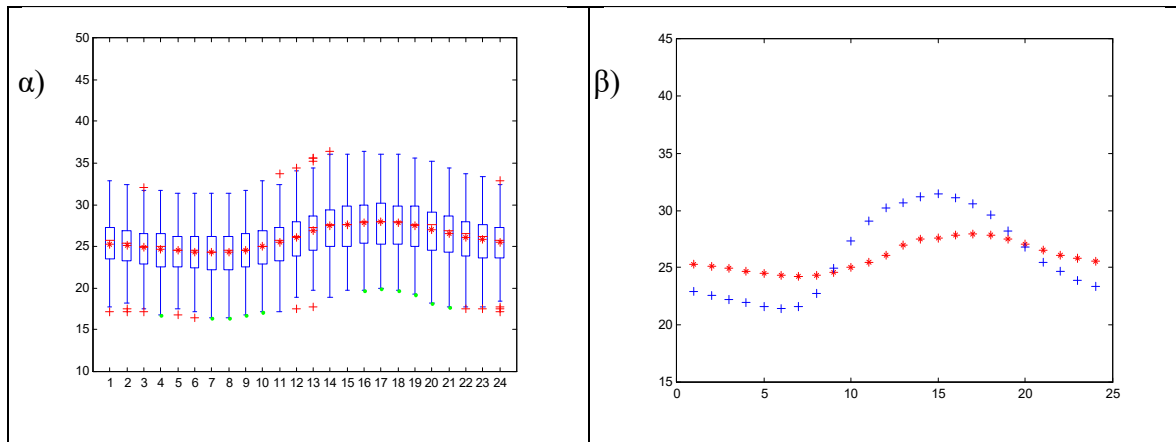
4.3.2: Σταθμός 2 - Ηλιούπολη

Στο σχήμα 4.65 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η ημερήσια θερμοκρασιακή συμπεριφορά του σταθμού 2, για το σύνολο της θερινής περιόδου. Στο σχήμα αυτό φαίνεται η ιδιαίτερη συμπεριφορά του σταθμού όπου κατά μέσο όρο παρουσιάζει μικρό, της τάξεως των 3.5°C, ημερήσιο θερμομετρικό εύρος. Οι θερμοκρασίες του σταθμού κατά την διάρκεια της νύκτας είναι μεγαλύτερες αυτών του σταθμού αναφοράς ενώ μετά την 9^η πρωινή και μέχρι αργά το απόγευμα είναι συστηματικά μικρότερες.

Η εξέταση των μέσων ωριαίων θερμοκρασιών του σταθμού για κάθε μήνα κατέγραψε τις εξής παρατηρήσεις:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από 16:00 ως 18:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 23.4°C (Σεπτέμβριος 1997) και 32.1°C (Ιούλιος 1998)
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 06:00 ως 08:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 20.5°C (Σεπτέμβριος 1997) και 27.0°C (Ιούλιος 1998).
- Κατά την διάρκεια της νύκτας μέχρι τις πρώτες πρωινές ώρες οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς με τις μεγαλύτερες μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες να παρατηρούνται μεταξύ 05:00 και 07:00, κυμαινόμενες μεταξύ των 2.5 °C (Σεπτέμβριος 1996) και 3.6 °C (Ιούλιος 1998).
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν σαφώς μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς με τις μεγαλύτερες διαφορές να παρατηρούνται μεταξύ 12:00 και 15:00, κυμαινόμενες μεταξύ των -6.5 °C (Ιούνιος 1997) ως -3.0 °C (Σεπτέμβριος 1996), πιθανόν λόγω της διαφοράς υψομέτρου μεταξύ των δύο σταθμών.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του σταθμού, για όλους τους μήνες που εξετάστηκαν ήταν κατά μέσο όρο 2.3°C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς κατά την διάρκεια της νύκτας. Κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μικρότερη κατά -1.8°C .

- Το μέσο μηνιαίο ημερήσιο θερμομετρικό εύρος του σταθμού κυμάνθηκε από 2.3°C (Ιούλιος 1998) ως 5.1°C (Ιούνιος 1998)



Σχήμα 4.65.: Συνολική ημερήσια θερμοκή συμπεριφορά του Σταθμού 2 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

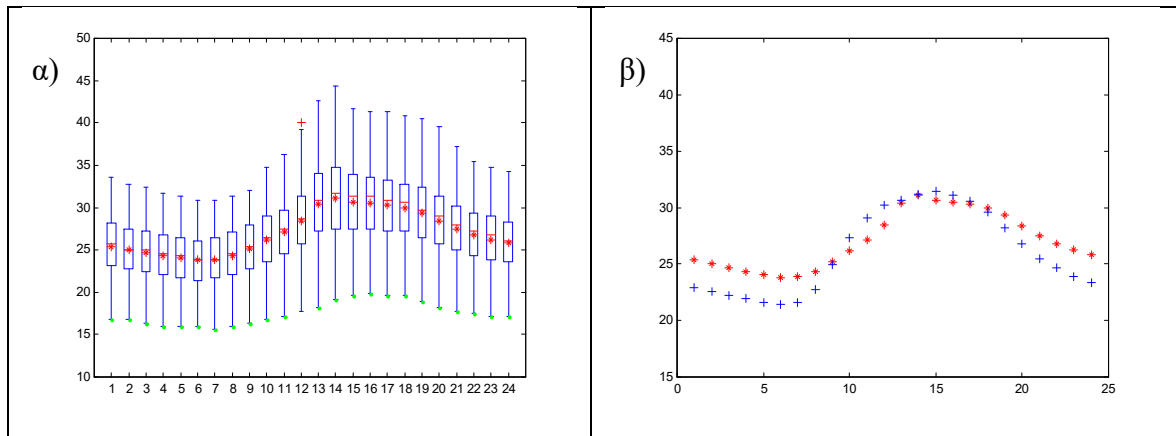
4.3.3. Σταθμός 3 - Αμπελόκηποι

Εξετάζοντας το σχήμα 4.65 προκύπτει ότι οι μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από του σταθμού αναφοράς κατά την νυχτερινή περίοδο, ενώ ήταν μικρότερες από τις 10:00 ως τις 18:00. Οι μέγιστες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν στο τοπικό μεσημέρι και οι ελάχιστες στις πρώτες πρωινές ώρες. Η μετάβαση από τις ελάχιστες προς τις μέγιστες θερμοκρασίες γίνεται σχετικά ομαλά.

Η εξέταση των μέσων ωριαίων θερμοκρασιών του σταθμού για κάθε μήνα κατέγραψε τις εξής παρατηρήσεις:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν για όλους τους μήνες από 13:00 ως 17:00 και κυμάνθηκαν μεταξύ των 24.7°C (Σεπτέμβριο 1997) και 35.5 °C (Ιούλιο 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 04:00 ως 07:00 και κυμάνθηκαν μεταξύ 19.8°C (Σεπτέμβριος 1997) και 28.4 °C (Ιούλιος 1998).
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες. Για τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο οι μέγιστες διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ 04:00 και 07:00 και ήταν από 1.0°C (Σεπτέμβριο 1996) και 2.5°C (Αύγουστος 1997), ενώ για τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο οι μέγιστες διαφορές κυμάνθηκαν μεταξύ 3.0°C (Ιούνιος 1997) και 4.1°C (Ιούλιος 1997) και παρατηρήθηκαν μεταξύ 23:00 και 04:00 χειμερινής τοπικής ώρας.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας για τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού, ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς από τις 10:00 ως τις 18:00 τοπική χειμερινή ώρα, με τις μεγαλύτερες διαφορές να παρουσιάζονται μεταξύ 11:00 και 12:00, τοπικής χειμερινής ώρας, κυμαινόμενες από -2.7 °C (Αύγουστος 1996 και Σεπτέμβριος 1997) ως -1.9 °C (Αύγουστος 1998). Κατά τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο η συμπεριφορά εμφανίζεται πιο σύνθετη. Συγκεκριμένα οι διαφορές ήταν άλλοτε αρνητικές και άλλοτε θετικές με τις μέγιστες αρνητικές να εμφανίζονται τις ίδιες ώρες, συμπεριφορά που σχετίζεται με τον ΒΒΔ προσανατολισμό του σταθμού.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους μήνες που εξετάζονται ήταν κατά μέσο όρο 2.5°C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, λόγω του αστικού χαρακτήρα της περιοχής και της αποβαλλόμενης από τα γειτονικά κτίρια αποθηκευμένης θερμότητας, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν κατά μέσο όρο ίση με αυτή του σταθμού αναφοράς.

- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 4.9°C (Σεπτέμβριος 1997) ως 10.7°C (Ιούνιος 1997, 1998).



Σχήμα 4.66: Συνολική ημερήσια θερμοκή συμπεριφορά του Σταθμού 3 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

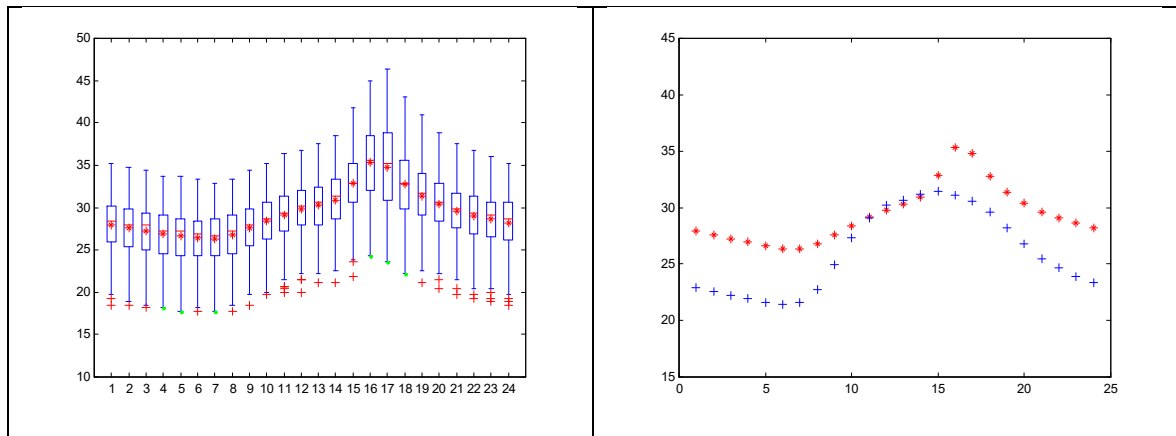
4.3.4. Σταθμός 4 - Κορυδαλλός

Στο σχήμα 4.67 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα του για το σύνολο των καταγεγραμμένων θερμοκρασιών. Από την μελέτη τους σχήματος προκύπτει ότι οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από του σταθμού αναφοράς τόσο κατά την νυχτερινή όσο και κατά την ημερήσια περίοδο με εξαίρεση το χρονικό διάστημα από τις 11:00 ως τις 14:00 όπου οι θερμοκρασίες του σταθμού σχεδόν ταυτίζονται με αυτές του σταθμού αναφοράς. Οι μέγιστες τιμές τις θερμοκρασίες ήταν μετατοπισμένες σε σχέση με το τοπικό μεσημέρι και εμφανίζονται τις πρώτες απογευματινές ώρες λόγω του δυτικού προσανατολισμού του σταθμού. Τα ελάχιστα παρατηρήθηκαν τις πρώτες πρωινές ώρες. Η μετάβαση από τα ελάχιστα προς τα μέγιστα δεν γίνεται με ομαλό τρόπο αλλά παρατηρείται λίγο πριν το τοπικό μεσημέρι ένας έντονος ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας, μεγαλύτερος των 2.0°C ανά ώρα, που σχετίζεται με την επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στην διαμόρφωση των θερμοκρασιών που καταγράφει ο σταθμός.

Από την εξέταση των μέσων ωριαίων θερμοκρασιών του σταθμού για κάθε μήνα προέκυψαν οι εξής παρατηρήσεις:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα, ανά μήνα, παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από τις 16:00 ως τις 17:00, λόγω του δυτικού προσανατολισμού του σταθμού, και κυμάνθηκαν μεταξύ των 28.8 °C (Σεπτέμβριος 1996) και 40.2 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες, το διάστημα από 05:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 21.8 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 28.9 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες από τις 24:00 μέχρι τις 06:00 και κυμάνθηκαν μεταξύ 4,1 °C τον Σεπτέμβριο του 1996 και 5,7 °C τον Ιούνιο και Ιούλιο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας όλους τους μήνες οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν σαφώς μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, εκτός από τις 10:00 ως τις 14:00 τοπική χειμερινή ώρα όπου οι διαφορές ήταν μικρότερες του 1 °C και πολλές φορές μικρότερες του σταθμού αναφοράς (αρνητικό πρόσημο). Στην υπόλοιπη διάρκεια της ημέρας οι διαφορές ήταν άνω του 1 °C. Οι μέγιστες διαφορές παρατηρήθηκαν στο δίωρο 16:00 με 17:00, με τιμές από 2.2 °C (Σεπτέμβριος 1996) ως 6,5 °C (Αύγουστος 1998).
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους εξεταζόμενους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 4,8 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς,, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη κατά 2,2 °C.

- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε μεταξύ 5,3°C (Αύγουστος 1996) και 11,6 °C (Ιούνιος 1998).

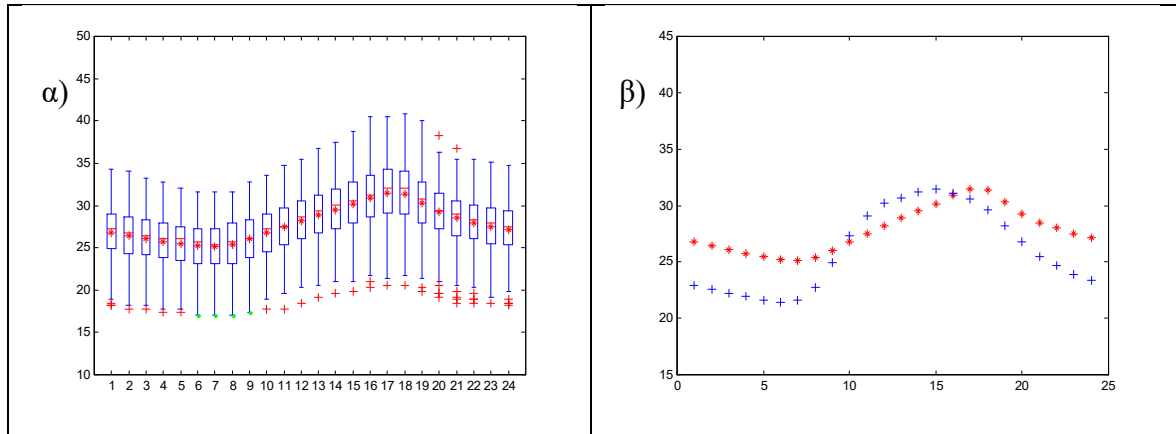


Σχήμα 4.67: Συνολική ημερήσια θερμοκή συμπεριφορά του Σταθμού 4 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.5: Σταθμός 5 - Παγκράτι (Λ. Υμηττού και Λ. Καισαριανής)

Από την μελέτη του σχήματος 4.68 προκύπτει ότι οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μεγαλύτερες του σταθμού αναφοράς με εξαίρεση τις ώρες από 10:00 ως 16:00 όπου λόγω του δυτικού προσανατολισμού οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μικρότερες. Η μικρότερη τιμή παρουσιάζεται στις 7:00 και η μεγαλύτερη τιμή παρατηρείται στις 17:00. Η μετάβαση από τα ελάχιστα προς τα μέγιστα γίνεται σχεδόν γραμμικά ενώ η καμπύλη διακύμανσης της ημερήσιας θερμοκρασίας δεν είναι τυπική. Εξετάζοντας τις ανά μήνα μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του σταθμού προέκυψαν τα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα ανά μήνα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από 15:00 ως 18:00 και κυμάνθηκαν μεταξύ 26.3 °C (Σεπτέμβριος 1996) και 37.6 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 05:00 ως 08:00 και κυμάνθηκαν μεταξύ 20.9 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 28.6 °C (Ιούλιος 1998).
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς παρατηρήθηκαν από τις 24:00 μέχρι τις 06:00 το πρωί και κυμάνθηκαν από 3,3 °C τον Σεπτέμβριο του 1997 ως 5.0 °C τον Ιούλιο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας, τις πρωινές ώρες, οι θερμοκρασία του σταθμού ήτα μικρότερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, κατά -1.7°C (για τον Ιούνιο του 1997) ως και -2.3°C (για τον Αύγουστο του 1996 και τον Ιούλιο του 1997). Στην υπόλοιπη διάρκεια της ημέρας οι διαφορές ήταν με θετικό πρόσημο με σταδιακή αύξησή τους μέχρι τις πρώτες βραδινές ώρες.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους εξεταζόμενους μήνες, ήταν κατά μέσο όρο 3.7°C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη μόλις κατά 0.4 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 4.7°C (Σεπτέμβριος 1996) ως 10.9 °C (Ιούλιος 1998).



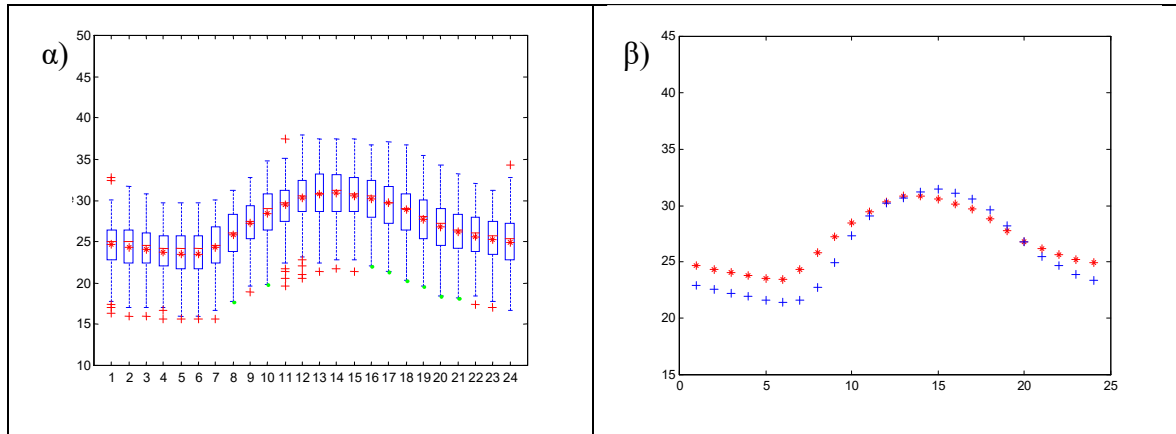
Σχήμα 4.68: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 5 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.6. Σταθμός 6 - ΑΓ. ΚΟΣΜΑΣ (πρώην κτήριο Ε.Κ.Θ.Ε.)

Στο σχήμα 4.69 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι η ημερήσια πορεία των θερμοκρασιών του σταθμού παρουσιάζει μια κανονική συμπεριφορά με το ελάχιστο να παρατηρείται στις 6:00 και το μέγιστο στις 14:00 στο τοπικό μεσημέρι. Η μετάβαση από τα ελάχιστα προς τα μέγιστα και το αντίστροφο γίνεται με ομαλό τρόπο. Τέλος οι θερμοκρασίες του σταθμού κατά την διάρκεια της νύκτας είναι μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας οι διαφορές ελαχιστοποιούνται στις ώρες γύρω από το τοπικό μεσημέρι.

Αναλυτικότερα σε μηνιαίο επίπεδο καταγράφηκαν τα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες ανά μήνα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από 12:00 ως 17:00 και κυμαίνονται μεταξύ 27.2 °C (Σεπτέμβριος 1996) και 37.6 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 06:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 19.6 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 25.6 °C (Αύγουστος 1996).
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες (από 24:00) μέχρι και τις πρώτες πρωινές ώρες (09:00) όπου και πήραν τις μέγιστες τιμές οι οποίες κυμάνθηκαν από 3.4 °C τον Σεπτέμβριο του 1997 ως 3.9 °C τον Ιούνιο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς εκτός των μηνών Ιουνίου και Ιουλίου του 1997 όπου τις μεσημεριανές ώρες ήταν μικρότερες κατά 0.5 °C
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του σταθμού, για όλους τους εξεταζόμενους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 2.5°C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη κατά 1.4 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε μεταξύ 4.9°C (Σεπτέμβριος 1996) και 9.6 °C (Σεπτέμβριος 1997).



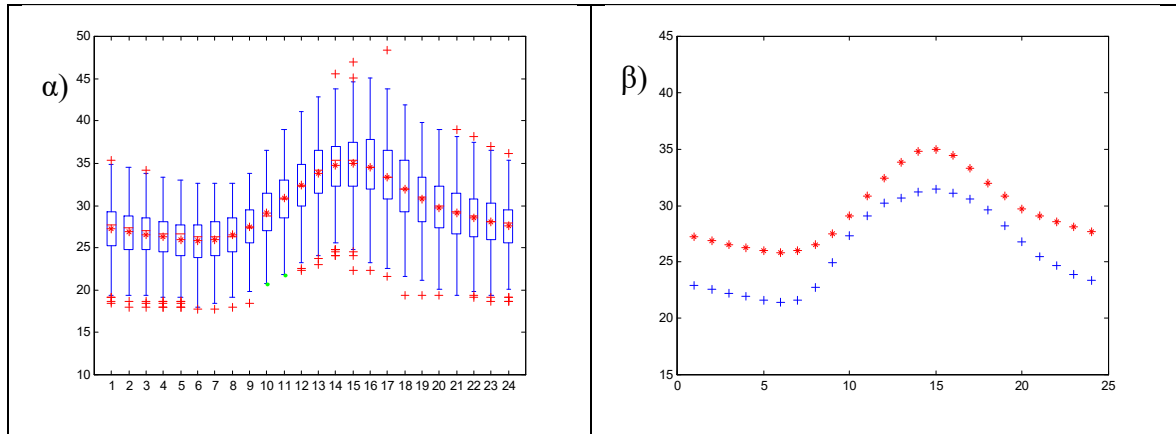
Σχήμα 4.69: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 6 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.7: Σταθμός 7 - Στουρνάρη και Πατησίων (Κέντρο Αθήνας)

Από την εξέταση του σχήματος 4.70 προέκυψε ότι η μέση ωριαία ελάχιστη θερμοκρασία παρατηρείται στις 6:00 και η μέγιστη τιμή εμφανίζεται στις 15:00. Οι θερμοκρασίες του σταθμού είναι συστηματικά μεγαλύτερες από του σταθμού αναφοράς καθ' όλη την διάρκεια του εικοσιτετράωρου.

Η εξέταση των μέσων μηνιαίων ωριαίων θερμοκρασιών του σταθμού ανέδειξε τα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες ανά μήνα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από τις 13:00 ως τις 15:00 και κυμάνθηκαν μεταξύ 31.7 °C (Ιούνιος 1997) ως 39.7 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 05:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 21.4°C (Σεπτέμβριος 1997) και 28.7°C (Ιούλιος 1998).
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς τις βραδινές ώρες πήραν τις μέγιστες τιμές από τις 24:00 μέχρι τις 07:00 και κυμάνθηκαν από 3.3°C τον Σεπτέμβριο του 1997 και 5.2°C τον Ιούλιο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με εξαίρεση τον Ιούλιο του 1998 όπου μεταξύ 11:00 και 16:00 παρατηρήθηκαν αρνητικές θερμοκρασίες. Οι μέσες μέγιστες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας κυμάνθηκαν μεταξύ των 3.4 °C για τον Ιούνιο του 1998 και των 7.0 °C κατά τον Σεπτέμβριο του 1996.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του σταθμού, για όλους τους εξεταζόμενους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 4.2°C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς. Κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη κατά 2.7°C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος του σταθμού κυμάνθηκε από 5.9°C (Ιούλιος 1998) ως 11.2°C (Σεπτέμβριος 1996).



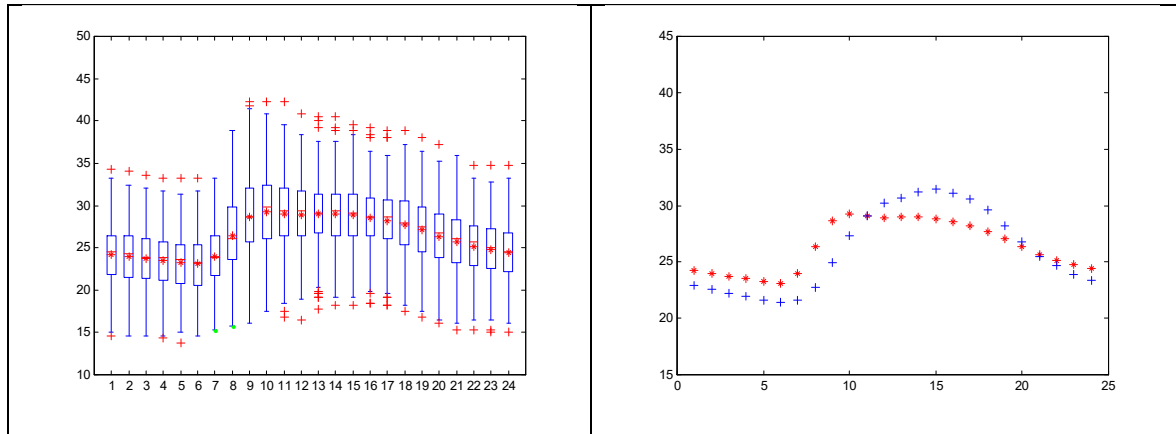
Πίνακας 4.70: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 7 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.8: Σταθμός 8 - Περιοχή Γλυκών Νερών

Στο σχήμα 4.71 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη του σχήματος προέκυψε ότι η θερμοκρασία του αέρα παρουσιάζει την ελάχιστη θερμοκρασία τις πρώτες πρωινές ώρες (6:00) ενώ οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται τις πρωινές ώρες (10:00) λόγω του ανατολικού προσανατολισμού του σταθμού και του ότι βρίσκεται εκτός λεκανοπεδίου Αθηνών, στους πρόποδες του Υμηττού, στην Αν. Αττική. Οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν γενικά μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς κατά την διάρκεια της ημέρας, εκτός από τις πρωινές ώρες μέχρι το μέγιστο της θερμοκρασίας του σταθμού. Κατά την διάρκεια της νύχτας οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.

Αναλυτικότερα σε μηνιαίο επίπεδο καταγράφηκαν τα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα, ανά μήνα, παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από τις 09:00 ως 14:00 τοπική χειμερινή ώρα, λόγω της ιδιαιτερότητας του προσανατολισμού του σταθμού, και κυμάνθηκαν μεταξύ 24.0 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 31.1 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 05:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 18.5 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 26.1 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς που παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες, πήραν τις μέγιστες τιμές μεταξύ 05:00 και 06:00 τοπικής χειμερινής ώρας και κυμάνθηκαν από 0.6 °C τον Σεπτέμβριο του 1996 ως 2.9 °C τον Ιούλιο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού, ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, από τις 07:00 ως τις 10:00, λόγω του προσανατολισμού του σταθμού, με διαφορές που έφτασαν μέχρι και τους 6.3 °C. Μέχρι τις πρώτες βραδινές ώρες, όπου οι διαφορές έγιναν πάλι θετικές, η θερμοκρασία του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερη από αυτή του σταθμού αναφοράς μέχρι και 3.3 °C (Αύγουστος του 1996).
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους εξεταζόμενους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 1,3 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μικρότερη κατά 0.3 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 5,1°C (Αύγουστος 1998) ως 10.2 °C (Ιούνιος 1997) .



Σχήμα 4.71: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 8 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

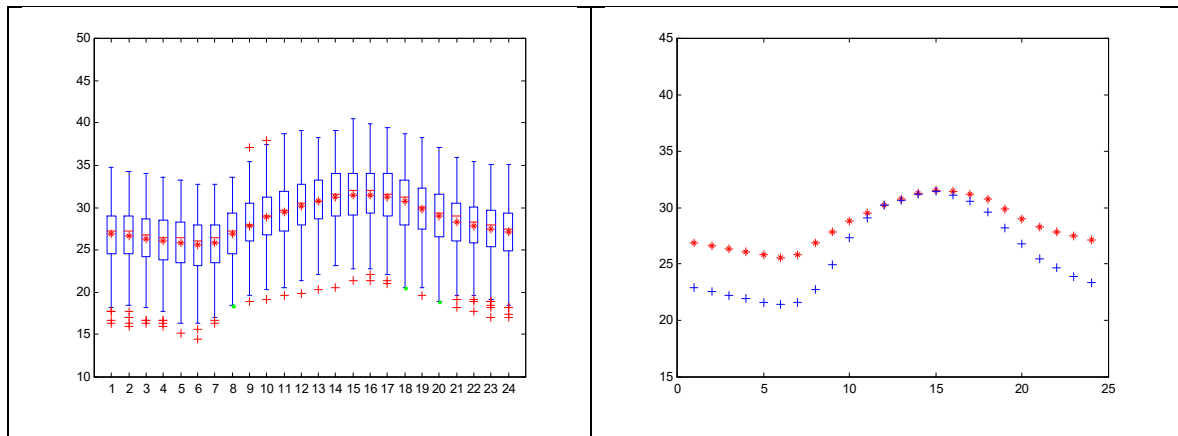
4.3.9: Σταθμός 9 - ΦΙΞ

Στο σχήμα 4.72 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι η θερμοκρασία του αέρα είναι συστηματικά μεγαλύτερη του σταθμού αναφοράς. Με τις θερμοκρασίες τις μεσημεριανές ώρες να διαφέρουν ελάχιστα. Η μικρότερη θερμοκρασία καταγράφηκε τις πρώτες πρωινές ώρες (6:00), ενώ η μεγαλύτερη στις 16:00. Η καμπύλη μεταβολής της ημερήσιας θερμοκρασίας ήταν ομαλή και μοιάζει με την τυπική καμπύλη μεταβολής ενός σταθμού υπαίθρου, στην πραγματικότητα όμως αυτή η εικόνα αποτελεί σύνθεση δύο διαφορετικών μέσων ημερήσιων ωριαίων καταγραφών. Την ημερήσια πορεία για τους μήνες 7^ο, 8^ο και 9^ο του 1997 η οποία διαφέρει από αυτή των άλλων μηνών, λόγω αλλαγής της θέσης του σταθμού στο ίδιο κτήριο σε ΒΑ προσανατολισμό από ΒΔ εξαιτίας των δυσκολιών πρόσβασης που υπήρχαν για την συλλογή των δεδομένων. Αποτέλεσμα αυτού ήταν οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού για το τρίμηνο με τον ΒΑ προσανατολισμό να εμφανίζουν τα μέγιστα πριν το τοπικό μεσημέρι με θερμοκρασίες του αέρα μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Αντίθετα τους υπόλοιπους μήνες η θερμοκρασία του αέρα του σταθμού εμφάνισε τα μέγιστα μετά το τοπικό μεσημέρι. Τα ελάχιστα παρατηρήθηκαν και στις δύο θέσεις του σταθμού τις πρώτες πρωινές ώρες. Οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα ήταν γενικά κοντά σε αυτές του σταθμού αναφοράς λόγω και της εγγύτητάς του με αυτόν.

Μελετώντας τις μέσες ωριαίες θερμοκρασίες, ανά μήνα, παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα, ανά μήνα, παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από τις 13:00 ως τις 17:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 26.3 °C (16:00) τον Σεπτέμβριο του 1996 και 34.4 °C (17:00) τον Αύγουστο του 1998.
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, το διάστημα από 06:00 ως 08:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 19.6 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 29.1 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς που παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες πήραν τις μέγιστες τιμές από τις 05:00 μέχρι τις 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν από 2.1 °C τον Σεπτέμβριο του 1997 ως 5.3 °C τον Ιούλιο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς από τις 11:00 ως τις 16:00 τοπική χειμερινή ώρα, με μέγιστη διαφορά τους -1.6 °C. Εξαιρέση αποτέλεσαν οι μήνες 7^ο, 8^ο και 9^ο του 1997 όπου οι διαφορές ήταν θετικές σε όλη την διάρκεια της ημέρας.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους εξεταζόμενους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 3.7 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη κατά 1.5 °C.

- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 4,0°C (Σεπτέμβριος 1996) ως 10.1 °C (Αύγουστος 1997).



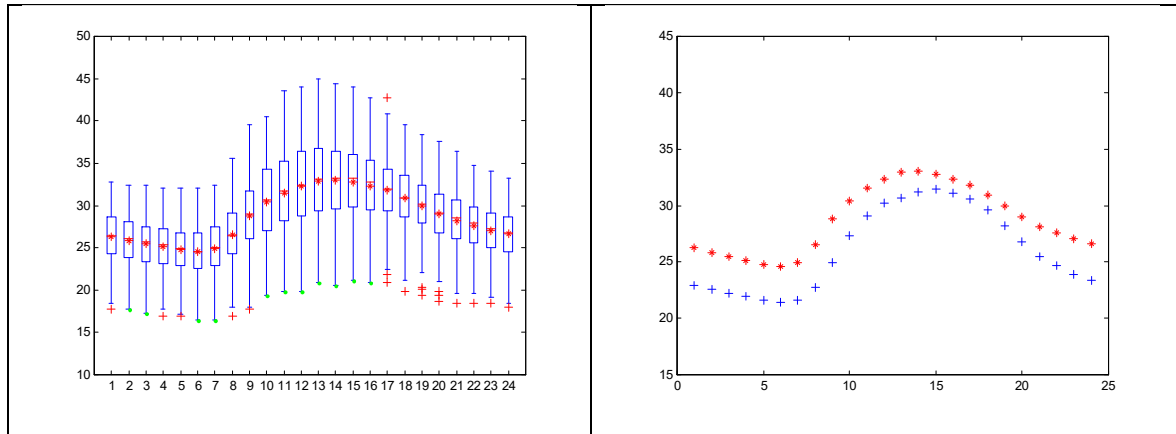
Πίνακας 4.72: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 9 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.10: Σταθμός 10 - Ευγενίδειο

Η ημερήσια πορεία της θερμοκρασία του αέρα (σχήμα 4.73) παρουσίασε συμπεριφορά ενός τυπικού σταθμού με την εμφάνιση των μεγίστων λίγο αργότερα από το τοπικό μεσημέρι λόγω της θέσης και του προσανατολισμού του σταθμού. Οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν γενικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου - Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες ανά μήνα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από τις 13:00 ως τις 15:00 τοπική χειμερινή ώρα, λόγω του προσανατολισμού του σταθμού, και κυμάνθηκαν μεταξύ 27.0°C (Σεπτέμβριος 1997) και 37.2 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 05:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 20.6 °C (Σεπτέμβριος 1996) και 26.9 °C (Αύγουστος 1996).
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς που παρατηρούνται τις βραδινές ώρες πήραν σχεδόν σταθερές τιμές από τις πρώτες βραδινές ώρες (22:00) ως τα ξημερώματα με διαφορές που κυμάνθηκαν για κάθε μήνα από 1.8°C (01:00) τον Σεπτέμβριο του 1996 ως τους 4.7°C (06:00) τον Αύγουστο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς με τις διαφορές να μειώνονται κοντά στο τοπικό μεσημέρι, ενώ κάποιους μήνες παρατηρήθηκαν και αρνητικές διαφορές, Έτσι ειδικότερα από τις από τις 08:00 ως τις 10:00 οι διαφορές πήραν τις μέγιστες τιμές που έφθασαν μέχρι και τους 6.1 °C στις 09:00 τον Ιούνιο του 1997.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του σταθμού, για όλους τους εξεταζόμενους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 3.1 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη κατά 2.5 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 4,7°C (Αύγουστος 1997) ως 11.2 °C (Αύγουστος 1998).

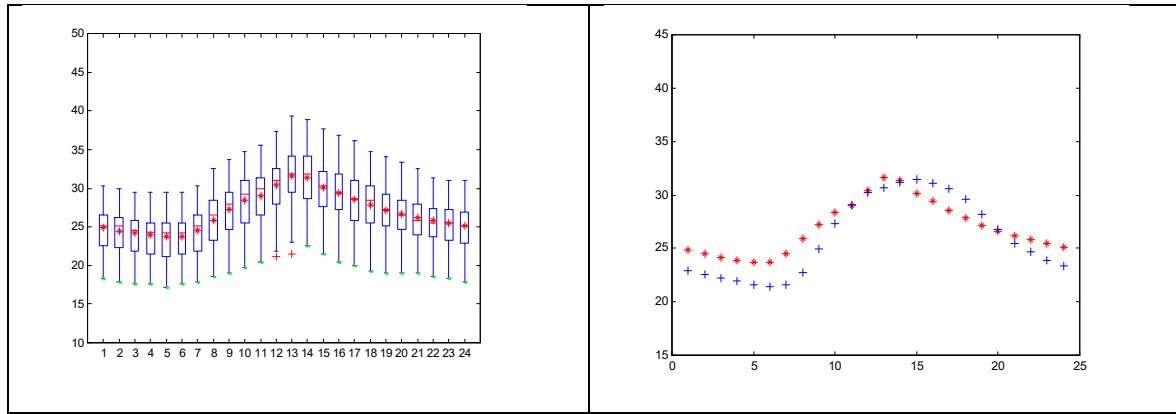


Σχήμα 4.73: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 10 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.11: Σταθμός 11 - Αιόλου και Ερμού (Κέντρο Αθηνών)

Ο σταθμός αυτός είχε πλήρες σετ μετρήσεων μόνο το 1996 διότι κλάπηκε, ενώ μετά λόγω έργων ανακαίνισης δεν ήταν δυνατή η επανεγκατάστασή του. Από τα στοιχεία που καταγράφηκαν και το σχήμα 4.74 για αυτούς τους δύο μήνες προέκυψαν τα ακόλουθα:

- Η ημερήσια πορεία της θερμοκρασία του αέρα παρουσίασε την εξής συμπεριφορά . Τα ελάχιστα παρατηρήθηκαν τις πρώτες πρωινές ώρες και οι μέγιστες τιμές εμφανίστηκαν γύρω από το τοπικό μεσημέρι, λόγω του νοτιοανατολικού προσανατολισμού του σταθμού. Επίσης οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες ανά μήνα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες στις 13:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 29.5 °C (Σεπτέμβριος 1996) και 34.5 °C (Αύγουστος 1996).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 05:00 ως 06:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 22.0 °C (Σεπτέμβριος 1996) και 25.9 °C (Αύγουστος 1996).
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς πήραν τις μέγιστες τιμές στις 8:00 με 9:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν από 5,1 °C τον Σεπτέμβριο του 1996 ως 5.8 °C τον Αύγουστο του 1996.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με εξαίρεση το διάστημα μεταξύ 16:00 και 19:00 τοπική χειμερινή ώρα, όπου παρατηρήθηκαν και αρνητικές διαφορές θερμοκρασίας (-1.1 °C) τον Αύγουστο του 1996 .
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους εξεταζόμενους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 2.5 με 3.0 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη κατά 1.6 με 2.0 °C .
- Το μέσο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» για τους δύο μήνες κυμάνθηκε μεταξύ 8 °C και 9.3 °C.



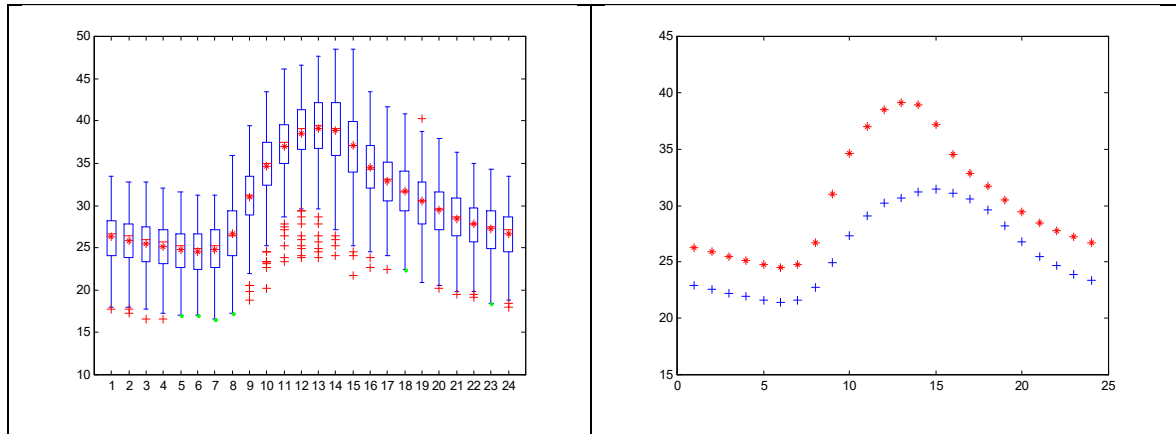
Σχήμα 4.74: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 11 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.12: Σταθμός 12 - Πανεπιστημιακή Λέσχη (Κέντρο Αθηνών)

Στο σχήμα 4.75 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι, τα ελάχιστα παρατηρούνται τις πρώτες πρωινές ώρες (6:00) και οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται γύρω από το τοπικό μεσημέρι, λόγω του νότιου νοτιοανατολικού προσανατολισμού του. Η μετάβαση από τα ελάχιστα προς τα μέγιστα εμφανίζεται με έντονους ρυθμούς αύξησης της θερμοκρασίας (άνω των 2 βαθμών την ώρα) λίγες ώρες πριν τις μέγιστες τιμές. Τέλος οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου-Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα ανά μήνα, παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από τις 12:00 ως τις 15:00 και κυμάνθηκαν μεταξύ 34.8 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 42.9 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 06:00 ως 07:00 και κυμάνθηκαν μεταξύ 20.5 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 27.3 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς, που παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες και πήραν τις μέγιστες τιμές τις πρώτες μεταμεσονύχτιες ώρες, κυμάνθηκαν μεταξύ 3.2 °C τον Σεπτέμβριο του 1996 και 3.7 °C τον Αύγουστο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας, οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν πολύ μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με τις μέγιστες τιμές ανά μήνα να κυμαίνονται από 6.2 °C τον Ιούνιο του 1997 ως 10.2 °C τον Σεπτέμβριο του 1997.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα στο σταθμό αυτό για όλους τους εξεταζόμενους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 3.2 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη κατά 5.1 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε μεταξύ 12.7 °C (Σεπτέμβριος 1996) και 16.4 °C (Σεπτέμβριος 1997).



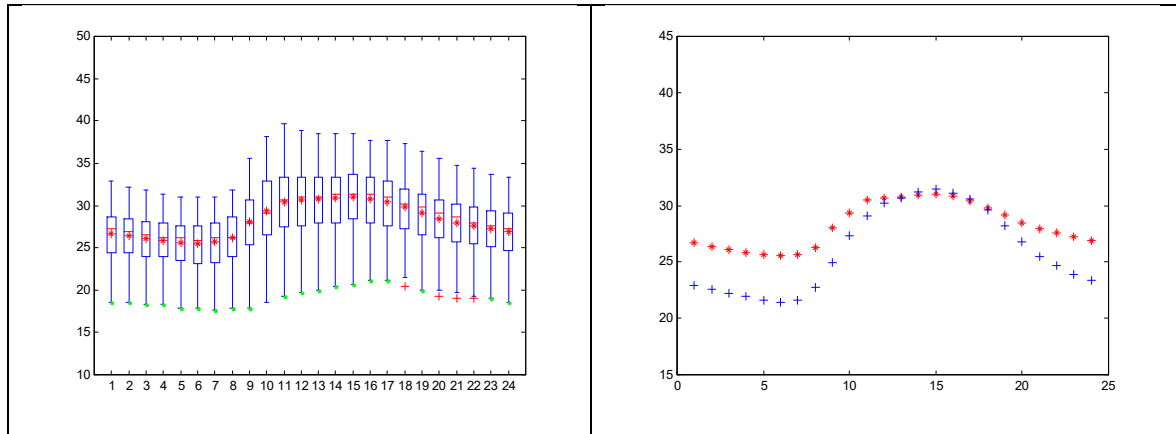
Πίνακας 4.75: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 12 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.13: Σταθμός 13 - Σόλωνος

Στο σχήμα 4.76 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι τα ελάχιστα παρατηρούνται τις πρώτες πρωινές ώρες (7:00) και οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται στο τοπικό μεσημέρι (15:00) με την ιδιαίτερη συμπεριφορά η τιμή του μεγίστου να παραμένει σχεδόν σταθερή από τις 12:00 ως τις 16:00. Τέλος οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν γενικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, εκτός από τις μεσημεριανές ώρες όπου είναι σχεδόν ίδιες.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα ανά μήνα μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα, ανά μήνα, παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από 14:00 ως 16:00, και κυμάνθηκαν μεταξύ 28.1 °C (Σεπτέμβριος 1996) και 34.3 °C (Ιούλιος 1997).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 05:00 ως 07:00 και κυμάνθηκαν μεταξύ 23.0 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 27.9 °C (Ιούλιος 1997)
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες και πήραν σχεδόν σταθερές τιμές από τις πρώτες βραδινές ώρες (24:00) ως τα ξημερώματα με διαφορές που κυμάνθηκαν από 4.3 °C (06:00) για τον Σεπτέμβριο του 1996 ως τους 5.4 °C (05:00) τον Ιούνιο του 1997 .
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με τις διαφορές να μειώνονται πριν και μετά το τοπικό μεσημέρι και να είναι οριακά μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Έτσι ειδικότερα από τις από τις 08:00 ως τις 10:00 τοπική χειμερινή ώρα οι διαφορές πήραν τις μέγιστες τιμές τους που έφθασαν μέχρι και τους 5.6°C (στις 09:00 τον Αύγουστο του 1997) ενώ το τοπικό μεσημέρι ήταν παραπλήσιες με αυτές του σταθμού αναφοράς. Συμπεριφορά που οφείλετε στον Β.Α. προσανατολισμό του σταθμού όπως θα εξηγηθεί αναλυτικότερα στο κεφάλαιο 6 που ακολουθεί.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους εξεταζόμενους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 4,6 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη κατά 2.3 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 4,8°C (Σεπτέμβριος 1996) ως 6.7 °C (Ιούλιος 1997).



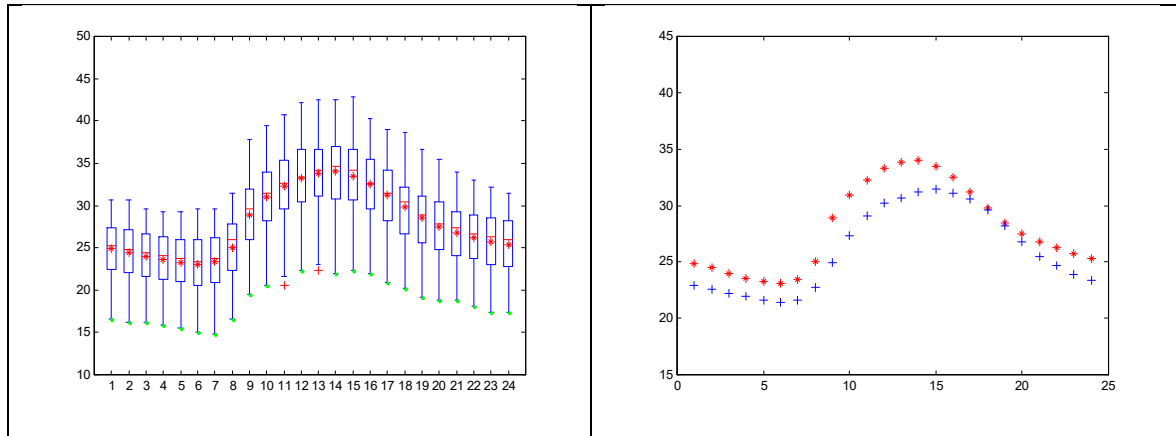
Σχήμα 4.76: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 13 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου

4.3.14: Σταθμός 14 - Γεωπονική Σχολή

Στο σχήμα 4.77 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα, για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι, τα ελάχιστα εμφανίζονται τις πρώτες πρωινές ώρες (06:00) και οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται λίγο πριν το τοπικό μεσημέρι(14:00). Οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, ιδιαίτερα κατά την νυκτερινή περίοδο, ενώ τις απογευματινές ώρες οι διαφορές σχεδόν μηδενίζονται.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα, ανά μήνα, μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα, παρατηρήθηκαν για όλους τους μήνες από τις 13:00 ως τις 14:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 30.2 °C (Σεπτέμβριος 1996) και 37.4 °C (Ιούλιος 1997).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα, παρατηρήθηκαν για όλους τους μήνες, το διάστημα από 06:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 19.6 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 25.8 °C (Ιούλιος 1997)
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς, παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες και πήραν σχεδόν σταθερές τιμές από τις πρώτες βραδινές ώρες (22:00) ως τα ξημερώματα. Αυτές κυμάνθηκαν από 1.9 °C (01:00 τον Σεπτέμβριο του 1997) ως 3.7 °C (24:00 τον Ιούνιο του 1997).
- Κατά την διάρκεια της ημέρας, οι θερμοκρασίες του σταθμού, ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με τις διαφορές να μειώνονται τις πρώτες μεταμεσημβρινές ώρες. Έτσι ειδικότερα από τις από τις 09:00 ως τις 10:00, οι διαφορές πήραν τις μέγιστες τιμές τους, που έφθασαν μέχρι και τους 5.8°C (στις 09:00 τον Σεπτέμβριο του 1996).
- Η μέση νυκτερινή θερμοκρασία του σταθμού, για όλους τους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 2.6 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας είναι μεγαλύτερη κατά 3.0 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού, κυμάνθηκε από 9.4°C (Σεπτέμβριος 1996) ως 11.7 °C (Σεπτέμβριος 1997).



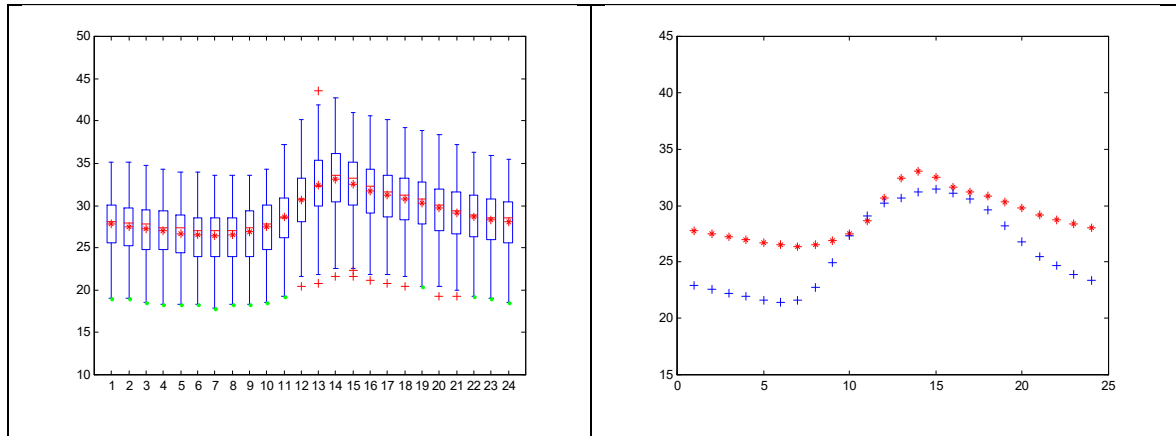
Σχήμα 4.77: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 14 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου

4.3.15: Σταθμός 15 - Υπουργείο Υγείας (Αριστοτέλους)

Στο σχήμα 4.78 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα, για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι, τα ελάχιστα εμφανίζονται τις πρώτες πρωινές ώρες (7:00) και οι μέγιστες θερμοκρασίες λίγο νωρίτερα από το τοπικό μεσημέρι (14:00), με σημαντικό ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας, σχεδόν 2°C ανά ώρα από τις 10:00 ως τις 14:00. Τέλος, οι θερμοκρασίες του σταθμού, ήταν γενικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με εξαίρεση τις ώρες από 10 ως 12:00, με θερμοκρασίες σχεδόν ίσες.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα ανά μήνα μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα ανά μήνα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, από τις 13:00 ως τις 15:00, και κυμάνθηκαν μεταξύ 28.6 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 37.1 °C (Ιούλιος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, το διάστημα από 06:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 22.1 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 28.3 °C (Ιούλιος 1997).
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς που παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες, πήραν σχεδόν σταθερές τιμές από τις πρώτες βραδινές ώρες (24:00) ως τα ξημερώματα, με μέγιστες διαφορές που κυμάνθηκαν από 4.6 °C (06:00) για τον Σεπτέμβριο του 1996 ως 5.5 °C (05:00) τον Αύγουστο του 1996 .
- Κατά την διάρκεια της ημέρας, οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με εξαίρεση τις ώρες 09:00 ως 11:00 τοπική χειμερινή ώρα, όπου οι διαφορές μειώθηκαν αισθητά και αρκετές φορές πήραν αρνητικές τιμές στοιχείο που οφείλετε στη σκίαση που δεχόταν ο σταθμός από το τοιχείο του μπαλκονιού στο οποίο είχε τοποθετηθεί. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας η θερμοκρασία του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, με διαφορές που δεν ξεπέρασαν τους 2.8 °C, τιμές σαφώς μικρότερες από αυτές της νύκτας.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους μήνες που εξετάστηκαν ήταν κατά μέσο όρο 4,7 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη κατά 1.6°C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 5.3°C (Σεπτέμβριος 1996) ως 8.2 °C (Ιούνιος, Ιούλιος 1997).



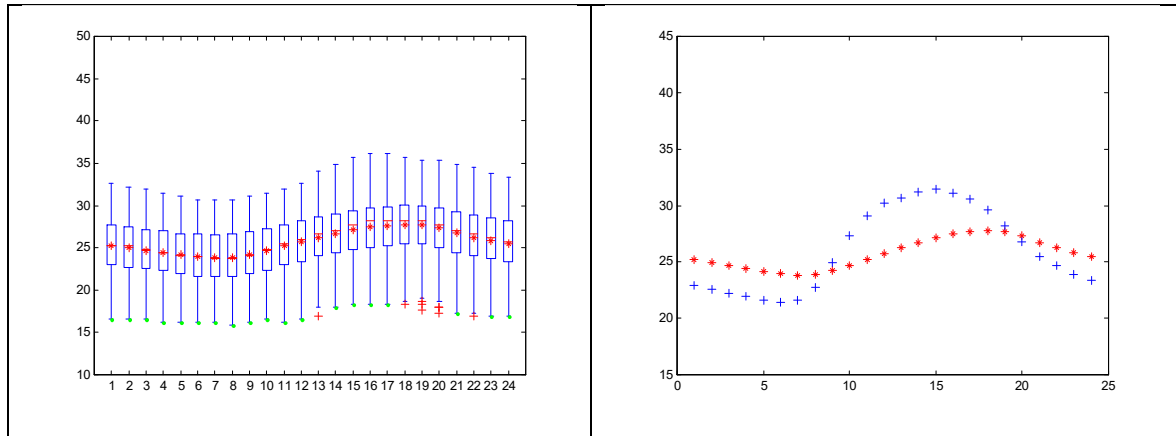
Σχήμα 4.78: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 15 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου

4.3.16: Σταθμός 16 - Κηφισιά

Στο σχήμα 4.79 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε μία εντελώς ιδιαίτερη συμπεριφορά. Τα ελάχιστα εμφανίστηκαν το πρωί (8:00) και οι μέγιστες θερμοκρασίες του αέρα αργά το απόγευμα (19:00). Η θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν σαφώς μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, κατά την διάρκεια της ημέρας, ενώ ήταν σαφώς μεγαλύτερες κατά την διάρκεια της νύχτας. Η ημερήσια διακύμανση μοιάζει με αυτή του σταθμού 2, ο οποίος είναι και αυτός σε περαστική περιοχή με σημαντικό υψόμετρο, σημαντικό αστικό πράσινο και τοποθετημένος σε ακάλυπτο χώρο με όμοιο προσανατολισμό.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου-Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα ανά μήνα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, από τις 18:00 ως τις 19:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 23.0 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 30.6 °C (Ιούλιος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 06:00 ως 08:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 19.3 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 26.9 °C (Ιούλιος και Αύγουστος του 1998).
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς παρατηρήθηκαν μεταξύ 05:00 και 08:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 1.8 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 3.8 °C (Ιούλιος 1997).
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού μετά τις 9:00 ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς με τις ελάχιστες διαφορές να εμφανίζονται στις 12:00 με 14:00 τοπική χειμερινή ώρα φθάνοντας στους -5.4 °C τον Ιούνιο του 1998.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 2.3 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μικρότερη κατά 1.8 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 3.1 °C (Αύγουστος 1998) ως 5.6 °C (Αύγουστος 1996).



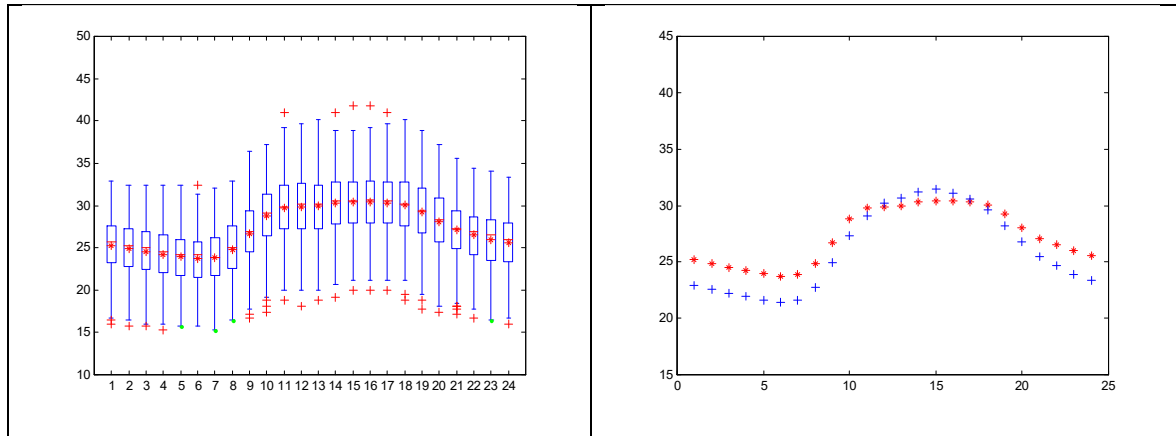
Σχήμα 4.79: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 16 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου

4.3.17: Σταθμός 17 – Δάσος Χαϊδαρίου

Στο σχήμα 4.80 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι τα ελάχιστα εμφανίσθηκαν νωρίς το πρωί (6:00) και οι μέγιστες θερμοκρασίες του αέρα το μεσημέρι (14:00) με τιμές που παρέμειναν σχεδόν σταθερές από τις 11:00 ως τις 17:00. Οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς από τις 11:00 ως τις 17:00 τοπική χειμερινή ώρα, ενώ ήταν μεγαλύτερες κατά το υπόλοιπο χρονικό διάστημα. Η ιδιαίτερη αυτή συμπεριφορά σχετίζεται με την θέση του σταθμού (υψόμετρο σημαντική παρουσία πρασίνου) και τον τρόπο με τον οποίο σκιάζεται.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου -Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Η θερμοκρασία του αέρα του σταθμού παρουσίαζε την ιδιαιτερότητα να μην εμφανίζει μεγάλη αύξηση μετά τις 12:00 τοπική χειμερινή ώρα, μέχρι τις 18:00 τοπική χειμερινή ώρα λόγω της σκίασής του. Κατά την διάρκεια αυτή οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Σε αντίθεση με την βραδινή περίοδο, όπου οι θερμοκρασίες ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες ανά μήνα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, από τις 14:00 ως 16:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 26.1 °C (Σεπτέμβριος του 1996 και 1997) και 34.0 °C (Ιούλιος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, το διάστημα από 06:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 19.1 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 26.7 °C (Αύγουστος 1998)
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς που παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες, πήραν σχεδόν σταθερές τιμές από τις πρώτες βραδινές ώρες (22:00) ως τα ξημερώματα και κυμάνθηκαν από 1.4 °C (02:00) για τον Σεπτέμβριο του 1997 ως τους 3.0 °C (06:00) τον Ιούλιο του 1998.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Έτσι ειδικότερα από τις 12:00 ως τις 18:00 τοπική χειμερινή ώρα, οι διαφορές ήταν αρνητικές και έφτασαν μέχρι τους -1.6 °C τον Ιούλιο του 1997.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του σταθμού, για όλους τους μήνες ήταν κατά μέσο όρο 2.7 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν και πάλι μεγαλύτερη κατά 0.5 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 5.6°C (Σεπτέμβριος 1996) ως 7.6 °C (Ιούλιος 1998).



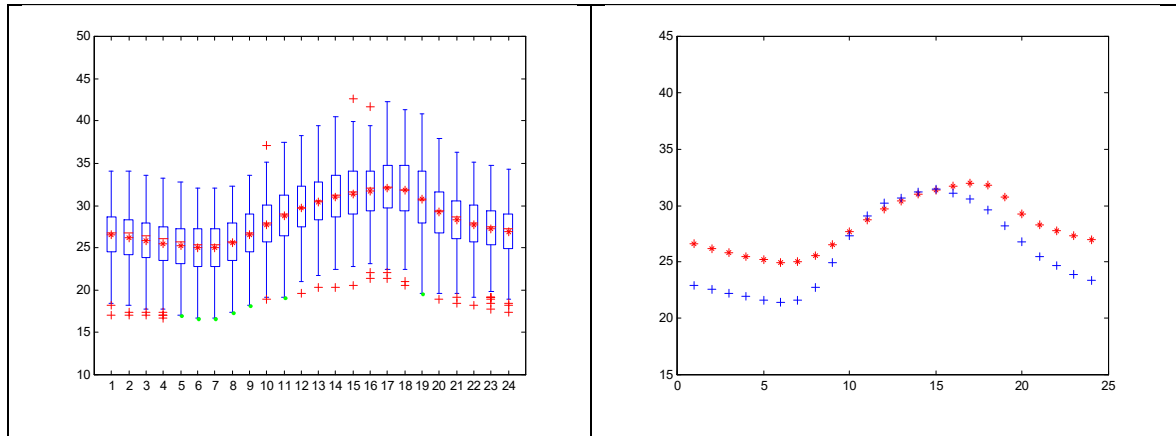
Σχήμα 4.80: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 17 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.18: Σταθμός 18 – Αιγάλεω (Θηβών & Αθηνών Κορίνθου)

Στο σχήμα 4.81 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προκύπτει ότι τα ελάχιστα εμφανίζονται νωρίς το πρωί (6:00) και οι μέγιστες θερμοκρασίες αργά το μεσημέρι (17:00). Οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, εκτός του χρονικού διαστήματος μεταξύ 11:00 ως 15:00 όπου οι θερμοκρασίες ήταν ελαφρώς μικρότερες.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου -Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα ανά μήνα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, από τις 15:00 ως τις 18:00 τοπική χειμερινή ώρα, και κυμάνθηκαν μεταξύ 27.5 °C (Σεπτέμβριος 1996) και 35.9 °C (Ιούλιος 1998), σχετιζόμενες με τον προσανατολισμό του σταθμού(δυτικός-βορειοδυτικός).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, το διάστημα από 06:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 20.4 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 27.7 °C (Αύγουστος 1998)
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες και πήραν σχεδόν σταθερές τιμές από τις πρώτες βραδινές ώρες (24:00) ως τα ξημερώματα με μέγιστες διαφορές που κυμάνθηκαν από 4,6 °C (06:00) για τον Σεπτέμβριο του 1996 ως 5.5 °C (05:00) τον Αύγουστο του 1996.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με εξαίρεση τις ώρες 11:00 ως 13:00 τοπική χειμερινή ώρα, όπου οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερες και πήραν τιμές που έφθασαν ως και τους -1.2°C. Σημαντική παρατήρηση είναι ότι και σε αυτό τον σταθμό τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας η θερμοκρασία του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερη αυτής του σταθμού αναφοράς, αλλά οι διαφορές δεν ξεπέρασαν τους 2.6 °C που ήταν σαφώς μικρότερες από αυτές της νύκτας.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους μήνες, ήταν κατά μέσο όρο 3.4 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη κατά 1.2 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 5.4°C (Σεπτέμβριος 1996) ως 8.6 °C (Ιούλιος 1998).

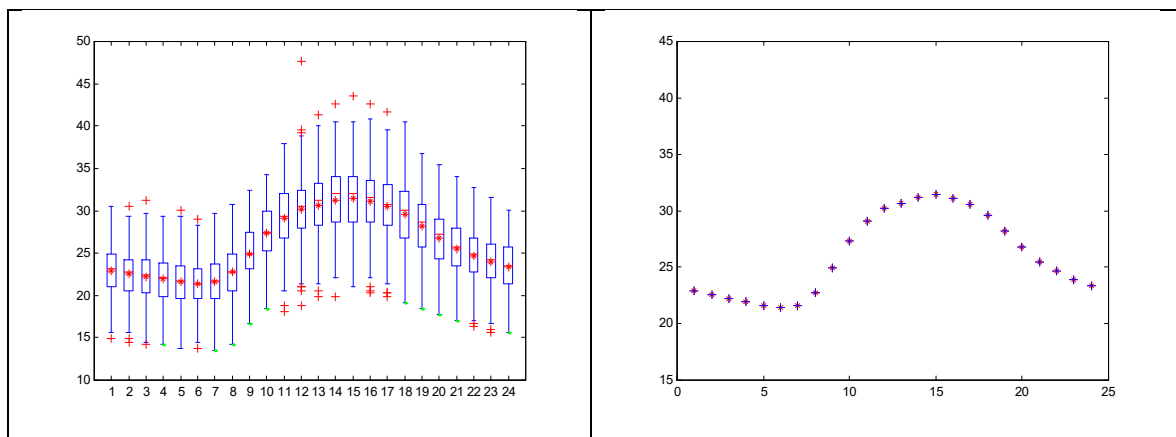


Σχήμα 4.81: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 18 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου

4.3.19: Σταθμός 19 - Εθνικός Κήπος

Ο σταθμός αυτός όπως προέκυψε από σχετική μελέτη που αναφέρθηκε ορίστηκε ως σταθμός αναφοράς. Σε αυτόν παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Η ημερήσια πορεία της θερμοκρασία του αέρα παρουσίασε την τυπική συμπεριφορά ενός «υπαίθριου» σταθμού, με τα μέγιστα να εμφανίζονται λίγο μετά το τοπικό μεσημέρι.
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες ανά μήνα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, από τις 14:00 ως τις 16:00 τοπική χειμερινή ώρα, και κυμάνθηκαν μεταξύ 26.7°C (Σεπτέμβριος 1997) και 34.9 °C (Ιούλιος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, το διάστημα από 06:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 18.0 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 24.3 °C (Αύγουστος 1998).
- Το μέσο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» κυμάνθηκε από 8,9 °C τον Σεπτέμβριο του 1996 ως 12 °C τον Ιούλιο του 1998



Σχήμα 4.82: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 19 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

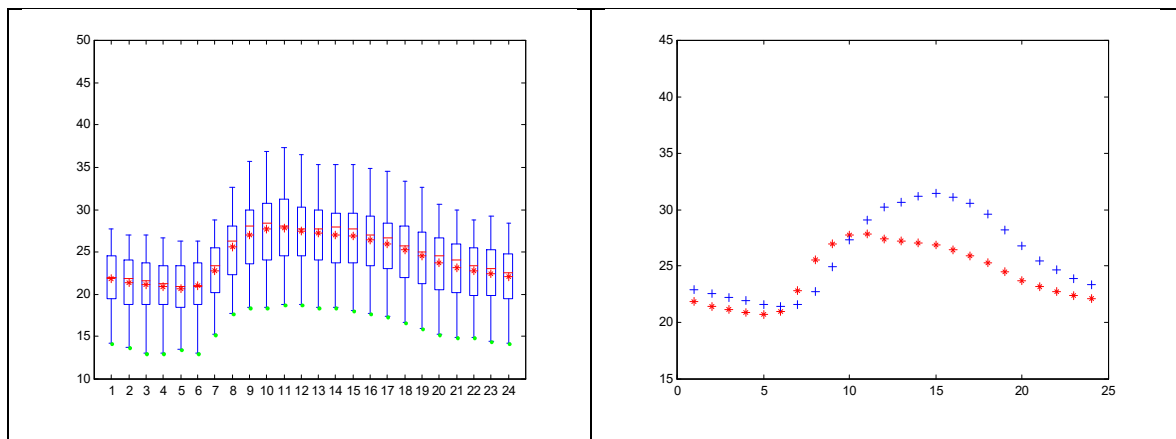
4.3.20: Σταθμός 21 - Αγ. Παρασκευή

Στο Σχήμα 4.83 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι τα ελάχιστα εμφανίζονται νωρίς το πρωί (6:00) και οι μέγιστες θερμοκρασίες πριν από το μεσημέρι(11:00), λόγω του ανατολικού προσανατολισμού του σταθμού. Οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν

συστηματικά μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με εξαίρεση τις ώρες από 7:00 ως 10:00 τοπική χειμερινή ώρα , όπου παρατηρήθηκε ένας έντονος αυξητικός ρυθμός που έφθασε και τους 2°C ανά ώρα.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου-Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα ανά μήνα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, από τις 10:00 ως τις 11:00 τοπική χειμερινή ώρα, λόγω της ιδιαιτερότητας του προσανατολισμού του σταθμού, και κυμάνθηκαν μεταξύ 23.3 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 31.6 °C (Ιούλιος 1997).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες του 1997, στις 05:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 17.4 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 23.2 °C (Ιούλιος 1997).
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς που παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες παρουσίαζαν μικρές διαφορές που κυμαίνονταν από -1.8 °C ως 0.8 °C . Τον Ιούνιο και τον Ιούλιο του 1997 οι θερμοκρασίες του αέρα ήταν γενικά μεγαλύτερες του σταθμού αναφοράς με μέγιστη τιμή της διαφοράς τους 0,8 °C, ενώ τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997 οι θερμοκρασίες του αέρα ήταν μικρότερες του σταθμού αναφοράς με διαφορές που έφτασαν τους -1.8 °C τον Σεπτέμβριο του 1998.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς από τις 07:00 ως τις 10:00 τοπική χειμερινή ώρα, λόγω του προσανατολισμού του σταθμού. με διαφορές που έφθασαν μέχρι τους 2.9 °C. Κατά την υπόλοιπη ημέρα οι διαφορές θερμοκρασίας του αέρα ήταν αρνητικές, φτάνοντας τους -4.3 °C. Τις βραδινές ώρες οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς και έφτασαν μέχρι τους -3.3 °C (Αύγουστος του 1997).
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους εξεταζόμενους μήνες, ήταν κατά μέσο όρο 0.2 °C μικρότερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μικρότερη κατά 1.5 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 5,9°C (Σεπτέμβριος 1997) ως 8.4 °C (Ιούλιος 1997).



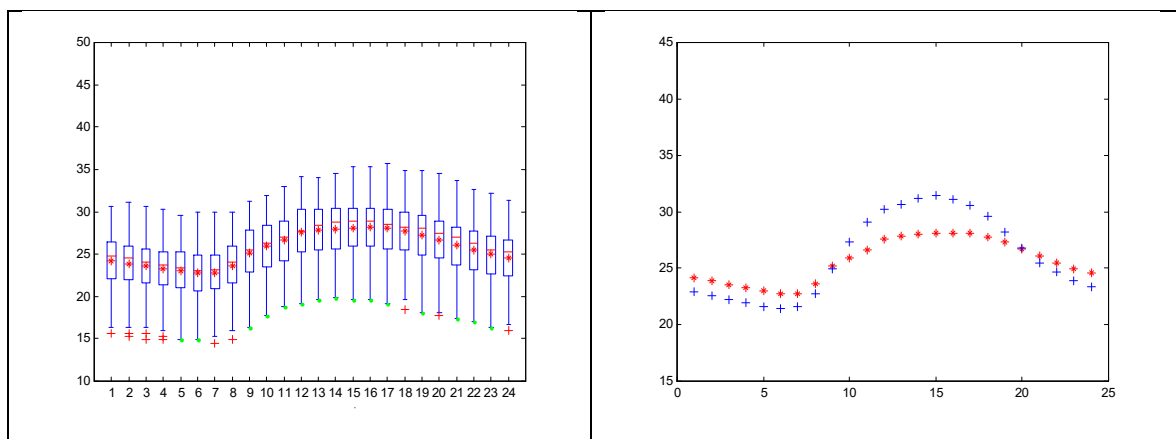
Σχήμα 4.83: Συνολική ημερήσια θερμοκή συμπεριφορά του Σταθμού 21 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.21: Σταθμός 22 - Πεδίο του Άρεως

Από την μελέτη του σχήματος 4.84 προέκυψε ότι τα ελάχιστα εμφανίζονται νωρίς το πρωί (7:00) και οι μέγιστες θερμοκρασίες το μεσημέρι (15:00). Οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν συστηματικά μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς κατά την διάρκεια της ημέρας από τις 10:00 ως τις 20:00 τοπική χειμερινή ώρα. Κατά την νυχτερινή περίοδο οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου -Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Η θερμοκρασία του αέρα του σταθμού παρουσιάζει την ιδιαιτερότητα να μην εμφανίζει μεγάλη αύξηση μετά τις 10:00 τοπική χειμερινή ώρα, μέχρι τις 20:00 τοπική χειμερινή ώρα . Κατά την διάρκεια αυτή οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Σε αντίθεση με την βραδινή περίοδο όπου οι θερμοκρασίες ήταν μεγαλύτερες του σταθμού αναφοράς.
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα ανά μήνα, παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από τις 16:00 ως τις 17:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 23.5 °C (Σεπτέμβριος του 1997) και 31.1 °C (Ιούλιος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, το διάστημα από 06:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 18.5 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 25.4 °C (Αύγουστος 1998)
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς που παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες πήραν σχεδόν σταθερές τιμές μετά τις 24:00 τοπική χειμερινή ώρα ως τα ξημερώματα, με διαφορές που οι μέγιστες μηνιαίες τιμές κυμάνθηκαν από 0.9 °C (05:00) τον Σεπτέμβριο του 1997 ως 1.7 °C (01:00) τον Ιούλιο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Έτσι ειδικότερα από τις 10:00 ως τις 19:00 τοπική χειμερινή ώρα οι διαφορές ήταν αρνητικές και έφτασαν μέχρι τους -4.4°C τον Ιούνιο του 1998.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους μήνες που εξετάστηκαν ήταν κατά μέσο όρο 1,0 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μικρότερη κατά 2.0 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 5.1°C (Σεπτέμβριος 1997) ως 6.3 °C (Ιούνιος 1997) .



Σχήμα 4.84: Συνολική ημερήσια θερμοκή συμπεριφορά του Σταθμού 22 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

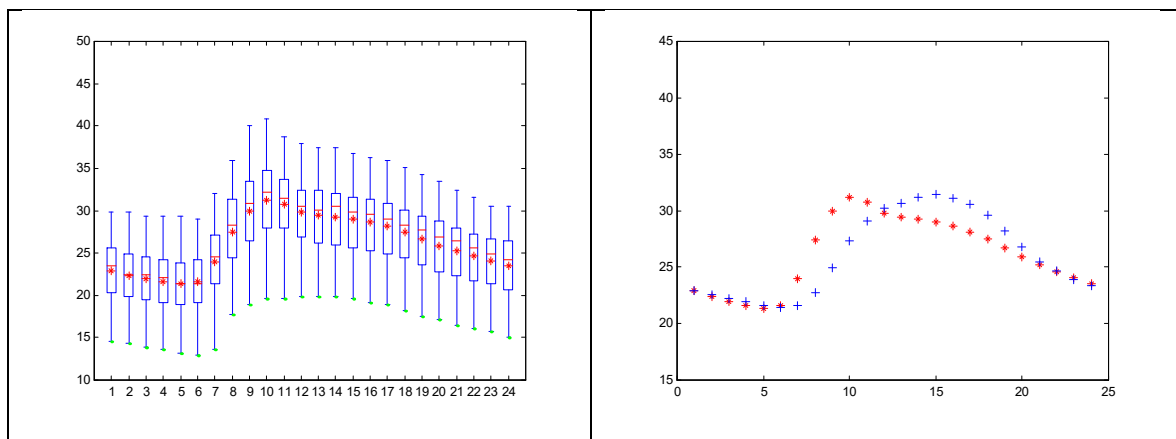
4.3.22: Σταθμός 23 - Κόκκινος Μύλος

Στο σχήμα 4.85 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι τα ελάχιστα εμφανίζονται πολύ νωρίς το πρωί (5:00) και η μέγιστη θερμοκρασία στις 10:00 το πρωί . Η εμφάνιση του μεγίστου το πρωί σχετίζεται με τον ανατολικό προσανατολισμό του σταθμού και το ανοικτό της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένος. Οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν σχεδόν ίδιες με τις θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς κατά την νυχτερινή περίοδο, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας, (06:00 ως 11:00 τοπική χειμερινή ώρα)

ήταν μεγαλύτερες και τις υπόλοιπες ώρες μικρότερες. Η θερμοκρασιακή συμπεριφορά του σταθμού μοιάζει με αυτή της Αγίας Παρασκευής και των Γλυκών Νερών.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου-Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες ανά μήνα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από 10:00 ως 11:00 τοπική χειμερινή ώρα, λόγω της ιδιαιτερότητας του προσανατολισμού του σταθμού, και κυμάνθηκαν μεταξύ 27.7 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 31.9 °C (Ιούνιος 1997).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, το διάστημα από 05:00 ως 06:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 17.9 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 24.1 °C (Ιούλιος 1997).
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς που παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες πήραν τις μέγιστες τιμές μεταξύ των 23:00 και 24:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν από 0.6 °C τον Σεπτέμβριο του 1997 ως 1.8 °C τον Ιούνιο και τον Ιούλιο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς από τις 07:00 ως τις 10:00 τοπική χειμερινή ώρα, λόγω του προσανατολισμού του σταθμού, με διαφορές που έφθασαν μέχρι και τους 5.5 °C. Μέχρι τις πρώτες βραδινές ώρες όπου οι διαφορές έγιναν πάλι θετικές οι θερμοκρασία του σταθμού ήταν μικρότερη από αυτή του σταθμού αναφοράς μέχρι και -1.9 °C (Ιούλιο του 1997).
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους μήνες, ήταν κατά μέσο όρο 1.3 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη κατά 0.7 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 9,8°C (Σεπτέμβριος 1997) ως 10.8 °C (Ιούνιος 1997).



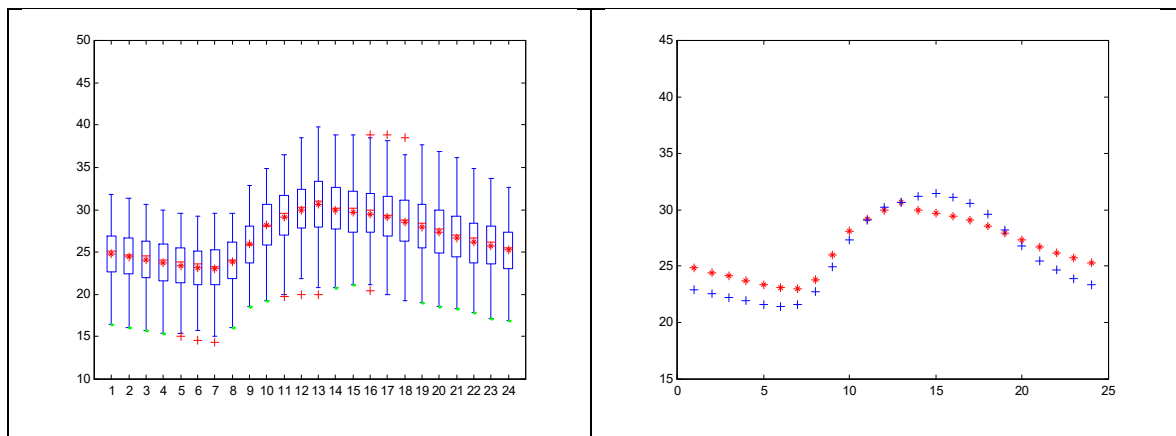
Σχήμα 4.85: Συνολική ημερήσια θερμοκή συμπεριφορά του Σταθμού 23 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.23: Σταθμός 24 - Παράδεισος Αμαρουσίου (Ιππικός Όμιλος)

Στο σχήμα 4.86 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι τα ελάχιστα εμφανίζονται το πρωί (7:00) και η μέγιστη θερμοκρασία του αέρα στις 13:00. Από τις 12:00 και μετά οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν γενικά μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, ενώ το πρωί (ως τις 12) ήταν μεγαλύτερες. Το βράδυ οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου-Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα, ανά μήνα, παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες από τις 11:00 ως τις 13:00 τοπική χειμερινή ώρα, λόγω της ιδιαιτερότητας του προσανατολισμού (ANA) του σταθμού, και κυμάνθηκαν μεταξύ 26.3 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 34.1 °C (Ιούνιος 1997).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, το διάστημα από 05:00 ως 06:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 18.6 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 25.5 °C (Αύγουστος 1997).
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς που παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες πήραν τις μέγιστες τιμές τους μεταξύ των ωρών 23:00 και 24:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν από 1.6 °C τον Αύγουστο του 1998 ως 2.1 °C (Ιούλιο του 1997 και Ιούνιο του 1998).
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς από τις 07:00 ως τις 10:00 τοπική χειμερινή ώρα, λόγω του προσανατολισμού του σταθμού, με διαφορές που έφθασαν μέχρι και τον 1.5 °C. Μέχρι τις πρώτες βραδινές ώρες όπου οι διαφορές έγιναν πάλι θετικές, οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς μέχρι και -2.4 °C (Ιούλιο του 1997).
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους μήνες που εξετάστηκαν ήταν κατά μέσο όρο 1.6°C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μικρότερη κατά 0.4 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 5.7°C (Αύγουστος 1997) ως 9.0 °C (Ιούνιος 1998) .



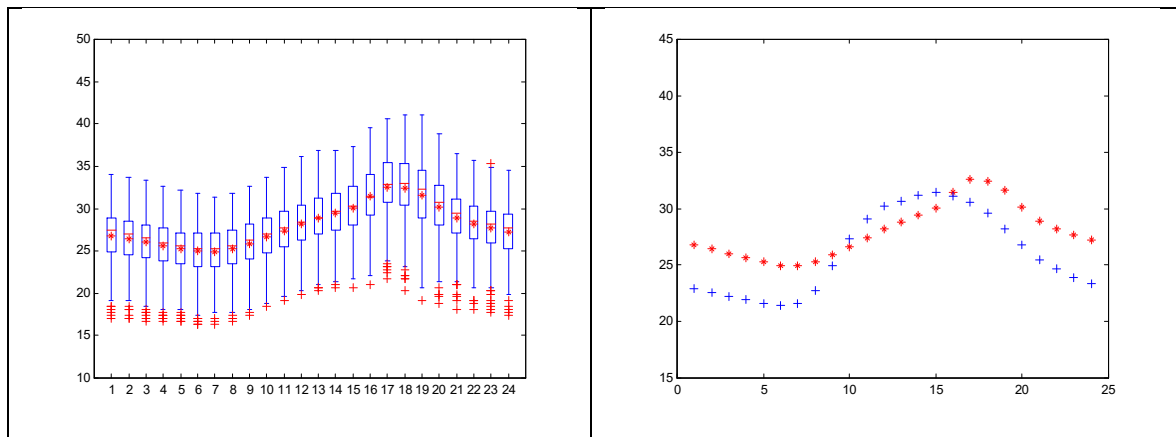
Πίνακας 4.86: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 24 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.24: Σταθμός 25 - Κολωνός

Στο σχήμα 4.87 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι τα ελάχιστα εμφανίστηκαν το πρωί (7:00) και η μέγιστη θερμοκρασία του αέρα μετά το μεσημέρι στις 17:00 τοπική χειμερινή ώρα, λόγω του δυτικού προσανατολισμού του σταθμού. Από τις 09:00 ως τις 15:00 τοπική χειμερινή ώρα, οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, ενώ μετά τις 15:00 τοπική χειμερινή ώρα, οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού είναι σαφώς μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Το βράδυ οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου-Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα ανά μήνα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, από τις 16:00 ως τις 18:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 26.7 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 36.0 °C (Ιούλιος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, το διάστημα από τις 05:00 ως τις 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 19.9 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 27.5 °C (Αύγουστος 1998).
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες διαφορές της θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς παρατηρήθηκαν γύρω στα μεσάνυχτα από τις 24:00 μέχρι τις 01:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν από 2.6 °C τον Σεπτέμβριο του 1997 ως 4.5 °C τον Ιούνιο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας, εκτός από το διάστημα μεταξύ 9:00 και 15:00 τοπική χειμερινή ώρα, οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς με διαφορές μεγαλύτερες του 1°C, οι οποίες σε ορισμένες περιπτώσεις έφθασαν τους 3.8 °C. Για τις ώρες 9:00 ως 15:00 τοπική χειμερινή ώρα οι θερμοκρασίες του αέρα ήταν μικρότερες του σταθμού αναφοράς με διαφορές που έφθασαν στους 2.8 °C.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους μήνες, ήταν κατά μέσο όρο μεγαλύτερη των 3.6 °C από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μεγαλύτερη μόνο κατά 0.3 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 6,7°C (Σεπτέμβριος 1997) ως 8.6 °C (Ιούλιος 1998).



Πίνακας 4.87: Συνολική ημερήσια θερμοκή συμπεριφορά του Σταθμού 25 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

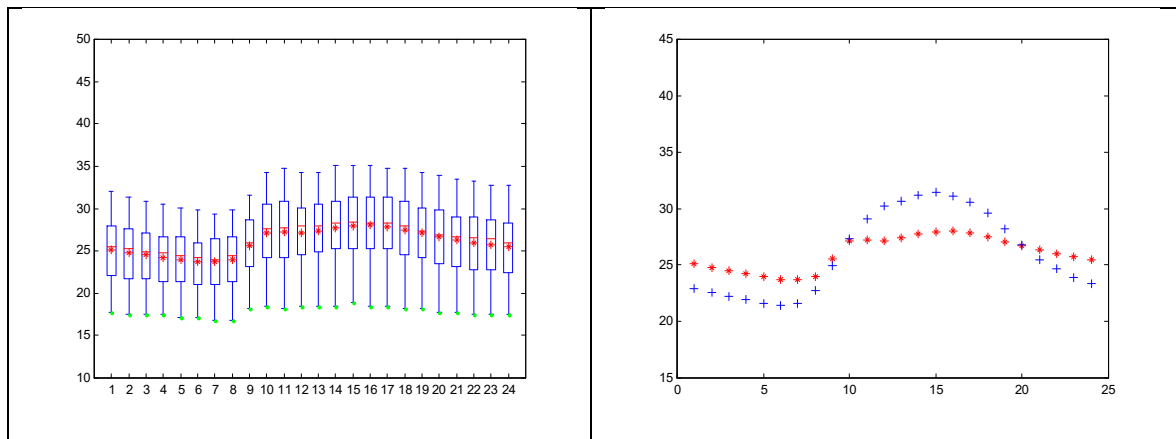
4.3.25: Σταθμός 26 - Περιοχή HILTON

Στο σχήμα 4.88 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι τα ελάχιστα εμφανίστηκαν τις πρώτες πρωινές ώρες (7:00) και η μέγιστη θερμοκρασία του αέρα λίγο μετά το μεσημέρι στις 16:00 τοπική χειμερινή ώρα. Η ημερήσια εξέλιξη της θερμοκρασίας του αέρα του σταθμού παρουσιάζει την ιδιαιτερότητα, λόγω του βόρειου-βορειοδυτικού προσανατολισμού του, να εμφανίζει μικρό ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας μετά τις 10:00 τοπική χειμερινή ώρα. Οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού κατά την προαναφερόμενη περίοδο ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, ενώ το υπόλοιπο εικοσιτετράωρο ήταν μεγαλύτερες.

Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου-Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα ανά μήνα, παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες, στις 16:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 23.7 °C (Σεπτέμβριος του 1997) και 31.2 °C (Ιούλιος 1997).

- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν όλους τους μήνες το διάστημα από 06:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 20.0°C (Σεπτέμβριος 1997) και 26.4 °C (Ιούλιος 1997).
- Οι μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς που παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες, πήραν σχεδόν σταθερές τιμές από τις πρώτες βραδινές ώρες με τα μέγιστα, να εμφανίζονται μεταξύ 24:00 και 01:00 τοπική χειμερινή ώρα, και να κυμαίνονται από 2.5 °C για τον Σεπτέμβριο του 1997 ως τους 4.0 °C τον Ιούνιο του 1997.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με μέγιστη διαφορά τους 1.6 °C τον Ιούλιο του 1997.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους μήνες, που εξετάστηκαν ήταν κατά μέσο όρο 3.0 °C μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μικρότερη κατά 0.8 °C.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από 3.7°C (Σεπτέμβριος 1997) ως 5.2 °C (Ιούνιος 1998).



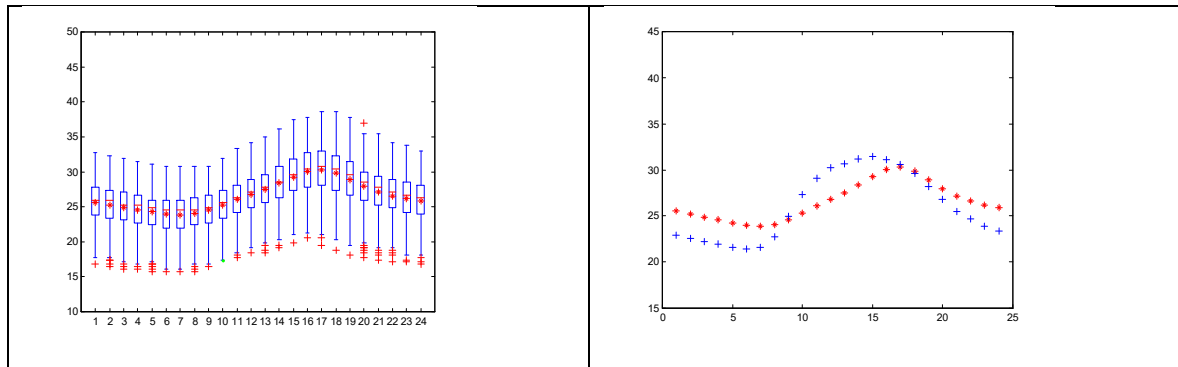
Σχήμα 4.88: Συνολική ημερήσια θερμοκή συμπεριφορά του Σταθμού 26 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

4.3.26: Σταθμός 27 - Ν. Ιωνία

Στο σχήμα 4.89 παρουσιάζεται η ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας του αέρα για το σύνολο του στατιστικού δείγματος. Από την μελέτη τους σχήματος προέκυψε ότι το ελάχιστο εμφανίζεται τις πρώτες πρωινές ώρες (7:00) και η μέγιστη θερμοκρασία του αέρα λίγο μετά το μεσημέρι στις 17:00, λόγω του δυτικού προσανατολισμού του σταθμού. Από τις 09:00 ως τις 16:00 τοπική χειμερινή ώρα, οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, ενώ μετά τις 16:00 τοπική χειμερινή ώρα, οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Το βράδυ οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Τα χαρακτηριστικά της ημερήσιας πορείας της θερμοκρασίας του αέρα στο διάστημα Ιουνίου-Σεπτεμβρίου μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα ανά μήνα παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, από 16:00 ως 18:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 25.3 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 33.5 °C (Ιούλιος 1998).
- Οι μικρότερες μέσες ωριαίες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν, όλους τους μήνες, το διάστημα από 05:00 ως 07:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν μεταξύ 19.9 °C (Σεπτέμβριος 1997) και 26.7°C (Αύγουστος 1998).
- Οι μεγαλύτερες μέσες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίες του αέρα μεταξύ του σταθμού και του σταθμού αναφοράς παρατηρήθηκαν τις βραδινές ώρες από τις 24:00 μέχρι τις 06:00 τοπική χειμερινή ώρα και κυμάνθηκαν από 1.6 °C τον Σεπτέμβριο του 1997 και 3.1 °C τον Ιούνιο 1997.

- Κατά την διάρκεια της ημέρας, οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού, ήταν μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς από τις 9:00 ως τις 18:00 και έφθασαν μέχρι τους $-4.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ τον Ιούλιο του 1997.
- Η μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα του σταθμού, για όλους τους μήνες, ήταν κατά μέσο όρο $2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν μικρότερη κατά $1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Το μέσο μηνιαίο «ημερήσιο θερμομετρικό εύρος» του σταθμού κυμάνθηκε από $6.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Αύγουστος 1997) ως $7.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Ιούλιος 1997).



Σχήμα 4.89: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 27 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.

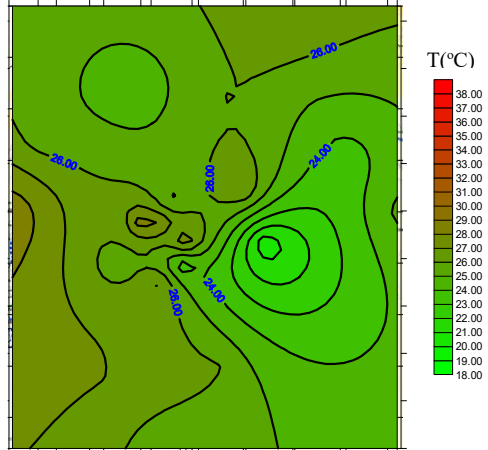
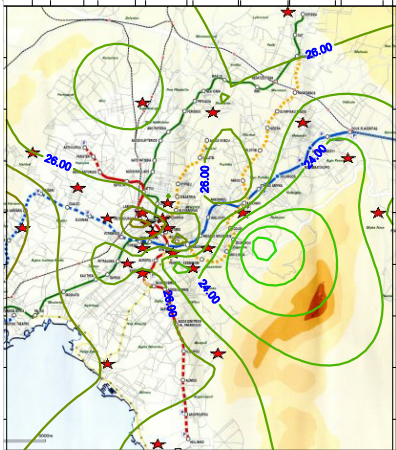
4.4. Χωροχρονική αποτύπωση της αστικής θερμικής νησίδας στην Αθήνα για τον Ιούλιο του 1997

Μετά την παρουσίαση της ημερήσιας εξέλιξης των θερμοκρασιών κάθε σταθμού, δίνεται η χωροχρονική εξέλιξη των θερμοκρασιών του συνόλου των σταθμών. Για την ακριβέστερη δυνατή αποτύπωση στον χώρο, χρειάζεται ένα όσο το δυνατόν πυκνότερο δίκτυο σταθμών. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκε ο Ιούλιος του 1997 για τον οποίο υπάρχουν δεδομένα για τους 25 από τους 27 σταθμούς. Χρησιμοποιώντας την μέθοδο παρεμβολής Kriging αποτυπώθηκαν οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και οι διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς στο Λεκανοπέδιο της Αθήνας με χρονικό βήμα 4 ωρών. Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται χωρική κατανομή των ωριαίων θερμοκρασιών και των διαφορών τους από το σταθμό αναφοράς (ανά 4 ώρες) στο λεκανοπέδιο της Αττικής για τον μήνα Ιούλιο του 1997.

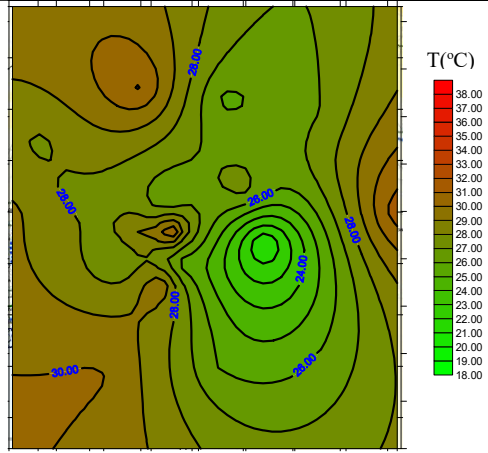
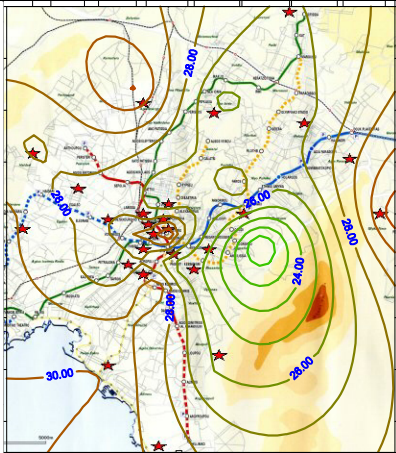
4.4.1. Χρονική εξέλιξη της χωρικής αποτύπωση των θερμοκρασιών του αέρα τον Ιούλιο του 1997

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των μέσων μηνιαίων ωριαίων θερμοκρασιών (ανά 4 ώρες) στο λεκανοπέδιο της Αττικής για τον μήνα Ιούλιο του 1997.

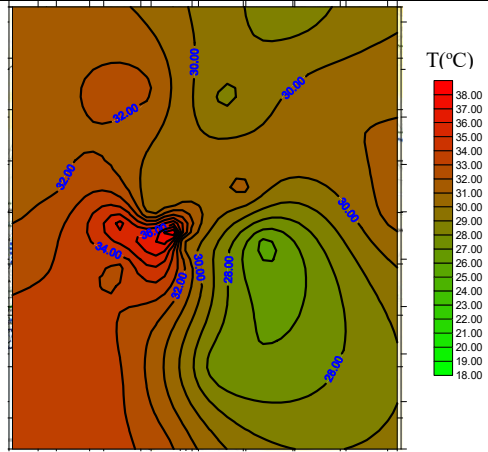
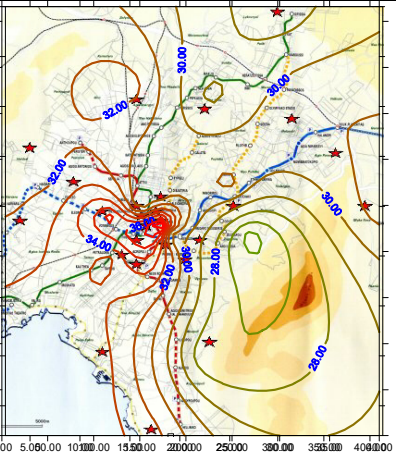
04:00



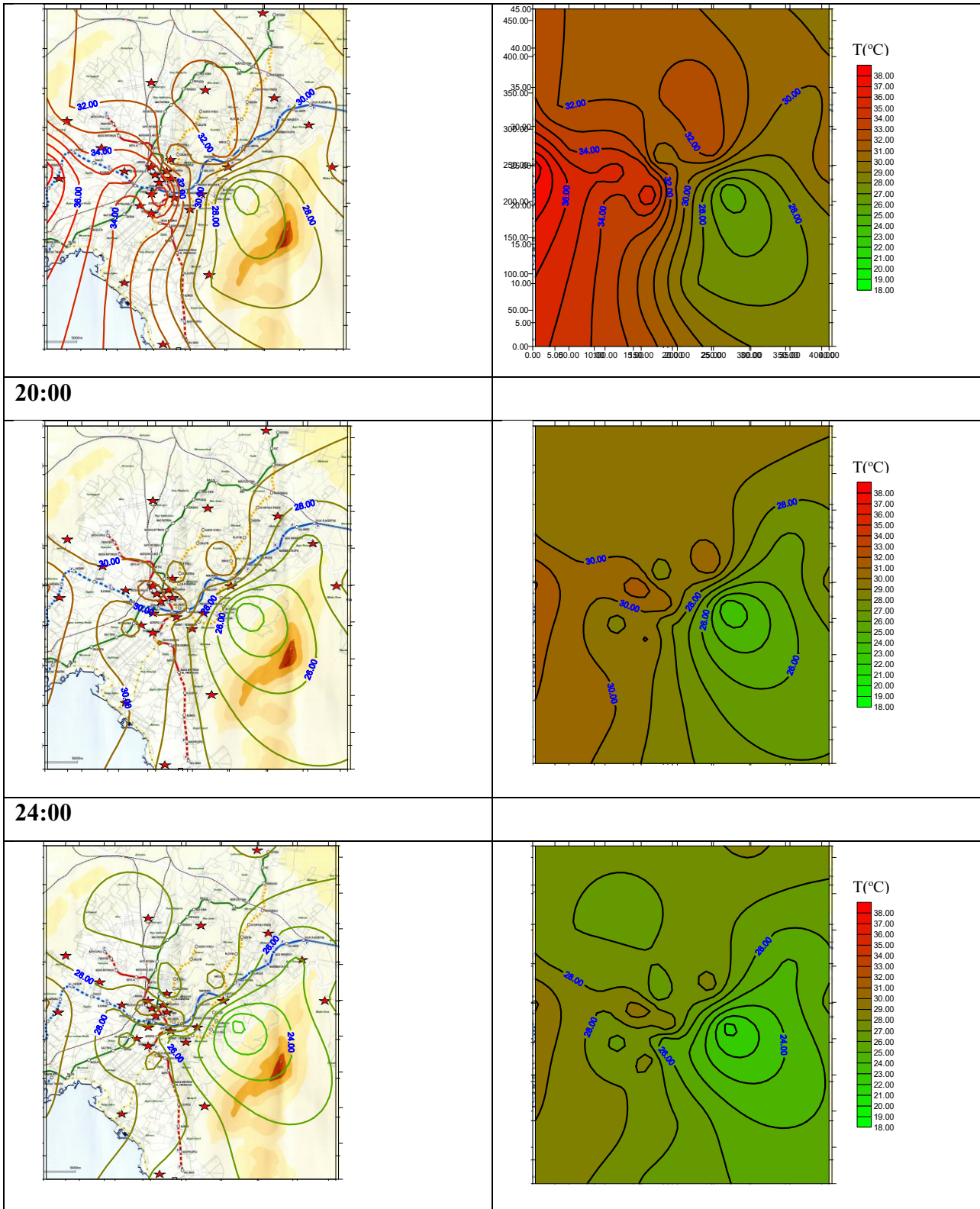
08:00



12:00



16:00



Σχήμα 4.90: Χωρική αποτύπωση των θερμοκρασιών στο λεκανοπέδιο της Αθήνας ανά τέσσερις ώρες για τον Ιούλιο του 1997

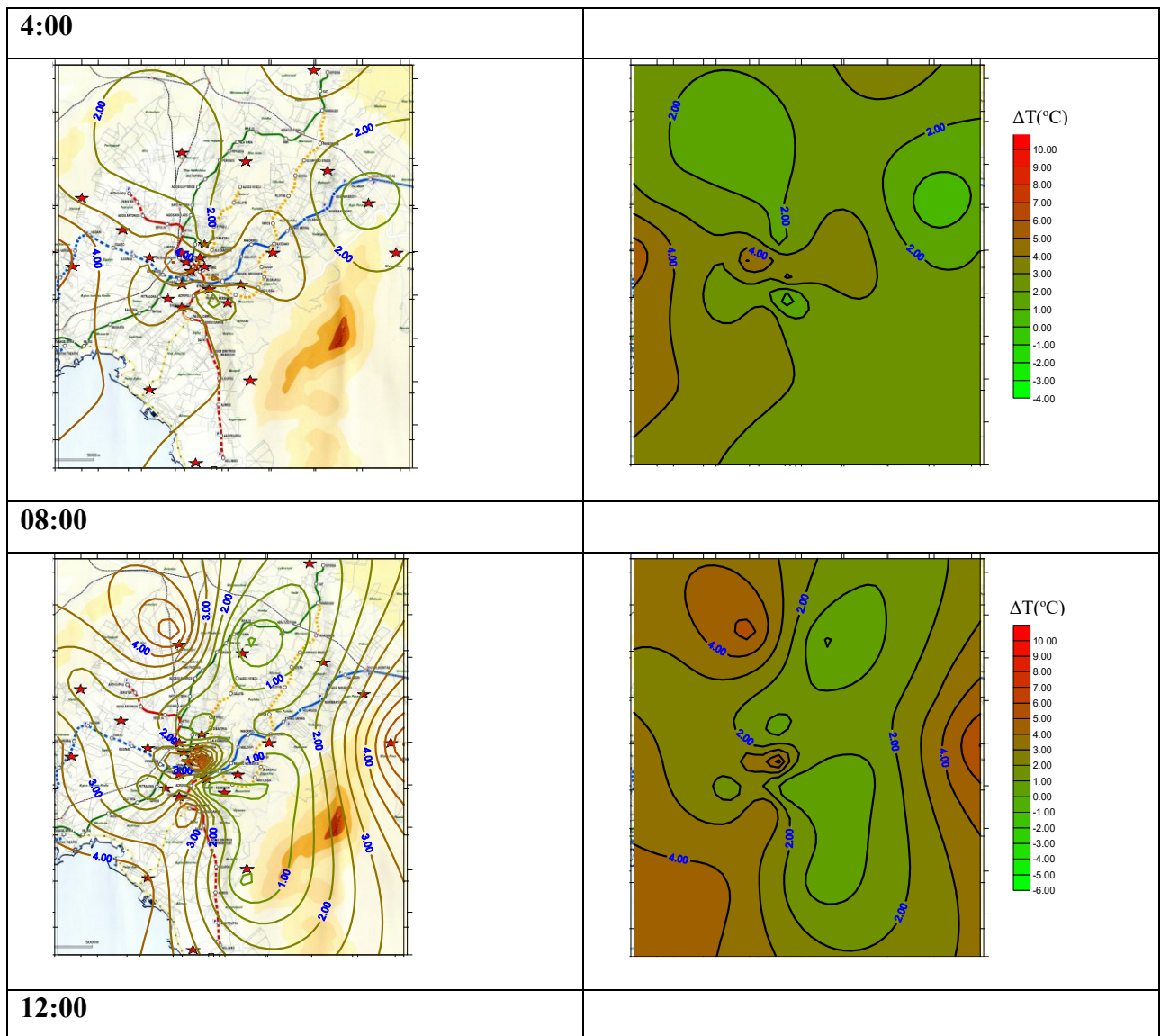
Από την μελέτη των γραφικών παραστάσεων του σχήματος 4.90 προέκυψαν τα ακόλουθα:

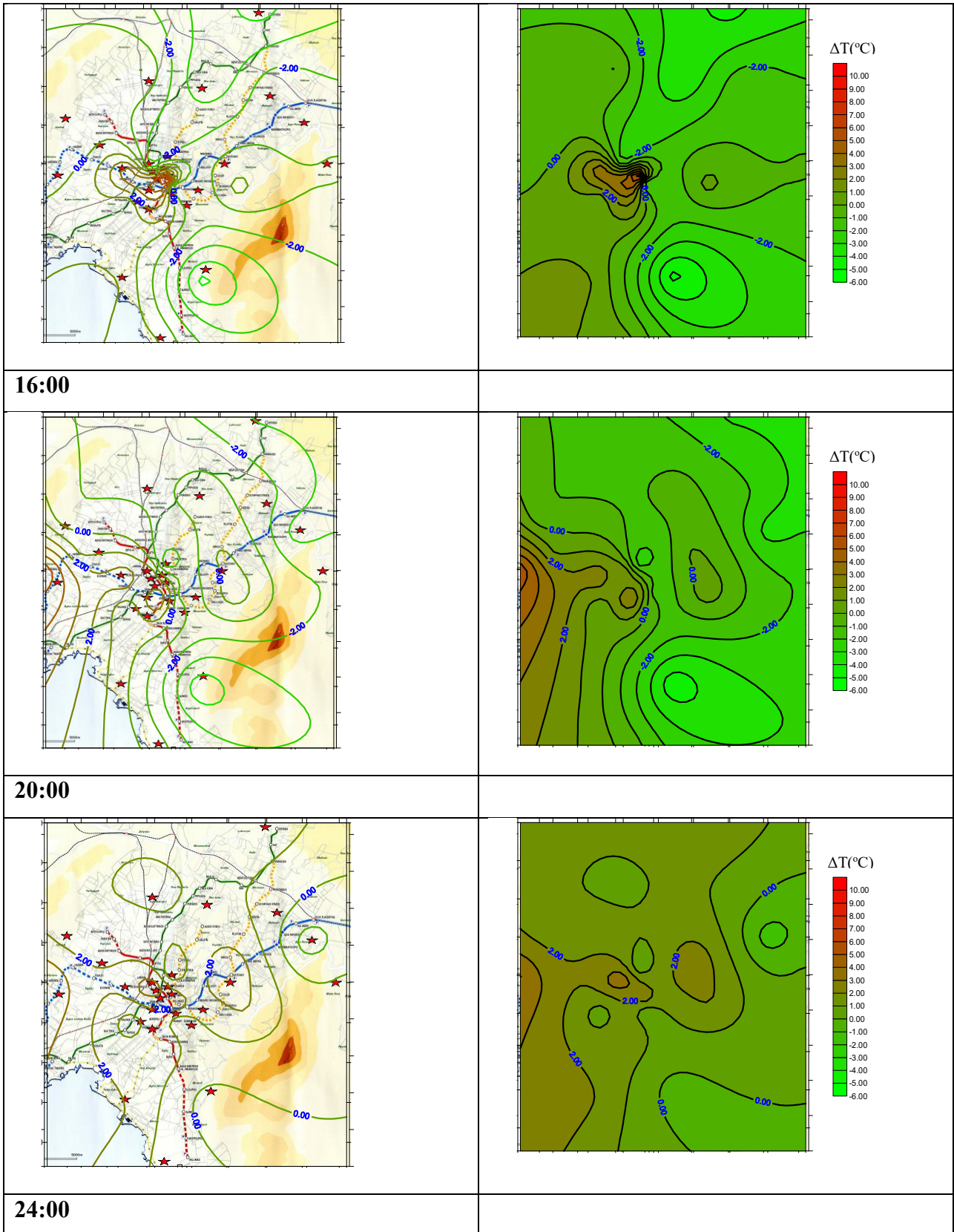
Συστηματικά, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες του αέρα παρατηρήθηκαν στα ανατολικά του λεκανοπεδίου και αμέσως μετά στα βόρεια αυτού. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν στο κέντρο της πόλης και δυτικά αυτού. Εξάιρεση αποτελούν οι

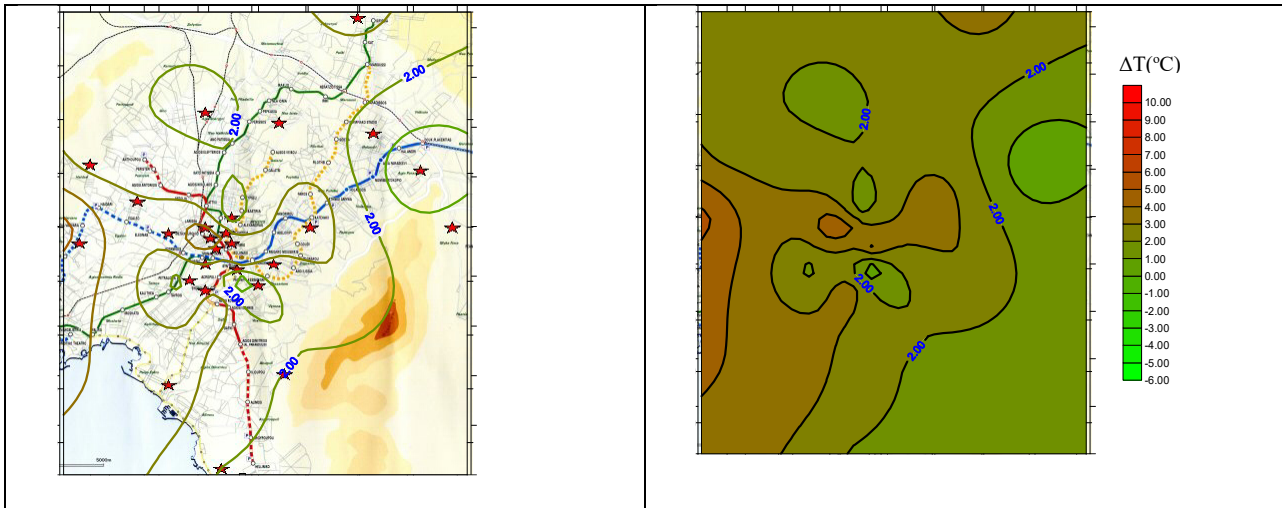
πρώτες πρωινές ώρες, όπου στους σταθμούς των Γλυκών Νερών και σε αυτούς με ανατολικό προσανατολισμό λόγω της γρηγορότερης επίδρασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, εμφανίστηκε υψηλότερο ενεργειακό ισοζύγιο με αποτέλεσμα να αυξάνεται πολύ πιο γρήγορα η θερμοκρασία του αέρα στην περιοχή τους. Έτσι στις 08:00 τοπική χειμερινή ώρα εκτός από το κέντρο και τα δυτικά, υψηλές θερμοκρασίες εμφανίσθηκαν τόσο στα ανατολικά όσο και στα βορειοδυτικά αυτού. Τέλος, οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες εμφανίσθηκαν στο κέντρο και στα δυτικά τμήματα του κέντρου, λίγο μετά το μεσημέρι (16:00).

4.4.2. Χρονική εξέλιξη της χωρική αποτύπωση των διαφορών θερμοκρασιών του αέρα από τον σταθμό αναφοράς του Αύγουστο του 1997

Στη συνέχεια εξετάζεται η χωρική κατανομή των ωριαίων διαφορών θερμοκρασιών των σταθμών από το σταθμό αναφοράς (ανά 4 ώρες) στο λεκανοπέδιο της Αττικής για τον μήνα Αύγουστο του 1997.







Σχήμα 4.91: Χωρική αποτύπωση των διαφορών θερμοκρασιών από τον σταθμό αναφοράς στο λεκανοπέδιο της Αθήνας ανά τέσσερις ώρες για τον Αύγουστο του 1997

Από τα διαγράμματα του σχήματος 4.91 προκύπτει σαφώς ότι η τυπική μορφή της αστικής θερμικής νησίδας εμφανίζεται λίγο πριν το τοπικό μεσημέρι (12:00) με τα μέγιστα στο κέντρο της πόλης ενώ περιμετρικά αυτού μειώνονται οι διαφορές θερμοκρασίας. Τις πρώτες απογευματινές ώρες όπου σύμφωνα με την βιβλιογραφία αναμένεται η μεγαλύτερη ένταση του φαινομένου, είναι επίσης σημαντική αλλά και παράλληλα επεκτείνεται δυτικά του κέντρου. Η επέκταση αυτή εμφανίζεται από τις 16:00 και σχετίζεται με τον δυτικό προσανατολισμό του σταθμού στον Κορυδαλλό που έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση υψηλών θερμοκρασιών κατά την διάρκεια των απογευματινών ωρών. Το γεγονός όμως του ότι οι υψηλές θερμοκρασίες διατηρούνται για όλη την βραδινή περίοδο για το σύνολο της δυτικής Αθήνας (Σταθμοί Αιγάλεω και Γεωπονική) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν είναι φαινόμενο που σχετίζεται μόνο με τον προσανατολισμό του σταθμού αλλά και με τις γενικές θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή.

4.5. Συμπεράσματα:

Από την εξέταση των μέσων μηνιαίων θερμομετρικών παραμέτρων που εξετάστηκαν σε αυτό το κεφάλαιο προκύπτουν τα εξής:

- Είναι σαφής η εμφάνιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας με την εμφάνιση των υψηλότερων θερμοκρασιών (μέσων μηνιαίων, μέσων ημερήσιων και μέσω νυχτερινών) στο κέντρο της πόλης.
- Οι σταθμοί που βρίσκονται δυτικά προάστια του κέντρου των Αθηνών κατά την νυχτερινή περίοδο, παρουσιάζουν επίσης υψηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα κατά την χωρική αποτύπωση των θερμοκρασιών να εμφανίζεται μια επέκταση των υψηλών θερμοκρασιών και προς τα δυτικά, ενώ οι σταθμοί που βρίσκονται ανατολικά και βόρεια του κέντρου παρουσιάζουν σαφώς μικρότερες θερμοκρασίες. Οι παραπάνω παρατηρήσεις είναι σύμφωνες με αντίστοιχες μελέτες που έχουν διεξαχθεί για την πόλη των Αθηνών (Giannopoulou 2011, Stathopoulou (2009) Keramitzoglou (2013)) οι οποίες αναφέρουν ότι τόσο με βάση τις θερμοκρασίες του αέρα όσο και με βάση τις επιφανειακές θερμοκρασίες, που καταγράφονται από δορυφορικές εικόνες, το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας είναι σαφώς σχηματισμένο στο κέντρο της πόλης των Αθηνών

αλλά και ότι την κατά την βραδινή περίοδο το φαινόμενο επεκτείνεται και στα δυτικά προάστια της πόλης των Αθηνών.

- Αντίστοιχη χωρική εικόνα παρουσιάζουν και οι μέσες μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες, πιστοποιώντας ότι η πυκνή αστική δόμηση δημιουργεί ένα ιδιαίτερα επιβαρυνμένο θερμικά αστικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται διαφορά, μεταξύ της μέσης μέγιστης μηνιαίας θερμοκρασίας που καταγράφεται στο κέντρο της πόλης και σε ένα περιαστικό σταθμό αυτής, της τάξης των 15°C.
- Η παρουσία του αστικού πράσινου (πάρκα, δέντρα, γκαζόν κ.λπ.) καθώς και η ύπαρξη πράσινων ορεινών όγκων κοντά στις αστικές περιοχές (ανατολικοί και βόρειοι σταθμοί) σε συνδυασμό με το μεγαλύτερο υψόμετρο τους οδηγούν σε σαφή μείωση των θερμοκρασιών. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι σταθμοί που βρίσκονται εντός των δύο πάρκων της πόλης (Εθνικός Κήπος και Πεδίο του Άρεως) να εμφανίζουν κατά την νυχτερινή περίοδο σχεδόν πάντα τις μικρότερες θερμοκρασίες. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες του αέρα τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κυρίως κατά την διάρκεια της νύχτας, καταγράφηκαν εντός των μεγαλύτερων πάρκων της πόλης, στοιχείο που είναι σύμφωνο με πολλές αντίστοιχες μελέτες που αναφέρθηκαν την ενότητα 3.8.2 του προηγούμενου κεφαλαίου (Duckworth και Sandberg (1954), Tatsu Oka (1980), Gao et al (1994), Oke (1977), Jauregui (1990-1991), Lindqvist (1992), Santamouris (2001), Wattkins et al (2002), Wong (2006), Hamada και Ohta (2010), Skoulika et al. (2014) κλπ) καθώς επίσης είναι και σύμφωνη με το γενικό σχήμα της αστικής θερμικής νησίδας που παρουσίασε ο ΟΚΕ το 1987, (σχήμα 3.8).
- Οι μέσες διαφορές θερμοκρασιών, που καταγράφονται κατά την νυχτερινή περίοδο σε σχέση με τον σταθμό αναφοράς, εντοπίζονται στο κέντρο της πόλης και δυτικά αυτής, με την μεγαλύτερη διαφορά να ανέρχεται στους 5.4 °C, σε σχέση με τον σταθμό αναφοράς. Η διαφορά αυτή αποτελεί και ένα μέτρο της επίδρασης του πάρκου στο δροσισμό του αέρα μιας αστικής περιοχής. Αντίστοιχες μελέτες για την επίδραση του πάρκου στη θερμοκρασία του αέρα σε σχέση με αυτό μιας όμορης αστικής περιοχής έχουν δείξει ότι αυτή εξαρτάται από το μέγεθος του πάρκου το είδος της βλάστησης την ένταση της εξάτμισης και της εξατμισοδιαπνοής αλλά και από την μορφή της περιβάλλουσας αυτού αστικής περιοχής και κυμαίνεται κατά μέσο όρο στους 2 με 3°C (Santamouris 2018) ενώ οι Taha et al. (2018) αναφέρουν ότι, το καλοκαίρι είναι πιο σημαντική η επίδρασή του τη νύχτα σε σχέση με την ημέρα και η οποία κατά μέσο όρο φτάνει έως τους 3,3°C και 2,3 °C αντίστοιχα.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας, οι διαφορές μπορεί να λαμβάνουν θετικές και αρνητικές τιμές, κάτι το οποίο σχετίζεται με την ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας, τον προσανατολισμό του σταθμού, αλλά και τα χαρακτηριστικά της περιοχής (δόμηση, παρουσία πράσινου και υψόμετρο), με την μέση διαφορά να φτάνει στους 6,3 °C ενώ η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των σταθμών να ανέρχεται στους 8°C.

Σε αντίστοιχα συμπεράσματα κατέληξαν και οι Stathopoulou et al. (2006) όπου για μία μέρα του 2000 κατέγραψαν μέγιστη ένταση της επιφανειακής αστικής θερμικής νησίδας της τάξης των 5.2°C, με επίσης σημαντικές διαφορές να εμφανίζονται στα νότια και δυτικά προάστια. Σε αντίστοιχη μελέτη οι Stathopoulou et al. (2009), για το 2003 υπολόγισαν την νυχτερινή επιφανειακή νησίδα για την πόλη των Αθηνών στους 4.3°C. Το ίδιο αναφέρει και η Keramitzoglou (2013) η οποία κατά την νυχτερινή περίοδο εντοπίζει και αυτή μία σημαντικής επέκταση του φαινομένου στα δυτικά προάστια και η οποία προσδιορίζει κατά την διάρκεια της νύχτας την μέση ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας επιφανείας στους 5.6 °C. Τέλος τα αποτελέσματα είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της μελέτης της Γιαννοπούλου (2011) η οποία κατέγραψε μέση ένταση της αστικής θερμικής νησίδας εντός του κτηριακού οριακού στρώματος της τάξης των 5.8 °C σε μια μελέτη η οποία χρησιμοποίησε την ίδια μετρητική υποδομή με αυτήν της

παρούσας εργασία και που ως σταθμός αναφοράς θεωρήθηκε ο μετρητικός σταθμός του Αστεροσκοπείου Αθηνών. Τέλος τα αποτελέσματα συμβαδίζουν με αυτά των Battista et al (2023) η οποίοι αναφέρουν για την πόλη της Ρώμης μία μέση ένταση της τάξης των 5.4°C κατά την διάρκεια μτης ημέρας και 4.5°C κατά την διάρκεια της νύχτας.

Από την ανάλυση της μέσης 24ωρης θερμικής συμπεριφοράς των σταθμών μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

- Οι θερμοκρασίες που καταγράφουν οι σταθμοί που βρίσκονται σε τυπικό αστικό περιβάλλον κατά την διάρκεια της ημέρας εξαρτώνται άμεσα από τον προσανατολισμό τους. Έτσι σταθμοί που έχουν προσανατολισμό Β.Α, Α, και Δ, Β.Δ. εμφανίζουν τα μέγιστα τους πριν και μετά το τοπικό μεσημέρι αντίστοιχα, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν κατά την διάρκεια της ημέρας σημαντικές διαφορές μεταξύ τους αλλά και με το σταθμό αναφοράς. Οι σταθμοί με Ν.Α, Ν. και Ν.Δ. προσανατολισμό παρουσιάζουν τα μέγιστα τους κοντά στο τοπικό μεσημέρι, με θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ημέρας σαφώς υψηλότερες από αυτές των σταθμών με διαφορετικό προσανατολισμό.
- Οι σταθμοί που βρίσκονται σε ανοικτές περιοχές δεν παρουσιάζουν αποκλίσεις των μεγίστων τους από το τοπικό μεσημέρι.
- Κατά την διάρκεια της νύχτας όλοι οι σταθμοί εμφανίζουν ένα μικρό ρυθμό μείωσης της θερμοκρασίας μέχρι τις πρώτες πρωινές ώρες.
- Από τα παραπάνω εξηγείται η χωρική διασπορά που παρουσιάζει η χρονική εξέλιξη της αστικής θερμικής νησίδας, όπου εμφανίζει τις πρώτες πρωινές ώρες αρκετά δευτερεύοντα μέγιστα λόγω του ανατολικού προσανατολισμού αρκετών σταθμών, ενώ το μεσημέρι (12:00) η αστική θερμική νησίδα είναι σαφώς σχηματισμένη. Την βραδινή περίοδο (21:00 ως 06:00) η αστική θερμική νησίδα είναι επίσης σαφώς εντοπισμένη στο κέντρο της πόλης και δυτικά αυτού. Αντίθετα βόρεια και ανατολικά του κέντρου της πόλης οι θερμοκρασίες του αέρα είναι χαμηλότερες λόγω της επίδρασης των ορεινών όγκων, του αστικού πράσινου των περιοχών αυτών και του υψομέτρου τους.
- Επίσης όλοι οι σταθμοί παρουσιάζουν μεγαλύτερη μέση μηνιαία θερμοκρασία από τον σταθμό αναφοράς κατά την νυχτερινή περίοδο, με τις πιο μεγάλες διαφορές να καταγράφονται την δροσερότερη θερινή περίοδο το έτος 1997.
- Τέλος οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς εντοπίζονται περί τις 24:00 χειμερινή ώρα

Σημειώνεται, ότι σε ότι αφορά τα παραπάνω αποτελέσματα της μελέτης της 24ωρης πορείας των θερμοκρασιών του αέρα και της σύγκρισής τους με αυτή του σταθμού αναφοράς, είναι σύμφωνη με τα αντίστοιχα δεδομένα που καταγράφηκαν από την Γιαννοπούλου το 2015. Επίσης οι Cecilia et al. (2022) αναφέρουν και αυτοί ότι η μέγιστη τιμή της έντασης της αστικής νησίδας εμφανίζεται τα μεσάνυχτα με πολύ μικρή μείωση κατά την διάρκεια της νύχτας ενώ το φαινόμενο εξασθενεί σημαντικά με την ανατολή του ηλίου.

Από την μέχρι τώρα μελέτη και από τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν προκύπτει η αναγκαιότητα οι σταθμοί να κατηγοριοποιηθούν, με βάση κάποιο κοινό θερμοκρασιακό χαρακτηριστικό, το οποίο να μπορεί να μετρηθεί και να συνδυασθεί με τους διαφορετικούς μικροκλιματικούς παράγοντες που το διαμορφώνουν και να οδηγήσει σε κοινά χαρακτηριστικά ανά κατηγορία σταθμών.

Το κριτήριο που τελικά επιλέχθηκε, η κατηγοριοποίηση των σταθμών βάσει αυτού, καθώς και τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά των κατηγοριών που δημιουργήθηκαν παρουσιάζονται και αναλύονται στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ: ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ
ΣΤΑΘΜΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ

Κεφάλαιο 5. Αστική Θερμική Νησίδα στην Αθήνα: Κατηγοριοποίηση των σταθμών μέτρησης και συγκριτική εξέταση των κατηγοριών:

Από την μέχρι τώρα παρουσίαση της θερμοκρασιακής συμπεριφοράς των σταθμών καταγραφής προκύπτει ότι οι θερμοκρασίες του αέρα στο αστικό περιβάλλον του Λεκανοπεδίου της Αθήνας παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις ιδιαίτερα την διάρκεια της ημέρας ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της περιοχής, τον προσανατολισμό της οδού και του σταθμού, το υψόμετρο κ.λπ.. Η παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της ημέρας, δημιουργεί έντονες διαφοροποιήσεις και κάνει πολύπλοκη την διαδικασία ανάλυσης, ομαδοποίησης και κατηγοριοποίησης των σταθμών.

Στο κεφάλαιο αυτό προτείνεται μία κατηγοριοποίηση των σταθμών βάσει της διαφοράς θερμοκρασίας των σταθμών από το σταθμό αναφοράς κατά την νυχτερινή περίοδο, σε συνδυασμό με τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά των σταθμών, λαμβάνοντας υπόψη την κατά CORINE κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης.

Γίνεται συγκριτική παρουσίαση των θερμοκρασιών των σταθμών ανά κατηγορία, για να γίνουν κατανοητοί οι μηχανισμοί που επηρεάζουν την θερμοκρασιακή συμπεριφορά των σταθμών που έχουν όμοια χαρακτηριστικά τόσο με τους άλλους όσο και κυρίως με τον σταθμό αναφοράς.

Τέλος, παρουσιάζεται η συγκριτική ανάλυση μεταξύ των κατηγοριών, των βασικών θερμοκρασιακών παραμέτρων που τις χαρακτηρίζουν με βάση τα δεδομένα των σταθμών κάθε κατηγορίας..

5.1. Κατηγοριοποίηση σταθμών

Από την ανάλυση των μέσων μηνιαίων τιμών των βασικών θερμοκρασιακών μεγεθών και της μέσης 24ωρης πορείας των θερμοκρασιών των σταθμών, που παρουσιάστηκε και αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, προκύπτει ότι οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν σε κάθε σταθμό επηρεάζονται σημαντικά από τον προσανατολισμό του μέσα στο αστικό περιβάλλον, αλλά και από τα γενικά μικροκλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής του. Για να αποφευχθεί η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία δημιουργεί πολύπλοκες θερμοκρασιακές συνθήκες εντός της αστικής χαράδρας, μελετήθηκαν διάφορες θερμοκρασιακές παράμετροι κατά την διάρκεια της νυχτερινής περιόδου. Τέλος σημειώνεται ότι μετά από σχετικούς στατιστικούς ελέγχους ο σταθμός 20 που παρουσίασε λόγω σημαντικών τοπικών φαινομένων μεταφοράς μη τυπική συμπεριφορά σε σχέση με τους άλλους σταθμούς εξαιρέθηκε από την περαιτέρω μελέτη.

Για την κατηγοριοποίηση των σταθμών, τελικά χρησιμοποιήθηκε η μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς κατά την νυχτερινή περίοδο, σε συνδυασμό με τις παραμέτρους που διαμορφώνουν τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά αυτών. Η επιλογή αυτής της παραμέτρου έγινε, διότι η αποτύπωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας γίνεται με βάση τις διαφορές θερμοκρασίας των αστικών σταθμών από τον σταθμό αναφοράς που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ο σταθμός στον Εθνικό Κήπο. Επιπλέον, όπως έχει ήδη αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, όμοιες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα από το σταθμό αναφοράς, αντιστοιχούν γενικά σε σταθμούς που έχουν όμοιες παραμέτρους που διαμορφώνουν το μικρόκλιμα της περιοχής, όπως η θέση και ο προσανατολισμός του σταθμού, η πυκνότητα δόμησης της περιοχής, η πυκνότητα αστικού πρασίνου, η ανθρωπογενής δραστηριότητα κλπ.

Με βάση τα ανωτέρω λαμβάνοντας υπόψη και τα αναφερόμενα από τους Stewart & Oke (2012), προκρίθηκε η ομαδοποίηση των σταθμών στις εξής πέντε κατηγορίες:

1. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι σταθμοί 3,4,5,7,9,11,12,13,15,18,25 και 26 (12 σταθμοί).

Οι σταθμοί αυτοί είναι τοποθετημένοι, σε τυπικό αστικό περιβάλλον εντός των δρόμων, σε περιοχές με ελάχιστη παρουσία αστικού πράσινου, ενώ κατά τη νυχτερινή περίοδο, η μέση νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς, για το σύνολο των εξεταζόμενων μηνών, ήταν μεγαλύτερη κατά τουλάχιστον 2.5 °C. Όλοι οι σταθμοί της ομάδας, βρίσκονταν σε υψόμετρο μικρότερο των 90μ. με εξαίρεση τους σταθμούς 3, 5 και 26 που βρίσκονταν σε υψόμετρο μεταξύ 110μ. ως 165μ. ανατολικά του κέντρου της πόλης των Αθηνών στους πρόποδες του Υμηττού. Τέλος, όλοι οι σταθμοί ήταν τοποθετημένοι σε περιοχές όπου σύμφωνα με την κατά CORINE κατηγοριοποίηση χρήσεων γης ανήκαν στην κατηγορία «Συνεχής Αστικός Ιστός». Η συγκεκριμένη κατηγοριοποίηση αντιστοιχεί σε περιοχές όπου το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής καλύπτεται από οικοδομές και οδικά δίκτυα. Κτίρια, δρόμοι και τεχνητά καλυπτόμενες επιφάνειες καλύπτουν πάνω από το 80% της συνολικής επιφάνειας. Σε αυτές τις περιοχές, οι επιφάνειες με πράσινο και το γυμνό έδαφος αποτελούν εξαίρεση.

2. Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται οι σταθμοί 6 και 10 (2 σταθμοί)

Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονταν σε ανοικτές περιοχές, στην οροφή μεγάλης έκτασης και χαμηλού ύψους κτηρίων, οι οποίοι γειτνιάζαν με τη θάλασσα του Αργοσαρωνικού, των οποίων η μέση νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας του αέρα, από αυτή του σταθμού αναφοράς, για το σύνολο των εξεταζόμενων μηνών, ήταν τουλάχιστον 2.5 °C. Σημειώνεται, ότι παρά το γεγονός του ότι οι σταθμοί αυτοί παρουσίαζαν, παρόμοιες διαφορές με αυτές της πρώτης κατηγορία, λόγω όμως της άμεσης γειτνιάσής τους με την θάλασσα, εξετάζονται ως ξεχωριστή κατηγορία.

3. Στη τρίτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι σταθμοί 2,8,16,21,23,24 και 27 (7 σταθμοί)

Στη κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι σταθμοί που βρίσκονταν σε περιοχές γύρω από το κέντρο της πόλης με σημαντικό υψόμετρο (μεταξύ 130μ. ως 210μ.), μικρότερη πυκνότητα δόμησης, με σημαντική παρουσία αστικού πράσινου, όπου η μέση νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας του αέρα για τους εξεταζόμενους μήνες, από τον σταθμό αναφοράς ήταν, από 1.0 ως 2.5 °C με εξαίρεση τον Σταθμό 21 που εμφανίζει ακόμα μικρότερες διαφορές. Τέλος όλοι οι σταθμοί (με εξαίρεση των Σταθμό 8) είναι τοποθετημένοι σε περιοχές όπου σύμφωνα με την κατά CORINE κατηγοριοποίηση χρήσεων γης ανήκουν στην κατηγορία «Ασυνεχής Αστικός Ιστός». Η κατηγορία αυτή σύμφωνα με τον ορισμό της περιλαμβάνει περιστατικές περιοχές γύρω από αστικά κέντρα. Σε αυτές βρίσκονται πολυκατοικίες, μονοκατοικίες, κήποι, δρόμοι και πάρκα. Τα κτίρια, οι δρόμοι και οι τεχνητά καλυμμένες επιφάνειες καλύπτουν μεταξύ 50 και 80% της συνολικής επιφάνειας. Ο Σταθμός 8 ανήκει, σύμφωνα με την κατά CORINE κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης, στις «Θαμνώδεις Μεταβατικές Εκτάσεις» που προσδιορίζει περιοχές με παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά του «Ασυνεχή Ιστού» αλλά με ακόμα πιο χαμηλή πυκνότητα δόμησης.

4. Στην τέταρτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι σταθμοί 1,14 και 17 (3 σταθμοί)

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν οι σταθμοί που βρίσκονται σε ανοικτές περιοχές με σημαντική παρουσία πράσινου χωρίς όμως να μπορούν να χαρακτηριστούν ως περιοχές «Αστικού Πράσινου». Οι σταθμοί βρίσκονται τοποθετημένοι σε μεγάλα κτήρια της περιοχής τους, (με εξαίρεση το Σταθμό 1) με μέση νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα για τους εξεταζόμενους μήνες μεγαλύτερη από του σταθμού αναφοράς κατά 1.5 ως 2.5 °C, θερμοκρασιακές διαφορές που μοιάζουν με αυτές της τρίτης κατηγορίας.

5. Στην πέμπτη κατηγορία περιλαμβάνονται οι Σταθμοί 19 (σταθμός αναφοράς) και 22 (2 σταθμοί)

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι σταθμοί που είναι τοποθετημένοι στα δύο μεγάλα πάρκα της πόλης των Αθηνών και οι οποίοι βρίσκονται υπό την σκίαση και την επίδραση του πυκνού πράσινου που χαρακτηρίζει τις περιοχές αυτές, οι οποίες σύμφωνα με την κατά CORINE κατηγοριοποίηση χρήσεων γης ανήκουν στην κατηγορία

«Αστικό Πράσινο». Η κατηγορία αυτή αφορά ζώνες με βλάστηση εντός αστικού ιστού και περιλαμβάνει πάρκα και κοιμητήρια με βλάστηση.

Πίνακας 5.1: Τα κύρια χωρικά χαρακτηριστικά και οι μέσες θερμοκρασίες ημέρας και νύκτας για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου ανά σταθμό για κάθε κατηγορία

Σταθμός	Υψόμετρο*	A.R H/W	Όροφος	Σ.Δ.**	Μέση ημερήσια	Μέση νυχτερινή	Προσανατολισμός
1η κατηγορία							
3: Αμπελόκηποι	165	2-2.5	2	3-3.6	28.2	25.5	BBA
4: Κορυδαλλός	55	1-1.5	1	1.8	30.0	27.4	ΔΒΔ
5: Παγκράτι	140	2	1	3.6	28.2	26.3	ΒΔ
7: Στουρνάρη	85	2.5-3	1	4.8	30.9	27.1	NNΔ
9: FIX	80	2.5	3	2.4	29.3	25.8	ΒΔ
11: Αιόλου	80	2	1	3.6	28,9	25	ΝΔ
12: Παν. Λέσχη	80	-	1	4.8-5.4	32.9	25.9	NA
13: Σόλωνος	90	2-2.5	2	3.1-4.2	29.6	26.7	BBA
15: Αριστοτέλους	80	2-2.5	2	4.2	29.9	27.7	NNA
18: Αιγάλεω	50	1	1	1	29.4	26.4	ΒΔ
25: Κολωνός	50	2-2,5	1	2.1-2.6	28.6	26.7	ΒΔ
26: Hilton	110	2.5	1	3.6	26.8	25.0	BBA
2η κατηγορία							
6: Αγ. Κοσμάς	0	-	Οροφή	-	29.0	24.6	-
10: Ευγενίδειο	5	-	Οροφή	1.4	30.0	25.8	ΒΔ
3η κατηγορία							
2: Ηλιούπολης	210	1	Ισόγειο	1,4	26.4	25.2	ΒΔ
8: Γλυκά Νερά	255	1.5	1	1.0	27.5	23.7	ABA
16: Κηφισιά	260	1	Ισόγειο	1	26.1	25.2	ΒΔ
21: Αγ. Παρασκευή	210	1	0	1	26.1	21.7	ABA
23: Κόκκινος Μύλος	130	1	1	1.6	28.4	22.9	NA
24: Παρ. Αμαρουσίου	190	1	1	1	26.2	24.6	A
27: Νέα Ιωνία	140	1-1.5	1	2	27.4	25.4	ΔΒΔ
4η κατηγορία							
1: Αστεροσκοπείο	105	-	-	-	27.8	23.7	-
14: Γεωπονική Σχολή	40	-	Οροφή	-	30.3	24.7	ΝΔ
17: Δάσος Χαϊδαρίου	145	-	1	-	28.7	25.1	ABA
20: Αρχαία Αγορά	-	-	-	-	-	-	-
5η κατηγορία							
22: Πεδίο του Άρεως	100	-	-	-	26.7	24.2	-
19: Εθνικός Κήπος	90	-	-	-	28.2	23.0	-

*πηγή Google Earth

** πηγή e-portfolio

5.2. Ανάλυση των μέσων μηνιαίων ημερήσιων και νυκτερινών θερμοκρασιών των σταθμών ανά κατηγορία.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται και σχολιάζονται οι διαφορές των μέσων ημερήσιων και νυκτερινών θερμοκρασιών καθώς και οι αντίστοιχες διαφορές από τον σταθμό αναφοράς για τους σταθμούς κάθε κατηγορίας.

5.2.1. Κατηγορία 1

Οι σταθμοί της κατηγορίας αυτής όπως έχει ήδη αναφερθεί για το σύνολο της θερινής περιόδου που εξετάστηκε παρουσίασαν μέση διαφορά θερμοκρασίας από το σταθμό αναφοράς κατά την νυκτερινή περίοδο μεγαλύτερη των 2.5 °C. Η μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας για κάθε σταθμό της κατηγορίας κυμαίνεται γενικά πάνω από τους 2.0 °C με εξαίρεση το Σταθμό 3, όπου καταγράφηκαν μικρότερες μηνιαίες διαφορές. Οι διαφορές αυτές είναι γενικά οι μεγαλύτερες από όλες τις αντίστοιχες διαφορές των άλλων κατηγοριών.

Εξετάζοντας τους σταθμούς της ομάδας ως προς τις μέσες μηνιαίες και ημερήσιες και νυκτερινές μέσες θερμοκρασίες (πίνακες 5.2, 5.3, 5.4, 5.5) προέκυψαν τα εξής:

- Οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες κατά την νυκτερινή περίοδο παρατηρήθηκαν γενικά στο Σταθμό 4, ο οποίος βρίσκεται στα δυτικά προάστια (Κορυδαλλός). Υψηλές επίσης μηνιαίες νυκτερινές θερμοκρασίες σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς παρουσίασαν οι σταθμοί 7, 9, 13, και 15 που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης. (Πίνακας 5.2)
- Τις μικρότερες μέσες μηνιαίες νυκτερινές θερμοκρασίες παρουσίασε ο Σταθμός 3 και ακολουθεί ο Σταθμός 26, οι οποίοι βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους ενώ και οι δύο σταθμοί βρίσκονται σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 140m και επηρεάζονται από τον ορεινό όγκο του Υμηττού.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας η θερμοκρασιακή συμπεριφορά των σταθμών είναι ανομοιογενής και δεν μπορούν να εξαχθούν σαφή συμπεράσματα με μόνο κριτήριο την μέση μηνιαία ημερήσια θερμοκρασία η την μέση ημερήσια θερμοκρασία.
- Ο σταθμός με τις μεγαλύτερες ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες του αέρα ήταν ο Σταθμός 12 ο οποίος βρίσκεται στο κέντρο της πόλης σε ανοικτή περιοχή, περιβαλλόμενος από υψηλά κτίρια, με μικρή παρουσία πρασίνου και έντονο κυκλοφοριακό φόρτο.
- Σημαντικές ημερήσιες μέσες θερμοκρασίες παρουσιάζουν επίσης οι σταθμοί 4,7,9,13 και 15 οι οποίοι κυρίως βρίσκονται σε σημεία με πυκνή δόμηση.
- Οι σταθμοί με τις μικρότερες ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες είναι οι σταθμοί 3 (Αμπελόκηποι) και 26 (Hilton) με τον τελευταίο να παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές, όπως συμβαίνει και κατά την νυκτερινή περίοδο. Χαμηλές θερμοκρασίες παρουσιάζει και ο Σταθμός 5 (Παγκράτι) που βρίσκεται και αυτός στα ανατολικά.

Από τις παραπάνω αναφερόμενες θερμοκρασίες του αέρα και τις θέσεις των σταθμών και λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες που διαμορφώνουν την θερμοκρασία του αέρα μιας περιοχής (προσανατολισμός, κυκλοφορία, γεωμετρικά χαρακτηριστικά δρόμων, υλικά, αστικό πράσινο κ.λπ.) προέκυψαν τα εξής:

1. Όλοι σχεδόν οι σταθμοί της κατηγορίας παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς την νύκτα, γεγονός που είναι σύμφωνο με πολλές μελέτες του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3. Επίσης, σημειώνεται ότι, όπως προκύπτει από την τελευταία ενότητα του προηγούμενου κεφαλαίου, οι διαφορές αυτές τείνουν να είναι σταθερές μετά τις μεταμεσονύχτιες ώρες για όλους

τους σταθμούς υποδηλώνοντας ότι από κάποιο χρονικό σημείο και μετά ο ρυθμός μείωσης της θερμοκρασίας των σταθμών της ομάδας και του σταθμού αναφοράς είναι ο ίδιος.

2. Οι σταθμοί με Νότιο ή Νοτιοανατολικό προσανατολισμό είναι αυτοί που έχουν σχεδόν συστηματικά τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ημέρας γεγονός που είναι αναμενόμενο με βάση τα στοιχεία και τις μελέτες που παρουσιάστηκαν στο 2^ο και 3^ο Κεφάλαιο. Γεγονός που επιβεβαιώνεται επίσης και από τα στοιχεία των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν εντός 9 αστικών χαραδρών στην Αθήνα το καλοκαίρι του 1997 και που θα παρουσιαστούν στο Κεφάλαιο 6 που ακολουθεί.
3. Οι σταθμοί 4,7,9 και 15, που παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες νυχτερινές μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες έχουν και τις μεγαλύτερες ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες. Το κοινό χαρακτηριστικό των σταθμών αυτών είναι ότι έχουν από Νοτιοανατολικό ως Βορειοδυτικό προσανατολισμό. Λόγω του προσανατολισμού οι σταθμοί δέχονται την επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, και σε συνδυασμό με την γεωμετρία των δρόμων και του μικρού παράγοντα μορφής με τον ουρανό, οι επιφάνειες και κατά επέκταση ο αέρας που βρίσκεται εντός των δρόμων, παρουσιάζει υψηλές θερμοκρασίες, τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύκτας.
4. Ο Σταθμός 12 παρουσιάζει μία ιδιαίτερη συμπεριφορά. Ενώ έχει τις μεγαλύτερες ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα, δεν έχει αντίστοιχα υψηλές νυχτερινές μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες. Παρά το ότι αυτή η θερμοκρασιακή συμπεριφορά φαίνεται να είναι αντιφατική σε σχέση με τους άλλους σταθμούς, στην πραγματικότητα επιβεβαιώνεται από αυτό που ήδη έχει αναφερθεί για τους σταθμούς της κατηγορίας αυτής σε συνδυασμό με τον μεγάλο κυκλοφοριακό φόρτο της περιοχής. Συγκεκριμένα, ο Σταθμός 12 κατά την διάρκεια της ημέρας παρουσιάζει τις υψηλότερες θερμοκρασίες λόγω του ΝΑ. προσανατολισμού του, και λόγω του ότι βρίσκεται σε πλατεία, γεγονός που έχει ως συνέπεια να δέχεται ανεμπόδιστα την επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας από την ανατολή του ηλίου. Τέλος, ο σταθμός βρίσκεται σε περιοχή που εκλύεται σημαντική ανθρωπογενής θερμότητα, εξ αιτίας του μεγάλου κυκλοφοριακού φόρτου αυτής. Παρουσιάζει πιο έντονη μείωση κατά τις βραδινές ώρες καθώς βρίσκεται σε ανοικτή περιοχή (πλατεία), όπου ο αέρας κυκλοφορεί πιο εύκολα, ενώ και ο παράγοντας μορφής με τον ουρανό των επιφανειών που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του αέρα, είναι μεγαλύτερος από αυτόν των άλλων σταθμών. Εξαιτίας αυτών των στοιχείων, ο αέρας ψύχεται εντονότερα και γρηγορότερα κατά την διάρκεια της νύκτας, σε σχέση με τους άλλους σταθμούς που παρουσιάζουν και αυτοί υψηλές θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ημέρας. Επί πλέον κατά την νύκτα ελαττώνεται και κυκλοφοριακός φόρτος που επικρατεί στην περιοχή. Έτσι τελικά διαμορφώνονται χαμηλότερες θερμοκρασίες του αέρα σε σχέση με τους άλλους σταθμούς της ομάδας κατά την διάρκεια της νύκτας.
5. Ο Σταθμός 4 που έχει χαρακτηριστικό λόγο $H/W=1$, παρουσίασε κατά την διάρκεια της νύκτας μία από τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τους σταθμούς της ομάδας. Στοιχείο που συμβαδίζει με αντίστοιχα ευρήματα της Stathoroulou et.(2013) και της Κ. Γιαννοπούλου(2017) για τα δυτικά τμήματα του Λεκανοπεδίου. Η θερμική συμπεριφορά του σταθμού αιτιολογείται από το γεγονός ότι κατά τις απογευματινές ώρες ο σταθμός, όπως έχει ήδη αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, παρουσιάζει τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες αέρα λόγω της έντονης επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται εξ αιτίας του προσανατολισμού του και του μικρού χαρακτηριστικού λόγου της οδού, στοιχεία που οδηγούν στην αποθήκευση μεγάλων ποσών αισθητής θερμότητας από τα κτήρια. Κατά την νυχτερινή περίοδο τα υψηλά ποσά αποθηκευμένης αισθητής θερμότητας από τα κτήρια παρά το ότι αποβάλλονται γρήγορα στο περιβάλλον λόγω του χαμηλού χαρακτηριστικού λόγου (H/W), η μεταφερόμενη αισθητή θερμότητα στο περιβάλλον, θερμαίνει τον αέρα και καταγράφονται υψηλές θερμοκρασίες καθ' όλη την διάρκεια της νύκτας.

