

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΝΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ

ΚΛΑΔΟΣ II:

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΤΟΝ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ**

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ
ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ
ΑΝΟΙΧΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

Αρετή Ε. Τσέλιου

Γεωλόγος

ΑΘΗΝΑ, 2009

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΣΙΡΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.Π.Α

ΜΕΛΗ: ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΥ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ Γ.Π.Α

ΑΝΔΡΕΑΣ ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.Π.Α

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΚΑΜΟΥΤΣΗΣ, ΛΕΚΤΟΡΑΣ Γ.Π.Α

Δρ. ΒΑΣΙΛΙΚΗ ΑΣΗΜΑΚΟΠΟΥΛΟΥ, ΕΡΕΥΝΗΤΡΙΑ Γ

ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

Αφιερώνεται στους γονείς μου,

Γιώτα και Βαγγέλη

Περιεχόμενα

Πρόλογος

Περίληψη

Εισαγωγή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΑΣΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ.....	1
1.1 Γενικά.....	1
1.2 Παράγοντες που επιδρούν στο αστικό μικρόκλιμα.....	1
1.2.1 Μετεωρολογικοί παράγοντες.....	1
1.2.1.1 Θερμοκρασία αέρος αστικού περιβάλλοντος.....	1
1.2.1.2 Ανεμομετρικές συνθήκες αστικού περιβάλλοντος.....	3
1.2.1.3 Υγρομετρικές συνθήκες αστικού περιβάλλοντος.....	4
1.2.2 Μη μετεωρολογικοί παράγοντες.....	5
1.2.2.1 Ανάγλυφο εδάφους και εδαφικές συνθήκες.....	5
1.2.2.2 Η επίδραση του νερού και του πρασίνου.....	5
1.2.2.3 Πυκνότητα πληθυσμού.....	6
1.2.2.4 Πυκνότητα κτιρίων – Ύψος δόμησης – Ιδιότητες επιφανειών.....	7
1.2.2.5 Επίδραση βιομηχανικών περιοχών.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ.....	9
2.1 Θερμική Άνεση.....	9
2.2 Το θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπου.....	11
2.3 Θερμική φυσιολογία και θερμορύθμιση ανθρώπινου σώματος.....	11
2.4 Παράμετροι που επηρεάζουν τη Θερμική Αίσθηση.....	14
2.4.1 Θερμοκρασία αέρος.....	14
2.4.2 Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας.....	15
2.4.3 Ταχύτητα του αέρα.....	17
2.4.4 Σχετική υγρασία.....	18
2.4.5 Ένδυση.....	19
2.4.6 Μεταβολισμός.....	19

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΒΙΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ-ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ.....	20
3.1 Βιομετεωρολογικοί – Βιοκλιματικοί δείκτες.....	20
3.2 Προβλήματα μεθοδολογίας στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης στους υπαίθριους χώρους.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ & ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	26
4.1 Μεθοδολογία – Επιλογή Βιομετεωρολογικών δεικτών.....	26
4.1.1 Δείκτης Physiological Equivalent Temperature (PET).....	26
4.1.2 Δείκτης δυσφορίας (THI).....	28
4.1.3 Δείκτης Θερμικής Άνεσης-Δυσφορίας (CP).....	31
4.2 Περιοχές μελέτης.....	32
4.3 Μικροκλιματικά δεδομένα.....	38
4.4 Δεδομένα θερμικής άνεσης.....	41
4.5 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων.....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	44
<i>Γενικά.....</i>	<i>44</i>
5.1 Σύγκριση μέσων ετήσιων τιμών των βιομετεωρολογικών δεικτών.....	49
5.2 Σύγκριση εποχικών μέσων τιμών των βιομετεωρολογικών δεικτών.....	54
5.3 Αποτελέσματα γραμμικής Παλινδρόμησης με βάση την Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα.....	71
5.4 2 ^η Αποτελέσματα γραμμικής Παλινδρόμησης με βάση την Κλιματική μέση εποχική θερμοκρασία αέρα.....	90
5.5 Μεθοδολογία διορθώσεων.....	112
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	114
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	116
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι – Ερωτηματολόγια.....	123
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ – Κλιματικά δεδομένα.....	127
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ – Μεθοδολογία διορθώσεων - Πίνακες διορθώσεων.....	135

Πρόλογος

Η μελέτη αυτή, έχει ως σκοπό να συμβάλλει στην ανάπτυξη και εξέλιξη των βιοκλιματικών δεικτών, όσον αφορά την εφαρμογή τους και την εκτίμησή τους, στην σχέση μεταξύ κλιματικών παραμέτρων και ανθρώπου.

Συγκεκριμένα, στη μελέτη αυτή διερευνάται ο βαθμός συσχέτισης των ενδείξεων των επιλεγμένων βιοκλιματικών δεικτών με την πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων και η αναγκαιότητα ή μη, της δημιουργίας ενός νέου εύρους τιμών θερμικής αίσθησης για τους επιλεγμένους δείκτες, το οποίο να διαφέρει σε πόλεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετικό τύπο κλίματος και βρίσκονται σε διαφορετικά γεωγραφικά πλάτη, με αποτέλεσμα να διαφέρει η θερμική αίσθηση των κατοίκων στις πόλεις αυτές, αφού είναι συνηθισμένοι να ζουν στα διάφορα είδη κλιματικών συνθηκών.

Η παρούσα διατριβή έγινε υπό την επίβλεψη του κ. Ιωάννη Τσίρου, Επ. Καθηγητή του τομέα Γεωλογικών Επιστημών και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος του Γενικού Τμήματος του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, στον οποίο θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες για την ανάθεση του συγκεκριμένου θέματος καθώς επίσης και για την συνεχή καθοδήγηση και υποδείξεις του καθ' όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης της διατριβής.

Ακόμα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια κα Αικατερίνη Χρονοπούλου, Δ/ντρια του Εργαστηρίου Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας, τον Καθηγητή κ. Ανδρέα Παυλόπουλο, Δ/ντή του Τομέα Γεωλογικών Επιστημών και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος, την Δρ. Βασιλική Ασημακοπούλου, Ερευνήτρια Γ του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και τον Λέκτορα κ. Αθανάσιο Καμούτση για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.

Ακολούθως, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Σπύρο Λυκούδη, Ειδικό Τεχνικό Επιστήμονα του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, για την πολύτιμη βοήθειά του στην επεξεργασία των δεδομένων. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Δρ. Μαριαλένα Νικολοπούλου, Επιστημονική Υπεύθυνο του Προγράμματος RUROS,

Λέκτορα στο University of Bath (UK) καθώς επίσης και το Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΚΑΠΕ) για τη δυνατότητα πρόσβασής μου σε λεπτομερή δεδομένα του προγράμματος που επέτρεψαν την διεξαγωγή της παρούσης έρευνας.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλο το προσωπικό του εργαστηρίου Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την τεχνική και ηθική υποστήριξη που μου παρείχε.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η αξιολόγηση τριών βιομετεωρολογικών δεικτών και ο προσδιορισμός των τυχόν μεταβολών που θα πρέπει να υποστούν οι κλίμακες αυτών των δεικτών προκειμένου να είναι αντιπροσωπευτικότερα τα αποτελέσματά τους, λαμβάνοντας υπόψη τα γεωγραφικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής που εφαρμόζονται. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τρεις ευρέως διαδεδομένοι βιομετεωρολογικοί δείκτες, ο δείκτης Physiological Equivalent Temperature (PET), ο Θερμοϋγρομετρικός δείκτης (THI) και ο Δείκτης Θερμικής Άνεσης – Δυσφορίας (CP). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των δεικτών βασίστηκαν σε αποτελέσματα του προγράμματος RUROS και περιλαμβάνουν 10.000 καταγραφές σε δύο χώρους διαφορετικής αστικής τυπολογίας σε επτά διαφορετικές πόλεις της Ευρώπης (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Μιλάνο [Ιταλία], Fribourg [Ελβετία], Cambridge και Sheffield [Μεγάλη Βρετανία], Kassel [Γερμανία]). Τα δεδομένα αναφέρονται σε καταγραφές μικροκλιματικών παραμέτρων και προσδιορισμού θερμικής άνεσης ανθρώπων η οποία αξιολογήθηκε σε 5-βάθμια κλίμακα, κυμαινόμενη από «πολύ κρύο» σε «πολύ ζέστη» και ορίστηκε ως Πραγματική Αίσθηση Θερμότητας (Actual Sensation Vote, ASV). Με βάση τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης διαπιστώθηκε ότι οι δείκτες PET και THI φαίνεται να αξιολογούν καλύτερα την πραγματική θερμική αίσθηση, από τον CP. Σε αρκετές περιπτώσεις οι δείκτες βρίσκονται στην ίδια κλάση με το ASV, ενώ οι αποκλίσεις τους τις περισσότερες φορές δεν είναι σημαντικές. Αντιθέτως, ο CP δείχνει να αποκλίνει σημαντικά από τις κλάσεις του ASV. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι και οι τρεις δείκτες, έχουν την τάση να καταλαμβάνουν μεγαλύτερες κλάσεις σε αυξημένες θερμοκρασίες και το αντίστροφο, καθώς επίσης και να προσεγγίζουν καλύτερα την πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων κατά τις εποχές της άνοιξης και του φθινοπώρου, σε σχέση με τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Διαπιστώθηκε επίσης εξάρτηση των δεικτών, με τη μέση κλιματική θερμοκρασία, η οποία παρουσιάζεται ασθενέστερη σε μεγαλύτερης κλάσης ASV. Η εξάρτηση αυτή των δεικτών από την κλιματική θερμοκρασία, υποδηλώνει πως θα πρέπει να συμπεριληφθεί και η παράμετρος αυτή στην εξαγωγή των ενδείξεών τους για να είναι αντιπροσωπευτικότερα τα αποτελέσματά τους. Τέλος, διαπιστώθηκε ότι

για κάθε κλάση του ASV, οι δείκτες δεν παρουσιάζουν την τιμή που θα αναμενόταν σύμφωνα με την κλίμακά τους, και η οποία αντιστοιχεί στην εκάστοτε κλάση της πραγματικής θερμικής αίσθησης. Επιπλέον, η απόκλιση αυτή των ενδείξεων των δεικτών από την κλίμακά τους διαπιστώθηκε ότι δεν είναι σταθερή (ώστε να χρειάζεται απλή μετατόπιση της κλίμακας τους), αλλά διαφέρει μεταξύ των διαφόρων κλάσεων του ASV.

Abstract

The aim of post-graduate essay is the assessment of three biometeorological indices and the determination of any changes to which they must be subjected in order for the results to be representative, keeping in mind the geographic and climatic features of the area in which the indices mentioned above are applied. For this reason three widespread biometeorological indices were used, the Physiological Equivalent Temperature (PET), the Thermohygro-metric indicator (THI) and the indicator of thermal comfort – discomfort (CP). The data used for the assessment of these indices are based on the results of the programme RUROS and they include ten thousands registrations in two areas of different urban typology in seven different European cities (Athens, Thessaloniki, Milan [Italy], Fribourg [Switzerland], Cambridge and Sheffield [United Kingdom], Kassel [Germany]). The data concern registrations of microclimatic parameters and the definition of the people's thermal comfort which was assessed based on a 5-degree climax, varying from "very cold" to "very hot" and was defined as Actual Sensation Vote (ASV). Based on the results of the statistic analysis, it was ascertained that the real thermal feeling is better assessed with the use of the PET and THI indices than by using the CP indicator. In many cases the indices are found in the same category as the ASV whereas their divergences are not of great importance most of the times. On the contrary, the CP indicator seems to have a considerable divergence from the ASV categories. Moreover it was found out that all three indices tend to occupy wider categories in high temperatures and the opposite as well as they tend to approach people's real thermal feeling during the spring and autumn in relation to the winter and summer. It was also ascertained that there is interdependence between indicator and the average climatic temperature which is not as strong in higher climax ASV. The interdependence between the indices and the climatic temperature suggests that this specific parameter should be taken into consideration when it comes to draw conclusions in order for the results to be representative. Finally it was found out that for every ASV category the indicators don't reveal the value anticipated to the category of the actual thermal feeling. In addition it was found that the divergence of the indices from their climax is changeable (so a more removal of their climax is not sufficient) and it's different in each ASV category.

Εισαγωγή

Στην μεταπτυχιακή αυτή διατριβή, επιλέχθηκαν τρεις διαδεδομένοι βιομετεωρολογικοί δείκτες, ο PET, ο THI και ο CP, με σκοπό να εξεταστεί η δυνατότητά τους να αποδώσουν τη πραγματική θερμική αίσθηση για τον άνθρωπο και να προσδιοριστούν μετά από πιθανές διορθώσεις που ενδεχομένως χρειάζονται οι πραγματικές συνθήκες θερμικής άνεσης ή δυσφορίας. Επιπλέον, θεωρήθηκε σκόπιμο να εξεταστεί αν η εφαρμογή των βιομετεωρολογικών δεικτών μπορεί να γίνει με την ίδια κλίμακα ταξινόμησης, σε διάφορες κλιματικές συνθήκες και να υπολογιστούν οι σχετικές τροποποιήσεις αυτής, εάν χρειάζονται.

Σε πρώτη φάση αναλύονται εισαγωγικές έννοιες του αστικού μικροκλίματος, της θερμικής άνεσης και του θερμικού ισοζυγίου του ανθρώπου, καθώς και οι παράγοντες που επηρεάζουν τα παραπάνω (Κεφάλαιο 1 και Κεφάλαιο 2, αντίστοιχα). Επίσης, ακολουθεί ανασκόπηση βιβλιογραφίας, που περιλαμβάνει την έννοια της βιομετεωρολογίας και τους βιοκλιματικούς δείκτες καθώς και Προβλήματα μεθοδολογίας στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης στους υπαίθριους χώρους (Κεφάλαιο 3).

Κατόπιν ακολουθεί, η μεθοδολογία και τα δεδομένα και στη συνέχεια η ανάλυση των αποτελεσμάτων (Κεφάλαιο 5). Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της διατριβής αυτής και προτάσεις (Κεφάλαιο 6).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΣΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ

1.1 Αστικό Μικρόκλιμα

Οι κλιματικές συνθήκες που διαμορφώνονται στα αστικά κέντρα και οι οποίες γενικά χαρακτηρίζονται από υψηλές θερμοκρασίες αέρα, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ανεμομετρικών συνθηκών, καθώς και ρύπανση του αέρα, σε συνδυασμό με τα δομικά χαρακτηριστικά της πόλης, συνθέτουν, το αστικό μικρόκλιμα (urban microclimate) (Αριανούτσου κ. α., 1999). Η εμφάνιση των χαρακτηριστικών που διαμορφώνουν το μικρόκλιμα, γίνονται εμφανέστερα, όταν οι άνεμοι που πνέουν στα αστικά κέντρα είναι ασθενείς, επικρατεί αιθρία, δηλαδή ο ουρανός είναι καθαρός, με ηλιοφάνεια κατά τη διάρκεια της μέρας και χωρίς σύννεφα κατά τη διάρκεια της νύχτας (Landsberg, 1981).

Το αστικό μικρόκλιμα εξαρτάται από τις χρήσεις γης, τη γεωμετρία της δόμησης και τα δομικά υλικά (τα χαρακτηριστικά τους και το χρώμα των επιφανειών τους) (Eliasson, 1996). Οι διαδικασίες αστικοποίησης και οι δραστηριότητες στην πόλη επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στο αστικό μικρόκλιμα (Αμούργης κ.α., 2001). Σε γενικές γραμμές, στον αστικό ιστό εντοπίζεται μία ποικιλία επιμέρους μικροκλιμάτων.

1.2 Παράγοντες που επιδρούν στο αστικό Μικρόκλιμα

1.2.1 Μετεωρολογικοί παράγοντες

1.2.1.1 Θερμοκρασία αέρος Αστικού περιβάλλοντος

Το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας αέρος στις αστικές περιοχές, σε σχέση με τις μη αστικοποιημένες, ως γνωστόν, ονομάζεται αστική θερμική νησίδα (Voogt, 2002). Από μελέτες που έχουν γίνει, οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ αστικών και αγροτικών περιοχών, μπορεί να φτάσουν έως και 12°C, κατά τη διάρκεια ανέφελων νυχτών με νηνεμία (Oke, 1981). Στην οριακή ζώνη, κατά την οποία τελειώνει η έκταση μιας μη οικοδομημένης περιοχής και ξεκινά ο αστικός χώρος, εμφανίζεται μία απότομη άνοδος της θερμοκρασίας. Ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας, μπορεί να φτάσει τους 4°C/Km. Στη συνέχεια, ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας προς το αστικό κέντρο, είναι μικρότερος και σταθερός. Η

ομοιομορφία του σχήματος αυτού, μπορεί να διακοπεί από πάρκα, λίμνες ή εμπορικές, βιομηχανικές και πυκνοκατοικημένες περιοχές. Τελικά, σχηματίζεται στη θερμική νησίδα, πάνω από το κέντρο της πόλης, μια κορυφή όπου σημειώνεται η μεγαλύτερη θερμοκρασία, η οποία αντιστοιχεί στο πυκνά δομημένο και με ψηλά κτίρια αστικό κέντρο (Oke,1976).

Η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικής και μη αστικής περιοχής παρουσιάζει ημερήσια διακύμανση. Πιο συγκεκριμένα, μέγιστη τιμή της απόκλισης αυτής σημειώνεται λίγες ώρες μετά τη δύση του ηλίου, γεγονός το οποίο αποδίδεται στο βραδύτερο και πιο ομοιόμορφο ρυθμό ψύξης του αστικού χώρου, σε σχέση με την ελεύθερης δόμησης περιοχή. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια της νύχτας, η αστική και η μη δομημένη περιοχή ψύχονται με τον ίδιο ρυθμό και συνεπώς η μεταξύ τους διαφορά παραμένει σταθερή ή μειώνεται ελαφρά. Μετά την ανατολή του ηλίου η ελεύθερη δόμησης περιοχή θερμαίνεται ταχύτερα, συγκριτικά με την αστική, με αποτέλεσμα η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικής και μη δομημένης να αμβλύνεται (Hage, 1975). Η διαφοροποίηση των θερμομετρικών συνθηκών σε μια πόλη συγκριτικά με την ελεύθερη δόμησης περιοχή και συνεπώς η ένταση της θερμικής νησίδας, σχετίζεται με το μέγεθος της πόλης (Oke,1973). Η διαφορά αυτή των θερμοκρασιών, διαφοροποιείται αντιστρόφως ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου και την νεφοκάλυψη παρουσιάζοντας τη μέγιστη τιμή της στην περίπτωση της αιθρίας και της νηνεμιάς (Oke,1978). Κατά την περίοδο του χειμώνα η συμβολή των ανθρωπογενών πηγών θερμότητας στον σχηματισμό της αστικής θερμικής νησίδας αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα (Χρονοπούλου – Σερέλη κ.ά, 1990). Οι παρατηρούμενες αυξημένες τιμές θερμοκρασίας αέρα, οφείλονται στη θερμική ενέργεια η οποία αποδίδεται κατά τη θέρμανση των κατοικιών και από την κυκλοφορία των οχημάτων (Μουσιόπουλος, 1991).

Συνοπτικά, οι μεταβολές των θερμοκρασιακών συνθηκών του αστικού μικροκλίματος και κατ' επέκταση η δημιουργία της αστικής θερμικής νησίδας είναι αποτέλεσμα:

- ❖ του μεγάλου οικοδομικού όγκου,
- ❖ της γεωμετρίας, του ύψους και της απόστασης των κτιρίων μεταξύ τους,
- ❖ της θερμότητας η οποία συσσωρεύεται στα δομικά υλικά δρόμων και κτιρίων,
- ❖ της μειωμένης ταχύτητας του ανέμου εξαιτίας της τραχύτητας της επιφάνειας της πόλης,
- ❖ της απορροής του μεγαλύτερου μέρους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων λόγω της μειωμένης εισροής του νερού στο έδαφος, το οποίο καλύπτεται με αδιαπέραστα υλικά,
- ❖ της ελάττωσης της ενέργειας η οποία καταναλώνεται στις διαδικασίες εξατμισοδιαπνοής εξαιτίας της έλλειψης βλάστησης και τέλος,

- ❖ των ανθρωπογενών πηγών θερμότητας και του νέφους της πόλης το οποίο μειώνει την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (Bernatzky, 1984).

1.2.1.2 Ανεμομετρικές συνθήκες αστικού περιβάλλοντος

Η παρουσία των κτηρίων στο κέντρο μιας μεγάλης πόλης, αυξάνει την τραχύτητα της επιφάνειας, λόγω της διαφοροποίησης του ύψους των οικοδομών. Αυτή η σκληρή επιφάνεια δημιουργεί ένα επιφανειακό εμπόδιο, το οποίο επιβραδύνει τους ανέμους κοντά στο έδαφος, ενώ η μέγιστη ταχύτητά τους, επιτυγχάνεται σε μεγαλύτερο ύψος, στο κέντρο της πόλης, απ' ότι στα προάστια και στις μη οικοδομήσιμες περιοχές.

Οι μέση ταχύτητα του ανέμου στα μεγάλα αστικά κέντρα, εμφανίζεται μειωμένη κατά 25%, απ' αυτές που καταγράφονται στις μη δομημένες περιοχές που τις περιβάλλουν (Αμούργης κ.ά., 2001). Εντούτοις, η επίδραση του αστικού περιβάλλοντος, ποικίλλει σημαντικά στην κίνηση του αέρα και εξαρτάται από την ώρα της ημέρας και την εποχή (Χρονοπούλου – Σερέλη κ.ά., 1990).

Κατά τη διάρκεια της μέρας, η ταχύτητα του ανέμου στην πόλη, είναι χαμηλότερη από αυτή των μη δομημένων περιοχών. Αντίθετα, τη νύχτα ο εντονότερος στροβιλισμός πάνω από την πόλη, δημιουργεί αυξημένες ταχύτητες ανέμου, οι οποίες μεταφέρονται κοντά στο έδαφος. Οι διαφορές της ταχύτητας του ανέμου, μεταξύ αστικών και μη αστικών περιοχών, γίνονται εντονότερες, όταν πνέουν δυνατοί άνεμοι. Έτσι, οι επιδράσεις, είναι πιο εμφανείς στη διάρκεια του χειμώνα, παρά την καλοκαιρινή περίοδο, κατά την οποία αναφέρονται άνεμοι με μικρή ταχύτητα (Loose and Bornstein, 1977).

Από αεροδυναμική άποψη, το υψηλότερο σημείο του τοίχου ενός κτιρίου, το οποίο είναι εκτεθειμένο στον άνεμο δέχεται μεγαλύτερη ταχύτητα ανέμου. Κοντά στο έδαφος, οι αέριες μάζες κινούνται πιο αργά και η πίεση παραμένει χαμηλή, προκαλώντας ρεύμα αέρα κατά μήκος του κτιρίου, το οποίο κινείται παράλληλα προς τις πλευρές του κτιρίου και πάνω από τη στέγη, κατευθυνόμενο στη συγκριτικά χαμηλότερης πίεσης ζώνη, προς το υπήνεμο μέρος. Εκτός από τη μείωση της ταχύτητας του ανέμου μέσα στο δομημένο χώρο, παρατηρείται και ένας έντονος στροβιλισμός. Αυτό έχει ως συνέπεια τη δημιουργία ζωνών αυξημένης ταχύτητας του ανέμου κοντά στα κτίρια. Στις γωνίες του κτιρίου εγείρονται στροβιλισμοί οι οποίοι παρασύρονται από το κύριο ρεύμα. Στο υπήνεμο μέρος, ο άνεμος γυρίζει στην περιοχή χαμηλής πίεσης, προκαλώντας μια περιοχή επιστροφόμενου ρεύματος και σφοδρές αναταράξεις πίσω από το κτίριο (Bitan A., 1980).

Η κατάσταση της ροής του ανέμου, διαμορφώνεται ως εξής: Στην περίπτωση ενός ιδιαίτερα υψηλού κτιρίου που προεξέχει σε σχέση με το επίπεδο των άλλων κτιρίων ο επερχόμενος άνεμος προσκρούει στην προσήνεμη πλευρά του υψηλού κτιρίου και προσδιορίζει ένα σημείο στο οποίο διαχωρίζεται και αποκλίνει. Το σημείο αυτό εντοπίζεται στο μέσο από τις πλευρικές επιφάνειες και στα τρία τέταρτα περίπου του ύψους του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή μέρος των αερίων μαζών περνά πάνω από τη στέγη και σχηματίζει στροβιλισμούς στην υπήνεμη πλευρά, ενώ ένα άλλο μέρος ρέει προς τα κάτω ενισχύοντας τους στροβιλισμούς οι οποίοι δημιουργούνται από την αντίσταση του προηγούμενου κτιρίου στον άνεμο. Τέλος οι υπόλοιπες μάζες αέρα κινούνται κατά μήκος των πλευρών της υψηλής οικοδομής και “τυλίγονται” γύρω απ’ αυτή δίνοντας στο πίσω μέρος του κτιρίου τη χαρακτηριστική στροβιλώδη κυκλοφορία. Συνεπώς ένα κτίριο λειτουργώντας ως εμπόδιο παρενοχλεί την κίνηση του ανέμου αναγκάζοντας τον να κινηθεί προς τα κάτω. Είναι εμφανές λοιπόν ότι το κτίριο δεν παρέχει προστασία από τον άνεμο, αλλά ενισχύει τους ανέμους σε χαμηλά επίπεδα (Oke, 1978).

1.2.1.3 Υγρομετρικές συνθήκες αστικού περιβάλλοντος

Από την έλλειψη φυτοκαλυμμένων περιοχών στο αστικό περιβάλλον, προκαλείται μείωση της εξατμισοδιαπνοής και παράλληλη αύξηση της θερμοκρασίας. Έτσι, οι πόλεις, εξ’ αιτίας αυτής της υψηλότερης θερμοκρασίας, παρουσιάζουν χαμηλότερα ποσοστά υγρασίας σε σχέση με τις γύρω μη αστικές περιοχές ιδιαίτερα όταν επικρατούν ασθενείς άνεμοι και ο ουρανός είναι συννεφιασμένος. Η διαφορά αυτή του ποσοστού υγρασίας, μπορεί να φτάσει έως και 30% κατά τη διάρκεια της νύχτας (Barry and Chorley, 1982). Τα διαστήματα με ασθενείς ανέμους, τα υψηλά κτίρια είναι δυνατό ν’ αναχαιτίσουν τη ροή του αέρα προς τα χαμηλά στρώματα και να μειώσουν την προς τα πάνω κίνηση του υγρού αέρα που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Αυξημένες ταχύτητες ανέμου γενικά τείνουν να εξαλείψουν τις διαφορές υγρασίας (Critchfield, 1983). Σε ψυχρά κλίματα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η πόλη μπορεί να εμφανίζει μεγαλύτερη σχετική υγρασία την ημέρα συγκριτικά με τη γύρω μη αστική περιοχή, λόγω των καύσεων (ιδιαίτερα από τη θέρμανση), που εξασφαλίζουν σημαντική ποσότητα υδρατμών (Oke, 1978).

1.2.2 Μη μετεωρολογικοί παράγοντες

1.2.2.1 Ανάγλυφο εδάφους και εδαφικές συνθήκες

Οι οροσειρές αποτελούν φράγμα στους ψυχρούς ή τους θερμούς ανέμους, μεταβάλλοντας προοδευτικά με το ύψος τους την θερμοκρασία του αέρα, ενώ παράλληλα τροποποιούν τη διεύθυνση και την ταχύτητα των ανέμων (Χρονοπούλου – Σερέλη κ.ά., 1990). Έτσι, οι περιοχές οι οποίες βρίσκονται στην υπήνεμη πλευρά, εμφανίζουν λιγότερους ανέμους και βλάστηση, ενώ η προσήνεμη πλευρά δέχεται περισσότερους ανέμους και βροχή (Givoni, 1997).

Γενικά, για τα εδάφη που περιβάλλουν μία πόλη, μία δασώδης ύπαιθρος, μία αγροτική και μία ύπαιθρος με γυμνό έδαφος, μπορούν να έχουν διαφορετική επίδραση στο μικρόκλιμα της πόλης, επηρεάζοντας τον άνεμο, την υγρασία και τη θερμοκρασία. Τα αργιλώδη εδάφη, έχουν την τάση να συγκρατούν το νερό μεταξύ των κόκκων τους και να μην επιτρέπουν τη διήθησή του. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συγκράτηση μεγαλύτερου ποσοστού υγρασίας στο έδαφος και κατά συνέπεια, τη μείωση του ρυθμού μεταβολής της θερμοκρασίας. Πάντως, στα αστικά κέντρα, όπου επικρατεί αύξηση των καλυμμένων επιφανειών με τσιμέντο και άσφαλτο, η επίδραση του παράγοντα έδαφος δεν υφίσταται σε μεγάλο βαθμό. (Χρονοπούλου – Σερέλη κ.ά., 1990). Τα υλικά δόμησης των πόλεων είναι αδιαπέρατα, έτσι η υγρασία του εδάφους είναι μειωμένη και ως εκ τούτου, δε μπορεί να λειτουργήσει ως στοιχείο δροσισμού στην πόλη, μέσω της διαδικασίας της εξάτμισης.

1.2.2.2 Η επίδραση του νερού και του πρασίνου

Μία μεγάλη μάζα νερού, όπως ένας ποταμός, μία λίμνη ή θάλασσα, κοντά σε μία πόλη, δεν επιτρέπει μεγάλη άνοδο της θερμοκρασίας και λειτουργεί ως στοιχείο δροσισμού στην πόλη. Αυτό συμβαίνει γιατί το νερό έχει χαμηλή ανακλαστικότητα (έτσι απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας) και μεγάλη θερμοχωρητικότητα. Επίσης, με τη διαδικασία της εξάτμισης, μειώνει τη θερμοκρασία (Κιωκάκης Λ.,2005). Η θάλασσα μπορεί να επηρεάσει το μικρόκλιμα μίας περιοχής, σε μία απόσταση 20km, αν δεν υπάρχουν φυσικά εμπόδια (Givoni, 1997), ενώ η θαλάσσια αύρα μπορεί να διεισδύσει έως και τα 50km στη στεριά, εάν ευνοείται από τη μορφολογία του εδάφους (Χρονοπούλου – Σερέλη κ.ά., 1990).

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η βλάστηση συμβάλλει θετικά στη διατήρηση της θερμοκρασίας σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Το πράσινο αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας, ειδικότερα κατά τη θερμή περίοδο. Η επίδραση του πρασίνου στη διαμόρφωση του μικροκλίματος σχετίζεται κυρίως με τη διεύθυνση και την

ένταση του ανέμου και την εποχή του έτους. Τα παραδεκτά όρια επιφάνειας πρασίνου ανά κάτοικο στις πόλεις σήμερα κυμαίνονται από 8-12 m² (Χρονοπούλου – Σερέλη κ.ά., 1990).

Η διαμόρφωση των μικροκλιματικών συνθηκών των αστικών περιοχών, επηρεάζεται από τους κατωτέρω παράγοντες (Αμούργης κ.α., 2001, Givoni, 1997):

- ❖ Χαμηλή ανακλαστικότητα και υψηλή απορροφητικότητα ηλιακής ακτινοβολίας
- ❖ Μείωση της θερμοκρασίας του γύρω περιβάλλοντος, μέσω της εξατμισοδιαπνοής
- ❖ Χαμηλότερη θερμοχωρητικότητα και θερμική αγωγιμότητα σε σχέση με τα δομικά υλικά της πόλης
- ❖ Εκπέμπει μικρά ποσά υπέρυθρης ακτινοβολίας
- ❖ Μειώνει την ταχύτητα του ανέμου κοντά στο έδαφος
- ❖ Κατακρατεί σκόνη και ρύπους
- ❖ Παρέχει ηχοπροστασία
- ❖ Δημιουργεί συνθήκες σκιασμού
- ❖ Προσροφά το νερό της βροχής και μετριάζει την ένταση πλημμυρικών φαινομένων.

1.2.2.3 Πυκνότητα πληθυσμού

Η μαζική μετακίνηση του κόσμου στα αστικά κέντρα, έχει προκαλέσει αλλαγές στη φυσικοχημική και θερμική σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα των πόλεων, σε σχέση με αυτόν της υπαίθρου. Ταυτόχρονα, παρατηρούνται παραλλαγές στη σύσταση του αέρα μέσα στις πόλεις, οι οποίες οφείλονται στην πυκνότητα του πληθυσμού, η οποία δεν είναι σταθερή και ομοιόμορφη, αλλά ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή, την τοπογραφική και οικοδομική διαμόρφωση, τις συνθήκες συγκοινωνίας και απασχόλησης των κατοίκων, ακόμα και τις ώρες της ημέρας (Χρονοπούλου – Σερέλη κ.ά., 1990).

1.2.2.4 Πυκνότητα κτιρίων - Ύψος δόμησης – Ιδιότητες επιφανειών

Το ύψος των κτιρίων καθώς και η μεταξύ τους απόσταση περιορίζουν σε διαφορετικό βαθμό την εκπεμπόμενη νυχτερινή ακτινοβολία με αποτέλεσμα τη διαφορετική ψύξη των οικοδομικών όγκων. Όταν η απόσταση των οικοδομών ισούται με το ύψος των κτιρίων τότε το κάτω μέρος της πρόσοψης με το νότιο προσανατολισμό σκιάζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση αυτή η μετακίνηση των αέριων μαζών, η οποία απορρέει από τη θερμική συμπεριφορά των κτιρίων, δεν φτάνει μέχρι το επίπεδο των δρόμων. Τότε ο επιθυμητός αερισμός π.χ. η απομάκρυνση των ρύπων των αυτοκινήτων, μπορεί να γίνει μόνο με μηχανικά μέσα. Στην περίπτωση που η απόσταση μεταξύ των κτιρίων διπλασιαστεί, εκτίθεται στις ηλιακές ακτίνες η πρόσοψη του κτιρίου η οποία έχει νότιο προσανατολισμό, με αποτέλεσμα η κίνηση των αερίων μαζών να φτάνει μέχρι την επιφάνεια του ακάλυπτου χώρου (Χρονοπούλου – Σερέλη κ.ά., 1990).

Ένας επίσης σημαντικός παράγοντας στη διαμόρφωση των μικροκλιματικών συνθηκών των αστικών κέντρων, είναι η ανακλαστικότητα των υλικών δόμησης των κτιρίων και άλλων επιφανειών. Οι περισσότερες επιφάνειες των υλικών που δομούν μία πόλη, είναι χαμηλής ανακλαστικότητας με μέσο όρο 0,15 (Oke, 1987). Έτσι, το 85% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται από τις επιφάνειες των υλικών, ενώ μέρος από το 15% που ανακλάται, προσπίπτει σε παρακείμενες επιφάνειες, με αποτέλεσμα να απορροφάται τελικά το 98% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, προκαλεί άνοδο της θερμοκρασίας της επιφάνειας και αυτή με τη σειρά της επηρεάζει τη θερμοκρασία γειτονικών επιφανειών και τη θερμοκρασία του αέρα, επιβαρύνοντας το αστικό περιβάλλον (Αμούργης κ.α., 2001).

Η ελάττωση της απορρόφησης της ακτινοβολίας από τα κτίρια, μπορεί να επιτευχθεί αυξάνοντας τη λευκαύγειά τους. Το άσπρισμα των δωματίων, μπορεί να προσφέρει χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες και δροσερότερο αέρα, που με κατάλληλους χειρισμούς να επιτύχει το δροσισμό και των άλλων ορόφων. Η λευκαύγεια μιας πόλης μπορεί να αυξηθεί βαθμιαία, εάν επιλέγονται υψηλής λευκαύγειας υλικά, κατά τη συντήρηση στεγών και δρόμων, για να αντικαταστήσουν τα σκουρότερα (Rosenfeld et al., 1995). Μία άλλη λύση αντί της αύξησης της λευκαύγειας, είναι η χρήση κεραμιδιών στις στέγες με μεγάλη ανακλαστικότητα (Αμούργης κ.ά., 2001).

Η θερμική αντίσταση των δομικών υλικών των κτιρίων, παίζει σημαντικό ρόλο στη ροή της θερμότητας που διαφεύγει από αυτά. Όσο μικρότερη είναι η θερμική αντίσταση ενός υλικού, τόσο γρηγορότερα θερμαίνεται ή ψύχεται. Επίσης, σημαντικός παράγοντας στη θερμική αντίσταση των κτιρίων, είναι η θερμομόνωση. Τα κτίρια που δεν έχουν

θερμομόνωση, χρειάζονται μεγαλύτερα ποσά ενέργειας τόσο για τη θέρμανσή τους, όσο και για τη ψύξη τους, με αποτέλεσμα να αποδίδουν μεγαλύτερες ποσότητες θερμότητας στους υπαίθριους χώρους και να δρουν στην άνοδο της θερμοκρασίας στην πόλη (Αμούργης κ.ά., 2001).

1.2.2.5 Επίδραση βιομηχανικών περιοχών

Οι βιομηχανικές περιοχές οι οποίες γειτνιάζουν ή βρίσκονται μέσα στην αστική περιοχή, με την αποβολή μεγάλων ποσοτήτων θερμικής ενέργειας και προϊόντων καύσης και την μεταβολή της θερμοκρασιακής κατάστασης του αέρα, επιδρούν στην διαμόρφωση του κλίματος της αστικής περιοχής (Χρονοπούλου - Σερέλη, 1990).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

2.1 Θερμική Άνεση

Ως θερμική άνεση ορίζεται, σύμφωνα με την Αμερικανική Επιστημονική Εταιρεία Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating Air Conditioning), η κατάσταση κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του περιβάλλοντος και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες. Με βάση την βιολογία του ανθρώπινου οργανισμού, η θερμική άνεση επιτυγχάνεται όταν η παραγωγή θερμότητας από τον άνθρωπο, ισούται με την ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον, με σκοπό τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας σώματος στους 37°C, υποδεικνύοντας ένα πολύ περιορισμένο εύρος ευνοϊκών μικροκλιματικών παραμέτρων.

Ωστόσο, αν ο περιβάλλοντας χώρος δεν είναι ευνοϊκός για συνθήκες θερμικής άνεσης, ο άνθρωπος μπορεί εύκολα να προσαρμοστεί και να τις βελτιώσει, με διάφορους τρόπους, όπως μεταβάλλοντας το ρουχισμό, τη δραστηριότητα κ.α. Επιπλέον, ακόμα και ψυχολογικοί παράγοντες εμφανίζονται να βοηθούν τους ανθρώπους στην καλύτερη προσαρμογή τους στο περιβάλλον. Ακόμα, η θερμική άνεση είναι μία κατάσταση με υποκειμενικό χαρακτήρα. Αυτό σημαίνει, πως είναι δυνατό σε συγκεκριμένες συνθήκες περιβάλλοντος, στον ίδιο χώρο και σε καθορισμένη χρονική στιγμή, κάποιο άτομο να αισθάνεται 'θερμικά άνετα' ενώ κάποιο άλλο να μη βρίσκεται σε κατάσταση θερμικής άνεσης. Το εύρος των παραγόντων από τους οποίους εξαρτάται η θερμική άνεση ενός ατόμου, είναι αρκετά μεγάλο και μέσα σε αυτό εμπεριέχονται ακόμα και παράγοντες που έχουν σχέση με την κοινωνική και ψυχολογική του κατάσταση. Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τη θερμική άνεση είναι οι εξής (Κοτσίρης Γ., 2007):

(I) Περιβαλλοντικοί παράγοντες

- Μέση θερμοκρασία του αέρα [°C]
- Μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών [°C]
- Μέση σχετική υγρασία του αέρα [%]
- Μέση ταχύτητα αέριων ρευμάτων που επιδρούν στο σώμα [m/s]

(II) Βιολογικοί παράγοντες

- Η μέση θερμοκρασία δέρματος
- Ο ρυθμός εφίδρωσης
- Η ξηρότητα του δέρματος.
- Το φύλο των χρηστών του χώρου
- Η ηλικία των χρηστών του χώρου

(III) Εξωτερικοί παράγοντες

- Το είδος των δραστηριοτήτων των χρηστών του χώρου [met] ($1 \text{ met} = 58,15 \text{ W/m}^2$)
- Το είδος και ο βαθμός ένδυσης των χρηστών του χώρου [clo] ($1 \text{ clo} = 0,155 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$).

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες, και κυρίως οι περιβαλλοντικοί, επηρεάζουν τη ροή ενέργειας υπό τη μορφή θερμότητας από τον άνθρωπο προς το περιβάλλον. Ο άνθρωπος διαθέτει μηχανισμούς οι οποίοι ως στόχο έχουν να διατηρούν τη θερμική κατάσταση του σώματος σταθερή και να την προσαρμόζουν στις συνθήκες του περιβάλλοντος. Εξισορροπώντας τα θερμικά κέρδη και τις απώλειες θερμότητας (αυξομείωση των καύσεων, εφίδρωση), το σώμα μας καθορίζει την αναφερθείσα ροή θερμότητας (Environmental Engineering Science I, 2005).

Η πυκνή οικοδόμηση, η γεωμετρική διαμόρφωσή και τα υλικά κατασκευής των αστικών περιοχών, καθώς επίσης και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, έχουν οδηγήσει στην υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των πόλεων και στη διαμόρφωση ατμοσφαιρικών συνθηκών που οδηγούν σε μειωμένη θερμική άνεση.

Οι τρόποι βελτίωσης της θερμικής άνεσης που εφαρμόζονται έως τώρα (κλιματικά μηχανήματα κ.α.), απαιτούν για την εφαρμογή τους μεγάλα ποσά ενέργειας με αποτέλεσμα να πλήττεται η οικονομία και η ποιότητα του περιβάλλοντος, ενώ ταυτόχρονα, δεν έχουν αποδώσει σημαντικά, γιατί πέραν της εφήμερης δράσης τους δεν αποτελούν τρόπο επίλυσης του προβλήματος, παρά μόνον συγκάλυψής του. Το επόμενο βήμα επομένως, είναι η έρευνα της γεωμετρική διάταξης των αστικών πόλεων και των υλικών που χρησιμοποιούνται για τη δόμησή τους (βιοκλιματικός σχεδιασμός), ούτως ώστε να δοθεί η δυνατότητα αναπλάσεως των υπαίθριων χώρων αυτών, με τρόπο τέτοιο ώστε, να προκύπτουν βελτιωμένες συνθήκες θερμικής άνεσης και ποιότητας ζωής. Ένα άθροισμα τέτοιων χώρων μπορεί να δράσει

βελτιωτικά ως προς την θερμική άνεση μιας πιο εκτεταμένης περιοχής (Χαραλαμπίδης Ι., 2006).

2.2 Το Θερμικό Ισοζύγιο του Ανθρώπου

Η εσωτερική θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος πρέπει να διατηρείται κοντά στους 37°C. Αυτό επιτυγχάνεται όταν υπάρχει θερμική ισορροπία μεταξύ σώματος και περιβάλλοντός του. Πρέπει, σε γενικές γραμμές, η μεταβολική παραγωγή θερμότητας του ανθρώπινου οργανισμού και η εισερχόμενη θερμότητα στο σώμα, να είναι ίσες με τις θερμικές απώλειες του σώματος. Σε περίπτωση που η μεταβολική παραγωγή και η εισερχόμενη θερμότητα είναι μεγαλύτερη από τις θερμικές απώλειες, τότε η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται και αντίστροφα. Η θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος μπορεί να περιγραφεί με διάφορες εξισώσεις, σε κάθε περίπτωση όμως, η κάθε εξίσωση περιέχει τρεις όρους: Την παραγωγή θερμότητας από το σώμα, την μεταφορά θερμότητας και την συσσώρευση θερμότητας (Χαραλαμπίδης Ι., 2006)

Το θερμικό ποσό που παράγεται από τον μεταβολισμό του σώματος (M) παρέχει την απαραίτητη ενέργεια για την εκτέλεση μηχανικού έργου (W), η περίσσεια αυτού ελευθερώνεται ως θερμότητα. Η μεταφορά αυτής της θερμότητας μπορεί να γίνει μέσω αγωγιμότητας (K), μεταφοράς(C), ακτινοβολίας(R) και της εξάτμισης (E). Από τα ποσά όλων των παραπάνω εξαρτάται η περίσσεια (S) της θερμότητας στο σύστημα άνθρωπος – περιβάλλον. Όταν το παραπάνω σύστημα βρίσκεται σε θερμική ισορροπία η S παίρνει την τιμή 0. Η θεμελιώδης εξίσωση που περιγράφει τα παραπάνω είναι η ακόλουθη:

$M - W = E + R + C + K + S$, όπου η διαφορά $M - W$ είναι πάντα θετική και οι E, R, C και K, είναι τα ποσά της απώλειας θερμότητας από το σώμα.

2.3 Θερμική Φυσιολογία και Θερμορύθμιση του Ανθρώπινου Σώματος

Η θεμελιώδης εξίσωση της θερμικής ισορροπίας η οποία περιγράφει τον τρόπο που το ανθρώπινο σώμα διατηρεί την εσωτερική του θερμοκρασία κοντά στους 37°C, όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιεί όρους θερμικής ανταλλαγής μεταξύ του περιβάλλοντος και του σώματος. Στην πραγματικότητα η εξίσωση αυτή δεν περιγράφει μια σταθερή κατάσταση (σε

σταθερές θερμοκρασίες), αλλά μια δυναμική κατάσταση από την οποία γίνεται προφανές πως οι εξωτερικές συνθήκες αλλάζουν διαρκώς και το σώμα για να ανταπεξέλθει δρα ανάλογα για να επιτύχει θερμορύθμιση (Χαραλαμπίδης I., 2006).

Η μεταβολική θερμότητα παράγεται από τα κύτταρα του σώματος. Η παραγόμενη από αυτά θερμότητα, μεταφέρεται μέσω αγωγιμότητας εφ' όσον το επιτρέπουν οι τοπικές θερμικές συνθήκες (δηλαδή η διαφορά θερμοκρασίας του κυττάρου με το άμεσο περιβάλλον του) και μέσω μεταφοράς με τα σωματικά υγρά (κυρίως με το αίμα).

Εάν το ανθρώπινο σώμα μονωθεί θερμικά από το περιβάλλον, τότε η παραγωγή θερμότητας θα συνεχιστεί, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας σώματος κατά 1°C ανά ώρα, για άτομο που δεν έχει καμία σωματική δραστηριότητα. Η παραπάνω κατάσταση είναι σχεδόν αδύνατο να συμβεί υπό κανονικές συνθήκες όποτε το ανθρώπινο σώμα παράγει θερμότητα από την κυτταρική δραστηριότητα η οποία μεταφέρεται με το αίμα σε όλα τα όργανα του σώματος, μεταξύ αυτών στους πνεύμονες και στο δέρμα. Από τα όργανα αυτά έχουμε απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον με ποικίλους τρόπους, όπως η μεταφορά, η αγωγιμότητα, η ακτινοβολία και εξάτμιση (Χαραλαμπίδης I., 2006).

