



**Τ.Ε.Ι. Κρήτης**  
Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος



**Μελέτη του φαινομένου της Αστικής Θερμικής  
Νησίδας (UHI) στην ημιαστική περιοχή της  
πόλης των Χανίων.**

**Ψωμάς Ανέστης**

*Επιβλέπουσα Καθηγήτρια  
Διονυσία Κολοκοτσά*

**Χανιά  
Σεπτέμβριος 2008**

## Περιεχόμενα.

Περιεχόμενα.....	1
1. Περίληψη.....	4
1. Abstract.....	4
2. Εισαγωγή.....	5
2.1. Το Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ).....	5
2.2. Πώς και γιατί δημιουργείται το Φαινόμενο της ΑΘΝ;.....	6
2.3.Επιδράσεις της ΑΘΝ στη ζωή και την ανθρώπινη υγεία.....	6
2.4. Τρόποι καταπολέμησης του Φαινομένου της ΑΘΝ.....	6
2.4.1. Μελέτες για τον προσδιορισμό του αντίκτυπου των χώρων πρασίνου στην ΑΘΝ.....	7
2.4.2. Μελέτες για τον προσδιορισμό της επίδρασης των ψυχρών υλικών στην ΑΘΝ.....	8
3. Θεωρητικό Μέρος – Ανασκόπηση του φαινομένου.....	11
3.1. Μελέτες στην Ζώνη της Μεσογείου.....	11
3.2. Μελέτες στην Ζώνη της Κεντρικής Ευρώπης και το Ηνωμένο Βασίλειο.....	13
3.3. Μελέτες στην Ζώνη της Βόρειας Ευρώπης.....	15
3.4. Γενικά Συμπεράσματα.....	16
4. Πειραματικό Μέρος.....	18
4.1. Παρουσίαση των οργάνων μέτρησης.....	18
4.1.1. Αναφορά των αυτόματων μετρητών (Data Loggers) και της βασικής τους λειτουργίας.....	18
4.1.2. Ρυθμίσεις και εφαρμογές.....	19
4.2. Επιλογή σημείων μέτρησης.....	21
4.3. Επιλογή της Περιόδου Μετρήσεων.....	23
4.4. Σύνολο δεδομένων και στόχοι της επεξεργασίας.....	23
4.4.1. Τρόπος εμφάνισης των μετρήσεων.....	24
4.4.2. Ο Δείκτης Δυσφορίας και η σχέση του με την Σχετική Υγρασία και την Θερμοκρασία του Υγρού Θερμομέτρου.....	25
4.5. Μετεωρολογικά δεδομένα.....	26
4.5.1. Μετρήσεις των Μετεωρολογικών Σταθμών του ΤΕΙ Κρήτης.....	26
4.5.2. Μετρήσεις του Μετεωρολογικού Σταθμού του Πολυτεχνείου Κρήτης.....	27
4.6. Μελέτη του φαινομένου στην πόλη των Χανίων.....	28
4.6.1. Προεπεξεργασία των δεδομένων.....	29
5. Επεξεργασία και πρώτα Αποτελέσματα.....	30
5.1. Τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων.....	30
5.2. Συσχέτιση του φαινομένου με τα καιρικά φαινόμενα.....	33
5.2.1. Επιπτώσεις των ανέμων στην δομή και ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας.....	34
5.2.2. Επιπτώσεις της Ηλιακής Ακτινοβολίας στην δομή και ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας.....	37
5.2.3. Επιπτώσεις της Ατμοσφαιρικής Πίεσης στην δομή και ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας.....	39
5.2.4. Επιπτώσεις της Θερμοκρασίας στην δομή και ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Εποχιακή συμπεριφορά.....	41
5.2.5. Επιπτώσεις των βροχοπτώσεων στην δομή και ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας.....	42
5.3. Θερμοκρασιακές Διαδρομές της Περιοχής Μελέτης.....	44
6. Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις.....	48
6.1. Σύνοψη των αποτελεσμάτων. Συμπεράσματα.....	48

6.2 Προτάσεις για Μελλοντικές Επεκτάσεις. ....	49
Παράρτημα - Ορολογία. ....	51
Βιβλιογραφία – Πηγές .....	52

## **1. Περίληψη.**

Σε αυτήν την πτυχιακή εργασία εισάγεται η έννοια της Αστικής Θερμικής Νησίδας για τον αρχάριο αναγνώστη και αναλύονται οι παράγοντες που προκαλούν και επηρεάζουν την δομή και την έντασή της. Παρουσιάζονται μελέτες που έχουν εκτελεστεί στην Ευρώπη με σκοπό την μείωση της Αστικής Θερμικής Νησίδας, ερευνώντας τον αντίκτυπο των χώρων πρασίνου και υλικών με μεγάλη αντανακλαστικότητα. Στην κατηγορία των υλικών αυτών έχουν αναπτυχθεί και υλικά νέας τεχνολογίας που καλούνται «ψυχρά υλικά». Επίσης, παρουσιάζεται μέρος των μελετών που έχουν εκτελεστεί στην Νότια, Μέση και Βόρεια Ευρώπη με σκοπό τον προσδιορισμό του εύρους της Αστικής Θερμικής Νησίδας και των κύριων παραγόντων που αυξάνουν τις θερμοκρασίες στα αστικά περιβάλλοντα.

Το κύριο θέμα της πτυχιακής αυτής είναι, μία μελέτη για τον προσδιορισμό του εύρους της Αστικής Θερμικής Νησίδας σε μία ημιαστική περιοχή, την πόλη των Χανίων, Ελλάδα. Παρουσιάζονται τα όργανα μέτρησης, το είδος των μετρήσεων και ο τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων. Σε αυτήν την μελέτη εξετάζεται και ο Δείκτης Δυσφορίας, ο οποίος αντιπροσωπεύει την θερμική άνεση του πληθυσμού στο ημιαστικό περιβάλλον. Κύριος στόχος της μελέτης είναι να προσδιοριστεί ο βαθμός της συσχέτισης των καιρικών συνθηκών με την συμπεριφορά της Αστικής Θερμικής Νησίδας, δηλαδή ποιοι μετεωρολογικοί παράγοντες την επηρεάζουν και με ποιον τρόπο.

## **1. Abstract.**

In this final work is imported the meaning of the Urban Heat Island (UHI) for the novice reader and analyzing the factors that cause and influence the structure and the intensity of the UHI. Studies that have been executed in Europe aiming at the reduction of the UHI are presented, identifying the impact of the green spaces and materials with high reflectivity. In this materials category have been developed new technology materials that are called “cool” materials. Part of studies that have been executed in the Southern, Middle and Northern Europe, aiming at the determination of the amplitude of the UHI and the main factors that increase the temperatures in the urban environment is also presented.

The main subject of this final work is a study for the determination of the amplitude of the UHI in a suburban region, the city of Chania, Hellas. The sensors, the type of measurements and the way of elaboration of the data are presented. In this study the Discomfort Index, that represents the thermic comfort of the population in the suburban environment, is examined. Main objective of this study is the determination of the degree of relation between the meteorological conditions and the behavior of the UHI, in other words which meteorological factors have influence and with what way.



## 2. Εισαγωγή.

Η αύξηση του πληθυσμού και οι τρέχουσες ανάγκες, έχουν οδηγήσει στην δημιουργία μεγάλων πόλεων και πολεοδομικών συστημάτων (όπως η Αθήνα, το Λονδίνο, κτλ). Σε ότι αφορά το περιβάλλον, ο αστικός ιστός εκπέμπει ρύπους και θερμότητα σε μεγάλες ποσότητες, μετατρέποντας έτσι τις περιοχές αυτές, αν το δούμε σε μεγάλη κλίμακα, σε σημειακές πηγές ρύπων και θερμότητας. Η σημειακή και έντονη εκπομπή θερμότητας προκαλεί αλλαγές στην ισορροπία της θερμότητας της περιοχής. Λόγω της πυκνής δόμησης των κτηρίων, η θερμότητα εμποδίζεται στο να εξαπλωθεί και εγκλωβίζεται μέσα στις πόλεις, προκαλώντας το θερμικό φαινόμενο, που ονομάζεται «Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας»<sup>1</sup>. Το Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας ευθύνεται για την αύξηση της θερμοκρασίας στις αστικές περιοχές στις οποίες εμφανίζεται.

Η Αστική Θερμική Νησίδα ασκεί πολύ σημαντική επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας των κτηρίων. Οι αυξανόμενες αστικές θερμοκρασίες αυξάνουν το ψυκτικό φορτίο των κτηρίων, αυξάνουν τη μέγιστη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη και μειώνουν την αποδοτικότητα των κλιματιστικών μηχανημάτων. Παράλληλα, οι υψηλές αστικές θερμοκρασίες μειώνουν αρκετά τη δυνατότητα ψύξης των τεχνικών φυσικού και νυχτερινού εξαερισμού και αυξάνουν τα επίπεδα ρύπανσης. Σημαντικές μελέτες για τον ενεργειακό αντίκτυπο της Αστικής Θερμικής Νησίδας, όπως και στον αντίκτυπό της στις τεχνικές παθητικής ψύξης και στα επίπεδα ρύπανσης, έχουν πραγματοποιηθεί πρόσφατα στην Ευρώπη.

Η μοντελοποίηση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας έχει προσελκύσει πολλούς μελετητές. Έχουν πρόσφατα αναπτυχθεί νέες αιτιοκρατικές και προσανατολισμένες προς τα στοιχεία τεχνικές. Ειδικότερα, μοντέλα βασισμένα στη χρήση των νευρικών δικτύων επιτρέπουν την πρόβλεψη του εύρους της Αστικής Θερμικής Νησίδας κατά ένα μέρος, σαν λειτουργία των κύριων κλιματολογικών συνθηκών.

Έχουν προταθεί διάφορες τεχνικές αντιμετώπισης, ώστε να μειωθεί ο αντίκτυπος της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Μεταξύ των πολλών τεχνικών είναι: η χρήση των χώρων πρασίνου και δροσερών λεκανών, καθώς και η εκτενής χρήση των ψυχρών υλικών. Χρησιμοποιώντας κατάλληλα υλικά σε αστική κλίμακα, μπορεί να μειωθεί σημαντικά η επιφανειακή θερμοκρασία και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα, να βελτιωθεί η θερμική άνεση και να μειωθεί το ψυκτικό φορτίο στα κτήρια. Εκτενής έρευνα περιγραμμένη από τον Akbari και λοιπούς (2005)[1], επέτρεψε την ανάπτυξη δροσερών υλικών, τα οποία παρουσιάζουν υψηλή ηλιακή ανακλαστικότητα συνδυασμένη με υψηλό συντελεστή ικανότητας ακτινοβολίας. Έχουν αναπτυχθεί πρόσφατα λευκά και έγχρωμα δροσερά υλικά και έχουν ελεγχθεί στην Βόρεια Ευρώπη και έχει αποδειχτεί ότι παρουσιάζουν εξαιρετικά ενδιαφέρουσες οπτικές και θερμικές αποδόσεις.

### 2.1. Το Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ).

Η Αστική Θερμική Νησίδα είναι ένα φυσικό ατμοσφαιρικό φαινόμενο, το οποίο προσβάλλει το αστικό και ημιαστικό περιβάλλον. Το αστικό περιβάλλον εκπέμπει ρύπους και θερμότητα σε μεγάλες ποσότητες, μετατρέποντας έτσι τις περιοχές αυτές, αν το δούμε σε μεγάλη κλίμακα, σε σημειακές πηγές ρύπων και θερμότητας. Η σημειακή και έντονη εκπομπή θερμότητας προκαλεί μεταβολές στην

<sup>1</sup> Παράρτημα – Ορολογία: (1) Αστική Θερμική Νησίδα.

θερμική ισορροπία της περιοχής. Λόγω της πυκνής δόμησης των κτηρίων η θερμότητα εγκλωβίζεται μέσα στις πόλεις προκαλώντας το θερμικό φαινόμενο, που ονομάζεται «Φαινόμενο Αστικής Θερμικής Νησίδας». Το Φαινόμενο της Θερμικής Νησίδας ευθύνεται για την αύξηση της θερμοκρασίας στις αστικές περιοχές.

## **2.2. Πώς και γιατί δημιουργείται το Φαινόμενο της ΑΘΝ;**

Η πυκνή δόμηση θεωρείται ένας από τους κύριους παράγοντες δημιουργίας του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Η κτιριακή μάζα λειτουργεί ως αποθήκη θερμότητας και οι όγκοι των κτηρίων εμποδίζουν τον άνεμο μειώνοντας την έντασή του. Τα κτήρια κατά την διάρκεια της ημέρας αποθηκεύουν θερμότητα κυρίως στις εξωτερικές τους επιφάνειες και τοίχους, αυξάνοντας την θερμοκρασία τους. Ο αέρας που έρχεται σε επαφή με τις επιφάνειες των κτηρίων αποκτά την θερμοκρασία τους, μεταφέροντας στην συνέχεια την θερμότητα αυτή και στις γειτονικές μάζες του αέρα αυξάνοντας την θερμοκρασία του. Κατά την διάρκεια της νύχτας, οι εξωτερικές επιφάνειες των κτηρίων εκπέμπουν την θερμότητά τους με την μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας, εμποδίζοντας τον αέρα να ψυχθεί αποτελεσματικά. Έτσι οι αστικές περιοχές αποκτούν υψηλότερες θερμοκρασίες από τις γειτονικές μη-αστικές περιοχές.

## **2.3.Επιδράσεις της ΑΘΝ στη ζωή και την ανθρώπινη υγεία.**

Το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας αυξάνει την θερμοκρασία σε αστικό επίπεδο. Στην νότια Ευρώπη, που οι θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες, η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί σε αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τον κλιματισμό των χώρων. Σε μικροκλιματικό επίπεδο προκαλούνται αλλαγές του αστικού κλίματος, όπως μεταβολή της υγρασίας, αλλαγή των τοπικών ανέμων, κτλ.

Προκαλούνται προβλήματα υγείας, κυρίως σε άτομα προχωρημένης ηλικίας. Το κύριο πρόβλημα που προκαλείται στον πληθυσμό είναι η δυσφορία. Δυσφορία είναι η δυσκολία στην αναπνοή. Προκαλείτε από τον συνδυασμό των υψηλών θερμοκρασιών και της υψηλής σχετικής υγρασίας (ζεστός και υγρός αέρας). Σε ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως ο καύσωνα, μπορεί να σημειωθούν και θάνατοι.

## **2.4. Τρόποι καταπολέμησης του Φαινομένου της ΑΘΝ.**

Το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας μπορεί να μειωθεί με διάφορους, δύσκολους στην εφαρμογή, τρόπους. Μπορούμε να μιμηθούμε την διαχείριση του χώρου των χωριών και άλλων μη αστικών οικισμών. Οι χώροι με πράσινο μειώνουν την θερμοκρασία με την δροσιά της βλάστησης. Τα χαμηλότερα και πιο αραιά μεταξύ τους κτήρια επιτρέπουν την άνετη κίνηση του ανέμου, με αποτέλεσμα τον καλύτερο φυσικό εξαερισμό της περιοχής.

Οι αστικές, όμως, περιοχές είναι ήδη χτισμένες και είναι αδύνατες τέτοιες ριζικές αλλαγές. Οι διάφοροι ειδικοί, έχουν καταφύγει στην λύση της τεχνολογίας ψάχνοντας τρόπους οι οποίοι θα μειώσουν το πρόβλημα, χωρίς όμως να απαιτούνται ριζικές αλλαγές, προσαρμόζοντας τις νέες τεχνολογίες με την υπάρχουσα κατάσταση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι κάποιες τεχνολογίες έχουν αναπτυχθεί και βρίσκονται στο στάδιο της δοκιμής, ενώ άλλες εφαρμόζονται ήδη. Χρησιμοποιούνται παραπετάσματα ή τέντες στα κτήρια, ώστε να μειωθεί η εκτεθειμένη στον ήλιο επιφάνεια, μειώνοντας έτσι την απορρόφηση θερμότητας από τα κτήρια.

Αρκετές μελέτες έχουν εκτελεστεί στην Ευρώπη με στόχο την ανάπτυξη τεχνολογιών ή άλλων μέσων, με τα οποία θα έχουν θετική επίδραση στο φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας, συμβάλλοντας στην μείωσή της. Από μελέτες, έχει αποδειχθεί ότι χώροι πρασίνου, όπως τα πάρκα, συμβάλλουν στην μείωση των θερμοκρασιών στις περιοχές όπου βρίσκονται. Η βλάστηση και η σκίαση των δέντρων αλληλεπιδρώντας με την ατμόσφαιρα, δροσίζουν αποτελεσματικά τον περιβάλλοντα χώρο, μειώνοντας όχι μόνο την θερμοκρασία αλλά και την δυσφορία που ενίοτε μπορεί να νιώθει ο πληθυσμός.

Στις νέες τεχνολογίες κατατάσσεται η χρήση νέων υλικών για την κατασκευή των κτηρίων, ώστε να έχουν υψηλή αντανακλαστικότητα και υψηλή ή χαμηλή εκπεμπτικότητα, με σκοπό να απορροφάτε μικρότερη ποσότητα θερμότητας από τις επιφάνειες του κτηρίου που είναι εκτεθειμένες στον ήλιο. Στα παλιά, όμως, κτήρια είναι δύσκολη, έως αδύνατη η αντικατάσταση των υλικών, με τα οποία κατασκευάστηκαν. Για αυτόν τον λόγο έχουν αναπτυχθεί υλικά, όπως χρώματα τα οποία καλούνται «Ψυχρά Υλικά».

#### **2.4.1. Μελέτες για τον προσδιορισμό του αντίκτυπου των χώρων πρασίνου στην ΑΘΝ.**

Η σημασία των χώρων με πράσινο στην μείωση της Αστικής Θερμικής Νησίδας έχει τονιστεί από πολλούς Ευρωπαίους ερευνητές. Τα δέντρα δημιουργούν μια ευνοϊκή θερμική ισοροπία για τους ανθρώπους και ενισχύει την υπαίθρια θερμική άνεση[2]. Ο Papadakis et al (2001)[3] έχουν εκτελέσει μετρήσεις για να ερευνήσουν τη δυνατότητα των δέντρων στο να ελέγχουν την ηλιακή ακτινοβολία σε κάθετη επιφάνεια στην Ελλάδα. Αναφέρεται ότι σχεδόν το 70 % με 85 % της προσπίπτουσας ακτινοβολίας παρεμποδίστηκε από τα δέντρα, ενώ η περιβαλλοντική θερμοκρασία πίσω από τη σκιασμένη περιοχή ήταν σχετικά χαμηλότερη από εκείνη χωρίς τα δέντρα.

Τα πάρκα μπορούν να μειώσουν τις αστικές θερμοκρασίες, και η μείωση της θερμοκρασίας εξαρτάται από το μέγεθος πάρκων και την απόσταση από το πάρκο. Ο Gomez και λοιποί, (1998)[4], έχουν συγκρίνει τις θερμοκρασίες χώρων πρασίνου και άλλων θέσεων στην πόλη της Βαλένθιας, Ισπανία. Ανέφεραν ότι στις περιοχές με πράσινο, ακόμη και σε καταστάσεις που δεν ήταν ευνοϊκές για τη διαμόρφωση της Αστικής Θερμικής Νησίδας, υπήρξε μια πτώση των 2.5°C όσον αφορά τη μέγιστη θερμοκρασία της πόλης. Σύμφωνα με την ίδια μελέτη τα αστικά πάρκα μειώνουν τις θερμοκρασίες του αέρα στις παρακείμενες γειτονιές. Εντούτοις, αυτή η επίδραση ήταν περιορισμένη σε μια σχετικά μικρή ζώνη, η οποία επεκτεινόταν μόνο 200-400m από τα όρια ενός μεγάλου πάρκου σε μια ήρεμη ημέρα.

Η θερμοκρασία γύρω από ένα πάρκο επηρεάζεται κυρίως από άλλες παραμέτρους εκτός από την παρουσία του πάρκου, όπως η πυκνότητα των κτηρίων, ο ρυθμός της ανθρωπογενούς θερμότητας, που απελευθερώνεται κυρίως με τα αυτοκίνητα, τη σκίαση των φαραγγιών, και τα λοιπά.

Όσον αφορά την μοντελοποίηση του θερμικού αντίκτυπου των χώρων πρασίνου στις πόλεις, οι Robitu και λοιποί,(2006)[5], έχουν αναπτύξει ένα αριθμητικό μοντέλο, το οποίο επιτρέπει την αξιολόγηση του αντίκτυπου των δέντρων και των λιμνών ύδατος στο αστικό θερμικό περιβάλλον και στην άνεση των πεζών.

Μια νέα καινοτομία είναι οι φυτεμένες στέγες. Οι φυτεμένες στέγες μπορούν να συμβάλουν ιδιαίτερα στον μετριασμό της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Παρουσιάζουν πολύ χαμηλότερες θερμοκρασίες από τις κοινές σκληρές επιφάνειες

και συμβάλουν στην μείωση της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας μέσω της μεταφοράς και της εξατμισοδιαπνοής. Έχει διεξαχθεί σημαντική έρευνα στην Ευρώπη για να ερευνηθεί τον αντίκτυπο των φυτεμένων στεγών στη θερμική απόδοση των κτηρίων καθώς και στο αστικό περιβάλλον. Οι Eumorfoulou και Aravantinos, (1998)[6], έχουν προσομοιώσει διάφορα στοιχεία φυτεμένων στεγών, με διαφορετικά ύψη φυτών και διαφορετικά συστήματα αποστράγγισης του νερού και έχουν εκτελέσει συγκρίσεις μεταξύ μιας γυμνής στέγης και μιας φυτεμένης στέγης. Συμπεράνθηκε ότι η φυτεμένη στέγη συμβάλλει ιδιαίτερα στη θερμική προστασία των κτηρίων. Αλλά δεν αντικαθιστά το στρώμα θερμικής μόνωσης. Οι Niachou et al, (2001)[7], αναφέρουν εκτενείς μετρήσεις μιας φυτεμένης στέγης στην Ελλάδα και συμπεράνανε ότι συμβάλλει για να μειώσει σημαντικά το ψυκτικό φορτίο των κτηρίων. Έχουν αναπτυχθεί επίσης, διάφορα προβλεπτικά μοντέλα για τις πράσινες στέγες. Ο Del Bario, (1998)[8], έχει προτείνει ένα απλουστευμένο μοντέλο και έχει εκτελέσει παραμετρικές αναλύσεις ευαισθησίας για να αξιολογήσει τη δυνατότητα ψύξης των πράσινων στεγών το καλοκαίρι. Διαπιστώνεται ότι οι πράσινες στέγες δεν ενεργούν ως ψυκτικές συσκευές αλλά ως μονωτικές, μειώνοντας την ροή της θερμότητας μέσω της στέγης. Ο Theodosiou, (2003)[9], έχει προτείνει ένα θερμικό μοντέλο για να προσομοιώσει τις φυτεμένες στέγες και έχει ελέγξει την αξιοπιστία του μοντέλου, χρησιμοποιώντας δεδομένα από μια πραγματική κατασκευή.

#### **2.4.2. Μελέτες για τον προσδιορισμό της επίδρασης των ψυχρών υλικών στην ΑΘΝ.**

Η Αστική Θερμική Νησίδα μπορεί να μειωθεί σημαντικά, μειώνοντας τα θερμικά κέρδη στο αστικό περιβάλλον, και ειδικότερα το ποσό της απορροφημένης ηλιακής ακτινοβολίας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την αύξηση της αντανακλαστικότητας των πόλεων χρησιμοποιώντας υλικά, για τα κτήρια και την αστική δόμηση, τα οποία παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία. Έχουν δημιουργηθεί τεχνητά υλικά που παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα στη μικρού κύματος ακτινοβολία και παράλληλα υψηλές τιμές ικανότητας ακτινοβολίας. Αυτά τα υλικά γνωστά ως «ψυχρά» υλικά, έχουν γίνει αντικείμενο σοβαρής έρευνας κατά τη διάρκεια της τελευταίας περιόδου.

Η Ευρωπαϊκή έρευνα στα ψυχρά και κατάλληλα υλικά για το αστικό περιβάλλον έχει πραγματοποιηθεί σε τέσσερις φάσεις:

**Φάση πρώτη:** Μελέτη των θερμικών και οπτικών χαρακτηριστικών και απόδοση των υλικών φυσικής ανάκλασης.

**Φάση δεύτερη:** Ανάπτυξη και δοκιμή λευκών υλικών που παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα στο ορατό φάσμα και υψηλές τιμές ικανότητας ακτινοβολίας.

**Φάση τρίτη:** Ανάπτυξη και δοκιμή των λευκών υλικών που παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα στο ορατό φάσμα και χαμηλές τιμές ικανότητας ακτινοβολίας.

**Φάση τέταρτη:** Ανάπτυξη και δοκιμή χρωματισμένων υλικών που παρουσιάζουν υψηλή ανακλαστικότητα στο κοντινό υπέρυθρο ηλιακό φάσμα.

Οι Doulos et al, (2004)[10], έχει εκτελέσει μια συγκριτική μελέτη με στόχο να ερευνηθεί την καταλληλότητα υλικών που χρησιμοποιούνται στους υπαίθριους αστικούς χώρους. Χρησιμοποιήθηκε πλήθος δειγμάτων σε μορφή κεραμιδιού, τα οποία διέφεραν στο υλικό, το χρώμα και την υφή της επιφάνειάς τους. Όπως

αναμενόταν, οι ελάχιστες τιμές των μέσων ημερήσιων και των απόλυτων μέγιστων θερμοκρασιών επιφάνειας παρατηρήθηκαν για το χρωματισμένα άσπρο υλικό κεραμίδι, ενώ οι μέγιστες τιμές μετρήθηκαν για τα σκοτεινά χρωματισμένα κεραμίδια. Οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες επιφάνειας κυμάνθηκαν μεταξύ των 29.7°C, για το άσπρο μαρμάρινο κεραμίδι, και των 46.7°C για το κεραμίδι ασφάλτου. Οι απόλυτες μέγιστες θερμοκρασίες κυμάνθηκαν μεταξύ των 33.4°C και των 54°C για τα ίδια υλικά αντίστοιχα.

Συμπεράνθηκε ότι τα περισσότερα από τα μελετημένα υλικά παρουσίασαν υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες επιφάνειας από τη μέση περιβαλλοντική θερμοκρασία. Μόνο τα άσπρα χρωματισμένα κεραμίδια φτιαγμένα από μάρμαρο ήταν πιο ψυχρά από τον περιβαλλοντικό αέρα. Συμπεράνθηκε επίσης, ότι για τα υλικά με μαύρες χρωματισμένες επιφάνειες οι χαμηλότερες θερμοκρασίες μετρήθηκαν για εκείνα φτιαγμένα από μωσαϊκό, τσιμέντο και μάρμαρο. Για τα υλικά με άσπρες χρωματισμένες επιφάνειες οι χαμηλότερες θερμοκρασίες μετρήθηκαν σε εκείνα φτιαγμένα από μωσαϊκό, τσιμέντο, γρανίτη, χαλίκι και μάρμαρο. Για τα υλικά με γκριζές χρωματισμένες επιφάνειες όλα τους εκτός από εκείνα φτιαγμένα από χαλίκι και πέτρα επίστρωσης παρουσίασαν χαμηλές θερμοκρασίες. Για τα υλικά με πράσινες χρωματισμένες επιφάνειες οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκε σε εκείνα φτιαγμένα από μωσαϊκό και γρανίτη. Τέλος, για τα υλικά με καφέ χρωματισμένες επιφάνειες οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκε σε εκείνα φτιαγμένα από μωσαϊκό και πέτρα.