6. Στο Σταθμό 18 τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά και η περιοχή του (δυτική Αθήνα) μοιάζουν με αυτά του Σταθμού 4 (Πίνακας 5.1). Εν τούτοις, δεν παρουσιάζει τόσο υψηλές θερμοκρασίες όσο ο Σταθμός 4, τόσο την ημέρα όσο και την νύκτα. Αυτό οφείλεται στο ότι είναι εγκατεστημένος σε διασταύρωση δύο οδών, με άνοιγμα προς πλατεία με βλάστηση, με αποτέλεσμα οι θερμοκρασίες του αέρα να είναι μικρότερες από αυτές του Σταθμού 4, λόγω του δροσισμού από την βλάστηση της πλατείας, του καλύτερου αερισμού του (end effects) και του μεγαλύτερου παράγοντα μορφής με τον ουρανό .
7. Οι σταθμοί 3 και 26 παρουσίασαν τις μικρότερες θερμοκρασίες του αέρα από τους σταθμούς της κατηγορίας 1, τόσο κατά την διάρκεια της νύκτας όσο και κατά την διάρκεια της ημέρας, παρά το γεγονός ότι βρίσκονται πολύ κοντά στο κέντρο της πόλης των Αθηνών. Σημειώνεται δε ότι μερικές φορές κατά την διάρκεια της ημέρας είναι μικρότερες και από αυτές του σταθμού αναφοράς. Οι σταθμοί αυτοί, λόγω του Βορειοανατολικού προσανατολισμού τους και του μεγάλου χαρακτηριστικού λόγου (H/W=2,5), εμφανίζουν ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες του αέρα μικρότερες από αυτές των άλλων σταθμών της Κατηγορίας 1, με συνέπεια και κατά την διάρκεια της νύκτας να εξακολουθούν να παρουσιάζουν τις μικρότερες θερμοκρασίες του αέρα σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς της Κατηγορίας 1 και συγχρόνως σημαντικά υψηλότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Σημειώνεται ότι, σημαντικό ρόλο στη συγκεκριμένη θερμοκρασιακή συμπεριφορά των σταθμών παίζει και το γεγονός ότι οι δύο σταθμοί γειτνιάζουν γεωγραφικά και βρίσκονται υπό την επίδραση τοπικών ρευμάτων κυκλοφορίας από τον Υμηττό και βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο (άνω των 140μ.).
8. Επίσης ο Σταθμός 3 παρουσιάζει μια μη ομοιογενή συμπεριφορά όσο αφορά τις διαφορές θερμοκρασίας του αέρα από τον σταθμό αναφοράς. Για τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο αυτές ήταν μεγαλύτερες των 2.5 °C, ενώ για τους μήνες Αύγουστο και Σεπτέμβριο οι διαφορές παρουσίασαν μείωση. Το γεγονός αυτό σχετίζεται με τον προσανατολισμό του σταθμού, καθώς και τη σκίασή του από γειτονικά κτίρια.

Πίνακας 5.2: Νυκτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C). (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 3	Στ. 4	Στ. 5	Στ. 7	Στ. 9	Στ.11	Στ. 12	Στ. 13	Στ. 15	Στ. 18	Στ. 25	Στ. 26
Αυγ. 96	24.2	25.9	29.2	27.4	28.3	28.6	26.9	27.8	28.6	28.8	28.4		
Σεπτ. 96	20.8	21.8	24.7	24.3	24.7	24.5	23.1	23.8	24.6	24.8	23.9		
Ιούν. 97	21.9	25.0	27.0	26.3	26.3	26.3		25.2	26.9	26.9	25.8	26.0	25.5
Ιούλ. 97	24.4	28.0	29.7	28.4	28.4	28.0		27.5	29.0	29.6	27.8	28.2	27.9
Αυγ. 97	22.4	24.8	27.4	26.0	26.3	25.2		25.9	27.1	27.0	25.9	25.9	25.2
Σεπτ. 97	18.9	20.8	23.1	22.0	22.4	20.9		22.0	23.9	23.4	21.7	21.4	21.2
Ιούν. 98	22.4	25.4	27.5	26.4	27.1	22.4		25.4		27.1	25.9	26.4	
Ιούλ. 98	25.8	29.6	30.8	29.6	30.2	30.2		28.8		30.7	29.1	29.7	
Αυγ. 98	26.0	27.9	30.6	29.3	30.6	30.3		29.2		30.7	29.3	29.4	

Πίνακας 5.3: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς για (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 3	Στ. 4	Στ. 5	Στ. 7	Στ. 9	Στ.11	Στ. 12	Στ. 13	Στ. 15	Στ. 18	Στ. 25	Στ. 26
Αυγ. 96	24.2	1.8	5.1	3.3	4.1	4.4	2.8	3.6	4.4	4.7	4.3		
Σεπτ. 96	20.8	1.0	4.0	3.5	3.9	3.8	2.3	3.0	3.8	4.1	3.1		
Ιούν. 97	21.9	3.1	5.4	4.4	4.5	4.4		3.4	5.1	5.0	4.0	4.1	3.6
Ιούλ. 97	24.4	3.6	5.3	4.0	3.9	3.6		3.1	4.4	5.1	3.4	3.8	3.4
Αυγ. 97	22.4	2.3	4.9	3.6	3.8	2.8		3.4	4.6	4.6	3.5	3.5	2.8

Σεπτ. 97	18.9	1.9	4.2	3.2	3.6	2.0		3.1	5.0	4.6	2.8	2.5	2.3
Ιούν. 98	22.4	3.0	5.0	4.0	4.7	4.6		3.0		4.7	3.4	4.0	
Ιούλ. 98	25.8	3.8	4.9	3.8	4.3	4.3		3.0		4.9	3.3	3.9	
Αυγ. 98	26.0	1.9	4.6	3.3	4.6	4.2		3.2		4.7	3.2	3.3	

Πίνακας 5.4: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 3	Στ. 4	Στ. 5	Στ. 7	Στ. 9	Στ.11	Στ. 12	Στ. 13	Στ. 15	Στ. 18	Στ. 25	Στ. 26
Αυγ. 96	29.3	28.7	31	29.4	31.6	30.2	31.3	34.7	30.9	30.8	30.4		
Σεπτ. 96	24.2	23.6	26	24.8	28.9	25.5	26.4	29.4	26.2	26.4	25.4		
Ιούν. 97	28.3	29.6	30	29	29.5	28.5		31.8	30.2	29.9	29.0	28.9	28.0
Ιούλ. 97	30.4	31	33	30.8	32.9	32.2		34.9	32.6	32.5	31.4	30.9	29.9
Αυγ. 97	27.7	26.9	30	28	30.7	30.6		33.2	30.4	29.0	29.0	28.1	26.8
Σεπτ. 97	23.8	22.8	26	23.9	27.7	26		30.1	27.0	25.5	24.9	23.5	22.4
Ιούν. 98	28.1	29.2	31	28.8	30.5	28.9		32.8		29.5	29.3	28.2	
Ιούλ. 98	31.2	31.7	33.8	31.7	32.2	32.2		36.2		33.0	32.6	31.5	
Αυγ. 98	30.9	30.5	34	31.1	34.3	32.0		36.4		32.3	32.3	31.0	

Πίνακας 5.5: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 3	Στ. 4	Στ. 5	Στ. 7	Στ. 9	Στ.11	Στ. 12	Στ. 13	Στ. 15	Στ. 18	Στ. 25	Στ. 26
Αυγ. 96	29.3	-0.6	1.6	0.1	2.3	1.0	1.8	5.4	1.6	1.5	1.2		
Σεπτ. 96	24.2	-0.6	1.9	0.6	4.6	1.3	2.2	5.2	2	2.2	1.2		
Ιούν. 97	28.3	1.3	2	0.8	1.3	0.3		3.6	2	1.6	0.8	0.7	-0.3
Ιούλ. 97	30.4	0.6	2.3	0.4	2.4	1.7		4.4	2.1	2	1	0.5	-0.5
Αυγ. 97	27.7	-0.7	2.5	0.3	3	3.0		5.5	2.7	1.3	1.3	0.5	-0.9
Σεπτ. 97	23.8	-1	2.2	0	3.9	2.3		6.3	3.2	1.6	1.1	-0.4	-1.4
Ιούν. 98	28.1	1.1	2.4	0.8	2.4	0.9		4.7		1.4	1.2	0.2	
Ιούλ. 98	31.2	0.4	2.6	0.4	1	1.0		5.0		1.8	1.4	0.3	
Αυγ. 98	30.9	-0.4	2.6	0.2	3.4	1.1		5.5		1.4	1.4	0.1	

5.2.2. Κατηγορία 2

Οι σταθμοί και αυτής της κατηγορίας για το σύνολο των μηνών της θερινής περιόδου παρουσίασαν μέση διαφορά θερμοκρασίας από το σταθμό αναφοράς κατά την νυκτερινή περίοδο πάνω από 2.5 °C. Η αντίστοιχη μέση μηνιαία θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 3°C, με εξαίρεση κάποιους μήνες για τον Σταθμό 10. Ο λόγος που δεν εντάχθηκαν στην πρώτη κατηγορία σχετίζεται με το ότι οι σταθμοί αυτοί εμφανίζουν διαφορετικά μικροκλιματικά χαρακτηριστικά από αυτούς της πρώτης κατηγορίας καθώς είναι τοποθετημένοι σε ανοιχτές περιοχές και σε άμεση γειτνίαση με την θάλασσα. Δεν βρίσκονται επομένως εντός του τυπικού αστικού περιβάλλοντος.

- Εξετάζοντας τους σταθμούς της ομάδας, (πίνακες 5.6, 5.7, 5.8 και 5.9) για τις κοινές περιόδους δεδομένων, για την νυκτερινή περίοδο παρατηρήθηκε μια μεικτή συμπεριφορά. Ο Σταθμός 10 παρουσιάζει μικρότερες θερμοκρασίες από τον Σταθμό 6 με διαφορές της τάξης των 0.5°C ενώ το 1997 οι θερμοκρασίες του Σταθμού 10 είναι υψηλότερες από αυτές του Σταθμού 6 με διαφορές που κυμαίνονται από 2.1 ως 0.7°C. Κατά την διάρκεια της ημέρας

παρατηρήθηκε μια μεικτή συμπεριφορά με τις διαφορές μεταξύ των σταθμών να κυμαίνονται μεταξύ 0.3 και 2.3 °C. Από τα παραπάνω στοιχεία, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά των περιοχών και τις θέσεις των σταθμών και λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες που διαμορφώνουν την θερμοκρασία του αέρα μιας περιοχής προέκυψαν ότι οι σταθμοί μεταξύ τους δεν παρουσιάζουν σαφή συμπεριφορά λόγω. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από την επίδραση του φαινομένου της θαλάσσιας και απόγεια αύρας σε σχέση με τη θέση των δύο σταθμών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η περιοχή του Ευγενιδείου έχει σαφώς πιο αστικά χαρακτηριστικά καθώς γειτνιάζει άμεσα με τον αστικό ιστό ενώ ο σταθμός του ΕΚΘΕ ήταν σε περιοχή δίπλα στη θάλασσα με πολύ λίγα κτήρια και με σημαντική παρουσία αστικού πράσινου.

Πίνακας 5.6: Νυκτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα.)

	Στ. 19	Στ. 6	Στ. 10
Αυγ. 96	24.2	27.3	26.7
Σεπτ. 96	20.8	23.9	22.4
Ιούν. 97	21.9	24.3	25.0
Ιούλ. 97	24.4	26.3	28.0
Αυγ. 97	22.4	24.7	26.7
Σεπτ. 97	18.9	20.8	22.9
Ιούν. 98	22.4		25.6
Ιούλ. 98	25.8		28.7
Αυγ. 98	26.0		28.8

Πίνακας 5.7: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 6	Στ. 10
Αυγ. 96	24.2	3.3	2.5
Σεπτ. 96	20.8	3.5	1.7
Ιούν. 97	21.9	2.4	3.1
Ιούλ. 97	24.4	1.9	3.6
Αυγ. 97	22.4	2.3	4.3
Σεπτ. 97	18.9	1.9	4.0
Ιούν. 98	22.4		3.2
Ιούλ. 98	25.8		2.9
Αυγ. 98	26.0		2.7

Πίνακας 5.8: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 6	Στ. 10
Αυγ. 96	29.3	30.4	31.3
Σεπτ. 96	24.2	26.1	25.8
Ιούν. 97	28.3	28.9	31.2
Ιούλ. 97	30.4	31	32.4
Αυγ. 97	27.7	29.5	28.7
Σεπτ. 97	23.8	25.9	25.0
Ιούν. 98	28.1		31.7

Ιούλ. 98	31.2		34.5
Αυγ. 98	30.9		33.8

Πίνακας 5.9: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 6	Στ. 10
Αυγ. 96	29.3	1.1	2.0
Σεπτ. 96	24.2	1.9	1.6
Ιούν. 97	28.3	0.6	2.9
Ιούλ. 97	30.4	0.6	1.9
Αυγ. 97	27.7	1.8	1.0
Σεπτ. 97	23.8	2.1	1.2
Ιούν. 98	28.1		3.6
Ιούλ. 98	31.2		3.3
Αυγ. 98	30.9		2.9

5.2.3. 3^η Κατηγορία

Οι σταθμοί της κατηγορίας αυτής κατά την νυχτερινή περίοδο παρουσίασαν θερμοκρασίες κατά μέσο όρο μεγαλύτερες κατά 1 ως και 2,5°C από αυτές του σταθμού αναφοράς. Εξάιρεση παρουσιάζει ο Σταθμός 21 όπου η θερμοκρασίες είναι σαφώς μικρότερες και κατά μέσο όρο μικρότερες ακόμα και από αυτές του σταθμού αναφοράς. Κατά την διάρκεια της ημέρας οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες των σταθμών της ομάδας ήταν κατά μέσο όρο μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς με εξαίρεση τον Σταθμό 23 που ήταν συστηματικά μεγαλύτερες.

- Εξετάζοντας τους σταθμούς της κατηγορίας (πίνακες 5.10, 5.11, 5.12, 5.13) για την νυχτερινή περίοδο παρατηρήθηκαν τα εξής:
 - Τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες κατά την νυχτερινή περίοδο τις παρουσίασαν οι σταθμοί 2 και 27 και 16.
 - Τις μικρότερες νυχτερινές μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες παρουσίασε κατά πρώτον ο Σταθμός 21 και κατά δεύτερον ο Σταθμός 27.
- Η συγκριτική εξέταση των σταθμών κατά την ημερήσια περίοδο έδειξε τα εξής:
 - Ο σταθμός με τις μεγαλύτερες ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ήταν ο Σταθμός 23.
 - Ο σταθμός με τις μικρότερες ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ήταν ο Σταθμός 2.

Από τα παραπάνω στοιχεία, σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά των περιοχών και τις θέσεις των σταθμών και λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες που διαμορφώνουν την θερμοκρασία του αέρα μιας περιοχής, προκύπτουν τα εξής:

1. Η ανομοιογένεια που παρατηρείται σχετίζεται με το γεγονός ότι δεν υπάρχει μόνο ένας παράγοντας που κυριαρχεί στη διαμόρφωση της θερμοκρασιακή συμπεριφορά των σταθμών. Η διαφορετικότητα στην πυκνότητα δόμησης, του αστικού πρασίνου, ο προσανατολισμός, το υψόμετρο και η θέση των σταθμών έχει για κάθε ένα από αυτούς, διαφορετική βαρύτητα, πολλές φορές μάλιστα μπορούν να λειτουργούν ανταγωνιστικά, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ομοιογένεια στη συμπεριφορά μεταξύ των σταθμών τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την

διάρκεια της νύκτας. Το κοινό χαρακτηριστικό τους ήταν ότι οι κατά μέσο όρο μηνιαίες διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς, είναι, κατά την διάρκεια της νύχτας, μικρότερες των 2.5°C και βρίσκονται όλοι σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 130μ.. Επίσης οι σταθμοί ήταν τοποθετημένοι σε περιοχές με χρήση «Ασυνεχή Αστικού Ιστού» σύμφωνα με την κατά CORINE κατηγοριοποίηση με εξαίρεση των Σταθμό 8.

- Εξετάζοντας τις κατά μέσο όρο νυχτερινές μέσες μηνιαίες διαφορές θερμοκρασίας οι σταθμοί 2,16 και 27 είναι οι σταθμοί που παρουσίασαν τις μεγαλύτερες διαφορές , 2.2 ως 2.3 °C από τον σταθμό αναφοράς. Οι σταθμοί 8, 23 και 24 παρουσίασαν αντίστοιχα τις μικρότερες διαφορές , 1.0 και 1.6 °C από τον σταθμό αναφοράς. Η διαφορά αυτή οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι σταθμοί 2, 16 και 27 όπως έχει ήδη αναφερθεί ήταν τοποθετημένοι με προσανατολισμό Βορειοδυτικό, ενώ οι σταθμοί 8,23, και 24 είχαν Ανατολικό-Βορειοανατολικό προσανατολισμό. Αποτέλεσμα αυτού ήταν οι επιφάνειες που επηρέαζαν την διαμόρφωση της θερμοκρασίας του αέρα των σταθμών 2, 16, 27 να έχουν μικρότερες θερμοκρασίες από αυτές των σταθμών 8, 23, και 24. Το φαινόμενο αυτό ήταν πιο έντονο στο Σταθμό 21. Ο σταθμός βρίσκεται, στο ισόγειο, πλησίον του εδάφους, το οποίο ήταν καλυμμένο με γρασίδι, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται άμεσα θερμοκρασία του από αυτή του εδάφους, λόγω του ισχυρού φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής και να παρουσιάζει αρνητικές διαφορές (-0.2°C) από τον σταθμό αναφοράς.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας, συστηματικά όλοι οι σταθμοί παρουσίαζαν θερμοκρασίες μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με εξαίρεση το Σταθμό 23. Τις πιο μικρές θερμοκρασίες παρουσίασαν οι σταθμοί 2, 21 και 27 (από -3,5 ως -1,1°C). Οι θερμοκρασίες στους σταθμούς 8 και 16 είναι άλλοτε μικρότερες και άλλοτε μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.
- Τέλος, ο Σταθμός 23, παρουσιάζει την ιδιαιτερότητα να είναι ο μόνος σταθμός από την ομάδα, που κατά την διάρκεια της ημέρας, εμφάνιζε συστηματικά υψηλότερες θερμοκρασίες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Κατά τη νυχτερινή περίοδο δεν είχε αντίστοιχα υψηλές θερμοκρασίες. Αυτή η συμπεριφορά μοιάζει με αυτή του Σταθμού 12 της πρώτης κατηγορίας. Το κοινό σημείο είναι ότι και οι δύο σταθμοί είχαν ανατολικό-νοτιοανατολικό προσανατολισμό και δεν υπήρχαν εμπόδια στην πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας. Αποτέλεσμα αυτού ήταν να έχει, όπως και ο Σταθμός 12, τις μεγαλύτερες ημερήσιες θερμοκρασίες σε σχέση με τους άλλους σταθμούς της κατηγορίας. Το βράδυ λόγω του μεγάλου παράγοντα μορφής με τον ουρανό, ψυχόταν πολύ πιο έντονα και πιο γρήγορα από τους άλλους σταθμούς της ομάδας. Σημειώνεται ότι και οι δύο σταθμοί βρίσκονται μεταξύ δύο περιοχών με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Ο Σταθμός 12, μεταξύ ανοικτής αστικής περιοχής με τεχνητή κάλυψη και πυκνοδομημένης περιοχής, «Συνεχούς Αστικού Ιστού» και σημαντικού κυκλοφοριακού φόρτου, ενώ ο Σταθμός 23, μεταξύ ανοικτής περιοχής με πράσινο και χώμα και αραιοδομημένης περιοχής, «Ασυνεχούς Αστικού Ιστού», με μικρό κυκλοφοριακό φόρτο.

Πίνακας 5.10: Νυκτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 2	Στ. 8	Στ. 16	Στ. 21	Στ. 23	Στ. 24	Στ. 27
Αυγ. 96	24,2	26,3	25,3	25,8				
Σεπτ. 96	20,8	22,4	20,9	22,1				
Ιούν. 97	21,9	23,9	23,5	25,3	22,2	23,2		25,0
Ιούλ. 97	24,4	26,5	26,0	27,8	24,4	25,8	25,9	26,9
Αυγ. 97	22,4	24,6	23,6	23,8	22,1	23,5	24,1	24,3
Σεπτ. 97	18,9	21,2	19,1	20,5	18,1	19,1	18,9	20,3
Ιούν. 98	22,4	25,3	24,1	25,1			24,2	25,0
Ιούλ. 98	25,8	28,5	27,4	28,5			27,3	28,3
Αυγ. 98	26,0	28,5	27,2	28,1			27,3	28,2

Πίνακας 5.11: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς, (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 2	Στ. 8	Στ. 16	Στ. 21	Στ. 23	Στ. 24	Στ. 27
Αυγ. 96	24,2	2,2	1,1	1,7				
Σεπτ. 96	20,8	1,7	0,2	1,3				
Ιούν. 97	21,9	2,1	1,6	3,4	0,3	1,3		2,4
Ιούλ. 97	24,4	2,1	1,6	3,3	0,0	1,4	1,6	2,2
Αυγ. 97	22,4	2,2	1,2	1,9	-0,3	1,0	1,7	1,9
Σεπτ. 97	18,9	2,3	0,2	1,6	-0,7	0,2	1,4	1,5
Ιούν. 98	22,4	2,9	1,7	2,7			1,8	2,9
Ιούλ. 98	25,8	2,7	1,8	2,7			1,5	2,4
Αυγ. 98	26,0	2,4	1,2	2,1			1,3	2,2

Πίνακας 5.12: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C). (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 2	Στ. 8	Στ. 16	Στ. 21	Στ. 23	Στ. 24	Στ. 27
Αυγ. 96	29,3	27,7	28,4	27,6				
Σεπτ. 96	24,2	23,1	23,7	23,2				
Ιούν. 97	28,3	24,8	28,9	26,5	27	29,2		27,6
Ιούλ. 97	30,4	27,2	30,9	28,8	29,1	31,4	29,6	29,2
Αυγ. 97	27,7	25,6	27,5	24,8	26,1	28,7	27	26,2
Σεπτ. 97	23,8	22,3	22,7	21,5	22	24,4	23,6	22,3
Ιούν. 98	28,1	26,8	27,9	25,5			27,7	26,6
Ιούλ. 98	31,2	30,1	30,6	28,8			30,7	29,9
Αυγ. 98	30,9	29,8	30	28,6			30,5	29,7

Πίνακας 5.13: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 2	Στ. 8	Στ. 16	Στ. 21	Στ. 23	Στ. 24	Στ. 27
Αυγ. 96	29,3	-1,6	-0,9	-0,3				
Σεπτ. 96	24,2	-1,1	-0,5	0				
Ιούν. 97	28,3	-3,5	0,6	0,4	-1,2	0,9		-1,6
Ιούλ. 97	30,4	-3,2	0,4	0,3	-1,3	1	-0,4	-1,5
Αυγ. 97	27,7	-2	-0,2	-0,4	-1,5	1,1	-0,6	-1,4
Σεπτ. 97	23,8	-1,6	-1,1	-0,7	-1,8	0,6	-0,3	-1,5
Ιούν. 98	28,1	-1,2	-0,1	-0,4			-0,4	-1,4
Ιούλ. 98	31,2	-1,1	-0,3	-0,3			-0,5	-1,3
Αυγ. 98	30,9	-1,1	-0,9	-0,5			-0,4	-1,2

5.2.4. 4^η Κατηγορία

Η ανάλυση των μέσων μηνιαίων ημερήσιων και νυκτερινών θερμοκρασιών του αέρα των σταθμών της κατηγορίας 4 (Πίνακες 5.15 ως και 5.17) έδειξε ότι, οι σταθμοί 14 και 17 παρουσίαζαν κατά μέσο όρο, κατά την νυκτερινή περίοδο, μηνιαίες θερμοκρασίες, μεγαλύτερες κατά 2.5°C από αυτές του σταθμού αναφοράς, ενώ στο Σταθμό 1 (Αστεροσκοπείο), οι

θερμοκρασίες ήταν περί τον 1.5 °C μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Κατά την διάρκεια της ημέρας, σε όλους τους σταθμούς της κατηγορίας, οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Συγκεκριμένα οι σταθμοί 14 (Γεωπονική), 17 (Χαϊδάρι) και 1 (Αστεροσκοπείο) είχαν θερμοκρασίες μεγαλύτερες κατά 3.0 °C 1.0 °C και 0.5 °C αντίστοιχα.

- Εξετάζοντας τους σταθμούς της ομάδας, συγκριτικά μεταξύ τους, για την νυχτερινή περίοδο παρατηρήθηκαν τα εξής:
 - Τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες κατά την νυχτερινή περίοδο τις παρουσίασε κυρίως ο Σταθμός 14.
 - Τις μικρότερες νυχτερινές μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες παρουσίασε ο Σταθμός 1.
- Εξετάζοντας τους σταθμούς της ομάδας μεταξύ τους, για την ημερήσια περίοδο παρατηρήθηκαν τα εξής:
 - Ο σταθμός με τις μεγαλύτερες ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ήταν ο Σταθμός 14.
 - Οι σταθμοί με τις μικρότερες ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες είναι οι σταθμοί 1 και 17.

Από τα παραπάνω στοιχεία σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά των περιοχών και τις θέσεις των σταθμών και λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες που διαμορφώνουν την θερμοκρασία του αέρα μιας περιοχής προέκυψαν τα εξής:

1. Ο Σταθμός 14 παρουσίασε διαφορετική συμπεριφορά από τους άλλους δύο σταθμούς κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύκτας, Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι βρίσκεται σε μικρό υψόμετρο σε μεγάλη ανοικτή περιοχή και με κύριο προσανατολισμό προς νότο. Αποτέλεσμα αυτού ήταν κατά την διάρκεια της ημέρας να δέχονται ισχυρή επίδραση από την ηλιακή ακτινοβολία και έτσι καταγράφονταν μεγάλες θερμοκρασίες στην περιοχή. Κατά την διάρκεια της νύκτας λόγω του μικρότερου υψομέτρου και της δόμησης της περιοχής, παρατηρούνταν επίσης υψηλές σχετικά θερμοκρασίες.
2. Ο Σταθμός 1 παρουσίασε τις μικρότερες θερμοκρασίες. Οι αιτίες των χαμηλότερων θερμοκρασιών του σταθμού είναι ότι δεν γειτνιάζει άμεσα με κάποιο μεγάλο κτήριο, η βλάστηση είναι πιο πυκνή και τέλος βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο από αυτό του Σταθμού 14.
3. Ο Σταθμός 17 παρουσίασε μια ενδιαμέση συμπεριφορά η οποία σχετίζεται με το γεγονός ότι βρίσκεται κοντά σε μεγάλο κτήριο και έχει Βορειοανατολικό προσανατολισμό. Αποτέλεσμα του προσανατολισμού είναι, κατά την διάρκεια της ημέρας ο σταθμός να μην δέχεται μεγάλη επίδραση από την ηλιακή ακτινοβολία και σε συνδυασμό με το υψόμετρο και το πράσινο οι ημερήσιες μηνιαίες ωριαίες θερμοκρασίες να μοιάζουν με αυτές του Σταθμού 1. Αντιθέτως, τη νυχτερινή περίοδο η επίδραση του κτιρίου (σε συνδυασμό και με το ότι είναι στη Δυτική Αττική) οδήγησε σε θερμοκρασίες του αέρα παραπλήσιες με αυτές του σταθμού 14.

Πίνακας 5.14: Νυκτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C). (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 1	Στ. 14	Στ. 17
Αυγ. 96	24.2	25.7	26.5	26.4
Σεπτ. 96	20.8	22.0	22.5	22.1
Ιούν. 97	21.9	23.7	25.2	24.4
Ιούλ. 97	24.4	26.1	27.6	26.6
Αυγ. 97	22.4	24.2	25.4	24.4
Σεπτ. 97	18.9	20.2	21.1	20.2
Ιούν. 98	22.4			25.2
Ιούλ. 98	25.8			28.5
Αυγ. 98	26.0			28.5

Πίνακας 5.15: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 1	Στ. 14	Στ. 17
Αυγ. 96	24.2	1.5	2.3	2.2
Σεπτ. 96	20.8	1.2	1.8	1.3
Ιούν. 97	21.9	1.8	3.3	2.5
Ιούλ. 97	24.4	1.7	3.2	2.2
Αυγ. 97	22.4	1.8	3.0	2.0
Σεπτ. 97	18.9	1.3	2.2	1.3
Ιούν. 98	22.4			2.8
Ιούλ. 98	25.8			2.7
Αυγ. 98	26.0			2.5

Πίνακας 5.16: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) .(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 1	Στ. 14	Στ. 17
Αυγ. 96	29.3	30.0	32.5	29.7
Σεπτ. 96	24.2	24.7	27.0	24.3
Ιούν. 97	28.3	28.5	31.1	28.5
Ιούλ. 97	30.4	30.8	33.5	30.7
Αυγ. 97	27.7	28.3	30.9	28.1
Σεπτ. 97	23.8	24.2	26.9	24.1
Ιούν. 98	28.1			29.0
Ιούλ. 98	31.2			32.2
Αυγ. 98	30.9			31.9

Πίνακας 5.17: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 1	Στ. 14	Στ. 17
Αυγ. 96	29.3	0.7	3.2	0.4
Σεπτ. 96	24.2	0.5	2.8	0.1
Ιούν. 97	28.3	0.3	2.9	0.3
Ιούλ. 97	30.4	0.3	3.0	0.3
Αυγ. 97	27.7	0.7	3.2	0.5
Σεπτ. 97	23.8	0.4	3.0	0.3
Ιούν. 98	28.1			1.0
Ιούλ. 98	31.2			1.0
Αυγ. 98	30.9			1.0

5.2.5. 5^η Κατηγορία

Ανάλυση των μέσων μηνιαίων ημερήσιων και νυκτερινών θερμοκρασιών των σταθμών της ομάδας.

- Το βασικό χαρακτηριστικό των δύο αυτών σταθμών είναι ότι ήταν τοποθετημένοι εντός των δυο μεγάλων πάρκων της πόλης των Αθηνών και βρίσκονταν υπό συνεχή σκίαση από τα δέντρα του πάρκου

- Εξετάζοντας τους σταθμούς της ομάδας συγκριτικά μεταξύ τους, για τις κοινές περιόδους δεδομένων, για την νυχτερινή περίοδο παρατηρήθηκαν τα εξής:
 - Τις μικρότερες νυχτερινές μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες παρουσιάζει ο Σταθμός 19.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας παρατηρήθηκαν τα εξής:
 - Ο σταθμός με τις μεγαλύτερες ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ήταν ο Σταθμός 19 και τις μικρότερες ο Σταθμός 22.

Από τα παραπάνω στοιχεία σε συνδυασμό με τα χαρακτηριστικά των περιοχών και των θέσεων των σταθμών και λαμβάνοντας υπόψη του παράγοντες που διαμορφώνουν την θερμοκρασία του αέρα μιας περιοχής προέκυψαν τα εξής:

1. Ο Σταθμός 22 βρισκόταν στο φυτώριο του Πεδίου του Άρεως. Οι θερμοκρασίες του αέρα του σταθμού κατά την διάρκεια της νύκτας ήταν λίγο μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς (Σταθμός 19). Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι, λόγω της μεγάλης πυκνότητας βλάστησης (φυτώριο) ο ρυθμός ψύξης στο Σταθμό 22 ήταν μικρότερος από αυτόν του Εθνικού Κήπου.
2. Την διάρκεια της ημέρας ο Σταθμός 22 παρουσίασε πιο χαμηλές θερμοκρασίες του αέρα από τον σταθμό αναφοράς. Αυτό οφείλεται στο ότι η μεγαλύτερη πυκνότητα βλάστησης είχε σαν αποτέλεσμα το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής να είναι εντονότερο. Επιπροσθέτως, λόγω του καθημερινού σχεδόν ποτίσματος του φυτωρίου, η εξατμισοδιαπνοή καθίστατο ακόμα πιο έντονη, ενώ σημαντικό εμφανίζεται και το φαινόμενο της εξάτμισης. Τέλος, λόγω της μεγαλύτερης τραχύτητας του εδάφους παρατηρήθηκε μικρότερη ταχύτητα του ανέμου, με αποτέλεσμα μικρότερα φαινόμενα της αγωγής από μεταφορά.

Πίνακας 5.18: Νυκτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία .(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 22
Αυγ. 96	24.2	
Σεπτ. 96	20.8	
Ιούν. 97	21.9	22.8
Ιούλ. 97	24.4	25.8
Αυγ. 97	22.4	23.5
Σεπτ. 97	18.9	19.6
Ιούν. 98	22.4	23.4
Ιούλ. 98	25.8	27.0
Αυγ. 98	26.0	27.0

Πίνακας 5.19: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς .(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 22
Αυγ. 96	24.2	
Σεπτ. 96	20.8	
Ιούν. 97	21.9	0.9
Ιούλ. 97	24.4	1.4
Αυγ. 97	22.4	1.0
Σεπτ. 97	18.9	0.7
Ιούν. 98	22.4	1.0
Ιούλ. 98	25.8	1.1

Αυγ. 98	26.0	1.0
---------	------	-----

Πίνακας 5.20: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία .(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 22
Αυγ. 96	29.3	
Σεπτ. 96	24.2	
Ιούν. 97	28.3	26.4
Ιούλ. 97	30.4	28.8
Αυγ. 97	27.7	25.9
Σεπτ. 97	23.8	22.0
Ιούν. 98	28.1	25.5
Ιούλ. 98	31.2	29.1
Αυγ. 98	30.9	29.0

Πίνακας 5.21: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς .(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

	Στ. 19	Στ. 22
Αυγ. 96	29.3	
Σεπτ. 96	24.2	
Ιούν. 97	28.3	-1.9
Ιούλ. 97	30.4	-1.6
Αυγ. 97	27.7	-1.7
Σεπτ. 97	23.8	-1.9
Ιούν. 98	28.1	-2.6
Ιούλ. 98	31.2	-2.2
Αυγ. 98	30.9	-2.0

5.2.6. Συμπεράσματα:

Από την ανάλυση προέκυψε ότι, χρησιμοποιώντας ως κριτήριο την νυχτερινή διαφορά των τιμών της θερμοκρασίας του αέρα κάθε σταθμού από τις αντίστοιχες τιμές του σταθμού αναφοράς, φάνηκε η δυνατότητα ομαδοποίησης των σταθμών, σε συνδυασμό με τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά τους. Κατά την διάρκεια της ημέρας δεν μπορεί να ακολουθηθεί η ίδια κατηγοριοποίηση μιας και η διαμόρφωση των θερμοκρασιών του αέρα εντός του κτηριακού οριακού στρώματος, εξαρτάται κυρίως από την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και τον προσανατολισμό των σταθμών και λιγότερο από τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής.

Οι σταθμοί της κατηγορίας 1, που βρίσκονταν σε τυπικό αστικό περιβάλλον, εντός αστικού δρόμου με απουσία πράσινου και σε μικρό υψόμετρο, παρουσίασαν τις μεγαλύτερες διαφορές από τον σταθμό αναφοράς, οι οποίες κυμάνθηκαν από 1 ως 5.4°C κατά την διάρκεια της νύχτας. Οι ίδιοι σταθμοί κατά την διάρκεια της ημέρας παρουσίασαν γενικά υψηλότερες μέσες μηνιαίες ημερήσιες θερμοκρασίες του αέρα από τον σταθμό αναφοράς, με μεγάλο εύρος τιμών που κυμάνθηκε από -1.4°C ως 6.3°C. Δηλαδή οι σταθμοί της ίδιας ομάδας εμφάνισαν διαφορές μεταξύ τους ως και 7.7°C

Οι σταθμοί της κατηγορίας 3, οι οποίοι βρίσκονταν κυρίως στις βόρειες και ανατολικές περαστικές περιοχές με μικρή πυκνότητα δόμησης, μικρή κυκλοφοριακή φόρτιση, σημαντική παρουσία αστικού πρασίνου για τα δεδομένα της Αθήνας και γειτνιάζαν με τους ορεινούς όγκους του λεκανοπεδίου παρουσίαζαν κατά την διάρκεια της νύχτας χαμηλότερες θερμοκρασίες του αέρα σε σχέση με αυτές των σταθμών της κατηγορίας 1 που βρίσκονταν στο κέντρο και δυτικά της πόλης των Αθηνών. Οι διαφορές θερμοκρασίας του αέρα από τον σταθμό αναφοράς κυμάνθηκαν από 1 ως 2.5°C. Σε κάποιες περιπτώσεις εμφάνισαν μικρότερες θερμοκρασίες του αέρα οι συγκεκριμένοι σταθμοί και πολύ πιο σπάνια υψηλότερες. Κατά την διάρκεια της ημέρας εμφάνιζαν συστηματικά τις μικρότερες θερμοκρασίες του αέρα από όλους τους άλλους σταθμούς και ήταν σχεδόν πάντα μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Η διαφορά θερμοκρασιών του αέρα μεταξύ των σταθμών αυτής της κατηγορίας κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν σαφώς μικρότερη από αυτή των σταθμών της πρώτης κατηγορίας φθάνοντας μέχρι τους 4.2°C.

Οι σταθμοί που βρίσκονταν σε ανοικτές περιοχές με σημαντική βλάστηση παρουσίαζαν γενικά και κατά την διάρκεια της ημέρας και κατά την διάρκεια της νύχτας θερμοκρασίες του αέρα υψηλότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, χωρίς όμως οι διαφορές αυτές να έχουν μέγεθος τόσο την ημέρα όσο και την νύχτα, για καθένα από τους σταθμούς, πάνω από 1.5 °C. Αντίθετα στους σταθμούς που γειτνιάζαν με την θάλασσα, παρά το ότι τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά ήταν όμοια, οι διαφορές θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ ημέρας και νύχτας, από τον σταθμό αναφοράς, ήταν σημαντικές, πολλές φορές πάνω και από 3°C, με τις θερμοκρασίες του αέρα σταθερά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, τόσο κατά την διάρκεια της νύχτας, όσο και κατά την διάρκεια της ημέρας.

Συμπερασματικά η μέση μηνιαία αστική θερμική νησίδα στην πόλη των Αθηνών κατά την διάρκεια της ημέρας για σταθμούς που βρίσκονται εντός του τυπικού αστικού περιβάλλοντος μπορεί να φτάσει τους 6.3°C, με παράλληλη ύπαρξη σε περιαστικές περιοχές σημαντικών θερμοκρασιών του αέρα μικρότερων ακόμα και από αυτές του σταθμού αναφοράς. Κατά την διάρκεια της νύχτας, η αντίστοιχη ένταση έφθασε μέχρι τους 5.4 °C.

5.3. Παρουσίαση βασικών θερμοκρασιακών παραμέτρων ανά κατηγορία σταθμών

Με βάση την παραπάνω κατηγοριοποίηση υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές για κάθε μήνα για κάθε κατηγορία των βασικών θερμομετρικών παραμέτρων. Σημειώνεται ότι οι πιο αξιοποιήσιμη για συγκριτικά αποτελέσματα είναι η θερινή περίοδος του 1997 γιατί είναι η πιο πλήρης.

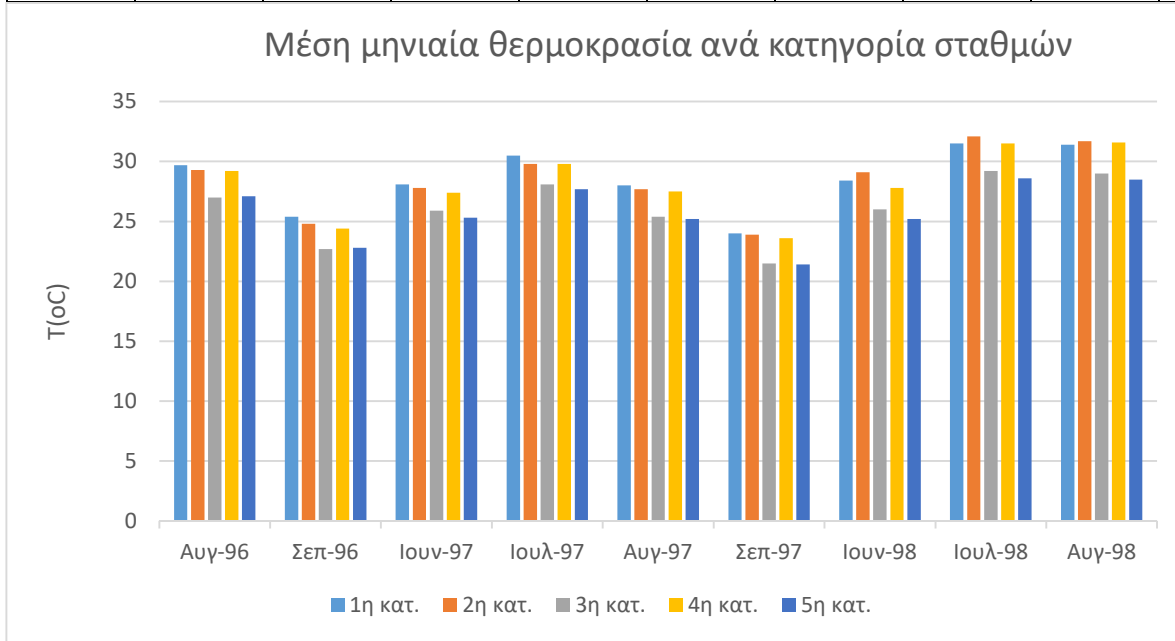
5.3.1. Μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών

Στον πίνακα και στο διάγραμμα που ακολουθεί καταγράφονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ανά κατηγορία σταθμών.

Πίνακας 5.22: Μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

Σταθμός	Αυγ-96	Σεπ-96	Ιουν-97	Ιουλ-97	Αυγ-97	Σεπ-97	Ιουν-98	Ιουλ-98	Αυγ-98
1 ^η κατ.	29.7	25.4	28.1	30.5	28.0	24.0	28.4	31.5	31.4
2 ^η κατ.	29.3	24.8	27.8	29.8	27.7	23.9	29.1	32.1	31.7
3 ^η κατ.	27.0	22.7	25.9	28.1	25.4	21.5	26.0	29.2	29.0
4 ^η κατ.	29.2	24.4	27.4	29.8	27.5	23.6	27.8	31.5	31.6

5 ^η κατ.	27.1	22.8	25.3	27.7	25.2	21.4	25.2	28.6	28.5
---------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------



Σχήμα 5.1: Μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.

Από τα στοιχεία του πίνακα 5.22 και το σχήμα 5.1 προέκυψε ότι η μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα των σταθμών της κατηγορίας 1 ήταν συστηματικά μεγαλύτερη, με εξαίρεση το 1998, όπου τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες του αέρα τις παρουσίασαν οι σταθμοί της κατηγορίας 2. Αυτή η διαφορά οφείλεται στο γεγονός ότι το έτος αυτό, ο μόνος σταθμός στον οποίο υπήρχαν μετρήσεις ήταν ο Σταθμός 10 μιας και στο Σταθμό 6 δεν υπήρχαν μετρήσεις. Οι μικρότερες θερμοκρασίες του αέρα συστηματικά εμφανίστηκαν στην κατηγορία 5, με εξαίρεση το 1996 όπου οι σταθμοί της τρίτης κατηγορίας εμφάνισαν ελαφρώς μικρότερες θερμοκρασίες, μέσα όμως στα όρια του σφάλματος. Οι σταθμοί των κατηγοριών 2 και 4 παρουσίασαν παρόμοιες θερμοκρασίες του αέρα με αποτέλεσμα, με κριτήριο την μέση θερμοκρασία του αέρα, οι δύο αυτές κατηγορίες θα μπορούσαν να ενοποιηθούν σε μία. Η ανάλυση όμως των μέσων ημερήσιων και νυχτερινών θερμοκρασιών τους ανέδειξε διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών των κατηγοριών που σε συνδυασμό με διαφορετικά χαρακτηριστικά των περιοχών τους δικαιολογεί την διαφορετική κατηγοριοποίησή τους.

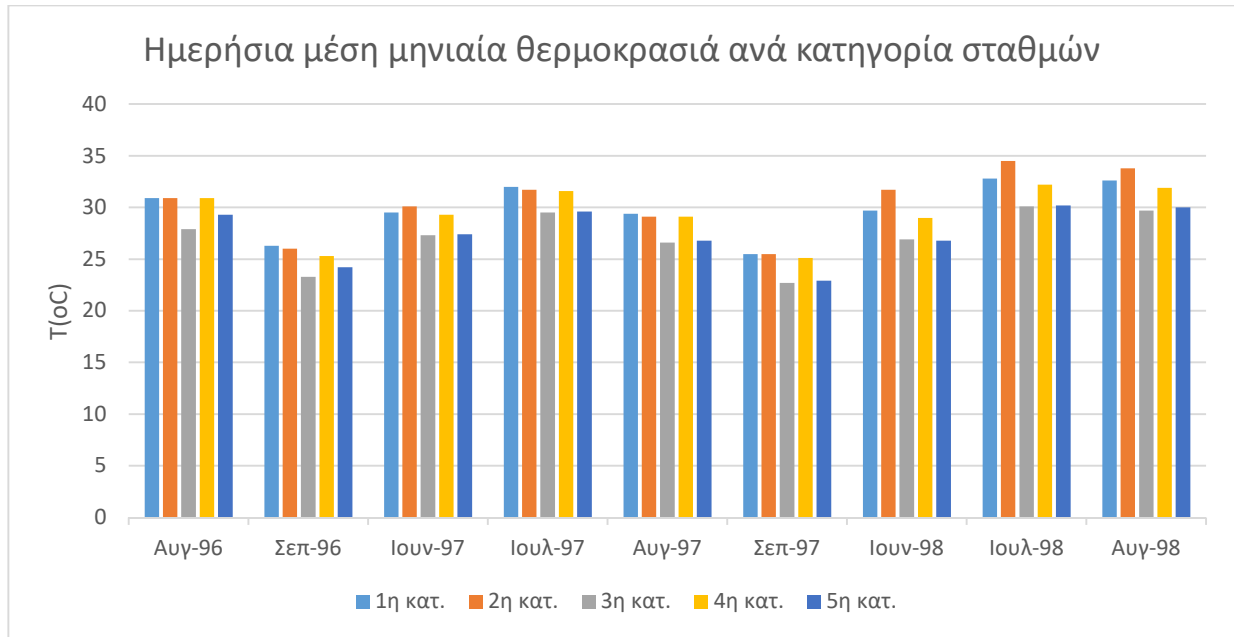
5.3.2. Μέση μηνιαία ημερήσια θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών

Στον πίνακα και στο διάγραμμα που ακολουθεί καταγράφονται οι ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ανά κατηγορία σταθμών.

Πίνακας 5.23: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα)

Σταθμός	Αυγ-96	Σεπ-96	Ιουν-97	Ιουλ-97	Αυγ-97	Σεπ-97	Ιουν-98	Ιουλ-98	Αυγ-98
1 ^η κατ.	30.9	26.3	29.5	32.0	29.4	25.5	29.7	32.8	32.6
2 ^η κατ.	30.9	26.0	30.1	31.7	29.1	25.5	31.7	34.5	33.8
3 ^η κατ.	27.9	23.3	27.3	29.5	26.6	22.7	26.9	30.1	29.7
4 ^η κατ.	30.9	25.3	29.3	31.6	29.1	25.1	29.0	32.2	31.9

5 ^η κατ.	29.3	24.2	27.4	29.6	26.8	22.9	26.8	30.2	30.0
---------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------



Σχήμα 5.2: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών

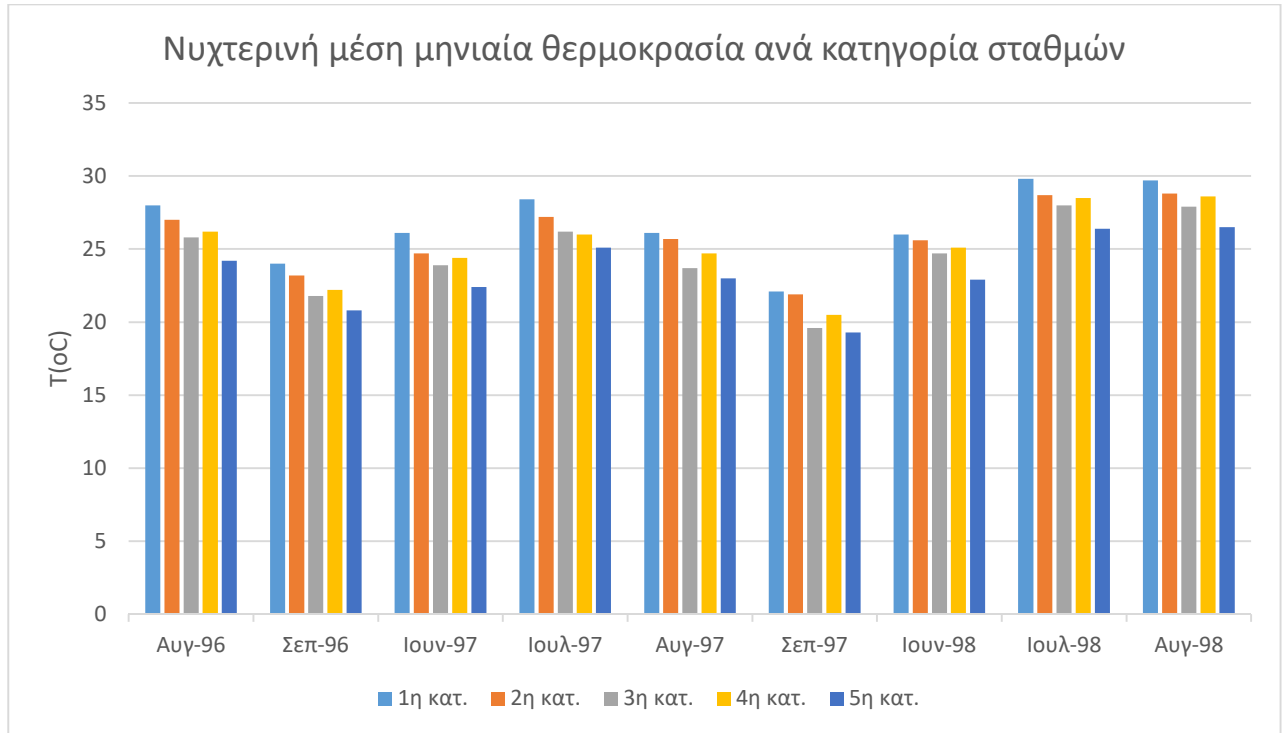
Από τα στοιχεία του πίνακα 5.23 και το σχήμα 5.2 γίνεται αντιληπτό ότι οι σταθμοί της τρίτης κατηγορίας εμφάνισαν σχεδόν συστηματικά τις μικρότερες μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες. Σε αντίθεση με τις μικρότερες ημερήσιες θερμοκρασίες οι μεγαλύτερες μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες εμφανίζονται τόσο στην πρώτη όσο και στην δεύτερη κατηγορία δείχνοντας μια σημαντική ανομοιογένεια λόγω της επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της ημέρας αλλά κυρίως και των άλλων μικροκλιματικών παραγόντων (γεωμετρία δρόμων, προσανατολισμός, ταχύτητα ανέμου, πράσινο κ.λπ.) που επηρέασαν την διαμόρφωση του θερμοκρασιακού καθεστώτος των σταθμών.

5.3.3. Νυχτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών

Στον πίνακα και στο διάγραμμα που ακολουθεί καταγράφονται οι νυχτερινές μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες ανά κατηγορία σταθμών.

Πίνακας 5.24: Νυχτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα)

Σταθμός	Αυγ-96	Σεπ-96	Ιουν-97	Ιουλ-97	Αυγ-97	Σεπ-97	Ιουν-98	Ιουλ-98	Αυγ-98
1 ^η κατ.	28.0	24.0	26.1	28.4	26.1	22.1	26.0	29.8	29.7
2 ^η κατ.	27.0	23.2	24.7	27.2	25.7	21.9	25.6	28.7	28.8
3 ^η κατ.	25.8	21.8	23.9	26.2	23.7	19.6	24.7	28.0	27.9
4 ^η κατ.	26.2	22.2	24.4	26.1	24.7	20.5	25.1	28.5	28.6
5 ^η κατ.	24.2	20.8	22.4	25.1	23.0	19.3	22.9	26.4	26.5



Σχήμα 5.3: Νυχτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.

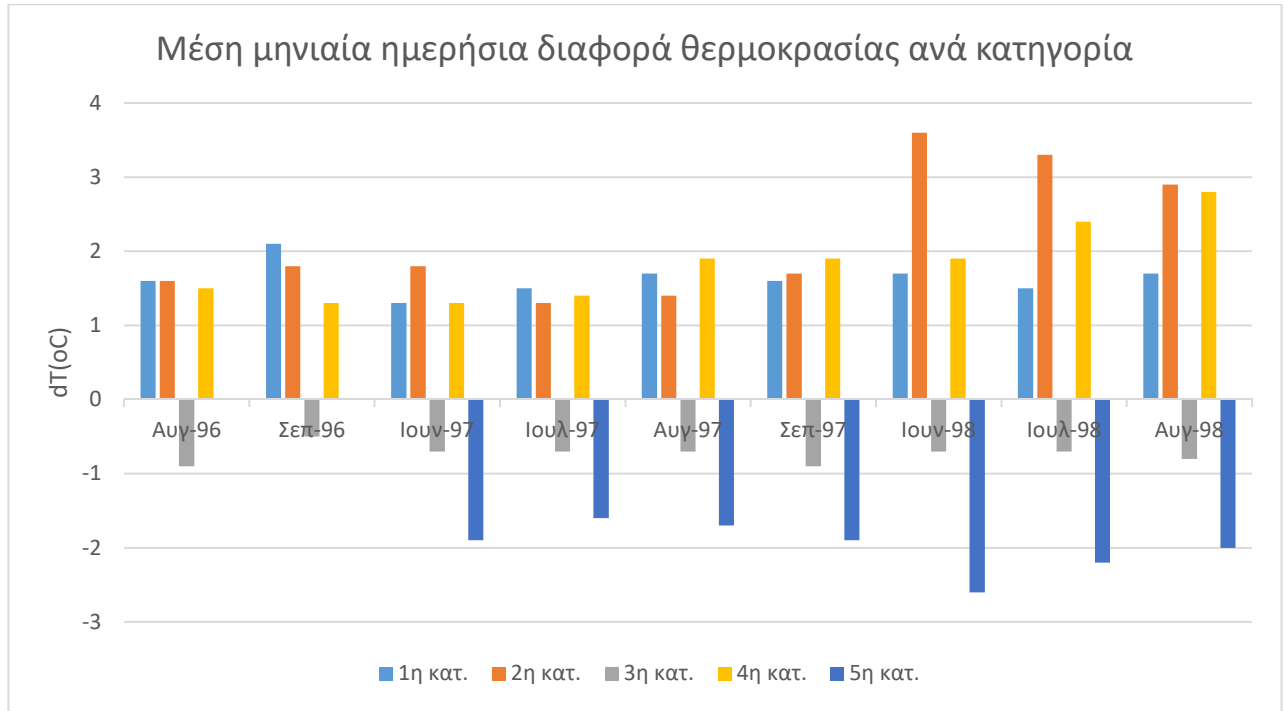
Όπως προέκυψε από τον πίνακα 5.24 και το σχήμα 5.3 οι σταθμοί της πρώτης ομάδας («Συνεχής Αστικός Ιστός») εμφάνισαν τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες, οι οποίες ήταν ως και 3,8°C μεγαλύτερες από αυτές που εμφανίστηκαν στους σταθμούς της πέμπτης κατηγορίας (Αστικό Πράσινο) η οποία εμφάνισε τις μικρότερες μέσες νυχτερινές θερμοκρασίες. Οι σταθμοί της τρίτης κατηγορίας (Ασυνεχής Αστικός Ιστός), λόγω υψομέτρου, σημαντικής παρουσίας αστικού πράσινου, γειτνίασης με ορεινούς όγκους και μικρότερης πυκνότητας δόμησης παρουσίασαν μικρότερες θερμοκρασίες από αυτές της 1ης κατηγορίας που κυμάνθηκαν μεταξύ 1,3 και 2,5°C. Ενώ, οι σταθμοί της δεύτερης κατηγορίας εμφάνισαν θερμοκρασίες λίγο μεγαλύτερες των σταθμών της τέταρτης κατηγορίας.

5.3.4. Μέση μηνιαία ημερήσια διαφορά θερμοκρασίας σταθμού από τον σταθμό αναφοράς

Στον πίνακα και στο διάγραμμα που ακολουθεί καταγράφονται οι μέσες μηνιαίες ημερήσιες διαφορές θερμοκρασίας από το σταθμό αναφοράς ανά κατηγορία σταθμών.

Πίνακας 5.25: Μέση μηνιαία ημερήσια διαφορά θερμοκρασιών από το σταθμό αναφοράς ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

Σταθμός	Αυγ-96	Σεπ-96	Ιουν-97	Ιουλ-97	Αυγ-97	Σεπ-97	Ιουν-98	Ιουλ-98	Αυγ-98
1 ^η κατ.	1.6	2.1	1.3	1.5	1.7	1.6	1.7	1.5	1.7
2 ^η κατ.	1.6	1.8	1.8	1.3	1.4	1.7	3.6	3.3	2.9
3 ^η κατ.	-0.9	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.9	-0.7	-0.7	-0.8
4 ^η κατ.	1.5	1.3	1.3	1.4	1.9	1.9	1.9	2.4	2.8
5 ^η κατ.			-1.9	-1.6	-1.7	-1.9	-2.6	-2.2	-2.0



Σχήμα 5.4: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών

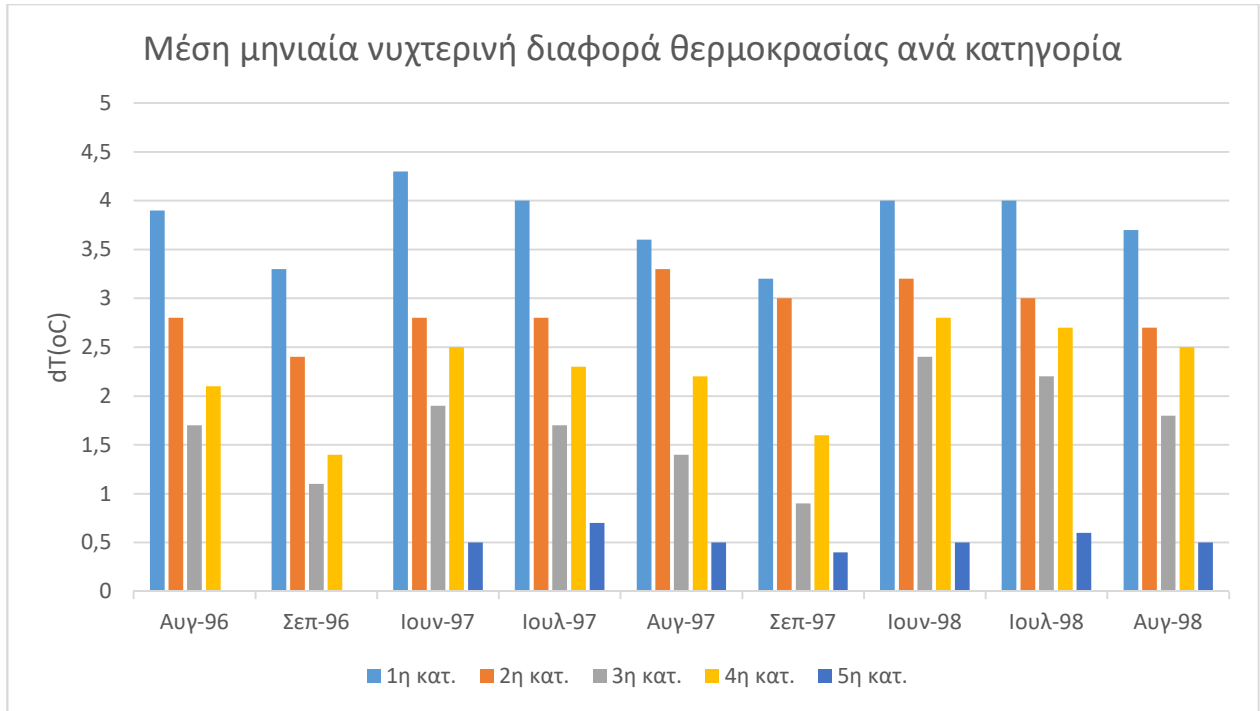
Οι σταθμοί της 3^{ης} και 5^{ης} κατηγορίας παρουσίασαν μικρότερες θερμοκρασίες από αυτές του σταθμού αναφοράς, ενώ οι σταθμοί της 1^{ης} 2^{ης} και 4^{ης} κατηγορίας είχαν θερμοκρασίες μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς με τις θερμοκρασίες των κατηγοριών 2 και 4 (ανοικτές περιοχές) να εμφανίζουν τις πιο πολλές φορές μεγαλύτερες θερμοκρασίες από αυτές της Κατηγορίας 1.

5.3.5. Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας σταθμού από τον σταθμό αναφοράς

Στον πίνακα και στο διάγραμμα που ακολουθεί καταγράφονται οι νυκτερινές μέσες μηνιαίες διαφορές θερμοκρασίας από το σταθμό αναφοράς ανά κατηγορία σταθμών.

Πίνακας 5.26: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασιών από το σταθμό αναφοράς ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

Σταθμός	Αυγ-96	Σεπ-96	Ιουν-97	Ιουλ-97	Αυγ-97	Σεπ-97	Ιουν-98	Ιουλ-98	Αυγ-98
1 ^η κατ.	3,9	3,3	4,3	4	3,6	3,2	4	4	3,7
2 ^η κατ.	2,8	2,4	2,8	2,8	3,3	3	3,2	3	2,7
3 ^η κατ.	1,7	1,1	1,9	1,7	1,4	0,9	2,4	2,2	1,8
4 ^η κατ.	2,1	1,4	2,5	2,3	2,2	1,6	2,8	2,7	2,5
5 ^η κατ.			0,5	0,7	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5



Σχήμα 5.5: Νυχτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών

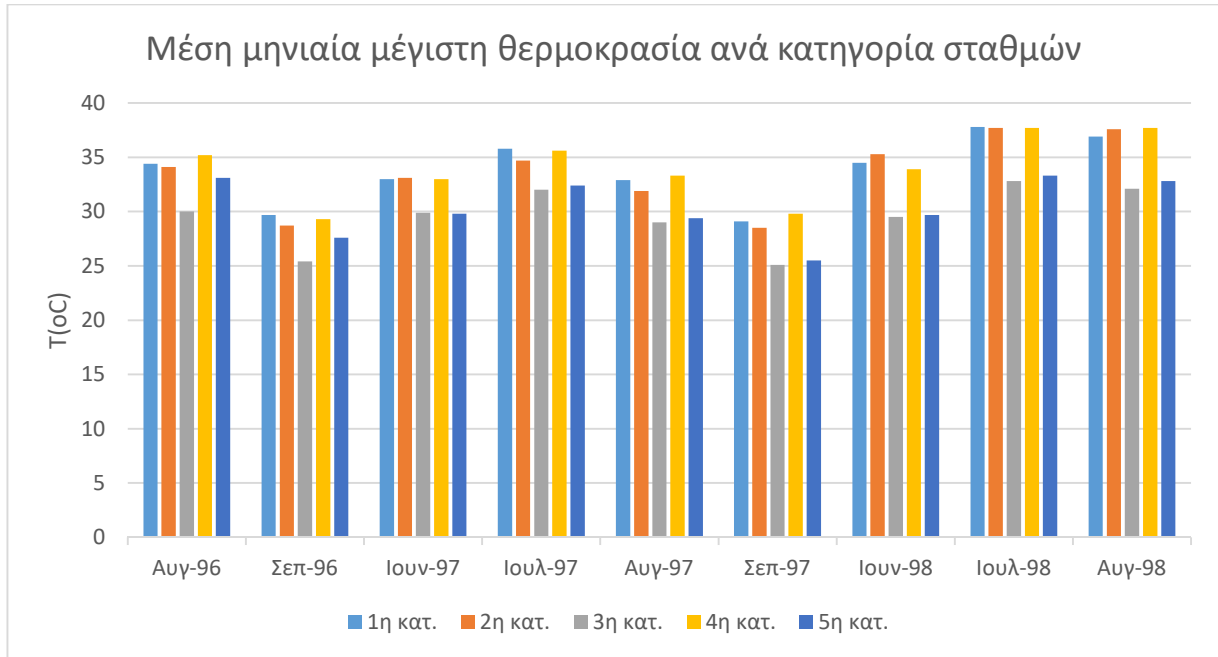
Οι σταθμοί της πρώτης κατηγορίας (Συνεχής Αστικός Ιστός) εμφανίζουν κατά μέσο όρο τις μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς οι οποίες είναι πάνω 3.2°C. Οι αμέσως μικρότερες διαφορές είναι αυτές της δεύτερης κατηγορίας και ακολουθούν οι σταθμοί της τέταρτης και τρίτης κατηγορίας. Από τα στοιχεία που προέκυψαν από την ανωτέρω ανάλυση φαίνεται μια σαφής διαφορά μεταξύ της 1^{ης} κατηγορίας από αυτές της 5^{ης} και 3^{ης} κατηγορίας. Οι σταθμοί της 2^{ης} και 4^{ης} κατηγορίας εμφάνισαν ενδιάμεσες διαφορές.

5.3.6. Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία

Στον πίνακα και στο διάγραμμα που ακολουθεί καταγράφονται οι μέσες μηνιαίες μέγιστες θερμοκρασίες ανά κατηγορία σταθμών.

Πίνακας 5.27: Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

Σταθμός	Αυγ-96	Σεπ-96	Ιουν-97	Ιουλ-97	Αυγ-97	Σεπ-97	Ιουν-98	Ιουλ-98	Αυγ-98
1 ^η κατ.	34.4	29.7	33.0	35.8	32.9	29.1	34.5	37.8	36.9
2 ^η κατ.	34.1	28.7	33.1	34.7	31.9	28.5	35.3	37.7	37.6
3 ^η κατ.	30.0	25.4	29.9	32.0	29.0	25.1	29.5	32.8	32.1
4 ^η κατ.	35.2	29.3	33.0	35.6	33.3	29.8	33.9	37.7	37.7
5 ^η κατ.	33.1	27.6	29.8	32.4	29.4	25.5	29.7	33.3	32.8



Σχήμα 5.6: Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών

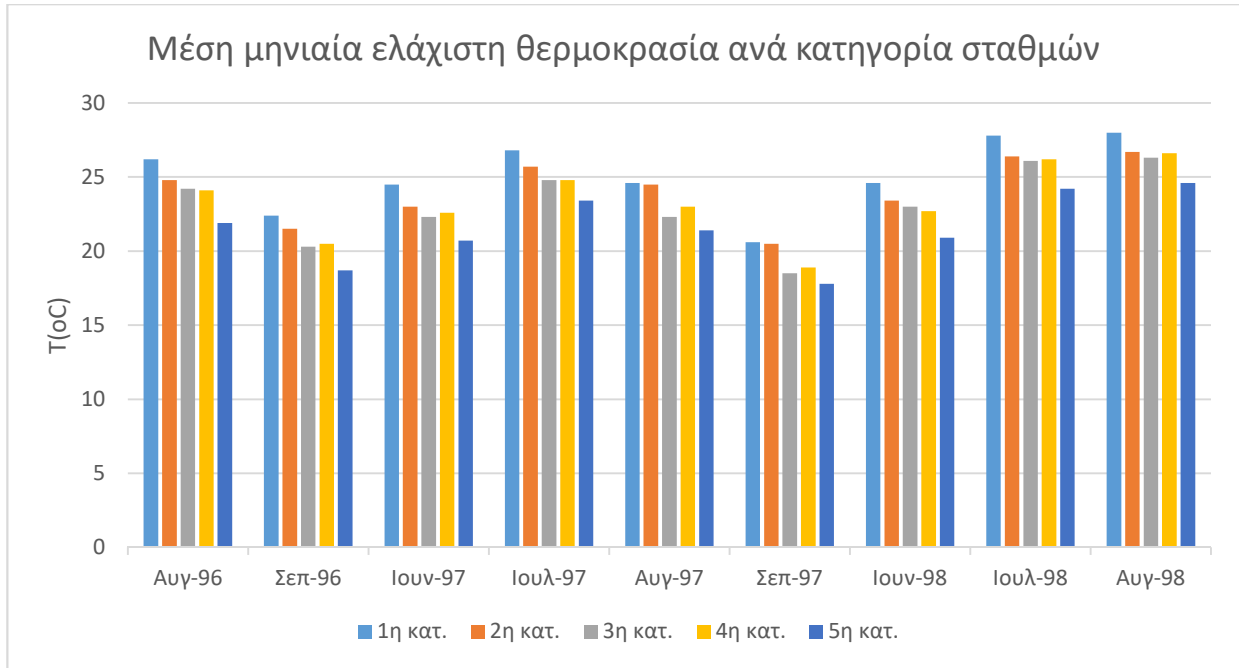
Η μικρότερη μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία εμφανίζεται συστηματικά στην τρίτη κατηγορία με την απόλυτα μικρότερη τον Σεπτέμβριο του 1997 με 25,1°C. Οι μέσες μέγιστες θερμοκρασίες όπως και οι ημερήσιες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες δεν εμφανίστηκαν συστηματικά σε κάποια κατηγορία αλλά μοιράζονται στην πρώτη δεύτερη και τέταρτη κατηγορία με την απόλυτα μέγιστη τιμή να εμφανίζεται τον Ιούλιο του 1998 και η οποία έφθασε στους 37,8 °C (Ιούλιος 1998, Κατηγορία 1.)

5.3.7. Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία

Στον πίνακα και στο διάγραμμα που ακολουθεί καταγράφονται οι μέσες μηνιαίες ελάχιστες θερμοκρασίες ανά κατηγορία σταθμών.

Πίνακας 5.28: Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

Σταθμός	Αυγ-96	Σεπ-96	Ιουν-97	Ιουλ-97	Αυγ-97	Σεπ-97	Ιουν-98	Ιουλ-98	Αυγ-98
1 ^η κατ.	26.2	22.4	24.5	26.8	24.6	20.6	24.6	27.8	28.0
2 ^η κατ.	24.8	21.5	23.0	25.7	24.5	20.5	23.4	26.4	26.7
3 ^η κατ.	24.2	20.3	22.3	24.8	22.3	18.5	23.0	26.1	26.3
4 ^η κατ.	24.1	20.5	22.6	24.8	23.0	18.9	22.7	26.2	26.6
5 ^η κατ.	21.9	18.7	20.7	23.4	21.4	17.8	20.9	24.2	24.6



Σχήμα 5.7: Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών

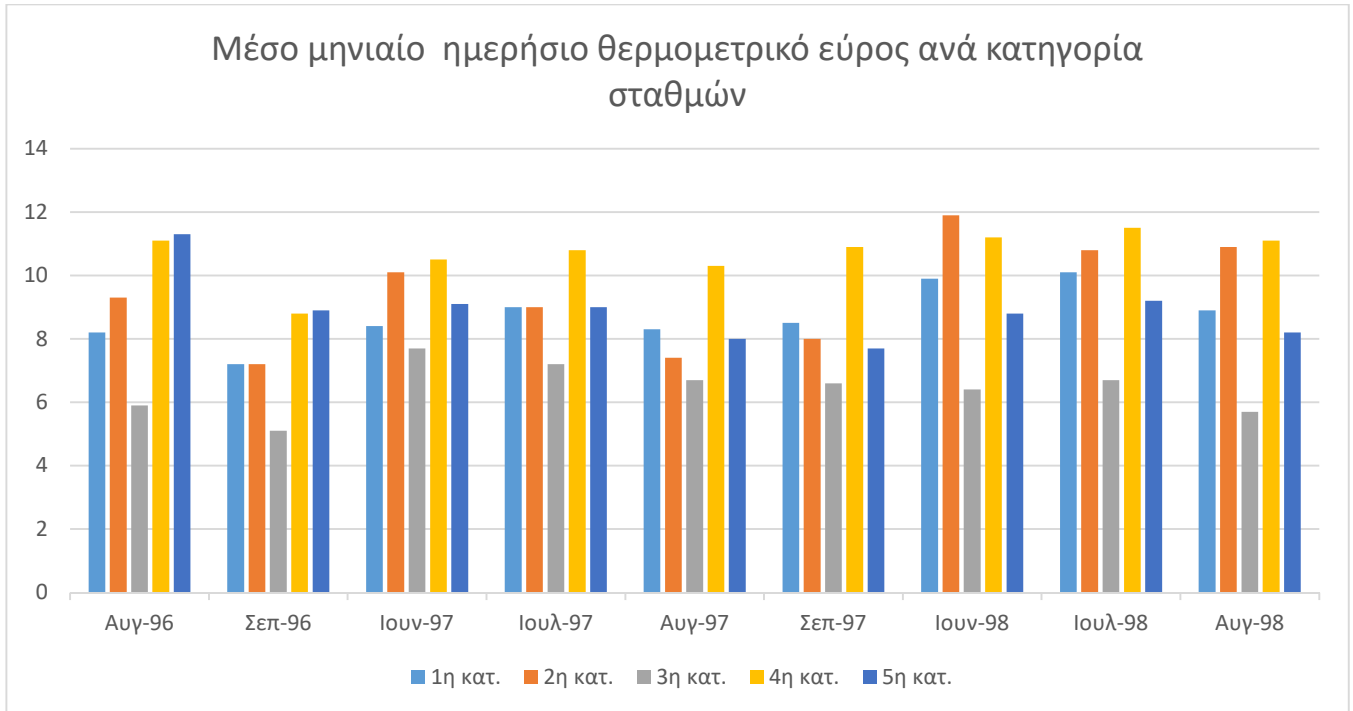
Οι ελάχιστες θερμοκρασίες εμφάνισαν σαφή διαχωρισμό μεταξύ τους και με σταθερή σχετική συμπεριφορά με εξαίρεση της τρίτης με την τέταρτη κατηγορία. Τις μεγαλύτερες μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες εμφάνισε συστηματικά η πρώτη κατηγορία με την απόλυτα μεγαλύτερη τιμή να εμφανίζεται τον Αύγουστο του 1998 (28 °C.) Σημειώνεται ότι τον Αύγουστο του 1998 όλες οι κατηγορίες εμφάνισαν τις μεγαλύτερες μέσες ελάχιστες θερμοκρασίες όλης της εξεταζόμενης περιόδου. Η απόλυτα μικρότερη μέση θερμοκρασία εμφανίσθηκε τον Σεπτέμβριο του 1997 και έφθασε στους 17,8 βαθμούς.

5.3.8. Μέσο μηνιαίο Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος

Στον πίνακα και στο διάγραμμα που ακολουθεί καταγράφεται το μέσο ημερήσιο θερμομετρικό εύρος ανά κατηγορία σταθμών.

Πίνακας 5.29: Μέσο μηνιαίο ημερήσιο θερμομετρικό εύρος. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).

Σταθμός	Αυγ-96	Σεπ-96	Ιουν-97	Ιουλ-97	Αυγ-97	Σεπ-97	Ιουν-98	Ιουλ-98	Αυγ-98
1 ^η κατ.	8.2	7.2	8.4	9.0	8.3	8.5	9.9	10.1	8.9
2 ^η κατ.	9.3	7.2	10.1	9.0	7.4	8.0	11.9	10.8	10.9
3 ^η κατ.	5.9	5.1	7.7	7.2	6.7	6.6	6.4	6.7	5.7
4 ^η κατ.	11.1	8.8	10.5	10.8	10.3	10.9	11.2	11.5	11.1
5 ^η κατ.	11.3	8.9	9.1	9.0	8.0	7.7	8.8	9.2	8.2



Σχήμα 5.8: Μέσο μηνιαίο ημερήσιο θερμομετρικό εύρος ανά κατηγορία σταθμών

Σε ότι αφορά το μέσο μηνιαίο ημερήσιο θερμομετρικό εύρος τις μεγαλύτερες τιμές τις εμφανίζει η τέταρτη και η πέμπτη κατηγορία με την μέγιστη τιμή να την εμφανίζει η δεύτερη κατηγορία τον Ιούνιο του 1998 (11,9 οC). Τις μικρότερες τιμές τις εμφανίζει η τρίτη κατηγορία με την μικρότερη τιμή να είναι 5,1°C τον Σεπτέμβριο του 1996.

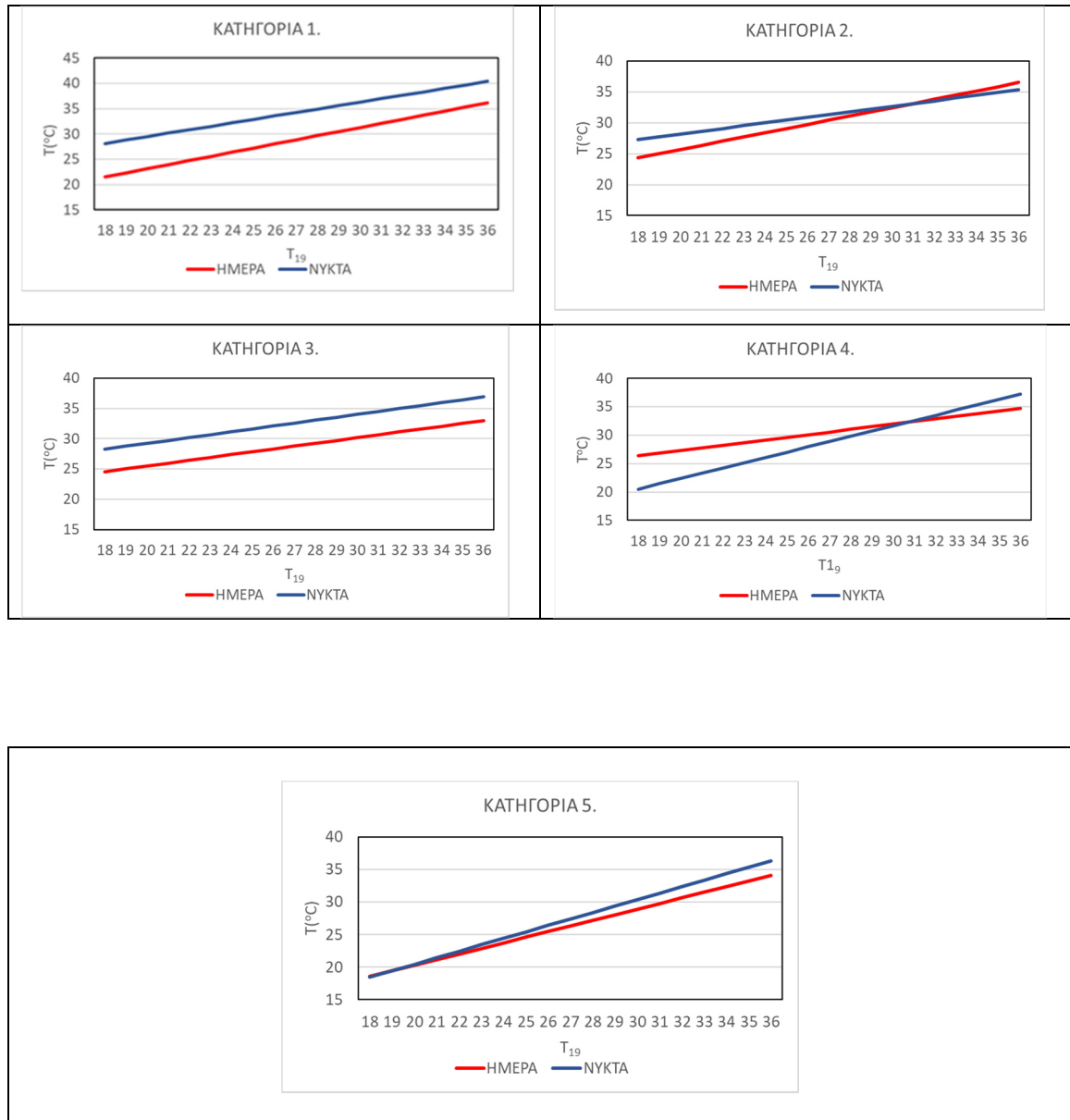
5.3.9. Συμπεράσματα

Εξετάζοντας βασικές θερμοκρασιακές παραμέτρους ανά κατηγορία σταθμών προκύπτει ότι με εξαίρεση την σημαντική διαφορετική συμπεριφορά μεταξύ των σταθμών της πρώτης κατηγορίας με αυτούς της πέμπτης κατηγορίας οι υπόλοιπες κατηγορίες ιδιαίτερα κατά την ημερήσια περίοδο δεν παρουσιάζουν συστηματικές διαφοροποιήσεις για όλες τις παραμέτρους. Οι θερμοκρασίες των σταθμών που βρίσκονται σε τυπικό αστικό περιβάλλον (1η κατηγορία) παρουσίασαν υψηλότερες θερμοκρασίες από τον σταθμό αναφοράς συνήθως από 3,5 ως 4°C κατά την διάρκεια της νύχτας. Η τιμή αυτή μπορεί να θεωρηθεί ως η πιο αντιπροσωπευτική της μέσης έντασης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και αυτή που προτείνεται να χρησιμοποιείται ως μέση ένταση για το κέντρο της πόλης των Αθηνών για την καλοκαιρινή περίοδο. Αυτό διότι η τιμή αυτή περιλαμβάνει ένα πλήθος σταθμών με όμοια χαρακτηριστικά τοποθετημένους σε περιοχές στο κέντρο και δυτικά αυτού εκεί όπου παρατηρούνται γενικά η υψηλότερες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της νύχτας.

5.4. Συσχέτιση μέσων μηνιαίων ωριαίων ημερήσιων και νυχτερινών θερμοκρασιών του αέρα των σταθμών ανά μήνα, και ανά κατηγορία, σε σχέση με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς.

Στη συνέχεια εξετάστηκε η συσχέτιση μεταξύ των μέσων μηνιαίων ωριαίων ημερήσιων και νυχτερινών θερμοκρασιών του αέρα των σταθμών για το σύνολο των μηνών, ανά κατηγορία, σε σχέση με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς(T_{19}).

Στις γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν (Σχήμα 5.9) για κάθε κατηγορία σταθμών αποτυπώνονται για την ημέρα και την νύκτα οι γραμμές παλινδρόμησης που αντιστοιχούν στα διαγράμματα διασποράς των μέσων ανά ώρα μηνιαίων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα συναρτήσει των αντίστοιχων τιμών του σταθμού αναφοράς. Από την εφαρμογή στα διαγράμματα διασποράς της στατιστικής μεθοδολογίας της παλινδρόμησης προέκυψε ότι το βέλτιστο αποτέλεσμα έδωσε η γραμμική παλινδρόμηση. Οι αντίστοιχες εξισώσεις δίνονται στον Πίνακα 5.30, από όπου επίσης προκύπτει ότι σε όλες τις περιπτώσεις ο συντελεστής προσδιορισμού έλαβε πολύ υψηλές τιμές (στατιστικά σημαντικές).



Σχήμα 5.9: Γραμμές παλινδρόμησης των ημερήσιων και νυχτερινών μέσων μηνιαίων ωριαίων θερμοκρασιών ($^{\circ}\text{C}$) για το σύνολο των σταθμών και το σύνολο των μηνών ανά κατηγορία συναρτήσει με των αντίστοιχων θερμοκρασιών ($^{\circ}\text{C}$) του σταθμού αναφοράς (T_{19}).

Πίνακας 5.30: Γραμμικές παλινδρομήσεις και οι αντίστοιχοι συντελεστές προσδιορισμού ανά κατηγορία σταθμών των ωριαίων νυκτερινών μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών συναρτήσει των αντίστοιχων τιμών του σταθμού αναφοράς (T_{19}).

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	Ημερήσιες μετρήσεις		Νυκτερινές μετρήσεις	
	Γραμμή παλινδρόμησης	R ²	Γραμμή παλινδρόμησης	R ²
1 ^η	$T = 0.816604 \cdot T_{19} + 6.78899$	0.667195	$T = 1.00664 \cdot T_{19} + 3.62513$	0.878623
2 ^η	$T = 0.828267 \cdot T_{19} + 6.53809$	0.850472	$T = 0.953924 \cdot T_{19} + 3.88071$	0.883415
3 ^η	$T = 0.692945 \cdot T_{19} + 7.68968$	0.644844	$T = 1.03322 \cdot T_{19} + 1.00751$	0.883415
4 ^η	$T = 0.989097 \cdot T_{19} + 2.1017$	0.839227	$T = 1.07782 \cdot T_{19} + 0.399417$	0.95579
5 ^η	$T = 0.861813 \cdot T_{19} + 3.0604$	0.872956	$T = 0.992978 \cdot T_{19} + 0.593028$	0.954453

Από το Σχήμα 5.9 φαίνεται ότι στις κατηγορίες 1 και 3, οι συνδιακυμάνσεις εμφανίζουν την ίδια μορφή, δηλαδή ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας του αέρα στους σταθμούς αυτών των κατηγοριών είναι ο ίδιος για την ημέρα και την νύκτα σε κάθε κατηγορία, με τις θερμοκρασίες του αέρα να κυμαίνονται στα ίδια σχεδόν επίπεδα κατά την διάρκεια της νύκτα και στις δύο κατηγορίες, ενώ την ημέρα για μεν τις χαμηλές τιμές της T_{19} οι αντίστοιχες τιμές είναι υψηλότερες στους σταθμούς της Κατηγορίας 3, ενώ για υψηλές τιμές της T_{19} οι αντίστοιχες τιμές στην Κατηγορία 1 είναι κατά πολύ υψηλότερες.

Μεταξύ των κατηγοριών 2 και 4, δηλαδή σε ανοικτό περιβάλλον παρουσιάστηκαν αντίστροφες συνδιακυμάνσεις, τόσο των ημερήσιων, όσο και των νυκτερινών θερμοκρασιών και μεταξύ των δύο κατηγοριών, συγκεκριμένα ο ρυθμός μεταβολής της συνδιακύμανσης την ημέρα είναι ο ίδιος περίπου και στις δύο κατηγορίες, ενώ κατά την διάρκεια της νύκτας αυξανόμενη της θερμοκρασίας στον σταθμό αναφοράς παρατηρήθηκε μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας στην κατηγορία 4, δηλαδή εμφανίζεται ασθενέστερο το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στους σταθμούς της κατηγορίας 2 κυρίως λόγω της επίδρασης της θάλασσας στις νυκτερινές τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στους σταθμούς αυτής της κατηγορίας (Σταθμός 6 και Σταθμός 10).

Χαρακτηριστικό είναι ότι για τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στον σταθμό αναφοράς μεγαλύτερες των 31°C στους μεν σταθμούς της Κατηγορίας 2 παρατηρήθηκαν υψηλότερες θερμοκρασίες του αέρα κατά την διάρκεια της ημέρας, σε αυτούς της κατηγορίας 4 οι ημερήσιες θερμοκρασίες εμφανίστηκαν χαμηλότερες κατά την διάρκεια της ημέρας σε σχέση με την νύκτα.

Τέλος, όσον αφορά τον σταθμό της Κατηγορίας 5, ο ρυθμός μεταβολής των θερμοκρασιών στον Σταθμό 22 συναρτήσει των τιμών της θερμοκρασίας του αέρα του σταθμού αναφοράς για χαμηλές τιμές του T_{19} εμφανίζεται ο ίδιος τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και την νύκτα, ενώ για υψηλότερες τιμές της T_{19} είναι ισχυρότερος κατά την διάρκεια της νύκτας. Η συμπεριφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 4 η θέση του Σταθμού 22 στο φυτώριο του Πεδίου του Άρεως έχει ως αποτέλεσμα λόγω του πρωινού ποτίσματος το φαινόμενο της εξάτμισης και της εξατμισοδιαπνοής να είναι ισχυρότερο στο Σταθμό 22 από ότι στο Σταθμό 19 κατά την διάρκεια της ημέρας.

5.5. Μελέτη της έντασης και της εμμονής της αστικής θερμικής νησίδας

Στη μελέτη του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας σημαντικό ρόλο παίζει τόσο η έντασή της όσο και η διάρκειά της. Στο σημείο αυτό θεωρώντας τα ωριαία δεδομένα του δικτύου των 25 σταθμών μέτρησης για το διάστημα Ιουνίου-Σεπτεμβρίου 1997, όπου υπάρχει πλήρης σειρά δεδομένων σε όλους τους σταθμούς καθώς επίσης και ωριαία δεδομένα της ταχύτητας του ανέμου στο Αστεροσκοπείο Αθηνών, αναζητήθηκε:

- η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας, για κάθε σταθμό σε σχέση με τις επικρατούσες ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα του σταθμού «αναφοράς»(Εθνικός Κήπος) εκτιμώντας στη συνέχεια με την βοήθεια του στατιστικού νόμου των «υπερβάσεων» τις τιμές της αστικής θερμικής νησίδας για κάθε σταθμό και για διάφορες χρονικές περιόδους(σε ημέρες) επανεμφάνισης και
- η σημαντικότητα της διάρκειας σε ώρες μέσα στο 24ωρο του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, υπολογίζοντας την στατιστική σημαντικότητα της «εμμονής» του φαινομένου σε κάθε σταθμό, με την βοήθεια του συντελεστή αυτοσυσχέτισης.

5.5.1.Ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

Στην περίπτωση της αστικής θερμικής νησίδας η μεταβλητή που εξετάζεται, είναι μια συνεχής μεταβλητή (η μέγιστη ημερήσια διαφορά θερμοκρασίας σε κάθε θέση από την αντίστοιχη τιμή του σταθμού αναφοράς). Με δεδομένο ότι η μελετώμενη χρονοσειρά είναι μικρής διάρκειας αντί της θεωρίας των ακραίων τιμών, όπου λαμβάνεται υπόψη από κάθε έτος η μέγιστη τιμή της εξεταζόμενης μεταβλητής, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ο στατιστικός νόμος των «υπερβάσεων» όπου από το σύνολο των τιμών κάθε χρονοσειράς (ημερήσιες μέγιστες τιμές του διαστήματος 1/6 ως 30/9 1997), προέκυψαν οι 122 μεγαλύτερες τιμές. Στην συνέχεια από το δείγμα που σχηματίζεται για κάθε σταθμό λήφθηκε υπόψη ένα ποσοστό αυτών των τιμών (εδώ λαμβάνεται το 85° εκατοστημόριο) στο οποίο εφαρμόζεται ο νόμος των «υπερβάσεων» ο οποίος ορίζεται από τη σχέση:

$$F(x) = 1 - e^{-\frac{(x-\mu)}{s}} \quad [5.1]$$

όπου $\mu = \min(x_i)$ με x_i τις τιμές του δείγματος που ορίζεται από το 15% των μεγαλύτερων τιμών και

$$s = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N x_i - \min x_i \text{ και}$$

$N = \text{το μέγεθος του δείγματος}$

Για κάθε σταθμό οι μέγιστες εντάσεις της αστικής θερμικής νησίδας για διάφορες περιόδους επανεμφάνισης μπορούν να υπολογισθούν με την βοήθεια των παραμέτρων μ (ελάχιστη τιμή του δείγματος) και s (μέση τιμή των τιμών του δείγματος μείον την ελάχιστη τιμή).

Η καλή προσαρμογή του θεωρητικού νόμου στα δεδομένα ελέγχθηκε με την βοήθεια του ελέγχου Kolmogorov για ένα δείγμα, ο οποίος έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοσθεί σε μικρά δείγματα. Υπολογίζεται δηλαδή η μέγιστη απόλυτη παρεκτροπή μεταξύ εμπειρικών συχνοτήτων(από το δείγμα) και των αντίστοιχων θεωρητικών που προέκυψαν από την εφαρμογή του νόμου των υπερβάσεων. Εφόσον υπάρχει καλή προσαρμογή του νόμου στα δεδομένα του δείγματος στην στάθμη σημαντικότητας α (ορίσθηκε $\alpha = 0,05$), μπορούν στη συνέχεια να ορισθούν οι θεωρητικές τιμές της αστικής θερμικής νησίδας που κατά μέσο όρο θα ξεπεραστούν κατά μέσο όρο μία τουλάχιστον φορά σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η επιλογή του κατάλληλου εκατοστημορίου για τον ορισμό του δείγματος εξαρτάται από το μήκος της χρονοσειράς των δεδομένων και επιλέγεται κατά τρόπο ώστε το δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού από τον οποίο προέρχεται(στο 85° εκατοστημόριο αντιστοιχεί στην παρούσα μελέτη δείγμα μεγέθους $N=18$),[Η. Λιώκη-Λειβαδά – Δ. Ν. Ασημακόπουλος «Μαθήματα Εφαρμοσμένης Στατιστικής, 2010].

Τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν μελετώντας τον πίνακα 5.32. μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- Η απολύτως μέγιστες εντάσεις της αστικής θερμικής νησίδας κυμάνθηκαν μεταξύ 3,3°C(Πεδίο του Άρεως) και 14,6 °C(Πανεπιστημιακή Λέσχη) και εκφράζουν την κατάσταση που επικρατεί στον περιβάλλοντα χώρο κάθε ενός από τους δύο αυτούς σταθμούς που χαρακτηρίζονται από ακραίες αλλά και αντίθετες συνθήκες έκθεσης

- Σε όλες τις περιπτώσεις η εφαρμογή του στατιστικού νόμου των υπερβάσεων έδωσε συχνότητες παραπλήσιες με τις εμπειρικές, στη στάθμη σημαντικότητας 0,05, ως εκ τούτου είναι δυνατή η εφαρμογή αυτού του στατιστικού νόμου στα δείγματα και στην συνέχεια η εκτίμηση για διάφορες περιόδους επανάληψης των θεωρητικών τιμών της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας.
- Οι τιμές D του στατιστικού ελέγχου καλής προσαρμογής (Kolmogorov test), που δίνονται στον πίνακα 5.31 βρέθηκαν σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερες της κρίσιμης τιμής στη στάθμη σημαντικότητας $\alpha=0,05$, επιβεβαιώνοντας την καλή προσαρμογή του στατιστικού νόμου των «υπερβάσεων» στα δείγματα.

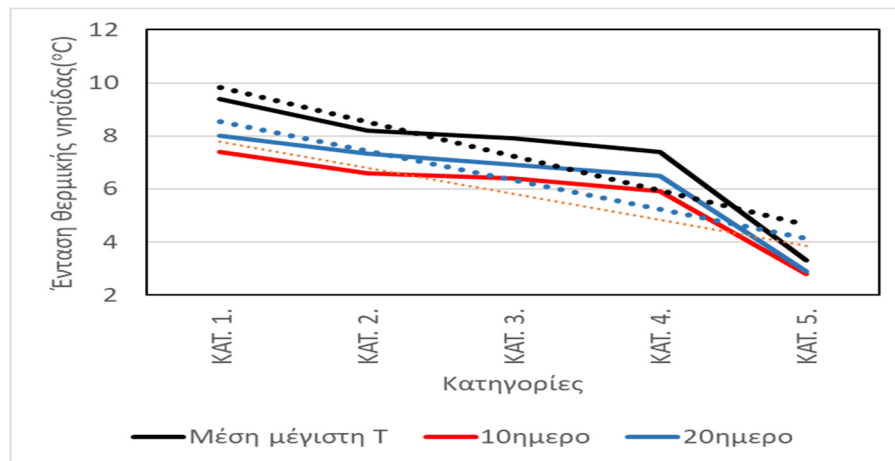
Τέλος, συγκρίνοντας τις μέγιστες τιμές (στήλη 2 του πίνακα 5.31) με τις αναμενόμενες να εμφανισθούν κατά μέσο όρο μια φορά κάθε 20 ημέρες προέκυψε ότι σε όλες τις περιπτώσεις οι μέγιστες τιμές που μετρήθηκαν είχαν περίοδο επανάληψης μεγαλύτερη των 20 ημερών, πρόκειται δηλαδή για μη συχνές περιπτώσεις

Πίνακας 5.31: Η μέγιστη τιμή της θερμικής νησίδας για το έτος 1997 μαζί με τις παραμέτρους του νόμου των υπερβάσεων και την τιμή του ελέγχου καλής προσαρμογής (Kolmogorov) για ένα δείγμα για κάθε σταθμό των 5 κατηγοριών των σταθμών μέτρησης

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1.						
Σταθμός	Μέγιστη	Ελάχιστη(μ)	s	D	ανά 10ήμερο	ανά 20ήμερο
No 3 Αμπελόκηποι	6,4	4,9	0,611	0,171	5,5	6,0
No 4 Κορυδαλλός	8,6	7,4	0,528	0,235	7,8	8,2
No 5 Υμηττού(Παγκράτι)	6,3	5,5	0,278	0,263	5,6	5,9
No 7 Στουρνάρη	10,4	6,6	1,278	0,258	7,5	8,3
No 9 FIX	9,6	7,0	0,878	0,185	7,6	8,5
No11 Αιόλου & Ερμού	9	6,9	0,506	0,122	7,1	7,7
No12 Πανεπιστημιακή Λέσχη	14,6	12,0	1,100	0,260	12,8	13,7
No 13 Σόλωνος	11,9	8,8	1,024	0,251	9,3	9,9
No 15 Αριστοτέλους	7,9	7,0	0,289	0,170	7,2	7,4
No 18 Αγιάεω	8,5	5,5	0,633	0,183	5,9	6,4
No 25 Κολωνός	9,9	5,5	0,600	0,211	5,7	5,9
No 26 Hilton	9,5	5,9	1,500	0,172	6,9	8,3
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2.						
Σταθμός	Μέγιστη	Ελάχιστη(μ)	s	D	ανά 10ήμερο	ανά 20ήμερο
No 6 Άγιος Κοσμάς	6,9	5,5	0,572	0,211	6,0	6,5
No 10 Ευγενίδειο	9,5	6,5	1,017	0,212	7,2	8,2
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3.						
Σταθμός	Μέγιστη	Ελάχιστη(μ)	s	D	ανά 10ήμερο	ανά 20ήμερο
No 2 Ηλιούπολη	5,9	4,0	0,500	0,182	4,4	4,7
No 8. Γλυκά Νερά	12,5	9,6	1,250	0,154	10,4	11,7
No 16 Κηφισιά	6,7	4,8	0,635	0,219	5,2	5,5
No 21 Αγία Παρασκευή	7,5	5,0	0,944	0,197	5,6	6,4
No 23 Κόκκινος Μύλος	9,5	7,4	0,544	0,182	7,8	8,0
No 24 Παράδεισος Αμαρουσίου	8,0	6,3	1,000	0,382*	7,4	7,8
No 27 Ν.Ιωνία	6,1	3,6	0,571	0,171	4,0	4,3
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4.						
Σταθμός	Μέγιστη	Ελάχιστη(μ)	s	D	ανά 10ήμερο	ανά 20ήμερο
No 1 Εθν.Αστεροσκοπείο Αθηνών	6,2	4,5	0,561	0,186	4,7	5,3
No 14 Γεωπονική Σχολή	7,4	6,2	0,400	0,183	6,4	6,9
No 17Δάσος Χαϊδαρίου	6,6	4,4	0,750	0,150	4,9	5,5
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5.						
Σταθμός	Μέγιστη	Ελάχιστη(μ)	s	D	ανά 10ήμερο	ανά 20ήμερο
No 19 Εθνικός Κήπος (σταθμός αναφοράς)**	39,6	35,1	1,533	0,263	35,6	37,8
No 22 Πεδίον του Άρεως	3,3	2,6	0,267	0,329*	2,8	2,9

*στατιστικά σημαντικές απόλυτες παρεκτροπές για διαφορετικούς βαθμούς ελευθερίας
 ** οι τιμές αναφέρονται στις θερμοκρασίες του αέρα

Στο σχήμα 5.10 δίνονται για κάθε κατηγορία σταθμών η μέση μέγιστη, ανά κατηγορία, τιμή της έντασης της θερμικής νησίδας και αντίστοιχα οι θεωρητικές αναμενόμενες να εμφανισθούν κατά μέσο όρο μία φορά στις 10 και 20 ημέρες μέγιστες τιμές της έντασης της θερμικής νησίδας. Όπως φαίνεται και οι τρεις παράμετροι εμφανίζουν πτωτική τάση μεταξύ της πρώτης και της 5^{ης} κατηγορίας. Εφαρμόζοντας τον στατιστικό έλεγχο της σημαντικότητας ($\alpha=0,05$) της κλίσης των γραμμών παλινδρόμησης που αντιστοιχεί σε κάθε καμπύλη προέκυψε ότι και για τις τρεις εξεταζόμενες παραμέτρους οι απόλυτες τιμές του ελέγχου των κλίσεων (3,959 - 3,674 - 3,780) είναι μεγαλύτερες από την κρίσιμη τιμή ($t_{0,05} = 3,182$), δηλαδή η μετακίνηση από την κατηγορία 1. προς την κατηγορία 5. δείχνει μια στατιστικά σημαντική ελάττωση των τιμών των εξεταζόμενων παραμέτρων.



Σχήμα 5.10: Ορισμός, ανά κατηγορία, της μέγιστης έντασης της θερμικής νησίδας και των θεωρητικά αναμενόμενων τιμών επανεμφάνισης αυτής για περιόδους επανάληψης 10 και 20 ημερών, σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες ευθείες παλινδρόμησης.

5.5.2. Εμμονή του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, σε γενικές γραμμές οι μέσες νυκτερινές τιμές της αστικής νησίδας εμφανίζονται μεγαλύτερες από αυτές της ημέρας στους σταθμούς εντός αστικού ιστού.

Από διάφορους ερευνητές έχουν ορισθεί πολλές μέθοδοι προσδιορισμού της ύπαρξης εμμονής σε μια χρονοσειρά. Στην περίπτωση συνεχούς μεταβλητής όπως είναι η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας, για τον ορισμό της εμμονής θα χρησιμοποιηθεί ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης ο οποίος ορίζει για διάφορα βήματα L_1, L_2, L_3, \dots τον βαθμό της εμμονής. Έτσι σε μια χρονοσειρά ωριαίων τιμών της έντασης της θερμικής νησίδας (x_1, x_2, x_3, \dots) ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης δίνεται από την σχέση:

$$r_L = \frac{\sum_{i=1}^{N-L} ((x_i - \bar{x}) \cdot (x_{i+L} - \bar{x}))}{(N-L) \cdot s_x^2} \quad [5.2]$$

όπου

L = το διάστημα χρόνου (lag), που ορίζει την λεγόμενη «υστέρηση» και παίρνει τιμές $\pm 1, \pm 2, \dots$

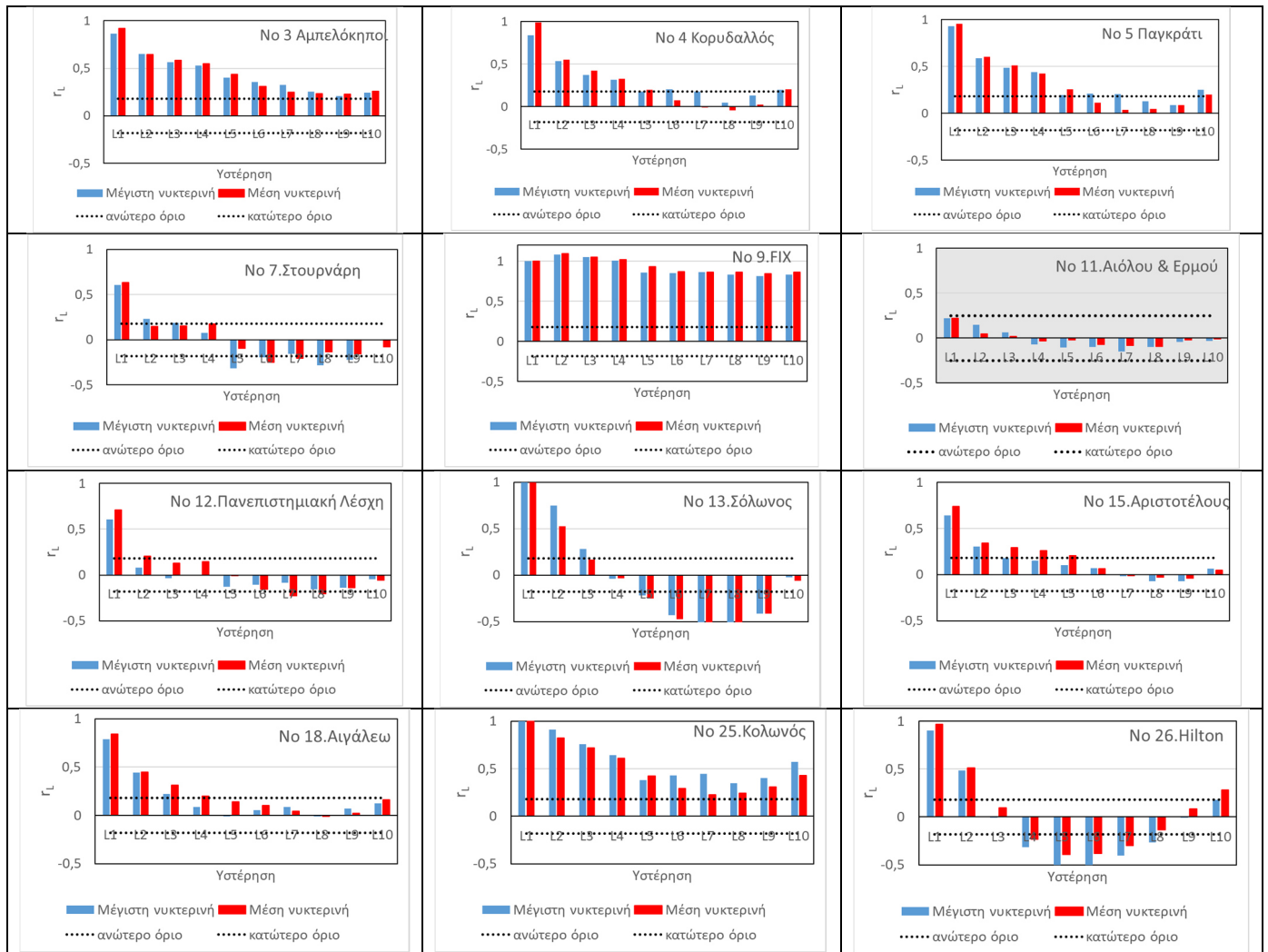
N = το μέγεθος της χρονοσειράς των τιμών x_1, x_2, \dots, x_N (στη εξεταζόμενη περίπτωση $N=30+31+31+30=122$) και s_x^2 η διακύμανση των τιμών της χρονοσειράς.

Η στατιστική σημαντικότητα για $\alpha=0,05$ ορίζεται από την σύγκριση των τιμών $|r_L|$ με την κρίσιμη τιμή στη στάθμη σημαντικότητας $\alpha=0,05$, να ορίζεται από τη σχέση:

$$\frac{1,96}{\sqrt{N}} = \frac{1,96}{\sqrt{122}} = 0,178$$

Στα σχήματα 5.12 ως και 5.17, δίνονται για τιμές «υστέρησης» από 1 ως 10 οι κατανομές των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για 1 ως 10 διαδοχικές ημέρες για τις μέγιστες και μέσες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας κατά την διάρκεια της νύκτας (από 21.00 ως 06.00 χειμερινή ώρα) χρονικό διάστημα κατά το οποίο είναι ισχυρότερο το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.

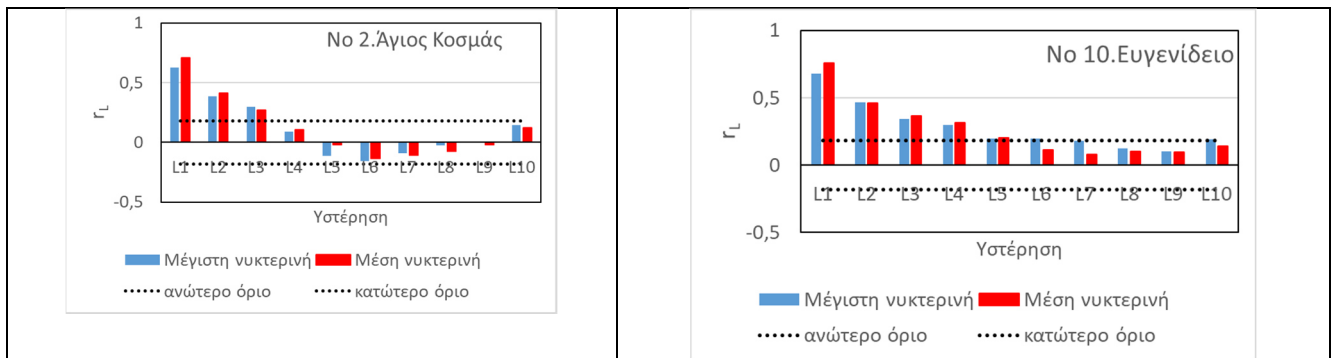
Τα συμπεράσματα όσον αφορά την εμφάνιση της αστικής θερμικής νησίδας κατά την διάρκεια των νυκτερινών ωρών μέσα στην αστική ζώνη(Κατηγορία 1) αποτυπώνονται στα ακόλουθα διαγράμματα του σχήματος 5.12:



Σχήμα 5.11: Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της νυκτερινής μέγιστης και μέσης τιμής της αστικής θερμικής νησίδας (Κατηγορία 1.)

- Σε γενικές γραμμές εκτός από τους σταθμούς No 13 (Σόλωνος) και No 25 (Κολωνός) οι τιμές των συντελεστών αυτοσυσχέτισης όσον αφορά την μέση νυκτερινή τιμή της αστικής θερμικής νησίδας ήταν ελαφρώς μεγαλύτερες από αυτές που αφορούν την μέγιστη νυκτερινή τιμή της αστικής θερμικής νησίδας

- Στους σταθμούς 3 (Αμπελόκηποι), 4 (Κορυδαλλός), 5 (Παγκράτι), 9 (Fix), 18(Αιγάλεω) και 25(Κολωνός) οι οποίοι ανήκουν στην κατηγορία 1, για όλες τις τιμές της υστέρησης (L=1 ως 10) παρατηρείται μια εμμονή στην εμφάνιση της μέσης και μέγιστης νυκτερινής τιμής της αστικής θερμικής νησίδας. Αυτή μάλιστα είναι στατιστικά σημαντική και για τα δύο εξεταζόμενα μεγέθη για τους σταθμούς 3, 9 και 25, ενώ στους υπόλοιπους σταθμούς διατηρείται για 2 ως 4 διαδοχικές ημέρες. Φαινόμενα εμμονής δεν παρατηρήθηκαν στον Σταθμό 11, αλλά τα αποτελέσματα σε αυτόν τον σταθμό δεν μπορούν να αξιολογηθούν γιατί τα δεδομένα αναφέρονται μόνο στο διάστημα Αυγούστου - Σεπτεμβρίου 1996 και δίνονται ενδεικτικά στο σημείο αυτό.
- Στους σταθμούς 7 (Στουρνάρη), 12 (Πανεπιστημιακή Λέσχη), 13 (Σόλωνος) και 26 (Hilton) που ανήκουν και πάλι στην κατηγορία 1 και βρίσκονται στο κέντρο της πόλης, μετά τις 4 διαδοχικές ημέρες το φαινόμενο της εμμονής αντιστρέφεται, δηλαδή παρατηρείται μια ακολουθία διαδοχικών ημερών χωρίς εμφάνιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας



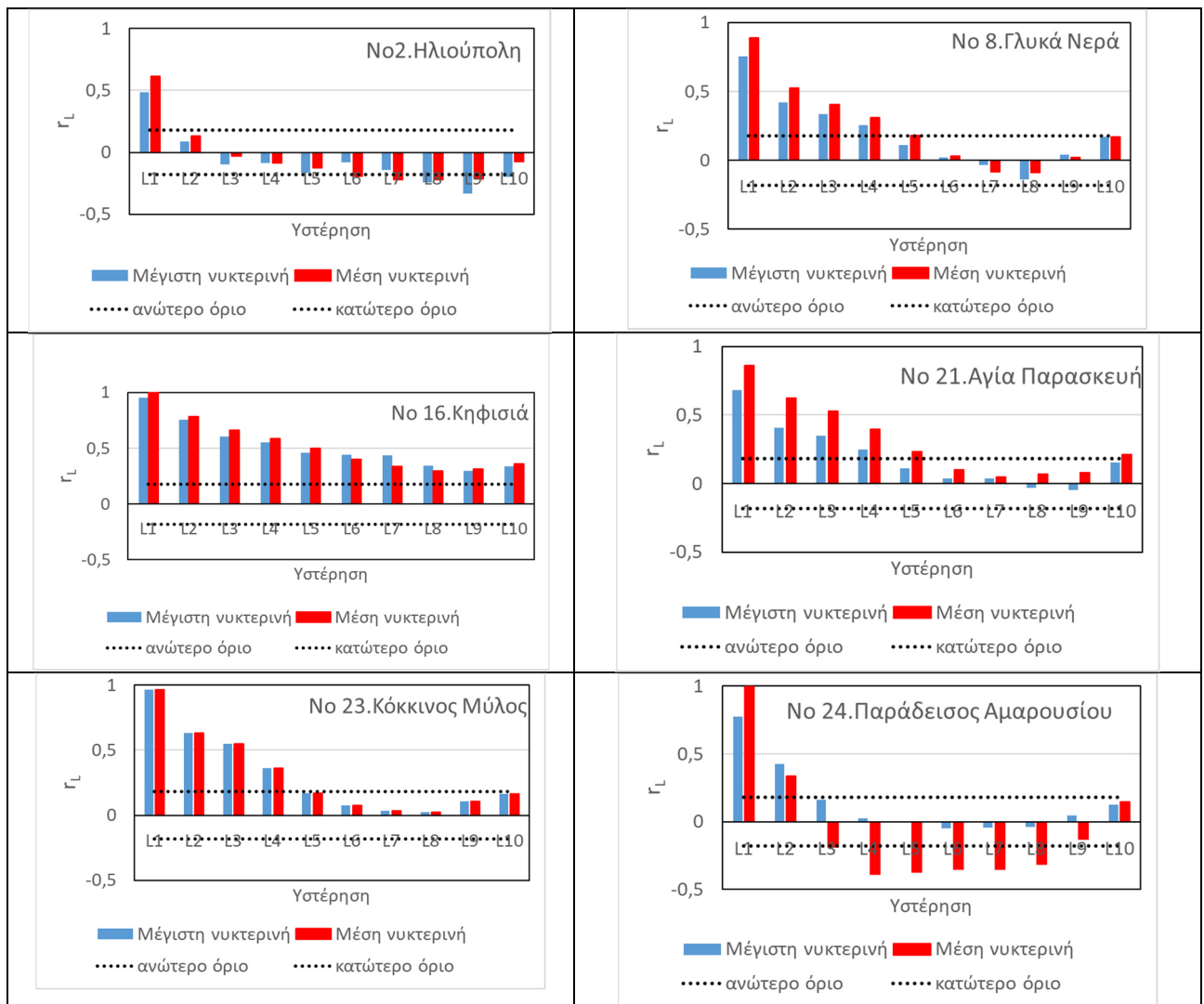
Σχήμα 5.12: Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της νυκτερινής μέγιστης και μέσης έντασης της αστικής θερμικής νησίδας (Κατηγορία 2.)

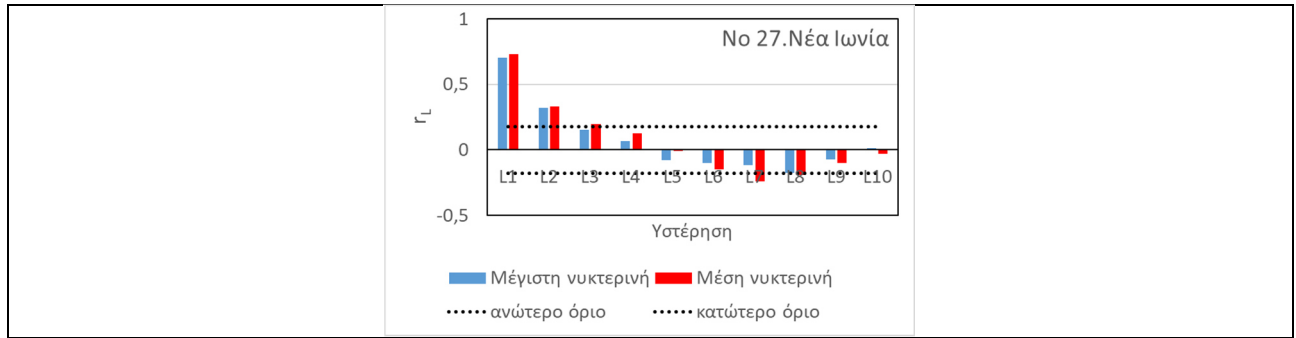
Στην κατηγορία 2 (Σχήμα 5.13) έχουν ενταχθεί οι σταθμοί 6 (Άγιος Κοσμάς) και 10 (Ευγενίδειο) οι οποίοι βρίσκονται κοντά στην θάλασσα. Όσον αφορά τον σταθμό 6 ο οποίος βρίσκεται σε άμεση γειτονία με την θάλασσα, η εμμονή κατά την διάρκεια της νύκτας τόσο των μέγιστων όσο και των μέσων τιμών της αστικής θερμικής νησίδας είναι στατιστικά σημαντική μόνο για τρεις διαδοχικές ημέρες. Αντίθετα στον σταθμό 10 η στατιστικά σημαντική εμμονή εκτείνεται σε διάρκεια 5 διαδοχικών ημερών για τις νυκτερινές μέσες τιμές της θερμικής νησίδας και σε διάρκεια 7 ημερών για τις αντίστοιχες μέγιστες τιμές. Το συσχετογράμμα του Σταθμού 10 (Ευγενιδείου) μοιάζει με αυτό του Σταθμού 9 (Fix), όπου όμως στον τελευταίο η διάρκεια του φαινομένου φθάνει τις 10 ημέρες και για τα δύο εξεταζόμενα μεγέθη. Και οι δύο σταθμοί βρίσκονται στον άξονα της Λεωφόρου Συγγρού και όπως θα φανεί στην συνέχεια παρουσιάζουν τον ίδιο τρόπο μεταβολής της θερμοκρασίας του αέρα σε σχέση με την ένταση του ανέμου, αλλά η επίδραση της θάλασσας στον σταθμό του Ευγενιδείου μειώνει σημαντικά τον βαθμό αυτοσυσχέτισης.

Στο σχήμα 5.14 δίνονται τα συσχετογράμματα των σταθμών της Κατηγορίας 3. Σε αυτήν ανήκουν ο Σταθμός 2 (Ηλιούπολης), ο οποίος βρίσκεται νότια του κέντρου του αστικού ιστού, οι σταθμοί 8 (Γλυκά Νερά) και 21 (Αγία Παρασκευή) που βρίσκονται βορειοανατολικά του κέντρου της πόλης στους πρόποδες και εκατέρωθεν του Υμηττού, ενώ οι υπόλοιποι 4 σταθμοί βρίσκονται βόρεια του κέντρου της πόλης. Τα χαρακτηριστικά των συσχετογραμμάτων δείχνουν τα ακόλουθα:

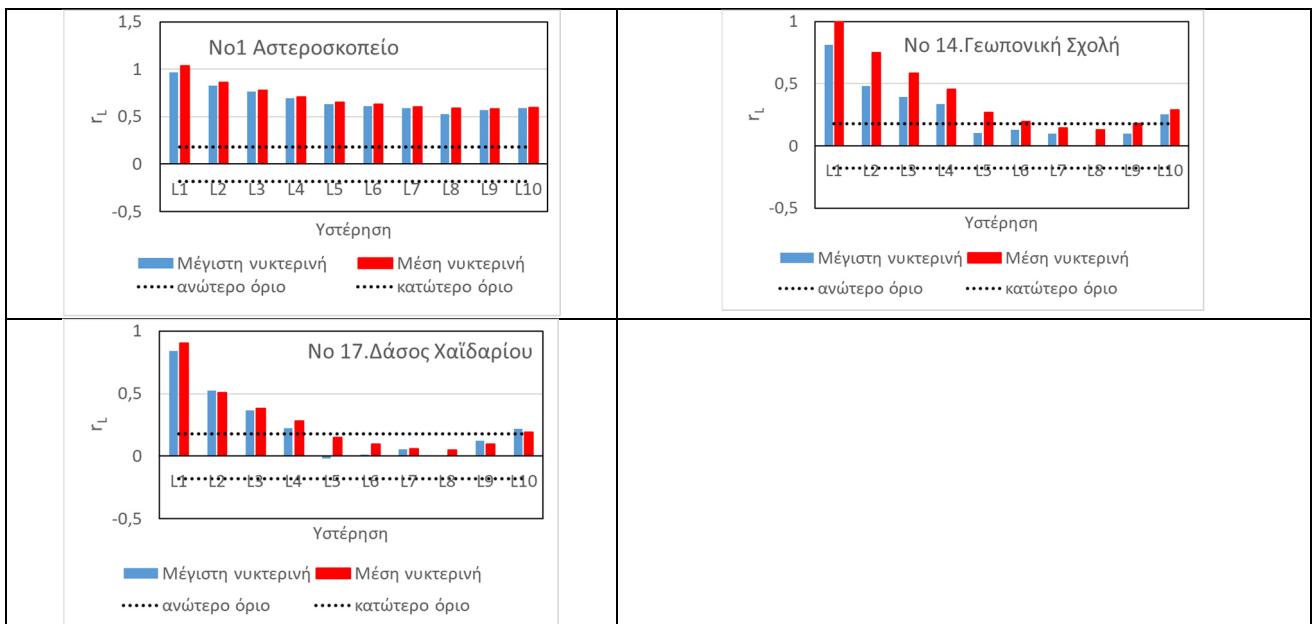
- Στον σταθμό της Ηλιούπολης, ο οποίος βρίσκεται σε σχέση με τους άλλους πλησιέστερα προς την θάλασσα και σε κάποιο υψόμετρο (210m) η στατιστικά σημαντική εμμονή των εξεταζόμενων δύο μεταβλητών εκτείνεται μόνο για μία ακόμα ημέρα, ενώ στην συνέχεια το φαινόμενο αντιστρέφεται, δηλαδή παρατηρείται απουσία θερμικής νησίδας και μάλιστα για τις επόμενες 7 ως 9 ημέρες είναι στατιστικά σημαντική.

- Οι σταθμοί 8 και 21 οι οποίοι και αυτοί βρίσκονται στις παρυφές του Υμηττού στα ανατολικά προάστεια και εκατέρωθεν του βουνού, εμφανίζουν παρόμοια εικόνα με στατιστικά σημαντική εμμονή για 5 διαδοχικές ημέρες, ενώ για μεγαλύτερη διάρκεια δεν παρατηρείται εμμονή.
- Οι σταθμοί 16 και 23 οι οποίοι βρίσκονται βόρεια του κέντρου της πόλης εμφανίζουν στατιστικά σημαντική εμμονή για 5 διαδοχικές ημέρες, η οποία στην συνέχεια συνεχίζεται μόνο για τον Σταθμό 16, λόγω της θέσης του σταθμού με έκθεση βορειοδυτική, με αποτέλεσμα για μεγαλύτερη διάρκεια μέσα στο 24ωρο να βρίσκεται εκτεθειμένος στην ηλιακή ακτινοβολία, οπότε δεν προλαβαίνει να παρατηρηθεί σημαντική ψύξη κατά τη διάρκεια της νύκτας.
- Οι άλλοι δύο σταθμοί (24 και 27) εμφανίζουν στατιστικά σημαντική εμμονή και στα δύο εξεταζόμενα μεγέθη η οποία δεν ξεπερνά τις 2 ημέρες, ενώ ιδιαίτερα στον Παράδεισο Αμαρουσίου η εμμονή αντιστρέφεται, κυρίως όσον αφορά τις μέσες νυκτερινές τιμές της θερμικής νησίδας, φθάνοντας μέχρι τις 8 διαδοχικές ημέρες πιθανόν λόγω της αυξημένης βλάστησης στην περιοχή.



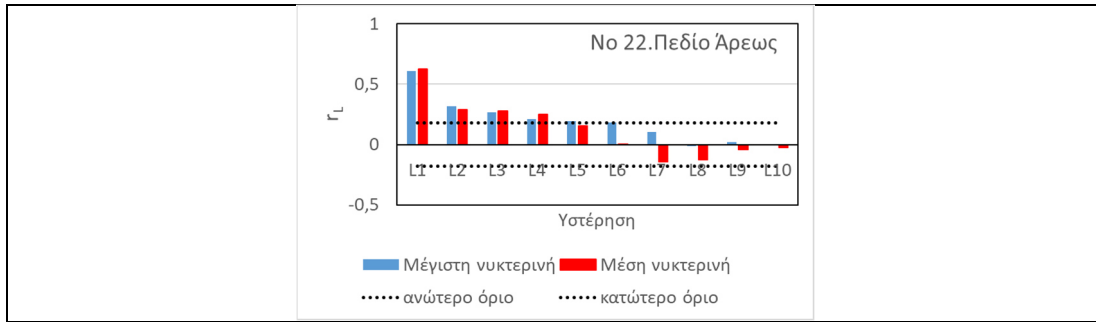


Σχήμα 5.13. Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της νυκτερινής μέγιστης και μέσης έντασης της αστικής θερμικής νησίδας (Κατηγορία 3.)

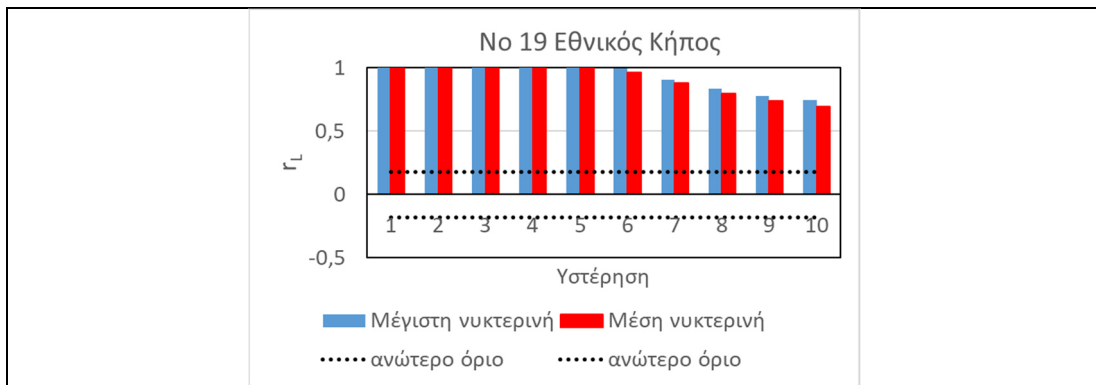


Σχήμα 5.14: Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της νυκτερινής μέγιστης και μέσης έντασης της αστικής θερμικής νησίδας (Κατηγορία 4)

Στο σχήμα 5.15 δίνονται τα συσχετογράμματα των σταθμών της Κατηγορίας 4. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν 3 σταθμοί εκ των οποίων οι δύο βρίσκονται εκτός του κέντρου της πόλης σε ανοικτές περιοχές με πράσινο. Η εμμονή στο σταθμό του Αστεροσκοπείου Αθηνών (Σταθμός 1), είναι στατιστικά πολύ σημαντική και ξεπερνά και τις 10 ημέρες και για τα δύο εξεταζόμενα μεγέθη, παρουσιάζοντας ομοιότητες με το συσχετογράμμα του Σταθμού 9, ο οποίος βρίσκεται σε κοντινή απόσταση. Αντίθετα, στον σταθμό της Γεωπονικής Σχολής (Σταθμός 14) η στατιστικά σημαντική εμμονή εκτείνεται περίπου σε όλη την διάρκεια των 10 ημερών που εξετάζεται το φαινόμενο, με το συσχετογράμμα να παρουσιάζει ομοιότητες με αυτά σταθμών που βρίσκονται τόσο εντός του αστικού ιστού(σταθμοί 9, 25). Τέλος, όσον αφορά το σταθμό του Δάσους Χαϊδαρίου (Σταθμός 17) ο οποίος βρίσκεται σε αρκετή απόσταση από το κέντρο της πόλης η εμμονή και για τα δύο εξεταζόμενα μεγέθη είναι στατιστικά σημαντική μόνο για 4 διαδοχικές ημέρες, ενώ δεν παρατηρήθηκε αναστροφή του φαινομένου παρά την ύπαρξη πρασίνου στην περιοχή.



Σχήμα 5.15: Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της νυκτερινής μέγιστης και μέσης τιμής της αστικής θερμικής νησίδας



Σχήμα 5.16: Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της μέγιστης και μέσης νυκτερινής θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς (Κατηγορία 5)

Στην κατηγορία 5 (σχήματα 5.16 και 5.17) ανήκουν ο Σταθμός 22 του Πεδίου του Άρεως και ο σταθμός αναφοράς, Εθνικός Κήπος (Σταθμός 19) αντίστοιχα. Και οι δύο βρίσκονται σε πράσινες νησίδες στο κέντρο της πόλης. Όσον αφορά το Πεδίο του Άρεως η παρατηρούμενη εμμονή είναι στατιστικά σημαντική και για τα δύο εξεταζόμενα μεγέθη για περίπου 5 ημέρες, ενώ στην συνέχεια δεν είναι σημαντική ούτε ως προς τις θετικές ούτε ως προς τις αρνητικές τιμές της.

Στον σταθμό αναφοράς, υπολογίστηκε η εμμονή όσον αφορά τις μέσες και μέγιστες θερμοκρασίες του για την περίοδο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου 1997. Όπως φαίνεται (Σχήμα 5.17) και για διάστημα ακόμα μεγαλύτερο και των 10 διαδοχικών ημερών η εμμονή κατά την διάρκεια των νυκτερινών ωρών τόσο της μέσης νυκτερινής, όσο και της μέγιστης νυκτερινής θερμοκρασίας του αέρα είναι στατιστικά σημαντική. Αυτό θα μπορούσε να εξηγηθεί αν ληφθεί υπόψη ότι η παρουσία των δένδρων μειώνει την θέα προς τον ουρανό (sky view), με αποτέλεσμα την διατήρηση σταθερότερων θερμοκρασιών για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Τέλος, θα πρέπει να διευκρινισθεί ότι η εμμονή δεν συνδέεται με το μέγεθος της αστικής θερμικής νησίδας, αλλά δίνει μόνο την πληροφόρηση για την διάρκεια του φαινομένου σε σχέση με τις διαφορές θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς.

5.7. Συμπεράσματα:

Στο κεφάλαιο αυτό αναλύθηκε η συσχέτιση της θερμοκρασιακής συμπεριφοράς των σταθμών, που βρίσκονται εντός του Κτιριακού Οριακού Στρώματος, με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία βρίσκονται και τον προσανατολισμό τους και στη συνέχεια κατηγοριοποιήθηκαν με βάση αυτά.

Οι σταθμοί 3,4,5,7,9,11,12,13,15,18,25,26, που αποτέλεσαν την πρώτη κατηγορία, βρίσκονται εντός τυπικού αστικού περιβάλλοντος, που σύμφωνα με την κατά CORINE κατηγοριοποίηση χρήσεων γης χαρακτηρίζεται ως «Συνεχής Αστικός Ιστός». Αυτοί παρουσίασαν μεγάλο εύρος διακύμανσης των μέσων θερμοκρασιών του αέρα κατά την διάρκεια της ημέρας λόγω κυρίως του διαφορετικού προσανατολισμού τους. Οι σταθμοί με Α ως ΒΔ. προσανατολισμό παρουσίασαν τις υψηλότερες θερμοκρασίες, ενώ σταθμοί με ΒΑ και Β προσανατολισμό παρουσίασαν τις χαμηλότερες θερμοκρασίες οι οποίες κάποιες φορές είναι μικρότερες και από αυτές τους σταθμού αναφοράς. Κατά την διάρκεια της νύκτας οι σταθμοί παρουσίασαν σχεδόν συστηματικά τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες με τις μέσες μηνιαίες ωριαίες διαφορές από τον σταθμό αναφοράς να φτάνουν τους 5,4°C. Όλοι οι σταθμοί αυτής της κατηγορίας παρουσίασαν για το σύνολο της εξεταζόμενης περιόδου μέση διαφορά θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς μεγαλύτερη των 2.5 °C.

Οι σταθμοί 2,8,16,21,23,24,27 αποτελούν την τρίτη κατηγορία και βρίσκονται σε περιαστικές περιοχές με σημαντική παρουσία αστικού πράσινου, που σύμφωνα με την κατά CORINE κατηγοριοποίηση χρήσεων γης ανήκουν στην κατηγορία του «Ασυνεχούς Αστικού Ιστού». Αυτοί εμφάνισαν κατά την διάρκεια της ημέρας συστηματικά μικρότερες θερμοκρασίες από αυτές της πρώτης κατηγορίας. Οι θερμοκρασίες αυτές ήταν πολλές φορές χαμηλότερες και από αυτές του σταθμού αναφοράς. Κατά την διάρκεια της νύχτας εξακολούθησαν οι σταθμοί να έχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την πρώτη κατηγορία αλλά είναι συστηματικά μεγαλύτερες του σταθμού αναφοράς. Κατά μέσο όρο οι διαφορές των σταθμών της κατηγορίας αυτής από τον σταθμό αναφοράς, είναι της τάξης του 1 με 2 °C.

Τα συμπεράσματα αυτά συμφωνούν με πολλές αναφορές στη διεθνή βιβλιογραφία που συσχετίζουν την ένταση της αστικής θερμικής νησίδας με τα χαρακτηριστικά δόμησης των περιοχών μέτρησης και ειδικότερα με την κατηγοριοποίηση των Stewart και Oke το 2012 σε Τοπικές Κλιματικές Ζώνες, οι οποίες παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 3. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι η μελέτη των Martinelli et. al. (2020) για την πόλη του Μπάρι, οι οποίοι αναφέρουν ότι οι περιοχές με την μεγαλύτερη πυκνότητα δόμησης (LCZ2), παρουσίασαν τις υψηλότερες εντάσεις του φαινομένου, κατά την διάρκεια της νύχτας (4,2°C), ενώ περιοχές με μικρότερη πυκνότητα δόμησης (LCZ3) παρουσίασαν κατά την διάρκεια της νύχτας μικρότερες εντάσεις της τάξης των 2,8 °C. Επίσης οι Brousse O. et al (2022) αναφέρουν για την πόλη του Λονδίνου ότι περιοχές που χαρακτηρίζονται ως πυκνής δόμησης με μεσαίου ύψους κτήρια (LCZ 2), παρουσιάζουν σχεδόν πάντα αυξημένη μέση μηνιαία ωριαία θερμοκρασία πάνω ~1,5°C καθ' όλη τη διάρκεια του έτους σε σύγκριση με περιοχές μικρότερης δόμησης. Αντίστοιχη αναφορά κάνουν και οι Hong, J.-W. et al (2019) σύμφωνα με την οποία η μετάβαση μίας περιοχής της πόλης της Σεούλ από LCZ3 σε LCZ2 είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της έντασης του φαινομένου από περίπου 1,5 °C σε 3,0-3,5°C.

Τις χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της νύχτας τις εμφάνισαν οι δύο σταθμοί που βρίσκονται στα δύο πάρκα της πόλης καταδεικνύοντας τη σημαντική επίδραση της βλάστησης στην διαμόρφωση της θερμοκρασίας του αέρα

Σταθμοί σε ανοικτές περιοχές κοντά στη θάλασσα ή και μακριά από αυτή (Κατηγορίες 2 και 4) με παρουσία πράσινου γύρω από αυτές παρουσίασαν κατά την διάρκεια της ημέρας λόγω της άμεσης και σημαντικής επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας σημαντικές θερμοκρασίες που ήταν πολλές φορές μεγαλύτερες και από αυτές των σταθμών που βρίσκονται σε τυπικό αστικό περιβάλλον. Κατά την διάρκεια της νύχτας οι παραθαλάσσιοι σταθμοί εξακολούθησαν να παρουσιάζουν σημαντικές θερμοκρασίες, αλλά χαμηλότερες από αυτές των σταθμών σε τυπικό αστικό περιβάλλον, πιθανόν και λόγω του φαινομένου της απόγειας αύρας. Οι σταθμοί αυτών της Κατηγορίας 4 που βρίσκονταν σε μεγαλύτερο υψόμετρο εμφάνισαν τις χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ ο σταθμός σε μικρό υψόμετρο εμφάνισε θερμοκρασίες παραπλήσιες με αυτές των σταθμών κοντά στη θάλασσα. Σημειώνεται ότι αντίστοιχη αναφορά υπάρχει από τους Zhang Y., et al (2021), σύμφωνα με την οποία το μέγεθος της αστικής θερμικής νησίδας για τις ανοικτές ζώνες της κατηγορίας LCZ 8 και LCZ E κατά την διάρκεια της ημέρας είναι υψηλότερο από αυτό των LCZ1, LCZ2 και LCZ3, λόγω μικρότερης σκίασης και της περισσότερης πλακόστρωτης γης, ενώ για τις τοπικές κλιματικές ζώνες των κατηγοριών LCZ B, LCZ 4 και LCZ D που είναι ανοικτές το μέγεθος του φαινομένου είναι μικρότερο λόγω της παρουσίας πρασίνου.

Από την μελέτη εμφάνισης υψηλών τιμών της διαφοράς θερμοκρασία των σταθμών από το σταθμό αναφοράς βρέθηκε ότι η περίοδος επανάλιψης των μεγαλύτερων τιμών τους, σε όλες τις περιπτώσεις μπορεί να ορισθεί θεωρητικά, εφαρμόζοντας στα δεδομένα τον στατιστικό νόμο των «υπερβάσεων». Όπως προέκυψε, οι μέγιστες τιμές που μετρήθηκαν εμφάνισαν θεωρητικά περίοδο επανάλιψης λίγο μικρότερη από τις 20 ημέρες.

Τέλος, για να μελετηθεί η εμμονή των μέγιστων και μέσων τιμών της αστικής θερμικής νησίδας εφαρμόστηκε η μεθοδολογία των συντελεστών αυτοσυσχέτισης από όπου προέκυψε ότι ανάλογα με την θέση κάθε σταθμού η εμμονή εμφάνισης διαδοχικών ημερών όσον αφορά τόσο τις μέγιστες, όσο και τις μέσες ημερήσιες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας μπορεί να φθάσει ή και να ξεπεράσει τις 10 διαδοχικές ημέρες.

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, θα εξετασθεί η επίδραση του βασικού γεωμετρικού σχηματισμού του αστικού περιβάλλοντος, της αστικής χαράδρας, στη διαμόρφωση των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα ώστε να γίνει κατανοητή η επίδραση των χαρακτηριστικών του δρόμου και να εξηγηθεί με αναλυτικό τρόπο ο μηχανισμός που διαμορφώνει τις θερμοκρασίες που καταγράφηκαν από τους σταθμούς που βρίσκονται εντός αστικού περιβάλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΕΛΕΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΟΥ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ ΕΝΝΕΑ ΑΣΤΙΚΩΝ ΟΔΩΝ (URBAN CANYON) ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ

Κεφάλαιο 6: Μελέτη θερμοκρασιακού καθεστώτος εννέα αστικών δρόμων (URBAN CANYON) στην Αθήνα

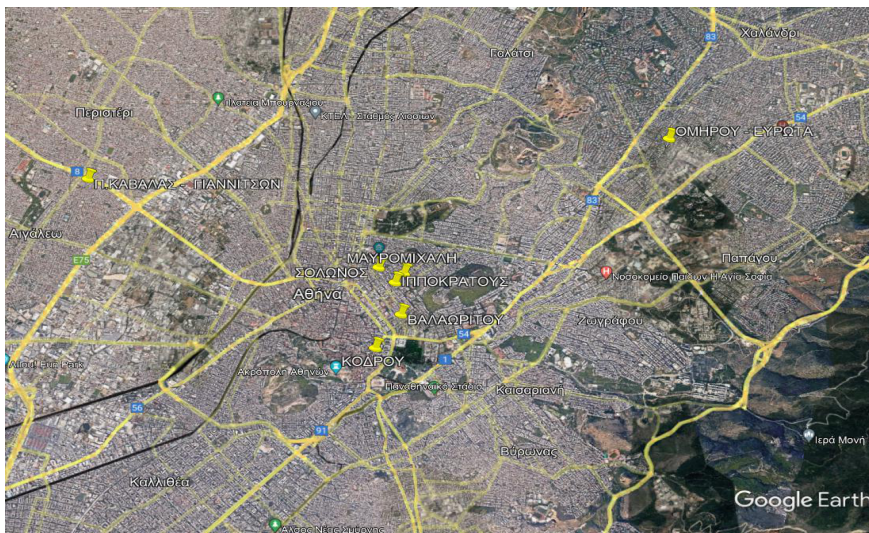
Από την μέχρι τώρα μελέτη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας προέκυψε ότι οι θερμοκρασίες που εμφανίζονται σε ένα αστικό κέντρο επηρεάζονται καταλυτικά από την μορφή του αστικού περιβάλλοντος και τις χρήσεις αυτού. Ιδιαίτερα δε κατά την διάρκεια της ημέρας οι θερμοκρασίες που καταγράφονται εντός του δρόμου επηρεάζονται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του, τον προσανατολισμό του, το σημείο μέτρησης κ.λπ.. Για να κατανοηθεί ο βαθμός επίδρασης αυτών των παραγόντων στις θερμοκρασίες του αέρα το καλοκαίρι του 1997 πραγματοποιήθηκε η λεπτομερή καταγραφή του θερμοκρασιακού καθεστώτος εννέα αστικών δρόμων σε διάφορες περιοχές τις Αθήνας. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι μετρήσεις και η ανάλυση αυτών για το σύνολο των εννέα δρόμων.

6.1. Περιγραφή των αστικών οδών και των πειραμάτων

Για τη κατανόηση των μικροκλιματικών παραμέτρων που διαμορφώνουν το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας στο λεκανοπέδιο της Αττικής διεξήχθησαν το καλοκαίρι του 1997 μετρήσεις των θερμοκρασιών επιφανείας και του αέρα στις ακόλουθες εννέα οδούς:

- Στις οδούς Βαλαωρίτου και Κόδρου, οι οποίες είναι πεζόδρομοι στο κέντρο της πόλης των Αθηνών.
- Στην οδό Μαυρομιχάλη που βρίσκεται επίσης στο κέντρο της πόλης.
- Στις οδούς Π. Καβάλας - Γιαννιτσών, οι οποίες βρίσκονται στα Δυτικά προάστια της πόλης των Αθηνών, στο Δήμο Αιγάλεω (κάθετοι οδοί, ταυτόχρονη πειραματική περίοδος).
- Στις οδούς Ομήρου και Ευρώτα, στα Βόρεια προάστια της πόλης των Αθηνών, στο Νέο Ψυχικό (κάθετοι οδοί, ταυτόχρονη πειραματική περίοδος).
- Στις οδούς Ιπποκράτους και Σόλωνος στο κέντρο της πόλης των Αθηνών (κάθετοι οδοί, ταυτόχρονη πειραματική περίοδος) στις οποίες όμως μετρήθηκαν μόνο θερμοκρασίες αέρα.

Στο σχήμα 6.1 αποτυπώνονται οι θέσεις των οδών στο λεκανοπέδιο των Αθηνών.



Σχήμα 6.1: Θέσεις των οδών στις οποίες διεξήχθησαν τα πειράματα για την καταγραφή των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα εντός της αστικής χαράδρας.

Για τις μετρήσεις των θερμοκρασιών επιφανείας χρησιμοποιήθηκε ένα θερμόμετρο υπέρυθρου (Σχήμα 6.2) εφοδιασμένο με ειδικό σύστημα στόχευσης, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του οποίου παρουσιάζονται στον πίνακα

6.1. Με αυτό, μετρήθηκαν οι θερμοκρασίες επιφανείας, από το ισόγειο και προς τους άνω ορόφους και για τις δύο πλευρές κάθε αστικής χαράδρας με βήμα 3 - 3.5 m. Στην επιφάνεια του δρόμου, η θερμοκρασία επιφανείας μετρήθηκε σε 5 σημεία για κάθε οδό, με εξαίρεση την οδό Μαυρομιχάλη όπου μετρήθηκε σε 4 σημεία. Όλες οι μετρήσεις διεξήχθησαν σε ωριαία βάση.