Οι θερμικές ιδιότητες των διαφόρων οργάνων του σώματος, όπως το αίμα, τα οστά, το λίπος, οι μύες κ.λπ επηρεάζουν σημαντικά την εσωτερική παραγωγή θερμότητας και συνεπώς την διαδικασία ανταλλαγής θερμότητας με το περιβάλλον. Όμως, για να επιτευχθεί θερμορύθμιση του σώματος θα πρέπει να υπάρχει κάποιος μηχανισμός που να ρυθμίζει και να συντονίζει όλο το σύστημα. Ο μηχανισμός αυτός, ονομάζεται μηχανισμός θερμορύθμισης του σώματος και είναι εξαιρετικά σύνθετος. Η αποτελεσματικότητα αυτού και η ταχύτητα ανταπόκρισής του, γίνεται εμφανής αν αφαιρέσουμε μέρος του ρουχισμού ενός ατόμου ή προσθέσουμε ρουχισμό ή ακόμα και αν αλλάξουμε θέση ή κατάλυμα, γιατί παρόλο που θα αλλάξει το άμεσο θερμικό περιβάλλον, το σώμα θα διατηρήσει τη θερμοκρασία του. Η βασική 'αποστολή' του συστήματος θερμορύθμισης είναι η επιβίωση του ανθρώπου αρχικά και η εξασφάλιση της πιο 'άνετης' θερμοκρασίας για την λειτουργία των οργάνων του σώματος (Parsons 1993). Γενικά, είναι αποδεκτό από το σύνολο των μελετητών πως όταν η σωματική θερμοκρασία ανεβαίνει, τα αιμοφόρα αγγεία διαστέλλονται, αυξάνοντας τη ροή του αίματος διαμέσου του δέρματος, ώστε να αυξηθούν οι απώλειες θερμότητας μέσω αγωγής και ακτινοβολίας και δευτερευόντως αρχίζει η λειτουργία της εφίδρωσης (ιδρώτας). Η εφίδρωση και το αποτέλεσμά της, η ψύξη μέσω εξάτμισης, είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο δροσισμού, γιατί η ενέργεια που απαιτείται για την εξάτμιση του ιδρώτα είναι ο βασικός μηχανισμός ψύξης του δέρματος. Αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος μόνο μερικά δέκατα, μπορεί να διεγείρει το μηχανισμό της εφίδρωσης, που τετραπλασιάζει τη μετάδοση θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα προς το περιβάλλον.

Αντίθετα, όταν η σωματική θερμοκρασία πέφτει, τα αιμοφόρα αγγεία συστέλλονται, μειώνοντας τη ροή του αίματος στο δέρμα, ώστε να μειωθεί η απώλεια θερμότητας μέσω αγωγής και ακτινοβολίας. Παράλληλα, η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται με την αύξηση των εσωτερικών καύσεων, την ενεργοποίηση των μυών και την εμφάνιση ρίγους. Η κίνηση αυτή των μυών αυξάνει τις καύσεις, άρα και την παραγόμενη θερμότητα από το σώμα (Χαραλαμπίδης, 2006).

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι τα αισθητήρια όργανα του υποθαλάμου είναι εκείνα που είναι υπεύθυνα για την ενεργοποίηση μηχανισμών ψύξης του σώματος, όταν η θερμοκρασία του ξεπεράσει τους 37°C. Τα αισθητήρια όργανα του δέρματος για την άμυνα κατά της υποθερμίας, ενεργοποιούνται όταν η θερμοκρασία του σώματος μειωθεί κάτω από τους 34 °C. Τα αποτελέσματα λοιπόν της επίδρασης των περιβαλλοντικών παραγόντων γίνονται αισθητά από τις μεταβολές της θερμοκρασίας του δέρματος και το είδος των σημάτων, που λαμβάνει ο εγκέφαλος από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος. Ο άνθρωπος θεωρεί το περιβάλλον του ως θερμικά άνετο όταν δεν υπάρχει κάποιο σήμα από τα αισθητήρια όργανα για πτώση ή άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος. Αυτή η κατάσταση μπορεί να περιγραφεί ως θερμική ισορροπία, αφού ένα άτομο δεν αισθάνεται αυξημένες ή μειωμένες τιμές θερμοκρασίας αέρος στον περιβάλλοντά του χώρο.

2.4 Παράμετροι που επηρεάζουν τη Θερμική Αίσθηση

Η θερμοκρασία αέρος, η θερμοκρασία ακτινοβολίας (Radiant Temperature), η υγρασία και η κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα, είναι οι τέσσερις βασικές περιβαλλοντικές

παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την απόκριση του ανθρώπου στα διάφορα θερμικά περιβάλλοντα (Parsons, 1993). Οι παραπάνω παράμετροι συνδυαζόμενες με τις ανθρώπινες παραμέτρους που προκύπτουν από την μεταβολική παραγωγή θερμότητας (κατά την διάρκεια των ανθρώπινων δραστηριοτήτων) και την ένδυση, αποτελούν τους έξι θεμελιώδεις παράγοντες που ορίζουν το ανθρώπινο θερμικό περιβάλλον.

Το θεμελιώδες σημείο είναι η αλληλεπίδραση των παραμέτρων που αναφέρθηκαν μεταξύ τους, αλλά και με τον ανθρώπινο οργανισμό. Για να γίνει πιο κατανοητό το παραπάνω, ο Collins (1983), αναφέρει το παράδειγμα ενός ενήλικα σκιέρ που κάνει κατάβαση έχοντας ένα παιδί στην πλάτη του. Στο κάτω μέρος της πλαγιάς ο ενήλικας θα έχει αίσθηση υψηλής θερμοκρασίας και θα είναι ιδρωμένος, ενώ αντίθετα το παιδί θα υποφέρει από υποθερμία. Η διαφοροποίηση στην θερμική αίσθηση του ενήλικα και του παιδιού που βρίσκονται κάτω από τις ίδιες μετεωρολογικές συνθήκες, οφείλεται στο ότι η δραστηριότητα του ενήλικα είναι αυξημένη και η παραγωγή θερμότητας από τον οργανισμό του είναι μεγαλύτερη από την απώλεια θερμότητας λόγω μειωμένης θερμοκρασίας αέρος και αυξημένης σχετικής υγρασίας. Συμπερασματικά, ο ενήλικας και το παιδί βιώνουν δύο τελείως διαφορετικές καταστάσεις θερμικής άνεσης στο ίδιο περιβάλλον.

2.4.1 Θερμοκρασία Αέρος

Η θερμοκρασία αέρα, αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική άνεση, δημιουργώντας την αίσθηση της «ζέστης ή κρύου» σε έναν χώρο. Ο προσδιορισμός της γίνεται με ξηρού θερμομέτρο. Από βιομετεωρολογική άποψη, θερμοκρασία αέρος είναι «η θερμοκρασία του ξηρού βολβού αέρα που περιβάλλει τους χρήστες ενός χώρου» (ASHRAE 55-1992). Η θερμοκρασία ξηρού βολβού είναι σημαντική για τη ρύθμιση της άνεσης, ειδικά σε κρύες συνθήκες και σχετική υγρασία μεταξύ 40-60%.

2.4.2 Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας (Mean radiant temperature, T_{mrt})

Σε κάθε περιβάλλον υπάρχει διαρκής ανταλλαγή ενέργειας, ανακλάσεις, απορροφήσεις φωτός κλπ. Καθώς ένα άτομο κινείται σε κάποιο δωμάτιο, το φως (και η

θερμική ακτινοβολία) αλλάζουν. Σε κάθε σημείο του χώρου αυτού υπάρχει ένα μοναδικό περιβάλλον ακτινοβολίας. Για την περιγραφή και ποσοτικοποίηση της θερμικής ακτινοβολίας του περιβάλλοντος, χρησιμοποιείται κυρίως η παράμετρος Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας (Mean Radiant Temperature, T_{mrt}) (Parsons 1993).

Η παράμετρος αυτή χαρακτηρίζεται ως η σημαντικότερη όλων για τον υπολογισμό του θερμικού ισοζυγίου του ανθρώπου, ιδιαίτερα όταν αναφερόμαστε σε άκρως δυσμενείς θερμικές συνθήκες (Matzarakis, 1995). Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ορίζεται, για έναν άνθρωπο με καθορισμένη σωματική θέση και ενδυμασία, ως η αντίστοιχη μέση θερμοκρασία εκπομπής μέλανος σώματος, στο οποίο θα είχαμε τις ίδιες απώλειες και οφέλη ακτινοβολίας κάτω από όμοιες συνθήκες περιβάλλοντος (Gonzalez et al., 1974). Οι συνθήκες αυτές αναφέρονται τόσο για τον άνθρωπο, όσο και για το μέλαν σώμα.

Για τον υπολογισμό της T_{mrt} πρέπει να είναι γνωστά τα χαρακτηριστικά και οι διαστάσεις των επιφανειών που ακτινοβολούν, γύρω από το μελετώμενο άτομο. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να είναι γνωστοί και οι παράγοντες του ορατού μέρους του ουράνιου θόλου και ο προσανατολισμός του ανθρώπου σε σχέση με τις πηγές ακτινοβολίας. Οι συνθήκες αυτές παρουσιάζονται στην εικόνα 2.1.

Αζιμούθιο α	Ύψος ήλιου γ			
	0°	30°	63°	90°
0°				
90°				

Εικόνα 2.1 Το μέγεθος της επιφάνειας ενός ατόμου στην οποία επιδρά η άμεση ηλιακή ακτινοβολία σαν συνάρτηση του ύψους του ήλιου και του αζιμούθιου (Underwood & Ward, 1966)

Στον υπολογισμό του T_{mrt} σημαντικό ρόλο παίζει ο τρόπος με τον οποίο η άμεση ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στον άνθρωπο και η λευκαύγεια (albedo), το πάχος της ενδυμασίας και τέλος το χρώμα του δέρματός του. Στις βιοκλιματικές μελέτες, συνήθως η προβολική

επιφάνεια θεωρείται ανεξάρτητη από την στάση του ατόμου σε σχέση με τον ήλιο. Για την απλοποίηση των προκαταρκτικών υπολογισμών (προβολικής επιφάνειας), γίνεται υπολογισμός της μέσης προβολικής επιφάνειας (f_p) για διαφορετικά ύψη ηλίου. Οι αναλυτικές τιμές της παραμέτρου αυτής υπολογίζονται με βάση την εμπειρική σχέση του Jendritzky (1990):

$$f_p = 0.308 \times \cos(\gamma \times (0.998 - \gamma^2/50000)) \text{ όταν } \gamma \text{ είναι το ύψος του ηλίου.}$$

Κατά τον υπολογισμό της T_{mrt} θεωρείται ότι γύρω από το άτομο που μελετάται ο χώρος διαχωρίζεται σε έναν αριθμό ισοθερμικών επιφανειών με θερμοκρασίες T_i και συντελεστή εκπομπής ϵ_i , στις οποίες προστίθενται και οι παράγοντες του ορατού μέρους του ουρανού (sky view factors) F_a , ως συντελεστές βάρους (Matzarakis 1995). Η εξίσωση υπολογισμού της T_{mrt} ως προϊόν των εργασιών, των Fanger (1992), Jendritzky et al.(1979), Höpffe (1984) και Jendritzky (1990) είναι η ακόλουθη:

$$T_{\text{mrt}} = \sqrt{\frac{((T_1^4 * F_1 + \dots + T_n^4 * F_n + (A * F_a))/\sigma + a_{ir}/(\sigma * \epsilon_p) * (D * F_a + I * F_p + r_s * F_r))}{273.2}}$$

273.2

Τα $T_1 \dots T_i$ είναι οι θερμοκρασίες των στερεών επιφανειών εκφρασμένες σε απόλυτους βαθμούς, $F_1 \dots F_i$ είναι οι επιφάνειες που εκφράζουν το μη ορατό μέρος του ουρανού (Sky view factors), F_a είναι η τιμή που λαμβάνει ο παράγοντας του ορατού μέρους του ουρανού, F_r είναι οι παράγοντες του μη ορατού μέρους του ουρανού, απ' όπου προέρχεται η ανακλώμενη ακτινοβολία, ϵ_p είναι ο συντελεστής εκπομπής της επιφάνειας του ανθρώπου και a_{ir} ο βαθμός ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας από την επιφάνεια του ανθρώπου, I είναι η άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε W/m^2 , A η γήινη ακτινοβολία σε W/m^2 και το σ η σταθερά Stefan – Boltzman.

2.4.3 Ταχύτητα του Αέρα

Η ταχύτητα του ανέμου παίζει καθοριστικό ρόλο στη θερμική αίσθηση του ανθρώπου. Συγκεκριμένα ο αέρας που εφάπτεται με την εδαφική επιφάνεια (περίπου έως το ύψος των δύο μέτρων από αυτήν) ή η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζει το ισοζύγιο ενέργειας για τον ανθρώπινο οργανισμό με αποτέλεσμα τη μεταβολή της θερμοκρασίας του

ανθρώπινου σώματος και της θερμικής αίσθησης. Στο ISO 7730 (1993) προτείνεται ότι πρέπει να λαμβάνεται υπόψη τόσο η ταχύτητα ανέμου, όσο και η ένταση στροβιλισμού ή

Περιοχή σώματος	Επιφάνεια σε m ²	Βέλτιστες θερμοκρασίες επιδερμίδας σε °C	Αποβολή θερμότητας σε kcal/h
-----------------	-----------------------------	--	------------------------------

τυρβώδης ένταση (Turbulence intensity)

που, ως γνωστόν, είναι ο λόγος της τυπικής απόκλισης των στιγμιαίων ταχυτήτων ανέμου προς τη μέση ταχύτητα ανέμου και η οποία μπορεί να αποτελέσει βασικό κριτήριο στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης (Parsons 1993).

Τέλος, ο βαθμός, στον οποίο αισθάνεται κάποιος την κίνηση του αέρα, εξαρτάται επιπλέον από την ένδυσή του, την δραστηριότητα του στο χώρο, ακόμα και από το μέρος του σώματος στο οποίο δέχεται το ρεύμα αέρα. Οι βέλτιστες θερμοκρασίες επιδερμίδας και το ποσό θερμότητας που αποβάλλεται όταν ο άνθρωπος αισθάνεται θερμικά άνετα, για κάθε μέρος του σώματος, σύμφωνα με τους Berensen και Benzinger (Ντούνης, 1992), δίνονται στον πίνακα 2.1 (Κοτσίρης, 2007).

Πίνακας 2.1 Οι βέλτιστες θερμοκρασίες ανά μέρος σώματος (Κοτσίρης, 2007)

Κεφάλι & Λαιμός	0.20	34.7	4.0
Στήθος	0.17	34.7	7.9
Κοιλιά	0.12	34.7	4.5
Πλάτη	0.23	34.7	12.4
Επάνω μηρός	0.33	34.7	12.0
Κάτω μηρός	0.20	31.0	14.5
Πόδια	0.12	28.6	9.9
Επάνω βραχίονας	0.10	33.0	7.9
Κάτω βραχίονας	0.08	30.9	8.6
Χέρια	0.07	28.6	15.9
Συνολικά	1.80	34.0	105.8

2.4.4 Σχετική Υγρασία

Η χαμηλή σχετική υγρασία του αέρα, ενισχύει την αποβολή νερού από το ανθρώπινο σώμα (υπό τη μορφή ιδρώτα που εξατμίζεται), προκαλώντας έτσι μία αίσθηση δροσισμού. Το αντίθετο αποτέλεσμα έχει η υψηλή υγρασία, η οποία παρεμποδίζει την εξάτμιση του ιδρώτα, δηλαδή την αποβολή θερμότητας, που είναι και ο μόνος τρόπος διατήρησης του θερμικού ισοζυγίου σε υψηλές θερμοκρασίες. Τέλος, πειραματικές μελέτες που έγιναν σε Πανεπιστήμιο της Δανίας (Santamouris, 1996), έδειξαν ότι σε μεταβατικές συνθήκες υγρασίας, η θερμική επίδρασή της στο αίσθημα της άνεσης είναι 2 με 3 φορές μεγαλύτερη σε σχέση με την επίδρασή της σε συνθήκες παρατεταμένης παραμονής σε ένα χώρο στον οποίο η υγρασία διατηρείται σταθερή.

2.4.5 Ένδυση

Η ένδυση λειτουργεί ως ένα είδος θερμικής αντίστασης στην αποβολή θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η μονάδα της θερμικής αυτής αντίστασης ονομάζεται clo και χρησιμοποιείται για να εκφράσει τη θερμική μόνωση που παρέχουν τα ενδύματα και τα σύνολα ρουχισμού και ισοδυναμεί με $0.155\text{m}^2 \times \text{K/Watt}$ (ASHRAE 55-1992).

Η ένδυση είναι παράμετρος που ρυθμίζεται από το κάθε άτομο, προκειμένου να αισθανθεί θερμικά άνετα, χωρίς την κατανάλωση οποιασδήποτε μορφής ενέργειας. Έτσι, προφανώς, το πρώτο βήμα για να αισθανθεί κάποιος θερμικά άνετα, είναι να προσθέσει κάποια επιπλέον ρούχα στην ένδυσή του αν κρυώνει το χειμώνα, ή να αφαιρέσει μέρος ρουχισμού του αν ζεσταίνεται το καλοκαίρι, πριν καταφύγει στη λύση της αυξομείωσης της θέρμανσης και του κλιματισμού (Κοτσίρης, 2007).

2.4.6 Μεταβολισμός

Ο μεταβολισμός εξαρτάται από την ηλικία, το φύλο και το βάρος του σώματος. Ο βασικός παράγοντας όμως, από τον οποίο εξαρτάται, είναι το επίπεδο της δραστηριότητας. Έτσι, η θερμότητα που παράγει το ανθρώπινο σώμα, αυξάνεται καθώς αυξάνεται η δυσκολία της δραστηριότητας.

Εάν λοιπόν, θεωρηθεί ότι ένας μέσος άνθρωπος έχει εμβαδόν επιφάνειας σώματος περίπου 1.8 m^2 τότε ο μεταβολισμός ενός μέσου ενήλικα, την ώρα που αναπαύεται, ισοδυναμεί με $58,2 \text{ W/m}^2$ ή $50 \text{ kcal/(h}\cdot\text{m}^2)$ ή, διαφορετικά, ισούται με 1 met. (ASHRAE55-92). Έχοντας, ως βάση το 1met, θεωρείται πως ο μεταβολισμός του ανθρώπου κατά τη διάρκεια δακτυλογράφησης είναι ίσος με 1.1 met, όταν σηκώνει αντικείμενα βάρους είναι 2.1 met και όταν παίζει μπάσκετ, είναι 6.5 met (Κοτσίρης, 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΒΙΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ – ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

3.1 Οι Βιομετεωρολογικοί – Βιοκλιματικοί δείκτες

Οι βιομετεωρολογικοί – βιοκλιματικοί δείκτες αναπτύχθηκαν με σκοπό την πρόγνωση, την ποσοτικοποίηση και την έκφραση της θερμικής άνεσης του ανθρώπου όπως αυτή διαμορφώνεται από τις περιβαλλοντικές – ατμοσφαιρικές συνθήκες.

Οι επιδράσεις του θερμικού περιβάλλοντος πάνω στο ανθρώπινο σώμα, δε μπορούν να περιγραφούν ως το αποτέλεσμα ενός μόνο παράγοντα πάνω του. Ο ανθρώπινος οργανισμός δε διαθέτει αισθητήρια όργανα για κάθε ένα παράγοντα που τον επηρεάζει, κατά συνέπεια αντιλαμβάνεται το θερμικό περιβάλλον ως σύνολο (Givoni, 1976, ASHRAE, 2001a).

Οι δείκτες αυτοί προκύπτουν από τον μαθηματικό τύπο διαφόρων Μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, η μετακίνηση αέρα, η ακτινοβολία, λαμβάνοντας υπόψη και άλλες φυσιολογικές μεταβλητές, μεταβολισμού, ενδυμασίας, και τροφής (Χαραλαμπίδης, 2006).

Η βασική ιδέα λειτουργίας ενός βιομετεωρολογικού δείκτη είναι η εξής: Ένας βιομετεωρολογικός δείκτης, χρησιμοποιεί ένα σύνολο παραγόντων όπως θερμοκρασία αέρα (T_a), υγρασία (RH), ταχύτητα αέρα (v), ακτινοβολία, σε μία μοναδική μεταβλητή που συνοψίζει τις ταυτόχρονες επιδράσεις τους στα αισθητήρια όργανα του ανθρώπινου σώματος (Givoni, 1976, ASHRAE 2001a).

Υπάρχει μεγάλος αριθμός βιομετεωρολογικών δεικτών και αυτό μπορεί να προκαλέσει κάποια σύγχυση, στην πραγματικότητα όμως, πολλοί από τους δείκτες αυτούς μοιράζονται αρκετούς κοινούς χαρακτήρες, με αποτέλεσμα να μπορούν να χωριστούν σε κατηγορίες (Givoni, 1976, Houghton, 1985, ASHRAE, 2001a). Οι βιοκλιματικοί δείκτες μπορεί να είναι απλοί ή πιο σύνθετοι. Οι απλοί βιοκλιματικοί δείκτες χρησιμοποιούν μετεωρολογικές παραμέτρους, ενώ άλλοι πιο σύνθετοι μπορεί να περιλαμβάνουν ακόμα και γεωμετρικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντα χώρου, όπως και δεδομένα που αφορούν το άτομο που δέχεται την επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών. Μία κατηγορία τους χωρίζει στους εμπειρικούς και τους ορθολογικούς δείκτες (Givoni, 1976, Houghton, 1985, ASHRAE, 2001a). Οι δείκτες αυτοί, είτε βασίζονται σε μετρήσεις, είτε σε απλές σχέσεις, που δεν ακολουθούν απαραίτητως τη θεωρία (ASHRAE, 2001a). Συχνά υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί, όσον αφορά την εκτίμηση στη συνδυασμένη επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα, της υγρασίας και της ταχύτητας του αέρα, πάνω σε μία καθιστική δραστηριότητα του

ανθρώπου (Givoni, 1976). Ένας άλλος διαχωρισμός των δεικτών αυτών σε δύο κατηγορίες, μπορεί να γίνει με βάση τις θερμομετρικές συνθήκες (Matzarakis, 1995), i) σε δείκτες που αναφέρονται στο ψυχρό περιβάλλον και στην περίπτωση αυτή, έχουμε το συνδυασμό της θερμοκρασίας του αέρα και της ταχύτητας του ανέμου, όπως οι δείκτες απόψυξης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της στροβιλώδους μεταφοράς αισθητής θερμότητας και ii) σε δείκτες οι οποίοι αναφέρονται στο θερμό περιβάλλον, όπου γίνεται συνδυασμός της θερμοκρασίας του αέρα με διάφορους δείκτες υγρασίας για την μελέτη της εξάτμισης, που προκαλείται από το ανθρώπινο σώμα.

Οι περισσότεροι δείκτες βέβαια, αγνοούν τον καθοριστικό ρόλο της ανθρώπινης φυσιολογίας, δραστηριότητας, ένδυσης, καθώς και άλλων προσωπικών χαρακτηριστικών (ύψος, βάρος, ηλικία, φύλο). Οι πιο πρόσφατοι δείκτες, στηρίζονται σε αναπτυγμένες τεχνικές, οι οποίες συμπεριλαμβάνουν την ανθρώπινη ενεργειακή ισορροπία (ASHRAE, 2001a). Κάποιοι χαρακτηριστικοί δείκτες δίνονται στον πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1 Περιγραφή μερικών από τους πιο διαδεδομένους βιομετεωρολογικούς δείκτες (Fanger 1970, Givoni 1976, ASHRAE 2001a)

Δείκτης	Ορισμός
ET (Effective Temperature)	Σύνολο μονογραμμάτων που αντιπροσωπεύουν τη στιγμιαία θερμική αίσθηση υπολογισμένα σε εμπειρικές σχέσεις ως συνδυασμός των T_a , RH, v
RT (Resultant Temperature)	Παρόμοιο με το ET, συμπεριλαμβάνει τη θερμική ισορροπία

HOP (Humid Operative Temperature)	Θερμοκρασία ενιαίου περιβάλλοντος, με σχετική υγρασία RH=100%, όπου το άτομο χάνει το ίδιο ποσό θερμότητας από το σώμα, όπως στο πραγματικό περιβάλλον(RH=50%)
OP (Operative Temperature)	Αριθμητικός μέσος όρος των T_a και T_{mrt} που περιλαμβάνει την ηλιακή και υπέρυθη ακτινοβολία
WCI (Wind Chill Index)	Βασίζεται στην απώλεια θερμότητας από το εκτεθειμένο σώμα που προκαλείται από τον άνεμο και το κρύο, χρησιμοποιεί τις μεταβλητές T_a και v , κατάλληλο για συνθήκες χειμώνα.
ITS (Index of Thermal Stress)	Υποθέτει πως με το σύνολο των συνθηκών που είναι δυνατό να διατηρηθεί η θερμική ισορροπία, ο ιδρώτας είναι η αιτία που επιτυγχάνεται η διαδικασία της εξάτμισης
HSI (Heat Stress Index)	Αναλογία της συνολικής απώλειας θερμότητας από εξάτμιση E_{sk} που απαιτείται για τη θερμική ισορροπία, προς τη μέγιστη απώλεια θερμότητας E_{max} που είναι πιθανό να συμβεί στο περιβάλλον, σε σταθερές συνθήκες ($S_{skin}=Score=0$) και $T_{sk}=35^{\circ}C$ σταθερό.
ET*(New Effective Temperature)	Θερμοκρασία σταθερού περιβάλλοντος RH=50%, $T_a= T_{mrt}$, $v<0,15ms^{-1}$ στο οποίο το σώμα μπορεί να αποβάλλει την ίδια ποσότητα ιδρώτα SW και T_{sk} , όπως στο πραγματικό περιβάλλον. Είναι υπολογισμένο για ελαφριά δραστηριότητα και ελαφρύ ρουχισμό.
SET*(Stand. Effective Temperature)	Παρόμοιο με το ET*, συμπεριλαμβανομένης μεταβλητής ρουχισμού. Ο ρουχισμός είναι τυποποιημένος με σχετική δραστηριότητα.
OUT_SET*(Out.Stand.Eff.Temperature)	Παρόμοιο με SET* αλλά προσαρμοσμένο σε υπαίθριους χώρους υπολογίζοντας τις ροές ηλιακής ακτινοβολίας. Οι αναφορά σε συνθήκες εσωτερικού χώρου είναι: $T_a= T_{mrt}$;RH=50%, $v= 0,15 ms^{-1}$
PMV & PT (Predicted mean vote Perceived Temperature)	Το PMV αντιπροσωπεύει τη διαφορά, σε μία κλίμακα από -3 έως +3, ενός ανθρώπινου οργανισμού που βρίσκεται σε θερμική ισορροπία και το PT τη θερμοκρασία ενός τυποποιημένου περιβάλλοντος το οποίο επιτυγχάνει το ίδιο PMV όπως το πραγματικό περιβάλλον. Ο ρουχισμός και η δραστηριότητα είναι μεταβλητές.
PET (Physiol. Equiv. Temp.)	Θερμοκρασία η οποία σε ένα τυπικό εσωτερικό περιβάλλον ρυθμίζεται ως: $T_a= T_{mrt}$, VP=12h Pa, $v=0,1 ms^{-1}$, η θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος (ελαφριά δραστηριότητα, 0,9clo) είναι διατηρημένη με τη θερμοκρασία του δέρματος να είναι ίση με αυτή των πραγματικών συνθηκών.

3.2 Προβλήματα μεθοδολογίας στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης στους υπαίθριους χώρους.

Η αξιολόγηση της θερμικής άνεσης αντιμετωπίζει έναν αριθμό μεθοδολογικών προβλημάτων, περιλαμβάνοντας τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (T_{mrt}), τη μη εγκυρότητα των διαθέσιμων δεικτών στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης σε υπαίθριους χώρους και τη

δυσκολία στην ερμηνεία τους με βάση τη πραγματική αίσθηση των ανθρώπων (Ali Toudert, 2005).

Οι βιομετεωρολογικοί δείκτες αρχικά εφαρμόστηκαν για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης σε εσωτερικούς χώρους, στη συνέχεια όμως, χρησιμοποιήθηκαν και για τους εξωτερικούς χώρους, με την προϋπόθεση ότι η θεωρία της άνεσης εξακολουθεί να ισχύει (Spagnolo and de Dear, 2003). Ωστόσο, αν και, οι βιομετεωρολογικοί δείκτες βασίζονται στο ανθρώπινο ενεργειακό ισοζύγιο, η αξία της ερμηνείας τους αμφισβητείται. Για παράδειγμα, η τιμή +3 στην κλίμακα του PMV ή η τιμή 48°C του PET ερμηνεύονται ως θερμική δυσφορία, αν όμως δεν υπάρχουν ταυτόχρονα κοινωνικές έρευνες που να επαληθεύουν το αποτέλεσμα, οι δείκτες δεν είναι αξιόπιστοι ή επαρκείς. Άλλωστε, είναι πολυάριθμες οι διαφορές μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών χώρων. Για παράδειγμα, σε τυπικές συνθήκες εσωτερικού χώρου, η T_{mrt} είναι συνήθως ίση με τη T_a , η κίνηση ρευμάτων αέρα ασθενής και η δραστηριότητα συνήθως στατική. Αντιθέτως, σε έναν υπαίθριο χώρο, μπορεί να υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στη T_{mrt} , μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου και εναλλαγές του περιβάλλοντος (Ali Toudert, 2005). Πρόσφατα, έχει εξεταστεί η εγκυρότητα των αποκλειστικά θερμοφυσιολογικών μεθόδων και όλο και περισσότερες κοινωνικές έρευνες βασισμένες σε ερωτηματολόγια έχουν αναπτυχθεί, επιδιώκοντας την επικύρωση των δεικτών βάση των απαντήσεων των ανθρώπων (Nikolopoulou et al., 2001, Spagnolo and de Dear 2003, 2004). Από τις έρευνες αυτές, έχει προκύψει πως το θερμικό περιβάλλον παίζει καθοριστικό ρόλο στη χρήση ενός υπαίθριου χώρου από τους ανθρώπους. Ωστόσο, μία καθαρά φυσιολογική προσέγγιση, είναι ανεπαρκής στο χαρακτηρισμό της άνεσης σε έναν υπαίθριο χώρο, μιας και ο παράγοντας της προσαρμοστικότητας φαίνεται να παίζει σημαντικό ρόλο. Άλλοι παράγοντες σπουδαιότητας είναι η περιβαλλοντική υποκίνηση, το θερμικό ιστορικό ενός ατόμου, η επίδραση στο περιβάλλον από πρόσφατες καιρικές συνθήκες (Nikolopoulou et al., 2001).

Οι Spagnolo and de Dear (2003), επικεντρώθηκαν στον αιτιώδη σύνδεσμο μεταξύ βιοφυσιικών περιβαλλόντων και υποκειμενικών καταστάσεων που καθορίζουν τη θερμική άνεση. Η έρευνα είχε ως σκοπό την εκτίμηση, στο αν τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται για τους εσωτερικούς χώρους είναι εξίσου κατάλληλα και για τους υπαίθριους. Όλα τα διαθέσιμα σχετικά μετεωρολογικά δεδομένα άνεσης συγκεντρώθηκαν και συγκρίθηκαν με τις απαντήσεις σε ερωτηματολόγια 1018 ανθρώπων. Το κύριο συμπέρασμα ήταν πως η θερμική ουδετερότητα από την άποψη της θερμικής άνεσης, ήταν σημαντικά υψηλότερη σε σχέση με αυτή των εσωτερικών χώρων. Συγκεκριμένα ο δείκτης OUT_SET^* έδειξε θερμική άνεση σε θερμοκρασία 26.2°C, σε αντίθεση με τους 24 °C των εσωτερικών χώρων, υπολογισμένο από τον δείκτη SET^* . Άλλες έρευνες (de Freitas 1985, Potter and de Dear 2000), συμφωνούν στο ίδιο συμπέρασμα και υποστηρίζουν, πως οι άνθρωποι προτιμούν ελαφρά θερμότερες

συνθήκες, απευθυνόμενοι στην κλίμακα του ASHRAE που αποτελείται από επτά κατηγορίες (κλάσεις θερμικής αίσθησης), παρά την θεωρητική ουδετερότητα. Επιπλέον, οι Spagnolo and de Dear (2003), υποστήριξαν πως, τα τυπικά επίπεδα άνεσης εσωτερικών χώρων, δεν είναι ακριβώς μεταβιβάσιμα στο εξωτερικό περιβάλλον. Οι προσδοκίες των ανθρώπων στους υπαίθριους χώρους μεταβάλλονται συνεχώς με το πέρασμα του χρόνου και του χώρου, δεδομένου πως ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται την έλλειψη ελέγχου. Το συμπέρασμα αυτό προτρέπει στη διεύρυνση της ζώνης άνεσης στους υπαίθριους χώρους και κατά συνέπεια λιγότερη δυσφορία απ' ότι συνήθως αναμένεται.

Πρόσφατα, η έλλειψη ελέγχου έχει επίσης συζητηθεί, για να βοηθήσει στην εξήγηση της μεγαλύτερης ανοχής των ανθρώπων στο φυσικό αερισμό, ενάντια στους εσωτερικούς κλιματιζόμενους χώρους (Brager and de Dear, 1998, Fanger, 2004) και φαίνεται να επιβεβαιώνεται η άποψη, πως η έλλειψη ελέγχου αποτελεί παράγοντα ανεκτικότητας των ανθρώπων στις φυσικές συνθήκες περιβάλλοντος.

Μεγάλο ενδιαφέρον φυσικά, παρουσιάζει η σύγκριση μεταξύ των ενδείξεων κάποιων συχνά χρησιμοποιούμενων δεικτών (PMV, PET, OUTSET*, PT), όταν αυτοί έρχονται αντιμέτωποι με την αξιολόγηση των ανθρώπων. Έτσι, η σύγκριση αυτή παρουσιάζει ουσιαστικές αποκλίσεις στην αξιολόγηση της άνεσης. Οι δείκτες PET και OUTSET* φαίνεται να παρέχουν κοντινά αποτελέσματα, ενώ οι δείκτες PT και PMV παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις. Ωστόσο, τα αποτελέσματα αυτά εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο κλίματος. Έτσι, μπορεί κάποιοι δείκτες να παρουσιάζουν κοντινές ενδείξεις σε κάποιο τύπο κλίματος μίας περιοχής, οι οποίες να διαφοροποιούνται σημαντικά σε κάποιον άλλο τύπο κλίματος άλλης περιοχής. Για παράδειγμα, ο υπολογισμός του PET και του OUTSET*, με τα ίδια δεδομένα για εξαιρετικά ζεστές συνθήκες περιβάλλοντος, έδειξαν πως ο OUTSET*, παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές (περίπου 27% λιγότερο), εξαιτίας των παραδοχών που λαμβάνει υπόψη του σχετικά με την υγρασία (Λιακάκης Εμ., 2004).

Μία άλλη έρευνα των Nagara et al., (1996) έδειξε πως μία θερμική δυσφορία μπορεί να προκληθεί, όταν ένας άνθρωπος μετακινηθεί από έναν κλιματιζόμενο εσωτερικό χώρο, σε έναν ηλιόλουστο υπαίθριο χώρο. Το ιστορικό έκθεσης μπορεί να εξεταστεί με τη βοήθεια μη στατικών μοντέλων (IMEM or Gagge two-node model). Αυτά τα μοντέλα, έχουν τη δυνατότητα να αξιολογήσουν την εξέλιξη της ανθρώπινης θερμικής αίσθησης κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου, περιλαμβάνοντας τη θερμοκρασία που αποθηκεύεται στο ανθρώπινο σώμα (Hörpe, 2002). Η δυνατότητα αυτή, είναι σημαντική, όταν ποικίλες θερμικές συνθήκες λάβουν χώρα σε μία περιορισμένη περιοχή, π.χ. ο συνδυασμός ηλιόλουστης και σκιασμένης περιοχής και ταυτόχρονα η μετακίνηση από εσωτερικό σε εξωτερικό περιβάλλον.

Ο Höpffe (2002), με τη βοήθεια του μοντέλου IMEM, έδειξε πως ο χρόνος που χρειάζεται το ανθρώπινο σώμα να προσαρμοστεί στις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος, διαρκεί περισσότερο το χειμώνα σε σχέση με το καλοκαίρι (χρειάζονται αρκετές ώρες προσαρμογής σε ψυχρό περιβάλλον και μόλις μισή ώρα για τη προσαρμογή σε θερμό περιβάλλον). Έτσι, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα, πως η αξιολόγηση της θερμικής άνεσης από ένα στατικό μοντέλο, παρουσιάζει μία καλή προσέγγιση για τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ καταλληλότερη για τους χειμερινούς μήνες, είναι η αξιολόγηση της θερμικής άνεσης από ένα μη στατικό μοντέλο.

Τέλος, από αποτελέσματα ερευνών έχουν βγει τα εξής συμπεράσματα. Οι ενδείξεις των δεικτών PMV και PET, αυξάνονται με την αύξηση του T_{mrt} και του T_a . Κάτω από τυπικές ζεστές και ηλιόλουστες συνθήκες θέρους, η T_{mrt} , είναι παράγοντας πρωταρχικής σπουδαιότητας στη θερμική αίσθηση. Η T_{mrt} παρουσιάζει γραμμική σχέση με δυνατή συσχέτιση ($R^2 > 0.93$) με τον δείκτη PET. Διακυμάνσεις της τάσης ατμού, δε φαίνεται να έχουν σημαντική επίδραση στο δείκτη PET. Αύξηση της ταχύτητας αέρα, οδηγεί σε ελάττωση της ένδειξης του PET (Ali Toudert, 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ & ΔΕΔΟΜΕΝΑ

4.1 Μεθοδολογία - Επιλογή Βιομετεωρολογικών δεικτών

Η αξιολόγηση της διαμόρφωσης των συνθηκών θερμικής άνεσης στις περιοχές μελέτης έγινε με τη βοήθεια βιομετεωρολογικών δεικτών. Οι δείκτες αυτοί όπως έχει προαναφερθεί εκφράζουν την ανθρώπινη θερμική αίσθηση. Στην εργασία αυτή

χρησιμοποιούνται τρεις μετεωρολογικοί δείκτες, ο Physiological Equivalent Temperature (PET) (Tuller, 1997; Conti et al., 2005; Rainham and Smoyer-Tomic, 2003; Matzarakis et al., 1999), ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης (THI) (Thom, 1959) και ο δείκτης θερμικής άνεσης – δυσφορίας (CP) (Siple and Passel, 1945).

Τα κριτήρια, βάση των οποίων έγινε η επιλογή τους, είναι η διαδεδομένη χρήση τους από την επιστημονική κοινότητα σε ανάλογες μελέτες, η εφαρμογή τους σε περιοχές με αντίστοιχες κλιματικές συνθήκες με την Ελλάδα και τέλος οι παράμετροι βάση των οποίων υπολογίζεται ο κάθε δείκτης (Matsoukis et al, 2007; Matzarakis et al, 2007; Matsoukis et al, 2009).

4.1.1 Δείκτης Physiological Equivalent Temperature (PET)

Ο δείκτης PET είναι ένας νέος σχετικά δείκτης που κερδίζει συνεχώς έδαφος στις βιομετεωρολογικές μελέτες. Για τον υπολογισμό του, απαιτούνται δεδομένα θερμοκρασίας, υγρασίας αέρος, ακτινοβολιών, ταχύτητας ανέμου, αλλά και του υποκειμένου (στην περίπτωση μας είναι ο άνθρωπος).

Για να είναι συγκρίσιμες οι τιμές του PET, γίνεται υπόθεση ότι η δραστηριότητα ενός ανθρώπου ύψους 1.75 m, βάρους 75kg και ηλικίας 35 ετών, είναι ίση με 80W και η αντίσταση στην μεταφορά θερμότητας προέρχεται από ρουχισμό με συντελεστή 0.9 Clo (Matzarakis et al., 1999, Horpe 1999). Ο PET υπολογίζεται συνήθως, μέσω των εξισώσεων του μοντέλου MEMI (Mayer, 1993) οι οποίες μπορούν να ενσωματωθούν σε φιλικά προς το χρήστη λογισμικά, όπως το Rayman 1.2 (Matzarakis et al., 2002).

Η βασική ιδέα δημιουργίας του PET, ήταν η ‘μεταφορά’ των πραγματικών βιομετεωρολογικών συνθηκών σε ένα ισοδύναμο ιδεατό εσωτερικό περιβάλλον που προκαλεί την ίδια θερμική αίσθηση. Συγκεκριμένα, ο PET ορίζεται ως η θερμοκρασία αέρος στην οποία η ανθρώπινη ενεργειακή ισορροπία για τις υποτιθέμενες συνθήκες εσωτερικού χώρου, είναι ισορροπημένη από την ίδια θερμοκρασία δέρματος και ρυθμό εφίδρωσης, όπως στις υπολογίσιμες πραγματικές εξωτερικές συνθήκες (Mayer and Matzarakis, 1997). Στην ουσία ο δείκτης αυτός μεταφράζει την θερμική αίσθηση ενός ανθρώπου, με τα χαρακτηριστικά που προαναφέρθηκαν, ο οποίος βρίσκεται σε εξωτερικό χώρο και δέχεται την επίδραση των θερμοϋγρομετρικών συνθηκών, των ακτινοβολιών και των συνθηκών του ανέμου στην θερμοκρασία εσωτερικού χώρου, ελλείψει ακτινοβολιών με ταχύτητα ανέμου 0.1m/s και

σταθερή τάση ατμών 12hPa. Η σχέση των τιμών του PET με την αίσθηση θερμικής άνεσης που επιφέρουν στον άνθρωπο, δίνεται στον πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1 Σχέση θερμικής αίσθησης – δείκτη PET (Matzarakis, 1999)

PET(°C)	Θερμική αίσθηση
4	Πολύ ψυχρό
8	Ψυχρό
13	Δροσερό
18	Ελαφρά δροσερό
23	Άνετο
29	Ελαφρά θερμό
35	Θερμό
41	Ζεστό
	Πολύ ζεστό

Για τον υπολογισμό του δείκτη PET, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο – λογισμικό Rayman 1.2. Το λογισμικό αυτό δημιουργήθηκε στο Μετεωρολογικό Ινστιτούτο του Πανεπιστημίου του Freiburg, της Γερμανίας από τους F. Rutz, A. Matzarakis, H. Mayer. Το μοντέλο αρχικά δημιουργήθηκε για να γίνει μέσω αυτού μοντελοποίηση της παραμέτρου Mean Radiant Temperature σε αστικά περιβάλλοντα – διαμορφώσεις και για να είναι δυνατοί οι υπολογισμοί θερμικών δεικτών, όπως ο PMV, PET κ.α. Έχει βρει εφαρμογή σε πολλές μελέτες θερμικής αίσθησης του ανθρώπου με σκοπό τη διαμόρφωσή τους (Matzarakis and Mayer, 2000, Gulvas et al., 2003, Andrade, 2003).

Οι παράμετροι που μπορούν να εισαχθούν σε αυτό ως είσοδοι του μοντέλου, μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις βασικές ομάδες : Μετεωρολογικά δεδομένα, Στοιχεία

γεωμετρικής – τοπογραφικής διαμόρφωσης περιβάλλοντος και άλλα σχετιζόμενα με τον ανθρώπινο οργανισμό. Αναλυτικότερα, τα Μετεωρολογικά δεδομένα μπορεί να είναι : Θερμοκρασία αέρος T_a (°C), τάση ατμών VP(hPa), σχετική υγρασία RH(%), ταχύτητα ανέμου V(m/s), νέφωση C(octas), ολική ακτινοβολία G(W/m²) και τέλος η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας T_{mrt} (°C). Ως δεδομένα διαμόρφωσης του περιβάλλοντος μπορεί να εισαχθούν κατάλληλες ψηφιακές φωτογραφίες για υπολογισμό της θέασης του ουράνιου θόλου (SVF, sky view factor), το ανάγλυφο του εδάφους, τα ‘εμπόδια’ του περιβάλλοντος χώρου (δένδρα και κτιριακές εγκαταστάσεις). Επίσης, ως δεδομένα σχετιζόμενα με τον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να εισαχθούν το ύψος, το βάρος, το φύλο, ο συντελεστής ένδυσης και η δραστηριότητα του ατόμου. Τέλος, εισάγονται ακόμα ο χρόνος (έτος, ώρα, λεπτά και η ζώνη ώρας), το υψόμετρο της περιοχής και το γεωγραφικό της μήκος και πλάτος. Οι έξοδοι του Rayman είναι οι παράμετροι PET, PMV, SET. Θα πρέπει να αναφερθεί πως πολλές από τις παραμέτρους εισόδου μπορούν να εκτιμηθούν από το μοντέλο σε περίπτωση που δεν υπάρχουν γι’ αυτές διαθέσιμα δεδομένα.

4.1.2 Θερμοϋγρομετρικός δείκτης (THI)

Ο δείκτης THI αναπτύχθηκε από τον Thom (1959) και αποτελεί έναν από τους πλέον διαδεδομένους δείκτες για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης του ανθρώπου. Αυτός ο δείκτης υποστηρίχθηκε και ενισχύθηκε ακόμα περισσότερο και από μια μεταγενέστερη εργασία των Clarke & Bach (Clarke & Bach 1971, Giles et. al. (1990).

Ο Thom (1959), διαπίστωσε ότι, για τιμές του δείκτη μικρότερες από 21,1°C, δεν παρουσιαζόταν καμία μορφή δυσφορίας στα άτομα που μελετήθηκαν σε έρευνα, αλλά από τη στιγμή που ο δείκτης έπαιρνε τιμές πάνω από 21,1°C, άρχιζε να προκαλείται δυσφορία στα άτομα αυτά. Το 50% των ατόμων της μελέτης, άρχισαν να παρουσιάζουν δυσφορία, όταν ο δείκτης πήρε τιμή 23,9 °C, ενώ όταν ο δείκτης πήρε τιμή 26,7 °C, το μεγαλύτερο ποσοστό των ανθρώπων που μελετήθηκε, παρουσίασαν μια μορφή δυσφορίας. Ο ίδιος όμως ο βαθμός δυσφορίας, είναι δυνατόν να οφείλεται σε πολλούς διαφορετικούς συνδυασμούς παραμέτρων που τον επηρεάζουν (θερμοκρασία, υγρασία) (Unger, 1999).

Ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης (THI) υπολογίζεται από το συνδυασμό της θερμοκρασίας του αέρα και της υγρασίας. Περιγράφει το βαθμό θερμικής επιβάρυνσης για διάφορες καιρικές συνθήκες και είναι κατάλληλος για ανοιχτούς χώρους (Thom, 1959). Επίσης, προϋποθέτει ότι το άτομο βρίσκεται σε μια κατάσταση σχετικής ηρεμίας, με ελαφρύ

σχετικά ρουχισμό και χωρίς έντονη σωματική άσκηση (Μούστρης κ.α., 2008). Για τον υπολογισμό του δείκτη THI, χρησιμοποιούνται οι τιμές της θερμοκρασίας (T) του αέρα (°C) και της σχετικής υγρασίας (RH) του αέρα (%), για κάθε ώρα της ημέρας. Ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται με βάση τη σχέση (Giles et al., 1990):

$$\text{THI} = T * (0.55 - 0.0055 * RH) * (T - 14.5) \text{ σε } ^\circ\text{C}$$

Σύμφωνα με τον δείκτη THI, οι τιμές μεταξύ 15 °C και 19.9°C αποτελούν τις βέλτιστες συνθήκες για θερμική άνεση (πίνακας 4.2). Σε ζεστές καταστάσεις (THI>20), το ανθρώπινο σώμα ρυθμίζει τη θερμοκρασία του μέσω της διαπνοής. Η θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα καθώς το ύδωρ στον ιδρώτα εξατμίζεται. Εντούτοις, όταν η υγρασία είναι υψηλότερη, το ύδωρ δεν εξατμίζεται τόσο γρήγορα, με αποτέλεσμα να αισθανόμαστε τη θερμοκρασία υψηλότερη απ' ότι πραγματικά είναι. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του THI, τόσο πιο ατελέσφορος είναι ο μηχανισμός εφίδρωσης του οργανισμού. Για τιμές του THI χαμηλότερες των 15 °C, η εξάτμιση λαμβάνει χώρα συνεχώς στην επιφάνεια του δέρματος και για την καταπολέμηση της δυσφορίας λόγω κρύου, ο οργανισμός οδηγείται στην αύξηση των θερμογενετικών του λειτουργιών (Μανώλη Ε., 2008).

Πίνακας 4.2 Ταξινόμηση τιμών του δείκτη THI (Kyle, 1994)

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΕΙΚΤΗ THI	ΤΙΜΕΣ °C
Υπερπαγετώδες	<-40
Παγετώδες	-39.9≤THI≤-20
Εξαιρετικά κρύο	-19.9≤THI≤-10
Πολύ κρύο	-9.9≤THI≤-1.8
Κρύο	-1.7≤THI≤12.9
Δροσερό	13≤THI≤14.9
Άνετο	15≤THI≤19.9
Ζεστό	20≤THI≤26.4
Πολύ ζεστό	26.5≤THI≤29.9

4.1.3 Δείκτης Θερμικής Άνεσης-Δυσφορίας (CP)

Ο δείκτης CP, των Siple και Passel (1945), περιγράφει ουσιαστικά το ποσό θερμότητας, που είναι ικανός ο ανθρώπινος οργανισμός να αποβάλλει, στη μονάδα του χρόνου και ανά μονάδα επιφάνειας του σώματος και λαμβάνει υπόψη του και την ταχύτητα του ανέμου. Για τον υπολογισμό του δείκτη CP, χρησιμοποιούνται οι ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας (T) του αέρα (°C), της σχετικής υγρασίας (RH) του αέρα (%), καθώς επίσης και της ταχύτητας (V) του ανέμου (m/sec). Ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται με βάση τη σχέση (Tzenkova et al., 2003):

$$\text{CP} = 1.163 * (10.45 + 10 * V^{0.5} - V) * (33 - T) \text{ σε } W/m^2$$

Η ταξινόμηση των τιμών του δείκτη CP (Bensancenot et al., 1978) με την αντίστοιχη αίσθηση της άνεσης ή της δυσφορίας που δημιουργείται, εμφανίζονται στον πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3 Ταξινόμηση τιμών δείκτη CP (Bensancenot et al., 1978)

CP (W/ m ²)	Αίσθημα που δημιουργείται
CP<0	Πολύ ισχυρή δυσφορία του πληθυσμού λόγω ζέστης
0<CP≤174	Ισχυρή δυσφορία του πληθυσμού λόγω ζέστης
175≤CP≤349	Μερική δυσφορία του πληθυσμού λόγω ζέστης
350≤CP≤699	Αίσθημα θερμικής άνεσης στον πληθυσμό
700≤CP≤1049	Μερική δυσφορία του πληθυσμού λόγω ψύχους
CP≥1050	Πολύ ισχυρή δυσφορία του πληθυσμού λόγω ψύχους

4.2 Περιοχές Μελέτης

Τα μικροκλιματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, ελήφθησαν στα πλαίσια του προγράμματος RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces) (RUROS project, 2002). Σκοπός του προγράμματος, ήταν η ανάπτυξη σειράς μοντέλων των συνθηκών άνεσης σε αστικούς υπαίθριους χώρους, με στόχο την υποστήριξη των μελετών αστικής ανάπτυξης.

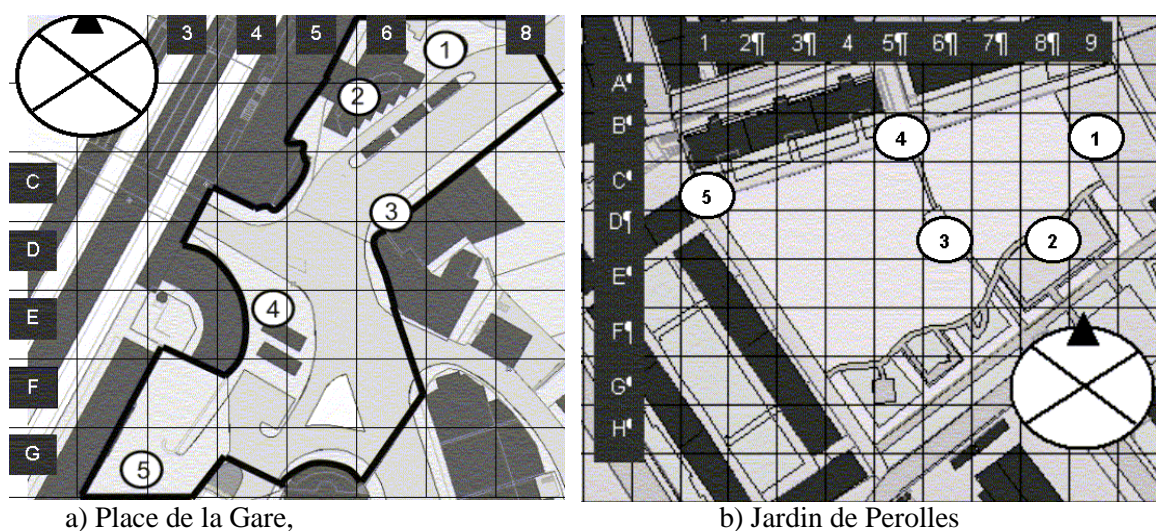
Οι συνθήκες άνεσης εξετάζονται σε 14 υπαίθριους χώρους (περιοχές επισκόπησης), 7 διαφορετικών πόλεων στην Ευρώπη. Η έρευνα έχει πραγματοποιηθεί σε δύο ανοιχτούς χώρους διαφορετικής αστικής τυπολογίας-μορφολογίας για κάθε μία από τις επτά πόλεις (Αθήνα(GR), Θεσσαλονίκη(GR), Μιλάνο(I), Fribourg(CH), Kassel(D), Cambridge(UK) και Sheffield(UK)) (εικόνα 4.1). Τα δεδομένα αφορούν 10.000 πολίτες οι οποίοι απάντησαν σε μία σειρά ερωτήσεων σχετικές με την θερμική τους αίσθηση. Στον πίνακα 4.4, παρουσιάζονται οι πόλεις στις οποίες έγινε η έρευνα, τα συγκεκριμένα σημεία στα οποία

δόθηκαν ερωτηματολόγια στον κόσμο και ελήφθησαν οι μετρήσεις και τέλος γίνεται περιγραφή του κάθε σημείου ως προς τη χρήση του. Τα σημεία επιλέχθηκαν, ούτως ώστε να αντιπροσωπεύουν ένα αρκετά μεγάλο εύρος από διαφορετικές λειτουργίες και δραστηριότητες που εκτελούνται στις διαφορετικές πόλεις.

Εικόνα 4.1 Η γεωγραφική κατανομή των επτά πόλεων που πήραν μέρος στο πρόγραμμα RUROS (<http://alpha.cres.gr/RUROS>)

Οι εικόνες από 4.2 έως 4.8, παρουσιάζουν σχηματικά τη γεωμετρική διάταξη του χώρου, των σημείων, στα οποία έγιναν οι μετρήσεις και δόθηκαν τα ερωτηματολόγια, για την κάθε μία από τις επτά πόλεις της μελέτης.

Εικόνα 4.2 **FRIBOURG (ΕΛΒΕΤΙΑ)**



Εικόνα 4.3

ΜΙΛΑΝΟ (ΙΤΑΛΙΑ)



a) Piazza Petazzi



b) Piazza IV Novembre

Εικόνα 4.4

CAMBRIDGE (ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ)



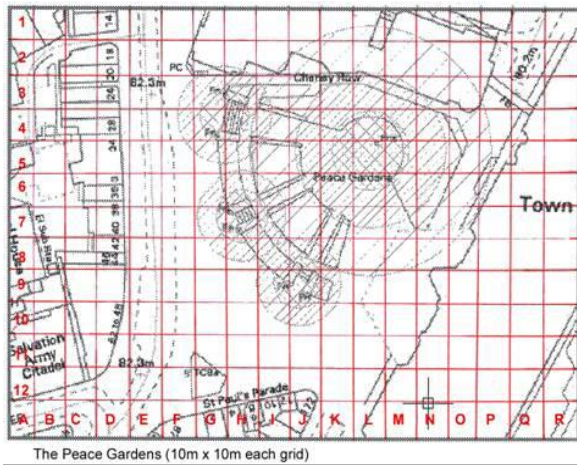
a) All Saints Passage



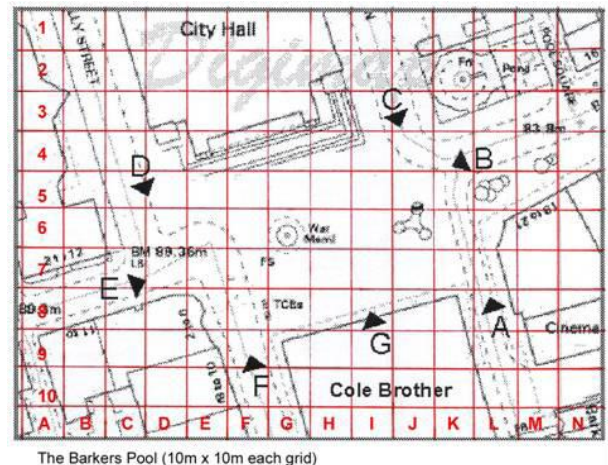
b) Silver Street

Εικόνα 4.5

SHEFFIELD (ΗΝ. ΒΑΣΙΛΕΙΟ)



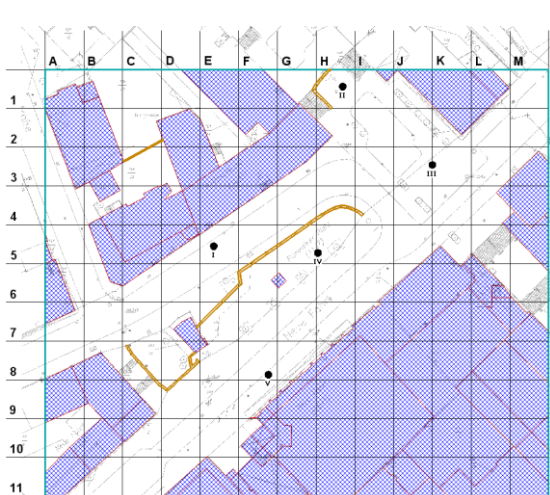
a) Peace Garden



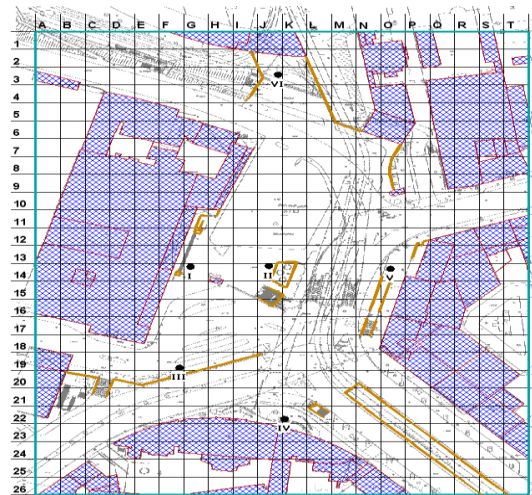
b) Barker's Pool

Εικόνα 4.6

KASSEL (ΓΕΡΜΑΝΙΑ)



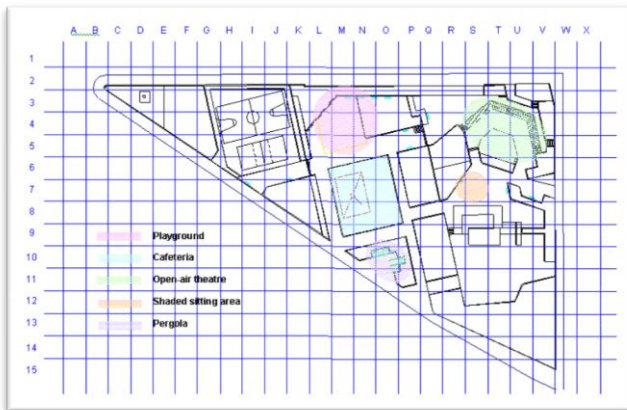
a) Florentiner Platz



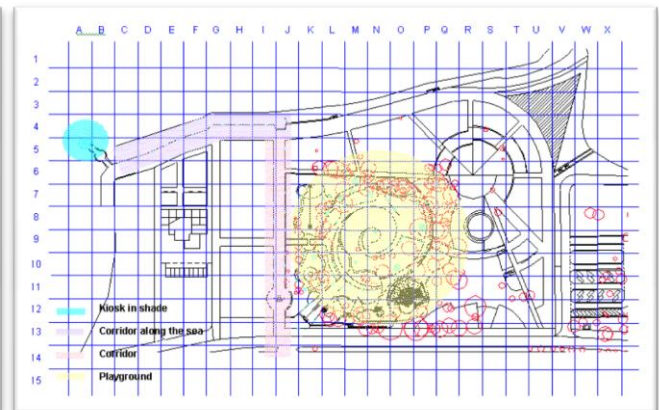
b) Bahnhofs Platz

Εικόνα 4.7

ΑΘΗΝΑ (ΕΛΛΑΔΑ)



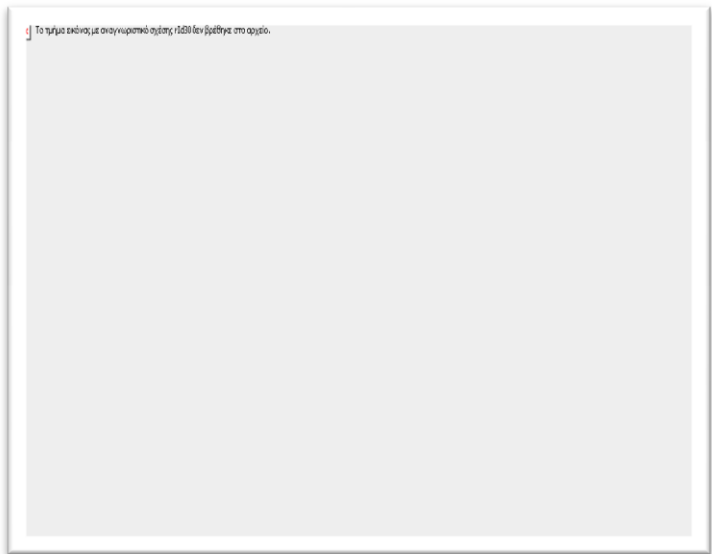
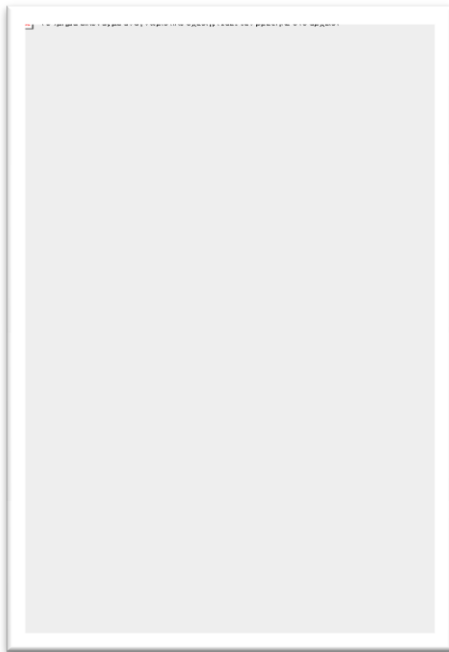
a) Πλατεία Καραϊσκάκη



b) Παραλία Αλίμου

Εικόνα 4.8

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ (ΕΛΛΑΔΑ)



a) Πλατεία Μακεδονομάχων

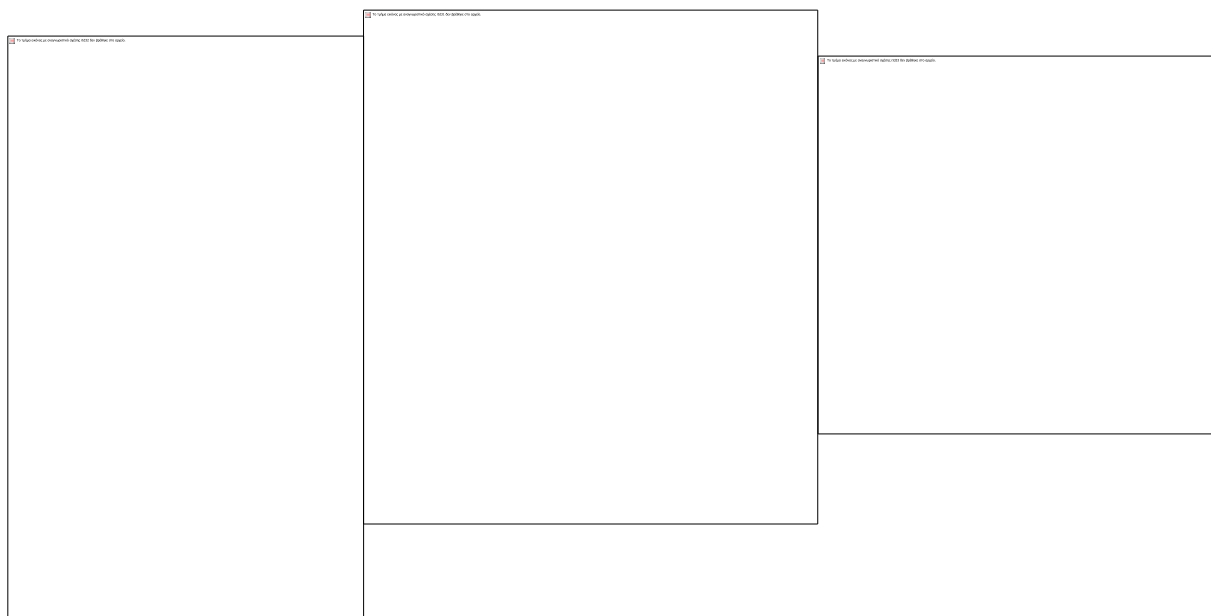
b) Πλατεία Κρήτης

Πίνακας 4.4 Περιγραφή της χρήσης των σημείων που έγινε η έρευνα του προγράμματος.(Από <http://alpha.cres.gr/RUROS>)

Πόλη	Περιοχή μελέτης	Περιγραφή
1) Αθήνα (Ελλάδα)	Παραλία Αλίμου	Παραθαλάσσιος δρόμος, κολύμπι, αναψυχή, καφετέριες
	Πλατεία Καραϊσκάκη	-συνουικιακή πλατεία : πολύχρηστος χώρος, αναψυχή, γήπεδο, ανοιχτό θέατρο, καφετέριες, γήπεδο μπάσκετ
2) Θεσσαλονίκη (Ελλάδα)	Πλατεία Μακεδονομάχων	- πολυσύχναστη πλατεία, πολλές δραστηριότητες: χαλάρωση, γήπεδο, σημείο συγκέντρωσης μεταναστών
	Πλατεία Κρήτης	-συνουικιακή πλατεία: πολύχρηστος χώρος, χώρος αναψυχής, γήπεδο, ανοιχτό θέατρο, καφετέριες
3) Fribourg (Ελβετία)	Place de la gare	- σιδηροδρομικός σταθμός: στοιχείο κλειδί της πόλης, θέμα Master Plan (αναπτύσσεται)
	Jardin de Pérolles – Semiramis open space	- πρόσφατα ανεπτυγμένος ανοιχτός χώρος για τη φιλοξενία φυσικής κοιλάδας και πράσινου χώρου: αναψυχή, γήπεδο, ανοιχτός χώρος για events
4) Μιλάνο (Ιταλία)	Piazza Petazzi	- παραδοσιακός χώρος γύρω από εκκλησία
	Piazza IV Novembre	- ανοιχτός χώρος περικλειόμενος από κυκλική συμβολή οδών, υπόγειο παρκινγκ, διέλευση πεζών
5) Cambridge (Ην. Βασίλειο)	All Saints passage	- στενή γέφυρα-πέρασμα για πεζούς :με μικρό τριγωνικό κήπο, χώρος αναψυχής, ανοιχτή αγορά σκαφών τους θερινούς μήνες
	Silver street	- γέφυρα με πλατό πεζοδρόμιο: σημείο συναντήσεων, σύντομη χαλάρωση
6) Sheffield (Ην. Βασίλειο)	Peace Garden	- πρόσφατα ανεπτυγμένος χώρος, σημείο στο κέντρο της πόλης για ανάπαυση και ξεκούραση
	Barker's Pool	- πλατεία που περιλαμβάνει μνημείο πολέμου (έχει υποστεί διαδικασίες ανάπλασής)
7) Kassel (Γερμανία)	Florentiner Platz	- ανοιχτός χώρος σε εμπορικό κέντρο: αναψυχή, γαστρονομικές γιορτές κατά τους θερινούς μήνες
	Bahnhofsplatz	- σιδηροδρομικός σταθμός

4.3 Μικροκλιματικά Δεδομένα

Οι μετρήσεις έγιναν με τη βοήθεια ενός φορητού μετεωρολογικού σταθμού ο οποίος σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε για τις ανάγκες του έργου και περιλαμβάνει αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα ξηρού και υγρού θερμομέτρου, αισθητήρα θερμοκρασίας σφαίρας (globe temperature), ανεμόμετρο θερμού νήματος, ηχώμετρο και φωτόμετρο (Εικόνα 4.2).



Εικόνα 4.2 Μετεωρολογικός σταθμός (<http://alpha.cres.gr/RUROS>).

Μία εποπτική εικόνα των τιμών των μέσων όρων των παραμέτρων, που ελήφθησαν, για τις τέσσερις εποχές, στις διάφορες πόλεις της Ευρώπης, παρουσιάζονται στον πίνακα 4.5. Η θερμοκρασία αέρος ($^{\circ}\text{C}$), η σχετική υγρασία (%), η ταχύτητα ανέμου (ms^{-1}) και η θερμοκρασία σφαίρας ($^{\circ}\text{C}$) ως δείκτης της ηλιακής ακτινοβολίας, αναφέρονται για τα διάφορα σημεία παρατήρησης από τον πλησιέστερο μετεωρολογικό σταθμό και από τα κλιματικά δεδομένα για την αντίστοιχη εποχή.

Γενικά, τα μικροκλιματικά δεδομένα που ελήφθησαν τη περίοδο των ερευνών, είναι σε συμφωνία με τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού, για όλες τις πόλεις και τις εποχές, με μικρές διαφοροποιήσεις, που οφείλονται κυρίως στη συγκρότηση του αστικού περιβάλλοντος. Παρομοίως, οι μεγάλες διαφορές στις ταχύτητες του ανέμου, οφείλονται, στο γεγονός πως στις διάφορες τοποθεσίες που έγινε η έρευνα, η ταχύτητα του ανέμου υπολογίστηκε για ύψος 1m από το έδαφος, ενώ αντιθέτως η ταχύτητα του ανέμου στους μετεωρολογικούς σταθμούς, υπολογίζεται σε ύψος 10m από το έδαφος, ανεμπόδιση από κτίρια και βλάστηση.

Ωστόσο, συγκρίνοντας κλιματικά δεδομένα που πάρθηκαν μέσω της έρευνας, με υπάρχοντα κλιματικά δεδομένα από τους μετεωρολογικούς σταθμούς, παρατηρούνται αρκετές μικρές διαφορές, όπου υπεισέρχεται η θερμοκρασία αέρος. Βασισμένο σε κλιματικές αναλύσεις (Climatic Research Unit of the University of East Anglia) (Global average Temperature Change, 1856 – 2004), αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός πως τα έτη 2001 και 2002, το διάστημα δηλαδή της έρευνας, ανήκουν στα δέκα πιο θερμά έτη της Ευρώπης από το 1856. Αυτή η διαφοροποίηση μεταξύ των μετεωρολογικών δεδομένων της έρευνας και των μακροχρόνιων κλιματικών δεδομένων, είναι περισσότερο προφανής την άνοιξη και το χειμώνα όπου λ.χ. στο Fribourg υπάρχει μία απόκλιση 7°C, ενώ στο Μιλάνο και το Cambridge, την περίοδο της άνοιξης, η διαφορά φτάνει τους 11°C και 14°C αντίστοιχα.

Πίνακας 4.5 Μικροκλιματικά δεδομένα τη περίοδο έρευνας, για τις διάφορες πόλεις, για τις τέσσερις εποχές όπως καταγράφηκε i) στο σημείο, ii) στο μετεωρολογικό σταθμό iii) τα υπολογισμένα κατά μέσο όρο κλιματικά δεδομένα (Nikolopoulou M., Lykoudis S., 2005).

	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη
--	------------------	------------------	-----------------	---------------

	Σημείο	Μ.Σ*	Κ.Δ.*	Σημείο	Μ.Σ	Κ.Δ.	Σημείο Κ.Δ.	Μ.Σ	Σημείο	Μ.Σ	Κ.Δ	
Αθήνα												
Tair(°C)	30.1	31.5	27.0	18.8	19.0	19.7	16.4	15.6	11.0	21.9	22.0	16.3
RH(%)	47	41	49	62	65	61	52	55	69	49	48	63
Ws(ms ⁻¹)	1.0	4.1	7.3	0.7	2.4	6.9	0.7	2.9	7.6	1.1	5.1	6.6
Tglobe(°C)	31.2			21.6			20.4					
Θεσσαλονίκη												
Tair(°C)	26.5	27.5	25.7	9.9	10.6	16.3	15.2	15.2	6.3	21.3	20.7	14.5
RH(%)	41	48	55	51	57	70	59	69	76	63	64	68
Ws(ms ⁻¹)	0.2	2.2	6.1	0.2	1.9	5.1	0.2	1.4	5.7	0.2	1.8	5.3
Tglobe(°C)	28.1			11.2			19.6			25.7		
Fribourg												
Tair(°C)	23.2	23.1	16.8	11.7	11.8	8.8	6.8	6.5	-0.2	14.0	12.8	8.6
RH(%)	43	55	67	56	66	78	62	64	80	50	61	68
Ws(ms ⁻¹)	1.1	2.3	2.7	1.0	2.0	2.5	1.2	2.7	2.9	1.1	2.6	3.1
Tglobe(°C)	28.1			14.9			9.5			18		
Milan												
Tair(°C)	26.4	26.0	22.0	14.4	15.5	13.0	10.8	9.2	2.6	23.5	23.2	12.4
RH(%)	61	61	71	63	60	80	58	60	83	56	57	73
Ws(ms ⁻¹)	0.5	1.9		0.5	1.9		0.9	5.4		0.6	1.9	
Tglobe(°C)	28.6			16.8			13.2			26.4		
Cambridge												
Tair(°C)	23.1	22.7	16.3	8.9	8.1	10.7	10.9	9.4	4.5	22.9	24.7	8.8
RH(%)	56	55	77	74	77	86	59	63	90	56	59	78
Ws(ms ⁻¹)	1.0	3.0		0.5	3.0		0.9	5.4		1.0	4.0	
Tglobe(°C)	25.3			9.3			12.2			25.5		
Sheffield												
Tair(°C)	21.3	20.4	15.7	16.7	16.0	10.2	9.5	8.2	4.4	13.2	11.8	8.6
RH(%)	60	77	69	69	85	81	63	87	85	49	76	70
Ws(ms ⁻¹)	1.0	3.0		0.9	4.8		0.5	5.0		0.5	2.6	
Tglobe(°C)	23.5			18.1			11.7			16.2		
Kassel												
Tair(°C)	21.9	21.6	16.6	16.5	16.0	9.0	5.4	4.7	0.6	22.2	21.2	8.1
RH(%)	67	70	73	76	79	81	60	59	84	58	59	71
Ws(ms ⁻¹)	1.2	3.3		1.1	2.7		1.2	2.2		1.2	2.8	
Tglobe(°C)	23.3			17.9			6.8			24.4		

*Μ.Σ.: Μετεωρολογικός Σταθμός

*Κ.Δ.: Κλιματικά Δεδομένα

4.4 Δεδομένα Θερμικής Άνεσης

Κατά τη διάρκεια λήψης των μετρήσεων από τον μετεωρολογικό σταθμό, οι άνθρωποι που βρίσκονταν στο επιλεγμένο σημείο της έρευνας, στο φυσικό τους περιβάλλον, ρωτήθηκαν συγκεκριμένες ερωτήσεις σχετικές με τον καιρό και τη θερμική τους αίσθηση. Με αυτό τον τρόπο, γινόταν δυνατό να συσχετισθούν οι συνθήκες άνεσής τους, με βάση την

αίσθησή τους και την προσαρμοστικότητα τους στο περιβάλλον τους, με παράλληλη σύγκριση των μικροκλιματικών παραμέτρων που επικρατούσαν. Κάθε σημείο παρακολουθείτο όλη τη διάρκεια της εβδομάδας, για κάθε εποχή, έτσι ώστε να αποδοθεί ένα δείγμα της εβδομαδιαίας χρήσης του κάθε σημείου. Η καθημερινή χρονική διάρκεια των ερευνών, είχε να κάνει με την εποχή και είχε ως σκοπό να αποδοθεί ένα δείγμα της καθημερινής χρήσης του σημείου. Η ημερήσια έρευνα χωρίστηκε σε τέσσερις κατηγορίες: τη πρωινή περίοδο (10:00- 11:59), τη μεσημβρινή περίοδο (12:00- 14:59), το απόγευμα (15:00- 17:59) και τη βραδινή περίοδο (18:00-20:59). Οι διάρκειες των περιόδων αυτών διακυμαινόταν σύμφωνα με την εποχή. Έτσι, το καλοκαίρι οι μελέτες συνεχιζόντουσαν μέχρι τις 21:00 το βράδυ, ενώ το φθινόπωρο σταματούσαν στις 17:00 το απόγευμα, για λόγους ασφάλειας αφού νύχτωνε νωρίτερα. Οι περιβαλλοντικές παράμετροι που διερευνήθηκαν σχετίζονται με το θερμικό, οπτικό και ακουστικό περιβάλλον.

Συνολικά, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ερωτήθηκαν 10,000 άνθρωποι στις επτά πόλεις. Ο αριθμός των ανθρώπων που ερωτήθηκαν στις διαφορετικές πόλεις και εποχές, παρουσιάζεται στον πίνακα 4.6.

Πίνακας 4.6 Ο αριθμός των ερωτηθέντων στις διάφορες πόλεις, τις τέσσερις εποχές από το πρόγραμμα RUROS (Nikolopoulou M., Lykoudis S., 2005).

	Καλοκαίρι	Φθινόπωρο	Χειμώνας	Άνοιξη	Έτος
Athens	418	360	418	307	1503

Thessaloniki	600	509	335	369	1813
Milan	308	393	207	265	1173
Fribourg	452	427	540	501	1920
Cambridge	341	185	85	337	948
Sheffield	301	216	200	291	1008
Kassel	301	209	74	240	824
Total per season	2721	2299	1859	2310	9189

Οι συνεντεύξεις αποτελούνταν από ένα πλήθος συγκεκριμένων ερωτήσεων, αποσκοπώντας να αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο εύρος χρηστών. Οι πληροφορίες που ήταν διαθέσιμες για επεξεργασία μετά από την κάθε συνέντευξη έχουν καταταχισθεί στις εξής κατηγορίες:

A. Τοποθεσία που έγινε η συνέντευξη

B. Προσωπικοί παράμετροι προς παρατήρηση

Γ. Λεπτομερής καταγραφή των μικροκλιματικών παραμέτρων – θερμικό, οπτικό, ακουστικό περιβάλλον- κατά τη διάρκεια της συνέντευξης.

Δ. Λεπτομερής καταγραφή των μετεωρολογικών παραμέτρων, από τον κοντινότερο μετεωρολογικό σταθμό, κατά τη διάρκεια της συνέντευξης.

Ε. Απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο σχετικές με το θερμικό, οπτικό και ακουστικό περιβάλλον και σχετικές με τις συνθήκες άνεσης

ΣΤ. Πληροφορίες σχετικές με το κοινωνικό προφίλ των ερωτηθέντων.

Οι ερωτηθέντες, είχαν να επιλέξουν για την κάθε ερώτηση που αφορούσε το φυσικό τους περιβάλλον, μεταξύ 2 έως 5 απαντήσεων. Στο Παράρτημα I παρουσιάζεται ένα πρότυπο των ερωτήσεων που δόθηκε σε κάθε άτομο που πήρε μέρος στη συνέντευξη.

4.5 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων

Τα δεδομένα που ελήφθησαν, εισήχθησαν στο πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης SPSS, για να γίνει στη συνέχεια η επεξεργασία τους. Στο σύνολο των δεδομένων περιλαμβάνονταν ο δείκτης PET και προστέθηκαν ακόμα οι δείκτες TH1 και CP κάνοντας χρήση των αρχαίων εντολών του SPSS.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Γενικά

Στους πίνακες 5.1 και 5.2, αναγράφονται οι μέσες ετήσιες και οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες των επτά πόλεων, όπως ελήφθησαν από την ηλεκτρονική διεύθυνση <http://www.stadtclima> και www.metoffice.gov.uk/climate/uk/averages/19712000/sites/sheffield.html - 38k και στη συνέχεια παρουσιάζονται σε μορφή διαγραμμάτων (διαγράμματα 5.1 – 5.6). Τα κλιματικά δεδομένα παρουσιάζονται αναλυτικά στο παράρτημα II.

Πίνακας 5.1 Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα στις περιοχές που διεξήχθη η έρευνα

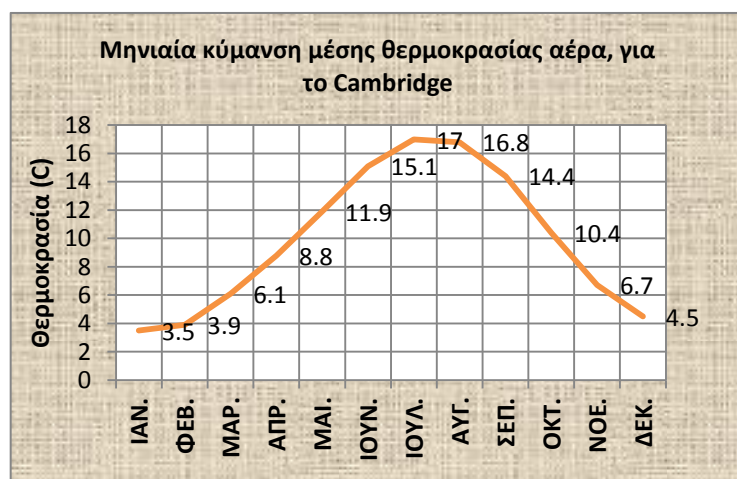
ΠΕΡΙΟΧΕΣ	m Tclim (°C)
BAHNHOFS PLAZ	9.2
FLORENTINER PLAZ	9.2
BARKERS POOL	9.7
PEACE GARDEN	9.7
ALL SAINTS PASSAZE	9.9
SILVER STREET	9.9
JARDIN DE PEROLLES	10.3
PLACE DE LA GARE	10.3
PIAZZA IV NOVEMBRE	13.1
PIAZZA PETAZZI	13.1
KRITIS	16.1
MAKEDONOMAHON	16.1
ALIMOS	17.8
KARAIKAKI	17.8

Διάγραμμα 5.1 Σύνολο των περιοχών και μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα

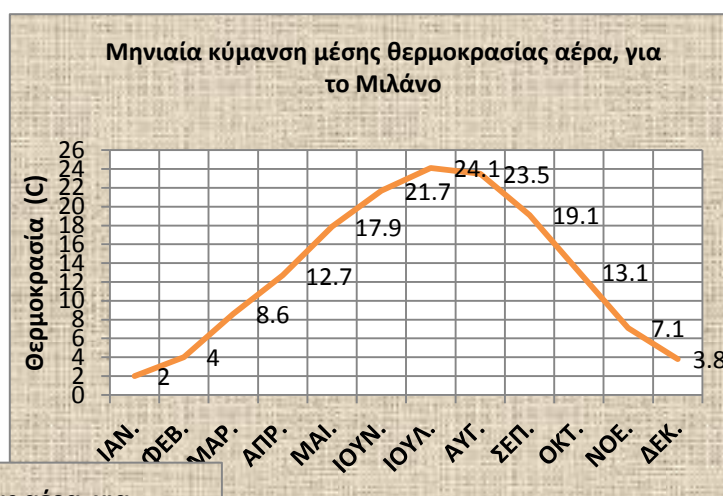


Πίνακας 5.2 Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα στις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα

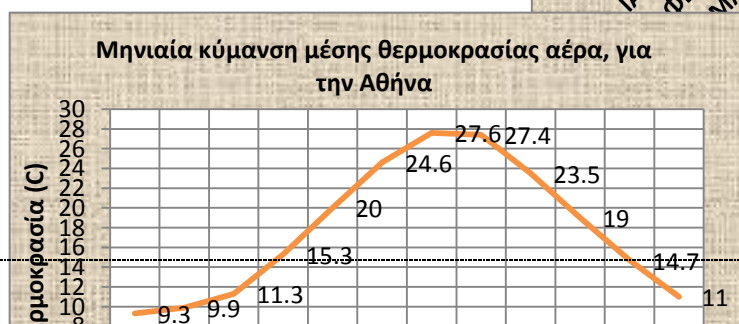
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)							
ΜΗΝΕΣ	CAMBRIDGE	MILANO	ΑΘΗΝΑ	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	KASSEL	SHEFFIELD	FRIBOURG
ΙΑΝ.	3.5	2	9.3	5.5	0.1	4	1.1
ΦΕΒ.	3.9	4	9.9	7.1	0.9	3.9	2.1
ΜΑΡ.	6.1	8.6	11.3	9.6	4.7	6.2	6.3
ΑΠΡ.	8.8	12.7	15.3	14.5	8.9	8.1	10.3
ΜΑΙ.	11.9	17.9	20	19.6	13.3	11.3	14.5
ΙΟΥΝ.	15.1	21.7	24.6	24.7	16.5	13.9	17.7
ΙΟΥΛ.	17	24.1	27.6	27.3	17.9	15	19.4
ΑΥΓ.	16.8	23.5	27.4	26.8	17.4	15.1	18.8
ΣΕΠ.	14.4	19.1	23.5	22.5	14.3	13.7	15.6
ΟΚΤ.	10.4	13.1	19	17.1	9.2	10.3	10.1
ΝΟΕ.	6.7	7.1	14.7	12	5	6.7	5.4
ΔΕΚ.	4.5	3.8	11	7.5	1.6	3.2	1.9



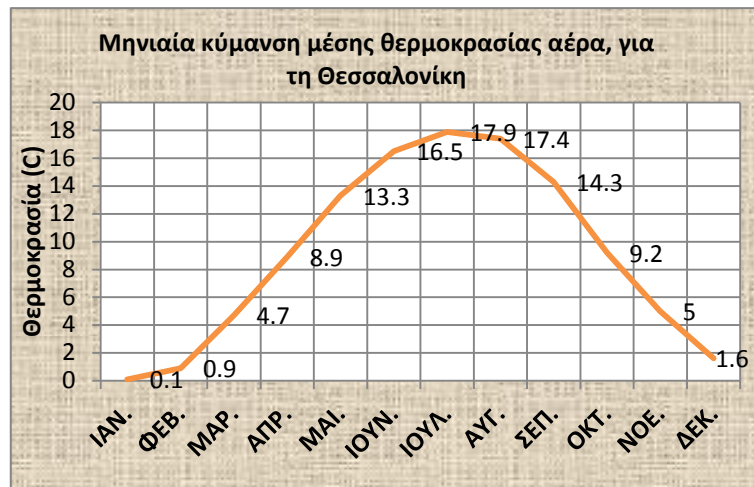
Διάγραμμα 5.2 Μέση μηνιαία θερμοκρασία, Cambridge



Διάγραμμα 5.3 Μέση μηνιαία θερμοκρασία, Μιλάνο



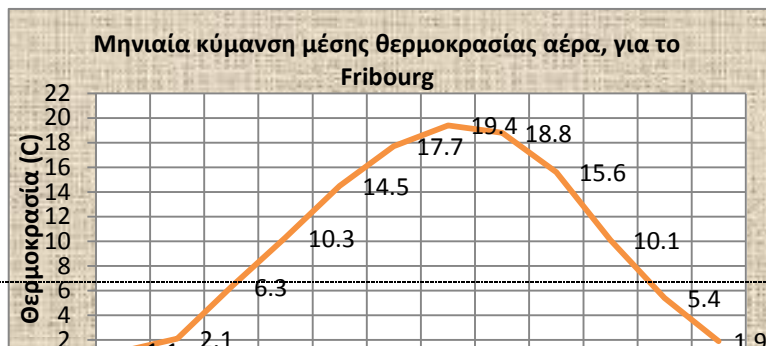
Διάγραμμα 5.4 Μέση μηνιαία θερμοκρασία, Αθήνα



Διάγραμμα 5.5 Μέση μηνιαία θερμοκρασία, Θεσσαλονίκη



Διάγραμμα 5.6 Μέση μηνιαία θερμοκρασία, Sheffield



Διάγραμμα 5.7 Μέση μηνιαία θερμοκρασία, Fribourg

Για να εξεταστεί η συσχέτιση μεταξύ της πραγματικής θερμικής αίσθησης των ανθρώπων (ASV), όπως αυτή καταγράφηκε από τις συνεντεύξεις και των επιλεγμένων βιομετεωρολογικών δεικτών, δημιουργήθηκαν δύο κατηγορίες διαγραμμάτων, τα οποία απεικονίζουν τις κλιματικές μέσες ετήσιες και εποχιακές τιμές θερμοκρασίας ανά περιοχή (διαγράμματα 5.8 – 5.10 και 5.11 – 5.22 αντίστοιχα). Η παρουσίαση των τιμών αυτών γίνεται κατ' αύξουσα πορεία της αντίστοιχης κλιματικής τιμής της θερμοκρασίας αέρα για κάθε περιοχή.

Προκειμένου να γίνει δυνατή η σύγκριση μεταξύ των βιομετεωρολογικών δεικτών με την πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων, ήταν απαραίτητη η προσαρμογή των σχετικών κλίμακων. Η αρχική κλίμακα του ASV έχει 5 κλάσεις («πολύ κρύο», «κρύο», «θερμική άνεση», «ζεστό», «πολύ ζεστό») (πίνακας 5.3). Προκειμένου όμως να γίνει σύγκριση με την 9-βαθμιαία κλίμακα του PET, έπρεπε είτε να αυξηθεί ο αριθμός των κλάσεων του ASV σε 9, είτε να μειωθεί του PET σε 5. Δεδομένου ότι η σύγκριση αναφέρεται σε μέσες τιμές ASV οι οποίες πιθανότατα αντιστοιχούν σε ενδιάμεσες καταστάσεις μεταξύ των σημείων της σχετικής κλίμακας, θεωρήθηκε καλύτερη η αύξηση των κατηγοριών του ASV σε 9. Έτσι προστέθηκαν οι επιπλέον κλάσεις «αρκετά ψυχρό», «ελαφρά ψυχρό», «ελαφρά θερμό» και «αρκετά θερμό» (Πίνακας 5.3). Όσον αφορά τους δείκτες CP και THI, οι κλίμακές τους δεν έχουν άμεση αντιστοιχία με τις κλάσεις του ASV, οπότε έγιναν κάποιες προσαρμογές (Πίνακας 5.3). Το τροποποιημένο ASV χρησιμοποιείται στη σύγκριση μόνο με τον δείκτη PET.

Πίνακας 5.3 Κλάσεις θερμικής αίσθησης και δεικτών.

ΚΛΑΣΕΙΣ	ASV _{τροπ.}	PET	ASV	THI _{τροπ.}	CP _{τροπ.}
Πολύ κρύο	-2	<4	-2	<-1.9	>1050
Αρκετά	-1.5	4-8			

ψυχρό					
Κρύο	-1	8-13	-1	-1.9-13	700-1050
Ελαφρά ψυχρό	-0.5	13-18			
Θερμική άνεση	0	18-23	0	13-20	349-700
Ελαφρά θερμό	0.5	23-29			
Ζεστό	1	29-35	1	20-26.5	174-349
Αρκετά θερμό	1.5	35-41			
Πολύ Ζεστό	2	>41	2	>26.5	<174

5.1 Σύγκριση μέσω των ετήσιων τιμών των βιομετεωρολογικών δεικτών

Στον πίνακα 5.4 παρουσιάζονται όλες οι περιοχές στις οποίες διεξήχθη η έρευνα, η μέση ετήσια κλιματική θερμοκρασία αέρα (Tclim), η πραγματική θερμική αίσθηση των

ανθρώπων (ASV) και οι ενδείξεις των βιομετεωρολογικών δεικτών (PET, THI, CP), βάση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα.

