ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ – ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

ΒΙΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΕ ΑΣΤΙΚΗ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ:
ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΠΑΝΤΑΒΟΥ

ΦΥΣΙΚΟΣ



ΑΘΗΝΑ 2014

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Στους γονείς μου Γιώργο και Μίνα

ΒΙΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΕ ΑΣΤΙΚΗ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ:
ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ

ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΠΑΝΤΑΒΟΥ

Υποβλήθηκε στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

ΑΘΗΝΑ 2014

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

Επιβλέπων

Γ. Θεοχαράτος, Αναπ. Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Μέλη

Δ. Ασημακόπουλος, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Μ. Σανταμούρης, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Επταμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δ. Ασημακόπουλος, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Μ. Σανταμούρης, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Κ. Χέλμης, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Γ. Θεοχαράτος, Αναπλ. Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Κ. Καρτάλης, Αναπλ. Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Ε. Φλόκα, Αναπλ. Καθηγήτρια Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Μ.Ν. Ασημακοπούλου, Επικ. Καθηγήτρια Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή η οποία πραγματεύεται τη μοντελοποίηση της ανθρώπινης θερμικής αίσθησης και την εμπειρική βαθμονόμηση ευρέως διαδεδομένων βιομετεωρολογικών δεικτών για την εφαρμογή τους σε Μεσογειακό κλίμα, εκπονήθηκε στον Τομέα Φυσικής Περιβάλλοντος και Μετεωρολογίας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (Ε.Κ.Π.Α).

Οφείλω ένα μεγάλο και θερμό ευχαριστώ στον Αναπλ. Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Ε.Κ.Π.Α και επιβλέποντα της παρούσας διδακτορικής διατριβής κ. Γεώργιο Θεοχαράτο ο οποίος μετά την διπλωματική και την μεταπτυχιακή εργασία με εμπιστεύτηκε για άλλη μία φορά για την εκπόνηση της παρούσας διδακτορικής διατριβής. Τον ευχαριστώ για την καθοδήγηση και την αμέριστη στήριξή του όλα αυτά τα χρόνια και ιδιαίτερα καθ' όλη την διάρκεια της προσπάθειας αυτής. Επίσης ευχαριστώ θερμά τους Καθηγητές του Τμήματος Φυσικής του Ε.Κ.Π.Α κ. Δημοσθένη Ασημακόπουλο και κ. Ματθαίο Σανταμούρη για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους, τις πολύτιμες συμβουλές τους και για την έμπρακτη και σημαντική υποστήριξη τους.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω τον Κύριο Ερευνητή του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών κ. Β. Ψυλόγλου για την σημαντική υποστήριξή του στην κατασκευή του κινητού μετεωρολογικού σταθμού, την Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου του Kent κα Μ. Νικολοπούλου για τις πολύτιμες συμβουλές της για την δημιουργία του ερωτηματολογίου βάσει του οποίου διεξήχθησαν οι συνεντεύξεις και τον κ. Σ. Λυκούδη, Ειδικό Τεχνικό Επιστήμονα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών για την άμεση ανταπόκρισή του, τις καθοριστικές παρατηρήσεις του και συμβουλές του σε κάθε πρόβλημα που αντιμετώπισα σε όλα τα στάδια της διδακτορικής διατριβής.

Τις θερμές μου ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον Επίκ. Καθηγητή του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Π. Μπάγκο καθώς και τον κ. Γ. Νικολόπουλο για τις συμβουλές τους σε θέματα βιοστατιστικής. Ευχαριστώ επίσης την κα Δ. Φουντά Κύρια Ερευνήτρια του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και τον κ. Ν. Δρυ Διευθυντή της Μετεωρολογικής Σχολής της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας για την παραχώρηση μετεωρολογικών δεδομένων.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Α. Μαυράκη για την πολύτιμη βοήθειά του κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραματικών μετρήσεων, τον κ. Γ. Ορφανόπουλο για τις συμβουλές του σε θέματα προγραμματισμού, τον κ. Γ. Καταβούτα για τις εποικοδομητικές μας συζητήσεις καθώς και τους Γ. Μακρυγιάννη, Γ. Χαραλάμπους, Ε. Χατζή, Π. Παπαδάτο και Δ. Βάββα για την βοήθειά τους κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της πειραματικής διαδικασίας.

Επίσης οφείλω να ευχαριστήσω τα υπόλοιπα μέλη της επταμελούς επιτροπής, τον Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Ε.Κ.Π.Α κ. Κ. Χέλμη, τον Αναπλ. Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Ε.Κ.Π.Α κ. Κ. Καρτάλη, την Αναπλ. Καθηγήτρια του Τμήματος Φυσικής του Ε.Κ.Π.Α κα Ε. Φλόκα και την Επικ. Καθηγήτρια του Τμήματος Φυσικής του Ε.Κ.Π.Α κα Μ.Ν. Ασημακοπούλου για τις εύστοχες παρατηρήσεις και συμβουλές τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή διερευνάται η σχέση της υποκειμενικής θερμικής αίσθησης των ανθρώπων και του θερμικού περιβάλλοντος σε εξωτερικούς αστικούς χώρους στο πλαίσιο του Μεσογειακού κλίματος, λαμβάνοντας υπόψη μετεωρολογικές, προσωπικές και ψυχολογικές παραμέτρους. Παράλληλα παρουσιάζεται ένα απλό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο πρόβλεψης της θερμικής αίσθησης προσαρμοσμένο με ψυχολογικές παραμέτρους και εξετάζεται η επάρκεια δύο διαφορετικών στατιστικών μεθόδων μοντελοποίησης της θερμικής αίσθησης. Επιπρόσθετα εκτιμάται η ικανότητα προσομοίωσης ενός μεγάλου αριθμού βιοκλιματικών δεικτών οι οποίοι χρησιμοποιούνται ευρέως από την επιστημονική κοινότητα για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης και πραγματοποιείται μία προσπάθεια βαθμονόμησης της κλίμακάς τους ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μεγαλύτερη επιτυχία στην περιοχή της Αθήνας και γενικότερα σε Μεσογειακές κλιματικές ζώνες.

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε σε ένα τύπο κλίματος στο οποίο έχει δημοσιευθεί μόνο μια παρόμοια ολοκληρωμένη μελέτη ενώ παράλληλα χρησιμοποιεί διαφορετική προσέγγιση. Η θερμική αίσθηση εκφράζεται σε επταβάθμια κλίμακα και δημιουργείται θερμο-φυσιολογικό μοντέλο πρόβλεψής της, εφαρμόζοντας διαφορετική μέθοδο, τη μέθοδο της διατακτικής παλινδρόμησης. Αποτελεί την πρώτη μελέτη σε Μεσογειακό κλίμα στην οποία εξετάζεται και συγκρίνεται η εφαρμοσιμότητα πλήθους βιοκλιματικών δεικτών αναδεικνύοντας τον δείκτη που προσομοιώνει με μεγαλύτερη επιτυχία την θερμική αίσθηση. Επιπλέον, πρωτοτυπία για το Μεσογειακό κλίμα, αποτελεί η βαθμονόμηση των κλιμάκων εκτίμησης των δεικτών βελτιώνοντας την προβλεψιμότητά τους και ο καθορισμός του δείκτη που προβλέπει με μεγαλύτερη επιτυχία την θερμική αίσθηση βάσει της βαθμονομημένης κλίμακας.

Η μελέτη του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται το θερμικό τους περιβάλλον και αντιδρούν σε αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντική για την λήψη κατάλληλων μέτρων με στόχο την μείωση του κινδύνου έκθεσης του πληθυσμού και τον κατάλληλο σχεδιασμό των πόλεων, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης κατάλληλων υλικών για την κατασκευή εξωτερικών χώρων. Οι σωστά σχεδιασμένοι εξωτερικοί δημόσιοι χώροι συμβάλλουν στην βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων στις αστικές περιοχές, βελτιώνουν το μικρόκλιμα μειώνοντας την πιθανότητα θερμικής καταπόνησης, προωθούν την εξωτερική δραστηριότητα και ενισχύουν την χρήση φιλικών προς το περιβάλλον μέσων μετακίνησης, όπως περπάτημα και ποδήλατο, με αποτέλεσμα την περαιτέρω βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης εξαιτίας της μείωσης εκπομπής ρύπων, κατανάλωσης ενέργειας και περιορισμού του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

Η μελέτη αυτή αποτελεί μια έρευνα πεδίου κατά την οποία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μετεωρολογικών παραμέτρων με κινητό μετεωρολογικό σταθμό και δομημένες, βάσει ερωτηματολογίων, συνεντεύξεις ατόμων σε τρεις αστικούς εξωτερικούς δημόσιους χώρους της περιοχής της Αθήνας,

κατά την διάρκεια διαφορετικών εποχών του έτους. Παρόλο που οι συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος αυξάνουν την δυσκολία ανάλυσης των δεδομένων, αναγνωρίστηκαν πρότυπα της σχέσης της θερμικής αίσθησης και των μετρούμενων μεταβλητών ενώ προέκυψαν σημαντικά αποτελέσματα σε σχέση με τον τρόπο εκτίμησης της θερμικής αίσθησης.

Οι άνθρωποι αναγνωρίζοντας την έλλειψη ελέγχου του θερμικού περιβάλλοντος σε έναν εξωτερικό χώρο και δείχνοντας προτίμηση στις θερμότερες περιβαλλοντικές συνθήκες, παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανοχή και υποεκτιμούν τον κίνδυνο από την έκθεση σε αυτό. Διαπιστώθηκε ότι η θερμική αίσθηση επηρεάζεται και από τις τρεις κατηγορίες των εξεταζόμενων παραμέτρων: μετεωρολογικές, προσωπικές και ψυχολογικές. Οι βασικές μετεωρολογικές παράμετροι που επηρεάζουν την θερμική αίσθηση είναι η θερμοκρασία του αέρα και η ταχύτητα του ανέμου. Από τις προσωπικές παραμέτρους διαπιστώθηκε σημαντική επίδραση της θερμικής μόνωσης της ενδυμασίας ενώ από τις ψυχολογικές ο σκοπός επίσκεψης και η εποχή.

Για την δημιουργία του θερμο-φυσιολογικού μοντέλου πρόβλεψης της θερμικής αίσθησης χρησιμοποιήθηκαν δυο μέθοδοι: η γραμμική και η διατακτική παλινδρόμηση, αναπτύσσοντας δύο μοντέλα πρόβλεψης, το εμπεριστατωμένο και το εμπειρικό, τα οποία προέκυψαν αντίστοιχα λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των υπό εξέταση παραμέτρων και επιλεκτικά έναν μικρό αριθμό των παραμέτρων αυτών. Το μοντέλο που προέκυψε από την διατακτική παλινδρόμηση αναπαρήγαγε με μεγαλύτερη επιτυχία την ψήφο θερμικής αίσθησης ιδιαίτερα στην περίπτωση των ακραίων βαθμίδων της κλίμακας. Από το εμπειρικό μοντέλο προέκυψαν αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα υποδεικνύοντας ότι η ψήφος θερμικής αίσθησης μπορεί να προσομοιωθεί αρκετά καλά και από έναν μικρό αριθμό κατάλληλα επιλεγμένων παραμέτρων.

Η σύγκριση της προβλεπόμενης από τους βιοκλιματικούς δείκτες θερμικής αίσθησης με την ψήφο θερμικής αίσθησης ανέδειξε την ανάγκη βαθμονόμησης της κλίμακας των δεικτών για την εφαρμογή τους στο Μεσογειακό κλίμα. Η πλειοψηφία των δεικτών προσομοίωσε επιτυχώς περίπου το 35% των ψήφων θερμικής αίσθησης ενώ ένας μικρός αριθμός ξεπέρασε το 40% επιτυχών προβλέψεων. Σύμφωνα με τα κριτήρια που τέθηκαν, οι δείκτες που προσομοιώνουν καλύτερα την θερμική αίσθηση είναι ο Παγκόσμιος Θερμικός Κλιματικός Δείκτης (Universal Thermal Climate Index, UTCI), ο Δείκτης Υποκειμενικής Θερμοκρασίας (Subjective Temperature Index, STI), η Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (Actual Sensation Vote, ASV) χρησιμοποιώντας την εξίσωση που ισχύει για την Ευρώπη και η Ισοδύναμη Θερμοκρασία (Equivalent Temperature, T_{eq}).

Τέλος, η βαθμονόμηση της κλίμακας των βιομετεωρολογικών δεικτών πραγματοποιήθηκε με την εφαρμογή τριών διαφορετικών μεθόδων, την γραμμική, πολυωνυμική παλινδρόμηση και την ανάλυση probit. Οι βαθμονομημένες κλίμακες παρουσίασαν μικρότερο εύρος σε σύγκριση με τις αρχικές ενώ διαπιστώθηκε μετατόπιση της Μεσογειακής κλίμακας προς υψηλότερες τιμές. Οι βαθμονομημένες κλίμακες που προέκυψαν από την γραμμική και την πολυωνυμική παλινδρόμηση ήταν παρόμοιες παρουσιάζοντας σημαντικές διαφορές με τις αντίστοιχες κλίμακες

που προέκυψαν από την ανάλυση probit. Από την σύγκριση των τριών μεθόδων διαπιστώθηκε ότι η ανάλυση probit αποτελεί την καλύτερη μέθοδο βαθμονόμησης της κλίμακας των βιοκλιματικών δεικτών, βελτιώνοντας αρκετά την ικανότητα των δεικτών να προσομοιώνουν την θερμική αίσθηση.

Λέξεις Κλειδιά: θερμική αίσθηση, έρευνα με ερωτηματολόγια, μοντέλα πρόβλεψης, εμπειρική βαθμονόμηση, εξωτερικοί αστικοί χώροι

ABSTRACT

The current thesis deals with individual thermal sensation and its relationship with the Mediterranean thermal environment. The effect of weather, personal and psychological factors on thermal sensation is examined. A simple thermo-physiological predictive model of thermal sensation adjusted with psychological factors is developed while the adequacy of two different methods in estimating thermal sensation is evaluated. Moreover the present study investigates the potential of a large number of bioclimatic indices to predict thermal sensation whereas calibrates their assessment scale in order to be properly used to assess thermal comfort in outdoor spaces in Athens, Greece and in Mediterranean climates as well.

This survey was conducted in a climate in which only one similar comprehensive study has been published. Furthermore a new approach was used; thermal sensation was expressed in a 7-point scale, a thermo-physiological model was developed as well as ordinal logistic regression was applied in order to model thermal sensation. It is the first study that examines and compares the applicability of a large number of bioclimatic indices in the Mediterranean climatic zone, demonstrating the one that more successfully simulates thermal sensation. Moreover, this study is the only in a Mediterranean climate that calibrates a group of the most widely used indices, improving their predictability and identifies the one that predicted overall the best the thermal sensation based on the calibrated assessment scales.

Comprehending the way in which people perceive and interact with their thermal environment is critical since it can be useful in taking the appropriate measures to minimize risk exposure through warning systems and improving the thermal living environment through proper planning of cities and the selection of proper materials for the construction of outdoor spaces. Successful outdoor public spaces can significantly contribute to the improvement of humans living. Outdoor spaces improve the microclimate of the area and decrease potential thermal stress, enhance outdoor activity and promote the use of greener modes of transport (walking, cycling) resulting in further improvement of living conditions by lowering pollutants emissions, reducing air-condition energy consumption and inhibiting heat island.

A field questionnaire survey was carried out simultaneously with weather measurements, in three public outdoor urban areas in Athens during summer, autumn and winter. Although the varying conditions of outdoor environments increase the difficulty in data analysis, patterns in the relation between thermal sensation and environmental and personal factors were identified.

People being aware of the lack of control over the outdoor environment as well as preferring warmer thermal environments appeared to be tolerant to the variability of thermal environment and to underestimate the risks of heat exposure. Thermal sensation was defined by weather, personal and psychological factors. Air temperature and wind speed were the most important meteorological factors affecting thermal sensation. The prognostic personal factor was clothing insulation while the prevailing psychological factors were visit purpose and season. People visiting the site

for work purposes felt cooler than those visiting the site for rest, which combined with the exposure time, indicated a better adaptation to warm than cool conditions.

A simple thermo-physiological model of outdoor thermal sensation adjusted with psychological factors was developed aiming to predict thermal sensation in Mediterranean climates. Multiple linear and ordinal regression were applied in order to estimate thermal sensation making allowance for all the recorded parameters or specific, empirically selected, subsets producing so-called extensive and empirical models, respectively. The model based on ordinal regression reproduced extreme values of thermal sensation vote more adequately than the linear regression one, while the empirical model produced satisfactory results in relation to the extensive model indicating that choosing the right parameters thermal sensation vote could be predicted as well.

The analysis of thermal sensation as predicted by bioclimatic indices revealed the necessity of calibration in order to be applied in an outdoor urban Mediterranean climate. The majority of the indices predicted successfully about 35% of thermal sensation votes while only a few exceeded 40% correct predictions. According to the criteria posed in this study Universal Thermal Climate Index (UTCI), Subjective Temperature Index (STI), Actual Sensation Vote (ASV) using the equation for Europe and Equivalent Temperature (T_{eq}) reproduced more adequately thermal sensation votes in relation to the rest of the indices.

Finally, linear and polynomial regression and probit analysis were applied in order to calibrate the assessment scales of the bioclimatic indices. The calibrated assessment scales were narrower compared to the original scales, whereas the values corresponding to each class were higher compared to the original ones. The Mediterranean scales based on linear and polynomial regression were similar while significant differences were observed in relation to the scales developed by probit analysis. Probit analysis yielded better results than linear and polynomial regression, improving significantly the predictive ability of the indices.

Keywords: thermal sensation, questionnaire survey, predictive model, empirical calibration, outdoor urban spaces

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 3

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 5

ABSTRACT 7

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ 11

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

2.1. Ομοιόσταση και Προσαρμογή 21

2.2. Μοντέλα και Εξίσωση Θερμικού Ισοζυγίου 22

2.3. Βιοκλιματικοί Δείκτες 23

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

3.1. Περιγραφή Πειραματικής Διαδικασίας 47

3.2. Περιοχή Μελέτης 47

3.3. Επιλογή Πειραματικών Περιόδων 48

3.4. Πειραματικός Εξοπλισμός 51

3.4.1. Αισθητήρες και όργανα κινητού μετεωρολογικού σταθμού 51

3.4.1.1. Θερμόμετρο γκρι σφαίρας 52

3.4.2. Λογισμικό υποστήριξης 52

3.4.3. Μετρούμενες μετεωρολογικές μεταβλητές 53

3.5. Ερωτηματολόγιο Συνεντεύξεων 53

3.5.1. Προσωπικά χαρακτηριστικά 56

3.5.2. Ψυχολογικές παράμετροι 59

3.6. Επεξεργασία δεδομένων 60

3.6.1. Βαθμονόμηση μετεωρολογικών παραμέτρων 61

3.6.2. Υπολογισμός μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας 61

3.6.3. Ποιοτικός έλεγχος μετρήσεων 62

3.6.4. Αρχείο πειραματικών δεδομένων 64

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΨΗΦΟ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ

4.1. Εισαγωγή 65

4.2. Στοιχεία Θεωρίας 66

4.2.1. Σύγκριση Μέσων Τιμών 66

4.2.2. Γραμμική Παλινδρόμηση 66

4.2.3. Διατακτική Παλινδρόμηση 67

4.3. Δεδομένα-Μεθοδολογία 70

4.3.1. Πρόσθετα δεδομένα 70

4.3.2. Υπολογισμός πρόσθετων μετεωρολογικών παραμέτρων 70

4.3.3. Επεξεργασία παραμέτρων ερωτηματολογίου 71

4.3.4. Στατιστική ανάλυση 71
4.4. Αποτελέσματα 73
4.4.1. Στατιστική περιγραφή δεδομένων 73
4.4.1.1. Μετεωρολογικές συνθήκες 74
4.4.1.2. Προσωπικά χαρακτηριστικά 78
4.4.1.3. Ψυχολογικές παράμετροι 80
4.4.2. Ανίχνευση εξάρτησης ψήφου θερμικής αίσθησης με άλλες παραμέτρους 82
4.4.2.1. Μετεωρολογικές παράμετροι 82
4.4.2.2. Προσωπικά χαρακτηριστικά 87
4.4.2.3. Ψυχολογικές παράμετροι 91
4.4.3. Ποσοτικοποίηση ψήφου θερμικής αίσθησης 95
4.4.3.1. Ποσοτικοποίηση ψήφου θερμικής αίσθησης με γραμμική παλινδρόμηση 95
4.4.3.2. Ποσοτικοποίηση ψήφου θερμικής αίσθησης με διατακτική παλινδρόμηση 101
4.5. Σύνοψη και Συμπεράσματα 104
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΨΗΦΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ
5.1. Εισαγωγή 107
5.2. Δεδομένα-Μεθοδολογία 108
5.2.1. Στατιστική ανάλυση 108
5.3. Αποτελέσματα 111
5.3.1. Εμπεριστατωμένο μοντέλο πρόβλεψης ψήφου θερμικής αίσθησης 111
5.3.2. Εμπειρικό μοντέλο πρόβλεψης ψήφου θερμικής αίσθησης 119
5.4. Σύνοψη και Συμπεράσματα 123
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΨΗΦΟΣ
6.1. Εισαγωγή 127
6.2. Στοιχεία Θεωρίας 128
6.3. Δεδομένα-Μεθοδολογία 128
6.3.1. Πρόσθετα δεδομένα 128
6.3.2. Υπολογισμός πρόσθετων μετεωρολογικών παραμέτρων 128
6.3.3. Υπολογισμός βιοκλιματικών δεικτών 133
6.3.4. Στατιστική ανάλυση 134
6.4. Αποτελέσματα 134
6.4.1. Στατιστική περιγραφή δεδομένων 134
6.4.2. Σύγκριση προβλεπόμενης από τους βιοκλιματικούς δείκτες και πραγματικής θερμικής αίσθησης 139
6.4.3. Σύγκριση προβλεπόμενων τιμών από τους βιοκλιματικούς δείκτες

με τις αντίστοιχες του εμπεριστατωμένου και εμπειρικού μοντέλου 146
6.5. Σύνοψη και Συμπεράσματα 147
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ
7.1. Εισαγωγή 149
7.2. Στοιχεία Θεωρίας 150
7.3. Δεδομένα-Μεθοδολογία 151
7.3.1. Στατιστική ανάλυση 151
7.4. Αποτελέσματα 152
7.4.1.Γραμμική και Πολυωνυμική Παλινδρόμηση 152
7.4.2. Ανάλυση Probit 165
7.4.3. Αξιολόγηση Βαθμονόμησης 169
7.5. Σύνοψη και Συμπεράσματα 175
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ 177

ΛΙΣΤΑ ΑΡΧΙΚΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ 187
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ 191
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ 197
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 199

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α (ΚΩΔΙΚΑΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ) 215
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β (ΚΩΔΙΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΣΕ MATLAB) 219
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ (ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗΣ ΨΗΦΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΨΗΦΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ) 261
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ (ΚΩΔΙΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΨΗΦΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ 271
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε (ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΨΗΦΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ) 273
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ **(**ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΗΣ ΨΗΦΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟΤΕΡΕΣ ΣΕ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ 283
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ (ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗΣ ΨΗΦΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΨΗΦΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ) 291

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το αστικό κλίμα αποτελεί κοινό πεδίο έρευνας κλιματολόγων, φυσιολόγων και μηχανικών. Κάθε ένας από αυτούς τους κλάδους αντιμετωπίζει με διαφορετικό τρόπο το θέμα έχοντας όμως έναν κοινό στόχο, την βελτίωση της ποιότητας ζωής στις πόλεις. Οι κλιματολόγοι εστιάζουν στην υποβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος και στις συνέπειες που αυτό προκαλεί (Matzarakis and Nastos 2011; Moustris et al. 2013; Proias et al. 2013; Vouterakos et al. 2012), οι φυσιολόγοι στην επιβάρυνση του ανθρώπινου οργανισμού λόγω της έκθεσης στις περιβαλλοντικές συνθήκες (Burdon et al. 2010; Siegel and Laursen 2012; Tucker et al. 2006) ενώ οι μηχανικοί στον σχεδιασμό των κτιρίων ώστε να επιτυγχάνεται θερμική άνεση στο εσωτερικό τους με την μικρότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας αλλά και στο εξωτερικό τους ώστε να προάγεται η χρήση των ανοιχτών χώρων από τους κατοίκους (Nikolopoulou and Lykoudis 2007; Santamouris 2007; Santamouris 2012; Santamouris et al. 2012; Shashua-Bar et al. 2012; Tsiros 2010).

Σε αυτό το πλαίσιο έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες μελέτες σε όλο τον κόσμο για την κατανόηση της θερμικής άνεσης, αίσθησης και επιβάρυνσης στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον. Η αντίληψη του θερμικού περιβάλλοντος αποτελεί ένα πολύπλοκο πεδίο μελέτης το οποίο προσελκύει το ενδιαφέρον των ερευνητών εδώ και αρκετά χρόνια. Διάφοροι βιοκλιματικοί δείκτες έχουν αναπτυχθεί προκειμένου να μοντελοποιήσουν και να προσομοιώσουν την θερμική αλληλεπίδραση του ανθρώπινου σώματος με το θερμικό του περιβάλλον (COST Action 730 2013; Fanger 1970; Gagge 1980; Jendritzky et al 1979; Mayer and Hoppe 1987; Nagano and Horikoshi 2011; Steadman 1971, 1979; Thom 1959). Αρχικά δημιουργήθηκαν δείκτες που βασίζονταν σε μία ή περισσότερες μετεωρολογικές παραμέτρους (Dufton 1929; Haldane 1905; Houghten and Yaglou 1923; Thom 1959; Yaglou 1927). Αργότερα άρχισαν να λαμβάνονται υπόψη οι ροές θερμότητας από και προς το ανθρώπινο σώμα (Fanger 1970; Gagge et al. 1971; Höppe 1984) κάνοντας όμως παραδοχές όπως σταθερό και ομοιόμορφο περιβάλλον ή απουσία ηλιακής ακτινοβολίας, προσεγγίζοντας ικανοποιητικά ένα εσωτερικό περιβάλλον αλλά αποτυγχάνοντας να προσομοιώσουν την θερμική αίσθηση σε ένα συνεχώς

μεταβαλλόμενο και ανομοιόμορφο εξωτερικό περιβάλλον. Επιπλέον η κατανομή της θερμοκρασίας του δέρματος στο ανθρώπινο σώμα και η απώλεια ή το κέρδος της αισθητής θερμότητας διαφέρει ανάλογα με το μέρος του σώματος, που σε συνδυασμό με την ασύμμετρη ηλιακή ακτινοβολία και την τοπική ροή αέρα αναδεικνύει την εξάρτηση της θερμικής αίσθησης και από τα χαρακτηριστικά της μεταφοράς θερμότητας σε τοπικό επίπεδο κάνοντας την εκτίμησή της ακόμα περισσότερο πολύπλοκη. Στην προσπάθεια πιο ρεαλιστικής προσέγγισης των θερμικών ανταλλαγών του ανθρώπινου σώματος σε ένα εξωτερικό περιβάλλον αναπτύχθηκαν διάφορα μοντέλα όπως τα Klima Michel (Jendritzky et al. 1979; 1990); IMEM (Höppe 1984); MENEX (Błażejczyk 1994) και Fiala (Fiala et al. 1999; 2001).

Παρόλα αυτά, το γεγονός ότι οι πρώτοι δείκτες που δημιουργήθηκαν ήταν για εσωτερικό περιβάλλον, η ανάγκη εκτίμησης της θερμικής αίσθησης, καθώς επίσης το μεγάλο πλήθος και η απλοποιημένη προσέγγισή τους, οδήγησε στην ευρεία χρήση των δεικτών αυτών και στο εξωτερικό περιβάλλον. Σήμερα, το ASHRAE 55 (ASHRAE 2004) και το ISO 7730 (1994) τα οποία βασίζονται στο μοντέλο του Fanger αποτελούν διεθνή πρότυπα, έχοντας τις περισσότερες βιβλιογραφικές αναφορές (Cheng et al. 2012b). Η λανθασμένη αυτή προσέγγιση ενισχύεται από το ότι υπάρχουν διαφορετικές ψυχολογικές πτυχές στην εκτίμηση της θερμικής άνεσης σε εσωτερικό και εξωτερικό χώρο (Höppe 2002).

Με στόχο την κατανόηση σε βάθος της σχέσης της θερμικής αίσθησης με το εξωτερικό περιβάλλον και την εκτίμηση των μοντέλων και των δεικτών πρόβλεψης, πραγματοποιήθηκαν έρευνες πεδίου μελετώντας την υποκειμενική συμπεριφορά των ανθρώπων και την αντίδρασή τους σε σχέση με το περιβάλλον τους (Cheng et al. 2012a; Cohen et al. 2013; Katavoutas et al. 2009; Kwon and Parsons 2008; Lin et al. 2010; Pantavou et al. 2013a; Yin et al. 2012). Κάποιες από αυτές τις μελέτες περιελάμβαναν συνεντεύξεις ατόμων βασισμένες σε δομημένα ερωτηματολόγια και ταυτόχρονες μετρήσεις μετεωρολογικών παραμέτρων (Cohen et al. 2013; Nikolopoulou 2004; Oliveira and Andrade 2007; Thorsson et al. 2004; Yin et al. 2012). Στις έρευνες αυτές παρατηρήθηκαν αποκλίσεις της προβλεπόμενης από τους δείκτες θερμικής αίσθησης από την πραγματική ενώ αναδείχθηκε η σημαντική επίδραση των ψυχολογικών παραμέτρων στην διαμόρφωση της θερμικής αίσθησης (Knez et al. 2009; Nikolopoulou and Lykoudis 2006; Yang et al. 2013). Επίσης έγινε φανερή η διαφοροποίησή της μεταξύ των διαφορετικών κλιματικών περιοχών (Fuller and Bulkeley 2013; Lin and Matzarakis 2008; Spagnolo and de Dear 2003a). Στην

προσπάθεια εμπειρικής βελτίωσης των δεικτών δημιουργήθηκαν κάποιοι νέοι απλοί δείκτες που προέκυψαν από έρευνες πεδίου (Givoni et al. 2003; Nagano and Horikoski 2011; Nikolopoulou 2004) καθώς επίσης έγινε μια προσπάθεια προσαρμογής των δεικτών που χρησιμοποιούνταν ήδη είτε βαθμονομώντας την κλίμακά τους (Cohen et al. 2013; Lin and Matzarakis 2008; Monteiro and Alucci 2006b; Pantavou et al. 2013b) είτε τροποποιώντας τον ίδιο τον δείκτη (Kurazumi et al. 2013; Tseliou at al. 2010).

Οι δημοσιευμένες μελέτες που σχετίζονται με έρευνες πεδίου και έχουν σαν στόχο την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης σε Μεσογειακό κλίμα είναι περιορισμένες. Οι Nikolopoulou and Lykoudis (2006) παρουσίασαν τα αποτελέσματα μιας έρευνας η οποία διεξήχθη σε διάφορες Ευρωπαϊκές πόλεις, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας. Χρησιμοποιώντας 5-βάθμια κλίμακα για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης (πολύ κρύο (-2), κρύο (-1), ουδέτερα (0), ζέστη (+1), πολλή ζέστη (+2)) δημιουργήθηκε ο δείκτης Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (Actual Sensation Vote, ASV) σύμφωνα με τον οποίο το μεγαλύτερο ποσοστό των ψήφων θερμικής αίσθησης κατανέμεται στις τρεις κεντρικές κατηγορίες της κλίμακας θερμικής αίσθησης (-1, 0, +1), αποτυγχάνοντας ουσιαστικά να προσομοιώσει τις ακραίες κατηγορίες. Το 2007, οι Oliveira and Andrade δημοσίευσαν τα πρώτα αποτελέσματα της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στην Λισσαβόνα, Πορτογαλία (Andrade et al. 2011; Oliveira and Andrade 2007) εκτιμώντας όμως την βιοκλιματική άνεση μέσω των ψήφων συνολικής άνεσης στον χώρο και προτίμησης και όχι των ψήφων θερμικής αίσθησης. Πιο πρόσφατα οι Ghali et al. (2011) έκαναν μια προσπάθεια μοντελοποίησης της θερμικής αίσθησης βάσει μόνο μετεωρολογικών παραμέτρων και χρησιμοποιώντας 9-βάθμια κλίμακα θερμικής αίσθησης. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε στην Βηρυτό για χρονικό διάστημα 4 ημερών κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου. Στοχεύοντας στην βελτίωση της ικανότητας πρόβλεψης των δεικτών οι Tseliou et al. (2010) προσπάθησαν να τροποποιήσουν τρεις βιοκλιματικούς δείκτες βάσει της μέσης κλιματικής θερμοκρασίας, χωρίς όμως να παρατηρηθεί σημαντική βελτίωση καθώς επίσης οι Cohen et al. (2013) τροποποιήσαν την κλίμακα του δείκτη Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (Physiological Equivalent Temperature, PET).

Η Αθήνα είναι μια περιοχή στην οποία παρατηρούνται συχνά κύματα καύσωνα (Founda 2011) που σε συνδυασμό με το έντονο φαινόμενο της θερμικής νησίδας δημιουργούνται συνθήκες έντονης θερμικής επιβάρυνσης (Giannopoulou et

al. 2011; Katavoutas et al. 2013; Mihalakakou et al. 2002). Επομένως, είναι απαραίτητη η μελέτη σε βάθος της αντίδρασης των ατόμων στα ερεθίσματα του θερμικού περιβάλλοντός τους καθώς και η διερεύνηση της εφαρμογής των μοντέλων πρόβλεψης της θερμικής αίσθησης.

Στην παρούσα διδακτορική διατριβή έχοντας ως σκοπό την αξιολόγηση της θερμικής αίσθησης σε αστικό Μεσογειακό περιβάλλον, τέθηκαν τέσσερις στόχοι: α) η διερεύνηση των μετεωρολογικών, προσωπικών και ψυχολογικών παραγόντων που επηρεάζουν την θερμική αίσθηση β) η δημιουργία ενός απλού θερμο-φυσιολογικού μοντέλου εκτίμησής της γ) η διερεύνηση της εφαρμοσιμότητας ενός σχετικά μεγάλου αριθμού βιοκλιματικών δεικτών και δ) η βαθμονόμηση, δηλαδή η προσαρμογή της κλίμακας των βιοκλιματικών δεικτών στο πλαίσιο του Μεσογειακού κλίματος ώστε να βελτιωθεί η εφαρμογή τους σε αυτό. Ταυτόχρονα εξετάζεται η επάρκεια δύο διαφορετικών μεθόδων μοντελοποίησης της θερμικής αίσθησης, η γραμμική και η διατακτική παλινδρόμηση και συγκρίνονται τρεις μέθοδοι βαθμονόμησης, η γραμμική και $3^{ου}$ βαθμού πολυωνυμική παλινδρόμηση καθώς και η ανάλυση probit.

Αυτή η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε έναν τύπο κλίματος στον οποίο έχει δημοσιευτεί μόνο μία παρόμοια μελέτη (Nikolopoulou and Lykoudis 2006), χρησιμοποιώντας όμως διαφορετική κλίμακα και μέθοδο μοντελοποίησης της θερμικής αίσθησης ενώ πρωτοτυπία για το Μεσογειακό κλίμα αποτελεί η ανάδειξη του βιοκλιματικού δείκτη που προσομοιώνει με μεγαλύτερη επιτυχία την θερμική αίσθηση καθώς και η βαθμονόμηση της κλίμακάς τους.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια συνοπτική αναφορά των κεφαλαίων από τα οποία διαρθρώνεται η διατριβή.

Στο **Κεφάλαιο 2** γίνεται αναφορά στα θερμο-φυσιολογικά μοντέλα και παρουσιάζονται οι βιοκλιματικοί δείκτες που εξετάζονται και βαθμονομούνται στα Κεφάλαια 5 και 6.

Στο **Κεφάλαιο 3** περιγράφεται η πειραματική διαδικασία και παρουσιάζεται ο πειραματικός σχεδιασμός για την επιλογή των περιοχών και των χρονικών περιόδων διεξαγωγής των μετρήσεων. Επιπλέον περιγράφεται ο εξοπλισμός, οι μετρούμενες μετεωρολογικές μεταβλητές και το ερωτηματολόγιο βάσει του οποίου πραγματοποιήθηκαν οι συνεντεύξεις. Παράλληλα περιγράφεται ο τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων και ο υπολογισμός των πρόσθετων παραμέτρων.

Στο **Κεφάλαιο 4** αναλύεται η σχέση των υπό εξέταση παραμέτρων με την θερμική αίσθηση που δήλωσαν τα άτομα και διερευνάται ποιες από τις παραμέτρους

συνδέονται ανεξάρτητα με την θερμική αίσθηση. Οι υπό μελέτη παράμετροι έχουν χωριστεί σε τρεις κατηγορίες, στις μετεωρολογικές, προσωπικές και ψυχολογικές ενώ εξετάζεται και μια τέταρτη κατηγορία παραμέτρων που είναι ο συνδυασμός των μετεωρολογικών και προσωπικών οι οποίες αναφέρονται ως θερμο-φυσιολογικές παράμετροι. Επιπλέον εφαρμόζονται δύο μέθοδοι παλινδρόμησης, η γραμμική και η διατακτική.

Στο **Κεφάλαιο 5** παράγονται μοντέλα πρόβλεψης της θερμικής αίσθησης βάσει μετεωρολογικών, προσωπικών, θερμο-φυσιολογικών και ψυχολογικών παραμέτρων με την μέθοδο της γραμμικής και διατακτικής παλινδρόμησης. Τα μοντέλα που προκύπτουν από τις δύο μεθόδους συγκρίνονται. Συμπεραίνοντας ότι η μέθοδος της διατακτικής παλινδρόμησης προσεγγίζει με μεγαλύτερη επιτυχία την θερμική αίσθηση παρουσιάζεται το 'Εμπεριστατωμένο' μοντέλο εκτίμησης της θερμικής αίσθησης διορθωμένο με ψυχολογικές παραμέτρους. Επιπλέον λαμβάνοντας υπόψη συγκεκριμένες κατάλληλα επιλεγμένες παραμέτρους παρουσιάζεται ένα μοντέλο το οποίο ονομάζεται 'Εμπειρικό' και συγκρίνεται με τα προηγούμενα.

Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά αποτελέσματα των υπολογισμένων από κώδικα Matlab βιοκλιματικών δεικτών και διερευνάται η σχέση της θερμικής αίσθησης των ατόμων με αυτήν που προβλέπεται από τους δείκτες. Επίσης εξετάζεται η ικανότητά τους να εκτιμούν την θερμική αίσθηση βάσει τριών και ενός ποιοτικού κριτηρίου και παρουσιάζεται ο δείκτης που προβλέπει με μεγαλύτερη επιτυχία την θερμική αίσθηση σε Μεσογειακό κλίμα.

Στο **Κεφάλαιο 7** εφαρμόζονται τρεις διαφορετικές μέθοδοι, η γραμμική, η πολυωνυμική παλινδρόμηση και η ανάλυση probit με στόχο την βαθμονόμηση των βιοκλιματικών δεικτών που μελετήθηκαν στο Κεφάλαιο 6. Επιπλέον παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση της βαθμονόμησης καθώς και ο δείκτης που προβλέπει με μεγαλύτερη επιτυχία την θερμική αίσθηση σε Μεσογειακό κλίμα βάσει της βαθμονομημένης κλίμακας.

Στο **Κεφάλαιο 8** συνοψίζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από αυτήν την μελέτη ενώ παράλληλα παρουσιάζονται οι μελλοντικοί στόχοι στο συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

2.1. Ομοιόσταση και Προσαρμογή

Το ανθρώπινο σώμα χρησιμοποιώντας την τροφή και το οξυγόνο ως καύσιμο πραγματοποιεί στα κύτταρα χημικές αντιδράσεις (μεταβολισμός) και παράγει ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε μηχανικό έργο και θερμότητα. Παρουσιάζει την τάση να αυτορυθμίζει την λειτουργία του και να αντιδρά στις μεταβολές του περιβάλλοντός του προκειμένου να διατηρήσει το εσωτερικό του περιβάλλον σε σταθερή κατάσταση (ομοιόσταση) συμπεριλαμβανομένης και της θερμοκρασίας του (ομοιοθερμία). Η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος διατηρείται σταθερή σε ένα μικρό εύρος τιμών (36,1 ^{o}C έως 37,0 ^{o}C) ενώ η θερμοκρασία του δέρματος είναι δυνατόν να μεταβάλλεται.

Στην περίπτωση παρατεταμένης έκθεσης του οργανισμού σε συνθήκες διαφορετικές από αυτές που είναι συνηθισμένος, παρουσιάζει λειτουργικές και οργανικές αντιδράσεις, προκειμένου να πετύχει την καλύτερη δυνατή προσαρμογή στις νέες κλιματικές συνθήκες για την αποκατάσταση μιας νέας βιολογικής ισορροπίας (Θεοχαράτος 1998). Δηλαδή ο οργανισμός επαναπροσδιορίζει τα όρια μέσα στα οποία υφίσταται η σταθερή κατάσταση του εσωτερικού περιβάλλοντος, γεγονός που επιτρέπει τη διαβίωση στις περισσότερες περιοχές του πλανήτη. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται εγκλιματισμός. Προσαρμογή ορίζεται ως η βαθμιαία μείωση της αντίδρασης του οργανισμού σε ένα επαναλαμβανόμενο ερέθισμα και περιλαμβάνει όλες τις διαδικασίες στις οποίες υποβάλλεται ο άνθρωπος για να βελτιώσει την διαβίωσή του σε αυτό. Μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες: (1) την φυσική, που σχετίζεται με τις προσωπικές μεταβολές όπως η αλλαγή των ενδυμάτων, της θέσης και της στάσης του σώματος (αντιδραστική) και στις μεταβολές που κάνει στο περιβάλλον του όπως το άνοιγμα ενός παράθυρου ή κλιματιστικού (διαδραστική) (2) την φυσιολογική, που υποδηλώνει τις φυσιολογικές διεργασίες του οργανισμού για τον εγκλιματισμό του και (γ) την ψυχολογική προσαρμογή, που σχετίζεται με το γεγονός ότι κάθε άνθρωπος αντιλαμβάνεται το περιβάλλον με διαφορετικό τρόπο και ότι η αντίδραση σε ένα ερέθισμα εξαρτάται από την προηγούμενη εμπειρία (Nikolopoulou and Steemers 2003).

2.2. Μοντέλα και Εξίσωση Θερμικού Ισοζυγίου

Προϋπόθεση για την διατήρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος σταθερής είναι η επίτευξη της θερμικής ισορροπίας, η οποία βασίζεται σε ένα πολύπλοκο αυτορυθμιζόμενο σύστημα (θερμορύθμιση) που ελέγχεται από τον υποθάλαμο του εγκεφάλου, σχετίζεται με τις ροές θερμότητας από και προς το σώμα και μπορεί να περιγραφεί από την εξίσωση του θερμικού ισοζυγίου:

$$M - W \pm R \pm C \pm K - E = S \quad (2.1)$$

όπου M η παραγόμενη μεταβολική ενέργεια από τον οργανισμό και μπορεί να υπολογιστεί από τον ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου, W η ενέργεια που καταναλώνεται υπό την μορφή μηχανικού έργου, R, C και K η ανταλλαγή θερμότητας με ακτινοβολία, μεταφορά και αγωγή, E η αποβολή θερμότητας λόγω εξάτμισης και S η θερμότητα που αποθηκεύεται ή αποβάλλεται από τον οργανισμό.

Η εξίσωση του θερμικού ισοζυγίου αποτελεί την βάση για όλα τα μοντέλα θερμικής ισορροπίας είτε αφορούν το εσωτερικό είτε το εξωτερικό περιβάλλον. Οι διαφορές που υπάρχουν μεταξύ των μοντέλων εντοπίζονται στους συντελεστές και στην παραμετροποίηση των φυσιολογικών παραμέτρων. Από τα πρώτα και ευρέως διαδεδομένα μοντέλα είναι του Fanger (1970) το οποίο θεωρεί το περιβάλλον ως ομοιόμορφο και στατικό ενώ δημιουργήθηκε κυρίως για την εκτίμηση θερμικά άνετων εσωτερικών χώρων. Λίγο αργότερα οι Jendritzky et al. (1979, 1990) λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα που χαρακτηρίζει ένα εξωτερικό περιβάλλον σε σχέση με την ακτινοβολία συμπεριέλαβαν τις κατάλληλες παραμέτρους και παρουσίασαν το μοντέλο Klima Michel. Την ίδια εποχή με το Fanger, οι Gagge et al. (1971) πρότειναν το μοντέλο Pierce σύμφωνα με το οποίο το ανθρώπινο σώμα προσομοιώνεται με δύο ομόκεντρους κυλίνδρους (two-node), τον πυρήνα και το επιφανειακό στρώμα και αποτελείται από δύο υποσυστήματα, το σύστημα ελέγχου και το ελεγχόμενο σύστημα. Το μοντέλο αυτό εφαρμόζεται για μέτρια δραστηριότητα και ομοιόμορφες περιβαλλοντικές συνθήκες ενώ τροποποιήθηκε από τους de Dear and Pickup (2001) για την εφαρμογή του σε εξωτερικό περιβάλλον. Ο Stolwijk (1970, 1971) παρουσίασε ένα μοντέλο 24-κυλίνδρων (24-node) σύμφωνα με το οποίο το σώμα διαχωρίζεται σε 6 τμήματα και κάθε ένα από αυτά διαιρείται περαιτέρω σε τέσσερα στρώματα. Τα περισσότερα μεταγενέστερα μοντέλα πολλαπλών κυλίνδρων αποτελούν τροποποιήσεις και βελτιώσεις του μοντέλου του Stolwijk (Cheng et al. 2012b).

Πιο σύγχρονα μοντέλα είναι το στατικό και το μη στατικό μοντέλο MEMI και IMEM (Höppe 1984) για το εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον αντίστοιχα, τα οποία στηρίζονται στο μοντέλο του Fanger και στο μοντέλο Pierce. Επιπλέον το μοντέλο COMFA (Brown and Gillespie 1986) το οποίο εκτιμά την θερμική άνεση σε εξωτερικό περιβάλλον υπολογίζοντας την θερμότητα που αποθηκεύεται στον οργανισμό και το μοντέλο MENEX (Błażejczyk 1994) το οποίο προσομοιώνει τις θερμικές ανταλλαγές μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντος, για μη σταθερές και σταθερές συνθήκες, αποκλειστικά στο εξωτερικό περιβάλλον. Ένα σύγχρονο πολλαπλών κυλίνδρων θερμορυθμιστικό μοντέλο είναι το μοντέλο των Fiala et al. (2001) σύμφωνα με το οποίο το σώμα προσομοιώνεται με 20 σφαιρικά ή κυλινδρικά τμήματα και τα περισσότερα τμήματα διαχωρίζονται σε τρεις τομείς, ενώ θεωρεί ότι το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από δυο συστήματα που αλληλεπιδρούν, το ελεγχόμενο παθητικό και το ρυθμιστικό ενεργητικό σύστημα. Το πρώτο προσομοιώνει την ανταλλαγή θερμότητας στο εσωτερικό του σώματος μεταξύ της επιφάνειας του σώματος και του περιβάλλοντός του μέσω διαδικασιών αγωγής θερμότητας, ακτινοβολίας, εξάτμισης ενώ το δεύτερο προσομοιώνει την φυσιολογική αντίδραση του οργανισμού μέσω της αγγειοσύσπασης, αγγειοδιαστολής, του ρίγους και της εφίδρωσης. Το μοντέλο αυτό επιβεβαιώθηκε και αξιολογήθηκε από πειραματικά δεδομένα καλύπτοντας θερμοκρασιακό εύρος από 5 ^{o}C έως 50 ^{o}C και για δραστηριότητα από 0,8 met έως 10 met.

2.3. Βιοκλιματικοί Δείκτες

Με βάση τα μοντέλα που παρουσιάστηκαν παραπάνω αναπτύχθηκαν διάφοροι βιοκλιματικοί δείκτες για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης καθώς επίσης και δείκτες πιο απλοί στον υπολογισμό τους, που προκύπτουν από μία γραμμική εξίσωση. Οι βιοκλιματικοί δείκτες μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες: (α) δείκτες που προκύπτουν μόνο από μετεωρολογικές παραμέτρους και συνήθως εφαρμόζονται σε συγκεκριμένες κλιματικές ζώνες (άμεσοι δείκτες) (β) δείκτες που συσχετίζουν την υποκειμενική αντίληψη με τις θερμικές συνθήκες (εμπειρικοί δείκτες) (γ) θερμο-φυσιολογικοί δείκτες που βασίζονται στο θερμικό ισοζύγιο θεωρώντας το ανθρώπινο σώμα σε ένα ομοιόμορφο περιβάλλον και προσομοιώνοντάς το με έναν ή περισσότερους κυλίνδρους για να περιγράψουν τις θερμορυθμιστικές αντιδράσεις του και τη μεταφορά θερμότητας ανάμεσα σε αυτό και

το περιβάλλον του και (δ) θερμο-ψυχολογικοί δείκτες που θεωρούν ανομοιόμορφο περιβάλλον προσομοιώνοντας την τοπική και συνολική θερμική αίσθηση του σώματος, χωρίζοντάς το σε διάφορα τμήματα. Οι δύο τελευταίες κατηγορίες ονομάζονται και λογικοί δείκτες (Cheng et al. 2012b). Παρακάτω παρουσιάζονται οι βιοκλιματικοί δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.

Αποτελεσματική Θερμοκρασία (Effective Temperature, ET)

Η Αποτελεσματική Θερμοκρασία (ET, ^{o}C) παρουσιάστηκε από τους Houghton and Yaglou το 1923. Ορίζεται ως η θερμοκρασία στατικής, κορεσμένης ατμόσφαιρας η οποία απουσία ακτινοβολίας θα προκαλούσε το ίδιο αποτέλεσμα με την υπό μελέτη ατμόσφαιρα σε ένα καθιστό και κατάλληλα ενδεδυμένο άτομο και υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση (Auliciems and Szokolay 2007):

$$ET = T_{air} - 0,4 \cdot \left(T_{air} - 10\right) \cdot \left(1 - \frac{RH}{100}\right) \quad (2.1)$$

Προκειμένου να ληφθεί υπόψη και η θερμική ακτινοβολία ο Vernon (1932) αντικατάστησε την θερμοκρασία του αέρα με την θερμοκρασία σφαίρας οπότε προέκυψε η **Διορθωμένη Αποτελεσματική Θερμοκρασία (Corrected Effective Temperature, CET)**. Επειδή η ενδυμασία είχε σημαντική επίδραση σε σχέση με την ακτινοβολία και την ταχύτητα του ανέμου πρότεινε δύο εξισώσεις (Auliciems and Szokolay 2007; Hui and Wong 2011):

$$CET = \frac{1,21 \cdot T_{globe} - 0,21 \cdot T_{w}}{1 + 0,029 \cdot \left(T_{globe} - T_{w}\right)}, \text{ για κανονική ενδυμασία } (I_{cl}=1 \text{ clo}) \quad (2.2)$$

$$CET = \frac{0,944 \cdot T_{globe} - 0,056 \cdot T_{w}}{1 + 0,022 \cdot \left(T_{globe} - T_{w}\right)}, \text{ για βασική ενδυμασία } (I_{cl}=0,5 \text{ clo}) \quad (2.3)$$

Ο Missenard (1933) διαμόρφωσε μαθηματικά την ET συνδέοντας την θερμορυθμιστική ικανότητα του ανθρώπινου οργανισμού και τις διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας και ανέμου του περιβάλλοντα χώρου, προσπαθώντας να καθορίσει την ανταλλαγή θερμότητας του οργανισμού με το περιβάλλον του. Θεωρώντας κανονικές συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης και θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος (37 ^{o}C) πρότεινε την εξίσωση:

$$NET = 37 - \frac{37 - T_{air}}{0,68 - 0,0014 \cdot RH + \frac{1}{1,76 + 1,4 \cdot WS^{0,75}}} - 0,29 \cdot T_{air} \cdot \left(1 - 0,01 \cdot RH\right) \quad (2.4)$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1. Κλίμακες εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών ET, NET, SET, EqW, και T_{eq}

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Θερμική Αίσθηση	ET (°C) (Monteiro and Alucci 2006)	NET[1] (°C)	SET[1] (°C)	EqW (Billington 1987)	Θερμική Αίσθηση	T_{eq}[2] (°C)
-3	Πολύ κρύο	<13,5	<1		7	Κρύο	<18
-2	Κρύο	13,5 - 19,0	1 - 9		6	Ψύχρα	18 - 24
-1	Ελαφρύ κρύο	19,0 - 21,0	9 - 17	<17	5	Ελαφριά ψύχρα	24 - 32
0	Άνετα	21,0 - 25,5	17 - 21	17 - 30	4	Ουδέτερα	32 - 44
1	Ελαφριά ζέστη	25,5 - 27,5	21 - 23	30 - 34	3	Ελαφρώς αποπνικτικά	44 - 56
2	Ζέστη	27,5 - 33,0	23 - 27	34 - 37	2	Αποπνικτικά	>56
3	Πολλή ζέστη	>33,0	>27	>37	1		

[1] πηγή: Blazejczyk et al. 2011

[2] πηγή: Bioklima©2.6. - software for bioclimatological calculations help file

Η ET αργότερα ονομάστηκε **Κανονική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (Normal Effective Temperature, NET)** (Li and Chan 2000) και χρησιμοποιείται απο την μετεωρολογική υπηρεσία του Hong Kong στο σύστημα συναγερμού καύσωνα. Η κλίμακα εκτίμησης της θερμικής αίσθησης που χρησιμοποιείται στην κεντρική Ευρώπη παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1. Προηγούμενες έρευνες όμως είχαν δείξει ότι η ET υπερεκτιμά την υγρασία (Yaglou 1947) οπότε ήταν αισθητή η ανάγκη ορισμού ενός περιβάλλοντος. Σύμφωνα με την ASHRAE η NET (Doherty and Arens 1988; Gagge et al. 1986) ορίζεται ως η θερμοκρασία ενός περιβάλλοντος με 50% σχετική υγρασία στο οποίο το άτομο υφίσταται το ίδιο ποσό απώλειας θερμότητας με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται.

Για τον υπολογισμό της ET η ASHRAE χρησιμοποιεί το μοντέλο 2-κυλίνδρων του Pierce (ET_{ASHRAE}), σύμφωνα με το οποίο υπολογίζεται η ροή θερμότητας μεταξύ περιβάλλοντος, δέρματος και πυρήνα του ανθρώπινου σώματος ανά λεπτό. Δηλαδή μεταβάλλεται με τον χρόνο σε αντίθεση με το μοντέλο του Fanger. Ξεκινώντας από μια αρχική κατάσταση την χρονική στιγμή μηδέν το μοντέλο εκτελεί επαναλήψεις μέχρι να επέλθει ισορροπία στον ανθρώπινο οργανισμό (ως τυπικός χρόνος θεωρούνται τα 60 λεπτά). Η τελική μέση θερμοκρασία δέρματος και η υγρασία του δέρματος (skin wittedness) στη συνέχεια συνδέονται με την ET (Fountain and Huizenga 1995). Το εύρος των τιμών στο οποίο μπορεί να εφαρμοστεί ο δείκτης ET_{ASHRAE} είναι από 10 °C έως 35 °C θερμοκρασία αέρα, -10 °C έως 35 °C μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, 0 έως 100% σχετική υγρασία, 0 έως 3 $m \cdot s^{-1}$ ταχύτητα του ανέμου, 0,8 έως 5 met ρυθμό μεταβολισμού και 0,1 έως 4 clo θερμική μόνωση ενδυμασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2. Κλίμακες εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών CP και WBGT

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Ταξινόμηση θερμικής άνεσης	CP ($W \cdot m^{-2}$) (Besancenot 1978)	Συνιστώμενη Δραστηριότητα	WBGT[1] (°C)
-3	Δυσφορία λόγω κρύου	≥1050		
-2		1049 - 700		
-1	Υπό-άνετα λόγω κρύου			
0	Ουδέτερα	699 - 350	Απεριόριστη	< 18
1	Υπό-άνετα λόγω ζέστης	349 - 175	Συναγερμός για πιθανή αύξηση του δείκτη και για συμπτώματα θερμικής καταπόνησης	18–23
2	Δυσφορία λόγω ζέστης		Η άσκηση για άτομα που δεν είναι εγκλιματισμένα πρέπει να είναι περιορισμένη	23–28
3	Μεγάλη δυσφορία λόγω ζέστης	174 - 0	Άσκηση για όλους αλλά για τους καλά εγκλιματισμένους θα πρέπει να είναι περιορισμένη	28–30
		≤0	Η άσκηση θα πρέπει να σταματήσει	> 30

[1] πηγή: Blazejczyk et al. 2011

Στη συνέχεια ορίστηκε η **Τυπική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (Standard Effective Temperature, SET**, ^{o}C) ως η ET ενός τυπικού περιβάλλοντος για το οποίο ισχύει: $T_{mrt}=T_{air}$, WS=0,15 $m \cdot s^{-1}$, RH=50% ενώ για το τυπικό άτομο ισχύει: I_{cl}=0,6 clo και M=1,2 met (Monteiro and Alucci 2006a; Spagnolo and de Dear 2003). Υπολογίζεται σύμφωνα με το 2-node μοντέλο του Pierce από την θερμοκρασία και υγρασία της επιφάνειας του κυλίνδρου. Το μειονέκτημα της SET είναι ότι αναφέρεται σε ένα τυπικό άτομο (Fountain and Huizenga 1995). Η SET επεκτάθηκε έτσι ώστε να περιλαμβάνει εύρος επιπέδων δραστηριότητας και ενδυμασίας και διασκευάστηκε για εξωτερικό περιβάλλον **(OUT_SET)**. Οι de Dear και Pickup (2001) σύγκριναν τις τιμές της OUT_SET και της WBGT και όρισαν την παρακάτω σχέση (Spagnolo and de Dear 2003):

$$WBGT = 0,405 \cdot (OUT\_SET) + 11,76 \quad (2.5)$$

Τα όρια κατωφλίου των τιμών της OUT_SET φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

Ισοδύναμη Θερμοκρασία (Equivalent Temperature, T_{eq})

Ισοδύναμη θερμοκρασία (T_{eq}, ^{o}C) (Dufton 1929) ορίζεται ως η θερμοκρασία του αέρα όταν έχουν αφαιρεθεί όλοι οι υδρατμοί μέσω αδιαβατικής διαδικασίας. Υπολογίζεται από την σχέση (Bründl and Höppe 1984; Ribera et al. 2004):

$$T_{eq}=T_{air}+Lv\ w/C_p \quad (2.6)$$

όπου Lv (L/kg) η λανθάνουσα θερμότητα λόγω εξάτμισης (Bolton 1980) και υπολογίζεται από την σχέση:

$$Lv = (2,501 - 0,00237\ T_{air}) \cdot 10^6 \quad (2.7)$$

και C_p η ειδική θερμότητα του ξηρού αέρα (C_p=1005,7 $J \cdot {}^oK^{-1} \cdot kg^{-1}$). Η κλίμακα θερμικής αίσθησης σύμφωνα με την T_{eq} παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.1.

Ισοδύναμη Θερμότητα (Equivalent Warmth, EqW)

Το 1936, ο Bedford δημοσίευσε το αποτελέσματα μιας έρευνας στην οποία συμμετείχαν 2000 άτομα που εργάζονταν σε ελαφριά βιομηχανία (Bedford 1936). Συσχέτισε τις θερμικές τους ψήφους (βάσει αριθμητικής κλίμακας που κυμαινόταν από το 1 (ζέστη) έως το 7 (κρύο)) (Billington 1987) με την θερμοκρασία του αέρα και την μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, την τάση των υδρατμών και της ταχύτητας του ανέμου, ξεχωριστά και στην συνέχεια σε συνδυασμό και πρότεινε την εξίσωση:

$$EqW = 7,66 - 0,100 \cdot T_{air} - 0,097 \cdot T_{mrt} - 0,00028 \cdot e + 0,0367 \cdot (37,8 - T_{air}) \cdot \sqrt{WS} \quad (2.8)$$

Λειτουργική Θερμοκρασία (Operative Temperature, OT)

Ως Λειτουργική Θερμοκρασία (OT, ^oC) (Winslow et al. 1937) ορίζεται η θερμοκρασία μιας ομοιόμορφης ισοθερμικής μαύρης σφαίρας με την οποία ο άνθρωπος ανταλλάσει με τον ίδιο ρυθμό θερμότητας λόγω ακτινοβολίας και μεταφοράς με τον οποίο θα αντάλλασε στο ανομοιόμορφο πραγματικό περιβάλλον. Υπολογίζεται από την σχέση:

$$OpT = \frac{h_r T_{mrt} + h_c T_{air}}{h_r + h_c} \quad (2.9)$$

όπου h_c και h_r είναι οι συντελεστές ακτινοβολίας και μεταφοράς.

Η ASHRAE (1989) προτείνει έναν πιο απλό τρόπο υπολογισμού της OT που δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα.

$$OT = \frac{T_{mrt} + T_{air}}{2} \quad (2.10)$$

Ψυκτική Ισχύς (Cooling Power, CP)

Η Ψυκτική Ισχύς (CP) ($W \cdot m^{-2}$) παρουσιάστηκε από τους Siple και Passel (1945). Ορίζεται ως η απώλεια ενέργειας ανά μονάδα χρόνου και επιφάνειας σώματος που μπορεί να αντέξει ο ανθρώπινος οργανισμός και υπολογίζεται βάσει της θερμοκρασίας του αέρα και της ταχύτητας του ανέμου σύμφωνα με την εξίσωση:

$$CP = 1,163 \cdot (10,45 + 10 \cdot WS^{0,5} - WS) \cdot (33 - T_{air}) \quad (2.11)$$

Η ταξινόμηση των τιμών του δείκτη παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης του δείκτη HSI

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	HSI[1]	Ταξινόμηση τιμών για 8ωρη έκθεση
-1	-20 έως -10	Ήπια καταπόνηση/ένταση (strain) λόγω κρύου
0	0	Καθόλου καταπόνηση
1 2	10 έως 30	Ήπια έως μέτρια καταπόνηση
	40 έως 60	Έντονη καταπόνηση, κίνδυνος για την υγεία, μειωμένη απόδοση στην εργασία
	70 έως 90	Πολύ έντονη καταπόνηση, ανεκτή μόνο από υγιή και εγκλιματισμένα άτομα
3	100	Μέγιστη ανεκτή τιμή μόνο από υγιή και εγκλιματισμένα νεαρά άτομα. Μέγιστο όριο θερμικής ισορροπίας με ρυθμό εφίδρωσης 1L/h πάνω από το οποίο αρχίζει η θέρμανση του σώματος η οποία μπορεί να είναι ανεκτή για μικρή χρονική περίοδο και μόνο μέχρι 1,8 ^{o}K

[1] πηγή: Auliciems and Szokolay 2007

Δείκτης Θερμικού Στρες (Heat Stress Index, HSI)

Οι Belding and Hatch (1955) όρισαν τον Δείκτη Θερμικού Στρες (HSI, αδιάστατο) ως τον λόγο της απαιτούμενης ψύξης με εξάτμιση ώστε να διατηρηθεί ο οργανισμός σε ισορροπία (E_{req}), προς την μέγιστη δυνατή ψύξη λόγω εξάτμισης (E_{max}) υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες στις οποίες βρίσκεται το άτομο:

$$HSI = \frac{E_{req}}{E_{max}} \cdot 100 \tag{2.12}$$

Το άνω όριο της E_{max} είναι τα 700 W ή λίγο πάνω από 1 $L \cdot h^{-1}$ εξάτμιση (Auliciems and Szokolay 2007). Τα κατώφλια τιμών του HSI παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.3.

Θερμοκρασία Υγραινόμενης Σφαίρας (Wet Bulb Globe Temperature, WBGT)

Η Θερμοκρασία Υγραινόμενης Σφαίρας (WBGT, ^{o}C) παρουσιάστηκε κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης εκστρατείας για τον έλεγχο της θερμικής καταπόνησης και θερμικού στρες κατά την άθληση (Yaglou and Minard 1957). Χρησιμοποιείται ευρέως (BOM 2013; ISO 7243; OSHA 2012) και υπολογίζεται για εξωτερικό ή εσωτερικό χώρο λαμβάνοντας ή όχι την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας από τις σχέσεις:

$$WBGT_{indoor} = 0{,}7 \cdot T_w + 0{,}3 \cdot T_{globe} \tag{2.13}$$

$$WBGT_{outdoor} = 0{,}7 \cdot T_w + 0{,}2 \cdot T_{globe} + 0{,}1 \cdot T_{air} \tag{2.14}$$

Η μετεωρολογική υπηρεσία της Αυστραλίας (BOM 2013) χρησιμοποιεί μια απλοποιημένη μορφή του δείκτη στην οποία δεν λαμβάνονται υπόψη οι μεταβολές της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας ή της ταχύτητας του ανέμου ενώ υποθέτει μέτρια επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας και ελαφρύ άνεμο, με αποτέλεσμα ο δείκτης να

υπερεκτιμά την θερμική καταπόνηση τις βραδινές ή πρώτες πρωινές ώρες καθώς και σε συνθήκες νέφωσης ή με δυνατό άνεμο. Η απλοποιημένη εξίσωση είναι:

$$WBGT = 0,567 \cdot T_{air} + 0,393 \cdot e + 3,94 \quad (2.15)$$

Η κλίμακα του δείκτη περιέχεται στον Πίνακα 2.2.

Δείκτης Δυσφορίας (Discomfort Index, DI)

Δείκτης Δυσφορίας (DI, ^{o}C) αρχικά προτάθηκε από τον Thom (1959) μετά από έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Γραφείο Καιρού των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής την δεκαετία του '50. Η αρχική εξίσωση ήταν:

$$DI_{index}=8,3+0,4 \cdot T_{air}+0,4 \cdot T_{w} \quad (2.16)$$

Οι Giles et al. (1990) πρότειναν μία εναλλακτική εξίσωση υπολογισμού του δείκτη χρησιμοποιώντας την θερμοκρασία του αέρα και την σχετική υγρασία:

$$DI = T_{air}- 0,55 \cdot (1-0,01 \cdot RH) \cdot (T_{air}- 14,5) \quad (2.17)$$

ενώ οι Moran and Pandolf (1999) τροποποίησαν τον DI σύμφωνα με την εξίσωση:

$$MDI = 0,75 \cdot T_{air} +0,5 \cdot T_{w} \quad (2.18)$$

Η κλίμακα των τιμών του δείκτη φαίνεται στον Πίνακα 2.4.

Δείκτης Σχετικής Έντασης (Relative Strain Index, RSI)

Οι Lee και Henschel (1963) εξελίσσοντας την έρευνα των Belding και Hatch (1955) όρισαν τον Δείκτη Σχετικής Ένταση (RSI):

$$RSI=\frac{M \cdot (I_{cl} + I_{a}) + 6,45 \cdot T_{air} -35 \cdot R \cdot I_{a}}{0,0654 \cdot (5866-e)} \quad (2.19)$$

όπου R η μέση ενέργεια ακτινοβολίας, I_a η αντίσταση της επιφάνειας της ενδυμασίας στον αέρα (Auliciems and Szokolay 2007). Για εύρος θερμοκρασιών 24-27 ^{o}C οι τιμές του RSI συμφωνούν με την ET. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες και τιμές σχετικής υγρασίας η ET υποεκτιμά το θερμικό στρες σε σχέση με τον RSI.

Για την περίπτωση ενός 'τυπικού ανθρώπου' (25 ετών, άντρας, μη εγκλιματισμένος στο θερμικό περιβάλλον, ενδεδυμένος με κουστούμι) κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (εσωτερική παραγωγή θερμότητας 100 $W \cdot m^{-2}$, ταχύτητα ανέμου 1 $m \cdot s^{-1}$ και χωρίς να είναι εκτεθειμένος στην ηλιακή ακτινοβολία) ο RSI δίνεται από την σχέση (Emmanuel 2005; Kyle 1992; Unger 1999):

$$RSIndex = \frac{T_{air} - 21}{58 - e} \quad (2.20)$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών DI και RSI

Κλίμακα ψήφου θερμικής αίσθησης	Θερμική Αίσθηση	DI (°C) (Giles et al. 1990)	Θερμική Αίσθηση	RSI (Unger 1999)
0	Δεν υπάρχει δυσφορία	<21	Όλοι σε θερμικοί άνεση	0,1
1	Κάτω από το 50% του πληθυσμού δυσφορεί	21-24	85% σε θερμική άνεση, 15% too warm	0,2
2	Πάνω από το 50% του πληθυσμού δυσφορεί	24-27	50% σε θερμική άνεση, 50% too warm	0,25
	Το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού δυσφορεί	27-29	Κανένας σε θερμική άνεση, 50% too hot	0,3
3	Όλοι αισθάνονται έντονο στρες	29-32	75% καταπονούνται (distress), σημάδια ανεπάρκειας του οργανισμού να αντέξει στην ζέστη	0,4
	Κατάσταση ιατρικού επείγοντος	>32	Όλοι πολύ ζεστά, όλοι δείχνουν σημάδια καταπόνησης (distress)	0,5
			Ξεπερνιούνται τα όρια αντοχής	>0,5

Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (Predicted Mean Vote, PMV)

Η Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV, αδιάστατο) και το Προβλεπόμενο Ποσοστό Δυσφορούντων (PPD, %) βασίζονται στο μοντέλο του Fanger (1970) το οποίο αργότερα τροποποιήθηκε από τους Jendritzky et al. (1979, 1990) ώστε να ληφθούν υπόψη οι πιο σύνθετες συνθήκες ακτινοβολίας των εξωτερικών χώρων. Ο PMV υπολογίζεται από τις σχέσεις:

$$PMV = [0{,}303 \cdot \exp(-0{,}036 \cdot M) + 0{,}028] \cdot L \qquad (2.21)$$

όπου L το θερμικό φορτίο του σώματος ($W \cdot m^{-2}$) και μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση:

$$\begin{aligned} L = {} & (M - W) - 3{,}96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(T_{cl} + 273)^4 - (T_{mrt} + 273)^4] - f_{cl} \cdot hc \cdot (T_{cl} - T_{air}) \\ & -3{,}05 \cdot [5{,}73 - 0{,}007 \cdot (M - W) - e] - 0{,}42 \cdot [(M - W) - 58{,}15] \\ & -0{,}0173 \cdot M \cdot (5{,}87 - e) - 0{,}0014 \cdot M \cdot (34 - T_{air}) \end{aligned} \qquad (2.22)$$

όπου f_{cl} παράγοντας ενδυμασίας, hc συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, T_{cl} η θερμοκρασία στην επιφάνεια της ενδυμασίας που δίνεται από την σχέση:

$$T_{cl} = 35{,}7 - 0028 \cdot (M-W) - R_{cl} \cdot \{39{,}6 \cdot 10^{-9} f_{cl} \cdot [(T_{cl}+273)^4 - (T_{mrt}+273)^4] + f_{cl} \cdot hc \cdot (T_{cl} - T_{air})\} \qquad (2.23)$$

όπου R_{cl} θερμική αντίσταση ενδυμασίας ($m^2 \cdot {}^oC \cdot W^{-1}$)

Λαμβάνοντας υπόψη την ακτινοβολία στην οποία είναι εκτεθειμένος ο ανθρώπινος οργανισμός προτάθηκε από τον Parsons (2003) η τροποποιημένη Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος η οποία υπολογίζεται την σχέση:

$$PMV_{solar} = PMV + RAD/200 \qquad (2.24)$$

όπου RAD η άμεση ηλιακή ακτινοβολία σε $W \cdot m^{-2}$.

Το Προβλεπόμενο Ποσοστό Δυσφορούντων PPD αποτελεί μια διαφορετική έκφραση του PMV. Αντί να εκφράζει το θερμικό περιβάλλον, υπολογίζει το ποσοστό των ατόμων που αισθάνεται δυσφορία σύμφωνα με την σχέση:

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp\left[-(0{,}03353 \cdot PMV^4 + 0{,}2179 \cdot PMV^2)\right] \quad (2.25)$$

Η μικρότερη τιμή που μπορεί να πάρει είναι 5% και ισχύει σε θερμικά ουδέτερο περιβάλλον.

Αντιληπτή θερμοκρασία (Perceived Temperature, PT)

Η Αντιληπτή Θερμοκρασία (PT, ^oC) είναι μία ισοδύναμη θερμοκρασία που βασίζεται στο μοντέλο του Fanger. Ορίζεται ως η θερμοκρασία αέρα ενός περιβάλλοντος αναφοράς στο οποίο η θερμική αντίληψη θα είναι η ίδια με αυτήν στο πραγματικό περιβάλλον. Το περιβάλλον αναφοράς είναι αυτό για το οποίο ισχύει $T_{air}=T_{mrt}$, RH=σταθερή και ο άνεμος είναι πολύ ασθενής. Οι Staiger et al. (2012) πρότειναν τις παρακάτω εξισώσεις για τον υπολογισμό της PT συναρτήσει του PMV:

$$\begin{array}{llll} \text{για} & PMV<0, & I_{cl}=1{,}75\ clo & PT=5{,}805+12{,}6784 \cdot PMV \\ \text{για} & PMV=0, & 0{,}5\ clo<I_{cl}<1{,}75\ clo & PT=21{,}258-9{,}558 \cdot I_{cl} \\ \text{για} & PMV>0, & I_{cl}=0{,}5\ clo & PT=16{,}826+6{,}183 \cdot PMV \end{array} \quad (2.26)$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών PMV, PMV_{solar} και PT

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Θερμική Αίσθηση	PMV (Fanger 1970)	Θερμική Αίσθηση	PMV_{solar} (Parsons 2003)	Βαθμός φυσιολογικού στρες	PT[1]
			Υπερβολικό κρύο	-5		
-3	Κρύο	-3	Πολύ κρύο	-4	Υπερβολικό στρες λόγω κρύου	<-39
			Κρύο	-3	Έντονο στρες λόγω κρύου	-39 έως -26
-2	Ψύχρα	-2	Ψύχρα	-2	Μέτριο στρες λόγω κρύου	-26 έως -13
-1	Ελαφριά ψύχρα	-1	Ελαφριά ψύχρα	-1	Ελαφρύ στρες λόγω κρύου	-13 έως 0
0	Ουδέτερα	0	Ουδέτερα	0	Καθόλου στρες	0 έως +20
1	Ελαφριά ζέστη	1	Ελαφριά ζέστη	1	Ελαφρύ στρες λόγω ζέστης	20 έως 26
2	Ζέστη	2	Ζέστη	2	Μέτριο στρες λόγω ζέστης	26 έως 32
			Αρκετή ζέστη	3	Έντονο στρες λόγω ζέστης	32 έως 38
3	Πολλή ζέστη	3	Πολλή ζέστη	4	Υπερβολικό στρες λόγω ζέστης	> 38
			Υπερβολική ζέστη	5		

[1] πηγή: Staiger et al. 2011

Προβλεπόμενη Θερμική Αίσθηση (Thermal Sensation, TSENS) - Προβλεπόμενη Θερμική Δυσφορία (Thermal Discomfort, DISC)

Οι δείκτες Θερμικής Αίσθησης (TSENS, αδιάστατο) και Θερμικής Δυσφορίας (DISC, αδιάστατο) υπολογίζονται σύμφωνα με το μοντέλο του Pierce και προβλέπουν

την θερμική αίσθηση και δυσφορία σε 11-βάθμια κλίμακα. Ο DISC διαφέρει από τον TSENS στο ότι εκτιμά την δυσφορία λόγω εφίδρωσης. Σε συνθήκες μη εφίδρωσης οι δύο δείκτες είναι ίσοι (Fountain and Huizenga 1995).

Ο TSENS ορίζεται με βάση την απόκλιση της μέσης θερμοκρασίας του σώματος (T_b) από δύο οριακές τιμές, που αποτελούν το κατώτερο (κρύο) και το ανώτερο (ζεστό) όριο της ζώνης ρύθμισης της εξάτμισης ($T_{b,c}$ και $T_{b,h}$) και είναι συνάρτηση του ρυθμού παραγωγής της εσωτερικής θερμότητας (M: μεταβολικός ρυθμός, W: έργο) (Doherty and Arens 1988; Gagge et al. 1986):

$$T_{b,c} = \frac{0,194}{58,15} \cdot (M - W) + 36,301 \tag{2.27}$$

$$T_{b,h} = \frac{0,347}{58,15} \cdot (M - W) + 36,669 \tag{2.28}$$

Η θερμική αίσθηση μπορεί να υπολογιστεί από τις σχέσεις:

$$TSENS = \begin{cases} 0,4685 \cdot (T_b - T_{bc}) & \text{αν } T_b > T_{bc} \\ WCRIT \cdot 4,7 \cdot \dfrac{T_b - T_{b,c}}{T_{b,h} - T_{b,c}} & \text{αν } T_{b,c} \le T_b \le T_{b,h} \\ WCRIT \cdot 4,7 + 0,4685 \cdot (T_b - T_{b,h}) & \text{αν } T_b > T_{b,h} \end{cases} \tag{2.29}$$

όπου $WCRIT = 0,59 \cdot WS^{-0,08}$

Ο DISC υπολογίζεται από την θερμοκρασία του δέρματος και την υγρασία του δέρματος όταν η θερμοκρασία του σώματος ρυθμίζεται με την εφίδρωση:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών TSENS και DISC

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Θερμική Αίσθηση	TSENS	Θερμική Αίσθηση	DISC
	Ανυπόφορα κρύο	-5	Ανυπόφορα	-5
-3	Πολύ κρύο	-4	Περιορισμένη ανοχή	-4
	Κρύο	-3	Πολύ άβολα	-3
-2	Ψύχρα	-2	Άβολα και δυσάρεστα	-2
-1	Ελαφριά ψύχρα	-1	Ελαφρώς άβολα αλλά ανεκτά	-1
0	Ουδέτερα	0	Άνετα και ευχάριστα	0
1	Ελαφριά ζέστη	1	Ελαφρώς άβολα αλλά ανεκτά	1
2	Αρκετή ζέστη	2	Άβολα και δυσάρεστα	2
	Ζέστη	3	Πολύ άβολα	3
3	Πολλή ζέστη	4	Περιορισμένη ανοχή	4
	Ανυπόφορη ζέστη	5	Ανυπόφορα	5

$$DISC = \begin{cases} 0,4685 \cdot (T_b - T_{b,c}) & \text{αν } T_b < T_{b,c} \\ \dfrac{4,7 \cdot \left(E_{rsw} - E_{rsw,req}\right)}{E_{max} - E_{rsw,req} - E_{dif}} & \text{αν } T_b \geq T_{b,c} \end{cases} \quad (2.30)$$

όπου E_{rsw} η εξάτμιση του νερού που παράγεται από την εφίδρωση, $E_{rsw,req}$ η απαιτούμενη εξάτμιση του νερού που παράγεται από την εφίδρωση προκειμένου να επέλθει το σώμα σε θερμική άνεση, E_{max} ο μέγιστος ρυθμός απώλειας θερμότητας με εξάτμιση (skin wittedness=1), E_{dif} η εξάτμιση των υδρατμών λόγω διάχυσης (Doherty and Arens 1988)

Humidex (HU)

Ο Humidex (^oC) εκφράζει την υποκειμενική θερμοκρασία που αισθάνεται ο άνθρωπος σε ένα ζεστό και υγρό περιβάλλον. Επινοήθηκε από Καναδούς μετεωρολόγους και τροποποιήθηκε από τους Masterson and Richardson (1979). Χρησιμοποιείται καθημερινά στην πρόγνωση καιρού στον Καναδά (EC 2013).

$$HU = T_{air} + \frac{5}{9} \cdot (e - 10) \quad (2.31)$$

Η κλίμακα του Humidex σχετίζεται με διαβαθμίσεις επικινδυνότητας και την πιθανότητα εμφάνισης συμπτωμάτων θερμικής καταπόνησης (Πίνακας 2.7). Σε εξαιρετικά υψηλές τιμές του δείκτη (>40 ^oC) συνίσταται η διακοπή όλων των δραστηριοτήτων ενώ σε τιμές κοντά στους 30 ^oC προτείνεται η μείωση των δραστηριοτήτων σε εξωτερικό περιβάλλον ανάλογα με την ηλικία και την κατάσταση της υγείας των ατόμων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών HU και HI

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Βαθμός Δυσφορίας	HU (^oC)	Ταξινόμηση	Πιθανά συμπτώματα	HI (^oC)
0	Καθόλου δυσφορία	20 - 29			
1			Αφύπνιση	Πιθανό αίσθημα κούρασης με την παρατεταμένη έκθεση και/ή φυσική δραστηριότητα	27 - 32
2	Μικρή δυσφορία	30 - 39	Συναγερμός	Πιθανή ηλίαση, κράμπες και/ή εξάντληση με την παρατεταμένη έκθεση και φυσική δραστηριότητα	32 - 41
3	Μεγάλη δυσφορία	40 - 45	Κίνδυνος	Μεγάλη πιθανότητα ηλίασης, κράμπες και/ή εξάντλησης. Πιθανή θερμοπληξία με την παρατεταμένη έκθεση και φυσική δραστηριότητα	41 - 54
	Κίνδυνος, πιθανότητα θερμοπληξίας	>46	Μεγάλος κίνδυνος	Μεγάλη πιθανότητα θερμοπληξίας ή ηλίασης	>54

Δείκτης Θερμικής Καταπόνησης (Index of Thermal Stress, ITS)

Ο Δείκτης Θερμικής Καταπόνησης (ITS, $kcal \cdot h^{-1}$) (Givoni 1969) εκτιμά το ποσό εφίδρωσης που απαιτείται για την επαρκή ψύξη του σώματος λόγω εξάτμισης ώστε να διατηρηθεί η θερμική ισορροπία. Παρέχει έναν συνεχή γραμμικό τρόπο υπολογισμού του θερμικού στρες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της θερμικής καταπόνησης σε συνθήκες όπου ο ρυθμός εφίδρωσης μπορεί να εκφράσει το θερμικό φορτίο. Πέρα από αυτές τις συνθήκες ο δείκτης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για την εκτίμηση του στρες αλλά όχι για την φυσιολογική καταπόνηση. Το μειονέκτημα του ITS είναι ότι βασίζεται μόνο στον ρυθμό εφίδρωσης και γι' αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση συνθηκών στις οποίες οι καρδιακοί παλμοί ή η θερμοκρασία όρθρου είναι περιοριστικές (WMO 1969). Η βασική εξίσωση του ITS είναι:

$$ITS = \left(M - W \pm C \pm R\right) \cdot \left(\frac{1}{f}\right) \tag{2.32}$$

όπου S απαιτούμενος ρυθμός εφίδρωσης, M παραγωγή θερμότητας λόγω μεταβολισμού, C και R η ανταλλαγή θερμότητας λόγω μεταφοράς και ακτινοβολίας (όλα σε $kcal \cdot h^{-1}$) και f η ψυκτική απόδοση της εφίδρωσης (αδιάστατο) τα οποία υπολογίζονται σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$M\text{-}W = M\text{-}0{,}2 \cdot \left(M\text{-}100\right) \tag{2.33}$$

$$C = \alpha \cdot WS^{0,3} \cdot \left(T_{air}\text{-}35\right) \tag{2.34}$$

$$R = I_N \cdot K_{pe} \cdot K_{cl} \cdot \left[1\text{-}a \cdot \left(WS^{0,2}\text{-}0{,}88\right)\right] \tag{2.35}$$

$$\frac{1}{f} = \exp\left[0{,}6 \cdot \left(0{,}8 \cdot M + 20 + \alpha \cdot WS^{0,3} \cdot \frac{T_{air}\text{-}35}{p \cdot WS^{0,3}\left(42\text{-}P_a\right)}\text{-}0{,}12\right)\right] \tag{2.36}$$

όπου α συντελεστής μεταφοράς θερμότητας ενδυμασίας (αδιάστατο), I_N η ηλιακή ακτινοβολία, K_{pe} συντελεστής εδάφους και στάσης σώματος (αδιάστατο), K_{cl} συντελεστής ενδυμασίας (αδιάστατο), P_α η τάση των υδρατμών (mmHg), p συντελεστής εξάτμισης ενδυμασίας (αδιάστατο) (Πίνακας 2.8). Η κλίμακα ταξινόμησης των τιμών του ITS φαίνεται στον Πίνακα 2.9.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8. Συντελεστές ενδυμασίας του ITS

Συντελεστής ενδυμασίας	**α**	**K_{cl}**	**a**	**p**	**Συντελεστής εδάφους και στάσης σώματος**		**K_{pe}**
Ημίγυμνος	15,8	1,0	0,35	31,6	Καθισμένος με την πλάτη στον ήλιο	Έρημος	0,386
						Δάσος	0,379
Ελαφριά καλοκαιρινή ενδυμασία	13,0	0,5	0,52	13,0			
Φόρμα πάνω από σορτς	11,6	0,4	0,52	13,0	Όρθιος με την πλάτη στον ήλιο	Έρημος	0,306
						Δάσος	0,266

Υποκειμενική Θερμοκρασία (Subjective Temperature, ST)

Η Υποκειμενική Θερμοκρασία (ST, ^{o}C) (Mclntyre 1973) ορίζεται ως η θερμοκρασία ενός ομοιόμορφου περιβάλλοντος με θερμοκρασία αέρα ίση με την μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, ταχύτητα ανέμου 0,1 $m \cdot s^{-1}$ και σχετική υγρασία 50% το οποίο θα προκαλούσε το ίδιο θερμικό αποτέλεσμα με το υπό μελέτη περιβάλλον. Υπολογίζεται από τις σχέσεις:

$$\begin{aligned} ST &= 0,56 \cdot T_{air} + 0,44 \cdot T_{mrt} && \text{για } WS < 0,1\, m \cdot s^{-1} \\ ST &= \left\{ (0,44 \cdot T_{mrt} + 0,56 \cdot (5 - \sqrt{10 \cdot WS} \cdot (5 - T_{air}) \right\} / (0,44 + 0,56 \cdot \sqrt{10 \cdot WS} && \text{για } WS > 0,1\, m \cdot s^{-1} \end{aligned} \quad (2.37)$$

Η ST που απαιτείται ώστε να επιτευχθεί θερμική άνεση σε συνάρτηση με την ενδυμασία και την δραστηριότητα δίνεται από την σχέση (μέχρι I_{cl}=1,5 clo και M=150 $W \cdot m^{-2}$):

$$ST_{preferred} = 33,5 - 3 \cdot Icl - (0,08 + 0,05 \cdot Icl) \cdot M \quad (2.38)$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.9. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης του δείκτη ITS

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Θερμική Αίσθηση	ITS[1] ($kcal \cdot h^{-1}$)
-3	Στρες	<-150
-2	Καταπόνηση	-150 έως -50
-1		
0	Ουδέτερα	-50 έως 50
1	Καταπόνηση	50 έως 150
2		
3	Στρες	>150

[1] πηγή: Monteiro and Alucci 2006

Φαινομενική Θερμοκρασία (Apparent Temperature, AT)

Η Φαινομενική Θερμοκρασία (AT, ^{o}C) δημιουργήθηκε στο τέλος της δεκαετίας του ’70 από τον Steadman (1979) για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης σε εσωτερικούς χώρους και επεκτάθηκε στις αρχές της δεκαετίας του ’80 ώστε να συμπεριλάβει και την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και του ανέμου.

$$AT = T_{air} + 0,348 \cdot e - 0,70 \cdot WS + 0,70 \div Q / \left(WS + 10\right) - 4,25 \quad (2.39)$$

όπου Q ($W \cdot m^{-2}$) η καθαρή ακτινοβολία που απορροφάται από το σώμα ανά μονάδα επιφάνειας. Στην περίπτωση που θεωρήσουμε έναν ενήλικα ο οποίος περπατάει στην σκιά σε εξωτερικό χώρο η εξίσωση γίνεται:

$$T_{app} = T_{air} + 0,33 \cdot e - 0,70 \cdot WS - 4,00 \quad (2.40)$$

Ορίζεται ως η θερμοκρασία στο επίπεδο αναφοράς της σχετικής υγρασίας που προκαλεί την ίδια δυσφορία με αυτήν στην πραγματική θερμοκρασία και υγρασία του περιβάλλοντος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και σε σκιασμένο εξωτερικό περιβάλλον επειδή δεν λαμβάνει υπόψη την ηλιακή ακτινοβολία (Watts et al. 2004). Η απλοποιημένη μορφή του δείκτη (Εξίσωση 2.40) χρησιμοποιείται από τη μετεωρολογική υπηρεσία της Αυστραλίας (BOM 2013).

Θερμικός Δείκτης (Heat Index, HI)

Η εξίσωση του Θερμικού Δείκτη (HI, ^{o}C) έχει προκύψει από πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας από την πρώτη εκδοχή της Φαινομενικής Θερμοκρασίας (AT) του Steadman (1979). Υπολογίζεται από την σχέση:

$$\begin{aligned} HI = {} & -8,784695 + 1,61139411 \cdot T_{air} + 2,338549 \cdot RH - 0,14611605 \cdot T_{air} \cdot RH \\ & -1.2308094 \cdot 10^{-2} \cdot T_{air}^{2} - 1,642482810^{-2} \cdot RH^{2} + 2,211732 \cdot 10^{-3} \cdot T_{air}^{2} \cdot RH \\ & +7,2546 \cdot 10^{-4} \cdot T_{air} \cdot RH^{2} - 3,582 \cdot 10^{-6} \cdot T_{air}^{2} \cdot RH^{2} \end{aligned} \quad (2.41)$$

Χρησιμοποιείται ευρέως στις Ηνωμένες Πολιτείες και από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία των Ηνωμένων Πολιτειών (NWS-NOAA 2013) ενώ ισχύει για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 20 ^{o}C. Οι τιμές του ταξινομούνται σύμφωνα με τα πιθανά συμπτώματα εμφάνισης λόγω θερμικής καταπόνησης (Πίνακας 2.7) (Rothfusz 1990).

Απαιτούμενο Ποσοστό Εφίδρωσης (Required Sweat Rate, SR_{req})

Το απαιτούμενο ποσοστό εφίδρωσης (SR_{req}, $g \cdot h^{-1}$) εκφράζει το ποσό ιδρώτα που πρέπει να εξατμιστεί από το ανθρώπινο σώμα, ώστε να επέλθει θερμική

ισορροπία. Ο υπολογισμός του δείκτη στηρίζεται στην εξίσωση θερμικού ισοζυγίου και σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO 7933) (Bethea and Parsons 2002; Parsons 1999; Sakoi et al. 2006) δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$SR_{req} = \frac{E_{req}}{r_{req}} \tag{2.42}$$

όπου $r_{req} = \begin{cases} 1 - \frac{w^2}{2} & , \ w \le 1 \\ 0,5 & , \ w \ge 1 \end{cases}$ (2.43) και $E_{req}=M-W-C_{res}-E_{res}-C-R$ (2.44)

όπου M ($W \cdot m^{-2}$) είναι η μεταβολική ισχύς, W ($W \cdot m^{-2}$) η μηχανική ισχύς, C_{res} ($W \cdot m^{-2}$) η απώλεια θερμότητας λόγω μεταφοράς από την αναπνοή, E_{res} ($W \cdot m^{-2}$) η απώλεια θερμότητας λόγω εξάτμισης από την αναπνοή, C ($W \cdot m^{-2}$) η ανταλλαγή θερμότητας λόγω μεταφοράς από την επιφάνεια του δέρματος, R ($W \cdot m^{-2}$) η ανταλλαγή θερμότητας λόγω ακτινοβολίας από την επιφάνεια του δέρματος και w (αδιάστατο) η υγρασία του δέρματος.

Ο δείκτης SR_{req} αποτελεί την εξέλιξη του δείκτη Θερμικού Στρες (Heat Stress Index-HSI (Belding and Hatch, 1955)) και του δείκτη Θερμικής Έντασης (Thermal Strain Index-ITS (Givoni, 1976)) και προέρχεται από την εργαστηριακή και βιομηχανική έρευνα των Vogt et al. (1981). Τα όρια των τιμών του δείκτη παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.10. Μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι η θερμοκρασία δέρματος είναι μια γραμμική εξίσωση που έχει προκύψει από γραμμική παλινδρόμηση και δεν μπορεί να προβλέπει με ακρίβεια την θερμοκρασία δέρματος αλλά ούτε να αποτελεί γενικό μοντέλο (Bethea and Parsons 2002). Επίσης η εξίσωση της θερμοκρασίας δέρματος ισχύει για συγκεκριμένο εύρος των μετεωρολογικών παραμέτρων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.10. Όρια τιμών του δείκτη SR_{req} για εγκλιματισμένο ή μη άτομο, σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO 7933)

Άτομο	Εγκλιματισμένο		Μη εγκλιματισμένο	
	προειδοποίηση	κίνδυνος	προειδοποίηση	κίνδυνος
SR_{req} ($g \cdot h^{-1}$)	200	300	100	150
(για $M \le 70$ $W \cdot m^{-2}$)	520	780	260	390
SR_{req} ($g \cdot h^{-1}$)	300	400	200	250
(για $M>70$ $W \cdot m^{-2}$)	780	1040	520	650

Δείκτης Τροπικού Καλοκαιριού (Tropical Summer Index, TSI)

Ο Δείκτης Τροπικού Καλοκαιριού (TSI, ^{o}C) παρουσιάστηκε από τους Sharma and Sharafat (1986) με σκοπό να καθορίσουν τις συνθήκες άνεσης στην περίπτωση ζεστών-ξηρών και θερμών-υγρών συνθηκών στην Ινδία. Η εξίσωση του δείκτη προέκυψε από έρευνα πεδίου στην οποία συμμετείχαν 18 νέοι σε ηλικία άντρες, 6 σε κάθε χρονική περίοδο, για τρεις συνεχόμενες καλοκαιρινές περιόδους.

$$TSI = 0{,}308 \cdot T_w + 0{,}745 \cdot T_{globe} - 2{,}06 \cdot (WS + 0{,}841)^{1/2} \quad (2.45)$$

Ορίζεται ως η θερμοκρασία αέρα/σφαίρας σε κατάσταση άπνοιας και σχετικής υγρασίας 50% η οποία προκαλεί την ίδια ολική θερμική αίσθηση με το υπό μελέτη περιβάλλον. Σύμφωνα με τον TSI θερμική άνεση επιτυγχάνεται όταν TSI = 28 ^{o}C και η θερμική αίσθηση θα μεταβληθεί σε διαστήματα των 4,5 ^{o}C.

Εξίσωση Άνεσης (Comfort Formula, COMFA)

Η Εξίσωση Άνεσης (COMFA, $W \cdot m^{-2}$) καθορίζει ποσοτικά το επίπεδο της θερμικής άνεσης ενός ατόμου σε εξωτερικό περιβάλλον με την βοήθεια του ενεργειακού ισοζυγίου σύμφωνα με το μοντέλο των Brown και Gillespie (1986):

$$Budget = M + Rabs - Conv - Evap - Tremitted \quad (2.46)$$

όπου M η θερμότητα που παράγεται από τον μεταβολισμό του ατόμου, Rabs το συνολικό ποσό της ηλιακής και γήινης ακτινοβολίας που απορροφάται από το άτομο, Conv οι απώλειες και τα κέρδη αισθητής θερμότητας μέσω μεταφοράς, Evap, απώλεια θερμότητας με εξάτμιση που συμβαίνει σε ένα άτομο, είτε από τους πνεύμονες λόγω της αναπνοής, είτε λόγω της εφίδρωσης στο δέρμα, Tremitted η εκπεμπόμενη από το άτομο υπέρυθρη ακτινοβολία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.11. Όρια θερμικού ισοζυγίου και θερμικής αίσθησης σύμφωνα με τον δείκτη COMFA

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Θερμική Αίσθηση	Budget (W·m-2) (Brown and Gillespie 1986)	Budget (W·m-2) (Harlan et al. 2006)
-3			≤-201
-2	Το άτομο θα προτιμούσε πολύ περισσότερη ζέστη	<-150	-200 έως -121
-1	Το άτομο θα προτιμούσε περισσότερη ζέστη	-150 έως -50	-120 έως -51
0	Το άτομο δεν θα ήθελε καμία αλλαγή- Άνεση	-50 έως 50	-50 έως +50
1	Το άτομο θα ήθελε λίγη δροσιά-Νιώθει ζέστη	50 έως 150	+51 έως +120
2	Το άτομο θα προτιμούσε πολλή δροσιά	<150	+121 έως +200
3			≥+201

Όταν το θερμικό ισοζύγιο τείνει στο μηδέν, Budget =0, τότε το άτομο αισθάνεται θερμική άνεση. Όταν Budget>>0, το άτομο θα λαμβάνει περισσότερη ενέργεια από ότι χάνει και υπερθερμαίνεται. Αντιθέτως όταν Budget<<0, το άτομο αισθάνεται κρύο.

Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (Physiological Equivalent Temperature, PET)

Η Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET, ^{o}C) ορίζεται με παρόμοιο τρόπο με την ET αλλά βασίζεται στο μοντέλο MEMI (Munich Energy Balance Model for Individuals) ή IMEM (Institutionary Munich Energy balance Model). Η βασική διαφορά των μοντέλων αυτών είναι ότι η Tsk δεν δίνεται, αλλά υπολογίζεται από το ίδιο το μοντέλο. Προτάθηκε από τους Höppe and Mayer (1987) και ορίζεται ως η φυσιολογική ισοδύναμη θερμοκρασία σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον (εσωτερικό ή εξωτερικό). Είναι ισοδύναμη με την θερμοκρασία του αέρα ενός τυπικού εσωτερικού περιβάλλοντος όπου διατηρείται η θερμική ισορροπία του σώματος ενώ η θερμοκρασία του πυρήνα και του δέρματος είναι ίσες με τις αντίστοιχες στις συνθήκες του πραγματικού περιβάλλοντος. Το τυπικό εσωτερικό περιβάλλον αναφέρεται σε ένα περιβάλλον αναφοράς όπου: T_{air}= T_{mrt}, WS = 0,1 m·s^{-1}, e = 12 hPa (περίπου ισοδύναμο με σχετική υγρασία 50% στους 20 ^{o}C). Ο PET υπολογίζεται ακολουθώντας τα εξής βήματα: α) υπολογίζονται οι θερμικές συνθήκες του σώματος από το μοντέλο MEMI για ένα δοσμένο συνδυασμό μετεωρολογικών παραμέτρων, β) οι υπολογισμένες τιμές της μέσης θερμοκρασίας δέρματος και πυρήνα εισάγονται στο μοντέλο MEMI (S=0) ή IMEM (S≠0) (Höppe 1993; 1999) και

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.12. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης του δείκτη PET

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Θερμική Αίσθηση	Βαθμός Φυσιολογικού Στρες	PET (^{o}C) (Höppe and Mayer 1987)	PET (^{o}C) (Cohen et al. 2013)
-3	Πολύ κρύο	Υπερβολικό στρες	>4	>8
	Κρύο	Έντονο στρες	4 έως 8	8 έως 12
-2	Ψύχρα	Μέτριο στρες	8 έως 13	12 έως 15
-1	Ελαφριά ψύχρα	Ελαφρύ στρες	13 έως 18	15 έως 19
0	Ουδέτερα	Καθόλου στρες	18 έως 23	19 έως 26
1	Ελαφριά ζέστη	Ελαφρύ στρες	23 έως 29	26 έως 28
2	Αρκετή ζέστη	Μέτριο στρες	29 έως 35	28 έως 34
3	Ζέστη	Έντονο στρες	35 έως 41	34 έως 40
	Πολλή ζέστη	Υπερβολικό στρες	>41	>40

λύνεται το σύστημα των τριών εξισώσεων ως προς την θερμοκρασία του αέρα, γ) η υπολογιζόμενη θερμοκρασία του αέρα είναι η ισοδύναμη θερμοκρασία του PET.

Η κλίμακα εκτίμησης της θερμικής αίσθησης σύμφωνα με τον PET παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.12.

Θερμικό Φορτίο (Heat Load, HL)

Το Θερμικό Φορτίο (HL, αδιάστατο) ενός οργανισμού βασίζεται στο μοντέλο MENEX (Błażejczyk 1994) και υπολογίζεται από τον συνδυασμό τριών βασικών ροών θερμότητας: το καθαρό ποσό θερμότητας που αποθηκεύεται στον οργανισμό (S), την απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία (R) και την απώλεια θερμότητας λόγω εξάτμισης (E). Το HL υπολογίζεται από τους τύπους (Błażejczyk 2005):

$$\begin{aligned}
&\text{-για } S \le 0\ W\cdot m^{-2} \text{ και } E \ge -50\ W\cdot m^{-2} && HL = [(S+360)/360]\,[2-1/(1+R)]\\
&\text{-για } S > 0\ W\cdot m^{-2} \text{ και } E \ge -50\ W\cdot m^{-2} && HL = [(S+360)/360]\,[2+1/(1+R)]\\
&\text{-για } S \le 0\ W\cdot m^{-2} \text{ και } E \le -50\ W\cdot m^{-2} && HL = (E/-50)\,[(S+360)/360]\,[2-1/(1+R)]\\
&\text{-για } S > 0\ W\cdot m^{-2} \text{ και } E \le -50\ W\cdot m^{-2} && HL = (E/-50)\,[(S+360)/360]\,[2+1/(1+R)]
\end{aligned} \qquad (2.50)$$

Φυσιολογική Ένταση/Καταπόνηση (Physiological Strain, PhS)

Η Φυσιολογική Ένταση/Καταπόνηση (PhS, αδιάστατο) εκφράζει την ένταση των κύριων διαδικασιών προσαρμογής στο ψυχρό και στο θερμό περιβάλλον βασίζεται στο μοντέλο MENEX (Błażejczyk 1994) και καθορίζεται από την ροή θερμότητας λόγω εξάτμισης (E) και μεταφοράς (C) σύμφωνα με την σχέση:

$$PhS = \frac{C}{E} \qquad (2.51)$$

Φυσιολογική καταπόνηση λόγω κρύου παρατηρείται για τιμές μεγαλύτερες από 1,5 και εκδηλώνεται με μείωση της θερμοκρασίας του δέρματος, μείωση της περιφερειακής ροής του αίματος, αύξηση της πίεσης του αίματος, αύξηση της θερμικής μόνωσης του ιστού του δέρματος και/ή ρίγος (LeBlanc 1975). Φυσιολογική καταπόνηση λόγω ζέστης παρατηρείται για τιμές μικρότερες από 0,75 και οδηγεί σε αύξηση της περιφερειακής ροής του αίματος, μείωση της ροής του αίματος, αύξηση του καρδιακού ρυθμού, έντονη εφίδρωση και αφυδάτωση, έντονες και μικρές σε διάρκεια μεταβολές την θερμοκρασία του δέρματος (Błażejczyk 1999; Malchaire 1991). Η κλίμακα για την περίπτωση του PhS φαίνεται στον Πίνακα 2.13.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.13. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών HL, PhS και STI

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Θερμική Αίσθηση	HL[1]	Κλίμακα θερμικής καταπόνησης	PhS[1]	Θερμική Αίσθηση	STI[1] (°C)
					Υπερβολικό Κρύο	<-38
-3	Υπερβολικό στρες	<0,250	Υπερβολική καταπόνηση	>8.00	Πολύ κρύο	-38 - -20,1
	Έντονο στρες	0,251-0,820	Έντονη καταπόνηση	4,01 - 8,00	Κρύο	-20,0 - -0,5
-2	Ελαφρύ στρες	0,820-0,975	Μέτρια καταπόνηση	1,51 - 4,00	Ψύχρα	-0,4 - 22,5
-1						
0	Ουδέτερα	0,976-1,025	Θερμοουδέτερα	0,75 - 1,50	Άνετα	22,6 - 31,9
1						
2	Ελαφρύ στρες	1,026-1,180	Μέτρια καταπόνηση	0,74 - 0,25	Θερμά	32,0 - 45,9
3	Έντονο στρες	1,181-1,750	Έντονη καταπόνηση	0,24 - 0,0	Ζεστά	46,0 - 54,9
	Υπερβολικό στρες	>1,751	Υπερβολική καταπόνηση	<0,0	Πολύ ζεστά	55,0 - 69,9
					Υπερβολικά ζεστά	>70,0

[1]πηγή: http://www.igipz.pan.pl/tl_files/igipz/ZGiK/opracowania/indywidualne/blazejczyk/MENEX_2005.pdf (20/07/2013)

Δείκτης Υποκειμενικής Θερμοκρασίας (Subjective Temperature Index, STI)

Ο Δείκτης Υποκειμενικής Θερμοκρασίας (STI, °C) εκφράζει το υποκειμενικό θερμικό φορτίο που νιώθει ένας άνθρωπος στο περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται πριν την ενεργοποίηση της διαδικασίας προσαρμογής. Αναφέρεται στο θερμικό φορτίο που δημιουργείται στο στρώμα του αέρα που περιβάλλει την εξωτερική επιφάνεια της ενδυμασίας. Η θερμική επίδραση του περιβάλλοντος θεωρείται συνάρτηση της T_{mrt} ενώ η φυσιολογική αντίδραση του οργανισμού συνάρτηση του καθαρού ποσού θερμότητας που αποθηκεύεται στον οργανισμό. Ο STI υπολογίζεται σύμφωνα με το μοντέλο MENEX (Błażejczyk 1994) από τις σχέσεις:

$$\begin{aligned} STI &= T_{mrt} - \left\{ \left[\frac{|S|^{0,75}}{\left(s_h \cdot \sigma\right) + 273^4} \right]^{0,25} - 273 \right\}, \quad \text{αν } S<0 \\ STI &= T_{mrt} + \left\{ \left[\frac{|S|^{0,75}}{\left(s_h \cdot \sigma\right) + 273^4} \right]^{0,25} - 273 \right\}, \quad \text{αν } S \geq 0 \end{aligned} \tag{2.52}$$

Η κλίμακα των τιμών του STI παρουσιάζεται στον 2.12.