Πίνακας 6.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά του θερμόμετρο υπέρυθρου

Όργανο:	Θερμόμετρο υπέρυθρου
Εύρος τιμών:	-70 ως 800 °C
Σχετικό σφάλμα:	± 0.1%
Χρόνος απόκρισης:	350 msec
Διακριτότητα:	0.1 °C
Φάσμα απόκρισης:	8 ως 14 μm



Σχήμα 6.2: Το θερμόμετρο υπέρυθρων που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των επιφανειακών θερμοκρασιών.

Για τις μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα, σε διαφορετικά ύψη της αστικής χαράδρας, χρησιμοποιήθηκαν αυτογραφικά θερμόμετρα τύπου θερμοζεύγους, των οποίων τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον πίνακα 6.2. Τα θερμόμετρα τοποθετήθηκαν εντός ξύλινου παραλληλεπίπεδου, του οποίου οι βάσεις του ήταν ανοιχτές ώστε να επιτρέπεται η κυκλοφορία του αέρα. Το ύψος του παραλληλεπίπεδου ήταν 20cm, ενώ η εσωτερική και η εξωτερική του διάμετρος ήταν 8 και 9cm αντίστοιχα. Με αυτόν τον τρόπο και με την κάλυψη του αισθητήρα με θερμομονωτικό και ανακλαστικό υλικό, επιτεύχθηκε η πλήρης ηλιοπροστασία τόσο του αισθητήρα όσο και του ηλεκτρονικού συστήματος αυτόματης καταγραφής και παράλληλα εξασφαλίστηκε ο απρόσκοπτος αερισμός της συσκευής μέτρησης. Τα παραλληλεπίπεδα, με τους ενσωματωμένους αισθητήρες θερμοκρασίας τοποθετήθηκαν στην εξωτερική πλευρά των κτιρίων σε διάφορα ύψη. Οι καταγραφές έγιναν με ωριαίο βήμα. Επιπλέον, η θερμοκρασία του αέρα μετρήθηκε, επίσης με ωριαίο βήμα, στο μέσο της αστικής χαράδρας, στο μέσο ύψος ενός ανθρώπου. Οι μετρήσεις έγιναν με τη χρήση φορητού θερμόμετρου πλατίνας, του οποίου τα τεχνικά χαρακτηριστικά παρουσιάζονται επίσης στον πίνακα 6.2. Σημειώνεται ότι η ανωτέρω μεθοδολογία συμβαδίζει με τις συστάσεις του T.R. Oke 2006, για τον τρόπο διεξαγωγής μετρήσεων εντός του αστικού περιβάλλοντος, παρά το γεγονός ότι τα πειράματα σχεδιάστηκαν και διεξήχθησαν πριν την έκδοση των σχετικών οδηγιών από τον WMO.

Πίνακας 6.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των θερμομέτρων αέρος

Όργανο	Χωρητικότητα	Εύρος	Σφάλμα αισθητήρα	Ευαισθησία
Tiny – Talk	7600	-30 ως 75°C	± 0.2°C	0.5°C
EBPO200	-	-30 ως 140°C	±0.1°C	0.1°C

Στους πίνακες 6.3 ως και 6.7 που ακολουθούν περιγράφονται τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών, οι θέσεις μέτρησης των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα καθώς και τα υλικά επιφανείας των θέσεων αυτών.

Πίνακας 6.3: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού Βαλαωρίτου στο Κέντρο των Αθηνών, οι θέσεις μέτρησης των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα καθώς και τα υλικά επιφανείας των θέσεων αυτών

Οδός Βαλαωρίτου Α (άξονας 150° ως προς τον Βορρά) H/W=2.50, Πολεοδομικό Κέντρο, Κωδ. CORINE: 11100. Πειραματική περίοδος 10-12/7/1997		Οδός Βαλαωρίτου Β (άξονας 150° ως προς τον Βορρά) H/W=2.50, Πολεοδομικό Κέντρο, Κωδ. CORINE: 11100. Πειραματική περίοδος 10-12/7/1997	
Θερμοκρασίες Αέρα	Επιφανειακές Θερμοκρασίες (Α Τομή)	Θερμοκρασίες Αέρα	Επιφανειακές Θερμοκρασίες (Β Τομή)
<p>Μέσα στη οδό Στο κέντρο του δρόμου -</p> <p><u>Κοντά στις απέναντι προσόψεις των οδών</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a,</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος, 3^{ος} όροφος, σε απόσταση 1,5m από την πρόσοψη.</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> 2^{ος} όροφος σε απόσταση 1,5m από την πρόσοψη.</p> <p>Πάνω από την οδό Σε ύψος 23m.</p>	<p>Μέσα στη χαράδρα <i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 3^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 4^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p> <p><i>Πάνω στο δρόμο</i> Σημείο 1 (πλάκες Καρύστου Ν.Δ. πλευρά) Σημείο 2 (πλάκες Καρύστου) Σημείο 3 (πλάκες Καρύστου) Σημείο 4 (πλάκες Καρύστου) Σημείο 5 (πλάκες Καρύστου Β.Α. πλευρά)</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 3^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p>	<p>Μέσα στη χαράδρα <i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (κόκκινο μάρμαρο) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 3^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p> <p><i>Πάνω στο δρόμο</i> Σημείο 1 (πλάκες Καρύστου Ν.Δ. πλευρά) Σημείο 2 (πλάκες Καρύστου) Σημείο 3 (πλάκες Καρύστου) Σημείο 4 (πλάκες Καρύστου) Σημείο 5 (πλάκες Καρύστου Β.Α. πλευρά)</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 3^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p>	

Πίνακας 6.4: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών Μαυρομιχάλη και Κόδρου στο Κέντρο των Αθηνών, οι θέσεις μέτρησης των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα καθώς και τα υλικά επιφανείας των θέσεων αυτών

Οδός Μαυρομιχάλη (άξονας 60° ως προς τον Βορρά) H/W=1.75 ως 2.60, Γενική Κατοικία, Κωδ. CORINE: 11100. Πειραματική περίοδος 23-26/7/1997		Οδός Κόδρου (άξονας 145° ως προς τον Βορρά) H/W=2.75, Περιοχή προστασίας παραδοσιακού οικισμού Πλάκας, Κωδ. CORINE:11220. Πειραματική περίοδος 29-31/7/1997	
Θερμοκρασίες Αέρα	Επιφανειακές Θερμοκρασίες	Θερμοκρασίες Αέρα	Επιφανειακές Θερμοκρασίες

<p>Μέσα στη οδό <u>Στο κέντρο του δρόμου</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a, σε ύψος z= 1.5m,</p> <p><u>Κοντά στις απέναντι προσόψεις των οδών</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a,</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο, 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος, σε απόσταση 0,10m, 1.5m και 1,5m αντίστοιχα από την πρόσοψη.</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> -</p> <p>Πάνω από την οδό Σε ύψος 23m.</p>	<p>Μέσα στη χαράδρα <i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 3^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p> <p><i>Πάνω στο δρόμο</i> Σημείο 1 (γκρι πλάκες πεζοδρομίου Ν.Α. πλευρά) Σημείο 2 (άσφαλτος) Σημείο 3 (άσφαλτος) Σημείο 4 (γκρι πλάκες πεζοδρομίου Β.Δ. πλευρά)</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 3^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p>	<p>Μέσα στη οδό <u>Στο κέντρο του δρόμου</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a, σε ύψος z= 1.5m,</p> <p><u>Κοντά στις απέναντι προσόψεις των οδών</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a,</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο, 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος, σε απόσταση 0.10m, 1.5 και 1.5m αντίστοιχα από την πρόσοψη.</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο, 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος, 3^{ος} όροφος, σε απόσταση 0.10m, 1.5, 1.5m και 1.5m αντίστοιχα από την πρόσοψη.</p> <p>Πάνω από την οδό Σε ύψος 23m.</p>	<p>Μέσα στη χαράδρα <i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 3^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p> <p><i>Πάνω στο δρόμο</i> Σημείο 1 (πλάκες Καρύστου Β.Α. πλευρά) Σημείο 2 (πλάκες Καρύστου) Σημείο 3 (πλάκες Καρύστου) Σημείο 4 (πλάκες Καρύστου) Σημείο 5 (πλάκες Καρύστου Ν.Δ. πλευρά)</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (λευκό μάρμαρο) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 3^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p>
---	--	--	--

Πίνακας 6.5: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών Παλ. Καβάλας και Γιαννιτσών στο Αιγάλεω, οι θέσεις μέτρησης των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα καθώς και τα υλικά επιφανείας των θέσεων αυτών.

<p>Οδός Παλαιάς Καβάλας (άξονας 130° ως προς Βορρά) H/W=1, Πολεοδομικό Κέντρο, Κωδ. CORINE:11100 Πειραματική περίοδος: 18-21/8/2021</p>		<p>Οδός Γιαννιτσών (άξονας 40° ως προς Βορρά) H/W=0.7 ως 1, Αμιγή Κατοικία, Κωδ. CORINE:11100 Πειραματική περίοδος: 18-21/8/2021</p>	
<p>Θερμοκρασίες Αέρα</p> <p>Μέσα στη οδό <u>Στο κέντρο του δρόμου</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a, σε ύψος z= 1.5m,</p> <p><u>Κοντά στις απέναντι προσόψεις των οδών</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a,</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο, 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος σε απόσταση 0.10m, 1.5m και 1.5m αντίστοιχα από την πρόσοψη.</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> 2^{ος} όροφος σε απόσταση 1.5m από την πρόσοψη</p> <p>Έξω από την οδό Σε ύψος 13m.</p>	<p>Επιφανειακές Θερμοκρασίες</p> <p>Μέσα στη χαράδρα <i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (μαύρο μάρμαρο) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p> <p><i>Πάνω στο δρόμο</i> Σημείο 1 (γκρι πλάκες πεζοδρομίου Ν.Α. πλευρά) Σημείο 2 (άσφαλτος) Σημείο 3 (άσφαλτος) Σημείο 4 (άσφαλτος) Σημείο (γκρι πλάκες πεζοδρομίου Β.Α. πλευρά)</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (πλάκες καρύστου) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p>	<p>Θερμοκρασίες Αέρα</p> <p>Μέσα στη οδό <u>Στο κέντρο του δρόμου</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a, σε ύψος z= 1.5m,</p> <p><u>Κοντά στις απέναντι προσόψεις των οδών</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a,</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο, 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος σε απόσταση 0.10m, 1.5m και 1.5m αντίστοιχα από την πρόσοψη.</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο σε απόσταση 0.10m από την πρόσοψη</p> <p>Έξω από την οδό Σε ύψος 13m.</p>	<p>Επιφανειακές Θερμοκρασίες</p> <p>Μέσα στη χαράδρα <i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (μαύρο μάρμαρο) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p> <p><i>Πάνω στο δρόμο</i> Σημείο 1 (γκρι πλάκες πεζοδρομίου Β.Α. πλευρά) Σημείο 2 (άσφαλτος) Σημείο 3 (άσφαλτος) Σημείο 4 (άσφαλτος) Σημείο (γκρι πλάκες πεζοδρομίου Ν.Α. πλευρά)</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (σοβάς εκρού χρώματος) 1^{ος} όροφος (σοβάς εκρού χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς εκρού χρώματος)</p>

Πίνακας 6.6: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών Ομήρου και Ευρώτα στο Ν. Ψυχικό, οι θέσεις μέτρησης των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα καθώς και τα υλικά επιφανείας των θέσεων αυτών

<p>Οδός Ομήρου (άξονας 125° ως προς τον Βορρά) H/W=1.75 ως 2.60 , Αμιγή Κατοικία, Κωδ. CORINE: 11220. Πειραματική περίοδος 15-16/9/1997</p>		<p>Οδός Ευρώτα (άξονας 35° ως προς τον Βορρά) H/W=1 ως 1.5, Αμιγή Κατοικία, Κωδ. CORINE:11220. Πειραματική περίοδος 15-16/9/1997</p>	
<p>Θερμοκρασίες Αέρα</p>	<p>Επιφανειακές Θερμοκρασίες</p>	<p>Θερμοκρασίες Αέρα</p>	<p>Επιφανειακές Θερμοκρασίες</p>

<p>Μέσα στη οδό <u>Στο κέντρο του δρόμου</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a, σε ύψος z= 1.5m,</p> <p><u>Κοντά στις απέναντι προσόψεις των οδών</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a,</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος, 3^{ος} όροφος, 5^{ος} όροφος, 1.5m από την πρόσοψη.</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> -</p> <p>Πάνω από την οδό Σε ύψος 23m.</p>	<p>Μέσα στη χαράδρα <i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (γκρι τσιμέντο) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 3^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p> <p><i>Πάνω στο δρόμο</i> Σημείο 1 (γκρι πλάκες πεζοδρομίου Ν.Α. πλευρά) Σημείο 2 (άσφαλτος) Σημείο 3 (άσφαλτος) Σημείο 4 (άσφαλτος) Σημείο 5 (γκρι πλάκες πεζοδρομίου Β.Α. πλευρά)</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p>	<p>Μέσα στη οδό <u>Στο κέντρο του δρόμου</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a, σε ύψος z= 1.5m,</p> <p><u>Κοντά στις απέναντι προσόψεις των οδών</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a,</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Δ. προσανατολισμό</i> Ισόγειο, 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος, 3^{ος} όροφος, σε απόσταση 0.10m, 1.5, 1.5m και 1.5m αντίστοιχα από την πρόσοψη τοίχους.</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο σε απόσταση 0.10m από την πρόσοψη</p> <p>Πάνω από την οδό Σε ύψος 23m.</p>	<p>Μέσα στη χαράδρα <i>Πρόσοψη με Β.Δ. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (γκρι τσιμέντο) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 3^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p> <p><i>Πάνω στο δρόμο</i> Σημείο 1 (γκρι πλάκες πεζοδρομίου Β.Δ. πλευρά) Σημείο 2 (άσφαλτος) Σημείο 3 (άσφαλτος) Σημείο 4 (άσφαλτος) Σημείο 5 (γκρι πλάκες πεζοδρομίου Ν.Α. πλευρά)</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 1^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος) 2^{ος} όροφος (σοβάς ανοιχτόχρωμου χρώματος)</p>
---	--	---	--

Πίνακας 6.7: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών Ιπποκράτους και Σόλωνος στο Κέντρο των Αθηνών, οι θέσεις μέτρησης των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα καθώς και τα υλικά επιφανείας των θέσεων αυτών

<p>Οδός Ιπποκράτους (άξονας 60° ως προς τον Βορρά) H/W=2.50, Γενική Κατοικία, Κωδ. CORINE: 11100. Πειραματική περίοδος 14-16/7/1997</p>		<p>Οδός Σόλωνος (άξονας 150° ως προς τον Βορρά) H/W=2.50, Περιοχή προστασίας παραδοσιακού οικισμού Πλάκας, Κωδ. CORINE:11100. Πειραματική περίοδος 14-16/7/1997</p>	
<p>Θερμοκρασίες Αέρα</p>	<p>Επιφανειακές Θερμοκρασίες</p>	<p>Θερμοκρασίες Αέρα</p>	<p>Επιφανειακές Θερμοκρασίες</p>
<p>Μέσα στη οδό <u>Στο κέντρο του δρόμου</u> -</p> <p><u>Κοντά στις απέναντι προσόψεις των οδών</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a,</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> Ισόγειο, 2^{ος} όροφος και 5^{ος} όροφος σε απόσταση 0,10m, αντίστοιχα από την πρόσοψη.</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Δ. προσανατολισμό</i> 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος και 5^{ος} όροφος σε απόσταση 1,5m, αντίστοιχα από την πρόσοψη.</p> <p>Πάνω από την οδό Σε ύψος 23m.</p>	<p>-</p>	<p>Μέσα στη οδό <u>Στο κέντρο του δρόμου</u> -</p> <p><u>Κοντά στις απέναντι προσόψεις των οδών</u> Θερμοκρασίες αέρα, T_a,</p> <p><i>Πρόσοψη με Β.Α. προσανατολισμό</i> 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος, 3^{ος} όροφος σε απόσταση 0.10m, από την πρόσοψη.</p> <p><i>Πρόσοψη με Ν.Α. προσανατολισμό</i> 1^{ος} όροφος, 2^{ος} όροφος, 3^{ος} όροφος, 5^{ος} όροφος σε απόσταση 0.10m, από την πρόσοψη.</p> <p>Πάνω από την οδό Σε ύψος 23m.</p>	<p>-</p>

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται οι μετρήσεις και η ανάλυση των θερμοκρασιών επιφανείας των θερμοκρασιών αέρα καθώς και η σύγκρισή των θερμοκρασιών αέρα με αυτές του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο και σταθμών που είχαν τοποθετηθεί εντός δύο εκ των μελετώμενων χαραδρών.

6.2. Ανάλυση θερμοκρασιών επιφανείας εντός των οδών

Ακολουθεί παρουσίαση των θερμοκρασιών επιφανείας των επτά οδών:

α) στο οριζόντιο επίπεδο του δρόμου και

β) στις κατακόρυφες πλευρές (προσόψεις), που συνιστούν τις πλευρές τις αστικής χαράδρας.

6.2.1 Θερμοκρασίες επιφάνειας επί της οριζόντιας επιφάνειας της οδού

Η επιφανειακή θερμοκρασία στο οριζόντιο επίπεδο των οδών, μετρήθηκε σε ωριαία βάση και για μια περίοδο 2 έως 3 ημερών, όπως αναφέρεται στους ανωτέρω πίνακες. Οι μετρήσεις αυτές αποτυπώνονται στα σχήματα 6.3-6.10, από την ανάλυση των οποίων προέκυψαν τα ακόλουθα:

Κατά την διάρκεια της ημέρας οι μέγιστες επιφανειακές θερμοκρασίες, στην ασφαλτο έφτασαν μέχρι τους 57°C, ενώ οι αντίστοιχες μέγιστες θερμοκρασίες για ανοιχτόχρωμες και σκουρόχρωμες πλάκες πεζοδρομίου, μετρήθηκαν ως τους 52 °C.

Η μέση θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας στις πλάκες πεζοδρομίου κυμάνθηκε από 36,5 ως 23,5 °C, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για την ασφαλτο κυμάνθηκαν μεταξύ 37,5 και 25 °C. Αντίστοιχα, η μέση θερμοκρασία όλων των υλικών κατά τη διάρκεια της νυκτερινής περιόδου κυμάνθηκε από 20 ως 27 °C. Οι μικρότερες τιμές εντοπίστηκαν στην οδό Ευρώτα, οδό στην οποία οι μετρήσεις διεξήχθησαν τον Σεπτέμβριο, ενώ τη δεύτερη μέρα των μετρήσεων υπήρχε νέφωση.

Στους πίνακες 6.8 και 6.9, παρουσιάζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές ανά σημείο μέτρησης.

Πίνακας 6.8: Μέγιστες μετρούμενες θερμοκρασίες επιφάνειας στο επίπεδο του δρόμου.

Οδός	H/W	Γωνία ως προ Βορρά					
			Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5
Γιαννιτσών	0.725-1	40	46.4(BΔ)	48.2(BΔ)	48.9	52.5(NA)	46.6(NA)
Καβάλας	1	130	45.9(NΔ)	52.1(NΔ)	47.3	45.6(BA)	34.4(BA)
Ομήρου	1.75-2.60	125	49.8(NΔ)	47.2(NΔ)	48.4	48.3(BA)	45(BA)
Ευρώτα	1-1.5	35	33.6(NA)	33.3(NA)	37.2	33.2(BΔ)	28.9(BΔ)
Μαυρομιχάλη	2.5	60	50.9(NA)	56.6(NA)	-	47.9(BΔ)	43.1(BΔ)
Κόδρου	2.75	145	37.3(BA)	39.9(BA)	42.4	41.7(NΔ)	41.2(NΔ)
		A	50.2(NΔ)	48.4(NΔ)	44.7	45.5(BA)	38.9(BA)
Βαλαωρίτου	2.5	B	51.7(NΔ)	50.6(NΔ)	51.5	50.8(BA)	52.2(BA)

* τα σημεία 1 και 5 ήταν πλάκες πεζοδρομίου.

**τα σημεία 2,3,4 ήταν ασφαλτος εξαιρουμένων των οδών Κόδρου και Βαλαωρίτου που ήταν πλάκες πεζοδρομίου

Από τον παραπάνω πίνακα 6.8, είναι εμφανές ότι οι μέγιστες επιφανειακές θερμοκρασίες είναι σχεδόν συστηματικά μεγαλύτερες στο τμήμα του δρόμου με νότιο προσανατολισμό, σε σχέση με αυτές που καταγράφηκαν στο τμήμα με βόρειο προσανατολισμό. Η συστηματική αυτή συμπεριφορά οφείλεται, στη μεγαλύτερη διάρκεια και με μεγαλύτερη γωνία πρόσπτωσης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στις επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό. Επιπλέον, λόγω των θερμοφυσικών ιδιοτήτων των υλικών, οι μέγιστες επιφανειακές θερμοκρασίες των σημείων μέτρησης σε ασφαλτο, είναι μεγαλύτερες από αυτές που καταγράφονται στις πλάκες πεζοδρομίου, στις ίδιου προσανατολισμού περιοχές των δρόμων. Οι διαφορές κυμαίνονται μεταξύ 2 ως και 21°C. Αντίθετη συμπεριφορά παρατηρήθηκε μόνο στις οδούς Ομήρου και Ευρώτα, όπου οι μετρήσεις έγιναν τον μήνα

Σεπτέμβριο, και παρατηρήθηκε στη νότια πλευρά, τα καταγεγραμμένα μέγιστα να είναι ελαφρώς μεγαλύτερα στις πλάκες πεζοδρομίου σε σχέση με αυτά που καταγράφηκαν στην ασφάλτο.

Όπως προκύπτει από τον πίνακα 6.9, αντίστοιχη συμπεριφορά με τις μέγιστες επιφανειακές θερμοκρασίες παρουσιάζουν και οι ελάχιστες θερμοκρασίες. Συγκεκριμένα, οι ελάχιστες θερμοκρασίες για τα ίδια υλικά, στο τμήμα του δρόμου με νότιο προσανατολισμό, είναι συστηματικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες θερμοκρασίες με βόρειο προσανατολισμό. Τέλος, οι ελάχιστες θερμοκρασίες της ασφάλτου, που καταγράφονται κατά την νυχτερινή περίοδο, είναι συστηματικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες ελάχιστες θερμοκρασίες των πλακών πεζοδρομίου

Πίνακας 6.9: Ελάχιστες μετρούμενες θερμοκρασίες επιφανείας στο επίπεδο του δρόμου.

Οδός	H/W	Γωνία ως προ Βορρά					
			Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5
Γιαννιτσών	0.725-1	40	21.1(ΒΔ)	22.3(ΒΔ)	22.3	23.2(ΝΑ)	22.8(ΝΑ)
Καβάλας	1	130	22.2(ΝΔ)	22.8(ΝΔ)	22.1	22.2(ΒΑ)	21.7(ΒΑ)
Ομήρου	1.75-2.60	125	21.7(ΝΔ)	21.1(ΝΔ)	20	20.6(ΒΑ)	20.4(ΒΑ)
Ευρώτα	1-1.5	35	18.9(ΝΑ)	18.2(ΝΑ)	17.8	18.2(ΒΔ)	17.6(ΒΔ)
Μαυρομιχάλη	2.5	60	25.9(ΝΑ)	25(ΝΑ)	-	24.4(ΒΔ)	23.8(ΒΔ)
Κόδρου	2.75	145	24.2(ΒΑ)	24.4(ΒΑ)	25.3	25.3(ΝΔ)	24.9(ΝΔ)
Βαλαωρίτου	2.5	150					
		A	23.4(ΝΔ)	25.3(ΝΔ)	25.9	25.6(ΒΑ)	25.0(ΒΑ)
		B	24.2(ΝΔ)	26.1(ΝΔ)	26	25.4(ΒΑ)	25.2(ΒΑ)

*τα σημεία 1 και 5 ήταν πλάκες πεζοδρομίου.

**τα σημεία 2,3,4 ήταν ασφαλτος εξαιρουμένων των οδών Κόδρου και Βαλαωρίτου που ήταν πλάκες πεζοδρομίου

Στους πίνακες 6.10 και 6.11 παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες και νυχτερινές θερμοκρασίες επιφανείας στο επίπεδο του δρόμου ανά σημείο μέτρησης.

Πίνακας 6.10: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες επιφανείας στο επίπεδο του δρόμου ανά σημείο μέτρησης.

Οδός	H/W	Γωνία ως προ Βορρά					
			Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5
Γιαννιτσών	0.725-1	40	30.0(ΒΔ)	32.2(ΒΔ)	33.5	34.7(ΝΑ)	32.3(ΝΑ)
Καβάλας	1	130	30.4(ΝΔ)	31.4(ΝΔ)	33.2	31.9(ΒΑ)	31.2(ΒΑ)
Ομήρου	1.75-2.60	125	32.1(ΝΔ)	32.9(ΝΔ)	34.0	28.9(ΒΑ)	25.6(ΒΑ)
Ευρώτα	1-1.5	35	26.9(ΝΑ)	26.7(ΝΑ)	26.8	25.1(ΒΔ)	23.2(ΒΔ)
Μαυρομιχάλη	2.5	60	36.4(ΝΑ)	37.6(ΝΑ)	-	31.4(ΒΔ)	30.3(ΒΔ)
Κόδρου	2.75	145	28.7(ΒΑ)	30.0(ΒΑ)	30.7	30.5(ΝΔ)	30.2(ΝΔ)
Βαλαωρίτου	2.5	150					
		A	29.8(ΝΔ)	31.7(ΝΔ)	32.0	32.4(ΒΑ)	32.5(ΒΑ)
		B	34.2(ΝΔ)	34.4(ΝΔ)	35.0	35.0(ΒΑ)	35.1(ΒΑ)

*τα σημεία 1 και 5 ήταν πλάκες πεζοδρομίου.

**τα σημεία 2,3,4 ήταν ασφαλτος εξαιρουμένων των οδών Κόδρου και Βαλαωρίτου που ήταν πλάκες πεζοδρομίου

Πίνακας 6.11: Μέσες νυχτερινές θερμοκρασίες επιφανείας στο επίπεδο του δρόμου ανά σημείο μέτρησης.

Οδός	H/W	Γωνία ως προ Βορρά					
			Σημείο 1	Σημείο 2	Σημείο 3	Σημείο 4	Σημείο 5
Γιαννιτσών	0.725-1	40	24.8(ΒΔ)	25.5(ΒΔ)	25.6	26.5(ΝΑ)	26.2(ΝΑ)
Καβάλας	1	130	25.4(ΝΔ)	25.8(ΝΔ)	24.8	24.6(ΒΑ)	24.2(ΒΑ)
Ομήρου	1.75- 2.60	125	24.4(ΝΔ)	24.2(ΝΔ)	22.5	22.4(ΒΑ)	22.1(ΒΑ)
Ευρώτα	1-1.5	35	21.1(ΝΑ)	20.3(ΝΑ)	20.1	20.1(ΒΔ)	19.7(ΒΔ)
Μαυρομυγάλη	2.5	60	21.1(ΝΑ)	20.3(ΝΑ)	-	20.1(ΒΔ)	20.1(ΒΔ)
Κόδρου	2.75	145	25.4(ΒΑ)	25.2(ΒΑ)	25.5	25.9(ΝΔ)	26.4(ΝΔ)
Βαλαωρίτου	2.5	150					
		A	25.0(ΝΔ)	25.6(ΝΔ)	26.1	25.5(ΒΑ)	25.2(ΒΑ)
		B	26.5(ΝΔ)	26.7(ΝΔ)	26.9	26.2(ΒΑ)	26.4(ΒΑ)

*τα σημεία 1 και 5 ήταν πλάκες πεζοδρομίου.

**τα σημεία 2,3,4 ήταν άσφαλτος εξαιρουμένων των οδών Κόδρου και Βαλαωρίτου που ήταν πλάκες πεζοδρομίου

Αντίστοιχες συμπεριφορές παρατηρήθηκαν και στις μέσες ημερήσιες και νυχτερινές θερμοκρασίες επιφανείας ανά σημείο μέτρησης, με τις διαφορές να είναι σαφώς πιο μικρές. Η μεγαλύτερη διαφορά των μέσων τιμών (2,4 °C) καταγράφηκε μεταξύ της ασφάλτου και της πλάκας πεζοδρομίου στη ΝΑ πλευρά της οδού Γιαννιτσών, κατά την διάρκεια της ημέρας ενώ η αντίστοιχη διαφορά κατά την διάρκεια της νύχτας ήταν μικρότερη από 1°C.

Όπως προηγούμενα αναλύθηκε, ο προσανατολισμός των δρόμων, η αναλογία H/W, καθώς επίσης και ο τύπος των χρησιμοποιημένων υλικών, καθορίζουν τη θερμοκρασία επιφανείας των υλικών, καθώς επηρεάζουν καθοριστικά την απορροφούμενη από τα υλικά, ηλιακή ακτινοβολία, γεγονός που με την σειρά του οδηγεί στην αναλογική διαμόρφωση της επιφανειακής θερμοκρασίας στα πεζοδρόμια και στους δρόμους καθώς και στην διαμόρφωση των μέγιστων τιμών τους.

Ο πίνακας 6.12 συνοψίζει τη μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας επιφανείας μεταξύ των πλακών πεζοδρομίων και ασφάλτου που βρίσκονται υπό την επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας από τις σκιασμένες περιοχές του ίδιου υλικού, στην αντίθετη πλευρά της οδού την ίδια χρονική περίοδο.

Όπως προκύπτει από τον πίνακα, για τις ανοιχτόχρωμες και σκουρόχρωμες πλάκες πεζοδρομίων, η στιγμιαία διαφορά θερμοκρασίας ποικίλει από 10 έως 25 °C, ως αποτέλεσμα των διαφορετικών γεωμετρικών χαρακτηριστικών και των διαφορετικών προσανατολισμών των δρόμων. Για την άσφαλτο η στιγμιαία διαφορά θερμοκρασίας φθάνει στους 26 °C.

Πίνακας 6.12: Μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των πλακών πεζοδρομίων ή ασφάλτου που βρίσκονται υπό την επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας έναντι των σκιασμένων περιοχών του ίδιου υλικού, στην αντίθετη πλευρά την ίδια χρονική περίοδο.

Δρόμος	H/W	Προσανατολι- σμός ως προς τον Βορρά	Πλάκες πεζοδρομίου		Άσφαλτος	
			Μέγιστη Διαφορά (C)	Διαφορά Μεγίστων. (C)	Μέγιστη Διαφορά (C)	Διαφορά Μεγίστων. (C)

Γιαννιτσών	0.725-1	40	21.0	0.2	26.0	4.3
Καβάλας	1	130	18.2	11.5	20.2	6.5
Ομήρου	1.75- 2.60	125	25.1	4.8	19.5	1.2
Ευρώτα	1-1.5	35	10.2	4.7	7.7	4.0
Μαυρομυχάλη	2.5	60	22.5	7.8	20.5	8.7
Κόδρου	2.75	145	14.5	5.1	----	---
Βαλαωρίτου	2.5	150	20	15.1	----	---

Η επίδραση του προσανατολισμού των δρόμων, στη θερμοκρασία των υλικών που αποτελούν το οδόστρωμα αυτών (πλάκες και ασφάλτος), μπορεί να γίνει κατανοητή και από την σύγκριση των μέγιστων θερμοκρασιών, των ίδιων υλικών, κατά πλάτος του οδοστρώματος. Όπως φαίνεται στον πίνακα 6.12, οι πλάκες των νοτίων πεζοδρομίων παρουσιάζουν καθημερινά μέγιστη θερμοκρασία υψηλότερη κατά 4.5-15°C περίπου, έναντι των αντίστοιχων μεγίστων των βόρειων πεζοδρομίων των δρόμων, με εξαίρεση την οδό Γιαννιτσών όπου ο προσανατολισμός και ο μικρός χαρακτηριστικός λόγος ($H/W=0,75$) έχει ως αποτέλεσμα η ΒΔ. πλευρά να δέχεται μεγάλα ποσά άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας τις απογευματινές ώρες, καθώς δεν σκιάζεται από την ΝΑ. πλευρά. Οι αντίστοιχες διαφορές των μέγιστων θερμοκρασιών που καταγράφηκαν για τα τμήματα της ασφάλτου μεταξύ της νότιας και βόρειας πλευράς του δρόμου, κατά το πλάτος αυτού, ήταν από 1.2 ως 8.7 °C.

Τέλος σημειώνεται ότι, για καμία από τις θερμοκρασιακές παραμέτρους που εξετάστηκαν ανωτέρω, δεν παρατηρήθηκε σαφή συσχέτιση των παραμέτρων αυτών με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δρόμων ή του προσανατολισμού του άξονα αυτών. Αυτό συμβαίνει επειδή η παρατηρηθείσα διαφορά θερμοκρασίας ποικίλλει λόγω συνδυασμού των δύο προαναφερθέντων παραμέτρων οι οποίες και καθορίζουν την περίοδο της ημέρας που κάθε σημείο μέτρησης εκτίθεται στην ηλιακή ακτινοβολία και προφανώς τη διαφορετική πειραματική περίοδο.

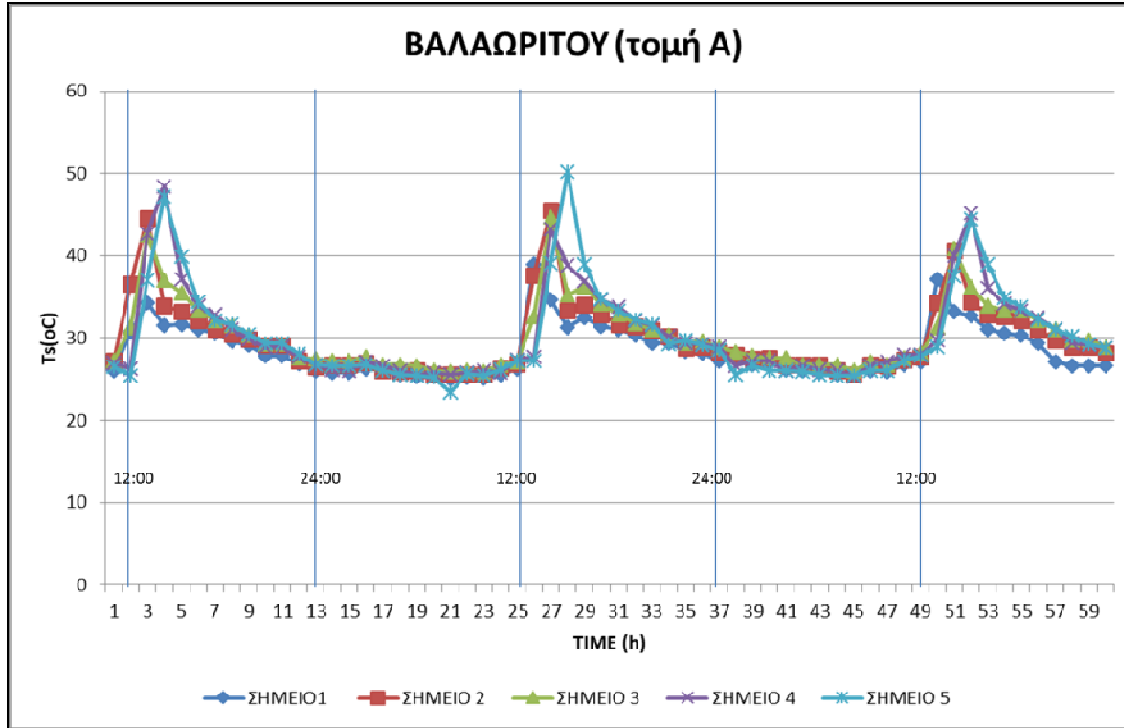
Για να γίνει αντιληπτή η επίδραση των θερμικών και οπτικών χαρακτηριστικών των διάφορων υλικών που χρησιμοποιούνται σε έναν δρόμο, στη θερμοκρασία επιφανείας τους, συγκρίθηκαν οι διαφορές θερμοκρασίας των υλικών αυτών κατά το πλάτος της οδού. Οι συγκρινόμενες θερμοκρασίες αφορούν τμήματα του δρόμου που ήταν στην ίδια πλευρά αυτής και είχαν σχεδόν την ίδια πρόσβαση στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι παρατηρηθείσες διαφορές δίνονται στον πίνακα 6.13.

Όπως φαίνεται, οι μέγιστες στιγμιαίες διαφορές θερμοκρασίας κυμαίνονται μεταξύ 6 έως 14 °C στα σημεία μέτρησης με νότιο προσανατολισμό. Οι διαφορές είναι σημαντικότερες στα σημεία μέτρησης με βόρειο προσανατολισμό(7.5 ως 19 °C). Κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν παρατηρείται κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ των διαφορετικών υλικών. Όπως και στην προηγούμενη περίπτωση δεν βρέθηκε κάποια σαφής συσχέτιση μεταξύ των αναφερόμενων διαφορών θερμοκρασίας και της αναλογίας H/W ή του προσανατολισμού της οδού.

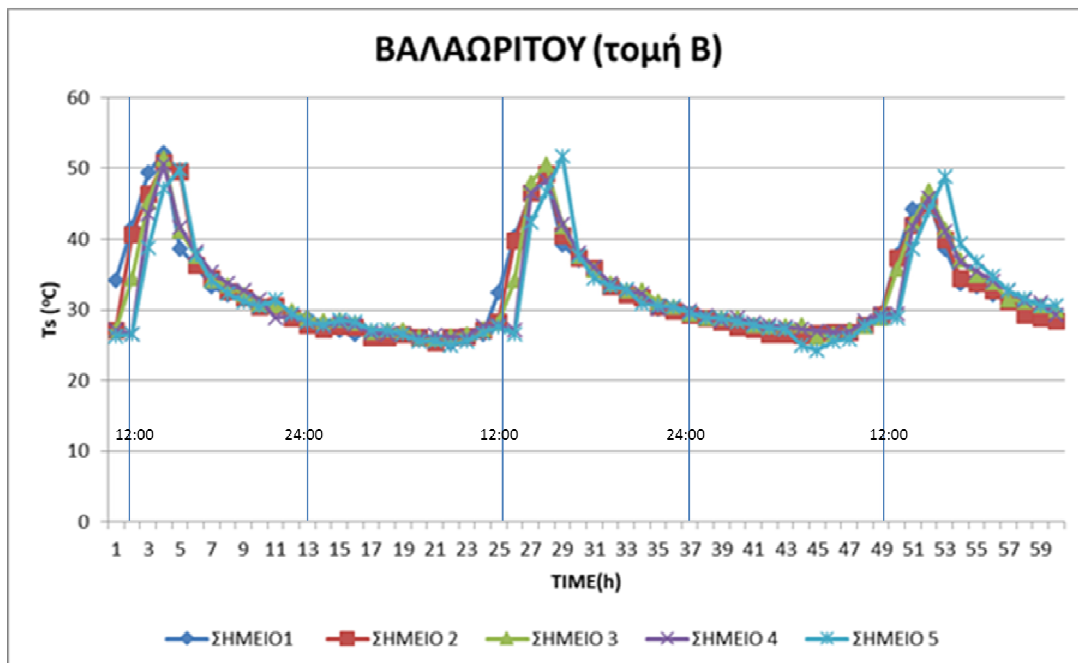
Πίνακας 6.13: Μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ασφάλτου και πλακών πεζοδρομίου κατά το κοινό διάστημα έκθεσής τους στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία στις δύο πλευρές της οδού.

Δρόμος	Μέγιστη διαφορά (°C)	Μέγιστη διαφορά (°C)
Γιαννιτσών	14.1(ΝΑ)	19.0(ΒΔ)
Π. Καβάλας	10.0 (ΝΔ)	14.1(ΒΑ)

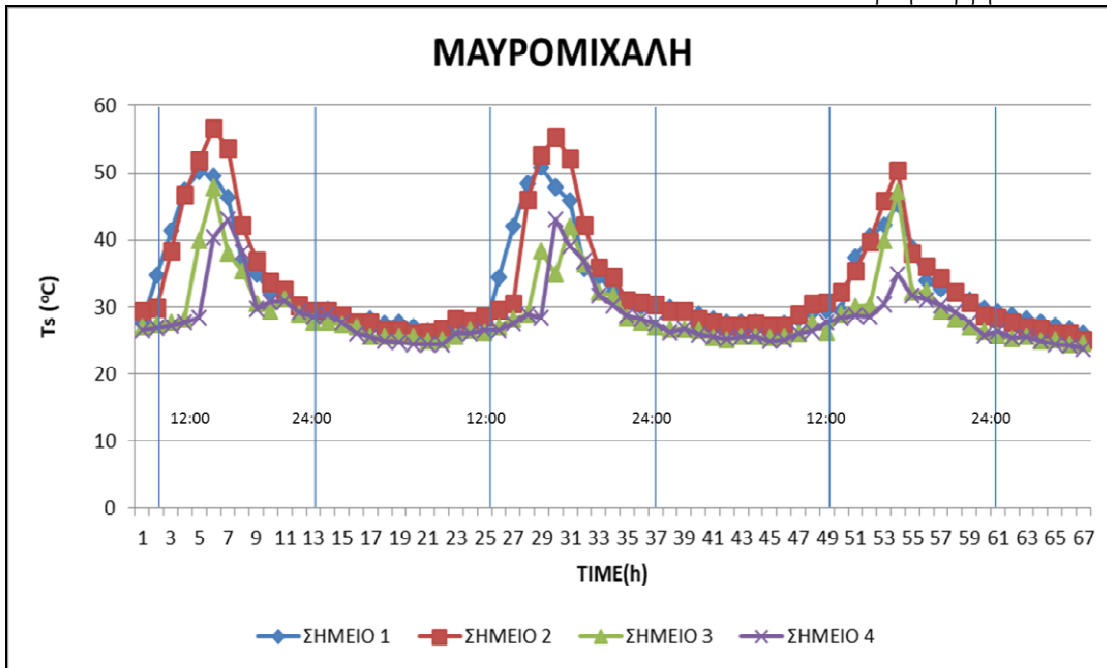
Μαυρομυχάλη	7.6(NA)	12.2(BΔ)
Ευρώτα	6.1(NA)	7.6(BA)
Ομήρου	6.8(NA)	14.9 (BA)



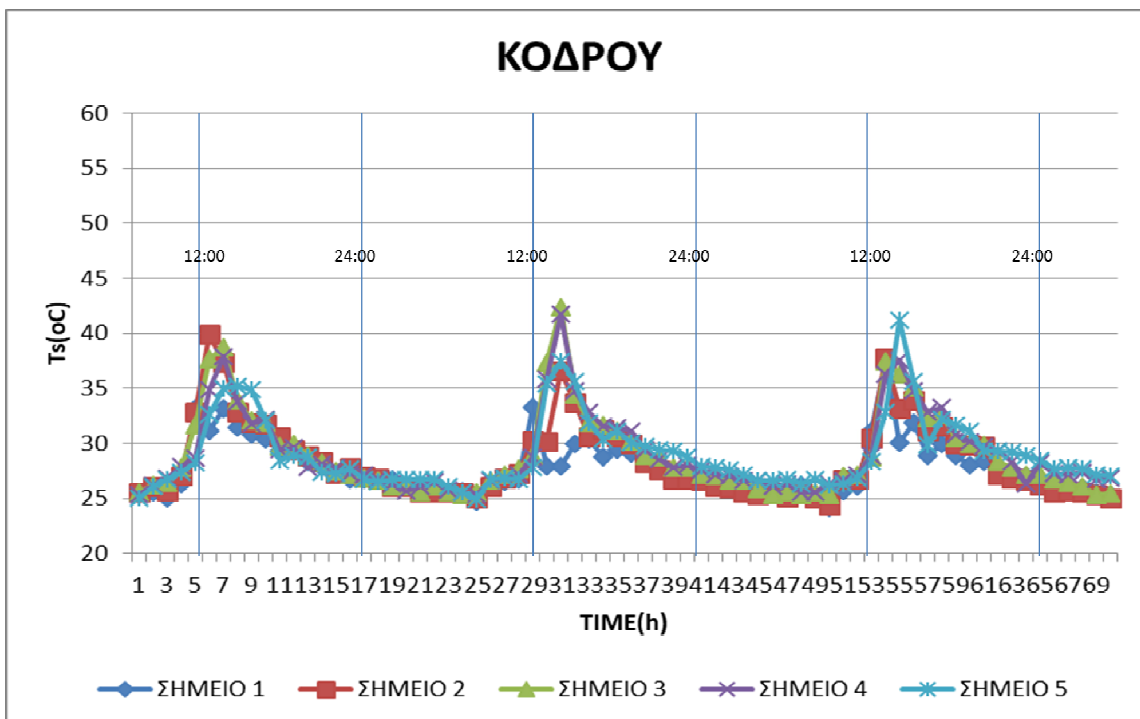
Σχήμα 6.3: Οδός Βαλαωρίτου (Πρώτη Κάθετη Τομή). Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία πεζοδρομίου (1,2,3,4,5). Το σημείο (1) είναι στη Β.Α. πλευρά και το (5) στην Ν.Δ. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.



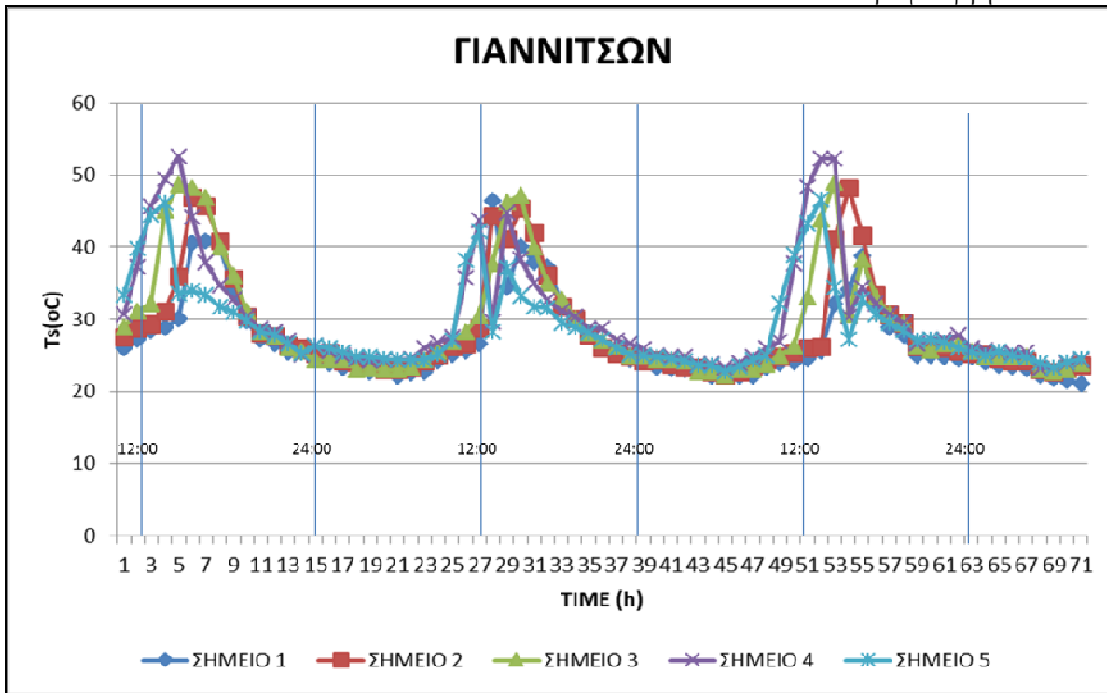
Σχήμα 6.4: Οδός Βαλαωρίτου (Δεύτερη κάθετη τομή). Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία πεζοδρομίου (1,2,3,4,5). Το σημείο (1) είναι στη Β.Α. πλευρά και το (5) στην Ν.Δ. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.



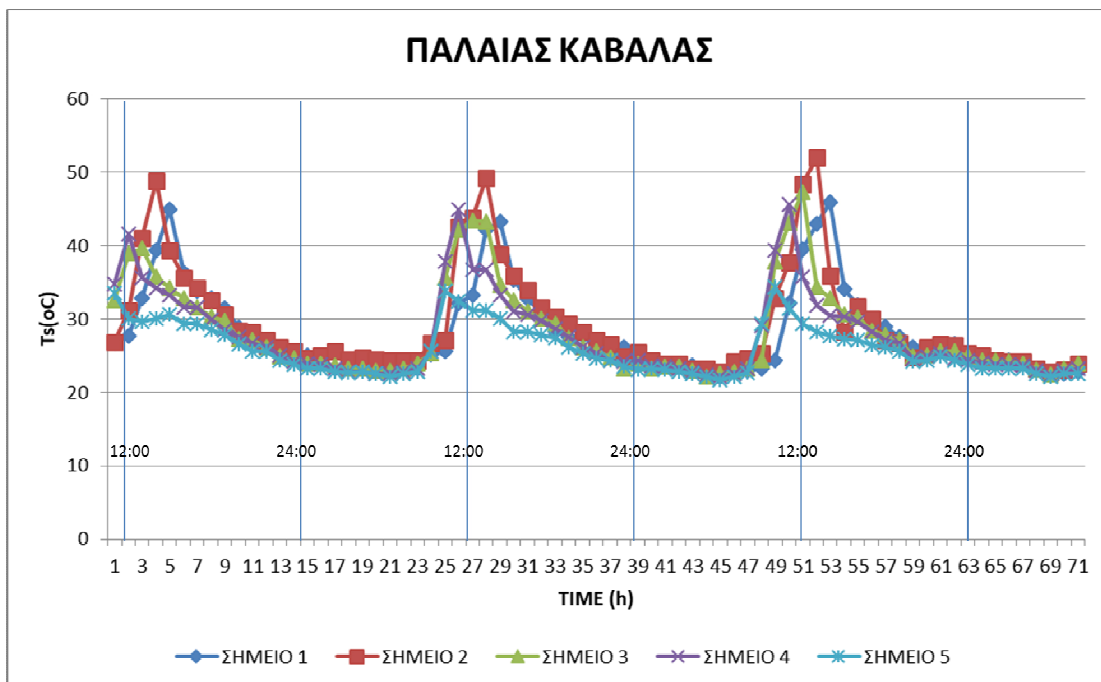
Σχήμα 6.5: Οδός Μαυρομιχάλη. Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 4 σημεία πεζοδρομίου (1,4) και ασφάλτου (3,2). Το σημείο (1) είναι στη ΝΑ πλευρά και το (4) στη ΒΔ πλευρά. Τα σημεία από (1) ως (4) είναι συνεχόμενα.



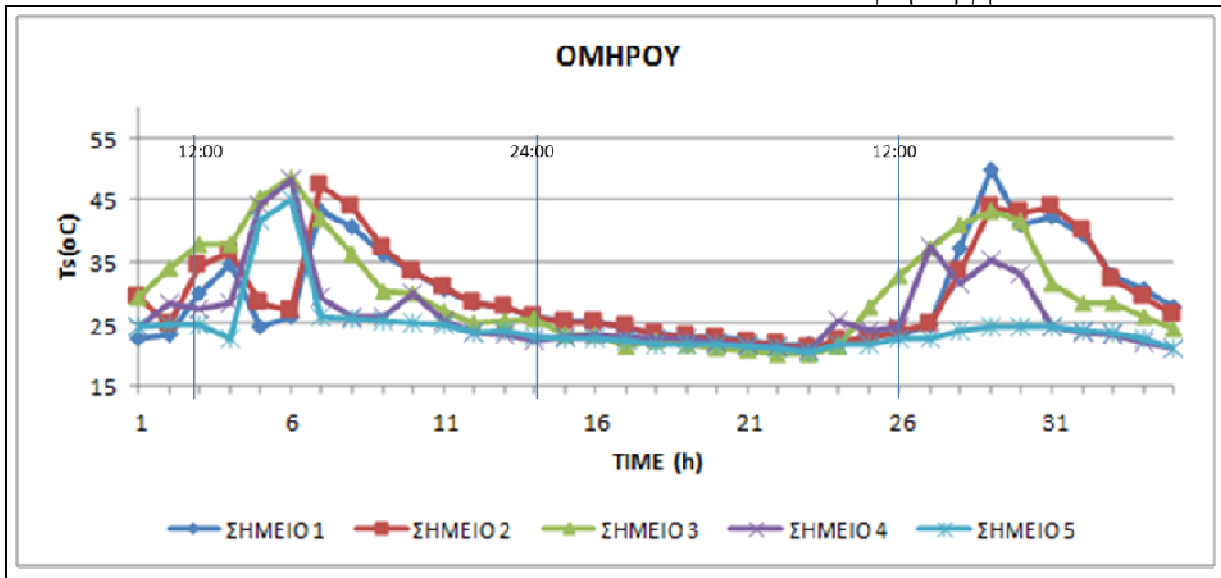
Σχήμα 6.6: Οδός Κόδρου: Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία πεζοδρομίου. Το σημείο (1) είναι στη Β.Α. πλευρά και το (5) στη Ν.Δ. πλευρά. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.



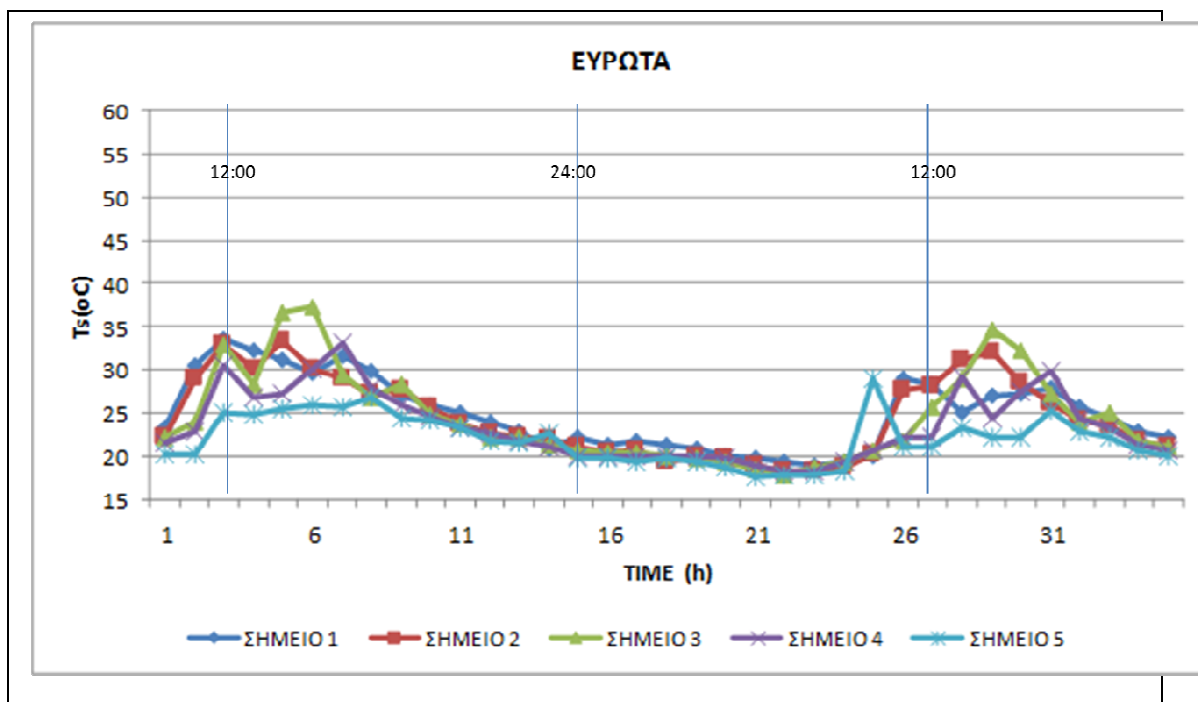
Σχήμα 6.7: Οδός Γιαννιτσών: Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία. Δύο πεζοδρομίου (1,5) και τρία ασφάλτου (2,3,4). Το σημείο (1) είναι στη ΒΔ πλευρά και το (5) στην Ν.Α. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.



Σχήμα 6.8: Οδός Π. Καβάλας. Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία. Δύο πεζοδρομίου (1,5) και τρία ασφάλτου (2,3,4). Το σημείο (1) είναι στη Β.Α. πλευρά και το (5) στην Ν.Δ. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.



Σχήμα 6.9: Οδός Ομήρου. Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία πεζοδρομίου (1,5) και ασφάλτου (2,3,4,). Το σημείο (1) είναι στη ΝΔ πλευρά και το (2) στην Β.Α. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.



Σχήμα 6.10: Οδός Ευρώτα. Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία. Δύο πεζοδρομίου (1,5) και τρία ασφάλτου (1,2,3). Το σημείο (1) είναι στη ΝΑ πλευρά και το (5) στην Β.Δ. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.

6.2.2. Θερμοκρασίες επιφάνειας στις προσόψεις των κτηρίων

Αντίστοιχες μετρήσεις με αυτές που πραγματοποιήθηκαν στις επιφάνειες των δρόμων πραγματοποιήθηκαν και στις κάθετες πλευρές της χαράδρας, στις προσόψεις των κτηρίων που τις συνιστούν.

Οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν, για όλες τις προσόψεις και των επτά οδών, παρουσιάζονται στα σχήματα 6.11 ως 6.25. Οι μέγιστες και οι ελάχιστες θερμοκρασίες παρουσιάζονται στους πίνακες 14 και 15 αντίστοιχα. Σημειώνεται ότι όλες οι επιφάνειες αποτελούνται από ανοιχτόχρωμο σοβά. Εξαίρεση από αυτή την συνθήκη

υπήρχε στα ισόγεια, της ΒΔ πλευράς, της οδό Γιαννιτσών, της ΝΔ πλευράς, της 2^{ης} τομής της οδού Βαλαωρίτου, της ΝΑ πλευράς της οδού Παλ. Καβάλας, της ΝΔ πλευράς της οδού Ομήρου, και της ΝΑ πλευράς της οδού Ευρώτα (πίνακες 6.3. ως 6.7) που αποτελούνται, από μαύρο μάρμαρο, από ανοιχτόχρωμο μάρμαρο, από πλάκες Καρύστου, και από γκρι τσιμέντο οι δύο τελευταίες περιπτώσεις. Επίσης από ανοιχτόχρωμο μάρμαρο αποτελείται και το ισόγειο της ΝΔ πλευράς της οδού Κόδρου.

Πίνακας 6.14: Μέγιστες καθ' ύψος θερμοκρασίες επιφανείας στις προσόψεις των οδών.

Οδός	H/W	Προσανατ- ολισμός					
			ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ 1	ΟΡΟΦΟΣ 2	ΟΡΟΦΟΣ 3	ΟΡΟΦΟΣ 4
Βαλαωρίτου	2.5	BA(A)	33.1	34.5	34.9	37.8	-
		NΔ(A)	39.1	46.4	45.7	46.6	42.9
		BA(B)	34.8	36.8	38.6	38.6	-
		NΔ(B)	41.9	48.2	50.8	51.3	-
Μαυρομιχάλη	2.5	NA	43.5	42.8	41.9	39.1	-
		BΔ	36.7	37.7	38.4	34.8	-
Κόδρου	2.75	BA	32.6	33.8	34.4	34.6	-
		NΔ	39.4	39.9	40.8	43.3	-
Γιαννιτσών	0.725-1	BΔ	43.3	40.6	39.1	-	-
		NA	34.1	45.7	46.6	-	-
Καβάλας	1	NΔ	41.5	42.2	42.2	-	-
		BA	31.7	32.2	32.1	-	-
Ομήρου	1.75-2.60	NΔ	28.9	41.3	40.1	31.7	-
		BA	26.7	28.9	29.4	-	-
Ευρώτα	1-1.5	NA	24.8	28.4	37.7	27.2	-
		BΔ	25.8	27.1	32.2	28.2	-

Πίνακας 6.15: Ελάχιστες καθ' ύψος θερμοκρασίες επιφανείας στις προσόψεις των οδών.

Οδός	H/W	Προσανατο- λισμός					
			ΙΣΟΓΕΙΟ	ΟΡΟΦΟΣ 1	ΟΡΟΦΟΣ 2	ΟΡΟΦΟΣ 3	ΟΡΟΦΟΣ 4
Βαλαωρίτου	2.5	BA(A)	26	25.4	24.8	23.7	-
		NΔ(A)	27.1	25.7	25.2	24.7	23.8
		BA(B)	25.6	24	23.9	22.9	-
		NΔ(B)	26.1	25.8	25.6	25.7	-
Μαυρομιχάλη	2.5	NA	26.2	24.8	24.6	24.1	-
		BΔ	26.1	25.7	25.5	24.4	-
Κόδρου	2.75	BA	24.3	25	24.4	23.9	-
		NΔ	26.1	24.9	25.3	25.3	-
Γιαννιτσών	0.725-1	BΔ	22.8	20.6	20.0	-	-
		NA	23.9	20.8	18.6	-	-
Καβάλας	1	BA	23.9	22	21	-	-

		NΔ	22.8	22.4	21.1	-	-
Ομήρου	1.75- 2.60	NΔ	21.8	20	19.3	20.6	-
		BA	20	19.4	18.9	-	-
Ευρώτα	1-1.5	NA	20.1	19.8	18.9	21	-
		BΔ	20.6	20.6	20.6	21.1	-

Όπως προκύπτει από τους παραπάνω πίνακες, οι θερμοκρασίες ποικίλουν, ως αποτέλεσμα όλων των παραμέτρων που καθορίζουν την θερμική ισορροπία τους, ο καθοριστικότερος των οποίων είναι η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Οι ελάχιστες καταγεγραμμένες θερμοκρασίες επιφάνειας, στις προσόψεις των κτιρίων κατά τη διάρκεια της νύχτας, κυμαίνονται μεταξύ των 18.5 έως 27 °C, ενώ οι μέγιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας κυμαίνονται μεταξύ 26 έως 51 °C. Σημειώνεται ότι, κατά την διάρκεια της νύκτας οι ελάχιστες επιφανειακές θερμοκρασίες στο ισόγειο των κτιρίων είναι συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές που καταγράφονται σε μεγαλύτερα ύψη, ως αποτέλεσμα του μικρότερου παράγοντα μορφής που έχουν με τον ουρανό και του μεγαλύτερου παράγοντα μορφής, με την επιφάνεια του θερμότερου δρόμου και της απέναντι πλευράς. Οι διαφορές των ελαχίστων ανά πλευρά θερμοκρασιών κυμάνθηκαν από 0° ως 5.3 °C.

6.2.3 Σύγκριση των θερμοκρασιών επιφάνειας των απέναντι προσόψεων των οδών

Για να αξιολογηθεί η επίδραση του προσανατολισμού και της σχετικής θέσης των επιφανειών σε ένα δρόμο, στην διαμόρφωση των επιφανειακών θερμοκρασιών, εξετάστηκαν οι διαφορές των επιφανειακών θερμοκρασιών καθ' ύψος των απέναντι πλευρών των δρόμων από το έδαφος μέχρι τον τελευταίο όροφο, τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και τη νύκτα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η προσλαμβάνουσα ηλιακή ακτινοβολία από μια επιφάνεια ποικίλει, κυρίως ως αποτέλεσμα του προσανατολισμού και του σχετικού της ύψους του στο δρόμο, (παράγοντες που καθορίζουν το βαθμό σκίασης από τα παρακείμενα κτίρια), αυτή η σύγκριση επιτρέπει την αξιολόγηση, σε έναν ορισμένο βαθμό, της απορροφημένης ηλιακής ακτινοβολίας, όσον αφορά την θερμική ισορροπία της επιφάνειας, θεωρώντας φυσικά ότι οι άλλοι όροι της θερμικής ισορροπίας είναι σχεδόν παρόμοιοι και για τις δύο επιφάνειες. Επιτρέπει επίσης να κατανοηθεί καλύτερα το καθεστώς των επιφανειακών θερμοκρασιών του δρόμου κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Η μελέτη εστίασε στην εξέταση δύο συγκεκριμένων παραμέτρων. Της στιγμιαία μέγιστης διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των δύο απέναντι επιφανειών οι οποίες βρίσκονται στο ίδιο ύψος, και της διαφοράς των μέγιστων ημερήσιων θερμοκρασιών μεταξύ των δύο επιφανειών. Τα αποτελέσματα για όλους του δρόμους και για τα διαφορετικά ύψη παρουσιάζονται στους πίνακες 6.16 και 6.17. Τα κύρια συμπεράσματα της ανάλυσης είναι τα ακόλουθα:

- Όπως αναμένεται, σε ένα δρόμο οι νότιες ή οι με νότιο γενικά προσανατολισμό πλευρές παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες επιφανειών από τις αντίστοιχες απέναντι πλευρές. Η μέγιστη ημερήσια στιγμιαία διαφορά θερμοκρασίας, μεταξύ δύο απέναντι επιφανειών βρέθηκε κοντά στους 19 °C, με τη μέγιστη διαφορά των μεγίστων, μεταξύ δύο απέναντι ισοϋψών επιφανειών να φτάνει στους 14 °C.
- Σχεδόν σε όλους τους δρόμους, υπήρξε μια περίοδος κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου κάθε μια από τις δύο προσόψεις, παρουσίαζε υψηλότερη θερμοκρασία από την αντίθετη επιφάνεια. Αυτή η

περίοδος είναι αποτέλεσμα του προσανατολισμού της επιφάνειας, των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του δρόμου και των υλικών αυτών.

Πίνακας 6.16: Μέγιστη στιγμιαία διαφορά θερμοκρασιών (°C), απέναντι ισοϋψών επιφανειών

Δρόμος	Ισόγειο(°C)	1 ^{ος} όροφος(°C)	2 ^{ος} όροφος(°C)	3 ^{ος} όροφος(°C)
Βαλαωρίτου 1				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	8.0	12.5	12.2	12.3
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	5.2	4.8	5.9	9.6
Βαλαωρίτου 2				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	7.8	14.9	16.4	18.7
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	6.0	7.1	8.0	8.2
Μαυρομιχάλη				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	13.6	11.1	9.8	7.8
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	2.8	2.8	4.3	2.6
Κόδρου				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	7.7	7.9	8.6	10.9
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	3	3.9	5.3	8
Γιαννιτσών				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	5.7	17.1	18.5	-----
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	13.5	12.8	10.3	
Π. Καβάλας				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	9.9	12.8	12.3	-----
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	5.8	3.6	3.5	
Ομήρου				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	3.0	14.1	12.7	-----
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	1.1	1.6	1.3	
Ευρώτα				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	1.1	3.5	13.9	1.5
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	1.0	2.1	2.2	1.7

Για τις οδούς, με άξονα προσανατολισμού από ΒΑ – ΝΔ και από ΒΔ – ΝΑ, όπου οι έντονα ηλιόλουστες επιφάνειες έχουν προσανατολισμό Νότιο Ανατολικό ή Νότιο Δυτικό αντίστοιχα, βρέθηκε ότι οι στιγμιαίες διαφορές μεταξύ των απέναντι πλευρών κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν τόσο μικρότερες, όσο σε χαμηλότερο επίπεδο εντός της χαράδρας βρίσκεται το σημείο μέτρησης.

Αυτό συμβαίνει επειδή στις οδούς με αυτούς τους προσανατολισμούς, οι χαμηλότερες επιφάνειες των Ν.Α. και Ν.Δ. προσόψεων λαμβάνουν λιγότερη ακτινοβολία από τις επιφάνειες που βρίσκονται σε μεγαλύτερα ύψη λόγω μεγαλύτερης διάρκειας σκίασης, με αποτέλεσμα και οι μέγιστες στιγμιαίες διαφορές να είναι μεγαλύτερες. Λαμβάνοντας επίσης υπόψη, ότι η αντίθετη πρόσοψη με ΒΑ και ΒΔ προσανατολισμό λαμβάνει πολύ χαμηλά επίπεδα άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, εξηγείται ο λόγος για τον οποίο οι υψηλότερες στιγμιαίες διαφορές θερμοκρασίας παρατηρούνται στους ανώτερους ορόφους.

Εξάίρεση αποτελεί το ισόγειο της οδού Γιαννιτσών όπου λόγω του υλικού στο σημείο μέτρησης (μαύρο μάρμαρο) σε συνδυασμό με το μικρό ύψος του απέναντι κτιρίου (μονώροφο) και του ανοίγματος της διασταύρωσης της οδού σε πλατεία, η επιφανειακή θερμοκρασία της απογευματινές ώρες είναι σημαντικά υψηλότερη, με αποτέλεσμα η μέγιστη στιγμιαία διαφορά θερμοκρασίας να παρατηρείται μεταξύ των ισογείων της οδού.

Πίνακας 6.17: Διαφορά των μέγιστων ημερήσιων θερμοκρασιών επιφανείας (°C) απέναντι ισοϋψών επιφανειών.

Δρόμος	Ισόγειο	Πρώτος όροφος	Δεύτερος όροφος	Τρίτος όροφος
Βαλαωρίτου 1				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	6.0	11.9	10.8	8.8
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	0	0	0	0
Βαλαωρίτου 2				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	7.1	11.4	12.2	12.7
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	0	0	0	0
Μαυρομιχάλη				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	6.8	5.1	3.5	4.3
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	0	0	0	0
Κόδρου				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	6.8	6.1	6.4	8.7
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	0	0	0	0
Γιαννιτσών				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	0	5.1	7.5	-----
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	9.2	0	0	
Π. Καβάλας				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	9.8	10	10.1	-----
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	0	0	0	
Ομήρου				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	2.2	12.4	10.7	-----
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	0	0	0	
Ευρώτα				
ΕΠΙΦ _{ΝΑ} -ΕΠΙΦ _{ΒΑ}	1	1.3	5.5	1
ΕΠΙΦ _{ΒΑ} -ΕΠΙΦ _{ΝΑ}	1	0	0	1

Από τις μετρήσεις που έγιναν προέκυψε ότι, οι μεγαλύτερες τιμές και οι αντίστοιχες διαφορές των μεγίστων τιμών, παρατηρήθηκαν για τις πλευρές με νότιο γενικό προσανατολισμό, με μία σημαντική εξαίρεση και στην περίπτωση αυτή, στο ισόγειο της οδού Γιαννιτσών για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας, η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των αντίθετων επιφανειών στην ίδια οδό, δεν είναι γενικά σημαντική. Η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των προσόψεων κατά την νυχτερινή περίοδο, καταγράφηκε τρεις ώρες πριν την Ανατολή του ηλίου ως και την Ανατολή αυτό, με μέγιστη τιμή περί τους 2 °C. Οι διαφορές θερμοκρασίας των απέναντι επιφανειών κατά τη διάρκεια της νύχτας για όλους τους δρόμους δίνονται στον πίνακα 6.18.

Πίνακας 6.18: Μέγιστη στιγμιαία διαφορά θερμοκρασίας απέναντι επιφανειών κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Δρόμος	Ισόγειο(°C)	1ος όροφος(°C)	2ος όροφος(°C)	3ος όροφος(°C)
Βαλαωρίτου 1	1	0	0	0
Βαλαωρίτου 2	0	1	1	2
Μαυρομιχάλη	0.5	0	0	0
Κόδρου	0	1.5	1.5	0
Γιαννιτσών	1	0	0.5	-
Π. Καβάλας	1.5	0	0	-
Ομήρου	2	1	0.5	-
Ευρώτα	0	1	2	0

Όσον αφορά τη διαφορά θερμοκρασιών επιφανείας κατά τη διάρκεια της νύχτας βρέθηκε ότι:

- Η θερμοκρασία μιας επιφάνειας κατά τη διάρκεια της νύχτας εξαρτάται κυρίως από το ισοζύγιο ακτινοβολίας της. Οι μεγαλύτερες διαφορές μετρήθηκαν σε μη συμμετρικές οδούς. Σε αυτούς τους δρόμους ο παράγοντας μορφής της επιφάνειας και του ουρανού, και κατά συνέπεια και τα ισοζύγια ακτινοβολίας των απέναντι ισοϋψών επιφανειών είναι διαφορετικά. Γενικά οι επιφάνειες με υψηλότερο παράγοντα μορφής με το ουρανό παρουσιάζουν χαμηλότερη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Σε όλες τις περιπτώσεις όπου παρατηρήθηκε σχετικά σημαντική διαφορά επιφανειακής θερμοκρασίας μεταξύ απέναντι πλευρών, και από τις απέναντι πλευρές που είχαν ίδιο παράγοντα μορφής με τον ουρανό, οι πιο θερμές πλευρές ήταν αυτές με ΝΔ και ΝΑ προσανατολισμό, όπου στη διάρκεια της ημέρας, λόγω προσανατολισμού, είχαν απορροφήσει μεγαλύτερα ποσά ακτινοβολίας. Όπου παρουσιάστηκαν θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τις πλευρές που δεν είχαν νότιο προσανατολισμό, αυτό συνέβαινε μόνο αν είχαν μεγαλύτερες θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ημέρας ή παρουσίαζαν μικρότερο παράγοντα μορφής με τον ουρανό σε σχέση με τις αντίστοιχες απέναντι πλευρές νότιου προσανατολισμού ή λόγω θερμοφυσικών χαρακτηριστικών του υλικού της επιφανείας μέτρησης.

6.2.4. Κατακόρυφη κατανομή επιφανειακών θερμοκρασιών στις οδούς

Η κατακόρυφη κατανομή των επιφανειακών θερμοκρασιών των προσόψεων των κτιρίων που απαρτίζουν τις αστικές οδούς είναι ιδιαίτερης σημασίας, διότι καθορίζουν το ποσό της θερμότητας που μεταφέρεται στον αέρα του δρόμου από τις κατακόρυφες επιφάνειες, στοιχείο που επηρεάζει τις συνθήκες ευστάθειας εντός της χαράδρας και την κυκλοφορία του αέρα εντός αυτής. Η μέγιστη κατακόρυφη διαφορά θερμοκρασίας για τις δύο πλευρές του δρόμου για κάθε δρόμο, για την ημερήσια και την νυχτερινή περίοδο, δίνεται στον πίνακα 6.19 που ακολουθεί:

Πίνακας 6.19: Μέγιστη κατακόρυφη στιγμιαία διαφορά επιφανειακής θερμοκρασίας (°C) στους δρόμους κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας για τις δύο κατακόρυφες επιφάνειες αυτών.

Δρόμος	Β. ΒΔ. ΒΑ πλευρά	Ν. ΝΔ. ΝΑ. πλευρά
--------	------------------	-------------------

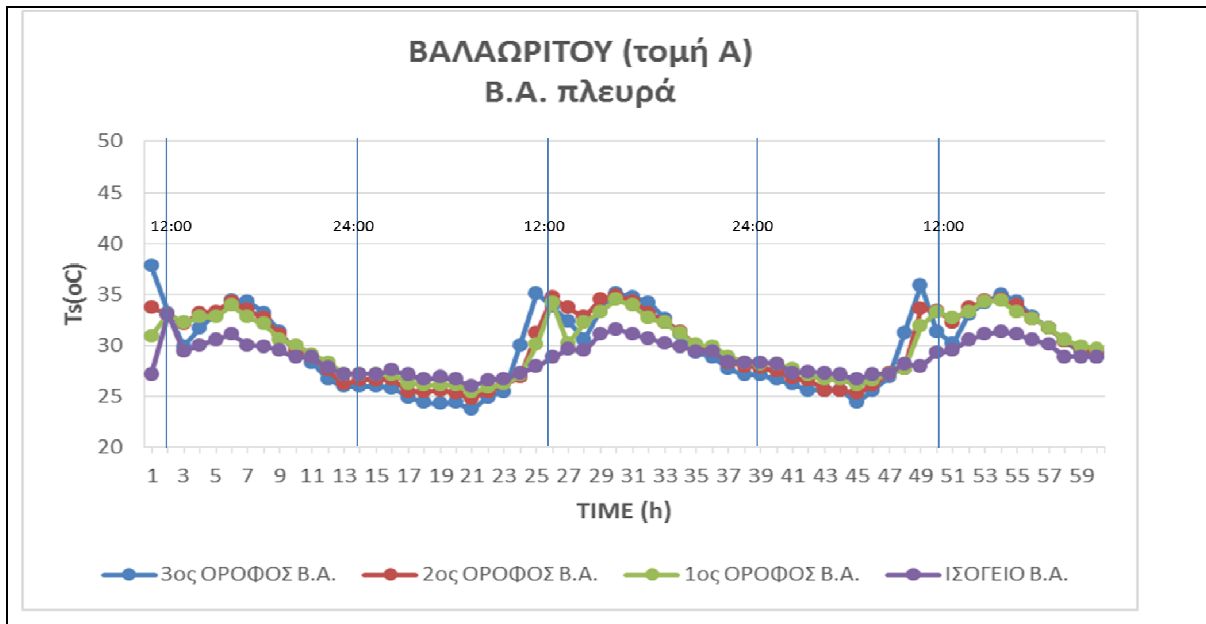
	Ημέρα	Νύχτα	Ημέρα	Νύχτα
Γιαννιτσών	7.3	3	15.6	5.8
Π. Καβάλας	6.1	2	10.2	2.9
Ομήρου	3.3	2.6	12.9	2.9
Ευρώτα	14.9	2.2	8.9	1.5
Βαλαωρίτου 1	10.6	2.6	13.3	3.9
Βαλαωρίτου 2	7.1	3.1	17.2	2.7
Μαυρομιχάλη	4.1	3.1	5	3.6
Κόδρου	5.5	3	11.1	3.1

Από τα στοιχεία του ανωτέρω πίνακα προκύπτουν τα εξής:

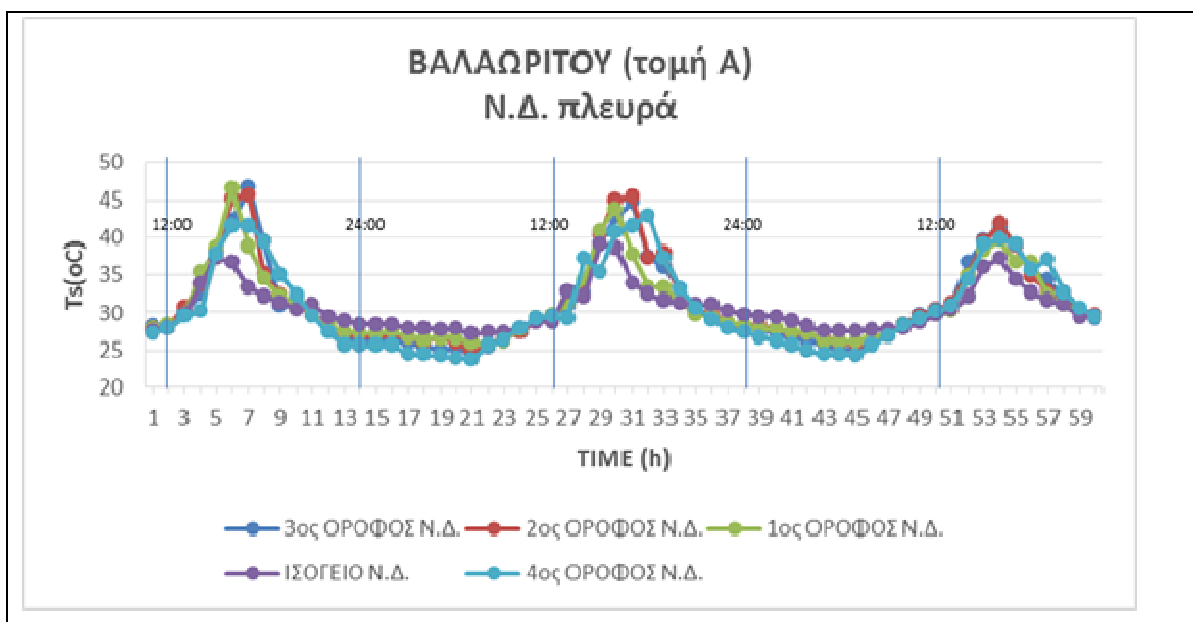
- Στις με νότιο προσανατολισμό πλευρές (ΝΔ,ΝΑ), κατά την διάρκεια της ημέρας οι κατακόρυφες στιγμιαίες μέγιστες διαφορές θερμοκρασίας κυμάνθηκαν μεταξύ 5 και 17 °C. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρουσιάστηκαν σε όλες τις περιπτώσεις στις επιφάνειες των ισογείων. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι, οι επιφάνειες αυτές λόγω της θέσης τους, δέχονται πολύ μικρότερα ποσά ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της ημέρας, σε σχέση με τις σε μεγαλύτερο ύψος επιφάνειες. Παρατηρήθηκε επίσης, ότι οι υψηλότερες θερμοκρασίες εμφανίστηκαν στις επιφάνειες των μεσαίων ορόφων. Αυτό οφείλεται στο ότι για όλους τους εξεταζόμενους δρόμους, οι επιφάνειες των ενδιάμεσων ορόφων δέχονται σχεδόν το ίδιο ποσό της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας με τους υψηλότερους ορόφους, αλλά απορροφούν μεγαλύτερα ποσά υπέρυθρης και διάχυτης ακτινοβολίας από τις απέναντι πλευρές σε σχέση με αυτούς, σε συνδυασμό και με το γεγονός ότι τα ποσά της θερμότητας που απάγονται στους υψηλότερους ορόφους, λόγω μεταφοράς στον αέρα, είναι μεγαλύτερα λόγω της μεγαλύτερης έντασης του ανέμου.
- Στις προς Βορρά προσανατολισμένες επιφάνειες (Β,ΒΑ,ΒΔ), κατά την διάρκεια της ημέρας, οι μέγιστες στιγμιαίες κατακόρυφες διαφορές επιφανειακής θερμοκρασίας κυμάνθηκαν μεταξύ 3.3 και 14.9°C. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν, για τους ίδιους λόγους, στις επιφάνειες των ισογείων. Παρόλα αυτά, σε κάποιες περιπτώσεις δρόμων με χαμηλό χαρακτηριστικό λόγο, οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν στο ισόγειο, ειδικά δε όταν αυτές που αποτελούνται από υλικά υψηλής απορροφητικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία (Γιαννιτσών και Π. Καβάλας). Οι διαφορές επιφανειακών θερμοκρασιών μεταξύ των μεσαίων και των υψηλότερων ορόφων δε είναι αξιόλογες. Αυτό συμβαίνει διότι λόγω του προσανατολισμού το μεγαλύτερο ποσό της ακτινοβολίας προσπίπτει στους υψηλότερους ορόφους αντισταθμίζοντας έτσι τα μεγαλύτερα ποσά θερμότητας που απορροφούν λόγω υπέρυθρης ακτινοβολίας και μεταφοράς οι επιφάνειες των μεσαίων ορόφων.
- Κατά την διάρκεια της νύκτας οι μέγιστες στιγμιαίες διαφορές επιφανειακής θερμοκρασίας, των προς νότιο προσανατολισμένων (ΝΔ,ΝΑ) επιφανειών κυμάνθηκαν μεταξύ 1.5 και 5.8°C. Σε όλες τις περιπτώσεις οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες παρουσιάστηκαν στις επιφάνειες των ισογείων. Ακολούθως οι θερμοκρασίες μειώνονται συναρτήσει της αύξησης της ύψους. Αυτό συμβαίνει λόγω του ισοζυγίου ακτινοβολιών που χαρακτηρίζει τις επιφάνειες των προσόψεων των οδών. Χαμηλότερο ύψος επιφανειών έχει ως αποτέλεσμα μικρότερο παράγοντα μορφής με τον ουρανό που με τη σειρά του έχει ως αποτέλεσμα μικρότερα συνολικά ποσά υπέρυθρης ακτινοβολίας να διαφεύγουν προς το περιβάλλον. Παρόλα αυτά δεν βρέθηκε κάποια σαφής συσχέτιση μεταξύ των μεγίστων διαφορών και των χαρακτηριστικών λόγων (H/W) των

οδών. Επίσης δεν υπήρξε σχέση μεταξύ των ημερήσιων και των νυχτερινών μέγιστων κατακόρυφων στιγμιαίων διαφορών των θερμοκρασιών επιφανείας. Αυτό οφείλεται στο ότι το ενεργειακό ισοζύγιο των επιφανειών δεν καθορίζεται μόνο από του ισοζύγιο ακτινοβολιών αλλά και από τα φαινόμενα αγωγής, μεταφοράς και αποθήκευσης της θερμότητας καθώς και από την διαφορετική πειραματική περίοδο.

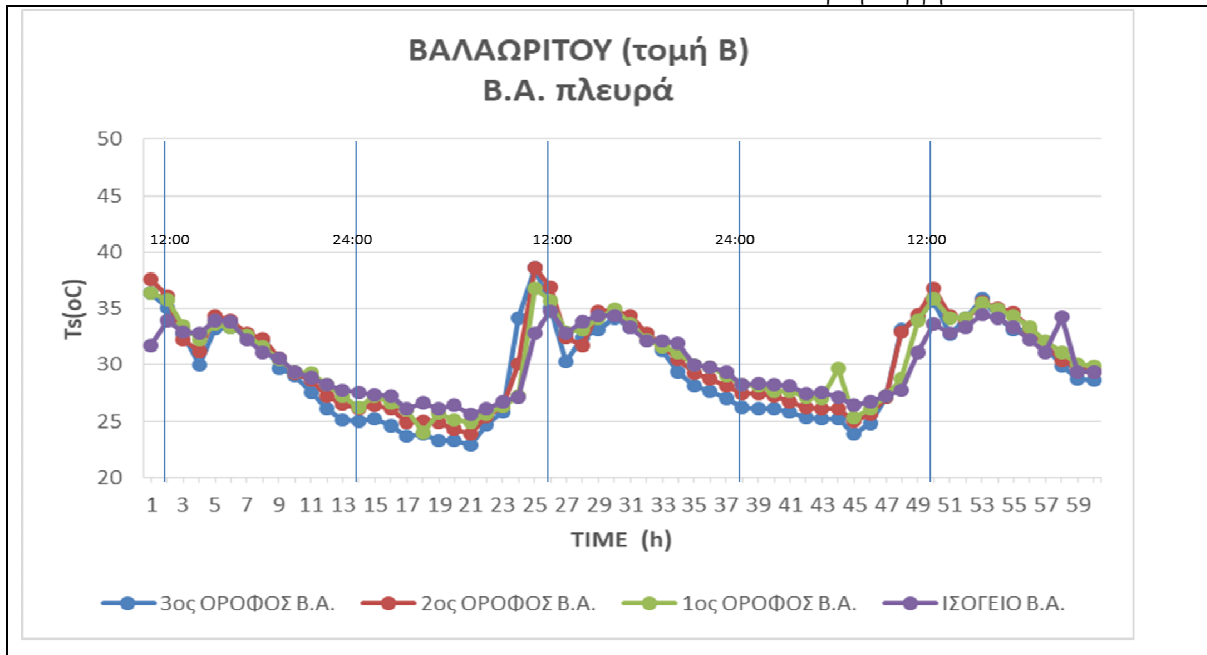
- Κατά την διάρκεια της νύκτας οι μέγιστες στιγμιαίες κατακόρυφες διάφορες θερμοκρασίας των επιφανειών με βόρειο προσανατολισμό (ΒΔ, ΒΑ) κυμάνθηκαν μεταξύ 2 και 3.1°C. Όπως και στην περίπτωση των προς νότο προσανατολισμένων επιφανειών οι υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν στις επιφάνειες των ισόγειων και εμφανίσθηκαν συνεχών μειούμενες, σε συνάρτηση με το ύψος των επιφανειών.



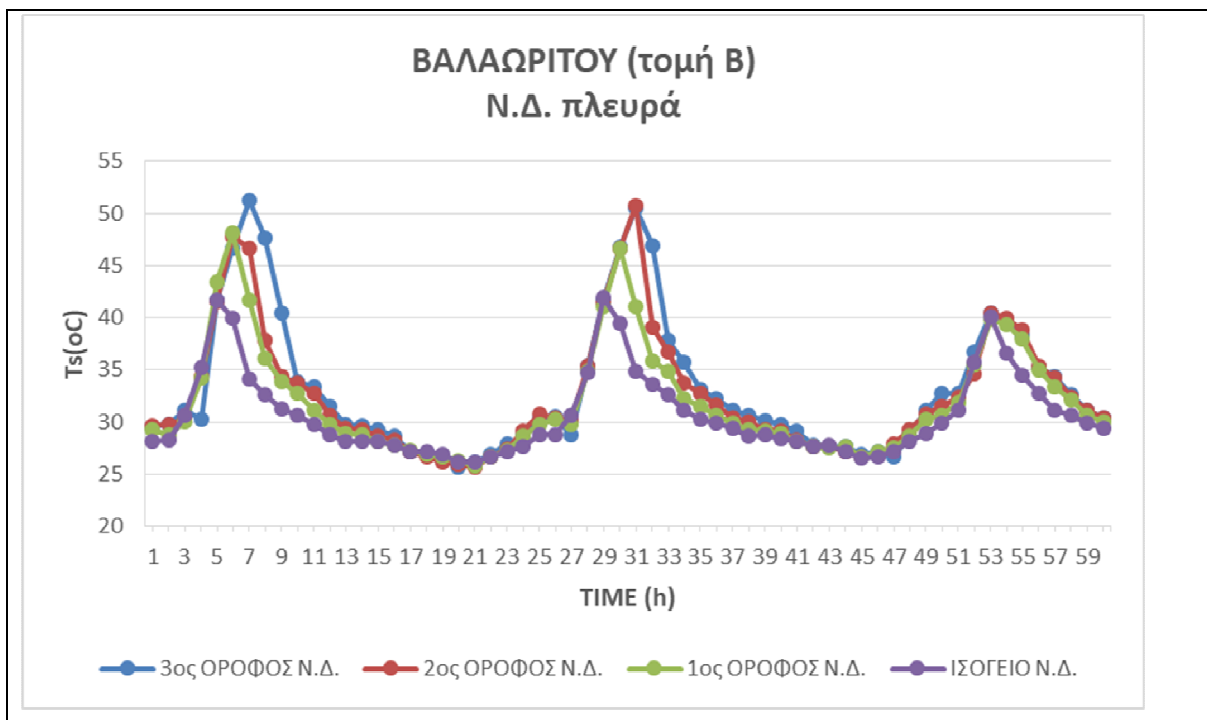
Σχήμα 6.11: Οδός Βαλαωρίτου. Πρώτη τομή. Β.Α. πλευρά . (3^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).



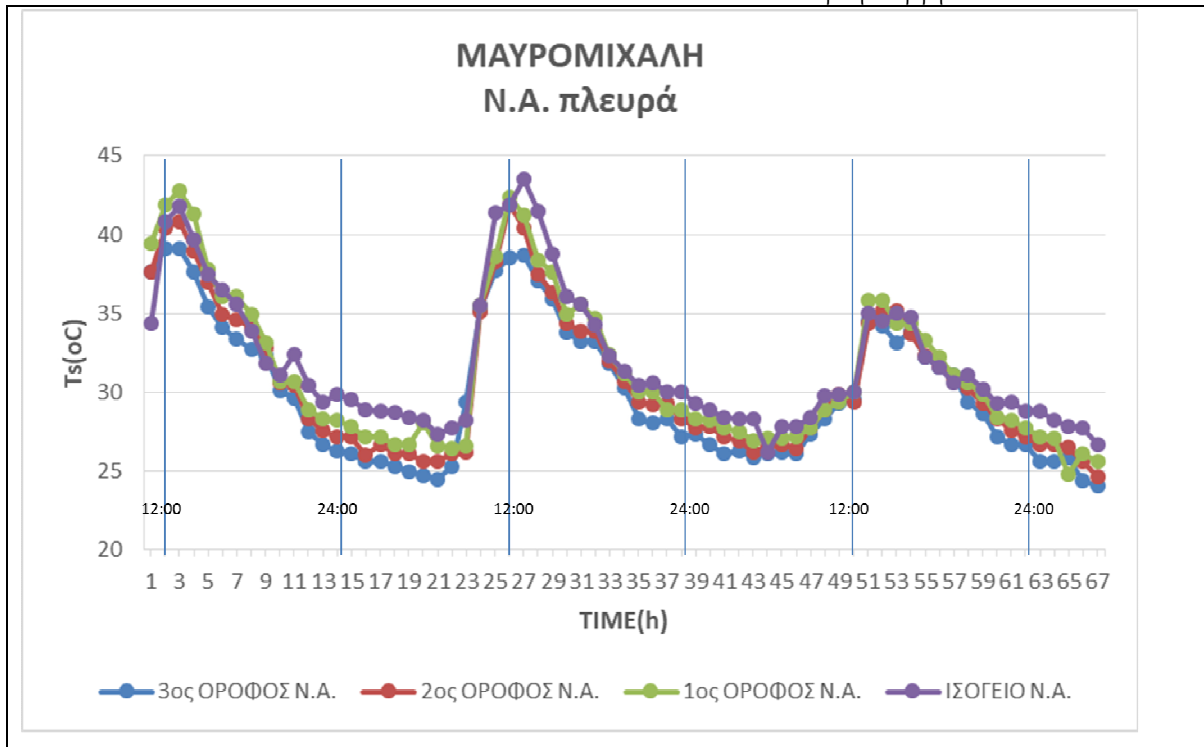
Σχήμα 6.12: Βαλαωρίτου. Πρώτη τομή Ν.Δ. πλευρά. (4^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (3^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, μάρμαρο).



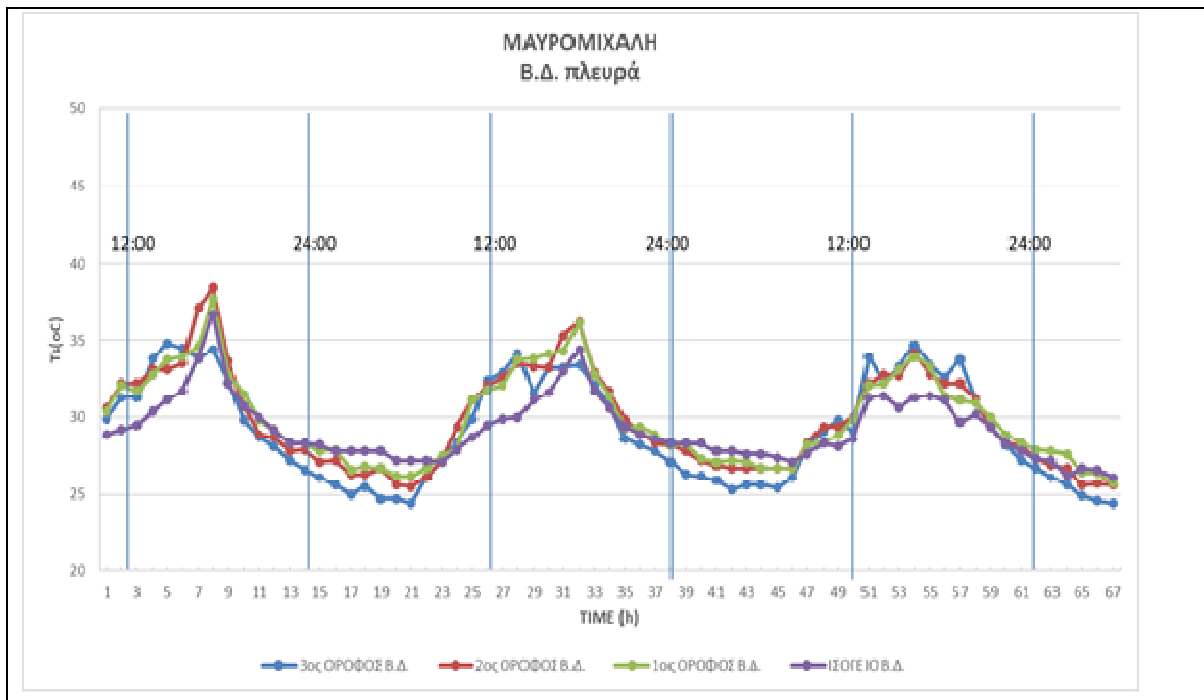
Σχήμα 6.13: Βαλαωρίτου. Δεύτερη τομή. Β.Α. πλευρά. (3^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, μάρμαρο).



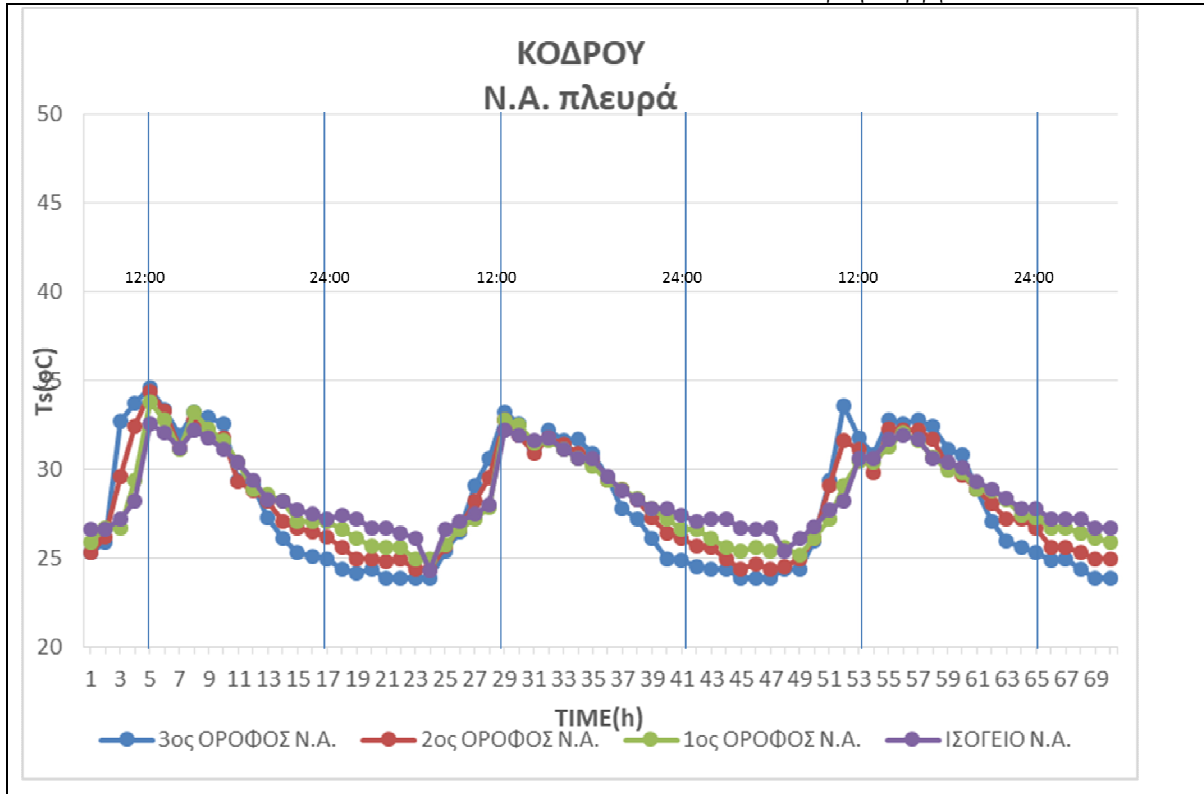
Σχήμα 6.14: Βαλαωρίτου. Δεύτερη τομή. Ν.Δ. Πλευρά. (3^{ος} όροφος, λευκός οβός), (2^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).



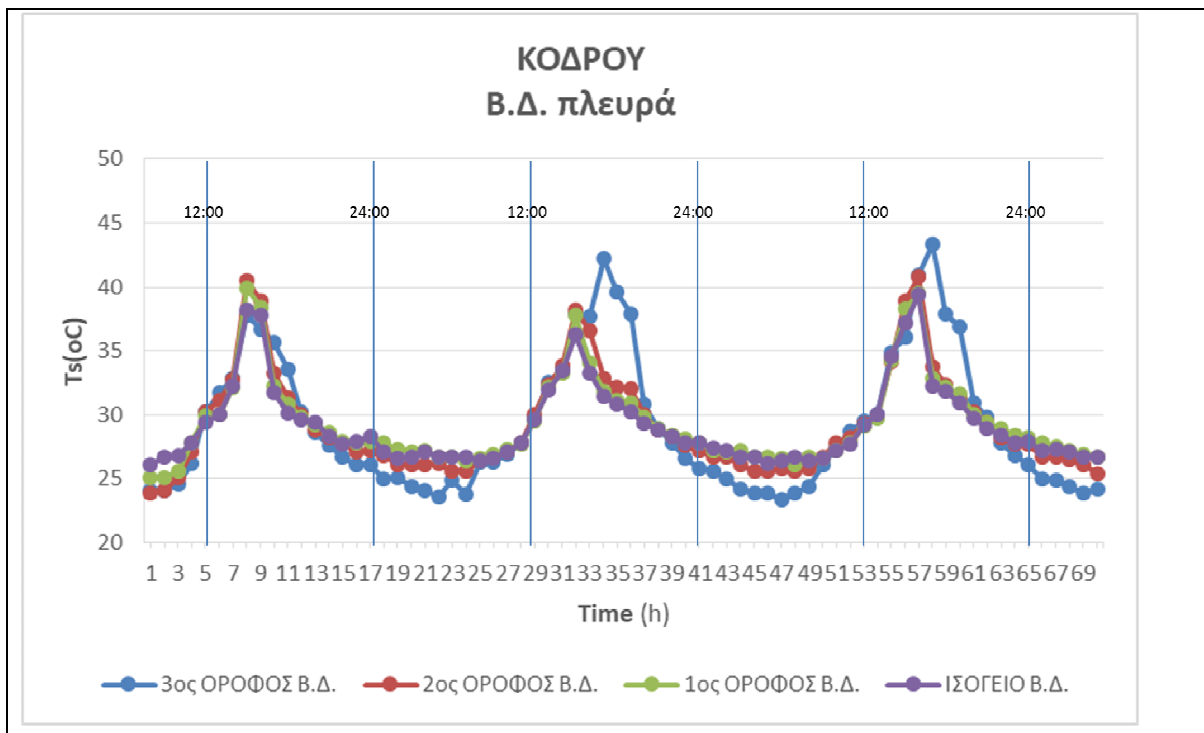
Σχήμα 6.15: Μαυρομιχάλη Ν.Α. πλευρά. (3^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).



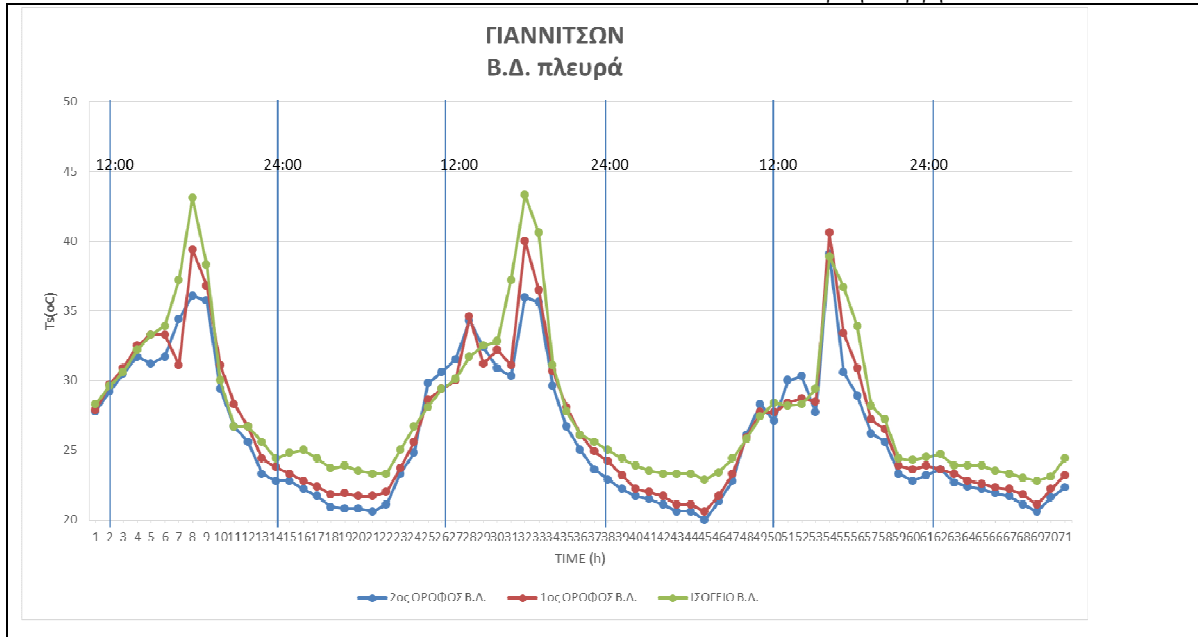
Σχήμα 6.16: Μαυρομιχάλη Β.Δ. πλευρά. (3^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).



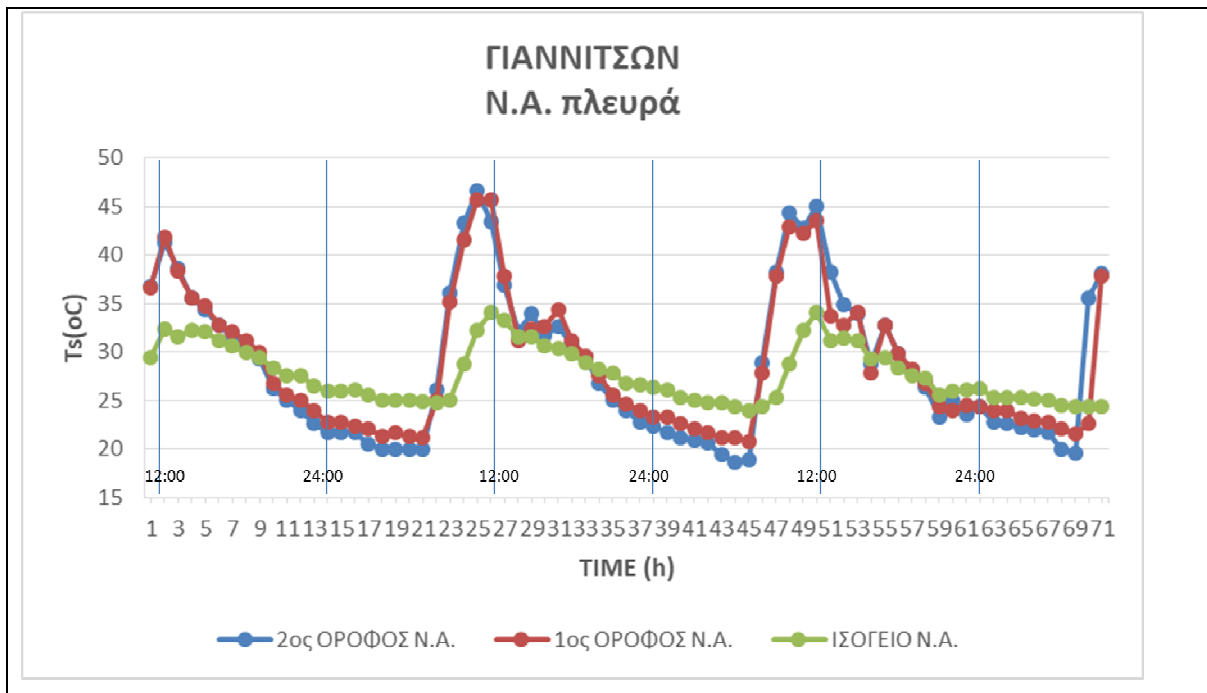
Σχήμα 6.17: Κόδρου. Ν.Α. πλευρά. (3^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).



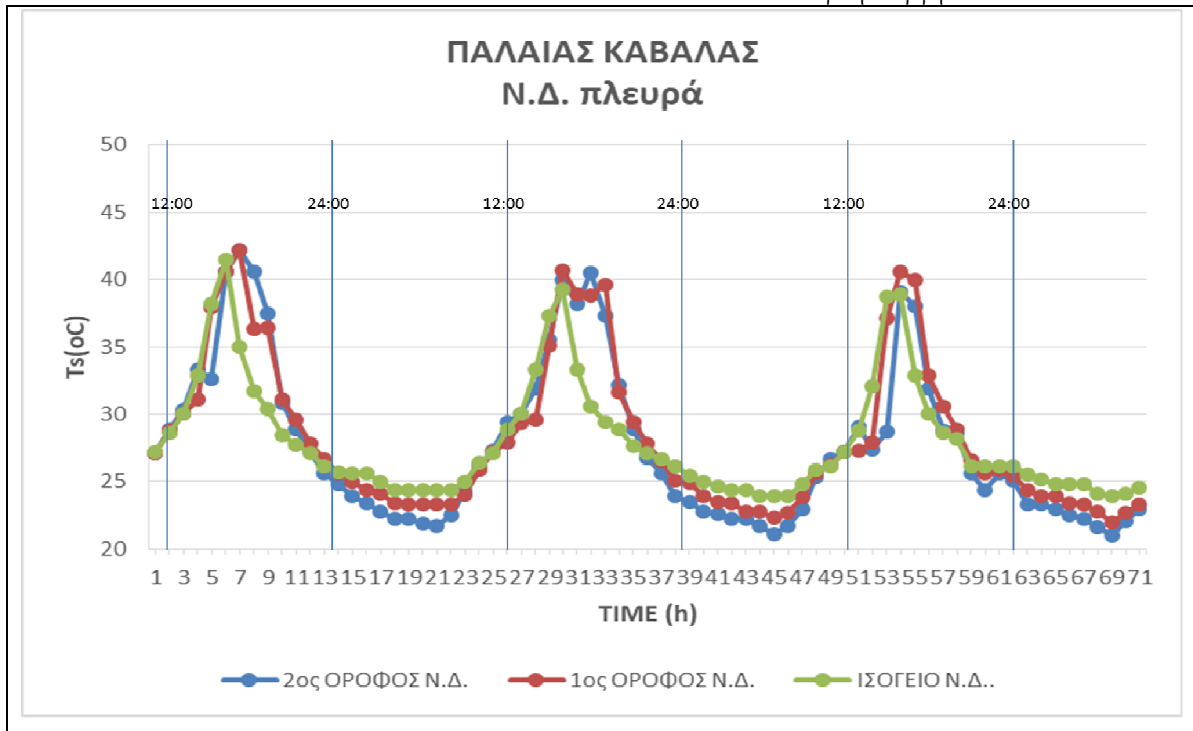
Σχήμα 6.18: Κόδρου. Β.Δ πλευρά. (3^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, μάρμαρο).



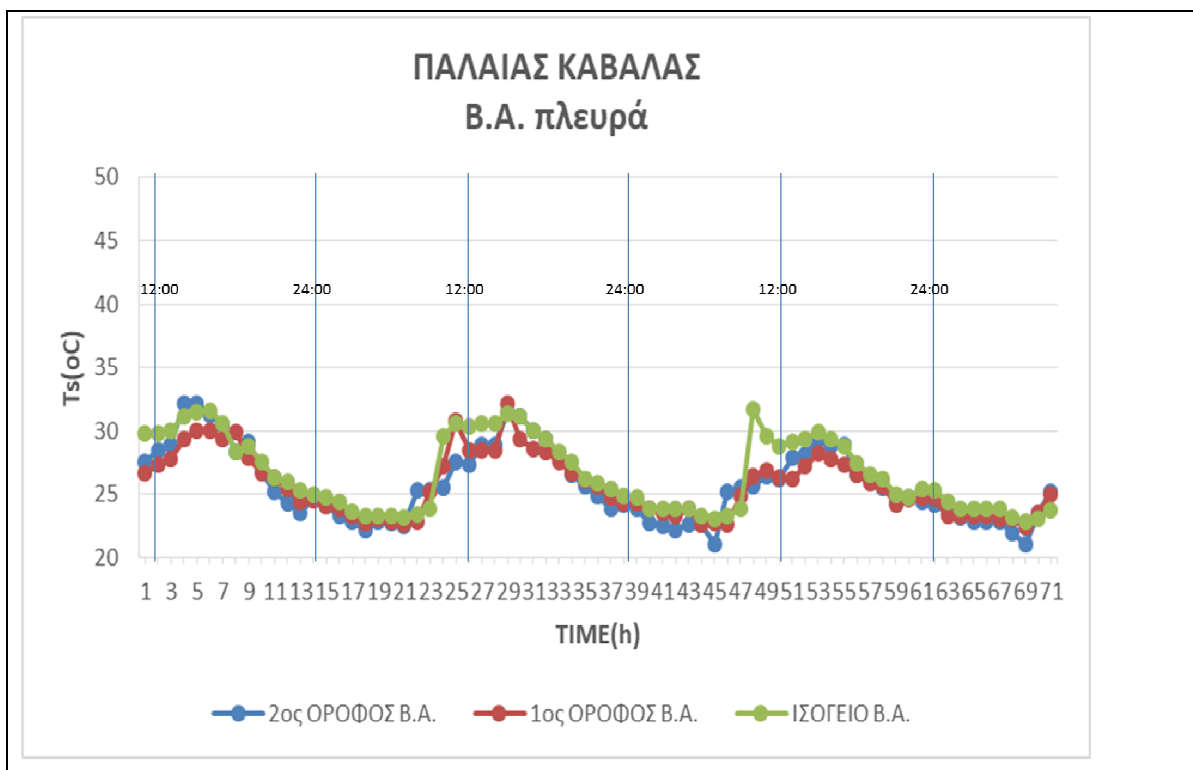
Σχήμα 6.19: Γιαννιτσών Β.Δ. πλευρά (2^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (ισόγειο, σκούρο μάρμαρο).



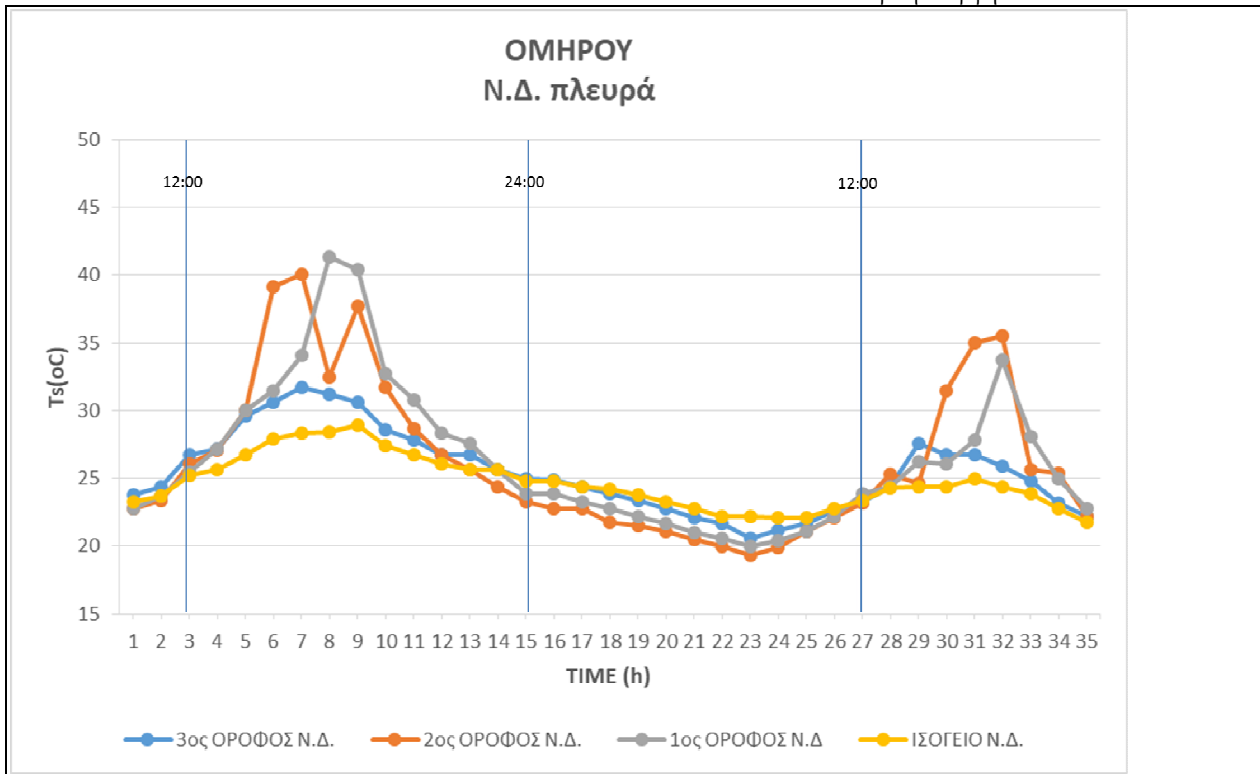
Σχήμα 6.20: Γιαννιτσών Ν.Α. πλευρά. πλευρά (2^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).



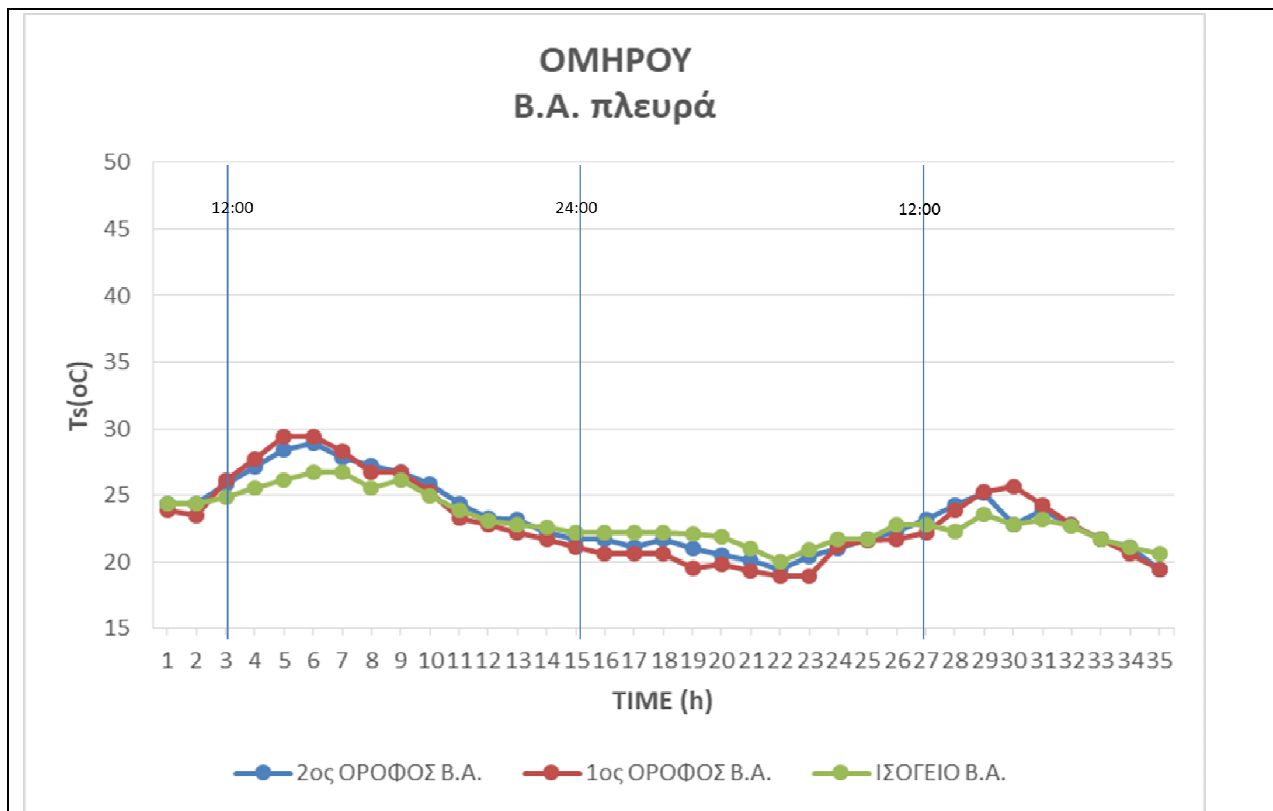
Σχήμα 6.21: Π. Καβάλας Ν.Δ. πλευρά. (2^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (ισόγειο, σκούρο μάρμαρο).



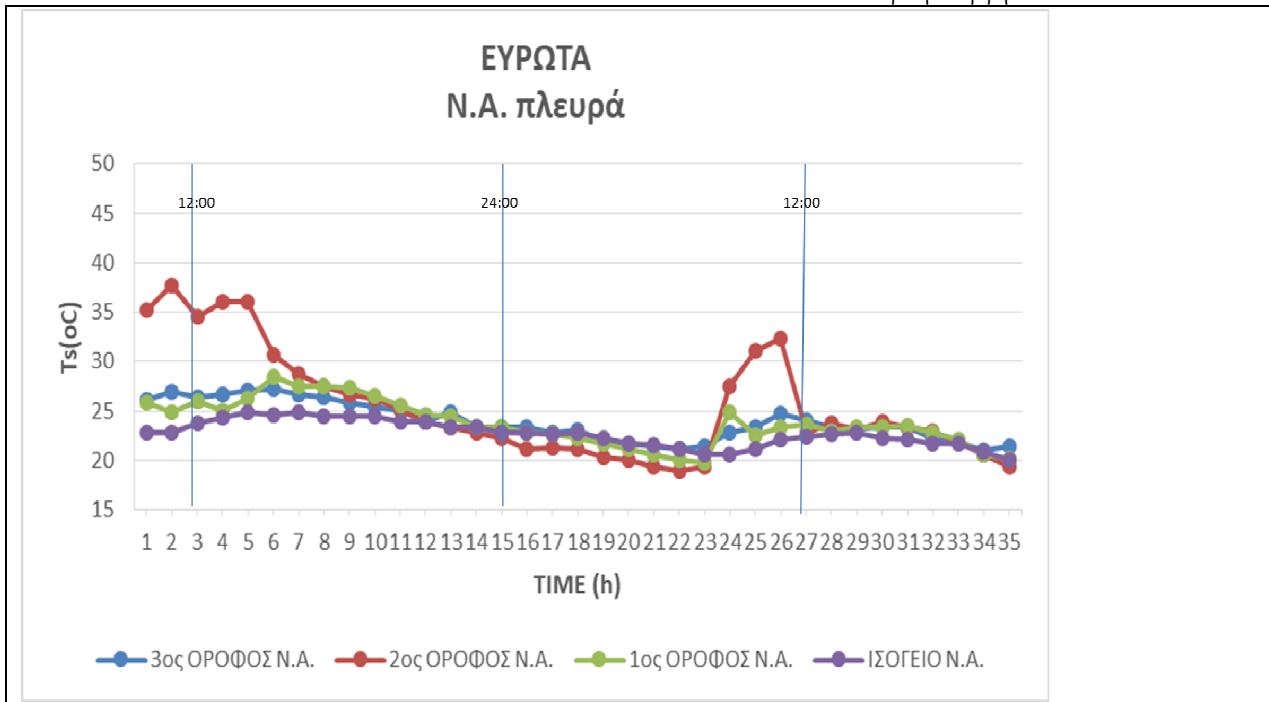
Σχήμα 6.22: Π. Καβάλας Β.Α. πλευρά. (2^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (1^{ος} όροφος , λευκός σοβάς), (ισόγειο, πλάκες Καρύστου).



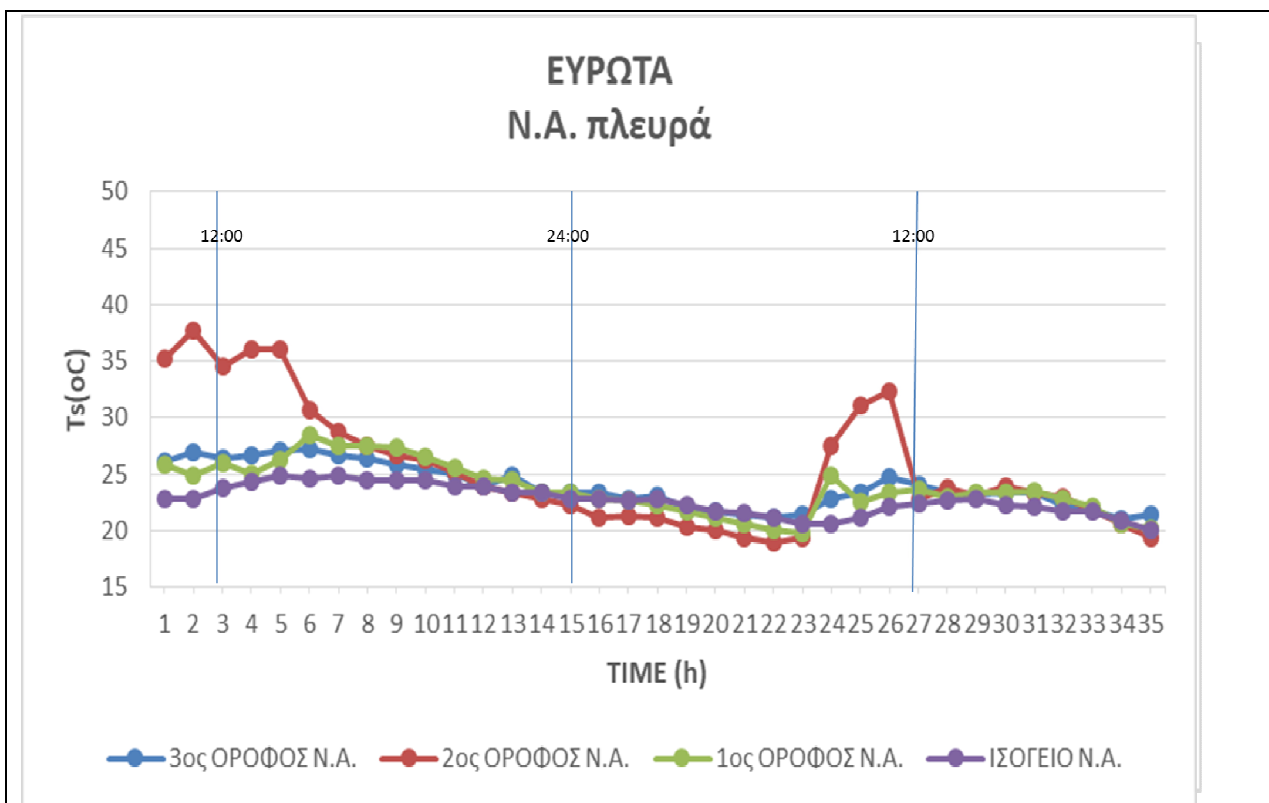
Σχήμα 6.23: Οδός Ομήρου. Επιφανειακή θερμοκρασία. Ν.Δ. πλευρά. (3ος όροφος, λευκός σοβάς), (2ος όροφος, λευκός σοβάς), (1ος όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, σκουρόχρωμο τσιμέντο).



Σχήμα 6.24: Οδός Ομήρου. Επιφανειακή θερμοκρασία. Β.Α. πλευρά. (2ος όροφος, σκουρόχρωμος σοβάς), (1ος όροφος, σκουρόχρωμος σοβάς), (ισόγειο, σκουρόχρωμος τσιμέντο).



Σχήμα 6.25: Οδός Ευρώτα. Επιφανειακή θερμοκρασία Ν.Α. πλευρά: (3ος όροφος, λευκός σοβάς), (2ος όροφος, λευκός σοβάς), (1ος όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, σκουρόχρωμο τσιμέντο).



Σχήμα 6.26: Οδός Ευρώτα. Β.Δ. πλευρά. (3ος όροφος, λευκός σοβάς), (2ος όροφος, λευκός σοβάς), (1ος όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, σκουρόχρωμο τσιμέντο).

6.3. Θερμοκρασίες αέρα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η κατανομή της θερμοκρασίας του αέρα εντός και πάνω από τον δρόμο μετρήθηκε για εννέα διαφορετικούς δρόμους. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζεται η ανάλυση των μετρήσεων των

θερμοκρασιών και συγκρίνονται με τις αντίστοιχες μετρήσεις του σταθμού αναφοράς και για δύο περιπτώσεις (Αιγάλεω-Γιαννιτσών και Σόλωνος) με τους αντίστοιχους Σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της Αστικής Θερμικής Νησίδας και που είχαν τοποθετηθεί εντός των προαναφερόμενων οδών.

6.3.1. Ανάλυση των μέγιστων, ελάχιστων και μέσων θερμοκρασιών στις εννέα αστικές χαράδρες

Η κατανομή των θερμοκρασιών για όλα τα σημεία μέτρησης και για όλους του δρόμους δίνεται στα σχήματα 6.27 ως 6.35. Τα δεδομένα αναλύθηκαν έτσι ώστε να διερευνηθεί η κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας εντός του δρόμου και να γίνει σύγκριση με την θερμοκρασία του αέρα πάνω από αυτόν, καθώς και να μελετηθεί η πιθανή συσχέτιση της με τον προσανατολισμό, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, και τα υλικά των δρόμων.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέγιστες και οι ελάχιστες θερμοκρασίες του αέρα στις εννιά οδούς για τα διάφορα σημεία μέτρησης εντός και εκτός αυτών.

Πίνακας 6.20: Μέγιστες και ελάχιστες καθ' ύψος θερμοκρασίες αέρα

Δρόμος	Μέγιστες	Μέγιστες	Ελάχιστες	Ελάχιστες
	θερμοκρασίες (°C) N-NA-NA πλευρών	θερμοκρασίες (°C) B-BA-BA πλευρών	θερμοκρασίες (°C) N-NA-NA πλευρών	θερμοκρασίες (°C) B-BA-BA πλευρών
Βαλαωρίτου				
1 ^{ος} όροφος	38.1	-	25.2	-
2 ^{ος} όροφος	36.9	33.0	24.8	25.5
3 ^{ος} όροφος	38.1	-	24.5	-
Ταράτσα	41.1	-	24.1	-
Μαυρομυγάλη				
Μέσο οδού	35.2		26.0	
Ισόγειο	38.5		25.5	
1 ^{ος} όροφος	37.7		25.9	
2 ^{ος} όροφος	36.5		26.3	
Κόδρου				
Μέσο οδού	31.1		26.6	
Ισόγειο	-	33.3	-	25..9
1 ^{ος} όροφος	31.8	34.9	25.9	25.9
2 ^{ος} όροφος	32.2	34.5	25.5	25.5
3 ^{ος} όροφος	32.6		25.2	
Ταράτσα	34.5		24.8	
Γιαννιτσών				
Μέσο Οδού	31.2	-	23.2	-
Ισόγειο	35.7	32.2	23.0	22.7
1 ^{ος} όροφος	-	32.6	-	23.0
2 ^{ος} όροφος	-	33.0	-	23.0
Ταράτσα	32.6	-	21.6	-
Π.Καβάλας				

Μέσο Οδού	31.6		23.0	
Ισόγειο	34.9		23.0	
1 ^{ος} όροφος	35.7		20.6	
2 ^{ος} όροφος	34.9	29.6	22.7	22.3
Ταράτσα	32.6		21.6	
Ομήρου				
Μέσο Οδού	31.5	-	20.9	-
Ισόγειο	-	-	-	-
1 ^{ος} όροφος	38.5	-	20.6	-
2 ^{ος} όροφος	37.7	-	19.8	-
3 ^{ος} όροφος	33.7	-	20.6	-
5 ^{ος} όροφος	33.7	-	20.2	-
Ταράτσα	36.1	-	19.5	-
Ευρώτα				
Μέσο Οδού	31.6	-	20.8	-
Ισόγειο	28.1	-	20.2	-
1 ^{ος} όροφος	31.4	-	20.2	-
2 ^{ος} όροφος	33.7	-	20.2	-
3 ^{ος} όροφος	30.7	-	20.6	-
Ταράτσα	36.1	-	19.5	-
Ιπποκράτους				
Ισόγειο	37.3	-	24.1	-
1 ^{ος} όροφος		41.5	-	26.3
2 ^{ος} όροφος	42.4	41.3	23.7	26.6
4 ^{ος} όροφος	41.9	43.7	23.0	25.5
5 ^{ος} όροφος	-	-	-	-
Ταράτσα	40.6	-	24.5	-
Σόλωνος				
1 ^{ος} όροφος	41.9	41.5	26.6	26.6
2 ^{ος} όροφος	43.7	41.5	26.3	26.3
3 ^{ος} όροφος	41.3	41.9	26.8	26.3
5 ^{ος} όροφος	40.2	-	25.9	-
Ταράτσα	40.6	-	24.5	-

Από την ανάλυση των στοιχείων του ανωτέρω πίνακα προκύπτουν τα εξής:

- Τα μέγιστα στο μέσο της οδού είναι συστηματικά μικρότερα από αυτά εκτός της οδού.
- Τα μέγιστα εντός των οδών, στις προσόψεις αυτών, δεν εμφανίζουν κάποια συστηματική συμπεριφορά σε σχέση με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών, δεδομένου ότι η διαμόρφωση της θερμοκρασίας του αέρα στα σημεία μέτρησης κοντά στις προσόψεις αυτών επηρεάζονται έντονα από τις θερμοκρασίες επιφανείας.

- Οι μικρότερες μέγιστες θερμοκρασίες του αέρα της αστικής χαράδρας εμφανίζονται συστηματικά πάνω από αυτές, ενώ οι μεγαλύτερες ελάχιστες εντός της χαράδρας, εμφανίζονται σχεδόν συστηματικά στο ισόγειο ή στον πρώτο όροφο αυτής.
- Οι διαφορές των ελαχίστων θερμοκρασιών στα ισοϋψή σημεία μετρήσεις εντός των χαραδρών ήταν μικρότερες του μισού βαθμού (στα όρια διακριτικής ικανότητας του data logger) με εξαίρεση την οδό Ιπποκράτους όπου τα σημεία της ΒΔ πλευράς έχουν υψηλότερα ελάχιστα ως και 3°C από τα αντίστοιχα ισοϋψή σημεία μετρήσεις της ΝΑ πλευράς του δρόμου.
- Τα ελάχιστα στο μέσο της οδού είναι υψηλότερα από τα αντίστοιχα ελάχιστα στην πλευρά των ισογείων των οδών.

Στον πίνακα 6.21 παρουσιάζονται οι μέσες θερμοκρασίες του αέρα κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας για τα αντίστοιχα σημεία μέτρησης από την ανάλυση των οποίων προέκυψαν τα ακόλουθα:

- Κατά την διάρκεια της ημέρας η μέση θερμοκρασία του αέρα στο μέσο της οδού είναι συστηματικά χαμηλότερη από αυτήν εκτός χαράδρας κατά 0.3 ως 1.5°C
- Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες του αέρα κοντά στις προσόψεις του ισογείου και του πρώτου ορόφου στις αστικές χαράδρες με μεγάλο χαρακτηριστικό λόγο (μεγαλύτερο του 2) εμφανίζουν και αυτές μικρότερες τιμές από αυτές εκτός χαράδρας.
- Αντίθετα, στις χαράδρες με μικρό χαρακτηριστικό λόγο ή με σημαντική ασυμμετρία στις ΝΔ. πλευρές αυτών, στο ισόγειο, όπου οι μετρητικές συσκευές ήταν τοποθετημένες επί της επιφανείας και βρίσκονται για αυτό τον λόγο υπό την ισχυρή επίδραση της θερμοκρασίας επιφανείας, στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας του αέρα που κατέγραψαν, οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες είναι συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές που καταγράφηκαν εκτός χαράδρας.
- Οι μέσες θερμοκρασίες του αέρα κατά την διάρκεια της νύχτας, εντός της χαράδρας, είναι συστηματικά μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες μέσες τιμές πάνω από αυτήν. Οι διαφορές αυτές με θερμοκρασία αναφοράς στο ύψος του ισογείου κυμαίνονται από 1 ως 2°C
- Οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα κατά την νυχτερινή περίοδο παρουσιάζουν μια ασθενή στρωμάτωση καθ' ύψος, με τις διαφορές, από την αντίστοιχη θερμοκρασία εκτός της χαράδρας, να βαίνουν συνεχώς μειούμενες με την αύξηση του ύψους του σημείου μέτρησης.

Πίνακας 6.21: Μέση ημερήσια και νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα

Δρόμος	Μέσες Ημερήσιες θερμοκρασίες (°C) N-ΝΔ-ΝΑ πλευρών	Μέσες Ημερήσιες θερμοκρασίες (°C) B-ΒΔ-ΒΑ πλευρών	Μέσες Νυχτερινές θερμοκρασίες (°C) N-ΝΔ-ΝΑ πλευρών	Μέσες Νυχτερινές θερμοκρασίες (°C) B-ΒΔ-ΒΑ πλευρών
Βαλαορίτου				
1 ^{ος} όροφος	31.4	-	25.4	-
2 ^{ος} όροφος	31.0	30.4	25.2	25.8
3 ^{ος} όροφος	31.7	-	25.0	-
Ταράτσα	32.9	-	24.4	-

Μαυρομυχάλη				
Μέσω οδού	31.1	-	26.5	-
Ισόγειο	32.7	-	26.1	-
1 ^{ος} όροφος	32.3	-	26.5	-
2 ^{ος} όροφος	32.9	-	26.7	-
Κόδρου				
Μέσω οδού	29.5	-	27.8	-
Ισόγειο		29.9	-	27.5
1 ^{ος} όροφος	29.5	30.6	26.9	27.2
2 ^{ος} όροφος	29.8	30.7	26.5	26.7
3 ^{ος} όροφος	29.3	-	26.2	-
Ταράτσα	30.5	-	25.8	-
Γιαννιτσών				
Μέσω Οδού	28.0	-	25.4	-
Ισόγειο	29.4	27.9	25.3	24.7
1 ^{ος} όροφος	-	27.9	-	24.4
2 ^{ος} όροφος	-	28.3	-	24.4
Ταράτσα	28.4	-	23.8	-
Π.Καβάλας				
Μέσω Οδού	28.1	-	25.1	-
Ισόγειο	28.8	-	25.0	-
1 ^{ος} όροφος	28.0	-	24.5	-
2 ^{ος} όροφος	29.6	27.0	25.0	24.1
Ταράτσα	28.4	-	23.8	-
Ομήρου				
Μέσω Οδού	26.1	-	22.8	-
1 ^{ος} όροφος	27.6	-	22.7	-
2 ^{ος} όροφος	27.4	-	22.3	-
3 ^{ος} όροφος	26.3	-	23.0	-
5 ^{ος} όροφος	26.3	-	22.0	-
Ταράτσα	26.6	-	21.7	-
Ευρώτα				
Μέσω Οδού	25.7	-	22.6	-
Ισόγειο	23.1	-	22.6	-
1 ^{ος} όροφος	24.6	-	22.2	-
2 ^{ος} όροφος	25.2	-	22.3	-
3 ^{ος} όροφος	24.8	-	22.7	-
Ταράτσα	26.6	-	21.7	-
Ιπποκράτους				
Ισόγειο	33.2	-	29.9	-

1 ^{ος} όροφος	-	34.0	-	29.6
2 ^{ος} όροφος	35.2	34.8	29.4	29.9
4 ^{ος} όροφος	-	36.8	-	28.9
5 ^{ος} όροφος	35.5	-	29.3	-
Ταράτσα	35.1	-	27.9	-
Σόλωνος				
1 ^{ος} όροφος	34.6	34.9	29.7	29.8
2 ^{ος} όροφος	34.7	35.2	29.4	29.3
3 ^{ος} όροφος	35.4	35.7	29.7	29.2
5 ^{ος} όροφος	34.5	-	28.9	-
Ταράτσα	35.1	-	27.9	-

6.3.2. Μελέτη καθ' ύψος και πλάτος των θερμοκρασιών του αέρα των εννέα οδών.

Για να εξεταστεί η επίδραση της γεωμετρίας και των υλικών των οδών συγκρίθηκαν οι θερμοκρασίες του αέρα εντός των οδών με αυτές πάνω από αυτές.

Η πρώτη παράμετρος που εξετάστηκε είναι οι μέγιστες κατακόρυφες διαφορές θερμοκρασίες του αέρα εντός της αστικής χαράδρας και του αέρα εκτός αυτής, ανά όροφο. Οι διαφορές αυτές παρουσιάζονται στον πίνακα 6.22. Οι θετικές τιμές προκύπτουν για την περίπτωση που η θερμοκρασία του αέρα πάνω από την χαράδρα είναι μεγαλύτερη από αυτήν εντός αυτής.

Πίνακας 6.22: Μέγιστες διαφορές θερμοκρασίας αέρα εντός χαράδρας από την οροφή αυτής. Με αρνητικό πρόσημο η θερμοκρασία εντός της χαράδρας είναι μεγαλύτερη από αυτή εκτός της χαράδρας.

Δρόμος	Μέγιστες ημερήσιες διαφορές θερμοκρασίας (°C) N-NA-NA πλευρών από την οροφή	Μέγιστες ημερήσιες διαφορές θερμοκρασίας (°C) B-BA-BA πλευρών από την οροφή	Μέγιστες νυχτερινές διαφορές θερμοκρασίας (°C) N-NA-NA πλευρών από την οροφή	Μέγιστες Νυχτερινές διαφορές θερμοκρασίες (°C) B-BA-BA πλευρών από την οροφή
Βαλαωρίτου				
1 ^{ος} όροφος	5.1		-1.8	
2 ^{ος} όροφος	5.5	9.3	-1.4	-1.8
3 ^{ος} όροφος	3.8		-1.0	
Κόδρου				
Μέσο οδού	3.6		-3.5	
Ισόγειο		2.6		-2.6
1 ^{ος} όροφος	3.1	1.9	-1.5	-2.6
2 ^{ος} όροφος	2.7	1.9	-1.1	-1.9
3 ^{ος} όροφος	2.7		-1.5	

Γιαννιτσών				
Μέσο Οδού	3.9		-3.1	
Ισόγειο	-3.9	4.1	-1.8	-1.4
1 ^{ος} όροφος		4.4		-1.4
2 ^{ος} όροφος		3.4		-1.1
Π.Καβάλας				
Μέσο Οδού	2.7		-2.9	
Ισόγειο	-4.2		-1.5	
1 ^{ος} όροφος	7.3		-3.7	
2 ^{ος} όροφος	-3.8	3.4	-1.8	-0.4
Ομήρου				
Μέσο Οδού	4.6		-1.5	
Ισόγειο				
1 ^{ος} όροφος	-5.4		-1.4	
2 ^{ος} όροφος	-7.8		-1.8	
3 ^{ος} όροφος	5.1		-1.8	
5 ^{ος} όροφος	3.8		-0.8	
Ευρώτα				
Μέσο Οδού	5.4		-1.7	
Ισόγειο	8.0		-1.4	
1 ^{ος} όροφος	5.0		-0.8	
2 ^{ος} όροφος	5.4		-1.1	
3 ^{ος} όροφος	5.8		-1.5	
Ιπποκράτους				
Ισόγειο	6.6		-2.9	
1 ^{ος} όροφος		7.0		-2.3
2 ^{ος} όροφος	3.2	6.3	-2.2	-2.5
3 ^{ος} όροφος				
4 ^{ος} όροφος		-5.3		-1.5
5 ^{ος} όροφος	1.6		-4.1	
Σόλωνος				
1 ^{ος} όροφος	6.6	-2.2	3.4	-2.7
2 ^{ος} όροφος	6.3	-2.1	3.1	-2.1
3 ^{ος} όροφος	5.8	-2.7	-4.0	-1.9
5 ^{ος} όροφος	3.9	-1.8		

Από τον πίνακα είναι εμφανές ότι συστηματικά σχεδόν η μέγιστη διαφορά εμφανίζει θετικές τιμές και ως εκ τούτου η θερμοκρασία εντός της χαράδρας είναι χαμηλότερη από ότι στην οροφή. Εξαιρέση εμφανίζει το ισόγειο της ΝΑ. πλευράς της οδού Γιαννιτσών (αβαθής αστική χαράδρα) και η οδός Ομήρου (μη τυπική αστική χαράδρα).

Η απόλυτως μεγαλύτερη διαφορά παρατηρήθηκε στον 2ο όροφο της ΒΑ. πλευράς της οδού Βαλαωρίτου. Αντίστοιχα η απόλυτη διαφορά από το μέσο της οδού μετρήθηκε στην οδό Κόδρου, στην χαράδρα με τον μέγιστο χαρακτηριστικό λόγο(H/W=2.75), και έφτασε στους 4.6 °C.

Την νυχτερινή περίοδο το φαινόμενο αντιστρέφεται. Οι θερμοκρασίες εντός της οδού που καταγράφηκαν ήταν συστηματικά μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές εκτός αυτής.

Η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρήθηκε επίσης στο μέσο της οδού Κόδρου και ήταν 3.5 °C.

Στον πίνακα 6.23 παρουσιάζονται οι μέσες ημερήσιες και νυχτερινές διαφορές θερμοκρασίας του αέρα εντός της χαράδρας από την θερμοκρασία του αέρα εκτός αυτής.

Πίνακας 6.23: Μέσες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα εντός χαράδρας από την οροφή αυτής. (Με (-) όταν η θερμοκρασία εντός της οδού είναι μεγαλύτερη.)

Δρόμος	Μέσες ημερήσιες διαφορές θερμοκρασίας (°C) N-NA-NA πλευρών από την οροφή	Μέσες ημερήσιες διαφορές θερμοκρασίας (°C) B-BA-BA πλευρών από την οροφή	Μέσες νυχτερινές διαφορές θερμοκρασίας (°C) N-NA-NA πλευρών από την οροφή	Μέσες Νυχτερινές διαφορές θερμοκρασίας (°C) B-BA-BA πλευρών από την οροφή
Βαλαωρίτου				
1 ^{ος} όροφος	1.5		-1.0	
2 ^{ος} όροφος	1.9	2.5	-0.8	-1.4
3 ^{ος} όροφος	1.2		-0.6	
Κόδρου				
Μέσο οδού	1.1		-2.0	
Ισόγειο		0.6		-1.7
1 ^{ος} όροφος	1.0	-0.1	-1.1	-1.4
2 ^{ος} όροφος	0.8	-0.2	-0.7	-0.9
3 ^{ος} όροφος	0.5		-0.4	
Γιαννιτσών				
Μέσο Οδού	0.4		-1.7	
Ισόγειο	-1.0	0.5	-1.5	-0.9
1 ^{ος} όροφος		0.6		-0.6
2 ^{ος} όροφος		0.1		-0.7
Π. Καβάλας				
Μέσο Οδού	0.3		-1.4	
Ισόγειο	-0.4		-1.3	
1 ^{ος} όροφος	0.4		-0.8	
2 ^{ος} όροφος	-1.1	1.0	-1.2	-0.3
Ομήρου				
Μέσο Οδού	0.5		-1.1	
Ισόγειο				

1 ^{ος} όροφος	-1.0		-1.1	
2 ^{ος} όροφος	-0.8		-0.6	
3 ^{ος} όροφος	0.3		-1.3	
5 ^{ος} όροφος	0.3		-0.4	
Ευρώτα				
Μέσο Οδού	0.9		-1.0	
Ισόγειο	2.2		-1.0	
1 ^{ος} όροφος	0.7		-0.5	
2 ^{ος} όροφος	0.1		-0.6	
3 ^{ος} όροφος	0.5		-1.0	
Ιπποκράτους				
Ισόγειο	1.9	-2.1		
1 ^{ος} όροφος			1.1	-1.8
2 ^{ος} όροφος	-0.1	-1.5	0.3	-2.1
3 ^{ος} όροφος				
4 ^{ος} όροφος			-1.7	-1.1
5 ^{ος} όροφος	-0.4	-1.4		
Σόλωνος				
1 ^{ος} όροφος	0.6	-1.8	0.3	-1.9
2 ^{ος} όροφος	0.4	-1.5	-0.1	-1.5
3 ^{ος} όροφος	-0.3	-1.9	-0.6	-1.3
5 ^{ος} όροφος	0.6	-1.1		

Οι μέσες διαφορές θερμοκρασίας, κατά την διάρκεια της ημέρας βρέθηκαν γενικά θετικές, για μικρά ύψη εντός των οδών, στο μέσο της οδού και στις προσόψεις με νότιο προσανατολισμό. Στις οδούς Ιπποκράτους και Σόλωνος, οι προσόψεις με Βόρειο προσανατολισμό, κατά την διάρκεια της ημέρας εμφάνισαν διαφορές αρνητικές, και επομένως οι θερμοκρασίες αέρα ήταν μεγαλύτερες από αυτές που καταγράφηκαν πάνω από τις οδούς.