Οι Synnefa et al, (2005)[11], έχουν εκτελέσει μια συγκριτική μελέτη 14 τύπων από άσπρα αντανακλαστικά επιστρώματα, με στόχο να ερευνήσουν την θερμική επίδραση των άσπρων αντανακλαστικών επιστρωμάτων στη μείωση των θερμοκρασιών επιφάνειας των κτηρίων και άλλων επιφανειών στο αστικό περιβάλλον, και έτσι να εξετάσει την καταλληλότητά τους για την μείωση των περιβαλλοντικών. Όλα τα υλικά έχουν εξεταστεί κατά την διάρκεια του Αύγουστου μέχρι τον Οκτώβριο του 2004, σε 24ωρη βάση. Μετρήθηκαν τα θερμικά καθώς και τα οπτικά χαρακτηριστικά όλων των υλικών.

Όλα τα υλικά εκτέθηκαν στην ηλιακή ακτινοβολία. Οι θερμοκρασίες επιφάνειας, η ικανότητα ακτινοβολίας και φασματική ανάκλαση μετρήθηκαν από κάθε υλικό. Οι ελάχιστες τιμές από το μέσο όρο και από τη μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία επιφάνειας παρατηρήθηκαν για τα άσπρα επιστρώματα, ενώ οι μέγιστες αντίστοιχες τιμές παρατηρήθηκαν για τα χρωματισμένα ασημένια επιστρώματα.

Μετρήσεις των οπτικών χαρακτηριστικών έχουν δείξει ότι η φασματική ανάκλαση από τα ασημένια χρώματα, που περιέχουν τις χρωστικές ουσίες αργιλίου, αυξάνεται με το αυξανόμενο μήκος κύματος και ξαφνικά μειώνεται περίπου στα 800nm. Τα άσπρα επιστρώματα με τον υψηλότερο συντελεστή ανάκλασης εμφανίζονται να μένουν πιο δροσερά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Μεταξύ των άσπρων επιστρωμάτων η χειρότερη θερμική απόδοση παρατηρήθηκε για τα επιστρώματα των οποίων η καμπύλη συντελεστή ανάκλασης μένει κάτω 80%. Οι καμπύλες φασματικής ανάκλασης από τα ασημένια χρωματισμένα επιστρώματα είναι χαμηλότερες από τα άσπρα χρωματισμένα επιστρώματα.

Οι μετρήσεις έχουν δείξει ότι κατά τη διάρκεια της ημέρας η θερμική απόδοση των δειγμάτων επηρεάζεται κυρίως από τον ηλιακό συντελεστή ανάκλασης της επιφάνειάς τους, ενώ η ικανότητα ακτινοβολίας ασκεί χαμηλότερη επίδραση έναντι του συντελεστή ανάκλασης. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, η ικανότητα ακτινοβολίας γίνεται ο κυρίαρχος παράγοντας επιρροής της θερμικής απόδοσης των

κεραμιδιών. Η ανάλυση αποκάλυψε ότι άσπρα επιστρώματα παρουσιάζουν χαμηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας σε σύγκριση με τα ασημένια επιστρώματα. Αν και όλοι οι μελετημένοι τύποι επιστρωμάτων χαρακτηρίζονται από έναν αρκετά υψηλό ηλιακό συντελεστή ανάκλασης, τα επιστρώματα αργιλίου παραμένουν θερμότερα κατά τη διάρκεια της νύχτας λόγω της χαμηλότερης ικανότητας ακτινοβολίας τους στο υπέρυθρο.

Οι Synnefa et al, (2006, 2006b)[12][13], έχει εκθέσει μετρήσεις από τις ηλιακές φασματικές ιδιότητες, όπως και της θερμικής απόδοσης, 10 πρωτότυπων ψυχρών χρωματισμένων επιστρωμάτων, αναπτυγμένων στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο της Αθήνας. Τα επιστρώματα έχουν αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας χρωστικές ουσίες με αντανακλαστικότητα στο κοντινό υπέρυθρο. Χρησιμοποιήθηκαν ειδικές χρωστικές ουσίες που αντανακλούν στο υπέρυθρο, προκειμένου να αναπτυχθούν τα ψυχρά χρωματισμένα επιστρώματα. Αυτές οι σύνθετες ανόργανες χρωστικές ουσίες παρουσιάζουν υψηλό συντελεστή ανάκλασης στο κοντινό υπέρυθρο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Συνολικά, 10 πρωτότυπα ψυχρά χρωματισμένα επιστρώματα εξετάστηκαν σε σύγκριση με παρόμοια συμβατικά χρωματισμένα επιστρώματα. Ειδικότερα, ένα πορτοκάλι, ένα ανοικτό μπλε, ένα μπλε, ένα πράσινο, δύο μαύρα, ένα ανθρακί, ένα καφέ, ένα σοκολατί και ένα ανοικτό καφέ επιστρώματα έχουν αναπτυχθεί και ελεγχθεί.

Η θερμοκρασία επιφάνειας των δοκιμασμένων επιστρωμάτων, εφαρμοσμένη σε τσιμεντένια κεραμίδια ελέγχθηκε, χρησιμοποιώντας αισθητήρες θερμοκρασίας επιφάνειας και ένα σύστημα αναγραφών στοιχείων, σε 24ωρη βάση από τον Αύγουστο μέχρι τον Δεκέμβριο του 2005, σε μια προσπάθεια να ερευνηθεί η δυνατότητα των ψυχρών χρωματισμένων επιστρωμάτων στο να διατηρήσουν χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας από συμβατικά χρωματισμένα αντίστοιχου χρώματος επιστρώματα.

Βρέθηκε ότι για τον πρώτο και δεύτερο μήνα της πειραματικής περιόδου, οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες επιφάνειας κυμάνθηκαν μεταξύ των 36.4°C και των 31.6°C (για το ψυχρό πορτοκάλι) και 49.4°C και 40.9°C (για το τυπικό μαύρο (2)), αντίστοιχα. Τα επιστρώματα με τις υψηλότερες τιμές ηλιακού συντελεστή ανάκλασης επιδείξαν τις χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, όλα τα ψυχρά χρωματισμένα επιστρώματα επιδείξαν χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας από τα αντίστοιχα κοινά χρωματισμένα επιστρώματα. Η υψηλότερη διαφορά θερμοκρασίας παρατηρήθηκε μεταξύ του ψυχρού και κοινού μαύρου (2) και ήταν ίση με 10,2°C. Η χαμηλότερη διαφορά θερμοκρασίας παρατηρήθηκε μεταξύ ψυχρού και κοινού πράσινου (2) και ήταν ίση με 1,6°C.

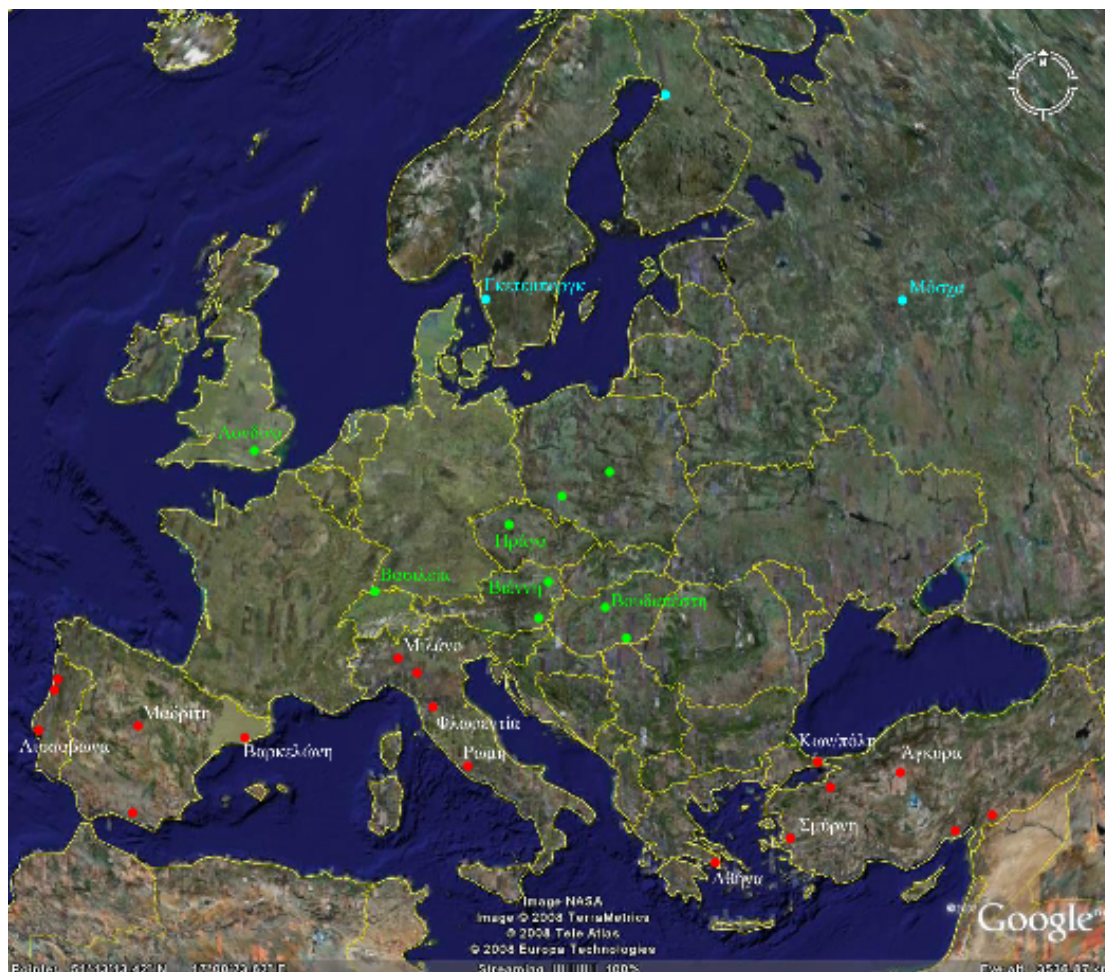
Κατά τη διάρκεια της νύχτας όταν δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία επιφάνειας των δειγμάτων είναι σχεδόν σταθερή και οφείλεται στο γεγονός ότι όλα τα επιστρώματα έχουν μια ικανότητα ακτινοβολίας περίπου 0,88. Εντούτοις, τα δροσερά χρωματισμένα επιστρώματα παραμένουν πιο δροσερά από τα αντίστοιχα κοινά χρωματισμένα επιστρώματα, πιθανώς επειδή έχουν απορροφήσει μικρότερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των ψυχρών και κοινών επιστρωμάτων μειώνεται από τον Αύγουστο μέχρι τον Δεκέμβριο, καθώς η μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία μειώνεται επίσης, και ο αντίκτυπος από τις χρωστικές ουσίες που αντανακλούν στο υπέρυθρο γίνεται λιγότερο εμφανής.



### 3. Θεωρητικό Μέρος – Ανασκόπηση του φαινομένου.

Στόχος του κεφαλαίου είναι να γίνει μια ανασκόπηση κάποιων μελετών που έχουν διεξαχθεί σε πόλεις της Ευρώπης. Οι πόλεις έχουν χωριστεί σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το κλίμα που επικρατεί σε αυτές καθώς και το Γεωγραφικό τους Πλάτος. Οι τρεις κατηγορίες είναι η Ζώνη της Μεσογείου, η Ζώνη της Κεντρικής Ευρώπης και το Ηνωμένο Βασίλειο και, τέλος, η Ζώνη της Βόρειας Ευρώπης. Παρακάτω, παρατίθεται ένας χάρτης της Ευρώπης με σημειωμένες τις πόλεις, όπου διεξαχθήκανε οι μελέτες οι οποίες αναφέρονται παρακάτω.



Εικόνα 3.01: Οι πόλεις που αναφέρονται παρακάτω. Οι κόκκινες κουκκίδες ανήκουν στην Ζώνη της Μεσογείου, οι πράσινες στην Ζώνη της Κεντρικής Ευρώπης και Ηνωμένο Βασίλειο και οι γαλάζιες στην Ζώνη της Βόρειας Ευρώπης.

Έχουν διεξαχθεί πλήθος μελετών ανά την Ευρώπη. Οι περισσότερες από τις μελέτες είναι εστιασμένες γύρω από την κύρια γενίκευση που προσφέρεται από τον Oke, (1982), και πρόσφατα συνοψίστηκε από τον Arnfield, (2003) που αναφέρεται ο αντίκτυπος του ανέμου, της νεφοκάλυψης και των κυκλωνικών και αντικυκλωνικών συνθηκών στην ένταση της Θερμικής Νησίδας. Επίσης, το χρονικό διάστημα που η Θερμική Νησίδα παρουσιάζεται, και την εποχή που η Θερμική Νησίδα παίρνει το μέγιστό της, συζητήθηκε σε πολλές μελέτες.

#### 3.1. Μελέτες στην Ζώνη της Μεσογείου.

Μελέτη που διενεργήθηκε στην Λισσαβόνα της Πορτογαλίας από τον Alcoforado (1992) [14], χρησιμοποιώντας κινητούς σταθμούς σε τουλάχιστον 20



περιοχές της πόλης, έδειξε ότι κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών και χειμερινών νυχτών, εμφανίστηκε Θερμική Νησίδα με μία μέση ένταση των  $2,5^{\circ}\text{C}$ . Περαιτέρω μελέτη, εκτελεσμένη από τους Alcoforado και H. Andrade (2006) [15] και βασισμένη σε 69 περιοχές μέτρησης της θερμοκρασίας του αέρα, έδειξε ότι η μέγιστη ένταση της Θερμικής Νησίδας είναι  $3,5^{\circ}\text{C}$ . Οι Θερμικές Νησίδες είναι ανεπτυγμένες στις πιο πυκνά οικοδομημένες περιοχές της πόλης.

Σε άλλη μελέτη, η οποία εκτελέστηκε στο Aveiro της Πορτογαλίας (2000) [16], πάρθηκαν μετρήσεις κατά την διάρκεια 48 νυχτών το καλοκαίρι, το φθινόπωρο και το χειμώνα του 1996. Βρέθηκε ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας μπορεί να φτάσει τους  $7,5^{\circ}\text{C}$ . Βρέθηκε, επίσης, ότι οι αντικυκλωνικές συνθήκες με καθαρό ουρανό και ήρεμο καιρό αυξάνουν, ενώ οι κυκλωνικές συνθήκες μειώνουν την ένταση της Θερμικής Νησίδας.

Επίσης, στο Oporto της Πορτογαλίας ο Balkestahl και λοιποί [17], εκτέλεσαν μετρήσεις της περιβάλλουσας θερμοκρασίας, χρησιμοποιώντας έναν κινητό σταθμό (2006). Βρέθηκε ότι η Θερμική Νησίδα έπαιρνε το μέγιστο της έντασής της κατά χρονικές περιόδους με ανέμους χαμηλής έντασης. Η τιμή της έντασης της Θερμικής Νησίδας τότε ήταν  $7,3^{\circ}\text{C}$ .

Στη Μαδρίτη της Ισπανίας και για την περίοδο 1965-1987, αναλύθηκαν σειρές θερμοκρασίας - χρόνου από τρεις αγροτικούς και έναν αστικό σταθμό [18]. Βρέθηκε ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας παρουσιάζει ένα ελάχιστο την άνοιξη και ένα μέγιστο το καλοκαίρι. Η ανάλυση εκτελέστηκε εκτιμώντας τις ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες. Βρέθηκε, επίσης, ότι οι υψηλότερες τιμές στην ένταση της Θερμικής Νησίδας αντιστοιχούσαν σε αντικυκλωνικές συνθήκες κατά την διάρκεια της ψυχρής περιόδου, ενώ για κυκλωνικές συνθήκες είχε μικρότερη συσχέτιση.

Στην Ρώμη της Ιταλίας, η Θερμική Νησίδα μελετήθηκε αρχικά από τους Colacino και Lavagnini (1982) [19], χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο δέκα αστικών και αγροτικών σταθμών. Συγκρίνοντας τις μετρήσεις θερμοκρασίας ανάμεσα στους αστικούς και αγροτικούς σταθμούς, για την περίοδο μεταξύ των ετών 1964-1975, ανέφεραν ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια του χειμώνα ήταν κοντά στους  $2,5^{\circ}\text{C}$ , ενώ κατά την διάρκεια του καλοκαιριού ήταν κοντά στους  $4,3^{\circ}\text{C}$ . Η ανάλυση αυτών των αποτελεσμάτων βασίστηκε στις ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες. Επίσης, μια μελέτη εξομοίωσης εκτελέστηκε από τους Bonacquisti και λοιπούς (2005) [20]. Η μελέτη αυτή έδειξε ότι η Θερμική Νησίδα είναι νυχτερινό φαινόμενο, το οποίο παρουσιάζεται και τον χειμώνα, όπου έχει σαν μέγιστη διαφορά μεταξύ αστικών και αγροτικών θερμοκρασιών περίπου στους  $2^{\circ}\text{C}$ . Το καλοκαίρι η εν λόγω διαφορά ήταν περίπου στους  $5^{\circ}\text{C}$ .

Στην πόλη της Πάρμα στην Ιταλία, ο Zanella (1976) [21] εκτέλεσε μετρήσεις για την Θερμική Νησίδα. Συγκρίνοντας αστικά και αγροτικά δεδομένα για την περίοδο 1959-1973. Η μέση ένταση της Θερμικής Νησίδας βρέθηκε περίπου στους  $1,4^{\circ}\text{C}$ . Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των αστικών και αγροτικών θερμοκρασιών είναι εποχική και βρέθηκε ότι παρουσιάζει ένα μέγιστο κατά την διάρκεια της Άνοιξης και του καλοκαιριού.

Στο Μιλάνο της Ιταλίας οι Bacci και Maugeri (1992) [22] εκτέλεσαν μετρήσεις για την Θερμική Νησίδα. Βρέθηκε ότι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του κέντρου της πόλης και του αεροδρομίου Linate, ήταν κοντά στους  $1,4^{\circ}\text{C}$  με έναν ρυθμό θέρμανσης  $0,13^{\circ}\text{C}$  ανά δεκαετία.

Στην Φλωρεντία της Ιταλίας εκτελέστηκαν μετρήσεις της περιβάλλουσας θερμοκρασίας από τον Petralli και λοιπούς (2006) [23], χρησιμοποιώντας σταθμούς επιφανειακής θερμοκρασίας. Η ένταση της Θερμικής Νησίδας βρέθηκε κοντά στους 3°C. Κατά την διάρκεια των ήρεμων και καθαρών ημερών παρουσιάστηκαν τα μέγιστα της Θερμικής Νησίδας.

Στην Βαρκελώνη της Ισπανίας εκτελέστηκαν μετρήσεις για την Θερμική Νησίδα από τον Moreno Garcia (1994) [24] και βρέθηκε ότι η έντασή της ήταν κοντά στους 8°C.

Στην Γρανάδα της Ισπανίας εξετάστηκε η ένταση της Θερμικής Νησίδας από τον Montavez και λοιπούς (2000) [25], χρησιμοποιώντας σταθερούς και κινητούς σταθμούς. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας είναι πιο έντονη κατά την διάρκεια του χειμώνα και ότι η μέγιστη διαφορά εμφανίζεται νωρίς το πρωί, όταν η θερμοκρασία είναι στο ημερήσιο ελάχιστό της. Η μετρούμενη ένταση της Θερμικής Νησίδας βρέθηκε κοντά στους 5°C.

Στην Τουρκία, οι Tayanc και Toros (1997) [26] μελέτησαν την Θερμική Νησίδα σε τέσσερις κύριες πόλεις την Σμύρνη, την Adana, την Bursa και την Gaziantep. Χρησιμοποίησαν έναν αστικό και έναν αγροτικό σταθμό για κάθε πόλη, και συγκρίνοντας τα δεδομένα τους, τα οποία κάλυπταν την περίοδο 1951 – 1990. Η ένταση της Θερμικής Νησίδας βρέθηκε να κυμαίνεται ανάμεσα στους 6,5°C με 9°C για τις τέσσερις πόλεις.

Στην Κωνσταντινούπολη και την Άγκυρα της Τουρκίας μελετήθηκε η Θερμική Νησίδα και ο αντίκτυπος της αστικοποίησης σε αυτήν. Ο Karaca και λοιποί (1995) [27] χρησιμοποίησαν τις ελάχιστες θερμοκρασιακές διαφορές επτά αστικών και αγροτικών σταθμών. Στην Κωνσταντινούπολη, τα αποτελέσματα δείχνουν μια τάση της κλιματικής αλλαγής προς ισχυρότερη ένταση της Θερμικής Νησίδας. Το φαινόμενο της αστικοποίησης στην Κωνσταντινούπολη είναι κυρίως νυχτερινό φαινόμενο. Η αύξηση της μέγιστης έντασης της Θερμικής Νησίδας είναι κοντά στους 0,0297°C το χρόνο. Η διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στους αστικούς και αγροτικούς σταθμούς ήταν κοντά στους 2°C. Στην Άγκυρα, η ανάλυση των αστικών θερμοκρασιών δεν έδειξε κάποια τάση θέρμανσης.

Ο Santamouris (2001) [28], ανέφερε μετρήσεις Θερμικής Νησίδας στην κεντρική περιοχή της Αθήνας στην Ελλάδα. Χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν 30 σταθμοί επιφανειακής θερμοκρασίας και εκτελέστηκαν μετρήσεις σε ωριαία βάση για πολλά χρόνια. Αναφέρθηκε ότι η μέγιστη ένταση της Θερμικής Νησίδας στην πιο κεντρική περιοχή ήταν κοντά στους 16°C, μια μέση τιμή για την κεντρικότερη περιοχή της Αθήνας ήταν κοντά στους 12°C. Επίσης, οι απόλυτα μέγιστες τιμές θερμοκρασίες στην κεντρική περιοχή ήταν κοντά στους 15°C υψηλότερες από τις προαστιακές περιοχές, ενώ η απόλυτες ελάχιστες θερμοκρασίες ήταν 3°C υψηλότερες στο κέντρο. Βρέθηκε, επίσης, ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας στο κεντρικό πάρκο της Αθήνας ήταν κοντά στους 6,1°C, ενώ η ένταση της Θερμικής Νησίδας των κοντινών σταθμών ήταν κοντά στους 10°C.

### **3.2. Μελέτες στην Ζώνη της Κεντρικής Ευρώπης και το Ηνωμένο Βασίλειο.**

Στην Βουδαπέστη της Ουγγαρίας, ο Tumanov και λοιποί (1999) [29] εκτέλεσαν μετρήσεις χρησιμοποιώντας τρεις σταθμούς σε αντιπροσωπευτικά σημεία. Οι μετρήσεις εκτελέστηκαν κατά το διάστημα Μαΐου – Δεκεμβρίου 1994. Βρέθηκε

ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας ήταν περίπου  $3,5^{\circ}\text{C}$  και αυξανόταν δραστικά αμέσως μετά το ηλιοβασίλεμα, παραμένοντας υψηλή καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας, ενώ ήταν ελάχιστη κατά την διάρκεια της ημέρας. Βρέθηκε ότι υπάρχει ισχυρή εξάρτηση μεταξύ της έντασης της Θερμικής Νησίδας και των μοτίβων του καιρού. Η υψηλότερη διαφορά μεταξύ των αστικών και αγροτικών θερμοκρασιών εμφανίστηκε σε αντικυκλωνικές συνθήκες, ενώ η χαμηλότερη ήταν σε μετωπικές συνθήκες.

Στην πόλη Szeged της Ουγγαρίας, ο Unger το 1996 [30] και οι Bottyan και Unger το 2003 [31], εξέτασαν την επιρροή αστικών και μετεωρολογικών παραγόντων στην ένταση της Θερμικής Νησίδας. Χρησιμοποιήθηκαν φορητοί και σταθεροί σταθμοί μετρήσεων κάτω από διαφορετικές καιρικές συνθήκες στα διαστήματα μεταξύ Μαρτίου και Φεβρουαρίου 2000 και μεταξύ Απριλίου και Οκτωβρίου 2002. Συγκρίνοντας με βάση τις ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες, βρέθηκε ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας ήταν κοντά στους  $2,1^{\circ}\text{C}$  κατά την διάρκεια της θερμής περιόδου, και  $3,1^{\circ}\text{C}$  κατά την διάρκεια της ψυχρής περιόδου. Ο Unger το 1996 [30] αναφέρει ότι η ένταση του φαινομένου αυξάνεται στην περίπτωση αντικυκλωνικών συνθηκών. Αντίθετα, οι Unger και Bottyan το 2003 [31] αναφέρουν ότι οι μετεωρολογικές συνθήκες δεν έχουν σημαντική επίδραση όταν η Θερμική Νησίδα παίρνει το μέγιστο της έντασής της.

Στο Wroclau της Πολωνίας, ο Szymanowski το 2005 [32] μελέτησε την μεταβλητότητα της θερμοκρασίας του αέρα κατά την διάρκεια της θερμικής μετατόπισης και της αλληλεπίδρασής της με το φαινόμενο της Θερμικής Νησίδας. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από έξι αστικούς και αγροτικούς σταθμούς για την περίοδο 1997-2000. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν και κινητοί σταθμοί. Βρέθηκε ότι οι θερμοκρασιακές διαφορές κατά την διάρκεια περιόδων μετατόπισης είναι μικρής διάρκειας, μόνο μερικές ώρες, αλλά μερικές φορές είναι μεγάλης έντασης περίπου στους  $5-6^{\circ}\text{C}$  ακόμα και  $9^{\circ}\text{C}$ . Βρέθηκε, επίσης, ότι η θερμική επιρροή των μετατοπίσεων είναι συχνά μεγαλύτερη από αυτή που οφείλεται σε αστικούς παράγοντες! Η ένταση της Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια της ημέρας ήταν ανάμεσα στους  $5-6^{\circ}\text{C}$ , ενώ κατά την διάρκεια της νύχτας  $8-9^{\circ}\text{C}$ .

Οι Klysik και Fortuniak (1999) [33], έχουν αναλύσει σειρές συγχρονισμένων μετεωρολογικών μετρήσεων για μία περίοδο τριών χρόνων για την πόλη του Lodz της Πολωνίας. Χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις από έναν αστικό και έναν αγροτικό σταθμό. Βρέθηκε ότι σε ειδικές περιπτώσεις η ένταση της Θερμικής Νησίδας μπορεί να φτάσει περισσότερο από τους  $10^{\circ}\text{C}$ , και μερικές φορές μπορεί να είναι κοντά στους  $12^{\circ}\text{C}$ . Παρατηρήθηκαν δύο τύποι Θερμικής Νησίδας: πολυκυψελοειδής με καιρό χωρίς ανέμους και χωρίς σύννεφα και γενικά απλός, με άνεμο εντάσεως 2 - 4 m/s. Μεγαλύτερη ταχύτητα ανέμου αποκλείει το πλεόνασμα της αστικής θερμότητας και δεν παρουσιάζεται η Θερμική Νησίδα. Οι μεγαλύτερες διαφορές θερμοκρασίας εμφανίζονται κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών νυκτών όταν ο ουρανός είναι καθαρός.

Οι Beranova και Huth (2005) [34], έχουν μελετήσει τις μακροπρόθεσμες τάσεις της σχετικής έντασης του φαινομένου της Θερμικής Νησίδας στην Πράγα, για την περίοδο 1961-1990. Οι συγκρίσεις βασίστηκαν στις ημερήσιες ελάχιστες θερμοκρασίες σε έναν αστικό σταθμό τοποθετημένο στο κέντρο της πόλης και τρεις αγροτικούς σταθμούς. Αναφέρθηκε ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας αυξάνει σε όλες τις εποχές, καθώς και ετησίως. Η αύξηση βρέθηκε να είναι σημαντική σε όλες τις εποχές εκτός του χειμώνα, όπου η τάση είναι η μικρότερη. Η ετήσια τάση είναι

1,2°C ανά 100 χρόνια, ενώ η αντίστοιχη ετήσια τάση για το καλοκαίρι είναι κοντά στους 1,5°C ανά 100 χρόνια.