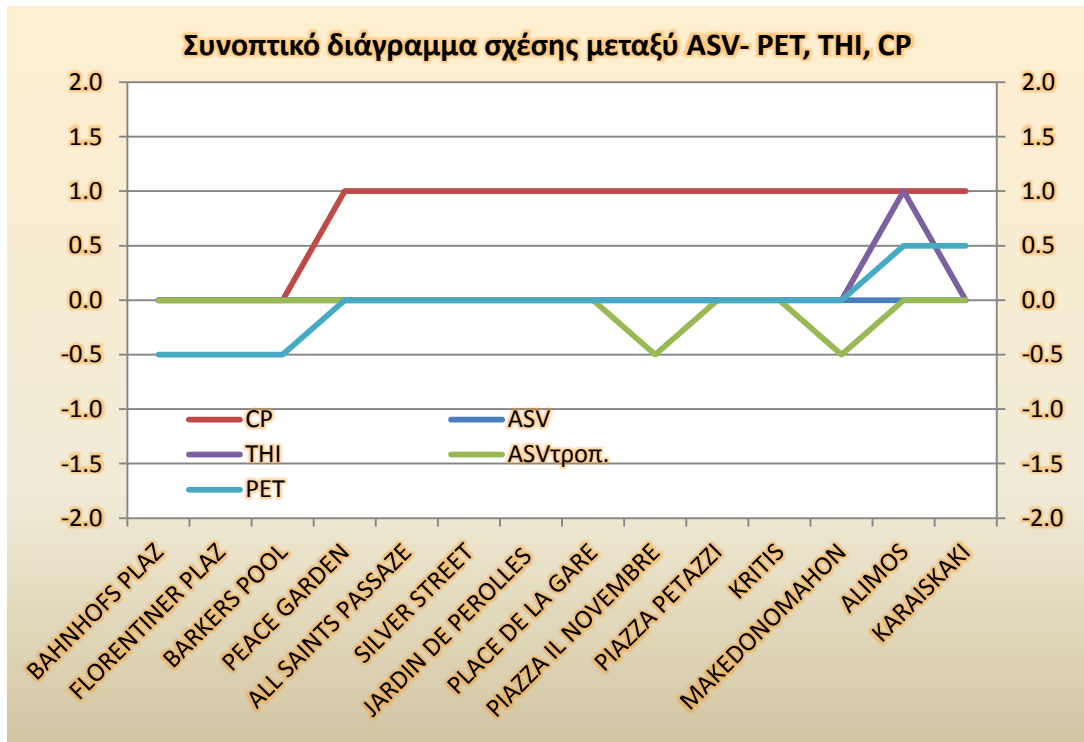
Πίνακας 5.4 Κύμανση της κλιματικής μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αέρα (Tclim), της πραγματικής θερμικής αίσθησης (ASV) και των βιομετεωρολογικών δεικτών PET, THI, CP, του συνόλου των περιοχών που διεξήχθη η έρευνα

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	Tclim	ASV _{τροπ.}	PET	ASV	THI	CP
BAHNHOFS PLAZ	9.2	0	-0.5	0	0	0
FLORENTINER PLAZ	9.2	0	-0.5	0	0	0
BARKERS POOL	9.7	0	-0.5	0	0	0
PEACE GARDEN	9.7	0	0	0	0	1
ALL SAINTS PASSAZE	9.9	0	0	0	0	1
SILVER STREET	9.9	0	0	0	0	1
JARDIN DE PEROLLES	10.3	0	0	0	0	1
PLACE DE LA GARE	10.3	0	0	0	0	1
PIAZZA IV NOVEMBRE	13.1	-0.5	0	0	0	1
PIAZZA PETAZZI	13.1	0	0	0	0	1
KRITIS	16.1	0	0	0	0	1
MAKEDONOMAHON	16.1	-0.5	0	0	0	1
ALIMOS	17.8	0	0.5	0	1	1
KARAIKAKI	17.8	0	0.5	0	0	1

Στα διαγράμματα 5.7 έως 5.10 που ακολουθούν, παρατηρείται, πως η μέση ετήσια πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων, αντιστοιχεί σε «θερμική άνεση» (ASV=0), στην πλειοψηφία των περιοχών που πήραν μέρος στην έρευνα. Εξαιρέση αποτελεί η Piazza IV Novembre στο Μιλάνο (IT) και η πλατεία Μακεδονομάχων στη Θεσσαλονίκη (GR), όπου για τις δύο αυτές περιοχές η τροποποιημένη πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων (ASV_{τροπ.}), η οποία περιλαμβάνει μεγαλύτερο εύρος κλάσεων, βρίσκεται στην κλάση «ελαφρά ψυχρό» (ASV = -0.5).

Η γενική εικόνα δείχνει πως οι ενδείξεις των βιομετεωρολογικών δεικτών, δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές, από την ψήφο των ανθρώπων σχετικά με την πραγματική θερμική τους αίσθηση. Αυτό δημιουργεί κάποιες αμφιβολίες, όσον αφορά την ικανότητα των δεικτών να εκφράσουν το θερμικό αίσθημα των ανθρώπων κάτω από

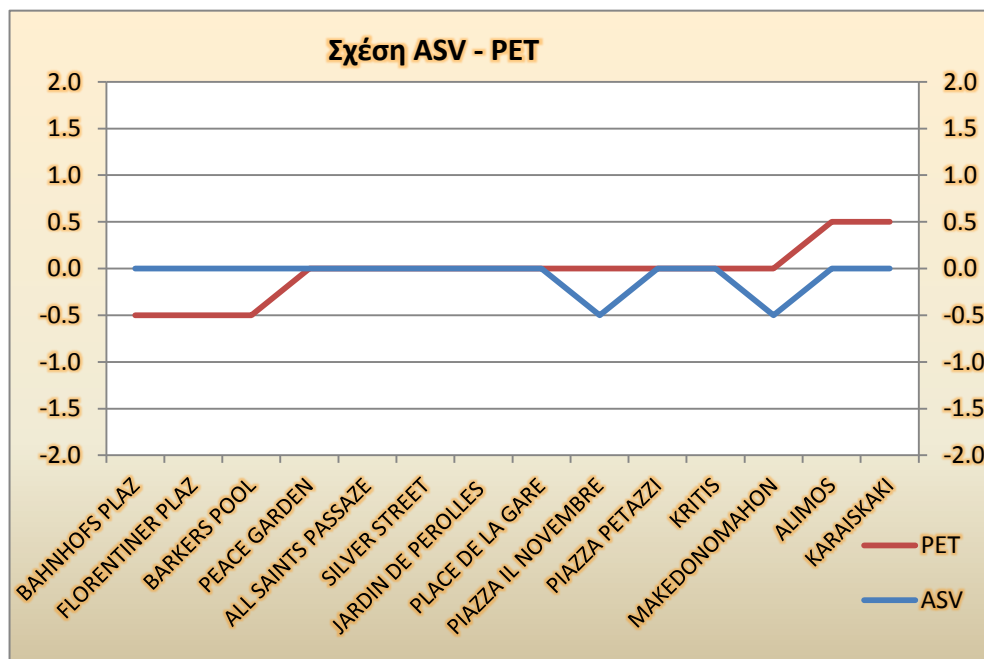
διαφορετικές κλιματικές συνθήκες. Παρά το γεγονός ότι η εξέταση των ετησίων μέσων τιμών οδηγεί σε σημαντική εξομάλυνση, με αποτέλεσμα το μέσο ASV να είναι 0 σε όλες σχεδόν τις περιοχές, εντούτοις οι βιοκλιματικοί δείκτες υποδεικνύουν μία ανοδική πορεία στην κλίμακά τους καθώς κινούμαστε προς θερμότερες κλιματικά περιοχές.



Διάγραμμα 5.7 Συσχέτιση του ASV και του ASV_{τροπ.} με τους τρεις δείκτες.

Στο διάγραμμα 5.7, φαίνεται η γενική εικόνα συσχέτισης του ASV και των δεικτών, όπως αυτή διαμορφώνεται σύμφωνα με τις ετήσιες κλιματικές τιμές.

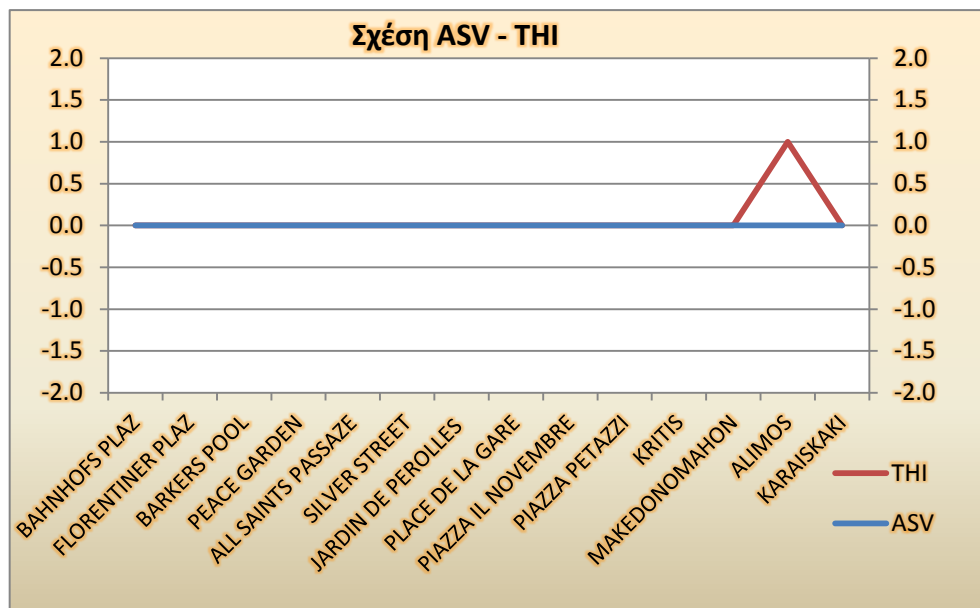
Στα διαγράμματα 5.8 έως 5.10 που ακολουθούν, γίνεται συσχέτιση της ψήφου πραγματικής θερμικής αίσθησης των ανθρώπων (ASV) και του κάθε βιομετεωρολογικού δείκτη ξεχωριστά.



Διάγραμμα 5.8 Συσχέτιση μεταξύ ASV – PET

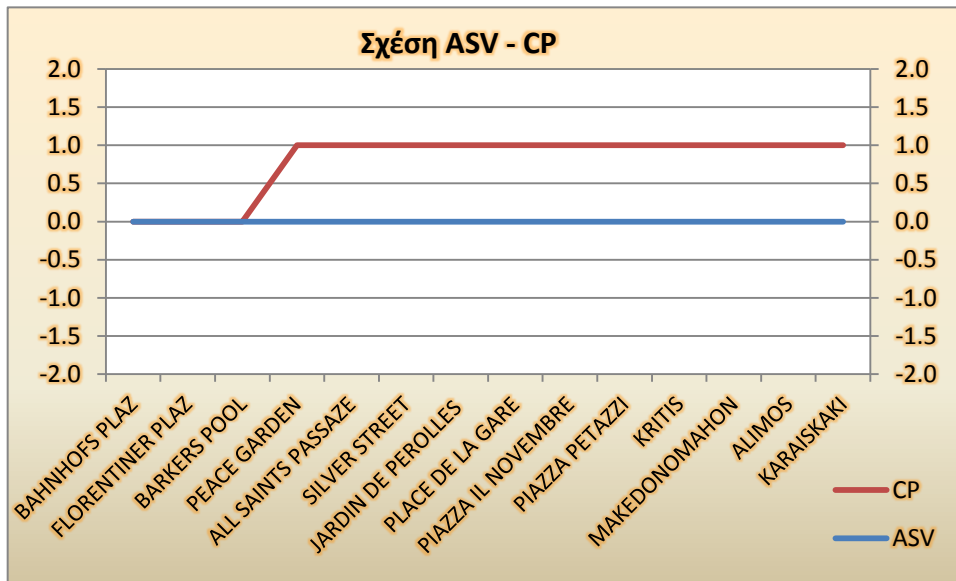
Σε γενικές γραμμές, οι παρατηρούμενες αποκλίσεις του δείκτη PET από το ASV είναι μικρές (± 0.5), αλλά παρουσιάζουν σαφή εξάρτηση από την κλιματική θερμοκρασία της κάθε περιοχής. Ο δείκτης PET, φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητος από τη θερμική αίσθηση των ανθρώπων στο ηπειρωτικό κλίμα των περιοχών της Κ. Ευρώπης. Συγκεκριμένα στις περιοχές Bahnhofs Plaz και Florentiner Plaz στο Kassel (D), η ένδειξη του PET βρίσκεται στην κλάση «ελαφρά ψυχρό», ενώ η ψήφος των ανθρώπων δηλώνει «θερμική άνεση».

Στα πιο θερμά κλίματα, ο PET φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητος στη αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα από το ASV.



Διάγραμμα 5.9 Συσχέτιση μεταξύ ASV – THI

Ο δείκτης THI, φαίνεται να είναι σχετικά πιο «άκαμπτος», σε σχέση με την πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων και σχεδόν το σύνολο των ενδείξεών του βρίσκονται στην κλάση της «θερμικής άνεσης». Η μοναδική εξαίρεση, εμφανίζεται στην περιοχή του Αλίμου στην Αθήνα, όπου ενώ το $ASV=0$, ο $THI = 1$, δηλαδή στην κλάση «ζεστό».



Διάγραμμα 5.10 Συσχέτιση μεταξύ ASV – CP

Ο δείκτης CP, φαίνεται να βρίσκεται σε συμφωνία με το ASV στην κλάση «θερμική άνεση» (ASV=0, CP=0), στις περιοχές Bahnhofs plaz και Florentiner plaz του Kassel και στην περιοχή Barkers pool του Sheffield. Για τις υπόλοιπες περιοχές η ένδειξη του δείκτη, βρίσκεται σταθερά στην κλάση «ζεστό» (CP=1), ενώ το ASV βρίσκεται στην κλάση «θερμική άνεση».

5.2 Σύγκριση εποχικών μέσων τιμών των βιομετεωρολογικών δεικτών

Για την αναλυτική παρατήρηση της κύμανσης των βιομετεωρολογικών δεικτών σε σχέση με το ASV και κατά συνέπεια, την καλύτερη προσέγγιση στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων, κατασκευάστηκαν διαγράμματα, τα οποία δείχνουν τη σχέση και την κύμανση του ASV και των βιομετεωρολογικών δεικτών, βάση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα για την κάθε εποχή ξεχωριστά.

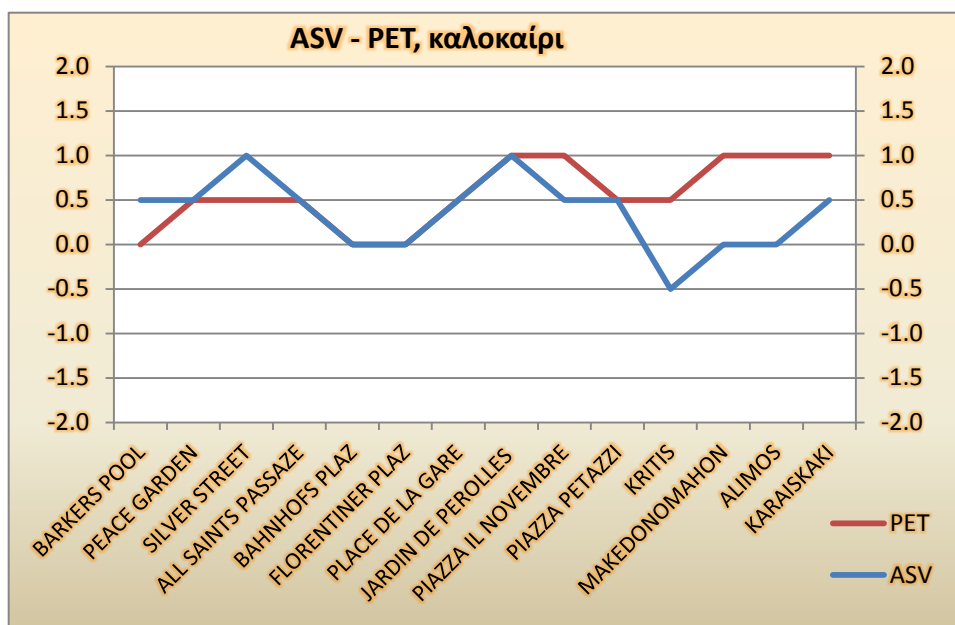
A. ΚΑΛΟΚΑΙΡΙ

Πίνακας 5.5 Κύμανση της κλιματικής μέσης θερμοκρασίας αέρα (Tclim), της πραγματικής θερμικής αίσθησης (ASV) και των βιομετεωρολογικών δεικτών PET, THI, CP, του συνόλου των περιοχών που διεξήχθη η έρευνα, για το καλοκαίρι

Καλοκαίρι				Κλίμακα		
ΠΕΡΙΟΧΕΣ	Tclim	ASV _{τροπ.}	PET	ASV	THI	CP
BARKERS POOL	14.5	0.5	0	1	0	1
PEACE GARDEN	14.5	0.5	0.5	1	1	1
SILVER STREET	14.6	1	0.5	1	0	1
ALL SAINTS PASSAZE	14.6	0.5	0.5	1	1	1
BAHNHOFS PLAZ	17.2	0	0	0	0	1
FLORENTINER PLAZ	17.2	0	0	0	1	1
PLACE DE LA GARE	18.6	0.5	0.5	0	0	1
JARDIN DE PEROLLES	18.6	1	1	1	0	1
PIAZZA IV NOVEMBRE	23.1	0.5	1	1	1	2
PIAZZA PETAZZI	23.1	0.5	0.5	0	1	2
KRITIS	26.2	-0.5	0.5	0	1	2
MAKEDONOMAHON	26.2	0	1	0	1	2
ALIMOS	26.5	0	1	0	1	2
KARAIKAKI	26.5	0.5	1	0	2	2

Στον πίνακα 5.5 παρουσιάζονται όλες οι περιοχές στις οποίες διεξήχθη η έρευνα, η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα (Tclim), η πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων (ASV) και οι ενδείξεις των βιομετεωρολογικών δεικτών (PET, THI, CP), βάση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, όπως καταγράφηκε τη θερινή περίοδο.

Τα διαγράμματα 5.11 έως 5.13 που ακολουθούν, παρουσιάζουν την κύμανση κάθε βιομετεωρολογικού δείκτη ξεχωριστά, σε σχέση με την πραγματική θερμική αίσθηση (ASV), για την περίοδο του καλοκαιριού.



Διάγραμμα 5.11 Συσχέτιση μεταξύ ASV – PET για τη θερινή περίοδο

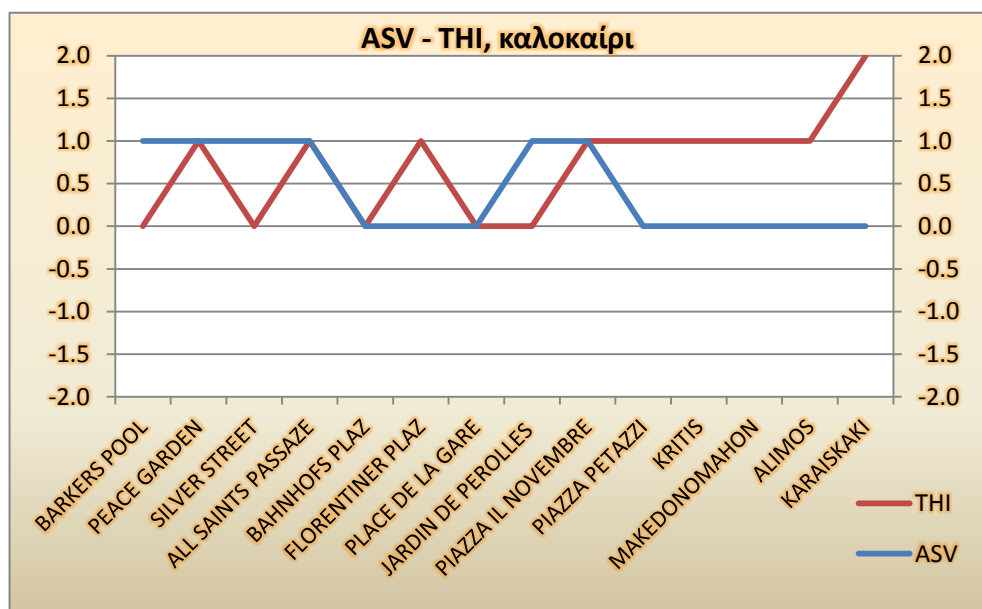
Από το διάγραμμα 5.11, παρατηρείται πως, στις περιοχές των πόλεων της Μ. Βρετανίας (Barkers Pool, Peace Garden, Silver Street και All Saint Passage), ο δείκτης PET, δείχνει να κυμαίνεται σε ελαφρά χαμηλότερες κλάσεις από το ASV. Ενώ το ASV κυμαίνεται από τις κλάσεις «ελαφρά θερμό» έως «ζεστό», ο PET κυμαίνεται μεταξύ των κλάσεων «θερμική άνεση» έως «ελαφρά θερμό» αντίστοιχα. Το ωκεάνιο κλίμα που επικρατεί στην περιοχή της Μ. Βρετανίας, το οποίο χαρακτηρίζεται γενικά από υψηλά ποσοστά υγρασίας, θα μπορούσε να αποτελεί μία πιθανή εξήγηση της διαφοροποίησης του PET σε σχέση με το ASV, αφού και ο δείκτης δεν λαμβάνει υπόψη του τον παράγοντα της προσαρμογής των ανθρώπων στις καιρικές συνθήκες.

Απόλυτη συμφωνία μεταξύ του δείκτη και της θερμικής αίσθησης παρατηρείται για το ηπειρωτικό κλίμα των περιοχών της Κ. Ευρώπης Bahnhofs Plaz και Florentiner Plaz στο Kassel καθώς και στις περιοχές Place de la Gare και Jardin de Perolles στο Fribourg (CH).

Αντίθετα, οι μεγαλύτερες διαφορές παρατηρούνται προχωρώντας στο Μεσογειακό κλίμα της Ιταλίας και της Ελλάδας. Εδώ διαπιστώνεται, μία σαφής άνοδος στην κλίμακα του

PET, η οποία κυμαίνεται στις κλάσεις «ελαφρά θερμό» και «θερμό». Η αντίστοιχη κλίμακα του ASV, βρίσκεται μεταξύ των κλάσεων «ελαφρά ψυχρό» έως «ελαφρά θερμό». Στις περιοχές της Ελλάδας η διαφορά αυτή είναι εντονότερη. Στη πλατεία Κρήτης (Θεσσαλονίκη) η ψήφος του κόσμου είναι «ελαφρά ψυχρό», ενώ ο PET βρίσκεται στην κλάση «ελαφρά

θερμό». Στην πλατεία Μακεδονομάχων και στην παραλία του Αλίμου ο κόσμος βρίσκεται σε «θερμική άνεση», ενώ ο PET βρίσκεται στην κλάση «θερμό». Οι διαφοροποιήσεις αυτές μικραίνουν στην πλατεία Καραϊσκάκη (Αθήνα).



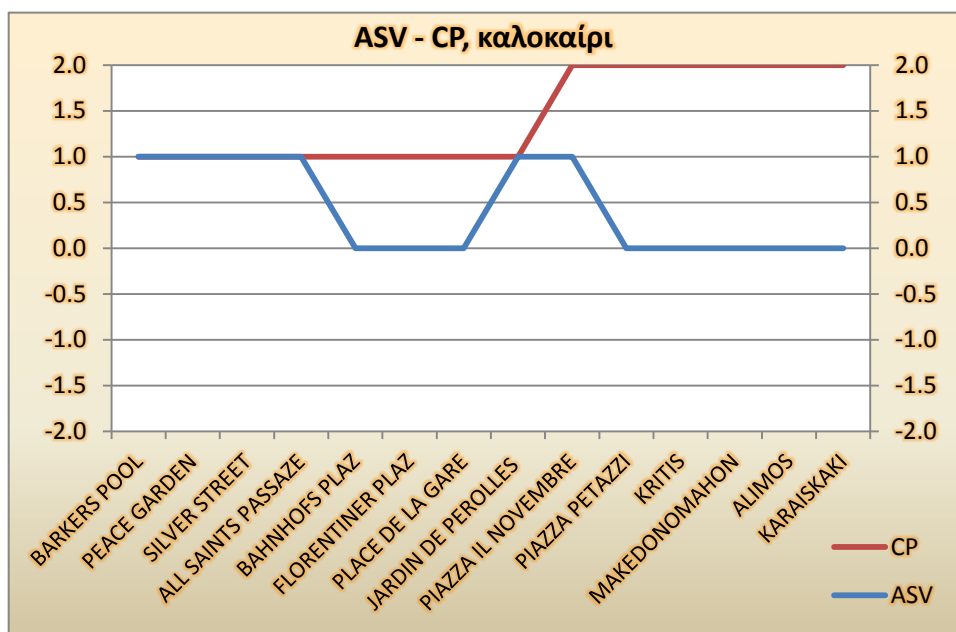
Διάγραμμα 5.12 Σύσχεση μεταξύ ASV – THI για τη θερινή περίοδο

Η γενική εικόνα για τον δείκτη THI, δείχνει να παρουσιάζει κάποιες αποκλίσεις μικρής κλίμακας από το ASV, στα ψυχρά και υγρά κλίματα της Κ. και Β. Ευρώπης. Οι αποκλίσεις αυτές κυμαίνονται σε διαφορά μίας κλάσης, από την κλάση «θερμική άνεση» έως την κλάση «ζεστό», ωστόσο δεν μπορεί να βγει κάποιο συμπέρασμα για το πιο από τα δύο συγκρίσιμα μεγέθη συνηθίζει να βρίσκεται στην υψηλότερη κλάση, λόγω συνεχών εναλλαγών.

Σημαντικές αποκλίσεις στις κλάσεις του THI και του ASV, παρατηρούνται στην Ελλάδα. Συγκεκριμένα, για τις περιοχές πλ. Κρήτης, πλ. Μακεδονομάχων και παραλία Αλίμου, υπάρχει διαφορά μίας κλάσης, όπου ενώ η ψήφος του κόσμου δηλώνει «θερμική άνεση», ο THI παρουσιάζει την ένδειξη «ζεστό». Ακόμα μεγαλύτερη διαφορά, δύο κλάσεων,

παρατηρείται στην πλ. Καραϊσκάκη. Πάντως, για την περιοχή της Ελλάδας γίνεται σαφές, πως ο THI καταλαμβάνει υψηλότερες τιμές στην κλίμακα των κλάσεων από το ASV, υποδηλώνοντας δηλαδή ότι οι άνθρωποι θα έπρεπε να αντιλαμβάνονται πιο έντονα το

αίσθημα της ζέστης. Πιθανή εξήγηση γι αυτό είναι λόγοι που συνδέονται με την προσαρμοστικότητα των ανθρώπων στη ζέστη.



Διάγραμμα 5.13 Συσχέτιση μεταξύ ASV – CP για τη θερινή περίοδο

Ο δείκτης CP, δεν φαίνεται να παρουσιάζει συσχετίσεις με τη «θερμική αίσθηση» και μάλιστα παρουσιάζονται σημαντικές αποκλίσεις, πλην κάποιων μεμονωμένων περιπτώσεων που οι δύο δείκτες φαίνεται να συγκλίνουν.

Γενικά, οι ενδείξεις του δείκτη CP, βρίσκονται μεταξύ των κλάσεων «ζεστό», για τις περιοχές της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης και «πολύ ζεστό», για τις Μεσογειακές περιοχές της Ελλάδας και Ιταλίας. Οι αντίστοιχες οι ενδείξεις του ASV, κυμαίνονται από «θερμική άνεση» έως «ζεστό», για τις περιοχές της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης και «θερμική άνεση» έως «ζεστό» στην Ελλάδα και την Ιταλία.

Παρατηρώντας το διάγραμμα συμπεραίνουμε, πως οι κλάσεις του CP και του ASV συγκλίνουν περισσότερο στα ψυχρά κλίματα, ενώ προχωρώντας στα πιο θερμά, ο CP βρίσκεται σταθερά στην κλάση «πολύ ζεστό», παρ' όλο που η ψήφος του κόσμου βρίσκεται αρκετά χαμηλότερα, μεταξύ των κλάσεων «ζεστό» έως «θερμική άνεση». Φαίνεται λοιπόν,

πως ο δείκτης είναι αρκετά ευαίσθητος στην άνοδο της θερμοκρασίας και δεν λαμβάνει υπόψη του τον παράγοντα της προσαρμοστικότητας.

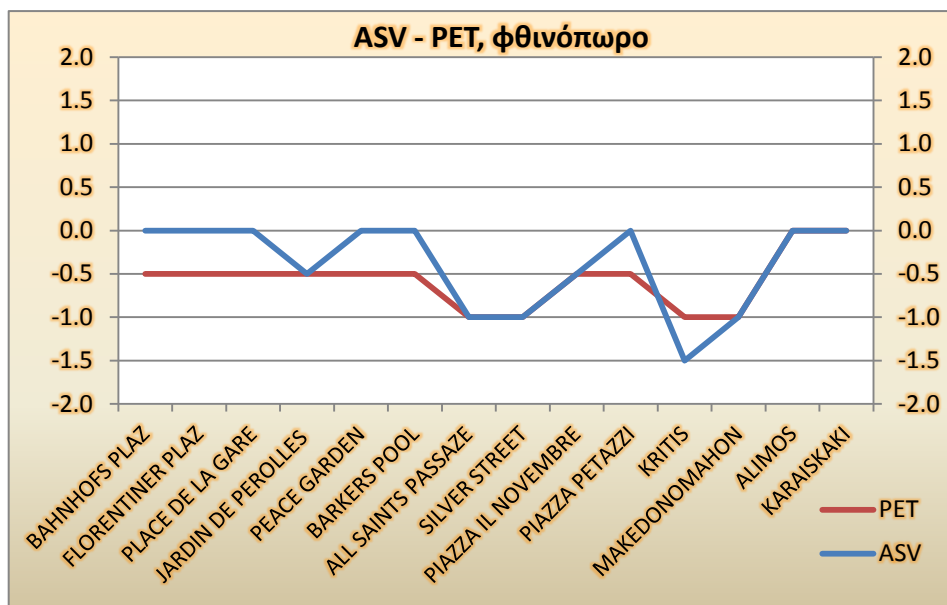
Β. ΦΘΙΝΟΠΩΡΟ

Πίνακας 5.6 Κύμανση της κλιματικής μέσης θερμοκρασίας αέρα (Tclim), της θερμικής αίσθησης (ASV) και των βιομετεωρολογικών δεικτών PET, THI, CP, του συνόλου των περιοχών που διεξήχθη η έρευνα, για το φθινόπωρο

Φθινόπωρο			Κλίμακα			
ΠΕΡΙΟΧΕΣ	Tclim	ASV _{τροπ.}	PET	ASV	THI	CP
BAHNHOFS PLAZ	9.5	0	-0.5	0	0	0
FLORENTINER PLAZ	9.5	0	-0.5	0	0	0
PLACE DE LA GARE	10.3	0	-0.5	0	-1	0
JARDIN DE PEROLLES	10.3	-0.5	-0.5	0	-1	0
PEACE GARDEN	10.4	0	-0.5	0	0	1
BARKERS POOL	10.4	0	-0.5	0	0	0
ALL SAINTS PASSAZE	10.5	-1	-1	-1	-1	0
SILVER STREET	10.5	-1	-1	-1	-1	0
PIAZZA IV NOVEMBRE	13.1	-0.5	-0.5	0	0	0
PIAZZA PETAZZI	13.1	0	-0.5	0	0	0
KRITIS	17.2	-1.5	-1	-1	-1	0
MAKEDONOMAHON	17.2	-1	-1	-1	-1	0
ALIMOS	19.1	0	0	0	0	1
KARAIKAKI	19.1	0	0	0	0	1

Στον πίνακα 5.6 παρουσιάζονται όλες οι περιοχές στις οποίες διεξήχθη η έρευνα, η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα (Tclim), η θερμική αίσθηση των ανθρώπων (ASV) και οι ενδείξεις των βιομετεωρολογικών δεικτών (PET, THI, CP), βάση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, όπως καταγράφηκε την περίοδο του φθινοπώρου.

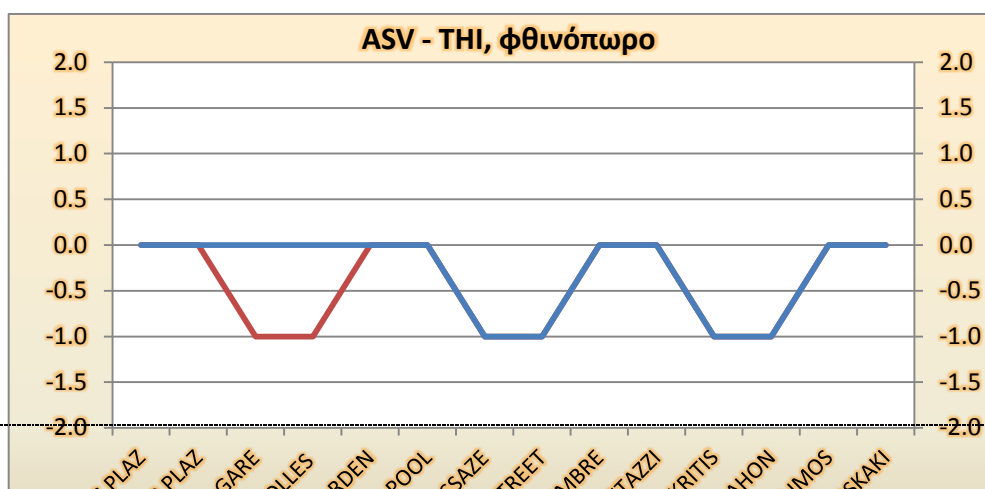
Τα διαγράμματα 5.14 έως 5.16 που ακολουθούν, παρουσιάζουν την κύμανση κάθε βιομετεωρολογικού δείκτη ξεχωριστά, σε σχέση με τη θερμική αίσθηση (ASV), για την περίοδο του φθινοπώρου.



Διάγραμμα 5.14 Συσχέτιση μεταξύ ASV – PET για το φθινόπωρο

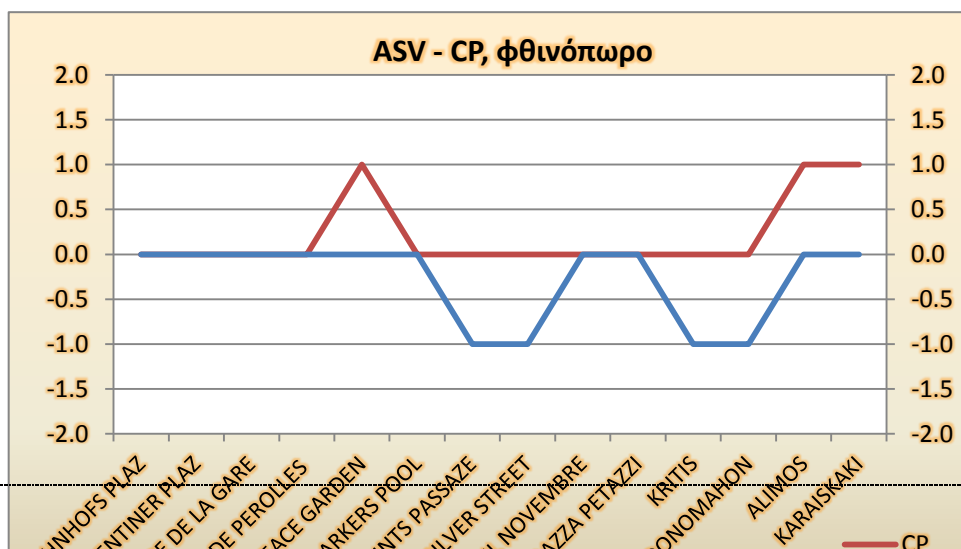
Από το διάγραμμα 5.14 παρατηρείται, πως οι ενδείξεις του PET και του ASV, συγκλίνουν σημαντικά σε όλες τις περιοχές. Η πλειοψηφία των τιμών βρίσκεται μεταξύ των κλάσεων «κρύο», «ελαφρά ψυχρό» και «θερμική άνεση».

Το ASV, στην πλειοψηφία των περιοχών, φαίνεται να βρίσκεται πιο κοντά στην κλάση «θερμική άνεση», απ' ό τι ο PET, που στις ενδείξεις του υπερτερεί η κλάση «ελαφρά ψυχρό». Όπως και προηγουμένως, φαίνεται πως και στην περίπτωση αυτή, η προσαρμοστικότητα των ανθρώπων στις περιβαλλοντικές συνθήκες, τους κάνει να νοιώθουν «θερμικά άνετα», σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Επιπρόσθετα, παρατηρείται απόλυτη συμφωνία στις ενδείξεις των δύο δεικτών, στις δύο ελληνικές περιοχές. Οι ενδείξεις τους, δείχνουν «κρύο» για την πλ. Μακεδονομάχων και «θερμική άνεση» για την παραλία Αλίμου και την πλ. Καραϊσκάκη. Πιθανόν, οι ουδέτερες θερμοκρασίες που παρατηρούνται λόγω εποχής να συμβάλλουν στη σύγκλιση των κλάσεων των δύο δεικτών.



Διάγραμμα 5.15 Σύσχεση μεταξύ ASV – TH1 για το φθινόπωρο

Σύγκλιση στη κλίμακα των κλάσεων με το ASV, παρατηρείται και για τον δείκτη TH1. Οι ενδείξεις τους κυμαίνονται από την κλάση «κρύο» έως την κλάση «θερμική άνεση». Απόκλιση εντοπίζεται στις περιοχές Place de la Gare και Jardin de Perolles στο Fribourg(CH), όπου ο TH1 βρίσκεται στην κλάση «κρύο», ενώ το ASV στην κλάση «θερμική άνεση». Έτσι και στην περίπτωση του TH1, συμπεραίνεται πως, οι μέτριες θερμοκρασίες που παρατηρούνται λόγω εποχής, συμβάλλουν στη σύγκλιση των κλάσεων μεταξύ του δείκτη και της θερμικής αίσθησης.



Διάγραμμα 5.16 Συσχέτιση μεταξύ ASV – CP για το φθινόπωρο

Τέλος, ο δείκτης CP βρίσκεται σταθερά σε υψηλότερη κλάση από το ASV, υποδηλώνοντας στην πλειοψηφία των περιοχών «θερμική άνεση». Εξαιρέσεις αποτελούν οι περιοχές Peace Garden (UK), παραλία Αλίμου και πλ. Καραϊσκάκη, στις οποίες ο δείκτης βρίσκεται στην κλάση «θερμό». Αντιθέτως, η μεγαλύτερη κλάση στη θερμική αίσθηση των ανθρώπων, είναι η «θερμική άνεση», ενώ στην πλειοψηφία των περιοχών επικρατούν οι κλάσεις που δηλώνουν κρύο. Γίνεται σαφές λοιπόν, ότι ο CP παρουσιάζει ανεκτικότητα στις μέτριες θερμοκρασίες, που ξεπερνά ακόμα και τον παράγοντα της προσαρμοστικότητας των ανθρώπων.

Γ. ΧΕΙΜΩΝΑΣ

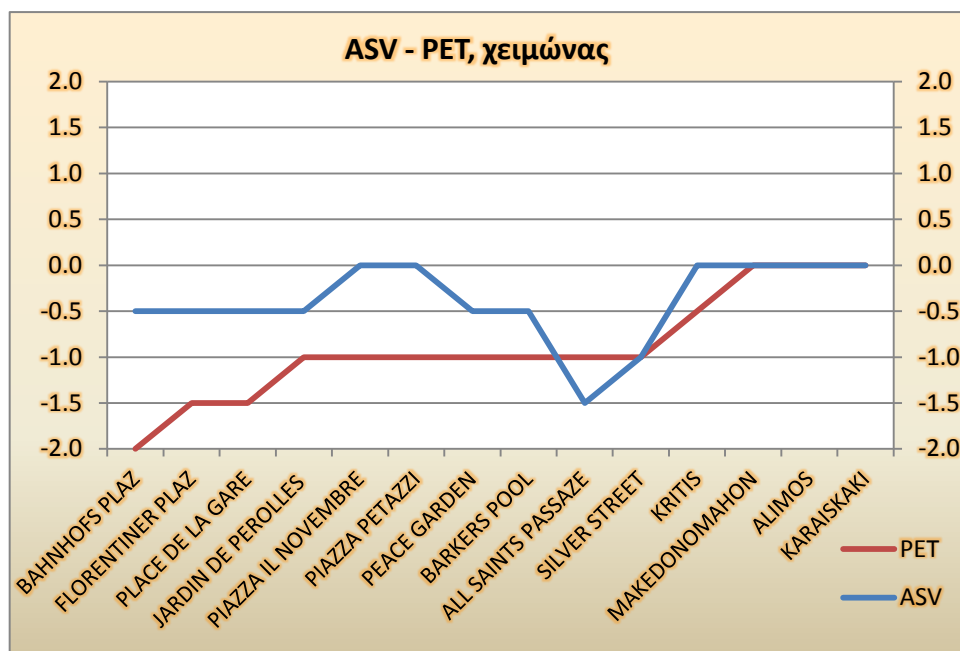
Πίνακας 5.7 Κύμανση της κλιματικής μέσης θερμοκρασίας αέρα (Tclim), της θερμικής αίσθησης (ASV) και των βιομετεωρολογικών δεικτών PET, THI, CP του συνόλου των περιοχών που διεξήχθη η έρευνα, για το χειμώνα

Χειμώνας			Κλίμακα			
ΠΕΡΙΟΧΕΣ	Tclim	ASV _{τροπ.}	PET	ASV	THI	CP
BAHNHOFS PLAZ	0.8	-0.5	-2	-1	-1	0

FLORENTINER PLAZ	0.8	-0.5	-1.5	-1	0	0
PLACE DE LA GARE	1.7	-0.5	-1.5	-1	-1	0
JARDIN DE PEROLLES	1.7	-0.5	-1	0	-1	0
PIAZZA IV NOVEMBRE	3.2	0	-1	0	-1	0
PIAZZA PETAZZI	3.2	0	-1	0	-1	0
PEACE GARDEN	3.7	-0.5	-1	0	-1	0
BARKERS POOL	3.7	-0.5	-1	0	-1	0
ALL SAINTS PASSAZE	3.9	-1.5	-1	-1	-1	0
SILVER STREET	3.9	-1	-1	-1	-1	0
KRITIS	6.7	0	-0.5	0	0	1
MAKEDONOMAHON	6.7	0	0	0	0	1
ALIMOS	10.1	0	0	0	0	0
KARAIKAKI	10.1	0	0	0	0	1

Στον πίνακα 5.7 παρουσιάζονται όλες οι περιοχές, η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα (Tclim), η θερμική αίσθηση των ανθρώπων (ASV) και οι ενδείξεις των βιομετεωρολογικών δεικτών (PET, THI, CP), βάση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, όπως καταγράφηκε τη χειμερινή περίοδο.

Τα διαγράμματα 5.17 έως 5.19 που ακολουθούν, παρουσιάζουν την κύμανση κάθε βιομετεωρολογικού δείκτη ξεχωριστά, σε σχέση με τη θερμική αίσθηση (ASV), για το χειμώνα.



Διάγραμμα 5.17 Συσχέτιση μεταξύ ASV – PET για το χειμώνα

Παρατηρώντας το διάγραμμα 5.17, διαπιστώνονται πολύ χαμηλές τιμές στην κλίμακα του δείκτη PET, για τις περιοχές των χωρών της Κ. Ευρώπης, Bahnhofs Plaz, Florentiner Plaz (D) και Place de la Gare, Jardin de Perolles (CH), η οποία βρίσκεται στις κλάσεις «πολύ κρύο» και «αρκετά ψυχρό». Οι ενδείξεις του δείκτη, συμφωνούν με τις χαμηλές μέσες θερμοκρασίες του αέρα, που επικρατούν στις περιοχές αυτές τη χειμερινή περίοδο. Για τις ίδιες περιοχές, το ASV βρίσκεται στην κλάση «ελαφρά ψυχρό», δηλώνοντας πως οι άνθρωποι, παρά τη χαμηλή θερμοκρασία, δε φαίνεται να νοιώθουν σημαντική δυσφορία.

Για τις περιοχές Piazza IV Novembre, Piazza Petazzi (IT) και Peace Garden, Barker Pool, All Saints Passage, Silver Street (UK), ο PET παρουσιάζει άνοδο στην κλίμακα των τιμών του, όπως άλλωστε και η μέση θερμοκρασία του αέρα και βρίσκεται αμετάβλητος στην κλάση «κρύο». Το ASV, για τις περιοχές αυτές, παρουσιάζει κάποιες διακυμάνσεις. Βρίσκεται στην κλάση «θερμική άνεση» στις περιοχές της Ιταλίας, ενώ παρουσιάζει σταδιακή πτώση προς την κλίμακα του κρύου, στις περιοχές της Μ. Βρετανίας. Φαίνεται λοιπόν πως, πέρα από τη θερμοκρασία του αέρα, υπάρχουν κάποιοι άλλοι κλιματικοί παράγοντες που επικρατούν στις κλιματικές συνθήκες κάθε χώρας και οι οποίοι επιδρούν στο αίσθημα θερμικής αίσθησης των ανθρώπων, χωρίς να έχει ο PET τη δυνατότητα να τους λάβει υπόψη του ώστε να συμβάλλουν στην εξαγωγή των ενδείξεων του.

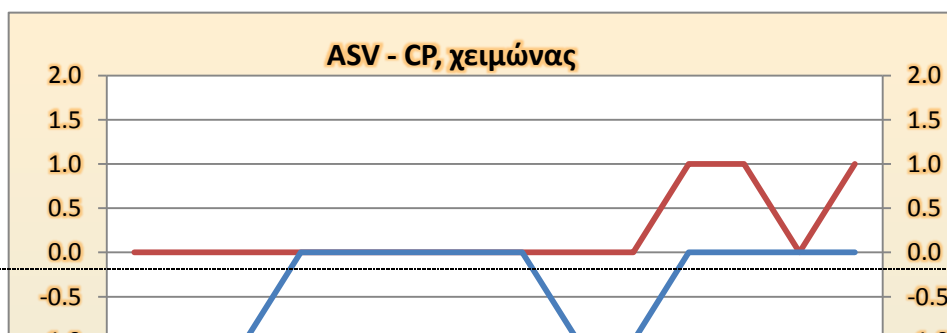
Ο δείκτης πραγματικής θερμικής αίσθησης των ανθρώπων και ο PET φαίνεται να συγκλίνουν σημαντικά στις περιοχές της Ελλάδας, πιθανόν λόγω των ουδέτερων θερμοκρασιών.



