



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ & ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΠΡΟΣΟΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ
ΠΛΑΤΕΙΑΣ ΔΑΒΑΚΗ-ΚΑΛΛΙΘΕΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ENVI-met**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΟΥΡΟΥΠΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ
ΑΜ: 1114200600058**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΝΑΣΤΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Αθήνα, 2021

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	5
1.Θεωρητικό Υπόβαθρο	6
1.1 Μικροκλίμα	6
1.1.1 Γενικά	6
1.1.2 Παράμετροι που επηρεάζουν το μικροκλίμα	6
1.1.2.1 Θερμοκρασία του αέρα.....	7
1.1.2.2 Ηλιακή ακτινοβολία	7
1.1.2.3 Διάρκεια ηλιοφάνειας.....	7
1.1.2.4 Υγρασία του αέρα.....	7
1.1.2.5 Άνεμος	8
1.1.3 Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός.....	8
1.2 Θερμική Άνεση	9
1.2.1 Ορισμός	9
1.2.2 Θερμική Άνεση αναφορικά με την ανθρώπινη φυσιολογία	9
1.2.3 Δείκτες Θερμικής άνεσης	10
1.2.4 Άλλοι ευρέως χρησιμοποιούμενοι δείκτες	13
1.3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός	14
1.3.1 Μέσα και Στόχοι Βιοκλιματικού Σχεδιασμού.....	17
2. Δεδομένα και ανάλυση	19
2.1 Περιοχή μελέτης	19
2.2 Πρόγραμμα προσομοίωσης Envi-met 3.1.0	20
2.3 Γραφική διατάξη και δομή του μοντέλου ENVI-met	22
2.4 Δομή του λογισμικού και ροή δεδομένων	24
2.5 Αρχείο εισόδου	25
2.5.1 Το αρχείο ρυθμίσεων (The Configuration File .CF)	25
2.5.2 Το αρχείο εισόδου περιοχής (Area Input File .IN)	31
2.5.3 (Προσωπικό αρχείο)	32
2.5.4 Το αρχείο δέσμης (Batch File .EBF)	34
2.5.5 Αρχεία Βάσης Δεδομένων (Database Files)	34
2.5.6 Βάση Δεδομένων Εδαφών (SOILS.DAT)	35
2.5.7 Βάση Δεδομένων Εδαφικών Προφίλ (PROFILS.DAT)	35
2.5.8 Βάση Δεδομένων Φυτικού Υλικού (PLANTS.DAT).....	36
2.5.9 Βάση Δεδομένων Πηγών (SOURCES.DAT).....	36
2.5.10 Αρχεία Εξόδου (Output files).....	37
2.5.11 Κύρια Αρχεία δεδομένων .EDI / .EDT.....	37
2.5.12 Αρχεία υποδοχέων	38
2.5.13 Αρχεία του 1D μοντέλου	39
2.5.14 BOTworld Αρχεία.....	39
3.Αποτελέσματα και Σχολιασμός	40
3.1 Δείκτης PMV – 08:00	40

3.2 Δυναμική Θερμοκρασία (Potential Temperature (pot. T)) – 08:00	42
3.3 Διαφορά δυναμικής Θερμοκρασίας (potential Temperature Difference (pot. T Diff)) – 08:00	44
3.4 Σχετική υγρασία (Relative Humidity) – 08:00	46
3.5 Δείκτης PMV – 15:00	48
3.6 Δυναμική Θερμοκρασία (Potential Temperature (pot. T)) – 15:00	50
3.7 Διαφορά δυναμικής Θερμοκρασίας (potential Temperature Difference (pot. T Diff)) – 15:00	52
3.8 Σχετική υγρασία (Relative Humidity) – 15:00	54
3.9 Δείκτης PMV – 22:00	56
3.10 Δυναμική Θερμοκρασία (Potential Temperature (pot. T)) – 22:00	58
3.11 Διαφορά δυναμικής Θερμοκρασίας (potential Temperature Difference (pot. T Diff)) – 22:00	60
3.12 Σχετική υγρασία (Relative Humidity) – 22:00	62
4. Συμπεράσματα	64
Βιβλιογραφία	65

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1 Ατμοσφαιρικό περιβάλλον και άνθρωπος (WMO, 1999).....	10
Σχήμα 2 Εύρος των θερμικών δεικτών μέσης προβλεπόμενης ψήφου (PMV) και φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας (PET) για διαφορετικούς βαθμούς θερμικής αντίληψης και φυσιολογικής έντασης αντίστοιχα, με σταθερό μεταβολισμό 80 W, και αντίσταση ένδυσης 0,9 clo. [Πηγή: Matzarakis, A., H. Mayer και M.G. Iziomon. 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature]	12
Σχήμα 3 Παράδειγμα βιοκλιματικού σχεδιασμού Αγίας Βαρβάρας.....	15
Σχήμα 4 Παράδειγμα βιοκλιματικού σχεδιασμού σε πλατεία.....	16
Σχήμα 5 Φαινόμενο Αστικής Νησίδας	17
Σχήμα 6 Στρατηγικές Μείωσης Θερμοκρασίας.....	18
Σχήμα 7 Κάτοψη της πλατείας Δαβάκη από το Google earth.....	19
Σχήμα 8 Απεικόνιση Πλατείας Δαβάκη μετά τη καταχώρηση των δεδομένων στο ENVI-met	20
Σχήμα 9 Βασική δομή μικροκλιματικού μοντέλου	22
Σχήμα 10 Τρισδιάστατο μοντέλο ENVI-met	22
Σχήμα 11 Απεικόνιση δομής λογισμικού και ροής των δεδομένων στο ENVI-met	24

Σχήμα 12 Πληροφορίες και ρυθμίσεις στο αρχείο .CF του ENVI-met για την παρούσα μελέτη	25
Σχήμα 13 Χαρακτηριστικά του αρχείου εισόδου περιοχής στο ENVI-met editor στην παρούσα εργασία	32
Σχήμα 14 ορθογώνια περιοχή σε x,y,z κατεύθυνση στο ENVI-met	33
Σχήμα 15 X - Y, PMV	40
Σχήμα 16 A) X – Z, B) Y – Z, PMV	41
Σχήμα 17 X - Y Potential Temperature	42
Σχήμα 18 A) X – Z, B) Y – Z, Potential Temperature	43
Σχήμα 19 X - Y, Potential Temperature Difference	44
Σχήμα 20 A) X – Z, B) Y – Z, Potential Temperature Difference	45
Σχήμα 21 X - Y, Σχετική Υγρασία	46
Σχήμα 22 A) X – Z, B) Y – Z, Σχετική Υγρασία	47
Σχήμα 23 X - Y, PMW	48
Σχήμα 24 A) X - Z, B) Y – Z, PMV	49
Σχήμα 25 X - Y, Δυναμική Θερμοκρασία	50
Σχήμα 26 A) X - Z, B) Y – Z, Δυναμική Θερμοκρασία	51
Σχήμα 27 X - Y, Διαφορά Δυναμικής Θερμοκρασίας	52
Σχήμα 28 A) X - Z, B) Y - Z, Διαφορά Δυναμικής Θερμοκρασίας	53
Σχήμα 29 X - Y, Σχετική Υγρασία	54
Σχήμα 30 A) X - Z, B) Y - Z, Σχετική Υγρασία	55
Σχήμα 31 X - Y, Δείκτης PMV	56
Σχήμα 32 A) X - Z, B) Y - Z, Δείκτης PMV	57
Σχήμα 33 X - Y, Δυναμική Θερμοκρασία	58
Σχήμα 34 A) X - Z, B) Y - Z, Δυναμική Θερμοκρασία	59
Σχήμα 35 X - Y, Διαφορά Δυναμικής Θερμοκρασίας	60
Σχήμα 36 A) X - Z, B) Y - Z, Διαφορά Δυναμικής Θερμοκρασίας	61
Σχήμα 37 X - Y, Σχετική Υγρασία	62
Σχήμα 38 A) X - Z, B) Y - Z, Σχετική Υγρασία	63

Περίληψη

Η ραγδαία ακμάζουσα βιομηχανία σε διεθνές επίπεδο, σε συνδυασμό με την παραμέληση της υποδομής και του κυκλοφοριακού, καθώς και οι πόλεμοι, είχε ως αποτέλεσμα τις τελευταίες δεκαετίες να παρατηρηθεί μια αστικοποίηση πολλών πόλεων. Αυτό το φαινόμενο είχε επιπτώσεις αρνητικές στο κλίμα, αλλαγές στη θερμοκρασία των περιοχών, με αποτέλεσμα να βλάπτετε η υγεία των πολιτών και να παρατηρείται διάβρωση της πανίδας και της χλωρίδας. Η πολιτική και επιστημονική κοινότητα παρατηρώντας αυτά τα προβλήματα να αυξάνονται και να γίνονται ανεξέλεγκτα, έχει εστιάσει την προσοχή της στο σχεδιασμό βιοκλιματικών χώρων με τη βοήθεια υπολογιστικών μοντέλων προσομοίωσης. Καθαυτό τον τρόπο δημιουργούνται υποθετικά σενάρια, βάση των οποίων είναι πιθανή μια πρόβλεψη στο μικροκλίμα.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, ασχολείται με τη μελέτη των μικροκλιματικών συνθηκών στην περιοχή της πλατείας Δαβάκη στη Καλλιθέα-Αττικής, με τη χρήση του προγράμματος ENVI-met. Από τις παραμέτρους που υπολογίστηκαν, θα σχολιαστούν ο δείκτης PMV, η δυναμική θερμοκρασία, η διαφορά δυναμικής θερμοκρασίας και η σχετική υγρασία, για τις μετρήσεις που έγιναν την 11^η Ιουλίου 2017 τις ώρες 08:00, 15:00 και 22:00.

Κύριος στόχος των προσομοιώσεων είναι να αναδείξουν την επίδραση των διάφορων δομών, όπως κτίρια, οδοποιία και πάρκο, στο μικροκλίμα και ειδικότερα στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Παράλληλα θα παρουσιαστεί το πρόγραμμα ENVI-met, η λειτουργικότητα του και η συμβολή του στην ολοκλήρωση της μελέτης.

1.Θεωρητικό Υπόβαθρο

1.1 Μικροκλίμα

1.1.1 Γενικά

Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν εντός πόλεως, στις περισσότερες περιπτώσεις, διαφέρουν από τις αντίστοιχες στα όριά και εκτός αυτής. Διαφορετικές συνθήκες, όμως, επικρατούν και εντός της ίδιας πόλης σε διαφορετικά σημεία τα οποία, μάλιστα, μπορεί να απέχουν μόλις λίγα μέτρα μεταξύ τους όπως, για παράδειγμα, ένας δρόμος με μεγάλη κυκλοφορία οχημάτων και ένα διπλανό αστικό πάρκο, με το τελευταίο να αποτελεί μια αναζωώνηση, ιδιαίτερα κατά τους θερμούς θερινούς μήνες, σε πόλεις με θερμό κλίμα όπως η Αθήνα [1].

Πιο συγκεκριμένα υπάρχει μια σημαντική απόκλιση ανάμεσα στις μετρήσεις και στα δεδομένα, σε μετεωρολογικούς σταθμούς, που είναι πιο απομακρυσμένοι και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στους διάφορους ανοιχτούς χώρους εντός του αστικού κέντρου, λόγω δόμησης, σχεδιασμού και ανθρώπινης δραστηριότητας.

Η διαφοροποίηση αυτή των κλιματικών συνθηκών εντός των πόλεων αλλά και ανάμεσα σε διαφορετικά σημεία τους, συνιστά την ύπαρξη ενός διαφορετικού μικροκλίματος που επικρατεί σε καθένα από αυτά. Τα κύρια στοιχεία που συνθέτουν το μικροκλίμα μιας περιοχής είναι η διαθέσιμη ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα και των επιφανειών, η υγρασία και οι συνθήκες ροής του ανέμου. Ακολουθούν οι ορισμοί συντόμως για τις βασικές κλιματικές παραμέτρους.

1.1.2 Παράμετροι που επηρεάζουν το μικροκλίμα

Η αστική γεωμετρία και οι θερμικές ιδιότητες των αστικών επιφανειών έχει αποδειχθεί ότι είναι οι δύο κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν το αστικό μικροκλίμα. Το ύψος των κτιρίων (H) και η απόσταση μεταξύ τους (W) επηρεάζει την ποσότητα της ακτινοβολίας, που εισέρχεται και εξέρχεται, καθώς επίσης επηρεάζει και τις ταχύτητες του ανέμου, αποδεικνύοντας έτσι ότι η νυκτερινή αστική θερμική νησίδα αυξάνει με τον λόγο H/ W, αφού η καθαρή εξερχόμενη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία μειώνεται λόγω της μειωμένης θέασης προς τον ουρανό (SVF). Παράλληλα η υψηλή θερμοχωρητικότητα των υλικών συμβάλλει επίσης στην νυκτερινή θερμική νησίδα, όπου ένα μεγάλο μέρος της εισερχόμενης ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι αποθηκευμένο στα συγκεκριμένα υλικά [2].

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι ένας σημαντικός παράγοντας του φαινομένου αστική θερμική νησίδα και η μόνη κινητήρια δύναμη των αέριων μαζών σε αστικά περιβάλλοντα [3]. Στο αστικό περιβάλλον, κατά την θερινή περίοδο, τα θερμικά φορτία των κτιρίων αυξάνονται, επηρεαζόμενα σε μεγάλο βαθμό από την ηλιακή ακτινοβολία, καθώς οι επιφάνειες αυτές έχουν συνήθως χαμηλή ανακλαστικότητα [4].

1.1.2.1 Θερμοκρασία του αέρα

Ως Θερμοκρασία, ορίζεται ο βαθμός μοριακής δράσης ενός υλικού, ή αλλιώς, της θερμότητάς του [5]. Η θερμότητα στον αέρα μεταδίδεται από το ένα υλικό στο άλλο με τρεις τρόπους, οι οποίοι είναι η αγωγιμότητα, η μεταφορά και η ακτινοβολία [6]. Για τον αστικό σχεδιασμό, τη μεγαλύτερη σημασία έχει η θερμοκρασία του αέρα κοντά στην επιφάνεια της γης, όπου και η ανθρώπινη δραστηριότητα είναι μεγαλύτερη.

1.1.2.2 Ηλιακή ακτινοβολία

Με τον όρο Ηλιακή ακτινοβολία, ορίζουμε τη διάδοση της ηλιακής ενέργειας από τον ήλιο στη γη, με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων [7]. Στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας. Η ολική ηλιακή ακτινοβολία είναι μικρού μήκους κύματος και διαχωρίζεται σε άμεση και διάχυτη, ανάλογα με το αν φτάνει απευθείας στην επιφάνεια του εδάφους, ή αν διαχέεται από την ατμόσφαιρα, αντίστοιχα. Από το σημείο αυτό και μετά, είτε ανακλάται, είτε απορροφάται από τη γη και εκπέμπεται ύστερα ως θερμότητα (μεγάλου μήκους κύματος, γήινη ακτινοβολία). Το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας περιλαμβάνει μήκη κύματος από την υπεριώδη, την ορατή και ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας [5], [8], [9].

1.1.2.3 Διάρκεια ηλιοφάνειας

Σύμφωνα με την [World Meteorological Organization](#), το άθροισμα των χρονικών διαστημάτων μέσα σε μια χρονική περίοδο, για το οποίο η άμεση ηλιακή ακτινοβολία υπερβαίνει τα 120 W/m^2 , χαρακτηρίζεται ως διάρκεια ηλιοφάνειας [10], [11]. Η ηλιακή ακτινοβολία εισερχόμενη στην ατμόσφαιρα, μπορεί να συναντήσει εμπόδια, όπως τα νέφη που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα, των οποίων η κάλυψη, περιλαμβάνει το κομμάτι της επιφάνειας που βρίσκεται ακριβώς από κάτω [12]. Σε παλαιότερα έτη είχαν προταθεί μέθοδοι υπολογισμού της ολικής ηλιακής ακτινοβολίας από τη διάρκεια της ηλιοφάνειας, όπως είναι η εξίσωση Angström–Prescott [13]–[15]. Η μέση ημερήσια διάρκεια ακτινοβολίας στην Αθήνα, μπορεί να κυμανθεί από 4.5 h τον Ιανουάριο, έως 12 h τον Ιούλιο [16].

1.1.2.4 Υγρασία του αέρα

Ορισμένοι τρόποι μέτρησης της περιεκτικότητας του αέρα σε υδρατμούς είναι:

- Σχετική υγρασία: Σε μια δεδομένη θερμοκρασία είναι ο λόγος της ποσότητας των υδρατμών στον αέρα, προς την ποσότητα εκείνη που θα ήταν απαραίτητη για τον κορεσμό του με υδρατμούς (ένα ποσοστό που εξαρτάται από τη θερμοκρασία).
- Απόλυτη υγρασία (g/m^3): Είναι η μάζα των υδρατμών που περιέχεται σε μια μονάδα όγκου του αέρα και που φυσικά μεταβάλλεται (όπως φαίνεται και από τις μονάδες μέτρησης), ανάλογα με αυτή την ποσότητα, τη θερμοκρασία, ή την πίεση
- Ειδική υγρασία (g/kg υγρού αέρα): Επειδή η ειδική υγρασία εξαρτάται από τη μάζα του δείγματος και όχι από τη μονάδα όγκου του αέρα, καθιστά δυνατή τη σύγκριση δειγμάτων διαφορετικής θερμοκρασίας και πίεσης [17]

1.1.2.5 Άνεμος

Μια μάζα ατμοσφαιρικού αέρα σε κίνηση, χαρακτηρίζεται ως Άνεμος και είναι το αποτέλεσμα της διαφοράς της πίεσης ανάμεσα σε δύο σημεία στον εναέριο χώρο, που με τη σειρά τους προκύπτουν από διαφορές στην περιεκτικότητα της θερμότητας και στην θερμοκρασία [18]. Χαρακτηριστικό του ανέμου είναι η ταχύτητα ή η έντασή του (v) και η διεύθυνση του (dd), δηλαδή από το σημείο του ορίζοντα από το οποίο πνέει [19].

1.1.3 Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός

Ένας από τους κύριους στόχους του περιβαλλοντικού σχεδιασμού, σε αστικό επίπεδο, είναι η δημιουργία περιοχών με ανοιχτούς και άνετους χώρους. Οι μικροκλιματικές παράμετροι είναι κεντρικής σημασίας για τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε αυτούς και, σε μεγάλο βαθμό, καθορίζουν τη χρήση τους. Οι αντιδράσεις στο μικροκλίμα συχνά οδηγούν σε διαφορετική χρήση ενός χώρου κάτω από διαφορετικές κλιματικές συνθήκες [20]. (<http://www.cres.gr> (2010)).

Γύρω από τα κτίρια, στους δρόμους και στους ελεύθερους χώρους οι μικροκλιματικές συνθήκες, έχουν άμεση σχέση με την άνεση των κατοίκων μιας αστικής περιοχής και των ατόμων που δραστηριοποιούνται σε αυτήν, οι οποίες μπορούν να ελεγχθούν και να τροποποιηθούν με κατάλληλο σχεδιασμό. Πιο συγκεκριμένα η θερμοκρασία του αέρα και των επιφανειών, η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου γύρω από τα κτίρια, στους δρόμους και στους ανοιχτούς χώρους, ο ηλιασμός των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων, η υγρασία και η συγκέντρωση σκόνης και ρύπων κοντά στο έδαφος, μπορούν να βελτιωθούν με σωστές

επιλογές κατά τον αρχικό σχεδιασμό των διάφορων αστικών χώρων ή με σωστές παρεμβάσεις σε υφιστάμενους χώρους, δηλαδή με ανασχεδιασμό και αναπλάσεις.

1.2 Θερμική Άνεση

1.2.1 Ορισμός

Κατά το Standard 55-66 της ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers), ο ορισμός της θερμικής άνεσης ενός ατόμου είναι η ψυχική κατάσταση που εκφράζει ικανοποίηση με το θερμικό περιβάλλον [2]–[4]. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι το άτομο δεν είναι ικανό να προσδιορίσει αν θα προτιμούσε να βρίσκεται σε ένα πιο ζεστό ή πιο δροσερό περιβάλλον. Το κάθε άτομο αντιλαμβάνεται το θερμικό του περιβάλλον διαφορετικά, λόγω βιολογικής ποικιλομορφίας, δεν είναι δυνατόν κανείς να μπορεί να ικανοποιήσει θερμικά όλα τα άτομα μιας ομάδας, που βρίσκονται στον ίδιο χώρο. Ο στόχος λοιπόν ενός σχεδιαστή πρέπει να είναι η μέγιστη αίσθηση της θερμικής άνεσης του ανθρώπου στο χώρο.

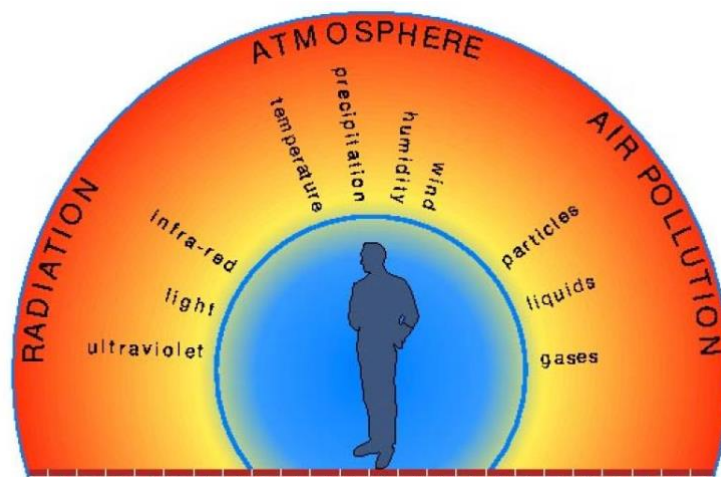
1.2.2 Θερμική Άνεση αναφορικά με την ανθρώπινη φυσιολογία

Το ανθρώπινο σώμα εκπέμπει θερμότητα μεταβολίζοντας την τροφή και την ανταλλάσσει με το περιβάλλον μέσω μεταφοράς και μέσω ακτινοβολίας. Αυτή είναι η «ξηρά» απώλεια θερμότητας και δύναται να έχει θετικό πρόσημο, στην περίπτωση όπου η θερμοκρασία του γύρω αέρα ή/και των γύρω επιφανειών είναι υψηλότερη από αυτή του δέρματος, η οποία ισούται, περίπου, με 34°C.

Ένα ποσοστό θερμότητας χάνεται μέσω της εξάτμισης του νερού στους πνεύμονες, σε αναλογία με το ρυθμό της αναπνοής, ο οποίος με τη σειρά του είναι ανάλογος με το ρυθμό του μεταβολισμού. Όταν η «ξηρά» απώλεια θερμότητας δεν είναι αρκετή ώστε να εξισορροπήσει την παραγόμενη από το μεταβολισμό θερμότητα, παράγεται ιδρώτας από τους ιδρωτοποιούς αδένες του δέρματος και η εξάτμισή του προσφέρει τον πρόσθετο αναγκαίο δροσισμό. Η ανταλλαγή θερμότητας μέσω μεταφοράς εξαρτάται από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα και την ταχύτητα ροής του.

Η ανταλλαγή θερμότητας μέσω ακτινοβολίας σε υπαίθριους χώρους εξαρτάται από τη μέση θερμοκρασία των γύρω επιφανειών ή αλλιώς τη μέση ακτινοβολούμενη θερμότητα (Mean Radiant Temperature ~ M.R.T.) και, κυρίως, από την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία είναι η κύρια πηγή πρόσληψης θερμότητας μέσω ακτινοβολίας. Όσον αφορά την υγρασία, δεν παίζει κανένα ρόλο στην «ξηρά» απώλεια θερμότητας. Επηρεάζει το ρυθμό εξάτμισης του νερού

στους πνεύμονες αλλά, σε αντίθεση με την κοινή αντίληψη, δεν επηρεάζει το ρυθμό εξάτμισης του ιδρώτα παρά μόνο σε ακραίες συνθήκες [21].



Σχήμα 1 Ατμοσφαιρικό περιβάλλον και άνθρωπος (WMO, 1999)

1.2.3 Δείκτες Θερμικής άνεσης

Όπως έχει αναφερθεί, η απόκριση σε ζεστό ή κρύο περιβάλλον εξαρτάται κυρίως από τη συνδυασμένη επίδραση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας, της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, της σχετικής υγρασίας, της ταχύτητας του ανέμου και επιπρόσθετα, από τον τύπο του ντυσίματος και τη δραστηριότητα.

Η γνώση του τρόπου που οι διάφορες μεταβλητές επηρεάζουν τη θερμική άνεση έχει χρησιμοποιηθεί για να μορφοποιηθούν θερμικοί δείκτες και θερμικές κλίμακες που υποδεικνύουν τις επιδράσεις των συνδυασμών των διαφόρων μεταβλητών στην άνεση.

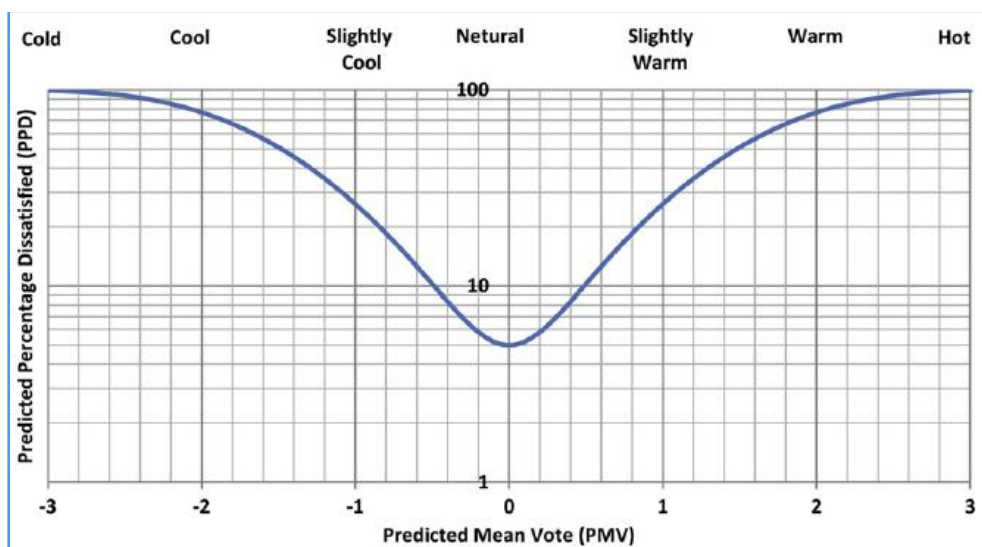
Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει, για να συνδυασθούν όλοι αυτοί οι παράγοντες σε ένα μόνο δείκτη, ούτως ώστε να ορισθεί το επίπεδο της θερμικής άνεσης και να αποτελεί μια μέτρηση γύρω από την ποιότητα του περιβάλλοντος. Διάφοροι δείκτες έχουν αναπτυχθεί, οι οποίοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την προσέγγιση του προβλήματος, στην περιοχή των συνθηκών εφαρμογής, στο ενδιαφέρον που αποδίδεται σε καθέναν από τους παράγοντες και στις προσεγγιστικές εκφράσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ανταλλαγών θερμότητας.

Οι δείκτες αυτοί είναι:

- Ο δείκτης Ισχύος Αποψύξεως (Cooling Power, CP) εκφράζει το ρυθμό της απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος που διατηρείται στη θερμοκρασία των 36,50C όταν η επιφάνεια αυτή εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα και είναι ένα μέτρο της ικανότητας του αέρα να αυξάνει την απώλεια θερμότητας από ένα ανθρώπινο σώμα.
- Ο δείκτης Αναμενόμενης Μέσης Αποδοχής (Predicted Mean Vote, PMV) είναι ένας δείκτης συσχέτισης μεταξύ της θερμικής άνεσης και του θερμικού αισθήματος. Ο δείκτης αυτός περιγράφεται με μια μαθηματική σχέση που συνδέει τα επίπεδα δραστηριότητας, ρουχισμού και περιβαλλοντικών παραμέτρων και ο προσδιορισμός του έγινε μετά από ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων.
- Ο δείκτης Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (Physiological Equivalent Temperature, PET) δίνει την θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου του εξωτερικού περιβάλλοντος όταν το ισοζύγιο θερμότητας είναι πανομοιότυπο με αυτό ενός εσωτερικού χώρου. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται από τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, την θερμοκρασία αέρα, την ταχύτητα του ανέμου και την σχετική υγρασία.
- Ο δείκτης Κανονικής Ενεργού Θερμοκρασίας (Standard Effective Temperature, SET*) συγκρίνει την φυσιολογική κατάσταση ενός ατόμου με ένα περιβάλλον αναφοράς.

Σύμφωνα με την ASHRAE, ο δείκτης PMV βαθμονομείται σε μία κλίμακα 9 σημείων και αποτελεί τη μέση τιμή της εκτίμησης της θερμικής άνεσης από ένα πλήθος ατόμων τα οποία βρίσκονται σε ένα χώρο με δεδομένες συνθήκες και εκτίθενται σε αυτές για χρόνο επαρκή, ώστε να σταθεροποιηθεί ο ρυθμός ανταλλαγής θερμότητας του σώματός τους με το περιβάλλον. Η μηδενική τιμή είναι αυτή στην οποία το άτομο αισθάνεται άνετα με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες.

Στο σχήμα 2 φαίνεται ο δείκτης PMV και ο συσχετισμός του με την Ισοδύναμη Φυσιολογική Θερμοκρασία PET (Physiological Equivalent Temperature) [30]. Η βασική ιδέα της PET είναι η περιγραφή της θερμοκρασίας ενός ισοδύναμου, ιδεατού εσωτερικού περιβάλλοντος, το οποίο αναμένεται να έχει την ίδια επίδραση στη θερμική άνεση με αυτήν του αντίστοιχου εξωτερικού (Höppe, 1993) [22]. Ο δείκτης PPD (%) προκύπτει για συγκεκριμένη τιμή του PMV και εκφράζει το προβλεπόμενο ποσοστό, επί τοις εκατό, των ατόμων που βρίσκονται σε ένα χώρο και δεν αισθάνονται θερμικά άνετα, σε σχέση με το συνολικό αριθμό των ατόμων που βρίσκονται στο χώρο αυτό. Όταν ο PMV απομακρύνεται από την τιμή του μηδενός, ο PPD, δηλαδή το ποσοστό των δυσαρεστημένων ατόμων, αυξάνεται. Η σχέση των δύο δεικτών φαίνεται εποπτικά στο σχήμα 2.



PMV (°C)	PET	Θερμική Αίσθηση	Θερμική Καταπόνηση
-3.5	4	Πολύ κρύο	Εξαιρετική καταπόνηση λόγω κρύου
-2.5	8	Κρύο	Έντονη καταπόνηση λόγω κρύου
-1.5	13	Δροσερό	Μέτρια καταπόνηση λόγω κρύου
-0.5	18	Ελαφρώς δροσερό	Ελαφριά καταπόνηση λόγω κρύου
0.5	23	Άνετο	Καμία καταπόνηση
1.5	29	Ελαφρώς ζεστό	Ελαφριά καταπόνηση λόγω ζέστης
2.5	35	Ζεστό	Μέτρια καταπόνηση λόγω ζέστης
3.5	41	Πολύ ζεστό	Έντονη καταπόνηση λόγω ζέστης
		Καυτό	Εξαιρετική καταπόνηση λόγω ζέστης

Σχήμα 2 Εύρος των θερμικών δεικτών μέσης προβλεπόμενης ψήφου (PMV) και φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας (PET) για διαφορετικούς βαθμούς θερμικής αντίληψης και φυσιολογικής έντασης αντίστοιχα, με σταθερό μεταβολισμό 80 W, και αντίσταση ένδυσης 0,9 clo. [Πηγή: Matzarakis, A., H. Mayer και M.G. Iziomon. 1999. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature]

1.2.4 Άλλοι ευρέως χρησιμοποιούμενοι δείκτες

- Δείκτης SET* (Standard Effective Temperature)

Ορίζεται ως η ισοδύναμη θερμοκρασία ξηρού θερμομέτρου (εκτεθειμένου στον αέρα αλλά απομονωμένο από ακτινοβολία και υγρασία) ενός ισοθερμικού περιβάλλοντος με σχετική υγρασία 50% RH, στην οποία ένα άτομο, φορώντας τυπικά ρούχα για την επιλεγμένη δραστηριότητα, θα υφίσταται την ίδια θερμική καταπόνηση (θερμοκρασία δέρματος, T_{sk}) και θερμορρυθμιστική εξάντληση (υγρότητα δέρματος, w) με το πραγματικό περιβάλλον δοκιμής. Για την εφαρμογή σε εξωτερικούς χώρους, ο δείκτης αυτός προσαρμόστηκε στον OUT_SET^* [23].

- Δείκτης Skin Wettedness of "Thermal Discomfort" (DISC)

Ο δείκτης Skin Wettedness of "Thermal Discomfort" (DISC) του Winslow σχετίζεται με το ποσοστό των υγρών από την εφίδρωση τμημάτων της επιφάνειας σώματος, που απαιτείται για να ρυθμίσει τη θερμοκρασία του σώματος, μέσω της ψύξης από την εξάτμιση [24].

- Δείκτης HUMIDEX

Ο δείκτης αυτός προτάθηκε το 1979 από τους Masterton και Richardson, αφού πρώτα αναθεωρήθηκε, ενώ είχε πρωτοχρησιμοποιηθεί το 1965. Χρησιμοποιήθηκε στον Καναδά για να περιγράψει τη θερμική καταπόνηση ενός μέσου ανθρώπου σε εξωτερικό χώρο, συσχετίζοντας τη θερμοκρασία του αέρα (T_a , σε °C) και την υγρασία (τάση υδρατμών h_p , σε hPa) [23]. Είναι εμπειρικός δείκτης που διαμορφώνεται κάτω από συγκεκριμένες υποθέσεις και κλιματικές συνθήκες, ενώ αγνοεί πολλές από τις παραμέτρους της εξίσωσης του ισοζυγίου ενέργειας. Θεωρεί ότι το ανθρώπινο σώμα βρίσκεται σε ουδέτερη κατάσταση σε ένα εύρος θερμοκρασιών αέρα από 27 - 30 °C και ότι αδυνατεί να αντέξει τη συσσώρευση θερμότητας πάνω από τους 32 °C σε σχετική υγρασία άνω του 75% [25].

- Δείκτης Universal Thermal Climate (UTCI)

Ο παραπάνω δείκτης εκφράζεται ως μια ισοδύναμη θερμοκρασία περιβάλλοντος (° C) ενός περιβάλλοντος αναφοράς, που παρέχει την ίδια φυσιολογική αντίδραση ενός ατόμου αναφοράς, με το πραγματικό περιβάλλον [26]. Ο υπολογισμός αυτής της φυσιολογικής απόκρισης στα εισαγόμενα μετεωρολογικά δεδομένα, βασίζεται σε ένα μοντέλο πολλαπλών κόμβων της ανθρώπινης θερμορύθμισης και επεκτείνεται με ένα μοντέλο υπεύθυνο για υπολογισμούς που σχετίζονται με το ρουχισμό [23]. Με αυτά τα εξελιγμένα μοντέλα, δίνει τη δυνατότητα υπολογισμού όχι μόνο των θερμικών επιδράσεων σε όλο το σώμα (καταστάσεις

υποθερμίας, υπερθερμίας, καταπόνηση λόγω ζέστης ή ψύχους) αλλά και σε επιμέρους τμήματά του (κρυοπαγήματα στα άκρα του σώματος) [27].

- Άλλοι δείκτες

Άλλους γνωστούς δείκτες αποτελούν οι: Effective Temperature (ET), Equivalent Temperature (T_{eq}) και Heat Stress Index (HSI), οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό στο παρελθόν για την προσέγγιση της θερμικής συνιστώσας του κλίματος. Οι περισσότεροι όμως από αυτούς, έχουν το βασικό περιορισμό της έλλειψης της συσχέτισής τους με τους θερμορυθμιστικούς μηχανισμούς του ανθρώπινου οργανισμού (Mayer and Höppe 1987).

Παρότι οι δείκτες είναι ικανοί σε ένα βαθμό να προσεγγίσουν τη θερμική αίσθηση του ανθρώπου, δεν είναι δυνατό να συμπεριλάβουν στους υπολογισμούς τους τα υποκειμενικά κριτήρια του κάθε ατόμου, καθώς και την επιρροή φαινομένων προσαρμογής και εγκλιματισμού [28].

1.3 Βιοκλιματικός σχεδιασμός

Η αστικοποίηση είναι ένα φαινόμενο που αντιπροσωπεύει τη σύγχρονη ανθρωπότητα. Πάνω από το 50% του πληθυσμού σήμερα είναι συγκεντρωμένος στα αστικά κέντρα, ποσοστό που αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά μέσα στα επόμενα χρόνια. Ταυτόχρονα η ανάπτυξη της βιομηχανίας έχει μεταφερθεί γύρω από το αστικό περιβάλλον για την εξυπηρέτηση των αναγκών του πληθυσμού. Η μεγέθυνση αυτή των αστικών περιοχών, που μεταφράζεται σε αύξηση των κτιρίων και των καλυμμένων από δομικά υλικά εκτάσεων, λάμβανε χώρα με ραγδαίους ρυθμούς δίχως την παράλληλη μελέτη διαχείρισης της υποβάθμισης της περιβαλλοντικής ποιότητας που συνεπάγεται. Μια πρώτη συνέπεια της αστικοποίησης αποτελεί η σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας στις πόλεις, φαινόμενο που αναφέρεται ως Αστική θερμική νησίδα και οφείλεται κυρίως στην παρουσία δομικού υλικού και την απουσία χώρων πρασίνου. Το φαινόμενο αυτό οδηγεί σε μία πολύ υψηλή αύξηση της δαπάνης σε ενέργεια.

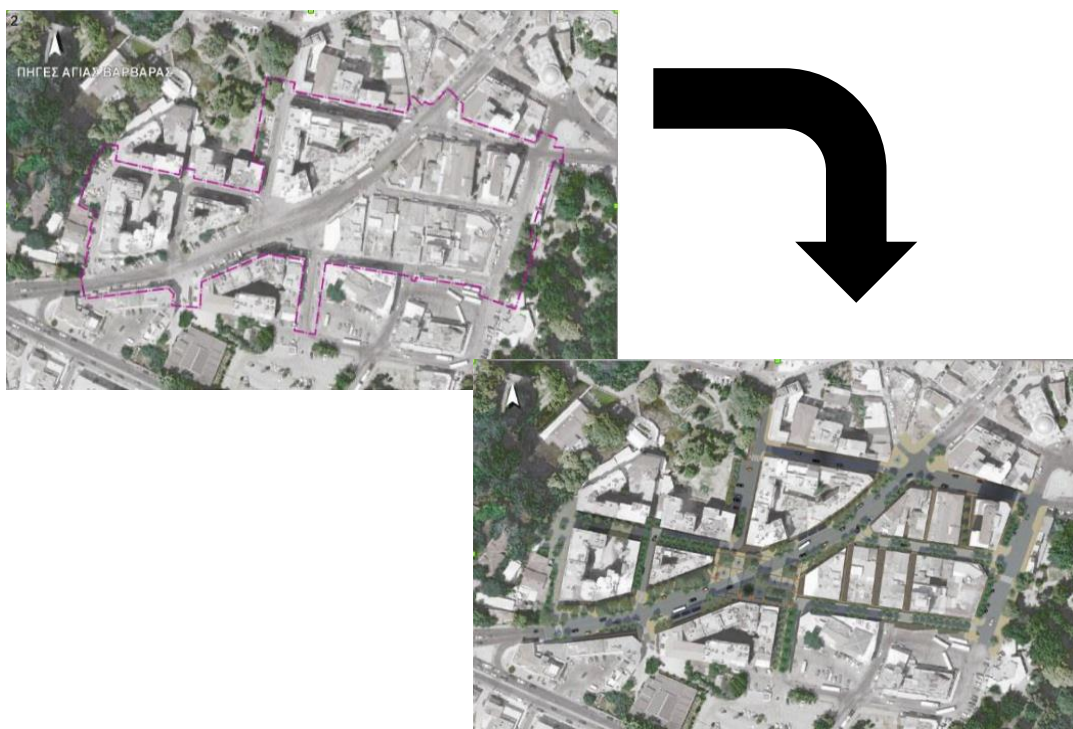
Μία πρόσφατη ανάλυση έδειξε πως μία αύξηση κατά 1% στο κατά κεφαλήν Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν (ΑΕΠ) οδηγεί σε μία σχεδόν αντίστοιχη αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο, όπως έχει καταγραφεί, μία αύξηση του αστικού πληθυσμού κατά 1%, αυξάνει τη δαπάνη ενέργειας κατά 2,2%, δηλαδή ο βαθμός μεταβολής της κατανάλωσης ενέργειας είναι διπλάσιος της τιμής αύξησης της του πληθυσμού..

Οι ρυθμοί επιδείνωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος οδήγησαν σε μία στροφή προς μια αειφόρα πόλη όπου ο σχεδιασμός κτιρίων και οικιστικών συνόλων εντάσσεται στην στρατηγική της βιωσιμότητας, μιας ήπιας, συμβιωτικής διαχείρισης του περιβάλλοντος, φυσικού και δομημένου. Ουσιαστικά η βιοκλιματική αντίληψη διατυπώνει μια εμπλουτισμένη

άποψη για τον σχεδιασμό του δομημένου χώρου, η οποία εμπεριέχει την περιβαλλοντική διάσταση και την αντίστοιχη ευαισθησία. Πρόκειται για μια αρχιτεκτονική φιλική προς το περιβάλλον και τους χρήστες, για μια εναλλακτική θεώρηση της δόμησης του χώρου, η οποία οφείλει να επιφέρει τη μικρότερη δυνατή επιβάρυνση στο φυσικό χώρο, με το μικρότερο δυνατό ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Η υιοθέτηση του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτηρίων εξυπηρετεί τέσσερις βασικούς στόχους:

- Την απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας και της υποκατάστασής τους από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), άρα την εξοικονόμηση συμβατικής ενέργειας.
- Την εξοικονόμηση χρήματος. Η χρησιμοποίηση της αδάπανης ηλιακής ενέργειας για την θέρμανση των κτηρίων ή/και των δροσερών ανέμων για τον δροσισμό τους αποτελούν πρόκληση οικονομική, μια και η εξοικονόμηση χρημάτων που προκύπτει είναι της τάξης του 50%, ενδεχομένως και μεγαλύτερη.
- Την προστασία του περιβάλλοντος, λόγω του περιορισμού στη χρήση συμβατικών καυσίμων και ηλεκτρισμού και συνεπώς τη μείωση των εκλυόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα.
- Την βελτίωση του έσω-κλίματος των κτηρίων με τη διασφάλιση συνθηκών βιολογικής άνεσης θερμικής και οπτικής, ποιότητας αέρα και τη δημιουργία υγιεινών συνθηκών διαβίωσης.



Σχήμα 3 Παράδειγμα βιοκλιματικού σχεδιασμού Αγίας Βαρβάρας

Σε γενικές γραμμές, ο Βιοκλιματικός σχεδιασμός στους αστικούς χώρους θα πρέπει να ακολουθεί κάποιες συγκεκριμένες αρχές. Οποιαδήποτε παρέμβαση οφείλει να συμβαδίζει με την ταυτότητα του χώρου διατηρώντας παράλληλα διακριτά τα όρια μεταξύ δημοσίων και ιδιωτικών χώρων και να μην διαταράσσει την ομαλή κυκλοφορία πεζών και οχημάτων. Στην ουσία η εκτενής μελέτη του χώρου και ο εντοπισμός των υποβαθμισμένων κλιματολογικ υποδεικνύουν τους περιορισμούς και τις έγκυρες τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν κατά τον σχεδιασμό.[29]

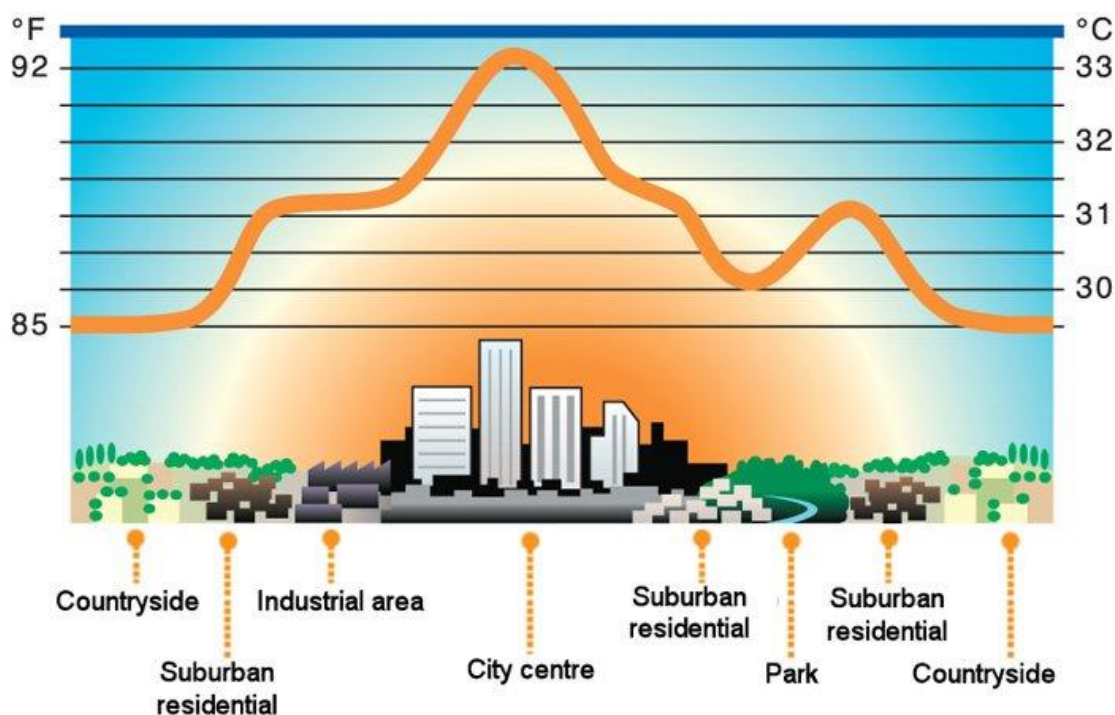
Τα τελευταία χρόνια πολύτιμο εργαλείο μελέτης και ανάπλασης αποτελούν τα ηλεκτρονικά προγράμματα υπολογιστικής ρευστομηχανικής που προσφέρουν τη δυνατότητα προσομοίωσης της περιοχής. Έτσι ο χρήστης μπορεί να μελετήσει τη θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία, την ένταση και κατεύθυνση του ανέμου σε κάθε σημείο του μοντελοποιημένου χώρου για οποιαδήποτε χρονική στιγμή, αλλά και πολλούς άλλους δείκτες όπως η επιφανειακή θερμοκρασία των υλικών που θα μας απασχολήσει. Με την ευκολία που προσφέρουν οι Η/Υ στην ανάγνωση του μεγάλου αριθμού δεδομένων μπορεί πλέον να μελετηθεί η επίδραση της μορφολογίας της περιοχής στο μικροκλίμα και να πραγματοποιηθεί η ανάλογη προσομοίωση σχεδίων ανάπλασης.



Σχήμα 4 Παράδειγμα βιοκλιματικού σχεδιασμού σε πλατεία

1.3.1 Μέσα και Στόχοι Βιοκλιματικού Σχεδιασμού

Ένα μεγάλο πρόβλημα της κλιματικής ένδειξης της αστικοποίησης είναι το φαινόμενο της θερμικής αστικής νησίδας, το οποίο αναφέρεται στην αυξημένη θερμοκρασία στις κατοικημένες περιοχές σε σχέση με εκείνη στις γύρω υπαίθριες περιοχές. Αίτια του φαινομένου αυτού είναι η συσσώρευση θερμότητας από την απουσία πρασίνου, η μεγάλη απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας από τα υλικά δόμησης αλλά και οι διαδοχικές ανακλάσεις λόγω της σύνθετης αστικής γεωμετρίας και φυσικά το σύνολο των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (θερμικές μηχανές κα).



Σχήμα 5 Φαινόμενο Αστικής Νησίδας

Μελετώντας το φαινόμενο της αστικής νησίδας ουσιαστικά αναζητείται το εύρος των θερμοκρασιακών διαφορών με το περιβάλλον γύρω από την πόλη. Για να γίνει αντιληπτή η έκτασή του, στην Αθήνα, σύμφωνα με πρόσφατες κλιματολογικές μετρήσεις σε 30 αστικούς και προαστιακούς σταθμούς η διαφορά θερμοκρασίας υπολογίστηκε ότι μπορεί και να ξεπερνάει τους 10 βαθμούς όταν το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο. Κατά τη δύση του ηλίου το φαινόμενο εντείνεται, λόγω της εκπομπής ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος η οποία έχει συσσωρευτεί κατά τη διάρκεια της ημέρας στα κελύφη των κτηρίων και τις εδαφικές

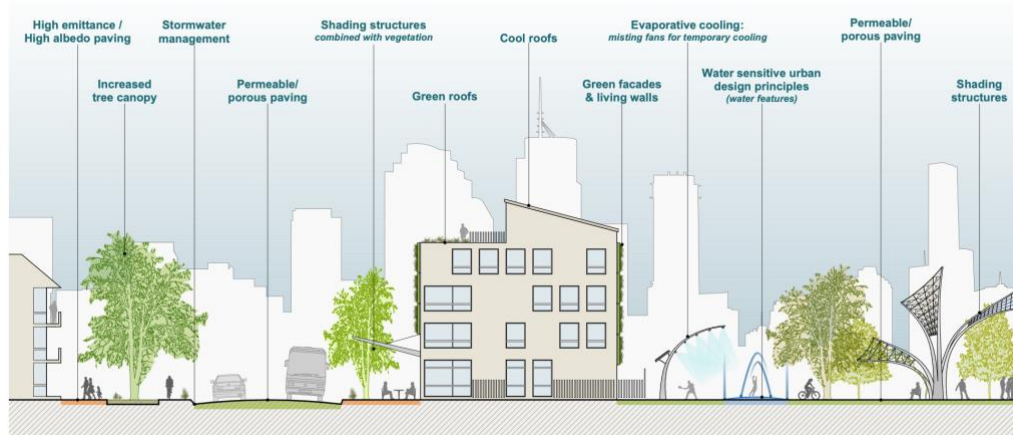
επιφάνειες που αποτελούνται κυρίως από σκυρόδεμα, πέτρα, ασφαλτο και γυαλί, υλικά με μεγάλο δείκτη θερμοχωρητικότητας. [30]

Σε χώρες όπου οι θερμοί μήνες αποτελούν την πλειοψηφία του έτους, όπως είναι η Ελλάδα η επίπτωση της θερμικής νησίδας στην κατανάλωση ενέργειας είναι ιδιαίτερα σημαντική. Μελέτες έχουν δείξει πως η κατανάλωση ενέργειας για την μείωση της θερμοκρασίας μπορεί να διπλασιαστεί εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας στις περιοχές που επηρεάζονται. Την ίδια στιγμή, η ποιότητα του περιβάλλοντος στις ζώνες που υπερθερμαίνονται επιδεινώνεται καθώς τα επίπεδα μόλυνσης αυξάνονται και η αρνητική επιρροή της πόλης στο περιβάλλον (οικολογικό αποτύπωμα) αυξάνεται σημαντικά..

Για την αντιμετώπιση τέτοιου είδους προβλημάτων, όπως το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας, ο αστικός σχεδιαστής χρησιμοποιεί ορισμένα μέσα και στρατηγικές, ώστε να καταφέρει να ελέγξει τις κλιματικές παραμέτρους (θερμοκρασία, άνεμος, κ.λπ.), να επέμβει στην αστική μορφολογία, να διαμορφώσει με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το ηχητικό και το οπτικό περιβάλλον και να μετριάσει τη ρύπανση, με απώτερο σκοπό, να ικανοποιήσει τους βασικούς στόχους του βιοκλιματικού σχεδιασμού.

- σκίαστρα
- φυτικό υλικό
- ψυχρά υλικά
- υδάτινα στοιχεία
- τροποποίηση αστικών παραμέτρων

COOLING STRATEGIES



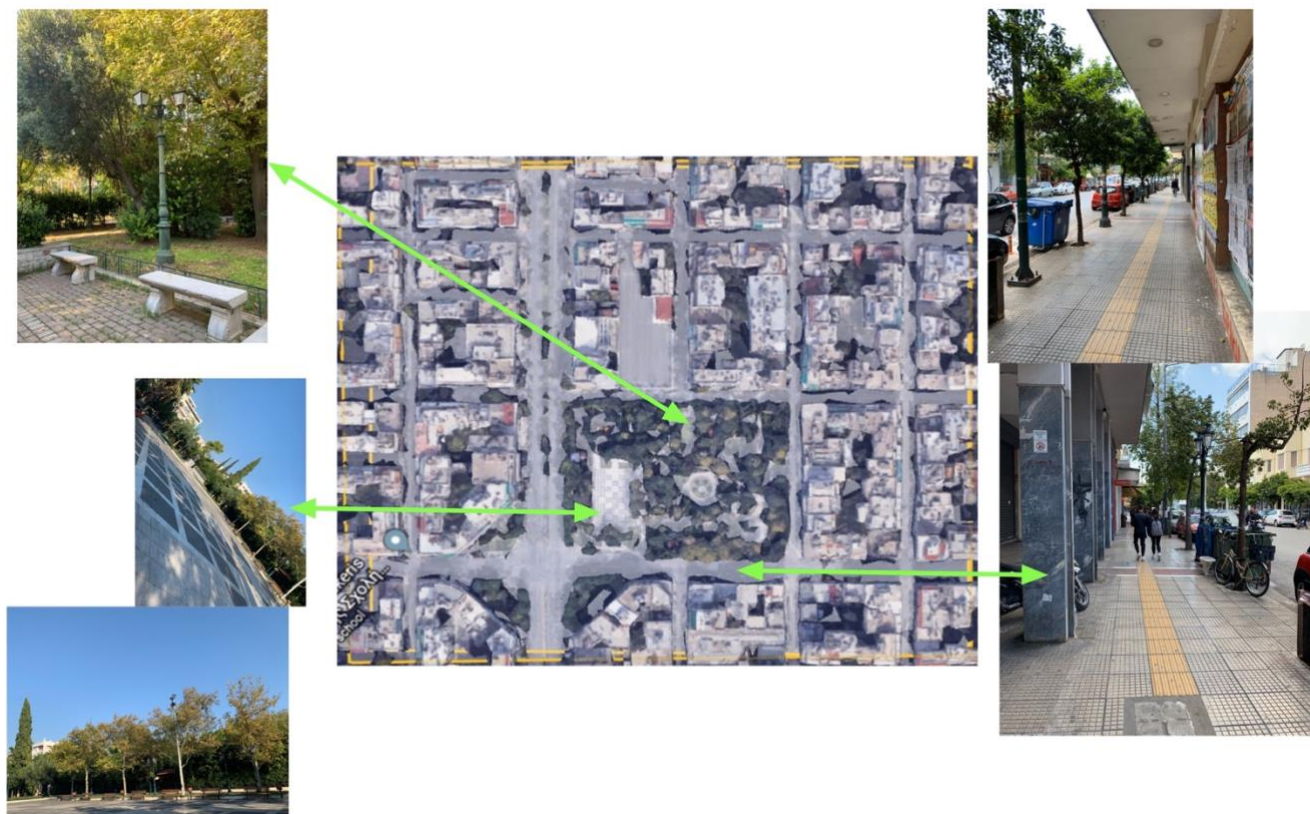
Σχήμα 6 Στρατηγικές Μείωσης Θερμοκρασίας

2. Δεδομένα και ανάλυση

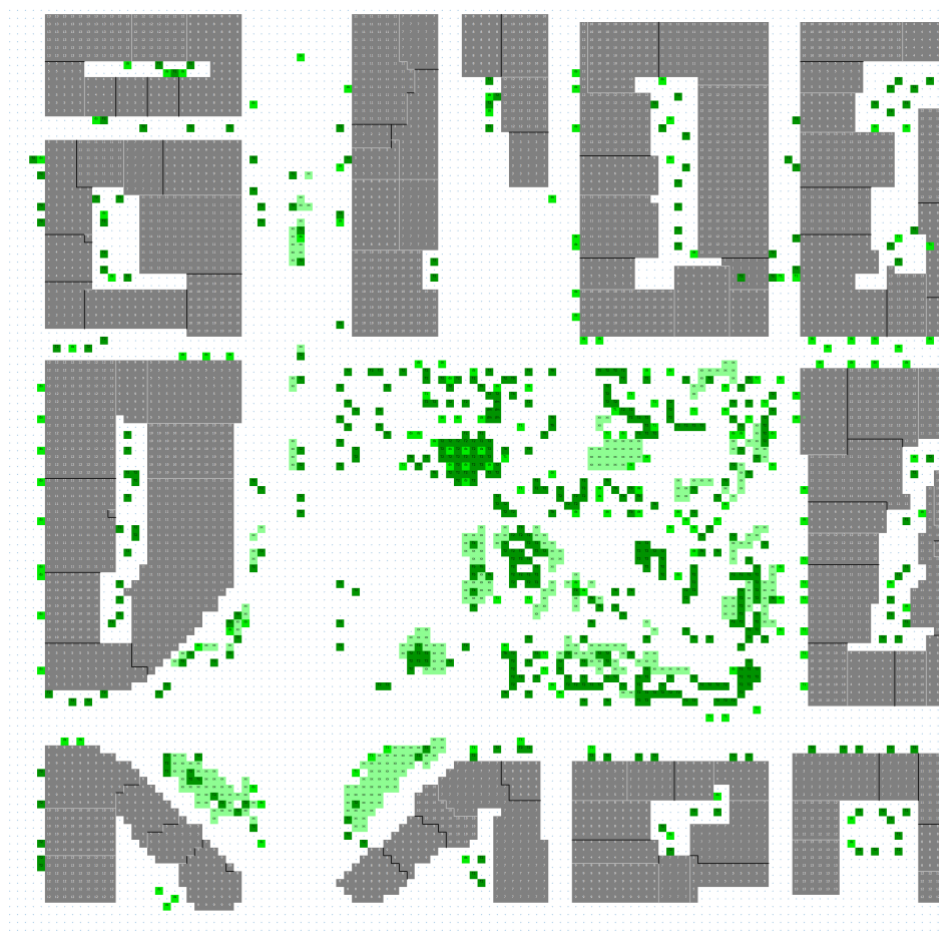
2.1 Περιοχή μελέτης

Το αντικείμενο της μελέτης μας είναι η περιοχή της πλατείας Δαβάκη του δήμου Καλλιθέας-Αττικής. Η εκκίνηση των μετρήσεων έγινε στις 11.07.2017 με αρχική ατμοσφαιρική θερμοκρασία 303.47 K, με σχετική υγρασία 31,08% και με ταχύτητα ανέμου 1m/s.

Στη συνέχεια με τη χρήση του προγράμματος ENVI-met, πραγματοποιήθηκε η καταχώρηση των δεδομένων, όπως το ύψος των κτιρίων, το είδος της βλάστησης στο πάρκο, η οδοποιία και η πεζοδρόμηση.



Σχήμα 7 Κάτοψη της πλατείας Δαβάκη από το Google earth



Σχήμα 8 Απεικόνιση Πλατείας Δαβάκη μετά τη καταχώρηση των δεδομένων στο ENVI-met

2.2 Πρόγραμμα προσομοίωσης Envi-met 3.1.0

Τα μοντέλα αστικού κλίματος εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και η εξέλιξή τους συμβάδισε με την εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών. Ανάλογα με την αύξηση της εκάστοτε ισχύς των υπολογιστών λοιπόν δινόταν η δυνατότητα αύξησης του αριθμού των διαδικασιών που μπορούσε να συμπεριλάβει το μοντέλο, της ανάλυσής του και του αριθμού των πτυχών του αστικού κλίματος που υπολόγιζε [31].

Το μέγεθος των σφαλμάτων λοιπόν με το χρόνο μειώνεται, καθώς σιγά σιγά αποφεύγονται οι γενικοποιήσεις και παρέχεται η δυνατότητα αναπαράστασης των πολύπλοκων και αλληλοσυνδεόμενων φαινομένων μικρής κλίμακας. Ακόμη όμως, από τα μοντέλα δεν οδηγούμαστε σε ακριβή αποτελέσματα, εξαιτίας των περιορισμών της χωρικής ανάλυσης και των προσεγγίσεων που περιγράφουν ορισμένες περιβαλλοντικές συνθήκες, από δυναμικές πτυχές και πτυχές ακτινοβολίας.

Τα πιο γνωστά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της θερμικής άνεσης είναι τα: ENVI-met, RayMan και SOLWEIG, με το καθένα να χρησιμοποιεί διαφορετική

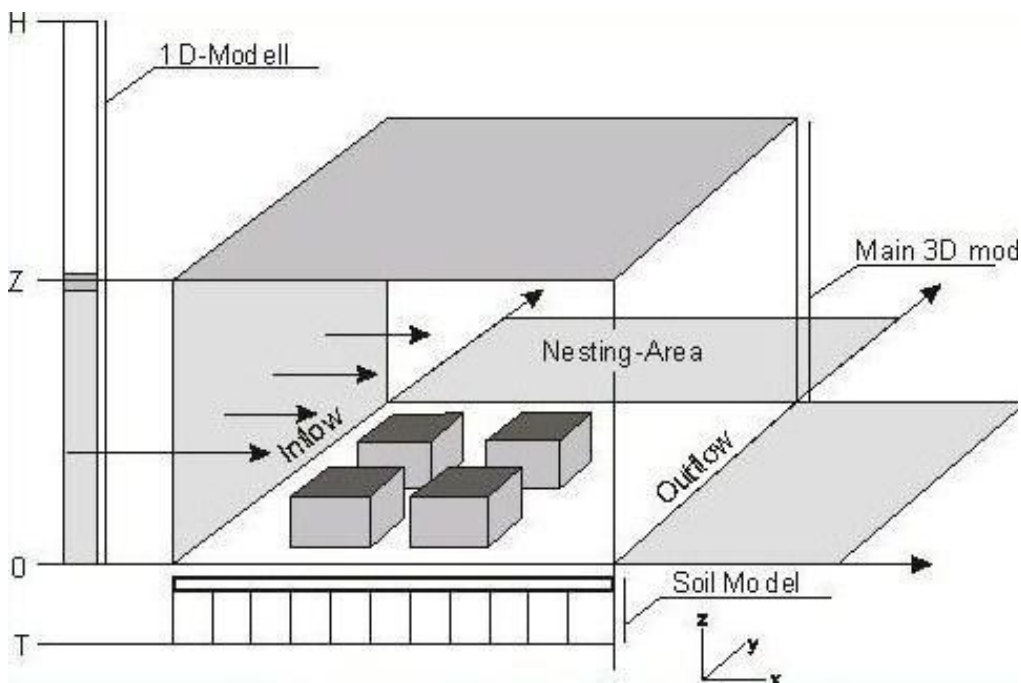
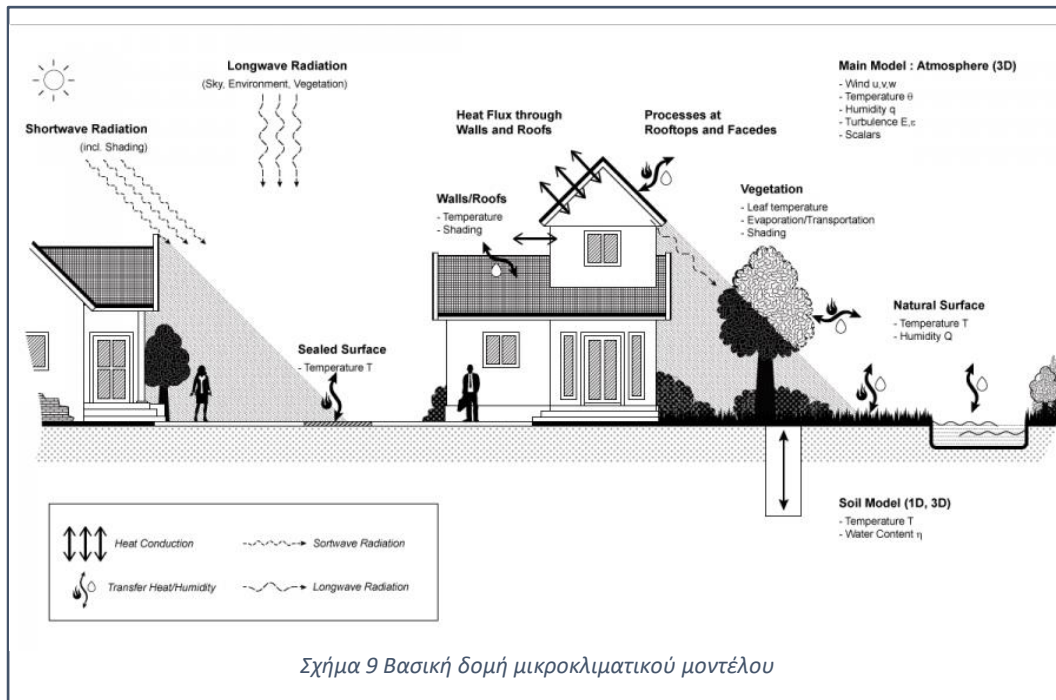
προσέγγιση. Το ENVI-met βασίζεται στην υπολογιστική ρευστομηχανική (Computational Fluid Dynamics - CFD) και θερμοδυναμική, ενώ το RayMan και το SOLWEIG είναι βασικά μοντέλα ακτινοβολίας 3D. Επειδή λοιπόν το ENVI-met είναι ικανό να συνδυάσει και να εξετάσει τις χωρικές μεταβολές και των τεσσάρων κλιματικών μεταβλητών που επηρεάζουν τη θερμική άνεση, χρησιμοποιείται εκτενώς στο χώρο του αστικού σχεδιασμού [32].

Το ENVI-met είναι ένα τρισδιάστατο, μη υδροστατικό μοντέλο για την προσομοίωση, κυρίως μέσα στον αστικό ιστό, της αλληλεπίδρασης μεταξύ των διαφόρων επιφανειών, της βλάστησης και του αέρα. Επιτρέπει τη διερεύνηση της επίδρασης που ασκούν μικρής κλίμακας παρεμβάσεις στον αστικό ιστό όπως, για παράδειγμα, η φύτευση δέντρων, η δημιουργία χώρων πρασίνου και η δημιουργία συγκροτημάτων κτιρίων στο αστικό μικροκλίμα. Η χωρική του ανάλυση επιτρέπει την προσομοίωση της παραπάνω αλληλεπίδρασης σε μικρή κλίμακα.

Το μοντέλο εμπεριέχει στους υπολογισμούς:

- Τη ροή ακτινοβολίας μικρού και μεγάλου μήκους κύματος, λαμβάνοντας υπόψη και τη σκίαση.
- Την ανάκλαση ακτινοβολίας και την ακτινοβολία από τα κτίρια και τη βλάστηση.
- Τη διαπνοή, την εξάτμιση και την αισθητή ροή θερμότητας από τη βλάστηση στον αέρα, με πλήρη προσομοίωση όλων των φυσικών παραμέτρων των φυτών, όπως για ο ρυθμός φωτοσύνθεσης.
- Την επιφανειακή θερμοκρασία και αυτήν των τοίχων, για κάθε σημείο στον κάναβο και κάθε τοίχο.
- Την ανταλλαγή θερμότητας και νερού στην εδαφική μάζα, δηλαδή βιομετεωρολογικές παραμέτρους, όπως η M.R.T. και ο δείκτης P.M.V.
- Τη διασπορά διαφόρων αερίων και σωματιδίων, καθώς και την απόθεση των τελευταίων στα φύλλα και στις επιφάνειες.
- Τα κτίρια, η βλάστηση, το έδαφος/επιφάνειες και οι πηγές ρύπανσης μπορούν να εισαχθούν στην περιοχή του μοντέλου. Εκτός από τις φυσικές και τις τεχνητές επιφάνειες, μπορούν να εισαχθούν και σώματα νερού.

2.3 Γραφική διατάξη και δομή του μοντέλου ENVI-met



Στα Σχήματα 10-11 φαίνεται η βασική δομή ενός μικροκλιματικού μοντέλου όπως το ENVI-met. Η δομή αυτή δεν αφορά μόνο στο εν λόγω μοντέλο αλλά χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα τρισδιάστατα αριθμητικά μοντέλα. Είναι σχεδιασμένο στις 3 διαστάσεις του χώρου με τις δύο οριζόντιες (x και y) και τη μία κατακόρυφη (z). Στο εσωτερικό του μπορούν να τοποθετηθούν τα τυπικά στοιχεία που αντιπροσωπεύουν την περιοχή ενδιαφέροντος όπως κτίρια, βλάστηση και διάφορα είδη επιφανειών χρησιμοποιώντας το αρχείο εισαγωγής περιοχής (Area Input File .IN). Για να γίνει χρήση ενός αριθμητικού μοντέλου, η περιοχή ενδιαφέροντος θα πρέπει να αναχθεί σε μια εσχάρα κελιών (grid cells). Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των κελιών, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Απ' την άλλη, κάνοντας τα κελιά μικρά, συνεπάγεται ότι απαιτούνται περισσότερα από αυτά για να καλύψουν την εκάστοτε περιοχή. Σε κάθε προσομοίωση απαιτείται ένας συμβιβασμός μεταξύ της ακρίβειας και της ανάλυσης του μοντέλου, στοιχεία που επηρεάζονται άμεσα από τον αριθμό των κελιών. Αναφέρεται στο σημείο αυτό, ως εμπειρικός κανόνας, ότι φτάνοντας τα 100 x 100 x 30 κελιά (ή οποιονδήποτε άλλο συνδυασμό), το μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί μεγάλο και θα απαιτηθεί αρκετός χρόνος επεξεργασίας (CPU) για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

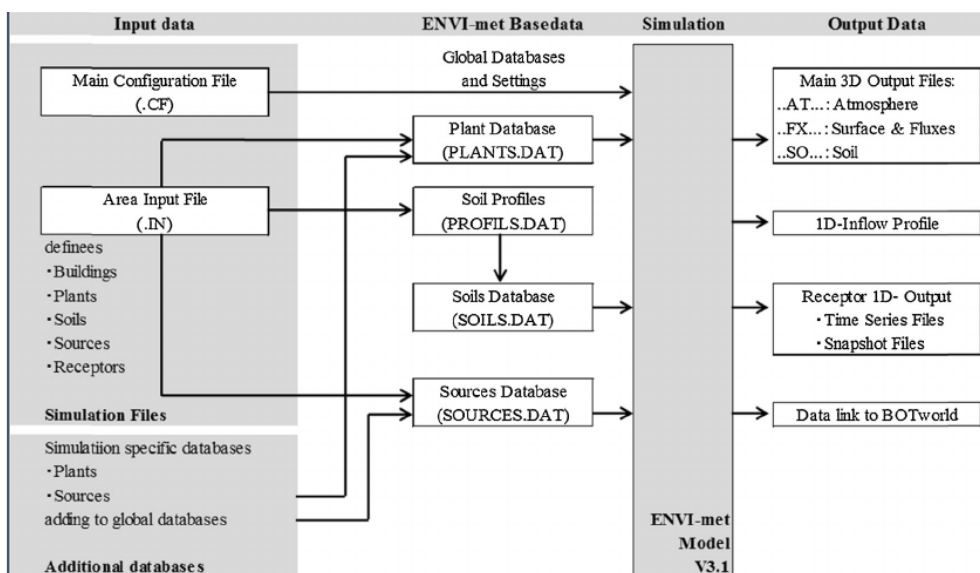
Λόγω των περιορισμών που θέτουν οι επεξεργαστές και η διαθέσιμη μνήμη των κοινών Η/Υ, χρησιμοποιούνται διάφορες στρατηγικές ώστε να καλυφθούν όσο το δυνατόν μεγαλύτερες περιοχές με τα λιγότερα δυνατά κελιά. Μια τέτοια στρατηγική αποτελεί η χρήση ενός πρόσθετου, μονοδιάστατου μοντέλου (βλέπε Σχ. 2.1). Για να επιτευχθεί μια ακριβής προσομοίωση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στο οριακό στρώμα, είναι απαραίτητο να επεκτείνουμε το μοντέλο σε ένα ύψος το λιγότερο 2500 m. Παρόλο που είναι δυνατό (αλλά όχι απαραίτητο) να επεκτείνουμε ολόκληρο το τρισδιάστατο μοντέλο στο ύψος αυτό, ένα μονοδιάστατο μοντέλο αναλαμβάνει τους υπολογισμούς από την κορυφή του τρισδιάστατου έως την κορυφή ολόκληρου του μοντέλου στα 2500 m. Εκτείνεται από το έδαφος έως τα 2500 m και παρέχει τιμές στην κορυφή του τρισδιάστατου μοντέλου. Επιπλέον, παρέχει το κατακόρυφο προφίλ όλων των μεταβλητών για το όριο εισροής (Inflow Boundary) του τρισδιάστατου μοντέλου. Το τελευταίο ορίζεται ως το όριο στην προσήνεμη πλευρά του μοντέλου.

Μια άλλη μέθοδος για την κάλυψη μεγαλύτερων εκτάσεων στο οριζόντιο επίπεδο, χωρίς ο αριθμός των κελιών της εσχάρας να αυξάνεται υπερβολικά, είναι η χρήση μιας δευτερεύουσας περιοχής (Nesting Area). Η δευτερεύουσα περιοχή είναι μια ζώνη κελιών που περιβάλλει τον πυρήνα του τρισδιάστατου μοντέλου. Όσο τα κελιά απομακρύνονται από τον πυρήνα του μοντέλου, τόσο αυξάνεται το μέγεθός τους. Το γεγονός αυτό επιτρέπει να απομακρυνθούν τα όρια του μοντέλου από τον πυρήνα χωρίς να σπαταληθούν πολλά υπολογιστικά κελιά. Η δευτερεύουσα αυτή περιοχή δημιουργείται αυτόματα από το πρόγραμμα ώστε να επιτευχθεί η εν λόγω απομάκρυνση των ορίων.

Τέλος, το εδαφικό μοντέλο (Soil Model) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μεταφοράς θερμότητας από τις επιφάνειες στην εδαφική μάζα και αντιστρόφως. Επίσης, το υδρολογικό κομμάτι του εδαφικού μοντέλου παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το διαθέσιμο νερό στο έδαφος. Οι πληροφορίες αυτές απαιτούνται για την εκτίμηση της μέγιστης διαπνοής από τη βλάστηση και του διαθέσιμου νερού στην επιφάνεια του εδάφους. Το εδαφικό μοντέλο φτάνει σε βάθος 2 m , όπου οι τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας θεωρούνται σταθερές κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Οι μεταβλητές που υπολογίζονται είναι η θερμοκρασία του εδάφους και η περιεκτικότητά του σε νερό. Το εδαφικό μοντέλο είναι μονοδιάστατο εκτός από τη θέση (πρώτο κελί) ακριβώς κάτω από την εδαφική επιφάνεια, όπου η θερμοκρασία υπολογίζεται στις 3 διαστάσεις ώστε να αποφευχθούν μη ρεαλιστικές, με απότομη κλίση κατανομές της θερμοκρασίας στην επιφάνεια.

2.4 Δομή του λογισμικού και ροή δεδομένων

Το ENVI-met απαρτίζεται από διάφορα σημεία διεπαφής, κάθε ένα από τα οποία είναι αναγκαίο για τη σύνθεση ενός τμήματος της προσομοίωσης ή για τα δεδομένα ανάγνωσης εξόδου. Η δομή του λογισμικού προβλέπει τρία κύρια στοιχεία εισόδου που συγκλίνουν στο σημείο που εκτελεί την πραγματική προσομοίωση με την εφαρμογή των μοντέλων υπολογισμού. Τα δεδομένα εξόδου που δημιουργεί το ENVI-met, εκχωρούνται σε αρχεία και φακέλους με βάση το DataField. Μερικά είναι αναγνώσιμα αρχεία κειμένου και εισάγονται σε προγράμματα υπολογιστικών φύλλων που απαιτούνται για την ανάλυση, ενώ άλλα δεν είναι κωδικοποιημένα αρχεία, αν δεν χρησιμοποιείται το περιβάλλον εργασίας του ENVI-met.



Σχήμα 11 Απεικόνιση δομής λογισμικού και ροής των δεδομένων στο ENVI-met

2.5 Αρχείο εισόδου

Όλα τα αρχεία εισόδου του ENVI-met, είναι απλά αρχεία ASCII-Text, στην κατηγορία των οποίων ανήκουν τα παρακάτω.

2.5.1 Το αρχείο ρυθμίσεων (The Configuration File .CF)

Οι ρυθμίσεις περιλαμβάνουν το όνομα για το αρχείο εισόδου περιοχής, το όνομα των αρχείων εξόδου ή τις μετεωρολογικές ρυθμίσεις. Οι εργασίες προσομοίωσης αναγνωρίζονται από το αρχείο .CF. Μπορεί δηλαδή, να χρησιμοποιηθεί το ίδιο αρχείο εισόδου περιοχής (.IN) σε διαφορετικές προσομοιώσεις, που η κάθε μια όμως αναγκαστικά θα έχει το δικό της αρχείο ρυθμίσεων .CF.

Κάθε αρχείο ρύθμισης αποτελείται από ένα μπλοκ πληροφοριών των βασικών ρυθμίσεων που πρέπει να συμπεριληφθεί για την εκτέλεση του μοντέλου. Έτσι, κάθε αρχείο .CF αρχίζει με μια σταθερή δομή, στην οποία μπορούν να ενταχθούν ενότητες προαιρετικά. Λόγω του ότι το ENVI-met δεν ελέγχει τι βρίσκεται στηναρχή της γραμμής, είναι βασικό η ακολουθία των καταχωρήσεων μέσα σε μια ενότητα να παραμένει σταθερή

```

$ ---- Basic Configuration File for ENVI-met Version 3 ----
$ ---- MAIN-DATA Block ----
Name for Simulation (Text):           = MySim
Input file Model Area                 =C:\Users\localadmin\Desktop\kouroupakis\kalitheprojectnew2.in
Filebase name for Output (Text):      =kalithea_output
Output Directory:                     =C:\Users\localadmin\Desktop\kouroupakis
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): =11.07.2017
Start Simulation at Time (HH:MM:SS):  =06:00:00
Total Simulation Time in Hours:       =48.00
Save Model State each ? min          =30
Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s]  =1
Wind Direction (0:N.,90:E.,180:S.,270:W.): =370
Roughness Length z0 at Reference Point =0.1
Initial Temperature Atmosphere [K]   =303.47
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] =4.2506
Relative Humidity in 2m [%]           =81.08
Database Plants                       =[input]\Plants.dat

( -- End of Basic Data --)
( -- Following: Optional data. The order of sections is free. --)
( -- Missing Sections will keep default data. --)
( Use "Add Section" in ConfigEditor to add more sections )
( Only use "=" in front of the final value, not in the description)
( This file is created for ENVI-met V3.0 or better )

[SOURCES]
-----
Name of component                Type of emitted gas/particle
Type of component                =PM10
Particle Diameter in [um] (0 for gas) =10
Particle Density [g/cm³]         =1
Update interval for emission rate [s] =600

[TIMING]
-----
Update Surface Data each ? sec    =60.0
Update Wind field each ? sec     =1800
Update Radiation and Shadows each ? sec =900
Update Plant Data each ? sec     =600

[PMV]
-----
Walking Speed (m/s)              =0.3
Energy-Exchange (Col. 2 H/A)     =116
Mech. Factor                      =0.0
Heattransfer resistance cloths    =0.5

[TIMESTEPS]
-----
Sun height for switching dt(0) -> dt(1) =40
Sun height for switching dt(1) -> dt(2) =50
Time step (s) for interval 1 dt(0)    =10.0
Time step (s) for interval 2 dt(1)    =5.0
Time step (s) for interval 3 dt(2)    =0.0

```

Σχήμα 12 Πληροφορίες και ρυθμίσεις στο αρχείο .CF του ENVI-met για την παρούσα μελέτη

Τα δεδομένα που εισάγονται στο βασικό αρχείο ρυθμίσεων είναι:

- Γραμμές επισήμανσης
Χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη του συμβόλου "%" στην αρχή και μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε χρειάζεται. Όλες οι γραμμές επισήμανσης αγνοούνται και το ENVI-met συνεχίζει την ανάγνωση της επόμενης γραμμής. Έτσι, αν αναφερθούμε στον αριθμό μιας γραμμής, αυτό σημαίνει ότι δεν υπολογίζονται οι επιπλέον γραμμές επισήμανσης.
- Όνομα προσομοίωσης
Το επιλέγει ο χρήστης για τη συγκεκριμένη προσομοίωση. Αποθηκεύεται στα αρχεία δεδομένων και εμφανίζεται ενώ εκτελείται το μοντέλο.
- Όνομα αρχείου εισόδου περιοχής του μοντέλου
Εισάγεται το όνομα του αρχείου εισόδου περιοχής και τη θέση που αυτό καταλαμβάνει στη μνήμη του υπολογιστή. Το ENVI-met 3.1 υποστηρίζει τα μεγάλα ονόματα αρχείων και τα διαστήματα στα ονόματα αρχείων, για τη διευκόλυνση του χρήστη και της ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ των χρηστών, μπορεί εναλλακτικά να δοθεί ένα ψευδώνυμο.
- Βάση ονόματος αρχείου για την έξοδο των δεδομένων
Με αυτό το όνομα ως βάση ορίζεται το όνομα των αρχείων εξόδου. Είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται έγκυρα ονόματα αρχείων για το λειτουργικό σύστημα του χρήστη και πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στο συμβολισμό.
- Φάκελος δεδομένων εξόδου
Το ENVI-met εγγράφει τα δεδομένα εξόδου στη συγκεκριμένη θέση και δημιουργεί μια σειρά από δευτερεύοντες φακέλους, ώστε να δοθεί στα δεδομένα καλύτερη δομή. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν απόλυτα ονόματα αρχείων καθώς και ψευδώνυμα.
- Έναρξη προσομοίωσης σε ημερομηνία / ώρα
Εισάγεται ο χρόνος έναρξης των υπολογισμών σε μορφή: DD.MM.YYYY, HH:MM:SS. Επειδή τα αριθμητικά μοντέλα χρειάζονται χρόνο αρχικοποίησης, η προσομοίωση είναι ιδανικό να ξεκινάει τη νύχτα ή την ανατολή, έτσι ώστε ο υπολογισμός να μπορεί να ακολουθήσει τις ατμοσφαιρικές διεργασίες.
- Συνολικός χρόνος προσομοίωσης σε ώρες
Είναι η χρονική διάρκεια του υπολογισμού. Θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 6 ώρες και πιθανόν περισσότερο. Σε περίπτωση που εισαχθεί μικρός χρόνος υπολογισμού, τα δεδομένα εξόδου θα εξακολουθούν να επηρεάζονται από την αρχικοποίηση.

- Αποθήκευση της κατάστασης του μοντέλου κάθε πόσα λεπτά:
Εδώ εισάγεται το χρονικό διάστημα (για τα κύρια αρχεία προσομοίωσης) για την εγγραφή της κατάστασης μοντέλου στο δίσκο. Επιπλέον, εγγράφεται ένα τελικό σύνολο δεδομένων μετά την ολοκλήρωση της προσομοίωσης. Για τους υποδοχείς, μπορεί να επιλεγεί διαφορετικό διάστημα εγγραφής.
- Ταχύτητα ανέμου σε απόσταση 10 m από το έδαφος
Αυτή είναι η πρώτη από μια σειρά μετεωρολογικών δεδομένων εισόδου για την προσομοίωση. Εισάγεται η ταχύτητα του ανέμου σε απόσταση 10 μέτρων από το έδαφος και δεν χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την αρχικοποίηση.
- Μήκος τραχύτητας z0 στο σημείο αναφοράς
Εισάγεται συμπληρωματικά προς την ταχύτητα ανέμου. Καθορίζει την τραχύτητα της επιφάνειας στην τοποθεσία όπου μετρήθηκε η ταχύτητα του ανέμου στα 10 m. Και οι δύο τιμές χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του γεωστροφικού ανέμου και δεν χρησιμοποιούνται μετά την αρχικοποίηση.
- Κατεύθυνση ανέμου
Εισάγεται σε μοίρες όπου 0° είναι Βορράς ή η άνω πλευρά στην κάτοψη της περιοχής, 90° είναι Ανατολή (ή αριστερά) κ.ο.κ.. Εάν ο τομέας έχει περιστραφεί, η εισροή του ανέμου θα αλλάξει καθώς οι μοίρες αναφέρονται στο σύστημα συντεταγμένων της γης.
- Αρχική ατμόσφαιρική θερμοκρασία
Ορίζει την τιμή εκκίνησης για όλα τα επίπεδα στην ατμόσφαιρα και τη σταθερή θερμοκρασία αναφοράς σε ύψος 2500 m. Οι τιμές θερμοκρασίας δίνονται πάντα σε πιθανή θερμοκρασία και το ENVI-met αρχίζοντας με μηδενική διαβάθμιση, επιτρέπει την ανάπτυξη της θερμικής διαστρωμάτωσης κατά την αρχικοποίηση με βάση την αρχική θερμοκρασία της επιφάνειας.
- Ειδική υγρασία στα 2500 m
Η τιμή αυτή εισάγεται για το άνω όριο του μοντέλου. Καθορίζεται από την οριζόντια μεταφερόμενη αέρια μάζα της μεσοκλίμακας και όπως η θερμοκρασία και ο γεωστροφικός άνεμος παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.
- Σχετική υγρασία στα 2 m
Η τιμή αυτή εισάγεται σε ποσοστό % και χρησιμοποιείται μαζί με την ειδική υγρασία στα 2500 m για τον υπολογισμό της κάθετης διαβάθμισης της υγρασίας. Δεν χρησιμοποιείται μετά την αρχικοποίηση.

- Φυτά βάσης δεδομένων

Αυτή η γραμμή δεν ερμηνεύεται πλέον, ωστόσο πρέπει να διατηρηθεί γιατί το αρχείο global plants.dat πρέπει να βρίσκεται στο \sys.basedata.

Βάση αυτών των πληροφοριών, δύναται να εκτελεσθεί μια εργασία προσομοίωσης. Αλλά, επειδή πολλές επιλογές από τις παραπάνω δεν χρησιμοποιούνται, υπάρχει η δυνατότητα πρόσθεσης διαφορετικών ενοτήτων στο αρχείο διαμόρφωσης, όπως οι ακόλουθες:

[BUILDING]: Για τη σωστή προσομοίωση των κτιρίων, που αποτελούν ενεργά στοιχεία της περιοχής του μοντέλου, απαιτούνται ορισμένα στοιχεία, όπως είναι η εσωτερική τους θερμοκρασία, η μεταφορά θερμότητας μέσω των τοίχων και των οροφών και το albedo των τοίχων και των οροφών. Στην έκδοση 3.1 του προγράμματος δεν δίνεται η δυνατότητα ορισμού διαφορετικών θερμικών ιδιοτήτων για ένα κτίριο και όλες οι οροφές των κτιρίων είναι επίπεδες.

[CLOUDS]: Κανονικά το ENVI-met λειτουργεί με αίθριες συνθήκες για την καλύτερη παρατήρηση των χωρικών και χρονικών διαφορών. Ωστόσο, υπάρχει η δυνατότητα καθορισμού ποσοστού νέφωσης (x/8) σε τρία διαφορετικά επίπεδα (LOW, MEDIUM, HIGH).

[SOURCES]: Οι πηγές είναι τα πιο σύνθετα δεδομένα εισόδου στο ENVI-met καθώς πρέπει να παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τη θέση τους, το ποσοστό της εκπομπής και τον τύπο του εκπεμπόμενου στοιχείου. Η πρώτη, ορίζεται στο αρχείο εισαγωγής περιοχής, ο ρυθμός εκπομπής της κάθε πηγής ορίζεται στη βάση δεδομένων SOURCES.DAT σε μια τοπική βάση δεδομένων ([LOCALDB]) και ο τύπος της ορίζεται στο αρχείο διαμόρφωσης. Το ENVI-met μπορεί να χειριστεί πηγές σωματιδίων (PM) καθώς και πηγές αερίου (CO,CO₂,NO,NO₂,SO₂,NH₃,H₂O₂). Για τις τελευταίες δεν υπολογίζονται χημικοί μετασχηματισμοί. Για τα σωματίδια χρειάζεται να εκχωρηθούν η διάμετρος τους (μm), η πυκνότητά τους (g/cm³) και τα χρονικά διαστήματα ανανέωσης του ρυθμού εκπομπής τους (s). Η προσομοίωση της διασποράς των σωματιδίων περιλαμβάνει καθίζηση και εναπόθεση σε επιφάνειες και φύλλα φυτών ανάλογα με το μέγεθος και την πυκνότητά τους.

Προς το παρόν, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μόνο ενός είδους εκπεμπόμενου στοιχείου στο μοντέλο. Μια ειδική περίπτωση αποτελούν οι πηγές CO₂ που προστίθενται στο εσωτερικό μοντέλο CO₂ και όχι στο μοντέλο αερίου / σωματιδίων.

[SOILDATA]: Σε αυτή την ενότητα μπορεί να οριστεί το προφίλ αρχικής θερμοκρασίας και υγρασίας του εδάφους και των επιφανειών. Μπορούν να οριστούν τιμές για τρία εδαφικά στρώματα, τα Upper, Middle και Deep με προκαθορισμένες τιμές τα 293K για τη θερμοκρασία όλων των στρωμάτων και τα ποσοστά 50%, 60% και 60% αντίστοιχα, για την υγρασία. Για καλυμμένα υλικά η υγρασία ορίζεται αυτόματα στο μηδέν.

[SOLARADJUST]: Το ENVI-met 3.1. επιτρέπει την προσαρμογή της ηλιακής ακτινοβολίας που υπολογίζεται από το πρόγραμμα στην εκάστοτε κατάσταση. Για παράδειγμα, επειδή για ορισμένες τοποθεσίες οι ροές ηλιακής ενέργειας που

εκτιμώνται από το σύστημα του ENVI-met μπορεί να είναι υπερβολικά υψηλές, ή πολύ χαμηλές, υπάρχει η δυνατότητα προσαρμογής τους από 50% σε 150% της αξίας που υπολογίζεται από το πρόγραμμα. Για την εύρεση της καλύτερης τιμής, παρέχεται η λειτουργία Preview Radiation.

[TIMING]: Το μοντέλο προσφέρει τη δυνατότητα αλλαγής των ρυθμίσεων χρονισμού για διαδικασίες που δεν υπολογίζονται για κάθε χρονικό βήμα. Δεν υπάρχει όμως η δυνατότητα επιλογής μεγαλύτερων χρονικών διαστημάτων από αυτά που είναι προεπιλεγμένα από το μοντέλο. Ενημέρωση των τιμών στο επιλεγμένο χρονικό βήμα, μπορεί να πραγματοποιηθεί για τα δεδομένα των επιφανειών, την τυρβώδη ροή και τον άνεμο, την ακτινοβολία και τη σκίαση και τα δεδομένα για το φυτικό υλικό. Στην έκδοση 3.1. του προγράμματος, μπορεί να επιλεγεί ο συνεχής υπολογισμός του ανέμου.

[TIMESTEPS]: Το ENVI-met 3.1. παρέχει μια δυναμική προσαρμογή του χρονικού βήματος. Όταν η ηλιακή ανύψωση είναι υψηλή, απαιτούνται μικρότερα χρονικά βήματα, ενώ για τις πρωινές ή βραδινές ώρες, μπορούν να επιλεγούν μεγαλύτερα. Το ηλιακό ύψος διαιρείται σε 3 διαστήματα, τα οποία ορίζονται από 2 οριακές τιμές heightA και heightB. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει τη διάρκεια των χρονικών διαστημάτων και τις οριακές τιμές ύψους.

[TURBULENCE]: Αυτή η ενότητα αλληλεπιδρά με το μοντέλο εσωτερικής τυρβώδους ροής. Το ENVI-met επιτρέπει την επιλογή μεταξύ του προγνωστικού μοντέλου κλεισίματος E-Epsilon 1.5 (prognostic 1.5order E-Epsilon closure model) που είναι προεπιλογή και συνιστάται και του διαγνωστικού μοντέλου μίξης μήκους πρώτης τάξης (diagnostic 1st order mixing length model). Οι δύο δυνατές επιλογές αναφέρονται στο μοντέλο αναφοράς 1D, στο μοντέλο 3D και στα ανώτατα όρια του δεύτερου.

[RECEPTORS]: Οι υποδοχείς είναι επιλεγμένα σημεία μέσα στην περιοχή του μοντέλου, όπου οι διεργασίες στην ατμόσφαιρα και στο έδαφος καταγράφονται λεπτομερώς. Ο καθορισμός υποδοχέων στο ENVI-met μπορεί να οριστεί είτε στο αρχείο εισόδου περιοχής, είτε στο αρχείο .CF. Ο ορισμός των υποδοχέων στο δεύτερο διατηρείται για λόγους συμβατότητας. Για τους υποδοχείς είναι απαραίτητος ο καθορισμός των συντεταγμένων τους και το χρονικό βήμα για την αποθήκευση των δεδομένων εξόδου (Default 30min).

[LBC-TYPES]: Το ENVI-met χειρίζεται τα όρια του μοντέλου με τρεις διαφορετικούς τύπους πλευρικών οριακών συνθηκών (lateral boundary conditions types – LBC types). Ο λόγος είναι ότι οι κανονικές προγνωστικές εξισώσεις του μοντέλου δεν μπορούν να εφαρμοστούν στα σημεία του πλέγματος στα σύνορα μοντέλου, οπότε απλούστερες μέθοδοι χρησιμοποιούνται για να αποκτήσουν τις απαραίτητες τιμές εκεί. Υπάρχουν ο ανοιχτός (open), ο κλειστός (forced or closed) και ο κυκλικός (cyclic) τύπος LBC. Στον πρώτο, οι τιμές του επόμενου σημείου πλέγματος κοντά στο όριο, αντιγράφονται σε αυτό σε κάθε χρονικό βήμα. Στον δεύτερο, οι τιμές του μονοδιάστατου μοντέλου αντιγράφονται στο όριο. Τέλος, στον τρίτο τύπο, οι τιμές του

κάτω ορίου του μοντέλου αντιγράφονται στο άνω όριό του. Οι τρεις τύποι LBC μπορούν να επιλεγούν για τη θερμοκρασία και την υγρασία καθώς και για τις μεταβλητές της τυρβώδους ροής. Για το πεδίο ροής, σε κάθε περίπτωση, θα χρησιμοποιηθεί ο πρώτος τύπος.

[NESTINGAREA]: Εκτός από την περιοχή του μοντέλου όπως ορίζεται στο αρχείο εισόδου περιοχής, το ENVI-met δημιουργεί μια περιοχή πλέγματος ένθεσης γύρω από τον πυρήνα του μοντέλου. Με αυτόν τον τρόπο, τα όρια του μοντέλου και κατά συνέπεια ανεπιθύμητες οριακές επιδράσεις απομακρύνονται από την περιοχή ενδιαφέροντος. Στην έκδοση 3.1. του ENVI-met, ο αριθμός των πλεγμάτων ένθεσης (nesting grids) και τα προφίλ εδάφους τους αποθηκεύονται στο αρχείο εισαγωγής περιοχής (Area Input File). Σε αυτή την έκδοση βελτιώθηκε και ο χειρισμός των πλεγμάτων ένθεσης όσον αφορά στις ροές ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος. Δεδομένου ότι σε αυτά δεν επιτρέπεται η τοποθέτηση αντικειμένων, η ηλιακή ακτινοβολία, φτάνει στην επιφάνειά τους χωρίς εμπόδια, πράγμα που συχνά έχει ως αποτέλεσμα μια μη ρεαλιστική υψηλή θερμοκρασία της επιφάνειας του εδάφους στην περιοχή.

Για τα πλέγματα ένθεσης λοιπόν μπορούν να οριστούν δύο επιλογές που αφορούν στην ηλιακή ακτινοβολία. Η πρώτη, είναι η είσοδος της στην επιφάνεια του εδάφους των πλεγμάτων, να ορίζεται ως ο μέσος όρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει σε όλα τα ελεύθερα κελιά του πυρήνα του μοντέλου (default, "1"). Η δεύτερη είναι τα πλέγματα ένθεσης να δέχονται κανονικά την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, χωρίς την τροποποίηση, στην οποία το μοντέλο συμπεριφέρεται σαν να περικυκλώνεται η περιοχή του πυρήνα από επίπεδο έδαφος χωρίς σκίαση ("0"). Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα επιλογής της συμπερίληψης ή μη του πλέγματος ένθεσης στα δεδομένα εξόδου του προγράμματος.

[PMV]: Εκτός από τον υπολογισμό των μετεωρολογικών δεδομένων, το ENVI-met περιλαμβάνει και ένα απλό βιομετεωρολογικό μοντέλο (PMV model) για την πρόβλεψη της θερμικής άνεσης μέσα στην περιοχή του μοντέλου. Για τον προσδιορισμό της, απαιτείται η εισαγωγή ορισμένων δεδομένων, όπως η ταχύτητα του ατόμου αναφοράς, η ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ αυτού και του περιβάλλοντος (που είναι συνάρτηση του μεταβολικού ρυθμού και της μηχανικής εργασίας του σώματος), ο μηχανικός παράγοντας (που δίνει τη σχέση μεταξύ της εργασίας και του μεταβολισμού) και η μόνωση της ενδυμασίας του ατόμου (σε clo).

[PLANTMODEL]: Τα στόματα είναι ενεργά συστατικά του φυτικού συστήματος και αντιδρούν στις περιβαλλοντικές επιδράσεις όπως η είσοδος της ηλιακής ακτινοβολίας, η θερμοκρασία του αέρα και η διαθεσιμότητα νερού στο έδαφος. Η αντίσταση των στομάτων πρέπει να είναι γνωστή για τον υπολογισμό της διαπνοής των φυτών. Το ENVI-met παρέχει δύο μεθόδους για τον υπολογισμό της: Μια απλή προσέγγιση βασισμένη στο έργο του [33] και μια πολύ εξελιγμένη προσέγγιση που ονομάζεται μοντέλο A-gs από το έργο του Jacobs (1994). Η προσέγγιση Deardorff δημιουργεί μια κλίμακα από μια σαφώς δοθείσα μέγιστη τιμή της αντίστασης των στομάτων σε σχέση με την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας και τη διαθεσιμότητα ύδατος, ενώ το μοντέλο

A-gs υπολογίζει το ρυθμό φωτοσύνθεσης του φυτού, στη συνέχεια τη ζήτηση σε CO₂ και καταλήγει στην κατάσταση των στομάτων.

Σε αυτή την ενότητα υπάρχει λοιπόν η δυνατότητα επιλογής του μοντέλου αντίστασης των στομάτων, όπου συνιστάται το A-gs, και η δυνατότητα ορισμού, εάν επιλεγεί αυτό το μοντέλο, της βασικής συγκέντρωσης CO₂ (ppm) στο παρασκήνιο. Εάν υπάρχουν και άλλες πηγές στο μοντέλο τύπου CO₂, θα προστεθούν στην συγκέντρωση CO₂.

[LOCALDB]: Εκτός από τα παγκόσμια αρχεία βάσης δεδομένων που είναι διαθέσιμα για όλα τα έργα προσομοίωσης (π.χ. PLANTS.DAT, SOURCES.DAT) μπορούν να οριστούν τοπικές βάσεις δεδομένων για μια συγκεκριμένη προσομοίωση ή σειρά προσομοιώσεων. Αυτή η επιλογή είναι διαθέσιμη μόνο για τη βάση δεδομένων των φυτών και των πηγών. Οι τοπικές βάσεις δεδομένων, στην περίπτωση των πηγών, θα προστεθούν στις συνολικές αποθηκευμένες στον φάκελο \ input, ενώ στην περίπτωση των φυτών, κάπου αλλού. Για την πρόσθεσή τους είναι απαραίτητη η διαθεσιμότητα των παγκόσμιων βάσεων δεδομένων. Για τα πρόσθετα αρχεία πηγών και φυτών πρέπει να καθοριστεί η θέση της βάσης δεδομένων και τα αρχεία πρέπει να έχουν την ίδια μορφή με την αντίστοιχη παγκόσμια βάση δεδομένων. Η τοποθεσία μπορεί να δοθεί ως άμεση διαδρομή ή χρησιμοποιώντας ένα ψευδώνυμο.

Κάθε ενότητα στο αρχείο ρύθμισης αρχίζει με τη λέξη που αναφέρεται παραπάνω, στην αρχή κάθε παραγράφου και ακολουθούν οι ρυθμίσεις. Δεν έχει σημασία με ποια σειρά οι ενότητες εμφανίζονται στο αρχείο ρυθμίσεων, αλλά μέσα στην ίδια ενότητα, οι πληροφορίες πρέπει να ακολουθούν σταθερή ακολουθία.

Οι ενότητες επιτρέπουν την αντικατάσταση των προεπιλεγμένων τιμών του ENVI-met. Ορισμένα τμήματα θα περιλαμβάνονται πιθανώς σε κάθε αρχείο .CF, μερικά από αυτά σπάνια ή ποτέ. Εάν μια ενότητα δεν περιλαμβάνεται στο αρχείο .CF, χρησιμοποιούνται οι προεπιλεγμένες τιμές (που εμφανίζονται σε παρενθέσεις πίσω από τις καταχωρίσεις).

2.5.2 Το αρχείο εισόδου περιοχής (Area Input File .IN)

Τα αρχεία εισόδου περιοχής είναι πολύ βασικά αρχεία για το χρήστη του ENVI-met, καθώς καθορίζουν λεπτομερώς τη γεωμετρία του περιβάλλοντος του μοντέλου με την προσθήκη κτιρίων, φυτών και εδαφών. Σε αυτό το είδος αρχείων λοιπόν, αποθηκεύονται πληροφορίες που αφορούν στη θέση και το ύψος των κτιρίων, τη θέση των φυτών, των πηγών και των υποδοχέων, τη διανομή των επιφανειακών υλικών, τον τύπο του εδάφους, τις συνδέσεις των βάσεων δεδομένων και τη γεωγραφική θέση της τοποθεσίας στη γη. Στην έκδοση 3.1. στο αρχείο εισόδου περιοχής εισάγονται και οι πληροφορίες που αφορούν στα πλέγματα ένθεσης (αριθμός και τύπος εδάφους) και η περιστροφή του μοντέλου (**Error! Reference source not found.**).

Change or create model Domain

Number of grids and nesting properties

Main model area:

x-Grids: 150 y-Grids: 150 z-Grids: 25

Nesting grids around main area:

Nr of nesting grids: 3

Soil profil ID for nesting grids

Soil A: I <Loamy Soil>

Soil B: I <Loamy Soil>

Grid size and structure in main area

Size of grid cell in meter:

dx= 2.50 dy= 2.50 dz= 2.00 (base height)

Method of vertical grid generation:

equidistant (all dz are equal except lowest grid box)

telescoping (dz increases with height)

Telescoping factor (%): 0

Start telescoping after height (m): 0.00

Geographic Properties

Model rotation out of grid north: 0.00

Location on earth

Name of location: Athens/Greece

Position on earth:

Latitude (deg. +N, -S): 37.58

Longitude (deg. -W, +E): 23.43

Reference time zone:

Name: GMT+2

Reference longitude: 30.00

Georeference

Co-ordiante of lower right grid

x-value: 0.00

y-value: 0.00

Reference system: <plane>

Model area description: A brave new area

Create new area

Apply changes

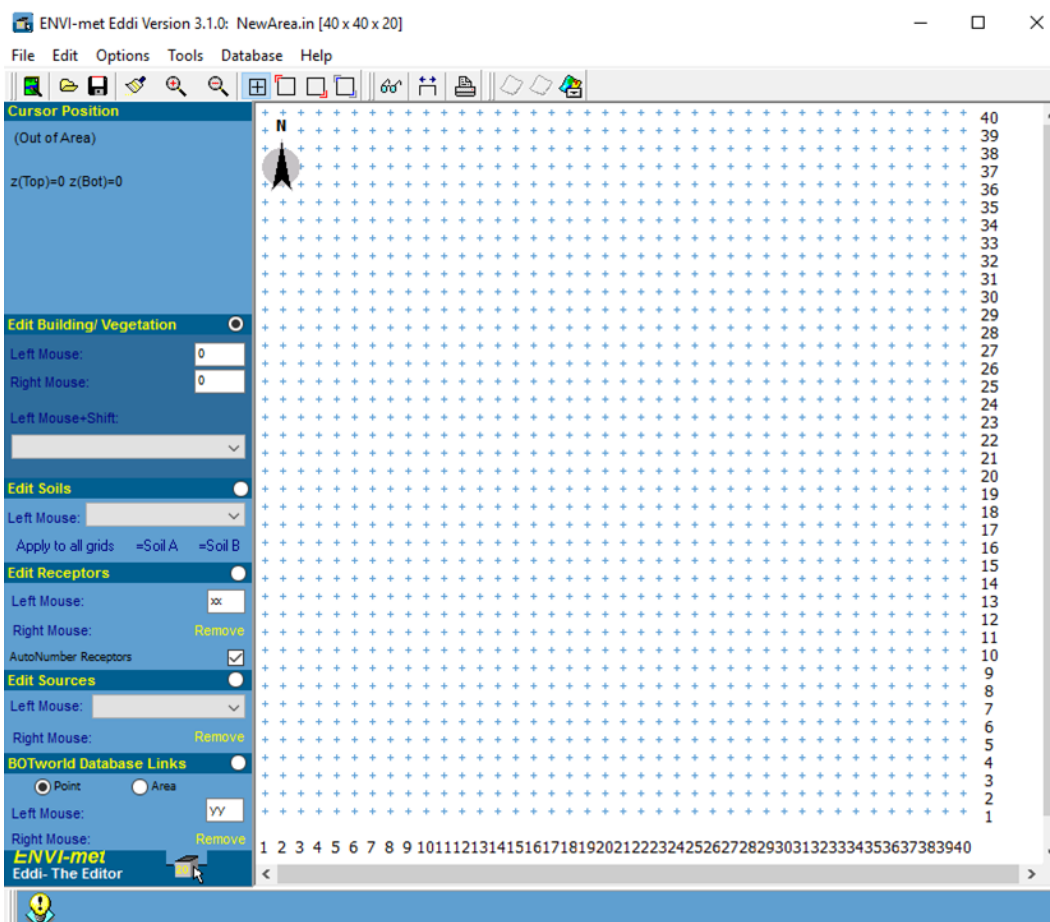
Cancel

Σχήμα 13 Χαρακτηριστικά του αρχείου εισόδου περιοχής στο ENVI-met editor στην παρούσα εργασία

2.5.3 (Προσωπικό αρχείο)

Ο τομέας του μοντέλου είναι οργανωμένος ως μια ορθογώνια περιοχή που εκτείνεται σε x-, y- και z- κατεύθυνση. Στα αρχεία εισόδου περιοχής, η κατεύθυνση z δεν είναι ορατή κατά την διάρκεια της εργασίας μόνο στην οριζόντια προβολή (στην έκδοση 3.1), αλλά αποτελεί σημαντικό μέρος του μοντέλου.

Πολλές φορές για τη διευκόλυνση του χρήστη στο σχεδιασμό της περιοχής στον τομέα του μοντέλου, χρησιμοποιείται διαφορετικός προσανατολισμός από τον προεπιλεγμένο όπου ο άξονας y δείχνει προς το Βορρά. Για την αλλαγή του προσανατολισμού του μοντέλου, χρησιμοποιείται ο επεξεργαστής του ENVI-met (ENVI-met editor). Εάν χρησιμοποιείται χάρτης πίσω από τον κάρναβο στη σχεδίαση της περιοχής και πρέπει να πραγματοποιηθεί αλλαγή του προσανατολισμού, τότε η διαδικασία είναι απλή. Προς την ίδια κατεύθυνση που θα περιστραφεί ο χάρτης (για να τοποθετηθεί πίσω από τον κάρναβο) και κατά τις ίδιες μοίρες, θα οριστεί να περιστραφεί και το βέλος του Βορρά στον τομέα του μοντέλου. Στην ουσία όμως, ο τομέας του μοντέλου περιστρέφεται κατά τις ίδιες μοίρες, προς την αντίθετη κατεύθυνση από τον χάρτη, για να ταυτιστεί με αυτόν. Ο χρήστης, θα πρέπει να λάβει υπόψη του ότι όλες οι τιμές εισόδου και εξόδου αναφέρονται στο κανονικό σύστημα συντεταγμένων, οπότε σε περιπτώσεις περιστροφής του μοντέλου θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή.



Σχήμα 14 ορθογώνια περιοχή σε x,y,z κατεύθυνση στο ENVI-met

Τα αρχεία εισόδου περιοχής είναι αρχεία ASCII και χρησιμοποιούν μια μορφή πίνακα με αυστηρούς κανόνες μορφοποίησης που πρέπει να ακολουθηθούν για την σωστή αποκωδικοποίηση των δεδομένων.

Ο χρήστης δεν είναι απαραίτητο να ασχοληθεί με τις εσωτερικές λεπτομέρειες της μορφής αρχείου και συνιστάται να χρησιμοποιείται ο επεξεργαστής ENVI-met (ENVI-met editor) για τη δημιουργία και διατήρηση των αρχείων. Παρόλα αυτά το εγχειρίδιο του προγράμματος παρέχει μια σύντομη περιγραφή των προδιαγραφών μορφοποίησης του αρχείου εισαγωγής περιοχής. Αναφέρουμε κι εδώ σύντομα ότι κάθε αρχείο εισόδου περιοχής αποτελείται από τις ακόλουθες ενότητες σε σταθερή σειρά:

- Κεφαλίδα αρχείου: περιέχει βασικές πληροφορίες για τις διαστάσεις μοντέλου και άλλα μεταδεδομένα που απαιτούνται για την κατασκευή του (αναγνωριστικό μορφοποίησης, αριθμός και μέγεθος κελιών σε κάθε διάσταση, περιγραφή του μοντέλου, επιλογή τηλεσκοπικών κελιών, περιστροφή από το Βορρά, ρυθμίσεις πλεγμάτων ένθεσης και γεωγραφικές ρυθμίσεις.

- Κύρια ενότητα: Κτίρια και Φυτά: περιέχει πληροφορίες για το ύψος και τη θέση των κτιρίων και τα επιλεγμένα φυτά από τη βάση δεδομένων.
- Κύρια ενότητα: Βάσεις κτιρίων: είναι προαιρετική και περιέχει πληροφορίες για το ύψος τοποθέτησης της βάσης των κτιρίων.
- Κύρια ενότητα: Πρόσθετα φυτά: είναι προαιρετική.
- Κύρια ενότητα: Εδάφη: περιέχει πληροφορίες για το εδαφικό προφίλ και το υλικό εδαφοκάλυψης.

Και τα ακόλουθα πρόσθετα προαιρετικά τμήματα με οποιαδήποτε σειρά:

- Ενότητα πηγών: περιέχει πληροφορίες για τη θέση της πηγής και τα χαρακτηριστικά της από τη βάση δεδομένων.
- Ενότητα υποδοχέων: ισχύει το ίδιο που ισχύει για την ενότητα των πηγών.
- Ενότητα συνδέσμων βάσεων δεδομένων (DB-Links): χρησιμοποιείται για άλλα προγράμματα όπως το BOTworld.
- Ενότητα DEM: περιέχει πληροφορίες για το μοντέλο ψηφιακής ανύψωσης. Στην έκδοση 3.1. του προγράμματος η ορογραφία δεν υποστηρίζεται.

2.5.4 Το αρχείο δέσμης (Batch File .EBF)

Ένα αρχείο δέσμης είναι μια απλή λίστα βασισμένη σε κείμενο με έως και 50 διαφορετικά βασικά αρχεία ρύθμισης που θα επεξεργαστούν διαδοχικά. Αυτό το είδος αρχείου μπορεί να δημιουργηθεί με οποιοδήποτε πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου ή και με τον πρότυπο επεξεργαστή ρυθμίσεων του ENVI-met. Η μορφή του αρχείου δέσμης περιλαμβάνει διαδοχικά, μια γραμμή επισήμανσης που θα αγνοηθεί από το ENVI-met, ακολουθούμενη από μια λίστα με τα βασικά αρχεία ρύθμισης.

Για τη χρήση των αρχείων δέσμης, ο χρήστης πρέπει να δημιουργήσει τα αρχεία ρύθμισης και να τα δοκιμάσει μεμονωμένα χρησιμοποιώντας τη λειτουργία της δοκιμής του μοντέλου. Έτσι, θα αποφευχθεί διακοπή της λειτουργίας του ENVI-met στην περίπτωση ύπαρξης κάποιου προβλήματος με ένα από τα αρχεία. Ακολουθεί η δημιουργία του αρχείου δέσμης με την εγγραφή των ονομάτων όλων των αρχείων διαμόρφωσης με την προτιμώμενη σειρά επεξεργασίας. Η χρήση ψευδωνύμων δεν επιτρέπεται στο αρχείο δέσμης.

Για την εκκίνηση επεξεργασίας του αρχείου, ο χρήστης πρέπει να μεταβεί στον Πίνακα ελέγχου και να επιλέξει Run/Test Batch.

2.5.5 Αρχεία Βάσης Δεδομένων (Database Files)

Για τις προσομοιώσεις με το ENVI-met απαιτούνται, εκτός από τα δύο βασικά αρχεία (Area Input File και Configuration File) και πρόσθετα στοιχεία σχετικά με τις επιφάνειες, τα φυτά και τις πηγές εκπομπών στο μοντέλο. Για την εισαγωγή ενός στοιχείου που ανήκει σε μια βάση δεδομένων είναι ορισμένα δύο αλφαριθμητικά σύμβολα, που αποτελούν την ταυτότητα του στοιχείου-δεδομένου. Κατά το σχεδιασμό λοιπόν, επιλέγεται η τοποθέτηση της ταυτότητας

του στοιχείου, από τη βάση δεδομένων του, στο σημείο της περιοχής του μοντέλου που είναι επιθυμητή.

Τα αρχεία βάσης δεδομένων προορίζονται να είναι παγκόσμια αρχεία και είναι αποθηκευμένα στο φάκελο \sys.basedata του συστήματος του ENVI-met έτσι ώστε να χρησιμοποιούνται σε κάθε προσομοίωση και εφαρμογή του προγράμματος.

Κατά την ανταλλαγή δεδομένων προσομοιώσεων ανάμεσα σε δύο χρήστες, πρέπει τα αρχεία των βάσεων δεδομένων, που χρησιμοποιούνται από τις προσομοιώσεις, να εμπεριέχονται στις βάσεις δεδομένων και των δύο χρηστών. Αν αυτό δεν ισχύει τότε θα πρέπει ο χρήστης που δεν διαθέτει τα ζητούμενα στοιχεία, ή να επεκτείνει τη βάση δεδομένων, ή να δημιουργήσει μια νέα τοπική βάση.

Όλα τα αρχεία βάσης δεδομένων είναι απλά αρχεία ASCII, όπως τα αρχεία εισόδου περιοχής και τα αρχεία ρυθμίσεων. Δεν χρειάζεται κανένα σύστημα για την επεξεργασία και τη χρήση τους, αλλά θα πρέπει να ακολουθηθούν προσεκτικά οι κανόνες μορφοποίησης των βάσεων.

2.5.6 Βάση Δεδομένων Εδαφών (SOILS.DAT)

Σε αυτό το αρχείο αποθηκεύονται όλες οι πληροφορίες σχετικά με διαφορετικά φυσικά εδάφη και υλικά εδαφοκάλυψης. Κάθε υλικό έχει το δικό του κωδικό που αποτελείται από δύο γράμματα και ο οποίος στη συνέχεια χρησιμοποιείται στη βάση δεδομένων PROFILS.DAT για τον καθορισμό διαφορετικών κατακόρυφων προφίλ εδάφους.

Κατά το άνοιγμα του αρχείου εμφανίζονται ορισμένες στήλες, των οποίων η μορφή είναι προκαθορισμένη και συνιστάται να μη μεταβάλλεται από το χρήστη. Οι στήλες αυτές περιλαμβάνουν δεδομένα που αφορούν στον κωδικό του εδάφους, το είδος του, το ογκομετρικό περιεχόμενο του σε νερό υπό διάφορες συνθήκες, το δυναμικό και την υδραυλική του αγωγιμότητα στον κορεσμό, την ογκομετρική θερμοχωρητικότητα, τη σταθερά των Clapp και Hornberger, τη θερμική του αγωγιμότητα και ένα όνομα για αναγνώριση.

Η βάση δεδομένων περιέχει 20 είδη εδαφών, για τα 13 πρώτα από τα οποία οι παράμετροι ορίζονται με βάση το υδραυλικό σύστημα των Clapp και Hornberger. Τα υπόλοιπα αποτελούν υλικά εδαφοκάλυψης, εκτός από το τελευταίο που ορίζεται για υδάτινα σώματα.

2.5.7 Βάση Δεδομένων Εδαφικών Προφίλ (PROFILS.DAT)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το PROFILS.DAT και το SOILS.DAT μαζί αποτελούν μια σχεσιακή βάση δεδομένων. Το SOILS.DAT ορίζει τα διαθέσιμα υλικά εδάφους και το PROFILS.DAT ορίζει κάθετες στρώσεις που αποτελούνται από αυτά τα υλικά. Και οι δύο συνδέονται με τους κωδικούς που δίνονται στο SOILS.DAT.

Με το PROFILS.DAT ορίζονται οι διάφορες κάθετες στήλες του υλικού του εδάφους για τη μετέπειτα χρήση τους στο μοντέλο. Για κάθε στρώση του πλέγματος του μοντέλου εδάφους, καθορίζεται ένα υλικό (δηλαδή ένας κωδικός που αντιστοιχεί στο επιθυμητό υλικό με βάση την SOILS.DAT). Η ανώτατη στρώση του πλέγματος αντιστοιχεί στην πραγματική επιφάνεια του προφίλ. Όσο οι στρώσεις απομακρύνονται από την εδαφική επιφάνεια, αυξάνεται η κατακόρυφη διάστασή τους. Η πρώτη γραμμή του αρχείου, ορίζει τα κέντρα του ύψους των στρώσεων και σε κάθε τιμή της αντιστοιχίζεται το υλικό της στρώσης. Εκτός από τις στήλες που δημιουργούνται από τις τιμές των υψών, υπάρχουν και τρεις πρόσθετες στήλες που αναφέρονται στην τραχύτητα, την ανακλαστικότητα και το συντελεστή εκπομπής της επιφάνειας. Τέλος, η πρώτη στήλη αφορά στον κωδικό του εδαφικού προφίλ.

2.5.8 Βάση Δεδομένων Φυτικού Υλικού (PLANTS.DAT)

Το ENVI-met επιτρέπει τον ορισμό κάθε είδους φυτικού υλικού, από μικρές πόες, μέχρι πολύ ψηλά δέντρα, με τη χρήση του ίδιου συστήματος βάσης δεδομένων. Η κύρια βάση δεδομένων PLANTS.DAT αποθηκεύεται στον φάκελο \sys.basedata.. Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τοπικές βάσεις δεδομένων. Όπως και οι προηγούμενες βάσεις δεδομένων, έτσι και η PLANTS.DAT, αποτελείται από ορισμένο αριθμό στηλών που ορίζουν τα χαρακτηριστικά του φυτού. Αυτές περιλαμβάνουν δεδομένα σχετικά με τον τύπο του φυτού, δηλαδή αν είναι C3, όπως είναι τα περισσότερα φυτά ή C4 (κάτι που σχετίζεται με τη σταθεροποίηση του CO₂), τα προφίλ LAD (Leaf Area Density) και RAD (Root Area Density) σε $m^2_{\text{leaf/root}} / m^3_{\text{air}}$ (που κανονικοποιούνται), το αν είναι αειθαλές ή φυλλοβόλο, την αντίσταση των στομάτων, το albedo, το ύψος του και το βάθος της ρίζας του.

Το όνομα της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιείται από το ENVI-met μπορεί να επιλεγεί στο αρχείο ρυθμίσεων. Επίσης, η καταχώρηση μπορεί να παραμείνει κενή και ως εκ τούτου να αγνοηθούν όλα τα φυτά στην περιοχή του μοντέλου.

2.5.9 Βάση Δεδομένων Πηγών (SOURCES.DAT)

Για τη χρήση αυτής της βάσης δεδομένων, πρέπει να προστεθούν οι πηγές στο αρχείο εισαγωγής περιοχής. Η έκδοση 3.1 του ENVI-met δεν επιτρέπει την επιλογή διαφορετικών τύπων πηγών ταυτόχρονα στο μοντέλο.

Λόγω της σημαντικής ποσότητας πληροφοριών που απαιτούνται για την τοποθέτηση πηγών στο μοντέλο, οι πληροφορίες σχετικά με τις πηγές αποθηκεύονται σε τρεις διαφορετικές τοποθεσίες. Ως εκ τούτου, η θέση των πηγών αποθηκεύεται στο αρχείο εισόδου περιοχής, ο τύπος πηγής ορίζεται στο τμήμα [SOURCES] του αρχείου ρύθμισης παραμέτρων και ο τύπος, το ύψος και ο ρυθμός εκπομπής της πηγής αποθηκεύεται στο SOURCES.DAT ή στην προαιρετική τοπική βάση δεδομένων.

Και σε αυτή τη βάση δεδομένων, όπως και στις PLANTS.DAT και SOILS.DAT ένας κωδικός δύο χαρακτήρων τοποθετείται στο αρχείο εισαγωγής περιοχής και χρησιμοποιείται ένας αριθμός βάσεων δεδομένων για τον προσδιορισμό του τρόπου συμπεριφοράς του. Στην έκδοση 3.1 του προγράμματος, ο διαχωρισμός μεταξύ του ρυθμού εκπομπής και του ορισμού του τύπου της πηγής είναι λίγο τεχνητός.

Οι πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στην SOURCES.DAT και σε προαιρετική τοπική βάση δεδομένων, σχετίζονται με τον τύπο της πηγής (πηγή σημείου, γραμμής ή περιοχής), το ύψος της απελευθέρωσης και τους ρυθμούς εκπομπής σε 24 τιμές για κάθε ώρα της ημέρας. Τα δεδομένα για τους ρυθμούς εκπομπής ρυθμίζονται δυναμικά κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης σύμφωνα με την ώρα προσομοίωσης.

2.5.10 Αρχεία Εξόδου (Output files)

Το ENVI-met δημιουργεί μεγάλη ποσότητα δεδομένων για κάθε προσομοίωση. Για την περιήγηση και επεξεργασία των οποίων απαιτούνται συχνά πάνω από ένα προγράμματα.

Μερικά από τα αρχεία εξόδου είναι απλά αρχεία ASCII, αλλά τα κύρια αρχεία εξόδου είναι δυαδικά αρχεία που για να διαβαστούν, συνήθως χρησιμοποιείται το πρόγραμμα XTract (δεδομένα εξόδου σε ASCII) ή το LEONARDO (γραφικά δεδομένα εξόδου).

Το Xtract είναι ένα απλό εργαλείο που περιλαμβάνεται στην κατανομή του προγράμματος ENVI-met και με το οποίο εξάγονται δεδομένα από τα δυαδικά αρχεία εξόδου του ENVI-met και εγγράφονται σε αρχεία ASCII.

Το LEONARDO είναι μια γραφική διεπαφή για την εμφάνιση και ανάλυση αριθμητικών δεδομένων από υπολογιστικά μοντέλα, όπως το ENVI-met.

Τα παραγόμενα αρχεία εξόδου του ENVI-met μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις κατηγορίες:

2.5.11 Κύρια Αρχεία δεδομένων .EDI / .EDT

Με το παραπάνω ουσιαστικά εννοείται ότι τα αρχεία αυτά περιέχουν την πλήρη κατάσταση του 3D μοντέλου, συμπεριλαμβανομένης της ατμόσφαιρας, της επιφάνειας και του εδάφους. Εύλογα, αυτά τα αρχεία μπορούν να φτάσουν σε μεγάλο όγκο και αποθηκεύονται σε δυαδική μορφή.

Το αρχείο .EDI είναι το αρχείο πληροφοριών του αντίστοιχου αρχείου .EDT που περιέχει τα δεδομένα. Και τα δύο αρχεία είναι απαραίτητα για την επιτυχή εξαγωγή δεδομένων. Ωστόσο, τα περισσότερα αρχεία .EDI μπορεί να αποκατασταθούν χρησιμοποιώντας έναν επεξεργαστή ή αντιγράφοντας ένα άλλο αρχείο .EDI από την ίδια προσομοίωση.

Σε μια διαδικασία αποθήκευσης εγγράφονται 3 διαφορετικά αρχεία .EDI / .EDT. Κάθε ένα από αυτά αρχίζει με τη βάση ονόματος αρχείου που έχει καθοριστεί στο αρχείο .CF. Αν υποθετηθεί ότι η βάση ονόματος των αρχείων μιας προσομοίωσης είναι "MySim", το όνομα όλων των αρχείων που θα παραχθούν από το ENVI-met θα αρχίζει με "MySim".

Τα αρχεία εξόδου είναι οργανωμένα σε διαφορετικούς υποφάκελους του κύριου φακέλου εξόδου. Από κάθε διαδικασία εξόδου προκύπτουν:

- Ατμόσφαιρα (_ATM_)

(output folder)\Atmosphere\MySim_AT_<time> <date>.EDI/EDT

Αυτό το αρχείο περιέχει την κατάσταση του τρισδιάστατου ατμοσφαιρικού μοντέλου με μέγεθος $i * j * k$. Μέσα στα δεδομένα περιλαμβάνονται το ύψος συλλογής των δεδομένων, τα χαρακτηριστικά του ανέμου (συνιστώσες, συνολική ταχύτητα, διεύθυνση, αλλαγή ροής κ.λπ.), το περιβάλλον ακτινοβολίας (άμεση, διάχυτη, ανακλώμενη και μεγάλου μήκους κύματος), η συγκέντρωση και οι ροές CO₂ από τα φυτά και τις πηγές, διάφορες εναλλαγές τις πιθανής θερμοκρασίας (και αυτής των κάθετων δομών), η υγρασία (σχετική και ειδική), η πίεση, χαρακτηριστικά της τυρβώδους ροής (διασπορά, κινητική ενέργεια, σταθερά ανταλλαγής, μήκος ανάμειξης), η ταχύτητα απόθεσης και η απορριφθείσα μάζα των ρύπων, ο ρυθμός εκπομπής και η συγκέντρωση αερίων, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και οι δείκτες PMV και PDD, η υγρασία, η θερμοκρασία και η πυκνότητα φυλλώματος στα φυτά, ο SVF, και η πίεση.

Ο πραγματικός αριθμός μεταβλητών στα αρχεία επιλέγεται στο SELECT.VAR.

- Επιφάνεια / Ροές (_FLX_)

(output folder)\Surface\MySim_FLX_<time> <date>.EDI/EDT

Περιέχει το δισδιάστατο πεδίο με μέγεθος $i * j$ που περιέχει παραμέτρους επιφανείας όπως τη θερμοκρασία, την υγρασία κ.ο.κ.. Ο αριθμός των μεταβλητών γραμμένων σε αυτό το αρχείο δεν μπορεί να επιλεγεί. Μέσα στα δεδομένα περιλαμβάνονται τα διάφορα είδη ακτινοβολίας, με έμφαση στην ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (και από τα φυτά), οι ροές θερμότητας (λανθάνουσας και αισθητής), μεγέθη που σχετίζονται με τις δομές (albedo, SVF, ύψη κτιρίων), και με τη θερμοκρασία και την υγρασία των επιφανειών, η ταχύτητα απόθεσης και η απορριφθείσα μάζα των ρύπων, η ταχύτητα του ανέμου πάνω από την επιφάνεια, ο συντελεστής ανταλλαγής θερμότητας και το απόλυτο ύψος του μοντέλου επιφάνειας εδάφους (πάντα 0 στην έκδοση 3.1).

- Έδαφος (_SOI_)

(output folder)\Soil\MySim_SOI_<time> <date>.EDI/EDT

Περιέχει το τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους με μέγεθος $i * j * 14$. Ο αριθμός των πλεγμάτων εδάφους είναι σταθερός στα 14 και οι μεταβλητές που έχουν εγγραφεί στα αρχεία δεν μπορούν να επιλεγούν. Στα δεδομένα περιλαμβάνονται η θερμοκρασία εδάφους, η ογκομετρική περιεκτικότητα σε νερό και η σχετική υγρασία εδάφους.

2.5.12 Αρχεία υποδοχέων

Αυτά τα αρχεία δημιουργούνται αν καθοριστούν υποδοχείς μέσα στην περιοχή του μοντέλου για την λεπτομερή παρακολούθηση της κατάστασης της ατμόσφαιρας, της επιφάνειας και του εδάφους επιλεγμένων σημείων. Είναι αρχεία ASCII και συνήθως είναι πολύ μικρότερα από τα κύρια αρχεία δεδομένων (εξατράται βέβαια από τον αριθμό υποδοχέων που έχει οριστεί).

Τα αρχεία υποδοχέων περιλαμβάνουν το ατμοσφαιρικό αρχείο υποδοχέα, το αρχείο υποδοχέα επιφάνειας / ροών και το αρχείο υποδοχέα εδάφους. Η βασική δομή τους είναι η ίδια, αλλά ο αριθμός και ο τύπος των παρεχόμενων δεδομένων είναι διαφορετικοί. Τα δεδομένα που περιέχονται σε αυτά τα αρχεία είναι παρόμοιας φύσης με τα αντίστοιχα των κύριων αρχείων δεδομένων.

Από την πρακτική εφαρμογή, αποδείχθηκε ότι είναι χρήσιμο να αποθηκεύονται τα δεδομένα υποδοχής με δύο διαφορετικούς τρόπους:

- Με ένα αρχείο "στιγμιότυπου" ("snapshot") της παρούσας κατάστασης του μοντέλου στους υποδοχείς
- και ένα αρχείο "χρονοσειράς" ("time series"), στο οποίο δημιουργείται μια χρονοσειρά κατά την εκτέλεση του μοντέλου

Το πρώτο είναι χρήσιμο, στην ταυτόχρονη ανάλυση δεδομένων μοντέλου διαφορετικών υποδοχέων. Ένα αρχείο παράγεται για κάθε υποδοχέα σε κάθε χρονική στιγμή εξαγωγής δεδομένων και εμφανίζει την κατάσταση του μοντέλου κατά την αποθήκευση. Κατά συνέπεια

διατηρεί και την κατάσταση διαφορετικών μεταβλητών τη στιγμή που δημιουργήθηκε το αρχείο.

Για το αρχείο ατμόσφαιρας, τα z-επίπεδα τρέχουν από το πρώτο πλέγμα πάνω από το έδαφος μέχρι την κορυφή του μοντέλου 3D. Στην περίπτωση του μοντέλου εδάφους, τα z-επίπεδα τρέχουν από το πρώτο στρώμα εδάφους κάτω από την επιφάνεια μέχρι το βαθύτερο στρώμα του μοντέλου εδάφους.

Το ENVI-met παράγει και τους δύο τύπους αρχείων (μόνο για το αρχείο επιφάνειας / ροών δεν υπάρχει αρχείο στιγμιότυπων) το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε τεράστιο αριθμό δημιουργηθέντων αρχείων. Για μια καλύτερη οργάνωση αυτών των αρχείων, το ENVI-met δημιουργεί ένα υποφάκελο για κάθε δέκτη και το αποθηκεύει στον φάκελο \receptors.

Κάθε φορά που γράφεται η κατάσταση του μοντέλου στα αρχεία υποδοχής, παράγεται και προστίθεται στο αρχείο ένα δομικό στοιχείο όπως φαίνεται παραπάνω. Το χρονικό διάστημα για την καταγραφή της κατάστασης μοντέλου στα αρχεία υποδοχέων επιλέγεται στο αρχείο διαμόρφωσης.

2.5.13 Αρχεία του 1D μοντέλου

Είναι αρχεία που περιέχουν τα δεδομένα κατακόρυφου προφίλ του μονοδιάστατου μοντέλου του ENVI-met σε μορφή ASCII και χρησιμοποιούνται κυρίως για διασταυρούμενους ελέγχους ή για την εύρεση προβλημάτων.

Η κατάσταση του μοντέλου 1D αποθηκεύεται κάθε φορά που αποθηκεύονται τα κύρια δεδομένα του μοντέλου δεδομένα μπορούν να εντοπιστούν στο φάκελο: (output folder)\Inflow\Inflow MySim <time> <date>.1D.

Στα δεδομένα περιλαμβάνονται το ύψος όπου καταγράφηκαν, η ταχύτητα του ανέμου, η θερμοκρασία αέρος, η ειδική υγρασία, ο αριθμός του Richardson, η ώθηση του συντελεστή ανταλλαγής, η κινητική ενέργεια της τυρβώδους ροής και η εξασθένισή της, η παραγωγή θερμότητας και το μήκος ανάμειξης.

2.5.14 BOTworld Αρχεία

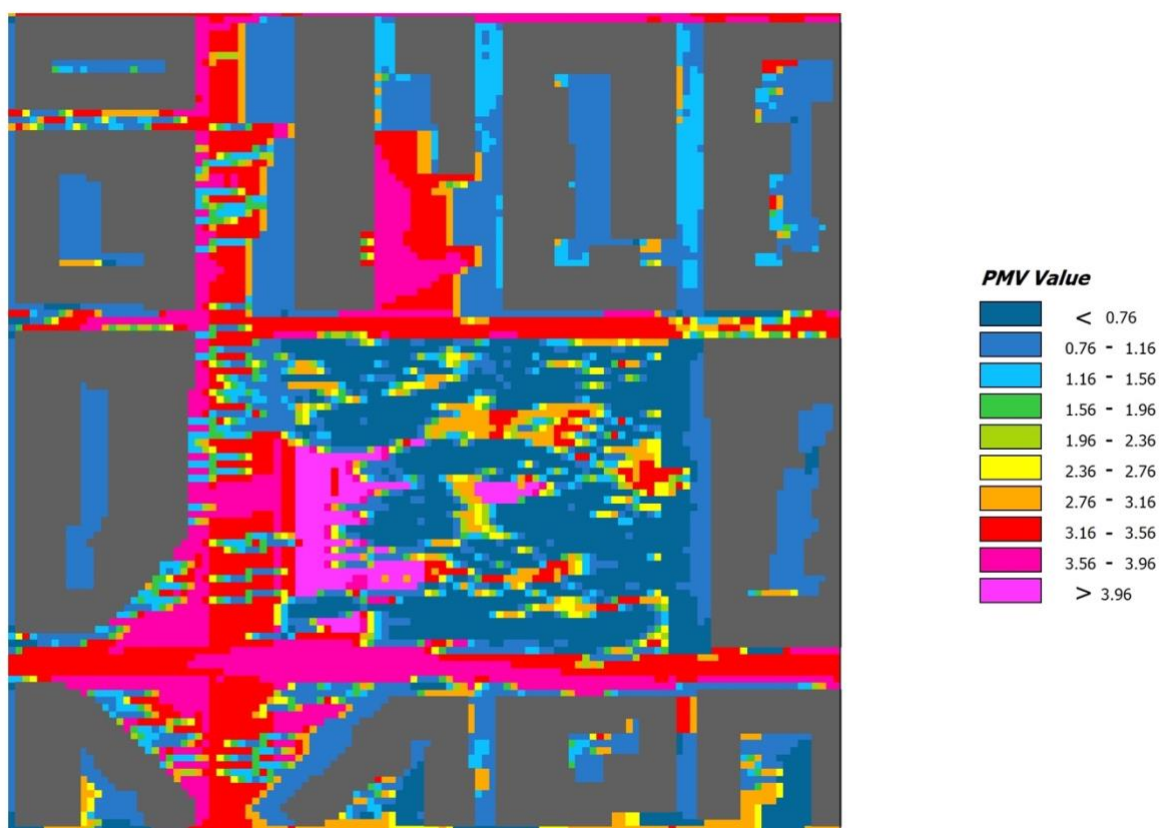
Το μοντέλο climBOT είναι ένα σύστημα προσομοίωσης πολλαπλών παραγόντων που δεν αποτελεί μέρος του ίδιου του ENVI-met.

Τα αρχεία BOTworld περιέχουν τις μεταβλητές: ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου, θερμοκρασία αέρος, θερμοκρασία ακτινοβολίας, υγρασία και ρύπους για το ύψος 1.6 m. πάνω από την επιφάνεια του εδάφους ή για το εγγύτερο επίπεδο σε αυτό. □ Απαιτούνται από το BOTworld για την προσομοίωση των θερμικών συνθηκών για εικονικούς πεζούς.

3.Αποτελέσματα και Σχολιασμός

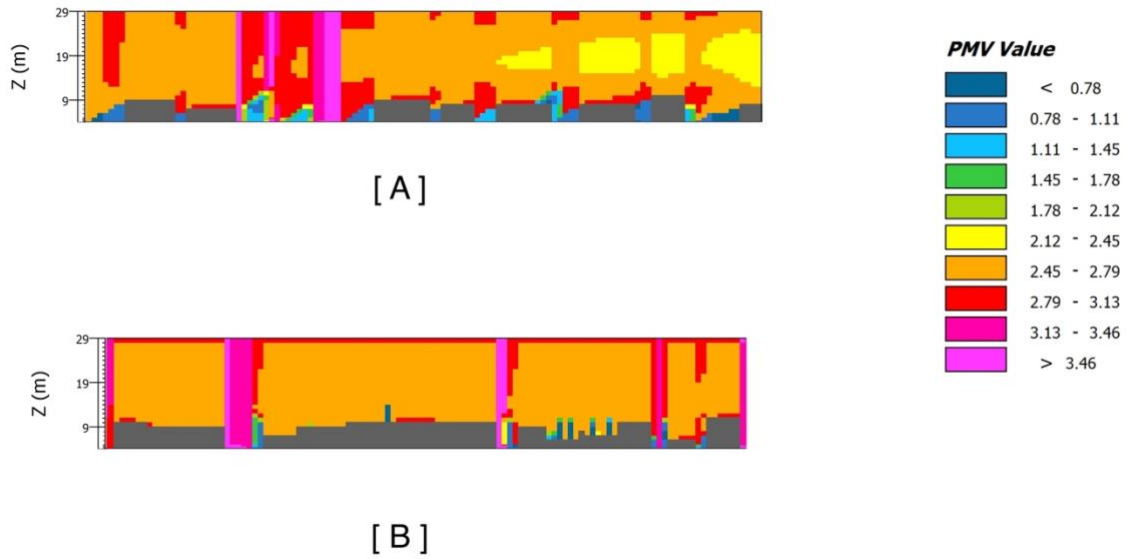
Στην παρούσα ενότητα, με τη χρήση του προγράμματος Leonardo, θα παρατεθούν Σχήματα από την περιοχή της πλατείας Δαβάκη, όπου και θα σχολιαστούν οι δείκτες Δυναμικής Θερμοκρασίας, Διαφορά δυναμικής Θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, καθώς και του δείκτη PMV για τις ώρες 08:00, 15:00 και 22:00 στις 11.07.2017, κατά τους άξονες χγ, χζ και γζ.

3.1 Δείκτης PMV – 08:00



Σχήμα 15 X - Y, PMV



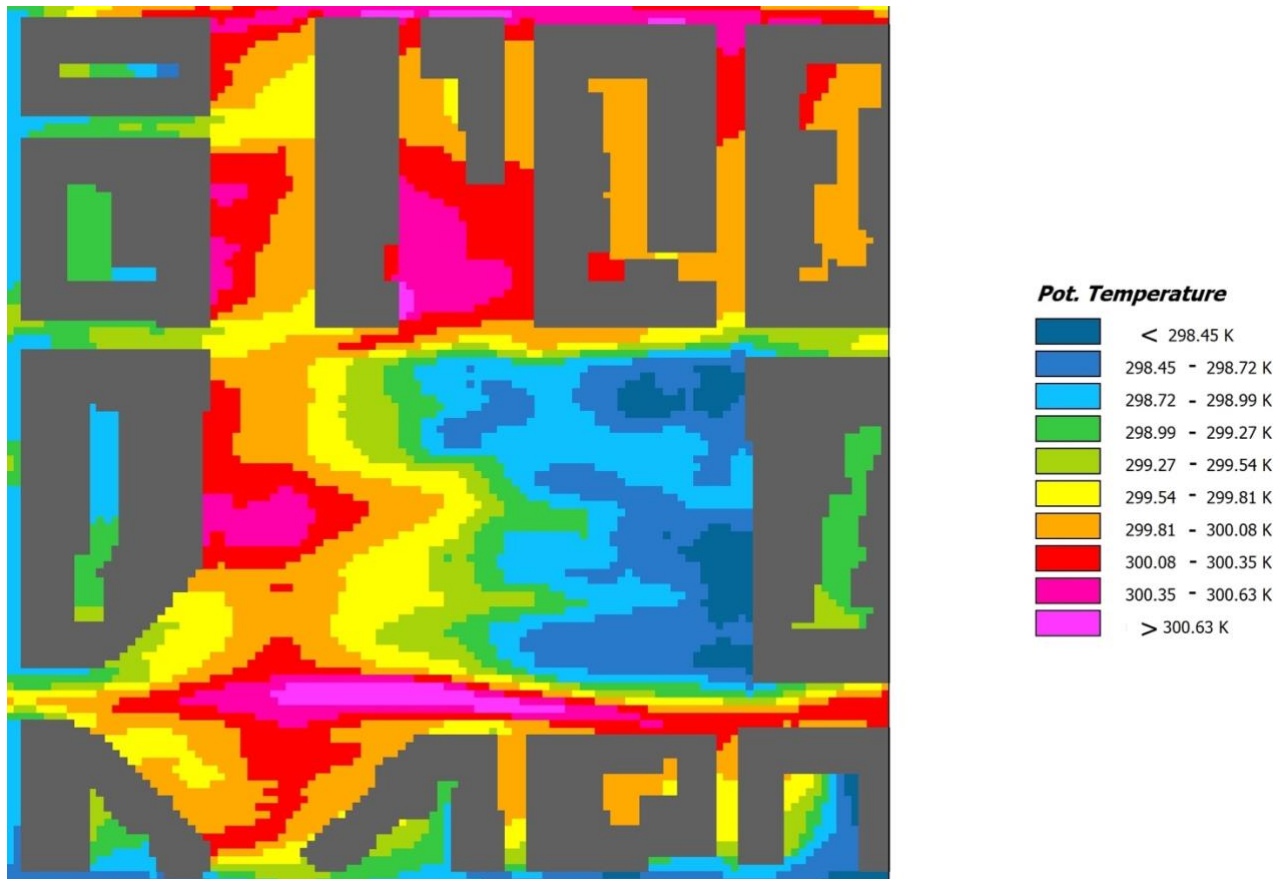


Σχήμα 16 Α) X – Z, Β) Y – Z, PMV



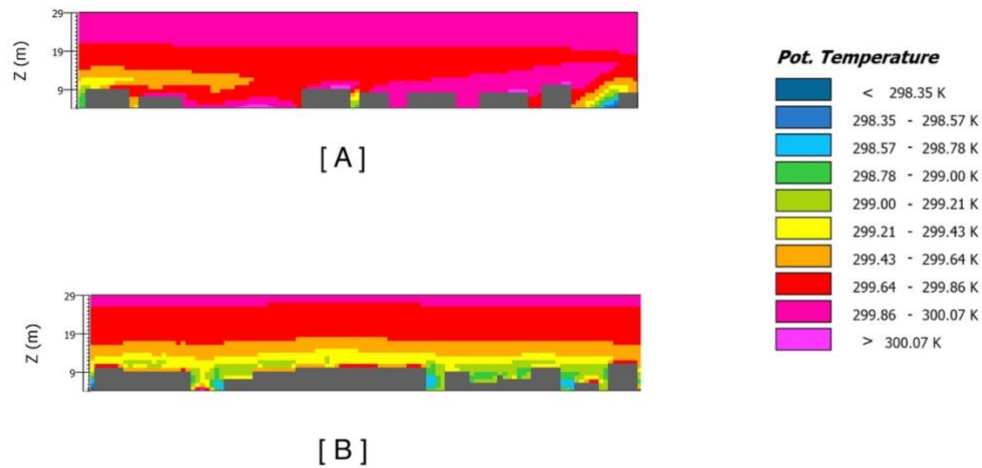
Στα σχήματα 15 και 16, όπου απεικονίζεται ο δείκτης PMV στο πάρκο της πλατείας Δαβάκη στις 8:00, παρατηρούμε ότι η μέση θερμική αίσθηση κοντά στους δρόμους είναι στην κλίμακα του «πολύ ζεστό», σε αντίθεση με τις περιοχές όπου η βλάστηση είναι υψηλή μέσα στο πάρκο και αντιστοίχως η θερμική αίσθηση βρίσκεται σε χαμηλή κλίμακα, δηλαδή «ουδέτερο» έως και «ελαφρώς δροσερό».

3.2 Δυναμική Θερμοκρασία (Potential Temperature (pot. T)) – 08:00



Σχήμα 17 X - Y Potential Temperature



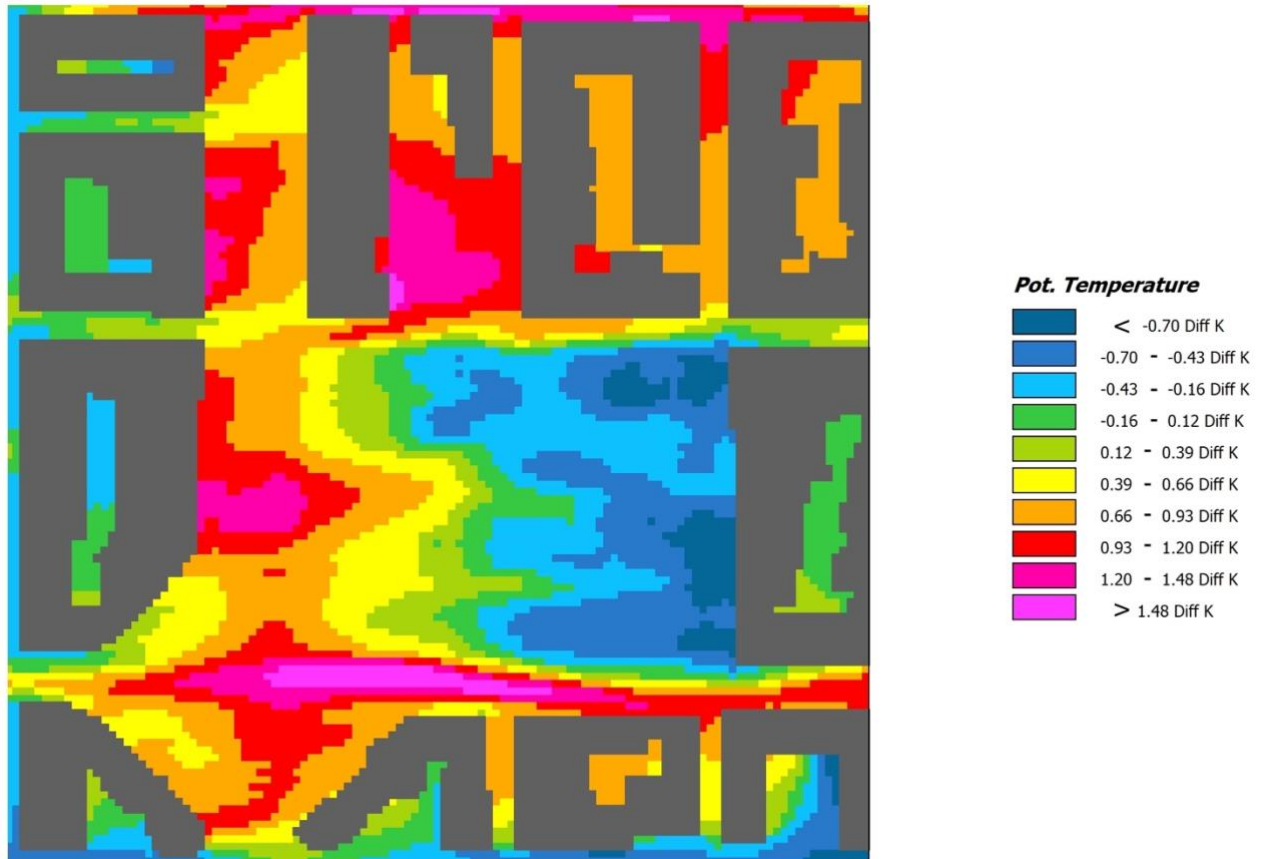


Σχήμα 18 Α) X-Z, Β) Y-Z, Potential Temperature



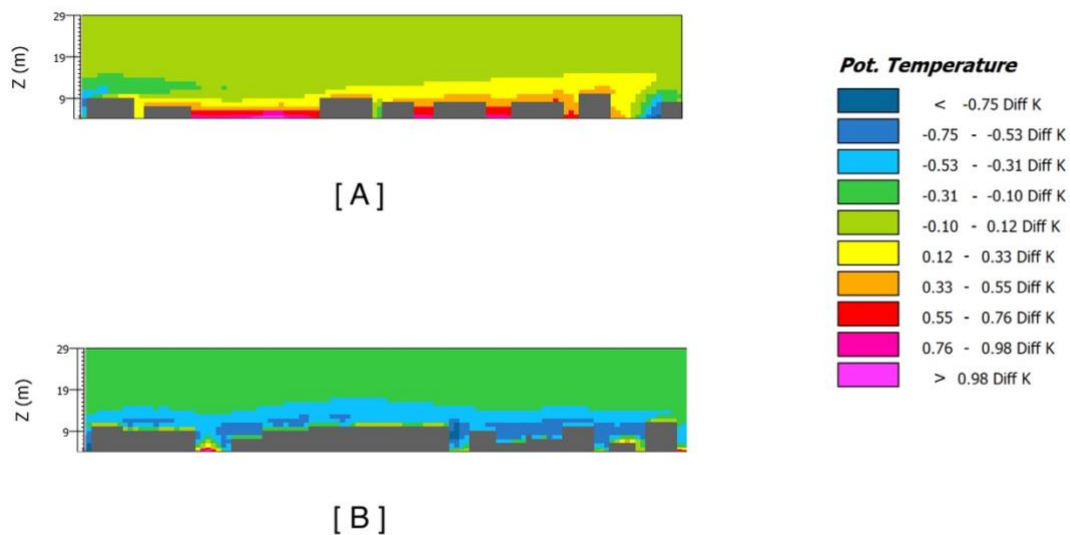
Στα σχήματα 17 και 18, όπου απεικονίζεται ο δείκτης της δυναμικής θερμοκρασίας (pT-potential Temperature) στο πάρκο της πλατείας Δαβάκη στις 8:00, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin, όσο απομακρυνόμαστε από το πάρκο στην πλατεία αυξάνεται, Συγκεκριμένα οι Θερμοκρασίες όπου έχουμε έντονη βλάστηση κυμαίνονται 298.64 K έως 299.01 K, ενώ κοντά στα κτίρια και στους δρόμους από 299.38 K έως και 300.13 K.

3.3 Διαφορά δυναμικής Θερμοκρασίας (potential Temperature Difference (pot. T Diff)) – 08:00



Σχήμα 19 X - Y, Potential Temperature Difference



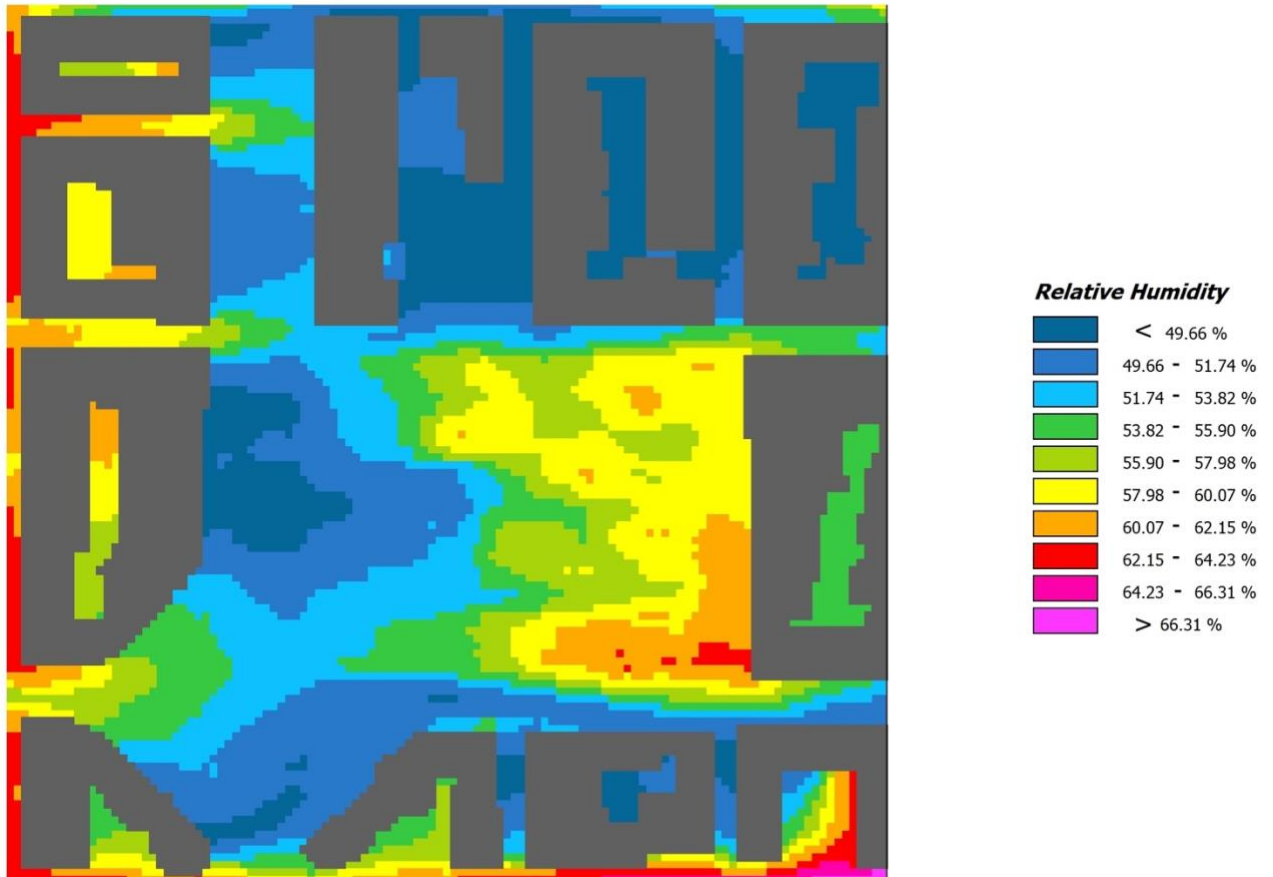


Σχήμα 20 Α) X – Z, Β) Y – Z, Potential Temperature Difference



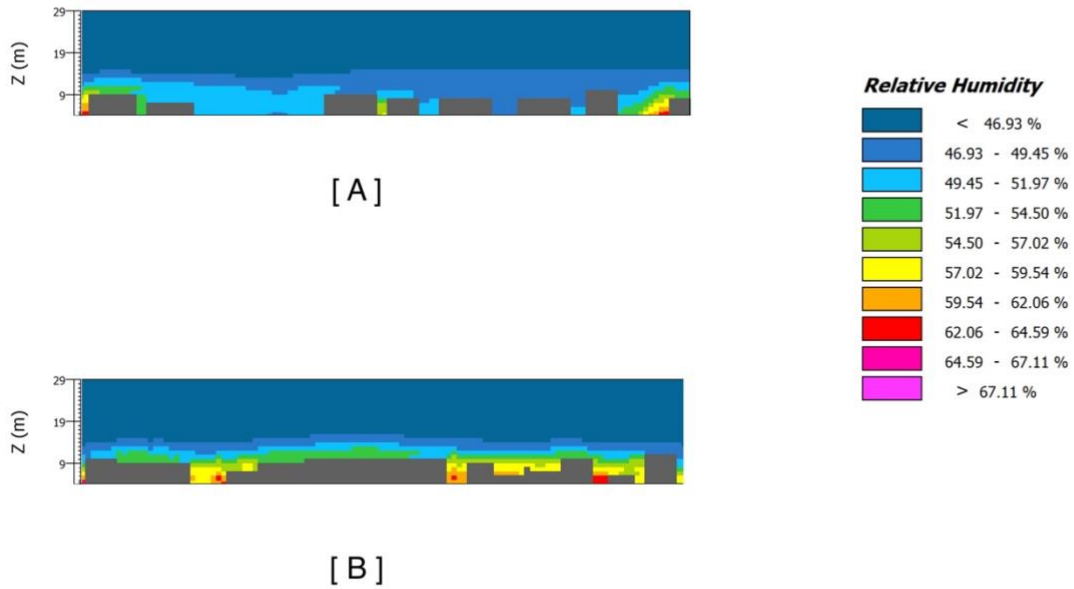
Στα σχήματα 19 και 20, έχουμε την απεικόνιση της διαφοράς δυναμικής θερμοκρασίας, όπου όσο κινούμαστε από τα κτίρια και τους δρόμους, προς το πάρκο οι τιμές μειώνονται. Αυτό είναι αποτέλεσμα της έντονης βλάστησης του πάρκου, η οποία το καθιστά πηγή αναζωογόνησης της περιοχής.

3.4 Σχετική υγρασία (Relative Humidity) – 08:00



Σχήμα 21 X - Y, Σχετική Υγρασία



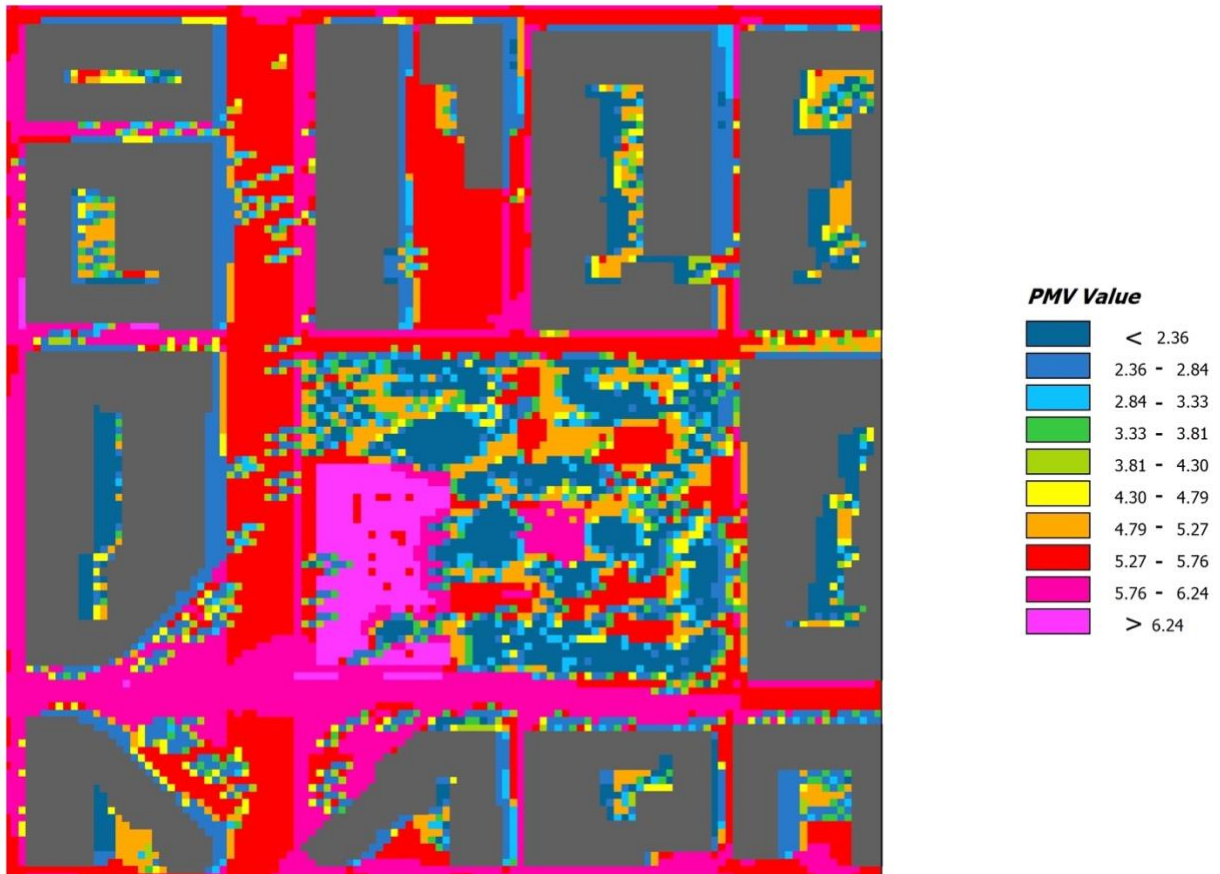


Σχήμα 22 Α) X – Z, Β) Y – Z, Σχετική Υγρασία



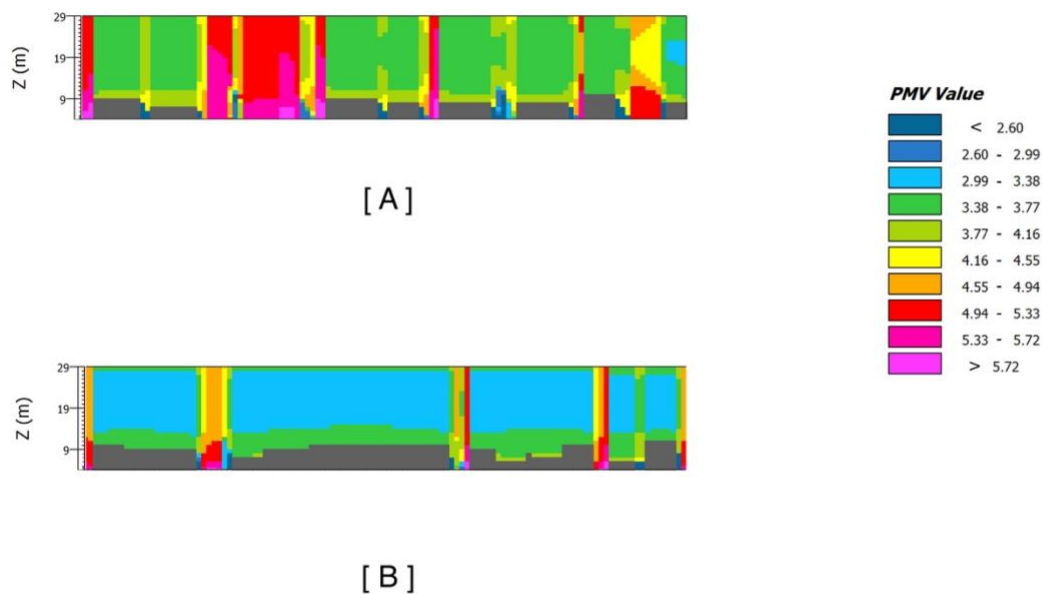
Στα σχήματα 21 και 22, απεικονίζεται η σχετική υγρασία που μετρείται σε ποσοστό %. Τα ποσοστά μειώνονται από την πλατεία προς τις πολυκατοικίες και τους δρόμους, που πρακτικά σημαίνει ότι αυξάνεται και ο λόγος της ποσότητας των υδρατμών στον αέρα, προς την ποσότητα εκείνη που θα ήταν απαραίτητη για τον κορεσμό του με υδρατμούς.

3.5 Δείκτης PMV – 15:00



Σχήμα 23 X - Y, PMV



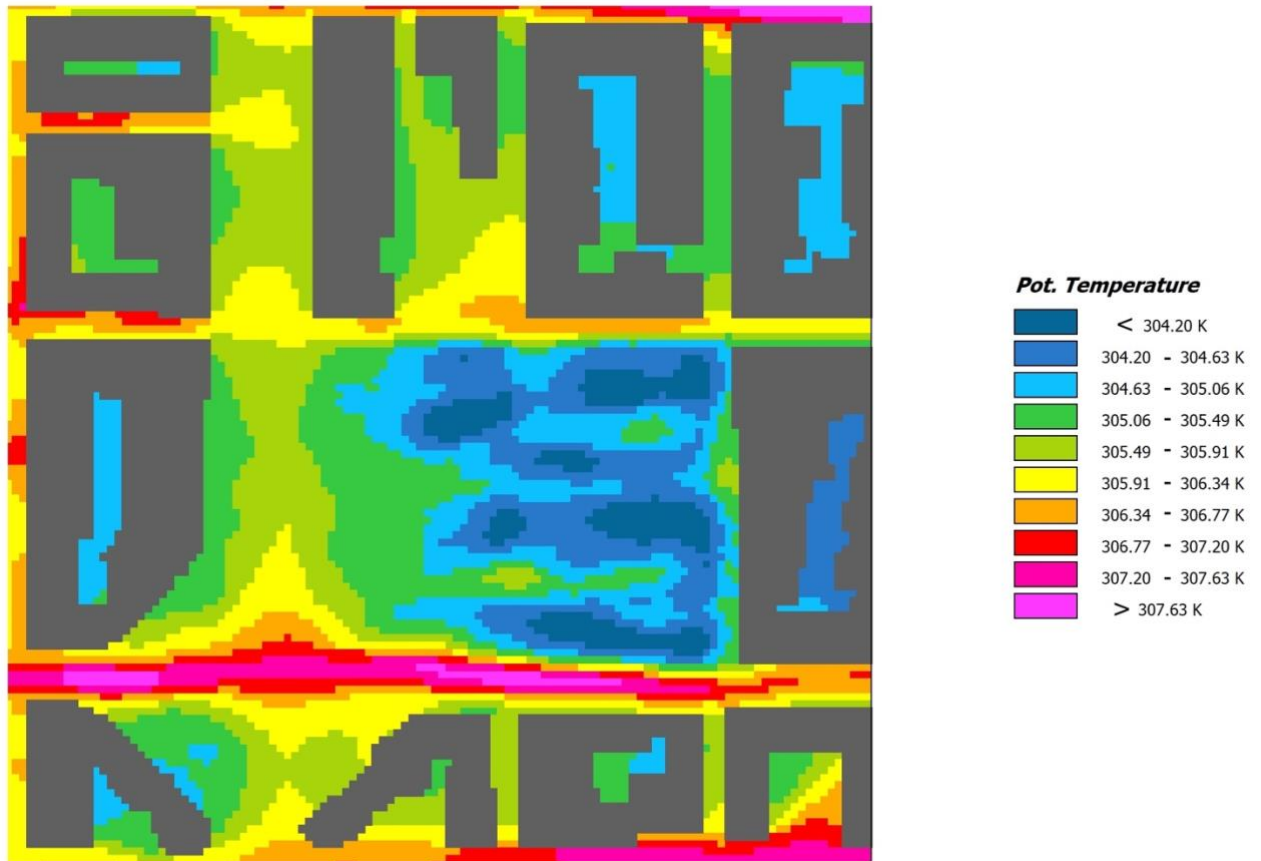


Σχήμα 24 Α) X - Z, Β) Y - Z, PMV



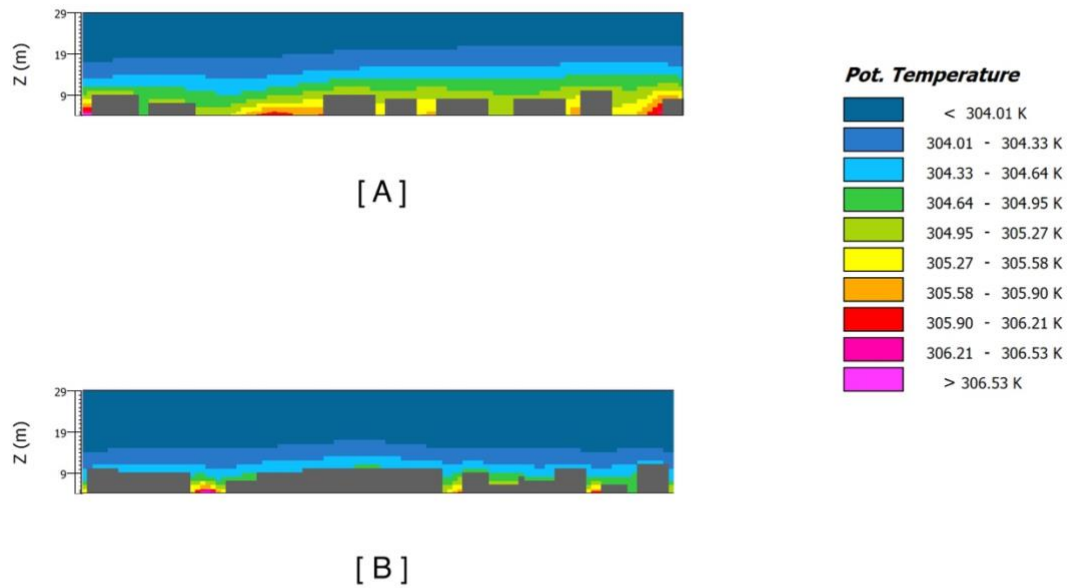
Στα σχήματα 23 και 24, όπου απεικονίζεται ο δείκτης PMV στο πάρκο της πλατείας Δαβάκη στις 15:00, παρατηρούμε ότι η μέση θερμική αίσθηση κοντά στους δρόμους είναι στην κλίμακα του «καυτό» και έχουμε εξαιρετική καταπόνηση λόγω ζέστης, σε αντίθεση με τις περιοχές όπου η βλάστηση είναι υψηλή μέσα στο πάρκο και αντιστοίχως η θερμική αίσθηση βρίσκεται σε χαμηλότερη κλίμακα, δηλαδή «ζεστό» έως και «πολύ ζεστό».

3.6 Δυναμική Θερμοκρασία (Potential Temperature (pot. T)) – 15:00



Σχήμα 25 X - Y, Δυναμική Θερμοκρασία



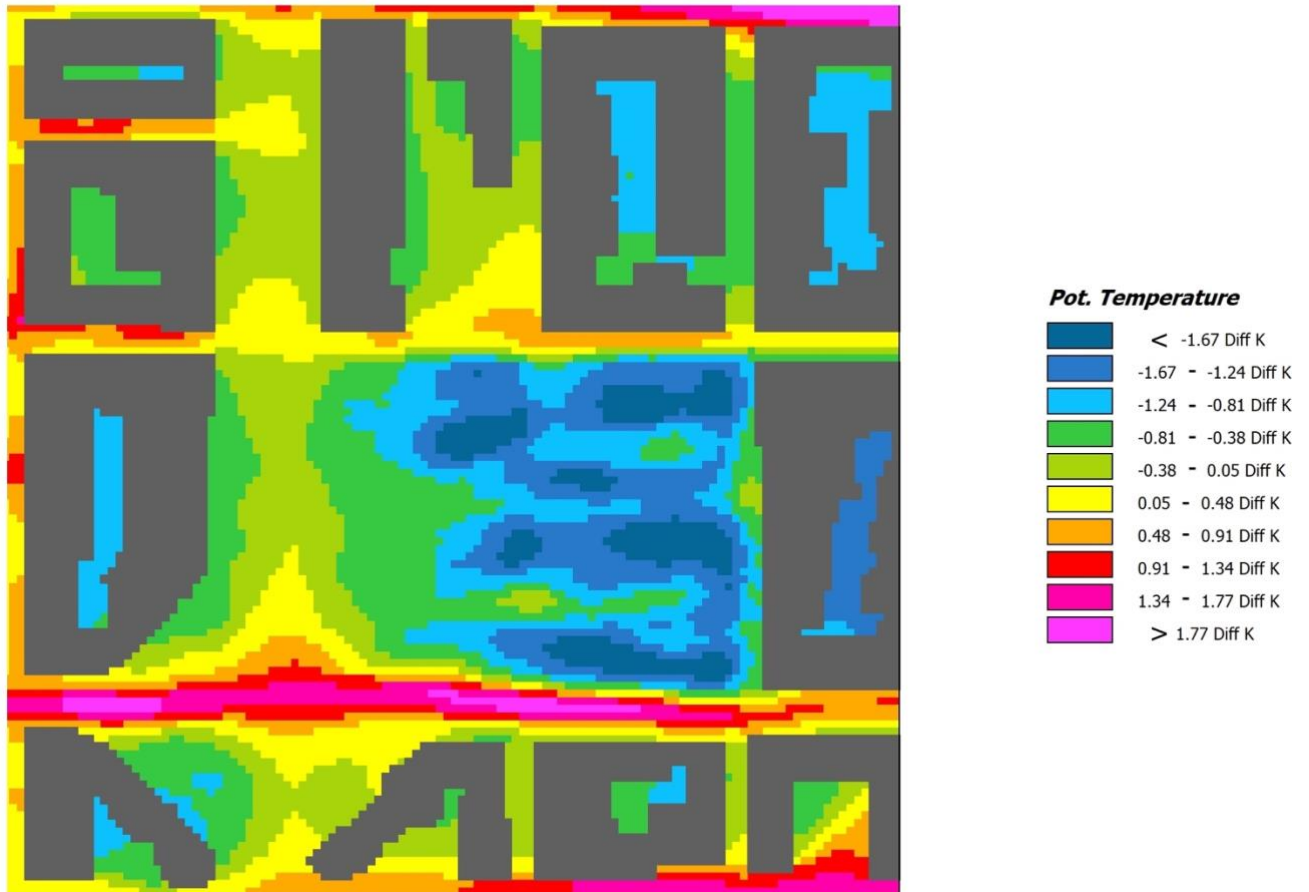


Σχήμα 26 Α) X - Z, Β) Y - Z, Δυναμική Θερμοκρασία



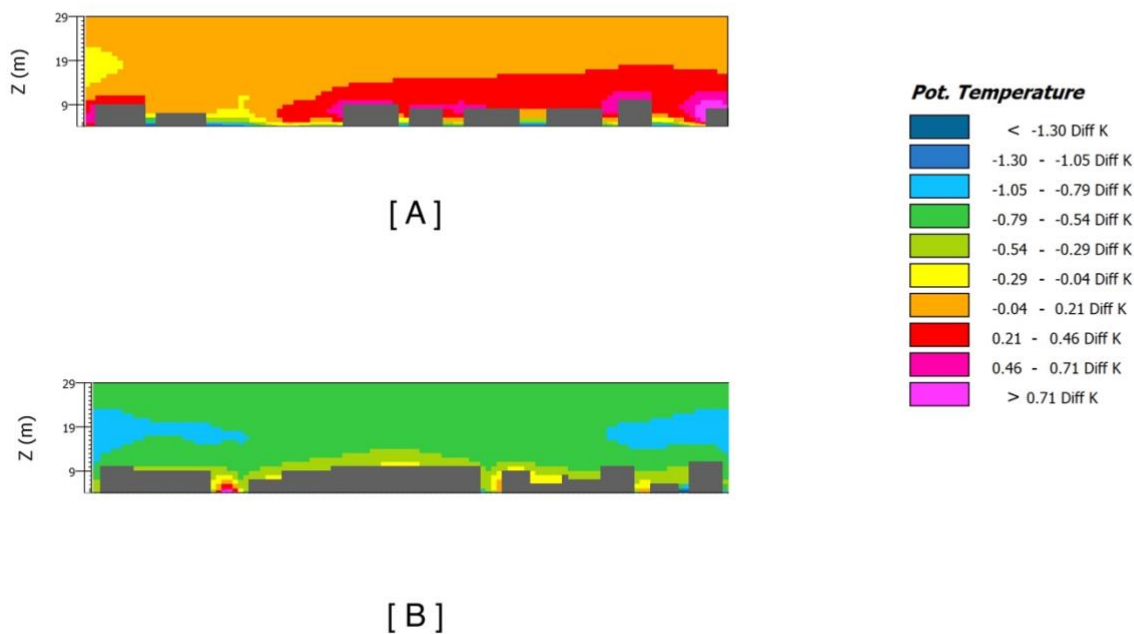
Στα σχήματα 25 και 26, όπου απεικονίζεται ο δείκτης της δυναμικής θερμοκρασίας (pT-potential Temperature) στο πάρκο της πλατείας Δαβάκη στις 15:00, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin, όσο απομακρυνόμαστε από το πάρκο στημ πλατεία αυξάνεται, Συγκεκριμένα οι Θερμοκρασίες όπου έχουμε έντονη βλάστηση κυμαίνονται 304.19 K έως 305.18 K, ενώ κοντά στα κτίρια και στους δρόμους από 304.95 K έως και 306.53 K.

3.7 Διαφορά δυναμικής Θερμοκρασίας (potential Temperature Difference (pot. T Diff)) – 15:00



Σχήμα 27 X - Y, Διαφορά Δυναμικής Θερμοκρασίας



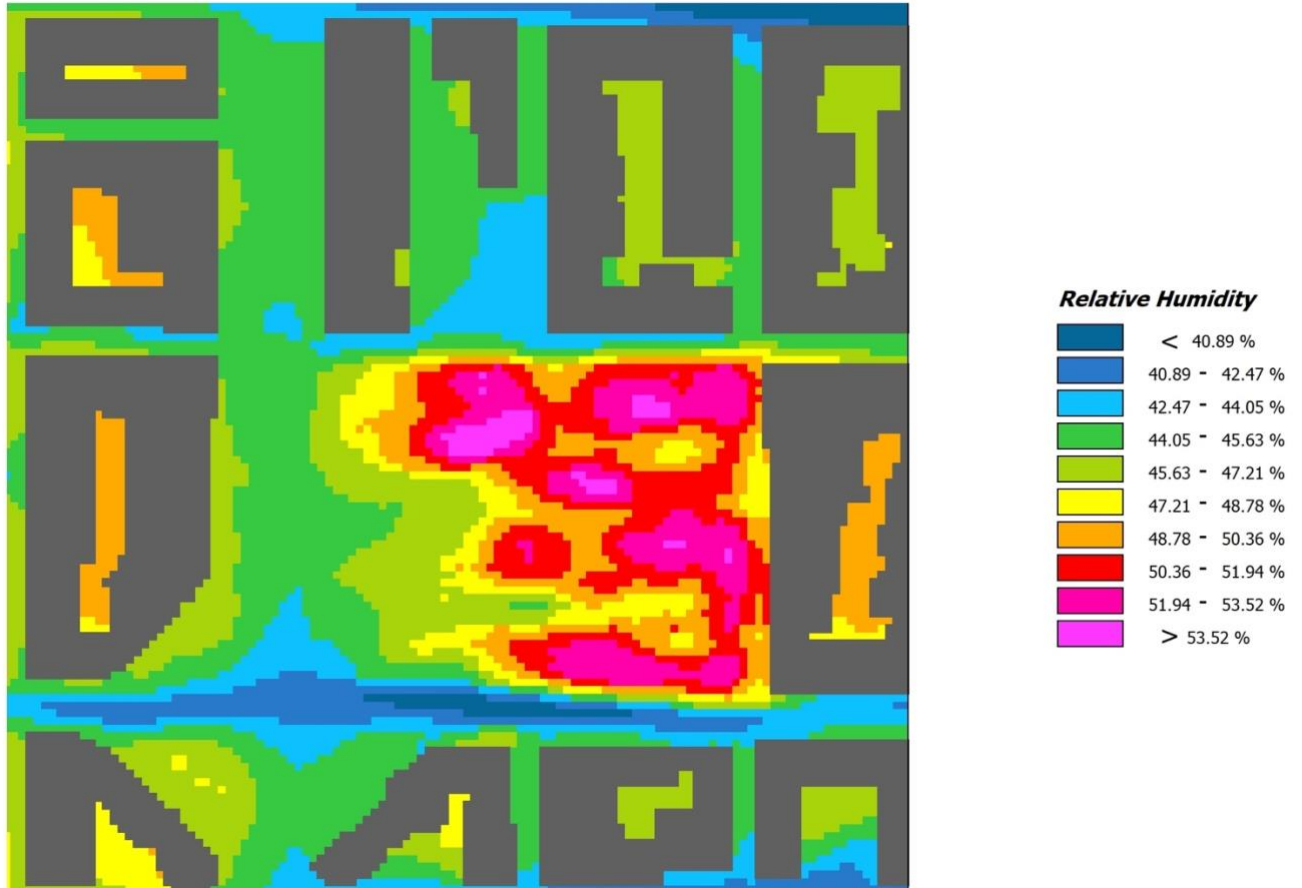


Σχήμα 28 Α) X - Z, Β) Y - Z, Διαφορά Δυναμικής Θερμοκρασίας



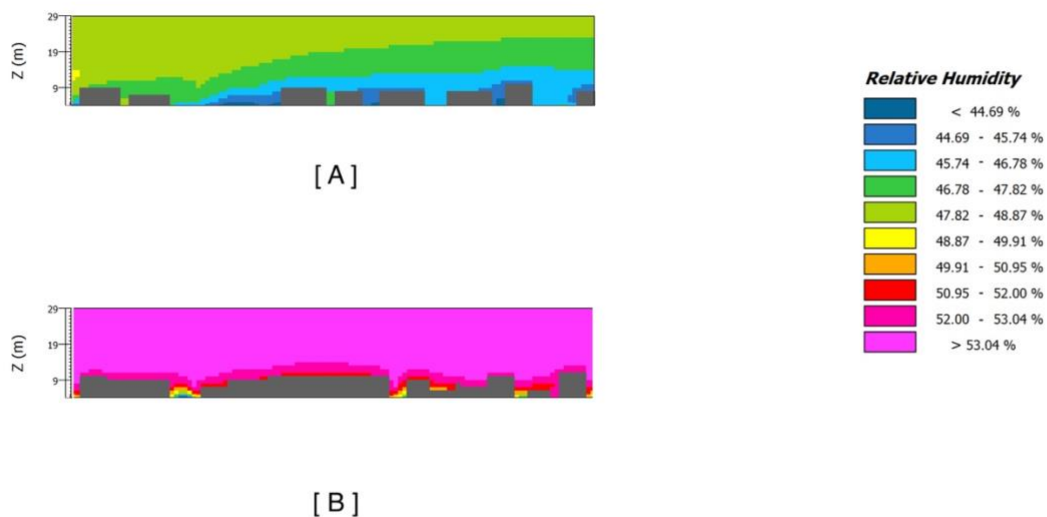
Στα σχήματα 27 και 28, απεικονίζεται η διαφορά δυναμικής θερμοκρασίας, όπου όσο κινούμαστε από τα κτίρια και τους δρόμους, προς το πάρκο οι τιμές μειώνονται. Αυτό είναι αποτέλεσμα της έντονης βλάστησης του πάρκου, η οποία το καθιστά πηγή αναζωογόνησης της περιοχής. Βέβαια σε σχέση με τις μετρήσεις στις 08:00, έχουμε ελάχιστη μείωση, λόγω της έντονης ζέστης στις 15:00.

3.8 Σχετική υγρασία (Relative Humidity) – 15:00



Σχήμα 29 X - Y, Σχετική Υγρασία



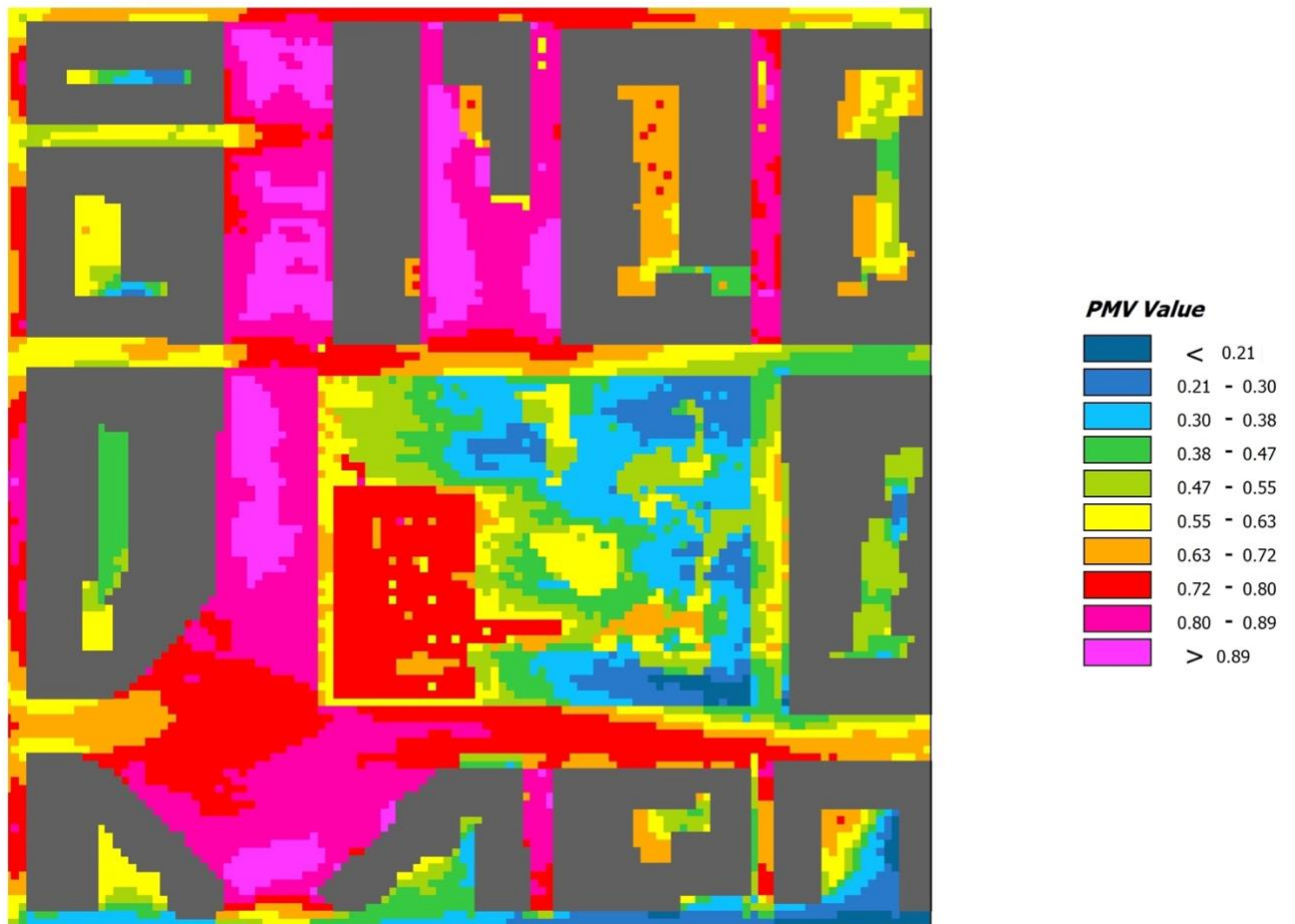


Σχήμα 30 Α) X - Z, Β) Y - Z, Σχετική Υγρασία



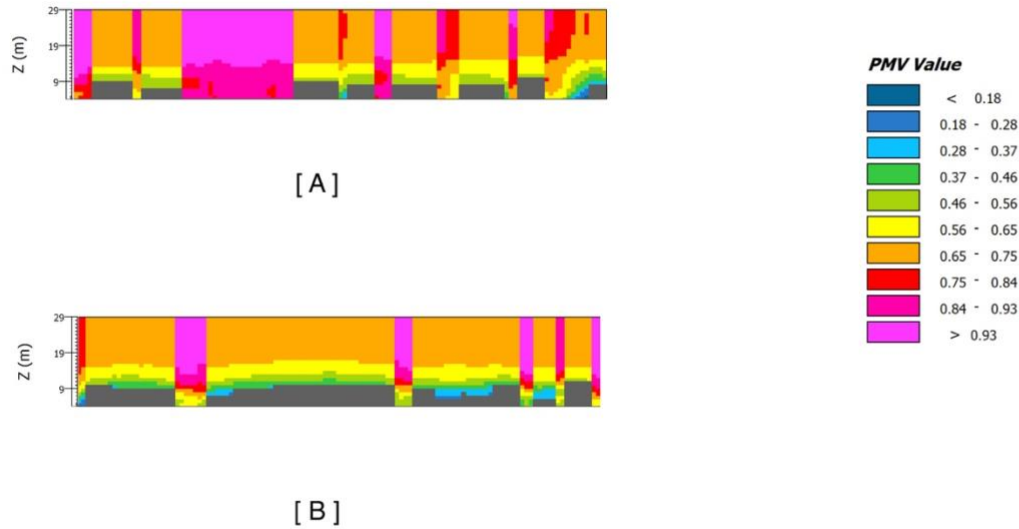
Στα σχήματα 29 και 30, απεικονίζεται η σχετική υγρασία που μετριέται σε ποσοστό %. Τα ποσοστά μειώνονται από την πλατεία προς τις πολυκατοικίες και τους δρόμους, που πρακτικά σημαίνει ότι αυξάνεται και ο λόγος της ποσότητας των υδρατμών στον αέρα, προς την ποσότητα εκείνη που θα ήταν απαραίτητη για τον κορεσμό του με υδρατμούς. Στη συγκεκριμένη μέτρηση στις 15:00, υπάρχει αύξηση αλλά μικρή σε σχέση (σχεδόν υποδιπλάσια) με τις μετρήσεις στις 08:00.

3.9 Δείκτης PMV – 22:00



Σχήμα 31 X - Y, Δείκτης PMV



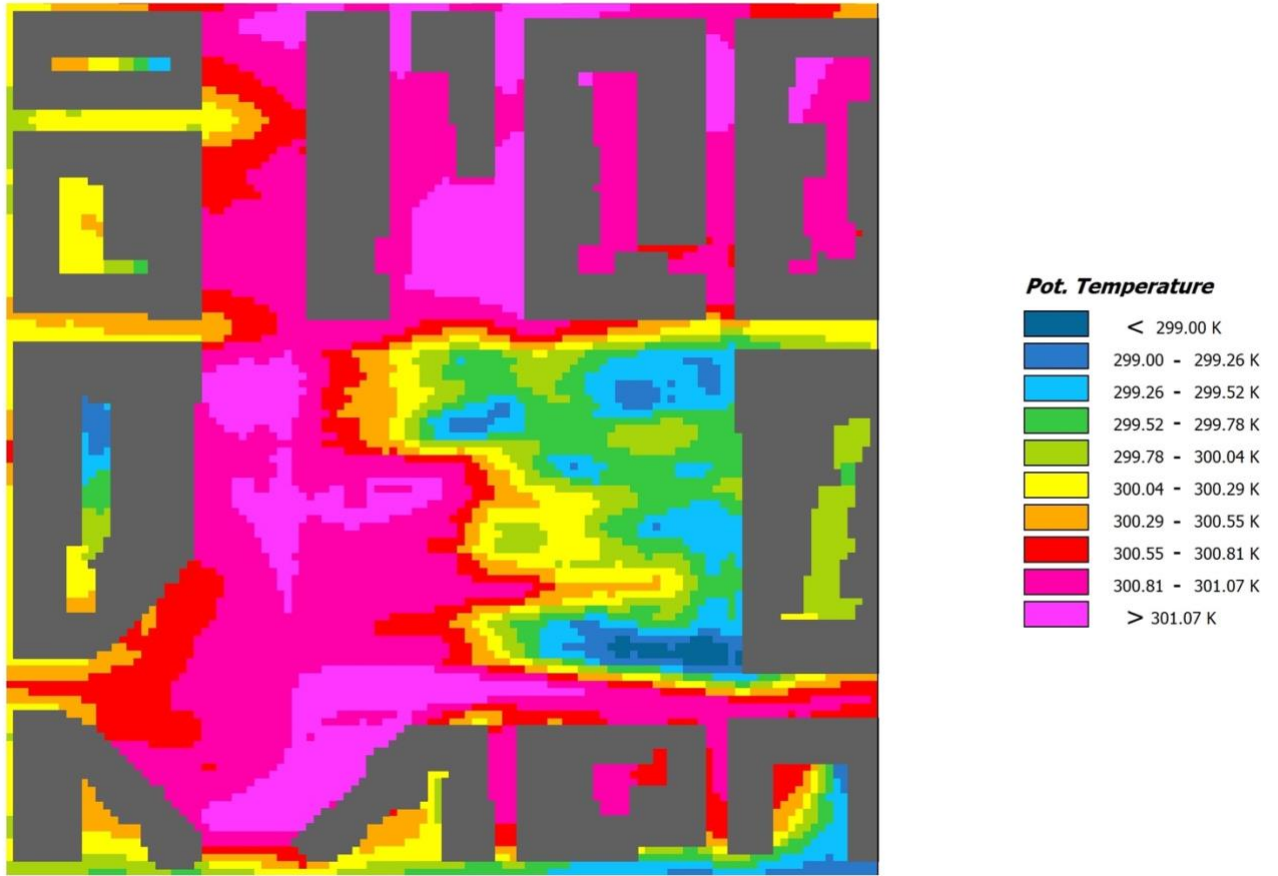


Σχήμα 32 Α) X - Z, Β) Y - Z, Δείκτης PMV



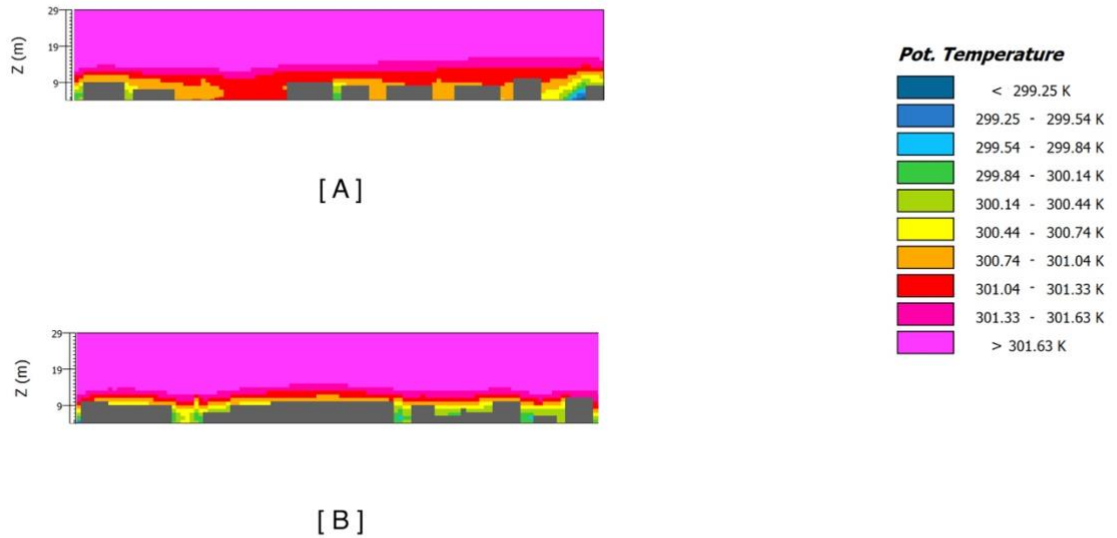
Στα σχήματα 31 και 32, όπου απεικονίζεται ο δείκτης PMV στο πάρκο της πλατείας Δαβάκη στις 22:00, παρατηρούμε ότι η μέση θερμική αίσθηση κοντά στους δρόμους είναι στην κλίμακα του «ελαφρώς ζεστό» και δεν έχουμε ιδιαίτερη καταπόνηση, σε αντίθεση με τις περιοχές όπου η βλάστηση είναι υψηλή μέσα στο πάρκο και αντιστοίχως η θερμική αίσθηση βρίσκεται σε χαμηλότερη κλίμακα, δηλαδή «άνετο» εως και «ελαφρώς ζεστό».

3.10 Δυναμική Θερμοκρασία (Potential Temperature (pot. T)) – 22:00



Σχήμα 33 X - Y, Δυναμική Θερμοκρασία



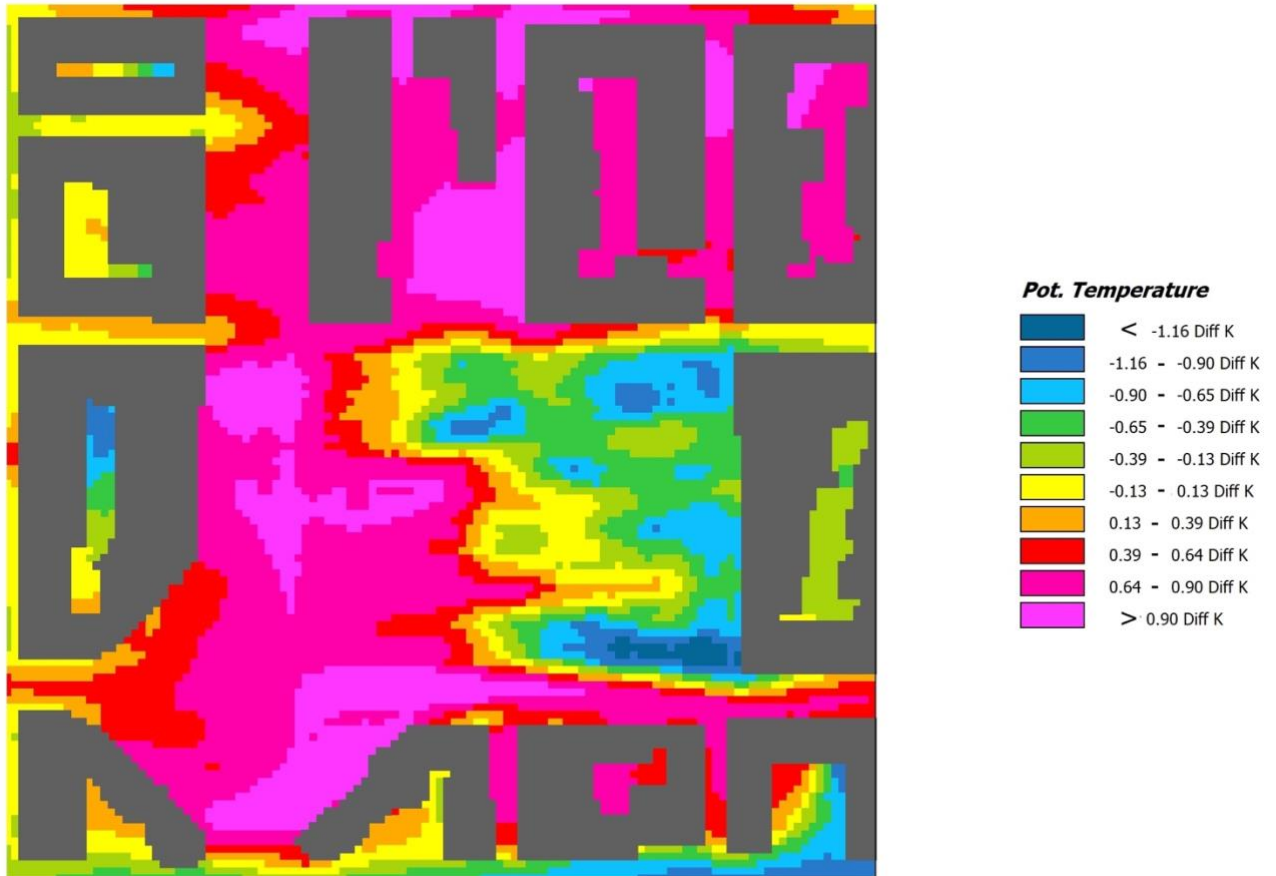


Σχήμα 34 Α) X - Z, Β) Y - Z, Δυναμική Θερμοκρασία



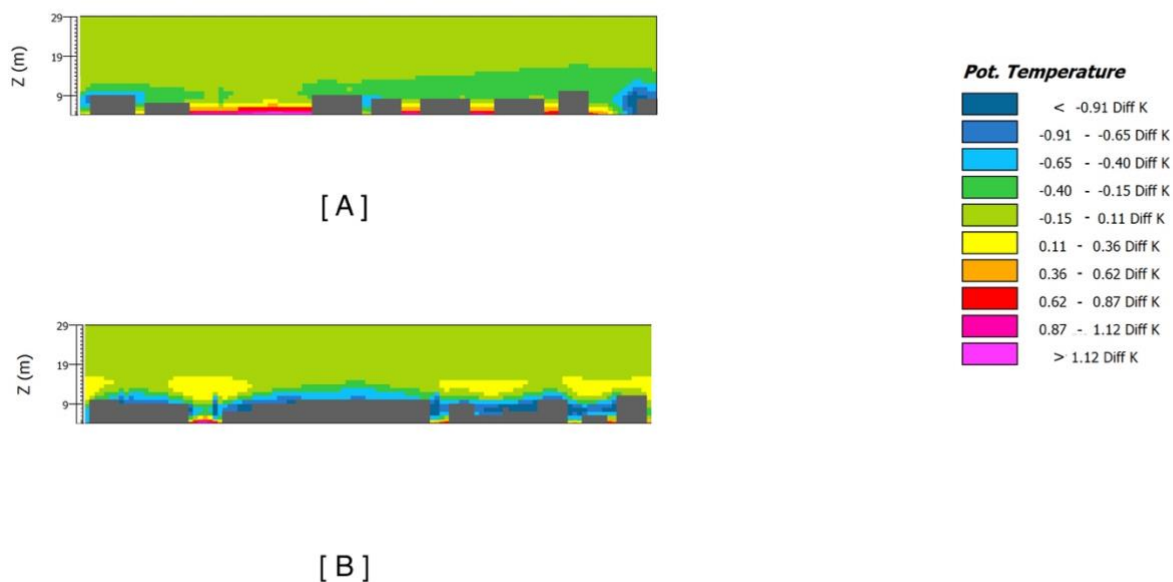
Στα σχήματα 33 και 34, όπου απεικονίζεται ο δείκτης της δυναμικής θερμοκρασίας (pT-potential Temperature) στο πάρκο της πλατείας Δαβάκη στις 22:00, παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin, όσο απομακρυνόμαστε από το πάρκο στην πλατεία αυξάνεται, Συγκεκριμένα οι θερμοκρασίες όπου έχουμε έντονη βλάστηση κυμαίνονται στους < 299 K, ενώ κοντά στα κτίρια και στους δρόμους > 301 K.

3.11 Διαφορά δυναμικής Θερμοκρασίας (potential Temperature Difference (pot. T Diff)) – 22:00



Σχήμα 35 X - Y, Διαφορά Δυναμικής Θερμοκρασίας



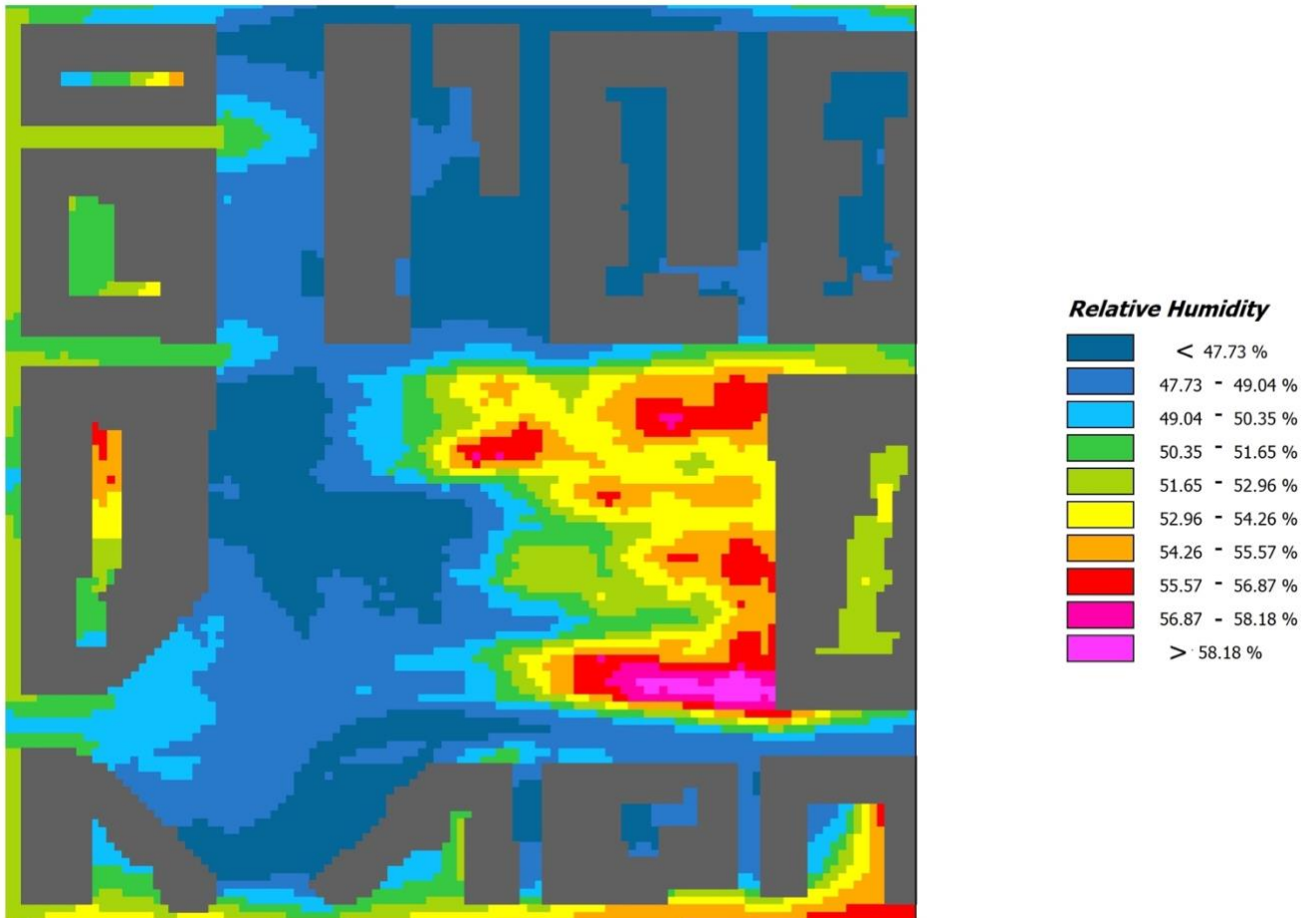


Σχήμα 36 A) X - Z, B) Y - Z, Διαφορά Δυναμικής Θερμοκρασίας



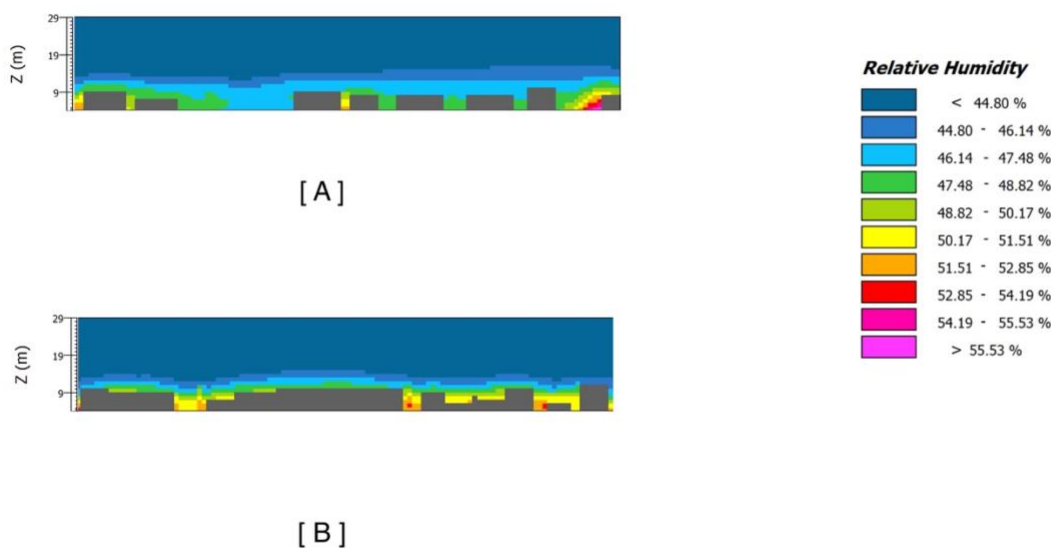
Στα σχήματα 35 και 36, απεικονίζεται η διαφορά δυναμικής θερμοκρασίας, όπου όσο κινούμαστε από τα κτίρια και τους δρόμους, προς το πάρκο οι τιμές μειώνονται. Αυτό είναι αποτέλεσμα της έντονης βλάστησης του πάρκου, η οποία το καθιστά πηγή αναζωογόνησης της περιοχής. Σε σχέση με τις μετρήσεις στις 15:00, έχουμε ελάχιστη αύξηση, λόγω της έντονης ζέστης στις μεσημεριανές ώρες.

3.12 Σχετική υγρασία (Relative Humidity) – 22:00



Σχήμα 37 X - Y, Σχετική Υγρασία





Σχήμα 38 Α) X - Z, Β) Y - Z, Σχετική Υγρασία



Στα σχήματα 37 και 38, έχουμε απεικόνιση της σχετικής υγρασίας που μετρείται σε ποσοστό %. Τα ποσοστά μειώνονται από την πλατεία προς τις πολυκατοικίες και τους δρόμους, που πρακτικά σημαίνει ότι αυξάνεται και ο λόγος της ποσότητας των υδρατμών στον αέρα, προς την ποσότητα εκείνη που θα ήταν απαραίτητη για τον κορεσμό του με υδρατμούς. Στη συγκεκριμένη μέτρηση στις 22:00, υπάρχει αύξηση της σχετικής υγρασίας, παρόμοια με αυτήν των 08:00.

4. Συμπεράσματα

Με βάση το σχολιασμό των αποτελεσμάτων, παρατηρούμε διαφορές στις παραμέτρους του μικροκλίματος για την μελέτη που έγινε στην πλατεία Δαβάκη την 11^η ημέρα του Ιουλίου για το έτος 2017, για τις ώρες 08:00, 15:00 και 22:00.

Οδηγηθήκαμε έτσι στο συμπέρασμα ότι η βλάστηση του πάρκου, επέδρασε καταλυτικά στη διαμόρφωση του μικροκλίματος, με θερμοκρασιακές διαφορές, που έφτασαν έως και 0.69 K τη μεσημεριανή ώρα για παράδειγμα, από το πάρκο προς τα κτίρια και την οδοποιία. Επίσης χαρακτηριστικές ήταν και οι διαφορές στον δείκτη PMV και στη σχετική υγρασία, ως προς το πως επηρέασαν τα κτίρια το πάρκο και αντίστροφα. Ως εκ τούτου υποστηρίζεται η εφαρμογή πρασίνου στις αστικές περιοχές για την άμβλυνση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και τη βελτίωση της θερμικής αίσθησης.

Η αξιοπιστία του προγράμματος επιβεβαιώθηκε, από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που ήταν και αυτά που αναμενόταν βάση της Βιβλιογραφίας, καθιστώντας το πρόγραμμα ENVI-met αξιόπιστο, στη μελέτη και στη δημιουργία νέων βιοκλιματικών περιοχών.

Βιβλιογραφία

- [1] N. Gaitani, G. Mihalakakou, and M. Santamouris, “On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces,” *Build. Environ.*, vol. 42, no. 1, pp. 317–324, Jan. 2007, doi: 10.1016/j.buildenv.2005.08.018.
- [2] T. R. Oke, *Boundary Layer Climates*. Routledge, 2002.
- [3] E. Bozonnet, R. Belarbi, and F. Allard, “Modelling solar effects on the heat and mass transfer in a street canyon, a simplified approach,” *Sol. Energy*, vol. 79, no. 1, pp. 10–24, Jul. 2005, doi: 10.1016/j.solener.2004.10.007.
- [4] H. Akbari, M. Pomerantz, and H. Taha, “Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas,” *Sol. Energy*, vol. 70, no. 3, pp. 295–310, Jan. 2001, doi: 10.1016/S0038-092X(00)00089-X.
- [5] K. Parsons, *Human Thermal Environments: The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance, Third Edition*. CRC Press, 2014.
- [6] S. Turns, *Thermal-Fluid Sciences: An Integrated Approach*. Cambridge University Press, 2006.
- [7] S. Fritz, “Solar radiation,” *AMS Glossary*, 1951.
http://glossary.ametsoc.org/wiki/Solar_radiation (accessed Jan. 16, 2017).
- [8] M. Iqbal, *An Introduction To Solar Radiation*. Elsevier, 2012.
- [9] Α. Σερέλη-Χρονοπούλου and Ι. Χρονόπουλος, “BIOMETEΩΡΟΛΟΓΙΑ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ,” *Βιβλιοπωλείο IANOS*, 2011.
<https://www.ianos.gr/viometeorologia-vioklimatologia-0267222.html> (accessed Jul. 14, 2016).
- [10] M. Jarraud, “Guide to meteorological instruments and methods of observation (WMO-No. 8),” *World Meteorol. Organ. Geneva Switz.*, 2008.
- [11] X. Xia, “Spatiotemporal changes in sunshine duration and cloud amount as well as their relationship in China during 1954–2005,” *J. Geophys. Res. Atmospheres*, vol. 115, no. D7, 2010, Accessed: Apr. 01, 2017. [Online]. Available:
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009JD012879/full>
- [12] D. V. Hoyt, “Percent of Possible Sunshine and the Total Cloud Cover,” *Mon. Weather Rev.*, vol. 105, no. 5, pp. 648–652, May 1977, doi: 10.1175/1520-0493(1977)105<0648:POPSAT>2.0.CO;2.
- [13] M. Yorukoglu and A. N. Celik, “A critical review on the estimation of daily global solar radiation from sunshine duration,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 47, no. 15–16, pp. 2441–2450, Sep. 2006, doi: 10.1016/j.enconman.2005.11.002.
- [14] K. Hinrichsen, “The Ångström formula with coefficients having a physical meaning,” *Sol. Energy*, vol. 52, no. 6, pp. 491–495, Jun. 1994, doi: 10.1016/0038-092X(94)90656-4.
- [15] J. N. Black, “The distribution of solar radiation over the Earth’s surface,” *Arch. Für Meteorol. Geophys. Bioklimatol. Ser. B*, vol. 7, no. 2, pp. 165–189, Mar. 1956, doi: 10.1007/BF02243320.
- [16] A. Tseliou and I. X. Tsiros, “Modeling urban microclimate to ameliorate thermal sensation conditions in outdoor areas in Athens (Greece),” *Build. Simul.*, vol. 9, no. 3, pp. 251–267, Jun. 2016, doi: 10.1007/s12273-016-0270-y.
- [17] J. L. Nguyen and D. W. Dockery, “Daily indoor-to-outdoor temperature and humidity relationships: a sample across seasons and diverse climatic regions,” *Int. J. Biometeorol.*, vol. 60, no. 2, pp. 221–229, Feb. 2016, doi: 10.1007/s00484-015-1019-5.

- [18] W. P. Lowry, *Weather and Life: An Introduction to Biometeorology*. Elsevier, 2013.
- [19] S. Murakami, J. Zeng, and T. Hayashi, "CFD analysis of wind environment around a human body," *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, vol. 83, no. 1–3, pp. 393–408, Nov. 1999, doi: 10.1016/S0167-6105(99)00088-4.
- [20] M. Nikolopoulou, N. Baker, and K. Steemers, "Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter," *Sol. Energy*, vol. 70, no. 3, pp. 227–235, Jan. 2001, doi: 10.1016/S0038-092X(00)00093-1.
- [21] B. Givoni, *Climate Considerations in Building and Urban Design*. John Wiley & Sons, 1998.
- [22] A. Matzarakis, H. Mayer, and F.-M. Chmielewski, "Proceedings of the 7th Conference on Biometeorology," p. 584.
- [23] K. Blazejczyk, Y. Epstein, G. Jendritzky, H. Staiger, and B. Tinz, "Comparison of UTCI to selected thermal indices," *Int. J. Biometeorol.*, vol. 56, no. 3, pp. 515–535, May 2012, doi: 10.1007/s00484-011-0453-2.
- [24] A. P. Gagge, A. P. Fobelets, and L. G. Berglund, "A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment," *ASHRAE Trans U. S.*, vol. 92:2B, Jan. 1986, Accessed: Jul. 20, 2016. [Online]. Available: <http://www.osti.gov/scitech/biblio/6494216>
- [25] F. R. d'AMBROSIO Alfano, B. I. Palella, and G. Riccio, "Thermal Environment Assessment Reliability Using Temperature—Humidity Indices," *Ind. Health*, vol. 49, no. 1, pp. 95–106, 2011, doi: 10.2486/indhealth.MS1097.
- [26] G. Jendritzky, R. de Dear, and G. Havenith, "UTCI—Why another thermal index?," *Int. J. Biometeorol.*, vol. 56, no. 3, pp. 421–428, May 2012, doi: 10.1007/s00484-011-0513-7.
- [27] P. Weihs *et al.*, "The uncertainty of UTCI due to uncertainties in the determination of radiation fluxes derived from measured and observed meteorological data," *Int. J. Biometeorol.*, vol. 56, no. 3, pp. 537–555, May 2012, doi: 10.1007/s00484-011-0416-7.
- [28] I. Golasi, F. Salata, E. de Lieto Vollaro, M. Coppi, and A. de Lieto Vollaro, "Thermal Perception in the Mediterranean Area: Comparing the Mediterranean Outdoor Comfort Index (MOCI) to Other Outdoor Thermal Comfort Indices," *Energies*, vol. 9, no. 7, 2016, Accessed: Jul. 20, 2016. [Online]. Available: http://econpapers.repec.org/article/gamjeners/v_3a9_3ay_3a2016_3ai_3a7_3ap_3a550_3ad_3a74020.htm
- [29] L. Vasilevska, P. Vranic, and A. Marinkovic, "The effects of changes to the post-socialist urban planning framework on public open spaces in multi-story housing areas: A view from Nis, Serbia," *Cities*, vol. 36, pp. 83–92, Feb. 2014, doi: 10.1016/j.cities.2013.10.004.
- [30] N. Gaitani *et al.*, "Improving the microclimate in urban areas: a case study in the centre of Athens," *Build. Serv. Eng. Res. Technol.*, vol. 32, no. 1, pp. 53–71, Feb. 2011, doi: 10.1177/0143624410394518.
- [31] M. Bruse and H. Fler, "Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model," *Environ. Model. Softw.*, vol. 13, no. 3–4, pp. 373–384, 1998, doi: 10.1016/S1364-8152(98)00042-5.
- [32] J. A. Acero and K. Herranz-Pascual, "A comparison of thermal comfort conditions in four urban spaces by means of measurements and modelling techniques," *Build. Environ.*, vol. 93, Part 2, pp. 245–257, 2015, doi: 10.1016/j.buildenv.2015.06.028.

- [33] J. W. Deardorff, "Efficient prediction of ground surface temperature and moisture, with inclusion of a layer of vegetation," *J. Geophys. Res. Oceans*, vol. 83, no. C4, pp. 1889–1903, 1978.
- [34] C. M. J. Jacobs, *Direct impact of atmospheric CO2 enrichment on regional transpiration*. Jacobs, 1994. Accessed: Apr. 22, 2017. [Online]. Available: <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/206972>