Αντίθετα κατά την διάρκεια της νύχτας οι μέσες διαφορές θερμοκρασίας ήταν συστηματικά αρνητικές με αποτέλεσμα οι θερμοκρασίες εντός την χαράδρας να είναι συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές πάνω από την οροφή των κτιρίων. Οι μέσες διαφορές κυμάνθηκαν από -0.3 ως -2.1°C. Η οδός Κόδρου, εμφάνισε την μεγαλύτερη μέση διαφορά, μεταξύ της θερμοκρασίας στο μέσο της οδού και της θερμοκρασίας πάνω από την οροφή της (2°C).

Όλα τα ανωτέρω έδειξαν ότι, ειδικά κατά την διάρκεια της ημέρας, η θερμοκρασία του αέρα στους δρόμους επηρεάζεται από πιο σύνθετους και τοπικούς παράγοντες, σε σχέση με τις θερμοκρασίες επιφανείας, παρόλο του γεγονότος ότι τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και ο προσανατολισμός των δρόμων παίζουν σημαντικό ρόλο.

Δεν παρατηρήθηκε κάποια σαφής κατανομή των θερμοκρασιών του αέρα με το ύψος. Σε πολλές περιπτώσεις οι πιο χαμηλές θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν στο ισόγειο και υπήρχε γενικά μια αύξηση των θερμοκρασιών με την αύξηση του ύψους συμφωνώντας γενικά με το αντίστοιχο καθεστώς των θερμοκρασιών επιφανείας.

Αντίθετα, κατά την νυχτερινή περίοδο όπου δεν υπάρχει η επίδραση και η διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας, η θερμοκρασία εντός της χαράδρας είναι συστηματικά μεγαλύτερη από αυτήν εκτός αυτής. Σε όλες τις περιπτώσεις οι υψηλότερες θερμοκρασίες καταγράφηκαν στο ισόγειο των οδών, και με την αύξηση του ύψους παρατηρήθηκε μείωση της θερμοκρασίας. Η παρατήρηση αυτή είναι σε συμφωνία με την αντίστοιχη κατανομή των επιφανειακών θερμοκρασιών κατά την διάρκεια της νύχτας και σχετίζεται με το ισοζύγιο ακτινοβολίας των επιφανειών που απαρτίζουν τις οδούς.

Οι στιγμιαίες διαφορές θερμοκρασίας κατά πλάτος του δρόμου παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Κοντά στην επιφάνεια των κτηρίων δημιουργείται κατακόρυφη ζώνη αέρα στην οποία η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζεται σημαντικά από την θερμοκρασία της επιφάνειας, το πάχος της οποίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η ένταση του ανέμου, η διαφορά θερμοκρασίας, το υλικό της επιφάνειας, το ανάγλυφο κ.α. Στο μέσο της οδού και στο επίπεδο του δρόμου η θερμοκρασία του δρόμου εξαρτάται πιο πολύ από την μεταφορά θερμότητας (Roth et al., 1989), Stoll and Brazel (1992)). Έτσι, η θερμοκρασία στο κέντρο του δρόμου μπορεί να παρουσιάζει σημαντικές διαφορές σε σχέση με την θερμοκρασία κοντά στις κατακόρυφες επιφάνειες της οδού.

Όπως ήταν αναμενόμενο οι θερμοκρασίες του αέρα που καταγράφηκαν από αισθητήρες τοποθετημένους κοντά σε πλευρές με νότιο κύριο προσανατολισμό (N,ΝΔ,ΝΑ) κατέγραψαν υψηλότερες θερμοκρασίες αέρα σε σχέση με τις αντίστοιχες καθ' ύψος τιμές των απέναντι πλευρών.

Στον πίνακα 6.24 δίνονται οι μέγιστες διαφορές των θερμοκρασιών του αέρα στις προσόψεις των ισόγειων της οδού από τις αντίστοιχες στο μέσο της οδού.

Πίνακας 6.24: Μέγιστη στιγμιαία διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ του μέσου του δρόμου και των αισθητήρων στο ισόγειο κοντά στις πλευρές της οδού. (Με (-) όταν η θερμοκρασία στο μέσο του δρόμου είναι μικρότερη από την θερμοκρασία στις προσόψεις αυτού).

Δρόμος	Μέγιστη στιγμιαία διαφορά κατά την διάρκεια της ημέρας. (°C)	Μέγιστη στιγμιαία διαφορά κατά την διάρκεια της νύχτας. (°C)
Μαυρομυχάλη	-5.6 (Ισόγειο Ν.Α. πλευρά)	2.0 (Ισόγειο Ν.Α. πλευρά)
Κόδρου	- 2.8 (Ισόγειο Β.Δ. πλευρά)	1.0 (Ισόγειο Β.Δ. πλευρά)
Γιαννιτσών	- 7.8 (Ισόγειο Ν.Α. πλευρά)	1.3 (Ισόγειο Ν.Α. πλευρά)
	-2.5 (Ισόγειο Β.Δ. πλευρά)	2.4 (Ισόγειο Β.Δ. πλευρά)
Καβάλας	- 6.0 (Ισόγειο ΝΔ πλευρά)	1.8 (Ισόγειο ΝΔ πλευρά)
Ευρώτα	4.2 (Ισόγειο Ν.Α. πλευρά)	0.7 (Ισόγειο ΝΑ πλευρά)

Πίνακας 6.25: Μέση διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ του μέσου του δρόμου και των αισθητήρων στο ισόγειο κοντά στις πλευρές της οδού. [Με (-) όταν η θερμοκρασία στο μέσο του δρόμου είναι μικρότερη από την θερμοκρασία στις προσόψεις αυτού]

Δρόμος	Μέση διαφορά θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της ημέρας. (°C)	Μέση διαφορά θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της νύχτας. (°C)
Μαυρομιχάλη	-1.5 (Ισόγειο Ν.Α. πλευρά)	0.4 (Ισόγειο Ν.Α. πλευρά)
Κόδρου	- 0.5 (Ισόγειο Β.Δ. πλευρά)	0.3 (Ισόγειο Β.Δ. πλευρά)
Γιαννιτσών	- 1.4 (Ισόγειο Ν.Α. πλευρά)	0.2 (Ισόγειο Ν.Α. πλευρά)
	0.0 (Ισόγειο Β.Δ. πλευρά)	0.8 (Ισόγειο Β.Δ. πλευρά)
Καβάλας	- 0.8 (Ισόγειο ΝΔ πλευρά)	0.1 (Ισόγειο ΝΔ πλευρά)
Ευρώτα	1.5 (Ισόγειο Ν.Α. πλευρά)	0.0 (Ισόγειο ΝΑ πλευρά)

Όπως φαίνεται στον πίνακα 6.24, κατά την διάρκεια της ημέρας, στις περισσότερες των περιπτώσεων, οι θερμοκρασίες, στο μέσο της οδού, ήταν χαμηλότερες από αυτές που καταγράφηκαν κοντά στις πλευρές της. Επίσης, σε όλες τις περιπτώσεις, οι θερμοκρασίες κοντά στις επιφάνειες ήταν μεγαλύτερες από αυτές που μετρήθηκαν πάνω από τις οριζόντιες επιφάνειες των οδών. Στην οδό Ευρώτα, η θερμοκρασία του αέρα ακολουθούσε κυρίως την θερμοκρασία που καταγράφηκε πάνω από το ύψος της οδού, όπου κατά την διάρκεια των πειραματικών ημερών ήταν μεγαλύτερη από 2 με 8°C από την θερμοκρασία που καταγράφηκε στην ΝΑ πλευρά της χαράδρας στο επίπεδο του δρόμου. Αυτό οφείλεται κυρίως στη μεταφορά θερμότερων αέριων μαζών πάνω από την αστική χαράδρα προς το εσωτερικό αυτής, σε συνδυασμό με την έντονη ασυμμετρία του σχήματος της οδού.

Κατά την διάρκεια της νύχτας το φαινόμενο αντιστρέφεται, με τις θερμοκρασίες του αέρα στο κέντρο της οδού να είναι μεγαλύτερες από αυτές των προσόψεων, γεγονός που οφείλεται στο ότι κατά νυχτερινή περίοδο, λόγω της μικρότερης έντασης του ανέμου μειώνονται γενικά τα φαινόμενα μεταφοράς, ενώ παράλληλα οι θερμοκρασίες επιφανείας στο οριζόντιο επίπεδο της οδού, που επηρεάζει κυρίως την θερμοκρασία στο μέσο της οδού, ήταν μεγαλύτερες από αυτές που καταγράφηκαν στις κατακόρυφες προσόψεις.

Εξετάζοντας τις αντίστοιχες μέσες τιμές, κατά την διάρκεια της ημέρας και κατά την διάρκεια της νύχτας, προκύπτει ότι οι διαφορές ήταν σαφώς αμβλυμμένες και ανάλογα του προσανατολισμού της επιφανείας, κυμάνθηκαν μεταξύ -1.5 ως 1.5 °C, κατά την διάρκεια της ημέρας, ενώ κατά την διάρκεια της νύχτας, οι μέσες

διαφορές ήταν μεταξύ 0.1 ως 0.4 °C, με εξαίρεση την οδό Γιαννιτσών, όπου για λόγους που έχουμε ήδη αναλύσει, η διαφορά είναι της τάξης των 0.8 °C.

Επίσης εξετάστηκε λεπτομερώς η σχέση της θερμοκρασίας του αέρα που αναπτύσσεται κοντά στις κατακόρυφες επιφάνειες του δρόμου με τις αντίστοιχες επιφανειακές θερμοκρασίες.

Στον πίνακα 6.26 δίνονται οι μέγιστες στιγμιαίες διαφορές για όλους τους ορόφους και δρόμους μεταξύ των θερμοκρασιών αέρα και αντίστοιχων των καθ' ύψος θερμοκρασιών επιφανείας που παρατηρήθηκαν.

Πίνακας 6.26: Κατανομή καθ' ύψος των μέγιστων διαφορών επιφανειακών θερμοκρασιών από τις θερμοκρασίες αέρα

Δρόμος	Μέγιστες ημερήσιες διαφορές θερμοκρ. Ts-Ta(°C) N-NA-NA πλευρών καθ' ύψος	Μέγιστες ημερήσιες διαφορές θερμοκρ. Ts-Ta(°C) B-BA-BA πλευρών καθ' ύψος	Μέγιστες νυχτερινές διαφορές θερμοκρ. Ts-Ta (°C) N-NA-NA πλευρών καθ' ύψος	Μέγιστες νυχτερινές διαφορές θερμοκρ. Ts-Ta (°C) B-BA-BA πλευρών καθ' ύψος
Βαλαωρίτου				
1 ^{ος} όροφος	9.5		1.7	
2 ^{ος} όροφος	11.2	4	2.1	-1.0
3 ^{ος} όροφος	10.1		1.7	
Μαυρομιχάλη				
Ισόγειο	6.1		2.5	
1 ^{ος} όροφος	5.6		-1.8	
2 ^{ος} όροφος	8.9		-1.7	
Κόδρου				
Ισόγειο		6.1		-2.6
1 ^{ος} όροφος	2.4	7.3	-1.5	-2.6
2 ^{ος} όροφος	2.6	7.8	-1.1	-1.9
3 ^{ος} όροφος	5.6		-1.5	
Γιαννιτσών				
Ισόγειο	12.6	7.5	1.4	2.7
1 ^{ος} όροφος	9.9		-1.6	
2 ^{ος} όροφος	8.8		-2.2	
Π.Καβάλας				
Ισόγειο	8.2		1.6	
1 ^{ος} όροφος	11.5		2.3	
2 ^{ος} όροφος	8.1	2.3	-1.5	-0.8

Ομήρου				
1 ^{ος} όροφος	-7.9		2.6	
2 ^{ος} όροφος	-10.6		2.6	
3 ^{ος} όροφος	-3.1		1.9	
Ευρώτα				
Ισόγειο	-3.5		-0.9	
1 ^{ος} όροφος	-6.5		-0.8	
2 ^{ος} όροφος	7.1(σκίαστρο)		-2.0	
3 ^{ος} όροφος	-4.3		-1.3	

Όπως φαίνεται, σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις οι μέγιστες διαφορές έχουν θετικό πρόσημο, δηλαδή η θερμοκρασία επιφανείας ήταν μεγαλύτερη από την θερμοκρασία του αέρα. Ειδικότερα οι διαφορές αυτές για τις πλευρές νοτίου κύριου προσανατολισμού, έφθασαν μέχρι και 12.6 °C. Μικρότερες διαφορές παρατηρήθηκαν στις πλευρές με βόρειο κύριο προσανατολισμό, όπου η μέγιστη διαφορά βρέθηκε ίση με 7.8°C.

Στις οδούς Ευρώτα και Ομήρου η θερμοκρασία του αέρα καταγράφηκε ως και 10.6 °C υψηλότερη από αυτή των αντίστοιχων επιφανειών. Την ίδια στιγμή η θερμοκρασία του αέρα πάνω από την χαράδρα ήταν υψηλότερη από αυτή εντός αυτής κατά 4 με 8 °C. Λόγω της σημαντικής κατακόρυφης και οριζόντιας μεταφοράς θερμότητας (η οδός αποτελείται από πανταχόθεν ελεύθερα οικήματα) η θερμοκρασία του αέρα κοντά στις επιφάνειες παρουσίασε αύξηση με τιμές μεταξύ της θερμοκρασίας επιφανείας και της θερμοκρασίας του αέρα πάνω από το επίπεδο του δρόμου.

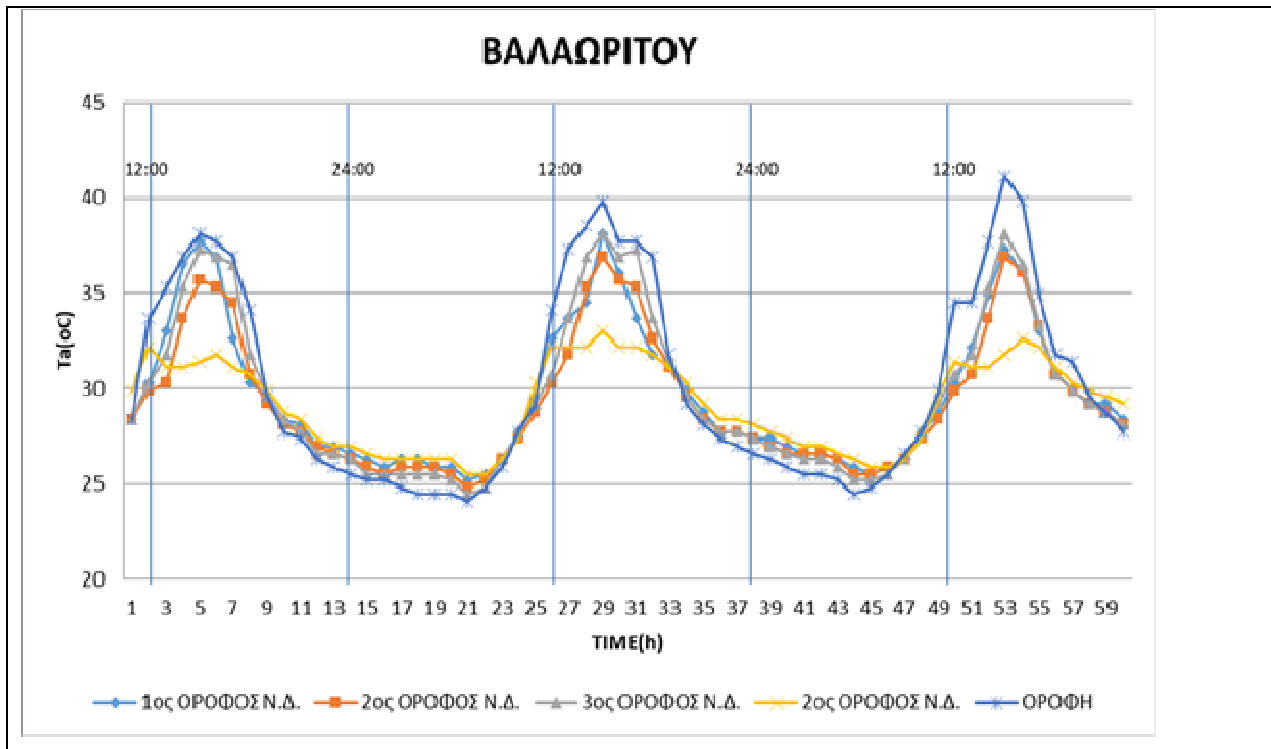
Αντίστοιχα κατά την διάρκεια της νύχτας οι διαφορές θερμοκρασίας γενικά ήταν αρνητικές, κυρίως για πιο μεγάλα ύψη μέτρησης, δεδομένου ότι η θερμοκρασία επιφανείας μειώνεται έντονα λόγω του παράγοντα μορφής με τον ουρανό, ενώ συγχρόνως η διαμόρφωση της θερμοκρασίας του αέρα επηρεάζεται από πιο σύνθετα φαινόμενα, όπως αυτό της μεταφοράς. Στο ύψος του ισόγειου με δεδομένο τον μικρό παράγοντα μορφής με τον ουρανό οι διαφορές σε αρκετές περιπτώσεις ήταν θετικές, δηλαδή η θερμοκρασία επιφανείας ήταν μεγαλύτερη από την θερμοκρασία του αέρα.

Αντίστοιχη συμπεριφορά παρατηρήθηκε και για τις μέσες διαφορές, τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύχτας. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι μέσες τιμές των διαφορών ήταν θετικές με εξαίρεση αυτών των οδών Ομήρου και Ευρώτα για τους λόγους που έχουμε ήδη αναπτύξει.

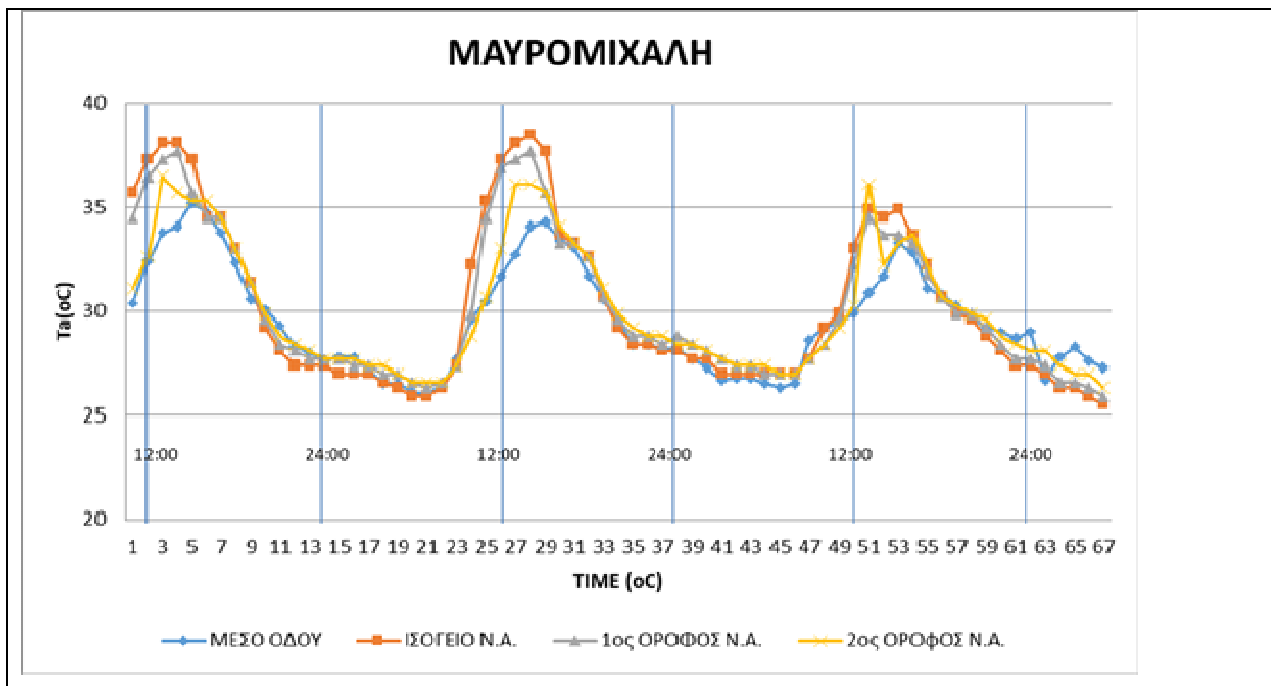
Πίνακας 6.27: Κατανομή καθ' ύψος των μέσων διαφορών επιφανειακών θερμοκρασιών από τις θερμοκρασίες αέρα κατά την ημερήσια και νυχτερινή περίοδο

Δρόμος	Μέσες ημερήσιες διαφορές θερμοκρ. Ts-Ta(°C) N-NA-NA πλευρών καθ' ύψος	Μέσες ημερήσιες διαφορές θερμοκρ. Ts-Ta(°C) B-BA-BA πλευρών καθ' ύψος	Μέσες νυχτερινές διαφορές θερμοκρ. Ts-Ta (°C) N-NA-NA πλευρών καθ' ύψος	Μέσες νυχτερινές διαφορές θερμοκρ. Ts-Ta (°C) B-BA-BA πλευρών καθ' ύψος
Βαλαωρίτου				
1 ^{ος} όροφος	1.5		0.7	

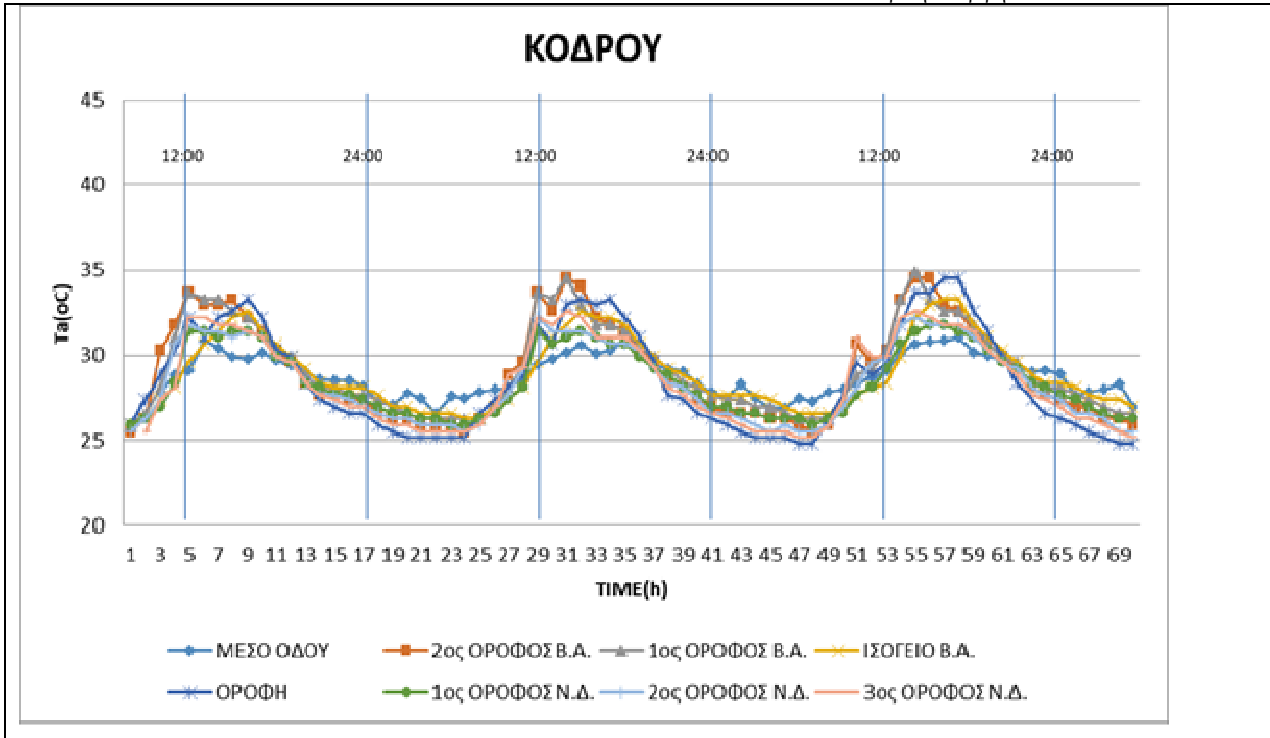
2 ^{ος} όροφος	2.6	1.5	0.8	-0.3
3 ^{ος} όροφος	1.9		0.4	
Μαυρομιχάλη				
Ισόγειο	1.5		1.6	
1 ^{ος} όροφος	1.8		0.1	
2 ^{ος} όροφος	1.6		-0.7	
Κόδρου				
Ισόγειο		0.5		-0.3
1 ^{ος} όροφος	0.1	0.0	-0.5	0.1
2 ^{ος} όροφος	0.2	0.2	-0.9	0.0
3 ^{ος} όροφος	0.3		-1.5	
Γιαννιτσών				
Ισόγειο	1.4	3.0	2.0	0.4
1 ^{ος} όροφος		2.2		0.6
2 ^{ος} όροφος		1.1		1.4
Π.Καβάλας				
Ισόγειο	1.6		1.1	
1 ^{ος} όροφος	2.7		0.3	
2 ^{ος} όροφος	1.7	0.2	-0.7	-0.0
Ομήρου				
1 ^{ος} όροφος	-1.4		1.3	
2 ^{ος} όροφος	0.8		0.2	
3 ^{ος} όροφος	-0.1		1.0	
Ευρώτα				
Ισόγειο	-1.2		-0.2	
1 ^{ος} όροφος	-1.2		0.0	
2 ^{ος} όροφος	1.0		-1.2	
3 ^{ος} όροφος	-1.4		-0.0	



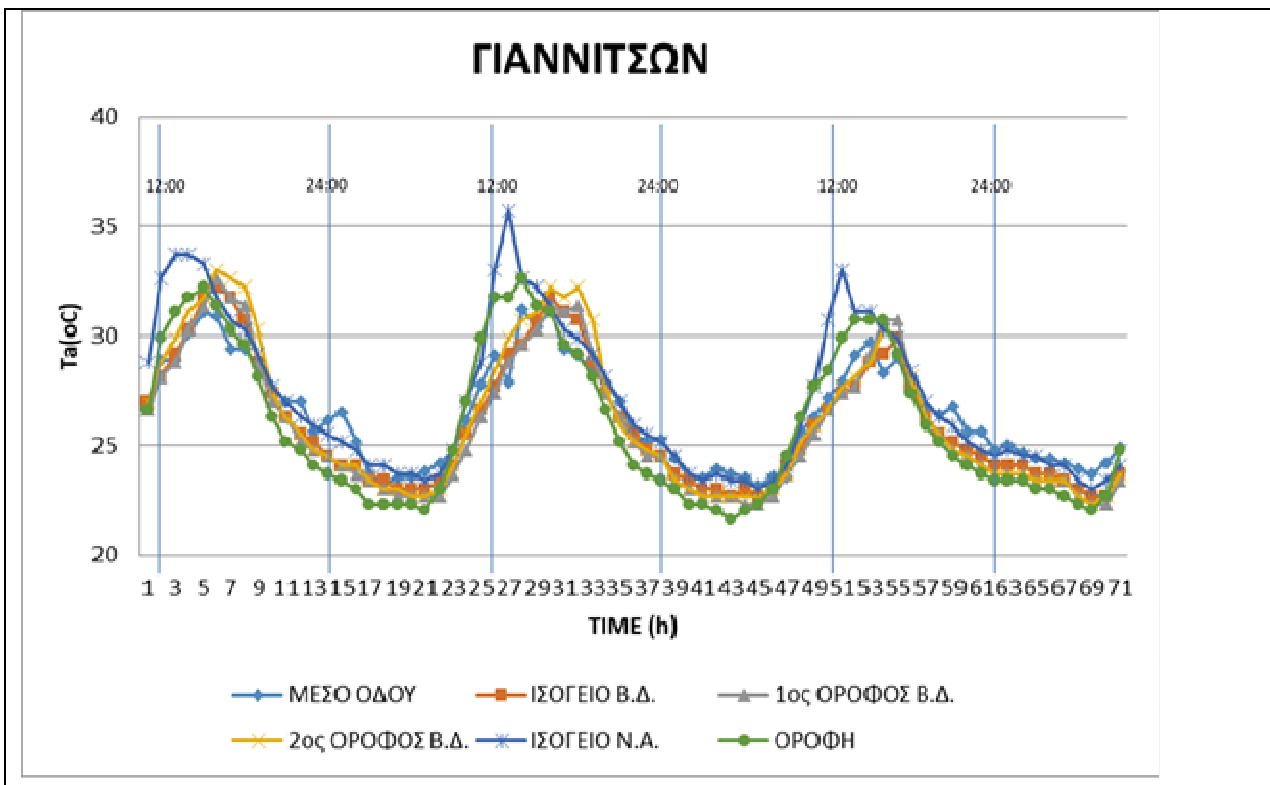
Σχήμα 6.27: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός αστικής χαράδρας στην οδό Βαλαωρίτου



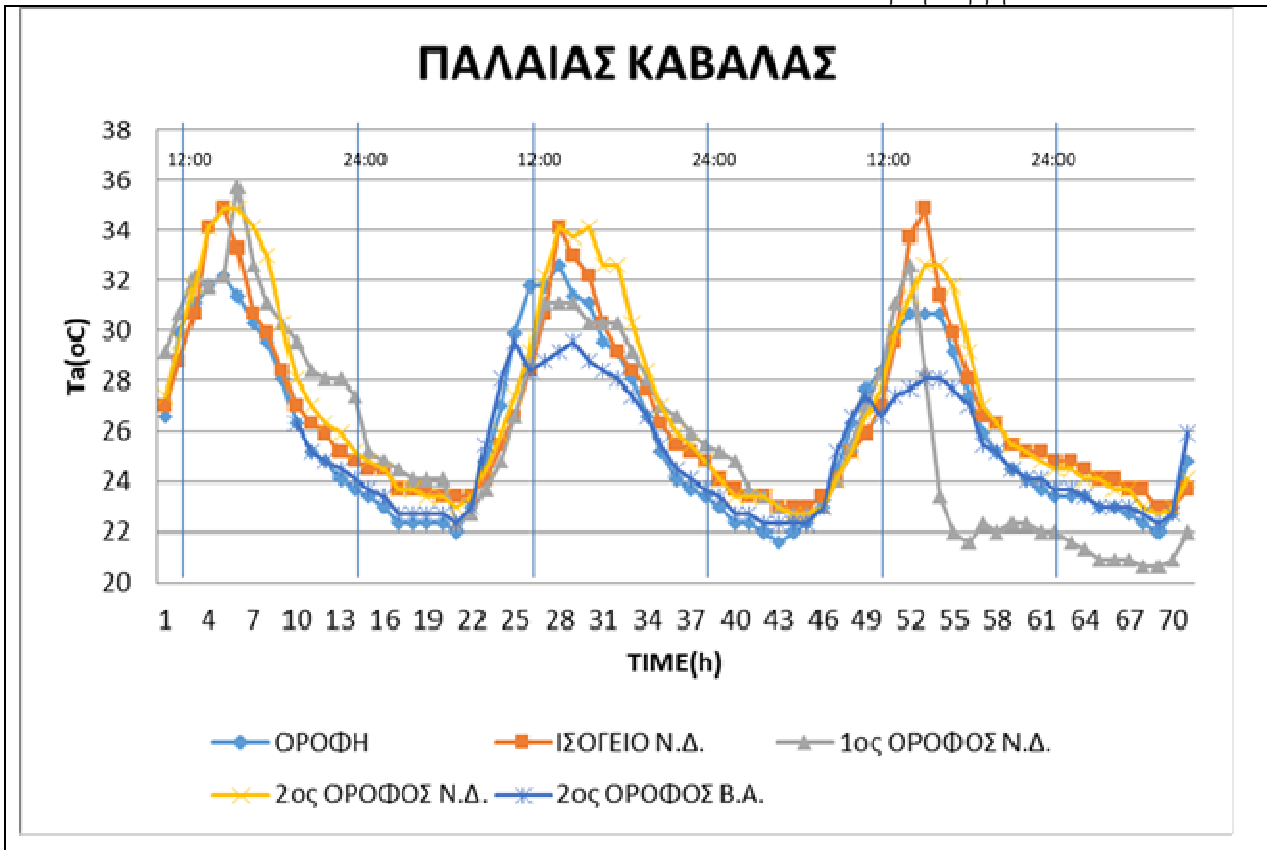
Σχήμα 6.28: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός αστικής χαράδρας στην οδό Μαυρομιχάλη



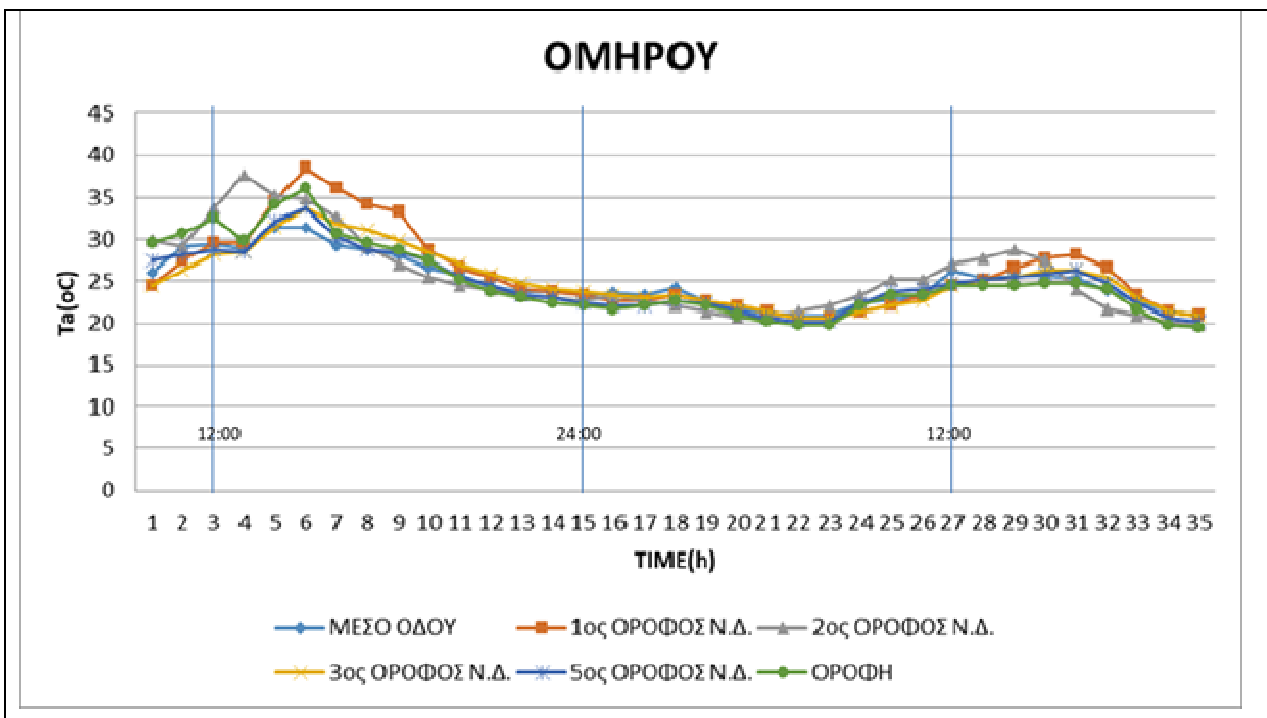
Σχήμα 6.29: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός αστικής χαράδρας στην οδό Κόδρου



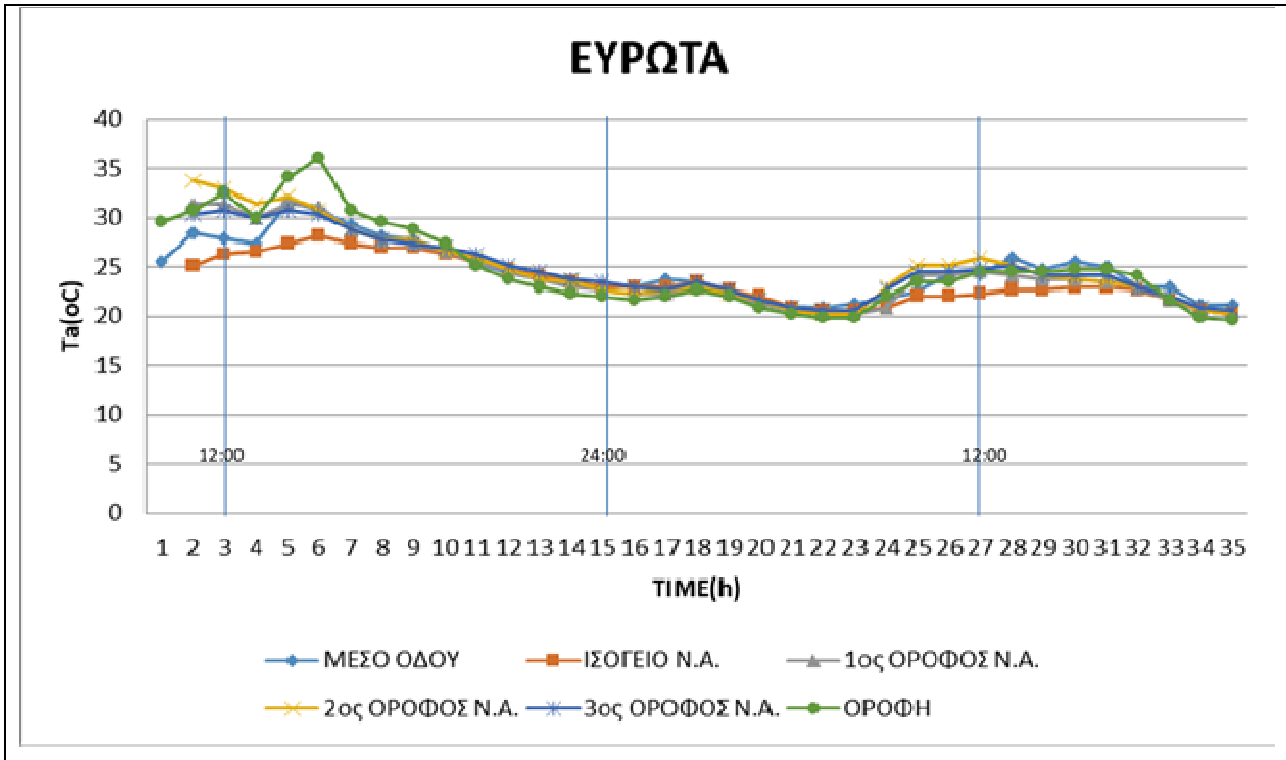
Σχήμα 6.30: Θερμοκρασίες αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Γιαννιτσών



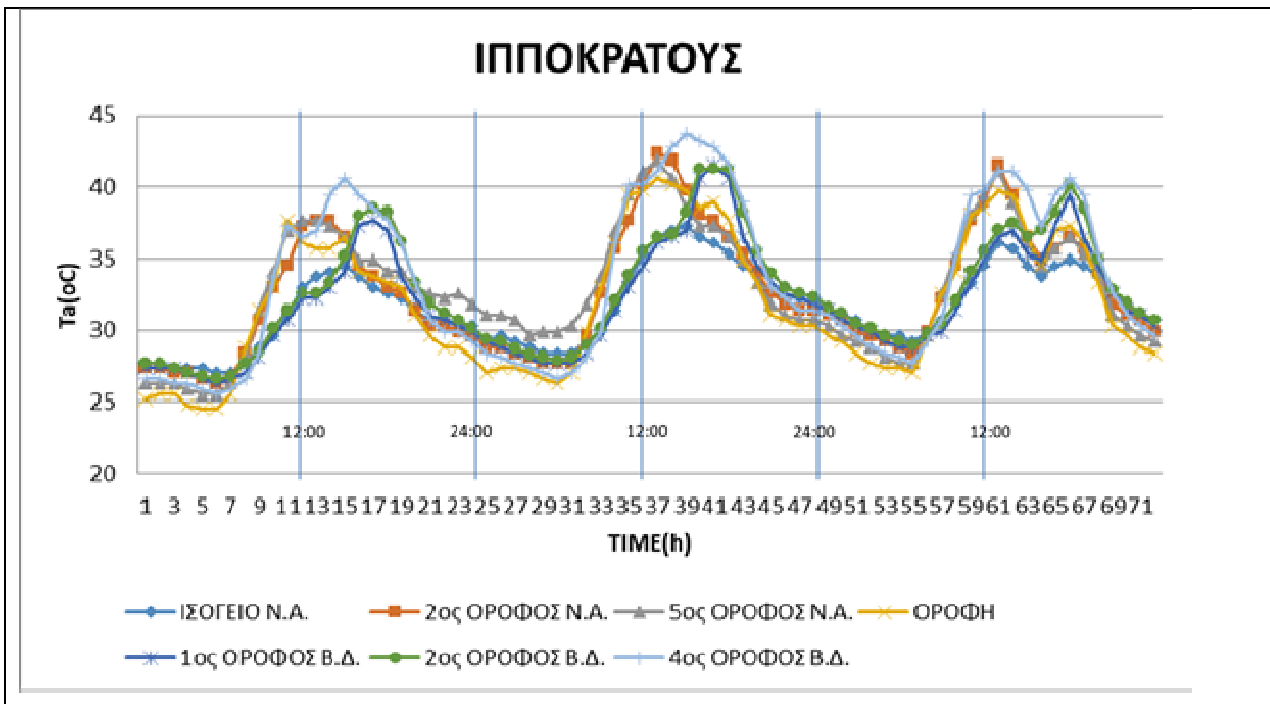
Σχίμα 6.31:Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Παλαιάς Καβάλας.



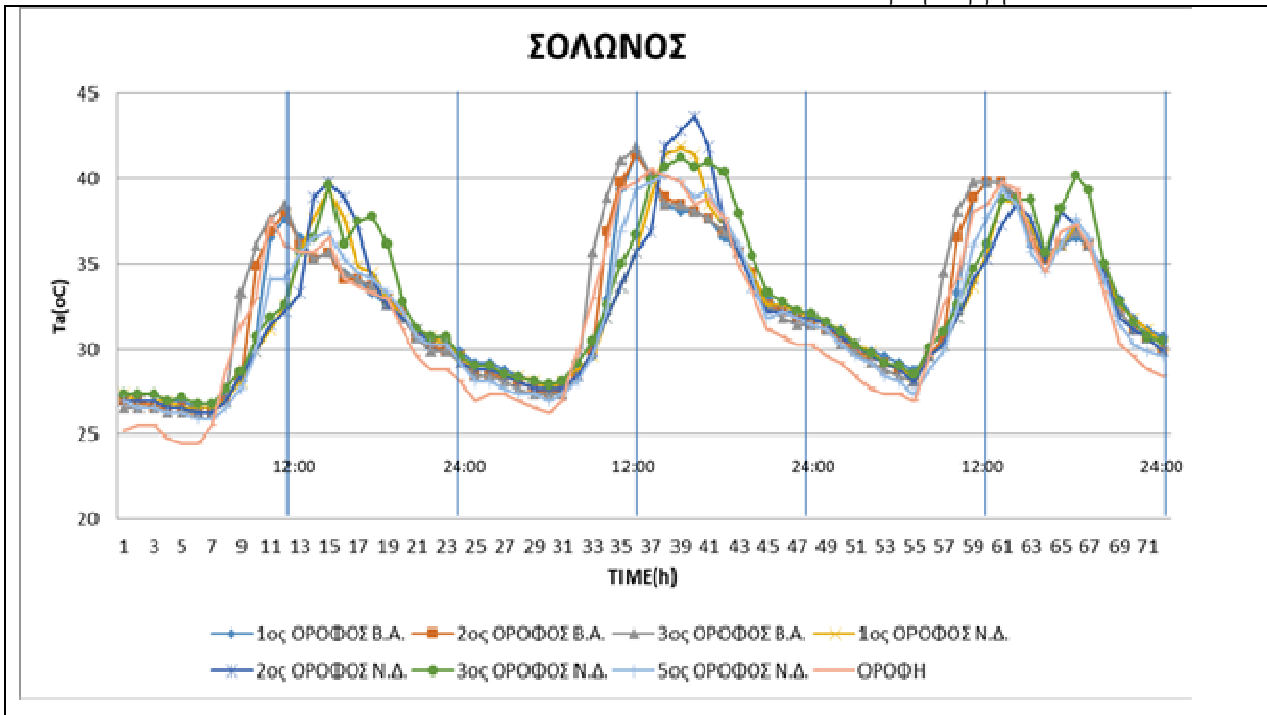
Σχίμα 6.32:Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Ομήρου



Σχήμα 6.33: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Ευρώτα.



Σχήμα 6.34: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Ιπποκράτους



Σχήμα 6.35: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Σόλωνος

6.3.3. Ο ρόλος του προσανατολισμού και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του δρόμου στη διαμόρφωση των θερμοκρασιών του αέρα.

Ο προσανατολισμός των δρόμων και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους, καθορίζουν το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσλαμβάνει ο δρόμος. Η μελέτη του βαθμού που επηρεάζουν αυτοί οι παράγοντες, την κατανομή της θερμοκρασίας του αέρα περικλείει ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Για να εξεταστεί η επίδραση του προσανατολισμού των δρόμων στην κατανομή της θερμοκρασίας του αέρα, θα παρουσιαστεί η συγκριτική ανάλυση τριών ζευγών οδών, για τα οποία πραγματοποιήθηκαν για κάθε ένα από αυτά ταυτόχρονες μετρήσεις. Τα ζεύγη αυτών των οδών ήταν τα ακόλουθα:

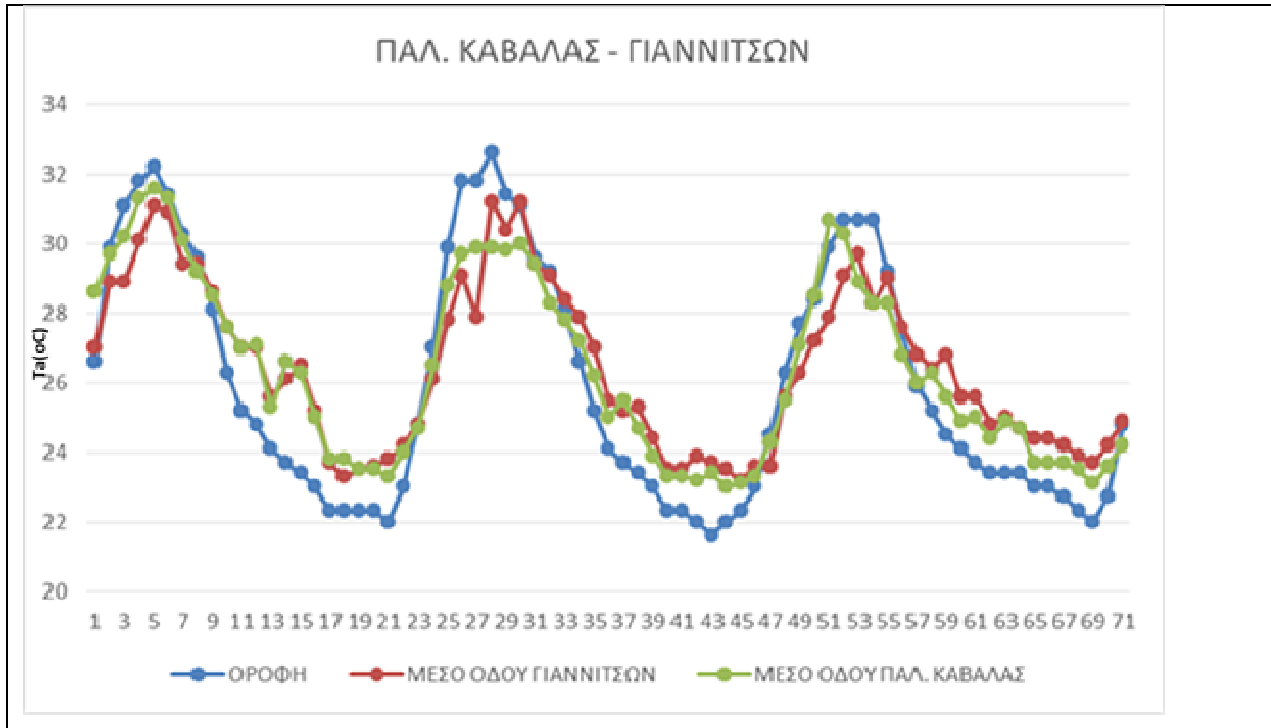
- Γιαννιτσών και Π. Καβάλας
- Ομήρου και Ευρώτα
- Ιπποκράτους και Σόλωνος

Στα ζεύγη των οδών Ομήρου -Ευρώτα και Γιαννιτσών-Π. Καβάλας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα στο κέντρο των οδών στο επίπεδο του δρόμου. Η σύγκριση αυτών των ταυτόχρονων μετρήσεων των θερμοκρασιών για κάθε ένα από τους δρόμους των ανωτέρων ζευγών παρουσιάζονται στα σχήματα 6.33 και 6.34.

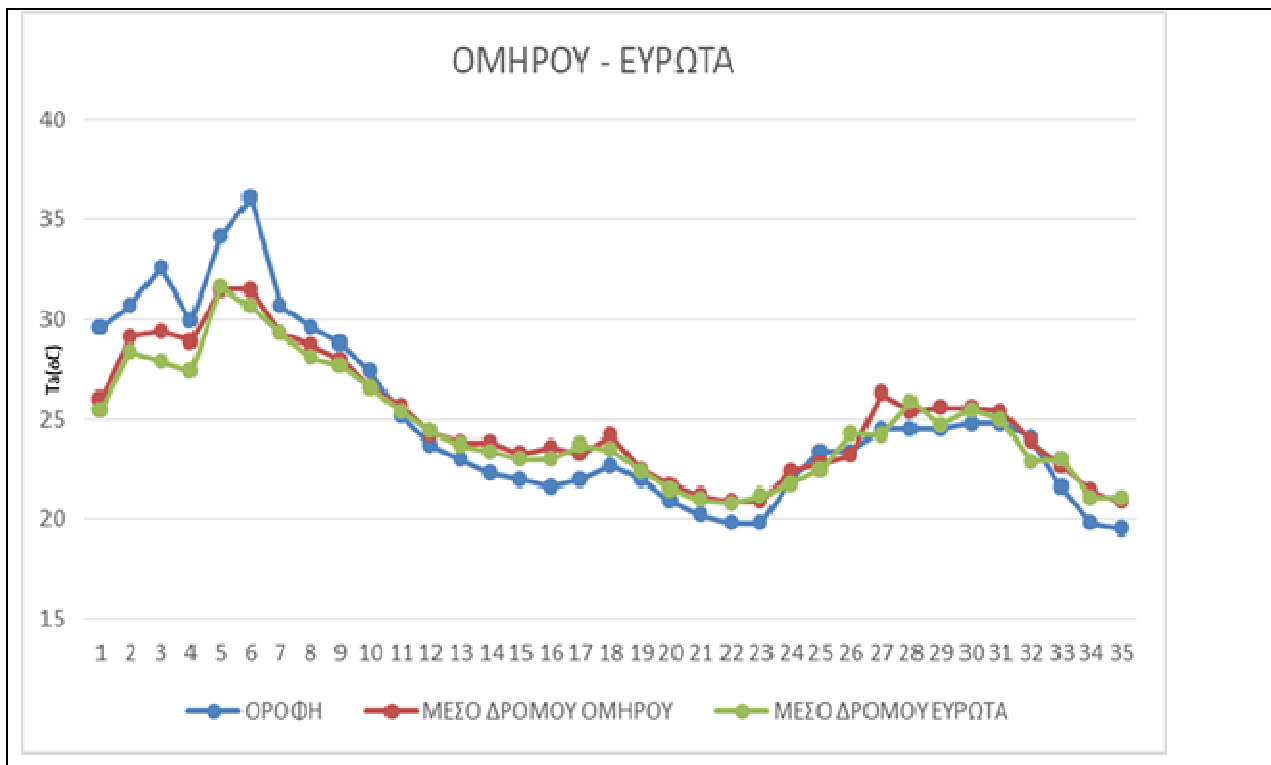
Όπως φαίνεται και για τα δύο ζεύγη η θερμοκρασία αέρα στο μέσο των δρόμων δεν επηρεάζεται από τον προσανατολισμό των δρόμων τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και την νύχτα. Αυτό ενισχύει την προαναφερθείσα άποψη ότι η θερμοκρασία στο κέντρο του δρόμου δεν εξαρτάται τόσο από τον προσανατολισμό του δρόμου όσο από την μετάδοση της θερμότητας μέσω μεταφοράς λόγω της κίνησης του αέρα.

Σημειώνεται ότι σχεδόν συστηματικά οι θερμοκρασίες εντός της οδού στο μέσο του δρόμου κατά την διάρκεια της νύχτας είναι μεγαλύτερες από την θερμοκρασίες της οροφής, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας η θερμοκρασία του αέρα πάνω από τις οδούς ήταν συστηματικά μεγαλύτερη. Εξάιρεση παρατηρήθηκε κατά την 2^η μέρα των

μετρήσεων στις οδούς Ομήρου και Ευρώτα όπου η θερμοκρασία στην οροφή κατά την διάρκεια της ημέρας δεν διέφερε σημαντικά σε σχέση με την θερμοκρασία στο μέσο των οδών λόγω της νέφωσης που επικρατούσε εκείνη την ημέρα η οποία είχε ως αποτέλεσμα τον μηδενισμό πρακτικά της επίδρασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στην διαμόρφωση των θερμοκρασιών του αέρα της οδού εντός της χαράδρας. Σε συνδυασμό δε και με το σημαντικό βόρειο άνεμο που κυριάρχησε την ημέρα αυτή, είχε ως αποτέλεσμα την ομογενοποίηση της θερμοκρασίας του αέρα εντός των χαραδρών, με αυτήν που καταγράφηκε πάνω από αυτές.



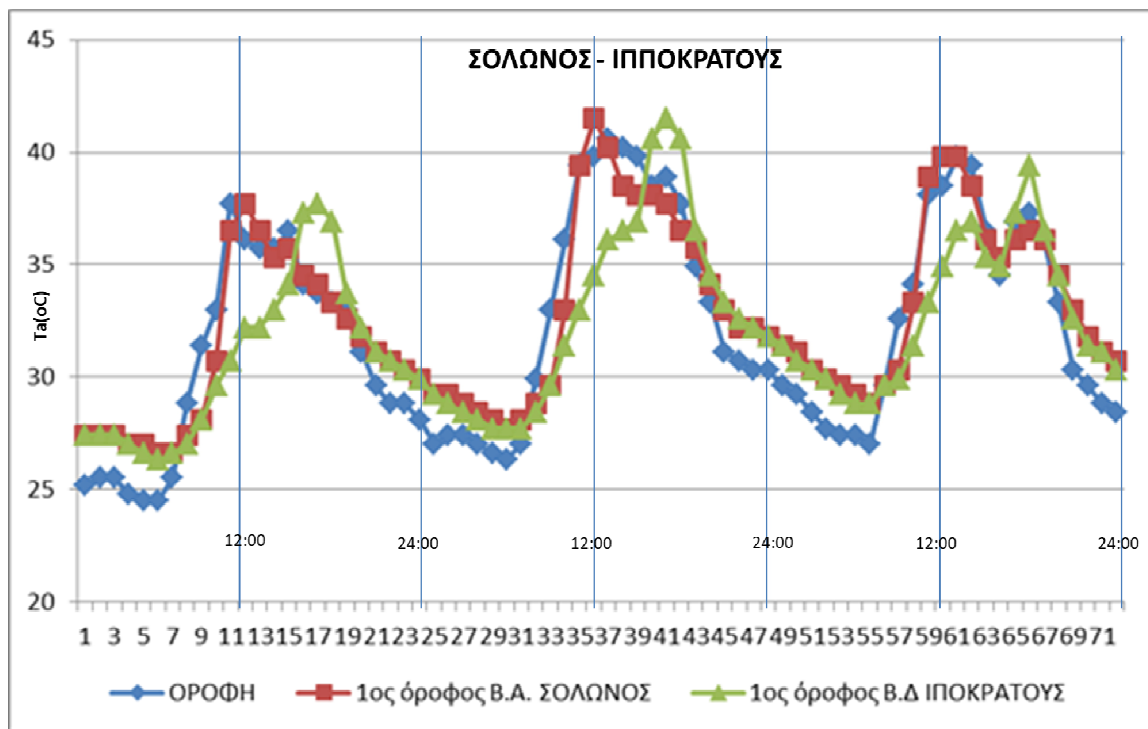
Σχήμα 6.36: Θερμοκρασία του αέρα στο μέσο των οδών Γιαννιτσών και Παλ. Καβάλας και στην οροφή αυτών



Σχήμα 6.37: Θερμοκρασία του αέρα στο μέσο των οδών Ομήρου και Ευρώτα και στην οροφή αυτών

Στις οδούς Ιπποκράτους και Σόλωνος, (Σχήμα 6.35), στις οποίες, δεν διεξήχθησαν μετρήσεις στο μέσο των οδών εξετάστηκε η θερμοκρασία στον πρώτο όροφο αυτών επί των βορεινών πλευρών τους για να ελαχιστοποιηθεί η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, στην μετρούμενη σε αυτά τα σημεία, θερμοκρασία αέρα.

Από την ανάλυση προέκυψε ότι κατά την διάρκεια της ημέρας η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζεται σαφώς από τον προσανατολισμό της θέσης μέτρησης και ως εκ τούτου η διαμόρφωση των μεγίστων θερμοκρασιών εμφανίζεται σε διαφορετικές ώρες. Σε αντίθεση, οι θερμοκρασίες του αέρα κατά την διάρκεια της νύχτας, ήταν σχεδόν ίσες και στις δύο οδούς, χωρίς να παίζει ρόλο ο προσανατολισμός αυτών. Επομένως, εντός της χαράδρας η θερμοκρασία του αέρα πλησίον των προσόψεων αυτών κατά την διάρκεια της ημέρας μπορεί να διαφέρει σημαντικά. Σε αντίθεση κατά την διάρκεια της νύχτας οι θερμοκρασίες και στους δύο δρόμους διαφέρουν ελάχιστα, στοιχείο που προκύπτει και από τις αντίστοιχες μέσες νυχτερινές θερμοκρασίες του πίνακα 6.21 και 6.23. Σε σχέση με την θερμοκρασία του αέρα πάνω από τις χαράδρες και εδώ η θερμοκρασία εντός αυτών κατά την διάρκεια της νύχτας είναι μεγαλύτερη. Κατά την διάρκεια της ημέρας η θερμοκρασία στην Β.Α. πλευρά της οδού Σόλωνος σχεδόν συμμεταβάλλεται με αυτή της οροφής εμφανίζοντας παραπλήσια μέγιστα με μικρή χρονική διαφορά ενώ στην ΒΔ πλευρά την οδού Ιπποκράτους, τα μέγιστα ήταν παραπλήσια αλλά με σαφή χρονική υστέρηση τριών ωρών λόγω του προσανατολισμού του σταθμού και της πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας.



Σχήμα 6.38: Θερμοκρασία του αέρα στο 1^ο όροφο των βορεινών πλευρών των οδών Ιπποκράτους και Σόλωνος και στην οροφή αυτών

Από τα ανωτέρω και από την μέχρι τώρα ανάλυση προκύπτει ότι οι θερμοκρασίες του αέρα κοντά στις προσόψεις των οδών επηρεάζονται σαφώς από τις θερμοκρασίες επιφανείας στα σημεία μέτρησης. Οι θερμοκρασίες του αέρα στη νοτιοδυτική επιφάνεια παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες αποκλίσεις από τις θερμοκρασίες οροφής κατά την διάρκεια της ημέρας, ενώ στις βορειοανατολικές τις μικρότερες. Κατά την διάρκεια της νύχτας η θερμοκρασία εντός της χαράδρας είναι σαφώς μεγαλύτερη από αυτή της οροφής, με την διαφορά αυτή να είναι σχετικά σταθερή μετά τα μεσάνυχτα μέχρι τις πρώτες πρωινές ώρες όπου παρατηρείται και η μέγιστη απόκλιση. Συμπεριφορά που ομοιάζει με αυτή του σταθμού αναφοράς σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς της πρώτης κατηγορίας.

6.4. Σύγκριση θερμοκρασιών αέρα των οδών με το σταθμό αναφοράς.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η σύγκριση την θερμικής συμπεριφοράς των οδών σε σχέση με τον σταθμό αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.

Στα σχήματα 6.39 ως και 6.47 που ακολουθούν, παρουσιάζονται οι θερμοκρασίες του αέρα εντός των οδών και πάνω από τις οδούς και οι αντίστοιχες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς. Από την εξέταση των σχημάτων προκύπτουν τα εξής:

- **Οδός Βαλαωρίτου:** Η θερμοκρασία οροφής κατά την διάρκεια της ημέρας, ήταν συστηματικά μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς. Οι θερμοκρασίες του αέρα στον 2^ο όροφο της ΒΑ. πλευράς της οδού, για μεγάλο χρονικό διάστημα ήταν χαμηλότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Κατά την διάρκεια της νύχτας τόσο οι θερμοκρασίες οροφής όσο και οι θερμοκρασίες εντός της οδού ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Όπως ήταν αναμενόμενο από την μέχρι σήμερα ανάλυση οι πιο μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας εντοπίζονται στο εσωτερικό της οδού.
- **Οδός Μαυρομιχάλη:** Η θερμοκρασία εντός της χαράδρας στο ισόγειο της ΝΑ πλευράς ήταν μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς κατά την διάρκεια της ημέρας, ενώ η θερμοκρασία στο μέσο της οδού παρουσίαζε μικρές διαφορές από τον σταθμό αναφοράς. Κατά την διάρκεια της νύχτας οι θερμοκρασίες εντός της χαράδρας παρουσίασαν μεταξύ τους μικρές διαφορές και ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.
- **Οδός Κόδρου:** Κατά την διάρκεια της ημέρας η θερμοκρασία οροφής ήταν μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς. Οι θερμοκρασίες εντός της οδού ήταν παραπλήσιες με αυτές του σταθμού αναφοράς, με την θερμοκρασία στο μέσο της οδού να παρουσιάζει σχεδόν συστηματικά μικρότερες τιμές σε σχέση με τον σταθμό αναφοράς. Κατά την διάρκεια της νύχτας οι θερμοκρασίες εντός της χαράδρας ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Η ίδια συμπεριφορά παρατηρήθηκε και για την θερμοκρασία του αέρα στην οροφή με μικρότερες διαφορές θερμοκρασιών.
- **Οδοί Γιαννιτσών και Παλ. Καβάλας στο Αιγάλεω:** Η θερμοκρασία οροφής των οδών κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν συστηματικά μεγαλύτερη από αυτή τους σταθμού αναφοράς. Επίσης εντός των οδών οι θερμοκρασίες ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Και στην περίπτωση αυτή ο σταθμός στην ΒΑ. πλευρά κατά την διάρκεια της ημέρας παρουσίασε τις μικρότερες θερμοκρασίες, οι οποίες ήταν σε καλή αντιστοιχία με αυτές του σταθμού αναφοράς και μάλιστα στις ώρες των μεγίστων να εμφανίζονται σαφώς μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Κατά την διάρκεια της νύχτας οι θερμοκρασίες τόσο στην οροφή των οδών όσο και στο εσωτερικό αυτών ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.
- **Οδοί Ιπποκράτους και Σόλωνος:** Οι θερμοκρασίες του αέρα και σε αυτές τις οδούς, στην οροφή των οδών, ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς κατά την διάρκεια της ημέρας. Εντός της οδού οι θερμοκρασίες του αέρα ήταν μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, τις ώρες

που οι πλευρές λόγω του προσανατολισμού τους δέχονταν την επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Τις υπόλοιπες ώρες οι θερμοκρασίες ήταν πολύ κοντά σε αυτές του σταθμού αναφοράς και σε αρκετές περιπτώσεις παρουσιάστηκαν θερμοκρασίες μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Ο αισθητήρας που ήταν τοποθετημένος στο ισόγειο της ΝΑ. πλευράς της οδού, κατέγραψε τις μικρότερες θερμοκρασίες. Κατά την διάρκεια τη νύχτας τόσο οι θερμοκρασίες οροφής όσο και οι θερμοκρασίες εντός της οδού ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.

Όλες οι ανωτέρω οδοί οι οποίες σύμφωνα με την κατάταξη του CORINE εντάσσονται στη κατηγορία «Συνεχής Αστικός Ιστός» παρουσιάζουν θερμική συμπεριφορά παρόμοια με αυτή που διέπει του σταθμούς της πρώτης κατηγορίας του προηγούμενου κεφαλαίου. Δηλαδή συστηματικά μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τον σταθμό αναφοράς τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύχτας με τις μεγαλύτερες διαφορές να εμφανίζονται εντός των οδών του πολεοδομικού κέντρου (Βαλαωρίτου, Μαυρομιχάλη, Ιπποκράτους, Σόλωνος) και τις μικρότερες περίξ αυτού (Κόδρου, Παλ. Καβάλας, Γιαννιτσών).

- **Οδοί Ομήρου και Ευρώτα:** Η συμπεριφορά της θερμοκρασία οροφής σε σχέση με το σταθμό αναφοράς είναι σύνθετη. Την πρώτη ημέρα η θερμοκρασία στην οροφή των οδών ήταν συστηματικά μεγαλύτερη από αυτή του σταθμού αναφοράς ειδικά, τις ώρες κοντά στο τοπικό μεσημέρι. Αντίστοιχη συμπεριφορά είχε και η θερμοκρασία του αέρα στη ΝΔ. πλευρά. Στο μέσο των οδών όσο και στο ισόγειο της ΝΑ. πλευράς η θερμοκρασία ήταν μικρότερη από αυτή του σταθμού αναφοράς. Την δεύτερη ημέρα, όπου υπήρχε έντονη νέφωση και πολύ σημαντικές εντάσεις του ανέμου, σύμφωνα με τις μετρήσεις στο Εθνικό Αστεροσκοπείο, τόσο η θερμοκρασία στην οροφή όσο και η θερμοκρασία εντός των οδών ήταν μικρότερη από αυτή του σταθμού αναφοράς, και μάλιστα με την θερμοκρασία στο ισόγειο να είναι σαφώς μικρότερη. Κατά την διάρκεια της νύχτας οι θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς ήταν παραπλήσιες με αυτές εντός των οδών όσο και στην οροφή αυτών.

Η διαφορετική θερμική συμπεριφορά αυτών των οδών από αυτή των προηγούμενων ήταν αναμενόμενη. Η περιοχή στην οποία διεξήχθησαν οι μετρήσεις ήταν η μόνη που δεν ανήκε σε πυκνοδομημένη περιοχή, αλλά η δόμηση της ακολουθεί την λογική των πανταχόθεν ελεύθερων κτιρίων με σημαντικό αστικό πράσινο. Σύμφωνα με την κατάταξη CORINE εντάσσεται στη κατηγορία «Ασυνεχής Αστικός Ιστός» και επομένως στην 4η κατηγορία σταθμών του προηγούμενου κεφαλαίου, όπου τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύχτας η θερμοκρασίες αυτών των περιοχών παρουσιάζουν μικρότερες διαφορές από αυτές της πρώτης κατηγορίας και μάλιστα πολλές φορές είναι αρνητικές δημιουργώντας φαινόμενα ψυχρής νησίδας.

Ακολούθως στον πίνακα 6.28. αποτυπώνεται η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας της οροφής και του μέσου των οδών από τον σταθμό αναφοράς κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας.

Πίνακας 6.28: Μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας ημέρας και μέγιστη διαφορά νύχτας της οροφής και των μέσων των οδών από τον σταθμό αναφοράς.

Δρόμος	Μέγιστες ημερήσιες διαφορές θερμοκρ. Οροφής από Κήπο (°C)	Μέγιστες ημερήσιες διαφορές θερμοκρ. Μέσο Οδού από Κήπο (°C)	Μέγιστες νυχτερινές διαφορές θερμοκρ. Οροφής από Κήπο(°C)	Μέγιστες νυχτερινές διαφορές θερμοκρ. Μέσο Οδού από Κήπο (°C)
Βαλαωρίτου	7.1	-	2.8	-
Μαυρομιχάλη	-	3.9	-	4.3
Κόδρου	2.1	5.5	2.1	4.4
Γιαννιτσών	4.3	4.0	2.1	3.6
Π.Καβάλας	4.3	3.7	2.1	3.1
Ομήρου	5.1	2.7	-1.9	1.1
Ευρώτα	5.1	2.0	-1.9	1.3
Ιπποκράτους	6.8	-	3.2	-
Σόλωνος	6.8	-	3.2	-

Από την ανάλυση των στοιχείων του πίνακα προκύπτουν τα εξής:

- Η μέγιστη διαφορά μεταξύ της οροφής και του μέσου της οδού, από τον σταθμό αναφοράς, κατά την διάρκεια της ημέρας, είναι συστηματικά θετική για όλες τις οδούς.
- Οι διαφορές εντός χαράδρας είναι μικρότερες λόγω των φαινομένων σκίασης με εξαίρεση μόνο την οδό Κόδρου η οποία παρουσιάζει τον μεγαλύτερο χαρακτηριστικό λόγο από όλες τις άλλες οδούς.
- Κατά την διάρκεια της νύχτας το φαινόμενο αντιστρέφεται με τις μεγαλύτερες διαφορές να παρατηρούνται εντός της χαράδρας και οι μικρότερες εκτός αυτής. Μάλιστα στις οδούς Ομήρου και Ευρώτα εκτός της χαράδρας η απόλυτες μεγαλύτερες διαφορές είναι αρνητικές.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των διαφορών, κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας (πίνακας 6.29) από την ανάλυση των οποίων προέκυψαν τα εξής:

- Οι μέσες τιμές των διαφορών, πάνω από την οροφή, στις οδούς που βρίσκονται στο πολεοδομικό κέντρο της Αθήνας ήταν κατά 2.5°C μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς κατά την διάρκεια της ημέρας. Στις υπόλοιπες οδούς οι διαφορές ήταν πάλι θετικές και κυμαίνονταν μεταξύ 0.1 στα βόρεια προάστια της πόλης, ως και 1.4 °C στις δυτικές συνοικίες.
- Αντίστοιχα στο μέσο των οδών κατά την διάρκεια της ημέρας η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι υψηλότερη στις οδούς των δυτικών προαστίων της τάξης του ενός βαθμού ενώ στα βόρεια προάστια ήταν αρνητική και κυμάνθηκε μεταξύ -0.4 ως -0.8 °C με την μεγαλύτερη απόλυτη διαφορά να εντοπίζεται στην οδό Ευρώτα, με άξονα ΒΑ-ΝΔ. Στο κέντρο της πόλης οι αντίστοιχες διαφορές είναι μικρές της τάξης των 0.4 °C και μάλιστα την οδό Κόδρου, που παρουσίασε στιγμιαία την μέγιστη διαφορά κατά την διάρκεια της ημέρας από όλους τους σταθμούς, κατά μέσο όρο είχε αρνητικές διαφορές λόγω του μεγάλου χαρακτηριστικού λόγου της.
- Κατά την διάρκεια της νύχτας η συμπεριφορά ομοιάζει με αυτή των μέγιστων διαφορών. Οι μέσες διαφορές πάνω από τις οδούς είναι θετικές στο κέντρο και στα δυτικά προάστια και κυμαίνονται από 2 ως 0.7°C με τις μεγαλύτερες διαφορές να εμφανίζονται στο κέντρο της πόλης. Στα βόρεια προάστια οι διαφορές είναι αρνητικές και σχεδόν ίσες κατ' απόλυτη τιμή με αυτές του κέντρου της πόλης.

- Στο μέσο της οδού οι διαφορές κυμαίνονται από 0 ως 3.1 °C με τις μεγαλύτερες να παρουσιάζονται στο κέντρο και τις μικρότερες στα βόρεια προάστια.

Πίνακας 6.29: Μέση διαφορά θερμοκρασίας ημέρας και μέση διαφορά νύχτας της οροφής και των μέσων των οδών από τον σταθμό αναφοράς

Δρόμος	Μέσες ημερήσιες διαφορές θερμοκρ. Οροφής από Κήπο (°C)	Μέσες ημερήσιες διαφορές θερμοκρ. Μέσο Οδού από Κήπο (°C)	Μέσες νυχτερινές διαφορές θερμοκρ. Οροφής από Κήπο (°C)	Μέσες νυχτερινές διαφορές θερμοκρ. Μέσο Οδού από Κήπο (°C)
Βαλαωρίτου	2.4	-	1.4	
Μαυρομιχάλη	-	0.3		3.1
Κόδρου	0.7	-0.4	0.7	2.8
Γιαννιτσών	1.4	1.0	0.7	2.3
Π.Καβάλας	1.4	1.2	0.7	1.9
Ομήρου	0.1	-0.4	-1.8	0.0
Ευρώτα	0.1	-0.8	-1.8	-0.1
Ιπποκράτους	2.5	-	2.0	-
Σόλωνος	2.5	-	2.0	-

Η παραπάνω μελέτη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας σε επίπεδο αστικής χαράδρας συνάδει γενικά με τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την χωρική εξέταση του φαινομένου κατά την διάρκεια της ημερήσιας και νυχτερινής περιόδου. Το στοιχείο αυτό επιβεβαιώνει ότι η καταγραφή της αστικής θερμικής νησίδας από τους σταθμούς του προηγούμενου κεφαλαίου δίνει με αρκετή ακρίβεια την καταγραφή του φαινομένου στο λεκανοπέδιο των Αθηνών και ότι μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για την μέση συμπεριφορά του φαινομένου.

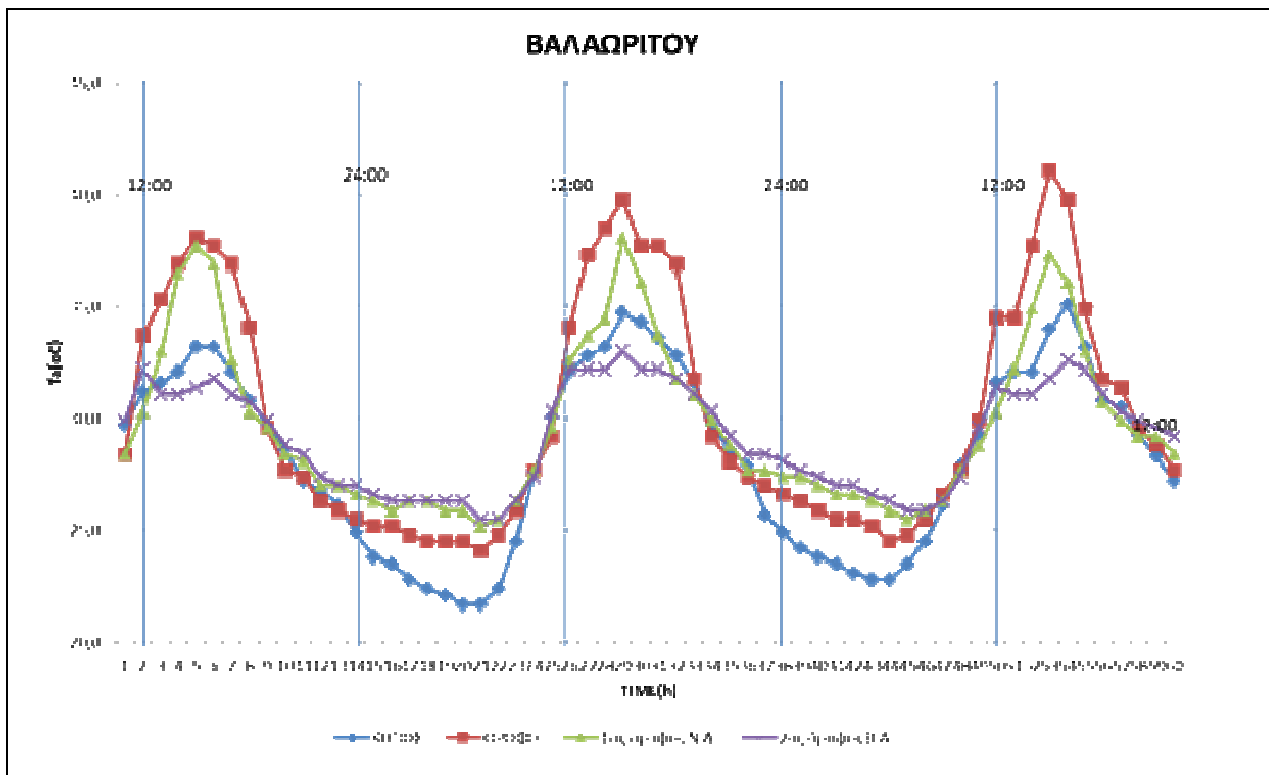
Τέλος με βάση τα δεδομένα του Αστεροσκοπείου Αθηνών υπολογίστηκε η μέση ένταση του ανέμου κατά την διάρκεια της ημέρας και κατά την διάρκεια της νύκτας καθώς και η επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου για τις αντίστοιχες περιόδους. Σημειώνεται ότι η θέση του σταθμού είναι σε απόσταση μικρότερη των 3km από τις οδούς που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης. Τα στοιχεία αυτά αποτυπώνονται στον πίνακα 6.30 που ακολουθεί:

Πίνακας 6.30: Μέση ημερήσια και νυχτερινή ένταση και διεύθυνση του ανέμου στο Αστεροσκοπείο Αθηνών κατά την διάρκεια διεξαγωγής των μετρήσεων σε κάθε οδό.

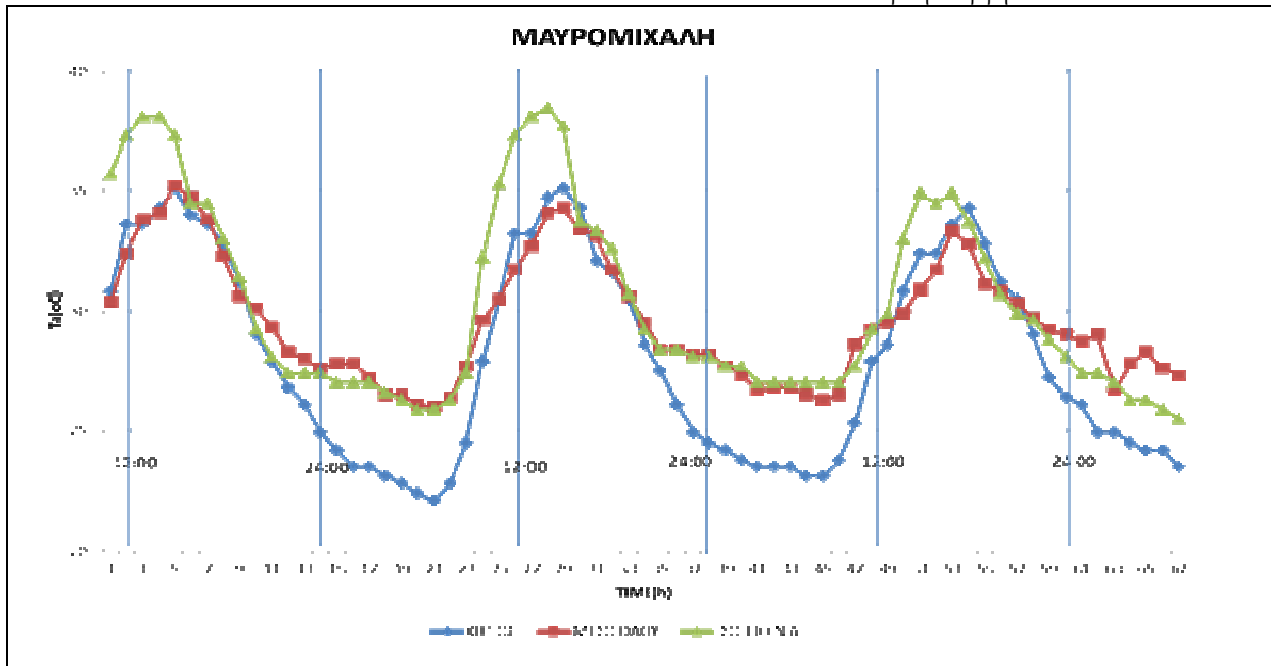
Δρόμος	Μέση ημερήσια ένταση του ανέμου (m/s)	Μέση ημερήσια φορά του ανέμου	Μέση νυχτερινή ένταση του ανέμου (m/s)	Μέση ημερήσια φορά του ανέμου
Βαλαωρίτου	5.0	N-NΔ	2.0	N-NΔ
Μαυρομιχάλη	3.7	N-NNΔ	2.0	N-NNΔ
Κόδρου	5.7	BA-BBA	3.1	BA-BBA

Γιαννιτσών	6.2	BA-BBA	4.5	BA-BBA
Π.Καβάλας	6.2	BA-BBA	4.5	BA-BBA
Ομήρου	15/9/97: 2.8 16/9/97: 9.2	15/9/97 ΝΔ-ΝΝΔ 16/9/97 ΒΑ	2.4	ΒΑ
Ευρώτα	15/9/97: 2.8 16/9/97: 9.2	15/9/97 ΝΔ-ΝΝΔ 16/9/97 ΒΑ	2.4	
Ιπποκράτους	2.1	ΝΔ-ΝΝΔ	3.2	ΝΔ-ΝΝΔ
Σόλωνος	2.1	ΝΔ-ΝΝΔ	3.2	ΝΔ-ΝΝΔ

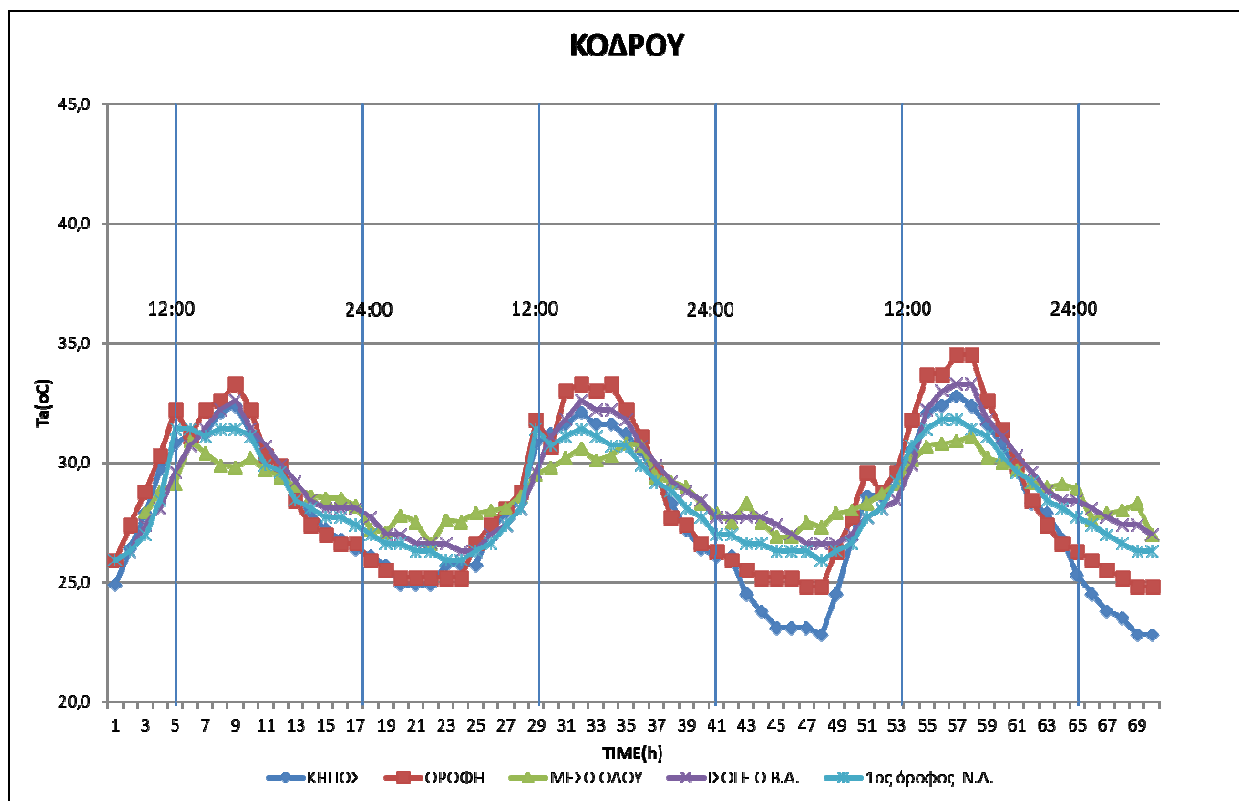
Από την μελέτη των πινάκων 6.29 και 6.30 γίνεται σαφές ότι υπάρχει μία αντισυσχέτιση της έντασης του ανέμου, με την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ, της οδού στην οροφή και στο εσωτερικό της, και της θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς. Δηλαδή για μεγαλύτερες εντάσεις ανέμου παρατηρούνται εντός των οδών μικρότερες διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς. Η παρατήρηση αυτή θα αναλυθεί διεξοδικά για όλους τους σταθμούς στο επόμενο κεφάλαιο.



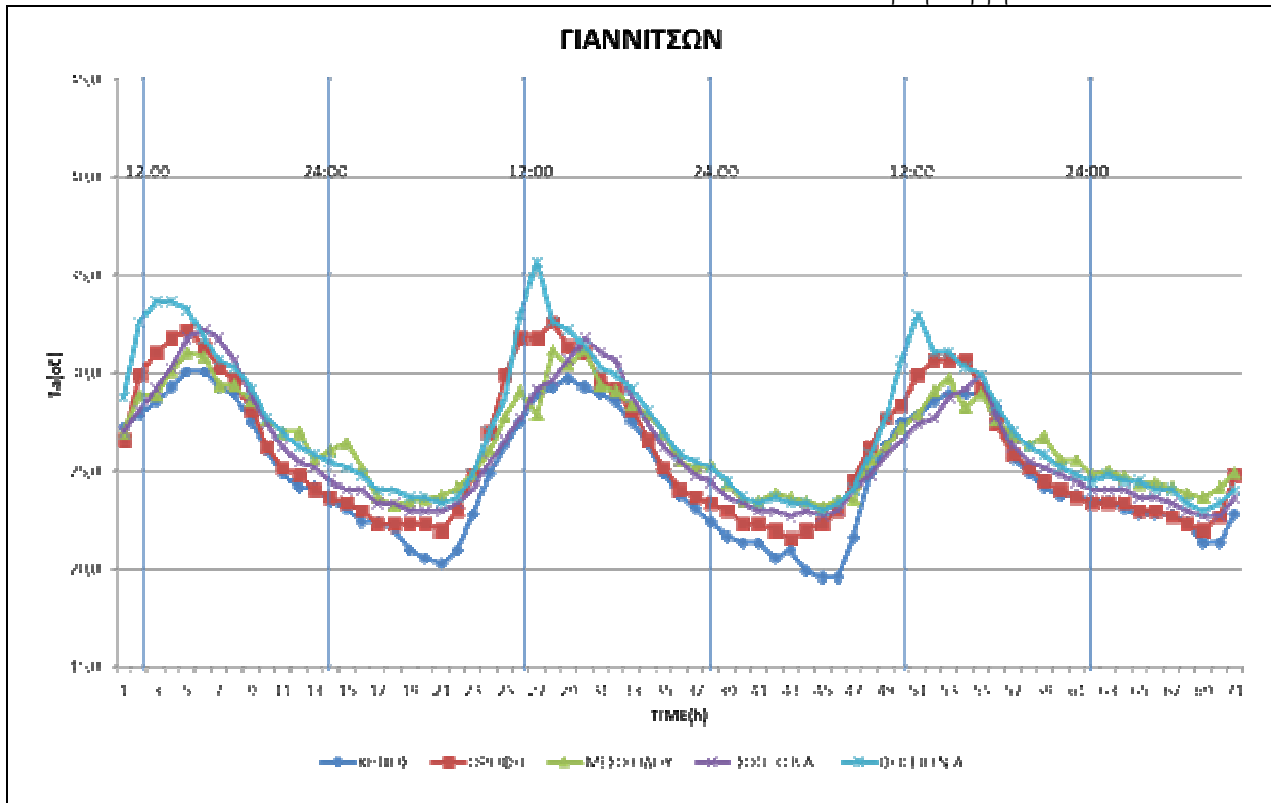
Σχήμα 6.39: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Βαλαωρίτου και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.



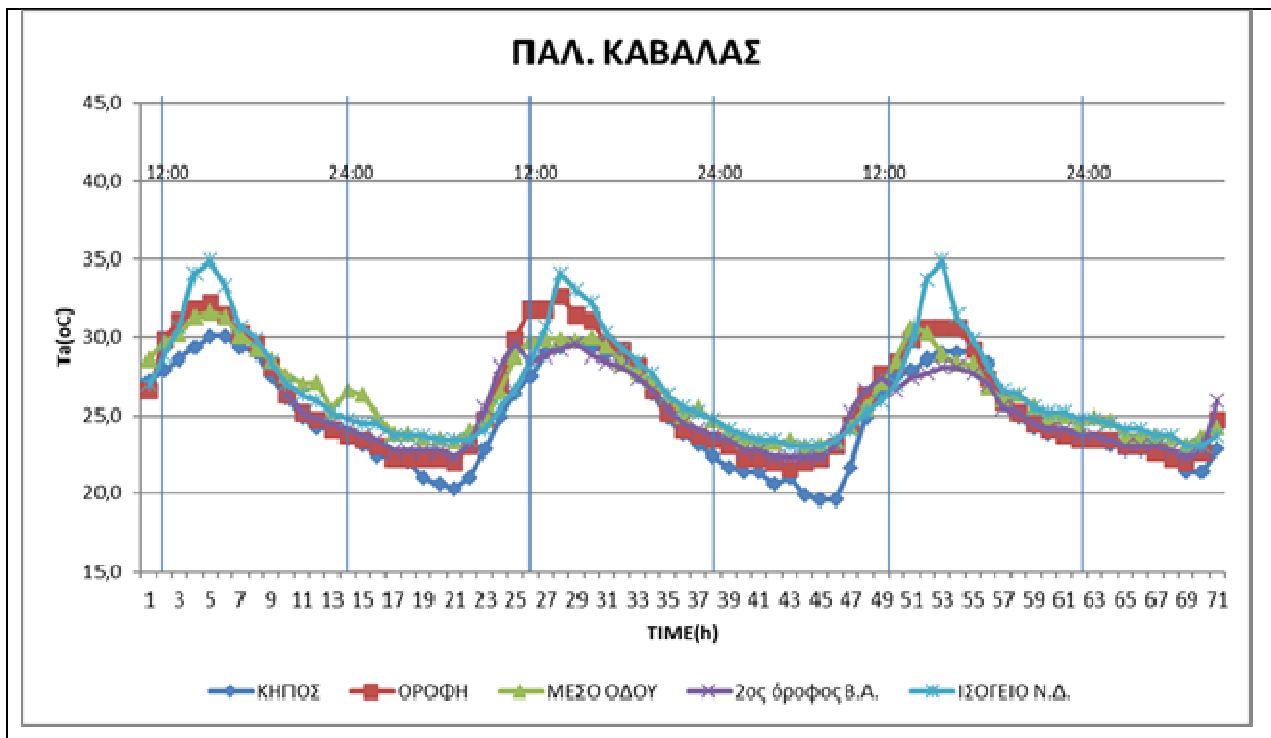
Σχήμα 6.40: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Μαυρομιχάλη και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.



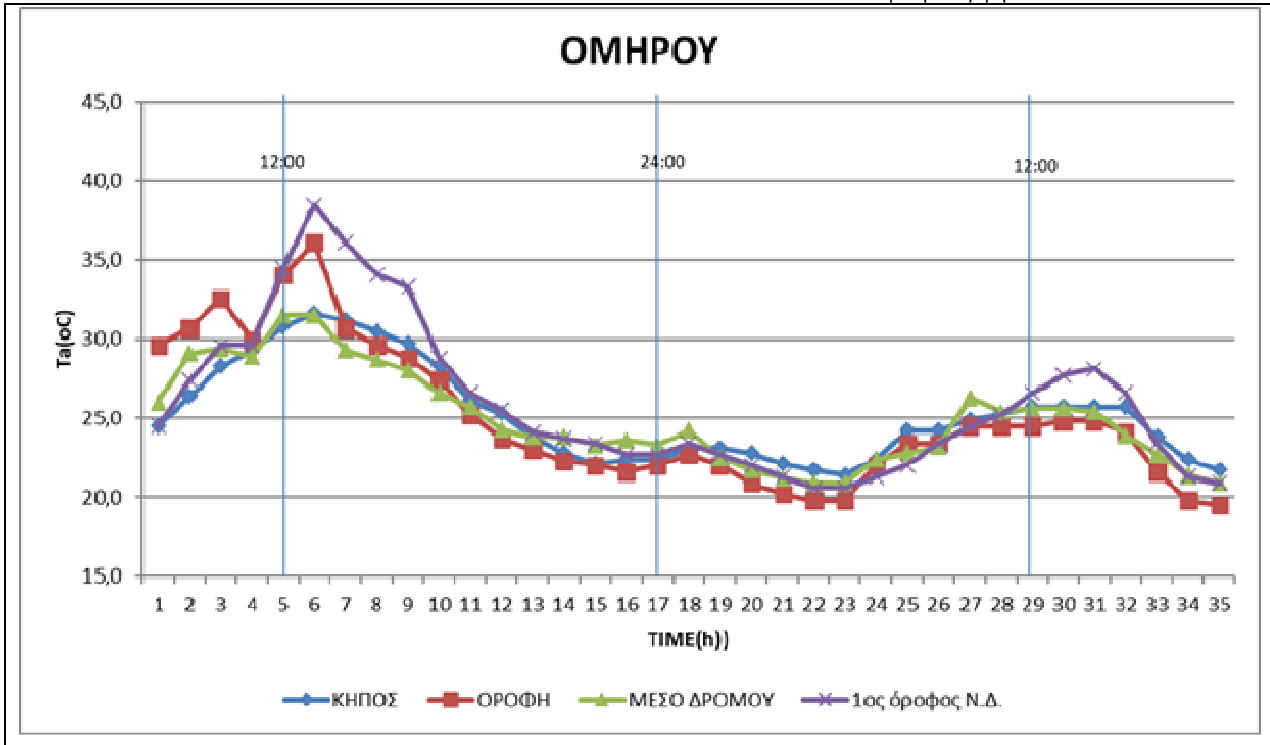
Σχήμα 6.41: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Κόδρου και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.



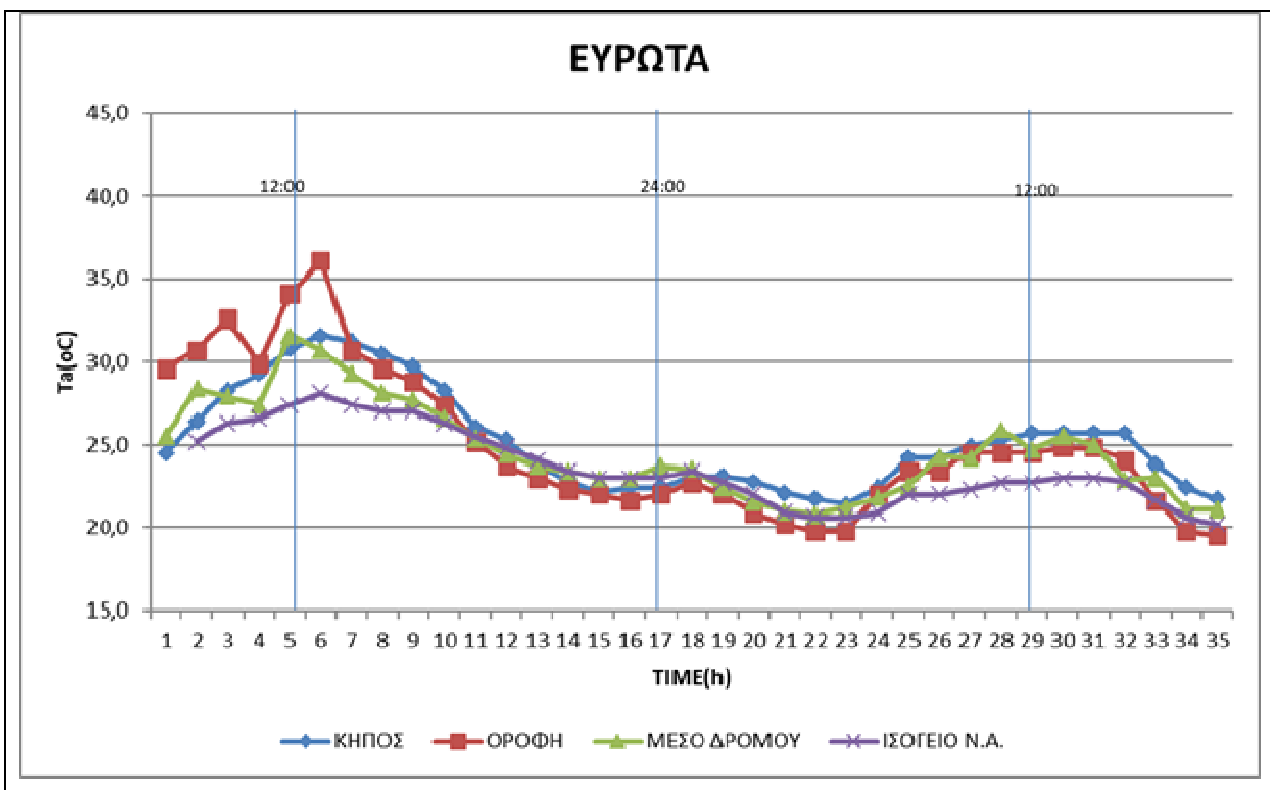
Σχήμα 6.42: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Γιαννιτσών και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.



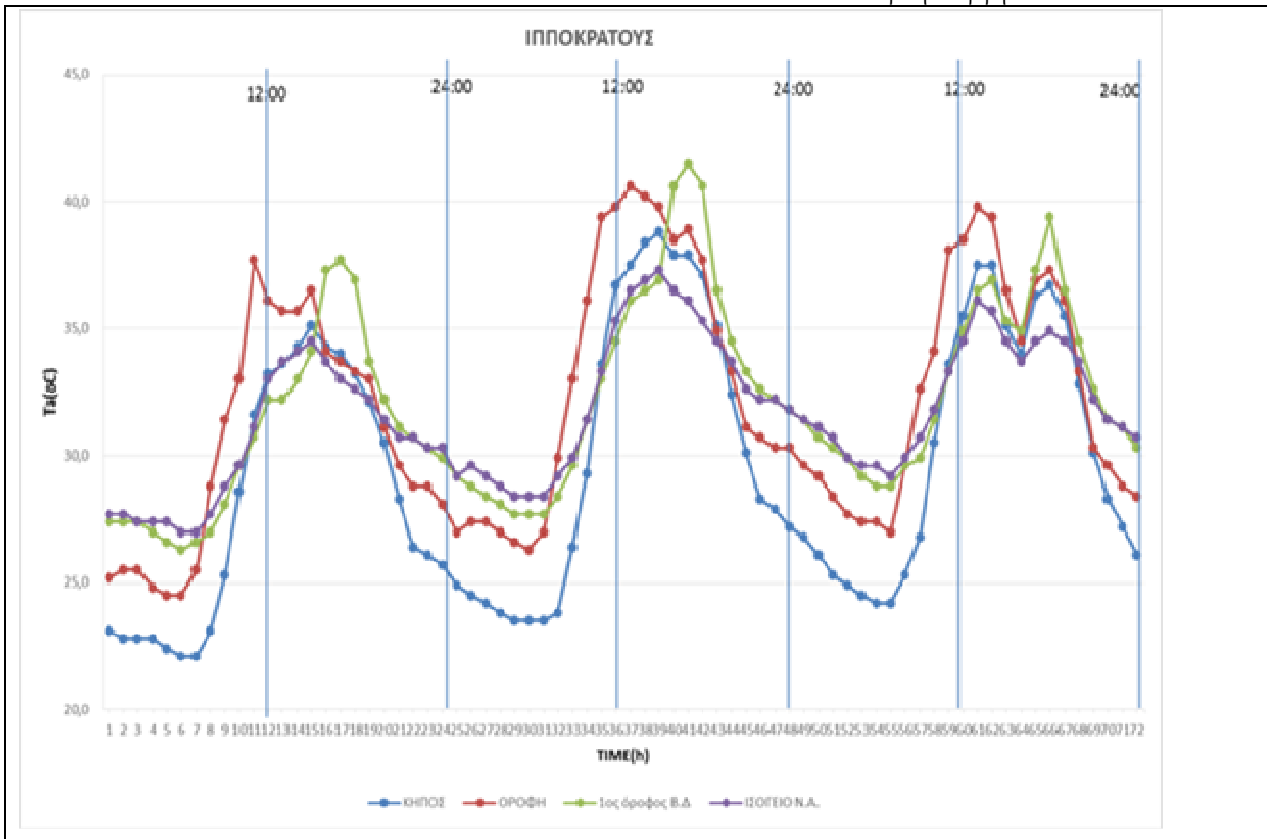
Σχήμα 6.43: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Παλ. Καβάλας και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.



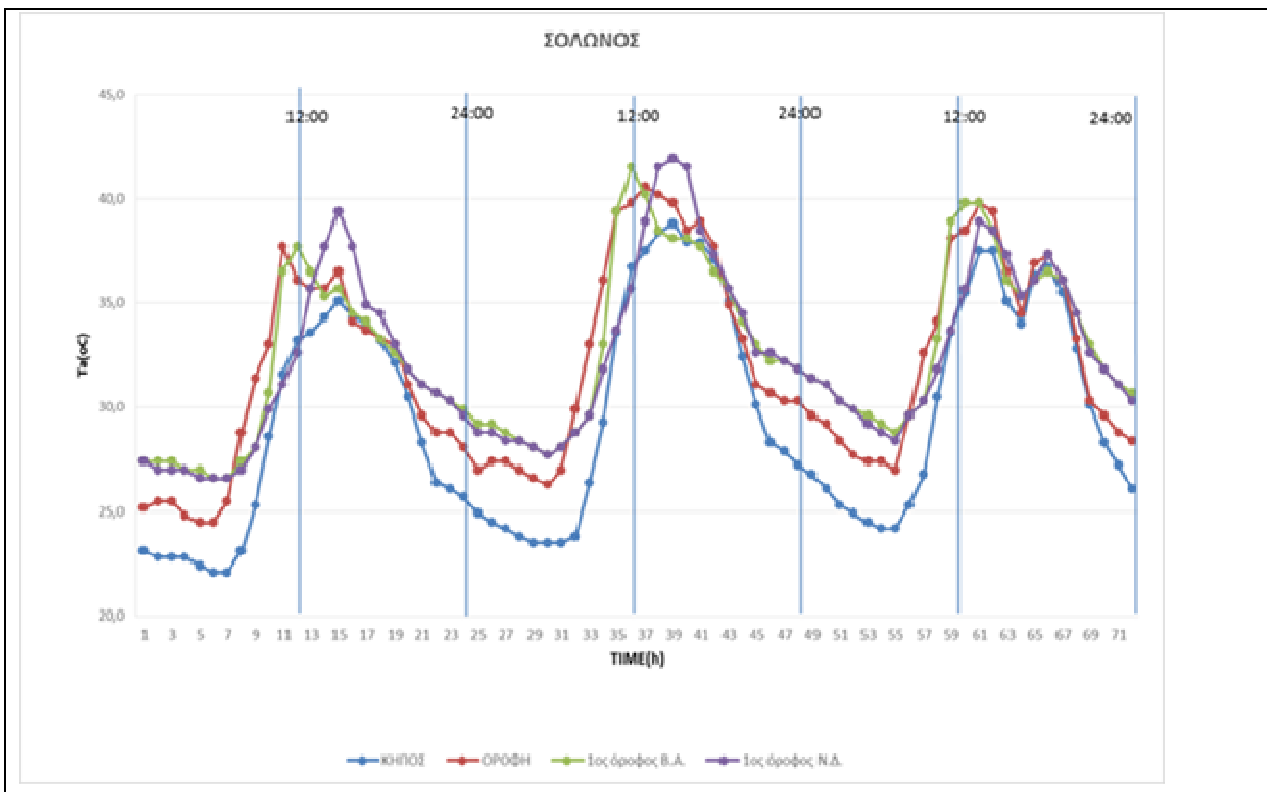
Σχήμα 6.44: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Ομήρου και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.



Σχήμα 6.45: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Ευρώτα και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.



Σχήμα 6.46: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Ιπποκράτους και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.



Σχήμα 6.47: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Σόλωνος και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.

6.5. Σύγκριση των θερμοκρασιών των Σταθμών Σόλωνος και Αιγάλεω, με τις θερμοκρασίες του αέρα των αντίστοιχων οδών, και του σταθμού αναφοράς.

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται η συσχέτιση των θερμοκρασιών στην οροφή και στο εσωτερικό των οδών στην περιοχή του Αιγάλεω και στην οδό Σόλωνος, με την θερμοκρασία του αέρα όπως αυτή καταγράφεται στους Σταθμούς Αιγάλεω, Σόλωνος και του Σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο ώστε να εξεταστούν οι θερμοκρασίες του αέρα εντός της χαράδρας σε σχέση με τις θερμοκρασίες που καταγράφουν οι δυο σταθμοί εντός αυτών.

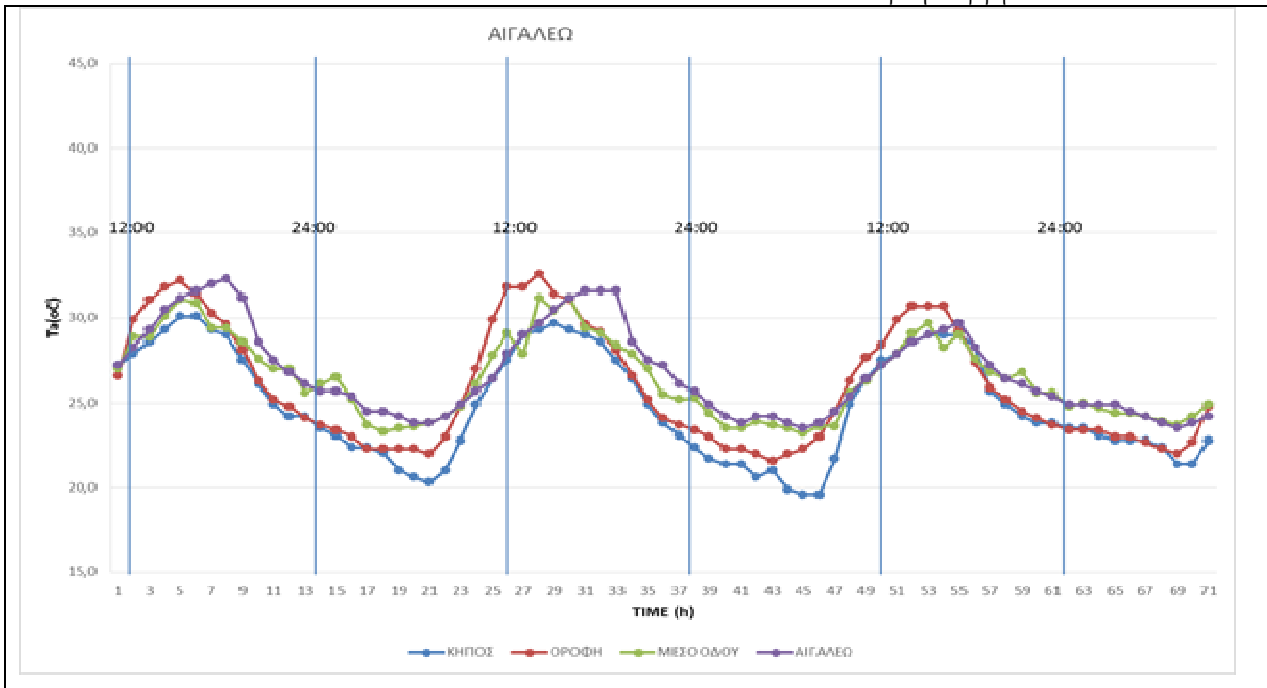
Όπως προκύπτει από το Σχήμα 6.48, ο σταθμός στο Αιγάλεω κατά την διάρκεια της ημέρας καταγράφει θερμοκρασίες που είναι μεγαλύτερες από αυτές που παρατηρούνται στο μέσο της οδού, τις ώρες που λόγω του Ν.Δ. προσανατολισμού του δέχεται την επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Τις υπόλοιπες ώρες και ειδικά κατά την βραδινή περίοδο η θερμοκρασία του αέρα στο μέσο της οδού σχεδόν ταυτίζεται με αυτή που καταγράφει ο Σταθμός Αιγάλεω (διαφορά $\sim 0,4^{\circ}\text{C}$). Σημειώνεται ότι κατά την διάρκεια των μετρήσεων έπνεε ισχυρό βόρειο ρεύμα (πίνακας 6.30) όπου σε συνδυασμό με τον μικρό χαρακτηριστικό λόγο και τον άξονα της οδού (BA-ND), αμβλύνονται σημαντικά οι παρατηρούμενες διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς όπως θα εξηγηθεί αναλυτικά στο Κεφάλαιο 7 που ακολουθεί.

Αντίστοιχη εικόνα παρατηρήθηκε και στον σταθμό της οδού Σόλωνος, όπου οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν κατά την διάρκεια της ημέρας είναι μεγαλύτερες από αυτές στο εσωτερικό της οδού, κατά την διάρκεια των ωρών όπου λόγω προσανατολισμού του σταθμού, δέχεται την επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Κατά την διάρκεια της νύχτας η θερμοκρασία του σταθμού ακολουθεί την ίδια πορεία με την θερμοκρασία του αισθητήρα στον 1^ο όροφο της Β.Α. πλευράς εντός της οδού, αλλά καταγράφει θερμοκρασίες μεγαλύτερες αυτού της τάξης των 2°C . Η μεγαλύτερη αυτή θερμοκρασία σχετίζεται με την διεύθυνση του ανέμου που είναι κάθετη στον άξονα του δρόμου στοιχείο που δημιουργεί πρακτικά συνθήκες άπνοιας εντός αυτού.

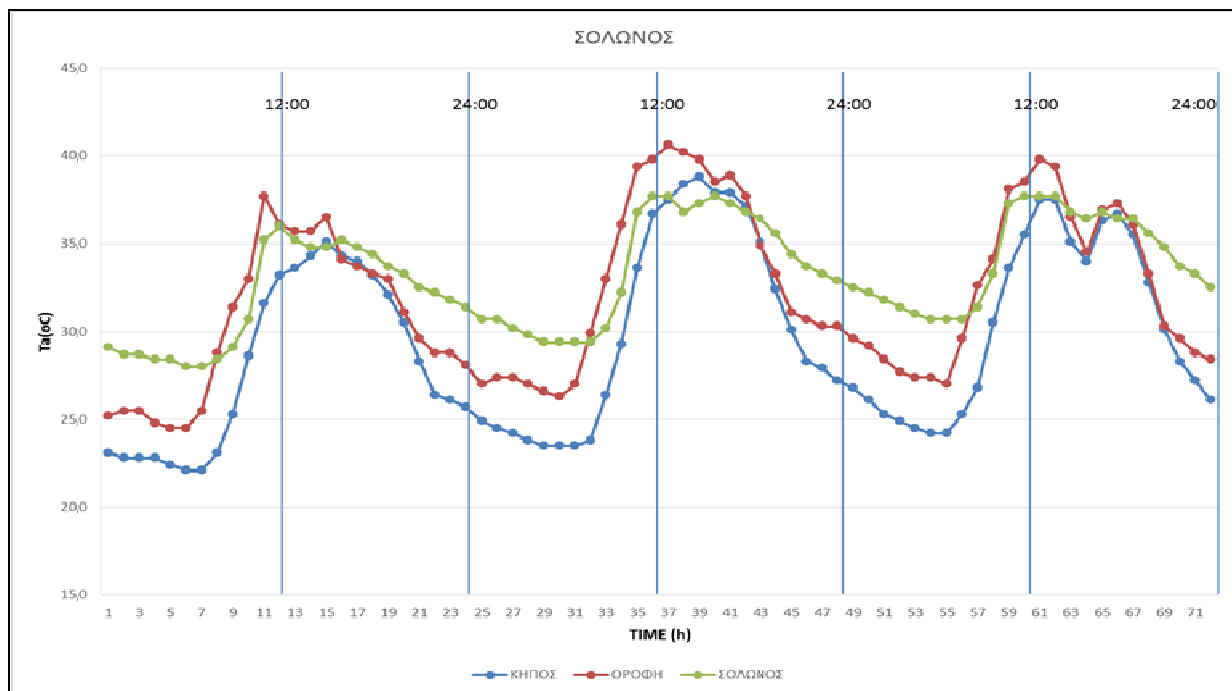
Στον πίνακα 6.31. καταγράφεται η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ σταθμού και του εσωτερικού της οδού καθώς και η μέση διαφορά κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας.

Πίνακας 6.31: Μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ σταθμού και του εσωτερικού της οδού καθώς και η μέση διαφορά κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας.

Δρόμος	Μέγιστη ημερήσια διαφορά θερμοκρ. Σταθμού από Οδό	Μέση ημερήσια διαφορά θερμοκρ. Σταθμού από Οδό	Μέγιστη νυχτερινή διαφορά θερμοκρ. Σταθμού από Οδό	Μέση νυχτερινή διαφορά θερμοκρ. Σταθμού από Οδό
Σταθμός Αιγάλεω	3.2	0.4	1.7	0.4
Σταθμός Σόλωνος	-3.8	0.0	2.2	1.5



Σχήμα 6.48: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα της οδού Γιαννιτσών και των σταθμών Αιγάλεω και αναφοράς (Εθνικός Κήπος).



Σχήμα 6.49: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα της οδού Σόλωνος και των σταθμών Σόλωνος και αναφοράς (Εθνικός Κήπος).

6.6. Συμπεράσματα

Από την διεξαγωγή των μετρήσεων των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα εντός των 9 αστικών οδών προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Σε ότι αφορά τις επιφανειακές θερμοκρασίες:

- Βασικός παράγοντας διαμόρφωσης των θερμοκρασιών επιφανείας που συνιστούν την αστική χαράδρα είναι ο άξονας προσανατολισμού και δευτερευόντως ο χαρακτηριστικός λόγος της οδού, μιας και είναι τα βασικά στοιχεία που διαμορφώνουν την ώρα και την διάρκεια έκθεσης των επιφανειών στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία, που είναι ο κύριος παράγοντας διαμόρφωσης των θερμοκρασιών κατά την διάρκεια της ημέρας.
- Οι οριζόντιες επιφάνειες των οδών μιας χαράδρας παρουσιάζουν κατά μέσο όρο συστηματικά μεγαλύτερες επιφανειακές θερμοκρασίες από αυτές των κατακόρυφων προσόψεων αυτής, τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια νύχτας.
- Οι μεγαλύτερες επιφανειακές θερμοκρασίες, στο οριζόντιο επίπεδο, παρατηρούνται στο μέσο της οδού επί του ασφαλτοστρωμένου οδοστρώματος, λόγω κυρίως των θερμοφυσικών ιδιοτήτων της ασφάλτου.
- Οι πλάκες πεζοδρομίου παρουσιάζουν συστηματικά μικρότερες θερμοκρασίες από αυτές της ασφάλτου κατά διάρκεια της κοινής έκθεσής τους στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Οι διαφορές κυμαίνονται 6 έως 14 °C στα σημεία μέτρησης με νότιο προσανατολισμό και από 7.5 ως 19 °C στα αντίστοιχα σημεία μέτρησης με βόρειο προσανατολισμό.
- Κυρίως, κατά την διάρκεια της ημέρας οι μέσες επιφανειακές θερμοκρασίες των προσόψεων των οδών με νότιο προσανατολισμό παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές από τις αντίστοιχες καθ' ύψος απέναντι πλευρές με τη μέγιστη ημερήσια στιγμιαία διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο απέναντι επιφανειών να φτάνει του 19 °C, ενώ η μεγαλύτερη διαφορά των μεγίστων μεταξύ δύο απέναντι ισοϋψών επιφανειών έφτασε στους 14 °C.
- Κατά την διάρκεια της νύχτας οι μέσες επιφανειακές θερμοκρασίες των νότιων πλευρών εξακολουθούν να είναι μεγαλύτερες από αυτές των απέναντι πλευρών, αλλά οι διαφορές είναι σαφώς μικρότερες από τις αντίστοιχες της ημέρας και φτάνουν περί τους 2 °C.
- Τέλος, οι μέσες θερμοκρασίες επιφανείας στο οδόστρωμα είναι συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές των προσόψεων κατά την διάρκεια της νύχτας, φαινόμενο που είναι πιο έντονο στις χαράδρες με υψηλό χαρακτηριστικό λόγο(άνω του 2) και με άξονα προσανατολισμού βορρά -νότου.

Τα παραπάνω συμπεράσματα είναι σε γενική συμφωνία με αντίστοιχες μελέτες που έχουν διεξαχθεί για αντίστοιχες αστικές χαράδρες. Συγκεκριμένα τόσο οι Niachou et al. (2008), όσο οι Offerle, B., et al. (2007), όσο και ο Arnfield, (1990) αναφέρουν ότι οι επιφανειακές θερμοκρασίες σχετίζονται άμεσα από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού τα οποία επηρεάζουν την διάρκεια και την ώρα έκθεσης της επιφάνειας στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Οι Offerle, B., et al. (2007), αναφέρουν ότι το μοτίβο της επιφανειακής θερμοκρασίας εντός της αστικής χαράδρας ακολουθεί κυρίως αυτό της προσπίπτουσας άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και δευτερευόντως επηρεάζεται από την μικρού μήκους ακτινοβολία, που αποαρροφάται από τις άλλες πλευρές της χαράδρας, η οποία σε κάποιες περιπτώσεις δημιουργεί δευτερεύοντα μέγιστα. Μάλιστα αναφέρουν ότι κατά την θερινή περίοδο η μέγιστη διαφορά επιφανειακής θερμοκρασίας που κατέγραψαν, μεταξύ ισοϋψών επιφανειών, ήταν 19 °C, τιμή που είναι απόλυτα σύμφωνη με αυτή που καταγράφηκε στην παρούσα εργασία. Τέλος, κατά την νυχτερινή περίοδο, οι μελετητές αναφέρουν ότι οι διαφορές των επιφανειακών θερμοκρασιών κατά την νυχτερινή περίοδο είναι μικρότερη των 2°C στοιχείο που είναι σε συμφωνία με τα ευρήματα της παρούσας μελέτης. Οι Niachou et al. (2008) αναφέρουν επίσης, ότι οι μεγαλύτερες επιφανειακές θερμοκρασίες καταγράφονται στο οριζόντιο επίπεδο της οδού με την μέγιστη τιμή να καταγράφεται στο μέσο της οδού, και να φτάνει πάνω από την ασφάλτο στους 60°C, ενώ η αντίστοιχη μέγιστη θερμοκρασία των πλακών πεζοδρομίου στη ΝΝΔ πλευρά έφτασε τους 55°C, τιμή που ήταν σαφώς

χαμηλότερη λόγω κυρίως της διαφορετικής ανακλαστικότητας των υλικών. Στην παρούσα εργασία η μέγιστη θερμοκρασία που καταγράφηκε πάνω από την ασφαλτο ήταν 56.5°C, με την αντίστοιχη μέγιστη τιμή στις πλάκες πεζοδρομίου στη ΔΝΔ πλευρά να είναι 50.9°C. Επίσης στην ίδια μελέτη αναφέρεται ότι οι διαφορές θερμοκρασιών του οδοστρώματος κατά την νυχτερινή περίοδο αμβλύνονται σημαντικά και μετά τις 22:00 είναι πολύ μικρές στοιχείο που είναι σύμφωνο γενικά με τα στοιχεία της παρούσας εργασίας

Σε ότι αφορά τις θερμοκρασίες του αέρα:

- Οι θερμοκρασίες του αέρα πλησίον των προσώπων των οδών επηρεάζονται κυρίως από τις επιφανειακές θερμοκρασίες στο αντίστοιχο σημείο και δευτερευόντως από την μεταφορά θερμότητας από την οροφή της οδού. Αντίθετα οι θερμοκρασίες στο μέσο της οδού επηρεάζονται κυρίως από τα φαινόμενα μεταφοράς από την οροφή της οδού και δευτερευόντως από τις θερμοκρασίες των επιφανειών της χαράδρας.
- Οι θερμοκρασίες πάνω από την οροφή της οδού κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν συστηματικά υψηλότερες από τις θερμοκρασίες εντός της οδού, τόσο στο μέσο αυτής, με διαφορές που κυμάνθηκαν από 0.3 ως 1.5 °C, όσο και στις προσόψεις αυτής. Κατά την διάρκεια της νύχτας το φαινόμενο αντιστρέφεται με τις μέσες διαφορές από το μέσο του δρόμου να κυμαίνονται μεταξύ 1 και 2°C
- Κατά την διάρκεια της ημέρας σχεδόν συστηματικά οι μέσες θερμοκρασίες του αέρα στις νότιες προσόψεις ήταν μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των απέναντι προσώπων.
- Κατά την διάρκεια της νύχτας οι μέσες θερμοκρασίες εντός της χαράδρας παρουσιάζουν μια ασθενή στρωμάτωση με το ύψος. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες εντοπίστηκαν στο μέσο των οδών και στο ισόγειο αυτών. Όσο αυξάνει το ύψος οι θερμοκρασίες μειώνονται και προσεγγίζουν αυτές της οροφής.

Σε αντίστοιχα συμπεράσματα έχουν καταλήξει και άλλες μελέτες που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 3.8.3 του Κεφαλαίου 3 της παρούσας εργασίας. Συγκεκριμένα οι Giannopoulou, K et al. (2010) αναφέρουν ότι οι αστικές χαράδρες εντός του πολεοδομικού κέντρου της πόλης των Αθηνών κατά την νυχτερινή περίοδο είναι θερμότερες από την επικρατούσα θερμοκρασία του αέρα με μέγιστες διαφορές που κυμαίνονται από 2.2 ως 2.7 °C. Οι Niachou, C. et al. (2008) αναφέρουν και αυτοί ότι η επικρατούσα θερμοκρασία εκτός αστικής χαράδρας είναι υψηλότερη από αυτή που καταγράφεται εντός της οδού κατά την διάρκεια της ημέρας στο 83% των περιπτώσεων με μέγιστη καταγεγραμμένη διαφορά στους 1,9°C. Σε αντίστοιχα αποτελέσματα κατέληξαν και οι Giorgakis C.(2010) όπου η διαφορά κατά την ημερήσια περίοδο ήταν της τάξεως των 5°C. Τέλος οι Niachou et al (2008) αναφέρει ότι στο 82% των περιπτώσεων οι θερμοκρασία του αέρα εντός της χαράδρας είναι υψηλότερες από αυτές του αστεροσκοπείου Αθηνών με διαφορές που ποτέ δεν ξεπέρασαν τον 1°C.

Σε ότι αφορά την σύγκριση των θερμοκρασιών του αέρα των οδών με αυτές του σταθμού αναφοράς:

- Οι θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν συστηματικά μικρότερες από αυτές που καταγράφονται πάνω από την οδό με τις μέσες διαφορές να φτάνουν τους 2 βαθμούς.
- Οι θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς και κατά την διάρκεια της νύχτας είναι συστηματικά μικρότερες από τις θερμοκρασίες εντός των χαραδρών με μέσες διαφορές που φτάνουν τους 3 βαθμούς.

Όλα τα ανωτέρω επιβεβαιώνουν σε επίπεδο μικρής κλίμακας ότι οι καταγραφές των σταθμών εντός αστικού περιβάλλοντος αποτυπώνουν με σημαντικά καλή προσέγγιση το θερμοκρασιακό καθεστώς της οδού και της περιοχής στην οποία είχαν τοποθετηθεί τα θερμόμετρα, ειδικά κατά την νυχτερινή περίοδο. Επίσης οι αποκλίσεις

που δημιουργούνται κατά της διάρκειας της ημέρας λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας είναι σημαντικά αμβλυμένες όταν εξετάζονται οι μέσες ημερήσιες τιμές στοιχείο που επιβεβαιώνει την ορθότητα του διαχωρισμού του δείγματος των προηγούμενων κεφαλαίων στη νυχτερινή και ημερήσια περίοδο και στην εστίασή της ανάλυσής μας στις μέσες τιμές και όχι στα απόλυτα μέγιστα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ, ΜΕ
ΤΗΝ ΕΝΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΦΟΡΑ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Κεφάλαιο 7: Συσχέτιση Αστικής Θερμικής Νησίδας της Αθήνας με την ένταση και την φορά του ανέμου.

Στο κεφάλαιο αυτό, χρησιμοποιώντας τις ωριαίες μετρήσεις του ανέμου όπως αυτές καταγράφηκαν στο Αστεροσκοπείο Αθηνών, παρουσιάζεται η συσχέτιση της αστικής θερμικής νησίδας και της έντασής της, με τη ένταση του ανέμου, για το σύνολο της εξεταζόμενης πειραματικής περιόδου. Επίσης, εξετάζεται αναλυτικά, για την θερινή περίοδο του 1997, η επίδραση τόσο της έντασης όσο και της διεύθυνσης του ανέμου. Ιδιαίτερη ανάλυση πραγματοποιείται για την συσχέτιση της αστικής θερμικής νησίδας με την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου σε συνδυασμό με τις θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς.

7.1. Συσχέτιση της αστικής θερμική νησίδας με την ένταση του ανέμου για το σύνολο εξεταζόμενης θερινής περιόδου κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύκτας

Όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3, πολλές μελέτες συσχετίζουν την ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας με την ένταση του ανέμου. Μάλιστα, όλοι οι μελετητές αναφέρουν ότι το φαινόμενο είναι πιο εμφανές και πιο έντονο υπό συνθήκες άπνοιας, ενώ, από διάφορες μελέτες που έχουν αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3, σημειώνεται ότι για μεγαλύτερες εντάσεις του ανέμου παρατηρείται μείωση της έντασης του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Στοιχείο που εντοπίστηκε και κατά την μελέτη του θερμοκρασιακού καθεστώτος των εννέα αστικών χαραδρών του προηγούμενου κεφαλαίου.

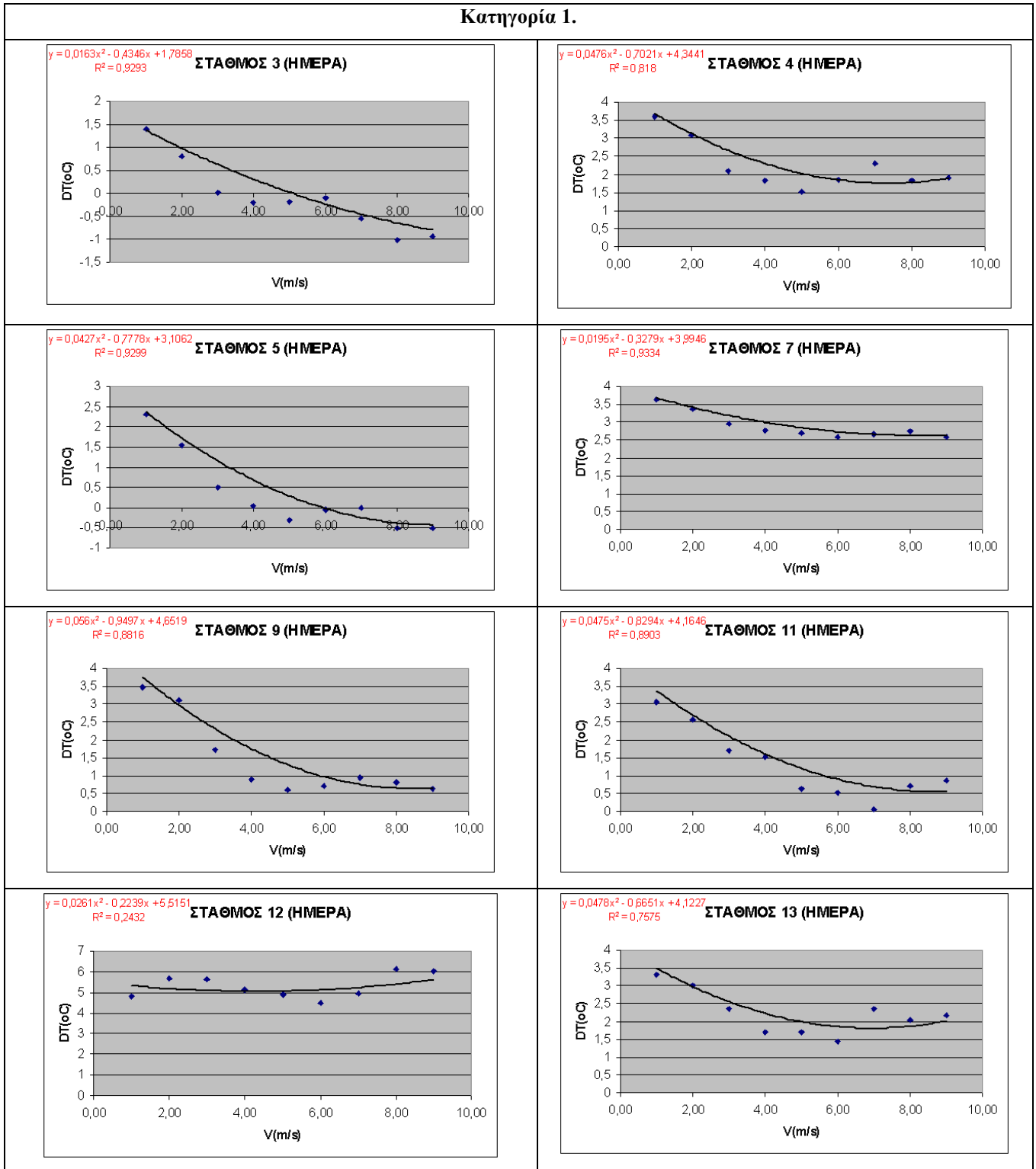
Στο πλαίσιο αυτό, στην παρούσα παράγραφο, εξετάζεται αρχικά, η μέση επίδραση του μέτρου της ταχύτητας του ανέμου, όπως αυτή μετρήθηκε στο σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, το οποίο αποτυπώνει τις συνοπτικές ανεμολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή του λεκανοπεδίου, με τις διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς, όλων των σταθμών κατά την ημερήσια. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις της εντάσεις του ανέμου για όλη την περίοδο διαμερίστηκαν ανά 1m/s, από 0m/s μέχρι την ένταση και των 9m/s και υπολογίστηκαν για κάθε μία από τις διαμερίσεις, οι μέσες διαφορές θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς. Δεν συμπεριλήφθηκαν μεγαλύτερες εντάσεις ανέμου διότι το στατιστικό δείγμα ήταν πολύ μικρό και δεν μπορούσε να οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα. Η συσχέτιση που προέκυψε και τα συμπεράσματα αυτής αναλύονται στην συνέχεια.

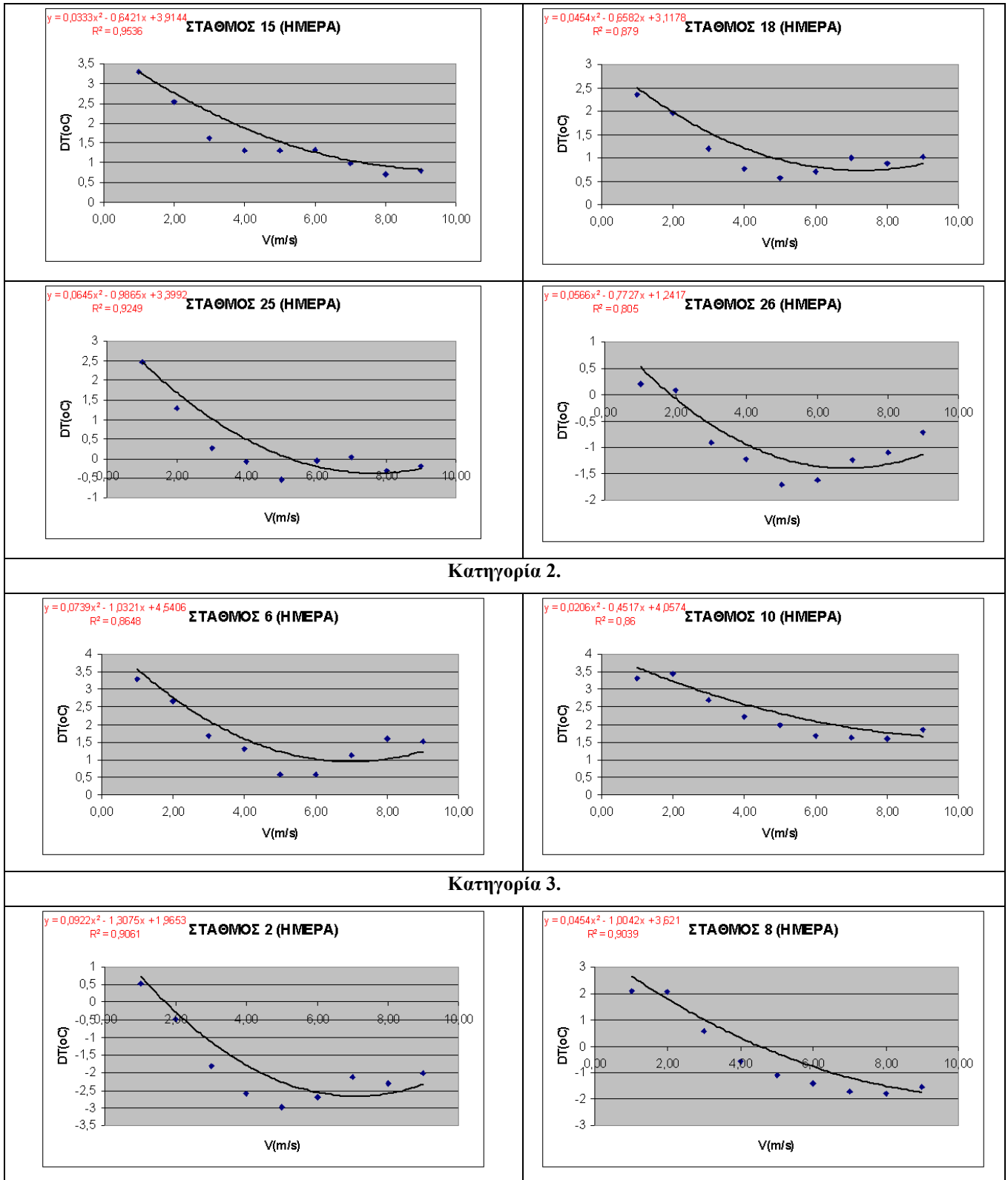
Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι η επεξεργασία των δεδομένων με βάση τις μέσες τιμές των εξεταζόμενων μεταβλητών ανά τάξη διαστήματος έγινε αφού προηγουμένως σε κάθε τάξη διαστήματος χωριστά υπολογίστηκαν η ασυμμετρία και η κύρτωση της κατανομής συχνοτήτων των τιμών που μελετώνται, καθώς επίσης και τα όρια εμπιστοσύνης τους στη στάθμη σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Όπως προέκυψε σε όλες τις τάξεις διαστημάτων και για όλα τα εξεταζόμενα μεγέθη οι κατανομές συχνοτήτων των εξεταζόμενων μεταβλητών ακολουθούν την κανονική κατανομή, ως εκ τούτου οι μέσες τιμές κάθε τάξης διαστήματος είναι αντιπροσωπευτικές της τάξης στην οποία υπάγονται και κατά συνέπεια είναι δυνατή χωρίς στατιστικό σφάλμα η επεξεργασία των δεδομένων με βάση τις μέσες τιμές.

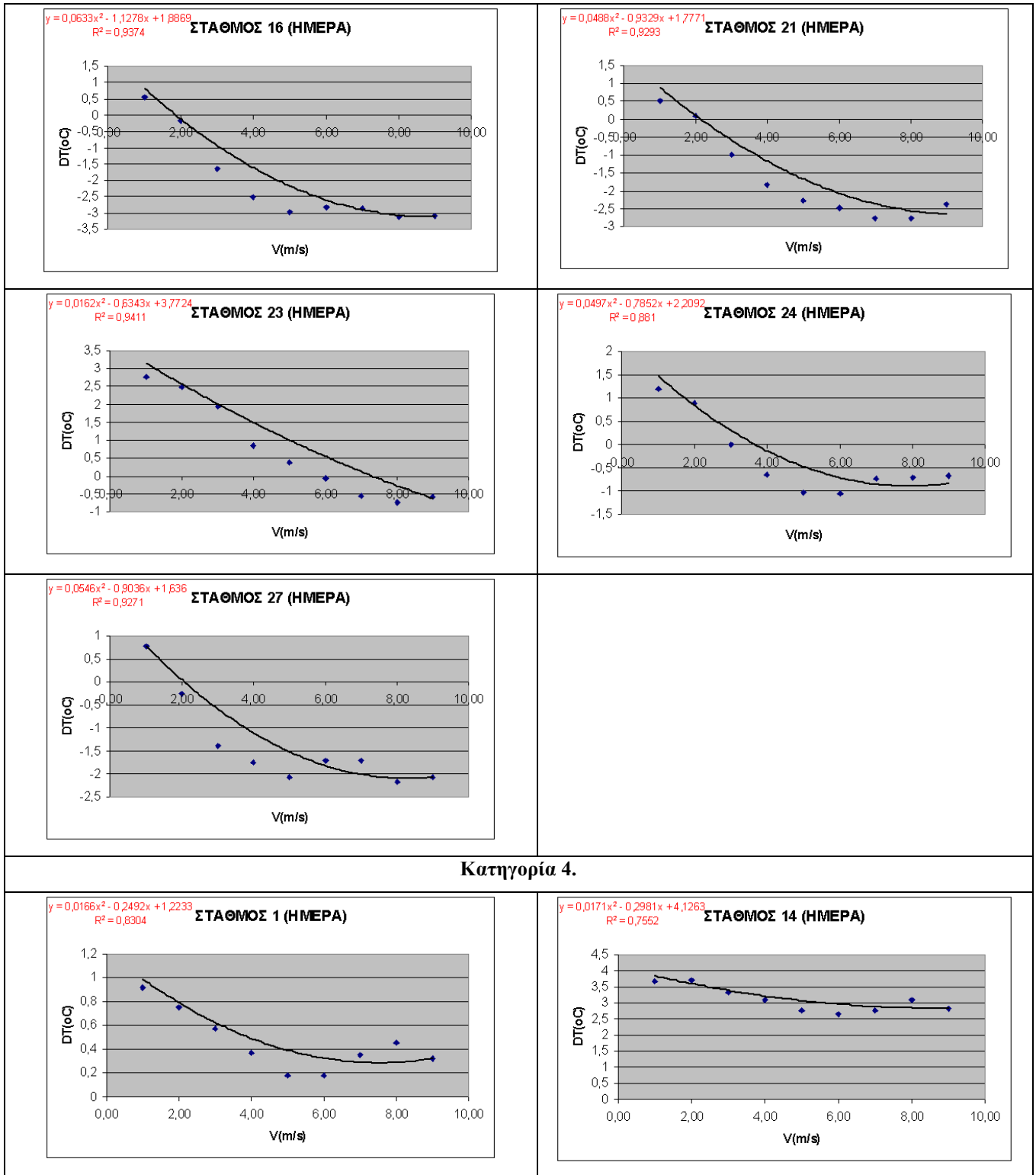
7.1.1. Συσχέτιση της μέσης διαφοράς θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς, με την ένταση του ανέμου, για διαμερίσεις ανά 1m/s, κατά την διάρκεια της ημέρας.

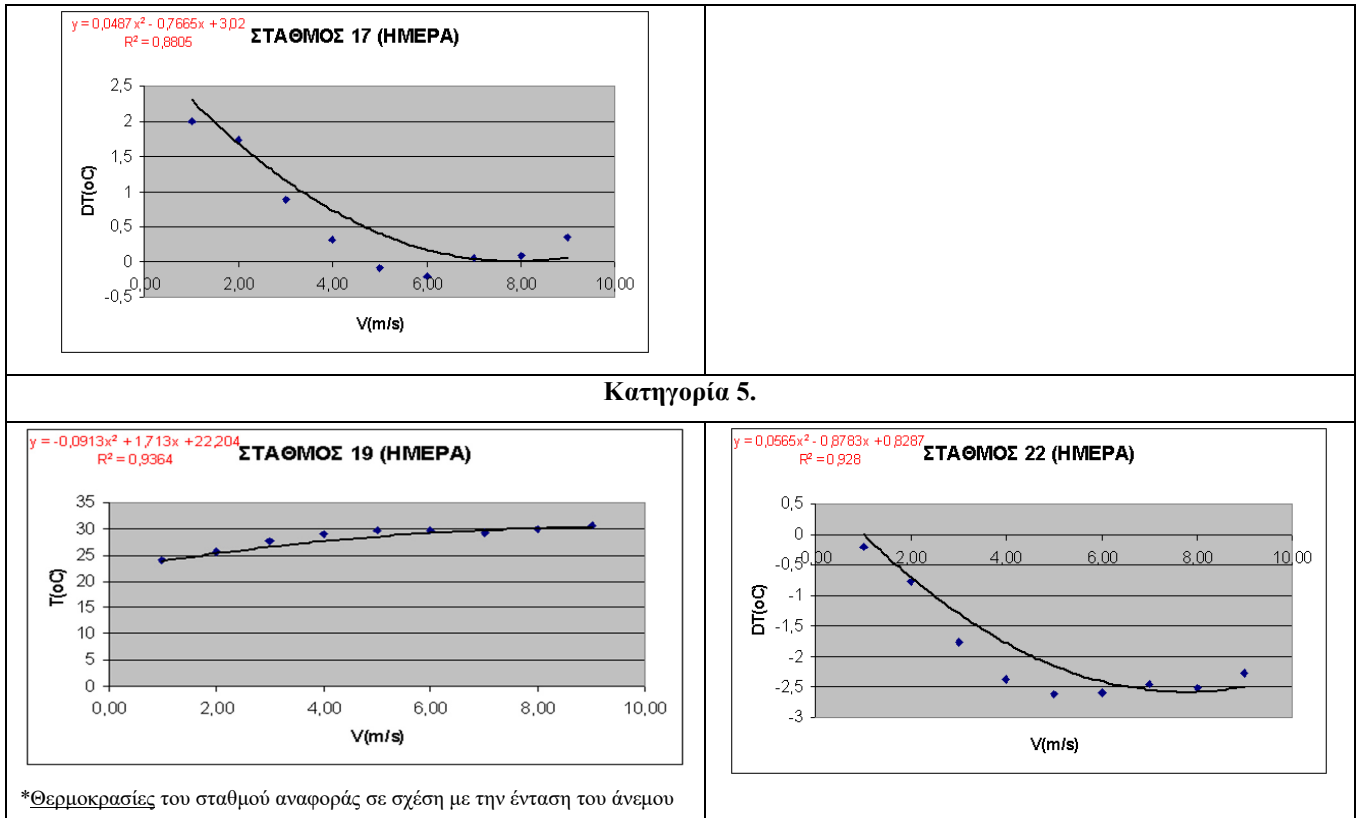
Στα διαγράμματα του σχήματος 7.1 που ακολουθούν, παρουσιάζεται η συσχέτιση της διαφοράς θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς, με την ταχύτητα του ανέμου, κατά την ημερήσια περίοδο, για διαμερίσεις ανά 1m/sec, από 0 ως

και 9 m/sec, για το σύνολο των δεδομένων των σταθμών, ανά κατηγορία, τα οποία έχουν καταγραφεί κατά την πειραματική περίοδο, για την ημερήσια περίοδο.









Σχήμα 7.1: Συσχέτιση της μέσης διαφοράς θερμοκρασίας με την ένταση του ανέμου κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου, για όλη την εξεταζόμενη θερινή περίοδο, για κάθε σταθμό ανά κατηγορία.

Από την ανάλυση των παραπάνω διαγραμμάτων προέκυψαν τα εξής:

1. Σχεδόν σε όλους τους σταθμούς παρατηρήθηκε ότι, για συνθήκες άπνοιας ή για πολύ μικρές εντάσεις του ανέμου (0 ως 2 m/s), οι διαφορές θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς ήταν θετικές. Εξάιρεση αποτελεί ο Σταθμός 22, στο Πεδίο του Αρεως, όπου οι αρνητικές διαφορές έφθασαν τους $-0,8^{\circ}\text{C}$. Αρνητικές διαφορές για ταχύτητες από 1 ως 2 m/s παρουσιάστηκαν και στους σταθμούς 16 (Κηφισιά) και 27 (Ν. Ιωνία) με τιμές $-0,2$ και $-0,3^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα. Η μεγαλύτερη θετική διαφορά εντοπίστηκε στον Σταθμό 12 και ήταν $5,7^{\circ}\text{C}$.
2. Επίσης για το σύνολο σχεδόν των σταθμών για εντάσεις του ανέμου, από 0 m/s μέχρι και τα 5 με 6 m/s, οι αντίστοιχες διαφορές για το σύνολο των σταθμών μειώνονται αλγεβρικά και ανάλογα με τον σταθμό είτε παραμένουν θετικές είτε γίνονται αρνητικές.
3. Γενικά, για εντάσεις μεγαλύτερες των 5 με 6 m/s παρατηρήθηκε είτε μια μείωση του ρυθμού πτώσης των διαφορών θερμοκρασίας είτε μια πολύ μικρή, σταδιακή, μη στατιστικά σημαντική, αύξηση.
4. Όλες σχεδόν οι γραφικές παραστάσεις προσεγγίζονται ικανοποιητικά από εξισώσεις δευτέρου βαθμού.

