

# ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΝΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ

ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ

ΚΛΑΔΟΣ ΙΙ:

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία :

## **ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΠΑΙΘΡΙΩΝ ΧΩΡΩΝ ΜΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ**



Τσαρτσάλη Χρ. Ευαγγελία

Γεωπόνος

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

ΙΩΑΝΝΗΣ Ξ. ΤΣΙΡΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2011

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΕΝΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ  
ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ  
ΚΛΑΔΟΣ II:  
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία :

**ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΠΑΙΘΡΙΩΝ ΧΩΡΩΝ ΜΕ  
ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ**

**Τσαρτσάλη Χρ. Ευαγγελία**

**Γεωπόνος**

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΙΩΑΝΝΗΣ ΤΣΙΡΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.Π.Α.

ΜΕΛΗ: Β. ΨΥΛΟΓΛΟΥ, ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ ΕΘΝΙΚΟΥ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ

Ν. ΑΛΒΕΡΤΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Γ.Π.Α.

## Περίληψη

Στην παρούσα διατριβή γίνεται εκτίμηση της βιοκλιματικής συμπεριφοράς δύο διαφορετικών διαμορφώσεων που απαντώνται στον ίδιο αστικό υπαίθριο χώρο καθώς επίσης και των παραγόντων που επιδρούν και επηρεάζουν τις συνθήκες αυτές. Ο χώρος που επιλέχτηκε είναι η πλατεία του Αγίου Ανδρέα στην περιοχή της Λαμπρινής και οι θέσεις των μετρήσεων επιλέχτηκαν με βάση την διαμόρφωση και την επισκεψιμότητα. Η περίοδος των μετρήσεων ήταν το δίμηνο Οκτωβρίου-Νοεμβρίου 2010.

Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε ολοκληρωμένος μετεωρολογικός σταθμός που κατέγραφε τις εξής μετεωρολογικές παραμέτρους: θερμοκρασία αέρος, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, ολική ηλιακή ακτινοβολία, ανακλώμενη ακτινοβολία, θερμοκρασία μέλανος σώματος, θερμοκρασίες επιφανειών. Οι βαθμονομήσεις όλων των μικρομετεωρολογικών οργάνων έγιναν στο Αστεροσκοπείο Αθηνών. Ταυτόχρονα διαμορφώθηκαν ερωτηματολόγια, τα οποία κατέγραψαν την θερμική αίσθηση του ατόμου στις διαφορετικές μικροκλιματικές συνθήκες. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με το βιομετεωρολογικό λογισμικό Rayman 1.2. Υπολογίστηκε ο συντελεστής θέασης του ουράνιου θόλου για κάθε μια περιοχή, ενώ έγινε παράθεση-σύγκριση αποτελεσμάτων του βιομετεωρολογικού μοντέλου και των ερωτηματολογίων.

Διαπιστώθηκε ότι οι κλάσεις του βιομετεωρολογικού δείκτη PET (Physiological Equivalent Temperature) που προέκυψαν, κυμάνθηκαν από ουδέτερο σε πάρα πολύ ζεστό και οι θερμότερες κλάσεις του δείκτη παρατηρούνται μεταξύ 12:00-14:00. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι ο παρατηρητής δέχεται άμεσα την επίδραση των ηλιακών ακτίνων λόγω του μεγαλύτερου ύψους του ήλιου το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και σε συνδυασμό με την ανεπαρκή σκίαση του χώρου.

Στη συνέχεια προτάθηκαν δύο εναλλακτικά σενάρια διαμόρφωσης για κάθε θέση μετρήσεων και διερευνήθηκε η επίδρασή τους στη βιοκλιματική συμπεριφορά του χώρου. Τα σενάρια αυτά διαμορφώθηκαν με γνώμονα την θερμική άνεση του χρήστη του χώρου και έπειτα από την ανάλυση των βιοκλιματικών συνθηκών που διαμορφώνουν, διαπιστώθηκε ότι συμβάλλουν σε σημαντικό βαθμό στην επίτευξη της θερμικής άνεσης του ατόμου.

## **Summary**

In this thesis an attempt was made to evaluate the bioclimatic behaviour of two different configurations in the same urban open space, as well as the factors that affect and influence their thermal and bioclimatic behaviour. The site chosen is the square of St. Andrew in the region of Lambrini (Athens). The period of measurements was two months, October-November 2010.

For this purpose, calibrated meteorological instruments were used in order to record the following meteorological parameters: air temperature, relative humidity, wind velocity, global radiation, globe temperature, surface temperature. In addition, questionnaires were designed, in order to record the actual thermal sensation of persons in different microclimatic conditions and the SVF (Sky View Factor) was estimated for each site. Evaluation of the results was performed by the use of the Rayman 1.2. model. Finally, comparisons were performed between the results of the model and the actual thermal sensation that was obtained from the questionnaires.

It was found that the classes of the biometeorological index PET (Physiological Equivalent Temperature) obtained range from neutral thermal sensation to heat stress levels. The higher values of the index were observed between 12:00 to 14:00. This is attributed to the fact that the observer receives directly the effect of solar radiation, because of the higher elevation of the sun during that period of time in combination with insufficient shading of the area.

Two alternative configuration scenarios were then designed and proposed for each site and they were investigated based on their effect on the bioclimatic behaviour. It was found that both scenarios may contribute significantly to better bioclimatic conditions of the urban space and thus better thermal comfort of the individuals may be achieved.

## Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	3
Summary .....	4
Πρόλογος.....	8
ΜΕΡΟΣ Α - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ .....	10
1.    Βιοκλιματολογία - Βιομετεωρολογία.....	10
2.    Βιομετεωρολογικοί - Βιοκλιματικοί δείκτες.....	11
3.    Θερμική Αίσθηση.....	12
3.1    Θερμοκρασία .....	13
3.2    Θερμοκρασία Ακτινοβολίας .....	14
3.3    Υγρασία .....	14
3.4    Ταχύτητα ανέμου .....	15
3.5    Ενδυμασία του ανθρώπου .....	16
3.6    Μεταβολισμός.....	16
4.    Διαμόρφωση Περιβάλλοντος Χώρου.....	17
4.1    Γεωμετρία του χώρου .....	17
4.2    Υλικά.....	18
5.    Βιοκλιματικές συνθήκες σε υπαίθριους αστικούς χώρους.....	18
ΜΕΡΟΣ Β - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ & ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΕ ΥΠΑΙΘΡΙΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ.....	22
1.    Περιοχή Μελέτης .....	22
1.1    Κλιματικά δεδομένα περιοχής .....	24
2.    Μεθοδολογία.....	25
2.1    Επιλογή σημείων μέτρησης .....	25
2.2    Μετρήσεις .....	28
2.3    Περιγραφή φορητής μονάδας .....	29
2.4    Βαθμονόμηση Οργάνων .....	32
2.5    Ερωτηματολόγια .....	36

2.6	Επιλογή Βιομετεωρολογικού Δείκτη	37
2.7	Το μοντέλο - λογισμικό RAYMAN 1.2	40
3.	Ανάλυση πειραματικών δεδομένων	43
3.1	Σημείο 1 (S1)	44
3.1.1	Ημέρα 1 <sup>η</sup> -5.10.2010 (S1D1)	45
3.1.2	Ημέρα 2 <sup>η</sup> -23.10.2010 (S1D2)	47
3.1.3	Ημέρα 3 <sup>η</sup> -4.11.2010 (S1D3)	49
3.1.4	Ημέρα 4 <sup>η</sup> -5.11.2010 (S1D4)	51
3.1.5	Ημέρα 5 <sup>η</sup> -27.11.2010 (S1D5)	53
3.2	Σημείο 2 (S2)	55
3.2.1	Ημέρα 1 <sup>η</sup> -20.10.2010 (S2D1)	56
3.2.2	Ημέρα 2 <sup>η</sup> -21.10.2010 (S2D2)	58
3.2.3	Ημέρα 3 <sup>η</sup> -8.11.2010 (S2D3)	60
3.2.4	Ημέρα 4 <sup>η</sup> -11.11.2010 (S2D4)	62
3.3	Ολοήμερες μετρήσεις	64
3.3.1	Σημείο1 (S1)	64
3.3.2	Σημείο 2 (S2)	70
3.4	Σύγκριση κλάσεων πραγματικής θερμικής αίσθησης και κλάσεων δείκτη PET	76
4.	Συμπληρωματικοί έλεγχοι μοντέλου	79
4.1	Η σύγκριση Tmrt- Rayman και Tmrt που προκύπτει από την Tglobe	79
4.2	Σύγκριση πολικών διαγραμμάτων	82
	ΜΕΡΟΣ Γ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	84
1.	Γενικά	84
1.1	Σενάρια διαμόρφωσης - Σημείο 1 (S1)	84
1.1.1	Διαμόρφωση τύπου δενδρώνα - SCENARIO 1	85
1.1.2	Κυκλική διαμόρφωση – SCENARIO 2	86
1.1.3	Σύγκριση της θερμικής αίσθησης για τους τρεις τύπους διαμορφώσεων	87

1.1.4	Σύγκριση των διαμορφώσεων σε τυπικές θερμές και ψυχρές συνθήκες.....	87
1.2	Σενάρια διαμόρφωσης - Σημείο 2 (S2).....	90
1.2.1	Διαμόρφωση τύπου δένδρωνα - SCENARIO 1.....	91
1.2.2	Κυκλική διαμόρφωση – SCENARIO 2.....	93
1.2.3	Σύγκριση της θερμικής αίσθησης για τους τρεις τύπους διαμορφώσεων.....	94
1.2.4	Σύγκριση των διαμορφώσεων σε τυπικές θερμές και ψυχρές συνθήκες.....	94
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	98
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	100
	Βιβλιογραφία.....	106

## Πρόλογος

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας καθώς και η επιπτώσεις του για την πόλη της Αθήνας έχουν καταγραφεί από πληθώρα μελετών (Zoulia et al. 2009; Hassid et al 2000; Santamouris et al. 1999). Πολλές από τις μελέτες αυτές στοχεύουν στον παθητικό δροσισμό, μέσω του αερισμού (Assimakopoulos et al. 2006), της βλάστησης (Shashua-Bar et al. 2010; Tsiros, 2010) και των ψυχρών υλικών (Synnefa et al. 2007). Παρόλα αυτά, ελάχιστες μελέτες έχουν γίνει σχετικά με τον αστικό σχεδιασμό υπαίθριων χώρων και την θερμική αίσθηση στους χώρους αυτούς. Αν και έχουν διεξαχθεί πρόσφατες μελέτες για τις συνθήκες θερμικής αίσθησης στην Αθήνα, συνήθως βασίζονται στη χρήση δεδομένων μετεωρολογικών σταθμών (π.χ., Pantavou et al. 2010, Moustris et al 2010).

Η παρούσα μελέτη έχει σκοπό τη διερεύνηση των βιοκλιματικών συνθηκών ενός υπαίθριου αστικού χώρου και της σημασίας του βιοκλιματικού σχεδιασμού στη βελτίωση της θερμικής του συμπεριφοράς. Επιλέχθηκε ως χώρος μελέτης η πλατεία του Αγίου Ανδρέα στην περιοχή της Λαμπρινής, μιας πυκνοκατοικημένης περιοχής στο κέντρο της Αθήνας. Η περίοδος που ελήφθησαν οι μετρήσεις ήταν το δίμηνο Οκτωβρίου και Νοεμβρίου του 2010, περίοδος κατά την οποία παρατηρήθηκαν σχετικά υψηλές θερμοκρασίες για την εποχή. Για την λήψη των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε ολοκληρωμένος μετεωρολογικός σταθμός που κατέγραφε τις εξής μετεωρολογικές παραμέτρους: θερμοκρασία αέρος, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, ολική ηλιακή ακτινοβολία, ανακλώμενη ακτινοβολία, θερμοκρασία μέλανος σώματος, θερμοκρασίες επιφανειών. Οι βαθμονομήσεις όλων των μικρομετεωρολογικών οργάνων έγιναν στο Αστεροσκοπείο Αθηνών. Επίσης χρησιμοποιήθηκε ειδική κάμερα για τον υπολογισμό του συντελεστή θέασης ουράνιου θόλου ( SVF) και διαμορφώθηκαν ερωτηματολόγια τα οποία κατέγραψαν την θερμική αίσθηση του ατόμου στις διαφορετικές μικροκλιματικές συνθήκες.

Για την διερεύνηση των βιοκλιματικών συνθηκών χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο-λογισμικό Rayman, το οποίο σύμφωνα με πολυάριθμες μελέτες μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Αρχικά έγινε μια αξιολόγηση του μοντέλου ως προς την απόδοσή του σε παραμέτρους σημαντικές στον υπολογισμό της θερμικής αίσθησης και μέσω του ίδιου λογισμικού διερευνήθηκε η



βιοκλιματική συμπεριφορά της υπάρχουσας διαμόρφωσης. Για την αξιολόγηση της βιοκλιματικής συμπεριφοράς, κρίθηκε αναγκαία η ποσοτικοποίηση της θερμικής άνεσης και για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε ο βιομετεωρολογικός δείκτης PET (Physiological Equivalent Temperature). Στη συνέχεια προτάθηκαν δύο σενάρια διαμόρφωσης και διερευνήθηκε η επίδρασή τους στις βιοκλιματικές συνθήκες του χώρου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Ιωάννη Τσίρο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τομέα Γεωλογικών Επιστημών και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος του Γενικού Τμήματος του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για την ανάθεση, επίβλεψη και συνεχή καθοδήγηση του καθ' όλη την πορεία της συγκεκριμένης μελέτης. Ευχαριστίες επιθυμώ να εκφράσω επίσης στον Δρ. Β. Ψυλόγλου, Κύριο Ερευνητή του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, για την δυνατότητα που παρείχε ώστε οι απαιτούμενες βαθμονομήσεις των μικρομετεωρολογικών οργάνων να γίνουν στο Αστεροσκοπείο Αθηνών και στον Δρ. Σ. Λυκούδη, Ειδικό Τεχνικό Επιστήμονα του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, για την δυνατότητα χρήσης μέρους του σχετικού εξοπλισμού και τη βοήθειά του κατά τη βαθμονόμηση των μικρομετεωρολογικών οργάνων. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή του Εργαστηρίου Φυσικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών κ. Νικόλαο Αλβέρτο για τη συμμετοχή του στην εξεταστική επιτροπή.

Θα ήθελα να εκφράσω επίσης τις ευχαριστίες μου στην υποψήφια διδάκτορα του Εργαστηρίου Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας κα. Αρετή Τσέλιου για την πολύτιμη βοήθειά της στη διαδικασία των μετρήσεων.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τον μεταπτυχιακό φοιτητή κ. Δημήτρη Ρέππα αλλά και όλο το προσωπικό του Εργαστηρίου Γενικής και Γεωργικής Μετεωρολογίας για την βοήθεια και υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια της παρούσας μελέτης.

## **ΜΕΡΟΣ Α - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ**

### **1. Βιοκλιματολογία - Βιομετεωρολογία**

Είναι γνωστό ότι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες επηρεάζουν όλες τις φυσιολογικές λειτουργίες των έμβιων όντων και ταυτόχρονα η ατμόσφαιρα είναι μέρος του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο τα έμβια όντα εξελίσσονται καθ'όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Οι επιδράσεις αυτές αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης από τότε που ο άνθρωπος οργάνωσε τις πρώτες κοινωνίες και ενδείξεις υπάρχουν από την 3<sup>η</sup> π.Χ χιλιετία, στην Κίνα και αργότερα στην Ινδία . Θεμελιώδης ιδέα και στις δύο αυτές παραδόσεις, είναι η «ροή μιας πρωταρχικής ζωτικής ενέργειας» ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον. Στην Αρχαία Ελλάδα, ο πρώτος που επισήμανε τις επιδράσεις του περιβάλλοντος στις βιολογικές λειτουργίες, ήταν ο Ιπποκράτης και η ιατρική του είναι πρωτίστως περιβαλλοντολογική. Μόνιμη επωδός του Ιπποκράτη είναι ότι εκείνο που πρέπει να κάνει ο γιατρός είναι να δημιουργεί τις συνθήκες ώστε να μην εμφανιστεί η νόσος («προληπτική ιατρική»), δηλαδή να την προβλέψει και να την αποτρέψει - και αυτές οι συνθήκες είναι πρωτίστως περιβαλλοντικές. Σε τελευταία ανάλυση, η νόσος για τον Ιπποκράτη είναι μια διαταραχή ανάμεσα στον άνθρωπο και το περιβάλλον του.

Παρόλο που το ενδιαφέρον του ανθρώπου για τις περιβαλλοντικές συνθήκες στις οποίες ζουν και αναπτύσσονται τα έμβια όντα έχει καταγραφεί εδώ και αιώνες, η επιστήμη της βιομετεωρολογίας αναπτύχθηκε, στην μορφή που την γνωρίζουμε τώρα, στις αρχές του εικοστού αιώνα. Οι πρώτες δημοσιεύσεις αφορούσαν κυρίως, την σχέση των καιρικών φαινομένων με την εκδήλωση και εξάπλωση επιδημιών. Την ίδια εποχή, το ενδιαφέρον της μετεωρολογικής κοινότητας στράφηκε και στην κατασκευή οργάνων, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην βιομετεωρολογία. Το 1911, ο Hill κατασκεύασε το καταθερμόμετρο, που χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα. Στην δεκαετία του 1930 και ιδιαίτερα κατά την διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, επιβεβαιώθηκε η σημασία της σχέσης των καιρικών φαινομένων και του μεταβολισμού του ανθρώπινου οργανισμού.

Εξαιρετική συμβολή στην πορεία και εξέλιξη της βιομετεωρολογίας, αποτελεί η ίδρυση της Παγκόσμιας Βιομετεωρολογικής Εταιρείας (International Society of Biometeorology, ISB), το 1956. Στα χρόνια που ακολουθούν, η Βιομετεωρολογία

γνωρίζει ραγδαία εξέλιξη, η οποία οφείλεται εν μέρει στην ανάπτυξη και εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων.

Αντικείμενο της Βιομετεωρολογίας-Βιοκλιματολογίας είναι η μελέτη της επίδρασης των ατμοσφαιρικών φαινομένων στους έμβιους οργανισμούς και αποτελεί μέρος της Περιβαλλοντικής Μετεωρολογίας. Στους τομείς που εμπίπτουν στο φάσμα της Βιομετεωρολογίας είναι η διερεύνηση των αποτελεσμάτων της ατμοσφαιρικής διακύμανσης στα συστήματα παραγωγής και στην διαχείριση των πόρων, στην εμφάνιση ασθενειών και στην θνησιμότητα ανθρώπων και ζώων, στο δομημένο περιβάλλον, στα οικονομικά συστήματα και στις κοινωνικές δραστηριότητες. Σε ότι αφορά την Βιομετεωρολογία του ανθρώπου, πρωταρχικός σκοπός είναι η πρόγνωση της θερμικής αίσθησης για μια δεδομένη μετεωρολογική κατάσταση.

## **2. Βιομετεωρολογικοί - Βιοκλιματικοί δείκτες**

Η θερμική άνεση αποτελεί έναν πολυσύνθετο βιοκλιματικό όρο ο οποίος είναι αποτέλεσμα της επίδρασης πολλών περιβαλλοντικών παραμέτρων πάνω στον ανθρώπινο οργανισμό (Emmanuel 2004). Με σκοπό την ποσοτικοποίηση του θερμικού περιβάλλοντος και της θερμικής αίσθησης του ανθρώπου, έχουν δημιουργηθεί διάφοροι βιοκλιματικοί-βιομετεωρολογικοί δείκτες, όπως ονομάζονται. Οι δείκτες αυτοί, προκύπτουν από τον μαθηματικό συνδυασμό διάφορων μετεωρολογικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία αέρα, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα του ανέμου, η ακτινοβολία και παρέχουν πληροφορίες για το κλίμα μιας περιοχής και κατά πόσο αυτό είναι ευνοϊκό ή όχι για τον άνθρωπο.

Ορισμένοι από τους δείκτες αυτούς, είναι απλοί και συνδυάζουν μικρό αριθμό μετεωρολογικών παραμέτρων. Υπάρχουν όμως και πιο σύνθετοι δείκτες στους οποίους υπεισέρχονται και χαρακτηριστικά που αφορούν την γεωμετρία του περιβάλλοντος χώρου καθώς και πληροφορίες που αφορούν τα άτομα που δέχονται την επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών. Μια κατηγοριοποίηση των δεικτών αυτών μπορεί να γίνει με βάση τις θερμομετρικές συνθήκες (Χαραλαμπίδης, 2010). Με βάση τον διαχωρισμό αυτό, οι δείκτες διακρίνονται ως ακολούθως:

α) Δείκτες που αναφέρονται στο ψυχρό περιβάλλον. Στην περίπτωση αυτή έχουμε το συνδυασμό της θερμοκρασίας του αέρα και της ταχύτητας του ανέμου, όπως οι δείκτες απόψυξης που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της στροβιλώδους μεταφοράς αισθητής θερμότητας.

β) Δείκτες που αναφέρονται στο ψυχρό περιβάλλον . Στην περίπτωση αυτή έχουμε τον συνδυασμό της θερμοκρασίας αέρα με διάφορους δείκτες υγρασίας για την μελέτη της εξάτμισης που προκαλείται από το ανθρώπινο σώμα.

Στην διεθνή βιβλιογραφία συναντά κανείς μια πληθώρα βιοκλιματικών δεικτών. Από αυτούς, πολύ λίγοι εφαρμόζονται σήμερα. Ιδιαίτερα για τον Ελλαδικό χώρο, ενδιαφέρον έχουν οι δείκτες που εφαρμόζονται σε θερμά περιβάλλοντα, καθώς η όποια θερμική επιβάρυνση προέρχεται από το περιβάλλον, οφείλεται κυρίως στις υψηλές θερμοκρασίες και λιγότερο στις χαμηλές.

### **3. Θερμική Αίσθηση**

Το ανθρώπινο σώμα διαθέτει ένα αποτελεσματικό σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας, η οποία διατηρείται περίπου στους 37 °C. όταν η θερμοκρασία του σώματος αρχίσει να αυξάνεται , είτε λόγω μετεωρολογικών συνθηκών, είτε λόγω έντονης δραστηριότητας, δύο μηχανισμοί ενεργοποιούνται για την ελάττωσή της. Πρώτον τα αιμοφόρα αγγεία διαστέλλονται, αυξάνοντας τη ροή του αίματος στο δέρμα έτσι ώστε να αυξηθούν οι απώλειες μέσω αγωγής και ακτινοβολίας και στην συνέχεια αρχίζει η διαδικασία της εφίδρωσης. Η εφίδρωση έχει ως αποτέλεσμα την ψύξη μέσω της εξάτμισης και είναι ο βασικός μηχανισμός ψύξης του δέρματος.

Όταν η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος αρχίσει να μειώνεται, τα αιμοφόρα αγγεία συστέλλονται μειώνοντας τη ροή του αίματος στο δέρμα, ώστε να μειωθεί η απώλεια θερμότητας μέσω αγωγής και ακτινοβολίας. Στη συνέχεια, η θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος αυξάνεται με την αύξηση των εσωτερικών καύσεων, την ενεργοποίηση των μυών και την εμφάνιση ρίγους. Η κίνηση αυτή των μυών αυξάνει τις καύσεις, άρα και την παραγόμενη από το σώμα θερμότητα.

Το σύστημα ρύθμισης της θερμοκρασίας του σώματος λαμβάνει υπόψη εκτός από τα αισθητήρια όργανα του δέρματος και τα αισθητήρια όργανα του υποθαλάμου. Τα

αισθητήρια όργανα του υποθαλάμου είναι υπεύθυνα για την ενεργοποίηση των μηχανισμών ψύξης του σώματος όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 37 °C. Τα αισθητήρια όργανα του δέρματος ενεργοποιούν τους αμυντικούς μηχανισμούς του σώματος, όταν η θερμοκρασία πέσει κάτω από τους 34 °C.

Ο άνθρωπος θεωρεί το περιβάλλον του ως θερμικά άνετο, όταν δεν υπάρχει κάποιο σήμα από τα αισθητήρια όργανα για πτώση ή άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος. Αυτή η κατάσταση μπορεί να περιγραφεί ως θερμική ισορροπία. Σε μια τέτοια κατάσταση ένα άτομο δεν αισθάνεται ούτε κρύο ούτε ζέστη.

Σύμφωνα με την Αμερικανική Επιστημονική Εταιρεία Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού, ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του εγκεφάλου κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία αλλαγή του θερμικού περιβάλλοντος. Όπως είναι προφανές η κατάσταση στην οποία ένα άτομο αισθάνεται θερμικά άνετα έχει υποκειμενικό χαρακτήρα. Έτσι στον ίδιο χώρο είναι δυνατόν κάποιο άτομο να εκφράζει την ικανοποίησή του για τις θερμικές συνθήκες, ενώ κάποιο άλλο άτομο να εκφράζει την δυσαρέσκειά του. Ο όρος θερμική άνεση εμπεριέχει ένα μεγάλο αριθμό παραγόντων που την καθορίζουν κάθε φορά και για κάθε άτομο.

Η θερμοκρασία του αέρα, η θερμοκρασία ακτινοβολίας, η υγρασία και η κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα είναι οι τέσσερις βασικές περιβαλλοντικές παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την απόκριση του ανθρώπου στα διάφορα θερμικά περιβάλλοντα. Οι παραπάνω παράμετροι σε συνδυασμό με ανθρώπινες παραμέτρους που προκύπτουν από την μεταβολική δραστηριότητα του ατόμου και τον τύπο ένδυσής του, ορίζουν τις έξι βασικές παραμέτρους που συνθέτουν το ανθρώπινο θερμικό περιβάλλον. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζουν το φύλο, η ηλικία και η συνήθειες των χρηστών του χώρου.

### **3.1 Θερμοκρασία**

Η παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη είναι η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα, που περιβάλλει το ανθρώπινο σώμα. Το μέγεθος αυτό καθορίζει, ως ένα βαθμό, την ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ανθρώπου και περιβάλλοντος.

Η θερμοκρασία του αέρα που βρίσκεται μακριά από τον άνθρωπο, δεν συμβάλλει στην διαμόρφωση της θερμικής άνεσης. Επιπλέον, η θερμοκρασία του αέρα που βρίσκεται πολύ κοντά σε ένα σώμα, δεν θεωρείται αντιπροσωπευτική.

### **3.2 Θερμοκρασία Ακτινοβολίας**

Σημαντική παράμετρος στη διαμόρφωση της θερμικής άνεσης, αποτελεί η θερμοκρασία ακτινοβολίας. Πρόκειται για την ανταλλαγή θερμότητας μέσω ακτινοβολίας, μεταξύ διαφόρων σωμάτων.

Για την περιγραφή και ποσοτικοποίηση της θερμικής ακτινοβολίας του περιβάλλοντος χρησιμοποιείται η παράμετρος Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας (Mean Radiant Temperature). Η παράμετρος αυτή χαρακτηρίζεται ως η πιο σημαντική στον υπολογισμό του θερμικού ισοζυγίου του ανθρώπου (Matzarakis, 1995). Η παράμετρος αυτή ορίζεται, για έναν άνθρωπο με καθορισμένη σωματική θέση και ενδυμασία ως η αντίστοιχη μέση θερμοκρασία εκπομπής μέλανος σώματος, στο οποίο θα είχαμε τις ίδιες απώλειες και οφέλη ακτινοβολίας κάτω από όμοιες συνθήκες περιβάλλοντος (Gonzalez et al., 1974).

Για να είναι εφικτός ο υπολογισμός της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας θα πρέπει να είναι γνωστά:

- Τα χαρακτηριστικά και οι διαστάσεις των επιφανειών που εκπέμπουν ακτινοβολία και οι οποίες περιβάλλουν τον άνθρωπο.
- Ο προσανατολισμός του ανθρώπου σε σχέση με τις πηγές ακτινοβολίας.
- Ο τρόπος με τον οποίο η άμεση ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στον άνθρωπο
- Η λευκαύγεια
- Το πάχος της ενδυμασίας και το χρώμα του δέρματος.

### **3.3 Υγρασία**

Η υγρασία αποτελεί βασικό παράγοντα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό των βιομετεωρολογικών δεικτών. Η σχετική υγρασία, που χρησιμοποιείται συχνότατα στην αξιολόγηση της θερμικής άνεσης εκφράζεται ως ποσοστό του

κορεσμένου αέρα σε υδρατμούς. Η σχετική υγρασία επενεργεί στην εξάτμιση του νερού από την επιδερμίδα, μεταβάλλοντας την θερμοκρασία του δέρματος και επηρεάζοντας το θερμικό ισοζύγιο του σώματος. Επιπλέον επηρεάζει και τον μηχανισμό διάχυσης των υγρών υπό μορφή αερίων μέσω του δέρματος.

Αν το περιεχόμενο του αέρα είναι υψηλό σε υδρατμούς (σχετική υγρασία >60-70%) και η θερμοκρασία του αέρα υψηλή, το σώμα μας ενεργοποιεί τον μηχανισμό της εφίδρωσης. Ωστόσο η εξάτμιση του ιδρώτα είναι αδύνατη σε αέρα με υψηλό περιεχόμενο υδρατμών, και έτσι ο ιδρώτας παραμένει στο δέρμα διαβρέχοντας το. Η κατάσταση αυτή οδηγεί τον άνθρωπο να αισθάνεται τον αέρα πιο ζεστό από όσο πραγματικά είναι. Αντίθετα, μικρό περιεχόμενο υδρατμών στον αέρα, καθιστά εφικτή την εξάτμιση μεγάλων ποσοτήτων υγρών.

### **3.4 Ταχύτητα ανέμου**

Αρκετές μελέτες έχουν καταδείξει τη σημασία της ταχύτητας του ανέμου στην θερμική αίσθηση του ανθρώπου (Charalampopoulos and Chronopoulou-Sereli, 2005; Walton et al, 2007; Mochida and Lun, 2008). Η ταχύτητα του ατμοσφαιρικού αέρα που περιβάλλει τον άνθρωπο μπορεί να επηρεάσει την ροή θερμότητας από και προς το σώμα και συνεπώς να επηρεάσει τη θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος. Η κίνηση του ατμοσφαιρικού αέρα μπορεί να ποικίλει στο χρόνο, στη διεύθυνση αλλά και στην ταχύτητα. Η ταχύτητα του ανέμου, περιγράφεται με την μέση τιμή της ταχύτητάς του για ένα χρονικό διάστημα έκθεσης, ολοκληρώνοντας για τους τρεις ορθογώνιους άξονες.

Σημαντική παράμετρος της ταχύτητας του ανέμου, που λαμβάνεται υπόψη στον προσδιορισμό των βιομετεωρολογικών δεικτών είναι η ένταση στροβιλισμού (Turbulence intensity). Αυτή ορίζεται ως ο λόγος της τυπικής απόκλισης των στιγμιαίων ταχυτήτων προς τη μέση ταχύτητα του ανέμου (Parsons, 1993).

### 3.5 Ενδυμασία του ανθρώπου

Ο άνθρωπος προσαρμόζει την ενδυμασία του ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον στο οποίο διαβιεί. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μια έντονη προσπάθεια ποσοτικοποίησης της ενδυμασίας, έτσι ώστε αυτή να υπεισέρχεται στον προσδιορισμό των βιοκλιματικών δεικτών. Η βασικότερη παράμετρος της ενδυμασίας είναι η θερμική αντίσταση ( $I_{cl}$ ). Η αντίσταση στην αισθητή μεταφορά θερμότητας από τα στρώματα της ενδυμασίας ορίζεται ως η εσωτερική αντίσταση από την επιφάνεια του δέρματος προς την επιφάνεια της ενδυμασίας μη λαμβάνοντας υπόψη την αντίσταση η οποία συντηρείται από το στρώμα αέρα γύρω από το ντυμένο σώμα. Εκφράζεται συνήθως με μονάδες clo. Μια μονάδα clo ισοδυναμεί με  $0,155 \text{ m}^2\text{K/Watt}$  (ASHRAE 55,1992).

### 3.6 Μεταβολισμός

Μεταβολισμός ονομάζεται το σύνολο των βιοχημικών αντιδράσεων που ανανεώνουν διαρκώς όλα τα τμήματα του ανθρώπινου οργανισμού. Σκοπός είναι να διατηρείται το σώμα σε μια σταθερή εσωτερική θερμοκρασία  $36.7 \text{ }^\circ\text{C}$ . Επειδή η θερμοκρασία του σώματος είναι συνήθως υψηλότερη από αυτή του χώρου, οι αντιδράσεις μεταβολισμού συμβαίνουν διαρκώς για να αντισταθμίσουν την απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον. Μέσω του μεταβολισμού έχουμε απελευθέρωση ενέργειας οπότε παράγεται θερμότητα.

Ο μεταβολισμός διακρίνεται στον βασικό μεταβολισμό που εκδηλώνεται στο στάδιο της ανάπαυσης και στο μεταβολισμό λόγω δραστηριότητας. Ο βασικός μεταβολισμός δηλαδή είναι η ελάχιστη ενέργεια η οποία απαιτείται για την εκτέλεση των ζωτικών λειτουργιών του οργανισμού και εξαρτάται από το σωματικό βάρος, την ηλικία, το ύψος και το φύλο. Στο βασικό μεταβολισμό προστίθεται και η ενεργειακή μεταβολή η οποία οφείλεται στην δραστηριότητα και εξαρτάται από το είδος της ενασχόλησης.



## 4. Διαμόρφωση Περιβάλλοντος Χώρου

Το βασικότερο χαρακτηριστικό του περιβάλλοντος που επιδρά καθοριστικά στις μικροκλιματικές συνθήκες και κατ' επέκταση και στις βιοκλιματικές συνθήκες, είναι η διαμόρφωση του χώρου. Με τον όρο διαμόρφωση εννοείται ο συνδυασμός της γεωμετρίας και των υλικών που συνθέτουν τον χώρο. Το αστικό περιβάλλον αποτελεί μια περίπτωση έντονα τροποποιημένου περιβάλλοντος με μεγάλη ποικιλομορφία τόσο ως προς την γεωμετρία όσο και ως προς τα υλικά. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι στον αστικό χώρο να απαντώνται αυξημένες τιμές θερμοκρασίας και μειωμένες τιμές σχετικής υγρασίας σε σχέση με τις υπόλοιπες διαμορφώσεις (δασικό, αγροτικό περιβάλλον), λόγω του αυξημένου όγκου δομικών υλικών. Επιπλέον, παρατηρούνται μειωμένες τιμές ακτινοβολίας λόγω της αυξημένης ρύπανσης και αυξημένες τιμές της ταχύτητας του ανέμου λόγω της τραχύτητας των επιφανειών (Gedzelman et al., 2003; Offerle et al., 2006).

### 4.1 Γεωμετρία του χώρου

Η γεωμετρία του χώρου είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της διαμόρφωσης καθώς παίζει σημαντικό ρόλο στις συνθήκες σκίασης και στη ροή του ατμοσφαιρικού αέρα. Για να καταστεί δυνατή η μελέτη και η ποσοτική περιγραφή της γεωμετρίας του χώρου, δημιουργήθηκαν δύο βασικές παράμετροι με τις οποίες μας δίνεται η δυνατότητα ένταξης της γεωμετρίας σε μαθηματικά μοντέλα (Emmanuel and Erik, 2006; Matzarakis et al., 2009). Οι παράμετροι αυτές είναι ο συντελεστής θέασης του ουράνιου θόλου (SVF) και ο λόγος του ύψους του κτηρίου προς το πλάτος του δρόμου (H/W).

Η παράμετρος SVF είναι ένα αδιάστατο μέγεθος που μπορεί να πάρει τιμές από 0,0 έως 1,0 και περιγράφει το ποσοστό του ουράνιου θόλου που είναι ορατό από τον παρατηρητή που βρίσκεται σε μια ορισμένη θέση στον χώρο. Το SVF λαμβάνει την τιμή 1,0 όταν κανένα τμήμα του ουράνιου θόλου δεν είναι ορατό και την τιμή 0,0 όταν ο ουράνιος θόλος είναι ορατός στο σύνολό του.

## 4.2 Υλικά

Μια εξίσου σημαντική παράμετρος διαμόρφωσης των βιοκλιματικών συνθηκών ενός χώρου, είναι η υλική σύσταση των αντικειμένων που τον συνθέτουν και πιο συγκεκριμένα η φύση του υλικού, το χρώμα του, η ανακλάστική του ικανότητα και οι θερμικές του ιδιότητες (Doulos et al., 2004). Ίσως η πιο μελετημένη ως προς την επίδρασή της στις βιοκλιματικές συνθήκες παράμετρος είναι η λευκαύγεια (albedo). Ως λευκαύγεια ορίζεται ο λόγος της ανακλώμενης προς την προσπίπτουσα ακτινοβολία και μετράται ποσοστιαία (%) ή σε κάποιες περιπτώσεις ως δεκαδικός αριθμός (Oliver, 2005). Η τιμή του albedo είναι καθοριστική τόσο για τη θερμική συμπεριφορά του υλικού όσο και για τη θερμοκρασία επιφανείας του και τη θερμοκρασία αέρος κοντά σε αυτό.