Διάγραμμα 5.18 Συσχέτιση μεταξύ ASV – THI για το χειμώνα

Γενικά, φαίνεται πως στις περιοχές της Κ. και Β. Ευρώπης δεν επικρατεί συμφωνία ή σύγκλιση μεταξύ των ενδείξεων των δύο δεικτών. Ο δείκτης THI, στην κλίμακα των ενδείξεων βρίσκεται επί το πλείστον στην κλάση «κρύο», ενώ εξαίρεση αποτελεί μόνο η Florentiner Plaz, όπου βρίσκεται στην κλάση «θερμική άνεση». Το ASV βρίσκεται μεταξύ των κλάσεων «κρύο» και «θερμική άνεση». Πάντως, άξιο προσοχής είναι το γεγονός πως, στη μοναδική περίπτωση που ο THI βρέθηκε στην κλάση «θερμική άνεση» στη Florentiner Plaz, η πραγματική θερμική αίσθηση βρίσκεται στην κλάση «κρύο».

Απόλυτη συμφωνία στις ενδείξεις τους, παρατηρείται στις ελληνικές περιοχές. Τόσο ο PET, όσο και ο ASV, δηλώνουν «θερμική άνεση» στην Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη.



Διάγραμμα 5.19 Συσχέτιση μεταξύ ASV – CP για το χειμώνα

Ο δείκτης CP, σχεδόν στο σύνολο των ενδείξεων του, βρίσκεται στην κλάση «θερμική άνεση». Στην κλάση «θερμική άνεση» περιλαμβάνονται όλες οι περιοχές, εκτός από τις ελληνικές. Ο δείκτης πραγματικής θερμικής αίσθησης κυμαίνεται κυρίως μεταξύ των κλάσεων «κρύο» και «θερμική άνεση». Το γεγονός αυτό, πιθανά οδηγεί στο συμπέρασμα πως, πρόκειται για έναν δείκτη ο οποίος αγνοεί κλιματικές παραμέτρους, οι οποίες οδηγούν σε μεταβολές της θερμικής αίσθησης των ανθρώπων.

Στις ελληνικές περιοχές, ο CP “αντιλαμβάνεται” έντονα την άνοδο της θερμοκρασίας και βρίσκεται σταθερά στην κλάση «θερμό», ενώ το ASV βρίσκεται στην κλάση «θερμική άνεση». Εξαιρέση αποτελεί η παραλία Αλίμου, στην οποία ο δείκτης βρίσκεται στην κλάση «θερμική άνεση». Λαμβάνοντας υπόψη, πως ο CP συμπεριλαμβάνει τους παράγοντες υγρασία και ταχύτητα ανέμου, για τον προσδιορισμό της κλάσης του, και γνωρίζοντας πως η περιοχή του Αλίμου γειτνιάζει με θάλασσα, με αποτέλεσμα να υπάρχει υψηλό ποσοστό υγρασίας και ταχύτητας ανέμου, μπορεί να δοθεί μία εξήγηση για την διαφορά στη κλάση μεταξύ των περιοχών Αλίμου και πλ. Καραϊσκάκη, δύο περιοχών οι οποίες παρουσιάζουν την ίδια μέση θερμοκρασία αέρα.

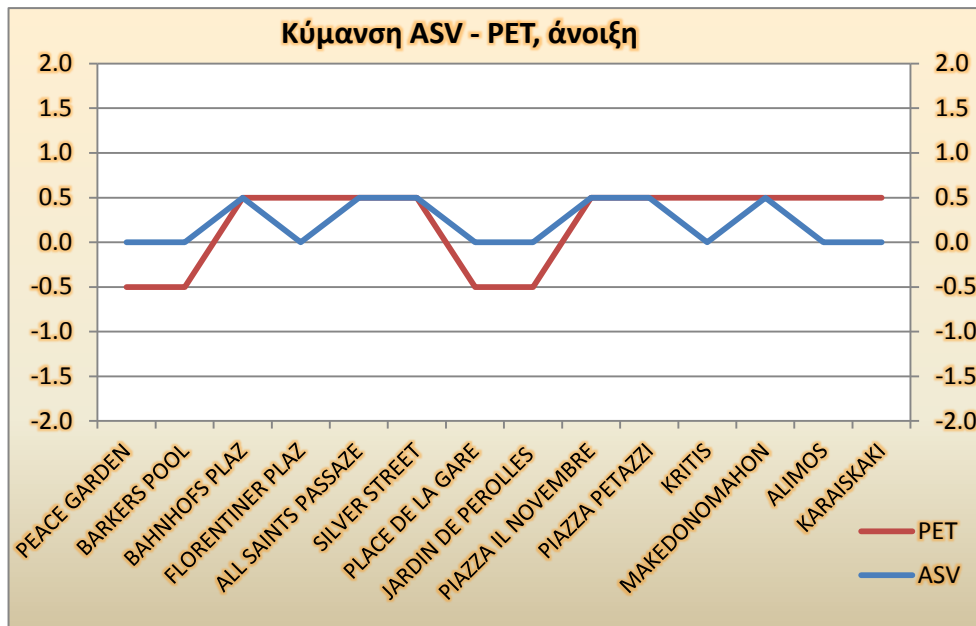
Δ. ΑΝΟΙΞΗ

Πίνακας 5.8 Κύμανση της κλιματικής μέσης θερμοκρασίας αέρα (Tclim), της θερμικής αίσθησης (ASV) και των βιομετεωρολογικών δεικτών PET, THI, CP, του συνόλου των περιοχών που διεξήχθη η έρευνα, για την άνοιξη

Άνοιξη			Κλίμακα			
ΠΕΡΙΟΧΕΣ	Tclim	ASV _{τροπ.}	PET	ASV	THI	CP
PEACE GARDEN	8.5	0	-0.5	0	0	0
BARKERS POOL	8.5	0	-0.5	0	0	0
BAHNHOFS PLAZ	8.9	0.5	0.5	0	0	1
FLORENTINER PLAZ	8.9	0	0.5	0	1	1
ALL SAINTS PASSAZE	8.9	0.5	0.5	1	1	1
SILVER STREET	8.9	0.5	0.5	1	1	1
PLACE DE LA GARE	10.3	0	-0.5	0	0	0
JARDIN DE PEROLLES	10.3	0	-0.5	0	0	0
PIAZZA IV NOVEMBRE	13	0.5	0.5	0	1	1
PIAZZA PETAZZI	13	0.5	0.5	0	1	1
KRITIS	14.5	0	0.5	0	1	1
MAKEDONOMAHON	14.5	0.5	0.5	0	0	1
ALIMOS	15.5	0	0.5	0	0	1
KARAISKAKI	15.5	0	0.5	0	1	1

Στον πίνακα 5.8 αναγράφονται όλες οι περιοχές στις οποίες διεξήχθη η έρευνα, η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα (Tclim), η θερμική αίσθηση των ανθρώπων (ASV) και οι ενδείξεις των βιομετεωρολογικών δεικτών (PET, THI, CP), βάση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα, όπως καταγράφηκε την περίοδο της άνοιξης.

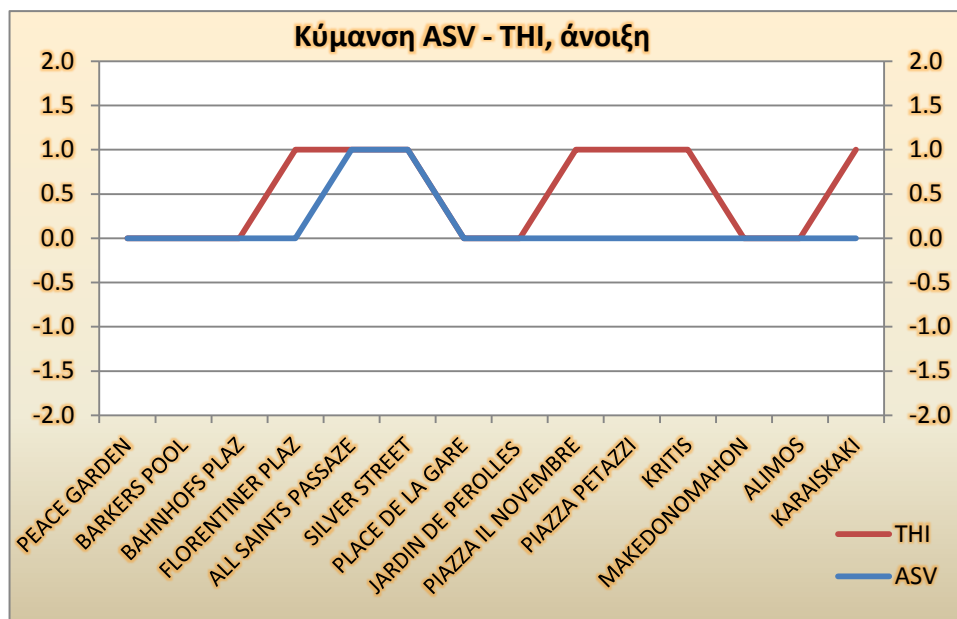
Τα διαγράμματα 5.20 έως 5.22 που ακολουθούν, παρουσιάζουν την κύμανση κάθε βιομετεωρολογικού δείκτη ξεχωριστά, σε σχέση με τη θερμική αίσθηση (ASV), για την άνοιξη.



Διάγραμμα 5.20 Σύσχεση μεταξύ ASV – PET για την άνοιξη

Στο διάγραμμα 5.20 φαίνεται ξεκάθαρα η σύγκλιση στις ενδείξεις του PET και του ASV, για την περίοδο της άνοιξης. Οι ενδείξεις των δύο δεικτών αναφέρονται στις κλάσεις που γειτνιάζουν με τη κλάση της θερμικής άνεσης, «ελαφρά ψυχρό» και «ελαφρά θερμό», σε όλες τις περιοχές που συμμετείχαν στην έρευνα, προφανώς εξ' αιτίας των ήπιων θερμοκρασιών που επικρατούν την περίοδο αυτή.

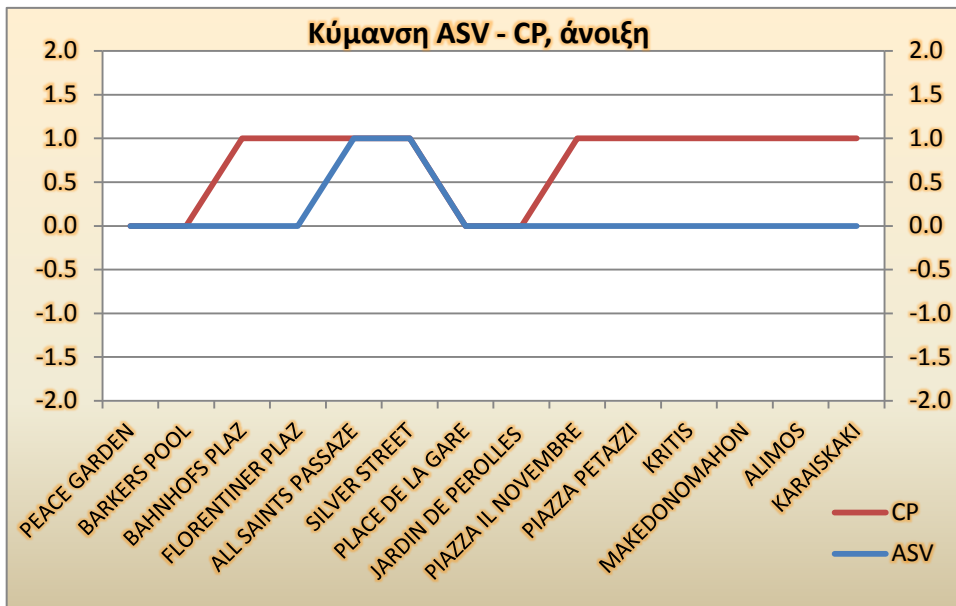
Η πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων βρίσκεται σε αρκετές περιπτώσεις στην κλάση «θερμική άνεση», ενώ ο δείκτης PET, είναι άλλοτε μισή κλάση υψηλότερα ή μισή κλάση χαμηλότερα, πάντως ποτέ δεν δηλώνει «θερμική άνεση». Επίσης, είναι αρκετές οι περιπτώσεις στις οποίες οι ενδείξεις των δύο δεικτών συμπίπτουν, όπως οι περιοχές Bahnhofs Plaz (D), All Saints Passage και Silver Street (UK), Piazza IV Novembre και Piazza Petazzi (IT) και πλ. Μακεδονομάχων (GR). Στο σύνολο των περιπτώσεων, οι δύο δείκτες συμπίπτουν στην κλάση «ελαφρά θερμό».



Διάγραμμα 5.21 Συσχέτιση μεταξύ ASV – THI για την άνοιξη

Σχετικά με τον THI, σε γενικές γραμμές οι δύο δείκτες κυμαίνονται σε παραπλήσιες ενδείξεις. Ο THI φαίνεται να προσεγγίζει περισσότερο τις κλάσεις που δηλώνουν ζέστη, βρισκόμενος στην κλάση «ζεστό», σε πέντε περιοχές διαφορετικών χωρών η καθεμία, Florentiner Plaz(D), Silver Street (UK), Piazza IV Novembre(IT), πλ. Κρήτης και πλ. Καραϊσκάκη (GR), ενώ για τις ίδιες περιοχές, το ASV δηλώνει επί το πλείστον «θερμική άνεση». Συμφωνία του THI και ASV, παρατηρείται στην κλάση «θερμική άνεση», στις περιοχές της Μ. Βρετανίας (Peace Garden και Barkers Pool) και της Τσεχίας (Place de la Gare και Jardin de Perolles), καθώς και στην παραλία Αλίμου, στην Ελλάδα.

Πάντως σε σχέση με τον PET, φαίνεται πως ο THI είναι πιο ευαίσθητος στις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ ο PET προσεγγίζει πιο εύκολα τις πιο χαμηλές.



Διάγραμμα 5.22 Συσχέτιση μεταξύ ASV – CP για την άνοιξη

Ο δείκτης CP, όπως βρέθηκε και σε προηγούμενες περιπτώσεις, δεν μεταβάλλει εύκολα την ένδειξή του, ενώ παρουσιάζει ευαισθησία σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι, στις περισσότερες περιοχές βρίσκεται στην κλάση «θερμό» ενώ την ένδειξη «θερμική άνεση» παρουσιάζει στις περιοχές Peace Garden και Barkers Pool(UK) και στις Place de la Gare και Jardin de Perolles (CH), στις οποίες μάλιστα έχει την ίδια ένδειξη με το ASV.

Στις υπόλοιπες περιοχές παρατηρείται διαφορά μίας κλάσης, όπου ο CP δηλώνει «ζεστό», ενώ το ASV βρίσκεται σε «θερμική άνεση».

Στη συνέχεια θεωρήθηκε σκόπιμο να προσδιοριστεί, αν υπάρχει συσχέτιση της πραγματικής θερμικής αίσθησης (ASV), με την κλιματική τιμή της μέσης θερμοκρασίας αέρα (Tclim) και τους βιομετεωρολογικούς δείκτες. Έτσι, δημιουργήθηκαν δύο κατηγορίες διαγραμμάτων για κάθε βιομετεωρολογικό δείκτη (PET, THI, CP), κατηγοριοποιημένες με βάση τις πέντε κλάσεις του ASV (very cold, cold, neither cold or warm, warm, very hot). Κάθε διάγραμμα που αναφέρεται σε μία κλάση του ASV, περιλαμβάνει τις πόλεις που έγινε η έρευνα, την κλιματική τιμή της μέσης θερμοκρασίας αέρα και τον αντίστοιχο βιομετεωρολογικό δείκτη. Η πρώτη κατηγορία διαγραμμάτων αναφέρεται στη κλιματική μέση ετήσια τιμή θερμοκρασίας του αέρα για την κάθε πόλη, ενώ η δεύτερη περιλαμβάνει τις εποχιακές μέσες τιμές.

Η ποσοτικοποίηση της συσχέτισης μεταξύ δείκτη και κλιματικής μέσης θερμοκρασίας, έγινε με τη μέθοδο της παλινδρόμησης. Παλινδρομήσεις έγιναν και για τις δύο κατηγορίες διαγραμμάτων, για κάθε κλάση ASV και για το σύνολο των κλάσεων του ASV, για κάθε έναν από τους τρεις δείκτες.

5.3 Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης με βάση την Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα

A. ΔΕΙΚΤΗΣ PET

Πίνακας 5.9 Στοιχεία γραμμικής παλινδρόμησης για την κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα για τον δείκτη PET.

Κλάσεις ASV	R ²	Σταθερά εξίσωσης	Συντελεστής παλινδρόμησης (κλίση ευθείας)
Very cold	0.16	1.6 (10.4*, 0.88**)	0.78 (0.82***, 0.38****)
Cold	0.93	-0.1 (1.9, 0.95)	1.25 (0.15, 0.00)
Neither cold or warm	0.70	9.7 (2.9 0.02)	0.79 (0.23, 0.02)
Warm	0.57	13.3 (4.5, 0.031)	0.91 (0.35, 0.05)
Very hot	0.09	26.5 (5.5, 0.00)	0.30 (0.43, 0.52)
Σύνολο ASV – PET	0.11	10.2 (5.2, 0.06)	0.81 (0.41, 0.06)

*Σφάλμα σταθεράς

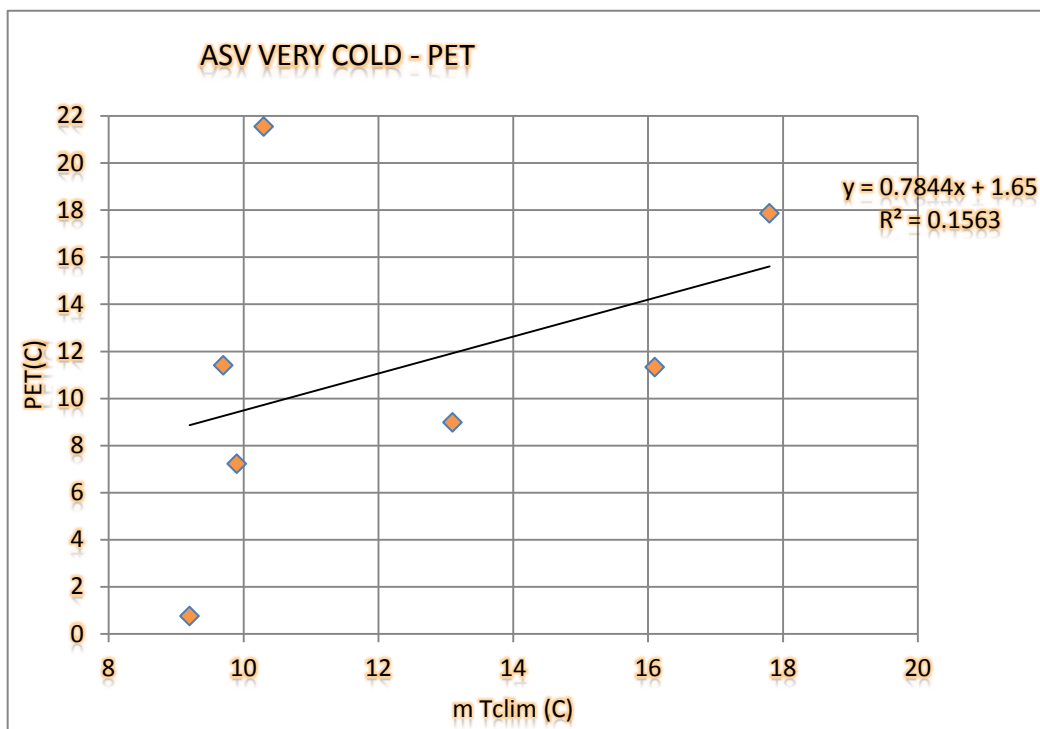
***Σφάλμα συντελεστή παλινδρόμησης

**Πιθανότητα σταθεράς

**** Πιθανότητα συντελεστή παλινδρόμησης

	mTclim	PET
Kassel	9.2	0.8
Fribourg	10.3	21.6
Cambridge	9.9	7.2
Sheffield	9.7	11.4
Milan	13.1	8.9
Thessaloniki	16.1	11.3
Athens	17.8	17.9

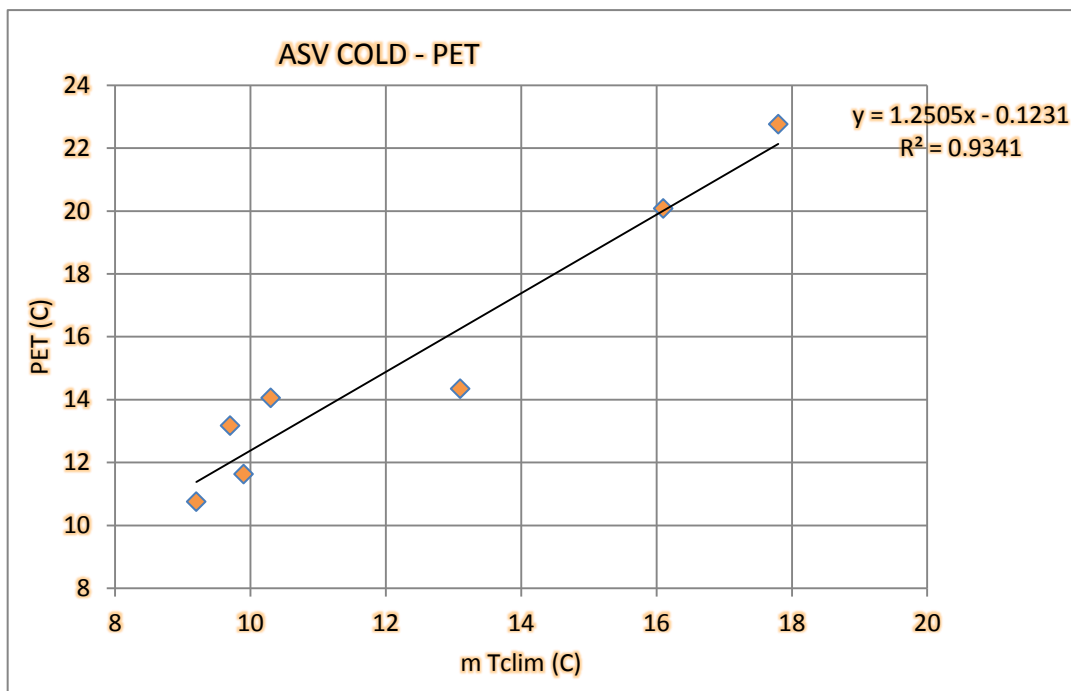
Πίνακας 5.10 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη PET, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very cold.



Διάγραμμα 5.23 Συσχέτιση μεταξύ ASV-very cold, Tclim, PET.

Πίνακας 5.11 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη PET, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV cold.

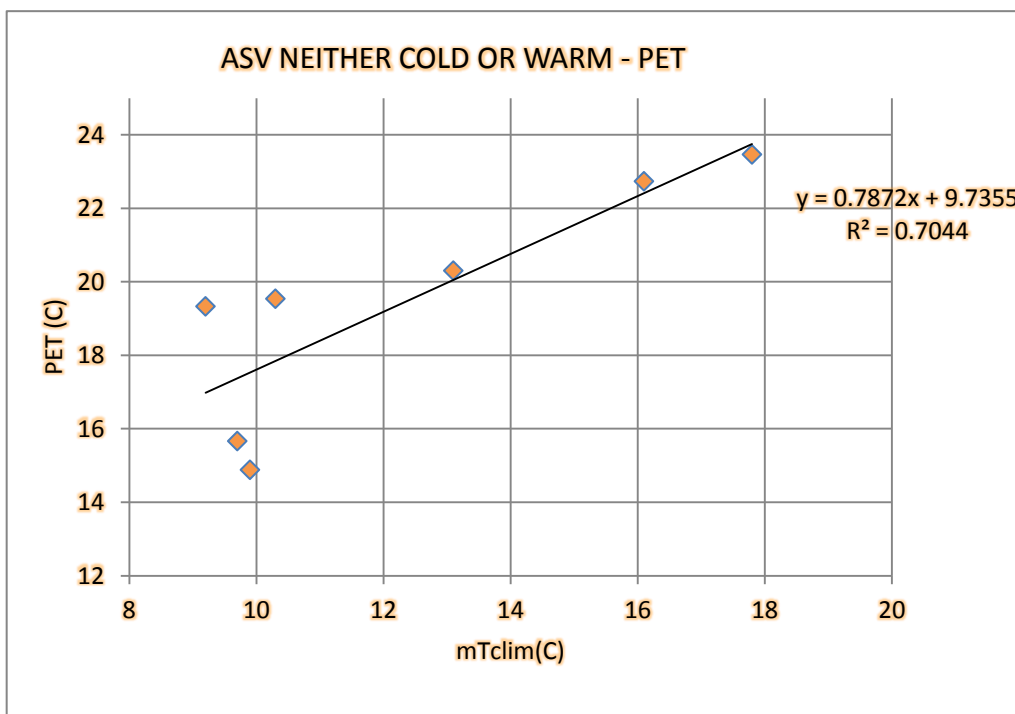
ASV COLD		
	mTclim	PET
Kassel	9.2	10.8
Fribourg	10.3	14.1
Sheffield	9.7	13.2
Cambridge	9.9	11.6
Milan	13.1	14.4
Thessaloniki	16.1	20.1
Athens	17.8	22.8



Διάγραμμα 5.24 Συσχέτιση μεταξύ ASV-cold, Tclim, PET.

Πίνακας 5.12 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη PET, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV neither cold or warm.

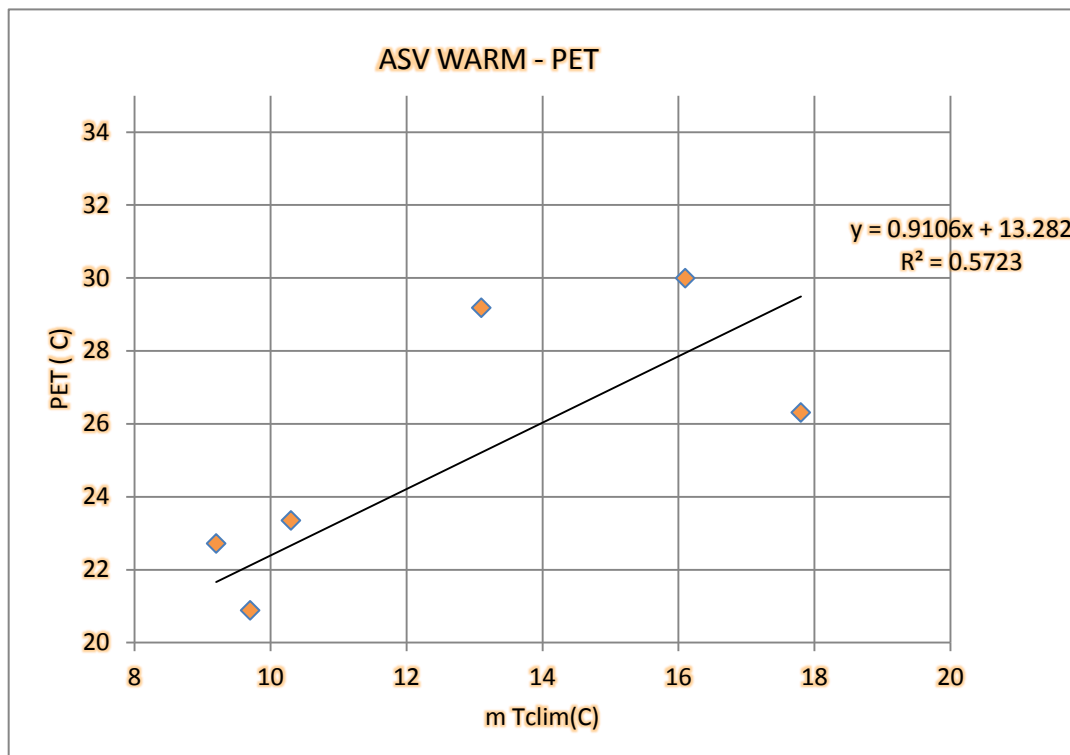
ASV NEITHER COLD OR WARM		
	mTclim	PET
Kassel	9.2	19.3
Fribourg	10.3	19.5
Sheffield	9.7	15.7
Cambridge	9.9	14.9
Milan	13.1	20.3
Thessaloniki	16.1	22.7
Athens	17.8	23.5



Διάγραμμα 5.25 Συσχέτιση μεταξύ ASV-neither cold or warm, Tclim, PET.

Πίνακας 5.13 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη PET, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV warm.

ASV WARM		
	mTclim	PET
Kassel	9.2	22.7
Fribourg	10.3	23.4
Sheffield	9.7	20.9
Cambridge	9.9	19.0
Milan	13.1	29.2
Thessaloniki	16.1	30.0
Athens	17.8	26.3



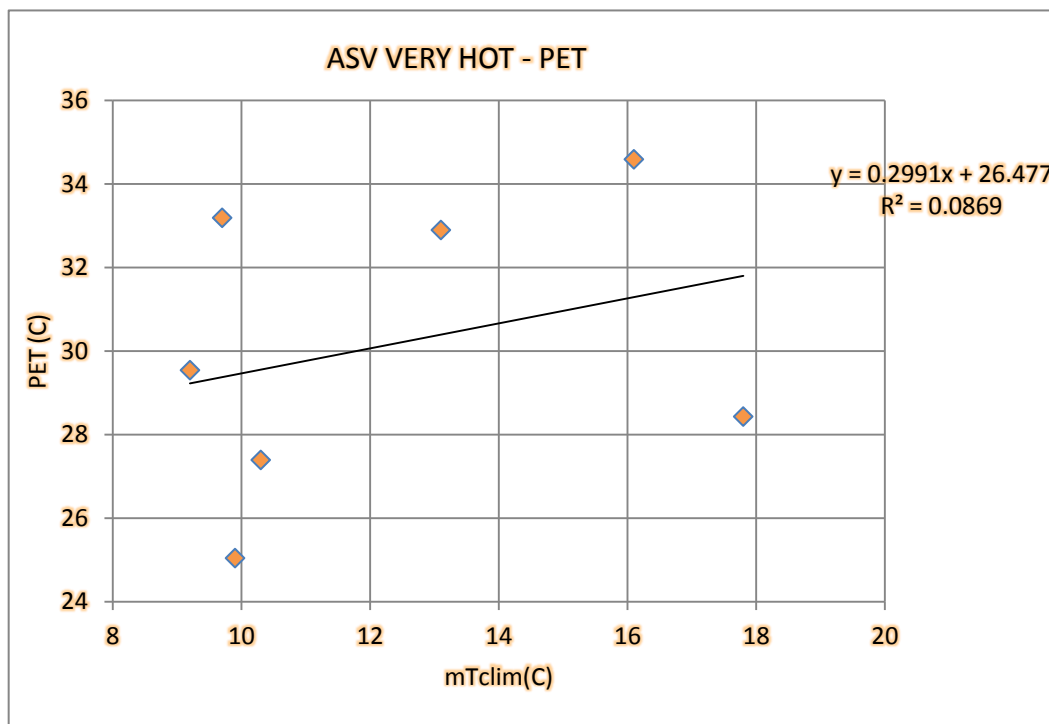
Διάγραμμα 5.26 Συσχέτιση μεταξύ ASV-warm, Tclim, PET.

Πίνακας 5.14 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη PET, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very hot.

ASV VERY HOT		
	mTclim	PET
Kassel	9.2	29.5
Fribourg	10.3	27.4
Sheffield	9.7	33.2
Cambridge	9.9	25.0
Milan	13.1	32.9
Thessaloniki	16.1	34.6
Athens	17.8	28.4

Διάγραμμα 5.27 Συσχέτιση μεταξύ ASV-very hot, Tclim, PET.

B. ΔΕΙΚΤΗΣ THI

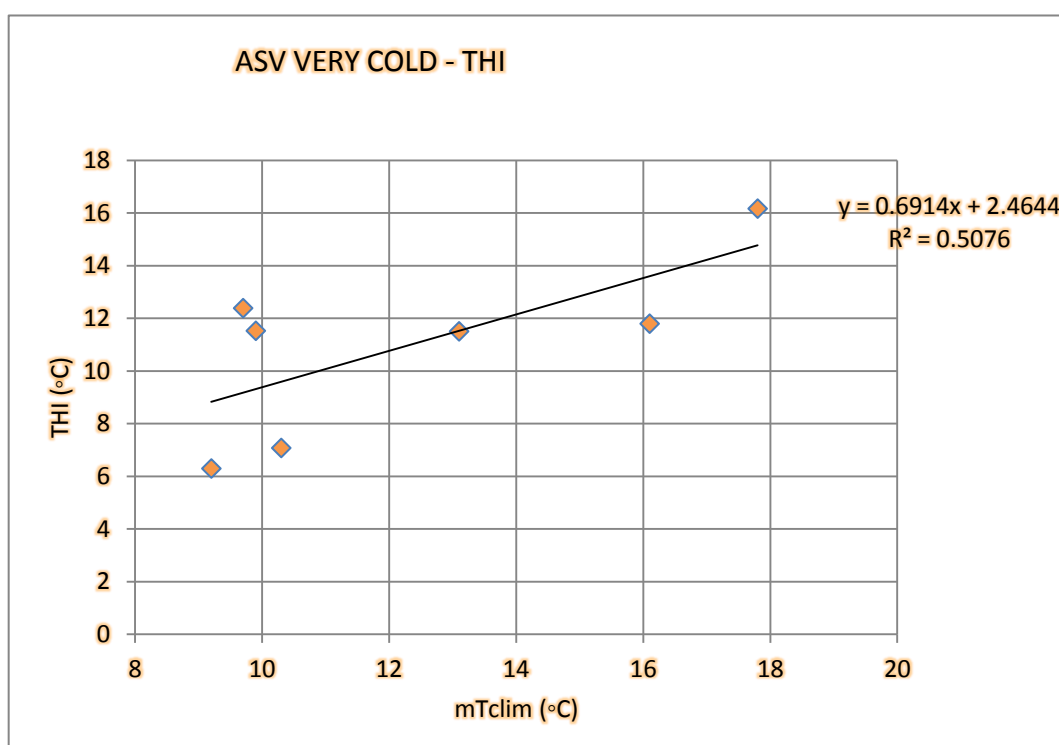


Πίνακας 5.15 Στοιχεία γραμμικής παλινδρόμησης για την κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα για τον δείκτη THI.

Κλάσεις ASV	R ²	Σταθερά εξίσωσης	Συντελεστής παλινδρόμησης
Very cold	0.51	2.5 (3.9, 0.55)	0.69 (0.31, 0.07)
Cold	0.66	4.7 (3.3, 0.21)	0.80 (0.26, 0.03)
Neither cold or warm	0.34	12.2 (2.9, 0.01)	0.37 (0.22, 0.17)
Warm	0.13	16.8 (3.3, 0.00)	0.22 (0.25, 0.42)
Very hot	0.01	22.2 (2.3, 0.00)	0.05 (0.18, 0.81)
Σύνολο ASV – THI	0.08	11.6 (3.1, 0.00)	0.43 (0.25, 0.09)

Πίνακας 5.16 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη THI, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very cold.

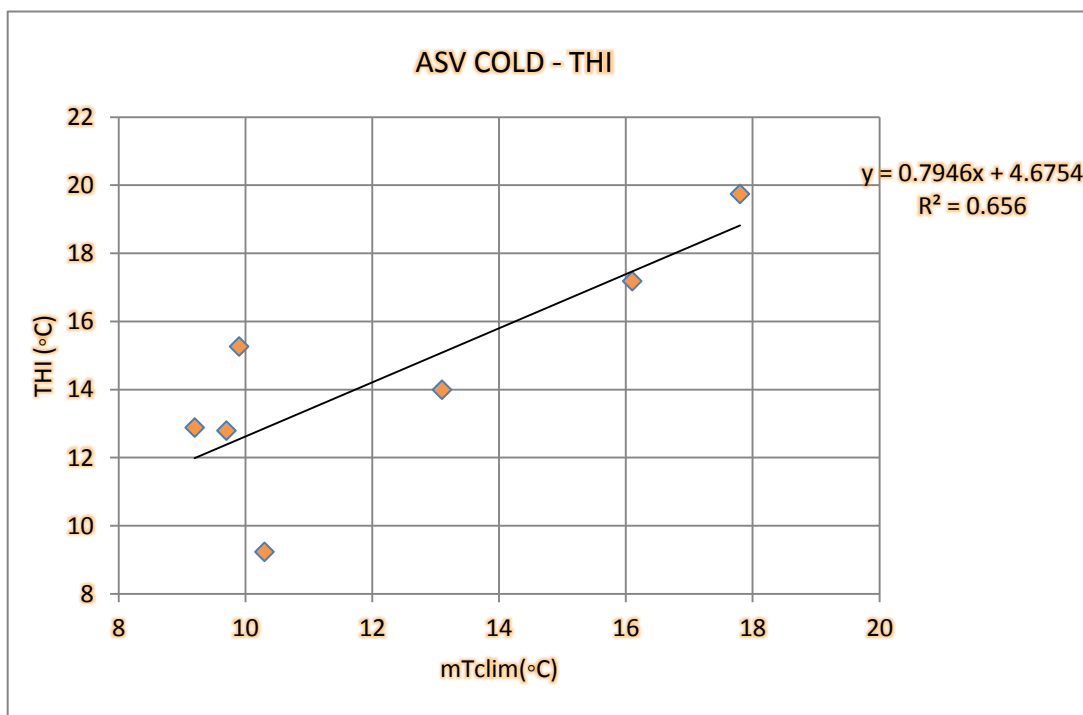
ASV VERY COLD		
	mTclim.	THI
Kassel	9.2	6.3
Fribourg	10.3	7.1
Sheffield	9.7	12.4
Cambridge	9.9	11.5
Milan	13.1	11.5
Thessaloniki	16.1	11.8
Athens	17.8	16.2



Διάγραμμα 5.28 Συσχέτιση μεταξύ ASV-very cold, Tclim, THI.

Πίνακας 5.17 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη THI, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV cold.

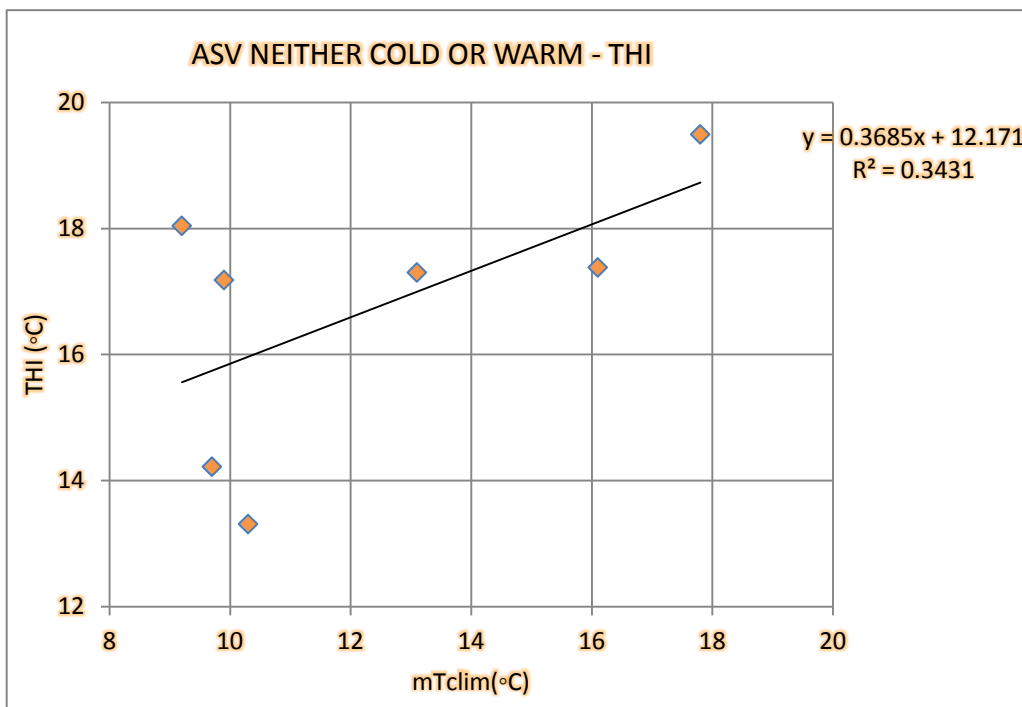
ASV COLD			
	mTclim.	THI	
ASV NEITHER COLD OR WARM	Kassel	9.2	12.9
	Fribourg	10.3	9.2
	Sheffield	9.7	12.8
	Cambridge	9.9	15.3
	Milan	13.1	14.0
	Thessaloniki	16.1	17.2
	Athens	17.8	19.8



Διάγραμμα 5.29 Συσχέτιση μεταξύ ASV-cold, Tclim, THI.

Πίνακας 5.18 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη THI, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV neither cold or warm.

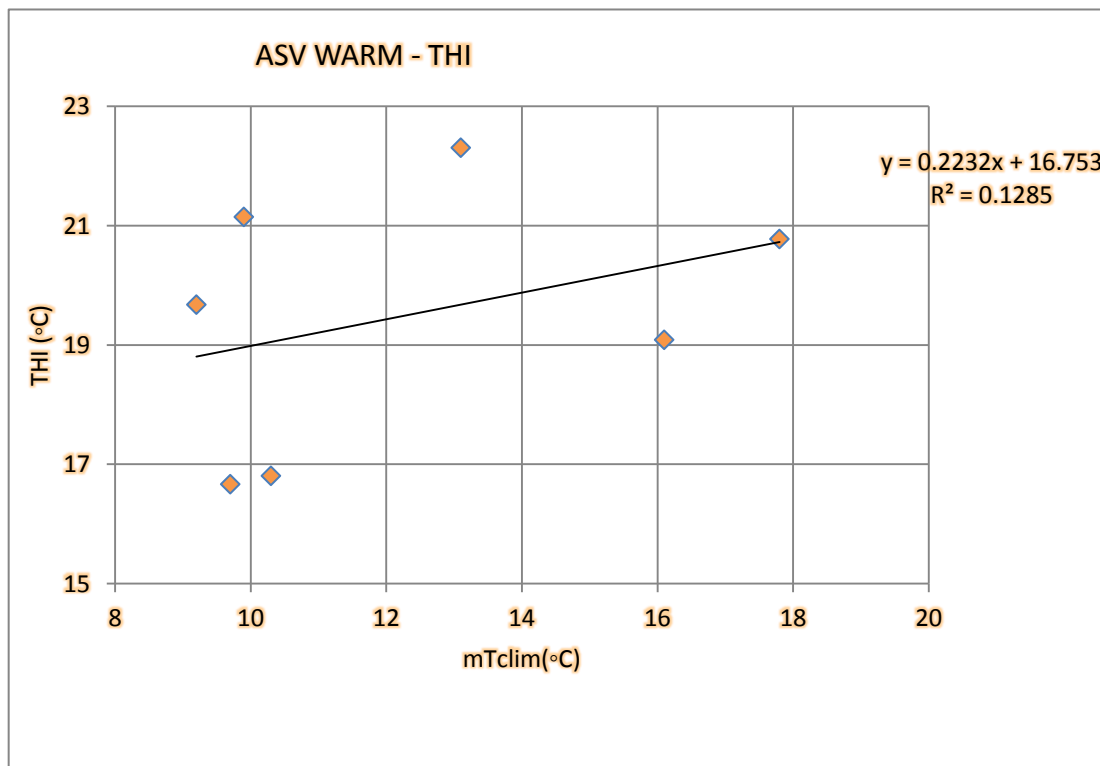
	mTclim.	THI
Kassel	9.2	18.0
Fribourg	10.3	13.3
Sheffield	9.7	14.2
Cambridge	9.9	17.2
Milan	13.1	17.3
Thessaloniki	16.1	17.4
Athens	17.8	19.5



Διάγραμμα 5.30 Συσχέτιση μεταξύ ASV-neither cold or warm, Tclim, THI.

Πίνακας 5.19. Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη THI, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV warm.

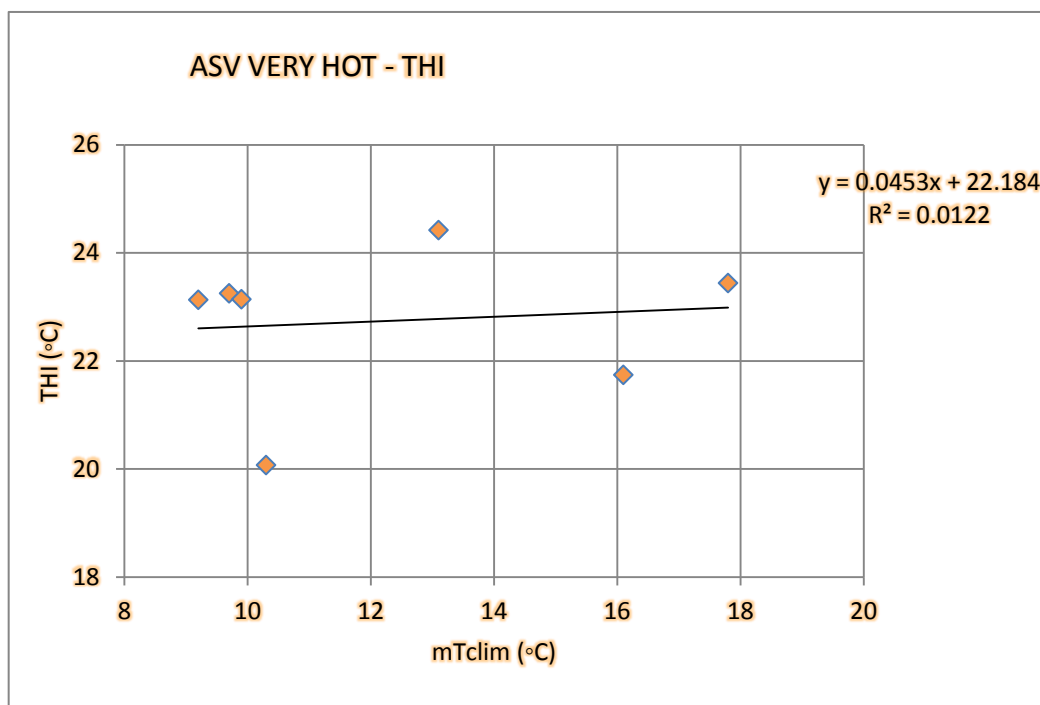
ASV WARM		
	mTclim.	THI
Kassel	9.2	19.7
Fribourg	10.3	16.8
Sheffield	9.7	16.7
Cambridge	9.9	21.2
Milan	13.1	22.3
Thessaloniki	16.1	19.1
Athens	17.8	20.8



Διάγραμμα 5.31 Συσχέτιση μεταξύ ASV-warm, Tclim, THI.