Στη συνέχεια εξετάζοντας την συμπεριφορά των σταθμών ανά κατηγορία προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

Σταθμοί 1^{ης} κατηγορίας (Σταθμοί 3,4,5,7,9,11,12,13,15,18,25,26):

Οι σταθμοί της πρώτης κατηγορίας εμφάνισαν γενικά θετικές διαφορές θερμοκρασίας με μια συνεχή μείωση αυτών, για εντάσεις του ανέμου ως τα 6 m/s. Για μεγαλύτερες τιμές (άνω των 6 m/s) είτε ελαττώνεται ο ρυθμός μείωσης των διαφορών, είτε αυξάνουν πολυ ασθενώς αλγεβρικά οι διαφορές. Στοιχείο που σχετίζεται με το σαφώς μικρότερο στατιστικό δείγμα και με το γεγονός ότι αντίστοιχη μέση θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς είναι ιδιαίτερα ψηλή επομένως οι τιμές για αυτές τις

ταχύτητες αφορούν τις μεσημεριανές ώρες όπου η ηλιακή ακτινοβολία έχει την μέγιστη τιμή της. Εξαιρέση αποτελούν οι Σταθμοί 3 και 26 οι οποίοι εμφανίζουν και ελαφρώς αρνητικές διαφορές θερμοκρασίας για εντάσεις του ανέμου πάνω από 5m/s. Ο Σταθμός 26 εμφάνισε σαφώς αρνητικές διαφορές για χαμηλές εντάσεις του ανέμου οι οποίες έφτασαν ως και τους -1.7°C . Σημειώνεται ότι και οι σταθμοί 3 και 26 βρίσκονται Ανατολικά του κέντρου της πόλης των Αθηνών ενώ στην περιοχή του Σταθμού 26 υπάρχει σημαντική παρουσία πράσινου. Ο σταθμός της Πανεπιστημιακής Λέσχης (Σταθμός 12) ήταν ο μόνος σταθμός στον οποίο δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της διαφοράς θερμοκρασίας και της έντασης του ανέμου ($R^2=0.243$). Οι διαφορές παραμένουν σχεδόν σταθερές μεταξύ 5 και 6°C ανεξάρτητα της έντασης του ανέμου με μία ασθενή τάση για εντάσεις μέχρι 6 m/s. Αυτό, όπως ήδη έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 4, συμβαίνει διότι λόγω της θέσης και του προσανατολισμού του σταθμού, η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, σε συνδυασμό με τον κυκλοφορικό φόρτο της περιοχής και των φαινομένων μεταφοράς θερμότητας, από την ανοικτή περιοχή εμπροσθεν του σταθμού, δρουν καταλυτικά στην ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στην περιοχή. Για συνθήκες άπνοιας, οι σταθμοί της πρώτης ομάδας εμφάνισαν διαφορές μεταξύ 5.7°C και 2.3°C , με εξαίρεση τους σταθμούς 3 (Αμπελόκηποι) και 26 (HILTON) οι οποίοι παρουσίασαν χαμηλότερες διαφορές, κυμαινόμενες μεταξύ 1.4°C και 0.2°C . Σημειώνεται ότι, οι σημαντικές αυτές διαφοροποιήσεις αυτών των σταθμών είχαν παρατηρηθεί και στην ανάλυση της ημερήσιας ωριαίας πορείας της θερμοκρασίας αυτών σταθμών στο Κεφάλαιο 4 της διατριβής και σχετίζονται με τον προσανατολισμό της αστικής χαράδρας και των σταθμών εντός αυτών, του ύψους τους, και της τοποθεσίας του στις ανατολικές περιοχές του κέντρου της πόλης στους πρόποδες του Ύμηττου.

Τέλος, η μέση διαφορά θερμοκρασίας της ομάδας αυτής για συνθήκες άπνοιας (0 ως 2m/s) ήταν 2.5°C , ενώ η αντίστοιχη μέση τιμή για εντάσεις του ανέμου άνω των 6m/s ήταν 1.0°C .

Σταθμοί 2^{ης} κατηγορίας (Σταθμοί 6 και 10):

Οι σταθμοί της 2^{ης} κατηγορίας, εμφάνισαν συμπεριφορά όμοια με αυτή της πρώτης κατηγορίας. Συγκεκριμένα, οι μέσες μηνιαίες διαφορές θερμοκρασίας για συνθήκες άπνοιας κυμάνθηκαν μεταξύ 3.1°C και 2.7°C με μέση τιμή τους 3.0°C . Για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 6 m/s οι διαφορές αυτές ήταν μικρότερες και κυμάνθηκαν μεταξύ 1.1°C με 1.7°C με μέση τιμή στους 1.4°C .

Σταθμοί 3^{ης} κατηγορίας (Σταθμοί 2,8,16,21,23,24,27)

Οι σταθμοί της τρίτης κατηγορίας, για συνθήκες άπνοιας, εμφάνισαν διαφορές μεταξύ -0.4°C (Σταθμός 16) και 2.7°C (Σταθμός 23) με μέση τιμή 0.7°C . Για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 6m/s, η μέση τιμή της ομάδας αυτής, ήταν σημαντικά μικρότερη από αυτές του σταθμού αναφοράς (-1.9°C), με τον Σταθμό 16 να εμφανίζει κατά μέσο όρο μέχρι και 3°C μικρότερες θερμοκρασίες.

Σταθμοί 4^{ης} κατηγορίας (Σταθμοί 1,14,17)

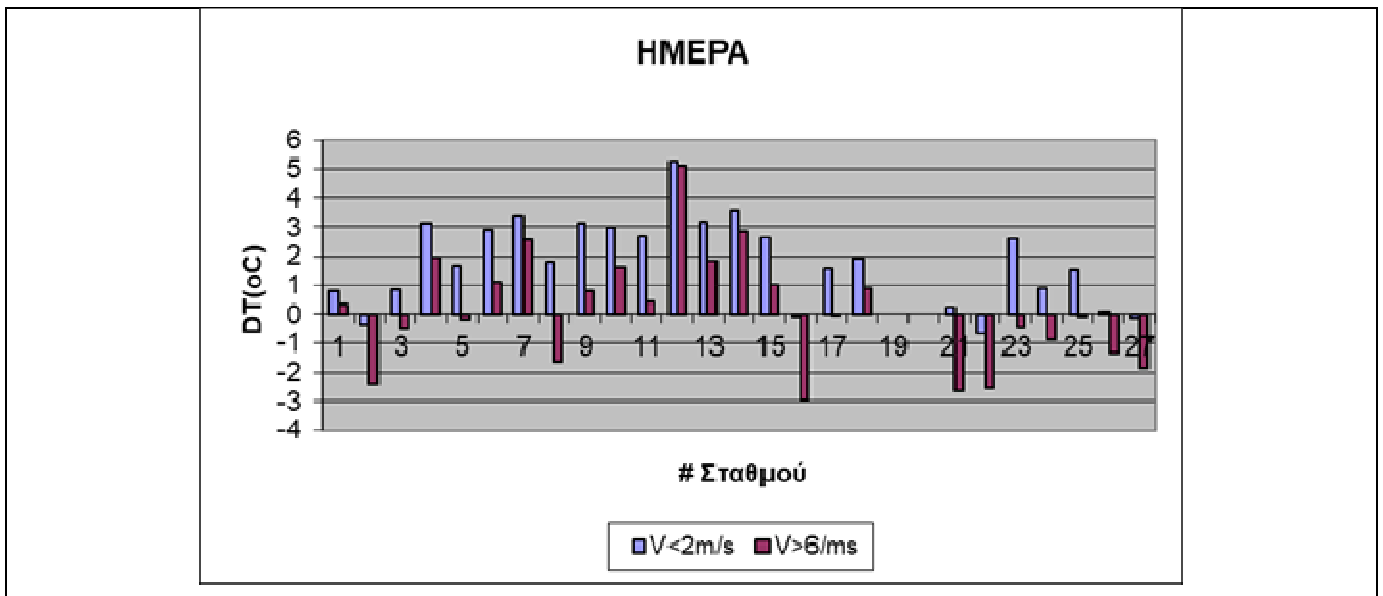
Οι σταθμοί της τέταρτης κατηγορίας, εμφάνισαν μεγάλο εύρος διακύμανσης των διαφορών θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς για συνθήκες άπνοιας. Αναλυτικότερα, ο Σταθμός 1 (Αστεροσκοπείο) εμφάνισε την μικρότερη διαφορά (0.8°C) ο και ο Σταθμός 14 (Γεωπονική Σχολή) την μεγαλύτερη (3.6°C), ενώ ο Σταθμός 17 παρουσίασε ενδιάμεση θερμοκρασία στους 2°C . Η μέση θερμοκρασία της ομάδας βρέθηκε ίση με 2.2°C . Για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 6m/s οι μέσες διαφορές βρέθηκαν γενικά μικρότερες από 0°C (Σταθμός 17) ως και τους 2.8°C (Σταθμός 14), με μέση τιμή της κατηγορίας τους 1.5°C .

Σταθμοί 5^{ης} κατηγορίας (Σταθμοί 19 και 22)

Ο σταθμός στο Πεδίο του Άρεως, για συνθήκες άπνοιας, εμφάνισε θερμοκρασίες μικρότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς, με μέση διαφορά $-0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 6 m/s η μέση διαφορά ήταν $-2.6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Σημειώνεται ότι, ο Σταθμός 22 (Πεδίο του Άρεως), όπως έχει αναφερθεί στα Κεφάλαια 4 και 5, λόγω της θέσης του στο φυτώριο του κήπου, δέχεται την ισχυρή επίδραση του φαινομένου της εξάτμισης, από το καθημερινό πρωινό πότισμα των νεαρών φυτών.

7.1.2. Υπολογισμός της επίδρασης της έντασης του ανέμου στις διαφορές θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς κατά την ημερήσια περίοδο.

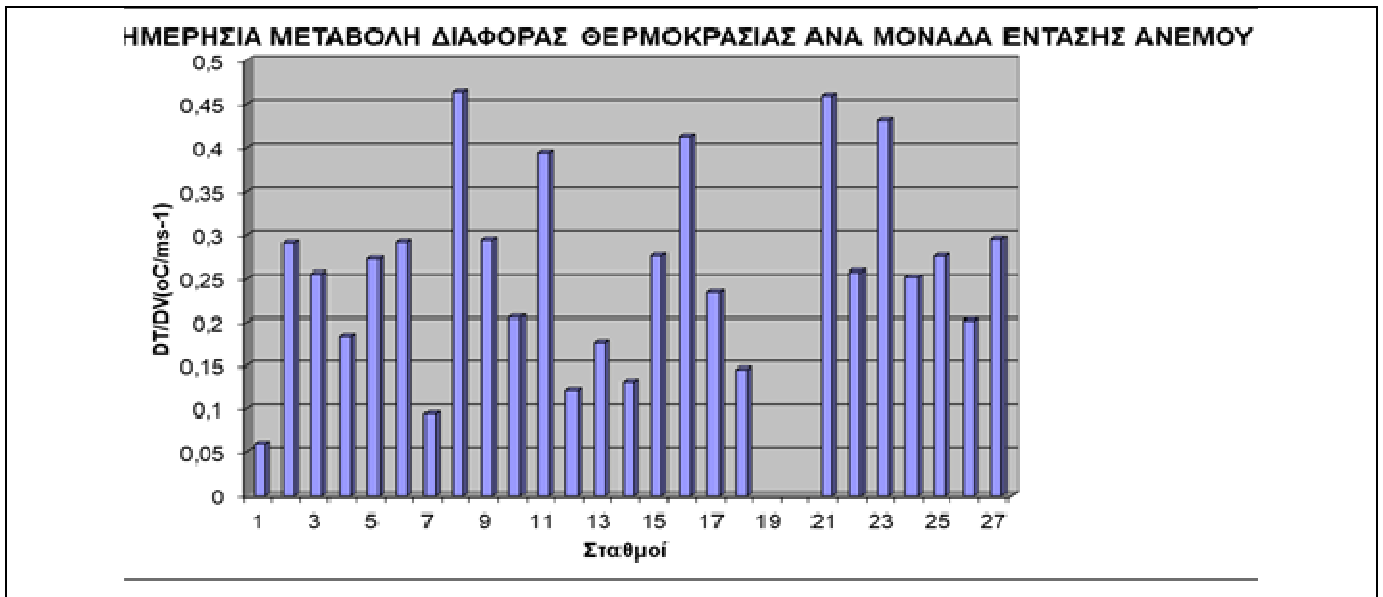
Στο σχήμα 7.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι μέσες διαφορές θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς για εντάσεις του ανέμου μικρότερες των 2 m/s και μεγαλύτερες των 6 m/s για κάθε ένα σταθμό. Σημειώνεται ότι η επιλογή των συγκεκριμένων διαμερίσεων προκύπτει και ως αποτέλεσμα διαφόρων μελετών αλλά και μετρήσεων που διεξήχθησαν και στην περιοχή της Αθήνας εντός αστικών χαραδρών που έδειξαν ότι η ένταση του ανέμου πάνω από τα κτήρια είναι μιας τάξης μεγέθους μεγαλύτερη από αυτή που καταγράφεται εντός της αστικής χαράδρας. (Sanatmouris et al. (2001)).



Σχήμα 7.2: Διαφορές θερμοκρασίας από το σταθμό αναφοράς, κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου, για $V < 2\text{ m/s}$ και $V > 6\text{ m/s}$

Από το σχήμα γίνεται εμφανές, ότι κατά την διάρκεια της ημέρας, υπάρχουν σταθμοί στους οποίους καταγράφηκαν θερμοκρασίες μικρότερες του σταθμού αναφοράς, εμφανίζοντας έτσι σε περιοχές της πόλης (κυρίως στην κατηγορία 3) το φαινόμενο της ψυχρής θερμικής νησίδας. Όπως θα εξηγηθεί ακολούθως, η ενίσχυση του φαινομένου της ψυχρής αστικής νησίδας κατά την ημερήσια περίοδο σχετίζεται τόσο με τον προσανατολισμό και την θέση των σταθμών όσο και με τον ίδιο τον σταθμό αναφοράς.

Στην συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος ρυθμός μείωσης της θερμοκρασίας, από την μέγιστη μέση αλγεβρική διαφορά μέχρι την εμφάνιση της αντίστοιχης ελάχιστης μέσης διαφοράς θερμοκρασίας. Τα αποτελέσματα για κάθε σταθμό αποτυπώνονται στο σχήμα 7.3 που ακολουθεί.



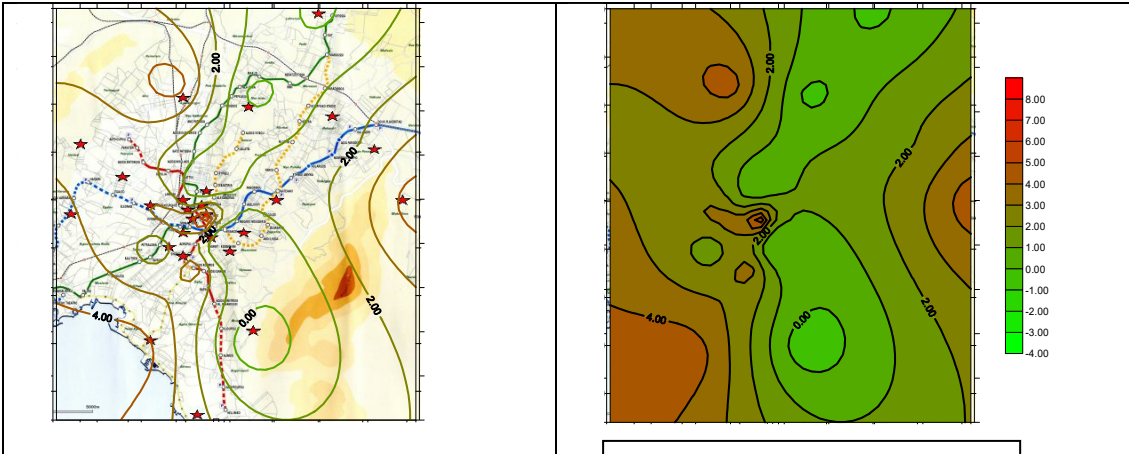
Σχήμα 7.3: Η μεταβολή της διαφοράς θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης διαφοράς για κάθε σταθμό προς την αντίστοιχη μεταβολή της έντασης του ανέμου, κατά την διάρκεια της ημέρας.

Από το ανωτέρω διάγραμμα προκύπτει ότι η μεγαλύτερη μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας, σε σχέση με την ένταση του ανέμου, παρατηρήθηκε στους σταθμούς 8,11,16,21 και 23 (μεγαλύτερος των 0.4°C ανά m/s). Οι σταθμοί αυτοί ανήκουν στην τρίτη κατηγορία σταθμών, με εξαίρεση το Σταθμό 11, όπου όμως λόγω του μικρότερου στατιστικού δείγματος, δεν είναι άμεσα συγκρίσιμες οι τιμές αυτές. Οι σταθμοί της κατηγορίας αυτής, όπως έχει προαναφερθεί στο Κεφάλαιο 5, βρίσκονται περιφερειακά του κέντρου της πόλης των Αθηνών, σε λιγότερα πυκνοδομημένες περιοχές (Ασυνεχής Αστικός Ιστός κατά CORINE), με σημαντική παρουσία πράσινου και είναι προφανές ότι ενισχύεται σημαντικά ο δροσισμός των περιοχών με την ισχυροποίηση της έντασης του ανέμου, δεδομένου της ασυνέχειας της δόμησης των περιοχών.

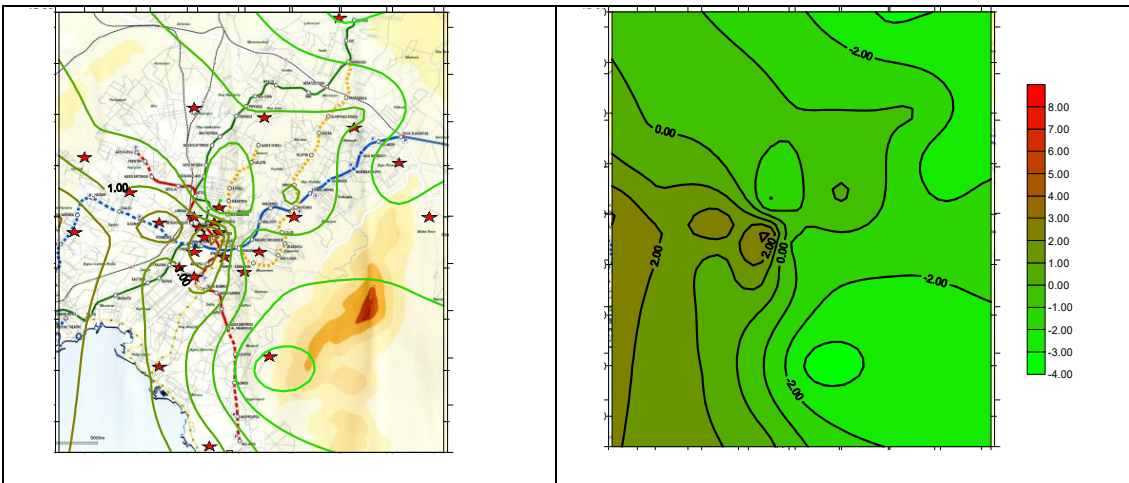
Τέλος, ο σταθμός με τον μικρότερο ρυθμό μείωσης ($<0.1^{\circ}\text{C}/\text{m/s}$) ήταν ο Σταθμός 1, στοιχείο που καταδεικνύει ότι λόγω της θέσης του, και του περιβάλλοντός του, οι διαφορές θερμοκρασίας του σταθμού δεν επηρεάζονται σημαντικά από την ένταση του ανέμου.

7.1.3. Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας με την ένταση του ανέμου για τον Ιούλιο και Αύγουστο 1997 κατά την διάρκεια της ημέρας.

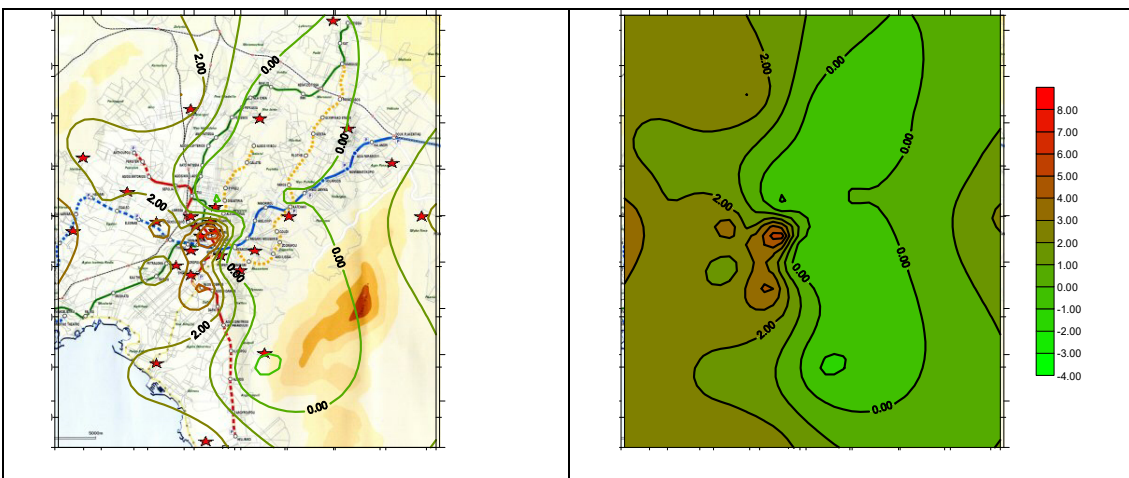
Στα Σχήματα 7.4 ως και 7.7 που ακολουθούν, παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για το λεκανοπέδιο της Αττικής για εντάσεις του ανέμου μεταξύ 0 ως 1m/s και 6 ως 7m/sec για τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 1997.



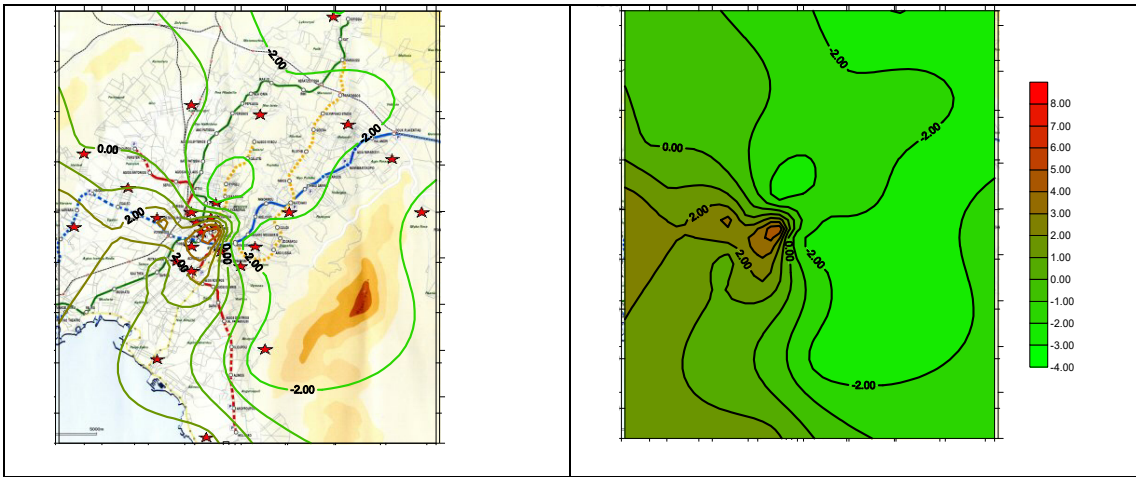
Σχήμα 7.4: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας τον Ιούλιο του 1997, για εντάσεις ανέμου από 0 ως 1m/s, κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου.



Σχήμα 7.5: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Ιούλιο του 1997, για εντάσεις ανέμου από 6 ως 7m/s κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου.



Σχήμα 7.6: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Αύγουστο του 1997, για εντάσεις ανέμου από 0 ως 1m/s κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου.

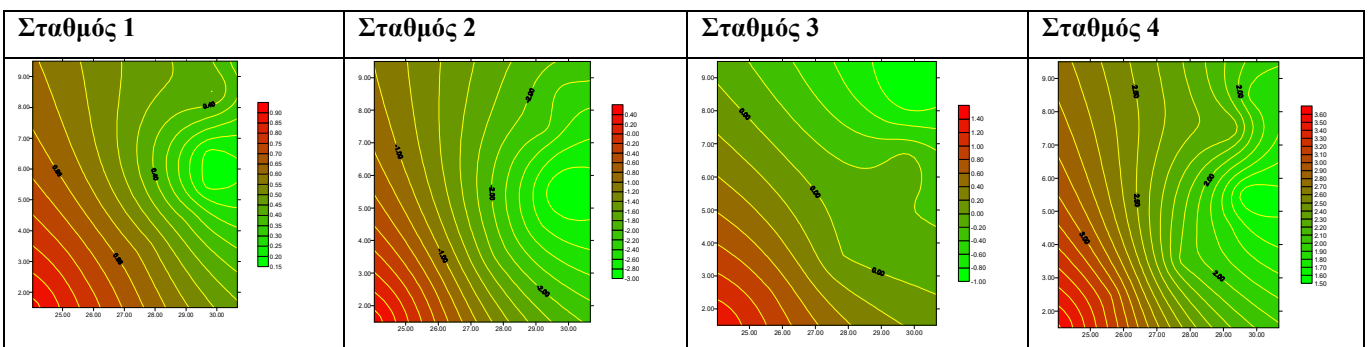


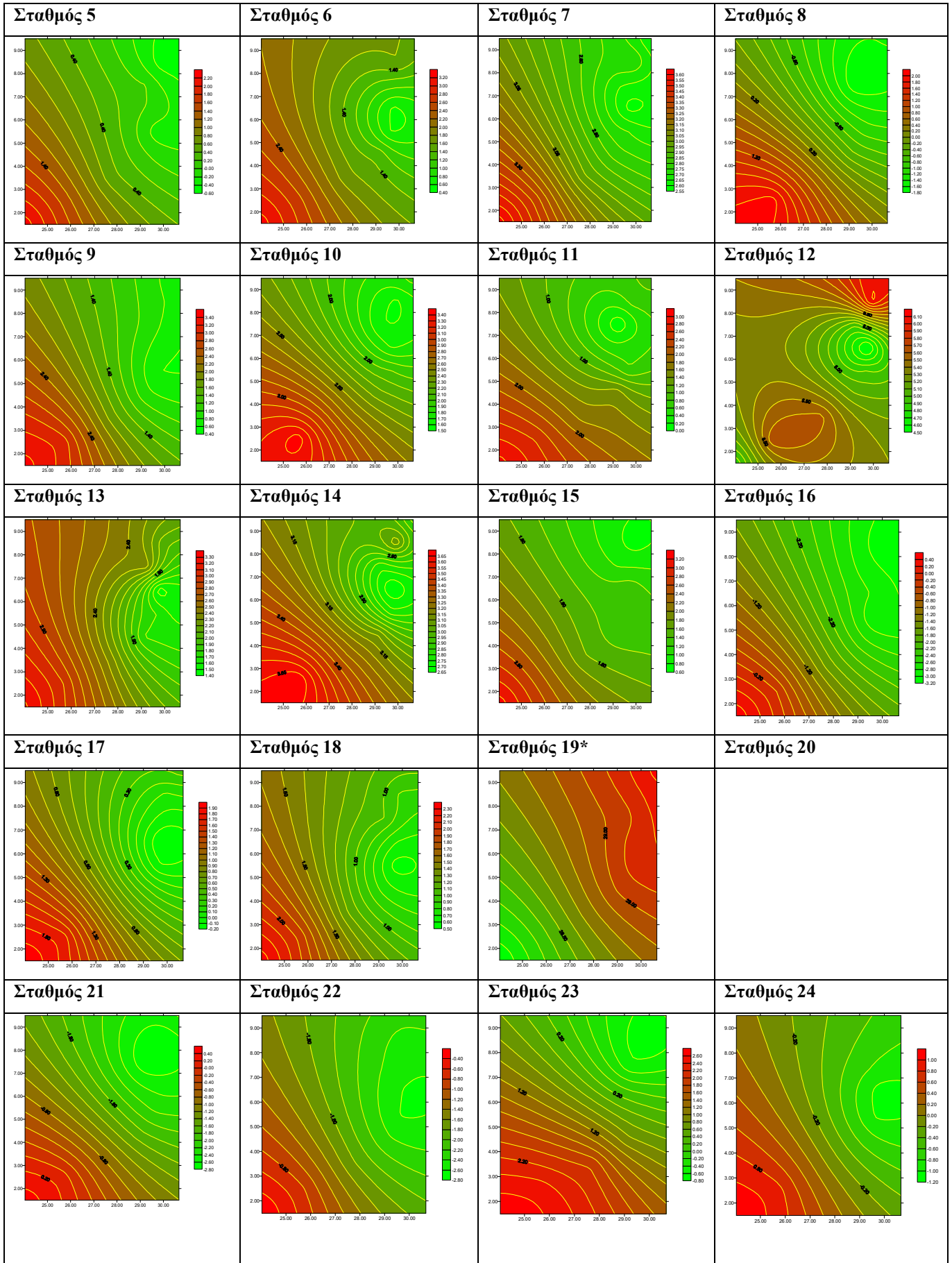
Σχήμα 7.7: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Αύγουστο του 1997 για εντάσεις ανέμου από 6 ως 7m/s κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου.

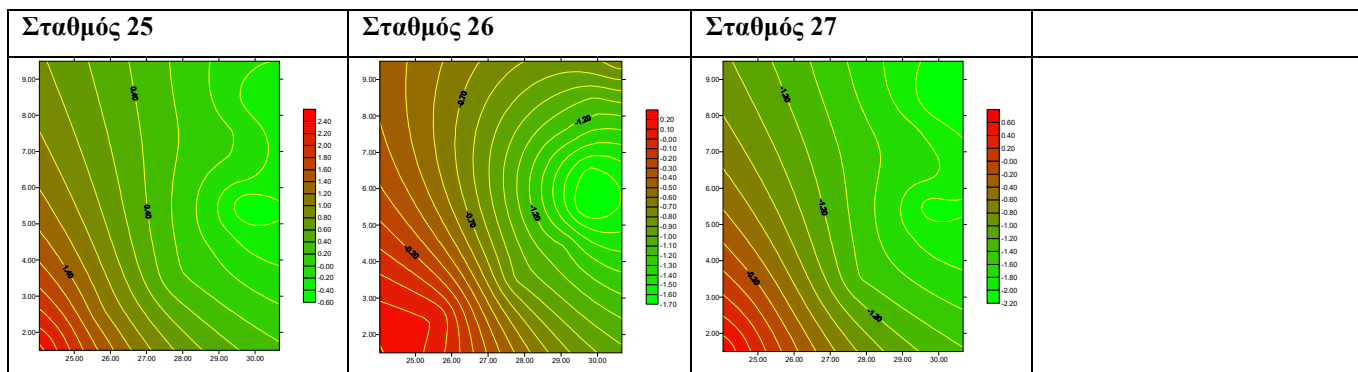
Από τα ανωτέρω σχήματα τόσο για τον Ιούλιο, όσο και για τον Αύγουστο του 1997 φαίνεται ότι για μεγαλύτερες εντάσεις του ανέμου παρατηρείται χωρικά μείωση των διαφορών θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς, δημιουργώντας εκτεταμένες περιοχές, βόρεια και ανατολικά του κέντρου της πόλης, με θερμοκρασίες χαμηλότερες αυτού. Αυτό οφείλεται, τόσο στην μεταφορά ψυχρότερων μαζών αέρα από τους γειτονικούς ορεινούς όγκους προς τους περιαστικούς σταθμούς, όσο και στην μεταφορά θερμών αέριων μαζών που περιβάλλουν το σταθμό αναφορά (Εθνικός Κήπος). Το κέντρο και οι δυτικές περιοχές, εμφάνισαν τις μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας, τόσο για συνθήκες χαμηλών εντάσεων του ανέμου, όσο και για συνθήκες σημαντικών εντάσεων αυτού. Σε συνθήκες άπνοιας, αξιόλογες θετικές διαφορές θερμοκρασίας εμφανίστηκαν επίσης στην ανατολική και στην βορειοδυτική περιοχή του Λεκανοπεδίου. Η εικόνα αυτή, μοιάζει με αυτή που εντοπίστηκε κατά την ημερήσια εξέλιξη της χωρική κατανομής των διαφορών θερμοκρασίας στις πρώτες πρωινές ώρες. Η ομοιότητα αυτή μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός ότι στην ημερήσια διακύμανση της έντασης του ανέμου τις πρώτες πρωινές ώρες, λόγω του μικρού πάχους το Α.Ο.Σ, οι εντάσεις του ανέμου είναι γενικά μικρές.

7.1.4. Εξέταση με βάση τις διαμερίσεις της έντασης του ανέμου ανά 1m/s, από 0 ως 9m/s, των μέσων ωριαίων διαφορών θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς, σε συνδυασμό με τις εντάσεις του ανέμου κατά την ημερήσια περίοδο.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν αποτυπώνεται η μέση διαφορά θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς,, σε σχέση με την μέση ωριαία ένταση του ανέμου, για διαμερίσεις ανά 1m/s όπως αυτές προκύπτουν για τις αντίστοιχες διαμερίσεις, για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου, κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου.







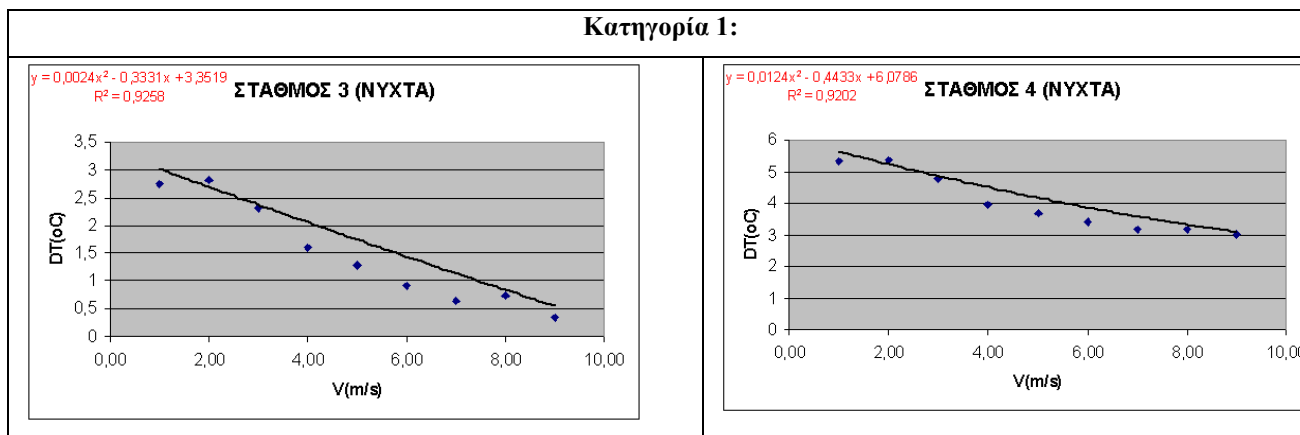
*Θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς σε σχέση με την ένταση του ανέμου

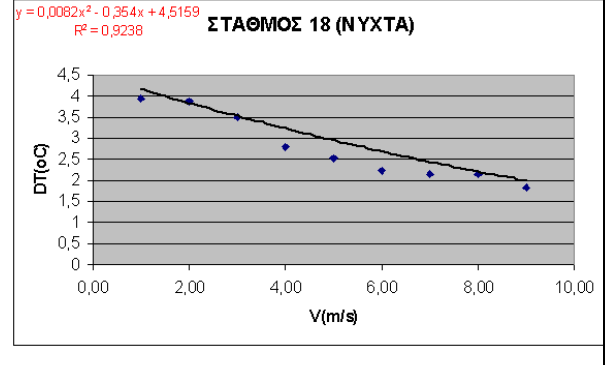
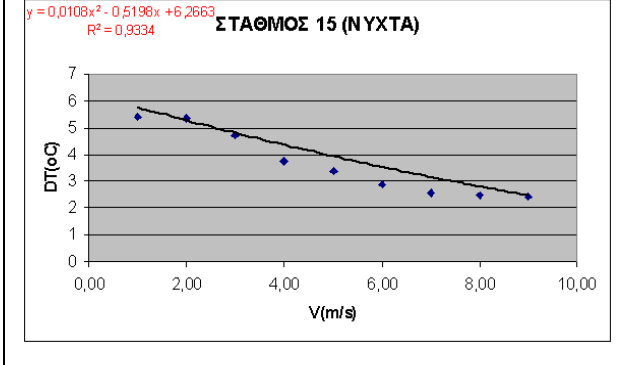
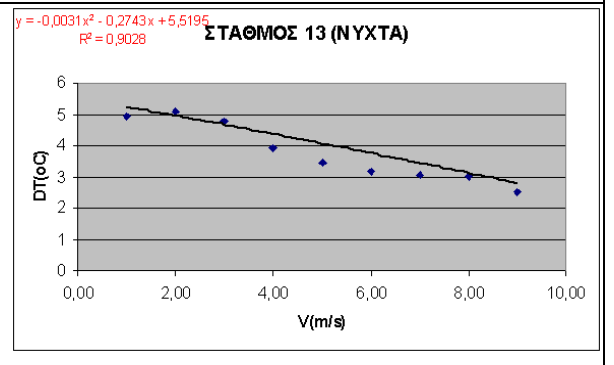
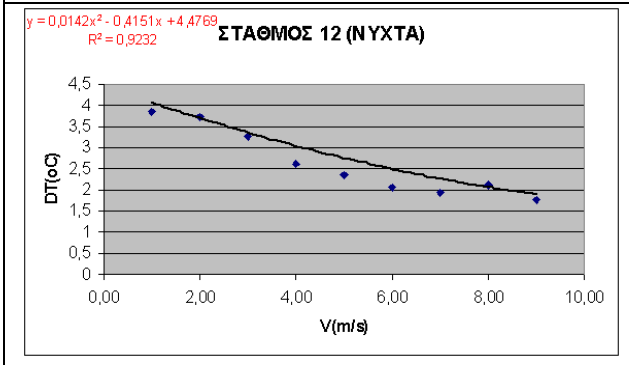
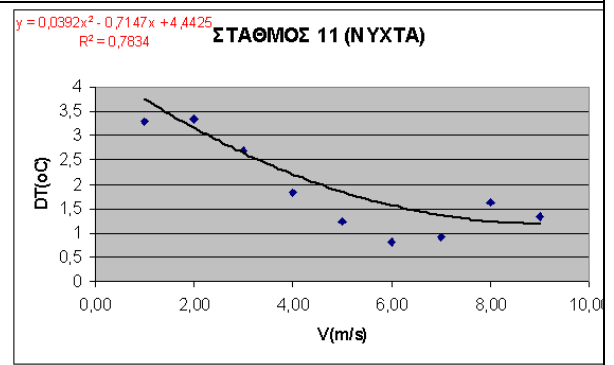
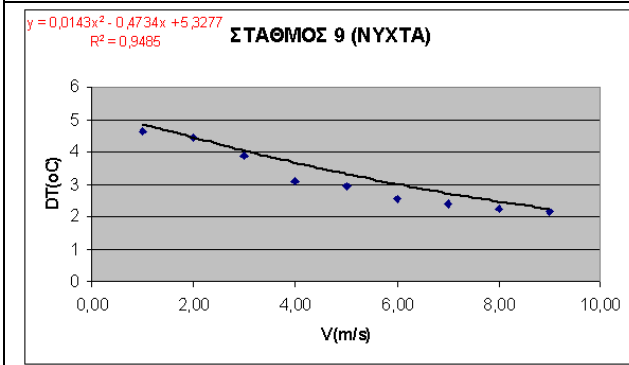
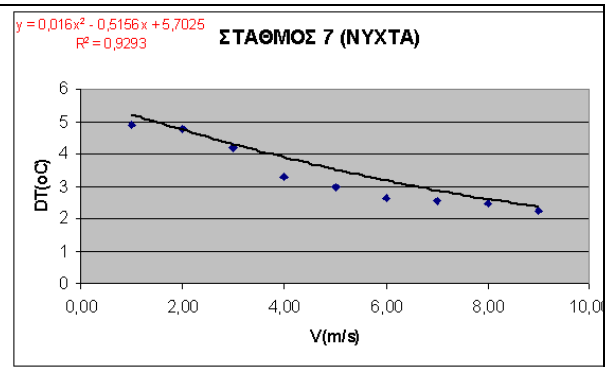
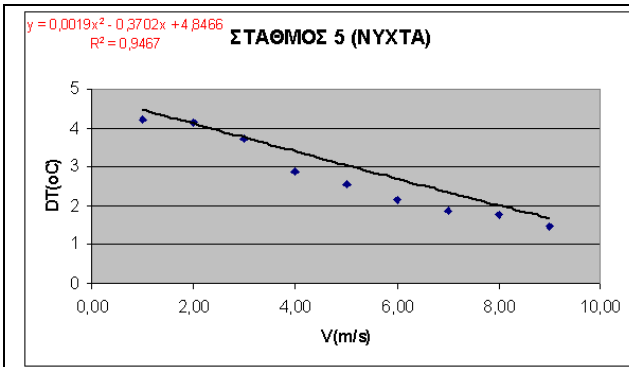
Σχήμα 7.8: Κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας σε σχέση με την ένταση του ανέμου (κατακόρυφος άξονας) και τις αντίστοιχες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς (οριζόντιος άξονας) ανά σταθμό κατά την διάρκεια της ημέρας για όλη την εξεταζόμενη θερινή περίοδο.

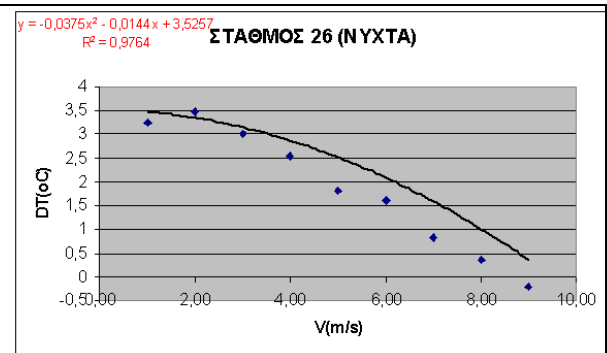
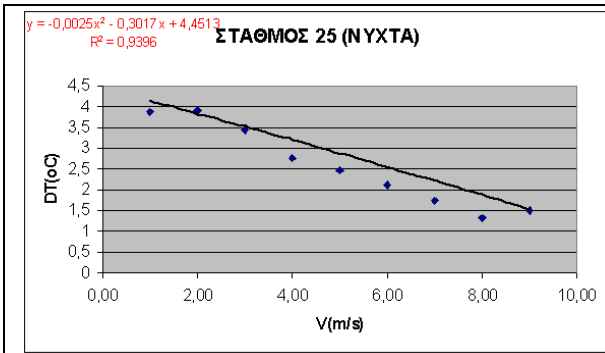
Από τα ανωτέρω διαγράμματα είναι εμφανής η συσχέτιση της διαφοράς θερμοκρασίας με την ένταση του ανέμου και την αντίστοιχη μέση θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς. Συγκεκριμένα για το σύνολο σχεδόν των σταθμών οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίες εμφανίζονται για τις μικρότερες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς και τις μικρότερες ταχύτητες του ανέμου. Οι μικρότερες αλγεβρικές διαφορές εμφανίζονται για μεγάλες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς και μεγάλες τιμές της ταχύτητας του ανέμου. Το απόλυτο ελάχιστο εμφανίζεται γενικά για εντάσεις του ανέμου γύρω στα 6m/sec. Αυτή η εικόνα αποτυπώνει την σύνθεση της σχέσης της θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς σε συνδυασμό με την ένταση του ανέμου στις διαφορές θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς για το σύνολο της πειραματικής περιόδου κατά την διάρκεια της ημέρας (07:00 ως 20:00 χειμερινή ώρα). Τα παραπάνω στοιχεία θα μελετηθούν αναλυτικότερα για την θερινή περίοδο του 1997 στην επόμενη ενότητα.

7.1.5. Συσχέτιση μέσης διαφοράς θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς, με την ένταση του ανέμου, για διαμερίσεις ανά 1m/s και για εντάσεις από 0 ως 9 m/s για όλη την εξεταζόμενη περίοδο κατά την διάρκεια της νυχτερινής περιόδου.

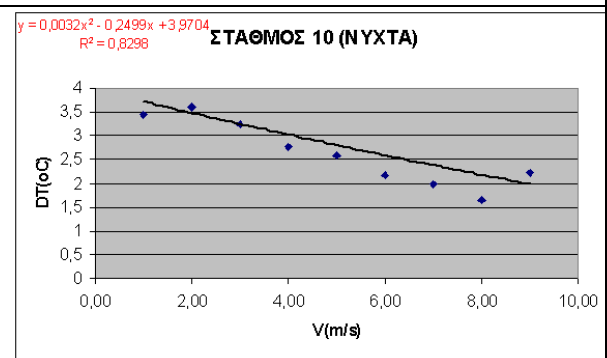
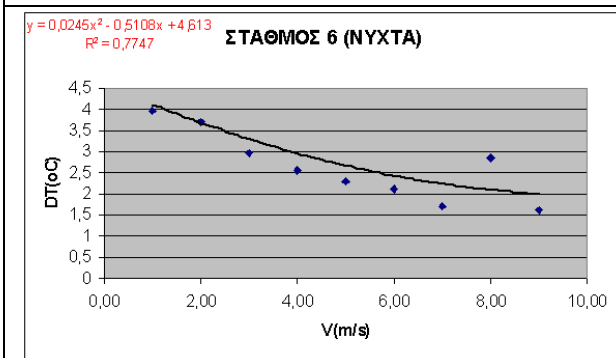
Στα διαγράμματα του σχήματος 7.9 που ακολουθούν, παρουσιάζεται η συσχέτιση της διαφοράς θερμοκρασίας με την ένταση του ανέμου κατά την διάρκεια της νύχτας για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.



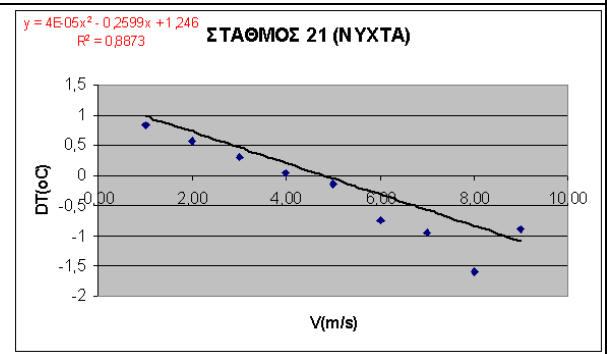
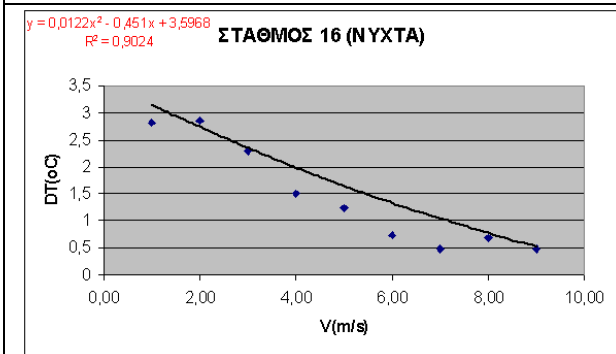
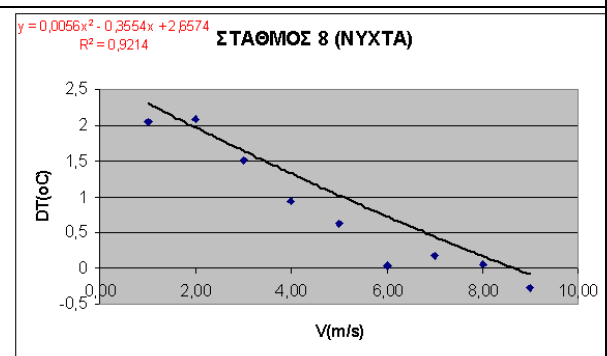
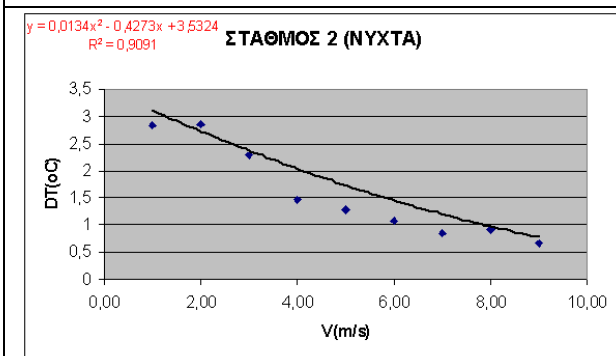


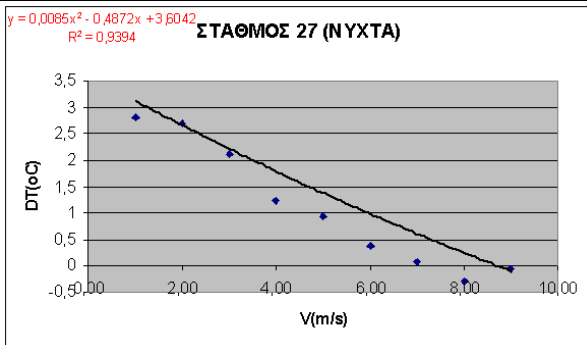
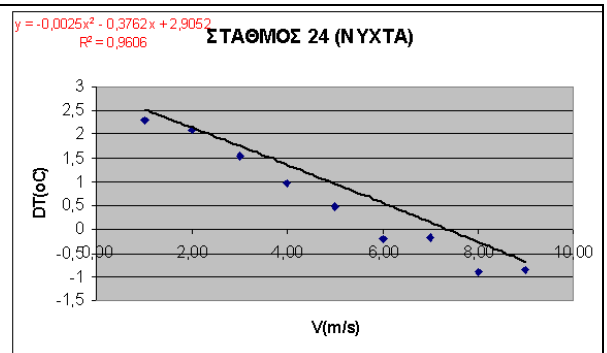
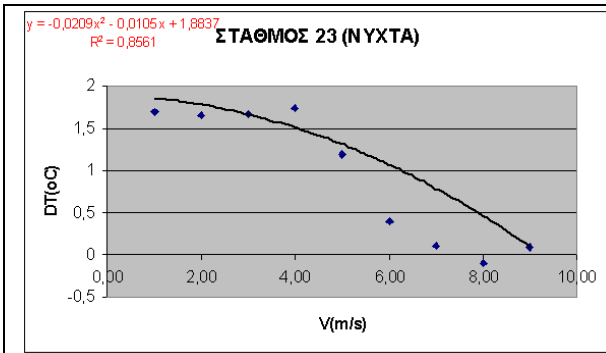


Κατηγορία 2:

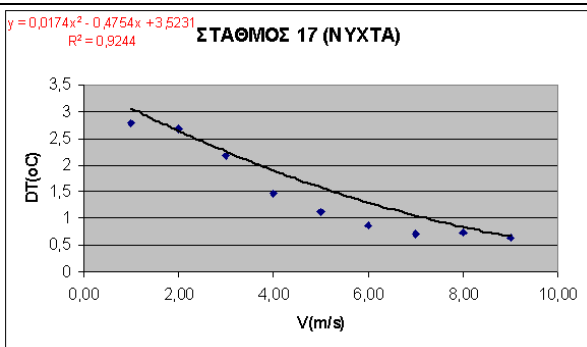
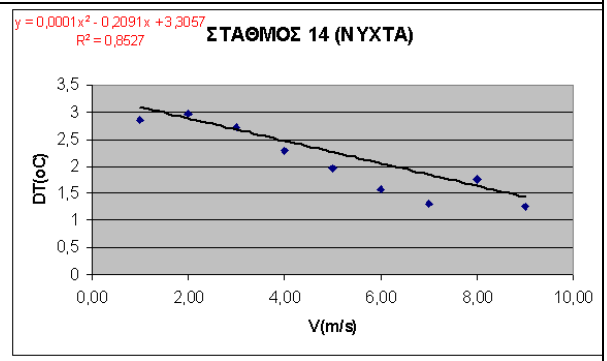
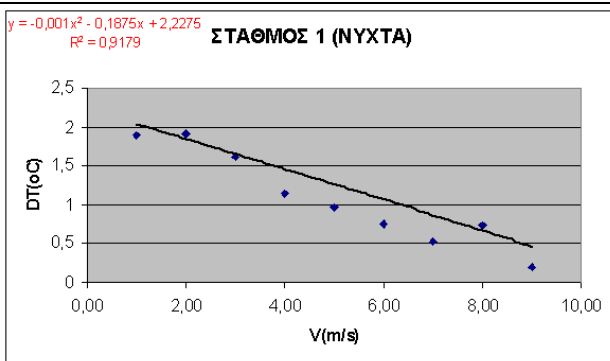


Κατηγορία 3:

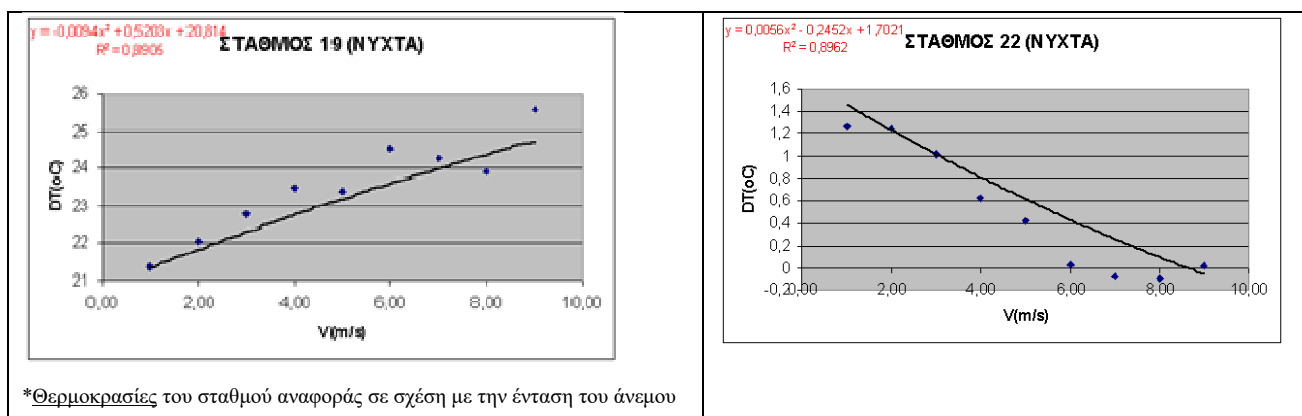




Κατηγορία 4:



Κατηγορία 5:



Σχήμα 7.9: Συσχέτιση της μέσης διαφοράς θερμοκρασίας με την ένταση του ανέμου κατά την διάρκεια της νύχτας για όλη την εξεταζόμενη θερινή περίοδο για κάθε σταθμό ανά κατηγορία.

1. Για το σύνολο σχεδόν των σταθμών, παρατηρείται ότι για συνθήκες άπνοιας ή για πολύ μικρές εντάσεις του ανέμου (0 ως 2 m/s), οι διαφορές θερμοκρασίας είναι θετικές, το οποίο σημαίνει ότι οι θερμοκρασίες όλων των σταθμών είναι μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς.
2. Επίσης για το σύνολο σχεδόν των σταθμών, για μεγαλύτερες εντάσεις του ανέμου και μέχρι και τα 6 m/s, οι διαφορές μειώνονται αλγεβρικά, αλλά γενικά παραμένουν θετικές.
3. Για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 7 m/s, παρατηρείται και εδώ όπως και κατά την διάρκεια της ημέρας, μία σταθεροποίηση της διαφοράς θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς οδηγώντας σε μία πρακτικά σταθεροποίηση των διαφορών από τον σταθμό αναφοράς. Σημειώνεται εδώ ότι το στατιστικό δείγμα ήταν πολύ μικρότερο από όλες τις άλλες διαμερίσεις και πάρα πολύ μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο δείγμα της ημερήσιας περιόδου.
4. Όλες οι γραφικές παραστάσεις προσεγγίζονται με στατιστικά σημαντική παλινδρόμηση με εξισώσεις δευτέρου βαθμού.
5. Για το σύνολο σχεδόν των σταθμών, οι διαφορές θερμοκρασίας είναι συνήθως θετικές ανεξάρτητα της εντάσεως του ανέμου. Εξαιρέση αποτελούν οι σταθμοί 8,21,22,23,24,26 και 27 όπου στο σύνολό τους, με εξαίρεση τον Σταθμό 26, ανήκουν στην Κατηγορία 3. Σε αυτούς τους σταθμούς για εντάσεις ανέμου μεγαλύτερες των 7m/s εμφανίζουν αρνητικές διαφορές θερμοκρασίας, δηλαδή η θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς είναι μεγαλύτερη από αυτές των προαναφερόμενων σταθμών.
6. Οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας, για εντάσεις του ανέμου από 0 ως 2m/s, παρατηρήθηκαν στο Σταθμό 15 (Υγείας) και στο Σταθμό 4 (Κορυδαλλός) +5.5 και +5.4 °C αντίστοιχα και η μικρότερη διαφορά στο Σταθμό 22 (Πεδίο του Άρεως) που καταγράφηκε στους 1.2 °C.

Εξετάζοντας αναλυτικότερα την συμπεριφορά των σταθμών ανά κατηγορία προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

Σταθμοί 1^{ης} κατηγορίας (Σταθμοί 3,4,5,7,9,11,12,13,15,18,25,26):

Οι σταθμοί της πρώτης κατηγορίας εμφανίζουν γενικά θετικές διαφορές θερμοκρασίας. Οι διαφορές αυτές είναι μικρότερες για μεγαλύτερες εντάσεις του ανέμου ως τα 7 m/s. Για ταχύτητες άνω των 7m/s, είτε μειώνεται η μείωση των διαφορών είτε αντιστρέφεται το φαινόμενο και παρατηρείται μία πολύ ασθενής αλγεβρική αύξηση των διαφορών θερμοκρασιών των σταθμών από το σταθμό αναφοράς για τα συγκεκριμένα εύρη ταχυτήτων. Σημειώνεται ότι οι αυτές οι περιπτώσεις αντιστοιχούν σε υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες στο σταθμό αναφοράς.

Η μέση διαφορά θερμοκρασίας της ομάδας αυτής είναι για συνθήκες πολύ χαμηλών εντάσεων του ανέμου (0 ως 2m/s) ίση με 4,2°C, με το εύρος να κυμαίνεται μεταξύ 2.8°C (Σταθμός 3) και 5.4°C (Σταθμός 15). Η αντίστοιχη μέση τιμή της ομάδας είναι 1,9°C για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 6 m/s, με το εύρος διακύμανσης για τους σταθμούς να είναι μεταξύ 0.57°C(Σταθμός 3) και 3.1°C (Σταθμός 13).

Σταθμοί 2^{ης} κατηγορίας (Σταθμοί 6 και 10):

Οι σταθμοί της 2^{ης} κατηγορίας εμφανίζουν, όπως και κατά την διάρκεια της ημέρας, συμπεριφορά όμοια με αυτή της πρώτης ομάδας. Οι μέσες μηνιαίες διαφορές για συνθήκες χαμηλών εντάσεων του ανέμου κυμάνθηκαν μεταξύ 3.6°C και 4.0°C με μέση τιμή 3.8°C. Για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 6 m/s οι διαφορές αυτές είναι μικρότερες κυμαινόμενες μεταξύ 1.6° με 2.0°C με μέση τιμή 1.8°C.

Σταθμοί 3^{ης} κατηγορίας (Σταθμοί 2,8,16,21,23,24,27)

Οι σταθμοί της τρίτης ομάδας για συνθήκες άπνοιας εμφανίζουν διαφορές από 0.8°C (Σταθμός Νο 21) ως 2.2°C (Σταθμός 2) με μέση τιμή 2.1°C. Για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 6m/s η μέση τιμή της ομάδας ήταν μικρότερη από αυτή του σταθμού αναφοράς (-0.0°C) με τον Σταθμό 21 να εμφανίζει κατά μέσο όρο θερμοκρασίες μικρότερες κατά μέσο όρο 1°C από το σταθμό αναφοράς, ενώ ο σταθμός Σταθμό 2 εμφανίζει θερμοκρασίες μεγαλύτερες κατά 0.9°C.

Σταθμοί 4^{ης} κατηγορίας (Σταθμοί 1,14,17)

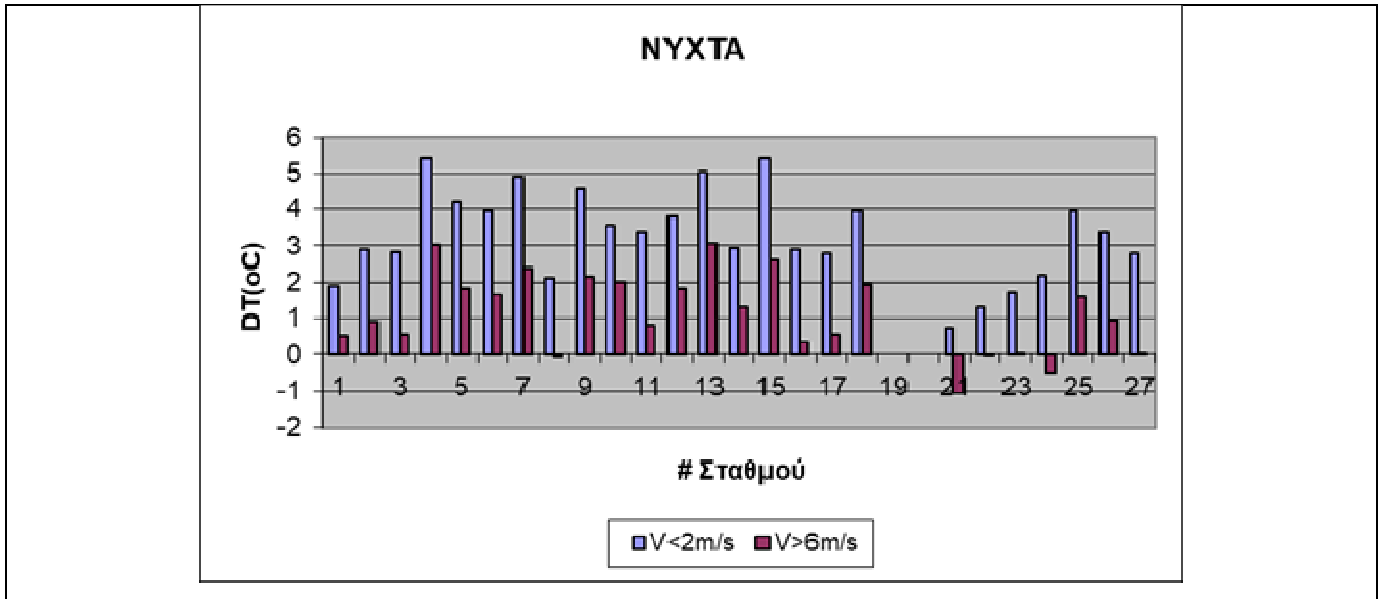
Οι σταθμοί της τέταρτης κατηγορίας εμφανίζουν για συνθήκες χαμηλών εντάσεων του ανέμου, θερμοκρασίες μεγαλύτερες από τον σταθμό αναφοράς κατά 2.5°C με το Σταθμό 1 να παρουσιάζει θερμοκρασίες μεγαλύτερες κατά 1.9 °C και το Σταθμό 14 κατά 2.9°C. Για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 6m/s οι μέσες διαφορές μειώνονται, κυμαινόμενες από 0.5°C (Σταθμός 1) ως 1.2°C(Σταθμός 14) και με μέση τιμή όλης της ομάδας των σταθμών στους 0,9°C.

Σταθμοί 5^{ης} κατηγορίας (Σταθμοί 19 και 22)

Ο σταθμός στο Πεδίο του Άρεως για συνθήκες πολύ χαμηλών εντάσεων του ανέμου εμφανίζει θερμοκρασίες μεγαλύτερες από αυτές του Σταθμού αναφοράς (Σταθμός 19), με μέση διαφορά 1.3°C. Για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 6 m/s η μέση διαφορά βρέθηκε πρακτικά μηδενική.

7.1.6. Υπολογισμός της επίδρασης της έντασης του ανέμου στις διαφορές θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς κατά την νυχτερινή περίοδο.

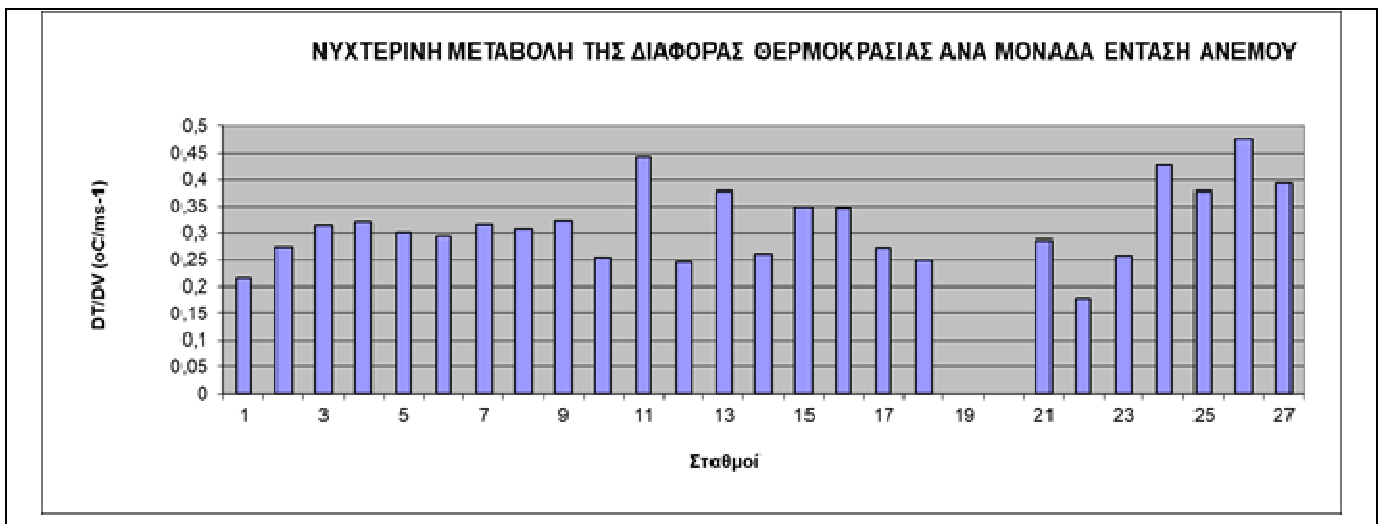
Στο σχήμα 7.12 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι μέσες διαφορές θερμοκρασίας για εντάσεις του ανέμου μικρότερες των 2m/s και μεγαλύτερες των 6m/s.



Σχήμα 7.10: Διαφορές θερμοκρασίας από το σταθμό αναφοράς κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου, για $V < 2\text{m/s}$ και $V > 6\text{m/s}$

Μελετώντας το σχήμα 7.10, είναι προφανές ότι για εντάσεις του ανέμου μεταξύ 0 και 2m/s, όλοι οι σταθμοί (εκτός από τους σταθμούς 1,21,22,23), εμφανίζουν διαφορές από τον σταθμό αναφοράς, μεγαλύτερες των 2°C. Τις μεγαλύτερες διαφορές εμφάνισαν οι σταθμοί 4 και 15 (5.3° και 5.1 °C αντίστοιχα) και τις μικρότερες ο Σταθμός 21. Για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 6m/s προέκυψε ότι οι διαφορές αμβλύνονται σημαντικά μόνο για σταθμούς της πρώτης ομάδας (Σταθμοί 4,7,9,13 και 15), ξεπερνώντας τους 2°C. Ο Σταθμός 21 και ο Σταθμός 24 είναι οι μοναδικοί που εμφανίζουν αρνητικές διαφορές.

Στην συνέχεια υπολογίστηκε η μέση μείωση της θερμοκρασίας από την μέγιστη αλγεβρική διαφορά μέχρι την εμφάνιση της ελάχιστης διαφοράς θερμοκρασίας και οι οποίες για κάθε σταθμό αποτυπώνονται στο σχήμα που ακολουθεί.

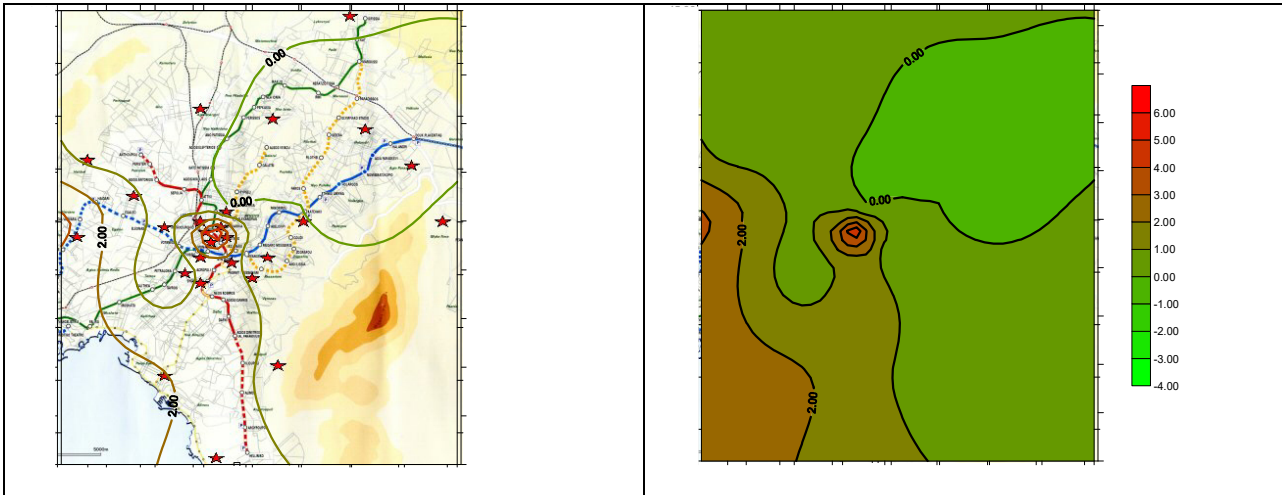


Σχήμα 7.11: Η μεταβολή της διαφοράς θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης διαφοράς για κάθε σταθμό προς την αντίστοιχη μεταβολή της έντασης του ανέμου, κατά την διάρκεια της νύχτας.

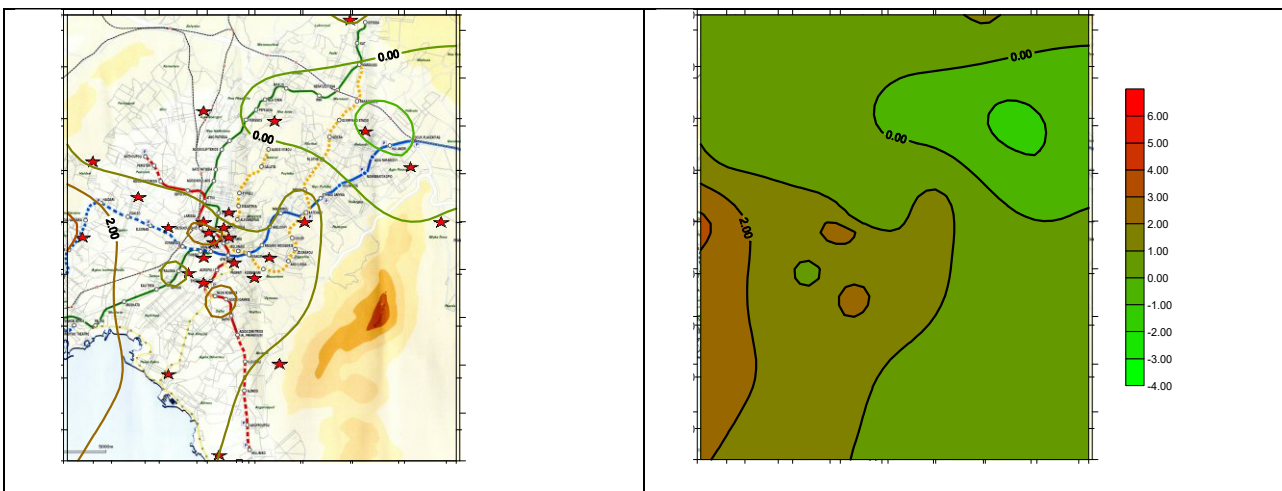
Από το ανωτέρω διάγραμμα (Σχήμα 7.11) προέκυψε ότι με εξαίρεση τον Σταθμό 26(HILTON) και τον Σταθμό 22 (Πεδίο του Άρεως), όλοι οι άλλοι σταθμοί παρουσίασαν μια μέση μείωση μεταξύ των 0.2° και 0.4°C ανά m/s. Ο Σταθμός 26 παρουσίασε την μεγαλύτερη τιμή (0.5°C ανά m/s) ενώ ο Σταθμός 22 εμφάνισε τιμή μικρότερη των 0.2 °C ανά m/s και ίση περίπου με 0.15°C ανά m/s.

7.1.7. Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας με την ένταση του ανέμου για τον Ιούλιο και Αύγουστο 1997 κατά την διάρκεια της νυχτερινής περιόδου.

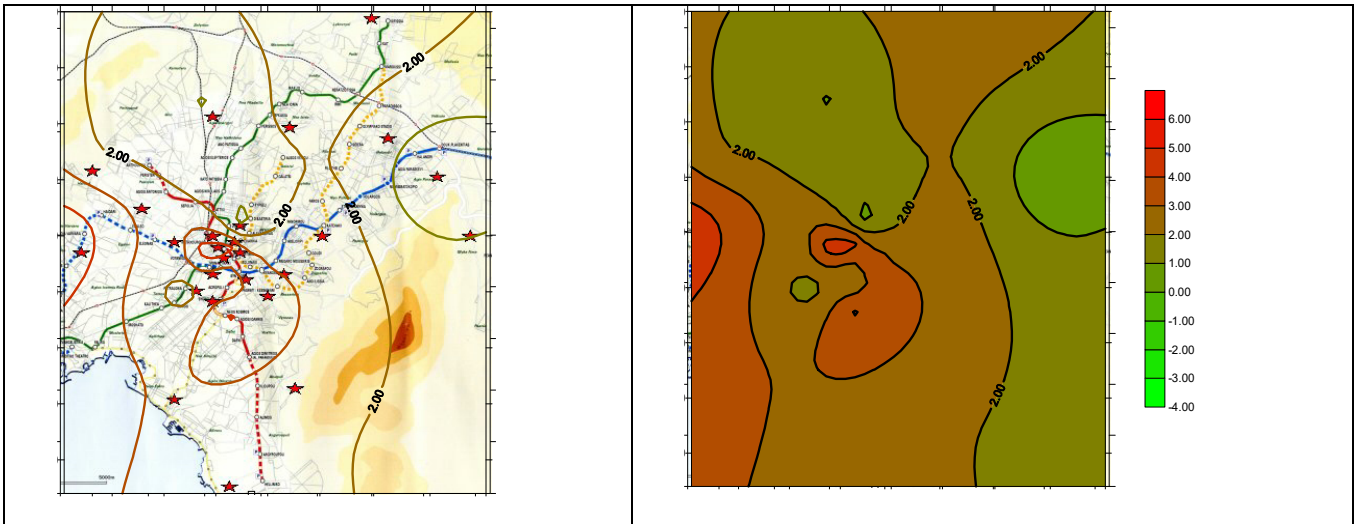
Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για το λεκανοπέδιο της Αττικής για ταχύτητες μεταξύ 0 με 1m/s και 6 με 7 m/sec για τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 1997.



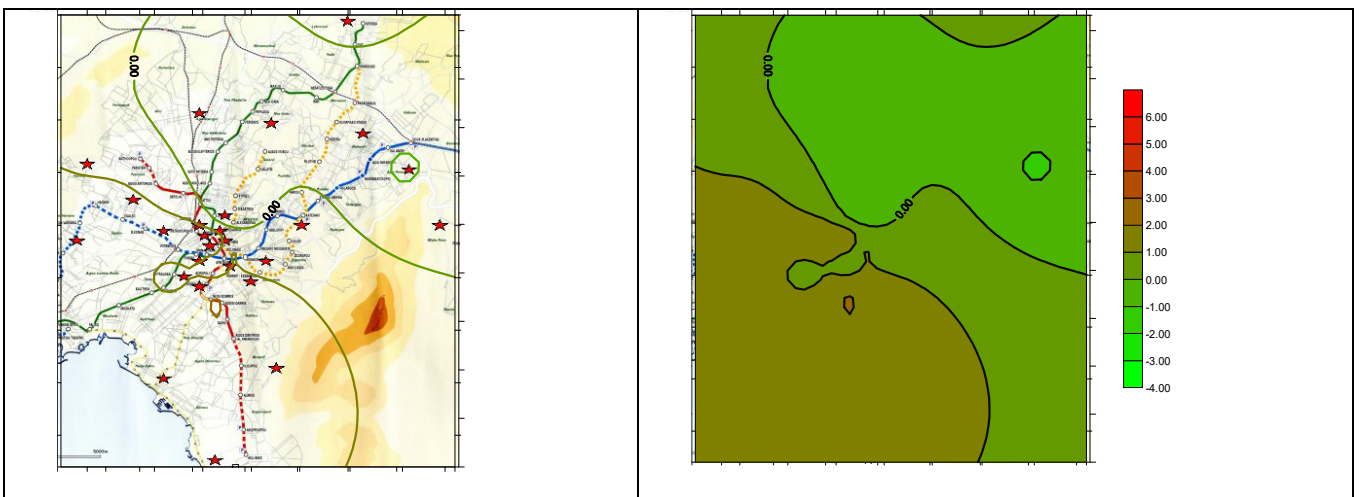
Σχήμα 7.12: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Ιούλιο του 1997 και για ταχύτητες μεταξύ 0 και 1m/s κατά την νυχτερινή περίοδο.



Σχήμα 7.13: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Ιούλιο του 1997 και για ταχύτητες μεταξύ 6 και 7m/s κατά την νυχτερινή περίοδο.



Σχήμα 7.14: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Αύγουστο του 1997 και για ταχύτητες μεταξύ 0 και 1m/s κατά την νυχτερινή περίοδο.

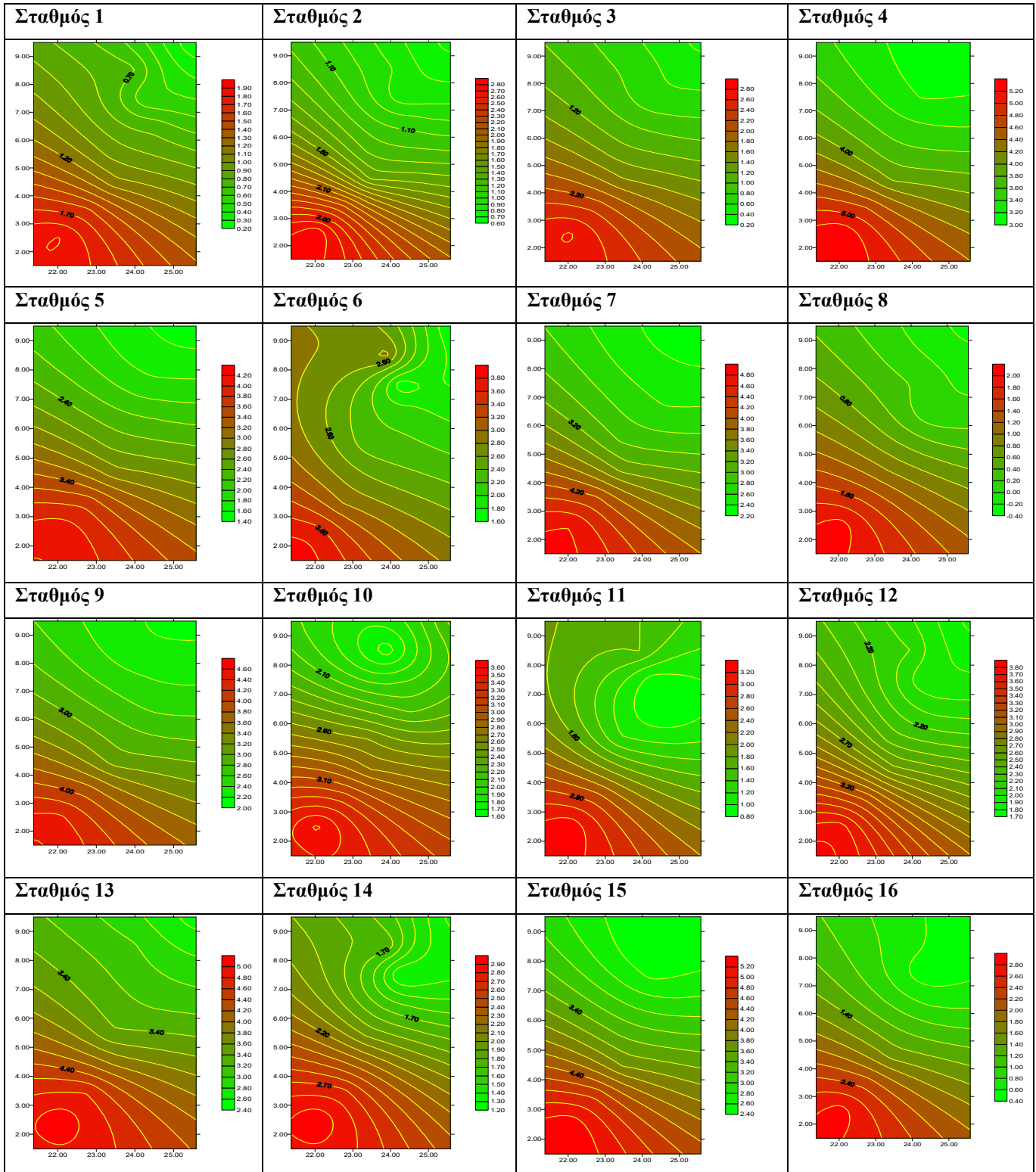


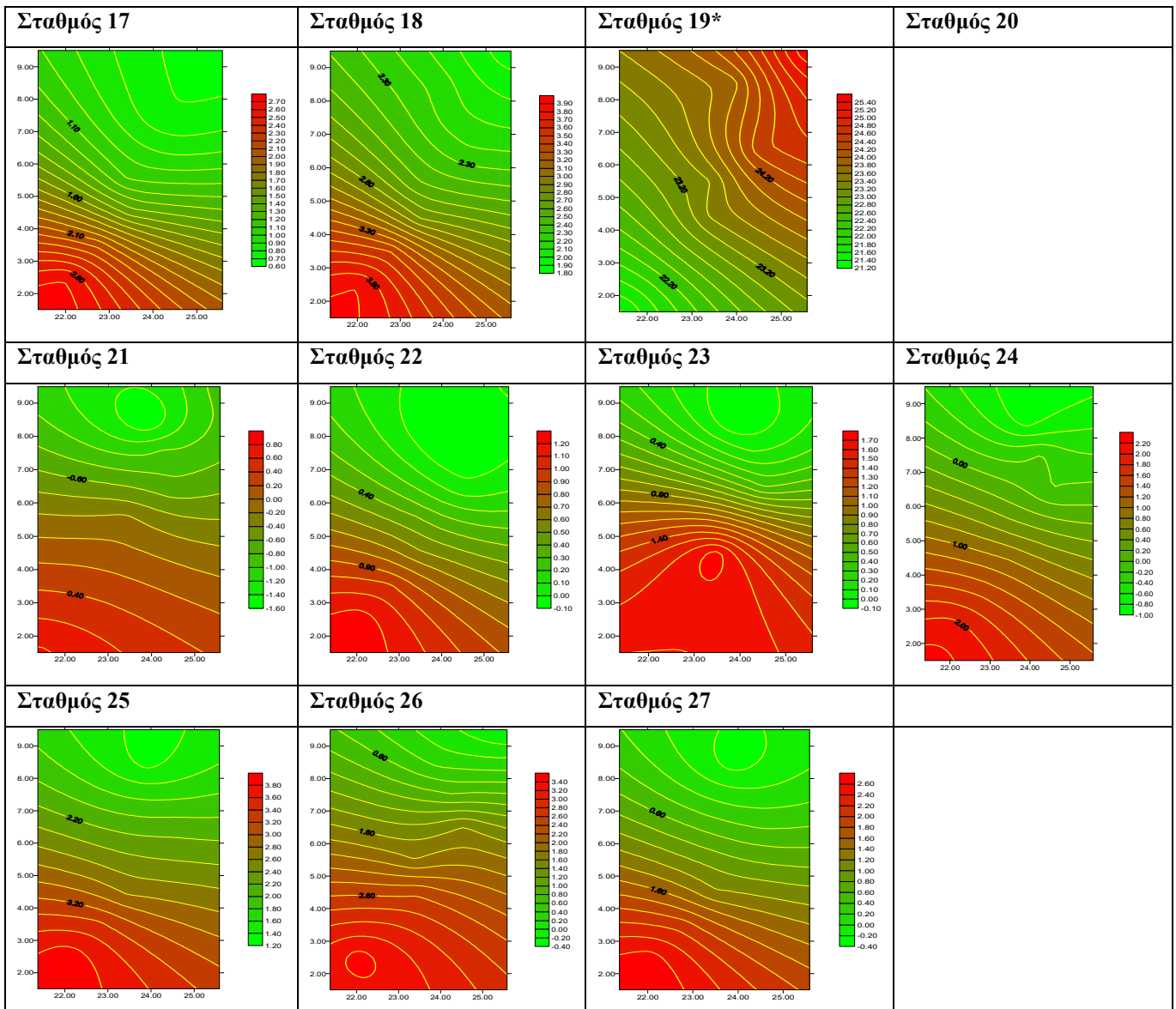
Σχήμα 7.15: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Αύγουστο του 1997 και για ταχύτητες μεταξύ 6 και 7m/s κατά την νυχτερινή περίοδο.

Από τα παραπάνω σχήματα 7.14 ως και 7.17, τόσο για τον Ιούλιο όσο και για τον Αύγουστο του 1997 φαίνεται ότι η αύξηση της έντασης του ανέμου έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των διαφορών θερμοκρασίας δημιουργώντας εκτεταμένες περιοχές βόρεια και ανατολικά του κέντρου με θερμοκρασίες χαμηλότερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Αυτό οφείλεται τόσο στην μεταφορά ψυχρότερων μαζών αέρα από τους γειτονικούς ορεινούς όγκους προς τους περιστατικούς σταθμούς, όσο και στην μεταφορά θερμών αέριων μαζών που περιβάλλουν το σταθμό αναφορά (Εθνικός Κήπος). Το κέντρο και οι δυτικές περιοχές εμφανίζουν τις μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας τόσο για συνθήκες χαμηλών εντάσεων του ανέμου, όσο και για συνθήκες σημαντικών εντάσεων ανέμου, όπου στην δεύτερη περίπτωση είναι σαφώς πιο αμβλυμμένες και χωρίς η κατανομή των ισόθεμων να έχουν την τυπική μορφή της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Επομένως κατά την διάρκεια της νύκτας για μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου παρατηρούμε πέρα από την μείωση της έκτασης του φαινομένου και σαφή μείωση της έντασής του.

7.1.8. Εξέταση με βάση τις διαμερίσεις της έντασης του ανέμου ανά 1m/s από 0 ως και 9m/s των μέσων ωριαίων διαφορών θερμοκρασίας των σταθμών από τις αντίστοιχες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς σε συνδυασμό με την ένταση του ανέμου κατά την νυχτερινή περίοδο.

Στα διαγράμματα του σχήματος 7.16 που ακολουθούν, αποτυπώνεται η διαφορά θερμοκρασίας σε σχέση με την μέση ωριαία ένταση του ανέμου για διαμερίσεις ανά 1m/s και την μέση θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς για τις αντίστοιχες διαμερίσεις για το σύνολο της θερινής περιόδου κατά την διάρκεια της νύχτας.





*Θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς σε σχέση με την ένταση του ανέμου

Σχήμα 7.16: Συσχέτιση διαφορών θερμοκρασίας με ένταση του ανέμου και θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς ανά σταθμό κατά την διάρκεια της νύχτας για όλη την θερινή περίοδο.

Από τα ανωτέρω διαγράμματα είναι εμφανής η συσχέτιση της διαφοράς θερμοκρασίας με τις διαμερίσεις της έντασης του ανέμου και των αντίστοιχων για αυτές τις διαμερίσεις μέσω των θερμοκρασιών του σταθμού αναφοράς. Συγκεκριμένα για το σύνολο σχεδόν των σταθμών οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας εμφανίστηκαν, όπως και κατά την διάρκεια της ημέρας, στις μικρότερες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς και στις μικρότερες εντάσεις του ανέμου. Οι μικρότερες αλγεβρικές διαφορές εμφανίστηκαν για μεγάλες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς και μεγάλες τιμές της έντασης του ανέμου. Αυτή η εικόνα αποτελεί την σύνθεση της σχέσης των διαφορών θερμοκρασίας των σταθμών με την ένταση του ανέμου και των αντίστοιχων θερμοκρασιών του σταθμού αναφοράς κατά την διάρκεια της νύχτας.

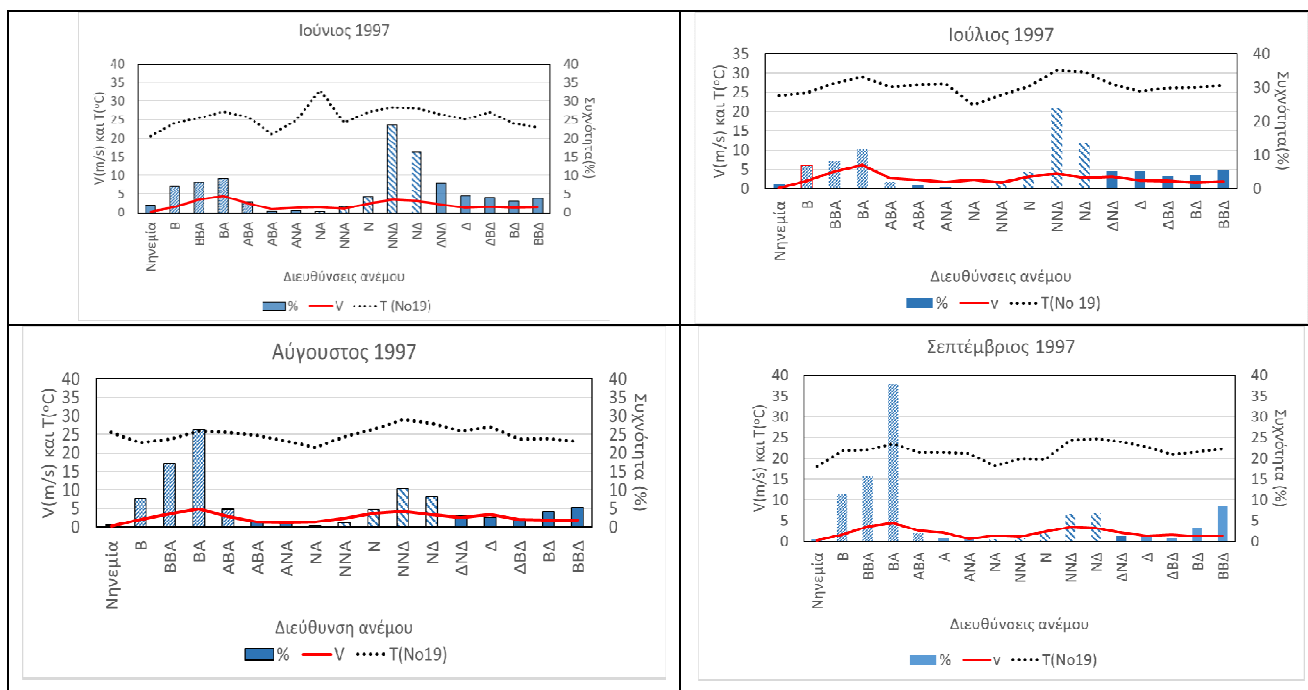
Είναι εμφανές ότι κατά την διάρκεια της νύχτας, όπου οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ επιφανειών και αέρα είναι μικρότερες, η μεγαλύτερη ένταση του ανέμου επιδρά ομοιόμορφα και καταλυτικά στην άμβλυνση του φαινομένου τόσο στην χωρική έκτασή του, όσο και στην έντασή του, ενώ κατά την διάρκεια της ημέρας κυρίως στην έκτασή του και λιγότερο στην έντασή του.

7.2. Συσχέτιση της έντασης και διεύθυνσης του ανέμου με τις τιμές της Αστικής Θερμικής Νησίδας

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστεί η μελέτη της συσχέτισης των ωριαίων εντάσεων του ανέμου, με τις αντίστοιχες ωριαίες διαφορές θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς κατά την θερινή περίοδο του 1997.

7.2.1. Παρουσίαση των ανεμολογικών δεδομένων του σταθμού του Αστεροσκοπείου Αθηνών κατά την θερινή περίοδο του 1997

Στην παράγραφο αυτή θα μελετηθεί η επίδραση του ανέμου στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας χρησιμοποιώντας τα ωριαία δεδομένα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών για την περίοδο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου 1997 και τις ωριαίες μετρήσεις του σταθμού αναφοράς μαζί με τις αντίστοιχες διαφορές θερμοκρασίας όλων των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς. Τα δεδομένα του Αστεροσκοπείου που θα χρησιμοποιηθούν αφορούν την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου, που λόγω της θέσης του μετεωρολογικού σταθμού, όπως έχει ήδη αναφερθεί, μπορεί να θεωρηθούν ότι εκφράζουν το ανεμολογικό πεδίο πάνω από το λεκανοπέδιο των Αθηνών. Η ανάλυση επιλέχθηκε για την συγκεκριμένη περίοδο λόγω της πληρότητας των δεδομένων από το σύνολο σχεδόν των σταθμών.



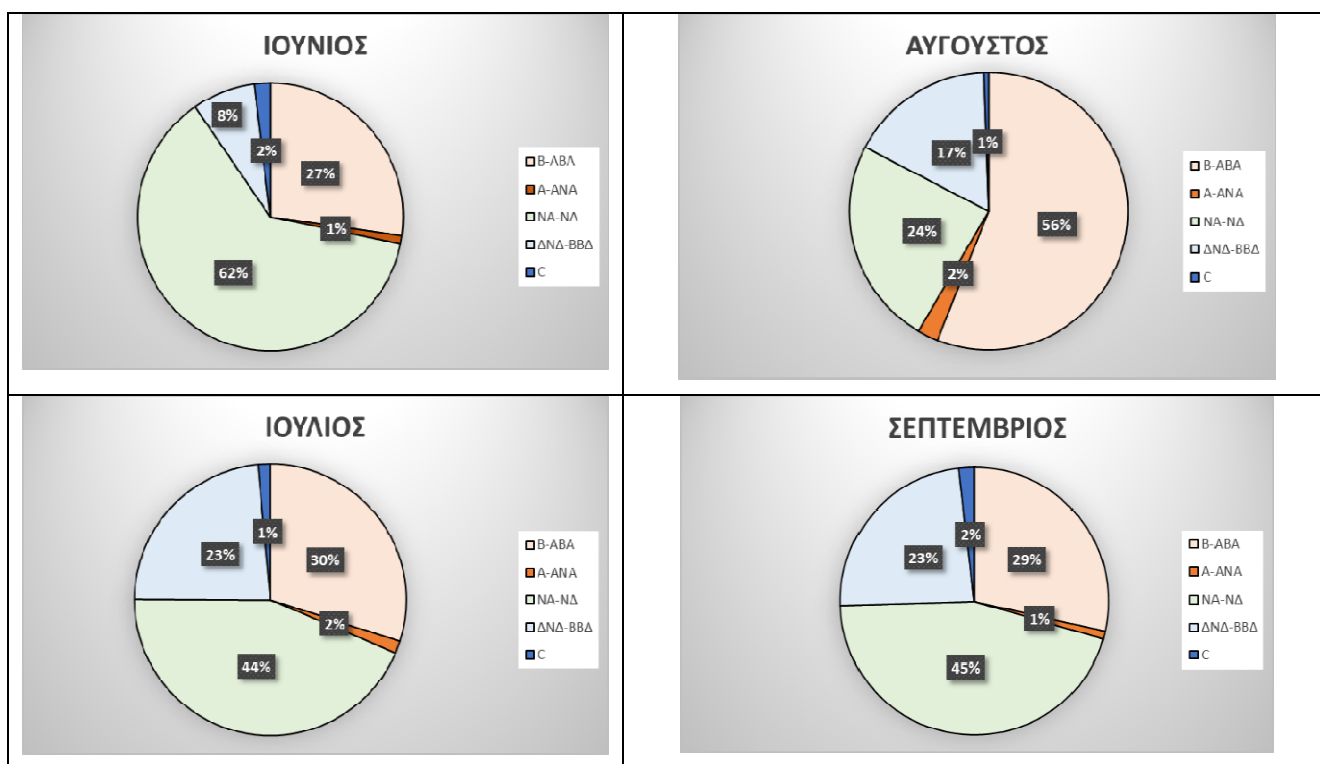
Σχήμα 7.17: Κατανομή συχνοτήτων των διευθύνσεων του ανέμου, οι ανά διεύθυνση μέσες εντάσεις του ανέμου στο σταθμό του Αστεροσκοπείου Αθηνών και οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στον σταθμό αναφοράς του Εθνικού Κήπου για τους μήνες, Ιούνιο ως Σεπτέμβριο του 1997.

Από την μελέτη των διαγραμμάτων του σχήματος 7.17 προέκυψαν τα εξής:

- ✓ Όσον αφορά την διεύθυνση του ανέμου, τον Ιούνιο και το Αύγουστο παρουσιάζει τις μεγαλύτερες συχνότητες της, στις B ως BA διευθύνσεις, ενώ ακολουθούν οι συχνότητες των διευθύνσεων με NA-NΔ προσανατολισμό.
- ✓ Αντίστοιχα τους μήνες Ιούλιο και Σεπτέμβριο επικρατούν άνεμοι του NA ως NΔ, τομέα, ενώ ακολουθούν οι συχνότητες του B ως BA τομέα.

- ✓ Σχετικά με τις εντάσεις του ανέμου και τους 4 μήνες, εμφανίζονται μικρότερες στις διευθύνσεις του Α ως ΝΑ τομέα, ενώ οι μεγαλύτερες μέσες μηνιαίες τιμές παρατηρήθηκαν στις διευθύνσεις του Β ως ΒΑ τομέα.
- ✓ Οι μέσες, ανά διεύθυνση, τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στον σταθμό αναφοράς (Σταθμός 19), εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές τους στις Νότιες ως Δυτικές κατευθύνσεις και τους 4 μήνες. Οι τιμές της θερμοκρασίας του αέρα ανά διεύθυνση και τους 4 μήνες κυμάνθηκαν από 19°C (τον Σεπτέμβριο στην ΒΒΔ διεύθυνση) ως 30,7°C (τον Ιούλιο στην ΝΔ διεύθυνση).
- ✓ Οι συχνότητες εμφάνισης των διευθύνσεων των ανέμων παρουσιάζονται στο σχήμα 7.18, όπου οι επικρατούσες Βόρειες ως Ανατολικές-Βορειοανατολικές διευθύνσεις του ανέμου τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο εμφανίζονται με συχνότητα 27-30%, ενώ τον Αύγουστο αυτή φθάνουν στο 56%, λόγω της επικράτησης, κυρίως κατά τον μήνα αυτό, των Ετησίων ανέμων (Μελέτμια). Τέλος, οι νοτιοανατολικές ως νοτιοδυτικές διευθύνσεις του ανέμου εμφανίζουν τις χαμηλότερες συχνότητες τους τον Αύγουστο(24%), τις υψηλότερες τον Ιούνιο (62%), ενώ τους άλλους δύο μήνες κυμαίνονται μεταξύ 44 και 45%.

Με βάσει τα ανωτέρω στοιχεία προέκυψε ότι ιδιαίτερο ενδιαφέρον μελέτης έχουν οι άνεμοι με Βόρειες ως Ανατολικές-Βορειοανατολικές διευθύνσεις καθώς και οι νοτιοανατολικοί ως νοτιοδυτικοί άνεμοι που καλύπτουν αντίστοιχα το 35,5% και το 44% των μετρήσεων (Σχήμα 7.18).



Σχήμα 7.18. Κατανομή συχνοτήτων των διευθύνσεων του ανέμου ανά μήνα σύμφωνα με τον χωρισμό που επιλέχθηκε για την μελέτη της επίδρασης του ανέμου στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.

Σημειώνεται ότι οι τιμές της αστικής θερμικής νησίδας με βάση τον σταθμό αναφοράς του Εθνικού Κήπου (Σταθμός 19) μπορούν να αυξηθούν, αν ελαττωθούν οι τιμές του σταθμού αναφοράς σε σχέση με τους σταθμούς ή αν αυξηθούν οι τιμές των σταθμών σε σχέση με τον σταθμό αναφοράς. Ένας νότιος άνεμος ως εκ τούτου αναμένεται να αυξήσει τις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα κατ' αρχάς στον σταθμό αναφοράς, στον οποίο έχουν γενικά παρατηρηθεί οι χαμηλότερες θερμοκρασίες του αέρα, ενώ ένας βόρειος άνεμος μπορεί να ελαττώσει τις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα σε όλο το

λεκανοπέδιο των Αθηνών, κυρίως στην περίπτωση ισχυρών ανέμων, με αποτέλεσμα συχνά να ελαττώνεται και η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας. Για τον λόγο αυτό επιλέχθηκε η μελέτη της σχέσης μεταξύ της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας και της έντασης του ανέμου ξεχωριστά στις περιπτώσεις επικράτησης Βόρειου ως Ανατολικού-βορειοανατολικού ρεύματος και σε αυτές με νότιο ανατολικό ως νοτιοδυτικό ρεύμα που καλύπτουν περίπου το 80% των περιπτώσεων.

7.2.2. Συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και της έντασης του ανέμου για περιπτώσεις με B – ABA και NA – NA άνεμο

Για να ελεγχθεί η επίδραση της έντασης του ανέμου στις θερμοκρασίες του αέρα, σε συνάρτηση και με την διεύθυνση του υπολογίστηκαν αρχικά οι γραμμικές συσχετίσεις μεταξύ του ανέμου και της θερμοκρασίας του αέρα. Οι τιμές και τα όρια εμπιστοσύνης των συντελεστών απλής γραμμικής συσχέτισης είναι τα ίδια με αυτά που ορίζονται για την γραμμική παλινδρόμηση που ορίζεται παρακάτω. Στον πίνακα 7.1 δίνονται οι τιμές των συντελεστών απλής γραμμικής συσχέτισης από την εξέταση των οποίων προέκυψαν τα εξής:

- Το διάστημα Ιουνίου-Αυγούστου υφίσταται στατιστικά σημαντική γραμμική συσχέτιση μεταξύ της ανεξάρτητης μεταβλητής (ένταση του ανέμου) και της θερμοκρασίας του αέρα και για τους δύο τομείς των εξεταζόμενων διευθύνσεων, εκτός από την περίπτωση του Σταθμού 14(Γεωπονική Σχολή), όπου τον Αύγουστο, για NA ως NA διευθύνσεις ανέμου, τα μεγέθη είναι ασυσχέτιστα, κυρίως λόγω της θέσης του σταθμού.
- Το Σεπτέμβριο σε 5 σταθμούς (2,15,16,26 και 27) για B ως ABA διευθύνσεις ανέμου τα μεγέθη εμφανίζονται ασυσχέτιστα μεταξύ τους, ενώ σε 17 από τους 25 σταθμούς οι συσχετίσεις στις περιπτώσεις NA-NA ανέμων είναι στατιστικά μη σημαντικές στην στάθμη σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Γενικά για NA-NA άνεμο το Σεπτέμβριο δεν φαίνεται να υπάρχει τουλάχιστον γραμμική συσχέτιση μεταξύ των εξεταζόμενων μεγεθών.
- Τέλος, όσον αφορά τον Εθνικό Κήπο (Σταθμό 19) που ορίστηκε σαν σταθμός αναφοράς οι συσχετίσεις μεταξύ ανέμου και θερμοκρασίας του αέρα βρέθηκαν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικά σημαντικές στη στάθμη σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

Από την ανωτέρω ανάλυση, ανεξάρτητα της διεύθυνσης του ανέμου προκύπτει, ότι υπάρχει γενικά γραμμική συσχέτιση των θερμοκρασιών των σταθμών με την ταχύτητα του ανέμου γεγονός που ήταν αναμενόμενο σε ένα βαθμό μιας και στον ημερήσιο κύκλο των συνοπτικών θερμοκρασιών και των εντάσεων του ανέμου αέρα τα δύο αυτά μεγέθη γενικά συμμεταβάλλονται. Μόνο τον Σεπτέμβριο του 1997, τον ψυχρότερο μήνα από τους εξεταζόμενους, προκύπτει ότι για NA-NA άνεμο δεν υπάρχει γραμμική συσχέτιση μεταξύ των της έντασης του ανέμου και της θερμοκρασίας των σταθμών.

Πίνακας 7.1. Συντελεστές απλής γραμμικής συσχέτισης(r_l) μεταξύ των ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα (T) κάθε σταθμού και της έντασης του ανέμου (V) μετρημένης στο Αστεροσκοπείο Αθηνών για τις δύο κατηγορίες διευθύνσεων του ανέμου.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ Α	ΣΤΑΘΜ ΟΙ	ΙΟΥΝΙΟΣ		ΙΟΥΛΙΟΣ		ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	
		B - ABA	NA-NA	B - ABA	NA-NA	B - ABA	NA-NA	B - ABA	NA-NA
Κατηγορία 1.	No 3	0.412	0.514	0.432	0.592	0.444	0.507	0.261	0.209
	No 4	0.391	0.348	0.494	0.523	0.300	0.192	0.212	0.193
	No 5	0.335	0.330	0.469	0.550	0.353	0.313	0.283	0.097
	No 7	0.450	0.444	0.517	0.418	0.453	0.289	0.167	0.161
	No 9	0.385	0.367	0.457	0.414	0.235	0.167	0.132	0.095
	No 12	0.562	0.643	0.603	0.325	0.222	0.114	0.297	0.246
	No 13	0.393	0.500	0.495	0.443	0.301	0.239	0.121	0.033
	No 15	0.375	0.460	0.418	0.547	0.373	0.247	0.004	0.132

	No 18	0.436	0.403	0.636	0.508	0.292	0.240	0.188	0.087
	No 25	0.352	0.254	0.498	0.562	0.512	0.516	0.183	0.163
	No 26	0.398	0.425	0.498	0.443	0.387	0.419	0.061	0.073
Κατηγορία 2.	No 6	0.601	0.591	0.467	0.468	0.211	0.244	0.232	0.177
	No 10	0.530	0.647	0.549	0.352	0.357	0.355	0.093	0.001
Κατηγορία 3.	No 2	0.352	0.242	0.496	0.436	0.368	0.430	0.051	0.128
	No 8	0.487	0.562	0.436	0.200	0.566	0.630	0.139	0.034
	No 16	0.260	0.239	0.278	0.414	0.379	0.362	0.035	0.097
	No 21	0.510	0.605	0.487	0.317	0.558	0.580	0.147	0.031
	No 23	0.541	0.626	0.649	0.535	0.456	0.472	0.301	0.038
	No 24	-	-	0.673	0.606	0.429	0.449	0.129	0.211
Κατηγορία 4.	No 27	0.370	0.326	0.357	0.489	0.579	0.589	0.045	0.059
	No 1	0.346	0.389	0.587	0.494	0.315	0.309	0.346	0.389
	No 14	0.537	0.609	0.681	0.582	0.167	0.050	0.286	0.249
	No 17	0.504	0.519	0.582	0.390	0.285	0.293	0.362	0.383
Κατηγορία 5.	No 20								
	No 19	0.559	0.616	0.689	0.612	0.368	0.626	0.357	0.371
	No 22	0.497	0.505	0.609	0.554	0.552	0.566	0.203	0.059

* Με Bold οι μη στατιστικά σημαντικές περιπτώσεις

7.2.3. Μελέτη των μέσων μηνιαίων τιμών της αστικής θερμικής νησίδας σε συνάρτηση με την διεύθυνση του ανέμου

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται για κάθε μήνα και για τις εξεταζόμενες διευθύνσεις ανέμου, η μέση τιμή της αστικής θερμικής νησίδας και η διασπορά αυτής για κάθε σταθμό.

Πίνακας 7.2: Οι ανά μήνα και διεύθυνση πνέοντος ανέμου μέσες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας ± μία τυπική απόκλιση ανά σταθμό

Μήνες Διευθύνσεις Σταθμοί	Ιούλιος		Ιούλιος		Αύγουστος		Σεπτέμβριος	
	B-ABA	NA-NΔ	B-ABA	NA-NΔ	B-ABA	NA-NΔ	B-ABA	NA-NΔ
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1								
No 3	1.5±1.8	2.0 ± 1.8	1.3 ±2.2	1.9 ± 2.2	-0.1 ±2.2	1.6± 1.8	2.3 ± 2.4	1.1 ± 2.0
No 4	3.8±2.2	2.5 ± 2.7	3.5 ±0.9	3.3 ± 2.7	3.5 ± 2.1	3.1 ± 2.4	3.1 ± 2.1	3.2 ± 2.2
No 5	2.5±2.4	1.5 ± 2.5	1.7 ± 2.3	1.6 ± 2.6	1.7 ± 2.1	1.0 ± 2.5	2.0 ± 2.4	0.7 ± 2.1
No 7	2.9±2.0	1.7 ± 2.2	2.9 ± 1.6	2.8 ± 1.8	3.2 ± 1.3	3.2 ± 1.7	2.7 ± 1.7	1.7 ± 2.1
No 9	2.7±2.4	0.9 ± 2.5	2.6 ± 1.9	1.9 ± 2.3	2.7 ± 1.1	2.9 ± 1.8	2.3 ± 1.4	0.9 ± 1.4
No 11					2.4 ± 2.2*	1.6 ± 2.0*	2.4 ± 1.5*	2.2 ± 2.0*
No 12	3.7±1.9	3.8 ± 2.1	3.9 ± 1.6	3.4 ± 2.4	4.7 ± 2.6	4.4 ± 2.4	4.7 ± 2.7	5.6 ± 3.6
No 13	3.3±2.2	2.8 ± 1.9	3.1 ± 2.1	2.9 ± 1.9	4.1 ± 2.6	2.1 ± 3.0	4.5 ± 2.9	0.8 ± 3.5
No 15	3.1±2.3	2.4 ± 2.2	2.9 ± 2.2	3.1 ± 2.3	2.5 ± 2.3	2.5 ± 2.2	2.8 ± 2.2	3.1 ± 2.2
No 18	2.8±1.9	1.2 ± 2.2	4.3 ± 1.7	3.6 ± 2.0	2.3 ± 1.6	1.7 ± 1.7	2.8 ± 1.6	1.8 ± 1.4
No 25	2.5±2.4	1.2 ± 2.8	1.7 ± 2.4	1.7 ± 3.0	1.7 ± 2.2	1.2 ± 2.6	2.3 ± 2.3	1.4 ± 2.2
No 26	1.7±2.3	0.5 ± 2.4	1.0 ± 2.4	0.7 ± 2.7	0.9 ± 3.7	-0.6 ± 3.4	0.8 ± 3.8	-2.8 ± 3.1
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2								
No 6	2.2 ± 1.5	0.6± 2.2	1.6 ± 1.0	0.4 ± 2.3	2.1 ± 1.3	1.4 ± 1.4	1.8 ± 1.3	2.0 ± 1.2
No 10	3.1 ± 1.2	3.0 ± 1.8	2.5 ± 1.9	2.5 ± 2.3	2.6 ± 2.1	1.4 ± 2.1	2.5 ± 2.2	1.7 ± 1.9
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3								
No 2	0.2 ± 3.2	-2.6 ± 3.7	-0.3 ± 2.8	-2.2 ± 3.7	0.1 ± 2.6	-0.9 ± 2.8	0.5 ± 3.2	-2.1 ± 2.5
No 8	0.5± 2.4	1.2 ± 3.4	0.0 ± 3.2	0.9 ± 2.8	-0.0 ± 2.1	0.1 ± 2.5	-0.6 ± 2.2	-0.9 ± 2.2
No 16	0.7 ± 3.3	-0.8 ± 3.3	0.4 ± 3.0	-0.3 ± 3.5	-0.5 ± 2.6	-1.5 ± 2.9	-0.4 ± 2.9	-1.7 ± 2.6
No 21	-0.8 ± 2.0	-0.7 ± 2.3	-1.3 ± 2.0	-0.9 ± 2.3	-1.2 ± 1.7	-1.5 ± 2.4	-1.4 ± 2.1	-1.8 ± 2.1
No 23	0.7± 2.1	1.2 ± 2.5	-0.4 ± 2.2	-0.9 ± 2.3	0.5 ± 1.7	1.2 ± 2.1	1.2 ± 1.9	-0.2 ± 2.2
No 24				-0.2 ± 2.0	0.3 ± 3.4	-0.1 ± 3.3	0.8 ± 3.3	-1.6 ± 3.3
No 27	0.1 ± 2.5	-0.9 ± 2.7	-0.3 ± 2.5	-0.2 ± 3.0	-0.1 ± 2.2	-0.6 ± 2.2	-0.3 ± 2.3	-0.4 ± 2.1
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4								
No 1	1.0 ± 1.1	0.7 ± 1.2	1.1 ± 0.9	0.5 ± 1.2	1.2 ± 0.9	0.6 ± 1.2	1.0 ± 1.6	1.3 ± 2.1
No 14	3.2 ± 1.0	3.0 ± 1.2	3.1 ± 1.1	3.1 ± 1.0	2.9 ± 1.1	3.3 ± 1.1	2.4 ± 1.3	3.4 ± 1.6
No 17	1.5 ± 1.5	0.7 ± 1.9	1.1 ± 1.6	0.8 ± 2.0	1.1 ± 1.4	0.6 ± 1.8	0.8 ± 1.4	0.1 ± 1.3
No 20								

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5								
No 19								
No 22	-0.5±1.8	-1.4±2.1	-0.4 ± 1.8	-0.8 ± 2.2	-0.6 ± 1.8	-1.2 ± 2.0	-0.6 ± 2.0	-1.5 ± 1.7

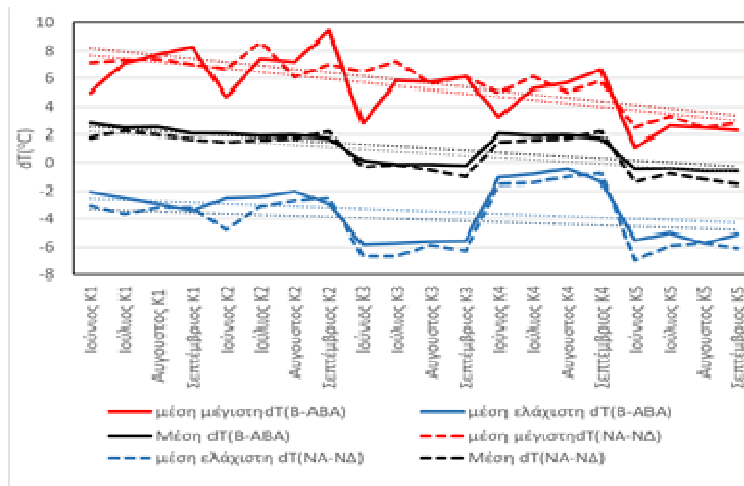
* Οι τιμές αναφέρονται στο 1996

** Με Bold αποτυπώνονται οι περιπτώσεις που η διασπορά οδηγεί σε αντιστροφή του φαινομένου σε σχέση με την μέση τιμή

Από την μελέτη του πίνακα 7.2 προέκυψαν τα ακόλουθα:

- Η σύγκριση των μέσων μηνιαίων τιμών της αστικής θερμικής νησίδας (dT) ανά κατηγορία σταθμών για τους μήνες Ιούνιο ως Σεπτέμβριο του 1997(πίνακας 7.2 και σχήμα 7.19) έδειξε ότι οι μεγαλύτερες μέσες, μέσες μέγιστες και μέσες ελάχιστες μηνιαίες τιμές της dT εμφανίζονται τόσο με B ως ABA ρεύμα, όσο και με NA-NΔ στους σταθμούς των Κατηγοριών 1 και 4 κυρίως τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο, που είναι οι μήνες με τις μικρότερες συνοπτικές θερμοκρασίες, όπου το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής στον σταθμού αναφοράς είναι πιο επιδραστικό στις χαμηλότερες θερμοκρασίες όπως έχει ήδη αναφερθεί στο Κεφάλαιο 4.

Γενικά μεταβαίνοντας από την Κατηγορία 1 προς την Κατηγορία 5 παρατηρείται (Σχήμα 7.19) μια πτωτική τάση των μέσων μέγιστων(κυρίως) και των μέσων τιμών της dT επιβεβαιώνοντας τον τρόπο χωρικής κατηγοριοποίησης της ευρύτερης περιοχής.

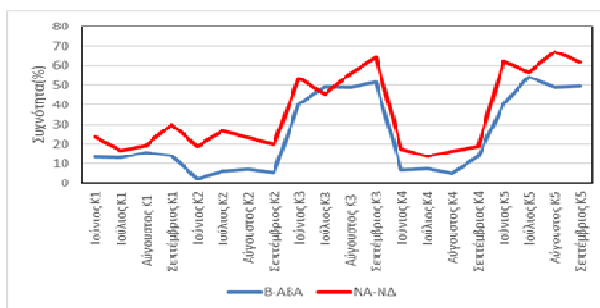


Σχήμα 7.19: Ανά μήνα και κατηγορία σταθμών μέσες μέγιστες, μέσες και μέσες ελάχιστες τιμές της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας (dT) για B ως ABA και NA ως NΔ άνεμο

- Επίσης, όλους τους μήνες στις Κατηγορίες 3 και 5, σχεδόν σε όλους του σταθμούς, παρατηρείται αναστροφή του φαινομένου κυρίως με NA ως NΔ ρεύμα (τόσο στις μέσες, όσο και στις μέσες ελάχιστες τιμές). Ιδιαίτερα στον Σταθμό 2 (Ηλιούπολη) η αναστροφή του φαινομένου παρατηρήθηκε όλους τους μήνες, ακόμα και τον Ιούνιο στην περίπτωση του B ως ABA ρεύματος, δηλαδή στην περιοχή της Ηλιούπολης το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας είναι κατά μέσο όρο πολύ ασθενές ή και αντίστροφο, ανεξαρτήτως των διευθύνσεων του ανέμου.
- Η απουσία φαινομένου αστικής θερμικής νησίδας που παρατηρήθηκε στον Σταθμό 22 (Πεδίο του Άρεως) και τους τέσσερις μήνες τόσο για τις μέσες όσο και για τις μέσες ελάχιστες τιμές της dT, επιβεβαιώνει το γεγονός ότι η παρουσία πρασίνου συμβάλλει στην διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών του αέρα, ακόμα και αν η περιοχή γύρω από αυτόν τον χώρο χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες.
- Τους μήνες Ιούλιο και Σεπτέμβριο και λιγότερο τους άλλους δύο μήνες, ιδιαίτερα στους σταθμούς της Κατηγορίας 3 και ανεξάρτητα της διεύθυνσης του ανέμου, παρατηρήθηκε αναστροφή του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, ενώ

σε όλους τους υπόλοιπους σταθμούς των κατηγοριών 1 και 2 οι μέσες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας δεν φαίνεται να επηρεάζονται από την διεύθυνση του πνέοντος ανέμου. Τα ποσοστά απουσίας φαινομένου αστικής θερμικής νησίδας σε ωριαία βάση, για όλους τους σταθμούς και χωριστά για B – ABA και NA – NΔ ρεύμα, δίνονται ομαδοποιημένα στο σχήμα 7.20 και αναλυτικά στον πίνακα 7.3. Συγκρίνοντας τα διαγράμματα των σχημάτων 7.19 και 7.20 είναι σαφής η αντίθετη πορεία των δύο εξεταζόμενων μεγεθών. Όπου παρατηρούνται χαμηλές τιμές της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας αντίστοιχα εμφανίζονται υψηλά ποσοστά απουσίας του φαινομένου.

- Σημειώνεται επίσης ότι μέσες διαφορές θερμοκρασίας δεν παρουσιάζουν αξιοσημείωτες διαφορές σε σχέση με την διεύθυνση του ανέμου μεταξύ των κατηγοριών των σταθμών, ενώ οι αντίστοιχες μέσες ελάχιστες διαφορές είναι γενικά μικρότερες με νότιες διευθύνσεις ανέμων.
- Τέλος σημειώνεται ότι ο σταθμός 14 της Κατηγορίας 4 και ο Σταθμός 12 της Κατηγορίας 1 σταθμοί που βρίσκονται σε ανοικτή περιοχή υπό την επίδραση μεγάλων κτιρίων, παρουσιάζουν σχεδόν μηδενικά ποσοστά απουσίας εμφάνισης αστικής θερμικής νησίδας.



Σχήμα 7.20: Μέση συχνότητα(%) ανά μήνα και κατηγορία του αντίστροφου φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας με B-ABA και NA-NΔ άνεμο.

Πίνακας 7.3: Ποσοστά (%) απουσίας φαινομένου αστικής θερμικής νησίδας σε συνδυασμό με τη διεύθυνση του ανέμου

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΣΤΑΘΜΟΙ	ΙΟΥΝΙΟΣ		ΙΟΥΛΙΟΣ		ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	
		B - ABA	NA-NΔ	B - ABA	NA-NΔ	B - ABA	NA-NΔ	B - ABA	NA-NΔ
Κατηγορία 1.	No 3	19.4	12.1	29.6	19.1	50.8	15.5	7.9	28.8
	No 4	8.7	22.1	9.3	17.9	8.0	13.8	7.9	22.0
	No 5	18.4	31.5	23.6	29.4	23.9	37.0	23.4	48.3
	No 7	8.2	25.2	2.3	4.8	0.2	1.10	15.1	16.6
	No 9	17.3	38.5	8.0	20.0	0	0	19.9	39.8
	No 12	0	2.1	0	3.6	0	0	0	0
	No 13	6.6	5.5	6.5	6.1	7.7	24.9	5.8	39.8
	No 15	11.7	12.1	6.9	8.5	17.3	12.7	12.6	10.2
	No 18	9.7	30.6	0	2.4	3.6	13.3	6.0	14.4
	No 25	19.9	37.3	25.9	31.8	25.3	40.9	21.1	34.7
Κατηγορία 2.	No 26	26.0	44.2	32.9	40.9	36.9	51.9	35.2	74.6
	No 6	4.6	35.5	1.9	39.4	1.4	18.2	1.4	7.6
Κατηγορία 3.	No 10	0	2.1	10.2	13.6	13.0	28.2	9.5	32.2
	No 2	39.8	68.0	45.8	14.5	40.7	70.2	36.6	64.4
	No 8	37.2	37.9	50.9	37.9	50.8	51.9	70.6	63.6
	No 16	35.2	58.2	41.2	27.0	50.4	64.1	47.4	61.9
	No 21	51.0	61.8	74.5	64.8	76.9	72.9	84.9	83.1
	No 23	31.1	33.6	50.0	64.8	36.4	30.4	23.0	55.1
	No 24	-	-	31.6	56.8	43.1	44.2	46.0	66.1
No 27	50.5	61.5	50.0	44.2	44.6	54.7	52.6	55.1	
Κατηγορία 4.	No 1	21.1	28.0	8.4	39.7	2.4	24.9	25.1	37.3
	No 14	0	0	0	0	0	0	0.8	0
	No 17	17.9	40.3	22.0	14.5	18.4	41.4	28.2	38.1

Κατηγορία 5.	No 19								
	No 22	40.8	62.1	54.2	56.8	48.7	67.4	49.5	61.9

7.2.4. Μελέτη της απλής γραμμικής παλινδρόμησης, μεταξύ της αστικής θερμικής νησίδας και της έντασης του ανέμου

Στο σημείο αυτό εξετάζεται με την βοήθεια αρχικά της απλής γραμμικής παλινδρόμησης η συνδιακύμανση μεταξύ των μεταβλητών $\psi=dT$ (ωριαίες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας) και $x=V$ (ωριαίες εντάσεις του ανέμου), ώστε να ελεγχθεί ο βαθμός της συναρτησιακής εξάρτησης της μεταβλητής x επί της μεταβλητής ψ . Για τον λόγο αυτό ορίζεται ο συντελεστή απλής παλινδρομικής ανάλυσης ($|r|$), ένα μέγεθος που δείχνει την αμοιβαιότητα της σχέσης μεταξύ των δύο εξεταζόμενων μεταβλητών.

Ο απλός συντελεστής γραμμικής παλινδρόμησης δίνεται από την σχέση:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}} \quad [7.1]$$

με $x_i=V_i$ οι ωριαίες εντάσεις του ανέμου(m/s) και

$y_i = dT_i$ οι αντίστοιχες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας(°C)

Για $|r| \geq 0$ αυξανόμενων των τιμών V_i παρατηρείται αύξηση των τιμών dT_i , για

$|r| \leq 0$ αυξανόμενων των τιμών V_i παρατηρείται μείωση των τιμών dT_i , ενώ για

$|r|=0$ προκύπτει ότι δεν υπάρχει συνδιακύμανση μεταξύ των δύο μεταβλητών.

Οι τιμές του συντελεστή απλής γραμμικής παλινδρόμησης r κυμαίνονται από -1 ως +1. Ο έλεγχος της στατιστικής σημαντικότητας του συντελεστή απλής γραμμικής παλινδρόμησης γίνεται με την βοήθεια του t-ελέγχου στην στάθμη σημαντικότητας $\alpha=0,05$, όπου οι τιμές της σχέσης

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{N-2}}} \quad [7.2]$$

όπου N το μέγεθος δείγματος

δίνονται στον Πίνακα της t-κατανομής, σε δίπλευρο ή μονόπλευρο έλεγχο, σε διάφορες στάθμες σημαντικότητας(α) και βαθμούς ελευθερίας $N-2$, ή ορίζονται απευθείας από την συνάρτηση $tinv$ του Excel. Για τιμές $|t| < t_\alpha$ σε δίπλευρο έλεγχο, ο συντελεστής απλής γραμμικής παλινδρόμησης, δεν είναι στατιστικά σημαντικός στην στάθμη σημαντικότητας α , (δηλαδή μεταξύ των δύο μελετώμενων μεγεθών δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική συνδιακύμανση), ενώ για $|t| > t_\alpha$, η παλινδρόμηση θεωρείται στατιστικά σημαντική, δηλαδή παρατηρείται στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση(θετική ή αρνητική) μεταξύ των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας(dT_i) και της έντασης του ανέμου(V_i).

Στο σημείο αυτό γίνεται αναφορά στην απλή παλινδρόμηση (γραμμική), δεδομένου ότι ενδιαφέρον παρουσιάζει η κλίση της γραμμής παλινδρόμησης, που εκφράζει την βαθμίδα μεταβολής των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας(dT_i) σε σχέση με την ένταση του ανέμου(V_i), χωριστά για τις περιπτώσεις B ως ABA ρεύματος και χωριστά για αυτές με NA ως NΔ ρεύμα. Στους πίνακες 7.4 ως και 7.7 παρουσιάζονται οι τιμές της σημαντικότητας των κλίσεων των ευθειών παλινδρόμησης και του t-ελέγχου της σημαντικότητας αυτών μαζί με την σημαντικότητα της διαφοράς των κλίσεων μεταξύ B-ABA και NA-NΔ ρεύματος για κάθε μήνα.

Πίνακας 7.4: Τιμές της σημαντικότητας των κλίσεων των ευθειών παλινδρόμησης και του t- ελέγχου της σημαντικότητας αυτών μαζί με την σημαντικότητα της διαφοράς των κλίσεων μεταξύ B-ABA και NA-NΔ ρεύματος για των μήνα Ιούνιο του 1997.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1 (Ιούνιος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
	t_b		
Σταθμοί	B - ABA	NA - NΔ	
No 3 Αμπελόκηποι	-8,05	-5,66	σ.σ.
No 4 Κορυδαλλός	-8,94	-4,34	σ.σ.
No 5 Παγκράτι	-8,13	-5,90	σ.σ.
No 7 Στουρνάρη	-8,59	-4,86	σ.σ.
No 9 FIX	-8,30	-6,22	σ.σ.
No 11 Ερμού & Αιόλου	-	-	-
No 12 Πανεπιστημιακή Λέσχη	-5,89	-4,57	σ.σ.
No 13 Σόλωνος	-7,92	-5,38	σ.σ.
No 15 Αριστοτέλους	-8,84	-6,15	σ.σ.
No 18 Αιγιάλεω	-8,04	-5,07	σ.σ.
No 25 Κολωνός	-7,70	-5,74	σ.σ.
No 26 Hilton	-8,09	-6,38	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2 (Ιούνιος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
	t_b		
Σταθμοί	B - ABA	NA - NΔ	
No 6 Άγιος Κοσμάς	-6,06	-6,02	σ.σ.
No 10 Ευγενίδειο	-6,58	-5,38	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3 (Ιούνιος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
	t_b		
Σταθμοί	B - ABA	NA - NΔ	
No 2 Ηλιούπολη	-9,51	-6,36	σ.σ.
No 8 Γλυκά Νερά	-6,89	-5,34	σ.σ.
No 16 Κηφισιά	-8,08	-6,69	σ.σ.
No 21 Αγία Παρασκευή	-7,40	-5,95	σ.σ.
No 23 Κόκκινος Μύλος	-6,48	-5,60	σ.σ.
No 24 Παράδεισος Αμαρουσίου	-	-	-
No 27 Νέα Ιωνία	-3,71	-4,74	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4 (Ιούνιος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
	t_b		
Σταθμοί	B - ABA	NA - NΔ	
No 1 Αστεροσκοπείο Αθηνών	-7,16	-5,54	σ.σ.
No 14 Γεωπονική Σχολή	-6,59	-5,23	σ.σ.
No 17 Δάσος Χαϊδαρίου	-7,54	-5,88	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5 (Ιούνιος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
	t_b		
Σταθμοί	B - ABA	NA - NΔ	
No 19 Εθνικός Κήπος	-	-	σ.σ.
No 22 Πεδίον του Άρεως	-7,73	-8,48	σ.σ.

- * Οι Βold αριθμοί ορίζουν τα στατιστικά σημαντικά μεγέθη
- * Οι «κόκκινοι» αριθμοί δηλώνουν αύξηση του dT με την αύξηση της V

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν μπορούν να συνοψισθούν στα εξής ανά μήνα:

Για τον Ιούνιο του 1997 (Πίνακας 7.4) η συνδιακύμανση μεταξύ της Αστικής Θερμικής Νησίδας (dT) και έντασης του ανέμου V είναι στατιστικά σημαντική σε όλους τους σταθμούς. Ελέγχοντας όμως την σημαντικότητα της κλίσης της ευθείας παλινδρόμησης μεταξύ των μεγεθών dT και V προέκυψαν τα εξής:

- Σε όλους τους σταθμούς τόσο με B-ABA, όσο και NA-ΝΔ ρεύμα αυξανόμενης της έντασης του ανέμου παρατηρήθηκε ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας (dT). Οι τιμές του t-ελέγχου που ορίζουν την σημαντικότητα της κλίσης της ευθείας παλινδρόμησης βρέθηκαν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικά σημαντικές και μάλιστα εκτός από τους σταθμούς 22 και 27 οι βαθμίδες ελάττωσης της dT αυξανόμενης της V βρέθηκαν ισχυρότερες στην περίπτωση του B ως ABA . Επίσης βρέθηκε σε όλους τους σταθμούς ότι οι κλίσεις της ευθείας παλινδρόμησης με B-ABA ρεύμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από τις αντίστοιχες κλίσεις με NA-ΝΔ ρεύμα. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει διαφορά στην συμπεριφορά της αστικής νησίδας ανάλογα ανάλογα με την φορά του ανέμου γεγονός που συνδέεται με τα χαρακτηριστικά και την τοπογραφία της περιοχής.

Για τον Ιούλιο του 1997 (Πίνακας 7.5), η συνδιακύμανση μεταξύ των τιμών της (dT) και της έντασης του ανέμου (V) σε συνδυασμό και με την διεύθυνση του πνέοντος ανέμου έδωσε τα εξής:

- Η συνδιακύμανση μεταξύ των μεγεθών dT και V, ανεξάρτητα της διεύθυνσης του ανέμου, βρέθηκε, σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, στατιστικά σημαντική, ενώ στο Σταθμό 14 (Γεωπονική), για B-ABA ρεύμα, η συνδιακύμανση ήταν στατιστικά οριακά σημαντική.
- Για NA-ΝΔ ρεύμα, η συνδιακύμανση του dT με το V στους σταθμούς 1,14, 18 και 23, , ήταν στατιστικά μη σημαντική. Το κοινό χαρακτηριστικό αυτών των σταθμών είναι ότι βρίσκονται σε ανοικτή περιοχή(1,14) ή είναι τοποθετημένοι σε κτήρια στα όρια ανοικτών περιοχών (18,23).
- Για B - ABA άνεμο, η σημαντικότητα των κλίσεων των γραμμών παλινδρόμησης βρέθηκε στατιστικά σημαντική (εκτός από τον σταθμό 14 που είναι οριακά στατιστικά σημαντική). Επίσης σε 3 από αυτές τις περιπτώσεις (σταθμοί 12, 18, και 23) οι κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης βρέθηκαν θετικές, δηλαδή αυξανόμενης της έντασης του ανέμου παρατηρείται και μία ασθενή αύξηση των τιμών των διαφορών θερμοκρασιών από τον σταθμό αναφοράς.
- Σε όλες τις περιπτώσεις οι διαφορές των κλίσεων βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές χωρίς όμως να είναι σαφές αν είναι ισχυρότερες αυτές με B-ABA ή με NA-ΝΔ ρεύμα. Μόνο στην κατηγορία 2 παρατηρείται ισχυρότερη μείωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας με την αύξηση της έντασης του ανέμου με NA-ΝΔ, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην μεταφορά από την γειτονική θάλασσα του Σαρωνικού αερίων μαζών που μειώνουν την θερμοκρασία του αέρα στην περιοχή των σταθμών.

Πίνακας 7.5: Τιμές της σημαντικότητας των κλίσεων των ευθειών παλινδρόμησης και του t- ελέγχου της σημαντικότητας αυτών μαζί με την σημαντικότητα της διαφοράς των κλίσεων μεταξύ B-ABA και NA-ΝΔ ρεύματος για τον Ιούλιο του 1997.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1 (Ιούλιος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
Σταθμοί	t _b		
	B - ABA	NA - ΝΔ	
No 3 Αμπελόκηποι	-15.61	-6.76	σ.σ.
No 4 Κορυδαλλός	-8.75	-5.80	σ.σ.
No 5 Παγκράτι	-14.18	-8.25	σ.σ.
No 7 Στουρνάρη	-10.66	-15.03	σ.σ.
No 9 FIX	-12.56	-11.49	σ.σ.
No 11 Ερμού & Αιόλου	-	-	-
No 12 Πανεπιστημιακή Λέσχη	+3.27	-9.37	σ.σ.
No 13 Σόλωνος	-10.46	-17.54	σ.σ.
No 15 Αριστοτέλους	-14.62	-7.85	σ.σ.
No 18 Αιγάλεω	+3.30	-0.12	σ.σ.
No 25 Κολωνός	-8.99	-5.44	σ.σ.

No 26 Hilton	-14.36	-13.99	σ.σ.
--------------	---------------	---------------	------

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2 (Ιούλιος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
Σταθμοί	B - ABA	NA - ΝΔ	
No 6 Άγιος Κοσμάς	-3.96	-15.56	σ.σ.
No 10 Ευγενίδειο	-9.04	-12.58	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3 (Ιούλιος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
Σταθμοί	B - ABA	NA - ΝΔ	
No 2 Ηλιούπολη	-13.90	-12.87	σ.σ.
No 8 Γλυκά Νερά	-11.96	-13.87	σ.σ.
No 16 Κηφισιά	-16.19	-11.08	σ.σ.
No 21 Αγία Παρασκευή	-14.30	-15.42	σ.σ.
No 23 Κόκκινος Μύλος	+2.94	-0.57	σ.σ.
No 24 Παράδεισος Αμαρουσίου	-7.09	-13.12	σ.σ.
No 27 Νέα Ιωνία	-14.18	-7.32	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4 (Ιούλιος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
Σταθμοί	B - ABA	NA - ΝΔ	
No 1 Αστεροσκοπείο Αθηνών	-13.81	+1.74	σ.σ.
No 14 Γεωπονική Σχολή	+1.90	-0.560	σ.σ.
No 17 Δάσος Χαϊδαρίου	-11.42	-16.83	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5 (Ιούλιος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
Σταθμοί	B - ABA	NA - ΝΔ	
No 19 Εθνικός Κήπος	-	-	
No 22 Πεδίον του Άρεως	-14.14	-12.63	σ.σ.

- * Οι Bold αριθμοί ορίζουν τα στατιστικά σημαντικά μεγέθη
- * Οι «κόκκινοι» αριθμοί δηλώνουν αύξηση του dT με την αύξηση της V

Τον Αύγουστο, όπου στο 56% των περιπτώσεων (Σχήμα 7.18) επικρατεί Β ως ΑΒΑ ρεύμα του αέρα, τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερη ομοιογένεια. Τόσο με Β ως ΑΒΑ ρεύμα όσο και με ΝΑ ως ΝΔ ρεύμα, η σημαντικότητα της γραμμής παλινδρόμησης μεταξύ dT και V, βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($\alpha=0,05$) σε όλους σχεδόν τους σταθμούς και οι κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης να είναι αρνητικές. Ειδικότερα:

- Για Β-ΑΒΑ ρεύμα στους σταθμούς 12,14 οι κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης βρέθηκαν θετικές και στατιστικά σημαντικές ενώ για ΝΑ-ΝΔ ρεύμα στατιστικά σημαντικές θετικές κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης παρατηρήθηκαν μόνο στο Σταθμό 14 της Κατηγορίας 4.
- Στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρείται ισχυρότερη ελάττωση της dT για μεγαλύτερες εντάσεις του ανέμου με Β-ΑΒΑ ρεύμα παρά ότι με ΝΑ-ΝΔ.

Πίνακας 7.6: Τιμές της σημαντικότητας των κλίσεων των ευθειών παλινδρόμησης και του t- ελέγχου της σημαντικότητας αυτών μαζί με την σημαντικότητα της διαφοράς των κλίσεων μεταξύ Β-ΑΒΑ και ΝΑ-ΝΔ ρεύματος για τον Αύγουστο του 1997.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1 (Αύγουστος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
Σταθμοί	B - ABA	NA - ΝΔ	
No 3 Αμπελόκηποι	-3.91	+0.75	σ.σ.
No 4 Κορυδαλλός	-9.87	-5.08	σ.σ.
No 5 Παγκράτι	-14.32	-9.32	σ.σ.
No 7 Στουρνάρη	-10.32	-4.04	σ.σ.
No 9 FIX	-9.38	-5.76	σ.σ.

No 11 Ερμού & Αιόλου	-	-	-
No 12 Πανεπιστημιακή Λέσχη	+4,82	-1.54	σ.σ.
No 13 Σόλωνος	-8,35	-5.85	σ.σ.
No 15 Αριστοτέλους	-13,99	-7.25	σ.σ.
No 18 Αιγάλεω	-11,81	-9.19	σ.σ.
No 25 Κολωνός	-12,13	-7.33	σ.σ.
No 26 Hilton	-8,52	-7.18	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2 (Αύγουστος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
	$ t_b $		
Σταθμοί	B - ABA	NA - ΝΔ	
No 6 Άγιος Κοσμάς	-7,08	-11.84	σ.σ.
No 10 Ευγενίδειο	-14,91	-12.00	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3 (Αύγουστος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
	$ t_b $		
Σταθμοί	B - ABA	NA - ΝΔ	
No 2 Ηλιούπολη	-12,98	-12.63	σ.σ.
No 8 Γλυκά Νερά	-13,94	-10.86	σ.σ.
No 16 Κηφισιά	-14,06	-9.75	σ.σ.
No 21 Αγία Παρασκευή	-13,65	-10.71	σ.σ.
No 23 Κόκκινος Μύλος	-10,43	-7.55	σ.σ.
No 24 Παράδεισος Αμαρουσίου	-9,66	-3.33	σ.σ.
No 27 Νέα Ιωνία	-14,44	-8.01	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4(Αύγουστος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
	$ t_b $		
Σταθμοί	B - ABA	NA - ΝΔ	
No 1 Αστεροσκοπείο Αθηνών	-14,44	-8,01	σ.σ.
No 14 Γεωπονική Σχολή	+6,18	+9.03	σ.σ.
No 17 Δάσος Χαϊδαρίου	-13,33	-12.98	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5(Αύγουστος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
	$ t_b $		
Σταθμοί	B - ABA	NA - ΝΔ	
No 19 Εθνικός Κήπος	-	-	
No 22 Πεδίον του Άρεως	-13,45	-11.59	σ.σ.

* Οι Bold αριθμοί ορίζουν τα στατιστικά σημαντικά μεγέθη.

* Οι «κόκκινοι» αριθμοί δηλώνουν αύξηση του dT με την αύξηση της V

Πίνακας 7.7: Τιμές του συντελεστή απλής γραμμικής παλινδρόμησης και του t- ελέγχου της σημαντικότητας της κλίσης της γραμμής παλινδρόμησης μαζί με την σημαντικότητα της διαφοράς των κλίσεων μεταξύ B-ABA και NA-ΝΔ ρεύματος για τον Σεπτέμβριο του 1997.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1 (Σεπτέμβριος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
	$ t_b $		
Σταθμοί	B - ABA	NA - ΝΔ	
No 3 Αμπελόκηποι	-7,67	-13,91	σ.σ.
No 4 Κορυδαλλός	-5,18	-8,00	σ.σ.
No 5 Παγκράτι	-7,49	-16,07	σ.σ.
No 7 Στουρνάρη	+2,45	+7,00	σ.σ.
No 9 FIX	+3,18	+3,44	σ.σ.
No 11 Ερμού & Αιόλου	-	-	-
No 12 Πανεπιστημιακή Λέσχη	+6,07	+12,47	σ.σ.
No 13 Σόλωνος	-5,02	-1,62	σ.σ.
No 15 Αριστοτέλους	-4,87	-12,20	σ.σ.
No 18 Αιγάλεω	+5,82	-11,71	σ.σ.
No 25 Κολωνός	-7,51	-16,58	σ.σ.
No 26 Hilton	-4,52	-7,22	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2 (Σεπτέμβριος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
Σταθμοί	B - ABA	NA - NΔ	
No 6 Άγιος Κοσμάς	0,39	+4,68	σ.σ.
No 10 Ευγενίδειο	-6,63	-13,52	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3 (Σεπτέμβριος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
Σταθμοί	B - ABA	NA - NΔ	
No 2 Ηλιούπολη	-7,82	-12,53	σ.σ.
No 8 Γλυκά Νερά	-1,05	-5,29	σ.σ.
No 16 Κηφισιά	-7,63	-15,48	σ.σ.
No 21 Αγία Παρασκευή	+0,26	-3,29	σ.σ.
No 23 Κόκκινος Μύλος	+3,97	+0,05	σ.σ.
No 24 Παράδεισος Αμαρουσίου	-1,74	-1,12	σ.σ.
No 27 Νέα Ιωνία	-5,96	-14,00	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4(Σεπτέμβριος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
Σταθμοί	B - ABA	NA - NΔ	
No 1 Αστεροσκοπείο Αθηνών	-5,96	-14,40	σ.σ.
No 14 Γεωπονική Σχολή	+3,90	+8,72	σ.σ.
No 17 Δάσος Χαϊδαρίου	-1,53	-5,13	σ.σ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5(Σεπτέμβριος)			Στατιστική σημαντικότητα διαφορών των κλίσεων($\alpha=0.05$)
Σταθμοί	B - ABA	NA - NΔ	
No 19 Εθνικός Κήπος	-	-	
No 22 Πεδίον του Αρεως	-8,82	-13,09	σ.σ.

* Οι Bold αριθμοί ορίζουν τα στατιστικά σημαντικά μεγέθη

* Οι «κόκκινοι» αριθμοί δηλώνουν αύξηση του dT με την αύξηση της V

Τον Σεπτέμβριο (Πίνακας 7.7), που είναι ο μήνας με τις μικρότερες θερμοκρασίες, οι επικρατούντες άνεμοι, ήταν του NA ως NΔ τομέα, σε ποσοστό 45% (Σχήμα 7.18), με μικρότερες όμως εντάσεις, αλλά και με ιδιαίτερα ακραίες για τον μήνα αυτό τιμές, οπότε στην διαμόρφωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες, όπως είναι π.χ. η συγκράτηση θερμότητας στα δομικά υλικά από τις υψηλές θερμοκρασίες του Αυγούστου. Σχεδόν σε ποσοστό 63% των περιπτώσεων παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική, αλλά χαμηλή συνδιακύμανση μεταξύ των dT και V τιμών. Ειδικότερα:

- Παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές, θετικές κλίσεις των ευθειών παλινδρόμησης, στις περιπτώσεις των σταθμών, 7,9 και 12 της κατηγορίας 1, και στο Σταθμό 14 (Κατηγορία 4) τόσο με B-ABA, όσο και με NA ως NΔ άνεμο, όπου ο ρυθμός μεταβολής της dT συναρτήσει της V, είναι πιο έντονος στην περίπτωση του νοτίου ρεύματος. Επίσης στην Κατηγορία 1 με B-ABA άνεμο παρατηρήθηκε ασθενής, αλλά στατιστικά σημαντική θετική κλίση της γραμμής παλινδρόμησης στον Σταθμό 18 και στο Σταθμό 23 για την Κατηγορία 3.
- Μη στατιστικά σημαντική συνδιακύμανση των παραμέτρων dT και V για B-ABA ρεύμα παρατηρήθηκε στους σταθμούς 6, 17,21 και 24 και για NA-NΔ ρεύμα στους σταθμούς 13,23 και 24. Όλοι αυτοί οι σταθμοί με εξαίρεση τον Σταθμό 13 δεν ανήκουν στην Κατηγορία 1 και γενικά είναι σε μεγάλη απόσταση από το Αστεροσκοπείο Αθηνών.