Οι Cristen και Vogtt (2004) [35], έχουν παρουσιάσει αποτελέσματα από ένα πειραματικό δίκτυο έξι ενεργειακά ισορροπημένων σταθμών μέσα και γύρο από την Βασιλεία της Ελβετίας, κατά την διάρκεια του 2001-2002. Η ένταση της νυχτερινής Θερμικής Νησίδας μετρήθηκε κοντά στους 3°C και παρατηρήθηκε ακριβώς μετά το ηλιοβασίλεμα, με συνεχόμενα μειούμενες τιμές κατά την διάρκεια της νύχτας.

Ο Bohm, R. (1998) [36], αναφέρει μια ανάλυση έξι αστικών και τριών αγροτικών σταθμών στην Βιέννη της Αυστρίας. Βρέθηκε ότι οι αυξημένες αστικές θερμοκρασίες ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή: από 0,2°C στις προαστιακές περιοχές μέχρι τους 1,6°C στις πυκνά οικοδομημένες περιοχές. Επίσης, αναφέρθηκε ότι η Θερμική Νησίδα στην Βιέννη είναι πιο πολύ επηρεασμένη από τα τοπικά περίχωρα της περιοχής, παρά από την πόλη ως σύνολο

Οι Lazar, R. και Podesser, A. (1999) [37], ανέφεραν τα αποτελέσματα μιας εκτενούς αστικής κλιματικής ανάλυσης στο Gratz της Αυστρίας, που ολοκληρώθηκε το 1995. Αναφέρθηκε ότι η μεταβλητότητα των θερμικών διαφορών στις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες της Θερμικής Νησίδας βρέθηκε κοντά στους 2,2°C, μεταξύ του κέντρου της πόλης και των προαστιακών περιοχών. Με μέσο όρο το ελάχιστο κάθε μέρας, ως βάση για τον προσδιορισμό της δομής της Θερμικής Νησίδας, η διαφορά μεταξύ του κέντρου της πόλης και των προαστιακών περιοχών ήταν ακόμα και 4,3°C τον Ιανουάριο. Αναφέρετε, επίσης, ότι οι διαφορές είναι κυρίως το αποτέλεσμα συνθηκών σε περίοδο χιονοσκεπούς εδάφους και την ανθρωπογενή εισαγωγή θερμότητας στο κέντρο της πόλης. Το καλοκαίρι υπάρχουν μικρές διαφορές περίπου των 2°C, κυρίως ως αποτέλεσμα της απουσίας νεφών στον νυχτερινό ουρανό μετά από βροχοπτώσεις και καταιγίδες.

Ο Watkins και λοιποί (2002) [38], ανέφεραν τα αποτελέσματα μετρήσεων θερμοκρασίας που εκτελέστηκαν στο Λονδίνο του Ηνωμένου Βασιλείου, το καλοκαίρι του 1999, και την ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η ένταση της Θερμικής Νησίδας του Λονδίνου, αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας ένα ακτινωτό πλέγμα 68 σταθμών, οι οποίοι κατέγραφαν ταυτόχρονα ωριαίες θερμοκρασίες του αέρα. Το φαινόμενο της Θερμικής Νησίδας βρέθηκε να είναι κυρίως νυχτερινό φαινόμενο και η έντασή του σε κάποιες περιπτώσεις έφτανε τους 7°C. Βρέθηκε ότι το θερμικό κέντρο είναι στο κέντρο της πόλης του Λονδίνου, το οποίο χαρακτηρίζεται από ψηλά κτήρια και υψηλές ανθρωπογενείς εκπομπές θερμότητας.

### **3.3. Μελέτες στην Ζώνη της Βόρειας Ευρώπης.**

Η Shahoedanova και λοιποί (1997) [39], έχουν μελετήσει την Θερμική Νησίδα στην Μόσχα για το 1990. Αναφέρουν μια ανάλυση για τις θερμοκρασίες του αέρα για έναν αριθμό τοποθεσιών που εκπροσωπούν διαφορετικούς τύπους χρήσης γης. Βρέθηκε ότι οι διαφορές μεταξύ αστικών και αγροτικών θερμοκρασιών κυμαίνονται κυρίως μεταξύ του 1°C με 3°C, με απόλυτο μέγιστο κοντά στους 9,8°C. Τα μέγιστα μετρήθηκαν την νύχτα. Οι υψηλότερες εντάσεις της Θερμικής Νησίδας παρατηρήθηκαν μεταξύ Μαΐου και Αυγούστου.

Οι Eliason και Holmer (1990) [40], μελέτησαν την κυκλοφορία της Θερμικής Νησίδας στο Getemborg της Σουηδίας. Βρέθηκε ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια της νύχτας είναι τουλάχιστον 2,5°C. Σε μία περαιτέρω μελέτη, ο Eliasson (1996) [41], χρησιμοποιώντας σταθερούς και κινητούς σταθμούς, έχει ερευνήσει για το 1989 – 1991, το κλίμα στην πόλη του Geteborg, για μια περίοδο

τριών χρόνων. Αναλύθηκε η διανομή των νυχτερινών διαφορών θερμοκρασίας σε σχέση με την γεωμετρία των δρόμων και την χρήση της γης. Φάνηκε ότι οι διαφορές στην θερμοκρασία του αέρα την νύχτα είναι μικρές μέσα στην κεντρική πόλη του Getemborg, ενώ η διαφορά της υψηλότερης μέσης θερμοκρασίας του αέρα ανάμεσα στα «φαράγγια» και στην ανοιχτή περιοχή είναι μικρότερη από 3°C. Παράλληλα, βρέθηκε ότι η μέση διαφορά μεταξύ αστικής και αγροτικής θερμοκρασίας αέρα είναι μεταξύ 3,5 – 6°C.

Η λέξη «Φαράγγι» χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την ομοιότητα των δρόμων με τα φυσικά φαράγγια. Δρόμοι που περιβάλλονται από ψηλά κτήρια και από τις δύο μεριές τους, έχουν παρόμοια λειτουργία με τα φαράγγια, όσον αφορά τον αντίκτυπο που έχουν στην ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου.

Οι Hara και Autio (2006) [42], αναφέρανε δεδομένα της έντασης της Θερμικής Νησίδας στην υψηλού Γεωγραφικού Πλάτους πόλη του Oulu στην κεντρική Φιλανδία. Μετρήθηκαν ωριαίες θερμοκρασίες σε τρεις σταθερούς σταθμούς από το 1996 μέχρι το 1998 με αυτόματους μετρητές. Αναφέρθηκε ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας κατά την χειμερινή περίοδο ήταν κοντά στους 3,4°C.

### **3.4. Γενικά Συμπεράσματα.**

Όπως φαίνεται στην ζώνη της Μεσογείου, οι περισσότερες από τις μελέτες (Ρώμη, Λισσαβόνα, Aveiro, Μαδρίτη, Γρανάδα, Τουρκικές πόλεις), εστίασαν στην ένταση της Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια της νυχτερινής περιόδου. Η ένταση της Θερμικής Νησίδας ποικίλει μεταξύ των 2°C για την Κωνσταντινούπολη, των 7,5°C για το Aveiro της Πορτογαλίας και των 9°C για τις μεσαίες Τουρκικές πόλεις. Προφανώς, το φαινόμενο της Θερμικής Νησίδας δεν δείχνει καμία σχέση με το μέγεθος της πόλης. Σε όλες τις παραπάνω πόλεις, εκτός της Κωνσταντινούπολης όπου δεν ήταν διαθέσιμα τα δεδομένα, οι υψηλές εντάσεις της Θερμικής Νησίδας αντιστοιχούσαν σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου. Για την Λισσαβόνα, τύποι καιρού με βόρειους ανέμους είναι συνδεδεμένοι με την μέγιστη θερμοκρασία αέρα για την κεντρική περιοχή, εν μέρει εξαιτίας ενός φαινομένου του καταφυγίου. Όσον αφορά τον αντίκτυπο της νεφοκάλυψης, μελέτες για το Aveiro, την Μαδρίτη και την Γρανάδα, δείχνουν ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας βρίσκεται στο μέγιστό της, όταν ο ουρανός είναι απόλυτα καθαρός. Για το Aveiro και την Μαδρίτη, η κατηγοριοποίηση των τιμών της Θερμικής Νησίδας με βάση τους διαφορετικούς τύπους του καιρού, δείχνει ότι οι μέγιστες τιμές αντιστοιχούν σε αντικυκλωνικές συνθήκες.

Το φαινόμενο του καταφυγίου περιγράφει την περίπτωση, στην οποία ένα εμπόδιο είναι ικανό να εκτρέψει την πορεία του ανέμου, ώστε η περιοχή που καλύπτει να προστατεύεται από τον άνεμο.

Το μέγιστο των εντάσεων της Θερμικής Νησίδας παρουσιάζεται κατά την διάρκεια της ημέρας στην Αθήνα και στην Πάρμα. Υψηλές εντάσεις μετρήθηκαν στην Αθήνα κατά την διάρκεια της καλοκαιρινής περιόδου. Υψηλότερες Θερμικές Νησίδες βρέθηκαν κατά την διάρκεια του καλοκαιριού στην Ρώμη, στην Μαδρίτη και στην Πάρμα. Αντίθετα, η μέγιστη Θερμική Νησίδα στην Λισσαβόνα, βασισμένη στις ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες, βρέθηκε κατά την περίοδο του χειμώνα.

Οι μελέτες στην Κεντρική Ευρώπη και στο Ηνωμένο Βασίλειο εστίασαν στην ανάλυση της Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια της νύχτας. Δεδομένα από όλες τις πόλεις δείχνουν ότι η μέγιστη Θερμική Νησίδα αναπτύσσεται κατά την διάρκεια της νύχτας. Η μέγιστη Θερμική Νησίδα αναφέρεται για την πόλη του Lotz της

Πολωνίας (12°C) και η ελάχιστη για την Βιέννη (1,6°C). Όσον αφορά τις Μεσογειακές πόλεις, η Θερμική Νησίδα δεν δείχνει κάποια σχέση με το μέγεθος της πόλης. Όσον αφορά τον αντίκτυπο του ανέμου και της νεφοκάλυψης, δεδομένα από το Βουκουρέστι, το Sgezed, το Debrecen, το Wroclau και το Lotz, δείχνουν ότι η Θερμική Νησίδα φτάνει το μέγιστό της σε συνθήκες χωρίς άνεμο και σύννεφα. Για την Πράγα, το Debrecen, το Lodz και το Sgezed, η κατηγοριοποίηση των τιμών της Θερμικής Νησίδας με βάση τους διαφορετικούς τύπους του καιρού δείχνει ότι οι μέγιστες τιμές αντιστοιχούν σε αντικυκλωνικές συνθήκες. Όσον αφορά την περίοδο όπου η Θερμική Νησίδα είναι ανεπτυγμένη πλήρως, αναφέρθηκε ότι στο Βουκουρέστι, το Debrecen, και το Wroclau, η υψηλότερη Θερμική Νησίδα παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού.

Η έρευνα για την Θερμική Νησίδα στην βόρεια Ευρώπη και ιδιαίτερα στην Μόσχα και το Getemborg δείχνει ότι κατά την διάρκεια της νύχτας παρατηρούνται υψηλότερες εντάσεις. Η Θερμική Νησίδα για την Μόσχα ήταν περίπου 9,8°C, ενώ για το Getemborg ήταν κοντά στους 6°C. Για την Μόσχα, οι υψηλότερες εντάσεις της Θερμικής Νησίδας παρατηρήθηκαν ανάμεσα στον Μάιο και τον Αύγουστο, ενώ συνοπτικές αναλύσεις για την περίοδο μεταξύ Μαΐου και Αυγούστου επιβεβαίωσαν ότι σε συνθήκες με χαμηλές ταχύτητες ανέμου και καθαρό ουρανό, που είναι συνδεδεμένες με αντικυκλώνες, δημιουργούν ισχυρές Θερμικές Νησίδες.

## 4. Πειραματικό Μέρος.

Σκοπός του κεφαλαίου είναι η αναλυτική παρουσίαση των βημάτων της πειραματικής διαδικασίας. Οι αυτόματοι μετρητές, το είδος των μετρήσεων, η επιλογή των σημείων και της περιόδου των μετρήσεων παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο. Επίσης, παρουσιάζεται μία γενική εικόνα της προεπεξεργασίας των δεδομένων και τα πρώτα αποτελέσματα.

### 4.1. Παρουσίαση των οργάνων μέτρησης.

Τα όργανα μέτρησης (Data Logger) είναι της Εταιρείας SUPCO το μοντέλο LOGiTrc. Είναι εφοδιασμένα με δύο αισθητήρια τα οποία αλλάζουν μια χαρακτηριστική τους ιδιότητα με την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία αντίστοιχα, μεταβάλλοντας τις τιμές του ρεύματος που τα διαρρέει και / ή της διαφοράς δυναμικού στα άκρα τους. Ο μικροελεγκτής που υπάρχει μέσα στο Logger είναι υπεύθυνος για την σωστή λειτουργία του: την μέτρηση της ημερομηνίας και της ώρας, την μετατροπή του ηλεκτρικού σήματος των αισθητήρων σε πληροφορία, σε αναγνώσιμη από τον άνθρωπο μορφή και την αποθήκευση της πληροφορίας αυτής σε ένα αποθηκευτικό μέσο, όπως είναι ένας σκληρός δίσκος.

Το περιβάλλον διασύνδεσης για τα Data Logger, επιτρέπει στον χρήστη να επέμβει στις ρυθμίσεις των οργάνων με ευκολία. Επίσης, ο χρήστης, μπορεί να ενημερωθεί για τις τρέχουσες ρυθμίσεις και να προβάλει τα αποθηκευμένα στον μετρητή δεδομένα, καθώς και να αποθηκεύσει τα δεδομένα στον υπολογιστή, με διάφορες χρήσιμες μορφές αρχείων.

#### 4.1.1. Αναφορά των αυτόματων μετρητών (Data Loggers) και της βασικής τους λειτουργίας.

Από το σύνολο των σταθμών μέτρησης, θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, οι τέσσερις είναι προεγκατεστημένοι μετεωρολογικοί σταθμοί. Οι υπόλοιποι οκτώ σταθμοί αποτελούνται από αυτόματους μετρητές (Data Loggers) θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, οι οποίοι τοποθετήθηκαν στα σημεία που αναφέρονται παρακάτω. Μικρά σε διαστάσεις και χρησιμοποιώντας μπαταρία για τις ενεργειακές τους ανάγκες, ήταν εύκολο να τοποθετηθούν σε μπαλκόνια ή ταράτσες, χωρίς να δημιουργούν προβλήματα χώρου ή προβλήματα αισθητικής φύσης.

Το κάθε Data Logger περιέχει έναν μικροελεγκτή, ο οποίος μπορεί να ρυθμιστεί με διάφορους τρόπους, ώστε να παίρνει μετρήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Ο μικροελεγκτής αυτός, μετρά την ώρα και την ημερομηνία, ώστε όταν έρθει η προκαθορισμένη χρονική στιγμή να παρατηρήσει τις τιμές των αισθητηρίων, να τις μεταφράσει σε ψηφία και να αποθηκεύσει τις μετρήσεις στο μικρό αποθηκευτικό μέσο το οποίο διαθέτει. Τα αισθητήρια των Data Logger μετρούν μόνο την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία. Το πρόγραμμα, όμως, διασύνδεσης των Data Logger, έχει την



Εικόνα 4.01: Ο αυτόματος μετρητής (Data Logger) της Supco το μοντέλο LOGiTrc.



δυνατότητα υπολογισμού και μπορεί να παρέχει στον χρήστη και τις τιμές της θερμοκρασίας του υγρού θερμομέτρου, καθώς επίσης και τις τιμές του σημείου δρόσου.

Το υγρό θερμομέτρο είναι ένα κοινό θερμομέτρο υδραργύρου, του οποίου ο λοβός είναι καλυμμένος με ένα βρεγμένο πανί. Το νερό θέλοντας να εξατμιστεί απορροφά θερμότητα από το σώμα του θερμομέτρου. Έτσι, η θερμοκρασία του θερμομέτρου μειώνεται. Αυτή η μείωση της θερμοκρασίας εξαρτάται από την σχετική υγρασία του περιβάλλοντος αέρα.

Το σημείο δρόσου είναι μία τιμή της θερμοκρασίας, η οποία υπολογίζεται με εμπειρικές εξισώσεις και την βοήθεια πινάκων, τα οποία διαθέτουν οι μετεωρολόγοι. Το σημείο δρόσου είναι μια θεωρητική θερμοκρασία, στην οποία όταν μειωθεί η πραγματική θερμοκρασία, η σχετική υγρασία φτάνει στο 100%. Σε αυτό το σημείο οι υδρατμοί ξεκινούν και συμπυκνώνονται σε υδροσταγονίδια προς δημιουργία ομίχλη και νεφών.

#### 4.1.2. Ρυθμίσεις και εφαρμογές.

Στο πρόγραμμα διασύνδεσης υπάρχει το μενού Logger, το οποίο είναι υπεύθυνο για όλων των ειδών τις επεμβάσεις στον μετρητή. Μπορούμε να σταματήσουμε ή να εκκινήσουμε την λειτουργία του, να ρυθμίσουμε το ποιες μεταβλητές θα μετρά και ανά ποιο χρονικό διάστημα (Time Interval). Μπορούμε να ρυθμίσουμε την διαχείριση της ενέργειας, τον τρόπο εκκίνησης των μετρήσεων, αν θα σταματήσει τις μετρήσεις όταν γεμίσει το αποθηκευτικό μέσο ή αν θα συνεχίσει, αντικαθιστώντας τις παλαιότερες μετρήσεις με καινούργιες. Μας προσφέρει επίσης την δυνατότητα να βαθμονομήσουμε τα αισθητήρια, να αλλάξουμε την ημερομηνία και την ώρα του μετρητή και να ορίσουμε όρια προειδοποίησης (Low & High Alarm).

Η πρώτη επιλογή του μενού Logger είναι η Status, η οποία μας παρουσιάζει ένα διαλογικό παράθυρο το οποίο μας ενημερώνει για τις τρέχουσες ρυθμίσεις και καταστάσεις, χωρίς, όμως, να μπορούμε να τις αλλάξουμε. Μας παρουσιάζει το πότε ξεκίνησαν οι μετρήσεις, πότε θα παρθεί η επόμενη μέτρηση, ποιες προειδοποιήσεις (Alarms) είναι ενεργοποιημένες και αν δώσανε συναγερμό.

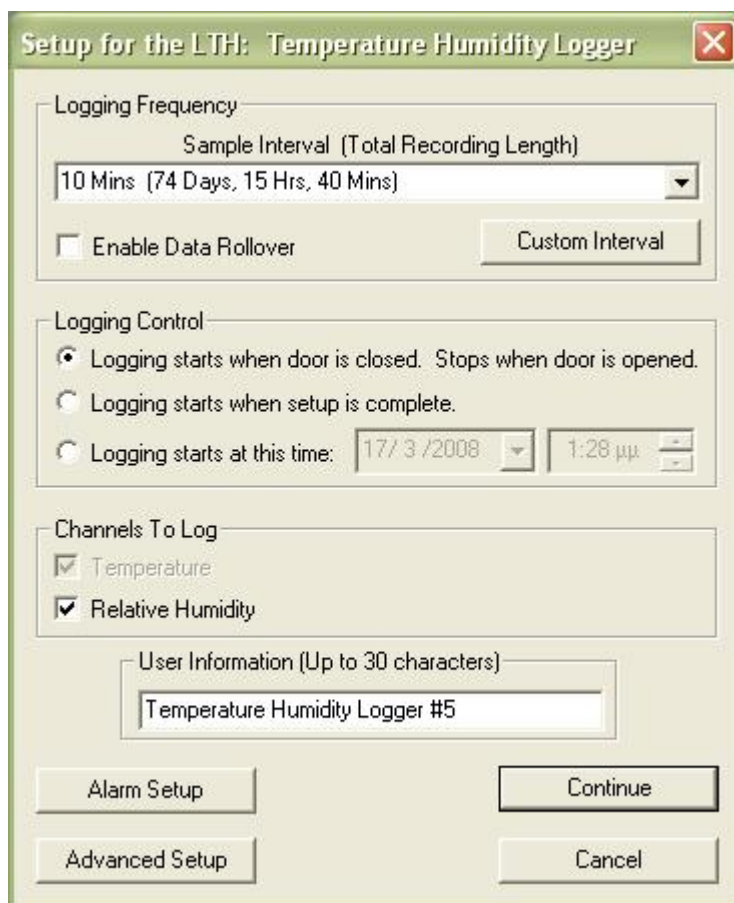


Εικόνα 4.02: Το μενού Logger του προγράμματος διασύνδεσης.

Η δεύτερη επιλογή του μενού είναι η Setup, η οποία εμφανίζει ένα διαλογικό παράθυρο, το οποίο χωρίζεται σε τρία πλαίσια. Το πρώτο πλαίσιο ονομάζεται Logging Frequency (Συχνότητα Μετρήσεων) και περιέχει επιλογές με τις οποίες ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει το χρονικό διάστημα το οποίο θα χωρίζει την μία μέτρηση από την άλλη (Sample Interval). Για το χρονικό αυτό διάστημα υπάρχουν προεπιλογές, αλλά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίσει οποιοδήποτε χρονικό διάστημα επιθυμεί, κάνοντας κλικ στο κουμπί Custom Interval. Κάθε φορά που ο χρήστης επιλέξει το χρονικό διάστημα που επιθυμεί, εμφανίζεται σε ένα πλαίσιο κειμένου η μέγιστη χρονική περίοδος μετρήσεων, την οποία μπορεί να αποθηκεύσει το αποθηκευτικό

μέσο του μετρητή. Επίσης, υπάρχει κουτί επιλογής (check box) με όνομα Enable Data Rollover, με το οποίο ο χρήστης μπορεί να ορίζει εάν οι μετρήσεις θα σταματήσουν όταν το αποθηκευτικό μέσο γεμίσει με δεδομένα ή εάν θα συνεχίσει τις μετρήσεις, αντικαθιστώντας κάθε φορά τη πιο παλιά μέτρηση με την πιο καινούργια. Το δεύτερο πλαίσιο με όνομα Logging Control δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει με ποιόν τρόπο θα εκκινήσουν οι μετρήσεις. Η έναρξη των μετρήσεων μπορεί να γίνει με τρεις πιθανούς τρόπους. Ο ένας τρόπος είναι να εκκινήσουν οι μετρήσεις από την στιγμή που θα κλείσει το πορτάκι που προστατεύει τη θύρα εξόδου του μετρητή (εάν ανοίξει το πορτάκι οι μετρήσεις σταματούν μέχρι να κλείσει, σαν σε κατάσταση Παύσης – Pause). Ένας δεύτερος τρόπος είναι να ξεκινήσουν άμεσα οι μετρήσεις, χωρίς να περιμένει ο μετρητής για κάποιο ερέθισμα. Και ο τελευταίος τρόπος είναι να οριστεί μία ημερομηνία και μία ώρα και να εκκινήσουν οι μετρήσεις εκείνη την δεδομένη στιγμή. Το τρίτο πλαίσιο με όνομα «Channels To Log» δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει το εάν θέλει να εξαιρέσει τις μετρήσεις της σχετικής υγρασίας. Στην περίπτωση εξαίρεσης της σχετικής υγρασίας από τις μετρήσεις, ο όγκος των δεδομένων μειώνεται στο μισό με αποτέλεσμα να χωρούν μετρήσεις της διπλάσιας χρονικής περιόδου στο αποθηκευτικό μέσο του Logger. Στο ίδιο παράθυρο ρυθμίσεων, υπάρχουν και κουμπιά εντολών. Το κουμπί με τίτλο “Advanced Setup” ανοίγει ένα δεύτερο διαλογικό παράθυρο, στο οποίο υπάρχουν ρυθμίσεις για την διαχείριση της ενέργειας. Επίσης, παρουσιάζει και μία εκτίμηση για την χρονική αντοχή της πηγής ενέργειας. Το κουμπί με τίτλο “ Alarm Setup”, εμφανίζει ένα διαλογικό παράθυρο, στο οποίο ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει τον «επάνω ή κάτω συναγερμό» για την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία, καθώς και να ορίσει το πάνω και κάτω όριο του κάθε «συναγερμού». Ας τονιστεί ότι ο επάνω με τον κάτω «συναγερμό» είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, ώστε να μην χρειάζεται να ενεργοποιούνται και οι δύο μαζί, αλλά μόνο ένας εάν αυτό επιθυμείται.

Η Τρίτη επιλογή του μενού Logger είναι η Get Data, με την οποία τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στον μετρητή, περνούν στον υπολογιστή και προβάλλονται σε δύο διαφορετικής μορφής παράθυρα. Το ένα προβάλλει τις μετρήσεις αυτούσιες σε στήλες, όπου η κάθε στήλη περιέχει τις τιμές της ίδιας μεταβλητής. Στο



Εικόνα 4.03: Το διαλογικό παράθυρο ρυθμίσεων (Setup) του Data Logger.

άλλο παράθυρο το πρόγραμμα έχει δημιουργήσει αυτόματα ένα γράφημα των μεταβλητών αυτών συναρτήσει του χρόνου (εικόνα 4.06), ώστε να γίνει εύκολα μια πρώτη εκτίμηση και ένας πρώτος έλεγχος της ορθότητας των μετρήσεων σε σχέση με την λειτουργία του μετρητή.

Η τέταρτη επιλογή του μενού Logger είναι η End Logging. Με αυτήν την επιλογή κάνουμε τον μετρητή να σταματήσει τις μετρήσεις. Η εντολή αυτή, όμως, χρειάζεται προσοχή γιατί εάν επιλεγεί, το Logger θα χρειαστεί να ρυθμιστεί εκ νέου, καθώς και να σβήσει όλα τα δεδομένα που μπορεί να είναι αποθηκευμένα σε αυτόν. Ας τονιστεί το γεγονός ότι δεν μπορεί να γίνει καμία παρέμβαση στις ρυθμίσεις του μετρητή, εάν πρώτα δεν επιλεγεί η επιλογή End Logging.

Η Πέμπτη επιλογή του μενού Logger είναι η Calibrate. Με αυτήν την επιλογή μπορούμε να βαθμονομήσουμε τα αισθητήρια του μετρητή. Η έκτη και τελευταία επιλογή είναι η Set Clock με την οποία μπορούμε να ρυθμίσουμε την ημερομηνία και την ώρα του εσωτερικού ρολογιού του μετρητή.

## **4.2. Επιλογή σημείων μέτρησης.**

Για την λήψη των απαραίτητων μετρήσεων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, χρησιμοποιήθηκαν εννέα αστικοί και τρεις αγροτικοί σταθεροί σταθμοί. Οι εννέα αστικοί σταθμοί τοποθετήθηκαν σε διάφορα σημεία της πόλης, κατανεμημένοι έτσι, ώστε να περιλαμβάνονται όσο το δυνατόν περισσότερες χαρακτηριστικές περιοχές της πόλης. Οι υπόλοιποι τρεις σταθμοί είναι «αγροτικοί», δηλαδή, έξω από τα όρια της πόλης. Οι αστικοί σταθμοί μοιράστηκαν ανά τρεις στα Ανατολικά, Κεντρικά και Δυτικά Χανιά. Στις ανατολικές περιοχές υπάγονται η περιοχή της Χαλέπας, του Αγίου Ιωάννη και η περιοχή γύρω από τα Δικαστήρια. Στις κεντρικές περιοχές υπάγονται η περιοχή της Παλιάς Πόλης, την περιοχή γύρω από την Πλατεία 1866 και την κοντινή στο δημοτικό κήπο της πόλης περιοχή που περιβάλλει την οδό Σφακίων. Στις δυτικές περιοχές υπάγονται η περιοχή της Νέας Χώρας, η περιοχή γύρω από το τέρμα της οδού Μάρκου Μπότσαρη και η περιοχή γύρω από το τέρμα της οδού Αν. Γογονή.