Τέλος, σημαντικές είναι και άλλες ιδιότητες των υλικών, όπως η θερμοχωρητικότητα, η εκπεμπιμότητα και η θερμική αγωγιμότητα το σύνολο των οποίων καθορίζουν τη θερμική συμπεριφορά του χώρου και τις βιοκλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτόν.

## 5. Βιοκλιματικές συνθήκες σε υπαίθριους αστικούς χώρους

Υπαίθριοι χώροι συμβάλουν σημαντικά στη ζωή των πόλεων. Επιπλέον, καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις υπαίθριες δραστηριότητες των κατοίκων (Thorsson et al., 2004) και συνεισφέρουν στην ενδυνάμωση των κοινωνικών σχέσεων.

Οι αστικοί υπαίθριοι χώροι είναι περιοχές προσβάσιμες στο κοινό, όπως δρόμοι, πλατείες ή πάρκα, όπου μπορεί κανείς να τους επισκεφθεί είτε για λόγους αναψυχής, ή για οποιαδήποτε άλλη υπαίθρια δραστηριότητα. Οι χώροι αυτοί μπορούν να παρουσιάσουν μεγάλη διαφοροποίηση τόσο σε επίπεδο επισκεψιμότητας όσο και σε επίπεδο δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα (Zacharias et al., 2001).

Οι μικροκλιματικές παράμετροι είναι κεντρικής σημασίας για τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε μια περιοχή και, σε μεγάλο βαθμό, καθορίζουν τη χρήση των

αστικών υπαίθριων χώρων. Οι αντιδράσεις στο μικροκλίμα μπορεί να μην είναι συνειδητές, αλλά συχνά οδηγούν σε διαφορετική χρήση του χώρου υπό διαφορετικές κλιματικές συνθήκες. Έτσι, η κατανόηση των μικροκλιματικών χαρακτηριστικών των υπαίθριων αστικών χώρων και των επιπτώσεών τους στην άνεση των ανθρώπων που τους χρησιμοποιούν, είναι ιδιαίτερα σημαντική κατά τον σχεδιασμό τους .

Επιπροσθέτως, η αντίληψη της θερμικής άνεσης μπορεί να διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κάθε χρήστη. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι η φυσική δραστηριότητα, το επίπεδο ρουχισμού, η ηλικία, αλλά και υποκειμενικοί παράγοντες όπως οι προσωπικές προτιμήσεις και η πολιτισμικές αντιλήψεις. Επομένως, μια καθαρά ποσοτική προσέγγιση του προβλήματος, θα ήταν ανεπαρκής και έχει πια αναγνωρισθεί ευρέως ότι στην ανάλυση των βιοκλιματικών συνθηκών των υπαίθριων χώρων, θα πρέπει να συμπεριληφθούν και υποκειμενικοί παράγοντες (Hoppe, 2002; Knes and Thorsson, 2006).

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης στους υπαίθριους χώρους παρουσιάζουν πολύ μεγάλο εύρος και μεταβλητότητα. Τόσο το γεγονός ότι το αστικό μικροκλίμα θεωρείται το πλέον σύνθετο, όσο και η φυσιολογική, πνευματική και πολιτιστική κατάσταση του κάθε ανθρώπου που μπορεί να διαφέρουν σημαντικά, συντελούν στην πολυπλοκότητα των παραγόντων που υπεισέρχονται στην θερμική αίσθηση (RUROS, 2004).

Η κατανόηση των σχέσεων ανάμεσα στις περιβαλλοντικές συνθήκες και πρωτίστως στο μικροκλίμα, στα χαρακτηριστικά των ανθρώπων και στη χρήση των αστικών υπαίθριων χώρων, μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στο σχεδιασμό νέων, πιο ελκυστικών χώρων, αλλά και στην βελτίωση αυτών που ήδη υπάρχουν.

Η ανάπλαση ενός υφιστάμενου ανοιχτού χώρου ή ο σχεδιασμός ενός νέου εξασφαλίζουν την ευκαιρία για βελτίωση των συνθηκών άνεσης στον υπαίθριο χώρο. Οι πιθανές λύσεις στα συγκεκριμένα προβλήματα που επιδέχεται ένας τέτοιος χώρος είναι απεριόριστες. Ανεξάρτητα από την ποικιλία των λύσεων, υπάρχουν συγκεκριμένα θέματα τα οποία ο μελετητής θα πρέπει να λάβει υπόψη του ώστε να επιτύχει στην παροχή ενός ελκυστικού και άνετου περιβάλλοντος.

Το πρώτο θέμα που προκύπτει στη διαδικασία σχεδιασμού είναι το προφίλ της εποχιακής χρήσης του ανοιχτού χώρου. Με εξαίρεση την ακουστική άνεση, η οποία δεν

επηρεάζεται από την εποχή του χρόνου, η οπτική και κυρίως η θερμική άνεση, απαιτούν διαφορετικές προσεγγίσεις, ώστε να επιτευχθεί ένα ήπιο και ευχάριστο περιβάλλον, σε σχέση με τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Όσον αφορά τη θερινή περίοδο, για την επίτευξη της άνεσης είναι απαραίτητος ο έλεγχος της θερμοκρασίας. Ιδιαίτερα σε νότια γεωγραφικά πλάτη, η σκίαση είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και σημαντική παράμετρος οπτικής άνεσης. Για το λόγο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ποικιλία σκιάστρων ή τύπων βλάστησης, ανάλογα με την επιθυμητή μορφή σκιάς. Κατακόρυφα ή κεκλιμένα στοιχεία σκίασης όπως τοίχοι, πετάσματα ή θάμνοι είναι προτιμότερο να τοποθετούνται στη δυτική πλευρά του οικοπέδου, παίρνοντας υπόψη πιθανούς περιορισμούς που μια τέτοια κατασκευή μπορεί να δημιουργήσει στον αερισμό του υπαίθριου χώρου. Μια παρόμοια μορφή σκίασης μπορεί να επιτευχθεί με δέντρα, με το πλεονέκτημα του δροσισμού του αέρα, χωρίς να εμποδίζει την έκθεση στο χειμερινό ήλιο. Οριζόντια σκιάστρα, όπως πέργκολες, μπορούν να παρέχουν σκιά για περισσότερες ώρες την ημέρα και είναι χρήσιμα για τη σκίαση μονοπατιών και εν γένει, χώρων με επιμήκη διάταξη όπως πεζόδρομοι. Θα πρέπει όμως να κατασκευάζονται έτσι ώστε να αποφεύγεται ο εγκλωβισμός θερμού αέρα κάτω από την επιφάνεια του σκιάστρου.

Η κατεύθυνση των ανέμων (Wind channelling) το καλοκαίρι προς τον χώρο είναι σημαντική για την απαγωγή της θερμότητας από τον ανοιχτό χώρο. Για την ανακατεύθυνση του αέρα προς ορισμένες περιοχές του ανοιχτού χώρου μπορεί να χρησιμοποιηθούν κατακόρυφα πετάσματα ή βλάστηση. Επί πλέον, επιφάνειες νερού όπως λεπτά στρώματα τρεχούμενου νερού, καταρράκτες, λίμνες ή σιντριβάνια μπορούν να συνεισφέρουν στο δροσισμό του αέρα, σε συνδυασμό με τις τεχνικές αερισμού.

Τα υλικά των επιφανειών αποτελούν σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει τόσο το θερμικό όσο και το οπτικό περιβάλλον. Ανοιχτά χρώματα και ανακλαστικές επιφάνειες μπορεί να αποτρέψουν την υπερθέρμανση των επιφανειών, αλλά μπορεί να δημιουργήσουν θάμβωση και ανάκλαση της θερμότητας προς τους χρήστες του χώρου και τις επιφάνειες των γύρω κτιρίων. Αντιθέτως, σκουρόχρωμες επιφάνειες μπορεί να υπερθερμανθούν, όταν εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία. Η επικάλυψη επιφανειών με βλάστηση όχι μόνο εμποδίζει τις ανακλάσεις, αλλά και συνεισφέρει στο δροσισμό του αέρα μέσω εξατμισοδιαπνοής.

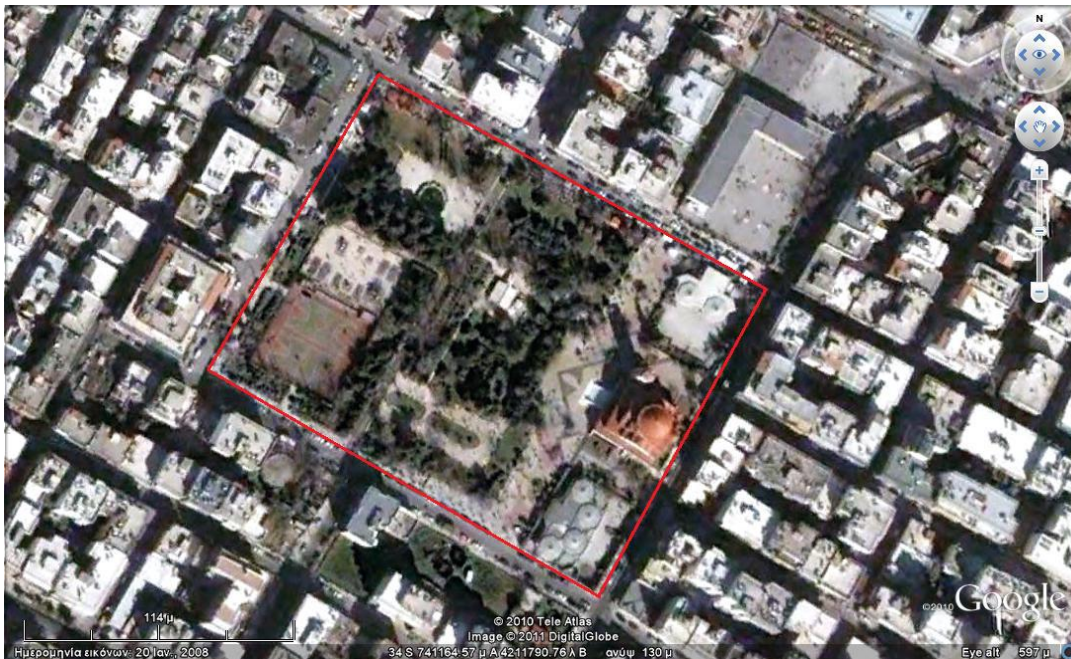
Το χειμώνα, ο βασικός στόχος του σχεδιασμού είναι η προστασία του ανοιχτού χώρου από τον κρύο αέρα και τη βροχή και η δυνατότητα έκθεσής του στον ήλιο. Ένα ενδιαφέρον παράδειγμα είναι αυτό των «βυθισμένων» υπαίθριων χώρων. Σε συνδυασμό με άλλα μέτρα, μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικοί για την ανεμοπροστασία, καθώς αφήνουν τον άνεμο να περνάει από πάνω τους. Φυλλοβόλα δέντρα επιτρέπουν την έκθεση στον ήλιο, αλλά τα αειθαλή είναι αποδοτικά ως ανεμοφράκτες.

Σχετικά με τον περιορισμό του θορύβου η βλάστηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φράγμα ήχου, παράλληλα με τη χρήση της για σκίαση ή προστασία από τον άνεμο. Βυθισμένοι ανοιχτοί χώροι είναι επίσης αποτελεσματικοί στη μείωση του θορύβου.

## **ΜΕΡΟΣ Β - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ & ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΕ ΥΠΑΙΘΡΙΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ**

### **1. Περιοχή Μελέτης**

Για την διερεύνηση των επιδράσεων του βιοκλιματικού σχεδιασμού των αστικών υπαίθριων χώρων, στην θερμική άνεση του ανθρώπου, επιλέχθηκε η πλατεία του Αγίου Ανδρέα στην περιοχή της Λαμπρινής, του Δήμου Αθηναίων. Η έκταση που καταλαμβάνει είναι περίπου 28 στρέμματα και αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες πλατείες της Αθήνας.



**Εικόνα 1: Πλατεία Αγίου Ανδρέα. Πηγή: Google Earth**

Η σημασία της πλατείας αυτής είναι σημαντική, καθώς βρίσκεται σε μια περιοχή αρκετά πυκνοκατοικημένη, κοντά στο κέντρο της Αθήνας, όπου χαρακτηρίζεται τόσο από τη έλλειψη ελεύθερων χώρων, όσο και από το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας.



**Εικόνα 2: Τμήμα της πλατείας του Αγίου Ανδρέα, στο ΒΔ άκρο της.**

Η διαμόρφωση της πλατείας ξεκίνησε το 1972 και από τότε, έχει υποστεί διάφορες προσθήκες και τμηματικές αναπλάσεις για να φτάσει στη σημερινή της μορφή. Ως αποτέλεσμα όλων αυτών των παρεμβάσεων είναι η δημιουργία μικρών επιμέρους τμημάτων χωρίς συνοχή. Εντός της πλατείας, βρίσκεται παιδική χαρά, γήπεδο μπάσκετ, αναψυκτήριο, ένας παιδικός σταθμός και η εκκλησία του Αγίου Ανδρέα.



**Εικόνα 3: Τμήμα της πλατείας στο ΝΑ πλευρά της.**

## 1.1 Κλιματικά δεδομένα περιοχής

Ο πλησιέστερος στην περιοχή μετεωρολογικός σταθμός βρίσκεται στην περιοχή της Ν. Φιλαδέλφειας και ανήκει στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Σύμφωνα με μετρήσεις που ελήφθησαν την περίοδο από 1955 έως 1997, προέκυψαν τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής, όπως φαίνονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Κλιματικά δεδομένα περιοχής. Πηγή: ΕΜΥ

	Μέση Θερμοκρασία (C°)	Μηνιαία	Μέση Υγρασία (%)	Μηνιαία	Μέση Ένταση Ανέμων (Kt)	Μηνιαία
Ιανουάριος	8,7		74,5		5,6	
Φεβρουάριος	9,3		72,7		6	
Μάρτιος	11,2		68,8		6,1	
Απρίλιος	15,3		61,7		5,3	
Μαΐος	20,7		53,9		5	
Ιούνιος	25,6		46,1		5,4	
Ιούλιος	26		43,1		6,7	
Αύγουστος	27,4		45,3		6,6	
Σεπτέμβριος	23,3		53,7		5,8	
Οκτώβριος	18,1		66,1		5,6	
Νοέμβριος	13,7		74,3		4,6	
Δεκέμβριος	10,3		76,1		4,8	



## **2. Μεθοδολογία**

### **2.1 Επιλογή σημείων μέτρησης**

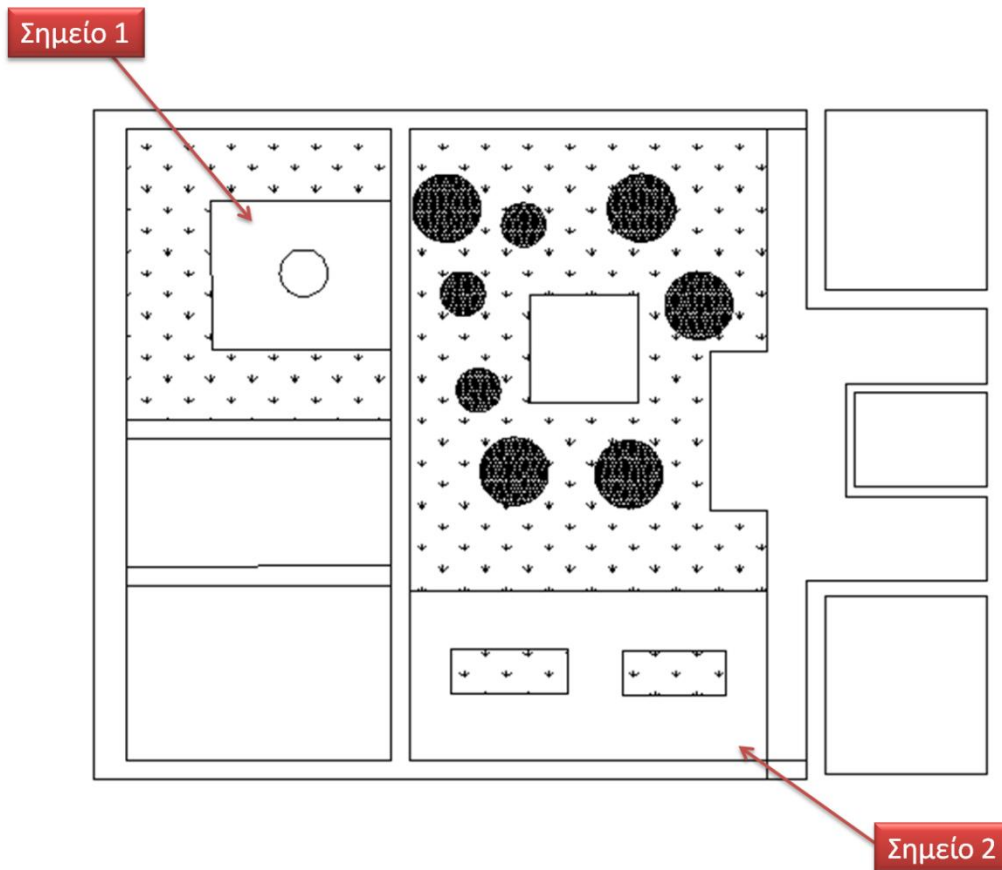
Στην έκταση που καταλαμβάνει η πλατεία του Αγίου Ανδρέα και που αποτελεί την περιοχή μελέτης, παρατηρούνται αρκετοί επιμέρους χώροι που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς την βιομετεωρολογική συμπεριφορά τους, καθώς φιλοξενούν διάφορες δραστηριότητες, αλλά κυρίως λόγω της διαφορετικής τους διαμόρφωσης.

Η επισκεψιμότητα των χώρων της πλατείας, παρουσιάζεται εντονότερη τους φθινοπωρινούς και ανοιξιάτικους μήνες και λιγότερο έντονη τους καλοκαιρινούς, κυρίως λόγω των έντονων συνθηκών θερμικής δυσφορίας.

Η επιλογή των σημείων μέτρησης στην συγκεκριμένη μελέτη έγινε με βάση τα ακόλουθα κριτήρια:

- Το είδος και το μέγεθος της φυτοκάλυψης
- Το είδος της εδαφοκάλυψης
- Την χρήση των δομικών υλικών
- Την επισκεψιμότητα του χώρου
- Την διαμόρφωση του χώρου
- Το ποσοστό σκίασης

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά, επιλέχθηκαν δύο σημεία.



Σχήμα 1 : Σημεία μέτρησης

Σημείο 1: Περιμετρικά, χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ξηροφυτικής βλάστησης, μεγάλου ύψους στην νότια και στην δυτική πλευρά του. Τα είδη που κυριαρχούν στις πλευρές αυτές είναι πεύκα (*Pinus halepensis*) και ελιές (*Olea europea*). Στην βόρεια πλευρά κυριαρχεί ποώδης βλάστηση με λίγα, διάσπαρτα δέντρα σφενδάμου (*Acer pseudoplatanus*) και λεύκες (*Populus alba*). Το εσωτερικό του χώρου καλύπτεται, σε όλη του σχεδόν την έκταση, από πλακόστρωτο, ενώ στο κεντρικό σημείο βρίσκεται σιντριβάνι που περιβάλλεται από χαμηλούς θάμνους.



**Εικόνα 4: Σημείο 1**

Σημείο 2: Χαρακτηρίζεται από πιο πυκνή, αρδευόμενη βλάστηση, τόσο περιμετρικά, όσο και στο εσωτερικό του χώρου. Τα δέντρα που κυριαρχούν είναι μικρότερου ύψους, αλλά σε πιο πυκνή διάταξη και η θαμνώδης βλάστηση είναι διαμορφωμένη σε μεγαλύτερο ύψος από το Σημείο 1. Επιπλέον, το πλακόστρωτο στο εσωτερικό του χώρου είναι περιορισμένο, λόγω της ύπαρξης στο κεντρικό σημείο δύο νησίδων βλάστησης. Τα είδη δέντρων που κυριαρχούν είναι ο βραχυχίτωνας (*Brachychiton populneus*), η ξηλοκερατιά (*Ceratonia siliqua*), η μουριά (*Morus alba*), η ακακία (*Acacia salinga*), ενώ οι θάμνοι που απαντώνται είναι: τεύκριο (*Teucrium fruticans*), λιγούστρα (*Ligustrum sp.*), ερώνυμα (*Euonymus sp.*), βιβούρνα (*Viburnum sp.*), αγγελικές (*Pittosporum tobira*) και κυδωνίαστρα (*Cotoneaster sp.*).



Εικόνα 5:Σημείο 2

## 2.2 Μετρήσεις

Οι μετρήσεις ελήφθησαν κατά τους μήνες Οκτώβριο και Νοέμβριο. Το δίμηνο αυτό για τις συνθήκες της Ελλάδας και ιδιαίτερα της Αττικής, χαρακτηρίζεται ως θερμή περίοδος. Επιπλέον, κατά το χρονικό διάστημα των μετρήσεων, επικράτησαν ασυνήθιστα υψηλές θερμοκρασίες για την εποχή. Οι ώρες της ημέρας που ελήφθησαν μετρήσεις είναι από τις 9:00 πμ έως τις 15:00 μμ, ενώ για την διερεύνηση της συμπεριφοράς των επιφανειών ελήφθησαν μετρήσεις από τις 10:00 πμ έως τις 21:00 μμ.

Παράλληλα με τις μετρήσεις των μικρομετεωρολογικών παραμέτρων, συμπληρώθηκαν από τους χρήστες του χώρου συνολικά 404 ερωτηματολόγια που αφορούσαν στην αίσθηση του κόσμου για τις μικρομετεωρολογικές συνθήκες.

## 2.3 Περιγραφή φορητής μονάδας

Για την λήψη των μετρήσεων των μικρομετεωρολογικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε κινητή μονάδα, όπως φαίνεται και στην εικόνα 6, η οποία περιελάμβανε τους παρακάτω αισθητήρες:

- θερμόμετρο-υγρόμετρο
- ανεμόμετρο
- αλμπεντόμετρο
- πυραδιόμετρο
- θερμόμετρο μελανής σφαίρας
- θερμόμετρα επιφανειών

Όλοι οι αισθητήρες συνδέθηκαν σε ένα ψηφιακό καταγραφέα μετρήσεων (data logger-DL2e) της εταιρείας Delta-T devices. Το DL2e είναι συμβατό με κάθε τύπου όργανο, αφού μπορεί και αποδίδει τα δεδομένα, όταν αυτά προέρχονται από ηλεκτρική τάση, από θερμική αντίσταση, από συχνότητα, ή από μία απλή αλλαγή κατάστασης. Το καταγραφικό διαθέτει το απαραίτητο λειτουργικό σύστημα ώστε καταγράφει και να αποθηκεύει έως και 128 χιλιάδες διαφορετικές μετρήσεις, καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, κάτω από διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες.



**Εικόνα 6: Φορητή μονάδα**

*Θερμόμετρο-υγρόμετρο:* Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της υγρασίας και της θερμοκρασίας είναι το RHT2 της εταιρείας Delta-T devices. Το RHT2 περιέχει ενσωματωμένους δύο αισθητήρες για την μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας και παρέχει δύο σήματα εξόδου, ένα για κάθε αισθητήρα. Ο αισθητήρας θερμοκρασίας είναι τύπου Thermistor. Μπορεί και καταγράφει τιμές, οι οποίες κυμαίνονται από  $-20^{\circ}\text{C}$  έως  $+80^{\circ}\text{C}$  και η ευαισθησία του είναι της τάξης των 10 mV. Το γεγονός αυτό μας καταδεικνύει τη μεγάλη ακρίβεια του οργάνου που ισούται με  $\pm 0,5\%$  της ένδειξης. Η όποια απόκλιση των οργάνων είναι δικαιολογημένη και έως ένα βαθμό επιθυμητή, καθώς αυτή εξαλείφεται με την βαθμονόμηση που ακολούθησε της διαδικασίας και θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Το υγρόμετρο είναι το όργανο με το οποίο μετράμε τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος αέρα. Αυτό μπορεί να γίνει και με το ξηρό-υγρό θερμόμετρο αλλά η διαδικασία γίνεται πολύ πιο εύκολα με τα υγρόμετρα τα οποία μας παρέχουν απευθείας

την τιμή της σχετικής υγρασίας. Στο εσωτερικό του οργάνου συνήθως υπάρχουν τρίχες οι οποίες ανάλογα με τα ποσοστά της σχετικής υγρασίας συστέλλονται (χαμηλή υγρασία) ή διαστέλλονται (υψηλή υγρασία). Μέσω κατάλληλης διάταξης μοχλών η κίνηση αυτή μεταδίδεται σε ένα δείκτη ο οποίος πάνω σε μία βαθμονομημένη κλίμακα μας δείχνει τα ακριβή ποσοστά της σχετικής υγρασίας. Έτσι, το υγρόμετρο ή υγρασιόμετρο κατέχει ένα εύρος μετρήσεων από 0 έως 100% της υγρασίας περιβάλλοντος. Η απόκλιση του οργάνου μετρημένη στους 23°C, ισούται με +/- 2% RH και η ευαισθησία του είναι της τάξης των 10 mV.

Τέλος, ο χρόνος απόκρισης τόσο στο θερμοόμετρο, όσο και στο υγρόμετρο είναι  $t < 10s$ .

*Αλμπεντόμετρο:* Για τη μέτρηση της ακτινοβολίας χρησιμοποιήσαμε το αλμπεντόμετρο, το οποίο μετρά τόσο την προσπίπτουσα ακτινοβολία, όσο και την ανακλώμενη (μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία). Το αλμπεντόμετρο περιέχει και ένα ειδικό gel στο εσωτερικό του, που σκοπό έχει να απορροφήσει κάθε υγρασία που ενδεχομένως προκύψει και παρεμποδίζει το θόλωμα της γυάλινης επιφάνειας. Ακόμη, το εύρος λειτουργίας υπολογίζεται από 0 έως 2000 W/m<sup>2</sup> και η αντίστοιχη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας από 0,305 έως 2,8 μm. Σημαντικός παράγοντας που αποδεικνύει την ακριβή μέτρηση που λαμβάνει το αλμπεντόμετρο είναι η μεγάλη του ευαισθησία που κυμαίνεται από 9 έως 15 μV ή W/m<sup>2</sup>.

*Θερμόμετρα επιφανειών:* Ο δέκτης της θερμοκρασίας εδάφους και ο αντίστοιχος δέκτης της θερμοκρασίας επιφάνειας ακολουθούν τις ίδιες προδιαγραφές. Η αντίσταση που περιλαμβάνουν είναι μετρημένη στα 2000 Ohm σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C. Η σταθερότητα των οργάνων υπολογίζεται στους +/- 0,2°C για κάθε οχτώ χρόνια με μια μέση λειτουργία στους 25°C. Η συνολική ακρίβεια με την οποία καταγράφουν τις θερμοκρασίες και τα δύο όργανα έχει υπολογιστεί ως +/- 0,1°C σε θερμοκρασία λειτουργίας από 0-70°C.

*Ανεμόμετρο:* Το ανεμόμετρο είναι το όργανο με οποίο μετράμε την ένταση του ανέμου. Ο πιο διαδεδομένος τύπος ανεμομέτρου είναι το κυπελλοφόρο ανεμόμετρο το οποίο αποτελείται από τρία ημισφαιρικά κύπελλα τα οποία περιστρέφονται λόγω του ανέμου. Η περιστροφή αυτή μέσω ενός κατακόρυφου άξονα μεταδίδεται στη συσκευή, με τη βοήθεια της οποίας διαβάζουμε την ένταση του ανέμου σε μποφόρ, κόμβους, km/h ή m/s. Το ανεμόμετρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν κυπελλοφόρο με μεγάλη ακρίβεια (+/- 0,3) και το εύρος των μετρήσεων του υπολογίζεται από 0.3 έως 75 m/s.

## 2.4 Βαθμονόμηση Οργάνων

### *Βαθμονόμηση Αισθητήρων Θερμοκρασίας*

Για την βαθμονόμηση των αισθητήρων θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκε υδρόψυκτος θάλαμος βαθμονόμησης τριπλού σημείου ύδατος. Ο θάλαμος αυτός διαθέτει ειδική υποδοχή στον οποίο τοποθετούνται οι προς βαθμονόμηση αισθητήρες μαζί με πρότυπο θερμόμετρο το οποίο υπακούει στην Διεθνή Κλίμακα Θερμοκρασίας 1990 (ITS-90). Στη συνέχεια ρυθμίζεται η θερμοκρασία του θαλάμου και λαμβάνονται μετρήσεις σε διάφορα σημεία σύγκρισης που καλύπτουν την ζητούμενη περιοχή τιμών. Σε κάθε σημείο καταγράφονται οι ενδείξεις όλων των αισθητήρων έτσι ώστε να προσδιοριστεί η σχέση των αισθητήρων με την Διεθνή Κλίμακα Θερμοκρασίας 1990.

Για τους σκοπούς τις παρούσας εργασίας και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θα λαμβάνονταν οι μετρήσεις πεδίου, επιλέχθηκαν πέντε σημεία σύγκρισης και καταγράφηκαν οι αντίστοιχες τιμές, ως ακολούθως:

Αισθητήρας	Σημείο 1° : -1,5 °C	Σημείο 2° : 5 °C	Σημείο 3° : 15 °C	Σημείο 3° : 24 °C	Σημείο 5° : 25 °C	Σημείο 6° : 40 °C
Πρότυπο	-0,83	5,14	14,80	23,68	24,59	39,20
Thermistor	-0,31	5,27	14,28	23,31	23,89	38,12
Tglobe	0,68	6,77	16,22	24,94	25,85	40,32
IRT	-0,22	5,7	15,15	23,95	24,69	39,08
TG2				23,76	24,65	39,37
TSS				23,69	24,54	39,09

Μετά την συμπλήρωση της συλλογής των στοιχείων, τα αποτελέσματα αναλύονται ώστε να εξαχθεί η καλύτερη δυνατή σχέση μεταξύ των θερμομέτρων και ITS-90. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι στατιστικές συναρτήσεις του λογισμικού EXCEL.

Η διαδικασία ανάλυσης είναι η ακόλουθη:

- Στρογγυλοποιούνται οι ενδείξεις στο όριο ακρίβειας των οργάνων.
- Υπολογίζονται οι διορθώσεις σύμφωνα με τη σχέση :  $\Delta T = T_{\text{πρωτ}} - T_{\text{θερμ}}$ , για κάθε θερμόμετρο.



- Πραγματοποιείται ανάλυση πολλαπλής παλινδρόμησης, προσαρμόζοντας πολυωνυμική συνάρτηση 1<sup>ου</sup> βαθμού στις διορθώσεις  $\Delta T$ , με ανεξάρτητη μεταβλητή τις ενδείξεις του προς βαθμονόμηση θερμομέτρου.

Μετά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, προέκυψαν οι ακόλουθοι διορθωτικοί συντελεστές για κάθε αισθητήρα:

Thermistor:  $\Delta T = -0,34647 + 0,039194 * T_{air}$

Tglobe:  $\Delta T = -1,47 + 0,000006 * T_{globe}$

IRT:  $\Delta T = -0,64 + 0,019 * IRT$

όπου  $T_{air}$  η έξοδος του αισθητήρα θερμοκρασίας αέρα,  $T_{globe}$  η έξοδος του θερμομέτρου μελανής σφαίρας και  $IRT$  η έξοδος του θερμομέτρου του πυραδιόμετρου. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας εδάφους TG2 και θερμοκρασίας επιφάνειας TSS, συμφωνούσαν με τις τιμές του πρότυπου θερμομέτρου και δεν απαιτούν συντελεστή διόρθωσης.

### ***Βαθμονόμηση Υγρομέτρου***

Για την ρύθμιση του υγρομέτρου χρησιμοποιήθηκαν κεκορεσμένα διαλύματα εργασίας, των οποίων οι τάσεις των υδρατμών είναι ιχνηλάσιμες. Ο αισθητήρας τοποθετείται διαδοχικά στα διαλύματα υψηλής και χαμηλής σχετικής υγρασίας και καταγράφονται οι αποκλίσεις μεταξύ της ένδειξης του αισθητήρα και της τυπικής τιμής της σχετικής υγρασίας πάνω από το διάλυμα, για την συγκεκριμένη θερμοκρασία.

Τα διαλύματα που χρησιμοποιούνται είναι τα ακόλουθα:

- Κεκορεσμένο διάλυμα θειικού καλίου ( $K_2SO_4$ ).

Καθαρότητα άλατος: >99% (ACS,ISO)

Εύρος σχετικής υγρασίας: 98,2% έως 96,1% (10 °C έως 45 °C)

Χρόνος αποκατάστασης ισορροπίας: 8 hours

- Κεκορεσμένο διάλυμα χλωριούχου νατρίου (NaCl).

Καθαρότητα άλατος: >99,5% (ACS,ISO)

Εύρος σχετικής υγρασίας: 75,7% έως 74,5% (10 °C έως 45 °C)

Χρόνος αποκατάστασης ισορροπίας: 5 min

- Κεκορεσμένο διάλυμα χλωριούχου λιθίου (LiCl).

Καθαρότητα άλατος: >98%

Εύρος σχετικής υγρασίας: 11,3% έως 11,2% (10 °C έως 45 °C)

Χρόνος αποκατάστασης ισορροπίας: 5 min

Η ενδείξεις του υγρομέτρου και οι τυπικές τιμές τις σχετικής υγρασίας των διαλυμάτων, φαίνονται στον πίνακα:

Διάλυμα	Θερμοκρασία	Τιμή αναφοράς	Ένδειξη Υγρομέτρου
NaCl	24 °C	75,4%	68,9%
LiCl	24 °C	11,3%	13,75%
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24 °C	97,3%	95,7%

Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι αποκλίσεις και με τη μέθοδο της παλινδρόμησης υπολογίστηκε ο διορθωτικός συντελεστής:  $x = -2,114 + 0,067x$ , όπου x η έξοδος του υγρομέτρου.

### ***Βαθμονόμηση Οργάνων Ηλιακής Ακτινοβολίας***

Σκοπός της βαθμονόμησης των οργάνων μέτρησης της ηλιακής ακτινοβολίας, είναι ο προσδιορισμός της σχέσης τους ως προς την ισχύουσα Διεθνή Πρακτική Κλίμακα Θερμοκρασίας (IPTS) ή την Παγκόσμια Ραδιομετρική Κλίμακα (WRR). Ο αριθμός των σημείων σύγκρισης, καθορίζεται από τα αντίστοιχα διεθνή πρότυπα.

Τα προς βαθμονόμηση όργανα τοποθετούνται σε οριζόντια επιφάνεια κοντά στο πρότυπο όργανο και σε κατά το δυνατόν οριζόντια θέση. Για σταθερά ανέφελο ουρανό λαμβάνονται στιγμιαίες μετρήσεις της ηλεκτρικής τάσης στην έξοδο των οργάνων. Για την βαθμονόμηση του αλμπεντόμετρου και του πυραδιόμετρου, ελήφθησαν 30 ομάδες των 21 σημείων για κάθε έξοδο του οργάνου (albur, albdwn, pirup, pirdwn) σε διάστημα δύο ημερών. Με την συμπλήρωση της συλλογής των στοιχείων, έγινε η ανάλυση των αποτελεσμάτων, έτσι ώστε να εξαχθεί η σχέση μεταξύ του πρότυπου οργάνου και των υπό βαθμονόμηση οργάνων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν οι στατιστικές αναλύσεις του λογισμικού EXCEL.

Η διαδικασία ανάλυσης και για τα δύο όργανα, είναι η ακόλουθη:

Για την μέτρηση  $i$  κάθε ομάδας μετρήσεων  $j$ , υπολογίστηκαν οι λόγοι:

$$F(ij) = \frac{V_R(ij)}{V_F(ij)} \cdot F_R$$

όπου  $V_R(ij)$  και  $V_F(ij)$  οι τάσεις εξόδου του πρότυπου και του υπό βαθμονόμηση οργάνου αντίστοιχα και  $F_R$  ο συντελεστής βαθμονόμησης του πρότυπου οργάνου σε  $W/m^2/\mu V$ .

Για κάθε  $n$  ομάδα μετρήσεων,  $j$ , υπολογίστηκαν οι συντελεστές βαθμονόμησης του οργάνου :

$$F(j) = \frac{F_R \sum_{i=1}^n V_R(ij)}{\sum_{i=1}^n V_F(ij)}$$

Μετρήσεις για τις οποίες ο συντελεστής  $F(ij)$  διέφερε από τον αντίστοιχο  $F(j)$  περισσότερο από  $\pm 2\%$  απορρίφθηκαν και η διαδικασία υπολογισμού των  $F(j)$ , επαναλήφθηκε.

Ο τελικός συντελεστής βαθμονόμησης προέκυψε από την μέση τιμή των συντελεστών  $F(j)$ , ως ακολούθως:

#### Αλμπεντόμετρο

- Προσπίπτουσα (Albur): 26,46

Η τελική τιμή του οργάνου προκύπτει από τη σχέση:  $x1000/26,46$

- Ανακλόμενη (Albdown): 11,02

Η τελική τιμή του οργάνου προκύπτει από τη σχέση:  $x1000/11,02$

όπου  $x$  η έξοδος του οργάνου.