Τέλος, για κάθε σταθμό, έγινε σύγκριση της σημαντικότητας των διαφορών των κλίσεων($t_{B-ABA}-t_{NA-NΔ}$) των γραμμών παλινδρόμησης με την βοήθεια t-ελέγχου των διαφορών που ορίζεται από τη σχέση,

$$t = \frac{b_{B-ABA} - b_{NA-N\Delta}}{\sqrt{s_p^2 \left(\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^N (n_{B-ABA} - n_{B-ABA})^2} \right) + \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^N (n_{NA-N\Delta} - n_{NA-N\Delta})^2} \right) \right)}} \quad [7.3]$$

όπου,

$$s_p^2 = \frac{(N_{B-ABA} - 2) \cdot (s_{\Delta T, V}^2)_{B-ABA} + (N_{NA-N\Delta} - 2) \cdot (s_{\Delta T, V}^2)_{NA-N\Delta}}{N_{B-ABA} - N_{NA-N\Delta} - 4} \quad [7.4]$$

Όπως προέκυψε (τελευταία στήλη των πινάκων 7.4 ως και 7.7) σε όλες τις περιπτώσεις και όλους τους μήνες οι διαφορές των κλίσεων των γραμμών παλινδρόμησης για κάθε σταθμό μεταξύ των δειγμάτων με B-ABA ρεύμα και των αντίστοιχων με NA-NΔ ρεύμα βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές, Το διάστημα Ιουνίου-Αυγούστου οι κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης είναι μεγαλύτερες στις περιπτώσεις του B-ABA ρεύματος σε ποσοστά 88%,48% και 84% αντίστοιχα των περιπτώσεων, ενώ τον Σεπτέμβριο μεγαλύτερη επίδραση στην ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας με την αύξηση των εντάσεων του ανέμου εμφάνισαν οι περιπτώσεις με NA-NΔ ρεύμα σε ποσοστό 96%.

Το γενικό συμπέρασμα που προέκυψε από την ανωτέρω ανάλυση είναι ότι, ανεξάρτητα των μικρών αποκλίσεων που παρατηρήθηκαν (19 περιπτώσεις από τις 182), και ανεξάρτητα και από την διεύθυνση του ανέμου, σε γενικές γραμμές παρατηρήθηκε ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας μέχρι και αναστροφή του φαινομένου, για μεγαλύτερες τιμές της έντασης του ανέμου στοιχείο που συμφωνεί με την συνολική εικόνα που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου και αφορούσε την μέση συμπεριφορά των εξεταζόμενων μεγεθών για κάθε σταθμό για το σύνολο της πειραματικής περιόδου των ετών 1996-1998.

Εξετάζοντας αναλυτικότερα τις περιπτώσεις που παρατηρείται κατά μέσο όρο μια ασθενή αντίθετη συμπεριφορά προκύπτουν τα εξής: Για τον Ιούνιο του 1997 δεν υπάρχει καμία εξαίρεση. Τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 1997 παρατηρήθηκαν από 5 εξαιρέσεις ενώ τον Σεπτέμβριο 1997 υπήρξε μία κατακόρυφη αύξηση στις 14 περιπτώσεις. Οι σταθμοί που παρουσίασαν πιο συστηματικά την τάση για μεγαλύτερες ταχύτητες του ανέμου να παρουσιάζουν μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς ήταν κυρίως ο σταθμός 12 και δευτερευόντως οι 14,23 και 3. Τον Ιούνιο που δεν υπάρχει καμία εξαίρεση είναι ο μήνας με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες και που ως πρώτος μήνας της θερινής περιόδου οι επιφάνειες του αστικού ιστού δεν έχουν αναπτύξει υψηλές θερμοκρασίες από την πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα οι συνοπτικές θερμοκρασίες του αέρα να μην επηρεάζονται τόσο καταλυτικά από τις επιφανειακές θερμοκρασίες της αστικής περιοχής και των γεωμετρικών στοιχείων αυτής. Σε αντίθεση τον Σεπτέμβριο που ενώ και αυτός ο μήνας παρουσιάζει χαμηλές θερμοκρασίες αέρα, έχοντας περάσει όλη καλοκαιρινή περίοδος οι επιφάνειες του αστικού ιστού έχουν αναπτύξει σημαντικές θερμοκρασίες επιφανείας και έχουν συσσωρεύσει σημαντικά ποσά αισθητής θερμότητας, ειδικά οι ανοικτές περιοχές κατά την διάρκεια κυρίως της ημέρας με αποτέλεσμα να επιδρούν πιο καταλυτικά στην διαμόρφωση των θερμοκρασιών του αέρα σε τοπικό επίπεδο, σε συνδυασμό με τις χαμηλές θερμοκρασίες το σταθμού αναφοράς όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Τον Ιούλιο και τον Αύγουστο καταγράφηκαν οι υψηλότερες θερμοκρασίες αέρα και οι λιγότερες περιπτώσεις με τέτοια συμπεριφορά. Τέλος εξετάζοντας τα χαρακτηριστικά των σταθμών που εμφανίζουν αυτή τη ιδιαίτερη συμπεριφορά προκύπτει ότι κανένας από αυτούς τους σταθμούς δεν έχει βόρειο προσανατολισμό. Βρίσκονται σε ανοικτή περιοχή(14) ή σε άμεση γειτνίαση με τέτοια περιοχή(12,23) με αποτέλεσμα να βρίσκονται υπό την ισχυρή επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας αλλά και με φαινόμενα μεταφοράς από τις όμορες περιοχές,

ενώ ειδικά οι σταθμοί 12 και 14 και υπό την ισχυρή επίδραση της εκλυόμενης στην περιοχή του ανθρωπογενούς θερμότητας.

7.2.5. Απλή και δευτέρου βαθμού παλινδρόμηση μεταξύ της αστικής θερμικής νησίδας και της έντασης του ανέμου

Για να είναι δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των σταθμών στη συνέχεια μελετήθηκε για όλους και πάλι τους σταθμούς, τόσο για B-ABA, όσο και για NA-NΔ ρεύμα η επίδραση της έντασης του ανέμου, όπως προκύπτει από την εφαρμογή παλινδρομικής ανάλυσης 2^{ου} βαθμού. Η απόφαση αυτή είναι αποτέλεσμα της παρατήρησης ότι σε ορισμένους σταθμούς ενώ παρατηρείται η αναμενόμενη ελάττωση της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας με την αύξηση της έντασης του ανέμου, συγχρόνως οι υψηλότερες εντάσεις του ανέμου συνδέονται υψηλές τιμές της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας.

Αν η βέλτιστη παλινδρόμηση είναι 2^{ου} βαθμού με τα κοίλα προς τα πάνω, αυτό σημαίνει ότι συγχρόνως σε χαμηλές εντάσεις του ανέμου αντιστοιχούν χαμηλές dT και σε υψηλές εντάσεις του ανέμου αντιστοιχούν επίσης υψηλές τιμές της dT. Η περίπτωση στην οποία η καμπύλη εμφανίζει τα κοίλα προς τα κάτω, δείχνει είτε ότι αρχικά στις χαμηλές εντάσεις του ανέμου αντιστοιχούν σταθερές τιμές της dT που στη συνέχεια για υψηλότερες τιμές της V αντιστοιχούν χαμηλότερες τιμές της dT, είτε ότι αυξανόμενων των τιμών της V αρχικά παρατηρείται μια μικρή αύξηση των τιμών της dT που στην συνέχεια σταθεροποιούνται και τέλος εμφανίζουν ελάττωση.

Έτσι στο σημείο αυτό αναζητήθηκε η βέλτιστη γραμμή παλινδρόμησης που αντιστοιχεί στα δεδομένα κάθε σταθμού μέτρησης, για κάθε μήνα και χωριστά για τις περιπτώσεις επικράτησης βόρειου ως ανατολικού-βορειοανατολικού ρεύματος και χωριστά για τις περιπτώσεις επικράτησης νοτιοανατολικού ως νοτιοδυτικού ρεύματος. Σκοπός είναι να ορισθεί ο βαθμός και ο τρόπος που η ένταση του ανέμου σε συνάρτηση και με την διεύθυνση του ανέμου συνδυάζεται με το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (την παράμετρο dT). Τα αποτελέσματα σχολιάζονται ανά μήνα και ανά κατηγορία σταθμών με σκοπό τον εντοπισμό διαφοροποιήσεων μεταξύ των πέντε κατηγοριών (Πίνακας 7.8 ως και 7.11). Τα συμπεράσματα που προέκυψαν συνοψίζονται στα εξής:

- Γενικά, τον Ιούνιο δεδομένου ότι δεν παρατηρούνται συχνά υψηλές εντάσεις του ανέμου, τόσο με B-ABA όσο και με NA-NΔ ρεύμα(ή σε μία από τις δύο περιπτώσεις) η επικρατέστερη συνδιακύμανση είναι αυτή του πρώτου βαθμού που περιγράφεται παραπάνω. Βέλτιστη παλινδρομική συνδιακύμανση δευτέρου βαθμού παρατηρήθηκε μόνο στους σταθμούς 15 και 26(κατηγορία 1),6(κατηγορία 2), 2 ,8 και 23 (κατηγορία 3), 1 (κατηγορία 4) και 22(κατηγορία 5), αλλά σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, επικρατέστερη ήταν η ελάττωση της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας συναρτήσει της αύξησης της έντασης του ανέμου. Μόνο για NA-NΔ ρεύμα, στις περιπτώσεις των σταθμών 1,8 και 23 εμφανίζεται σημαντικότερη η επίδραση της V², δηλαδή στις περιπτώσεις αυτές παρατηρήθηκε και εμφάνιση υψηλών εντάσεων του ανέμου συνδυασμένων με υψηλότερες τιμές της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας.
- Τον Ιούλιο και τον Αύγουστο τόσο με B-ABA όσο και με NA-NΔ ρεύμα είτε ακόμα και ανεξάρτητα από την διεύθυνση του ανέμου η μορφή της βέλτιστης γραμμής παλινδρόμησης αντιστοιχεί σε αυτήν του 2^{ου} βαθμού , αλλά και πάλι στο πλείστον των περιπτώσεων επικρατέστερη είναι η ελάττωση της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας με την αύξηση της έντασης του ανέμου κυρίως γιατί τους μήνες αυτούς επικρατούν τόσο υψηλές ταχύτητες του ανέμου (μελτέμια), όσο και μεγαλύτερες θερμοκρασίες του αέρα ειδικά κατά την ημέρα. Μόνο σε δύο περιπτώσεις τον Ιούλιο(σταθμοί 18[με NA-NΔ ρεύμα], και 1 [με B-ABA ρεύμα]) βέλτιστες εμφανίζονται οι συνδιακυμάνσεις 2^{ου} βαθμού.

- Ο Σεπτέμβριος όσον αφορά το B-ABA ρεύμα εμφανίζει χαρακτηριστικά Αυγούστου δεδομένου ότι ακόμα επικρατεί το μελέμι και επιπλέον υπάρχουν φαινόμενα κατακράτησης αισθητής θερμότητας από το περιβάλλον. Χαρακτηριστικό είναι ότι σε περισσότερες, από τους άλλους μήνες περιπτώσεις, παρατηρείται συνδυασμός χαμηλών εντάσεων του ανέμου με υψηλές τιμές τις αστικής θερμικής νησίδας και συγχρόνως υψηλές εντάσεις του ανέμου με να παρατηρείται ασθενής αύξηση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας(σταθμοί 3,4,5,12,25 και 14). Στις περιπτώσεις NA-NΔ ρεύματος ασθενώς υψηλότερες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας και συγχρόνως υψηλές εντάσεις του ανέμου παρατηρήθηκαν μόνο στους σταθμούς 4,13,15(Κατηγορία 1), 10(Κατηγορία 2) και 2 και 8(Κατηγορία 3).

Πίνακας 7.8: Στατιστική σημαντικότητα των σταθερών παλινδρόμησης b και c των γραμμών παλινδρόμησης $dt = a+b \cdot V$ ή $dT=a +b \cdot V+c \cdot V^2$ για τον Ιούνιο του 1997.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1 (Ιούνιος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NΔ		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 3 Αμπελόκηποι	-10,31		0,595	-3,22		0,345
No 4 Κορυδαλλός	-8,79		0,534			
No 5 Παγκράτι	-12,65		0,672			
No 7 Στουρνάρη	-8,33		0,513			
No 9 FIX	-11,01		0,62	-3,12		0,694
No 11 Ερμού & Αιόλου	-	-	-	-	-	-
No 12 Πανεπιστημιακή Λέσχη	2,52		0,178			
No 13 Σόλωνος	-11,60		0,640	-2,98		0,542
No 15 Αριστοτέλους	-4,26	1,98	0,606	-4,67	2,47	0,492
No 18 Αιγάλεω	-8,13		0,504	-2,16		0,668
No 25 Κολωνός	-10,00		0,583	-2,58	-2,09	0,742
No 26 Hilton	-4,39	2,06	0,614	-2,79		0,633

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2 (Ιούνιος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NΔ		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 6 Άγιος Κοσμάς	-3,07	2,45	0,269			
No 10 Ευγενίδειο	-3,14		0,220			

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3 (Ιούνιος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NΔ		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 2 Ηλιούπολη	-4,08	2,06	0,564	-4,39		0,679
No 8 Γλυκά Νερά	-4,85		0,329	3,05	-3,33	0,187
No 16 Κηφισιά	-10,79		0,612	-2,82		0,712
No 21 Αγία Παρασκευή	-6,13		0,402			
No 23 Κόκκινος Μύλος	-2,74		0,193	1,96	-2,24	0,134
No 24 Παράδεισος Αμαρουσίου	-	-	-	-	-	-
No 27 Νέα Ιωνία	-8,47		0,520	-1,96		0,623

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4 (Ιούνιος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NΔ		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 1 Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών	-4,23		0,189	2,63	-3,90	0,349
No 14 Γεωπονική Σχολή						
No 17 Δάσος Χαϊδαρίου	-6,38		0,416			

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5 (Ιούνιος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NΔ		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 19 Εθνικός Κήπος	-	-	-	-	-	-
No 22 Πεδίον του Άρεως	-4,19	2,38	0,529	-3,41		0,630

Πίνακας 7.9: Στατιστική σημαντικότητα των σταθερών παλινδρόμησης b και c των γραμμών παλινδρόμησης $dt = a+b \cdot V$ ή $dT=a +b \cdot V+c \cdot V^2$ για τον Ιούλιο του 1997

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1 (Ιούλιος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 3 Αμπελόκηποι	-6,98	3,51	0,748	-5,80	4,43	0,415
No 4 Κορυδαλλός	-4,26	2,36	0,532	-7,67	6,51	0,444
No 5 Παγκράτι	-14,18		0,697	-6,98	5,28	0,487
No 7 Στουρνάρη	-9,61	7,16	0,689	-15,02		0,638
No 9 FIX	-4,92	2,17	0,662	-5,88	3,48	0,559
No 11 Ερμού & Αιόλου	-	-	-	-	-	-
No 12 Πανεπιστημιακή Λέσχη	-4,35	5,25	0,397	-9,37		0,459
No 13 Σόλωνος	-5,54	3,25	0,609	-6,82	3,12	0,706
No 15 Αριστοτέλους	-8,16	4,87	0,742	-6,36	4,75	0,461
No 18 Αιγάλεω	3,30		0,221	2,17	-2,25	0,123
No 25 Κολωνός	-9,00		0,524	-6,02	4,94	0,383
No 26 Hilton	-6,37	3,19	0,718	-6,80	3,86	0,633

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2 (Ιούλιος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 6 Άγιος Κοσμάς	-4,52	3,71	0,354	-6,92	3,64	0,669
No 10 Ευγενίδειο	-6,45	4,47	0,583	-4,69	2,05	0,578

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3 (Ιούλιος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 2 Ηλιούπολη	-13,90		0,690	-7,65	4,94	0,618
No 8 Γλυκά Νερά	-7,84	5,16	0,684	-13,87		0,608
No 16 Κηφισιά	-16,19		0,743	-7,23	4,91	0,568
No 21 Αγία Παρασκευή	-7,48	4,29	0,728	-15,42		0,648
No 23 Κόκκινος Μύλος	2,94		0,197			
No 24 Παράδεισος Αμαρουσίου	-3,52	1,99	0,454	-5,69	2,94	0,601
No 27 Νέα Ιωνία	-5,64	2,52	0,708	-6,20	4,70	0,441

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4 (Ιούλιος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 1 Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών	+2,63	-3,90	0,349	-6,27	-3,45	0,68
No 14 Γεωπονική Σχολή	-	-	-	-	-	-
No 17 Δάσος Χαϊδαρίου	-8,55	5,97	0,685	-8,19	4,62	0,704

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5 (Ιούλιος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 19 Εθνικός Κήπος	-	-	-	-	-	-
No 22 Πεδίον του Άρεως	-5,57	2,46	0,706	-6,42	3,77	0,596

Πίνακας 7.10: Στατιστική σημαντικότητα των σταθερών παλινδρόμησης b και c των γραμμών παλινδρόμησης $dt = a+b \cdot V$ ή $dT=a +b \cdot V+c \cdot V^2$ για τον Αύγουστο του 1997

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1 (Αύγουστος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 3 Αμπελόκηποι	-3,91		0,189			
No 4 Κορυδαλλός	-3,64	3,22	0,459	-4,95	3,94	0,443
No 5 Παγκράτι	-14,33		0,576	-4,70	2,79	0,596
No 7 Στουρνάρη	-8,03	5,51	0,510	-3,73	2,94	0,355
No 9 FIX	-5,95	3,67	0,449	-5,76		0,395
No 12 Πανεπιστημιακή Λέσχη	4,62		0,222			

No 13 Σόλωνος	-4,93	2,85	0,409	-5,85		0,401
No 15 Αριστοτέλους	-6,09	2,62	0,577	-5,59	4,11	0,542
No 18 Αιγάλεω	-5,74	2,83	0,516	-6,13	4,22	0,619
No 25 Κολωνός	-12,13		0,513	-4,10	2,61	0,509
No 26 Hilton	-5,70	3,64	0,419	-7,18		0,473

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2 (Αύγουστος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 6 Άγιος Κοσμάς	-4,35	2,64	0,351	-4,64	2,20	0,674
No 10 Ευγενίδειο	-7,48	3,78	0,610	-7,20	4,66	0,711

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3 (Αύγουστος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 2 Ηλιούπολη	-6,01	2,80	0,550	-5,67	3,05	0,705
No 8 Γλυκά Νερά	-8,37	4,92	0,598	-5,15	2,90	0,651
No 16 Κηφισιά	-14,06		0,569	-4,55	2,54	0,608
No 21 Αγία Παρασκευή	-7,39	4,02	0,580	-10,71		0,625
No 23 Κόκκινος Μύλος	-5,31	2,75	0,472	-7,55		0,492
No 24 Παράδεισος Αμαρουσίου	-4,71	2,33	0,442	-3,33		0,241
No 27 Νέα Ιωνία	-6,22	2,64	0,589	-5,15	3,51	0,558

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4 (Αύγουστος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 1 Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών	-7,00	3,16	0,618	-5,28	3,37	0,604
No 14 Γεωπονική Σχολή	4,07	-2,58	0,315	4,65	-2,80	0,585
No 17 Δάσος Χαϊδαρίου	-9,34	6,03	0,598	-12,98		0,696

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5 (Αύγουστος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 19 Εθνικός Κήπος	-	-	-	-	-	-
No 22 Πεδίον του Άρεως	-6,44	3,11	0,566	-4,40	2,01	0,664

Πίνακας 7.11: Στατιστική σημαντικότητα των σταθερών παλινδρόμησης b και c των γραμμών παλινδρόμησης $dt = a + b \cdot V$ ή $dT = a + b \cdot V + c \cdot V^2$ για τον Σεπτέμβριο του 1997

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1 (Σεπτέμβριος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 3 Αμπελόκηποι	2,77	-3,96	0,270	-3,32		0,294
No 4 Κορυδαλλός	-7,14	5,80	0,370	-3,22	2,72	0,345
No 5 Παγκράτι	2,15	-3,59	0,300	-6,60		0,522
No 7 Στουρνάρη	-7,74		0,333	-6,14		0,495
No 9 FIX	-8,82		0,373	-6,25		0,502
No 12 Πανεπιστημιακή Λέσχη	-4,31	5,25	0,276			
No 13 Σόλωνος	-5,99		0,263	-3,35	2,39	0,468
No 15 Αριστοτέλους	-9,43	5,84	0,621	-2,93	2,05	0,429
No 18 Αιγάλεω	-9,57	6,77	0,556	-7,49		0,571
No 25 Κολωνός	2,90	-4,38	0,319	-3,24		0,288
No 26 Hilton	-8,38		0,357	-5,87		0,478

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2 (Σεπτέμβριος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 6 Άγιος Κοσμάς	-9,90	7,81	0,502	-7,18		0,555
No 10 Ευγενίδειο	-8,22	4,96	0,580	-3,78	2,26	0,613

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3 (Σεπτέμβριος)						
---------------------------	--	--	--	--	--	--

ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 2 Ηλιούπολη	-6,22	3,34	0,520	-3,86	2,35	0,612
No 8 Γλυκά Νερά	-8,38	5,78	0,520	-4,17	2,51	0,646
No 16 Κηφισιά	-5,61	2,85	0,501	-7,11		0,551
No 21 Αγία Παρασκευή	-6,68	3,68	0,539	-10,54		0,699
No 23 Κόκκινος Μύλος	2,42	-3,31	0,215	-9,91		0,677
No 24 Παράδεισος Αμαρουσίου	-3,38	2,12	0,270	-2,45		0,222
No 27 Νέα Ιωνία	-7,99	4,48	0,600	-5,63		0,463

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4 (Σεπτέμβριος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 1 Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών						
No 14 Γεωπονική Σχολή	-4,61	4,79	0,214	-5,57		0,471
No 17 Δάσος Χαϊδαρίου	-	-	-	-	-	-

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5 (Σεπτέμβριος)						
ΣΤΑΘΜΟΙ	B-ABA			NA-NA		
	t(v)	t(v ²)	r	t(v)	t(v ²)	r
No 19 Εθνικός Κήπος						
No 22 Πεδίον του Άρεως	-4,87	2,37	0,462	-6,76		0,532

* Οι Bold αριθμοί ορίζουν τα στατιστικά σημαντικά μεγέθη

* Με «κόκκινο» και μύαρο οι συντελεστές συσχέτισης και ανισοσχέτισης

Όπως προέκυψε από την μελέτη της απλής και πολλαπλής παλινδρόμησης από όπου ορίσθηκε η συνδιακύμανση μεταξύ των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας και της έντασης του ανέμου οι μορφές των γραμμών παλινδρόμησης ήταν οι ακόλουθες:

- Πολλαπλή συνδιακύμανση, λαμβάνοντας υπόψη τόσο την ένταση, όσο και το τετράγωνο της έντασης του ανέμου, ορίζοντας καμπύλη με τα κοίλα προς τα πάνω παρατηρήθηκε σε 92 περιπτώσεις (46%) κυρίως τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Στην περίπτωση αυτή ενώ αρχικά παρατηρήθηκε ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας με την αύξηση της έντασης του ανέμου, από ένα σημείο και μετά (περίπου για εντάσεις μεγαλύτερες των 6m/s), εμφανίζεται θετική συμμεταβολή δηλαδή αυξανόμενης της έντασης του ανέμου αυξάνονται ασθενώς αλγεβρικά και οι τιμές της αστικής θερμικής νησίδας. Σημειώνεται ότι το στατιστικό δείγμα ήταν μικρότερο για ταχύτητες άνω των 6m/sec σε σχέση με αυτό των κάτω από 6m/s. Συγκεκριμένα μόνο το 10% του δείγματος αντιστοιχεί σε ταχύτητες άνω των 6 m/s για το σύνολο της εξεταζόμενης περιόδου και το 90% αυτού εμφανίζεται κατά την διάρκεια της ημέρας.
- Πολλαπλή συνδιακύμανση με τα κοίλα προς τα κάτω (4% των περιπτώσεων) που παρατηρήθηκε κυρίως τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο, όπου αρχικά αυξανόμενης της έντασης του ανέμου παρατηρείται και μικρή αύξηση της αστικής θερμικής νησίδας, ενώ στη συνέχεια, για μεγαλύτερες τιμές της έντασης του ανέμου, ελαττώνονται και οι τιμές της αστικής θερμικής νησίδας.
- Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική **γραμμική** συνδιακύμανση σε 70 περιπτώσεις (35%) οι οποίες εντοπίσθηκαν κυρίως στους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο όπου αυξανόμενης της έντασης του ανέμου ελαττώνεται η αστική θερμική νησίδα,
- Στο 15 % των περιπτώσεων δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συνδιακύμανση μεταξύ των εξεταζόμενων μεταβλητών.
- Σε 4 περιπτώσεις η αύξηση της έντασης του ανέμου οδηγεί σε αύξηση της αστικής θερμικής νησίδας. Οι 2 εμφανίσθηκαν στον σταθμό της Πανεπιστημιακής Λέσχης (Σταθμό 12), ενώ στις άλλες δύο περιπτώσεις (Σταθμοί

18 και 23) εμφανίστηκαν τον Ιούλιο για τις οποίες ο συντελεστής γραμμικής παλινδρόμησης ήταν μεν στατιστικά σημαντικός, αλλά με μικρότερες τιμές σε σχέση με αυτό του Σταθμού 12.

Από την ανωτέρω ανάλυση επιβεβαιώνονται τα ευρήματα της προηγούμενης ενότητας με την γενική τάση οι διαφορές θερμοκρασίας να μειώνονται για μεγαλύτερες τιμές της έντασης του ανέμου.

7.2.6. Ορισμός της σημαντικότητας των διαφορών των κλίσεων των ευθειών παλινδρόμησης μεταξύ αστικής θερμικής νησίδας/έντασης του ανέμου για ($V > 6 \text{ m/s}$ έναντι $V < 6 \text{ m/s}$)

Με δεδομένη την παρατήρηση ότι για ταχύτητα άνω των 6 m/s παρατηρείται σε κάποιες περιπτώσεις αλγεβρική αύξηση των διαφορών θερμοκρασίας των σταθμών από το σταθμό αναφοράς στην ενότητα αυτή συγκρίνονται οι κλίσεις μεταξύ των ευθειών παλινδρόμησης για τις περιπτώσεις που ο άνεμος ήταν μεγαλύτερος των 6m/s και μικρότερος των 6m/s. Η έρευνα αφορά κάθε σταθμό και κάθε μήνα, χωριστά για τις περιπτώσεις με B ως ABA άνεμο και χωριστά για αυτές με NA ως ΝΔ άνεμο. Τα αποτελέσματα αξιολογούνται και σε σχέση και με τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από την εφαρμογή των βέλτιστων παλινδρομήσεων για B ως ABA άνεμο και NA ως ΝΔ άνεμο ανεξάρτητα από την ένταση του ανέμου. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε και πάλι ο έλεγχος των διαφορών των κλίσεων $b_{v>6}$ έναντι $b_{v<6}$ που προέκυψαν από τον ορισμό των ευθειών παλινδρόμησης μεταξύ των ζευγών $x=V$ και $y=dT$. Ορίστηκε στην συνέχεια η μηδενική υπόθεση H_0 : $b_{v>6} = b_{v<6}$ έναντι της H_1 : $b_{v>6} \neq b_{v<6}$ Για τα μεγέθη των δειγμάτων που μελετήθηκαν αν η κρίσιμη τιμή του ελέγχου $|t|$ στην στάθμη σημαντικότητας $\alpha=0,05$ είναι μεγαλύτερη του 1,96 τότε ισχύει η H_1 , άλλως ισχύει η H_0 , δηλαδή οι κλίσεις μπορούν να θεωρηθούν στατιστικά ίσες. Τα γενικά συμπεράσματα (Πίνακας 7.12) συνοψίζονται στα εξής:

- Τον Ιούνιο, σε γενικές γραμμές, για B ως ABA άνεμο ισχύει $b_{v>6} < b_{v<6}$ δηλαδή η κλίση της γραμμής παλινδρόμησης είναι μεγαλύτερη για μικρές εντάσεις του ανέμου, που σημαίνει ότι όσο αυξάνει ο άνεμος μέχρι τα 6m/s, τόσο ελαττώνεται η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας. Μόνο στην περίπτωση των σταθμών 10,12, 14 και 27 συμβαίνει το αντίστροφο, ενώ στον σταθμό 6 ισχύει $b_{v>6} = b_{v<6}$. Το αποτέλεσμα αυτό συνδέεται άμεσα με την σημαντικότητα των κλίσεων των γραμμών παλινδρόμησης (Πίνακας 7.12) σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις. Στις περιπτώσεις που επικρατούν NA ως ΝΔ άνεμοι οι διαφορές των κλίσεων βρέθηκαν στατιστικά μη σημαντικές εκτός από τους σταθμούς 1, 6, και 22 όπου ισχύει $b_{v>6} < b_{v<6}$, όπου τουλάχιστον για τους σταθμούς 1 και 6 το αποτέλεσμα αυτό μπορεί να συνδυασθεί με το ότι τα δεδομένα $x=V$ και $y=dT$ έχουν βρεθεί ασυσχέτιστα μεταξύ τους.
- Η εικόνα του Ιουνίου αντιστρέφεται σχεδόν στο σύνολο των περιπτώσεων τον Αύγουστο (πλην του Σταθμού 22 στην Αγ. Παρασκευή) και σε μεγάλο μέρος των περιπτώσεων τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο (Πίνακας 7.16) και πάλι για B ως ABA άνεμο.
- Στις περιπτώσεις με NA ως ΝΔ άνεμο, τον Ιούνιο εκτός από τους σταθμούς 1 και 6, σε όλους τους άλλους οι κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης $b_{v>6}$ και $b_{v<6}$ βρέθηκαν στατιστικά ίσες μεταξύ τους, δηλαδή για όλες τις εντάσεις του ανέμου οι μεταβολές του dT είναι της αυτής τάξης μεγέθους. Τους άλλους μήνες οι διαφορές $b_{v>6} - b_{v<6}$ εμφανίζονται άλλοτε θετικές και άλλοτε αρνητικές και στατιστικά σημαντικές, στις περισσότερες περιπτώσεις. Αυτή η ασάφεια οφείλεται στο πολύ μικρό μέγεθος των δειγμάτων που αντιστοιχούν στις υψηλές εντάσεις του ανέμου που συχνά οδηγεί σε μη αξιόπιστα αποτελέσματα όσον αφορά την γραμμικότητα μεταξύ των μεγεθών dT και V.

Σε επόμενη παράγραφο μελετάται επί πλέον η συμπεριφορά της αστικής θερμικής νησίδας και για πολύ χαμηλές εντάσεις του ανέμου, χωριστά για την ημέρα και χωριστά για την νύκτα σε μια προσπάθεια ερμηνείας των προηγούμενων αποτελεσμάτων

Πίνακας 7.12: Έλεγχος των διαφορών $t_{bi(v>6)}-t_{bi(v<6)}$ των κλίσεων των ευθειών παλινδρόμησης μεταξύ των περιπτώσεων με ένταση του ανέμου $V \geq 6m/s$ και $V < 6m/s$ για B – ABA και NA - ΝΔ διεύθυνση ανέμου, κάθε μήνα και κάθε σταθμό

ΜΗΝΕΣ		ΙΟΥΝΙΟΣ		ΙΟΥΛΙΟΣ		ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΣΤΑΘΜΟΙ	B - ABA	NA - ΝΔ	B - ABA	NA - ΝΔ	B - ABA	NA - ΝΔ	B - ABA	NA - ΝΔ
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1.	No 3	-27,4	1,66	12,37	-3,14	7,25	3,1	3,44	1,64
	No 4	-3,7	1,23	5,35	-3,29	9,23	-1,47	-1,71	6,74
	No 5	-32,04	1,43	6,38	-1,52	10,85	-2,06	2,06	2,66
	No 7	-20,05	-0,23	21,88	-0,69	12,72	-0,42	4,63	-5,55
	No 9	-25,4	-0,17	3,1	3,25	12,52	3,25	4,13	-6,09
	No12	32,36	-0,46	18,58	2,14	7,81	5,12	-3,62	-5,97
	No13	-23,95	-0,35	6,86	-0,53	12,75	-7,8	6,3	-4,16
	No 15	-23,42	0,49	20,0	-4,9	14,19	-4,46	3,26	2,16
	No 18	-23,62	-1,47	-5,43	1,97	17,56	-3,53	2,18	3,88
	No 25	-35,92	0,6	-1,75	-2,15	9,21	-9,41	0,77	2,26
	No 26	-23,62	-0,8	16,39	-0,22	30,85	-13,22	5,72	-3,51
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2.	No 6	-0,85	-4,81	6,88	0,79	2,67	-9,23	1,52	0,63
	No 10	18,75	-1,8	17,07	-3,26	18,97	-6,03	3,79	2,09
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3.	No2	-20,92	0,07	11,34	0,07	18,06	3,74	6,14	0,52
	No 8	-13,02	-0,71	18,59	2,07	16,51	-8,94	3,79	0,25
	No 16	-35,42	-0,59	8,73	-1,9	13,15	-6,46	1,42	0,93
	No 21	-15,54	-0,10	14,79	2,04	17,57	-9,97	6,91	-1,32
	No 23	-10,14	-0,03	8,2	1,1	13,21	-3,67	1,37	-2,6
	No 24	-	-	-13,67	-5,37	10,32	-7,32	0,17	-5,66
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4.	No 27	8,47	1,77	-7,05	-3,34	14,68	-3,34	0,6	5,08
	No 1	-2,47	-2,81	5,26	2,38	14,68	3,23	0,6	5,08
	No 14	3,99	1,23	2,44	1,22	2,44	3,65	-4,05	-0,09
	No 17	-11,88	-0,39	15,45	6,66	17,82	-6,12	0,08	0,94
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5.	No 22	-19,71	-0,53	12,7	-0,7	-14,45	-6,68	3,12	-2,98

7.2.7. Η συμπεριφορά της αστικής θερμικής νησίδας την ημερήσια περίοδο και την νυχτερινή περίοδο σε συνάρτηση με υψηλές και χαμηλές ταχύτητες του ανέμου

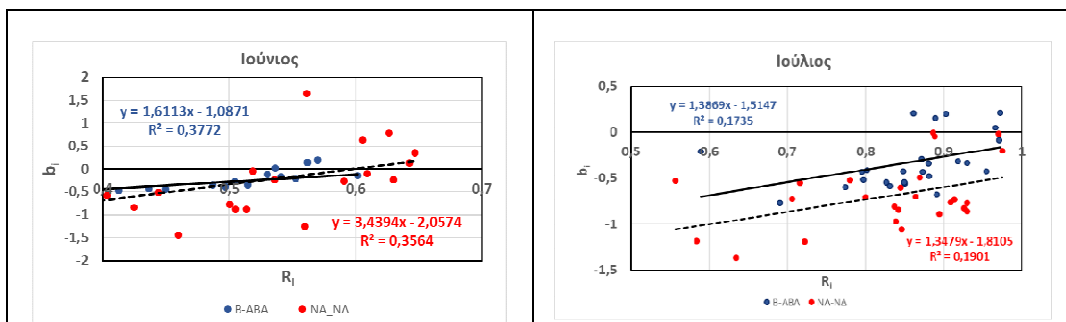
Για έναν ακόμα λεπτομερέστερο έλεγχο εξετάστηκαν για κάθε σταθμό και κάθε μήνα οι τιμές, σε ωριαία βάση, της αστικής θερμικής νησίδας συναρτήσει της έντασης του ανέμου στις περιπτώσεις με $V < 1m/s$ και σε αυτές με $V > 6m/s$ χωριστά για το διάστημα της ημέρας και χωριστά για το διάστημα της νύκτας, ενώ συγχρόνως μελετήθηκε και η διεύθυνση του ανέμου για αυτές τις περιπτώσεις. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν μπορούν να συνοψισθούν στα ακόλουθα:

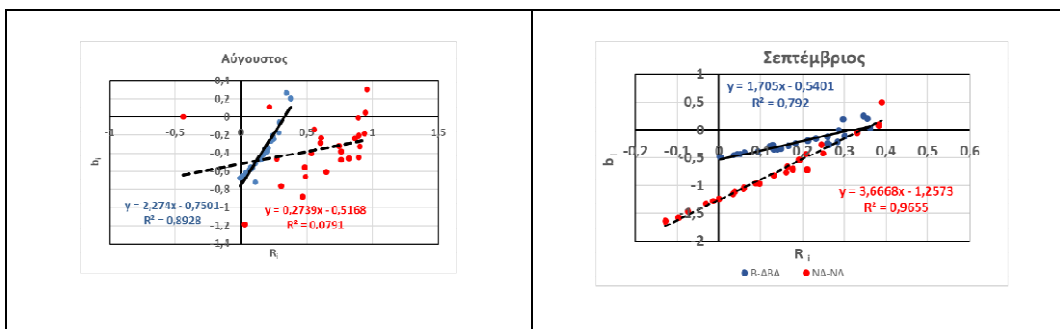
- Όσον αφορά την διεύθυνση του ανέμου, και για τους τέσσερεις εξεταζόμενους μήνες, όταν οι επικρατούντες άνεμοι έχουν εντάσεις μεγαλύτερες των $6m/s$, τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και την νύκτα, αυτές είναι του BBA ως BA τομέα. Αυτό προφανώς σχετίζεται με την επικράτηση το διάστημα αυτό των Ετησίων ανέμων (μελέτμια) που κυρίως από τα μέσα Ιουλίου ως τα μέσα Σεπτεμβρίου εμφανίζουν υψηλές εντάσεις του ανέμου οι οποίες για

διαστήματα με πολύ υψηλές τιμές συνεχίζουν να παρατηρούνται και κατά την διάρκεια της νύκτας παρόλο που οι Ετησίες είναι ημερήσιοι άνεμοι οι οποίοι όμως δεν εξασθενούν κατά την διάρκεια η νύκτας ή επανεμφανίζονται μέσα στην νύκτα όταν οι εντάσεις τους είναι μεγάλες.

- Στην περίπτωση που οι εντάσεις του ανέμου είναι μικρότερες του 1m/s, δηλαδή σχεδόν επικρατεί άπνοια, όλους τους μήνες τόσο κατά την ημέρα όσο και κατά την νύκτα ο άνεμος προέρχεται από διαφορετικές διευθύνσεις χωρίς να μπορεί να ορισθεί μια επικρατούσα διεύθυνση εκτός από τον Σεπτέμβριο όπου τόσο την ημέρα όσο και την νύκτα οι χαμηλές εντάσεις του ανέμου εντοπίζονται στον βόρειο τομέα (BΒΔ ως ΒΑ).
- Η πορεία, ανά σταθμό και κατηγορία ταξινόμησης του λεκανοπεδίου των Αθηνών, των μέσων διαφορών θερμοκρασίας, για $V < 1\text{m/s}$ την ημέρα, έδειξε αρχικά μια πτωτική τάση κινούμενοι από την Κατηγορία 1 προς την Κατηγορία 3 και τους τέσσερις μήνες. Φαινόμενο αναστροφής της μέσης αστικής νησίδας την ημέρα, για $V < 1\text{m/s}$ και όλους τους μήνες παρατηρήθηκε στον Σταθμό 22 (Πεδίον του Άρεως), λόγω της θέσης του σταθμού και των δραστηριοτήτων που παρατηρούνται στον περιβάλλοντα χώρο. Επίσης παρατηρήθηκε τον Ιούνιο σε σταθμούς που βρίσκονται γύρω από τον κέντρο της πόλης τόσο νοτιοανατολικά αυτού (Σταθμός 2) όσον και προς τον βορρά αυτού (σταθμοί 16,21 και 27) και τον Ιούλιο στο Σταθμό 24.
- Την νύκτα για $V < 1\text{m/s}$, οπότε δεν παρατηρείται επαρκής αερισμός, όλους τους μήνες γενικά, δεν παρατηρήθηκε αναστροφή του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας εκτός από τον Σταθμό 24 (Παράδεισος Αμαρουσίου) τον Ιούλιο.
- Για εντάσεις του ανέμου $V > 6\text{m/s}$, την ημέρα σε πολλούς σταθμούς σε όλες τις κατηγορίες και κυρίως τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο παρατηρήθηκε αναστροφή του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας η οποία έφθανε μέχρι του 3°C , δηλαδή ο σταθμός αναφοράς (Σταθμός 19) εμφάνιζε υψηλότερες ωριαίες θερμοκρασίες από ότι οι γύρω από αυτόν σταθμοί. Αυτό πιθανόν να μπορεί να αποδοθεί στο ότι το ΒΒΑ ως ΒΑ ρεύμα που επικρατεί τους μήνες αυτούς συμβάλλει στην διατήρηση χαμηλότερων θερμοκρασιών στην περιοχή και σε σχέση με τον προστατευμένο από την βλάστηση σταθμό αναφοράς και των φαινομένων της εξατμισοδιαπνοής.
- Τέλος, κατά την διάρκεια των νυκτερινών ωρών, για εντάσεις του ανέμου μεγαλύτερες των 6m/s , όπου οι επικρατούσες διευθύνσεις του ανέμου είναι και πάλι ΒΒΑ ως ΒΑ τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο, παρατηρήθηκε αναστροφή του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, με μικρότερη όμως ένταση στους σταθμούς 8,21,22 και 23 που βρίσκονται βόρεια του κέντρου της πόλης, ενώ τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο σε αυτούς προστέθηκε και ο Σταθμός 27 ο οποίος και αυτός βρίσκεται βόρεια του κέντρου τη πόλης.

7.2.8. Μελέτη της σχέσης μεταξύ των τιμών b_i των γραμμικών συσχετίσεων θερμοκρασίας του αέρα/έντασης του ανέμου και του συντελεστή συσχέτισης της ευθείας παλινδρόμησης μεταξύ θερμοκρασίας του αέρα/έντασης του ανέμου για Β-ΑΒΑ και ΝΑ-ΝΔ διεύθυνση του ανέμου





Σχήμα 7.21. Διαγράμματα διασποράς και οι αντίστοιχες ευθείες παλινδρόμησης μεταξύ της κλίσης b_i της ευθείας παλινδρόμησης ($dT_i = a + b_i \cdot V_i$) και του αντίστοιχου συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R_i) μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και του ανέμου για κάθε μήνα ($T_i = a + C_i \cdot V_i$)

Πίνακας 7.13: Στατιστική σημαντικότητα(σ.σ.) των κλίσεων (B_i) ευθειών παλινδρόμησης που αντιστοιχούν στα ζεύγη b_i και R_i και έλεγχος της σημαντικότητας των διαφορών των κλίσεων $B_{i(B-ABA)}$ και $B_{i(NA-NA)}$

	B - ABA	NA - ΝΔ	$t_{B-ABA} - t_{NA-NA}$	Στατιστική σημαντικότητα των διαφορών των κλίσεων
	Στατιστική σημαντικότητα των κλίσεων B_i		t-test των διαφορών των κλίσεων	
Ιούνιος	3,73(σ.σ.)	3,57(σ.σ.)	0,69	Μη σ.σ.
Ιούλιος	2,20(σ.σ.)	1,34(μη σ.σ.)	0,02	Μη σ.σ.
Αύγουστος	13,84(σ.σ.)	1,41(σ.σ.)	2,37	σ.σ.
Σεπτέμβριος	9,36(σ.σ.)	25,36(σ.σ.)	-4,26	σ.σ.

Εξετάζοντας το σχήμα 7.24 και τον πίνακα 7.13 προκύπτουν τα εξής. Αρχικά, όπως φαίνεται από τις ευθείες παλινδρόμησης όλους τους μήνες και σχεδόν σε όλους τους σταθμούς αυξανόμενης της έντασης του ανέμου, τόσο στις περιπτώσεις με B-ABA, όσο και με NA-ΝΔ άνεμο ελαττώνονται συγχρόνως και οι διαφορές (dT) της θερμοκρασία του αέρα των σταθμών από τις αντίστοιχες τιμές του σταθμού αναφοράς (Σταθμός 19). Οι κλίσεις B_i των γραμμών παλινδρόμησης $b_i = a + B_i \cdot R_i$ (Σχήμα 7.26) βρέθηκαν θετικές και στατιστικά σημαντικές όλους τους μήνες, εκτός από την περίπτωση του Ιουλίου με NA-ΝΔ άνεμο (Πίνακας 7.13). Η μετακίνηση δηλαδή του συντελεστή συσχέτισης(R_i) προς αλγεβρικά μεγαλύτερες τιμές οδηγεί άμεσα στην μετακίνηση της τιμής κλίσης της γραμμικής παλινδρομικής ανάλυσης $dT = f(V)$ προς μεγαλύτερες τιμές που υπονοεί ότι όσο περισσότερο επηρεάζει ο άνεμος τις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα σε μια θέση τόσο αυξάνουν οι τιμές της αστικής θερμικής νησίδας είτε λόγω αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα στη θέση αυτή είτε λόγω ελάττωσης της θερμοκρασίας στον σταθμό αναφοράς, είτε και λόγω μεγαλύτερη ελάττωσης της θερμοκρασίας του αέρα στο σταθμό αναφοράς σε σχέση με την ελάττωση αυτής στην θέση μέτρησης.

Στη συνέχεια συγκρίθηκαν οι κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης των ζευγών b_i/R_i για κάθε μήνα μεταξύ B-ABA ρεύματος, και NA-ΝΔ ρεύματος. Όπως προέκυψε (τελευταία στήλη του Πίνακα 7.13), η διεύθυνση του ανέμου επηρεάζει στατιστικά τις διαφορές των κλίσεων τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι τους μήνες αυτούς, η μεταβολές του dT , συναρτήσει της έντασης του ανέμου, παρουσιάζει μεγαλύτερες διαφοροποιήσεις για τις περιπτώσεις ανέμου B-ABA διευθύνσεων, σε σχέση με αυτές που αφορούν NA ως ΝΔ άνεμο. Επίσης τους μήνες αυτούς υπάρχει αποθήκευση θερμότητας μέσα στον αστικό ιστό που έχει σαν αποτέλεσμα ο άνεμος να επιδρά λιγότερο στην ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας.

7.2.9. Σύγκριση ανά μήνα της αστικής θερμικής νησίδας μεταξύ των σταθμών κάθε κατηγορίας κατά την ημερήσια και νυκτερινή περίοδο για B-ABA και NA-NΔ άνεμο

Για να ελεγχθεί κατά πόσον οι σταθμοί κάθε κατηγορίας εμφανίζουν ομοιογένεια όσον αφορά την επίδραση του ανέμου σε αυτούς, ορίστηκαν οι γραμμές παλινδρόμησης $dT=a+b \cdot V$ και στην συνέχεια ελέγχθηκε για κάθε ζεύγος σταθμών μέσα σε κάθε κατηγορία η διαφορά των κλίσεων των γραμμών παλινδρόμησης. Στους Πίνακες 7.14 και 7.15 ορίζεται το αποτέλεσμα αυτής της σύγκρισης, για νύκτα και ημέρα, μεταξύ του Σταθμού 22, που αντιστοιχεί στη κατηγορία 5 και καθενός από τους σταθμούς των άλλων κατηγοριών, για να φανεί αρχικά αν ο Σταθμός 22, με σαφώς διαφορετικά χαρακτηριστικά από όλους τους άλλους, παρουσιάζει ή όχι ομοιότητες στην συμπεριφορά τους σε σχέση με τους άλλους σταθμούς. Αρχικά μελετήθηκε η σημαντικότητα των διαφορών των κλίσεων $b_{22} - b_i$ $i=1,2,\dots,18,20,21,23,\dots,27$. Όπως φαίνεται στον πίνακα 7.14, οι διαφορές των κλίσεων κυρίως τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές (NAI), Σε μεγαλύτερο ποσοστό (15/24), αυτές βρέθηκαν μη σημαντικές στην στάθμη σημαντικότητας $\alpha=0,05$, τον Σεπτέμβριο με NA-NΔ ρεύμα Σε όλες τις άλλες περιπτώσεις και μόνο σε ένα πολύ μικρό ποσοστό (11/168) οι διαφορές των κλίσεων βρέθηκαν μη στατιστικά σημαντικές γεγονός που δεν μπορεί να αποδοθεί στην ομοιομορφία της συμπεριφοράς των χαρακτηριστικών μεταξύ του Σταθμού 22 και κάποιου άλλου σταθμού δεδομένου ότι πρόκειται για διάσπαρτες περιπτώσεις. Κατά την διάρκεια της ημέρας (Πίνακας 7.15), όλους τους μήνες τόσο για B-ABA, όσο και για NA-NΔ ρεύμα η μη ταύτιση των κλίσεων των γραμμών παλινδρόμησης (η ισχύ δηλαδή της $H_1: b_{22} \neq b_i$ υπόθεσης) παρατηρήθηκε σε ποσοστό 88,5%, ως εκ τούτου ο Σταθμός 22 ορίζει μια ξεχωριστή κατηγορία μέσα στην ευρύτερη περιοχή του αστικού ιστού.

Στην συνέχεια για κάθε μήνα χωριστά για την ημέρα και την νύκτα και χωριστά για B-ABA και NA-NΔ ρεύμα ορίστηκε και πάλι η $H_1: b_i \neq b_j$ υπόθεσης η οποία ελέγχθηκε στην στάθμη σημαντικότητας $\alpha=0,05$.

Από την μελέτη των ίδιων πινάκων προέκυψαν τα εξής:

1. Εξετάζοντας τις ταυτίσεις των κλίσεων σε κάθε μια από τις κατηγορίες και για κάθε μήνα, τα μεγαλύτερα ποσοστά στατιστικής ταύτισης των κλίσεων των γραμμών παλινδρόμησης, ανά δύο σταθμούς, εντοπίστηκαν την νύκτα και με NA-NΔ ρεύμα, με τις μέγιστες τιμές να εντοπίζονται τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο.
2. Αν ληφθούν τα αποτελέσματα των ελέγχων ανά μήνα προέκυψε ότι οι μεγαλύτερες συχνότητες ταυτίσεων των κλίσεων εντοπίστηκαν τον Ιούνιο για τις κατηγορίες 1,3 και 4 και τον Σεπτέμβριο(31,3%) για την κατηγορία 5 (Πίνακας 7.14 και 7.15)
3. Στις κατηγορίες 2 και 4, όπου οι σταθμοί και στις δύο κατηγορίες βρίσκονται σε πανταχόθεν ανοικτό περιβάλλον σε όλες τις περιπτώσεις (μήνες, ημέρα/νύκτα, B-ABA/NA-NΔ) η στατιστική ταύτιση των κλίσεων ανά ζεύγη σταθμών εμφάνισαν πολύ μικρές ως μηδενικές συχνότητες. Ιδιαίτερα στην κατηγορία 2 είναι αξιοπρόσεκτο ότι οι κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης μεταξύ των σταθμών 6 και 10 που περιλαμβάνονται σε αυτή την κατηγορία ταυτίζονται μόνο στην 1 από τις 16 περιπτώσεις.
4. Εξετάζοντας αναλυτικά τα ζεύγη των σταθμών όπου οι διαφορές των κλίσεων των γραμμών παλινδρόμησης βρέθηκαν στατιστικά ίσες διαπιστώθηκαν τα εξής:

- Τον Ιούνιο και για τις 4 περιπτώσεις (ημέρα/νύκτα και B-ABA/NA-NΔ) οι κλίσεις βρέθηκαν ίσες μεταξύ των Σταθμών 1 και 17, οι οποίοι ανήκουν στην ίδια κατηγορία (Κατηγορία 4)
- Επίσης τον Ιούνιο σε 3 από τις 4 περιπτώσεις ταυτίστηκαν στατιστικά οι κλίσεις μεταξύ των σταθμών 13 και 15 και μεταξύ των σταθμών 15 και 26 (ανήκουν όλοι στην Κατηγορία 1).

Εξετάζοντας τις τιμές της παραμέτρου H/W προέκυψε ότι και στις τρεις περιπτώσεις ο λόγος αυτός ισούται με 2,5, επομένως υπάρχει ένα κοινό στοιχείο που οδηγεί στην στατιστική ταύτιση των κλίσεων.

- Τον Ιούλιο ταύτιση των κλίσεων παρατηρήθηκε σε 3 από τις 4 περιπτώσεις μεταξύ των σε κοντινή απόσταση ευρισκόμενων σταθμών 5 και 26 (Κατηγορία 1). Στην περίπτωση αυτή οι δύο σταθμοί έχουν ίδιο λόγο $h/W=0,3$
- Τον Αύγουστο ταύτιση των κλίσεων παρατηρήθηκε στις τρεις από τις 4 περιπτώσεις μεταξύ των σταθμών 4 και 18 (Κατηγορία 1), όπου οι δύο σταθμοί έχουν ίδιο λόγο $H/W=1$ και παραπλήσιους λόγους $h/W=0,7$ και $0,6$ αντίστοιχα
- Τον Σεπτέμβριο ξεχώρισαν 3 ζεύγη σταθμών με κοινά χαρακτηριστικά. Ίσες κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης και στις 4 περιπτώσεις παρατηρήθηκαν **α.** μεταξύ των σταθμών 3 και 5(κατηγορία 1) με λόγο $h/W=0,3$ και στους δύο σταθμούς, **β.** μεταξύ των σταθμών 13 και 26(Κατηγορία 1), όπου οι δύο σταθμοί έχουν ίδιο λόγο $H/W=2,5$ και παραπλήσιους λόγους $h/W=0,4$ και $0,3$ αντίστοιχα και **γ.** οι σταθμοί 18 και 25(Κατηγορία 1), με παραπλήσιους τους λόγους $H/W=1$ και 2 αντίστοιχα .

Όπως φάνηκε εκτός από μία περίπτωση (σταθμοί 1 και 17), σε όλες τις άλλες περιπτώσεις οι ταυτιζόμενοι σταθμοί ανήκουν στην Κατηγορία 1, δηλαδή στο κέντρο του αστικού ιστού και με ίσες ή παραπλήσιες τιμές των λόγων H/W και h/W , στοιχεία που δείχνουν ότι την επίδραση των χαρακτηριστικών του δρόμου στην εμφάνιση φαινομένων αστικής θερμικής νησίδα.

Πίνακας 7.14: Σύγκριση των διαφορών των κλίσεων (b_1-b_{22}) των γραμμών παλινδρόμησης $dT = a+b \cdot V$ μεταξύ του Σταθμού 22 (Πεδίον του Άρεως) και όλων των άλλων σταθμών για τα **ημερήσια** δεδομένα (07.00-20.00τοπική ώρα) για **B-ABA** και **NA-NA** ρεύμα

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΙΟΥΝΙΟΣ		ΙΟΥΛΙΟΣ		ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	
	B-ABA	NA-NA	B-ABA	NA-NA	B-ABA	NA-NA	B-ABA	NA-NA
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1.								
No 3	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 4	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 5	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI	OXI	NAI	OXI
No 7	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 9	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI
No 12	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI
No 13	NAI	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 15	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI
No 18	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 25	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI	OXI
No 26	NAI	OXI	OXI	NAI	OXI	NAI	NAI	OXI
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2.								
No 6	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 10	NAI	NAI	OXI	NAI	OXI	OXI	NAI	OXI
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3.								
No 2	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 8	OXI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 16	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No21	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 23	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 24	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 27	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4.								
No 1	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 14	NAI	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 17	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI	OXI	NAI
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5.								
No 19	-	-	-	-	-	-	-	-
No 22	-	-	-	-	-	-	-	-

Πίνακας 7.15: Σύγκριση των διαφορών των κλίσεων (b_1 - b_{22}) των γραμμών παλινδρόμησης $dT = a + b \cdot V$ μεταξύ του Σταθμού 22 (Πεδίο του Άρεως) και όλων των άλλων σταθμών για τα **νυκτερινά** δεδομένα (21.00-06.00 τοπική ώρα) για **B-ABA** και **NA-NA** ρεύμα .

ΣΤΑΘΜΟΙ	ΙΟΥΝΙΟΣ		ΙΟΥΛΙΟΣ		ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ		ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	
	B-ABA	NA-NA	B-ABA	NA-NA	B-ABA	NA-NA	B-ABA	NA-NA
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1.								
No 3	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 4	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 5	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 7	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 9	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 12	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 13	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 15	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 18	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 25	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 26	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2.								
No 6	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 10	OXI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 3.								
No 2	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 8	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 16	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI	NAI	OXI
No 21	NAI	NAI	OXI	NAI	OXI	NAI	NAI	OXI
No 23	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 24	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI
No 27	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 4.								
No 1	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI	NAI	OXI
No 14	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI
No 17	NAI	NAI	NAI	NAI	NAI	OXI	NAI	NAI
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 5.								
No 19	-	-	-	-	-	-	-	-
No 22	-	-	-	-	-	-	-	-

7.3. Μελέτη του βαθμού επίδρασης της θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς σε συνδυασμό με την ένταση του ανέμου, στην αστική νησίδα κάθε σταθμού

Με δεδομένο ότι βασική παράμετρος δημιουργίας του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας είναι η επικρατούσα συνοπτική θερμοκρασία του αέρα, όπου αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι η θερμοκρασία που μετρήθηκε στον σταθμό αναφοράς (Σταθμός 19), ενώ το φαινόμενο επηρεάζεται έντονα από τον άνεμο και μάλιστα τόσο από τις τιμές V , όσο και από τις τιμές V^2 , αναζητήθηκε η συνολική επιρροή των παραμέτρων αυτών πάνω στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Για τον λόγο αυτό υπολογίσθηκαν οι πολλαπλές γραμμικές παλινδρομήσεις της μορφής $dT = a + b \cdot T_{19} + c \cdot V + d \cdot V^2$ και ορίσθηκαν σε κάθε μία από αυτές η στατιστική σημαντικότητα των συντελεστών b , c και d και του συντελεστή παλινδρόμησης R , ώστε για κάθε μήνα με B-ABA και NA-NA άνεμο χωριστά για τα ημερήσια και νυκτερινά δεδομένα και για κάθε σταθμό να εκτιμηθούν οι παράγοντες που επηρεάζουν περισσότερο το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Από την μελέτη των πινάκων 7.16 ως και 7.19 προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Τόσο την ημέρα, όσο και την νύκτα ανεξάρτητα από την διεύθυνση του ανέμου σε ποσοστό περίπου 86,7% (92,7% για B-ABA ρεύμα και 80,7% για NA-NA ρεύμα), οι συντελεστές παλινδρόμησης βρέθηκαν στατιστικά σημαντικοί

- Τον Ιούνιο την ημέρα, για B-ABA, άνεμο σε όλες τις κατηγορίες ο κύριος παράγοντας που διαμορφώνει την αστική θερμική νησίδα είναι η θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς, ενώ για NA-ΝΔ άνεμο, σε άλλες περιπτώσεις επικρατεί η θερμοκρασία αναφοράς και σε άλλες περιπτώσεις ο άνεμος.
- Τον Ιούνιο την νύκτα στην μεν περίπτωση του B-ABA ρεύματος βασικός παράγοντας είναι ο άνεμος, ενώ για NA-ΝΔ ρεύμα η αστική θερμική νησίδα εξαρτάται και πάλι από την θερμοκρασία του αέρα.
- Τον Ιούλιο την ημέρα για B-ABA άνεμο, την μεγαλύτερη στατιστική σημαντικότητα εμφανίζει ο συντελεστής της παραμέτρου V για την Κατηγορία 1, ενώ για τις άλλες κατηγορίες άλλοτε επικρατεί ο συντελεστής της θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς και άλλοτε αυτός του ανέμου. Το ίδιο ισχύει και για τις περιπτώσεις με NA-ΝΔ ρεύμα, με σημαντικότερη όμως την συμβολή της θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς. Τέλος, στην κατηγορία 5 ανεξάρτητα με την διεύθυνση του ανέμου ο κύριος παράγοντας διαμόρφωσης των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας είναι η θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς.
- Το Ιούλιο την νύκτα με B-ABA άνεμο σχεδόν σε όλους τους σταθμούς ο συντελεστής c της V είναι ο καθοριστικός παράγοντας της μορφής της καμπύλης παλινδρόμησης και μάλιστα σε όλες τις περιπτώσεις εμφανίζεται με αρνητικό πρόσημο, δηλαδή για τις υψηλές τιμές τις έντασης του ανέμου εμφανίζονται αντίστοιχα χαμηλές τιμές της αστικής θερμικής νησίδας. Στις περιπτώσεις με NA-ΝΔ άνεμο, λόγω των χαμηλότερων νυκτερινών εντάσεων του ανέμου, σε άλλους σταθμούς είναι ισχυρότερη η επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα του σταθμού αναφοράς και άλλοτε αυτή της έντασης του ανέμου. Χαρακτηριστικό είναι ότι στον σταθμό της των κατηγορίας 5 (Πεδίον του Άρεως), και οι τρεις ανεξάρτητες μεταβλητές που εξετάζονται εμφανίζουν στατιστικά σημαντικούς συντελεστές ανεξάρτητα της διεύθυνσης του ανέμου γεγονός το οποίο δεν εμφανίζεται στον σταθμό κατά τη διάρκεια της ημέρας
- Τον Αύγουστο την ημέρα, παρά τις υψηλές εντάσεις του ανέμου (μελέμια) που επικρατούν αυτό το μήνα, την μεγαλύτερη στατιστική σημαντικότητα εμφανίζει άλλοτε ο συντελεστής της παραμέτρου T_{19} και άλλοτε αυτός της έντασης του ανέμου
- Τον Αύγουστο την νύκτα με B-ABA άνεμο σχεδόν σε όλους τους σταθμούς ο συντελεστής c είναι ο καθοριστικός παράγοντες της μορφής της γραμμής παλινδρόμησης και μάλιστα σε όλες τις περιπτώσεις εμφανίζονται με αρνητικό πρόσημο, δηλαδή για τις υψηλές τιμές τις έντασης του ανέμου παρατηρούνται αντίστοιχα χαμηλές τιμές της αστικής θερμικής νησίδας. Αντίθετα την νύκτα με NA-ΝΔ άνεμο, στις περισσότερες των περιπτώσεων, η στατιστικά σημαντική παλινδρομική συνδιακύμανση είναι αποτέλεσμα τις επίδρασης κυρίως της θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς. Χαρακτηριστικό είναι ότι ανεξάρτητα της διεύθυνσης του ανέμου, σε καμία περίπτωση δεν υπάρχει συγχρόνως επίδραση της θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς και της έντασης του ανέμου στον βαθμό της συδιακύμανσης τους με τις τιμές της αστικής θερμικής νησίδας.
- Τον Σεπτέμβριο την ημέρα, με B-ABA άνεμο σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις ο κυρίως στατιστικά σημαντικός συντελεστής είναι αυτός του ανέμου, ο οποίος όμως σε ορισμένες περιπτώσεις συνδέεται επίσης με τον στατιστικά σημαντικό συντελεστή b της θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς. Για NA-ΝΔ άνεμο η επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα του σταθμού αναφοράς, εμφανίζεται σαν ο κύριος παράγοντας διαμόρφωσης της αστικής θερμικής νησίδας, γεγονός αναμενόμενο για αυτό τον μήνα όπου επικρατούν ακόμα υψηλές θερμοκρασίες του αέρα σε συνδυασμό με χαμηλότερες εντάσεις του ανέμου

- Τον Σεπτέμβριο την νύκτα με Β-ΑΒΑ άνεμο σχεδόν σε όλους τους σταθμούς τόσο η θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς, αλλά κυρίως ο άνεμος, έχουν στατιστικά σημαντική επίδραση στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Η μεν θερμοκρασία του αέρα τείνει να αυξήσει την αστική θερμική νησίδα, ενώ η ένταση του ανέμου τείνει να την ελαττώσει. Χαρακτηριστική επίσης είναι η επικράτηση θετικών τιμών των συντελεστών της παραμέτρου V^2 , με αποτέλεσμα οι καμπύλες συνδιακύμανσης να εμφανίζουν τα κοίλα προς τα κάτω δηλαδή για χαμηλές εντάσεις του ανέμου να παρατηρείται μικρή αύξηση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας, ενώ για υψηλότερες τιμές του ανέμου να εμφανίζεται ελάττωση της αστικής θερμικής νησίδας. Στις περιπτώσεις με ΝΑ-ΝΔ άνεμο, κύριος παράγοντας που καθορίζει το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας είναι και πάλι ο άνεμος και κυρίως η μορφή της καμπύλης συνδιακύμανσης. Τέλος, χαρακτηριστικό είναι ότι στην περίπτωση αυτή παρατηρήθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός περιπτώσεων (11) όπου η συνδιακύμανση είναι στατιστικά μη σημαντική, δηλαδή στην διαμόρφωση της αστικής θερμικής νησίδας επιδρούν και άλλοι παράγοντες (διάρκεια ημέρας, νέφωση κ.α.)
- Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ότι βρέθηκαν και περιπτώσεις όπου ο μεν συντελεστής συνδιακύμανσης ήταν στατιστικά σημαντικός αλλά κανένας από τους συντελεστές b,c και d δεν ήταν στατιστικά σημαντικός. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να θεωρηθεί ότι συγχρόνως η θερμοκρασία του αέρα του σταθμού αναφοράς και η ένταση του ανέμου επιδρούν στην διαμόρφωση της αστικής θερμικής νησίδας χωρίς να μπορεί να προσδιορισθεί πιο από τα δύο μεγέθη έχουν μεγαλύτερη επίδραση.

Η ανωτέρω ανάλυση είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι καταδεικνύει και με στατιστικό τρόπο ότι το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας εντός του κτηριακού οριακού στρώματος είναι ιδιαίτερα σύνθετο φαινόμενο που εξαρτάται τόσο από τις συνοπτικές θερμοκρασίες του αέρα όσο και από την ένταση κυρίως και λιγότερο από την φορά του ανέμου. Η σύνθεση αυτών των δύο παραγόντων επιδρά σημαντικά στην διαμόρφωση του φαινομένου σε συνδυασμό με τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής κάθε σταθμού. Γενικά παρατηρείται για Β-ΑΒΑ διευθύνεις η ένταση του ανέμου να είναι σημαντικότερος παράγοντας διαμόρφωσης του φαινομένου κατά την διάρκεια της νύχτας ενώ για ΝΑ-ΝΔ διευθύνσεις υπάρχει μια πιο σύνθετη κατάσταση με την θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς να είναι ο σημαντικότερος παράγοντας διαμόρφωσης των διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών και σταθμού αναφοράς. Κατά την διάρκεια της ημέρας η κατάσταση είναι σαφώς πιο σύνθετη. Η διαμόρφωση του φαινομένου εξαρτάται τόσο από την θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς όσο και από την ένταση και φορά του ανέμου με την θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς να είναι ο σημαντικότερος παράγοντας στις περιπτώσεις των ΝΑ-ΝΔ διευθύνσεων.

Πίνακας 7.16: Τιμές των συντελεστών b,c και d των παραμέτρων T_{19} , V και V^2 και του συντελεστή παλινδρόμησης της πολλαπλής παλινδρόμησης $dT=a+b \cdot T_{19}+c \cdot V+d \cdot V^2$ για την ημερήσια και την νυχτερινή περίοδο τον Ιούνιο του 1997.

ΙΟΥΝΙΟΣ(ημέρα)									
Κατηγορία 1.									
Σταθμός	Β-ΑΒΑ				Σταθμός	ΝΑ-ΝΔ			
	$b_{T(19)}$	C_v	d_{V^2}	R		$b_{T(19)}$	C_v	d_{V^2}	R
No 3	-0,080	-0,150	-0,002	0,409	No 3	-0,023	-0,884	0,108	0,231
No 4	-0,065	0,143	-0,049	0,357	No 4	-0,063	0,353	-0,203	0,566
No 5	-0,141	-0,166	-0,018	0,569	No 5	-0,158	0,126	-0,141	0,737
No 7	-0,064	-0,095	0,005	0,226	No 7	-0,009	-0,039	-0,079	0,462
No 9	-0,188	-0,154	-0,008	0,619	No 9	0,462	0,462	0,462	0,731
No 12	-0,054	-0,078	0,064	0,477	No 12	0,096	0,323	0,067	0,502
No 13	-0,160	-0,465	0,029	0,582	No 13	0,004	-0,528	0,053	0,190
No 15	-0,103	-0,420	0,032	0,391	No 15	-0,091	-0,750	0,112	0,303

No 18	0,025	0,262	-0,053	0,321	No 18	-0,008	-0,226	-0,059	0,503
No 25	-0,104	0,334	-0,081	0,464	No 25	-0,189	-1,238	0,023	0,767
No 26	-0,220	-0,431	0,037	0,693	No 26	-0,242	0,299	-0,065	0,683
Κατηγορία 2.									
No 6	-0,291	0,133	0,008	0,742	No 6	-0,383	0,870	-0,107	0,770
No 10	-0,178	0,332	-0,038	0,471	No 10	-0,165	1,166	-0,076	0,469
Κατηγορία 3.									
No 2	-0,091	-0,307	-0,008	0,395	No 2	-0,276	-0,680	0,049	0,448
No 8	-0,415	-0,321	0,041	0,612	No 8	-0,350	2,788	-0,314	0,451
No16	-0,338	-0,335	0,005	0,699	No16	-0,367	0,168	-0,111	0,793
No 21	-0,365	-0,010	0,007	0,698	No 21	-0,291	1,622	-0,166	0,538
No 23	-0,447	-0,084	0,018	0,677	No 23	-0,318	1,849	-0,186	0,521
No 24	-	-	-	-	No 24	-	-	-	-
No 27	0,004	-0,088	-0,023	0,396	No 27	-0,036	-1,099	0,017	0,660
Κατηγορία 4.									
No 1	-0,020	0,103	-0,013	0,117	No 1	-0,055	0,185	-0,034	0,326
No 14	0,106	0,182	-0,004	0,510	No 14	0,033	0,199	0,022	0,436
No 17	-0,114	-0,113	0,012	0,396	No 17	-0,193	0,774	-0,106	0,515
No 20					No 20				
Κατηγορία 5.									
No19	Σταθμός αναφοράς				No 19	Σταθμός αναφοράς			
No 22	-0,250	-0,469	0,049	0,718	No 22	-0,302	0,132	-0,030	0,788
ΙΟΥΝΙΟΣ(νύκτα)									
Κατηγορία 1.									
Σταθμός	B-ABA				Σταθμός	NA-ΝΔ			
	$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R		$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R
No 3	0,132	0,359	-0,097	0,520	No 3	0,221	0,337	-0,025	0,740
No 4	0,062	-0,161	0,017	0,205	No 4	0,129	0,368	-0,092	0,444
No 5	-0,019	0,551	-0,128	0,714	No 5	0,120	0,582	-0,065	0,567
No 7	0,000	-0,475	0,042	0,307	No 7	0,150	0,746	-0,169	0,471
No 9	-0,051	0,446	-0,089	0,547	No 9	0,112	0,410	-0,025	0,440
No 12	-0,009	-0,176	0,001	0,331	No 12	0,095	0,759	-0,165	0,427
No 13	0,034	-0,567	0,043	0,354	No 13	0,125	0,517	-0,112	0,447
No 15	0,021	0,510	-0,115	0,443	No 15	0,206	0,631	-0,050	0,631
No 18	0,010	-0,215	0,016	0,144	No 18	0,158	-0,270	0,127	0,397
No 25	0,019	0,947	-0,173	0,665	No 25	0,160	0,228	0,056	0,611
No 26	0,045	0,430	-0,106	0,563	No 26	0,160	0,228	0,056	0,611
Κατηγορία 2.									
No 6	-0,245	0,488	-0,073	0,707	No 6	-0,091	0,132	0,031	0,285
No 10	0,027	0,440	-0,084	0,432	No 10	0,131	0,086	0,022	0,606
Κατηγορία 3.									
No 2	-0,401	0,032	2,804	0,236	No 2	0,009	-0,217	0,026	0,108
No 8	0,066	0,582	-0,122	0,415	No 8	0,250	1,483	-0,290	0,563
No16	0,003	0,496	-0,111	0,480	No16	0,102	0,427	-0,054	0,447
No 21	0,044	0,309	-0,073	0,410	No 21	0,121	0,200	0,034	0,442
No 23	0,018	0,767	-0,128	0,422	No 23	0,033	-0,135	0,120	0,278
No 24	Πολύ μικρό δείγμα				No 24	Πολύ μικρό δείγμα			
No 27	-0,008	-0,674	0,098	0,260	No 27	-0,023	-0,178	0,111	0,162
Κατηγορία 4.									
No 1	-0,024	0,476	-0,075	0,420	No 1	0,136	0,797	-0,162	0,550
No 14	0,098	0,624	-0,115	0,548	No 14	0,203	-0,159	0,100	0,711
No 17	0,048	0,519	-0,097	0,368	No 17	0,154	-0,144	0,105	0,530
No 20					No 20				
Κατηγορία 5.									
No19	Σταθμός αναφοράς				No 19	Σταθμός αναφοράς			
No 22	0,036	0,272	-0,064	0,458	No 22	0,031	-0,278	0,098	0,191

Πίνακας 7.17: Τιμές των ελέγχων της σημαντικότητας των συντελεστών των παραμέτρων T_{19} , V και V^2 και του συντελεστή παλινδρόμησης της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης $dT=a+b \cdot T_{19}+c \cdot V+d \cdot V^2$ για την ημερήσια και την νυχτερινή περίοδο του Ιουλίου του 1997.

ΙΟΥΛΙΟΣ(ημέρα)									
Κατηγορία 1.									
Σταθμός	B-ABA				Σταθμός	NA-NA			
	$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R		$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R
No 3	-0,319	-0,162	0,005	0,739	No 3	-0,353	0,468	-0,005	0,573
No 4	-0,292	0,127	-0,009	0,387	No 4	-0,241	-1,663	0,286	0,443
No 5	-0,395	0,198	-0,021	0,713	No 5	-0,421	-0,201	0,084	0,624
No 7	0,024	-0,867	0,062	0,464	No 7	-0,119	-0,098	-0,046	0,479
No 9	-0,299	-0,399	0,011	0,746	No 9	-0,351	-0,604	0,046	0,573
No 12	0,324	-1,486	0,132	0,416	No 12	0,016	-0,914	-0,032	0,569
No 13	-0,789	0,607	-0,030	0,522	No 13	-0,727	-0,448	-0,012	0,763
No 15	-0,112	-0,299	0,024	0,305	No 15	-0,129	0,097	0,003	0,229
No 18	-0,266	0,018	-0,002	0,535	No 18	-0,193	-0,985	0,131	0,489
No 25	-0,405	0,635	-0,055	0,521	No 25	-0,524	0,290	0,051	0,577
No 26	-0,433	-0,310	0,030	0,813	No 26	-0,512	0,045	-0,015	0,838
Κατηγορία 2.									
No 6	-0,228	-0,126	0,014	0,674	No 6	-0,302	-0,846	0,067	0,756
No 10	-0,172	-0,872	0,073	0,466	No 10	-0,093	-1,793	0,154	0,492
Κατηγορία 3.									
No 2	-0,636	0,085	-0,002	0,913	No 2	-0,806	0,030	0,017	0,947
No 8	-0,422	-1,441	0,112	0,755	No 8	-0,304	-3,464	0,299	0,730
No16	-0,223	-0,307	0,038	0,324	No16	-0,097	0,539	-0,078	0,119
No 21	-0,366	-1,186	0,088	0,821	No 21	-0,292	-1,119	0,072	0,579
No 23	-0,250	-0,830	0,039	0,656	No 23	-0,167	-0,515	0,013	0,361
No 24	0,101	-0,684	0,049	0,182	No 24	-0,151	-0,872	0,144	0,339
No 27	0,156	-0,137	0,006	0,266	No 27	0,031	-0,342	0,074	0,131
Κατηγορία 4.									
No 1	-0,005	-0,139	0,001	0,470	No 1	-0,044	-0,906	0,088	0,563
No 14	0,200	-0,654	0,053	0,584	No 14	0,069	-0,929	0,067	0,538
No 17	-0,210	-0,415	0,035	0,573	No 17	-0,185	-0,568	0,070	0,379
No 20					No 20				
Κατηγορία 5.									
No19	Σταθμός αναφοράς				No 19	Σταθμός αναφοράς			
No 22	-0,411	-0,094	0,009	0,871	No 22	-0,455	-0,120	0,016	0,818
ΙΟΥΛΙΟΣ(νύκτα)									
Κατηγορία 1.									
Σταθμός	B-ABA				Σταθμός	NA-NA			
	$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R		$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R
No 3	-0,005	-1,649	0,147	0,771	No 3	0,105	0,138	-0,138	0,587
No 4	-0,135	-1,494	0,147	0,770	No 4	-0,025	-0,127	-0,106	0,681
No 5	-0,123	-1,148	0,092	0,833	No 5	-0,074	0,276	-0,162	0,688
No 7	-0,124	-1,411	0,120	0,830	No 7	-0,077	-0,165	-0,095	0,749
No 9	0,159	-1,605	0,148	0,648	No 9	0,123	-0,354	-0,088	0,633
No 12	-0,037	-1,146	0,092	0,802	No 12	0,009	-0,160	-0,110	0,723
No 13	0,068	-1,002	0,119	0,298	No 13	-0,194	0,061	-0,061	0,412
No 15	-0,124	-1,019	0,086	0,563	No 15	-0,054	-0,598	0,061	0,333
No 18	-0,051	-1,184	0,111	0,702	No 18	-0,063	-0,409	-0,056	0,669
No 25	-0,031	-1,275	0,121	0,729	No 25	0,034	0,092	-0,129	0,667
No 26	-0,118	-1,105	0,090	0,738	No 26	-0,062	0,045	-0,108	0,590
Κατηγορία 2.									
No 6	-0,114	-0,625	0,060	0,684	No 6	-0,308	0,359	-0,130	0,734
No 10	-0,323	-0,683	0,060	0,733	No 10	-0,265	0,192	-0,131	0,618
Κατηγορία 3.									
No 2	-0,419	-0,671	0,060	0,934	No 2	-0,524	-0,034	-0,039	0,943
No 8	-0,053	-1,281	0,099	0,726	No 8	-0,013	0,361	-0,192	0,483
No16	0,194	-0,468	0,026	0,233	No16	-0,197	-0,279	0,019	0,478
No 21	-0,152	-0,728	0,055	0,712	No 21	-0,043	0,359	-0,157	0,623
No 23	-0,111	-0,607	0,028	0,509	No 23	-0,071	0,107	-0,015	0,128

No 24	0,103	1,423	-0,321	0,201	No 24	-0,115	-0,497	0,158	0,238
No 27	-0,968	-1,607	0,249	0,228	No 27	-0,949	0,917	-0,222	0,764
Κατηγορία 4.									
No 1	0,009	-0,808	0,067	0,691	No 1	-0,113	-0,293	-0,057	0,670
No 14	0,033	-1,099	0,095	0,766	No 14	0,081	-0,043	-0,110	0,700
No 17	-0,025	-1,223	0,105	0,686	No 17	0,001	0,033	-0,030	0,134
No 20					No 20				
Κατηγορία 5.									
No19	Σταθμός αναφοράς				No 19	Σταθμός αναφοράς			
No 22	-0,206	-0,648	0,051	0,873	No 22	-0,140	0,501	-0,138	0,619

Πίνακας 7.18: Τιμές των ελέγχων της σημαντικότητας των συντελεστών των παραμέτρων T_{19} , V και V^2 και του συντελεστή παλινδρόμησης της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης $dT=a+b\cdot T_{19}+c\cdot V+d\cdot V^2$ για την ημερήσια και την νυχτερινή περίοδο του Αυγούστου του 1997.

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ(ημέρα)									
Κατηγορία 1.									
Σταθμός	B-ABA				Σταθμός	NA-NA			
	$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R		$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R
No 3	-0,189	-0,466	0,019	0,609	No 3	-0,230	-0,001	-0,027	0,484
No 4	-0,260	-0,044	-0,004	0,451	No 4	-0,255	-1,203	0,172	0,391
No 5	-0,327	0,104	-0,034	0,712	No 5	-0,345	-0,120	0,001	0,572
No 7	0,014	-0,374	0,029	0,211	No 7	-0,075	-0,788	0,098	0,204
No 9	0,034	-0,698	0,047	0,494	No 9	-0,030	-1,049	0,048	0,474
No 12	0,442	-0,880	0,107	0,545	No 12	0,154	-0,988	0,047	0,277
No 13	-0,526	0,203	-0,047	0,711	No 13	-0,572	0,202	-0,049	0,640
No 15	-0,175	-0,143	-0,006	0,418	No 15	-0,106	-1,233	0,147	0,307
No 18	-0,215	0,111	-0,022	0,521	No 18	-0,242	-0,487	0,057	0,606
No 25	-0,312	0,317	-0,050	0,571	No 25	-0,357	0,100	-0,012	0,476
No 26	-0,718	0,047	-0,016	0,743	No 26	-0,739	0,725	-0,085	0,731
Κατηγορία 2.									
No 6	-0,144	0,026	-0,016	0,444	No 6	-0,195	-0,939	0,062	0,713
No 10	-0,327	-0,168	-0,001	0,771	No 10	-0,337	-0,786	0,079	0,790
Κατηγορία 3.									
No 2	0,442	-0,880	0,107	0,545	No 2	-0,548	-0,039	-0,029	0,849
No 8	-0,526	0,203	-0,047	0,711	No 8	-0,440	-2,499	0,234	0,812
No16	-0,377	-0,968	0,056	0,738	No16	-0,184	-0,769	0,039	0,457
No 21	0,045	-0,458	-0,004	0,463	No 21	-0,389	-1,811	0,136	0,754
No 23	-0,318	-0,980	0,063	0,779	No 23	-0,331	-0,518	-0,002	0,639
No 24	-0,247	-1,009	0,061	0,670	No 24	-0,758	0,064	0,058	0,687
No 27	-0,555	-0,066	-0,033	0,630	No 27	-0,330	-0,359	0,049	0,524
Κατηγορία 4.									
No 1	0,024	-0,197	0,007	0,395	No 1	-0,024	-0,992	0,099	0,464
No 14	0,221	-0,246	0,022	0,628	No 14	0,048	-0,756	0,080	0,174
No 17	-0,134	-0,369	0,025	0,507	No 17	-0,284	-0,312	-0,012	0,787
No 20					No 20				
Κατηγορία 5.									
No19	Σταθμός αναφοράς				No 19	Σταθμός αναφοράς			
No 22	-0,281	-0,433	0,026	0,732	No 22	-0,351	0,399	-0,072	0,765727
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ(νύκτα)									
Κατηγορία 1.									
Σταθμός	B-ABA				Σταθμός	NA-NA			
	$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R		$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R
No 3	0,127	-0,873	0,047	0,756	No 3	0,130	-0,487	0,022	0,425
No 4	0,022	-0,874	0,058	0,753	No 4	-0,007	-0,454	0,020	0,429
No 5	0,011	-0,609	0,025	0,759	No 5	-0,114	-0,239	-0,014	0,502
No 7	-0,090	-0,740	0,034	0,769	No 7	-0,139	-0,607	0,043	0,540
No 9	0,069	-0,502	0,017	0,666	No 9	0,079	-0,474	0,034	0,356
No 12	0,074	-0,769	0,055	0,686	No 12	0,085	-0,028	-0,075	0,401
No 13	-0,592	-0,859	0,076	0,704	No 13	-0,574	1,328	-0,115	0,493
No 15	0,083	-1,088	0,068	0,784	No 15	-0,208	-1,510	0,307	0,428

No 18	0,018	-0,739	0,041	0,716	No 18	-0,127	-0,609	0,040	0,468
No 25	0,013	-0,724	0,035	0,469	No 25	0,008	-0,734	0,077	0,469
No 26	-0,978	-0,202	-0,032	0,778	No 26	-0,736	2,551	-0,414	0,596
Κατηγορία 2.									
No 6	-0,080	-0,498	0,027	0,679	No 6	-0,287	-0,318	-0,015	0,654
No 10	-0,111	-0,758	0,039	0,836	No 10	-0,214	-0,651	0,047	0,639
Κατηγορία 3.									
No 2	-0,266	-0,506	0,024	0,810	No 2	-0,225	-0,352	-0,007	0,694
No 8	-0,120	-0,963	0,074	0,710	No 8	-0,304	-0,008	-0,044	0,493
No16	-0,058	-0,390	-0,004	0,660	No16	-0,119	-0,139	-0,003	0,374
No 21	-0,136	-0,155	-0,013	0,595	No 21	-0,162	-0,325	0,037	0,414
No 23	-0,023	-0,182	-0,007	0,514	No 23	0,001	0,850	-0,145	0,269
No 24	-0,840	-0,302	-0,012	0,758	No 24	-1,048	2,774	-0,295	0,778
No 27	-0,055	-0,760	0,037	0,804	No 27	-0,147	-0,731	0,093	0,489
Κατηγορία 4.									
No 1	-0,029	-0,359	0,002	0,712	No 1	-0,188	-0,205	0,021	0,411
No 14	0,121	-0,552	0,023	0,700	No 14	0,115	-0,324	0,015	0,318
No 17	0,027	-0,958	0,066	0,718	No 17	-0,014	-0,120	-0,001	0,131
No 20					No 20				
Κατηγορία 5.									
No19	Σταθμός αναφοράς				No 19	Σταθμός αναφοράς			
No 22	-0,050	-0,350	0,012	0,673	No 22	-0,119	-0,330	0,046	0,444

Πίνακας 7.19: Τιμές των ελέγχων της σημαντικότητας των συντελεστών των παραμέτρων T_{19} , V και V^2 και του συντελεστή παλινδρόμησης της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης $dT=a+b\cdot T_{19}+c\cdot V+d\cdot V^2$ για την ημερήσια και την νυχτερινή περίοδο του Σεπτεμβρίου του 1997.

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ(ημέρα)									
Κατηγορία 1.									
Σταθμός	B-ABA				Σταθμός	NA-NA			
	$b_{T(19)}$	C_V	d_{V^2}	R		$b_{T(19)}$	C_V	d_{V^2}	R
No 3	-0,342	-0,192	0,014	0,713	No 3	-0,437	-0,881	0,116	0,726
No 4	-0,213	-0,387	0,046	0,367	No 4	-0,228	-1,198	0,258	0,397
No 5	-0,358	-0,115	0,007	0,699	No 5	-0,397	-0,577	0,068	0,640
No 7	0,192	-0,808	0,052	0,345	No 7	0,021	-0,406	-0,020	0,318
No 9	0,028	-0,506	0,030	0,439	No 9	-0,081	-1,463	0,046	0,707
No 12	0,632	-1,356	0,119	0,554	No 12	0,167	-0,781	-0,020	0,387
No 13	-0,503	0,366	-0,030	0,541	No 13	-0,537	-1,054	0,145	0,666
No 15	-0,245	-0,624	0,047	0,568	No 15	-0,291	-0,338	0,091	0,524
No 18	-0,135	-0,450	0,037	0,493	No 18	-0,172	-0,048	-0,025	0,497
No 25	-0,288	-0,164	0,015	0,526	No 25	-0,336	0,029	-0,015	0,510
No 26	-0,542	-0,094	0,013	0,615	No 26	-0,641	0,683	-0,110	0,755
Κατηγορία 2.									
No 6	0,024	-0,553	0,036	0,437	No 6	-0,156	-0,287	-0,047	0,589
No 10	-0,299	-0,393	0,032	0,690	No 10	-0,301	-0,940	0,107	0,669
Κατηγορία 3.									
No 2	-0,516	-0,187	0,018	0,850	No 2	-0,585	-1,101	0,124	0,869
No 8	-0,369	-0,679	0,050	0,667	No 8	-0,155	-3,502	0,403	0,628
No16	-0,465	-0,182	0,015	0,725	No16	-0,424	-0,685	0,052	0,612
No 21	-0,354	-0,559	0,034	0,737	No 21	-0,189	-3,343	0,328	0,755
No 23	-0,132	-0,656	0,032	0,536	No 23	-0,171	-1,717	0,080	0,675
No 24	-0,226	-0,045	0,008	0,263	No 24	-0,857	1,018	-0,069	0,773
No 27	-0,288	-0,348	0,024	0,640	No 27	-0,340	-0,424	0,073	0,568
Κατηγορία 4.									
No 1	0,020	-0,228	0,011	0,316	No 1	-0,043	-0,039	-0,028	0,376
No 14	0,058	-0,699	0,029	0,486	No 14	0,058	-0,699	0,029	0,486
No 17	-0,164	-0,821	0,029	0,696	No 17	-0,164	-0,821	0,029	0,696
No 20					No 20				
Κατηγορία 5.									

No19	Σταθμός αναφοράς				No 19	Σταθμός αναφοράς			
No 22	-0,338	-0,099	0,010	0,794	No 22	-0,403	-0,283	0,029	0,790
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ(νύκτα)									
Κατηγορία 1.									
Σταθμός	B-ABA				Σταθμός	NA-NA			
	$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R		$b_{T(19)}$	C_v	d_v^2	R
No 3	0,062	-1,074	0,079	0,837	No 3	0,054	0,021	-0,086	0,054
No 4	0,075	-1,265	0,106	0,749	No 4	0,169	0,838	-0,402	0,169
No 5	0,057	-0,945	0,065	0,825	No 5	0,106	0,000	-0,108	0,608
No 7	0,058	-1,262	0,081	0,882	No 7	0,092	1,573	-0,551	0,092
No 9	0,107	-0,740	0,056	0,707	No 9	0,083	0,750	-0,280	0,083
No 12	0,112	-1,236	0,095	0,786	No 12	0,219	1,037	-0,425	0,726
No 13	-0,793	1,263	-0,154	0,656	No 13	-0,278	1,646	-0,764	0,542
No 15	0,067	-1,440	0,095	0,840	No 15	0,151	0,942	-0,361	0,151
No 18	0,107	-1,069	0,082	0,749	No 18	0,152	1,107	-0,494	0,152
No 25	0,120	-1,053	0,080	0,774	No 25	0,137	0,216	-0,222	0,137
No 26	-0,549	0,224	-0,044	0,579	No 26	-0,417	-0,732	-0,098	0,559
Κατηγορία 2.									
No 6	0,002	-1,013	0,084	0,761	No 6	0,015	1,544	-0,453	0,411
No 10	0,023	-1,028	0,070	0,810	No 10	0,075	0,061	-0,201	0,600
Κατηγορία 3.									
No 2	-0,163	-0,892	0,068	0,823	No 2	-0,243	-0,957	0,177	0,723
No 8	0,035	-1,235	0,104	0,676	No 8	0,187	0,314	-0,219	0,320
No16	0,012	-1,158	0,090	0,745	No16	0,180	-0,025	-0,119	0,676
No 21	0,012	-0,672	0,051	0,620	No 21	0,084	0,833	-0,319	0,352
No 23	0,128	-0,513	0,036	0,569	No 23	0,134	2,534	-0,606	0,435
No 24	-0,470	0,081	-0,052	0,550	No 24	-1,144	3,777	-0,898	0,856
No 27	0,038	-1,231	0,085	0,838	No 27	0,082	0,922	-0,347	0,580
Κατηγορία 4.									
No 1	0,077	-0,744	0,049	0,755	No 1	0,096	0,469	-0,266	0,492
No 14	0,150	-0,850	0,064	0,727	No 14	0,168	0,895	-0,387	0,641
No 17	0,079	-1,219	0,100	0,764	No 17	0,125	0,147	-0,162	0,496
No 20					No 20				
Κατηγορία 5.									
No19	Σταθμός αναφοράς				No 19	Σταθμός αναφοράς			
No 22	-0,015	-0,585	0,048	0,630	No 22	-0,059	-0,540	0,109	0,358

* Με κόκκινο είναι οι στατιστικά αρνητικές τιμές των συντελεστών b_c και d
 ** Με Bold είναι οι στατιστικά σημαντικές τιμές
 *** Με κίτρινο είναι μαρκαρισμένοι οι συντελεστές με την ισχυρότερη επίδραση

7.4. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά η εξέταση της Αστικής Θερμική Νησίδας σε σχέση με τον άνεμο έδειξε τα εξής:

A) Από την ανάλυση των μέσων εντάσεων του ανέμου από 0-9m/s για διαμερίσεις ανά 1 m/s, που καταγράφηκαν στο Αστεροσκοπείο Αθηνών, για το σύνολο της εξεταζόμενης πειραματικής περιόδου, κατά την ημερήσια και νυχτερινή περίοδο προέκυψε ότι η αύξηση της έντασης του ανέμου οδηγεί γενικά σε άμβλυνση των διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών και του σταθμού αναφοράς. Συγκεκριμένα:

- Τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύκτας οι μέσες θερμοκρασίες των σταθμών είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του σταθμού αναφοράς για εντάσεις ανέμου από 0 ως 2m/s. Οι μέσες αυτές διαφορές είναι γενικά μεγαλύτερες κατά την διάρκεια της νύκτας. Το συμπέρασμα αυτό είναι σύμφωνο με το σύνολο των μελετών που εξέτασαν την συσχέτιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας με την ένταση του ανέμου όπως αυτές αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 3 της παρούσας εργασίας και που για την περιοχή της Ευρώπης παρουσιάστηκαν συνοπτικά στον Πίνακα 3.13.

- Οι σταθμοί με τις μεγαλύτερες και τις μικρότερες διαφορές, κατά την διάρκεια της ημέρας, για εντάσεις ανέμου μεταξύ 0 ως 2m/s, ήταν ο Σταθμός 12 (Πανεπιστημιακή Λέσχη) με +5.7 °C, και ο Σταθμός 22 (Πεδίο του Άρεως) 0.8 °C, αντίστοιχα.
- Κατά την νυχτερινή περίοδο οι αντίστοιχες διαφορές παρατηρήθηκαν στο Σταθμό 15 (Υπουργείο Υγείας) +5.5 °C και στο Σταθμό 22 (Πεδίο του Άρεως), +1.8 °C .
- Τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύκτας με την αύξηση της έντασης του ανέμου μειώνετε αλγεβρικά η διαφορά θερμοκρασίας των σταθμών από το σταθμό αναφοράς με τιμές που κυμαίνονται από 0.5°C/ms-1 Σταθμό 8(Γλυκά Νερά) μέχρι 0.05 °C/ms-1 στο Σταθμό 1 κατά την διάρκεια της ημέρας και από 0.45°C/ms-1 στο Σταθμό 26 (HILTON) ως 0.12°C/ms-1 στο Σταθμό 22 (Πεδίο του Άρεως), κατά την διάρκεια της νύκτας. Σημειώνεται σε αντίστοιχη μελέτη των Piham Al-Obaidi et. al. to 2021 για 5 πόλεις της Αυστραλίας οι αντίστοιχες παράμετροι για το σύνολο της ημερήσιας περιόδου κυμάνθηκαν μεταξύ 0.52 και 0.22 °C/ms-1 τιμές που είναι κοντά σε αυτές που καταγράφηκαν στην παρούσα μελέτη για τους αστικούς σταθμούς της Κατηγορίας 1 και 3.
- Οι ελάχιστες αλγεβρικές διαφορές θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς εντοπίζονται για εντάσεις περί τα 5-6m/s κατά την διάρκεια της ημέρας και τα 6-7m/s, κατά την διάρκεια της νύκτας. Κατά την διάρκεια της ημέρας αυτές οι διαφορές κυμαίνονται από +4.5 °C στο Σταθμό 12 (Παν.Λέσχη) ως τους -3°C στους σταθμούς 2 και 16. Κατά την διάρκεια της νύκτας οι διαφορές κυμαίνονται από +3°C ως -1.6 °C στους σταθμούς 4 και 21 αντίστοιχα. Αντίστοιχες κατωφλικές τιμές καταγράφηκαν από τους Piham Al-Obaidi et. al. to 2021 με τιμές 4-5 m/sec ενώ οι Ünal, Y. S et al (2019) και οι Simge Irem Bilgen et al (2016) για την Κωνσταντινούπολη αναφέρουν ότι για την νυχτερινή περίοδο παρατηρήθηκε μια σταθερού ρυθμού μείωσης της διαφοράς θερμοκρασίας μέχρι τα 5-6m/s.
- Οι σταθμοί της πρώτης κατηγορίας που βρίσκονται σε περιοχές «Συνεχούς Αστικού Ιστού» σύμφωνα με την κατά CORINE κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης, εμφανίζουν σχεδόν συστηματικά κατά την διάρκεια της νύκτας τις μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας από όλες τις κατηγορίες των σταθμών για τις ίδιες διαμερίσεις της έντασης του ανέμου.
- Εξετάζοντας την χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύκτας η έκταση και η ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας αμβλύνεται όσο αυξάνει η ταχύτητα του ανέμου. Για εντάσεις από 6 ως 7 m/s αυτή περιορίζεται στο κέντρο και δυτικά της πόλης των Αθηνών με πολύ ασθενή σχηματισμό ισόθεμων και
- Κατά την εξέταση της συσχέτισης μεταξύ, της μέσης έντασης του ανέμου, από 0-9 m/sec και για ανά 1m/s διαμερίσεις, σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες μέσες τιμές της θερμοκρασίας του σταθμού, με τις διαφορές θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς, τόσο κατά την ημερήσια όσο και κατά την διάρκεια της νύκτας, προέκυψε ότι όσο πιο χαμηλές είναι οι θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς και όσο πιο χαμηλές οι εντάσεις του ανέμου τόσο πιο υψηλές είναι διαφορές θερμοκρασίες. Αντίστροφα όσο πιο υψηλές οι θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς και όσο πιο υψηλές οι εντάσεις του ανέμου τόσο πιο χαμηλές είναι οι διαφορές από τον σταθμό αναφοράς.

B) Από την ανάλυση των ωριαίων ταχυτήτων του αέρα τόσο ως προς το μέτρο όσο και ως προς την φορά στην επίδρασή τους στην αστική θερμική νησίδα για την θερινή περίοδο του 1997 προέκυψαν τα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες, μέσες μέγιστες και μέσες ελάχιστες μηνιαίες τιμές της dT εμφανίζονται τόσο με B ως ABA ρεύμα, όσο και με NA-NΔ στους σταθμούς των Κατηγοριών 1 και 4 κυρίως τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο.

- Επίσης, όλους τους μήνες στις Κατηγορίες 3 και 5, σχεδόν σε όλους του σταθμούς, παρατηρείται αναστροφή του φαινομένου κυρίως με ΝΑ ως ΝΔ ρεύμα (τόσο στις μέσες, όσο και στις μέσες ελάχιστες τιμές).
- Γενικά και ανεξάρτητα και από την διεύθυνση του ανέμου παρατηρήθηκε ή τάση ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας ή και αναστροφή του φαινομένου, με την σύγχρονη αύξηση της έντασης του ανέμου
- Για τον Ιούνιο του 1997 η συνδιακύμανση μεταξύ των μεγεθών dT και V είναι στατιστικά σημαντική σε όλους τους σταθμούς.
 - ✓ Σε όλους τους σταθμούς τόσο με B-ABA, όσο και ΝΑ-ΝΔ ρεύμα αυξανόμενη της έντασης του ανέμου παρατηρήθηκε ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας (dT).
 - ✓ Οι βαθμίδες ελάττωσης της dT αυξανόμενη της V βρέθηκαν ισχυρότερες στην περίπτωση του Β ως ΑΒΑ και μάλιστα οι κλίσεις της ευθείας παλινδρόμησης με Β-ΑΒΑ ρεύμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από τις αντίστοιχες κλίσεις με ΝΑ-ΝΔ ρεύμα.
- Τον Ιούλιο του 1997 η συνδιακύμανση μεταξύ των μεγεθών dT και V βρέθηκε ανεξάρτητα της διεύθυνσης του ανέμου σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικά σημαντική.
 - Σε όλες τις περιπτώσεις οι διαφορές των κλίσεων βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές χωρίς όμως να είναι σαφές αν είναι ισχυρότερες αυτές με Β-ΑΒΑ ή με ΝΑ-ΝΔ ρεύμα. Στην κατηγορία 2 παρατηρείται ισχυρή μείωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας με την αύξηση της έντασης του ανέμου, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην μεταφορά από την γειτονική θάλασσα του Σαρωνικού θερμών αερίων μαζών που μειώνουν την θερμοκρασία του αέρα στην γειτονία του σταθμού.
- Τον Αύγουστο, τόσο με Β ως ΑΒΑ ρεύμα όσο και με ΝΑ ως ΝΔ ρεύμα, η σημαντικότητα της γραμμής παλινδρόμησης μεταξύ dT και V, βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($\alpha=0,05$) σε όλους σχεδόν τους σταθμούς.
 - Στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρείται ισχυρότερη ελάττωση της dT αυξανόμενη της έντασης του ανέμου με Β-ΑΒΑ ρεύμα παρά ότι με ΝΑ-ΝΔ.
 - Για Β-ΑΒΑ ρεύμα σε 4 σταθμούς οι κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης βρέθηκαν θετικές και στατιστικά σημαντικές ενώ για ΝΑ-ΝΔ ρεύμα στατιστικά σημαντικές θετικές κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης δεν παρατηρήθηκαν.
- Τον Σεπτέμβριο οι επικρατούντες άνεμοι ήταν του ΝΑ ως ΝΔ τομέα σε ποσοστό 45% (Σχήμα 7.18), με μικρότερες όμως εντάσεις, αλλά και με ιδιαίτερα ακραίες για τον μήνα αυτές τιμές, οπότε στην διαμόρφωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες, όπως είναι π.χ. η συγκράτηση θερμότητας στα δομικά υλικά από τις υψηλές θερμοκρασίες του Αυγούστου. Σχεδόν σε ποσοστό 63% των περιπτώσεων παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική, συνδιακύμανση μεταξύ των dT και V τιμών. Οι αποκλίσεις που εμφανίστηκαν ήταν:
 - ✓ Στατιστικά σημαντικές θετικές κλίσεις των ευθειών παλινδρόμησης στις περιπτώσεις των σταθμών εμφανίστηκαν σε αρκετές περιπτώσεις τόσο με Β-ΑΒΑ, όσο και με ΝΑ ως ΝΔ άνεμο, όπου η αύξηση της dT αυξανόμενη της V είναι ισχυρότερη στην περίπτωση του νοτίου ρεύματος,

Το γενικό συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι, ανεξάρτητα και από την διεύθυνση του ανέμου παρατηρήθηκε ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας μέχρι και αναστροφή του φαινομένου, με την σύγχρονη αύξηση της έντασης του ανέμου, στοιχείο που συμφωνεί με εικόνα της μελέτης των μέσων τιμών διαμερίσεων των εντάσεων του ανέμου ανά 1m/s για το σύνολο της πειραματικής περιόδου των ετών 1996-1998. Σε ότι αφορά την συσχέτιση του φαινομένου με την φορά του ανέμου

Τέλος εξετάζοντας την συσχέτιση της διαφοράς θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς με θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς και την ένταση του ανέμου, παράμετροι που θεωρήθηκε ότι εκφράζουν τις συνοπτικές συνθήκες του λεκανοπεδίου, καταγράφηκε για τις πολλαπλές παλινδρομήσεις της μορφής $dT=a+b \cdot T19+c \cdot V+d \cdot V2$ ότι τόσο την ημέρα, όσο και την νύκτα, ανεξάρτητα από την διεύθυνση του ανέμου, σε ποσοστό περίπου 96,7% οι συντελεστές παλινδρόμησης βρέθηκαν στατιστικά σημαντικοί. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας εντός του κτηριακού οριακού στρώματος είναι ιδιαίτερα σύνθετο φαινόμενο που εξαρτάται τόσο από τις συνοπτικές θερμοκρασίες του αέρα όσο και από την ένταση κυρίως και λιγότερο από την φορά του ανέμου. Η σύνθεση αυτών των δύο παραγόντων επιδρά σημαντικά στην διαμόρφωση του φαινομένου σε συνδυασμό με τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής κάθε σταθμού. Γενικά παρατηρείται η ένταση του ανέμου να είναι ο σημαντικότερος παράγοντας διαμόρφωσης του φαινομένου κατά την διάρκεια της νύχτας. Κατά την διάρκεια της ημέρας η κατάσταση είναι σαφώς πιο σύνθετη και η διαμόρφωση του φαινομένου εξαρτάται κυρίως από την θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς και δευτερεύοντος από τη ένταση του ανέμου.

Τα παραπάνω ευρήματα είναι γενικά σύμφωνα με αντίστοιχες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί από άλλους μελετητές. Συγκεκριμένα όλες οι μελέτες αναφέρουν ότι η αύξηση της έντασης της ταχύτητας του ανέμου (Πίνακας 3.15) οδηγεί σε μετριασμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και ότι οι μέγιστες τιμές του φαινομένου παρατηρούνται σε συνθήκες άπνοιας ή πολύ μικρών εντάσεων του ανέμου (2-3 m/s), ενώ στις μελέτες όπου γίνεται συστηματικότερη μελέτη της συσχέτισης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας με την ένταση του ανέμου αναφέρουν μια κατωφλική τιμή πάνω από την οποία το φαινόμενο ελαχιστοποιείται και που συνήθως είναι για τιμές άνω των 5 με 6m/s.

Στο επόμενο κεφάλαιο εξετάζεται η επίδραση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας στις ενεργειακές καταναλώσεις στα κτίρια.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ ΣΤΙΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Κεφάλαιο 8: Επίδραση της Αστικής Θερμικής Νησίδα στις Ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων.

Στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι να μελετηθεί η επίδραση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδα στις ενεργειακές καταναλώσεις που απαιτούνται για κλιματισμό των κτιρίων.

Στο πλαίσιο αυτό εξετάζεται, ο αριθμός βαθμοωρών και των ωρών ψύξης για κάθε σταθμό και η χωρική τους κατανομή στην περιοχή των Αθηνών. Επίσης εξετάζεται η επίδραση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδα στον βαθμό απόδοσης των κλιματιστικών.

Τέλος, χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις των σταθμών Αιγάλεω, Γεωπονική, Χαϊδάρη και Γλυκά Νερά, εξετάζεται η ενεργειακή κατανάλωση για κλιματισμό, σε κτήριο αναφοράς, τυπικής για την περιοχή μορφής, τοποθετημένο σε περιοχές της Δ. Αθήνας και αντιπαραβάλλεται με τις ενεργειακές καταναλώσεις βάσει των μετεωρολογικών στοιχείων του Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους Αθηνών (Τ.Μ.Ε.), του σταθμού στην Πεντέλη και του σταθμού στην Ηλιούπολη, χρησιμοποιώντας το ειδικό λογισμικό ενεργειακών υπολογισμών το D.O.E. ώστε να αναδειχθούν οι αποκλίσεις στις ενεργειακές καταναλώσεις μεταξύ πραγματικών και τυπικών δεδομένων.

8.1. Εισαγωγή

Η επίδραση της αστικής θερμικής νησίδα στην ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων κατά την καλοκαιρινή περίοδο παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον για την Ελλάδα και αυτό διότι το φορτίο ηλεκτρικής αιχμής τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί σημαντικά την θερινή περίοδο, λόγω της αυξημένης χρήσης κλιματιστικών μονάδων και όπως προκύπτει και από τα στοιχεία του σχήματος 8.1, πολλές φορές ξεπερνάει και αυτό της χειμερινής περιόδου, στοιχείο που είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για τον ενεργειακό σχεδιασμό και τις υποδομές που απαιτούνται σε μια χώρα για την ενεργειακή της επάρκεια και ευστάθεια του συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

Αντίστοιχα, (Σχήμα 8.1), εμφανίζεται μια σημαντική αύξηση του φορτίου αιχμής, της τάξεως των 800MW, μεταξύ του Ιουλίου του 1997 με τον Ιούλιο του 1998. Στοιχείο που σχετίζεται άμεσα με τις υψηλότερες θερμοκρασίες του Ιουλίου 1998 οι οποίες οδήγησαν σε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς κατά 0,8°C δεδομένου ότι ο Ιούλιος του 1998 ήταν ο θερμότερος μήνας της εξεταζόμενης πειραματικής περιόδου.

Τέλος, σημειώνεται ότι εξακολουθεί και υπάρχει αυξητική τάση του φορτίου αιχμής το οποίο εξακολουθεί να έχει την μέγιστη τιμή του τον Ιούλιο αλλά υπάρχει σημαντική αύξηση και στο φορτίο αιχμής κατά τους χειμερινούς μήνες επειδή υπάρχει αύξηση των νοικοκυριών που χρησιμοποιούν την ηλεκτρική ενέργεια για θέρμανση.

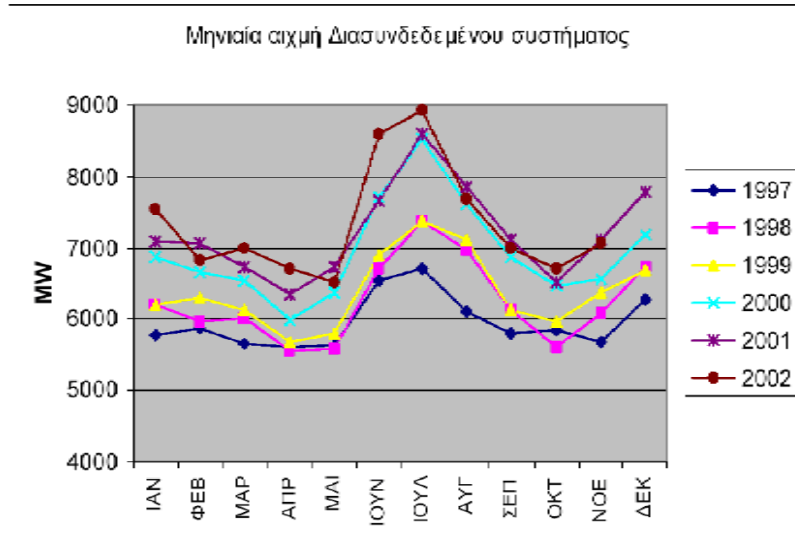
Στόχος του κεφαλαίου αυτού είναι να μελετηθεί η επίδραση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδα στις ενεργειακές καταναλώσεις που απαιτούνται για τον κλιματισμό των κτηρίων.

Στο πλαίσιο αυτό εξετάζεται, ο αριθμός βαθμοωρών και των ωρών ψύξης για κάθε σταθμό και η χωρική τους κατανομή στην περιοχή των Αθηνών. Επίσης εξετάζεται η επίδραση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδα στον βαθμό απόδοσης των κλιματιστικών.

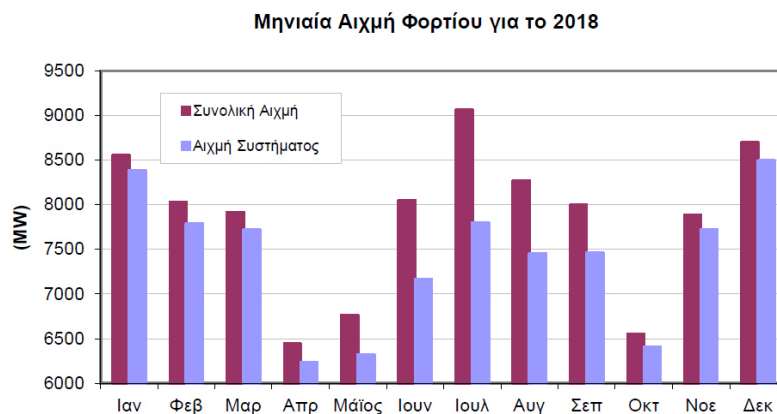
Τέλος χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις των σταθμών Αιγάλεω, Γεωπονικής, Χαϊδαρίου και Γλυκών Νερών, εξετάζεται η ενεργειακή κατανάλωση για κλιματισμό, κτηρίου αναφοράς, τυπικής για την περιοχή μορφής, τοποθετημένου σε περιοχές της Δ. Αθήνας, και αντιπαραβάλλεται με τις ενεργειακές καταναλώσεις βάσει των μετεωρολογικών στοιχείων του Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους Αθηνών (Τ.Μ.Ε.), του σταθμού στην Πεντέλη και του σταθμού στην Ηλιούπολη, χρησιμοποιώντας

το ειδικό λογισμικό ενεργειακών υπολογισμών το D.O.E. ώστε να αναδειχθούν οι αποκλίσεις στις ενεργειακές καταναλώσεις μεταξύ πραγματικών και τυπικών δεδομένων.

α)



β)



Σχήμα 8.1: α. Μηνιαίο φορτίο αιχμής σε MW για τις χρονιές από το 1997 ως το 2002 (πηγή Κ.Α.Π.Ε.) και β. για το 2018 (πηγή ΔΕΔΗΕ)

8.2. Βαθμοώρες ψύξης για θερμοκρασία βάσης τους 28°C

Ένα απλό και καθιερωμένο εργαλείο για την εκτίμηση των ενεργειακών απαιτήσεων των κτηρίων για τον κλιματισμό τους κατά την θερινή περίοδο είναι οι βαθμομέρες ψύξης-CDD (Cooling Degrees Days), οι οποίες προσδιορίζονται από τις μετρήσεις της εξωτερικής θερμοκρασίας του αέρα και μίας θερμοκρασίας αναφοράς πάνω από την οποία θεωρείται ότι απαιτείται να ενεργοποιηθεί το σύστημα κλιματισμού κάθε κτηρίου (ASHRAE 2001; Matzarakis and Balafoutis 2004; Christenson et al. 2006).

Η επίδραση των διακυμάνσεων των θερμοκρασιών του εξωτερικού ατμοσφαιρικού αέρα στην κατανάλωση ενέργειας σχετίζονται άμεσα με τις βαθμομέρες και έχουν εξεταστεί από διάφορους ερευνητές (Sailor 2001; Valor et al. 2001; Pardo et al. 2002). Οι βαθμομέρες ψύξης (CDD) υπολογίζονται από τις θετικές διαφορές της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας από θερμοκρασίες δηλαδή πάνω από μια συγκεκριμένη θερμοκρασία που θεωρείται ως η εξωτερική θερμοκρασία πάνω από την οποία ένα κτίριο χρειάζεται ψύξη.

Ο υπολογισμός των «βαθμομερών» μπορεί να πραγματοποιείται με διάφορους τρόπους και χρονοδιαγράμματα (CIBSE 2006) όπως φαίνεται παρακάτω:

- Μέσες «βαθμοώρες», που υπολογίζονται από την ωριαία καταγραφή θερμοκρασίας;
- Χρήση ημερήσιων μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών
- Χρήση μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών
- Άμεσος υπολογισμός μηνιαίων βαθμομερών από τη μέση μηνιαία τιμή της θερμοκρασίας και την αντίστοιχη μηνιαία τυπική απόκλιση

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι μελέτες για την εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια επικεντρώθηκαν κυρίως στην κατανάλωση ενέργειας που σχετίζεται με τις καιρικές συνθήκες.

Ο Guntermann (1982) εισήγαγε έναν τύπο βαθμομερών που μπορεί να εφαρμοστεί για σκοπούς υπολογισμού ενεργειακών καταναλώσεων βιομηχανικών και εμπορικών κτιρίων.

Οι Christenson et al. (2006) μελέτησαν τον αντίκτυπο της υπερθέρμανση στον αριθμό των βαθμομερών και την ενεργειακή ζήτηση ενός κτιρίου στην Ελβετία. Ανέπτυξαν μια μεθοδολογία εκτίμησης των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης από μηνιαία δεδομένα θερμοκρασίας που συλλέχθηκαν και ελέγχθηκαν για τέσσερις αντιπροσωπευτικές ελβετικές τοποθεσίες. Τα ευρήματα έδειξαν ότι τα χρησιμοποιούμενα δεδομένα για τον σχεδιασμό κτιρίων από τους μελετητές οδηγούν όλο και περισσότερο σε υπερεκτίμηση της ζήτησης θέρμανσης και υποεκτίμηση της ζήτησης ψύξης στα κτίρια και, ως εκ τούτου είναι αναγκαία, η περιοδική προσαρμογή και εξέταση των τοπικών θερμοκρασιακών δεδομένων, όπως αστικές ή τοπογραφικές επιδράσεις στη θερμοκρασία του αέρα.

Σε ό,τι αφορά την Ελλάδα, τις τελευταίες δεκαετίες, πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τον υπολογισμό των βαθμομερών θέρμανσης και ψύξης, στο αστικό περιβάλλον (K. Moustris et al. 2013).

Συγκεκριμένα, οι Tselupidaki et al. (1994), προκειμένου να μελετηθεί η χωρική μεταβλητότητα της κατανομής της θερμοκρασίας του αέρα σε ένα αστικό περιβάλλον, και η αντιπροσωπευτικότητα ενός δεδομένου σταθμού, υπολόγισαν τις βαθμομέρες ψύξης για τρεις διαφορετικούς μετεωρολογικούς σταθμούς του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών που βρίσκονταν στην ευρύτερη περιοχή της πόλης των Αθηνών. Επίσης απέδειξαν ότι είναι δυνατό να υπολογισθεί η μέση ημερήσια θερμοκρασία των σταθμών ως συνάρτηση της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας περιβάλλοντος, χρησιμοποιώντας μία απλή συνάρτηση γραμμικής παλινδρόμησης.

Οι Matzarakis and Balafoutis (2004) βρήκαν ότι οι βαθμομέρες θέρμανσης μπορούν να προσδιοριστούν χρησιμοποιώντας τις μέγιστες και ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες του αέρα συγκριτικά με μία πειραματικά προσδιορισμένη θερμοκρασία αναφοράς ίση με 14 °C. Η μεθοδολογία αυτή προέκυψε από μελέτη δεδομένων 40 μετεωρολογικών σταθμών του δικτύου της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας.

Οι Papakostas and Kyriakis (2005) προσδιόρισαν τις βαθμοώρες θέρμανσης και ψύξης για τις δύο μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας, δηλαδή την Αθήνα και Θεσσαλονίκη. Για τον προσδιορισμό χρησιμοποίησαν τις ωριαίες καταγραφές της θερμοκρασίας του αέρα, των μετεωρολογικών σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου της Αθήνας και του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης.

Οι Stathopoulou et al. (2005) μελέτησαν τη σχέση μεταξύ μεσημεριανών θερμοκρασιών επιφανείας που προέρχονται από δορυφορικά δεδομένα και των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών του αέρα όπως αυτές καταγράφηκαν σε δύο τυπικούς μετεωρολογικούς σταθμούς στην Αθήνα. Η σχέση που προέκυψε χρησιμοποιήθηκε για τον περαιτέρω υπολογισμό των βαθμοημερών ψύξης.

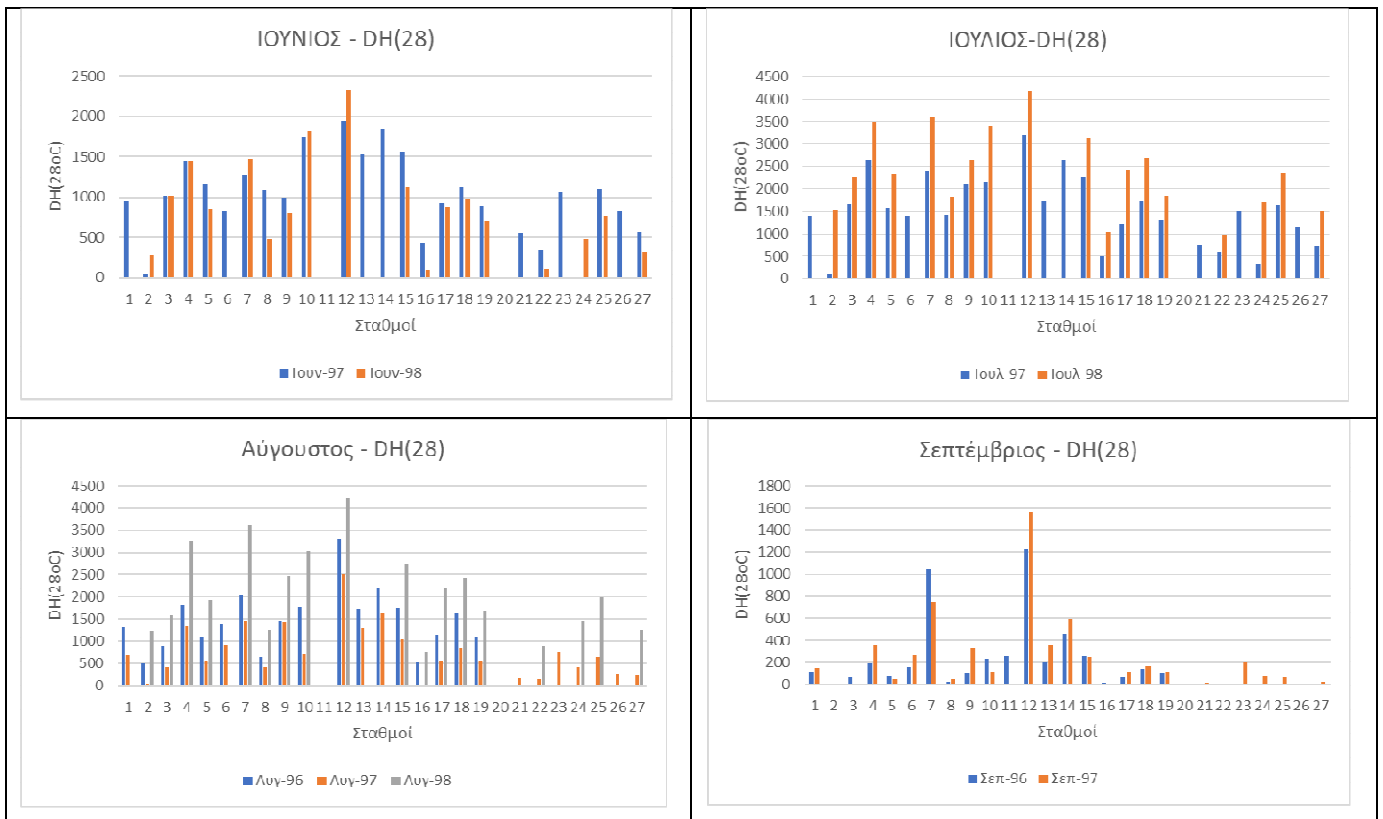
Ο Gelezenis (2009) ανέπτυξε μια απλοποιημένη συνάρτηση δεύτερου βαθμού, για την κατά προσέγγιση εκτίμηση του ετήσιου αριθμού βαθμοημερών θέρμανσης για διάφορες θερμοκρασίες αναφοράς. Τα μόνα δεδομένα που χρειάζονται για την εφαρμογή αυτής της συνάρτησης ήταν η θερμοκρασία αναφοράς και η μέση ετήσια θερμοκρασία της τοποθεσίας.

Οι Papakostas et al. (2010) παρουσίασαν στην μελέτη τους τον ετήσιο αριθμό βαθμοωρών θέρμανσης και ψύξης για δύο τυπικές θερμοκρασίες αναφοράς προσδιορισμένες στους 15 °C για θέρμανση και στους 24 °C για ψύξη, και για τις δύο κύριες πόλεις της Ελλάδας (Αθήνα και Θεσσαλονίκη), από το 1983 έως το 2002. Για τους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν, οι ωριαίες καταγραφές θερμοκρασίας από τους μετεωρολογικούς σταθμούς του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και του Αριστοτέλη Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης. Στο πλαίσιο της μελέτης παρουσιάστηκε η σύγκριση των μέσων βαθμοημερών θέρμανσης και ψύξης ανά δεκαετία (1983–1992 and 1993–2002) για τις δύο πόλεις και για διάφορες θερμοκρασίες αναφοράς. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι ο μέσος όρος των βαθμοημερών θέρμανσης για την δεκαετία 1993–2002, ανάλογα με την θερμοκρασία αναφοράς είναι μειωμένες κατά 8 ως 22% σε σχέση με τις αντίστοιχες βαθμοημέρες της προηγούμενης δεκαετίας (1983-1992). Αντίστοιχα η μείωση για την πόλη της Θεσσαλονίκης ήταν μεταξύ 4.5% ως 9.5%. Σε ότι αφορά τις αντίστοιχες διαφορές για τις βαθμοημέρες ψύξης αυτές ήταν αυξητικές και καταγράφηκε πιο έντονη ποσοστιαία μεταβολή. Συγκεκριμένα για την πόλη των Αθηνών η αύξηση κυμάνθηκε από 25 έως 69 % και από 10 έως 21 % για τη Θεσσαλονίκη. Με βάση τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκε η επίδραση αυτών των αλλαγών στην κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη μιας τυπικής κατοικίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν μείωση της ζήτησης ενέργειας θέρμανσης κατά 11,5 και 5 % και αύξηση της ζήτησης ενέργειας ψύξης κατά 26 και 10 %, για την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη, αντίστοιχα.

Δεδομένου ότι οι βαθμοώρες ψύξης προσδιορίζουν σε μεγάλο βαθμό το ψυκτικό φορτίο των κτιρίων (Santamouris et al 1996, Boudali E. et. al. 2022), η γνώση της χωρικής και χρονικής κατανομής τους καθώς και των απόλυτων τιμών τους σε μια πόλη, έχει ιδιαίτερη αξία για τους σχεδιαστές αστικών περιοχών, τους κλιματολόγους και τους μελετητές ενεργειακών καταναλώσεων κτιρίων. Για αυτό το λόγο ο πρώτος δείκτης που χρησιμοποιήθηκε για την επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στις ενεργειακές καταναλώσεις είναι οι βαθμοώρες ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C. Η παράμετρος αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι δεν σχετίζεται μόνο με τις ώρες που απαιτείται κλιματισμός για ένα κτήριο αλλά και με την ένταση λειτουργίας του για να επιτευχθεί η απαιτούμενη θερμοκρασία και έτσι σχετίζεται άμεσα με την κατανάλωση ενέργειας για κλιματισμό. Στο πλαίσιο της ανάλυσης παρουσιάζεται η μέση, και η μέση ωριαία τιμή των βαθμοωρών, ανά μήνα και για κάθε σταθμό. Αντίστοιχη ανάλυση, ανά μήνα και ανά σταθμό γίνεται για την ημερήσια και νυχτερινή περίοδο.

8.2.1. Αριθμός βαθμοωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για την εξεταζόμενη περίοδο

Στο σχήμα 8.2 που ακολουθεί παρουσιάζονται ο αριθμός των βαθμοωρών ψύξης για όλους τους μήνες, για θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C.



Σχήμα 8.2: Βαθμοώρες ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C

Εξετάζοντας τα στοιχεία των διαγραμμάτων του σχήματος 8.2 και του πίνακα 8.1 προκύπτει ότι ο σταθμός στην Πανεπιστημιακή Λέσχη (Σταθμός 12) παρουσίασε συστηματικά τις μεγαλύτερες τιμές, με μέγιστη τιμή τις 4211,2 βαθμοώρες τον Αύγουστο του 1998, που ήταν και ο πιο θερμός μήνας, μαζί με τον Ιούλιο του ίδιου έτους, σύμφωνα με την μέση μηνιαία θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς. Τον μήνα αυτό, ο μικρότερος αριθμός βαθμοωρών (959,2) εμφανίστηκε στο Σταθμό 22 που αντιστοιχεί σε διαφορά της τάξης του 440% σε σχέση με την μέγιστη τιμή. Ο μικρότερος μέγιστος αριθμός βαθμοωρών για το σύνολο της εξεταζόμενης περιόδου εμφανίστηκε τον Σεπτέμβριο του 1996 πάλι στο σταθμό 12 και είναι 1225,3 βαθμοώρες. Αντίστοιχα ο μικρότερος αριθμός βαθμοωρών κάθε μήνα παρατηρήθηκε συνήθως στο σταθμό 2 (6 από τους 9 μήνες) και σπανιότερα στους 16 και 22, με το σταθμό 2 να μην ξεπερνά το όριο των 28°C καμία ώρα τον Σεπτέμβριο του 1997 που ήταν και ο πιο ψυχρός από τους εξεταζόμενους μήνες. Τέλος, σημειώνεται ότι ο προσδιορισμός της θερμοκρασίας βάσης παίζει καθοριστικό ρόλο στο πλήθος των βαθμοωρών, καθώς τον Ιούλιο και των Αύγουστο του 1998 όπου η μέση θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς είναι άνω των 28 βαθμών, καταγράφεται μεγάλη διαφορά από τους υπόλοιπους μήνες που η μέση θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς ήταν μικρότερη των 28 βαθμών.

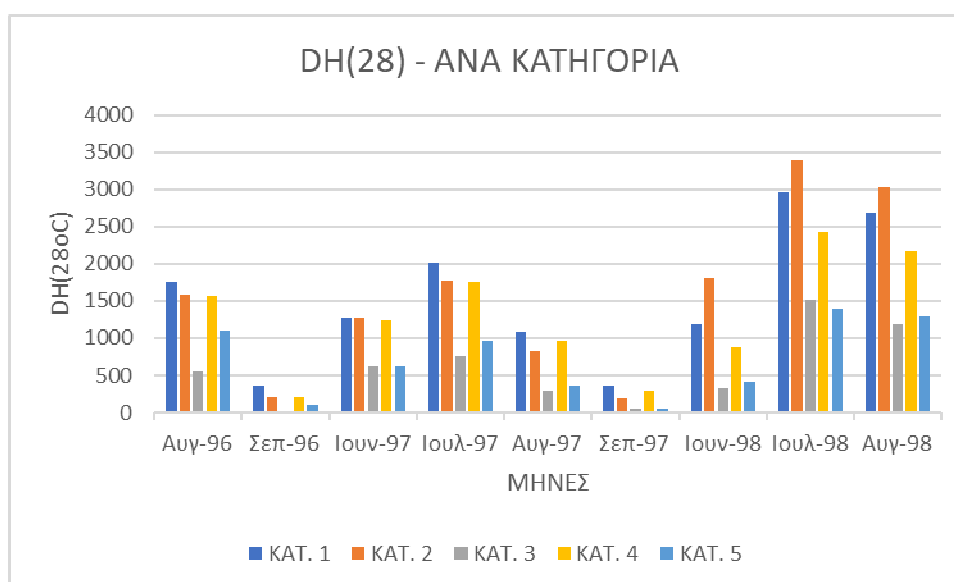
Οι αποκλίσεις μεταξύ ελάχιστου και μέγιστου αριθμού βαθμοωρών ανά μήνα κυμάνθηκαν μεταξύ των 1223 (Σεπτέμβριος του 1996) ως 3442,7(Αύγουστο του 1998) με τις πιο μικρές διαφορές να καταγράφονται γενικά τους ψυχρούς μήνες και οι μεγαλύτερες τους θερμότερους.

Πίνακας 8.1: Μέγιστος και ελάχιστος αριθμός βαθμοωρών και οι αντίστοιχες διαφορές τους ανά μήνα.

	T ₁₉ °C	MaxDH(28)	MinDH(28)	(Max-Min)DH(28)
Αύγουστος 1996	27,1	3312,4(Σταθ. 12)	489,6(Σταθ. 2)	2822,8
Σεπτέμβριος 1996	22,8	1225,3(Σταθ. 12)	2,2(Σταθ. 2)	1223,1
Ιούνιος 1997	25,6	1936,3(Σταθ. 12)	54,6(Σταθ. 2)	1881,7

Ιούλιος 1997	27,9	3190,3(Σταθ. 12)	106,8(Σταθ. 2)	3083,5
Αύγουστος 1997	25,5	2514,7(Σταθ. 12)	42,6(Σταθ. 2)	2472,1
Σεπτέμβριος 1997	21,8	1569,3(Σταθ. 12)	0(Σταθ. 2)	1569,3
Ιούνιος 1998	25,7	2321,6(Σταθ. 12)	92(Σταθ. 16)	2229,6
Ιούλιος 1998	29,0	4169,3(Σταθ. 12)	959,2(Σταθ. 22)	3210,1
Αύγουστος 1998	28,9	4211,2(Σταθ. 12)	768,5(Σταθ. 16)	3442,7

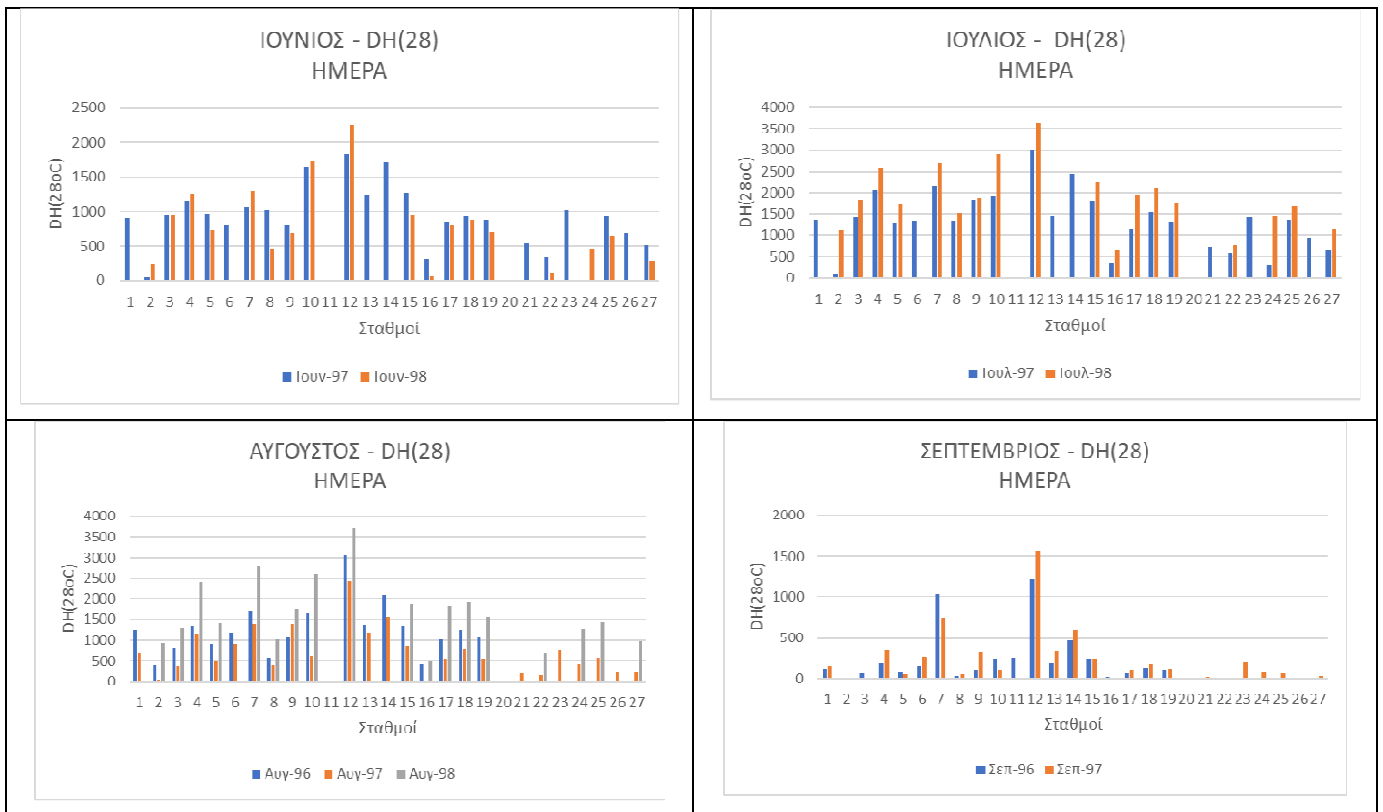
Εξετάζοντας την μέση τιμή των βαθμοωρών ανά κατηγορία σταθμών (Σχήμα 8.2), με βάση την κατηγοριοποίηση που έχει ήδη περιγράψει, προέκυψε ότι οι σταθμοί της πρώτης, δεύτερης, και τέταρτης κατηγορίας παρουσίασαν σαφώς μεγαλύτερες τιμές από τις άλλες δύο κατηγορίες και έφτασαν ως και τις 3400 βαθμοώρες, τον Ιούλιο του 1998. Τον ίδιο μήνα οι σταθμοί της τρίτης (περιαστικές περιοχές «Ασυνεχή Αστικού Ιστού») και της πέμπτης ομάδας (μεγάλα πάρκα «Αστικού Πράσινου») εμφάνισαν τις μικρότερες τιμές, 1400 και 1500 βαθμοώρες αντίστοιχα. Οι κατηγορίες αυτές εμφάνισαν συστηματικά τον μικρότερο αριθμό βαθμοωρών. Οι βαθμοώρες της πρώτης ομάδας όλους τους μήνες ήταν μεγαλύτερες κατά τουλάχιστον 200% ως και 300%, από αυτές της τρίτης ομάδας, καταδεικνύοντας κατ' επέκταση την σημαντική επίδραση του αστικού σχεδιασμού στις ενεργειακές καταναλώσεις για τον δροσισμό των κτηρίων. Αντίστοιχες ήταν και οι διαφορές της πρώτης κατηγορίας από την 5^η κατηγορία που αναφέρεται σε περιοχές «Αστικού Πράσινου».



Σχήμα 8.3: Μέσος αριθμός βαθμοωρών ανά κατηγορία σταθμών και ανά μήνα .

8.2.2. Αριθμός βαθμοωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για την ημερήσια περίοδο

Στον σχήμα 8.4 παρουσιάζονται οι βαθμοώρες ανά σταθμό και ανά μήνα κατά την ημερήσια περίοδο.



Σχήμα 8.4: Βαθμοώρες ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C για την ημερήσια περίοδο.

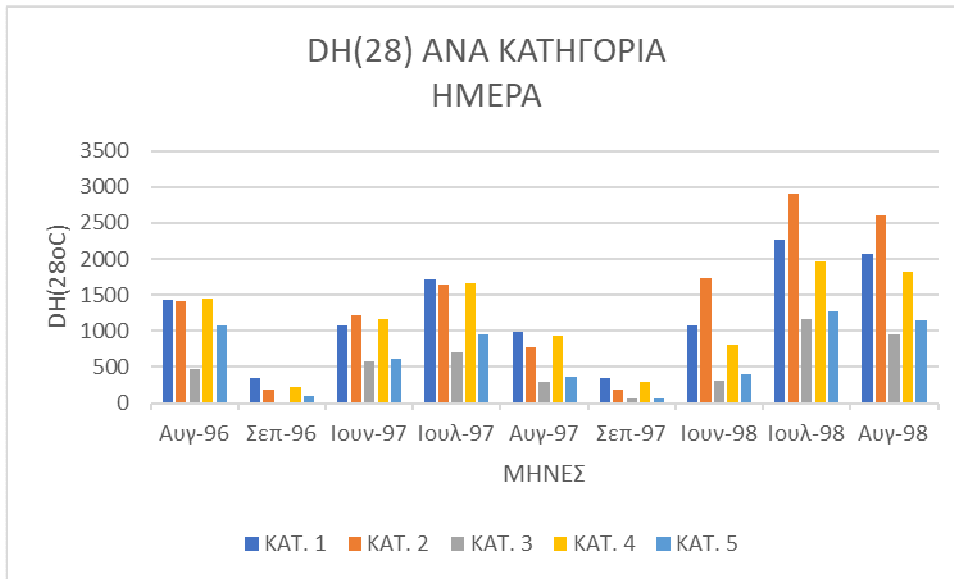
Όπως προκύπτει από το ανωτέρω σχήμα και τον πίνακα 2, πάλι ο Σταθμός 12, παρουσίασε συστηματικά τον μεγαλύτερο αριθμό βαθμοωρών από όλους τους άλλους σταθμούς και για όλους τους εξεταζόμενους μήνες. Ο απόλυτα μεγαλύτερος αριθμός βαθμοωρών εμφανίστηκε τον Αύγουστο του 1998 και ήταν 3716,6 με την μικρότερη τιμή τον ίδιο μήνα να είναι 508,1 βαθμοώρες στο σταθμός 16, δηλαδή περί τις εφτά μισή φορές μικρότερος από το μέγιστο. Η μικρότερη μέγιστη τιμή εμφανίζεται τον Σεπτέμβριο του 1996 και έφτασε τις 1200 βαθμοώρες. Σε ότι αφορά τις ελάχιστες τιμές αυτές τις παρουσίασαν οι σταθμοί 2 και 16 με μεγαλύτερη ελάχιστη τιμή τις 660 βαθμοώρες τον Ιούλιο του 1998 και την μικρότερη τιμή 0 τον Σεπτέμβριο του 1997.

Οι αποκλίσεις μεταξύ ελάχιστου και μέγιστου αριθμού βαθμοωρών ανά μήνα κατά την διάρκεια της ημέρας κυμάνθηκαν μεταξύ των 1220,2 (Σεπτέμβριος του 1996) ως 3208,5(Αύγουστο του 1998) με τις πιο μικρές διαφορές να εμφανίζονται γενικά τους ψυχρούς μήνες και οι μεγαλύτερες τους θερμότερους.

Πίνακας 8.2: Μέγιστος και ελάχιστος αριθμός βαθμοωρών και οι αντίστοιχες διαφορές τους ανά μήνα κατά την ημερήσια περίοδο.

	$T_{19}^{\circ}\text{C}$	MaxDH(28)	MinDH(28)	(Max-Min)DH(28)
Αύγουστος 1996	29,3	3054,7(Σταθ.12)	394,9(Σταθ.2)	2659,8
Σεπτέμβριος 1996	24,2	1222,4(Σταθ.12)	2,2(Σταθ.2)	1220,2
Ιούνιος 1997	28,3	1820,7(Σταθ.12)	52,7(Σταθ.2)	1768
Ιούλιος 1997	30,4	3026,8(Σταθ.12)	98,4(Σταθ.2)	2928,4
Αύγουστος 1997	27,7	2441,2(Σταθ.12)	42,2(Σταθ.2)	2399
Σεπτέμβριος 1997	23,8	1566,1(Σταθ.12)	0(Σταθ.2)	1566,1
Ιούνιος 1998	28,1	2255,3(Σταθ.12)	64,6(Σταθ.16)	2190,7
Ιούλιος 1998	31,2	3653,1(Σταθ.12)	661,5(Σταθ.16)	2991,6
Αύγουστος 1998	30,9	3716,6(Σταθ.12)	508,1(Σταθ.16)	3208,5

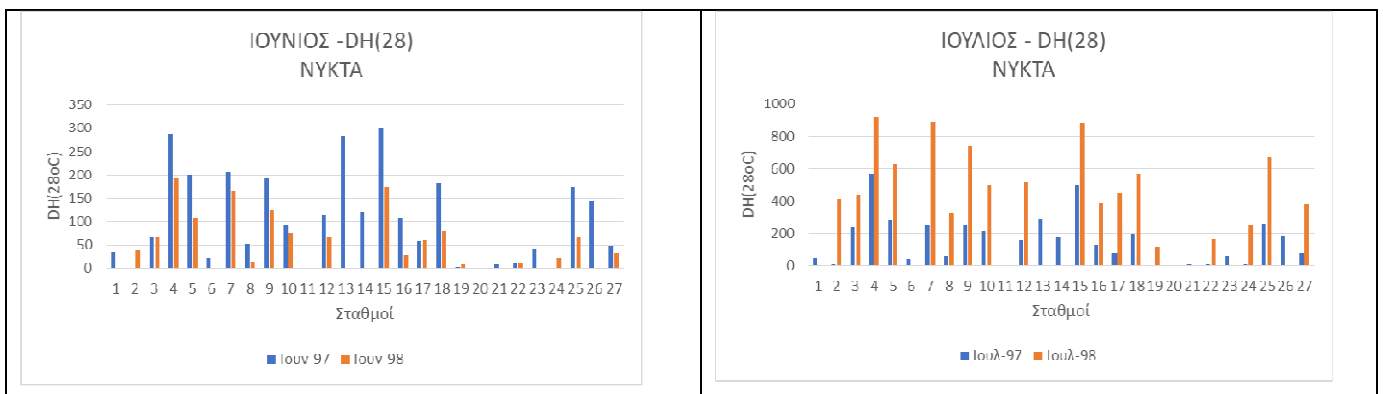
Εξετάζοντας τις βαθμώρες ανά κατηγορία (Σχήμα 8.5) παρατηρούμε ότι οι σταθμοί της πρώτης, δεύτερης και τέταρτης κατηγορίας παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές, με τις διαφορές μεταξύ τους στον ίδιο μήνα (εκτός Σεπτεμβρίου) να μην ξεπερνούν το 15%. Η μεγαλύτερη τιμή εμφανίσθηκε τον Ιούλιο του 1998 και έφτασε τις 2899,3 βαθμώρες, τιμή που ήταν κατά 250% φορές μεγαλύτερη από τον μέσο αριθμό των βαθμωρών (1171,6) που παρουσίασαν οι σταθμοί της τρίτης κατηγορίας τον ίδιο μήνα. Οι σταθμοί αυτής της κατηγορίας, παρουσίασαν κατά την διάρκεια της ημέρας συστηματικά τον μικρότερο αριθμό βαθμωρών και κοντά σε αυτή βρίσκονται οι σταθμοί της πέμπτης κατηγορίας. Εικόνα αντίστοιχη με αυτή του συνολικού αριθμού των βαθμωρών κάτι που είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι συντριπτικός αριθμός των βαθμωρών εμφανίζεται κατά την διάρκεια της ημέρας.