Πίνακας 5.20 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη THI, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very hot.

ASV VERY HOT		
	mTclim.	THI
Kassel	9.2	23.1
Fribourg	10.3	20.1
Sheffield	9.7	23.3
Cambridge	9.9	23.1
Milan	13.1	24.4
Thessaloniki	16.1	21.7
Athens	17.8	23.4



Διάγραμμα 5.32 Συσχέτιση μεταξύ ASV-very hot, Tclim, THI.

Γ. ΔΕΙΚΤΗΣ CP

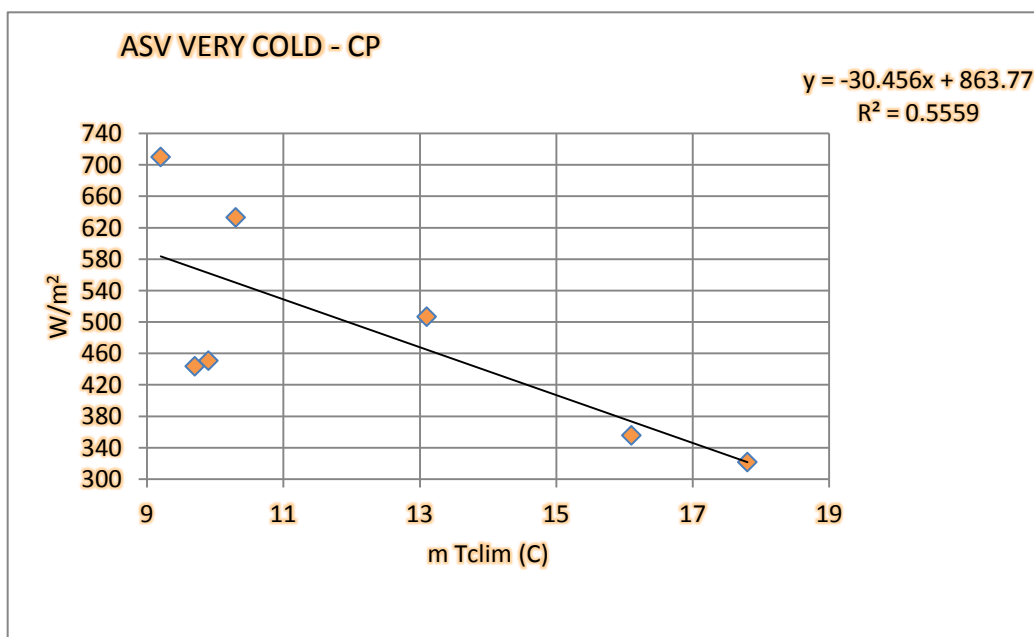
ΚΛΑΣΕΙΣ	R ²	Σταθερά εξίσωσης	Συντελεστής παλινδρόμησης
ASV		94	

Very cold	0.56	863.8 (154.7, 0.00)	-30.5 (12.2, 0.05)
Cold	0.67	726.0 (110.2, 0.00)	-27.6 (8.7, 0.02)
Neither cold or warm	0.46	477.7 (80.2, 0.00)	-13.1 (6.3, 0.09)
Warm	0.43	404.5 (89.6, 0.01)	-13.6 (7.1, 0.11)
Very hot	0.31	252.5 (70.7, 0.02)	-8.4 (5.6, 0.19)
Σύνολο ASV - CP	0.16	544.9 (93.1, 1.5E-06)	-18.7 (7.3, 0.02)

Πίνακας 5.21 Στοιχεία γραμμικής παλινδρόμησης για την κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα για τον δείκτη CP.

Πίνακας 5.22 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη CP, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very cold.

ASV VERY COLD		
	mTclim	CP
Kassel	9.2	710.3
Fribourg	10.3	633.5
Cambridge	9.9	451.1
Sheffield	9.7	444.0
Milan	13.1	507.1
Thessaloniki	16.1	356.0
Athens	17.8	322.0

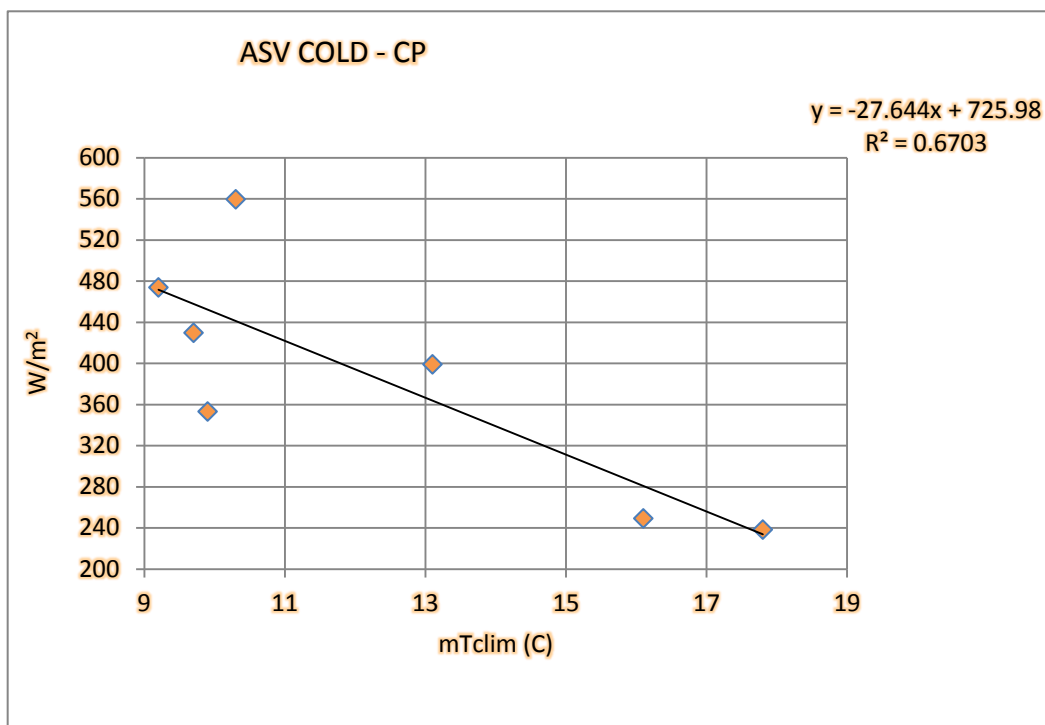


Διάγραμμα 5.33 Συσχέτιση μεταξύ ASV-very cold, Tclim, CP.

Πίνακας 5.23 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη CP, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV cold.

ASV COLD

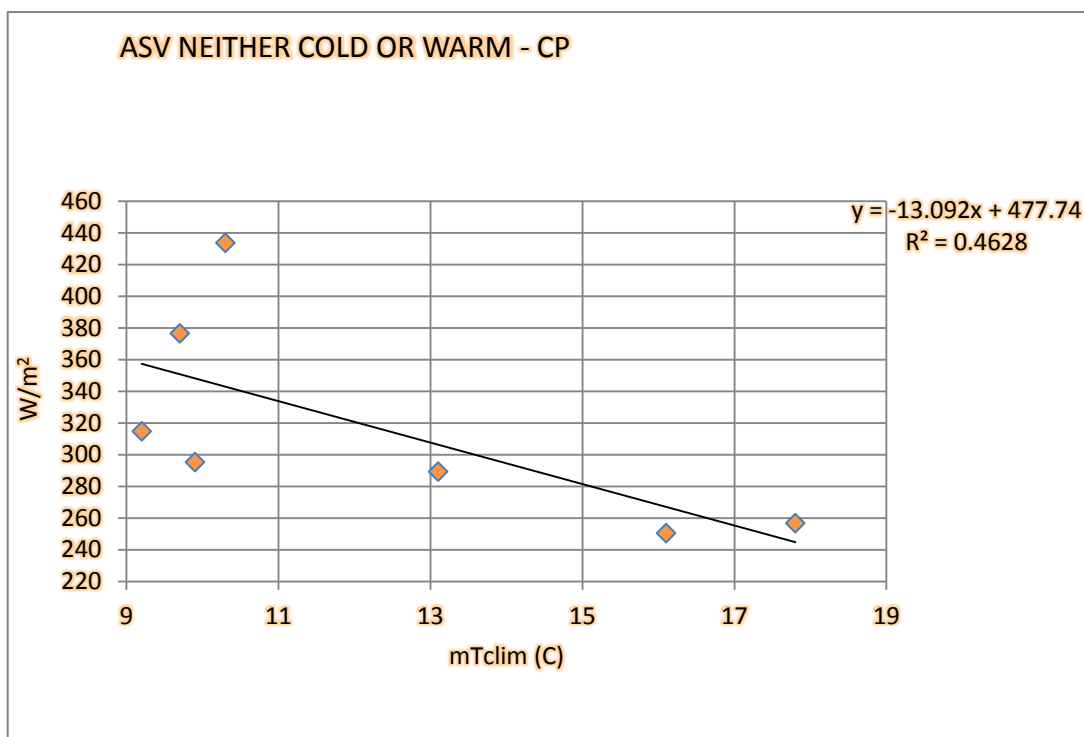
	mT clim	CP
Kassel	9.2	473.7
Fribourg	10.3	559.3
Cambridge	9.9	353.0
Sheffield	9.7	429.6
Milan	13.1	398.9
Thessaloniki	16.1	249.1
Athens	17.8	238.2



Διάγραμμα 5.34 Συσχέτιση μεταξύ ASV- cold, Tclim, CP.

Πίνακας 5.24 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη CP, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV neither cold or warm.

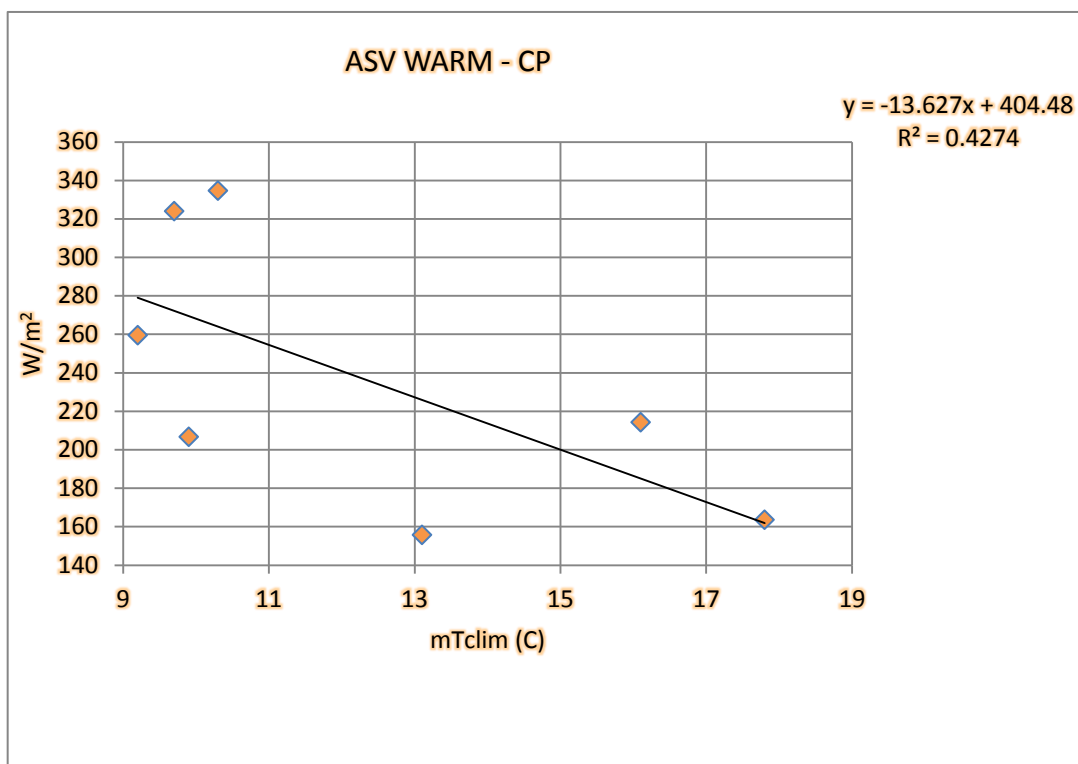
ASV NEITHER COLD OR WARM		
	mTclim	CP
Kassel	9.2	314.8
Fribourg	10.3	433.7
Cambridge	9.9	295.3
Sheffield	9.7	376.6
Milan	13.1	289.3
Thessaloniki	16.1	250.5
Athens	17.8	256.8



Διάγραμμα 5.35 Συσχέτιση μεταξύ ASV-neither cold or warm, Tclim, CP.

Πίνακας 5.25 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη CP, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV warm.

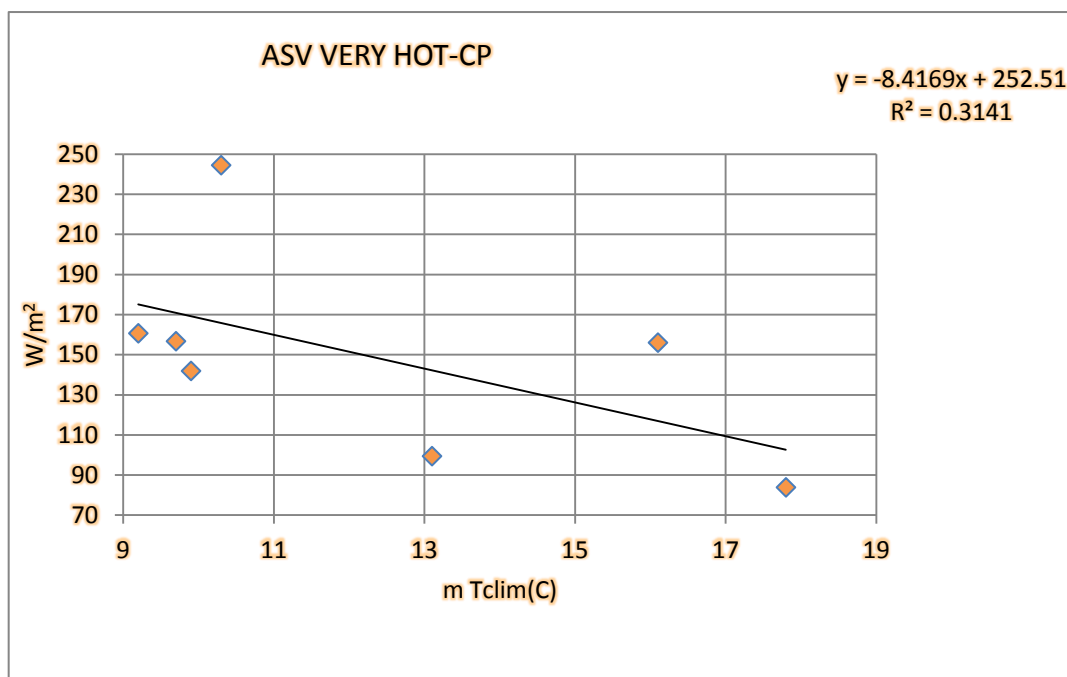
ASV WARM		
	mTclim	CP
Kassel	9.2	259.5
Fribourg	10.3	334.6
Cambridge	9.9	206.6
Sheffield	9.7	324.0
Milan	13.1	155.7
Thessaloniki	16.1	214.2
Athens	17.8	163.5



Διάγραμμα 5.36 Συσχέτιση μεταξύ ASV- warm, Tclim, CP.

Πίνακας 5.26 Κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία και τιμές του δείκτη CP, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very hot.

ASV VERY HOT		
	mTclim	CP
Kassel	9.2	160.6
Fribourg	10.3	244.5
Cambridge	9.9	141.9
Sheffield	9.7	156.7
Milan	13.1	99.4
Thessaloniki	16.1	156.0
Athens	17.8	83.8



Διάγραμμα 5.37 Συσχέτιση μεταξύ ASV- very hot, Tclim, CP.

Περαιτέρω συζήτηση

Από τα διαγράμματα κλιματικής μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αέρα μεταξύ των βιομετεωρολογικών δεικτών και της πραγματικής θερμικής αίσθησης (ASV), διαπιστώνεται πως και οι τρεις δείκτες (PET, THI, CP) παρουσιάζουν συσχέτιση με τη μέση ετήσια κλιματική θερμοκρασία αέρα. Η εξάρτηση αυτή φαίνεται να εξασθενεί καθώς κινούμαστε σε υψηλότερα ASV. Επιπλέον, παρατηρείται πως, για κάθε κλάση ASV οι δείκτες δεν παρουσιάζουν την τιμή που σύμφωνα με την κλίμακά τους, θα αναμέναμε και που αντιστοιχεί στην εκάστοτε κλάση. Παραδείγματος χάρη, στην κλάση ASV very cold ο PET παίρνει την τιμή 21.5 για το Fribourg, ενώ σύμφωνα με την αντίστοιχη κλίμακα του PET, η τιμή αυτή θα έπρεπε να ήταν μικρότερη από 4. Επίσης, για την κλάση ASV very hot, ο THI κυμαίνεται από 20 μέχρι 24°C, ενώ με βάση την κλίμακά του θα έπρεπε να βρίσκεται πάνω από 26.5°C. Τέλος, ο CP, για την κλάση ASV very cold παρουσιάζει τιμές πολύ χαμηλότερες από 1050 που θα έπρεπε να έχει σύμφωνα με την κλίμακά του. Γίνεται εμφανές λοιπόν, πως οι δείκτες παρουσιάζουν άμεση εξάρτηση με την κλιματική τιμή της θερμοκρασίας. Επιπλέον, σύμφωνα με τα διαγράμματα φαίνεται πως η απόκλιση αυτή των ενδείξεων των δεικτών από την κλίμακά τους δεν είναι σταθερή, ούτως ώστε να χρειάζεται απλά μετατόπιση της κλίμακάς τους, αλλά διαφέρει μεταξύ των κλάσεων του ASV. Προκειμένου να γίνει καλύτερη αξιολόγηση της συσχέτισης των δεικτών με την κλιματική θερμοκρασία, ακολουθούν τα διαγράμματα μέσης εποχικής κλιματικής τιμής θερμοκρασίας.

5.4 Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης με βάση την Κλιματική μέση εποχική θερμοκρασία αέρα

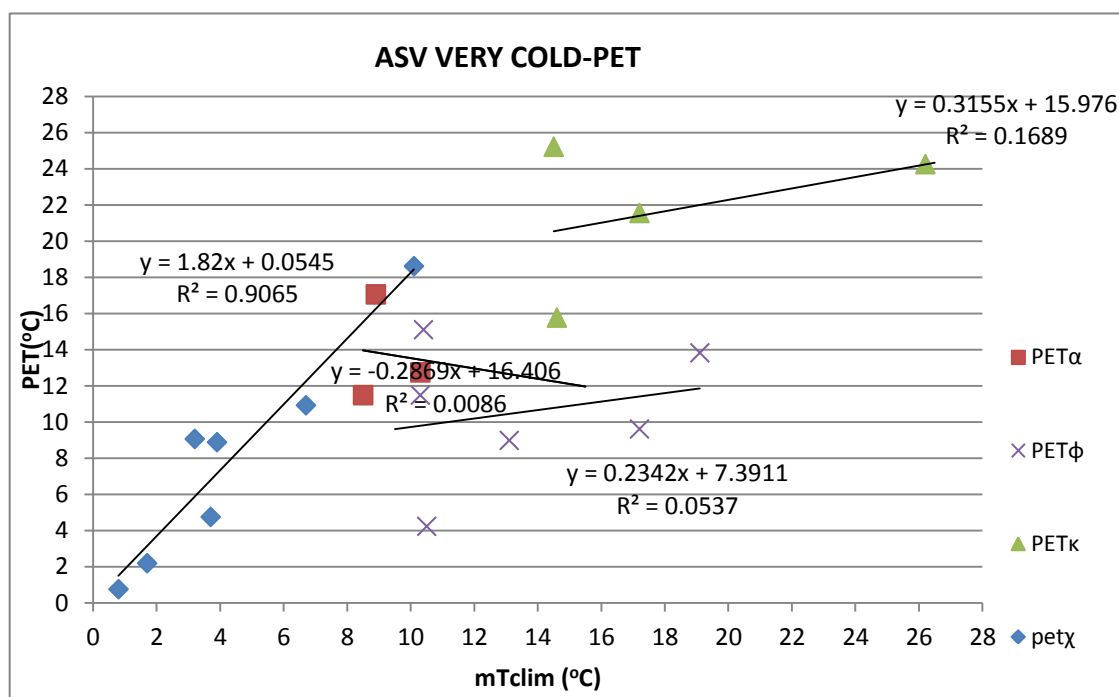
A. ΔΕΙΚΤΗΣ PET

Πίνακας 5.27 Στοιχεία γραμμικής παλινδρόμησης για την κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία αέρα για τον δείκτη PET.

PET εποχιακό	R ²	Σταθερά εξίσωσης	Συντελεστής παλινδρόμησης
Very cold	0.54	4.3 (1.9, 0.04)	0.71 (0.16, 0.00)
Cold	0.65	6.4 (1.7, 0.00)	0.83 (0.12, 2.42E-07)
Neither cold or warm	0.58	8.6 (1.9, 9.06E-05)	0.81 (0.14, 2.53E-06)
Warm	0.51	12.3 (2.1, 4.98E-06)	0.78 (0.15, 2.57E-05)
Very hot	0.42	17.2 (3.1, 2.57E-05)	0.74 (0.20, 0.00)
ΣΥΝΟΛΟ ASV -PET	0.46	8.6 (1.2, 3.57E-11)	0.87 (0.09, 7.49E-18)
ΣΥΝΟΛΟ ASV - dPET	0.22	2.43 (0.87, 0.01)	-0.37 (0.06, 4.52E-08)

Πίνακας 5.28 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη PET, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very cold.

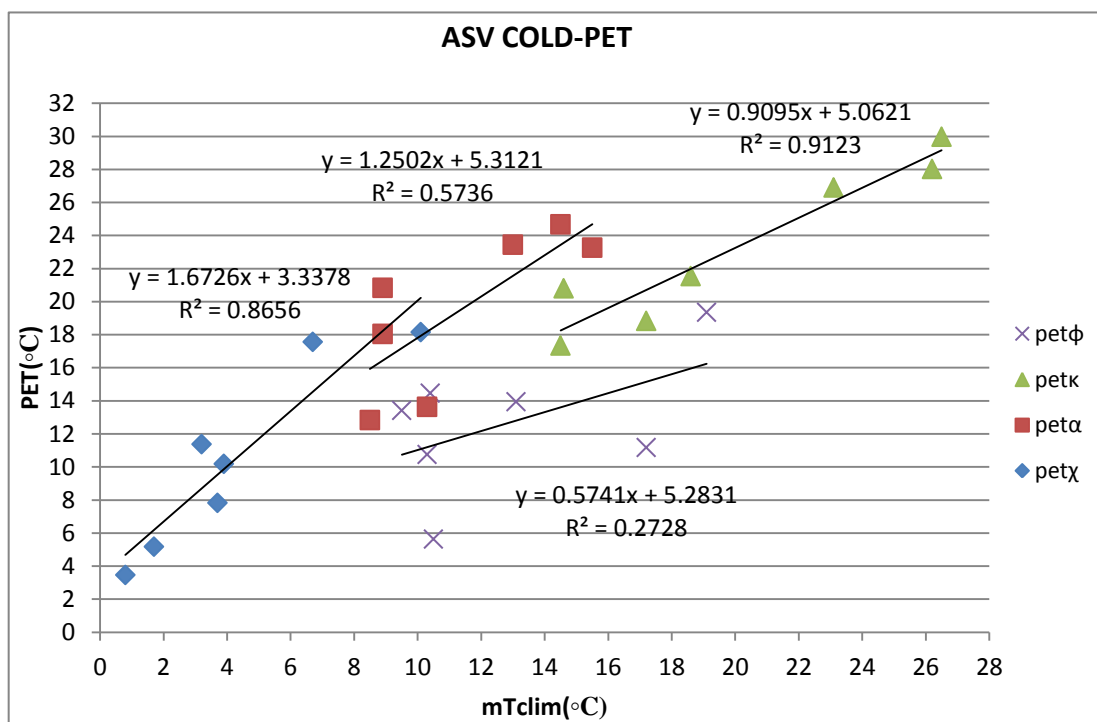
ASV VERY COLD								
	Χειμώνας	Pet χ	άνοιξη	PET α	καλοκαίρι	PET κ	φθινόπωρο	PET ϕ
Kassel	0.8	0.8	8.9		17.2	21.6	9.5	
Fribourg	1.7	2.2	10.3	12.7	18.6		10.3	11.5
Sheffield	3.7	4.8	8.5	11.5	14.5	25.2	10.4	15.1
Cambridge	3.9	8.9	8.9	17.1	14.6	15.8	10.5	4.2
Milan	3.2	9.1	13		23.1		13.1	9.0
Thessaloniki	6.7	10.9	14.5		26.2	24.3	17.2	9.6
Athens	10.1	18.6	15.5		26.5		19.1	13.8



Διάγραμμα 5.38. Συσχέτιση μεταξύ ASV-very cold, T_{clim}, PET εποχιακό.

Πίνακας 5.29 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη PET, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV cold.

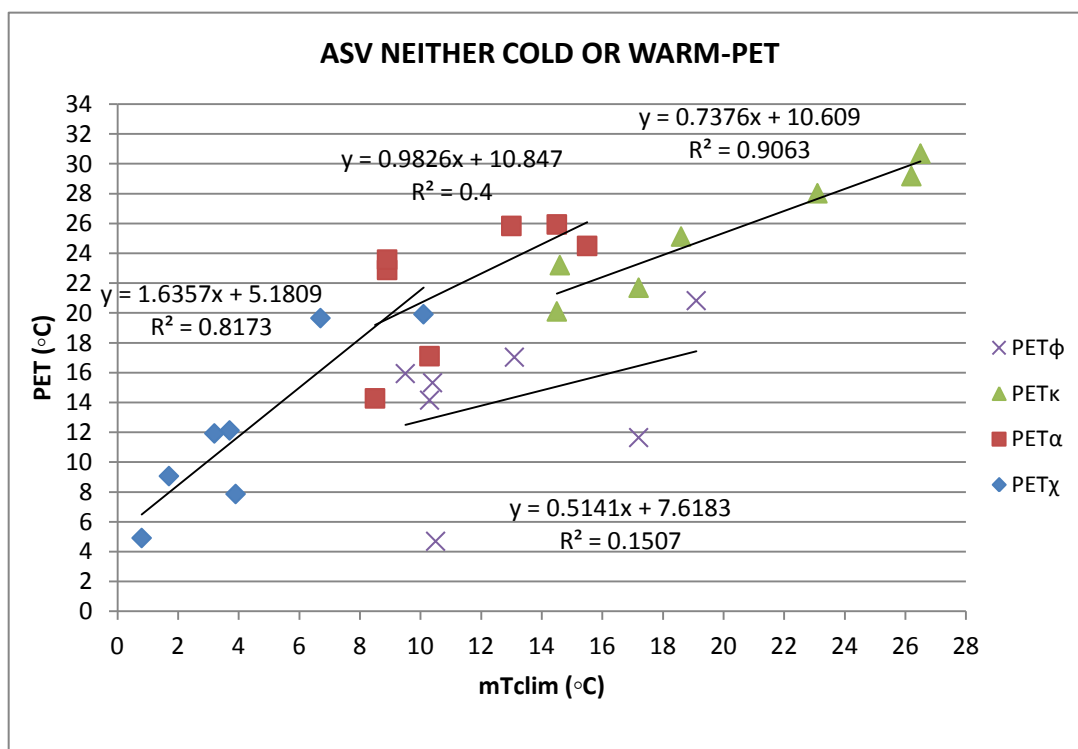
ASV COLD								
	Χειμώνας	petχ	άνοιξη	petα	καλοκαίρι	Petκ	φθινόπωρο	Petφ
Kassel	0.8	3.5	8.9	18.0	17.2	18.8	9.5	13.4
Fribourg	1.7	5.2	10.3	13.6	18.6	21.5	10.3	10.8
Sheffield	3.7	7.8	8.5	12.8	14.5	17.3	10.4	14.5
Cambridge	3.9	10.2	8.9	20.8	14.6	20.8	10.5	5.6
Milan	3.2	11.4	13	23.4	23.1	26.9	13.1	13.9
Thessaloniki	6.7	17.6	14.5	24.7	26.2	28.0	17.2	11.2
Athens	10.1	18.2	15.5	23.3	26.5	30.0	19.1	19.4



Διάγραμμα 5.39 Συσχέτιση μεταξύ ASV-cold, Tclim, PET εποχιακό.

Πίνακας 5.30 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη PET, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV neither cold or warm.

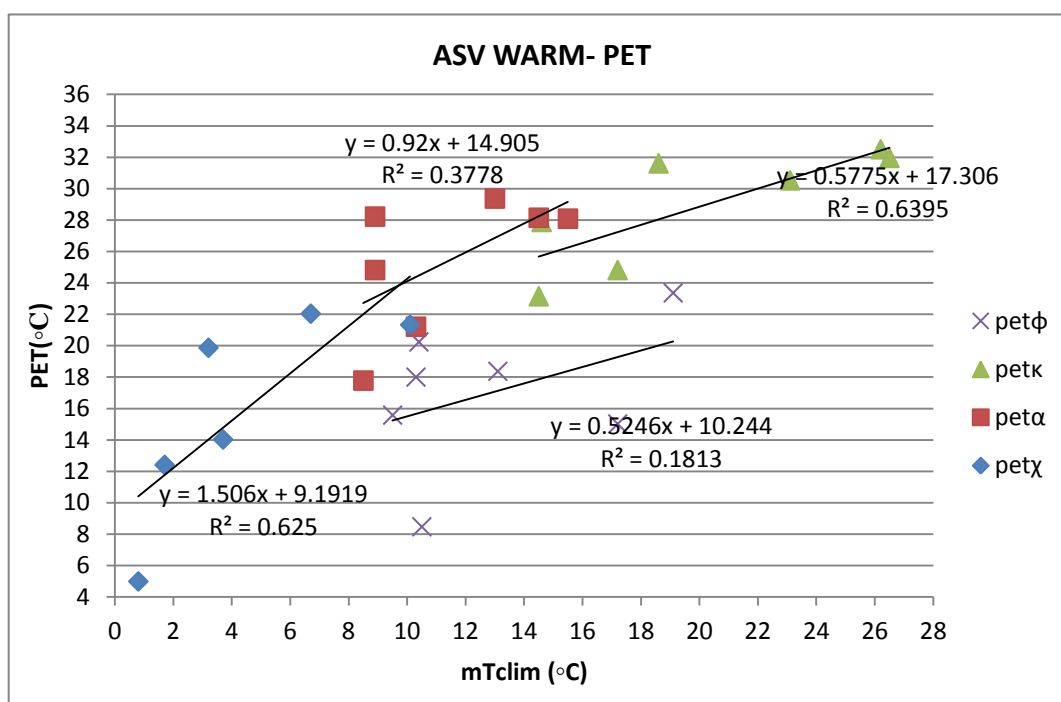
ASV NEITHER COLD OR WARM								
	χειμώνας	PET χ	άνοιξη	PET α	καλοκαίρι	PET κ	φθινόπωρο	PET ϕ
Kassel	0.8	4.9	8.9	22.9	17.2	21.7	9.5	15.9
Fribourg	1.7	9.1	10.3	17.1	18.6	25.1	10.3	14.2
Sheffield	3.7	12.1	8.5	14.3	14.5	20.1	10.4	15.3
Cambridge	3.9	7.9	8.9	23.6	14.6	23.2	10.5	4.7
Milan	3.2	11.9	13	25.8	23.1	28.0	13.1	17.0
Thessaloniki	6.7	19.7	14.5	25.9	26.2	29.2	17.2	11.7
Athens	10.1	19.9	15.5	24.5	26.5	30.7	19.1	20.8



Διάγραμμα 5.40 Συσχέτιση μεταξύ ASV-neither cold or warm, Tclim, PET εποχιακό.

Πίνακας 5.31 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη PET, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV warm.

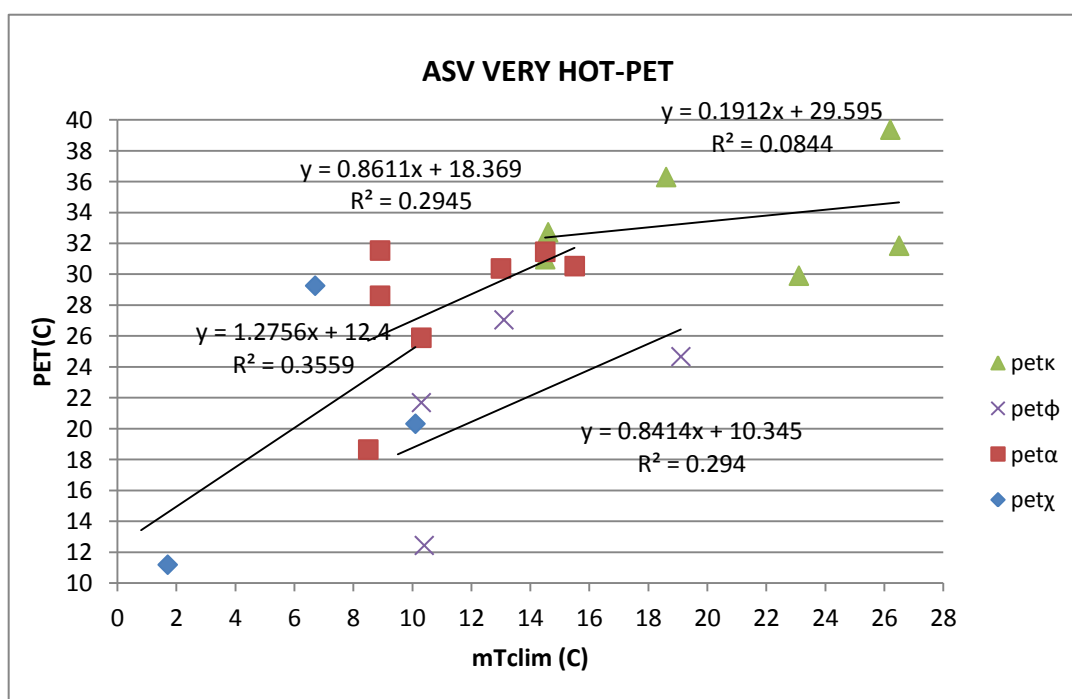
ASV WARM								
	Χειμώνας	petχ	άνοιξη	petα	καλοκαίρι	Petκ	φθινόπωρο	Petφ
Kassel	0.8	5.0	8.9	24.8	17.2	24.8	9.5	15.6
Fribourg	1.7	12.4	10.3	21.2	18.6	31.6	10.3	18.0
Sheffield	3.7	14.0	8.5	17.8	14.5	23.1	10.4	20.2
Cambridge	3.9		8.9	28.2	14.6	27.9	10.5	8.5
Milan	3.2	19.9	13	29.4	23.1	30.5	13.1	18.4
Thessaloniki	6.7	22.0	14.5	28.1	26.2	32.5	17.2	15.0
Athens	10.1	21.3	15.5	28.1	26.5	32.0	19.1	23.4



Διάγραμμα 5.41 Συσχέτιση μεταξύ ASV-warm, Tclim, PET εποχιακό.

Πίνακας 5.32 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη PET, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very hot.

ASV VERY HOT								
	Χειμώνας	petχ	άνοιξη	peta	Καλοκαίρι	petκ	φθινόπωρο	Petφ
Kassel	0.8		8.9	28.6	17.2		9.5	
Fribourg	1.7	11.2	10.3	25.9	18.6	36.3	10.3	21.7
Sheffield	3.7		8.5	18.7	14.5	31.0	10.4	12.5
Cambridge	3.9		8.9	31.6	14.6	32.7	10.5	
Milan	3.2		13	30.4	23.1	29.9	13.1	27.1
Thessaloniki	6.7	29.3	14.5	31.5	26.2	39.4	17.2	
Athens	10.1	20.3	15.5	30.5	26.5	31.9	19.1	24.7



Διάγραμμα 5.42 Συσχέτιση μεταξύ ASV-very hot, Tclim, PET εποχιακό.

Από τα διαγράμματα 5.38 έως 5.42, των εποχιακών μέσων θερμοκρασιών και του δείκτη PET παρατηρείται πως εμφανίζεται η αναμενόμενη μετάβαση σε μεγαλύτερα PET καθώς κινούμαστε από τον χειμώνα στο καλοκαίρι και αντίστροφα προς το

φθινόπωρο. Υπάρχει σαφής συσχέτιση της κλιματικής τιμής της θερμοκρασίας με το μέσο PET, ανά εποχή, για το οποίο καταγράφεται ένα συγκεκριμένο αίσθημα θερμικής άνεσης (εκφρασμένο μέσω του ASV). Ενώ η αρχική κλίμακα ταξινόμησης του θερμικού αισθήματος βάσει του PET είναι σταθερή για όλες τις εποχές και τις κλιματικές περιοχές, εδώ παρατηρείται ότι π.χ. PET =25-26°C μπορεί να σημαίνει Very Cold όταν σημειώνεται καλοκαίρι στη Θεσσαλονίκη ή Very Hot όταν σημειώνεται άνοιξη στο Fribourg.

Παρατηρείται πως ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές το καλοκαίρι και το χειμώνα σε σχέση με την άνοιξη και το φθινόπωρο και αυτό παρατηρείται σε όλα τα ASV. Επιπλέον, όσο μεγαλώνει η κλάση του ASV τόσο το R^2 ελαττώνεται. Η παρατήρηση αυτή ισχύει για όλες τις εποχές εκτός από το φθινόπωρο και εκτός από το ASV very cold.

Ο συντελεστής παλινδρόμησης ελαττώνεται σταδιακά από το χειμώνα προς το φθινόπωρο και αυτό παρατηρείται σε κάθε ASV. Επίσης, όπως και για το R^2 , παρατηρείται πως όσο μεγαλώνει η κλάση του ASV τόσο ο συντελεστής παλινδρόμησης ελαττώνεται. Η παρατήρηση αυτή ισχύει για όλες τις εποχές εκτός από το φθινόπωρο και εκτός από το ASV very cold.

ΕΠΟΧΕΣ	ASV				
	Very cold	Cold	Neither cold or warm	Warm	Very hot
	Τιμές συντελεστή παλινδρόμησης				
Χειμώνας	1.82	1.67	1.64	1.51	1.28
Άνοιξη	-0.29	1.25	0.98	0.92	0.86
Καλοκαίρι	0.32	0.91	0.74	0.58	0.19
Φθινόπωρο	0.23	0.57	0.51	0.53	0.84

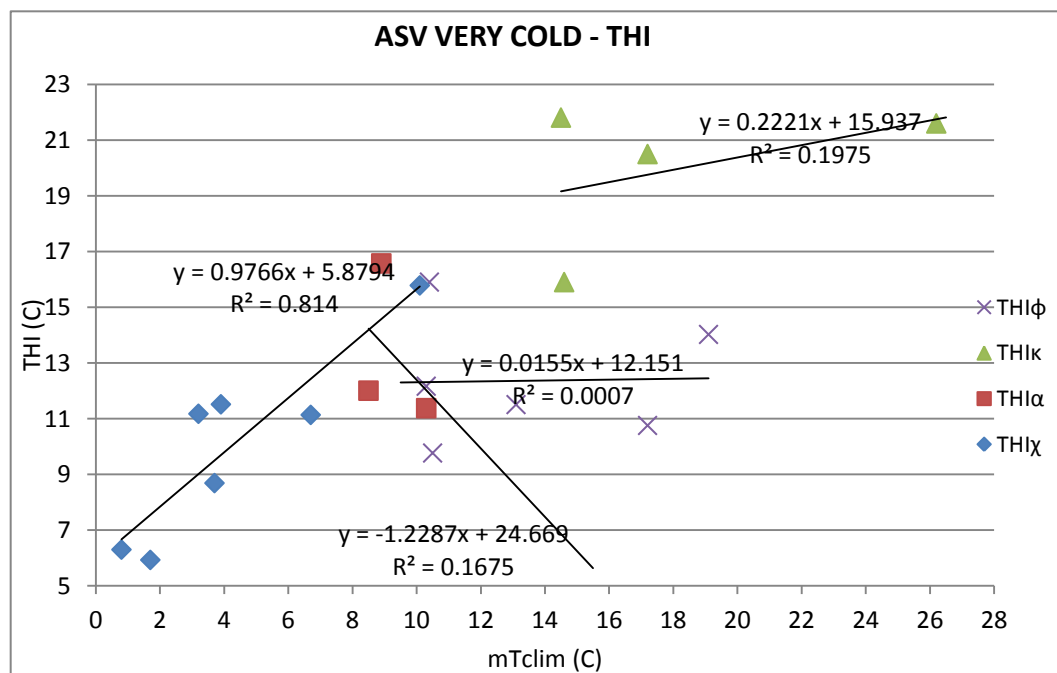
B. ΔΕΙΚΤΗΣ THI

Πίνακας 5.33 Στοιχεία γραμμικής παλινδρόμησης για την εποχιακή μέση θερμοκρασία αέρα για τον δείκτη THI.

THI εποχιακό	R ²	Σταθερά εξίσωσης	Συντελεστής παλινδρόμησης
Very cold	0.57	7.8 (1.2, 7.68E-06)	0.48 (0.10, 0.00)
Cold	0.68	8.9 (1.0, 4.47E-09)	0.55 (0.07, 7.15E-08)
Neither cold or warm	0.63	9.9 (1.1, 2.11E-09)	0.53 (0.07, 4.16E-07)
Warm	0.62	10.2 (1.3, 1.84E-08)	0.58 (0.08, 9.56E-07)
Very hot	0.54	13.0 (1.6, 2.85E-07)	0.50 (0.11, 0.00)
ΣΥΝΟΛΟ ASV -THI	0.58	9.5 (0.6, 1.3E-30)	0.57 (0.04, 1.61E-24)
ΣΥΝΟΛΟ ASV -dTHI	0.06	-1.6 (1.7, 0.35)	0.33 (0.12, 0.00)

Πίνακας 5.34 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη THI, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very cold.

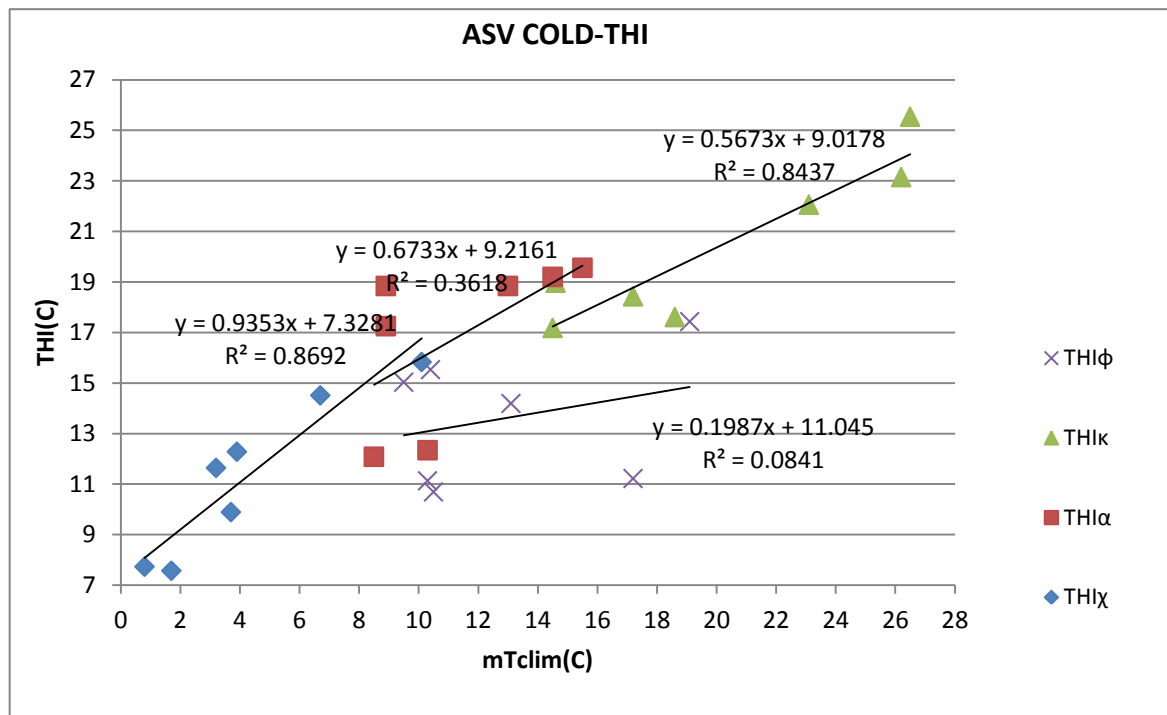
ASV VERY COLD								
	Χειμώνας	ΤΗΙ _χ	άνοιξη	ΤΗΙ _α	Καλοκαίρι	ΤΗΙ _κ	φθινόπωρο	ΤΗΙ _φ
Kassel	0.8	6.3	8.9		17.2	20.5	9.5	
Fribourg	1.7	5.9	10.3	11.4	18.6		10.3	12.2
Sheffield	3.7	8.7	8.5	12.0	14.5	21.8	10.4	15.9
Cambridge	3.9	11.5	8.9	16.6	14.6	15.9	10.5	9.8
Milan	3.2	11.7	13		23.1		13.1	11.5
Thessaloniki	6.7	11.1	14.5		26.2	21.6	17.2	10.8
Athens	10.1	15.8	15.5		26.5		19.1	14.0



Διάγραμμα 5.43 Συσχέτιση μεταξύ ASV-very cold, T_{clim}, THI εποχιακό.

Πίνακας 5.35 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη THI, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV cold.

ASV COLD								
	Χειμώνας	THI _χ	άνοιξη	THI _α	καλοκαίρι	THI _κ	φθινόπωρο	THI _φ
Kassel	0.8	7.7	8.9	17.3	17.2	18.4	9.5	15.0
Frubourg	1.7	7.6	10.3	12.3	18.6	17.6	10.3	11.1
Sheffield	3.7	9.9	8.5	12.1	14.5	17.2	10.4	15.5
Cambridge	3.9	12.3	8.9	18.8	14.6	19.0	10.5	10.7
Milan	3.2	11.6	13	18.8	23.1	22.1	13.1	14.2
Thessaloniki	6.7	14.5	14.5	19.2	26.2	23.2	17.2	11.2
Athens	10.1	15.8	15.5	19.6	26.5	25.5	19.1	17.4

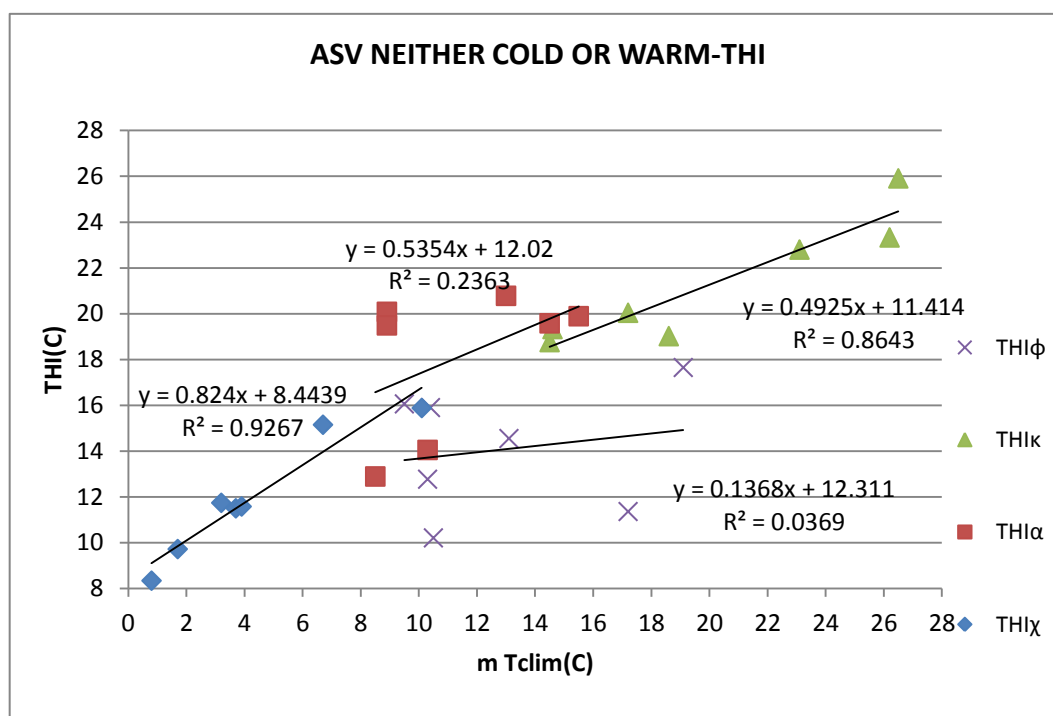


Διάγραμμα 5.44 Συσχέτιση μεταξύ ASV- cold, Tclim, THI εποχιακό.

Πίνακας 5.36 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη THI, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV neither cold or warm.

ASV NEITHER COLD OR WARM

	Χειμώνας	ΤΗΙ _χ	άνοιξη	ΤΗΙ _α	Καλοκαίρι	ΤΗΙ _κ	φθινόπωρο	ΤΗΙ _φ
Kassel	0.8	8.3	8.9	20.08	17.2	20.0	9.5	16.1
Fribourg	1.7	9.7	10.3	14.05	18.6	19.0	10.3	12.8
Sheffield	3.7	11.5	8.5	12.89	14.5	18.8	10.4	15.9
Cambridge	3.9	11.6	8.9	19.49	14.6	19.3	10.5	10.2
Milan	3.2	11.7	13	20.78	23.1	22.8	13.1	14.6
Thessaloniki	6.7	15.2	14.5	19.58	26.2	23.3	17.2	11.4
Athens	10.1	15.9	15.5	19.89	26.5	25.9	19.1	17.7

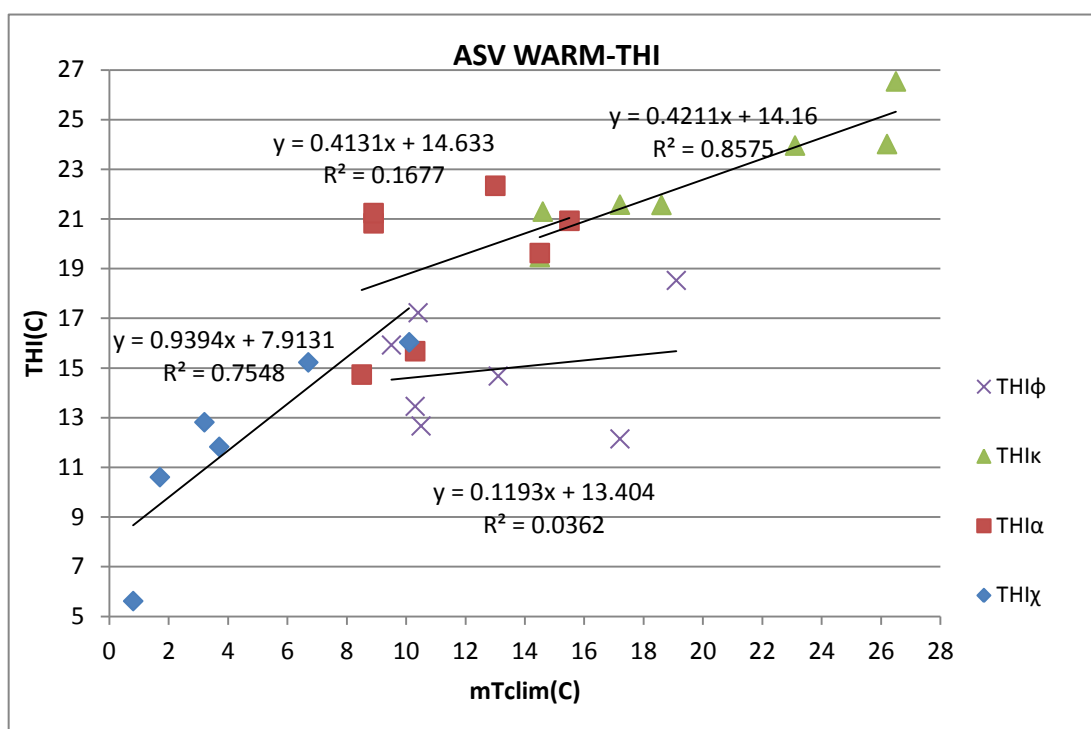


Διάγραμμα 5.45 Συσχέτιση μεταξύ ASV-neither cold or warm, Tclim, THI εποχιακό.

Πίνακας 5.37 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη THI, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV warm.

ASV WARM

	Χειμώνας	ΤΗΙ _χ	άνοιξη	ΤΗΙ _α	καλοκαίρι	ΤΗΙ _κ	φθινόπωρο	ΤΗΙ _φ
Kassel	0.8	5.6	8.9	20.8	17.2	21.6	9.5	15.9
Fribourg	1.7	10.6	10.3	15.7	18.6	21.6	10.3	13.5
Sheffield	3.7	11.8	8.5	14.7	14.5	19.5	10.4	17.2
Cambridge	3.9		8.9	21.2	14.6	21.3	10.5	12.7
Milan	3.2	12.8	13	22.3	23.1	24.0	13.1	14.7
Thessaloniki	6.7	15.2	14.5	19.6	26.2	24.0	17.2	12.1
Athens	10.1	16.0	15.5	20.9	26.5	26.5	19.1	18.5

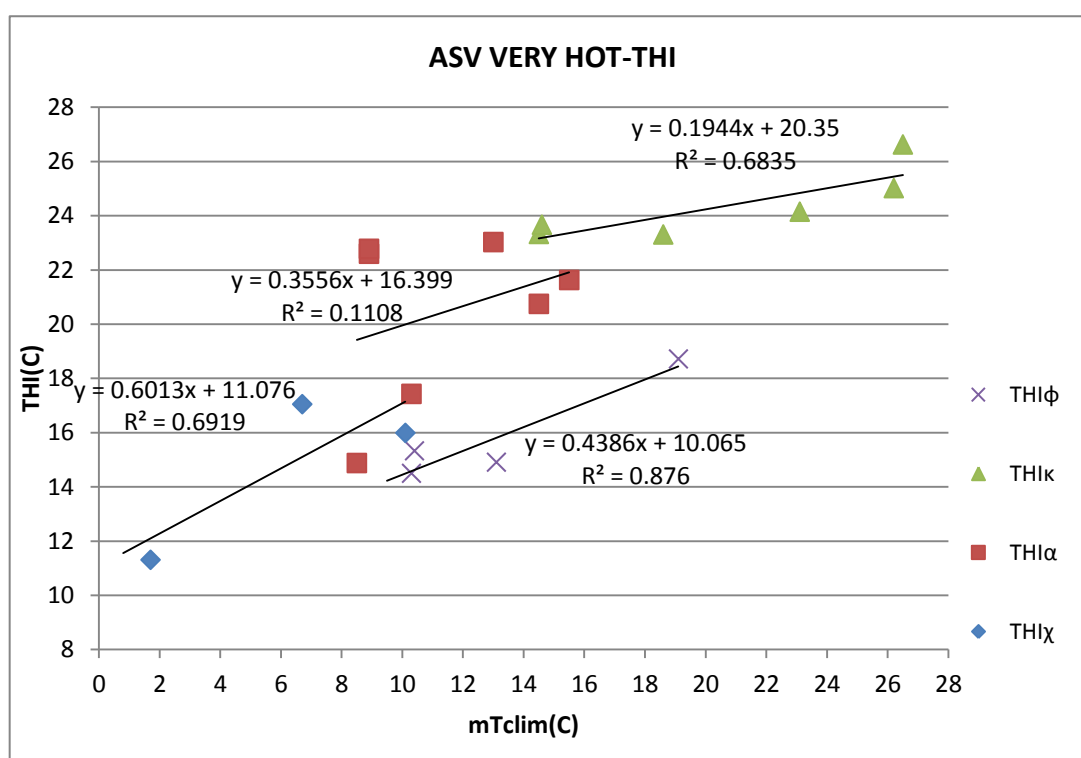


Διάγραμμα 5.46 Συσχέτιση μεταξύ ASV-warm, Tclim, THI εποχιακό.

Πίνακας 5.38 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη THI, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very hot.

ASV VERY HOT								
	Χειμώνας	ΤΗΙ _χ	άνοιξη	ΤΗΙ _α	καλοκαίρι	ΤΗΙ _κ	φθινόπωρο	ΤΗΙ _φ

Kassel	0.8		8.9	22.6	17.2		9.5	
Fribourg	1.7	11.3	10.3	17.4	18.6	23.3	10.3	14.5
Sheffield	3.7		8.5	14.9	14.5	23.3	10.4	15.3
Cambridge	3.9		8.9	22.8	14.6	23.7	10.5	
Milan	3.2		13	23.0	23.1	24.2	13.1	14.9
Thessaloniki	6.7	17.1	14.5	20.8	26.2	25.0	17.2	
Athens	10.1	16.0	15.5	21.6	26.5	26.6	19.1	18.7



Διάγραμμα 5.47 Συσχέτιση μεταξύ ASV-very hot, Tclim, THI εποχιακό.

Από τα διαγράμματα 5.43 έως 5.47, των εποχιακών μέσων θερμοκρασιών και του δείκτη THI παρατηρείται πως εμφανίζεται η αναμενόμενη μετάβαση σε μεγαλύτερα THI καθώς κινούμαστε από τον χειμώνα στο καλοκαίρι και αντίστροφα προς το φθινόπωρο. Υπάρχει σαφής συσχέτιση της κλιματικής τιμής της θερμοκρασίας με το μέσο THI, ανά εποχή, για το οποίο καταγράφεται ένα συγκεκριμένο αίσθημα θερμικής άνεσης (εκφρασμένο μέσω του ASV). Ενώ η αρχική κλίμακα ταξινόμησης του θερμικού αισθήματος βάσει του THI είναι σταθερή για όλες τις εποχές και τις

κλιματικές περιοχές, εδώ παρατηρείται ότι π.χ. THI =11-12°C μπορεί να σημαίνει Very Hot όταν σημειώνεται χειμώνας στο Fribourg ή Very Cold όταν σημειώνεται φθινόπωρο στο Μιλάνο.

Επίσης, παρατηρείται πως ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές το καλοκαίρι και το χειμώνα σε σχέση με την άνοιξη και το φθινόπωρο και αυτό παρατηρείται σε όλα τα ASV. Σε αντίθεση με τον δείκτη PET, το R^2 στον THI δε φαίνεται να παρουσιάζει κάποια σταθερή ελάττωση από τα μικρότερα στα μεγαλύτερα ASV.

Ο συντελεστής παλινδρόμησης παρουσιάζει υψηλές τιμές τον χειμώνα σε όλες τις κλάσεις του ASV, δε παρατηρείται όμως ομαλή ελάττωση της τιμής του από τον χειμώνα στο καλοκαίρι, όπως παρατηρήθηκε στον PET, ούτε κάποια άλλη σταθερή σχέση που να επαναλαμβάνεται στις κλάσεις του ASV.

ΕΠΟΧΕΣ	ASV				
	Very cold	Cold	Neither cold or warm	Warm	Very hot
	Τιμές συντελεστή Παλινδρόμησης				
Χειμώνας	0.98	0.94	0.82	0.94	0.60
Άνοιξη	-1.23	0.67	0.54	0.41	0.36
Καλοκαίρι	0.22	0.57	0.49	0.42	0.19
Φθινόπωρο	0.02	0.20	0.14	0.12	0.44

Γ. ΔΕΙΚΤΗΣ CP

Πίνακας 5.39 Στοιχεία γραμμικής παλινδρόμησης για την εποχιακή μέση θερμοκρασία αέρα για τον δείκτη CP.

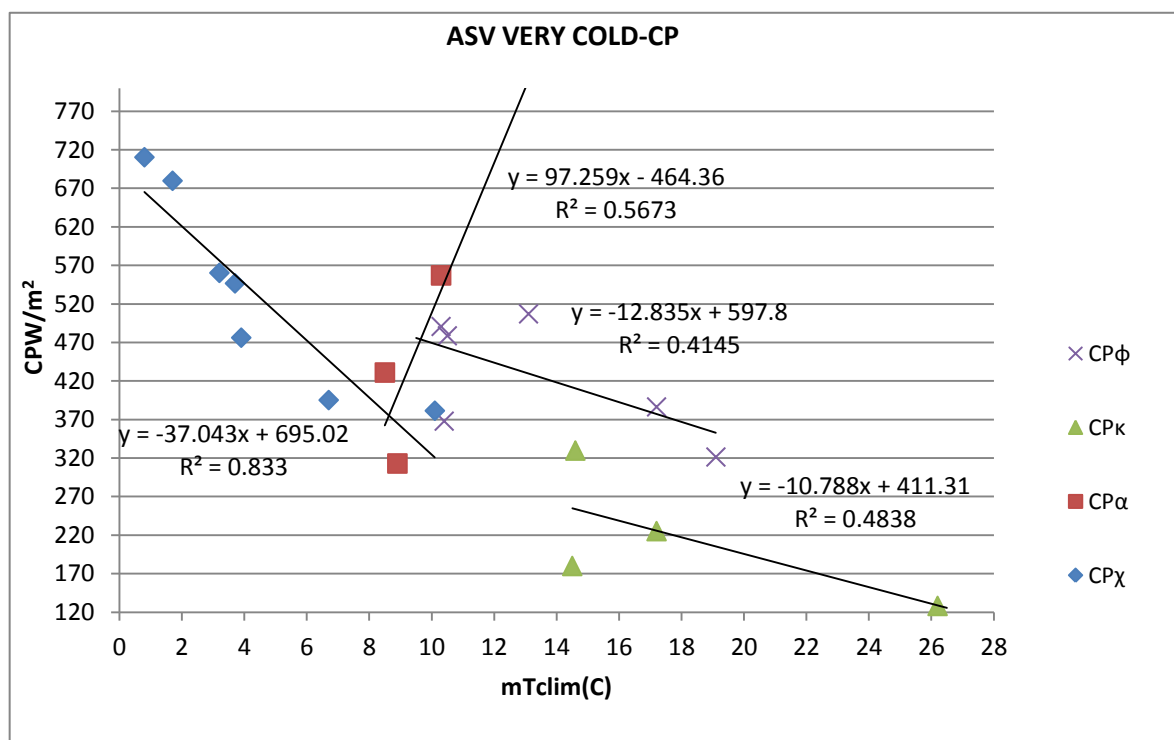
CP εποχιακό	R^2	Σταθερά εξίσωσης	Συντελεστής παλινδρόμησης
-------------	-------	------------------	---------------------------

Very cold	0.69	627.4 (39.6, 5.08E-12)	-19.4 (3.2, 1.13E-05)
Cold	0.72	566.4 (28.6, 3.38E-17)	-17.1 (2.1, 9.45E-09)
Neither cold or warm	0.70	527.4 (28.7, 1.99E-16)	-16.2 (2.1, 2.55E-08)
Warm	0.69	499.5 (30.8, 8.73E-15)	-16.3 (2.2, 7.98E-08)
Very hot	0.56	431.3 (45.6, 2.08E-08)	-14.5 (3.0, 0.00)
ΣΥΝΟΛΟ ASV -CP	0.64	542.6 (16.7, 1.4E-61)	-17.5 (1.2, 2.27E-28)
ΣΥΝΟΛΟ ASV -dCP	0.04	13.3 (60.8, 0.8)	-10.8 (4.4, 0.02)

Πίνακας 5.40 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη CP, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very cold.

ASV VERY COLD								
	Χειμώνας	CP _χ	άνοιξη	CP _α	Καλοκαίρι	CP _κ	φθινόπωρο	CP _φ
Kassel	0.8	710.4	8.9		17.2	225.2	9.5	
Fribourg	1.7	679.8	10.3	557.0	18.6		10.3	490.8

Sheffield	3.7	546.7	8.5	431.0	14.5	180.0	10.4	367.9
Cambridge	3.9	476.2	8.9	313.0	14.6	329.8	10.5	478.7
Milan	3.2	560.3	13		23.1		13.1	507.1
Thessaloniki	6.7	395.3	14.5		26.2	128.2	17.2	386.4
Athens	10.1	381.4	15.5		26.5		19.1	321.4

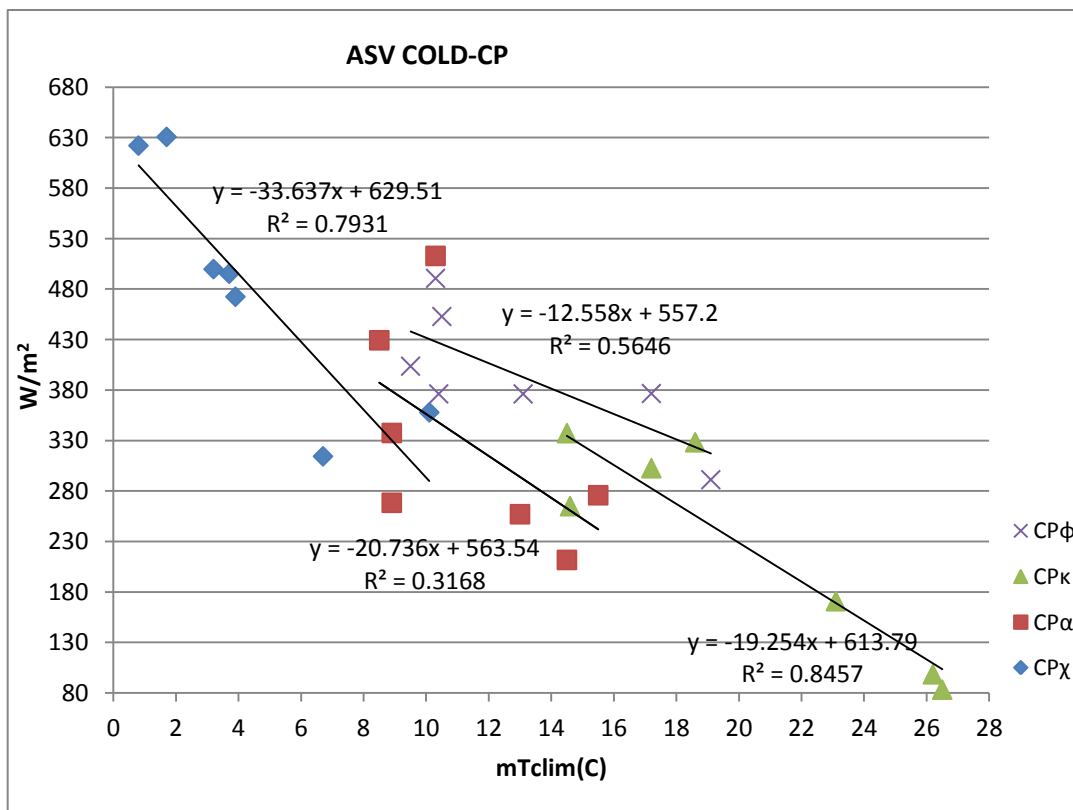


Διάγραμμα 5.48 Συσχέτιση μεταξύ ASV-very cold, Tclim, CP εποχιακό.

Πίνακας 5.41 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη CP, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV cold.

ASV COLD								
	Χειμώνας	CPχ	άνοιξη	CPα	καλοκαίρι	CPκ	φθινόπωρο	CPφ
Kassel	0.8	622.3	8.9	337.7	17.2	302.8	9.5	403.9
Fribourg	1.7	631.0	10.3	513.1	18.6	328.5	10.3	490.9

Sheffield	3.7	495.4	8.5	429.5	14.5	337.6	10.4	376.4
Cambridge	3.9	472.7	8.9	268.6	14.6	265.3	10.5	453.1
Milan	3.2	500.0	13	257.3	23.1	171.1	13.1	376.4
Thessaloniki	6.7	314.6	14.5	212.0	26.2	98.7	17.2	376.8
Athens	10.1	358.1	15.5	276.1	26.5	83.6	19.1	291.5

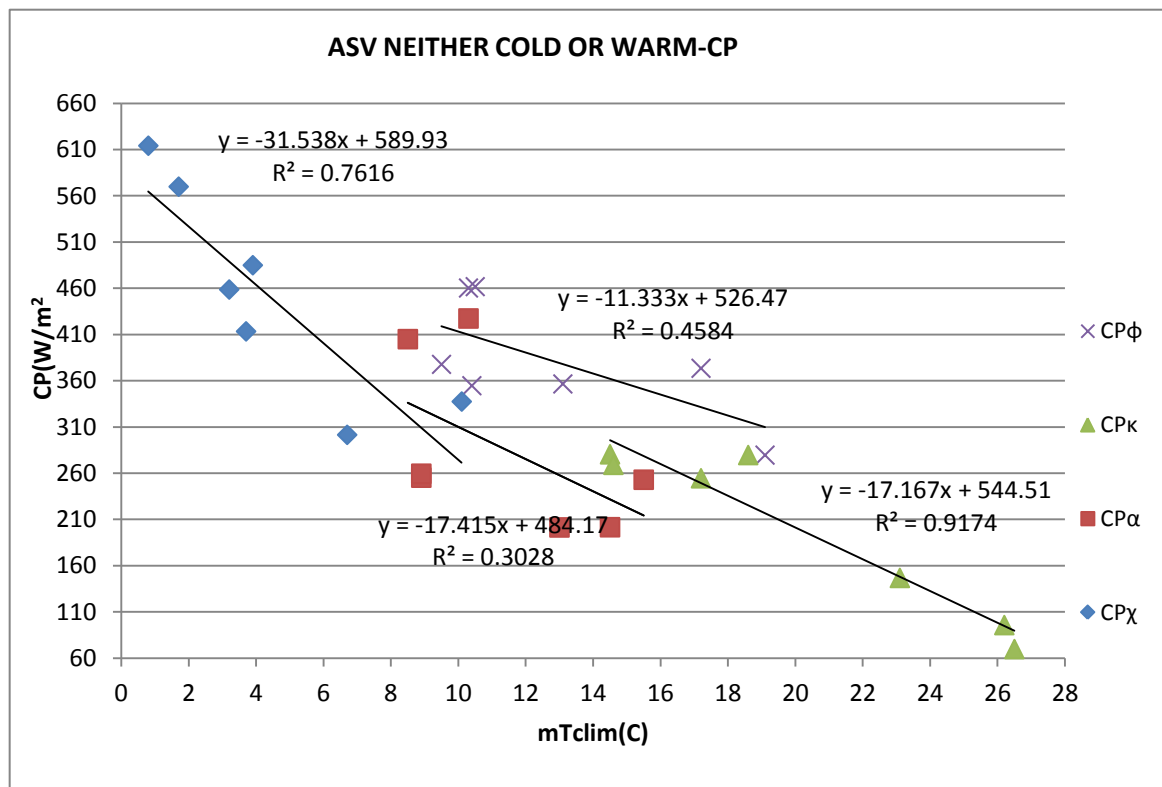


Διάγραμμα 5.49 Συσχέτιση μεταξύ ASV-cold, Tclim, CP εποχιακό.

Πίνακας 5.42 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη CP, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV neither cold or warm.

CP NEITHER COLD OR WARM								
	χειμώνας	CPχ	άνοιξη	CPα	καλοκαίρι	CPκ	φθινόπωρο	CPφ
Kassel	0.8	614.2	8.9	255.2	17.2	254.5	9.5	377.7
Fribourg	1.7	569.9	10.3	427.4	18.6	279.7	10.3	460.3

Sheffield	3.7	413.4	8.5	405.0	14.5	280.5	10.4	354.7
Cambridge	3.9	485.0	8.9	259.5	14.6	269.1	10.5	461.8
Milan	3.2	458.7	13	201.4	23.1	146.8	13.1	356.6
Thessaloniki	6.7	301.5	14.5	201.6	26.2	95.8	17.2	373.5
Athens	10.1	337.5	15.5	253.0	26.5	69.8	19.1	279.6

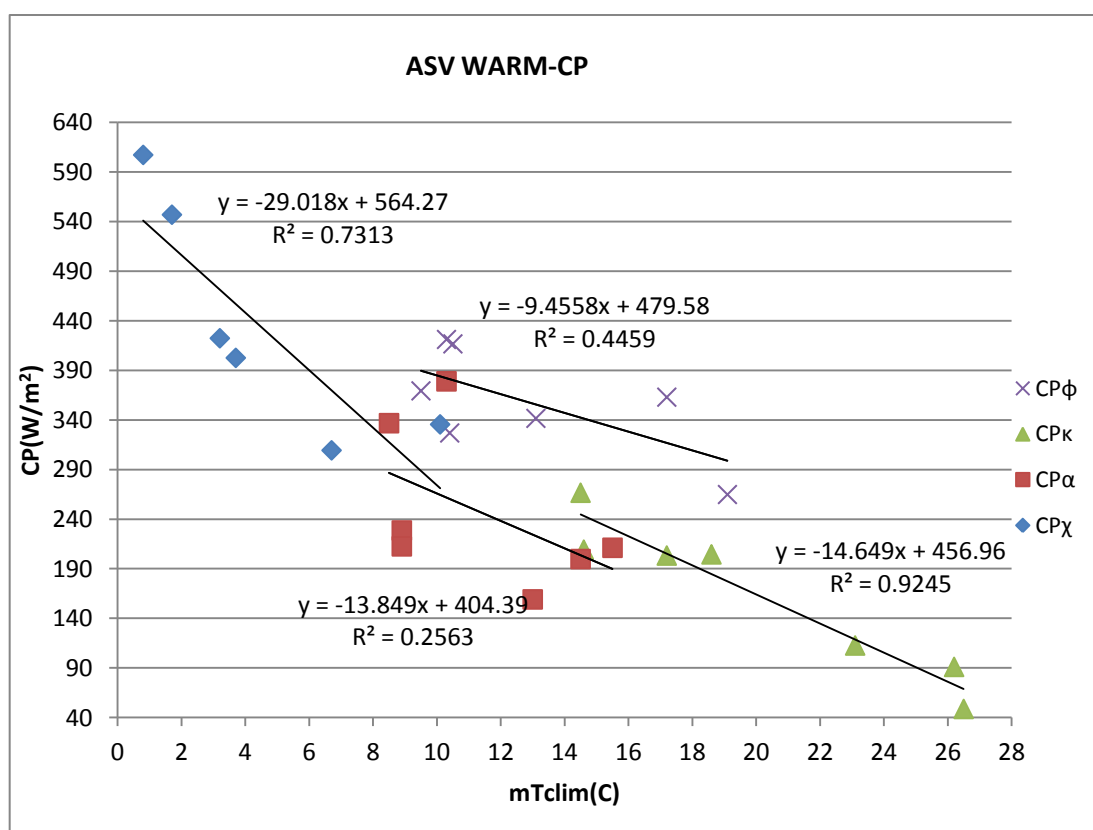


Διάγραμμα 5.50 Συσχέτιση μεταξύ ASV-neither cold or warm, Tclim, CP εποχιακό.

Πίνακας 5.43 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη CP, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV warm.

CP WARM								
	Χειμώνας	CPχ	άνοιξη	CPα	καλοκαίρι	CPκ	φθινόπωρο	CPφ
Kassel	0.8	607.4	8.9	228.8	17.2	203.5	9.5	369.6
Fribourg	1.7	547.2	10.3	379.2	18.6	204.7	10.3	421.4

Sheffield	3.7	402.8	8.5	337.0	14.5	266.9	10.4	327.1
Cambridge	3.9		8.9	212.8	14.6	209.5	10.5	416.9
Milan	3.2	422.6	13	159.3	23.1	112.9	13.1	341.9
Thessaloniki	6.7	309.6	14.5	200.0	26.2	91.3	17.2	363.2
Athens	10.1	335.8	15.5	211.3	26.5	48.9	19.1	265.1

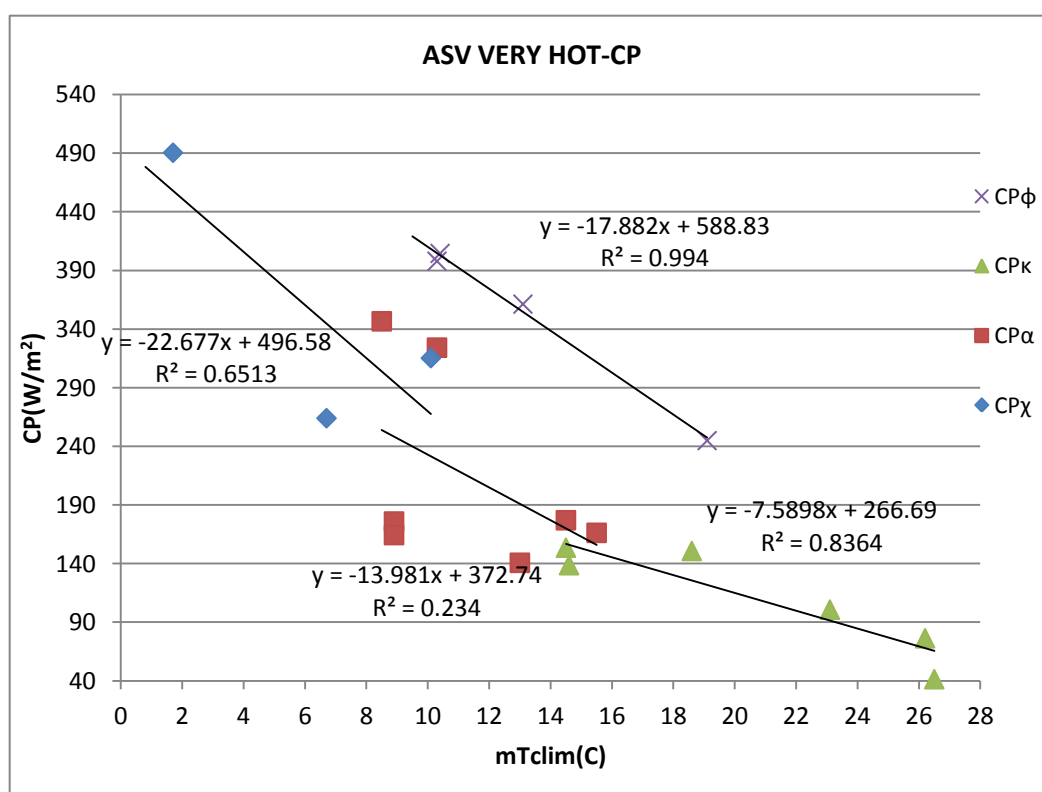


Διάγραμμα 5.51 Συσχέτιση μεταξύ ASV- warm, Tclim, CP εποχιακό.

Πίνακας 5.44 Κλιματική μέση εποχιακή θερμοκρασία και τιμές του δείκτη CP, για όλες τις πόλεις που διεξήχθη η έρευνα, για την κλάση ASV very hot.

CP VERY HOT								
	Χειμώνας	CPχ	άνοιξη	CPα	καλοκαίρι	CPκ	φθινόπωρο	CPφ
Kassel	0.8		8.9	176.1	17.2		9.5	
Fribourg	1.7	490.6	10.3	324.4	18.6	151.0	10.3	398.1

Sheffield	3.7		8.5	346.8	14.5	153.8	10.4	404.7
Cambridge	3.9		8.9	164.5	14.6	138.9	10.5	
Milan	3.2		13	140.9	23.1	101.0	13.1	361.5
Thessaloniki	6.7	264.2	14.5	177.2	26.2	76.5	17.2	
Athens	10.1	315.4	15.5	166.4	26.5	41.7	19.1	245.1



Διάγραμμα 5.52 Συσχέτιση μεταξύ ASV-very hot, Tclim, CP εποχιακό.

Από τα διαγράμματα 5.48 έως 5.52, των εποχιακών κλιματικών μέσων θερμοκρασιών και του δείκτη CP, παρατηρείται πως εμφανίζεται η αναμενόμενη μετάβαση σε μικρότερες τιμές CP με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Υπάρχει σαφής συσχέτιση της κλιματικής τιμής της θερμοκρασίας με το μέσο CP, ανά εποχή, για το οποίο καταγράφεται ένα συγκεκριμένο αίσθημα θερμικής άνεσης (εκφρασμένο μέσω του ASV). Ενώ η αρχική κλίμακα ταξινόμησης του θερμικού αισθήματος βάσει του CP είναι σταθερή για όλες τις εποχές και τις κλιματικές

περιοχές, εδώ παρατηρείται ότι π.χ. $CP = 320-370W/m^2$ μπορεί να σημαίνει Very Cold όταν σημειώνεται καλοκαίρι στο Cambridge ή Very Hot όταν σημειώνεται φθινόπωρο στο Μιλάνο.

Επειδή ο CP και η θερμοκρασία του αέρα είναι αντιστρόφως ανάλογα ποσά, ο συντελεστής παλινδρόμησης παίρνει αρνητικές τιμές, στο σύνολο των εποχών. Παρατηρείται εξαίρεση στη κλάση του ASV very cold για την περίοδο της άνοιξης, όπου ο συντελεστής παλινδρόμησης παρουσιάζει θετική τιμή και αυτό πιθανά οφείλεται στο γεγονός των ελλείπων δεδομένων εξαιτίας απουσίας ψήφου του κόσμου για θερμική αίσθηση «πολύ κρύο», στις περισσότερες πόλεις. Στα ενδιάμεσα ASV- cold, neither cold or warm, warm - παρατηρείται πως ο συντελεστής παλινδρόμησης ελαττώνεται σταδιακά από το χειμώνα προς το φθινόπωρο. Ταυτόχρονα, παρατηρείται σταθερή ελάττωσή του με την αύξηση κλάσης του ASV.

Στις ενδιάμεσες κλάσεις του ASV - cold, neither cold or warm, warm ο συντελεστής συσχέτισης (R^2) παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές το καλοκαίρι και το χειμώνα σε σχέση με την άνοιξη και το φθινόπωρο. Στην κλάση ASV very cold παρουσιάζει παρόμοια συσχέτιση για τις εποχές άνοιξη, καλοκαίρι και φθινόπωρο, ενώ το χειμώνα η τιμή του είναι σχετικά υψηλότερη. Σημαντικά υψηλότερος συντελεστής συσχέτισης σε σχέση με τα υπόλοιπα ASV παρουσιάζεται το φθινόπωρο στην κλάση του ASV very hot.

ΕΠΟΧΕΣ	ASV				
	Very cold	Cold	Neither cold or warm	Warm	Very hot
	Τιμές συντελεστή Παλινδρόμησης				
Χειμώνας	-37.04	-33.64	-31.54	-29.02	-22.68
Άνοιξη	97.26	-20.74	-17.42	-13.85	-13.98
Καλοκαίρι	-12.84	-19.25	-17.17	-14.65	-7.58

Φθινόπωρο	-10.79	-12.56	-11.33	-9.46	-17.88
------------------	--------	--------	--------	-------	--------

Περαιτέρω συζήτηση

Από τα διαγράμματα 5.38 έως 5.52 συσχέτισης των δεικτών με τη κλιματική μέση εποχική θερμοκρασία διαπιστώνεται πως και οι τρεις δείκτες εξακολουθούν να παρουσιάζουν συσχέτιση με τη μέση κλιματική θερμοκρασία. Οι αντίστοιχοι συντελεστές (συντελεστής παλινδρόμησης και συντελεστής συσχέτισης), παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές συσχέτισης για όλα σχεδόν τα ASV, σε σχέση με τις τιμές που παρουσιάζουν στην ετήσια μέση κλιματική θερμοκρασία.

Επιπλέον, εξακολουθεί να παρατηρείται αδυναμία στη σύμπτωση μεταξύ της αρχικής κλίμακας ταξινόμησης των δεικτών με βάση τη θερμική αίσθηση και τη πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων. Ακόμα, κάθε δείκτης ανεξάρτητα από την αρχική του κλίμακα ταξινόμησης, παρουσιάζει τιμές που δε συμφωνούν με την κλάση που βρίσκεται κάθε φορά.

5.5 Μεθοδολογία διορθώσεων

Οι παρατηρήσεις των διαγραμμάτων που παρατέθηκαν στα προηγούμενα υποκεφάλαια, οδήγησαν στο συμπέρασμα πως και οι τρεις δείκτες θα πρέπει να υποστούν τροποποιήσεις οι οποίες θα περιλαμβάνουν: 1) διόρθωση στις κλίμακες τους, ούτως ώστε να επιτευχθεί μία καλύτερη προσέγγιση μεταξύ των ενδείξεων των δεικτών και του πραγματικού θερμικού αισθήματος. Αυτό προϋποθέτει πως η κλίμακα του κάθε δείκτη θα είναι διαφορετική σε κάθε πόλη και 2) Λαμβάνοντας υπόψη την εξάρτηση κάθε δείκτη από τη μέση κλιματική θερμοκρασία,

η τροποποίηση των δεικτών θα πρέπει να περιλαμβάνει και την παράμετρο αυτή (Tclim).

Η επεξεργασία των διορθώσεων που ακολουθούν πραγματοποιήθηκε κάνοντας χρήση των αρχείων εντολών (syntax files) του SPSS και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο παράρτημα ΙΙΙ.

Μία τιμή δείκτη αντιστοιχεί σε μία κλάση θερμικής άνεσης σύμφωνα με την κλίμακα του δείκτη (δείκτηςCLASS) (Πίνακες Π3.1-Π3.3). Αυτή η κλάση θερμικής άνεσης θα έπρεπε να ταυτίζεται με την καταγεγραμμένη κλάση του πραγματικού θερμικού αισθήματος (ASV). Για να επιτευχθεί αυτό έπρεπε να διορθωθεί η κλίμακα του δείκτη. Η διόρθωση αυτή ονομάστηκε dδείκτης (dPET, dTHI, dCP) και θεωρήθηκε πως ορίζεται από τη σχέση

dδείκτης= δείκτης – δείκτηςCLASS|_{ASV}. Παρατηρήθηκε πως η μεθοδολογία αυτή δίνει καλές συσχετίσεις όταν εξετάζεται ανά ASV και εν συνέχεια έγινε προσπάθεια προσαρμογής μίας γραμμικής εξίσωσης της μορφής dδείκτης= α + βTclim, στις μέσες ετήσιες τιμές δεδομένων. Η σχέση που προέκυψε παρουσίασε πολύ χαμηλό συντελεστή συσχέτισης και επαναλήφθηκε η ίδια διαδικασία για τις εποχιακές μέσες κλιματικές τιμές της θερμοκρασίας. Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν οι πίνακες διπλής εισόδου (Πίνακες Π3.4-Π3.6) για να ελεγχθεί η επιτυχία ή όχι της επιχειρούμενης διόρθωσης και παρατηρήθηκε πως υπήρχαν ελάχιστες διαφορές από την αρχική κατάσταση (μοντέλο μέσων τιμών). Εν συνέχεια έγινε προσπάθεια διόρθωσης με χρήση των συνολικών πραγματικών δεδομένων από τα ερωτηματολόγια και δοκιμάστηκε μία διαφορετική μορφή διόρθωσης εισάγοντας δευτεροβάθμιο όρο της Tclim καθώς και θεωρώντας τους δείκτες PET, THI, CP, ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Δηλαδή η πρώτη προσέγγιση διόρθωσης έγινε βάση της σχέσης:

διορθωμένος δείκτης= αρχική μορφή δείκτη – dδείκτη(α + β Tclim),

PETnewCLASS= PET- (2.43 - 0.37Tclim)

THInewCLASS= THI- (-1.57 + 0.33Tclim)

CPnewCLASS= CP – (83.36 – 24.53Tclim)

ενώ η δεύτερη προσέγγιση διόρθωσης σύμφωνα με τη σχέση:

$$\text{διορθωμένος δείκτης} = \alpha + \beta \text{δείκτης} + \gamma \text{Tclim} + \delta \text{Tclim}^2$$

$$\text{PETcorrectCLASS} = 10.43 + 0.72\text{PET} + (-0.14\text{Tclim}) + 0.01\text{Tclim}^2$$

$$\text{THIcorrectCLASS} = 2.37 + 0.99\text{THI} + (-0.13\text{Tclim}) + (-0.01\text{Tclim}^2)$$

$$\text{CpcorrectCLASS} = 129.2 + 0.99\text{CP} + 1.65\text{Tclim} + 0.42\text{Tclim}^2$$

Εξετάζοντας τους πίνακες διπλής εισόδου και τα αποτελέσματα της νέας μεθόδου χρησιμοποιώντας τα δεδομένα ερωτηματολογίου παρατηρήθηκε πως παρουσίασε μικρή επιτυχία, όμως υπήρχε έντονη τάση συγκέντρωσης των δεδομένων στις κεντρικές κλάσεις του ASV (Πίνακες Π3.7-Π3.9). Εκτιμώντας πως αυτό οφειλόταν στον πολύ μεγάλο αριθμό των περιπτώσεων που αντιστοιχούσαν σε ASV=0, τις οποίες οι δείκτες γενικά τις προβλέπουν ικανοποιητικά, αποφασίστηκε να επαναληφθεί η διαδικασία εξαιρώντας τα ερωτηματολόγια που αντιστοιχούσαν σε ASV=0, έτσι ώστε να δοθεί αυξημένο βάρος στις υπόλοιπες κλάσεις. Η νέα διόρθωση ακολουθεί τη μέθοδο της δεύτερης διόρθωσης χωρίς να περιλαμβάνονται οι ψήφοι που δηλώνουν «θερμική άνεση» (ASV=0)

$$\text{PETnoasv0class} = 5.75 + 0.97\text{PET} + (-0.03\text{Tclim}) + (0.02\text{Tclim}^2)$$

$$\text{THInoasv0class} = -5.35 + 1.44\text{THI} + (-0.05\text{Tclim}) + (-0.02\text{Tclim}^2)$$

$$\text{CPnoasv0class} = -59.1 + 1.53\text{CP} + (1.29\text{Tclim}) + (0.66\text{Tclim}^2)$$

Η νέα μέθοδος όπως φαίνεται και από τους σχετικούς πίνακες (Πίνακες Π3.10-Π3.12), δίνει σε γενικές γραμμές ικανοποιητικά αποτελέσματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

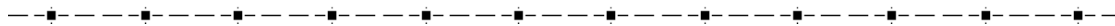
Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της σύγκρισης των τριών βιομετεωρολογικών δεικτών, PET, THI, CP, που επιλέχθηκαν να αξιολογηθούν σχετικά με την δυνατότητά τους να προβλέπουν την πραγματική θερμική άνεση των ανθρώπων (ASV), προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ✦ Οι δείκτες PET, THI, CP, παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές τις ίδιες τάσεις ως προς την αξιολόγησή τους και γι' αυτό τα ακόλουθα συμπεράσματα αναφέρονται και στους τρεις.
- ✦ Οι τρεις δείκτες, έχουν την τάση να καταλαμβάνουν μεγαλύτερες κλάσεις σε αυξημένες θερμοκρασίες και το αντίστροφο, καθώς και να προσεγγίζουν καλύτερα την πραγματική θερμική αίσθηση των ανθρώπων τις εποχές άνοιξη και φθινόπωρο, σε σχέση με τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Η παρατήρηση αυτή οδηγεί στο συμπέρασμα της άμεσης συσχέτισης των δεικτών με τη μέση κλιματική θερμοκρασία. Η καλύτερη προσέγγιση στην πραγματική αίσθηση θερμότητας (ASV) την περίοδο του φθινοπώρου και της άνοιξης, πιθανά οφείλεται στις μη ακραίες θερμοκρασίες που επικρατούν τις περιόδους αυτές. Ταυτόχρονα παρατηρείται η εξάρτηση των δεικτών με τη μέση κλιματική θερμοκρασία, να εξασθενεί σε μεγαλύτερης κλάσης ASV.
- ✦ Για κάθε κλάση του ASV οι δείκτες δεν παρουσιάζουν την τιμή που σύμφωνα με την κλίμακά τους, θα αναμενόταν και που αντιστοιχεί στην εκάστοτε κλάση της πραγματικής θερμικής αίσθησης. Επιπλέον, παρατηρείται πως η απόκλιση αυτή των ενδείξεων των δεικτών από την κλίμακά τους δεν είναι σταθερή, ούτως ώστε να χρειάζεται απλά μετατόπιση της κλίμακας, αλλά διαφέρει μεταξύ των κλάσεων του ASV.
- ✦ Σχετικά με τους τρεις δείκτες, ο PET και ο THI φαίνεται να αξιολογούν καλύτερα την πραγματική θερμική αίσθηση, από τον CP. Σε αρκετές περιπτώσεις οι δείκτες βρίσκονται στην ίδια κλάση με το ASV, ενώ οι αποκλίσεις τους τις περισσότερες φορές δεν είναι σημαντικές. Αντιθέτως, ο CP δείχνει να αποκλίνει σημαντικά από τις κλάσεις του ASV.
- ✦ Όσον αφορά τα στοιχεία της γραμμικής παλινδρόμησης, παρατηρείται πως για ASV very cold, οι δείκτες παρουσιάζουν μικρό συντελεστή συσχέτισης (R^2), ο οποίος αυξάνεται για ASV cold και στη συνέχεια παρουσιάζει ελάττωση καθώς μεγαλώνει η κλάση του ASV. Στην κατηγορία των διαγραμμάτων κλιματική μέση εποχική θερμοκρασία αέρα, ο δείκτης CP εμφανίζει μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή συσχέτισης, σε σχέση με τους PET και THI,

σε όλες τις κλάσεις του ASV. Στην κατηγορία διαγραμμάτων κλιματική μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα, ο CP παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τιμή του R^2 , σε σχέση με τους άλλους δύο δείκτες στο σύνολο ASV-CP. Για τα επιμέρους ASV, εμφανίζονται εναλλαγές στις τιμές του R^2 στους τρεις δείκτες, πάντως ο THI παρουσιάζει πάντα την χαμηλότερη τιμή του συντελεστή συσχέτισης. Ο δείκτης PET εμφανίζει μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή παλινδρόμησης (μεταβλητή x) από τον THI, σε όλα τα ASV τόσο για την κατηγορία ετήσιων όσο και για την κατηγορία εποχικών διαγραμμάτων μέσης κλιματικής θερμοκρασίας αέρα.

- ✦ Η εξάρτηση των δεικτών από την κλιματική θερμοκρασία, υποδηλώνει ότι η παράμετρος θα πρέπει να συμπεριληφθεί στην εξαγωγή των ενδείξεών τους ώστε να είναι αντιπροσωπευτικότερα τα αποτελέσματά τους.
- ✦ Τέλος, τα αποτελέσματα της παρούσης διατριβής φανερώνουν ότι οι δείκτες δεν λαμβάνουν υπόψη την προσαρμοστικότητα των ανθρώπων στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ως γνωστόν, ο άνθρωπος προσαρμόζεται στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντός του. Έτσι, ένας άνθρωπος που έχει συνηθίσει να ζει σε ένα ζεστό και ξηρό κλίμα, μπορεί να αισθανθεί πιο εύκολα θερμικά άνετα σε υψηλές θερμοκρασίες, σε σχέση με κάποιον άλλον που έχει συνηθίσει να ζει στις χαμηλές θερμοκρασίες ενός ψυχρού κλίματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ



Andrade H., 2003. *Microclimatic variations of thermal comfort in a Lisbon city district*. Proceedings of 5th international conference on urban climate, 2003, Lodz, Poland.

Αμούργης Σ., Γιαννάς Σ., Ευαγγελινός Ε., Καλογεράς Ν., Καλογήρου Ν., Helmle P., 2001. *Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Ανοικτών Χώρων*, Τόμος Α, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Αριανούτσου Μ., Γεωργίου Κ., Δημητρακόπουλος Α., Καρτάλης Κ., Παναγιωτίδης Π., Σταματόπουλος Κ., 1999. *Εισαγωγή στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον*, Τόμος Α, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

ASHRAE Standard 55-1992, *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*.

ASHRAE, 2001a. Chapter 8-Comfort. In: *Handbook of Fundamentals*. American Society for heating Refrigerating and Air Conditioning, Atlanta: 8.1 – 8.29.

Barry G.R., Chorley J.R., 1982. *Atmosphere, Weather and Climate*. London and New York.

Bernatzky, A., 1984. *The contribution of trees and green spaces to a town climate*. Journal of Energy and Buildings 5, pp. 1-10.

Bensancenot, JP, 1978: *Le bioclimat humain de Rio*. In: Suchel JB, E Altes, JP Besancenot, and P Maheras (Eds.), *Recherches de Climatologie en Milieu Tropical et Mediterranee*. Cahier No. 6 du Centre de Recherches de Climatologie, Universite de Dijon, Dijon.

Bitan A., 1980. *The impact of climate on planning and building*. Israel.

Brager G.S., de Dear R.J., 1998. *Thermal adaptation in the built environment: a literature review*. Energy and Buildings 27:83-96.

Clarke J.F., Bach W., 1971. *Comparison of the comfort conditions in different urban and suburban microenvironments*. International Journal of Biometeorology. 15, 41-54.

Climate Research Unit, University of East Anglia. Global average Temperature Change 1856 – 2004, <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature>, 2004.

Critchfield H.J., 1983. *General Climatology*. Prentice hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey.

Collins K., 1983. *Hypothermia – The facts*, Oxford University Press, Oxford.

Conti S., Meli P., Menelli G., Solimini R., Toccaceli V., Vichi M., Beltrano C., Perini L., 2005. *Epidemiologic study of mortality during the summer 2003 heat wave in Italy*. Environmental research 98:390-399.

De Freitas C.R., 1985. *Assessment of human bioclimate based on thermal response*. Int. J. Biometeorol. 29: 97-119.

Environmental Engineering Science 1, 2005a. *Thermal comfort*. <http://nesal.unisiegen.de/wwwextern/idea/keytopic/5.htm>.

- Eliasson I., 1996. *Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use*. Atmospheric Environment 30, pp.379 – 392.
- Fanger P.O., 1970. *Thermal Comfort*. Danish Technical Press. Copenhagen.
- Fanger P., 1972. *Thermal comfort*, McGraw-Hill, New York.
- Fazia Ali Toudert., 2005. *Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and dry Climate*, Freiburg.
- Giles BD, Balafoutis CH, Maheras P., 1990. Too hot for comfort The heat waves in Greece in 1987 and 1988. *International Journal of Biometeorology*, 34, 98-104.
- Givoni B.,1976. *Man, Climate and Architecture*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Givoni B., 1997. *Climate Considerations in Building and Urban Design*. Wiley, New York.
- Gonzalez R., Nishi Y., Gagge A., 1974. *Experimental evaluation of standard effective temperature. A new biometeorological index of man's thermal discomfort*. International Journal of Biometeorology 18: 1-15.
- Gulvas A., Unger J., Balazs B., Matzarakis A., 2003. *Analysis of the bioclimatic conditions within different surface structures in a medium – sized city (Szeged, Hungary)*. Acta Climatologica 36-37:37-44.
- Hage, K.D., 1975. *Urban – rural humidity differences*. J. Appl. Meteorol., 14, pg. 277-283.
- Höppe P., 1984. *Die Energiebilanz des Menschen*. Wiss. Mitt. Meteor. Inst. Univ. Munchen Nr. 49.
- Höppe P., 1999. *The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment*. International Journal of Biometeorology 43:71-75.
- Höppe P., 2002. *Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort*. Energy and Buildings 34:661-665.
- Houghton D.D., 1985. *Handbook of applied Meteorology*. John Wiley and Sons. New York.
- ISO DIS 7730 (1993) *Moderate thermal environments – determination of the PMV and PPD indices and specification on the conditions for thermal comfort*, Geneva: International Standart Organization.

Jedritzky G., 1990. *Bioklimatische bewertungsgrundlge der raume am beispiel von mesoskaligen Bioklimakarten*. ARL Beitrage Nr. 114, 7-69.

Jedritzky G., Sonning W., Swantes H., 1979. *Ein objectives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt – und Landschaftsplanung*. ARL Beitrage Nr. 28.

Κιωκάκης Λ., Σερράος Κων/νος, 2005. «Διερεύνηση μικροκλιματικών συνθηκών αστικών περιοχών σε σχέση με το ρόλο των διάφορων χρήσεων γης». Η περίπτωση του Δήμου Γλυφάδας και της ευρύτερης περιοχής του. Διπλωματική εργασία. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Κοτσίρης Γεώργιος Α., 2007. *Θερμική Άνεση*. Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα. [99]

Kyle W., 1994. *The human bioclimate of Hong Kong*. In Brazdil R, Kolar M. (eds) Proceedings of the Contemporary Climatology. Conference, Brno. TISK LITERA, Brno., pp 345-350.

Λιακάκης Εμ., 2004. *Έρευνα βιοκλιματικών συνθηκών διάφορων μορφών αστικού πρασίνου*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Landsberg H., 1981. *The Urban Climate*, Academic Press, NY.

Loose T. and Bornstein R.D., 1977. *Observations of mesoscale effects on frontal movement through an urban area*. Mon. Wea. Rev., 105, pp. 562 – 571.

Μανώλη Ελένη, 2008. *Διερεύνηση Βιοκλιματικών Συνθηκών και Προοπτικές Ανάπτυξης Στα Γεράνεια Όρη*. Μεταπτυχιακή εργασία. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Matsoukis A., Kamoutsis A., Charalampopoulos I., Panagiotou I., Chronopoulou – Sereli, 2007. *Evaluation of biometeorological conditions of mountain communities and urban center in Greece*.

Matsoukis A., Kamoutsis A., Chronopouloulou – Sereli, 2009. *Air temperature and thermal comfort in mountainous and urban regions*. International Journal of Sustainable Development and Planning (in press).

Matzarakis A., 1995. *Ανθρωποβιομετεωρολογική εκτίμηση του κλίματος της Ελλάδος*. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Matzarakis A., Mayer H., Iziomon M., 1999. *Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature*. International Journal of Biometeorology 43: 76-84.

Matzarakis A., Mayer H., 2000. *Atmospheric conditions and human thermal comfort in urban areas. 11th Seminar of Environmental Protection. 'Environment and Health'*. 20- 23 November 2000, Thessaloniki, Greece, 155 – 166.

Matzarakis A., Mayer H., Rutz F., 2002. *Radiation and thermal comfort*. Meteorological Institute, University of Freiburg, Germany.

Matzarakis A., C.R de Freitas and D. Scott, 2007. *Commission on Climate, Tourism and Recreation. 3rd International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*.

Mayer H., Matzarakis A., 1997. *Human – biometeorological assessment of urban microclimates' thermal component*. Proceedings of the Int. Symposium on Monitoring and Management of Urban Heat Island, Fujisawa – Japan, 155 – 168.

Mayer H., 1993. *Urban bioclimatology*. *Experientia* 49:957:-963.

Μουσιόπουλος, Σ.Ν., 1991. *Φαινόμενα μεταφοράς θερμότητας στην ατμόσφαιρα*. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.

Μούστρης Κ., Ι.Κ.Ζιώμας, Α.Γ. Παλιάτσος, 2008. *Χρήση Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων Για την Πρόβλεψη της Θερμικής Άνεσης – Δυσφορίας στην Ευρύτερη Περιοχή των Αθηνών τη Θερμή Περίοδο του Έτους για Τρεις Διαδοχικές Ημέρες*, 917-924.

Nagara K., Shimoda Y., Mizuno M., 1996: *Evaluation of the thermal environment in an outdoor pedestrian space*. *Atmos. Envir.* 30: 497-505.

Nikolopoulou M., Baker N., Steemers K., 2001. *Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter*. *Solar Energy* 70:227-235.

Nikolopoulou M., Lykoudis S., 2005. *Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries*.

Ντούνης Ι.Α., 1992. *Έμπειρο σύστημα ασαφούς λογικής για τον έλεγχο της θερμικής και οπτικής άνεσης στα κτίρια*, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Oke, T.R., 1973. *City size and the urban heat island*. *Atmow. Environ.* 7, 769-779.

Oke T.R., 1976. *The distance between canopy and boundary layer urban heat island*. *Atmosphere* 14,4 pp. 268-277.

Oke T.R., 1978. *Boundary Layer Climates Methuen, London*.

Oke T.R., 1981. *Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations*. J . Climatol. 1 ,pp.237 – 254.

Oke T.R., 1987. *Boundary Layer Climates*. Routledge.

Parsons K., 1993. *Human thermal environments*. Taylor & Francis, London.

Potter J., de Dear R., 2000. *Field study to calibrate an outdoor thermal comfort index. Biometeorology at the turn of the millennium*. Proc. ICB-ICUC'99. Sidney. Australia:315-319.

Rainham D., Smoyer – Tomic K., 2003. *The role of air pollution in the relationship between a heat stress index and human mortality in Toronto*. Environmental Research 93:9-19.

Rosenfeld A.H., Akbari H., Bretz S., Fishman B.L., Kurn D.M., Sailor D., Taha H.,1995. *Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates*. Journal of Energy and Buildings 28, p. 51.

RUROS project, fifth framework programme 1998-2002, E.U., Thermal Comfort Models for open spaces, Nikolopoulou M., Lykoudis S., Kikira M., CRES Hellas.

Santamouris M., Asimakopoulos D. 1996, Editors, PASSIVE COOLING OF BUILDINGS, University of Athens Greece.

Spagnolo J., de Dear R., 2003. *A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia*. Building and Environment 38: 721-738.

Siple PA and Passel CF, 1945: *Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures*. Proceedings of the American Philosophical Society, 89, 177-199.

Thom EC, 1959. *The discomfort index*. Weatherwise, 12, 57-60.

Tuller S., 1997. *Climatic controls of the cool human thermal sensation in a summertime onshore wind*. International Journal of Biometeorology 41:26-33.

Tzenkova AS, Kandjov IM, Ivancheva JN, 2003: *Some biometeorological aspects of urban climate in Sofia*. Proceedings of Fifth International Conference on Urban Climate, Lodz, Poland, Vol. 2,103-106.

Unger. J., 1999. *Comparison of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central European city*. International Journal of Biometeorology. 43,139-144.

Voogt J.A., 2002. *Encyclopedia of Global Environment Change*. John Wiley & Sons, pp. 660-666.

Χαραλαμπίδης Ι., 2006. *Εκτίμηση Βιομετεωρολογικών Δεικτών σε Φυτοκαλυμμένους και μη Χώρους*. Μεταπτυχιακή Εργασία. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Χρονοπούλου – Σερέλη Α. και Ουζιέλ Μ., 1990. *Μαθήματα Βιοκλιματολογίας*, Γ.Π.Α., Αθήνα.

<http://alpha.cres.gr/RUROS>

<http://www.standklima.com>

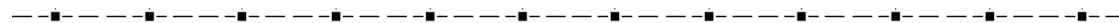
<http://www.metoffice.gov.uk/climate/uk/averages/19712000/sites/sheffield.html> - 38k

<http://www.noaa.gov>.

<http://climate.fizber.com/vermont-city-sheffield-climate.html> - 81k –

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Ερωτηματολόγια συνεντεύξεων



A. OBSERVATIONS

Description of subject: date - time location in space (indicate on map below) activity

Circle where appropriate

- Age group: child, teenager, 18-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, >65
- Sex: Male, Female
- Clothing: - T-shirt, (sleeveless/short/long) shirt, (cotton/woollen) jumper, sweatshirt
- shorts, trousers, jeans, skirt (long, short), dress (short/long, no/short/long sleeves)

- vest, cardigan, jacket (denim/cotton, wool), raincoat, overcoat, tie
- umbrella
- Cap/hat , Sunglasses
- Earphone
- Food/drink consumption:
a) Cold drink b) Hot drink c) Food
- Interviewee is there:
1) Alone 2) With 1 person 3) With more than 2 persons 4) With a dog

- Interviewee presently stay in sunlight:

1) Yes 2) No

- Person making movements to screen his/her eyes from excessive light (e.g. moving hands above the eyes, rotating or bending the head, blinking)

1) Yes 2) No

- Interviewee performing a reading or writing task just before the interview:

1) Yes 2) No

- Interviewee watching something distant (i.e. >10m away) just before the interview:

1) Yes 2) No

- Which direction sector is the Interviewee presently looking at?

B. QUESTIONS

- At the moment, do you find it:

very cold	cold	neither cold or warm	Warm	very hot
-----------	------	----------------------	------	----------

- What do you think of the **sun** at this moment? (*only asked if sunny*)

you'd prefer more	OK	too much sun
-------------------	----	--------------

- What do you think of the **wind** at this moment?

stale	Little wind	OK	Windy	too much wind
-------	-------------	----	-------	---------------

- Are you feeling **comfortable**?

yes	no
-----	----

- What do you think of the **luminous appearance** of this space?

very dark	Dark	neither dark nor bright	Bright	very bright
-----------	------	-------------------------	--------	-------------

- Do any surfaces appear noticeably **glaring** to you? *(Some answers may not apply for certain cases)*

No					
Ground or pavement	Surrounding buildings	Vegetation	Water surface	Urban furniture	Canopy or sky

- Does the **view** from your position affects your appreciation of this site?

negatively	not at all	positively
------------	------------	------------

- What is your general feeling towards the **sound level** in this space at this moment?

very quiet	quiet	neither quiet nor noisy	Noisy	Very noisy
------------	-------	-------------------------	-------	------------

- How would you describe the **acoustic** environment at your **home**?

very quiet	quiet	neither quiet nor noisy	Noisy	Very noisy
------------	-------	-------------------------	-------	------------

- Classify the **4** predominant of the following sounds by '**annoyance**', '**neither favour nor annoyance**', '**favour**' *(Choose 4 sounds only according to the site)*

Twittering of birds (A, N, F)	Speaking from surrounding people (A, N, F)	Vehicle parking (A, N, F)
Bells of church (A, N, F)	Music played on street (A, N, F)	Passenger cars (A, N, F)
Murmurs of water (A, N, F)	Bells or music from clock (A, N, F)	Passenger buses (A, N, F)
Pedestrian crossing (A, N, F)	Music from passenger cars (A, N, F)	Music from stores (A, N, F)
Insects sound (A, N, F)	Children's shouting (A, N, F)	Constructions (A, N, F)

- Why have you come here?.....
- Where were you before you came here?
- How frequently do you use the space? 1) per day.... 2) per week... 3) per month...4) per year...
- Is there something you don't like in the area?
- What is the use of open space according to your opinion?
- Are you local inhabitant? 1) Yes 2) No (Where are you from?.....)
- Are you a? 1) pupil/student 2) working person 3) pensioner 4) housekeeper 5) other*.....
(* ask if tourist and additionally note here)
- What is your educational level? 1) primary school 2) secondary school 3) higher education

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Κλιματικά δεδομένα

1. ΑΘΗΝΑ

Γεωγραφικό πλάτος : 37°58'N

Γεωγραφικό μήκος : 23°43'Ε

Υψόμετρο : 107 m

Κλιματικός τύπος : Köppen Csa

(χερσαίο Μεσογειακό)

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, ΑΘΗΝΑ

Παράμετροι	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΟΣ	Περίοδ.
Μέση θερμοκρασία (°C)	9.3	9.9	11.3	15.3	20	24.6	27.6	27.4	23.5	19	14.7	11	17.8	
Μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)	12.9	13.9	15.5	20.2	25	29.9	33.2	33.1	29	23.8	18.6	14.6	22.5	30
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	6.4	6.7	7.8	11.3	15.9	20	22.8	22.8	19.3	15.4	11.7	8.2	14	30
Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία (°C)	20.9	22.5	27.8	32.2	36.2	41.9	42.3	42.6	38.4	36.5	27.7	22.2	42.6	30
Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	-4.4	-5.7	-7	-3	6.2	13.6	16	15.5	11.6	7.2	-1.1	-3.7	-5.7	30
Μέση σχετική υγρασία (%)	74	70	67	63	59	53	47	47	56	67	73	75	63	
Μέση βροχόπτωση(mm)	62	36	38	23	23	14	6	7	15	51	56	71	402	
Μέγιστη βροχόπτωση (mm)														
Ελάχιστη βροχόπτωση (mm)														
Μέγιστη βροχόπτωση σε 24 h (mm)	47	61	42	30	50	49	24	39	143	67	57	48	143	30
Μέρες με βροχόπτωση	12	11	10	8	7	5	2	3	4	8	12	12	93	
Μέση ηλιοφάνεια (h)	149	156	190	215	232	292	364	340	272	210	129	108	2655	
Ακτινοβολία (Ly/d)														
Δονητική εξάτμιση (mm)	16	17	30	52	91	136	174	160	109	70	36	22	913	36
Μέση ταχύτητα ανέμου	1.9	2.2	2.7	1.8	1.8	1.8	2.2	2.2	1.9	1.8	2.3	2.1	2.0	
Διεύθυνση ανέμου	NE	NE.SW	NE	NE	S	SW	NE	NE	NE	NE	NE	NE		

2. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Γεωγραφικό πλάτος: 40° 39' N

Γεωγραφικό μήκος: 23° 07' E

Υψόμετρο : 2 m

Κλιματικός τύπος : Köppen Csa

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Παράμετροι	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ								Περίοδος
Μέση θερμοκρασία (°C)	5.5	7.1	9.6	14.5	19.6	24.7								
Μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)	9.4	11.7	14.4	19.7	24.8	29.4								27
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	1.9	2.5	5.2	9.5	14.2	18.3	20.9	20.7	17.2	12.6	8.6	4.1	11.3	27
Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία (°C)	19.5	24.2	30.1	30	37.8	37.8	41.8	40	37.4	32.7	24.2	21.2	41.8	27
Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	-10.3	-8.9	-4.7	-1.0	5.2	9.7	14.4	10.3	8.1	3.8	-2.8	-7.4	-10.3	27
Μέση σχετική υγρασία (%)	78	71	69	67	66	56	51	52	60	69	76	78	66	
Μέση βροχόπτωση (mm)	44	34	35	36	40	33	20	14	28	55	56	54	449	
Ελάχιστη βροχόπτωση (mm)	28	53	45	57	61	56	48	59	51	45	44	64	64	27
Ημέρες με βροχόπτωση	6	6	7	7	6	6	4	3	4	6	7	8	70	
Μέση ηλιοφάνεια (h)	117	149	169	227	277	309	367	345	253	182	119	110	2624	27
Δηνητική εξάτμιση (mm)	8	11	29	56	99	140	166	155	105	62	27	13	871	36

3. CAMBRIDGE

Γεωγραφικό πλάτος : 52°12'N

Γεωγραφικό μήκος : 0°08'E

Υψόμετρο : 12m

Κλιματικός τύπος : Κφρρεν Cfb (υγρό
υποτροπικό)

ΒΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, CAMBRIDGE

Παράμετροι	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΟΣ	Περίοδ.
Μέση θερμοκρασία (°C)	3.5	3.9	6.1	8.8	11.9	15.1	17.0	16.8	14.4	10.4	6.7	4.5	9.9	30
Μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)	6.3	7.2	10.5	13.7	17.2	20.5	22.2	22.0	19.2	14.6	9.9	7.3	14.2	30
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	0.6	0.5	1.6	3.8	6.5	9.7	11.8	11.5	9.5	6.1	3.5	1.7	5.6	30
Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία (°C)	14.4	17.8	21.7	26.1	30.6	33.9	34.4	35.6	31.1	26.7	21.1	15.6	35.6	30
Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	-13.3	-17.2	-11.7	-4.4	-4.4	1.1	3.3	3.3	0.0	-6.1	-8.3	-10.6	-17.2	30
Μέση σχετική υγρασία (%)	91	89	85	74	75	75	77	79	83	86	90	91	83	26
Μέση βροχόπτωση (mm)	49	35	36	37	45	45	58	55	51	51	54	42	558	30
Μέγιστη βροχόπτωση (mm)														
Μέγιστη βροχόπτωση σε 24 ώρες (mm)														
Ελάχιστη βροχόπτωση (mm)	27	25	25	20	31	32	57	37	45	29	28	23	57	30
Ημέρες με βροχόπτωση	15	13	10	11	11	11	12	12	11	13	14	14	147	30
Μέση ηλιοφάνεια (h)	52	69	117	153	192	202	186	177	138	105	57	42	1490	30
Ακτινοβολία (Ly/d)														
Δυνητική εξάτμιση (mm)	11	14	25	44	73	97	111	100	71	42	21	12	621	35
Μέση ταχύτητα ανέμου														
Διεύθυνση ανέμου														

4. SHEFFIELD

ΒΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, SHEFFIELD

Παράμετροι	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΟΣ
Μέση θερμοκρασία (°C)	4	3.9	6.2	8.1	11.3	13.9	15	15.1	13.7	10.3	6.7	3.2	9.7
Μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)	6.4	6.7	9.3	11.8	15.7	18.3	20.8	20.6	17.3	13.3	9.2	7.2	13.1
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	1.6	1.6	3.1	4.4	7.0	10.0	12.4	12.1	10.0	7.2	4.2	2.6	6.4
Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία (°C)													
Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία (°C)													
Μέση σχετική υγρασία (%)													
Μέση βροχόπτωση (mm)	86.5	63.4	67.9	62.5	55.5	66.7	51.0	63.5	64.3	73.9	77.7	91.9	824.7
Μέγιστη βροχόπτωση (mm)													
Ελάχιστη βροχόπτωση (mm)													
Ημέρες με βροχόπτωση	13.9	10.9	12.9	9.7	9.6	9.9	8.2	9.2	9.4	12.0	12.1	13.4	131.2
Μέση ηλιοφάνεια (h)	43.1	56.8	105.1	130.8	184.8	176.4	194.4	183.2	131.1	87.1	53.1	34.7	1380.6
Διεύθυνση ανέμου	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

5. FRIBOURG

Γεωγραφικό πλάτος : 47° 59' 43 ''

Γεωγραφικό μήκος : 7° 51' 11'

Υψόμετρο : 278 m NN

Κλιματικός τύπος : Cfb (υγρό υποτροπικό)

ΒΑΣΗ ΚΑΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, FRIBOURG

Παράμετροι	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΟΣ
Μέση θερμοκρασία (°C)	1.1	2.1	6.3	10.3	14.5	17.7	19.4	18.8	15.6	10.1	5.4	1.9	10.3
Μέση μέγιστη θερμοκρασία(°C)	4.0	5.6	11.1	15.3	19.7	22.8	24.7	24.3	20.8	14.3	8.5	4.6	10.6
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)													
Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	-1.6	-1	1.7	5	8.9	12	13.8	13.3	10.7	6.4	2.5	-8	5.9
mittl. tδgl. Tieftstemp.(°C)													
Eistage (< 0 °C)	9	8	1	0	0	0	0	0	0	0	3	7	28
Frosttage	13	13	5	0	0	0	0	0	0	0	6	11	49
Heiztage	31	28	30	26	16	8	3	3	10	26	30	31	241
Sommertage	0	0	0	1	5	10	18	18	6	0	0	0	58
HeißeTage	0	0	0	0	0	2	7	5	0	0	0	0	14
Niederschlagstage >0.1 mm	17	15	13	15	15	16	15	14	14	15	17	16	182
Niederschlag (l/m²)	61	53	53	62	81	112	101	101	91	66	69	52	903
Windgeschwindigkeit (m/s)													
Sonnenhöhestand (Grad)													
Sonnenscheindauer Stunden	53	82	153	173	228	233	247	234	174	122	62	47	1808
Globalstrahlung(W/m2)													
Globalstrahlung kWh/m² je Tag													

6. KASSEL

Γεωγραφικό πλάτος : 51°19'N

Γεωγραφικό μήκος : 9°29'E

Υψόμετρο : 158 m Κλιματικός τύπος : Köppen Cfb

(υγρό υποτροπικό)

7. ΜΙΛΑΝΟ

Παράμετρος	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΟΣ	Περίοδος
Μέση θερμοκρασία (°C)	0.1	0.9	4.7	8.9	13.3	16.5	17.9	17.4	14.3	9.2	5.0	1.6	9.2	30
Μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)	2.3	3.9	9.0	13.8	18.4	21.7	23.3	23.0	19.7	13.5	7.6	3.6	13.3	30
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	-2.4	-2.1	0.6	4.1	7.8	11.1	12.8	12.4	9.8	5.6	2.4	-0.7	5.1	30
Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία (°C)	12.8	20.2	24.2	29.0	36.2	34.8	37.0	36.5	33.9	28.3	20.4	15.5	37.0	90
Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	-26.6	-23.5	-17.6	-6.3	-3.0	0.3	3.5	4.5	-1.3	-5.4	-14.6	-20.0	-26.6	90
Μέση σχετική υγρασία (%)	84	81	75	70	69	70	73	77	78	82	84	86	77	10
Μέση βροχόπτωση (mm)	47	42	33	47	60	64	70	66	52	53	49	46	629	30
Μέγιστη βροχόπτωση (mm)														
Μέγιστη βροχόπτωση σε 24h(mm)														
Ελάχιστη βροχόπτωση(mm)														
Ημέρες με βροχόπτωση	18	15	13	15	13	14	15	14	14	14	16	16	177	30
Μέση ηλιοφάνεια (h)	48	73	137	188	221	213	203	181	150	103	51	28	1596	10
Ακτινοβολία (Ly/d)														
Δυνητική εξάτμιση (mm)	0	4	20	46	82	106	118	103	70	40	15	4	608	
Μέση ταχύτητα ανέμου														
Διεύθυνση ανέμου														

Γεωγραφικό πλάτος : 45° 28'N

Γεωγραφικό μήκος : 9° 11'E

Υψόμετρο : 147 m

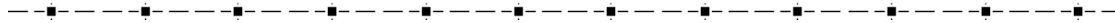
Κλιματικός τύπος : Κφρren Cfa

ΒΑΣΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ, ΜΙΛΑΝΟ

Παράμετροι	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΟΣ	Περίοδ.
Μέση θερμοκρασία (°C)	2.0	4.0	8.6	12.7	17.9	21.7	24.1	23.5	19.1	13.1	7.1	3.8	13.1	30
Μέση μέγιστη θερμοκρασία (°C)	4.5	7.6	13.11	18.2	23.1	26.5	29.1	27.6	23.8	17.2	10.4	5.9	17.3	16
Μέση ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	-0.2	1.9	5.9	9.7	13.9	17.2	19.6	18.9	16.1	11.0	6.1	1.7	10.1	16
Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία (°C)	16.4	22.0	25.0	28.9	35.0	35.7	38.3	36.8	35.1	26.6	19.7	17.4	38.3	30
Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία (°C)	-10.2	-14.1	-3.3	-0.5	3.8	6.3	11.3	10.3	6.3	-2.1	-6.2	-7.0	-14.1	30
Μέση σχετική υγρασία (%)	88	81	77	73	73	72	71	74	77	84	88	91	79	30
Μέση βροχόπτωση (mm)	55	62	93	94	83	79	63	67	75	113	93	86	963	30
Μέγιστη βροχόπτωση (mm)	208	261	264	282	339	270	233	338	343	375	337	324	1671	187
Μέγιστη βροχόπτωση το 24 h (mm)	0	0	0	1	15	1	3	3	0	0	6	0	584	187
Ελάχιστη βροχόπτωση (mm)	37	41	53	63	50	56	37	73	52	58	47	65	73	10
Μέρες με βροχόπτωση	6	6	9	10	9	8	6	5	6	9	9	9	92	30
Μέση ηλιοφάνεια (h)	62	95	158	186	223	240	282	254	180	121	51	47	1899	30
Ακτινοβολία (Ly/d)	75	133	223	320	384	426	433	370	279	166	79	60	246	30
Δυνητική εξάτμιση (mm)	2	7	26	55	97	132	153	134	89	47	17	5	764	163
Διεύθυνση ανέμου	W.SW	W.SW	NE.E	E.SW	E.SW	E.SW	ENE	NNE	E.SW	E.SW	E.SW	SW		30

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Μεθοδολογία διορθώσεων- Πίνακες διορθώσεων



Πίνακες Π3.1 έως Π3.3 Αρχικές κλάσεις δεικτών και πραγματικής θερμικής αίσθησης πριν τις διορθώσεις.

Πίνακας Π3.1 Δείκτης PET

		PET CLASS									
		-2,00	-1,50	-1,00	-,50	,00	,50	1,00	1,50	2,00	Total
ASV Very cold	Count	79	121	133	42	14	3	1	0	0	393

Πίνακας Π3.2 Δείκτης THI

Cool	Count	166	253	390	472	341	325	114	28	5	2094
	% within ASV	7,9%	12,1%	18,6%	22,5%	16,3%	15,5%	5,4%	1,3%	,2%	100,0%
Neither cool nor warm	Count	62	177	539	920	985	852	315	62	1	3913
	% within ASV	1,6%	4,5%	13,8%	23,5%	25,2%	21,8%	8,1%	1,6%	,0%	100,0%
Warm	Count	5	10	70	267	428	714	489	134	29	2146
	% within ASV	,2%	,5%	3,3%	12,4%	19,9%	33,3%	22,8%	6,2%	1,4%	100,0%
Very hot	Count	0	0	3	6	27	91	125	91	33	376
	% within ASV	,0%	,0%	,8%	1,6%	7,2%	24,2%	33,2%	24,2%	8,8%	100,0%
Total	Count	312	561	1135	1707	1795	1985	1044	315	68	8922
	% within ASV	3,5%	6,3%	12,7%	19,1%	20,1%	22,2%	11,7%	3,5%	,8%	100,0%

			THICLASS				
			-1,00	,00	1,00	2,00	Total
ASV	Very cold	Count	351	39	6	0	396
		% within ASV	88,6%	9,8%	1,5%	,0%	100,0%
	Cool	Count	886	804	509	0	2199
		% within ASV	40,3%	36,6%	23,1%	,0%	100,0%
	Neither cool nor warm	Count	993	2001	978	7	3979
		% within ASV	25,0%	50,3%	24,6%	,2%	100,0%
	Warm	Count	156	968	1020	26	2170
		% within ASV	7,2%	44,6%	47,0%	1,2%	100,0%
	Very hot	Count	2	60	284	26	372
		% within ASV	,5%	16,1%	76,3%	7,0%	100,0%
Total		Count	2388	3872	2797	59	9116
		% within ASV	26,2%	42,5%	30,7%	,6%	100,0%

Πίνακας Π3.3 Δείκτης CP

			CPCLASS				
			-1,00	,00	1,00	2,00	Total
ASV	Very cold	Count	13	311	66	5	395
		% within ASV	3,3%	78,7%	16,7%	1,3%	100,0%
	Cool	Count	64	1075	624	437	2200
		% within ASV	2,9%	48,9%	28,4%	19,9%	100,0%
	Neither cool nor warm	Count	23	1632	1679	657	3991
		% within ASV	,6%	40,9%	42,1%	16,5%	100,0%
	Warm	Count	2	423	1056	687	2168
		% within ASV	,1%	19,5%	48,7%	31,7%	100,0%
	Very hot	Count	0	12	121	243	376
		% within ASV	,0%	3,2%	32,2%	64,6%	100,0%
Total		Count	102	3453	3546	2029	9130
		% within ASV	1,1%	37,8%	38,8%	22,2%	100,0%

Πίνακες Π3.4 έως Π3.6 Πρώτη διόρθωση με βάση τη σχέση δείκτης = δείκτης - δείκτηςCLASS

Πίνακας Π3.4 Δείκτης PET

		PETnewCLASS									Total
		-2,00	-1,50	-1,00	-,50	,00	,50	1,00	1,50	2,00	
ASV Very cold	Count	82	49	124	104	24	6	3	0	0	392
	% within ASV	20,9%	12,5%	31,6%	26,5%	6,1%	1,5%	,8%	,0%	,0%	100,0%
Cool	Count	208	171	301	433	348	228	235	127	37	2088
	% within ASV	10,0%	8,2%	14,4%	20,7%	16,7%	10,9%	11,3%	6,1%	1,8%	100,0%
Neither cool nor warm	Count	103	157	388	752	829	842	529	243	63	3906
	% within ASV	2,6%	4,0%	9,9%	19,3%	21,2%	21,6%	13,5%	6,2%	1,6%	100,0%
Warm	Count	8	14	40	189	352	525	548	320	148	2144
	% within ASV	,4%	,7%	1,9%	8,8%	16,4%	24,5%	25,6%	14,9%	6,9%	100,0%
Very hot	Count	0	0	2	3	22	31	97	135	84	374
	% within ASV	,0%	,0%	,5%	,8%	5,9%	8,3%	25,9%	36,1%	22,5%	100,0%
Total	Count	401	391	855	1481	1575	1632	1412	825	332	8904
	% within ASV	4,5%	4,4%	9,6%	16,6%	17,7%	18,3%	15,9%	9,3%	3,7%	100,0%

Πίνακας Π3.5 Δείκτης THI

			THInewclass			
			-1,00	,00	1,00	Total
ASV	Very cold	Count	369	26	1	396
		% within ASV	93,2%	6,6%	,3%	100,0%
	Cool	Count	1084	1108	9	2201
		% within ASV	49,3%	50,3%	,4%	100,0%
	Neither cool nor warm	Count	1423	2448	106	3977
		% within ASV	35,8%	61,6%	2,7%	100,0%
	Warm	Count	291	1674	193	2158
		% within ASV	13,5%	77,6%	8,9%	100,0%
	Very hot	Count	6	278	89	373
		% within ASV	1,6%	74,5%	23,9%	100,0%
Total		Count	3173	5534	398	9105
		% within ASV	34,8%	60,8%	4,4%	100,0%

Πίνακας Π3.6 Δείκτης CP

			CPnewCLASS				
			-1,00	,00	1,00	2,00	Total
ASV	Very cold	Count	160	235	0	0	395
		% within ASV	40,5%	59,5%	,0%	,0%	100,0%
	Cool	Count	350	1836	13	0	2199
		% within ASV	15,9%	83,5%	,6%	,0%	100,0%
	Neither cool nor warm	Count	343	3539	111	0	3993
		% within ASV	8,6%	88,6%	2,8%	,0%	100,0%
	Warm	Count	52	1934	174	9	2169
		% within ASV	2,4%	89,2%	8,0%	,4%	100,0%
	Very hot	Count	2	317	55	3	377
		% within ASV	,5%	84,1%	14,6%	,8%	100,0%
Total		Count	907	7861	353	12	9133
		% within ASV	9,9%	86,1%	3,9%	,1%	100,0%

Πίνακες Π3.7 έως Π3.9 Διόρθωση με την εισαγωγή δευτεροβάθμιου όρου της μεταβλητής Tclim,

σύμφωνα με τη σχέση Διορθωμένος δείκτης= $\alpha + \beta$ δείκτης + γ Tclim + δ Tclim²

Πίνακας Π3.7 Δείκτης PET

		PETcorrectCLASS							Total
		-1,50	-1,00	-,50	,00	,50	1,00	1,50	
ASV Very cold	Count	9	215	129	35	4	0	0	392
	% within ASV	2,3%	54,8%	32,9%	8,9%	1,0%	,0%	,0%	100,0%
Cool	Count	4	346	674	802	235	26	0	2087
	% within ASV	,2%	16,6%	32,3%	38,4%	11,3%	1,2%	,0%	100,0%
Neither cool nor warm	Count	3	146	865	1841	956	91	2	3904
	% within ASV	,1%	3,7%	22,2%	47,2%	24,5%	2,3%	,1%	100,0%
Warm	Count	1	9	112	739	974	290	18	2143
	% within ASV	,0%	,4%	5,2%	34,5%	45,5%	13,5%	,8%	100,0%
Very hot	Count	0	0	4	87	130	126	29	376
	% within ASV	,0%	,0%	1,1%	23,1%	34,6%	33,5%	7,7%	100,0%
Total	Count	17	716	1784	3504	2299	533	49	8902
	% within ASV	,2%	8,0%	20,0%	39,4%	25,8%	6,0%	,6%	100,0%

Πίνακας Π3.8 Δείκτης THI

			THIcorrectCLASS			
			-1,00	,00	1,00	Total
ASV	Very cold	Count	350	44	2	396
		% within ASV	88,4%	11,1%	,5%	100,0%
	Cool	Count	933	1229	37	2199
		% within ASV	42,4%	55,9%	1,7%	100,0%
	Neither cool nor warm	Count	984	2743	250	3977
		% within ASV	24,7%	69,0%	6,3%	100,0%
	Warm	Count	145	1651	374	2170
		% within ASV	6,7%	76,1%	17,2%	100,0%
	Very hot	Count	2	244	127	373
		% within ASV	,5%	65,4%	34,0%	100,0%
Total		Count	2414	5911	790	9115
		% within ASV	26,5%	64,8%	8,7%	100,0%

Πίνακας Π3.9 Δείκτης CP

						CPcorrectCLASS
		-2,00	-1,00	,00	1,00	Total

ASV	Very cold	Count	1	143	250	1	395
		% within ASV	,3%	36,2%	63,3%	,3%	100,0%
	Cool	Count	0	404	1794	2	2200
		% within ASV	,0%	18,4%	81,5%	,1%	100,0%
	Neither cool nor warm	Count	0	327	3623	43	3993
		% within ASV	,0%	8,2%	90,7%	1,1%	100,0%
	Warm	Count	0	27	2002	140	2169
		% within ASV	,0%	1,2%	92,3%	6,5%	100,0%
	Very hot	Count	0	0	317	60	377
		% within ASV	,0%	,0%	84,1%	15,9%	100,0%
	Total	Count	1	901	7986	246	9134
		% within ASV	,0%	9,9%	87,4%	2,7%	100,0%

Πίνακες Π3.10 έως Π3.12 Διόρθωση με εξαίρεση των ερωτηματολογίων που βρίσκονται στην κλάση ASV=0

Πίνακας Π3.10 Δείκτης PET

		PETnoasv0class									Total
		-2,00	-1,50	-1,00	-,50	,00	,50	1,00	1,50	2,00	
ASV Very cold	Count	17	138	161	49	23	3	1	0	0	392
	% within ASV	4,3%	35,2%	41,1%	12,5%	5,9%	,8%	,3%	,0%	,0%	100,0%
Cool	Count	11	176	404	673	549	230	46	3	0	2092
	% within ASV	,5%	8,4%	19,3%	32,2%	26,2%	11,0%	2,2%	,1%	,0%	100,0%
Neither cool nor warm	Count	5	58	299	1046	1369	901	207	21	1	3907
	% within ASV	,1%	1,5%	7,7%	26,8%	35,0%	23,1%	5,3%	,5%	,0%	100,0%
Warm	Count	1	4	20	192	597	771	445	96	12	2138
	% within ASV	,0%	,2%	,9%	9,0%	27,9%	36,1%	20,8%	4,5%	,6%	100,0%
Very hot	Count	0	0	0	17	74	88	95	88	14	376
	% within ASV	,0%	,0%	,0%	4,5%	19,7%	23,4%	25,3%	23,4%	3,7%	100,0%
Total	Count	34	376	884	1977	2612	1993	794	208	27	8905
	% within ASV	,4%	4,2%	9,9%	22,2%	29,3%	22,4%	8,9%	2,3%	,3%	100,0%

Πίνακας Π3.11 Δείκτης THI

		THInoasv0class					
		-2,00	-1,00	,00	1,00	2,00	Total
ASV Very cold	Count	12	362	19	3	0	396
	% within ASV	3,0%	91,4%	4,8%	,8%	,0%	100,0%
Cool	Count	26	1218	881	73	1	2199
	% within ASV	1,2%	55,4%	40,1%	3,3%	,0%	100,0%
Neither cool nor warm	Count	5	1555	2031	368	10	3969
	% within ASV	,1%	39,2%	51,2%	9,3%	,3%	100,0%
Warm	Count	0	351	1296	482	33	2162
	% within ASV	,0%	16,2%	59,9%	22,3%	1,5%	100,0%
Very hot	Count	0	8	212	132	19	371
	% within ASV	,0%	2,2%	57,1%	35,6%	5,1%	100,0%
Total	Count	43	3494	4439	1058	63	9097
	% within ASV	,5%	38,4%	48,8%	11,6%	,7%	100,0%

Πίνακας Π3.12 Δείκτης CP

		CPnoasv0class					Total
		-2,00	-1,00	,00	1,00	2,00	
ASV Very cold	Count	9	257	128	1	0	395
	% within ASV	2,3%	65,1%	32,4%	,3%	,0%	100,0%
Cool	Count	52	711	1409	27	1	2200
	% within ASV	2,4%	32,3%	64,0%	1,2%	,0%	100,0%
Neither cool nor warm	Count	18	854	2923	192	6	3993
	% within ASV	,5%	21,4%	73,2%	4,8%	,2%	100,0%
Warm	Count	2	129	1730	285	23	2169
	% within ASV	,1%	5,9%	79,8%	13,1%	1,1%	100,0%
Very hot	Count	0	2	262	94	19	377
	% within ASV	,0%	,5%	69,5%	24,9%	5,0%	100,0%
Total	Count	81	1953	6452	599	49	9134
	% within ASV	,9%	21,4%	70,6%	6,6%	,5%	100,0%

Σύγκριση αποτελεσμάτων με στατιστικό έλεγχο D του Somer

Για την σύγκριση των αποτελεσμάτων, των τριών μεθόδων διόρθωσης, χρησιμοποιήθηκε ο στατιστικός έλεγχος D του Somer, ο οποίος ποσοτικοποιεί τις συσχετίσεις μεταξύ δύο μεταβλητών. Οι τιμές του κυμαίνονται μεταξύ του 1 και του -1. Όσο πιο κοντά στη μονάδα βρίσκονται οι τιμές, τόσο πιο ισχυρή είναι η σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Όπως φαίνεται στον πίνακα Π3.13, από τον

στατιστικό έλεγχο προκύπτει πως οι τρεις δείκτες κατά την αρχική τους μορφή παρουσιάζουν τιμές οι οποίες απέχουν αρκετά από τη μονάδα. Συγκριτικά με τους τρεις δείκτες, ο PET είναι αυτός που βρίσκεται πλησιέστερα στη μονάδα, ενώ ο CP παρουσιάζει τη χαμηλότερη τιμή. Με την πρώτη διόρθωση παρατηρείται βελτίωση στους δείκτες THI και CP. Ιδιαίτερα, ο CP παρουσιάζει σημαντική βελτίωση. Ωστόσο, αφενός οι βελτιώσεις που παρατηρούνται δεν είναι ικανοποιητικές, αφετέρου η τιμή του PET παρουσιάζει μικρή ελάττωση μετά την πρώτη διόρθωση. Ελέγχοντας τη δεύτερη διόρθωση παρατηρείται σημαντική βελτίωση στις τιμές και των τριών δεικτών σχετικά με την αρχική τους μορφή, δείχνοντας πως η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η σωστή, χρειάζεται όμως κάποιες βελτιώσεις. Η τρίτη διόρθωση είναι στην ουσία μία προσπάθεια βελτίωσης της δεύτερης διόρθωσης, χωρίς να δώσει όμως τα επιθυμητά αποτελέσματα. Σχετικά πάντως με τις υπάρχουσες διορθώσεις, είναι άξιο παρατήρησης πως ο δείκτης CP αν και εμφάνισε την χαμηλότερη τιμή στον στατιστικό έλεγχο στην αρχική του μορφή, παρουσίασε τις σημαντικότερες βελτιώσεις ξεπερνώντας και τους δύο άλλους δείκτες.

Πίνακας Π3.13 Αποτελέσματα στατιστικού ελέγχου D του Somer

	PET	THI	CP
Αρχική μορφή	0.382	0.363	0.290
1 ^η διόρθωση	0.343	0.422	0.436
2 ^η διόρθωση	0.456	0.460	0.504

3 ^η δίορθωση	0.439	0.408	0.422
----------------------------	--------------	--------------	--------------