#### Πυραδιόμετρο

- Ανακλόμενη (IRUP): 57,5763

Η τελική τιμή του οργάνου προκύπτει από τη σχέση:

$$IRUP = (x1000/57,5763) + \sigma T_{IR}^4 - Albur$$

- Εκπεμπόμενη (IRDN): 47,76

Η τελική τιμή του οργάνου προκύπτει από τη σχέση:

$$IRDN = (x1000/47,76) + \sigma T^4 - Albdown$$

όπου

x: η έξοδος του οργάνου

$\sigma$ :  $5,58 \cdot 10^{-8}$ , σταθερά

$T_{IR}$ : η θερμοκρασία του οργάνου.

## 2.5 Ερωτηματολόγια

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων, συμπληρώθηκαν από τους χρήστες του χώρου συνολικά 404 ερωτηματολόγια, που αφορούσαν στην πραγματική θερμική αίσθηση του κάθε ερωτώμενου σε σχέση με την φυσική του κατάσταση και την δραστηριότητά του. Τα ερωτηματολόγια σχεδιάστηκαν με βάση τους αντικειμενικούς σκοπούς της παρούσας έρευνας, καθώς και αντίστοιχες μελέτες από την διεθνή βιβλιογραφία. Κάθε ερωτηματολόγιο αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη ώρα μετρήσεων έτσι ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση με τις μετρήσεις των οργάνων και κατ' επέκταση με τους θεωρητικούς δείκτες θερμικής άνεσης για μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Το κάθε ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από τρία τμήματα. Το πρώτο αφορούσε σε παρατηρήσεις σχετικά με:

- τη θέση του ερωτώμενου στον χώρο
- τον ρουχισμό
- τη δραστηριότητα που εκτελούσε λίγο πριν την συνέντευξη
- την ηλικία και το φύλο
- το χρώμα του δέρματος
- τη χρονική διάρκεια που βρίσκεται στον χώρο
- την κατανάλωση τροφίμων και ποτών

Το δεύτερο τμήμα του ερωτηματολογίου περιελάμβανε ερωτήσεις σχετικά με την αντίληψη του κάθε ανθρώπου για το θερμικό περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, ζητήθηκε από τους ερωτώμενους να χαρακτηρίσουν τις παρακάτω παραμέτρους:

- Τη θερμοκρασία σε μια κλίμακα από το 1-πολύ κρύο μέχρι το 5-πολύ ζέστη
- Την υγρασία, από το 1-πολύ υγρή έως το 5-πολύ ξηρή
- Την ηλιακή ακτινοβολία, από το 1-μουντή έως 5-πολύ έντονη
- Τον άνεμο, από το 1-άπνοια έως το 5-πολύ δυνατός.

Στη συνέχεια, ζητήθηκε από τους ερωτώμενους να αναφέρουν την πιο δυσάρεστη μετεωρολογική παράμετρο.

Το τελευταίο τμήμα του ερωτηματολογίου, περιελάμβανε ερωτήσεις σχετικά με την αντίληψη του ερωτώμενου για τον χώρο. Οι ερωτήσεις αυτές αφορούσαν:

- Τη διαμόρφωση του χώρου
- Τη χρησιμότητα του χώρου
- Τη συχνότητα με την οποία επισκέπτεται τον χώρο

## **2.6 Επιλογή Βιομετεωρολογικού Δείκτη**

Για την αξιολόγηση των συνθηκών θερμικής άνεσης στις δύο διαφορετικές θέσεις της προς μελέτη περιοχής, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης PET-Physiological Equivalent Temperature. Τα κριτήρια με τα οποία έγινε η επιλογή του συγκεκριμένου δείκτη είναι η διαδεδομένη χρήση του από την επιστημονική κοινότητα σε ανάλογες μελέτες τα τελευταία χρόνια και το γεγονός ότι αποτελεί ένα δείκτη που λαμβάνει υπόψη του το θερμικό ισοζύγιο του ατόμου.

Ο PET ορίζεται ως η θερμοκρασία αέρος σε συνθήκες εσωτερικού περιβάλλοντος, στην οποία η ανθρώπινη θερμική ενέργεια είναι ισορροπημένη με την ίδια επιδερμική θερμοκρασία και ρυθμό εφίδρωσης όπως στις υπολογισμένες εξωτερικές συνθήκες (Mayer and Matzarakis, 1997). Η βασική ιδέα δημιουργίας του PET ήταν η μεταφορά των πραγματικών βιομετεωρολογικών συνθηκών σε ένα ισοδύναμο εσωτερικό περιβάλλον, που προκαλεί την ίδια θερμική αίσθηση.

Για τον υπολογισμό του απαιτούνται δεδομένα θερμοκρασίας, υγρασίας, ακτινοβολιών, ταχύτητας ανέμου, καθώς και των χαρακτηριστικών του υποκειμένου (του ανθρώπου που δέχεται την επίδραση των μετεωρολογικών συνθηκών). Ο PET

υπολογίζεται μέσω των εξισώσεων του μοντέλου MEMI, οι οποίες μπορούν να ενσωματωθούν σε εύχρηστα λογισμικά όπως το Rayman 1.2.

Για την παρούσα μελέτη και με βάση την εποχή κατά την οποία διεξήχθησαν οι μετρήσεις, δεχόμαστε ότι η δραστηριότητα ενός ανθρώπου ύψους 1,75m, βάρους 75Kgr και ηλικίας 35 ετών είναι ίση με 65 W και αντίσταση στη μεταφορά θερμότητας λόγω του ρουχισμού είναι 0,65 clo.

Η σχέση των τιμών του PET με την θερμική αίσθηση του ανθρώπου φαίνονται στον Πίνακα 2. Η κατηγοριοποίηση αυτή έγινε με βάση δεδομένα ατόμων στην Κεντρική Ευρώπη (Matzarakis, 1999). Οι Lin και Matzarakis (2008) έδωσαν κατηγοριοποίηση του PET για την Ταϊβάν. Οι Tseliou et al. (2010) ανέπτυξαν διορθωτικές εξισώσεις του PET, για διάφορες περιοχές της Ευρώπης με βάση την εποχιακή θερμοκρασία αέρος.

**Πίνακας 2: Σχέση Θερμικής αίσθησης - δείκτη PET (Matzarakis, 1999)**

PET (°C)	Θερμική Αίσθηση
4	Πολύ Κρύο
8	Κρύο
13	Δροσερό
18	Ελαφρά Δροσερό
23	Θερμικά Ουδέτερο
29	Ελαφρά Θερμό
35	Θερμό
41	Πολύ Ζεστό
	Πάρα Πολύ Ζεστό

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε η ανωτέρω κατηγοριοποίηση για λόγους που θα αναφερθούν στο κεφάλαιο 3.4.

Επιπλέον του δείκτη PET κρίθηκε σκόπιμο να υπολογισθούν και οι βιομετεωρολογικοί δείκτες PMV (Predicted Mean Vote) και SET (Standard Effective Temperature) οι οποίοι λαμβάνουν υπόψη τους το θερμικό ισοζύγιο του ατόμου.

Ο δείκτης PMV ορίζεται ως ο προβλεπόμενος θερμικός δείκτης ενός συνόλου ατόμων οι οποίοι εκτίθενται σε ένα καθορισμένο περιβάλλον και βασίζεται σε ένα στατιστικής κατάστασης μοντέλο θερμικής μεταφοράς μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντος. Οι τιμές του δείκτη PMV ταξινομούνται σύμφωνα με την επταβάθμια κλίμακα της ASHRAE (Fanger, 1972) όπως δίνονται στον Πίνακα 3.

**Πίνακας 3: Ταξινόμηση των τιμών του δείκτη PMV σύμφωνα με την επταβάθμια κλίμακα της ASHRAE (Fanger,1972)**

Τιμές PMV	Ανθρώπινη θερμική αίσθηση
+3	Πολύ ζεστό
+2	Ζεστό
+1	Ελαφρά Ζεστό
0	Θερμικά ουδέτερο
-1	Ελαφρά δροσερό
-2	Δροσερό
-3	Κρύο

Ο δείκτης SET παρουσιάζει αριθμητικά την αίσθηση θερμικής καταπόνησης για συγκεκριμένα άτομα κάτω από διάφορες συνθήκες. Έχει το πλεονέκτημα οποιασδήποτε σύγκρισης μεταξύ περιβαλλόντων και οποιουδήποτε συνδυασμού με εισαγόμενες φυσικές μεταβλητές, αλλά και το μειονέκτημα του σταθερού ατόμου. Οι τιμές του δείκτη SET δίνονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Συσχέτιση τιμών SET-Θερμικής αίσθησης

Τιμές SET(°C)	Θερμική αίσθηση
40	Πολύ ζεστό (περιορισμένη αντοχή)
35	Ζεστό (ελαφρά δυσαρέσκεια)
30	Ελαφρά Ζεστό
25	Ουδέτερο (θερμική άνεση)
20	Ελαφρά δροσερό
15	Δροσερό (ελαφρά δυσαρέσκεια)
10	Κρύο
5	Πολύ κρύο (δυσαρέσκεια)

## 2.7 Το μοντέλο - λογισμικό RAYMAN 1.2.

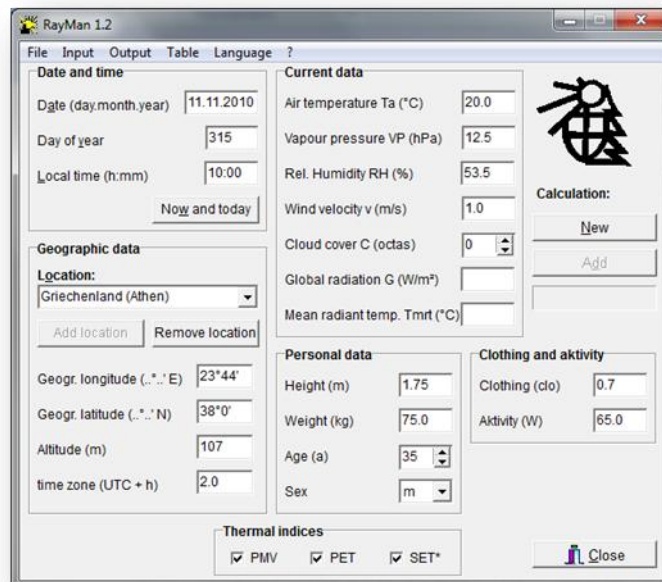
Για τον υπολογισμό του δείκτη PET χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο λογισμικό Rayman 1.2. Το παραθυρικό αυτό λογισμικό δημιουργήθηκε στο Μετεωρολογικό Ινστιτούτο του Πανεπιστημίου του Freiburg, της Γερμανίας από τους F. Rutz, A. Matzarakis και H. Mayer. Αρχικά δημιουργήθηκε για να γίνει μέσω αυτού μοντελοποίηση της παραμέτρου Mean Radiant Temperature σε αστικά περιβάλλοντα και για να είναι δυνατοί οι υπολογισμοί θερμικών δεικτών όπως ο PMV, ο PET κ.α.

Το λογισμικό Rayman 1.2 είναι σχεδιασμένο για να λειτουργεί σε περιβάλλον Microsoft Windows και είναι ιδιαίτερα εύχρηστο. Οι παράμετροι που μπορούν να εισαχθούν σε αυτό ως είσοδοι, μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις βασικές ομάδες:

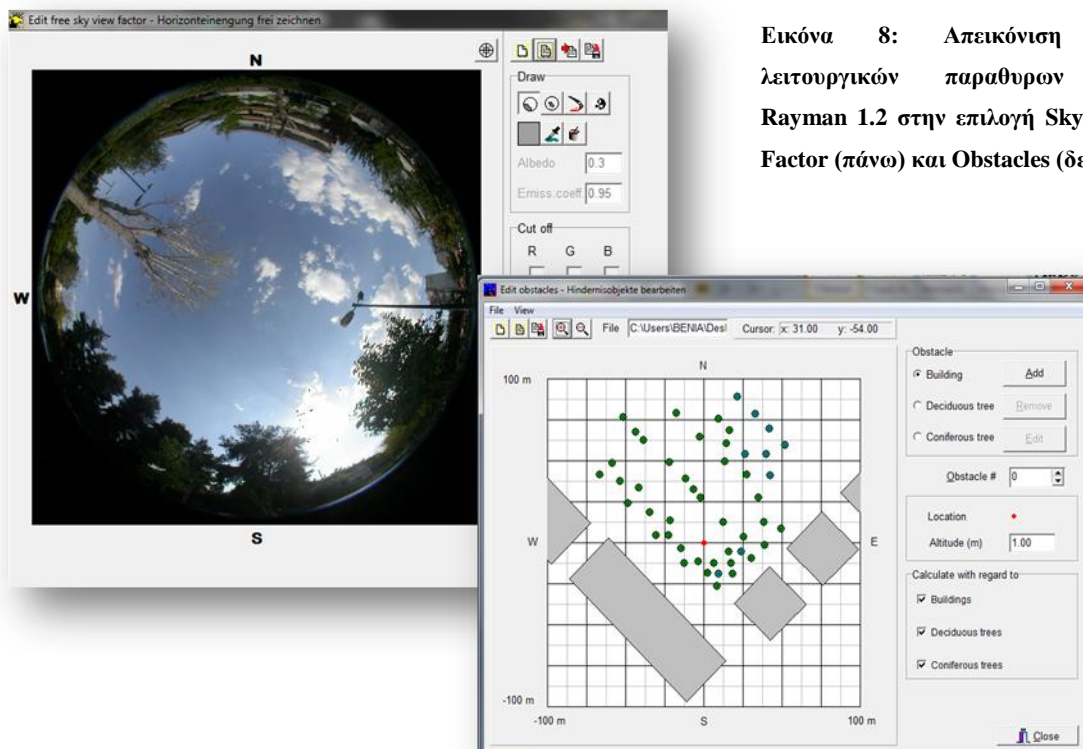
- Μετεωρολογικά δεδομένα
- Δεδομένα γεωμετρικής-τοπογραφικής διαμόρφωσης περιβάλλοντος
- Δεδομένα που σχετίζονται με τον ανθρώπινο οργανισμό



Πιο αναλυτικά, τα Μετεωρολογικά δεδομένα μπορεί να είναι η θερμοκρασία αέρα  $T_a$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), η τάση ατμών VP (hPa), η σχετική υγρασία RH (%), η ταχύτητα ανέμου  $v$  (m/s), η νέφωση C (octas), η ολική ακτινοβολία G ( $\text{w}/\text{m}^2$ ) και η  $T_{\text{mrt}}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) (Εικόνα 7).

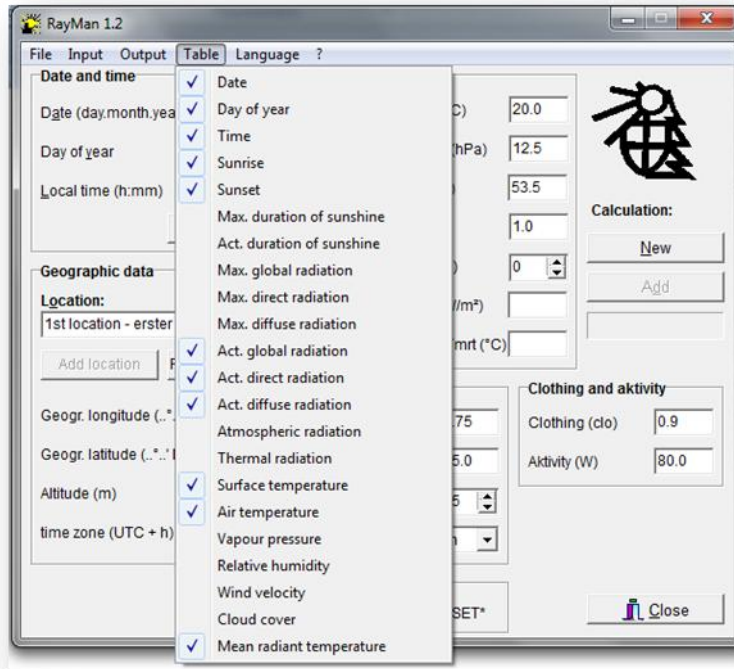


Εικόνα 7: Επισκόπηση του περιβάλλοντος εργασίας του Rayman 1.2



Εικόνα 8: Απεικόνιση των λειτουργικών παραθύρων του Rayman 1.2 στην επιλογή Sky View Factor (πάνω) και Obstacles (δεξιά)

Ως δεδομένα διαμόρφωσης του περιβάλλοντος μπορεί να εισαχθούν κατάλληλες ψηφιακές φωτογραφίες για τον υπολογισμό του SVF, το ανάγλυφο του εδάφους και τα εμπόδια του περιβάλλοντος χώρου (Εικόνα 8).



Εικόνα 9: Καρτέλα επιλογής των παραμέτρων που υπολογίζει το μοντέλο

Ως δεδομένα σχετιζόμενα με τον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να εισαχθούν το ύψος, το βάρος, το φύλλο, ο συντελεστής ένδυσης και η δραστηριότητα του ατόμου. Τέλος εισάγονται ο χρόνος, το υψόμετρο της περιοχής και το γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Οι έξοδοι του Rayman 1.2 είναι κυρίως οι δείκτες PET, PMV και SET\*. Πολλές από τις παραμέτρους εισόδου μπορούν να εκτιμηθούν από το μοντέλο σε περίπτωση που δεν υπάρχουν για αυτές διαθέσιμα δεδομένα (Εικόνα 9).

### 3. Ανάλυση πειραματικών δεδομένων

Κατά τη διάρκεια των μηνών Οκτωβρίου και Νοεμβρίου 2010, λήφθηκαν μετρήσεις των μετεωρολογικών παραμέτρων για συνολικά 11 ημέρες, 6 ημέρες στο σημείο 1 και 5 στο σημείο 2. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στους παρακάτω πίνακες. Οι ώρες των μετρήσεων που αναφέρονται, αντιστοιχούν σε χειμερινή ώρα. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν είναι:

- Tair: Μέση ωριαία θερμοκρασία αέρα ( $^{\circ}\text{C}$ )
- RH: Μέση ωριαία σχετική υγρασία (%)
- MTglobe: Μέση ωριαία θερμοκρασία σφαίρας( $^{\circ}\text{C}$ )
- MGR: Μέση ωριαία ολική ακτινοβολία ( $\text{W}/\text{m}^2$ )
- Malb: Μέση ωριαία ανακλώμενη ακτινοβολία( $\text{W}/\text{m}^2$ )
- MIRUP: Μέση ωριαία εξερχόμενη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία( $\text{W}/\text{m}^2$ )
- MIRDN: Μέση ωριαία εισερχόμενη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία( $\text{W}/\text{m}^2$ )
- wdsp: Μέση ωριαία ταχύτητα ανέμου (m/s)
- MTG2: Μέση ωριαία θερμοκρασία φυτοκαλυμμένης επιφάνειας εδάφους ( $^{\circ}\text{C}$ )
- MTSS: Μέση ωριαία θερμοκρασία πλακόστρωτης επιφάνειας ( $^{\circ}\text{C}$ )

### 3.1 Σημείο 1 (S1)

Πλατεία Λαμπρινής  
Σημείο 1(S1)

**SVF: 0,608**



### 3.1.1 Ημέρα 1<sup>η</sup>-5.10.2010 (S1D1)

Πίνακας 5 : Αποτελέσματα μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων για την 1η ημέρα στο σημείο 1

Date	Time	Tair (°C)	RH (%)	Mtglobe (°C)	MGR (w/m <sup>2</sup> )	Malb (w/m <sup>2</sup> )	MIRUP(w /m <sup>2</sup> )	MIRDN (w/m <sup>2</sup> )	wdsp (m/s)	MTG2 (°C)	MTSS (°C)
5.10.2010	10:00	22,0	49,7	30,2	162,9	236,7	576,9	348,3	0,6	22,4	22,2
5.10.2010	11:00	24,5	43,5	37,2	260,9	368,3	748,4	304,0	0,7	25,5	26,0
5.10.2010	12:00	26,2	34,8	42,9	322,1	477,7	776,6	274,8	0,6	27,9	29,2
5.10.2010	13:00	27,0	34,5	42,6	296,8	474,1	728,3	233,0	0,9	28,5	32,3
5.10.2010	14:00	25,6	37,6	32,2	110,0	201,5	536,3	414,8	0,6	27,4	29,3
5.10.2010	15:00	25,0	36,7	31,3	88,7	170,4	542,3	429,9	0,7	26,8	28,0

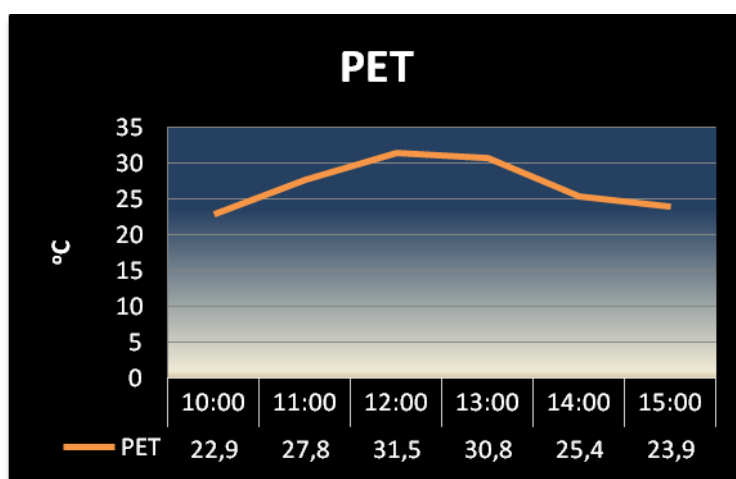
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5, η θερμοκρασία αέρα (Tair) εμφανίζεται ιδιαίτερα υψηλή για την εποχή, με μέγιστη ωριαία τιμή τους 27 °C που σημειώνεται στις 13:00 και ελάχιστη τους 22 °C που παρατηρείται στις 10:00. Ως προς τη Σχετική Υγρασία (RH), η μέγιστη ωριαία τιμή καταγράφηκε στις 10:00 και είναι 49,7% και η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στις 13:00 και είναι 34,5%. Η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας μέλανος σώματος (Tglobe) παρατηρείται στις 12:00 και είναι 42,9 °C. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι τιμές της εισερχόμενης ολικής ακτινοβολίας (GR) που λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στις 12:00 και η τιμή της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας (IRDN) που παρουσιάζει μέγιστο στις 15:00. Τέλος, η θερμοκρασία φυτοκαλυμμένου εδάφους (TG2) παρουσιάζεται μικρότερη από την θερμοκρασία πλακόστρωτης επιφάνειας (TSS).

Πίνακας 6: S1D1 - αποτελέσματα μέσω του μοντέλου Rayman

date	time h:mm	Gact W/m <sup>2</sup>	Sact W/m <sup>2</sup>	Dact W/m <sup>2</sup>	Ts °C	Tmrt °C	PMV	PET °C	SET* °C
5.10.2010	10:00	163	130	33	26.1	29.0	-0.1	22.9	20.3
5.10.2010	11:00	261	209	52	31.4	36.5	0.9	27.8	24.0
5.10.2010	12:00	322	258	64	35.2	41.0	1.7	31.5	27.1
5.10.2010	13:00	297	237	59	34.4	40.2	1.6	30.8	26.2
5.10.2010	14:00	110	88	22	27.9	29.0	0.5	25.4	21.9
5.10.2010	15:00	89	71	18	26.5	27.2	0.2	23.9	20.6

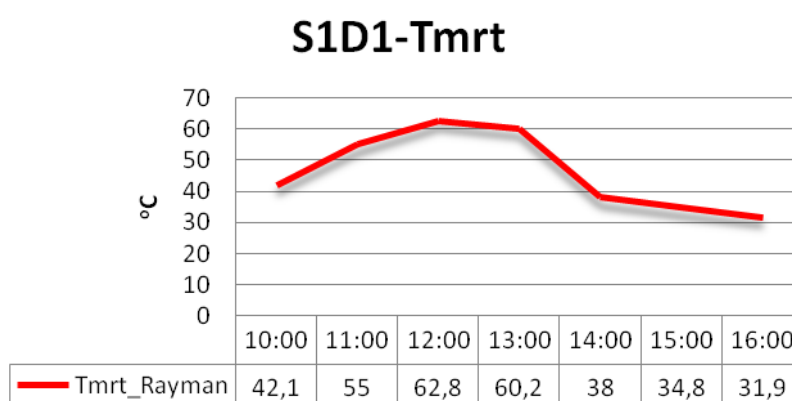
Στον Πίνακα 6 εμφανίζονται τα αποτελέσματα που δίνει το μοντέλο Rayman για τις παραμέτρους της άμεσης και διάχυτης ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας επιφανειών, της Tmrt και τριών βιομετεωρολογικών δεικτών, του PET, PMV και SET\* για την συγκεκριμένη ημέρα. Παρατηρείται ότι αν και η ημέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως ημέρα σχετικής νέφωσης, οι τιμές του δείκτη PET είναι ιδιαίτερα υψηλές. Το γεγονός αυτό

μπορεί να αποδοθεί κατά κύριο λόγο στις αρκετά υψηλές θερμοκρασίες που μετρήθηκαν στο σημείο. Από τις τιμές που λαμβάνει ο PET, μόνο η τιμή που παρατηρείται στις 10:00 βρίσκεται στα όρια της ουδέτερης θερμικής αίσθησης. Τις υπόλοιπες ώρες είναι στα όρια του ελαφρώς θερμού έως και τα όρια του θερμού στις 12:00 και 13:00. Επίσης, ο δείκτης PET, λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του στις 12:00, μία ώρα νωρίτερα από τη μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας, την ίδια χρονική στιγμή με τη μέγιστη τιμή της Tmrt και της ολικής ακτινοβολίας. Στο Γράφημα 1 φαίνεται η πορεία του δείκτη PET.



Γράφημα 1: S1D1- Πορεία του δείκτη PET

Στο Γράφημα 2 φαίνεται η πορεία της Tmrt όπως αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο Rayman.



Γράφημα 2: S1D1 -Tmrt

Από τη σύγκριση των Γραφημάτων 1 και 2 παρατηρείται ότι η πορεία του δείκτη PET ακολουθεί την πορεία της Tmrt.

### 3.1.2 Ημέρα 2<sup>η</sup>-23.10.2010 (S1D2)

Πίνακας 7: Αποτελέσματα μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων για την 2η ημέρα στο σημείο 1

Date	Time	Tair (°C)	RH (%)	Mtglobe (°C)	Malbup (w/m <sup>2</sup> )	MAIbdown (w/m <sup>2</sup> )	MIRUP (w/m <sup>2</sup> )	MIRDN (w/m <sup>2</sup> )	wdsp (m/s)	MTG2 (°C)	MTSS (°C)
23.10.2010	10:00	18,0	46,6	26,0	355,7	76,0	301,4	358,9	0,8	18,8	19,1
23.10.2010	11:00	18,4	47,6	26,1	339,1	75,0	304,8	367,7	0,8	18,8	19,0
23.10.2010	12:00	17,7	50,6	21,6	193,5	39,3	344,3	384,9	0,7	18,5	18,2
23.10.2010	13:00	17,5	52,0	21,1	164,9	33,2	359,2	401,9	0,6	18,6	19,3
23.10.2010	14:00	17,7	50,4	21,0	144,2	28,7	357,9	398,3	0,6	18,9	19,3
23.10.2010	15:00	17,9	51,2	21,3	140,6	30,7	362,3	405,9	0,6	18,9	19,5

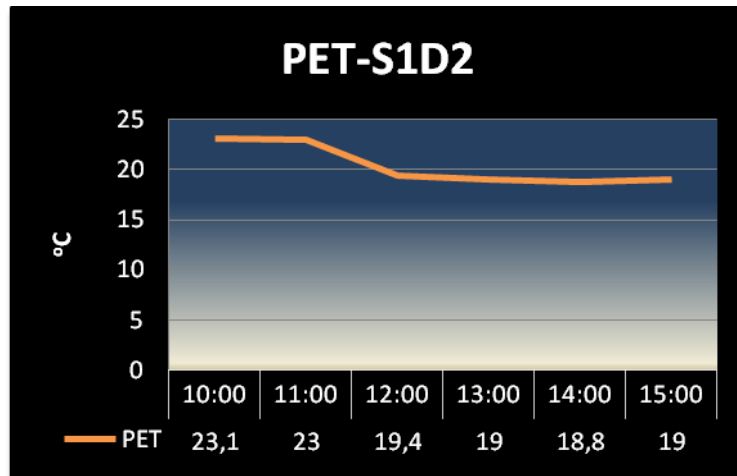
Η ημέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως ημέρα νέφωσης και στην οποία καταγράφηκαν και η χαμηλότερες θερμοκρασίες για το συγκεκριμένο σημείο. Στον Πίνακα 7 φαίνεται ότι η μέγιστη ωριαία τιμή της Tair είναι 18,4 °C και σημειώνεται στις 11:00, ενώ η ελάχιστη είναι 17,5 °C και παρατηρείται στις 13:00. Ως προς την RH, η μέγιστη ωριαία τιμή καταγράφηκε στις 13:00 και είναι 52% και η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στις 10:00 και είναι 46,6%. Η μέγιστη τιμή της Tglobe παρατηρείται στις 11:00 και είναι 26,1 °C. Η τιμή της GR λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στις 10:00 και η τιμή της IRDN παρουσιάζει μέγιστο στις 15:00. Τέλος, η θερμοκρασία φυτοκαλυμμένου εδάφους (TG2) παρουσιάζεται μικρότερη από την θερμοκρασία πλακόστρωτης επιφάνειας (TSS).

Πίνακας 8: S1D2 - αποτελέσματα μέσω του μοντέλου Rayman

date	time h:mm	Gact W/m <sup>2</sup>	Sact W/m <sup>2</sup>	Dact W/m <sup>2</sup>	Ts °C	Tmrt °C	PMV	PET °C	SET* °C
23.10.2010	10:00	356	285	71	28.3	38.6	-0.4	23.1	20.9
23.10.2010	11:00	339	271	68	28.2	37.6	-0.4	23.0	20.8
23.10.2010	12:00	194	155	39	23.4	28.7	-1.1	19.4	17.4
23.10.2010	13:00	165	132	33	22.5	27.0	-1.2	19.0	17.1
23.10.2010	14:00	144	115	29	22.0	26.1	-1.2	18.8	16.8
23.10.2010	15:00	141	112	28	22.1	26.4	-1.2	19.0	17.0

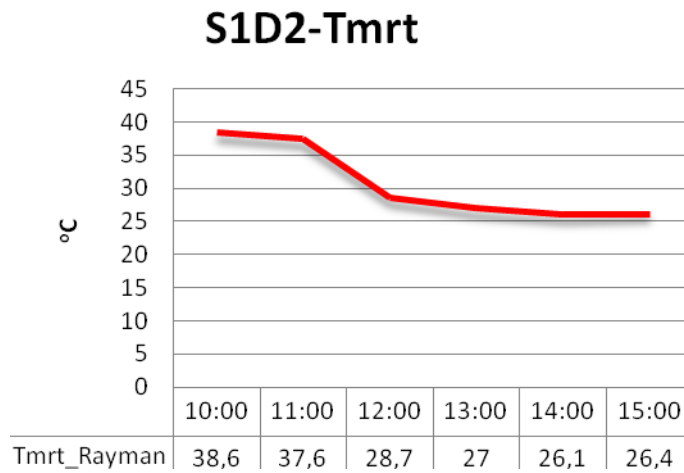
Στον Πίνακα 8 παρατηρείται ότι οι τιμές του δείκτη PET βρίσκονται όλες στα όρια της ουδέτερης θερμικής αίσθησης, με τις μέγιστες τιμές να εντοπίζονται τις πρωινές ώρες. Αν και η πτώση της θερμοκρασίας από τις 11:00 στις 12:00 είναι μικρότερη από 1 °C, η διαφορά στον δείκτη PET είναι μεγαλύτερη από 3 °C. Αυτό οφείλεται στην

σημαντική πτώση της  $T_{mrt}$  που πλησιάζει τους  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Στο Γράφημα 3 φαίνεται η πορεία του δείκτη PET.



Γράφημα 3: S1D2- Πορεία του δείκτη PET

Στο Γράφημα 4 φαίνεται η πορεία της  $T_{mrt}$  όπως αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο Rayman.



Γράφημα 4: S1D2 -Tmrt

Από τη σύγκριση των Γραφημάτων 3 και 4 παρατηρείται ότι η πορεία του δείκτη PET ακολουθεί την πορεία της  $T_{mrt}$ .



### 3.1.3 Ημέρα 3<sup>η</sup>-4.11.2010 (S1D3)

Πίνακας 9: Αποτελέσματα μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων για την 3η ημέρα στο σημείο 1

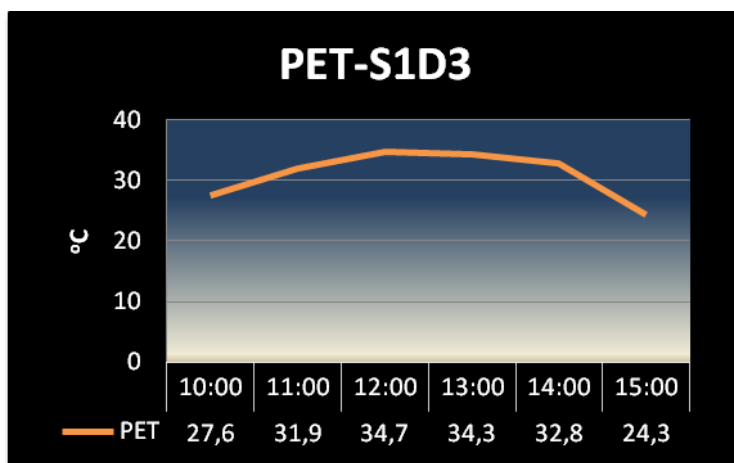
Date	Time	Tair (°C)	RH (%)	Mtglobe (°C)	Malbup (w/m <sup>2</sup> )	MAIbdown (w/m <sup>2</sup> )	MIRUP (w/m <sup>2</sup> )	MIRDN (w/m <sup>2</sup> )	wdsp (m/s)	MTG2 (°C)	MTSS (°C)
4.11.2010	10:00	19,1	61,6	31,9	446,7	85,9	283,7	438,4	0,5	16,4	17,0
4.11.2010	11:00	21,0	52,3	34,9	565,4	129,7	291,6	421,5	0,6	22,7	22,0
4.11.2010	12:00	22,3	47,2	37,7	616,7	149,4	322,5	410,5	0,6	26,5	26,6
4.11.2010	13:00	22,7	44,3	37,2	611,2	140,8	334,6	397,7	0,7	27,4	29,1
4.11.2010	14:00	23,2	41,4	35,4	500,5	81,5	344,2	382,4	0,6	24,9	29,1
4.11.2010	15:00	22,3	46,3	27,8	212,8	30,5	386,7	375,0	0,5	27,7	25,1

Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 9, η μέγιστη ωριαία τιμή της Tair είναι 23,2 °C και σημειώνεται στις 14:00, ενώ η ελάχιστη είναι 19,1 °C και παρατηρείται στις 10:00. Ως προς την RH, η μέγιστη ωριαία τιμή καταγράφηκε στις 10:00 και είναι 61,6% και η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στις 14:00 και είναι 41,4%. Η μέγιστη τιμή της Tglobe παρατηρείται στις 12:00 και είναι 37,7 °C. Εδώ οι τιμές της GR είναι εξαιρετικά υψηλές σε σχέση με τις προηγούμενες ημέρες και λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στις 12:00, ενώ η τιμή της IRDN παρουσιάζει μέγιστο στις 10:00. Τέλος, η θερμοκρασία φυτοκαλυμμένου εδάφους (TG2) παρουσιάζεται μικρότερη από την θερμοκρασία πλακόστρωτης επιφάνειας (TSS).

Πίνακας 10: S1D3 - αποτελέσματα μέσω του μοντέλου Rayman

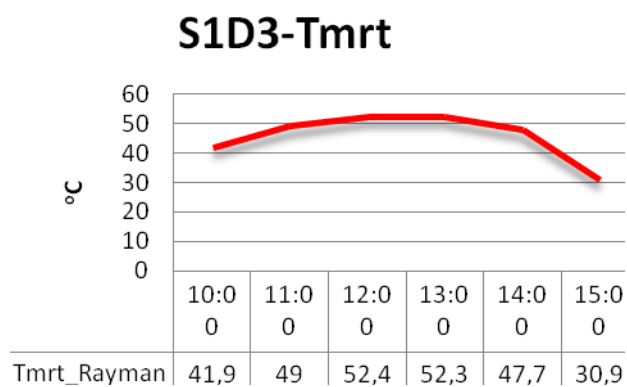
date	time h:mm	Gact W/m <sup>2</sup>	Sact W/m <sup>2</sup>	Dact W/m <sup>2</sup>	Ts °C	Tmrt °C	PMV	PET °C	SET* °C
4.11.2010	10:00	447	357	89	32.0	41.9	0.6	27.6	24.9
4.11.2010	11:00	565	452	113	37.1	49.0	1.5	31.9	28.3
4.11.2010	12:00	617	493	123	39.9	52.4	2.1	34.7	30.4
4.11.2010	13:00	611	489	122	39.5	52.3	2.0	34.3	29.9
4.11.2010	14:00	500	400	100	37.1	47.7	1.7	32.8	28.6
4.11.2010	15:00	213	170	43	27.3	30.9	0.2	24.3	21.5

Στον Πίνακα 10 παρατηρείται ότι οι τιμές του δείκτη PET βρίσκονται εκτός των ορίων της ουδέτερης θερμικής αίσθησης, με τις μέγιστες τιμές να εντοπίζονται στις 12:00 και στις 13:00. Τις ώρες αυτές η θερμική αίσθηση βρίσκεται στα όρια θερμού. Τις ίδιες ώρες εντοπίζονται οι μέγιστες τιμές της Tmrt και της ολικής ακτινοβολίας. Στο Γράφημα 5 φαίνεται η πορεία του δείκτη PET.