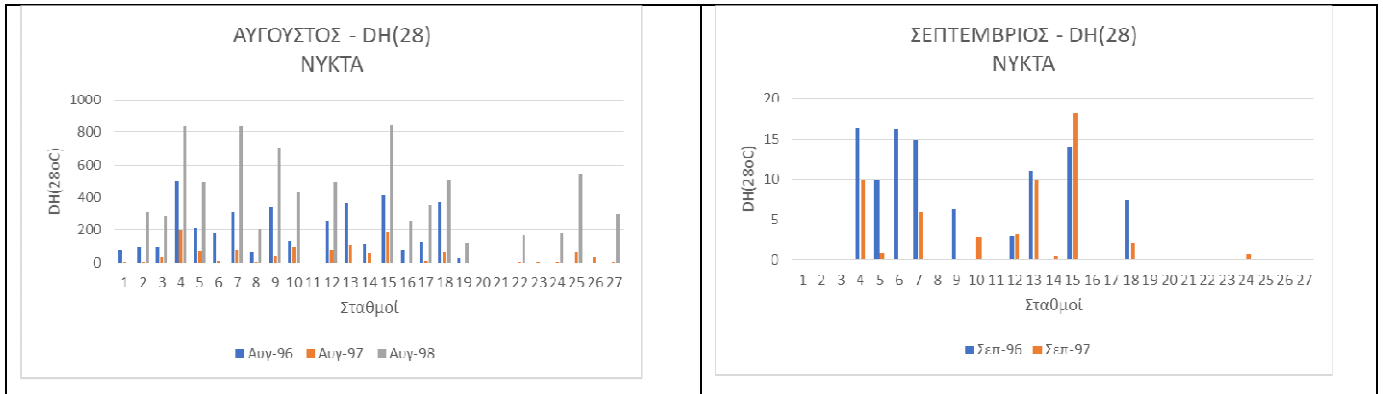


Σχήμα 8.5: Μέσος αριθμός βαθμωρών ανά κατηγορία σταθμών και ανά μήνα κατά την ημερήσια περίοδο.

8.2.3. Αριθμός βαθμωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για την νυχτερινή περίοδο

Στο σχήμα 8.6 που ακολουθεί παρουσιάζει τον αριθμό των βαθμωρών κατά την διάρκεια της νύκτας.





Σχήμα 8.6: Βαθμοώρες ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C για την νυχτερινή περίοδο.

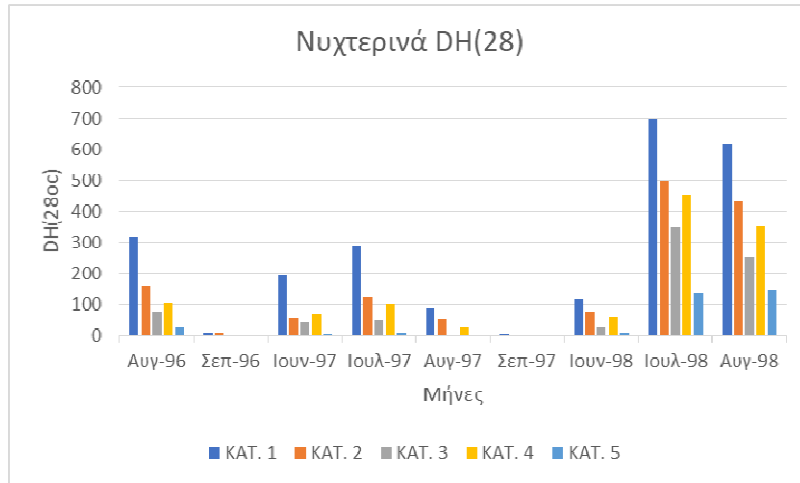
Ο Σταθμός 4 ήταν ο σταθμός που συστηματικά κάθε μήνα εμφάνισε τον μεγαλύτερο αριθμό βαθμοωρών, με εξαίρεση τον Ιούνιο του 1997 όπου την μεγαλύτερη τιμή την εμφάνισε ο Σταθμός 15. Η απόλυτα μεγαλύτερη τιμή εμφανίστηκε τον Ιούλιο του 1998 όπου έφτασε τις 919 βαθμοώρες. Τον ίδιο μήνα στο σταθμό αναφοράς (Σταθμός 19) καταγράφηκε ο μικρότερος αριθμός βαθμοωρών(124), που ήταν 7,5 φορές μικρότερος από τον μέγιστο του Ιουλίου του 1998. Η μικρότερη μέγιστη τιμή όπως και ήταν αναμενόμενο εμφανίστηκε τον Σεπτέμβριο του 1996 και του 1997 (16,3 και 9,9 αντίστοιχα). Ο σταθμός 19 εμφανίζει συστηματικά τον μικρότερο αριθμό βαθμοωρών με εξαίρεση και εδώ τον Ιούνιο του 1997, όπου η μικρότερη τιμή εμφανίζεται στο Σταθμό 2. Η μεγαλύτερη ελάχιστη τιμή ήταν 124,3 και εμφανίστηκε τον Αύγουστο του 1998, τον μήνα με την μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία.

Οι αποκλίσεις, μεταξύ ελάχιστου και μέγιστου αριθμού βαθμοωρών ανά μήνα, κυμάνθηκαν μεταξύ των 804,9 (Ιούλιος του 1996) και 16,3 (Σεπτέμβριος του 1996) και σε αυτή την περίπτωση οι πιο μικρές διαφορές να εμφανίζονται γενικά τους ψυχρούς μήνες και οι μεγαλύτερες τους θερμότερους.

Πίνακας 8.3: Μέγιστος και ελάχιστος αριθμός βαθμοωρών και οι αντίστοιχες διαφορές τους ανά μήνα κατά την νυχτερινή περίοδο

	T ₁₉ °C	MaxDH(28)	MinDH(28)	(Max-Min)DH(28)
Αύγουστος 1996	24,2	497,5 (Σταθ. 4)	26,7(Σταθ. 19)	470,8
Σεπτέμβριος 1996	20,8	16,3(Σταθ. 4)	0(Σταθ. 19)	16,3
Ιούνιος 1997	21,9	300,3(Σταθ. 15)	1,9(Σταθ. 2)	298,4
Ιούλιος 1997	24,4	573,5(Σταθ. 4)	5,7(Σταθ. 19)	567,8
Αύγουστος 1997	22,4	198,8(Σταθ. 4)	0(Σταθ. 19)	198,8
Σεπτέμβριος 1997	18,9	18,3(Σταθ. 4)	0(Σταθ. 19)	18,3
Ιούνιος 1998	22,4	191,7(Σταθ. 4)	9,3(Σταθ. 19)	182,4
Ιούλιος 1998	25,8	919,5(Σταθ. 4)	114,6(Σταθ. 19)	804,9
Αύγουστος 1998	26,0	850,3(Σταθ. 4)	124,3(Σταθ. 19)	726

Εξετάζοντας τον αριθμό των βαθμοωρών ανά κατηγορία σταθμών (Σχήμα 8.7) προκύπτει ότι οι σταθμοί της πρώτης κατηγορίας εμφανίζουν συστηματικά των μεγαλύτερο αριθμό, με την μεγαλύτερη τιμή να καταγράφεται τον Ιούλιο του 1998 και να φτάνει τις 697 βαθμοώρες. Τον ίδιο μήνα η ελάχιστη τιμή εμφανίζεται στην πέμπτη κατηγορία(στις 139,4 βαθμοώρες.) Η κατηγορία αυτή όπως και ήταν αναμενόμενο, εμφανίζει συστηματικά τον μικρότερο αριθμό βαθμοωρών όπου για τον Σεπτέμβριο του 1996 και τον Σεπτέμβριο του 1997 είναι μηδέν



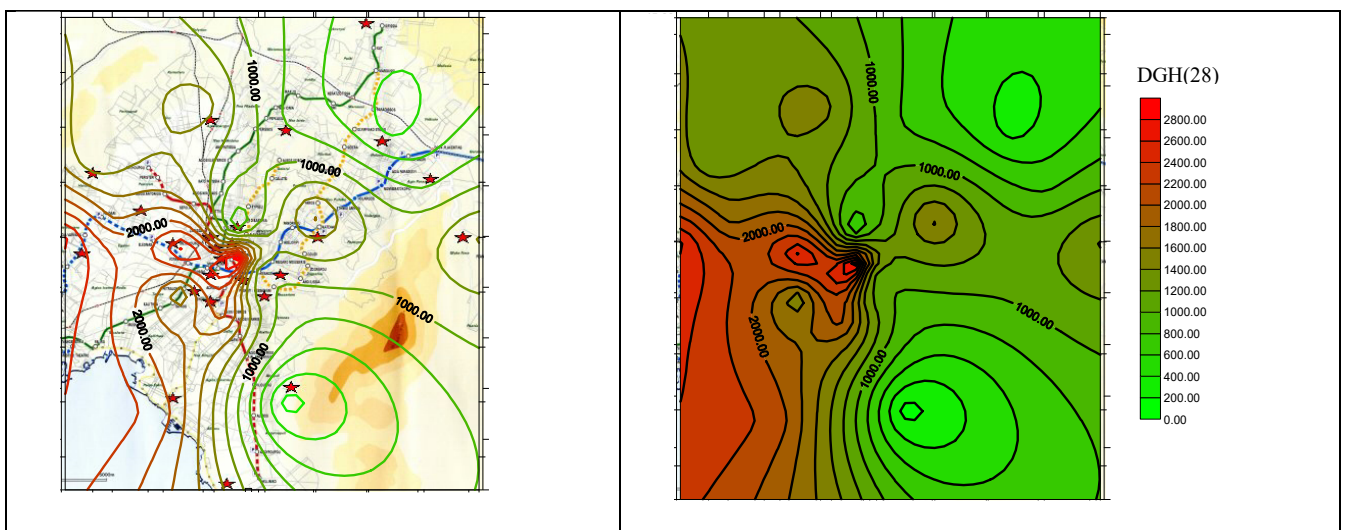
Σχήμα 8.7: Αριθμός βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28 °C ανά κατηγορία σταθμών και ανά μήνα κατά την νυχτερινή περίοδο.

8.2.4. Χωρική κατανομή βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28 °C για τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 1997.

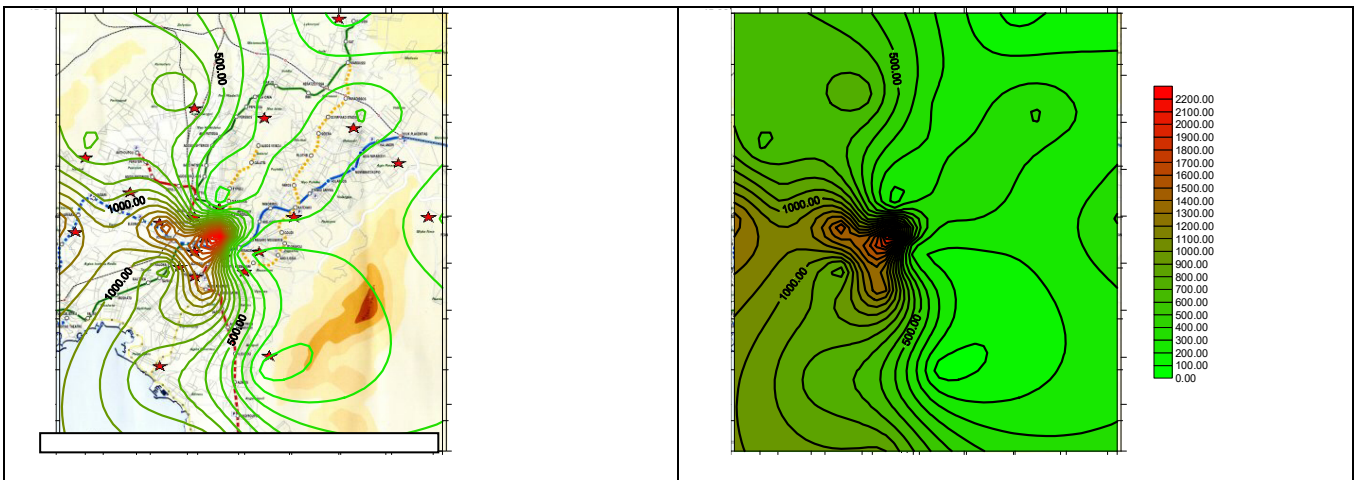
Στη συνέχεια εξετάζουμε την χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28 °C για το Ιούλιο και τον Αύγουστο του 1997, συνολικά για κάθε μήνα, αλλά και για την ημερήσια και την νυχτερινή περίοδο αντίστοιχα. Η επιλογή των συγκεκριμένων μηνών έγινε λόγω της πληρέστερης σειρά δεδομένων που έχουμε και η οποία βοηθά στην ακριβέστερη χωρική απεικόνιση.

8.2.4.1. Χωρική κατανομή του ολικού αριθμού βαθμοωρών.

Στα σχήματα 8.8 και 8.9 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή των συνολικών βαθμοωρών ψύξης για τους μήνες Ιουλίου και Αυγούστου του 1997.



Σχήμα 8.8: Χωρική κατανομή του συνολικού αριθμού βαθμοωρών για τον Ιούλιο του 1997

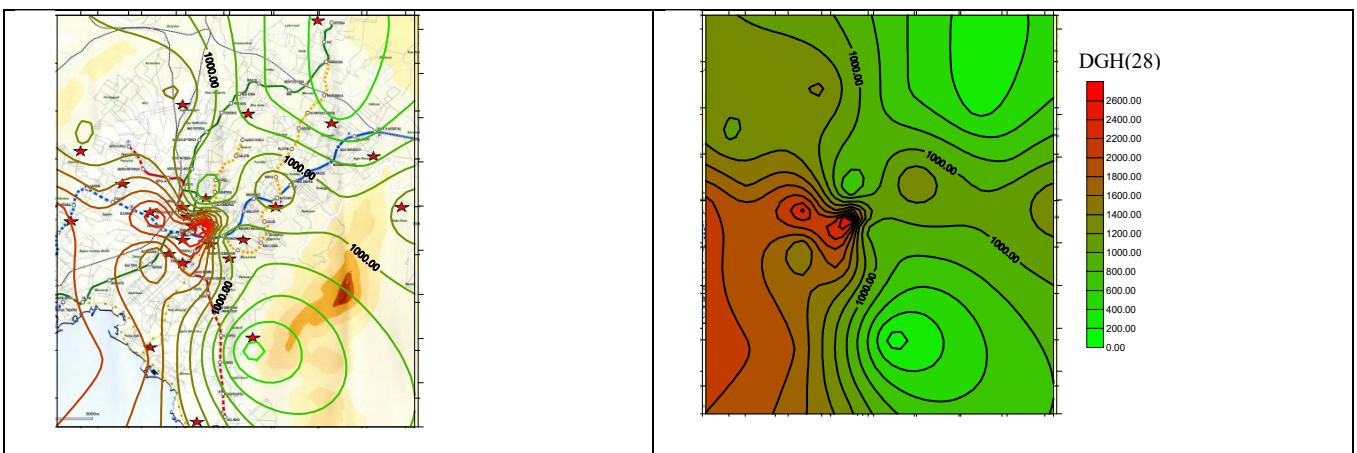


Σχήμα 8.9: Χωρική κατανομή του συνολικού αριθμού βαθμοωρών για τον Αύγουστο του 1997.

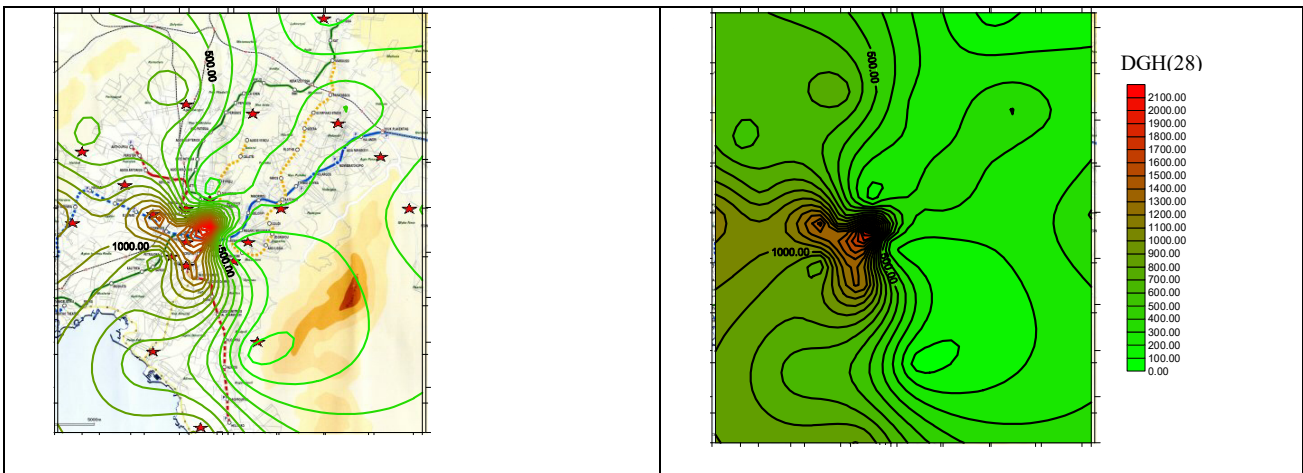
Όπως προκύπτει από τα ανωτέρω σχήματα υπάρχει σημαντική ομοιότητα με τα αντίστοιχα σχήματα των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών που εξετάστηκαν στο Κεφάλαιο 4 κάτι που είναι αναμενόμενο, καθώς ο αριθμός των βαθμοωρών έχει άμεση συσχέτιση με την μέση θερμοκρασία. Στα σχήματα αυτά παρατηρείται ότι στην βόρεια και ανατολική περιοχή του λεκανοπεδίου, ο αριθμός των βαθμοωρών είναι σαφώς μικρότερος από αυτό που καταγράφεται στο υπόλοιπο λεκανοπέδιο με τις περιοχές του κέντρου και της δυτικής Αθήνας να κρατούν τα σκήπτρα των μεγαλύτερων τιμών. Η συμπεριφορά αυτή, όπως έχει εξηγηθεί και στην θερμοκρασιακή ανάλυση των σταθμών, σχετίζεται άμεσα με την ύπαρξη των ορεινών όγκων του Υμηττού και της Πεντέλης, το αυξημένο Αστικό Πράσινο καθώς και με την μικρότερη πυκνότητα δόμησης και τον μικρότερο κυκλοφοριακό φόρτο των βόρειων και ανατολικών περιοχών του λεκανοπεδίου, στοιχεία που δεν παρατηρούνται στις περιοχές του κέντρου αλλά και στις υποβαθμισμένες περιοχές της Δυτικής Αθήνας.

8.2.4.2. Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C κατά την ημερήσια περίοδο.

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται ο αριθμός των βαθμοωρών με θερμοκρασία αναφοράς του 28°C κατά την ημερήσια περίοδο για τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 1997.



Σχήμα 8.10: Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης κατά την ημερήσια περίοδο για τον Ιούλιο του 1997

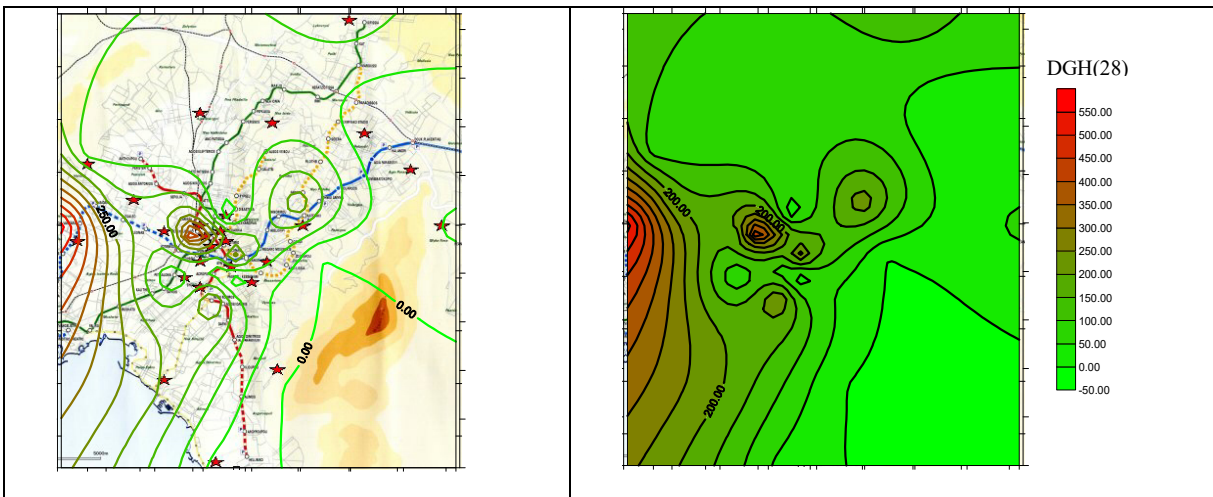


Σχήμα 8.11: Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης κατά την ημερήσια περίοδο για τον Αύγουστο του 1997

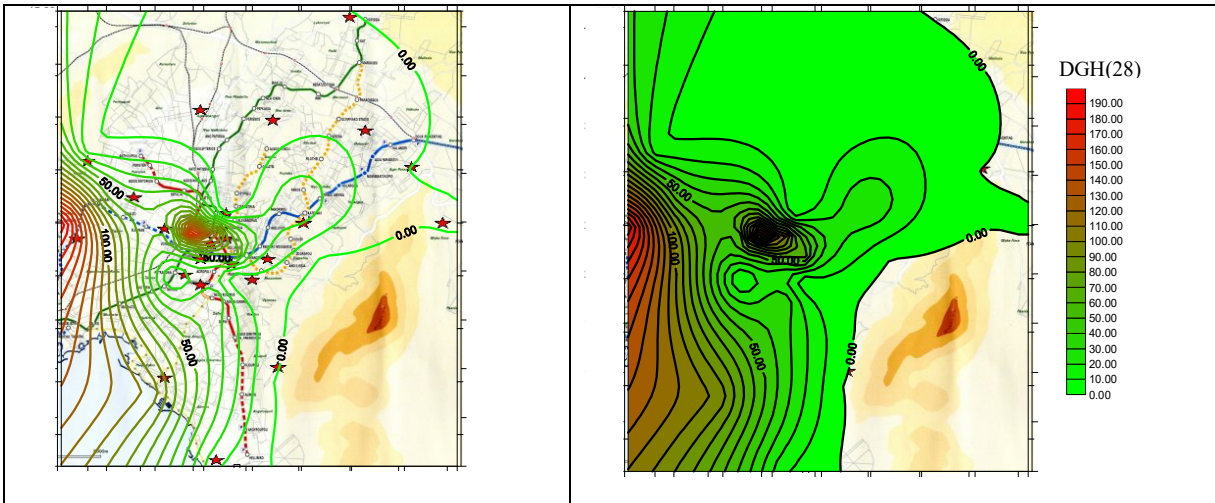
Τα σχήματα αυτά παρουσιάζουν την ίδια σχεδόν εικόνα με τα αντίστοιχα της προηγούμενης παραγράφου. Αυτό συμβαίνει διότι ο κύριος αριθμός των βαθμοωρών εμφανίζεται κατά την ημερήσια περίοδο όπου έχουμε και τις υψηλότερες θερμοκρασίες, ενώ ο αριθμός των βαθμοωρών κατά την νυχτερινή περίοδο είναι σημαντικά μικρότερος. Για τους δύο εξεταζόμενους μήνες ο αριθμός των βαθμοωρών κατά την ημερήσια περίοδο είναι κατά μέσο όρο 4,5 φορές μεγαλύτερος από αυτόν της νυχτερινής περιόδου.

8.2.4.3. Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C κατά την νυχτερινή περίοδο.

Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται ο αριθμός των βαθμοωρών με θερμοκρασία αναφοράς του 28 °C κατά την νυχτερινή περίοδο για τον Ιούλιο και τον Αύγουστο του 1997.



Σχήμα 8.12: Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης κατά την νυχτερινή περίοδο για τον Ιούλιο του 1997

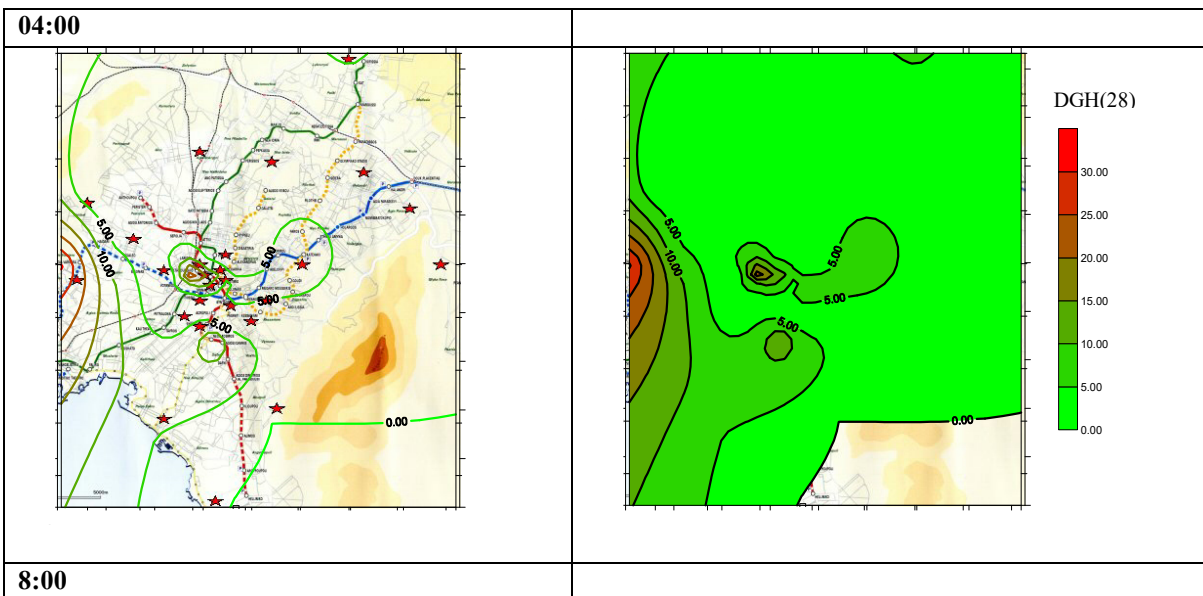


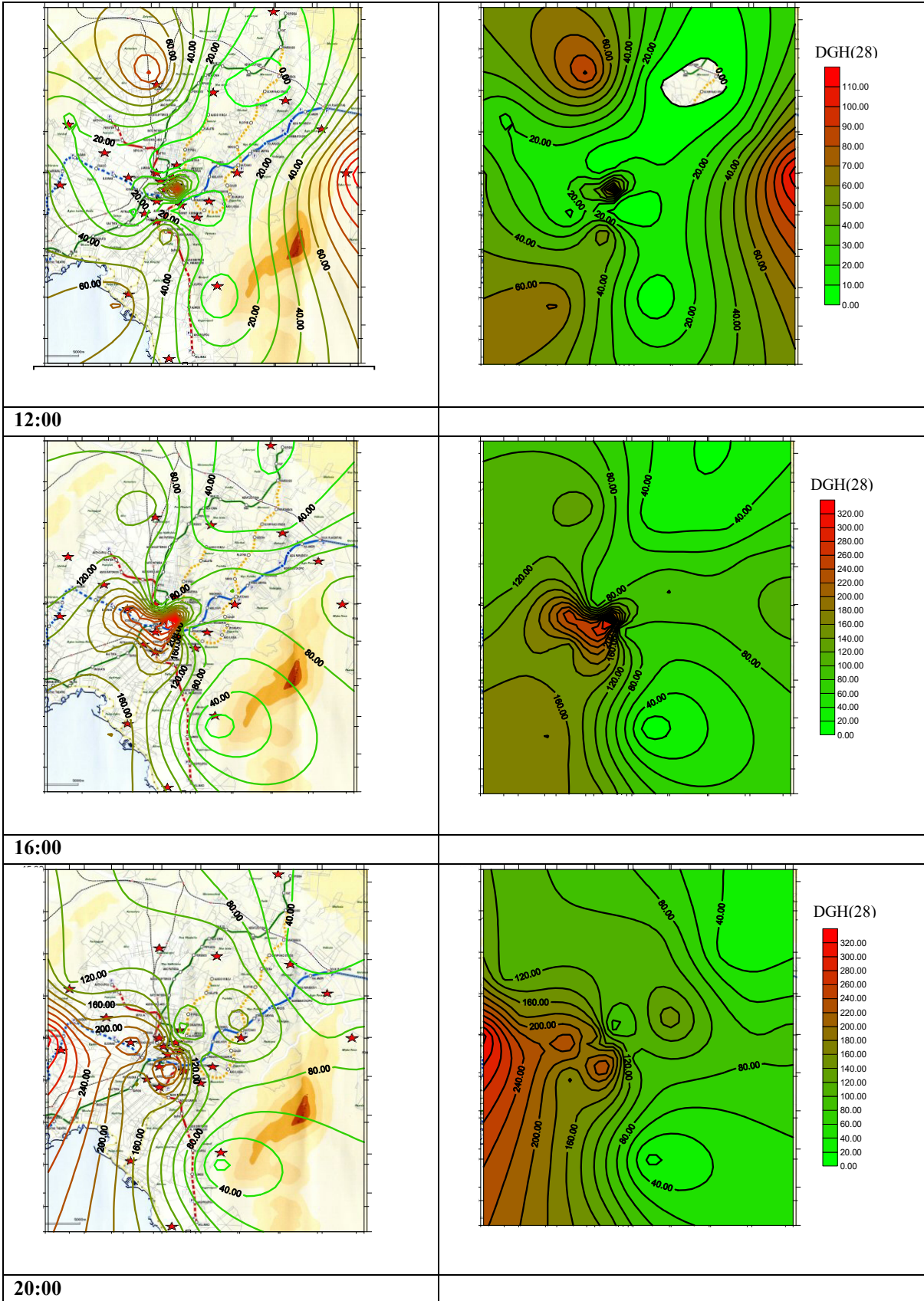
Σχήμα 8.13: Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης κατά την νυχτερινή περίοδο για τον Αύγουστο του 1997.

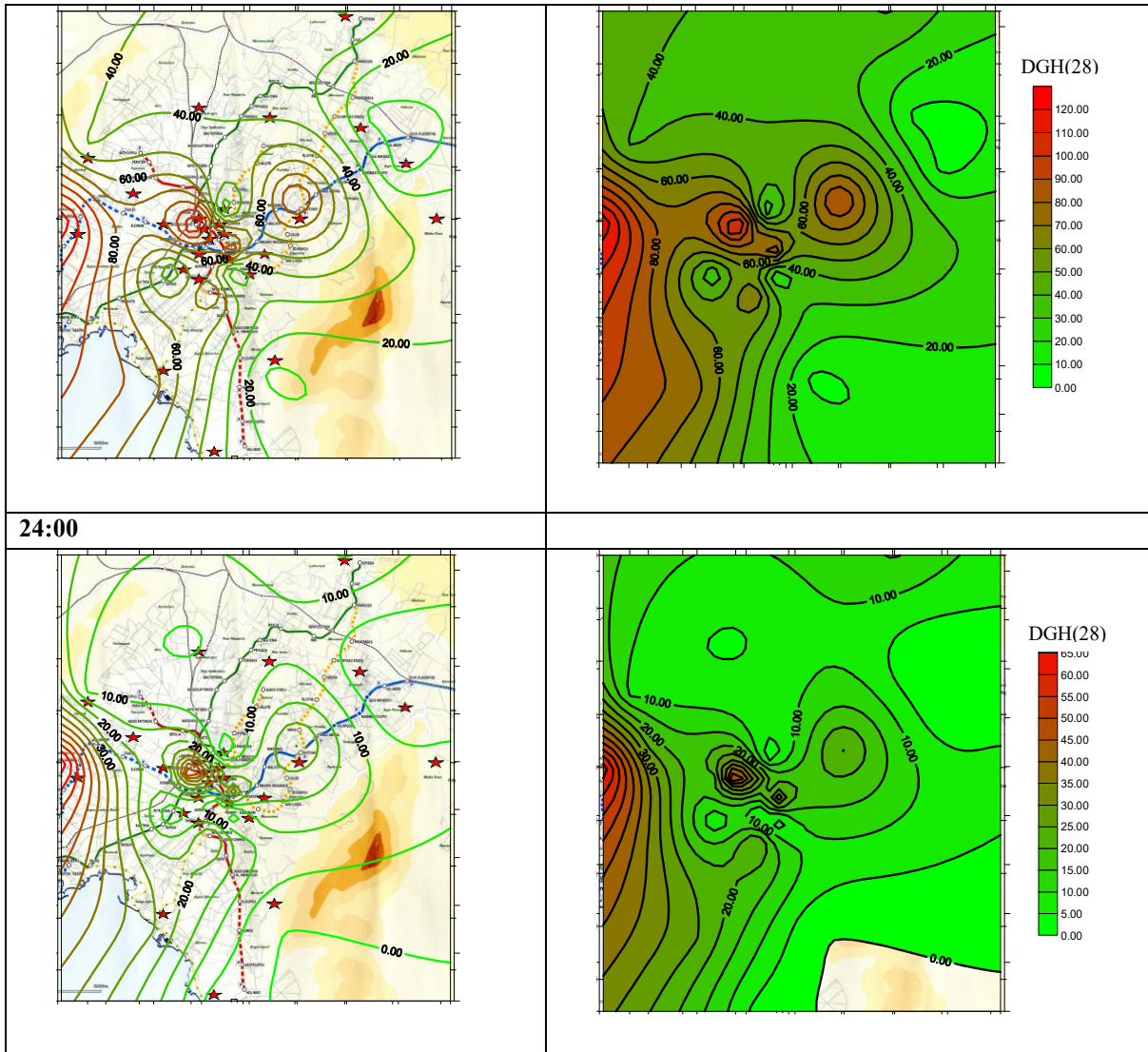
Κατά την νυχτερινή περίοδο οι περιοχές με τις υψηλότερες τιμές είναι σαφέστερα χωρικά προσδιορισμένες στην περιοχή του κέντρου και στα Δυτικά, ενώ οι περιοχές στα ανατολικά τμήματα του Λεκανοπεδίου δεν ξεπερνούν πρακτικά τους 28°C για τους εξεταζόμενους μήνες κατά την νυχτερινή περίοδο.

8.2.4.4. Χωροχρονική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C.

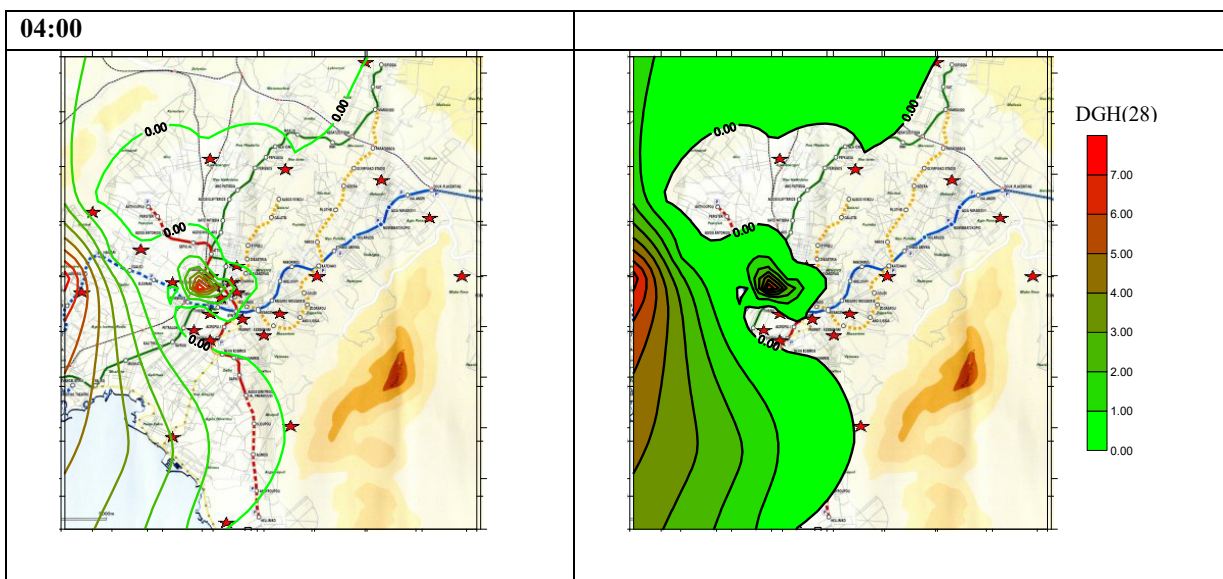
Στην παρούσα παράγραφο παρουσιάζεται η χωροχρονική αποτύπωση ανά τετράωρο των βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28 βαθμούς για τον Ιούλιο και των Αύγουστο του 1997.



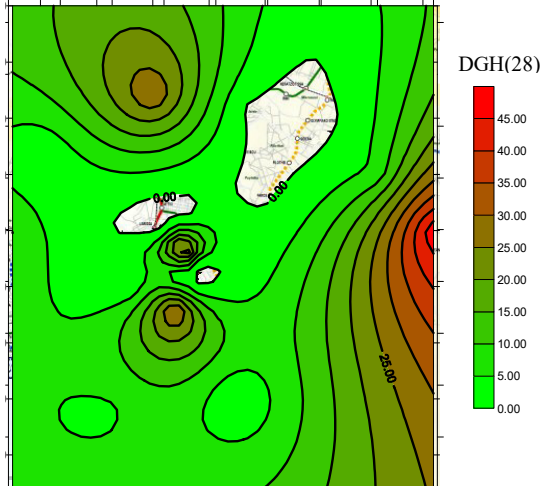
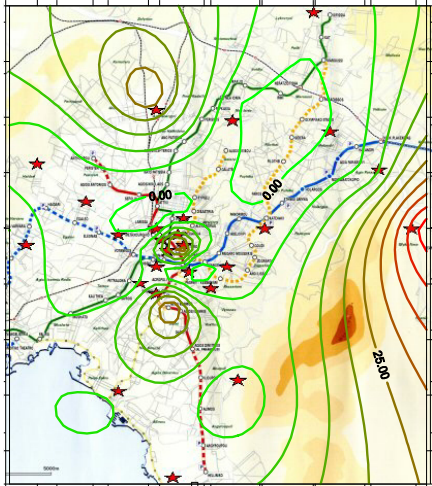




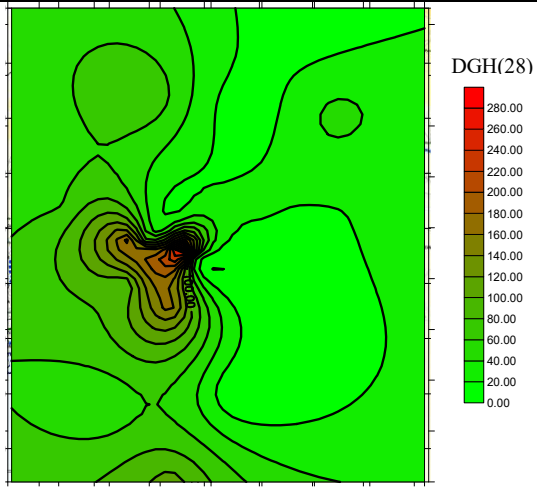
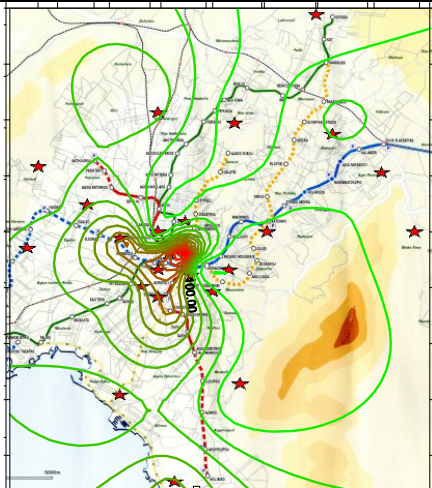
Σχήμα 8.14: Μέση ωριαία χωρική κατανομή των βαθμοωρών για τον μήνα Ιούλιο του 1997



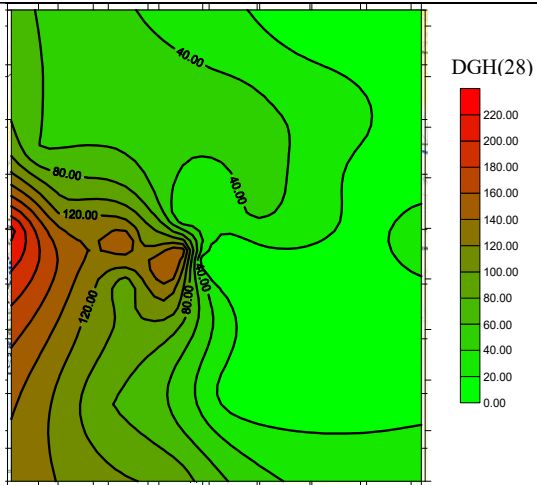
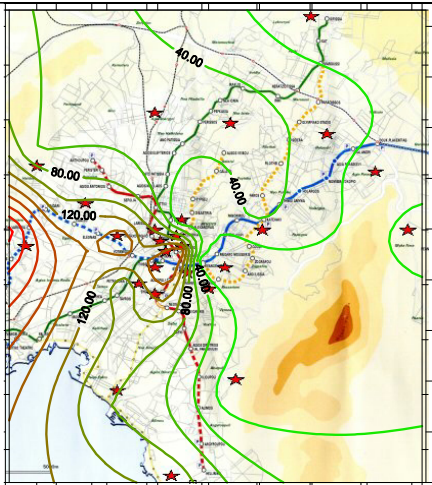
08:00



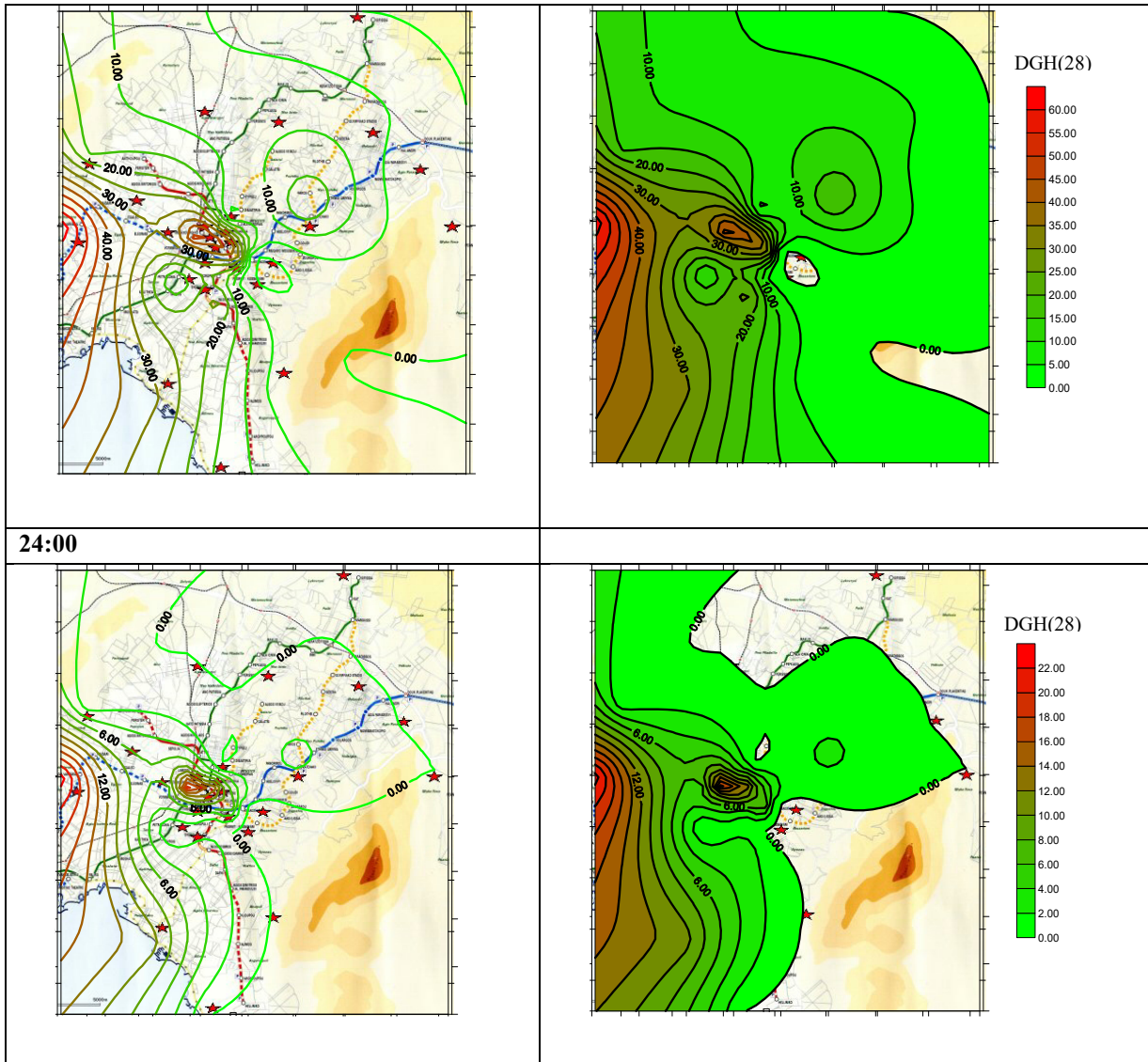
12:00



16:00



20:00



Σχήμα 8.15: Μέση ωριαία χωρική κατανομή των βαθμοωρών για τον μήνα Αύγουστος του 1997

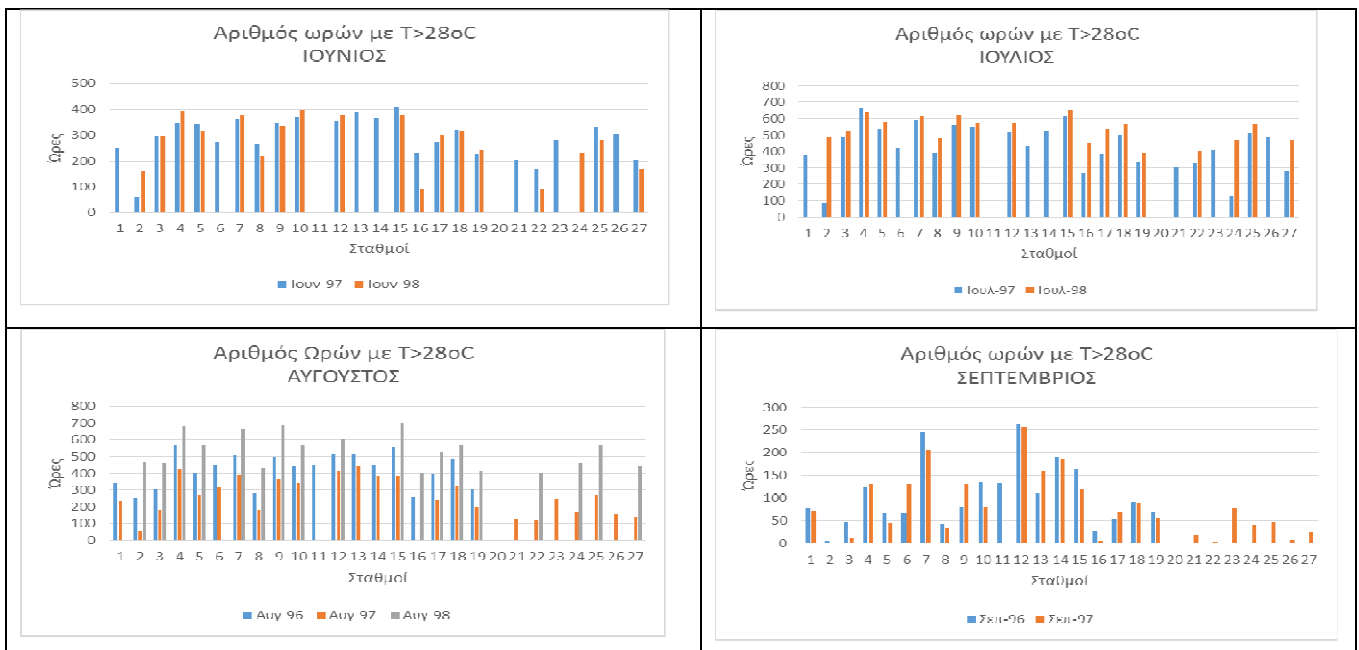
Μελετώντας τα σχήματα 8.14 και 8.15 είναι εμφανές ότι η 24ωρη πορεία των βαθμοωρών ξεκινάει με σημαντικό αριθμό βαθμοωρών στα ανατολικά προάστια, ακολούθως εδραιώνεται η μορφή της αστικής θερμικής νησίδας τις μεσημεριανές ώρες και στη συνέχεια αυτή μετατοπίζεται και προς τα δυτικά προάστια ενώ κατά τις βραδινές ώρες εδραιώνεται η ανάπτυξη της στο κέντρο της πόλης και προς τα δυτικά. Είναι προφανές ότι στις καταγεγραμμένες ανά σταθμό βαθμοώρες καθοριστικό ρόλο παίζει κυρίως η ηλιακή ακτινοβολία σε συνδυασμό με τον προσανατολισμό του σταθμού..

8.3. Ώρες ψύξης για θερμοκρασία βάσης τους 28°C

Ο αριθμός των ωρών που εμφανίζουν θερμοκρασία άνω των 28 βαθμών στην διάρκεια ενός μήνα είναι ένας πολύ σημαντικός δείκτης για την ενεργειακή κατανάλωση των κτηρίων για κλιματισμό, μιας και προσδιορίζει τον αριθμό των ωρών που πρέπει να δουλεύει μια κλιματιστική μονάδα σε ένα κλιματιζόμενο επί εικοσιτετράωρης βάσης κτήριο.

8.3.1. Αριθμός ωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για την εξεταζόμενη περίοδο

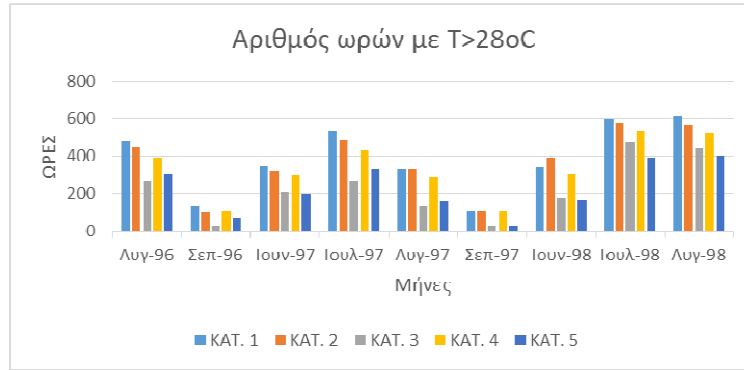
Στο σχήμα 8.16 αποτυπώνεται το πλήθος των ωρών που εμφανίζουν θερμοκρασία άνω των 28°C. Εξετάζοντας το πλήθος αυτών των ωρών από τα διαγράμματα του σχήματος προκύπτουν τα εξής. Οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται σε τέσσερις σταθμούς που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία σταθμών. Οι σταθμοί αυτοί είναι οι 4, 12, 13 και 15 όπου και οι τέσσερις παρουσιάζουν γενικά υψηλές μέσες θερμοκρασίες. Η μεγαλύτερη τιμή ήταν 699 ώρες και καταγράφηκε στον σταθμό 15 για τον Αύγουστο του 1998, μήνα που η μέση θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς ήταν 29 °C. Δηλαδή στο 94% των ωρών του μήνα οι θερμοκρασίες του σταθμού ήταν πάνω από 28 °C. Τον ίδιο μήνα ο σταθμός 22 εμφάνισε τον μικρότερο αριθμό ωρών, 399 ώρες, διαφορά που σε σχέση με τη μέγιστη τιμή ήταν της τάξης του 75% και που αντιστοιχεί στο 53% των ωρών του μήνα. Σημειώνεται ότι η τιμή αυτή ήταν η μεγαλύτερη, από τις ελάχιστες τιμές των ωρών με θερμοκρασία άνω των 28 °C, που καταγράφηκαν ανά μήνα. Τέλος, η διασπορά των μεγίστων σε περισσότερους από ένα σταθμούς, σε αντίθεση με τον αριθμό των βαθμοωρών, οφείλεται στην υψηλή επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας στο σταθμό 12, που έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών, κατά την διάρκεια της ημέρας, που οδηγεί σε μεγάλο αριθμό βαθμοωρών, αλλά όχι σε αντίστοιχα μεγάλο αριθμό ωρών ψύξης, για λόγους που έχουν αναλυθεί στο κεφάλαιο 5. Οι σταθμοί 2, 16, 19, και 22 παρουσίασαν τον μικρότερο αριθμό ωρών με θερμοκρασίες πάνω από 28 °C. Τον Σεπτέμβριο του 1997, ο Σταθμός 2 δεν ξεπέρασε ποτέ τους 28 βαθμούς, όπως έχει ήδη αναφερθεί στην ανάλυση των βαθμοωρών και τον Αύγουστο του 1998 παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη από τις ελάχιστες τιμές που ήταν 399 ώρες. Δηλαδή τουλάχιστον το 55% των ωρών του μήνα οι θερμοκρασίες των σταθμών ήταν μεγαλύτερες των 28 βαθμών. Οι διαφορές αυτές, σε συνδυασμό με τις διαφορές των βαθμοωρών, έχουν ως αποτέλεσμα σημαντικές διαφοροποιήσεις και στις καταναλώσεις ενέργειας όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια.



Σχήμα 8.16: Αριθμός ωρών με θερμοκρασία άνω των 28 °C ανά σταθμό και ανά μήνα.

Στη συνέχεια εξετάστηκε, ανά κατηγορία σταθμών, ο μέσος όρος του πλήθους των ωρών με θερμοκρασία άνω των 28 °C, οι οποίες και αποτυπώνονται στο σχήμα 8.17. Από την ανάλυση προέκυψαν και εδώ ανάλογα συμπεράσματα με τις βαθμοώρες, με τις ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ μεγίστων και ελαχίστων να είναι μικρότερες. Οι σταθμοί της πρώτης κατηγορίας παρουσιάζουν κατά μέσο όρο τις μεγαλύτερες τιμές που φτάνουν στις 620 ώρες τον Αύγουστο του 1998. Οι σταθμοί της τρίτης και πέμπτης κατηγορίας παρουσίασαν τις μικρότερες γενικά τιμές, που για τον Αύγουστο του 1998, έφτασαν στις 430 και 405 ώρες αντίστοιχα. Οι σταθμοί της δεύτερης και τέταρτης κατηγορίας, εμφάνισαν ενδιάμεσο αριθμό

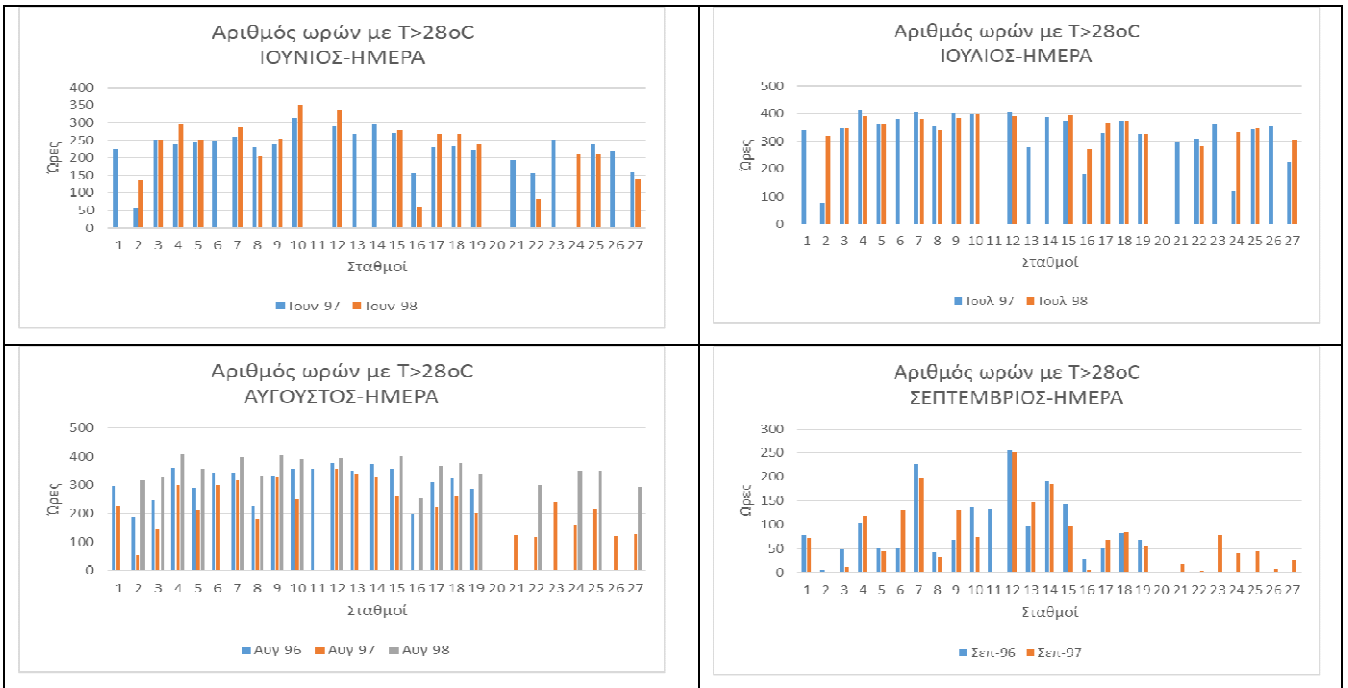
ωρών, όπου για τον Αύγουστο του 1998 φτάνουν περίπου στις 555 ώρες. Για το σύνολο της εξεταζόμενης περιόδου οι σταθμοί της πρώτης κατηγορίας εμφάνισαν, κατά μέσο όρο, 400 ώρες πάνω από τους 28 βαθμούς. Το πλήθος αυτών των ωρών είναι κατά 80% μεγαλύτερο από το αντίστοιχο πλήθος που εμφάνισαν οι σταθμοί της τρίτης και πέμπτης κατηγορίας και μεγαλύτερο κατά 15% περίπου από τους σταθμούς της δεύτερης και τέταρτης κατηγορίας.



Σχήμα 8.17: Μέσος αριθμός ωρών με θερμοκρασία άνω των 28°C ανά μήνα και ανά κατηγορία σταθμών.

8.3.2. Αριθμός ωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα κατά την διάρκεια της ημέρας για την εξεταζόμενη περίοδο

Εξετάζοντας στη συνέχεια το πλήθος των ωρών με θερμοκρασία πάνω από 28 βαθμούς (σχήμα 8.18) προκύπτουν τα ακόλουθα:

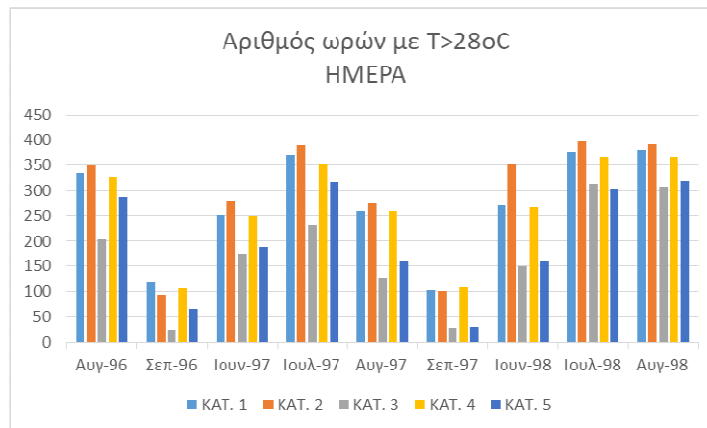


Σχήμα 8.18: Ωρες ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C για την ημερήσια περίοδο.

Οι σταθμοί που εμφάνισαν τον μεγαλύτερο αριθμό ωρών για την ημερήσια περίοδο, ήταν ο 12, ο 4 και ο 10, με τον μέγιστο αριθμό ωρών να εμφανίζονται στον Σταθμό 4 τον Αύγουστο του 1998 και να φτάνει στις 404 ώρες, δηλαδή το 93% των ωρών. Τον ίδιο μήνα ο ελάχιστος αριθμός εμφανίζεται στον σταθμό 27 και φτάνει στις 293 ώρες (67,5% των ωρών) εμφανίζοντας μία διαφορά της τάξης του 40% σε σχέση με το αντίστοιχο μέγιστο. Τους υπόλοιπους μήνες, οι σταθμοί 2, 16

και 22 είναι αυτοί που εμφάνισαν τον μικρότερο αριθμό ωρών με αποκλίσεις από τις αντίστοιχες μέγιστες τιμές που είναι σαφώς μεγαλύτερες του 40% .

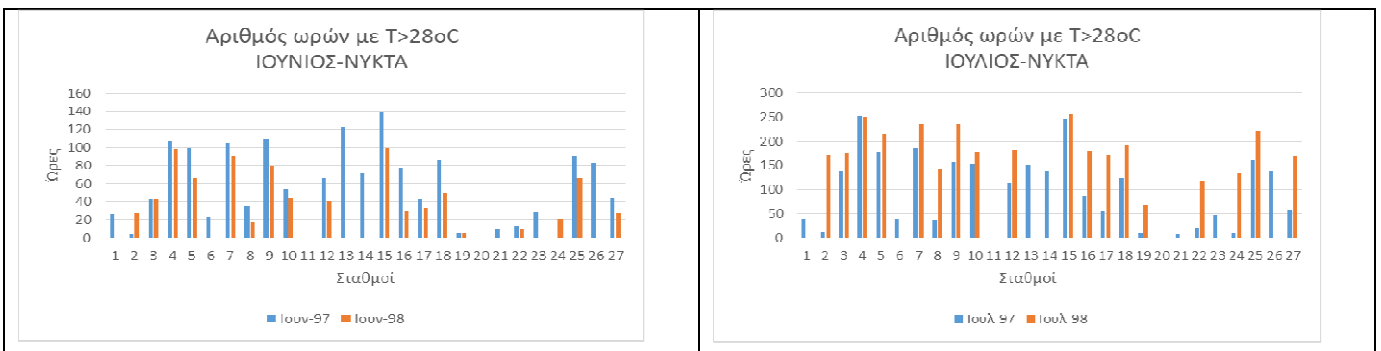
Εξετάζοντας τον αριθμό των ωρών ψύξης κατά την διάρκεια της ημέρας (σχήμα 8.19) ανά κατηγορία σταθμών προέκυψε ότι οι σταθμοί της δεύτερης ομάδας παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές κάθε μήνα με εξαίρεση των Σεπτεμβρίου του 1996 και 1997 όπου οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται στους σταθμούς της τέταρτης ομάδας. Κατά μέσο όρο η δεύτερη ομάδα εμφάνισε 292 ώρες τον μήνα και οι σταθμοί της τέταρτης ομάδας 278 ώρες. Παρατηρήθηκε ότι οι σταθμοί της δεύτερης κατηγορίας, που γειτνιάζουν με την θάλασσα, παρουσίασαν το μεγαλύτερο αριθμό ωρών με θερμοκρασίες άνω των 28 °C, ελαφρά μεγαλύτερο από αυτόν της πρώτης κατηγορίας που ανήκει στο τυπικό αστικό περιβάλλον. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι σταθμοί της κατηγορίας 2 βρίσκονται σε ανοικτό περιβάλλον επηρεαζόμενοι περισσότερες ώρες από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Οι σταθμοί της τρίτης κατηγορίας παρουσίασαν συστηματικά τον μικρότερο αριθμό ωρών με θερμοκρασίες άνω των 28°C. Ο αριθμός αυτός είναι κατά μέσο όρο οι 173 ώρες ,δηλαδή κατά 70% μικρότερος από το αντίστοιχο μέγιστο. Οι σταθμοί της πέμπτης κατηγορίας εμφανίζουν μεγαλύτερο αριθμό ωρών(κατά μέσο όρο 203 ώρες),μειωμένες κατά και 40 % σε σχέση με τον αριθμό της δεύτερης κατηγορίας.

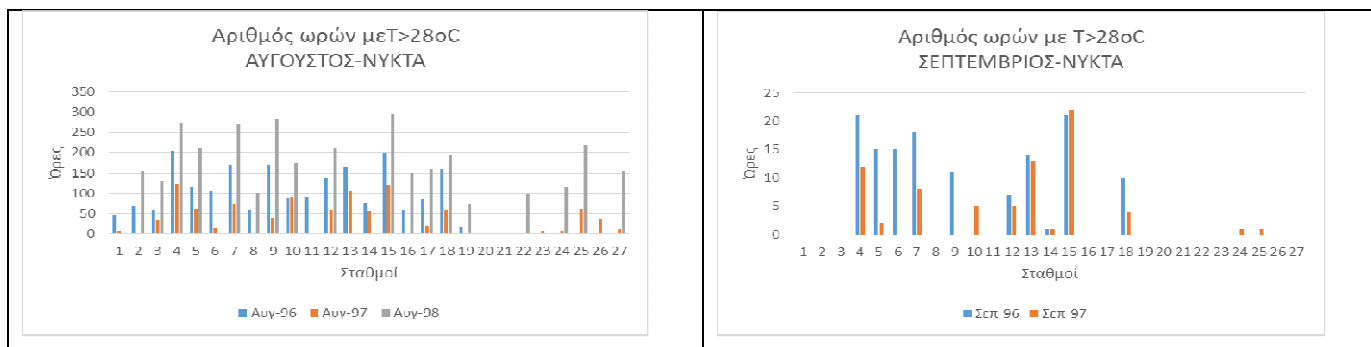


Σχήμα 8.19: Μέσος αριθμός ωρών ανά κατηγορία σταθμών και ανά μήνα κατά την ημερήσια περίοδο.

8.3.3. Αριθμός ωρών ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για την νυχτερινή περίοδο

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο αριθμός των ωρών που εμφανίζουν θερμοκρασίες άνω των 28 °C κατά την νυχτερινή περίοδο.



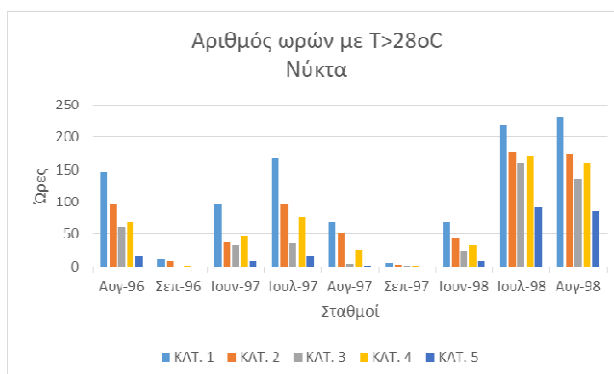


Σχήμα 8.20: Ώρες ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C για την νυκτερινή περίοδο.

Οι σταθμοί 4 και 15 είναι αυτοί που εμφάνισαν τον μεγαλύτερο αριθμό ωρών με θερμοκρασία άνω των 28 °C. Ο μεγαλύτερος αριθμός καταγράφηκε και εδώ τον Αύγουστο του 1998 και φτάνει στις 296 ώρες στο Σταθμό 15. Ο αριθμός αυτός αντιστοιχεί στο 95% των ωρών της νυκτερινής περιόδου, δείχνοντας σημαντική εμμονή στην ύπαρξη υψηλών θερμοκρασιών ακόμα και για την νυκτερινή περίοδο. Τον αντίστοιχο μήνα, το ελάχιστο των ωρών εμφανίζεται ο σταθμός 19 (74 ώρες) που αντιστοιχεί στο 24% του συνόλου των ωρών της νυκτερινής περιόδου. Η τιμή αυτή ήταν η μεγαλύτερη ελάχιστη τιμή που καταγράφεται σε όλους τους εξεταζόμενους μήνες. Οι μικρότερες τιμές των μεγίστων παρατηρήθηκαν τον Σεπτέμβριο του 1996 και του 1997 με τιμές 21 ώρες (Σταθμός 4 και 15) και 22 ώρες (Σταθμός 15) αντίστοιχα. Ο μικρότερος αριθμός ωρών ψύξης παρατηρήθηκε στο σταθμό αναφοράς, για το σύνολο των τιμών, με εξαίρεση τον Ιούνιο του 1997 όπου η ελάχιστη τιμή καταγράφηκε στο Σταθμό 2.

Εξετάζοντας τις ώρες ανά κατηγορία σταθμών προκύπτει ακριβώς η ίδια εικόνα με αυτή που καταγράφηκε για τις βαθμώρες. Οι σταθμοί της πρώτης ομάδας συστηματικά παρουσιάζουν κατά μέσο όρο τον μεγαλύτερο αριθμό ωρών. Η μεγαλύτερη τιμή καταγράφεται τον Αύγουστο του 1998 όπου φτάνει στις 231,66 ώρες, δηλαδή αντιστοιχεί στο 75% των νυκτερινών ωρών. Τον ίδιο μήνα η μικρότερη τιμή εμφανίζεται στους σταθμούς της πέμπτης κατηγορίας και είναι 86 ώρες, οι οποίες αντιστοιχούν μόνο στο 28 % των ωρών της νυκτερινής περιόδου. Σημειώνεται ότι ο μέγιστος αριθμός ωρών, τον μήνα αυτό, είναι τριπλάσιος από το αντίστοιχο ελάχιστο. Οι μικρότερες μέγιστες τιμές καταγράφηκε τον Σεπτέμβριο του 1996 και του 1997 που είναι και οι ψυχρότεροι μήνες με τις αντίστοιχες τιμές των ωρών να είναι 11.7 και 6.1.

Το μικρότερο αριθμό ωρών με θερμοκρασίες άνω των 28 °C εμφάνισαν συστηματικά οι σταθμοί της πέμπτης ομάδας με το μεγαλύτερο ελάχιστο να καταγράφεται τον Ιούλιο του 1998 και να φτάνει στις 92 ώρες. Τέλος τον Σεπτέμβριο του 1996 και του 1997 οι σταθμοί της ομάδας αυτής δεν ξεπερνούν ποτέ την θερμοκρασία των 28 °C.



Σχήμα 8.21: Μέσος αριθμός ωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28 °C ανά κατηγορία σταθμών και ανά μήνα κατά την νυκτερινή περίοδο.

8.4. Επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στο βαθμό απόδοσης των κλιματιστικών (C.O.P.)

Όπως είναι γνωστό, ο βαθμός απόδοσης κάθε ψυκτικής μηχανής εξαρτάται από την θερμοκρασία της δεξαμενής απορρόφησης και απόρριψης της θερμότητας. Στις κλιματιστικές μονάδες, ο συνηθέστερος δείκτης που χρησιμοποιείται για την απόδοση ενός κλιματιστικού, είναι ο δείκτης C.O.P. Ο δείκτης αυτός είναι ένας καθαρός αριθμός και προσδιορίζεται από τον λόγο της ενέργειας κλιματισμού προς την απορροφούμενη ηλεκτρική ενέργεια από την κλιματιστική μονάδα. Για μικρές κλιματιστικές μονάδες τύπου split μία τιμή πάνω από 4 το κατατάσσει τα κλιματιστικά στα «υψηλής απόδοσης». Η τιμή αυτή του δείκτη δεν είναι σταθερή για ένα κλιματιστικό, αλλά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την θερμοκρασία εσωτερικού και εξωτερικού χώρου αλλά και την υγρασία. Για το λόγο αυτό οι κατασκευαστές δίνουν, είτε πίνακες, είτε καμπύλες απόδοσης των κλιματιστικών, για διαφορετικές εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες.

Για να εξεταστεί η επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στην απόδοση μίας κλιματιστικής μονάδας επιλέχθηκε μία split κλιματιστική μονάδα, ονομαστικής ισχύος 24.000 BTU. Υπολογίσθηκε ο μέσος μηνιαίος συντελεστής απόδοσης του κλιματιστικού βάσει των ονομαστικών στοιχείων του κατασκευαστή για εσωτερική θερμοκρασία 26°C και εξωτερική θερμοκρασία την ωριαία θερμοκρασία του αέρα κάθε σταθμού. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν αποτυπώνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 8.4 : Μέσος μηνιαίος συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων

Σταθμός	Ιούλιος 1997	Ιούλιος 1998	Αύγουστος 1996	Αύγουστος 1997	Αύγουστος 1998
1	4,01		4,00	4,09	
2	4,30	4,07	4,20	4,31	4,13
3	4,02	3,92	4,07	4,14	4,02
4	3,98	3,83	4,06	4,07	3,90
5	4,07	3,96	4,09	4,16	4,02
6	4,03		4,06	4,07	
7	3,96	3,77	3,96	3,99	3,82
8	4,02	3,98	4,14	4,17	4,08
9	3,99	3,94	4,08	3,97	4,00
10	3,97	3,77	3,96	4,16	3,82
11			4,02		
12	3,74	3,63	3,71	3,75	3,66
13	3,98		4,04	4,10	
14	3,86		3,87	3,94	
15	3,99	3,88	4,05	4,09	3,97
16	4,18	4,13	4,17	4,28	4,18
17	4,07	3,93	4,09	4,15	3,97
18	4,01	3,89	4,03	4,10	3,93
19	3,97	3,89	4,00	4,08	3,95
21	4,12			4,21	
22	4,18	4,12		4,23	4,14
23	3,99			4,05	
24	4,13	4,00		4,14	4,05
25	4,04	3,95		4,13	4,01
26	4,14			4,19	
27	4,11	4,05		4,19	4,08

Στο πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία του Ιουλίου και Αυγούστου του 1996 ,1997 και 1998 μίας και σε αυτούς τους μήνες παρατηρούνται οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες και επομένως υπάρχουν αυξημένες ανάγκες κλιματισμού. Επίσης ο Ιούλιος

είναι ο μήνας με την μεγαλύτερη ζήτηση ηλεκτρικού φορτίου (φορτίο αιχμής) στη χώρα και ιδιαίτερα στην Αττική που επηρεάζει σημαντικά το οικονομικό κόστος παραγωγής ενέργειας.

Από τα στοιχεία του πίνακα προκύπτει ότι ο σταθμός όπου κατά μέσο όρο παρουσιάζει τον μεγαλύτερο συντελεστή απόδοσης είναι ο σταθμός 2 που βρίσκεται ανατολικά της Αθήνας στους πρόποδες του Υμηττού και ανήκει στην τρίτη κατηγορία σταθμών. Αντίστοιχα ο σταθμός με τον μικρότερο συντελεστή απόδοσης είναι ο σταθμός 12 στο κέντρο της πόλης με τις μικροκλιματικές ιδιαιτερότητες που έχουν ήδη συζητηθεί. Η ποσοστιαία μηνιαία διαφορά μεταξύ του μεγίστου και του ελαχίστου για κάθε μήνα κυμαίνεται μεταξύ 14 και 11%. Επομένως η απόδοση του κλιματιστικού μηχανήματος εντός της πόλης και κατ' επέκταση η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να διαφέρει μέχρι και 14%.

Εξετάζοντας τα COP ανά κατηγορία σταθμών προκύπτει ο ακόλουθος πίνακας:

Πίνακας 8.5: Μέσος μηνιαίος συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων ανά μήνα και ανά κατηγορία σταθμών.

Κατηγορία	Ιούλιος 1997	Ιούλιος 1998	Αύγουστος 1996	Αύγουστος 1997	Αύγουστος 1998
1 ^η κατηγορία	3,99	3,86	4,01	4,06	3,93
2 ^η κατηγορία	4,00	3,77	4,01	4,11	3,83
3 ^η κατηγορία	4,09	4,04	4,15	4,17	4,09
4 ^η κατηγορία	3,98	3,93	3,99	4,06	3,97
5 ^η κατηγορία	4,08	4,01	4,00	4,16	4,05

Είναι εμφανές ότι οι σταθμοί της τρίτης κατηγορίας «Ασυνεχής Αστικός Ιστός» παρουσιάζουν συστηματικά την καλύτερη κατά μέσο όρο απόδοση του κλιματιστικού μηχανήματος ενώ οι σταθμοί της 1^{ης} και 4^{ης} κατηγορίας παρουσιάζουν συστηματικά τις μικρότερες. Οι διαφορές της απόδοσης μεταξύ των κατηγοριών κυμαίνονται μεταξύ 3 με 6%(μέσος όρος 5%)

Αντίστοιχη ανάλυση έγινε για την ημερήσια και την νυχτερινή περίοδο η οποία παρουσιάζεται στους πίνακες 8.6,8.7,8.8, και 8.9 που ακολουθούν. Από την ανάλυση των στοιχείων προκύπτει ότι η συμπεριφορά του COP κατά την ημερήσια περίοδο είναι όμοια με αυτή του συνόλου της μέρας που παρουσιάστηκε προηγουμένως ενώ κατά την νυχτερινή περίοδο σε όλες τις περιπτώσεις ο βαθμός απόδοσης είναι πάνω από 4 ενώ οι διαφορές είναι σαφώς μικρότερες μεταξύ των σταθμών και σχεδόν μηδενικές μεταξύ των σχετικών κατηγοριών.

Πίνακας 8.6: Μέσος μηνιαίος ημερήσιος συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων

Σταθμός	Ιούλιος 1997	Ιούλιος 1998	Αύγουστος 1996	Αύγουστος 1997	Αύγουστος 1998
1	3,97		3,95	4,08	
2	4,29	4,03	4,18	4,31	4,09
3	3,95	3,83	4,04	4,11	3,97
4	3,87	3,72	4,00	4,00	3,77
5	4,00	3,89	4,05	4,13	3,96
6	4,00		4,01	4,06	
7	3,83	3,64	3,85	3,92	3,66
8	3,99	3,92	4,10	4,16	4,05
9	3,90	3,87	4,03	3,94	3,93
10	3,88	3,62	3,90	4,12	3,69
11			3,96		
12	3,61	3,42	3,54	3,67	3,41
13	3,85		3,97	4,03	

14	3,72		3,80	3,89	
15	3,88	3,79	3,99	4,04	3,89
16	4,16	4,12	4,15	4,28	4,17
17	4,03	3,83	4,05	4,13	3,87
18	3,95	3,79	3,98	4,07	3,85
19	3,96	3,82	3,98	4,08	3,90
21	4,12			4,21	
22	4,18	4,08		4,23	4,13
23	3,96			4,04	
24	4,11	3,93		4,13	3,99
25	3,96	3,88		4,09	3,95
26	4,10			4,17	
27	4,07	3,99		4,18	4,03

Πίνακας 8.7: Μέσος μηνιαίος ημερήσιος συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων ανά μήνα και κατηγορία σταθμών

Κατηγορία	Ιούλιος 1997	Ιούλιος 1998	Αύγουστος 1996	Αύγουστος 1997	Αύγουστος 1998
1 ^η κατηγορία	3,90	3,75	3,94	4,01	3,82
2 ^η κατηγορία	3,94	3,62	3,96	4,09	3,69
3 ^η κατηγορία	4,07	3,99	4,13	4,17	4,06
4 ^η κατηγορία	3,91	3,83	3,93	4,03	3,87
5 ^η κατηγορία	4,07	3,95	3,98	4,15	4,01

Πίνακας 8.8: Μέσος μηνιαίος νυχτερινός συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων

Σταθμός	Ιούλιος 1997	Ιούλιος 1998	Αύγουστος 1996	Αύγουστος 1997	Αύγουστος 1998
1	4,26		4,24	4,33	
2	4,34	4,15	4,25	4,37	4,20
3	4,20	4,11	4,21	4,28	4,15
4	4,16	4,01	4,14	4,23	4,08
5	4,21	4,07	4,18	4,26	4,13
6	4,27		4,19	4,29	
7	4,23	3,98	4,18	4,27	4,06
8	4,24	4,14	4,26	4,35	4,16
9	4,21	4,05	4,16	4,27	4,12
10	4,23	4,09	4,21	4,26	4,12
11			4,21		
12	4,22	4,08	4,18	4,24	4,14
13	4,19		4,17	4,28	
14	4,24		4,21	4,27	
15	4,17	4,02	4,15	4,21	4,08
16	4,22	4,15	4,23	4,34	4,19
17	4,27	4,12	4,23	4,33	4,18
18	4,21	4,07	4,13	4,26	4,11
19	4,31	4,20	4,18		4,20
21	4,29				
22	4,30	4,23		4,35	4,20
23	4,24			4,32	
24	4,32	4,18		4,32	4,21
25	4,21	4,06		4,27	4,12
26	4,23			4,27	
27	4,24	4,14		4,34	4,17

Πίνακας 8.9: Μέσος μηνιαίος νυχτερινός συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων ανά κατηγορία σταθμών

Κατηγορία	Ιούλιος 1997	Ιούλιος 1998	Αύγουστος 1996	Αύγουστος 1997	Αύγουστος 1998
1 ^η κατηγορία	4,20	4,05	4,18	4,26	4,11
2 ^η κατηγορία	4,25	4,09	4,20	4,28	4,12
3 ^η κατηγορία	4,26	4,15	4,25	4,33	4,19
4 ^η κατηγορία	4,26	4,12	4,23	4,31	4,18
5 ^η κατηγορία	4,30	4,21	4,18	4,35	4,20

8.5. Εκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης για κλιματισμό σε περιοχές της Αθήνας

Από τα ανωτέρω στοιχεία και την μεγάλη διακύμανση των βαθμοωρών και ωρών ψύξης είναι εμφανές ότι το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας επιδρά σημαντικά στις απαιτούμενες από τα κτήρια ενεργειακές καταναλώσεις για δροσισμό.

Για την συστηματικότερη μελέτη της επίδρασης του φαινομένου στις ενεργειακές καταναλώσεις για κλιματισμό σε περιοχές της Αθήνας χρησιμοποιήθηκε το ειδικό λογισμικό FTI/DOE 2.1.

Η ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου εξαρτάται από: το σχήμα του, τις θερμικές ιδιότητες

- των υλικών του,
- το μέγεθος και τη θέση των τοίχων, των πατωμάτων και των παραθύρων,
- τον σκιασμό,
- τις ώρες λειτουργίας του φωτισμού και των άλλων συσκευών,
- τις συνθήκες περιβάλλοντος(θερμοκρασίας και υγρασίας) καθώς και
- τον αριθμό των ανθρώπων που βρίσκονται στο κτίριο.

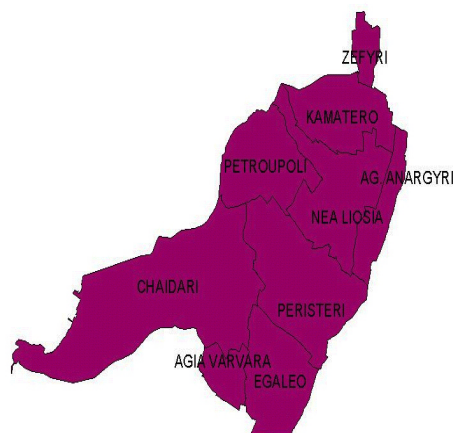
Οι υπολογισμοί της ενεργειακής κατανάλωσης επίσης επηρεάζονται από το κλιματιστικό σύστημα που χρησιμοποιείται και από την απόδοση της εγκατάστασης μετατροπής καυσίμου. Το κόστος λειτουργίας του κτιρίου εξαρτάται από τα διάφορα οικονομικά μέτρα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε εστίασε στο σύνολο των θερινών περιόδων του 1997 και του 1998 για τους σταθμούς της Δυτικής Αθήνας καθώς και τον Σταθμό 2 στην Ηλιούπολη. Η μελέτη όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια έγινε για ένα τυπικό κτήριο των συνοικιών της Δ. Αθήνας.

8.5.1. Η Δυτική Αθήνα

Είναι πλέον φανερό από την προηγούμενη ανάλυση της θερμικής νησίδας της Αθήνας, ότι τόσο στο κέντρο της πόλης όσο και σε στα δυτικά προάστια αυτής, εμφανίζονται ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες που οφείλονται κυρίως στο τρόπο δόμησής τους, στην σημαντική μεταποιητική δραστηριότητα της περιοχής, αλλά και στην έλλειψη πρασίνου. Είναι λοιπόν σημαντικό να εκτιμηθεί η επίδραση της θερμικής νησίδας στην ενεργειακή κατανάλωση για κλιματισμό στις κατοικίες των περιοχών αυτών τα νοικοκυριά των οποίων είναι γενικά και πιο ευάλωτα οικονομικά.

Η Δυτική Αθήνα (σχήμα 8.22) αποτελείται από 9 δήμους διαφορετικής έκτασης και πληθυσμού: Χαϊδάρι, Πετρούπολη, Περιστερί, Νέα Λιόσια, Αιγάλεω, Αγ. Βαρβάρα, Αγ. Ανάργυροι, Καματερό και Ζεφύρι. Στον πίνακα 8.10 φαίνονται τα δεδομένα για τον αριθμό των κατοικιών, των νοικοκυριών αλλά και των μελών των νοικοκυριών όπως καταγράφηκαν από τον Αναπτυξιακό Σύλλογο της Δυτικής Αθήνας (ΑΣΔΑ):



Σχήμα 8.22: Δήμοι της δυτικής Αθήνας

Πίνακας 8.10: Πληθυσμός, κατοικίες και νοικοκυριά στη Δυτική Αθήνα

ΔΗΜΟΣ	ΚΑΤΟΙΚΙΕΣ	ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΑ	ΜΕΛΗ ΝΟΙΚΟΚΥΡΙΩΝ	ΟΛΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
Ζεφύρι	2378	2008	8133	8359
Καματερό	6609	5113	17460	17654
Νέα Λιόσια	30108	24029	75873	76722
Πετρούπολη	15053	11381	36272	36788
Αγ. Ανάργυροι	12876	9957	29891	30335
Χαϊδάρι	15365	12365	39057	39652
Περιστερί	53637	42258	129802	131510
Αιγάλεω	30648	25155	74605	75629
Αγ. Βαρβάρα	10711	8819	27563	27745
Σύνολο	177385	141355	438656	444394

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα σύμφωνα με τα στοιχεία του ΑΣΔΑ κατά την περίοδο διεξαγωγής των πειραμάτων στην Δυτική Αθήνα υπάρχουν συνολικά 141.355 νοικοκυριά (177.385 κατοικίες) με 444.394 ανθρώπους να ζουν σε αυτά. Από αυτά τα στοιχεία προκύπτει ότι κατά προσέγγιση ζούσαν 3 άτομα σε κάθε νοικοκυριό. Ο πληθυσμός της Δυτικής Αθήνας οι οποίοι στην πλειοψηφία τους ήταν χαμηλού ή μεσαίου εισοδήματος, αντιστοιχούσε εκείνη την περίοδο σε ένα ποσοστό 10% του συνολικού πληθυσμού της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας

8.5.2. Δεδομένα προγράμματος

8.5.2.1. Κλιματικά αρχεία

Όπως έχει φανεί από την έως τώρα ανάλυση, οι περιοχές της Δυτικής Αθήνας είναι θερμότερες από αυτές της Ανατολικής Αθήνα και για αυτό το λόγο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η συγκριτική ανάλυση σε ότι αφορά τις ενεργειακές απαιτήσεις των κτηρίων των περιοχών για τον κλιματισμό τους.

Στόχος στη μελέτη αυτή είναι η ανάδειξη της επίδραση της αστικής θερμικής νησίδα στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων. Επί πλέον για συγκριτικούς λόγους χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά κλιματικά αρχεία.

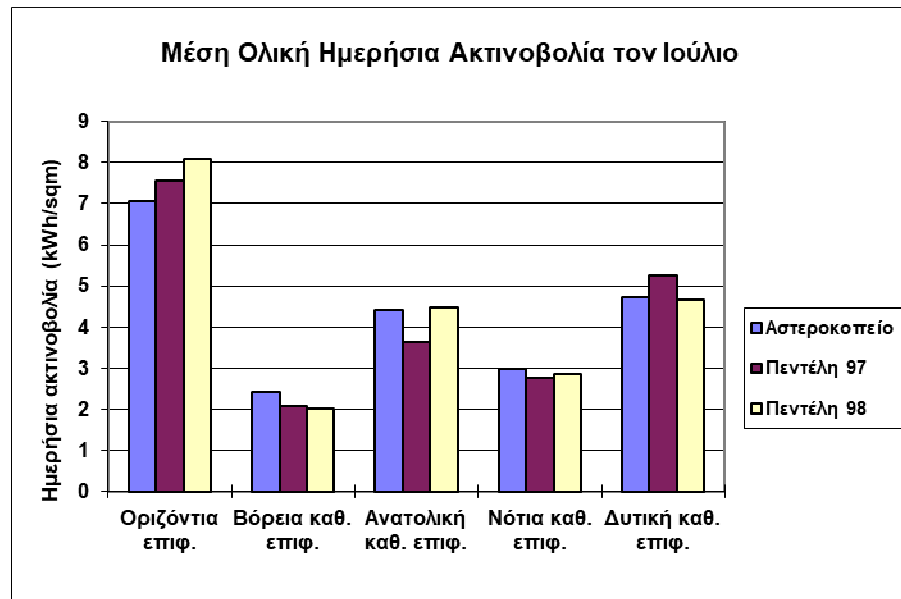
Συγκεκριμένα:

- Το τυπικό μετεωρολογικό έτος (Τ.Μ.Ε) βασισμένο σε στατιστική ανάλυση των κλιματικών δεδομένων πολλών ετών του Αστεροσκοπείου Αθηνών.
- Το δεδομένα του Αστεροσκοπείου της Πεντέλης για το 1997 και το 1998 στο οποίο καταγράφονταν μετρήσεις των μετεωρολογικών παραμέτρων κάθε δύο λεπτά στο λόφο της Πεντέλης, σε περιοχή που βρίσκεται έξω από την περιοχή της Αθήνας και σε μεγάλο υψόμετρο.
- Οι θερμοκρασίες του σταθμού της Ηλιούπολης (Σταθμός 2) για το 1997 και το 1998. Η περιοχή βρίσκεται στο ανατολικότερο τμήμα του μελετώμενου αστικού ιστού, στους πρόποδες του Υμηττού.
- Οι θερμοκρασίες στις περιοχές Αιγάλεω (Σταθμός 18), Χαϊδάρι (Σταθμός 17), Γεωπονική (Σταθμός 14) και για τα Γλυκά Νερά (Σταθμός 23) για το έτος 1998 και για το έτος 1998 μόνο για τους σταθμούς Αιγάλεω, και Χαϊδάρι .

Η απόλυτη υγρασία για όλες τις παραπάνω περιοχές (εκτός από το τυπικό μετεωρολογικό έτος) θεωρείται η ίδια με αυτή που έχει μετρηθεί από το σταθμό της Πεντέλης.

Η ολική οριζόντια και διάχυτη ακτινοβολία (εκτός από το τυπικό μετεωρολογικό έτος) βασίζεται πάλι σε μετρήσεις του σταθμού της Πεντέλης για όλες τις περιοχές. Η υπόθεση αυτή είναι δεκτή αφού έχει προκύψει (Psiloglou-1997) ότι δεν υπάρχει σημαντική διακύμανση της ακτινοβολίας στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας.

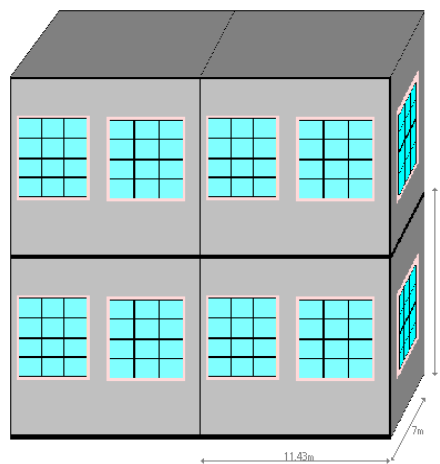
Στο σχήμα 8.23 παρουσιάζεται η ολική ηλιακή ακτινοβολία κατά τον μήνα Ιούλιο τόσο στο οριζόντιο επίπεδο όσο και στις κάθετες προσόψεις προσανατολισμένες στους τέσσερις βασικούς προσανατολισμούς. Από το σχήμα προκύπτει ότι η μέση ημερήσια ολική ακτινοβολία κατά τον μήνα Ιούλιο του τυπικού μετεωρολογικού έτους της Αθήνας να είναι παραπλήσια με αυτή που μετρήθηκε στο σταθμό της Πεντέλης για το 1997 και το 1998. Στις κατακόρυφες με Δυτικό προσανατολισμό επιφάνειες παρατηρήθηκε η τάση η ολική ηλιακή ακτινοβολία να είναι μεγαλύτερη από αυτές με Ανατολικό προσανατολισμό, διαφορά που είναι εντονότερη για το έτος του 1998 από ό,τι το 1997, ενώ και τις δύο χρονιές η μετρούμενη ηλιακή ακτινοβολία ήταν μεγαλύτερη από αυτή του τυπικού ημερολογιακού έτους. Επίσης τον μήνα Ιούλιο, η ακτινοβολία σε κάθετες επιφάνειες με νότιο προσανατολισμό είναι υψηλότερη από ό,τι σε επιφάνειες με βόρειο προσανατολισμό.



Σχήμα 8.23: Μέση ημερήσια προσπίπτουσα ολική ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνειες διαφορετικών προσανατολισμών

8.5.2.2. Κτιριακά Δεδομένα

Όλες οι προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούν ένα διώροφο κτίριο, που αποτελείται από δύο διαμερίσματα ανά όροφο (σχήμα 8.24). Η θεώρηση αυτή προσεγγίζει σημαντικά την πραγματικότητα για τις περιοχές της δυτικής Αθήνας, αφού παρά την υψηλή πυκνότητα δόμησης, τα κτίρια είναι σχετικά χαμηλά. Το κάθε διαμέρισμα έχει σχήμα ορθογωνίου με διαστάσεις 11.43 x 7 m δηλ. έκταση 80m² και ύψος 3m. Κάθε διαμέρισμα έχει 4 παράθυρα των 2.5m², δύο από τα οποία βρίσκονται στην κύρια πρόσοψη και τα 2 στα πλάγια.



Σχήμα 8.24: Διαστάσεις κτιρίου και παραθύρων

Το εξωτερικό κάλυμμα του κτιρίου αποτελείται από διπλό τούβλο (με κενό αέρα ανάμεσα στην εξωτερική και εσωτερική κάλυψη) και η οροφή αποτελείται από μόνωση 14cm μπετόν και 7cm περλίτη (αγωγιμότητα 0.058 W/m.°C). Τα παράθυρα που χρησιμοποιούνται είναι μονόφυλλα με συντελεστή σκίασης περίπου ίσο με τη μονάδα και σκιάζονται χρονικά στο 50% της διάρκειας της ημέρας. Οι κύριοι προσανατολισμοί των διαμερισμάτων είναι νότια και βόρεια ενώ οι μικρότεροι τοίχοι είναι προσανατολισμένοι ανατολικά και δυτικά, όπως είναι και τα περισσότερα διαμερίσματα στην δυτική Αθήνα. Το εσωτερικό φορτίο είναι: 3 άνθρωποι ανά διαμέρισμα, 7 W/m² για φωτισμό και 10 W/m² για άλλο εξοπλισμό, που με

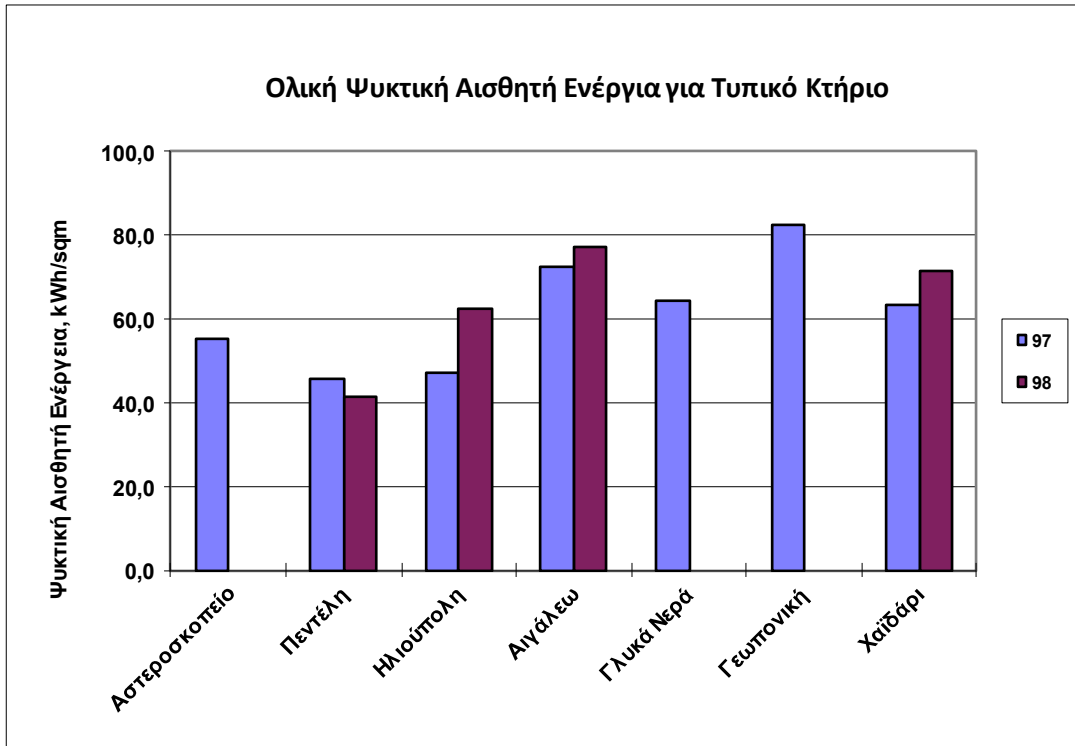
κατάλληλα προγράμματα λειτουργίας απαιτούν περίπου 12.5 kWh/m²/day για φωτισμό και άλλον εξοπλισμό. Ο ρυθμός αερισμού (φυσικός ή όχι) θεωρείται ότι είναι 1.5 αλλαγές αέρα την ώρα με ταχύτητα ανέμου 10 m/h και το κλιματιστικό μηχανήμα θεωρείται ότι είναι ένα PTAC air conditioner χωρίς είσοδο φρέσκου αέρα και ενός ηλεκτρικού λόγου εισόδου (EIR)=0.438 σε συνθήκες ARI (COP 2.25). Οι κατοικίες θεωρείται κατ' αρχήν ότι κλιματίζονται 24 ώρες το εικοσιτετράωρο στους 26 °C.

8.5.3. Σύγκριση των ψυκτικών και ενεργειακών φορτίων σε διάφορες περιοχές της Αθήνας

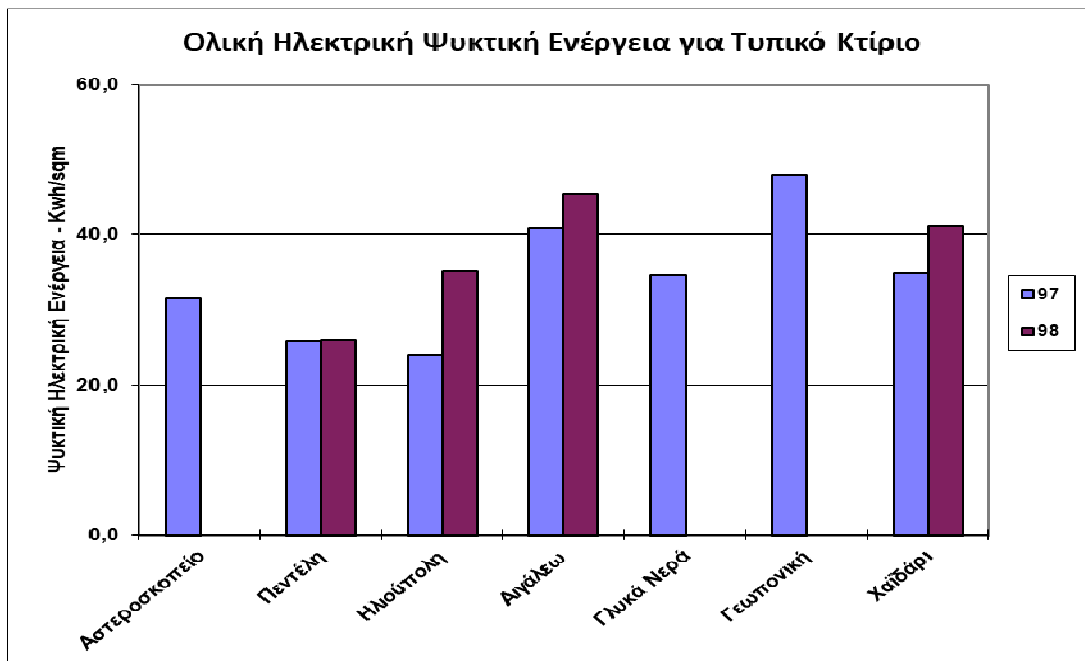
Στον παρακάτω σχήμα φαίνεται το φορτίο της αισθητής ψυκτικής ενέργειας όπως προκύπτει από την ενεργειακή προσομοίωση χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα DOE-2 για διάφορες περιοχές της Αθήνας:

Τα αποτελέσματα αυτής της προσομοίωσης για την ολική αισθητή ψυκτική ενέργεια (kWh/m²) ανά έτος και περιοχή αποτυπώνονται στο σχήμα 8.25. Σημειώνεται ότι η λανθάνουσα θερμότητα στους υπολογισμούς είναι περίπου ίδια με αυτή της Πεντέλης, δεδομένου ότι για όλες τις περιοχές, η απόλυτη υγρασία επιλέχθηκε να είναι ίδια με αυτή που μετρήθηκε στην Πεντέλη για τους μήνες αυτούς. Στο σχήμα 8.26, αποτυπώνεται η ψυκτική ηλεκτρική ενέργεια (kWh/m²), ενώ στο σχήμα 30 παρουσιάζεται το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής.

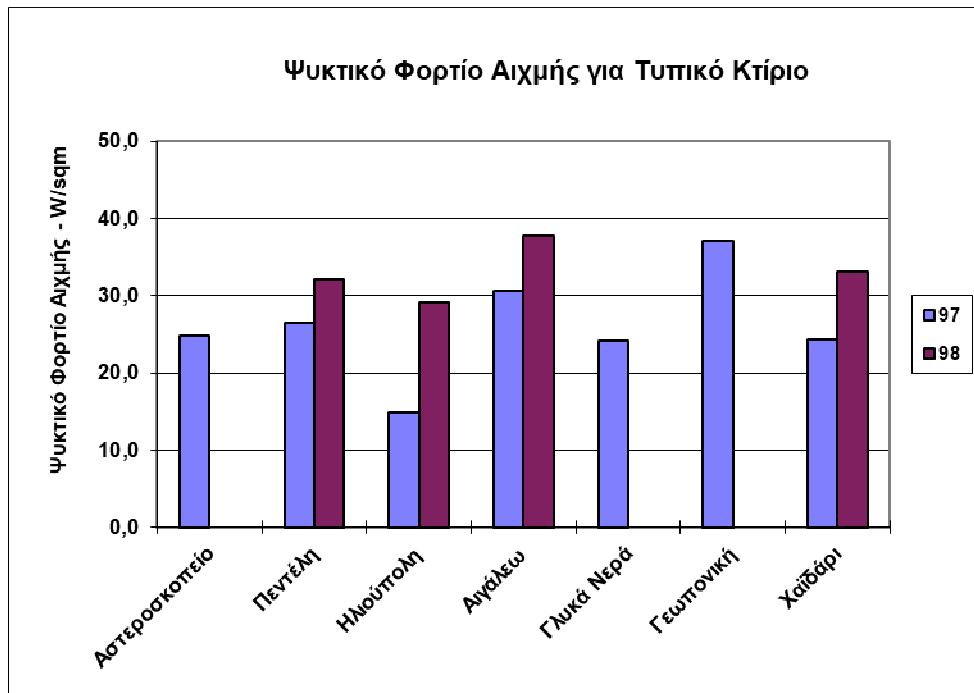
Η ολική αισθητή ψυκτική ενέργεια (kWh/m²), στην ευρύτερη περιοχή της Δυτικής της Αθήνας, το 1997, είναι 15 έως και 50% υψηλότερη από αυτή του Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους Αθηνών. Αντίστοιχα στην Πεντέλη και την Ηλιούπολη είναι κατά 20 % χαμηλότερη. Το επόμενο έτος, το οποίο είναι γενικά θερμότερο από το 1997, η ολική ψυκτική αισθητή ενέργεια ανά τ.μ., είναι 30 με 40% μεγαλύτερη στις περιοχές της Δυτικής Μεγάλης Αθήνας, σε σχέση με το Τ.Μ.Ε., ενώ και η περιοχή της Ηλιούπολης, το 1998, παρουσιάζει μεγαλύτερη τιμή κατά 10 % . Αντίστοιχη εικόνα έχουμε και για την ψυκτική ηλεκτρική ενέργεια της κλιματιστικής μονάδας(kWh/m²). Οι διαφορές είναι πιο σημαντικές όταν εξετάζουμε το ψυκτικό ηλεκτρικό φορτίο αιχμής (σχήμα 8.27). Συγκεκριμένα, το 1997, στην Ηλιούπολη, το ψυκτικό ηλεκτρικό φορτίο αιχμής, είναι 40 % μικρότερο από αυτό που υπολογίστηκε για το Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος των Αθηνών, και σχεδόν 100% μικρότερο από αυτό της Δυτικής Αθήνας . Τέλος, για το 1998, το φορτίο στην Ηλιούπολη και στη Πεντέλη είναι ελαφρώς υψηλότερα από αυτό του Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους Αθηνών, ενώ στη Δυτική Αθήνα είναι μεγαλύτερο κατά 30 ως και 50%.



Σχήμα 8.25: Η ολική ψυκτική αισθητή ενέργεια (kWh/m²) ανά έτος και περιοχή



Σχήμα 8.26: Η ηλεκτρική ψυκτική ενέργεια (kWh/m²) ανά έτος και περιοχή



Σχήμα 8.27: Το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής (W/m^2) ανά έτος και περιοχή

8.5.4. Επίδραση διαφόρων παραμέτρων στην ενεργειακή κατανάλωση

Για όλα τα παραπάνω αποτελέσματα, δεχτήκαμε ότι ορισμένες παράμετροι (η εσωτερική θερμοκρασία, το πρόγραμμα λειτουργίας του κλιματιστικού μηχανήματος, ο ρυθμός αερισμού και ο προσανατολισμός του κτιρίου) είχαν καθορισμένες τιμές. Στη συνέχεια παρουσιάζεται μία μελέτη ευαισθησίας των παραμέτρων που επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση κλιματισμού του κτιρίου για να μελετηθεί πώς επηρεάζει την κατανάλωση καθεμία από αυτές. Αυτό θα γίνει θεωρώντας ως βάση σύγκρισης τα αποτελέσματα του Αιγάλεω -που θεωρούνται τυπικά για την περιοχή της Δυτικής Αττικής- και των αποτελεσμάτων της Ηλιούπολης, τόσο για το 1997 όσο και για το 1998.

8.5.4.1. Επίδραση της εσωτερικής θερμοκρασίας «κατωφλίου»

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η ψυκτική ηλεκτρική ενέργεια (kWh/m^2), και το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής για τιμές εσωτερικής θερμοκρασίας «κατωφλίου» από $24\text{ }^{\circ}C$ ως $27\text{ }^{\circ}C$.

Πίνακας 8.11: Εκτιμώμενη ηλεκτρική ψυκτική ενέργεια (kWh/m^2), και το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής (W/m^2) για διαφορετικές θερμοκρασίες κατωφλίου

Εσωτερική θερμοκρασία κατωφλίου	24 °C	25 °C	26 °C	27 °C
ΕΝΕΡΓΕΙΑ(kWh/m^2)				
Ηλιούπολη - 97	31.9	28.0	24.0	20.0
Αιγάλεω - 97	49.5	45.2	40.8	36.3
Ηλιούπολη - 98	44.5	39.9	35.3	30.8
Αιγάλεω - 98	55.3	50.4	45.4	40.6
ΙΣΧΥΣ(W/m^2)				
Ηλιούπολη - 97	19.0	16.8	14.9	13.1
Αιγάλεω - 97	34.5	32.6	30.6	28.7
Ηλιούπολη - 98	33.8	31.5	29.1	26.8
Αιγάλεω - 98	44.1	41.4	37.8	35.3

Το επίπεδο εσωτερικής θερμοκρασίας αναφοράς φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία φαίνεται να αυξάνεται κατά περίπου 35 % όταν η εσωτερική θερμοκρασία μειώνεται από τους 27°C σε 24°C για την Ηλιούπολη, ενώ αντίστοιχα για το Αιγάλεω αυξάνει 25 %. Η απόλυτη διαφορά, ωστόσο, για τις δύο περιοχές παραμένει σχεδόν σταθερή στις 10 kWh/m² για το 1997 και 16 kWh/ m² για το 1998 για όλο το εύρος των εσωτερικών θερμοκρασιών αναφοράς. Παρόμοια συμπεριφορά παρουσιάζει και το απαιτούμενη μέγιστο ψυκτικό φορτίο. Γενικά, σε όλες τις περιπτώσεις, παρατηρείται αισθητή αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για το σπίτι της Ηλιούπολης μεταξύ 1997 και 1998 και πιο μέτρια για το Αιγάλεω για την ίδια περίοδο.

8.5.4.2. Επίδραση του προγραμματισμού λειτουργίας του κλιματιστικού μηχανήματος

Τα αποτελέσματα που έχουν παρουσιαστεί ως τώρα αναφέρονται σε διαρκή λειτουργία του κλιματιστικού μηχανήματος δηλαδή 24 ώρες το εικοσιτετράωρο και για εσωτερική θερμοκρασία σχεδόν σταθερή στους 26°C. Αυτό το ωράριο λειτουργίας εκτός το ότι είναι δαπανηρό, δεν χρησιμοποιείται πολύ στην Ελλάδα, παρά μόνο στις πολύ ζεστές ημέρες του καλοκαιριού. Ένα σύνθηρες πρόγραμμα λειτουργίας είναι από τις 7:00 π.μ. μέχρι τις 20:00μ.μ. δηλ. το κλιματιστικό μηχανήμα να μην λειτουργεί το βράδυ ή και διακοπτόμενο, από τις 7:00-9:00 π.μ. και από τις 15:00-20:00 μ.μ.. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 8.12: Εκτιμώμενη ηλεκτρική ψυκτική ενέργεια (kWh/m²) και το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής (W/sqm), για διαφορετικό ωράριο λειτουργίας της κλιματιστικής μονάδας

Ωράριο λειτουργίας	8 hours (7:00-9:00, 15:00-20:00)	14 hours (7:00 – 20:00)	24 hours
ΕΝΕΡΓΕΙΑ(kWh/m²)			
Ηλιούπολη - 97	12.4	18.4	24.0
Αιγάλεω - 97	22.0	31.8	40.8
Ηλιούπολη - 98	19.1	26.8	35.3
Αιγάλεω - 98	24.8	35.0	45.4
ΙΣΧΥΣ(W/ m²)			
Ηλιούπολη - 97	16.7	16.4	14.9
Αιγάλεω - 97	31.7	31.5	30.6
Ηλιούπολη - 98	30.1	29.3	29.1
Αιγάλεω - 98	40.1	39.0	37.8

Όπως μπορεί να φανεί από τον παραπάνω πίνακα, η ενεργειακή κατανάλωση μειώνεται σημαντικά με τη μείωση των ωρών λειτουργίας. Για 14 ώρες λειτουργίας η μείωση είναι περίπου 25%, για την περιοχή της Ηλιούπολης και 20% για την περιοχή του Αιγάλεω, ενώ για μόνο 8 ώρες λειτουργίας η μείωση φτάνει το 50% και για τις δύο περιοχές. Μπορεί να παρατηρήσει κανείς ότι η μείωση των ωρών λειτουργίας, κατά ένα ποσοστό δεν προκαλεί το ίδιο ποσοστό μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης. Αυτό είναι λογικό διότι καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας οι απαιτήσεις (ψυκτικό φορτίο) που πρέπει να καλύψει μια κλιματιστική μονάδα, είναι διαφορετικές. Η μέγιστη ισχύς που απαιτείται για τα διαφορετικά ωράρια λειτουργίας αυξάνει κατά 10-15% με την αύξηση των ωρών λειτουργίας, αλλά η διαφορά για τις δύο περιοχές παραμένει σχεδόν σταθερή.

8.5.4.3. Επίδραση του ρυθμού αερισμού

Όλα τα προηγούμενα αποτελέσματα έχουν προκύψει θεωρώντας έναν ρυθμό αερισμού 1.5 εναλλαγές αέρα του όγκου του εσωτερικού του κτηρίου (και ένταση ανέμου 10 m/h (4.45 m/s)). Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι το πρόγραμμα DOE2-1 θεωρεί τον ρυθμό αερισμού ανάλογο της έντασης του ανέμου. Αυτό έχει σαν συνέπεια ο ρυθμός αερισμού να είναι μεγαλύτερος την ημέρα σε σχέση με την νύχτα, όπου και το ψυκτικό φορτίο είναι πολύ μικρό (ή σχεδόν μηδενικό). Στον πίνακα 8.13 φαίνεται η επίδραση του ρυθμού αερισμού στην ενέργεια κλιματισμού του κτηρίου αναφοράς.

Πίνακας 8.13: Εκτιμώμενη ψυκτική ηλεκτρική ενέργεια (kWh/m²) και το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής (W/m²) για διαφορετικούς ρυθμούς αερισμού.

Αριθμός εναλλαγών αέρα για για 4.5 m/s ταχύτητα ανέμου	0.5 ACH	1 ACH	1.5 ACH	2 ACH
ΕΝΕΡΓΕΙΑ(kWh/m²)				
Ηλιούπολη - 97	23.5	23.4	24.0	24.2
Αιγάλεω - 97	34.9	36.8	40.8	43.5
Ηλιούπολη - 98	31.2	33.2	35.3	37.3
Αιγάλεω - 98	38.6	41.7	45.4	49.2
ΙΣΧΥΣ(W/ m²)				
Ηλιούπολη - 97	12.3	13.2	14.9	16.2
Αιγάλεω - 97	20.9	24.0	30.6	35.2
Ηλιούπολη - 98	19.7	24.5	29.1	33.8
Αιγάλεω - 98	25.0	31.1	37.8	44.9

Η επίδραση του ρυθμού αερισμού, για την περιοχή της Ηλιούπολης, φαίνεται είναι πολύ μικρή για το 1997, αλλά πολύ πιο έντονη για το 1998. Η επίδραση του ρυθμού αερισμού είναι πολύ πιο αισθητή στην περιοχή του Αιγάλεω. Συγκεκριμένα μία αλλαγή στον ρυθμό αερισμού από 0.5 ACH σε 2 ACH προκαλεί μία αύξηση 30% περίπου στην ενεργειακή κατανάλωση. Η επίδραση στο φορτίο αιχμής είναι μεγαλύτερη κατά περίπου 20 % για την Ηλιούπολη το 1997, αλλά διπλάσια για το 1998. Για το Αιγάλεω, η επίδραση είναι πολύ μεγαλύτερη, της τάξης του 45 %. Η διαφορά στις ενεργειακές καταναλώσεις μεταξύ των περιοχών Ηλιούπολης και Αιγάλεω αυξάνεται σαφώς με την αύξηση του ρυθμού αερισμού του κτηρίου αναφοράς.

8.5.4.4. Επίδραση του προσανατολισμού του κτιρίου

Στον παρακάτω πίνακα 8.14, φαίνεται η επίδραση του προσανατολισμού του κτιρίου στην ενεργειακή κατανάλωση που απαιτείται για τον κλιματισμό του.

Πίνακας 8.14: Εκτιμώμενη ψυκτική ηλεκτρική ενέργεια (kWh/m²) και το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής (W/m²) για διαφορετικό προσανατολισμό του κτιρίου

Προσανατολισμός κτιρίου	Βασικό Σενάριο	B & N	A & Δ	ΝΔ & ΒΑ	ΝΑ & ΒΔ
ΕΝΕΡΓΕΙΑ(kWh/m²)					
Ηλιούπολη - 97	24.0	22.7	24.0	<u>23.6</u>	24.7
Αιγάλεω - 97	40.8	39.2	40.4	<u>40.2</u>	<u>41.0</u>
Ηλιούπολη - 98	35.3	33.9	35.3	<u>35.0</u>	35.7
Αιγάλεω - 98	45.4	44.1	45.4	45.3	<u>45.9</u>
ΙΣΧΥΣ(W/ m²)					
Ηλιούπολη - 97	14.9	13.9	14.9	<u>14.5</u>	14.9
Αιγάλεω - 97	30.6	29.4	30.8	<u>30.3</u>	<u>30.4</u>
Ηλιούπολη - 98	29.1	28.4	29.3	<u>29.0</u>	28.9
Αιγάλεω - 98	37.8	37.4	38.0	38.0	<u>37.8</u>

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η ενεργειακή κατανάλωση και η μέγιστη καταναλισκόμενη ισχύς δεν εξαρτώνται ιδιαίτερα από τον προσανατολισμό του κτιρίου. Αυτό είναι αναμενόμενο, αφού το κτίριο αναφοράς για το οποίο γίνανε οι προσομοιώσεις, έχει τον ίδιο αριθμό παραθύρων και ίσου μεγέθους παράθυρα στους δύο απέναντι τοίχους (που καταλαμβάνουν περίπου το 75% του τοίχου). Έτσι, αν θέλουμε να μελετήσουμε την επίδραση του κλίματος σε ολόκληρη την πόλη, η υπόθεση αυτή μπορεί να θεωρηθεί λογική. Για κάθε διαμέρισμα ξεχωριστά όμως, η επίδραση του προσανατολισμού μπορεί να είναι σημαντική.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν έγινε καμία εκτίμηση για την επίδραση του σκιασμού του ενός κτιρίου με το άλλο. Η μόνη υπόθεση που έγινε στις προσομοιώσεις είναι ότι το 50% της εισερχόμενης ακτινοβολίας σκιάζεται, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό του κτιρίου.

8.5.5. Εκτίμηση της ολικής ενέργειας εξαιτίας της επίδρασης της θερμικής νησίδας

Στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση της ενέργειας και της μέγιστης ισχύος που καταναλώνεται για κλιματισμό για το σύνολο των κατοικιών κάθε περιοχής, για το συγκεκριμένο κτήριο αναφοράς σε ολόκληρη την περιοχή της Δυτικής Αθήνας.

Η ολική καταναλισκόμενη ενέργεια μπορεί να προκύψει πολλαπλασιάζοντας την μέση καταναλισκόμενη ενέργεια ανά διαμέρισμα επί τα συνολικά νοικοκυριά της περιοχής. (πίνακας 8.15). Με τον ίδιο τρόπο υπολογίζεται και η μέγιστη ισχύς. Πρέπει να σημειωθεί ότι για τους πέντε πρώτους δήμους του πίνακα 8.13 χρησιμοποιούνται τα κλιματικά δεδομένα του σταθμού των Γλυκών Νερών, ενώ για την περιοχή του Περιστερίου και της Αγ. Βαρβάρας χρησιμοποιούνται αντίστοιχα τα δεδομένα του Αιγάλεω και της Γεωπονικής.

Με βάση τα δεδομένα του πίνακα 8.10, καθώς και την εκτιμώμενη κατανάλωση ενέργειας ψύξης και την ηλεκτρική ισχύ αιχμής του μέσου κτιρίου, όπως υπολογίστηκε με βάση το DOE2.1.E, στην προηγούμενη ενότητα, υπολογίστηκε η συνολική ηλεκτρική ενέργεια ψύξης και το ψυκτικό φορτίο αιχμής. Στοιχεία που αποτυπώνονται στον πίνακα 8.15. Για τους πέντε πρώτους δήμους χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία των Γλυκών Νερών, για το Περιστερί τα δεδομένα της Γεωπονικής και για την Αγία Βαρβάρα τα στοιχεία του Αιγάλεω. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τα αντίστοιχα της Ηλιούπολης και του Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους.

Πίνακας 8.15 : Ενεργειακή κατανάλωση και φορτίο αιχμής για τον ίδιο αριθμό κατοικιών για την Δυτική Αθήνα, την Ηλιούπολη και για τα δεδομένα του Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους των Αθηνών.

	ΟΛΙΚΗ Δ. ΑΘΗΝΑ	ΗΛΙΟΥΠΟΛΗ	ΤΥΠΙΚΟΥ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ
Ενέργεια κλιματισμού - 1997 (GWh)	451	271	356
Ψυκτικό Φορτίο Αιχμής -1997 (MW)	334	168	281

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η διαφορά ανάμεσα στην ενεργειακή κατανάλωση των κτιρίων στη Δ. Αθήνα, και αυτή που θα είχαν τα ίδια κτίρια με τα κλιματικά δεδομένα της Ηλιούπολης είναι περίπου 180GWh, το οποίο αντιστοιχεί σε 36 εκ. €, (αν θεωρήσουμε το κόστος 0.2 Euro/kWh) και 1274 kWh (254 Euro) ανά διαμέρισμα.

Αν γίνει η σύγκριση με τα δεδομένα του Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους (τα οποία έχουν συλλεχτεί από το Αστεροσκοπείο Αθηνών στο Θησείο που είναι σε μία περιοχή σχετικά εκτεθειμένη στις μετεωρολογικές μεταβολές) η διαφορά είναι 95 GWh. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν ότι από τα κλιματικά δεδομένα του Τ.Μ.Ε., γίνεται μια υποεκτίμηση της ενεργειακής κατανάλωσης της Δυτικής Αθήνας.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στην μέγιστη καταναλισκόμενη ισχύ των κτιρίων για

κλιματισμό. Η ζήτηση ισχύος αιχμής επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τον κλιματισμό, ειδικά σε κύματα καύσωνα, με αποτέλεσμα συχνά διακοπές ρεύματος λόγω υπερφόρτωσης δικτύου. Για την αποφυγή των διακοπών ρεύματος απαιτούνται νέες παροχές ενέργειας και ανακατανομή της, πράγμα που είναι πολύ δαπανηρό εξαιτίας των χαμηλών συντελεστών χρήσης.

Ο προηγούμενος πίνακας δείχνει ότι η μέγιστη καταναλισκόμενη ισχύς για τα κλιματικά δεδομένα της Ηλιούπολης είναι περίπου η μισή εκείνης που εκτιμάται για την δυτική Αθήνα (περίπου 167MW). Η αντίστοιχη διαφορά από το T.M.E. είναι 53MW. Αν θεωρηθεί σαν παράγοντας ετεροχρονισμού το 0.8 και μία τιμή 1000Euro για κάθε επιπλέον kW, καταλήγουμε στο ότι περίπου 93 εκ.€ επιπλέον για παροχή και διανομή ενέργειας θα χρειαστούν για να καλύψουν την ενέργεια που οφείλεται στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Αν μάλιστα χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των παραπάνω αναγκών πηγές με χαμηλότερο συντελεστή απόδοσης (όπως υδροηλεκτρικές ή γεωθερμικές), το κόστος θα είναι ακόμα μεγαλύτερο. Επίσης σημειώνεται εάν χρησιμοποιηθεί ένα χρονοεξαρτώμενο τιμολόγιο ή χρέωση ζήτησης, όπως γίνεται από πολλές εταιρείες στο εξωτερικό (π.χ. Israel Electric Company) για μεγάλα κτίρια γραφείων, το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας θα ήταν πολύ υψηλότερο, καθώς μεγάλο μέρος της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας λόγω της επίδρασης της αστικής θερμικής νησίδας είναι εντοπίζεται τις ώρες αιχμής.

8.6. Συμπεράσματα:

Από την ανωτέρω μελέτη για τους μήνες Ιουλίου 1997 1998 και Αυγούστου 1996 1997 και 1998 προκύπτουν τα εξής:

- Ο αριθμός των βαθμοωρών ανά σταθμό, όπως και ήταν αναμενόμενο, συσχετίζεται άμεσα με την μέση θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς. Τους μήνες που η μέση θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς είναι μεγαλύτερη της θερμοκρασία βάσης (28°C) παρατηρείται μία κατακόρυφη μη αναλογική αύξηση των βαθμοωρών σε όλους του σταθμούς.
- Ο σταθμός στην Πανεπιστημιακή Λέσχη (Σταθμός 12), της πρώτης κατηγορίας, που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης, παρουσιάζει συστηματικά τον μεγαλύτερο αριθμό βαθμοωρών κάθε μήνα ενώ ο μικρότερος αριθμός καταγράφεται κυρίως στο σταθμό της Ηλιούπολης (Σταθμός 2) με τις διαφορές των μεγίστων από τις ελάχιστες τιμές του ίδιου μήνα, να φτάνουν στο 420% του ελαχίστου.
- Οι βαθμοώρες της πρώτης ομάδας όλους τους μήνες είναι μεγαλύτερες κατά 200% ως και 300%, από αυτές της τρίτης και πέμπτης ομάδας καταδεικνύοντας κατ' επέκταση την σημαντική επίδραση του αστικού σχεδιασμού στις ενεργειακές καταναλώσεις για τον δροσισμό των κτηρίων.
- Οι σταθμοί που παρουσιάζουν τις περισσότερες ώρες με θερμοκρασία άνω των 28 βαθμών ανήκουν στην πρώτη κατηγορία. Η μεγαλύτερη τιμή ήταν 699 ώρες, που αντιστοιχεί στο 94% των ωρών του μήνα ,και καταγράφηκε στο Σταθμό 15 (Αριστοτέλους) τον Αύγουστο του 1998 ενώ για τον ίδιο μήνα στο σταθμό Ηλιούπολης καταγράφηκε η μεγαλύτερη ελαχιστή τιμή που ήταν 399 ώρες, δηλαδή στο 55% των ωρών του μήνα.
- Οι σταθμοί της πρώτης κατηγορίας εμφανίζουν κατά μέσο όρο 400 ώρες πάνω από τους 28 βαθμούς για κάθε μήνα. Το πλήθος αυτών των ωρών είναι κατά 80% μεγαλύτερο από το αντίστοιχο πλήθος που εμφανίζουν οι σταθμοί της τρίτης και πέμπτης κατηγορίας και μεγαλύτερο κατά 15% περίπου από τους σταθμούς της δεύτερης και τέταρτης κατηγορίας.

Οι παραπάνω παράμετροι είναι ποσοτικοί και ποιοτικοί δείκτες που σχετίζονται άμεσα με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό και η βάση με την οποία επιβεβαιώνεται ο σχηματισμός της αστικής θερμικής νησίδας στο

κέντρο της πόλης των Αθηνών και η επέκτασή της προς τα δυτικά προάστια αυτής κατά τις απογευματινές και βραδινές ώρες.

Εξετάζοντας απ' ευθείας ενεργειακές παραμέτρους προκύπτουν τα εξής:

- Ο βαθμός απόδοσης (COP) μιας κλιματιστικής μονάδας επηρεάζεται άμεσα από τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος σύμφωνα και με τα εγχειρίδια χρήσης αυτών.
- Ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης, καταγράφεται συστηματικά στο σταθμό της Ηλιουπόλεως και ο μικρότερος στο σταθμό της Πανεπιστημιακής Λέσχης με ποσοστιαία μηνιαία διαφορά μεταξύ του μεγίστου και του ελαχίστου για κάθε μήνα να κυμαίνεται μεταξύ 11 και 14% επηρεάζοντας με ανάλογο τρόπο και την ενεργειακή κατανάλωση κλιματισμού.
- Οι σταθμοί της τρίτης κατηγορίας «Ασυνεχής Αστικός Ιστός» παρουσιάζουν συστηματικά την μεγαλύτερη κατά μέσο όρο απόδοση του κλιματιστικού μηχανήματος, ενώ οι σταθμοί της 1^η και 4^{ης} κατηγορίας παρουσιάζουν συστηματικά τις μικρότερες. Οι διαφορές της απόδοσης μεταξύ των κατηγοριών κυμαίνονται μεταξύ 3 με 6% με μέσο όρο το 5%
- Η ολική αισθητή ψυκτική ενέργεια (kWh/m²) που προκύπτει από το Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος, βάσει συγκεκριμένου λογισμικού και κτηρίου αναφοράς είναι μικρότερη κατά 15 ως και 50% από αυτές που υπολογίζονται για περιοχές της Δυτικής Αθήνας, ενώ η περιοχή της Ηλιούπολης παρουσιάζει μεγαλύτερες κατά 10%, από αυτές που προκύπτουν με βάση τα στοιχεία του Τυπικού Μετεωρολογικό Έτος, μόνο για την χρονιά με τις υψηλότερες θερμοκρασίες, το 1998.
- Το ψυκτικό ηλεκτρικό φορτίο αιχμής στην Ηλιούπολη, είναι 40 % μικρότερο από αυτό που υπολογίστηκε για το Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος των Αθηνών, και σχεδόν κατά 80% μικρότερο από αυτό της Δυτικής Αθήνας.

Τα παραπάνω στοιχεία συμβαδίζουν γενικά με τις μελέτες που αναφέρονται, στην παράγραφο 3.9 του Κεφαλαίου 3. Συγκεκριμένα στις μελέτες του κεφαλαίου αναφέρεται ότι υπάρχει σημαντική διαφορά στη απαιτούμενη ενέργεια δροσισμού ενός κτηρίου όταν αυτή υπολογίζεται από θερμοκρασιακά δεδομένα που καταγράφονται στην περιοχή του κτηρίου, σε σχέση με αυτά που περιλαμβάνονται στα δεδομένα ενός τυπικού μετεωρολογικού έτους και που χρησιμοποιούνται για τις ενεργειακές προσομοιώσεις των κτηρίων (Moustris et al.(2014), Guattari C. et al. (2018), Yang, X. et al (2020), Boudali E. et. al. (2022)). Η επίδραση του φαινομένου της αστικής θερμικής έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ενέργειας δροσισμού η οποία σύμφωνα με την ανασκόπηση που έκανε ο Li, X et al (2019) η μέση τιμή της είναι 19,0% αλλά με μεγάλο εύρος διακύμανσης. Οι Romano P. et al (2021) αναφέρουν μια μέση ετήσια αύξηση της ζήτησης αστικής ενέργειας ψύξης κατά 6% ενώ οι Battista G et al (2023), αναφέρουν αύξηση από 63,31% ως 93,25%. Τέλος ο Moustris et al.(2014) αναφέρουν ότι η μέση ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τον δροσισμό του κτιρίου και για τις οκτώ εξεταζόμενες περιοχές κυμάνθηκε μεταξύ των 1.72 KWh/m² για την περιοχή των Θρακομακεδόνων (LCZ9) και 7.75 KWh/m² για την περιοχή των Πατησίων(LCZ2) στο κέντρο της πόλης παρουσιάζοντας ισχυρή διακύμανση της τάξης του 450% ανάλογα με τον αστικό χαρακτήρα της περιοχής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΝΟΨΗ

Κεφάλαιο 9: Σύνοψη

Το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας, είναι το πρώτο ουσιαστικά φαινόμενο που μελετήθηκε και σχετίζεται με την επίδραση της ανθρωπογενούς δραστηριότητας, στα κλιματικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής. Τα τελευταία 30 χρόνια έχει γίνει μία συστηματική προσπάθεια καταγραφής του και κατανόησης των μηχανισμών που το διαμορφώνουν. Συστηματική εργασία και μελέτη γίνεται επίσης την τελευταία δεκαετία για την μείωσή του χρησιμοποιώντας στην αστική περιοχή, «έξυπνα υλικά» με κατάλληλες θερμοφυσικές ιδιότητες, κατάλληλο πολεοδομικό σχεδιασμό, κατάλληλα σχεδιασμένες φυτεύσεις, ενίσχυση των φαινομένων εξάτμισης κ.α.. Σημειώνεται ότι οι αστικές περιοχές ενώ καταλαμβάνουν χωρικά το 2% περίπου της ξηράς φιλοξενούν το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού και το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας σχετίζεται άμεσα με τις αυξημένες ενεργειακές καταναλώσεις για δροσισμό των κτηρίων και με την ένταση και την συχνότητα εκδήλωσης συνθηκών καύσωνα στις αστικές περιοχές και με τις συνθήκες θερμικής δυσφορίας εντός των κτιρίων αλλά και στους κοινόχρηστους χώρους των πόλεων, που με τη σειρά τους σχετίζονται με σημαντικά θέματα υγείας των πολιτών.

Η Αστική Θερμική Νησίδα δημιουργείται λόγω της πυκνής δόμησης των κτηρίων με αποτέλεσμα η θερμότητα να εγκλωβίζεται, προκαλώντας το φαινόμενο που ευθύνεται για την αύξηση της θερμοκρασίας στις αστικές περιοχές. Αποτέλεσμα αυτή της υπερθέρμανσης είναι η αποτύπωση των ισόθερμων μιας αστικής περιοχής να ομοιάζει με την αποτύπωση των ισοϋψών ενός νησιού και για αυτό το φαινόμενο καλείται «Αστική Θερμική Νησίδα».

Η μελέτη της Αστικής Θερμικής Νησίδας γίνεται για τρεις διαφορετικούς τύπους :

- Θερμική Νησίδα Αστικής Χαράδρας (Canopy Layer): βρίσκεται στο στρώμα του αέρα όπου ζουν οι άνθρωποι, από το έδαφος έως κάτω από τις κορυφές των δέντρων και των στεγών. Πρόκειται για τον πλέον χρησιμοποιούμενο τύπο.
- Η Αστική Θερμική Νησίδα οριακού στρώματος (Boundary Layer): ξεκινά από το επίπεδο στεγών και των κορυφών των δέντρων και επεκτείνεται μέχρι το σημείο όπου τα αστικά τοπία δεν επηρεάζουν πλέον την ατμόσφαιρα. Τα χαρακτηριστικά της περιοχής αυτής εκτείνονται ως ένα μίλι (~1.5 km) από την επιφάνεια. Η αστική θερμική νησίδα των θερμοκρασιών του αέρα είναι συχνά ασθενής το πρωί και καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και γίνεται περισσότερο έντονη μετά από το ηλιοβασίλεμα, λόγω της αργής απελευθέρωσης θερμότητας από την αστική υποδομή. Εντούτοις, ο συγχρονισμός αυτής της έντασης εξαρτάται από τις ιδιότητες των αστικών και αγροτικών επιφανειών, την εποχή και τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες.
- Αστική Θερμική Νησίδα Επιφάνειας (Surface Urban Heat Island, SUHI) που αφορά την μελέτη των επιφανειακών θερμοκρασιών της πόλης και των διαφορών που παρουσιάζουν από αυτές της υπαίθρου.

Η παρούσα διατριβή είχε ως κύριο στόχο την χωρική καταγραφή και μελέτη, στο λεκανοπέδιο της Αττικής, της Αστικής Θερμικής Νησίδας, εντός του κτηριακού οριακού στρώματος λαμβάνοντας υπόψη τις χρήσεις γης τις αστικές χαράδρες και τα ανεμολόγια στοιχεία, για να είναι πιο λεπτομερής και ακριβής η μελέτη της επίδρασής της στις ενεργειακές καταναλώσεις που απαιτούνται για τον κλιματισμό των κτηρίων. Στο πλαίσιο αυτό για την θερινή περίοδο περίοδο από τον Αύγουστο του 1996 ως τον Αύγουστο του 1998 τοποθετήθηκαν εντός του κτηριακού οριακού στρώματος 27 ειδικά μελετημένοι και κατασκευασμένοι, αυτογραφικοί σταθμοί καταγραφής της

θερμοκρασίας του αέρα σε διάφορες περιοχές του λεκανοπεδίου. Επίσης για να γίνουν κατανοητοί οι μηχανισμοί που διαμορφώνουν την θερμοκρασία του αέρα σε μία πόλη, μελετήθηκαν αναλυτικά για 9 αστικές χαράδρες οι θερμοκρασίες επιφανείας και οι θερμοκρασίες του αέρα και τέλος εξετάστηκε η επίδραση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας στις ενεργειακές καταναλώσεις των κτηρίων

Από την ανάλυση των δεδομένων που παρουσιάστηκε αναλυτικά στα προηγούμενα κεφάλαια προέκυψαν τα εξής:

- Από την χωρική ανάλυση των δεδομένων είναι σαφής η εμφάνιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας με την εμφάνιση των υψηλότερων θερμοκρασιών (μέσων μηνιαίων, μέσων ημερήσιων και μέσω νυχτερινών) στο κέντρο της πόλης.
- Οι σταθμοί που βρίσκονται δυτικά -νοτιοδυτικά προάστια του κέντρου των Αθηνών παρουσιάζουν επίσης υψηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα κατά την χωρική αποτύπωση των θερμοκρασιών να εμφανίζεται μια επέκταση των υψηλών θερμοκρασιών προς τα δυτικά προάστια της πόλης, ενώ οι σταθμοί που βρίσκονται ανατολικά και βόρεια του κέντρου παρουσιάζουν σαφώς μικρότερες θερμοκρασίες.
- Τέλος, οι σταθμοί που βρίσκονται στα δύο πάρκα της πόλης εμφανίζουν κατά την νυχτερινή περίοδο σχεδόν πάντα τις μικρότερες θερμοκρασίες καταδεικνύοντας την σημαντική επίδραση της εξατμισοδιαπνοής.
- Οι μέσες μέγιστες και ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες παρουσιάζουν αντίστοιχη εικόνα πιστοποιώντας ότι η πυκνή αστική δόμηση δημιουργεί ένα ιδιαίτερα θερμικά επιβαρυνόμενο αστικό περιβάλλον, με αποτέλεσμα να παρουσιάζεται διαφορά της τάξης των 15°C μεταξύ της μέσης μέγιστης μηνιαίας θερμοκρασίας που καταγράφεται στο κέντρο της πόλης και σε αυτή ενός περιστασιακού σταθμού.
- Η παρουσία του αστικού πράσινου (πάρκα δέντρα γκαζόν κ.λπ.) καθώς και η ύπαρξη πράσινων ορεινών όγκων κοντά στις αστικές περιοχές (ανατολικοί και βόρειοι σταθμοί) οδηγούν σε σαφή μείωση των θερμοκρασιών.
- Οι μέσες διαφορές θερμοκρασιών που καταγράφονται κατά την νυχτερινή περίοδο σε σχέση με τον σταθμό αναφοράς εντοπίζονται στο κέντρο της πόλης και δυτικά αυτής, με την μέγιστη μέση διαφορά από το σταυμό αναφοράς να ανέρχεται στους 5.4 °C σε σχέση με τον σταθμό αναφοράς.
- Κατά την διάρκεια της ημέρας, οι διαφορές μπορεί να λαμβάνουν θετικές και αρνητικές τιμές το οποίο σχετίζεται με την ημερήσια πορεία της θερμοκρασίας και τον προσανατολισμό του σταθμού, με την μέση μηνιαία διαφορά να φτάνει στους 6,5°C σε σχέση με τον σταθμό αναφοράς.
- Οι θερμοκρασίες που καταγράφουν οι σταθμοί που βρίσκονται σε τυπικό αστικό περιβάλλον κατά την διάρκεια της ημέρας εξαρτώνται άμεσα από τον προσανατολισμό τους. Έτσι σταθμοί που έχουν προσανατολισμό Β.Α, Α, και Δ, Β.Δ. εμφανίζουν τα μέγιστα τους πριν και μετά το τοπικό μεσημέρι αντίστοιχα, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν κατά την διάρκεια της ημέρας σημαντικές διαφορές μεταξύ τους αλλά και με το σταθμό αναφοράς. Οι σταθμοί με Ν.Α, Ν. και Ν.Δ. προσανατολισμό παρουσιάζουν τα μέγιστα τους κοντά στο τοπικό μεσημέρι, με θερμοκρασίες κατά την διάρκεια της ημέρας σαφώς υψηλότερες από αυτές των σταθμών με διαφορετικό προσανατολισμό.
- Οι σταθμοί που βρίσκονται σε ανοικτές περιοχές δεν παρουσιάζουν αποκλίσεις των μεγίστων τους από το τοπικό μεσημέρι, ενώ κατά την διάρκεια της νύχτας όλοι οι σταθμοί εμφανίζουν ένα μικρό ρυθμό μείωσης

της θερμοκρασίας μέχρι τις πρώτες πρωινές ώρες, με σχεδόν σταθερές διαφορές από τον σταθμό αναφοράς.

- Από τα παραπάνω εξηγείται η χωρική διασπορά που παρουσιάζει η χρονική εξέλιξη της αστικής θερμικής νησίδας, όπου το μεσημέρι (12:00) η αστική θερμική νησίδα είναι σαφώς σχηματισμένη. Την νυχτερινή περίοδο (21:00 ως 06:00 W.T.) η αστική θερμική νησίδα είναι επίσης σαφώς εντοπισμένη στο κέντρο της πόλης και δυτικά αυτού. Αντίθετα βόρεια και ανατολικά του κέντρου της πόλης οι θερμοκρασίες του αέρα είναι χαμηλότερες λόγω της επίδρασης των ορεινών όγκων και του αστικού πράσινου των περιοχών αυτών και της μικρότερης πυκνότητας δόμησης αυτών των περιοχών («Ασυνεχής Αστικός Ιστός»).
- Επίσης όλοι οι σταθμοί παρουσιάζουν μεγαλύτερη μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά την νυχτερινή περίοδο από τον σταθμό αναφοράς και η μέση μηνιαία νυχτερινή διαφορά φτάνει μέχρι και τους 5.4 °C με τις πιο μεγάλες διαφορές να καταγράφονται την δροσερότερη θερινή περίοδο το έτος 1997.

Συνοπτικά οι σημαντικότερες θερμοκρασιακές παράμετροι που εξετάστηκαν περιλαμβάνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Πίνακας 9.1: Μέσες μηνιαίες τιμές διάφορων θερμοκρασιακών παραμέτρων

	ΤΙΜΗ (°C)	ΣΤΑΘΜΟΣ	ΜΗΝΑΣ
Μεγαλύτερη Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	33.4	12	8/98
Μικρότερη Μέση Μηνιαία Θερμοκρασία	20.4	21	9/97
Μεγαλύτερη Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	44.1	12	8/98
Μικρότερη Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	23.3	16	9/97
Μεγαλύτερη Μέση Διαφορά των Μεγίστων Θερμοκρασιών	14.7	12-16	9/97
Μικρότερη Μέση Διαφορά των Μεγίστων Θερμοκρασιών	9.9	12-2	7/97
Μεγαλύτερη Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	29.3	15	8/98
Μικρότερη Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	17.0	21	7/97
Μεγαλύτερη Μέση Ημερήσια Θερμοκρασία	36.4	12	8/98
Μεγαλύτερη Μέση Διαφορά των Ελαχίστων Θερμοκρασιών	5.7	13-21	9/97
Μικρότερη Μέση Διαφορά των Ελαχίστων Θερμοκρασιών	4.7	15-19	9/96
Μικρότερη Ημερήσια Μέση Θερμοκρασία	21.5	16	9/97
Μεγαλύτερη Μέση Νυχτερινή Θερμοκρασία	30.7	15	8/98
Μικρότερη Νυχτερινή Μέση Θερμοκρασία	19	19	7/97
Μεγαλύτερη Ημερήσια Μέση Διαφορά Θερμοκρασίας από τον Σταθμό Αναφοράς	6.3	12	9/97
Μικρότερη Ημερήσια Μέση Διαφορά Θερμοκρασίας από τον Σταθμό Αναφοράς	-3.5	2	7/97
Μεγαλύτερη Νυχτερινή Μέση Διαφορά Θερμοκρασίας από τον Σταθμό Αναφοράς	5.4	4	7/97
Μικρότερη Νυχτερινή Μέση Διαφορά Θερμοκρασίας από τον Σταθμό Αναφοράς	-0.7	22	9/97
Μεγαλύτερη Ημερήσια Μέση Διαφορά Θερμοκρασίας μεταξύ όλων των σταθμών	7.9	12-2	9/97
Μικρότερη Ημερήσια Μέση Διαφορά Θερμοκρασίας μεταξύ όλων των σταθμών	6.3	12-2	9/96
Μεγαλύτερη Νυχτερινή Μέση Διαφορά Θερμοκρασίας μεταξύ όλων των σταθμών	5.7	13-21	9/97

Σε ότι αφορά τη χωρική μελέτη της Αστικής Θερμικής Νησίδας, βάσει των μορφολογικών στοιχείων των περιοχών που εγκαταστάθηκαν οι 27 σταθμοί και της θερμικής ανάλυσης αυτών, και έχοντας ως κριτήριο τις διαφορές θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς δυνάμει του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας το Λεκανοπέδιο της Αττικής αυτό μπορεί να χωριστεί σε τρεις κύριες περιοχές. Η πρώτη περιοχή περιλαμβάνει, τις

περιοχές του πολεοδομικού κέντρου της πόλης των Αθηνών και τα ΔΝΔ προάστια αυτής. Οι περιοχές των σταθμών, χαρακτηρίζονται, σύμφωνα με την κατά Corine χαρακτηρισμό των χρήσεων γης, ως περιοχές «Συνεχούς Αστικού Ιστού». Για τους 12 σταθμούς αυτής της κατηγορίας, και για το σύνολο της πειραματικής περιόδου, η μέση διαφορά θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς, κατά τη νυχτερινή περίοδο (21:00 ως 06:00 W.T) ήταν μεγαλύτερη των 2.5 °C.

Η δεύτερη περιοχή, εκτείνεται από τα ΔΒΔ προάστια της πόλης των Αθηνών, ως τα ανατολικά προάστια αυτής. Οι περιοχές των σταθμών που περιλαμβάνει η δεύτερη χαρακτηρίζονται, σύμφωνα με την κατά Corine χαρακτηρισμό των χρήσεων γης, ως περιοχές «Ασυνεχούς Αστικού Ιστού». Για τους 7 σταθμούς αυτής της κατηγορίας, και για το σύνολο της πειραματικής περιόδου, η μέση διαφορά θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς, κατά τη νυχτερινή περίοδο ήταν θετική και μικρότερη των 2.5 °C.

Η τρίτη περιοχή αφορά τα παράλια προάστια του λεκανοπεδίου όπου παρά το γεγονός της ανάπτυξης διαφορών θερμοκρασίας για το σύνολο της εξεταζόμενης περιόδου πάνω από 2.5°C, δεν εντάχθηκαν στην πρώτη κατηγορία λόγω της επίδρασης της θάλασσας

Τέλος οι δύο σταθμοί στα πάρκα της πόλης ανέδειξαν την ισχυρή επίδραση του πράσινου στη διαμόρφωση χαμηλών θερμοκρασιών αέρα ειδικά κατά την νυχτερινή περίοδο, ενώ οι 3 σταθμοί που τοποθετήθηκαν σε ανοικτές μη αστικές περιοχές, με διαφορετικά χαρακτηριστικά η κάθε μία (βιομηχανική περιοχή, αθλητικές εγκαταστάσεις, κ.λπ.) όπως και ήταν αναμενόμενο δεν επέδειξαν χαμηλότερες θερμοκρασίες από αυτές της πρώτης κατηγορίας.