Απώλεια Υγρών (Water Loss, SW) και Κίνδυνος Αφυδάτωσης (Dehydration Risk, DhR)

Η Απώλεια Υγρών (SW, $g \cdot h^{-1}$) εκφράζει το ποσό εφίδρωσης μέσω του δέρματος και υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη 5% της σχετικής υγρασίας του αέρα. Υπολογίζεται από την σχέση:

$$SW=-2,6 \cdot E_{pot} \quad (2.53)$$

όπου $$E_{pot}=h_e \cdot \left[epot-e_s\right] \cdot w \cdot I_e-\left[0,42 \cdot \left(M-58\right)+5,04\right] \quad (2.54)$$

και $$epot=6,112 \cdot 10^{\frac{7,5 \cdot T_{air}}{237,7+T_{air}}} \cdot 0,05 \quad (2.55)$$

Ουδέτερη Θερμοκρασία σε Εξωτερικό Χώρο (Outdoor Neutral Temperature, T_{ne})

Ο Ουδέτερη Θερμοκρασία σε Εξωτερικό Χώρο (T_{ne}, ^oC) προτάθηκε από τον Aroztegui (1995). Αρχικά όρισε την Ουδέτερη Θερμοκρασία (T_n) ως την μέση θερμοκρασία στην οποία παρατηρείται θερμική ουδετερότητα ενός συγκεκριμένου πληθυσμού ατόμων. Η T_n είναι γραμμική συνάρτηση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (T_{mm}) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εσωτερικό χώρο με μικρές ταχύτητες ανέμου και μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας περίπου ίση με την θερμοκρασία του αέρα (18,5 ^oC - 28,5 ^oC). Στην συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη την ηλιακή ακτινοβολία και την ταχύτητα του ανέμου και θεωρώντας ένα άτομο με καθιστική δραστηριότητα, αντίσταση λόγω ενδυμασίας 0,8 clo και σχετική υγρασία μεταξύ 35% και 65%, καθιέρωσε την T_{ne} σύμφωνα με την εξίσωση (Monteiro and Alucci 2006a):

$$T_{ne} = 3,6 + 0,31\ T_{mm} + \{100 + 0,1 \cdot SR_{up} \cdot [1 - 0,52\ \cdot (WS^{0,2} - 0,88)]\} / 11,6\ WS^{0,3} \quad (2.56)$$

Θερμική Αίσθηση (Thermal Sensation, TS)

Η εξίσωση του δείκτη Θερμικής Αίσθησης (TS, αδιάστατο) προέκυψε από πειραματικές μετεωρολογικές μετρήσεις σε εξωτερικό χώρο στην Ιαπωνία σε συνδυασμό με συμπλήρωση ερωτηματολογίων από έξι άτομα (Givoni and Noguchi 2000). Η εξίσωση πολύ-παραγοντικής παλινδρόμησης (multi-factor regression) η οποία εκφράζει την θερμική αίσθηση συναρτήσει πέντε μεταβλητών είναι η εξής:

$$TS = 1,7 + 0,1118 \cdot T_{air} + 0,0019 \cdot SR_{up} - 0,322 \cdot WS - 0,0073 \cdot RH + 0,0054 \cdot GT \quad (2.57)$$

Οι όροι της σχετικής υγρασίας και της θερμοκρασίας της επιφάνειας του εδάφους μπορούν να θεωρηθούν αμελητέοι και να παραλειφθούν. Η τελευταία παρατήρηση οδήγησε σε βελτίωση του δείκτη συμπεριλαμβάνοντας και την επίδραση του εγκλιματισμού στις εποχιακές μεταβολές (Givoni and Noguchi 2004). Η εξίσωση που προέκυψε είναι:

$$TS_{sa} = 1,83 - 0,05 \cdot T_{season} + 0,135 \cdot T_{air} + 0,00195 \cdot SR_{up} - 0,6 - 0,4915 \cdot \ln(WS) \quad (2.58)$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.14. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών TS και ESI

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Θερμική Αίσθηση	TS (Givoni and Noguchi 2000)		ESI (^{o}C) (Moran et al 2003)
-3	Κρύο	1		
-2	Ψύχρα	2		
-1	Ελαφριά ψύχρα	3		
0	Ουδέτερα	4	Ασφαλείς συνθήκες	<21
1	Ελαφριά ζέστη	5	Συνθήκες προειδοποίησης	21 - 25
2	Ζέστη	6	Συνθήκες συναγερμού	25 - 28
3	Πολλή ζέστη	7	Συνθήκες κόκκινου συναγερμού	28 - 31
			Συνθήκες κινδύνου	<31

όπου T_{season} είναι η μέση θερμοκρασία του αέρα κατά την διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων. Η κλίμακα του δείκτη TS παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.14.

Δείκτης Περιβαλλοντικού Στρες (Environmental Stress Index, ESI)

Ο Δείκτης Περιβαλλοντικού Στρες (ESI, ^{o}C) προτάθηκε από τους Moran et al. (2001) μετά από μετεωρολογικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε τρεις κλιματικές ζώνες (ζεστή/υγρή, ζεστή/ξηρή και πολύ ζεστή/ξηρή). Ο ESI παρουσίασε πολύ καλή συσχέτιση με τον δείκτη WBGT (Moran et al. 2001; Epstein and Moran 2006). Η εξίσωση υπολογισμού του είναι:

$$ESI=0,63\cdot T_{air} - 0,03\cdot RH + 0,002\cdot SR+0,0054\cdot T_{air}\cdot RH-0,073\cdot(0,1+SR_{up})^{-1} \quad (2.59)$$

Στην συνέχεια αξιολογήθηκε βάσει τριών φυσιολογικών μεταβλητών καθώς και με τον δείκτη Φυσιολογικής Καταπόνησης του οργανισμού (Physiological Strain Index (PSI)) Moran et al. (2003) και τροποποιήθηκε σύμφωνα με την εξίσωση:

$$ESI_{modified}=0,62\cdot T_{air} - 0,007\cdot RH+0,002\cdot SR_{up}+0,0043\cdot T_{air}\cdot RH-0,078\cdot(0,1+SR_{up})^{-1} \quad (2.60)$$

Η κλίμακα ταξινόμησης των τιμών του ESI παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.14.

Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (Actual Sensation Vote, ASV)

Η Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (ASV) αναπτύχθηκε στα πλαίσια ενός Ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος (RUROS) που πραγματοποιήθηκε σε 14 Ευρωπαϊκές πόλεις με διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά. Κατά τη διάρκεια του προγράμματος αξιολογήθηκε η θερμική αίσθηση σε 5–βαθμια κλίμακα (Πίνακας 2.15) μέσω επιτόπιας έρευνας που περιελάμβανε μετεωρολογικές μετρήσεις

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.15. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών ASV, tsp και TEP

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Θερμική Αίσθηση	ASV (Nikolopoulou 2004)	Θερμική Αίσθηση	tsp (Monteiro and Alucci 2009)	TEP (°C) (Monteiro and Alucci 2009)
-3	Πολύ κρύο	-2	Πολύ κρύο	<-2,5	<4,3
-2	Ψύχρα	-1	Κρύο	-2,5 – -1,5	4,4 – 11,9
-1			Ψύχρα	-1,5 – -0,5	12,0 – 19,5
0	Ουδέτερα	0	Ουδέτερα	-0,5 – 0,5	19,6 – 27,2
1			Ελαφριά ζέστη	0,5 – 1,5	27,3 – 34,8
2	Ζέστη	1	Ζέστη	1,5 – 2,5	34,9 – 42,4
3	Πολλή ζέστη	2	Πολλή ζέστη	>2,5	>42,5

παράλληλα με συνεντεύξεις χρηστών εξωτερικών ανοιχτών χώρων. Μοντέλα για τον υπολογισμό του ASV παρουσιάστηκαν για κάθε πόλη διεξαγωγής μετρήσεων ξεχωριστά. Για την Αθήνα και την Θεσσαλονίκη παρουσιάστηκαν οι σχέσεις (Nikolopoulou, 2004):

Αθήνα: $ASV = 0.034 \cdot T_{air} + 0.0001 \cdot SR_{up} - 0.086WS - 0.001 \cdot RH - 0.412$ (2.61)

Θεσσαλονίκη: $ASV_{Th} = 0.036 \cdot T_{air} + 0.0013\ SR_{up} - 0.038 \cdot WS + 0.011 \cdot RH - 2.197$ (2.62)

Επίσης παρουσιάστηκε ένα συνδυασμένο μοντέλο για την Ευρώπη:

$ASV_{Europe} = 0.049 \cdot T_{air} + 0.001 \cdot SR_{up} - 0.051 \cdot WS + 0.014 \cdot RH - 2.079$ (2.63)

Αντίληψη Θερμικής Αίσθησης (thermal sensation perception, tsp) και Θερμοκρασία Ισοδύναμης Αντίληψης (Temperature of Equivalent Perception, TEP)

Οι Monteiro και Alucci (2009) πρότειναν έναν δείκτη θερμική άνεσης για εξωτερικό χώρο, ο οποίος προέκυψε από πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση δεδομένων μικρο-κλιματικών μεταβλητών και 2150 συνεντεύξεων. Η Αντίληψη Θερμικής Αίσθησης (tsp, αδιάστατο) δίνεται από τον τύπο:

$$tsp=-3,557+0,0632 \cdot T_{air} +0,0677 \cdot T_{mrt} +0,0105 \cdot RH-0,304 \cdot WS \quad (2.64)$$

Ακολουθώντας τις κατηγορίες θερμικής αίσθησης των ερωτηματολογίων που χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της tsp ταξινομούνται σύμφωνα με τον Πίνακα 2.15. Προκειμένου όμως να χρησιμοποιηθεί ισοδύναμη θερμοκρασία για την πρόβλεψη της θερμικής αίσθησης ορίστηκε ένα περιβάλλον αναφοράς στο οποίο $T_{air}=T_{mrt}$, RH=50% και WS=0 $m \cdot s^{-1}$ και την Θερμοκρασία Ισοδύναμης Αντίληψης (TEP, °C) από την σχέση:

$$TEP=-3,777+0,4828 \cdot T_{air} +0,5172 \cdot T_{mrt} +0,0802 \cdot RH-2,322 \cdot WS \quad (2.65)$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.16. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης του δείκτη UTCI

Κλίμακα Ψήφου Θερμικής Αίσθησης	Κατηγορία στρες	UTCI[1] (°C)
	Επικίνδυνο θερμικό στρες	>46
3	Πολύ έντονο θερμικό στρες	38 έως 46
	Έντονο θερμικό στρες	32 έως 38
2	Μέτριο θερμικό στρες	26 έως 32
1	Καθόλου θερμικό στρες	9 έως 26
0		
-1	Ελαφρύ στρες λόγω κρύου	0 έως 9
-2	Μέτριο στρες λόγω κρύου	-13 έως 0
	Έντονο στρες λόγω κρύου	-27 έως -13
-3	Πολύ έντονο στρες λόγω κρύου	-40 έως -27
	Επικίνδυνο στρες λόγω κρύου	<-40

[1]πηγή: http://www.utci.org/utci_doku.php (UTCI Assessment scale.doc)

Παγκόσμιος Θερμικός Κλιματικός Δείκτης (Universal Thermal Climate Index, UTCI)

Ο UTCI (°C) βασίζεται στο μοντέλο του Fiala (Fiala et al. 2001), το οποίο είναι ένα από τα πιο εξελιγμένα μοντέλα πολλών-κυλίνδρων (multi-node) και μπορεί να προβλέπει τα θερμικά αποτελέσματα σε ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα (π.χ. υποθερμία, υπερθερμία) καθώς και στα μέρη του σώματος (π.χ. ψύξη προσώπου, χεριών, ποδιών, κρυοπαγήματα). Εκφράζει την θερμοκρασία του αέρα που προκαλεί κάτω από τις συνθήκες αναφοράς (WS_{10m}=0,5 $m \cdot s^{-1}$, $T_{mrt}=T_{air}$, RH=50%, M=2,3 met) την ίδια θερμική ένταση/καταπόνηση με το πραγματικό περιβάλλον (Błazejczyk et al. 2010, Błazejczyk et al. 2011).

Ένας προσεγγιστικός τρόπος υπολογισμού του UTCI είναι από ένα πολυώνυμο $6^{ου}$ βαθμού βάση 4 μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασίας αέρα, πίεσης υδρατμών, μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας και ταχύτητας ανέμου στα 10 m) (COST Action 730 2012). Η κλίμακα εκτίμησης της θερμικής αίσθησης με βάση τον UTCI παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.16.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

3.1. Περιγραφή Πειραματικής Διαδικασίας

Η παρούσα μελέτη αποτελεί μια έρευνα πεδίου που περιλαμβάνει μετρήσεις μετεωρολογικών παραμέτρων με κινητό μετεωρολογικό σταθμό και δομημένες με ερωτηματολόγιο συνεντεύξεις χρηστών ανοιχτών εξωτερικών χώρων κατά την διάρκεια διαφορετικών εποχών του έτους. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τρεις διαφορετικούς εξωτερικούς αστικούς χώρους της περιοχής της Αθήνας, με διαφορετικά μικροκλιματικά χαρακτηριστικά ενώ οι συνεντεύξεις διεξήχθησαν από 5 άτομα εξοικειωμένα σε θέματα βιομετεωρολογίας (μέλη του Εργαστηρίου Κλιματολογίας) τα οποία προηγουμένως είχαν εκπαιδευτεί στην χρήση του ερωτηματολογίου.

3.2. Περιοχή Μελέτης

Η Αθήνα είναι η πρωτεύουσα και η μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδας. Βρίσκεται σε 37°59′2″N γεωγραφικό πλάτος, 23°43′41″E γεωγραφικό μήκος και 20 m υψόμετρο. Απλώνεται στην κεντρική πεδιάδα της Αττικής ή αλλιώς λεκανοπέδιο της Αττικής, η μορφολογία του οποίου είναι σχετικά πολύμορφη, με λοφίσκους και ορεινούς όγκους. Η πόλη της Αθήνας περιβάλλεται από το όρος Αιγάλεω στα δυτικά, το όρος της Πάρνηθας στα βόρεια, την Πεντέλη στα βορειανατολικά και τον Υμηττό στα ανατολικά, ενώ βρέχεται από το Σαρωνικό κόλπο στα νοτιοδυτικά (Σχήμα 3.1(α)). Ο συνολικός μόνιμος πληθυσμός του Δήμου της Αθήνας σύμφωνα με τα προσωρινά αποτελέσματα της απογραφής του 2011 (ΕΛ.ΣΤΑΤ) ήταν 655.780 ενώ συνολικά της περιφέρειας Αττικής ήταν 3.812.330 που αποτελεί σχεδόν το 1/3 του συνολικού πληθυσμού της Ελλάδος.

Το κλίμα είναι μεσογειακό, ξηρό, με ήπιους και υγρούς χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και γενικά, μακρές περιόδους ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Ο κλιματικός τύπος κατά Köppen είναι Μεσογειακός (Csa) (Köppen 1936). Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές: Την ψυχρή και υγρή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα

μέσα του Οκτωβρίου μέχρι το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και ξηρή εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Κατά την πρώτη περίοδο οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος και κατά την θερμότερη περίοδο είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου (ΕΜΥ 2012).

Στην Αθήνα και στην ευρύτερη περιοχή της υπάρχουν πολλοί αστικοί εξωτερικοί χώροι όπως πλατείες, πεζόδρομοι, περιοχές για περπάτημα δίπλα στην θάλασσα που χαρακτηρίζονται από διαφορετικά μικροκλίματα. Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκαν δύο διαφορετικές περιοχές και οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε 3 διαφορετικά σημεία με κριτήριο τα διαφορετικά μικροκλιματικά χαρακτηριστικά, την χρήση του χώρου και τον πληθυσμό που φιλοξενούν. Οι περιοχές που επιλέχθηκαν είναι το κέντρο της Αθήνας και η περιοχή του Φλοίσβου ενώ τα σημεία στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις ήταν η Πλατεία Συντάγματος, η Οδός Ερμού και η Παραλία του Φλοίσβου.

Η πλατεία Συντάγματος είναι η κεντρικότερη πλατεία της Αθήνας, βρίσκεται πολύ κοντά στα περισσότερα αξιοθέατα της Κεντρικής Αθήνας, αποτελεί κόμβο συγκοινωνιών και θεωρείται το κεντρικό σημείο συνάντησης τόσο των κατοίκων όσο και των επισκεπτών του κέντρου της Αθήνας καθ΄ όλη τη διάρκεια του έτους. Στον χώρο της πλατείας υπάρχει χώρος με πράσινο και συντριβάνι ενώ περιμετρικά της υπάρχουν πολυώροφα κτίρια (Σχήμα 3.1(β)). Στο νότιο τμήμα της πλατείας ξεκινά η οδός Ερμού που αποτελεί τον πιο εμπορικό δρόμο της Αθήνας. Το μεγαλύτερο μέρος της είναι πεζοδρομημένο ενώ και από τις δύο πλευρές της οδού υπάρχουν ψηλά κτίρια (Σχήμα 3.1(γ)). Αντίθετα η Παραλία του Φλοίσβου είναι μία περιοχή στα Νότια προάστια της Αθήνας, δίπλα στη θάλασσα αλλά και δίπλα σε πυκνοκατοικημένη αστική περιοχή και αποτελεί πόλο έλξης κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες (Σχήμα 3.1(δ)).

3.3. Επιλογή Πειραματικών Περιόδων

Στόχος της παρούσας μελέτης ήταν αποτύπωση της θερμικής αίσθησης του πληθυσμού σε μεγάλο εύρος μετεωρολογικών συνθηκών αλλά όχι σε ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες. Οπότε επιλέχθηκε η διεξαγωγή των πειραμάτων να πραγματοποιηθεί σε τρεις διαφορετικές εποχές του έτους, καλοκαίρι, φθινόπωρο και

χειμώνα και αντίστοιχα τους μήνες Ιούλιο, Οκτώβριο και Φεβρουάριο, οι οποίοι θεωρούνται οι πιο αντιπροσωπευτικοί μήνες των αντίστοιχων εποχών. Η άνοιξη



ΣΧΗΜΑ 3.1. Περιοχή μελέτης (α) ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου Αττικής και τα σημεία μετρήσεων (β) πλατεία Συντάγματος (γ) οδός Ερμού και (δ) παραλία Φλοίσβου (πηγή: https://maps.google.gr/)

παραλήφθηκε ως μεταβατική εποχή με παρόμοιες μετεωρολογικές συνθήκες με αυτές του φθινόπωρου. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των ετών 2010 και 2011, δύο ημέρες ανά περιοχή, μία ημέρα πρωινές ώρες και μια απογευματινές, ώστε να συλλεχθούν δεδομένα για όλη την διάρκεια της ημέρας (Πίνακας 3.1).

Οι μέσες μηνιαίες κλιματικές τιμές για την χρονική περίοδο 1961-1990 καθώς και οι μέσες μηνιαίες τιμές κατά τους μήνες διεξαγωγής των πειραμάτων για τον σταθμό του Θησείου (37° 58' N, 23° 43' E, 107 m από το επίπεδο της θάλασσας) (ΕΑΑ-ΙΕΠΒΑ 2013) φαίνονται στον Πίνακα 3.2.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1. Χρονική περίοδος διεξαγωγής της έρευνας

Περίοδος Μετρήσεων		
	Ημέρες	***Ώρα***
Καλοκαίρι	15-21/7/2010	10:05-21:51
Φθινόπωρο	16-24/10/2010	10:21-19:30
Χειμώνας	09-26/2/2011	11:18-19:40

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2. Μέσες μηνιαίες κλιματικές τιμές (1961-1990) και μέσες μηνιαίες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων κατά τους μήνες διεξαγωγής των πειραμάτων για τον σταθμό του Θησείου (ΕΑΑ – ΙΕΠΒΑ 2013)

	Μέσες κλιματικές τιμές (1961-1990)			**Μέσες μηνιαίες τιμές**		
	Ιούλιος	Οκτώβριος	Φεβρουάριος	Ιούλιος (2010)	Οκτώβριος (2010)	Φεβρουάριος (2011)
Μέση Θερμοκρασία Αέρα (^{o}C)	27,0	18,3	9,8	29,2	18,4	10,4
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία Αέρα (^{o}C)	32,6	23,1	13,6	39,3	28,5	19,6
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία Αέρα (^{o}C)	22,5	14,9	6,9	22,2	8,5	3,4
Μέση Σχετική Υγρασία (%)	48	66	71	47	70	70
Μέση Ατμοσφαιρική Πίεση (mb)	749,8	753,9	752,3	999,1	1002,9	1002,2
Μέση ταχύτητα ανέμου ($m \cdot s^{-1}$)				3,1	2,8	3,7

3.4. Πειραματικός Εξοπλισμός

Η καταγραφή των μετεωρολογικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκε σε τοπικό επίπεδο και κοντά στο σημείο των συνεντεύξεων για τον καθορισμό του μικροκλίματος που βιώνουν οι χρήστες των υπό μελέτη χώρων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ένας κινητός μετεωρολογικός σταθμός (Σχήμα 3.2(α)) ο οποίος ήταν τοποθετημένος προσωρινά στις περιοχές έρευνας. Βρισκόταν πάνω σε ένα τρίποδο, σε ύψος 1,1 m από το έδαφος, το οποίο θεωρείται ότι είναι το μέσο ύψος του κέντρου βάρους του ανθρώπινου σώματος (Mayer and Hoppe 1987).

3.4.1. Αισθητήρες και Όργανα Κινητού Μετεωρολογικού Σταθμού

Ο κινητός μετεωρολογικός σταθμός ήταν εξοπλισμένος με θερμουγρόμετρο Rotronic S3CO3 εξοπλισμένο με μη αεριζόμενη ασπίδα ακτινοβολίας από αλουμίνιο, ανεμόμετρο Second Wind C3, δύο πυρανόμετρα Pyranometer Kipp & Zonen CM3 ευαισθησίας $15{,}23 \cdot 10^{-6}\ V \cdot W^{-1} \cdot m^2$ και $23{,}1 \cdot 10^{-6}\ V \cdot W^{-1} \cdot m^2$ τοποθετημένα αντίστοιχα το ένα στραμμένο προς τον ουρανό και το άλλο προς το έδαφος ώστε να μετριέται η ολική ηλιακή ακτινοβολία και η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο, διαφορικό πυρραδιόμετρο ECO και με θερμόμετρο γκρι σφαίρας 40 mm με αισθητήρα Pt100.

Όλοι οι αισθητήρες πριν την διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας βαθμονομήθηκαν στο Εργαστήριο Βαθμονόμησης Μετεωρολογικών Οργάνων του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) με την βοήθεια του τεχνικού του εργαστηρίου σύμφωνα με τις ισχύουσες Διαδικασίες Βαθμονόμησης. Το ανεμόμετρο βαθμονομήθηκε από το Εργαστήριο Δοκιμών Ανεμογεννητριών του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και Εξοικονόμησης Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.).

Τα στοιχεία καταγράφονταν σε καταγραφέα δεδομένων (data logger) Campbell Scientific CR10X που βρίσκονταν τοποθετημένο στη βάση του τρίποδου. Η δειγματοληψία καθορίστηκε ανά 30 s ενώ αποθηκευόταν η μέση τιμή ανά λεπτό, με εξαίρεση τις τιμές της ταχύτητας του ανέμου η οποία καταγραφόταν ανά 10 s και αποθηκευόταν η μέση και η μέγιστη τιμή της ανά λεπτό. Για την μέτρηση της θερμοκρασίας εδάφους χρησιμοποιήθηκε η συσκευή 08406 Infrared Thermometer Cole Palmer. Η μέτρηση της θερμοκρασίας του εδάφους γινόταν στο σημείο της συνέντευξης την στιγμή έναρξης της συνέντευξης.

3.4.1.1. Θερμόμετρο Γκρι Σφαίρας

Το θερμόμετρο γκρι σφαίρας τοποθετήθηκε στον μετεωρολογικό σταθμό προκειμένου να υπολογιστεί η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (T_{mrt}). Κατασκευάστηκε από έναν αισθητήρα Pt100 ο οποίος βαθμονομήθηκε και στη συνέχεια τοποθετήθηκε στο κέντρο μιας πλαστικής (PVC) σφαίρας διαμέτρου 40 mm η οποία είχε βαφτεί με μπογιά χρώματος γκρι (RAL 7001) με δείκτη ανακλαστικότητας 0,3 (Thorsson et al. 2007b) (Σχήμα 2(β)). Η γκρι σφαίρα θεωρείται καταλληλότερη για τη μελέτη της θερμικής άνεσης σε εξωτερικούς χώρους σε σχέση την μαύρη, διότι η μαύρη σφαίρα προϋποθέτει ότι όλοι οι άνθρωποι που βρίσκονται εκτεθειμένοι στον ήλιο είναι μέλανα σώματα φορώντας μαύρα ρούχα (Nikolopoulou and Lykoudis 2006).

3.4.2. Λογισμικό Υποστήριξης

Για τον προγραμματισμό, την συλλογή, την παρακολούθηση και την αντιμετώπιση των προβλημάτων και γενικά την διαχείριση καταγραφής των



(α) (β)

ΣΧΗΜΑ 3.2. (α) Κινητός μετεωρολογικός σταθμός που χρησιμοποιήθηκε κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων και (β) θερμόμετρο γκρι σφαίρας

δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό LoggerNet 3.3.1 (Campbell Scientific, Inc). Το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε για την καταγραφή των δεδομένων παρουσιάζεται στο Παράρτημα Α.

3.4.3. Μετρούμενες Μετεωρολογικές Μεταβλητές

Οι μετεωρολογικές παράμετροι που μετρήθηκαν με σκοπό να εκτιμηθούν οι γενικότερες θερμικές συνθήκες των ατόμων κατά την διάρκεια της μελέτης ήταν η θερμοκρασία του αέρα (T_{air}), η σχετική υγρασία (RH), η μέση ανά λεπτό και η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου (WS, WS_{max}), η ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (SR_{up}), η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία (SR_{down}), το άθροισμα της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας και της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας (TR_{up}, TR_{down}) σε οριζόντιο επίπεδο και η θερμοκρασία γκρι σφαίρας (T_{globe}). Οι προηγούμενες παράμετροι καταγράφονταν ανά λεπτό. Επιπλέον πραγματοποιήθηκε μέτρηση και της θερμοκρασίας εδάφους (T_{ground}) την στιγμή συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου.

3.5. Ερωτηματολόγιο Συνεντεύξεων

Οι συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν σε τυχαία επιλεγμένους ανθρώπους που βρίσκονταν ή ήταν περαστικοί στους εξωτερικούς χώρους κατά την διάρκεια των μετρήσεων. Το ερωτηματολόγιο σχεδιάστηκε σε απλή και συνοπτική γλώσσα, οι απαντήσεις ήταν σύντομης μορφής και ο μέσος χρόνος συμπλήρωσής του ήταν περίπου τρία λεπτά (Πίνακας 3.3). Στους ερωτηθέντες ζητούνταν να απαντήσουν σε όλες τις ερωτήσεις με άμεση αναφορά στο σημείο της συνέντευξης και στην ώρα συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου εκτός από δύο ερωτήσεις που διευκρινιζόταν ότι είχαν αναφορά στην ημέρα.

Η βασική ερώτηση του ερωτηματολογίου ήταν η ερώτηση εκτίμησης της θερμικής αίσθησης (Ερώτηση 12, Πίνακας 3.3) στην οποία ζητούνταν από τους ερωτηθέντες να δηλώσουν την θερμική τους αίσθηση με βάση την επταβάθμια κλίμακα της ASHRAE. Αριθμητικά ορίστηκε από -3 έως +3 ενώ λεκτικά διατυπώθηκε ως ‘πολλή ψύχρα - ψύχρα - ελαφριά ψύχρα - ουδέτερα - ελαφριά ζέστη - ζέστη - πολλή ζέστη’.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3. Ερωτηματολόγιο θερμικής άνεσης βάσει του οποίου πραγματοποιήθηκαν οι συνεντεύξεις

Ερωτηματολόγιο Θερμικής Άνεσης



Σημείωση: Το ερωτηματολόγιο αυτό είναι εθελοντικό. Αν για οποιοδήποτε λόγο δεν επιθυμείτε να το συμπληρώσετε δεν έχετε την υποχρέωση να το κάνετε

Συμπληρώστε ή Υπογραμμίστε την κατάλληλη απάντηση

■ ***Ημερομηνία:……. Ώρα:……*** *Tground:.....*

1) Φύλο: □ Άνδρας □ Γυναίκα

2) Το ερωτηματολόγιο συμπληρώνεται:

□ στον ήλιο □ υπό σκιά δέντρου/κτιρίου/…… □ τμήμα του σώματος (……..) υπό σκιά

3) Ενδυμασία: ***Τα ρούχα που περιγράφουν καλύτερα την ενδυμασία σας αυτήν τη στιγμή είναι:***

-*Μπλουζάκι/πουκάμισο* (λεπτό/ κανονικό/ χοντρό) (κοντομάνικο/μακρυμανικο), *πουλόβερ* (λεπτό/ κανονικό/χοντρο), *γιλέκο*

-*Παντελόνι* (λεπτό/κανονικό/χοντρο), *σορτς*, *φούστα* (λεπτή/χοντρή), *φόρεμα* (λεπτό/χοντρό)

-*Ζακέτα* (λεπτή/χοντρή), *σακάκι*, *μπουφάν* (κοντό/μακρυ), *παλτό*

-*Κάλτσες* (ψηλές/χαμηλές), *καλσόν*

-*Παπούτσια* (με λεπτή/χοντρή σόλα), *μπότες*

-*Καπέλο*, *γυαλιά ηλίου*, *κασκόλ*, *γάντια*

Τα ρούχα σας έχουν χρώμα κυρίως: □ ανοιχτό □ σκούρο***;***

4) Βρίσκεστε εδώ: □ μόνος □ μαζί με 1 άτομο □ μαζί με πάνω από 2 άτομα

5) Ο λόγος που βρίσκεστε σε αυτό το μέρος είναι:

□ ξεκούραση □ δουλειά □ περνάτε για να πάτε σε άλλο μέρος

□ για να συναντήσετε φίλους □ ψώνια □ άλλο

6) Πόση ώρα βρίσκεστε σε αυτόν τον χώρο;

□ <5 min □ 5 έως 15min □ 15 έως 30 min □ 30 min έως 1 h □ >1 h

7) Που ήσασταν πριν επισκεφτείτε αυτόν τον χώρο;

□ Αυτοκίνητο □ σπίτι □ δουλειά □ μέσα μαζικής μεταφοράς □ σε εξωτερικό χώρο □ άλλο εσωτερικό χώρο

8) Ο χώρος που βρισκόσασταν ήταν κλιματιζόμενος; □ Ναι □ Όχι

9) Την τελευταία μισή ώρα κυρίως ήσασταν:

□ Ξαπλωμένος □ Καθισμένος □ Όρθιος □ Σε δραστηριότητα (Περπάτημα/Άθληση)

10) Πως νιώθετε συνολικά στον χώρο; □ Πολύ άνετα □ Άνετα □ Ουδέτερα □ Άβολα □ Πολύ άβολα

11) Πως σας φαίνετε ο καιρός σήμερα;

(α) σε σχέση με την θερμοκρασία	□ ψυχρός	□ ουδέτερος	□ ζεστός
(β) σε σχέση με την υγρασία	□ υγρός	□ ουδέτερος	□ ξηρός
(γ) σε σχέση με τον άνεμο	□ άπνοια	□ ουδέτερα	□ με αέρα

(δ) σε σχέση με την δραστηριότητα □ κατάλληλος □ ακατάλληλος για εξωτερική δραστηριότητα

12) Σημειώστε στην παρακάτω κλίμακα την θερμική σας αίσθηση:

□ πολλή ψύχρα □ ψύχρα □ ελαφριά ψύχρα □ Ουδέτερα □ ελαφριά ζέστη □ ζέστη □ πολλή ζέστη

13) Πως θα θέλατε να νιώθετε αυτήν την στιγμή; □ πιο δροσερά □ καμία αλλαγή □ πιο ζεστά

14) Η θερμική σας άνεση θα βελτιωνόταν αν:

Θερμοκρασία	□ υψηλότερη	□ καμία μεταβολή	□ χαμηλότερη
Υγρασία	□ υψηλότερη	□ καμία μεταβολή	□ χαμηλότερη
Άνεμος	□ ισχυρότερος	□ καμία μεταβολή	□ ασθενέστερος
Ακτινοβολία	□ ισχυρότερη	□ καμία μεταβολή	□ ασθενέστερη

15) Νιώθετε □ πονοκέφαλο □ ζαλάδα □ δύσπνοια □ κατάπτωση ;

16) Σήμερα η γενική κατάσταση της υγείας σας είναι:

□ όπως συνήθως □ καλύτερα από ότι συνήθως □ χειρότερα από ότι συνήθως

17) Έχετε κάποιο χρόνιο πρόβλημα υγείας;

□ Άσθμα □ Αναπνευστικό □ Καρδιοαγγειακό □ Αλλεργία □ Κανένα

18) Είστε□ καπνιστής □ πρώην καπνιστής □ δεν έχετε καπνίσει ποτέ

19) Τόπος διαμονής: .....

20) Ηλικία: □ παιδί □ έφηβος □ 18-24 □ 25-34 □ 35-44 □ 45-54 □ 55-64 □ >65

21) Ύψος: …….. **Βάρος**:…….

Η επιλογή της επταβάθμιας κλίμακας βασίστηκε στο ότι μαζί με την πενταβάθμια κλίμακα είναι από τις πιο συχνές σε χρήση κλίμακες (Malhotra and Peterson 2006), στο ότι αποτελεί παραδοσιακά την κλίμακα θερμικής αίσθησης (Nicol 2008) καθώς επίσης στην έρευνα του Miller (1956) ο οποίος επισήμανε ότι η επταβάθμια κλίμακα είναι πιθανόν να αποτελεί τον ιδανικότερο αριθμό διακριτών κατηγοριών περιγραφής της αίσθησης. Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και νεότερες έρευνες. Σύμφωνα με τον Dawes (2008) η αξιοπιστία και η εγκυρότητα των απαντήσεων βελτιώνεται με την χρήση πενταβάθμιων ή επταβάθμιων κλιμάκων σε σχέση με τις μικρότερες κλίμακες όπως για παράδειγμα τις τριτοβάθμιες κλίμακες ενώ η χρήση κλιμάκων μεγαλύτερης ακρίβειας όπως π.χ. οι δεκαβάθμιες δεν προκαλούν επιπλέον βελτίωση. Επιπρόσθετα η λεκτική έκφραση της διαβάθμισης της δεκαβάθμιας κλίμακας γίνεται αρκετά δύσκολη.

Από τις επταβάθμιες κλίμακες, οι συχνότερες σε χρήση είναι της ASHRAE και του Bedford (1940) (Πίνακας 3.4). Παρόλο που η κλίμακα της ASHRAE αποτελεί μέτρο του κρύου και της ζέστης ενώ η κλίμακα του Bedford ενσωματώνει την έννοια της άνεσης, πειράματα έδειξαν ότι στις περισσότερες περιπτώσεις και οι δύο κλίμακες χρησιμοποιούνται από τους ερωτηθέντες με τον ίδιο τρόπο (Nicol 2008). Τέλος επειδή ο αριθμητική διατύπωση της κλίμακας κρύβει τον κίνδυνο της υποκειμενικής εξήγησης των βαθμίδων, επιλέχθηκε η λεκτική έκφραση της κλίμακας ώστε η έννοια της κάθε βαθμίδας να είναι ορισμένη με ακρίβεια. Η επιλογή των λέξεων βασίστηκε στην δημιουργία συμμετρικής κλίμακας ώστε να είναι πιο κατανοητή από τους ερωτηθέντες.

Οι υπόλοιπες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου μπορούν να χωριστούν σε δύο βασικές κατηγορίες: στις ερωτήσεις που σχετίζονται με τα προσωπικά χαρακτηριστικά των ατόμων και σε αυτές που σχετίζονται με την προσδοκία που έχουν οι ερωτηθέντες για το θερμικό τους περιβάλλον καθώς και σε άλλες ψυχολογικές παραμέτρους. Η επιλογή και η δομή των ερωτήσεων βασίστηκε σε προηγούμενες μελέτες (Knez and Thorsson 2006; Nikolopoulou and Steemers 2006; Nikolopoulou et al. 2011; Oliveira and Andrade 2007; Thorsson et al. 2007a) σύμφωνα με τις οποίες είχε εκτιμηθεί η σημασία των προσωπικών και ψυχολογικών παραμέτρων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4. Κλίμακες θερμικής αίσθησης

Κλίμακα ASHRAE	**Ψήφος Θερμικής Αίσθησης**	**Κλίμακα Bedford**
Κρύο (Cold)	-3	Πάρα πολύ κρύο (Much too cool)
Ψύχρα (Cool)	-2	Πολύ κρύο (Too cool)
Ελαφριά ψύχρα (Slightly cool)	-1	Άνετα ψυχρά (Comfortably cool)
Ουδέτερα (Neutral)	0	Άνετα-ούτε ζέστη ούτε κρύο (Comfortably neither warm nor cool)
Ελαφριά ζέστη (Slightly warm)	+1	Άνετα ζεστά (Comfortably warm)
Ζέστη (Warm)	+2	Πολλή ζέστη (Too warm)
Πολλή ζέστη (Hot)	+3	Πάρα πολλή ζέστη (Much too warm)

3.5.1. Προσωπικά Χαρακτηριστικά

Το φύλο και η ηλικία (Πίνακας 3.3, Ερωτήσεις 1 και 20) είναι παράγοντες που επηρεάζουν τον βασικό ρυθμό παραγωγής θερμότητας του οργανισμού. Ο ρυθμός μεταβολισμού μειώνεται με την ηλικία (ISO 8996 2004; Parsons 1993), το επίπεδο, τον τύπο της δραστηριότητας και την ενδυμασία. Επιπλέον, η θερμική αίσθηση σε ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος εξαρτάται από το *φύλο*. Σύμφωνα με την μελέτη του Parsons (2002) άνδρες και γυναίκες δίνουν διαφορετικές απαντήσεις σε σχέση με την θερμική τους αίσθηση ενώ σύμφωνα με τον Kysely (2004) οι γυναίκες είναι πιο ευαίσθητες στο θερμικό στρες σε σχέση με τους άνδρες. Το *ύψος* και το *βάρος* (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 21) καθορίζουν την *επιφάνεια του σώματος* και είναι πιθανόν να επιδρούν στην θερμορυθμιστική διαδικασία του οργανισμού (Parsons 1993).

Η *ενδυμασία* (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 3) διαφέρει ανάλογα με τη εποχή και η επιλογή των ενδυμάτων μπορεί να διαφέρει από άτομο σε άτομο ακόμα και την ίδια εποχή. Η περιγραφή της ενδυμασίας κάθε ατόμου έγινε σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO 7730) ώστε στην συνέχεια να υπολογιστεί η θερμική μόνωση της ενδυμασίας (I_{cl}) κάθε ατόμου σε μονάδες clo (Πίνακας 3.4). Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η ποικιλία του τρόπου ένδυσης που πιθανόν να παρατηρείται σε μία έρευνα πεδίου, λήφθηκε υπόψη η πιθανότητα προσθήκης

επιπλέον ειδικών ενδυμάτων όπως καπέλο, γυαλιά ηλίου, κασκόλ, γάντια καθώς και το χρώμα των ενδυμάτων.

Για τον υπολογισμό της παραγωγής θερμότητας από το σώμα, δηλαδή του μεταβολικού ρυθμού ήταν απαραίτητο να γνωρίζουμε το επίπεδο δραστηριότητας του κάθε ατόμου. Επειδή όμως την στιγμή συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου όλοι οι ερωτηθέντες είχαν το ίδιο επίπεδο δραστηριότητας (όρθιοι με ελαφριά δραστηριότητα, ISO 7730), θα έπρεπε να προσδιοριστεί η *δραστηριότητα* λίγο πριν την συνέντευξη. Για τον λόγο αυτό η σχετική ερώτηση για την δραστηριότητα των

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5. Θερμική μόνωση ενδυμάτων σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Πιστοποίησης (ISO 7730)

Περιγραφή Ενδυμάτων	clo	Περιγραφή Ενδυμάτων	clo
Εσώρουχα		***Φορέματα και φούστες***	
Σλιπ	0,03	Λεπτή φούστα (καλοκαιρινή)	0,15
Σλιπ και στηθόδεσμο	0,03	Χονδρή φούστα (χειμωνιάτικη)	0,25
Εσώρουχο με μακριά παντζάκια	0,10	Λεπτό φόρεμα με κοντά μανίκια	0,20
Κοντομάνικο μπλουζάκι	0,09	Χειμωνιάτικο φόρεμα με μακριά μανίκια	0,40
Μπλουζάκι με μακριά μανίκια	0,12	Ολόσωμη φόρμα με μακρύ μανίκι	0,55
Πουκάμισα		***Σακάκια***	
Με κοντό μανίκι	0,15	Λεπτό καλοκαιρινό	0,25
Λεπτή με μακρύ μανίκι	0,20	Κανονικό	0,35
Κανονική με μακρύ μανίκι	0,25		
Φανελένια με μακρύ μανίκι	0,30		
Μπλούζες			
Λεπτή με μακρύ μανίκι	0,15		
Πουλόβερ		***Εξωτερική ένδυση***	
Γιλέκο	0,12	Παλτό	0,60
Λεπτό	0,20	Κοντό μπουφάν	0,55
Κανονικό	0,28	Μακρύ μπουφάν	0,70
Χονδρό	0,35		
Παντελόνια		***Παπούτσια και κάλτσες***	
Κοντό (σορτς)	0,06	Κάλτσες	0,02
Λεπτό	0,20	Χονδρές κάλτσες μέχρι τον αστράγαλο	0,05
Κανονικό	0,25	Χονδρές κάλτσες μέχρι το γόνατο	0,10
Χονδρό	0,28	Καλσόν	0,03
		Παπούτσια με λεπτή σόλα	0,02
		Παπούτσια με χονδρή σόλα	0,04
		Μπότες	0,10

ατόμων (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 9) αναφέρεται στην τελευταία μισή ώρα πριν την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου. Η τιμή του μεταβολικού ρυθμού εκτιμήθηκε με βάση το ISO 7730 (Πίνακας 3.5).

Το ανθρώπινο σώμα χρειάζεται ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα να εγκλιματιστεί στις περιβαλλοντικές συνθήκες (Nikopoulou and Steemers 2003; Thorsson et al. 2004) οπότε σημαντικό ρόλο παίζει η *πρόσφατη θερμική κατάσταση* (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 8) και ο *χρόνος έκθεσης* (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 6) των ατόμων. Επίσης επειδή οι απαντήσεις είχαν άμεση αναφορά στην στιγμή συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου σημαντικό ρόλο παίζει και αν η κατά τη διάρκεια τα συνέντευξης οι ερωτηθέντες ήταν *εκτεθειμένοι στον ήλιο* ή βρίσκονταν σε σκιά (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 2). Οι κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν την *ανθρώπινη υγεία* (Nastos 2008; Nastos and Matzarakis 2012; Theoharatos et al. 2010) με αποτέλεσμα άτομα που πάσχουν από χρόνιες ασθένειες να είναι συνήθως πιο ευάλωτα στις θερμικές συνθήκες (Schlink et al. 2002). Στις ασθένειες αυτές συμπεριλαμβάνονται οι καρδιαγγειακές, οι αναπνευστικές παθήσεις (Nastos and Matzarakis 2006) και οι αλλεργίες οι οποίες συχνά δημιουργούν αναπνευστικά προβλήματα (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 17). Επίσης στο ερωτηματολόγιο προστέθηκε ερώτηση σχετική με το αν οι ερωτηθέντες είναι καπνιστές ή όχι επειδή το *κάπνισμα*

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6. Μεταβολικός ρυθμός σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Πιστοποίησης (ISO 7730)

Δραστηριότητα	**Ρυθμός Μεταβολισμού**	
	$W \cdot m^{-2}$	met
Ξαπλωμένος	46	0,8
Καθισμένος ήρεμα	58	1,0
Καθισμένος με δραστηριότητα (π.χ.γραφείο, σχολείο, εργαστήριο)	70	1,2
Όρθιος, ήπια δραστηριότητα (π.χ. ψώνια, εργαστήριο)	93	1,6
Όρθιος, μέτρια δραστηριότητα (π.χ. δουλειές σπιτιού)	116	2,0
Περπάτημα	110	1,9
2 km/h	140	2,4
3 km/h	165	2,8
4 km/h	200	3,4
5 km/h		

επηρεάζει την αναπνοή (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 18). Προκειμένου να λάβουμε υπόψη και τα υπόλοιπα πιθανά αίτια σχετικά με προβλήματα υγείας που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την θερμική αίσθηση των ερωτηθέντων προστέθηκε και μία πιο γενική ερώτηση (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 16) στην οποία διαφαίνεται και η *γενική κατάσταση της υγείας* των ερωτηθέντων (Knez and Thorsson 2006; Yin et al. 2012). Οι απαντήσεις στην Ερώτηση 15 αποτελούν τα συμπτώματα θερμικής καταπόνησης και προστέθηκε στο ερωτηματολόγιο για την εκτίμηση πιθανών συμπτωμάτων λόγω του θερμικού στρες.

3.5.2. Ψυχολογικές Παράμετροι

Σύμφωνα με τους Nikopoulou and Steemers (2003) η θερμική αντίληψη των ατόμων μπορεί να επηρεαστεί από την *συντροφικότητα*, δηλαδή από το αν επισκέπτονται τον χώρο μόνοι ή με συντροφιά και άλλων ατόμων (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 4), από τον *τόπο διαμονής* τους (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 19) αφού αποτελεί ένδειξη της μακροπρόθεσμης εμπειρίας τους καθώς και από το μέρος που βρίσκονταν πριν επισκεφτούν τον χώρο της συνέντευξης (*πρόσφατη εμπειρία*) (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 7). Η υποκειμενική εκτίμηση της θερμικής αίσθησης μπορεί επίσης να επηρεαστεί από τον *λόγο επίσκεψης* (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 5). Οι Thorsson et al. (2004) έδειξαν ότι η πιθανότητα επιλογής και ο εθελοντικός χαρακτήρας έκθεσης στις περιβαλλοντικές συνθήκες αυξάνουν την ανεκτικότητα σε αυτές. Επιπλέον από τη μελέτη των Cheng et al. (2012a) προέκυψε ότι η *συνολική αίσθηση στον χώρο* (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 10) σχετίζεται με την θερμική αίσθηση.

Ο Höppe (2002) παρατήρησε ότι καθοριστικός παράγοντας της προσωπικής άνεσης είναι το κατά πόσο οι θερμικές συνθήκες είναι αναμενόμενες (*προσδοκία*) (Πίνακας 3.3, Ερώτηση 11). Δηλαδή το ποιες θεωρούμε ότι θα έπρεπε να είναι οι περιβαλλοντικές συνθήκες σε σχέση με αυτές που πραγματικά είναι. Σε εξωτερικούς χώρους συνήθως αυτό συνδέεται με τις απαντήσεις που δίνουν οι ερωτηθέντες του τύπου ‘ο καιρός είναι καλός για αυτήν την εποχή’ ή ‘για αυτήν την εποχή θα προτιμούσα να είχε περισσότερο ζέστη’ (Nikopoulou and Steemers 2003). Στις Ερωτήσεις 12 και 13 (Πίνακας 3.3) δηλώνεται η *προτίμηση* μέσα από την οποία διαφαίνεται η επιθυμία του ατόμου για ιδανικές συνθήκες (Stathopoulos et al. 2004). Ο διαχωρισμός μεταξύ των δυο ερωτήσεων έγινε γιατί το γενικό αίσθημα άνεσης (ή

δυσφορίας) δεν αποκλείει απαραίτητα την επιθυμία να βελτιωθούν ξεχωριστά κάποιες μετεωρολογικές παράμετροι (Oliveira and Andrade 2007).

3.6. Επεξεργασία Δεδομένων

Τα μετεωρολογικά δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον καταγραφέα δεδομένων μεταφέρθηκαν σε αρχεία Excel όπου βαθμονομήθηκαν και στην συνέχεια από τις μετρήσεις του πυρανόμετρου και του πυρραδιόμετρου υπολογίστηκε η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (πάνω και κάτω) (IR_{up}, IR_{down}).

Κάθε ερωτηματολόγιο χαρακτηρίστηκε από έναν αριθμό που ήταν η ταυτότητά του ώστε να είναι εύκολο να ανατρέχουμε σε αυτό όποτε χρειάζεται. Από την περιγραφή των ενδυμάτων σε κάθε ερωτηματολόγιο υπολογίστηκε η θερμική μόνωση της ενδυμασίας (I_{cl}) κάθε ατόμου σε μονάδες clo και από το είδος της δραστηριότητας εκτιμήθηκε ο ρυθμός μεταβολισμού (M) σε μονάδες $W \cdot m^{-2}$ σύμφωνα με το ISO 7730. Τα δεδομένα από το κάθε ερωτηματολόγιο καταχωρήθηκαν σε κωδικοποιημένη μορφή σε αρχείο SPSS και ταξινομήθηκαν ανά ημερομηνία και ώρα. Οι διατακτικές (ordinal) μεταβλητές που ήταν συμμετρικές ως προς την έννοια του ‘ουδέτερα’, ‘καμία μεταβολή’ ή ‘όπως συνήθως’ (Ερωτήσεις 10, 11, 12, 13, 14, 16) κωδικοποιήθηκαν με αριθμούς συμμετρικούς ως προς το μηδέν π.χ. οι απαντήσεις της Ερώτησης 14 (Πίνακας 3.3) κωδικοποιήθηκαν ως: χαμηλότερη = -1, καμία μεταβολή = 0 και υψηλότερη = 1, οι ονομαστικές (nominal) μεταβλητές στις απαντήσεις των οποίων υπήρχε η έννοια του ‘όχι’ (Ερωτήσεις 3 σχετικά με τα καπέλο-γυαλιά-κασκόλ-γάντια, 8, 18) κωδικοποιήθηκαν με θετικούς αριθμούς ξεκινώντας από το μηδέν π.χ. οι απαντήσεις της Ερώτησης 18 (Πίνακας 3.3) κωδικοποιήθηκαν ως: δεν έχετε καπνίσει ποτέ=0, πρώην καπνιστής = 1 και καπνιστής = 2, ενώ οι υπόλοιπες (Ερωτήσεις 1, 3 σχετικά με το χρώμα των ρούχων, 4, 5, 6, 7, 9, 15, 20) κωδικοποιήθηκαν με θετικούς αριθμούς ξεκινώντας από το ένα π.χ. οι απαντήσεις της Ερώτησης 1 (Πίνακας 3.3) κωδικοποιήθηκαν ως: άνδρας = 1, γυναίκα = 2.

Μετά τον ποιοτικό έλεγχο όλων των υπό εξέταση παραμέτρων, μετεωρολογικών, προσωπικών και ψυχολογικών, δημιουργήθηκε το τελικό αρχείο SPSS όλων των πειραματικών παραμέτρων ανά ερωτηματολόγιο στο οποίο βασίστηκε η ανάλυση των δεδομένων.

3.6.1. Βαθμονόμηση Μετεωρολογικών Παραμέτρων

Οι σχέσεις με τις οποίες βαθμονομήθηκαν οι μετεωρολογικές παράμετροι είναι οι εξής:

$$T_{air} = 0,1 \cdot T_{air_{οργάνου}} - 40 \tag{3.1}$$

$$T_{air_{βαθμ/νο}} = T_{air} + (-0,09855167 - 0,01965815 \cdot T_{air} + 0,00078238 \cdot T_{air}^{\ 2}) \tag{3.2}$$

$$RH_{βαθμ/νο} = 0,1 \cdot RH_{οργάνου} + (-9,1667557 + 0,53725204 \cdot 0,1 \cdot RH_{οργάνου} - 0,00392419 \cdot (0,1 \cdot RH_{οργάνου})^2) \tag{3.3}$$

$$WS_{βαθμ/νο} = 0,7721 \cdot \frac{WS_{οργάνου}}{0,75268} + 0,25 \tag{3.4}$$

$$SR_{up_{βαθμ/νο}} = \frac{SR_{up_{οργάνου}} \cdot 10^3}{15,2} \tag{3.5}$$

$$SR_{down_{βαθμ/νο}} = \frac{SR_{down_{οργάνου}} \cdot 10^3}{23,41} \tag{3.6}$$

$$T_{globe_{βαθμ/νο}} = T_{globe_{οργάνου}} + (0,81204597 + 0,00007626 \cdot T^2_{globe_{οργάνου}}) \tag{3.7}$$

Οι δείκτες ‘οργάνου’ και ‘βαθμ/νο’ αναφέρονται αντίστοιχα στις τιμές των παραμέτρων όπως αυτές καταγράφονταν στον καταγραφέα δεδομένων και μετά την διόρθωσή τους όπως χρησιμοποιήθηκαν για τον ποιοτικό τους έλεγχο και την επεξεργασία τους. Στην περίπτωση των τιμών θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας και ταχύτητας ανέμου διατηρήθηκαν δυο δεκαδικά ψηφία ενώ στην περίπτωση τιμών ακτινοβολίας διατηρήθηκαν 3 δεκαδικά ψηφία.

3.6.2. Υπολογισμός Μεγάλου Μήκους Κύματος Ακτινοβολίας

Η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο (IR_{up}, IR_{down}) υπολογίστηκε ανά λεπτό σε $W \cdot m^{-2}$ από τις αντίστοιχες διορθωμένες τιμές τις ολικής ηλιακής ακτινοβολίας (SR_{up}, SR_{down}), τις τιμές της ολικής ακτινοβολίας (TR_{up}, TR_{down}) σε οριζόντιο επίπεδο και της θερμοκρασίας του πυρραδιόμετρου (T_{ir}, ^oC) το οποίο στο εσωτερικό του ήταν εξοπλισμένο με θερμόμετρο Pt. Πιο συγκεκριμένα αρχικά διορθώθηκε η θερμοκρασία του πυρραδιόμετρου σύμφωνα με την σχέση:

$$T_{ir_{\beta\alpha\theta\mu/\nu o}} = T_{ir_{o\rho\gamma\acute{\alpha}\nu o\upsilon}} + (0{,}45452801\text{-}0{,}00859378 \cdot T_{ir_{o\rho\gamma\acute{\alpha}\nu o\upsilon}} + 0{,}00017542 \cdot T_{ir}{}^{2}{}_{o\rho\gamma\acute{\alpha}\nu o\upsilon}) \qquad (3.8)$$

στην συνέχεια διορθώθηκε η ολική ακτινοβολία που μετρήθηκε από το πυρραδιόμετρο από τις σχέσεις:

$$TR'_{up} = 51{,}503 + 19{,}052 \cdot TR_{up}$$
$$TR'_{down} = 43{,}235 + 19{,}481 \cdot TR_{down} \qquad (3.9)$$

$$R_{up} = TR'_{up} + 5{,}667 \cdot 10^{-8} \cdot (273{,}15 + T_{ir})^4$$
$$R_{down} = TR'_{down} + 5{,}667 \cdot 10^{-8} \cdot (273{,}15 + T_{ir})^4 \qquad (3.10)$$

και υπολογίστηκε η τιμή της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας (IR) ανά λεπτό αφαιρώντας την διορθωμένη ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο που μετρήθηκε από το πυρανόμετρο από την διορθωμένη ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο που μετρήθηκε από το πυρραδιόμετρο σύμφωνα με από τη σχέση:

$$IR_{up} = R_{up} - SR_{up} \qquad IR_{down} = R_{down} - SR_{down} \qquad (3.11)$$

3.6.3. Ποιοτικός Έλεγχος Μετρήσεων

Συνολικά τα δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων παρουσιάζονται συνοπτικά και ταξινομημένα ανά κατηγορία μετεωρολογικά, προσωπικά και ψυχολογικά στον Πίνακα 3.7.

Αρχικά δημιουργήθηκαν συγκεντρωτικοί πίνακες των δεδομένων ώστε να υπάρχει μια γενική εποπτεία των τιμών και να εντοπιστούν οι τιμές που είναι εκτός κλίμακας. Οι πίνακες αυτοί περιέχουν βασικά στατιστικά στοιχεία για κάθε μεταβλητή όπως το πλήθος, τη μέση τιμή, την τυπική απόκλιση, τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή. Τα δεδομένα που ήταν εκτός κλίμακας ελέγχθηκαν για τυχόν λάθη καταχώρησης και αντικαταστάθηκαν με την σωστή τιμή ή έμειναν κενά ως μη διαθέσιμες τιμές. Στην συνέχεια σχεδιάστηκαν οι γραφικές παραστάσεις ανά μεταβλητή ώστε να ελέγξουμε αν υπάρχουν τιμές που παρουσιάζουν μεγάλη

απόκλιση από τις προηγούμενες ή τις επόμενες και τα γραφήματα διασποράς επιλεγμένων μεταβλητών που αναμενόταν ότι θα παρουσίαζαν κάποιο βαθμό συσχέτισης μεταξύ τους, με στόχο να εντοπιστούν πιθανές 'ύποπτες' τιμές. Πιο συγκεκριμένα στην περίπτωση της θερμοκρασίας του αέρα και της σχετικής υγρασίας απορρίψαμε τις αρνητικές τιμές και αυτές που απέκλιναν πολύ από τις προηγούμενες και επόμενες τιμές, ενώ για την περίπτωση της θερμοκρασίας γκρι σφαίρας αυτές που ήταν μικρότερες των 5 ^{o}C και αυτές που απέκλιναν πολύ από τις προηγούμενες και επόμενες τιμές. Όταν η μέση και η μέγιστη τιμή της ταχύτητας του ανέμου ξεπερνούσαν τα 20 $m \cdot s^{-1}$ και 25 $m \cdot s^{-1}$ αντίστοιχα απορρίπτονταν καθώς επίσης οι τιμές της μέσης ταχύτητας του ανέμου που αντιστοιχούσαν σε μέγιστη ταχύτητα ανέμου μεγαλύτερη από 25 $m \cdot s^{-1}$. Για τον ποιοτικό έλεγχο της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο μηδενίστηκαν οι τιμές που αντιστοιχούσαν σε ώρα μετά την δύση του ηλίου

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7. Δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων ταξινομημένα σε μετεωρολογικές, προσωπικές και ψυχολογικές παραμέτρους

Μετεωρολογικές παράμετροι	**Παράμετροι Ερωτηματολογίου**	
	Προσωπικές	***Ψυχολογικές***
Θερμοκρασία αέρα-T_{air} (^{o}C)	Ηλικία	Εποχή
Σχετική υγρασία - RH (%)	Φύλο	Ώρα της ημέρας
Μέση ταχύτητα ανέμου -WS ($m \cdot s^{-1}$)	Ύψος	Συντροφικότητα
Μέγιστη ταχύτητα ανέμου -WS_{max} ($m \cdot s^{-1}$)	Βάρος	Τόπος διαμονής
Ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο - SR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	Δραστηριότητα	Μέρος πριν
Ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο -SR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	Ενδυμασία (γυαλιά, καπέλο, κασκόλ, χρώμα)	Λόγος επίσκεψης
Υπέρυθρη ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο - TR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	Συνέντευξη στον ήλιο/σκιά	Γνώμη για τον καιρό (θερμοκρασία, υγρασία, άνεμο, δραστηριότητα)
Υπέρυθρη ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο - TR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	Κλιματισμός	Προτίμηση συνολική
Θερμοκρασία γκρι σφαίρας - T_{globe} (^{o}C)	Χρόνος έκθεσης	Προτίμηση ανά παράμετρο (θερμοκρασία, υγρασία, άνεμο, ακτινοβολία)
Θερμοκρασία επιφάνειας εδάφους - T_{ground} (^{o}C)	Χρόνιες ασθένειες	Συνολική άνεση στον χώρο
	Στάτους καπνίσματος	
	Κατάσταση υγείας	
	Επιδράσεις στην υγεία	

και απορρίφθηκαν όσες αρνητικές τιμές αντιστοιχούσαν σε ώρα πριν την δύση του ηλίου. Οι τιμές της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος που απορρίφθηκαν ήταν οι αρνητικές, εκείνες που προέκυψαν από αρνητική ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο και, βάσει μακροχρόνιων σχετικών μετρήσεων στο σταθμό του ΕΑΑ στο Θησείο, στην περίπτωση της IR_{up} απορρίφθηκαν και οι τιμές που ήταν μεγαλύτερες από 650 $W \cdot m^{-2}$ ή μικρότερες από 350 $W \cdot m^{-2}$.

3.6.4. Αρχείο Πειραματικών Δεδομένων

Υπολογίστηκαν οι μέσες τρίλεπτες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων, όσο και ο χρόνος συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων, εντοπίστηκαν οι τιμές που αντιστοιχούσαν στην ώρα έναρξης συμπλήρωσής τους, οπότε στο αρχείο SPSS με τις κωδικοποιημένες τιμές των παραμέτρων από τα ερωτηματολόγια προστέθηκαν οι αντίστοιχες των μετεωρολογικών παραμέτρων. Οι τιμές που είχαν απορριφθεί από τον ποιοτικό έλεγχο δεν λήφθηκαν υπόψη.

Η πληρότητα των μετεωρολογικών δεδομένων αντιστοιχεί σε 98,45%. Το μεγαλύτερο ποσοστό των τιμών που έλλειπαν παρατηρήθηκε στην ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (IR_{up}) η οποία είχε πληρότητα 85,2% ενώ συνολικά οι υπόλοιπες μετεωρολογικές παράμετροι είχαν πληρότητα κατά 99,9%. Η πληρότητα των δεδομένων των ερωτηματολογίων υπολογίστηκε 99,3%. Συνολικά η πληρότητα των δεδομένων αντιστοιχεί σε 99,1%.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΨΗΦΟ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ

4.1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες μελέτες τόσο σε εσωτερικό όσο και σε εξωτερικό περιβάλλον για την μελέτη και την κατανόηση της θερμικής αίσθησης. Πολλές μελέτες εξετάζουν στην επίδραση των μετεωρολογικών παραμέτρων στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της θερμικής καταπόνησης (Almeida et al. 2010; Miron et al. 2008; Nastos et al. 2013) ή μέσω της θνησιμότητας (Diaz et al. 2002; Nastos and Matzarakis 2012) ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια ακραίων καιρικών συνθηκών όπως για παράδειγμα κυμάτων καύσωνα (Matzarakis and Nastos 2011; Matzarakis et al. 2009; Pantavou et al. 2011; Theoharatos et al. 2010) ενώ άλλες επικεντρώνονται στην εκτίμηση της θερμικής αίσθησης κυρίως σε αστικά μικροκλίματα με στόχο την αποτύπωση και βελτίωση των θερμικών συνθηκών μέσω του αστικού σχεδιασμού (Charalampopoulos et al. 2013; Matsoukis et al. 2009; Sakka et al. 2010).

Ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι μελέτες που εστιάζουν στην υποκειμενική θερμική αίσθηση διερευνώντας μέσω συνεντεύξεων, τη σχέση των μετεωρολογικών παραμέτρων και των βιοκλιματικών δεικτών με την υποκειμενική συμπεριφορά και αντίδραση στο εξωτερικό περιβάλλον (Cheng et al. 2012a; Krüger et al. 2011; Lin 2009; Yin et al. 2012). Από αυτές τις μελέτες αναδεικνύεται η πολυπλοκότητα της θεωρητικής εκτίμησης της θερμικής αίσθησης, τονίζοντας την επίδραση των ψυχολογικών παραμέτρων στην θερμική αντίληψη (Cohen et al. 2013; Nikolopoulou and Steemers 2003; Oliveira and Andrade 2007).

Στην συγκεκριμένη διατριβή διερευνάται η θερμική αίσθηση σε συνάρτηση των μετεωρολογικών, προσωπικών και ψυχολογικών παραγόντων προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος στην θερμική αίσθηση και να εκτιμηθεί ο ρόλος των υποκειμενικών παραγόντων στον καθορισμό της για ένα κλίμα στο οποίο έχει πραγματοποιηθεί μόνο μία παρόμοια μελέτη, η μελέτη της Nikolopoulou (2004) ενώ ακολουθείται διαφορετική προσέγγιση. Η θερμική αίσθηση εκφράζεται σε επταβάθμια κλίμακα καθώς επίσης χρησιμοποιείται η μέθοδος της

διατακτικής παλινδρόμησης για την μελέτη εξάρτησης της ψήφου θερμικής αίσθησης από τις υπό μελέτη παραμέτρους.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά αποτελέσματα των πειραματικών δεδομένων, διερευνώνται οι παράγοντες που επηρεάζουν την θερμική αίσθηση των ερωτηθέντων και αναλύεται η σχέση της θερμικής αίσθησης και των μικροκλιματικών συνθηκών.

4.2. Στοιχεία θεωρίας

4.2.1. Σύγκριση Μέσων Τιμών

Η σύγκριση των μέσων τιμών είναι μία στατιστική τεχνική η οποία χρησιμοποιείται για να ελέγξει την υπόθεση ότι οι μέσες τιμές των συνεχών εξαρτημένων μεταβλητών είναι ίσες ανά κατηγορία της εξαρτημένης μεταβλητής (μηδενική υπόθεση (H_0)). Αν η εξαρτημένη μεταβλητή έχει δύο κατηγορίες χρησιμοποιείται το T-τεστ ενώ στην περίπτωση που έχει περισσότερες από δύο κατηγορίες χρησιμοποιείται το ANOVA. Στην συγκεκριμένη μελέτη εφαρμόστηκε το T-τεστ για δύο ανεξάρτητα δείγματα (Independent Samples T-test) και η μονόδρομη ανάλυση διακύμανσης (One-Way ANOVA).

Το T-τεστ δύο ανεξάρτητων δειγμάτων συγκρίνει τις διακυμάνσεις των μέσων και εκτιμά το τυπικό σφάλμα της διαφοράς των μέσων, βάσει των διακυμάνσεων και το μέγεθος και των δύο ανεξάρτητων δειγμάτων. Ο έλεγχος διεξάγεται για δύο περιπτώσεις, για την περίπτωση που οι διακυμάνσεις είναι ίσες και για την περίπτωση που διακυμάνσεις είναι άνισες. Για να εφαρμοστεί, θα πρέπει να ισχύει η κανονικότητα και για τις δύο ομάδες. Μπορεί όμως να εφαρμοστεί και σε περιπτώσεις που δεν ισχύει η κανονικότητα αν το δείγμα είναι μεγάλο. Η μονόδρομη ανάλυση διακύμανσης αποτελεί προέκταση του T-τεστ για την περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή έχει περισσότερες από δύο κατηγορίες.

4.2.2. Γραμμική Παλινδρόμηση

Επιχειρεί να μοντελοποιήσει την σχέση μιας συνεχούς εξαρτημένης μεταβλητής y και ενός συνόλου ανεξάρτητων μεταβλητών x_1, x_2, …, x_v προσαρμόζοντας με την βοήθεια του ελαχίστου x^2 μία εξίσωση ευθείας της μορφής:

$$y'=b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + ... + b_v \cdot x_v \quad (4.1)$$

Όπου b οι συντελεστές παλινδρόμησης οι οποίοι υπολογίζονται έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων $\left(\sum_{i=1}^{N}(y_i - y'_i)^2\right)$ (Λειβαδά και Ασημακόπουλος 2002).

Στην περίπτωση που οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι κατηγορικές πρέπει να δημιουργηθούν οι αντίστοιχες εικονικές μεταβλητές ή ψευδομεταβλητές (dummy variables). Οι εικονικές μεταβλητές συνήθως χρησιμοποιούνται για να εκφράσουν δύο κατηγορίες (επίπεδα), οπότε είναι δίτιμες και η συνήθης επιλογή για τον ορισμό τους είναι η χρήση μιας μεταβλητής-δείκτη (0-1) η οποία υποδηλώνει αν μια συγκεκριμένη παρατήρηση ανήκει σε ένα από δύο καθορισμένα επίπεδα. Οι εικονικές μεταβλητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για να εκφράσουν μια ποιοτική μεταβλητή που παίρνει τιμές σε περισσότερες από δύο κατηγορίες (επίπεδα). Αν χρειάζεται να συμπεριληφθεί σε ένα μοντέλο παλινδρόμησης με σταθερό όρο μια κατηγορική (ποιοτική) μεταβλητή με k επίπεδα (κατηγορίες), χρειάζεται να ορισθούν k-1 εικονικές μεταβλητές. Η εξίσωση παλινδρόμησης τότε δίνεται από τη σχέση:

$$y'=b_0 + a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + ... a_{k-1} D_{k-1} + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + ... + b_v \cdot x_v \quad (4.2)$$

όπου a_1, a_2, … a_{k-1} σταθεροί όροι ανά επίπεδο κατηγορικής μεταβλητής, D η κατηγορική μεταβλητή με k κατηγορίες με D_1=1 αν ισχύει η κατηγορία 1 και D_1=0 αν ισχύει κάποια από τις υπόλοιπες, D_2=1 αν ισχύει η κατηγορία 2 και D_2=0 αν ισχύει κάποια από τις υπόλοιπες, … D_{k-1}=1 αν ισχύει η κατηγορία k-1 και D_{k-1}=0 αν ισχύει κάποια από τις υπόλοιπες και x_1, x_2…, x_v συνεχείς μεταβλητές με τους αντίστοιχους συντελεστές τους b_1, b_2, …, b_v.

4.2.3. Διατακτική Παλινδρόμηση (Ordinal Logistic Regression)

Η διατακτική παλινδρόμηση χρησιμοποιείται για την μοντελοποίηση της σχέσης μιας διατακτικής εξαρτημένης μεταβλητής και ενός συνόλου συνεχών ή κατηγορικών ανεξάρτητων μεταβλητών. Αποτελεί επέκταση των γενικευμένων γραμμικών μοντέλων για την περίπτωση διατακτικών κατηγορικών δεδομένων (SPSS Inc, 2008).

Η διατακτική λογιστική παλινδρόμηση είναι μια διαδικασία η οποία προβλέπει την πιθανότητα παρατήρησης μιας συγκεκριμένης τιμής ή μικρότερης από αυτήν (θ) και μπορεί να εκφραστεί από την σχέση:

$$\theta_j = \frac{P(Y \le j)}{P(Y > J)} \tag{4.3}$$

όπου P δηλώνει πιθανότητα, Y είναι η διατακτική μεταβλητή και j = 1 έως n-1, όπου n ο αριθμός των διατάξεων. Η πιθανότητα εμφάνισης της n-ιοστής κατηγορίας είναι ίση με 1 γιατί αναφέρεται σε όλη τη σειρά των δεδομένων.

Η σχέση 4.3 μπορεί να τροποποιηθεί και ως εξής:

$$\theta_j = \frac{P(Y \le j)}{1 - P(Y \le j)} \tag{4.4}$$

όπου η πιθανότητα να συμβεί ένα γεγονός με j>1 έχει αντικατασταθεί με 1 μείον την πιθανότητα να συμβεί ένα γεγονός με j≤1.

Η μέθοδος της διατακτικής παλινδρόμησης έχει την μορφή:

$$\ln(\theta_j) = a_j - \sum_i \beta_i x_i \tag{4.5}$$

όπου x_i οι ανεξάρτητες μεταβλητές, α_j σταθερά η οποία ονομάζεται κατώφλι (threshold) της j-ιοστής κατηγορίας, β_i συντελεστές παλινδρόμησης ενώ η ποσότητα $\ln(\theta_j)$ ονομάζεται logit. Δηλαδή από την μέθοδο υπολογίζεται ο φυσικός λογάριθμος της πιθανότητας παρατήρησης μιας συγκεκριμένης τιμής ή μικρότερης από αυτήν. Οι συντελεστές β μας δίνουν πληροφορία για το πόσο μεταβάλλεται ο φυσικός λογάριθμος της πιθανότητας παρατήρησης μιας συγκεκριμένης τιμής ή μικρότερης από αυτήν με βάση τις τιμές των ανεξάρτητων μεταβλητών.

Στην περίπτωση συνεχών ανεξάρτητων μεταβλητών θετικός συντελεστής παλινδρόμησης σημαίνει ότι όταν αυξάνουν οι τιμές της συνεχούς μεταβλητής αυξάνεται και η πιθανότητα για μεγαλύτερες κατηγορίες (προς το n) ενώ στην περίπτωση κατηγορικών μεταβλητών, θετικός συντελεστής σημαίνει ότι η αύξηση της κατηγορίας της εξαρτημένης μεταβλητής (π.χ. της κατηγορίας θερμικής ψήφου) είναι πιο πιθανή στην πρώτη κατηγορία και αρνητικός συντελεστής ότι η μικρότερη κατηγορία της εξαρτημένης μεταβλητής (μικρότερη κατηγορία θερμικής ψήφου) είναι πιο πιθανή στην πρώτη κατηγορία.

Για κάθε μία ανεξάρτητη μεταβλητή x η σχέση (4.5) γίνεται

$$\ln(\theta_j) = a_j - \beta x \tag{4.6}$$

από όπου παρατηρούμε ότι σε κάθε κατηγορία ο σταθερός όρος α αλλάζει αλλά ο συντελεστής β παραμένει σταθερός. Αυτό σημαίνει ότι η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής είναι η ίδια για όλες της κατηγορίες την εξαρτημένης μεταβλητής δηλαδή ότι τα αποτελέσματα μπορούν να απεικονιστούν ως ένα σύνολο παράλληλων ευθειών (μία ευθεία για την κάθε κατηγορία). Η υπόθεση αυτή πρέπει να ελεγχθεί επιτρέποντας τον υπολογισμό των διαφορετικών συντελεστών και στην συνέχεια ελέγχοντας τα αποτελέσματα για το αν οι συντελεστές είναι ίσοι μεταξύ τους.

Επιλύοντας την σχέση (4.6) ως προς P(Y≤j) υπολογίζεται η πιθανότητα η εξαρτημένη μεταβλητή να πάρει τιμή μικρότερη ή ίση της κατηγορίας j είναι:

$$P(Y \le j) = \frac{e^{a_j - \beta x}}{1 + e^{a_j - \beta x}} = \frac{1}{1 + e^{-(a_j - \beta x)}} \tag{4.7}$$

Στην περίπτωση που έχουμε i ανεξάρτητες μεταβλητές η σχέση 4.9 γίνεται:

$$P(Y \le j) = \frac{e^{a_j - \sum \beta_i x_i}}{1 + e^{a_j - \sum \beta_i x_i}} = \frac{1}{1 + e^{-(a_j - \sum \beta_i x_i)}} \tag{4.8}$$

όπου β_i ο συντελεστής της i ανεξάρτητης μεταβλητής. Όταν οι ανεξάρτητες μεταβλητές είναι κατηγορικές τα β_i και x_i αναφέρονται στην κάθε κατηγορίας της κατηγορικής ανεξάρτητης μεταβλητής. Οπότε για την κατηγορία αναφοράς θα ισχύει $\beta_i=0$ που σημαίνει ότι η αθροιστική πιθανότητα θα εξαρτάται μόνο από το αντίστοιχο α.

Για κάθε περίπτωση, η προβλεπόμενη από το μοντέλο κατηγορία της εξαρτημένης μεταβλητής είναι η κατηγορία με την μέγιστη πιθανότητα. Πιο αναλυτικά για τον υπολογισμό της προβλεπόμενης κατηγορίας της εξαρτημένης μεταβλητής (α) εισάγουμε τιμές στο μοντέλο (Σχέση 4.8) από όπου υπολογίζονται οι αθροιστικές πιθανότητες της εξαρτημένης μεταβλητής να είναι μικρότερη ή ίση από την κάθε κατηγορία της P(Y≤j) (η αθροιστική πιθανότητα της τελευταίας κατηγορίας είναι 1) (β) οι διαφορές των πιθανοτήτων δύο συνεχόμενων κατηγοριών (P(Y≤j) - P(Y≤(j-1))) δίνει την πιθανότητα να συμβεί κάθε κατηγορία (γ) η κατηγορία με την μέγιστη πιθανότητα είναι η προβλεπόμενη από το μοντέλο κατηγορία (IBM 2013). Επομένως στην περίπτωση που η διατακτική εξαρτημένη μεταβλητή είναι η ψήφος θερμικής αίσθησης, θα μπορούσε να υπολογιστεί από την σχέση:

$$\text{Ψήφος Θερμικής Αίσθησης} = \max\left\{\frac{1}{1 + e^{-(a_j - \sum \beta_i x_i)}} - \frac{1}{1 + e^{-(a_{j-1} - \sum \beta_i x_i)}}\right\} \tag{4.9}$$

Ένα καλό μοντέλο έχει στατιστικά σημαντικούς συντελεστές β και υψηλό επίπεδο σημαντικότητας στον έλεγχο παράλληλων ευθειών (test of parallel lines). Από τον συντελεστή β μπορούμε να υπολογίσουμε τον λόγο πιθανότητας (υψηλότερες προς χαμηλότερες κατηγορίες) ο οποίος παραμένει σταθερός για όλες τις κατηγορίες.

$$\theta = e^{-\beta} \tag{4.10}$$

4.3. Δεδομένα-Μεθοδολογία

4.3.1. Πρόσθετα δεδομένα

Τα δεδομένα ατμοσφαιρικής πίεσης παραχωρήθηκαν από τους κοντινότερους στα σημεία μέτρησης μετεωρολογικούς σταθμούς. Για την περίπτωση της πλατείας Συντάγματος και της οδού Ερμού χρησιμοποιήθηκαν οι ωριαίες τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης όπως αυτές δημοσιεύονται από το Ινστιτούτο Περιβαλλοντικής και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών για τον σταθμό του Θησείου (ΙΕΠΒΑ, 37° 58' N, 23° 43' E, 107 m από το επίπεδο της θάλασσας). Για την περίπτωση της παραλίας του Φλοίσβου χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) για τον σταθμό του Ελληνικού (37^o 53' N, 23^o 43' E, 10 m).

4.3.2. Υπολογισμός πρόσθετων μετεωρολογικών παραμέτρων

Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας υπολογίστηκε από κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού Matlab (MATLAB R2010a, The MathWorks Inc.) (Παράρτημα Β) σύμφωνα με την ώρα έναρξης των ερωτηματολογίων από τις μέσες τρίλεπτες τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (T_{mrt}) υπολογίστηκε σύμφωνα με την σχέση (Thorsson et al. 2007b):

$$T_{mrt} = \sqrt[4]{(T_{globe} + 273{,}15)^4 + \frac{1{,}1 \cdot 10^8 \cdot WS^{0.6}}{\varepsilon \cdot D^{0.4}} \cdot (T_{globe} - T_{air})} - 273{,}15 \tag{4.11}$$

όπου ε ο συντελεστής εκπομπής και D (mm) η διάμετρος της σφαίρας.

4.3.3. Επεξεργασία παραμέτρων ερωτηματολογίου

Προκειμένου να διευκολυνθεί η επεξεργασία των δεδομένων τροποποιήθηκαν οι παράμετροι:

1) Η ώρα της ημέρας, χωρίστηκε σε πέντε περιόδους: πρωί (9:00-11:59), μεσημέρι (12:00-14:59), νωρίς το απόγευμα (15:00-17:59), αργά το απόγευμα (18:00-20:59) και βράδυ (21:00-23:59).
2) Ο τόπος διαμονής, χωρίστηκε σε 11 κατηγορίες: κέντρο Αθήνας, βόρεια, νότια, δυτικά, ανατολικά, βορειοανατολικά, βορειοδυτικά, νοτιοανατολικά, νοτιοδυτικά της Αθήνα, επαρχία και χώρες του εξωτερικού.
3) Τα συμπτώματα θερμικής καταπόνησης, συνοψίστηκαν σε δύο κατηγορίες: όχι - δεν αισθάνομαι κάποιο από τα αναφερθέντα στο ερωτηματολόγιο συμπτώματα και ναι - αισθάνομαι κάποιο από τα αναφερθέντα στο ερωτηματολόγιο συμπτώματα.

Επίσης υπολογίστηκε η επιφάνεια του σώματος (Adu) σε m^2 σύμφωνα με την σχέση (DuBois and DuBois, 1916):

$$\mathrm{Adu} = 0,202 \cdot W_D^{\,0,424} \cdot H_D^{\,0,725} \qquad (4.12)$$

όπου W_D είναι το βάρος του σώματος σε kg και H_D είναι το ύψος του ανθρώπου σε cm.

4.3.4. Στατιστική ανάλυση

Ο κύριος στόχος της ανάλυσης των δεδομένων ήταν να αποσαφηνιστεί η σχέση των μετεωρολογικών παραμέτρων, των προσωπικών χαρακτηριστικών και των ψυχολογικών παραγόντων με την θερμική αίσθηση, οπότε η ανάλυση επικεντρώθηκε στην Ερώτηση 12 (Πίνακας 3.3) του ερωτηματολογίου στην οποία ζητείται από τους ερωτηθέντες να δηλώσουν την θερμική τους αίσθηση βάσει της επταβάθμιας κλίμακας (-3=πολλή ψύχρα, -2=ψύχρα, -1=ελαφριά ψύχρα, 0=ουδέτερα, +1=ελαφριά ζέστη, +2=ζέστη, +3=πολλή ζέστη). Η ψήφος θερμικής αίσθησης τέθηκε ως εξαρτημένη μεταβλητή η οποία είναι διατακτική ενώ οι μετεωρολογικές, προσωπικές και ψυχολογικές παράμετροι τέθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές από τις οποίες είναι πιθανόν να επηρεαστεί η ψήφος θερμικής αίσθησης.

Η ανάλυση μπορεί να χωριστεί σε δύο στάδια:

1ο Στάδιο: Διερευνήθηκε η σχέση της ψήφου θερμικής αίσθησης με κάθε μία ανεξάρτητη μεταβλητή μεμονωμένα. Η πιθανή σχέση της θερμικής ψήφου με τις συνεχείς μεταβλητές όπως η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία κ.τ.λ. εκτιμήθηκε με την μέθοδο της Ανάλυσης Διακύμανσης (One-Way ANOVA) ενώ με τις κατηγορικές μεταβλητές όπως το φύλο, ο λόγος επίσκεψης κ.τ.λ με έλεγχο χ^2 (Chi-square).

Παρόμοια διαδικασία ακολουθήθηκε και στην περίπτωση διερεύνησης της σχέσης των υπόλοιπων μεταβλητών μεταξύ τους. Η σχέση συνεχών και κατηγορικών μεταβλητών εκτιμήθηκε με t-test ή ANOVA ανάλογα με τον αριθμό των κατηγοριών της κατηγορικής μεταβλητής, η σχέση μεταξύ κατηγορικών μεταβλητών με έλεγχο χ^2 (Chi-square) και η σχέση μεταξύ συνεχών μεταβλητών με την μέθοδο της Γραμμικής Παλινδρόμησης (Linear Regression).

2ο Στάδιο: Εξετάστηκε η μοναδική και στατιστικά σημαντική επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών με στόχο να προκύψουν πληροφορίες για το πόσο σημαντική είναι η κάθε μία από αυτές στον καθορισμό και την ποσοτικοποίηση της ψήφου θερμικής αίσθησης. Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές μέθοδοι, η μέθοδος της γραμμικής (linear regression) και της διατακτική παλινδρόμησης (ordinal logistic regression), θεωρώντας την ψήφο θερμικής αίσθησης ως συνεχή και ως διατακτική μεταβλητή αντίστοιχα. Η επιλογή των μεταβλητών που προέκυψαν στο τελικό στάδιο της παλινδρόμησης στηρίχθηκε σε στατιστικά κριτήρια ενώ στις περιπτώσεις πολύ-συγγραμμικότητας, στην φυσική σημασία των παραμέτρων.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε έλεγχος σε κάθε μία μεταβλητή μεμονωμένα. Από αυτές, στον καθορισμό του μοντέλου λήφθηκαν υπόψη οι στατιστικά σημαντικές, ενώ στη συνέχεια η παλινδρόμηση εφαρμόστηκε για όλες τις στατιστικά σημαντικές μεταβλητές μαζί. Στο επόμενο βήμα εξαιρέθηκαν όσες δεν ήταν στατιστικά σημαντικές (Sig<0,05) και επαναλήφθηκε η ίδια διαδικασία με τις υπόλοιπες, οι οποίες στο τελικό μοντέλο έπρεπε να είναι όλες στατιστικά σημαντικές. Στην περίπτωση που είχε εξαιρεθεί κάποια μεταβλητή για την οποία υπήρχαν στοιχεία από άλλες έρευνες ότι επηρεάζει την εξαρτημένη μεταβλητή, προστίθονταν στο τελικό μοντέλο και παρέμενε σε αυτό με την προϋπόθεση ότι τα αποτελέσματα παράμεναν στατιστικά σημαντικά. Στην περίπτωση των κατηγορικών ανεξάρτητων μεταβλητών παρέμεναν στο μοντέλο αυτές που έστω μία κατηγορία τους είχε στατιστικά

σημαντική συσχέτιση με την κατηγορία αναφοράς και το επίπεδο σημαντικότητας στο τεστ συνδιακύμανσης ήταν <0,05.

Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για την κάθε κατηγορία ανεξάρτητων μεταβλητών ξεχωριστά (μετεωρολογικές, προσωπικές, ψυχολογικές) καθώς και για τον συνδυασμό των μετεωρολογικών και προσωπικών μεταβλητών (θερμο-φυσιολογικές μεταβλητές).

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με το SPSS Statistics 17.0 (SPSS Inc, 2008). Το SPSS είναι ένα στατιστικό πακέτο που έχει πολλές δυνατότητες όσον αφορά την επεξεργασία και παρουσίαση των δεδομένων και μεγάλη αξιοπιστία.

Όλες οι μεταβλητές που αναφέρονται στις παρακάτω παραγράφους είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο σημαντικότητας ίσο ή μικρότερο από το 0,05 (Sig≤0,05).

4.4. Αποτελέσματα

4.4.1. Στατιστική περιγραφή δεδομένων

Συνολικά συγκεντρώθηκαν 1706 ερωτηματολόγια σε 16 ημέρες πειραματικών μετρήσεων (Πίνακας 4.1). Το φθινόπωρο και ιδιαίτερα τον χειμώνα, στην περιοχή του Φλοίσβου, παρατηρήθηκε μειωμένος αριθμός επισκεπτών, με αποτέλεσμα να πραγματοποιηθούν μετρήσεις μόνο μία ημέρα. Την χειμερινή περίοδο πραγματοποιήθηκε μία επιπλέον μέρα μετρήσεων στο Σύνταγμα στις 27/02/2011 ώστε να μειωθεί η διαφορά του αριθμού ερωτηματολογίων που συγκεντρώθηκαν την θερινή και φθινοπωρινή περίοδο. Επίσης στις 13/02/2011 οι θερμοκρασία του αέρα κυμάνθηκε σε υψηλά για την εποχή επίπεδα οπότε θεωρήθηκε ότι θα ήταν έντονη η επίδραση του ψυχολογικού παράγοντα. Προκειμένου να διερευνηθεί αυτή η επίδραση στην στατιστική ανάλυση συμπεριλήφθηκαν όλες οι μετρήσεις.

Το μεγαλύτερο ποσοστό των συνεντεύξεων (44,7%) πραγματοποιήθηκε την θερινή περίοδο επειδή περισσότεροι άνθρωποι χρησιμοποιούν τους εξωτερικούς χώρους αλλά συγχρόνως γιατί οι ημέρες πειραματικών μετρήσεων ήταν περισσότερες. Κατά τη διάρκεια της φθινοπωρινής και της χειμερινής περιόδου το ποσοστό των ερωτηματολογίων ήταν περίπου το ίδιο, 29,6% και 25,7% αντίστοιχα. Το μεγαλύτερο ποσοστό ερωτηματολογίων συγκεντρώθηκε στην οδό Ερμού (46,1%). Στην πλατεία Συντάγματος πραγματοποιήθηκε το 42,2% των συνεντεύξεων ενώ το

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1. Ημέρες και ώρες διεξαγωγής των πειραματικών μετρήσεων

Ημερομηνία	**Περιοχή**	**Ώρες και διάρκεια μετρήσεων**	**Αριθμός Ερωτηματολογίων**	**Ποσοστό (%)**	**Αθροιστικό ποσοστό (%)**
15/07/2010	Σύνταγμα	16:45-19:30	144	8,4	
20/07/2010		10:05-15:18	139	8,1	
16/07/2010	Ερμού	16:15-20:39	186	10,9	44,7
21/07/2010		10:40-14:06	126	7,5	
17/07/2010	Φλοίσβος	19:13-21:51	105	6,2	
18/07/2010		11:33-13:50	61	3,6	
17/10/2010	Σύνταγμα	11:03-15:09	118	6,9	
20/10/2010		16:15-19:30	96	5,6	
16/10/2010	Ερμού	10:21-15:05	149	8,7	74,3
23/10/2010		16:23-19:20	109	6,4	
24/10/2010	Φλοίσβος	13:54-15:57	34	2,0	
13/02/2011		11:35-14:00	68	4,0	
26/02/2011	Σύνταγμα	16:00-18:30	94	5,5	
27/02/2011		11:59-18:30	61	3,6	100,0
09/02/2011	Ερμού	15:23-19:40	96	5,6	
12/02/2011		11:18-15:40	120	7,0	
	Σύνολο		1706	100	

11,7% στην παραλία του Φλοίσβου όπου πραγματοποιήθηκαν λιγότερες ημέρες μετρήσεων. Επίσης το 85,8% των συνεντεύξεων πραγματοποιήθηκε από τις 12:00 έως τις 20:59 το βράδυ.

4.4.1.1. Μετεωρολογικές συνθήκες

Από τον πίνακα των μέσων τρίλεπτων τιμών των μετεωρολογικών παραμέτρων (Πίνακες 4.2 και 4.3) παρατηρούμε ότι οι συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν σε ευρύ φάσμα θερμοκρασιών, σχετικής υγρασίας και ακτινοβολίας, σε κανονικές για κάθε εποχή μετεωρολογικές συνθήκες (Πίνακας 3.2). Η ταχύτητα του ανέμου διατηρήθηκε γενικά σε χαμηλά επίπεδα εκτός από κάποιες στιγμές που το ανεμόμετρο κατέγραψε κάποιες ριπές. Το καλοκαίρι και το φθινόπωρο ο καιρός ήταν γενικά αίθριος.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2. Μέσες τιμές τριλέπτου μετεωρολογικών παραμέτρων κατά τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων για όλη την περίοδο των μετρήσεων

	Εύρος	**Ελάχιστη**	**Μέγιστη**	**Μέση**	**Τυπική Απόκλιση**
T_{air} (^oC)	32,2	7,1	39,3	25,1	8,6
RH (%)	57	23	79	50	14
WS ($m \cdot s^{-1}$)	9,1	0,3	9,3	0,8	0,7
WS_{max} ($m \cdot s^{-1}$)	14,9	0,3	15,2	1,4	1,4
SR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	924	0	924	196	250
SR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	273	0	274	46	63
IR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	781	5	786	428	78
IR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	430	308	739	506	64
T_{globe} (^oC)	35,6	8,2	43,8	27,6	9,3
T_{mrt} (^oC)	36,6	8,5	45,1	28,1	9,5
T_{ground} (^oC)	48,0	6,0	54,0	24,6	11,6
P (hPa)	12,2	996,5	1008,6	1001,5	3,6

Εξετάζοντας τα δεδομένα ανά σημείο μέτρησης προκύπτει, ότι οι μετεωρολογικές συνθήκες και στις τρεις περιοχές ήταν παρόμοιες (Πίνακας 4.4.) και στις τρεις διαφορετικές εποχές των μετρήσεων (Πίνακας 4.5.). Η μικρότερη θερμοκρασία αέρα μετρήθηκε στην πλατεία Συντάγματος. Στην περιοχή του Φλοίσβου παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας αλλά δικαιολογούνται από την απουσία μετρήσεων τη χειμερινή περίοδο.

Την θερινή περίοδο η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας αέρα καταγράφηκε στην παραλία του Φλοίσβου ενώ η ελάχιστη στην οδό Ερμού. Το αντίθετο παρατηρήθηκε στην περίπτωση της σχετικής υγρασίας παρόλο που θα αναμενόταν η σχετική υγρασία να είναι μεγαλύτερη κοντά στην θάλασσα. Επειδή όμως οι μετρήσεις δεν πραγματοποιήθηκαν ταυτόχρονα στις τρεις τοποθεσίες τα αποτελέσματα αυτά δεν μπορούν να εξηγηθούν απόλυτα βάσει των τοπικών μικροκλιματικών χαρακτηριστικών. Για παράδειγμα η σχετικά χαμηλή τιμή της σχετικής υγρασίας που καταγράφηκε στον Φλοίσβο ήταν παρόμοια με αυτή που καταγράφηκε στον σταθμό του Θησείου την ίδια ημέρα. Την φθινοπωρινή περίοδο η μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα στο Σύνταγμα ήταν περίπου 3 ^oC υψηλότερη από την Ερμού και περίπου 4 ^oC από τον Φλοίσβο ενώ η θερμοκρασία γκρι σφαίρας ήταν περίπου

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3. Μέσες τρίλεπτες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων ανά εποχή

	Θερινή περίοδο				**Φθινοπωρινή περίοδο**				**Χειμερινή περίοδο**			
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση
T_{air} (^oC)	22,6	39,3	33,2	1,5	16,9	28,6	22,7	3	7,1	20,5	13,6	4,5
RH (%)	22	74	38	6	42	74	60	7	33	79	61	13
WS ($m \cdot s^{-1}$)	0,3	9,3	1,1	0,9	0,3	2,6	0,4	0,3	0,3	2	0,8	0,4
WS_{max} ($m \cdot s^{-1}$)	0,3	15,2	2	1,7	0,3	3,1	0,7	0,5	0,3	3,1	1,3	0,8
SR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	0	924	236	277	0	670	186	227	0	640	139	211
SR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	0	274	58	69	0	199	44	64	0	151	27	41
IR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	5	763	460	92	122	786	418	58	85	419	384	36
IR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	426	739	563	37	395	575	486	32	308	494	430	26
T_{globe} (^oC)	24,4	43,8	35,8	3,1	17,6	37,1	25,6	5	8,2	28,3	15,8	5,9
T_{mrt} (^oC)	24,6	44,7	36,3	3,4	17,7	38	26	5,3	8,5	29,1	16,3	6
T_{ground} (^oC)	18	54	35,6	4,7	14	34	21	3,6	6	24	9,6	3,7
P (hPa)	996,5	1008,4	1001,0	3,8	996,5	1008,6	1001,2	4,6	1000,6	1004,0	1002,5	0,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4. Μέσες τρίλεπτες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων ανά σημείο μέτρησης.

	Σύνταγμα				**Ερμού**				**Φλοίσβος**			
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση
T_{air} (^oC)	7,1	35,4	24,1	9,9	13,9	35,3	24,4	7,4	19,4	39,3	30,8	5,3
RH (%)	33	79	53	14	33	74	53	11,85	23	58	33	10
WS ($m \cdot s^{-1}$)	0,3	2	0,7	0,4	0,3	9,3	0,8	1	0,3	3,4	1,1	0,5
WS_{max} ($m \cdot s^{-1}$)	0,3	3,2	1,3	0,7	0,3	15,2	1,4	1,8	0,4	7,4	2	1,2
SR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	0	921	266	258	0	924	116	180	0	894	264	347
SR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	0	269	70	64	0	148	17	30	0	274	72	95
IR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	85	786	415	94	5	761	444	64	316	599	398	49
IR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	308	657	501	64	395	646	496	57	402	739	562	645
T_{globe} (^oC)	8,2	41	27,5	10,6	14,2	42,5	26,3	8,1	21,1	43,8	33,5	6,5
T_{mrt} (^oC)	8,5	41,8	28	10,7	14,2	44,5	26,6	8,3	21,6	44,7	34,1	6,8
T_{ground} (^oC)	6	49	24	10,9	6	52	22,8	11,8	14	54	33,9	5,3
P (hPa)	996,5	1004,0	999,9	2,2	996,5	1008,6	1001,3	3,4	1007,4	1008,4	1007,9	0,4

5 ^oC υψηλότερη στο Σύνταγμα σε σχέση με τα άλλα δύο σημεία μέτρησης. Υψηλότερη σχετική υγρασία καταγράφηκε στην οδό Ερμού. Την χειμερινή περίοδο οι υψηλότερες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα και της γκρι σφαίρας καταγράφηκαν στην οδό Ερμού. Επίσης στην οδό Ερμού παρατηρήθηκαν χαμηλότερες θερμοκρασίες εδάφους πιθανόν εξαιτίας της μορφολογίας του χώρου (οδική χαράδρα

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5. Μέσες τρίλεπτες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων ανά περιοχή και ανά περίοδο μετρήσεων (Α) θερινή, (Β) φθινοπωρινή και (Γ) χειμερινή περίοδο

Θερινή Περίοδος												
	Σύνταγμα				**Ερμού**				**Φλοίσβος**			
Α	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση
T_{air} (^oC)	31,7	35,4	33,7	1,0	22,6	35,3	32,9	1,1	30,2	39,3	33,0	2,5
RH (%)	33	46	41	3	33	74	40	3	23	32	29	2
WS ($m \cdot s^{-1}$)	0,3	1,9	0,8	0,4	0,3	9,3	1,4	1,3	0,4	3,4	1,1	0,5
WS_{max} ($m \cdot s^{-1}$)	0,4	3,2	1,5	0,6	0,3	15,2	2,4	2,4	0,6	7,4	2,2	1,3
SR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	40	921	271	236	1	924	187	245	0	894	270	371
SR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	11	269	81	60	1	130	26	33	0	274	80	102
IR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	128	763	447	114	5	761	494	66	319	599	408	49
IR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	472	657	557	25	426	646	557	35	445	739	582	50
T_{globe} (^oC)	33,7	41,0	36,6	1,9	24,4	42,5	35,2	2,4	30,1	43,8	35,6	5,0
T_{mrt} (^oC)	34,0	41,8	37,1	2,1	24,6	44,5	35,8	2,7	30,1	44,7	36,1	5,5
T_{ground} (^oC)	19,0	49,0	34,8	4,7	18,0	52,0	35,9	1,1	29,0	54,0	36,7	4,3
P (hPa)	996,5	999,9	998,0	1,4	997,4	1000,9	1000,1	0,3	1007,4	1008,4	1000,9	0,4
Φθινοπωρινή Περίοδος												
Β	**Σύνταγμα**				**Ερμού**				**Φλοίσβος**			
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση
T_{air} (^oC)	21,8	28,6	24,8	2,2	16,9	25,1	21,3	2,7	19,4	21,9	20,3	0,6
RH (%)	42	70	57	79	54	74	64	5	49	58	54	2
WS ($m \cdot s^{-1}$)	0,3	0,8	0,4	0,1	0,3	1,1	0,4	0,2	0,3	2,6	0,9	0,6
WS_{max} ($m \cdot s^{-1}$)	0,3	1,5	0,7	0,3	0,3	2,4	0,6	0,5	0,4	3,1	1,4	0,7
SR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	0	670	289	280	0	540	94	118	61	603	237	192
SR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	0	199	79	77	0	148	16	35	18	100	35	23
IR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	122	786	404	79	375	529	434	36	316	411	362	27
IR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	447	575	512	23	39	503	466	22	402	536	465	31
T_{globe} (^oC)	22,3	37,1	28,7	5,1	17,6	31,7	23,2	3,5	21,1	27,9	23,5	2,2
T_{mrt} (^oC)	22,3	38,0	29,2	5,5	17,7	32,4	23,5	3,7	21,6	29,0	24,2	2,5
T_{ground} (^oC)	16,0	34,0	23,4	3,6	14,0	27,0	19,0	1,9	14,0	27,0	20,0	4,3
P (hPa)	997,4	1001,0	999,4	1,2	996,5	1008,6	1001,8	5,6	1007,7	1007,7	1007,7	0,0
Χειμερινή Περίοδος												
Γ	**Σύνταγμα**				**Ερμού**							
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Τυπική απόκλιση				
T_{air} (^oC)	7,1	20,5	11,3	5,4	13,9	1,0	16,0	1,0				
RH (%)	33	79	65	16	47	73	57	8				
WS ($m \cdot s^{-1}$)	0,3	2,0	0,9	0,5	0,3	1,5	0,6	0,3				
WS_{max} ($m \cdot s^{-1}$)	0,3	3,1	1,6	0,8	0,3	2,9	0,9	0,7				
SR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	0	641	236	260	0	326	40	36				
SR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	0	151	48	49	0	18	5	4				
IR_{up} ($W \cdot m^{-2}$)	85	405	375	42	119	419	391	30				
IR_{down} ($W \cdot m^{-2}$)	308	494	417	30	419	467	443	9				
T_{globe} (^oC)	8,2	28,0	14,7	8,0	14,2	20,8	17,1	1,4				
T_{mrt} (^oC)	8,5	29,0	15,3	8,2	14,2	21,5	17,3	1,5				
T_{ground} (^oC)	6,0	24,0	10,8	4,8	6,0	12,0	8,5	1,0				
P (hPa)	1001,2	1004,0	1002,6	0,6	1000,6	1003,5	1002,5	0,8				

- street canyon) και των μικρότερων τιμών ηλιακής ακτινοβολίας στο σημείο των μετρήσεων.

4.4.1.2. Προσωπικά χαρακτηριστικά

Οι άνδρες αποτέλεσαν το 55,3% του δείγματος και οι γυναίκες το 44,7%. Σύμφωνα με τα προσωρινά αποτελέσματα της απογραφής του πληθυσμού της χώρας για το έτος 2011, το 49,2% του πληθυσμού αποτελείται από άνδρες και το 50,8% από γυναίκες (ΕΛ.ΣΤΑΤ, 2012). Στην προσπάθεια διερεύνησης της απόκλισης αυτής πραγματοποιήθηκε ανάλυση ανά περιοχή μέτρησης σύμφωνα με την οποία στο Σύνταγμα το δείγμα είναι ισοκατανεμημένο σε άνδρες-γυναίκες ενώ η διαφορά των ποσοστών μεταξύ των δύο φύλων είναι μεγαλύτερη στην οδό Ερμού, όπου συμπληρώθηκε και ο μεγαλύτερος αριθμός ερωτηματολογίων, και στην παραλία του Φλοίσβου. Σε συνδυασμό με την παρατήρηση της συμπεριφοράς των ανθρώπων που χρησιμοποιούσαν τους χώρους των πειραματικών μετρήσεων καταλήγουμε στο ότι η διαφορά αυτή είναι πιθανό να οφείλεται στο ότι στην οδό Ερμού που είναι ένας εμπορικός δρόμος οι γυναίκες απασχολούνταν περισσότερο στο εσωτερικό των εμπορικών καταστημάτων με αποτέλεσμα οι άνδρες που τις συνόδευαν να μένουν στον εξωτερικό χώρο καθώς ότι οι άνδρες χρησιμοποιούν περισσότερο τους εξωτερικούς χώρους για λόγους εργασίας ή ιδιαίτερα σε μεγαλύτερη ηλικία για περιπάτους σε σχέση με τις γυναίκες.

Η πυραμίδα πληθυσμού του δείγματος ήταν αρκετά νεότερη σε σχέση με την εθνική πυραμίδα ηλικιών (ΕΛ.ΣΤΑΤ, 2013). Το 56,6% του δείγματος ήταν ηλικίας από 18 έως 34 ετών ενώ το ποσοστό των παιδιών (0,8%) και των ηλικιωμένων (3,2%) ήταν πολύ μικρό. Η πιο συχνή ηλικιακή ομάδα ήταν 25 - 34 ετών σε συμφωνία με τις αντίστοιχες μελέτες των Andrade et al. (2011) και Nikolopoulou et al. (2011). Στην οδό Ερμού παρατηρείται λίγο μεγαλύτερο ποσοστό ατόμων ηλικίας 13-17 ετών ενώ στον Φλοίσβο ηλικίας 35-44 ετών. Το μέσο ύψος και βάρος ήταν 1,77 m-80 kg για τους άνδρες και 1,66 m-60 kg για τις γυναίκες πλησιάζοντας το μέσο άνδρα και γυναίκα σύμφωνα τον Διεθνή Οργανισμό Πιστοποίησης (ISO 8996, 2004). Οι ερωτηθέντες δήλωσαν ότι την τελευταία μισή ώρα κυρίως ήταν καθιστοί (30,7%), στέκονταν όρθιοι (39,3%) ή περπατούσαν (28,1%). Παρατηρήθηκε αύξηση του ποσοστού των ατόμων που περπατούσαν τον χειμώνα (32,5%) και μείωση του ποσοστού που ήταν καθισμένοι (25,6%).

Η θερμική μόνωση της ενδυμασίας κυμάνθηκε από 0,25 clo έως 1,67 clo (μέση τιμή 0,61 clo). Η μικρότερη μέση τιμή εκτιμήθηκε το καλοκαίρι (0,36 clo) ενώ η μεγαλύτερη τον χειμώνα (1,2 clo). Το φθινόπωρο εκτιμήθηκε 0,62 clo. Δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές της I_{cl} με το φύλο (Andrade et al. 2011) ή την ηλικία εκτός από την περίπτωση των ηλικιακών ομάδων 25-34 και 45-54. Η μέση τιμή I_{cl} ατόμων 45-54 ετών ήταν 0,08 clo μεγαλύτερη σε σχέση με τα άτομα ηλικίας 25-34. Από την ανάλυση ανά εποχή προέκυψε ότι το καλοκαίρι οι γυναίκες ντύνονται πιο ελαφριά σε σχέση με τους άνδρες (μέση τιμή I_{cl} ίση με 0,33 clo και 0,39 clo αντίστοιχα) και άτομα ηλικίας 25-34 σε σχέση με άτομα μεγαλύτερα από 34 ετών.

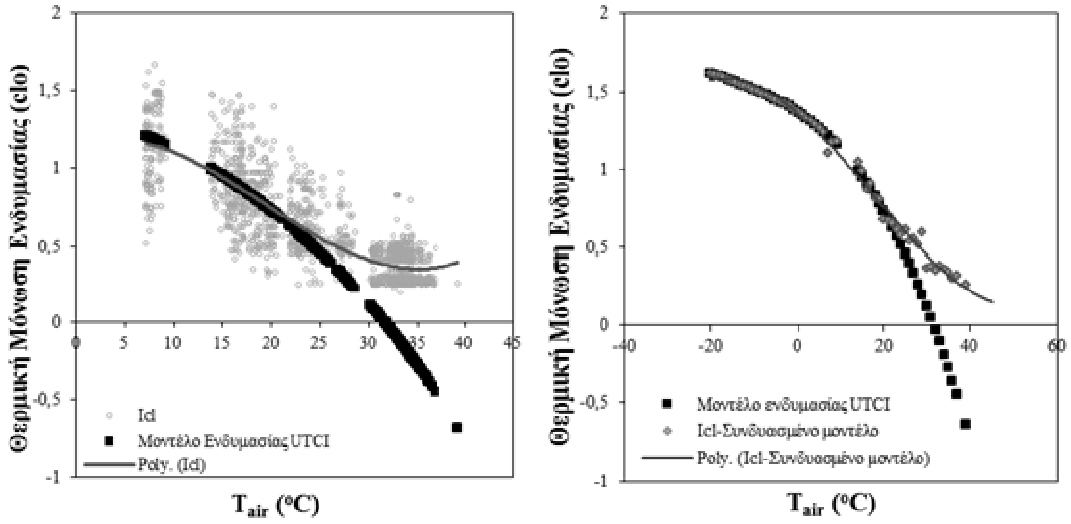
Η I_{cl} παρουσίασε ισχυρή συσχέτιση (0,82, $p<0,01$) με την θερμική μόνωση της ενδυμασίας που υπολογίζεται από το μοντέλο ενδυμασίας UTCI ($I_{cl/UTCI}$) (Havenith et al. 2012), παρόλο που το $I_{cl/UTCI}$ δεν επεκτείνεται στις υψηλές θερμοκρασίες που καταγράφηκαν στην παρούσα έρευνα. Σύμφωνα με το μοντέλο ενδυμασίας UTCI, η θερμική μόνωση της ενδυμασίας γίνεται αρνητική όταν $T_{air} > 31,6\ ^{o}C$ (Σχήμα 4.1(α)). Λαμβάνοντας υπόψη τιμές όπου $I_{cl/UTCI}>0,2$ clo ο συντελεστής συσχέτισης των I_{cl} και $I_{cl/UTCI}$ μειώθηκε (0,70, $p<0,01$). Σύμφωνα με το μοντέλο, η θερμική μόνωση της ενδυμασίας είναι 0,3 clo περίπου στους 27,7 ^{o}C ενώ σύμφωνα με τα δεδομένα, η μέση θερμοκρασία την θερινή περίοδο ήταν 33,2 ^{o}C (Πίνακας 4.3). Η μέση τιμή της I_{cl} υπολογίστηκε 0,54 clo για εύρος θερμοκρασίας 26 ^{o}C με 29 ^{o}C. Η σχέση της I_{cl} και της θερμοκρασίας του αέρα περιγράφεται σε συμφωνία με το μοντέλο ενδυμασίας UTCI από ένα πολυώνυμο $3^{ου}$ βαθμού (Σχήμα 4.1(α)).

$$I_{cl} = 1,15 + 0,02 \cdot T_{air} - 0,003 \cdot T_{air}^2 + 0,00005435 \cdot T_{air}^3 \qquad R^2 = 0,72, \quad p<0,01 \tag{4.13}$$

Στο Σχήμα 4.1(β) απεικονίζεται το συνδυασμένο μοντέλο των I_{cl} και $I_{cl/UTCI}$ το οποίο δημιουργήθηκε από την μέση τιμή του I_{cl} ανά 1 ^{o}C όταν $T_{air} \geq 7\ ^{o}C$ και την τιμή του $I_{cl/UTCI}$ όταν $T_{air} <7\ ^{o}C$. Η αντίστοιχη εξίσωση δίνεται από την σχέση:

$$I_{cl} = 1,36 + 0,0223 \cdot T_{air} - 0,00049 \cdot T_{air}^2 + 0,00001 \cdot T_{air}^3 \qquad R^2 = 0,99, \quad p<0,01 \tag{4.14}$$

Μόνο το 2,7% των ερωτηθέντων φορούσε καπέλο με το μεγαλύτερο ποσοστό να παρατηρείται το καλοκαίρι ενώ το ίδιο ποσοστό ατόμων φορούσε φουλάρι ή κασκόλ με το μεγαλύτερο ποσοστό να παρατηρείται τον χειμώνα, ένδειξη της προσαρμογής στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Μεγαλύτερο ποσοστό ατόμων (31%)



(α) (β)

ΣΧΗΜΑ 4.1. Θερμική μόνωση της ενδυμασίας κατά την διάρκεια της μελέτης και θερμική μόνωση ενδυμασίας σύμφωνα με το μοντέλο UTCI σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος.

φορούσε γυαλιά ηλίου. Συνολικά σε όλες τις εποχές τα άτομα προτιμούσαν να φορούν σκούρα ρούχα (58%).

Η μελέτη αφορά κυρίως υγιή άτομα. Το 79,4% δήλωσαν ότι δεν έχουν χρόνιο καρδιοαναπνευστικό πρόβλημα υγειάς ενώ το 14,4% ανέφερε αλλεργίες. Επίσης μπορούμε να θεωρήσουμε ότι πάνω από το μισό δείγμα αφορά άτομα εγκλιματισμένα στον χώρο, αφού το 50% περίπου βρίσκονταν στην περιοχή της συνέντευξης για πάνω από μισή ώρα και το 68,7% των ερωτηθέντων πριν την συνέντευξη βρίσκονταν σε χώρο χωρίς κλιματιστικό σε λειτουργία. Το 32,5% των ερωτηθέντων ήταν καπνιστές ενώ το 20,6% των συνεντεύξεων πραγματοποιήθηκε στον ήλιο.

4.4.1.3. Ψυχολογικές παράμετροι

Το 91,2% του δείγματος αφορούσε άτομα που κατοικούσαν μόνιμα στο λεκανοπέδιο της Αττικής ενώ το 8,6% κατοικούσε μόνιμα σε Βόρεια προάστια της πόλης της Αθήνας που βρίσκονται περιοχές με περισσότερο πράσινο. Μόνο το 24,9% των ερωτηθέντων βρισκόταν στον χώρο των συνεντεύξεων μόνοι τους. Το αν τα άτομα επισκέπτονται το χώρο μόνοι ή με συντροφιά άλλων ατόμων εξαρτάται και από την εποχή και από το μέρος. Αύξηση των ατόμων που επισκέπτονταν τον χώρο μόνοι παρατηρήθηκε το καλοκαίρι και στην πλατεία Συντάγματος ίσως γιατί είναι

μεγαλύτερο το ποσοστό των ερωτηθέντων που ήταν στο Σύνταγμα για να συναντήσουν φίλους. Το μεγαλύτερο ποσοστό (55,5%) βρισκόταν στον χώρο της συνέντευξης για ψυχαγωγικούς σκοπούς (ξεκούραση, ψώνια, για να συναντήσει φίλους). Το 27,6% λίγο πριν προσέλθουν στο χώρο της συνέντευξης βρισκόταν στο σπίτι, στο αυτοκίνητο ή στην δουλειά και το 70,5% σε μέσα μαζικής μεταφορά ή σε εξωτερικό χώρο.

Η γενική αίσθηση στους χώρους διεξαγωγής των συνεντεύξεων ήταν άνετη. Περίπου 80% των ατόμων δήλωσε ουδέτερα έως πολύ άνετα στους χώρους των συνεντεύξεων. Η ανάλυση ανά εποχή έδειξε ότι μεγαλύτερο ποσοστό θετικών απαντήσεων (ουδέτερα έως πολύ άνετα) παρατηρήθηκε την άνοιξη και το μικρότερο το καλοκαίρι. Παρόλο που θα περίμενε κανείς το μεγαλύτερο ποσοστό των απαντήσεων ‘ουδέτερα’ έως ‘πολύ άνετα’ να παρατηρηθεί στον Φλοίσβο, η ανάλυση ανά σημείο έδειξε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αντιστοιχούσε στην οδό Ερμού (84,1%) όπου καταγράφηκαν μικρότερες τιμές θερμοκρασίας ενώ το μικρότερο στην πλατεία Συντάγματος (73,0%) υποδεικνύοντας ότι οι μετεωρολογικές συνθήκες επηρεάζουν την συνολική αίσθηση στον χώρο. Το αποτέλεσμά αυτό είναι σε συμφωνία με την έρευνα των Thorsson et al. (2004) στην οποία οι συγγραφείς συμπέραναν ότι το θερμικό περιβάλλον είναι σημαντικός παράγοντας στην χρήση ενός ανοιχτού χώρου στην Σουηδία, τονίζοντας την ανάγκη κατασκευής ανοιχτών χώρων με τέτοιο τρόπο ώστε οι βιοκλιματικές συνθήκες να είναι ευνοϊκές για τους χρήστες.

Στην ερώτηση ‘πως σας φαίνεται ο καιρός σήμερα;’ το 74,8% των ερωτηθέντων απάντησε ‘ζεστός’ και το 60,2% ότι είναι ‘κατάλληλος’ για εξωτερική δραστηριότητα, υποδηλώνοντας ότι τα άτομα αντιμετώπιζαν θετικά τις μετεωρολογικές συνθήκες του περιβάλλοντός τους. Σε σχέση με την υγρασία το 55,5% απάντησε ‘υγρός’ και το 40,2% ‘ξηρός’. Παρόλο που η ταχύτητα του ανέμου διατηρήθηκε σε χαμηλά επίπεδα το 61% των απαντήσεων ήταν ‘με άνεμο’ δείχνοντας ότι γίνονται αισθητές ακόμα και μικρές ταχύτητες του ανέμου ή ότι οι ριπές παίζουν σημαντικό ρόλο στο πως αντιλαμβάνονται τα άτομα τον άνεμο.

Το 34% των ατόμων δήλωσε ότι την στιγμή συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου δεν επιθυμούσε μεταβολή της θερμικής του κατάστασης και το 51,2% ότι θα επιθυμούσε να νιώθει πιο δροσερά. Το αυξημένο αυτό ποσοστό είναι πιθανό να οφείλεται και στον μεγαλύτερο αριθμό ερωτηματολογίων κατά την θερινή περίοδο. Παρόλα αυτά όμως μόνο το 41,2% δήλωσαν ότι η θερμική τους κατάσταση

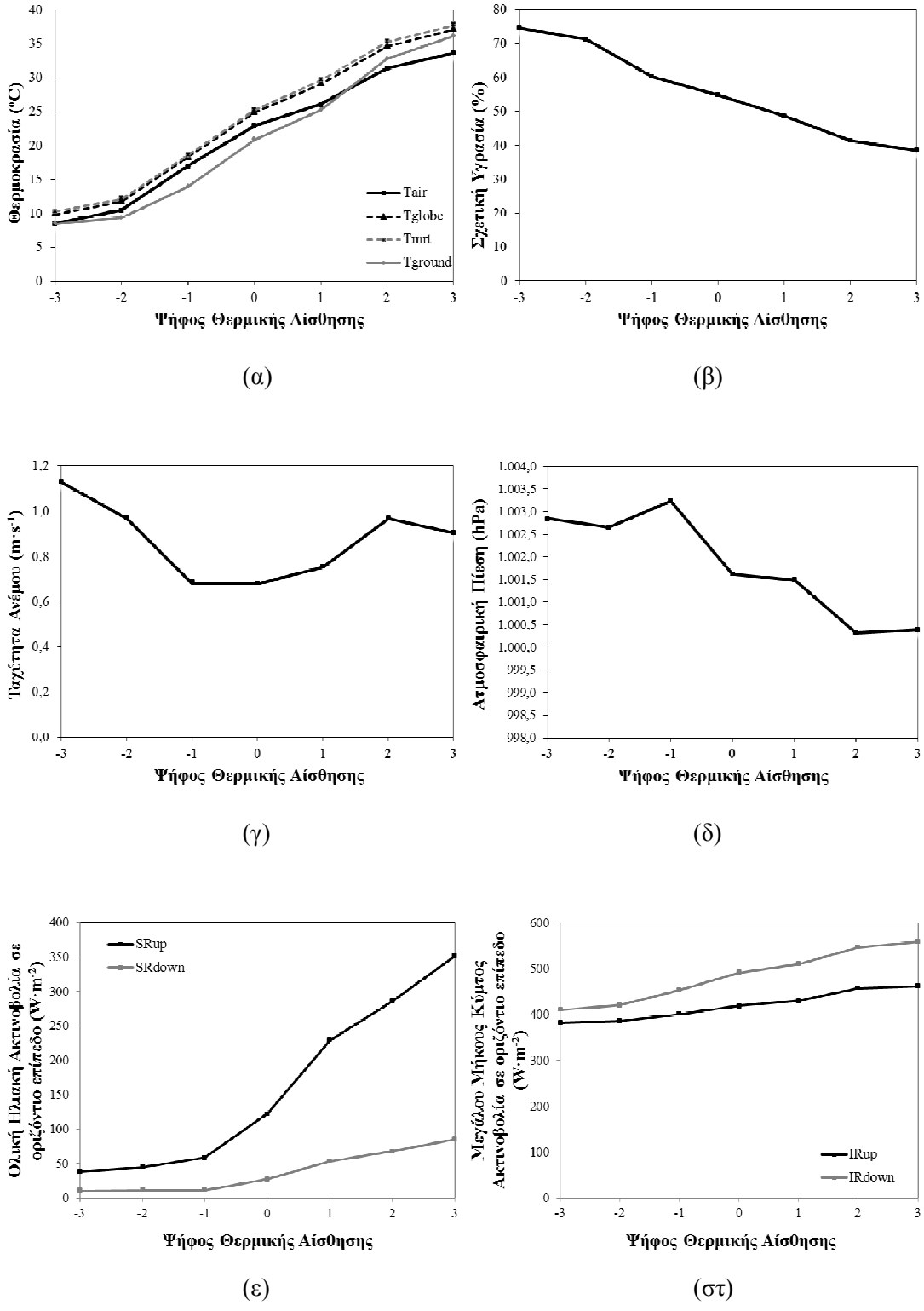
θα βελτιωνόταν αν ελαττωνόταν η θερμοκρασία του αέρα και το 22,4% αν φυσούσε ισχυρότερος άνεμος (74,5% δεν επιθυμούσε καμία αλλαγή σε σχέση με τον άνεμο). Το 79,6% δήλωσε ότι δεν επιθυμεί καμία αλλαγή σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία. Συμπερασματικά καταλήγουμε στο ότι οι ερωτηθέντες έδειξαν προτίμηση στις υψηλότερες θερμοκρασίες και τον 'καλό καιρό' όταν κυμαίνεται σε φυσιολογικά επίπεδα ακόμα και όταν η θερμική τους κατάσταση δεν ήταν ουδέτερη που σημαίνει ότι δύναται να παρατηρηθεί μεγαλύτερη ανοχή σε θερμές περιβαλλοντικές συνθήκες. Σύμφωνα με τους (Andrade et al. 2011) η αντίληψη της θερμοκρασίας του αέρα παρουσιάζει ισχυρή συσχέτιση με την ταχύτητα του ανέμου. Επομένως το ιδιαίτερα μικρό ποσοστό στην περίπτωση βελτίωσης της θερμικής αίσθησης με αύξηση της ταχύτητας του ανέμου (22,4%) υποδεικνύει ότι μεγάλες ταχύτητες ανέμου είναι ιδιαίτερα δυσάρεστες.

4.4.2. Ανίχνευση εξάρτησης ψήφου θερμικής αίσθησης με άλλες παραμέτρους

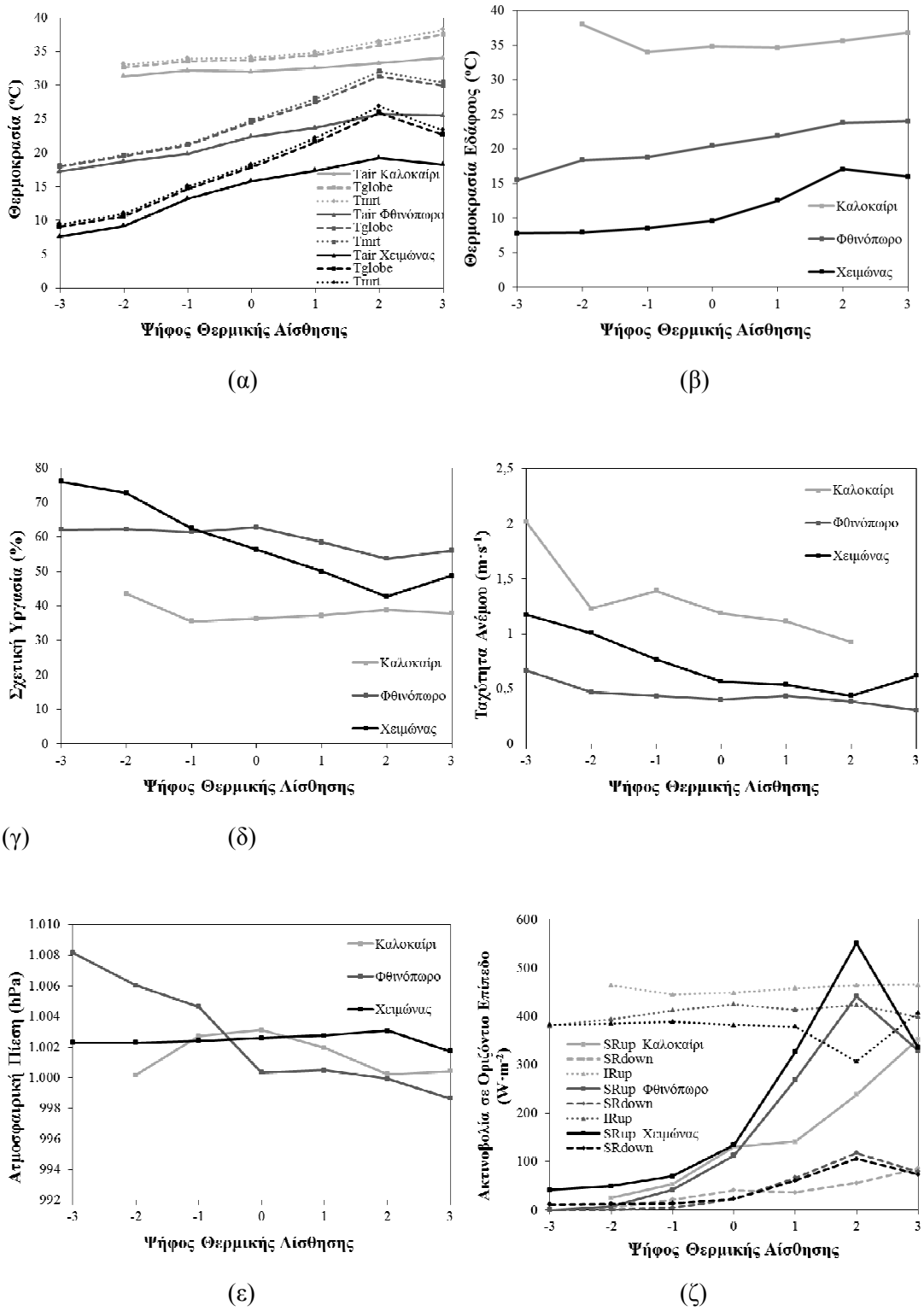
Συνολικά οι απαντήσεις των ερωτηθέντων κάλυψαν ολόκληρη την κλίμακα θερμικής αίσθησης από 'πολλή ψύχρα' έως 'πολλή ζέστη'. Το μεγαλύτερο ποσοστό (78,6%) ήταν από 'ουδέτερα' έως 'πολλή ζέστη' (0 έως +3). Το καλοκαίρι το 66,5% των απαντήσεων κυμάνθηκε από 'ζέστη' έως 'πολλή ζέστη', το φθινόπωρο το 85,1% από 'ελαφριά ψύχρα' έως 'ελαφριά ζέστη' ενώ το χειμώνα μόνο το 24,8% κυμάνθηκε από 'ψύχρα' έως 'πολλή ψύχρα', το μεγαλύτερο ποσοστό των απαντήσεων ήταν 'ουδέτερα' και 'ελαφριά ψύχρα'. Οπότε οι απαντήσεις είναι οι αναμενόμενες εκτός ίσως από τον χειμώνα που θα αναμενόταν μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων στο αρνητικό τμήμα της κλίμακας.

4.4.2.1. Μετεωρολογικές παράμετροι

Στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των κατηγοριών της θερμικής ψήφου σύμφωνα με την ανάλυση διακύμανσης (One-way ANOVA) παρατηρήθηκε σε όλες τις μετεωρολογικές παραμέτρους (T_{air}, RH, WS, WS_{max}, SR_{up}, SR_{down}, IR_{up}, IR_{down}, T_{globe}, T_{mrt}, T_{ground}, P). Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώθηκε και με τον Πίνακα Ισότητας των Μέσων (Robust Tests of Equality of Means Table) εφαρμόζοντας το



ΣΧΗΜΑ 4.2. Μέσες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου

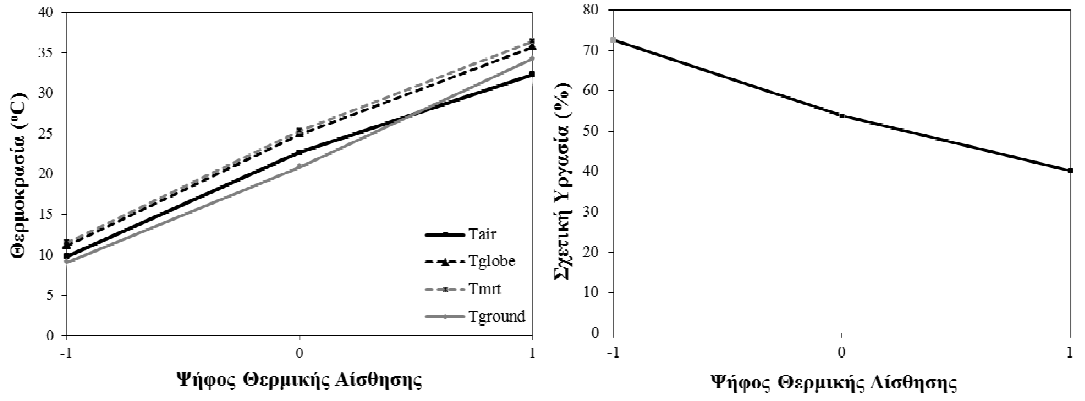


ΣΧΗΜΑ 4.3. Μέσες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου ανά εποχή μετρήσεων

τεστ του Welch. Στο Σχήμα 4.2 απεικονίζεται η μέση τιμή των μετεωρολογικών παραμέτρων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου από όπου παρατηρούμε ότι η διαφορά των μέσων τιμών μεταξύ των ακραίων κατηγοριών (-3 με -2 και +2 με +3) είναι μικρότερη σε σχέση με τις υπόλοιπες κατηγορίες. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας αέρα (Σχήμα 4.2(α)) στην οποία τα άτομα δήλωσαν ότι νιώθουν ουδέτερα ήταν 22,9±6,5 ^{o}C ενώ προς τις ακραίες κατηγορίες η τυπική απόκλιση μειώθηκε περίπου στους 2,5 ^{o}C. Παρόμοια ήταν και τα αποτελέσματα για την θερμοκρασία γκρι σφαίρας. Η μέση τιμή της στην οποία τα άτομα αισθάνονταν ουδέτερα ήταν 24,9 ± 6,7 ^{o}C ενώ προς τις ακραίες κατηγορίες της θερμικής ψήφου η τιμή της τυπικής απόκλισης μειώθηκε στους 3 ^{o}C.

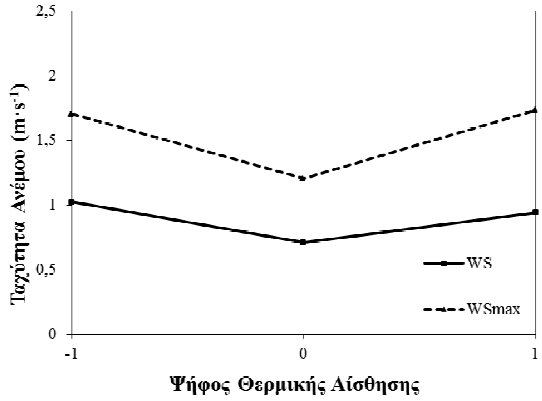
Εφαρμόζοντας τον έλεγχο Tukey (Tukey post-hoc test) προέκυψε ότι η διαφορά των μέσων τιμών των T_{air}, RH, T_{globe}, T_{mrt}, T_{ground} ήταν στατιστικά σημαντική σε όλες τις κατηγορίες της ψήφου θερμικής αίσθησης εκτός από τις κατηγορίες 'ψύχρα'- 'πολλή ψύχρα' ενώ στις υπόλοιπες παραμέτρους (WS, WS_{max}, SR_{up}, SR_{down}, IR_{up}, IR_{down}, P), μη στατιστική σημαντικότητα παρατηρήθηκε σε περισσότερες κατηγορίες.

Από την ανάλυση ανά εποχή προέκυψε ότι υπάρχει διαφορά στις μέσες τιμές των T_{air}, RH, T_{globe}, T_{mrt}, T_{ground}, SR_{up}, SR_{down}, IR_{up}, P και για τις τρεις εποχές (Σχήμα 4.3). Το φθινόπωρο ήταν η μόνη περίπτωση στην οποία δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές της μέσης τιμής της ταχύτητας του ανέμου ανά κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης. Από τα αντίστοιχα διαγράμματα της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση με την θερμική ψήφο (Σχήμα 4.3(α) και (γ)) παρατηρείται σημαντική μεταβολή της μέσης τιμής των T_{air}, T_{globe}, T_{mrt} και RH ανά κατηγορία ανάλογα με την εποχή (Humphreys, 1975). Ενώ το φθινόπωρο η μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα στην οποία οι ερωτηθέντες δήλωσαν 'ουδέτερα' ήταν 22,4±2,3 ^{o}C, το καλοκαίρι και τον χειμώνα ήταν 32,4±1,9 ^{o}C και 15,8±2.8 ^{o}C αντίστοιχα επισημαίνοντας την επίδραση της προσαρμογής και του ψυχολογικού παράγοντα στην θερμική αίσθηση. Μεγαλύτερη διαφοροποίηση στις τιμές της σχετικής υγρασίας διαπιστώνεται το φθινόπωρο και το καλοκαίρι όπου η κατάσταση 'ουδέτερα' παρατηρείται σε ποσοστό 62,8±6,6% και 36,3±7,2% αντίστοιχα. Επίσης στις κατηγορίες +1, +2 και +3 παρατηρείται μεγαλύτερη διαφορά των μέσων τιμών των T_{air} και T_{globe} ή T_{mrt} επισημαίνοντας την σημαντικότητα της ακτινοβολίας στην θερμική αίσθηση.

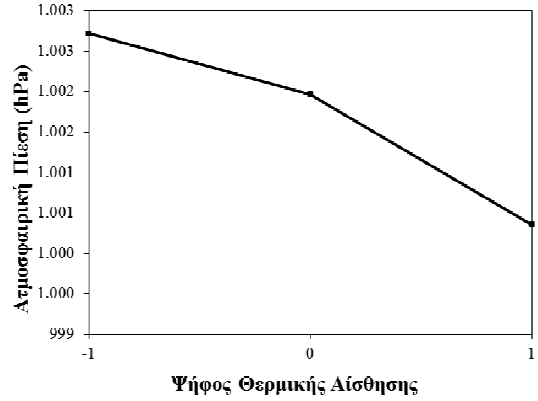


(α)

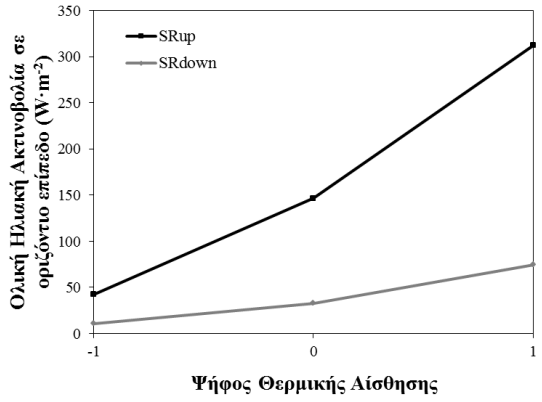
(β)



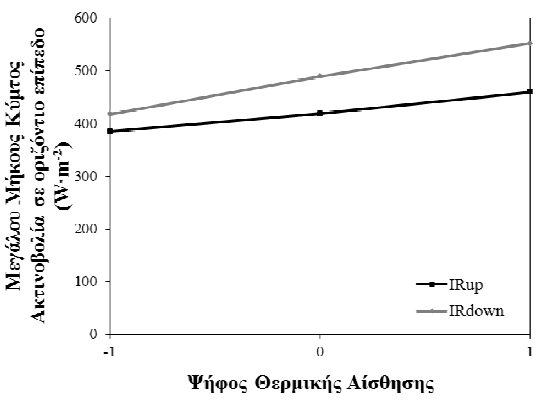
(γ)



(δ)



(ε)



(στ)

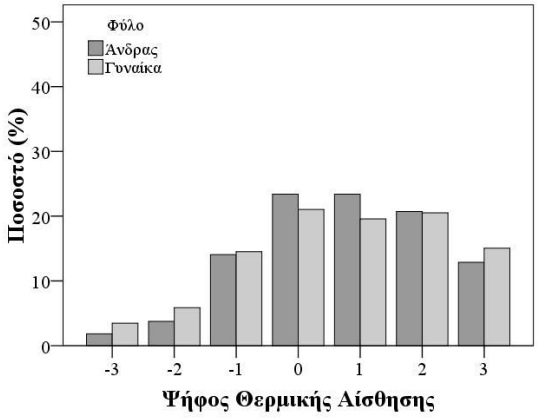
ΣΧΗΜΑ 4.4. Μέσες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου με βάση την τροποποιημένη τριτοβάθμια κλίμακα

Στη συνέχεια η κλίμακα θερμικής ψήφου μειώθηκε στις τρεις κατηγορίες σύμφωνα με την κλίμακα McIntyre (de Dear and Brager, 2002; Hwang and Lin 2007; Memon et al. 2008), ενοποιώντας τις απαντήσεις -3 και -2 (ψύχρα, -1) , -1 και 0 και +1 (ουδέτερα, 0), +2 και +3 (ζέστη, +1) (de Dear and Fountain 1994), δεδομένου ότι λιγότεροι ερωτηθέντες επέλεξαν τις ακραίες κατηγορίες καθώς και ότι οι απαντήσεις δείχνουν την υποκειμενική εκτίμηση των ατόμων που συνδέεται με την κατάσταση άνεσης.

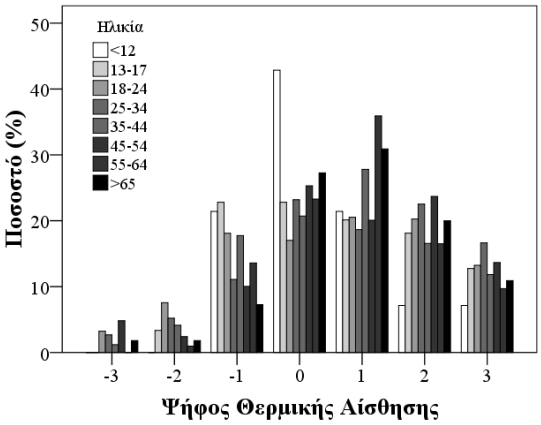
Στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε σε όλες τις μετεωρολογικές παραμέτρους και σε όλες τις κατηγορίες της ψήφου θερμικής αίσθησης ενώ παρατηρήθηκε βελτίωση των αποτελεσμάτων στον έλεγχο Tukey (Tukey post-hoc test). Εξαίρεση αποτέλεσαν η ταχύτητα του ανέμου (μέση και μέγιστη) όπου παρατηρήθηκε μη στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των κατηγοριών -1 και +1 και η ατμοσφαιρική πίεση για την περίπτωση των βαθμίδων -1 και 0. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας του αέρα για την κατηγορία -1 της τριτοβάθμιας κλίμακας ήταν 9,77± 4,31 ^{o}C, για την κατηγορία ουδέτερα 22,6±7,1 ^{o}C και για την κατηγορία +1 υπολογίστηκε 32,31 ± 3,73 ^{o}C (Σχήμα 4.4). Οι μέσες τιμές ανά κατηγορία τριτοβάθμιας κλίμακας είχαν μικρότερη απόκλιση σε σχέση με αυτές της επταβάθμιας κλίμακας. Παρόμοια αποτελέσματα προέκυψαν και από την ανάλυση ανά εποχή.

4.4.2.2. Προσωπικά χαρακτηριστικά

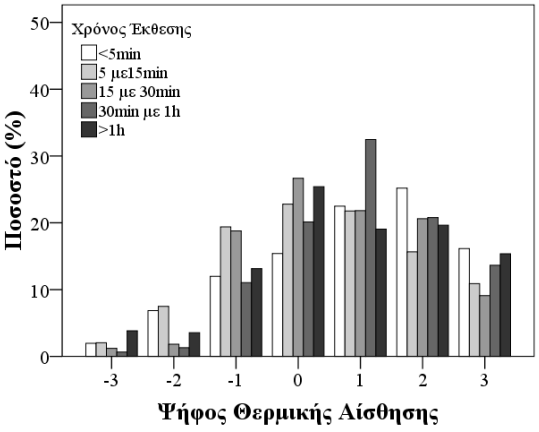
Το μεγαλύτερο ποσοστό ψήφων θερμικής αίσθησης (60,8%) των ανδρών κυμάνθηκε από -1 έως και +1. Το αντίστοιχο ποσοστό στις γυναίκες υπολογίστηκε 55,1% ενώ παρατηρήθηκε αυξημένο το ποσοστό ψήφων στις ακραίες κατηγορίες δείχνοντας πιθανόν ότι οι γυναίκες είναι πιο ευάλωτες στις ατμοσφαιρικές συνθήκες σε σχέση με τους άνδρες (Σχήμα 4.5(α)). Από την ανάλυση ανά εποχή βρέθηκε ότι το φθινόπωρο το ποσοστό των γυναικών που ανέφεραν ‘ουδέτερη’ θερμική αίσθηση ήταν μικρότερο από αυτό των ανδρών αλλά υπήρχαν και ψήφοι στην αρνητική κατηγορία της κλίμακας. Αντίθετα οι υπόλοιπες ψήφοι των ανδρών παρατηρήθηκαν στις κατηγορίες +2 και +3. Αύξηση της ευαισθησίας στην ζέστη παρατηρείται σε άτομα ηλικίας >55 ετών (Σχήμα 4.5(β)) και σε άτομα που βρίσκονται στον χώρο της συνέντευξης λιγότερο από 5 min και περισσότερο από 1 h δηλαδή άτομα που διατηρούν ακόμα την θερμική κατάσταση στην οποία βρίσκονταν πριν αλλάξουν


Φύλο
Άνδρας
Γυναίκα
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

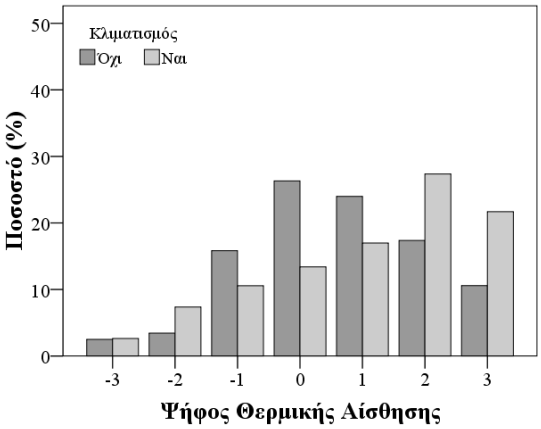
(α)


Ηλικία
<12
13-17
18-24
25-34
35-44
45-54
55-64
>65
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

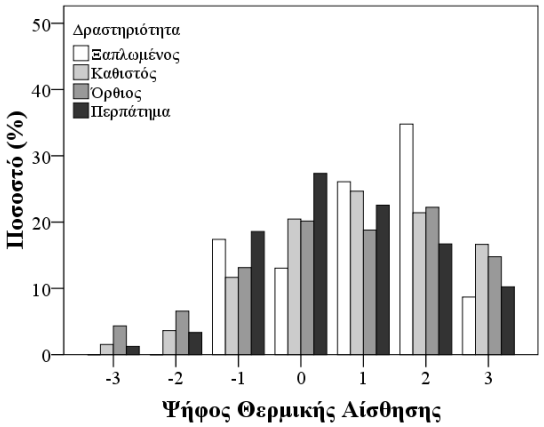
(β)


Χρόνος Έκθεσης
<5min
5 με15min
15 με 30min
30min με 1h
>1h
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

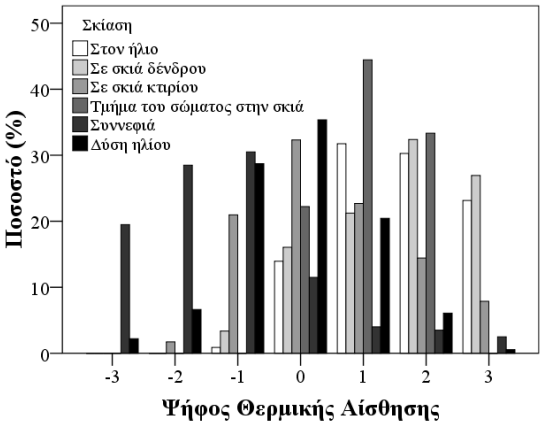
(γ)


Κλιματισμός
Όχι
Ναι
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

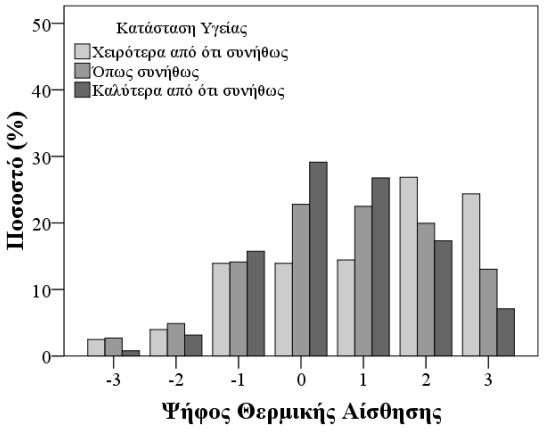
(δ)


Δραστηριότητα
Ξαπλωμένος
Καθιστός
Όρθιος
Περπάτημα
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

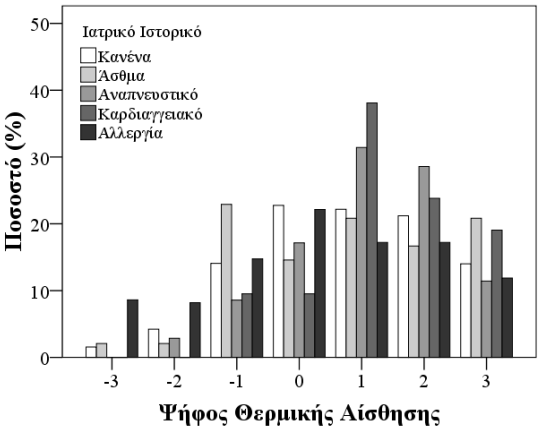
(ε)


Σκίαση
Στον ήλιο
Σε σκιά δένδρου
Σε σκιά κτιρίου
Τμήμα του σώματος στην σκιά
Συννεφιά
Δύση ηλίου
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

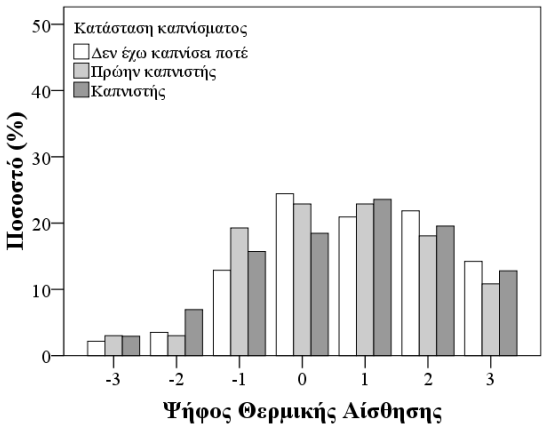
(στ)


Κατάσταση Υγείας
Χειρότερα από ότι συνήθως
Όπως συνήθως
Καλύτερα από ότι συνήθως
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

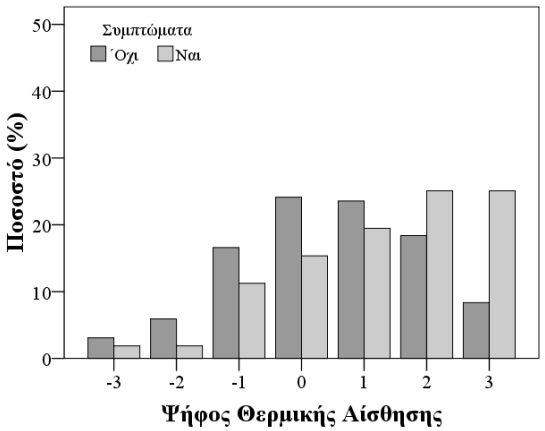
(ζ)


Ιατρικό Ιστορικό
Κανένα
Άσθμα
Αναπνευστικό
Καρδιαγγειακό
Αλλεργία
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

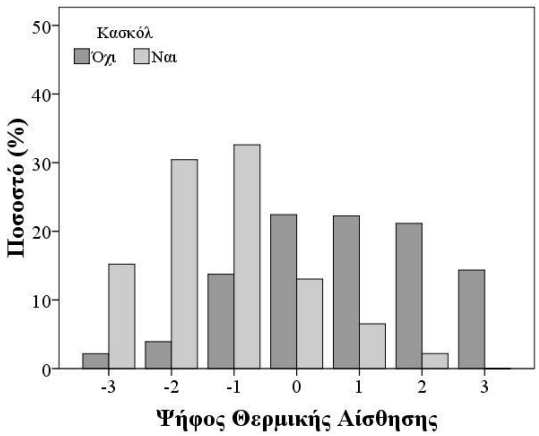
(η)


Κατάσταση καπνίσματος
Δεν έχω καπνίσει ποτέ
Πρώην καπνιστής
Καπνιστής
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

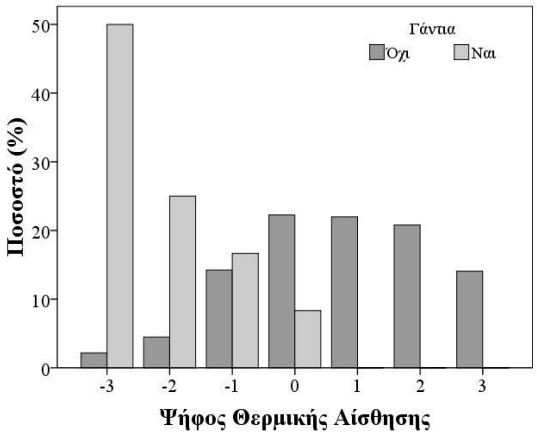
(θ)


Συμπτώματα
Όχι
Ναι
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

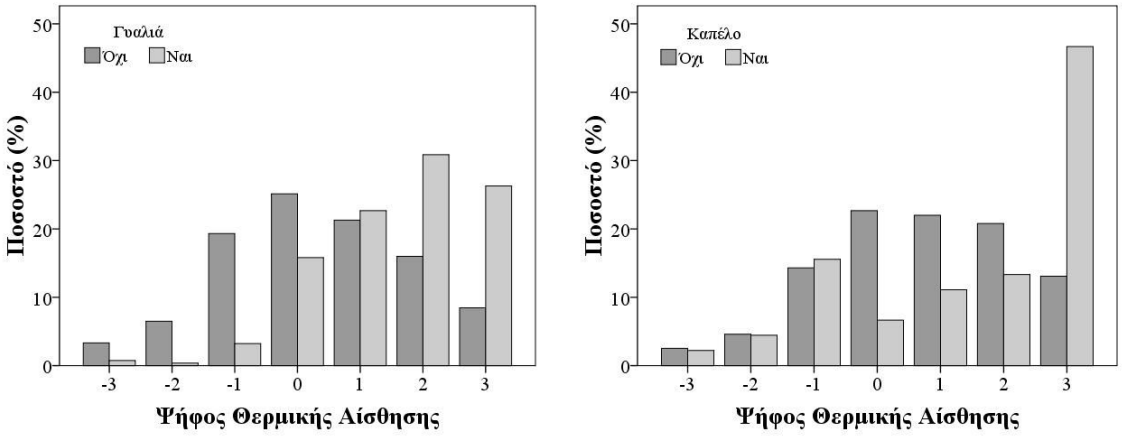
(ι)


Κασκόλ
Όχι
Ναι
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

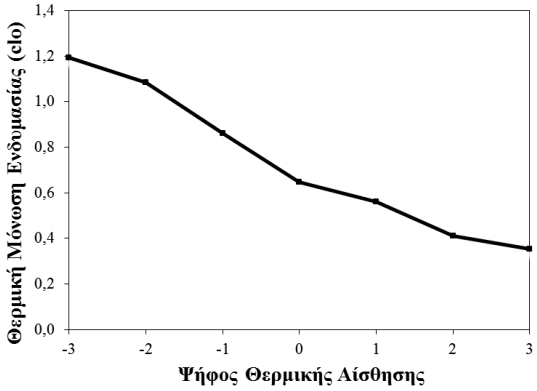
(κ)


Γάντια
Όχι
Ναι
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

(λ)



(μ) (ν)



(ξ)

ΣΧΗΜΑ 4.5. Ποσοστό προσωπικών παραμέτρων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου

περιβάλλον και άτομα που έχουν εγκλιματιστεί με το περιβάλλον τους (Σχήμα 4.5(γ)).

Τα άτομα τα οποία πριν τη συνέντευξη βρίσκονταν σε χώρο στον οποίο ο κλιματισμός δεν ήταν σε λειτουργία παρουσίασαν την τάση να ψηφίζουν τις μεσαίες κατηγορίες της κλίμακας (-1, 0, +1) σε αντίθεση με τα άτομα που βρίσκονταν σε κλιματιζόμενο χώρο τα οποία έτειναν να ψηφίζουν τις ακραίες τιμές της κλίμακας (Σχήμα 4.5(δ)). Μεγαλύτερο ποσοστό από αυτούς που ψήφισαν από -1 έως +1, την τελευταία μισή ώρα κυρίως περπατούσαν σε σχέση με τις υπόλοιπες δραστηριότητες (Σχήμα 4.5(ε)) ή συμπλήρωναν το ερωτηματολόγιο υπό σκιά κτιρίου σε σχέση με αυτούς που βρισκόταν υπό σκιά δένδρου (Σχήμα 4.5(στ)). Από τα άτομα που ένιωθαν

'ζέστη'-'πολλή ζέστη' (+2,+3) το μεγαλύτερο ποσοστό ανέφερε ότι είχε κάποιο χρόνιο αναπνευστικό πρόβλημα υγείας ή άσθμα ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό που ένιωθε 'ψύχρα'-'πολλή ψύχρα' ανέφερε αλλεργίες (Σχήμα 4.5(ζ)).

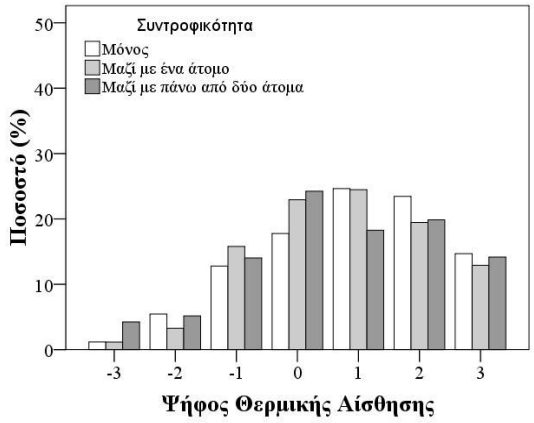
Τα άτομα που η κατάσταση της υγείας τους ήταν 'χειρότερη από ότι συνήθως' εμφανίζονται πιο ευαίσθητα την καλοκαιρινή περίοδο και έχοντας την τάση να ψηφίζουν τις κατηγορίες +2, +3 σε μεγαλύτερο ποσοστό σε σχέση με τα άτομα που ανέφεραν ότι η κατάσταση της υγείας τους ήταν 'όπως συνήθως' ή 'καλύτερα από ότι συνήθως'. Το αντίθετο παρατηρήθηκε για τους ερωτηθέντες που δήλωσαν ότι ένιωθαν 'καλύτερα από ότι συνήθως' (Σχήμα 4.5(η)).

Τα άτομα που είχαν συμπτώματα θερμικής καταπόνησης δήλωσαν σε μεγαλύτερο ποσοστό θερμική ψήφο +2 και +3. Μείωση της θερμικής αντίστασης της ενδυμασίας και αύξηση των ατόμων που φορούσαν γυαλιά και καπέλο παρατηρήθηκε με την αύξηση της ψήφου θερμικής αίσθησης καθώς επίσης αύξηση των ατόμων που φορούσαν κασκόλ και γάντια με την μείωση της θερμικής ψήφου δείχνοντας ότι οι άνθρωποι προσπαθούν να προσαρμοστούν στο θερμικό τους περιβάλλον (Oliveira and Andrade 2007; Nikolopoulou and Steemers 2003).

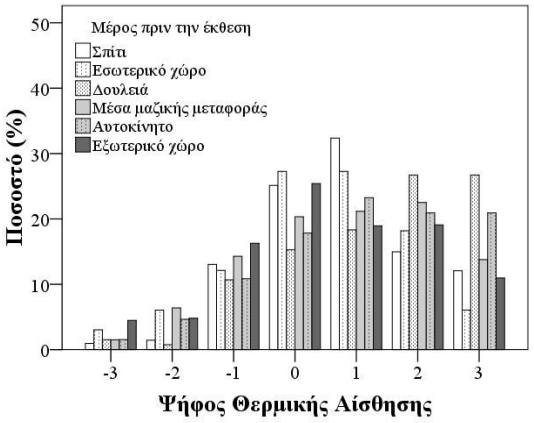
Τα αποτελέσματα για το ύψος, το βάρος και την επιφάνεια του σώματος ήταν μη στατιστικά σημαντικά.

4.4.2.3. Ψυχολογικές παράμετροι

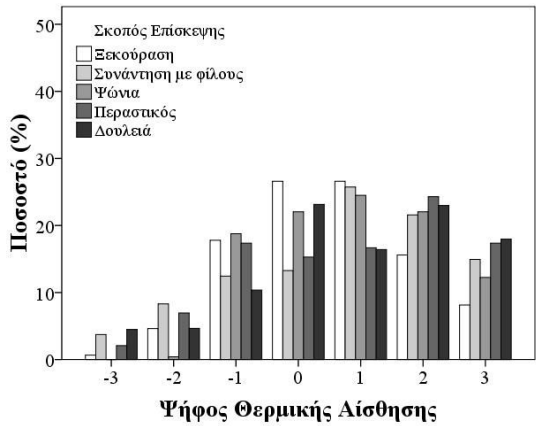
Τα άτομα που βρίσκονταν μόνα τους στον χώρο των συνεντεύξεων δήλωσαν σε μικρότερο ποσοστό θερμική αίσθηση από -1 έως +1 και μεγαλύτερο ποσοστό στις κατηγορίες -2, +2 και +3 σε σχέση με τα άτομα που βρίσκονταν στο χώρο με ένα ή δύο άτομα (Σχήμα 4.6(α)). Άτομα τα οποία πριν την συνέντευξη βρισκόταν στην εργασία τους, ήταν περαστικοί ή βρισκόταν στον χώρο για δουλειά δήλωσαν σε μεγαλύτερο ποσοστό θερμική αίσθηση 'ζέστη' και 'πολλή ζέστη' (+2 και +3) (Σχήμα 4.6(β) και (γ)). Η θερμική ψήφος επηρεάζεται και από την συνολική άνεση στον χώρο (Σχήμα 4.6(δ)). Το μεγαλύτερο ποσοστό που ψήφισαν από -1 έως +1, συνολικά στον χώρο ένιωθαν 'άνετα' ή 'πολύ άνετα'. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων που δήλωναν θερμική αίσθηση 'ζέστη' – 'πολλή ζέστη' θεωρούσαν ότι ο καιρός την ημέρα της συνέντευξης ήταν ζεστός, ξηρός και κατάλληλος για εξωτερική δραστηριότητα ενώ τα άτομα που δήλωναν 'ψύχρα – 'πολλή ψύχρα' θεωρούσαν ότι ο


Συντροφικότητα
Μόνος
Μαζί με ένα άτομο
Μαζί με πάνω από δύο άτομα
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

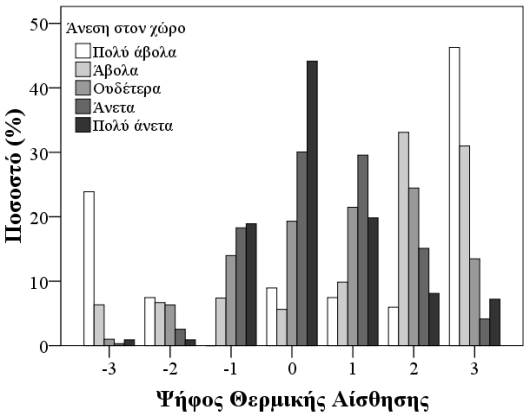
(α)


Μέρος πριν την έκθεση
Σπίτι
Εσωτερικό χώρο
Δουλειά
Μέσα μαζικής μεταφοράς
Αυτοκίνητο
Εξωτερικό χώρο
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

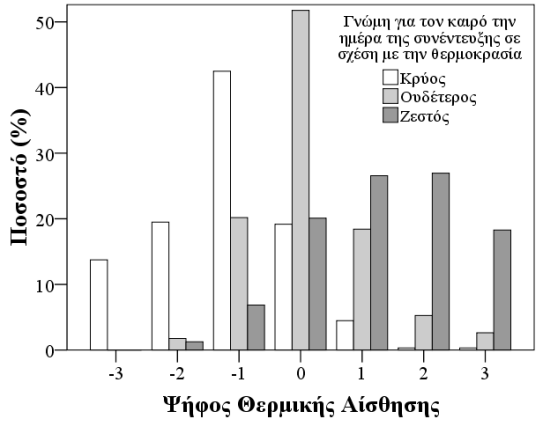
(β)


Σκοπός Επίσκεψης
Ξεκούραση
Συνάντηση με φίλους
Ψώνια
Περαστικός
Δουλειά
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

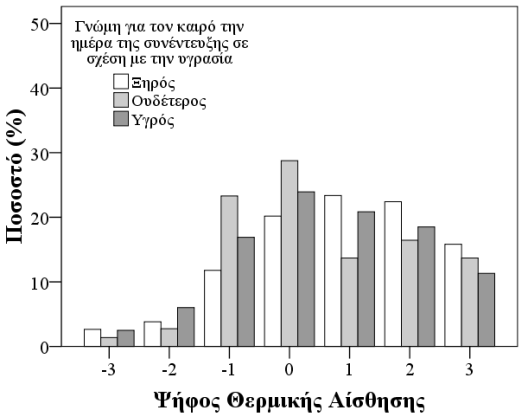
(γ)


Άνεση στον χώρο
Πολύ άβολα
Άβολα
Ουδέτερα
Άνετα
Πολύ άνετα
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

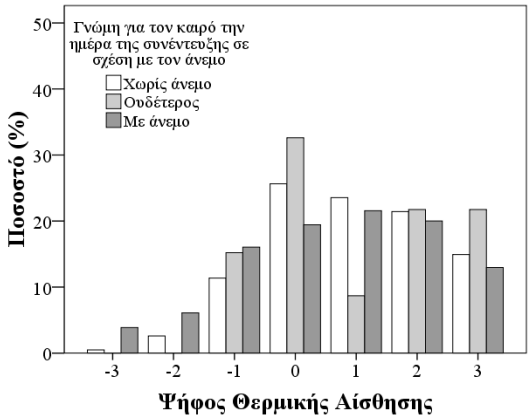
(δ)


Γνώμη για τον καιρό την ημέρα της συνέντευξης σε σχέση με την θερμοκρασία
Κρύος
Ουδέτερος
Ζεστός
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

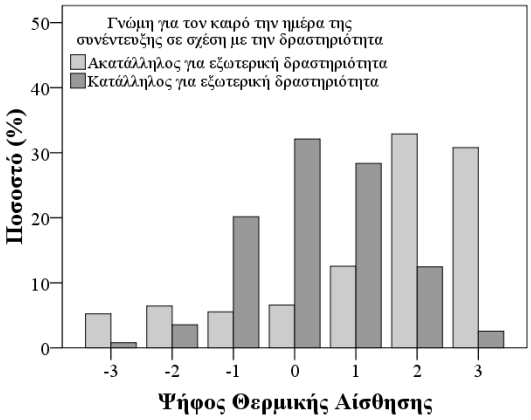
(ε)


Γνώμη για τον καιρό την ημέρα της συνέντευξης σε σχέση με την υγρασία
Ξηρός
Ουδέτερος
Υγρός
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

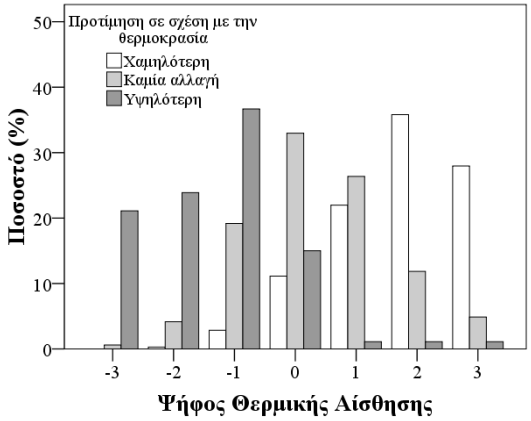
(στ)


Γνώμη για τον καιρό την ημέρα της συνέντευξης σε σχέση με τον άνεμο
Χωρίς άνεμο
Ουδέτερος
Με άνεμο
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

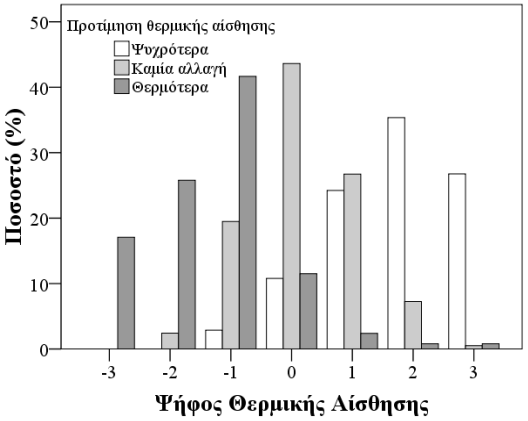
(ζ)


Γνώμη για τον καιρό την ημέρα της συνέντευξης σε σχέση με την δραστηριότητα
Ακατάλληλος για εξωτερική δραστηριότητα
Κατάλληλος για εξωτερική δραστηριότητα
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

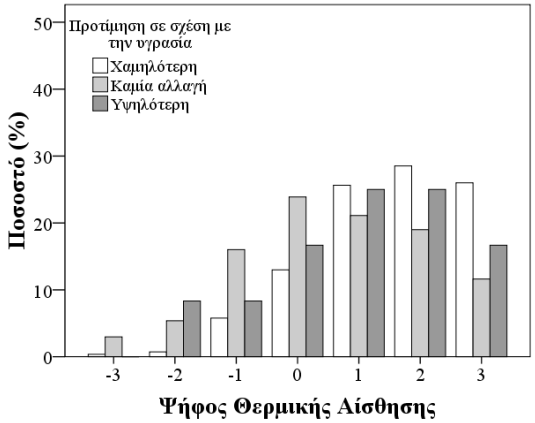
(η)


Προτίμηση σε σχέση με την θερμοκρασία
Χαμηλότερη
Καμία αλλαγή
Υψηλότερη
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

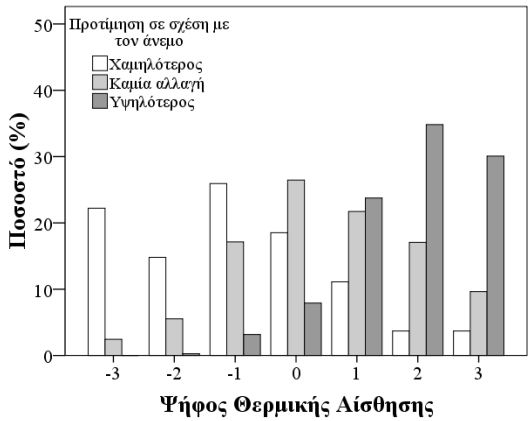
(θ)


Προτίμηση θερμικής αίσθησης
Ψυχρότερα
Καμία αλλαγή
Θερμότερα
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

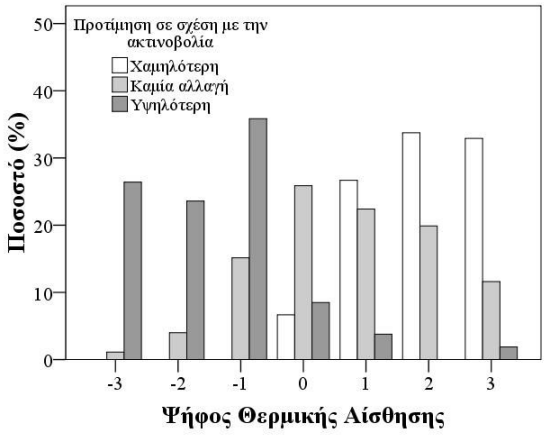
(ι)


Προτίμηση σε σχέση με την υγρασία
Χαμηλότερη
Καμία αλλαγή
Υψηλότερη
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

(κ)


Προτίμηση σε σχέση με τον άνεμο
Χαμηλότερος
Καμία αλλαγή
Υψηλότερος
Ποσοστό (%)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

(λ)



(μ)

ΣΧΗΜΑ 4.6. Ποσοστό ψυχολογικών παραμέτρων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου

καιρός ήταν ψυχρός, υγρός και ακατάλληλος για εξωτερική δραστηριότητα. Σε σχέση με την προτίμηση θερμικής αίσθησης, χαρακτηριστικό είναι ότι υπήρχαν άτομα τα οποία δήλωναν ότι αισθάνονταν ‘ελαφριά ζέστη’ ή ‘ελαφριά ψύχρα’ και παρόλα αυτά προτιμούσαν να νιώθουν αντίστοιχα περισσότερη ζέστη ή περισσότερη ψύχρα πιθανόν λόγω προσμονής, δηλαδή της αίσθησης που περίμεναν να έχουν τα άτομα σε σχέση με την εποχή. Παρόλο που η πλειοψηφία των ατόμων που ένιωθαν ‘ζέστη – ‘πολλή ζέστη’ θεωρούσαν ότι ο καιρός ήταν ξηρός δήλωσαν ότι θα προτιμούσαν χαμηλότερη υγρασία που σημαίνει ότι η ικανότητα του ανθρώπου να αντιληφθεί την υγρασία είναι αμφισβητήσιμη. Το αποτέλεσμα αυτό είναι σε συμφωνία με τις μελέτες των Nikolopoulou and Lykoudis (2006) και των Oliveira and Andrade (2007). Επίσης θεωρούσαν ότι η θερμική τους αίσθηση θα βελτιωνόταν αν ο άνεμος ήταν ισχυρότερος και το αντίθετο στην περίπτωση των αρνητικών ψήφων. Τέλος η ακτινοβολία παρουσιάζεται να είναι πολύ σημαντικός παράγοντας βελτίωσης της θερμικής αίσθησης ιδιαίτερα στην αρνητική κατηγορία της ψήφου θερμικής αίσθησης, το οποίο αρχικά φαίνεται ευνόητο όμως ταυτόχρονα υποδηλώνει και την προτίμηση των ατόμων στον αίθριο καιρό και τις καλές καιρικές συνθήκες.

4.4.3. Ποσοτικοποίηση ψήφου θερμικής αίσθησης

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε και στις δύο μεθόδους παλινδρόμησης περιγράφηκε στην ενότητα 4.3.4. Προκειμένου να αποφύγουμε προβλήματα πολυσυγγραμμικότητας (multicollinearity) εξαιρέθηκαν από την ανάλυση οι παράμετροι T_{mrt} (0,969) και T_{globe} (0,976), παρόλο που η κάθε μία συσχετιζόταν με την ψήφο θερμικής αίσθησης γιατί οι δυο αυτές μεταβλητές έδειξαν μεγάλη συσχέτιση με την θερμοκρασία του αέρα. Η επιλογή της θερμοκρασίας αέρα βασίστηκε στο ότι είναι ευκολότερα μετρήσιμη και με μεγαλύτερη ακρίβεια από τις άλλες δύο. Επίσης εξαιρέθηκε η παράμετρος T_{ground} γιατί έδειξε μεγάλη συσχέτιση με την IR_{down} (0,839). Η T_{ground} μετρήθηκε σημειακά, σε αντίθεση με την IR_{down} που αναφέρεται σε ημισφαίριο, με αποτέλεσμα η επίδρασή της στην θερμική ψήφο να έχει μεγαλύτερη αβεβαιότητα σε σχέση με την IR_{down}. Από τις προσωπικές παραμέτρους εξαιρέθηκαν τα γυαλιά ηλίου, τα γάντια γιατί είναι πρόσθετα εποχιακά ενδύματα και η δραστηριότητα λόγω της ισχυρής συσχέτισης με τον ρυθμό μεταβολισμού (0,964). Επίσης δεν λάβαμε υπόψη τα συμπτώματα υγείας γιατί θεωρήσαμε ότι είναι αποτέλεσμα της επίδρασης των ατμοσφαιρικών συνθηκών στον ανθρώπινο οργανισμό.

4.4.3.1. Ποσοτικοποίηση ψήφου θερμικής αίσθησης με γραμμική παλινδρόμηση

Μετεωρολογικές παράμετροι

Εξετάζοντας μεμονωμένα τις μετεωρολογικές παραμέτρους βρέθηκε ότι όλες

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6. Συντελεστές των μετεωρολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης

Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας
Σταθερά	50,676	8,235	<0,01
T_{air}	0,112	0,008	<0,01
RH	-0,018	0,004	<0,01
WS	-0,100	0,031	<0,01
SR_{up}	0,001	0,000	<0,01
IR_{down}	-0,002	0,001	<0,01
P	-0,051	0,008	<0,01

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7. Συντελεστές των προσωπικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (R=0,733 και R^2=0,538)

Μοντέλο	**Συντελεστές**	**Τυπικό Σφάλμα**	**Επίπεδο Σημαντικότητας**	**Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας**
Σταθερά	2,505	0,128	<0,01	
I_{cl}	-2,138	0,106	<0,01	<0,01
Συνέντευξη στον ήλιο/σκιά				<0,01
Βράδυ	-1,393	0,097	<0,01	
Συννεφιά	-1,706	0,107	<0,01	
Σκιά κτιρίου	-0,692	0,074	<0,01	
Σκιά δένδρου	-0,135	0,077	0,081	
Μέρους του σώματος σε σκιά	-0,637	0,361	0,078	
Στον ήλιο	0			
Χρώμα Ενδυμάτων				<0,01
Σκούρο	-0,161	0,055	<0,01	
Ανοιχτό	0			
Χρόνος έκθεσης				0,038
<5λεπτά	0,171	0,070	0,014	
5 με 15λεπτά	-0,065	0,076	0,390	
15 με 30 λεπτά	0,046	0,093	0,618	
30λεπτά με 1ώρα	0,093	0,093	0,315	
>1ώρα	0			
Κλιματισμός				<0,01
Ναι	0,177	0,059	<0,01	
Όχι				
Κατάσταση Υγείας				<0,01
Χειρότερα από ότι συνήθως	0,401	0,122	<0,01	
Όπως συνήθως	0,088	0,100	0,382	
Καλύτερα από ότι συνήθως	0			

παρουσίασαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την ψήφο θερμικής αίσθησης οπότε αρχικά συμπεριλήφθησαν όλες στο στατιστικό μοντέλο με εξαίρεση τις T_{mrt}, T_{globe}, T_{ground} που όπως αναφέρθηκε παραπάνω δεν λήφθηκαν υπόψη ώστε να αποφύγουμε προβλήματα πολυσυγραμμικότητας. Τελικά προέκυψε ότι η θερμική ψήφος καθορίζεται από τις παραμέτρους που παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.6.

Η θερμοκρασία του αέρα και η ταχύτητα του ανέμου αναδείχθηκαν ως οι σημαντικότερες παράμετροι καθορισμού της θερμικής ψήφου.

Προσωπικά χαρακτηριστικά

Από την μεμονωμένη ανάλυση προέκυψε ότι δεν ήταν στατιστικά σημαντικά το φύλο, η ηλικία, το βάρος, το ύψος και η επιφάνεια σώματος. Η σημαντικότερη

παράμετρος από τις προσωπικές είναι η θερμική μόνωση της ενδυμασίας. Σε αυτό το σημείο πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η παράμετρος του ρυθμού μεταβολισμού δεν εμφανίζεται στο μοντέλο (Πίνακας 4.7), γιατί δεν παρατηρείται σημαντική μεταβολή της.

Θερμο-φυσιολογικές Παράμετροι

Το μοντέλο που προέκυψε από τον συνδυασμό των μετεωρολογικών και προσωπικών μεταβλητών (θερμο-φυσιολογικών μεταβλητών) παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.8. Παρατηρούμε κάποιες διαφορές σε σχέση με τα δύο προηγούμενα

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8. Συντελεστές των θερμο-φυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (R=0,815 και R^2=0,665)

Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας	Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας
Σταθερά	29,382	9,670	<0,01	<0,01
T_{air}	0,091	0,008	<0,01	<0,01
RH	-0,013	0,004	<0,01	<0,01
WS	-0,093	0,032	<0,01	<0,01
SR_{up}	0,001	0,000	<0,01	<0,01
SR_{down}	-0,002	0,001	<0,01	<0,01
P	-0,030	0,009	<0,01	<0,01
I_{cl}	-0,386	0,134	<0,01	<0,01
Συνέντευξη στον ήλιο/σκιά				<0,01
Βράδυ	-0,666	0,108	<0,01	
Συννεφιά	-0,451	0,113	<0,01	
Σκιά κτιρίου	-0,202	0,083	0,015	
Σκιά δένδρου	-0,112	0,079	0,157	
Μέρους του σώματος σε σκιά	-0,227	0,301	0,451	
Στον ήλιο	0			
Χρόνος έκθεσης				
<5λεπτά	0,187	0,059	<0,01	0,010
5 με 15λεπτά	0,044	0,066	0,500	
15 με 30 λεπτά	0,109	0,080	0,171	
30λεπτά με 1ώρα	0,191	0,081	0,019	
>1ώρα	0			
Κατάσταση Υγείας				
Χειρότερα από ότι συνήθως	0,223	0,105	0,034	0,019
Όπως συνήθως	0,032	0,086	0,713	
Καλύτερα από ότι	0			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9. Συντελεστές των ψυχολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (R=0,840 και R^2=0,706)

Μοντέλο	**Συντελεστές**	**Τυπικό Σφάλμα**	**Επίπεδο Σημαντικότητας**	**Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας**
Σταθερά	-1,189	0,180	<0,01	
Εποχή				<0,01
Καλοκαίρι	1,102	0,156	<0,01	
Φθινόπωρο	0,355	0,062	<0,01	
Χειμώνας	0			
Ώρα της ημέρας				<0,01
Πρωί	0,821	0,156	<0,01	
Μεσημέρι	1,046	0,149	<0,01	
Νωρίς το απόγευμα	0,902	0,149	<0,01	
Αργά το απόγευμα	0,564	0,148	<0,01	
Βράδυ	0			
Σκοπός επίσκεψης				<0,01
Δουλειά	-0,186	0,057	<0,01	
Περαστικός	0,025	0,082	0,763	
Ψώνια	-0,062	0,068	0,365	
Συνάντηση με φίλους	-0,005	0,069	0,939	
Ξεκούραση	0			
Συνολική άνεση στον χώρο				0,027
Πολύ άβολα	0,124	0,142	0,380	
Άβολα	0,215	0,104	0,040	
Ουδέτερα	0,061	0,093	0,511	
Άνετα	-0,008	0,091	0,927	
Πολύ άνετα	0			
Γνώμη σε σχέση με την Tair				<0,01
Ψυχρός	-0,482	0,104	<0,01	
Ζεστός	0,359	0,091	<0,01	
Ουδέτερος	0			
Γνώμη σε σχέση με την δραστηριότητα	0,233	0,56	<0,01	<0,01
Ακατάλληλα	0			
Κατάλληλα				
Προτίμηση θερμικής αίσθησης				<0,01
Πιο δροσερά	0,511	0,072	<0,01	
Πιο ζεστά	-0,536	0,114	<0,01	
Καμία αλλαγή	0			
Προτίμηση σε σχέση με την T_{air}				<0,01
Υψηλότερη	0,121	0,064	0,059	
Χαμηλότερη	-0,400	0,110	<0,01	
Καμία μεταβολή	0			
Προτίμηση σε σχέση με την WS				<0,01
Υψηλότερη	-0,096	0,123	0,435	
Χαμηλότερη	0,177	0,060	<0,01	
Καμία μεταβολή	0			
Προτίμηση σε σχέση με την ακτινοβολία	0,197	0,067	<0,01	<0,01
Υψηλότερη	-0,571	0,109	<0,01	
Χαμηλότερη	0			
Καμία μεταβολή				

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10. Συντελεστές των μετεωρολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης

	Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας
Κατώοδι	***Ψήφος θερμική αίσθησης=-3***	-100,971	17,356	<0,01
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-2	-99,398	17,356	<0,01
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-1	-97,054	17,353	<0,01
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-0	-94,923	17,339	<0,01
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+1	-93,142	17,332	<0,01
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+2	-91,247	17,330	<0,01
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+3	0		
Παράμετροι	T_{air}	0,241	0,000	<0,01
	RH	-0,035	0,002	<0,01
	WS	-0,221	0,017	<0,01
	SR_{up}	0,002	0,007	0,011
	IR_{down}	-0,004	0,017	<0,01
	P	-0,097	0,065	<0,01

μοντέλα. Στο θερμο-φυσιολογικό μοντέλο δεν υπάρχει η μεταβλητή IR_{down} ενώ εμφανίστηκε η SR_{down}. Από τις προσωπικές μεταβλητές δεν παρέμειναν το χρώμα της ενδυμασίας και ο κλιματισμός.

Από τους συντελεστές των μεταβλητών παρατηρούμε ότι τα άτομα που βρίσκονταν στον ήλιο κατά τη διάρκεια της συνέντευξης ένιωθαν 'πιο ζεστά' σε σχέση με αυτούς που ήταν σε σκιά ενώ τα άτομα που ένιωθαν καλύτερα από ότι συνήθως ή ήταν στον χώρο περισσότερο από μία ώρα ένιωθαν ψυχρότερα σε σχέση με αυτούς που ήταν χειρότερα από ότι συνήθως ή όπως συνήθως και λιγότερο από μία ώρα αντίστοιχα.

Ψυχολογικές Παράμετροι

Σύμφωνα με την μεμονωμένη ανάλυση όλες οι ψυχολογικές παράμετροι είχαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την ψήφο θερμικής αίσθησης εκτός από τον τόπο διαμονής, την γνώμη για την σχετική υγρασία και την ταχύτητα του ανέμου. Από

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11. Συντελεστές των προσωπικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης

	Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας	Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας
Κατώφλι	***Ψήφος θερμική αίσθησης=-3***	-9,251	0,360	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-2	-7,672	0,318	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-1	-5,429	0,274	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-0	-3,578	0,251	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+1	-2,093	0,241	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+2	-0,548	0,241	0,023	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+3	0			
Παράμετροι	I_{cl}	-3,746	0,211	<0,01	<0,01
	Συνέντευξη στον ήλιο/σκιά				<0,01
	Βράδυ=0	-2,480	0,185	<0,01	
	Συννεφιά=1	-3,374	0,213	<0,01	
	Σκιά κτιρίου=2	-1,247	0,136	<0,01	
	Σκιά δένδρου=3	-0,222	0,139	0,110	
	Μέρους του σώματος σε σκιά=4	-0,983	0,647	0,129	
	Στον ήλιο=5	0			
	Χρώμα Ενδυμάτων				<0,01
	Σκούρο=1	-0,249	0,099	0,012	
	Ανοιχτό=2	0			
	Κλιματισμός				<0,01
	Όχι=0	-0,368	0,104	<0,01	
	Ναι=1	0			
	Κατάσταση Υγείας				<0,01
	Χειρότερα από ότι συνήθως	0,697	0,222	<0,01	
	Όπως συνήθως	0,089	0,181	0,623	
	Καλύτερα από ότι συνήθως	0	0	0	

αυτές τελικά επιβίωσαν οι παράμετροι που φαίνονται στον Πίνακα 4.9. Όσοι ήταν περαστικοί από το σημείο των μετρήσεων και όσα άτομα ένιωθαν συνολικά στον χώρο ‘πολύ άβολα’ ή ‘άβολα’ δήλωσαν μεγαλύτερη κατηγορία θερμικής ψήφου σε σχέση με αυτούς που είχαν επισκεφτεί τον χώρο για ξεκούραση ή που ένιωθαν συνολικά στον χώρο ‘πολύ άνετα’.

4.4.3.2. Ποσοτικοποίηση ψήφου θερμικής αίσθησης με διατακτική παλινδρόμηση

Μετεωρολογικές παράμετροι

Από την μεμονωμένη ανάλυση των μετεωρολογικών παραμέτρων προέκυψε ότι είναι όλες στατιστικά σημαντικές με την ψήφο θερμικής αίσθησης. Στον Πίνακα 4.10 παρουσιάζεται το μετεωρολογικό μοντέλο πρόβλεψης της θερμικής αίσθησης με την μέθοδο της διατακτικής παλινδρόμησης. Παρατηρούμε ότι οι παράμετροι που περιλαμβάνει το μοντέλο είναι οι ίδιες με το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης.

Προσωπικά Χαρακτηριστικά

Από τις προσωπικές παραμέτρους δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με το φύλο, την ηλικία, το ύψος, το βάρος και την επιφάνεια του σώματος οπότε δεν τις λάβαμε καθόλου υπόψη. Το μοντέλο που προέκυψε φαίνεται στον Πίνακα 4.11. Οι προσωπικές παράμετροι που επικράτησαν στο μοντέλο είναι οι ίδιες με το γραμμικό μοντέλο, εκτός από την παράμετρο ‘χρόνος έκθεσης’ που δεν παρέμεινε στο μοντέλο της διατακτικής παλινδρόμησης. Μεγαλύτερη πιθανότητα να δηλώσουν μεγαλύτερη κατηγορία θερμικής ψήφου έχουν τα άτομα που στέκονται στον ήλιο, που πριν την συνέντευξη ήταν σε κλιματιζόμενο χώρο και που η κατάσταση της υγείας τους ήταν χειρότερα από ότι συνήθως.

Θερμο-φυσιολογικές Παράμετροι

Το μοντέλο που προέκυψε από τον συνδυασμό των μετεωρολογικών και προσωπικών μεταβλητών (θερμο-φυσιολογικών μεταβλητών) παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.12. Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά που προέκυψαν από την γραμμική παλινδρόμηση. Στο θερμοφυσιολογικό μοντέλο εμφανίζεται η SR_{down} αντί της IR_{down} ενώ στις προσωπικές παραμέτρους εμφανίζεται η παράμετρος ‘χρόνος έκθεσης’ αντί του ‘κλιματισμού’ ίσως λόγω της ισχυρότερης συσχέτισης της χρήσης κλιματισμού με τις μετεωρολογικές παραμέτρους και ειδικά με την T_{air}. Από τους συντελεστές των μεταβλητών παρατηρούμε ότι τα άτομα που βρίσκονταν στον ήλιο κατά τη διάρκεια τα συνέντευξης ένιωθαν ‘πιο ζεστά’ σε σχέση με αυτούς που ήταν

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.12. Συντελεστές των θερμο-φυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης

	Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας	Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας
Κατώφλι	***Ψήφος θερμική αίσθησης=-3***	-58,754	20,649	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-2	-57,133	20,649	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-1	-54,602	20,651	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-0	-52,396	20,642	0,011	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+1	-50,557	20,637	0,014	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+2	-48,704	20,637	0,018	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+3	0			
Παράμετροι	T_{air}	0,199	0,018	0,234	<0,01
	RH	-0,027	0,008	-0,011	<0,01
	WS	-0,236	0,068	-0,102	<0,01
	SR_{up}	0,002	0,001	<0,01	<0,01
	SR_{down}	-0,005	0,002	-0,001	<0,01
	P	-0,055	0,020	-0,016	<0,01
	I_{cl}	-0,744	0,282	-0,192	<0,01
	Συνέντευξη στον ήλιο/σκιά				<0,01
	Βράδυ=0	-1,502	0,232	<0,01	
	Συννεφιά=1	-1,111	0,248	<0,01	
	Σκιά κτιρίου=2	-0,470	0,176	<0,01	
	Σκιά δένδρου=3	-0,242	0,167	0,147	
	Μέρους του σώματος σε σκιά=4	-0,404	0,625	0,518	
	Στον ήλιο=5	0			
	Χρόνος έκθεσης				0,010
	<5λεπτά=1	0,312	0,125	0,013	
	5 με 15λεπτά=2	0,076	0,138	0,584	
	15 με 30 λεπτά=3	0,223	0,168	0,184	
	30λεπτά με 1ώρα=4	0,364	0,171	<0,01	
	>1ώρα=5	0			
	Κατάσταση Υγείας				0,019
	Χειρότερα από ότι συνήθως=-1	0,444	0,222	0,045	
	Όπως συνήθως=0	0,012	0,180	0,946	
	Καλύτερα από ότι συνήθως=1	0			

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13. Συντελεστές των ψυχολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης

	Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας	Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας
Κατώφλι	***Ψήφος θερμική αίσθησης=-3***	-4,777	0,360	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-2	-3,116	0,320	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-1	-0,450	0,277	0,104	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-0	1,873	0,283	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+1	3,788	0,300	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+2	5,715	0,315	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+3	0			
Παράμετροι	***Εποχή***				<0,01
	Καλοκαίρι=1	1,695	0,170	<0,01	
	Φθινόπωρο=2	0,647	0,140	<0,01	
	Χειμώνας=3	0			
	Σκοπός επίσκεψης				<0,01
	Δουλειά=1	-0,399	0,126	<0,01	
	Περαστικός=2	0,141	0,182	0,440	
	Ψώνια=3	-0,059	0,152	0,696	
	Συνάντηση με φίλους=4	-0,005	0,153	0,972	
	Ξεκούραση=5	0			
	Συνολική άνεση στον χώρο				<0,01
	Πολύ άβολα=-2	0,721	0,318	0,023	
	Άβολα=-2	0,740	0,234	<0,01	
	Ουδέτερα=0	0,236	0,208	0,258	
	Άνετα=1	0,097	0,202	0,633	
	Πολύ άνετα=2	0			
	Γνώμη σε σχέση με την T_{air}				<0,01
	Ψυχρός=1	-1,248	0,238	<0,01	
	Ζεστός=2	0,787	0,205	<0,01	
	Ουδέτερος =3	0			
	Γνώμη σε σχέση με την δραστηριότητα	0,664	0,125	<0,01	<0,01
	Ακατάλληλα=-1	0			
	Κατάλληλα=1				
	Προτίμηση θερμικής αίσθησης				<0,01
	Πιο δροσερά=1	1,171	0,162	<0,01	
	Πιο ζεστά=2	-1,332	0,265	<0,01	
	Καμία αλλαγή=3	0	0		
	Προτίμηση σε σχέση με την T_{air}				<0,01
	Υψηλότερη=2	-1,244	0,253	<0,01	
	Χαμηλότερη=1	0,299	0,143	0,036	
	Καμία μεταβολή=3	0			
	Προτίμηση σε σχέση με την WS				<0,01
	Υψηλότερη=2	0,447	0,134	<0,01	
	Χαμηλότερη=1	-0,284	0,276	0,303	
	Καμία μεταβολή=3	0			
	Προτίμηση σε σχέση με την ακτινοβολία	-1,444	0,253	<0,01	<0,01
	Υψηλότερη=2	0,481	0,150	<0,01	
	Χαμηλότερη=1	0			
	Καμία μεταβολή=3				

σε σκιά ενώ τα άτομα που ένιωθαν καλύτερα από ότι συνήθως ή ήταν στον χώρο περισσότερο από μία ώρα ένιωθαν ψυχρότερα σε σχέση με αυτούς που ήταν χειρότερα από ότι συνήθως ή όπως συνήθως και λιγότερο από μία ώρα αντίστοιχα.

Ψυχολογικές παράμετροι

Από την διατακτική ανάλυση των ψυχολογικών παραμέτρων εξαιρέθηκαν ο τόπος διαμονής, η ώρα της ημέρας, η γνώμη και η προτίμηση σε σχέση με την υγρασία καθώς και η γνώμη για τον άνεμο λόγω της μη σημαντικότητας που προέκυψε στην μεμονωμένη ανάλυση των παραμέτρων. Το μοντέλο που προέκυψε από τις υπόλοιπες παραμέτρους παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.13. Οι παράμετροι που καθορίζουν το μοντέλο είναι οι ίδιες με την γραμμική παλινδρόμηση εκτός του τόπου διαμονής που εξαιρέθηκε από το μοντέλο της διατακτικής παλινδρόμησης.

4.5. **Σύνοψη και Συμπεράσματα**

Στο κεφάλαιο αυτό μελετήθηκε η επίδραση και η συνεισφορά μετεωρολογικών, προσωπικών και ψυχολογικών παραμέτρων στην θερμική αίσθηση.

Από την ανάλυση των δεδομένων βρέθηκε ότι η αντίληψη των ατόμων σε σχέση με την σχετική υγρασία είναι αμφισβητήσιμη ενώ παρατηρήθηκε ευαισθησία σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου. Οι υψηλότερες ταχύτητες του ανέμου δεν ήταν επιθυμητές από τους ερωτηθέντες καθώς επίσης παρατηρήθηκε επίδραση των μετεωρολογικών συνθηκών στην συνολική αίσθηση στον χώρο, υπογραμμίζοντας τη σημασία του βιοκλιματικού σχεδιασμού των ανοιχτών χώρων.

Οι γυναίκες είναι πιο ευαίσθητες στο θερμικό τους περιβάλλον σε σχέση με τους άντρες καθώς επίσης και τα άτομα που βρίσκονταν στον χώρο της συνέντευξης χωρίς συντροφιά σε σχέση με τα άτομα που συνοδεύονταν από δύο ή τρία άτομα, τονίζοντας την σημασία του ψυχολογικού παράγοντα στην θερμική αίσθηση. Ευαισθησία στην ζέστη παρατηρήθηκε σε άτομα που βρίσκονταν στον χώρο των μετρήσεων λιγότερο από 5 λεπτά ή περισσότερο από 1 ώρα δηλαδή άτομα που διατηρούσαν την προηγούμενη θερμική τους κατάσταση ή που βρίσκονταν στον χώρο για αρκετή ώρα (εγκλιματισμένα). Επίσης ευαισθησία στις θερμότερες συνθήκες διαπιστώθηκε σε άτομα που είχαν κάποιο αναπνευστικό πρόβλημα ή την μέρα της συνέντευξης ένιωθαν χειρότερα από ότι συνήθως. Ενδιαφέρον παρουσιάζει

το γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων που δήλωναν θερμική αίσθηση 'ζέστη' – 'πολλή ζέστη' θεωρούσαν ότι ο καιρός την ημέρα της συνέντευξης ήταν κατάλληλος για εξωτερική δραστηριότητα ενώ τα άτομα που δήλωναν 'ψύχρα' – 'πολλή ψύχρα' θεωρούσαν ότι ήταν ακατάλληλος. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι θερμικές συνθήκες κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου δεν ήταν ακραίες καθώς επίσης το ότι οι ερωτηθέντες έδειξαν προτίμηση στις υψηλότερες θερμοκρασίες και τον 'καλό καιρό' ακόμα και όταν η θερμική τους κατάσταση δεν ήταν ουδέτερη, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι πιθανόν παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανοχή στις θερμές περιβαλλοντικές συνθήκες και υποεκτιμούν την ενδεχόμενη θερμική καταπόνηση του οργανισμού από την έκθεσή του σε αυτές.

Από την εφαρμογή της διατακτικής παλινδρόμησης βρέθηκε ότι όλες οι υπό μελέτη μετεωρολογικές παράμετροι σχετίζονται με την ψήφο θερμικής αίσθησης. Από τις προσωπικές παραμέτρους δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με το φύλο, το ύψος, το βάρος και την επιφάνεια του σώματος. Οι ψυχολογικές παράμετροι που δεν επηρεάζουν την ψήφο θερμικής αίσθησης είναι ο τόπος διαμονής και η γνώμη για τον καιρό σε σχέση με την υγρασία και τον άνεμο. Οι παράμετροι που καθορίζουν την ψήφο θερμικής αίσθησης είναι μετεωρολογικές, προσωπικές και ψυχολογικές, επισημαίνοντας ότι η θερμική αίσθηση των ατόμων διαφέρει ακόμα και όταν βρίσκονται στο ίδιο περιβάλλον και έχουν ίδια προσωπικά χαρακτηριστικά. Οι κύριες μετεωρολογικές παράμετροι που επηρεάζουν την θερμική αίσθηση είναι η θερμοκρασία του αέρα και η ταχύτητα του ανέμου. Παρόλο που ο ρυθμός μεταβολισμού είναι σημαντικός παράγοντας του θερμικού ισοζυγίου δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική επίδραση στην θερμική αίσθηση πιθανόν εξαιτίας της μικρής διακύμανσής του. Οι ερωτηθέντες που ήταν εκτεθειμένοι στον ήλιο ή που δήλωναν συνολική άνεση στον χώρο 'άβολα', ένιωθαν πιο ζεστά σε σχέση με αυτούς που βρίσκονταν κάτω από σκιά κτιρίου ή που δήλωναν συνολική άνεση στον χώρο 'πολύ άνετα'. Επιπλέον τα άτομα που επισκέπτονταν το σημείο των συνεντεύξεων για δουλειά δήλωσαν μικρότερη βαθμίδα θερμικής αίσθησης σε σχέση με αυτούς που επισκέπτονταν το σημείο για αναψυχή δείχνοντας ότι ο σκοπός της επίσκεψης επηρεάζει την θερμική αίσθηση.

Κάτω από τις ίδιες θερμικές συνθήκες η ψήφος θερμικής αίσθησης διαφέρει ανάλογα με την εποχή. Την θερινή περίοδο οι ερωτηθέντες έτειναν να δηλώνουν μικρότερες βαθμίδες στην κλίμακα θερμικής αίσθησης σε σχέση με την χειμερινή,

δηλαδή όταν τα άτομα απολαμβάνουν περισσότερο μία ζεστή ημέρα λόγω του ότι είναι προετοιμασμένα να βιώσουν ένα ψυχρό θερμικό περιβάλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5
ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΨΗΦΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ

5.1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχουν δημιουργηθεί αρκετά μοντέλα πρόβλεψης της θερμικής αίσθησης. Οι Epstein και Moran (2006) απαριθμούν περίπου 40 δείκτες που χρησιμοποιούνται ευρέως σε όλο τον κόσμο ενώ από τότε έχουν προταθεί και άλλοι (COST Action 730; Nagano and Horikoshi 2011; Monteiro and Alucci 2008). Παρόλα αυτά όμως αρκετά από τα μοντέλα έχουν δημιουργηθεί για εσωτερικό χώρο, είναι δύσκολο να κατανοηθούν και να εφαρμοστούν, τα περισσότερα αναφέρονται σε ομοιόμορφες συνθήκες (Cheng 2012b), μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε συγκεκριμένες συνθήκες, δεν λαμβάνουν υπόψη ψυχολογικές παραμέτρους που επηρεάζουν την θερμική αντίληψη (Knez et al. 2009; Thorsson et al. 2004) ενώ οι προβλέψεις τους διαφέρουν (Blazejczyk et al. 2011; Jones 2002). Για τους παραπάνω λόγους είναι απαραίτητη η δημιουργία μοντέλου και στην περίπτωση του Μεσογειακού κλίματος.

Στο κεφάλαιο αυτό προτείνονται μοντέλα πρόβλεψης της θερμικής αίσθησης. Για την δημιουργία τους χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι, η γραμμική και η διατακτική παλινδρόμηση, τα αποτελέσματα των οποίων συγκρίνονται μεταξύ τους. Επιπλέον παρουσιάζεται μοντέλο πρόβλεψης θερμικής ψήφου βάσει εμπειρικών παραμέτρων, του οποίου οι προβλεπόμενες τιμές συγκρίνονται με τα δύο προηγούμενα.

Η καινοτομία της έρευνας αυτής συνίσταται στην παρουσίαση ενός *θερμο-φυσιολογικού* μοντέλου πρόβλεψης θερμικής αίσθησης σε *επταβάθμια* κλίμακα, διορθωμένο με *ψυχολογικούς παράγοντες*, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εξωτερικούς χώρους στην Αθήνα και γενικότερα σε Μεσογειακό κλίμα καθώς και στην εφαρμογή της *διατακτικής παλινδρόμησης* για την δημιουργία του μοντέλου. Η *σύγκριση* των τιμών που προκύπτουν από την χρήση της διατακτικής παλινδρόμησης σε σχέση με τις αντίστοιχες που προκύπτουν από την γραμμική παλινδρόμηση καθώς και η σύγκριση του εμπεριστατωμένου με το εμπειρικό μοντέλο μπορούν να μας δώσουν χρήσιμες πληροφορίες για την καταλληλότητα των μεθόδων εκτίμησης της θερμικής αίσθησης.

5.2. Δεδομένα-Μεθοδολογία

5.2.1. Στατιστική ανάλυση

Στην προσπάθεια να βρεθεί η πιο κατάλληλη μέθοδος πρόβλεψης της ψήφου θερμικής αίσθησης μειώθηκαν οι κατηγορίες ορισμένων κατηγορικών μεταβλητών (Πίνακας 5.1) και εφαρμόστηκαν δύο διαφορετικές μέθοδοι, η γραμμική και η διατακτική παλινδρόμηση, στις μετεωρολογικές, προσωπικές και ψυχολογικές παραμέτρους ξεχωριστά, οπότε δημιουργήθηκαν μετεωρολογικά, προσωπικά και ψυχολογικά μοντέλα πρόβλεψης, καθώς επίσης και στον συνδυασμό των μετεωρολογικών και προσωπικών παραμέτρων οπότε δημιουργήθηκαν τα θερμο-φυσιολογικά μοντέλα. Η μέθοδος της διατακτικής παλινδρόμησης όπως αναφέρθηκε στην Παράγραφο 4.2.3 εκτιμά την πιθανότητα να παρατηρηθεί μία βαθμίδα της κλίμακας ή βαθμίδα μικρότερη από αυτήν. Από την μέθοδο παράγεται μία ομάδα εξισώσεων, μία εξίσωση για κάθε βαθμίδα της ψήφου θερμικής αίσθησης η οποία θεωρείται ως εξαρτημένη μεταβλητή. Κάθε εξίσωση παρέχει την αθροιστική πιθανότητα να ψηφιστεί η συγκεκριμένη ή μικρότερη από αυτήν βαθμίδα θερμικής αίσθησης ενώ η πιθανότητα για κάθε βαθμίδα υπολογίζεται από την διαφορά των αθροιστικών πιθανοτήτων δύο συνεχόμενων βαθμίδων.

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε για την δημιουργία των μοντέλων χωρίζεται σε δύο στάδια:

1ο Στάδιο: Δημιουργήθηκε το εμπεριστατωμένο μοντέλο πρόβλεψης. Επαναλήφθηκε η μέθοδος που αναφέρθηκε στο 2^{ο} Στάδιο της Παραγράφου 4.3.4 αρχικά ελέγχοντας μεμονωμένα κάθε μεταβλητή με μειωμένο πια αριθμό κατηγοριών, αν παρουσίαζε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την ψήφο θερμικής αίσθησης. Στις μεταβλητές που παρουσίαζαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με την ψήφο θερμικής αίσθησης εφαρμόστηκε η μέθοδος της παλινδρόμησης συνολικά. Στην συνέχεια λαμβάνοντας υπόψη τις ψυχολογικές παραμέτρους το θερμο-φυσιολογικό μοντέλο διορθώθηκε ως προς αυτές. Υπολογίστηκε η διαφορά της πραγματικής από την προβλεπόμενη ψήφο θερμικής αίσθησης από το θερμο-φυσιολογικό μοντέλο:

$$\Delta\Psi = \text{Ψήφος Θερμικής Αίσθησης} - \text{Θερμοφυσιολογικά Προβλεπόμενη Ψήφος Θερμικής Αίσθησης} \quad (5.1)$$

και μελετήθηκε η πιθανή εξάρτηση της απόκλισης από την πραγματική τιμή (ΔΨ) λόγω ψυχολογικών παραγόντων ακολουθώντας την διαδικασία που αναφέρθηκε στο 2^{ο} Στάδιο της ανάλυσης καθώς επίσης υπολογίστηκε η προβλεπόμενη διαφορά της

πραγματικής από την προβλεπόμενη από το θερμο-φυσιολογικό μοντέλο ψήφου θερμικής αίσθησης ΔΨ΄. Οπότε το τελικό μοντέλο προέκυψε από την σχέση:

$$\text{Προβλεπόμενη Ψήφος Θερμικής Αίσθησης} = \text{Θερμοφυσιολογικά Προβλεπόμενη Ψήφος Θερμικής Αίσθησης} + \Delta\Psi' \qquad (5.2)$$

2ο Στάδιο: Δημιουργήθηκε εμπειρικό μοντέλο θερμικής αίσθησης επιλέγοντας εκείνες τις θερμο-φυσιολογικές πειραματικές παραμέτρους που είναι γνωστές θεωρητικά ότι επηρεάζουν την θερμική αίσθηση. Οι παράμετροι αυτοί είναι η θερμοκρασία του αέρα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, η ταχύτητα του ανέμου, η σχετική υγρασία, η θερμική μόνωση της ενδυμασίας και ο ρυθμός μεταβολισμού (Jones 2002; Macpherson 1962). Η μέθοδος ανάλυσης των δεδομένων για την δημιουργία το μοντέλου ήταν η ίδια με αυτήν που αναφέρθηκε στο 2ο Στάδιο της Παραγράφου 4.3.4 και στο 1ο Στάδιο του παρόντος κεφαλαίου.

Η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (Multiple regression) είναι η πιο συχνή μέθοδος σε αντίστοιχες έρευνες (Andrade et al. 2011; Monteiro and Alucci 2008) ενώ η μέθοδος της διατακτικής παλινδρόμησης θεωρητικά είναι η καταλληλότερη μέθοδος για το είδος των δεδομένων της μελέτης επειδή η υπό μελέτη εξαρτημένη μεταβλητή, η ψήφος θερμικής αίσθησης, είναι διατακτική και η σχέση μεταξύ των γειτονικών κατηγοριών της είναι άγνωστες (Nikolopoulou et al. 2011). Οι διατακτικές παράμετροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο της συνήθους γραμμικής παλινδρόμησης όμως αυτό θα σήμαινε αυτόματα ότι γίνεται η παραδοχή της ισότητας των αποστάσεων μεταξύ των γειτονικών κατηγοριών και το αποτέλεσμα θα ήταν μία συνεχής εξαρτημένη μεταβλητή αντί της διατακτικής. Επίσης όταν οι κατηγορίες της εξαρτημένης μεταβλητής είναι διατάξιμες δεν είναι λάθος να χρησιμοποιήσουμε το πολυωνυμικό μοντέλο (Multinomial model) παρόλα αυτά υπάρχουν δυο βασικοί λόγοι για να λάβουμε υπόψη την διάταξη: α) είναι πολύ πιο εύκολο τα αποτελέσματα να ερμηνευτούν και β) οι έλεγχοι υποθέσεων είναι πολύ πιο ισχυροί (Allison 1999).

Για την μοντελοποίηση χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS Statistics 17.0 (SPSS Inc, 2008).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1. Κατηγορικές μεταβλητές που τροποποιήθηκε η κωδικοποίησή τους για την μοντελοποίηση της ψήφου θερμικής αίσθησης

Ερώτηση	**Απαντήσεις**
Συνέντευξη στον ήλιο/σκιά (Ερώτηση 2)	Χωρίς ήλιο=$\left\{\begin{array}{c}\text{βράδυ}\\ \text{συννεφιά}\end{array}\right\}=1$ Σκιά κτιρίου = 2 Στον ήλιο=$\left\{\begin{array}{c}\text{σκιά δένδρου}\\ \text{μέρος του σώματος στον ήλιο}\\ \text{συννεφιά}\end{array}\right\}=3$
Συντροφικότητα (Ερώτηση 4)	Μόνος = 0 Με συντροφιά άλλων ατόμων=$\left\{\begin{array}{c}\text{μαζί με 1 άτομο}\\ \text{μαζί με 2 άτομα}\end{array}\right\}=1$
Λόγος επίσκεψης (Ερώτηση 5)	Δουλειά = 1 Περαστικός =2 Διασκέδαση=$\left\{\begin{array}{c}\text{ψώνια}\\ \text{συνάντηση με φίλους}\\ \text{ξεκούραση}\end{array}\right\}=3$
Χρόνος έκθεσης (Ερώτηση 6)	Λιγότερο από 5 λεπτά = 1 5 λεπτά με 1 ώρα=$\left\{\begin{array}{c}\text{5 λεπτά με 15 λεπτά}\\ \text{15 λεπτά με 30 λεπτά}\\ \text{30 λεπτά με 1 ώρα}\end{array}\right\}=2$ Περισσότερο από 1ώρα = 3
Μέρος πριν (Ερώτηση 7)	Εσωτερικό χώρο=$\left\{\begin{array}{c}\text{σπίτι}\\ \text{δουλειά}\\ \text{άλλο εσωτερικό χώρο}\end{array}\right\}=1$ Μεταφορικό μέσο=$\left\{\begin{array}{c}\text{αυτοκίνητο}\\ \text{μέσα μαζικής μεταφοράς}\end{array}\right\}=2$ Εξωτερικό χώρο = 3
Δραστηριότητα (Ερώτηση 9)	Σε ηρεμία=$\left\{\begin{array}{c}\text{ξαπλωμένος}\\ \text{όρθιος}\\ \text{καθιστός}\end{array}\right\}=0$ Σε κίνηση = περπάτημα = 1
Συνολική άνεση (Ερώτηση 10)	Άβολα=$\left\{\begin{array}{c}\text{πολύ άβολα}\\ \text{άβολα}\end{array}\right\}=-1$ Ουδέτερα = 0 Άνετα=$\left\{\begin{array}{c}\text{πολύ άνετα}\\ \text{άνετα}\end{array}\right\}=1$
Ιατρικό ιστορικό (Ερώτηση 17)	Χωρίς ιατρικό ιστορικό = 0 Με ιατρικό ιστορικό =$\left\{\begin{array}{c}\text{άσθμα}\\ \text{αναπνευστικό}\\ \text{καρδιαγγειακό}\\ \text{αλλεργία}\end{array}\right\}=1$
Τόπος διαμονής (Ερώτηση 19)	Κέντρο = 1 Προάστια = 2 Επαρχία = 3
Κατάσταση καπνίσματος (Ερώτηση 18)	Μη καπνιστής=$\left\{\begin{array}{c}\text{δεν έχετε καπνίσει ποτέ}\\ \text{πρώην καπντιστής}\end{array}\right\}=0$ Καπνιστής = 1

5.3. Αποτελέσματα

Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα χρηστικό μοντέλο πρόβλεψης της θερμικής αίσθησης, μειώθηκαν οι κατηγορίες κάποιων κατηγορικών μεταβλητών και εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι της γραμμικής και διατακτικής παλινδρόμησης. Αρχικά δημιουργήθηκε το 'Εμπεριστατωμένο μοντέλο πρόβλεψης της ψήφου θερμικής αίσθησης' χρησιμοποιώντας όλες τις μεταβλητές των πειραματικών δεδομένων και στη συνέχεια επιλέχθηκαν αυτές που σύμφωνα με έρευνες έχει αποδειχθεί ότι καθορίζουν την θερμική ψήφο και δημιουργήθηκε ένα νέο μοντέλο το οποίο ονομάστηκε 'Εμπειρικό μοντέλο πρόβλεψης της ψήφου θερμικής αίσθησης'.

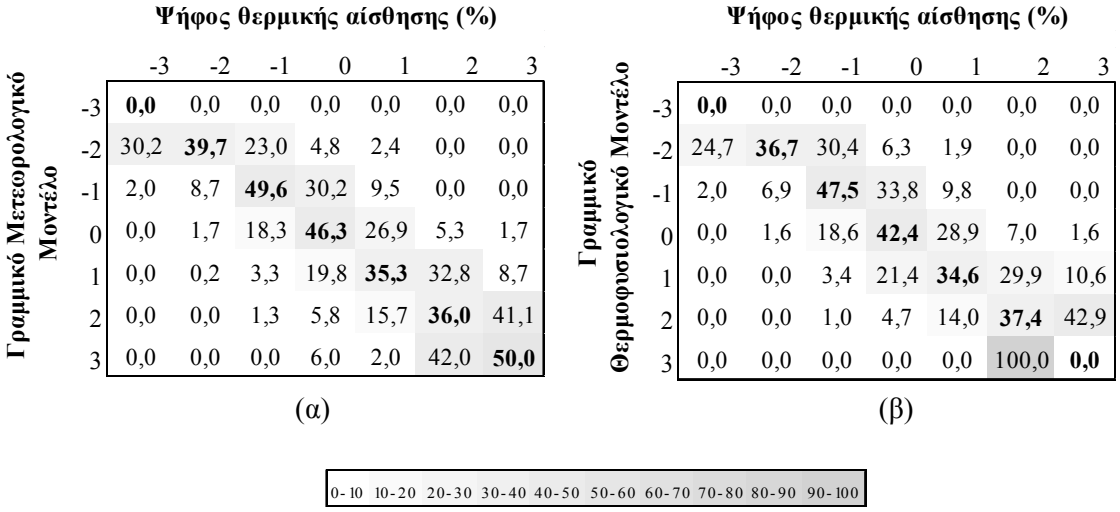
5.3.1. Εμπεριστατωμένο μοντέλο πρόβλεψης ψήφου θερμικής αίσθησης

Εμπεριστατωμένο Θερμο-φυσιολογικό Μοντέλο Με Γραμμική Παλινδρόμηση

Το μοντέλο με τις μετεωρολογικές παραμέτρους που παρουσιάστηκε στην Παράγραφο 4.4.3.1 (Πίνακας 4.6) δεν μεταβλήθηκε γιατί περιλαμβάνει τις συνεχείς μετεωρολογικές μεταβλητές. Οπότε η σχέση από την οποία θα μπορούσε να υπολογιστεί η ψήφος θερμικής αίσθησης μόνο από μετεωρολογικές παραμέτρους είναι η εξής:

$$\begin{aligned}\text{Ψήφος Θερμικής Αίσθησης}=&50{,}676+0{,}112\cdot T_{air}-0{,}018\cdot RH-0{,}1\cdot WS\\&+0{,}001\cdot SR_{up}-0{,}002\cdot IR_{down}-0{,}051\cdot P\\&(R=0{,}806 \text{ και } R^2=0{,}65)\end{aligned} \tag{5.3}$$

Προκειμένου να αξιολογηθεί το μετεωρολογικό μοντέλο δημιουργήθηκε ο πίνακας συχνοτήτων ή πίνακα συνάφειας των προβλεπόμενων από το μοντέλο και των ψήφων θερμικής αίσθησης (Σχήμα 5.1(α)) εφαρμόζοντας ως μέτρο ελέγχου το στατιστικό Gamma. Οι τιμές της θερμικής ψήφου που προέκυψαν ήταν συνεχείς οπότε για να δημιουργηθεί ο πίνακας συνάφειας, οι προβλεπόμενες ψήφοι ταξινομήθηκαν σε 7 κατηγορίες. Πιο συγκεκριμένα τιμές < -2,5 αντικαταστάθηκαν με την τιμή -3, τιμές > -2,5 και < -1,5 αντικαταστάθηκαν με -2, τιμές > -1,5 και < -0,5 με -1 κ.ο.κ. Από το Σχήμα 5.1(α) παρατηρούμε ότι το μοντέλο με τις μετεωρολογικές παραμέτρους, δίνει αρκετά καλά αποτελέσματα (Gamma=0,811, $p<0{,}01$) παρουσιάζοντας μειωμένη προβλεψιμότητα στις κατηγορίες -3 και +3.



ΣΧΗΜΑ 5.1. Πίνακες συνάφειας αποτελεσμάτων από το (α) γραμμικό μετεωρολογικό μοντέλο (Gamma=0,811, p<0,001) και (β) γραμμικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο (Gamma=0,817, p<0,001).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2. Συντελεστές των προσωπικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης

Μοντέλο	**Συντελεστές**	**Τυπικό Σφάλμα**	**Επίπεδο Σημαντικότητας**	**Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας**
Σταθερά	2,497	0,118	<0,01	<0,01
I_{cl}	-2,243	0,098	<0,01	<0,01
Συνέντευξη στον ήλιο/σκιά				
Βράδυ/Συννεφιά	-1,448	0,075	<0,01	<0,01
Σκιά κτιρίου	-0,596	0,063	<0,01	
Σκιά δένδρου/Μέρους του σώματος σε σκιά/Στον ήλιο	0			
Χρώμα ενδυμασίας				
Σκούρο	-0,161	0,055	<0,01	<0,01
Ανοιχτό				
Χρόνος έκθεσης				
<5λεπτά	0,157			
5 με 15λεπτά/15 με 30 λεπτά/30λεπτά με 1ώρα	0,007	0,070	0,024	0,048
>1ώρα	0	0,060	0,905	
Κλιματισμός				
Ναι	0,139	0,058	0,016	0,016
Όχι	0			
Κατάσταση Υγείας				
Χειρότερα από ότι συνήθως	0,387	0,122	<0,01	<0,01
Όπως συνήθως	0,082	0,101	0,414	
	0			

Το μοντέλο με τις προσωπικές παραμέτρους καθώς και το θερμο-φυσιολογικό μοντέλο διαφέρουν από αυτά τις Παραγράφου 4.4.3.1 εξαιτίας της συγχώνευσης κάποιων κατηγοριών των κατηγορικών μεταβλητών. Οπότε επαναλαμβάνοντας την ανάλυση μόνο για τις προσωπικές παραμέτρους προέκυψε ότι στην μεμονωμένη ανάλυση δεν ήταν στατιστικά σημαντικά το φύλο, η ηλικία, το βάρος, το ύψος, η επιφάνεια σώματος και η κατάσταση καπνίσματος ενώ οι παράμετροι που έμειναν τελικά στο μοντέλο παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2.

Συνδυάζοντας τις μετεωρολογικές και τις προσωπικές παραμέτρους προέκυψε το θερμο-φυσιολογικό μοντέλο του οποίου οι μεταβλητές παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.3. Η εξίσωση βάσει της οποίας υπολογίστηκε η ψήφος θερμικής αίσθησης είναι η εξής:

$$\begin{aligned}\text{Ψήφος θερμικής αίσθησης} = 29{,}284 &+ 0{,}088\cdot T_{air} - 0{,}013\cdot RH - 0{,}078\cdot WS_{aver} \\ &+ 0{,}001\cdot SR_{up} - 0{,}002 SR_{down} - 0{,}03\cdot P \\ &- 0{,}397\cdot Icl - 0{,}502\cdot S_1 - 0{,}135\cdot S_2 + 0{,}197\cdot E_1 + 0{,}103\cdot E_2\end{aligned} \qquad (5.4)$$

Όπου:

$$S_1 = \begin{cases} 1 & \text{αν Βράδυ/Συννεφιά} \\ 0 & \text{αν Σκιά κτιρίου/σκιά δένδρου/στον ήλιο} \end{cases} \qquad S_2 = \begin{cases} 1 & \text{αν Σκιά κτιρίου} \\ 0 & \text{αν Βράδυ/Συννεφιά/σκιά δένδρου/στον ήλιο} \end{cases}$$

και

$$E_1 = \begin{cases} 1 & \text{αν <5 min} \\ 0 & \text{αν >5 min} \end{cases} \qquad E_2 = \begin{cases} 1 & \text{αν 5 min με 1 h} \\ 0 & \text{αν <5 min και >1 h} \end{cases}$$

Τα αποτελέσματα από τον πίνακα συνάφειας (Σχήμα 5.1(β)) δείχνουν ότι το μοντέλο προβλέπει αρκετά καλά την ψήφο θερμικής αίσθησης (Gamma=0,817, $p<0{,}01$). Παρόλα αυτά όμως δεν μπορεί να θεωρηθεί επιτυχημένο γιατί δεν παράγει τιμές στις ακραίες κατηγορίες (-3 και +3) της κλίμακας.

Εμπεριστατωμένο Θερμο-φυσιολογικό Μοντέλο Με Διατακτική Παλινδρόμηση

Όπως και στην περίπτωση του γραμμικού μοντέλου, το μοντέλο της διατακτικής παλινδρόμησης που προκύπτει μόνο από τις μετεωρολογικές μεταβλητές παραμένει το ίδιο (Παράγραφος 4.4.3.2, Πίνακας 4.10). Η προβλεπόμενη ψήφος θερμικής αίσθησης μπορεί να υπολογιστεί σύμφωνα με την μέθοδο που περιγράφηκε στην Παράγραφο 4.2.3 και την σχέση 4.9. Για συγκεκριμένες τιμές των

μετεωρολογικών παραμέτρων υπολογίστηκαν οι αθροιστικές πιθανότητες ανά κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης:

$$
\begin{aligned}
P(\le -3) &= \frac{1}{1+e^{-(-100{,}971-(0{,}241T_{air}-0{,}035RH-0{,}221WS+0{,}002SR_{up}-0{,}004IR_{down}-0{,}097P)}} \\
P(\le -2) &= \frac{1}{1+e^{-(-99{,}398-(0{,}241T_{air}-0{,}035RH-0{,}221WS+0{,}002SR_{up}-0{,}004IR_{down}-0{,}097P)}} \\
P(\le -1) &= \frac{1}{1+e^{-(-97{,}054-(0{,}241T_{air}-0{,}035RH-0{,}221WS+0{,}002SR_{up}-0{,}004IR_{down}-0{,}097P)}} \\
P(\le 0) &= \frac{1}{1+e^{-(-94{,}923-(0{,}241T_{air}-0{,}035RH-0{,}221WS+0{,}002SR_{up}-0{,}004IR_{down}-0{,}097P)}} \\
P(\le 1) &= \frac{1}{1+e^{-(-93{,}142-(0{,}241T_{air}-0{,}035RH-0{,}221WS+0{,}002SR_{up}-0{,}004IR_{down}-0{,}097P)}} \\
P(\le 2) &= \frac{1}{1+e^{-(-91{,}247-(0{,}241T_{air}-0{,}035RH-0{,}221WS+0{,}002SR_{up}-0{,}004IR_{down}-0{,}097P)}} \\
P(\le 3) &= 1
\end{aligned}
\tag{5.5}
$$

και αφαιρώντας τις αθροιστικές πιθανότητες ανά δύο διαδοχικές κατηγορίες υπολογίστηκε η πιθανότητα ανά κατηγορία ψήφου:

$$
\begin{aligned}
P(=-3) &= P(\le -3) \\
P(=-2) &= P(\le -2) - P(\le -3) \\
P(=-1) &= P(\le -1) - P(\le -2) \\
P(=0) &= P(\le 0) - P(\le -1) \\
P(=1) &= P(\le 1) - P(\le 0) \\
P(=2) &= P(\le 2) - P(\le 1) \\
P(=3) &= P(\le 3) - P(\le 2)
\end{aligned}
\tag{5.6}
$$

Η προβλεπόμενη από το μοντέλο κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης είναι η κατηγορία με την μέγιστη πιθανότητα.

Οπότε φτιάχνοντας τον πίνακα συνάφειας (Σχήμα 5.2(α)) των προβλεπόμενων από το μετεωρολογικό μοντέλο και των ψήφων θερμικής αίσθησης παρατηρούμε αρκετά καλή συσχέτιση. Επίσης στις ακραίες κατηγορίες, η συμπεριφορά του μοντέλου είναι καλύτερη σε σχέση με το αντίστοιχο της γραμμικής παλινδρόμησης.

Στους Πίνακες 5.4 και 5.5 παρουσιάζονται το μοντέλο με τις προσωπικές μεταβλητές και το θερμο-φυσιολογικό μοντέλο αντίστοιχα. Από τον Πίνακα 5.5 παρατηρούμε ότι οι μεταβλητές που καθορίζουν την θερμική αίσθηση είναι οι ίδιες με την γραμμική παλινδρόμηση με επιπλέον μεταβλητή την κατάσταση της υγείας. Σύμφωνα με τον πίνακα συνάφειας (Σχήμα 5.2(β)) το μοντέλο προβλέπει αρκετά

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3. Συντελεστές των θερμο-φυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (R=0,816 και R^2=0,666)

Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας	Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας
Σταθερά	29,284	9,252	<0,01	<0,01
Tair	0,088	0,008	<0,01	<0,01
RH	-0,013	0,004	<0,01	<0,01
WS	-0,078	0,032	0,015	0,015
SR_{up}	0,001	<0,01	<0,01	<0,01
SR_{down}	-0,002	0,001	<0,01	<0,01
P	-0,030	0,009	<0,01	<0,01
I_{cl}	-0,397	0,139	<0,01	<0,01
Συνέντευξη στον ήλιο/σκιά				
Βράδυ/Συννεφιά	-0,502	0,084	<0,01	<0,01
Σκιά κτιρίου	-0,135	0,064	<0,01	
Σκιά δένδρου/Μέρους του σώματος σε σκιά/Στον ήλιο	0			
Χρόνος έκθεσης				
<5λεπτά	0,197			
5 με 15λεπτά/15 με 30 λεπτά/30λεπτά με 1ώρα	0,103	0,059 0,052	<0,01 0,046	<0,01
>1ώρα	0			

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Διατακτικό Μετεωρολογικό Μοντέλο

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	30,2	**40,7**	22,1	3,5	3,5	0,0	0,0
-1	6,5	14,1	**44,9**	26,6	8,0	0,0	0,0
0	0,0	1,5	20,9	**44,0**	26,4	5,7	1,5
1	0,0	0,4	4,1	29,3	**42,6**	19,6	4,1
2	0,0	0,0	2,0	7,4	21,4	**43,9**	25,3
3	0,0	0,0	0,0	6,6	9,9	31,3	**52,2**

(α)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Διατακτικό Θερμοφυσιολογικό Μοντέλο

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**100,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	34,7	**35,8**	23,2	3,2	3,2	0,0	0,0
-1	4,5	18,0	**46,0**	26,0	5,5	0,0	0,0
0	0,0	2,0	24,4	**42,8**	25,1	4,5	1,2
1	0,0	0,0	4,8	29,9	**41,8**	21,2	2,3
2	0,0	0,0	2,1	7,9	21,5	**39,5**	29,1
3	0,0	0,0	0,0	5,1	9,1	35,2	**50,6**

(β)

0-10 10-20 20-30 30-40 40-50 50-60 60-70 70-80 80-90 90-100

ΣΧΗΜΑ 5.2. Πίνακες συνάφειας αποτελεσμάτων από το (α) διατακτικό μετεωρολογικό μοντέλο (Gamma=0,804, p<0,01) και (β) διατακτικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο (Gamma 0,810, p<0,01)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4. Συντελεστές των προσωπικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης

	Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας	Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας
Κατώφλι	***Ψήφος θερμική αίσθησης=-3***	-8,947	0,298	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-2	-7,435	0,249	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-1	-5,262	0,194	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-0	-3,431	0,162	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+1	-1,953	0,147	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+2	-0,424	0,148	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+3	0			
Παράμετροι	I_{cl}	-4,097	0,203	<0,01	<0,01
	Συνέντευξη στον ήλιο/σκιά				<0,01
	Βράδυ/Συννεφιά	-2,630	0,149	<0,01	
	Σκιά κτιρίου	-1,079	0,116	<0,01	
	Σκιά δένδρου/Μέρους του σώματος σε σκιά/Στον ήλιο	0			
	Χρώμα ενδυμασίας				<0,01
	Ανοιχτό=1	0,220	0,098	0,025	
	Σκούρο=2	0			
	Χρόνος έκθεσης				0,011
	<5λεπτά	0,306	0,121	0,012	
	5 με 15λεπτά/15 με 30 λεπτά/30λεπτά με 1ώρα	0,063	0,106	0,548	
	>1ώρα	0			

καλά την ψήφο θερμικής αίσθησης (Gamma=0,810, p<0,01) ακόμα και στις ακραίες τιμές της κλίμακας -3 και +3.

Λαμβάνοντας υπόψη τις κοινές μεταβλητές που προέκυψαν από την γραμμική και την διατακτική παλινδρόμηση στο θερμο-φυσιολογικό μοντέλο, προκύπτει ένα νέο μοντέλο (Πίνακας 5.6), βελτιωμένο σε σχέση με το προηγούμενο διατακτικό μοντέλο, παρουσιάζοντας μεγαλύτερο συντελεστή Gamma (Gamma=0,815, p<0,01) και περίπου ίσο με τον αντίστοιχο της γραμμικής παλινδρόμησης (Gamma=0,817, p<0,01) καθώς επίσης φαίνεται να προβλέπει καλύτερα τις ακραίες κατηγορίες σε σχέση με το γραμμικό μοντέλο (Σχήμα 5.3(α)).

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5. Συντελεστές των θερμο-φυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης

	Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας	Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας
Κατώωλι	***Ψήφος θερμική αίσθησης=-3***	-55,610	19,839	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-2	-53,957	19,844	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-1	-51,391	19,852	0,010	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-0	-49,200	19,843	0,013	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+1	-47,382	19,836	0,017	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+2	-45,538	19,835	0,022	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+3	0			
Παράμετροι	T_{air}	0,192	0,017	<0,01	<0,01
	RH	-0,025	0,008	<0,01	<0,01
	WS	-0,212	0,067	<0,01	0,013
	SR_{up}	0,003	<0,01	<0,01	<0,01
	SR_{down}	-0,005	0,002	<0,01	<0,01
	P	-0,052	0,019	<0,01	<0,01
	I_{cl}	-0,791	0,281	<0,01	<0,01
	Συνέντευξη στον ήλιο/σκιά				<0,01
	Βράδυ/Συννεφιά=1	-1,189	0,181	<0,01	
	Σκιά κτιρίου=2	-0,294	0,135	0,030	
	Σκιά δένδρου/Μέρους του σώματος σε σκιά/Στον ήλιο=3	0			
	Χρόνος έκθεσης				<0,01
	<5λεπτά=1	0,336	0,125	<0,01	
	5 με 15λεπτά/15 με 30 λεπτά/30λεπτά με 1ώρα=2	0,187	0,109	0,086	
	>1ώρα=3	0			
	Κατάσταση Υγείας				0,013
	Χειρότερα από ότι συνήθως	0,452	0,221	0,041	
	Όπως συνήθως	0,007	0,180	0,971	
	Καλύτερα από ότι συνήθως				

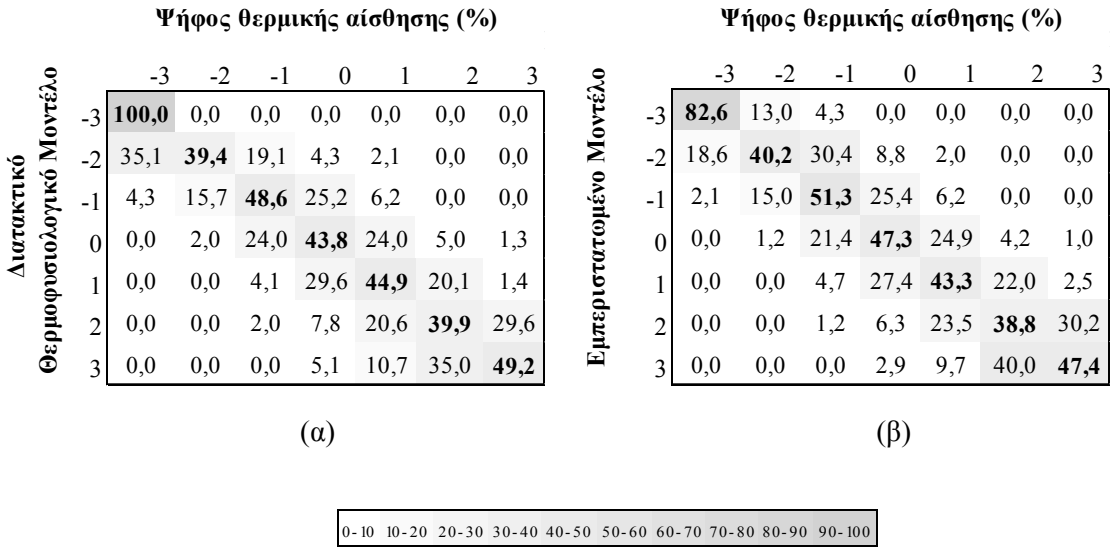
Ο πίνακας συνάφειας των αποτελεσμάτων από το μοντέλο διορθωμένο με τις ψυχολογικές παραμέτρους (Σχήμα 5.3(β)) δείχνει περαιτέρω βελτίωση του μοντέλου

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6. Συντελεστές των θερμο-φυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης χωρίς να ληφθεί υπόψη η μεταβλητή 'κατάσταση υγείας'.

	Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας	Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας
Κατώφλι	***Ψήφος θερμική αίσθησης=-3***	-55,432	19,773	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-2	-53,778	19,778	<0,01	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-1	-51,202	19,787	0,010	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-0	-49,010	19,777	0,013	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+1	-47,204	19,771	0,017	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+2	-45,368	19,769	0,022	
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+3	0			
Παράμετροι	T_{air}	0,194	0,017	<0,01	<0,01
	RH	-0,025	0,008	<0,01	<0,01
	WS	-0,205	0,067	<0,01	0,015
	SR_{up}	0,003	<0,01	<0,01	<0,01
	SR_{down}	-0,005	0,002	<0,01	<0,01
	P	-0,052	0,019	<0,01	<0,01
	I_{cl}	-0,781	0,280	<0,01	<0,01
	Συνέντευξη στον ήλιο/σκιά				<0,01
	Βράδυ/Συννεφιά=1	-1,185	0,181	<0,01	
	Σκιά κτιρίου=2	-0,309	0,135	0,022	
	Σκιά δένδρου/Μέρους του σώματος σε σκιά/Στον ήλιο=3	0			
	Χρόνος έκθεσης				<0,01
	<5λεπτά=1	0,328	0,125	<0,01	
	5 με 15λεπτά/15 με 30 λεπτά/30λεπτά με 1ώρα=2	0,200	0,108	0,064	
	>1ώρα=3	0			

(Gamma=0,834, p<0,01) σε σχέση με το θερμο-φυσιολογικό μοντέλο (Gamma 0,815, p<0,01).

Η προβλεπόμενη ψήφος μπορεί να υπολογιστεί με την διαδικασία που περιγράφηκε στην Παράγραφο 4.2.4 και το παράδειγμα στην περίπτωση του διατακτικού μετεωρολογικού μοντέλου.



ΣΧΗΜΑ 5.3. Πίνακες συνάφειας αποτελεσμάτων από το (α) διατακτικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο χωρίς να ληφθεί υπόψη η μεταβλητή ' κατάσταση υγείας' (Gamma 0,815, $p<0,01$) και (β) διατακτικό εμπεριστατωμένο μοντέλο (Gamma= 0,834, $p<0,01$)

Συμπεραίνοντας ότι το τελευταίο μοντέλο (Πίνακας 5.6) προβλέπει καλύτερα την ψήφο θερμικής αίσθησης σε σχέση με τα δύο προηγούμενα (Πίνακες 5.3 και 5.5), έγινε μία προσπάθεια περαιτέρω βελτίωσης του θερμο-φυσιολογικού μοντέλου με τη βοήθεια των ψυχολογικών μεταβλητών. Χρησιμοποιώντας τις ψυχολογικές μεταβλητές με τις λιγότερες κατηγορίες, η μεμονωμένη ανάλυση έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση της διαφοράς ΔΨ (ΔΨ = ψήφος θερμικής αίσθησης – θερμο-φυσιολογικά προβλεπόμενη ψήφος θερμικής αίσθησης) και του σκοπού επίσκεψης, της συντροφικότητας, του μέρους πριν, του τόπου διαμονής, τη γνώμη για την υγρασία, την καταλληλότητα για δραστηριότητα και της προτίμησης σε σχέση με την υγρασία. Το μοντέλο πρόβλεψης της διαφοράς ΔΨ παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.7.

5.3.2. Εμπειρικό μοντέλο πρόβλεψης ψήφου θερμικής αίσθησης

Εμπειρικό Θερμο-φυσιολογικό Μοντέλο Με Γραμμική Παλινδρόμηση

Χρησιμοποιώντας ως ανεξάρτητες μεταβλητές τις T_{air}, T_{mrt}, RH, WS, I_{cl} και M όπως αναφέρθηκε στο 4^{o} Στάδιο της Στατιστικής Ανάλυσης (Παράγραφος 4.3.4)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7. Συντελεστές των ψυχολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης ΔΨ = ψήφος θερμικής αίσθησης – θερμο-φυσιολογικά προβλεπόμενη ψήφος θερμικής αίσθησης

	Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας	Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας
Κατώφλι	***ΔΨ =-3***	-3,382	0	<0,01	
	ΔΨ =-2	-1,603	0,246	<0,01	
	ΔΨ =-1	0,448	0,234	0,056	
	ΔΨ =-0	2,474	0,243	<0,01	
	ΔΨ =+1	4,920	0,280	<0,01	
	ΔΨ =+2	6,884	0,446	<0,01	
	ΔΨ =+3	0			
Παράμετροι	***Εποχή***				<0,01
	Καλοκαίρι=1	-1,632	0,159	<0,01	
	Φθινόπωρο=2	-0,502	0,135	<0,01	
	Χειμώνας=3	0			
	Συνολική άνεση στον χώρο				0,015
	Πολύ άβολα/Άβολα =-1	0,404	0,135	<0,01	
	Ουδέτερα=0	0,146	0,109	0,180	
	Άνετα/Πολύ άνετα =1	0			
	Προτίμηση θερμικής αίσθησης				<0,01
	Πιο δροσερά=-1	0,912	0,261	<0,01	
	Καμία αλλαγή=0	0,210	0,237	0,374	
	Πιο ζεστά=1	0			
	Προτίμηση σε σχέση με την Tair				0,011
	Χαμηλότερη=-1	1,013	0,266	<0,01	
	Καμία μεταβολή=0	0,715	0,233	<0,01	
	Υψηλότερη=1	0			
	Προτίμηση σε σχέση με την ακτινοβολία				0,012
	Χαμηλότερη=-1	0,882	0,269	<0,01	
	Καμία μεταβολή=0	0,744	0,231	<0,01	
	Υψηλότερη=1	0			

δημιουργήθηκε το εμπειρικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο που παρουσιάζεται στον Πίνακα 5.8. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι δεν παρέμεινε στο μοντέλο η θερμοκρασία του αέρα, πιθανώς λόγω της ισχυρής συσχέτισης που εμφανίζει με την μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και η σχετική υγρασία, υποδεικνύοντας ότι η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας είναι η σημαντικότερη μετεωρολογική παράμετρος στον καθορισμό της θερμικής αίσθησης (Mayer 1993). Στο μοντέλο παρέμεινε η ταχύτητα του ανέμου παρόλο που το εύρος τιμών της ταχύτητας του ανέμου ήταν μικρότερο σε σχέση με αυτό της σχετικής υγρασίας. Επίσης παρατηρούμε ότι ο συντελεστής συσχέτισης παρουσιάζει πολύ μικρή διαφορά με τον αντίστοιχο του

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8. Συντελεστές θερμο-φυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (R=0,804, R^2=0,647)

Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας
Σταθερά	-2,305	0,175	<0,01
T_{mrt}	0,119	0,004	<0,01
WS	-0,109	0,030	<0,01
Icl	-0,369	0,118	<0,01

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Γραμμικό Θερμοφυσιολογικό Μοντέλο

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	29,5	**38,0**	24,8	5,4	2,3	0,0	0,0
-1	1,4	10,6	**47,3**	30,0	10,6	0,0	0,0
0	0,5	1,9	24,6	**43,7**	24,0	4,4	0,8
1	0,0	0,0	3,9	29,4	**39,1**	21,9	5,8
2	0,0	0,0	1,4	6,3	19,4	**41,3**	31,6
3	0,0	0,0	0,0	8,8	5,3	31,6	**54,4**

(α)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Διατακτικό Θερμοφυσιολογικό Μοντέλο

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	41,8	**45,5**	10,9	0,0	1,8	0,0	0,0
-1	6,0	15,2	**44,6**	25,3	8,5	0,3	0,0
0	0,3	1,3	19,7	**44,1**	27,9	5,1	1,5
1	0,0	0,0	3,4	31,5	**41,3**	19,6	4,3
2	0,0	0,0	1,9	7,2	23,0	**42,6**	25,3
3	0,0	0,0	0,0	7,0	6,3	33,5	**53,2**

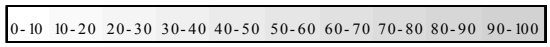
(β)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Εμπειρικό Μοντέλο

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	39,6	**47,2**	11,3	0,0	1,9	0,0	0,0
-1	6,1	15,5	**45,2**	24,5	8,4	0,3	0,0
0	0,3	1,3	19,9	**44,0**	27,9	5,4	1,3
1	0,0	0,0	3,2	30,5	**41,8**	20,0	4,5
2	0,0	0,0	1,9	6,7	23,2	**43,1**	25,1
3	0,0	0,0	0,0	7,1	5,8	32,9	**54,2**

(γ)



ΣΧΗΜΑ 5.4. Πίνακες συνάφειας αποτελεσμάτων από το (α) γραμμικό εμπειρικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο (Gamma=0,817, p<0,01), (β) διατακτικό εμπειρικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο (Gamma=0,814, p<0,01) και (γ) διατακτικό εμπειρικό μοντέλο (Gamma=0,819, p<0,01)

εμπεριστατωμένου μοντέλου (0,816) ενώ από τον αντίστοιχο πίνακα συνάφειας (Σχήμα 5.4(α)) διαπιστώνεται ότι το μέτρο συμμετρίας Gamma είναι το ίδιο. Επιπλέον από το Σχήμα 5.4(α) φαίνεται αύξηση του ποσοστού των επιτυχών προβλέψεων στην ακραία τιμή +3.

Εμπειρικό Θερμο-φυσιολογικό Μοντέλο με Διατακτική Παλινδρόμηση

Το μοντέλο που προέκυψε με την μέθοδο της διατακτικής παλινδρόμησης (Πίνακας 5.9) αποτελείται από τις ίδιες παραμέτρους με το αντίστοιχο της γραμμικής παλινδρόμησης (Πίνακας 5.8) ενώ η ανάλυση συχνοτήτων (Σχήμα 5.4(β)) παρήγαγε σχεδόν τον ίδιο συντελεστή Gamma δίνοντας όμως καλύτερα αποτελέσματα στις ακραίες τιμές της κλίμακας θερμικής αίσθησης.

Στην συνέχεια υπολογίστηκε το συνολικό μοντέλο με βάση το θερμο-φυσιολογικό που προέκυψε από την διατακτική παλινδρόμηση. Ακολουθώντας την ίδια μέθοδο με το εμπεριστατωμένο μοντέλο υπολογίστηκε η διαφορά της ψήφου θερμικής αίσθησης με την προβλεπόμενη (ΔΨ) χωρίς να ληφθούν υπόψη οι ψυχολογικές παράμετροι που είχαν σχέση με την προσωπική γνώμη ή προτίμηση. Η μεμονωμένη στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η συντροφικότητα, ο τόπος διαμονής και το μέρος πριν δεν ήταν στατιστικά σημαντικά με το ΔΨ. Η διαφορά των προβλεπόμενων από τις πραγματικές τιμές σχετίζεται με την εποχή και τον σκοπό

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9. Συντελεστές θερμο-φυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης

	Μοντέλο	**Συντελεστές**	**Τυπικό Σφάλμα**	**Επίπεδο Σημαντικότητας**
Κατώφλι	***Ψήφος θερμική αίσθησης=-3***	0,018	0,396	0,964
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-2	1,574	0,375	<0,01
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-1	3,946	0,371	<0,01
	Ψήφος θερμική αίσθησης=-0	6,114	0,388	<0,01
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+1	7,883	0,408	<0,01
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+2	9,725	0,427	<0,01
	Ψήφος θερμική αίσθησης=+3	0		
Παράμετροι	T_{mrt}	0,251	0,010	<0,01
	WS	-0,248	0,062	<0,01
	I_{cl}	-0,709	0,245	<0,01

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10. Συντελεστές των ψυχολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης ΔΨ = ψήφος θερμικής αίσθησης – θερμο-φυσιολογικά προβλεπόμενη ψήφος θερμικής αίσθησης

	Μοντέλο	Συντελεστές	Τυπικό Σφάλμα	Επίπεδο Σημαντικότητας	Συνολικό Τεστ Επίπεδο Σημαντικότητας
Κατώφλι	***ΔΨ =-3***	-4,832	0,234	<0,01	
	ΔΨ =-2	-3,285	0,139	<0,01	
	ΔΨ =-1	-1,379	0,104	<0,01	
	ΔΨ =-0	0,565	0,099	<0,01	
	ΔΨ =+1	2,769	0,150	<0,01	
	ΔΨ =+2	5,009	0,387	<0,01	
	ΔΨ =+3	0			
Παράμετροι	***Εποχή***				<0,01
	Καλοκαίρι=1	-0,620	0,114	<0,01	
	Φθινόπωρο=2	-0,430	0,122	<0,01	
	Χειμώνας=3	0			
	Σκοπός επίσκεψης				0,014
	Δουλειά =1	-0,245	0,098	0,013	
	Περαστικός=2	-0,0490	0,166	0,769	
	Ψώνια/Συνάντηση με φίλους/Ξεκούραση =1				

επίσκεψης (Πίνακας 5.10).

Η προβλεπόμενη ψήφος μπορεί να υπολογιστεί με την διαδικασία που περιγράφηκε στην Παράγραφο 4.2.3 και το παράδειγμα στην περίπτωση του διατακτικού μετεωρολογικού μοντέλου προσθέτοντας την προβλεπόμενη από το θερμο-φυσιολογικό μοντέλο και το προβλεπόμενο ΔΨ.

Από τον πίνακα συνάφειας (Σχήμα 5.4(γ)) παρατηρείται ότι το ποσοστό των επιτυχών προβλέψεων έχει βελτιωθεί σε σχέση με το εμπειρικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο ενώ παρουσιάζει μικρή διαφορά με το αντίστοιχο εμπεριστατωμένο μοντέλο.

5.4. Σύνοψη και Συμπεράσματα

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία και η αξιολόγηση της μοντελοποίησης της θερμικής αίσθησης με σκοπό να επεκτείνει την γνώση μας για

την περίπτωση του Μεσογειακού κλίματος και να εξετάσει την καταλληλότητα της γραμμικής και διατακτικής παλινδρόμησης ως μέθοδο για την δημιουργία των μοντέλων.

Η θερμική ψήφος καθορίζεται από παραμέτρους που ανήκουν και στα τρία είδη των υπό μελέτη μεταβλητών, μετεωρολογικές, προσωπικές και ψυχολογικές, επιβεβαιώνοντας την αντίληψη ότι άτομα με παρόμοια προσωπικά χαρακτηριστικά στο ίδιο θερμικό περιβάλλον είναι δυνατόν να έχουν διαφορετική θερμική αίσθηση εξαιτίας ψυχολογικών παραγόντων. Η ανάλυση έδειξε βελτίωση του μοντέλου πρόβλεψης που βασιζόταν μόνο στις μετεωρολογικές παραμέτρους όταν λήφθηκαν υπόψη οι προσωπικές παράμετροι και ακόμα μεγαλύτερη βελτίωση όταν λήφθηκαν υπόψη οι ψυχολογικές παράμετροι. Η εφαρμογή της γραμμικής και διατακτικής παλινδρόμησης οδήγησε σε παρόμοια αποτελέσματα. Παρόλα αυτά η μέθοδος της διατακτικής παλινδρόμησης αποδείχθηκε καλύτερη δίνοντας καλύτερα αποτελέσματα στην περίπτωση των ακραίων τιμών της κλίμακας σε σχέση με την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης.

Οι θερμο-φυσιολογικές παράμετροι που συνεισφέρουν στον καθορισμό της θερμικής αίσθησης είναι η θερμοκρασία του αέρα, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου, η ολική και ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία και η ατμοσφαιρική πίεση ενώ από τις προσωπικές, η θερμική μόνωση της ενδυμασίας, αν το άτομο βρίσκεται εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία και αν προηγουμένως βρισκόταν σε χώρο με κλιματισμό. Ο παράγοντας της σκίασης τονίζει την σημασία της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία ενώ ο παράγοντας του κλιματισμού σε συνδυασμό με τον χρόνο έκθεσης και το μέρος που βρίσκονταν οι ερωτηθέντες πριν την συνέντευξη απεικονίζει την επίδραση της προσαρμογής.

Σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση, ο ρυθμός μεταβολισμού δεν επιδρά στον καθορισμό της θερμικής αίσθησης πιθανόν λόγω της φύσης των δεδομένων. Η έρευνα αφορούσε άτομα που ήταν καθιστοί, στέκονταν όρθιοι ή περπατούσαν. Οπότε θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι ο ρυθμός μεταβολισμού δεν επηρεάζει την θερμική αίσθηση πεζών ατόμων (που δεν αθλούνται).

Οι ψυχολογικές παράμετροι που επηρεάζουν την ψήφο θερμικής αίσθησης είναι η εποχή και η προτίμηση, υποδεικνύοντας της επίδραση της προσδοκίας, καθώς και η συνολική άνεση στον χώρο. Σύμφωνα με το εμπειρικό μοντέλο, στο οποίο λήφθηκαν υπόψη μόνο οι αντικειμενικές ψυχολογικές παράμετροι, οι ψυχολογικές παράμετροι που επηρεάζουν την ψήφο θερμικής αίσθησης είναι η εποχή και ο σκοπός επίσκεψης.

Οι άνθρωποι που επισκέπτονταν το σημείο της συνέντευξης για δουλειά έτειναν να δηλώνουν μικρότερη ψήφο θερμικής αίσθησης σε σχέση με αυτήν που προβλέπεται από τα μοντέλα, τονίζοντας τον σημαντικό ρόλο της προσαρμογής στον καθορισμό της θερμικής αίσθησης. Λαμβάνοντας υπόψη τον σκοπό επίσκεψης σε συνδυασμό με τον χρόνο έκθεσης οι ερωτηθέντες έδειξαν καλύτερη προσαρμογή στις θερμές σε σχέση με τις ψυχρές θερμικές συνθήκες.

Το εμπεριστατωμένο και το εμπειρικό μοντέλο πρόβλεψης της ψήφου θερμικής αίσθησης επίσης οδήγησε σε όμοια αποτελέσματα δείχνοντας ότι με τις κατάλληλες παραμέτρους μπορούμε να έχουμε εξίσου καλά αποτελέσματα. Οι παράμετροι που καθόρισαν την θερμική αίσθηση στο εμπειρικό μοντέλο ήταν η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, η ταχύτητα του ανέμου, η θερμική μόνωση της ενδυμασίας, η εποχή και ο σκοπός επίσκεψης.

Συνοψίζοντας καταλήγουμε στο ότι η διατακτική παλινδρόμηση είναι καλύτερη μέθοδος δημιουργίας μοντέλου θερμικής αίσθησης και ότι και τα τρία μοντέλα μετεωρολογικό, εμπεριστατωμένο και εμπειρικό είναι κατάλληλα για την πρόβλεψη της θερμικής αίσθησης με ακριβέστερο το εμπεριστατωμένο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΙ ΨΗΦΟΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ

6.1. Εισαγωγή

Οι μελέτες θερμικής αίσθησης σε εσωτερικούς χώρους είναι πολύ περισσότερες σε σχέση με αυτές σε εξωτερικούς (Jones 2002) με αποτέλεσμα μοντέλα που είχαν αναπτυχθεί σε εσωτερικό χώρο να χρησιμοποιούνται και σε εξωτερικό χωρίς καμία τροποποίηση. Τα τελευταία χρόνια όμως η αξιοπιστία αυτού του τρόπου μελέτης της θερμικής αίσθησης σε εξωτερικό περιβάλλον έχει αρχίσει να αμφισβητείται (Höppe 2002; Nikolopoulou et al. 2001; Nikolopoulou and Steemers 2003; Spagnolo and de Dear 2003b; Thorsson et al. 2004). Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε εξωτερικό περιβάλλον έδειξαν ότι η πραγματική θερμική αίσθηση διαφέρει από αυτή που προβλέπεται από ορισμένα μοντέλα θερμικής άνεσης και ότι τα όρια θερμικής άνεσης που ισχύουν στους εσωτερικούς χώρους δεν μπορούν να εφαρμοστούν αμετάβλητα στο εξωτερικό περιβάλλον (Nikolopoulou and Steemers 2003) λόγω των λανθασμένων προσεγγίσεων που πραγματοποιούνται όπως συνθήκες άπνοιας, απουσία ηλιακής ακτινοβολίας και κατάσταση ισορροπίας ανθρώπου-περιβάλλοντος. Επίσης διαπιστώθηκε ότι οι τροποποιημένοι βιοκλιματικοί δείκτες για τον εξωτερικό χώρο δεν μπορούν να εφαρμοστούν για όλες τις εποχές και σε όλες τις γεωγραφικές/κλιματικές ζώνες (Spagnolo and de Dear 2003) γιατί δεν λαμβάνουν υπόψη ψυχολογικές παραμέτρους που επηρεάζουν την θερμική αντίληψη (Höppe 2002; Knez et al. 2009).

Παρόλα αυτά οι βιοκλιματικοί δείκτες εξακολουθούν να αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την εκτίμηση της ανθρώπινης θερμικής αίσθησης οπότε είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την εφαρμοσιμότητά τους καθώς και τον δείκτη που περιγράφει με μεγαλύτερη προσέγγιση την θερμική αίσθηση σε Μεσογειακά κλίματα. Για τον λόγο αυτό υπολογίστηκε ένας μεγάλος αριθμός βιοκλιματικών δεικτών που χρησιμοποιούνται ευρέως από την επιστημονική κοινότητα για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης και διερευνήθηκε η σχέση τους με την πραγματική θερμική αίσθηση που δηλώθηκε από τους ερωτηθέντες με βάση την 7-βάθμια κλίμακα θερμικής αίσθησης (Ερώτηση 12, Πίνακας 3.3).

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά αποτελέσματα των βιοκλιματικών δεικτών και συγκρίνονται οι προβλεπόμενες τιμές τους με την ψήφο θερμικής αίσθησης καθώς και με τις προβλεπόμενες τιμές των μοντέλων (εμπεριστατωμένο και εμπειρικό) που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 5.

Η καινοτομία της έρευνας αυτής συνίσταται στην παρουσίαση των δεικτών που περιγράφουν καλύτερα την θερμική αίσθηση σε Μεσογειακό αστικό περιβάλλον.

6.2. Στοιχεία θεωρίας

Οι εξισώσεις υπολογισμού των βιοκλιματικών δεικτών καθώς και οι αντίστοιχες κλίμακες θερμικής αίσθησης παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2.

6.3. Δεδομένα-Μεθοδολογία

6.3.1. Πρόσθετα δεδομένα

Οι μέσες μηνιαίες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα (ΤΜΜΟ) παραχωρήθηκαν από το Ινστιτούτο Περιβαλλοντικής και Βιώσιμης Ανάπτυξης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) (σταθμός Θησείου) και από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) (σταθμός Ελληνικού). Επιπλέον, από το ΕΑΑ (σταθμό του Θησείου) παραχωρήθηκαν δεδομένα ολικής και διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας σε οριζόντιο επίπεδο. Λόγω έλλειψης μετρήσεων ακτινοβολίας στον σταθμό του Ελληνικού της ΕΜΥ, τα δεδομένα ακτινοβολίας από τον σταθμό του Θησείου χρησιμοποιήθηκαν και για την περίπτωση της παραλίας του Φλοίσβου.

6.3.2. Υπολογισμός πρόσθετων μετεωρολογικών παραμέτρων

Οι παράμετροι που υπολογίστηκαν από τα πειραματικά δεδομένα προκειμένου να υπολογιστούν οι βιοκλιματικοί δείκτες ήταν:

1) Η μέση θερμοκρασία αέρα κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων ανά εποχή (T_{season})

2) Η τάση των κορεσμένων υδρατμών (e_s) και η τάση των υδρατμών (e) σε hPa, σύμφωνα με τις σχέσεις (NOAAa 2013):

$$e_s = 6{,}112 \cdot 10^{\frac{7{,}5 \cdot T_{air}}{237{,}7 + T_{air}}} \quad (5.1)$$

$$e = e_s \frac{RH}{100} \quad (5.2)$$

3) Η αναλογία μίγματος (w), σύμφωνα με την σχέση:

$$w = 0{,}622 \frac{e}{P} \quad (5.3)$$

Όπου e η τάση των υδρατμών και P η ατμοσφαιρική πίεση.

4) Η ταχύτητα του ανέμου στα 10 m (WS_{10m}) με βάση την ταχύτητα που μετρήθηκε από τον μετεωρολογικό σταθμό στα 1,1 m από την εξίσωση (Stull, 2000):

$$WS_{10m} = WS \frac{\ln(10/z_0)}{\ln(z/z_0)} \quad (5.4)$$

όπου z είναι το ύψος στο οποίο έχει μετρηθεί η ταχύτητα του ανέμου σε m και z_0 το αεροδυναμικό μήκος τραχύτητας σε m. Το z_0 ορίστηκε ίσο με 0,01m (Jendrintzky et al. 2000).

5) Η θερμοκρασία σημείου δρόσου (T_d) σε ^oC υπολογίστηκε από την εξίσωση (NOAAb 2013):

$$T_d = 237{,}7 \frac{\ln(e_s \cdot RH/611)}{7{,}5 - \ln(e_s \cdot RH/611)} \quad (5.5)$$

6) Η θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου (T_w) σε ^oC υπολογίστηκε σε τρία βήματα (Stull, 2000):

▪ Υπολογισμός του επιπέδου συμπύκνωσης (Lifting Saturation Level, LCL)

$$z_{LCL} = \alpha \cdot (T_{air} - T_d) \quad (5.6)$$

όπου α=0,125 km/^oC.

▪ Υπολογισμός της θερμοκρασίας στο επίπεδο συμπύκνωσης (T_{LCL}):

$$T_{LCL} = T_{air} - \Gamma_d \cdot z_{LCL} \quad (5.7)$$

όπου $\Gamma_d = 9{,}8\ ^oK \cdot km^{-1}$ η ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα

▪ Υπολογισμός της θερμοκρασίας υγρού θερμομέτρου:

$$T_w = T_{LCL} + \Gamma_s \cdot z_{LCL} \quad (5.8)$$

όπου Γ_s η υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα η οποία υπολογίζεται από την σχέση:

$$\Gamma_s = \Gamma_d \frac{1 + (a \cdot r_s/T)}{1 + (b \cdot r_s/T^2)} \quad (5.9)$$

όπου α = 8711 ^oK, b = $1{,}35 \cdot 10^7$ $^oK^2$, T η θερμοκρασία του αέρα σε ^oK και r_s η αναλογία μίγματος στον κορεσμό υπολογισμένη σε g/g σύμφωνα με την σχέση (NOAAc):

$$r_S = 621{,}97 \frac{e_S}{P - e_S} \qquad (5.10)$$

7) Από την ημερομηνία και την ώρα που αναγράφονταν στα ερωτηματολόγια υπολογίστηκε η ανύψωση του ήλιου (ELE, μοίρες) σύμφωνα με την σχέση

$$\theta = \sin^{-1}[\sin\delta \cdot \sin\Phi + \cosh \cdot \cos\delta \cdot \cos\Phi] \qquad (5.11)$$

όπου θ η γωνία ανύψωσης του ήλιου (μοίρες), h η ωριαία γωνία του ήλιου στην τοπική ηλιακή ώρα, δ η απόκλιση του ήλιου και Φ το γεωγραφικό πλάτος του τόπου.

Τα δεδομένα ανά λεπτό της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας που παραχωρήθηκαν από το ΕΑΑ διορθώθηκαν για την στεφάνη σκίασης (Kambezidis and Papanikolaou 1990; Littlefair 1989) και στην συνέχεια υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές τριλέπτου σύμφωνα με την ώρα έναρξης των συνεντεύξεων. Η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία στο σημείο των μετρήσεων υπολογίστηκε από τις μέσες τιμές τριλέπτου της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων, την ολική ηλιακή ακτινοβολία του σταθμού και του συντελεστή θέασης του ουρανού (sky view factor – SVF) στο σημείο μέτρησης. Υπολογίστηκε ο λόγος SR_{up}/SVF και συγκρίθηκε με την ολική ηλιακή ακτινοβολία μετρημένη στον σταθμό του Θησείου (SR_{EAA}) οπότε η διάχυτη ακτινοβολία στο σημείο των μετρήσεων θα δίνεται από τις σχέσεις:

όταν $\frac{SR_{up}}{SVF} \approx SR_{EAA}$ η μέτρηση γινόταν κάτω από τον ήλιο άρα $SR_{diff} = SR_{diff_{EAA}} \cdot \frac{SR_{up}}{SR_{EAA}}$

όταν $\frac{SR_{up}}{SVF} \neq SR_{EAA}$ η μέτρηση γινόταν σε σκιά άρα $SR_{diff} = SR_{up}$

Μία απλή σχέση υπολογισμού του συντελεστή θέασης του ουρανού είναι (πηγή: Gaitani 2003):

$SVF = 1 - \Sigma OVF$ (6.13) όπου $OVF = \frac{\hat{\varphi}}{360^o} \cdot \frac{\hat{\omega}}{90^o}$ (6.14)

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1. Βιοκλιματικοί δείκτες ταξινομημένοι σε αλφαβητική σειρά και επιλεγμένες παράμετροι για τον υπολογισμό τους

Βιβλιογραφική αναφορά		T_{air}	RH	WS	WS_{10m}	SR_{up}	SR_{down}	IR_{up}	IR_{down}	T_{globe}	T_{mrt}	T_{ground}	P	T_w	w	e	A_{du}	M	I_{cl}	sex	weight	height
Nikolopoulou (2004)	ASV	x	x	x		x																
Nikolopoulou (2004)	ASV_{Europe}	x	x	x		x																
Vernon (1932)	CET									x				x								
Brown and Gillespie (1986)	COMFA	x	x	x		x	x	x	x				x			x		x	x			
Siple and Passel (1945)	CP	x			x																	
Giles et al. (1990)	DI	x	x																			
Thom (1959)	DI_{ndex}	x												x								
Gagge et al. (1986)	DISC	x	x	x							x		x				x	x	x		x	
Bedford (1936)	EqW	x		x							x					x						
Moran et al. (2001)	ESI	x	x			x																
Moran et al. (2003)	$ESI_{modified}$	x	x			x																
Houghton and Yaglou (1923)	ET	x	x																			
Gagge et al. (1986)	ET_{ASHRAE}	x	x	x							x		x				x	x	x		x	
Rothfusz (1990)	HI	x	x													x						
ISO 7933 (2004)	HIS	x		x							x					x		x	x			
Blazejczyk (1994)	HL	x	x	x								x	x			x		x	x			
Gagge et al. (1986)	HSI_{ASHRAE}	x	x	x							x		x				x	x	x		x	
Masterson and Richardson (1979)	HU	x														x						
Givoni (1969)	ITS	x		x		x										x	x	x				
Moran and Pandolf (1999)	MDI	x												x								
Missenard (1933)	NET	x	x	x																		
ISO 7933 (2004)	OpT	x									x											
ASHRAE (1989)	OT	x									x											
De Dear and Pickup (2001)	OUT_SET	x														x						
Höppe and Mayer (1987)	PET	x	x								x		x				x	x	x	x	x	x
Blazejczyk (1994)	PhS	x	x	x							x		x			x		x	x			
Fanger (1970)	PMV	x		x							x					x		x	x			
Gagge et al. (1986)	PMV_G	x	x	x							x		x				x	x	x		x	
Parsons (2003)	PMV_{solar}	x		x							x					x		x	x			
Fanger (1970)	PPD	x		x							x					x		x	x			
Staiger et al. (2011)	PT	x		x							x					x		x	x			
Lee και Henschel (1963)	RSI	x									x					x		x	x			
Kyle (1992)	RSI_{ndex}	x														x						
Gagge et al. (1986)	SET_{ASHRAE}	x	x	x							x		x				x	x	x		x	
ISO 7933 (2004)	SR_{req}	x		x							x					x		x	x			
Gagge et al. (1986)	$SR_{reqASHRAE}$	x	x	x							x						x	x	x		x	
Mclntyre (1973)	ST	x		x							x											
Blazejczyk (1994)	STI	x	x	x							x	x	x			x		x	x			
Mclntyre (1973)	$ST_{preferred}$																	x	x			
Blazejczyk (1994)	SW	x	x	x									x					x	x			
BOM (2013)	T_{app}	x	x		x																	
Monteiro και Alucci (2009)	TEP	x	x	x							x											
Bründl and Höppe (1984)	T_{eq}	x													x							
Aroztegui (1995)	T_{ne}			x		x																
Givoni and Noguchi (2000)	TS	x	x	x		x						x										
Gagge et al. (1986)	TSENS	x	x	x							x		x				x	x	x		x	
Sharma and Ali (1986)	TSI			x						x				x								
Monteiro και Alucci (2009)	tsp	x	x	x							x											
Givoni and Noguchi (2004)	TS_{sa}	x		x		x																
COST Action 730 (2013)	UTCI	x			x						x					x						
BOM (2013)	WBGT	x														x						
Parsons (1995)	$WBGT_{outdoor}$	x								x				x								

όπου ΣOVF είναι το άθροισμα των συντελεστών παρεμπόδισης για κάθε εμπόδιο (object view factor), $\hat{\varphi}$ και $\hat{\omega}$ η οριζόντια και η κατακόρυφη γωνία που σχηματίζει το άτομο με το εμπόδιο. Οι συντελεστές παρεμπόδισης εκτιμήθηκαν για τα σημεία διεξαγωγής των μετρήσεων από το ύψος των γύρω εμποδίων και την απόστασή τους

από αυτά. Οι τιμές τους υπολογίστηκαν 0,68 για το Σύνταγμα, 0,40 για την Ερμού και 1 για την παραλία του Φλοίσβου.

6.3.3. Υπολογισμός βιοκλιματικών δεικτών

Οι βιοκλιματικοί δείκτες που υπολογίστηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.1. Για τον υπολογισμό των βιοκλιματικών δεικτών δημιουργήθηκε κώδικας σε γλώσσα προγραμματισμού Matlab (MATLAB R2010a, The MathWorks Inc.) (Παράρτημα Β) σύμφωνα με τις εξισώσεις που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2.

Για τον υπολογισμό του COMFA, λόγω έλλειψης του κυλινδρικού θερμομέτρου ακτινοβολίας που χρησιμοποιήθηκε από τους Brown και Gillespie

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2. Παράμετροι που εισήχθηκαν στον κώδικα Matlab για τον υπολογισμό των βιοκλιματικών δεικτών

Παράμετροι εισαγωγής στον κώδικα	**Συμβολισμός**	**Μονάδες μέτρησης**
Θερμοκρασία αέρα	T_{air}	^oC
Σχετική υγρασία	RH	%
Ταχύτητα ανέμου	WS	$m \cdot s^{-1}$
Ολική ηλιακή ακτινοβολία	SR_{up}	$W \cdot m^{-2}$
Ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία	SR_{down}	$W \cdot m^{-2}$
Υπέρυθρη ακτινοβολία από το ημισφαίριο του ουρανού	IR_{up}	$W \cdot m^{-2}$
Υπέρυθρη ακτινοβολία από το έδαφος	IR_{down}	$W \cdot m^{-2}$
Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία	DIFF	$W \cdot m^{-2}$
Θερμοκρασία γκρι σφαίρας	GT	^oC
Θερμοκρασία εδάφους	T_g	^oC
Ατμοσφαιρική πίεση	P	hPa
Μέση μηνιαία θερμοκρασία	TMMO	^oC
Μέση θερμοκρασία πειραματικών ημερών	T_{season}	^oC
Ανύψωση ηλίου	ELE	μοίρες
Ρυθμός μεταβολισμού	M	$W \cdot m^{-2}$
Θερμική μόνωση της ενδυμασίας	I_{cl}	clo
Φύλο	sex	
Ηλικία	age	έτη
Ύψος	height	cm
Βάρος	weight	kg
Εποχή	season	

Για τον υπολογισμό του COMFA, λόγω έλλειψης του κυλινδρικού θερμομέτρου ακτινοβολίας που χρησιμοποιήθηκε από τους Brown και Gillespie (1986), η εκτίμηση της απορροφούμενης ακτινοβολίας από το ανθρώπινο σώμα έγινε μέσω της ολικής και της γήινης ακτινοβολίας. Το ολικό ποσό ηλιακής (Kabs) και γήινης (Labs) ακτινοβολίας που απορροφάται από το ανθρώπινο σώμα μπορούν να υπολογιστούν από τις σχέσεις:

$$Kabs=(T+D+S+R)\cdot(1-A) \quad (6.15) \qquad Labs=[0,5\cdot(V+F)+0.5\cdot G]\cdot(1-A) \quad (6.16)$$

όπου T και D είναι η άμεση και η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία που λαμβάνει το άτομο, S και R είναι η άμεση και η διάχυτη ακτινοβολία που ανακλάται από το έδαφος, V και F είναι η υπέρυθρη ακτινοβολία από τον ουρανό και από τα αντικείμενα στο ημισφαίριο του ουρανού, G η υπέρυθρη ακτινοβολία από το έδαφος ενώ A είναι ο συντελεστής ανακλαστικότητας του ανθρώπινου σώματος.

Οι δείκτες PMV, PPD και PT υπολογίστηκαν και από τον κώδικα της ASHRAE (ASHRAE 2001). Τα αποτελέσματα ήταν ίδια με αυτά που προέκυψαν με βάση τις εξισώσεις του Fanger (1970) οπότε αποκλείστηκαν από την στατιστική ανάλυση.

Στον κώδικα Matlab εισήχθηκαν οι μέσες τιμές τριλέπτου των μετεωρολογικών παραμέτρων που καταγράφηκαν από τον κινητό μετεωρολογικό σταθμό εκτός από την ατμοσφαιρική πίεση (ωριαίες τιμές), την μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρα και την μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων ανά εποχή. Οι παράμετροι που εισήχθηκαν στο μοντέλο παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.2.

6.3.4. Στατιστική ανάλυση

Η σύγκριση της προβλεπόμενης από τους δείκτες και της πραγματικής θερμικής αίσθησης έγινε με βάση τέσσερα κριτήρια, τρία στατιστικά (Monteiro and Alucci 2009) και ένα ποιοτικό:

1) τον βαθμό συσχέτισης της τιμής του δείκτη με την ψήφο θερμικής αίσθησης

2) τον βαθμό συσχέτισης της τάξης του δείκτη με την ψήφο θερμικής αίσθησης και

3) το ποσοστό των σωστών προβλέψεων

4) την κατανομή του ποσοστού των προβλέψεων των δεικτών ανά κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης

Το πρώτο κριτήριο ελέγχει την ευαισθησία του δείκτη, δηλαδή κατά πόσο η τιμή του μεταβάλλεται σε σχέση με την μεταβολή της ψήφου και πραγματοποιήθηκε με το μέτρο συσχέτισης Spearman's rho. Το δεύτερο κριτήριο λειτουργεί κατά τον ίδιο τρόπο με το πρώτο αλλά για τις τάξεις της κλίμακας του δείκτη, ενώ εφαρμόστηκε το μέτρο συσχέτισης Gamma. Το τρίτο κριτήριο δίνει το ποσοστό των σωστών προβλέψεων δείχνοντας πόσο καλά ο δείκτης μπορεί να προβλέψει την θερμική αίσθηση ενώ το τέταρτο κριτήριο ελέγχθηκε με πίνακα συνάφειας (Cross-tabulation) ο οποίος καταγράφει τις παρατηρούμενες συχνότητες των προβλεπόμενων από τους δείκτες ψήφων θερμικής αίσθησης (σειρές) και της ψήφου θερμικής αίσθησης (στήλες).

Για την εφαρμογή του δεύτερου, τρίτου και τέταρτου κριτηρίου, οι κλίμακες των δεικτών προσαρμόστηκαν στην επταβάθμια κλίμακα της ψήφου θερμικής αίσθησης (από -3 έως +3), με βάση την λεκτική περιγραφή της θερμικής αίσθησης. Για παράδειγμα οι ακραίες κατηγορίες όπως π.χ. υπερβολική ζέστη/κρύο (extreme hot/cold) συγχωνεύτηκαν στις κατηγορίες -3 και +3 αντίστοιχα. Στην περίπτωση των κλιμάκων που περιέχουν την έννοια της θερμικής δυσφορίας, καταπόνησης ή στρες η κλίμακα των δεικτών τροποποιήθηκε με βάση την μελέτη των Epstein και Moran (2006) στην οποία παρουσιάζεται η θερμική αίσθηση σε σχέση με τις θερμικές φυσιολογικές επιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα καθόλου θερμικό στρες αντιστοιχεί σε ουδέτερη θερμική αίσθηση, ελαφρύ θερμικό στρες σε ελαφριά ζέστη/κρύο, μέτριο θερμικό στρες σε ζέστη/κρύο και έντονο θερμικό στρες σε πολλή ζέστη/πολύ κρύο. Στο Κεφάλαιο 2 οι πίνακες που παρουσιάζουν τις κλίμακες των δεικτών περιέχουν και την αντίστοιχη βαθμίδα της θερμικής αίσθησης σύμφωνα με την μελέτη των Epstein και Moran (2006).

6.4. Αποτελέσματα

6.4.1. Στατιστική περιγραφή δεδομένων

Ο Πίνακας 6.3 παρουσιάζει το εύρος των τιμών των δεικτών και την μέση τιμή τους κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων από όπου παρατηρούμε την μεγάλη διακύμανση της προβλεπόμενης θερμικής αίσθησης. Για παράδειγμα πολλοί δείκτες όπως οι ASV, PMV, PMV_G, PMV_{solar}, TSENS, PET, HL, έχουν μέση τιμή

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3. Εύρος βιοκλιματικών δεικτών κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων

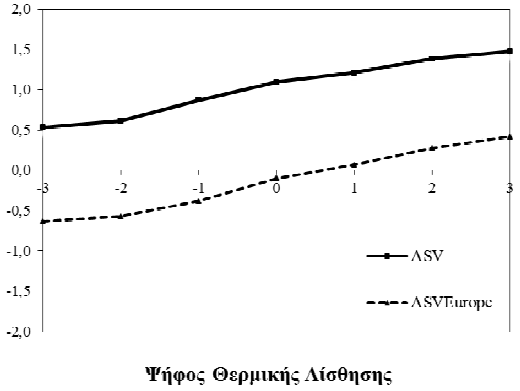
Δείκτης	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση	Δείκτης	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
ASV	0,4	1,7	1,2	0,3	**PMV**	-6,9	6,6	1,2	1,9
ASV_{Europe}	-0,7	1,0	0,0	0,4	**PMV_G**	-2,9	4,4	0,9	1,2
CET (^oC)	7,0	27,1	19,5	4,7	**PMV_{solar}**	-6,9	8,7	1,6	2,3
COMFA ($W \cdot m^{-2}$)	-190,6	404,3	-0,5	98,0	**PPD (%)**	5,0	100,0	58,4	38,7
CP ($W \cdot m^{-2}$)	-103,6	730,6	17,5	202,8	**PT (^oC)**	-81,4	57,8	19,3	20,4
DI[1] (^oC)	18,1	28,7	25,1	2,6	**RSI[1]**	0,0	0,3	0,1	0,1
DIndex[1] (^oC)	17,8	30,7	26,9	2,5	**RSI_{index}[1]**	0,0	0,4	0,2	0,1
DISC	-2,0	4,7	1,2	1,2	**SET_{ASHRAE}**	2,5	34,9	26,4	5,2
ESI[1] (^oC)	16,5	29,9	25,1	3,2	**SR_{req}[1] ($g \cdot h^{-1}$)**	0,1	191,0	87,8	42,0
$ESI_{modified}$[1] (^oC)	16,4	28,9	24,4	3,0	**$SR_{reqASHRAE}$[1] ($g \cdot h^{-1}$)**	2,0	269,9	90,2	49,0
ET (^oC)	7,3	30,2	21,7	6,4	**ST (^oC)**	4,2	36,8	23,6	8,6
ET_{ASHRAE} (^oC)	7,6	36,8	25,5	8,2	**STI (^oC)**	1,4	47,7	27,5	11,2
EqW	-0,4	7,6	2,8	2,0	**$ST_{preferred}$ (^oC)**	7,0	32,7	19,8	4,2
HI[1] (^oC)	23,5	39,1	30,9	4,5	**SW[1] ($g \cdot h^{-1}$)**	13,2	763,8	208,3	140,2
HL	0,8	4,3	1,4	0,6	**T_{app}[1] (^oC)**	17,71	38,9	31,3	4,9
HSI_{ASHRAE}[1]	2,0	102,1	49,3	19,1	**TEP (^oC)**	9,7	41,4	28,4	8,0
HSI[1]	-6,3	74,2	32,6	13,6	**T_{eq} (^oC)**	19,2	71,2	49,1	15,1
HU[1] (^oC)	18,9	43,0	34,9	5,5	**T_{ne} (^oC)**	14,0	35,3	22,2	3,9
ITS ($kcal \cdot h^{-1}$)	-203,7	668,5	120,0	151,6	**TS**	1,4	7,3	4,4	1,3
MDI[1] (^oC)	16,9	36,8	30,8	4,2	**TSENS**	-2,0	2,8	0,8	0,9
NET (^oC)	0,4	30,8	20,7	7,5	**TSI**	4,0	34,6	22,1	8,3
OT (^oC)	7,5	39,9	26,1	8,9	**tsp**	-2,2	1,9	0,2	1,1
OpT (^oC)	7,9	40,7	26,6	9,0	**TS_{sa}**	1,3	6,6	4,0	1,1
OUT_SET[1] (^oC)	16,4	53,3	40,9	8,0	**UTCI (^oC)**	3,0	39,3	25,7	8,9
PET (^oC)	1,8	43,9	25,0	10,0	**WBGT[1] (^oC)**	18,4	33,4	28,3	3,3
PhS	-0,2	13,3	1,1	1,9	**$WBGT_{outdoor}$[1] (^oC)**	10,3	26,0	21,1	2,7

[1] Δείκτες που ισχύουν σε θερμά κλίματα

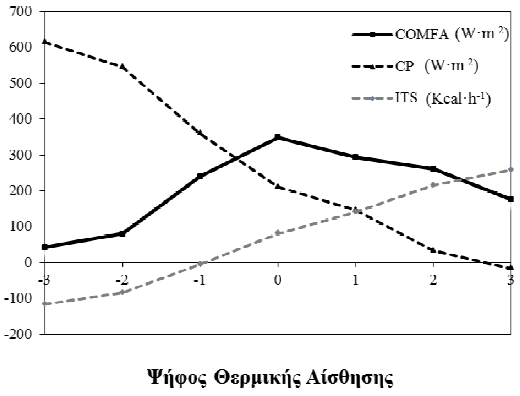
που κυμαίνεται στο θετικό τμήμα της κλίμακας θερμικής αίσθησης ενώ άλλοι όπως οι ASV_{Europe}, UTCI, NET, PhS, PT, TS υποδεικνύουν ουδέτερη θερμική αίσθηση.

Διαφορές παρατηρούνται τόσο στις ελάχιστες όσο και στις μέγιστες τιμές. Οι δείκτες PMV, PET, PhS, NET έχουν ακραίες τιμές που υποδεικνύουν πολύ κρύο ή ζέστη ενώ οι ASV, COMFA, UTCI έχουν ελάχιστη τιμή που αντιστοιχεί σε μικρότερη βαθμίδα της κλίμακας θερμικής αίσθησης. Παρόμοιες διακυμάνσεις παρατηρούνται και στις τιμές των δεικτών ανά εποχή.

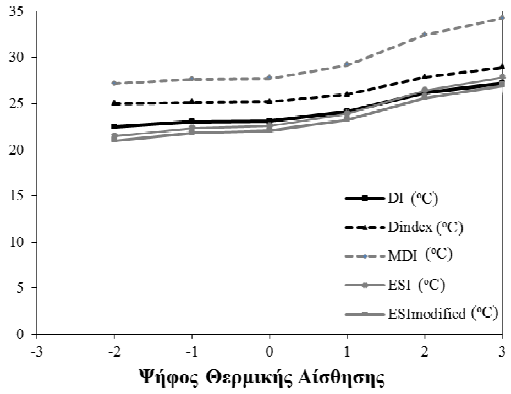
Σύμφωνα με την ανάλυση διακύμανσης (One-way ANOVA) παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών των δεικτών σε όλες τις κατηγορίες της θερμικής ψήφου. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώθηκε και εφαρμόζοντας το τεστ του Welch. Στο Σχήμα 6.1. στο οποίο απεικονίζονται οι μέσες


ASV
ASVEurope
Ψήφος Θερμικής Λίσθησης

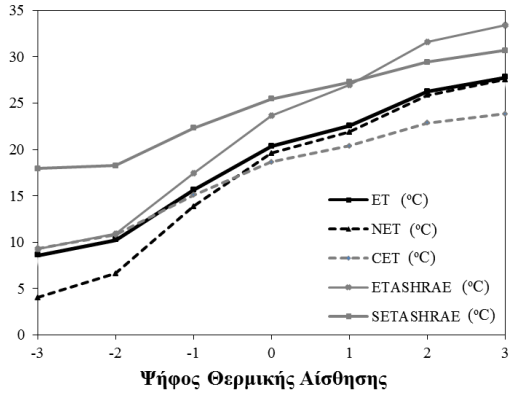
(α)


COMFA (W·m⁻²)
CP (W·m⁻²)
HTS (Kcal·h⁻¹)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

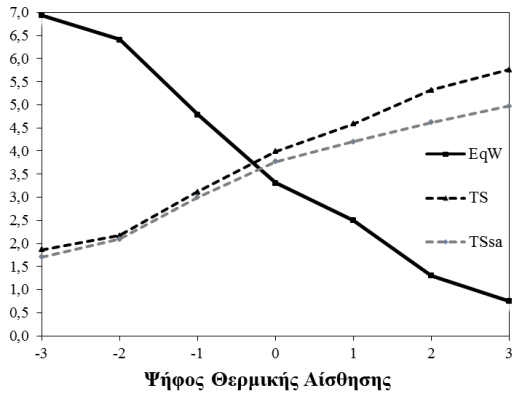
(β)


DI (ºC)
Dindex (ºC)
MDI (ºC)
ES1 (ºC)
ES1modified (ºC)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

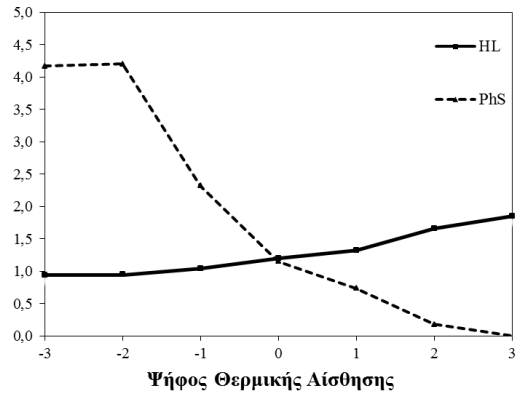
(γ)


ET (ºC)
NET (ºC)
CET (ºC)
ETASHRAE (ºC)
SETASHRAE (ºC)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

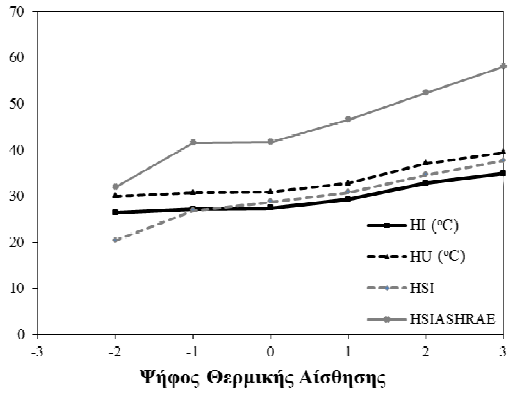
(δ)


EqW
TS
TSsa
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

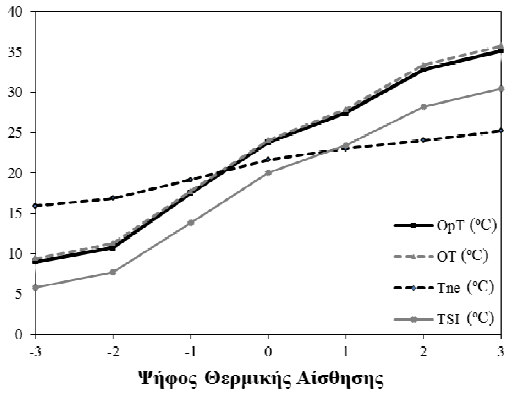
(ε)


HL
PhS
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

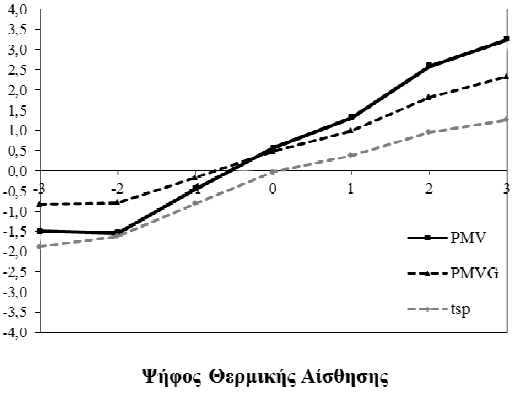
(στ)


HI (°C)
HU (°C)
HSI
HSIASHRAE
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

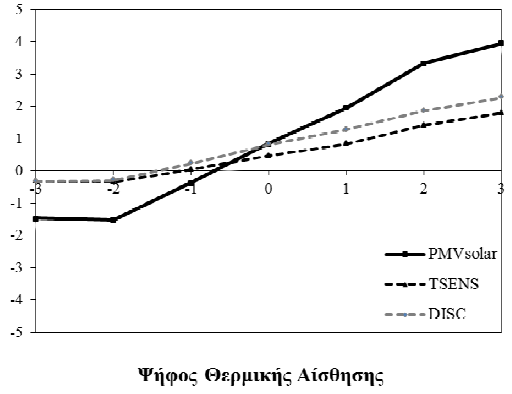
(ζ)


OpT (°C)
OT (°C)
Tne (°C)
TSI (°C)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

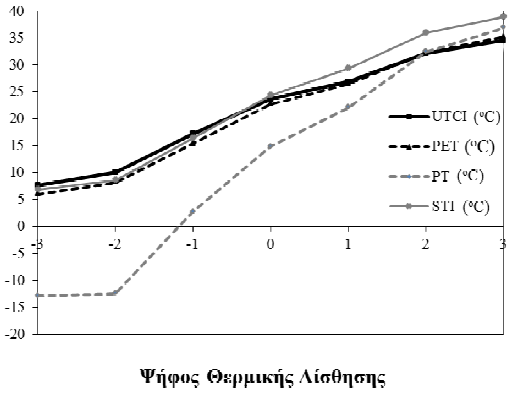
(η)


PMV
PMVG
tsp
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

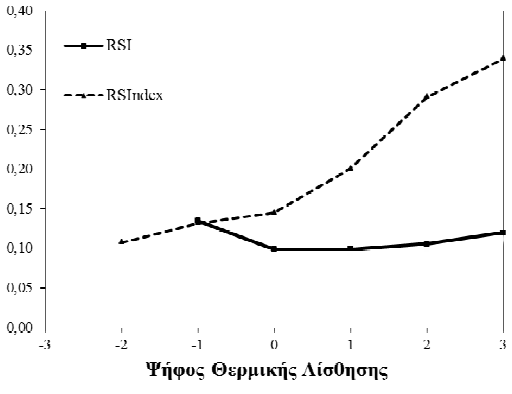
(θ)


PMVsolar
TSENS
DISC
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

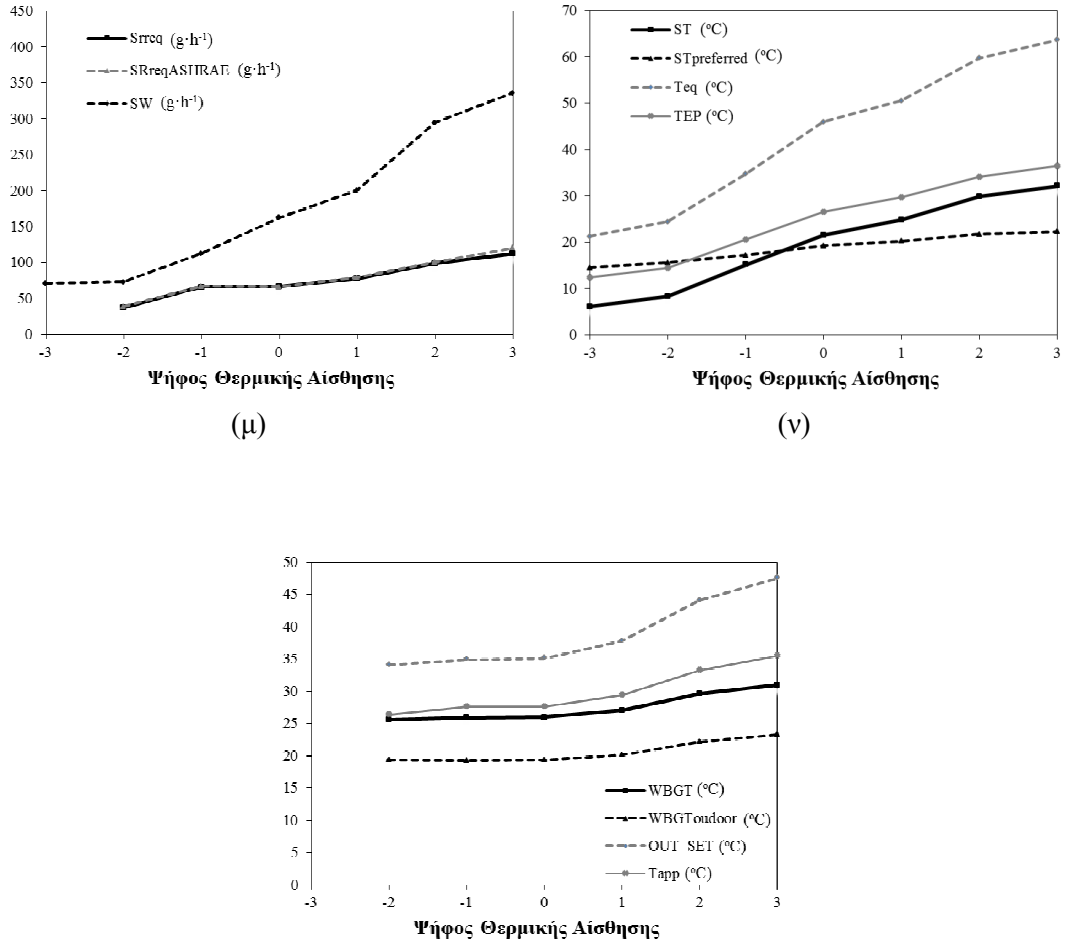
(ι)


UTCI (°C)
PET (°C)
PT (°C)
STI (°C)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

(κ)


RSI
RSIndex
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

(λ)



ΣΧΗΜΑ 6.1. Μέσες τιμές βιοκλιματικών δεικτών ανά κατηγορία θερμικής ψήφου

τιμές των δεικτών ανά κατηγορία θερμικής ψήφου, παρατηρείται η ίδια μορφή γραφικής παράστασης (σχήματος S) με τις μετεωρολογικές παραμέτρους, υποδεικνύοντας μικρότερη διαφορά των μέσων τιμών μεταξύ των ακραίων κατηγοριών της ψήφου θερμικής αίσθησης. Η μέση τιμή αρκετών δεικτών που αντιστοιχεί στην ουδέτερη θερμική ψήφο ταξινομείται σωστά στην ουδέτερη θερμική αίσθηση της κλίμακάς τους (ASV_{Europe}, DI, ESI, $ESI_{modified}$, NET, SET, HU, PhS, tsp, PMV_G, UTCI, PET, STI, PT, TS, TS_{sa}, TEP) ενώ μεγαλύτερες διακυμάνσεις της μέσης τιμής της προβλεπόμενης από τους δείκτες και της πραγματικής ψήφου θερμικής αίσθησης παρουσιάζονται στις υπόλοιπες κατηγορίες.

6.4.2. Σύγκριση προβλεπόμενης από τους βιοκλιματικούς δείκτες και πραγματικής θερμικής αίσθησης

Για την σύγκριση της προβλεπόμενης θερμικής αίσθησης από τους δείκτες και της πραγματικής εξετάστηκαν τα 4 κριτήρια που θέσαμε στην Παράγραφο 6.3.4. Υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης της τιμής του δείκτη και της ψήφου θερμικής αίσθησης, της τάξης του δείκτη και της ψήφου θερμικής αίσθησης και το ποσοστό των σωστών προβλέψεων. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.4. Η μέση τιμή του συντελεστή συσχέτισης της τιμής των δεικτών με την ψήφο θερμικής αίσθησης, του συντελεστή Spearman είναι περίπου 0,60. Η μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή Spearman είναι 0,79 και υπολογίστηκε για τους δείκτες EqW, ET_{ASHRAE}, OpT, STI και TSI, ενώ η μικρότερη τιμή (0,25) υπολογίστηκε για τον δείκτη HSI. Βελτιωμένος σε σχέση με τον συντελεστή Spearman παρουσιάζεται ο συντελεστής συσχέτισης της προβλεπόμενης τάξης του δείκτη με την ψήφο θερμικής αίσθησης, συντελεστής Gamma. Η μέση τιμή του συντελεστή Gamma είναι 0,75 ενώ η μέγιστη και ελάχιστη τιμή του υπολογίστηκαν αντίστοιχα 0,91 για τον δείκτη STI και 0,33 για τον δείκτη HSI. Ισχυρή συσχέτιση διαπιστώνεται και στην περίπτωση των δεικτών ASV (0,86), PhS (0,86) και UTCI (0,88). Οι δείκτες RSI, SR_{req} και $SR_{reqASHRAE}$ παρουσίασαν μη στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα.

Στην πλειοψηφία τους οι δείκτες προβλέπουν κατά προσέγγιση το 35% των ψήφων θερμικής αίσθησης ενώ παρατηρείται ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, οι εμπειρικοί δείκτες παρουσιάζουν μεγαλύτερα ποσοστά σωστών προβλέψεων από κάποιους θερμο-φυσιολογικούς, όπως για παράδειγμα οι δείκτες ASV_{Europe}, ESI, $ESI_{modified}$, TS, CET, DI, T_{eq}, OpT, HU σε σχέση με τους PET, PMV, PhS. Οι δείκτες ASV_{Europe}, DI, ESI, $ESI_{modified}$, HSI, HU, STI, T_{app}, T_{eq} και UTCI προβλέπουν σωστά την θερμική αίσθηση σε ποσοστό μεγαλύτερο του 40%. Το μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχών προβλέψεων διαπιστώνεται από τον δείκτη HU (57,9%) ο οποίος χρησιμοποιείται σε θερμά κλίματα.

Προκειμένου να διερευνηθεί σε βάθος η ικανότητα των δεικτών να προσομοιώσουν την ψήφο θερμικής αίσθησης δημιουργήθηκαν πίνακες συνάφειας ($4^{ο}$ κριτήριο) σύμφωνα με τους οποίους παρουσιάζεται το ποσοστό των προβλεπόμενων τιμών ανά κατηγορία της κλίμακας των δεικτών και ανά κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης (Σχήμα 6.2). Στο Σχήμα 6.2 παρουσιάζονται οι πίνακες συνάφειας των δεικτών με ποσοστό σωστών προβλέψεων ≥40% και κάποιων ακόμα

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4. Συντελεστές συσχέτισης προβλεπόμενης θερμικής αίσθησης και ψήφου θερμικής αίσθησης

Δείκτης	Συντελεστές		Ποσοστό σωστών προβλέψεων (%)	Δείκτης	Συντελεστές		Ποσοστό σωστών προβλέψεων (%)
	Spearman	Gamma			Spearman	Gamma	
ASV	0,77	0,86	25,0	**OUT_SET**[1,2]	0,62	0,72	31,7
ASV_{Europe}	0,72	0,79	53,9	**PET**	0,76	0,77	37,1
CET	0,77	0,80	37,9	**PET**[3]	0,76	0,78	35,1
CET[2]	0,77	0,84	15,9	**PhS**	-0,75	0,86	38,2
COMFA	0,62	0,61	27,4	**PMV**	0,75	0,76	33,1
CP	-0,77	0,85	27,6	**PMV_G**	0,76	0,77	39,5
DI[1]	0,62	0,66	41,2	**PMV_{solar}**	0,74	0,76	28,7
DI_{ndex}[1]	0,62	0,71	28,2	**PT**	0,75	0,76	32,7
DISC	0,66	0,67	34,2	**RSI_{ndex}**[1]	0,63	0,71	38,5
EqW	-0,79	0,82	34,7	**SET_{ASHRAE}**	0,67	0,73	26,0
ESI[1]	0,64	0,68	43,0	**SET_{ASHRAE}**[2]	0,67	0,72	29,1
$ESI_{modified}$[1]	0,64	0,71	43,3	**ST**	0,78	-	-
ET	0,78	0,80	37,0	**STI**	0,79	0,91	42,2
ET[2]	0,78	0,79	25,3	**$ST_{preferred}$**	0,47	-	-
ET_{ASHRAE}	0,79	0,82	28,4	**SW**[1]	0,43	-	-
ET_{ASHRAE}[2]	0,79	0,80	35,4	**T_{app}**[1]	0,62	0,73	41,3
HI[1]	0,63	0,67	39,9	**TEP**	0,78	0,79	36,4
HSI_{ASHRAE}[1]	0,47	0,46	30,1	**T_{eq}**	0,74	0,79	50,1
HSI[1]	0,25	0,33	42,9	**T_{ne}**	0,59	-	-
HL	0,67	0,74	39,7	**TS**	0,77	0,79	38,7
HU[1]	0,62	0,71	57,9	**TSENS**	0,75	0,8	34,9
ITS	0,71	0,77	38,1	**TSI**	0,79	0,82	10,1
MDI[1]	0,62	0,72	22,7	**tsp**	0,78	0,83	32,8
NET	0,77	0,78	39,5	**TS_{sa}**	0,71	0,74	33,5
OpT[2]	0,79	0,80	39,5	**UTCI**	0,78	0,88	44,8
OT[2]	0,79	0,80	29,1	**WBGT**[1]	0,71	0,72	27,2
OUT_SET[1]	0,62	0,71	33,2	**$WBGT_{outdoor}$**[1]	0,70	0,61	34,8

[1] δείκτες θερμών κλιμάτων

[2] κλίμακα Monteiro and Alucci (2006)

[3] κλίμακα Μεσογειακού κλίματος (Cohen et al. 2013)

επιλεγμένων δεικτών ενώ των υπόλοιπων παραθέτονται στο Παράρτημα Γ.

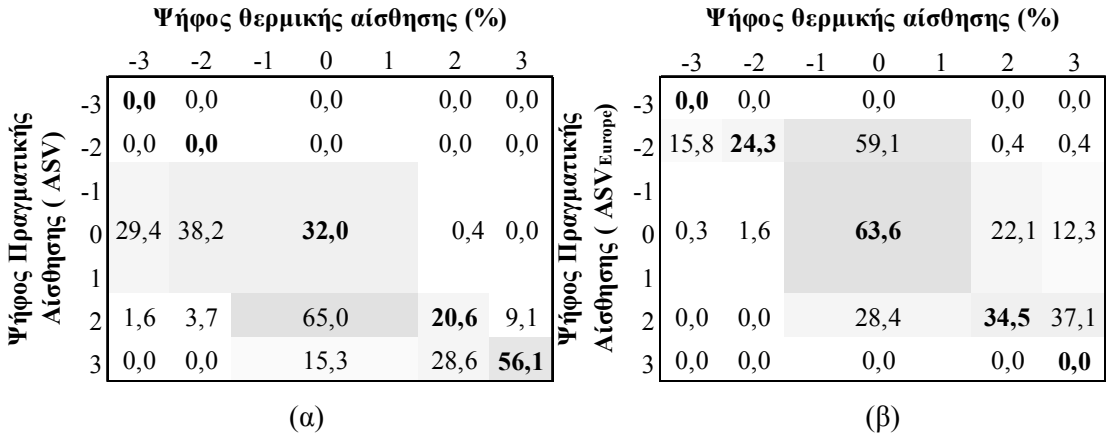
Από το Σχήμα 6.2 διαπιστώνουμε ότι ο ASV_{Europe} παρουσιάζει αδυναμία πρόβλεψης των ακραίων τάξεων της κλίμακας θερμικής αίσθησης (-3, +3) συγκεντρώνοντας τις περισσότερες προβλέψεις στις τρεις κεντρικές κατηγορίες της κλίμακας και δείχνοντας τάση υποεκτίμησης στις κατηγορίες -2, +2 ενώ μεγάλο ποσοστό επιτυχίας εμφανίζει στην ουδέτερη θερμική αίσθηση αφού περίπου το 64% των σωστών προβλέψεών του αντιστοιχούν σε ουδέτερη ψήφο.

Η Ισοδύναμη Θερμοκρασία (T_{eq}) αναπαράγει την ψήφο θερμικής αίσθησης με μεγαλύτερη επιτυχία από τον ASV_{Europe}, προβλέποντας και στις ακραίες κατηγορίες της κλίμακας με εξαίρεση την κατηγορία -3, ενώ κατανέμει το μεγαλύτερο ποσοστό των προβλέψεων στην σωστή κατηγορία θερμικής αίσθησης εκτός από την περίπτωση της βαθμίδας +1 όπου το 38,5% των τιμών που υπολογίστηκαν +1 αντιστοιχούν σε ουδέτερη θερμική ψήφο και το 34,9% αντιστοιχούν σε 'ελαφριά ζέστη'.

Οι δείκτες που εκτιμούν την δυσφορία σε θερμό περιβάλλον DI, ESI, $ESI_{modified}$, T_{app} κατατάσσουν πάνω από το 37% των τιμών τους στην σωστή κατηγορία θερμικής αίσθησης. Ο T_{app} παρουσιάζει αδυναμία πρόβλεψης της κατηγορίας +3, ενώ οι DI, ESI, $ESI_{modified}$ προβλέπουν ικανοποιητικά και τις ακραίες τιμές της κλίμακας (+2, +3) και ιδιαίτερα ο $ESI_{modified}$, ο οποίος έχει και το μεγαλύτερο στατιστικό Gamma (Πίνακας 6.4) καθώς και ποσοστό σωστών προβλέψεων σε σχέση με τους DI, ESI. Οι HSI, HU εμφανίζουν μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας ανά κατηγορία θερμικής αίσθησης με εξαίρεση την κατηγορία +3 στην περίπτωση του HSI. Λαμβάνοντας υπόψη όμως τον μικρό συντελεστή συσχέτισης και στατιστικό Gamma (Πίνακας 6.4) του HSI, το γεγονός ότι και οι δύο δείκτες HSI, HU υπερεκτιμούν την θερμική αίσθηση στην ακραία κατηγορία (από τις προβλεπόμενες

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5. Τυπική απόκλιση σωστών προβλέψεων επιλεγμένων δεικτών ανά κατηγορία θερμικής αίσθησης

Δείκτες	**Τυπική απόκλιση**	**Δείκτες**	**Τυπική απόκλιση**
ASV_{Europe}	26,6	PMV_G	17,2
DI	5,3	STI	31,3
ESI	5,9	PhS	31,1
$ESI_{modified}$	13,1	T_{app}	21,0
HL	22,7	T_{eq}	23,4
HSI	15,0	UTCI	23,5
HU	11,8	Εμπεριστατωμένο μοντέλο	15,0
PET	15,4	Εμπειρικό μοντέλο	17,8
PET_{med}	14,2		



Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (ASV)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0		0,0	0,0
-2	0,0	**0,0**		0,0		0,0	0,0
-1							
0	29,4	38,2		**32,0**		0,4	0,0
1							
2	1,6	3,7		65,0		**20,6**	9,1
3	0,0	0,0		15,3		28,6	**56,1**

(α)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (ASV_{Europe})

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0		0,0	0,0
-2	15,8	**24,3**		59,1		0,4	0,4
-1							
0	0,3	1,6		**63,6**		22,1	12,3
1							
2	0,0	0,0		28,4		**34,5**	37,1
3	0,0	0,0		0,0		0,0	**0,0**

(β)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Δείκτης Περιβαλλοντικού Στρες (ESI)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	1,5	11,9	**47,8**	30,6	7,5	0,7
1	0,0	0,0	5,7	34,3	**38,1**	18,9	3,0
2	0,0	0,2	2,2	9,4	23,2	**41,0**	24,0
3	0,0	0,0	0,4	5,6	6,4	36,8	**50,8**

(γ)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Δείκτης Δισφορίας (DI)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	2,5	13,8	**45,0**	30,0	8,8	0,0
1	0,0	0,0	6,3	38,7	**38,3**	14,3	2,3
2	0,0	0,2	3,6	16,6	27,0	**37,3**	15,3
3	0,0	0,0	0,3	5,1	9,9	36,5	**48,2**

(δ)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Τροποποιημένος Δείκτης Περιβαλλοντικού Στρες ($ESI_{modified}$)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	1,1	11,5	**46,7**	33,0	7,1	0,5
1	0,0	0,0	4,6	32,9	**37,8**	21,0	3,7
2	0,0	0,2	1,8	7,3	18,0	**42,2**	30,5
3	0,0	0,0	0,0	5,0	2,5	25,0	**67,5**

(ε)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Δείκτης Θερμικού Στρες (HSI)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	12,2		**47,3**	39,2		1,4
1							
2	0,0	4,1		22,7	**56,3**		17,0
3	0,0	3,2		15,3	54,4		**27,1**

(στ)

Θερμικό Φορτίο (HL) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0	0,0		0,0
-2	11,8	**54,8**		21,2	12,1		0,0
-1							
0	0,7	25,5		**34,0**	36,6		3,1
1	0,0	4,0		28,8	**55,1**		12,0
2							
3	0,0	2,5		11,8	56,7		**29,0**

(ζ)

Humidex (HU) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	12,0		**46,3**	41,3		0,4
1	0,0	3,1		15,4	**66,9**		14,6
2							
3	0,0	0,6		5,8	47,1		**46,5**

(η)

Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**24,7**	37,0	30,5	5,8	1,9	0,0	0,0
-2	0,0	**0,0**	55,6	22,2	22,2	0,0	0,0
-1	1,1	6,4	**41,0**	35,3	14,5	1,4	0,4
0	0,5	1,0	15,6	**38,5**	34,6	8,8	1,0
1	0,0	0,0	7,3	41,9	**32,5**	15,4	3,0
2	0,0	0,2	2,3	12,7	27,7	**37,0**	20,1
3	0,0	0,0	0,0	6,9	11,2	35,8	**46,2**

(θ)

Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET-Μεσογειακή κλίμακα) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**24,1**	36,1	31,0	5,7	3,2	0,0	0,0
-2	0,0	**3,0**	47,4	36,8	11,3	0,8	0,8
-1	2,0	4,7	**36,7**	31,6	19,4	3,1	0,0
0	0,0	0,6	9,9	**42,9**	35,1	9,3	2,1
1	0,0	0,0	4,0	28,0	**36,0**	32,0	0,0
2	0,0	0,2	3,3	18,3	29,6	**35,0**	13,6
3	0,0	0,0	0,3	5,9	13,2	36,8	**43,8**

(ι)

Φυσιολογική Ένταση/Καταπόνηση (PhS) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

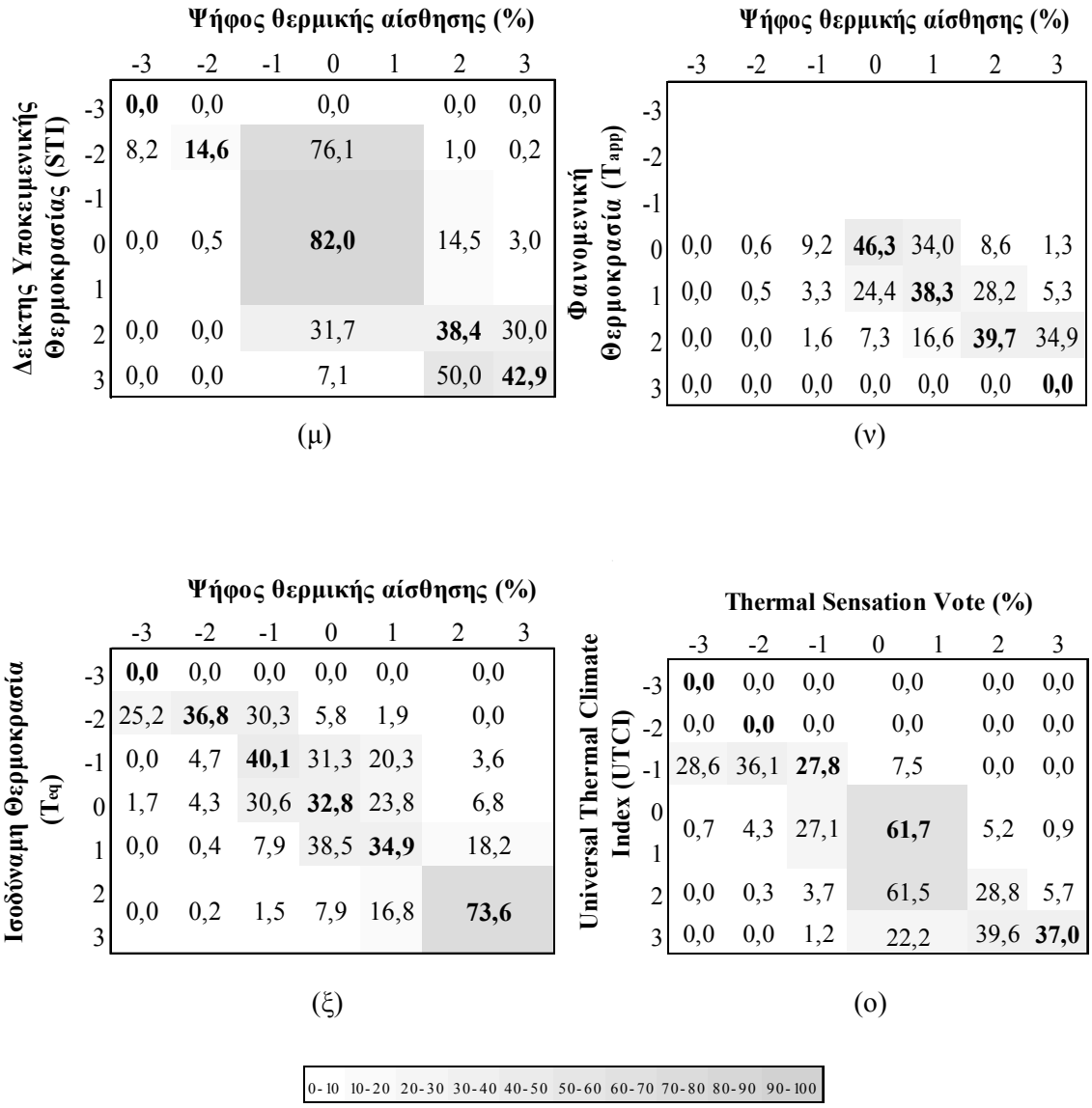
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**14,7**	25,0		60,3		0,0	0,0
-2	9,9	**14,2**		71,9		3,0	1,0
-1							
0	0,8	4,9		**87,9**		6,3	0,0
1							
2	0,0	0,0		76,2		**20,1**	3,7
3	0,0	0,0		33,0		36,7	**30,3**

(κ)

Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV_G) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	21,4	**42,9**	25,0	10,7	0,0	0,0	0,0
-1	13,9	18,9	**37,2**	18,9	11,1	0,0	0,0
0	2,6	6,6	28,9	**35,2**	20,8	5,3	0,7
1	0,0	0,3	5,5	33,8	**35,4**	19,5	5,5
2	0,0	0,0	2,2	7,2	22,1	**42,3**	26,2
3	0,0	0,0	0,0	7,3	6,7	30,0	**56,0**

(λ)



ΣΧΗΜΑ 6.2. Ποσοστό προβλεπόμενων τιμών ανά κατηγορία της κλίμακας των δεικτών και ανά κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης (ο πίνακας διαβάζεται ανά γραμμή – το άθροισμα ανά γραμμή ισούται με 100%)

τιμές του HU στην κατηγορία +3, το 47,1% αντιστοιχεί σε ψήφο +1, +2 και το 46,5% ψήφο +3), καθώς επίσης το γεγονός ότι έχουν συγχωνευτεί οι κατηγορίες +1, +2, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι από τους δείκτες DI, ESI, $ESI_{modified}$, HSI, HU η θερμική αίσθηση προβλέπεται με μεγαλύτερη επιτυχία από τον $ESI_{modified}$.

Από τους πίνακες συνάφειας των θερμο-φυσιολογικών δεικτών STI και UTCI παρατηρούμε ότι ο STI αναπαράγει την ψήφο θερμικής αίσθησης από -2 έως +3 ενώ

ο UTCI από -1 έως +3 καθώς επίσης προβλέπει με μεγαλύτερη επιτυχία την θερμική αίσθηση στο θετικό τμήμα της κλίμακας. Παρόλα αυτά ο STI παρουσιάζει μεγαλύτερη τυπική απόκλιση (31,3) στα ποσοστά σωστών προβλέψεων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου (διαγώνιες τιμές) σε σχέση με τον UTCI (23,5) (Πίνακας 6.5) δείχνοντας ότι ο UTCI έχει περισσότερο παρόμοια συμπεριφορά σε όλες τις κατηγορίες σε σχέση με τον STI.

Επιπλέον δημιουργήθηκαν οι πίνακες συνάφειας των δεικτών PET, PET_{med}, PhS, PMV_G παρόλο που το ποσοστό σωστών προβλέψεών τους (Πίνακας 6.5) ήταν μικρότερο του 40%, λόγω του ιδιαίτερου ενδιαφέροντος που παρουσιάζουν εξαιτίας

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6. Κατάταξη βιοκλιματικών δεικτών σε σχέση με την εφαρμοσιμότητά τους στο Μεσογειακό κλίμα

Δείκτης	Κανονικοποιημένες Τιμές			Συνολικά	Δείκτης	Κανονικοποιημένες Τιμές			Συνολικά
	Συντελεστές		Ποσοστό σωστών προβλέψεων (%)			Συντελεστές		Ποσοστό σωστών προβλέψεων (%)	
	Spearman	Gamma				Spearman	Gamma		
STI	1,00	1,00	0,73	2,73	**HL**	0,85	0,81	0,69	2,35
UTCI	0,99	0,97	0,77	2,73	**PT**	0,95	0,84	0,56	2,35
ASV_{Europe}	0,91	0,87	0,93	2,71	**$ESI_{modified}$**[1]	0,81	0,78	0,75	2,34
T_{eq}	0,94	0,87	0,87	2,67	**ET**[2]	1,00	0,87	0,44	2,31
HU[1]	0,78	0,78	1,00	2,57	**ESI**[1]	0,81	0,75	0,74	2,30
OpT[2]	1,00	0,88	0,68	2,56	**T_{app}**[1]	0,78	0,80	0,71	2,30
PhS	0,95	0,95	0,66	2,55	**TS_{sa}**	0,90	0,81	0,58	2,29
CET	0,97	0,88	0,65	2,51	**PMV_{solar}**	0,94	0,84	0,50	2,27
ET	0,99	0,88	0,64	2,51	**RSI_{ndex}**[1]	0,80	0,78	0,66	2,24
NET	0,97	0,86	0,68	2,51	**DI**[1]	0,78	0,73	0,71	2,22
TS	0,97	0,87	0,67	2,51	**HI**[1]	0,80	0,74	0,69	2,22
EqW	1,00	0,90	0,60	2,50	**CET**[2]	0,97	0,92	0,27	2,17
ET_{ASHRAE}[2]	1,00	0,88	0,61	2,49	**DISC**	0,84	0,74	0,59	2,16
PMV_G	0,96	0,85	0,68	2,49	**WBGT**[1]	0,90	0,79	0,47	2,16
TEP	0,99	0,87	0,63	2,48	**$WBGT_{outdoor}$**[1]	0,88	0,67	0,60	2,15
tsp	0,99	0,91	0,57	2,47	**OUT_SET**[1]	0,78	0,78	0,57	2,14
PET	0,96	0,85	0,64	2,45	**SET_{ASHRAE}**[2]	0,85	0,79	0,50	2,14
PET[3]	0,96	0,86	0,61	2,43	**OUT_SET**[1,2]	0,78	0,79	0,55	2,12
TSENS	0,95	0,88	0,60	2,43	**SET_{ASHRAE}**	0,85	0,80	0,45	2,10
ITS	0,90	0,85	0,66	2,40	**TSI**	1,00	0,90	0,17	2,08
CP	0,97	0,93	0,48	2,39	**DI_{ndex}**[1]	0,78	0,78	0,49	2,05
ET_{ASHRAE}	1,00	0,90	0,49	2,39	**MDI**[1]	0,78	0,79	0,39	1,97
OT[2]	1,00	0,88	0,50	2,38	**COMFA**	0,78	0,67	0,47	1,93
PMV	0,95	0,84	0,57	2,36	**HSI_{ASHRAE}**[1]	0,59	0,51	0,52	1,62
ASV	0,97	0,95	0,43	2,35	**HSI**[1]	0,32	0,36	0,74	1,42

[1] δείκτες θερμών κλιμάτων

[2] κλίμακα Monteiro and Alucci (2006)

3 κλίμακα Μεσογειακού κλίματος (Cohen et al. 2013)

της ευρείας χρήσης τους και του θερμο-φυσιολογικού τους χαρακτήρα. Οι δείκτες PhS και ο PET_{med} (χρησιμοποιώντας την κλίμακα για το Μεσογειακό κλίμα), αναπαράγουν τιμές σε όλη την κλίμακα θερμικής αίσθησης σε συμφωνία με την ψήφο θερμικής αίσθησης και σε αντίθεση με τους δείκτες που έχουμε αναφέρει μέχρι τώρα οι οποίοι δεν αναπαρήγαγαν την κατηγορία -3. Παρόλα αυτά παρουσιάζουν μικρότερα ποσοστά επιτυχών προβλέψεων σε σχέση με τους PET, PMV_G.

Για να έχουμε ένα αντικειμενικό μέτρο σύγκρισης των δεικτών, οι συντελεστές συσχέτισης και το ποσοστό των σωστών προβλέψεων των δεικτών κανονικοποιήθηκαν. Ως τιμή αναφοράς ορίστηκε η μέγιστη τιμή ανά κριτήριο. Από το άθροισμα των τριών κανονικοποιημένων τιμών προέκυψε ένας δείκτης βάσει του οποίου μπορούμε να συγκρίνουμε τους βιοκλιματικούς δείκτες και να τους κατατάξουμε σε σχέση με την εφαρμοσιμότητά τους (Πίνακας 6.6). Σύμφωνα με τον Πίνακα 6.6 όπου παρουσιάζονται οι δείκτες σε σειρά κατάταξης διαπιστώνουμε ότι η ψήφος θερμικής αίσθησης προβλέπεται με μεγαλύτερη επιτυχία από τους θερμο-φυσιολογικούς δείκτες STI και UTCI ενώ αρκετά καλή πρόβλεψη της θερμικής αίσθησης παρουσιάζουν και πιο απλοί δείκτες όπως ASV_{Europe}, T_{eq} και HU.

6.4.3. Σύγκριση προβλεπόμενων τιμών από τους βιοκλιματικούς δείκτες με τις αντίστοιχες του εμπεριστατωμένου και εμπειρικού μοντέλου

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το ποσοστό των σωστών προβλέψεων από το Εμπεριστατωμένο μοντέλο και το Εμπειρικό μοντέλο ήταν 45,1% και 44,7% αντίστοιχα, ενώ το στατιστικό Gamma βρέθηκε 0,82, θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι οι δείκτες UTCI και STI προβλέπουν ικανοποιητικά την ψήφο θερμικής αίσθησης. Παρόμοιο συμπέρασμα προκύπτει και για τον δείκτη ASV_{Europe} ο οποίος πλεονεκτεί στο ότι μπορεί να υπολογιστεί πολύ εύκολα. Αν συγκρίνουμε όμως τους πίνακες συνάφειας (Σχήματα 5.3(β), 5.4(γ) και Σχήμα 6.2(λ), (ξ)) θα παρατηρήσουμε ότι οι προβλεπόμενες τιμές των δεικτών παρουσιάζουν αρκετά μεγάλη απόκλιση από τις πραγματικές στην περίπτωση των ακραίων τιμών και ιδιαίτερα στο αρνητικό τμήμα της κλίμακας με αποτέλεσμα να κρίνεται απαραίτητη η βαθμονόμησή τους για την εφαρμογή τους σε Μεσογειακό κλίμα.

6.5. Σύνοψη και Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο μελετήθηκε η εφαρμοσιμότητα βιοκλιματικών δεικτών που χρησιμοποιούνται ευρέως από την επιστημονική κοινότητα σε Μεσογειακό κλίμα και παρουσιάστηκε ο δείκτης που προσομοιώνει με μεγαλύτερη επιτυχία την θερμική αίσθηση του πληθυσμού βάσει τριών στατιστικών και ενός ποιοτικού κριτηρίου. Τα δύο κριτήρια σχετίζονται με την ευαισθησία του δείκτη να μεταβάλλεται με την μεταβολή της ψήφου θερμικής αίσθησης, ενώ το τρίτο και το τέταρτο κριτήριο σχετίζονται με το ποσοστό επιτυχών προβλέψεων και την κατανομή τους στις βαθμίδες της κλίμακας θερμικής αίσθησης.

Η ανάλυση των υπολογιζόμενων τιμών των βιοκλιματικών δεικτών έδειξε αρκετά σημαντική διακύμανση της προβλεπόμενης θερμικής αίσθησης μεταξύ των δεικτών σε σχέση με την πραγματική εκτός από την περίπτωση της ουδέτερης βαθμίδας, πιθανόν λόγω του μεγάλου εύρους των θερμικών συνθηκών στις οποίες οι ερωτηθέντες δήλωσαν τις κεντρικές κατηγορίες της κλίμακας θερμικής αίσθησης. Το μέτρο συσχέτισης της τάξης των δεικτών με την ψήφο θερμικής αίσθησης ήταν μεγαλύτερο από τον συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της τιμή των δεικτών και της ψήφου, δείχνοντας ισχυρή συσχέτιση (μέση τιμή 0,75) ενώ παρατηρήθηκαν δείκτες με μέτρο συσχέτισης Gamma μεγαλύτερο του 0,85. Η πλειοψηφία των δεικτών προέβλεψε με επιτυχία περίπου το 35% των ψήφων θερμικής αίσθησης ενώ οι δείκτες που εφαρμόζονται σε θερμά κλίματα (οπότε οι προβλέψεις τους συγκρίθηκαν μόνο με τις ψήφους από ‘ουδέτερα έως ‘πολλή ζέστη’), DI, ESI, $ESI_{modified}$, HSI, HU, T_{app}, ο δείκτης ASV_{Europe}, ο οποίος προέκυψε από παρόμοια μελέτη που συμπεριλαμβανόταν και η Αθήνα καθώς και οι θερμο-φυσιολογικοί δείκτες STI και UTCI παρουσίασαν μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχών προβλέψεων (πάνω από 40%).

Το ποσοστό επιτυχών προβλέψεων των δεικτών θα μπορούσε να θεωρηθεί σχετικά χαμηλό, που όμως μπορεί να δικαιολογηθεί από το ότι κάποιοι δείκτες έχουν δημιουργηθεί για εσωτερικούς χώρους, αρκετοί αναπτύχθηκαν ή αξιολογήθηκαν σε διαφορετικές κλιματικές ζώνες καθώς από το ότι δεν λαμβάνουν υπόψη ψυχολογικούς παράγοντες. Χαμηλό ποσοστό παρατηρήθηκε επίσης στην περίπτωση του δείκτη ASV παρόλο που δημιουργήθηκε από παρόμοια μελέτη με την παρούσα, για την περιοχή της Αθήνας και με παρόμοιες θερμοκρασιακές συνθήκες, υποδεικνύοντας την σημασία της κλίμακας θερμικής αίσθησης (5-βάθμιας αντί 7-βάθμιας) και της μεθόδου δημιουργίας του εμπειρικού δείκτη (γραμμική αντί διατακτική παλινδρόμηση).

Τα τέσσερα κριτήρια που τέθηκαν για την διερεύνηση της ικανότητας των δεικτών να προσομοιώσουν την ψήφο θερμικής αίσθησης κρίθηκαν ικανοποιητικά οδηγώντας σε σαφή αποτελέσματα. Λαμβάνοντας υπόψη την ευαισθησία των δεικτών στην μεταβολή της ψήφου θερμικής αίσθησης και το ποσοστό των επιτυχών προβλέψεων, προέκυψε ότι οι 3 δείκτες που μπορούν να προβλέψουν με μεγαλύτερη επιτυχία την ψήφο θερμικής αίσθησης σε Μεσογειακό κλίμα είναι οι STI, UTCI και ASV_{Europe}. Αξιοσημείωτη είναι η καλή απόδοση του ASV_{Europe} ο οποίος είναι ένας εμπειρικός δείκτης που υπολογίζεται εύκολα από μια γραμμική εξίσωση που όμως αποτυγχάνει να προβλέψει τις ακραίες κατηγορίες της κλίμακας θερμικής αίσθησης οπότε δεν μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής η εφαρμογή του σε Μεσογειακές κλιματικές ζώνες παρά μόνο για την προσομοίωση της 'ουδέτερης' βαθμίδας της κλίμακας. Επίσης η κατανομή συχνοτήτων των προβλεπόμενων με τις ψήφους θερμικής αίσθησης ανέδειξε την μειωμένη ικανότητα προσομοίωσης των δεικτών STI και UTCI στις ακραίες κατηγορίες της κλίμακας και ιδιαίτερα στο αρνητικό της τμήμα, γεγονός που πιθανόν οφείλεται στην προσαρμογή του οργανισμού και τους ψυχολογικούς παράγοντες.

Από την σύγκριση των δεικτών με το Εμπεριστατωμένο και Εμπειρικό μοντέλο πρόβλεψης της θερμικής αίσθησης προέκυψε ότι οι δείκτες STI και UTCI προβλέπουν με μεγαλύτερη επιτυχία την ψήφο θερμικής αίσθησης στις μεσαίες κατηγορίες της κλίμακας -1, 0, +1 ενώ παρατηρείται σημαντική απόκλιση στην περίπτωση των ακραίων βαθμίδων της κλίμακας.

Συμπεραίνουμε επομένως ότι κρίνεται αναγκαία η βαθμονόμηση των υπό μελέτη δεικτών για την εφαρμογή τους στο Μεσογειακό κλίμα ακόμα και στην περίπτωση των δεικτών STI και UTCI.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7
ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ

7.1. Εισαγωγή

Έχοντας μελετήσει την συμπεριφορά των διάφορων μοντέλων πρόβλεψης θερμικής αίσθησης σε Μεσογειακό περιβάλλον, το ερώτημα που τίθεται είναι αν μπορεί να βελτιωθεί το ποσοστό επιτυχών προβλέψεων των βιοκλιματικών δεικτών.

Έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες έρευνες με στόχο την βελτίωση των προβλέψεων από τα μοντέλα, αφού έχει αποδειχθεί ότι τα όρια θερμικής άνεσης του πληθυσμού αλλάζουν ανάλογα με την περιοχή τόσο σε εσωτερικό (de Dear et al. 1993; Chan et al. 1998; Hwang et al. 2006) όσο και σε εξωτερικό περιβάλλον (Spagnolo and de Dear 2003a; Nakano and Tanabe 2004; Nikolopoulou and Lykoudis 2006). Οι Monteiro και Alucci (2006b) βαθμονόμησαν ένα μεγάλο αριθμό δεικτών, για την μητροπολιτική περιοχή του Σαο Πάολο, ακολουθώντας επαναληπτική μέθοδο, αλλάζοντας δηλαδή τα όρια των δεικτών προσπαθώντας να μεγιστοποιήσουν την συσχέτιση μεταξύ των αποτελεσμάτων και των ψήφων θερμικής αίσθησης. Επίσης οι Lin και Matzarakis (2008) πρότειναν καινούργια κλίμακα για τον PET για την περίπτωση της Ταϊβάν με βάση την αποδοχή ή όχι (acceptability) του θερμικού περιβάλλοντος. Σύμφωνα με την μελέτη των Yang et al. (2012) η ίδια κλίμακα ισχύει για την Σιγκαπούρη και την Τσάνγκσα στην Κίνα.

Στην περίπτωση του Μεσογειακού κλίματος οι Tseliou et al. (2010) εξέτασαν τρεις βιομετεωρολογικούς δείκτες, DI, CP και PET, ως προς την ικανότητά τους να περιγράψουν την θερμική αίσθηση ενώ επιπλέον προσπάθησαν να προσαρμόσουν τους δείκτες αυτούς με βάση τη μέση κλιματική τιμή της θερμοκρασίας της περιοχής, χωρίς όμως να καταφέρουν αξιόλογη βελτίωση των προβλέψεων των δεικτών. Επιπλέον, οι Cohen et al. (2013), εφαρμόζοντας ANOVA test και διαχωριστική ανάλυση (discriminate analysis) βαθμονόμησαν την κλίμακα του PET και οι Pantavou et al. (2013b) εφαρμόζοντας την ίδια μέθοδο με τους Lin και Matzarakis (2008) συμπέραναν ότι οι τα όρια της κλίμακας του UTCI στο αρνητικό μέρος της κλίμακας θερμικής αίσθησης είναι χαμηλότερα σε σχέση με αυτά που εκτιμήθηκαν για την περίπτωση της Αθήνας.

Το παρόν κεφάλαιο έχει σαν στόχο την βαθμονόμηση των βιοκλιματικών δεικτών που μελετήθηκαν στο Κεφάλαιο 6, ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν με μεγαλύτερη επιτυχία σε εξωτερικούς αστικούς χώρους στην Αθήνα και γενικότερα στο πλαίσιο του Μεσογειακού κλίματος. Ταυτόχρονα πραγματοποιείται σύγκριση των τριών μεθόδων που εφαρμόστηκαν για την βαθμονόμησή τους.

7.2. Στοιχεία θεωρίας

Το μοντέλο probit είναι μια μορφή παλινδρόμησης η οποία προβλέπει την πιθανότητα αντίδρασης σε ένα ερέθισμα.

Δεδομένου ότι η πιθανότητα ενός γεγονότος κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1, η χρήση της γραμμικής παλινδρόμησης δεν είναι πρακτική, διότι επιτρέπει η εξαρτημένη μεταβλητή να λάβει τιμές μεγαλύτερες από 1 ή μικρότερες από 0. Το μοντέλο probit επεκτείνει το μοντέλο της γραμμικής παλινδρόμησης, συνδέοντας το εύρος των πραγματικών αριθμών στο εύρος 0 - 1.

Έστω μία συνεχής μεταβλητή Z η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως η ‘τάση’ να συμβεί ένα γεγονός όπως π.χ. η τάση να αλλάξει κατηγορία η ψήφος θερμικής αίσθησης. Η μαθηματική σχέση του Z και της πιθανότητας αντίδρασης είναι:

$$p(i)=c+(1-c)\cdot F(z_i) \tag{7.1}$$

όπου p(i) είναι η πιθανότητα να συμβεί η i περίπτωση, c είναι το φυσικό ποσοστό αντίδρασης δηλαδή η πιθανότητα εμφάνισης αντίδρασης χωρίς την ύπαρξη ερεθίσματος, z_i είναι η τιμή της συνεχούς μη παρατηρούμενης μεταβλητής για την i περίπτωση, F η συνάρτηση σύνδεσης η οποία μετατρέπει την μεταβλητή Z στην κλίμακα 0 - 1, υποθέτει ότι η Z ακολουθεί κανονική κατανομή και δίνεται από την σχέση:

$$F(Z)=\Phi^{-1}(Z) \tag{7.2}$$

όπου Φ^{-1} είναι η αντίστροφη τυπική κανονική κατανομή.

Γενικά τα μοντέλα Logit και Probit δίνουν παρόμοια αποτελέσματα διαφέροντας συνήθως στα άκρα της κατανομής και παρέχοντας καλύτερα αποτελέσματα κοντά στην μέση τάση (median potency) δηλαδή κοντά στην 50% πιθανότητα αντίδρασης (SPSS Tutorial).

Η ανάλυση Probit (ανάλυση πιθανοτήτων) εφαρμόζεται στην περίπτωση που η εξαρτημένη μεταβλητή έχει δύο επίπεδα. Στην περίπτωση της θερμικής αίσθησης οι

ψήφοι θα μπορούσαν να χωριστούν σε δύο ομάδες με τον εξής τρόπο, π.χ. 'ουδέτερα ή ζεστά' (ψήφοι 0, 1, 2, 3) και 'κρύα' (ψήφοι -3, -2, -1). Οπότε αν υποθέσουμε ότι P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6 και P_7 είναι τα ποσοστά των ψήφων -3, -2, -1, 0, +1, +2, και +3 αντίστοιχα σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, τότε η ανάλυση probit μπορεί να εφαρμοστεί χωρίζοντας την θερμική αίσθηση κάθε φορά σε δύο ομάδες, με έξι διαφορετικούς τρόπους:

1. P_1	και	$P_2+ P_3+ P_4+ P_5+ P_6+ P_7$
2. $P_1+ P_2$	και	$P_3+ P_4+ P_5+ P_6+ P_7$
3. $P_1+ P_2+ P_3$	και	$P_4+ P_5+ P_6+ P_7$
4. $P_1+ P_2+ P_3+ P_4$	και	$P_5+ P_6+ P_7$
5. $P_1+ P_2+ P_3+ P_4+ P_5$	και	$P_6+ P_7$
6. $P_1+ P_2+ P_3+ P_4+ P_5+ P_6$	και	P_7

Επομένως εφαρμόζοντας την ανάλυση probit στα δεδομένα της ψήφου θερμικής αίσθησης θα πάρουμε έξι σιγμοειδής καμπύλες από τις οποίες μπορούμε να υπολογίσουμε το ποσοστό των ανθρώπων που θα άλλαζαν την ψήφο τους, σύμφωνα με το προηγούμενο παράδειγμα από 'κρύα' σε 'ουδέτερα ή ζεστά' (Ballantyne et al. 1977). Οι καμπύλες αυτές δεν θα πρέπει να τέμνονται. Στην περίπτωση που συμβαίνει το αντίθετο είναι ένδειξη ότι δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός μεταξύ των κατηγοριών που ορίζονται από την καμπύλη η οποία τέμνει τις υπόλοιπες.

7.3. Δεδομένα-Μεθοδολογία

7.3.1. Στατιστική ανάλυση

Στην προσπάθεια να βρεθεί η καταλληλότερη μέθοδος βαθμονόμησης των βιοκλιματικών δεικτών εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές μέθοδοι, η πιο κοινά χρησιμοποιούμενη γραμμική (linear) παλινδρόμηση, η πολυωνυμική $3^{ου}$ βαθμού (κυβική - cubic) παλινδρόμηση, η οποία έχει την δυνατότητα να προσομοιώσει με μεγαλύτερη ακρίβεια την παρατηρούμενη συμπεριφορά της θερμικής αίσθησης (σιγμοειδής καμπύλη) και η ανάλυση probit. Στην περίπτωση της γραμμικής και της πολυωνυμικής παλινδρόμησης θεωρήθηκε ως ανεξάρτητη μεταβλητή η ψήφος θερμικής αίσθησης και ως εξαρτημένη ο δείκτης, ενώ τα νέα όρια της κλίμακας των δεικτών, προέκυψαν θέτοντας στην εξίσωση της παλινδρόμησης τις τιμές ±0,5, ±1,5,

±2,5 και υπολογίζοντας τις αντίστοιχες τιμές του δείκτη. Στην ανάλυση probit θεωρώντας ως μεταβλητή απόκρισης τη ψήφο θερμικής άνεσης υπολογίστηκαν οι τιμές των δεικτών στις οποίες το 50% των ερωτηθέντων ήταν στο μεταίχμιο να μεταβούν στην επόμενη βαθμίδα θερμικής αίσθησης π.χ. από +1 στο +2. Ως ερέθισμα για αυτήν την μετάβαση χρησιμοποιήθηκαν ομαδοποιημένες τιμές των δεικτών. Ο κώδικας που παρήγαγε τα αποτελέσματα της ανάλυσης πιθανοτήτων βρίσκεται στο Παράρτημα Δ.

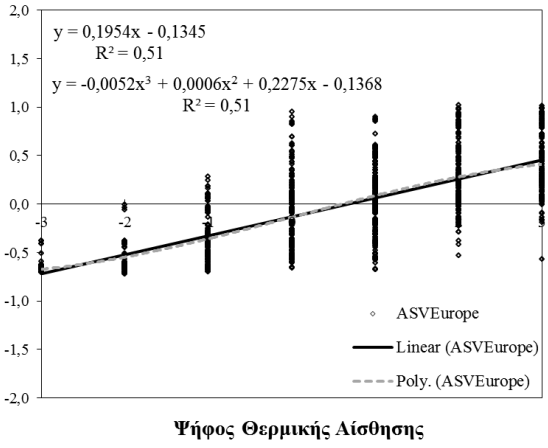
Στην συνέχεια, προκειμένου να αξιολογηθεί η εφαρμογή των βιοκλιματικών δεικτών με βάση τις βαθμονομημένες κλίμακες υπολογίστηκαν εκ νέου ο βαθμός συσχέτισης της τάξης του δείκτη με την ψήφο θερμικής αίσθησης και το ποσοστό των σωστών προβλέψεων σύμφωνα με το $2^{ο}$ και $3^{ο}$ κριτήριο που τέθηκαν στο Κεφάλαιο 6 (Παράγραφος 6.3.4) ενώ δημιουργήθηκαν και οι νέοι πίνακες συνάφειας ($4^{ο}$ κριτήριο). Οι συντελεστές συσχέτισης της τιμής των δεικτών με την ψήφο θερμικής αίσθησης ($1^{ο}$ κριτήριο) παρέμειναν ίδιοι με εκείνους που παρουσιάστηκαν στον Πίνακα 6.4.

7.4. Αποτελέσματα

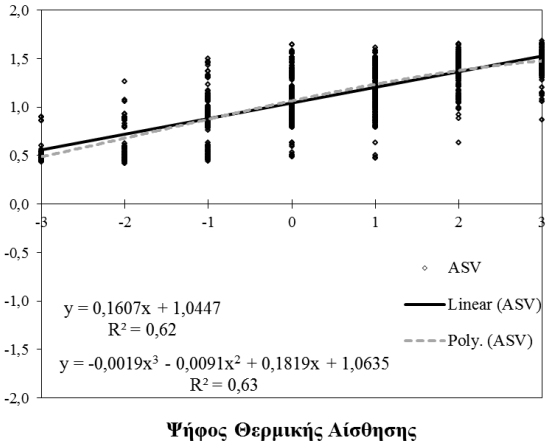
Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης της κλίμακας των βιοκλιματικών δεικτών που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης. Οι δείκτες που σύμφωνα με την μέθοδο που εφαρμόστηκε στο Κεφάλαιο 6 έδωσαν μη στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα εξαιρέθηκαν από την διαδικασία της βαθμονόμησης. Εξαιτίας του σχετικά μεγάλου πλήθους των υπό μελέτη δεικτών, στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα της βαθμονόμησης ενός μικρού αριθμού δεικτών. Η επιλογή τους έγινε με βάση την ικανότητά τους να προβλέπουν την ψήφο θερμικής αίσθησης σύμφωνα με την μέθοδο που ακολουθήθηκε στο παρόν κεφάλαιο και την διαδεδομένη χρήση τους. Τα διαγράμματα βαθμονόμησης που παρουσιάζουν τις βαθμονομημένες κλίμακες του συνόλου των δεικτών παρατίθενται στα Παραρτήματα Ε και ΣΤ.

7.4.1. Γραμμική και Πολυωνυμική Παλινδρόμηση

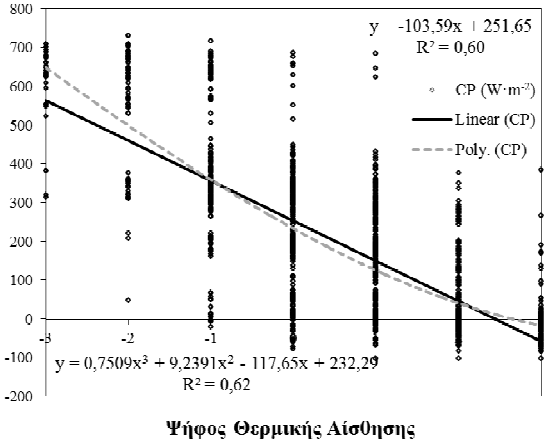
Στο Σχήμα 7.1 απεικονίζεται η ψήφος θερμικής αίσθησης συναρτήσει επιλεγμένων βιοκλιματικών δεικτών σε αλφαβητική κατάταξη ενώ στους Πίνακες 7.1


y = 0,1954x - 0,1345
R² = 0,51
y = -0,0052x³ + 0,0006x² + 0,2275x - 0,1368
R² = 0,51
ASVEurope
Linear (ASVEurope)
Poly. (ASVEurope)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

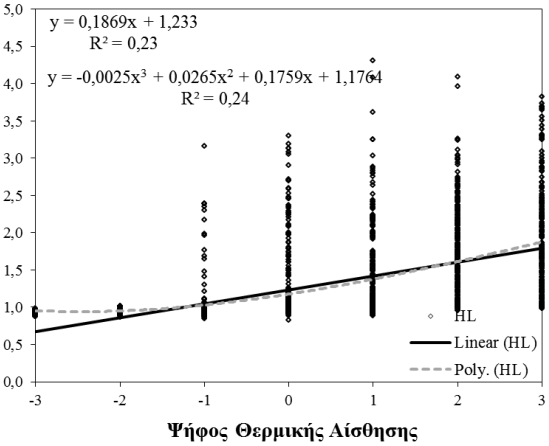
(α)


y = 0,1607x + 1,0447
R² = 0,62
y = -0,0019x³ - 0,0091x² + 0,1819x + 1,0635
R² = 0,63
ASV
Linear (ASV)
Poly. (ASV)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

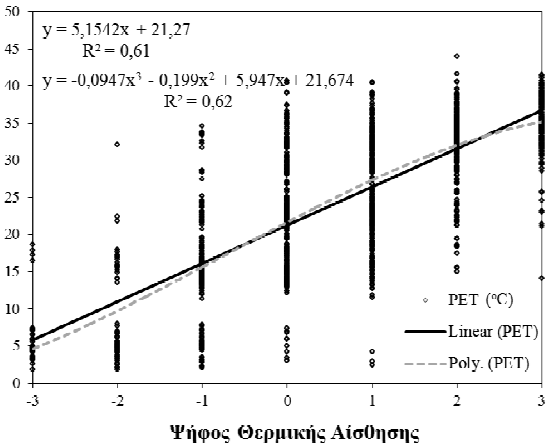
(β)


y = -103,59x + 251,65
R² = 0,60
y = 0,7509x³ + 9,2391x² - 117,65x + 232,29
R² = 0,62
CP (W·m⁻²)
Linear (CP)
Poly. (CP)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

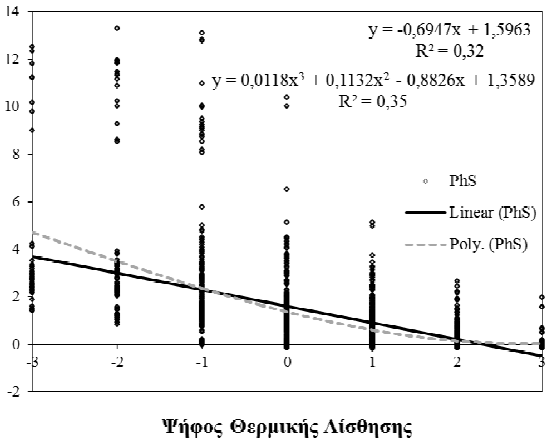
(γ)


y = 0,1869x + 1,233
R² = 0,23
y = -0,0025x³ + 0,0265x² + 0,1759x + 1,1764
R² = 0,24
HL
Linear (HL)
Poly. (HL)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

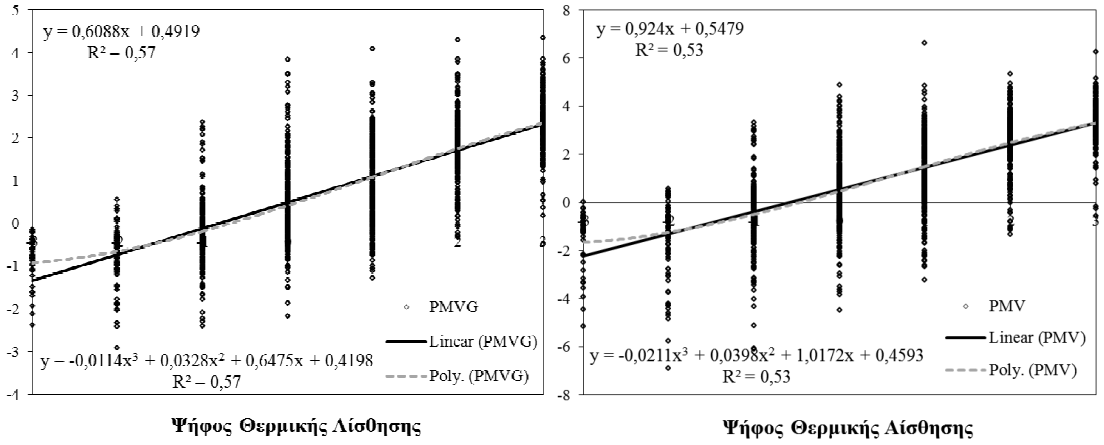
(δ)


y = 5,1542x + 21,27
R² = 0,61
y = -0,0947x³ - 0,199x² + 5,947x + 21,674
R² = 0,62
PET (°C)
Linear (PET)
Poly. (PET)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

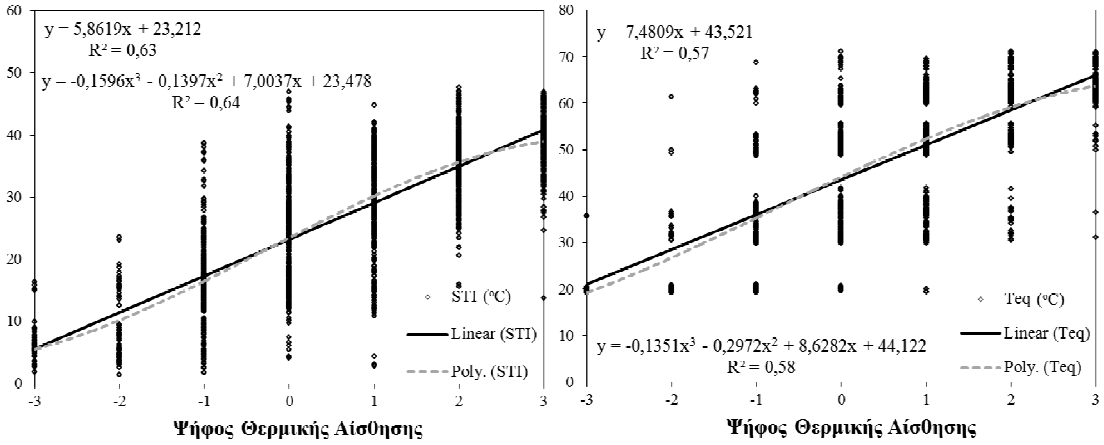
(ε)


y = -0,6947x + 1,5963
R² = 0,32
y = 0,0118x³ + 0,1132x² - 0,8826x + 1,3589
R² = 0,35
PhS
Linear (PhS)
Poly. (PhS)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

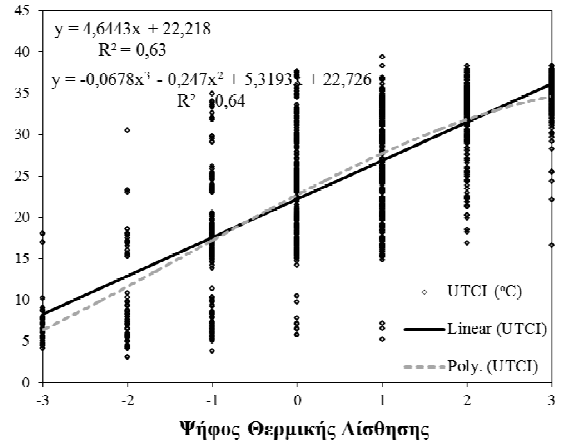
(στ)



(ζ) (η)



(θ) (ι)



(κ)

ΣΧΗΜΑ 7.1. Βιοκλιματικοί δείκτες συναρτήσει της ψήφου θερμικής αίσθησης

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες των δεικτών Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (ASV και ASV_{Europe}) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα					
		Γραμμική Παλινδρόμηση		Κυβική Παλινδρόμηση		Ανάλυση Πιθανοτήτων	
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	ASV (Nikolopoulou 2004)	ASV	ASV_{Europe}	ASV	ASV_{Europe}	ASV	ASV_{Europe}
-3	<-1,5	<0,64	<-0,62	<0,58	<-0,62	<0,36	<-1,08
-2	-1,5 - -0,5	0,64 - 0,79	-0,62 - -0,42	0,58 - 0,78	-0,62 - -0,46	0,36 - 0,53	1,08 - -0,82
-1		0,80 - 0,96	-0,43 - -0,22	0,79 - 0,97	-0,47 - 0,25	0,54 - 0,84	-0,83 - -0,45
0	-0,5 - 0,5	0,97 - 1,12	-0,23 - -0,03	0,98 - 1,15	-0,26 - -0,02	0,85 - 1,12	-0,46 - -0,08
1		1,13 - 1,28	-0,04 - 0,15	1,15 - 1,31	-0,03 - 0,19	1,13 - 1,34	-0,09 - 0,23
2	+0,5 - +1,5	1,29 - 1,44	0,16 - 0,34	1,32 - 1,43	0,20 - 0,35	1,35 - 1,58	0,24 - 0,61
3	>+1,5	≥1,45	≥0,35	≥1,43	≥0,36	≥ 1,59	≥0,62

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Διορθωμένη Αποτελεσματική Θερμοκρασία (CET) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	CET (°C) (Monteiro and Alucci 2006a)	CET (°C)		
-3	<8	<11,6	<10,2	<7,03
-2	8-15	11,6 - 14,0	10,2 - 13,5	7,03 - 9,96
-1	15-21	14,1 - 16,4	13,6 - 16,7	9,97 - 14,92
0	21-29	16,5 - 18,8	16,8 - 19,6	14,93 - 19,13
1	29-35	18,9 - 21,3	19,7 - 21,9	19,14 - 22,41
2	35-42	21,4 - 23,7	22,0 -23,3	22,42 - 25,91
3	>42	≥23,8	≥23,4	≥25,92

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Εξίσωση Άνεσης (COMFA) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	COMFA ($W \cdot m^{-2}$) (Harlan et al. 2006)	COMFA ($W \cdot m^{-2}$)		
-3	≤-201	<-107	<-108	<-311,0
-2	-200 - -121	-107 - -71	-108 - -75	-311,0 - -231,1
-1	-120 - -51	-70 - -38	-76 - -38	-231,2 - -117,0
0	-50 - +50	-37 - -3	-39 - -2	-117,1 - -6,8
1	+51 - +120	-2 - 32	-1 - 35	-6,9 - 85,3
2	+121 - +200	33 - 66	36 - 65	85,4 - 195,8
3	≥+201	≥67	≥66	≥195,9

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Ψυκτική Ισχύς (CP) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	CP ($W \cdot m^{-2}$) (Besancenot 1978)	CP ($W \cdot m^{-2}$)		
-3	≥1050	>511	>596	>725,3
-2	1049-700	511 - 408	596 - 432	725,3 - 587,7
-1		407 - 304	431 - 294	587,6 - 381,4
0	699-350	303 - 201	293 - 176	381,3 - 193,9
1	349-175	200 - 97	175 - 74	193,8 - 53,2
2		96 - -7	73 - -16	53,1 - -99,2
3	174 - 0	<-7	<-16	<-99,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.5. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες των Δεικτών Δυσφορίας (DI, DIndex και MDI) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα								
		Γραμμική Παλινδρόμηση			Κυβική Παλινδρόμηση			Ανάλυση Πιθανοτήτων		
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	DI (°C) (Giles et al. 1990)	DI (°C)	DI_{Index} (°C)	MDI (°C)	DI (°C)	DI_{Index} (°C)	MDI (°C)	DI (°C)	DI_{Index} (°C)	MDI (°C)
0	<21	<24,1	<25,8	<28,9	<23,4	<25,3	<28,0	<22,02	<23,99	<24,31
1	21-24	24,2 - 25,4	25,9 - 27,0	29,0 - 31,0	23,4 - 25,1	25,3 - 26,9	28,0 - 30,8	22,03 - 25,27	24,00 - 27,07	24,32 - 30,90
2	24-27	25,5 - 26,7	27,0 - 28,2	31,1 - 33,1	25,2 - 27 0	27,0 - 28,6	30,9 - 33,7	25,28 - 29,07	27,08 - 30,70	30,91 - 39,96
	27-29									
3	29-32	>26,7	>28,2	>33,1	>27,0	>28,6	>33,7	≥29,08	≥30,71	≥39,97
	>32									

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες των δεικτών Θερμική Δυσφορία (DISC) Θερμική Αίσθηση (TSENS) και Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV_{solar}) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα								
		Γραμμική Παλινδρόμηση			Κυβική Παλινδρόμηση			Ανάλυση Πιθανοτήτων		
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	DISC/TSENS/PMV_{solar} (Doherty and Arens 1988, Parsons 2003)	DISC	TSENS	PMVsolar	DISC	TSENS	PMVsolar	DISC	TSENS	PMVsolar
	-5									
-3	-4	<-0,44	<-0,56	<-1,86	<-0,32	<-0,34	<-1,55	<-2,27	<-1,33	<-4,35
	-3									
-2	-2	0,44 - 0,05	-0,56 - -0,13	-1,86 - -0,77	-0,32 - 0	-0,34 - -0,14	-1,55 - -0,94	-2,27 - -1,71	-1,33 - -0,86	-4,35 - -2,92
-1	-1	0,06 - 0,6	-0,14 - 0,29	-0,78 - 0,32	0,01 - 0,47	-0,14 - 0,21	-0,94 - 0,13	-1,72 - -0,27	-0,87 - 0,11	-2,93 - 0,81
0	0	0,7 - 1,1	0,30 - 0,71	0,33 - 1,41	0,48 - 1,04	0,21 - 0,65	0,14 - 1,42	0,28 - 0,87	0,12 - 0,61	0,82 - 1,21
1	1	1,2 - 1,6	0,71 - 1,12	1,42 - 2,50	1,05 - 1,59	0,65 - 1,13	1,43 - 2,68	0,88 - 1,91	0,62 - 1,29	1,22 - 3,02
2	2	1,6 - 2,1	1,12 - 1,54	2,51 - 3,59	1,60 - 2,07	1,14 - 1,59	2,69 - 3,66	1,92 - 3,14	1,30 - 2,08	3,03 - 5,12
	3									
3	4	>2,1	>1,54	>3,59	>2,07	>1,59	>3,66	>3,14	>2,08	>5,12
	5									

έως 7.28 παρουσιάζονται οι αντίστοιχες κλίμακες που προκύπτουν από τις εξισώσεις παλινδρόμησης για όλους τους υπό μελέτη δείκτες συγκριτικά με την αρχική τους κλίμακα.

Σε όλες τις περιπτώσεις προέκυψαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα ενώ επίσης θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως λογικά αφού παρατηρείται η αναμενόμενη μεταβολή του δείκτη συναρτήσει της ψήφου θερμικής αίσθησης. Από το Σχήμα 7.1 ο συντελεστής προσδιορισμού (R^2) κυμαίνεται από περίπου 0,30 έως 0,65 υποδεικνύοντας μέτρια συσχέτιση μεταξύ των δεικτών και της ψήφου θερμικής αίσθησης ενώ παρουσιάζεται ελαφρώς βελτιωμένος στην περίπτωση της πολυωνυμικής παλινδρόμησης σε σχέση με την γραμμική. Εξαίρεση αποτελούν οι δείκτες HSI_{ASHRAE} και HSI (Παράρτημα Ε) όπου το R^2 είναι αρκετά μικρότερο (0,06), δηλώνοντας έλλειψη συσχέτισης. Στις περιπτώσεις των ASV, CET, ET, ET_{ASHRAE}, EqW, NET, OT, OpT, PET, ST, STI, TEP, TS, tsp, UTCI το R^2 υπολογίστηκε μεγαλύτερο από 0,60.

Από τους Πίνακες 7.1 έως 7.28 παρατηρούμε σημαντικές διαφορές της βαθμονομημένης κλίμακας σε σχέση με την αρχική στην πλειοψηφία των δεικτών ενώ αντίθετα μικρές διαφορές παρατηρούνται μεταξύ των κλιμάκων που έχουν προκύψει από την γραμμική και την πολυωνυμική παλινδρόμηση. Πιο συγκεκριμένα οι βαθμονομημένες κλίμακες έχουν μικρότερο εύρος σε σχέση με τις αρχικές πιθανόν υποδεικνύοντας μικρότερο εύρος ανοχής των ερωτηθέντων. Σημαντικές διαφορές διαπιστώνονται στις αρνητικές βαθμίδες της κλίμακας της ψήφου θερμικής αίσθησης (-3, -2 και -1) όπου η βαθμονομημένη κλίμακα κυμαίνεται σε υψηλότερες τιμές. Το ίδιο συμπέρασμα προκύπτει και για τους δείκτες ASV_{Europe}, STI και UTCI (Πίνακες 7.1, 7.23. και 7.27) που σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 6 προβλέπουν με μεγαλύτερη επιτυχία την θερμική αίσθηση. Μεγαλύτερη συμφωνία με την αρχική κλίμακα παρατηρείται στην περίπτωση του δείκτη UTCI.

Επιπλέον, από την σύγκριση των κλιμάκων των δεικτών διαπιστώνεται ότι η βαθμίδα ‘ουδέτερα’ της βαθμονομημένης κλίμακας περιέχεται στην αρχική παρουσιάζοντας μικρή τάση μετατόπισης προς υψηλότερες τιμές, εκτός των δεικτών CET, STI και PT (Πίνακες 7.2, 7.23 και 7.19) στους οποίους παρουσιάζεται μετατόπιση προς χαμηλότερες τιμές της κλίμακας. Η βαθμίδα +3 στις βαθμονομημένες κλίμακες είναι σε χαμηλότερα επίπεδα από τις αντίστοιχες αρχικές με εξαίρεση τους δείκτες ET, MDI, PhS, PMV, PT, UTCI και WBGT (Πίνακες 7.8,

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.7. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του Δείκτη Περιβαλλοντικού Στρες ($ESI_{modified}$) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	ESI (°C) (Moran et al. 2003)	$ESI_{modified}$ (°C)		
0	<21	<22,9	<22,3	<21,0
1	21 - 25	23,0 - 24,5	22,4 - 24,4	21,1 - 24,5
2	25 - 28	24,5 - 26,1	24,5 - 26,5	24,6 - 28,6
3	28 - 31 >31	>26,1	>26,5	>28,63

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.8. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Αποτελεσματική Θερμοκρασία (ET, ET_{ASHRAE} και NET) σε Μεσογειακό κλίμα

			Βαθμονομημένη κλίμακα								
			Γραμμική Παλινδρόμηση			Κυβική Παλινδρόμηση			Ανάλυση Πιθανοτήτων		
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	ET (°C)	ET (°C) (Monteiro and Alucci 2006)	ET (°C)	ET_{ASHRAE} (°C)	NET (°C)	ET (°C)	ET_{ASHRAE} (°C)	NET (°C)	ET (°C)	ET_{ASHRAE} (°C)	NET (°C)
-3	<1	<13,5	<11,4	<11,7	<8,3	<9,6	<10,1	<5,6	<4,6	<4,6	<0,5
-2	1-9	13,5 - 19,0	11,4 - 14,3	11,7 - 16,0	8,3 - 12,1	9,6 - 13,6	10,1 - 14,9	5,6 - 8,5	4,6 - 8,6	4,6 - 9,3	0,5 - 5,4
-1	9-17	19,0 - 21,0	14,4 - 17,6	16,1 - 20,2	12,1 - 16,0	13,7 - 17,7	15,0 - 20,2	8,6 - 13,9	8,7 - 15,1	9,4 - 17,4	5,5 - 13,5
0	17-21	21,0 - 25,5	17,7 - 20,9	20,3 - 24,5	16,1 - 19,8	17,8 - 21,5	20,3 - 25,4	14,0 - 18,7	15,2 - 20,9	17,5 - 24,7	13,6 - 20,0
1	21-23	25,5 - 27,5	21,0 - 24,2	24,6 - 28,8	19,9 - 23,6	21,6 - 24,8	25,5 - 29,7	18,8 - 22,7	21,0 - 25,5	24,8 - 30,5	20,1 - 25,1
2	23-27	27,5 - 33,0	24,3 - 27,5	28,9 - 33,1	23,7 - 27,4	24,8 - 27,1	29,8 - 32,7	22,8 - 25,7	25,6 - 30,4	30,6 - 36,3	25,2 - 30,8
3	>27	>33,0	>27,5	>33,1	>27,4	>27,1	>32,7	>25,7	≥30,5	≥36,4	≥30,9

[1] πηγή: Blazejczyk et al.(2011)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.9. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Ισοδύναμη Θερμότητα (EqW) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	EqW (Billington 1987)	EqW		
-3	7	>6,3	>6,7	>8,1
-2	6	6,3 - 5,3	6,7 - 5,4	8,8 - 6,7
-1	5	5,2 - 4,1	5,3 - 4,1	6,8 - 4,7
0	4	4,2 - 3,1	4,0 - 2,9	4,8 - 2,9
1	3	3,0 - 2,0	2,8 - 1,8	3,0 - 1,5
2	2	1,9 - 0,9	1,7 - 1,0	1,6 - 0,4
3	1	<0,9	<0,9	≤0,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.10. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες των δεικτών Θερμικός Δείκτης (HI) και Φαινομενική Θερμοκρασία (T_{app}) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα					
		Γραμμική Παλινδρόμηση		Κυβική Παλινδρόμηση		Ανάλυση Πιθανοτήτων	
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	HI/T_{app} (^oC) (Rothfusz 1990)	HI (^oC)	T_{app} (^oC)	HI (^oC)	T_{app} (^oC)	HI (^oC)	T_{app} (^oC)
1	27 - 32	<31,2	29,0 - 31,6	<31,0	28,1 - 31,3	<31,1	< 31,4
2	32 - 41	31,3 - 33,6	31,7 - 34,1	31,0 - 34,2	31,4 - 34,8	31,2 - 37,2	31,5 - 39,2
3	41 - 54 ≥54	>33,6	>34,1	>34,2	>34,8	≥37,3	≥39,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.11. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Θερμικό Φορτίο (HL) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα			
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων	
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	HL (Blazejczyk 1994)	HL			
-3	≤0,250	<0,64	<0,58	<-0,68	
-2	0,251 - 0,820	0,643 - 0,803	0,58 - 0,78	-0,68 - -0,20	
-1	0,820 - 0,975	0,804 - 0,964	0,79 - 0,97	-0,21 - 0,47	
0	0,976 - 1,025	0,965 - 1,125	0,98 - 1,15	0,48 - 1,15	
1	1,026 - 1,180	1,126 - 1,286	1,15 - 1,31	1,16 - 1,77	
2	1,181 - 1,750	1,287 - 1,447	1,32 - 1,43	1,78 -2,54	
3	≥1,751	>1,447	>1,43	≥2,55	

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.12. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του Δείκτη Θερμικού Στρες (HSI και HSI_{ASHRAE}) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα					
		Γραμμική Παλινδρόμηση		Κυβική Παλινδρόμηση		Ανάλυση Πιθανοτήτων	
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	HSI[1]	HSI	HSI_{ASHRAE}	HSI	HSI_{ASHRAE}	HSI	HSI_{ASHRAE}
-1	-20 - -10	<27,0	<39,7			<-3,6	<5,3
0	0	27,0 - 30,0	39,7 - 44,6	<29,4	<43,9	-3,6 - 21,3	5,4 - 34,2
1	10 - 30	30,1 -32,9	44,7 - 49,8	29,5 - 32,5	44,0 - 49,3	21,4 - 42,8	34,23 - 59,2
2		33,0 - 35,9	49,9 -54,9	32,5 - 36,3	49,4-55,3	42,9 - 68,5	59,3 - 88,9
	40 - 60						
3	70 - 90	>35,9	>54,9	>36,3	>55,3	≥68,57	>88,9
	100						

[1] πηγή: Auliciems and Szokolay (2007)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.13. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Humidex (HU) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	HU[1]	HU		
0	20 - 29	<32,4	<31,2	<26,80
1	30 - 39	32,4 - 35,1	31,2 - 34,8	26,8 - 35,0
2		35,2 - 37,9	34,9 - 38,7	35,1 - 43,8
3	≥40	>37,9	>38,7	>43,83

[1]πηγή: http://www.ec.gc.ca/meteo-weather/ (→ hazardous weather→summer weather→summer hazards→heat and humidity→humidex (20/07/2013)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.14. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του Δείκτη Θερμικής Καταπόνησης (ITS) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	ITS (kcal/h)[1]	ITS (kcal/h)		
-3	≤-150	<-96,9	<-102,5	<-282,0
-2	-150 - -50	-96,9 - -29,5	-102,5 - -39,5	-282,0 - -190,1
-1		-29,6 - -37,6	-39,6 -34,2	-190,2 - 50,7
0	-50 - 50	-37,7 - 104,9	34,3 - 110,8	50,8 - 83,3
1	50 - 150	105,0 - 172,2	110,9 - 181,5	83,4 - 203,3
2		172,3 - 239,0	181,6 - 237,9	203,4 - 348,3
3	≥150	>239,0	>237,9	≥348,4

[1]πηγή: Monteiro and Alucci (2006b)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.15. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Λειτουργική Θερμοκρασία (OT και OpT) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα					
		Γραμμική Παλινδρόμηση		Κυβική Παλινδρόμηση		Ανάλυση Πιθανοτήτων	
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	OT (°C) (Monteiro and Alucci 2006b)	OT (°C)	OpT (°C)	OT (°C)	OpT (°C)	OT (°C)	OpT (°C)
-3	<12	<11,3	<11,1	<10,4	<9,9	<3,8	<3,7
-2	12 - 16	11,3 - 16,0	11,1 - 15,7	10,4 - 15,1	9,9 - 14,8	3,8 - 8,9	3,7 - 8,6
-1	16 - 20	16,1 - 20,7	15,8 - 20,4	15,2 - 20,6	14,9 - 20,3	9,0 - 17,3	8,7 - 17,1
0	20 - 26	20,8 - 25,5	20,5 - 25,0	20,7 - 26,1	20,4 - 25,7	17,40 - 25,4	17,2 - 25,0
1	26 - 30	25,6 - 30,2	25,1 - 29,7	26,2 - 31,0	25,8 - 30,5	25,5 - 31,9	25,1 - 31,4
2	30 - 34	30,3 - 34,9	29,8 - 34,4	31,1 - 34,6	30,6 - 34,1	32,00 - 38,8	31,5 - 38,0
3	>34	>34,9	>34,4	>34,6	>34,1	>38,83	≥38,1

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.16. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του μοντέλου Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET) σε Μεσογειακό κλίμα

			Βαθμονομημένη κλίμακα		
			Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	PET (°C) (Höppe and Mayer 1987)	PET_{med} (°C) (Cohen et al. 2013)	PET (°C)		
-3	<8	<12	<8,4	<7,0	<-0,72
-2	8 - 13	12 - 15	8,5 - 13,5	7,1 - 12,6	-0,72 - 5,23
-1	13 - 18	15 - 19	13,6 - 18,7	12,7 - 18,7	5,24 - 14,78
0	18 - 23	19 - 26	18,8 - 23,8	18,8 - 24,6	14,79 - 23,83
1	23 - 29	26 - 28	23,9 - 29,0	24,7 - 29,8	23,84 - 31,21
2	29 - 35	28 - 34	29,1 - 34,2	29,9 - 33,8	21,22 - 39,06
3	>35	>34	>34,2	>33,8	≥39,07

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.17. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Φυσιολογική Ένταση/Καταπόνηση (PhS) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	PhS[1]	PhS		
-3	>4,0	>3,33	<4,09	>7,43
-2	4,0 - 1,51	3,33 - 2,64	4,09 - 2,90	7,42 - 5,25
-1		2,63 - 1,94	2,89 - 1,83	5,24 - 3,06
0	1,50 - 0,75	1,93 - 1,25	1,84 - 0,95	3,05 -1,29
1		1,24 - 0,55	0,94 - 0,33	1,28 - -0,18
2	0,74 - 0,25	0,54 - -0,14	0,32 - 0,05	-0,17 - -1,88
3	<0,24	<-0,14	<0,05	<-1,88

[1]πηγή: http://www.igipz.pan.pl/tl_files/igipz/ZGiK/opracowania/indywidualne/blazejczyk/MENEX_2005.pdf (20/07/2013)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.18. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV και PMV_G) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα					
		Γραμμική Παλινδρόμηση		Κυβική Παλινδρόμηση		Ανάλυση Πιθανοτήτων	
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	PMV (Fanger 1970)	PMV	PMV_G	PMV	PMV_G	PMV	PMV_G
-3	<-2,5	<-1,76	<-1,03	<-1,51	<-1,23	<-3,94	<-2,11
-2	-1,5 - -2,5	-1,76 - -0,84	-1,03 - -0,42	-1,51 - -0,91	-1,23 - -0,59	-3,94 - -2,69	-2,11 - -1,44
-1	-1,5 - -0,5	-0,83 - 0,09	-0,43 - 0,19	-0,90 - -0,04	-0,58 - 0,09	-2,70 - -0,84	1,45 - -0,36
0	-0,5 - 0,5	0,10 - 1,01	0,20 - 0,80	-0,03 - 0,98	0,10 - 0,73	-0,85 - 0,87	-0,37 - 0,67
1	+0,5 - +1,5	1,02 - 1,93	0,81 - 1,41	0,97 - 2,00	0,74 - 1,28	0,88 - 2,38	0,68 - 1,63
2	+1,5 - +2,5	1,94 - 2,86	1,42 - 2,01	2,01 - 2,92	1,29 - 1,66	2,39 - 4,09	1,64 - 2,72
3	>+2,5	>2,86	>2,01	>2,92	>1,66	≥4,10	≥2,73

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.19. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Αντιληπτή Θερμοκρασία (PT) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	PT[1] (°C)	PT (°C)		
-3	<-26	<-10,1	<-12,4	<-41,5
-2	-26 - -13	-10,1 - -1,0	-12,4 - -3,0	-41,5 - -25,2
-1	-13 - 0	-1,1 - 8,1	-3,1 - 7,8	-25,3 - -2,5
0	0 - 20	8,2 - 17,2	7,9 - 18,7	-2,6 - 16,7
1	20 - 26	17,3 - 26,3	18,8 - 28,1	16,8 - 32,6
2	26 - 32	26,4 - 35,4	28,2 - 34,9	32,7 - 50,4
3	>32	>35,4	>34,9	>50,4

[1]πηγή: Staiger et al. (2012)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.20. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του Δείκτη Σχετικής Έντασης (RSI) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	RSI (Unger 1999)	RSIndex		
0	0,1	<0,184	<0,164	0 - 0,10
1	0,2	0,185 - 0,247	0,165 - 0,247	0,11 - 0,24
2	0,25	0,248 - 0,310	0,248 - 0,324	0,25 - 0,40
3	>0,3	>0,310	>0,324	≥0,41

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.21. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Τυπική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (SET) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα					
		Γραμμική Παλινδρόμηση		Κυβική Παλινδρόμηση		Ανάλυση Πιθανοτήτων	
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	SET (°C)	SET_{ASHRAE} (°C)	OUT_SET (°C)	SET_{ASHRAE} (°C)	OUT_SET (°C)	SET_{ASHRAE} (°C)	OUT_SET (°C)
-1	<17	<23,6	<33,3	<23,7	<35,6	<20,7	<14,1
0	17-30	23,7 - 25,9	33,4 - 37,3	23,8 - 26,4		20,7 - 25,7	14,1 - 28,9
1	30-34	26,0 - 28,2	37,4 - 41,3	26,5 - 28,6	35,7 - 40,9	25,8 - 29,8	29,0 - 41,0
2	34-37	28,3 - 30,4	41,4 - 45,3	28,7 - 30,2	41,0 - 46,5	29,9 - 34,5	41,1 - 54,
3	>37	>30,4	>45,3	>30,2	>46,5	≥34,6	>54,20

[1]πηγή: Blazejczyk et al. (2011)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.22. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες των δεικτών Υποκειμενική Θερμοκρασία (ST) και Ουδέτερη Θερμοκρασία (T_{ne}) σε Μεσογειακό κλίμα

	Βαθμονομημένη κλίμακα								
	Γραμμική Παλινδρόμηση			Κυβική Παλινδρόμηση			Ανάλυση Πιθανοτήτων		
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	ST (°C)	$ST_{preferred}$ (°C)	T_{ne} (°C)	ST (°C)	$ST_{preferred}$ (°C)	T_{ne} (°C)	ST (°C)	$ST_{preferred}$ (°C)	T_{ne} (°C)
-3	<8,9	<15,4	<17,2	<7,3	<15,0	<16,3	<1,49	<3,34	<10,30
-2	9,0 - 13,5	15,4 - 16,8	17,2 - 18,7	7,3 - 12,6	15,0 - 16,5	16,3 - 18,4	1,49 - 6,44	3,34 - 7,43	10,30 - 13,06
-1	13,6 - 18,0	16,9 - 18,1	18,8 - 20,3	12,7 - 18,1	16,6 - 18,1	18,5 - 20,4	6,45 - 14,94	7,44 - 13,22	13,07 - 17,27
0	18,1 - 22,5	18,2 - 19,5	20,4 - 21,8	18,2 - 23,3	18,2 - 19,7	20,5 - 22,2	14,95 - 22,63	13,23 - 18,62	17,28 - 21,23
1	22,6 - 27,0	19,6 - 20,8	21,9 - 23,4	23,4 - 27,8	19,8 - 21,1	22,3 - 23,7	22,64 - 28,80	18,63 - 23,29	21,24 - 24,24
2	27,0 - 31,5	20,9 - 22,2	23,5 - 25,0	27,9 - 31,1	21,2 - 22,1	23,8 - 24,8	28,81 - 35,43	23,30 - 28,85	24,25 - 28,75
3	>31,5	>22,2	>25,0	>31,1	>22,1	>24,8	>35,43	>28,85	>28,75

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.23. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του Δείκτη Υποκειμενικής Θερμοκρασίας (STI) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	STI[1] (°C)	STI (°C)		
-3	<-0,5	<8,56	<7,6	<-0,6
-2	-0,4 - 22,5	8,56 - 14,4	7,6 - 13,2	-0,6 - 5,5
-1		14,5 - 20,2	13,3 - 19,9	5,6 - 15,9
0	22,6 - 31,9	20,3 - 26,0	20,0 - 26,8	16,0 - 25,9
1		26,1 - 32,0	26,9 - 33,1	26,0 - 34,1
2	32,0 - 45,9	32,1 - 37,9	33,2 - 37,6	34,2 - 42,9
3	>46,0	>38	>37,6	≥43,0

[1]πηγή: http://www.igipz.pan.pl/tl_files/igipz/ZGiK/opracowania/indywidualne/blazejczyk/MENEX_2005.pdf (20/07/2013)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.24. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Αντιληπτή Θερμική Αίσθηση (tsp) και Θερμοκρασία Ισοδύναμης Αντίληψης (TEP) σε Μεσογειακό κλίμα

			Βαθμονομημένη κλίμακα					
			Γραμμική Παλινδρόμηση		Κυβική Παλινδρόμηση		Ανάλυση Πιθανοτήτων	
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	tsp (Monteiro and Alucci 2008)	TEP (°C) (Monteiro and Alucci 2008)	tsp	TEP (°C)	tsp	TEP (°C)	tsp	TEP (°C)
-3	<-2,5	<4,3	<-1,55	<15,0	<-1,75	<13,5	<-1,17	<7,50
-2	-1,5 - -2,5	4,4 – 11,9	-1,56 - 1,01	15,0 - 19,1	-1,75 - -1,11	13,6 - 18,3	1,17 - 5,79	7,50 - 12,34
-1	-1,5 - -0,5	12,0 – 19,5	-1,01 - -0,46	19,2 - 23,3	-1,12 - -0,45	18,4 - 23,3	5,80 - 13,75	12,35 - 20,28
0	-0,5 - 0,5	19,6 – 27,2	-0,47 - 0,08	23,4 - 27,4	-0,46 - 0,18	23,4 - 28,1	13,76 - 21,10	20,29 - 27,49
1	+0,5 - +1,5	27,3 – 34,8	0,09 - 0,63	27,5 - 31,6	0,19 - 0,72	28,2 - 32,3	21,11 - 27,10	27 50 - 32,21
2	+1,5 - +2,5	34,9 – 42,4	0,63 - 1,17	31,7 - 35,7	0,73 - 1,12	32,4 - 35,4	27,11 - 33,42	32,22 - 39,35
3	>+2,5	>42,5	>1,17	>35,7	>1,12	>35,4	>33,42	>39,36

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.25. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Ισοδύναμη Θερμοκρασία (Teq) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	Teq[1] (°C)	Teq (°C)		
-3	<18	<24,8	<22,8	<9,7
-2	18 - 24	24,8 - 32,3	22,8 - 31,0	9,7 - 17,8
-1	24 - 32	32,4 - 39,8	31,1 - 39,7	17,9 - 32,7
0	32 - 44	39,9 - 47,3	39,8 - 48,3	32,8 - 46,6
1	44 - 56	47,4 - 54,7	48,4 - 55,9	46,7 - 58,3
2	>56	>54,7	>55,9	58,4 - 71,2
3				≥71,23

[1]πηγή: Bioklima©2.6. - software for bioclimatological calculations help file

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.26. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Θερμική Αίσθηση (TS) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα					
		Γραμμική Παλινδρόμηση		Κυβική Παλινδρόμηση		Ανάλυση Πιθανοτήτων	
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	TS (Givoni and Noguchi 2000)	TS	TS_{sa}	TS	TS_{sa}	TS	TS_{sa}
-3	1	<2,2	<2,3	<2,0	<1,9	<1,00	<0,92
-2	2	2,2 - 2,8	2,3 - 2,8	2,0 - 2,7	1,9 - 2,7	1,00 - 1,78	0,92 - 1,69
-1	3	2,9 - 3,5	2,9 - 3,3	2,8 - 3,5	2,8 - 3,4	1,79 - 3,00	1,70 - 2,79
0	4	3,6 - 4,2	3,4 - 3,8	3,6 - 4,3	3,5 - 4,0	3,01 - 4,15	2,80 - 3,76
1	5	4,3 - 4,9	3,9 - 4,4	4,4 - 5,0	4,1 - 4,5	4,16 - 5,11	3,77 - 4,57
2	6	5,0 - 5,6	4,5 - 4,9	5,1 - 5,6	4,6 - 4,8	5,12 - 6,18	4,58 - 5,52
3	7	>5,6	>4,9	>5,6	>4,8	≥6,19	≥5,53

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.27. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Παγκόσμιος Θερμικός Κλιματικός Δείκτης (UTCI) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα		
		Γραμμική Παλινδρόμηση	Κυβική Παλινδρόμηση	Ανάλυση Πιθανοτήτων
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	UTCI (°C) (COST Action 730)	UTCI (°C)		
-3	<-13	<10,6	<8,9	<2,3
-2	-13 - 0	10,6 - 15,3	8,9 - 14,4	2,3 - 7,9
-1	0 - 9	15,4 - 19,9	14,5 - 20,0	8,0 - 16,7
0	9 - 26	20,0 - 24,4	20,1 - 25,2	16,8 - 24,5
1		24,5 - 29,2	25,3 - 29,9	24,6 - 30,9
2	26 - 32	29,3 - 33,8	30,0 - 33,4	31,0 - 37,6
3	>32	>33,8	>33,4	≥37,7

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.28. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Θερμοκρασία Υγραινόμενης Σφαίρας (WBGT και $WBGT_{outdoor}$) σε Μεσογειακό κλίμα

		Βαθμονομημένη κλίμακα					
		Γραμμική Παλινδρόμηση		Κυβική Παλινδρόμηση		Ανάλυση Πιθανοτήτων	
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης	WBGT (^oC)	WBGT (^oC)	$WBGT_{outdoor}$ (^oC)	WBGT (^oC)	$WBGT_{outdoor}$ (^oC)	WBGT (^oC)	$WBGT_{outdoor}$ (^oC)
0	<18	<26,9	<20,0	<26,2	<19,3	<23,4	<16,5
1	18 - 23	26,9 - 28,5	20,0 - 21,3	26,2 - 28,3	19,3 - 21,1	23,5 - 28,3	16,6 - 21,1
2	23 - 28	28,6 - 30,1	21,4 - 22,5	28,4 - 30,6	21,2 - 22,9	28,4 - 33,7	21,2 - 26,2
3	>28	>30,1	>22,5	>30,6	>22,9	>33,7	≥26,3

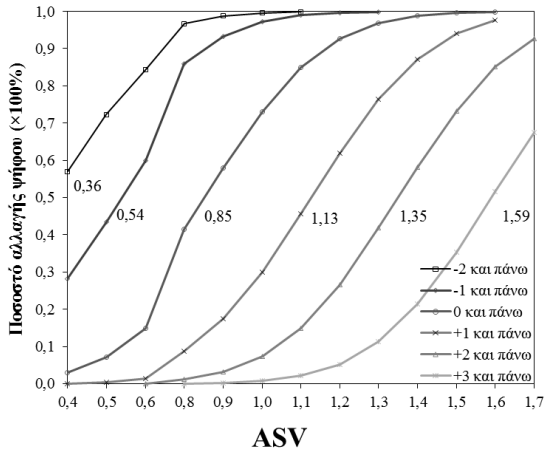
[1] πηγή: Blazejczyk et al. (2011)

7.5, 7.17, 7.18, 7.19, 7.27). Παρόμοια εικόνα εμφανίζεται και στους δείκτες που ισχύουν σε θερμά κλίματα, η ουδέτερη βαθμίδα είναι υψηλότερα ενώ η βαθμίδα 'πολλή ζέστη' (+3) είναι χαμηλότερα στην βαθμονομημένη κλίμακα σε σχέση με την αρχική. Οι βαθμονομημένες κλίμακες των δεικτών EqW, OT, OpT και RSI (Πίνακες 7.9, 7.15, 7.20) είναι παρόμοιες με τις αντίστοιχες αρχικές.

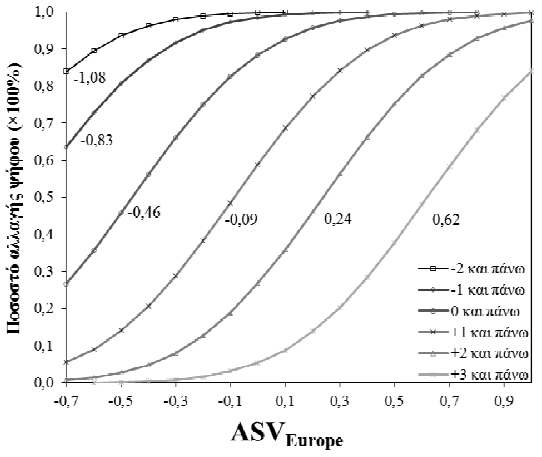
Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στις περιπτώσεις των δεικτών που ισχύουν σε Μεσογειακό κλίμα, δηλαδή του ASV και του PET σύμφωνα με την κλίμακα των Cohen et al. (2013), (Πίνακες 7.1 και 7.16) διαπιστώνονται σημαντικές αποκλίσεις στις βαθμίδες των κλιμάκων και ιδιαίτερα σε σχέση με τον ASV ο οποίος έχει αναπτυχθεί για την περιοχή της Αθήνας. Η βαθμονομημένη κλίμακα του PET είναι σε μεγαλύτερη συμφωνία με την αρχική κλίμακα οι οποία έχει αναπτυχθεί για την Δυτική/Μέση Ευρώπη σε σύγκριση με την αντίστοιχη για το Μεσογειακό κλίμα.

7.4.2. Ανάλυση Probit (Ανάλυση Πιθανοτήτων)

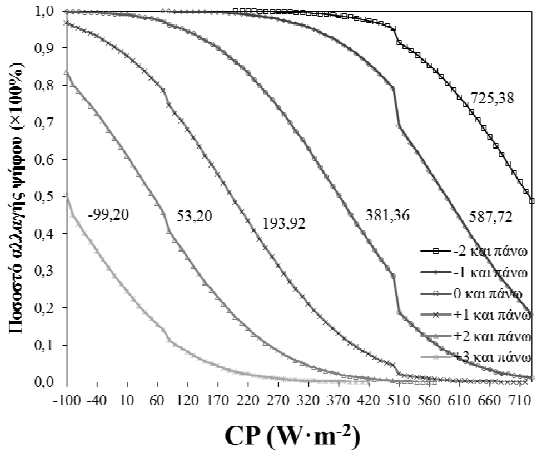
Η μέθοδος της ανάλυσης probit χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να υπολογιστεί η τιμή των δεικτών στην οποία το 50% των ατόμων είναι στο μεταίχμιο αλλαγής της ψήφου στην επόμενη υψηλότερη βαθμίδα της κλίμακας θερμικής αίσθησης (π.χ από το -3 στο -2, από το -2 στο -1, από το -1 στο 0 κ.ο.κ.). Εφαρμόστηκε με δύο μεθόδους, την ελεύθερη και εξαναγκασμένη παραλληλία (free and forced parallel) χρησιμοποιώντας ομαδοποιημένες τιμές των δεικτών. Στο Σχήμα 7.2 παρουσιάζονται οι καμπύλες μετάβασης που προκύπτουν από την εξαναγκασμένη παραλληλία, οι οποίες και οριοθετούν τις ζώνες θερμικής αίσθησης επιλεκτικά για ένα μικρό αριθμό δεικτών ενώ στο Παράρτημα ΣΤ παρουσιάζονται για το σύνολο των δεικτών.


Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
0,36
0,54
0,85
1,13
1,35
1,59
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
ASV

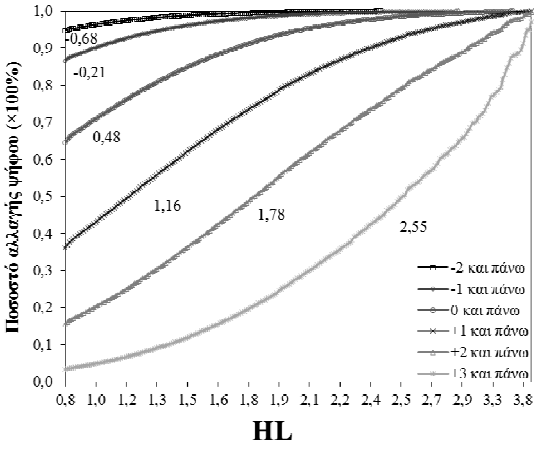
(α)


Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-1,08
-0,83
-0,46
-0,09
0,24
0,62
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
ASV Europe

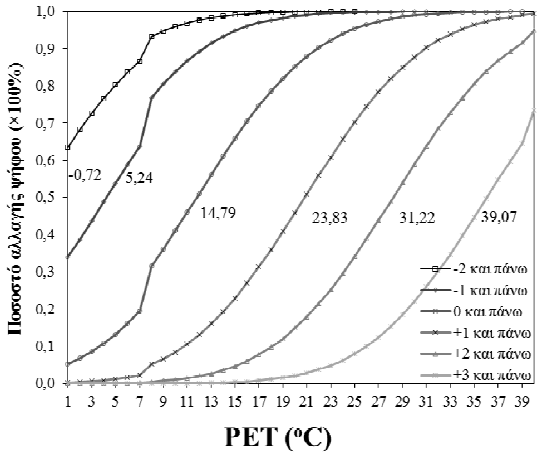
(β)


Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
725,38
-99,20
53,20
193,92
381,36
587,72
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
CP (W·m-2)

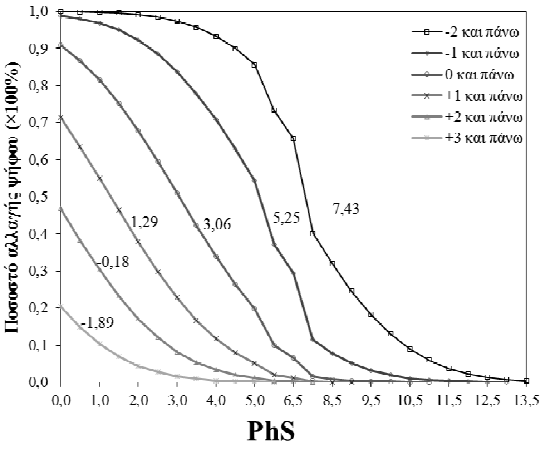
(γ)


Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-0,68
-0,21
0,48
1,16
1,78
2,55
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
HL

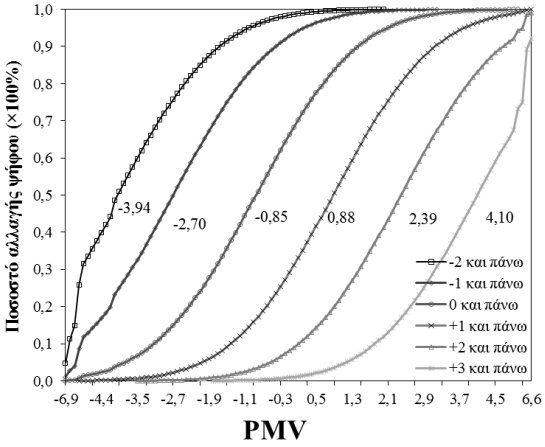
(δ)


Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-0,72
5,24
14,79
23,83
31,22
39,07
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
PET (ºC)

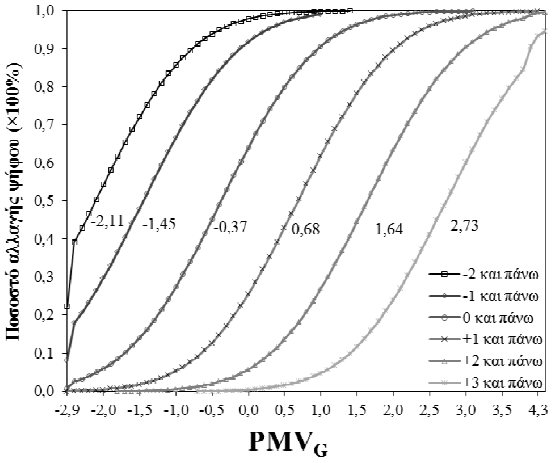
(ε)


Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-0,18
-1,89
1,29
3,06
5,25
7,43
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
PhS

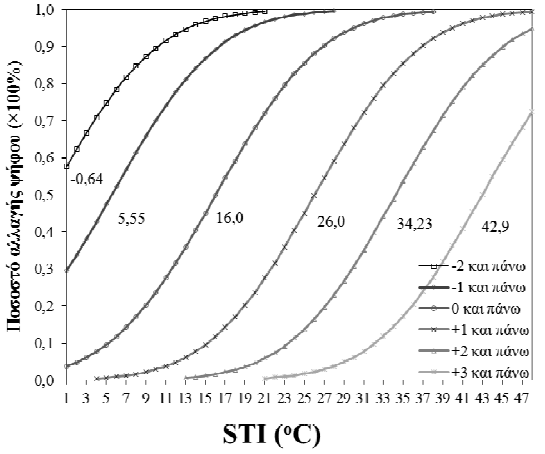
(στ)



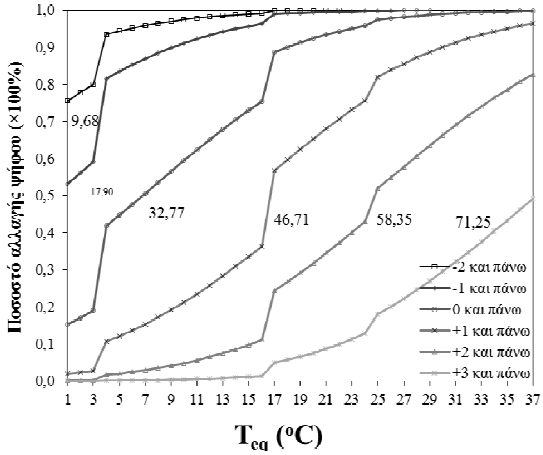
(ζ)



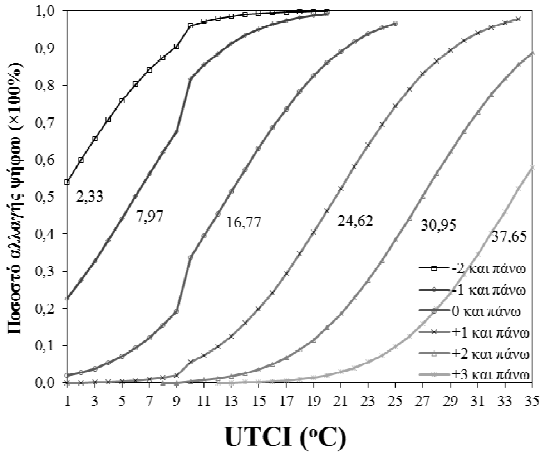
(η)



(θ)



(ι)



(κ)

ΣΧΗΜΑ 7.2. Ποσοστιαία κατανομή αλλαγής της ψήφου θερμικής αίσθησης από μικρότερες σε μεγαλύτερες βαθμίδες της κλίμακας θερμικής αίσθησης

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.29. Μέτρο συσχέτισης Gamma και ποσοστό επιτυχών προβλέψεων των βιοκλιματικών δεικτών με βάση τις βαθμονομημένες κλίμακες

	Γραμμική Παλινδρόμηση		Πολυωνυμική Παλινδρόμηση		Ανάλυση Πιθανοτήτων	
Δείκτης	Συντελεστής Gamma	Ποσοστό σωστών προβλέψεων (%)	Συντελεστής Gamma	Ποσοστό σωστών προβλέψεων (%)	Συντελεστής Gamma	Ποσοστό σωστών προβλέψεων (%)
ASV	0.86	58.3	0.86	60.2	0.89	63.6
ASV_{Europe}	0.77	52.4	0.77	54.1	0.75	61.8
CET	0.77	36.9	0.78	38.7	0.81	39.5
COMFA	0.59	22.9	0.59	23.7	0.64	29.0
CP	0.82	50.4	0.82	53.0	0.85	51.9
DI[1]	0.68	38.9	0.67	43.5	0.73	41.2
DISC	0.66	25.4	0.65	25.7	0.67	32.5
DIndex[1]	0.73	38.6	0.70	41.1	0.72	40.1
EqW	0.80	40.2	0.81	42.3	0.82	41.8
$ESI_{modified}$[1]	0.62	43.8	0.69	45.5	0.72	41.5
ET	0.78	34.2	0.69	36.9	0.82	38.8
ET_{ASHRAE}	0.80	39.4	0.81	40.8	0.82	40.1
HI[1]	0.70	47.7	0.67	42.5	0.72	42.4
HL	0.69	32.9	0.69	40.0	0.73	39.4
HSI[1]	0.25	31.2	0.25	26.8	0.52	52.1
HSI_{ASHRAE}[1]	0.32	26.9	0.29	28.8	0.44	51.8
HU[1]	0.72	43.8	0.67	43.7	0.72	55.0
ITS	0.75	42.7	0.75	44.7	0.80	49.4
MDI[1]	0.70	39.1	0.67	43.6	0.72	37.3
NET	0.78	37.7	0.78	32.8	0.80	37.0
OpT	0.81	40.4	0.80	41.3	0.82	41.4
OT	0.80	40.2	0.80	41.6	0.82	41.8
OUT_SET[1]	0.71	39.0	0.67	43.4	0.73	37.5
PET	0.78	37.6	0.79	39.2	0.79	40.0
PhS	0.90	54.1	0.83	46.6	0.88	57.4
PMV	0.73	34.7	0.73	34.7	0.77	37.0
PMV_G	0.75	37.2	0.76	35.5	0.78	40.9
PMVsolar	0.73	34.2	0.72	33.0	0.74	35.1
PT	0.75	33.1	0.73	32.8	0.77	33.4
RSI_{ndex}[1]	0.68	42.5	0.68	44.1	0.73	42.7
SET_{ASHRAE}	0.66	29.9	0.66	29.5	0.70	33.0
ST	0.79	38.6	0.80	41.4	0.82	40.9
STI	0.84	56.0	0.84	58.6	0.86	64.1
$ST_{preferred}$	0.42	20.1	0.42	20.7	0.49	25.6
T_{app}[1]	0.67	40.1	0.67	44.9	0.73	39.7
TEP	0.78	38.4	0.78	39.9	0.79	39.5
T_{eq}	0.79	45.2	0.80	47.5	0.79	49.7
T_{ne}	0.57	25.4	0.59	27.5	0.61	29.6
TS	0.78	40.8	0.77	41.4	0.79	41.0
TSENS	0.75	37.6	0.75	38.2	0.77	38.9
TSI	0.80	38.5	0.80	41.5	0.80	40.0
tsp	0.78	38.0	0.78	39.9	0.79	38.8
TS_{sa}	0.70	34.1	0.70	34.1	0.72	34.2
UTCI	0.85	49.4	0.86	52.2	0.88	52.9
WBGT[1]	0.71	39.0	0.67	43.4	0.73	37.5
$WBGT^{1}_{outdoor}$	0.66	40.3	0.66	40.5	0.73	37.5

[1]δείκτες θερμών κλιμάτων

Στους Πίνακες 7.1 έως 7.28 περιλαμβάνονται οι βαθμονομημένες κλίμακες σύμφωνα με την ανάλυση probit.

Σε όλες τις περιπτώσεις τα αποτελέσματα που προέκυψαν είναι εκμεταλλεύσιμα και λογικά αφού οι καμπύλες πιθανοτήτων δεν τέμνονται, είναι παράλληλες, και οι τιμές των δεικτών που αντιστοιχούν στο 50% της πιθανότητας μετάβασης σε υψηλότερη κατηγορία θερμικής ψήφου αυξάνονται με την βαθμίδα θερμικής αίσθησης.

Οι βαθμονομημένες κλίμακες των δεικτών παρουσιάζουν μικρότερο εύρος σε σχέση με την αρχική και μεγαλύτερο σε σχέση με τις δύο προηγούμενες μεθόδους βαθμονόμησης, την γραμμική και την πολυωνυμική. Επίσης συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση πιθανοτήτων με τις προηγούμενες δύο μεθόδους διαπιστώνονται αρκετά σημαντικές διαφορές στις τιμές των δεικτών που ορίζουν τις ζώνες θερμικής αίσθησης και ιδιαίτερα στις αρνητικές βαθμίδες της κλίμακας ενώ φαίνεται να προσεγγίζουν περισσότερο τις αρχικές κλίμακες.

7.4.3. Αξιολόγηση Βαθμονόμησης

Προκειμένου να συγκρίνουμε τις τρεις μεθόδους βαθμονόμησης και να καταλήξουμε σε αυτήν που εφαρμόζεται με μεγαλύτερη επιτυχία επαναλήφθηκε η διαδικασία που εφαρμόστηκε στο Κεφάλαιο 6. Αρχικά υπολογίστηκε ο συντελεστής Gamma και το ποσοστό σωστών προβλέψεων βάσει των βαθμονομημένων κλιμάκων (2^o και 3^o κριτήριο). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.29.

Σύμφωνα με την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης ο συντελεστής Gamma κυμαίνεται από 0,25 (HSI) έως 0,90 (PhS) ενώ η μέση τιμή του υπολογίστηκε 0,72, οδηγώντας σε μη ικανοποιητικά αποτελέσματα αφού στις περισσότερες περιπτώσεις υπολογίστηκε λίγο μικρότερος του αρχικού (Πίνακας 6.4). Το ποσοστό των σωστών προβλέψεων παρουσιάζει μικρή βελτίωση σε σχέση με το αρχικό παίρνοντας τιμές από 20,1% ($ST_{preferred}$) έως 58,3% (ASV) όχι όμως σε όλους τους δείκτες, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση των δεικτών ASV_{Europe}, DI, HL, HU, PMV_G όπου παρατηρείται μείωση. Η μέση τιμή του ποσοστού των επιτυχών προβλέψεων ήταν 38,9%. Στην προσπάθεια να βρεθεί το αίτιο μείωσης του ποσοστού των επιτυχών προβλέψεων μετά την βαθμονόμηση, δημιουργήθηκαν πίνακες συνάφειας από όπου παρατηρήθηκε ότι οφείλεται στην μείωση του ποσοστού επιτυχίας προσομοίωσης της ουδέτερης βαθμίδας θερμικής αίσθησης στην οποία οι

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.30. Κατάταξη βιοκλιματικών δεικτών σε σχέση με την εφαρμοσιμότητά τους στο Μεσογειακό κλίμα μετά την βαθμονόμηση της κλίμακά τους σύμφωνα με την ανάλυση probit

	Κανονικοποιημένες τιμές			
Δείκτης	Spearman	Gamma	Ποσοστό σωστών προβλέψεων (%)	Συνολικά
ASV	0.97	1.00	0.99	2.97
STI	1.00	0.96	1.00	2.96
PhS	0.95	0.99	0.90	2.83
UTCI	0.99	0.98	0.83	2.80
CP	0.97	0.95	0.81	2.73
ASV_{Europe}	0.91	0.84	0.96	2.71
T_{eq}	0.94	0.88	0.78	2.59
OpT	1.00	0.92	0.65	2.57
EqW	1.00	0.91	0.65	2.56
OT	1.00	0.91	0.65	2.56
ITS	0.90	0.89	0.77	2.56
ET_{ASHRAE}	1.00	0.92	0.63	2.54
ST	0.99	0.91	0.64	2.54
TSI	1.00	0.89	0.62	2.52
ET	0.99	0.91	0.61	2.51
CET	0.97	0.91	0.62	2.50
TS	0.97	0.89	0.64	2.50
TEP	0.99	0.89	0.62	2.49
tsp	0.99	0.88	0.61	2.47
PMV_G	0.96	0.87	0.64	2.47
PET	0.96	0.88	0.62	2.47
NET	0.97	0.89	0.58	2.45
HU[1]	0.78	0.80	0.86	2.44
TSENS	0.95	0.86	0.61	2.41
PMV	0.95	0.86	0.58	2.38
PT	0.95	0.86	0.52	2.33
PMVsolar	0.94	0.82	0.55	2.31
WBGT[1]	0.90	0.81	0.59	2.30
RSI_{ndex}[1]	0.80	0.82	0.67	2.28
HL	0.85	0.82	0.61	2.28
$WBGT_{outdoor}$[1]	0.88	0.81	0.59	2.28
HI[1]	0.80	0.81	0.66	2.27
$ESI_{modified}$[1]	0.81	0.81	0.65	2.27
DI[1]	0.78	0.82	0.64	2.24
TS_{sa}	0.90	0.80	0.53	2.24
T_{app}[1]	0.78	0.82	0.62	2.22
DIndex[1]	0.78	0.81	0.63	2.22
OUT_SET[1]	0.78	0.81	0.59	2.18
MDI[1]	0.78	0.81	0.58	2.18
SET_{ASHRAE}	0.85	0.78	0.51	2.15
DISC	0.84	0.75	0.51	2.09
COMFA	0.78	0.71	0.45	1.95
HSI_{ASHRAE}[1]	0.59	0.49	0.81	1.90
T_{ne}	0.75	0.68	0.46	1.89
HSI[1]	0.32	0.58	0.81	1.71
$ST_{preferred}$	0.59	0.55	0.40	1.54

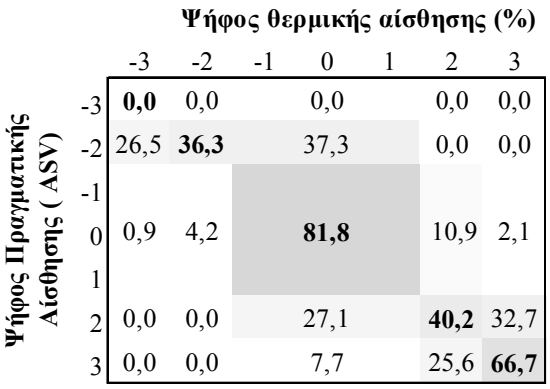
[1]δείκτες θερμών κλιμάτων

δείκτες παρουσίαζαν τα μεγαλύτερα ποσοστά σωστών προβλέψεων πριν την βαθμονόμηση. Αντίθετα σημαντική βελτίωση παρατηρείται στην περίπτωση των δεικτών ASV, CP, MDI, PhS όπου το ποσοστό των σωστών προβλέψεων περίπου διπλασιάζεται.

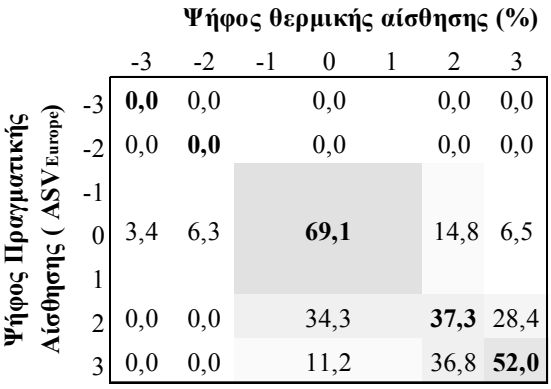
Η εφαρμογή της πολυωνυμικής παλινδρόμησης οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με την γραμμική ιδιαίτερα σε σχέση με το ποσοστό των σωστών προβλέψεων ενώ επίσης βελτίωση παρατηρείται και σε σύγκριση με την αρχική απόδοση στην πλειοψηφία των δεικτών (Πίνακας 6.4). Η μέση τιμή του συντελεστή Gamma υπολογίστηκε 0,71 ενώ κυμαίνεται από 0,25 (HSI) έως 0,86 (ASV, UTCI). Το ποσοστό επιτυχών προβλέψεων έφτασε μέχρι και το 60,2% (ASV) ενώ το μικρότερο ποσοστό των ψήφων (20,7%) προσομοιώθηκε από τον δείκτη $ST_{preferred}$ καταλήγοντας στο ίδιο αποτέλεσμα με την γραμμική παλινδρόμηση. Η μέση τιμή του ποσοστού υπολογίστηκε 40%. Ο αριθμός των δεικτών που δεν βελτιώνονται, όπως για παράδειγμα οι δείκτες PMV_G και T_{eq}, είναι μικρότερος σε σχέση με την γραμμική παλινδρόμηση.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ανάλυση probit είναι σαφώς βελτιωμένα όσον αφορά το στατιστικό Gamma σε σύγκριση με τις δύο προηγούμενες μεθόδους και με τον αρχικό συντελεστή ενώ το ποσοστό των σωστών προβλέψεων παρουσιάζει σαφή βελτίωση σε σχέση με την μέθοδο της γραμμικής παλινδρόμησης και σε ίσο αριθμό δεικτών σε σχέση με την πολυωνυμική. Ο συντελεστής Gamma έχει μέγιστη, ελάχιστη και μέση τιμή 0,89 (ASV), 0,44 (HSI_{ASHRAE}) και 0,75 αντίστοιχα ενώ το μέγιστο, ελάχιστο και μέσο ποσοστό επιτυχών προβλέψεων ήταν 64,1% (STI), 25,6% ($ST_{preferred}$) και 42,1% αντίστοιχα. Ιδιαίτερα στους δείκτες μεγαλυτέρου ενδιαφέροντος όπως οι ASV, ASV_{Europe}, PET, PhS, PMV_G, STI και UTCI διαπιστώνεται αύξηση του ποσοστού σωστών προβλέψεων. Ο STI παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό σωστών προβλέψεων ενώ πάνω από 50% σωστών προβλέψεων, σε συνδυασμό με συντελεστή Gamma μεγαλύτερο του 0,70, διαπιστώνεται στους δείκτες CP, HU, PhS και UTCI.

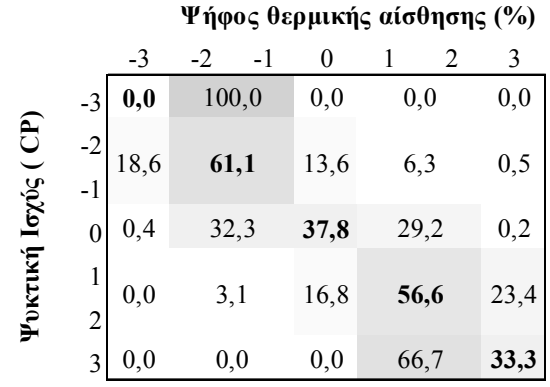
Με δεδομένο ότι η μέθοδος της ανάλυσης probit οδηγεί σε καλύτερα αποτελέσματα συγκριτικά με τις άλλες δύο μεθόδους και έχοντας σαν στόχο την σύγκριση των βαθμονομημένων δεικτών ως προς την εφαρμοσιμότητά τους στο Μεσογειακό κλίμα, οι τιμές των συντελεστών Gamma και του ποσοστό των σωστών προβλέψεων κανονικοποιήθηκαν, επαναλαμβάνοντας την μέθοδο που εφαρμόστηκε


Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)
Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (ASV)
-3 -2 -1 0 1 2 3
-3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0
-2 26,5 36,3 37,3 0,0 0,0
-1
0 0,9 4,2 81,8 10,9 2,1
1
2 0,0 0,0 27,1 40,2 32,7
3 0,0 0,0 7,7 25,6 66,7

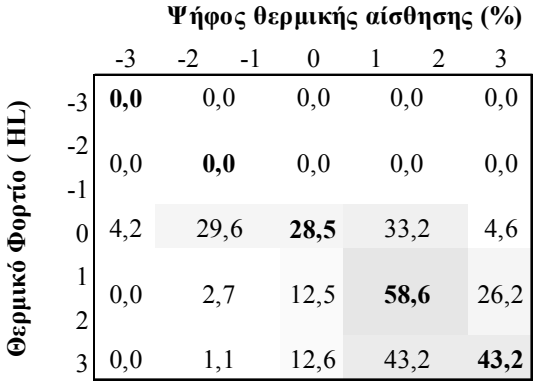
(α)


Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)
Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (ASVEurope)
-3 -2 -1 0 1 2 3
-3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0
-2 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0
-1
0 3,4 6,3 69,1 14,8 6,5
1
2 0,0 0,0 34,3 37,3 28,4
3 0,0 0,0 11,2 36,8 52,0

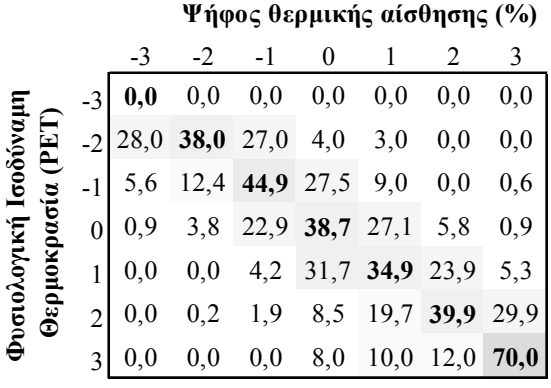
(β)


Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)
Ψυκτική Ισχύς (CP)
-3 -2 -1 0 1 2 3
-3 0,0 100,0 0,0 0,0 0,0
-2
-1 18,6 61,1 13,6 6,3 0,5
0 0,4 32,3 37,8 29,2 0,2
1
2 0,0 3,1 16,8 56,6 23,4
3 0,0 0,0 0,0 66,7 33,3

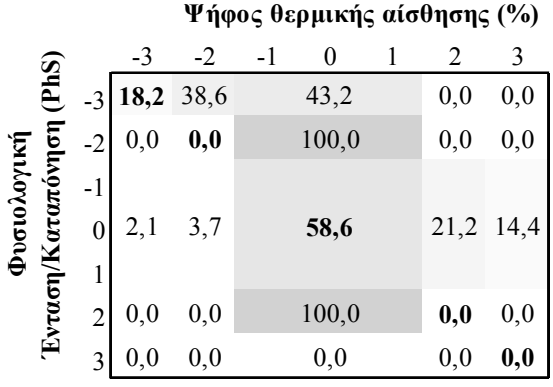
(γ)


Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)
Θερμικό Φορτίο (HL)
-3 -2 -1 0 1 2 3
-3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0
-2
-1 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0
0 4,2 29,6 28,5 33,2 4,6
1
2 0,0 2,7 12,5 58,6 26,2
3 0,0 1,1 12,6 43,2 43,2

(δ)


Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)
Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET)
-3 -2 -1 0 1 2 3
-3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0
-2 28,0 38,0 27,0 4,0 3,0 0,0 0,0
-1 5,6 12,4 44,9 27,5 9,0 0,0 0,6
0 0,9 3,8 22,9 38,7 27,1 5,8 0,9
1 0,0 0,0 4,2 31,7 34,9 23,9 5,3
2 0,0 0,2 1,9 8,5 19,7 39,9 29,9
3 0,0 0,0 0,0 8,0 10,0 12,0 70,0

(ε)


Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)
Φυσιολογική Ένταση/Καταπόνηση (PhS)
-3 -2 -1 0 1 2 3
-3 18,2 38,6 43,2 0,0 0,0
-2 0,0 0,0 100,0 0,0 0,0
-1
0 2,1 3,7 58,6 21,2 14,4
1
2 0,0 0,0 100,0 0,0 0,0
3 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0

(στ)

Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**11,8**	52,9	29,4	5,9	0,0	0,0	0,0
-2	19,4	**25,8**	32,3	19,4	3,2	0,0	0,0
-1	10,9	14,2	**35,0**	23,0	14,8	2,2	0,0
0	3,1	7,2	27,7	**34,4**	21,7	5,1	0,8
1	0,0	0,0	3,0	33,4	**35,5**	23,4	4,7
2	0,0	0,0	2,3	6,0	18,5	**40,1**	33,1
3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	1,2	**2,3**

(ζ)

Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV$_G$) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**20,0**	40,0	30,0	10,0	0,0	0,0	0,0
-2	19,2	**42,3**	26,9	11,5	0,0	0,0	0,0
-1	13,5	17,9	**36,7**	19,7	11,8	0,0	0,4
0	1,0	4,6	25,2	**40,3**	21,8	6,2	0,8
1	0,0	0,0	4,0	24,6	**38,6**	24,9	7,8
2	0,0	0,0	1,8	6,6	19,7	**42,1**	29,8
3	0,0	0,0	0,0	7,8	7,8	27,2	**57,3**

(η)

Δείκτης Υποκειμενικής Θερμοκρασίας (STI) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0		0,0	0,0
-2	21,1	**43,4**		35,5		0,0	0,0
-1							
0	2,5	4,4		**78,8**		11,0	3,3
1							
2	0,0	0,0		29,6		**40,3**	30,1
3	0,0	0,0		11,1		30,6	**58,3**

(θ)

Ισοδύναμη Θερμοκρασία (T_{eq}) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
-2	0,0	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	
-1	10,8	18,5	**35,4**	20,2	12,4	2,8	
0	1,8	4,1	30,9	**33,2**	24,1	5,9	
1	0,0	0,4	7,9	38,5	**34,9**	18,2	
2	0,0	0,2	1,5	7,9	16,8	**73,6**	
3							

(ι)

Παγκόσμιος Θερμικός Κλιματικός Δείκτης (UTCI) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
-2	29,2	**34,5**	27,4	0,0		0,0	0,0
-1	3,4	14,4	**43,7**	37,9		0,0	0,0
0	0,5	2,0	16,4	**67,9**		11,5	1,6
1							
2	0,0	0,0	1,7	24,7		**40,5**	33,1
3	0,0	0,0	0,0	11,1		22,2	**66,7**

(κ)

0-10 10-20 20-30 30-40 40-50 50-60 60-70 70-80 80-90 90-100

ΣΧΗΜΑ 7.3. Ποσοστό προβλεπόμενων τιμών ανά κατηγορία της κλίμακας των δεικτών και ανά κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης μετά την βαθμονόμηση της κλίμακας των δεικτών (ο πίνακας διαβάζεται ανά γραμμή – το άθροισμα ανά γραμμή ισούται με 100%)

στην Παράγραφο 6.4.2. Στον Πίνακα 7.30 παρουσιάζονται οι δείκτες με σειρά κατάταξης σύμφωνα με την ικανότητά τους να προσομοιώνουν την ψήφο θερμικής αίσθησης βάσει των στατιστικών κριτηρίων. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι ο ASV βρίσκεται πρώτος στην σειρά κατάταξης σε αντίθεση με τον Πίνακα 6.6 όπου πρώτοι είναι δύο θερμο-φυσιολογικοί δείκτες, STI και UTCI, καθώς επίσης έχει ενδιαφέρον η σημαντική βελτίωση των CP και PhS μετά την βαθμονόμηση. Οι δείκτες STI και UTCI εξακολουθούν να έχουν ικανοποιητική απόδοση ενώ αρκετά καλή δυνατότητα πρόβλεψης διαπιστώνεται και στους πιο απλά υπολογιζόμενους δείκτες όπως οι T_{eq}, OpT και EqW δίνοντας μάλιστα καλύτερα αποτελέσματα από τους θερμο-φυσιολογικούς δείκτες PMV και PET.

Για λεπτομερέστερη διερεύνηση της συμπεριφοράς των δεικτών δημιουργήθηκαν πίνακες συνάφειας της προβλεπόμενης από τους δείκτες και της ψήφου θερμικής αίσθησης (Σχήμα 7.3). Οι πίνακες συνάφειας για το σύνολο των δεικτών παρατίθονται στο Παράρτημα Ζ. Οι πίνακες στο Σχήμα 7.3 διαβάζονται ανά γραμμή και απεικονίζουν το ποσοστό των προβλέψεων ανά κατηγορία των δεικτών και ανά κατηγορία της ψήφου θερμικής αίσθησης. Οι τιμές τις διαγωνίου αντιστοιχούν στις επιτυχείς προβλέψεις.

Από το Σχήμα 7.3 διαπιστώνουμε βελτιωμένη κατανομή του ποσοστού των επιτυχών προβλέψεων στις κατηγορίες της ψήφου θερμικής αίσθησης και αδυναμία πρόβλεψης της κατηγορίας -3 στην πλειοψηφία των δεικτών ακόμα και μετά την βαθμονόμησή τους, πιθανόν εξαιτίας του σχετικά μικρού ποσοστού των ψήφων θερμικής αίσθησης στις κατηγορίες της κλίμακας -2 και -3 ώστε να είναι πιο διακριτά τα όρια τους. Στον ASV (Σχήμα 7.3(α)) παρατηρούμε σημαντική αύξηση του ποσοστού επιτυχών προβλέψεων σε όλες τις κατηγορίες ψήφου θερμικής αίσθησης σε σχέση με τα αντίστοιχα ποσοστά πριν την βαθμονόμηση (Σχήμα 6.2 (α)) εκτός της κατηγορίας -3. Επιπλέον, διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των προβλεπόμενων ψήφων κατανέμεται με επιτυχία στην αντίστοιχη κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης, π.χ. από τις ψήφους που σύμφωνα με τον δείκτη ανήκουν στην κατηγορία ‘ουδέτερα’, το 81,8% είναι σε συμφωνία με την ψήφο θερμικής αίσθησης ενώ το 10,9% αντιστοιχεί σε ψήφο θερμικής αίσθησης +2. Σημαντική βελτίωση από την βαθμονόμηση παρατηρείται και στους STI και UTCI (Σχήμα 7.3(θ) και (κ)). Αντίθετα, στην περίπτωση του PhS ο πίνακας συνάφειας υποδεικνύει περιορισμένη δυνατότητα πρόβλεψης της ψήφου θερμικής αίσθησης (Σχήμα 7.3(στ)).

7.5. Σύνοψη και Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε μια προσπάθεια βαθμονόμησης της κλίμακας ενός σημαντικού αριθμού βιοκλιματικών δεικτών με στόχο την βελτίωση της εφαρμογής τους σε Μεσογειακές κλιματικές ζώνες. Για την βαθμονόμηση εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές μέθοδοι προκειμένου να συγκριθούν τα αποτελέσματά τους και να εκτιμηθεί η καταλληλότητα τους.

Οι βαθμονομημένες κλίμακες που πρόεκυψαν από τις τρεις μεθόδους που εφαρμόστηκαν είχαν μικρότερο εύρος σε σύγκριση με τις αντίστοιχες αρχικές κλίμακες των δεικτών. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε μετατόπιση της Μεσογειακής κλίμακας προς υψηλότερες τιμές των δεικτών ιδιαίτερα στο αρνητικό της τμήμα (-3, -2, -1) ενώ το κατώφλι της βαθμίδας +3 (πολλή ζέστη) αντιστοιχούσε με μικρότερες τιμές δεικτών σε σχέση με το αρχικό, υποδεικνύοντας μικρότερη ανοχή των ερωτηθέντων στο θερμικό περιβάλλον και επιβεβαιώνοντας την αντίληψη ότι οι δείκτες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις κλιματικές ζώνες γιατί δεν λαμβάνουν υπόψη τον παράγοντα της προσαρμογής και ψυχολογικούς παράγοντες. Οι βαθμονομημένες κλίμακες που προέκυψαν από την γραμμική και την πολυωνυμική παλινδρόμηση ήταν παρόμοιες παρουσιάζοντας σημαντικές διαφορές με την αντίστοιχη κλίμακα που προέκυψε από την ανάλυση probit η οποία υπέδειξε μεγαλύτερο εύρος σε σχέση με τις προηγούμενες δύο μεθόδους.

Λαμβάνοντας υπόψη το μέτρο συσχέτισης των προβλεπόμενων με τις πραγματικές ψήφους θερμικής αίσθησης και το ποσοστό σωστών προβλέψεων για τον κάθε δείκτη, συμπεραίνεται ότι η ανάλυση probit είναι καταλληλότερη μέθοδος βαθμονόμησης της κλίμακας των δεικτών. Η εφαρμογή της 3^{ου} βαθμού πολυωνυμικής παλινδρόμησης οδήγησε σε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με την γραμμική παλινδρόμηση γεγονός αναμενόμενο εξαιτίας του ότι η πολυωνυμική παλινδρόμηση προσεγγίζει καλύτερα την σιγμοειδή εξάρτηση της θερμικής αίσθησης από τις παραμέτρους που την επηρεάζουν.

Η βαθμονόμηση με την μέθοδο της ανάλυσης probit μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής εφόσον αυξήθηκε σημαντικά το ποσοστό των σωστών προβλέψεων των δεικτών ακόμα και σε κατηγορίες της κλίμακας θερμικής αίσθησης που πριν την βαθμονόμηση οι δείκτες παρουσίαζαν αδυναμία να προβλέψουν. Παρόλα αυτά, και με βάση τις βαθμονομημένες κλίμακες διαπιστώθηκε ότι η δυνατότητα πρόβλεψης της κατηγορίας -3 (πολλή ψύχρα) είναι περιορισμένη πιθανόν λόγω του σχετικά μικρού αριθμού ψήφων που καταγράφηκαν στις κατηγορίες -2 και -3 της κλίμακας

θερμικής αίσθησης οδηγώντας ενδεχομένως σε μη διακριτά όρια μεταξύ των εν λόγω κατηγοριών.

Διαπιστώθηκε ότι βάσει των κριτηρίων που τέθηκαν, ορισμένοι από τους πιο απλούς δείκτες περιγράφουν ικανοποιητικά την ψήφο θερμικής αίσθησης παρουσιάζοντας συγκρίσιμες διαφορές με τους θερμο-φυσιολογικούς. Σύμφωνα με τη μέθοδο που εφαρμόστηκε, ο ASV, βάσει της βαθμονομημένης κλίμακας, προσεγγίζει με μεγαλύτερη επιτυχία την ψήφο θερμικής αίσθησης, υπερτερώντας ακόμα και από τους θερμο-φυσιολογικούς δείκτες STI και UTCI. Το αποτέλεσμα αυτό φαίνεται λογικό λαμβάνοντας υπόψη ότι ο ASV είναι ένας εμπειρικός δείκτης ο οποίος έχει προκύψει από έρευνα με ερωτηματολόγια που πραγματοποιήθηκε στην ίδια περιοχή με την παρούσα μελέτη καθώς επίσης ότι ο UTCI υπολογίστηκε από την απλουστευμένη πολυωνυμική εξίσωση και με βάση μόνο μετεωρολογικές παραμέτρους.

Η κατάταξη των δεικτών με την εφαρμογή της βαθμονομημένης κλίμακας και με κριτήριο την ικανότητά τους να προβλέψουν την ψήφο θερμικής αίσθησης στο Μεσογειακό κλίμα έδειξε ότι δεν αρκούν μόνο τα τρία στατιστικά κριτήρια που τέθηκαν. Για την επιλογή του καταλληλότερου δείκτη ήταν απαραίτητη και η μελέτη των πινάκων συνάφειας των προβλεπόμενων από τους δείκτες με τις ψήφους θερμικής αίσθησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα μελέτη στοχεύοντας στην διεύρυνση της γνώσης μας σχετικά με την σχέση της υποκειμενικής θερμικής αίσθησης και του εξωτερικού αστικού περιβάλλοντος, διερευνά πειραματικά και θεωρητικά μεθόδους προσομοίωσης της θερμικής αίσθησης. Πιο συγκεκριμένα διερευνά μετεωρολογικές, προσωπικές και ψυχολογικές παραμέτρους που επηρεάζουν την θερμική αίσθηση, προτείνει έναν απλό, εμπειρικό, θερμο-φυσιολογικό δείκτη προσομοίωσης της θερμικής αίσθησης σε επταβάθμια κλίμακα, προσαρμοσμένο με ψυχολογικές παραμέτρους και συγκρίνει δύο διαφορετικές μεθόδους δημιουργίας αυτού του δείκτη. Η ανάπτυξη του μοντέλου προσομοίωσης υποδεικνύει την βαρύτητα της κάθε παραμέτρου στον καθορισμό της θερμικής αίσθησης ενώ από την σύγκριση των μεθόδων αναδεικνύονται η ικανότητα εφαρμογής και τα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα της κάθε μεθόδου. Επιπλέον αναπτύχθηκε κώδικας σε γλώσσα προγραμματισμού Matlab για τον υπολογισμό πλήθους βιοκλιματικών δεικτών, ευρέως διαδομένων για την προσομοίωση της θερμικής αίσθησης, ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση της προβλεπόμενης από τους βιοκλιματικούς δείκτες και της πραγματικής θερμικής αίσθησης καθώς και η βαθμονόμηση της κλίμακας των βιοκλιματικών δεικτών.

Τα δεδομένα της μελέτης προέκυψαν από έρευνα πεδίου κατά την οποία τυχαία επιλεγμένα άτομα δήλωναν την θερμική τους αίσθηση βάσει 7-βάθμιας κλίμακας. Κινητός μετεωρολογικός σταθμός κατέγραφε διάφορες μετεωρολογικές παραμέτρους ενώ ταυτόχρονα στο σημείο των μετρήσεων πραγματοποιούνταν συνεντεύξεις ατόμων βάσει δομημένων ερωτηματολογίων από τα οποία προέκυψαν προσωπικές και ψυχολογικές παράμετροι. Με δεδομένο ότι το εύρος της ζώνης θερμικής άνεσης καθώς και των βαθμίδων θερμικής αίσθησης εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες, τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης μπορούν να θεωρηθούν ενδεικτικά για το Μεσογειακό κλίμα.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια τριών εποχών του έτους, θερμής, ψυχρής και μίας μεταβατικής εποχής, ώστε να υπάρχει ευρύ φάσμα μετεωρολογικών συνθηκών, σε τρία διαφορετικά σημεία της περιοχής της Αθήνας, πλατεία, οδική χαράδρα και παραθαλάσσια περιοχή ώστε να είναι δυνατή η μελέτη

της επίδρασης μη κλιματικών παραγόντων, σε κανονικές για την κάθε εποχή μετεωρολογικές συνθήκες. Οι μετεωρολογικές συνθήκες και στις τρεις περιοχές ήταν παρόμοιες και στις τρεις διαφορετικές περιόδους των μετρήσεων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η θερμοκρασία του αέρα κυμάνθηκε περίπου από 7 ^{o}C έως 39 ^{o}C. Το 91,2% του δείγματος ήταν άτομα που κατοικούσαν μόνιμα στο λεκανοπέδιο της Αττικής, το 55,3% ήταν άνδρες ενώ η επικρατέστερη ηλικιακή ομάδα ήταν από 25 έως 54 ετών. Οι ερωτηθέντες ήταν στην πλειοψηφία τους υγιείς και εκτελούσαν ήπια δραστηριότητα.

Παρόλο που οι συνεχώς μεταβαλλόμενες συνθήκες ενός εξωτερικού περιβάλλοντος αυξάνουν την δυσκολία μελέτης της θερμικής αίσθησης και της ανάλυσης των δεδομένων, από την παρούσα μελέτη προέκυψαν συμπεράσματα που πιθανόν να αποτελούν πρότυπα της σχέσης της θερμικής αίσθησης και των περιβαλλοντικών παραμέτρων και υποκειμενικών χαρακτηριστικών. Οι ερωτηθέντες δήλωσαν ψήφο θερμικής αίσθησης στις τρεις μεσαίες κατηγορίες της κλίμακας (υποδεικνύοντας θερμική άνεση) σε μεγάλο εύρος θερμικών συνθηκών δείχνοντας ανοχή στην μεταβλητότητα του εξωτερικού περιβάλλοντος. Διαπιστώθηκε ότι η θερμική αίσθηση επηρεάζει την συνολική αίσθηση στον χώρο επιβεβαιώνοντας το συμπέρασμα των Thorsson et al. (2004) και Nikolopoulou et al. (2011) σύμφωνα με τους οποίους για τον σχεδιασμό βιώσιμων ανοιχτών χώρων είναι απαραίτητες οι ευνοϊκές θερμικές συνθήκες.

Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η αντίληψη των ερωτηθέντων σε σχέση με την υγρασία είναι αμφισβητήσιμη, σε αντίθεση με την ταχύτητα του ανέμου που ακόμα και ασθενείς άνεμοι ήταν αντιληπτοί. Η ακτινοβολία αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα βελτίωσης της θερμικής αίσθησης ειδικά στην περίπτωση των αρνητικών κατηγοριών της κλίμακας ενώ το ιδιαίτερα μικρό ποσοστό στην περίπτωση βελτίωσης της θερμικής αίσθησης με αύξηση της ταχύτητας του ανέμου, υποδεικνύει ότι μεγάλες ταχύτητες ανέμου είναι δυσάρεστες. Επιπλέον, διαπιστώθηκε προτίμηση σε υψηλότερες θερμοκρασίες πιθανόν υποδεικνύοντας μεγαλύτερη ανοχή στις θερμές περιβαλλοντικές συνθήκες και υποεκτίμηση του κινδύνου έκθεσης σε αυτές. Το μεγαλύτερο ποσοστό των ερωτηθέντων που δήλωσαν ψήφο θερμικής αίσθησης ‘ζέστη’ (+2) ή ‘πολλή ζέστη’ (+3) θεωρούσαν ότι ο καιρός είναι κατάλληλος για εξωτερική δραστηριότητα.

Οι γυναίκες και τα άτομα που βρίσκονταν χωρίς συντροφιά στο σημείο της συνέντευξης παρουσίασαν μεγαλύτερη ευαισθησία στις περιβαλλοντικές συνθήκες σε

σχέση με τους άνδρες και τα άτομα που βρίσκονταν στον χώρο με συντροφιά, δήλωσαν σε μεγαλύτερο ποσοστό ψήφο θερμικής αίσθησης στις ακραίες κατηγορίες της κλίμακας. Η ηλικία, ο χρόνος έκθεσης, το ιατρικό ιστορικό και η κατάσταση της υγείας επιδρούν στην θερμική αίσθηση. Αύξηση της ευαισθησίας στην ζέστη παρατηρήθηκε σε άτομα ηλικίας μεγαλύτερης των 55 ετών, άτομα που βρίσκονταν στο σημείο της συνέντευξης λιγότερο από 5 min (πιθανόν που δεν είχαν εγκλιματιστεί) ή περισσότερο από 1 h (συσσώρευση θερμικού στρες), άτομα που ανέφεραν ότι πάσχουν από κάποιο χρόνιο αναπνευστικό πρόβλημα υγείας και που την ημέρα της συνέντευξης ένιωθαν την κατάσταση της υγείας τους χειρότερα από ότι συνήθως.

Οι μετεωρολογικές παράμετροι οι οποίες συνδέονται ανεξάρτητα με την ψήφο θερμικής αίσθησης είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου, η ολική ηλιακή και ανακλώμενη ακτινοβολία καθώς και η ατμοσφαιρική πίεση. Οι αντίστοιχες προσωπικές παράμετροι είναι η θερμική μόνωση της ενδυμασίας, αν το άτομο είναι εκτεθειμένο ή όχι στον ήλιο, η προηγούμενη θερμική εμπειρία, δηλαδή αν προηγουμένως βρισκόταν σε χώρο με κλιματισμό και η κατάσταση της υγεία του. Ο ρυθμός μεταβολισμού δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική επίδραση στην ψήφο θερμικής αίσθησης αφού δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή μεταξύ των ατόμων. Ο σκοπός της επίσκεψης επηρεάζει την θερμική αίσθηση. Τα άτομα που βρίσκονταν στο σημείο της συνέντευξης για δουλειά δήλωναν μικρότερη ψήφο θερμικής αίσθησης σε σχέση με αυτούς που επισκέπτονταν το σημείο για λόγους αναψυχής. Σε συνδυασμό με τον χρόνο έκθεσης υποδεικνύει καλύτερη προσαρμογή των ατόμων σε θερμότερες από ότι σε ψυχρότερες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Στην προσπάθεια μοντελοποίησης της ψήφου θερμικής αίσθησης χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές μέθοδοι, η μέθοδος της γραμμικής και της διατακτικής παλινδρόμησης με δύο διαφορετικούς τρόπους: στο σύνολο των παραμέτρων και σε ένα μικρό αριθμό επιλεγμένων παραμέτρων αναπτύσσοντας το εμπεριστατωμένο και το εμπειρικό μοντέλο αντίστοιχα. Από την εφαρμογή και των δύο μεθόδων διαπιστώθηκε ότι η ψήφος θερμικής αίσθησης καθορίζεται από μετεωρολογικές και προσωπικές παραμέτρους ενώ η απόκλισή της από την προβλεπόμενη επηρεάζεται από ψυχολογικές παραμέτρους. Από την ανάλυση προέκυψε βελτίωση του μοντέλου πρόβλεψης όταν λαμβάνονταν υπόψη προσωπικές παράμετροι εκτός από μετεωρολογικές, ενώ ακόμα μεγαλύτερη βελτίωση

παρατηρήθηκε όταν συμπεριλήφθηκαν και οι ψυχολογικές παράμετροι. Τα αποτελέσματα και από τις δύο μεθόδους ήταν παρόμοια. Τα γραμμικά και διατακτικά μοντέλα που παράχθηκαν αποτελούνταν από τις ίδιες παραμέτρους καθορισμού της θερμικής αίσθησης. Συνολικά, τα μοντέλα της διατακτικής παλινδρόμησης προσομοίωσαν με καλύτερο τρόπο την ψήφο θερμικής αίσθησης σε σχέση με τα αντίστοιχα γραμμικά δίνοντας βελτιωμένα αποτελέσματα στην περίπτωση των ακραίων κατηγοριών της 7-βάθμιας κλίμακας ενώ η μέθοδος της γραμμικής παλινδρόμησης αναπαρήγαγε με καλύτερο τρόπο την ψήφο θερμικής αίσθησης στις μεσαίες κατηγορίες της κλίμακας (-1, 0, +1).

Από το απλούστερο εμπειρικό μοντέλο προέκυψαν συγκρίσιμα αποτελέσματα σε σχέση με το εμπεριστατωμένο οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι η ψήφος θερμικής αίσθησης μπορεί να προβλεφθεί ικανοποιητικά και από μικρό αριθμό κατάλληλα επιλεγμένων παραμέτρων. Σύμφωνα με το εμπειρικό μοντέλο η θερμική αίσθηση μπορεί να προβλεφθεί από την μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, την ταχύτητα του ανέμου και την θερμική μόνωση της ενδυμασίας.

Με στόχο την αξιολόγηση των μοντέλων προσομοίωσης που χρησιμοποιούνται ευρέως από την επιστημονική κοινότητα για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης, πραγματοποιήθηκε σύγκριση της προβλεπόμενης από τους βιοκλιματικούς δείκτες θερμικής αίσθησης και των ψήφων θερμικής αίσθησης. Από την ανάλυση διαπιστώθηκαν σημαντικές διακυμάνσεις μεταξύ των προβλεπόμενων από τους δείκτες βαθμίδων. Στην πλειοψηφία τους η μέση τιμή της προβλεπόμενης από τους δείκτες θερμικής ψήφου ταξινομείται με επιτυχία στην ουδέτερη βαθμίδα ενώ σημαντικές διαφορές παρουσιάζονται στις υπόλοιπες βαθμίδες της κλίμακας.

Τα τέσσερα κριτήρια που τέθηκαν επέτρεψαν την επιτυχή αξιολόγηση της ικανότητας πρόβλεψης των βιοκλιματικών δεικτών. Τα δύο από τα τρία στατιστικά κριτήρια αξιολόγησαν την ευαισθησία του δείκτη. Το πρώτο δείχνει πως μεταβάλλονται οι τιμές του δείκτη σε σχέση με την ψήφο θερμικής αίσθησης ενώ το δεύτερο την μεταβολή των προβλεπόμενων βαθμίδων σε συνάρτηση με την ψήφο θερμικής αίσθησης. Το τρίτο στατιστικό κριτήριο δίνει το ποσοστό των σωστών προβλέψεων. Για την ολοκληρωμένη όμως αξιολόγηση των δεικτών δημιουργήθηκαν πινάκες συνάφειας από τους οποίους μελετήθηκε η κατανομή των προβλέψεων των δεικτών στις βαθμίδες της ψήφου θερμικής αίσθησης (τέταρτο κριτήριο).

Εφαρμόζοντας το πρώτο κριτήριο προέκυψε ισχυρή συσχέτιση των τιμών των δεικτών με την ψήφο θερμικής αίσθησης για την πλειοψηφία των δεικτών. Ο

συντελεστής συσχέτισης υπολογίστηκε περίπου ίσος ή μεγαλύτερος του 0,70 με εξαίρεση τους Δείκτη Θερμικού Στρες (HSI) και Απώλεια Υγρών (SW) όπου ο συντελεστής συσχέτισης ήταν μικρότερος. Ο συντελεστής συσχέτισης βελτιώθηκε σε όλους τους δείκτες όταν εφαρμόστηκε το δεύτερο κριτήριο ξεπερνώντας σε πολλές περιπτώσεις την τιμή 0,80. Το ποσοστό των σωστών προβλέψεων κυμάνθηκε από 10,1% TSI έως 53,9% (ASV_{Europe}) ενώ στους περισσότερους ήταν περίπου 35% τονίζοντας την ανάγκη βαθμονόμησής τους. Αξιοσημείωτο είναι ότι σε ορισμένες περιπτώσεις 'απλοί' δείκτες εμφάνισαν μεγαλύτερα ποσοστά σωστών προβλέψεων σε σχέση με κάποιους θερμο-φυσιολογικούς δείκτες, όπως για παράδειγμα οι δείκτες ASV_{Europe}, ESI, $ESI_{modified}$, TS, CET, DI, T_{eq}, OpT, HU συγκρίνοντας με τους PET, PMV, PhS. Πρέπει βέβαια να λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι αρκετοί από τους απλούς δείκτες που αναφέρθηκαν παραπάνω έχουν προκύψει με εμπειρικό τρόπο δηλαδή από έρευνες παρόμοιες με την παρούσα μελέτη. Παρατηρήθηκαν και θερμο-φυσιολογικοί δείκτες με βελτιωμένο ποσοστό σωστών προβλέψεων όπως οι δείκτες STI και UTCI με ποσοστό μεγαλύτερο του 40%.

Προκειμένου να υπάρχει ένα συνολικό και αντικειμενικό μέτρο σύγκρισης των δεικτών, οι συντελεστές συσχέτισης και το ποσοστό σωστών προβλέψεων κανονικοποιήθηκαν ως προς την μέγιστη τιμή και αθροίστηκαν. Ο δείκτης που εφαρμόζεται με μεγαλύτερη επιτυχία είναι αυτός με το μεγαλύτερο άθροισμα. Από τους θερμο-φυσιολογικούς δείκτες τα καλύτερα αποτελέσματα δίνουν οι STI και UTCI. Τρίτος στην κατάταξη ως προς την εφαρμοσιμότητά του εμφανίζεται ο ASV_{Europe}. Από την κατανομή των προβλεπόμενων βαθμίδων θερμικής αίσθησης με την ψήφο θερμικής αίσθησης προκύπτει ότι ο STI προσομοιώνει με μεγαλύτερη επιτυχία την ψήφο θερμικής αίσθησης σε σχέση με τον UTCI αναπαράγοντας ψήφους σε περισσότερες βαθμίδες της κλίμακας και προβλέποντας με μεγαλύτερη επιτυχία την ψήφο θερμικής αίσθησης στο θετικό τμήμα της κλίμακας. Εδώ θα πρέπει να τονίσουμε ότι στην παρούσα μελέτη ο UTCI έχει υπολογιστεί μόνο από μετεωρολογικές παραμέτρους. Ο ASV_{Europe} προσομοιώνει με μεγάλη επιτυχία την ουδέτερη θερμική αίσθηση, αποτυγχάνοντας όμως να προβλέψει τις ακραίες βαθμίδες της κλίμακας θερμικής αίσθησης (-3, +3). Αντίθετα ο δείκτης Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (T_{eq}) παρόλο που σύμφωνα με τα στατιστικά κριτήρια που τέθηκαν έχει μειωμένη ικανότητα πρόβλεψης σε σχέση με τον ASV_{Europe}, ο πίνακας συνάφειας έδειξε ότι προσομοιώνει την ψήφο θερμικής αίσθησης με μεγαλύτερη επιτυχία κατανέμοντας το μεγαλύτερο ποσοστό των προβλέψεών του στην σωστή βαθμίδα

ψήφου θερμικής αίσθησης ακόμα και στις ακραίες κατηγορίες με εξαίρεση την κατηγορία -3. Επιπλέον, θα πρέπει να αναφέρουμε ότι για σημαντικό αριθμό δεικτών πραγματοποιήθηκε συγχώνευση των τάξεων της θερμικής ψήφου, η οποία ενδεχομένως ευνόησε το ποσοστό επιτυχών προβλέψεων ορισμένων δεικτών και επομένως το αποτέλεσμα των κριτηρίων, σε αντίθεση με τον δείκτη PMV ο οποίος έχει επταβάθμια κλίμακα παρόμοια με την κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την μελέτη και τον PET όπου συγχωνεύτηκαν βαθμίδες της κλίμακας θερμικής αίσθησης μεγαλύτερες της +3. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα του PET σε σχέση με τις δύο διαφορετικές κλίμακες, Δυτικής/Κεντρικής Ευρώπης και Μεσογειακής, δεν διαπιστώνονται σημαντικές διαφορές. Οι δείκτες PET και PhS επιτυγχάνουν να προσομοιώσουν την ψήφο θερμικής αίσθησης στην κατηγορία -3.

Στην προσπάθεια εύρεσης της καταλληλότερης μεθόδου βαθμονόμησης των δεικτών εφαρμόστηκαν τρεις διαφορετικές μέθοδοι: η απλή και ευρέως διαδεδομένη γραμμική παλινδρόμηση, η πολυωνυμική παλινδρόμηση η οποία προσεγγίζει καλύτερα την σιγμοειδή μορφή της σχέσης της ψήφου θερμικής αίσθησης με τους παράγοντες που επιδρούν σε αυτήν και η ανάλυση probit βάσει της οποίας υπολογίζεται η πιθανότητα μετάβασης σε υψηλότερη τιμή της κλίμακας της ψήφου θερμικής αίσθησης.

Συνολικά οι βαθμονομημένες κλίμακες παρουσίασαν μικρότερο εύρος σε σχέση με τις αρχικές, εμφανίζοντας υψηλότερες τιμές κατωφλίων στο αρνητικό μέρος της κλίμακας και χαμηλότερες στην κατηγορία +3 και υποδεικνύοντας μικρότερα όρια ανοχής. Στην πλειοψηφία των δεικτών η ‘ουδέτερη’ κατηγορία της βαθμονομημένης κλίμακας περιέχεται στην αντίστοιχη της αρχικής παρουσιάζοντας μικρή τάση προς υψηλότερες τιμές. Το συμπέρασμα αυτό ισχύει και για τους δείκτες STI, UTCI και ASV_{Europe}. Μικρότερη μεταβολή της βαθμονομημένης κλίμακας σε σχέση με την αρχική παρατηρήθηκε στον UTCI. Στην περίπτωση των δεικτών που ισχύουν σε Μεσογειακό κλίμα, ASV και PET σύμφωνα με την Μεσογειακή κλίμακα, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές της βαθμονομημένης κλίμακας από την αρχική. Η βαθμονομημένη κλίμακα του PET ήταν σε καλύτερη συμφωνία με την αρχική κλίμακα που είχε αναπτυχθεί για την Δυτική/Κεντρική Ευρώπη σε σχέση με την αντίστοιχη για το Μεσογειακό κλίμα.

Η σύγκριση των τριών μεθόδων βαθμονόμησης οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η γραμμική και η πολυωνυμική παλινδρόμηση οδηγούν σε παρόμοια αποτελέσματα παρουσιάζοντας σημαντικές διαφορές με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την

ανάλυση probit. Η βαθμονομημένη κλίμακα βάσει της ανάλυσης πιθανοτήτων είχε μεγαλύτερο εύρος σε σχέση με τις προηγούμενες δύο μεθόδους συνεχίζοντας όμως να έχει μικρότερο εύρος από την αρχική κλίμακα των δεικτών.

Η ανάλυση probit αξιολογήθηκε ως καλύτερη μέθοδος βαθμονόμησης της κλίμακας των βιοκλιματικών δεικτών σε σχέση με την γραμμική και την πολυωνυμική παλινδρόμηση βελτιώνοντας το μέτρο συσχέτισης της προβλεπόμενης βαθμίδας αίσθησης και της ψήφου θερμικής αίσθησης καθώς επίσης αυξάνοντας αισθητά το ποσοστό των σωστών προβλέψεων Η πολυωνυμική παλινδρόμηση παρέχει ικανοποιητικά αποτελέσματα λαμβάνοντας υπόψη το ότι εφαρμόζεται πολύ ευκολότερα από την ανάλυση πιθανοτήτων, παρουσιάζοντας μικρές διαφορές από αυτήν. Η γραμμική παλινδρόμηση αξιολογήθηκε ως η λιγότερο κατάλληλη μέθοδος βαθμονόμησης παρουσιάζοντας σε ορισμένους δείκτες ακόμα και μείωση του ποσοστού σωστών προβλέψεων σε σχέση με την αρχική κλίμακα. Ένα αίτιο αυτής της μείωσης είναι η σημαντική μείωση του ποσοστού σωστών προβλέψεων στην βαθμίδα θερμικής αίσθησης ‘ουδέτερα’ στην οποία το μεγαλύτερο μέρος των δεικτών παρουσίαζαν την μεγαλύτερη επιτυχία πρόβλεψης.

Η βαθμονόμηση με βάση την ανάλυση probit μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής αφού αυξήθηκαν σημαντικά οι συντελεστές συσχέτισης και τα ποσοστά σωστών προβλέψεων σε σύγκριση με τα αντίστοιχα πριν την βαθμονόμηση σε όλους τους δείκτες. Από τους πίνακες συνάφειας διαπιστώθηκε ότι βελτιώθηκε σημαντικά η ικανότητα πρόβλεψης των δεικτών ακόμα και στις ακραίες κατηγορίες της κλίμακας στις οποίες οι δείκτες παρουσίαζαν αδυναμία προσομοίωσης πριν την βαθμονόμηση. Παρόλα αυτά παρατηρήθηκε περιορισμένη ικανότητα προσομοίωσης της βαθμίδας -3 και μετά την εφαρμογή της βαθμονομημένης κλίμακας.

Εφαρμόζοντας την ίδια μέθοδο με αυτήν που χρησιμοποιήθηκε πριν την βαθμονόμηση έγινε μια προσπάθεια προσδιορισμού του δείκτη που προσομοιώνει με μεγαλύτερη επιτυχία την ψήφο θερμικής αίσθησης. Χρησιμοποιώντας την βαθμονομημένη κλίμακα, μεγαλύτερη επιτυχία παρουσιάζουν οι δείκτες ASV, STI και UTCI. Μετά την βαθμονόμηση ο ASV δίνει καλύτερα αποτελέσματα από τον ASV_{Europe} αλλά και από όλους τους υπό μελέτη δείκτες γεγονός που πιθανόν οφείλεται στο ότι ο ASV έχει αναπτυχθεί για την περιοχή της Αθήνας βασισμένος σε δεδομένα που συλλέχθηκαν με την ίδια μέθοδο που ακολουθήθηκε στην παρούσα μελέτη. Επίσης πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι έχει χρησιμοποιηθεί η πολυωνυμική εξίσωση για τον υπολογισμό του UTCI από λίγες μόνο παραμέτρους καθώς και ότι

για την προσαρμογή των κλιμάκων των δεικτών στην κλίμακα της ψήφου θερμικής αίσθησης έχουν συμπτυχθεί 3 κατηγορίες στην περίπτωση του ASV ενώ στις περιπτώσεις των STI και UTCI, 2 κατηγορίες.

Στα πλαίσια της παρούσας διατριβής, η μελέτη μετεωρολογικών, προσωπικών και ψυχολογικών παραμέτρων έδωσε μια αρκετά σαφή εικόνα των παραγόντων που επηρεάζουν και καθορίζουν την θερμική αίσθηση του πληθυσμού ενώ έγινε δυνατός ο προσδιορισμός των δεικτών που προσομοιώνουν με μεγαλύτερη επιτυχία την θερμική αίσθηση βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων και βαθμονομήθηκαν με επιτυχία ευρέως διαδεδομένοι δείκτες βελτιώνοντας σημαντικά την εφαρμοσιμότητά τους στην περίπτωση του Μεσογειακού κλίματος.

Παρατηρήθηκε μεγάλο εύρος θερμικών συνθηκών στις οποίες τα άτομα δήλωναν θερμική άνεση καθώς επίσης διαπιστώθηκε η προτίμηση των ερωτηθέντων στις θερμότερες θερμικές συνθήκες. Οι γυναίκες και τα άτομα που βρίσκονταν στο σημείο των μετρήσεων χωρίς συντροφιά παρουσίασαν μεγαλύτερη ευαισθησία στις περιβαλλοντικές συνθήκες, ενώ η ηλικία, ο χρόνος παραμονής και η κατάσταση της υγείας επηρεάζουν την ευαισθησία στο θερμό περιβάλλον. Η ψήφος θερμικής αίσθησης μπορεί να εκτιμηθεί ικανοποιητικά από μικρό αριθμό κατάλληλα επιλεγμένων παραμέτρων ενώ καλύτερη μέθοδος μοντελοποίησης αποδείχθηκε η διατακτική σε σχέση την γραμμική παλινδρόμηση. Οι βιοκλιματικοί δείκτες που προσομοιώνουν με μεγαλύτερη επιτυχία την ψήφο θερμικής αίσθησης είναι οι STI και UTCI, όμως μπορεί να εκτιμηθεί ικανοποιητικά και από τους εμπειρικούς δείκτες ASV_{Europe} (στην περίπτωση προσομοίωσης της θερμικής άνεση) και T_{eq}. Οι βαθμονομημένες κλίμακες παρουσίασαν μικρότερο εύρος σε σχέση με τις αρχικές εμφανίζοντας υψηλότερες τιμές κατωφλίων στο αρνητικό μέρος της κλίμακας ενώ βελτιώθηκε σημαντικά η ικανότητα πρόβλεψης των δεικτών ιδιαίτερα στις ακραίες κατηγορίες της κλίμακας θερμικής αίσθησης. Μετά την βαθμονόμηση διαπιστώθηκε ότι οι δείκτες ASV, STI και UTCI εφαρμόζονται με μεγαλύτερη επιτυχία για την εκτίμηση της θερμικής αίσθησης.

Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην εκτίμηση της θερμικής αίσθησης στο πλαίσιο του Μεσογειακού κλίματος για σκοπούς υγείας και τουρισμού καθώς επίσης για τον σχεδιασμό εξωτερικών αστικών χώρων. Παρόλα αυτά θα ήταν χρήσιμο να επεκταθεί σε μεγαλύτερο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών ώστε να συμπεριληφθούν διαφορετικά μικροκλίματα και ακραίες συνθήκες με χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος και συνθήκες

καύσωνα ώστε να γίνουν πιο διακριτά τα κατώφλια των ακραίων βαθμίδων της κλίμακας θερμικής αίσθησης. Παράλληλα, θα μπορούσε η μελέτη να επικεντρωθεί σε μια ομάδα ατόμων συγκεκριμένης ηλικίας, φυσικής και ψυχολογικής κατάστασης και τα αποτελέσματα να συγκριθούν με αυτά της παρούσας μελέτης. Τέλος θα μπορούσε να εξεταστεί η πιθανή επίδραση της μορφής της κλίμακας στην εκτίμηση της θερμικής αίσθησης συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης με αντίστοιχη στην οποία έχει χρησιμοποιηθεί κλίμακα με διαφορετικό αριθμό βαθμίδων.

ΛΙΣΤΑ ΑΡΧΙΚΩΝ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

ASV	Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (Actual Sensation Vote) (αδιάστατο)
ASV_{Europe}	Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης εξίσωση για την Ευρώπη (Actual Sensation Vote for Europe) (αδιάστατο)
CP	Ψυκτική Ισχύς (Cooling Power) ($W \cdot m^{-2}$)
CET	Διορθωμένη Αποτελεσματική Θερμοκρασία (Corrected Effective Temperature) (^oC)
COMFA	Εξίσωση Άνεσης (Comfort Formula) ($W \cdot m^{-2}$)
DIFF	Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία από τον σταθμό του Θησείου ($W \cdot m^{-2}$)
ε	συντελεστής ανακλαστικότητας (αδιάστατο)
e	τάση υδρατμών (hPa)
EAA	Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
EMY	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
EqW	Ισοδύναμη Θερμότητα (Equivalent Warmth) (αδιάστατο)
es	τάση κορεσμένων υδρατμών (hPa)
ESI	Δείκτης Περιβαλλοντικού Στρες, Environmental Stress Index (^oC)
$ESI_{modified}$	Τροποποιημένος Δείκτης Περιβαλλοντικού Στρες, Modified Environmental Stress Index (^oC)
D	διάμετρος γκρι σφαίρας (mm)
DI	Δείκτης Δυσφορίας για την Αθήνα (Discomfort Index) (^oC)
DI_{ndex}	Δείκτης Δυσφορίας αρχική εξίσωση (Discomfort Index) (^oC)
DISC	Προβλεπόμενη Θερμική Δυσφορία (Thermal Discomfort) (αδιάστατο)
Γ_d	ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα ($^oK \cdot km^{-1}$)
Γs	υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα ($^oK \cdot km^{-1}$)
δ	απόκλιση του ήλιου (μοίρες)
h	ωριαία γωνία του ήλιου σε τοπική ηλιακή ώρα (μοίρες)
HI	Θερμικός Δείκτης (Heat Index) (^oC)
HL	Θερμικό Φορτίο (Heat Load) (αδιάστατο)
HSI	Δείκτης Θερμικού Στρες (Heat Stress Index) (αδιάστατο)
HU	Δείκτης Humidex (^oC)
θ	γωνία ανύψωσης του ήλιου (μοίρες)
I_{cl}	θερμική μόνωση της ενδυμασίας (clo)
IR_{up}	μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία ($W \cdot m^{-2}$)
IR_{down}	μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία ($W \cdot m^{-2}$)
ITS	Δείκτης Θερμικής Καταπόνησης (Index of Thermal Stress) ($kcal \cdot h^{-1}$)
M	ρυθμός μεταβολισμού ($W \cdot m^{-2}$)
MDI	Τροποποιημένος Δείκτης Δυσφορίας (Modified Discomfort Index) (^oC)
NET	Κανονική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (Normal Effective Temperature) (^oC)
OT	Λειτουργική Θερμοκρασία (Operative Temperature) (^oC)
OpT	Λειτουργική Θερμοκρασία σύμφωνα με ISO (Operative Temperature) (^oC)
OUT_SET	Τυπική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (Standard Effective Temperature) για εξωτερικό περιβάλλον (^oC)
OVF	συντελεστής παρεμπόδισης (αδιάστατο)
RH	σχετική υγρασία (%)

RSI	Δείκτης Σχετικής Έντασης (Relative Strain Index) (αδιάστατο)
RSIndex	Δείκτης Σχετικής Έντασης σχέση Kyle (1992) (Relative Strain Index) (αδιάστατο)
SVF	Συντελεστή θέασης ουρανού (αδιάστατο)
P	Ατμοσφαιρική πίεση (hPa)
PET	Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (Physiological Equivalent Temperature) (^oC)
PhS	Φυσιολογική Ένταση/Καταπόνηση (Physiological Strain) (αδιάστατο)
PMV	Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (Predicted Mean Vote) (αδιάστατο)
PMV_{solar}	Τροποποιημένη Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (αδιάστατο)
PPD	Προβλεπόμενο Ποσοστό Δυσφορούντων (Predicted Percentage of Dissatisfied) (%)
PT	Αντιληπτή θερμοκρασία (Perceived Temperature) (^oC)
r_s	αναλογία μίγματος στον κορεσμό ($g \cdot g^{-1}$)
SET	Τυπική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (Standard Effective Temperature) (^oC)
Sig	επίπεδο σημαντικότητας (αδιάστατο)
SR_{req}	Απαιτούμενο Ποσοστό Εφίδρωσης (Required Sweat Rate) ($g \cdot h^{-1}$)
SR_{diff}	διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο στο σημείο μέτρησης ($W \cdot m^{-2}$)
$SR_{diffEAA}$	διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο διορθωμένη για την στεφάνη από τον σταθμό του Θησείου ($W \cdot m^{-2}$)
SR_{down}	ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο ($W \cdot m^{-2}$)
SR_{EAA}	ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο ($W \cdot m^{-2}$) από τον σταθμό του Θησείου
SR_{up}	ολική ηλιακή ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο ($W \cdot m^{-2}$)
ST	Υποκειμενική Θερμοκρασία (Subjective Temperature) (^oC)
STI	Δείκτης Υποκειμενικής Θερμοκρασίας (Subjective Temperature) (^oC)
$ST_{preferred}$	Υποκειμενική Θερμοκρασία Θερμικής Άνεσης (^oC)
SVF	Συντελεστής θέασης του ουρανού (sky view factor)
T_{air}	θερμοκρασία του αέρα (^oC)
T_{app}	Φαινομενική Θερμοκρασία (Apparent Temperature) (^oC)
T_d	θερμοκρασία σημείου δρόσου (^oC)
T_{eq}	Ισοδύναμη Θερμοκρασία (Equivalent Temperature) (^oC)
TMMO	Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα (^oC)
T_{mrt}	μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας (^oC)
T_{ne}	Ουδέτερη Θερμοκρασία σε Εξωτερικό Χώρο (Outdoor Neutral Temperature) (^oC)
T_{globe}	θερμοκρασία γκρι σφαίρας (^oC)
T_{ground}	θερμοκρασίας εδάφους (^oC)
TR_{up}	ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο ($W \cdot m^{-2}$)
TR_{down}	ολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο ($W \cdot m^{-2}$)
TS	Θερμική Αίσθηση (Thermal Sensation) (αδιάστατο)
T_{season}	Μέση θερμοκρασία αέρα κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων ανά εποχή
TSENS	Προβλεπόμενη Θερμική Αίσθηση (Thermal Sensation) (αδιάστατο)
TSI	Δείκτης Τροπικού Καλοκαιριού (Tropical Summer Index) (^oC)
tsp	Αντίληψη Θερμικής Αίσθησης (thermal sensation perception) (αδιάστατο)

TS_{sa}	Δείκτης Θερμικής Αίσθησης με εποχική προσαρμογή (Thermal Sensation Index with seasonal adaptation) (αδιάστατο)
TEP	Θερμοκρασία Ισοδύναμης Αντίληψης (Temperature of Equivalent Perception) (^oC)
T_w	θερμοκρασία υγρού θερμομέτρου (^oC)
UTCI	Παγκόσμιος Θερμικός Κλιματικός Δείκτης (Universal Thermal Climate Index) (^oC)
Φ	γεωγραφικό πλάτος
w	αναλογία μίγματος (αδιάστατο)
WBGT	Θερμοκρασία Υγραινόμενης Σφαίρας (Wet Bulb Globe Temperature) απλοποιημένη εξίσωση (^oC)
$WBGT_{outdoor}$	Θερμοκρασία Υγραινόμενης Σφαίρας (Wet Bulb Globe Temperature) (^oC)
WS	μέση ταχύτητα του ανέμου ($m \cdot s^{-1}$)
WS_{max}	μέγιστη ταχύτητα ανέμου ($m \cdot s^{-1}$)
WS_{10m}	ταχύτητα του ανέμου ($m \cdot s^{-1}$)
z	ύψος μέτρησης της ταχύτητας του ανέμου (m)
z_{LCL}	ύψος συμπύκνωσης (km)
z_0	αεροδυναμικό μήκος τραχύτητας (m)

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1. Κλίμακες εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών ET, NET, SET, EqW και T_{eq} (σελ. 25)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2. Κλίμακες εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών CP και WBGT (σελ. 26)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης του δείκτη HSI (σελ. 28)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών DI και RSI (σελ. 30)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών PMV, PMV_{solar} και PT (σελ. 31)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών TSENS και DISC (σελ. 32)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών HU και HI (σελ. 33)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8. Συντελεστές ενδυμασίας του ITS (σελ. 35)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.9. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης του δείκτη ITS (σελ. 35)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.10. Όρια τιμών του δείκτη SR_{req} για εγκλιματισμένο ή μη άτομο, σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO 7933) (σελ. 37)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.11. Όρια θερμικού ισοζυγίου και θερμικής αίσθησης σύμφωνα με τον δείκτη COMFA (σελ. 38)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.12. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης του δείκτη PET (σελ. 39)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.13. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών HL, PhS και STI (σελ. 41)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.14. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών TS και ESI (σελ. 43)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.15. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης των δεικτών ASV, tsp και TEP (σελ. 44)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.16. Κλίμακα εκτίμησης θερμικής αίσθησης του δείκτη UTCI (σελ. 45)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1. Χρονική περίοδος διεξαγωγής της έρευνας (σελ. 50)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2. Μέσες μηνιαίες κλιματικές τιμές (1961-1990) και μέσες μηνιαίες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων κατά τους μήνες διεξαγωγής των πειραμάτων για τον σταθμό του Θησείου (ΙΕΠΒΑ) (σελ. 50)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3. Ερωτηματολόγιο θερμικής άνεσης βάσει του οποίου πραγματοποιήθηκαν οι συνεντεύξεις (σελ. 54)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4. Κλίμακες θερμικής αίσθησης (σελ. 56)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5. Θερμική μόνωση ενδυμάτων σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Πιστοποίησης (ISO 7730) (σελ. 57)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6. Μεταβολικός ρυθμός σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Πιστοποίησης (ISO 7730) (σελ. 58)

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7. Δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων ταξινομημένα σε μετεωρολογικές, προσωπικές και ψυχολογικές παραμέτρους (σελ. 63)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1. Ημέρες και ώρες διεξαγωγής των πειραματικών μετρήσεων (σελ. 74)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2. Μέσες τιμές τριλέπτου μετεωρολογικών παραμέτρων κατά τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων για όλη την περίοδο των μετρήσεων (σελ. 75)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3. Μέσες τρίλεπτες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων ανά εποχή (σελ. 76)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4. Μέσες τρίλεπτες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων ανά σημείο μέτρησης (σελ. 76)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5. Μέσες τρίλεπτες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων ανά περιοχή και ανά περίοδο μετρήσεων (Α) θερινή, (Β) φθινοπωρινή και (Γ) χειμερινή περίοδο (σελ. 77)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6. Συντελεστές των μετεωρολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (σελ. 95)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7. Συντελεστές των προσωπικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (R=0,733, R^2=0,538) (σελ. 96)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.8. Συντελεστές των θερμο-φυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (R=0,815 και R^2=0,665) (σελ. 97)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9. Συντελεστές των ψυχολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (R=0,840 R^2=0,706) (σελ. 98)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.10. Συντελεστές των μετεωρολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης (σελ. 99)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11. Συντελεστές των προσωπικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης (σελ. 100)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.12. Συντελεστές των θερμο-φυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης (σελ. 102)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.13. Συντελεστές των ψυχολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης (σελ. 103)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1. Κατηγορικές μεταβλητές που τροποποιήθηκε η κωδικοποίησή τους για την μοντελοποίηση της ψήφου θερμικής αίσθησης (σελ. 110)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2. Συντελεστές των προσωπικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (σελ. 112)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3. Συντελεστές των θερμοφυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (R=0,816 και R^2=0,666) (σελ. 115)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4. Συντελεστές των προσωπικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης (σελ. 116)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5. Συντελεστές των θερμοφυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης (σελ. 117)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6. Συντελεστές των θερμοφυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης χωρίς να ληφθεί υπόψη η μεταβλητή ' κατάσταση υγείας' (σελ. 118)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.7. Συντελεστές των ψυχολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης ΔΨ = ψήφος θερμικής αίσθησης – θερμο-φυσιολογικά προβλεπόμενη ψήφος θερμικής αίσθησης (σελ. 120)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8. Συντελεστές θερμο-φυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο γραμμικής παλινδρόμησης (R=0,804, R^2=0,647) (σελ. 121)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.9. Συντελεστές θερμο-φυσιολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης (σελ. 122)

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10. Συντελεστές των ψυχολογικών παραμέτρων σύμφωνα με το μοντέλο διατακτικής παλινδρόμησης ΔΨ = ψήφος θερμικής αίσθησης – θερμο-φυσιολογικά προβλεπόμενη ψήφος θερμικής αίσθησης (σελ. 123)

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1. Βιοκλιματικοί δείκτες ταξινομημένοι σε αλφαβητική σειρά και οι παράμετροι εισόδου στον κώδικα Matlab για τον υπολογισμό τους (σελ. 131)

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2. Παράμετροι που εισήχθηκαν στον κώδικα Matlab για τον υπολογισμό των βιοκλιματικών δεικτών (σελ. 132)

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3. Εύρος βιομετεωρολογικών δεικτών κατά τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων (σελ. 135)

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4. Συντελεστές συσχέτισης προβλεπόμενης θερμικής αίσθησης και ψήφου θερμικής αίσθησης (σελ. 140)

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5. Τυπική απόκλιση σωστών προβλέψεων επιλεγμένων δεικτών ανά κατηγορία θερμικής αίσθησης (σελ. 141)

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.6. Κατάταξη βιοκλιματικών δεικτών σε σχέση με την εφαρμοσιμότητά τους στο Μεσογειακό κλίμα (σελ. 145)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες των δεικτών Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (ASV και ASVEurope) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 155)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Διορθωμένη Αποτελεσματική Θερμοκρασία (CET) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 155)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Εξίσωση Άνεσης (COMFA) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 155)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.4. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Ψυκτική Ισχύς (CP) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 156)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.5. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες των Δεικτών Δυσφορίας (DI, DIndex και MDI) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 156)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.6. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες των δεικτών Θερμική Δυσφορία (DISC) Θερμική Αίσθηση (TSENS) και Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMVsolar) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 156)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.7. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του Δείκτη Περιβαλλοντικού Στρες ($ESI_{modified}$) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 158)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.8. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Αποτελεσματική Θερμοκρασία (ET, ET_{ASHRAE} και NET) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 158)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.9. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Ισοδύναμη Θερμότητα (EqW) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 158)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.10. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες των δεικτών Θερμικός Δείκτης (HI) και Φαινομενική Θερμοκρασία (T_{app}) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 159)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.11 Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Θερμικό Φορτίο (HL) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 159)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.12. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του Δείκτη Θερμικού Στρες (HSI και HSI_{ASHRAE}) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 159)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.13. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Humidex (HU) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 160)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.14. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του Δείκτη Θερμικής Καταπόνησης (ITS) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 160)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.15. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Λειτουργική Θερμοκρασία (OT και OpT) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 160)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.16. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του μοντέλου Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 161)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.17. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Φυσιολογική Ένταση/Καταπόνηση (PhS) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 161)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.18. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV και PMV_G) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 161)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.19. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Αντιληπτή Θερμοκρασία (PT) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 162)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.20. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του Δείκτη Σχετικής Έντασης (RSI) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 162)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.21. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Τυπική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (SET) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 162)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.22. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες των δεικτών Υποκειμενική Θερμοκρασία (ST) και Ουδέτερη Θερμοκρασία (T_{ne}) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 163)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.23. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του Δείκτη Υποκειμενικής Θερμοκρασίας (STI) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 163)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.24. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Αντιληπτή Θερμική Αίσθηση (tsp) και Θερμοκρασία Ισοδύναμης Αντίληψης (TEP) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 163)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.25. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Ισοδύναμη Θερμοκρασία (Teq) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 164)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.26. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Θερμική Αίσθηση (TS) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 164)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.27. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Παγκόσμιος Θερμικός Κλιματικός Δείκτης (UTCI) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 164)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.28. Θερμική αίσθηση και βαθμίδες του δείκτη Θερμοκρασία Υγραινόμενης Σφαίρας (WBGT και $WBGT_{outdoor}$) σε Μεσογειακό κλίμα (σελ. 165)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.29. Συντελεστής Gamma και ποσοστό επιτυχών προβλέψεων των δεικτών με βάση τις βαθμονομημένες κλίμακες (σελ. 168)

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.30. Κατάταξη βιοκλιματικών δεικτών σε σχέση με την εφαρμοσιμότητά τους στο Μεσογειακό κλίμα μετά την βαθμονόμηση της κλίμακά τους (σελ. 170)

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

ΣΧΗΜΑ 3.1. Περιοχή μελέτης (α) ευρύτερη περιοχή του λεκανοπεδίου Αττικής και τα σημεία μετρήσεων (β) πλατεία Συντάγματος (γ) οδός Ερμού και (δ) παραλία Φλοίσβου (σελ. 49)

ΣΧΗΜΑ 3.2. (α) Κινητός μετεωρολογικός σταθμός που χρησιμοποιήθηκε κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων και (β) θερμόμετρο γκρι σφαίρας (σελ. 52)

ΣΧΗΜΑ 4.1. Θερμική μόνωση της ενδυμασίας κατά την διάρκεια της μελέτης και θερμική μόνωση ενδυμασίας σύμφωνα με το μοντέλο UTCI σε σχέση με την θερμοκρασία περιβάλλοντος (σελ. 80)

ΣΧΗΜΑ 4.2. Μέσες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου (σελ. 83)

ΣΧΗΜΑ 4.3. Μέσες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου ανά εποχή μετρήσεων (σελ. 84)

ΣΧΗΜΑ 4.4. Μέσες τιμές μετεωρολογικών παραμέτρων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου με βάση την τροποποιημένη τριτοβάθμια κλίμακα (σελ. 86)

ΣΧΗΜΑ 4.5. Ποσοστό προσωπικών παραμέτρων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου (σελ. 88-)

ΣΧΗΜΑ 4.6. Ποσοστό ψυχολογικών παραμέτρων ανά κατηγορία θερμικής ψήφου (σελ. 92-94)

ΣΧΗΜΑ 5.1. Πίνακες συνάφειας αποτελεσμάτων από το (α) γραμμικό μετεωρολογικό μοντέλο (Gamma=0,811, p<0.001) και (β) γραμμικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο (Gamma=0,817, p=0.000) (σελ. 112)

ΣΧΗΜΑ 5.2. Πίνακες συνάφειας αποτελεσμάτων από το (α) διατακτικό μετεωρολογικό μοντέλο (Gamma=0,804, p=0,000) και (β) διατακτικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο (Gamma 0,810, p=0.000) (σελ. 115)

ΣΧΗΜΑ 5.3. Πίνακες συνάφειας αποτελεσμάτων από το (α) διατακτικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο χωρίς να ληφθεί υπόψη η μεταβλητή ' κατάσταση υγείας' (Gamma 0,815, p<0,01) και (β) διατακτικό εμπεριστατωμένο μοντέλο (Gamma=0,834, p<0,01) (σελ. 119)

ΣΧΗΜΑ 5.4. Πίνακες συνάφειας αποτελεσμάτων από το (α) γραμμικό εμπειρικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο (Gamma=0,817, p<0,01), (β) διατακτικό εμπειρικό θερμο-φυσιολογικό μοντέλο (Gamma=0,814, p<0,01) και (γ) διατακτικό εμπειρικό μοντέλο (Gamma=0,819, p<0,01) (σελ. 121)

ΣΧΗΜΑ 6.1. Μέσες τιμές βιοκλιματικών δεικτών ανά κατηγορία θερμικής ψήφου (σελ. 136-138)

ΣΧΗΜΑ 6.2. Ποσοστό προβλεπόμενων τιμών ανά κατηγορία της κλίμακας των δεικτών και ανά κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης (ο πίνακας διαβάζεται ανά γραμμή – το άθροισμα ανά γραμμή ισούται με 100%) (σελ. 142-144)

ΣΧΗΜΑ 7.1. Βιοκλιματικοί δείκτες συναρτήσει της ψήφου θερμικής αίσθησης (σελ. 153-154)

ΣΧΗΜΑ 7.2. Ποσοστιαία κατανομή αλλαγής της ψήφου θερμικής αίσθησης από μικρότερες σε μεγαλύτερες βαθμίδες της κλίμακας θερμικής αίσθησης (σελ. 166-167)

ΣΧΗΜΑ 7.3. Ποσοστό προβλεπόμενων τιμών ανά κατηγορία της κλίμακας των δεικτών και ανά κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης μετά την βαθμονόμηση της κλίμακας των δεικτών (ο πίνακας διαβάζεται ανά γραμμή – το άθροισμα ανά γραμμή ισούται με 100%) (σελ. 172-173)

Βιβλιογραφία

Andrade H, Alcoforado MJ, Oliveira S (2011) Perception of temperature and wind by users of public outdoor spaces: relationships with weather parameters and personal characteristics. Int J Biometeorol 55(5):665-80.

Allison PD (1999) Logistic Regression using the SAS System: Theory and application. SAS Institute Inc, Cary, NC,USA.

Cheng V, Ng E, Chan C, Givoni B (2012) Outdoor thermal comfort study in a sub-tropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong. Int J Biometeorol 56(1):43–56.

Almeida SP, Casimiro E, Calheiros J (2010) Effects of apparent temperature on daily mortality in Lisbon and Oporto, Portugal. Environ Health 9:12.

Aroztegui JM (1995) Índice de Temperatura Neutra Exterior. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído (ENCAC), 3.

ASHRAE (1989) ASHRAE Handbook—Fundamentals. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.

ASHRAE (2004) Thermal environmental conditions for human occupancy. ASHRAE Standard 55 - 2004. American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc.; 2004.

ASHRAE (2001) Physiological Principles and Thermal Comfort, In Handbook of Fundamentals, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, 2001, pp 8:1–29.

Auliciems A, Szokolay SV (2007) Thermal comfort. Design tools and techniques. PLEA in association with Dept. of Architecture, University of Queensland.

Ballantyne ER, Hill RK, Spencer JW (1977) Probit analysis of thermal sensation assessments. Int J Biometeorol 21(1): 29-43.

Bedford T (1936) Warmth factor in comfort at work. Industrial Health Research Board, Paper 76.

Bedford T (1940) Environmental warmth and its measurement. Med Res Council, War Memorandum 17.

Belding HS, Hatch TF (1955) Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strains. Heat Pip Air Cond. 27(8):129-136.

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

Bethea D, Parsons K (2002) The development of a practical heat stress assessment methodology for use in UK industry. Prepared by Loughborough University for the Health and Safety Executive 2002 Research Report 008.

Billington NS (1987) The Evolution of Environmental Temperature. Build Environ 22(4):241-249.

Błażejczyk K (1994) New climatological-and-physiological model of the human heat balance outdoor (MENEX) and its applications in bioclimatological studies in different scales. In: Błażejczyk K., Krawczyk B. (eEds), Bioclimatic research of the human heat balance, Zestyty IGiPZ PAN, pp. 27-58.

Błażejczyk K (1999) Influence of solar radiation on skin temperature in standing and walking subjects outdoors. In: Hodgdon JA, Heaney JH, Buono MJ (eds). Environmental Ergonomics VIII, Int. Series on Environmental Ergonomics, vol. 1, Selected papers from the 8th Int. Conf. On Environmental Ergonomics, San Diego, California, USA, 18-23 Oct. 1998, Naval Health Research Center, San Diego State University: 57-60.

Błażejczyk K (2005) MENEX_2005-the updated version of man-environment heat exchange model http://www.igipz.pan.pl/tl_files/igipz/ZGiK/opracowania/indywidualne/blazejczyk/MENEX_2005.pdf

Błazejczyk K, Broede P, Fiala D, Havenith G, Holmér I, Jendritzky G, Kampmann B, Kunert A (2010) Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale. Miscellanea Geographica 14, pp. 91-102.

Błażejczyk K, Epstein Y, Jendritzky G, Staiger H, Tinz (2012) Comparison of UTCI to selected thermal indices. Int J Biometeorol 56(3):515-535.

Bolton D (1980) The computation of Equivalent Potential Temperature. Monthly Weather Review 108:1046-53.

BOM (2013) Bureau of Meteorology, Australian Government. About the approximation to the WBGT used by the Bureau of Meteorology. http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/ (6/2/2013).

Brown RD, Gillespie TJ (1986) Estimating outdoor thermal comfort using a cylindrical radiation thermometer and an energy budget model. Int J Biometeor 30(1): 43-52.

Bründl W, Höppe P (1984) Advantage and disadvantage of the Urban Heat Island. An evaluation according to the hygro-thermic effects. Arch Met Geoph Biocl 35:55–66.

Burdon C, O'Connor H, Gifford J, Shirreffs S, Chapman P, Johnson N (2010) Effect of drink temperature on core temperature and endurance cycling performance in warm, humid conditions. J Sports Sci 28(11):1147-56.

Chan DWT, Burnett J, de Dear RJ, Ng SCH (1998) A large-scale survey of thermal comfort in office premises in Hong Kong. ASHRAE Trans 104(1B):1172–80.

Charalampopoulos I, Tsiros I, Chronopoulou-Sereli A, Matzarakis A (2013) Analysis of thermal bioclimate in various urban configurations in Athens, Greece. Urban Ecosyst 16(2):217-33.

Cheng V, Ng E, Chan C, Givoni B (2012a) Outdoor thermal comfort study in a subtropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong. Int J Biometeorol 56:43-56.

Cheng Y, Niu J, Gao N (2012b) Thermal comfort models: A review and numerical investigation. Build Environ 47:13-22.

Cohen P, Potchter O, Matzarakis A (2013) Human thermal perception of Coastal Mediterranean outdoor urban environments. Appl Geogr 37: 1-10.

COST Action 730. COST Action on UTCI http://www.utci.org/index.php.

COST Action 730 (2012) http://www.utci.org/utci_doku.php (11/6/2012).

Dawes J (2008) Do data characteristics change according to the number of scale points used? An experiment using 5-point, 7-point and 10-point scales Intl J Mark Res 50(1):61-77.

Díaz J, Garcia R, de Velazquez CF, Hernandez E, Lopez C, Otero A (2002) Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. Int J Biometeorol 46(3):145-9.

de Dear R, Brager GS (2002) Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55. Energy Build 34:549–61.

de Dear RJ, Fountain ME (1994) Field experiments on occupant comfort and office thermal environments in a hot-humid climate. ASHRAE Trans 100:457-74.

de Dear RJ, Fountain ME, Popovic S, Watkins S, Brager GS, Arens E, Benton C (1993) A field study of occupant comfort and office thermal environments in a hot- humid climate. Final Report of ASHRAE RP-702. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc, Atlanta.

de Dear RJ, Pickup J 2001. An outdoor thermal environment index (OUT SET*) — applications. In Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium: A Selection of Papers from the International Conference on Urban Climatology and the International Congress on Biometeorology (ICB–ICUC'99), de Dear RJ, Kalma JD, Oke TR, Auliciems A (eds). WCASP-50, WMO/TD-No. 1026. World Meteorological Organization: Geneva.

Doherty TJ, Arens EA (1988) Evaluation of the physiological bases of thermal comfort models. ASHRAE Trans 94(1):15.

DuBois D, DuBois EF (1916) A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. Arch Intern Medicine 17:863-71.

Dufton AF (1929) The eupatheostat. J Sci Instrum 6:249-251.

EC (2013) Environment Canada Being prepared for summer http://www.ec.gc.ca/meteo-weather/default.asp?lang=En&n=86C0425B-1#h2 (20/09/2013).

ΕΑΑ-ΙΠΕΠΒΑ (2013) Κλιματολογικό Δελτίο: Κλιματολογικοί Μέσοι. http://www.meteo.noa.gr/GR/iersd_climat-table_gr.htm (20/09/2013).

ΕΛ.ΣΤΑΤ (2012) http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/BUCKET/General/A1602_SAM01_DT_DC_00_2011_01_F_GR.pdf) (16/6/2012).

ΕΛ.ΣΤΑΤ (2013) http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE/PAGE-database. (12/6/2013).

Emmanuel R (2005) Thermal comfort implications of urbanization in a warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region (CMR), Sri Lanka. Build Environ 40:1591–601.

EMY (2012) http://www.hnms.gr/hnms/greek /climatology/climatology_html (12/3/2012).

Epstein Y, Moran DS (2006) Thermal comfort and heat stress indices. Indust Health 44:388–398.

Fanger PO (1970) Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering. New York: mcgraw-Hill Inc.

Fiala D, Kevin JL, Stohrer M (1999) A computer model of human thermoregulation for a wide range of environmental conditions: the passive system. J Appl Physiol 87:1957-72.

Fiala D, Lomas KJ, Stohrer M (2001) Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions. Int J Biometeorol 45:143–159.

Founda D (2011) Evolution of the air temperature in Athens and evidence of climatic change: A review. Advances Build Energy Res 5: 7-41.

Fountain M, Huizenga C (1995) A thermal sensation model for use by the engineering profession. Results of Cooperative Research Between The American Society of Heating, Refrigeration, and Air-Conditioning Engineers, Inc. and Environmental Analytics. ASHRAE RP-781 Final report June 31, 1995.

Fuller S, Bulkeley H (2013) Changing countries, changing climates: achieving thermal comfort through adaptation in everyday activities. Area 45: 63-69.

Gagge AP (1980) The new effective temperature (ET*)—and index of human adaption to warm environments. In: Horvath, Yousef (eds) Environmental physiology: aging, heat and altitude. Elsevier, Amsterdam, pp 59–77.

Gagge AP, Fobelets AP, Berglund L (1986) A standard predictive index of human response to the thermal environment. ASHRAE Trans 92(2):709-731.

Gagge AP, Stolwijk JAJ, Nishi Y (1971) An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. ASHRAE Trans. 77: 247-257.

Gaitani N (2003) Βιοκλιματική αξιολόγηση ανοικτών χώρων. Διπλωματική Μεταπτυχιακή Εργασία. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ghali K, Ghaddar N, Bizri M (2011) The influence of wind on outdoor thermal comfort in the city of Beirut: a theoretical and field study. HVAC&R Res 17(5):813-28.

Giannopoulou K, Livada I, Santamouris M, Saliari M, Assimakopoulos M, Caouris YG (2011) On the characteristics of the summer urban heat island in Athens, Greece. Sustainable Cities and Society 1:16–28.

Giles BD, Balafoutis C, Maheras P (1990) Too hot for comfort: The heatwaves in Greece in 1987 and 1988. Int J Biometeorol 34:98-104.

Givoni B (1969) Man, climate and architecture. New York, John Wiley & Sons.

Givoni B (1976) Man, climate and architecture. 2nd ed London: Applied Science Publishers.

Givoni B, Noguchi M (2000) Issues and problems in outdoor comfort research. In: Proceedings of the PLEA'2000 Conference, Cambridge, UK, July 2000, pp. 562-64.

Givoni B, Noguchi M (2004) Outdoor Comfort Responses of Japanese Persons. PLEA - The 21th Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, The Netherlands, September 2004, 19–22.

Givoni B, Noguchi M, Saaroni H, Pochter O, Yaacov Y, Feller N, Becker S (2003) Outdoor comfort research issues. Energ Build 35:77–86.

Haldane JS (1905) The influence of high air temperature. J Hyg 5:494-513.

Harlan S, Brazel B, Prashad L, Stefanov W, Larsen L (2006) Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. Soc Sci Med 63:2847–2863.

Havenith G, Fiala D, B1azejczyk K, Richards M, Bröde P, Holmér I, et al. (2012) The UTCI-clothing model. Int J Biometeorol 56:461-70.

Höppe PR (1984) Die Energiebilanz des Menschen. Wiss Mitt Meteorol Inst Univ München 49:201.

Höppe PR (1993) Heat balance modelling. Experientia 49(9):741-746.

Höppe P (1999) The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int J Biometeorol 43:71–75.

Höppe P (2002) Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. Energy Build 34:661–5.

Höppe P, Mayer H (1987) Planungsrelevante Bewertung der thermischen Komponente des Stadtklimas. Landschaft Stadt 19:22–9.

Houghton FC, Yaglou CP (1923) Determining equal comfort lines. J Am Soc Heat Vent Engrs 29:165–76.

Hui SCM, Wong SL (2011) Study of heat stress and thermal environment in construction sites. In Proceedings of the Human-Hong Kong Symposium, 1-2 July 2011, Changsha, Human, China, pp 52-61.

Humphreys MA (1975) Field studies of thermal comfort compared and applied. Building Research Establishment, Current Paper 76/75, Watford, UK.

Hwang RL, Lin TP (2007) Thermal comfort requirements for occupants of semi-outdoor and outdoor environments in hothumid regions. Archit Sci Rev 50:60–67.

Hwang RL, Lin TP, Kuo NJ (2006) Field experiments on thermal comfort in campus classrooms in Taiwan. Energ Build 38(1):53-62.

Θεοχαράτος ΓΑ (1998) Μαθήματα Φυσικής κλιματολογίας. Πανεπιστημιακό σύγγραμμα.

IBM (2013) Ordinal Regression. http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/spssstat/v20r0m0/index.jsp?topic=%2Fcom.ibm.spss.statistics.cs%2Fplum_table.htm (12/3/2013).

ISO 8996 (1990) Ergonomics of the thermal environment: estimation of metabolic heat production. ISO, Geneva.

ISO 7243 (1989) Hot environments Ð estimation of the heat stress on working man, based on the WBGT-index (wet bulb globe temperature). ISO, Geneva.

ISO 7730 (1994) Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. 2nd ed. ISO, Geneva.

ISO 7933 (2004) Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain. ISO, Geneva.

ISO 8996 (2004) http://www.deparisnet.be/chaleur/Normes/iso8996_metabolic_ rate.pdf.

Jendritzky G, Menz G, Schmidt-Kessen W, Schirmer H (1990) Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover.

Jendritzky G, Sönning W, Swantes HJ (1979) Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung (Klima-Michel-Modell). Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 28. Hermann Schroedel, Hannover.

Jendritzky G, Staiger H, Bucher K, Graetz A, Laschewski G (2000) The Perceived Temperature: The Method of the Deutscher Wetterdienst for the Assessment of Cold Stress and Heat Load for the Human Body, Internet Workshop on Windchill, hosted by Environment Canada, April 3-7.

Jones BW (2002) Capabilities and limitations of thermal models for use in thermal comfort standards. Energy Build 34:653-9.

Kambezidis HD, Papanikolaou NS (1990) Solar position and atmospheric refraction. Sol Energy 44:143-4.

Katavoutas G, Georgiou GK, Asimakopoulos DN, Theoharatos G (2013) Heat island and thermal bioclimate in Athens, Greece. Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics, Springer, Atmospheric Sciences 2013, pp 181-186.

Katavoutas G, Theoharatos G, Flocas HA, Asimakopoulos DN (2009) Measuring the effects of heat waves episodes on the human body's thermal balance. Int J Biometeorol 53:177-87.

Knez I, Thorsson S, Eliasson I, Lindberg F (2009) Psychological mechanisms in outdoor place and weather assessment: towards a conceptual model. Int J Biometeorol 53:101–11.

Knez I, Thorsson S (2006) Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. Int J Biometeorol 50:258-68.

Köppen W (1936) Das geographische system der climate. In: Köppen W, Geiger R, (eds). Handbuch der Klimatologie. Berlin: Gebrüder Borntraeger, pp. 44.

Krüger EL, Rossi FA (2011) Effect of personal and microclimatic variables on observed thermal sensation from a field study in southern Brazil. Build Environ 46:690-7.

Kurazumi Y, Ishii J, Kondo E, Fukagawa K, Bolashikov ZD, Sakoi T, Tsuchikawa T, Matsubara N, Horikoshi T (2013) The influence of outdoor thermal environment on young Japanese females. International Journal of Biometeorology (article in press).

Kwon JY, Parsons K (2008) Heat and cold stress indices for people exposed to our changing climate. Engineering. EKC2008: In proceedings of the EU-Korea conference on science and technology, 2008. Springer Proceedings in Physics 124(4):467–476.

Kyle WJ (1992) Summer and winter patterns of human thermal stress in Hong Kong. In: Kyle WJ, Chang CP (eds) Proceedings of the 2nd International Conference on East Asia and Western Pacific Meteorology and Climate, Hong Kong. World Scientific, Singapore-New Jersey-London-Hong Kong, pp 575–583.

Kysely J (2004) Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. Int J Biometeorol 49:91–7.

LeBlanc J (1975) Man in the cold. Thomas, Springfield, Illinois.

Lee DHK, Henschel A (1963) Evaluation of thermal environment in shelters. Trans US Dept of Health Educ Welfare, pp.58.

Li PW, Chan ST (2000) Application of a weather stress index for alerting the public to stressful weather in Hong Kong. Meteorol Appl 7:369–75.

Lin TP (2009) Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. Build Environ 44(10):2017-26.

Lin TP, Matzarakis A (2008) Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan. Int J Biometeorol 52:281-90.

Lin TP, Matzarakis A, Hwang RL (2010) Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. Building and Environment 45: 213–21.

Littlefair PJ (1989) Correcting for the shade ring used in diffuse daylight and radiation measurements, Proc. Daylight and Solar Radiation Measurement CIE Symposium, Berlin.

Λιώκη-Λειβαδά Η, Ασημακόπουλος ΔΝ (2007) Εισαγωγή στην εφαρμοσμένη στατιστική. Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

Macpherson RK (1962) The Assessment of Thermal Comfort-A Review. Br J Ind Med 19.

Malchaire JB (1991) Predicted sweat rate in fluctuating thermal conditions. Eur J Appl Physiol 63:282-7.

Malhotra N, Peterson M (2006) Basic Marketing Research: A Decision-Making Approach (2nd edn). New Jersey: Prentice Hall.

Masterson J, Richardson FA (1979) Humidex, A Method of Quantifying Human Discomfort Due to Excessive Heat and Humidity. Environment Canada, Downsview, Ontario.

Matsoukis A, Kamoutsis A, Chronopoulou-Sereli A (2009) Air temperature and thermal comfort conditions in mountainous and urban regions. Int J Sustain Dev Plan 4(4) 357-63.

Matzarakis A, De Rocco M, Najjar G (2009) Thermal bioclimate in Strasbourgthe 2003 heat wave. Theor Appl Climatol 98:209-220.

Matzarakis A, Nastos P (2011) Human-biometeorological assessment of heatwaves in Athens. Theor Appl Climatol 105(1):99-106.

Mayer H (1993) Urban bioclimatology. Experentia 49:957-963.

Mayer H, Hoppe P (1987) Thermal comfort of man in different urban environment. Theor Appl Climatol 38:43-9.

Mclntyre D (1973) A guide to thermal comfort. Appl Ergon 4(2):66-72.

Memon RA, Chirarattananon S, Vangtook P (2008) Thermal comfort assessment and application of radiant cooling: a case study. Build Environ 43:1185–96.

Mihalakakou G, Flocas H, Santamouris M, Helmis C (2002) Application of neural networks to the simulation of the heat island over Athens, Greece, using synoptic types as a predictor. Appl Meteorol 41:519–527.

Miller GA (1956) The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. Psych Rev 63:81-97.

Miron IJ, Criado-Alvarez JC, Díaz J, Linares C, Mayoral S, Montero JC (2008) Time trends in minimum mortality temperatures in Castile-La Mancha (Central Spain): 1975–2003. Int J Biometeorol 52:291–9.

Missenard FA (1933) Température effective d'une atmosphere Généralisation température résultante d'un milieu. In: Encyclopédie Industrielle et Commerciale, Etude physiologique et technique de la ventilation. Librerie de l'Enseignement Technique, Paris, pp 131–85.

Monteiro LM, Alucci MP (2006a) Outdoor thermal comfort: comparison of results of empirical field research and predictive models simulation. In Proceedings of conference: Comfort and Energy Use in Buildings - Getting them Right, Cumberland Lodge, Windsor, UK, 27-30th April 2006. London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, http://nceub.org.uk.

Monteiro LM, Alucci MP, (2006b) Calibration of outdoor thermal comfort models. PLEA 2006 - 23rd International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Conference Proceedings , pp. 515-22.

Monteiro LM, Alucci MP (2008) Outdoor thermal comfort modeling in Sao Paulo, Brazil. PLEA 2008 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, 22-24 October 2008.

Monteiro LM, Alucci MP (2009) Thermal comfort index for the assessment of outdoor urban spaces in subtropical climates. The 7th International Conference on Urban Climate 29 June – 3 July 2009, Yokohama, Japan.

Moran DS, Pandolf KB (1999) Wet bulb globe temperature (WBGT) - to what extent is GT essential? Aviat. Space Environ Med 70:480–4.

Moran DS, Pandolf KB, Shapiro Y, Heled Y, Shania Y, Mathew WT, Gonzalez RR (2001) An environmental stress index (ESI) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT). J Therm Biol 26:427–31.

Moran DS, Pandolf KB, Shapiro Y, Laor A, Heled Y, Gonzalez RR (2003) Evaluation of the environmental stress index for physiological variables. J Therm Biol 28:43–4.

Moustris KP, Larissi IK, Nastos PT, Koukouletsos KV, Paliatsos AG (2013) Development and application of artificial neural network modeling in forecasting PM10 levels in a Mediterranean City. Water Air Soil Pollut 224(8).

Nagano K, Horikoshi T (2011) Development of outdoor thermal index indicating universal and separate effects on human thermal comfort. Int J Biometeorol (2011) 55:219–27.

Nakano J, Tanabe S (2004) Thermal comfort and adaptation in semi-outdoor environments. ASHRAE Trans 110(2): 543-53.

Nastos PT, Giaouzaki KN, Kampanis NA, Matzarakis A (2013) Acute coronary syndromes related to bio-climate in a Mediterranean area. The case of Ierapetra, Crete Island, Greece. Int J Environ Health Res 23(1):76-90.

Nastos PT (2008) Weather, ambient air pollution and bronchial asthma in Athens, Greece. Advances in Global Change Research (AGLO), M. C. Thomson et al. (eds.). Seasonal Forecasts, Climatic Change and Human Health. Springer Science.

Nastos P, Matzarakis A (2006) Weather impacts on the respiratory infections in Athens, Greece. Int J Biometeorol 50:358–69.

Nastos PT, Matzarakis A (2012) The effect of air temperature and human thermal indices on mortality in Athens, Greece. Theor Appl Climatol 108(3-4):591-9.

Nicol JF (2008) A handbook of adaptive thermal comfort towards a dynamic model. University of Bath, Bath.

Nikolopoulou M (2004) Designing Open Spaces In The Urban Environment: A Bioclimatic Approach. Centre for Renewable Energy Sources (C.R.E.S). http://alpha.cres.gr/ruros/dg_en.pdf (15/3/2013).

Nikolopoulou M, Baker N, Steemers K (2001) Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. Sol Energy 3:227–35.

Nikolopoulou M, Kleissl J, Linden PF, Lykoudis S (2011) Pedestrians' perception of environmental stimuli through field surveys: Focus on particulate pollution. Sci Total Environ 409:2493-502.

Nikolopoulou M, Lykoudis S (2006) Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries. Build Environ 41:1455–70.

Nikolopoulou M, Lykoudis S (2007) Use of outdoor spaces and microclimate in a Mediterranean urban area. Build Environ 42(10): 3691-707.

Nikolopoulou M, Steemers K (2003) Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. Energy Build 70:227-35.

NOAA (2013a) National Oceanic and Atmospheric Administration http://www.wrh.noaa.gov/slc/projects/wxcalc/formulas/vaporPressure.pdf (30/9/2013).

NOAA (2013b) National Oceanic and Atmospheric Administration http://www.wrh.noaa.gov/slc/projects/wxcalc/formulas/wetbulbTdfromRh. pdf (30/9/2013).

NOAA (2013c) National Weather Service, National Oceanic and Atmospheric Administration www.wrh.noaa.gov/slc/projects/wxcalc/formulas/mixingRatio.pdf (30/9/2013).

NWS-NOAA (2013) National Weather Service, National Oceanic and Atmospheric Administration, United States Department of Commerce. http://www.nws.noaa. gov/os/heat/index.shtml (15/3/2013).

Oliveira S, Andrade H (2007) An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon. Int J Biometeorol 52:69 –84.

OSHA (2012) Occupational Safety and Health Communication, United States Department of Labor. OSHA, Technical manual, chapter 4. http://www.osha.gov/dts/osta/ otm/otm_iii/otm_iii_4.html, (22/5/2012).

OSHA (2013) Occupational Safety and Health Administration https://www.osha.gov/SLTC/heatstress/ (20/9/2013).

Pantavou K, Chatzi E, Theoharatos G (2013a) Case study of skin temperature and thermal perception in a hot outdoor environment. Int J Biometeorol article in press.

Pantavou K, Theoharatos G, Mavrakis A, Santamouris M (2011) Evaluating thermal comfort conditions and health responses during an extremely hot summer in Athens. Build Environ 46(2):339-44.

Pantavou K, Theoharatos G, Santamouris M, Asimakopoulos D (2013b) Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI. Build Environ 66:82-95.

Parsons KC (1993) Human thermal environments. Taylor & Francis, London.

Parsons KC (1999) International Standards for the Assessment of the Risk of Thermal Strain on Clothed Workers in Hot Environments. Ann Occup Hyg 43(5):297-308.

Parsons KC (2002) The effects of gender, acclimation state, the opportunity to adjust clothing and physical disability on requirements for thermal comfort. Energy Build 34:593–9.

Parsons KC (2003) Human Thermal Environments: the Effects of Hot, Moderate and Cold Environments on Human Health, Comfort and Performance (2nd ed). London. Taylor and Francis.

Proias GT, Larissi IK, Moustris KP, Nastos PT, Paliatsos AG (2013) Assessment of surface ozone variability in an urban coastal area at the Eastern Mediterranean. Glob Nest J 15(2).

Ribera P, Gallego D, Gimeno L, Perez-Campos JF, García-Herrera R, Hernández E, de La Torre L, Nieto R, Calvo N (2004). The use of equivalent temperature to analyse climate variability. Stud Geophys Geod 48:459-68.

Rothfusz LP (1990) The heat index equation. NWS Southern Region Technical Attachment, SR/SSD 90–23, Fort Worth, Texas.

Sakka A, Wagner A, Santamouris M (2010) Thermal comfort and occupant satisfaction in residential buildings-results of field study in residential buildings in Athens during the summer period. Proceedings of Conference: Adapting to Change: New Thinking on Comfort, WINDSOR 2010.

Sakoi T, Mochida T, Nagano K, Shimakura K (2006) Characteristics and Consideration of Required Sweat Rate Standard of the Previous ISO 7933. J Hum-Environ Syst 9:19-29.

Santamouris M (2007) Advances in passive cooling (BEST-Buildings, Energy and Solar Technology series). Santamouris M (ed). Earthscan Publications Ltd.

Santamouris M (2012) Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. Sol Energy article in press.

Santamouris M, Gaitani N, Spanou A, Saliari M, Giannopoulou K, Vasilakopoulou K et al. (2012) Using cool paving materials to improve microclimate of urban areas – Design realization and results of the Flisvos project. Build Environ 53:128-36.

Schlink U, Fritz GJ, Herbarth O, Richter M (2002) Longitudinal modeling of respiratory symptoms in children. Int J Biometeorol 47:35-48.

Sharma MR, Sharafat A (1986) Tropical Summer Index-a Study of Thermal Comfort of Indian Subjects. Build Environ 21(1):11-24.

Shashua-Bar L, Tsiros IX, Hoffman M (2012) Passive cooling design options to ameliorate thermal comfort in urban streets of a Mediterranean climate (Athens) under hot summer conditions. Build Environ 57:110-9.

Siegel R, Lauren PB (2012) Keeping your cool. Sports Medicine 42:89-98.

Siple PA, Passel CF (1945) Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. Proceedings of the American Philosophical Society 89:177-99.

Spagnolo J, de Dear R (2003a) A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. Build Environ 38:721-8.

Spagnolo J, de Dear RJ (2003b) A human thermal climatology of subtropical Sydney. Int J Climatol 23:1383-95.

Staiger H, Laschewski G, Grätz A (2012) The perceived temperature - a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: scientific basics. Int J Biometeorol 56(1):165-176.

Stathopoulos T, Wu H, Zacharias J (2004) Outdoor human comfort in an urban climate. Build Environ 39:297-305.

Steadman RG (1971) Indices of windchill of clothed persons. J Appl Meterorol 10: 674-83.

Steadman RG (1979) The assessment of sultriness. Part I. A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. J Appl Meterorol 18: 861-73.

Stolwijk JAJ (1970) Mathematical model of thermoregulation. physiological and behavioral temperature regulation. In: Hardy JD, Gagge AP, Stolwijlk JAJ (eds). Springfield:IL: Charles C Thomas pp 703-21.

Stolwijk JAJ (1971) A mathematical model of physiological temperature regulation in man, NASA Contractor Report, NASA CR-1855. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.

Stull RB (2000) Meteorology for scientists and engineers, (2nd ed) Brooks/Cole Thomson Learning. Pacific Grove.

Theoharatos G, Pantavou K, Mavrakis A, Spanou A, Katavoutas G, Efstathiou P, Mpekas P, Asimakopoulos D (2010) Heat waves observed in 2007 in Athens, Greece: ynopticconditions, bioclimatological assessment, air quality levels and health effects. Environ Res 110:152-161.

Thom EC (1959) The discomfort Index. Weatherwise 12:57-60.

Thorsson S, Honjo T, Lindberg F, Eliasson I, Lim EM (2007a) Thermal comfort and outdoor activity in Japanese urban public places. Environ Behav 39:660-84.

Thorsson S, Lindqvist M, Lindqvist S (2004) Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. Int J Biometeorol 48:149-56.

Thorsson S, Lindberg F, Eliasson I, Holmer B (2007b) Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. Int J Climatol 27:1983–93.

Tseliou A, Tsiros XI, Lykoudis S, Nikolopoulou M (2010) An evaluation of three biometeorologcal indices for human thermal comfort in urban outdoor areas under real climatic conditions. Build Environ 45:1346-1352.

Tsiros IX (2010) Assessment and energy implications of street air temperature cooling by shade stress in Athens (Greece) under extremely hot weather conditions. Renew Energ 35:1866–9.

Tucker R, Marle T, Lambert EV, Noakes TD (2006) The rate of heat storage mediates an anticipatory reduction in exercise intensity during cycling at a fixed rating of perceived exertion. J Physiol 574:905-15.

Unger J (1999) Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central-European city. Int J Biometeorol 43:139-44.

Vernon, HM (1932) The measurement of radiant heat in relation to human comfort. J Ind Hyg 14:95-111.

Vogt JJ, Candas V, Libert JP, Daull F (1981) Required sweat rate as an index of thermal stress in industry. In Bioengineering, Thermal Physiology and Comfort (eds) K. Cena and J. A. Clark, pp. 99-110. Elsevier, Amsterdam.

Vouterakos PA, Moustris KP, Bartzokas A, Ziomas IC, Nastos PT, Paliatsos AG (2012) Forecasting the discomfort levels within the greater Athens area, Greece using artificial neural networks and multiple criteria analysis. Theor Appl Climatol 110(3):329-43.

Watts JD, Kalkstein LS (2004) The Development of a Warm-Weather Relative Stress Index for Environmental Applications. J Appl Meteorol 43(3):503-13.

Winslow CEA, Herrington LP, Gagge AP (1937) Physiological reactions to environmental temperature. Am J Physiol 120:1-22.

World Health Organization (WMO) (1969) Health fctors involved in working under conditions of heat stress. Technical Report series No 412. Geneva 1969.

Yaglou, C P (1947): A method for improving the effective temperature index. Trans ASHVE, 53:307.

Yaglou CP, Minard D (1957) Control of heat casualties at military training centers. American Medical Association Arch Ind Health 16: 302-316 and 405.

Yang W, Wong NH, Jusuf SK. (2013) Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore. Building and Environment 59:426-435.

Yang W, Wong NH, Zhang G. (2012) A comparative analysis of human thermal conditions in outdoor urban spaces in the summer season in Singapore and Changsha, China. Int J Biometeorol 48:149-56.

Yin JF, Zheng YF, Wu RJ, Tan JG, Ye DX, Wang W (2012) An analysis of influential factors on outdoor thermal comfort in summer. Int J Biometeorol 56(5):941-48.

Παραρτημα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΚΩΔΙΚΑΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

```
;{CR10X}
;Program for UoA Thermal Comfort Portable Meteo station #1
; K. Pantavou 18/04/2010

;Connected to the CR10X wiring pannel:
; - Wind Speed : Second Wind C3 cup anemometer SN:C3-04817
; - Air Temperature : Rotronic Hygroclip S3C03 SN:60167031
; - Relative humidity : Rotronic Hygroclip S3C03 SN:60167031
; - Global Radiation Up : Kipp & Zonen CM3 SN:058248
; - Global Radiation Down : Kipp & Zonen CM3 SN:982123
; - Infrared NetRadiometer: I38
; - Globe Thermometer PT100 3-wire bridge (10.000 Ohm):
; - Ground Thermometer PT100 3-wire bridge (10.000 Ohm):

*Table 1 Program
  01: 30       Execution Interval (seconds)

1:  Volts (SE) (P1) Global Solar Radiation
 1: 1        Reps
 2: 33       25 mV 50 Hz Rejection Range
 3: 1        SE Channel
 4: 1        Loc [ GlobalUp  ]
 5: 1.0      Mult
 6: 0.0      Offset

2:  Volts (SE) (P1) Global Solar Radiation
 1: 1        Reps
 2: 33       25 mV 50 Hz Rejection Range
 3: 2        SE Channel
 4: 2        Loc [ GlobalDown ]
 5: 1.0      Mult
 6: 0.0      Offset

3:  Volts (SE) (P1) Global Solar Radiation
 1: 1        Reps
 2: 33       25 mV 50 Hz Rejection Range
 3: 3        SE Channel
 4: 3        Loc [ IR_Up     ]
 5: 1.0      Mult
 6: 0.0      Offset

4:  Volts (SE) (P1) Global Solar Radiation
 1: 1        Reps
 2: 33       25 mV 50 Hz Rejection Range
 3: 4        SE Channel
 4: 4        Loc [ IR_Down   ]
 5: 1.0      Mult
 6: 0.0      Offset

5:  Volts (SE) (P1) Rel. Humidity
 1: 1        Reps
 2: 35       2500 mV 50 Hz Rejection Range
 3: 5        SE Channel
 4: 5        Loc [ Tair      ]
 5: 1.0      Mult
 6: 0.0      Offset
```

```
6:  Volts (SE) (P1) Rel. Humidity
 1: 1       Reps
 2: 35      2500 mV 50 Hz Rejection Range
 3: 6       SE Channel
 4: 6       Loc [ RH        ]
 5: 1.0     Mult
 6: 0.0     Offset

7:  3W Half Bridge (P7)
 1: 1       Reps
 2: 33      25 mV 50 Hz Rejection Range
 3: 7       SE Channel
 4: 1       Excite all reps w/Exchan 1
 5: 2000    mV Excitation
 6: 7       Loc [ Tglobe    ]
 7: 100     Mult
 8: 0.0     Offset

8:  Temperature RTD (P16)
 1: 1       Reps
 2: 7       R/R0 Loc [ Tglobe    ]
 3: 8       Loc [ Tglobe_0C ]
 4: 1.0     Mult
 5: 0.0     Offset

9:  3W Half Bridge (P7)
 1: 1       Reps
 2: 33      25 mV 50 Hz Rejection Range
 3: 9       SE Channel
 4: 1       Excite all reps w/Exchan 1
 5: 2000    mV Excitation
 6: 9       Loc [ Tground   ]
 7: 100     Mult
 8: 0.0     Offset

10:  Temperature RTD (P16)
 1: 1       Reps
 2: 9       R/R0 Loc [ Tground   ]
 3: 10      Loc [ Tground_C ]
 4: 1.0     Mult
 5: 0.0     Offset

11:  3W Half Bridge (P7)
 1: 1       Reps
 2: 33      25 mV 50 Hz Rejection Range
 3: 11      SE Channel
 4: 1       Excite all reps w/Exchan 1
 5: 2000    mV Excitation
 6: 11      Loc [ Tir       ]
 7: 100     Mult
 8: 0.0     Offset

12:  Temperature RTD (P16)
 1: 1       Reps
 2: 11      R/R0 Loc [ Tir       ]
 3: 12      Loc [ Tir_0C    ]
 4: 1.0     Mult
 5: 0.0     Offset

; Transformation from mV to real units for visual inspection of the measurements
```

```
;13:  Z=X*F (P37)
; 1: 0        X Loc [ _____ ]
; 2: 42.5532  F
; 3: 0        Z Loc [ _____ ]
;
;14:  Z=X*F (P37)
; 1: 0        X Loc [ _____ ]
; 2: 0.10     F
; 3: 0        Z Loc [ _____ ]

*Table 2 Program
  02: 10       Execution Interval (seconds)

1:  Pulse (P3) Wind Speed (m/s)
 1: 1        Reps
 2: 1        Pulse Channel 1
 3: 21       Low Level AC, Output Hz
 4: 13       Loc [ wind      ]
 5: 0.75268  Mult
 6: 0        Offset


; Output /Processing : All in mV or Ω, except Temperature, Precipitation and Wind

2:  If time is (P92)
 1: 0000     Minutes (Seconds --) into a
 2: 1        Interval (same units as above)
 3: 10       Set Output Flag High (Flag 0)

3:  Resolution (P78)
 1: 1        High Resolution

4:  Real Time (P77)
 1: 1120     (Same as 1220) Y,D,Hr/Mn

5:  Average (P71) Averaging of all measurements except Precipitation and Wind
 1: 13       Reps
 2: 1        Loc [ GlobalUp  ]

6:  Maximize (P73) Maximization of Wind Speed
 1: 1        Reps
 2: 0        Value Only
 3: 13       Loc [ wind      ]

*Table 3 Subroutines

End Program

-Input Locations-
1 GlobalUp  1 1 1
2 GlobalDow 1 1 1
3 IR_Up     1 1 1
4 IR_Down   1 1 1
5 Tair      1 1 1
6 RH        1 1 1
7 Tglobe    1 2 1
8 Tglobe_0C 1 1 1
9 Tground   1 2 1
10 Tground_C 1 1 1
```

```
11 Tir       1 2 1
12 Tir_0C    1 1 1
13 wind      1 2 1
14 _________ 0 0 0
15 _________ 0 0 0

-Program Security-
0000
0000
0000
-Mode 4-
-Final Storage Area 2-0
-CR10X ID-0
-CR10X Power Up-3
```

Παραρτημα Β
Κωδικας Υπολογισμου Βιοκλιματικων Δεικτων – Γλωσσα Προγραμματισμου MATLAB

```
Tair=(data (:,82)); % Air Temperature in oC
RH=(data (:,85)); % Reltive Humidity in %
WS=(data (:,91)); % Wind Speed in m/s
SR=(data (:,63)); % Horizontal Solar Radiation in W/m2
GT=(data (:,54)); % Surrounding ground surface temperature in oC
Tg=(data (:,88)); % Grey-globe Temperature in oC
P=(data (:,95)); % Air Pressure in hPa (1hPa=1mb)
Height=(data (:,52)); % Height in cm
Weight=(data (:,53)); % Weight in Kg
M=(data (:,105)); %1-lying, 2-sitting, 3-standing, 4-walking, 5-sports
Icl=(data (:,11)); % clothing insulation in clo
Season=(data (:,5)); %1-summer, 2-autumn, 3-winter
SRdown=(data (:,67)); % Horizontal Solar Radiation from bottom in W/m2
IRup=(data (:,73));  % Long wave radiation from above in W/m2
IRdown=(data (:,79)); % Long wave radiation from bottom in W/m2
Age=(data (:,51)); %1-<12, 2-12to17, 3-18to24, 4-25to34, 5-35to44, 6-45to54, 7-55to65, 8->65
Sex=(data (:,9)); %1=male, 2=female
activity=(data (:,23));
TMMO=(data (:,106)); % Mean monthly temperature outdoor oC (Thissio station)
Tseason=(data (:,107)); % the average air temperature of the experimental days
DIFF=(data(:,109)); %Diffuse solar radiation in W/m2
ELE=(data(:,110));  %Solar elevation angle in degrees
Vman=(data(:,108));
% Variables used along the entire program: es, e, wind speed at 10m,
%                               (wsten), wet bulb temperature (Tw), Tmrt, mixing ratio w, Adu

%for PET and ET_SET calculation data should not have empty cells

array_length=length (Tair);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% calculation of saturated vapor pressure (es) and water vapor pressure (e) in hPa
% es=6.112*10^((7.5*Tair/(237.7+Tair))
% e=(RH/100)*es
% (http://www.wrh.noaa.gov/slc/projects/wxcalc/formulas/vaporPressure.pdf)
A=7.5*Tair;
B=Tair+237.7;
C=A./B;
a=6.11*10.^(C);
F=RH/100;
b=F.*a;
es=a;
e=b;
save results_es.out es -ASCII;
save results_e.out e -ASCII;
clear a b A B C D F
% calculation of mixing ratio (w)
% http://hurri.kean.edu/~yoh/calculations/moisture/Equations/moist.html
```

```
a=0.622*e./P;
w=a;
save results_w.out w -ASCII;
clear a

% calculation of Du Bois body surface (Adu) in m2
% Borys Shuter and Alireza Aslani, Body surface area: Du Bois and Du Bois  revisited. Eur J Appl Physiol (2000) 82: 250-254
A=Height.^0.725;
B=Weight.^0.425;
a=0.007184*A.*B;
Adu=a;
save results_Adu.out a -ASCII;
clear a A B

% calculation of wind speed at height 10m (wsten) based on wind speed at
% height 1.1m. Formula used (Meteorology for Scientists and Engineers, Roland B. Stull):
wsten=WS.*log (10/0.01)/log(1.1/0.01);
% z0=0.01 (Jendrintzky et al, 2000; The Perceived %Temperature: The Method of the Deutscher Wetterdienst for the Assessment of Cold Stress and Heat %Load for the Human Body) (roughness length:smooth (beach,pack ice,morass, snow covered fields)

% calculation of Dew Point Temperature (Td) in oC
%(www.wrh.noaa.gov/slc/projects/wxcalc/formulas/wetbulbTdfromRh.pdf access %14/10/2011 %
Td=237.7*ln(es*RH/611)/(7.5-ln(es*RH/611))
A=es.*RH/611;
B=237.7*log10(A);
C=7.5-log10(A);
a=B./C;
Td=a;
save results_Td.out a -ASCII;
clear A B C a

% calculation of wet bulb temperature (Tw) in oC
% (Meteorology for Scientists and Engineers, Roland B. Stull)
% step1:calculation of saturated-adiabatic lapse rate \[CapitalGamma]s
% Gs=\[CapitalGamma]d*[(1+(a*rs/Tair)/(1+(b*rs/Tair^2)]
A=P-es;
rs=621.97*(es./A);  % calculation of saturation mixing ratio rs=621.97*es/(P-es) (www.wrh.noaa.gov/slc/projects/wxcalc/formulas/mixingRatio.pdf access 14/10/2011)
B=1+(8711*rs./(Tair+273)); % a=8711K
C=(Tair+273).^2;
D=1+(1.35*10^7*rs./C);     % b=1.35*10^7
b=9.8*B./D;                % \[CapitalGamma]d=9.8K/km
Gs=b;
clear A B C D a b

% step2:calculation of saturation level or lifting condensation level (ZLCL)
% ZLCL=a*(Tair-Td), where a= 0.125km/oC
ZLCL=0.125*(Tair-Td);

% step3: TLCL=Tair-\[CapitalGamma]d*ZLCL
```

```
TLCL=Tair-9.8*ZLCL;

% step4: Tw=TLCL+Gs*ZLCL
A=Gs.*ZLCL;
a=TLCL+A;
Tw=a;
save results_Tw.out a -ASCII;
clear A a ZLCL TLCL rs Gs

% calculation of Mean Radiant Temperature (Tmrt) in oC
% Tmrt=((Tg+273,15)^4+1,1*10^8*WS^0,6*(Tg-Tair)/(0,97*40^0,4))^(1/4)-273,15
A=(Tg+273.15).^4;
B=1.1*10^8*WS.^0.6;
C=(Tg-Tair)/(0.97*40^0.4);
D=A+B.*C;
a=D.^(1/4)-273.15;
Tmrt=a;
save results_Tmrt.out a -ASCII;
clear a A B C

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Apparent Temperature (Tapp) (πηγές: Blazejczyk et al 2011,
www.bom.gov.au/info/thermal_stress/ access 14/10/2011)
% Tapp=Tair+0.33e-0.7*wsten-4;
a=Tair+0.33*e-0.7*wsten-4;
Tapp=a;
save results_Tapp.out a -ASCII;
clear  a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Actual Sensation Vote (ASV) for Athens
%ASV=0.034Tair+0.0001total_solar _radiation-0.086WS-0.001RH-0.412 (Nikolopoulou et al 2001)
d = 0.034*Tair + 0.0001*SR - 0.086*WS - 0.001*RH + 0.412;
save results_ASV.out d -ASCII;
ASV=d;
clear d
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% calculation of Actual Sensation Vote (ASV) for Europe ASV=0.049 Tair_met + %0.001 Sol_met –
0.051 V_met + 0.014 RH_met – 2.079 (Nikolopoulou et al 2001)
d=0.049*Tair + 0.001*SR - 0.051*WS + 0.014*RH - 2.079;
save results_ASVeurope.out d -ASCII;
ASVeurope=d;
clear d
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Cooling Power (CP) IN W/m2 (πηγές: Tzenkova et al 2003, Bensancenat et al 1985,
% Tseliou et al 2010)
% CP=1.163*(10.45+10*wsten^0.5-wsten)(33-Tair)
A=1.163*(10.45+10*wsten.^0.5-wsten);
a=A.*(33-Tair);
```

```
CP=a;
save results_CP.out a -ASCII;
clear  a A
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% calculation of Corrected Effective Temperature (CET) in oC (πηγές: Auliciems and Szokolay 2007,
% Hui and Wong 2011)
% CET =(1.21*TG-0.021*Tw)/(1+0.029*(Tg-Tw)) if Icl=1
% CET =(0.944*TG-0.056*Tw)/(1+0.022*(Tg-Tw)) if Icl=0.5
a=zeros (array_length,1);
for i=1:array_length
   if Icl (i,1)>0.7
      a (i,1)=(1.21*Tg (i,1)-0.21*Tw (i,1))/(1+0.029*(Tg (i,1)-Tw (i,1)));
   else % (if Icl>0.7)
      a (i,1) =(0.944*Tg (i,1)-0.056*Tw (i,1))/(1+0.022*(Tg (i,1)-Tw (i,1)));
   end
end
CET1=a;
save results_CET1.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% calculation of

%Discomfort Index (DI) in oC
% DI= Tair -0.55(1-0.01*RH)*(Tair-14.5)
%( πηγές:Paliatsos et al 1999, Giles 1990, Matzarakis 1991, Ugger 1999)
A= 0.55*(1-0.01*RH);
B=(Tair-14.5);
a= Tair-(A.*B);
save results_DI.out a -ASCII;
DI=a;
clear a A B

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% calculation of Discomfort Index (DIndex-Thom1959) in oC
% DIndex=0.4*(Tair+Tw)+8.3   (πηγές:Epstein and Moran 2006, Moran et al 2001)
DIndex=0.4*(Tair+Tw)+8.3;
save results_DIndex.out DIndex -ASCII;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% calculation of Discomfort Index (DIndex- πηγή:Moran and Pandolf 1999) in oC
% MDI=0.75*Tair+0.5*Tw  (Moran et al 2001)
MDI=0.75*Tair+0.5*Tw;
save results_MDI.out MDI -ASCII;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% calculation of Environmental Stress Index (ESI) in oC (πηγές: Moran and Alucci
% 2006, 2003, Ohashi et al 2009, Papanastasiou et al 2010)
% ESI= 0.63*Tair-0.03RH+0.002*SR+0.0054*(Tair*RH)-0.073*(0.1+SR)^(-1)
A=Tair.*RH;
B=(0.1+SR).^(-1);
a=0.63*Tair-0.03*RH+0.002*SR+0.0054*A-0.073*B;
save results_ESI.out a -ASCII;
ESI=a;
```

```
clear a

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% calculation of Environmental Stress Index (ESI) Newly Modified in oC
% ESI= 0.62*Tair-0.007RH+0.002*SR+0.0043*(Tair*RH)-0.078*(0.1+SR)^(-1)
% (πηγή:Moran et al 2003)
A=Tair.*RH;
B=(0.1+SR).^(-1);
a=0.62*Tair-0.007*RH+0.002*SR+0.0043*A-0.078*B;
save results_ESImodified.out a -ASCII;
ESImodified=a;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Effective Temperature (ET) in oC (πηγές: Auliciems and Szokolay 2007 PLEA, Michopoulos and Theoharatos 1996, Hui SCM and Wong SL 2011)
% ET=Tair-0.4*(Tair-10)*(1-RH/100)
a=Tair-0.4*(Tair-10).*(1-0.01*RH);
ET=a;
save results_ET.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Normal Effective Temperature (NET) in oC (πηγές: Blazejczyk et al 2011, %Theodoreanu 2007)
% NET=37-[(37-Tair)/(0.68-0.0014*RH+1/(1.76+1.4*ws^0.75))]-0.29*Tair*(1-RH/100)
A=37-Tair;
B=1.76+1.4*WS.^0.75;
C=B.^(-1);
D=0.68-0.0014*RH+C;
E=A./D;
F=Tair.*(1-0.01*RH);
a=37-E-0.29*F;
NET=a;
save results_NET.out a -ASCII;
clear A B C D E F a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Equivalent Temperature (Teq) (Ribera et al 2004,Fall et al 2010
% Teq=Tair+Lv*w/Cp, where Cp=1005.7J/Kg*oK,
% Lv=(2.501-0.00237*Tair)*10^6 J/Kg (latent heat of vaporization) (πηγές: Bolton %1980, %//hurri.kean.edu/~yoh/calculations/moisture/equation/moist.html)
A=(2501-2.37*Tair)*10^3;
a=Tair+A.*w/1005.7;
Teq=a;
save results_Teq.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Equivalent Warmth (EqW) (Billigstone 1987)
% EqW=7.66-0.1*Tair-0.097*Tmrt-0.00028*e+0.0367*(37.8-Tair)*sqrt (WS)
A=0.0367*(37.8-Tair);
```

```
a=7.66-0.1*Tair-0.097*Tmrt-0.00028*e+A.*sqrt (WS);
EqW=a;
save results_EqW.out a -ASCII;
clear a A
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Heat Index (HI) in oC (πηγές: Russel et al 2004, Cristo et al 2007, Blazejczyk et al 2011)
% HI=-8.784695 + 1.61139411*Tair + 2.338549*RH -0.14611605*Tair*RH
%   \[Dash] 1.2308094*10^(-2)*Tair^2 -1.6424828*10^-2*RH^2 + 2.211732*10^-3*Tair^2*RH
%   +7.2546*10^-4*Tair*RH^2 \[Dash] 3.582*10^-6*Tair^2*RH^2
A=Tair.^2;
B=RH.^2;
C=A.*RH;
D=Tair.*B;
E=A.*B;
F=Tair.*RH;
a=-8.784695+1.61139411*Tair+2.338549*RH-0.14611605*F-1.2308094*(10^(-2))*A-
1.6424828*(10^(-2))*B+2.211732*(10^(-3))*C+7.2546*(10^(-4))*D-3.582*(10^(-6))*E;
HI=a;
save results_HI.out a -ASCII;
clear A B C D E F a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Humidex (HU) in oC (Blazejczyk et al 2011)
% HU=Tair+(5/9)*(e-10)
a=Tair+(5/9)*(e-10);
HU=a;
save results_HU.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Index of Thermal Stress (ITS) ITS={0.8*M+20+[Alpha]*v^0,3*(tair-
%   35)+In*Kpe*Kcl*[1-a*(v^0,2-0.88)]}*exp[0,6*(0.8*M+20+\[Alpha]*v^0,3*(tair-35)/p*v^0,3*(42-
% pv)-0.12)]
% where M,In in Kcal/h and e in mmHg and \[Alpha],a,Kpe,Kcl,p constants % \[Alpha], Kcl, a, p are
%13.0, 0.5, 0.52, 20.5 to lighting summer clothing
% and 11.6, 0.4, 0.52, 13.0 to military overalls Kpe is sitting with back to sun, 0.386 (desert) or 0.379
% (forest) and
% standing with back to sun, 0.306 (desert) e 0.266 (forest) (πηγές:
% http://unesdoc.unesco.org/images/0000/000067/006754EB.pdf___Givoni:Predicting the
% Physiological effect for solar radiation, WHO 1969)
A=e*0.75;                    % convertion of e in mmHg
B=0.860421*M.*Adu;           % convertion of M in Kcal/h
C=0.860421*SR.*Adu;          % convertion of SR in Kcal/h
Kpe=0.306;
bv=zeros (array_length,1);
Kclv=zeros (array_length,1);
av=zeros (array_length,1);
pv=zeros (array_length,1);
for i=1:length (Season)
   if Season (i,1)<=2
```

```
        bv (i,1)=13.0;
        Kclv (i,1)=0.5;
        av (i,1)=0.52;
        pv (i,1)=20.5;
    else
        bv (i,1)=11.6;
        Kclv (i,1)=0.4;
        av (i,1)=0.52;
        pv (i,1)=13.0;
    end
end
b=bv;
Kcl=Kclv;
a=av;
p=pv;
D=(b.*(WS.^0.3));
F=((C.*Kpe).*Kcl);
G=a.*(WS.^0.2-0.88);
E=0.8*B+2+D.*(Tair-35)+(F.*(1-G));
K=(p.*(WS.^0.3));
I=K.*(42-A);
J=exp (0.6*((E./I)-0.12));
z=E.*J;
ITS=z;
save results_ITS.out z -ASCII;
clear A B C E I J z
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Outdoor Neutral Temperature Tne (πηγή: Monteiro and Alucci 2007)
A=1 - 0.52* (WS.^0.2 - 0.88);
B=100 + 0.1*SR.*A;
a= 3.6 + 0.31*TMMO+B./(11.6*WS.^0.3);
Tne=a;
save results_Tne.out a -ASCII;
clear a A B
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of ASHRAE Operative Temperature (OT) in oC (πηγές: Auliciems and Szokolay 2007;
% Monteiro and Alucci 2007)
% OT=(Tair+Tmrt)/2
a=0.5*(Tair+Tmrt);
OT=a;
save results_OT.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Relative Strain Index (RSI) (formula Kyle)
% RSI=(Tair-21)/(58-e) (πηγές: Emmanuel 2005; Ugger 1999)
A=Tair-21;
B=58-e;
RSIndex=A./B;
save results_RSIndex.out RSIndex -ASCII;
```

```
clear A B a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Subjective Temperature (ST) (πηγές: Auliciems and Szokolay 2007, %McIntyre 1973,
http://ergo.human.cornell.edu/studentdownloads/DEA3500notes/ %Thermal/thcomnotes2.html
A=(10*WS).^(1/2);
C=0.44+0.56*(10*WS).^(1/2);
a=zeros (array_length,1);
for i=1:length (WS)
   if WS (i,1)<=0.15
      a (i,1)=0.56*Tair (i,1)+0.44*Tmrt (i,1);
   else
      a (i,1)=(0.44*Tmrt (i,1)+0.56*(5-A (i,1)*(5-Tair (i,1))))/C(i,1);
   end
end
ST=a;
save results_ST.out a -ASCII;
clear a A B C
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% STpreferred=33.5-3*Icl-(0.08+0.05*Icl)*M (1-n)
% (πηγές: Mclntyre 1973; Auliciems and Szokolay, 1997).
a=33.5-3*Icl-(0.08+0.05*Icl).*M;
STpreffered=a;
save results_STpreffered.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Temperature of Equivalent Perception (πηγές: Monteiro and Alucci
%2011, Proposal of an outdoor thrmal comfort index: empirical verification
% in the subtropical climate. PLea 2011)
tsp=-3.557+0.0632*Tair+0.0677*Tmrt+0.0105*RH-0.304*WS;
TEP=-0.3777+0.4828*Tair+0.5172*Tmrt+0.0802*RH-2.322*WS;
save results_tsp.out tsp -ASCII;
save results_TEP.out TEP -ASCII;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Tropical Summer Index (TSI) TSI=0.308WT+0.745Tg-2.06sqrt
% (WS+0.841) (πηγή: Sharma and Sharafat 1986)
a=0.308*Tw+0.745*Tg-2.06*sqrt (WS+0.841);
TSI=a;
save results_TSI.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Thermal Sensation Index (TS) (Givoni and Noguchi 2000)
% TS = 1.7 + 0.1118*Tair + 0.0019*SRh - 0.322*WS - 0.0073*RH + 0.0054*ST
b = 1.7 + 0.1118*Tair + 0.0019*SR - 0.322*WS - 0.0073*RH + 0.0054*GT;
save results_TS.out b -ASCII;
TS = b;
clear b
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
% calculation of Thermal Sensation Index with seasonal adaptation
% (TSsa) (Givoni and Nogushi 2004)
% TSsa=(1.83-0.05*Tseason)+(0.135*Tair)+(0.00195*SR-0.6)-(0.4915*lnWS)
d = (1.83-0.05*Tseason)+(0.135*Tair)+(0.00195*SR-0.6)-(0.4915*log (WS));
save results_TSsa.out d -ASCII;
TSsa = d;
clear b
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% calculation of Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT) (πηγή: Blazejczyk et al 2011)
% WBGT=0.567*Tair+0.393*e+3.94
c=0.567*Tair+0.393*e+3.94;
save results_WBGT.out c -ASCII;
WBGT=c;
clear c
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT)
% ( πηγές: http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/ otm_iii_4.html, 22/5/2012,
% Paliatsos and Nastos 1999, Auliciems and Szokolay, Epstein 2006)
% WBGToutdoor=0.7*Tw+0.2*Tg+0.1*Tair
c=0.7*Tw+0.2*Tg+0.1*Tair;
save results_WBGToutdoor.out c -ASCII;
WBGToutdoor=c;
clear c
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% calculation of OUT_SET (Spagnolo and de Dear 2003)
OUT_SET=(WBGT-11.76)/0.405;
save results_OUT_SET.out OUT_SET -ASCII;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of UTCI (πηγή: http://www.utci.org/utci_doku.php 11/6/2012).
a=zeros (array_length,1);
for i=1:array_length
   a (i,1)=UTCI_Calculation (e (i,1),Tair (i,1),Tmrt (i,1),wsten (i,1));
end
UTCI=a;
save results_UTCI.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%calculation of COMFA (πηγές: Kenny 2009, Gaitani et al 2007)
a=COMFA_Calculation(e,Tair,RH,P,M,SR,SRdown,IRup,IRdown,WS,Icl,DIFF,ELE);
COMFA=a;
save results_COMFA.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of ET, SET, DISC, TSENS
```

```
% (πηγή: Fountain and Huizenga 1995. A thermal sensation model for use by the engineering profession. ASHRAE RP-781 Final report)
a=ET_SET_DISC_TSENS_ARRAY_CALC(Tair,RH,WS,Tmrt,Icl,M,TMMO,P,Weight,Adu);
Ashrae=a;
save results_ET_SET_DISC_TSENS.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of PET
a=PET_Array_Calc(Age,M,Icl,Tair,RH,Weight,Height,Sex,P,WS,Tmrt);
PET=a;
save results_PET.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Man-Environment Heat Exchange Model (MENEX_ 2005)
%M+Q+C+E+Res=S  all in W/m2
% (πηγές: http://www.igipz.pan.pl/geoekoklimat/blaz/MENEX_2005.pdf access:9/12/2011
% Blazejczyk and Matzarakis 2007-Annex)
Tskin=(26.4+0.02138*Tmrt+0.2095*Tair-0.0185*RH-0.009*WS)+0.6*(Icl-1)+0.00128*M;
% calculation of skin wettedness
a=zeros (array_length,1);
for i=1:length (Tskin)
   if Tskin (i,1)>36.5
      a (i,1)=1.0;
   else if Tskin (i,1)<22
      a (i,1)=0.001;
      else
         a (i,1)=1.031/(37.5-Tskin (i,1))-0.065;
      end
   end
end
wetskin=a;
clear a
% calculation of Radiation balance Q=R+L
%%%%% calculation of net-long wave radiation L
sh=0.95;            % emissivity coefficient for human body
s=0.97;             % emissivity coefficient for natural objects
sBo=5.667*10^(-8);   % constant Boltzman in W*m2/K^(-4)
Ls=sh*sBo*(273+Tskin).^4;    % thermal radiation of human body
A=s*sBo*(273+Tair).^4;
B=-0.094*0.75*e;
D=0.82-0.25*10.^(B);
La=A.*D;                  % thermal radiation of the atmosphere
clear A B D

Lg=s*sBo*(273+GT).^4;    % thermal radiation of the ground
A=0.013*P-0.04*Tair-0.503;
B=(WS+Vman).^0.5;
B1=(WS+Vman).^0.4;
```

```
hc=A.*B ;          % hc:coefficient of convective and radiative heat transfer (Km2/W)
D=Icl.*(1-0.27*B1);
hcclo=0.53*(A./D);    % hcclo:coefficient of heat transfer through clothing (K\[CenterDot]W-
                                        % 1\[CenterDot]m-2)
F=hc+hcclo+(21.55*((273+Tair).^3)*10^(-8));
Irc=hcclo./F;          % Irc:coefficient reducing convective & radiative heat transfer due to clothing
                            (dimensionless)
G=0.5*Lg+0.5*La-Ls;
a=G.*Irc;
L=a;
clear A B B1 F G a  % Tskin,wetskin,sh,sBo,s,hc,L,La,Lg,Irc,D,hcclo,Ls are kept
%%%%%% calculation of absorbed solar radiation R
A=sh*sBo*(273+Tmrt).^4;
B=sh*sBo*(273+Tair).^4;
a=(A-B).*Irc;
R=a;
%%%%%% calculation of Q
Q=L+R;
clear A B a L   % Tskin,w,hc,Irc,D,hcclo,sh,sBo,s,R,Q,La,Lg,Ls are kept
% calculation of Evaporative Heat Loss E
% E=he*(e-eskin)*w*Ie-[0.42*(M-58)-5.04
eskin=exp (0.058*Tskin+2.003); % calculation of saturated varour pressure at skin temperature (hPa)
% calculation of coefficient of evaporative heat transfer (hPa/(Wm2)
he=((Tair.*(0.00006*Tair-0.00002*P+0.011)+0.02*P-0.773)).*((WS+Vman).^0.5);
Ie=hcclo./(hcclo+hc); % calculation of coefficient reducing evaporative heat transfer through clothing
N=he.*(e-eskin);
a=((N.*wetskin).*Ie)-(0.42*(M-58)-5.04);
E=a;
clear D F N a
% Tskin,wetskin,hc,Irc,Q,R,E,eskin,sh,sBo,s,eskin,he,Ie,hcclo,La,Lg are kept

% calculation of Convective heat exchange
% C=hc*(Tair-Tskin)*Irc
A=Tair-Tskin;
a=(hc.*A).*Irc;
C=a;
clear A a

% calculation of Respiratory heat loss
A=Tair-35;
B=0.1*e-5.624;
a=0.0014*M.*A+0.0173*M.*B;
Res=a;
clear A B a
% Tskin,wetskin,hc,Irc,Q,R,E,C,Res,eskin,sh,sBo,s,eskin,he,Ie,hcclo,La,Lg are kept

S=M+Q+C+E+Res ;

% calculation of Heat Load
a=zeros (array_length,1);
for i=1:length (S)
   if (S (i,1)<0 && E (i,1)>=-50)
```

```
        a (i,1)=((S (i,1)+1000)/1000)^(5/(1+R (i,1)));
    elseif S (i,1)>=0 && E (i,1)>=-50
        a (i,1)=((S (i,1)+1000)/1000)^(2-1/(1+R (i,1)));
    elseif S (i,1)<0 && E (i,1)<-50
        a (i,1)=(E (i,1)/(-50))*((S (i,1)+1000)/1000)^(5/(1+R (i,1)));
    elseif S (i,1)>0 && E (i,1)<-50
        a (i,1)=(E (i,1)/(-50))*((S (i,1)+1000)/1000)^(2-1/(1+R (i,1)));
    end
end
HL=a;
save results_HL.out a -ASCII;
clear a

% Calculation of Physiological Strain
a=C./E;
PhS=a;
save results_Phs.out a -ASCII;
clear a

% Calculation of Subjective Temperature (STI, oC)
LsTskinR=sh*sBo*(273+Tskin).^4;
LTskinR=(0.5*Lg+0.5*La-LsTskinR).*Irc;
QTskinR=LTskinR+R;
CTskinR=hc.*(Tair-Tskin).*Irc;
eskinR=exp (0.058.*Tskin+2.003);
ETskinR=he.*(e-eskinR).*wetskin.*Ie-(0.42.*(M-58)-5.04);
STskinR=M+QTskinR+CTskinR+ETskinR+Res;  % STskinR is calculated at the same way as S, using
regular formulas
                              % of convection (C),evaporation (E) and radiation (Q)
                              % but with skin temperature (Tskin) replaced by TskinR
a=zeros (array_length,1);
for i=1:length (STskinR)
    if STskinR (i,1)>=0;
        a (i,1)=Tmrt (i,1)+(((abs (STskinR (i,1))^0.75)/(sh*sBo)+273^4)^0.25-273);
    else
        a (i,1)=Tmrt (i,1)-(((abs (STskinR (i,1))^0.75)/(sh*sBo)+273^4)^0.25-273);
    end
end
STI=a;
save results_STI.out a -ASCII;
clear a

% Calculation of Water Loss SW (g/hour) connected with Dehydration Risk (DhR)
epot = 6.112*10.^((7.5*Tair)./(237.7+Tair))*0.05;
Epot = he.*(epot-eskin).*wetskin.*Ie-(0.42*(M-58)-5.04);
a = -2.6*Epot;
SW=a;
save results_SW.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
%calculation of SRreq,RSI,OpT (Parson 1999, ISO)
Cres=0.0014*M.*(35-Tair); % calculation of respiratory heat loss by convection (Cres)
Eres=0.0173*M.*(5.624-e*0.1); %calculation of respirotory heat loss by evaporation (Eres)
tskin=30+0.093*Tair+0.045*Tmrt-0.571*WS+0.254*e*0.1+0.00128*M-3.57*0.155*Icl;
%this equation of tskin can be used for the following ranges
%Tair=22.9-50.6oC, Tmrt=24.1-49.5oC, e=(0.8-4.8)*KPa, WS=0.2-0.9m/s,
%M=46.4-272W/m2, Icl=0.1-0.6clo, Tskin=32.7-38.4oC
var=WS+0.0052*(M-58); %calculation of relative air velocity

A=(tskin+273).^4;
B=(Tmrt+273).^4;
C=(tskin-Tmrt);
hr=5.67*10^(-8)*0.97*0.77*((A-B)./C);%calculation of hr for a standing person wight 1.80 height and
75kg weight
clear A B C              %Ar/Adu=0.67-0.70-0.77 for crouching-seated-standing person

fcl=1+1.97*0.155*Icl;  %calculation of fcl (ND)

A=zeros(array_length,1);
a=zeros(array_length,1);
for i=1:length(WS)
   if var(i,1)<=0.2   %calculation of hc
      A(i,1)=tskin(i,1)-Tair(i,1);
      a(i,1)=2.38*(abs(A(i,1)))^0.25;
   else if (var(i,1)<1 && var(i,1)>0.2)
         a(i,1)=3.5+5.2*var(i,1);
      else
         a(i,1)=8.7*var(i,1)^0.6;
      end
   end
end
hc=a;
clear A a

B=(hc+hr).*(0.155*Icl);
C=fcl.^(-1);
Fcl=(B+C).^(-1);  %calculation of Fcl

D=1-C;
E=D./(hc+hr);
F=0.155*Icl-E;
G=1+(2.22*hc.*F);
Fpcl=G.^(-1); %calculation of Fpcl
clear B C D E F G

he=16.7*hc; %calculation of he

Rt=(he.*Fpcl).^(-1); %calculation of Rt

Cex=(hc.*Fcl).*(tskin-Tair); %calculation of heat exchange on the skin by convection Cex
Rex=(hr.*Fcl).*(tskin-Tmrt); %calculation of the exhange on the skin by radiation Rex
```

```
% calculation of saturated vapor pressure at skin temperature (es,skin) in hPa
% esskin=6.112*10^(7.5*tskin/(237.7+tskin)) for the calculation of Emax
A=7.5*tskin;
B=tskin+237.7;
D=A./B;
esskin=6.11*10.^(D);
G=(esskin-e)*0.1;
Emax=G./Rt;
clear A B D G

% calculation of Required Sweat Rate (SRreq) for thermal equilibrium
% according to ISO 7933. SRreq=Ereq/rreq, where Ereq=M-W-Cres-Eres-C-R
% and rreq=1-(wreq^2)/2
Ereq=M-Cres-Eres-Cex-Rex;
b=zeros(array_length,1);
for i=1:array_length
   if (Ereq(i,1)<=0)
         b(i,1)=0;
      else
         b(i,1)=Ereq(i,1)/Emax(i,1);
   end
end
wreq=b;

a=zeros(array_length,1);
for i=1:array_length
   if (wreq(i,1)<1)
      a(i,1)=1-0.5*(wreq(i,1)^2);
   else
      a(i,1)=0.5;
   end
end
rreq=a;  % (πηγές: Sakoi 2006, Bioklima software help file)
SRreq=Ereq./rreq; %SRreq in W/m2, 1W/m2= 1.47 g*h^(-1)*m^(-2)
save results_SRreq.out SRreq -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% fcl, var, Cres, Eres, Ereq wreq rreq tskin hc hr Fcl Fpcl he Rt Cex Rex esskin Emaxare kept

% calculation of Heat Stress Index (HSI)
% HSI=100*Ereq/Emax (πηγή: Auliciems and Szokolay 2007)
HSI=100*Ereq./Emax;
save results_HSI.out HSI -ASCII;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Operative Temperature (OpT) (with Tskin=35oC)
% OpT=(hr*Tmrt+hc*Tair)/(hr+hc)
A=hr.*Tmrt;
B=hc.*Tair;
C=A+B;
D=hr+hc;
a=C./D;
```

```
OpT=a;
save results_OpT.out a -ASCII;
clear A B C D a
clear Cex Rex
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%hc hr he Rt Fcl Fpcl  esskin Emax are kept

% calculation of Relative Strain Index (RSI) (Auliciems and Szokolay 2007)
% RSI=[M(Icl+Ia)+6.45(Tair-35)+R*Ia]/0.0654*(5866-e*100)
Rex=(hr.*Fcl).*(Tmrt-tskin);
Cex=(hc.*Fcl).*(tskin-Tair);
Tcl=tskin-0.155*Icl.*(Rex+Cex);
A=(Tcl-Tair).*fcl;
Ia=0.155*A./((Rex+Cex));              % Ia in clo (Havenith 1990)
H=M.*(Icl+Ia)+6.45*(Tair-35)+(Rex.*Ia);
J=0.0654*(5866-e*100);
a=H./J;
RSI=a;
save results_RSI.out a -ASCII;
clear A B C D E F G H J Ia a
clear hc hr he Rt Fcl Fpcl Rex esskin Emax

% Ia in clo (Havenith 1990)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% calculation of Predictive Mean Vote (PMV) and Predicted Percentage of
% Discomfort (PPD) (Fanger 1970)
a=PMV_Calc(M,e,Tair,Icl,Tmrt,WS);
PMV=a;
save results_PMV.out a -ASCII;
clear a

%Calculation of Predicted Percentage of Dissatisfied
A=-(0.03353*(PMV.^4)+0.2179*(PMV.^2));
a=100-95*exp(A);
PPD=a;
save results_PPD.out a -ASCII;
clear a A
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Calculation of Predicted Mean Vote in direct solar radiation
SRdirect=SR-DIFF;
a=PMV+SRdirect/200;
PMVsolar=a;
save results_PMVsolar.out a -ASCII;
clear a
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Calculation of Perceived Temperature
a=zeros(array_length,1);
for i=1:length(PMV)
```

```
   if PMV(i,1)<0
        Icl(i,1)=1.75;
       a(i,1)=5.805+12.6784*PMV(i,1);
   elseif PMV(i,1)==0
         a(i,1)=21.258-9.558*Icl(i,1);
  elseif PMV(i,1)>0
       Icl(i,1)=0.5;
       a(i,1)=16.826+6.183*PMV(i,1);
   end
end
PT=a;
save results_PT.out a -ASCII;
clear a
```

ΥΠΟΡΟΥΤΙΝΕΣ

Υπορουτίνα υπολογισμού ET, TSENS, DISC, SET, PMV_G

```
                %Tair,RH,WS,Tmrt,Iclo,M,TMMO,P,Weight,Adu%
function
[result]=ET_SET_DISC_TSENS_CALC(TA,RH,VEL,TR,CLO,M,TMMO,PBA,WT,SA,SR,DIFF)

PB=0.750061673*PBA;
LTIME=60;
WK=0;      %External work w/m^2
W=0;       %External work w/m^2
TU=20;
%Program calculates:"
% PMV - Predicted Mean Vote"
% PPD - Predicted Percentage of Dissatisfied"
% ET* - New Effective Temperature"
% SET* - Standard Effective Temperature"
% TSENS - Predicted Thermal Sensation "
% DISC - Predicted Discomfort"
% PD - Predicted Percent Dissatisfied Due to Draft"
% 'PMV-PPD
ICL = 0.155*CLO;
PWS=exp(18.6686-(4030.183/(TA+235)));
PA=RH*PWS;
EPS = 0.00015;
MW = M-W;
RM=MW;
% Compute the corresponding FCL value
   if ICL < 0.078
      FCL = 1 + 1.29*ICL;
   else
      FCL = 1.05 + 0.645*ICL;
   end
FCIC=ICL*FCL;
P2=FCIC*3.96;
P3=FCIC*100;
TRA=TR+273;
TAA=TA + 273;
P1=FCIC*TAA;
P4 = 308.7 - 0.028 * MW + P2 * (TRA/100)^4;
% First guess for surface temperature of clothing
TCLA = TAA + (35.5-TA) / (3.5*(6.45*ICL+0.1));
XN = TCLA/100;
XF = XN;
HCF=12.1*(VEL)^0.5;
Max_iteration=150;

%compute surface temperature of clothing by iterations
for i=0:Max_iteration
   XF=(XF+XN)/2;
   HCN=2.38*abs(100*XF-TAA)^0.25;
   if HCF>HCN
      HC=HCF;
   else
      HC=HCN;
   end
   XN=(P4+P1*HC-P2*XF^4)/(100+P3*HC);
```

```
    if abs(XN-XF)<=EPS
        TCL=100*XN-273;
        %COMPUTE PMV
        PM1=3.96*FCL*(XN^4-(TRA/100)^4);
        PM2 = FCL * HC * (TCL-TA);
        PM3 = 0.303 * exp(-0.036*M) + 0.028;
        if MW > 58.2
            PM4 = 0.42 * (MW-58.2);
        else
            PM4 = 0;
        end
        PM5 = 3.05*0.001*(5733-6.99*MW-PA);
        PM6 = 1.7 * 0.00001 * M * (5867-PA) + 0.0014 * M * (34-TA);
        PMVF = PM3 * (MW-PM5-PM4-PM6-PM1-PM2);
        TCLN =(TCL*100)/100;
        break;
    end
end

if i <= Max_iteration
        %Compute PPD
        PPD = 100-95*exp(-0.03353*PMVF^4-0.2179*PMVF^2);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    FNSVP=@(T)(exp(18.6686 - 4030.183/(T + 235)));
    FNP=@(X)(X*(X>0));
    %FNFAR=@(T)(9/5*T+32);
    %FNERRE=@(X)(HSK-HD*(TSK-X)-W*HE*(PSSK-0.5*FNSVP(X)));
    %FNERRS=@(X)(HSK-HDS*(TSK-X)-W*HES*(PSSK-0.5*FNSVP(X)));
    SBC=5.67*10^(-8); %Stephan-Boltzmann constant
     %CONSTANTS, SETPOINTS AND CONTROL COEFFICIENTS
    KCLO=0.25;
    CSW=170; %driving coefficient for regulatory sweating
    CDIL=200; %driving coefficient for vasodilation
    CSTR=0.5; %driving coefficient for vasoconstriction
    TSKN=33.7; %setpoint (neutral) value for Tsk
    TCRN=36.8; %setpoint value for Tcr
    TBN = 36.49; %setpoint for Tb (0.1*Tskn + 0.9*Tcrn)
    SKBFN=6.3; %neutral value for SKBF
    %INITIAL VALUES - start of 1st experiment
    TSK = TSKN;
    TCR = TCRN;
    SKBF = SKBFN;
    MSHIV=0;
    ALFA=0.1;
    ESK=0.1*RM;
    %UNIT CONVERSIONS (from input variables)
    ATM=PB/760;
    TIMEH=LTIME/60;
    RCL=0.155*CLO;
    FACL=1+0.15*CLO; % INCREASE IN BODY SURFACE AREA DUE TO CLOTHING
    LR=2.2/ATM; %Lewis Relation is 2.2 at sea level
    PA=PA/100;
    if CLO<=0
        WCRIT=0.38*VEL^(-0.29);
        ICL=1;
    else
        WCRIT=0.59*VEL^(-0.08);
        ICL=0.45;
    end
```

```
CHC=3*ATM^0.53;

if RM/58.2<0.85
   CHCA=0;
else
   CHCA=5.66*((RM/58.2-0.85)*ATM)^0.39;
end

CHCV=8.600001*(VEL*ATM)^0.53;
if CHC<=CHCA
   CHC=CHCA;
end

if CHC<CHCV
      CHC=CHCV;
end

%initial estimate of Tcl
CHR = 4.7;
CTC = CHR + CHC;
RA = 1/(FACL*CTC); %resistance of air layer to dry heat transfer
TOP= (CHR * TR + CHC * TA) / CTC;
TCL = TOP+ (TSK - TOP)/(CTC*(RA + RCL));
TIM=1;
DTIM=1;

% begin iteration
% TCl and CHR are solved iteritively using: H(Tsk - To) = CTC(Tcl - To),
% where H = 1/(Ra + Rcl) and Ra = 1/Facl*CTC

while TIM<=LTIME

   TCLOLD=TCL-0.1;
   while(abs(TCL-TCLOLD))>0.01
   TCLOLD=TCL;
   CHR = 4 * SBC * ((TCL + TR) / 2 + 273.15)^3 * 0.72;
   CTC = CHR + CHC;
   RA = 1/(FACL*CTC); %resistance of air layer to dry heat transfer
   TOP= (CHR * TR + CHC * TA) / CTC;
   TCL= (RA*TSK + RCL*TOP)/(RA + RCL);
   end

   DRY = (TSK - TOP)/(RA + RCL);
   HFCS = (TCR - TSK) * (5.28 +1.163 * SKBF);
   ERES = 0.0023 * M * (44 - PA);
   CRES = 0.0014 * M * (34 - TA);
   SCR = M - HFCS - ERES - CRES - WK;
   SSK = HFCS - DRY - ESK;
   TCSK = 0.97* ALFA * WT;
   TCCR = 0.97* (1 - ALFA) * WT;
   DTSK = (SSK*SA)/TCSK/60; %deg C per minute
   DTCR = SCR*SA/TCCR/60; %deg C per minute
   %U=abs(DTSK);
   %if U>0.01
     %DTIM=0.1/U;
   %end
   %U=abs(DTCR);
   %if U>0.1 && 0.1/U<DTIM
    %  DTIM=0.1/U;
   %end
```

```
    TSK = TSK+DTSK*DTIM;
    TCR = TCR + DTCR*DTIM;
    TB=ALFA*TSK+(1-ALFA)*TCR;
    SKSIG = TSK - TSKN;
    WARMS=FNP(SKSIG);
    COLDS=FNP(-SKSIG);
    CRSIG = (TCR - TCRN);
    WARMC=FNP(CRSIG);
    COLDC=FNP(-CRSIG);
    BDSIG=TB-TBN;
    WARMB=FNP(BDSIG);
    COLDB=FNP(-BDSIG);
    SKBF = (SKBFN + CDIL*WARMC) / (1 + CSTR*COLDS);
    if SKBF>90
       SKBF=90;
    end
    if SKBF<0.5
          SKBF=0.5;
    end

    REGSW = CSW * WARMB * exp(WARMS/10.7);
    if REGSW >500
       REGSW=500;
    end
    ERSW = 0.68 * REGSW;
    aSKBF=SKBF;
    AREGSW=REGSW;
    %LR = 2.02*(TSK+273.15)/273.15;
    REA = 1/(LR*FACL*CHC); %evaporative resistance of air layer
    RECL = RCL/(LR*ICL); %evaporative resistance of clothing (icl=0.45)
    EMAX = (FNSVP(TSK) - PA)/(REA + RECL);
    PRSW= ERSW/EMAX;
    PWET=0.06 + 0.94*PRSW;
    EDIF=PWET*EMAX-ERSW;
    ESK=ERSW+EDIF;

    if PWET>WCRIT
       PWET=WCRIT;
       PRSW=(WCRIT-0.06)/0.94;
       ERSW=PRSW*EMAX;
       EDIF=0.06*(1 -PRSW)*EMAX;
       ESK=ERSW+EDIF;
    end
    if EMAX<0
       EDIF=0;
       ERSW=0;
       PWET=WCRIT;
       PRSW=WCRIT;
       ESK=EMAX;
    end
    ESK=ERSW+EDIF;

    MSHIV=19.4*COLDS*COLDC;
    M=RM+MSHIV;
    ALFA = 0.0417737 + 0.7451833/ (SKBF + 0.585417);
        %GOSUB2680 'screen output
    %IF OUTOPT=1 THEN GOSUB 3900 'minute-by-minute Hcopy output
    TIM=TIM+DTIM;
end
```

```
%Define new heat flow terms, coeffs, and abbreviations
STORE=M-WK-CRES-ERES-DRY-ESK; %rate of body heat storage
HSK=DRY+ESK; %total heat loss from skin
RN=M-WK; %net metabolic heat production
ECOMF = 0.42*(RN - 58.2);
if ECOMF<0
   ECOMF=0; %from Fanger
end
EREQ = RN - ERES - CRES - DRY;
EMAX =EMAX*WCRIT;
HD=1/(RA + RCL);
HE=1/(REA + RECL);
W=PWET;
PSSK=FNSVP(TSK);

%Definition of ASHRAE standard environment... denoted US"
CHRS = CHR;
CHCS=5.66*((RM/58.2-0.85))^0.39;
if ((RM/58.2)<0.85 || CHCS<3)
   CHCS=3;
end

CTCS = CHCS+CHRS;
RCLOS=1.52/((RM-WK)/58.2+0.6944)-0.1835;
RCLS=0.155*RCLOS;
FACLS=1+KCLO*RCLOS;
FCLS=1/(1+0.155*FACLS*CTCS*RCLOS);
IMS=0.45;
ICLS=IMS*CHCS/CTCS*(1 -FCLS)/(CHCS/CTCS-FCLS*IMS);
RAS = 1/(FACLS*CTCS);
REAS = 1/(LR*FACLS*CHCS);
RECLS = RCLS/(LR*ICLS);
HDS= 1/(RAS + RCLS);
HES= 1/(REAS + RECLS);

% ET* (standardized humidity/ actual do, Pb, and CHC)
% determined using Newton's iterative solution
% FNERR is defined in GENERAL SETUP section above
DELTA = 0.0001;
XOLD = TSK-HSK/HD; %lower bound for ET*
while(1)
   ERR1 = HSK-HD*(TSK-XOLD)-W*HE*(PSSK-0.5*FNSVP(XOLD));  %FNERRE(XOLD);
   ERR2 = HSK-HD*(TSK-(XOLD + DELTA))-W*HE*(PSSK-0.5*FNSVP((XOLD + DELTA)));
%FNERRE(XOLD + DELTA);
   X = XOLD - DELTA*ERR1/(ERR2 - ERR1);
   if abs(X-XOLD)<=0.01
      break;
   end
   XOLD=X;
end
ET = X;
% SET* (standardized humidity, clo, Pb, and CHC)
% determined using Newton's iterative solution
% FNERRS is defined in the GENERAL SETUP section above
XOLD= TSK-HSK/HDS; %lower bound for SET
while(1)
   ERR1=(HSK-HDS*(TSK-XOLD)-W*HES*(PSSK-0.5*FNSVP(XOLD)));FNERRS(XOLD);
   ERR2 = (HSK-HDS*(TSK-(XOLD + DELTA))-W*HES*(PSSK-0.5*FNSVP((XOLD +
DELTA))));    %FNERRS(XOLD + DELTA);
   X = XOLD - DELTA*ERR1/(ERR2 - ERR1);
```

```
      if abs(X-XOLD)<=0.01
         break;
      end
      XOLD=X;
   end
   SET=X;
   %'STO = standard operative temperature:
   % defined by: (Tsk-STo)/(Ras+Rcls)=(Tsk-To)/(Ra + Rcl)
   STO = TSK - (RAS+RCLS)*(TSK-TOP)/(RA+RCL);
   %SVPO = standard operative vapor pressure:
   % defined by: (Psk - SVPO)/(Reas+Recls) = (Psk-Pa)/(Rea+Recl)
   % SVPO = PSK - (REAS+RECLS)*(PSK-PA)/(REA+RECL);
   % TSENS is a function of Tb
   TBML=(0.194/58.15)*RN +36.301; %lower limit for evaporative regulation
   TBMH=(0.347/58.15)*RN + 36.669; %upper limit for evaporative regulation
   if TB<TBML
      TSENS=0.4685*(TB - TBML);
   end

   if (TB>=TBML && TB<TBMH);
      TSENS=WCRIT*4.7*(TB-TBML)/(TBMH-TBML);
   end

   if TB>=TBMH
      TSENS=WCRIT*4.7 + 0.4685*(TB-TBMH);
   end
   %'DISC varies with relative thermoregulatory heat strain
   %'Valid only when DISC>0. When DISC<0, DISC is numerically =TSENS.
   DISC = 4.7*(ERSW - ECOMF)/(EMAX-ECOMF-EDIF);
   if DISC<0
      DISC=TSENS;
   end
   %Calculate Gagge's version of Fanger's Predicted Mean Vote (PMV)
   PMVG=(0.303* exp(-0.036*M) +0.028)*(EREQ-ECOMF-EDIF);
   %'Gagge's PMV.SET is the same as Fanger's PMV except that DRY is calculated
   %using SET* rather than Top
   DRY2 = HDS*(TSK-SET);
   EREQ2 = RN-CRES-ERES-DRY2;
   PMV2=(0.303* exp(-0.036*M) +0.028)*(EREQ2-ECOMF-EDIF);
   % Other models
   TUE=(34-TA)*(VEL-0.05)^0.6223;
   PD=TUE*(3.143+0.3696*VEL*TU);
   PS=100*(1.13*(TOP^0.5)-0.24*TOP+2.7*(VEL^0.5)-0.99*VEL);
   TSR=0.245*TA+0.248*PA*0.133-6.475;
   TNA=9.22+0.48*TA+0.14*TMMO;
   TNH=23.9+.295*(TMMO-22)*exp(-((TMMO-22)/(24*2^0.5))^2);
else
  disp('max iteration reached\n');
  disp('XN-XF< EPS');
end

%Belding//s Heat Stress Index (HSI) is an indicator of skin wittedness based on Ereq rather than Esk
HSI=100*EREQ/EMAX;
if EREQ<0
   wreq=0;
else
   wreq=EREQ/EMAX;
end
if wreq<1
   rreq=1-0.5*(wreq^2);
```

```
else
   rreq=0.5;
end             %Sakoi 2006, bioklima
SRreq=EREQ/rreq;
%SRreq in W/m2, 1W/m2= 1.47 g*h^(-1)*m^(-2)
%Calculation of Predicted Mean Vote in direct solar radiation
SRdirect=SR-DIFF;
a=PMVF+SRdirect/200;
PMVFsolar=a;
clear a

%Calculation of Perceived Temperature
   if PMVF<0
        a=5.805+12.6784*PMVF;
   elseif PMVF==0
        a=21.258-9.558*Icl;
   elseif PMVF>0
        a=16.826+6.183*PMVF;
   end
PTGagge=a;
clear a

result=zeros(1,10);
result(1,1)=PMVF;
result(1,2)=PPD;
result(1,3)=ET;
result(1,4)=SET;
result(1,5)=TSENS;
result(1,6)=DISC;
result(1,7)=PMVG;
result(1,8)=PMV2;
result(1,9)=HSI;
result(1,10)=SRreq;
result(1,11)=PMVFsolar;
result(1,12)=PTGagge;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function
[result]=ET_SET_DISC_TSENS_ARRAY_CALC(Tair,RH,WS,Tmrt,Iclo,M,TMMO,P,Weight,Adu,S
R,DIFF)

array_length=length(Tair);
result=zeros(array_length,12);

for i=1:array_length, %for each line of input arrays calculate
   result(i,:)=
ET_SET_DISC_TSENS_CALC(Tair(i,1),RH(i,1),WS(i,1),Tmrt(i,1),Iclo(i,1),M(i,1),TMMO(i,1),P(i,1)
,Weight(i,1),Adu(i,1),SR(i,1),DIFF(i,1));
end
end
```

Υπορουτίνα υπολογισμού COMFA

```
function
[COMFA]=COMFA_Calculation(e,Tair,RH,P,M,SR,SRdown,IRup,IRdown,WS,Icl,DIFF,ELE)

array_length=length(Tair);

%%Budget=MetEnergy+Rabs-ConvEvap-TRemitted
% metabolic energy calculation MetEnergy=(1-f)M
f=0.150-0.0173*e*0.1-0.0014*Tair;  %e in kPa
MetEnergy=M.*(1-f);
clear f

% calculation of Rabs (Rabs=Kabs+Labs) / solar radiation received by a person=total solar radiation
% absorbed+terrestrial radiation absorbed)
      %total solar radiation absorbed Kabs=(SR+SRdown)*(1-A)
PersonAlbedo=0.3;
T=((SR-DIFF).*(tan(ELE*pi/180).^(-1)))/pi;
Kabs=(T+DIFF+SRdown).*(1-PersonAlbedo);
        %terrestrial radiation absorbed Labs=0.5*(IRup+IRdown)*(1-PersonAlbedo)
Labs=0.5*(IRup+IRdown).*(1-PersonAlbedo);
Rabs=Kabs+Labs;

%calculation of Conv (convective heat flow) (Conv=1200*(Tc-Tair)/(rt+rc+ra))
Tcore=36.5+0.0043*MetEnergy;
rt=-0.1*M+65; %rt=resistance to heat flow of body tissue
Re=1.1333*(10^4)*WS; %Reynolds number (Re=0.17*WS/u, u=kinematic viscocity of air=1.5*10^(-
5))
a=zeros(array_length,1);
b=zeros(array_length,1);

for i=1:array_length
if Re(i,1)<4000
     a(i,1)=0.683;
     b(i,1)=0.466;
else if (Re(i,1)>4000 && Re(i,1)<40000)
       a(i,1)=0.193;
       b(i,1)=0.618;
   else if Re(i,1)>40000
          a(i,1)=0.0266;
          b(i,1)=0.805;
       end
   end
end
end

Aconstant=a;
nconstant=b;
A=Re.^nconstant;
B=(Aconstant.*A)*(0.71^0.33)*(22*10^(-6));
ra=0.17*(B.^(-1)); % rc=resistance to heat flow of the clothing
                   % Prandtl number, Pr=0.71 and termal diffusivity of air in 20oC K=22*10^(-6)
clear A B a b

a=zeros(array_length,1);
b=zeros(array_length,1);

for i=1:array_length
   if (Icl(i,1)<0.4)
         a(i,1)=175;
         b(i,1)=50;
```

```
   elseif ((Icl(i,1)>=0.4) && (Icl(i,1)<=0.6))
        a(i,1)=150;
        b(i,1)=75;
   elseif ((Icl(i,1)>0.6) && (Icl(i,1)<=0.8))
        a(i,1)=100;
        b(i,1)=100;
   elseif ((Icl(i,1)>0.8) && (Icl(i,1)<=0.95))
        a(i,1)=125;
        b(i,1)=175;
   elseif ((Icl(i,1)>0.95) && (Icl(i,1)<=1.1))
        a(i,1)=65;
        b(i,1)=125;
   elseif ((Icl(i,1)>1.1) && (Icl(i,1)<=1.5))
        a(i,1)=50;
        b(i,1)=250;
   end
end

Perm=a;
rco=b;
% A=0.5*(Perm.^0.4); negative rc
A=0.05*(0.196*Perm).^0.4;
f=zeros(array_length,1);

for i=1:array_length
   if WS(i,1)>=0.7
      f(i,1)=rco(i,1)*(1-(A(i,1)*(WS(i,1)^0.5)));
   else
      f(i,1)=rco(i,1);
   end
end
rc=f;
clear a b f A

Conv=1200*(Tcore-Tair)./(rt+ra+rc);

% calculation of Evap (evaporative heat loss) (Evap=Ei+Es)
      %calculation of sensible loss through perspiration (Es)
      %Es=0.42(M-58)
Es=0.42*(MetEnergy-58);
      %calculation of insensible loss through the skin
A=(Tcore-Tair)./(rt+ra+rc); %Calculation of Tskin=Tair+(Tcore-Tair)*rc/(rt+ra+rc)
Tskin=(A.*(rc+ra))+Tair;

% calculation of saturated vapor pressure(es)and water vapor pressure(e)in hPa
% es=6.112*10^((7.5*Tskin/(237.7+Tskin))
% e=(RH/100)*es
A1=7.5*Tskin;
B1=Tskin+237.7;
C1=A1./B1;
a=6.11*10.^(C1);
F=RH/100;
b=F.*a;
% esskin=a;
eskin=b;
clear a b A1 B1 C1 D F


% Calculation of qs
qs=0.622*((0.1*eskin)./((P*0.1)-(0.1*eskin)));
```

```
% Calculation of qa
qa=0.622*((0.1*e)./((P*0.1)-(0.1*e)));
rtv=7.7*(10^3);
rav=0.92*ra;
rcv=rc;

Ei=1.16*(2.442*10^6)*((qs-qa)./(rcv+rav+rtv));

Evap=Es+Ei;
% calculation of terrestrial radiation emitted by a person (TRemitted=5.67*10^(-8)*(Tskin+273)^4)
%(convective heat flow
TskinLW=(A.*rc)+Tair;

TRemitted=0.95*5.67*10^(-8)*(TskinLW+273).^4;

Budget=MetEnergy+Rabs-Conv-Evap-TRemitted;

COMFA=Budget;

end
```

Υπορουτίνα υπολογισμού PET

```
function [PET]=PET_Calc(age,M,icl,ta,RH,mbody,ht,sex,p,v,tmrt)
%personal characteristics switch age
   case 1
      age=10;
   case 2
      age=15;
   case 3
      age=21;
   case 4
      age=30;
   case 5
      age=40;
   case 6
      age=50;
   case 7
      age=60;
   case 8
      age=75;
   otherwise
      age=40;
end

% CONSTANTS
work=M;
eta=0; %mechanical efficiency
% constants
po=1013.25;
%po=1013.25   normal air pressure at sea level
%p=1013.25; air pressure at height z
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

rob=1.06;
cb=3.64*1000;
food=0;
emsk=0.99;
emcl=0.95;
evap=2.42*10^6;
sigm=5.67*10^(-8);
fcl= 1+0.28*icl;
vpa=exp(-5800.2206/(ta+273.15)+1.3914993-
0.048640239*(ta+273.15)+0.000041764768*(ta+273.15)^2-
0.000000014452093*(ta+273.15)^3+6.5459673*log(ta+273.15))*RH/100/100;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%calculation of internal heat production (h)
metbf=3.19*mbody^(3/4)*(1+0.004*(30-age)+0.018*((ht*100/(mbody^(1/3)))- 42.1));
metbm = 3.45*mbody^(3/4)*(1+0.004*(30-age)+0.010*((ht*100/(mbody^(1/3)))- 43.4));
metm = work + metbm;
metf = work + metbf;

if (sex==1)
   met=metm;
else
   met=metf;
end
h=met*(1-eta);

%calculation of Sensible Respiration Energy (eres)
```

```
cair=1.01*1000;
tex=0.47*ta+21.0;
rtv=1.44*10^(-6)*met;
eres=cair*(ta-tex)*rtv;

%calculation of Latent Respiration Energy
vpex=6.11*10^(7.45*tex/(235+tex));
erel= 0.623*evap/p*(vpa-vpex)*rtv;

%sum of results
ere = eres + erel;

wetsk= 0;
adu=0.203*mbody^0.425*ht^0.725;
hc=2.67+(6.5*v^0.67); %hc at sea level
hc=hc*(p/po)^0.55; %hc corrected at the height z
feff=0.725;
rcl=icl/6.45;
facl=(-2.36+173.51*icl-100.76*icl*icl+19.28*(icl^3))/100;
if (facl>1)
   facl=1;
   rcl=(icl/6.45)/facl;
end

if (icl>=2)
       y=1;
end

if ((icl>0.6) && (icl<2))
   y=(ht-0.2)/ht;
end

if ((icl<=0.6) && (icl>0.3))
   y=0.5;
end

if ((icl<=0.3) && (icl>0))
   y = 0.1;
end

r2=adu*(fcl-1+facl)/(2*3.14*ht*y);
r1=facl*adu/(2*3.14*ht*y);
di=r2-r1;

%skin temperature
for j=1:7
   tsk=34;
   count1=0;
   tcl=(ta+tmrt+tsk)/3;
   count3=1;
   enbal2=0;

   while (1)
      acl=adu*facl+adu*(fcl-1);
      rclo2=emcl*sigm*((tcl+273.2)^ 4-(tmrt+273.2)^ 4)*feff;
      htcl=6.28*ht*y*di/(rcl*log(r2/r1)*acl);
      tsk=1/htcl*(hc*(tcl-ta)+rclo2)+tcl;

      %radiation balance
      aeff=adu*feff;
```

```
rbare=aeff*(1-facl)*emsk*sigm*((tmrt+273.2)^4-(tsk+273.2)^4);
rclo=feff*acl*emcl*sigm*((tmrt+273.2)^4-(tcl+273.2)^4);
rsum=rbare+rclo;

%convection
cbare=hc*(ta-tsk)*adu*(1-facl);
cclo=hc*(ta-tcl)*acl;
csum=cbare+cclo;

%core temperature
c(1)=h+ere;
c(2)=adu*rob*cb;
c(3)=18-0.5*tsk;
c(4)=5.28*adu*c(3);
c(5)=0.0208*c(2);
c(6)=0.76075*c(2);
c(7)=c(4)-c(6)-tsk*c(5);
c(8)=-c(1)*c(3)-tsk*c(4)+tsk*c(6);
c(9)=c(7)*c(7)-4*c(5)*c(8);
c(10)=5.28*adu-c(6)-c(5)*tsk;
c(11)=c(10)*c(10)-4*c(5)*(c(6)*tsk-c(1)-5.28*adu*tsk);

if (tsk==36)
   tsk=36.01;
end

tcore(7)=c(1)/(5.28*adu+c(2)*6.3/3600)+tsk;
tcore(3)=c(1)/(5.28*adu+(c(2)*6.3/3600)/(1+0.5*(34-tsk)))+tsk;

if (c(11)>=0)
   tcore(6) = (- c(10) - c(11)^0.5) / (2 * c(5));
   tcore(1) = (- c(10) + c(11)^0.5) / (2 * c(5));
end

if (c(9)>=0)
   tcore(2) = (- c(7) + abs(c(9))^0.5) / (2 * c(5));
   tcore(5) = (- c(7) -  abs(c(9))^0.5) / (2 * c(5));
end

tcore(4) = c(1) / (5.28 * adu + c(2) * 1 / 40) + tsk;

%perspiration
tbody = 0.1 * tsk + 0.9 * tcore (j);
swm = 304.94 * (tbody - 36.6) * adu / 3600000;
vpts = 6.11 * 10^(7.45 * tsk / (235 + tsk));

if (tbody<=36.6)
   swm = 0;
end

swf = 0.7 * swm;

if (sex==1)
   sw = swm;
else
   sw = swf;
end

eswphy=-sw*evap;
he=0.633*hc/(p * cair);
```

```
fec  = 1 / (1+ 0.92 * hc * rcl);
eswpot = he * (vpa - vpts) * adu * evap * fec;
wetsk= eswphy / eswpot;

if (wetsk>1)
   wetsk = 1;
end

eswdif = eswphy - eswpot;

if (eswdif<=0)
   esw = eswpot;
else
   esw = eswphy;
end

if (esw >0)
    esw = 0;
end

%DIFFUSION

rdsk = 0.79 * 10^7;
rdcl = 0;
ed = evap / (rdsk + rdcl) * adu * (1 - wetsk) * (vpa-vpts);

% MAX VB
vb1 = 34 - tsk;
vb2 = tcore(j) - 36.6;

if (vb2 <0)
   vb2 = 0;
end

if (vb1<0)
   vb1 = 0;
end

vb = (6.3 + 75 * (vb2)) / (1 + 0.5 * vb1);

%  energy balance

enbal = h + ed + ere + esw + csum + rsum + food;

%   clo temperature
if (count1==0)
   xx = 1;
elseif (count1==1)
   xx = 0.1;
elseif (count1 ==2)
   xx = 0.01;
elseif (count1==3)
   xx = 0.001;
end

flag=0;

if (enbal> 0)
   tcl = tcl + xx;
end
```

```
    if (enbal < 0)
       tcl = tcl - xx;
    end

    if ((enbal<=0) && (enbal2>0))
       flag=1;
    end

    if ((enbal>=0) && (enbal2<0 ))
       flag=1;
    end

    flag2=0;
    if (flag==0)
       enbal2=enbal;
       count3=count3+1;
       if (count3>200)
          flag2=1;
       end
    end

    if ((flag==1) || (flag2==1))
       if ((count1==0) || (count1==1) || (count1==2))
          count1=count1+1;
          enbal2=0;
       else
          break;
       end
    end
 end

 flag=40;
 if (count1==3)
    if ((j==2) || (j ==5))
       flag=40;
    end

    if ((j==6) || (j ==1))
       flag=50;
    end

    if(j==3)
       flag=60;
    end

    if (j==7)
       flag=70;
    end

    if (j==4)
       flag=80;
    end
 end

 if (flag==40)
    if( c(9)>=0 )
       if ((tcore(j)>=36.6) && (tsk <=34.050))
          flag=80;
       end
```

```
      end
   elseif(flag==50)
      if( c(11)>=0 )
         if ((tcore(j) >=36.6) && (tsk >33.850))
            flag=80;
         end
      end
   elseif(flag==60)
      if ((tcore(j) <36.6) && (tsk <=34.00))
         flag=80;
      end
   elseif(flag==70)
      if ((tcore(j) <36.6) && (tsk >34.00))
         flag=80;
      end
   end

   if (flag==80)
      if ((j~=4) && (vb>=91))
         flag=90;
      end

      if ((j==4) && (vb<89))
         flag=90;
      end

      if(flag~=90)
         if(vb>90)
            vb=90;
         end

         %water loss
         ws = sw * 3600 * 1000;
         if (ws>2000)
            ws = 2000;
         end
         wd = ed / evap * 3600 * (-1000);
         wr = erel / evap * 3600 * (-1000);
         wsum = ws + wr + wd;
         break;
      end
   end
end

% PET
tx = ta;
enbal2 = 0;
count1 = 0;

while (1)
   hc = 2.67 + 6.5 * 0.1 ^0.67;
   hc = hc * (p /po) ^0.55;


%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%RADIATION BALANCE
   aeff  = adu * feff;
   rbare  = aeff * (1- facl ) * emsk * sigm *((tx + 273.2)^ 4 - (tsk + 273.2)^4);
   rclo = feff * acl * emcl * sigm *((tx + 273.2)^4 - (tcl + 273.2)^4);
   rsum  = rbare + rclo;
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Convection
   cbare = hc * (tx - tsk) * adu * (1 - facl);
   cclo  = hc * (tx - tcl) * acl;
   csum  = cbare + cclo;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%DIFFUSION
   ed    = evap / (rdsk + rdcl) * adu * (1 - wetsk) * (12-vpts);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%BREATHING
   tex   = 0.47 * tx + 21;
   eres = cair * (tx - tex) * rtv;
   vpex   = 6.11 * 10^ (7.45 * tex / (235 + tex));
   erel = 0.623 * evap  / p * (12 - vpex) * rtv;
   ere   = eres + erel;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Energy Balance
   enbal = h + ed + ere + esw + csum + rsum;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%ITERATION WITH REGARD ta
   if (count1==0)
      xx = 1;
   elseif (count1==1)
      xx = 0.1;
   elseif (count1==2)
      xx = 0.01;
   elseif (count1==3)
      xx = 0.001;
   end

   if (enbal>0)
      tx = tx - xx;
   elseif (enbal<0)
       tx = tx + xx;
   end

   flag=0;
   if ((enbal<=0) && (enbal2>0))
      flag=1;
   end

   if ((enbal>=0) && (enbal2<0))
      flag=1;
   end

   if flag==0
      enbal2 = enbal;
   else
      count1=count1+1;
      if count1==4
         break;
      end
   end
end
PET=tx;
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function [RESULT]=PET_Array_Calc(Age,M,Icl,Tair,RH,Weight,Height,Sex,P,WS,Tmrt)
```

```
array_length=length(Tair);
RESULT=zeros(array_length,1);

for i=1:array_length, %for each line of input arrays calculate

RESULT(i,:)=PET_Calc(Age(i,1),M(i,1),Icl(i,1),Tair(i,1),RH(i,1),Weight(i,1),Height(i,1),Sex(i,1),P(i,
1),WS(i,1),Tmrt(i,1));
end
```

Υπορουτίνα υπολογισμού PMV

```
function [resultTcl]=Tcl_PMV_Num_Alg_Calc(WS,B,C,A,Tmrt,Tair,Tclmin,Tclmax,Step,accuracy)
%%%% Callculation of Tcl starting from Tclmin to Tclmax with step=Step %%%%

   resultTcl=zeros(1,8);
   Const1=-A-B*(Tmrt+273)^4;

   T=Tclmin; %start scanning from Tcl=Tclmin
   i=1;      %index for column of result of Tcl calculation
   FTmin=1000; %minimum Tcl in the region of interest (abs(fT)<0.0001)
   Tmin=1000;
   check=0;    % flag to indicate a new pass from a region of interest
   while T<Tclmax %loop for all Tcl values

      %calculation of hc value according to selected Tcl value
      if (2.38*abs((T-Tair))^(0.25))<(12.1*WS^(0.5))
         hc=12.1*WS^(0.5);
      else
         hc=2.38*(abs(T-Tair))^(0.25);
      end

      fT=B*(T+273)^4+C*hc*(T-Tair)+T+Const1;     % f(Tcl)=0 calculation
      if abs(fT)<accuracy              %if in region of interest
         check=1;                      %indicate we have passed at least once from the region
        if abs(fT)<FTmin               %if still in the region and FT<FTmin
            FTmin=abs(fT);             %update
            Tmin=T;
        end
      else                             %when out of region
         if check==1                    %if just passed out of the region
            resultTcl(1:i)=Tmin;       %store Tmin
            i=i+1;                     %update index
            check=0;                    %reinitiallize check value
            FTmin=1000;                %reinitiallize Tmin value
            Tmin=1000;
         end
      end
      T=T+Step;   %update step
   end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function
[Tcl]=Tcl_PMV_ArrayCalc_Step_Method(fcl,Iclothing,M,Tair,Tmrt,WS,Tclmin,Tclmax,Step,accurac
y)

array_length=length(Tair);
Tcl=zeros(array_length,8);
A=zeros(array_length,1);
B=zeros(array_length,1);
C=zeros(array_length,8);
for i=1:array_length, %for each line of input arrays calculate

   A(i,1)=35.7-0.028*M(i,1); %calculate Tskin for  ith line of M
   B(i,1)=3.96*10^(-8)*fcl(i,1)*Iclothing(i,1);
   C(i,1)=fcl(i,1)*Iclothing(i,1);


   %calculation of ith line of Tcl
```

```
Tcl(i,:)=Tcl_PMV_Num_Alg_Calc(WS(i,1),B(i,1),C(i,1),A(i,1),Tmrt(i,1),Tair(i,1),Tclmin,Tclmax,Ste
p,accuracy);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function [PMV]=PMV_Calc(M,e,Tair,Icl,Tmrt,WS)

array_length=length(Tair);

Ed=3.05*(5.733-0.007*M-e*0.1); %converted hpascal in Kpascal
Esw=0.42*(M-58.15);
Ere=0.0173*M.*(5.867-e*0.1);
Lres=0.0014*M.*(34-Tair);

%calculate fcl
Iclothing=0.155*Icl;
a=zeros(array_length,1);
for i=1:length(Icl)
if Iclothing(i,1)<0.078
   a(i,1)=1+1.29*Iclothing(i,1);
else                    %Iclothing(i,1)>0.078;
   a(i,1)=1.05+0.645*Iclothing(i,1);
end
end
fcl=a;
clear a

%calculation of Tcl by function
Tclmin=0;
Tclmax=100;
Step=0.0001;
accuracy=0.01;

Tcl=Tcl_PMV_ArrayCalc_Step_Method(fcl,Iclothing,M,Tair,Tmrt,WS,Tclmin,Tclmax,Step,accuracy);
%Tcl calculated from function is a (i,8) table
b=zeros(array_length,1);
for i=1:array_length
if (2.38*abs((Tcl(i,1)-Tair(i,1)))^(0.25))<(12.1*WS(i,1)^(0.5))
          b(i,1)=12.1*WS(i,1)^(0.5);
       else
          b(i,1)=2.38*(abs(Tcl(i,1)-Tair(i,1)))^(0.25);
end
end
hc=b;
clear b

Tclo=Tcl(:,1); %for Tclo keep only the first column of Tcl
R=3.96*10^(-8)*fcl.*((Tclo+273).^4-(Tmrt+273).^4);
C=fcl.*hc.*(Tclo-Tair);
L=M-Ed-Esw-Ere-Lres-R-C;
G=0.303*exp(-0.036*M)+0.028;
a=G.*L;
PMV=a;
end
```

Υπορουτίνα υπολογισμού UTCI

```
function [UTCI]=UTCI_Calculation(e,Tair,Tmrt,wsten)
Ta=Tair;
va=wsten;
Pa=e*0.1; %convert wsten vapor pressure in kPa
D_Tmrt=Tmrt-Tair;
%calculation of UTCI
 A=Ta+ 6.07562052*10^(-1)+(-2.27712343)*10^(-2 )*Ta +8.06470249*10^(-4 ) * Ta*Ta + ...
                    (-1.54271372)*10^(-4 ) * Ta*Ta*Ta + ...
                    (-3.24651735)*10^(-6 ) * Ta*Ta*Ta*Ta + ...
                    7.32602852*10^(-8 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*Ta + ...
                    1.35959073*10^(-9 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*Ta*Ta + ...
                    (-2.25836520)  * va + ...
                    8.80326035*10^(-2 ) * Ta*va + ...
                    2.16844454*10^(-3 ) * Ta*Ta*va + ...
                    (-1.53347087)*10^(-5 ) * Ta*Ta*Ta*va + ...
                    (-5.72983704)*10^(-7 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*va + ...
                    (-2.55090145)*10^(-9 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*Ta*va + ...
                    (-7.51269505)*10^(-1 ) * va*va + ...
                    (-4.08350271)*10^(-3 ) * Ta*va*va + ...
                    (-5.21670675)*10^(-5 ) * Ta*Ta*va*va + ...
                    1.94544667*10^(-6 ) * Ta*Ta*Ta*va*va + ...
                    1.14099531*10^(-8 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*va*va + ...
                    1.58137256*10^(-1 ) * va*va*va + ...
                    (-6.57263143)*10^(-5 ) * Ta*va*va*va + ...
                    2.22697524*10^(-7 ) * Ta*Ta*va*va*va + ...
                    (-4.16117031)*10^(-8 ) * Ta*Ta*Ta*va*va*va + ...
                    (-1.27762753)*10^(-2 ) * va*va*va*va + ...
                    9.66891875*10^(-6 ) * Ta*va*va*va*va + ...
                    2.52785852*10^(-9 ) * Ta*Ta*va*va*va*va + ...
                    4.56306672*10^(-4 ) * va*va*va*va*va + ...
                    (-1.74202546)*10^(-7 ) * Ta*va*va*va*va*va + ...
                    (-5.91491269)*10^(-6 ) * va*va*va*va*va*va + ...
                    3.98374029*10^(-1 ) * D_Tmrt +  ...
                    1.83945314*10^(-4 ) * Ta*D_Tmrt +  ...
                    (-1.73754510)*10^(-4 ) * Ta*Ta*D_Tmrt +  ...
                    (-7.60781159)*10^(-7 ) * Ta*Ta*Ta*D_Tmrt +  ...
                    3.77830287*10^(-8 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*D_Tmrt +  ...
                    5.43079673*10^(-10 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*Ta*D_Tmrt +  ...
                    (-2.00518269)*10^(-2 ) * va*D_Tmrt +  ...
                    8.92859837*10^(-4 ) * Ta*va*D_Tmrt +  ...
                    3.45433048*10^(-6 ) * Ta*Ta*va*D_Tmrt +  ...
                    (-3.77925774)*10^(-7 ) * Ta*Ta*Ta*va*D_Tmrt +  ...
                    (-1.69699377)*10^(-9 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*va*D_Tmrt +  ...
                    1.69992415*10^(-4 ) * va*va*D_Tmrt +  ...
                    (-4.99204314)*10^(-5 ) * Ta*va*va*D_Tmrt +  ...
                    2.47417178*10^(-7 ) * Ta*Ta*va*va*D_Tmrt +  ...
                    1.07596466*10^(-8 ) * Ta*Ta*Ta*va*va*D_Tmrt +  ...
                    8.49242932*10^(-5 ) * va*va*va*D_Tmrt +  ...
                    1.35191328*10^(-6 ) * Ta*va*va*va*D_Tmrt +  ...
                    (-6.21531254)*10^(-9 ) * Ta*Ta*va*va*va*D_Tmrt +  ...
```

```
(-4.99410301)*10^(-6 ) * va*va*va*va*D_Tmrt +  ...
(-1.89489258)*10^(-8 ) * Ta*va*va*va*va*D_Tmrt +  ...
8.15300114*10^(-8 ) * va*va*va*va*va*D_Tmrt +  ...
7.55043090*10^(-4 ) * D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-5.65095215)*10^(-5 ) * Ta*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-4.52166564)*10^(-7 ) * Ta*Ta*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
2.46688878*10^(-8 ) * Ta*Ta*Ta*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
2.42674348*10^(-10 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
1.54547250*10^(-4 ) * va*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
5.24110970*10^(-6 ) * Ta*va*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-8.75874982)*10^(-8 ) * Ta*Ta*va*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-1.50743064)*10^(-9 ) * Ta*Ta*Ta*va*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-1.56236307)*10^(-5 ) * va*va*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-1.33895614)*10^(-7 ) * Ta*va*va*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
2.49709824*10^(-9 ) * Ta*Ta*va*va*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
6.51711721*10^(-7 ) * va*va*va*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
1.94960053*10^(-9 ) * Ta*va*va*va*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-1.00361113)*10^(-8 ) * va*va*va*va*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-1.21206673)*10^(-5 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-2.18203660)*10^(-7 ) * Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
7.51269482*10^(-9 ) * Ta*Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
9.79063848*10^(-11 ) * Ta*Ta*Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
1.25006734*10^(-6 ) * va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-1.81584736)*10^(-9 ) * Ta*va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-3.52197671)*10^(-10 ) * Ta*Ta*va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-3.36514630)*10^(-8 ) * va*va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
1.35908359*10^(-10 ) * Ta*va*va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
4.17032620*10^(-10 ) * va*va*va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-1.30369025)*10^(-9 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
4.13908461*10^(-10 ) * Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
9.22652254*10^(-12 ) * Ta*Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-5.08220384)*10^(-09 ) * va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-2.24730961)*10^(-11 ) * Ta*va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
1.17139133*10^(-10 ) * va*va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
6.62154879*10^(-10 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
4.03863260*10^(-13 ) * Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
1.95087203*10^(-12 ) * va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +  ...
(-4.73602469)*10^(-12 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt +
5.12733497 * Pa +  ...
(-3.12788561)*10^(-1 ) * Ta*Pa +  ...
(-1.96701861)*10^(-2 ) * Ta*Ta*Pa +  ...
9.99690870*10^(-4 ) * Ta*Ta*Ta*Pa +  ...
9.51738512*10^(-6 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*Pa +  ...
(-4.66426341)*10^(-7 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*Ta*Pa +  ...
5.48050612*10^(-1 ) * va*Pa +  ...
(-3.30552823)*10^(-3 ) * Ta*va*Pa +  ...
(-1.64119440)*10^(-3 ) * Ta*Ta*va*Pa +  ...
(-5.16670694)*10^(-6 ) * Ta*Ta*Ta*va*Pa +  ...
9.52692432*10^(-7 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*va*Pa +  ...
(-4.29223622)*10^(-2 ) * va*va*Pa +  ...
5.00845667*10^(-3 ) * Ta*va*va*Pa +  ...
1.00601257*10^(-6 ) * Ta*Ta*va*va*Pa +  ...
```

```
(-1.81748644)*10^(-6 ) * Ta*Ta*Ta*va*va*Pa +  ...
(-1.25813502)*10^(-3 ) * va*va*va*Pa +  ...
(-1.79330391)*10^(-4 ) * Ta*va*va*va*Pa +  ...
2.34994441*10^(-6 ) * Ta*Ta*va*va*va*Pa +  ...
1.29735808*10^(-4 ) * va*va*va*va*Pa +  ...
1.29064870*10^(-6 ) * Ta*va*va*va*va*Pa +  ...
(-2.28558686)*10^(-6 ) * va*va*va*va*va*Pa +  ...
(-3.69476348)*10^(-2 ) * D_Tmrt*Pa +  ...
1.62325322*10^(-3 ) * Ta*D_Tmrt*Pa +  ...
(-3.14279680)*10^(-5 ) * Ta*Ta*D_Tmrt*Pa +  ...
2.59835559*10^(-6 ) * Ta*Ta*Ta*D_Tmrt*Pa +  ...
(-4.77136523)*10^(-8 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*D_Tmrt*Pa +  ...
8.64203390*10^(-3 ) * va*D_Tmrt*Pa +  ...
(-6.87405181)*10^(-4 ) * Ta*va*D_Tmrt*Pa +  ...
(-9.13863872)*10^(-6 ) * Ta*Ta*va*D_Tmrt*Pa +  ...
5.15916806*10^(-7 ) * Ta*Ta*Ta*va*D_Tmrt*Pa +  ...
(-3.59217476)*10^(-5 ) * va*va*D_Tmrt*Pa +  ...
3.28696511*10^(-5 ) * Ta*va*va*D_Tmrt*Pa +  ...
(-7.10542454)*10^(-7 ) * Ta*Ta*va*va*D_Tmrt*Pa +  ...
(-1.24382300)*10^(-5 ) * va*va*va*D_Tmrt*Pa +  ...
(-7.38584400)*10^(-9 ) * Ta*va*va*va*D_Tmrt*Pa +  ...
2.20609296*10^(-7 ) * va*va*va*va*D_Tmrt*Pa +  ...
(-7.32469180)*10^(-4 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
(-1.87381964)*10^(-5 ) * Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
4.80925239*10^(-6 ) * Ta*Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
(-8.75492040)*10^(-8 ) * Ta*Ta*Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
2.77862930*10^(-5 ) * va*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
(-5.06004592)*10^(-6 ) * Ta*va*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
1.14325367*10^(-7 ) * Ta*Ta*va*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
2.53016723*10^(-6 ) * va*va*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
(-1.72857035)*10^(-8 ) * Ta*va*va*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
(-3.95079398)*10^(-8 ) * va*va*va*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
(-3.59413173)*10^(-7 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
7.04388046*10^(-7 ) * Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
(-1.89309167)*10^(-8 ) * Ta*Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
(-4.79768731)*10^(-7 ) * va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
7.96079978*10^(-9 ) * Ta*va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
1.62897058*10^(-9 ) * va*va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
3.94367674*10^(-8 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
(-1.18566247)*10^(-9 ) * Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
3.34678041*10^(-10 ) * va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
(-1.15606447)*10^(-10 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa +  ...
(-2.80626406) * Pa*Pa +  ...
5.48712484*10^(-1 ) * Ta*Pa*Pa +  ...
(-3.99428410)*10^(-3 ) * Ta*Ta*Pa*Pa +  ...
(-9.54009191)*10^(-4 ) * Ta*Ta*Ta*Pa*Pa +  ...
1.93090978*10^(-5 ) * Ta*Ta*Ta*Ta*Pa*Pa +  ...
(-3.08806365)*10^(-1 ) * va*Pa*Pa +  ...
1.16952364*10^(-2 ) * Ta*va*Pa*Pa +  ...
4.95271903*10^(-4 ) * Ta*Ta*va*Pa*Pa +  ...
(-1.90710882)*10^(-5 ) * Ta*Ta*Ta*va*Pa*Pa +  ...
2.10787756*10^(-3 ) * va*va*Pa*Pa +  ...
```

```
(-6.98445738)*10^(-4 ) * Ta*va*va*Pa*Pa +  ...
 2.30109073*10^(-5 ) * Ta*Ta*va*va*Pa*Pa +  ...
 4.17856590*10^(-4 ) * va*va*va*Pa*Pa +  ...
(-1.27043871)*10^(-5 ) * Ta*va*va*va*Pa*Pa +  ...
(-3.04620472)*10^(-6 ) * va*va*va*va*Pa*Pa +  ...
 5.14507424*10^(-2 ) * D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
(-4.32510997)*10^(-3 ) * Ta*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
 8.99281156*10^(-5 ) * Ta*Ta*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
(-7.14663943)*10^(-7 ) * Ta*Ta*Ta*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
(-2.66016305)*10^(-4 ) * va*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
 2.63789586*10^(-4 ) * Ta*va*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
(-7.01199003)*10^(-6 ) * Ta*Ta*va*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
(-1.06823306)*10^(-4 ) * va*va*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
 3.61341136*10^(-6 ) * Ta*va*va*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
 2.29748967*10^(-7 ) * va*va*va*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
 3.04788893*10^(-4 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
(-6.42070836)*10^(-5 ) * Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
 1.16257971*10^(-6 ) * Ta*Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
 7.68023384*10^(-6 ) * va*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
(-5.47446896)*10^(-7 ) * Ta*va*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
(-3.59937910)*10^(-8 ) * va*va*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
(-4.36497725)*10^(-6 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
 1.68737969*10^(-7 ) * Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
 2.67489271*10^(-8 ) * va*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
 3.23926897*10^(-9 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa +  ...
(-3.53874123)*10^(-2 ) * Pa*Pa*Pa +  ...
(-2.21201190)*10^(-1 ) * Ta*Pa*Pa*Pa +  ...
 1.55126038*10^(-2 ) * Ta*Ta*Pa*Pa*Pa +  ...
(-2.63917279)*10^(-4 ) * Ta*Ta*Ta*Pa*Pa*Pa +  ...
 4.53433455*10^(-2 ) * va*Pa*Pa*Pa +  ...
(-4.32943862)*10^(-3 ) * Ta*va*Pa*Pa*Pa +  ...
 1.45389826*10^(-4 ) * Ta*Ta*va*Pa*Pa*Pa +  ...
 2.17508610*10^(-4 ) * va*va*Pa*Pa*Pa +  ...
(-6.66724702)*10^(-5 ) * Ta*va*va*Pa*Pa*Pa +  ...
 3.33217140*10^(-5 ) * va*va*va*Pa*Pa*Pa +  ...
(-2.26921615)*10^(-3 ) * D_Tmrt*Pa*Pa*Pa +  ...
 3.80261982*10^(-4 ) * Ta*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa +  ...
(-5.45314314)*10^(-9 ) * Ta*Ta*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa +  ...
(-7.96355448)*10^(-4 ) * va*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa +  ...
 2.53458034*10^(-5 ) * Ta*va*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa +  ...
(-6.31223658)*10^(-6 ) * va*va*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa +  ...
 3.02122035*10^(-4 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa +  ...
(-4.77403547)*10^(-6 ) * Ta*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa +  ...
 1.73825715*10^(-6 ) * va*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa +  ...
(-4.09087898)*10^(-7 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa +  ...
 6.14155345*10^(-1 ) * Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
(-6.16755931)*10^(-2 ) * Ta*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
 1.33374846*10^(-3 ) * Ta*Ta*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
 3.55375387*10^(-3 ) * va*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
(-5.13027851)*10^(-4 ) * Ta*va*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
 1.02449757*10^(-4 ) * va*va*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
(-1.48526421)*10^(-3 ) * D_Tmrt*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
```

```
                (-4.11469183)*10^(-5 ) * Ta*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
                (-6.80434415)*10^(-6 ) * va*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
                (-9.77675906)*10^(-6 ) * D_Tmrt*D_Tmrt*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
                8.82773108*10^(-2 ) * Pa*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
                (-3.01859306)*10^(-3 ) * Ta*Pa*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
                1.04452989*10^(-3 ) * va*Pa*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
                2.47090539*10^(-4 ) * D_Tmrt*Pa*Pa*Pa*Pa*Pa +  ...
                1.48348065*10^(-3 ) * Pa*Pa*Pa*Pa*Pa*Pa;
UTCI=A;
end
```

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ

Ποσοστό προβλεπόμενων τιμών ανά κατηγορία της κλίμακας των δεικτών και ανά κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης *πριν* την βαθμονόμηση της κλίμακας των δεικτών (οι πίνακες διαβάζονται ανά γραμμή – το άθροισμα ανά γραμμή ισούται με 100%)

Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (ASV) × **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0		0,0	0,0
-2	0,0	**0,0**		0,0		0,0	0,0
-1							
0	29,4	38,2		**32,0**		0,4	0,0
1							
2	1,6	3,7		65,0		**20,6**	9,1
3	0,0	0,0		15,3		28,6	**56,1**

Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (ASV Europe) × **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0		0,0	0,0
-2	15,8	**24,3**		59,1		0,4	0,4
-1							
0	0,3	1,6		**63,6**		22,1	12,3
1							
2	0,0	0,0		28,4		**34,5**	37,1
3	0,0	0,0		0,0		0,0	**0,0**

Διορθωμένη Αποτελεσματική Θερμοκρασία (CET) × **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	29,8	**39,4**	24,5	3,2	3,2	0,0	0,0
-1	4,0	10,4	**40,4**	30,3	13,6	1,1	0,3
0	0,0	0,5	13,0	**40,8**	34,0	10,3	1,5
1	0,0	0,3	2,9	19,2	**31,2**	35,7	10,7
2	0,0	0,0	1,2	6,8	18,9	**37,8**	38,4
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	**0,0**

Διορθωμένη Αποτελεσματική Θερμοκρασία[1] (CET) × **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**20,0**	20,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	13,3	**21,3**	38,3	19,3	7,0	0,3	0,3
-1	0,3	2,3	**19,2**	39,4	30,0	7,8	1,0
0	0,0	0,1	1,8	**11,4**	21,6	37,1	28,0
1	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

[1]κλίμακα Monteiro and Alucci (2006)

Εξίσωση Άνεσης (COMFA)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	26,1	**35,9**	26,1	4,3	5,4	2,2	0,0
-1	3,4	8,1	**30,4**	36,4	17,5	3,4	0,8
0	0,8	2,0	13,9	**25,9**	23,2	21,8	12,3
1	0,0	1,1	6,6	7,7	**18,6**	35,5	30,6
2	0,0	0,0	1,0	15,2	28,3	**32,3**	23,2
3	0,0	0,0	0,0	20,6	27,0	22,2	**30,2**

Ψυκτική Ισχύς (CP)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0	0,0		0,0
-2	33,3	**66,7**		0,0	0,0		0,0
-1							
0	12,6	58,5		**19,0**	9,5		0,3
1	0,4	24,2		40,6	**34,3**		0,4
2							
3	0,0	2,3		13,4	58,2		**26,1**

Δείκτης Δισφορίας (DI)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	2,5	13,8	**45,0**	30,0	8,8	0,0
1	0,0	0,0	6,3	38,7	**38,3**	14,3	2,3
2	0,0	0,2	3,6	16,6	27,0	**37,3**	15,3
3	0,0	0,0	0,3	5,1	9,9	36,5	**48,2**

Δείκτης Δισφορίας (DIndex)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,0	0,0	**26,7**	53,3	20,0	7,4
1	0,0	1,9	15,2	54,3	**23,8**	3,8	1,0
2	0,0	0,0	5,7	34,1	38,2	**19,0**	3,0
3	0,0	0,2	1,5	7,9	16,8	39,4	**34,2**

Θερμική Δυσφορία (DISC)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	0,0	**20,0**	50,0	30,0	0,0	0,0	0,0
-1	14,3	25,0	**37,5**	17,9	5,4	0,0	0,0
0	6,5	10,6	30,5	**31,0**	17,1	3,5	0,8
1	0,0	0,9	8,5	27,7	**29,5**	22,7	10,8
2	0,0	0,2	3,5	13,2	23,4	**38,7**	20,9
3	0,0	0,0	2,6	10,1	18,9	27,6	**40,8**

Ισοδύναμη Θερμότητα (EqW)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**26,5**	37,4	28,6	5,4	2,0	0,0	0,0
-2	0,0	**25,0**	62,5	12,5	0,0	0,0	0,0
-1	1,6	6,9	**44,9**	32,7	12,7	0,8	0,4
0	0,0	2,3	27,9	**40,1**	26,7	2,9	0,0
1	0,0	0,0	7,3	42,9	**37,0**	11,0	1,8
2	0,0	0,5	3,1	28,6	41,1	**22,9**	3,6
3	0,0	0,0	1,7	7,2	16,7	40,7	**33,8**

Δείκτης Περιβαλλοντικού Στρες (ESI)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	1,5	11,9	**47,8**	30,6	7,5	0,7
1	0,0	0,0	5,7	34,3	**38,1**	18,9	3,0
2	0,0	0,2	2,2	9,4	23,2	**41,0**	24,0
3	0,0	0,0	0,4	5,6	6,4	36,8	**50,8**

Τροποποιημένος Δείκτης Περιβαλλοντικού Στρες ($ESI_{modified}$)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	1,1	11,5	**46,7**	33,0	7,1	0,5
1	0,0	0,0	4,6	32,9	**37,8**	21,0	3,7
2	0,0	0,2	1,8	7,3	18,0	**42,2**	30,5
3	0,0	0,0	0,0	5,0	2,5	25,0	**67,5**

Αποτελεσματική Θερμοκρασία (ET)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	25,5	**37,3**	29,4	5,9	2,0	0,0	0,0
-1	1,3	6,2	**41,3**	32,8	15,7	2,3	0,3
0	0,0	1,1	22,0	**38,5**	29,7	8,2	0,5
1	0,0	0,0	6,6	45,4	**36,6**	9,3	2,2
2	0,0	0,4	3,1	22,6	37,2	**30,7**	6,1
3	0,0	0,0	1,6	6,4	14,9	39,8	**37,3**

Αποτελεσματική Θερμοκρασία[1] (ET)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**25,2**	36,8	30,3	5,8	1,9	0,0	0,0
-2	1,0	**4,1**	35,0	32,9	21,7	4,8	0,5
-1	0,0	3,2	**24,2**	54,8	14,5	3,2	0,0
0	0,0	0,0	5,6	**37,6**	38,9	15,6	2,4
1	0,0	0,3	3,0	12,9	**24,1**	42,6	17,2
2	0,0	0,0	0,5	4,7	12,0	**37,1**	45,7
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

[1]κλίμακα Monteiro and Alucci (2006)

Αποτελεσματική Θερμοκρασία (ET_{ASHRAE})

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	29,0	**39,0**	25,0	4,0	3,0	0,0	0,0
-1	5,5	14,8	**46,7**	26,9	6,0	0,0	0,0
0	1,8	4,6	38,5	**33,0**	19,3	2,3	0,5
1	0,0	1,6	10,9	28,1	**43,8**	15,6	0,0
2	0,0	0,4	7,8	48,2	33,9	**7,8**	1,9
3	0,0	0,0	1,9	11,9	22,5	36,5	**27,0**

Αποτελεσματική Θερμοκρασία[1] (ET_{ASHRAE})

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**25,2**	36,8	30,3	5,8	1,9	0,0	0,0
-2	1,5	**6,9**	44,8	32,8	13,1	0,4	0,4
-1	0,0	1,2	**36,0**	36,0	22,1	4,7	0,0
0	0,0	0,8	9,7	**45,7**	32,9	9,9	1,2
1	0,0	0,0	2,8	36,6	**47,9**	9,9	2,8
2	0,0	0,0	3,2	17,2	29,2	**37,7**	12,7
3	0,0	0,0	0,3	4,4	12,6	35,2	**47,5**

[1]κλίμακα Monteiro and Alucci (2006)

Θερμικός Δείκτης (HI) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,5	3,3	25,1	**39,3**	27,5	4,3
2	0,0	0,0	1,6	6,9	16,0	**40,1**	35,5
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Δείκτης Θερμικού Στρες (HSI$_{ASHRAE}$) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	11,5		**53,8**	34,6		0,0
1	0,0	8,2		31,1	**51,6**		9,1
2							
3	0,0	2,8		17,6	55,8		**23,8**

Δείκτης Θερμικού Στρες (HSI) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	12,2		**47,3**	39,2		1,4
1	0,0	4,1		22,7	**56,3**		17,0
2							
3	0,0	3,2		15,3	54,4		**27,1**

Θερμικό Φορτίο (HL) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0	0,0		0,0
-2	11,8	**54,8**		21,2	12,1		0,0
-1							
0	0,7	25,5		**34,0**	36,6		3,1
1	0,0	4,0		28,8	**55,1**		12,0
2							
3	0,0	2,5		11,8	56,7		**29,0**

Humidex (HU) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	12,0		**46,3**	41,3		0,4
1	0,0	3,1		15,4	**66,9**		14,6
2							
3	0,0	0,6		5,8	47,1		**46,5**

Δείκτης Θερμικής Καταπόνησης (ITS) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**25,0**	75,0		0,0	0,0		0,0
-2	20,7	**59,1**		14,0	6,1		0,0
-1							
0	0,5	41,8		**34,6**	22,5		0,5
1	0,0	7,2		33,2	**48,8**		10,8
2							
3	0,0	2,4		9,9	60,5		**27,3**

Δείκτης Διισφορίας (MDI) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,0	0,0	**26,7**	53,3	20,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	42,9	**42,9**	14,3	0,0
2	0,0	0,7	10,9	47,6	32,0	**7,3**	1,5
3	0,0	0,1	2,0	11,9	21,8	36,7	**27,4**

Κανονική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (NET) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**25,0**	62,5	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	25,2	**35,4**	31,3	6,1	2,0	0,0	0,0
-1	1,0	5,0	**38,3**	32,8	19,4	3,1	0,3
0	0,0	1,3	12,4	**46,4**	30,1	8,5	1,3
1	0,0	0,0	6,7	40,9	**35,8**	14,0	2,6
2	0,0	0,3	3,0	18,8	30,8	**36,0**	11,3
3	0,0	0,0	1,2	4,5	13,3	37,1	**43,9**

Λειτουργική Θερμοκρασία (OT) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**25,2**	36,8	30,3	5,8	1,9	0,0	0,0
-2	0,0	**11,3**	47,2	30,2	11,3	0,0	0,0
-1	1,6	5,1	**45,1**	34,6	12,5	0,8	0,4
0	0,0	0,6	10,5	**43,7**	34,7	9,0	1,5
1	0,0	0,0	1,7	31,0	**50,0**	15,5	1,7
2	0,0	0,3	2,8	18,3	30,7	**37,0**	10,9
3	0,0	0,0	1,3	5,6	14,0	37,1	**42,0**

Λειτουργική Θερμοκρασία (OpT) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**25,2**	36,8	30,3	5,8	1,9	0,0	0,0
-2	0,0	**9,5**	47,6	30,2	12,7	0,0	0,0
-1	1,6	5,2	**44,4**	35,1	12,1	1,2	0,4
0	0,0	0,6	10,5	**43,0**	35,5	9,0	1,5
1	0,0	0,0	1,8	29,8	**47,4**	19,3	1,8
2	0,0	0,0	3,1	17,5	29,7	**37,7**	12,0
3	0,0	0,0	1,0	5,1	12,8	36,0	**45,2**

Τυπική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (OUTSET) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	2,4	4,8	**31,0**	45,2	16,7	0,0
1	0,0	0,2	7,6	38,5	**35,3**	15,8	2,6
2	0,0	0,2	1,5	7,9	16,8	**39,4**	34,2
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Τυπική Αποτελεσματική Θερμοκρασία[1] (OUTSET) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,0	0,0	**26,7**	53,3	20,0	0,0
1	0,0	0,0	7,0	42,9	**42,9**	14,3	0,0
2	0,0	0,8	12,1	47,4	32,0	**6,9**	0,8
3	0,0	0,1	1,9	13,1	22,2	35,9	**26,7**

[1] κλίμακα Monteiro and Alucci (2006)

Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**24,7**	37,0	30,5	5,8	1,9	0,0	0,0
-2	0,0	**0,0**	55,6	22,2	22,2	0,0	0,0
-1	1,1	6,4	**41,0**	35,3	14,5	1,4	0,4
0	0,5	1,0	15,6	**38,5**	34,6	8,8	1,0
1	0,0	0,0	7,3	41,9	**32,5**	15,4	3,0
2	0,0	0,2	2,3	12,7	27,7	**37,0**	20,1
3	0,0	0,0	0,0	6,9	11,2	35,8	**46,2**

Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET-Μεσογειακή κλίμακα)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**24,1**	36,1	31,0	5,7	3,2	0,0	0,0
-2	0,0	**3,0**	47,4	36,8	11,3	0,8	0,8
-1	2,0	4,7	**36,7**	31,6	19,4	3,1	0,0
0	0,0	0,6	9,9	**42,9**	35,1	9,3	2,1
1	0,0	0,0	4,0	28,0	**36,0**	32,0	0,0
2	0,0	0,2	3,3	18,3	29,6	**35,0**	13,6
3	0,0	0,0	0,3	5,9	13,2	36,8	**43,8**

Φυσιολογική Ένταση/Καταπόνηση (PhS)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**14,7**	25,0		60,3		0,0	0,0
-2	9,9	**14,2**		71,9		3,0	1,0
-1							
0	0,8	4,9		**87,9**		6,3	0,0
1							
2	0,0	0,0		76,2		**20,1**	3,7
3	0,0	0,0		33,0		36,7	**30,3**

Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**13,6**	28,8	35,6	16,9	5,1	0,0	0,0
-2	5,6	**18,3**	35,2	25,4	15,5	0,0	0,0
-1	13,8	16,0	**27,7**	25,5	13,3	3,2	0,5
0	1,9	6,4	34,6	**32,0**	20,7	3,8	0,8
1	0,0	0,3	11,0	43,5	**34,6**	9,2	1,4
2	0,0	0,0	1,8	22,9	30,7	**35,8**	8,7
3	0,0	0,0	1,8	4,9	17,0	39,1	**37,1**

Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV_G)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	21,4	**42,9**	25,0	10,7	0,0	0,0	0,0
-1	13,9	18,9	**37,2**	18,9	11,1	0,0	0,0
0	2,6	6,6	28,9	**35,2**	20,8	5,3	0,7
1	0,0	0,3	5,5	33,8	**35,4**	19,5	5,5
2	0,0	0,0	2,2	7,2	22,1	**42,3**	26,2
3	0,0	0,0	0,0	7,3	6,7	30,0	**56,0**

Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV_{solar})

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	21,4	**42,9**	25,0	10,7	0,0	0,0	0,0
-1	13,9	18,9	**37,2**	18,9	11,1	0,0	0,0
0	2,6	6,6	28,9	**35,2**	20,8	5,3	0,7
1	0,0	0,3	5,5	33,8	**35,4**	19,5	5,5
2	0,0	0,0	2,2	7,2	22,1	**42,3**	26,3
3	0,0	0,0	0,0	7,3	6,7	30,0	**56,0**

Δείκτης Υποκειμενικής Θερμοκρασίας (STI) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0		0,0	0,0
-2	8,2	**14,6**		76,1		1,0	0,2
-1							
0	0,0	0,5		**82,0**		14,5	3,0
1							
2	0,0	0,0		31,7		**38,4**	30,0
3	0,0	0,0		7,1		50,0	**42,9**

Αντιληπτή θερμοκρασία (PT) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**13,8**	29,3	34,5	17,2	5,2	0,0	0,0
-2	5,1	**16,7**	37,2	23,1	17,9	0,0	0,0
-1	13,9	16,0	**27,8**	26,2	12,3	3,2	0,5
0	1,9	6,3	34,2	**32,7**	20,4	3,7	0,7
1	0,0	0,4	10,3	43,8	**34,5**	9,6	1,4
2	0,0	0,0	2,0	23,0	32,8	**34,3**	7,8
3	0,0	0,0	1,8	5,3	17,0	39,4	**36,5**

Δείκτης Σχετικής Έντασης (RSIndex) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,6	9,6	44,7	**31,8**	11,3	1,9
1	0,0	0,0	2,6	29,3	**44,0**	21,6	2,6
2	0,0	1,4	5,6	23,6	33,3	**29,2**	6,9
3	0,0	0,0	1,6	6,9	16,0	40,1	**35,5**

Τυπική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (SETASHRAE) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	0,0	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	13,5	31,3	**36,5**	15,6	3,1	0,0	0,6
0	2,7	4,4	17,6	**28,0**	24,4	15,9	6,9
1	0,0	0,0	1,8	9,6	**19,3**	36,5	32,8
2	0,0	0,0	0,0	7,1	14,3	**14,3**	64,3
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Τυπική Αποτελεσματική Θερμοκρασία[1] (SETASHRAE) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	12,5	**50,0**	34,7	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	26,1	34,8	**26,1**	8,7	4,3	0,0	0,0
0	10,5	16,4	35,5	**25,0**	11,7	0,4	0,0
1	2,6	5,6	23,2	34,7	**23,2**	8,5	2,1
2	0,0	0,5	5,7	18,3	24,4	**31,1**	20,0
3	0,0	0,0	4,7	10,9	21,9	15,6	**46,9**

Φαινομενική Θερμοκρασία (T_{app}) — **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,6	9,2	**46,3**	34,0	8,6	1,3
1	0,0	0,5	3,3	24,4	**38,3**	28,2	5,3
2	0,0	0,0	1,6	7,3	16,6	**39,7**	34,9
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Ισοδύναμη Θερμοκρασία (T_{eq})

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
-2	25,2	**36,8**	30,3	5,8	1,9	0,0	
-1	0,0	4,7	**40,1**	31,3	20,3	3,6	
0	1,7	4,3	30,6	**32,8**	23,8	6,8	
1	0,0	0,4	7,9	38,5	**34,9**	18,2	
2	0,0	0,2	1,5	7,9	16,8	**73,6**	
3							

Θερμοκρασία Ισοδύναμης Αντίληψης (TEP)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	27,3	**38,6**	25,0	5,7	3,4	0,0	0,0
-1	7,7	15,5	**43,1**	22,7	9,9	0,6	0,6
0	1,1	4,3	29,5	**35,7**	22,4	5,9	1,1
1	0,0	0,2	4,3	28,8	**33,8**	26,3	6,7
2	0,0	0,0	1,3	5,0	14,2	**37,5**	42,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Θερμική Αίσθηση (TS)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**33,3**	55,6	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	24,2	**34,2**	30,2	8,1	2,7	0,7	0,0
-1	1,3	6,4	**44,9**	32,8	13,7	0,6	0,3
0	0,0	1,0	11,8	**47,5**	28,7	8,9	2,2
1	0,0	0,0	2,9	16,0	**30,5**	34,1	16,5
2	0,0	0,0	0,4	6,0	21,3	**37,0**	35,3
3	0,0	0,0	0,0	6,3	5,3	35,8	**52,6**

Θερμική Αίσθηση (TSENS)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	20,0	**50,0**	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	13,6	23,7	**39,0**	18,6	5,1	0,0	0,0
0	5,4	9,5	30,1	**31,9**	18,5	4,1	0,5
1	0,0	0,2	4,0	26,5	**33,0**	27,5	8,8
2	0,0	0,0	1,2	4,4	16,2	**39,0**	39,2
3	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	20,8	**70,8**

Δείκτης Τροπικού Καλοκαιριού (TSI)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**11,2**	19,0	38,7	21,8	8,6	0,5	0,3
-2	0,0	**2,1**	33,6	36,4	25,0	2,9	0,0
-1	0,0	0,6	**9,3**	45,5	32,7	10,3	1,6
0	0,0	0,1	2,2	**12,0**	25,8	37,6	22,3
1	0,0	0,0	0,0	7,0	**5,3**	29,8	57,9
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Αντιληπτή Θερμική Αίσθηση (tsp)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	24,4	**35,6**	29,4	7,5	2,5	0,6	0,0
-1	1,3	6,2	**43,6**	34,2	13,4	1,0	0,3
0	0,0	0,5	11,7	**40,1**	35,3	10,6	1,8
1	0,0	0,1	1,4	11,2	**23,8**	39,4	24,0
2	0,0	0,0	0,0	7,4	4,2	**25,3**	63,2
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Θερμική Αίσθηση (TS_{sa})	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**33,9**	41,1	21,4	0,0	3,6	0,0	0,0
-2	21,8	**32,7**	34,7	9,9	1,0	0,0	0,0
-1	0,6	5,7	**42,0**	33,0	15,3	23,4	9,8
0	0,0	0,6	7,7	**31,2**	27,3	23,4	9,8
1	0,0	0,0	1,0	9,4	**29,1**	33,5	27,1
2	0,0	0,0	0,0	8,6	12,2	**38,1**	41,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**100,0**

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Παγκόσμιος Θερμικός Κλιματικός Δείκτης (UTCI)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
-2	0,0	**0,0**	0,0	0,0		0,0	0,0
-1	28,6	36,1	**27,8**	7,5		0,0	0,0
0	0,7	4,3	27,1	**61,7**		5,2	0,9
1							
2	0,0	0,3	3,7	61,5		28,8	5,7
3	0,0	0,0	1,2	22,2		39,6	**37,0**

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Θερμοκρασία Υγραινόμενης Σφαίρας (WBGT)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,0	0,0	**0,0**	0,0	0,0	0,0
1	0,0	0,0	0,0	29,7	**51,4**	18,9	0,0
2	0,0	0,4	7,9	38,5	34,9	**15,6**	2,6
3	0,0	0,2	1,5	7,9	16,8	39,4	**34,2**

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

Θερμοκρασία Υγραινόμενης Σφαίρας ($WBGT_{outdoor}$)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,5	10,2	43,1	**30,5**	14,7	1,0
1	0,0	0,3	3,9	21,4	**29,4**	27,9	17,2
2	0,0	0,0	0,3	4,9	11,8	**42,0**	41,0
3	0,0	0,3	4,1	21,0	25,2	29,2	**20,4**

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Δ
ΚΩΔΙΚΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΨΗΦΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ

```
AGGREGATE
  /OUTFILE='AGGR.SAV'
  /BREAK=INDEXRound
  /heat_1 = FLT(thermal_comfort_vote -2) /heat_2 = FLT(thermal_comfort_vote -1) /heat_3 =
FLT(thermal_comfort_vote 0) /heat_4 = FLT(thermal_comfort_vote 1) /heat_5
  = FLT(thermal_comfort_vote 2) /heat_6 = FLT(thermal_comfort_vote 3) /heat_7 =
FLT(thermal_comfort_vote 4) /heat_N =N (thermal_comfort_vote).

GET
 FILE='Aggr.sav'.

COMPUTE asv1    =heat_1 * heat_N .
COMPUTE asv234567 =heat_N - heat_1 * heat_N .
COMPUTE asv34567  =heat_N - heat_2 * heat_N.
COMPUTE asv4567  =heat_N - heat_3 * heat_N.
COMPUTE asv567   =heat_N - heat_4 * heat_N .
COMPUTE asv67   =heat_N - heat_5 * heat_N .
COMPUTE asv7  =heat_N - heat_6 * heat_N .
COMPUTE asvt    =heat_N .
EXECUTE .

PROBIT
  asv234567  OF asvt  WITH INDEXRound
  /LOG NONE
  /MODEL PROBIT
  /PRINT FREQ CI
  /CRITERIA P(.15) ITERATE(40) STEPLIMIT(.1) .

PROBIT
  asv34567  OF asvt  WITH INDEXRound
  /LOG NONE
  /MODEL PROBIT
  /PRINT FREQ CI
  /CRITERIA P(.15) ITERATE(40) STEPLIMIT(.1) .

PROBIT
  asv4567  OF asvt  WITH INDEXRound
  /LOG NONE
  /MODEL PROBIT
  /PRINT FREQ CI
  /CRITERIA P(.15) ITERATE(40) STEPLIMIT(.1) .

PROBIT
  asv567  OF asvt  WITH INDEXRound
  /LOG NONE
```

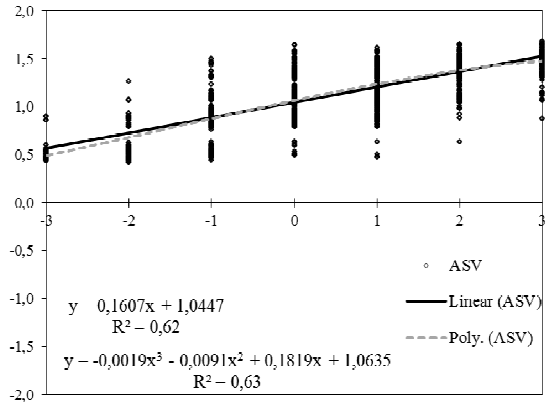
```
  /MODEL PROBIT
  /PRINT FREQ CI
  /CRITERIA P(.15) ITERATE(40) STEPLIMIT(.1) .

PROBIT
  asv67  OF asvt  WITH INDEXRound
  /LOG NONE
  /MODEL PROBIT
  /PRINT FREQ CI
  /CRITERIA P(.15) ITERATE(40) STEPLIMIT(.1) .

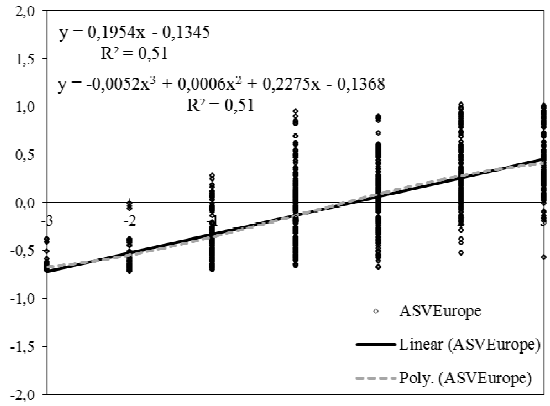
PROBIT
  asv7  OF asvt  WITH INDEXRound
  /LOG NONE
  /MODEL PROBIT
  /PRINT FREQ CI
  /CRITERIA P(.15) ITERATE(40) STEPLIMIT(.1) .


PROBIT
  asvp  OF asvt  BY asv(-2 3)  WITH INDEXRound
  /LOG NONE
  /MODEL PROBIT
  /PRINT FREQ CI RMP PARALLEL
  /CRITERIA P(.15) ITERATE(20) STEPLIMIT(.1) .
```

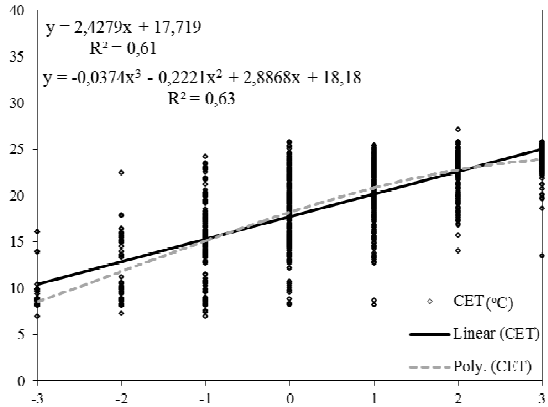
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ε
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΗΣ ΨΗΦΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ



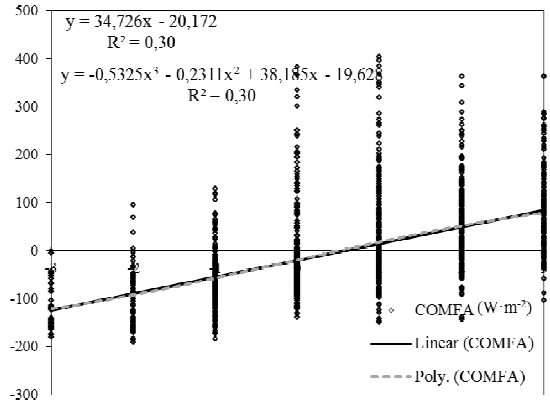
Ψήφος Θερμικής Λίσθησης



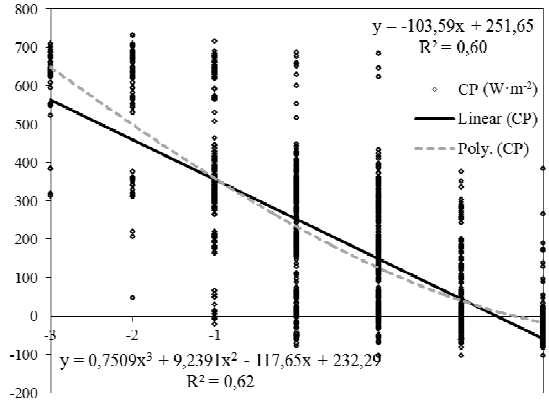
Ψήφος Θερμικής Λίσθησης



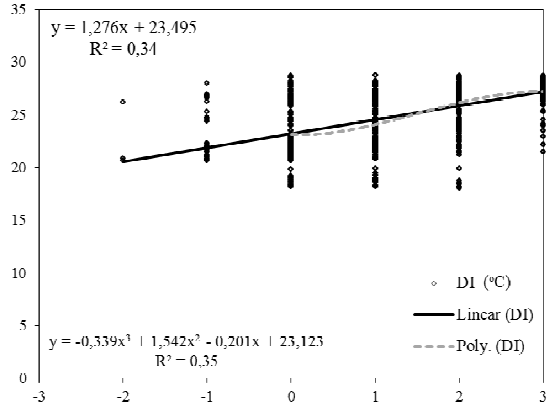
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης



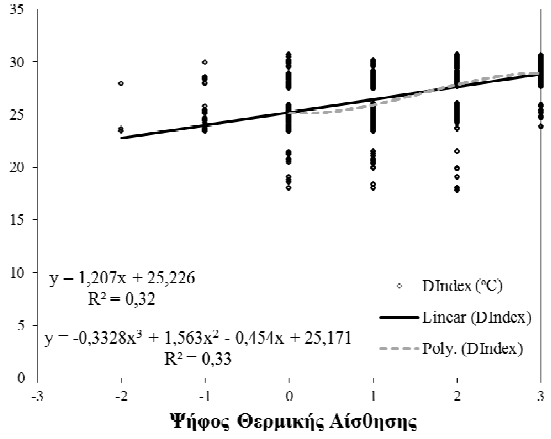
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

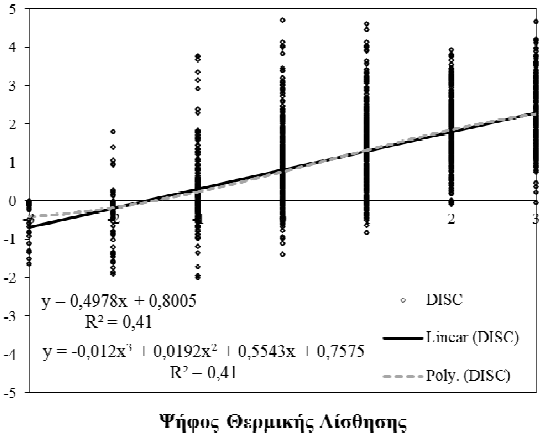


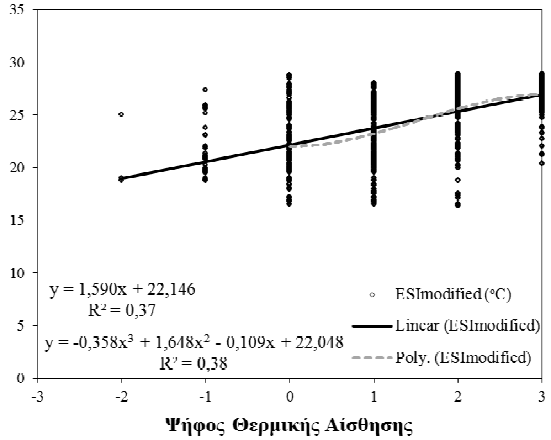
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

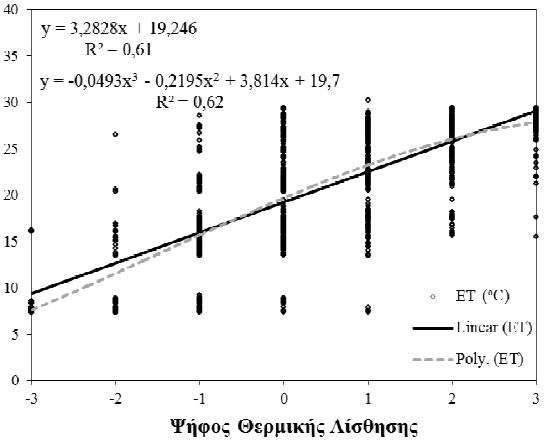


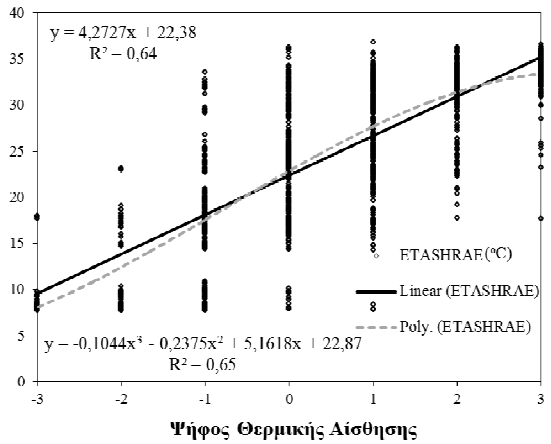
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

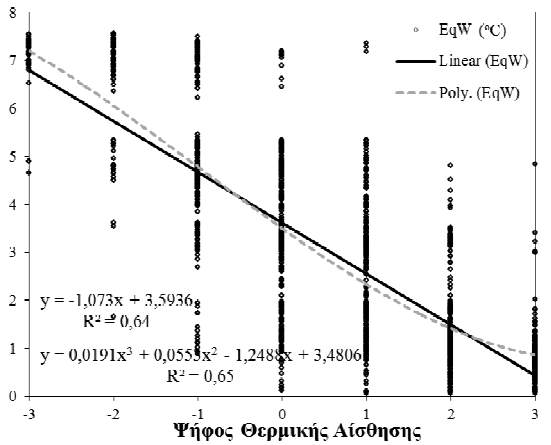

y = 1,207x + 25,226
R² = 0,32
y = -0,3328x³ + 1,563x² - 0,454x + 25,171
R² = 0,33
DIndex (°C)
Linear (DIndex)
Poly. (DIndex)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

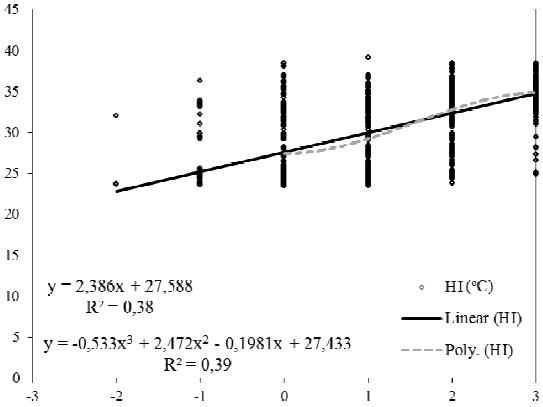

y = 0,4978x + 0,8005
R² = 0,41
y = -0,012x³ + 0,0192x² + 0,5543x + 0,7575
R² = 0,41
DISC
Linear (DISC)
Poly. (DISC)
Ψήφος Θερμικής Λίσθησης


y = 1,590x + 22,146
R² = 0,37
y = -0,358x³ + 1,648x² - 0,109x + 22,048
R² = 0,38
ESImodified (°C)
Linear (ESImodified)
Poly. (ESImodified)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

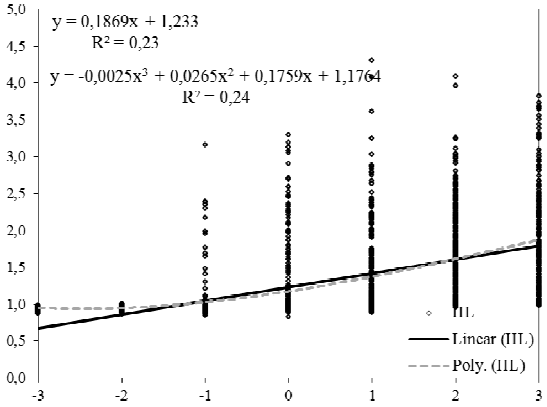

y = 3,2828x + 19,246
R² = 0,61
y = -0,0493x³ - 0,2195x² + 3,814x + 19,7
R² = 0,62
ET (°C)
Linear (ET)
Poly. (ET)
Ψήφος Θερμικής Λίσθησης


y = 4,2727x + 22,38
R² = 0,64
y = -0,1044x³ - 0,2375x² + 5,1618x + 22,87
R² = 0,65
ETASHRAE (°C)
Linear (ETASHRAE)
Poly. (ETASHRAE)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

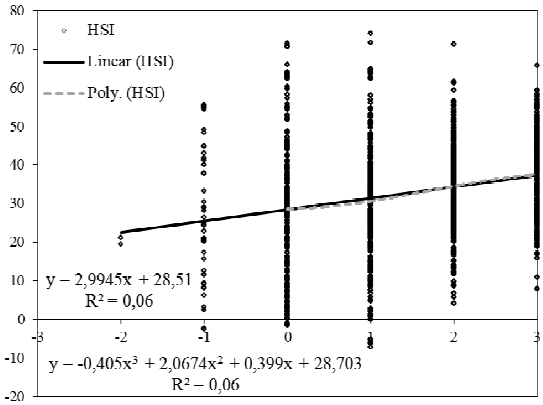

y = -1,073x + 3,5936
R² = 0,64
y = -0,0191x³ + 0,0555x² - 1,2488x + 3,4806
R² = 0,65
EqW (°C)
Linear (EqW)
Poly. (EqW)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης



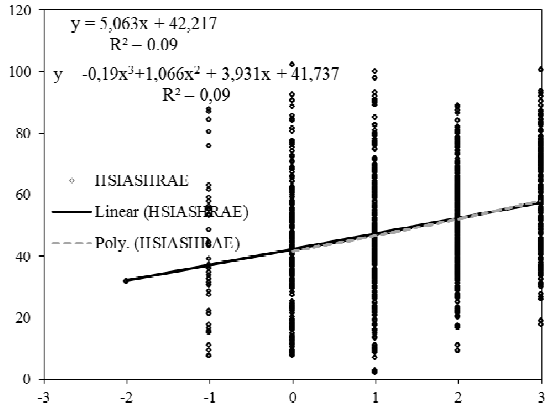
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης



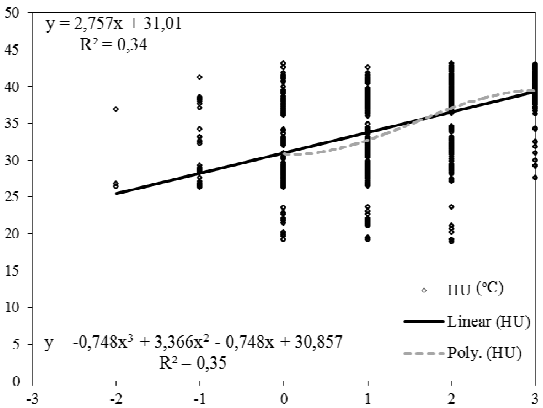
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης



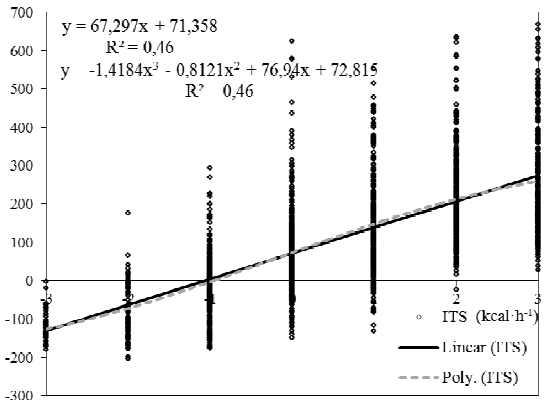
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης



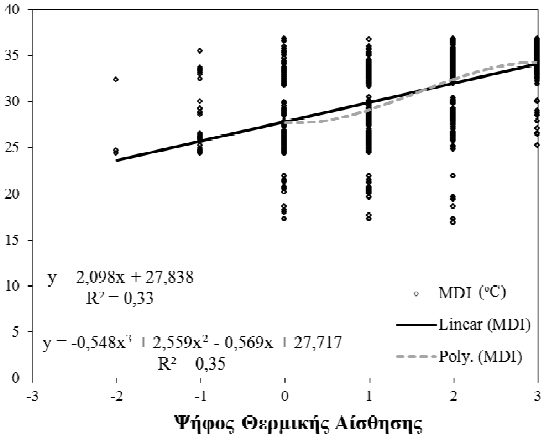
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

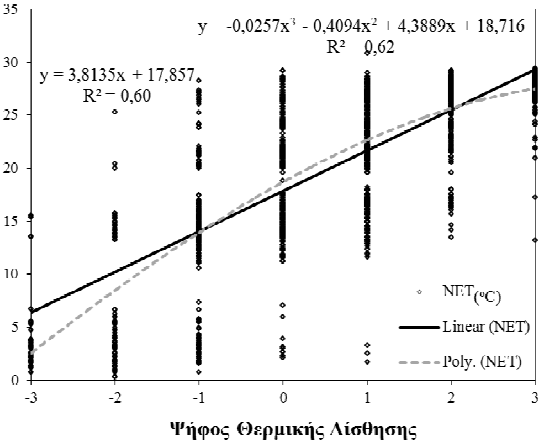


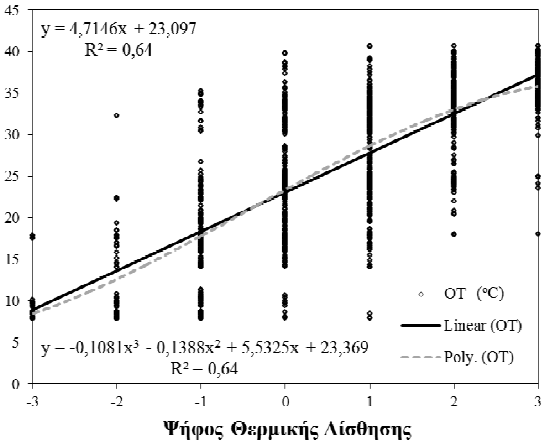
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

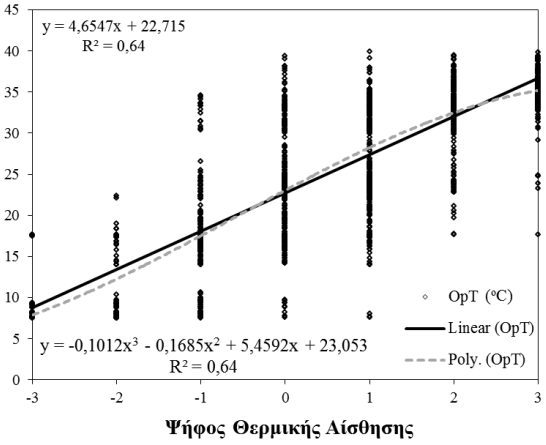


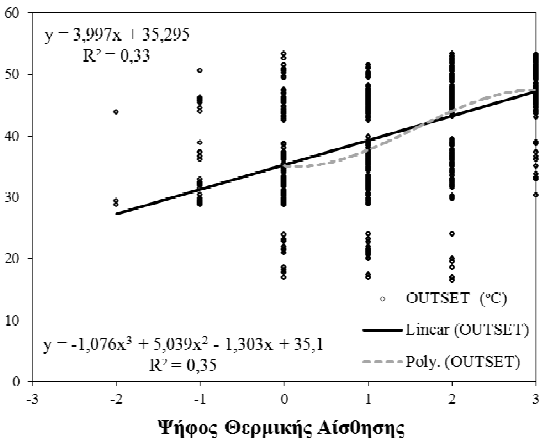
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

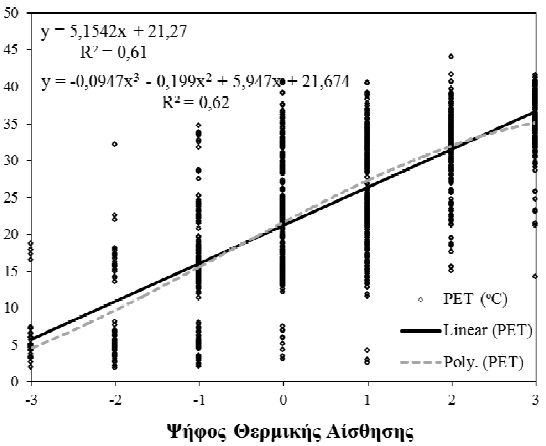

y = 2,098x + 27,838
R² = 0,33
y = -0,548x³ + 2,559x² - 0,569x + 27,717
R² = 0,35
MDI (ºC)
Linear (MDI)
Poly. (MDI)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

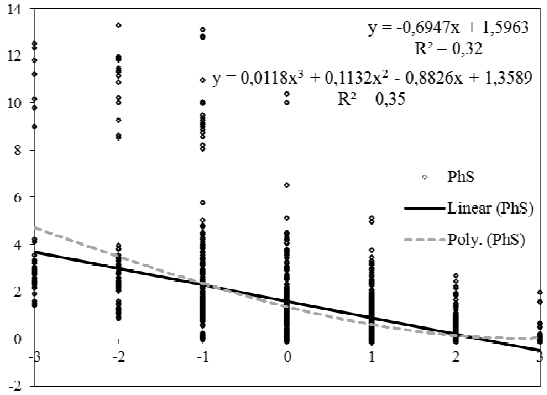

y = -0,0257x³ - 0,4094x² + 4,3889x + 18,716
R² = 0,62
y = 3,8135x + 17,857
R² = 0,60
NET (ºC)
Linear (NET)
Poly. (NET)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης


y = 4,7146x + 23,097
R² = 0,64
y = -0,1081x³ - 0,1388x² + 5,5325x + 23,369
R² = 0,64
OT (ºC)
Linear (OT)
Poly. (OT)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

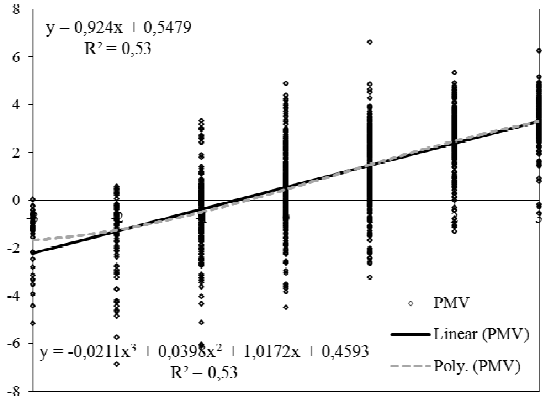

y = 4,6547x + 22,715
R² = 0,64
y = -0,1012x³ - 0,1685x² + 5,4592x + 23,053
R² = 0,64
OpT (ºC)
Linear (OpT)
Poly. (OpT)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης


y = 3,997x + 35,295
R² = 0,33
y = -1,076x³ + 5,039x² - 1,303x + 35,1
R² = 0,35
OUTSET (ºC)
Linear (OUTSET)
Poly. (OUTSET)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

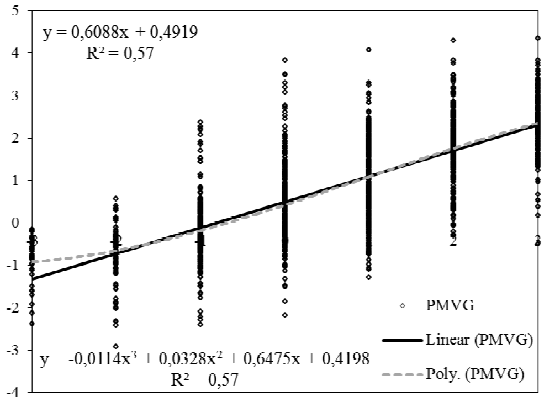

y = 5,1542x + 21,27
R² = 0,61
y = -0,0947x³ - 0,199x² + 5,947x + 21,674
R² = 0,62
PET (ºC)
Linear (PET)
Poly. (PET)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης



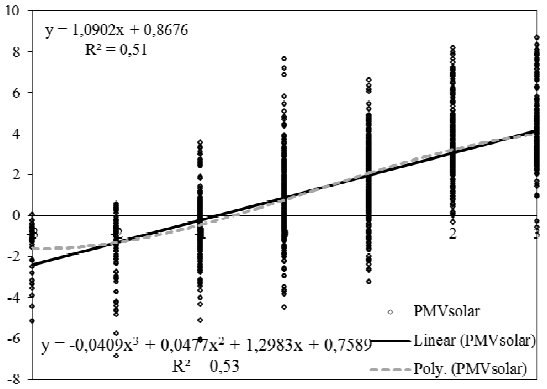
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης



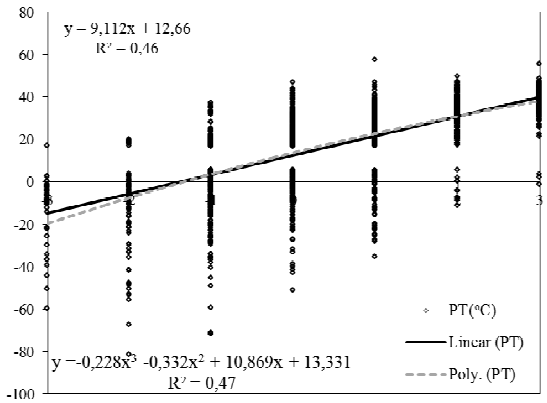
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης



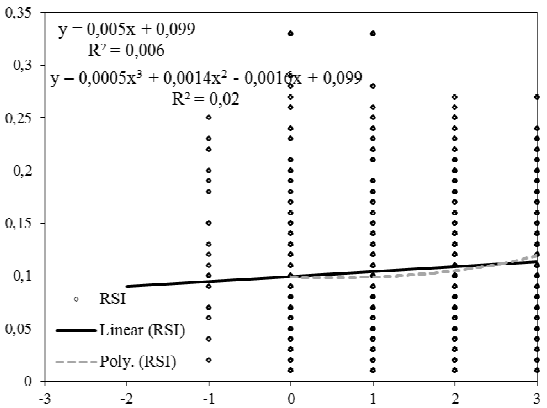
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης



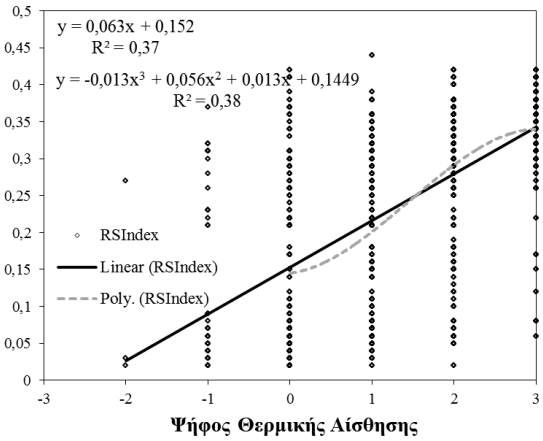
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

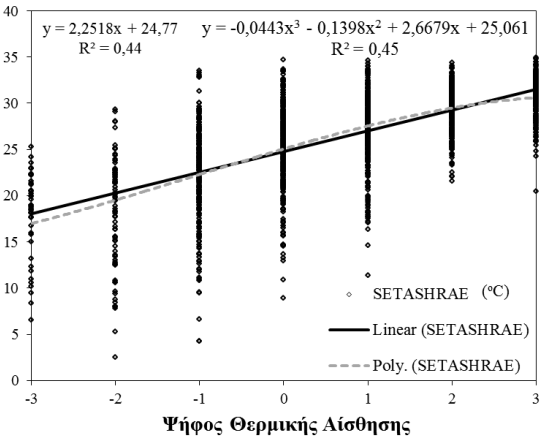


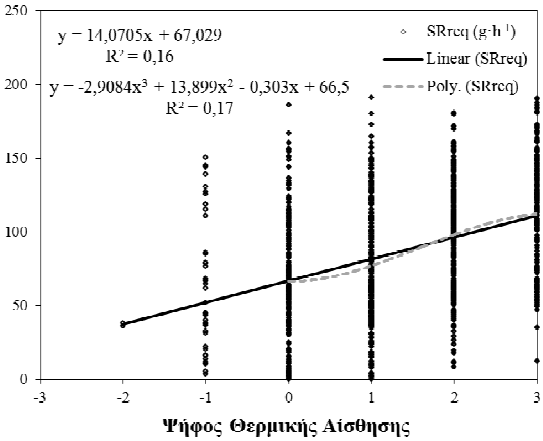
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

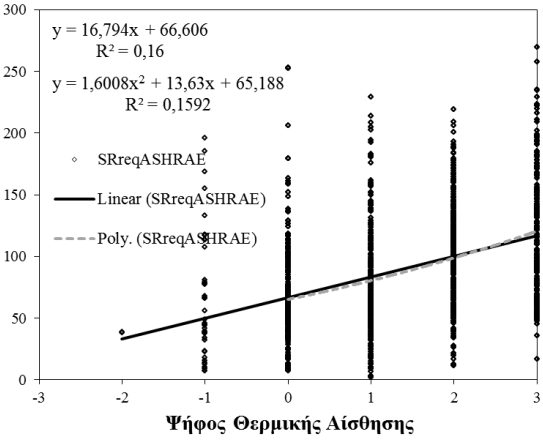


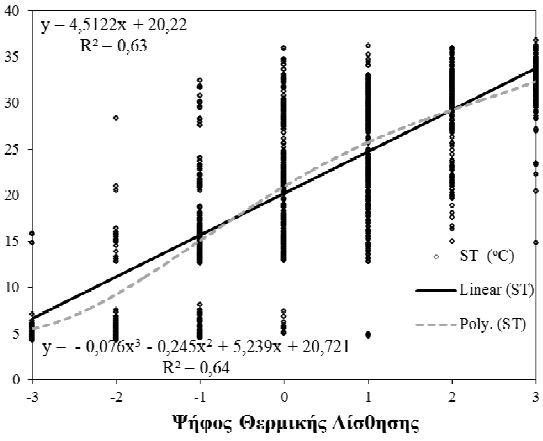
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

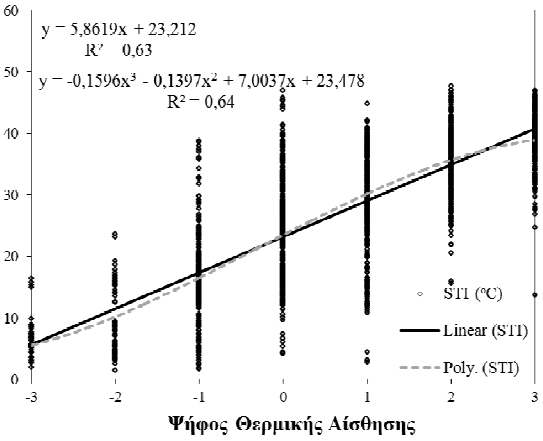

y = 0,063x + 0,152
R² = 0,37
y = -0,013x³ + 0,056x² + 0,013x + 0,1449
R² = 0,38
RSIndex
Linear (RSIndex)
Poly. (RSIndex)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

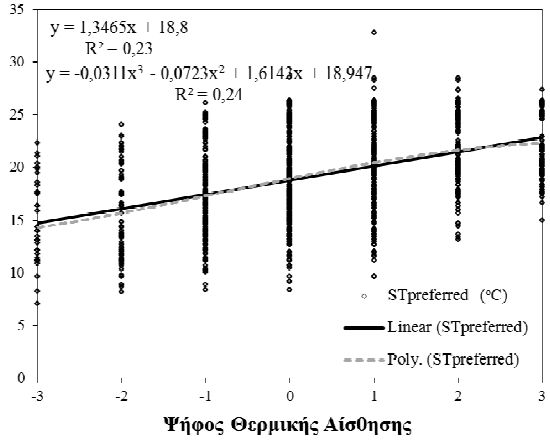

y = 2,2518x + 24,77
R² = 0,44
y = -0,0443x³ - 0,1398x² + 2,6679x + 25,061
R² = 0,45
SETASHRAE (ºC)
Linear (SETASHRAE)
Poly. (SETASHRAE)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

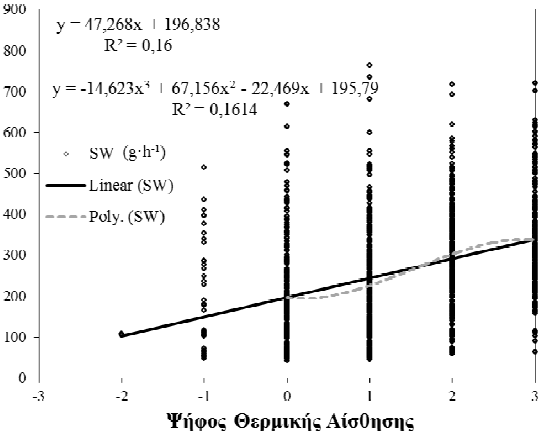

y = 14,0705x + 67,029
R² = 0,16
y = -2,9084x³ + 13,899x² - 0,303x + 66,5
R² = 0,17
SRreq (g·h⁻¹)
Linear (SRreq)
Poly. (SRreq)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

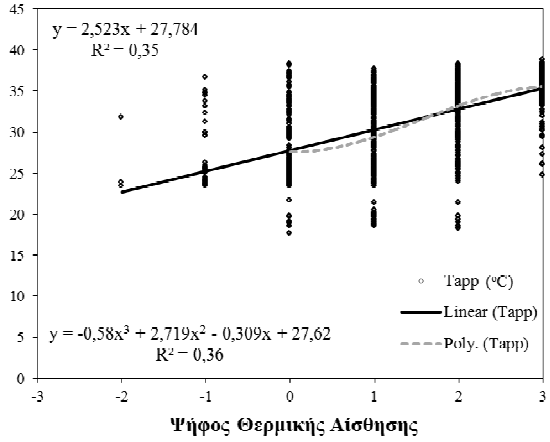

y = 16,794x + 66,606
R² = 0,16
y = 1,6008x² + 13,63x + 65,188
R² = 0,1592
SRreqASHRAE
Linear (SRreqASHRAE)
Poly. (SRreqASHRAE)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

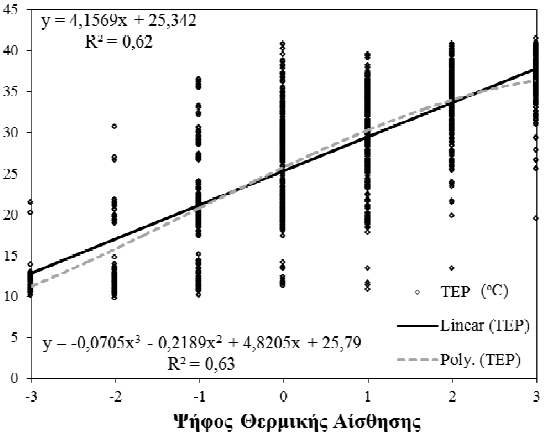

y = 4,5122x + 20,22
R² = 0,63
y = -0,076x³ - 0,245x² + 5,239x + 20,721
R² = 0,64
ST (ºC)
Linear (ST)
Poly. (ST)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

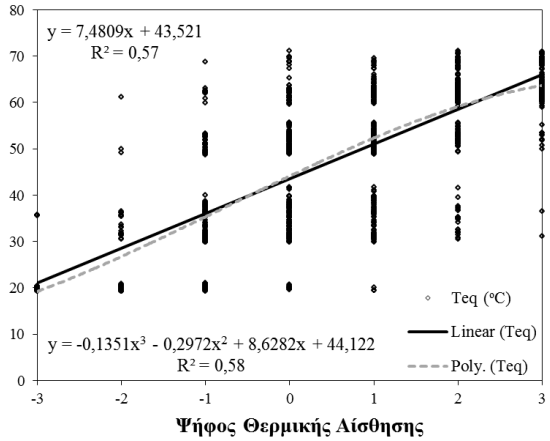

y = 5,8619x + 23,212
R² = 0,63
y = -0,1596x³ - 0,1397x² + 7,0037x + 23,178
R² = 0,64
STI (ºC)
Linear (STI)
Poly. (STI)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

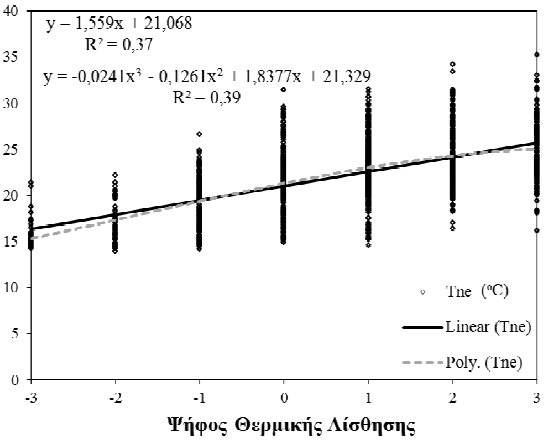

y = 1,3465x + 18,8
R² = 0,23
y = -0,0311x³ - 0,0723x² + 1,6143x + 18,947
R² = 0,24
STpreferred (°C)
Linear (STpreferred)
Poly. (STpreferred)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

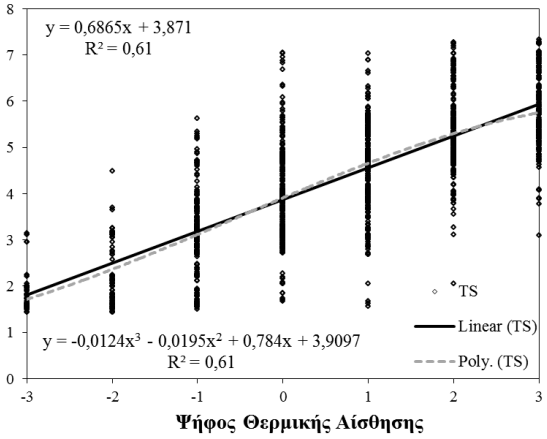

y = 47,268x + 196,838
R² = 0,16
y = -14,623x³ + 67,156x² - 22,469x + 195,79
R² = 0,1614
SW (g·h⁻¹)
Linear (SW)
Poly. (SW)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

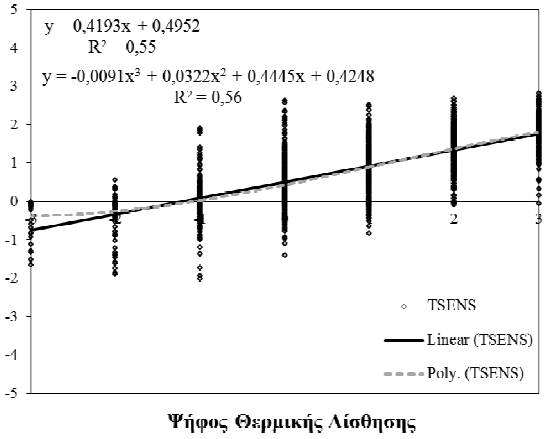

y = 2,523x + 27,784
R² = 0,35
y = -0,58x³ + 2,719x² - 0,309x + 27,62
R² = 0,36
Tapp (°C)
Linear (Tapp)
Poly. (Tapp)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

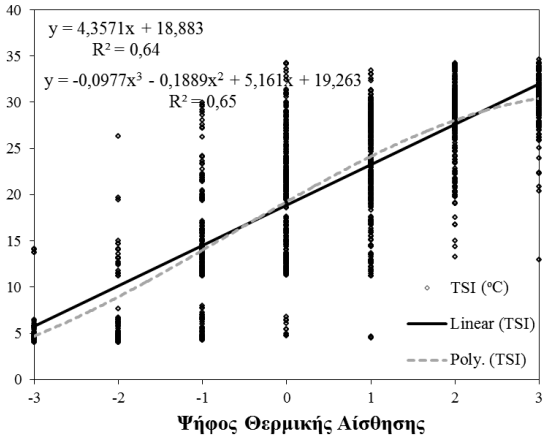

y = 4,1569x + 25,342
R² = 0,62
y = -0,0705x³ - 0,2189x² + 4,8205x + 25,79
R² = 0,63
TEP (°C)
Linear (TEP)
Poly. (TEP)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

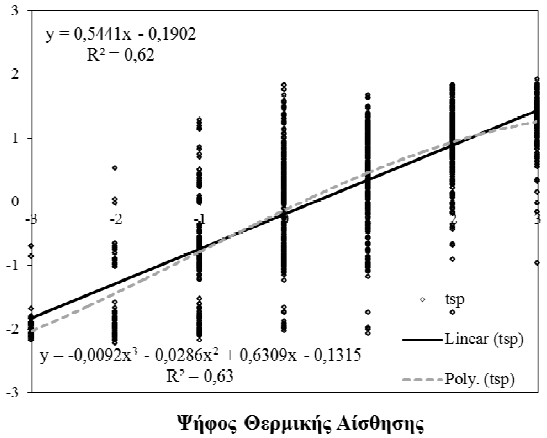

y = 7,4809x + 43,521
R² = 0,57
y = -0,1351x³ - 0,2972x² + 8,6282x + 44,122
R² = 0,58
Teq (°C)
Linear (Teq)
Poly. (Teq)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

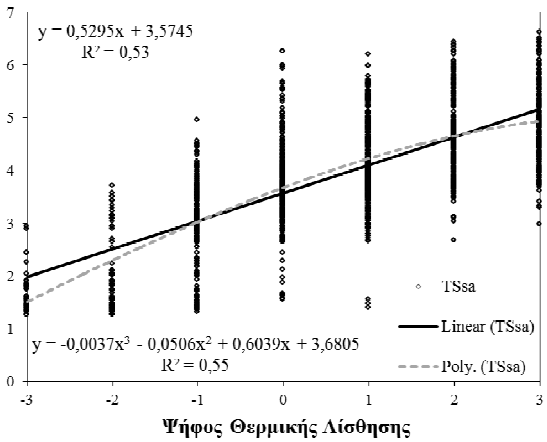

y = 1,559x + 21,068
R² = 0,37
y = -0,0241x³ - 0,1261x² + 1,8377x + 21,329
R² = 0,39
Tne (°C)
Linear (Tne)
Poly. (Tne)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

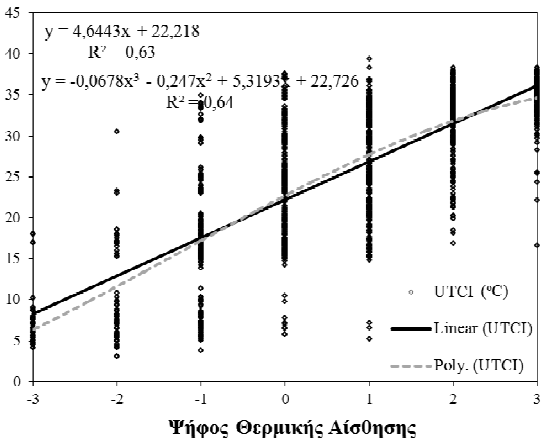

y = 0,6865x + 3,871
R² = 0,61
y = -0,0124x³ - 0,0195x² + 0,784x + 3,9097
R² = 0,61
TS
Linear (TS)
Poly. (TS)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

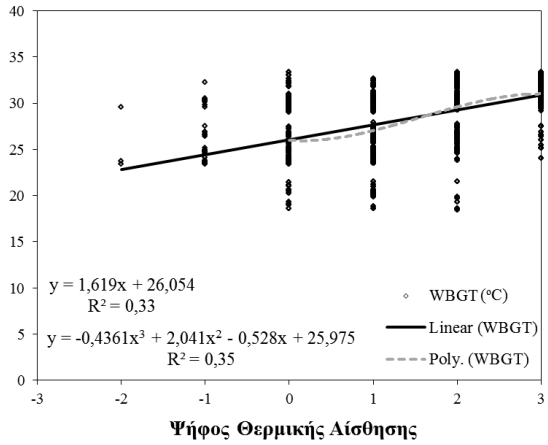

y = 0,4193x + 0,4952
R² = 0,55
y = -0,0091x³ + 0,0322x² + 0,4445x + 0,4248
R² = 0,56
TSENS
Linear (TSENS)
Poly. (TSENS)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

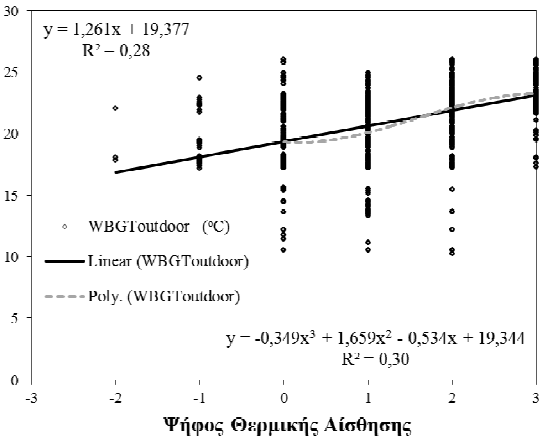

y = 4,3571x + 18,883
R² = 0,64
y = -0,0977x³ - 0,1889x² + 5,1618x + 19,263
R² = 0,65
TSI (ºC)
Linear (TSI)
Poly. (TSI)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης


y = 0,5441x - 0,1902
R² = 0,62
y = -0,0092x³ - 0,0286x² + 0,6309x - 0,1315
R² = 0,63
tsp
Linear (tsp)
Poly. (tsp)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης


y = 0,5295x + 3,5745
R² = 0,53
y = -0,0037x³ - 0,0506x² + 0,6039x + 3,6805
R² = 0,55
TSsa
Linear (TSsa)
Poly. (TSsa)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

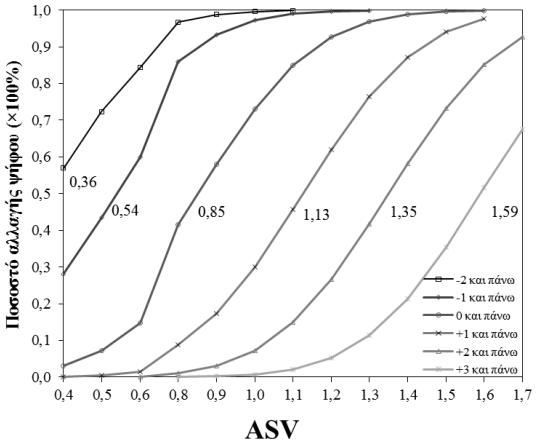

y = 4,6443x + 22,218
R² = 0,63
y = -0,0678x³ - 0,247x² + 5,3193x + 22,726
R² = 0,64
UTCI (ºC)
Linear (UTCI)
Poly. (UTCI)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

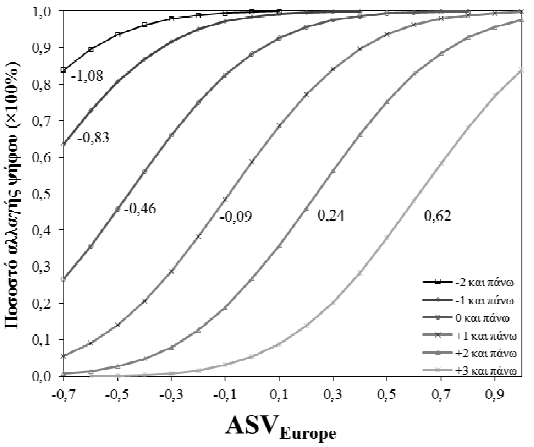

y = 1,619x + 26,054
R² = 0,33
y = -0,4361x³ + 2,041x² - 0,528x + 25,975
R² = 0,35
WBGT (°C)
Linear (WBGT)
Poly. (WBGT)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

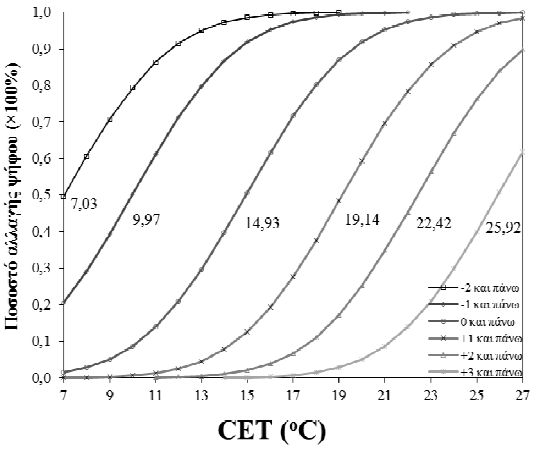

y = 1,261x + 19,377
R² = 0,28
y = -0,349x³ + 1,659x² - 0,534x + 19,344
R² = 0,30
WBGToutdoor (°C)
Linear (WBGToutdoor)
Poly. (WBGToutdoor)
Ψήφος Θερμικής Αίσθησης

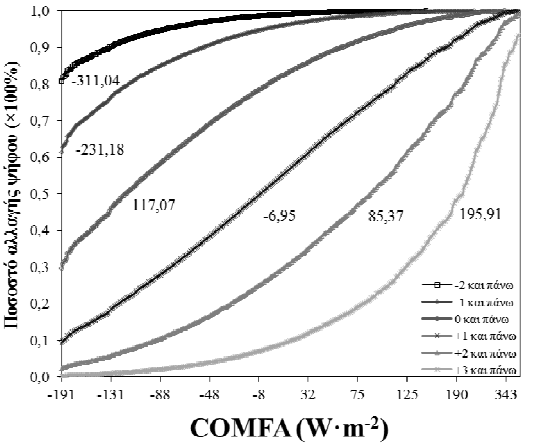
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ

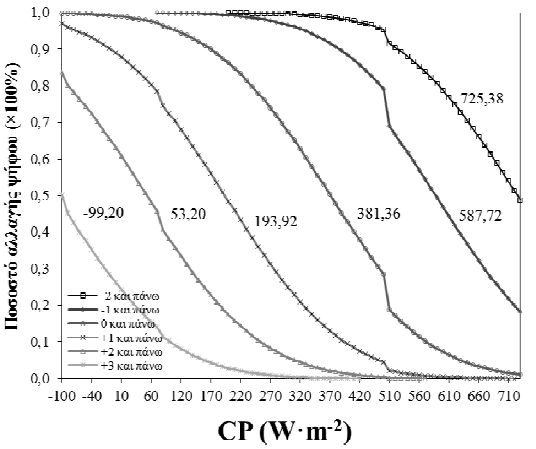
ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΛΛΑΓΗΣ ΨΗΦΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ ΑΠΟ ΜΙΚΡΟΤΕΡΕΣ ΣΕ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΕΣ ΒΑΘΜΙΔΕΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΙΣΘΗΣΗΣ

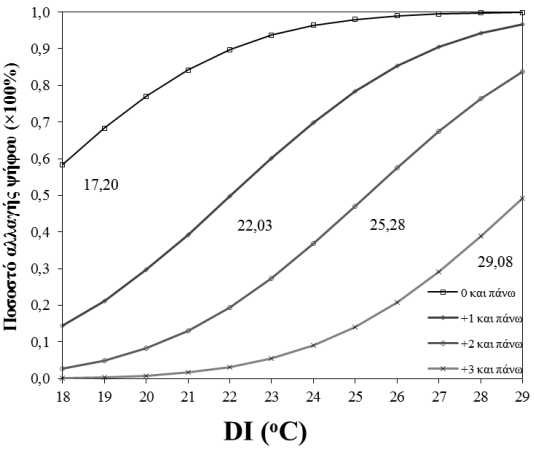


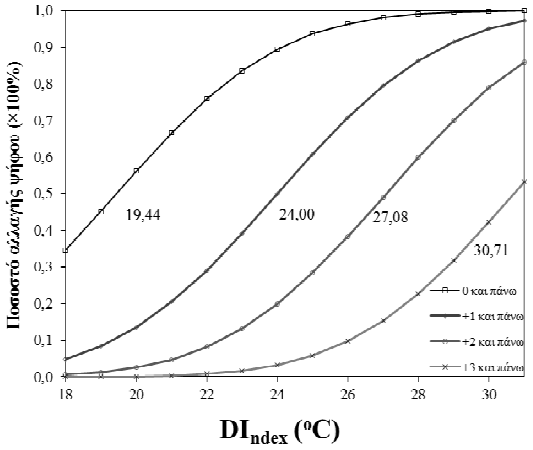


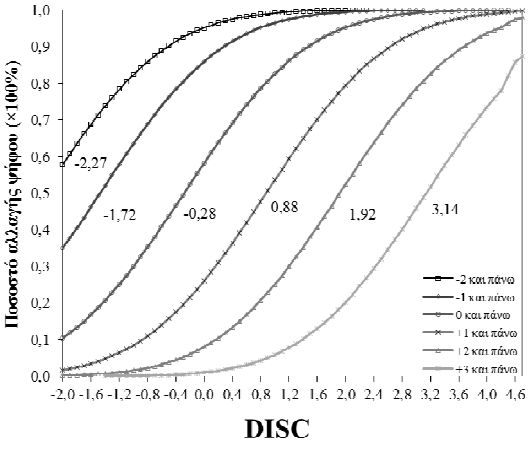


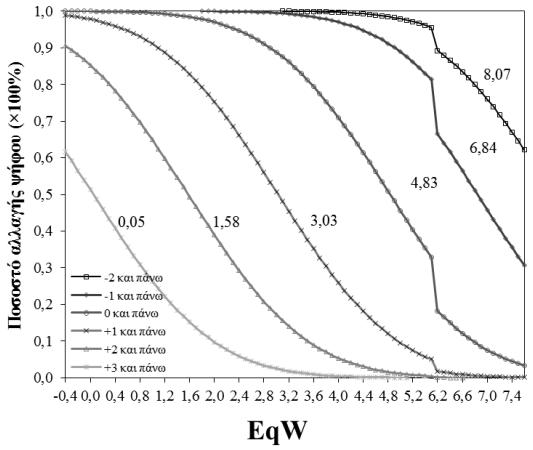


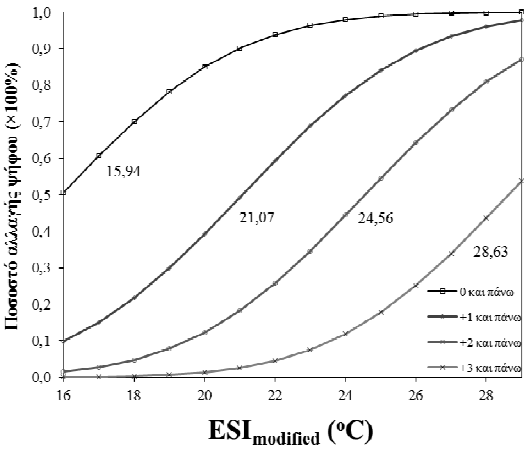


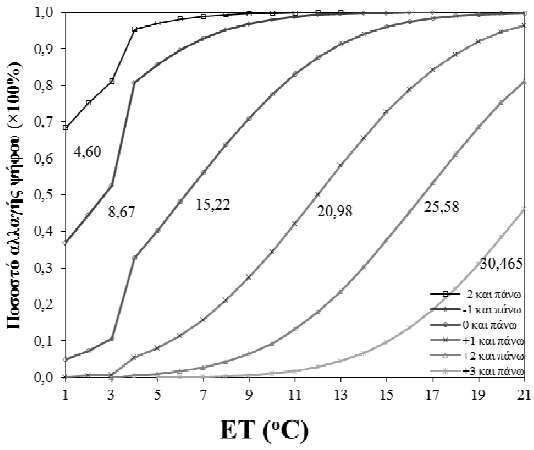


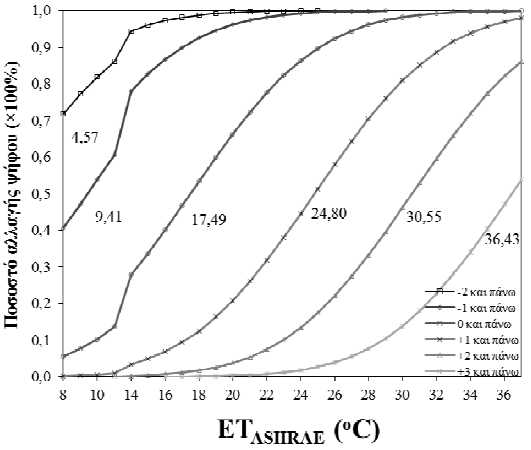

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
19,44
24,00
27,08
30,71
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
DI$_{ndex}$ (ºC)

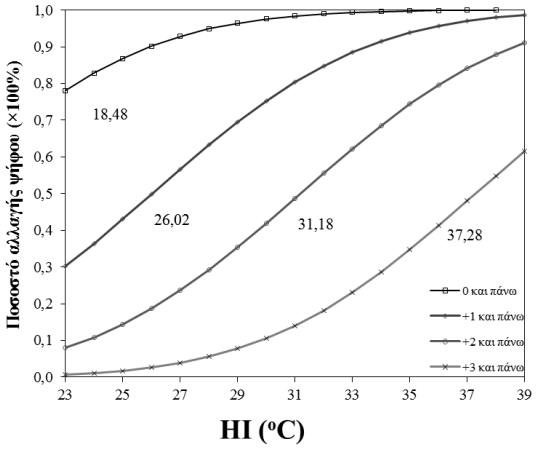

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-2,27
-1,72
-0,28
0,88
1,92
3,14
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
DISC

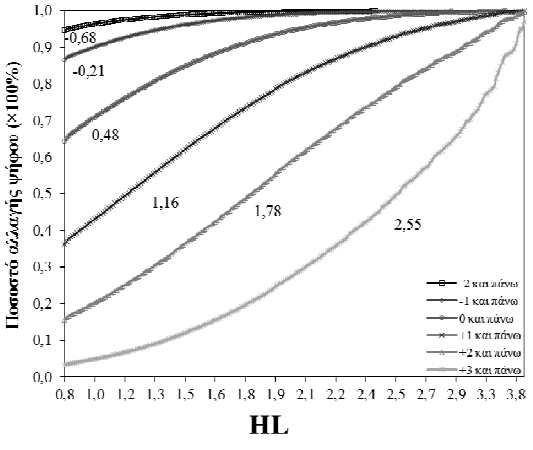

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
8,07
6,84
4,83
3,03
1,58
0,05
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
EqW

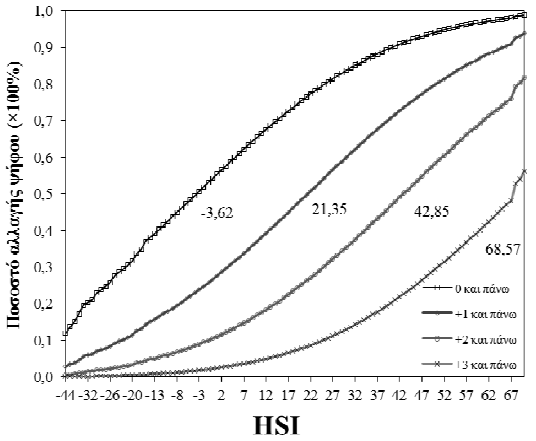

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
15,94
21,07
24,56
28,63
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
ESI$_{modified}$ (ºC)

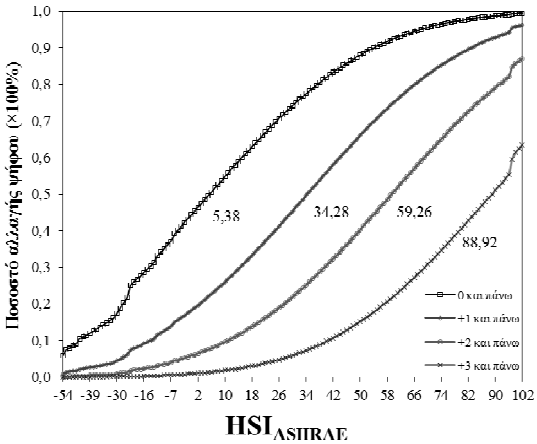

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
4,60
8,67
15,22
20,98
25,58
30,165
2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
ET (ºC)

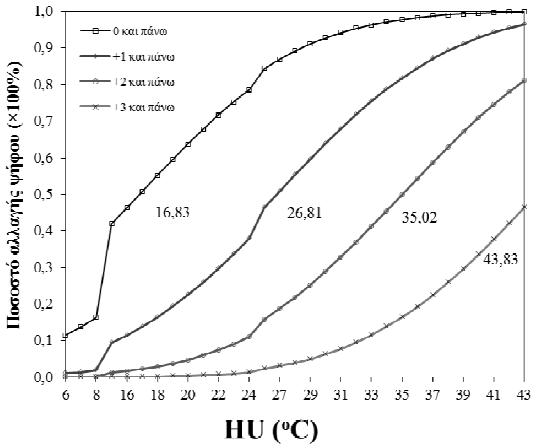

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
4,57
9,41
17,49
24,80
30,55
36,43
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
ET$_{ASHRAE}$ (ºC)

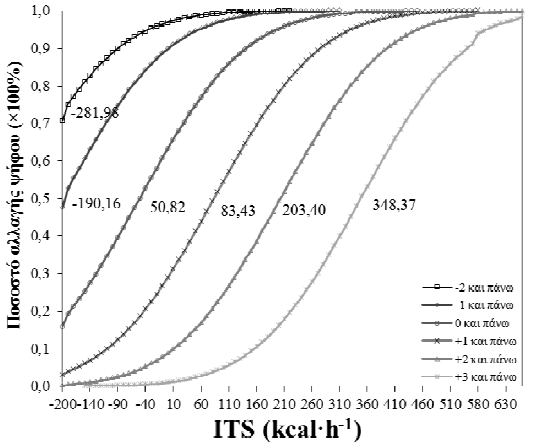

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
18,48
26,02
31,18
37,28
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
HI (ºC)

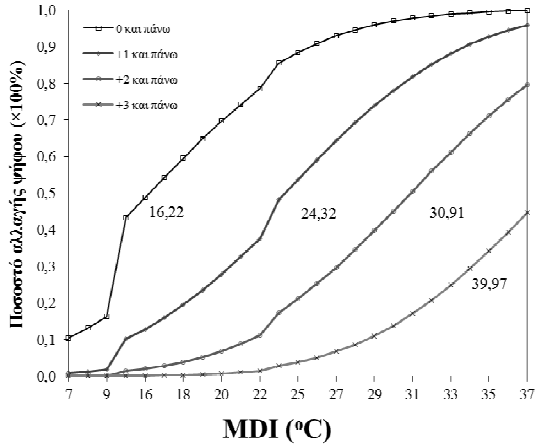

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-0,68
-0,21
0,48
1,16
1,78
2,55
HL

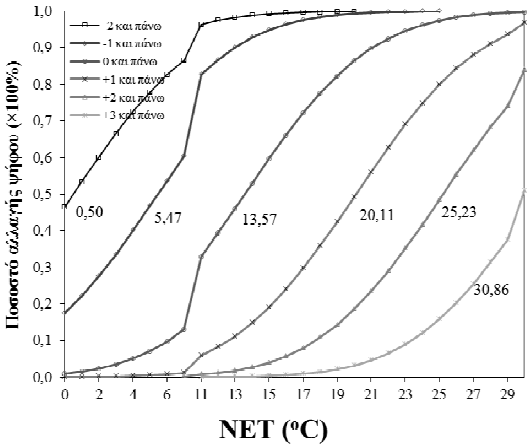

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-3,62
21,35
42,85
68,57
HSI

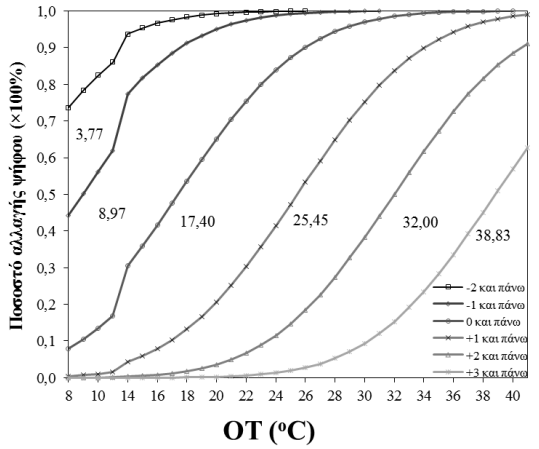

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
5,38
34,28
59,26
88,92
HSI ΑΣΠΙΡΑΣ

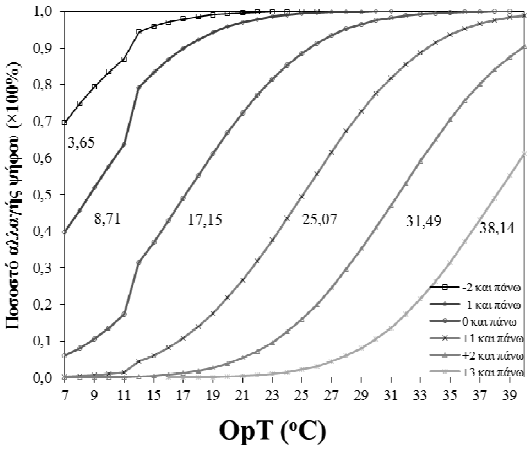

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
16,83
26,81
35,02
43,83
HU (ºC)

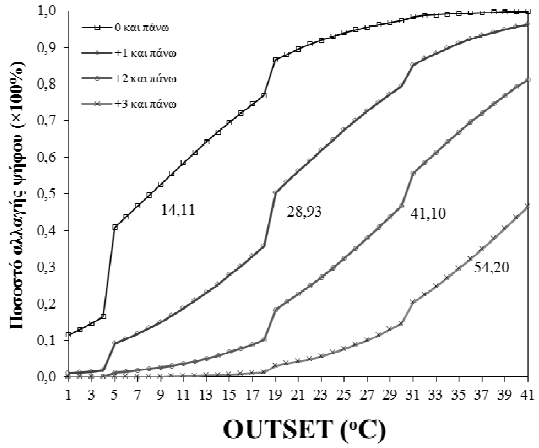

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-281,96
-190,16
50,82
83,43
203,10
318,37
ITS (kcal·h-1)

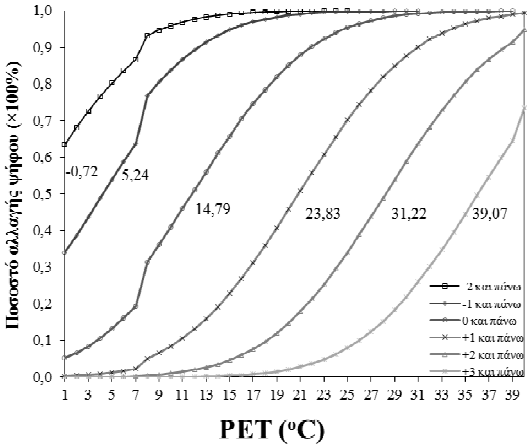

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
16,22
24,32
30,91
39,97
MDI (ºC)

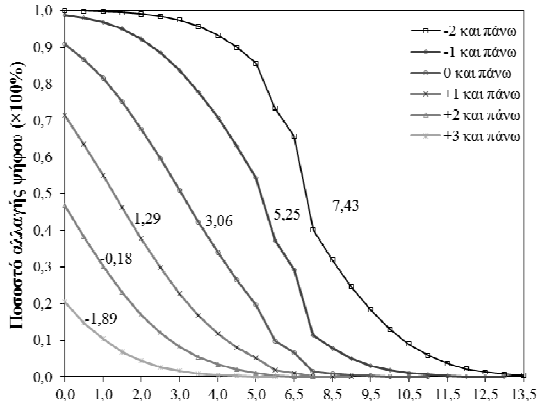

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
0,50
5,47
13,57
20,11
25,23
30,86
NET (ºC)

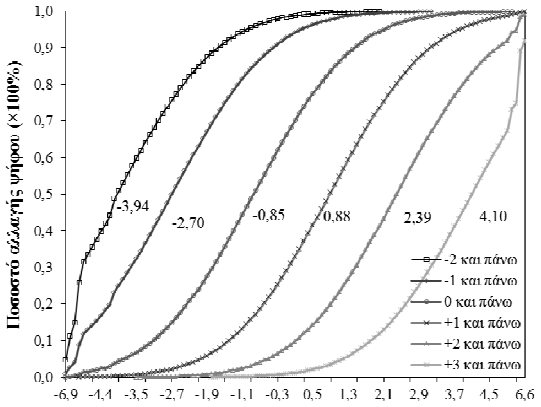

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
3,77
8,97
17,40
25,45
32,00
38,83
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
OT (ºC)

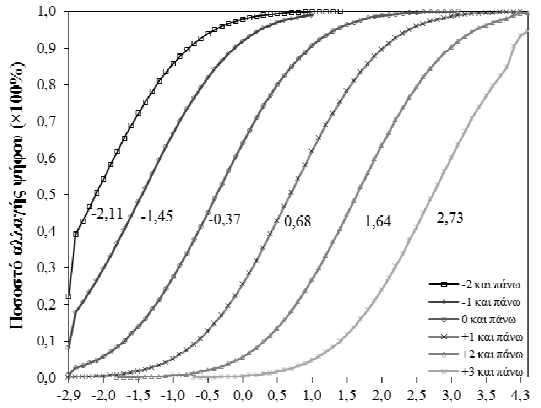

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
3,65
8,71
17,15
25,07
31,49
38,14
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
OpT (ºC)

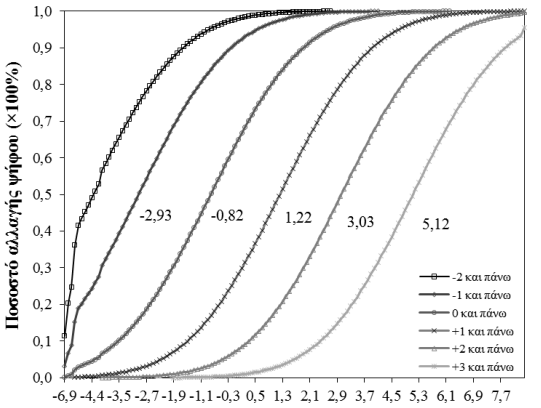

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
14,11
28,93
41,10
54,20
OUTSET (ºC)

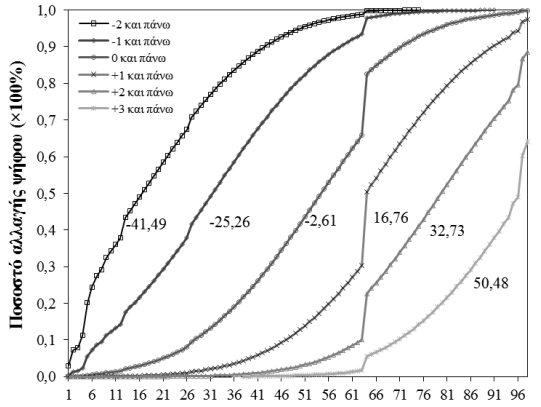

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-0,72
5,24
14,79
23,83
31,22
39,07
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
PET (ºC)

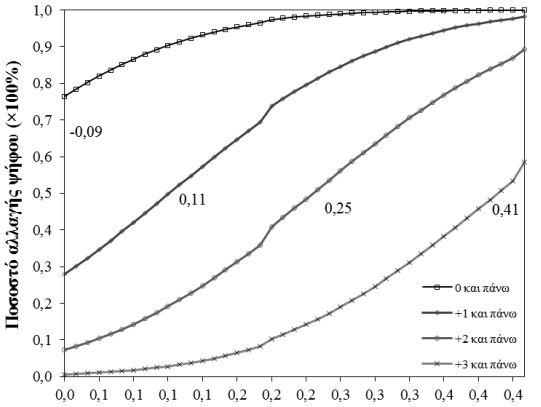

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
-1,89
-0,18
1,29
3,06
5,25
7,43
PhS

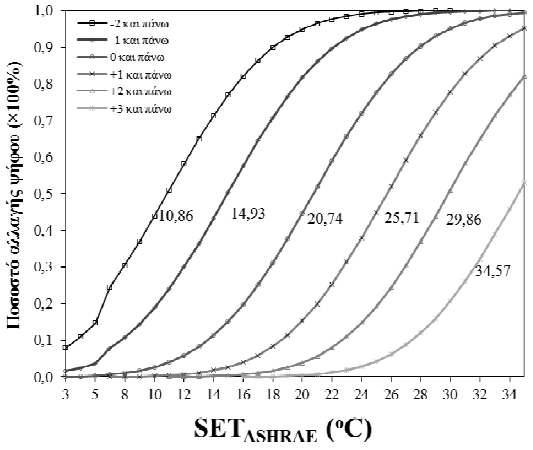

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-3,94
-2,70
-0,85
0,88
2,39
4,10
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
PMV

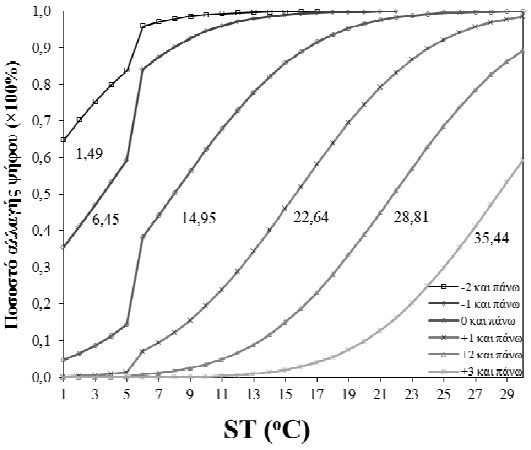

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-2,11
-1,45
-0,37
0,68
1,64
2,73
PMV_G

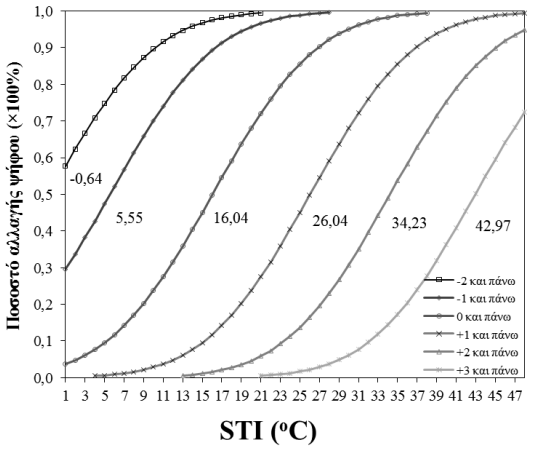

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-2,93
-0,82
1,22
3,03
5,12
PMV_solar

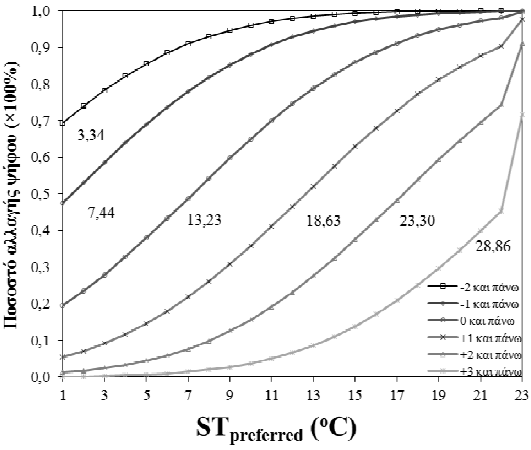

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-41,49
-25,26
-2,61
16,76
32,73
50,48
PT (ºC)

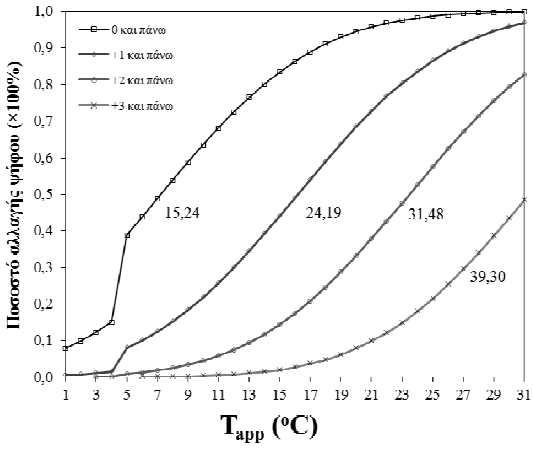

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-0,09
0,11
0,25
0,41
RSI_ndex

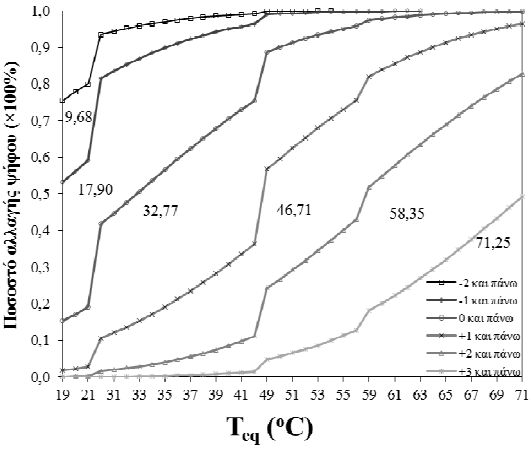

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
10,86
14,93
20,74
25,71
29,86
34,57
SET ASHRAE (ºC)

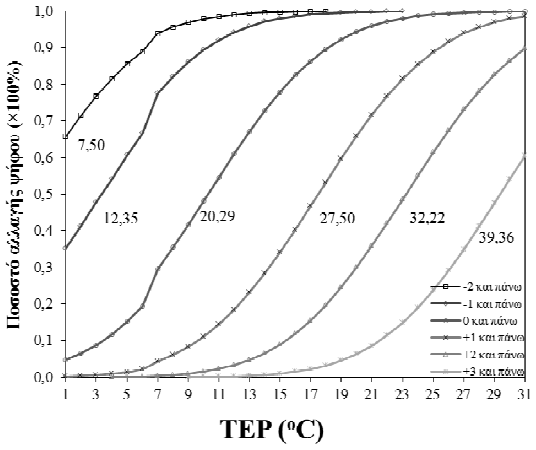

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
1,49
6,15
14,95
22,64
28,81
35,44
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
ST (ºC)

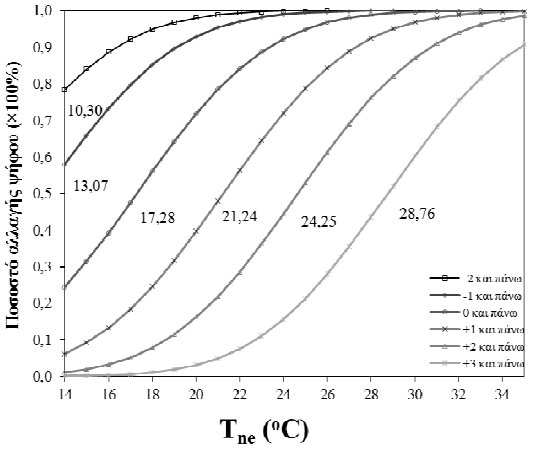

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-0,64
5,55
16,04
26,04
34,23
42,97
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
STI (ºC)

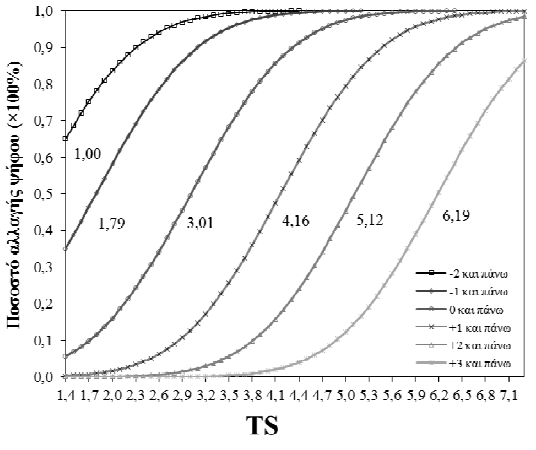

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
3,31
7,44
13,23
18,63
23,30
28,86
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
ST preferred (ºC)

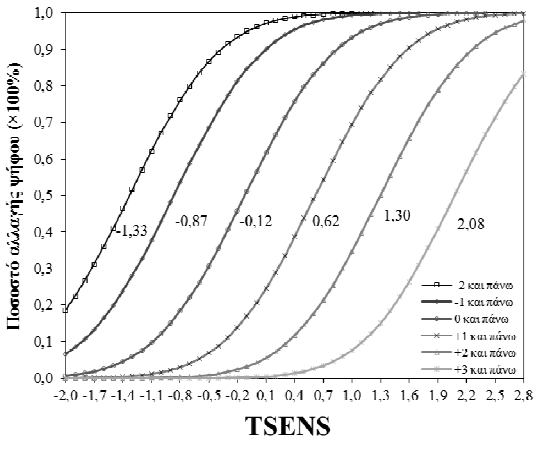

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
15,24
24,19
31,48
39,30
T app (ºC)

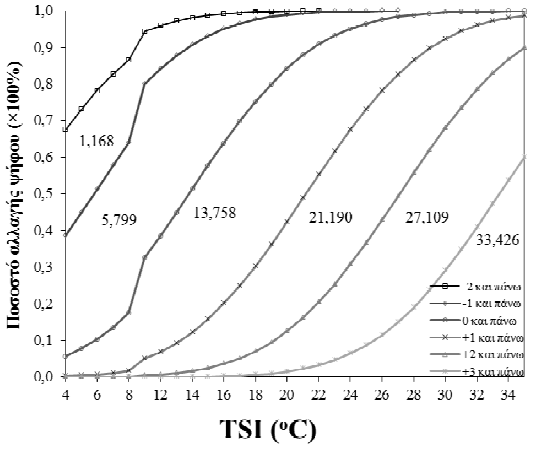

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
9,68
17,90
32,77
46,71
58,35
71,25
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
T eq (ºC)

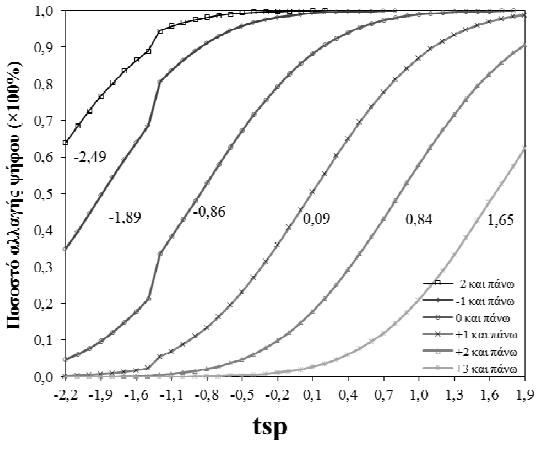

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
7,50
12,35
20,29
27,50
32,22
39,36
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
TEP (ºC)

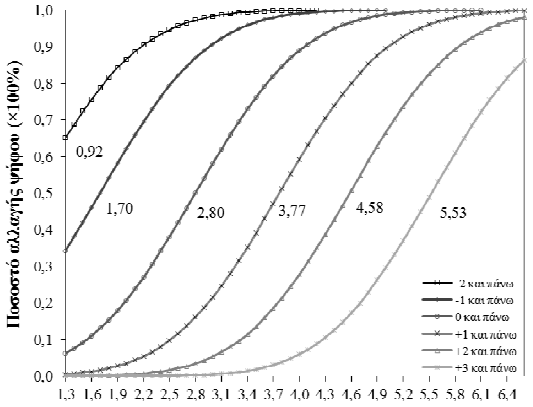

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
10,30
13,07
17,28
21,24
24,25
28,76
2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
T_ne (ºC)

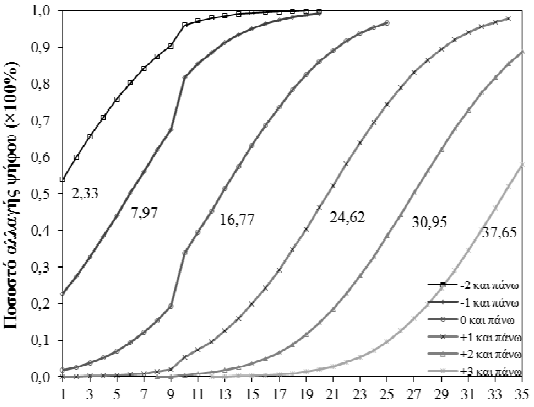

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
1,00
1,79
3,01
4,16
5,12
6,19
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
TS

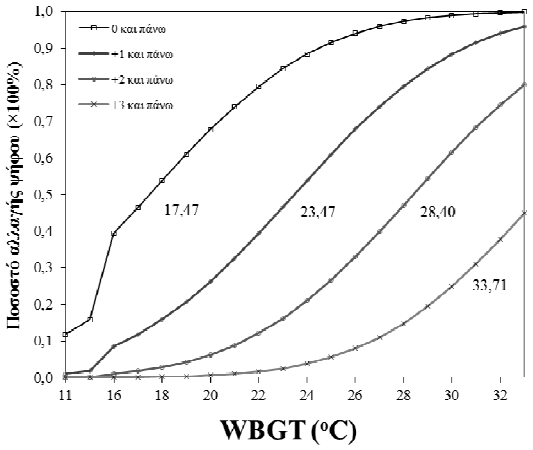

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-1,33
-0,87
-0,12
0,62
1,30
2,08
2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
TSENS

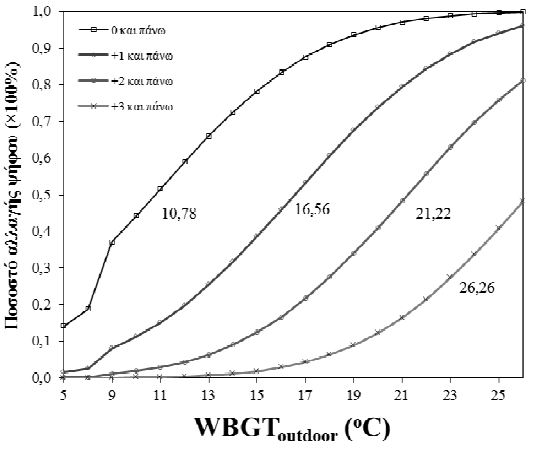

Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
1,168
5,799
13,758
21,190
27,109
33,426
2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
TSI (ºC)


Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
-2,49
-1,89
-0,86
0,09
0,84
1,65
2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
tsp


Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
0,92
1,70
2,80
3,77
4,58
5,53
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
TSsa


Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
2,33
7,97
16,77
24,62
30,95
37,65
-2 και πάνω
-1 και πάνω
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
UTCI (ºC)


Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
17,47
23,47
28,40
33,71
WBGT (ºC)


Ποσοστό αλλαγής ψήφου (×100%)
0 και πάνω
+1 και πάνω
+2 και πάνω
+3 και πάνω
10,78
16,56
21,22
26,26
WBGT outdoor (ºC)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ζ

ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΝΑΦΕΙΑΣ

Ποσοστό προβλεπόμενων τιμών ανά κατηγορία της κλίμακας των δεικτών και ανά κατηγορία ψήφου θερμικής αίσθησης *μετά* την βαθμονόμηση της κλίμακας των δεικτών (οι πίνακες διαβάζονται ανά γραμμή – το άθροισμα ανά γραμμή ισούται με 100%)

Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (ASV) × **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0		0,0	0,0
-2	26,5	**36,3**		37,3		0,0	0,0
-1							
0	0,9	4,2		**81,8**		10,9	2,1
1							
2	0,0	0,0		27,1		**40,2**	32,7
3	0,0	0,0		7,7		25,6	**66,7**

Ψήφος Πραγματικής Αίσθησης (ASV$_{Europe}$) × **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0		0,0	0,0
-2	0,0	**0,0**		0,0		0,0	0,0
-1							
0	3,4	6,3		**69,1**		14,8	6,5
1							
2	0,0	0,0		34,3		**37,3**	28,4
3	0,0	0,0		11,2		36,8	**52,0**

Διορθωμένη Αποτελεσματική Θερμοκρασία (CET) × **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**50,0**	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	30,3	**40,2**	23,0	4,1	2,5	0,0	0,0
-1	1,7	9,0	**49,7**	28,2	10,2	0,6	0,6
0	0,6	3,9	27,3	**37,1**	24,9	5,9	0,3
1	0,0	0,0	6,3	38,3	**36,5**	15,9	3,1
2	0,0	0,1	1,5	7,5	18,5	**39,5**	32,9
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	**0,0**

Εξίσωση Άνεσης (COMFA) × **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	0,0	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	27,2	32,0	**26,2**	7,8	4,9	1,9	0,0
0	1,8	5,8	25,6	**32,8**	21,3	9,0	3,7
1	0,5	1,0	7,0	19,1	**20,4**	30,7	21,2
2	0,0	0,6	2,3	12,1	21,4	**35,3**	28,3
3	0,0	0,0	0,0	19,1	30,9	22,1	**27,9**

Ψυκτική Ισχύς (CP) × **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	100,0		0,0	0,0		0,0
-2	18,6	**61,1**		13,6	6,3		0,5
-1							
0	0,4	32,3		**37,8**	29,2		0,2
1							
2	0,0	3,1		16,8	**56,6**		23,4
3	0,0	0,0		0,0	66,7		**33,3**

Δείκτης Δυσφορίας (DI) × **Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)**

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,8	10,9	47,4	**33,2**	7,3	0,4	0,0
1	0,0	4,0	29,6	39,2	**23,2**	4,0	2,3
2	0,2	1,5	7,9	16,9	39,6	**34,0**	15,3
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Δείκτης Δυσφορίας (DIndex) — Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	1,5	11,9	**48,1**	30,4	7,4	0,7
1	0,0	0,0	5,7	34,1	**38,2**	19,0	3,0
2	0,0	0,2	1,5	7,9	16,8	**39,4**	34,2
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Θερμική Δυσφορία (DISC) — Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	0,0	**50,0**	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	10,9	24,8	**32,7**	20,8	10,9	0,0	0,0
0	5,3	7,4	26,5	**31,6**	21,1	6,8	1,3
1	0,0	1,0	6,5	22,4	**26,8**	26,8	16,5
2	0,0	0,0	1,2	10,4	19,1	**39,9**	29,5
3	0,0	0,0	4,0	8,9	20,8	27,7	**38,6**

Ισοδύναμη Θερμιότητα (EqW) — Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	30,3	**37,0**	24,4	5,9	2,5	0,0	0,0
-1	2,9	11,0	**45,9**	27,9	11,6	0,0	0,6
0	0,4	3,1	23,6	**40,1**	26,1	6,3	0,4
1	0,0	0,4	4,0	31,2	**42,3**	19,0	3,2
2	0,0	0,0	1,7	7,4	18,0	**41,2**	31,6
3	0,0	0,0	0,0	6,8	4,5	27,3	**61,4**

Τροποποιημένος Δείκτης Περιβαλλοντικού Στρες (ESmodified) — Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,9	12,7	**48,0**	31,7	6,3	0,5
1	0,0	0,0	3,2	30,0	**39,6**	23,3	3,9
2	0,0	0,2	1,6	7,9	17,3	**39,7**	33,4
3	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	30,0	**60,0**

Αποτελεσματική Θερμοκρασία (ET) — Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	31,2	**36,0**	25,6	4,8	2,4	0,0	0,0
-1	0,0	13,5	**48,1**	30,8	7,7	0,0	0,0
0	1,1	3,4	28,8	**34,9**	25,1	6,1	0,6
1	0,0	0,0	5,8	37,5	**38,8**	15,6	2,4
2	0,0	0,1	1,6	8,3	17,3	**39,5**	33,1
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Αποτελεσματική Θερμοκρασία (ETASHRAE) — Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	30,2	**37,1**	25,9	4,3	2,6	0,0	0,0
-1	1,9	12,0	**44,4**	30,6	11,1	0,0	0,0
0	1,1	2,5	23,8	**38,6**	26,3	6,8	0,8
1	0,0	0,0	5,1	36,0	**40,7**	16,0	2,2
2	0,0	0,0	1,5	8,1	18,0	**39,8**	32,6
3	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	**50,0**

Θερμικός Δείκτης (HI) — Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,7	9,9	**46,4**	33,9	7,9	1,3
1	0,0	0,0	3,6	25,9	**39,9**	26,9	3,6
2	0,0	0,2	1,6	7,8	17,7	**40,3**	32,4
3	0,0	0,0	0,0	8,3	2,8	27,8	**61,1**

Θερμικό Φορτίο (HL) — Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0		
-2	0,0	**0,0**	0,0	0,0	0,0		
-1							
0	4,2	29,6	**28,5**	33,2	4,6		
1	0,0	2,7	12,5	**58,6**	26,2		
2							
3	0,0	1,1	12,6	43,2	**43,2**		

Δείκτης Θερμικού Στρες (HSI)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0		10,5	**36,7**	47,1		5,7
1	0,0		2,8	17,4	**55,9**		23,9
2							
3	0,0		0,0	40,0	60,0		**0,0**

Δείκτης Θερμικού Στρες (HSIASHRAE)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0		8,8	**34,2**	49,1		7,9
1	0,0		2,9	17,7	**55,9**		23,5
2							
3	0,0		0,0	19,0	52,4		**28,6**

Humidex (HU)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0		16,9	**45,8**	37,3		0,0
1	0,0		3,3	19,1	**55,7**		21,9
2							
3	0,0		0,0	0,0	0,0		**0,0**

Δείκτης Θερμικής Καταπόνησης (TTS)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**		0,0	0,0	0,0		0,0
-2	21,5		**61,3**	12,0	5,2		0,0
-1							
0	0,4		33,0	**35,4**	29,8		1,5
1	0,0		3,3	18,4	**57,5**		20,6
2							
3	0,0		0,0	7,2	54,7		**38,1**

Δείκτης Δισφορίας (MDI)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,0	0,0	**29,7**	51,4	18,9	0,0
1	0,0	0,4	7,9	38,5	**34,9**	15,6	2,6
2	0,0	0,2	1,5	7,9	16,8	**39,4**	34,2
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Κανονική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (NET)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	27,5	**35,1**	29,8	5,3	2,3	0,0	0,0
-1	4,1	10,6	**43,9**	26,0	13,8	0,8	0,8
0	0,6	4,7	30,9	**32,6**	24,6	6,2	0,3
1	0,0	0,2	7,7	39,6	**34,9**	15,2	2,4
2	0,0	0,2	1,5	7,5	16,6	**39,8**	34,4
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Λειτουργική Θερμοκρασία (OT)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	29,8	**39,4**	24,5	3,2	3,2	0,0	0,0
-1	5,2	14,1	**44,1**	29,1	7,5	0,0	0,0
0	0,8	2,2	21,6	**39,5**	28,1	6,5	1,2
1	0,0	0,0	3,5	30,4	**42,7**	20,7	2,6
2	0,0	0,2	1,8	7,5	17,8	**41,4**	31,4
3	0,0	0,0	0,0	5,7	11,3	26,4	**56,6**

Λειτουργική Θερμοκρασία (OpT)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	29,5	**38,9**	25,3	3,2	3,2	0,0	0,0
-1	5,4	14,8	**43,3**	28,6	7,9	0,0	0,0
0	0,8	2,3	22,5	**39,7**	27,1	6,4	1,2
1	0,0	0,0	4,0	30,8	**43,8**	19,6	1,8
2	0,0	0,0	1,7	7,8	18,2	**40,7**	31,6
3	0,0	0,0	0,0	5,3	5,3	28,9	**60,5**

Τυπική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (OUTSET)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	2,4	4,8	**31,0**	45,2	16,7	0,0
1	0,0	0,2	7,6	38,5	**35,3**	15,8	2,6
2	0,0	0,2	1,5	7,9	16,8	**39,4**	34,2
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	28,0	**38,0**	27,0	4,0	3,0	0,0	0,0
-1	5,6	12,4	**44,9**	27,5	9,0	0,0	0,6
0	0,9	3,8	22,9	**38,7**	27,1	5,8	0,9
1	0,0	0,0	4,2	31,7	**34,9**	23,9	5,3
2	0,0	0,2	1,9	8,5	19,7	**39,9**	29,9
3	0,0	0,0	0,0	8,0	10,0	12,0	**70,0**

Φυσιολογική Ένταση/Καταπόνηση (PhS)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**18,2**	38,6		43,2		0,0	0,0
-2	0,0	**0,0**		100,0		0,0	0,0
-1							
0	2,1	3,7		**58,6**		21,2	14,4
1							
2	0,0	0,0		100,0		**0,0**	0,0
3	0,0	0,0		0,0		0,0	**0,0**

Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**11,8**	52,9	29,4	5,9	0,0	0,0	0,0
-2	19,4	**25,8**	32,3	19,4	3,2	0,0	0,0
-1	10,9	14,2	**35,0**	23,0	14,8	2,2	0,0
0	3,1	7,2	27,7	**34,4**	21,7	5,1	0,8
1	0,0	0,0	3,0	33,4	**35,5**	23,4	4,7
2	0,0	0,0	2,3	6,0	18,5	**40,1**	33,1
3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,3	1,2	**2,3**

Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMVc)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**20,0**	40,0	30,0	10,0	0,0	0,0	0,0
-2	19,2	**42,3**	26,9	11,5	0,0	0,0	0,0
-1	13,5	17,9	**36,7**	19,7	11,8	0,0	0,4
0	1,0	4,6	25,2	**40,3**	21,8	6,2	0,8
1	0,0	0,0	4,0	24,6	**38,6**	24,9	7,8
2	0,0	0,0	1,8	6,6	19,7	**42,1**	29,8
3	0,0	0,0	0,0	7,8	7,8	27,2	**57,3**

Μέση Προβλεπόμενη Ψήφος (PMV_{solar})

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**16,7**	50,0	25,0	8,3	0,0	0,0	0,0
-2	16,1	**29,0**	32,3	19,4	3,2	0,0	0,0
-1	11,9	15,8	**37,3**	22,0	13,0	0,0	0,0
0	2,9	6,9	27,3	**37,8**	20,4	3,9	0,8
1	0,0	0,0	2,8	19,4	**28,5**	32,8	16,6
2	0,0	0,0	1,6	8,8	26,0	**36,7**	26,9
3	0,0	0,0	0,0	5,4	6,5	41,3	**46,7**

Αντιληπτή θερμοκρασία (PT)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**15,0**	50,0	25,0	10,0	0,0	0,0	0,0
-2	14,0	**16,3**	44,2	18,6	7,0	0,0	0,0
-1	11,5	15,3	**30,1**	24,9	15,3	2,9	0,0
0	5,7	11,9	30,8	**32,7**	14,5	2,5	1,9
1	0,1	1,5	13,3	32,9	**31,2**	17,1	3,9
2	0,0	0,0	1,7	4,8	15,7	**39,8**	37,9
3	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	0,0	**50,0**

Δείκτης Σχετικής Έντασης (RSIndex)

	Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,7	10,8	48,7	**31,4**	6,9	1,4
1	0,0	0,0	3,8	25,6	**41,9**	25,6	3,1
2	0,0	0,2	1,7	8,1	17,7	**40,0**	32,3
3	0,0	0,0	0,0	14,3	4,8	23,8	**57,1**

Τυπική Αποτελεσματική Θερμοκρασία (SETASHRAE)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**20,8**	50,0	25,0	4,2	0,0	0,0	0,0
-2	11,9	**23,8**	40,5	19,0	4,8	0,0	0,0
-1	13,6	15,6	**37,7**	18,8	13,6	0,0	0,6
0	3,2	7,2	24,9	**36,6**	20,7	6,6	0,8
1	0,0	0,9	9,2	24,9	**28,3**	25,2	11,5
2	0,0	0,0	1,7	9,7	19,6	**35,6**	33,4
3	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0	0,0	**60,0**

Υποκειμενική Θερμοκρασία (ST)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	28,8	**36,4**	27,3	5,3	2,3	0,0	0,0
-1	1,7	11,0	**45,3**	29,1	11,6	0,6	0,6
0	0,5	2,6	23,7	**39,9**	26,9	6,0	0,5
1	0,0	0,4	5,3	34,5	**39,8**	17,3	2,8
2	0,0	0,0	1,7	7,4	17,9	**41,0**	32,1
3	0,0	0,0	0,0	8,7	4,3	21,7	**65,2**

Δείκτης Υποκειμενικής Θερμοκρασίας (STI)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0		0,0		0,0	0,0
-2	21,1	**43,4**		35,5		0,0	0,0
-1							
0	2,5	4,4		**78,8**		11	3,3
1							
2	0,0	0,0		29,6		**40,3**	30,1
3	0,0	0,0		11,1		30,6	**58,3**

Υποκειμενική Θερμοκρασία ($ST_{preferred}$)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	100,0	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	14,5	19,6	**31,2**	21,7	12,3	0,7	0,0
0	3,4	6,5	25,0	**29,5**	23,2	9,2	3,2
1	1,0	3,0	10,1	19,2	**20,1**	27,1	19,5
2	0,0	0,3	4,3	19,6	26,1	**28,6**	21,1
3	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	0,0	**0,0**

Φαινομενική Θερμοκρασία (T_{app})

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	2,1	14,9	**46,8**	27,7	8,5	0,0
1	0,0	0,0	5,3	36,1	**37,8**	17,2	3,6
2	0,0	0,2	1,5	7,4	16,7	**39,9**	34,2
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Θερμοκρασία Ισοδύναμης Αντίληψης (TEP)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	30,5	**35,2**	25,7	5,7	2,9	0,0	0,0
-1	4,0	13,4	**43,3**	27,2	10,7	0,9	0,4
0	0,6	3,3	26,3	**37,0**	24,8	6,9	1,2
1	0,0	0,3	6,1	38,2	**35,8**	15,3	4,3
2	0,0	0,0	1,4	7,8	21,2	**40,4**	29,2
3	0,0	0,0	0,0	9,6	1,9	28,8	**59,6**

Ισοδύναμη Θερμοκρασία (T_{eq})

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
-2	0,0	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	
-1	10,8	18,5	**35,4**	20,2	12,4	2,8	
0	1,8	4,1	30,9	**33,2**	24,1	5,9	
1	0,0	0,4	7,9	38,5	**34,9**	18,2	
2	0,0	0,2	1,5	7,9	16,8	**73,6**	
3							

Ουδέτερη Θερμοκρασία (T_{ne})

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	0,0	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-1	15,4	22,6	**36,2**	16,3	8,1	0,9	0,5
0	1,7	5,7	22,0	**29,1**	21,1	15,0	5,4
1	0,2	0,5	9,9	27,7	**24,8**	23,8	13,2
2	0,0	0,0	0,8	10,8	27,2	**32,0**	29,2
3	0,0	0,0	0,0	9,5	17,9	34,5	**38,1**

Θερμική Αίσθηση (TS)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	28,2	**40,0**	24,7	3,5	3,5	0,0	0,0
-1	9,3	15,9	**44,0**	23,6	6,6	0,5	0,0
0	0,4	3,2	25,9	**42,9**	22,2	3,7	1,7
1	0,0	0,2	3,6	23,6	**35,7**	29,2	7,7
2	0,0	0,0	1,4	6,3	22,8	**39,2**	30,3
3	0,0	0,0	0,0	6,3	5,5	35,2	**53,1**

Θερμική Αίσθηση (TSENS)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**16,7**	55,6	22,2	5,6	0,0	0,0	0,0
-2	16,7	**22,2**	44,4	16,7	0,0	0,0	0,0
-1	7,3	16,9	**38,7**	21,8	15,3	0,0	0,0
0	4,7	7,3	26,1	**35,2**	19,9	5,7	1,0
1	0,0	0,0	4,2	27,0	**35,3**	24,6	8,9
2	0,0	0,0	1,5	5,3	20,3	**43,3**	29,6
3	0,0	0,0	0,0	9,4	7,3	22,9	**60,4**

Δείκτης Τροπικού Καλοκαιριού (TSI)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	29,1	**38,2**	25,5	4,5	2,7	0,0	0,0
-1	2,9	11,5	**43,4**	29,9	11,5	0,4	0,4
0	1,3	2,5	24,6	**37,9**	26,5	6,6	0,6
1	0,0	0,3	5,5	36,7	**36,2**	17,4	3,9
2	0,0	0,0	1,6	6,8	20,1	**40,8**	30,7
3	0,0	0,0	0,0	9,6	1,9	28,8	**59,6**

Αντιληπτή Θερμική Αίσθηση (tsp)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	29,6	**35,2**	25,9	6,5	2,8	0,0	0,0
-1	4,1	13,2	**43,6**	26,8	10,9	0,9	0,5
0	0,6	3,3	26,3	**37,3**	24,5	6,9	1,2
1	0,0	0,2	5,3	34,1	**34,8**	20,6	4,9
2	0,0	0,0	1,3	6,3	19,9	**40,0**	32,5
3	0,0	0,0	0,0	9,6	1,9	28,8	**59,6**

Θερμική Αίσθηση (TS_{sa})

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
-2	27,6	**37,9**	25,3	5,7	3,4	0,0	0,0
-1	15,2	23,2	**38,4**	18,8	3,6	0,9	0,0
0	0,4	3,8	28,4	**36,1**	20,7	8,3	2,4
1	0,0	0,0	5,3	24,4	**28,2**	28,2	13,8
2	0,0	0,0	0,3	9,2	29,2	**33,7**	27,6
3	0,0	0,0	0,0	8,5	11,3	37,3	**43,0**

Παγκόσμιος Θερμικός Κλιματικός Δείκτης (UTCI)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3	**0,0**	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0
-2	29,2	**34,5**	27,4	0,0		0,0	0,0
-1	3,4	14,4	**43,7**	37,9		0,0	0,0
0	0,5	2,0	16,4	**67,9**		11,5	1,6
1							
2	0,0	0,0	1,7	24,7		**40,5**	33,1
3	0,0	0,0	0,0	11,1		22,2	**66,7**

Θερμοκρασία Υγραινόμενης Σφαίρας (WBGT)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	2,4	4,8	**31,0**	45,2	16,7	0,0
1	0,0	0,2	7,6	38,5	**35,3**	15,8	2,6
2	0,0	0,2	1,5	7,9	16,8	**39,4**	34,2
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

Θερμοκρασία Υγραινόμενης Σφαίρας ($WBGT_{outdoor}$)

Ψήφος θερμικής αίσθησης (%)	-3	-2	-1	0	1	2	3
-3							
-2							
-1							
0	0,0	0,0	0,0	29,7	**51,4**	18,9	16,7
1	0,0	0,4	8,1	39,0	**35,1**	14,7	2,6
2	0,0	0,2	1,5	8,1	17,0	**39,6**	33,6
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	**0,0**

0-10 10-20 20-30 30-40 40-50 50-60 60-70 70-80 80-90 90-100