Γράφημα 5: S1D3- Πορεία του δείκτη PET

Στο Γράφημα 6 φαίνεται η πορεία της Tmrt όπως αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο Rayman.



Γράφημα 6: S1D3 -Tmrt

Από τη σύγκριση των Γραφημάτων 5 και 6 παρατηρείται ότι η πορεία του δείκτη PET ακολουθεί την πορεία της Tmrt.

### 3.1.4 Ημέρα 4η-5.11.2010 (S1D4)

Πίνακας 11: Αποτελέσματα μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων για την 4η ημέρα στο σημείο 1

Date	Time	Tair (°C)	RH (%)	Mtglobe (°C)	Malbup (w/m <sup>2</sup> )	MAIbdown (w/m <sup>2</sup> )	MIRUP (w/m <sup>2</sup> )	MIRDN (w/m <sup>2</sup> )	wdsp (m/s)	MTG2 (°C)	MTSS (°C)
5.11.2010	10:00	21,1	41,6	35,5	421,4	90,5	403,3	450,6	0,5	13,9	14,1
5.11.2010	11:00	23,7	32,5	39,5	544,7	121,6	398,3	440,3	0,5	20,1	21,0
5.11.2010	12:00	25,7	28,9	41,0	638,4	140,9	358,0	420,7	0,6	24,6	26,2
5.11.2010	13:00	27,4	20,0	40,3	679,0	136,6	338,1	401,2	0,8	25,0	27,8
5.11.2010	14:00	26,8	22,6	36,4	591,5	89,3	292,1	374,3	0,9	22,6	28,0
5.11.2010	15:00	26,0	25,4	29,2	308,4	33,0	224,2	404,0	0,9	21,6	25,9

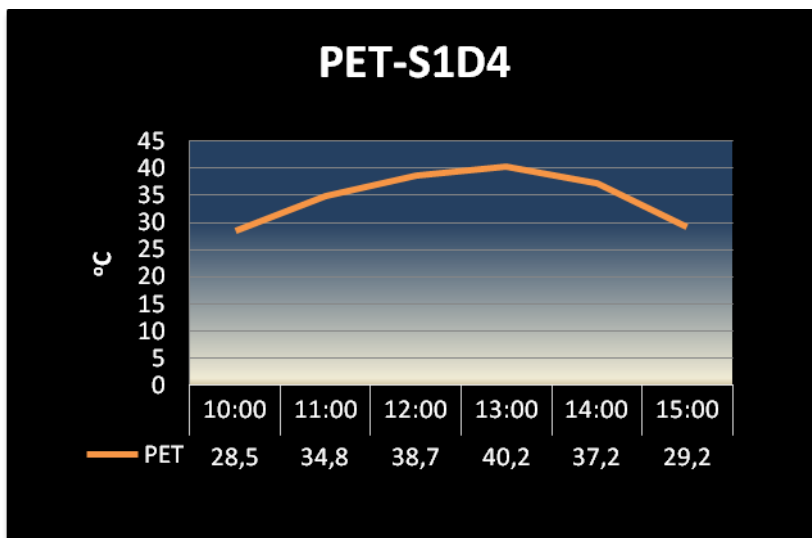
Τη συγκεκριμένη ημέρα παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες θερμοκρασίες καθώς και οι υψηλότερες τιμές της GR για το σημείο 1. Από τον Πίνακα 11 προκύπτει ότι η μέγιστη ωριαία τιμή της Tair είναι 27,4 °C και σημειώνεται στις 13:00, ενώ η ελάχιστη είναι 21,1 °C και παρατηρείται στις 10:00. Ως προς την RH, η μέγιστη ωριαία τιμή καταγράφηκε στις 10:00 και είναι 41,6% και η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στις 13:00 και είναι 20%. Η μέγιστη τιμή της Tglobe παρατηρείται στις 12:00 και είναι 41 °C. Εδώ οι τιμές της GR είναι εξαιρετικά υψηλές και λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στις 13:00, ενώ η τιμή της IRDN παρουσιάζει μέγιστο στις 10:00. Τέλος, η θερμοκρασία φυτοκαλυμμένου εδάφους (TG2) παρουσιάζεται μικρότερη από την θερμοκρασία πλακώστρωτης επιφάνειας (TSS).

Πίνακας 12: S1D4 - αποτελέσματα μέσω του μοντέλου Rayman

time	Gact	Sact	Dact	Ts	Tmrt	PMV	PET	SET*	
date	h:mm	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	°C	°C	°C	°C	
5.11.2010	10:00	412	330	82	32.7	41.3	0.9	28.5	25.3
5.11.2010	11:00	545	436	109	39.4	49.9	2.2	34.8	30.4
5.11.2010	12:00	638	511	128	43.6	55.6	3.0	38.7	33.3
5.11.2010	13:00	679	543	136	44.9	58.1	3.3	40.2	34.0
5.11.2010	14:00	592	473	118	41.4	53.9	2.6	37.2	31.4
5.11.2010	15:00	308	247	62	32.7	38.8	1.2	29.2	24.8

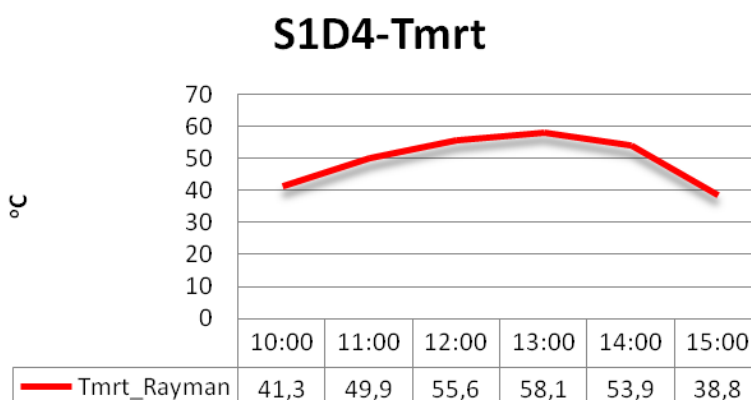
Στον Πίνακα 12 παρατηρείται ότι οι τιμές του δείκτη PET βρίσκονται όλες εκτός των ορίων της ουδέτερης θερμικής αίσθησης, με την μέγιστη τιμή PET=40.2 να εντοπίζεται

στις 13:00. Η θερμική αίσθηση αυτής της ημέρας χαρακτηρίζεται ως θερμή. Στο Γράφημα 7 φαίνεται η πορεία του δείκτη PET.



Γράφημα 7: S1D4- Πορεία του δείκτη PET

Στο Γράφημα 8 φαίνεται η πορεία της Tmrt όπως αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο Rayman.



Γράφημα 8: S1D4 -Tmrt

Από τη σύγκριση των Γραφημάτων 7 και 8 παρατηρείται ότι η πορεία του δείκτη PET ακολουθεί την πορεία της Tmrt.

### 3.1.5 Ημέρα 5η-27.11.2010 (S1D5)

Πίνακας 13: Αποτελέσματα μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων για την 5η ημέρα στο σημείο 1

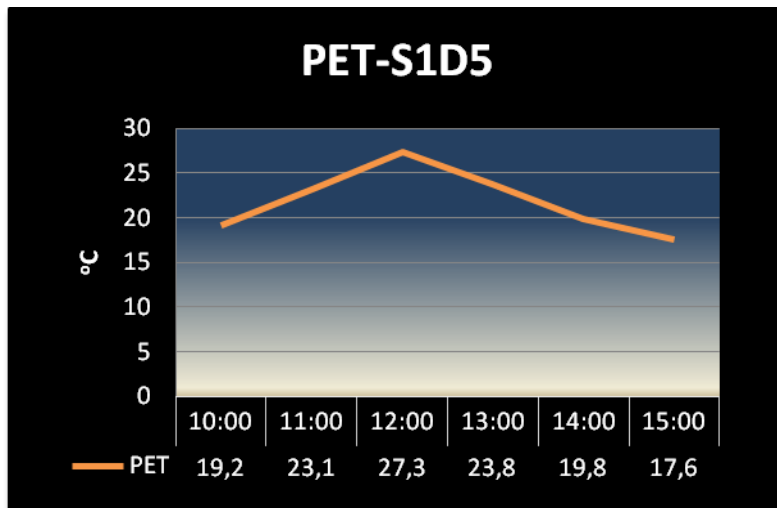
Date	Time	Tair (°C)	RH (%)	Mtglobe (°C)	Malbup (w/m <sup>2</sup> )	MAIbdown (w/m <sup>2</sup> )	MIRUP (w/m <sup>2</sup> )	MIRDN (w/m <sup>2</sup> )	wdsp (m/s)	MTG2 (°C)	MTSS (°C)
27.11.2010	10:00	19,2	66,5	23,5	124,9	27,6	365,8	407,6	0,5	17,9	19,3
27.11.2010	11:00	20,1	64,3	28,6	275,7	71,6	365,6	413,0	0,7	20,2	23,3
27.11.2010	12:00	21,1	63,6	33,5	410,2	112,8	360,3	421,4	0,8	23,3	27,4
27.11.2010	13:00	21,0	62,3	30,2	333,9	65,3	336,7	378,6	1,1	24,0	24,0
27.11.2010	14:00	20,5	64,6	25,2	161,8	27,8	325,6	402,3	1,1	22,0	22,3
27.11.2010	15:00	20,5	62,2	22,5	65,2	16,7	340,5	418,9	1,2	21,4	20,5

Η ημέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως ημέρα υψηλής σχετικής υγρασίας. Στον Πίνακα 13 φαίνεται ότι η μέγιστη τιμή της Tair είναι 21,1 °C και σημειώνεται στις 12:00, ενώ η ελάχιστη είναι 19,2 °C και παρατηρείται στις 10:00. Ως προς την RH, η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στις 10:00 και είναι 66,5% και η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στις 15:00 και είναι 62,2%. Η μέγιστη τιμή της Tglobe παρατηρείται στις 12:00 και είναι 33,5 °C. Η GR λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στις 12:00 καθώς και η τιμή της IRDN. Τέλος, η θερμοκρασία φυτοκαλυμμένου εδάφους (TG2) παρουσιάζεται μικρότερη από την θερμοκρασία πλακόστρωτης επιφάνειας (TSS).

Πίνακας 14: S1D5 - αποτελέσματα μέσω του μοντέλου Rayman

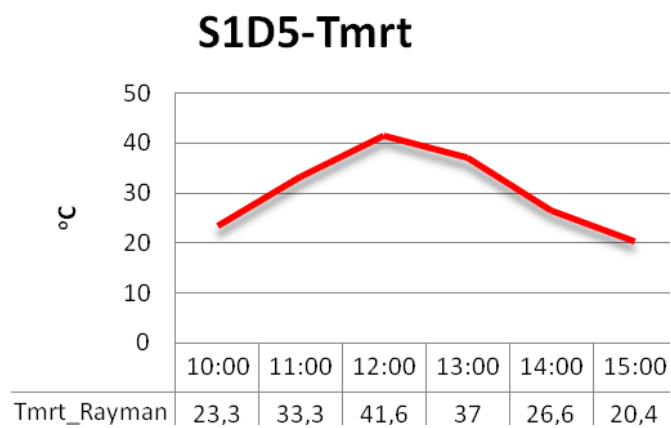
time	Gact	Sact	Dact	Ts	Tmrt	PMV	PET	SET*
date	h:mm	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	°C	°C	°C	°C
27.11.2010	10:00	125	100	25	21.8	23.3	-1.0	19.2
27.11.2010	11:00	276	221	55	27.1	33.3	-0.2	23.1
27.11.2010	12:00	410	328	82	31.9	41.6	0.6	27.3
27.11.2010	13:00	334	267	67	28.7	37.0	-0.0	23.8
27.11.2010	14:00	162	129	32	23.6	26.6	-0.9	19.8
27.11.2010	15:00	65	52	13	20.9	20.4	-1.4	17.6

Στον Πίνακα 14 παρατηρείται ότι οι τιμές του δείκτη PET βρίσκονται κυρίως στα όρια της ουδέτερης θερμικής αίσθησης, με εξαίρεση την μέγιστη τιμή που παρατηρείται στις 12:00 και που εντοπίζεται στην περιοχή του ελαφρώς θερμού. Οι μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας αέρα, της ολικής ακτινοβολίας, της Tmrt και του PET συμπίπτουν χρονικά. Στο Γράφημα 9 φαίνεται η πορεία του δείκτη PET.



**Γράφημα 9: S1D5 - Πορεία του δείκτη PET**

Στο Γράφημα 10 φαίνεται η πορεία της  $T_{mrt}$  όπως αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο Rayman.



**Γράφημα 10: S1D5 - $T_{mrt}$**

Από τη σύγκριση των Γραφημάτων 9 και 10 παρατηρείται ότι η πορεία του δείκτη PET ακολουθεί την πορεία της  $T_{mrt}$ .

### 3.2 Σημείο 2 (S2)

Πλατεία Λαμπρινής  
Σημείο 2(S2)

SVF: 0,447



### 3.2.1 Ημέρα 1<sup>η</sup>-20.10.2010 (S2D1)

Πίνακας 15: Αποτελέσματα μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων για την 1η ημέρα στο σημείο 2

Date	Time	Tair (°C)	RH (%)	Mtglobe (°C)	MGR (w/m <sup>2</sup> )	Malb (w/m <sup>2</sup> )	MIRUP(w /m <sup>2</sup> )	MIRDN (w/m <sup>2</sup> )	wdsp (m/s)	MTG2 (°C)	MTSS (°C)
20.10.2010	10:00	21,0	62,1	24,4	155,7	28,9	420,2	408,3	0,5	18,6	19,8
20.10.2010	11:00	21,9	57,8	24,3	127,6	34,5	462,1	434,7	0,6	19,2	22,3
20.10.2010	12:00	22,9	52,0	24,4	99,2	33,2	362,9	426,0	0,7	19,6	22,3
20.10.2010	13:00	24,2	46,1	35,9	624,7	77,8	142,7	424,5	0,7	23,6	22,3
20.10.2010	14:00	24,9	44,7	31,4	341,2	39,0	604,3	406,9	0,8	22,6	22,3
20.10.2010	15:00	24,3	45,9	25,9	94,1	32,5	876,9	337,8	0,8	21,8	22,8

Στον Πίνακα 15 φαίνεται ότι η μέγιστη ωριαία τιμή της Tair είναι 24,9 °C και σημειώνεται στις 14:00, ενώ η ελάχιστη είναι 21 °C και παρατηρείται στις 10:00. Ως προς την RH, η μέγιστη ωριαία τιμή καταγράφηκε στις 10:00 και είναι 62,1% και η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στις 14:00 και είναι 44,7%. Η μέγιστη τιμή της Tglobe παρατηρείται στις 13:00 και είναι 35,9 °C. Εδώ οι τιμές της GR παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση και λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στις 13:00, ενώ η τιμή της IRDN παρουσιάζει μέγιστο στις 11:00. Τέλος, η θερμοκρασία φυτοκαλυμμένου εδάφους (TG2) παρουσιάζεται μικρότερη από την θερμοκρασία πλακόστρωτης επιφάνειας (TSS).

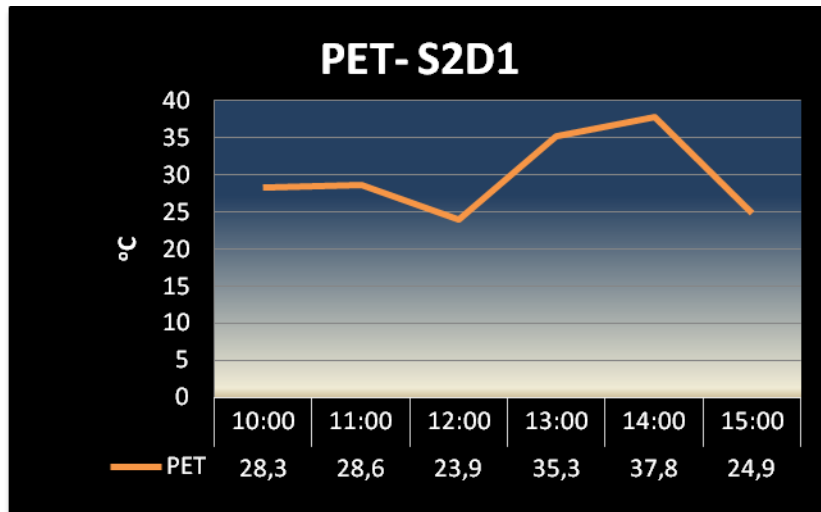
Πίνακας 16: S2D1 - αποτελέσματα μέσω του μοντέλου Rayman

date	time	Gact	Sact	Dact	Ts	Tmrt	PMV	PET	SET*
	h:mm	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	°C	°C		°C	°C
20.10.2010	10:00	156	125	31	24.8	27.4	-0.3	22.0	19.7
20.10.2010	11:00	128	102	26	24.7	26.2	-0.3	21.8	19.2
20.10.2010	12:00	99	79	20	24.6	25.2	-0.3	21.8	19.0
20.10.2010	13:00	625	500	125	41.9	54.9	2.6	36.9	31.9
20.10.2010	14:00	341	273	68	33.7	41.3	1.3	30.0	25.9
20.10.2010	15:00	94	75	19	25.8	26.5	0.0	23.0	19.9

Στον Πίνακα 16 παρατηρείται ότι οι τιμές του δείκτη PET παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις, με τις μέγιστες τιμές να εντοπίζονται στις 13:00 και στις 14:00. Τις ώρες αυτές η θερμική αίσθηση βρίσκεται στα όρια του πολύ ζεστού και θερμού αντίστοιχα. Τις ίδιες ώρες εντοπίζονται οι μέγιστες τιμές της Tmrt και της ολικής ακτινοβολίας. Τις

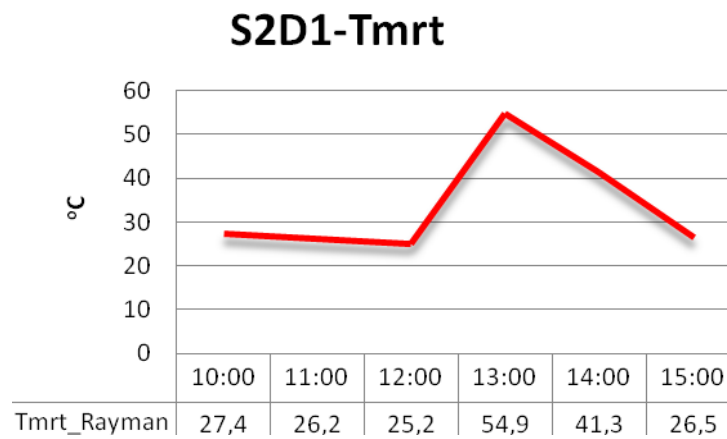


υπόλοιπες ώρες της ημέρας ο PET βρίσκεται στην περιοχή της ουδέτερης θερμικής αίσθησης. Στο Γράφημα 11 φαίνεται η πορεία του δείκτη PET.



Γράφημα 11: S2D1 - Πορεία του δείκτη PET

Στο Γράφημα 12 φαίνεται η πορεία της Tmrt όπως αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο Rayman.



Γράφημα 12: S2D1 -Tmrt

Από τη σύγκριση των Γραφημάτων 11 και 12 παρατηρείται ότι η πορεία του δείκτη PET ακολουθεί την πορεία της Tmrt.

### 3.2.2 Ημέρα 2<sup>η</sup>-21.10.2010 (S2D2)

Πίνακας 17: Αποτελέσματα μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων για την 2η ημέρα στο σημείο 2

Date	Time	Tair (°C)	RH (%)	Mtglobe (°C)	MGR (w/m <sup>2</sup> )	Malb (w/m <sup>2</sup> )	MIRUP(w /m <sup>2</sup> )	MIRDN (w/m <sup>2</sup> )	wdsp (m/s)	MTG2 (°C)	MTSS (°C)
21.10.2010	10:00	22,3	54,9	35,1	322,7	47,5	496,5	382,8	0,5	16,4	18,9
21.10.2010	11:00	23,6	47,3	30,2	310,5	68,6	498,7	382,0	0,6	19,2	21,5
21.10.2010	12:00	23,3	49,6	26,6	165,5	45,9	335,1	394,6	0,7	19,6	21,2
21.10.2010	13:00	24,7	35,4	35,1	546,5	82,3	270,6	421,2	0,7	22,8	23,1
21.10.2010	14:00	26,0	33,7	33,1	592,1	64,8	537,0	382,3	0,8	22,3	29,1
21.10.2010	15:00	25,5	32,1	27,1	122,6	49,4	372,4	324,0	0,8	21,9	21,7

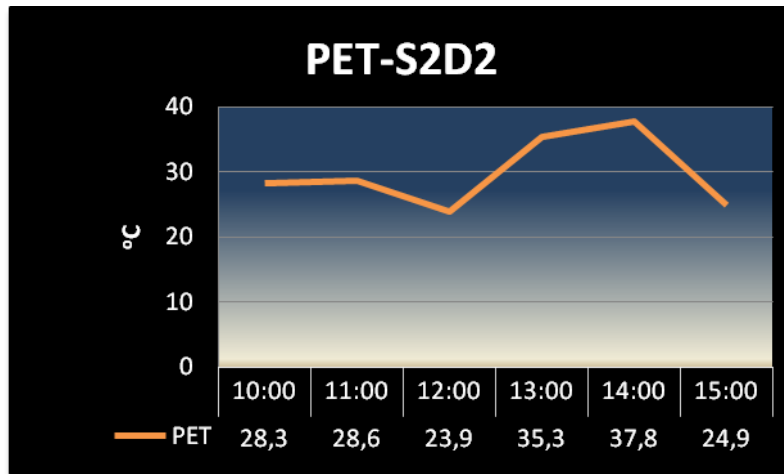
Η ημέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως ημέρα με εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες. Η μέγιστη τιμή της Tair είναι 26 °C (Πίνακας 17) και σημειώνεται στις 14:00, ενώ η ελάχιστη είναι 22,3 °C και παρατηρείται στις 10:00. Ως προς την RH, η μέγιστη ωριαία τιμή καταγράφηκε στις 10:00 και είναι 54,9% και η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στις 15:00 και είναι 32,1%. Η μέγιστη τιμή της Tglobe παρατηρείται στις 10:00 και 13:00 και είναι 35,1 °C. Οι τιμές της GR παρουσιάζουν και εδώ μεγάλη διακύμανση και λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στις 14:00, ενώ η τιμή της IRDN παρουσιάζει μέγιστο στις 13:00. Τέλος, η θερμοκρασία φυτοκαλυμμένου εδάφους (TG2) παρουσιάζεται μικρότερη από την θερμοκρασία πλακόστρωτης επιφάνειας (TSS).

Πίνακας 18: S2D2 - αποτελέσματα μέσω του μοντέλου Rayman

time	Gact	Sact	Dact	Ts	Tmrt	PMV	PET	SET*	
date	h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C	°C	°C	
21.10.2010	10:00	323	258	65	31.7	38.9	0.9	28.3	25.1
21.10.2010	11:00	310	248	62	32.2	38.7	1.0	28.6	25.0
21.10.2010	12:00	166	132	33	27.2	29.9	0.1	23.9	20.9
21.10.2010	13:00	546	437	109	40.1	51.6	2.3	35.3	30.5
21.10.2010	14:00	592	474	118	42.1	55.3	2.8	37.8	32.3
21.10.2010	15:00	123	98	25	27.8	29.5	0.4	24.9	21.4

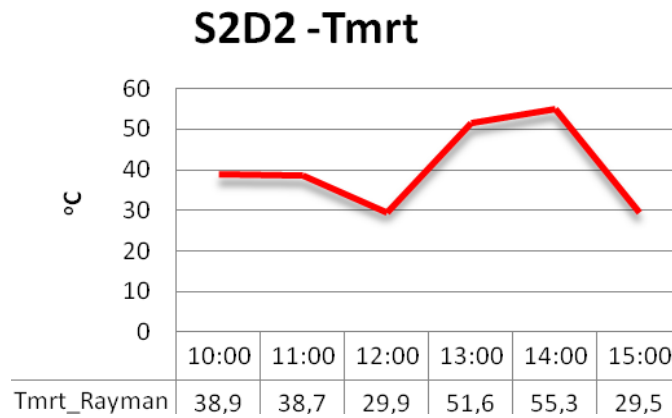
Στον Πίνακα 18 παρατηρείται ότι οι τιμές του δείκτη PET βρίσκονται εκτός των ορίων της ουδέτερης θερμικής αίσθησης, με τις μέγιστες τιμές να εντοπίζονται στις 13:00 και στις 14:00. Τις ώρες αυτές η θερμική αίσθηση βρίσκεται στα όρια πολύ ζεστού. Τις υπόλοιπες ώρες η τιμές του PET βρίσκονται στην περιοχή του θερμού. Τις ίδιες ώρες

εντοπίζονται οι μέγιστες τιμές της Tmrt και της ολικής ακτινοβολίας. Στο Γράφημα 13 φαίνεται η πορεία του δείκτη PET.



Γράφημα 13: S2D2 - Πορεία του δείκτη PET

Στο Γράφημα 14 φαίνεται η πορεία της Tmrt όπως αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο Rayman.



Γράφημα 14: : S2D2 -Tmrt

Από τη σύγκριση των Γραφημάτων 13 και 14 παρατηρείται ότι η πορεία του δείκτη PET ακολουθεί την πορεία της Tmrt.

### 3.2.3 Ημέρα 3<sup>η</sup>-8.11.2010 (S2D3)

Πίνακας 19: Αποτελέσματα μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων για την 3η ημέρα στο σημείο 2

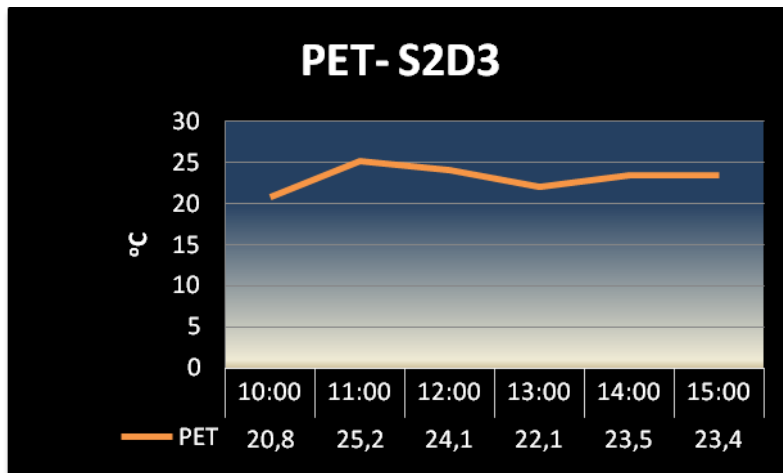
Date	Time	Tair (°C)	RH (%)	Mtglobe (°C)	MGR (w/m <sup>2</sup> )	Malb (w/m <sup>2</sup> )	MIRUP(w /m <sup>2</sup> )	MIRDN (w/m <sup>2</sup> )	wdsp (m/s)	MTG2 (°C)	MTSS (°C)
8.11.2010	10:00	19,1	73,0	21,7	126,1	17,1	367,8	407,1	0,5	16,0	14,3
8.11.2010	11:00	21,4	71,8	26,2	198,0	27,9	417,0	434,8	0,5	17,0	18,1
8.11.2010	12:00	21,8	67,1	25,2	198,2	35,4	373,9	395,8	0,8	19,0	18,9
8.11.2010	13:00	21,1	76,3	23,2	137,4	22,4	387,4	389,3	0,8	18,9	20,0
8.11.2010	14:00	21,3	71,8	24,2	188,6	32,2	390,3	410,0	0,8	19,4	22,7
8.11.2010	15:00	21,6	72,2	23,7	138,6	24,7	378,8	409,1	0,6	19,3	23,6

Η ημέρα αυτή χαρακτηρίζεται ως ημέρα υψηλής σχετικής υγρασίας. Η μέγιστη τιμή της Tair είναι 21,8 °C (Πίνακας 19) και σημειώνεται στις 12:00, ενώ η ελάχιστη είναι 19,1 °C και παρατηρείται στις 10:00. Ως προς την RH, η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στις 13:00 και είναι 76,3% ενώ η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στις 12:00 και είναι 67,1%. Η μέγιστη τιμή της Tglobe παρατηρείται στις 11:00 και είναι 25,2 °C. Η GR λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στις 12:00 ενώ η μέγιστη τιμή της IRDN σημειώνεται στις 11:00. Τέλος, η θερμοκρασία φυτοκαλυμμένου εδάφους (TG2) παρουσιάζεται μικρότερη από την θερμοκρασία πλακόστρωτης επιφάνειας (TSS).

Πίνακας 20: S2D3 - αποτελέσματα μέσω του μοντέλου Rayman

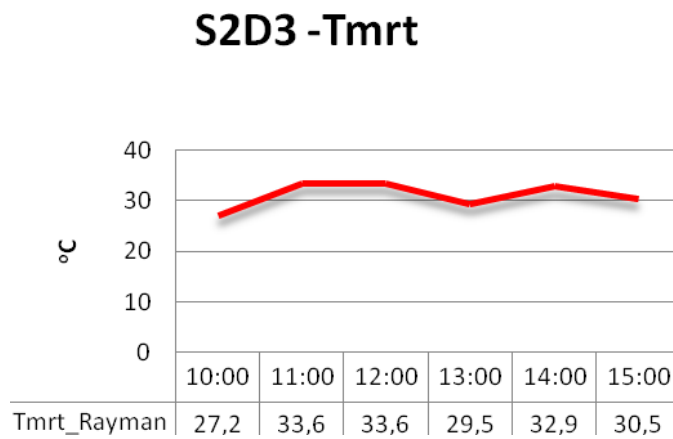
time	Gact	Sact	Dact	Ts	Tmrt	PMV	PET	SET*	
date	h:mm	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	°C	°C	°C	°C	
8.11.2010	10:00	126	101	25	23.2	27.2	-0.6	20.8	18.8
8.11.2010	11:00	198	158	40	27.9	33.6	0.4	25.2	22.6
8.11.2010	12:00	198	159	40	27.6	33.6	0.1	24.1	21.4
8.11.2010	13:00	137	110	27	25.1	29.5	-0.3	22.1	19.6
8.11.2010	14:00	189	151	38	26.9	32.9	-0.0	23.5	20.9
8.11.2010	15:00	139	111	28	26.0	30.5	0.0	23.4	20.9

Στον Πίνακα 20 παρατηρείται ότι οι τιμές του δείκτη PET βρίσκονται στα όρια της ουδέτερης θερμικής αίσθησης, εκτός από τις τιμές που παρατηρούνται στις 11:00 και 12:00 και οι οποίες είναι στην περιοχή του ελαφρώς θερμού. Στη συνέχεια ο δείκτης PET μειώνεται χωρίς να συνοδεύεται από αντίστοιχη μείωση της θερμοκρασίας. Η πτώση αυτή μπορεί να αποδοθεί στην πτώση της ολικής ακτινοβολίας. Στο Γράφημα 15 φαίνεται η πορεία του δείκτη PET.



Γράφημα 15: S2D3 - Πορεία του δείκτη PET

Στο Γράφημα 16 φαίνεται η πορεία της Tmrt όπως αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο Rayman.



Γράφημα 16: S2D3 -Tmrt

Από τη σύγκριση των Γραφημάτων 15 και 16 παρατηρείται ότι η πορεία του δείκτη PET ακολουθεί την πορεία της Tmrt.

### 3.2.4 Ημέρα 4<sup>η</sup>-11.11.2010 (S2D4)

Πίνακας 21: Αποτελέσματα μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων για την 4η ημέρα στο σημείο 2

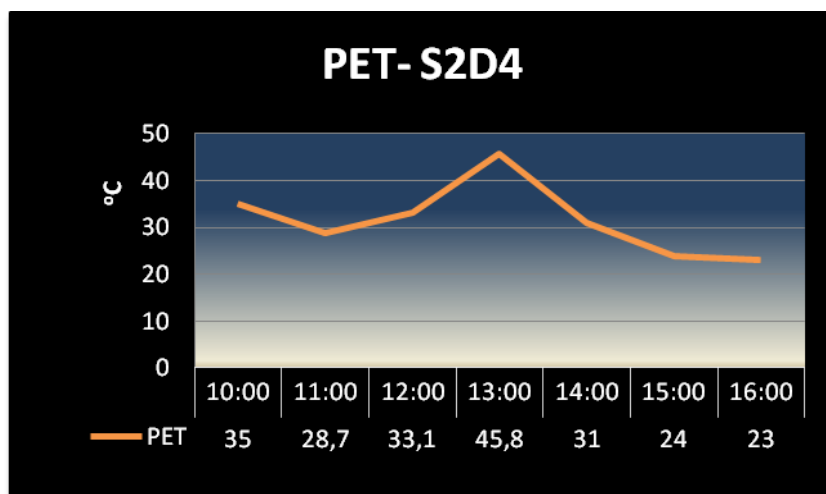
Date	Time	Tair (°C)	RH (%)	Mtglobe (°C)	MGR (w/m <sup>2</sup> )	Malb (w/m <sup>2</sup> )	MIRUP(w /m <sup>2</sup> )	MIRDN (w/m <sup>2</sup> )	wdsp (m/s)	MTG2 (°C)	MTSS (°C)
11.11.2010	10:00	22,5	57,7	32,5	490,2	34,0	159,1	410,2	0,5	15,7	17,3
11.11.2010	11:00	22,8	56,9	27,2	269,1	37,5	284,3	409,5	0,5	16,7	21,8
11.11.2010	12:00	23,9	56,9	28,4	399,6	48,2	217,8	438,0	0,6	18,5	21,0
11.11.2010	13:00	24,3	59,9	33,9	846,0	56,2	-11,3	411,3	0,6	20,9	21,4
11.11.2010	14:00	24,2	53,0	29,6	305,2	38,3	282,8	380,2	0,6	21,5	28,5
11.11.2010	15:00	23,0	57,3	24,7	93,3	22,5	383,7	407,0	0,5	20,3	23,2

Η μέγιστη τιμή της Tair είναι 24,3°C (Πίνακας 21) και σημειώνεται στις 13:00, ενώ η ελάχιστη είναι 22,5 °C και παρατηρείται στις 10:00. Ως προς την RH, η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στις 13:00 και είναι 59,9% ενώ η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στις 14:00 και είναι 53%. Η μέγιστη τιμή της Tglobe παρατηρείται στις 14:00 και είναι 29,6 °C. Η GR λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της στις 13:00 ενώ η μέγιστη τιμή της IRDN σημειώνεται στις 15:00. Τέλος, η θερμοκρασία φυτοκαλυμμένου εδάφους (TG2) παρουσιάζεται μικρότερη από την θερμοκρασία πλακόστρωτης επιφάνειας (TSS).

Πίνακας 22: S2D4 - αποτελέσματα μέσω του μοντέλου Rayman

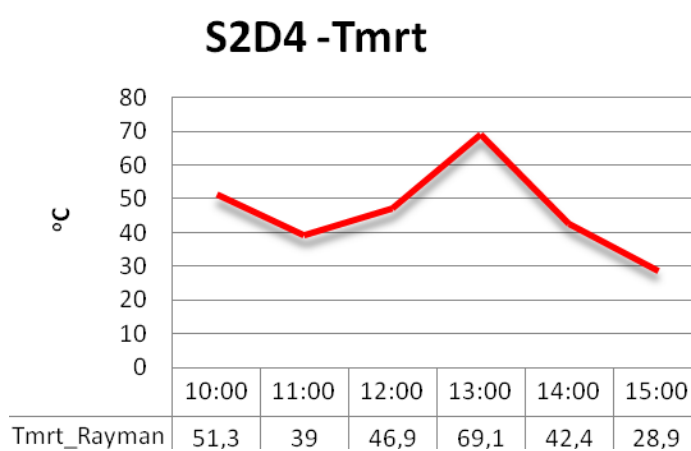
date	time	Gact	Sact	Dact	Ts	Tmrt	PMV	PET	SET*
	h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C		°C	°C
11.11.2010	10:00	490	392	98	38.5	51.3	2.2	35.0	30.9
11.11.2010	11:00	269	215	54	31.6	39.0	1.1	28.7	25.4
11.11.2010	12:00	400	320	80	36.5	46.9	1.9	33.1	28.9
11.11.2010	13:00	846	677	169	50.6	69.1	4.4	45.8	39.5
11.11.2010	14:00	305	244	61	33.8	42.4	1.5	31.0	27.0
11.11.2010	15:00	93	75	19	26.0	28.9	0.2	24.0	21.2

Στον Πίνακα 22 παρατηρείται ότι οι τιμές του δείκτη PET βρίσκονται εκτός των ορίων της ουδέτερης θερμικής αίσθησης, με τη μέγιστη τιμή να εντοπίζεται στις 13:00 και να ανήκει στην περιοχή του πολύ ζεστού. Την ίδια ώρα εντοπίζονται εξαιρετικά υψηλές τιμές της Tmrt και της ολικής ακτινοβολίας. Στο Γράφημα 17 φαίνεται η πορεία του δείκτη PET.