Ειδικότερα για την περιοχή του κέντρου και δυτικά-νοτιοδυτικά αυτού προκύπτουν τα εξής:

- Οι σταθμοί, 3(Αμπελόκηποι), 4(Κορυδαλλός), 5(Παγκράτι), 7(Στουρνάρη), 9(ΦΙΕ), 11(Αιόλου), 12(Παν. Λέσχη), 13(Σόλωνος), 15(Αριστοτέλους), 18(Αιγάλεω), 25(Κολωνός), 26(Hilton), που αποτέλεσαν την πρώτη κατηγορία, παρουσίασαν μεγάλο εύρος διακύμανσης των μέσων θερμοκρασιών του αέρα κατά την διάρκεια της ημέρας λόγω κυρίως του διαφορετικού προσανατολισμού τους. Οι σταθμοί με Α ως ΒΔ. προσανατολισμό παρουσίασαν τις υψηλότερες θερμοκρασίες, ενώ σταθμοί με ΒΑ και Β προσανατολισμό παρουσίασαν χαμηλότερες θερμοκρασίες οι οποίες κάποιες φορές είναι μικρότερες και από αυτές του σταθμού αναφοράς. Οι σταθμοί 3 και 26 που βρίσκονται στα ανατολικά της περιοχής αυτής, παρουσιάζουν τις μικρότερες ημερήσιες θερμοκρασίες λόγω του ότι βρίσκονται υπό την επίδραση του Υμηττού και σε μεγαλύτερο ύψος(>100μ) από όλους τους άλλους σταθμούς αυτής της κατηγορίας.
- Κατά την διάρκεια της νύκτας οι σταθμοί παρουσίασαν σχεδόν συστηματικά τις μεγαλύτερες θερμοκρασίες με τις μέσες μηνιαίες διαφορές από τον σταθμό αναφοράς να φτάνουν τους 5,4°C.

Για την περιοχή βορειοδυτικά της ανωτέρω περιοχής ως και ανατολικά νοτιοανατολικά αυτής προέκυψαν τα εξής:

- Οι σταθμοί 2(Ηλιούπολη), 8(Γλυκά Νερά), 16(Κηφισιά), 21(Αγ. Παρασκευή), 23(Κόκκινος Μήλος), 24(Παρ. Αμαρουσίου), 27(Νέα Ιωνία) αποτέλεσαν την ομάδα των σταθμών της 3^{ης} κατηγορίας των Σταθμών(«Ασυνεχής Αστικός Ιστός») εμφάνισαν κατά την διάρκεια της ημέρας συστηματικά μικρότερες θερμοκρασίες από αυτές της πρώτης κατηγορίας. Οι θερμοκρασίες αυτές ήταν αρκετές φορές χαμηλότερες και από αυτές του σταθμού αναφοράς.
- Κατά την διάρκεια της νύκτας εξακολούθησαν οι σταθμοί να έχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με την πρώτη κατηγορία αλλά παράλληλα ήταν συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές του σταθμού αναφοράς. Κατά μέσο όρο οι μέσες μηνιαίες διαφορές θερμοκρασίας των σταθμών αυτής της κατηγορίας από τον σταθμό αναφοράς, ήταν της τάξης του 1 με 2 °C.

Από την μελέτη των υπόλοιπων σταθμών προέκυψαν τα εξής:

- Τις χαμηλότερες μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες από όλες τις κατηγορίες κατά την διάρκεια της νύχτας τις εμφάνισαν οι δύο σταθμοί που βρίσκονται στα δύο πάρκα της πόλης καταδεικνύοντας τη σημαντική επίδραση της βλάστησης στην διαμόρφωση της θερμοκρασίας του αέρα. Χαμηλές θερμοκρασίες παρουσίασαν και κατά την διάρκεια της ημέρας αλλά αρκετές φορές ήταν πιο μεγάλες από αυτές που καταγράφηκαν εντός αστικού ιστού ειδικά στις περιπτώσεις των σταθμών της τρίτης κατηγορίας.
- Οι σταθμοί που τοποθετήθηκαν σε ανοικτές περιοχές είτε κοντά στη θάλασσα, Σταθμός Αγ. Κοσμά-ΕΚΘΕ και Σταθμός Ευγενιδείου είτε μακριά από αυτή, σταθμοί Αστεροσκοπείου, Χαϊδαρίου, και Γεωπονικής, με παρουσία πράσινου γύρω από αυτές, παρουσίασαν κατά την διάρκεια της ημέρας, λόγω της άμεσης και σημαντικής επίδρασης της ηλιακής ακτινοβολίας, θερμοκρασίες που ήταν πολλές φορές μεγαλύτερες και από αυτές των σταθμών που βρίσκονται σε τυπικό αστικό περιβάλλον.
- Κατά την διάρκεια της νύχτας οι παραθαλάσσιοι σταθμοί εξακολούθησαν να παρουσιάζουν σημαντικές θερμοκρασίες, αλλά χαμηλότερες από αυτές των σταθμών σε τυπικό αστικό περιβάλλον, λόγω της σημαντικής επίδρασης της θάλασσας. Οι σταθμοί που ήταν τοποθετημένοι σε ανοικτή περιοχή με αξιόλογο υψόμετρο, άνω των 100μ. εμφάνισαν τις χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ ο σταθμός σε μικρό υψόμετρο εμφάνισε θερμοκρασίες παραπλήσιες με αυτές των σταθμών κοντά στη θάλασσα.
- Από την μελέτη εμφάνισαν των υψηλών τιμών της διαφοράς θερμοκρασία των σταθμών από το σταθμό αναφοράς προέκυψε ότι οι μέγιστες τιμές που μετρήθηκαν εμφάνισαν θεωρητικά περίοδο επανάληψης λίγο μικρότερη από τις 20 ημέρες.
- Τέλος, για να από την μελέτη της εμμονής των μέγιστων και μέσων τιμών της αστικής θερμικής νησίδας με την μέθοδο των συντελεστών αυτοσυσχέτισης προέκυψε ότι ανάλογα με την θέση κάθε σταθμού, η εμμονή εμφάνισαν διαδοχικών ημερών όσον αφορά τόσο τις μέγιστες, όσο και τις μέσες ημερήσιες τιμές τις αστικής θερμικής νησίδας μπορεί να φθάσει ή και να ξεπεράσει τις 10 διαδοχικές ημέρες.

Για την κατανόηση των φαινομένων που διαμορφώνουν την θερμοκρασία του αέρα εντός του κτιριακού οριακού στρώματος μελετήθηκε το θερμοκρασιακό καθεστώς 9 αστικών χαραδρών (Urban Canyons). Από την μελέτη αυτή προέκυψαν τα ακόλουθα:

Σε ότι αφορά τις επιφανειακές θερμοκρασίες:

- Βασικός παράγοντας διαμόρφωσης των θερμοκρασιών επιφανείας που συνιστούν την αστική χαράδρα είναι ο άξονας προσανατολισμού και δευτερευόντως ο χαρακτηριστικός λόγος της οδού, μιας και είναι τα βασικά στοιχεία που διαμορφώνουν την ώρα και την διάρκεια έκθεσης των επιφανειών στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία, που είναι ο κύριος παράγοντας διαμόρφωσης των θερμοκρασιών κατά την διάρκεια της ημέρας.
- Οι οριζόντιες επιφάνειες των οδών μιας χαράδρας παρουσιάζουν κατά μέσο όρο συστηματικά μεγαλύτερες επιφανειακές θερμοκρασίες από αυτές των κατακόρυφων προσόψεων αυτής, τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια νύχτας.
- Οι μεγαλύτερες επιφανειακές θερμοκρασίες, στο οριζόντιο επίπεδο, παρατηρούνται στο μέσο της οδού επί του ασφαλτοστρωμένου οδοστρώματος, λόγω κυρίως των θερμοφυσικών ιδιοτήτων της ασφάλτου.

- Οι πλάκες πεζοδρομίου παρουσιάζουν συστηματικά μικρότερες θερμοκρασίες από αυτές της ασφάλτου κατά διάρκεια της κοινής έκθεσής τους στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία. Οι διαφορές κυμαίνονται 6 έως 14 °C στα σημεία μέτρησης με νότιο προσανατολισμό και από 7.5 ως 19 °C στα αντίστοιχα σημεία μέτρησης με βόρειο προσανατολισμό.
- Κυρίως, κατά την διάρκεια της ημέρας, οι μέσες επιφανειακές θερμοκρασίες των προσόψεων των οδών με νότιο προσανατολισμό παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές από τις αντίστοιχες καθ' ύψος απέναντι επιφάνειες, με τη μέγιστη ημερήσια στιγμιαία διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο απέναντι επιφανειών να φτάνει του 19 °C, ενώ η μεγαλύτερη διαφορά των μεγίστων μεταξύ δύο απέναντι ισοϋψών επιφανειών έφτασε στους 14 °C.
- Κατά την διάρκεια της νύχτας οι μέσες επιφανειακές θερμοκρασίες των νότιων πλευρών εξακολουθούν να είναι μεγαλύτερες από αυτές των απέναντι πλευρών, αλλά οι διαφορές είναι σαφώς μικρότερες από τις αντίστοιχες της ημέρας και φτάνουν περί τους 2 °C.
- Τέλος, οι μέσες θερμοκρασίες επιφανείας στο οδόστρωμα είναι συστηματικά μεγαλύτερες από αυτές των προσόψεων κατά την διάρκεια της νύχτας, φαινόμενο που είναι πιο έντονο στις χαράδρες με υψηλό χαρακτηριστικό λόγο(άνω του 2) και με άξονα προσανατολισμού βορρά -νότου.

Σε ότι αφορά τις θερμοκρασίες του αέρα:

- Οι θερμοκρασίες του αέρα πλησίον των προσόψεων των οδών επηρεάζονται κυρίως από τις επιφανειακές θερμοκρασίες στο αντίστοιχο σημείο και δευτερευόντως από την μεταφορά θερμότητας από την οροφή της οδού. Αντίθετα οι θερμοκρασίες στο μέσο της οδού επηρεάζονται κυρίως από τα φαινόμενα μεταφοράς από την οροφή της οδού και δευτερευόντως από τις θερμοκρασίες επιφανειών της χαράδρας.
- Οι θερμοκρασίες πάνω από την οροφή της οδού κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν συστηματικά υψηλότερες από τις θερμοκρασίες εντός της οδού, τόσο στο μέσο αυτής, με διαφορές που κυμάνθηκαν από 0.3 ως 1.5 °C, όσο και στις προσόψεις αυτής. Κατά την διάρκεια της νύχτας το φαινόμενο αντιστρέφεται με τις μέσες διαφορές από το μέσο του δρόμου να κυμαίνονται μεταξύ 1 και 2°C
- Κατά την διάρκεια της ημέρας σχεδόν συστηματικά οι μέσες θερμοκρασίες του αέρα στις νότιες προσόψεις ήταν μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των απέναντι προσόψεων.
- Κατά την διάρκεια της νύχτας οι μέσες θερμοκρασίες εντός της χαράδρας παρουσιάζουν μια ασθενή στρωμάτωση με το ύψος. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες εντοπίστηκαν στο μέσο των οδών και στο ισόγειο αυτών. Όσο αυξάνει το ύψος οι θερμοκρασίες μειώνονταν και προσέγγιζαν αυτές της οροφής.

Σε ότι αφορά την σύγκριση των θερμοκρασιών του αέρα των οδών με αυτές του σταθμού αναφοράς:

- Οι θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν συστηματικά μικρότερες από αυτές που καταγράφονται πάνω από την οδό με τις μέσες διαφορές να φτάνουν τους 2 °C.
- Οι θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς και κατά την διάρκεια της νύχτας είναι συστηματικά μικρότερες από τις θερμοκρασίες εντός χαράδρας των χαραδρών με μέσες διαφορές που φτάνουν τους 3 °C.

Η εξέταση της του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας σε σχέση με τον άνεμο που καταγράφηκε στο Αστεροσκοπείο Αθηνών έδειξε τα εξής:

Από την ανάλυση των μέσων εντάσεων του ανέμου από 0-9m/s για διαμερίσεις ανά 1 m/s, για το σύνολο της εξεταζόμενης πειραματικής περιόδου, κατά την ημερήσια και νυχτερινή περίοδο προέκυψε ότι η αύξηση της έντασης του ανέμου οδηγεί γενικά σε άμβλυνση των διαφορών θερμοκρασίας μεταξύ των σταθμών και του σταθμού αναφοράς. Συγκεκριμένα:

- Τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύκτας οι μέσες θερμοκρασίες των σταθμών είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του σταθμού αναφοράς για εντάσεις ανέμου από 0 ως 2m/s. Οι μέσες αυτές διαφορές είναι γενικά μεγαλύτερες κατά την διάρκεια της νύκτας.
- Οι σταθμοί με τις μεγαλύτερες και τις μικρότερες διαφορές, κατά την διάρκεια της ημέρας, για το ανωτέρω εύρος των εντάσεων, ήταν ο Σταθμός 12 (Πανεπιστημιακή Λέσχη) με +5.7 °C, και ο Σταθμός 22 (Πεδίο του Άρεως) -0.8 °C, αντίστοιχα.
- Κατά την νυχτερινή περίοδο, αντίστοιχα, η μεγαλύτερη διαφορά παρατηρήθηκε στο Σταθμό 15 (Αριστοτέλους) +5.5 °C και η μικρότερη στο Σταθμό 22 (Πεδίο του Άρεως), +1.8 °C .
- Τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύκτας με την αύξηση της έντασης του ανέμου μειώνει αλγεβρικά τη διαφορά θερμοκρασίας των σταθμών από το σταθμό αναφοράς με τιμές που κυμαίνονται από 0.5°C/ms⁻¹ Σταθμό 8(Γλυκά Νερά) μέχρι 0.05 °C/ms⁻¹ στο Σταθμό 1 κατά την διάρκεια της ημέρας και από 0.45°C/ms⁻¹ στο Σταθμό 26 (HILTON) ως 0.12°C/ms⁻¹ στο Σταθμό 22, κατά την διάρκεια της νύκτας.
- Οι ελάχιστες αλγεβρικές διαφορές θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς εντοπίζονται για εντάσεις περί τα 5-6m/s κατά την διάρκεια της ημέρας και περί τα 7m/s, κατά την διάρκεια της νύκτας. Κατά την διάρκεια της ημέρας αυτές οι διαφορές κυμαίνονται από +4.2 °C στο Σταθμό 12 (Παν.Λέσχη) ως τους -3°C στο Σταθμό στην Ηλιούπολη και στο Σταθμό 16. Κατά την διάρκεια της νύκτας οι διαφορές κυμαίνονται από +3°C ως -1.6 °C στους σταθμούς 4 και 21 αντίστοιχα.
- Οι σταθμοί της πρώτης κατηγορίας που βρίσκονται σε περιοχές «Συνεχούς Αστικού Ιστού» σύμφωνα με την κατά CORINE κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης, εμφανίζουν σχεδόν συστηματικά κατά την διάρκεια της νύκτας τις μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας από όλες τις κατηγορίες των σταθμών για τις ίδιες διαμερίσεις της έντασης του ανέμου.
- Η εξέταση της χωρικής κατανομής των διαφορών θερμοκρασίας, τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά την διάρκεια της νύκτας, έδειξε ότι η έκταση και η ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας αμβλύνεται όσο αυξάνει η ταχύτητα του ανέμου. Για εντάσεις από 6 ως 7 m/s αυτή περιορίζεται στο κέντρο και δυτικά της πόλης των Αθηνών με σημαντικά μειωμένες τιμές.
- Κατά την εξέταση της των διαφορών θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς , σε σχέση με την μέση ένταση του ανέμου, από 0-9 m/sec και για ανά 1m/s διαμερίσεις, και τις αντίστοιχες μέσες τιμές της θερμοκρασίας του σταθμού, τόσο κατά την ημερήσια όσο και κατά την διάρκεια της νύκτας, προέκυψε ότι όσο πιο χαμηλές είναι οι θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς και όσο πιο χαμηλές οι εντάσεις του ανέμου τόσο πιο υψηλές είναι διαφορές θερμοκρασίες και αντίστροφα.

Από την ανάλυση των ωριαίων ταχυτήτων του αέρα τόσο ως προς το μέτρο όσο και ως προς την φορά στην επίδρασή τους στην αστική θερμική νησίδα για την θερινή περίοδο του 1997 προέκυψαν τα εξής:

- Οι μεγαλύτερες μέσες, μέσες μέγιστες και μέσες ελάχιστες μηνιαίες τιμές της dT εμφανίζονται τόσο με Β ως ΑΒΑ ρεύμα, όσο και με ΝΑ-ΝΔ στους σταθμούς των Κατηγοριών 1 και 4 κυρίως τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο.
- Επίσης, όλους τους μήνες, στις Κατηγορίες 3 και 5, σχεδόν σε όλους του σταθμούς, παρατηρείται αναστροφή του φαινομένου κυρίως με ΝΑ ως ΝΔ ρεύμα (τόσο στις μέσες, όσο και στις μέσες ελάχιστες τιμές).
- Γενικά και ανεξάρτητα και από την διεύθυνση του ανέμου παρατηρήθηκε ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας ή και αναστροφή του φαινομένου, με την σύγχρονη αύξηση της έντασης του ανέμου
- Για τον Ιούνιο του 1997 η συνδιακύμανση μεταξύ των μεγεθών dT και V είναι στατιστικά σημαντική σε όλους τους σταθμούς.
- Σε όλους τους σταθμούς τόσο με Β-ΑΒΑ, όσο και ΝΑ-ΝΔ ρεύμα αυξανόμενης της έντασης του ανέμου παρατηρήθηκε ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας (dT).
- Οι τιμές του t-ελέγχου που ορίζουν την σημαντικότητα της κλίσης της ευθείας παλινδρόμησης βρέθηκαν σε 23 από τις 25 περιπτώσεις στατιστικά σημαντικές.
- Οι βαθμίδες ελάττωσης της dT αυξανόμενης της V βρέθηκαν ισχυρότερες στην περίπτωση του Β ως ΑΒΑ και μάλιστα οι κλίσεις της ευθείας παλινδρόμησης με Β-ΑΒΑ ρεύμα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από τις αντίστοιχες κλίσεις με ΝΑ-ΝΔ ρεύμα.
- Τον Ιούλιο του 1997, η συνδιακύμανση μεταξύ των μεγεθών dT και V βρέθηκε, ανεξάρτητα της διεύθυνσης του ανέμου σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικά σημαντική. Εξαιρεση αποτέλεσαν η περίπτωση του Σταθμού 14 με Β-ΑΒΑ και οι περιπτώσεις 4 σταθμών με ΝΑ-ΝΔ ρεύμα. Επίσης σε 4 περιπτώσεις οι κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης βρέθηκαν θετικές, δηλαδή αυξανόμενης της έντασης του ανέμου παρατηρείται και αύξηση των τιμών της αστικής
- Σε όλες τις περιπτώσεις οι διαφορές των κλίσεων βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές χωρίς όμως να είναι σαφές αν είναι ισχυρότερες αυτές με Β-ΑΒΑ ή με ΝΑ-ΝΔ ρεύμα. Μόνο στην κατηγορία 2 παρατηρείται ισχυρότερη μείωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας με την αύξηση της έντασης του ανέμου, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην μεταφορά από την γειτονική θάλασσα του Σαρωνικού θερμών αερίων μαζών που μειώνουν την θερμοκρασία του αέρα στην γειτονία του σταθμού.
- Τον Αύγουστο, στο 56% των περιπτώσεων επικρατεί Β ως ΑΒΑ Τόσο με Β ως ΑΒΑ ρεύμα όσο και με ΝΑ ως ΝΔ ρεύμα, η σημαντικότητα της γραμμής παλινδρόμησης μεταξύ dT και V, βρέθηκε στατιστικά σημαντική ($\alpha=0,05$) σε όλους σχεδόν τους σταθμούς. Οι αποκλίσεις που παρατηρήθηκαν ήταν οι εξής:
- Για Β-ΑΒΑ ρεύμα σε 4 σταθμούς οι κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης βρέθηκαν θετικές και στατιστικά σημαντικές ενώ για ΝΑ-ΝΔ ρεύμα στατιστικά σημαντικές θετικές κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης δεν παρατηρήθηκαν. Στις περισσότερες περιπτώσεις παρατηρείται ισχυρότερη ελάττωση της dT αυξανόμενης της έντασης του ανέμου με Β-ΑΒΑ ρεύμα παρά ότι με ΝΑ-ΝΔ.
- Τον Σεπτέμβριο οι επικρατούντες άνεμοι ήταν του ΝΑ ως ΝΔ τομέα σε ποσοστό 45%, με μικρότερες όμως εντάσεις, αλλά και με ιδιαίτερα ακραίες για τον μήνα αυτό τιμές, οπότε στην διαμόρφωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας υπεισέρχονται και άλλοι παράγοντες, όπως είναι π.χ. η συγκράτηση θερμότητας στα δομικά υλικά από τις υψηλές θερμοκρασίες του Αυγούστου. Σχεδόν σε

ποσοστό 63% των περιπτώσεων παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική, συνδιακύμανση μεταξύ των dT και V τιμών. Οι αποκλίσεις που εμφανίσθηκα ήταν:

- Στατιστικά σημαντικές θετικές κλίσεις των ευθειών παλινδρόμησης στις περιπτώσεις των σταθμών εμφανίσθησαν σε αρκετές περιπτώσεις τόσο με B-ABA, όσο και με NA ως ΝΔ άνεμο, όπου η αύξηση της dT αυξανόμενης της V είναι ισχυρότερη στην περίπτωση του νοτίου ρεύματος,
- Τέλος, για κάθε σταθμό, έγινε σύγκριση της σημαντικότητας των διαφορών των κλίσεων ($t_{B-ABA} - t_{NA-NΔ}$) των γραμμών παλινδρόμησης με την βοήθεια t-ελέγχου των διαφορών .
- Όπως προέκυψε σε όλες τις περιπτώσεις και όλους τους μήνες οι διαφορές των κλίσεων των γραμμών παλινδρόμησης για κάθε σταθμό μεταξύ των δειγμάτων με B-ABA ρεύμα και των αντίστοιχων με NA-NΔ ρεύμα βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές, Το διάστημα Ιουνίου-Αυγούστου οι κλίσεις των γραμμών παλινδρόμησης είναι μεγαλύτερες στις περιπτώσεις του B-ABA ρεύματος σε ποσοστά 88%, 48% και 84% αντίστοιχα των περιπτώσεων, ενώ τον Σεπτέμβριο μεγαλύτερη επίδραση στην ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας με την αύξηση των εντάσεων του ανέμου εμφάνισαν οι περιπτώσεις με NA-NΔ ρεύμα σε ποσοστό 96%
- Τέλος εξετάζοντας την συσχέτιση της διαφοράς θερμοκρασίας κάθε σταθμού από τον σταθμό αναφοράς με θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς και την ένταση του ανέμου, παράμετροι που θεωρήθηκε ότι εκφράζουν τις συνοπτικές συνθήκες του λεκανοπεδίου, καταγράφηκε για τις πολλαπλές παλινδρομήσεις της μορφής $dT = a + b \cdot T_{19} + c \cdot V + d \cdot V^2$ ότι τόσο την ημέρα, όσο και την νύκτα, ανεξάρτητα από την διεύθυνση του ανέμου, σε ποσοστό περίπου 96,7% οι συντελεστές παλινδρόμησης βρέθηκαν στατιστικά σημαντικοί. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας εντός του κτηριακού οριακού στρώματος είναι ιδιαίτερα σύνθετο φαινόμενο που εξαρτάται τόσο από τις συνοπτικές θερμοκρασίες του αέρα όσο και από την ένταση, κυρίως, και λιγότερο από την φορά του ανέμου. Η σύνθεση αυτών των δύο παραγόντων επιδρά σημαντικά στην διαμόρφωση του φαινομένου σε συνδυασμό με τα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά της περιοχής κάθε σταθμού. Γενικά παρατηρείται η ένταση του ανέμου να είναι ο σημαντικότερος παράγοντας διαμόρφωσης του φαινομένου κατά την διάρκεια της νύχτας. Κατά την διάρκεια της ημέρας η κατάσταση είναι σαφώς πιο σύνθετη και η διαμόρφωση του φαινομένου εξαρτάται κυρίως από την θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς και δευτερευόντως από τη ένταση του ανέμου.

Το γενικό συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι, ανεξάρτητα και από την διεύθυνση του ανέμου παρατηρήθηκε ελάττωση των τιμών της αστικής θερμικής νησίδας μέχρι και αναστροφή του φαινομένου, με την σύγχρονη αύξηση της έντασης του ανέμου, στοιχείο που συμφωνεί με την συνολική εικόνα που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου και αφορούσε την μέση συμπεριφορά των εξεταζόμενων μεγεθών για το σύνολο της πειραματικής περιόδου των ετών 1996-1998.

Έχοντας καταγράψει και κατανοήσει τους μηχανισμούς που διαμορφώνουν της αστική θερμική νησίδα στη Αθήνα μελετήθηκε η επίδρασή της στον αριθμό των βαθμοωρών και των ωρών που καταγράφονται θερμοκρασίες πάνω από την θερμοκρασία 28 °C που ορίστηκε ως θερμοκρασία αναφοράς παράμετροι που σχετίζονται άμεσα με την καταναλισκόμενη ενέργεια για τον κλιματισμό ενός κτηρίου. Επιπλέον εξετάστηκε για ένα τυπικό split κλιματιστικό πως επηρεάζεται ο βαθμός απόδοσής του από την αστική νησίδα και τέλος υπολογίστηκε η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ένα τυπικό κτήριο. Η παραπάνω ανάλυση έδειξε τα ακόλουθα:

- Ο αριθμός των βαθμοωρών ανά σταθμό, όπως και ήταν αναμενόμενο, συσχετίζεται άμεσα με την μέση θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς. Τους μήνες που η μέση θερμοκρασία του σταθμού αναφοράς είναι μεγαλύτερη της θερμοκρασία βάσης (28°C) παρατηρείται μία κατακόρυφη μη αναλογική αύξηση των βαθμοωρών σε όλους του σταθμούς.
- Ο σταθμός στην Πανεπιστημιακή Λέσχη (Σταθμός 12), που βρίσκεται στο κέντρο της πόλης(της πρώτης κατηγορίας) παρουσιάζει συστηματικά τον μεγαλύτερο αριθμό βαθμοωρών κάθε μήνα και ο μικρότερος αριθμός καταγράφεται κυρίως στο σταθμό της Ηλιούπολης (Σταθμός 2) με διαφορές μεταξύ μεγίστων και ελαχίστων τιμών που φτάνουν στο 420%.
- Οι βαθμοώρες της πρώτης ομάδας όλους τους μήνες είναι μεγαλύτερες κατά 200% ως και 300%, από αυτές της τρίτης και πέμπτης ομάδας καταδεικνύοντας κατ' επέκταση την σημαντική επίδραση του αστικού σχεδιασμού στις ενεργειακές κατανάλωσης για τον κλιματισμό των κτηρίων.
- Οι σταθμοί που παρουσιάζουν τις περισσότερες ώρες με θερμοκρασία άνω των 28 βαθμών ανήκουν στην πρώτη κατηγορία. Η μεγαλύτερη τιμή ήταν 699 ώρες, που αντιστοιχεί στο 94% των ωρών του μήνα, και καταγράφηκε στο Σταθμό 15 (Αριστοτέλους) τον Αύγουστο του 1998 ενώ για τον ίδιο μήνα στο σταθμό Ηλιούπολεως καταγράφηκε η μικρότερη τιμή που ήταν 399 ώρες, δηλαδή στο 55% των ωρών του μήνα.
- Οι σταθμοί της πρώτης κατηγορίας εμφανίζουν κατά μέσο όρο 400 ώρες πάνω από τους 28 βαθμούς για κάθε μήνα. Το πλήθος αυτών των ωρών είναι κατά 80% μεγαλύτερο από το αντίστοιχο πλήθος που εμφανίζουν οι σταθμοί της τρίτης και πέμπτης κατηγορίας και μεγαλύτερο κατά 15% περίπου από τους σταθμούς της δεύτερης και τέταρτης κατηγορίας.

Εξετάζοντας απ' ευθείας ενεργειακές παραμέτρους προκύπτουν τα εξής:

- Ο βαθμός απόδοσης (COP) μιας κλιματιστικής μονάδας επηρεάζεται άμεσα από τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος σύμφωνα και με τα εγχειρίδια χρήσης αυτών.
- Για τους μήνες Ιούλιο και Αυγουστο της εξεταζόμενης περιόδου που εμφανίζονται και συστηματικά οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες, ο μεγαλύτερος βαθμός απόδοσης, καταγράφεται συστηματικά στο σταθμό της Ηλιούπολεως και ο μικρότερος στο σταθμό της Πανεπιστημιακής Λέσχης με ποσοστιαία μηνιαία διαφορά μεταξύ του μεγίστου και του ελαχίστου για κάθε μήνα να κυμαίνεται μεταξύ 11 και 14% επηρεάζοντας με ανάλογο τρόπο και την ενεργειακή κατανάλωση κλιματισμού.
- Οι σταθμοί της τρίτης κατηγορίας, «Ασυνεχής Αστικός Ιστός», παρουσιάζουν συστηματικά την καλύτερη κατά μέσο όρο απόδοση του κλιματιστικού μηχανήματος, ενώ οι σταθμοί της 1ης και 4ης κατηγορίας παρουσιάζουν συστηματικά τις μικρότερες. Οι διαφορές της απόδοσης μεταξύ των κατηγοριών κυμαίνονται μεταξύ 3 με 6% με μέσο όρο το 5%
- Η ολική αισθητή ψυκτική ενέργεια (kWh/m²) που προκύπτει από το Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος, βάσει συγκεκριμένου λογισμικού και κτηρίου αναφοράς είναι μικρότερη κατά 15 ως και 50% από αυτές που υπολογίζονται για περιοχές της Δυτικής Αθήνας , ενώ η περιοχή της Ηλιούπολης παρουσιάζει μεγαλύτερες κατά 10%, από αυτές που προκύπτουν με βάση τα στοιχεία του Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος, μόνο για την χρονιά με τις υψηλότερες θερμοκρασίες, το 1998.
- Το ψυκτικό ηλεκτρικό φορτίο αιχμής στην Ηλιούπολη, είναι 40 % μικρότερο από αυτό που υπολογίστηκε για το Τυπικό Μετεωρολογικό Έτος των Αθηνών, και σχεδόν κατά 100% μικρότερο από αυτό της Δυτικής Αθήνας.

Συμπερασματικά η μελέτη της Αστικής Θερμική Νησίδας εντός του κτηριακού οριακού στρώματος είναι ιδιαίτερα σύνθετο θέμα καθώς η διαμόρφωση των θερμοκρασιών του αέρα εξαρτάται από πάρα πολλούς παράγοντες με κυριότερο από αυτούς το ισοζύγιο ακτινοβολίας των επιφανειών που απαρτίζουν τον αστικό ιστό.

Βασικός παράγοντας διαμόρφωσης της αστικής νησίδας στο λεκανοπέδιο της Αθήνας είναι η πυκνότητα και η συνέχεια δόμησης των αστικών περιοχών του. Κατά την διάρκεια της νυχτερινής περιόδου η αστική θερμική νησίδα εντοπίζεται στο κέντρο και στις δυτικές και νοτιοδυτικές συνοικίες της πόλης των Αθηνών, περιοχές που σύμφωνα με την κατά Corine κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης χαρακτηρίζονται ως «Συνεχής Αστικός Ιστός», με τις μέσες μηνιαίες διαφορές από τον Εθνικό Κήπο να φτάνουν στους 5 με 5.5°C. Σε ένα τόξο που βρίσκεται βόρεια της περιοχής αυτής και εκτείνεται από τα δυτικά ως και τα ανατολικά αυτής, σε περιοχές που στην πλειοψηφία τους χαρακτηρίζονται ως «Ασυνεχής Αστικός Ιστός» και που βρίσκεται σε υψόμετρο από 100 ως 200μ, η θερμική νησίδα κατά την διάρκεια της νύχτας είναι πιο ήπια, με τις μέσες μηνιαίες διαφορές από τον Εθνικό Κήπο να φτάνουν στους 3 με 3.5°C. Κατά την ημερήσια περίοδο οι διαφορές μπορούν να φτάσουν στο κέντρο της πόλης τους 6,5°C με την τάση στα ανατολικά αυτής της περιοχής το φαινόμενο να αντιστρέφεται και να φτάνει ως και στους -1.5°C. Αντίστοιχα στη δεύτερη περιοχή εμφανίζεται σχεδόν συστηματικά αρνητική θερμική νησίδα με τις μέσες μηνιαίες ημερήσιες διαφορές να φτάνουν και του -3.5°C.

Η ένταση του ανέμου παίζει καταλυτικό ρόλο στην διαμόρφωση της αστικής θερμικής νησίδας. Είναι συστηματική η συμπεριφορά σε όλους τους σταθμούς, η αύξηση της έντασης του ανέμου να οδηγεί σε άμβλυνση της έκτασης και της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας τόσο κατά την διάρκεια της νύχτας όσο και κατά την διάρκεια της ημέρας.

Τέλος επίδραση του φαινομένου στις ενεργειακές καταναλώσεις ενός κτηρίου για τον κλιματισμό είναι τόσο καθοριστική που ένα τυπικό κτήριο στις ανατολικές παρυφές του λεκανοπεδίου μπορεί να ως και σχεδόν κατά 100% μικρότερο από ένα αντίστοιχο κτήριο στη Δυτική Αθήνα.

Η όλη ανάλυση καταδεικνύει ότι το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας είναι ένα σύνθετο φαινόμενο. Η μελέτη του εντός του κτηριακού οριακού στρώματος είναι ιδιαίτερα δύσκολη μιας και εξαρτάται από πλήθος παραγόντων που διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή και για το λόγο αυτό απαιτείται μια ευρεία συστηματική καταγραφή του με τυποποιημένα πρότυπα μετρήσεων και θέσεων μετρήσεων ώστε να είναι ακριβής η αποτύπωσή του και η επίδρασή του στις ενεργειακές καταναλώσεις των κτιρίων.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 2.1: (α)Στρωτή ροή πάνω από επίπεδη επιφάνεια χωρίς διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ρευστού και επιφανείας (β) Στρωτή ροής πάνω από επίπεδη επιφάνεια με διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ρευστού και επιφανείας.....	9
Σχήμα 2.2: Περιγραφή εξαναγκασμένης πραγματικής ροής σε επίπεδη επιφάνεια με διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιφάνειας και ρευστού.....	10
Σχήμα 2.3: Ελεύθερη ροή κατά μήκος κατακόρυφου τοίχου λόγω ανωστικών δυνάμεων που οφείλονται σε διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αέρα και τοίχου	10
Σχήμα 2.4: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.....	11
Σχήμα 2.5: Γεωμετρική αποτύπωση προσδιορισμού μονοχρωματική ένταση ακτινοβολίας...	14
Σχήμα 2.6: Φασματική ανάλυση ενέργειας εκπομπής για μέλαν σώμα για διάφορες θερμοκρασίες εκπομπής (<u>νόμος μετατόπισης του Wien</u>).....	15
Σχήμα 2.7: Φασματική ανάλυση ενέργειας εκπομπής για διάφορες κατηγορίες επιφανειών για επιφανειακή θερμοκρασία 2000 °K.....	15
Σχήμα 2.8: Σχηματική αποτύπωση της γεωμετρίας μεταξύ ήλιου και γης.....	18
Σχήμα 2.9: Φασματική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στα όρια της ατμόσφαιρας[A] και στην επιφάνεια της γης.....	20
Σχήμα 2.10 : Συντελεστής απορρόφησης αερίων ατμόσφαιρας για διάφορα μήκη κύματος της ηλιακής ακτινοβολίας.το οποίο ονομάζεται ατμοσφαιρικό παράθυρο.....	22
Σχήμα 2.11: Γραφική συσχέτιση του λόγου u/u^* και $\log(z-d_0)/z_0$	27
Σχήμα 2.12: Διάφορα μήκη τραχύτητας για διαφορετικές φυσικές επιφάνειες.....	28
Σχήμα 2.13: Η επίδραση της ευστάθειας στην δομή της στροβιλώδης κίνησης της ατμόσφαιρας. Παρουσιάζεται η διακύμανση της διεύθυνσης της ταχύτητας σε ύψος 29 m κατά την διάρκεια αστάθειας (άνω γραφική) και ευστάθειας (κάτω γραφική) πάνω από επιφάνεια με γρασίδι και για ταχύτητες μεταξύ 3 και 4 m/s.....	29
Σχήμα 2.14: Σχηματική αναπαράσταση της ροής ενέργειας μέσω ενός συστήματος.....	30
Σχήμα 2.15: Το τυπικό ενεργειακό ισοζύγιο σε 24ωρη βάση ιδανικής επιφάνειας εδάφους μέσης ανακλαστικότητας 0.16.....	33
Σχήμα 2.16: Τυπικό ενεργειακό ισοζύγιο ξηρού εδάφους.....	35
Σχήμα 2.17: Τυπικό ενεργειακό ισοζύγιο υγρού εδάφους.....	36
Σχήμα 2.18: Κατανομή βασικών παραμέτρων μέσα και πάνω από δεντροφυτεμένη επιφάνεια....	39
Σχήμα 2.19: Εξάρτηση ανακλαστικότητας φυτοκαλυμμένης επιφάνειας από το ύψος της βλάστησης.....	40
Σχήμα 2.20: Τυπικό ενεργειακό ισοζύγιο στρώματος με ποώδη βλάστηση κατά την διάρκεια ενός εικοσιτετραώρου . α) Το ισοζύγιο ακτινοβολίας μεταξύ στρώματος και ατμόσφαιρας β) Το	

ενεργειακό ισοζύγιο στρώματος.....	40
Σχήμα 2.21: Σχηματική αποτύπωση των διαφόρων ροών ενέργειας στο αστικό οριακό στρώμα.(ΟΚΕ 1977).....	42
Σχήμα 2.22: Σχηματική αποτύπωση διάφορων συντελεστών λευκαύγειας στο αστικό περιβάλλον.....	43
Σχήμα 2.23: Ταυτόχρονη αποτύπωση του ενεργειακού ισοζυγίου στρώματος μεταξύ (a) περιαστική περιοχής (s) και (b) υπαίθρου και η σχετική τους διαφορά (r) (c) στην πόλη Vancouver στον Καναδά.....	45
Σχήμα 2.24: Ημερήσια μεταβολή των παραμέτρων του ενεργειακού ισοζυγίου: α) της ανατολικής πρόσοψης των κτιρίων, β) της επιφάνειας του εδάφους και γ) της αστικής χαράδρας (στην κορυφή της) με προσανατολισμό B-N (Oke, 1987).....	47
Σχήμα 2.25: Η εισερχόμενη ακτινοβολία μικρού κύματος με τις αντίστοιχες εσωτερικές και εξωτερικές θερμοκρασίες επιφάνειας και της θερμοκρασίας αέρα για δρόμο με άξονα προσανατολισμού Βορρά - Νότο (α, β) και δρόμο με άξονα προσανατολισμού Ανατολή – Δύση (γ, δ) (Oke, 1987).....	48
Σχήμα 2.26: Οι θερμοκρασίες επιφάνειας και η θερμοκρασία του αέρα, για μία αστική χαράδρα με άξονα προσανατολισμού Ανατολής -Δύσης και για λόγο ύψους προς πλάτος H/W=0,96 κάτω από ανέφελο ουρανό την καλοκαιρινή περίοδο στο Κιότο της Ιαπωνίας 35°B (Yoshida κ.α. 1990/1991).....	48
Σχήμα 2.27: Η μαθηματικά υπολογισμένη προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στις επιφάνειες ενός δρόμου και σε ένα πεζόδρομο για τον μήνα Ιούνιο για δύο αστικές χαράδρες με προσανατολισμό Α-Δ και Β-Ν για διάφορους λόγους πτυχής (H/W) και διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη. Τα σύμβολα +,x, □ ,Δ, ο, αντιστοιχούν σε λόγους πτυχής H/W=0.25,0.5,1,2,3 και 4(Arnfield 1990).....	49
Σχήμα 2.28: Παράγοντες μορφής για της επιφάνειες της αστικής χαράδρας για διάφορους λόγους πτυχής (H/W).....	50
Σχήμα 2.29: Επιφανειακές Θερμοκρασίες αστικού περιβάλλοντος.....	50
Σχήμα 2.30: Διαφορές θερμοκρασιών επιφάνειας μεταξύ δύο πλακών χρωματισμένων η μία με απλό χρώμα και η άλλη με χρώμα υψηλής ανακλαστικότητας.....	51
Σχήμα 3.1: Μέση, Μέση Μέγιστη και Μέση Ελάχιστη ετήσια χωρική κατανομή της Θερμοκρασία στον Ελληνικό χώρο (Πηγή: Κλιματικοί χάρτες Ε.Μ.Υ.).....	56
Σχήμα 3.2: Μέση μηνιαία, Μέση Μέγιστη και Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία στην Αττική για τον μήνα Ιούνιο (Πηγή: Κλιματικοί χάρτες Ε.Μ.Υ.).....	57
Σχήμα 3.3: Μέση μηνιαία, Μέση Μέγιστη και Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία στην Αττική για τον μήνα Ιούλιο (Πηγή: Κλιματικοί χάρτες Ε.Μ.Υ.).....	57
Σχήμα 3.4: Μέση μηνιαία, Μέση Μέγιστη και Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία στην Αττική για τον μήνα Αύγουστο (Πηγή: Κλιματικοί χάρτες Ε.Μ.Υ.).....	58
Σχήμα 3.5: Μέση μηνιαία, Μέση Μέγιστη και Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία στην Αττική για τον μήνα Σεπτέμβριο (Πηγή: Κλιματικοί χάρτες Ε.Μ.Υ.).....	58
Σχήμα 3.6: Εκτίμηση παγκόσμιου πληθυσμού που ζει σε αστικές περιοχές (1950 – εκτίμηση	

2050) (Πηγή : UN World Urbanization Prospects, 2018).....	59
Σχήμα 3.7: Δορυφορική εικόνα της γης την νυχτερινή περίοδο όπου φαίνονται τα μεγάλα αστικά κέντρα από τον έντονο φωτισμό τους δηλωτικό της σημαντικής κατανάλωσης ενέργειας.....	60
Σχήμα 3.8: Σχηματική αναπαράσταση της αστικής θερμικής νησίδας: (α) της κατακόρυφη τομή της θερμοκρασίας αέρα μετρούμενη εντός του αστικού θόλου(----) και της επιφανειακής θερμοκρασίας() όπως μετρήθηκε από δορυφορικά δεδομένα κάτω από ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη της αστικής θερμικής νησίδας κατά την διάρκεια της (i) νύχτας και της (ii) ημέρας. (β) της οριζόντιας τομής της διαφοράς θερμοκρασίας του αέρα της πόλης από την ύπαιθρο κατά την διάρκεια της νύχτας. (γ) Τυπικό ενεργειακό ισοζύγιο μεταξύ υπαίθριας περιοχής και αστικής περιοχής. (Οι μονάδες είναι σε KW h / m ² day).....	64
Σχήμα 3.9: Οι δεκαεπτά Τοπικές Κλιματικές Ζώνες (TKZ) σύμφωνα με τους Stewart και Oke...	67
Σχήμα 3.10: Η χωρική κατανομή με διακριτική ικανότητα 400μ. των Τοπικών Κλιματικών Ζωνών(TKZ) στο λεκανοπέδιο των Αθηνών.....	70
Σχήμα 3.11: Η χωρική κατανομή του χαρακτηριστικού λόγου των οδών στο λεκανοπέδιο των Αθηνών με διακριτική ικανότητα 100μ.....	70
Σχήμα 3.12: Ένταση του φαινομένου της Αστικής θερμικής Νησίδας για πόλεις της Ευρώπης και των ΗΠΑ. [Πηγή: Oke, (1982)].....	72
Σχήμα 3.13: (α) Ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας ανάλογα με τον πληθυσμό τους, για πόλεις της Ευρώπης των ΗΠΑ. Πηγή: Jauregui 1984, (β) όπως επίσης και στοιχεία για την Αυστραλία και Τροπικές Πόλεις. Πηγή: Park, 1987.....	73
Σχήμα 3.14: Σχήμα 3.14: Μέση μέγιστη ένταση της αστικής θερμικής νησίδας από μετρήσεις από μετεωρολογικούς σταθμούς (Πηγή: Sanatmouris M. 2015).....	77
Σχήμα 3.15 : Συσχέτιση της μέσης τιμής της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας με την μέση ένταση του ανέμου για τις 5 μεγαλύτερες πόλεις της Αυστραλίας. (Μελβούρνη, Αδελαΐδα, Μπρισμπέιν, Σύδνεϋ, Καμπέρα).....	81
Σχήμα 3.16: Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες όλων των αστικών και των αγροτικών τοποθεσιών (Πηγή: Kolokotsa et al, 2009).....	93
Σχήμα 3.17: Σχέση ανάμεσα στον παράγοντα θέας του ουρανού και την ένταση της αστικής θερμικής νησίδας (Park 1987)	120
Σχήμα 4.1.: Τα αυτογραφικά θερμόμετρα TINY-TAG που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα.....	140
Σχήμα 4.2.: Η τελική μορφή του ξύλινου κουτιού το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των θερμοκρασιών του αέρα.....	141
Σχήμα 4.3.: Μονάδα βαθμονόμησης εργαστηρίου.....	142
Σχήμα 4.4.: α)Γεωγραφική αποτύπωση των θέσεων των σταθμών στο Λεκανοπέδιο της Αττικής β) Καλύψεις χρήσεων γης στο Λεκανοπέδιο της Αττικής κατηγοριοποίησης κατά CORINE (πηγή ΥΠΙΕΝ).....	143
Σχήμα 4.5.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 1 (Αστεροσκοπείο).....	144

Σχήμα 4.6.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 2 (Ηλιούπολη).....	145
Σχήμα 4.7.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 3 (Αμπελόκηποι).....	145
Σχήμα 4.8.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 4 (Κορυδαλλός).....	146
Σχήμα 4.9.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 5 (Παγκράτι).....	146
Σχήμα 4.10.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 6 (Αγ. Κοσμάς).....	147
Σχήμα 4.11.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 7 (Στουρνάρη).....	147
Σχήμα 4.12.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 8 (Γλυκά Νερά).....	148
Σχήμα 4.13.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 9 (ΦΙΞ).....	149
Σχήμα 4.14.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 10 (Ευγενείδιο Ίδρυμα).....	149
Σχήμα 4.15.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 11 (Αιόλου).....	150
Σχήμα 4.16.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 12 (Πανεπιστημιακή Λέσχη).....	150
Σχήμα 4.17.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 13 (Σόλωνος).....	151
Σχήμα 4.18.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 14 (Γεωπονική).....	152
Σχήμα 4.19.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 15 (Αριστοτέλους).....	152
Σχήμα 4.20.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 16 (Κηφισιά).....	153
Σχήμα 4.21.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 17 (Χαϊδάρι).....	154
Σχήμα 4.22.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 18 (Αιγάλεω).....	154
Σχήμα 4.23.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 19 (Εθνικός Κήπος- Σταθμός Αναφοράς).....	155
Σχήμα 4.24.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 20 (Αρχαία γορά).....	155
Σχήμα 4.25.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 21 (Αγ. Παρασκευή).....	156
Σχήμα 4.26.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 22 (Πεδίο του Άρεως).....	156
Σχήμα 4.27.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 23 (Κοκκίνος Μύλος).....	157
Σχήμα 4.28.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 24 (Παράδεισος Αμαρουσίου).....	157
Σχήμα 4.29.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 25 (Κολωνός).....	158
Σχήμα 4.30.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 26 (HILTON).....	158
Σχήμα 4.31.: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του Σταθμού 27 (Νέα Ιωνία).....	159
Σχήμα 4.32.: Μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996.....	162
Σχήμα 4.33.: Μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.....	163
Σχήμα 4.34.: Μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.....	163
Σχήμα 4.35.: Χωρική κατανομή μέσης θερμοκρασίας για το 1997 με κοινή θερμομετρική κλίμακα.....	165
Σχήμα 4.36.: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996..	166
Σχήμα 4.37.: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.....	166
Σχήμα 4.38.: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.....	167
Σχήμα 4.39.: Χωρική κατανομή της ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.....	169

Σχήμα 4.40: Μέση μηνιαία νυχτερινή θερμοκρασία για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996.....	169
Σχήμα 4.41: Μέση μηνιαία νυχτερινή θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.....	170
Σχήμα 4.42: Μέση μηνιαία νυχτερινή θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.....	170
Σχήμα 4.43: Χωρική κατανομή της νυχτερινής μέσης μηνιαίας θερμοκρασία για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.....	172
Σχήμα 4.44: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996.....	173
Σχήμα 4.45: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο Ιούλιο Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.....	173
Σχήμα 4.46: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.....	173
Σχήμα 4.47: Χωρική κατανομή της ημερήσιας μέσης μηνιαίας διαφοράς θερμοκρασίας των σταθμών από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο Ιούλιο Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997....	175
Σχήμα 4.48: Νυχτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996.....	176
Σχήμα 4.49: Νυχτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.....	176
Σχήμα 4.50: Νυχτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας του αέρα ανά σταθμό, από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.....	177
Σχήμα 4.51: Νυχτερινή χωρική κατανομή της μέσης μηνιαίας διαφοράς θερμοκρασίας σταθμού από τον σταθμό αναφοράς για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.....	179
Σχήμα 4.52: Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία σταθμού για τον Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1996.....	179
Σχήμα 4.53: Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία σταθμού για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.....	180
Σχήμα 4.54: Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία σταθμού για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.....	180
Σχήμα 4.55: Χωρική κατανομή της μέσης μέγιστης μηνιαίας θερμοκρασίας σταθμού για τον Ιούνιο Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.....	182
Σχήμα 4.56: Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα κάθε σταθμού για τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1996.....	182
Σχήμα 4.57: Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα κάθε σταθμού για τον Ιόνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1997.....	183
Σχήμα 4.58: Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα κάθε σταθμού για τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1998.....	183
Σχήμα 4.59: Χωρική κατανομή μέσης μηνιαίας ελάχιστης θερμοκρασίας του αέρα για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1997.....	185

Σχήμα 4.60: Μέσο μηνιαίο Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος για τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1996.....	186
Σχήμα 4.61: Μέσο μηνιαίο Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος για τον Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο του 1997.....	186
Σχήμα 4.62: Μέσο μηνιαίο Ημερήσιο Θερμομετρικό Εύρος για τον Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο του 1998.....	186
Σχήμα 4.63: Χωρική κατανομή του μέσου μηνιαίου Ημερήσιου Θερμομετρικού Εύρους για τον Ιούνιο, Ιούλιο Αύγουστο και Σεπτέμβριο του 1997.....	188
Σχήμα 4.64: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 1 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	190
Σχήμα 4.65: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 2 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	191
Σχήμα 4.66: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 3 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	192
Σχήμα 4.67: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 4 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	193
Σχήμα 4.68: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 5 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	194
Σχήμα 4.69: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 6 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	195
Πίνακας 4.70: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 7 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	196
Σχήμα 4.71: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 8 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	197
Πίνακας 4.72: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 9 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	198
Σχήμα 4.73: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 10 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	199
Σχήμα 4.74: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 11 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	200
Πίνακας 4.75: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 12 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	201
Σχήμα 4.76: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 13 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	202
Σχήμα 4.77: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 14 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	203
Σχήμα 4.78: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 15 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	204
Σχήμα 4.79: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 16 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	205

Σχήμα 4.80: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 17 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	206
Σχήμα 4.81: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 18 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	207
Σχήμα 4.82: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 19 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	207
Σχήμα 4.83: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 21 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	208
Σχήμα 4.84: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 22 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	209
Σχήμα 4.85: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 23 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	210
Σχήμα 4.86: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 24 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.....	211
Σχήμα 4.87: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 25 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.	212
Σχήμα 4.88: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 26 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.	213
Σχήμα 4.89: Συνολική ημερήσια θερμική συμπεριφορά του Σταθμού 27 για το σύνολο της εξεταζόμενης θερινής περιόδου.	214
Σχήμα 4.90: Χωρική αποτύπωση των θερμοκρασιών στο λεκανοπέδιο της Αθήνας ανά τέσσερις ώρες για τον Ιούλιο του 1997.....	216
Σχήμα 4.91: Χωρική αποτύπωση των διαφορών θερμοκρασιών από τον σταθμό αναφοράς στο λεκανοπέδιο της Αθήνας ανά τέσσερις ώρες για τον Ιούλιο του 1997.....	219
Σχήμα 5.1: Μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.....	238
Σχήμα 5.2: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.....	239
Σχήμα 5.3: Νυχτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.....	240
Σχήμα 5.4: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.....	241
Σχήμα 5.5: Νυχτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.....	242
Σχήμα 5.6: Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.....	243
Σχήμα 5.7: Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.....	244
Σχήμα 5.8: Μέσο μηνιαίο ημερήσιο θερμομετρικό εύρος ανά κατηγορία σταθμών.....	245
Σχήμα 5.9: Γραμμές παλινδρόμησης των ημερήσιων και νυχτερινών μέσων μηνιαίων ωριαίων θερμοκρασιών (°C) για το σύνολο των σταθμών και το σύνολο των μηνών ανά κατηγορία συναρτήσει με των αντίστοιχων θερμοκρασιών(°C) του σταθμού αναφοράς (T ₁₉).....	246
Σχήμα 5.10: Μέση μηνιαία ημερήσια και νυχτερινή διαφορά θερμοκρασίας (dT) των σταθμών κάθε κατηγορίας από τον σταθμό αναφοράς.....	250
Σχήμα 5.11: Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της νυκτερινής μέγιστης και μέσηστιμής της αστικής θερμικής νησίδας (Κατηγορία 1.).....	251

Σχήμα 5.12: Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της νυκτερινής μέγιστης και μέσης έντασης της αστικής θερμικής νησίδας (Κατηγορία 2.).....	252
Σχήμα 5.13: Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της νυκτερινής μέγιστης και μέσης έντασης της αστικής θερμικής νησίδας (Κατηγορία 3.).....	254
Σχήμα 5.14: Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της νυκτερινής μέγιστης και μέσης έντασης της αστικής θερμικής νησίδας (Κατηγορία 4)	254
Σχήμα 5.15: Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της νυκτερινής μέγιστης και μέσης τιμής της αστικής θερμικής νησίδας	255
Σχήμα 5.16: Γραφική απεικόνιση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης για τιμές από 1 ως 10 της υστέρησης, της μέγιστης και μέσης νυκτερινής θερμοκρασίας του σταθμού αναφοράς (Κατηγορία 5).....	255
Σχήμα 6.1: Θέσεις των οδών στις οποίες διεξήχθησαν τα πειράματα για την καταγραφή των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα εντός της αστικής χαράδρας.....	258
Σχήμα 6.2: Το θερμόμετρο υπέρυθρων που χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση των επιφανειακών θερμοκρασιών.	259
Σχήμα 6.3: Οδός Βαλαωρίτου (Πρώτη Κάθετη Τομή). Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία πεζοδρομίου (1,2,3,4,5). Το σημείο (1) είναι στη Β.Α. πλευρά και το (5) στην Ν.Δ. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.	267
Σχήμα 6.4: Οδός Βαλαωρίτου (Δεύτερη κάθετη τομή). Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία πεζοδρομίου (1,2,3,4,5). Το σημείο (1) είναι στη Β.Α. πλευρά και το (5) στην Ν.Δ. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.	267
Σχήμα 6.5: Οδός Μαυρομιχάλη. Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 4 σημεία πεζοδρομίου (1,4) και ασφάλτου (3,2). Το σημείο (1) είναι στη ΝΑ πλευρά και το (4) στη ΒΔ πλευρά. Τα σημεία από (1) ως (4) είναι συνεχόμενα.	268
Σχήμα 6.6: Οδός Κόδρου: Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία πεζοδρομίου . Το σημείο (1) είναι στη Β.Α. πλευρά και το (5) στη Ν.Δ. πλευρά. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.	268
Σχήμα 6.7: Οδός Γιαννιτσών: Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία. Δύο πεζοδρομίου (1,5) και τρία ασφάλτου (2,3,4). Το σημείο (1) είναι στη ΒΔ πλευρά και το (5) στην Ν.Α. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.....	269
Σχήμα 6.8: Οδός Π. Καβάλας. Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία. Δύο πεζοδρομίου (1,5) και τρία ασφάλτου (2,3,4). Το σημείο (1) είναι στη Β.Α. πλευρά και το (5) στην Ν.Δ. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.	269
Σχήμα 6.9: Οδός Ομήρου. Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία πεζοδρομίου (1,5) και ασφάλτου (2,3,4.). Το σημείο (1) είναι στη ΝΔ πλευρά και το (2) στην Β.Α. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.....	270
Σχήμα 6.10: Οδός Ευρώτα Επιφανειακή θερμοκρασία μετρημένη σε 5 σημεία. Δύο πεζοδρομίου	

(1,5) και τρία ασφάλτου (1,2,3). Το σημείο (1) είναι στη ΝΑ πλευρά και το (5) στην Β.Δ. πλευρά του δρόμου. Τα σημεία από (1) ως (5) είναι συνεχόμενα.	270
Σχήμα 6.11: Οδός Βαλαωρίτου. Πρώτη τομή. Β.Α. πλευρά. (3 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).....	277
Σχήμα 6.12: Βαλαωρίτου. Πρώτη τομή Ν.Δ. πλευρά. (4 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (3 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, μάρμαρο)...	277
Σχήμα 6.13: Βαλαωρίτου. Δεύτερη τομή. Β.Α. πλευρά. (3 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, μάρμαρο).	278
Σχήμα 6.14: Βαλαωρίτου. Δεύτερη τομή. Ν.Δ. Πλευρά. (3 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).	278
Σχήμα 6.15: Μαυρομιχάλη Ν.Α. πλευρά. (3 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).	279
Σχήμα 6.16: Μαυρομιχάλη. Β.Δ. πλευρά. (3 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).	279
Σχήμα 6.17: Κόδρου. Ν.Α. πλευρά. (3 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).	280
Σχήμα 6.18: Κόδρου. Β.Δ. πλευρά. (3 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, μάρμαρο).	280
Σχήμα 6.19: Γιαννιτσών Β.Δ. πλευρά (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, σκούρο μάρμαρο).....	281
Σχήμα 6.20: Γιαννιτσών Ν.Α. πλευρά. (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, λευκός σοβάς).	282
Σχήμα 6.21: Π. Καβάλας Ν.Δ. πλευρά. (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, σκούρο μάρμαρο).....	283
Σχήμα 6.22: Π. Καβάλας Β.Α. πλευρά. (2 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (1 ^{ος} όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, πλάκες Καρύστου).	283
Σχήμα 6.23: Οδός Ομήρου. Επιφανειακή θερμοκρασία. Ν.Δ. πλευρά. (3ος όροφος, λευκός σοβάς), (2ος όροφος, λευκός σοβάς), (1ος όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, σκουρόχρωμο τσιμέντο).....	284
Σχήμα 6.24: Οδός Ομήρου. Επιφανειακή θερμοκρασία. Β.Α. πλευρά. (2ος όροφος, σκουρόχρωμος σοβάς), (1ος όροφος, σκουρόχρωμος σοβάς), (ισόγειο, σκουρόχρωμο τσιμέντο).....	254
Σχήμα 6.25: Οδός Ευρώτα. Επιφανειακή θερμοκρασία Ν.Α. πλευρά: (3ος όροφος, λευκός σοβάς), (2ος όροφος, λευκός σοβάς), (1ος όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, σκουρόχρωμο τσιμέντο).....	255
Σχήμα 6.26: Οδός Ευρώτα. Β.Δ. πλευρά. (3ος όροφος, λευκός σοβάς), (2ος όροφος, λευκός σοβάς), (1ος όροφος, λευκός σοβάς), (ισόγειο, σκουρόχρωμο τσιμέντο).	255
Σχήμα 6.27: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός αστικής χαράδρας στην οδό Βαλαωρίτου..	298
Σχήμα 6.28: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός αστικής χαράδρας στην οδό Μαυρομιχάλη..	298
Σχήμα 6.29: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός αστικής χαράδρας στην οδό Κόδρου.....	299

Σχήμα 6.30: Θερμοκρασίες αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Γιαννιτσών...	299
Σχήμα 6.31: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Παλαιάς Καβάλας.....	300
Σχήμα 6.32: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Ομήρου...	300
Σχήμα 6.33: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Ευρώτα...	301
Σχήμα 6.34: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Ιπποκράτους.....	301
Σχήμα 6.35: Θερμοκρασίες του αέρα εντός και εκτός της αστικής χαράδρας, στην οδό Σόλωνος	302
Σχήμα 6.36: Θερμοκρασία του αέρα στο μέσο των οδών Γιαννιτσών και Παλ. Καβάλας και στην οροφή αυτών.....	303
Σχήμα 6.37:: Θερμοκρασία του αέρα στο μέσο των οδών Ομήρου και Ευρώτα και στην οροφή αυτών.....	303
Σχήμα 6.38: Θερμοκρασία του αέρα στο 1 ^ο όροφο των βορεινών πλευρών των οδών Ιπποκράτους και Σόλωνος και στην οροφή αυτών.....	304
Σχήμα 6.39: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Βαλαωρίτου και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.	309
Σχήμα 6.40: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Μαυρομιχάλη και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.....	310
Σχήμα 6.41: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Κόδρου και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.....	310
Σχήμα 6.42: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Γιαννιτσών και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.....	311
Σχήμα 6.43: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Παλ. Καβάλας και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.....	311
Σχήμα 6.44: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Ομήρου και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.	312
Σχήμα 6.45: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Ευρώτα και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.....	312
Σχήμα 6.46: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Ιπποκράτους και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.	313
Σχήμα 6.47: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα στην οδό Σόλωνος και του σταθμού αναφοράς στον Εθνικό Κήπο.	313
Σχήμα 6.48: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα της οδού Γιαννιτσών και των σταθμών Αιγάλεω και αναφοράς (Εθνικός Κήπος).	315
Σχήμα 6.49: Ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα της οδού Σόλωνος και των σταθμών Σόλωνος και αναφοράς (Εθνικός Κήπος).....	315
Σχήμα 7.1: Συσχέτιση της μέσης διαφοράς θερμοκρασίας με την ένταση του ανέμου κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου, για όλη την εξεταζόμενη θερινή περίοδο, για κάθε σταθμό ανά κατηγορία.....	323
Σχήμα 7.2: Διαφορές θερμοκρασίας από το σταθμό αναφοράς, κατά την διάρκεια της ημερήσιας	

περιόδου, για $V < 2\text{m/s}$ και $V > 6\text{m/s}$	325
Σχήμα 7.3: Ρυθμός μεταβολή της διαφοράς θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης διαφοράς για κάθε σταθμό για τις ανά 1m/s διαμερίσεις της έντασης του ανέμου, κατά την διάρκεια της ημέρας.	326
Σχήμα 7.4: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας τον Ιούλιο του 1997, για εντάσεις ανέμου από 0 ως 1m/s , κατα την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου.	327
Σχήμα 7.5: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Ιούλιο του 1997, για εντάσεις ανέμου από 6 ως 7m/s κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου.....	327
Σχήμα 7.6: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Αύγουστο του 1997, για εντάσεις ανέμου από 0 ως 1m/s κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου.....	327
Σχήμα 7.7: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Αύγουστο του 1997 για εντάσεις ανέμου από 6 ως 7m/s κατά την διάρκεια της ημερήσιας περιόδου.....	328
Σχήμα 7.8: Κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας σε σχέση με την ένταση του ανέμου (κατακόρυφος άξονας) και τις αντίστοιχες θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς (οριζόντιος άξονας) ανά σταθμό κατά την διάρκεια της ημέρας για όλη την εξεταζόμενη θερινή περίοδο.....	330
Σχήμα 7.9: Συσχέτιση της μέσης διαφοράς θερμοκρασίας με την ένταση του ανέμου κατά την διάρκεια της νύχτας για όλη την εξεταζόμενη θερινή περίοδο για κάθε σταθμό ανά κατηγορία....	334
Σχήμα 7.10: Διαφορές θερμοκρασίας από το σταθμό αναφοράς για $V < 2\text{m/s}$ και $V > 6\text{m/s}$	336
Σχήμα 7.11: Ρυθμός μεταβολή της διαφοράς θερμοκρασίας από τον σταθμό αναφοράς μεταξύ της μέγιστης και ελάχιστης διαφοράς για κάθε σταθμό.....	336
Σχήμα 7.12: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Ιούλιο του 1997 και για ταχύτητες μεταξύ 0 και 1m/s κατά την νυχτερινή περίοδο.....	337
Σχήμα 7.13: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Ιούλιο του 1997 και για ταχύτητες μεταξύ 6 και 7m/s κατά την νυχτερινή περίοδο.....	337
Σχήμα 7.14: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Αύγουστο του 1997 και για ταχύτητες μεταξύ 0 και 1m/s κατά την νυχτερινή περίοδο.....	338
Σχήμα 7.15: Χωρική κατανομή των διαφορών θερμοκρασίας για τον Αύγουστο του 1997 και για ταχύτητες μεταξύ 6 και 7m/s κατά την νυχτερινή περίοδο.....	338
Σχήμα 7.16: Συσχέτιση διαφορών θερμοκρασίας με ένταση του ανέμου και θερμοκρασίες του σταθμού αναφοράς ανά σταθμό κατά την διάρκεια της νύχτας για όλη την θερινή περίοδο.....	340
Σχήμα 7.17: Κατανομή συχνοτήτων των διευθύνσεων του ανέμου, οι ανά διεύθυνση μέσες εντάσεις του ανέμου στο σταθμό του Αστεροσκοπείου Αθηνών και οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα στον σταθμό αναφοράς του Εθνικού Κήπου για τους μήνες, Ιούνιο ως Σεπτέμβριο του 1997.....	341
Σχήμα 7.18: Κατανομή συχνοτήτων των διευθύνσεων του ανέμου ανά μήνα σύμφωνα με τον χωρισμό που επιλέχθηκε για την μελέτη της επίδρασης του ανέμου στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας.	342
Σχήμα 7.19: Ανά μήνα και κατηγορία σταθμών μέσες μέγιστες, μέσες και μέσες ελάχιστες τιμές της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας (dT) για Β ως ΑΒΑ και ΝΑ ως ΝΔ άνεμο.....	345
Σχήμα 7.20: Μέση συχνότητα(%) ανά μήνα και κατηγορία του αντίστροφου φαινομένου της	

αστικής θερμικής νησίδας με B-ABA και NA-ND άνεμο.....	346
Σχήμα 7.21: Διαγράμματα διασποράς και οι αντίστοιχες ευθείες παλινδρόμησης μεταξύ της κλίσης b_i της ευθείας παλινδρόμησης ($dT_i=a+b_i \cdot V_i$) και του αντίστοιχου συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (R_i) μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και του ανέμου για κάθε μήνα ($T_i=a+C_i \cdot V_i$).	362
Σχήμα 8.1: α. Μηνιαίο φορτίο αιχμής σε MW για τις χρονιές από το 1997 ως το 2002 (πηγή Κ.Α.Π.Ε.) και β. για το 2018 (πηγή ΔΕΔΗΕ)	377
Σχήμα 8.2: Βαθμοώρες ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C.	380
Σχήμα 8.3: Μέσος αριθμός βαθμοωρών ανά κατηγορία σταθμών και ανά μήνα	381
Σχήμα 8.4: Βαθμοώρες ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για θερμοκρασία αναφοράς τους 28oC για την ημερήσια περίοδο.....	382
Σχήμα 8.5: Μέσος αριθμός βαθμοωρών ανά κατηγορία σταθμών και ανά μήνα κατά την ημερήσια περίοδο.....	383
Σχήμα 8.6: Βαθμοώρες ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C για την νυχτερινή περίοδο.....	384
Σχήμα 8.7: Αριθμός βαθμοωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28 °C ανά κατηγορία σταθμών και ανά μήνα κατά την νυχτερινή περίοδο.	385
Σχήμα 8.8: Χωρική κατανομή του συνολικού αριθμού βαθμοωρών για τον Ιούλιο του 1997.....	385
Σχήμα 8.9: Χωρική κατανομή του συνολικού αριθμού βαθμοωρών για τον Αύγουστο του 1997...	386
Σχήμα 8.10: Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης κατά την ημερήσια περίοδο για τον Ιούλιο του 1997.....	386
Σχήμα 8.11: Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης κατά την ημερήσια περίοδο για τον Αύγουστο του 1997.....	387
Σχήμα 8.12: Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης κατά την νυχτερινή περίοδο για τον Ιούλιο του 1997.....	387
Σχήμα 8.13: Χωρική κατανομή των βαθμοωρών ψύξης κατά την νυχτερινή περίοδο για τον Αύγουστο του 1997.	388
Σχήμα 8.14: Μέση ωριαία χωρική κατανομή των βαθμοωρών για τον μήνα Ιούλιο του 1997.....	390
Σχήμα 8.15: Μέση ωριαία χωρική κατανομή των βαθμοωρών για τον μήνα Αύγουστος του 1997.....	392
Σχήμα 8.16: Αριθμός ωρών με θερμοκρασία άνω των 28 °C ανά σταθμό και ανά μήνα.....	393
Σχήμα 8.17: Μέσων αριθμός ωρών με θερμοκρασία άνω των 28°C ανά μήνα και ανά κατηγορία σταθμών.....	394
Σχήμα 8.18: : Ωρες ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για θερμοκρασία αναφοράς τους 28oC για την ημερήσια περίοδο.....	394
Σχήμα 8.19: Αριθμός ωρών ανά κατηγορία σταθμών και ανά μήνα κατά την ημερήσια περίοδο.	395
Σχήμα 8.20: Ωρες ψύξης ανά σταθμό και ανά μήνα για θερμοκρασία αναφοράς τους 28°C για την νυκτερινή περίοδο.	396
Σχήμα 8.21: Αριθμός ωρών ψύξης με θερμοκρασία αναφοράς τους 28 °C ανά κατηγορία σταθμών και ανά μήνα κατά την νυχτερινή περίοδο.....	396
Σχήμα 8.22: Δήμοι της δυτικής Αθήνας.....	401

Σχήμα 8.23: Μέση ημερήσια προσπίπτουσα ολική ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνειες διαφορετικών προσανατολισμών.....	404
Σχήμα 8.24: Διαστάσεις κτιρίου και παραθύρων.....	404
Σχήμα 8.25: Η ολική ψυκτική αισθητή ενέργεια (kWh/m^2) ανά έτος και περιοχή.....	405
Σχήμα 8.26: Η ηλεκτρική ψυκτική ενέργεια (kWh/m^2) ανά έτος και περιοχή.....	405
Σχήμα 8.27: Το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής (W/m^2) ανά έτος και περιοχή.....	406

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικές τιμές λευκαύγειας τυπικών επιφανειών στην επιφάνεια της γης. (Πηγές: Bretz et al 1992 , Baker 1980 , Oke 1983 , Martin et al 1989).....	21
Πίνακας 2.2.: Χαρακτηριστικές τιμές του μήκους τραχύτητας (zo) και μήκους μετατόπισης (d) για διάφορες επιφάνειες.....	28
Πίνακας 2.3: Τυπικοί συντελεστές λευκαύγειας και εκπομπής κοινών υλικών αστικών επιφανειών(Πηγή: Threlkeld –1862, Sellers-1965, van Straaten-1967, Oke-1974, Arnfield-1982)	43
Πίνακας 3.1: Τιμές παραμέτρων βάσει των οποίων καθορίζεται κάθε η κατηγορία της Τοπικής Κλιματικής Ζώνης (TKZ) σύμφωνα με τους Stewart και Oke (2012).....	68
Πίνακας 3.2 : Τιμές παραμέτρων βάσει των οποίων καθορίζεται κάθε η κατηγορία της Τοπικής Κλιματικής Ζώνης (TKZ) σύμφωνα με τους Stewart και Oke (2012).....	69
Πίνακας 3.3: Επίδρασεις της θερμονησίδας σε κάποιες πόλεις Πηγή: IPCC , (Ομάδα εργασίας 2), 1990.....	73
Πίνακας 3.4: Τάσεις μεταβολής θερμοκρασίας σε επιλεγμένες πόλεις Πηγή: Akbari et al. , 1992	74
Πίνακας 3.5 Αύξηση των βαθμοημερών ψύξης μεταξύ αστικών και αγροτικών σταθμών εξαιτίας της αστικοποίησης. Μέσες τιμές επιλεγμένων περιοχών για την περίοδο 1941-1979. (Taha H, 1977)	74
Πίνακας 3.6: Εντάσεις της θερμικής νησίδας σε κάποιες Ινδικές πόλεις. (Πηγή: Padmanabhamurty, 1990/91) 0.....	75
Πίνακας 3.7: Ένταση θερμικής νησίδας για αστικές περιοχές στην Μαλαισία. Πηγή: Sani S. 1990/91.).....	76
Πίνακας 3.8: Οι κλάσεις αστικής θερμικής νησίδας, με βάση τις διαφορές θερμοκρασίας και το ποσοστό εμφάνισης για κάθε κατηγορία (Πηγή: Kassomenos και Katsoulis, 2006).....	92
Πίνακας 3.9: Επίδραση της αστικής θερμικής νησίδας στην κατανάλωση ενέργειας για τον δροσισμό ενός κτιρίου (πηγή Li et al. (2019)).....	99
Πίνακας 3.10: Λευκαύγεια τυπικών αστικών υλικών και περιοχών. Πηγές: (Bretz et al. 1992 , Baker 1980 , Oke 1983 , Martin et al. 1989)	103
Πίνακας 3.11: Λευκαύγεια και ικανότητα εκπομπής για επιλεγμένες επιφάνειες, (Bretz 1992 , Edwards 1981).....	105
Πίνακας 3.12: Επιλεγμένες τιμές αστικής λευκαύγειας. Πηγή: Taha 1997 , Taha 1994 , Kung et al. 1964 , Dabberdt και Davis 1978, Vukovich 1983 , Brest 1987 , Coppin et al. 1978 , Rouse και Bello 1979 , Mayer και Noack 1980 , Steyn και Oke 1980 , Aida 1982 και Oguntoyinbo (1970 και 1982).....	106
Πίνακας 3.13: Επίδραση των τεχνολογιών ανακλαστικού οδοστρώματος στην ψύξη των επιφανειών αυτού (Xu et al (2021)).....	111
Πίνακας 3.14: Μέσες ετήσιες τιμές ανθρωπογενούς θερμότητας και ολικής ακτινοβολίας μέσα στα αστικοποιημένα όρια των πόλεων. Τα δεδομένα δεν περιλαμβάνουν προαστιακά ή αγροτικά	

περίχωρα. [Πηγή: Taha (1997), Oke (1988b), Chandler (1960), Flohn (1971), Gay και Stewart (1974), McNaughton και Black (1973), Hosler και Landsberg (1977), Dabberdt και Davis (1978) και Mayer και Noack 1980).].....	127
Πίνακας 3.15: : Συνοπτική παρουσίαση των μελετών της αστικής θερμικής νησίδας στην Ευρώπη.....	131
Πίνακας 3.14: Συνοπτική παρουσίαση της συσχέτισης της αστικής θερμικής νησίδας με μετεωρολογικά χαρακτηριστικά.....	134
Πίνακας 4.1.: Μήνες κατά τους οποίους υπάρχει χρονοσειρά δεδομένων για κάθε σταθμό.....	160
Πίνακας 4.2 : Συντελεστής συσχέτισης για κάθε σταθμό σε σχέση με τον σταθμό αναφοράς.....	161
Πίνακας 5.1: Τα κύρια χωρικά χαρακτηριστικά και οι μέσες θερμοκρασίες ημέρας και νύκτας για το σύνολο της θερινής εξεταζόμενης θερινού περιόδου ανά σταθμό για κάθε κατηγορία.....	224
Πίνακας 5.2: Νυκτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C). (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	227
Πίνακας 5.3: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς για (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	227
Πίνακας 5.4: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).	228
Πίνακας 5.5: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	228
Πίνακας 5.6: Νυκτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα.)	229
Πίνακας 5.7: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).	229
Πίνακας 5.8: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).	229
Πίνακας 5.9: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	230
Πίνακας 5.10: Νυκτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	231
Πίνακας 5.11: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς ,(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).	231
Πίνακας 5.12: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C). (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	232

Πίνακας 5.13: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	232
Πίνακας 5.14: Νυκτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C). (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα)	233
Πίνακας 5.15: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας (°C) των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	233
Πίνακας 5.16: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) .(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).	234
Πίνακας 5.17: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	234
Πίνακας 5.18: Νυκτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία .(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	235
Πίνακας 5.19: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς .(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	235
Πίνακας 5.20: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία .(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα)	236
Πίνακας 5.21: Ημερήσια μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασίας των σταθμών της ομάδας από τον σταθμό αναφοράς .(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	236
Πίνακας 5.22: Μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	237
Πίνακας 5.23: Ημερήσια μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα)	238
Πίνακας 5.24: Νυκτερινή μέση μηνιαία θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών.(Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα)	239
Πίνακας 5.25: Μέση μηνιαία ημερήσια διαφορά θερμοκρασιών από το σταθμό αναφοράς ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα)..	240
Πίνακας 5.26: Νυκτερινή μέση μηνιαία διαφορά θερμοκρασιών από το σταθμό αναφοράς ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	241
Πίνακας 5.27: Μέση μηνιαία μέγιστη θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	242
Πίνακας 5.28: Μέση μηνιαία ελάχιστη θερμοκρασία ανά κατηγορία σταθμών. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	243

Πίνακας 5.29: Μέση μηνιαίο ημερήσιο θερμομετρικό εύρος. (Με κόκκινο και με πράσινο οι μέγιστες και οι ελάχιστες τιμές αντίστοιχα).....	244
Πίνακας 5.30: Γραμμικές παλινδρομήσεις και οι αντίστοιχοι συντελεστές προσδιορισμού ανά κατηγορία σταθμών των ωριαίων νυκτερινών μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών συναρτήσει των αντίστοιχων τιμών του σταθμού αναφοράς (T ₁₉).	247
Πίνακας 5.31: Η μέγιστη τιμή της θερμικής νησίδας για το έτος 1997 μαζί με τις παραμέτρους του νόμου των υπερβάσεων και την τιμή του ελέγχου καλής προσαρμογής (Kolmogorov) για ένα δείγμα για κάθε σταθμό των 5 κατηγοριών των σταθμών μέτρησης.....	249
Πίνακας 6.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά του θερμόμετρο υπέρυθρου.....	259
Πίνακας 6.2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των θερμομέτρων αέρος.....	260
Πίνακας 6.3: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού Βαλαωρίτου στο Κέντρο των Αθηνών, οι θέσεις μέτρησης των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα καθώς και τα υλικά επιφανείας των θέσεων αυτών.....	260
Πίνακας 6.4: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών Μαυρομιχάλη και Κόδρου στο Κέντρο των Αθηνών, οι θέσεις μέτρησης των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα καθώς και τα υλικά επιφανείας των θέσεων αυτών.....	260
Πίνακας 6.5: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών Παλ. Καβάλας και Γιαννιτσών στο Αιγάλεω, οι θέσεις μέτρησης των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα καθώς και τα υλικά επιφανείας των θέσεων αυτών.....	261
Πίνακας 6.6: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών Ομήρου και Ευρώτα στο Ν. Ψυχικό, οι θέσεις μέτρησης των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα καθώς και τα υλικά επιφανείας των θέσεων αυτών.....	261
Πίνακας 6.7: Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά των οδών Ιπποκράτους και Σόλωνος στο Κέντρο των Αθηνών, οι θέσεις μέτρησης των θερμοκρασιών επιφανείας και αέρα καθώς και τα υλικά επιφανείας των θέσεων αυτών.....	262
Πίνακας 6.8: Μέγιστες μετρούμενες θερμοκρασίες επιφανείας στο επίπεδο του δρόμου.....	263
Πίνακας 6.9: Ελάχιστες μετρούμενες θερμοκρασίες επιφανείας στο επίπεδο του δρόμου.....	264
Πίνακας 6.10: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες επιφανείας στο επίπεδο του δρόμου ανά σημείο μέτρησης.....	264
Πίνακας 6.11: Μέσες νυκτερινές θερμοκρασίες επιφανείας στο επίπεδο του δρόμου ανά σημείο μέτρησης.....	265
Πίνακας 6.12: Μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των πλακών πεζοδρομίων ή ασφάλτου που βρίσκονται υπό την επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας έναντι των σκιασμένων περιοχών του ίδιου υλικού, στην αντίθετη πλευρά την ίδια χρονική περίοδο.....	265
Πίνακας 6.13: Μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ ασφάλτου και πλακών πεζοδρομίου κατά το κοινό διάστημα έκθεσής τους στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία στις δύο πλευρές της οδού.....	266
Πίνακας 6.14: Μέγιστες καθ' ύψος θερμοκρασίες επιφανείας στις προσόψεις των οδών.....	271
Πίνακας 6.15: Ελάχιστες καθ' ύψος θερμοκρασίες επιφανείας στις προσόψεις των οδών.....	271
Πίνακας 6.16: Μέγιστη στιγμιαία διαφορά θερμοκρασιών (°C), απέναντι ισοϋψών επιφανειών..	273

Πίνακας 6.17: Διαφορά των μέγιστων ημερήσιων θερμοκρασιών επιφανείας (°C) απέναντι ισοϋψών επιφανειών.....	274
Πίνακας 6.18: Μέγιστη στιγμιαία διαφορά θερμοκρασίας απέναντι επιφανειών κατά τη διάρκεια της νύχτας.....	275
Πίνακας 6.19: Μέγιστη κατακόρυφη στιγμιαία διαφορά επιφανειακής θερμοκρασίας (°C) στους δρόμους κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας για τις δύο κατακόρυφες επιφάνειες αυτών.....	275
Πίνακας 6.20: Μέγιστες και ελάχιστες καθ' ύψος θερμοκρασίες αέρα.....	285
Πίνακας 6.21: Μέση ημερήσια και νυχτερινή θερμοκρασία του αέρα.....	287
Πίνακας 6.22: Μέγιστες διαφορές θερμοκρασίας αέρα εντός χαράδρας από την οροφή αυτής. Με αρνητικό πρόσημο η θερμοκρασία εντός της χαράδρας είναι μεγαλύτερη από αυτή εκτός της χαράδρας.....	289
Πίνακας 6.23: Μέσες διαφορές θερμοκρασίας του αέρα εντός χαράδρας από την οροφή αυτής. (Με (-) όταν η θερμοκρασία εντός της οδού είναι μεγαλύτερη.).....	291
Πίνακας 6.24: Μέγιστη στιγμιαία διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ του μέσου του δρόμου και των αισθητήρων στο ισόγειο κοντά στις πλευρές της οδού. (Με (-) όταν η θερμοκρασία στο μέσο του δρόμου είναι μικρότερη από την θερμοκρασία στις προσόψεις αυτού).....	293
Πίνακας 6.25: Μέση διαφορά θερμοκρασιών μεταξύ του μέσου του δρόμου και των αισθητήρων στο ισόγειο κοντά στις πλευρές της οδού. (Με (-) όταν η θερμοκρασία στο μέσο του δρόμου είναι μικρότερη από την θερμοκρασία στις προσόψεις αυτού).....	294
Πίνακας 6.26: Κατανομή καθ' ύψος των μέγιστων διαφορών επιφανειακών θερμοκρασιών από τις θερμοκρασίες αέρα.....	295
Πίνακας 6.27: Κατανομή καθ' ύψος των μέσων διαφορών επιφανειακών θερμοκρασιών από τις θερμοκρασίες αέρα κατά την ημερήσια και νυχτερινή περίοδο.....	296
Πίνακας 6.28: Μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας ημέρας και μέγιστη διαφορά νύχτας της οροφής και των μέσων των οδών από τον σταθμό αναφοράς.....	307
Πίνακας 6.29: Μέση διαφορά θερμοκρασίας ημέρας και μέση διαφορά νύχτας της οροφής και των μέσων των οδών από τον σταθμό αναφοράς.....	308
Πίνακας 6.30: Μέση ημερήσια και νυχτερινή ένταση και διεύθυνση του ανέμου στο Αστεροσκοπείο Αθηνών κατά την διάρκεια διεξαγωγής των μετρήσεων σε κάθε οδό.....	308
Πίνακας 6.31: Μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ σταθμού και του εσωτερικού της οδού καθώς και η μέση διαφορά κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας.....	314
Πίνακας 7.1. Συντελεστές απλής γραμμικής συσχέτισης(r) μεταξύ των ωριαίων τιμών της θερμοκρασίας του αέρα (T) κάθε σταθμού και της έντασης του ανέμου (V) μετρημένης στο Αστεροσκοπείο Αθηνών για τις δύο κατηγορίες διευθύνσεων του ανέμου.....	343
Πίνακας 7.2: Οι ανά μήνα και διεύθυνση πνέοντος ανέμου μέσες τιμές της αστικής θερμικής νησίδας ± μία τυπική απόκλιση ανά σταθμό.....	344
Πίνακας 7.3: Ποσοστά (%) απουσίας φαινομένου αστικής θερμικής νησίδας σε συνδυασμό με τη διεύθυνση του ανέμου.....	346

Πίνακας 7.4: Τιμές της σημαντικότητας των κλίσεων των ευθειών παλινδρόμησης και του t-ελέγχου της σημαντικότητας αυτών μαζί με την σημαντικότητα της διαφοράς των κλίσεων μεταξύ B-ABA και NA-NΔ ρεύματος για τον μήνα Ιούνιο του 1997.....	348
Πίνακας 7.5: Τιμές της σημαντικότητας των κλίσεων των ευθειών παλινδρόμησης και του t-ελέγχου της σημαντικότητας αυτών μαζί με την σημαντικότητα της διαφοράς των κλίσεων μεταξύ B-ABA και NA-NΔ ρεύματος για τον Ιούλιο του 1997.....	349
Πίνακας 7.6: Τιμές της σημαντικότητας των κλίσεων των ευθειών παλινδρόμησης και του t-ελέγχου της σημαντικότητας αυτών μαζί με την σημαντικότητα της διαφοράς των κλίσεων μεταξύ B-ABA και NA-NΔ ρεύματος για τον Αύγουστο του 1997.....	350
Πίνακας 7.7: Τιμές του συντελεστή απλής γραμμικής παλινδρόμησης και του t-ελέγχου της σημαντικότητας της κλίσης της γραμμής παλινδρόμησης μαζί με την σημαντικότητα της διαφοράς των κλίσεων μεταξύ B-ABA και NA-NΔ ρεύματος για τον Σεπτέμβριο του 1997.....	351
Πίνακας 7.8: Στατιστική σημαντικότητα των σταθερών παλινδρόμησης b και c των γραμμών παλινδρόμησης $dt = a + b \cdot V$ ή $dT = a + b \cdot V + c \cdot V^2$ για τον Ιούνιο του 1997.....	355
Πίνακας 7.9: Στατιστική σημαντικότητα των σταθερών παλινδρόμησης b και c των γραμμών παλινδρόμησης $dt = a + b \cdot V$ ή $dT = a + b \cdot V + c \cdot V^2$ για τον Ιούλιο του 1997	356
Πίνακας 7.10: Στατιστική σημαντικότητα των σταθερών παλινδρόμησης b και c των γραμμών παλινδρόμησης $dt = a + b \cdot V$ ή $dT = a + b \cdot V + c \cdot V^2$ για τον Αύγουστο του 1997.....	356
Πίνακας 7.11: Στατιστική σημαντικότητα των σταθερών παλινδρόμησης b και c των γραμμών παλινδρόμησης $dt = a + b \cdot V$ ή $dT = a + b \cdot V + c \cdot V^2$ για τον Σεπτέμβριο του 1997.....	357
Πίνακας 7.12: Έλεγχος των διαφορών $t_{bi(v>6)} - t_{bi(v<6)}$ των κλίσεων των ευθειών παλινδρόμησης μεταξύ των περιπτώσεων με ένταση του ανέμου $V \geq 6m/s$ και $V < 6m/s$ για B – ABA και NA - NΔ διεύθυνση ανέμου, κάθε μήνα και κάθε σταθμό.....	360
Πίνακας 7.13: Στατιστική σημαντικότητα(σ.σ) των κλίσεων (B_i) ευθειών παλινδρόμησης που αντιστοιχούν στα ζεύγη b_i και R_i και έλεγχος της σημαντικότητας των διαφορών των κλίσεων $B_{i(B-ABA)}$ και $B_{i(NA-NΔ)}$	362
Πίνακας 7.14: Σύγκριση των διαφορών των κλίσεων ($b_i - b_{22}$) των γραμμών παλινδρόμησης $dT = a + b \cdot V$ μεταξύ του Σταθμού 22 (Πεδίον του Άρεως) και όλων των άλλων σταθμών για τα ημερήσια δεδομένα (07.00-20.00τοπική ώρα) για B-ABA και NA-NΔ ρεύμα.....	364
Πίνακας 7.15: Σύγκριση των διαφορών των κλίσεων ($b_i - b_{22}$) των γραμμών παλινδρόμησης $dT = a + b \cdot V$ μεταξύ του Σταθμού 22 (Πεδίον του Άρεως) και όλων των άλλων σταθμών για τα νυκτερινά δεδομένα (21.00-06.00τοπική ώρα) για B-ABA και NA-NΔ ρεύμα.....	365
Πίνακας 7.16: Τιμές των ελέγχων της σημαντικότητας των συντελεστών των παραμέτρων T_{19} , V και V^2 και του συντελεστή παλινδρόμησης της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης $dT = a + b \cdot T_{19} + c \cdot V + d \cdot V^2$ για την ημερήσια και την νυκτερινή περίοδο του Ιούνιο του 1997.....	367
Πίνακας 7.17: Τιμές των ελέγχων της σημαντικότητας των συντελεστών των παραμέτρων T_{19} , V και V^2 και του συντελεστή παλινδρόμησης της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης $dT = a + b \cdot T_{19} + c \cdot V + d \cdot V^2$ για την ημερήσια και την νυκτερινή περίοδο του Ιούλιο του 1997.....	368

Πίνακας 7.18: Τιμές των ελέγχων της σημαντικότητας των συντελεστών των παραμέτρων T_{19} , V και V^2 και του συντελεστή παλινδρόμησης της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης $dT=a+b \cdot T_{19}+c \cdot V+d \cdot V^2$ για την ημερήσια και την νυχτερινή περίοδο του Αυγούστου του 1997.....	370
Πίνακας 7.19: Τιμές των ελέγχων της σημαντικότητας των συντελεστών των παραμέτρων T_{19} , V και V^2 και του συντελεστή παλινδρόμησης της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης $dT=a+b \cdot T_{19}+c \cdot V+d \cdot V^2$ για την ημερήσια και την νυχτερινή περίοδο του Σεπτεμβρίου του 1997...	371
Πίνακας 8.1: Μέγιστος και ελάχιστος αριθμός βαθμοωρών και οι αντίστοιχες διαφορές τους ανά μήνα.....	380
Πίνακας 8.2: Μέγιστος και ελάχιστος αριθμός βαθμοωρών και οι αντίστοιχες διαφορές τους ανά μήνα κατά την ημερήσια περίοδο.....	382
Πίνακας 8.3: Μέγιστος και ελάχιστος αριθμός βαθμοωρών και οι αντίστοιχες διαφορές τους ανά μήνα κατά την νυχτερινή περίοδο.....	384
Πίνακας 8.4 : Μέσος μηνιαίος συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων.....	397
Πίνακας 8.5: Μέσος μηνιαίος συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων ανά μήνα και ανά κατηγορία σταθμών.....	398
Πίνακας 8.6: Μέσος μηνιαίος ημερήσιος συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων.....	398
Πίνακας 8.7: Μέσος μηνιαίος ημερήσιος συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων ανά μήνα και κατηγορία σταθμών.....	399
Πίνακας 8.8: Μέσος μηνιαίος νυχτερινός συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων.....	399
Πίνακας 8.9: Μέσος μηνιαίος νυχτερινός συντελεστής απόδοσης COP κλιματιστικής μονάδας split (DAIKIN RXS25D-FTXS) βάσει ονομαστικών στοιχείων ανά κατηγορία σταθμών.....	400
Πίνακας 8.10: Πληθυσμός, κατοικίες και νοικοκυριά στη Δυτική Αθήνα.....	401
Πίνακας 8.11: Εκτιμώμενη ψυκτική ηλεκτρική ενέργεια (kWh/m^2), και το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής (W/m^2) για διαφορετικές θερμοκρασίες κατοφλίου.....	406
Πίνακας 8.12: Εκτιμώμενη ψυκτική ηλεκτρική ενέργεια (kWh/m^2) και το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής (W/sqm), για διαφορετικό ωράριο λειτουργίας της κλιματιστικής μονάδας.....	407
Πίνακας 8.13: Εκτιμώμενη ψυκτική ηλεκτρική ενέργεια (kWh/m^2) και το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής (W/m^2) για διαφορετικούς ρυθμούς αερισμού.....	408
Πίνακας 8.14: Εκτιμώμενη ψυκτική ηλεκτρική ενέργεια (kWh/m^2) και το ηλεκτρικό ψυκτικό φορτίο αιχμής (W/m^2) για διαφορετικό προσανατολισμό του κτιρίου.....	408
Πίνακας 8.15 : Ενεργειακή κατανάλωση και φορτίο αιχμής για τον ίδιο αριθμό κατοικιών για την Δυτική Αθήνα, την Ηλιούπολη και για τα δεδομένα του Τυπικού Μετεωρολογικού Έτους των Αθηνών.....	409
Πίνακας 9.1: Μέσες μηνιαίες τιμές διάφορων θερμοκρασιακών παραμέτρων	414

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

1. **M. Santamouris, N. Papanikolaou, I. Koronakis, I livada, D. N. Asimakopoulos** -"Thermal And Air Flow Characteristics In a Deep Pedestrian Canyon Under Hot Weather Conditions" – Atmospheric Environment **33** (1999) 4503-4521, doi.org/10.1016/S1352-2310(99)00187-9.
2. **M. Santamouris G. Michalakakou, N. Papanikolaou and D.N. Asimakopoulos** - "A neural network approach for modeling the heat island phenomenon in urban areas during the summer period." - Geophysical research letters, Vol. 26, No 3, (1999) pp 337-340, doi.org/10.1029/1998GL900316.
3. **S. Hassid, M. Santamouris, N. Papanikolaou, A. Linardi, N. Klitsikas**. - The Effect of the Athens Heat Island on Air Conditioning Load - Energy and buildings 32,2(2000),131-141, doi.org/10.1016/S0378-7788(99)00045-6.
4. **M. Santamouris, N. Papanikolaou, I livada, I. Koronakis, C. Georgakis, A. Argiriou and D. Asimakopoulos** - "On The Impact of Urban Climate On The Energy Consumption of Buldings.", Solar Energy, Volume 70, Issue 3 (2001), pp. 201-216, doi.org/10.1016/S0038-092X(00)00095-5.
5. **I. Livada, M. Santamouris, K. Niachou, N. Papanikolaou, and G. Michalakakou** - "Determination of places in the great Athens area where the heat island effect is observed" – Theor. Appl. Climatol.,71, (2002),219-230, doi.org/10.1007/s007040200006.
6. **G. Michalakakou, M. Sanatamouris, N. Papanikolaou, C. Cartalis, A. Tsagrasoulis**: Simulation of the urban heat island phenomenon in Mediterranean Climates. Pure & Applied Geophysics Pageoph, Volume 161, Number 2, (2004), pp 429-451, doi.org/10.1007/s00024-003-2447-4.
7. **Geros, V., Santamouris, M., Karatasou, S., Tsangrassoulis, A., Papanikolaou, N.**, "On the cooling potential of night ventilation techniques in the urban environment." Energy and Buildings, 37(3),(2005) 243-257, doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.06.024.
8. **N. M. Papanikolaou, I. Livada, M. Santamouris and K. Niachou**, "The Influence of Wind Speed on Heat Island Phenomena in Athens, Greece", International Journal of Ventilation ISSN 1473-3315 Volume 6 No 4, 2008, 337-348, doi.org/10.1080/14733315.2008.11683789.

ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΝΕΔΡΙΑ

1. **M. Santamouris, N.Papanikolaou, I.Koronaki, I.Tselepidaki, T.Makrogiannis & D.N. Assimakopoulos** - "The Athens urban climate experiment - Temperature distribution", Urban Climatology Conference - Βαρσοβία Πολωνία-20-23 Οκτωβρίου 1997.
2. **A.Ferrante,M.Santamouris,I.Koronaki,G.Mihalakakou & N.Papanikolaou** - "The design parameters' contribution to improve urban microclimate: An extensive analysis within the frame of Polis Research Project In Athens" - EPIC' 98 - 19-21 November 1998.pp 757-762.
3. **N.Papanikolaou M.Santamouris, I.Livada, D.N. Asimakopoulos**, "Outdoor thermal comfort in Athens"EPIC' 98-19-21 November 1998.pp 673-678.
4. **Η. Λειβαδά - Ν.Παπανικολάου- Μ.Σανταμούρη** - "Η θερμοκρασία του αέρα τους θερινούς μήνες σε αστικές και ημιαστικές περιοχές της πόλεως των Αθηνών"- 4^ο Πανελλήνιο συνέδριο Μετεωρολογίας –Κλιματολογίας - Φυσικής της - Ατμόσφαιρας - Αθήνα - 22-25 Σεπτεμβρίου 1998-σελ.185-191.
5. **M.Santamouris, N.Papanikolaou, I.Koronakis, C.Georgakis, & D.Asimakopoulos** - "Natural Ventilation in Urban Environments" - HIVC –1999.
6. **V.Geros, M.Santamouris, N. Papanikolaou and G.Guarracino**, Night ventilation in urban environment, 22ND ANNUAL AIVC CONFERENCEBATH, UNITED KINGDOM,11-14/9/2001.
7. **Livada, M. Santamouris, K. Niachou, N. Papanikolaou, and G. Mihalakakou**: Determination of Places in the Great Athens Area where the Heat Island Effect is observed. Proc. EPIC02 Conference, Lyon, 2002.
8. **N.M.Papanikolaou, M.Sanatmouris,I Livada**, “The effect of urban environment on the cooling degrees hours and its effect on the C.O.P. of air-conditioning unit”, EPEQUB, Milos, Greece,6-8/7/2006.
9. **I Livada N.M.Papanikolaou, M.Sanatmouris, A. Linardi**, “The effect of the wind speed, that emanates from the Argosaronikos gulf, on air temperatures in the coastal regions”, EPEQUB, Milos, 6/7/2007.
10. **N.M.Papanikolaou, M.Sanatmouris,I Livada**, “The influence of the wind speed on the heat island phenomenon in Athens,Greece.”, The 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference – Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st century, Crete, Greece, 27-29/9/ 2007.

ΣΥΓΓΡΑΦΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

Μέλος Συγγραφικής Ομάδας του βιβλίου με τίτλο “Environmental site layout, solar access, microclimate and passive cooling in urban areas“-;Έκδοση BRE.(2000) (ISBN: 1860813399)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΛΙΣΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1. Agathangelidis I., Constantinos Cartalis and Mat Santamouris (2019):** Integrating Urban Form, Function, and Energy Fluxes in a Heat Exposure Indicator in View of Intra-Urban Heat Island Assessment and Climate Change Adaptation, *Jour of Climate*, 7(6),75.
- 2. Ai Z., C.M. Mak (2015):** From street canyon microclimate to indoor environmental quality in naturally ventilated urban buildings: Issues and possibilities for improvement *Building and Environment*, Vol 94, Part 2, pp 489-503.
- 3. Akbari H., S. Davis, Dorsano S., Huang J. and Winett S. (1992):** 'Cooling our Communities - A Guidebook on Tree Planting and Light Colored Surfacing'. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Policy Analysis, Climate Change Division, January.
- 4. Akbari H., Levinson R., Miller W., Berdahl P. (2005):** Cool colored roofs to save energy and improve air quality. Proc. International Conference "Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment", Santorini, Greece.
- 5. Akbari, H., & Kolokotsa, D. (2016)** "Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research.". *Energy and Buildings*, 133, 834-842, doi:10.1016/j.enbuild. 2016.09.067
- 6. Alcoforado MJ (1992):** O clima da regioao de Lisboa. *Contrastes e ritmos termicos* (PhD Thesis). *Memorias do Centro de Estudos Geograficos*. Lisboa: CEG 15: 347 p
- 7. 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.
- 8. Ali-Toudert F., Mayer H. (2006):** Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. *Meteorological Institute, University of Freiburg, Germany*.
- 9. Anjos M., Targino A.C., Krcel P., Oukawa G.Y., Braga R.F.(2020),** "Analysis of the urban heat island under different synoptic patterns using local climate zones" *Building and Environment*, 185, art. no. 107268 DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.107268
- 10. António Lopes, Elis Alves, Maria João Alcoforado and Raquel Machete,(2013),** Lisbon Urban Heat Island Updated: New Highlights about the Relationships between Thermal Patterns and Wind Regimes, *Advances in Meteorology*, Article ID 487695, 11 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/487695> Research Article
- 11. Arnfield AJ. (1990):** a. Street design and urban canyon solar access. *Energy and Buildings* 14: 117–131.
- 12. Arnfield AJ. (1990):** b. Canyon geometry, the urban fabric and nocturnal cooling: a simulation approach. *Physical Geography* 11: 220–239.
- 13. Arnfield A. J (2003):** Two Decades of Urban Climate Research. A Review of Turbulence, Exchanges of Energy, and Water, and the Urban Heat Island. *Int. J. Climatol.* 23: 1–26.
- 14. ASHRAE (2001):** *Fundamentals Handbook-SI Edition*, Chapter 31: energy estimating and modeling methods. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.

15. **Atkinson B.W (2003):** Numerical Modelling of Urban Heat-Island Intensity, *Boundary-Layer Meteorology*, Volume 109, Number 3 , Pages: 285 – 310.
16. **Bacci, P. and Maugeri M. (1992):** ‘The Urban Heat Island of Milan’, *Nuovo Cimento*, 15 C 4, 417– 424.
17. **Balkestaal L. , A. Monteiro, J. Gois, R. Taesler and H. Quenoi (2005) :** The influence of weather types on the Urban heat island’s magnitude and patterns at Paranhos, Oporto – a case study from November 2003 to January.
18. **Battista G., Evangelisti L., Guattari C., Roncone M., Balaras C.A. (2023),** “Space-time estimation of the urban heat island in Rome (Italy): Overall assessment and effects on the energy performance of buildings (2023) *Building and Environment*, 228, art. no. 109878,DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109878
19. **Beranova R. and R. Huth (2005) :** Long-term changes in the heat island of Prague under different synoptic conditions, *Theor. Appl. Climatol.* 82, 113–118.
20. **Blazejczyk K., M. Bakowska and M. Wieclaw (2006) :** Urban Heat Island in Large and Small Cities, Proc, 6th International Conference on Urban Climate, p. 794, Gotemborg, Sweden.
21. **Berdahl P., Sarah E Bretz (1997):** Preliminary survey of the solar reflectance of cool roofing materials *Energy and Buildings* Vol. 25.
22. **Bohm, R. (1998)** 'Urban bias in temperature time series - A case study for the city of Vienna, Austria', *Climatic Change*, 38, 113-128.
23. **Bonacquisti V., G.R. Casale, S. Palmieri, A.M. Siani (2005):** A canopy layer model and its application to Rome. *Science of the Total Environment*.
24. **Bottyan and J. Unger (2003):** A multiple linear statistical model for estimating the mean maximum urban heat island, *Theor. Appl. Climatol.* 75, 233–243.
25. **Bottyan, Z., Kircsi, A., Szeged, S. and Unger, J. (2005):.** The relationship between built-up areas and the spatial development of the mean maximum urban heat island in Debrecen, Hungary. *International Journal of Climatology* 25: 405-418.
26. **Boudali Errebai F., Strebel D., Carmeliet J., Derome D.(2022),** ‘Impact of urban heat island on cooling energy demand for residential building in Montreal using meteorological simulations and weather station observations”, (2022) *Energy and Buildings*, 273, art. no. 112410 DOI: 10.1016/j.enbuild.2022.112410
27. **Bretz, S.E., Akbari, H. (1997):** Long-term performance of high albedo roof coatings. *Energy Build.* 25, 159–167.
28. **Brousse O., C Simpson, N Walker, D Fenner, F Meier, J Taylor and C Heaviside (2022),** “Evidence of horizontal urban heat advection in London using six years of data from a citizen weather station network” - *Environ. Res. Lett.* 17 (2022) 044041, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5c0f>
29. **Caouris Y.G, A. Giannopoulos and M. Santamouris (2005) :** Heating demands differences between central and surrounding areas in the coastal town of Patras. Proc. International Conference Passive and Low Energy Cooling, Santorini, Greece.
30. **Cardoso, R.S. & Amorim, M.C.C.T. (2018):** Urban heat island analysis using the ‘local climate zone’ scheme in Presidente Prudente, Brazil. *Investigaciones Geográficas*, (69), 107-118

31. **Cecilia Andrea, Giampietro Casasanta, Igor Petenko, Alessandro Conidi, and Stefania Argentini,(2022)**, “Measuring the urban heat island of Rome through a dense weather station network and imperviousness Copernicus Land Monitoring Service data”,17th Plinius Conference on Mediterranean Risks, Vol. 17, Plinius17-52, 2022, <https://doi.org/10.5194/egusphere-plinius17-52>
32. **Chatzidimitriou, A., & Axarli, K. (2017)** “Street Canyon Geometry Effects on Microclimate and Comfort; A Case Study in Thessaloniki. *Procedia Environmental Sciences*, 38, 643-650. doi:10.1016/j.proenv.2017.03.144
33. **Chen Y. (2006), N.H. Wong (2006)**, Thermal benefits of city parks, *Energy Build.* 38 (2006) 105–120.
34. **Chen, T., Yang, H., Chen, G., Lam, C.K.C., Hantg, J., Wang, X., Liu, Y., Ling, H. (2021)**, “Integrated impacts of tree planting and aspect ratios on thermal environment in street canyons by scaled outdoor experiments” *Science of the Total Environment*, 764, art. no. 142920, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142920
35. **CIBSE (2006)**: The Chartered Institution of Building Services Engineers, UK. Degree-days: theory and application. TM41: 2006. Registered Charity Number 278104 (ISBN-10: 1-903287-76-6. ISBN-13: 978- 1-903287-76-7).
36. **Charfi S., Krout H. and Dahech S.(2015)**, “Vegetation in the Urban Area of Tunis: A study of impacts on temperature and light” ,*Climatologie* 11(Volume 11), DOI:10.4267/climatologie.534
37. **Christenson, M., Manz, H., & Gyalistras, D. (2006)**, “Climate warming impact on degree-days and building energy demand in Switzerland. *Energy Conversion and Management*, 47(6), 671–686. doi:10.1016/j.enconman.2005.06.00
38. **Cristen and Vogtt (2004)** : Energy and radiation balance of a central European city. *Int. J. Climatol.* 24: 1395–142.
39. **Colacino M, and A. Lavagnini (1982)**: Evidence of the Urban Heat Island in Rome by Climatological Analyses. *Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B*, 31,87-97.
40. **Crutzen, P. (2004)**: New directions: the growing urban heat and pollution ‘island’ effect—impact on chemistry and climate. *Atmospheric Environment* 38, 3539–3540.
41. **Dandou A., M. Tombrou., E. Akylas, N. Soulakellis, E. Bossioli (2005)**: Development and evaluation of an urban parameterization scheme in the Penn State/NCAR Mesoscale Model (MM5), *Journal of Geophysical Research- Atmospheres*, 110, D10102, doi: 10.1029/2004JD005192.
42. **Del Barrio, E. P (1998)**: Analysis of the green roofs cooling potential in buildings *Energy and Buildings*, 27, (2). 179-193.
43. **Dimoudi A. and Nikolopoulou M, (2003)** : Vegetation in the urban environment : Microclimate Analysis and benefits. *Energy and Buildings*, 35, 69-76.
44. **Doulos L., M. Santamouris , I. Livada (2004)** : Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials *Solar Energy* 77, 231–249.
45. **Dupont, L. Menut, B. Carissimo!, J. Pelon, P. Flamant (1999)**: Comparison between the atmospheric boundary layer in Paris and its rural suburbs during the ECLAP experiment, *Atmospheric Environment* 33, pp 979-994.

- 46. Eliasson I. and B. Holmer (1990):** Urban Heat Island Circulation in Göteborg, Sweden, *Theor. Appl. Climatol.* 42, 187- 196.
- 47. Eliasson I. (1996):** Urban Nocturnal Temperatures Street Geometry and Land Use. *Atmospheric Environment* Vol. 30, No. 3, pp. 379-392, 1996
- 48. Eliasson I. (2000):** The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 48: 31-44.
- 49. Eumorfopoulou and Aravantinos, (1998):** The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece. *Energy and Buildings* 27, 20-36
- 50. Fabiani, C., Pisello, A.L., Bou-Zeid, E., Yang, J., Cotana, F., (2019),** “Adaptive measures for mitigating urban heat islands: The potential of thermochromic materials to control roofing energy balance”, *Applied Energy*, 247, pp. 155-170 DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.04.020
- 51. Feng J.-L., Cai X.-M., Chapman L. (2021),** «A tale of two cities: The influence of urban meteorological network design on the nocturnal surface versus canopy heat island relationship in Oklahoma City, OK, and Birmingham, UK», *International Journal of Climatology*, 41 (S1), pp. E445 - E462, DOI: 10.1002/joc.6697
- 52. Fu Luo, Yuanjian Yang, Lian Zong and Xueyan Bi (2023),** “The interactions between urban heat island and heat waves amplify urban warming in Guangzhou, China: Roles of urban ventilation and local climate zones”, *Front. Environ. Sci.* 11:1084473. doi: 10.3389/fenvs.2023.1084473
- 53. Gelezenis, J. J. (2009).** “A simplified quadratic expression for the approximate estimation of heating degree-days to any base temperature”, *Applied Energy*, 86(10), 1986–1994. doi:10.1016/j.apenergy.2009.02.0
- 54. Georgakis, C., Santamouris, M., & Kaisarlis, G. (2010).** “The Vertical Stratification of Air Temperature in the Center of Athens. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49(6), 1219–1232. doi:10.1175/2010jamc2290.1
- 55. Geros, M.Santamouris, S.Karatasou, A. Tsangrassoulis and N. Papanikolaou (2005):** “On the Cooling Potential of Night Ventilation Techniques in the Urban Environment.” *Energy and Buildings*, *Energy and Buildings* 37(3):243-257,DOI:10.1016/j.enbuild.2004.06.024
- 56. Giannaros, C., Nenes, A., Giannaros, T.M., Kourtidis, K., Melas, D.,(2018),** ”A comprehensive approach for the simulation of the Urban Heat Island effect with the WRF/SLUCM modeling system: The case of Athens (Greece)” *Atmospheric Research*, 201, pp. 86-101. DOI: 10.1016/j.atmosres.2017.10.015
- 57. Giannopoulou, K., Santamouris, M., Livada, I., Georgakis, C., & Caouris, Y. (2010).** “The Impact of Canyon Geometry on Intra Urban and Urban: Suburban Night Temperature Differences Under Warm Weather Conditions” *Pure and Applied Geophysics*, 167(11), 1433–1449. doi:10.1007/s00024-010-0099-8
- 58. Giannopoulou, K., Livada, I., Santamouris, M., Saliari, M., Assimakopoulos, M., & Caouris, Y. G. (2011).** “On the characteristics of the summer urban heat island in Athens, Greece. *Sustainable Cities and Society*”, 1(1), 16–28. doi:10.1016/j.scs.2010.08.003
- 59. Givoni B. (1989):** “Urban design in different climates.” WCAP-10, WMO/TD-NO. 346.

- 60. Gomez F., E. Gaja, A. Reig (1998):** Vegetation and climatic changes in a city, *Ecological Engineering* 10, 355–360.
- 61. Gonzalez-Trevizo, M. E., Martinez-Torres, K. E., Armendariz-Lopez, J. F., Santamouris, M., Bojorquez-Morales, G., & Luna-Leon, A. (2021).** Research trends on environmental, energy and vulnerability impacts of Urban Heat Islands: An overview. *Energy and Buildings*, 246, 111051. doi:10.1016/j.enbuild.2021.111051
- 62. Grajeda-Rosado, R.M., Alonso-Guzmán, E.M., Escobar-Del Pozo, C., Esparza-López, C.J., Sotelo-Salas, C., Martínez-Molina, W., Mondragon-Olan, M., Cabrera-Macedo, A. (2022)** “Anthropogenic Vehicular Heat and Its Influence on Urban Planning” *Atmosphere*, 13 (8), art. no. 1259, DOI: 10.3390/atmos13081259
- 63. Gross, G. (2019).** “On the self-ventilation of an urban heat island”. *Meteorologische Zeitschrift*, 28(1), 87–92. doi:10.1127/metz/2019/0961
- 64. Guattari C., Evangelisti L., Balaras C.A.(2018),** “On the assessment of urban heat island phenomenon and its effects on building energy performance: A case study of Rome (Italy) (2018) *Energy and Buildings*, 158, pp. 605 – 615, DOI: 10.1016/j.enbuild.2017.10.050
- 65. Guntermann APE (1982):** A simplified degree-day method for commercial and industrial buildings. *ASHRAE* 24:29–32.
- 66. Hamada S., T. Ohta(2010),** “Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas”, *Urban For. Urban Greening* 9 (2010) 15–24, doi.org/10.1016/j.ufug.2009.10.002.
- 67. Hamdi Rafq, Hiroyuki Kusaka, Quang-Van Doan, Peng Cai, Huili He, Geping Luo, Wenhui Kuang, Steven Caluwaerts, François Duchêne, Bert Van Schaeybroeck, Piet Termonia (2020):** “The State-of-the-Art of Urban Climate Change Modeling and Observations”, *Earth Systems and Environment* 4:631–646.
- 68. Handley J. (2003):** “Accessible Natural Green Space Standards in Towns and Cities: A Review and Toolkit for their Implementation”. *English Nature Research Reports*.
- 69. Hara Y. and J. Autio (2006):** “Heat Island Intensity at High Latitude city – An example from Oulu, Central Finland”, *Proc. 6th International Conference on Urban Climate*, p. 810, Gotemborg, Sweden.
- 70. Hashem Akbaria, Constantinos Cartalisb, Denia Kolokotsac, Alberto Musciod, Anna Laura Piselloe, Federico Rossie, Matheos Santamouris, Afroditi Synnefab, Nyuk Hien WONGf , Michele Zinzig (2016):** “Local Climate Change and Urban Heat Island Mitigation Techniques – The State of the Art”, *Journal of Civil Engineering and Management*, 1822-3605.
- 71. Harrison C., Burgess, J., Millward A. and Dawe G. (1995):** “Accessible natural greenspace in towns and cities: A review of appropriate size and distance criteria. *Peterborough*”, *English Nature Research Reports*, No.153.
- 72. Hong, J.-W., Hong, J., Kwon, E. E., & Yoon, D. (2019):** “Temporal dynamis of urban heat island correlated with the socio-economic development over the past half-century in Seoul, Korea”, *Environmental Pollution*. doi:10.1016/j.envpol.2019.07.102

- 73. Hoyano A. (1988)**, “Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building”, *Energy Build.* 11 (1988) 181–199, [http://dx.doi.org/10.1016/0378-7788\(88\)90035-7](http://dx.doi.org/10.1016/0378-7788(88)90035-7).
- 74. Huang, Z., Wu, C., Teng, M., Lin, Y., (2020)**, “Impacts of tree canopy cover on microclimate and human thermal comfort in a shallow street canyon in Wuhan, China”, *Atmosphere*, 11 (6), art. no. 588, DOI: 10.3390/atmos11060588
- 75. Hwang, R.-L., Lin, T.-P., & Lin, F.-Y. (2020)**: “Evaluation and mapping of building overheating risk and air conditioning use due to the urban heat island effect”, *Journal of Building Engineering*, 101726. doi:10.1016/j.jobe.2020.101726
- 76. Ilham Al-Obaidi, Scott Rayburg , Marek Pólrolniczak , Melissa Neave, 2021**, “Assessing the Impact of Wind Conditions on Urban Heat Islands in Large Australian Cities”, *Journal of Ecological Engineering*, 22(11), 1–15, DOI:10.12911/22998993/142967
- 77. Jin, H., Qiao, L., Cui, P. (2020)**, “Study on the effect of streets’ space forms on campus microclimate in the severe cold region of China—case study of a university campus in Daqing city”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (22), art. no. 8389, pp. 1-20, DOI: 10.3390/ijerph17228389
- 78. Jauregui (1986)**: The urban climate of Mexico City. In: OKE, T. (Ed.): *Urban Climatology and its Application with Special Regard to Tropical Regions*. World Meteorological Organization, No. 652, 110-135
- 79. Juan A. Acero & Jon Arrizabalaga & Sebastian Kupski & Lutz Katschner (2013)**, “Urban heat island in a coastal urban area in northern Spain”, *Theor Appl Climatol* 113:137–154 DOI 10.1007/s00704-012-0774-z
- 80. Karaca M, M. Tayant and H. Toros (1995)**: Effects of Urbanisation on Climate of Instabul and Ankara. *Atmospheric Environment* Vol. 29, No. 23, pp. 3411-3421, 1995
- 81. Karimimoshaver, M., Khalvandi, R., Khalvandi, M., (2021)** ”The effect of urban morphology on heat accumulation in urban street canyons and mitigation approach, :Sustainable Cities and Society, 73, art. no. 103127, . DOI: 10.1016/j.scs.2021.103127
- 82. Keramitsoglou, I., Kiranoudis, C. T., Ceriola, G., Weng, Q., & Rajasekar, U. (2011)**. “Identification and analysis of urban surface temperature patterns in Greater Athens, Greece, using MODIS imagery”, *Remote Sensing of Environment*, 115(12), 3080–3090. doi:10.1016/j.rse.2011.06.014
- 83. Klysik K and, Krzysztof Fortuniak (1999)**: Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of |Lodz , Poland, *Atmospheric Environment* 33, 3885 -3895.
- 84. Kolokotroni M. , I. Giannitsaris and R. Watkins (2006)**: The effect of the London urban heat island on building summer cooling demand and night ventilation strategies, *Solar Energy* Volume 80, Issue 4, Pages 383-392. doi:10.1016/j.solener.2005.03.010
- 85. Kolokotroni M, Yuepeng Zhang and Richard Watkins (2007)**: The London Heat Island and building cooling design, *Solar Energy*, Vol 81, p.p.102-110. doi:10.1016/j.solener.2006.06.005

- 86. Khalvandi, R., Karimimoshaver, M. (2023)**, “The optimal ratio in the street canyons: Comparison of two methods of satellite images and simulation”, *Building and Environment*, 229, art. no. 109927, DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109927
- 87. Lazar, R. and Podesser, A. (1999)** 'An urban climate analysis of Graz and its significance for urban planning in the tributary valleys east of Graz (Austria)', *Atmospheric Environment*, 33, 4195-4209
- 88. Lazzarin R., Francesco Castellotti *, Filippo Busato (2005)**: Experimental measurements and numerical modelling of a green roof. *Energy and Buildings* 37, 1260–1267.
- 89. Li, X., Zhou, Y., Yu, S., Jia, G., Li, H., & Li, W. (2019)**. Urban heat island impacts on building energy consumption: a review of approaches and findings. *Energy*. doi:10.1016/j.energy.2019.02.183
- 90. Li, Z., Zhang, H., Wen, C.-Y., Yang, A.-S., Juan, Y.-H. (2020)**, “Effects of height-asymmetric street canyon configurations on outdoor air temperature and air quality”, *Building and Environment*, 183, art. no. 107195, DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.107195
- 91. Li, Q., Yu, X., & Nie, Q. (2019)**. “A Case Study of Thermal Environment in Urban Street Canyon in Hot and Humid Climate City based on Vehicle Effect”, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 294, 012006. doi:10.1088/1755-1315/294/1/012006
- 92. Livada I, M. Santamouris, K. Niachou, N. Papanikolaou and G. Mihalakakou (2002)**: Determination of places in the great Athens area where the heat island effect is observed. *Theor. Appl. Climatology*, 71, 219-230.
- 93. Litardo, J., Palme, M., Borbor-Cordova, M., Caiza, R., Macias, J., Hidalgo-Leon, R., & Soriano, G. (2020)**. Urban Heat Island intensity and buildings’ energy needs in Duran, Ecuador: Simulation studies and proposal of mitigation strategies. *Sustainable Cities and Society*, 62, 102387. doi:10.1016/j.scs.2020.102387
- 94. Lokoshchenko, M.A.; Alekseeva, L.I. (2023)**, “Influence of Meteorological Parameters on the Urban Heat Island in Moscow”, *Atmosphere* 2023, 14, 507. doi.org/10.3390/atmos14030507
- 95. Lopes António, Elis Alves, Maria João Alcoforado and Raquel Machete,(2013)** “Lisbon Urban Heat Island Updated: New Highlights about the Relationships between Thermal Patterns and Wind Regimes”, *Advances in Meteorology*, Article ID 487695, 11 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/487695> Research Article
- 96. López-Guerrero R.E., Verichev K., Moncada-Morales G.A., Carpio M.(2022)**, “How do urban heat islands affect the thermo-energy performance of buildings?”, *Journal of Cleaner Production*, 373, art. no. 133713 DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.133713
- 97. Manni, M., Lobaccaro, G., Goia, F., Nicolini, A., Rossi, F., (2019)**, “Exploiting selective angular properties of retro-reflective coatings to mitigate solar irradiation within the urban canyon”, *Solar Energy*, 189, pp. 74-85, DOI: 10.1016/j.solener.2019.07.045
- 98. Martinelli Alessandra, Dionysia-Denia Kolokotsa and Francesco Fiorito (2020)** “Urban Heat Island in Mediterranean Coastal Cities: The Case of Bari (Italy), *Climate*, 8, 79; doi:10.3390/cli8060079
- 99. Federica Marando , Mehdi P. Heris, Grazia Zulian , Angel Udías , Lorenzo Mentaschi , Nektarios Chrysoulakis, David Parastatidis, Joachim Maes (2022)**, “Urban heat island mitigation

by green infrastructure in European Functional Urban Areas”, *Sustainable Cities and Society* 77 (2022) 103564, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103564>

100. Matzarakis, A., & Balafoutis, C. (2004). Heating degree-days over Greece as an index of energy consumption. *International Journal of Climatology*, 24(14), 1817–1828. doi:10.1002/joc.1107

101. Max Anjos, Admir Créso, Targino, Patricia Krecl, Gabriel Yoshikazu Oukawa. Rodrigo Favaro Braga(2020): “Analysis of the urban heat island under different synoptic patterns using local climate zones” *Building and Environment*, Vol 185.

102. Mc Rae, I., Freedman, F., Rivera, A., Li, X., Dou, J., Cruz, I., Ren, C., Dronova, I., Fraker, H., Bornstein, R.,(2020) “Integration of the WUDAPT, WRF, and ENVI-met models to simulate extreme daytime temperature mitigation strategies in San Jose, California”, *Building and Environment*, 184, art. no. 107180, DOI: 10.1016/j.buildenv.2020.107180

103. Mihalakakou P., H. Flocas, M. Santamouris and C. Helmis (2002): 'Application of Neural Networks to the simulation of the Heat Island over Athens, Greece, Using Synoptic types as a predictor', *J Applied Meteorology*, 41,5,519-527.

104. Mihalakakou, M. Santamouris, N. Papanikolaou, C. Cartalis (2004): '*Simulation of the Urban Heat Island phenomenon in Mediterranean climates*, *J. Pure and Applied Geophysics* , 161,429-451.

105. Mohammed A. Bakarmana , Jae D. Changa (2015): The influence of height/width ratio on urban heat island in hot-arid climate, *International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction Procedia Engineering* 118 101 – 108.

106. Montavez J. , A. Rodriguez and J. Jimenez (2000): A study of the Urban Heat island of Granada. *Int. J. Climatol.* 20: 899–911.

107. Moreno-Garcia M. C. (1994): Intensity and form of the urban heat island in Barcelona. *International Journal of Climatology* 14: 705–710.

108. Morini, E., Castellani, B., De Ciantis, S., Anderini, E., Rossi, F. (2018) “Planning for cooler urban canyons: Comparative analysis of the influence of façades reflective properties on urban canyon thermal behavior” *Solar Energy*, 162, pp. 14-27, DOI: 10.1016/j.solener.2017.12.064

109. Moustris K. & P. T. Nastos & A. Bartzokas & I. K. Larissi & P. T. Zacharia & A. G. Paliatsos (2014): Energy consumption based on heating/cooling degree days within the urban environment of Athens, Greece *Theor Appl Climatol* , DOI 10.1007/s00704-014-1308-7.

110. Nakamura Y, T.R. Oke (1988): Wind, temperature and stability conditions in an east– west oriented urban canyon, *Atmospheric Environment*.

111. Nasrollahi, N., Namazi, Y., Taleghani, M.(2021) “The effect of urban shading and canyon geometry on outdoor thermal comfort in hot climates: A case study of Ahvaz, Iran “ *Sustainable Cities and Society*, 65, art. no. 102638, . Cited 36 times.DOI: 10.1016/j.scs.2020.102638

112. Ng, Y. X. Y. (2015): A study of urban heat using "local climate zones" - the case of Singapore, *British Journal of Environment and Climate Change*, Vol.5 No.2 pp.116-133 ref.55

113. Niachou A, K. Papakonstantinou, M. Santamouris, A. Tsagrasoulis and P. Mihalakakou, (2001): Analysis of a green roof thermal properties and investigation of its energy performance, *Energy and Buildings*, 33, 719-729.

- 114. Niachou, K., Livada, I., Santamouris, M., (2008):** Experimental study of temperature and airflow distribution inside an urban street canyon during hot summer weather conditions. Part I: Air and surface temperatures, 43, 1383-1392.
- 115. Nice, K.A., Nazarian, N., Lipson, M.J., Hart, M.A., Seneviratne, S., Thompson, J., Naserikia, M., Godic, B., Stevenson, M.(2022),** “Isolating the impacts of urban form and fabric from geography on urban heat and human thermal comfort” *Building and Environment*, 224, art. no. 109502, . DOI: 10.1016/j.buildenv.2022.109502
- 116. Noro, M., Lazzarin, R., & Busato, F. (2014).** “A First Experimental Survey on the Urban Heat Island in Padua (Italy)”, *Progress in Sustainable Energy Technologies: Generating Renewable Energy*, 683–698. doi:10.1007/978-3-319-07896-0_43
- 117. Nouri, A.S., Fröhlich, D., Silva, M.M., Matzarakis, A. (2018),** “The Impact of Tipuana tipu Species on Local Human Thermal Comfort Thresholds in Different Urban Canyon Cases in Mediterranean Climates: Lisbon, Portugal” *Atmosphere*, 9 (1), art. no. 12, DOI: 10.3390/atmos9010012
- 118. Noushig Kaloustiana , Benjamin Bechtelb (2016):** Local Climatic Zoning and Urban Heat Island in Beirut 4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island (UHI) 2016 *Procedia Engineering* 169, 216 – 223.
- 119. Offerle, B., Eliasson, I., Grimmond, C. S. B., & Holmer, B. (2006).** “Surface heating in relation to air temperature, wind and turbulence in an urban street canyon”, *Boundary-Layer Meteorology*, 122(2), 273–292. doi:10.1007/s10546-006-9099-8
- 120. Ojima, T. (1990).** Changing Tokyo Metropolitan area and its heat island model. *Energy and Buildings*, 15(1-2), 191–203. doi:10.1016/0378-7788(90)90131-2
- 121. Oguntoyinbo JS. (1986):** “Some aspects of the urban climates of tropical Africa. Urban Climatology and its applications with special regard to tropical areas” *Proceedings of the Technical Conference*. Mexico D.F., 26-30, WMO, No.652, 110-135, Geneva.
- 122. Oke TR. (1982):** The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* **108**: 1–24.
- 123. Oke, T.R., (1988):** Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Buildings*, 11, 103–113.
- 124. Oke T.(2004):** Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites, World Meteorological Organization, *Instruments and Observing Methods*, report no. 81, wmo/td no.1250.
- 125. O' Malley C., Kikumoto H. (2022),** «An investigation into heat storage by adopting local climate zones and nocturnal-diurnal urban heat island differences in the Tokyo Prefecture» *Sustainable Cities and Society*, 83, art. no. 103959 DOI: 10.1016/j.scs.2022.103959
- 126. O’Meara, M.(1999):** *Reinventing Cities for People and the Planet*, vol. 147. Worldwatch, Washington.
- 127. Papadakis G et al (2001):** An experimental investigation of the effect of shading with plants for solar control of buildings. *Energy and Buildings*, 33, 831-836.

- 128. Padmanabhamurty, (1986):** Aspects of Urban Climates in Idian. Oriceed WMO Techn. Conf. on Urban Climatology. Mexico City (T.R. OKE ed.) WMO 252. 136-165
- 129. Papakostas, K., & Kyriakis, N. (2005).** Heating and cooling degree-hours for Athens and Thessaloniki, Greece. *Renewable Energy*, 30(12), 1873–1880. doi:10.1016/j.renene.2004.12.002
- 130. Papakostas, K., Mavromatis, T., & Kyriakis, N. (2010).** Impact of the ambient temperature rise on the energy consumption for heating and cooling in residential buildings of Greece. *Renewable Energy*, 35(7), 1376–1379. doi:10.1016/j.renene.2009.11.012
- 131. Pardo A, Meneu V, Valor E (2002):** Temperature and seasonality influences on Spanish electricity load. *Energy Econ* 24:55–70.
- 132. Paul J. Alexander and Gerald Mills (2014):** Local Climate Classification and Dublin’s Urban Heat Island *Atmosphere*, 5(4), 755-774
- 133. Pauleit S. and Duhme, F., 1995;** Developing quantitative targets for urban environmental planning, *Land Contamination & Reclamation*, 3(2): 64-66.
- 134. Pauleit , S. and Duhme F. (2000):** Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 52: 1-20
- 135. Peron, F., De Maria, M. M., Spinazzè, F., & Mazzali, U. (2015).** An analysis of the urban heat island of Venice mainland. *Sustainable Cities and Society*, 19, 300–309. doi:10.1016/j.scs.2015.05.008
- 136. Petralli M., M. Morabito, G. Bartolini, T. Torrigiani, L. Cecchi, S. Orlandini (2006):** Air Temperature distribution at pedestrian level in Florence, Italy, through fixed and mobile sensor measurements. *Proc.6th International Conference on Urban Climate*, p. 454, Gotemborg.
- 137. Picot X (2004):** Thermal comfort in urban spaces : Impact of vegetation growth. Case study : Piazza della Schienza, Milan, Italy, *Energy and Buildings*, 36, 329-334.
- 138. Pinho O.S and M.D. Manso Orgaz (2000) :** The urban heat island in a small city in coastal Portugal, *Int J Biometeorol* , 44:198–203
- 139. Pongracz R., Judit Bartholy, Zsuzsanna Dezso (2006) :** Remotely sensed thermal information applied to urban climate analysis, *Advances in Space Research*, 37,2191-2196.
- 140. Possega Marco, Leonardo Aragao, Paolo Ruggieri, Marco Antonio Santo and Silvana Di Sabatino (2022),** “Observational evidence of intensified nocturnal urban heat island during heatwaves in European cities”, *Environ. Res. Lett.* 17 (2022) 124013.
- 141. Qaid, A., Lamit, H.B., Ossen, D.R., Rasidi, M.H. 2018,** “Effect of the position of the visible sky in determining the sky view factor on micrometeorological and human thermal comfort conditions in urban street canyons”, *Theoretical and Applied Climatology*, 131 (3-4), pp. 1083-1100, DOI: 10.1007/s00704-016-2023-3
- 142. Robitu M, Marjorie Musy, Christian Inard, Dominique Groleau (2006):** Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. *Solar Energy* 80, 435–447.
- 143. Romano P., Prativiera E., Carnieletto L., Vivian J., Zinzi M., Zarrella A.,** “Assessment of the urban heat island impact on building energy performance at district level with the EURECA platform”, (2021) *Climate*, 9 (3), art. no. 48, DOI: 10.3390/cli9030048

- 144. Roth, M., Oke, T.R., Emery, W.J. (1989):** Satellite-derived urban heat islands from three coastal cities and the utility of such data in urban climatology. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 1699-1720.
- 145. Sailor DJ (2001):** Relating residential and commercial sector electricity loads to climate-evaluating state level sensitivities and vulnerabilities. *Energy* 26, 645–657.
- 146. Saito, I.; Ishihara, O.; Katayama, T. 1990–991.** Study of the effect of green areas on the thermal environment in an urban area, *Energy and Buildings* 15(3–4): 493–498. Sandström, U. G. 2002. Green infrastructure planning in urban Sweden, *Planning Practice and Research* 17: 373–385. doi.org/10.1080/02697450216356
- 147. Salvati Agnese, Maria Kolokotroni , Alkis Kotopouleas, Richard Watkins, Renganathan Giridharan, Marialena Nikolopoulou (2022):** Impact of reflective materials on urban canyon albedo, outdoor and indoor microclimates, *Building and Environment*, Vol 207, Part B, 2022, 108459
- 148. Sánchez de la Flor F. and Servando Alvarez Dominguez (2004):** Modelling microclimate in urban environments and assessing its influence on the performance of surrounding buildings, *Energy and Buildings* 36, 403–413.
- 149. Sangiorgio Valentino, Francesco Fiorito & Mattheos Santamouris (2020),** «Development of a holistic urban heat island evaluation methodology», *Scientific Reports*, 10:17913, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75018-4>
- 150. Santamouris M., Assimakopoulos D., (Eds) (1996),** : 'Passive Cooling of Buildings', James and James Science Publishers, London, U.K, .
- 151. Santamouris M. (Ed) (1999):** 'Energy and Climate in the Urban Built Environment', James and James Science Publishers, London, U.K, 1999.
- 152. Santamouris, G. Mihalakakou, N. Papanikolaou and D. N. Assimakopoulos (1999):** ' *A Neural Network Approach for Modelling the Heat Island Phenomenon in Urban Areas During the Summer Period*' *Geophysics Research Letters*, 26, 3, p.p. 337-340,.
- 153. Santamouris M (2001):** *Energy and Climate in the Urban Built Environment*, James and James Science Publishers, London.
- 154. Santamouris M., N. Papanikolaou, I. Livada, I. Koronakis, C. Georgakis, and D. N. Assimakopoulos (2001):** ' *On the Impact of Urban Climate to the Energy Consumption of Buildings*' *Solar Energy*, 70,3,201-216,
- 155. Santamouris M, J. Adnot, S. Alvarez, N. Klitsikas, M. Orphelin, C. Lopes, and F. Sanchez. (2004):** *Cooling the Cities*, Eyrolles, Paris, France, 2004, 280 pp., ISBN: 2-911762-54-1
- 156. Santamouris M, K. Paraponiaris and P. Mihalakakou (2007):** Estimating the Ecological Footprint of the heat island effect over Athens, Greece. *Climatic Change*, vol. 80,265-276.
- 157. Santamouris M (2007):** Heat Island Research in Europe: The State of the Art. *Advances in Building Energy Research*, Vol .1, Pages 123-150.
- 158. Santamouris M. (2013)**Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island—A review of the actual developments. *Renew Sustain Energy Rev* 2013; 26:224–40
- 159. Santamouris, M. 2015a.** Regulating the damaged thermostat of the cities – Status, impacts and mitigation strategies, *Energy and Buildings* 91: 43–56. doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.01.027

- 160. Santamouris, M. 2015b.** Analyzing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities and regions, *Science of the Total Environment* 512– 513: 582–598, doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.060
- 161. Santamouris M., Shamila Haddad , Francesco Fiorito , Paul Osmond , Lan Ding , Deo Prasad , Xiaoqiang Zhai and Ruzhu Wang (2017)** « Urban Heat Island and Overheating Characteristics in Sydney, Australia. An Analysis of Multiyear Measurements», *Sustainability* 2017, 9, 712; doi:10.3390/su9050712
- 162. Santamouris, M., Ding, L., Fiorito, F., Oldfield, P., Osmond, P., Paolini, R., ... Synnefa, A. (2017).** Passive and active cooling for the outdoor built environment – Analysis and assessment of the cooling potential of mitigation technologies using performance data from 220 large scale projects. *Solar Energy*, 154, 14–33. doi:10.1016/j.solener.2016.12.00
- 163. M. Santamouris, G. Ban-Weiss, P. Osmond, R. Paolini, A. Synnefa, C. Cartalis, A. Muscio, M. Zinzi, T. Moakinyos, Eddward NG, Z. Tan, H. Takebayashi, D. Sailor, P. Taha, A. Pisslo, F. Rossi, j. Zhang, D. Kolokotsa (2018),** “Progress in Urban Greenery Mitigation Science – Assessment Methodology Advanced Technologies and Impact on Cities”, *Journal of Civil Engineering and Management* ISSN 1392-3730 / eISSN 1822-3605 2018 Volume 24 Issue 8: 638–671, doi.org/10.3846/jcem.2018.6604.
- 164. Santamouris (2020),** *Scientific Reports*, 10:14216, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71148-x>
- Sarrat, A. Lemonsu, V. Masson, D. Guedali :** Impact of urban heat island on regional atmospheric pollution, *Atmospheric Environment* 40 (2006) 1743–1758.
- 165. Shahgedanova, T.P Burt and T.D. Davies :** Some aspects of the three dimensional heat island in Moscow. *International Journal of Climatology*, Vol. 17, 1451-1465 (1997)
- 166. Shamila Haddad, Riccardo Paolini, Giulia Ulpiani, Afroditi Synnefa, Gertrud Hatvani-Kovacs,**
- 167. Skoulika F. , M. Santamouris, D. Kolokotsa, N. Boemi (2014),** On the thermal characteristics and the mitigation potential of a medium size urban park in Athens, Greece, *Landscape Urban Plann.* 123 (2014) 73–86, <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.11.002>.
- 168. Stathopoulou M, Cartalis C, Chrysoulakis N, (2005)** Using midday surface temperature to estimate cooling degree-days from NOAAVHRR thermal infrared data: an application for Athens, Greece. *Sol Energy* 80:414–422
- 169. Stewart D. - Oke T. (2012):** “Local Climate Zones for Urban Temperature Studies”, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol 93:Issue 12 1879-1900
- 170. Stoll M.J., Brazel A.J. (1992):** Surface air–temperature relationships in the urban environments of Phoenix. *Arizona, Physics Geography* 13, 2, 160-179.
- 171. Stulpnagel, A. Von, Horbert , M. And Sukkop, H. (1990):** The importance of vegetation for the urban climate. In: Sukopp, H. (ed.), *Urban Ecology*, 175-193. The Hague: SPB Academic Publishing.
- 172. Synnefa A., M. Santamouris, I. Livada (2006):** A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. *Solar Energy*. vol. 80,968-981.
- 173. Synnefa A, M. Santamouris, Apostolakis K((2007):** On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment, *Solar Energy*,81,488-497..

- 174. Szegedi S. (2006):** Heat Islands in Small and Medium Sized Towns in Hungary. Proc. Sixth International Conference on Urban Climate, p. 439, Goteborg.
- 175. Szymanowski M. (2005) :** Interactions between thermal advection in frontal zones and the urban heat island of Wroclaw, Poland. Theor. Appl. Climatol. 82, 207–224.
- 176. Taesler R., C. Andersson, M. Nord and L. Gollvik (2006):** Analyses of Impacts of Weather and Climate on Building Energy Performance with Special Regard to Urban Climate Characteristics, Proc. Sixth International Conference on Urban Climate, P. 489, Gotemborg, Sweden, June.
- 177. Taha, H.; Chang, S. C.; Akbari, H. 2000.** Meteorological and air quality impacts of heat island mitigation measures in three U.S. cities. Lawrence Berkeley Laboratory Report LBNL-44222, Berkeley, CA.
- 178. Taha, H. 2017.** Characterization of urban heat and exacerbation: Development of a heat island index for California, Climate 5: 59. <https://doi.org/10.3390/cli5030059>
- 179. Tayanc M. and H. Toros, (1997) :** Urbanisation effects of regional climate change in the case of four large cities in Turkey. *Climatic Change* 35: 501–524,
- 180. Theodosiou T. (2003) :** Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique. Energy and Buildings, 35, 909–917
- 181. Tselepidaki, I., Santamouris, M., Asimakopoulos, D. N., & Kontoyiannidis, S. (1994).** On the variability of cooling degree-days in an urban environment: application to Athens, Greece. Energy and Buildings, 21(2), 93–99. doi:10.1016/0378-7788(94)90002-7
- 182. Tumanov Sergiu, Aurora Stan-Sion, Alexandru Lupu, Cornel Soci, Cristian Oprea (1999):** Influences of the city of Bucharest on weather and climate parameters, Atmospheric Environment 33 4173-4183
- 183. Unger J (1996):** Heat Island Intensity with Different Meteorological Conditions in a Medium-Sized Town: Szeged, Hungary, Theor. Appl. Climatol. 54, 147-151.
- 184. Ünal, Y. S., Sonuç, C. Y., Incecik, S., Topcu, H. S., Diren-Üstün, D. H., & Temizöz, H. P. (2019).** Investigating urban heat island intensity in Istanbul. Theoretical and Applied Climatology. doi:10.1007/s00704-019-02953-2
- 185. Valor E, Meneu V, Caselles V (2001):** Daily air temperature and electricity load in Spain. J Appl Meteorol 40: 1413–1421.
- 186. Valéry Masson, Aude Lemonsu, Julia Hidalgo, and James Voogt (2020):** Annual Review of Environment and Resources, Urban Climates and Climate Change , 45:411–44
- 187. Vallati A., Mauri L., Colucci C., (2019),** “How the Urban Environment affects the microclimate and the building energy demand for the city of Rome”, Thermal Science, 23, pp. 1035-1042, DOI: 10.2298/TSCI19S4035V
- 188. Voogt, J.A. and Oke, T.R. (2003),** “Thermal Remote Sensing of Urban Climates”. RemoteSensing of Environment, 86, 370-384. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)
- 189. Watkins J, J Palmer M Kolokotroni and P Littlefair (2002) ,** “The London Heat Island: results from summer time monitoring”, *Building Serv. Eng. Res. Technol.* 23,2, pp. 97–106

- 190. Watkins, R., Palmer, J., Kolokotroni, M., & Littlefair, P. (2002).** The balance of the annual heating and cooling demand within the London urban heat island. *Building Services Engineering Research and Technology*, 23(4), 207–213. doi:10.1191/0143624402bt043oa
- 191. Wilmers F. (1990),** Effects of vegetation on urban climate and buildings, *Energy Build.* 15 (1990) 507–514, [http://dx.doi.org/10.1016/0378-7788\(90\)90028-H](http://dx.doi.org/10.1016/0378-7788(90)90028-H).
- 192. Yaggie C., E. Zurita and A. Martinez (1991):** Statistical Analysis of the Madrid Urban Heat Island, *Atmospheric Environment* Vol. 25B, No. 3, pp. 325-332.
- 193. Yang, X., Peng, L. L. H., Jiang, Z., Chen, Y., Yao, L., He, Y., & Xu, T. (2020).** Impact of urban heat island on energy demand in buildings: Local climate zones in Nanjing. *Applied Energy*, 260, 114279. doi:10.1016/j.apenergy.2019.114279
- 194. Zhang J., Xiaoqian Zhang , Yunwei Zhang, Dian Zhou and Zhaolin Gu (2021):** Analyzing the Characteristics of UHI (Urban Heat Island) in Summer Daytime Based on Observations on 50 Sites in 11 LCZ (Local Climate Zone) Types in Xi'an, China, *Sustainability (Switzerland)*, 13 (1), art. no. 83, pp. 1 – 14 DOI: 10.3390/su13010083.
- 195. Zheng, X., Hu, W., Luo, S., Zhu, Z., Bai, Y., Wang, W., Pan, L. (2023),** «Effects of vertical greenery systems on the spatiotemporal thermal environment in street canyons with different aspect ratios: A scaled experiment study» *Science of the Total Environment*, 859, art. no. 160408, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.160408.
- 196. Zhongil L. , Xu Hanqiu (2016):** A study of Urban heat island intensity based on “local climate zones”: A case study in Fuzhou, China 2016 4th International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications (EORSA),4-6.
- 196. Ziomas I. C. (1998):** The Mediterranean campaign of photochemical tracers-transport and chemical evolution (MED-CAPHOT-TRACE): An outline, *Atmos. Environ.* 32, 2045-2053
- 197. Zong L., Liu S., Yang Y., Ren G., Yu M., Zhang Y., Li Y.(2021),** “Synergistic Influence of Local Climate Zones and Wind Speeds on the Urban Heat Island and Heat Waves in the Megacity of Beijing, China”, *Frontiers in Earth Science*, 9, art. no. 673786, DOI: 10.3389/feart.2021.673786
- 198. Zoulia, I., Santamouris, M., & Dimoudi, A. (2008).** Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156(1-4), 275–292. doi:10.1007/s10661-008-0483-3
- 199. Xu, L., Wang, J., Xiao, F., El-Badawy, S., & Awed, A. (2021):** Potential strategies to mitigate the heat island impacts of highway pavement on megacities with considerations of energy uses. *Applied Energy*, 281, 116077. doi:10.1016/j.apenergy.2020.116077
- 200. XiaoshanYang, Lilliana L.H.Peng, Zhidian Jiang, Yuan Chen, Lingye Yao, Yunfei He 201. Tianjing Xu (2020):** Impact of urban heat island on energy demand in buildings: Local climate zones in Nanjing, *Applied Energy*, Volume 260, 114279.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

- 201. Βαρδουλάκης Ευτύχιος,** Διδακτορική Διατριβή, «Μελέτη ενεργειακών υλικών και ήπιων μεθόδων δροσισμού κτιρίων για την αντιμετώπιση του φαινομένου των αστικών θερμικών νησίδων και την εξοικονόμηση ενέργειας», Πάτρα 2013.

202. Γιαννοπούλου Κωνσταντίνα , Διδακτορική Διατριβή, «Φαινόμενα Θερμικής Νησίδας Συνδεδεμένα με Πολεοδομικές και Κλιματικές Παραμέτρους», Πάτρα 2015.

203. Τζαβάλη Άννα , Διδακτορική Διατριβή, «Αστική Θερμική Νησίδα: Ανάλυση του φαινομένου στην Αττική και διερεύνηση της επίδρασής του στην ενεργειακή συμπεριφορά σχολικών κτηρίων», Πάτρα 2015.