Η περιοχή του Αγίου Ιωάννη, σημείο 7 της εικόνας 4.04, επιλέχθηκε επειδή βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο από την υπόλοιπη πόλη. Έχει χαμηλά σπίτια και αρκετή βλάστηση. Λόγω υψομέτρου, η περιοχή αυτή είναι περισσότερο εκτεθειμένη στους ανέμους. Η περιοχή της Χαλέπας, σημείο 9 της εικόνας 4.04, επιλέχθηκε επειδή έχει περισσότερη βλάστηση και είναι συνηθισμένα τα χαμηλού ύψους κτήρια. Είναι παραθαλάσσια περιοχή και είναι εκτεθειμένη περισσότερο στους βόρειους ανέμους. Η περιοχή των Δικαστηρίων, σημείο 4 της εικόνας 4.04, επιλέχθηκε γιατί αποτελεί οδικό κόμβο, έχει επίσης λιγότερη βλάστηση και ψηλότερα κτήρια. Η περιοχή γύρω από την Πλατεία 1866, σημείο 3 της εικόνας 4.04, επιλέχθηκε γιατί αποτελεί το κέντρο της πόλης. Αυτή η περιοχή αποτελεί οδικό κόμβο, έχει λίγη βλάστηση και κυριαρχείται από πολύ ψηλά κτήρια με πυκνή δόμηση. Η περιοχή της Παλιάς Πόλης, σημείο 5 της εικόνας 4.04, επιλέχθηκε γιατί το αρχιτεκτονικό προφίλ της περιοχής είναι πολύ διαφορετικό. Αποτελείται από χαμηλά κτήρια, στενά και δαιδαλώδη σοκάκια. Τα υλικά των κτηρίων είναι διαφορετικά, αφού παλιά χρησιμοποιούσαν περισσότερο το ξύλο, την λάσπη αντί για σκυρόδεμα, την πέτρα ως δομικό υλικό, κτλ. Η περιοχή που περιβάλλει την οδό Σφακίων, σημείο 2 της εικόνας 4.04, αντιπροσωπεύεται από ψηλά και πυκνά μεταξύ τους κτήρια, με πολύ λίγη βλάστηση, που συνορεύει όμως με ένα μεγάλο πάρκο με πράσινο, τον Δημοτικό Κήπο. Η περιοχή της Νέας Χώρας, σημείο 8 της εικόνας 4.04, επιλέχθηκε γιατί είναι μια περιοχή πιο δεμένη με την θάλασσα. Είναι απλωμένη κατά το μήκος της



Εικόνα 4.04: Τα σημεία της πόλης στα οποία τοποθετήθηκαν οι αυτόματοι μετρητές.

ακτογραμμής και επηρεάζεται περισσότερο από τους θαλάσσιους ανέμους. Η περιοχή γύρο από το τέρμα της οδού Μάρκου Μπότσαρη, σημείο 6 της εικόνας 4.04, επιλέχθηκε γιατί συνδυάζει χαμηλά και ψηλά κτήρια, στενούς και μεγάλους κεντρικούς δρόμους, αρκετή βλάστηση και μεγάλη οδική δραστηριότητα. Τέλος, η περιοχή γύρο από το τέρμα της οδού Αν. Γογονή, σημείο 1 της εικόνας 4.04, επιλέχθηκε γιατί αποτελεί το σύνορο της αστικής περιοχής. Υπάρχουν κτήρια που συνορεύουν με μεγάλες εκτάσεις βλάστησης (ελαιώνες ή ελεύθερες θαμνώδεις εκτάσεις).

α/α	Περιοχή	Χαρακτηριστικά περιοχής
1	Τέρμα οδού Γογονή	Τέλος αστικής περιοχής, γειτονικοί ελαιώνες και χωράφια.
2	Περιοχή οδού Σφακίων	Πυκνή δόμηση, ψηλά κτήρια, γειτονικό πάρκο
3	Πλατεία 1866	Πυκνή δόμηση, ψηλά κτήρια, οδικός κόμβος, πλατεία με πράσινο
4	Περιοχή Δικαστηρίων	Μέσης πυκνότητας δόμηση, οδικός κόμβος, πλατεία με πράσινο
5	Παλιά Πόλη	Χαμηλά και παλιά κτήρια, στενά σοκάκια
6	Τέρμα οδού Μπότσαρη	Μέσης πυκνότητας δόμηση, περιοχή εκτεθειμένη στην θάλασσα
7	Λόφος Αγίου Ιωάννη	Περιοχή με μεγαλύτερο υψόμετρο από την υπόλοιπη πόλη
8	Περιοχή Νέας Χώρας	Παραλιακή περιοχή
9	Περιοχή Χαλέπας	Πολύ βλάστηση, χαμηλά κτήρια

Πίνακας 4.1: Περιγραφή των περιοχών τοποθέτησης των μετρητών.

Οι υπόλοιποι τρεις «αγροτικοί» σταθμοί είναι προεγκατεστημένοι σε περιοχές δυτικά, ανατολικά και βορειοανατολικά της πόλης στις περιοχές του Πλατανιά, της Σούδας και του Πολυτεχνείου Κρήτης στο Ακρωτήριο, αντίστοιχα. Οι σταθμοί της Χαλέπας, του Πλατανιά και της Σούδας ανήκουν στο Παράρτημα Χανίων του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος (ΤΕΙ) Κρήτης. Αποτελούνται από μετεωρολογικούς ιστούς των δέκα μέτρων, οι οποίοι παίρνουν μετρήσεις θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ύψους βροχής, ατμοσφαιρικής πίεσης, κτλ. Οι



σταθμοί αυτοί, εκτός των βασικών στοιχείων, δηλαδή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας, δίνουν και άλλα μετεωρολογικά δεδομένα, επιτρέποντας την σύγκριση μεταξύ των μετεωρολογικών συνθηκών της περιοχής και της έντασης και της χωρικής κατανομής της Θερμικής Νησίδας. Επίσης, ο σταθμός του Πολυτεχνείου Κρήτης στο Ακρωτήριο είναι προεγκατεστημένος. Σε συνεργασία με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών έχει εγκατασταθεί ένας μετεωρολογικός σταθμός, του οποίου οι μετρήσεις παρουσιάζονται σε ιστοσελίδα στο διαδίκτυο[43].

Από το σύνολο των σταθμών λήφθηκαν οι τιμές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας σε κάθε σημείο, ώστε να υπολογιστεί ο Δείκτης Δυσφορίας και για να συγκρίνουμε τις τιμές των αστικών και των «αγροτικών» σταθμών, ώστε να προσδιορίσουμε την ένταση του φαινομένου της Θερμικής Νησίδας.

### **4.3. Επιλογή της Περιόδου Μετρήσεων.**

Από άλλες μελέτες που έχουν εκτελεστεί στο παρελθόν σε άλλες Ελληνικές πόλεις, γνωρίζουμε ότι το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας έχει μεγαλύτερη ένταση όταν ο καιρός είναι ζεστός. Οπότε η περίοδος του καλοκαιριού είναι η καταλληλότερη για να δούμε εάν υπάρχει Θερμική Νησίδα στην πόλη των Χανίων, επειδή αναμένουμε ότι η έντασή της θα είναι η μέγιστη. Επίσης, η περίοδος των μετρήσεων εκτείνεται και προς το φθινόπωρο, όπου οι θερμοκρασίες είναι πιο χαμηλές, ώστε να δούμε την συμπεριφορά του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας σε χαμηλότερες τιμές της θερμοκρασίας και να συσχετίσουμε την έντασή της με πληθώρα καιρικών συνθηκών.

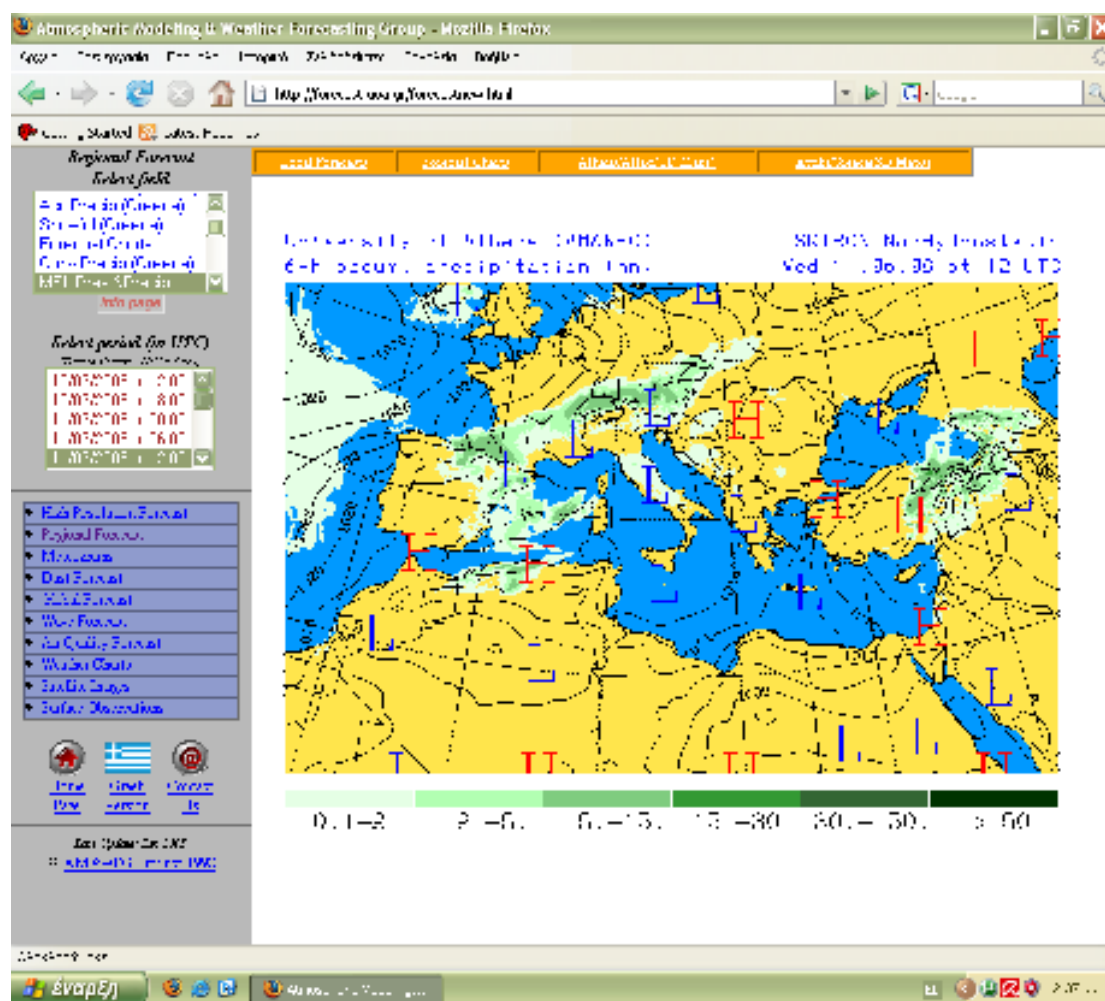
### **4.4. Σύνολο δεδομένων και στόχοι της επεξεργασίας.**

Σ' αυτήν την παράγραφο παρουσιάζεται το σύνολο των μετρήσεων και δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν. Βασικό είδος μετρήσεων, για την μελέτη της έντασης και της χωρικής κατανομής της Αστικής Θερμικής Νησίδας, είναι οι μετρήσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αέρα. Επίσης, οι μετρήσεις της σχετικής υγρασίας είναι απαραίτητες για τον υπολογισμό του Δείκτη Δυσφορίας. Περαιτέρω βοηθητικές μετρήσεις είναι ένα πακέτο μετεωρολογικών μετρήσεων, για την συσχέτιση των καιρικών συνθηκών με την συμπεριφορά της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

Τα οκτώ data logger λαμβάνουν μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος αέρα. Το πλήθος των σταθμών, εντός της πόλης, θα βοηθήσει στο να δημιουργηθεί μια εικόνα για την κατανομή της έντασης της Αστικής Θερμικής Νησίδας στα όρια της πόλης των Χανίων. Οι τιμές της θερμοκρασίας των τριών «αγροτικών» σταθμών, θα χρησιμοποιηθούν ως σύγκριση για τον υπολογισμό της έντασης της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

Πηγές των μετεωρολογικών δεδομένων ήταν, οι μετεωρολογικοί ιστοί του Παραρτήματος Χανίων του ΤΕΙ Κρήτης, ο μετεωρολογικός σταθμός του Πολυτεχνείου Κρήτης, καθώς και από το μοντέλο πρόγνωσης του καιρού SKIRON, του Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Τα δεδομένα των σταθμών του Πολυτεχνείου Κρήτης και του προγνωστικού μοντέλου SKIRON του Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, διαθέτονται στο Διαδίκτυο[44]. Από το προγνωστικό μοντέλο SKIRON, μάλιστα, παρέχονται και εικόνες, ώστε πολύ εύκολα να μπορούμε να διακρίνουμε τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν κατά μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Πραγματικά, όμως, ένα προγνωστικό μοντέλο δεν θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως πηγή μετεωρολογικών δεδομένων, καθώς οι

προβλέψεις δεν είναι παρατηρούμενες μετρήσεις και περιέχουν ένα ποσοστό αβεβαιότητας. Όμως, το συγκεκριμένο μοντέλο, ενημερώνεται καθημερινά με παρατηρούμενες μετρήσεις, τις οποίες χρησιμοποιεί για τις προβλέψεις του, καθώς και τις παρουσιάζει με την ίδια μορφή όπως και τις προβλέψεις.



Εικόνα 4.05: Η εμφάνιση της ιστοσελίδας όπου παρουσιάζεται το προγνωστικό μοντέλο SKYRON. Διαλέγοντας τον τύπο του χάρτη και την ώρα παρουσιάζεται η αντίστοιχη εικόνα.

#### 4.4.1. Τρόπος εμφάνισης των μετρήσεων.

Τα δεδομένα των οκτώ σταθμών, οι οποίοι αποτελούνται από τα Data Logger, αποτελούνται από πέντε κύριες στήλες. Αριθμός μέτρησης, ημερομηνία, ώρα, θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου και σχετική υγρασία (εικόνα 4.06). Το πρόγραμμα διασύνδεσης των data logger έχει την επιλογή Εξαγωγής (Export) των δεδομένων σε μορφή λογιστικού φύλλου (Excel file format).

Τα δεδομένα των μετεωρολογικών σταθμών, οι οποίοι ανήκουν στο Παράρτημα Χανίων του ΤΕΙ Κρήτης, απαιτούν περισσότερη προσοχή. Οι μετρήσεις δίνονται σε μορφή κειμένου (αρχείο DATA). Έγινε διαλογή των μετρήσεων με σκοπό την ελαχιστοποίηση των δεδομένων μόνο στα ωφέλιμα, όπως θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ηλιακή ακτινοβολία, ατμοσφαιρική πίεση, ένταση και κατεύθυνση του ανέμου και ύψος βροχής. Η επεξεργασία των δεδομένων αυτών είναι όμοια με αυτή των Data Logger, μόνο που υπάρχει διαθέσιμο το σύνολο των μετεωρολογικών δεδομένων.

Τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού του Πολυτεχνείου Κρήτης, τα οποία έχουν παρθεί από το Διαδίκτυο, βρίσκονται σε αρχεία με html format του Internet Explorer. Θα χρειαστεί να περαστούν σε λογιστικό φύλλο χειροκίνητα. Η επεξεργασία τους θα είναι η ίδια με τα προηγούμενα δεδομένα. Τα δεδομένα του προγνωστικού μοντέλου SKIRON του Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, τα οποία έχουν, επίσης, παρθεί από το διαδίκτυο, βρίσκονται σε μορφή εικόνων. Οι εικόνες αυτές δεν θα επεξεργαστούν, αλλά πάρθηκαν ώστε να υπάρχει ένα σημείο αναφοράς, επαλήθευσης και εύκολης ανάγνωσης και κατανόησης της κατάστασης των μετεωρολογικών συνθηκών.

Logger Information  
 Logger Type: LTH: Temperature Humidity Logger  
 User Information: Temperature Humidity Logger #1  
 Logging Rate: 10 Mins

Data | Data Summary | Alarm Summary

Samp #	Temp (C)	Humidity (%RH)	Date	Time
1	20,67	77,45	26/5/2007	12:00 πμ
2	20,61	77,46	26/5/2007	12:10 πμ
3	20,56	77,47	26/5/2007	12:20 πμ
4	20,56	77,27	26/5/2007	12:30 πμ
5	20,61	77,05	26/5/2007	12:40 πμ
6	20,67	76,70	26/5/2007	12:50 πμ
7	20,56	76,30	26/5/2007	1:00 πμ
8	20,51	75,90	26/5/2007	1:10 πμ
9	20,56	75,34	26/5/2007	1:20 πμ
10	20,56	74,92	26/5/2007	1:30 πμ
11	20,56	74,92	26/5/2007	1:40 πμ
12	20,61	74,77	26/5/2007	1:50 πμ
13	20,61	74,57	26/5/2007	2:00 πμ
14	20,61	74,53	26/5/2007	2:10 πμ
15	20,56	74,50	26/5/2007	2:20 πμ
16	20,56	74,64	26/5/2007	2:30 πμ
17	20,56	74,85	26/5/2007	2:40 πμ
18	20,51	75,21	26/5/2007	2:50 πμ
19	20,51	75,73	26/5/2007	3:00 πμ
20	20,51	76,00	26/5/2007	3:10 πμ
21	20,56	76,10	26/5/2007	3:20 πμ
22	20,51	76,24	26/5/2007	3:30 πμ
23	20,40	76,64	26/5/2007	3:40 πμ
24	20,45	76,60	26/5/2007	3:50 πμ
25	20,40	76,23	26/5/2007	4:00 πμ
26	20,45	76,05	26/5/2007	4:10 πμ

Εικόνα 4.06: Η μορφή των δεδομένων από τα Data Logger στο παράθυρο πληροφοριών, όπως εμφανίζεται στο πρόγραμμα διασύνδεσης.

#### 4.4.2. Ο Δείκτης Δυσφορίας και η σχέση του με την Σχετική Υγρασία και την Θερμοκρασία του Υγρού Θερμομέτρου.

Ο Δείκτης Δυσφορίας είναι ένα μέτρο που λαμβάνει υπόψη την θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου και την σχετική υγρασία του αέρα και εκφράζεται σε μονάδες θερμοκρασίας. Αυτός ο δείκτης δηλώνει το ποσοστό των ανθρώπων, στους οποίους προκαλείτε αίσθημα δυσφορίας, από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και κατά το πόσο έντονη ή επικίνδυνη είναι αυτή η δυσφορία. Το νόημα της λέξης δυσφορία συνδυάζει το νόημα των λέξεων αδιαθεσία και δυσαρέσκεια, ενώ αυτό που προκαλεί είναι η δυσκολία στην αναπνοή. Οι συνθήκες που προκαλούν δυσφορία είναι αυτές με πολύ μεγάλη θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία. Η αγγλική ορολογία του Δείκτη Δυσφορίας είναι Discomfort Index (DI).

Ο Δείκτης Δυσφορίας υπολογίζεται με δύο διαφορετικές εξισώσεις οι οποίες χρησιμοποιούν την θερμοκρασία ξηρού και υγρού θερμομέτρου ή την θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου και την σχετική υγρασία. Οι εξισώσεις αυτές έχουν μία σχέση αναλογίας μεταξύ τους, καθώς η θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου και της σχετικής υγρασίας, συνδέονται μεταξύ τους από ένα σύνολο πινάκων και εμπειρικών τύπων, το οποίο χρησιμοποιούσαν μέχρι πρόσφατα οι μετεωρολόγοι. Οι δύο τύποι υπολογισμού του Δείκτη Δυσφορίας παρουσιάζονται παρακάτω:

Η εξίσωση υπολογισμού του Δείκτη Δυσφορίας που χρησιμοποιεί την θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου και την τιμή της Σχετικής Υγρασίας [45].

$$DI = T_{air} - 0.55 \cdot (1 - 0.01 \cdot RH) \cdot (T_{air} - 14.5) \quad (4.1)$$

όπου  $DI$  ο Δείκτης Δυσφορίας σε μονάδες Κελσίου ( $^{\circ}C$ )

όπου  $T_{air}$  η θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου ( $^{\circ}C$ )



όπου  $RH$  η σχετική υγρασία σε μορφή ποσοστού (%)

Η εξίσωση υπολογισμού του Δείκτη Δυσφορίας που χρησιμοποιεί την θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου και την θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου [46].

$$DI = 0.4 \cdot (Ta + Tw) + 4.8 \quad (4.2)$$

όπου  $DI$  ο Δείκτης Δυσφορίας σε μονάδες Κελσίου ( $^{\circ}C$ )

όπου  $Ta$  η θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου ( $^{\circ}C$ )

όπου  $Tw$  η θερμοκρασία του υγρού θερμομέτρου ( $^{\circ}C$ )

Η τιμή που υπολογίζεται από τις εμπειρικές εξισώσεις του Δείκτη Δυσφορίας, από μόνη της δεν είναι συγκρίσιμη, ούτε δίνει κάποιο νόημα. Ο παρακάτω πίνακας αναλαμβάνει να δώσει νόημα στην ύπαρξη του Δείκτη Δυσφορίας, κατηγοριοποιώντας τις τιμές του σε σχέση με τον αντίκτυπο που έχει ο Δείκτης Δυσφορίας στον πληθυσμό:

Τιμή Δείκτη Δυσφορίας ( $^{\circ}C$ )	Περιγραφή
18 - 21	Θερμική άνεση.
21 - 24	Το 10% του πληθυσμού νιώθει δυσφορία.
24 - 26	Το 50% του πληθυσμού νιώθει δυσφορία.
$\geq 26$	Ολόκληρος ο πληθυσμός νιώθει δυσφορία.
$> 26,7$	Υψηλή - επικίνδυνη δυσφορία.
$> 32$	Κατάσταση ιατρικού συναγερμού.

Πίνακας 4.2:Κατηγοριοποίηση των τιμών του Δείκτη Δυσφορίας.

#### 4.5. Μετεωρολογικά δεδομένα.

Ο ήλιος είναι η κινητήρια δύναμη του καιρού. Με τις ακτίνες του θερμαίνει την επιφάνεια της γης. Οι αέριες μάζες που είναι σε επαφή με την επιφάνεια της γης θερμαίνονται και ανυψώνονται, αφήνοντας κενό χώρο, ο οποίος αντικαθίσταται από τις γειτονικές αέριες μάζες. Οι αέριες μάζες που ανυψώνονται και βυθίζονται, προκαλούν αναταραχές στην ατμοσφαιρική πίεση, δημιουργώντας έτσι τους ανέμους. Επίσης, όταν οι αέριες μάζες ανυψώνονται η θερμοκρασία τους μειώνεται και η σχετική τους υγρασία αυξάνεται. Όταν η σχετική υγρασία φτάσει στο 100%, οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε νερό και όταν τα σταγονίδια αυτά γίνουν μεγάλες σταγόνες, πέφτουν με την μορφή βροχής, χιονιού, κτλ, ανάλογα με τις συνθήκες της θερμοκρασίας και του ανέμου.

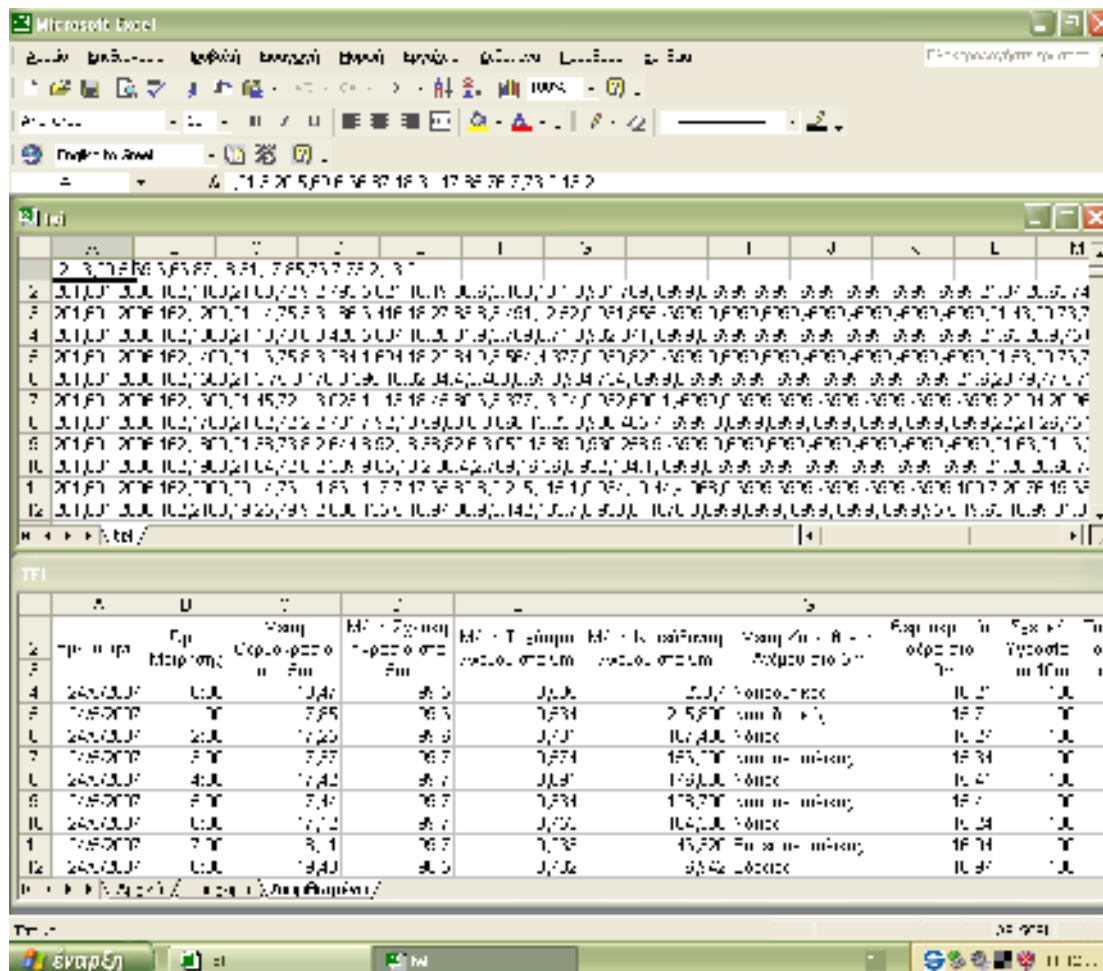
Όλες αυτές οι καταστάσεις του καιρού είναι σε θέση να επηρεάσουν την ένταση και την χωρική κατανομή της Θερμικής Νησίδας, όπως έχει αποδειχθεί από προηγούμενες μελέτες. Σε μελέτες που έχουν εκτελεστεί στην Αθήνα έχει βρεθεί ότι η ένταση της Θερμικής Νησίδας παρουσιάζεται αυξημένη σε υψηλές θερμοκρασίες, αίθριο καιρό με υψηλό βαρομετρικό σύστημα και χαμηλής έντασης ανέμους. Την εποχή του χειμώνα η Θερμική Νησίδα παρουσιάζεται μειωμένη σε σχέση με την καλοκαιρινή περίοδο.