Γράφημα 17: S2D4 - Πορεία του δείκτη PET

Στο Γράφημα 18 φαίνεται η πορεία της Tmrt όπως αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο Rayman.



Γράφημα 18: S2D4 -Tmrt

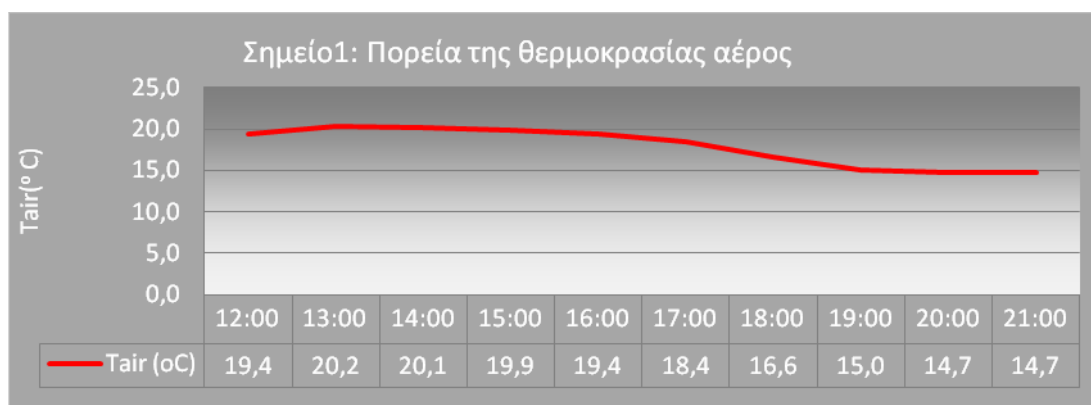
Από τη σύγκριση των Γραφημάτων 17 και 18 παρατηρείται ότι η πορεία του δείκτη PET ακολουθεί την πορεία της Tmrt.

### 3.3 Ολοήμερες μετρήσεις

#### 3.3.1 Σημείο1 (S1)

Πίνακας 23: Αποτελέσματα μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων για την ολοήμερη μέτρηση στο σημείο 1

Date	Time	Tair (°C)	RH (%)	Mtglobe (°C)	Malbup (w/m <sup>2</sup> )	MAIbdown (w/m <sup>2</sup> )	MIRUP (w/m <sup>2</sup> )	MIRDN (w/m <sup>2</sup> )	wdsp (m/s)	MTG2 (°C)	MTSS (°C)
18.11.2010	12:00	19,4	52,0	28,8	380,2	95,6	379,0	426,4	0,6	19,6	20,7
18.11.2010	13:00	20,2	49,4	30,1	396,0	86,4	357,3	374,5	0,7	21,9	19,2
18.11.2010	14:00	20,1	44,9	26,3	236,2	53,8	318,5	391,0	0,7	20,6	19,8
18.11.2010	15:00	19,9	42,1	21,8	101,5	25,2	318,6	406,8	0,6	19,3	18,1
18.11.2010	16:00	19,4	44,0	19,3	48,8	23,7	331,5	428,3	0,5	18,4	16,6
18.11.2010	17:00	18,4	46,7	17,3	26,1	8,3	307,9	409,2	0,5	17,2	15,4
18.11.2010	18:00	16,6	54,0	14,3	-0,1	2,6	299,1	403,5	0,5	15,8	13,9
18.11.2010	19:00	15,0	63,3	13,0	-1,5	2,5	306,6	408,4	0,5	14,9	13,2
18.11.2010	20:00	14,7	65,0	12,9	-1,2	2,3	318,0	414,1	0,5	14,4	13,0
18.11.2010	21:00	14,7	68,7	13,3	-0,8	2,0	339,1	418,6	0,5	14,4	13,4



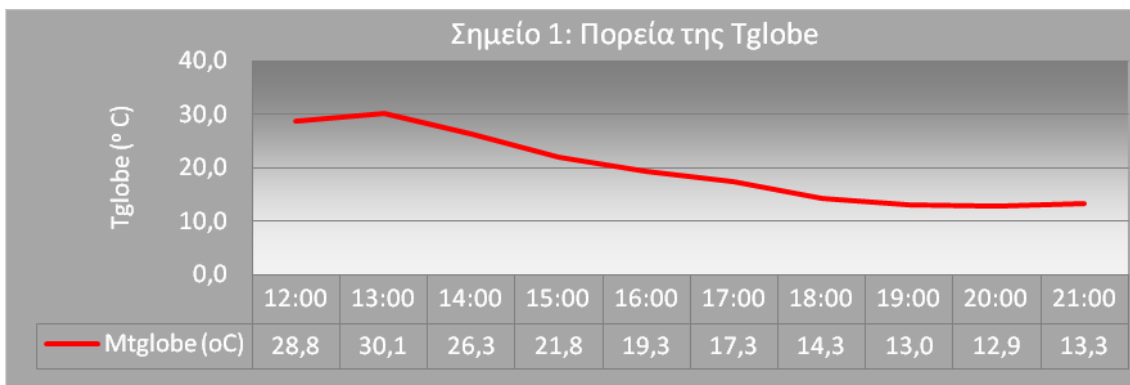
Γράφημα 19: Πορεία της θερμοκρασίας αέρος κατά τη διάρκεια της ολοήμερης μέτρησης.

Όπως φαίνεται στο Γράφημα 19 θερμοκρασία αέρα (Tair) παρουσιάζει την μέγιστη τιμή 20,2 °C στις 13:00 και συνεχίζει φθίνουσα μέχρι τους 14,7 °C που καταγράφονται στις 21:00. Η πτώση της θερμοκρασίας παρατηρείται κυρίως το διάστημα 17:00 με 19:00. Η Tglobe (Γράφημα 21) ακολουθεί ανάλογη πορεία με την Tair και παρουσιάζει την μέγιστη τιμή της 30,1 °C στις 13:00 και στη συνέχεια μειώνεται μέχρι τους 12,9 °C που καταγράφονται στις 20:00. Αντίθετα, η σχετική υγρασία (RH) είναι φθίνουσα στην αρχή της ημέρας και φτάνει την ελάχιστη τιμή 42,1 % στις 15:00, ενώ στη συνέχεια αυξάνεται και φτάνει στο 68,7% στις 21:00, όπως φαίνεται και στο Γράφημα 20.

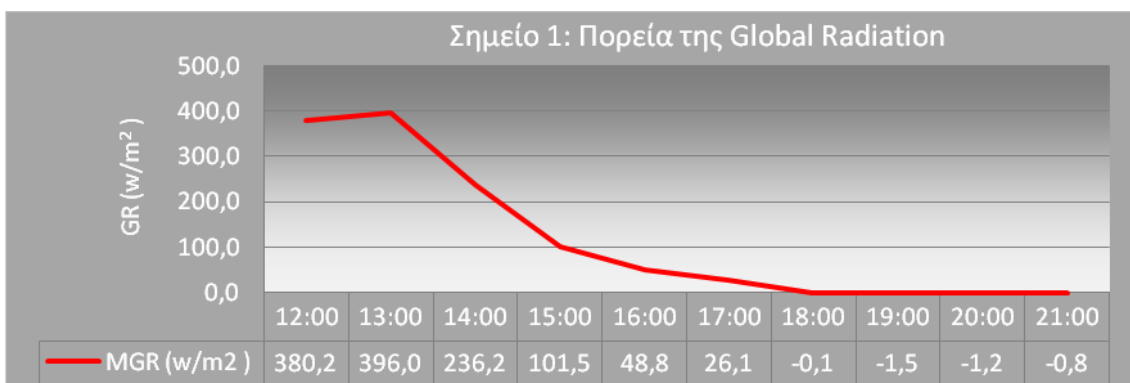




**Γράφημα 20:** Πορεία της σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια της ολόημερης μέτρησης στο σημείο 1

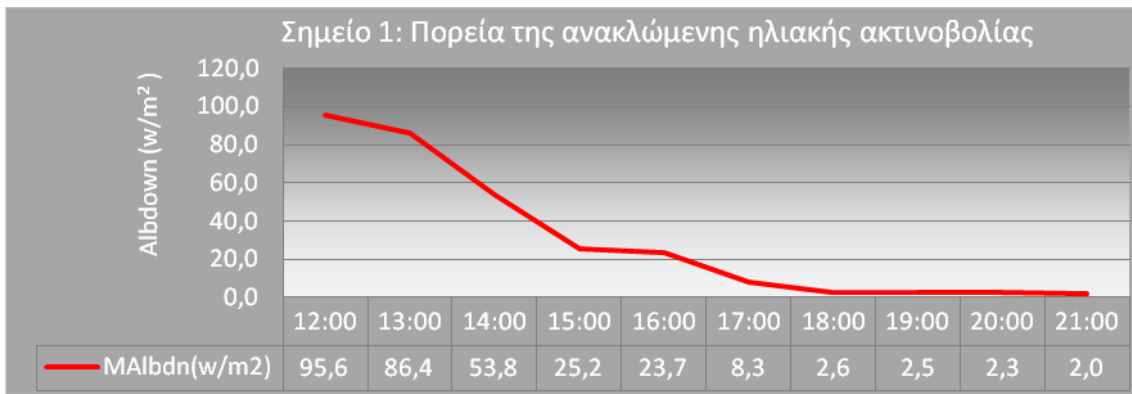


**Γράφημα 21:** Πορεία της Tglobe κατά τη διάρκεια της ολόημερης μέτρησης στο σημείο 1

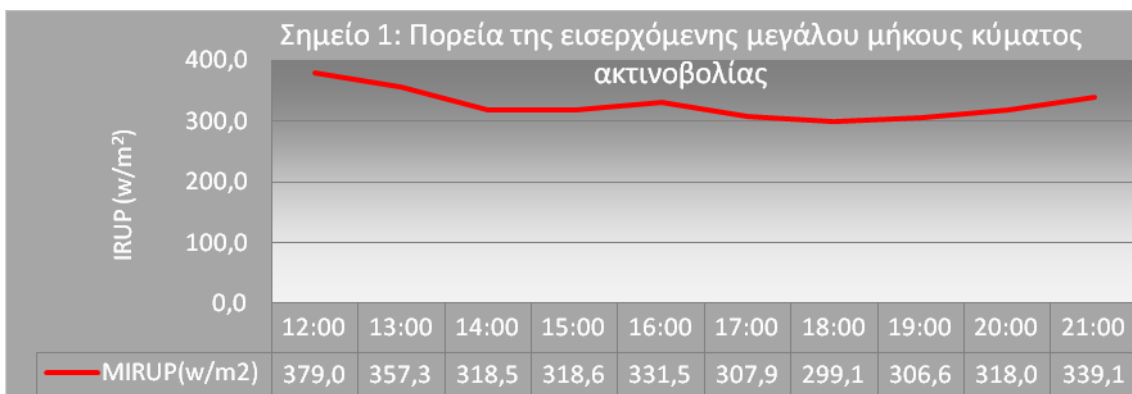


**Γράφημα 22:** Πορεία της global radiation κατά τη διάρκεια της ολόημερης μέτρησης στο σημείο 1

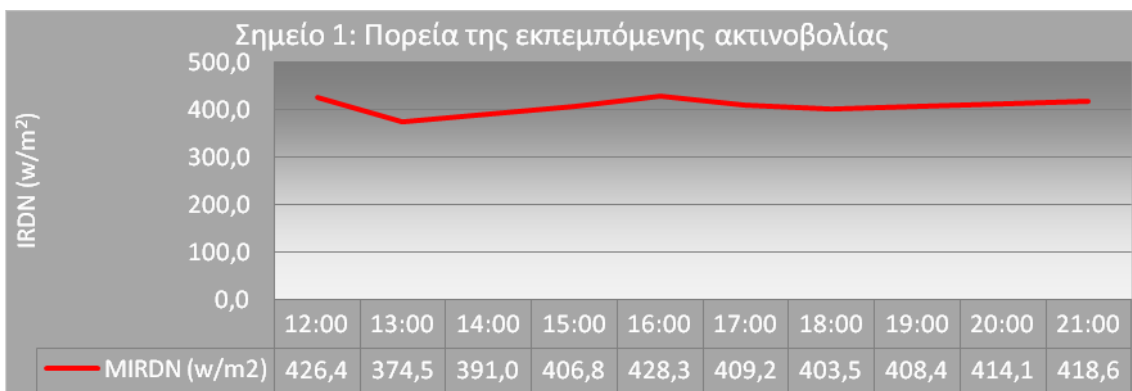
Όπως φαίνεται και στο Γράφημα 22 η τιμή της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας φτάνει τη μέγιστη τιμή της στις 13:00 και στη συνέχεια ακολουθεί πτωτική τάση μέχρι τη δύση του ήλιου όπου πρακτικά μηδενίζεται. Η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία ακολουθεί πτωτική τάση από την αρχή των μετρήσεων μέχρι τη δύση του ήλιου (Γράφημα 23). Οι μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίες (Γράφημα 24 και Γράφημα 25) δεν παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας.



**Γράφημα 23:** Πορεία της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ολοήμερης μέτρησης στο σημείο 1

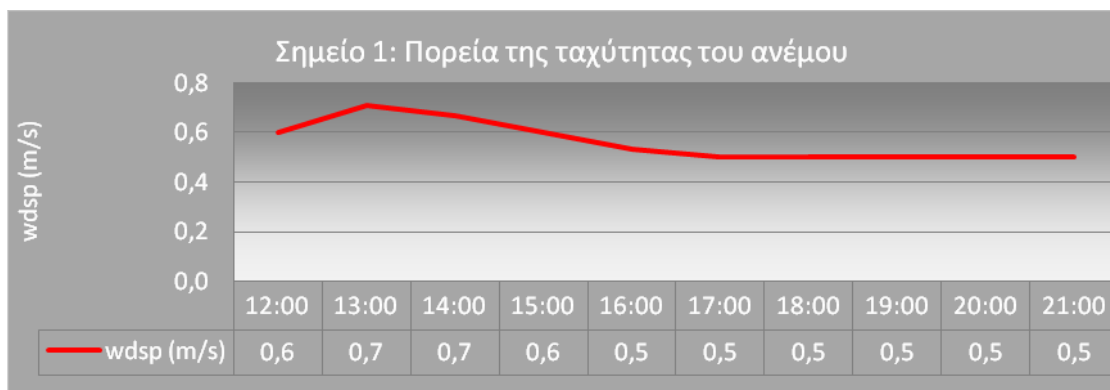


**Γράφημα 24:** Πορεία της εισερχόμενης μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ολοήμερης μέτρησης στο σημείο 1

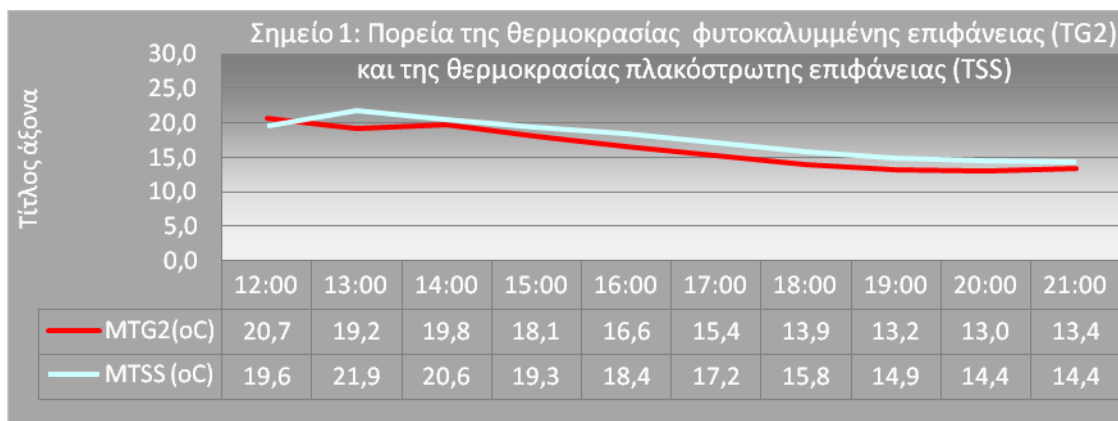


**Γράφημα 25:** Πορεία της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια τη ολοήμερης μέτρησης στο σημείο 1

Η ταχύτητα του ανέμου παρουσιάζει μικρή μεταβολή τις πρώτες ώρες των μετρήσεων και στη συνέχεια σταθεροποιείται, κυρίως μετά τη δύση του ήλιου. Οι τιμές της ταχύτητας θεωρούνται χαμηλές Γράφημα 26



**Γράφημα 26:** Πορεία της ταχύτητας του ανέμου κατά τη διάρκεια της ολήμερης μέτρησης στο σημείο 1 Όπως φαίνεται στο Γράφημα 27 η θερμοκρασία του φυτοκαλυμμένου εδάφους είναι σχεδόν σταθερά μικρότερη από τη θερμοκρασία πλακόστρωτης επιφάνειας.

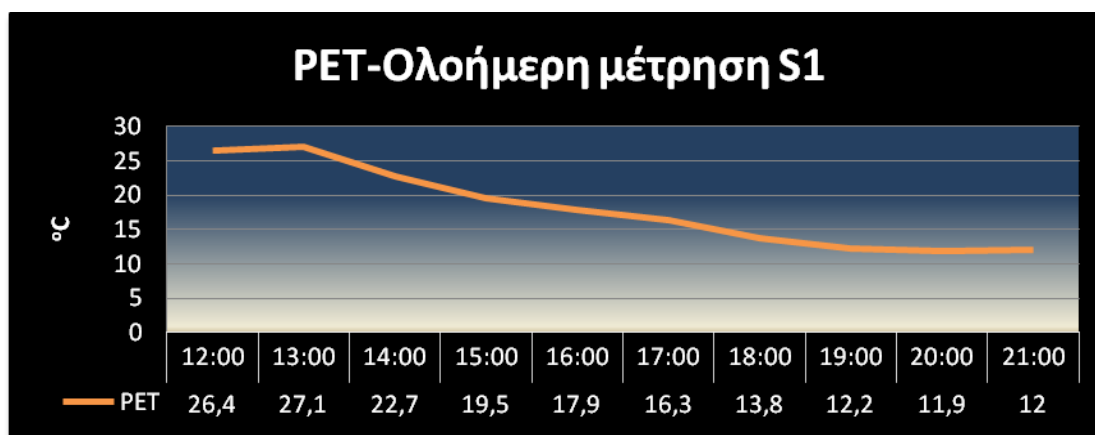


**Γράφημα 27:** Πορεία της θερμοκρασίας φυτοκαλυμμένης και πλακόστρωτης επιφάνειας κατά τη διάρκεια της ολοήμερης μέτρησης στο σημείο 1

Πίνακας 24: Ολοήμερη μέτρηση S1 - αποτελέσματα μέσω του μοντέλου Rayman

	time	Gact	Sact	Dact	Ts	Tmrt	PMV	PET	SET*
date	h:mm	W/m2	W/m2	W/m2	°C	°C		°C	°C
18.11.2010	12:00	380	304	76	30.9	40.6	0.4	26.4	23.7
18.11.2010	13:00	396	317	79	31.7	42.1	0.5	27.1	24.1
18.11.2010	14:00	236	189	47	26.6	33.0	-0.3	22.7	20.3
18.11.2010	15:00	102	81	20	22.3	24.3	-1.0	19.5	17.2
18.11.2010	16:00	49	39	10	20.1	20.3	-1.3	17.9	15.6
18.11.2010	17:00	26	21	5	18.4	17.7	-1.7	16.3	13.7
18.11.2010	18:00	0	0	0	15.8	14.1	-2.2	13.8	10.9
18.11.2010	19:00	2	1	0	14.3	12.7	-2.6	12.2	9.3
18.11.2010	20:00	1	1	0	14.0	12.4	-2.7	11.9	9.0
18.11.2010	21:00	1	1	0	14.0	12.5	-2.7	12.0	9.1

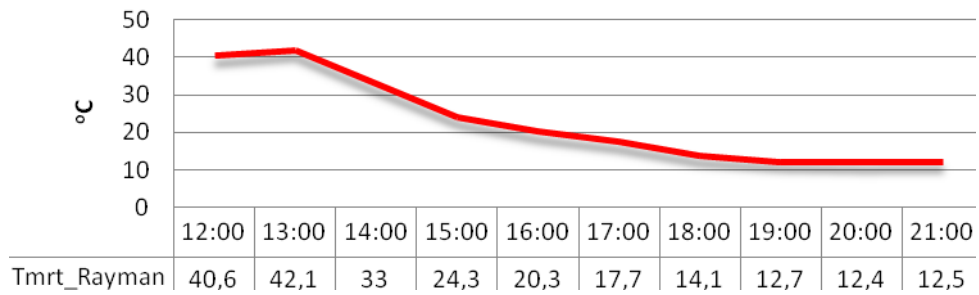
Στον Πίνακα 24 παρατηρείται ότι οι τιμές του δείκτη PET στην αρχή των μετρήσεων κυμαίνονται στα επίπεδα του ελαφρώς θερμού, μέχρι και τις 13:00, όπου λαμβάνει και τη μέγιστη τιμή. Στη συνέχεια παρατηρείται μια πτώση της τιμής του δείκτη στην περιοχή της ουδέτερης θερμικής αίσθησης μέχρι και τα όρια του ελαφρώς δροσερού στο τέλος των μετρήσεων. Στο Γράφημα 28 φαίνεται η πορεία του δείκτη PET



Γράφημα 28: Ολοήμερη μέτρηση S1 - Πορεία του δείκτη PET

Στο Γράφημα 29 φαίνεται η πορεία της Tmrt όπως αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο Rayman.

## Τmrt-Ολοήμερη μέτρηση S1



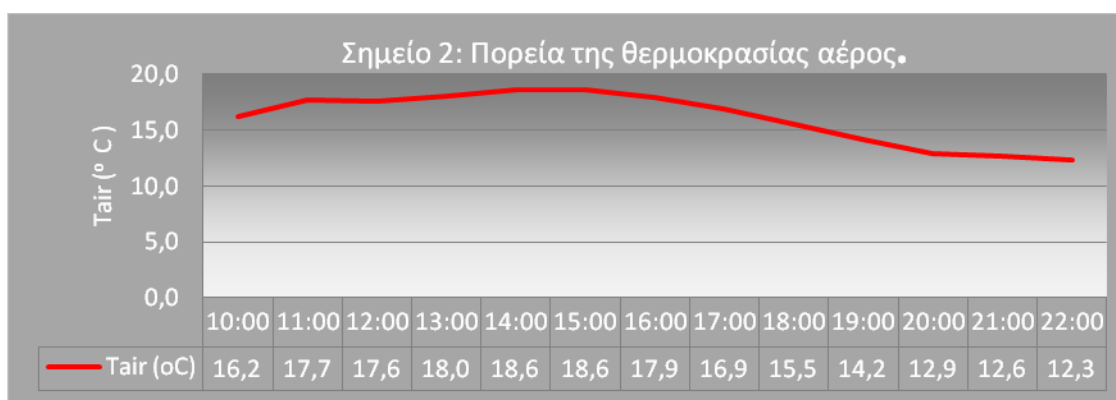
Γράφημα 29: Ολοήμερη μέτρηση S1 -Tmrt

Από τη σύγκριση των Γραφημάτων 28 και 29 παρατηρείται ότι η πορεία του δείκτη PET ακολουθεί την πορεία της Tmrt.

### 3.3.2 Σημείο 2 (S2)

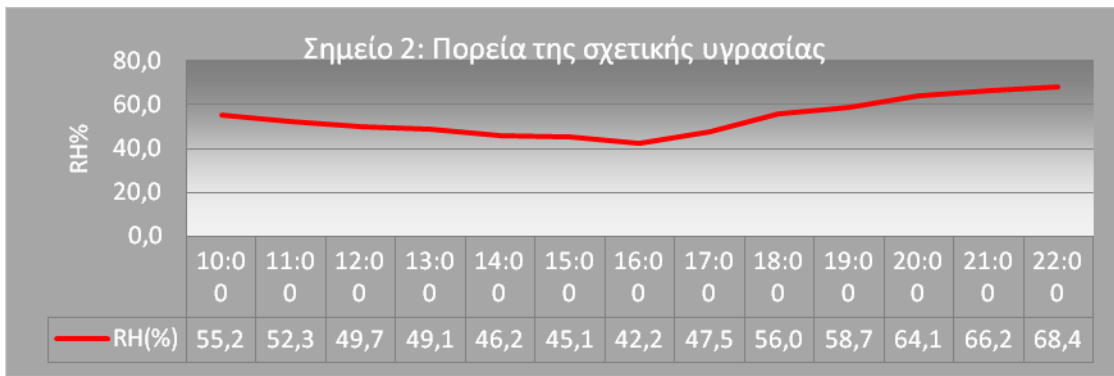
Πίνακας 25: Αποτελέσματα μετρήσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων για την ολόημερη μέτρηση στο σημείο 2

Date	Time	Tair (°C)	RH (%)	Mtglobe (°C)	MGR (w/m <sup>2</sup> )	Malb (w/m <sup>2</sup> )	MIRUP(w /m <sup>2</sup> )	MIRDN (w/m <sup>2</sup> )	wdsp (m/s)	MTG2 (°C)	MTSS (°C)
25.11.2010	10:00	16,2	55,2	19,4	127,9	22,4	363,5	384,5	0,5	13,5	15,3
25.11.2010	11:00	17,7	52,3	24,3	207,2	59,7	327,6	395,5	0,5	14,3	16,3
25.11.2010	12:00	17,6	49,7	19,6	105,6	28,6	323,3	392,9	0,5	14,2	15,5
25.11.2010	13:00	18,0	49,1	23,4	232,9	34,3	378,0	401,2	0,5	15,6	16,8
25.11.2010	14:00	18,6	46,2	20,8	161,6	28,4	266,3	385,6	0,6	15,7	17,6
25.11.2010	15:00	18,6	45,1	19,8	94,4	23,9	320,8	410,0	0,5	15,2	16,2
25.11.2010	16:00	17,9	42,2	18,5	66,6	12,8	351,5	390,2	0,5	15,5	15,8
25.11.2010	17:00	16,9	47,5	16,0	26,6	6,5	305,2	389,2	0,5	14,3	13,7
25.11.2010	18:00	15,5	56,0	13,5	-1,2	2,2	298,2	393,7	0,5	13,1	12,2
25.11.2010	19:00	14,2	58,7	12,1	-1,8	2,0	300,2	385,2	0,5	12,1	11,4
25.11.2010	20:00	12,9	64,1	11,2	-1,4	2,0	312,4	384,8	0,5	11,5	11,0
25.11.2010	21:00	12,6	66,2	11,0	-1,1	2,0	314,2	385,0	0,5	11,2	10,9
25.11.2010	22:00	12,3	68,4	10,7	-1,1	2,0	317,7	387,9	0,5	10,9	10,7

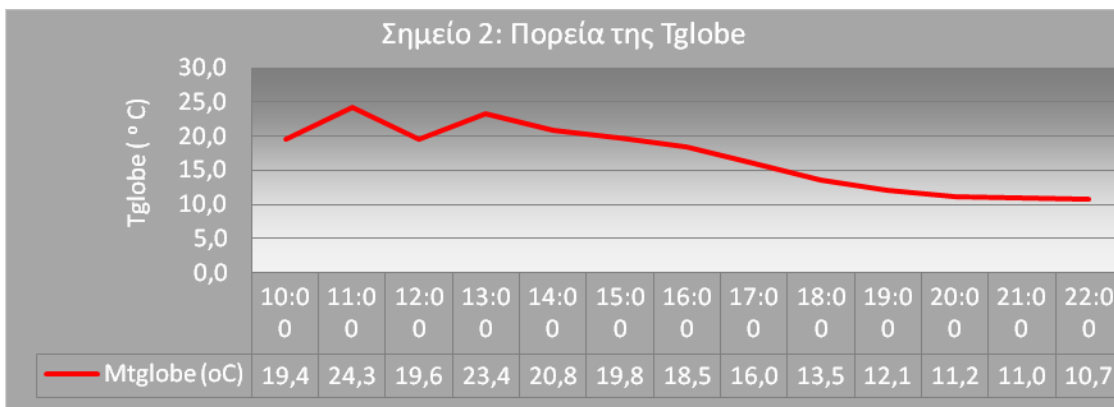


Γράφημα 30: Πορεία της θερμοκρασίας αέρος κατά τη διάρκεια της ολόημερης μέτρησης στο σημείο 2

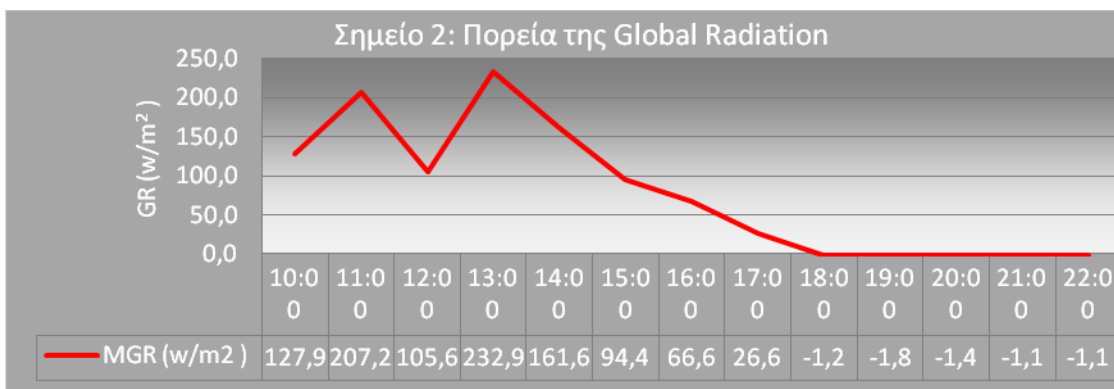
Όπως φαίνεται στο Γράφημα 30 θερμοκρασία αέρα (Tair) παρουσιάζει την μέγιστη τιμή 18,6 °C στις 14:00 και συνεχίζει φθίνουσα μέχρι τους 12,3 °C που καταγράφονται στις 22:00. Η πτώση της θερμοκρασίας παρατηρείται κυρίως το δίωρο 17:00 με 19:00. Η Tglobe (Γράφημα 32) παρουσιάζει αυξομειώσεις από τις 10:00 μέχρι τις 13:00 και στη συνέχεια ακολουθεί φθίνουσα πορεία μέχρι τις 22:00 όπου λαμβάνει και την ελάχιστη τιμή της. Αντίθετα, η σχετική υγρασία (RH) είναι φθίνουσα στην αρχή της ημέρας και φτάνει την ελάχιστη τιμή 42,2 % στις 16:00, ενώ στη συνέχεια αυξάνεται και φτάνει στο 68,4% στις 22:00, όπως φαίνεται και στο Γράφημα 31.



**Γράφημα 31:** Πορεία της σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια της ολοήμερης μέτρησης στο σημείο 2

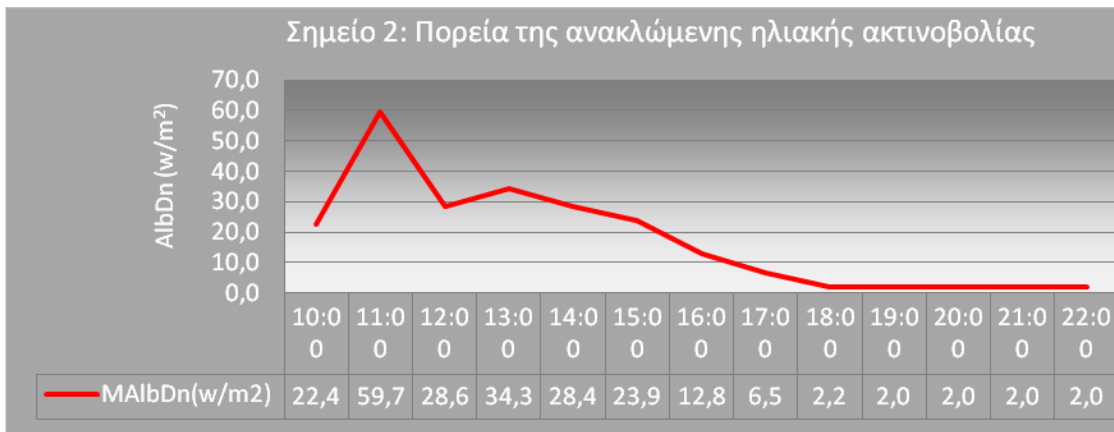


**Γράφημα 32:** Πορεία της Tglobe κατά τη διάρκεια της ολοήμερης μέτρησης στο σημείο 2

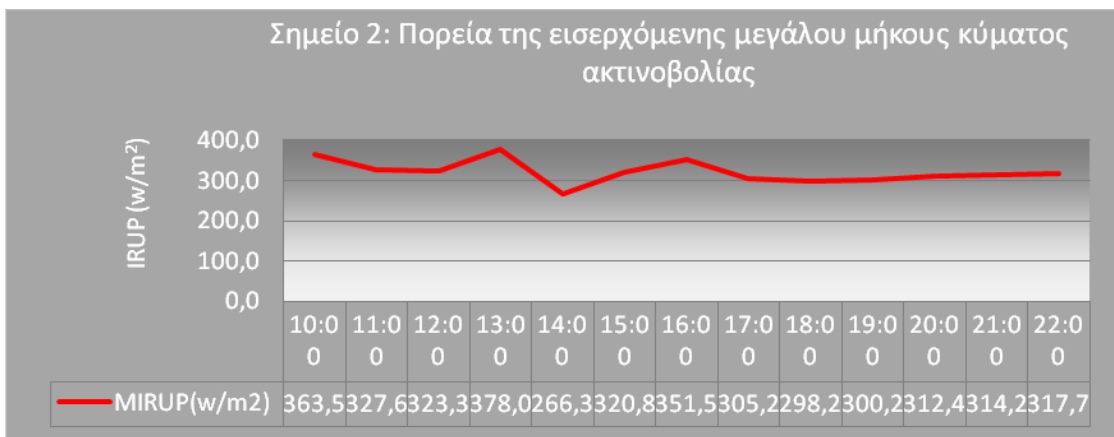


**Γράφημα 33:** Πορεία της GR κατά τη διάρκεια της ολοήμερης μέτρησης στο σημείο 2

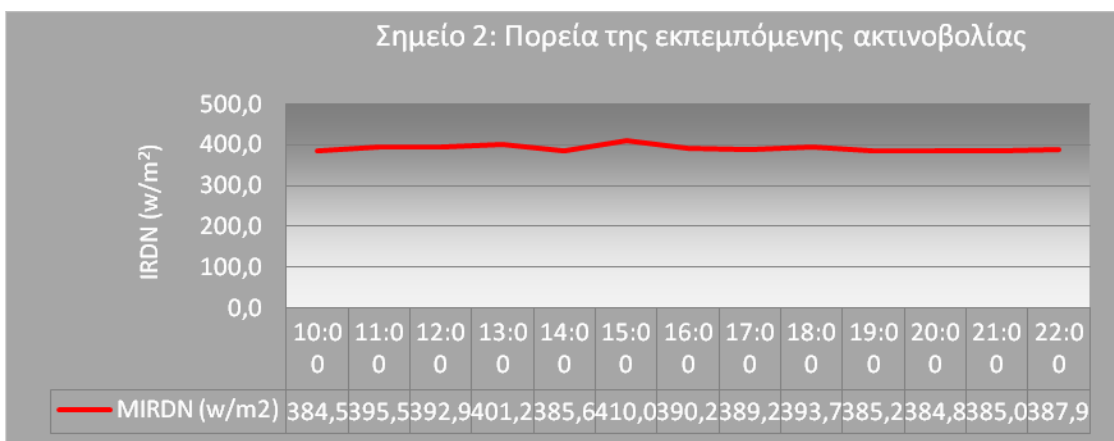
Όπως φαίνεται και στο Γράφημα 33 η τιμή της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας ακολουθώντας κάποιες διακυμάνσεις στην αρχή της ημέρας, φτάνει τη μέγιστη τιμή της στις 13:00 και στη συνέχεια ακολουθεί πτωτική τάση μέχρι τη δύση του ήλιου όπου πρακτικά μηδενίζεται. Η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία παρουσιάζει μια απότομη άνοδο στις 11:00 επανέρχεται πάλι απότομα και στη συνέχεια ακολουθεί πτωτική τάση μέχρι τη δύση του ήλιου (Γράφημα 34). Οι μεγάλοι μήκους κύματος ακτινοβολίες (Γράφημα 35 και Γράφημα 36) δεν παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας, εκτός από την IRUP που παρουσιάζει μια μικρή διακύμανση από τις 13:00 μέχρι τις 16:00 .



**Γράφημα 34:** Πορεία της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ολόημερης μέτρησης στο σημείο 2

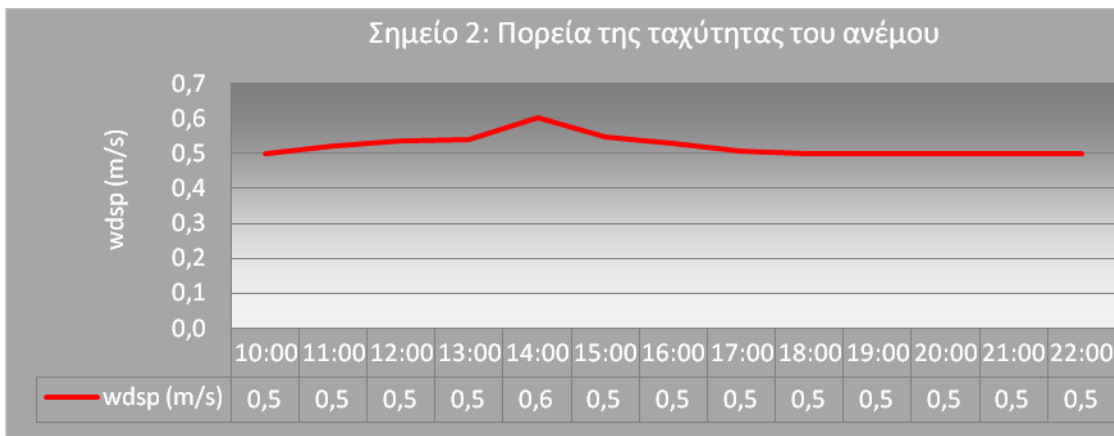


**Γράφημα 35:** Πορεία της εισερχόμενης μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ολόημερης μέτρησης στο σημείο 2



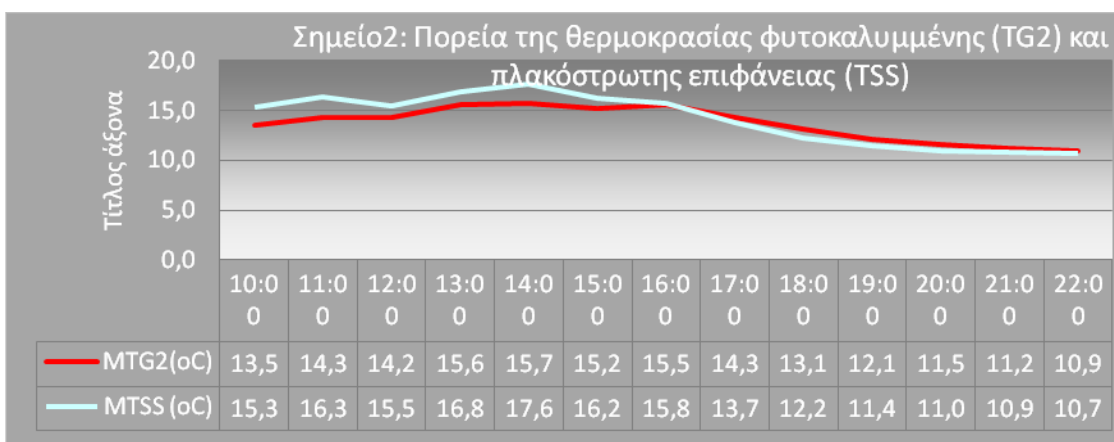
**Γράφημα 36:** Πορεία της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια τη ολόημερης μέτρησης στο σημείο 2





**Γράφημα 37:** Πορεία της ταχύτητας του ανέμου κατά τη διάρκεια της ολόημερης μέτρησης στο σημείο 2

Η ταχύτητα του ανέμου παραμένει πρακτικά σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας (Γράφημα 37). Στο Γράφημα 38 φαίνεται η πορεία της θερμοκρασίας πλακόστρωτης και φυτοκαλυμμένης επιφάνειας. Σύμφωνα με αυτό η TSS είναι μεγαλύτερη της TG2 μέχρι λίγο πριν τη δύση του ήλιου, όπου παρουσιάζει μια πτώση και μέχρι το τέλος των μετρήσεων λαμβάνει τιμές ελαφρώς μικρότερες της TG2.

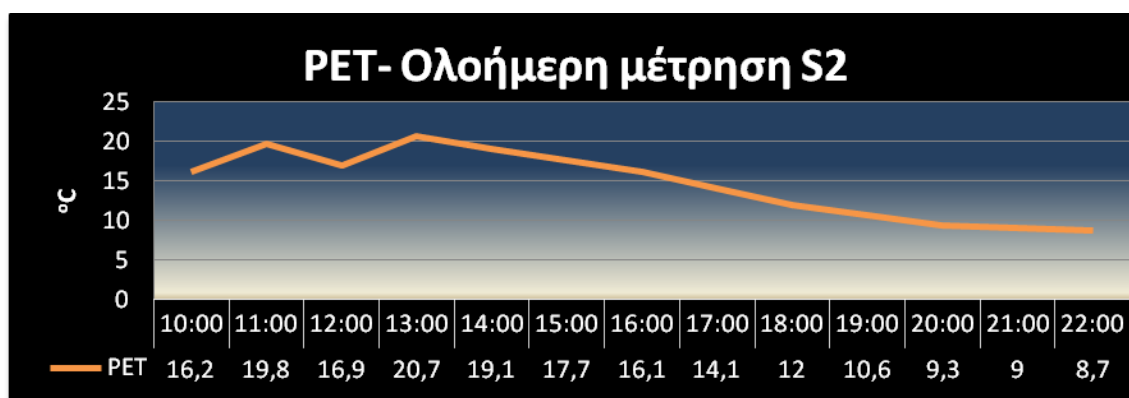


**Γράφημα 38:** Πορεία της θερμοκρασίας φυτοκαλυμμένης και πλακόστρωτης επιφάνειας κατά τη διάρκεια της ολόημερης μέτρησης στο σημείο 2

Πίνακας 26: Ολοήμερη μέτρηση S2 - αποτελέσματα μέσω του μοντέλου Rayman

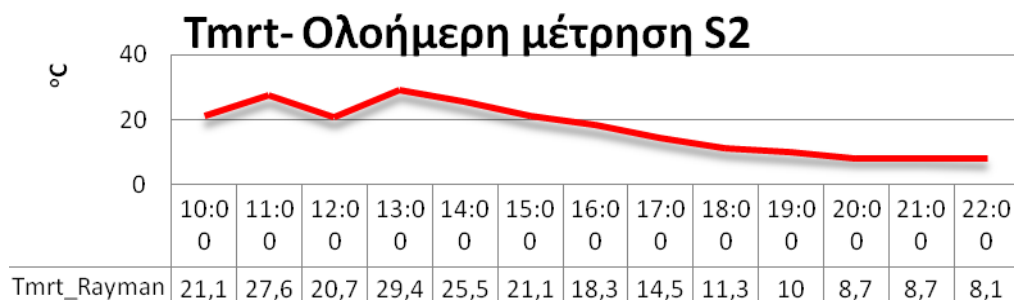
date	time h:mm	Gact W/m2	Sact W/m2	Dact W/m2	Ts °C	Tmrt °C	PMV	PET °C	SET* °C
25.11.2010	10:00	128	102	26	19.1	21.1	-1.8	16.2	14.1
25.11.2010	11:00	207	166	41	23.2	27.6	-1.0	19.8	18.1
25.11.2010	12:00	106	84	21	19.7	20.7	-1.6	16.9	14.7
25.11.2010	13:00	233	186	47	24.4	29.4	-0.8	20.7	18.9
25.11.2010	14:00	162	129	32	22.4	25.5	-1.1	19.1	17.0
25.11.2010	15:00	94	76	19	20.3	21.1	-1.4	17.7	15.5
25.11.2010	16:00	67	53	13	18.6	18.3	-1.7	16.1	13.6
25.11.2010	17:00	27	21	5	16.3	14.5	-2.2	14.1	11.2
25.11.2010	18:00	0	0	0	14.2	11.3	-2.7	12.0	8.9
25.11.2010	19:00	0	0	0	12.9	10.0	-3.0	10.6	7.4
25.11.2010	20:00	0	0	0	11.6	8.7	-3.3	9.3	6.0
25.11.2010	21:00	0	0	0	11.3	8.4	-3.4	9.0	5.7
25.11.2010	22:00	0	0	0	11.1	8.1	-3.5	8.7	5.4

Στον Πίνακα 26 παρατηρείται ότι οι τιμές του δείκτη PET κυμαίνονται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα συγκρινόμενα με τις προηγούμενες ημέρες. Από την αρχή των μετρήσεων μέχρι τις 13:00 όπου σημειώνεται και η μέγιστη τιμή, παρατηρούνται αυξομειώσεις στις τιμές του PET μεταξύ των ορίων της ουδέτερης θερμικής αίσθησης και του ελαφρώς δροσερού. Στη συνέχεια ο PET παρουσιάζει μια σταθερή καθοδική πορεία μέχρι το τέλος των μετρήσεων, με τιμές που εντοπίζονται στην περιοχή του ελαφρώς δροσερού έως δροσερού. Στο Γράφημα 39 φαίνεται η πορεία του δείκτη PET.



Γράφημα 39 : Ολοήμερη μέτρηση S2 - Πορεία του δείκτη PET

Στο Γράφημα 40 φαίνεται η πορεία της Tmrt όπως αυτή υπολογίζεται από το μοντέλο Rayman.

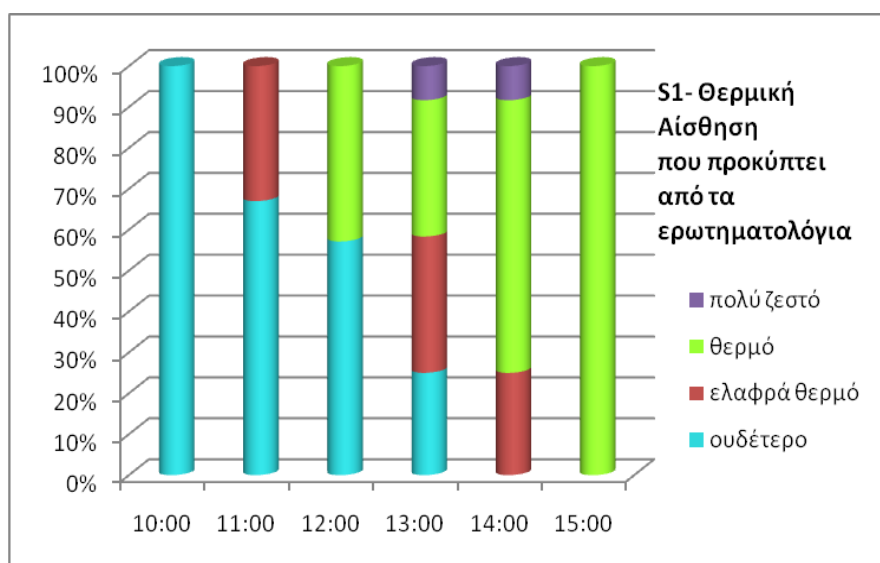


**Γράφημα 40: Ολοήμερη μέτρηση S2 -Tmrt**

Από τη σύγκριση των Γραφημάτων 39 και 40 παρατηρείται ότι η πορεία του δείκτη PET ακολουθεί την πορεία της Tmrt.

### 3.4 Σύγκριση κλάσεων πραγματικής θερμικής αίσθησης και κλάσεων δείκτη PET

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων των μικρομετεωρολογικών παραμέτρων, ζητήθηκε από τους χρήστες του χώρου να απαντήσουν σε μια σειρά ερωτήσεων που αφορούσαν στην αντίληψη που είχαν για τις θερμικές συνθήκες. Στα Γραφήματα 41 και 42 φαίνονται οι απαντήσεις των ερωτηθέντων κατά τη διάρκεια δυο χαρακτηριστικών ημερών, μια για κάθε σημείο μετρήσεων.



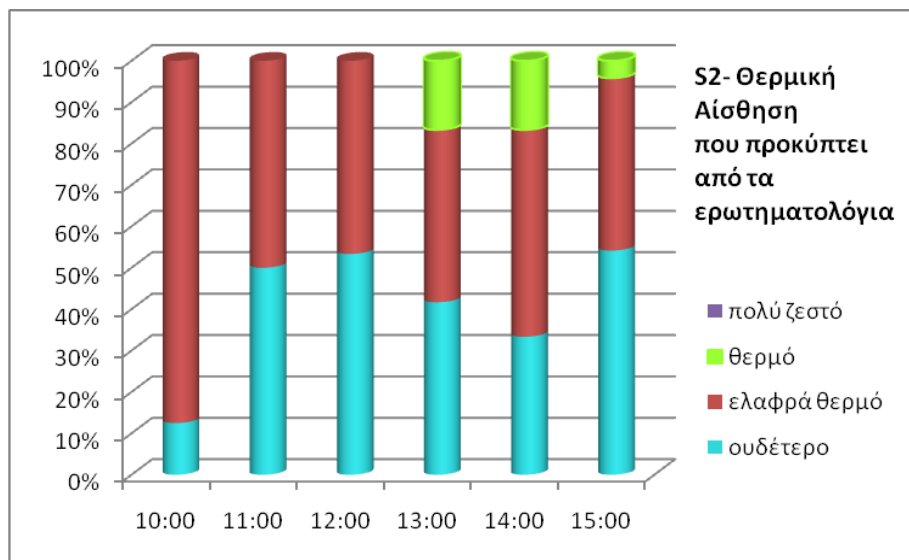
Γράφημα 41: S1- Θερμική Αίσθηση που προκύπτει από τα ερωτηματολόγια

Στον Πίνακα 27 φαίνονται οι κλάσεις της θερμικής αίσθησης σύμφωνα με τις αντίστοιχες τιμές του δείκτη PET όπως αυτές υπολογίστηκαν μέσω του μοντέλου λογισμικού Rayman, για την ίδια ημέρα.

Πίνακας 27: Οι κλάσεις της θερμικής αίσθησης σύμφωνα με τις τιμές του PET.

Time	PET	Κλάση
10:00	28,5	Ελαφρά θερμό
11:00	34,8	θερμό
12:00	38,7	Πολύ ζεστό
13:00	40,2	Πολύ ζεστό
14:00	37,2	Πολύ ζεστό
15:00	29,2	θερμό

Από τη σύγκριση του Γραφήματος 41 και του Πίνακα 27, προκύπτει ότι η θερμική αίσθηση των ερωτηθέντων βρίσκεται σε κλάσεις που πλησιάζουν περισσότερο προς τη ουδέτερη θερμική αίσθηση σε αντίθεση με τις τιμές του PET που υπολογίστηκαν από το μοντέλο και οι οποίες αντιστοιχούν σε κλάσεις με θερμική επιβάρυνση.



**Γράφημα 42: S1- Θερμική Αίσθηση που προκύπτει από τα ερωτηματολόγια**

Από τη σύγκριση του Γραφήματος 42 και του Πίνακα 28, προκύπτει ότι η θερμική αίσθηση των ερωτηθέντων τείνει να κυμαίνεται σε κλάσεις που πλησιάζουν περισσότερο προς τη ουδέτερη θερμική αίσθηση σε αντίθεση με τις τιμές του PET που υπολογίστηκαν από το μοντέλο και οι οποίες αντιστοιχούν σε κλάσεις με θερμική επιβάρυνση. Εξάγεται συνεπώς το συμπέρασμα ότι το μοντέλο τείνει να υπερεκτιμά την θερμική αίσθηση για τις συνθήκες της Αθήνας.

**Πίνακας 28: Οι κλάσεις της θερμικής αίσθησης σύμφωνα με τις τιμές του PET**

Time	PET	Κλάση
10:00	35	Πολύ ζεστό
11:00	28,7	Ελαφρά θερμό
12:00	33,1	θερμό
13:00	45,8	Πάρα Πολύ ζεστό
14:00	31	θερμό
15:00	24	Ελαφρά θερμό

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω και δεδομένου ότι:

- α) το πλήθος των δεδομένων πραγματικής αίσθησης είναι σχετικά μικρό
- β) οι διορθωτικές εξισώσεις των τιμών του δείκτη PET όπως αυτές αναπτύχθηκαν από τους Tseliou et al. (2010) επιτυγχάνουν στατιστικά σημαντική αλλά σχετικά μικρή βελτίωση της συμφωνίας πραγματικών και εκτιμηθέντων κλάσεων
- γ) δεδομένα διορθώσεων της κλίμακας του PET για την προσαρμογή της στις συνθήκες της Αθήνας δεν έχουν προκύψει από προηγούμενες μελέτες ή βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο
- δ) η έμφαση στην παρούσα μελέτη είναι η σύγκριση βιοκλιματικών συνθηκών διαφορετικών σεναρίων
- ε) για να είναι δυνατή σύγκριση των συνθηκών με αυτές άλλων πόλεων στον ευρωπαϊκό χώρο

κρίθηκε σκόπιμο στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, να υιοθετηθεί η ήδη υφιστάμενη κλίμακα βιοκλιματικών κλάσεων θερμικής αίσθησης της PET (Matzarakis, 1999 ).

## 4. Συμπληρωματικοί έλεγχοι μοντέλου

### 4.1 Η σύγκριση $T_{mrt}$ - Rayman και $T_{mrt}$ που προκύπτει από την $T_{globe}$ .

Το μοντέλο-λογισμικό Rayman αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τον υπολογισμό όχι μόνο των βιομετεωρολογικών δεικτών, αλλά και της  $T_{mrt}$  σε αστικά μικροπεριβάλλοντα. Για την σύγκριση και αξιολόγηση της  $T_{mrt}$  που προκύπτει από το μοντέλο-λογισμικό Rayman, χρησιμοποιήθηκε η  $T_{mrt}$  που προκύπτει από τις ενδείξεις του θερμομέτρου σφαίρας, σύμφωνα με την εξίσωση:

$$T_{mrt} = [(T_g + 273,15)^4 + \frac{1,1 \times 10^8 V_a^{0,6}}{\varepsilon D^{0,4}} \times (T_g - T_a)]^{\frac{1}{4}} - 273,15 \quad (1)$$

Όπου:

$T_g$ : Η θερμοκρασία σφαίρας ( $^{\circ}\text{C}$ )

$V_a$ : Η ταχύτητα του ανέμου ( m/s)

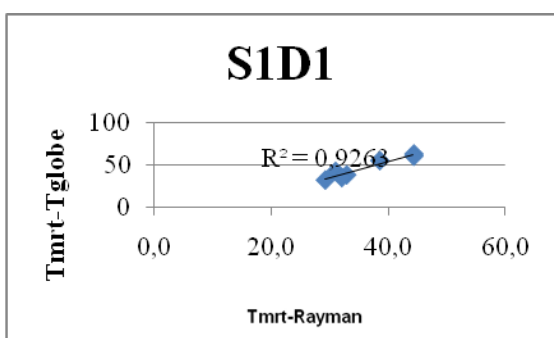
$T_a$ : Η θερμοκρασία αέρα ( $^{\circ}\text{C}$ )

$D$ : Η διάμετρος της σφαίρας (mm)

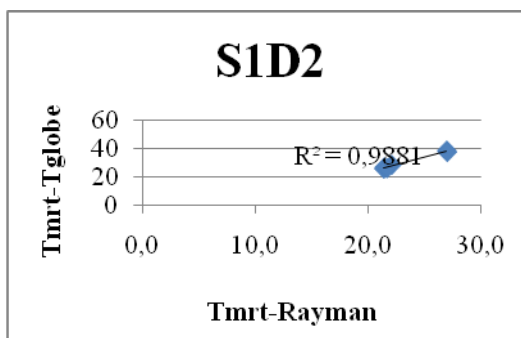
$\varepsilon$ : Η εκπεμπιμότητα της σφαίρας

Η σύγκριση των δύο μεθόδων υπολογισμού της  $T_{mrt}$ , έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα:

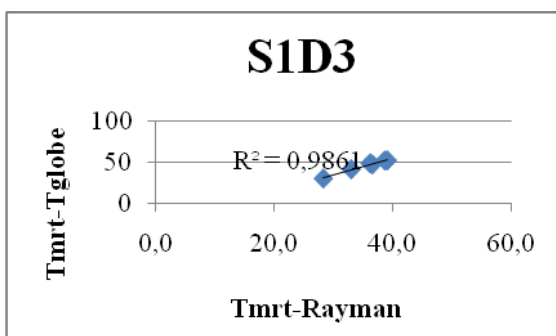
Σημείο 1:



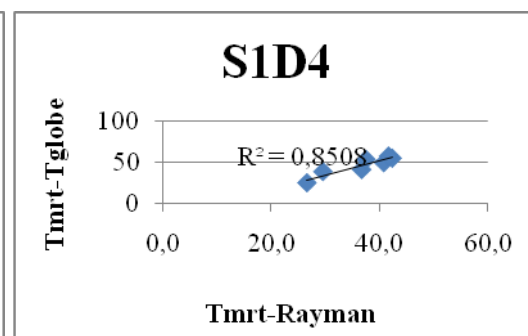
Γράφημα 43



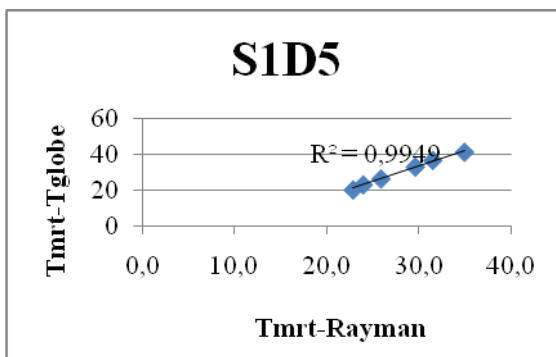
Γράφημα 44



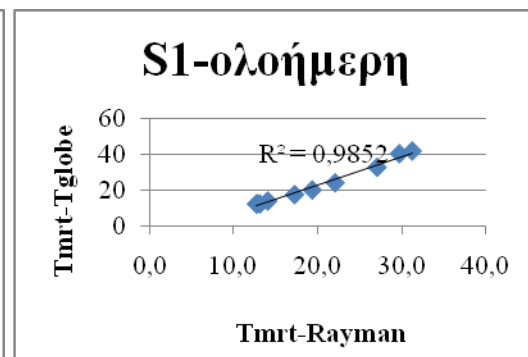
Γράφημα 45



Γράφημα 46



Γράφημα 47

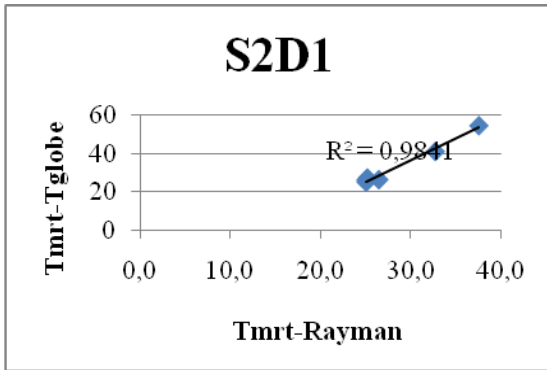


Γράφημα 48

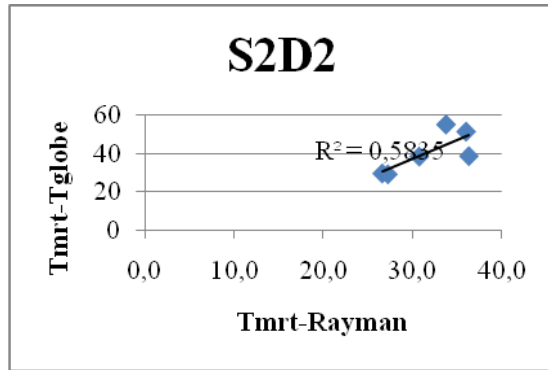
Από τα Γραφήματα 43 έως 48 φαίνεται ότι η Tmrt-Rayman και η Tmrt-Tglobe παρουσιάζουν πολύ καλή συσχέτιση.



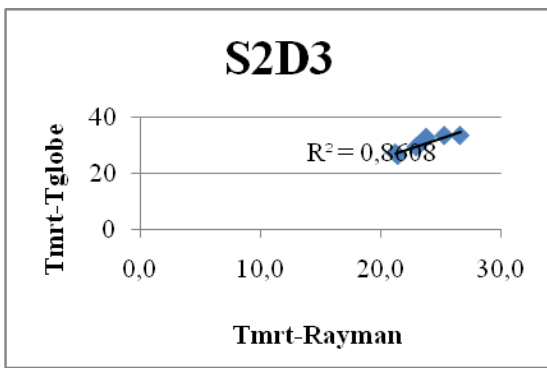
Σημείο 2:



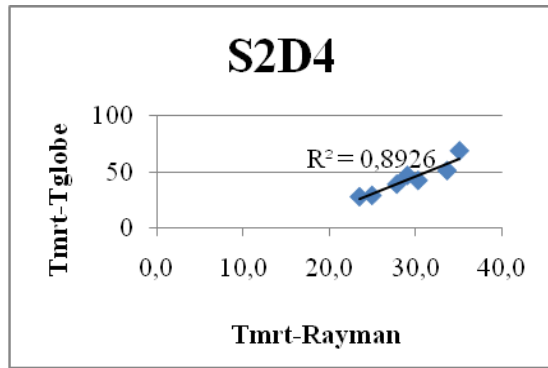
Γράφημα 49



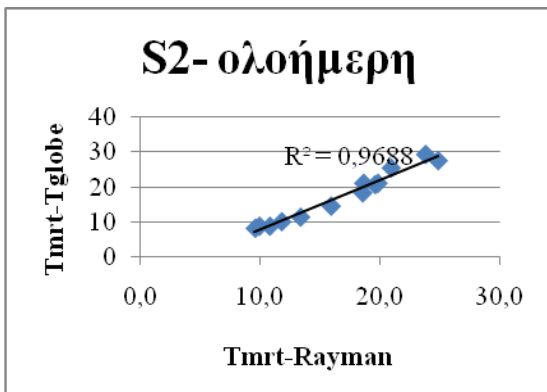
Γράφημα 50



Γράφημα 51



Γράφημα 52

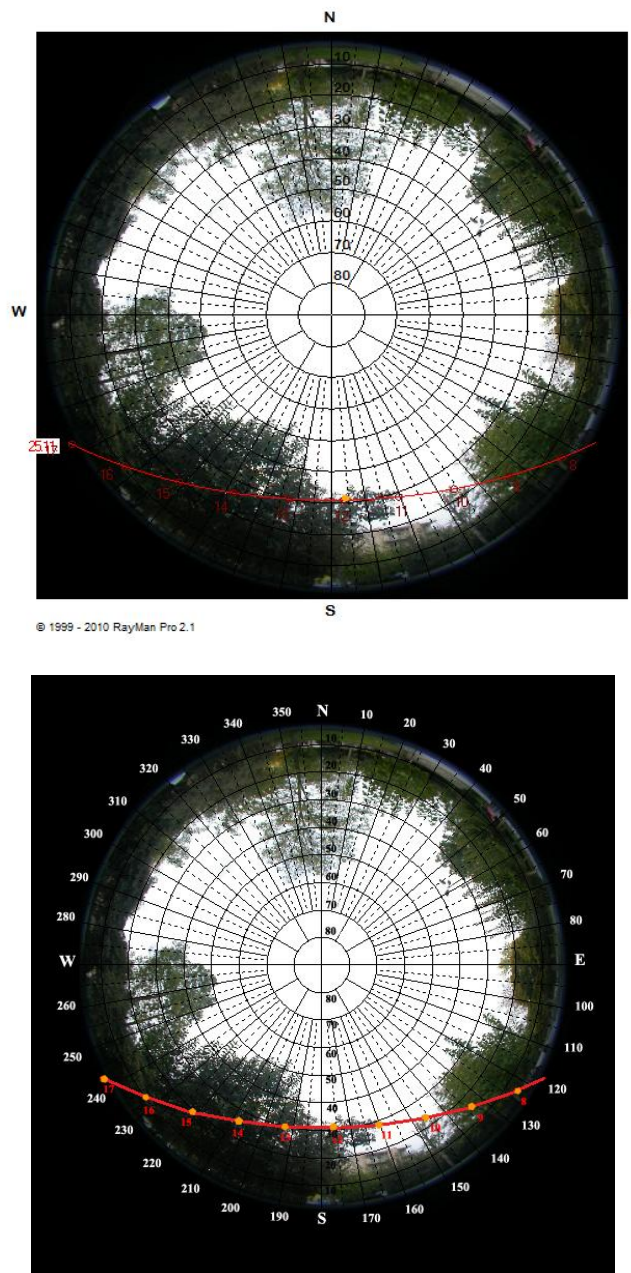


Γράφημα 53

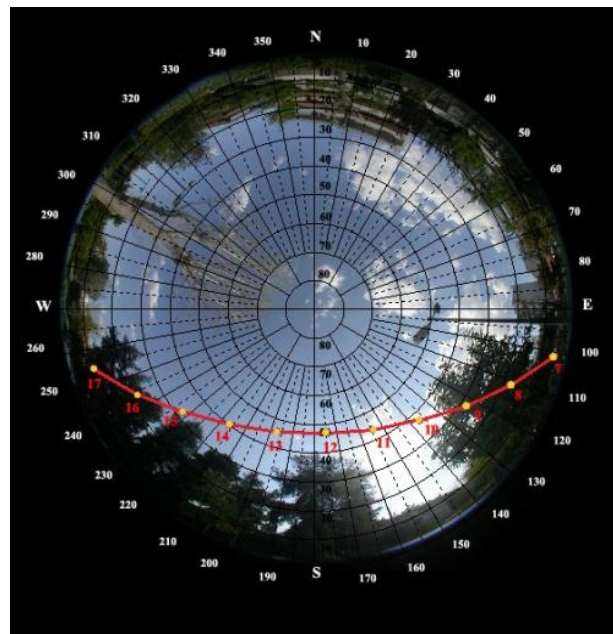
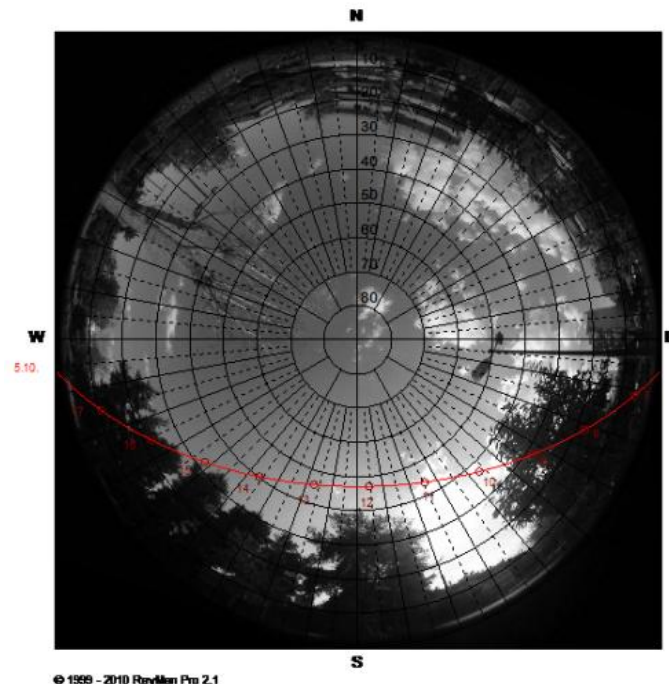
Από τα Γραφήματα 49 έως 53 φαίνεται ότι η Tmrt-Rayman και η Tmrt-Tglobe παρουσιάζουν πολύ καλή συσχέτιση.

## 4.2 Σύγκριση πολικών διαγραμμάτων

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης κρίθηκε σκόπιμη η σύγκριση των πολικών διαγραμμάτων που υπολογίζονται μέσω του μοντέλου-λογισμικού Rayman (μέθοδος A) και των πολικών διαγραμμάτων που συντάσσονται χρησιμοποιώντας κατάλληλο λογισμικό για την εκτίμηση της ηλιακής τροχιάς (αζιμούθιο, ύψος ήλιου) και αποτυπώνοντας τις τιμές αυτές σε χάρτη με πολικές συντεταγμένες (μέθοδος B). Η σύγκριση έγινε για δύο ημέρες μετρήσεων.



Εικόνα 10: Πολικά διαγράμματα με τη μέθοδο A και B για τις 25.11



**Εικόνα 11: Πολικά διαγράμματα με τη μέθοδο Α και Β για τις 5.10**

Από την σύγκριση των Εικόνων 10 και 11, παρατηρούμε ότι η τροχιά του ήλιου συμπίπτει απόλυτα και με τις δύο μεθόδους. Στο παράρτημα παρουσιάζονται τα πολικά διαγράμματα για όλες τις ημέρες των μετρήσεων.

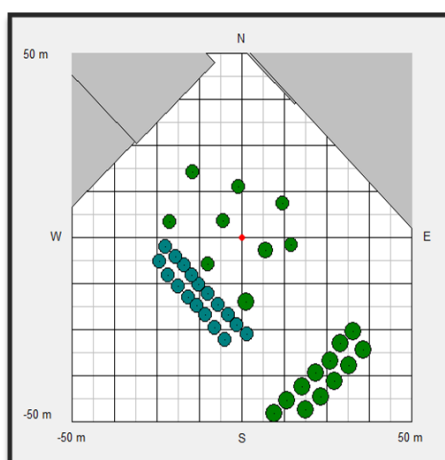
## **ΜΕΡΟΣ Γ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΕΝΑΡΙΩΝ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

### **1. Γενικά**

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης κρίθηκε σκόπιμο να προταθούν σενάρια διαμόρφωσης για κάθε σημείο μετρήσεων και να διερευνηθεί η συμβολή τους στη θερμική αίσθηση των επισκεπτών του χώρου. Για κάθε σημείο προτάθηκαν δύο διαφορετικές διαμορφώσεις και μέσω του μοντέλου Rayman 1.2 υπολογίστηκε ο βιομετεωρολογικός δείκτης PET για δύο χαρακτηριστικές ημέρες μετρήσεων. Στη συνέχεια έγινε σύγκριση των τιμών του δείκτη PET των υφιστάμενων διαμορφώσεων με τις αντίστοιχες τιμές PET των υποθετικών διαμορφώσεων. Τέλος, χρησιμοποιώντας τις τιμές της θερμοκρασίας αέρος, της σχετικής υγρασίας και της ταχύτητας του ανέμου μιας πολύ θερμής ημέρας και μιας σχετικά ψυχρής, διερευνήθηκε η συμπεριφορά τόσο των υφιστάμενων όσο και των υποθετικών διαμορφώσεων για μια θερινή και μια χειμερινή ημέρα αντίστοιχα.

#### **1.1 Σενάρια διαμόρφωσης - Σημείο 1 (S1)**

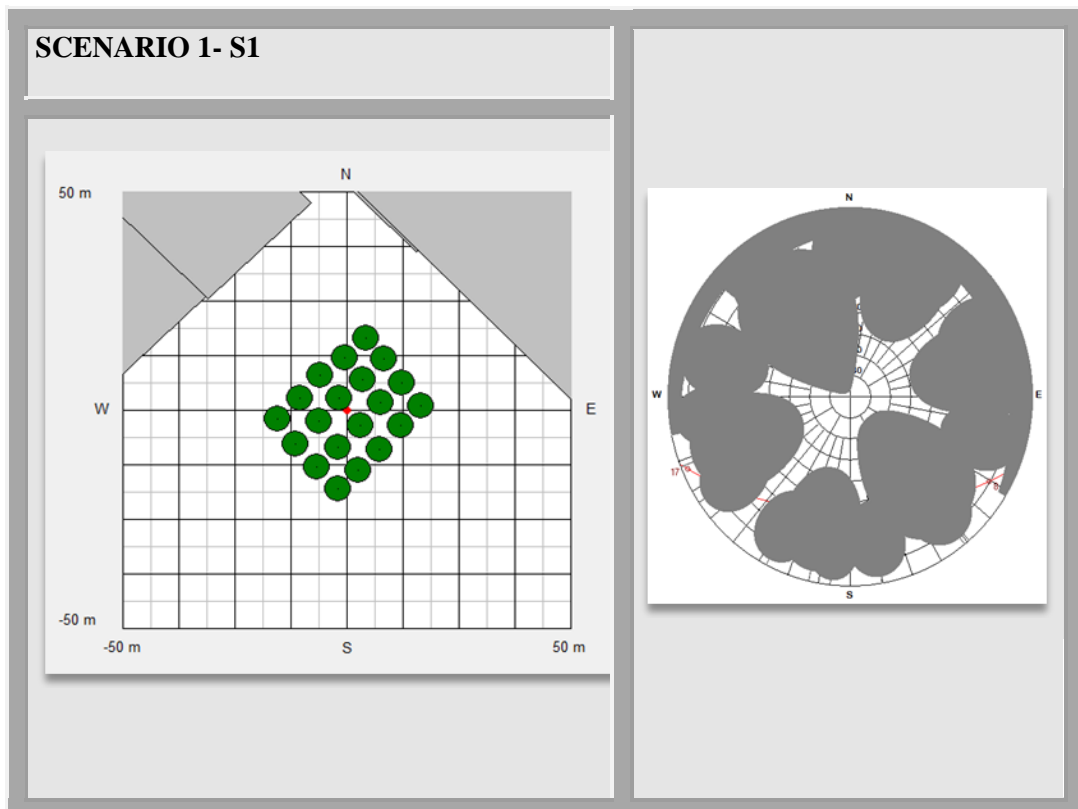
Στην Εικόνα 12 , φαίνεται η υφιστάμενη (current) διαμόρφωση για το σημείο 1, όπως αυτή απεικονίζεται στο σχεδιαστικό παράθυρο του μοντέλου-λογισμικού Rayman.