##### 4.5.1. Μετρήσεις των Μετεωρολογικών Σταθμών του ΤΕΙ Κρήτης.

Τα μετεωρολογικά δεδομένα περιέχουν πληροφορίες για την θερμοκρασία, τη σχετική υγρασία, την ένταση και την κατεύθυνση του ανέμου, την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, το ύψος της βροχόπτωσης και την ατμοσφαιρική πίεση. Η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία χρησιμοποιούνται για υπολογιστεί ο δείκτης

δυσφορίας. Επίσης, το σύνολο των δεδομένων θα χρησιμοποιηθεί για τον συσχετισμό της έντασης και χωρικής κατανομής της Θερμικής Νησίδας στην πόλη των Χανίων.

Οι Μετεωρολογικοί σταθμοί του Παραρτήματος Χανίων του ΤΕΙ Κρήτης είναι τοποθετημένοι στην περιοχή της Χαλέπας στο εσωτερικό της πόλης των Χανίων, στην Σούδα και τον Πλατανιά. Μετράνε την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία, την ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, την ατμοσφαιρική πίεση, την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, το ύψος βροχής κ.α..



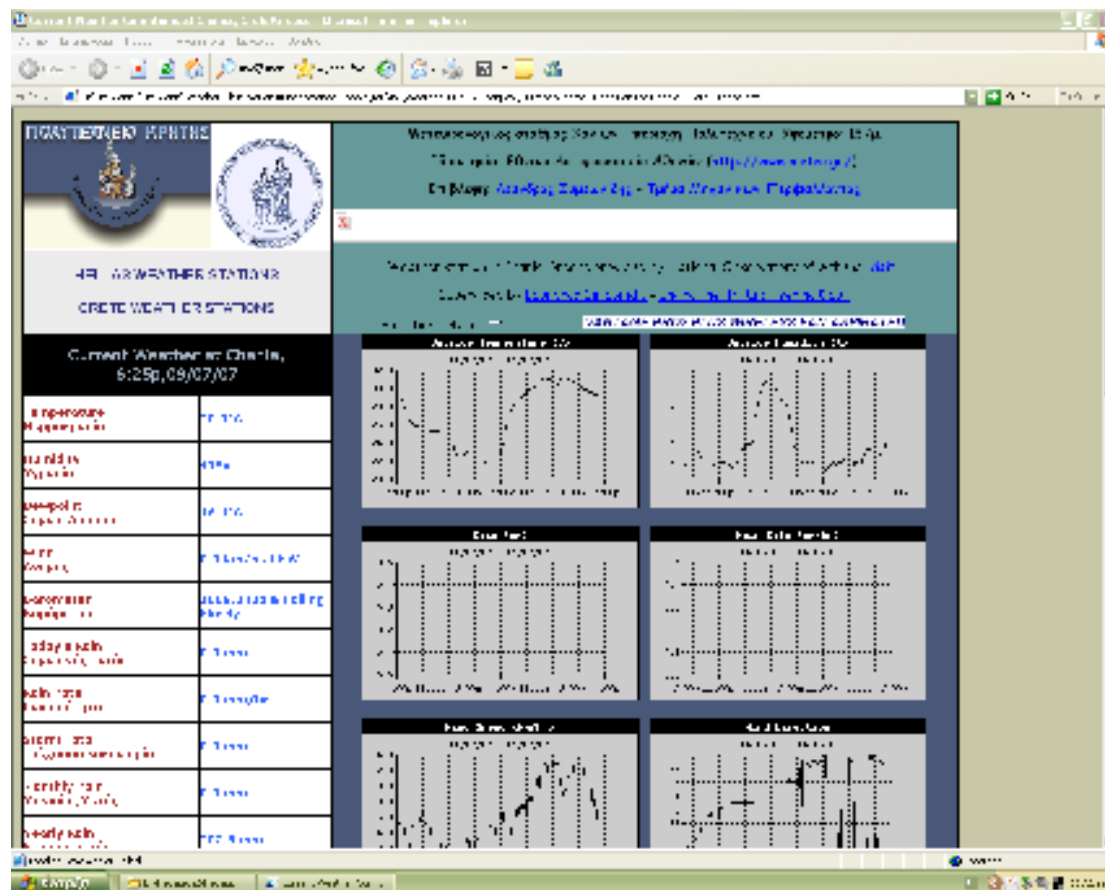
Εικόνα 4.07: Αρχική και τελική μορφή των δεδομένων από τον μετεωρολογικό ιστό στη Χαλέπα Χανίων.

Ως προς την Θερμική Νησίδα, οι μετεωρολογικοί σταθμοί του ΤΕΙ μας προσφέρουν την δυνατότητα της σύγκρισης, ανάμεσα στις τιμές θερμοκρασίας των αστικών και των αγροτικών σταθμών. Ταυτόχρονα, με το πλήθος των μετρούμενων μεγεθών, μπορούμε να εντοπίσουμε τυχόν συσχετίσεις της συμπεριφοράς της Αστικής Θερμικής Νησίδας με τις καιρικές συνθήκες.

#### 4.5.2. Μετρήσεις του Μετεωρολογικού Σταθμού του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Ένας εκ’ των αγροτικών σταθμών ανήκει σε μία συνεργασία του Πολυτεχνείου Χανίων και του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Οι μετεωρολογικές μετρήσεις που λαμβάνονται από αυτόν τον σταθμό, παρουσιάζονται σε ιστοσελίδα στο διαδίκτυο[43]. Η ιστοσελίδα αυτή ανανεώνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Η παρουσίαση των δεδομένων του σταθμού περιλαμβάνει: Στατιστικά στοιχεία, όπως μέγιστες και ελάχιστες τιμές κάποιων μεταβλητών, καθώς και τις χρονικές στιγμές στις οποίες λήφθηκαν οι τιμές αυτές. Τρέχουσες συνθήκες, όπου περιλαμβάνει τις τελευταίες, τρέχουσες μετρήσεις. Και, τέλος, «ιστορικά» διαγράμματα, τα οποία παρουσιάζουν τις μετρήσεις του τελευταίου εικοσιτετραώρου συναρτήσει του χρόνου.



Εικόνα 4.08: Η μορφή της ιστοσελίδας του Πολυτεχνείου Κρήτης, η οποία παρουσιάζει τις μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού στο Ακρωτήριο Χανίων.

#### 4.6. Μελέτη του φαινομένου στην πόλη των Χανίων.

Στην πόλη των Χανίων έγινε μελέτη για την ανίχνευση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Έγινε προσδιορισμός της έντασής της και της χωρικής κατανομής της, στην περιοχή μελέτης. Επίσης, έγινε αντιστοίχιση των παραπάνω με τις καιρικές συνθήκες για κάθε εξεταζόμενη χρονική στιγμή. Επίσης, υπολογίστηκε ο Δείκτης Δυσφορίας και προσδιορίστηκε η έντασή του.

Χρησιμοποιήθηκαν εννέα αστικοί και τρεις αγροτικοί σταθεροί σταθμοί για την λήψη των μετρήσεων. Επίσης, το σύνολο των αγροτικών σταθμών και ένας αστικός σταθμός, είναι μετεωρολογικοί σταθμοί και εκτός από τις βασικές μετρήσεις λαμβάνουν και μετεωρολογικά δεδομένα. Οι βασικές μετρήσεις είναι της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος αέρα. Οι μετρήσεις λήφθηκαν για το διάστημα του καλοκαιριού και του φθινοπώρου, από την 1-6-2007 μέχρι την 10-10-2007.

#### **4.6.1. Προεπεξεργασία των δεδομένων.**

Η προεπεξεργασία των δεδομένων περιλαμβάνει κυρίως την εισαγωγή των δεδομένων σε λογιστικά φύλλα (Microsoft Excel<sup>®</sup>). Οι μετρήσεις από τα Data Logger μπορούν, μέσω του προγράμματος διασύνδεσης, να εξαχθούν άμεσα σε αρχεία υπό μορφή λογιστικών φύλλων. Τα δεδομένα από τους μετεωρολογικούς σταθμούς του Παραρτήματος Χανίων του ΤΕΙ Κρήτης, είναι σε αρχεία βάσης δεδομένων DATA. Χρησιμοποιώντας την εντολή από το μενού Δεδομένα → Κείμενο σε στήλες, χωρίζουμε τις μετρήσεις κάθε μεταβλητής σε ξεχωριστή στήλη. Κάποιες διορθώσεις λαθών ήταν απαραίτητες, καθώς και αισθητικές για την καλύτερη λειτουργία και την ανετότερη χρήση του αρχείου. Τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού του Πανεπιστημίου Κρήτης είναι σε μορφή εικόνας και η εισαγωγή των μετρήσεων έγινε χειροκίνητα.

Ένα ακόμη στάδιο της προεπεξεργασίας ήταν η διαλογή των δεδομένων και η μείωση του όγκου τους, μόνο στα χρήσιμα για την μελέτη. Στα δεδομένα από τους μετεωρολογικούς σταθμούς, υπήρχαν μετρήσεις από μεγέθη που δεν είχαν ενδιαφέρον για την μελέτη, όπως τιμές της εξατμισοδιαπνοής, θερμοκρασία εδάφους, ελάχιστες και μέγιστες τιμές για διάφορα μετρούμενα μεγέθη, την εναπομένουσα ενέργεια της μπαταρίας κτλ. Γι αυτό το λόγο αφαιρέθηκαν στήλες. Επίσης, για κάθε μία ώρα μετρήσεων, ακολουθούσε μία γραμμή με τις μέσες τιμές των μετρούμενων μεγεθών. Γι αυτό το λόγο αφαιρέθηκαν γραμμές.

Το τελευταίο στάδιο της προεπεξεργασίας ήταν να επαληθευτεί η ορθότητα των μετρήσεων. Με την βοήθεια εξισώσεων με λειτουργία φίλτρου, εξαιρέθηκαν ακραίες τιμές. Για παράδειγμα, για την θερμοκρασία του αέρα η εξίσωση, εξαιρούσε τιμές κάτω από 5°C και πάνω από 50°C. Επίσης, εξαιρέθηκαν και έντονες μεταβολές σε μεμονωμένες μετρήσεις.

## 5. Επεξεργασία και πρώτα Αποτελέσματα.

Σκοπός του κεφαλαίου είναι η παρουσίαση του τρόπου της κύριας επεξεργασίας των δεδομένων προς εξαγωγή αποτελεσμάτων. Ερευνάται η ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας και η χωρική δομή της. Επίσης, σημαντικό μέρος της μελέτης αποσκοπεί, στον προσδιορισμό της συσχέτισης μεταξύ της συμπεριφοράς της Αστικής Θερμικής Νησίδας και των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή μελέτης.

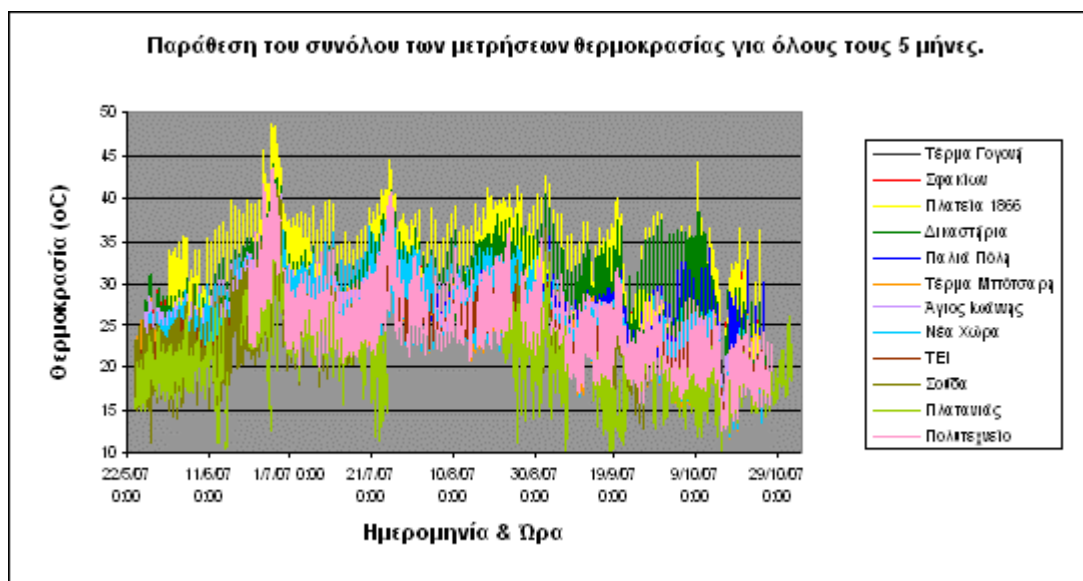
Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογιστικό πρόγραμμα Microsoft Excel<sup>®</sup>. Αφού ολοκληρώθηκε η προεπεξεργασία, η διαλογή των δεδομένων και η εξαίρεση των ακραίων ή λανθασμένων τιμών, υπολογίστηκε ο Δείκτης Δυσφορίας, με την βοήθεια των δύο εξισώσεων<sup>1</sup>. Στην περίπτωση που στο σύνολο των δεδομένων δεν υπήρχε η σχετική υγρασία, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση 4.1.. Η εξίσωση 4.2. χρησιμοποιήθηκε στις υπόλοιπες περιπτώσεις, όπου υπήρχαν τιμές της σχετικής υγρασίας. Επίσης, δημιουργήθηκαν γραφήματα των μετρήσεων της θερμοκρασίας και του Δείκτη Δυσφορίας σε σχέση με τον χρόνο. Γραφήματα δημιουργήθηκαν και για την διαφορά θερμοκρασίας των μέσων τιμών των αστικών και αγροτικών σταθμών, συναρτήσει του χρόνου.

Η δομή της Αστικής Θερμικής Νησίδας εμφανίζεται σε εικόνες – κατόψεις της πόλης των Χανίων. Με την βοήθεια του προγράμματος Surfer 7, της εταιρείας Golden Software<sup>®</sup>, δημιουργήθηκαν ισόθερμες καμπύλες για την περιοχή μελέτης. Οι εικόνες κατηγοριοποιήθηκαν σύμφωνα με τις τρέχουσες καιρικές συνθήκες, ώστε να εντοπιστεί εάν υπάρχει συμφωνία της δομής και έντασης της Αστικής Θερμικής Νησίδας με κάποια καιρικά φαινόμενα, όπως η πνοή συγκεκριμένων ανέμων, η παρουσία χαμηλού ή υψηλού βαρομετρικού και άλλα.

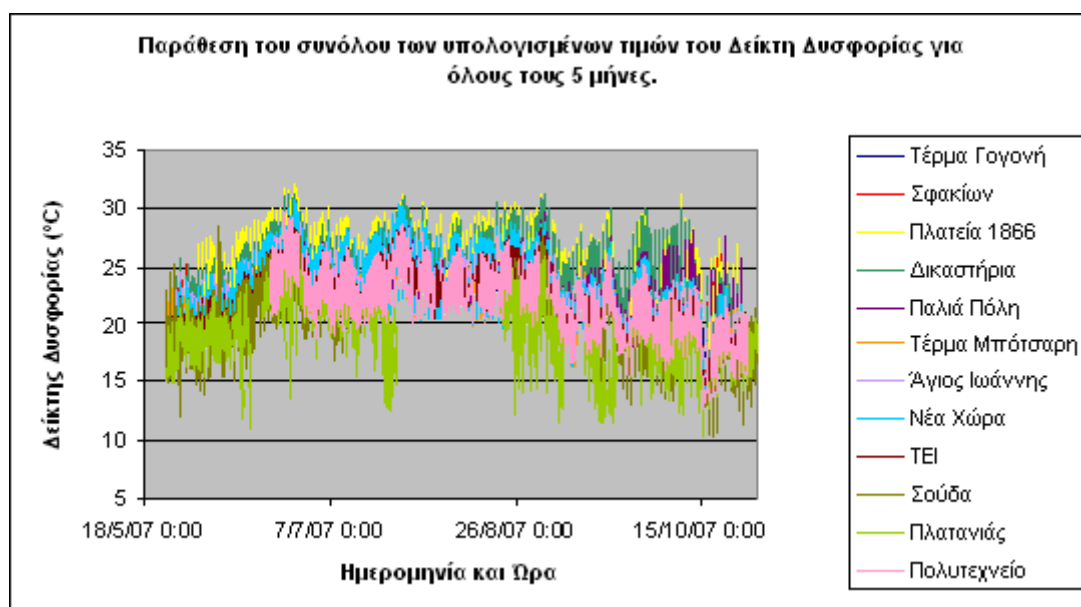
### 5.1. Τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων.

Οι μετρήσεις πάρθηκαν σε τρία χρονικά πακέτα. Ο λόγος ήταν η περιορισμένη χωρητικότητα του αποθηκευτικού μέσου των Data Logger. Το πρώτο πακέτο περιείχε μετρήσεις για το χρονικό διάστημα από τις 24/5/2007 μέχρι τις 10/7/2007. Το δεύτερο πακέτο περιείχε μετρήσεις από τις 11/7/2007 μέχρι τις 18/9/2007. Το τρίτο και τελευταίο πακέτο περιείχε μετρήσεις από τις 19/9/2007 μέχρι τις 25/10/2007. Σε κάθε πακέτο και για κάθε περιοχή υπολογίστηκε ο Δείκτης Δυσφορίας, με την βοήθεια των εξισώσεων (4.1) και (4.2). Στην συνέχεια όλες οι τιμές ενώθηκαν με σκοπό να προβληθούν σε δύο διαγράμματα γενικής σύγκρισης, για όλο το διάστημα των μετρήσεων από τις 24/5/2007 μέχρι τις 25/10/2007. Το ένα διάγραμμα περιλαμβάνει τις τιμές των μετρήσεων της θερμοκρασίας και το δεύτερο διάγραμμα περιλαμβάνει τις υπολογιζόμενες τιμές του Δείκτη Δυσφορίας.

<sup>1</sup> Οι τύποι εμφανίζονται στην παράγραφο 4.4.1. και στην σελίδα 21.



Εικόνα 5.01: Συγκεντρωτικό γράφημα των τιμών θερμοκρασίας, όλων των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν.

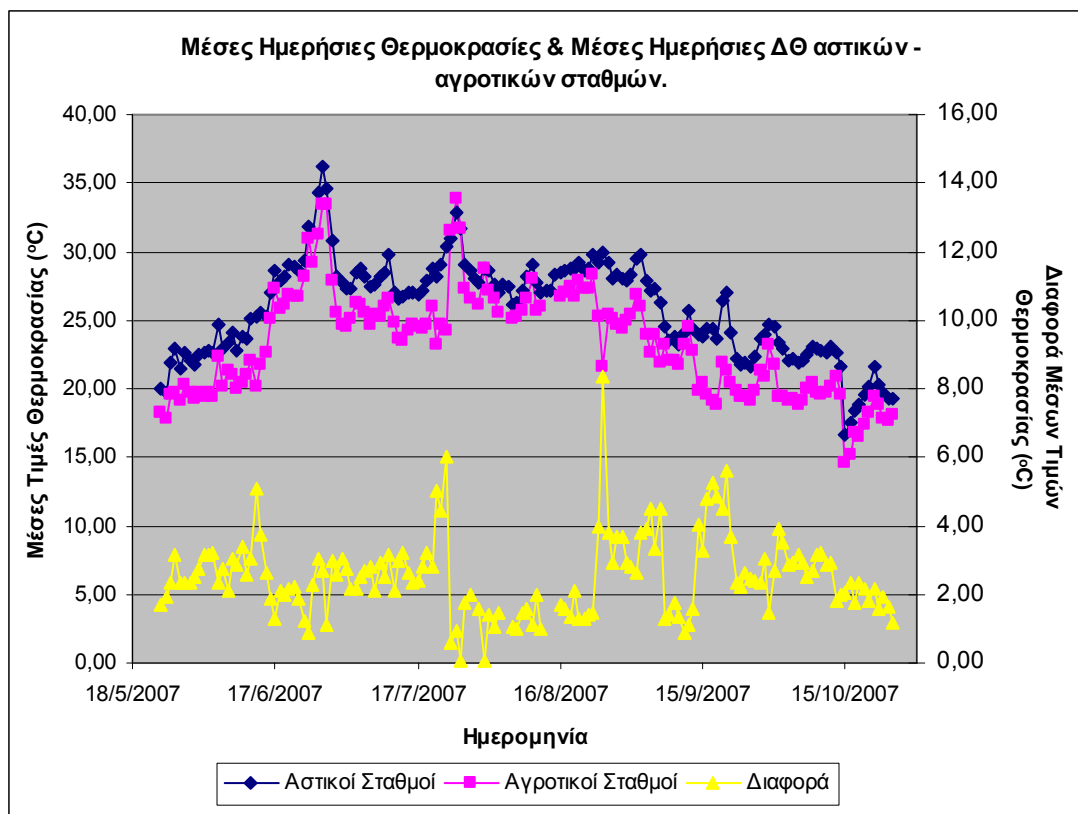


Εικόνα 5.02: Συγκεντρωτικό γράφημα των τιμών του Δείκτη Δυσφορίας, όλων των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν.

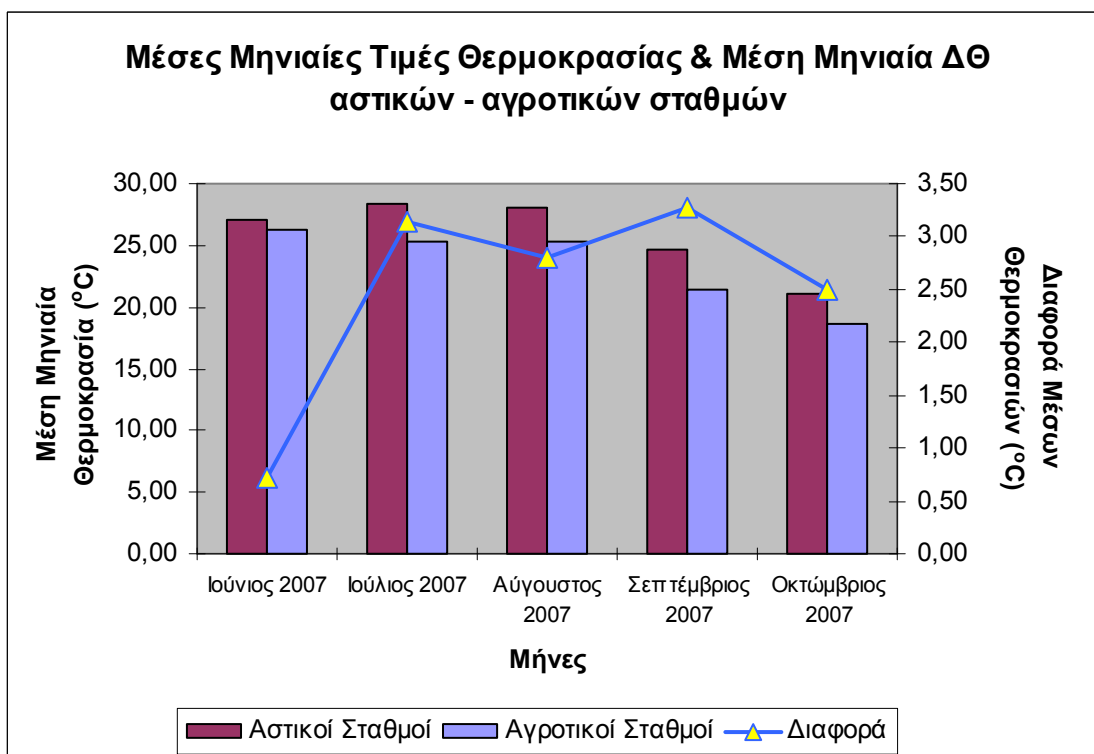
Τα γραφήματα σε ορισμένες περιπτώσεις, χωρίστηκαν σε μικρότερες χρονικές περιόδους, εστιάζοντας σε σημεία, όπου παρουσιάζεται ενδιαφέρον. Μια τέτοια χρονική περίοδος είναι η εβδομάδα του καύσωνα. Άλλες ενδιαφέρουσες χρονικές στιγμές είναι, οι μέρες με βροχή ή ανέμους, με χαμηλό ή υψηλό βαρομετρικό, κτλ. Εκτός από γραφήματα, έχουν δημιουργηθεί και Θερμικά Προφίλ για να δώσουν την εικόνα του φαινομένου από άλλη διαφορετική οπτική γωνία.

Υπολογίστηκαν οι μέσες ημερήσιες και μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας για το σύνολο των μετρήσεων για τον κάθε σταθμό. Στην συνέχεια υπολογίζοντας τον μέσο όρο όλων των αστικών σταθμών και όλων των αγροτικών σταθμών δημιουργήθηκαν γραφήματα για την σύγκριση των αστικών αγροτικών σταθμών και παρουσιάστηκε η διαφορά των μέσων θερμοκρασιών μεταξύ τους. Επίσης, για τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες έγινε σύγκριση μεταξύ των αστικών

σταθμών στο κέντρο της πόλης (κεντρικοί σταθμοί) και των αστικών σταθμών στα άκρα της πόλης (προαστιακοί σταθμοί). Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τον Δείκτη Δυσφορίας. Τα γραφήματα που περιγράφηκαν ακολουθούν παρακάτω.



Εικόνα 5.03: Γράφημα Μ.Η.Θ. και διαφορά θερμοκρασιών των αστικών και των αγροτικών σταθμών.

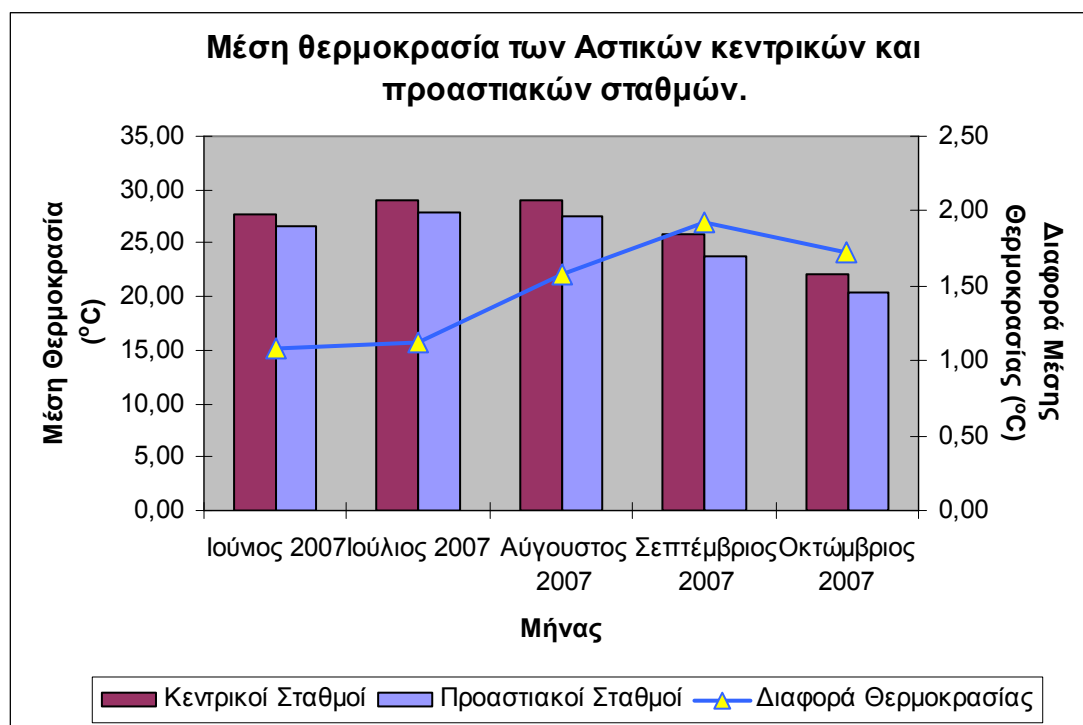


Εικόνα 5.04: Γράφημα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών των αστικών και αγροτικών σταθμών.



Η διαφορά των θερμοκρασιών των αστικών και των αγροτικών σταθμών, σε γενικές γραμμές, αποτελεί την ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Στο γράφημα των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών (Εικόνα 5.04), φαίνεται καθαρά ότι, η ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας στα Χανιά αυξάνεται μετά τα μέσα του καλοκαιριού και συνεχίζει να είναι αυξημένη και στους μήνες του φθινοπώρου, με μία μέση ένταση των 3°C περίπου.

Επίσης, δημιουργήθηκε γράφημα στο οποίο παρουσιάζεται μία σύγκριση μεταξύ των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών ανάμεσα στους αστικούς κεντρικούς σταθμούς και τους αστικούς προαστιακούς σταθμούς. Σαν κεντρικοί σταθμοί επιλέχθηκαν οι σταθμοί που βρίσκονται στις περιοχές της Πλατείας 1866, των Δικαστηρίων, της οδού Σφακίων και της Παλιάς Πόλης. Οι υπόλοιποι σταθμοί επιλέχθηκαν σαν προαστιακοί σταθμοί. Η διαφορά της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας ανάμεσα στις δύο κατηγορίες των αστικών σταθμών είναι 1°C μέχρι τα μέσα του καλοκαιριού. Στην συνέχεια αυξάνεται, παρουσιάζοντας ένα μέγιστο κατά την διάρκεια του Σεπτεμβρίου, με διαφορά της μέσης θερμοκρασίας στους 2°C.



Εικόνα 5.05: Γράφημα μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και διαφορά θερμοκρασιών των αστικών κεντρικών και αστικών προαστιακών σταθμών.

## 5.2. Συσχέτιση του φαινομένου με τα καιρικά φαινόμενα.

Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Google Earth πήραμε μία εικόνα της πόλης των Χανίων, στην οποία σημειώθηκαν τα σημεία των αστικών σταθμών και καταγράφηκαν οι συντεταγμένες τους στην εικόνα. Τα μετεωρολογικά δεδομένα, τα οποία μας ενδιέφεραν ήταν, εκτός της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας, η ένταση και η διεύθυνση του ανέμου, η βροχόπτωση, η ηλιακή ακτινοβολία και η ατμοσφαιρική πίεση. Αντιστοιχώντας την ημερομηνία και ώρα των μετεωρολογικών δεδομένων με αυτήν των μετρήσεων των Data Logger, είναι εύκολο να διακρίνουμε χρονικές περιόδους με όμοιες καιρικές συνθήκες. Υπολογίζοντας την μέση τιμή της θερμοκρασίας των σταθμών για κάθε χρονική περίοδο, δημιουργήσαμε κατόψεις της πόλης των Χανίων με ισόθερμες καμπύλες. Οι ισόθερμες καμπύλες δημιουργήθηκαν

με την βοήθεια του προγράμματος Surfer. Το πλήθος των εικόνων χωρίστηκε σε κατηγορίες σύμφωνα με τον κύριο καιρικό παράγοντα που επικρατούσε. Έτσι δημιουργήθηκαν οι κατηγορίες που εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα.

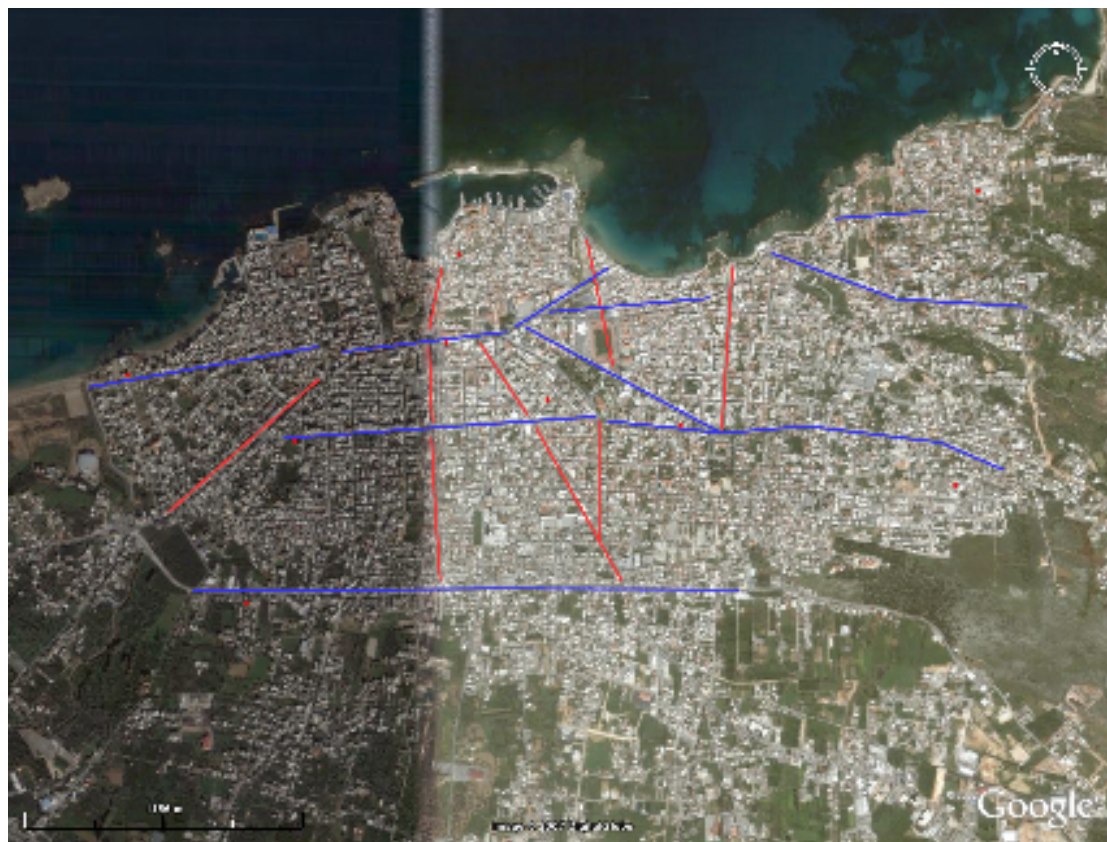
Α/Α	Κατηγορία	Συσχέτιση
1	Βόρειοι Άνεμοι	Ισχυρή
2	Δυτικοί Άνεμοι	Ισχυρή
3	Ημέρα & Νύχτα	Ισχυρή
4	Βροχοπτώσεις	Μέτρια
5	Υψηλό Βαρομετρικό	Μέτρια
6	Χαμηλό Βαρομετρικό	Μέτρια
7	Νότιοι Άνεμοι	Μηδαμινή
8	Ανατολικοί Άνεμοι	Μηδαμινή

Πίνακας 5.1. Κατηγορίες εικόνων με ισότερμες καρτέλες

Βρέθηκε ότι από όλες τις κατηγορίες των κύριων καιρικών παραγόντων, κάποιοι είχαν ισχυρή συσχέτιση με την δομή και την ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας, ενώ κάποιοι άλλοι είχαν ασθενή ή και καθόλου συσχέτιση. Ισχυρή συσχέτιση είχαν οι βόρειοι και δυτικοί άνεμοι, η ηλιακή ακτινοβολία ή αλλιώς ημέρα και νύχτα. Μικρότερη συσχέτιση είχαν η βροχόπτωση και η ατμοσφαιρική πίεση ή αλλιώς το υψηλό και χαμηλό βαρομετρικό. Μηδαμινή συσχέτιση είχαν οι νότιοι και ανατολικοί άνεμοι.

### 5.2.1. Επιπτώσεις των ανέμων στην δομή και ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

Κύριος παράγοντας που επηρεάζει τους ανέμους είναι το ανάγλυφο της περιοχής, τα βαρομετρικά συστήματα που την επηρεάζουν και η τραχύτητα του εδάφους. Επίσης, μέσα στην πόλη, οι όγκοι των κτηρίων και ο τρόπος τοποθέτησής τους, επηρεάζει έντονα την ροή των ανέμων στις αστικές περιοχές. Η πόλη των Χανίων είναι μία παραλιακή πόλη, με την θάλασσα από τον βορρά. Οι κύριες



Εικόνα 5.06: Τα «φαράγγια» των μεγάλων οδών της πόλης των Χανίων. Οι μπλε γραμμές αντιπροσωπεύουν τα φαράγγια με κατεύθυνση Ανατολικά – Δυτικά και οι κόκκινες γραμμές αντιπροσωπεύουν τα φαράγγια με κατεύθυνση Βόρεια – Νότια.

παραλιακές οδοί ακολουθούν την κατεύθυνση της ακτής, η οποία έχει κατεύθυνση Ανατολικά – Δυτικά. Τα κτήρια όπου βρίσκονται σε αυτές τις οδούς λειτουργούν σαν εμπόδια για τους κάθετους ανέμους, δηλαδή τους βόρειους και τους νότιους, δημιουργώντας έτσι το φαινόμενο του καταφυγίου. Παραπάνω παρουσιάζεται η εικόνα 5.06, στην οποία παρουσιάζονται τα φαράγγια των κύριων οδών της πόλης των Χανίων.

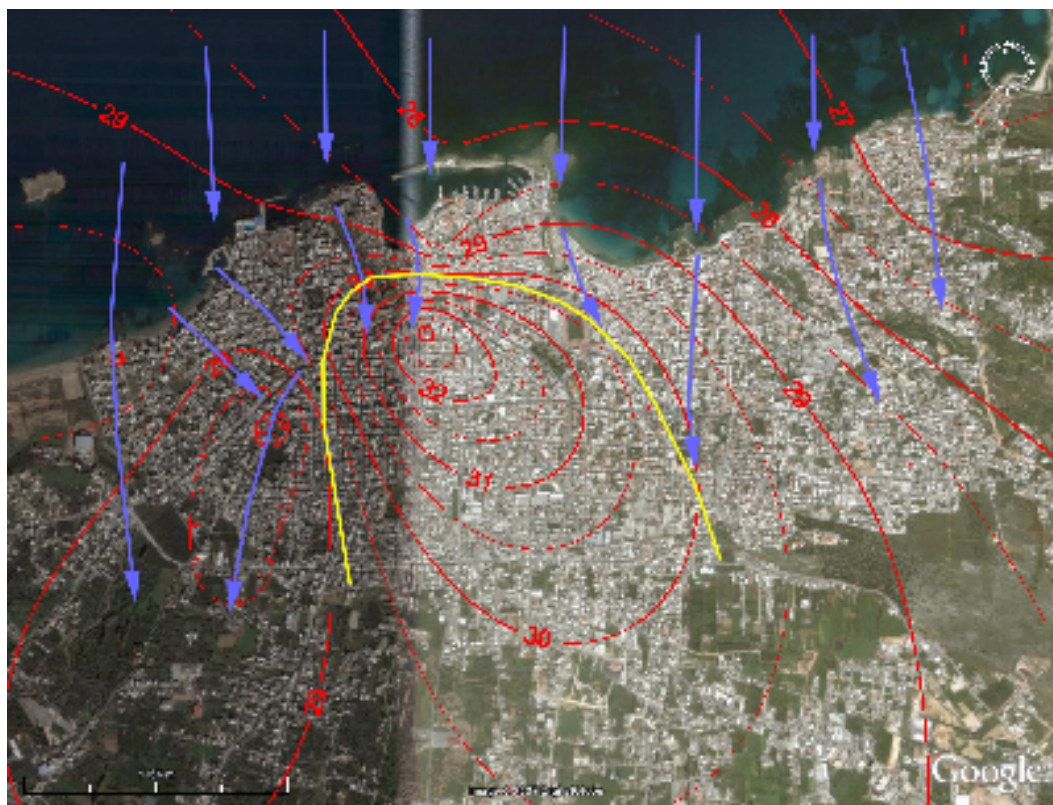
Από τα μετεωρολογικά δεδομένα έχει παρατηρηθεί ότι οι βόρειοι και δυτικοί άνεμοι έχουν πολύ μεγάλη συχνότητα εμφάνισης. Αντίθετα, οι νότιοι άνεμοι δεν είναι τόσο συχνοί και οι ανατολικοί άνεμοι είναι σπάνιοι. Από την εικόνα 5.06 φαίνεται ότι οι οδοί – «φαράγγια» στις παραλιακές περιοχές της πόλης έχουν κατεύθυνση κυρίως ανατολική – δυτική. Επίσης, η μορφολογία των κτηρίων στην περιοχή της Παλιάς Πόλης, καθώς και τα τείχη που την περιβάλλουν εμποδίζουν κάθε κατεύθυνσης άνεμο. Αυτές είναι οι αιτίες, οι οποίες ευθύνονται για τη δημιουργία του φαινομένου του καταφυγίου στις κεντρικές περιοχές.

Δημιουργήθηκαν εικόνες με ισόθερμες καμπύλες για κάθε βασικό άνεμο. Όμως, οι βόρειοι και οι δυτικοί άνεμοι είναι οι κυριότεροι, καθώς έχουν πολύ μεγάλη συχνότητα εμφάνισης και δεν εμποδίζονται από κάποιο εμπόδιο, όπως οι λόφοι στα ανατολικά και νότια της πόλης.

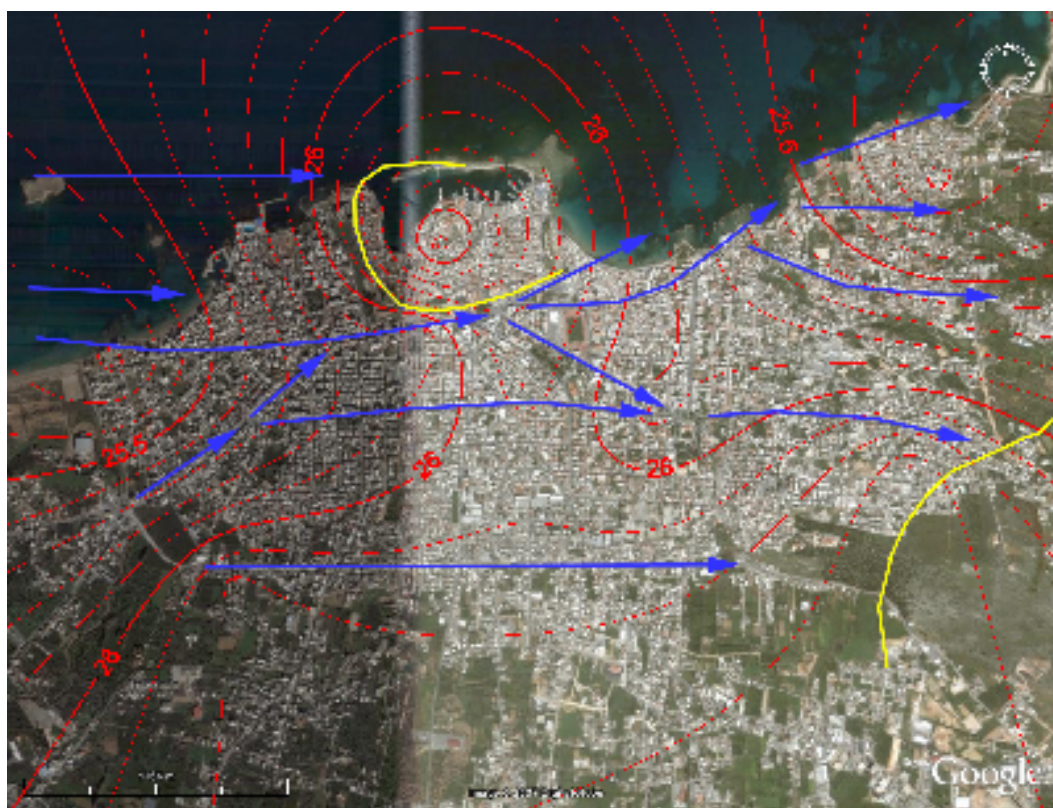
Όπως παρατηρήθηκε από την πλειονότητα των ισόθερμων καμπυλών για τους βόρειους ανέμους, η ένταση της Θερμικής Νησίδας δεν μειώνεται πολύ. Αντίθετα, ο βόρειος άνεμος παρασέρνει την Θερμική Νησίδα προς τα νότια, κάνοντάς την πιο φαρδιά. Έτσι η Θερμική Νησίδα, μπορεί να μειώνεται λίγο στο κέντρο της πόλης, αλλά αυξάνεται στις νοτιότερες περιοχές της πόλης, οι οποίες αποτελούν μεγάλο μέρος της πόλης.

Σε αντίθεση, οι δυτικοί άνεμοι είναι αρκετά αποτελεσματικοί ενάντια στην Θερμική Νησίδα. Τα «φαράγγια» των μεγάλων δρόμων κοντά στο κέντρο της πόλης, έχουν κατεύθυνση Δυτικά – Ανατολικά. Έτσι, ο δυτικός άνεμος μπορεί να φτάσει στο θερμικό κέντρο της Νησίδας με όλη του την δύναμη και ορμή και να το διαλύσει. Λειτουργεί σαν φυσικός εξαερισμός της περιοχής, μειώνοντας δραστικά την ένταση της Θερμικής Νησίδας και διασπώντας την δομή της. Περιοχές, οι οποίες είναι κλειστές ή με τα «φαράγγια» των κεντρικών τους δρόμων να έχουν κατεύθυνση διαφορετική από την Δυτική – Ανατολική, δεν ωφελούνται από την επίδραση των δυτικών ανέμων. Έτσι, αυτές οι περιοχές παραμένουν πιο θερμές, σαν μικροεστίες της διαλυμένης Θερμικής Νησίδας. Τέτοιες περιοχές είναι, κυρίως, η περιοχή της Παλιάς Πόλης, καθώς και η περιοχή ανατολικά από τον λόφο του Αγίου Ιωάννη και οι περιοχές όπου βρίσκονται μακριά από την θάλασσα.





Εικόνα 5.07: Η συνηθέστερη μορφή της Θερμικής Νησίδας κατά την πνοή βόρειων ανέμων. Επίσης, παρουσιάζεται και η πιθανή πορεία του ανέμου. Η περιοχή όπου περιβάλλει η κίτρινη γραμμή είναι αυτή που δημιουργείται το φαινόμενο του καταφυγίου.

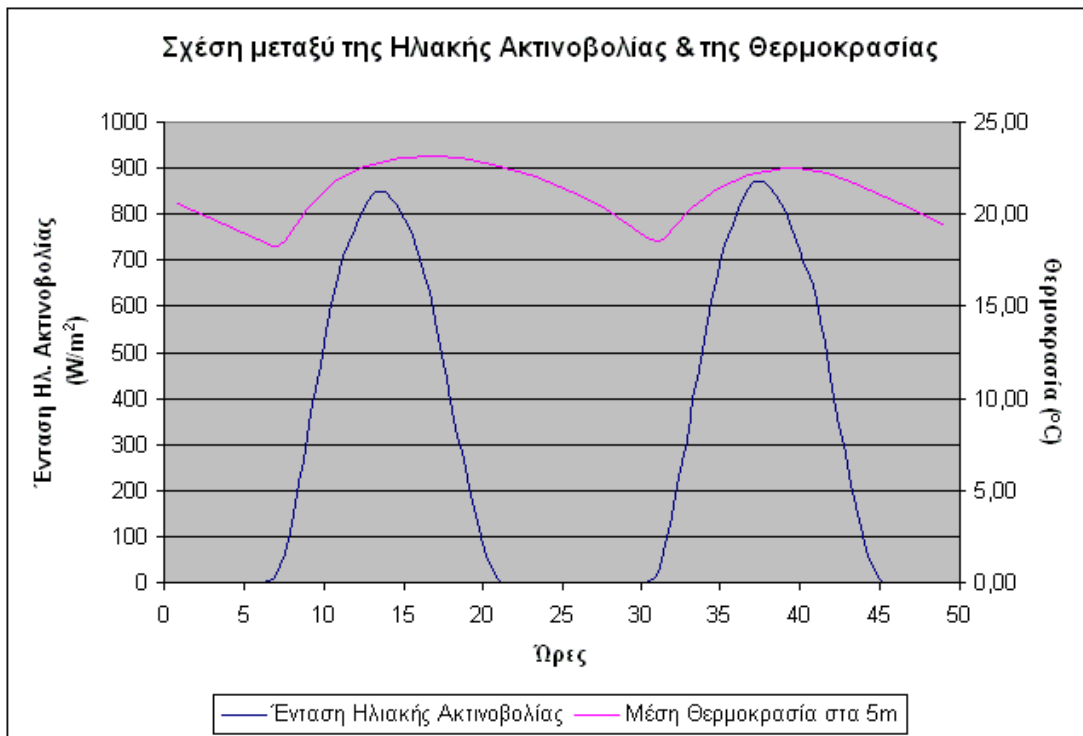


Εικόνα 5.08: Η συνηθέστερη μορφή της Θερμικής Νησίδας κατά την πνοή δυτικών ανέμων. Επίσης, παρουσιάζεται και η πιθανή πορεία του ανέμου. Η περιοχή όπου περιβάλλει η κίτρινη γραμμή είναι αυτή που δημιουργείται το φαινόμενο του καταφυγίου.

Οι άνεμοι δουλεύουν με τον ίδιο τρόπο και για τον Δείκτη Δυσφορίας. Ο βόρειος άνεμος δεν επηρεάζει ιδιαίτερα τον Δείκτη Δυσφορίας. Αντίθετα, ο δυτικός άνεμος μειώνει τον Δείκτη Δυσφορίας, αφού μειώνει την θερμοκρασία.

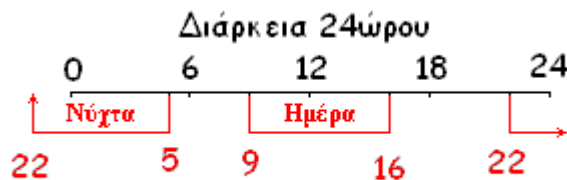
### 5.2.2. Επιπτώσεις της Ηλιακής Ακτινοβολίας στην δομή και ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

Όταν αναφερόμαστε στην ηλιακή ακτινοβολία, εννοούμε στην ουσία την εναλλαγή μεταξύ ημέρας και νύχτας. Κατά την διάρκεια της ημέρας ο ήλιος θερμαίνει την γη, ενώ κατά την διάρκεια της νύχτας η γη ψύχεται. Ο αντίκτυπος της ηλιακής ακτινοβολίας στην θερμοκρασία είναι ορισμένος και παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.09: Συσχέτιση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας και της θερμοκρασίας.

Όπως φαίνεται στην εικόνα 5.09, η εναλλαγή της μέρας και της νύχτας είναι ένας σημαντικός παράγοντας, ο οποίος επηρεάζει έντονα την θερμοκρασία και επομένως και την Αστική Θερμική Νησίδα, καθώς και τον Δείκτη Δυσφορίας. Παρακάτω παρουσιάζονται εικόνες των Χανίων με ισόθερμες καμπύλες, οι οποίες δείχνουν την διαφορά στην δομή και ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. Πάρθηκαν δείγματα από τις μετρήσεις ανά επτά ημέρες. Για την δημιουργία των ισόθερμων κατά την διάρκεια των ημερών χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις από τις ώρες 9:00 – 16:00 και κατά την διάρκεια των νυχτών χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις από τις ώρες 22:00 – 5:00. Οι ώρες αυτές φαίνονται σχηματικά στις εικόνα 5.10.

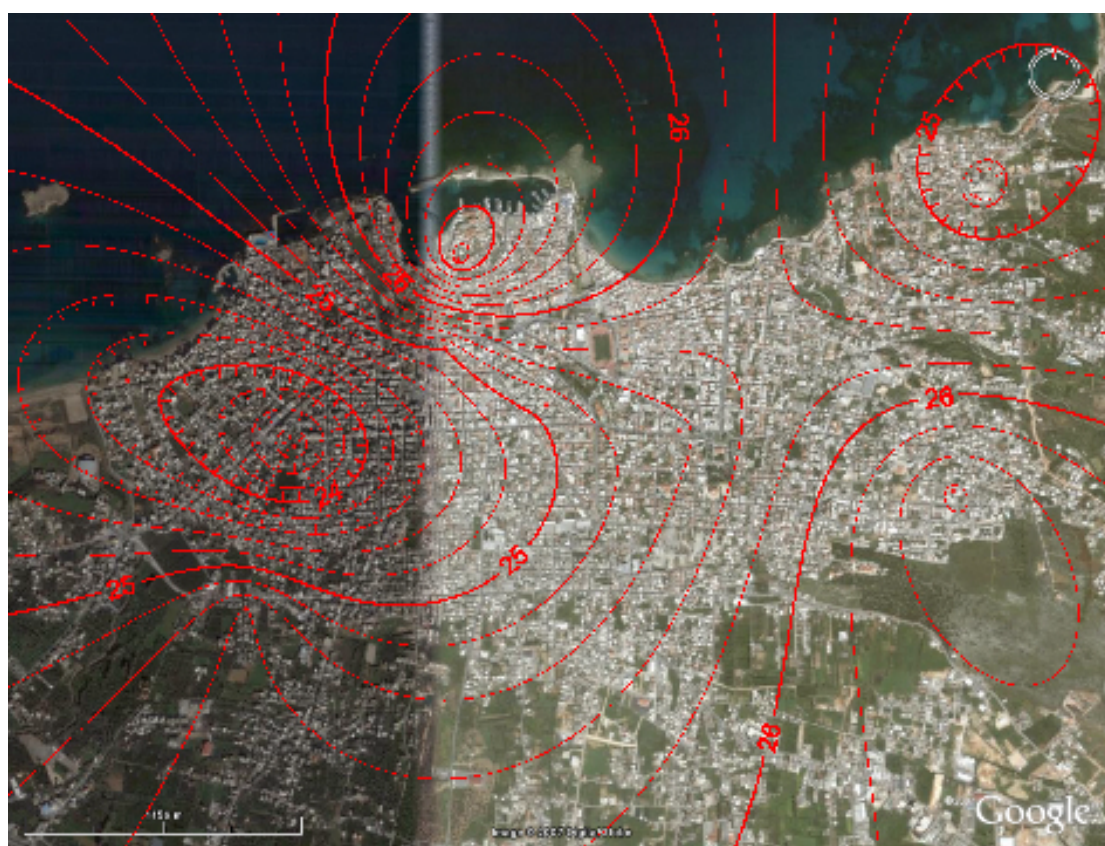


Εικόνα 5.10: Οι ώρες που χρησιμοποιήθηκαν για τις μέσες τιμές για τις ισόθερμες της μέρας και της νύχτας.





Εικόνα 5.11: Η Αστική Θερμική Νησίδα κατά την διάρκεια της μέρας την 31<sup>η</sup> Αυγούστου.



Εικόνα 5.12: Η Αστική Θερμική Νησίδα κατά την διάρκεια της νύχτας την 31<sup>η</sup> Αυγούστου.



Η ένταση της Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια της νύχτας, δείχνει να έχει μια σταθερότητα καθ' όλη την χρονική περίοδο των μετρήσεων. Είναι κατά κανόνα μικρότερης έντασης από την αντίστοιχη της ημέρας, με τις τιμές της να βρίσκονται περίπου στους 1,5 με 2°C. Επίσης, κατά την διάρκεια της νύχτας η δομή της Αστικής Θερμικής Νησίδας παρουσιάζει ένα δεύτερο θερμικό κέντρο. Από άλλους μελετητές, αυτός ο τύπος ονομάστηκε πολύ-κυψελοειδής, αν υπολογιστεί το κάθε θερμικό κέντρο ως θερμική κυψέλη.

Από τις παραπάνω εικόνες βλέπουμε ότι η τιμή της θερμοκρασίας στο θερμικό κέντρο είναι για την συγκεκριμένη ημέρα στους 36,5°C, ενώ για την νύχτα στους 27°C περίπου. Επίσης, η δομή της Αστικής Θερμικής Νησίδας είναι διαφορετική σε κάθε περίπτωση. Ένας σημαντικός λόγος είναι ότι, κατά την διάρκεια της ημέρας, κατά κύριο λόγο, πνέουν βόρειοι άνεμοι, ενώ κατά την διάρκεια της νύχτας πνέουν δυτικοί άνεμοι. Σημαντικός παράγοντας, επίσης, είναι και η ψύξη, η οποία λαμβάνει χώρα κατά την διάρκεια της νύχτας. Οι κατόψεις της πόλης των Χανίων για την ημέρα είναι παρόμοιες μεταξύ τους, το ίδιο και για την νύχτα.

Φαίνεται λοιπόν, ότι υπάρχει μια σχέση ανάμεσα στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και στην κατεύθυνση των ανέμων. Αυτό οφείλεται στην απόγεια αύρα και στην θαλάσσια αύρα. Όταν οι θερμοκρασιακές μεταβολές είναι έντονες, τότε οι παραπάνω αύρες είναι αρκετά ισχυρές, ώστε να επηρεάσουν τοπικά τους κύριους ανέμους.

Ο Δείκτης Δυσφορίας επηρεάζεται επίσης με την μεταβολή ημέρας και νύχτας. Κατά την διάρκεια της νύχτας η τιμή του Δείκτη Δυσφορίας μειώνεται αισθητά. Παράγοντες που επηρεάζουν είναι η απουσία της ηλιακής ακτινοβολίας και η αλλαγή της κατεύθυνσης του ανέμου όπου τη νύχτα πνέει από Δυτικά. Η νυχτερινή ψύξη σε συνδυασμό με τον καλό εξαερισμό, συντελούν στην αισθητή μείωση του Δείκτη Δυσφορίας.

### **5.2.3. Επιπτώσεις της Ατμοσφαιρικής Πίεσης στην δομή και ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας.**

Κατά το μεγαλύτερο μέρος της περιόδου των μετρήσεων, δεν υπάρχει κάποιο ισχυρό βαρομετρικό σύστημα. Το υψηλό βαρομετρικό σύστημα συνδέεται με τον καλό καιρό, ενώ το χαμηλό βαρομετρικό σύστημα συνδέεται με τον κακό καιρό. Τα βαρομετρικά συστήματα εμφανίζονται προς το τέλος των μετρήσεων, κατά το φθινόπωρο. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, υπάρχουν υψηλές τιμές ατμοσφαιρικής πίεσης, οι οποίες αντιστοιχούν στο υψηλό βαρομετρικό. Ο καλός καιρός χαρακτηρίζεται από αίθριο ουρανό, με ασθενείς ή καθόλου ανέμους και υψηλές θερμοκρασίες. Μια χαρακτηριστική περίπτωση που αντιστοιχεί σε αυτόν τον χαρακτηρισμό είναι η περίοδος του καλοκαιρινού καύσωνα.

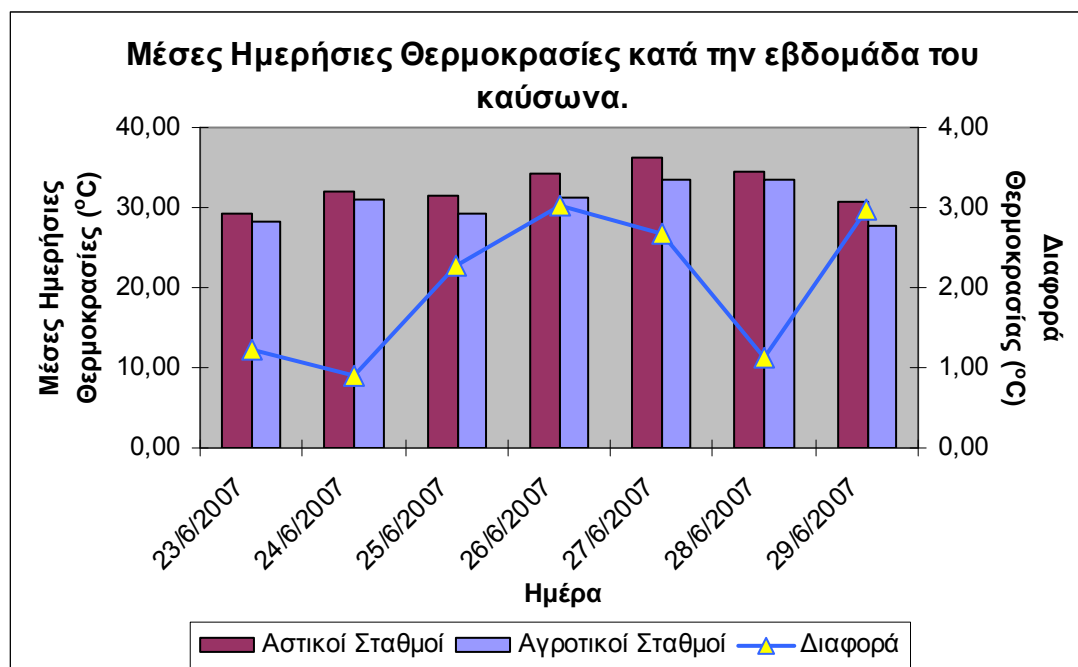
Διακρίνονται χαρακτηριστικές περιόδους όπου οι καιρικές συνθήκες ήταν τέτοιες, ώστε να μπορούν να αντιστοιχιστούν με το υψηλό βαρομετρικό σύστημα. Μια τέτοια χαρακτηριστική περίοδος, ήταν η περίοδος του καλοκαιρινού καύσωνα. Κατ' αυτήν την περίοδο, οι θερμοκρασίες ήταν υψηλές, τα ποσοστά της σχετικής υγρασίας ήταν μεσαία, ο άνεμος έπνεε σε μικρές ταχύτητες ή και καθόλου, ενώ ο καιρός ήταν αίθριος και γενικά πολύ καλός.

Η Αστική Θερμική Νησίδα κατ' αυτήν την περίοδο του καλοκαιρινού καύσωνα, ήταν το παράδειγμα και για το υπόλοιπο καλοκαίρι. Σύμφωνα με την διαφορά των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών κατά τις τρεις μέρες του καύσωνα, η ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας ήταν 2 – 3°C. Το θερμικό κέντρο της, κατά

την διάρκεια του καύσωνα, βρισκόταν στο κέντρο της πόλης και το εύρος της ήταν τόσο που περιέκλειε όλη την πόλη των Χανίων.



Εικόνα 5.13: Η Αστική Θερμική Νησίδα κατά την διάρκεια μιας μέρας του καλοκαιρινού καύσωνα.



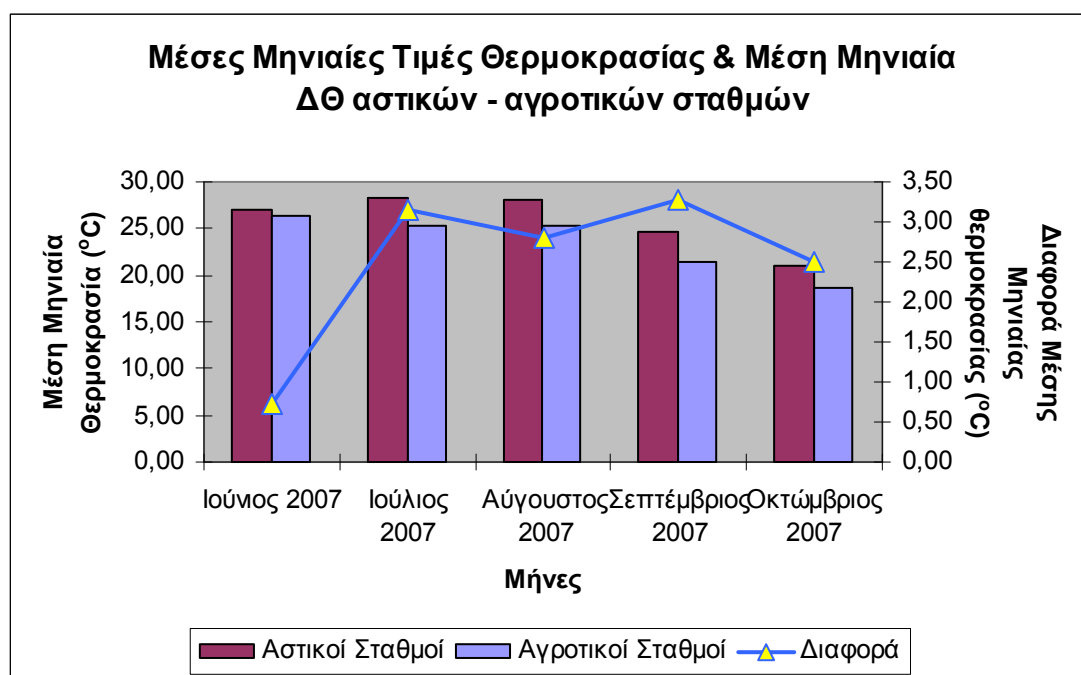
Εικόνα 5.14: Οι αστικές και αγροτικές μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες και η διαφορά τους, κατά την διάρκεια της εβδομάδας του καλοκαιρινού καύσωνα.

Τα βαρομετρικά συστήματα επηρεάζουν έμμεσα και τον Δείκτη Δυσφορίας. Προκαλώντας τους ανέμους και επηρεάζοντας την κατεύθυνσή τους, μπορούν να

μεταβάλουν την αποτελεσματικότητα του φυσικού εξαερισμού της πόλης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή των τιμών της σχετικής υγρασίας του αέρα, καθώς και των θερμοκρασιών που μοιάζουν να μειώνονται.

#### 5.2.4. Επιπτώσεις της Θερμοκρασίας στην δομή και ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Εποχιακή συμπεριφορά.

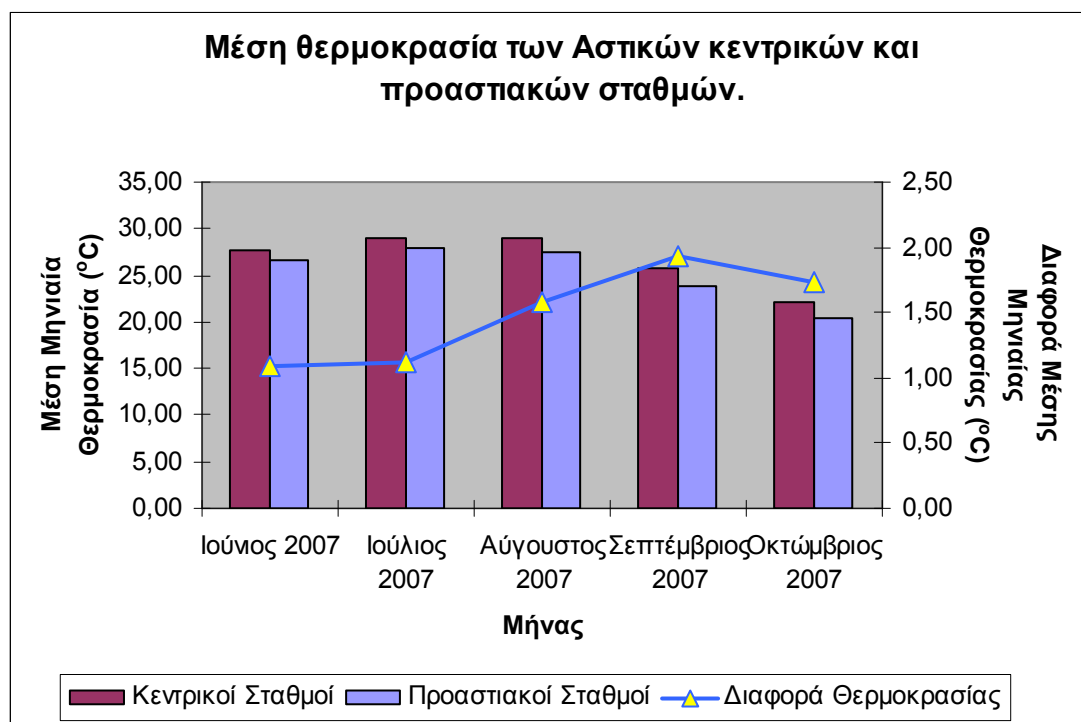
Ο καύσωνας ήταν ένα φαινόμενο, το οποίο εστίασε το ενδιαφέρον. Κατά την διάρκεια του υπόλοιπου καλοκαιριού, οι θερμοκρασίες έπαιρναν λίγο χαμηλότερες τιμές, αλλά η συμπεριφορά της Αστικής Θερμικής Νησίδας δεν μεταβλήθηκε. Έτσι, οι διαφορές των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών ανάμεσα στους αστικούς και αγροτικούς σταθμούς ήταν παρόμοια. Συγκεκριμένα, η ένταση της Θερμικής Νησίδας, σύμφωνα με τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες, ήταν περίπου στον 0,5°C για τον Ιούνιο του 2007, ενώ για τους επόμενους μήνες η διαφορά αυξήθηκε στους 3°C.



Εικόνα 5.15: Οι αστικές και αγροτικές μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και η διαφορά τους.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαφορά των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών ανάμεσα στους αστικούς σταθμούς που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης (κεντρικούς) και στους αστικούς σταθμούς που απέχουν από το κέντρο της πόλης (προαστιακούς). Η διαφορά αυτή κυμαίνεται στον 1°C, αλλά σταδιακά αυξάνεται, παρουσιάζοντας ένα μέγιστο στον μήνα Σεπτέμβριο στους 2°C.

Καθώς η πόλη των Χανίων είναι παραλιακή, η θάλασσα αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην διαμόρφωση των θερμοκρασιών. Νωρίς το καλοκαίρι οι θερμοκρασίες παραμένουν σε χαμηλά επίπεδα εξ αιτίας της θάλασσας. Αντίστοιχα, το φθινόπωρο, οι θερμοκρασίες αργούν να μειωθούν για τον ίδιο λόγο. Η λειτουργία αυτή οφείλεται στην μεγάλη θερμοχωρητικότητα του νερού στην θάλασσα. Αποθηκεύοντας ποσότητες θερμότητας το καλοκαίρι και απελευθερώνοντάς τες το φθινόπωρο, η θάλασσα λειτουργεί ως εξομαλυντής της θερμοκρασίας, καθυστερώντας και αμβλύνοντας τις μεταβολές της.



Εικόνα 5.16: Οι αστικές κεντρικές και προαστιακές μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες και η διαφορά τους

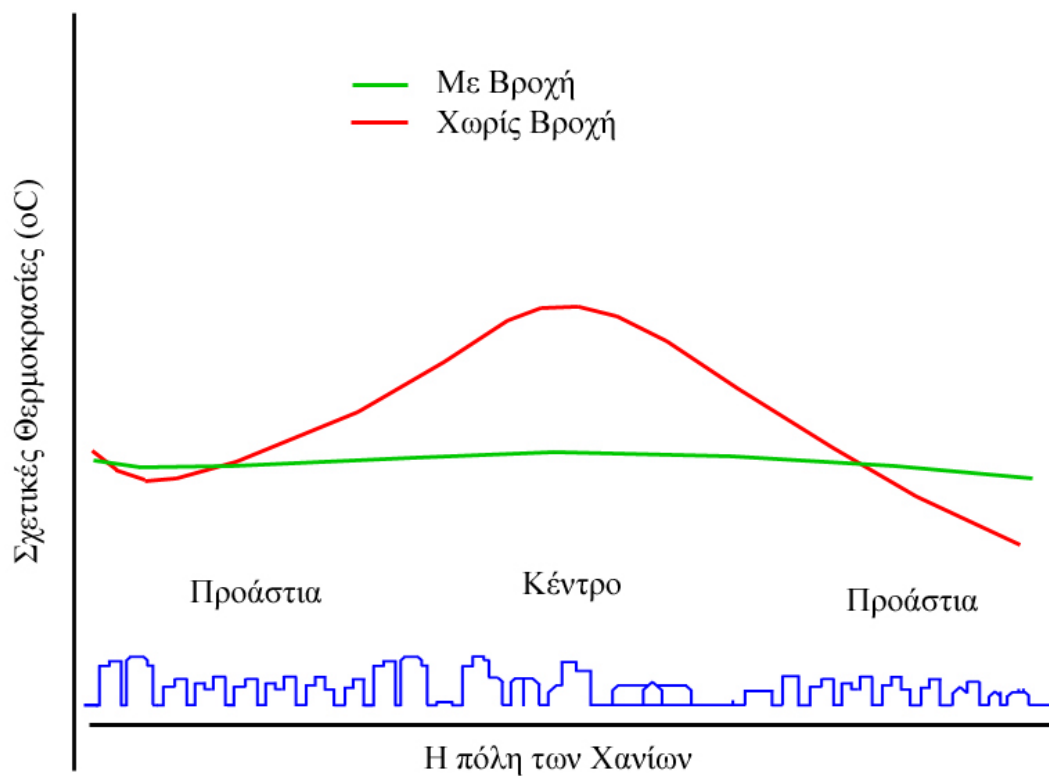
### 5.2.5. Επιπτώσεις των βροχοπτώσεων στην δομή και ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

Κατά το διάστημα των μετρήσεων, δεν υπήρξαν πολλές περιπτώσεις βροχόπτωσης. Με τις λίγες αυτές περιπτώσεις, μπορούμε να πούμε ότι η Αστική Θερμική Νησίδα εξομαλύνεται κατά την διάρκεια των βροχοπτώσεων. Με τον όρο εξομάλυνση, εννοούμε την εξίσωση των θερμοκρασιών ανάμεσα στους σταθμούς, καθώς και την δραστική μείωση των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας. Κατά την διάρκεια της βροχόπτωσης ο αέρας έχει την τάση να αποκτήσει την θερμοκρασία του κατακρημνίσματος (βροχή, χιόνι, χαλάζι κ.α.). Η ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας παραμένει, κατά μέσο όρο, 1 - 2°C. Παρακάτω παρατίθεται εικόνα (εικ. 5.17) στην οποία παρουσιάζεται μια σχετική σύγκριση ανάμεσα στις περιπτώσεις βροχόπτωσης και χωρίς βροχή.

Η μορφή της Αστικής Θερμικής Νησίδας δεν έχει κάποια συγκεκριμένη δομή. Επίσης, γειτονικές περιοχές στις οποίες δεν λαμβάνει χώρα η βροχόπτωση, είναι πιο θερμές από αυτές όπου βρέχει. Στην εικόνα 5.18 παρουσιάζεται το πώς μοιάζει η Αστική Θερμική Νησίδα κατά την διάρκεια μιας βροχόπτωσης.

Παρόμοια και με τον Δείκτη Δυσφορίας οι τιμές εξομαλύνονται. Καθώς σε όλη την περιοχή μελέτης υφίστανται παρόμοιες μετεωρολογικές συνθήκες. Παράμετροι όπως η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία, θα είναι περίπου στα ίδια επίπεδα. Έτσι, υπάρχει η τάση, οι τιμές του Δείκτη Δυσφορίας να είναι και αυτές στα ίδια, περίπου, επίπεδα για όλη την περιοχή. Επίσης, με την βροχόπτωση οι τιμές της θερμοκρασίας μειώνονται, άρα μειώνονται αντίστοιχα και οι τιμές του Δείκτη Δυσφορίας.





Εικόνα 5.17: Σύγκριση των θερμοκρασιών στις περιπτώσεις με βροχή και χωρίς βροχή.



Εικόνα 5.18: Η μορφή της Θερμικής Νησίδας σε περίπτωση βροχόπτωσης. Η δομή της διαλύεται και εξομαλύνεται.

### 5.3. Θερμοκρασιακές Διαδρομές της Περιοχής Μελέτης.

Οι εικόνες για την Αστική Θερμική Νησίδα μας επιτρέπουν να παρατηρήσουμε, με οπτικό τρόπο, την δομή, το εύρος και την ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Αυτό όμως που δεν φαίνεται καθαρά είναι η κατάσταση που επικρατεί σε κάποιες συγκεκριμένες και συχνά χρησιμοποιούμενες διαδρομές. Έτσι λοιπόν, παίρνοντας τομές της Θερμικής Νησίδας, κατά μήκος αυτών των διαδρομών, μπορούμε να εξάγουμε μερικά γραφήματα. Με την βοήθεια αυτών των γραφημάτων, μπορούμε να δούμε τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας κατά μήκος κάποιας διαδρομής.

Οι διαδρομές που χρησιμοποιήθηκαν είναι σχετικά ευθείες και παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα, ενώ επεξηγούνται στον πίνακα 5.2.



Εικόνα 5.19: Οι διαδρομές που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των γραφημάτων των τομών.

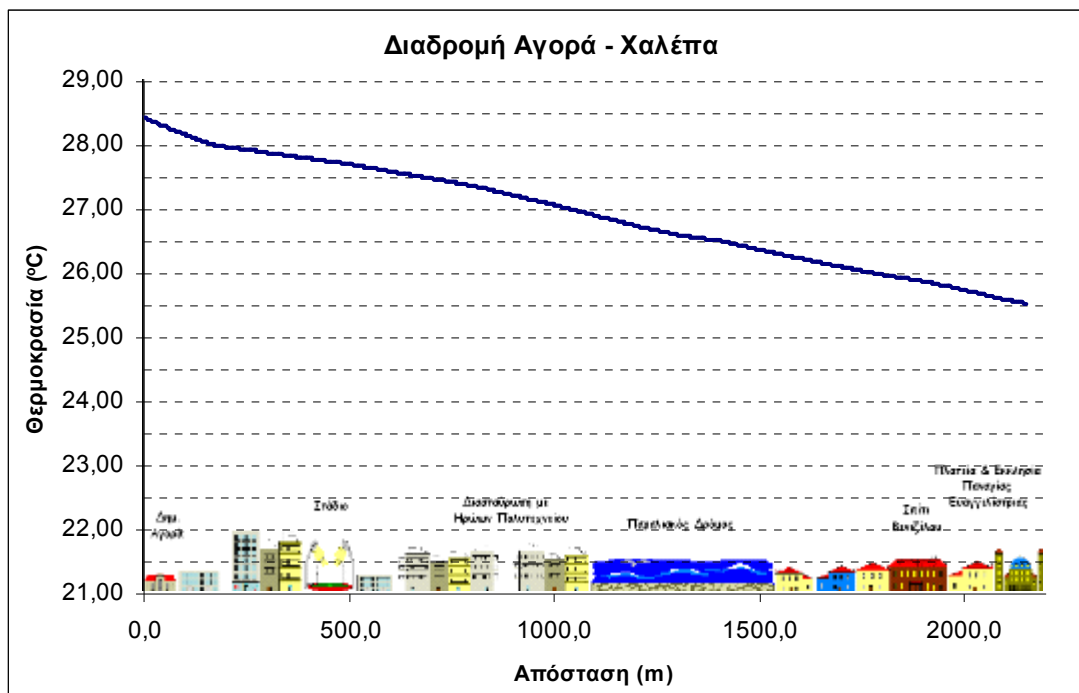
Χρώμα Διαδρομής	Όνομα διαδρομής	Μήκος Διαδρομής (m)
Κόκκινη	Οδός Βενιζέλου / Αγορά-Πλατεία Ευαγγελίστριας	2150
Κίτρινη	Οδός Δημοκρατίας / Αγορά - Δικαστήρια	990
Γαλάζια	Οδοί Παπαναστασίου - Σφακιανάκη - Σολωμού - Μπότσαρη	3072
Ματσένια	Οδός Αποκορώνου / Αγορά μέχρι την οδό Γογονή	1073
Πράσινη	Οδοί Σκαλίδη - Κισσάμου / Αγορά - Γέφυρα Κλαδισσού	1800
Πορτοκαλί	Οδοί Αν. Γογονή - Παναγούλη	2442

Πίνακας 5.2: Οι διαδρομές που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία των γραφημάτων των τομών.

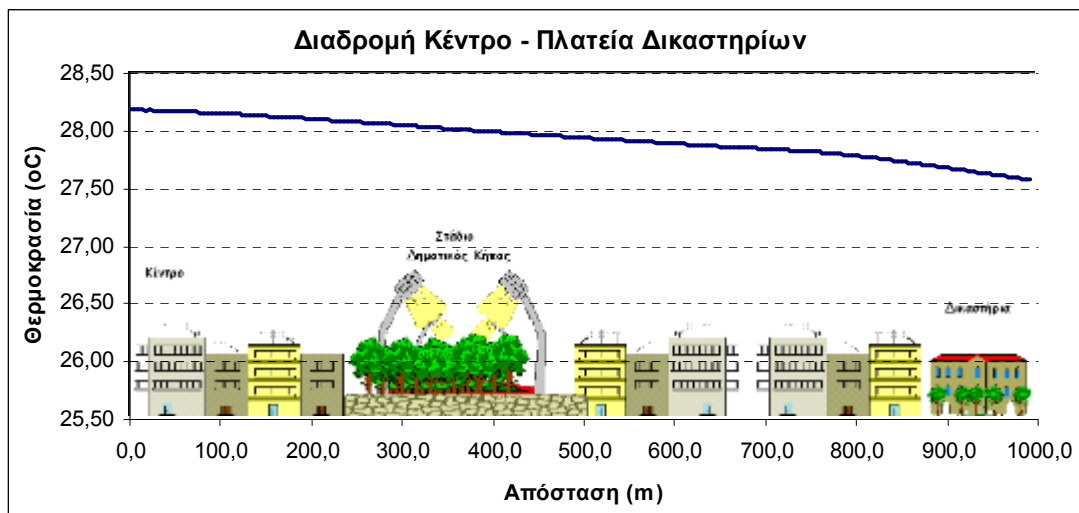
Για την δημιουργία των γραφημάτων των τομών χρησιμοποιήθηκε ένα αρχείο GRID από το πρόγραμμα Surfer. Για την δημιουργία του αρχείου χρησιμοποιήθηκαν οι



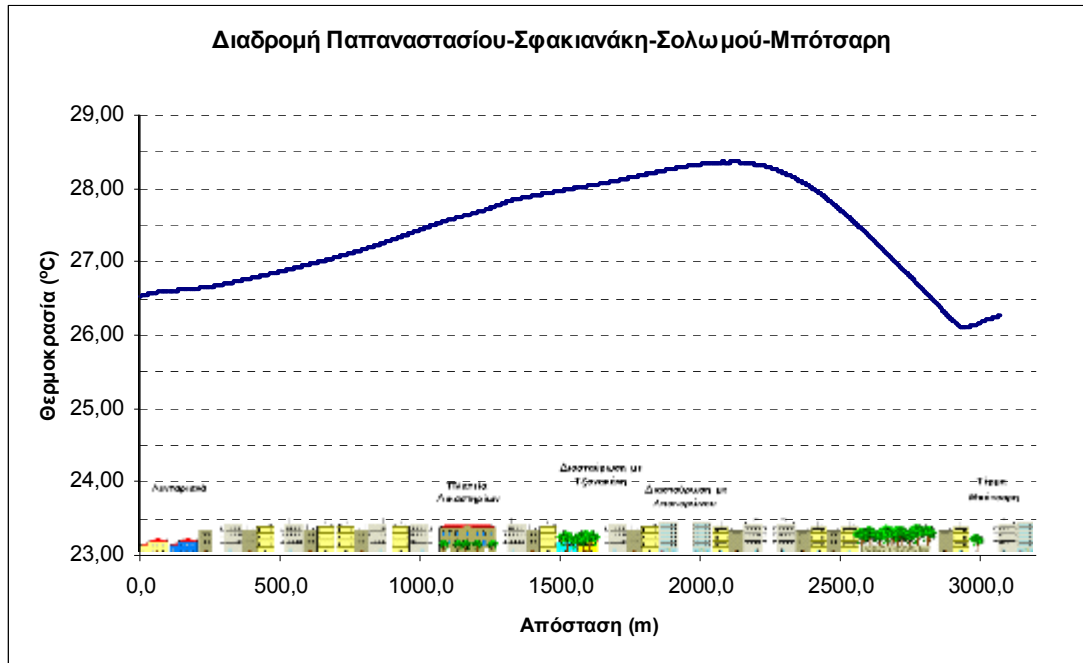
τιμές της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας της 8<sup>ης</sup> Αυγούστου 2007. Παρακάτω παραθέτονται τα γραφήματα των τομών / διαδρομών.



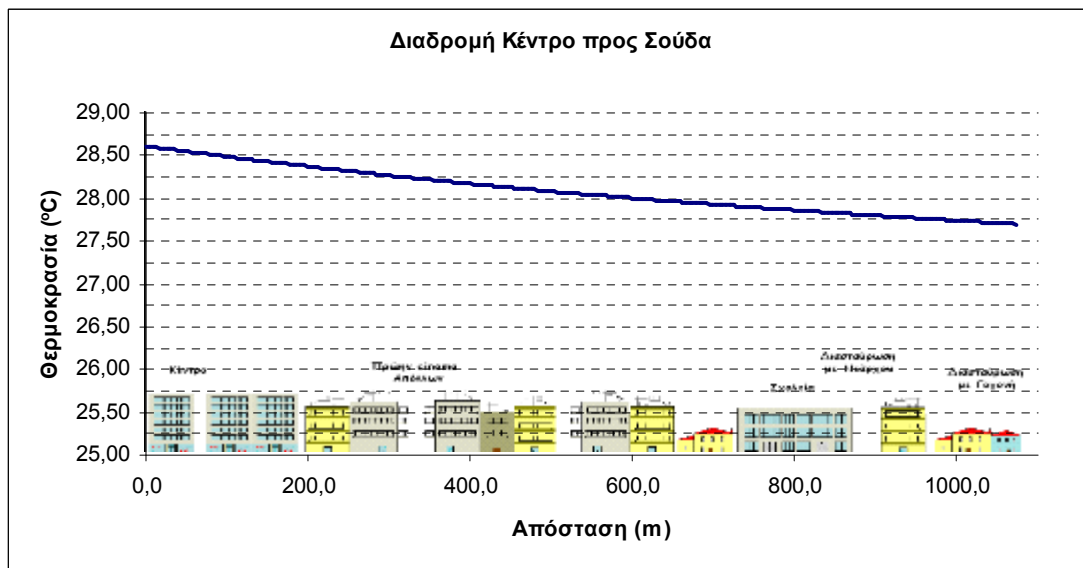
Εικόνα 5.20: Η τομή / διαδρομή της οδού Βενιζέλου από την Πλατεία της Αγοράς στην Πλατεία Ευαγγελιστριάς.



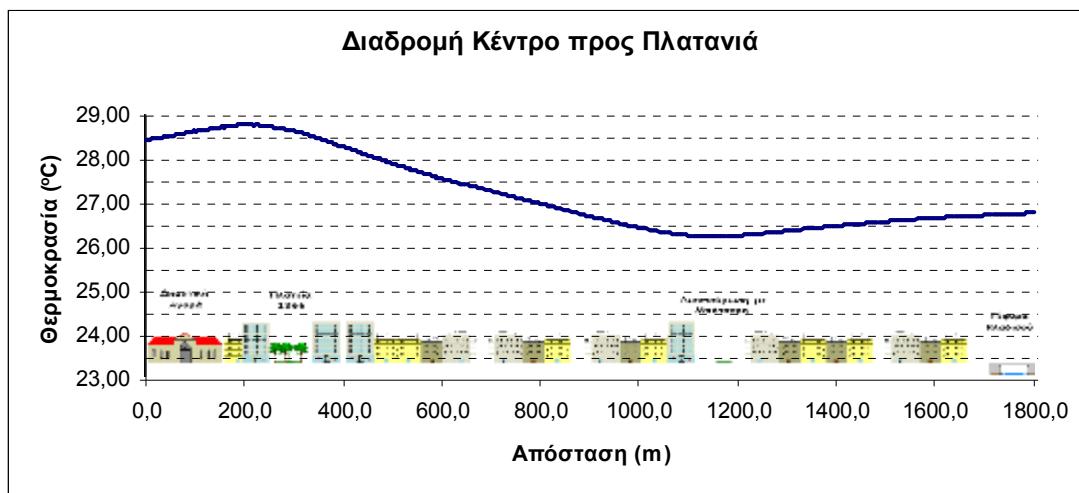
Εικόνα 5.21: Η τομή / διαδρομή της οδού Δημοκρατίας από την Πλατεία της Αγοράς στην Πλατεία Δικαστηρίων.



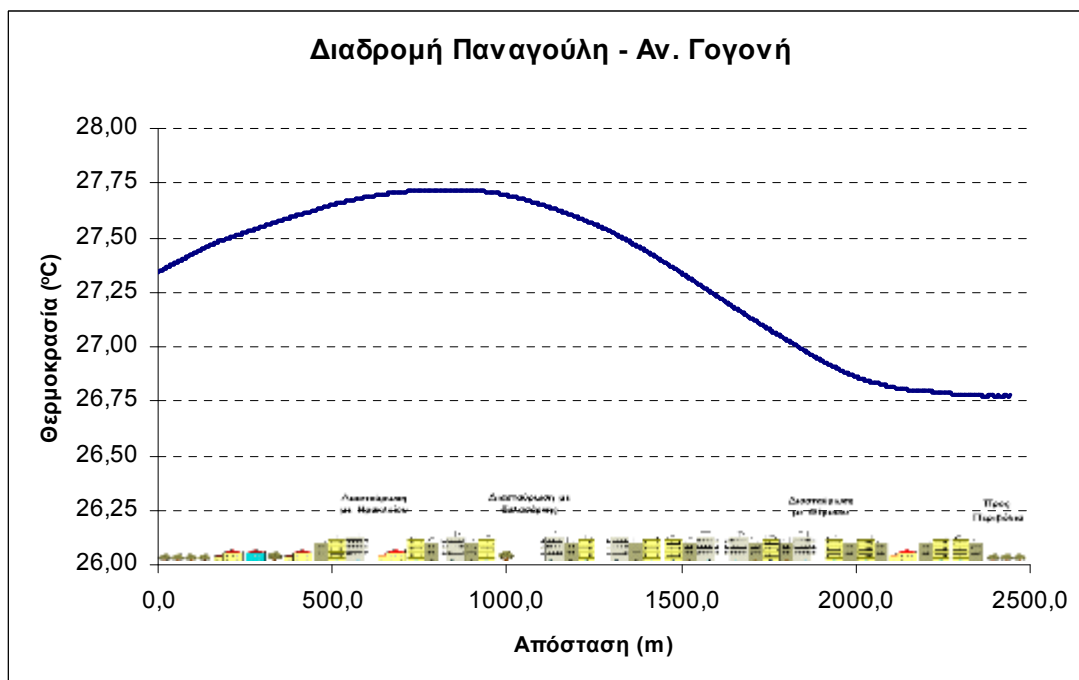
Εικόνα 5.22: Η τομή / διαδρομή των οδών Παπαναστασίου, Σφακιανάκη, Σολωμού και Μπότσαρη, από το λόφο του Αγίου Ιωάννη στην Νέα Χώρα.



Εικόνα 5.23: Η τομή / διαδρομή της οδού Αποκορώνου από την Πλατεία της Αγοράς στην διασταύρωση με την οδό Αν. Γογονή.



Εικόνα 5.24: Η τομή / διαδρομή των οδών Σκαλιδή και Κισσάμου, από την Πλατεία της Αγοράς στην γέφυρα Κλαδισού.



Εικόνα 5.25: Η τομή / διαδρομή των οδών Παναγούλη και Αν. Γογονή, καθ' όλο το μήκος τους.

Όπως φαίνεται από τις εικόνες 5.20 έως 5.25, οι θερμοκρασίες μειώνονται καθώς απομακρύνεται κάποιος από το κέντρο. Το θερμικό κέντρο φαίνεται να αναπτύσσεται γύρο από την Πλατεία 1866. Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η διαδρομή των οδών Παναγούλη και Γογονή. Οι θερμοκρασίες φαίνεται να αυξάνονται γύρο από την οδό Ηρακλείου, αλλά η διαφορά στις θερμοκρασίες δεν μεγάλη. Η διαδρομή με την μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας κατά το μήκος της είναι αυτή της οδού Βενιζέλου και είναι 3°C.

## 6. Συμπεράσματα και μελλοντικές επεκτάσεις.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται συνολικά τα συμπεράσματα της επεξεργασίας των δεδομένων για τον προσδιορισμό της Αστικής Θερμικής Νησίδας στην πόλη των Χανίων. Αναλύονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την δομή και την έντασή της, καθώς και κάποιοι από τους μηχανισμούς που ελέγχουν αυτούς τους παράγοντες. Στο τέλος του κεφαλαίου αναφέρονται ενδιαφέρουσες προτάσεις για επέκταση της μελέτης, σε διάφορους τομείς που έχουν σχέση με την Αστική Θερμική Νησίδα.

### 6.1. Σύνοψη των αποτελεσμάτων. Συμπεράσματα.

Στην πόλη των Χανίων Κρήτης, Ελλάδα, εκτελέστηκαν μετρήσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας για τον προσδιορισμό της ύπαρξης της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Οι μετρήσεις εκτελέστηκαν κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και του φθινοπώρου του 2007. Βρέθηκε ότι η Αστική Θερμική Νησίδα υπάρχει, με το θερμικό κέντρο της δομής της να βρίσκεται στο κέντρο της πόλης.

Αρχικά, η ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας φάνηκε να είναι εποχική. Αργότερα, όταν έγιναν οι συσχετίσεις με τις μετεωρολογικές συνθήκες, βρέθηκε ότι οι άνεμοι ήταν οι κύριοι παράγοντες που είχαν σχέση με την ένταση και δομή της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Κατά την διάρκεια των ημερών του καλοκαιριού, οι άνεμοι είναι βοριάδες, ενώ προς το φθινόπωρο, οι δυτικοί άνεμοι αυξάνονται σε συχνότητα. Σε σχέση με τους ανέμους, σημαντικός παράγοντας είναι και η κατεύθυνση των «φαραγγιών» των κεντρικών οδών.

Στο βόρειο μέρος της πόλης, όπου βρίσκεται και το κέντρο, οι κεντρικές οδοί ακολουθούν την ακτογραμμή, οπότε συνήθως έχουν κατεύθυνση ανατολικά – δυτικά. Αυτό εμποδίζει την διείσδυση του βόρειου ανέμου στο κέντρο της πόλης, και αναπτύσσεται το φαινόμενο του καταφυγίου. Αυτό το φαινόμενο συμβάλει θετικά στην ανάπτυξη της Αστικής Θερμικής Νησίδας. Αντίθετα, αυτή η κατεύθυνση των οδών, διευκολύνει τους δυτικούς ανέμους, ανοίγοντας τον δρόμο για μια σφοδρή διείσδυση του ανέμου στο κέντρο της πόλης.

Σ' αυτήν την περίπτωση ο δυτικός άνεμος λειτουργεί σαν φυσικός εξαερισμός της πόλης, μειώνοντας δραστικά την ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας και διαλύοντας την δομή της. Κάποιες περιοχές με οδούς κατευθύνσεως βόρεια – νότια, προστατεύουν τις περιοχές, στις οποίες βρίσκονται, από τους δυτικούς ανέμους. Αυτές οι προστατευμένες περιοχές είναι η περιοχή της Παλιάς Πόλης, η οποία περικλείεται από τα τείχη και η περιοχή ανατολικά από τον λόφο του Αγίου Ιωάννη.

Ένας παράγοντας που επηρεάζει την δομή και ένταση της Θερμικής Νησίδας είναι οι βροχοπτώσεις. Προερχόμενη από περιβάλλον με σταθερή θερμοκρασία, συν την υψηλή θερμοχωρητικότητα του νερού, όταν πέφτει η βροχή, ψύχει τις περιοχές μέχρι να εξισωθούν οι θερμοκρασίες περίπου με την δική της. Οι βροχοπτώσεις, λοιπόν, μειώνουν την ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας και διασπούν τη δομή της.

Επίσης, ένας παράγοντας που επηρεάζει την Αστική Θερμική Νησίδα είναι η ηλιακή ακτινοβολία. Είδαμε ότι σε μελέτες που έχουν γίνει στην βόρεια Ευρώπη η Θερμική Νησίδα αυξάνεται σε ένταση κατά την διάρκεια της νύχτας. Αυτό γίνεται επειδή στην βόρεια Ευρώπη έχει κρύο, οπότε οι άνθρωποι έχουν ανάγκη από θέρμανση. Έτσι λοιπόν, την νύχτα που ο ήλιος δεν θερμαίνει, η ανάγκη για θέρμανση γίνεται εντονότερη. Οι εκπομπές θερμότητας από τα σπίτια σε συνδυασμό με την

νυχτερινή ψύξη στην ύπαιθρο, έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της έντασης της Θερμικής Νησίδας. Αντίθετα, η Κρήτη, στην οποία βρίσκονται τα Χανιά, βρίσκεται σε μια νότια περιοχή, η οποία έχει περισσότερη ανάγκη για ψύξη κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, παρά για θέρμανση το χειμώνα. Έτσι, την ημέρα που ο ήλιος θερμαίνει, οι κλιματιστικές συσκευές οργιάζουν, αποδίδοντας ακόμα περισσότερη θερμότητα στο αστικό περιβάλλον. Κατά την διάρκεια της νύχτας, η θέρμανση από τον ήλιο παύει και η ανάγκη για ψύξη μειώνεται. Έτσι, μειώνεται και η συμβολή των κλιματιστικών συσκευών. Οι θερμοκρασίες μειώνονται και η ένταση της Θερμικής Νησίδας μειώνεται επίσης.

Το καλοκαίρι, λοιπόν, και κατά την διάρκεια της ημέρας, συναντάμε τις ισχυρότερες Αστικές Θερμικές Νησίδες. Με αποκορύφωμα τον καλοκαιρινό καύσωνα, η ένταση της Αστικής Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια της ημέρας, κατά μέσο όρο, ήταν περίπου στους 5,5°C, ενώ κατά τις μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες ήταν περίπου στους 3°C. Η διαφορά μεταξύ των αγροτικών και αστικών θερμοκρασιών είναι σχετικά μικρή. Αυτό οφείλεται στο ότι οι περιοχές στις οποίες βρίσκονται οι «αγροτικοί» σταθμοί είναι κωμοπόλεις και όχι ύπαιθρος. Έτσι, ακόμη και αυτές οι περιοχές θερμαίνονται αρκετά κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Κατά την διάρκεια του φθινοπώρου η ένταση της Θερμικής Νησίδας φαίνεται να μειώνεται ελάχιστα. Η ένταση της Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια των ημερών του φθινοπώρου, κατά μέσο όρο, είναι περίπου 2,5°C.

Ο Δείκτης Δυσφορίας κατά την διάρκεια του καλοκαιριού είναι αρκετά αυξημένος. Οι τιμές του Δείκτη Δυσφορίας κατά την διάρκεια των ημερών είναι σχεδόν πάντα πάνω από το όριο των 26,7°C που χαρακτηρίζεται ως υψηλή και επικίνδυνη δυσφορία. Είναι, όμως, συνηθισμένο φαινόμενο οι υψηλές τιμές του Δείκτη Δυσφορίας γιατί η Κρήτη είναι θερμό μέρος και ξεφεύγει από τα στάνταρτ της υπόλοιπης Ευρώπης. Η υψηλότερη δυσφορία παρουσιάστηκε κατά την διάρκεια του καλοκαιρινού καύσωνα και ήταν, κατά μέσο όρο, περίπου στους 33,6°C. Στον Δείκτη Δυσφορίας οι 32°C χαρακτηρίζονται ως «Κατάσταση Ιατρικού Συναγερμού». Η μέση Δυσφορία κατά την διάρκεια όλου του καλοκαιριού ήταν περίπου 27,9°C. Κατά την διάρκεια των δύο πρώτων μηνών του φθινοπώρου, ο Δείκτης Δυσφορίας ήταν μειωμένος σε φυσιολογικά επίπεδα και η μέση τιμή του ήταν 21,3°C.

## **6.2 Προτάσεις για Μελλοντικές Επεκτάσεις.**

Η μελέτη αυτή περιορίστηκε σε ένα σκοπό, την συσχέτιση του φαινομένου της Αστικής Θερμικής Νησίδας με τον καιρό. Υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν της Αστική Θερμική Νησίδα και μερικοί από αυτούς είναι καθαρά στοιχεία του ίδιου του αστικού περιβάλλοντος. Επίσης, οι μετρήσεις περιλάμβαναν μόνο πέντε μήνες ενός έτους. Σε μελέτες που έχουν γίνει στην Ευρώπη η περίοδος των μετρήσεων, συνήθως, ήταν για ένα χρόνο ή και περισσότερο.

Προτάσεις για την περαιτέρω συνέχεια ή επέκταση της παρούσας μελέτης είναι οι παρακάτω:

- Μετρήσεις καθ' όλη την διάρκεια του έτους, για τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς της Αστικής Θερμικής Νησίδας κατά την διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης.
- Εκτέλεση μετρήσεων θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας κάθε χρόνο την ίδια εποχή, για τον εντοπισμό και προσδιορισμό αυξητικής ή αντίθετης τάσης της έντασης της Αστικής Θερμικής Νησίδας.

- Μελέτη των φαραγγίων των μεγάλων οδών, για τον προσδιορισμό του αντίκτυπου που έχουν στην ροή των κύριων ανέμων, οι οποίοι επηρεάζουν την συμπεριφορά της Θερμικής Νησίδας.
- Πειραματική μελέτη με επιφάνειες διάφορων υλικών ή / και χρωμάτων και ψυχρών υλικών, με σκοπό την σύγκριση των ιδιοτήτων τους στο θερμό περιβάλλον της Κρήτης και τον προσδιορισμό του αντίκτυπου των υλικών στην Αστική Θερμική Νησίδα.



## **Παράρτημα - Ορολογία.**

### **(1) Αστική Θερμική Νησίδα**

Η Αστική Θερμική Νησίδα είναι ένα φυσικό ατμοσφαιρικό φαινόμενο, το οποίο προσβάλλει το αστικό και ημιαστικό περιβάλλον. Το αστικό περιβάλλον εκπέμπει ρύπους και θερμότητα σε μεγάλες ποσότητες και λόγω της πυκνής δόμησης των κτηρίων, η θερμότητα εγκλωβίζεται μέσα στις πόλεις προκαλώντας το θερμικό φαινόμενο, που ονομάζεται «Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας». Το Φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας ευθύνεται για την αύξηση της θερμοκρασίας στις αστικές περιοχές.

### **(2) Φαράγγι**

Η λέξη «Φαράγγι» χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει την ομοιότητα των δρόμων με τα φυσικά φαράγγια. Δρόμοι που περιβάλλονται από ψηλά κτήρια και από τις δύο μεριές τους, έχουν παρόμοια λειτουργία με τα φαράγγια, όσον αφορά τον αντίκτυπο που έχουν στην ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου. Το Φαράγγι αναφέρεται αλλιώς και ως «Χαράδρα».

### **(3) Φαινόμενο του Καταφυγίου**

Το φαινόμενο του καταφυγίου περιγράφει την περίπτωση, στην οποία ένα εμπόδιο είναι ικανό να εκτρέψει την πορεία του ανέμου, ώστε η περιοχή που καλύπτει να προστατεύεται από τον άνεμο.

### **(4) Θερμοκρασία Υγρού Θερμομέτρου – Υγρό Θερμόμετρο**

Το υγρό θερμόμετρο είναι ένα κοινό θερμόμετρο υδραργύρου, του οποίου ο λοβός είναι καλυμμένος με ένα βρεγμένο πανί. Το νερό θέλοντας να εξατμιστεί απορροφά θερμότητα από το σώμα του θερμομέτρου. Έτσι, η θερμοκρασία του θερμομέτρου μειώνεται. Αυτή η μείωση της θερμοκρασίας εξαρτάται από την σχετική υγρασία του περιβάλλοντος αέρα.

### **(5) Σημείο Δρόσου**

Το σημείο δρόσου είναι μίας τιμή της θερμοκρασίας, η οποία υπολογίζεται με εμπειρικές εξισώσεις και την βοήθεια πινάκων, τα οποία διαθέτουν οι μετεωρολόγοι. Το σημείο δρόσου είναι μια θεωρητική θερμοκρασία, στην οποία όταν μειωθεί η πραγματική θερμοκρασία, η σχετική υγρασία φτάνει στο 100%. Σε αυτό το σημείο οι υδρατμοί ξεκινούν και συμπυκνώνονται σε υδροσταγονίδια προς δημιουργία ομίχλης και νεφών.

### **(6) Δείκτης Δυσφορίας**

Ο Δείκτης Δυσφορίας είναι ένα μέτρο που λαμβάνει υπόψη την θερμοκρασία του ξηρού θερμομέτρου και την σχετική υγρασία του αέρα και εκφράζεται σε μονάδες θερμοκρασίας. Αυτός ο δείκτης δηλώνει το ποσοστό των ανθρώπων, στους οποίους προκαλείτε αίσθημα δυσφορίας, από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και κατά το πόσο έντονη ή επικίνδυνη είναι αυτή η δυσφορία. Το νόημα της λέξης δυσφορία συνδυάζει το νόημα των λέξεων αδιαθεσία και δυσαρέσκεια, ενώ αυτό που προκαλεί είναι η δυσκολία στην αναπνοή. Οι συνθήκες που προκαλούν δυσφορία είναι αυτές με πολύ μεγάλη θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία. Η αγγλική ορολογία του Δείκτη Δυσφορίας είναι Discomfort Index (DI).

## **Βιβλιογραφία – Πηγές**

- [1] M. Santamouris, Heat Island Research in Europe – State of the Art.
- [2] Picot X : Thermal comfort in urban spaces : Impact of vegetation growth. Case study : Piazza della Schienza, Milan, Italy, Energy and Buildings, 36, 329-334.
- [3] 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.
- [4] Gomez F., E. Gaja, A. Reig : Vegetation and climatic changes in a city, Ecological Engineering 10 (1998) 355–360
- [5] Robitu M, Marjorie Musy, Christian Inard, Dominique Groleau : Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. Solar Energy 80 (2006) 435–447
- [6] Eumorfopoulou and Aravantinos, (1998) : The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece. Energy and Buildings 27, 20-36
- [7] 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.
- [8] Del Barrio, E. P: Analysis of the green roofs cooling potential in buildings Energy and Buildings, 1998, 27, (2). 179-193.
- [9] Theodosiou T. (2003): Summer period analysis of the performance of a planted roof as a passive cooling technique. Energy and Buildings 35 (2003) 909–917
- [10] Doulos L., M. Santamouris , I. Livada : Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials Solar Energy 77 (2004) 231–249
- [11] Synnefa A., M. Santamouris, I. Livada: A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. Solar Energy, 2005.
- [12] Synnefa A. and M. Santamouris : Development and performance of cool colored coatings, Proc. Conference EUROSUN, Edinburgh, 2006, UK.
- [13] Synnefa A, M. Santamouris, Apostolakis K: On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment, Accepted for Publication, Solar Energy, 2006b.
- [14] 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
- [15] Alcoforado M.-J. and H. Andrade : Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): main features and modelling attempts. Theor. Appl. Climatol. 84, 151–159 (2006)
- [16] Pinho O.S and M.D. Manso Orgaz : The urban heat island in a small city in coastal Portugal, Int J Biometeorol (2000) 44:198–203
- [17] Balkestahl L. , A. Monteiro, J. Gois, R. Taesler and H. Quenoi : 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 2005.

- [18] Yaggie C., E. Zurita and A. Martinez : Statistical Analysis of the Madrid Urban Heat Island, *Atmospheric Environment* Vol. 25B, No. 3, pp. 32%332, 1991.
- [19] Colacino M, and A. Lavagnini : Evidence of the Urban Heat Island in Rome by Climatological Analyses. *Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B*, 31,87-97 (1982)
- [20] Bonacquisti V., G.R. Casale, S. Palmieri, A.M. Siani : A canopy layer model and its application to Rome. *Science of the Total Environment*, In Press, 2005
- [21] Zanella, G.: 1976, 'Il clima urbano di Parma', *Rivista Meteorologia Aeronautica* 36, 125–146.
- [22] Bacci, P. and Maugeri, M.: 1992, 'The Urban Heat Island of Milan', *Nuovo Cimento*, 15 C 4, 417– 424.
- [23] Petralli M., M. Morabito, G. Bartolini, T. Torrigiani, L. Cecchi, S. Orlandini : 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, June, 2006,
- [24] Moreno-Garcia MC. 1994. Intensity and form of the urban heat island in Barcelona. *International Journal of Climatology* 14: 705–710.
- [25] Montavez J. , A. Rodriguez and J. Jimenez : A study of the Urban Heat island of Granada. *Int. J. Climatol.* 20: 899–911 (2000)
- [26] 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,
- [27] Karaca M, M. Tayant and H. Toros : Effects of Urbanisation on Climate of Instabul and Ankara. *Atmospheric Environment* Vol. 29, No. 23, pp. 3411-3421, 1995
- [28] Livada I, M. Santamouris, K. Niachou, N. Papanikolaou and G. Mihalakakou : Determination of places in the great Athens area where the heat island effect is observed. *Theor. Appl. Climatology*, 71, 219-230, 2002.
- [29] Tumanov Sergiu, Aurora Stan-Sion, Alexandru Lupu, Cornel Soci, Cristian Oprea : Influences of the city of Bucharest on weather and climate parameters, *Atmospheric Environment* 33 (1999) 4173}4183
- [30] Unger J : Heat Island Intensity with Different Meteorological Conditions in a Medium-Sized Town: Szeged, Hungary, *Theor. Appl. Climatol.* 54, 147-151 (1996)
- [31] Bottyan and J. Unger : A multiple linear statistical model for estimating the mean maximum urban heat island, *Theor. Appl. Climatol.* 75, 233–243 (2003)
- [32] Szymanowski M : Interactions between thermal advection in frontal zones and the urban heat island of Wroclaw, Poland. *Theor. Appl. Climatol.* 82, 207–224 (2005)
- [33] Klysik K and, Krzysztof Fortuniak : Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz , Poland, *Atmospheric Environment* 33 (1999) 3885 - 3895
- [34] Beranova'R. and R. Huth : Long-term changes in the heat island of Prague under different synoptic conditions, *Theor. Appl. Climatol.* 82, 113–118 (2005)
- [35] Cristen and Vogtt (2004) : Energy and radiation balance of a central European city. *Int. J. Climatol.* 24: 1395–1421 (2004)

- [36] Bohm, R. (1998) 'Urban bias in temperature time series - A case study for the city of Vienna, Austria', *Climatic Change*, 38, 113-128
- [37] 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
- [38] Watkins J, J Palmer M Kolokotroni and P Littlefair : The London Heat Island: results from summer time monitoring, *Building Serv. Eng. Res. Technol.* 23,2 (2002) pp. 97–106
- [39] 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)
- [40] Eliasson I. and B. Holmer : Urban Heat Island Circulation in Göteborg, Sweden, *Theor. Appl. Climatol.* 42, 187- 196 (1990)
- [41] Eliasson A : Urban Nocturnal Temperatures Street Geometry and Land Use. *Atmospheric Environment* Vol. 30, No. 3, pp. 379-392, 1996
- [42] Hara Y. and j. Autio : Heat Island Intensity at High Latitude city – An example from Oulu, Central Finland. *Proc. 6th International Conference on Urban Climate*, p. 810, Gotemborg, Sweden, 2006.
- [43] Internet Web page: [www.meteo.gr/stations/chania](http://www.meteo.gr/stations/chania)
- [44] Internet Web page: <http://forecast.uoa.gr/forecastnew.html>
- [45] Konstantinos Kourtidis, User Consultation Meeting on Urban Heat Island (UHI), Athens, 8 June 2007
- [46] I. Tselepidaki, M. Santamouris, C. Moustris and G. Pouloupoulou, Analysis of the summer discomfort Index in Athens, Greece, for cooling purposes, *Energy and Buildings*, 18, pp 51-56, 1992