**Εικόνα 12: Σημείο 1 (S1)- Υφιστάμενη διαμόρφωση (current)**

### 1.1.1 Διαμόρφωση τύπου δενδρόνα - SCENARIO 1

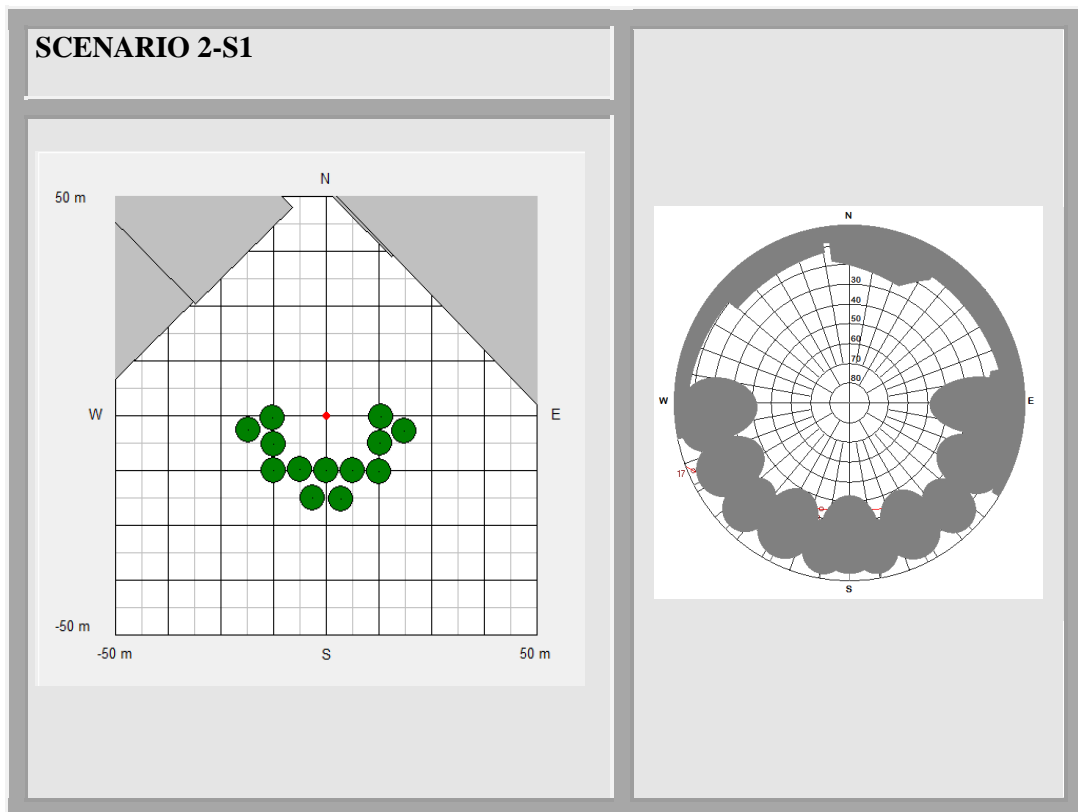
Στον τύπο αυτό της διαμόρφωσης τα δέντρα είναι τοποθετημένα σε σειρές και ανά τέσσερα διατεταγμένα σε σχήμα ρόμβου. Οι αποστάσεις μεταξύ των σειρών είναι 6m και επί της γραμμής 6m. Τα δέντρα που επιλέχθηκαν είναι φυλλοβόλα και το ύψος τους φτάνει τα 10 m. Στην Εικόνα 13 φαίνεται η διαμόρφωση τύπου δενδρόνα (scenario 1) για το σημείο 1, όπως αυτή απεικονίζεται στο σχεδιαστικό παράθυρο του μοντέλου-λογισμικού Rayman.



Εικόνα 13: Σημείο 1 (S1)- Διαμόρφωση δενδρόνα μοντέλου

### 1.1.2 Κυκλική διαμόρφωση – SCENARIO 2

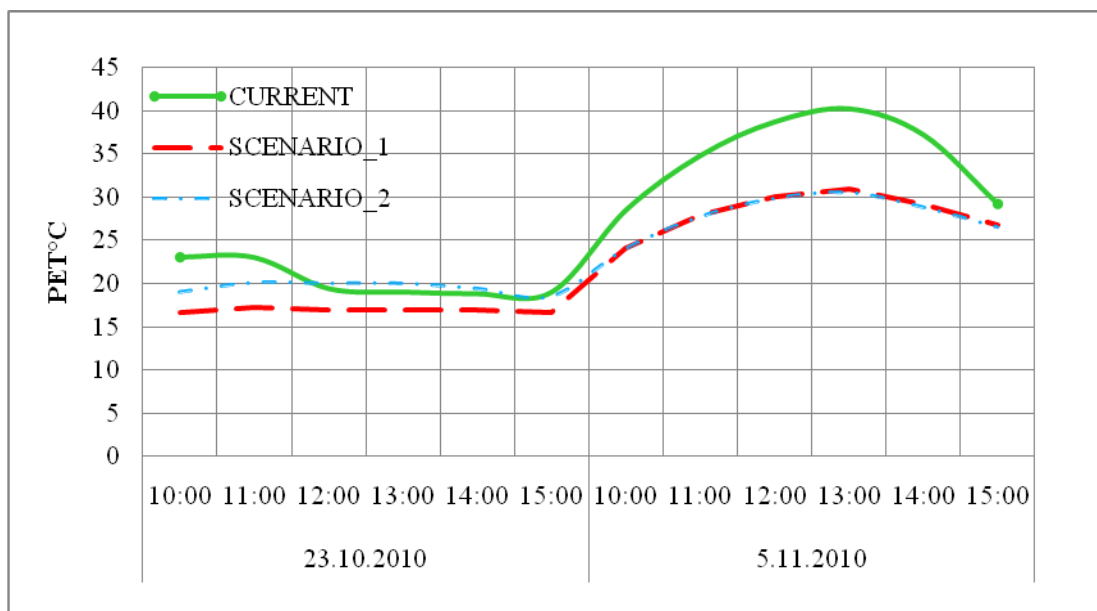
Στον τύπο αυτό της διαμόρφωσης τα δέντρα είναι τοποθετημένα περιφερειακά (σε σχέση με τον παρατηρητή) και μόνο στη νότια, δυτική και ανατολική πλευρά. Τα δέντρα που επιλέχθηκαν είναι φυλλοβόλα, το ύψος τους φτάνει τα 10 m και έχουν τοποθετηθεί σε απόσταση 10m από τον παρατηρητή. Στην Εικόνα 14 φαίνεται η κυκλική διαμόρφωση (scenario 2) για το σημείο 1, όπως αυτή απεικονίζεται στο σχεδιαστικό παράθυρο του μοντέλου-λογισμικού Rayman.



Εικόνα 14: Σημείο 1 (S2)- Κυκλική διαμόρφωση μοντέλου

### 1.1.3 Σύγκριση της θερμικής αίσθησης για τους τρεις τύπους διαμορφώσεων

Στο Γράφημα 54 παρουσιάζεται η μεταβολή του δείκτη PET για κάθε τύπο διαμόρφωσης καθώς και η ημερήσια διακύμανσή του για δύο χαρακτηριστικές ημέρες.



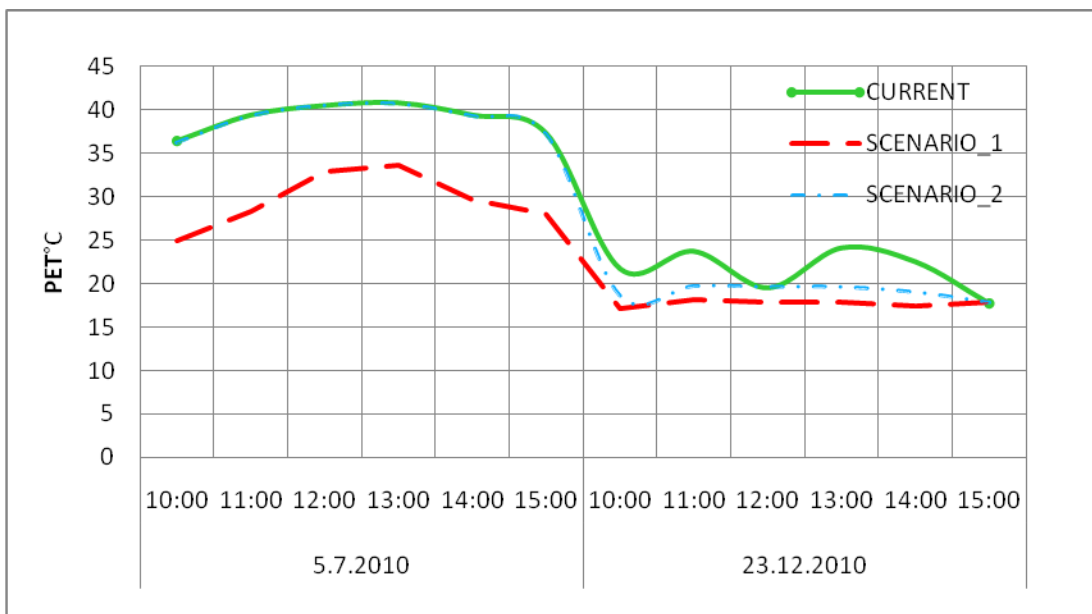
Γράφημα 54: Μεταβολή του PET ανά διαμόρφωση.

Η 23.10.2010, είναι η ημέρα με τις χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας αέρος και η 5.11.2010 είναι η ημέρα με τις υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας αέρος. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, για την ψυχρότερη ημέρα, η διαμόρφωση 1 (scenario 1) είναι αυτή που μειώνει περισσότερο τις τιμές του PET. Παρόλα αυτά η διαμόρφωση 2 (scenario 2) δίνει τις καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης. Για την θερμότερη ημέρα τόσο η διαμόρφωση 1 όσο και η διαμόρφωση 2, βελτιώνουν κατά πολύ τις συνθήκες θερμικής αίσθησης.

### 1.1.4 Σύγκριση των διαμορφώσεων σε τυπικές θερμές και ψυχρές συνθήκες

Θεωρώντας ότι η θερμότερη ημέρα των μετρήσεων (5.11.2010) θα μπορούσε να προσομοιάζει με μια τυπική ημέρα θερμών συνθηκών και χρησιμοποιώντας τις τιμές της θερμοκρασίας αέρος, της σχετικής υγρασίας και της ταχύτητας του ανέμου υπολογίσαμε την θερμική αίσθηση κάτω από θερμές συνθήκες (5.7.2010). Οι τιμές της

ακτινοβολίας υπολογίστηκαν από το μοντέλο-λογισμικό Rayman. Αντίστοιχα, οι τιμές των παραπάνω μετεωρολογικών παραμέτρων της πιο ψυχρής ημέρας των μετρήσεων (23.10.2010) χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της θερμικής αίσθησης των διαμορφώσεων κάτω από ψυχρές συνθήκες(23.12.2010).



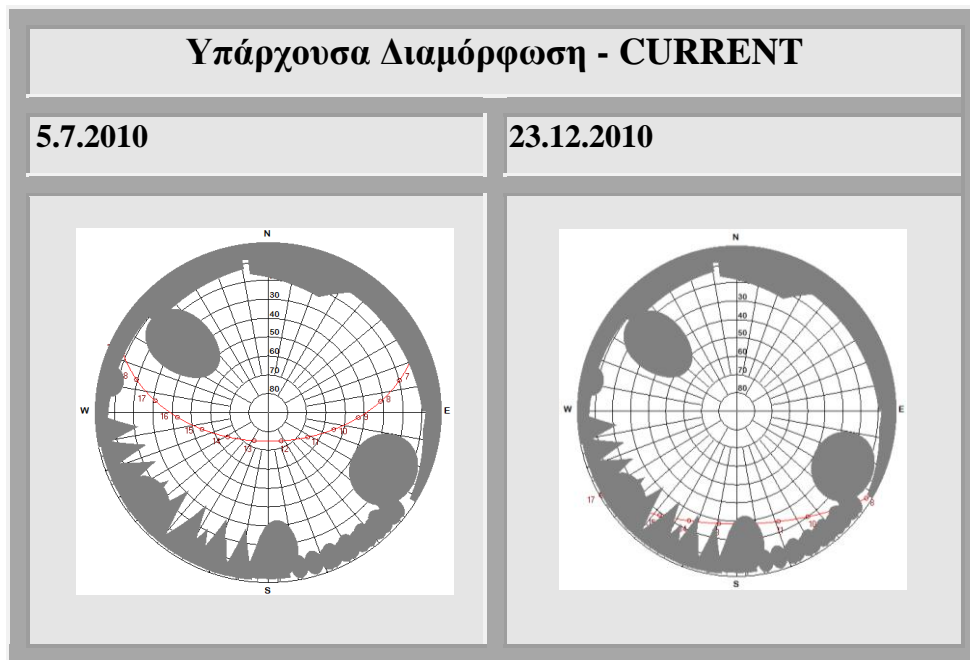
Γράφημα 55: Μεταβολή του PET ανά διαμόρφωση για τυχαία θερινή και χειμερινή μέρα

Στο Γράφημα 55, φαίνεται ότι για “θερμές” συνθήκες η διαμόρφωση 1 δίνει τις καλύτερες τιμές θερμικής αίσθησης σε σχέση τόσο με την υπάρχουσα όσο και με την διαμόρφωση 2. Η μείωση των τιμών του δείκτη PET που προκύπτει από τη διαμόρφωση 1, φτάνει και τους 10 °C. Οι τιμές της διαμόρφωσης 2 και της υπάρχουσας δεν παρουσιάζουν καμία διαφοροποίηση μεταξύ τους.

Για τις “ψυχρές” συνθήκες, παρατηρούμε ότι και οι τιμές του PET και για τις τρεις διαμορφώσεις βρίσκονται εντός των ορίων της ουδέτερης θερμικής αίσθησης. Και εδώ τις πιο μειωμένες τιμές δίνει η διαμόρφωση 1 και τις πιο υψηλές η υπάρχουσα διαμόρφωση.

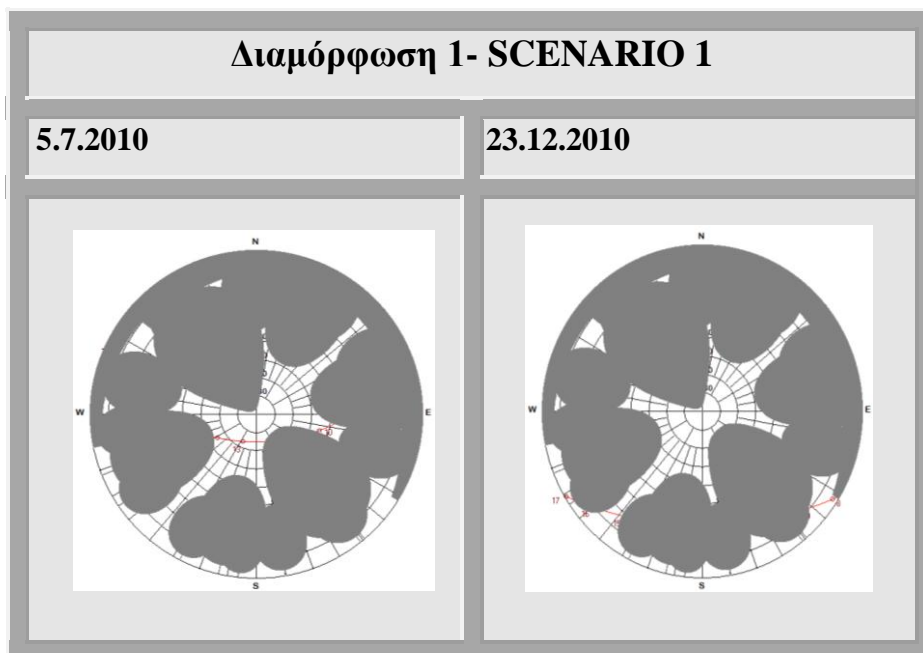
Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 15 όπου εμφανίζονται τα πολικά διαγράμματα για τις “θερμές” και τις “ψυχρές” συνθήκες σύμφωνα με την υπάρχουσα διαμόρφωση, η πορεία του ήλιου δεν κρύβεται από οπτικά εμπόδια κατά τις “θερμές” συνθήκες, γεγονός που σημαίνει ότι η θέση του παρατηρητή είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας.





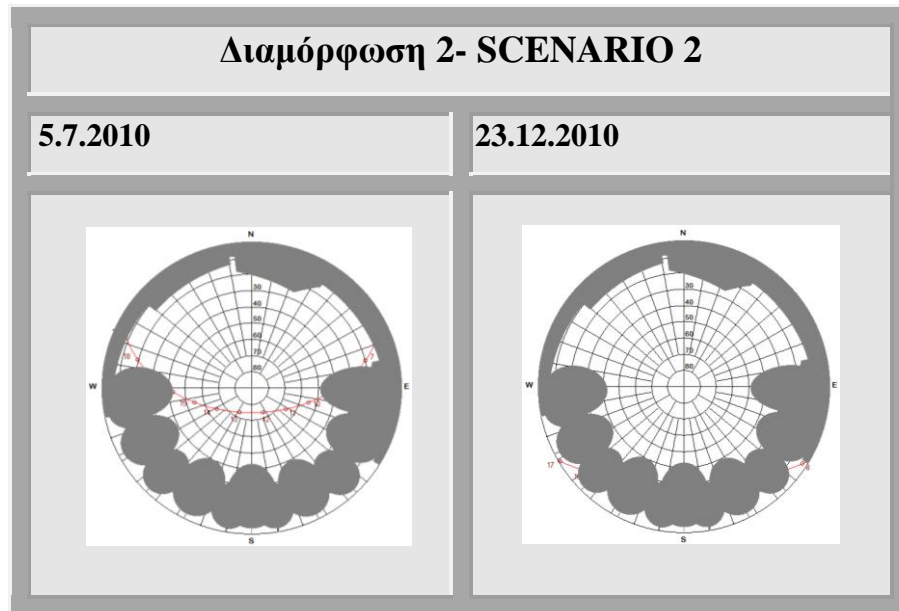
**Εικόνα 135:** Πολικά διαγράμματα για μια θερινή και μια χειμερινή ημέρα με την υπάρχουσα διαμόρφωση

Στην Εικόνα 16 εμφανίζονται τα πολικά διαγράμματα για τις αντίστοιχες ημέρες σύμφωνα με τη διαμόρφωση 1. Παρατηρούμε ότι η πορεία του ήλιου κατά τις “θερμές” συνθήκες, είναι ορατή από τον παρατηρητή μόνο για λίγες ώρες, ενώ κατά τις “ψυχρές” συνθήκες η πορεία του ήλιου δεν είναι ορατή για τις περισσότερες ώρες.



**Εικόνα 146:** Πολικά διαγράμματα για μια θερινή και μια χειμερινή ημέρα με τη διαμόρφωση 1.

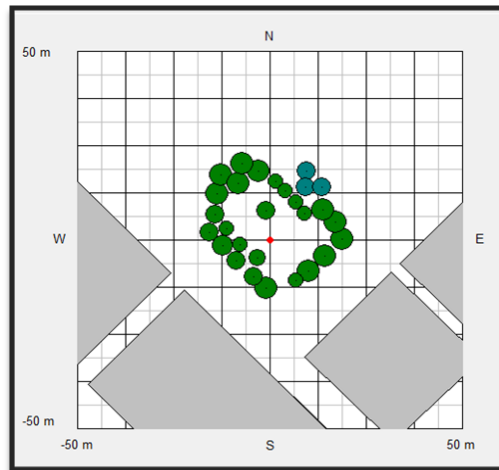
Στην Εικόνα 17 εμφανίζονται τα πολικά διαγράμματα για τις αντίστοιχες ημέρες σύμφωνα με τη διαμόρφωση 2. Παρατηρούμε ότι η πορεία του ήλιου κατά τις “θερμές” συνθήκες, είναι ορατή από τον παρατηρητή μόνο για αρκετές ώρες και κυρίως κατά τη διάρκεια του μεσημεριού, ενώ κατά τις “ψυχρές” συνθήκες η πορεία του ήλιου δεν είναι ορατή για τις περισσότερες ώρες.



Εικόνα 157: Πολικά διαγράμματα για μια θερινή και μια χειμερινή ημέρα με τη διαμόρφωση 2.

## 1.2 Σενάρια διαμόρφωσης - Σημείο 2 (S2)

Στην Εικόνα 18 , φαίνεται η υφιστάμενη (current) διαμόρφωση για το σημείο 2, όπως αυτή απεικονίζεται στο σχεδιαστικό παράθυρο του μοντέλου-λογισμικού Rayman.

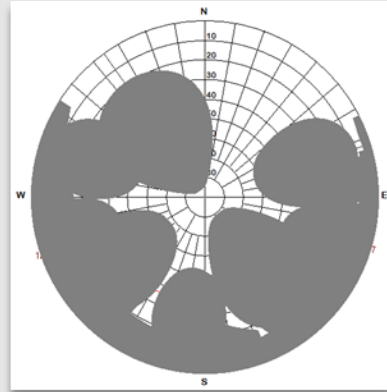
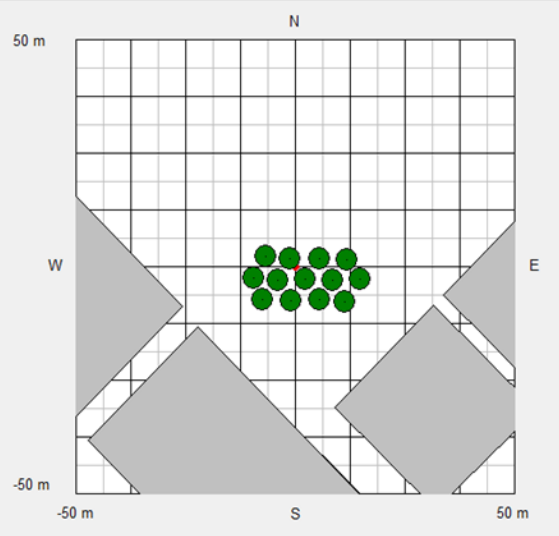


Εικόνα 18: Σημείο 2 (S2)- Υφιστάμενη διαμόρφωση (current)

### 1.2.1 Διαμόρφωση τύπου δενδρώνα - SCENARIO 1

Στον τύπο αυτό της διαμόρφωσης τα δέντρα είναι τοποθετημένα σε τριγωνική διάταξη. Οι αποστάσεις μεταξύ των σειρών είναι 5m και επί της γραμμής 5m. Τα δέντρα που επιλέχθηκαν είναι φυλλοβόλα και το ύψος τους φτάνει τα 10 m. Στην Εικόνα 19 φαίνεται η διαμόρφωση τύπου δενδρώνα (scenario 1) για το σημείο 2, όπως αυτή απεικονίζεται στο σχεδιαστικό παράθυρο του μοντέλου-λογισμικού Rayman.

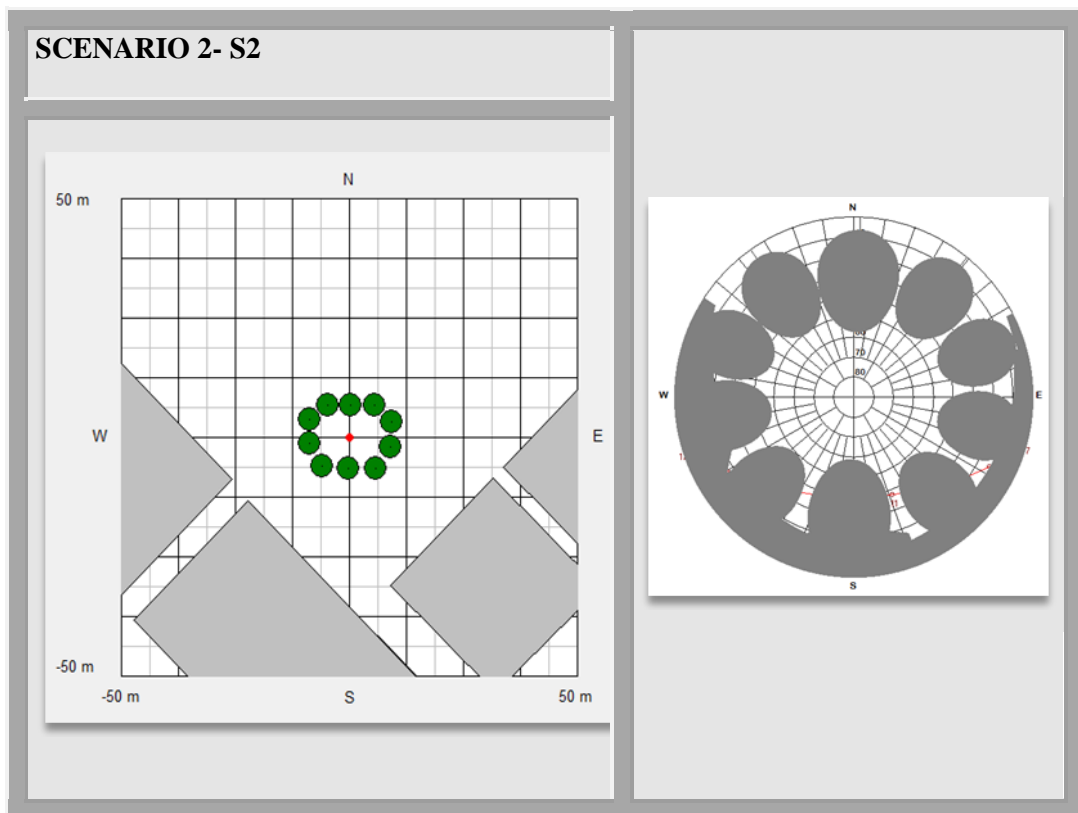
**SCENARIO 1- S2**



**Εικόνα 19: Σημείο 2 (S1)- Διαμόρφωση δένδρωνα μοντέλου**

### 1.2.2 Κυκλική διαμόρφωση – SCENARIO 2

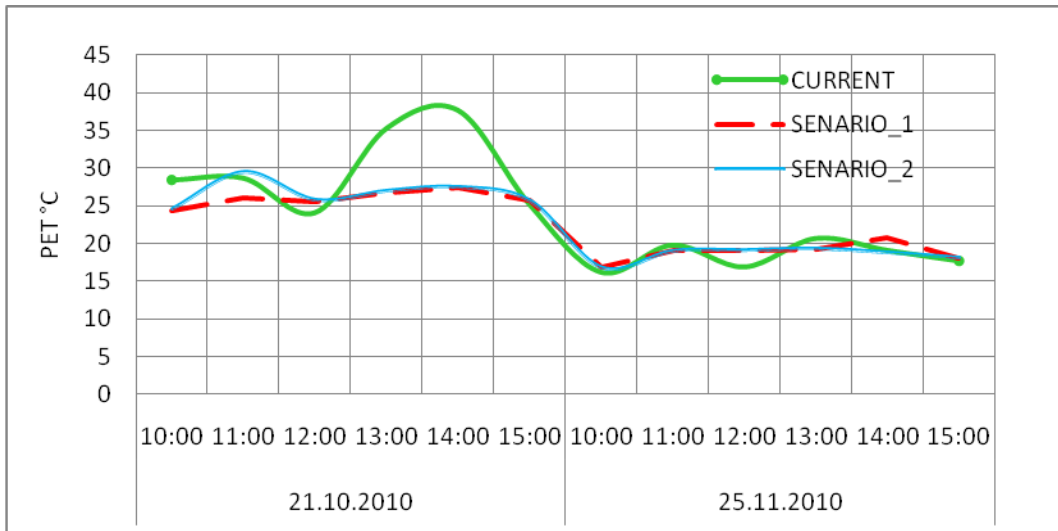
Στον τύπο αυτό της διαμόρφωσης τα δέντρα είναι τοποθετημένα περιφερειακά (σε σχέση με τον παρατηρητή). Τα δέντρα που επιλέχθηκαν είναι φυλλοβόλα και το ύψος τους φτάνει τα 10 m και είναι τοποθετημένα σε απόσταση 7 m από τον παρατηρητή. Στην Εικόνα 20 φαίνεται η κυκλική διαμόρφωση (scenario 2) για το σημείο 2, όπως αυτή απεικονίζεται στο σχεδιαστικό παράθυρο του μοντέλου-λογισμικού Rayman.



Εικόνα 20: Σημείο 2 (S2)- Κυκλική διαμόρφωση μοντέλου

### 1.2.3 Σύγκριση της θερμικής αίσθησης για τους τρεις τύπους διαμορφώσεων

Στο Γράφημα 56 παρουσιάζεται η μεταβολή του δείκτη PET για κάθε τύπο διαμόρφωσης καθώς και η ημερήσια διακύμανσή του για δύο χαρακτηριστικές ημέρες.



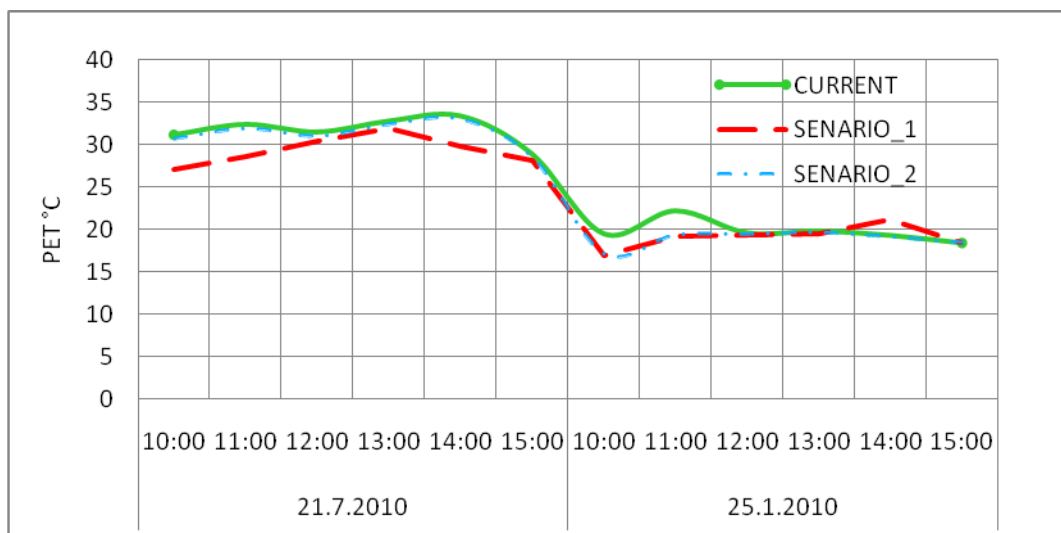
Γράφημα 56: Μεταβολή του PET ανά διαμόρφωση.

Η 25.11.2010, είναι η ημέρα με τις χαμηλότερες τιμές θερμοκρασίας αέρος και η 21.10.2010 είναι η ημέρα με τις υψηλότερες τιμές θερμοκρασίας αέρος. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, για την ψυχρότερη ημέρα, οι συνθήκες θερμικής αίσθησης που προκύπτουν από τις τρεις διαμορφώσεις, δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις μεταξύ τους. Για την θερμότερη ημέρα τόσο η διαμόρφωση 1 όσο και η διαμόρφωση 2, βελτιώνουν κατά πολύ τις συνθήκες θερμικής αίσθησης.

### 1.2.4 Σύγκριση των διαμορφώσεων σε τυπικές θερμές και ψυχρές συνθήκες

Όπως και για το σημείο 1, θεωρήθηκε ότι η θερμότερη ημέρα των μετρήσεων (21.10.2010) θα μπορούσε να προσομοιάζει με μια τυχαία ημέρα ‘‘θερμών’’ συνθηκών και χρησιμοποιώντας τις τιμές της θερμοκρασίας αέρος, της σχετικής υγρασίας και της ταχύτητας του ανέμου, υπολογίστηκε η θερμική αίσθηση μιας τυχαίας ημέρας

“θερμών” συνθηκών (21.7.2010). Οι τιμές της ακτινοβολίας υπολογίστηκαν από το μοντέλο-λογισμικό Rayman. Αντίστοιχα, οι τιμές των παραπάνω μετεωρολογικών παραμέτρων της πιο ψυχρής ημέρας των μετρήσεων (25.11.2010) χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της θερμικής αίσθησης των διαμορφώσεων για μια τυχαία ημέρα “ψυχρών” συνθηκών (25.1.2010).

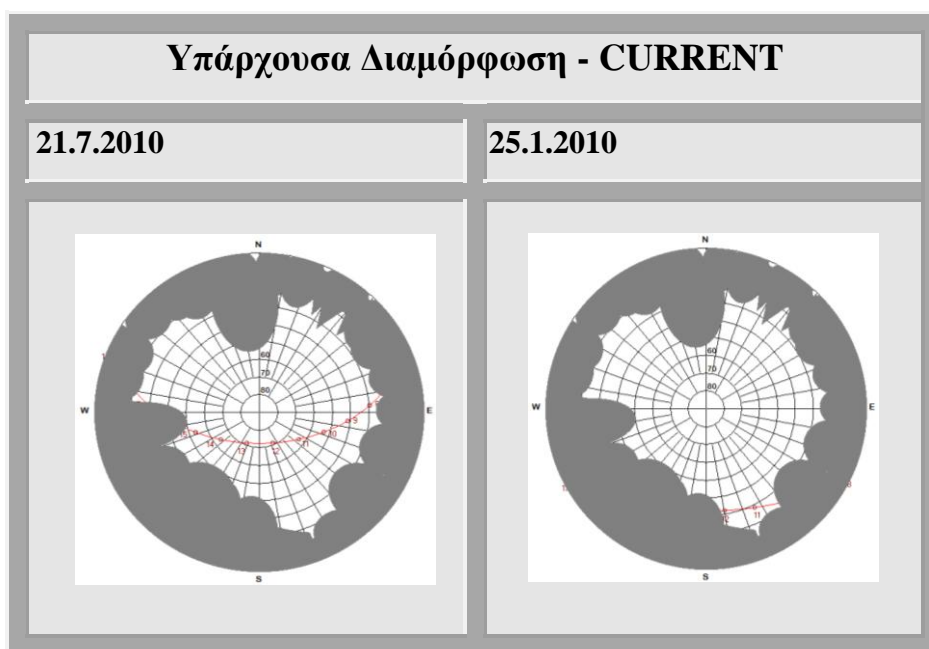


Γράφημα 57: Μεταβολή του PET ανά διαμόρφωση για τυχαία θερινή και χειμερινή μέρα

Στο Γράφημα 57, φαίνεται ότι για τις “θερμές” συνθήκες η διαμόρφωση 1 δίνει τις καλύτερες τιμές θερμικής αίσθησης σε σχέση τόσο με την υπάρχουσα όσο και με την διαμόρφωση 2. Οι τιμές της διαμόρφωσης 2 και της υπάρχουσας δεν παρουσιάζουν καμία διαφοροποίηση μεταξύ τους.

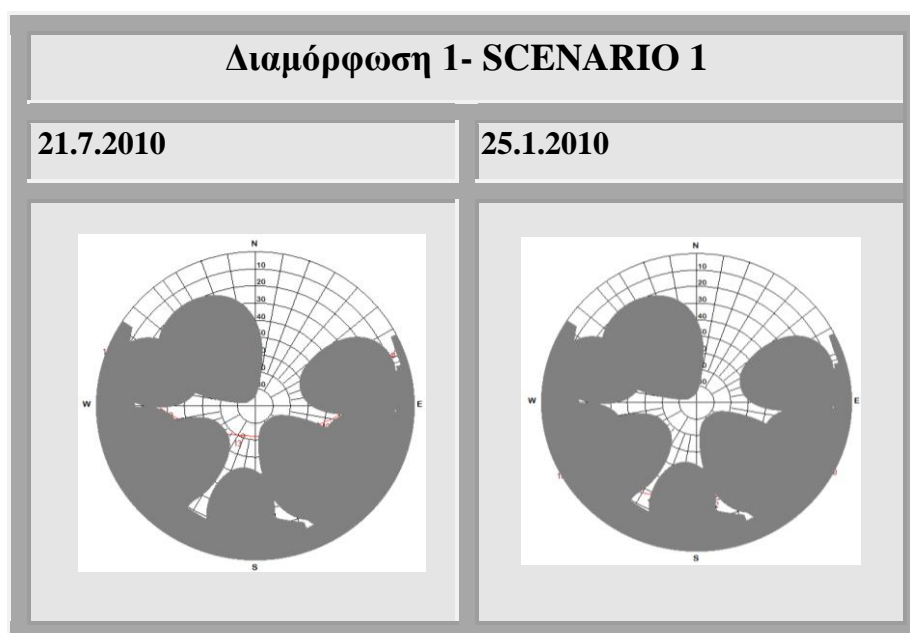
Για τις “ψυχρές” συνθήκες, παρατηρούμε ότι και οι τιμές του PET και για τις τρεις διαμορφώσεις βρίσκονται εντός των ορίων της ουδέτερης θερμικής αίσθησης, χωρίς να παρουσιάζουν μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ τους.

Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 21 όπου εμφανίζονται τα πολικά διαγράμματα για τις “θερμές” και τις “ψυχρές” συνθήκες σύμφωνα με την υπάρχουσα διαμόρφωση, η πορεία του ήλιου δεν κρύβεται από οπτικά εμπόδια κατά τις “θερμές” συνθήκες, γεγονός που σημαίνει ότι η θέση του παρατηρητή είναι εκτεθειμένη στην ηλιακή ακτινοβολία καθ’ όλη τη διάρκεια της ημέρας. Αντίθετα κατά τις “ψυχρές” συνθήκες ο ήλιος δεν είναι ορατός από τον παρατηρητή, παρά μόνο για περίπου δύο ώρες.



**Εικόνα 21:** Πολικά διαγράμματα για μια θερινή και μια χειμερινή ημέρα με την υπάρχουσα διαμόρφωση

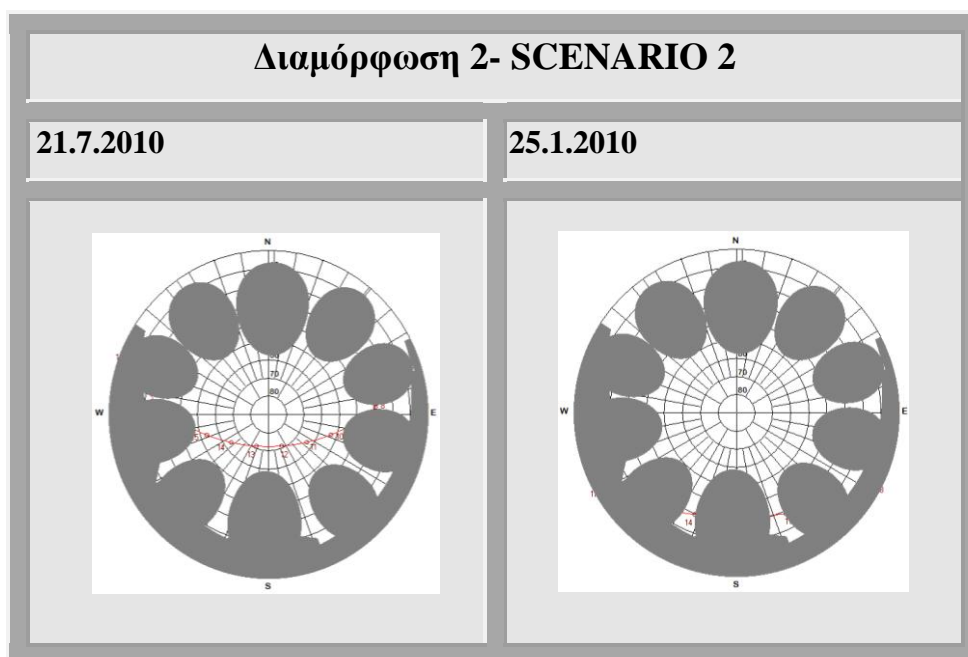
Στην Εικόνα 22 εμφανίζονται τα πολικά διαγράμματα για τις αντίστοιχες ημέρες σύμφωνα με τη διαμόρφωση 1. Παρατηρούμε ότι η πορεία του ήλιου τόσο κατά τις “θερμές” συνθήκες όσο και κατά τις “ψυχρές” συνθήκες δεν είναι ορατή για τις περισσότερες ώρες.



**Εικόνα 22:** Πολικά διαγράμματα για μια θερινή και μια χειμερινή ημέρα με τη διαμόρφωση 1.



Στην Εικόνα 23 εμφανίζονται τα πολικά διαγράμματα για τις αντίστοιχες ημέρες σύμφωνα με τη διαμόρφωση 2. Παρατηρούμε ότι η πορεία του ήλιου κατά τις “θερμές” συνθήκες, είναι ορατή από τον παρατηρητή για αρκετές ώρες και κυρίως κατά τη διάρκεια του μεσημεριού, ενώ κατά τις “ψυχρές” συνθήκες η πορεία του ήλιου δεν είναι ορατή για τις περισσότερες ώρες.



**Εικόνα 23: Πολικά διαγράμματα για μια θερινή και μια χειμερινή ημέρα με τη διαμόρφωση 2.**

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Λαμβάνοντας υπόψη την ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων, τον υπολογισμό του PET και την αξιολόγηση του μοντέλου-λογισμικού Rayman προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

- Διαπιστώθηκε ότι οι κλάσεις του PET που προέκυψαν για τις δύο υπό μελέτη διαμορφώσεις, κυμάνθηκαν από ουδέτερο σε πάρα πολύ ζεστό, με αποτέλεσμα ο παρατηρητής να μεταπίπτει αντίστοιχα από θερμική άνεση σε έντονο θερμικό στρες.
- Οι θερμότερες κλάσεις του δείκτη παρατηρούνται και στις δύο διαμορφώσεις, κατά τις μεσημβρινές ώρες και ιδιαίτερα μεταξύ 12:00-14:00. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι ο παρατηρητής δέχεται άμεσα την επίδραση των ηλιακών ακτινών λόγω του μεγαλύτερου ύψους του ήλιου τη χρονική αυτή στιγμή και σε συνδυασμό με την ανεπαρκή σκίαση του χώρου έχει σαν αποτέλεσμα οι διαφορετικές υπάρχουσες διαμορφώσεις να μην επηρεάζουν ουσιαστικά τη θερμική αίσθηση του παρατηρητή.
- Ως προς την αξιολόγηση του μοντέλου-λογισμικού Rayman, οι συγκρίσεις που έγιναν τόσο μεταξύ των τιμών της T<sub>mir</sub> που προέκυψαν από το μοντέλο και των τιμών που υπολογίστηκαν από τις ενδείξεις του θερμομέτρου σφαίρας, όσο και των πολικών διαγραμμάτων, έδειξαν ότι στη πρώτη περίπτωση οι τιμές παρουσιάζουν πολύ καλή συσχέτιση και στη δεύτερη τα πολικά διαγράμματα συμπίπτουν απόλυτα.
- Τόσο στη θέση 1 (S1) όσο και στη θέση 2 (S2), τα σενάρια διαμόρφωσης στα οποία η παρουσία του φυτικού υλικού είναι εντονότερη, δίνουν τις βέλτιστες τιμές του δείκτη PET σε σχέση με τις υπάρχουσες διαμορφώσεις. Η διαφοροποίηση αυτή είναι μεγαλύτερη σε συνθήκες ηλιοφάνειας και υψηλών θερμοκρασιών. Αυτό οφείλεται στο ότι πέραν της προσφοράς της βλάστησης ως παράγοντα μείωσης της θερμοκρασίας μέσω της εξατμισοδιαπνοής, τα δέντρα αποτελούν και μέσο σκίασης.
- Στη θέση 1 (S1) το σενάριο διαμόρφωσης 2 (κυκλική διαμόρφωση-απόσταση από τον παρατηρητή 10 m) δίνει ελαφρώς καλύτερα αποτελέσματα θερμικής άνεσης για την ημέρα με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες αέρος σε σχέση

με τη διαμόρφωση 1 (τύπου δενδρώνα- αποστάσεις φύτευσης 6m x 6m). Για την ημέρα με τις υψηλότερες θερμοκρασίες αέρος δεν παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση μεταξύ των δύο σεναρίων.

- Στη θέση 2 (S2) τα δύο σεναρία διαμόρφωσης δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφοροποιήσεις με το σενάριο 1 (τύπου δενδρώνα- αποστάσεις φύτευσης 5m x 5m) να έχει ελαφρώς καλύτερη θερμική συμπεριφορά, σε σχέση με το σενάριο 2 (κυκλική- απόσταση από τον παρατηρητή 7m) τις πρωινές ώρες της θερμότερης ημέρας.

- Από την σύγκριση των σεναρίων διαμόρφωσης προκύπτει ότι μείωση του SVF δεν οδηγεί απαραίτητα σε βελτίωση της θερμικής άνεσης. Θα πρέπει η γεωμετρική διαμόρφωση να είναι τέτοια ώστε να επιτρέπεται η ψύξη δια ακτινοβολίας κατά τις νυχτερινές ώρες. Επίσης θα πρέπει η γεωμετρία του χώρου να είναι διαμορφωμένη ώστε να επιτρέπεται η επαρκής ανταλλαγή αερίων μαζών σε μικροκλίμακα και ο αέρας να μην οδηγείται σε τοπική υπερθέρμανση.

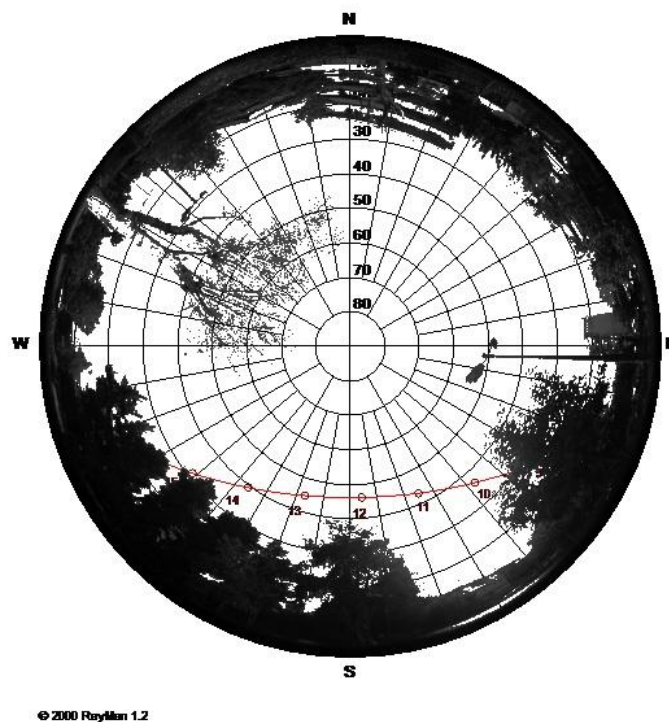
- Από την σύγκριση των διαμορφώσεων σε τυπικές 'θερμές' και 'ψυχρές' συνθήκες προκύπτει ότι και στις δύο θέσεις στην περίπτωση των θερμών συνθηκών, οι καλύτερες συνθήκες θερμικής αίσθησης επιτυγχάνονται με τη διαμόρφωση τύπου δενδρώνα. Για την περίπτωση των ψυχρών συνθηκών, όλες οι διαμορφώσεις βρίσκονται στα όρια της θερμικής άνεσης.

- Η σύγκριση των τιμών του δείκτη PET που υπολογίσθηκαν μέσω του μοντέλου Rayman και των κλάσεων του δείκτη που προέκυψαν από το σχετικά μικρό αριθμό ερωτηματολογίων έδειξε ότι το μοντέλο τείνει να υπερεκτιμά τη θερμική αίσθηση για τις συνθήκες της Ελλάδος. Αυτό υποδηλώνει την ανάγκη για περαιτέρω έρευνα στην αξιολόγηση εκτιμήσεων θερμικής αίσθησης και θερμικής άνεσης που προκύπτουν από την εφαρμογή γνωστών βιομετεωρολογικών δεικτών.

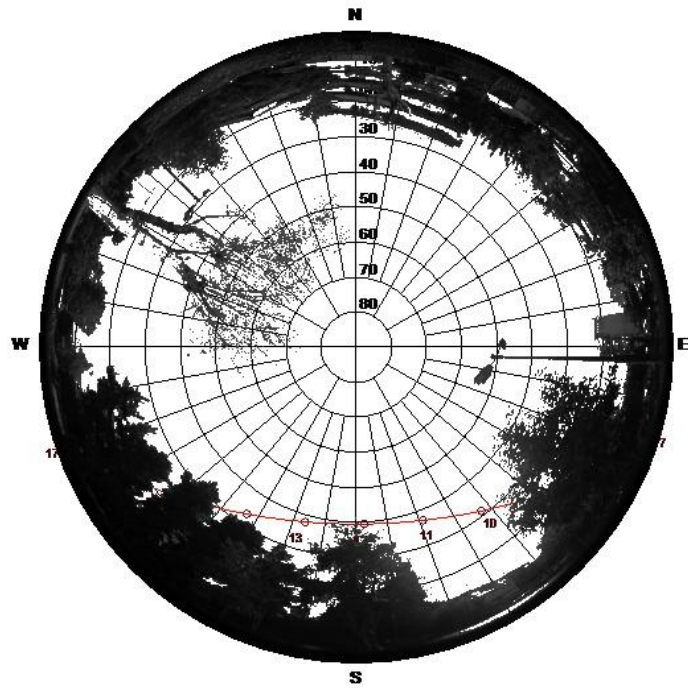
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πολικά διάγραμμα για κάθε ημέρα μετρήσεων όπως αυτό σχεδιαστηκε από το μοντέλο  
– λογισμικό Rayman 1.2

Σημείο 1:

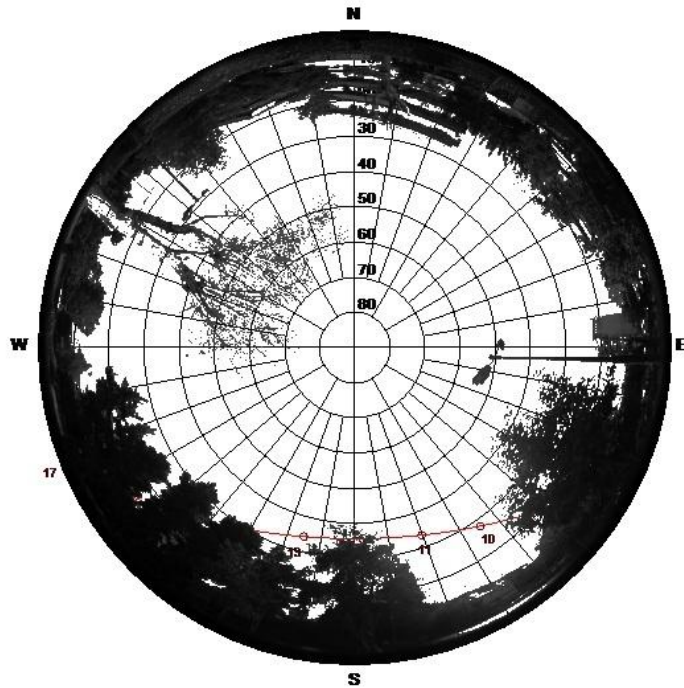


Εικόνα 16: Πολικό διάγραμμα SID1



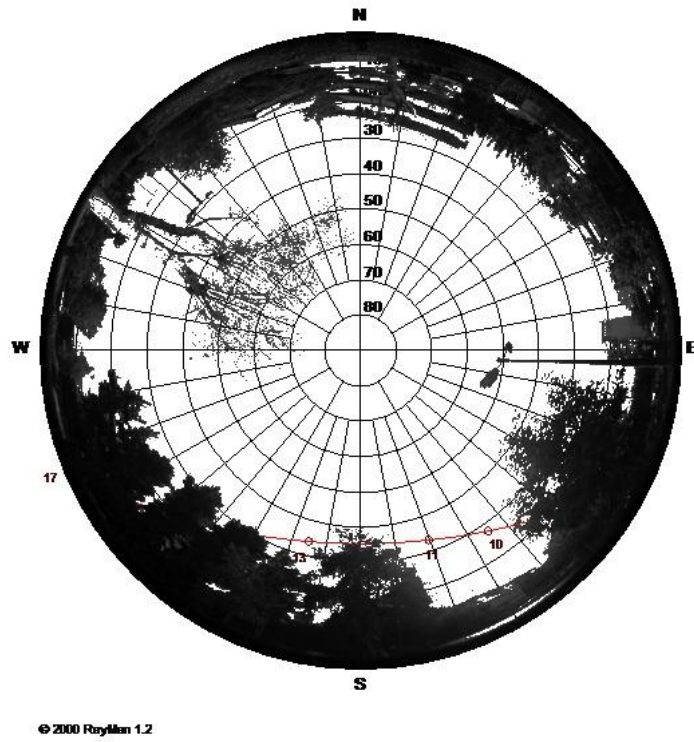
© 2000 Rayllan 1.2

Εικόνα 17: : Πολικό διάγραμμα S1D2

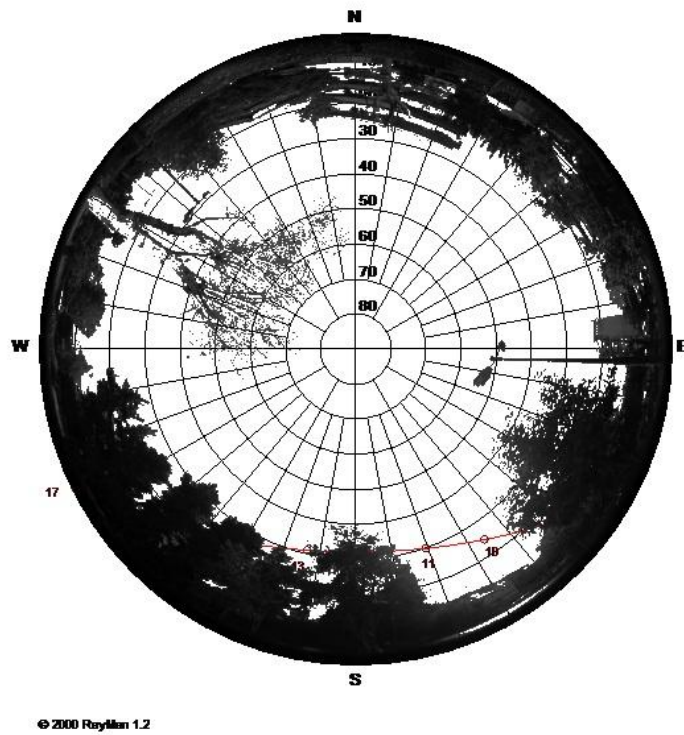


© 2000 Rayllan 1.2

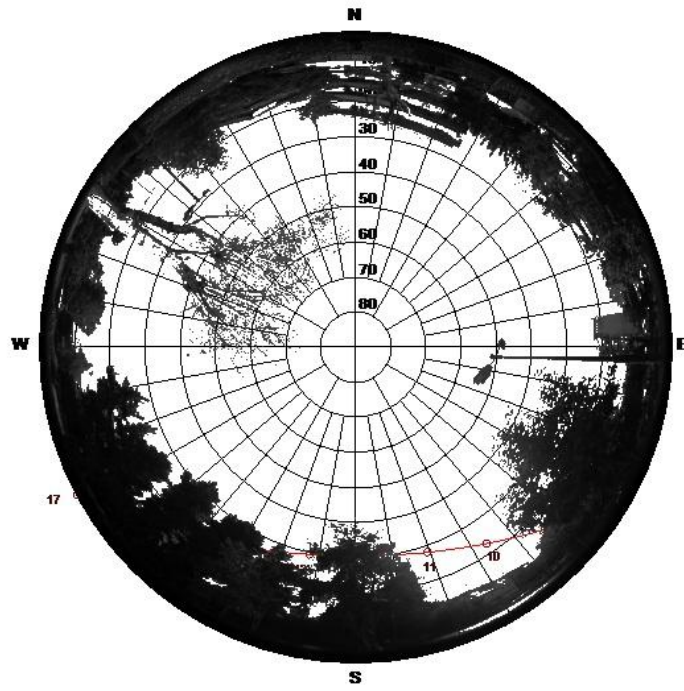
Εικόνα 18: Πολικό διάγραμμα S1D3



Εικόνα 19: Πολικό διάγραμμα SID4



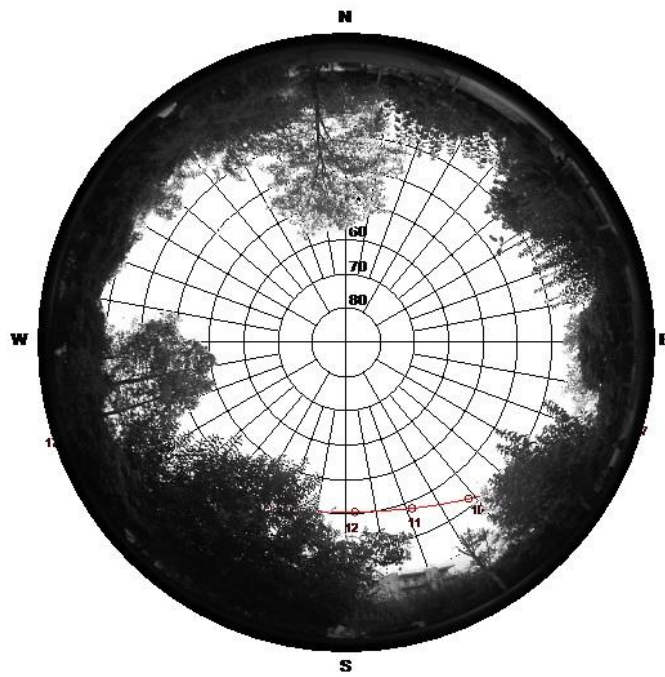
Εικόνα 20: Πολικό διάγραμμα SID5



© 2000 Raylan 1.2

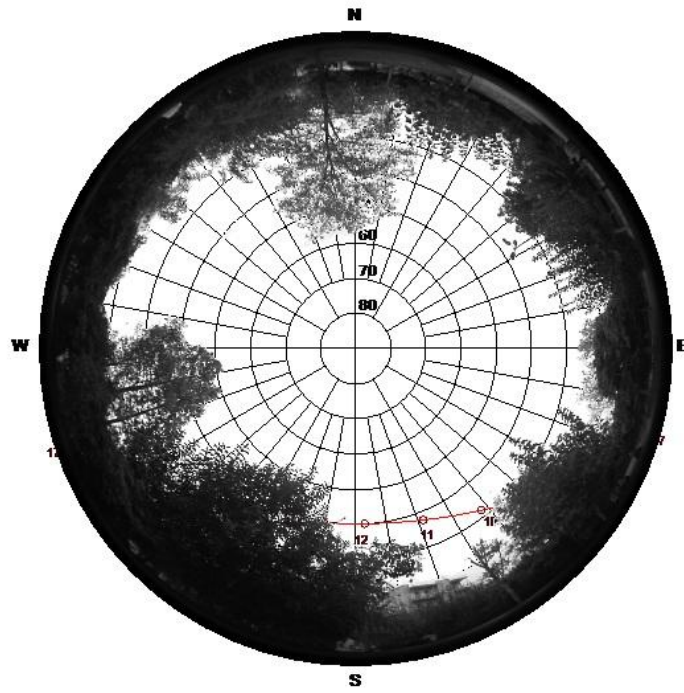
Εικόνα 21: Πολικό διάγραμμα S1D6

Σημείο 2:



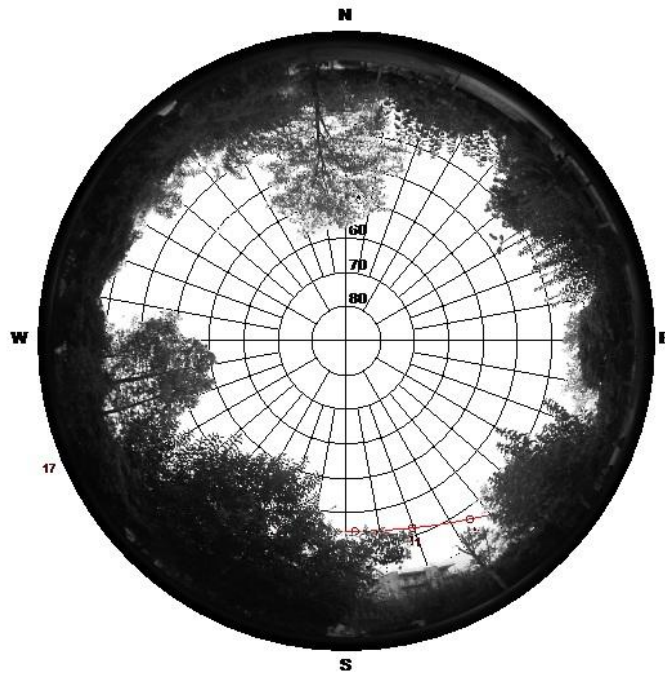
© 2000 Raylan 1.2

Εικόνα 22: Πολικό διάγραμμα S2D1



© 2000 RayMan 1.2

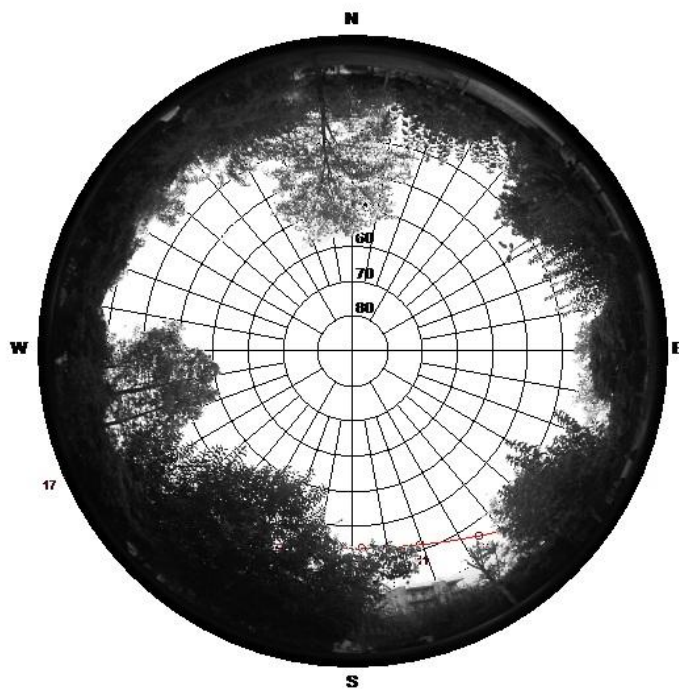
Εικόνα 23: Πολικό διάγραμμα S2D2



© 2000 RayMan 1.2

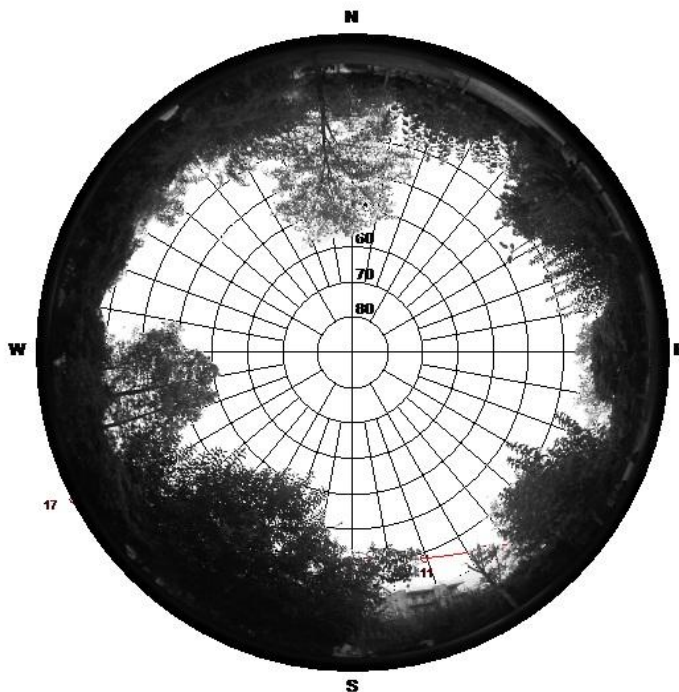
Εικόνα 24: Πολικό διάγραμμα S2D3





© 2000 RayMan 1.2

Εικόνα 25: Πολικό διάγραμμα S2D4



© 2000 RayMan 1.2

Εικόνα 26: Πολικό διάγραμμα S2D5

## ***Βιβλιογραφία***

ASHRAE (1992) Standard 55-92: “Thermal environment conditions for human occupancy”. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers.

Assimakopoulos, V.D., Georgakis, C., Santamouris, M., 2006. “ Experimental validation of a computational fluid dynamics code to predict the wind speed in street canyons for passive cooling purposes”. *Solar Energy* 80:423-434.

Blocken, B., Carmeliet, J., 2004. “Pedestrian wind environment around buildings: literature review and practical examples”. *Journal of Thermal Environment and Building Science* 28 (2): 107–159.

Charalampopoulos, I., Chronopoulou-Sereli, A., 2005. “Mapping the urban green area influence on the local climate under windless and light wind conditions. The case of western part of Athens, Greece”. *Acta Climatologica Et Chorologica* 38-39

Doulos, L., Santamouris, M., Livada, I., 2004. “Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials”. *Solar Energy* 77(2): 231-249

Emmanuel, R., 2004. “Thermal comfort implications of urbanization in a warm-humid city: The Colombo Metropolitan Region (CMR), Sri Lanka”. *Building and Environment* 40: 1591-1601.

Emmanuel, R., Erik, J., 2006. “Influence of urban morphology and sea breeze on hot humid microclimate: the case of Colombo, Sri Lanka”. *Climate Research* 30(3): 189-200

Fanger P., 1972. *Thermal comfort*. McGraw-Hill, New York

Gedzelaman, S.D., Austin, S., Cermak,R., Stefano,N., Partridge, S., Quesenberry,S., Robinson,D.A., 2003. “Mesoscale aspects of the Urban Heat Island around New York city”. *Theoretical and Applied Climatology* 75(1): 29-42

Golany, G.S., 1996. “Urban design morphology and thermal performance”. *Atmospheric Environment* 30: 455-465.

Gonzalez, R., Nishi, Y., Gragge, A.P., 1974. "Experimental evaluation of standard effective temperature a new biometeorological index of man 's thermal discomfort". *International Journal of Biometeorology* 18(1):1-15

Hassid, S., Santamouris, M., Papanikolaou, N., Linardi, A., Klitsikas, N., Georgakis, C., Assimakopoulos, D.N., 2000. "The effect of the Athens heat island on air conditioning load". *Energy and Buildings* 32:131-141.

Hoppe, P., 1999. "The physiological equivalent temperature—a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment". *International Journal of Biometeorology* 43:71–5.

Höppe, P., 2002. "Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort". *Energy Build* 34:661–665

Knes, I., Thorsson, S., 2008. " Thermal, emotional and perceptual evaluations of a park: Cross-cultural and environmental attitude comparisons". *Building and Environment* 43 : 1483–1490

Knes, I., Thorsson, S., 2006. "Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square". *International Journal of Biometeorology* 50:258–268

Lin, T.P., Matzarakis, A., 2008. "Tourism climate and thermal comfort in Sun Moon Lake, Taiwan". *International Journal of Biometeorology* 52:281–90.

Matzarakis, A., De Rocco, M., Najjar, G., 2009. "Thermal bioclimate in Strasbourg-The 2003 heat wave". *Theoretical and Applied Climatology* 98(3):209-220

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

Matzarakis, A., Rutz, F., 2005. "Application of RayMan for tourism and climate investigations". *Annalen der Meteorologie* 41(2): 631-636.

Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 2000. "Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures". *Biometeorology and Urban*

Climatology at the Turn of the Millenium ( ed. by R.J. de Dear, J.D. Kalma,T.R. Oke and A. Auliciems) : Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney, WCASP-50, WMO/TD No.1026, 273-278.

Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 2007. “Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments – Application of the RayMan model”. *International Journal of Biometeorology* 51, 323-334.

Matzarakis, A., Mayer H., 1997. “Heat stress in Greece”. . *International Journal of Biometeorology* 41, 34-39

Mertens, E., 1999. “ Bioclimate and city planning - Open space planning”. *Atmospheric Environment* 33 : 4115-4123

Metje, N., Sterling, M., Baker, C.J., 2008. “Pedestrian comfort using clothing values and body temperatures”. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 96 : 412–435

Mochida, A., Lun, I.Y.F., 2008. “Prediction of wind environment and thermal comfort at pedestrian level in urban area”. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aeodynamics* 96(10-11): 1498-1527

Moustris, K., Tsiros, I., Ziomas, I., Paliatsos, A., 2010. “Artificial neural network models as a useful tool to forecast human thermal comfort using microclimatic and bioclimatic data in the great Athens area (Greece)”. *Journal of Environmental Science and Health* 45 (A):447-453.

Nikolopoulou, M., Lykoundis, S., 2006. “Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries”. *Building and Environment* 41: 1455-1470.

Nikolopoulou, M., Lykoundis, S., 2007. “Use of outdoor spaces and microclimate in a Mediterranean urban area”. *Building and Environment* 42: 3691-3707.

Nikolopoulou, M., Steemers, K., 2003. “Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces”. *Energy and Buildings* 35: 95-101.

Offerle, B., Grimmond, C.S.B., Fortuniak, K., Klysik, K., Oke, T.R., 2006. "Temporal variations in heat fluxes over a central European city centre". *Theoretical and Applied Climatology* 84(1): 103-115

Oke, T.R., 2004. "Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites". Series 27<sup>th</sup> NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, Banff, 25-29 October, 2004

Oliver, J., 2005. *Encyclopedia of world climatology*. Springer

Pantavou, A., Theoharatos, G., Mavrakis, A., Santamouris, M., 2011. "Evaluating thermal comfort conditions and health responses during an extremely hot summer in Athens". *Building and Environment* 46(2):339-344.

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

RUROS Project (2004). Rediscovering the urban realm and open spaces, report of the European research project within key action 4 "City of Tomorrow and Cultural Heritage". CRES, Athens

Santamouris, M., Papanikolaou, N., Koronakis, I., Livada, I., Assimakopoulos, D.N., 1999. "Thermal and air flow characteristics in a deep pedestrian canyon under hot weather conditions". *Atmospheric Environment* 33:4503-4521.

Sasaki, R., Yamada, M., Uematsu, Y., Saeki, H., 2000. "Comfort environment assessment based on bodily sensation in open air: relationship between comfort sensation and meteorological factors". *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 87:93-110.

Shashua-Bar, L., Tsiros, I., Hoffman, M., 2010. "A modeling study for evaluating the thermal regime of passive cooling scenarios in urban streets. Case study: Athens, Greece". *Building and Environment* 45:2798-2807.

Stathopoulos, T., Wu, H., Zacharias, J., 2004. "Outdoor human comfort in an urban climate". *Building and Environment* 39:297-305.

Synnefa, A., Santamouris, M., Akbari, H., 2007. "Estimating the effect of using cool coatings on energy loads and thermal comfort in residential buildings in various climatic conditions". *Energy and Buildings* 39(11):1167-1174.

Thorsson, S., Lindberg, F., Eliasson, I., Holmer, B., 2007. "Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting". *International Journal of Climatology* 27:1983-1993

Thorsson, S., Lindqvist, M., Lindqvist, S., 2004. "Thermal bioclimatic conditions and patterns of behavior in an urban park in Goteborg, Sweden". *International Journal of Biometeorology* 48:149-56.

Tseliou, A., Tsiros, I., Lykoudis, S., Nikolopoulou, M. 2010. "An evaluation of three biometeorological indices for human thermal comfort in urban outdoor areas under real climatic conditions". *Building and Environment* 45:1346-1352.

Tsiros, I.X., 2010. "Assessment and energy implications of street air temperature cooling by shade trees in Athens (Greece) under extremely hot weather conditions". *Renewable Energy* 35:1866-1869.

Tsiros, I., Dimopoulos, I., Chronopoulos, K., Chronopoulos, G. 2009. "Estimating airborne pollutant concentrations in vegetated urban sites using statistical models with microclimate and urban geometry parameters as predictor variables: a case study in the city of Athens". *Journal of Environmental Science and Health* 44(A):1496-1502

Walton, D., Dravitzki, V., Donn, M., 2007. "The relative influence of wind, sunlight and temperature on user comfort in urban outdoor spaces". *Building and Environment* 42(9):3166-3175.

Yezioro, A., Capeluto, I.G., Shaviv, E., 2006. "Design guidelines for appropriate insolation of urban squares". *Renewable Energy* 31:1011-1023

Zacharias, J., Stathopoulos, T., Wu, H., 2001. "Microclimate and downtown open space activity". *Environmental Behaviour* 33:296-315

Zoulia, I., Santamouris, M., Dimoudi, A., 2009. "Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens". *Environmental Monitoring and Assessment* 156:275-292.

Ματζαράκης Α., 1995. *Ανθρωποβιομετεωρολογική εκτίμηση του κλίματος της Ελλάδος*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Τσίρος, Ι.Χ., 2010. *Βιοκλιματικό Περιβάλλον-Σημειώσεις μαθήματος Βιοκλιματολογίας*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Χρονοπούλου-Σερέλη Α. και Ουζιέλ Μ., 1997. *Μαθήματα Βιοκλιματολογίας*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών