



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ &  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΧΩΡΟ-  
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ENVI-MET**



ΕΚΠΟΝΗΣΗ: ΠΑΠΟΥΤΣΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2012





ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ &  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΧΩΡΟ-  
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ENVI-MET**



ΕΚΠΟΝΗΣΗ: ΠΑΠΟΥΤΣΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2012





© Copyright Δημήτριος Παπουτσής  
Αθήνα, 2012

Με επιφύλαξη παντός νόμιμου δικαιώματος. All rights reserved.

*Η παρούσα διπλωματική εργασία αφιερώνεται  
στην οικογένεια μου, για τη στήριξη και την κατανόησή της.*

## Ευχαριστίες

*Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη, για την καθοδήγησή του και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά το προσωπικό της Τεχνικής Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π. και ιδιαιτέρως τον προϊστάμενό της, κ. Μιχάλη Χριστόλη, καθώς και την κ. Φρόσω Τριάντη για τη σημαντική συνεισφορά τους στην υλοποίηση αυτής της εργασίας και για το πολύτιμο υλικό που αφειδώς μου προσέφεραν. Θα ήθελα ακόμη να ευχαριστήσω τους καθηγητές εκείνους που με αστείρευτη ενέργεια και πάθος για το λειτούργημα του δασκάλου, αποτέλεσαν πηγή έμπνευσης και πυξίδα κατά τη διάρκεια των φοιτητικών μου χρόνων. Τέλος, θέλω να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου για την αγάπη, τις θυσίες και τη διαρκή τους υποστήριξη, που επέτρεψαν την επιτυχή διεκπεραίωση των σπουδών μου.*

## ΣΥΝΟΨΗ

Η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στα συνεχώς αυξανόμενα και αναπτυσσόμενα αστικά κέντρα, η προστασία και η διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος μέσα από την ομαλή ένταξη του αστικού ιστού στο φυσικό τοπίο και η διαφύλαξη των φυσικών πόρων του πλανήτη μας, είναι προκλήσεις που πρέπει να απαντηθούν άμεσα. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτιρίων και των υπαίθριων αστικών χώρων, η επιλογή των κατάλληλων υλικών και η χρήση παθητικών συστημάτων που αξιοποιούν τις περιβαλλοντικές πηγές όπως ο ήλιος, ο άνεμος, το νερό και η βλάστηση, είναι η απάντηση στις παραπάνω προκλήσεις. Στην προσπάθεια αυτή, πολύτιμα εργαλεία αποτελούν τα προγράμματα υπολογιστικής ρευστομηχανικής, τα οποία είναι σε θέση να προσομοιώνουν το μικροκλίμα μιας περιοχής, οδηγώντας σε σημαντικά συμπεράσματα.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού στους ανοιχτούς αστικούς χώρους, καθώς και η αναλυτική παρουσίαση του πακέτου υπολογιστικής ρευστομηχανικής ENVI-met. Το παραπάνω λογισμικό χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης και την αξιολόγηση της πρότασης για την ανάπλαση της περιοχής των πλατειών κέντρου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, που υποβλήθηκε από την τεχνική υπηρεσία του Ε.Μ.Π. Στις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά κλιματολογικά στοιχεία και τα αποτελέσματά τους αξιολογήθηκαν με σκοπό τον έλεγχο της αξιοπιστίας και της ακρίβειας του προγράμματος.

## **ABSTRACT**

The improvement of conditions of living in the continuously increasing and expanding urban centres, the protection and the maintenance of natural environment through the proper integration of urban web in the natural landscape and the safeguarding of natural resources of our planet, are issues that should be solved as soon as possible. The bioclimatic design of buildings and urban open spaces, the selection of appropriate materials and the use of passive systems that utilize environmental sources such as sun, wind, water and vegetation, is the answer to these challenges. In this effort, the computational fluid dynamics programs are precious tools which can simulate the microclimate of a region, leading to important conclusions.

The purpose of this thesis is to present the principles of bioclimatic design in urban open spaces, as well as the detailed presentation of the computational fluid dynamics software ENVI-met. This was used to study the current situation and to evaluate the proposal for the regeneration of the central squares in the Polytechnic University of Athens in Zografou area, submitted by the technical department of the university. In the simulations were used real climatic data and their results were evaluated in order to test the reliability and the precision of the program.

## Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας αποτελεί η μελέτη του βιοκλιματικού σχεδιασμού και των συνθηκών άνεσης στους υπαίθριους αστικούς χώρους, καθώς και η προσομοίωση των μικροκλιματικών συνθηκών με τη χρήση του ελεύθερου λογισμικού υπολογιστικής ρευστοδυναμικής ENVI-met. Παρουσιάζονται οι αρχές που θα πρέπει να διέπουν τη σχεδίαση των συνεχώς αυξανόμενων και αναπτυσσόμενων αστικών κέντρων, σύμφωνα με την εγχώρια και τη διεθνή βιβλιογραφία. Γίνεται μία εκτενής παρουσίαση του λογισμικού, η οποία συμπληρώνεται με έναν οδηγό για το χρήστη. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η πρόταση βιοκλιματικής ανάπλασης για τις Πλατείες Κέντρου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, η οποία κατατέθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος «Βιοκλιματικές Αναβαθμίσεις Δημοσίων Ανοικτών Χώρων» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη» (ΕΠΠΕΡΑΑ). Παραθέτονται τα αποτελέσματα 4 προσομοιώσεων που αφορούν στην εν λόγω περιοχή και, συγκεκριμένα, στην υφιστάμενη κατάσταση και στην πρόταση της Τεχνικής Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π., καθώς και τα τελικά συμπεράσματα και προτάσεις.

### **Βιοκλιματικός σχεδιασμός στον αστικό ιστό και άνεση του πολίτη**

Η ανάγκη για ένα ποιοτικότερο περιβάλλον εντός του αστικού ιστού, το οποίο θα βελτιώσει το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων και ταυτόχρονα θα είναι απαλλαγμένο από τις αρνητικές συνέπειες της ανθρώπινης παρέμβασης στο φυσικό χώρο, είναι επιτακτική. Οι αρχές του σύγχρονου αστικού σχεδιασμού στοχεύουν στη δημιουργία βιώσιμων αστικών κέντρων, τα οποία θα δημιουργούν συνθήκες άνεσης για τους κατοίκους τους, θα είναι σε θέση να συντηρούν την προϋπάρχουσα βιοποικιλότητα και, κυρίως, ο σχεδιασμός τους θα είναι τέτοιος, που θα συμβάλει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Το μικροκλίμα των αστικών υπαίθριων χώρων παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη δημιουργία άνετων συνθηκών διαβίωσης. Παράμετροι όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, ο άνεμος, το ηχητικό και το οπτικό περιβάλλον και η ρύπανση της ατμόσφαιρας θα πρέπει να μελετώνται διεξοδικά. Πολύτιμα συμπεράσματα μπορούν να προκύψουν και με τη βοήθεια των διαφόρων δεικτών θερμικής άνεσης και τη διαδικασία του ερωτηματολογίου για την προσωπική αίσθηση άνεσης. Εξέχοντα ρόλο διαδραματίζει η βλάστηση και οι χώροι πρασίνου μέσα στις πόλεις, οι οποίοι θα πρέπει να συνδέονται μεταξύ τους και με το περιαστικό πράσινο, δημιουργώντας ένα δίκτυο. Ακόμη, θα πρέπει να μελετώνται σε βάθος θέματα σχετικά με τη γενικότερη αστική μορφολογία και τα παράγωγα φαινόμενά της, όπως η «αστική χαράδρα», την επιλογή της τοποθεσίας και τον προσανατολισμό των χώρων, τη ρυμοτομία και τον προσανατολισμό των οδών, τις χρήσεις γης και τα χρησιμοποιούμενα υλικά κάλυψης των επιφανειών.

## Παρουσίαση του προγράμματος ENVI-met έκδοση 3.0

Το λογισμικό ENVI-met είναι ένα τρισδιάστατο μη υδροστατικό μοντέλο για την προσομοίωση του μικροκλίματος, κυρίως μέσα στον αστικό ιστό και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των διαφόρων επιφανειών, της βλάστησης και του αέρα. Βασίζεται σε εξελιγμένους υπολογισμούς ρευστοδυναμικής (Computational Fluid Dynamics - C.F.D.), οι οποίοι χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους και αλγόριθμους για την επίλυση προβλημάτων ροής ρευστών. Έχει σχεδιαστεί για την ανάλυση του μικροκλίματος και της ποιότητας του τοπικού αέρα. Είναι σε θέση να επιλύει σύνθετες τρισδιάστατες ροές (τυρβώδεις ροές κ.λπ.) υπολογίζοντας/παρέχοντας σύνθετες θερμοκρασιακές κατανομές, ποσοστά υγρασίας, την ακτινοβολία μικρού και μεγάλου μήκους κύματος και τις συγκεντρώσεις αερίων και μικροσωματιδίων στον αέρα σε τοπική 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 παράδειγμα, 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.
- 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.

Ως ένα C.F.D. μοντέλο, έχει υψηλές απαιτήσεις από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας του υπολογιστή (Central Processing Unit - C.P.U.) και γι' αυτό οι προς προσομοίωση περιοχές και οι χρόνοι πρέπει να είναι περιορισμένοι.

## Χειρισμός του προγράμματος ENVI-met

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται ένας συνοπτικός οδηγός για το χειρισμό του προγράμματος ENVI-met, έκδοση 3.1. Στόχος του είναι να καθοδηγήσει το νέο χρήστη, ώστε αυτός σε σύντομο χρονικό διάστημα, να είναι σε θέση να πραγματοποιήσει μία προσομοίωση. Τα βασικά βήματα για την πραγματοποίηση μιας προσομοίωσης είναι η κατάρτιση του αρχείου εισαγωγής περιοχής **.IN** (Area Input File), όπου δημιουργούμε την περιοχή του μοντέλου (πλήθος υπολογιστικών κελιών, κτίρια, βλάστηση, υλικά επιφανειών, γεωγραφική θέση της περιοχής κ.λπ.), στη συνέχεια η κατάρτιση του κύριου αρχείου διαμόρφωσης **.CF** (Main Configuration File), όπου εισάγουμε βασικές πληροφορίες και ρυθμίσεις (αρχική θερμοκρασία, σχετική υγρασία, χρόνος προσομοίωσης, οριακές συνθήκες μοντέλου κ.λπ.) και η

διαχείριση των αποτελεσμάτων με τη βοήθεια του λογισμικού οπτικοποίησης Leonardo.

### **Βιοκλιματική μελέτη**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση στην περιοχή των Κεντρικών Πλατειών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, καθώς και η πρόταση που υποβλήθηκε από την Τεχνική Υπηρεσία του Ε.Μ.Π. στο πλαίσιο του προγράμματος «Βιοκλιματικές Αναβαθμίσεις Δημοσίων Ανοικτών Χώρων» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη» (ΕΠΠΕΡΑΑ). Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται η γεωμετρία και η διαμόρφωση του χώρου (περιγραφή των υλικών κάλυψης των επιφανειών, της βλάστησης και πλούσιο φωτογραφικό υλικό), τα κλιματολογικά δεδομένα, τα οποία ελήφθησαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και εν συνεχεία δέχθηκαν επεξεργασία και οι προτεινόμενες παρεμβάσεις και οι στόχοι τους, σύμφωνα με τις απαιτήσεις της πρόσκλησης του ΕΠΠΕΡΑΑ.

### **Προσομοιώσεις**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά η διαδικασία και τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που αφορούν στην υφιστάμενη κατάσταση και στην πρόταση ανάπλασης, σύμφωνα με την πρόσκληση του ΕΠΠΕΡΑΑ. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων παρουσιάζονται οπτικοποιημένα μέσω του λογισμικού Leonardo.

Όσον αφορά τις επί μέρους παραμέτρους, εφαρμόστηκαν τα εξής:

- Για τον προσδιορισμό του κριτηρίου της μέσης μέγιστης θερινής θερμοκρασίας, χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση για τη θερμότερη ημέρα.
- Για τον προσδιορισμό του κριτηρίου της μέγιστης επιφανειακής θερμοκρασίας, χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση για τη θερμότερη ημέρα.
- Για τον προσδιορισμό του κριτηρίου της θερμικής άνεσης χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση για τη θερμότερη ημέρα.
- Για τον προσδιορισμό του κριτηρίου του τυπικού ημερήσιου αθροίσματος βαθμοωρών βάσης 26 °C, χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση για την τυπική θερινή ημέρα.

### **Αξιολόγηση αποτελεσμάτων**

Στην ενότητα αυτή παραθέτονται τα αποτελέσματα που λήφθηκαν με τη χρήση του λογισμικού ENVI-met και, επιπλέον, προτείνεται μία σειρά από θέματα για περαιτέρω διερεύνηση. Από τη διαδικασία των προσομοιώσεων προέκυψε ότι η πρόταση της βιοκλιματικής ανάπλασης ικανοποιεί τις απαιτήσεις της πρόσκλησης του ΕΠΠΕΡΑΑ και συγκεκριμένα:

- Η διαφορά μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και πρότασης, για τη μέση μέγιστη θερινή θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ύψος 1.80 m από το έδαφος, είναι ίση με 1.57 °C, οριακά μεγαλύτερη από την απαιτούμενη τιμή της πρόσκλησης του ΕΠΠΕΡΑΑ (1.50 °C).



- Η διαφορά μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και πρότασης, για τη μέση χωρική μέγιστη θερμοκρασία επιφανείας για τη θερινή περίοδο, είναι ίση με 9.05 °C, κατά πολύ μεγαλύτερη από την τιμή των 5 °C της πρόσκλησης.
- Η διαφορά μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και πρότασης, για το τυπικό ημερήσιο άθροισμα βαθμοωρών βάσης 26 °C, διαμορφώνεται στα επίπεδα του 22.80 %, τιμή μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του 20 % της πρόσκλησης.
- Η διαφορά μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και πρότασης, για το μέσο δείκτη θερμικής άνεσης CP για το χρονικό διάστημα από τις 10:00 το πρωί έως τις 18:00 το απόγευμα, είναι ίση με 0.58 ή 19.21 %, τιμή σημαντικά μεγαλύτερη από την τιμή του 15 % της πρόσκλησης.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>Κεφάλαιο 1</b> .....	<b>18</b>
<b>Βιοκλιματικός σχεδιασμός στον αστικό ιστό και άνεση του πολίτη</b> .....	<b>18</b>
<b>1.1</b> Γενικά .....	18
<b>1.2</b> Το μικροκλίμα .....	18
<b>1.2.1</b> Στοιχεία του μικροκλίματος .....	18
<b>1.2.2</b> Μικροκλίμα και περιβαλλοντικός σχεδιασμός .....	19
<b>1.3</b> Θερμική άνεση στους υπαίθριους χώρους .....	20
<b>1.3.1</b> Γενικά .....	20
<b>1.3.2</b> Θερμική άνεση σε όρους ανθρώπινης φυσιολογίας .....	20
<b>1.3.3</b> Η παράμετρος της προσαρμοστικότητας .....	20
<b>1.3.4</b> Θεωρητικοί δείκτες θερμικής άνεσης .....	21
<b>1.4</b> Ο ρόλος των χώρων πρασίνου και της βλάστησης στη βελτίωση του μικροκλίματος και των συνθηκών άνεσης .....	23
<b>1.5</b> Η αστική μορφολογία .....	31
<b>1.5.1</b> Η μικροκλιματική ποικιλότητα και το «ιδανικό αστικό κλίμα» .....	31
<b>1.5.2</b> Η αστική μορφολογία και παράγωγα φαινόμενα .....	32
<b>1.5.3</b> Ο άνεμος .....	36
<b>1.5.4</b> Η επίδραση μορφολογικών παραμέτρων στους ανοιχτούς αστικούς χώρους .....	40
<b>1.5.5</b> Η οπτική άνεση στους αστικούς χώρους .....	43
<b>1.5.6</b> Ηχητικό περιβάλλον και ακουστική άνεση στους ανοιχτούς αστικούς χώρους .....	45
<b>1.6</b> Κλιματικές «περιοχές» και μορφές αστικής ανάπτυξης για τη βέλτιστη θερμική απόδοση .....	49
<b>1.6.1</b> Κλιματικές «περιοχές» .....	49
<b>1.6.2</b> Τοποθεσία και προσανατολισμός .....	52
<b>1.6.3</b> Αστικές δομές .....	53
<b>1.6.4</b> Μορφολογία της πόλης και θερμική απόδοση .....	54
<b>1.7</b> Επιφάνειες και δομικά υλικά .....	59
<b>1.7.1</b> Φυσικές ιδιότητες επιφανειών και δομικών υλικών .....	60
<b>Κεφάλαιο 2</b> .....	<b>63</b>
<b>Παρουσίαση του προγράμματος ENVI-met έκδοση 3.0</b> .....	<b>63</b>
<b>2.1</b> Δυνατότητες και πεδίο εφαρμογής .....	64
<b>2.2</b> Γραφική απεικόνιση και δομή του μοντέλου ENVI-met .....	65
<b>2.3</b> Ροή δεδομένων στο ENVI-met v3.0 .....	66
<b>2.3.1</b> Κύριο αρχείο διαμόρφωσης (Main Configuration File .CF) .....	66
<b>2.3.2</b> Αρχείο εισαγωγής περιοχής (Area Input File .IN) .....	78
<b>2.3.3</b> Αρχεία βάσης δεδομένων (Database Files) .....	81

2.3.3.1	Εισαγωγή	81
2.3.3.2	Βάση δεδομένων εδαφών SOILS.DAT	82
2.3.3.3	Βάση δεδομένων προφίλ PROFILES.DAT	84
2.3.3.4	Βάση δεδομένων φυτών PLANTS.DAT	86
2.3.3.5	Βάση δεδομένων πηγών SOURCES.DAT	88
2.3.3.6	Πρόσθετες τοπικές βάσεις δεδομένων φυτών και πηγών	89
2.3.4	Παραγόμενα αρχεία (Output Files)	91
2.3.4.1	Γενικά	91
2.3.4.2	Κύρια αρχεία δεδομένων .EDI/.EDT (Main Data Files)	92
2.3.4.3	Αρχεία υποδοχέων (Receptor Files)	95
2.3.4.4	Αρχεία μονοδιάστατου μοντέλου (1D-Model Files)	98
2.3.5	Επιλογή μεταβλητών (SELECT.VAR)	99
2.3.6	Ορισμός ψευδωνύμων (MYALIAS.DAT)	100
<b>Κεφάλαιο 3</b>		<b>103</b>
<b>Χειρισμός του προγράμματος ENVI-met</b>		<b>103</b>
3.1	Εισαγωγή	103
3.2	Εισαγωγή δεδομένων	103
3.2.1	Δημιουργία του αρχείου εισαγωγής περιοχής .IN	104
3.2.2	Δημιουργία του κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF	113
3.3	Εκτέλεση της προσομοίωσης	114
3.4	Διαχείριση των αποτελεσμάτων	122
3.4.1	Επεξεργασία αποτελεσμάτων με το Leonardo	123
<b>Κεφάλαιο 4</b>		<b>128</b>
<b>Βιοκλιματική μελέτη</b>		<b>128</b>
4.1	Εισαγωγή	128
4.2	Το κλίμα της Ελλάδας	128
4.3	Δεδομένα για την περιοχή παρέμβασης	130
4.3.1	Γεωγραφική θέση	130
4.3.2	Τοπικές κλιματικές συνθήκες	132
4.3.3	Η υφιστάμενη κατάσταση στο χώρο των Πλατειών Κέντρου	133
4.3.3.1	Διαστάσεις και διαμόρφωση του χώρου	133
4.3.3.2	Υλικά	135
4.3.3.3	Βλάστηση	137
4.3.4	Πρόταση βιοκλιματικής αναβάθμισης	139
4.3.5	Συλλογή στοιχείων για τις προσομοιώσεις	141
4.3.5.1	Αποτύπωση του χώρου	141
4.3.5.2	Μετεωρολογικά στοιχεία	142
4.3.6	Βιοκλιματικοί δείκτες	145

<b>Κεφάλαιο 5</b> .....	<b>147</b>
<b>Προσομοιώσεις</b> .....	<b>147</b>
<b>5.1</b> Εισαγωγή .....	147
<b>5.2</b> Προσομοίωση 1 <sup>η</sup> : Υφιστάμενη κατάσταση – Τυπική ημέρα .....	148
<b>5.2.1</b> Αρχείο εισαγωγής περιοχής .IN (Area Input File) .....	148
<b>5.2.2</b> Κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF (Main Configuration File) .....	150
<b>5.2.3</b> Αποτελέσματα της 1 <sup>ης</sup> προσομοίωσης .....	151
<b>5.3</b> Προσομοίωση 2 <sup>η</sup> : Υφιστάμενη κατάσταση – Θερμότερη ημέρα .....	154
<b>5.3.1</b> Κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF (Main Configuration File) .....	154
<b>5.3.2</b> Αποτελέσματα της 2 <sup>ης</sup> προσομοίωσης .....	155
<b>5.4</b> Προσομοίωση 3 <sup>η</sup> : Πρόταση – Τυπική ημέρα .....	159
<b>5.4.1</b> Αρχείο εισαγωγής περιοχής .IN (Area Input File) .....	159
<b>5.4.2</b> Κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF (Main Configuration File) .....	161
<b>5.4.3</b> Αποτελέσματα της 3 <sup>ης</sup> προσομοίωσης .....	161
<b>5.5</b> Προσομοίωση 4 <sup>η</sup> : Πρόταση – Θερμότερη ημέρα .....	164
<b>5.5.1</b> Αποτελέσματα της 4 <sup>ης</sup> προσομοίωσης .....	164
<b>Κεφάλαιο 6</b> .....	<b>169</b>
<b>Αξιολόγηση αποτελεσμάτων</b> .....	<b>169</b>
<b>6.1</b> Εισαγωγή .....	169
<b>6.2</b> Αποτελέσματα προσομοιώσεων .....	169
<b>6.3</b> Συμπεράσματα .....	174
<b>6.4</b> Προτάσεις .....	177
<b>Βιβλιογραφία</b> .....	<b>180</b>
<b>Ευρετήριο πινάκων</b> .....	<b>183</b>
<b>Ευρετήριο σχημάτων</b> .....	<b>185</b>



## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

# ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΙΣΤΟ ΚΑΙ ΑΝΕΣΗ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΗ

## 1.1 Γενικά

Από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα αλλά κυρίως από το 1950 και έπειτα, άρχισε να συντελείται η συγκέντρωση του παγκόσμιου πληθυσμού στα μεγάλα αστικά κέντρα. Σύμφωνα με τις προβλέψεις του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (Ο.Η.Ε.), τα επόμενα 40 χρόνια η συγκέντρωση αυτή θα διπλασιαστεί ενώ για το 2050 εκτιμάται ότι τα 2/3 του παγκόσμιου πληθυσμού θα διαβιούν στα αστικά κέντρα [39]. Την ίδια στιγμή, προκύπτει η ανάγκη για ένα ποιοτικότερο περιβάλλον εντός του αστικού ιστού το οποίο θα βελτιώσει το βιοτικό επίπεδο των πολιτών. Η ανάγκη αυτή ικανοποιείται μέσα από άνετους ανοιχτούς χώρους, οι οποίοι είναι απαλλαγμένοι από τις αρνητικές συνέπειες της ανθρώπινης παρέμβασης στο φυσικό χώρο, λειτουργικοί αλλά και καλαίσθητοι, που προάγουν τις κοινωνικές συναναστροφές και περιορίζουν την απομόνωση και τον κοινωνικό αποκλεισμό, δεδομένου ότι η ανθρώπινη συμπεριφορά και η χρήση των χώρων αυτών επηρεάζονται, συνειδητά ή μη, από τις επικρατούσες σε αυτούς συνθήκες [42]. Ταυτόχρονα, τα σύγχρονα αστικά κέντρα θα πρέπει να αναπτύσσονται και να επεκτείνονται με τέτοιο τρόπο, ώστε να προκαλούν τη μικρότερη δυνατή αλλοίωση στο φυσικό περιβάλλον, να μπορούν να συντηρούν την προϋπάρχουσα βιοποικιλότητα και, κυρίως, ο σχεδιασμός τους να είναι τέτοιος, που θα συμβάλει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, αφού το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη συναρτάται άμεσα με αυτήν και η αντιμετώπισή του αποτελεί, πλέον, τη μεγαλύτερη και κρισιμότερη πρόκληση.

## 1.2 Το μικροκλίμα

### 1.2.1 Στοιχεία του μικροκλίματος

Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν εντός του αστικού ιστού, στην πλειονότητα των περιπτώσεων, διαφέρουν από τις αντίστοιχες στα όριά του και εκτός αυτού. Διαφορετικές συνθήκες, όμως, επικρατούν και εντός του ίδιου του αστικού ιστού σε διαφορετικά σημεία του τα οποία, μάλιστα, μπορεί να απέχουν μόλις μερικές δεκάδες μέτρα μεταξύ τους όπως, για παράδειγμα, μια οδός με έντονη κυκλοφορία οχημάτων και ένα διπλανό αστικό πάρκο, με το τελευταίο να αποτελεί μια όαση, ιδιαίτερα κατά τους θερμούς θερινούς μήνες, σε πόλεις με μεσογειακό κλίμα όπως η Αθήνα [21]. Υπάρχει, δηλαδή, μια σημαντική απόκλιση ανάμεσα στα δεδομένα από τις μετρήσεις σε απομακρυσμένους μετεωρολογικούς σταθμούς και τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στους διάφορους ανοιχτούς χώρους εντός της πόλης, ως απόρροια της ανθρώπινης δραστηριότητας, του σχεδιασμού και του τρόπου δόμησης.

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.

### 1.2.2 Μικροκλίμα και περιβαλλοντικός σχεδιασμός

Ένας από τους βασικούς στόχους του περιβαλλοντικού σχεδιασμού, σε αστικό επίπεδο, είναι η δημιουργία περιοχών με άνετους ανοιχτούς χώρους. Οι μικροκλιματικές παράμετροι είναι κεντρικής σημασίας για τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε αυτούς και, σε μεγάλο βαθμό, καθορίζουν τη χρήση τους. Όπως αναφέρθηκε, οι αντιδράσεις στο μικροκλίμα μπορεί να μην είναι συνειδητές αλλά, συχνά, οδηγούν σε διαφορετική χρήση ενός χώρου κάτω από διαφορετικές κλιματικές συνθήκες (Σχ. 1.1) [42],[33].



**Σχήμα 1.1:** Διαφορετική χρήση χώρου σε διαφορετικές μικροκλιματικές συνθήκες, επάνω καλοκαίρι-ημέρα, κάτω καλοκαίρι-βράδυ [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].



Οι μικροκλιματικές συνθήκες, λοιπόν, γύρω από τα κτίρια, στους δρόμους και στους ελεύθερους χώρους βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με την άνεση των κατοίκων μιας αστικής περιοχής και των ατόμων που δραστηριοποιούνται σε αυτήν. Αυτές, σε μεγάλο βαθμό, μπορούν να ελεγχθούν και να τροποποιηθούν με κατάλληλο σχεδιασμό, δηλαδή 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 τροποποιηθούν ευνοϊκά με σωστές επιλογές κατά τον αρχικό σχεδιασμό των διάφορων αστικών χώρων ή με σωστές παρεμβάσεις σε υφιστάμενους χώρους, δηλαδή με ανασχεδιασμό και αναπλάσεις [7]. Ο σχεδιασμός και οι παρεμβάσεις αφορούν σε μια σειρά από ζητήματα όπως :

- Η επιλογή ευνοϊκής τοποθεσίας με κατάλληλη τοπογραφική διαμόρφωση για την ανάπτυξη μιας περιοχής.
- Η ρύθμιση της πυκνότητας δόμησης.
- Τα κατάλληλα μεγέθη και η χωροθέτηση των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων.
- Ο προσανατολισμός και το μέγεθος των οδών.
- Ο σχεδιασμός και η διάρθρωση των χώρων πρασίνου.

## 1.3 Θερμική άνεση στους υπαίθριους χώρους

### 1.3.1 Γενικά

Σύμφωνα με την Αμερικανική Επιστημονική Εταιρία Θέρμανσης Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning), ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του μυαλού, κατά την οποία ένα άτομο δεν επιθυμεί καμία θερμική αλλαγή του εσωτερικού περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται και εκφράζει ικανοποίηση με τις επικρατούσες θερμικές συνθήκες [11]. Οι παράμετροι που επηρεάζουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης στους υπαίθριους χώρους, αν και παρόμοιες με αυτές στους εσωτερικούς χώρους, παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερο εύρος και μεταβλητότητα. Εξαιτίας της ιδιαίτερης πολυπλοκότητας του περιβάλλοντος των υπαίθριων χώρων, σε όρους χρονικής και χωρικής μεταβλητότητας, όπως επίσης και του μεγάλου εύρους των ανθρώπινων δραστηριοτήτων σε αυτούς, έχουν γίνει πολύ λίγες προσπάθειες για την κατανόηση των συνθηκών θερμικής άνεσης [33].

### 1.3.2 Θερμική άνεση σε όρους ανθρώπινης φυσιολογίας

Το ανθρώπινο σώμα παράγει θερμότητα μεταβολίζοντας την τροφή και την ανταλλάσσει με το περιβάλλον μέσω μεταφοράς (convection) και μέσω ακτινοβολίας (radiation). Αυτή είναι η «ξηρά» απώλεια θερμότητας και, φυσικά, δύναται να έχει θετικό πρόσημο, δηλαδή το σώμα να προσλαμβάνει θερμότητα, 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 [23].

### 1.3.3 Η παράμετρος της προσαρμοστικότητας

Στις περισσότερες μελέτες θερμικής άνεσης στο ύπαιθρο, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα μαθηματικά θερμορυθμιστικά μοντέλα για τον ανθρώπινο οργανισμό τα οποία προορίζονταν για εσωτερικούς χώρους και εμπεριείχαν, πέραν των



κλιματολογικών παραμέτρων, την ανθρώπινη δραστηριότητα και το επίπεδο του ρουχισμού. Επιτόπιες έρευνες, όμως, έδειξαν ότι η προσέγγιση που εξετάζει μόνο την ανθρώπινη φυσιολογία είναι ανεπαρκής για να χαρακτηρίσει τις εξωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης, με το θέμα της προσαρμοστικότητας να γίνεται όλο και πιο σημαντικό. Αυτό περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες διαδικασίες για τη βελτίωση της σχέσης μεταξύ των αναγκών του ατόμου και του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται ή δραστηριοποιείται, τόσο σε σωματικό, όσο και σε ψυχολογικό επίπεδο. Στο πλαίσιο του εξωτερικού περιβάλλοντος, περιλαμβάνει τις αλλαγές που κάνουν οι άνθρωποι με σκοπό να προσαρμοστούν στο χώρο ή να προσαρμόσουν το περιβάλλον στις ανάγκες τους [27], με την εποχιακή αλλαγή του ρουχισμού, τις αλλαγές στο μεταβολισμό, την κατανάλωση θερμών ή κρύων ροφημάτων κ.α., ενώ ψυχολογικές παράμετροι όπως η προσωπική επιλογή, η σχετική εμπειρία σε παρόμοιες κλιματικές συνθήκες και οι προσδοκίες αποδεικνύεται ότι είναι κρίσιμες όσον αφορά την αίσθηση θερμικής άνεσης και ικανοποίησης [31].

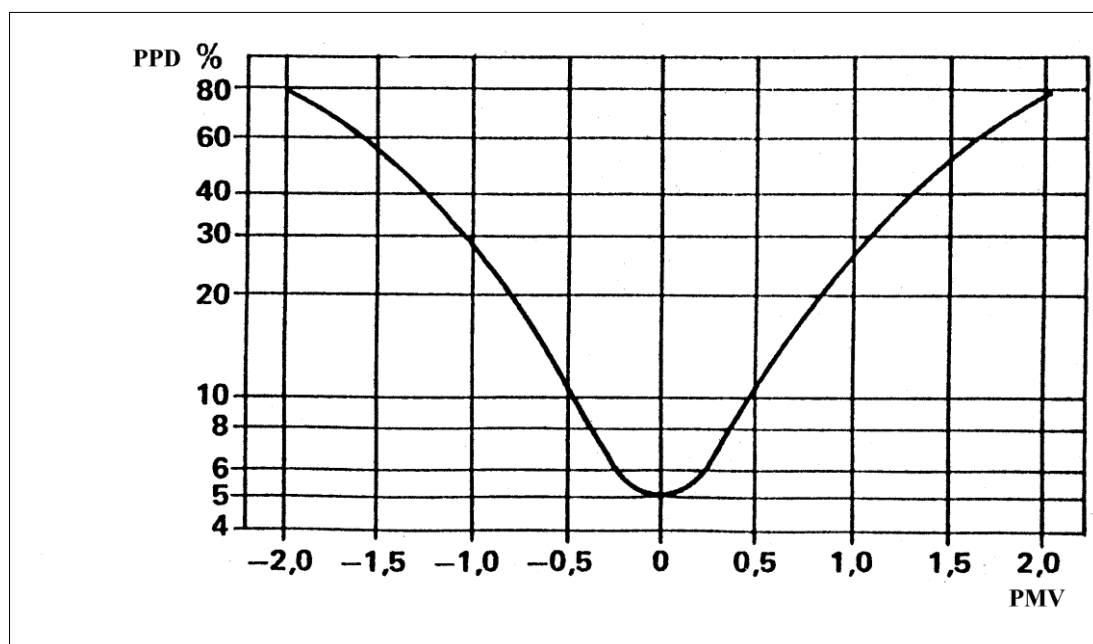
### **1.3.4 Θεωρητικοί δείκτες θερμικής άνεσης**

Η ανεπάρκεια της προσέγγισης της αίσθησης θερμικής άνεσης από τη σκοπιά της ανθρώπινης φυσιολογίας και μόνο, φαίνεται από την απόκλιση που παρουσιάζεται ανάμεσα στα αποτελέσματα που δίνουν οι διάφοροι θεωρητικοί δείκτες θερμικής άνεσης, οι οποίοι εξάγονται από μαθηματικά μοντέλα στα οποία λαμβάνονται υπόψη οι μικροκλιματικές παράμετροι, το επίπεδο ρουχισμού και ο ρυθμός του μεταβολισμού ως συνάρτηση της εκάστοτε δραστηριότητας, με τις υποκειμενικές απαντήσεις που καταθέτουν οι χρήστες των υπαίθριων χώρων στις επί τόπου έρευνες. Τέτοιοι είναι, για παράδειγμα, ο πλέον διαδεδομένος σήμερα δείκτης της Μέσης Προβλεπόμενης Ψήφου PMV (Predicted Mean Vote) και ο δείκτης Προβλεπόμενου Ποσοστού Δυσaréσκειας των ανθρώπων PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied people), οι οποίοι αναπτύχθηκαν από τον P. O. Fanger.

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. Στον πίνακα 1.1 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 (Hörpe, 1993) [30]. 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 1.2.

**Πίνακας 1.1:** Δείκτης PMV, PET, ανθρώπινη αίσθηση θερμικού περιβάλλοντος και θερμικό στρες. Εσωτερική παραγωγή θερμότητας: 80 W, αντίσταση μεταφοράς θερμότητας λόγω ρουχισμού: 0,9 clo (Σύμφωνα με Fanger, 1972, Jendritzky et al., 1979 και Ματζαράκη, Mayer, 1996) [Πηγή: Mayer, H. and Matzarakis, A. (1998). Human-biometeorological assessment of urban microclimate's thermal component].

PMV	PET	Human Sensation	Thermal Stress Level
-3,5	4°C	very cold	extreme cold stress
-2,5	8°C	cold	strong cold stress
-1,5	13°C	cool	moderate cold stress
-0,5	18°C	slightly cool	slight cold stress
0,5	23°C	comfortable	no thermal stress
1,5	29°C	slightly warm	slight heat stress
2,5	35°C	warm	moderate heat stress
3,5	41°C	hot	strong heat stress
		very hot	extreme heat stress



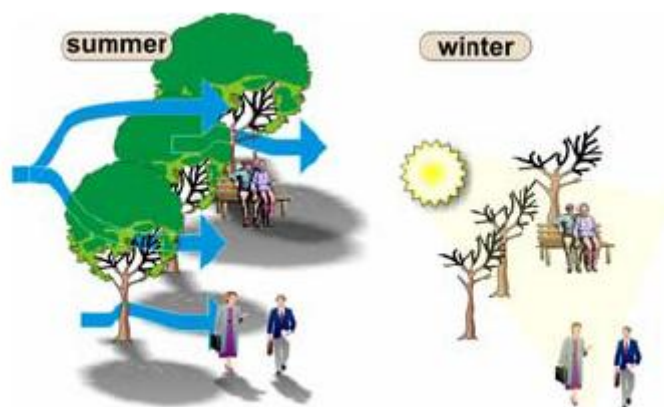
**Σχήμα 1.2:** Θεωρητικός δείκτης PPD σε συνάρτηση με το δείκτη PMV [Πηγή: <http://www.begmicroclima.it/documenti/microcl.htm> (2012)].

## 1.4 Ο ρόλος των χώρων πρασίνου και της βλάστησης στη βελτίωση του μικροκλίματος και των συνθηκών άνεσης.

Τα στοιχεία που συνθέτουν το μικροκλίμα μιας περιοχής ή ενός υπαίθριου χώρου, το καθένα ξεχωριστά, αλλά και στο σύνολό τους, επηρεάζουν την άνεση του πολίτη. Τα στοιχεία αυτά είναι, πολλές φορές, σε άμεση συνάρτηση μεταξύ τους και ο σχεδιασμός νέων ή οι παρεμβάσεις σε υφιστάμενους χώρους επηρεάζουν, συνήθως, περισσότερα του ενός από αυτά. Ακριβώς αυτή είναι και η περίπτωση της βλάστησης, της οποίας ο καταλυτικός και πολύπλευρος ρόλος στη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος αναλύεται στη συνέχεια.

Οι χώροι πρασίνου και η βλάστηση παίζουν καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση του μικροκλίματος και θα πρέπει να λαμβάνονται απαραίτητως υπόψη κατά το σχεδιασμό, την επέκταση ή/και την ανάπλαση των ανοιχτών αστικών χώρων. Επίσης, μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση της περιβαλλοντικής απόδοσης και της αισθητικής. Όπως αναφέρθηκε, το μικροκλίμα των αστικών περιοχών και ιδιαίτερα των κεντρικών σημείων τους, διαφέρει σημαντικά από εκείνο στις παρυφές τους και έξω από αυτές. Εντός του αστικού ιστού κυριαρχούν υλικά όπως το σκυρόδεμα, η πέτρα, η ασφαλτος και το γυαλί τα οποία, ως γνωστόν, συσσωρεύουν την ηλιακή ακτινοβολία. Αντιθέτως, η βλάστηση έχει χαμηλή θερμοχωρητικότητα και θερμική αγωγιμότητα [9] και η απουσία της μέσα στον αστικό ιστό έχει ως αποτέλεσμα τη διαμόρφωση ενός διαφορετικού θερμικού ισοζυγίου από εκείνο στο ύπαιθρο και την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, ένα φαινόμενο που είναι ευρέως γνωστό με τον όρο αστική θερμική νησίδα. Η ύπαρξη χώρων πρασίνου αλλά και δέντρων και φυτών σε επιλεγμένα σημεία, όπως σε πεζοδρόμια ή σε άλλους κοινόχρηστους χώρους, περιορίζει το παραπάνω αρνητικό φαινόμενο αφού, πέραν της αντικατάστασης των παραπάνω υλικών με βλάστηση, μέσω της σκίασης που αυτή προσφέρει, μειώνεται η άμεση έκθεσή τους στην ηλιακή ακτινοβολία και η συνεπαγόμενη συσσώρευση θερμότητας, όπως επίσης και η αντίστοιχη έκθεση των χρηστών.

Η σκίαση είναι επιθυμητή τους θερμούς καλοκαιρινούς μήνες, όχι όμως και κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να επιλέγεται το κατάλληλο είδος δέντρου, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες. Τα φυλλοβόλα δέντρα αποτελούν ιδανική λύση αφού επιτρέπουν τον ηλιασμό το χειμώνα, λόγω της πτώσης του φυλλώματός τους και παρέχουν σκίαση το καλοκαίρι (Σχ. 1.3) [42]. Ανάλογα με το είδος του φυλλώματος και την πυκνότητά του, παρέχεται και διαφορετικός βαθμός προστασίας από την ηλιακή ακτινοβολία. Εξίσου σημαντικές παράμετροι είναι η σωστή τοποθέτηση και ο κατάλληλος προσανατολισμός των δέντρων γύρω από τα κτίρια και τις κατοικίες ή στα πάρκα και στους κοινόχρηστους χώρους, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη απόδοσή τους, όσον αφορά τη σκίαση. Για παράδειγμα, σε μια κατοικία του βορείου ημισφαιρίου με νότιο προσανατολισμό, δηλαδή με τα ανοίγματά της προς το νότο, τα φυλλοβόλα δέντρα τοποθετούνται στο νότο.



**Σχήμα 1.3:** Τα φυλλοβόλα δέντρα προσφέρουν σκίαση το καλοκαίρι και επιτρέπουν τον ηλιασμό το χειμώνα [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

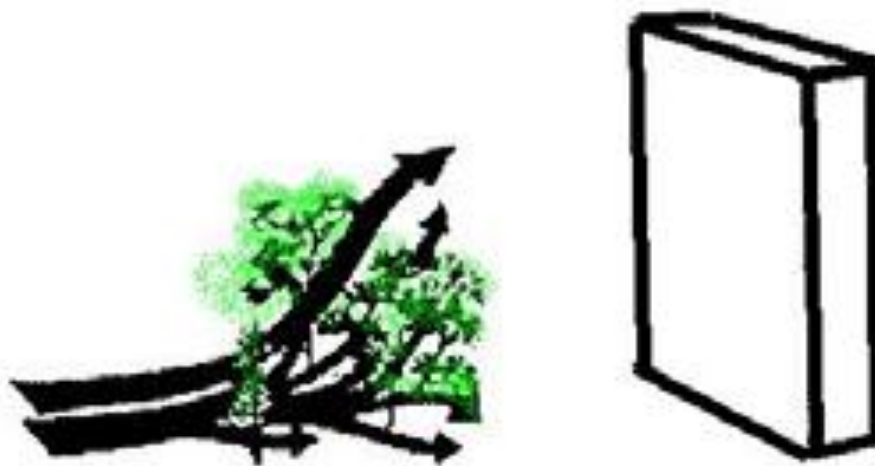
Η φύτευση συμβάλλει στη σταθεροποίηση του μικροκλίματος, καθώς οι χώροι πρασίνου σε μια πόλη μετριάζουν τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Τις μέρες του καλοκαιριού η θερμοκρασία στους χώρους αυτούς είναι χαμηλότερη, ενώ τις νύχτες του χειμώνα υψηλότερη. Μέσω της διαδικασίας της εξατμισοδιαπνοής, η βλάστηση επιδρά ευεργετικά αφού αυξάνει τη σχετική υγρασία και, κατά συνέπεια, μειώνει τη θερμοκρασία του αέρα όταν το άμεσο περιβάλλον είναι θερμό και ξηρό, προσφέροντας ευχάριστες συνθήκες και δροσισμό, ιδιαίτερα κατά τους θερμούς καλοκαιρινούς μήνες [24]. Η διαφορά θερμοκρασίας που καταγράφεται ανάμεσα στους χώρους πρασίνου και εκείνους με κτίρια μόνο οδηγεί, ιδίως όταν επικρατεί άπνοια, στη δημιουργία ρευμάτων αέρα που μπορεί να φτάσουν την ταχύτητα του 1m/s. Αυτά τα ρεύματα επιδρούν θετικά στο μικροκλίμα της πόλης, το μεν καλοκαίρι κατεβάζοντας τη θερμοκρασία και αυξάνοντας τη σχετική υγρασία, το δε χειμώνα ελαττώνοντας την ένταση του ψύχους και, σε κάποιο ποσοστό, τη σχετική υγρασία [3].

Η ύπαρξη βλάστησης και χώρων πρασίνου μέσα στον αστικό ιστό προστατεύει από τους δυνατούς ανέμους, μειώνοντας αισθητά την ταχύτητά τους. Ειδικότερα, για την προστασία της ζώνης των πεζών από υψηλές ταχύτητες ροής και στροβιλισμούς, η βλάστηση λειτουργεί ιδιαίτερα ικανοποιητικά ως ανεμοφράκτης (Σχ. 1.4) [42]. Συμπαγείς κατασκευές, όπως κτίρια και τοίχοι, προσφέρουν καλή προστασία όμως τείνουν να δημιουργούν υψηλές ταχύτητες ροής και τύρβη σε κάποια απόσταση από αυτές και για το λόγο αυτό, σε πολλές περιπτώσεις, είναι προτιμότερη η χρήση διαπερατών ανεμοφρακτών. Η βλάστηση είναι πολύ αποτελεσματική στην εμπόδιση του ανέμου καθώς τα κλαδιά και τα φυλλώματα τον επιβραδύνουν χωρίς να δημιουργούν πολλούς στροβιλισμούς. Μελέτες έδειξαν ότι ελαφρώς κλειστές σειρές φυτών δίνουν την καλύτερη και πιο ομοιογενή προστασία. Για τις περιπτώσεις κτιρίων, είναι σημαντικό η ζώνη των φυτών να παρέχει προστασία σε όλο το ύψος τους. Έτσι, μπορεί να χρειαστεί να συνδυαστούν διαφορετικά είδη βλάστησης, για

παράδειγμα, δέντρα για προστασία σε ορισμένο ύψος και θάμνοι για προστασία κοντά στο έδαφος (Σχ. 1.5) [42]. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο περιορισμός του ανέμου και η μείωση της έντασής του μέσα στον αστικό ιστό συμβάλλουν, επιπλέον, στην ελάττωση της επαναιώρησης της σκόνης και της μεταφοράς της, γεγονός θετικό και για την άνεση αλλά και για την υγεία των πολιτών. Ακόμη, η βλάστηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί έτσι, ώστε να οδηγεί τη ροή του αέρα, επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο τον αερισμό της πόλης [9].



**Σχήμα 1.4:** Δέντρα με πυκνά φυλλάσματα μπορούν να λειτουργήσουν ως ανεμοφράγματα όταν τοποθετούνται στην πλευρά του επικρατούντος ανέμου [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].



**Σχήμα 1.5:** Προστασία κτιρίων από τον άνεμο μέσω της βλάστησης [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

Ο περιορισμός της μεταφοράς της ρύπανσης και το φιλτράρισμα του αέρα αποτελούν δύο, ακόμη, σημαντικά στοιχεία που αναδεικνύουν τη συμβολή των χώρων πρασίνου στη βελτίωση της αίσθησης άνεσης και, κυρίως, της υγιεινής των πολιτών μέσα στον αστικό ιστό. Η κυκλοφορία των οχημάτων, η βιομηχανία, η κεντρική θέρμανση και, γενικά, οι ανθρώπινες δραστηριότητες ρυπαίνουν και υποβαθμίζουν την ποιότητα του αέρα, ιδιαίτερα στα μεγάλα αστικά κέντρα. Μέρος του ρυπαντικού αυτού φορτίου συγκρατείται από τους χώρους πρασίνου οι οποίοι λειτουργούν ως φίλτρα. Ο καθαρισμός του αέρα είναι μηχανικός, βακτηριολογικός και χημικός [3]. Ο μηχανικός καθαρισμός πραγματοποιείται με τη συγκράτηση της σκόνης από το φύλλωμα των δέντρων, τους θάμνους και τη χλόη στην επιφάνεια του εδάφους. Επίσης, λόγω της μείωσης της ταχύτητας του αέρα όταν διαπερνά τα φυλλώματα, όπως και λόγω της αλλαγής της διεύθυνσής του, τα σωματίδια της σκόνης κατακρημνίζονται. Ο βακτηριολογικός καθαρισμός συντελείται μέσω της έκλυσης βακτηριοκτόνων ουσιών όπως, για παράδειγμα, το όζον ( $O_3$ ) από ορισμένα είδη φυτών, καθώς και πτητικών ουσιών που καταστρέφουν κάποια είδη μικροοργανισμών και παθογόνους μύκητες. Τέλος, ο χημικός καθαρισμός του αέρα συνδέεται με τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Τα φυτά παράγουν οξυγόνο ( $O_2$ ), απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ) και, κάποια από αυτά, μεταβολίζουν ορισμένους ρύπους της ατμόσφαιρας, όπως το διοξείδιο του θείου ( $SO_2$ ).

Ο ιονισμός του αέρα είναι άλλη μια σημαντική διαδικασία που συντελείται στους χώρους πρασίνου. Τα φυτά είναι φορτισμένα αρνητικά, με συνέπεια να συγκρατούν τα θετικά ιόντα και να απωθούν τα αρνητικά, με τα τελευταία να ασκούν ευνοϊκή επίδραση στον οργανισμό σε αντίθεση με τα θετικά. Αναφέρεται, ακόμη, ότι το όζον και το υπεροξείδιο του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ), ενώσεις που παράγονται από την επίδραση των εξατμιζόμενων ρητινωδών ουσιών (τερπένια) πάνω στα σταγονίδια νερού που αιωρούνται στον αέρα, συμβάλλουν στην απορρόφηση οσμών, κυρίως από αέρια αποσύνθεσης [3]. Επίσης, μερικά είδη φυτών επιδρούν διεγερτικά στον ανθρώπινο οργανισμό, ενώ άλλα έχουν ηρεμιστική δράση. Το όζον και οι διάφορες αιθερικές ενώσεις επιδρούν ευνοϊκά στο καρδιαγγειακό και στο αναπνευστικό σύστημα και τονώνουν την κυκλοφορία, βελτιώνοντας το γενικό μεταβολισμό και την αποβολή από τον οργανισμό των διαφόρων ουσιών που προκύπτουν από τον καταβολισμό. Στα παραπάνω πρέπει να προστεθεί και η έκλυση πλήθους αρωμάτων από τα διάφορα φυτά και τα άνθη τους, γεγονός που συμβάλλει στη δημιουργία ενός ευχάριστου και αναζωογονητικού περιβάλλοντος.

Άλλη μια πολύ σημαντική παράμετρος, σχετική με τη συμβολή της βλάστησης στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης στον αστικό ιστό, έχει να κάνει με την ηχορρύπανση. Έχει αποδειχθεί ότι οι ζώνες πρασίνου είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές εναντίον του αστικού θορύβου και η βλάστηση, παράλληλα με τη χρήση της για σκίαση και προστασία από τον άνεμο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως φράγμα ήχου. Επίσης, η δεντροφύτευση κατά μήκος των οδών μειώνει την ένταση του θορύβου από την κυκλοφορία κατά 20-25dB, ανάλογα με την πυκνότητα και το είδος της (Σχ. 1.6) [42].



**Σχήμα 1.6:** Δεντροφύτευση κατά μήκος οδού για τη μείωση του θορύβου κυκλοφορίας [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

Η βλάστηση στις όψεις των κτιρίων και στο έδαφος, μπορεί να αυξήσει τη διάχυση του ήχου στα όρια, μειώνοντας ακόμη περισσότερο το θόρυβο. Η αποδοτικότητά της είναι μεγαλύτερη σε αστικούς χώρους παρά σε ανοιχτό πεδίο, λόγω των πολλαπλών ανακλάσεων. Με τον ίδιο τρόπο, τα δέντρα σε αστικούς χώρους προκαλούν επιπλέον απορρόφηση και διασπορά του ήχου [42]. Από μελέτες [3] έχει προκύψει ότι:

- Η δεντροφύτευση σε μια συνοικία μπορεί να μειώσει το θόρυβο 4-6 φορές.
- Ο θόρυβος από την κυκλοφορία μειώνεται όταν τα ακουστικά κύματα φιλτράρονται μέσα από ζώνες πρασίνου.
- Η ύπαρξη θάμνων ανάμεσα σε ψηλά δέντρα με πλατιά φύλλα βελτιώνει το αποτέλεσμα.
- Τη μεγαλύτερη επίδραση στη μείωση του θορύβου την έχει η φύτευση σε ελεύθερη διάταξη.

Αναφέρεται, ακόμη, ότι πέραν των άλλων λόγων, που έχουν να κάνουν με τους ρύπους και την αισθητική, η ηχορρύπανση που προκαλείται από τις παραγωγικές διαδικασίες επιβάλλει την οριοθέτηση των βιομηχανικών ζωνών με περιμετρικά διατεταγμένους χώρους πρασίνου. Παρομοίως, ανάμεσα στις μεγάλες κυκλοφοριακές αρτηρίες (αυτοκινήτων, τρένων κ.α.) και στις κατοικημένες περιοχές επιβάλλεται η παρεμβολή φυτοπετασμάτων.

Η οπτική άνεση στους ανοιχτούς αστικούς χώρους είναι μία, ακόμη, σημαντική παράμετρος που επηρεάζει η βλάστηση. Η οπτική άνεση έχει να κάνει με το φωτεινό καθεστώς που επικρατεί σε μια περιοχή ή σε ένα χώρο, αλλά και με το θέμα της αισθητικής. Όσον αφορά την πρώτη συνιστώσα, λόγω της διάχυσης της ηλιακής ακτινοβολίας από το φύλλωμα των δέντρων, έχουμε βελτίωση του φωτεινού καθεστώτος στην περιοχή [9]. Επίσης, αποτρέπεται η αίσθηση της θάμβωσης, η οποία προκαλεί είτε οπτική όχληση είτε παρεμπόδιση της όρασης και προκύπτει όταν το



οπτικό πεδίο περιλαμβάνει πολύ υψηλές τιμές φωτεινότητας ή μεγάλες αντιθέσεις φωτεινότητας [42]. Τα παραπάνω προϋποθέτουν μελέτη ώστε ο φυσικός φωτισμός σε συνδυασμό με την κατάλληλη σκίαση να δίνουν το βέλτιστο τελικό αποτέλεσμα. Το κομμάτι της αισθητικής συνδέεται με την οπτική άνεση αφού ένας επιτυχημένος ανοιχτός χώρος, συχνά, σχετίζεται με μια θετική οπτική εμπειρία. Το πράσινο, δηλαδή τα δέντρα, οι θάμνοι, το γρασίδι και τα λουλούδια, συμβάλλει στον εξωραϊσμό των πόλεων σπάζοντας τη γεωμετρική μονοτονία των κτιρίων και των δρόμων και δίνει στους κατοίκους την αίσθηση της επαφής με τη φύση δημιουργώντας ένα ευχάριστο και άνετο περιβάλλον.

Τέλος, δύο ακόμη, σημαντικές παράμετροι που έχουν να κάνουν με τους χώρους πρασίνου των αστικών κέντρων είναι αφενός, η ενοποίηση των χώρων αυτών και αφετέρου, η σύνδεσή τους με το περιαστικό πράσινο. Η απλή παρουσία χώρων πρασίνου στην πόλη δεν είναι αρκετή. Για να είναι δυνατή η άριστη αξιοποίηση των δυνατοτήτων τους, πρέπει να είναι χωροταξικά κατάλληλα κατανομημένοι και να συνδέονται μεταξύ τους με ζώνες πρασίνου σχηματίζοντας, έτσι, ένα εκτεταμένο δίκτυο. Για παράδειγμα, η Αθήνα σήμερα χρειάζεται τη δημιουργία μεγάλων, μεσαίων και μικρών ζωνών πρασίνου που δεν θα είναι απλώς οάσεις μέσα στο ασφυκτικό τσιμέντο (Σχ. 1.7), αλλά θα διαμορφώνουν ένα δίκτυο ροής του αέρα που θα δροσίζει και θα καθαρίζει [4].

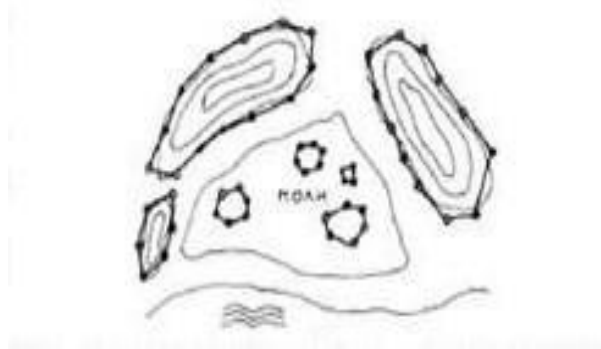


**Σχήμα 1.7:** Χώροι πρασίνου στο κέντρο της Αθήνας [Πηγή: <http://athens9.blogspot.com> (2012)].

Η σύνδεση αστικού-περιαστικού πρασίνου οδηγεί στη δημιουργία ενός αναπνευστικού μηχανισμού για την πόλη και το κέντρο της αερίζεται καλύτερα, δεχόμενο περισσότερο δροσερό αέρα από την περιφέρεια [3]. Σε μια αιεφόρο πόλη, θα πρέπει να είναι δυνατή η πεζή μετάβαση από τους μεγάλους χώρους περιαστικού



πρασίνου στις πρασιές και στις εσωτερικές αυλές των οικοδομικών τετραγώνων, συνδέοντας τα πάρκα με τις πλατείες, τους πεζόδρομους και τους αρχαιολογικούς χώρους. Η ενοποίηση των χώρων πρασίνου στον αστικό ιστό δεν βελτιώνει μόνο το μικροκλίμα, αλλά δημιουργεί και ένα ιδιαίτερο οικοσύστημα μέσα σε αυτόν, το οποίο μπορεί να ενωθεί με το φυσικό οικοσύστημα που υπάρχει στην ευρύτερη περιοχή του. Όσον αφορά το σχεδιασμό, οι περισσότερες ευρωπαϊκές πόλεις τα τελευταία τριάντα χρόνια έχουν υιοθετήσει μια οικολογική στρατηγική, σύμφωνα με την οποία ενθαρρύνεται η διείσδυση των φυσικών στοιχείων στο αστικό τοπίο, επιδιώκοντας την ενοποίηση του πρασίνου των πόλεων με το αντίστοιχο περιαστικό, αλλά και με το περιβάλλον φυσικό οικοσύστημα ως ένα οργανωμένο δίκτυο (Σχ. 1.8), γεγονός που εξασφαλίζει στη βιοποικιλότητα φιλόξενες συνθήκες μέσα στις πόλεις και όχι την αποκομμένη και τμηματική λειτουργία της [9].



**Βήμα 1:** Εντοπισμός, καταγραφή (κτηματογράφηση) και διασφάλιση των υπαίθριων χώρων μέσα και έξω από την πόλη.



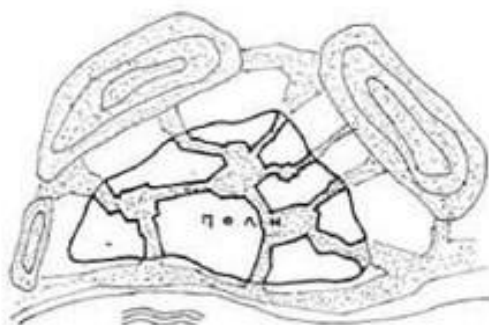
**Βήμα 2:** Ολοκλήρωση του «πράσινου δακτυλίου» (περιαστικοί υπαίθριοι χώροι).



**Βήμα 3:** Διάτρηση του «οικοδομικού τείχους» και διείσδυση στον αστικό ιστό.



**Βήμα 4:** Διεύρυνση των υφιστάμενων «νησίδων» υπαίθριων χώρων.



**Βήμα 5:** Η τελική εικόνα: Συνεχές πλέγμα μετά από τη συνένωση των διευρυμένων «νησίδων» και τη σύνδεσή τους με τις διεισδύσεις.

**Σχήμα 1.8:** Σύνδεση αστικού-περιαστικού πρασίνου και δημιουργία πράσινου δικτύου [Πηγή: Αραβαντινός, Α. και Κοσμάκη, Π. (1988). Υπαίθριοι χώροι στην πόλη, εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα.].

Συνοπτικά, αναφέρεται ότι η δημιουργία δικτύων πρασίνου μπορεί να προσφέρει:

- Σύνδεση των διαφορετικών λειτουργιών των πόλεων
- Ευκαιρίες αναψυχής
- Δυνατότητα σχεδιασμού περιπατητικών διαδρομών
- Προτροπή των κατοίκων για πεζή μετακίνηση
- Δυνατότητα εμπλουτισμού της βιοποικιλότητας των πόλεων
- Δημιουργία νέων ενδιαιτημάτων (Habitats)
- Βελτίωση της θερμικής άνεσης και του αστικού μικροκλίματος

Εν κατακλείδι, οι χώροι πρασίνου, για όλους τους λόγους που αναλύθηκαν σε αυτήν την ενότητα, παίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στη διαμόρφωση των συνθηκών άνεσης, υγιεινής και, γενικότερα, στην αναβάθμιση του βιοτικού επιπέδου των κατοίκων των αστικών κέντρων. Για αυτόν το λόγο, οι ζώνες πρασίνου θα πρέπει να κατανομούνται ομοιόμορφα, σε όλη την επιφάνεια της πόλης και να είναι οργανωμένες σε ένα ενιαίο σύστημα το οποίο θα μπορεί να επιδρά ευνοϊκά σε όλα τα σημεία της. Το εμβαδόν της επιφάνειας πρασίνου που αντιστοιχεί σε κάθε κάτοικο αποτελεί μία πολύ σημαντική παράμετρο, άμεσα συνδεδεμένη με την άνεση και το επίπεδο διαβίωσης στα μεγάλα αστικά κέντρα και ο πίνακας που παρατίθεται (Πιν. 1.2) είναι ενδεικτικός

των μεγάλων διαφορών που υπάρχουν μεταξύ της Αθήνας και άλλων πόλεων (1994) και των προσπαθειών που θα πρέπει να καταβληθούν για τη σύγκλιση των παρακάτω αριθμών [47].

**Πίνακας 1.2:** Εμβαδόν επιφάνειας πρασίνου ανά κάτοικο σε διάφορα αστικά κέντρα [Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ)].

ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΧΩΡΩΝ ΠΡΑΣΙΝΟΥ	
ΠΟΛΗ	m <sup>2</sup> /κατ.
Αθήνα	2,55
Θεσσαλονίκη	2,73
Λονδίνο	9,00
Παρίσι	8,54
Ρώμη	9,00
Βιέννη	20,00
Βαρσοβία	18,00
Άμστερνταμ	27,00
Ρότερνταμ	28,00
Χάγη	27,00
Ζυρίχη	10,00
Βόννη	35,00
Μπορντό	2,00
Βερολίνο	13,00
Ουάσιγκτον	50,00

## 1.5 Η αστική μορφολογία

### 1.5.1 Η μικροκλιματική ποικιλότητα και το «ιδανικό αστικό κλίμα».

Ο μελετητής του αστικού περιβάλλοντος έχει διάφορες επιλογές, όσον αφορά τις σχεδιαστικές λύσεις. Η μορφολογία των κτιρίων, τα υλικά, η βλάστηση, τα στοιχεία νερού, ακόμα και ο εξοπλισμός του περιβάλλοντος χώρου μπορούν να συνεισφέρουν στο σχεδιασμό των αστικών χώρων, παρέχοντας προστασία στο χρήστη από τα αρνητικά και έκθεση στα θετικά στοιχεία του κλίματος, αυξάνοντας έτσι τη χρήση των υπαίθριων χώρων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Μπορεί να αναφερθεί κανείς στην «κατάλληλη ποικιλότητα», όταν οι αρνητικοί παράγοντες μειώνονται και οι θετικές συνθήκες αυξάνονται, παρά στο ιδανικό, ενιαίο μικροκλίμα για μια πόλη [42]. Για παράδειγμα, σε γενικές γραμμές, σε θερμά-ξηρά κλίματα θα πρέπει να υπάρχει περισσότερος σκιασμός παρά θερμική σταθερότητα ενώ σε θερμά-υγρά κλίματα ο άνεμος και ο σκιασμός είναι κρίσιμοι. Σε ψυχρές περιοχές πρέπει να επικρατούν συνθήκες ηλιασμού και άπνοιας. Σε κλίματα με έντονες εποχιακές διαφοροποιήσεις είναι δυνατόν να καθοριστούν ορισμένοι χώροι με συνθήκες κατάλληλες κυρίως για το καλοκαίρι και άλλες για χειμερινή χρήση. Είναι, όμως, πλεονέκτημα για όλα τα

κλίματα και όλες τις εποχές, να υπάρχει ένα κατάλληλο εύρος μικροκλιματικών συνθηκών, ώστε να ενισχύεται η ελευθερία επιλογής. Δηλαδή, η επιτυχία ενός αστικού περιβάλλοντος εξαρτάται περισσότερο από την περιβαλλοντική ποικιλότητα, παρά από τη βέλτιστη εξασφάλιση ενιαίων συνθηκών θερμικής άνεσης και στόχος του σχεδιασμού θα πρέπει να είναι η μεγιστοποίηση περιοχών με διαφορετικές συνθήκες, έτσι ώστε να υπάρχει εύρος επιλογής σε σχέση με το κλίμα, τις δραστηριότητες και τις προτιμήσεις των χρηστών. Παρ' όλα αυτά, ο προσδιορισμός των γενικών συνθηκών που είναι ευνοϊκές ανάλογα με το κλίμα ή την εποχή και της επίδρασης που ασκεί η αστική μορφολογία σε αυτές, μπορεί να οδηγήσει τους μελετητές τόσο στη χωρική επιλογή κατάλληλων χρήσεων, αλλά και σε σχεδιαστικές παρεμβάσεις οι οποίες μπορούν να εξασφαλίσουν τις εκάστοτε επιθυμητές συνθήκες.

Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφερθεί ο ορισμός του «ιδανικού αστικού κλίματος»: Είναι μια κατάσταση της ατμόσφαιρας με υψηλή διαφοροποίηση στο χρόνο και στο χώρο, που επιτρέπει ανομοιογενείς θερμικές συνθήκες για τον άνθρωπο μέσα σε μια απόσταση 150 μέτρων. Το περιβάλλον αυτό πρέπει να είναι ελεύθερο από ρύπανση του αέρα και να μην προξενεί θερμική δυσφορία, λαμβάνοντας υπόψη τις θερμικές διαφορές ευρύτερων κλιματικών ζωνών με την παροχή περισσότερης σκιάς και αερισμού σε τροπικά και θερμά κλίματα ή ανεμοπροστασίας και ηλιασμού σε ψυχρότερα κλίματα [42].

### 1.5.2 Η αστική μορφολογία και παράγωγα φαινόμενα

Με τον όρο «αστική μορφολογία» εννοούμε την τρισδιάστατη μορφή μίας ομάδας κτιρίων και τους χώρους που αυτά δημιουργούν. Ο βασικός λόγος αυτού του τρόπου θεώρησης της αστικής μορφής είναι ότι επιτρέπει στους μελετητές να κατανοήσουν τις επιπτώσεις του στρατηγικού σχεδιασμού χωρίς να εισέλθουν σε λεπτομέρειες του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Ο ρόλος της στη διαμόρφωση του υπαίθριου αστικού μικροκλίματος είναι πρωταρχικής σημασίας και έρευνες, μέσω τεχνικών τρισδιάστατης απεικόνισης της αστικής δομής (Σχ. 1.9), έχουν καταδείξει τη σύνδεση διαφόρων χαρακτηριστικών της με βασικούς μικροκλιματικούς παράγοντες.



**Σχήμα 1.9:** Τρισδιάστατη απεικόνιση της αστικής δομής [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

Οι παράγοντες αυτοί έχουν να κάνουν με τη θερμοκρασία (φαινόμενο θερμικής νησίδας, αστική χαράδρα), την ηλιακή έκθεση, την κίνηση του ανέμου, το ακουστικό περιβάλλον και τη διασπορά του αστικού θορύβου.

Στο σημείο αυτό, κρίνεται σκόπιμη μια λεπτομερέστερη αναφορά στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη παράγραφο, το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με την αυξημένη θερμοκρασία του αέρα σε πυκνά δομημένες αστικές περιοχές, τόσο κατά την ημέρα όσο και κατά τη νύχτα, σε σύγκριση με την αντίστοιχη θερμοκρασία των περιαστικών και των αγροτικών περιοχών. Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι αποτέλεσμα ενός θερμικού πλεονάσματος που προκαλεί διαταραχή στο θερμικό ισοζύγιο των πόλεων. Οι κύριοι παράγοντες που προκαλούν το φαινόμενο αυτό είναι [4]:

- Η γεωμετρία των κτιρίων και των αστικών δρόμων
- Οι θερμικές και οπτικές ιδιότητες των υλικών
- Η ανθρωπογενής θερμότητα
- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου
- Η μειωμένη εξατμισοδιαπνοή και εξάτμιση
- Η μειωμένη ροή του αέρα στους δρόμους

Πέραν της επιβάρυνσης που προκαλεί στη θερμική άνεση των πολιτών, το φαινόμενο της θερμικής νησίδας έχει και ιδιαίτερα αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Έχει διαπιστωθεί ότι απαιτείται πολύ μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας για τον κλιματισμό των κτιρίων στο κέντρο μίας πόλης, σε σχέση με την αντίστοιχη σε κτίρια στα όριά της ή έξω από αυτήν. Παράλληλα με την αύξηση της ενεργειακής κατανάλωσης, καταγράφεται σημαντική αύξηση του απαιτούμενου ηλεκτρικού φορτίου αιχμής, γεγονός που, πολλές φορές, οδηγεί σε σημαντικά προβλήματα κάλυψης των αναγκών αυτών. Για την αντιμετώπισή τους, στην Ελλάδα, η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (Δ.Ε.Η.) χτίζει συνεχώς νέα εργοστάσια υποσταθμούς τα οποία χρησιμοποιούνται μόνο 200 ώρες το χρόνο, όταν το φορτίο αιχμής ανεβαίνει δραματικά λόγω της χρήσης των κλιματιστικών [4].

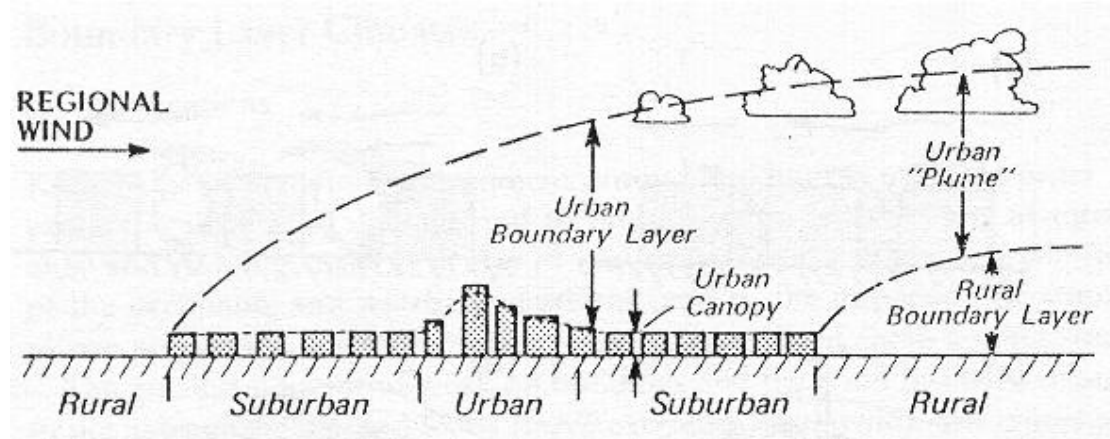
Ένα άλλο φαινόμενο που συνδέεται άμεσα με την αστική δομή είναι αυτό της αστικής χαράδρας. Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με την κυκλοφορία του ανέμου και τη μεταβολή της στρωμάτωσης των θερμοκρασιών στις φυσικές χαράδρες μιας πόλης, οι οποίες σχηματίζονται από τις κατακόρυφες όψεις που περιβάλλουν ένα δρόμο (Σχ. 1.10). Η κατανομή της θερμοκρασίας σε έναν αστικό δρόμο εξαρτάται από τη θερμότητα που απορροφάται και εκπέμπεται από τις επιφάνειες του δρόμου και των κτιρίων και κατ' επέκταση από τις θερμικές ιδιότητες των υλικών (συντελεστής απορρόφησης και συντελεστής εκπομπής) [4].

Όσον αφορά τη ροή του αέρα σε ένα δρόμο, γνωρίζουμε ότι εξαρτάται από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου, δηλαδή το μέσο ύψος των κτιρίων, το πλάτος και το μήκος του, καθώς και από τον προσανατολισμό του. Η πυκνή δόμηση σε μεγάλες εκτάσεις μειώνει την ταχύτητα του ανέμου (Σχ. 1.11, 1.12, Πιν. 1.3), όπως

επίσης εκτρέπει τη ροή του, με αποτελέσματα που γίνονται εμφανή με τη συγκέντρωση ρύπων για μεγάλα χρονικά διαστήματα, με εμφανείς υπερθερμάνσεις τη θερινή περίοδο στα κέντρα των πόλεων που δεν εκμεταλλεύονται την ευνοϊκή επίδραση των ανέμων, καθώς και με τη δημιουργία τοπικών ανέμων σε επίπεδο οδών με απρόβλεπτη συνήθως ένταση. Συνήθως, η διεύθυνση του ανέμου που πνέει σε μία πόλη σχηματίζει γωνία ως προς τον άξονα του δρόμου με αποτέλεσμα την ελικοειδή κίνηση κατά πλάτος και κατά μήκος του. Η αυξημένη ταχύτητα του ανέμου και το φαινόμενο του στροβιλισμού που παρατηρείται σε στενούς αστικούς δρόμους με ψηλά κτίρια, αφενός δημιουργεί δυσάρεστη αίσθηση στον πεζό, αφετέρου δεν επιτρέπει τον καλό φυσικό αερισμό των κτιρίων.



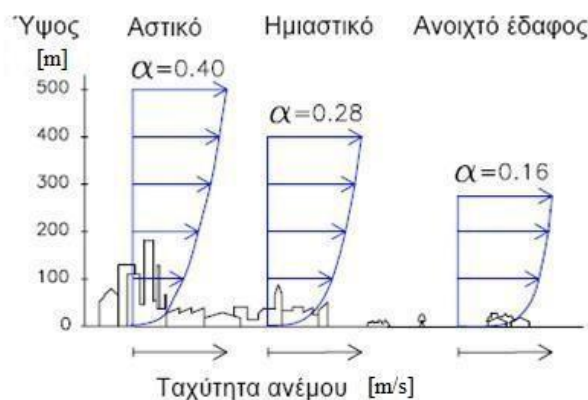
**Σχήμα 1.10:** Οι κατακόρυφες όψεις που περιβάλλουν ένα δρόμο δημιουργούν μια φυσική χαράδρα στις πόλεις [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].



**Σχήμα 1.11:** Αστικό οριακό στρώμα. Είναι ένα φαινόμενο εκτάσεως, τοπικής έως και μέσης κλίμακας, τα χαρακτηριστικά του οποίου εξαρτώνται από αυτά του αστικού ιστού [Πηγή: Αργυρίου, Α. (2006). Στοιχεία Κλιματολογίας Κτιρίων].

**Πίνακας 1.3:** Γεωστροφικό ύψος και τραχύτητα του εδάφους για 3 διαφορετικές περιοχές. Ο ελεύθερος, ανεμπόδιτος άνεμος πάνω από την επιφάνεια της γης ονομάζεται γεωστροφικός. Το γεωστροφικό ύψος ποικίλει, από περίπου 275 m μέχρι περίπου 500 m, ανάλογα με την τραχύτητα  $\alpha$  της γης [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

Είδος περιοχής	Ύψος (m)	$\alpha$
Επίπεδος ανοιχτός χώρος	275	0.16
Ημιαστική ή δασώδης περιοχή	400	0.28
Πυκνοδομημένη αστική περιοχή	500	0.4



**Σχήμα 1.12:** Προφίλ ταχύτητας ανέμου για 3 διαφορετικές περιοχές. Η τραχύτητα  $\alpha$  είναι μεγαλύτερη σε μια πυκνοδομημένη πόλη με ψηλά κτίρια [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].



### 1.5.3 Ο άνεμος

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες, που επηρεάζει τις συνθήκες άνεσης των πεζών σε ανοιχτούς χώρους, είναι ο άνεμος. Οι συνθήκες ανέμου είναι δύσκολο να προβλεφθούν και να ελεγχθούν, καθώς επηρεάζονται από μεγάλο αριθμό παγκόσμιων, περιφερειακών και τοπικών παραγόντων. Σε παγκόσμια κλίμακα, ο άνεμος προέρχεται από τον αέρα που κινείται από περιοχές υψηλής πίεσης προς περιοχές χαμηλής πίεσης. Η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, που προκαλείται από τα παγκόσμια καιρικά συστήματα, επηρεάζονται από την τυπολογία του τοπίου σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Έτσι, λοιπόν, ενδέχεται να υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις συνθήκες ανέμου σε διαφορετικά σημεία μιας πόλης ή ακόμα από το ένα μέρος ενός χώρου στο άλλο [42].

Σε επίπεδο πόλης, μια ορισμένη στάθμη ανέμου μπορεί να χαρακτηριστεί ως επιθυμητή ή ως ανεπιθύμητη, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή. Για παράδειγμα, σε ψυχρά κλίματα ο άνεμος σχεδόν πάντα θα μειώσει τις εξωτερικές συνθήκες άνεσης, ενώ το αντίθετο ισχύει για θερμά κλίματα [42]. Σε επίπεδο όμως ενός συγκεκριμένου υπαίθριου χώρου, ο ίδιος και η χρήση για την οποία προορίζεται καθορίζουν τις επιθυμητές συνθήκες, όπως επίσης ο χρόνος παραμονής σε αυτόν και, ενδεχομένως, η εποχή κατά την οποία χρησιμοποιείται περισσότερο. Ένα πάρκο ή ένας χώρος ξεκούρασης και κοινωνικών συναναστροφών (Σχ. 1.13) αποτελούν παραδείγματα ανοιχτών χώρων όπου οι χρήστες παραμένουν αρκετό χρονικό διάστημα θέτοντας, έτσι, μεγαλύτερες απαιτήσεις ως προς τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν και κατ' επέκταση ως προς την ένταση του ανέμου.

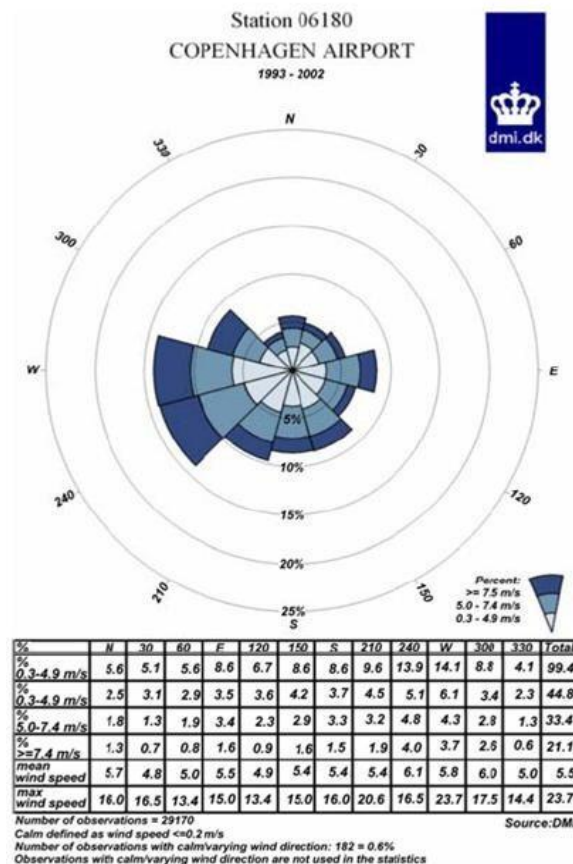


**Σχήμα 1.13:** Υπαίθριοι δημόσιοι χώροι αναψυχής [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].



Υπάρχουν αρκετές ακόμη παράμετροι που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν αξιολογούνται οι συνθήκες ανέμου σε έναν ανοιχτό αστικό χώρο. Θα πρέπει να εξετάζονται το σχήμα του χώρου και τα χαρακτηριστικά της γύρω περιοχής, να είναι γνωστό εάν αναμένονται υψηλές ταχύτητες ανέμου σε αυτήν, εάν ο χώρος είναι προστατευμένος από τον άνεμο ή βρίσκεται σε μία ανοιχτή περιοχή και εάν τα γύρω κτίρια, εφόσον υπάρχουν, μπορούν να επηρεάσουν τη ροή του.

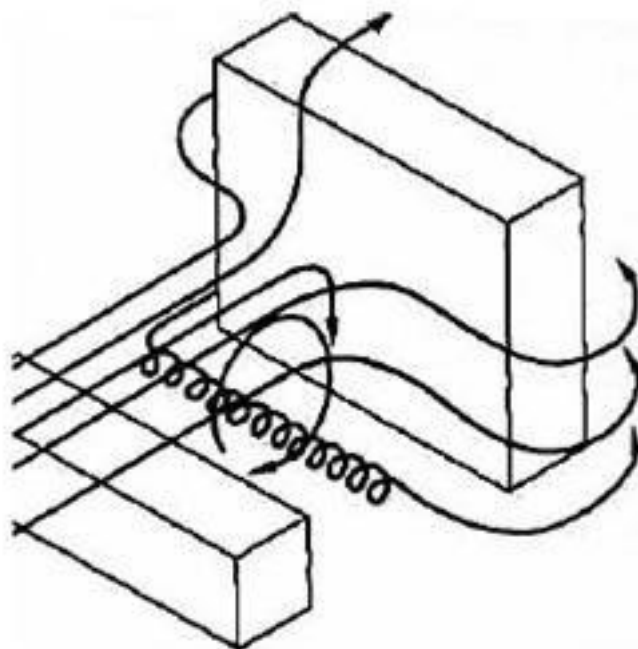
Τα τοπικά ανεμολογικά στοιχεία είναι σημαντικά για την αξιολόγηση των συνθηκών ανέμου σε ανοιχτούς χώρους. Τα πιο σημαντικά είναι η ταχύτητα και η διεύθυνση την περίοδο κατά την οποία ο χώρος χρησιμοποιείται. Αν χρησιμοποιείται όλο το χρόνο, πρέπει να συλλεχθούν στοιχεία για όλες τις εποχές και για κάθε μήνα, εάν υπάρχουν διακριτές διαφορές μεταξύ των μηνών της ίδιας εποχής. Τα στοιχεία συνήθως μετρώνται στα 10 μέτρα πάνω από το έδαφος, σε μετεωρολογικούς σταθμούς εγκατεστημένους σε εξοχικές περιοχές. Τα ανεμολογικά χαρακτηριστικά μπορούν να συλλεχθούν από έναν ανεμολογικό άτλαντα, δηλαδή ένα βιβλίο καταγραφής με ροδογράμματα ανέμου για διάφορες περιοχές της χώρας, που συχνά υπάρχει στα εθνικά μετεωρολογικά ινστιτούτα. Το ροδόγραμμα ανέμου (Σχ. 1.14) είναι μια γραφική απεικόνιση των τοπικών ταχυτήτων και διευθύνσεων του ανέμου για μία συγκεκριμένη τοποθεσία, οι οποίες βασίζονται σε μετρήσεις μιας μακράς χρονικής περιόδου.



**Σχήμα 1.14:** Ροδόγραμμα ανέμου [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

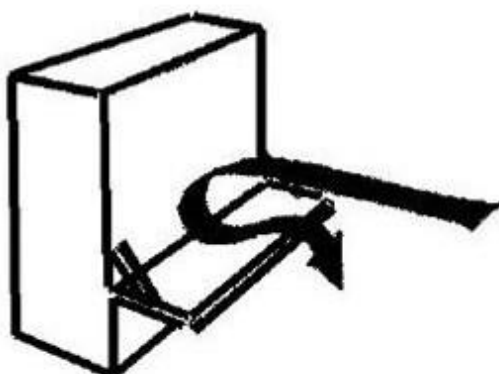
Σημειώνεται ότι η ταχύτητα του ανέμου που μετρείται σε ένα μετεωρολογικό σταθμό σε ύψος 10 μέτρων σε μία ανοιχτή επίπεδη περιοχή, είναι διαφορετική από αυτήν εντός μίας αστικής ή μίας ημιαστικής περιοχής. Η τιμή της μπορεί να αναχθεί στην αντίστοιχη εντός της αστικής περιοχής για δεδομένο ύψος  $H$ , πάνω όμως από τις οροφές των κτιρίων [42]. Αυτό δεν μπορεί να γίνει στη ζώνη των πεζών και γενικότερα σε θέσεις όπου τοπικά εμπόδια, όπως κτίρια, κυριαρχούν στο περιβάλλον του ανέμου. Για αυτές τις περιπτώσεις απαιτούνται δοκιμές σε αεροσήραγγα ή εξελιγμένοι υπολογισμοί ρευστοδυναμικής (Computational Fluid Dynamics - C.F.D.), οι οποίοι χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους. Μία εναλλακτική λύση είναι η χρήση διαγραμμάτων, όμως δεν συνίσταται η αναγωγή αποτελεσμάτων από μία γενική μελέτη ή από μία συγκεκριμένη περίπτωση σε άλλο χώρο σε συνθήκες πραγματικού σχεδιασμού διότι η ροή του ανέμου είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και μικρές αλλαγές μπορούν να διαφοροποιήσουν δραματικά το μοτίβο του ανέμου στο χώρο.

Από τα παραπάνω εύκολα συμπεραίνει κανείς ότι ο κάθε χώρος θα πρέπει να αντιμετωπίζεται ως ειδική περίπτωση. Για το λόγο αυτό είναι δύσκολο να δοθούν αναλυτικές οδηγίες για το σχεδιασμό ανοιχτών αστικών χώρων. Είναι όμως δυνατόν να δοθούν γενικές οδηγίες σχετικά με θέματα τα οποία πρέπει να γνωρίζει ο μελετητής. Για παράδειγμα, πρέπει να αποφεύγονται οι ανοιχτοί χώροι παρακείμενοι σε κτίρια αρκετά υψηλότερα από το μέσο ύψος της γύρω περιοχής. Τέτοια κτίρια μπορούν να προκαλέσουν δυσάρεστο και έντονο κατακόρυφο ρεύμα κατά μήκος των όψεων με φορά προς τα κάτω και να οδηγήσουν σε υψηλής ταχύτητας άνεμο γύρω από τις γωνίες του κτιρίου (Σχ. 1.15).



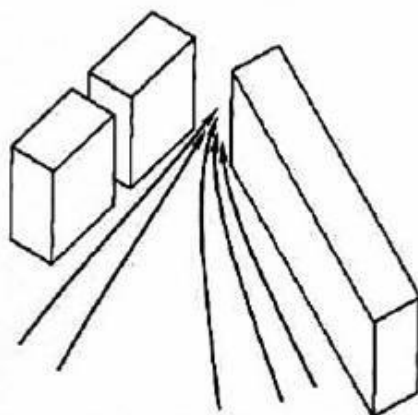
**Σχήμα 1.15:** Ροή ανέμου γύρω από ένα ψηλό και ένα χαμηλό κτίριο [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

Όσο ψηλότερο το κτίριο, τόσο μεγαλύτερη η ταχύτητά του. Το αποτέλεσμα είναι έντονες συνθήκες ροής γύρω από τη βάση και τις γωνίες του κτιρίου, αλλά και οριζοντίως, με κατεύθυνση από το κτίριο αντίθετα στην κύρια κατεύθυνση του ανέμου (φαινόμενο Wise) [42]. Ένα μέτρο για την αποφυγή του φαινομένου είναι η χαμηλότερη δόμηση περιμετρικά του ανοιχτού χώρου. Εάν η αντιμετώπισή του δεν είναι ικανοποιητική ή εφικτή, τότε μπορούν να προστεθούν κατασκευαστικά στοιχεία, όπως βεράντες (Σχ. 1.16). Τα γωνιακά φαινόμενα είναι δύσκολο να αποφευχθούν, αλλά στη ζώνη των πεζών μπορούν να μετριαστούν με τη χρήση ανεμοφρακτών.



**Σχήμα 1.16:** Βεράντα στη βάση ψηλού κτιρίου για την προστασία κατά της κατακόρυφης ροής του αέρα [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

Πρέπει να αποφεύγονται οι ανοιχτοί χώροι σε ανοιχτή σύνδεση με μακριούς ευθύγραμμους δρόμους. Γραμμικές αστικές δομές, από κτίρια για παράδειγμα, μπορούν να δημιουργήσουν το «φαινόμενο του καναλιού» (channel effect), όπου ο άνεμος επιταχύνεται και δημιουργεί δυσάρεστες συνθήκες. Το φαινόμενο παρατηρείται σε δρόμους μακρύτερους από 100-125 μέτρα και θα είναι ακόμα εντονότερο εάν οι δρόμοι σχηματίζουν τούνελ (φαινόμενο Venturi, σχ. 1.17).



**Σχήμα 1.17:** Ειδική περίπτωση του φαινομένου του καναλιού (channel effect) – Το φαινόμενο Venturi [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

Περάσματα ανάμεσα ή κάτω από κτίρια που οδηγούν σε ανοιχτούς χώρους, επίσης μπορούν να δημιουργήσουν ένα είδος τούνελ όπου ο αέρας μπορεί να επιταχυνθεί σημαντικά. Το φαινόμενο αυτό εντείνεται δραματικά όταν συνδυάζεται με ψηλά κτίρια ή μακριούς ευθύγραμμους δρόμους.

Μέτρα προστασίας μπορεί να είναι, για παράδειγμα, η αποφυγή ανοιχτής σύνδεσης μεταξύ του χώρου και του δρόμου, η δημιουργία κοντύτερων δρόμων σε νέες περιοχές, η αποφυγή κατασκευής δρόμων με τον κύριο άξονα κατά την κυρίαρχη διεύθυνση του ανέμου, η διάσπαση της γραμμικότητας του δρόμου με την επισήμανση ότι καμπύλες διατάξεις δεν συνιστώνται καθώς παρουσιάζουν χαμηλή αντίσταση στον άνεμο και τέλος, όπως έχει αναφερθεί αναλυτικά σε προηγούμενη παράγραφο, η φύτευση του δρόμου ώστε να αυξηθεί η αντίσταση στον άνεμο και να μειωθεί η ταχύτητά του. Οι διαστάσεις των ανοιχτών αστικών χώρων μπορούν να σχεδιαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε ο αέρας να ρέει κυρίως πάνω από το χώρο και όχι μέσα σε αυτόν, δημιουργώντας δυσάρεστες συνθήκες στο επίπεδο των πεζών. Αυτό αποκαλείται φαινόμενο πλέγματος (the mesh effect) [42]. Τέλος, σημαντικές παράμετροι είναι η σχέση μεταξύ της επιφάνειας του αστικού χώρου και του ύψους των κτιρίων στα όρια ( ή άλλων κατασκευών όπως ανεμοφράκτες) και η σχέση του πλάτους των ανοιγμάτων με το μήκος της περιμέτρου του χώρου.

#### **1.5.4 Η επίδραση μορφολογικών παραμέτρων στους ανοιχτούς αστικούς χώρους.**

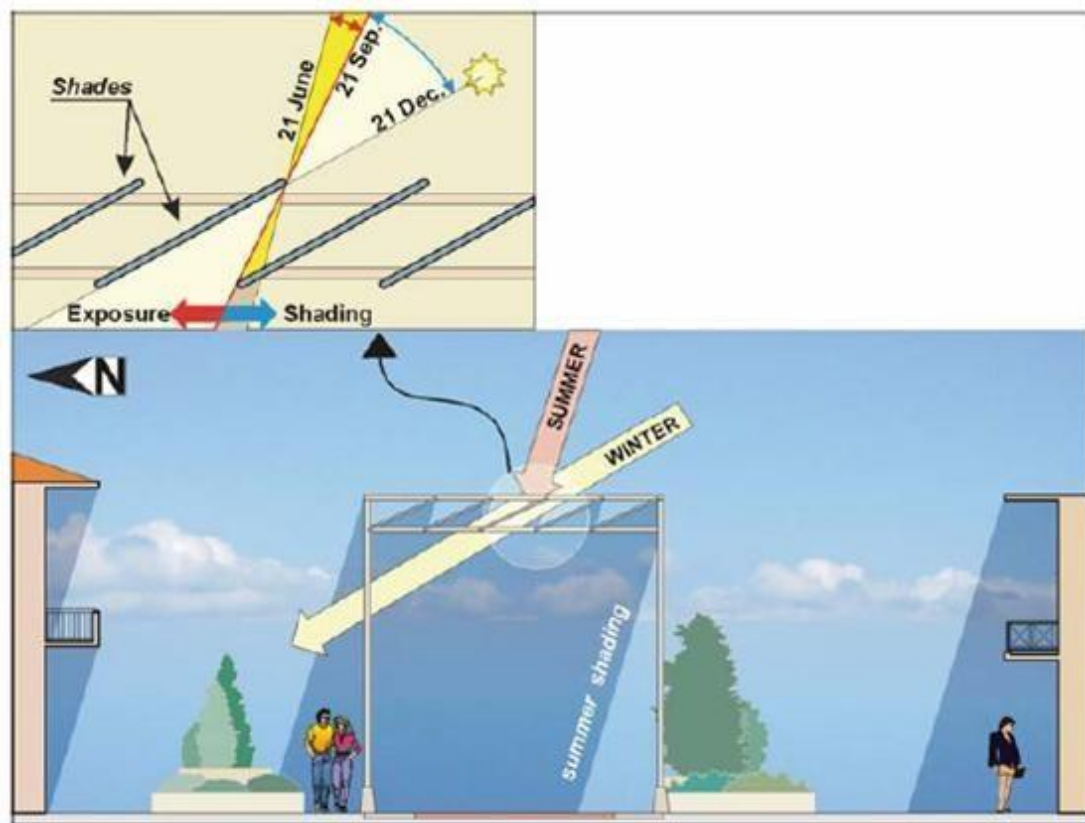
Παρακάτω περιγράφεται ένα φάσμα γεωμετρικών παραμέτρων και η σχέση τους με το αστικό μικροκλίμα. Δίνεται έμφαση στα μορφολογικά χαρακτηριστικά που επιδρούν στην άνεση των εξωτερικών χώρων.

##### **➤ Ο συντελεστής θέασης του ουρανού (Sky View Factor)**

Ο συντελεστής θέασης του ουρανού (Sky View Factor- SVF) είναι απλώς μία μέτρηση της στερεάς γωνίας της θέασης του ουρανού από έναν αστικό χώρο. Ένας SVF με τιμή 1 σημαίνει ότι υπάρχει ανεμπόδιστη θέα του ουρανού, παραδείγματος χάριν από ένα ανοιχτό πεδίο και, κατά συνέπεια, οι θερμοκρασίες θα ακολουθούν στενά τις μετεωρολογικές τιμές. Ένας SVF με τιμή 0 σημαίνει ότι η θέα του ουρανού εμποδίζεται καθολικά και, έτσι, οι θερμοκρασίες θα επηρεάζονται σημαντικά από το αστικό περιβάλλον. Από σχεδιαστής πλευράς, ο συντελεστής SVF σχετίζεται με το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και επηρεάζει σημαντικά τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο αστικό περιβάλλον. Γενικά, χαμηλότερη τιμή του SVF σημαίνει αύξηση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, αν και πρέπει να συνυπολογιστούν και άλλοι παράγοντες, όπως η ανάγκη για σκιά, η οποία μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη σκίαση από στενούς δρόμους. Τέλος σημειώνεται ότι, οπτικά, ένας μεγαλύτερος συντελεστής SVF δίνει την εντύπωση ενός «ανοιχτού» υπαίθριου χώρου, μία αξία που έχει προκύψει ως σημαντικός παράγοντας για τους ανθρώπους.

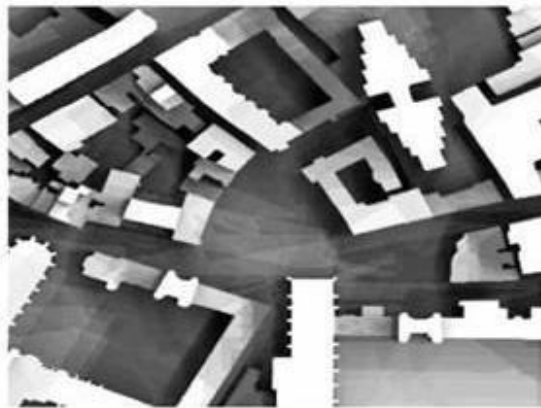
### ➤ Ηλιακός σκιασμός και ώρες ηλιασμού

Στον ελλαδικό χώρο, το κλίμα που επικρατεί είναι το μεσογειακό, με τη μέση ετήσια θερμοκρασία να κυμαίνεται στους 18,4°C, το χειμώνα να είναι ήπιος, βροχερός και σύντομος και το καλοκαίρι να είναι μεγάλο σε διάρκεια, θερμό και ξηρό. Για το μεσογειακό κλίμα, ο ηλιασμός και η ηλιοπροστασία είναι οι βασικότεροι και οι ουσιαστικότεροι διεποχικοί στόχοι του βιοκλιματικού σχεδιασμού υπαίθριων χώρων [4]. Ηλιασμός σημαίνει επιλεκτική έκθεση χώρων στην ηλιακή ακτινοβολία και ηλιοπροστασία ηθελημένη αποφυγή της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο ηλιασμός των υπαίθριων χώρων εξαρτάται από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της πόλης, τον προσανατολισμό των δρόμων, τη διατομή τους και το ύψος των γύρω κτιρίων. Η πρόσβαση στον ήλιο είναι συνάρτηση της σχέσης του ύψους των κτιρίων με το πλάτος του δρόμου ή του χώρου ( $υ/π \leq 0,5$ ). Η ηλιοπροστασία ενός χώρου, επιτυγχάνεται με φυσικά και τεχνητά μέσα. Πέραν της φύτευσης, η οποία πρέπει να εξυπηρετεί τις εποχικές ανάγκες για ηλιασμό το χειμώνα και σκίαση το καλοκαίρι (επιλογή φυλλοβόλων δέντρων), μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνητά μέσα όπως πέργκολες, τέντες, πετάσματα κ.α., που διαστασιολογούνται και τοποθετούνται σύμφωνα με τον προσανατολισμό (Σχ. 1.18).



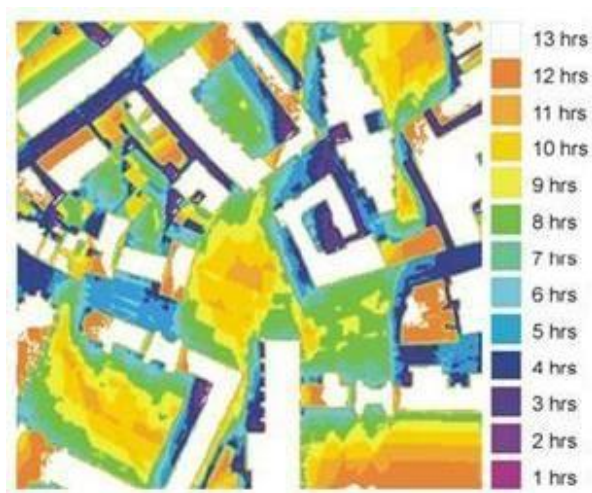
**Σχήμα 1.18:** Οροφή με σκίαστρα νότιου προσανατολισμού τοποθετημένα σε κανονικές αποστάσεις, ώστε να επιτρέπουν την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα μεταξύ τους εμποδίζοντας την υπερθέρμανση. Η κλίση τους επιτρέπει τη δίοδο της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα, ενώ παρέχει πλήρη σκίαση το καλοκαίρι [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

Η χαρτογράφηση του ηλιακού σκιασμού αφορά στη σχεδιαστική αποτύπωση της σκιάς για κάθε ώρα της ημέρας, κάθε μέρα, όλες τις εποχές και την αλληλοεπικάλυψη αυτών των εικόνων, ώστε να δημιουργηθεί ένα ετήσιο προφίλ σκιασμού της περιοχής. Μια τέτοια χαρτογράφηση (Σχ. 1.19) πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό, δεδομένης της σημασίας των παραμέτρων της ηλιακής πρόσβασης και του ηλιακού σκιασμού, ειδικά όταν εξετάζεται η ηλιακή ακτινοβολία, η οποία έχει σημαντική επίδραση στη θερμική άνεση και ο φυσικός φωτισμός.



**Σχήμα 1.19:** Χάρτης Σκιάς Ηλιακής Ακτινοβολίας. Σκουρότερες σκιές αντιστοιχούν σε περιοχές όπου επικρατεί σκιά κατά ετήσιο μέσο όρο [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

Τέλος είναι δυνατόν να δοθεί ο αριθμός των ωρών που οποιοδήποτε τμήμα της περιοχής ενδιαφέροντος δέχεται ήλιο μέσω χαρτών με ισομετρικές καμπύλες (Σχ. 1.20), να καθοριστούν οριακές τιμές και μέσω αυτού να προσδιοριστούν ζώνες με επικρατούσες συνθήκες ηλιασμού ή σκίασης.



**Σχήμα 1.20:** Χάρτης Ωρών Ηλιασμού. Προκύπτει από το Χάρτη Ηλιακού Σκιασμού και κάθε χρώμα αντιστοιχεί στις μέσες ώρες ηλιοφάνειας που δέχεται κάθε περιοχή [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

### ➤ Πεδίο όρασης

Μέσω ενός χάρτη, ο οποίος ονομάζεται χάρτης ορατού πεδίου ή πεδίου οράσεως, είναι δυνατόν να γίνει μία απεικόνιση των επιφανειών που είναι ορατές όταν κανείς στέκεται στο κέντρο ενός αστικού χώρου. Αυτή η χαρτογράφηση του οπτικού πεδίου είναι ένα χρήσιμο σχεδιαστικό εργαλείο κατά την εξέταση του οπτικού ενδιαφέροντος που βιώνει ένας χρήστης όταν βρίσκεται στο χώρο αυτό.

### ➤ Περιβαλλοντική ποικιλότητα

Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενη παράγραφο, κατά το σχεδιασμό ανοιχτών αστικών χώρων, ένα σημαντικό στοιχείο που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι ότι προτιμάται η διαμόρφωση μίας ποικιλίας περιβαλλοντικών συνθηκών, καθώς αυτή είναι η φυσική συνθήκη στους εξωτερικούς χώρους. Με αυτόν το σχεδιασμό μπορεί να δημιουργηθεί ένα εύρος ευνοϊκών περιβαλλοντικών συνθηκών, που θα καλύπτουν ένα μεγαλύτερο φάσμα προσωπικών προτιμήσεων.

#### 1.5.5 Η οπτική άνεση στους αστικούς χώρους

Ένας επιτυχημένος αστικός χώρος σχετίζεται, συχνά, με μια θετική οπτική εμπειρία. Σε αυτήν την οπτική ικανοποίηση μπορούν να συντελέσουν πολλοί παράγοντες, όπως η ανεμπόδιστη θέα του γύρω τοπίου ή των γύρω κτιρίων, η όμορφη βλάστηση, οι εντυπωσιακές προσόψεις των κτιρίων και ο καλοσχεδιασμένος αστικός εξοπλισμός. Όλες αυτές οι παράμετροι σχετίζονται με την αισθητική και είναι, συνεπώς, πηγές «οπτικής ευχαρίστησης».

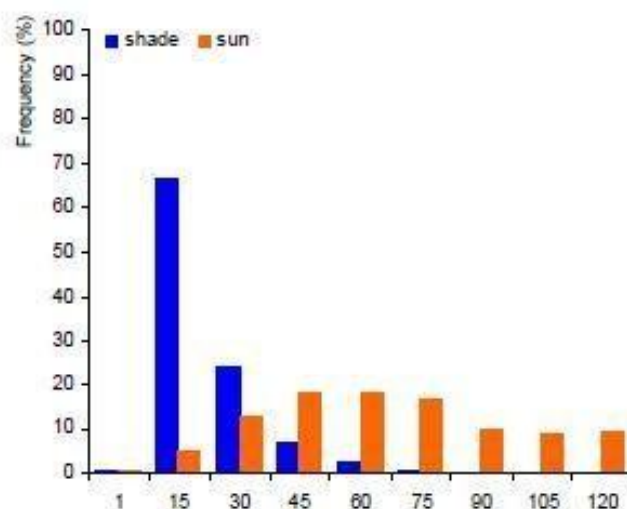
Από μια πιο τεχνική προσέγγιση, για την εξασφάλιση οπτικής άνεσης πρέπει να παρέχεται σε ένα χώρο επαρκής στάθμη φωτισμού, ενώ πρέπει να αποτρέπεται η αίσθηση της θάμβωσης, η οποία προκαλεί οπτική όχληση ή και παρεμπόδιση της όρασης και προκύπτει όταν το οπτικό πεδίο περιλαμβάνει πολύ υψηλές τιμές φωτεινότητας ή μεγάλες αντιθέσεις φωτεινότητας. Παραλείποντας τις παραμέτρους οπτικής ευχαρίστησης που αναφέρθηκαν παραπάνω και οι οποίες είχαν να κάνουν με την αισθητική, ο σχεδιασμός ενός υπαίθριου χώρου πρέπει να είναι τέτοιος, ώστε να αξιοποιεί την φυσική πηγή φωτισμού κατά τη διάρκεια της ημέρας, δηλαδή το ηλιακό φως. Η διείδυση του φυσικού φωτός μέσα στον αστικό ιστό έχει χαρακτηριστεί ως ένας σημαντικός ποιοτικός παράγοντας που απαιτείται να εξασφαλίζεται, ιδιαίτερα σε πυκνοδομημένες περιοχές. Σε πολλές περιπτώσεις, κανονισμοί που αφορούν τον καθορισμό αστικών ζωνών έχουν θεσπιστεί για το σκοπό αυτό [42].

### ➤ Στάθμη φωτισμού και θάμβωση σε ανοιχτούς αστικούς χώρους

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι για τις καθημερινές εργασίες απαιτείται στάθμη φωτισμού, για άνετη οπτική αντίληψη, μεταξύ 100 και 1000 lux. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.21, η οριζόντια στάθμη φωτισμού που έχει καταγραφεί σε ανοιχτούς χώρους, σχεδόν πάντα, υπερβαίνει τα 1000 lux, ακόμα και σε σκιασμένα σημεία. Αυτό επιτρέπει την εύκολη πραγματοποίηση οποιασδήποτε συνήθους εργασίας. Η στάθμη



φωτισμού ενδέχεται να είναι ανεπαρκής τις ώρες της αυγής ή του σούρουπου ή σε πολύ πυκνοδομημένες περιοχές με βαθιές αστικές χαράδρες μικρού πλάτους [42].



**Σχήμα 1.21:** Κατανομή ημερήσιας στάθμης φωτισμού σε 2 ανοιχτούς χώρους στο Fribourg της Ελβετίας. Οι μετρήσεις έγιναν για 2 εβδομάδες κάθε εποχή. Ο οριζόντιος άξονας αναφέρεται στα άνω όρια της κατάταξης του φωτισμού (Παρόμοιες μετρήσεις παρατηρήθηκαν και σε άλλες τοποθεσίες στην Ευρώπη) [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

Από έρευνες έχει προκύψει ότι οι χρήστες των ανοιχτών χώρων δέχονται ευχαρίστως άφθονο φως, ιδιαίτερα αυτό του ήλιου. Όσον αφορά το θέμα της θάμβωσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι η πιο συχνή αιτία φαίνεται να είναι οι όψεις των κτιρίων γύρω από ένα χώρο. Ο ουρανός και οι ημιδιαφανείς επικαλύψεις φαίνονται ως η δεύτερη αιτία θάμβωσης. Τέλος, το έδαφος ή το πεζοδρόμιο επίσης προκαλούν θάμβωση, αλλά αυτό παρατηρείται μόνο κάτω από υψηλές στάθμες φωτισμού, που δεν συναντώνται υπό σκιά.

#### ➤ Διείσδυση του ηλιακού φωτός και οπτική άνεση

Όπως αναφέρθηκε, το ηλιακό φως είναι ιδιαίτερα επιθυμητό στους ανοιχτούς χώρους. Ταυτόχρονα, η οπτική άνεση διατηρείται όταν το πεδίο όρασης προσφέρει αρκετές αντιθέσεις κοντά στη διεύθυνση του ορίζοντα, όπου λαμβάνουν χώρα οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Η πρόσπτωση του ηλιακού φωτός στο επίπεδο του εδάφους είναι σίγουρα η βασική πηγή των αντιθέσεων, ακόμα και κατά την αλλαγή του με χρόνο. Συνεπώς, μια επιπλέον απαίτηση κατά το σχεδιασμό αφορά στο ποσοστό ηλιασμού ενός ανοιχτού χώρου, όπου η ηλιαζόμενη περιοχή θα πρέπει να καλύπτει, όλες τις ώρες, το 20% - 80% της συνολικής επιφάνειάς του [42].

#### ➤ Η θέα του ουρανού από ανοιχτούς χώρους

Από την ανάλυση του πού κοιτούν οι χρήστες των ανοιχτών χώρων, προκύπτει ότι η πιο συχνή κατεύθυνση του βλέμματος προσανατολίζεται είτε προς το «ανοιχτό» τμήμα ενός χώρου, για παράδειγμα όπου η θέα του ουρανού εμποδίζεται λιγότερο,



είτε προς συγκεκριμένες δραστηριότητες. Επίσης προκύπτει ότι οι γύρω όψεις των κτιρίων, συχνά, θεωρούνται αιτίες θάμβωσης. Η σχετική οπτική εντύπωση από τον ουρανό και τις όψεις των κτιρίων, ταυτόχρονα, είναι δυνατόν να εκτιμηθεί. Για παράδειγμα, μπορούν να προσδιοριστούν τα σημεία όπου ο ουρανός καταλαμβάνει μεγαλύτερο μέρος του οπτικού πεδίου απ' ό,τι τα γύρω κτίρια. Σε αυτά τα σημεία αναμένεται ενίσχυση της οπτικής άνεσης και μικρότερη επίδραση των χρωμάτων και των υλικών των προσόψεων. Αυτό συνεπάγεται ότι σε αυτά τα σημεία οι συνθήκες οπτικής ή μη άνεσης επηρεάζονται λιγότερο από τις επεμβάσεις του μελετητή. Στο στάδιο του σχεδιασμού θα είναι, συνεπώς, χρήσιμο να χαρτογραφηθούν τα σημεία ενός ανοιχτού χώρου όπου κυριαρχεί η ελεύθερη θέα του ουρανού. Τέτοια σημεία μπορεί να θεωρηθεί ότι σχηματίζουν τον «πυρήνα» του ανοιχτού χώρου, ο οποίος επηρεάζεται σημαντικά από το ύψος των γύρω κτιρίων. Για παράδειγμα, μόλις ο λόγος ύψος/πλάτος μιας αστικής χαράδρας περάσει το  $\approx 1/2$ , ο πυρήνας της εξαφανίζεται πλήρως [42].

### 1.5.6 Ηχητικό περιβάλλον και ακουστική άνεση στους ανοιχτούς αστικούς χώρους

#### ➤ Περιγραφή του ηχητικού τοπίου

Το ακουστικό περιβάλλον είναι μία σημαντική παράμετρος της φυσιολογικής άνεσης στους ανοιχτούς δημόσιους χώρους. Για ένα σωστό και επιτυχημένο σχεδιασμό θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όχι μόνο φυσικές, αλλά και κοινωνικές, ψυχολογικές και φυσιολογικές παράμετροι. Ένα μοντέλο για την περιγραφή του ηχητικού τοπίου περιγράφεται στο σχήμα 1.22 και περιλαμβάνει 4 σημεία: τα χαρακτηριστικά της κάθε ηχητικής πηγής, την ακουστική επίδραση του χώρου, τις κοινωνικές και άλλες παραμέτρους.

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες ήχων μέσα στον αστικό ιστό, όπως ήχοι προερχόμενοι από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, ήχοι που προορίζονται για να τραβούν την προσοχή και ονομάζονται προβάλλοντες ήχοι ή σήματα και ήχοι που ξεχωρίζουν και αναγνωρίζονται από την τοπική κοινωνία και τους επισκέπτες (και συχνά χαρακτηρίζουν το χώρο), οι οποίοι ονομάζονται ήχοι – ορόσημα. Για κάθε πηγή ήχου πρέπει να ληφθούν υπόψη η στάθμη ηχητικής πίεσης (Sound Pressure Level – SPL), το φάσμα, οι χρονικές συνθήκες, η θέση και η απόσταση της πηγής από τους χρήστες του χώρου, η κίνησή της και τα ψυχολογικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά [42]. Η στάθμη ηχητικής πίεσης μετρείται σε dBA, ένα μετρικό σύστημα που βασίζεται στην αίσθηση των ανθρώπων σχετικά με τους ήχους.

Η ακουστική επίδραση που ασκεί ο ίδιος ο ανοιχτός αστικός χώρος είναι ιδιαίτερα σημαντική. Τα όρια και τα στοιχεία του τοπίου μπορούν να προκαλέσουν αντήχηση, γεγονός που επηρεάζει την ακουστική άνεση. Η αντήχηση μπορεί να εκφραστεί με καμπύλες εξασθένησης ή χρόνο αντήχησης (RT). Ως χρόνος αντήχησης ορίζεται ο χρόνος που χρειάζεται ένας ήχος για να εξασθενήσει κατά 60 dB, μετά τη σιγή της πηγής. Πέραν της αντήχησης, το μοτίβο ανάκλασης και/ή ηχώγραμμα πρέπει να



**Σχήμα 1.22:** Πλαίσιο για την περιγραφή του ακουστικού τοπίου σε ανοιχτούς δημόσιους αστικούς χώρους [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

ελεγχθεί για τυχόν ακουστικά ελαττώματα, όπως η ηχώ και το εστιακό φαινόμενο (focus effect). Είναι επίσης χρήσιμη η γνώση του γενικού θορύβου βάθους (υποβάθρου) και των ειδικών ηχητικών πηγών γύρω από τον ανοιχτό χώρο που εξετάζεται ή σχεδιάζεται, καθώς και σε ολόκληρη την πόλη. Έχει παρατηρηθεί ότι το γύρω ακουστικό περιβάλλον μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την υποκειμενική αξιολόγηση ενός ανοιχτού αστικού χώρου. Τα κοινωνικά χαρακτηριστικά των χρηστών επίσης παίζουν σημαντικό ρόλο και θα πρέπει να συλλεχθούν οι σχετικές πληροφορίες. Αυτές περιλαμβάνουν το φύλλο, την ηλικιακή ομάδα, τον τόπο κατοικίας (π.χ. κάτοικος της περιοχής ή από άλλη πόλη), την προηγούμενη ακουστική εμπειρία, το ακουστικό περιβάλλον στο σπίτι και στο χώρο εργασίας, καθώς και το γενικό κοινωνικό και εκπαιδευτικό υπόβαθρο. Η αλληλεπίδραση μεταξύ της ακουστικής άνεσης και άλλων παραμέτρων, όπως η θερμική και η οπτική άνεση, επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη. Για παράδειγμα, η επίδραση των οπτικών εικόνων περιορίζει την αρνητική εντύπωση μιας χαμηλής ηχητικής ποιότητας αντιστοιχώντας, σε ορισμένες περιπτώσεις, σε μείωση κατά 10dB της στάθμης ηχητικής πίεσης [42].

➤ **Αντίληψη ηχητικού τοπίου**

Το  $Leq$  (Ισοδύναμη Συνεχής Στάθμη Θορύβου) σε μία χρονική περίοδο έχει υιοθετηθεί ευρύτητα ως ένας δείκτης γενικής χρήσης για τον περιβαλλοντικό θόρυβο. Για ανοιχτούς αστικούς χώρους, όμως, η στάθμη ήχου στο υπόβαθρο, παραδείγματος χάριν η

$Leq_{90}$ , δηλαδή η το 90% υπερβαίνουσα στάθμη ήχου, είναι ένας άλλος βασικός

δείκτης. Ένα χαμηλό  $Leq_{90}$  κάνει τους ανθρώπους να αισθάνονται πιο ήσυχα, ακόμα και αν οι προβάλλοντες ήχοι φθάνουν σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Γενικά, η υποκειμενική αξιολόγηση της στάθμης ήχου σχετίζεται με το μέσο  $Leq$ . Η ακουστική άνεση, όμως, δεν σχετίζεται απαραίτητα με την υποκειμενική ηχητική στάθμη λόγω της φυσιολογικής προσαρμογής κατά την αντίληψη του ηχητικού τοπίου. Το περιεχόμενο ενός ήχου, εάν για παράδειγμα σημαίνει κάτι ή όχι, είναι επίσης πολύ σημαντικό κατά την αξιολόγηση της ακουστικής άνεσης [42].

Οι άνθρωποι, γενικά, προτιμούν φυσικούς ήχους και ήχους που σχετίζονται με την κουλτούρα τους παρά τεχνητούς ήχους. Ήχοι αυτοκινήτων και κατασκευαστικών έργων θεωρούνται οι πιο ενοχλητικοί ενώ ουδέτεροι θεωρούνται αυτοί των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Επίσης, το πολιτισμικό υπόβαθρο και η μακροχρόνια περιβαλλοντική εμπειρία παίζουν σημαντικό ρόλο στην ηχητική προτίμηση. Τέλος, ατομικά χαρακτηριστικά, όπως η ηλικία και το φύλλο, επηρεάζουν περαιτέρω τις ηχητικές προτιμήσεις.

➤ **Σχεδιασμός ηχητικού τοπίου**

Ένα πλαίσιο για το σχεδιασμό του ηχητικού τοπίου παρουσιάζεται στο σχήμα 1.23. Για να δημιουργηθεί ένα καλό ακουστικό περιβάλλον, συνιστάται ο έλεγχος του θορύβου βάθους (υποβάθρου) ώστε αυτός να μην υπερβαίνει ένα ορισμένο όριο, συνήθως τα 65dBA. Η μείωση του θορύβου μπορεί να γίνει σε 3 σημεία: στην πηγή, στην πορεία του ήχου και στο δέκτη. Σε ένα ελεύθερο πεδίο, κάθε διπλασιασμός της απόστασης συνεπάγεται πτώση της στάθμης ηχητικής πίεσης (SPL) κατά 6 dB για μια σημειακή πηγή και 3 dB για μια γραμμική πηγή [42]. Για τη μείωση της στάθμης ήχου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ηχοφράγματα.



**Σχήμα 1.23:** Διαδικασία σχεδιασμού του ακουστικού τοπίου [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].

### ➤ Όρια χώρου και αστικός εξοπλισμός

Με την αύξηση του συντελεστή απορρόφησης των ορίων, η στάθμη ηχητικής πίεσης μειώνεται αναλογικά. Σε αστικούς χώρους με όρια διαχυτικά ανακλαστικά η αντήχηση είναι πολύ μικρότερη και η εξασθένηση του ήχου μεγαλύτερη από ότι σε αυτούς με γεωμετρικά ανακλαστικά όρια, εκτός αν ο λόγος ύψος/πλευρά είναι μεγάλος, για παράδειγμα ίσος με την μονάδα. Ακόμα και για όψεις ή έδαφος, όπου μόνο το 20%, περίπου, της ενέργειας που προσπίπτει στα όρια ανακλάται διαχυτικά, το ακουστικό πεδίο πλησιάζει αυτό που προκύπτει από καθαρά διαχυτικά ανακλαστικά όρια. Αυτό σημαίνει ότι η επίδραση της προσθήκης, ακόμα και μικρού, ποσοστού διάχυσης σε έναν αστικό χώρο όπου οι ανακλάσεις είναι, κυρίως, κατοπτρικές μπορεί να είναι πολύ αποδοτική στη μείωση του αστικού θορύβου.

Όπως τα διαχυτικά όρια, έτσι και ο εξοπλισμός του δρόμου, όπως φωτιστικά, φράχτες, τοίχοι, παγκάκια, τηλεφωνικοί θάλαμοι κ.λπ. μπορεί να είναι πολύ αποδοτικός στη μείωση του θορύβου. Ο ρόλος της βλάστησης είναι σημαντικότατος και έχει αναλυθεί εκτενώς σε προηγούμενη ενότητα.

### ➤ Ήχοι ορόσημα

Όταν η στάθμη ηχητικής πίεσης μειωθεί, περίπου στα 65dBA, η ποιότητα του ηχητικού τοπίου μπορεί να βελτιωθεί περεταίρω με την ένταξη ήχων που προτιμώνται περισσότερο και οι οποίοι μπορεί να είναι τόσο ενεργητικοί, όσο και παθητικοί ήχοι – ορόσημα.

Οι ενεργητικοί ήχοι – ορόσημα σχετίζονται με ενδιαφέρουσες δραστηριότητες όπως, για παράδειγμα, η ζωντανή μουσική η οποία είναι πολύ δημοφιλής, ανεξάρτητα από το είδος της. Είναι σημαντικό να επιλέγονται συγκεκριμένες θέσεις για τέτοιες δραστηριότητες και να γίνεται μελέτη για τον ακουστικό σχεδιασμό του χώρου. Σε περίπτωση χρησιμοποίησης μεγαφώνων, τόσο το είδος της μουσικής, όσο και η στάθμη του θορύβου πρέπει να μελετηθούν προσεκτικά, ώστε να μην προκαλούν ενόχληση.

Για τη δημιουργία παθητικών ήχων – οροσήμων μπορούν να εφαρμοστούν πολλά στοιχεία σχεδιασμού, καλύπτοντας λειτουργικές και αισθητικές ανάγκες, τα οποία θα παράγουν και ελκυστικούς ήχους. Το νερό σε μορφή σιντριβανιών, πηγών ή μικρών καταρρακτών, συχνά χρησιμοποιείται σαν στοιχείο αρχιτεκτονικής του τοπίου σε αστικούς χώρους. Οι ήχοι του νερού είναι ευχάριστοι για τους περισσότερους ανθρώπους, αλλά θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα ο ρυθμός της ροής, ο οποίος συνιστάται να μην είναι συνεχής. Η διατήρησή των ήχων στην ίδια στάθμη μπορεί να κάνει τους ανθρώπους να χάσουν το ενδιαφέρον τους και την επίδρασή τους στην ψυχολογική προσαρμογή των χρηστών του χώρου να μειώνεται με το χρόνο [42].

## 1.6 Κλιματικές «περιοχές» και μορφές αστικής ανάπτυξης για τη βέλτιστη θερμική απόδοση.

Ένα άμεσο δίδαγμα που λαμβάνουμε παρατηρώντας και μελετώντας τους παλιούς, παραδοσιακούς οικισμούς, είναι η στενή σχέση που υπάρχει μεταξύ της φυσικής μορφολογίας και της διαμόρφωσής τους με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν σε αυτούς. Σε απλούς όρους, οι «χαλαρές», αραιές αστικές δομές προσφέρουν μια διαφορετική θερμική απόδοση από αυτή των «σφιχτών», πυκνών δομών. Η αστική δομή μπορεί, μέχρι ενός βαθμού, να επηρεάσει ή να τροποποιήσει το μικροκλίμα μιας περιοχής και να προσφέρει βελτίωση των θερμοκρασιακών συνθηκών βελτιώνοντας, κατά συνέπεια, τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Τα σύγχρονα αστικά κέντρα έχουν διαμορφωθεί αγνοώντας αυτό το δίδαγμα και για ένα πλήθος αιτιών, με κυρίαρχες τις πολιτικές και οικονομικές παραμέτρους, απέχουν αρκετά από αυτό που σήμερα αποκαλούμε βιοκλιματικό αστικό σχεδιασμό και βιώσιμη πόλη. Συνέπεια αυτών των επιλογών είναι η δημιουργία δυσμενών συνθηκών για την υγεία των κατοίκων των αστικών κέντρων αλλά και ένα αυξημένο κοινωνικό κόστος.

Κάθε κλιματική «περιοχή», δηλαδή κάθε κατηγορία κλίματος, απαιτεί ένα διαφορετικό σχεδιασμό και τύπο ανάπτυξης του αστικού ιστού, ώστε να βελτιστοποιηθεί η θερμική του απόδοση. Για παράδειγμα ο άνεμος, ο οποίος αποτελεί μία από τις πλέον βασικές παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό, καθώς είναι ένα αρκετά αισθητό στοιχείο του αστικού μικροκλίματος που επηρεάζει κατά πολύ τη θερμική άνεση, μπορεί να χαρακτηριστεί είτε ως θετικός είτε ως αρνητικός παράγοντας, ανάλογα με το γενικότερο κλίμα της περιοχής και την εποχή. Είναι λοιπόν απαραίτητο, κατά το σχεδιασμό των σύγχρονων αστικών κέντρων, να δανειζόμαστε γνώσεις και θεωρίες από ποικίλα επιστημονικά πεδία όπως αυτό της αστικής κλιματολογίας, της βοτανικής, της περιβαλλοντικής γεωγραφίας και ακόμη να λαμβάνουμε υπόψη εξειδικευμένα θέματα, όπως αυτό της συμπεριφοράς της σκόνης και να τα εισάγουμε στη διαδικασία του αστικού σχεδιασμού, ούτως ώστε να ενισχύσουμε την άνεση στον αστικό ιστό.

### 1.6.1 Κλιματικές «περιοχές»

Από πλευράς αστικού σχεδιασμού, μπορούμε να ταξινομήσουμε το κλίμα σε έξι κατηγορίες. Κάθε μία από αυτές είναι ιδιαίτερη και διαθέτει το δικό της βασικό προφίλ, απαιτώντας εξειδικευμένες σχεδιαστικές λύσεις (Πιν. 1.4). Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν σχεδιαστικές επιλογές εφαρμόσιμες και αποτελεσματικές σε περισσότερες της μιας κατηγορίες κλίματος, παρά τις ξεκάθαρες διαφορές που υπάρχουν όπως, για παράδειγμα, ανάμεσα στο θερμό – υγρό και στο ψυχρό – υγρό κλίμα. Καθένας από τους έξι κλιματικούς τύπους εισάγει ένα διαφορετικό μοντέλο σχετικά με τη θερμική απόδοση, ημερήσια και εποχική, έχοντας το δικό του φυσικό αλλά και ανθρωπογενή χαρακτήρα που επηρεάζει το αστικό μικροκλίμα. Έτσι, ένας επιτυχημένος σχεδιασμός προϋποθέτει την εις βάθος κατανόηση όλων αυτών των χαρακτηριστικών.

Πίνακας 1.4: Οι κύριες κλιματικές «περιοχές», το προφίλ τους, τα σημαντικότερα προβλήματα, οι βασικές σχεδιαστικές λύσεις και οι προτιμώμενες αστικές δομές [Πηγή: Golany, G. S. (1992). *Urban design morphology and thermal performance*].

Main climates, example (1)	Basic Profiles (2)	Major problems (Issues) (3)	Basic urban design response (4)	Preferred urban form (5)
Hot-humid (equatorial zone)	Hot diurnally and seasonally with minor temperature range Heavy rain More comfort at high elevation	Excessive heat High humidity	Ventilation: open ends and dispersed form Widely open streets to support wind movement Extensive shadow Dispersion of high rise buildings to support ventilation Combined variation of building heights Wide, yet shadowed open spaces Shadowing, planned tree zones	Dispersed form with open ends to support ventilation
Cold-humid, temperature (northern U.S.A. and southern Canada)	Snowy Windy, blizzard conditions Very cold nights	Low temperature Winter and summer high precipitation Windy	Heating (passive and active): Mixture of open and enclosure forms Protected edges at winter windward side (with structures or trees) Uniformed building heights Medium dispersed open space Circumferential and intersecting tree strips	Mixed of open and controlled enclosure forms
Hot-dry (middle east and north Africa)	Intense solar radiation Large temperature amplitude between day and night Dusty storms Torrential rain Low cloudy days Intense dehydration High salinization Evaporation exceeding precipitation	Excessive dryness combined with high day temperature Dusty and stormy	Compact forms Shadowing Evaporative cooling Protected urban edges from hot winds Windward location near a body of water Narrow winding neighborhood roads and alleys Mix of building height to shadow the city Small, dispersed, and protected public open spaces Circumferential and intersecting tree zones Use of Geo-space city concept	Compact form
Cold-dry (inland plateau)	Stressful and uncomfortable Strong dry cold wind	Excessive low temperature associated with dryness Stressful wind	Compact and aggregate forms, clustered forms Protected urban edges Narrow winding neighborhood roads and alleys Uniformed city height Small, dispersed, and protected public open spaces Circumferential and intersecting tree zones Use of Geo-space city concept	Compact and aggregates form, clustered forms

Πίνακας 1.4 (Συνέχεια)

Main climates, example (1)	Basic Profiles (2)	Major problems (Issues) (3)	Basic urban design response (4)	Preferred urban form (5)
Seashore strips (desert coasts)	Windy and stormy Breeze system High humidity Erosive	High humidity Windy	<i>In humid region:</i> Moderately dispersed form Open urban edges Wide streets perpendicular to the shore to receive the breeze Dispersed high rise buildings to receive ventilation Variety of building heights Wide public open space Shadowing planned tree zones	<i>In humid regions</i> Moderately dispersed form  <i>In dry region:</i> Compact and protective toward the inland  <i>In dry region:</i> High rise buildings mixed with low height Small protected dispersed public open spaces Shadowing planned tree zones
Mountain slopes (lower middle and high slopes)	Windy and increasing air circulation Higher relative humidity than the lowland Provide healthy and moderate climate Enhance attractive view	Windy	Semicompact form: mix of compact and dispersed Horizontal stress and alleys to enhance the view Low height buildings Small dispersed public open spaces Non obstructive protected tree zones Use of Geo-space city concept	Semi-compact form: mixed of compact and clustered

## 1.6.2 Τοποθεσία και προσανατολισμός

Είναι προφανές ότι καθολικές, γενικής χρήσης λύσεις δεν υπάρχουν και ότι κάθε περίπτωση πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά. Στη συνέχεια παρατίθενται βασικές αρχές που μπορούν να αποτελέσουν οδηγό και να βοηθήσουν κατά τη διαδικασία του βιοκλιματικού σχεδιασμού [24].

### ➤ **Επιλογή τοποθεσίας**

Η επιλογή της τοποθεσίας, είτε σε επίπεδο αστικού ιστού στο σύνολό του είτε σε επίπεδο γειτονιάς, είναι κρίσιμη για κάθε τύπο κλίματος. Έχει αντίκτυπο στη θερμική απόδοση της πόλης, στην οικονομία της, στην υγεία των πολιτών και στην ενέργεια που αυτοί καταναλώνουν. Από τη στιγμή που μία τοποθεσία επιλεγεί και αναπτυχθεί, η κατάσταση είναι πλέον μη αναστρέψιμη. Μια τέλεια τοποθεσία είναι σχεδόν ανέφικτη και συχνά γίνεται συμβιβασμός, ανάλογα με τα εκάστοτε κριτήρια επιλογής της.

### ➤ **Υψόμετρο**

Για κάθε 100 μέτρα αύξησης του υψόμετρου έχουμε μείωση κατά 1°C της θερμοκρασίας και αντιστρόφως. Ως εκ τούτου, μεγαλύτερα υψόμετρα προτιμώνται στην περίπτωση μεγάλων αστικών κέντρων, ειδικά σε θερμές – υγρές και σε θερμές – ξηρές ζώνες.

### ➤ **Θερμοκρασία ανέμου**

Ο αερισμός είναι θεμελιώδους σημασίας, ειδικά για πόλεις σε θερμές – υγρές ζώνες. Επίσης, παρ' όλο που ο άνεμος δεν είναι επιθυμητός σε ένα θερμό – ξηρό κλίμα, μπορεί να ειπωθεί πως, γενικά, άνεμοι προερχόμενοι πάνω από υδάτινα σώματα όπως μία λίμνη ή θάλασσα ή άνεμοι σε υψηλότερα υψόμετρα είναι δροσεροί και βελτιώνουν τη θερμική άνεση.

### ➤ **Δροσισμός λόγω εξάτμισης**

Τοποθεσίες παρακείμενες σε σώματα νερού μπορούν να μειώσουν σημαντικά τη θερμοκρασία στις οικιστικές τους ζώνες, εάν οι τελευταίες τοποθετηθούν σωστά ώστε να παραλαμβάνουν τον άνεμο με την επικρατούσα διεύθυνση.

### ➤ **Αστικός αερισμός**

Σε ένα θερμό – υγρό κλίμα η κίνηση του αέρα και ο εξαερισμός είναι θεμελιώδη στοιχεία για τη μείωση της θερμοκρασίας του αστικού χώρου. Είναι σημαντικό μία πόλη σε ένα τέτοιο κλίμα να δέχεται αέρα στην ευρύτερη περιοχή και εντός της.

### ➤ **Πλαγιά**

Η επιλογή της πλαγιάς αντί της κοιλάδας υπερτερεί, όσον αφορά το φαινόμενο της αναστροφής, που στην μετεωρολογία δηλώνει γενικά την παρέκκλιση από την



φυσιολογική κατανομή των ιδιοτήτων της ατμόσφαιρας καθ' ύψος κάτι που, για παράδειγμα, μπορεί να οδηγήσει στην παγίδευση αιθαλομίχλης κοντά στο έδαφος και επίσης υπερτερεί όσον αφορά την κυκλοφορία του αέρα. Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με τη μόλυνση της ατμόσφαιρας από την κυκλοφορία των οχημάτων και τους ρύπους της βιομηχανίας, αποτελούν μία σοβαρή απειλή για την υγεία των κατοίκων των αστικών κέντρων.

#### ➤ **Παράκτιος άνεμος**

Όταν ο αερισμός είναι σημαντικός, όπως σε θερμά – υγρά κλίματα, οι παράκτιες τοποθεσίες είναι επιθυμητές. Αυτές θα πρέπει να συνοδεύονται από δρόμους σχεδιασμένους έτσι ώστε να δέχονται τον άνεμο και να διευκολύνουν τον αερισμό, ιδίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η πρακτική αυτή είναι δόκιμη και εφαρμόσιμη τόσο σε θερμά – υγρά κλίματα, όσο και σε θερμά – ξηρά.

#### ➤ **Προσανατολισμός**

Η επιλογή του προσανατολισμού των οικιστικών περιοχών μιας πόλης έχει άμεση σχέση και συνέπειες στην υγεία των κατοίκων, στο βαθμό άνεσης και στην κατανάλωση ενέργειας. Ο βαθμός έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία είναι σημαντικός για τον καθορισμό των ποικίλων χρήσεων γης και για το σχεδιασμό των κατοικιών. Οι πλαγιές με νότιο προσανατολισμό δέχονται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία σε σύγκριση με αυτές με ανατολικό ή δυτικό. Οι πλαγιές με βόρειο προσανατολισμό απολαμβάνουν περισσότερη σκίαση και δέχονται επαρκή φωτισμό χωρίς αρκετή ακτινοβολία. Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή του προσανατολισμού θα πρέπει να γίνεται ύστερα από συνεκτίμηση και σύνθεση παραμέτρων που αφορούν στην ηλιακή ακτινοβολία, στον αερισμό και στην ανταλλαγή θερμότητας, στη θέα σε συνδυασμό με το γενικότερο τοπίο και στη σχετική υγρασία, όπως αυτή σχετίζεται με τη γειτνίαση με υδάτινα σώματα.

### **1.6.3 Αστικές δομές**

Από την άποψη της θερμικής απόδοσης, μπορούμε να κατατάξουμε τις διάφορες αστικές δομές σε 4 κατηγορίες: τη συμπαγή δομή, την αραιή δομή και τις δομές σε συγκροτήματα (συστάδες) [24].

#### ➤ **Η συμπαγής δομή**

Τα χαρακτηριστικά του ιδεώδους συμπαγούς αστικού μοντέλου είναι η αυξημένη οικιστική πυκνότητα (π.χ. μέσω επαναχρησιμοποίησης αποβιομηχανοποιημένων ζωνών, αστικών αναπλάσεων κ.α.), η ανάμιξη των χρήσεων γης, η ενίσχυση του κέντρου με υπερτοπικές λειτουργίες, η συγκέντρωση της αστικής ανάπτυξης γύρω από σταθμούς και οδικούς άξονες με παράλληλη αύξηση της προσπελασιμότητας και χωρητικότητάς τους και, τέλος, ο καθορισμός σαφών και στεγανών αστικών ορίων [5]. Όσον αφορά τη θερμική της απόδοση, η συμπαγής αστική δομή ανταποκρίνεται θετικά σε θερμά – ξηρά και σε ψυχρά – ξηρά κλίματα. Πέραν αυτού, ευνοεί τη μείωση της χρήσης και του ποσοστού ιδιοκτησίας οχημάτων ιδιωτικής χρήσης (I.X.),

οπότε και την αντίστοιχη μείωση της έκλυσης καυσαερίων, τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση και δροσισμό, την αύξηση της αποδοτικότητας της παραγωγής, τη μείωση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας των δικτύων υποδομής και την εξοικονόμηση χρόνου και ενέργειας για επικοινωνία. Τέλος, το συμπαγές αστικό μοντέλο έχει τον μικρότερο αντίκτυπο στο ευαίσθητο και, ήδη, ιδιαίτερα επιβαρυνόμενο περιβάλλον.

### ➤ **Η αραιή δομή**

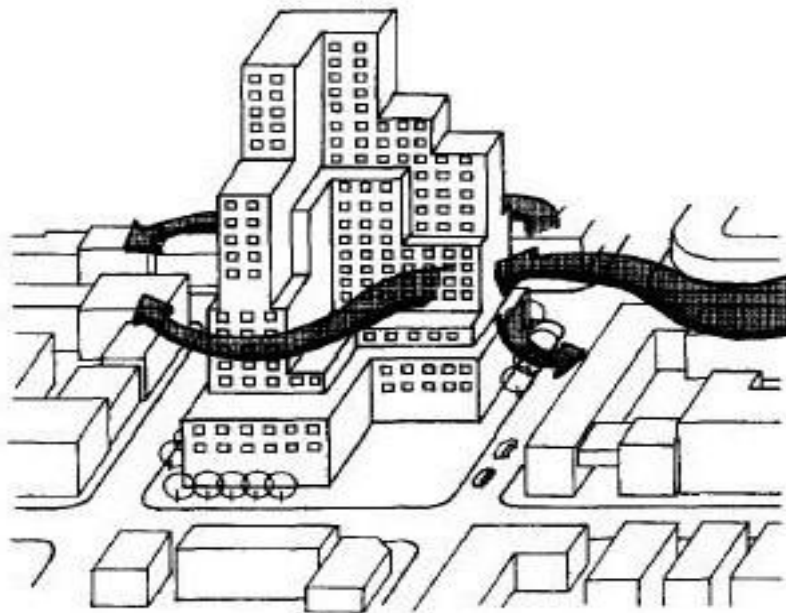
Η αραιή δόμηση έχει εφαρμοστεί συχνά και με αυξητική τάση, τόσο στο σύνολο των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (Η.Π.Α.), όσο και, πρόσφατα, σε πολλές ανεπτυγμένες χώρες της Ευρώπης. Χαρακτηρίζεται από χαμηλή πληθυσμιακή πυκνότητα, ανεξάρτητες μονώροφες ή διώροφες κατοικίες, εξασφάλιση μεγάλων ελεύθερων δημόσιων χώρων και απουσία σαφούς διαχωριστικής γραμμής μεταξύ των κτισμένων περιοχών στην περιφέρεια του αστικού ιστού και της υπαίθρου, εκτός αυτού [24]. Το χαλαρό αυτό αστικό μοντέλο εφαρμόζει μια αραιή και εκτεταμένη κατανομή των υπηρεσιών, των δρόμων και των υποδομών και καταναλώνει περισσότερους οικονομικούς πόρους για το σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία της πόλης, σε σύγκριση με τις άλλες αστικές δομές. Διευκολύνει τον αερισμό και την κυκλοφορία του αέρα, στοιχείο σημαντικό για τα θερμά – υγρά κλίματα αλλά είναι εκτεθειμένο στις ευρύτερες κλιματικές συνθήκες.

### ➤ **Δομή κατά συστάδες**

Η δομή αυτή συντίθεται από ένα σύνολο διακριτών συγκροτημάτων οικιστικής ή διαφορετικής χρήσης, τα οποία βρίσκονται σε πολύ κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Ανταποκρίνεται θετικά σε ψυχρά – ξηρά και σε θερμά - ξηρά κλίματα και μπορεί να ενσωματωθεί εύκολα στο περιβάλλον ενώ, ταυτόχρονα, δημιουργεί ελεγχόμενες κλιματικές συνθήκες, διαφορετικές από τις επικρατούσες έξω από αυτή.

#### **1.6.4 Μορφολογία της πόλης και θερμική απόδοση**

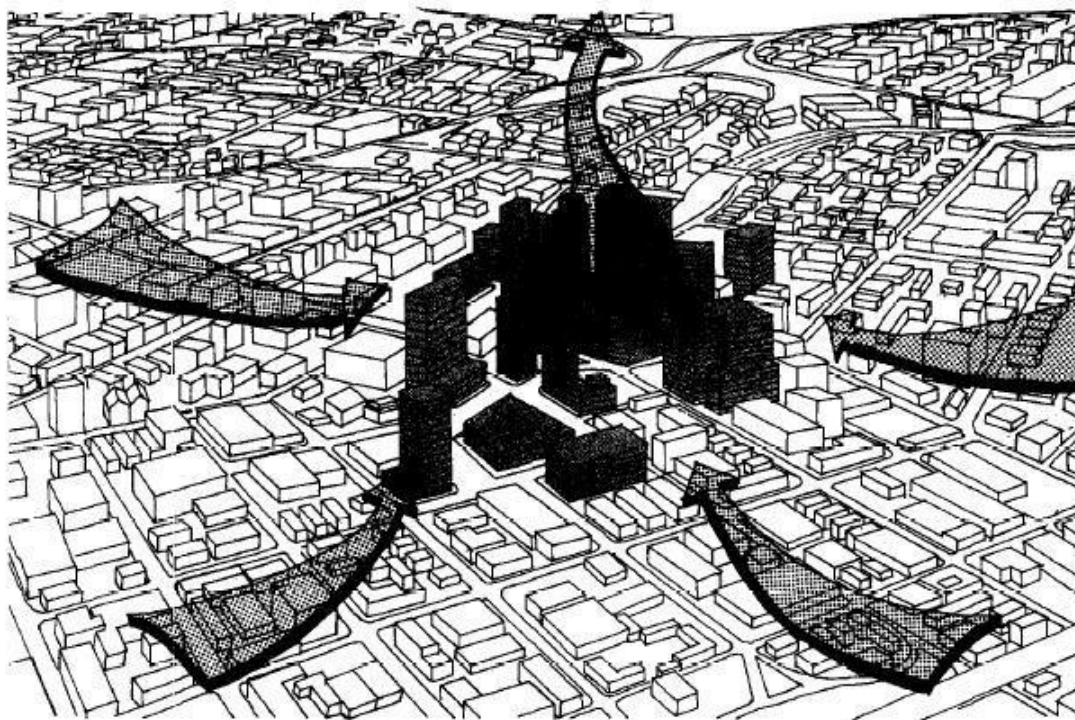
Η διαμόρφωση του αστικού ιστού μπορεί να ελαττώσει την ταχύτητα του ανέμου και να υποστηρίξει την αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας. Επιπρόσθετα, η κίνηση του αέρα μέσα σε αυτόν εξαρτάται από τη μορφολογία του, τη γεωμετρία του και το σχεδιασμό και προσανατολισμό των οδών. Σε παλιούς οικισμούς σε θερμά – ξηρά κλίματα οι οροφές ήταν επίπεδες στο ίδιο, κατά προσέγγιση, ύψος (2-3 όροφοι) σχηματίζοντας μια «οριζόντια πλατφόρμα» η οποία επέτρεπε στο δυνατό άνεμο να περνά, σχεδόν ανεμπόδιστα, πάνω από αυτήν. Σε θερμά – υγρά κλίματα, αντιθέτως, οι με έντονη κλίση οροφές επιβραδύνουν και εκτρέπουν, κατά ένα βαθμό, τη ροή του ανέμου. Τα μοντέρνα αστικά κέντρα συντίθενται από ένα σύνολο κατασκευών διαφορετικού ύψους που «σπάνε» αυτή τη ροή και την εκτρέπουν, υπό ορισμένες συνθήκες, προς παρακείμενες οδούς (Σχ. 1.24) [24].



**Σχήμα 1.24:** Στα μοντέρνα αστικά κέντρα, μεμονωμένα ψηλά κτίρια εκτρέπουν τη ροή του αέρα σε διαφορετικές διευθύνσεις, συμβάλλοντας στον αερισμό παρακείμενων οδών [Πηγή: Golany, G. S. (1992). *Urban design morphology and thermal performance*].

Όπως έχει αναλυθεί, στον αστικό ιστό, το θερμικό ισοζύγιο είναι διαφορετικό σε σχέση με αυτό της υπαίθρου λόγω της αντικατάστασης του πρασίνου με υλικά που απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε θερμότητα. Σε μία πόλη με ξηρό κλίμα, η ηλιακή ακτινοβολία που απορροφάται κατά τη διάρκεια της ημέρας από τα κτίρια, επιστρέφεται με ταχύ ρυθμό στην ατμόσφαιρα τη νύχτα. Λόγω της απουσίας νεφών και της χαμηλής σχετικής υγρασίας, η θερμοκρασία πέφτει σημαντικά. Μια πυκνοδομημένη πόλη θα απελευθερώσει αυτή τη θερμότητα με πιο αργό ρυθμό [24].

Η θερμότητα που απορροφάται κατά τη διάρκεια της ημέρας ανεβάζει τη θερμοκρασία και η πτώση της στο κέντρο του αστικού ιστού πραγματοποιείται πιο αργά από ότι στην περιφέρειά του. Η διάρθρωσή του, η διάταξη των οδών και η κατασκευή των κτιρίων επηρεάζουν την ταχύτητα με την οποία ο άνεμος διέρχεται μέσα από αυτόν. Επιπλέον, το κέντρο του θερμαίνει τα υπόλοιπα τμήματά του λόγω της πρόσθετης θερμότητας που παράγεται σ' αυτό από τις αυξημένες ανθρώπινες δραστηριότητες και την κίνηση των οχημάτων. Μετακίνηση αέρα ή ακόμα και στροβιλισμοί μπορούν να προκληθούν λόγω των θερμών αέριων μαζών που ανεβαίνουν στο κέντρο του αστικού ιστού και του δροσερού αέρα που έρχεται από την περιφέρεια για να τις αντικαταστήσει, μέσω ευθύγραμμων και ανοιχτών δρόμων (Σχ. 1.25). Ισχυροί άνεμοι, προερχόμενοι από τη θάλασσα, μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικοί όταν οι δρόμοι σχεδιάζονται κάθετοι προς την ακτογραμμή. Στενοί και ελυσόμενοι δρόμοι αναμένεται να επιβραδύνουν την διαδικασία της εξάτμισης και να έχουν αυξημένη σχετική υγρασία σε σχέση με φαρδιούς στην ίδια πόλη.



**Σχήμα 1.25:** *Ανερχόμενος θερμός αέρας στο κέντρο του αστικού ιστού. Δροσερός αέρας από την περιφέρεια έρχεται να τον αντικαταστήσει [Πηγή: Golany, G. S. (1992). Urban design morphology and thermal performance].*

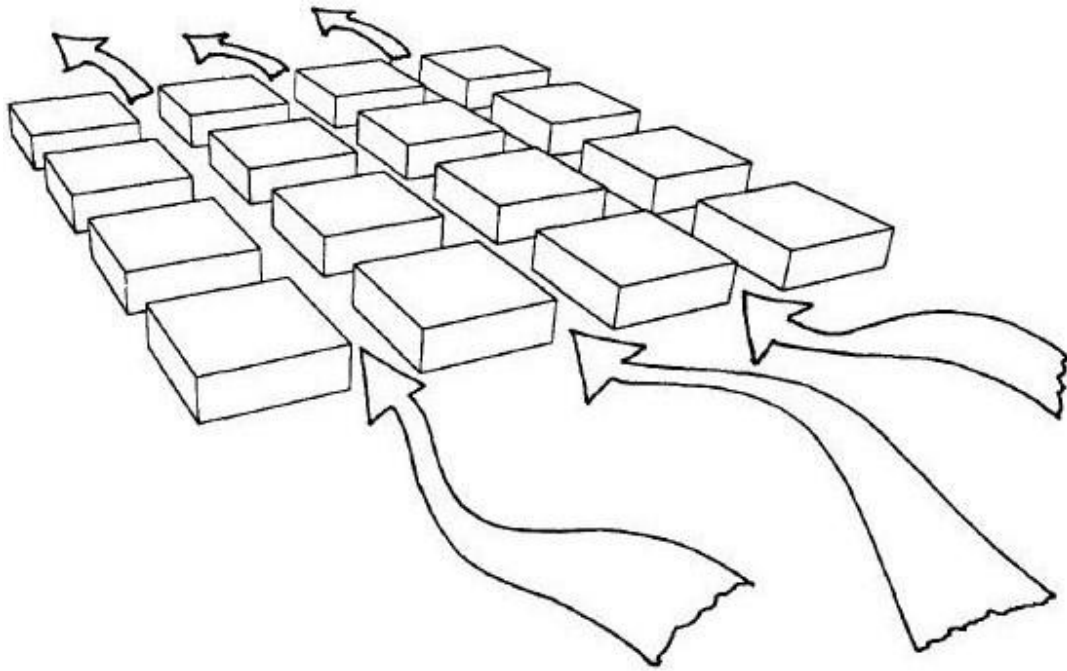
Η διαφοροποίηση των φυσικών φορμών μέσα στον αστικό ιστό, οι προσανατολισμοί, τα ύψη, οι συνθέσεις, τα συγκροτήματα κτιρίων, η πυκνότητα δόμησης, το πόσο κεντρικό είναι ένα σημείο της πόλης ή όχι και φυσικά η ένταση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, έχουν ως συνέπεια τη δημιουργία διαφορετικών μικροκλιματικών συνθηκών σε διαφορετικά της σημεία. Κατά συνέπεια, κάθε μέρος της πόλης διαφέρει ως προς τη θερμική του απόδοση σε σχέση με τα υπόλοιπα. Μερικά βασικά σημεία που αξίζει να προσεχθούν και σχετίζονται με τη θερμική απόδοση είναι [24]:

➤ **Αστικές θερμικές διαφοροποιήσεις**

Τα κεντρικά σημεία σε ένα αστικό κέντρο είναι θερμότερα, σε σχέση με την περιφέρεια και τα προάστια, κυρίως λόγω της έντασης των δραστηριοτήτων και της αυξημένης πυκνότητας δόμησης.

➤ **Προσανατολισμός περιφερειακών οδών**

Στην περιφέρεια των αστικών κέντρων, οι δρόμοι που είναι ευθυγραμμισμένοι με τη διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων, επιτρέπουν τη βαθύτερη διείσδυση των τελευταίων στο εσωτερικό του ιστού (Σχ. 1.26).



**Σχήμα 1.26:** Σύστημα οδικών αξόνων σε μορφή κανάβου, το οποίο διευκολύνει τη διείσδυση του ανέμου βαθιά μέσα στον αστικό ιστό [Πηγή: Golany, G. S. (1992). *Urban design morphology and thermal performance*].

Σε ψυχρά – ξηρά κλίματα, η διείσδυση του ψυχρού ανέμου από την περιφέρεια θα μειώσει περαιτέρω τη θερμοκρασία της πόλης, κάνοντας τους κατοίκους των απομακρυσμένων από το κέντρο περιοχών να καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια για θέρμανση. Σε μια περιοχή με θερμό – ξηρό κλίμα, η περιφέρεια θα δέχεται ζεστό και σκονισμένο αέρα κατά τη διάρκεια της ημέρας και ψυχρότερο άνεμο τη νύχτα. Κατοικίες σε τέτοιες περιοχές θα ξοδεύουν περισσότερη ενέργεια για θέρμανση ή δροσισμό, σε σχέση με αυτές που βρίσκονται στο κέντρο της πόλης. Αντίθετα, σε θερμά – υγρά κλίματα, ένας τέτοιος άνεμος θα είναι ευπρόσδεκτος, αφού θα δροσίζει την πόλη.

Πολλά από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω έθιξαν, έμμεσα, το ζήτημα της χρήσης γης. Βασικές αρχές που θα πρέπει να ακολουθούνται κατά το σχεδιασμό είναι [24]:

➤ **Επιλογή τοποθεσίας και επικρατούντες άνεμοι**

Οι οικιστικές περιοχές πρέπει να κατανέμονται έτσι, ώστε η αιθαλομίχλη, η σκόνη και ο θόρυβος να μη μεταφέρονται σε αυτές μέσω των επικρατούντων ανέμων.

➤ **Μεγάλοι ανοιχτοί χώροι**

Σε περιοχές ή σημεία όπου πνέουν ισχυροί άνεμοι και δημιουργούνται συχνά στροβιλισμοί, καλό είναι να αποφεύγεται ο σχεδιασμός μεγάλων ανοιχτών χώρων, ώστε να ελαχιστοποιείται και η σκόνη. Σε κάθε περίπτωση, οι χώροι αυτοί θα πρέπει να είναι λιθοστρωμένοι ή φυτεμένοι.

➤ **Διαχωρισμένες (Segregated) χρήσεις γης**

Ο διαχωρισμός στη χρήση γης ενδείκνυται στις περιπτώσεις της βιομηχανίας, των μεταφορών, των αποθηκευτικών χώρων και, γενικά, σε όλες εκείνες τις περιπτώσεις στις οποίες οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα ενέχουν κινδύνους για την υγεία των πολιτών ή αρνητική επίδραση στο μικροκλίμα.

➤ **Ενοποιημένες (Integrated) χρήσεις γης**

Σε περιοχές με θερμό – ξηρό ή ψυχρό – ξηρό κλίμα, ενδείκνυται η ενοποιημένη χρήση γης για κατοικίες, εμπόριο (λιανικό) και αγορές, υποδομές σχετικές με την εκπαίδευση και δημόσιους ανοιχτούς χώρους πρασίνου. Αυτός ο τρόπος χρήσης γης προσφέρει κοντινές αποστάσεις, θερμική άνεση και προώθηση των κοινωνικών συναναστροφών. Επίσης έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση γης, την αύξηση της χρήσης της από όλες τις κατηγορίες πολιτών και τη μείωση της εξάρτησης από τα Ι.Χ. οχήματα.

➤ **Γειτνίαση χρήσεων γης**

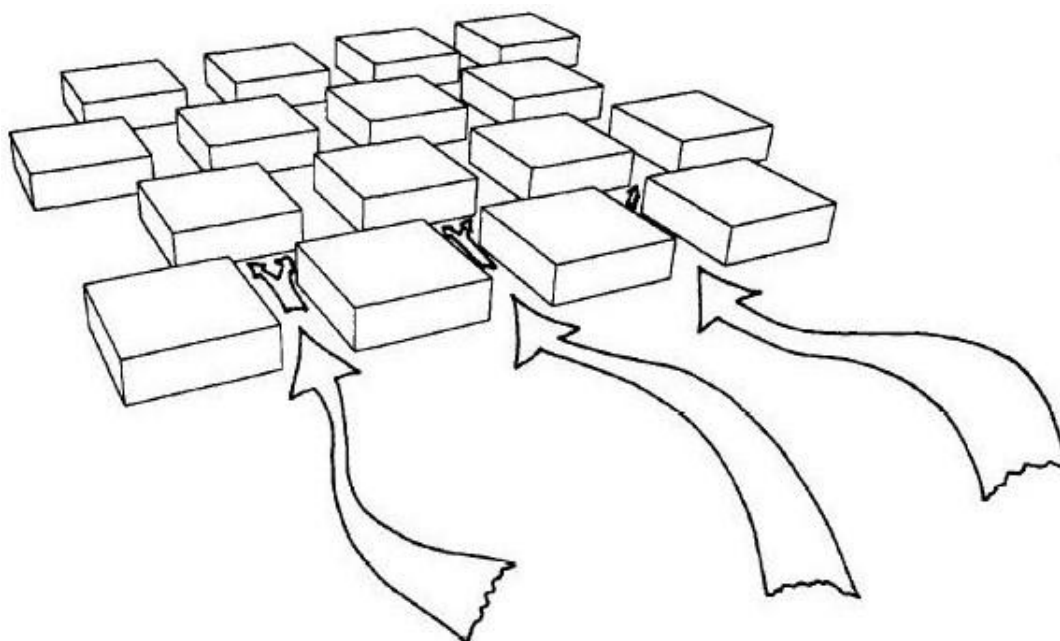
Οι μικρές αποστάσεις για την πραγματοποίηση των καθημερινών δραστηριοτήτων στον αστικό ιστό θα αυξήσουν την πυκνότητα χρήσης γης και θα διευκολύνουν τις μετακινήσεις μέσω σκιασμένων και κλιματικά προστατευμένων χώρων, όπως πλατείες και αίθρια. Επίσης θα μειώσουν τις σχετικές απαραίτητες συγκοινωνιακές υποδομές για την κάλυψή τους όπως και την αντιστοιχούσα κατανάλωση ενέργειας για την πραγματοποίηση των μετακινήσεων.

➤ **Προσανατολισμός δρόμων μέσα στον αστικό ιστό**

Δρόμοι σχεδιασμένοι ευθύγραμμοι και παράλληλοι μεταξύ τους θα διευκολύνουν την κίνηση του αέρα προς το εσωτερικό και εντός του αστικού ιστού. Άνεμοι που φυσούν πάνω από άστρωτα με κάποιο υλικό (πέτρα, ασφαλτος κ.λπ.) ή χωρίς βλάστηση τμήματα, θα δημιουργήσουν συνθήκες σκόνης και συγκέντρωση σκουπιδιών σε διάφορες θέσεις. Επιπλέον, θα μεταφέρουν έντονη θερμότητα (σε θερμά – ξηρά κλίματα) ή έντονο ψύχος (σε ψυχρά – ξηρά κλίματα). Από την άλλη, δρόμοι κάθετοι μεταξύ τους (σε μορφή κανάβου), μπορούν να ελαττώσουν τη ταχύτητα των ανέμων, γεγονός ιδιαίτερα θετικό στην περίπτωση που οι τελευταίοι συνοδεύονται από σκόνη και να φέρουν δροσερότερους ή θερμότερους ανέμους κατά τη διάρκεια της ημέρας και τη νύχτα. Για τη μείωση της κίνησης του αέρα, η διάταξη των οδών όπως φαίνεται στο επόμενο σχήμα είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική (Σχ. 1.27).

➤ **Το πλάτος των δρόμων**

Μικρού πλάτους, ελισσόμενοι ή μορφής «ζιγκ – ζαγκ» δρόμοι προστατεύουν από ψυχρούς και θερμούς ανέμους, δέχονται ελάχιστη ηλιοφάνεια, ελάχιστους ανέμους με σκόνη και διατηρούν σκιασμένους χώρους κατά τη διάρκεια της ημέρας. Σε θερμές – ξηρές συνθήκες, προσφέρουν ένα δροσερό και άνετο μικροκλίμα το οποίο μπορεί να



**Σχήμα 1.27:** Δρόμοι αυτής της διάταξης επιβραδύνουν το διεισδύοντα άνεμο [Πηγή: Golany, G. S. (1992). *Urban design morphology and thermal performance*].

διατηρεί μέρος της θερμότητάς του τις ψυχρές νύχτες. Σε θερμά – υγρά κλίματα, οι φαρδοί δρόμοι βοηθούν στον αερισμό της πόλης αλλά χρειάζονται καλό σκιασμό, μιας και δέχονται μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας, αποθαρρύνοντας με αυτόν τον τρόπο την πεζή μετακίνηση των πολιτών. Η συσσώρευση θερμότητας από την ηλιακή ακτινοβολία αυξάνεται με τη χρήση ασφάλτου και μειώνεται με τη λιθόστρωση ή τη χρήση τσιμέντου.

### ➤ Μεγάλοι ανοιχτοί δημόσιοι χώροι

Οι μεγάλοι ανοιχτοί χώροι σε μια πόλη έχουν το δικό τους μικροκλίμα και παίζουν σημαντικό ρόλο, ιδιαίτερα σε ψυχρά – υγρά κλίματα, αλλά και στις υπόλοιπες περιπτώσεις. Σε θερμά – ξηρά κλίματα ένας τέτοιος χώρος, κατά τη διάρκεια της ημέρας, χαρακτηρίζεται από δυσάρεστες συνθήκες ζέστης, ειδικά εάν είναι καλυμμένος με ασφαλτικό υλικό, σκόνης και θερμών ανέμων, αποτελώντας σημείο προς αποφυγή για τους κατοίκους. Σε ψυχρά – ξηρά κλίματα οι χώροι αυτοί χαρακτηρίζονται από ψύχος και υπόκεινται σε παγωμένους ανέμους κατά τη διάρκεια της νύχτας, δημιουργώντας αφόρητες συνθήκες για τους διερχόμενους πεζούς. Για τους παραπάνω δύο τύπους κλίματος είναι, επομένως, καλό να αποφεύγονται οι μεγάλοι ανοιχτοί χώροι και αντί αυτών να προτιμώνται μικροί, διάσπαρτοι χώροι πρασίνου, με όλες τις ευεργετικές επιπτώσεις που αυτοί επιφέρουν.

## 1.7 Επιφάνειες και δομικά υλικά

Τα υλικά του αστικού περιβάλλοντος, περιλαμβανομένων και των υλικών των κτιρίων, των συστημάτων σκίασης και της βλάστησης, παίζουν σημαντικό ρόλο, τροποποιώντας το μικροκλίμα και τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Οι επιφανειακές τους θερμοκρασίες επηρεάζουν τη θερμική ισορροπία και την άνεση μέσω της

ακτινοβολούμενης θερμότητας, η οποία είναι κυρίαρχη σε ένα περιβάλλον όχι καλά αεριζόμενο, κάτι που αποτελεί συχνή συνθήκη στους αστικούς χώρους στο επίπεδο των πεζών [42]. Σε προηγούμενη ενότητα, έγινε αναφορά σχετικά με την επίδραση των υλικών των κτιρίων στο αστικό μικροκλίμα και, συγκεκριμένα, στα φαινόμενα της αστικής χαράδρας και της θερμικής νησίδας. Σε επίπεδο σχεδιασμού, είναι χρήσιμη η ύπαρξη απλών οδηγιών και πινάκων οι οποίοι θα ευαισθητοποιούν και θα βοηθούν το μελετητή στις επιλογές του σχετικά με θέματα ακτινοβολίας, με σκοπό τη δημιουργία θερμικά άνετων αστικών χώρων. Εργαλείων, δηλαδή, που θα βοηθούν στην αξιολόγηση των συνθηκών θερμικής άνεσης της εκάστοτε σχεδιαστικής λύσης, δίνοντας μία διακύμανση της M.R.T. ως συνάρτηση της χρήσης διαφόρων υλικών. Επίσης, θα βοηθούν στη χωροθέτηση των δραστηριοτήτων και του εξοπλισμού των αστικών χώρων, ανάλογα με τις συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν σε αυτούς. Παραδείγματος χάρη, καθιστικές δραστηριότητες χαμηλού μεταβολισμού, όπως διάβασμα κ.α., έχουν διαφορετικές απαιτήσεις από κινητικές δραστηριότητες, όπως περπάτημα και τρέξιμο.

### 1.7.1 Φυσικές ιδιότητες επιφανειών και δομικών υλικών.

Οι ιδιότητες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία των εξωτερικών επιφανειών και των δομικών στοιχείων μίας πόλης είναι [4]:

- Η ανακλαστικότητα (albedo) και η απορροφητικότητα προς την ηλιακή ακτινοβολία (Πιν. 1.5).
- Ο συντελεστής θερμικής εκπομπής
- Η θερμοχωρητικότητα
- Η θερμική αντίσταση

**Πίνακας 1.5:** Κατάταξη υλικών επίστρωσης επιφανειών σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την ανακλαστικότητά τους [Πηγή: Προσωπική εργασία].

	Ανακλαστικότητα (Albedo) 0.1 – 0.3	Ανακλαστικότητα (Albedo) 0.4 – 0.6	Ανακλαστικότητα (Albedo) 0.7 – 0.9
Επιφάνειες	Μαύρη άσφαλτος Σκούρο σκυρόδεμα Γρασιδί Σχιστόλιθος	Ανοιχτόχρωμο σκυρόδεμα Οξειδωμένος χαλκός Κόκκινος οπτόπλινθος Πέτρα	Ασβεστόλιθος Λευκό μάρμαρο Λευκό επίχρισμα

Οι πόλεις παρουσιάζουν μειωμένη ανακλαστικότητα (0,15 – 0,30) στην ηλιακή ακτινοβολία λόγω των σκουρόχρωμων επιφανειών των κτιρίων και των δρόμων και αυξημένη θερμοχωρητικότητα. Για την αντιστροφή του φαινομένου αυτού και την αύξηση της ανακλαστικότητας θα πρέπει να επιλέγονται υλικά με δείκτη ανακλαστικότητας  $\Sigma \geq 0,50$ , ανοιχτόχρωμης επίστρωσης, ειδικά σε περιοχές με υψηλές τιμές του λόγου ύψος/πλάτος, καθότι, πέρα από τη μειωμένη απορρόφηση



ακτινοβολίας, ευνοούν και το φυσικό φωτισμό. Επίσης, θα πρέπει, γενικά, να επιλέγονται υλικά μειωμένης απορροφητικότητας και με αυξημένο δείκτη υδατοπερατότητας για την επιστροφή των δρόμων και των ελεύθερων επιφανειών όπως χώμα, γρασίδι, πλάκες σχιστόλιθου και κυβόλιθοι με τραχιά επιφάνεια σε βάση από χλοοτάπητα (Σχ. 1.28) [4].



**Σχήμα 1.28:** Επιστροφή δρόμων και ελεύθερων επιφανειών με υλικά μειωμένης απορροφητικότητας και αυξημένης υδατοπερατότητας [Πηγή: Καψανάκη, Ε. (2005). Η συμβολή των αστικών κενών στη βελτίωση του αστικού περιβάλλοντος και μικροκλίματος. Η περίπτωση της περιοχής του Ψυρρή].

Τα υλικά των επιφανειών, πέραν του θερμικού περιβάλλοντος, αποτελούν σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει και το οπτικό περιβάλλον. Ανοιχτά χρώματα και ανακλαστικές επιφάνειες μπορεί να αποτρέπουν την υπερθέρμανση, αλλά είναι δυνατόν να δημιουργήσουν θάμβωση και ανάκλαση της ακτινοβολίας προς τους χρήστες του χώρου και τις επιφάνειες των γύρω κτιρίων [42]. Όπως έχει αναφερθεί, η επικάλυψη των επιφανειών με βλάστηση αποτελεί τη βέλτιστη λύση αφού, όχι μόνο εμποδίζει τις ανακλάσεις, αλλά συνεισφέρει στο δροσισμό του αέρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Ακόμη, οι επιφάνειες των κτιρίων μπορούν, κατά περίπτωση, να βάφονται με χρώματα ανοιχτά ώστε να μην υπερθεμαίνονται.

Τέλος, η ύπαρξη του υδάτινου στοιχείου μέσα στον αστικό ιστό είναι ιδιαίτερα σημαντική. Το νερό διαθέτει πολύ μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από άλλα, δομικά στοιχεία του αστικού χώρου και λειτουργεί σαν σταθεροποιητικός παράγοντας για το θερμικό περιβάλλον μιας πόλης [4]. Μέσω της φυσικής διαδικασίας της εξάτμισης, υδάτινες επιφάνειες, όπως αυτές σε λεπτά στρώματα τρεχούμενου νερού, καταρράκτες, λίμνες ή σιντριβάνια (Σχ. 1.29), μπορούν να συνεισφέρουν στο δροσισμό του αέρα, ειδικά αν συνδυαστούν με τεχνικές αερισμού. Υπενθυμίζεται,

ακόμη, ότι ο ήχος του τρεχούμενου νερού σε δημόσιους ανοιχτούς χώρους, όπως πάρκα και πλατείες, καλύπτει τοπικά τη βοή που δημιουργούν οι ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες, δημιουργώντας ευνοϊκές και ελκυστικές συνθήκες για τους χρήστες.



**Σχήμα 1.29:** Στοιχείο νερού στον αστικό ιστό. Προσφέρει σταθεροποίηση του μικροκλίματος και φυσικό δροσισμό, καλύπτει τοπικά την ηχορρύπανση, συμβάλλει στη βελτίωση της αισθητικής, χαλαρώνει και αναζωογονεί τους πολίτες [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].



## Κεφάλαιο 2°

# ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENVI-MET ΕΚΔΟΣΗ 3.0

Fig.3.1. General schema of the ENVI-met model including the boundaries (symbols see text)

$$\frac{\partial u^{(3D)}}{\partial t} + u \frac{\partial u^{(3D)}}{\partial x} + v \frac{\partial u^{(3D)}}{\partial y} + \omega \frac{\partial u^{(3D)}}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \left( \frac{\partial \eta}{\partial z} \right)^2 \frac{\partial}{\partial \eta} \left( K_m \frac{\partial u}{\partial \eta} \right)$$

$$\frac{\partial v^{(3D)}}{\partial t} + u \frac{\partial v^{(3D)}}{\partial x} + v \frac{\partial v^{(3D)}}{\partial y} + \omega \frac{\partial v^{(3D)}}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \left( \frac{\partial \eta}{\partial z} \right)^2 \frac{\partial}{\partial \eta} \left( K_m \frac{\partial v}{\partial \eta} \right)$$

$$\frac{\partial \omega^{(3D)}}{\partial t} + u \frac{\partial \omega^{(3D)}}{\partial x} + v \frac{\partial \omega^{(3D)}}{\partial y} + \omega \frac{\partial \omega^{(3D)}}{\partial z} = g \frac{\partial}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial \omega}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial \omega}{\partial y} \right) + \left( \frac{\partial \eta}{\partial z} \right)^2 \frac{\partial}{\partial \eta} \left( K_m \frac{\partial \omega}{\partial \eta} \right)$$

**ENVI-met version 3.0**

Copyright © 1995-2004 by Michael Bruse

## 2.1 Δυνατότητες και πεδίο εφαρμογής

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.

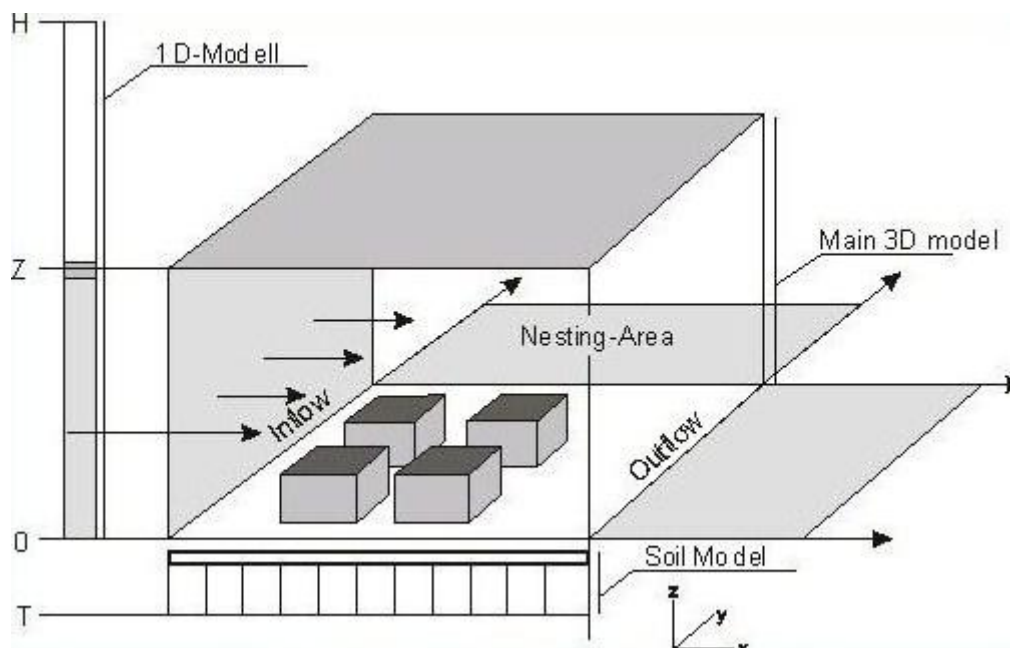
Το μοντέλο εμπεριέχει στους υπολογισμούς:

- 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 παράδειγμα, 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.
- 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.

Το ENVI-met βασίζεται σε εξελιγμένους υπολογισμούς ρευστοδυναμικής (Computational Fluid Dynamics - C.F.D.), οι οποίοι χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους και αλγόριθμους για την επίλυση προβλημάτων ροής ρευστών. Έχει σχεδιαστεί για την ανάλυση του μικροκλίματος και της ποιότητας του τοπικού αέρα. Είναι σε θέση να επιλύει σύνθετες τρισδιάστατες ροές (τυρβώδεις ροές κ.λπ.) υπολογίζοντας/παρέχοντας σύνθετες θερμοκρασιακές κατανομές, ποσοστά υγρασίας, την ακτινοβολία μικρού και μεγάλου μήκους κύματος και τις συγκεντρώσεις αερίων και μικροσωματιδίων στον αέρα σε τοπική κλίμακα. Σημειώνεται, εκ νέου, ότι είναι σχεδιασμένο για προσομοιώσεις σε μικρή κλίμακα. Ως ένα C.F.D. μοντέλο, έχει υψηλές απαιτήσεις από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας του υπολογιστή (Central Processing Unit - C.P.U.) και γι' αυτό οι προς προσομοίωση περιοχές και οι χρόνοι πρέπει να είναι περιορισμένοι.

## 2.2 Γραφική απεικόνιση και δομή του μοντέλου ENVI-met



Σχήμα 2.1: Το μοντέλο ENVI-met [Πηγή: ENVI-met].

Στο σχήμα 2.1 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.

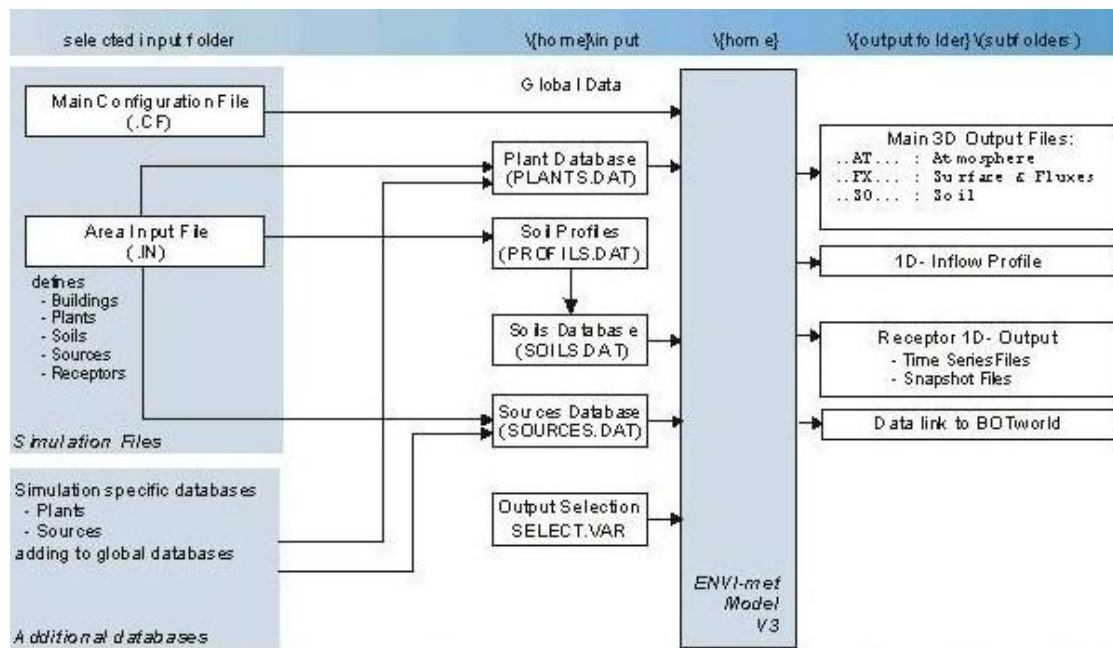
## 2.3 Ροή δεδομένων στο ENVI-met v3.0

Στο σχήμα 2.2 φαίνεται η ροή των δεδομένων κατά τη λειτουργία του μοντέλου ENVI-met.

### 2.3.1 Κύριο Αρχείο Διαμόρφωσης (Main Configuration File .CF)

Στο **.CF (Configuration File)** ορίζονται οι ρυθμίσεις για την εκάστοτε προσομοίωση όπως, για παράδειγμα, το όνομα του **.IN (Area Input File)**, το όνομα των **παραγόμενων αρχείων (Output Files)** ή οι μετεωρολογικές ρυθμίσεις. Κάθε προσομοίωση καθορίζεται από το δικό της **.CF**. Είναι δυνατή η χρήση του ίδιου **.IN** για δύο διαφορετικές αναλύσεις όμως κάθε μια χρειάζεται το δικό της **.CF**.





Σχήμα 2.2: Ροή δεδομένων [Πηγή: ENVI-met].

Κάθε **.CF** περιέχει μια ομάδα βασικών πληροφοριών οι οποίες είναι απαραίτητες για τη λειτουργία του μοντέλου. Ένα παράδειγμα φαίνεται στο σχήμα 2.3.

```

00: %-----ENVI-met Configuration File V3.0
00: %-----
00: %MAIN-DATA
01: Name for Simulation (Text):                =Simple Example
02: Input file Model Area                     =C:\mysim\input\street.in
03: Filebase name for Output (Text):          =StreetA
04: Output Directory:                         =C:\mysim\results\StreetA
05: Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY):     =23.06.1998
06: Start Simulation at Time (HH:MM:SS):     =06:00:00
07: Total Simulation Time in Hours:          =24.00
08: Save Model State each ? min              =60
09: Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s]      =3
10: Roughness Length z0 for Reference Point   =0.1
11: Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) =225
12: Initial Temperature Atmosphere [K]       =293
13: Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] =7
14: Relative Humidity in 2m [%]              =50
15: Database Plants                          =Plants.dat

```

Σχήμα 2.3: Βασικά δεδομένα του **.CF** (Configuration File) [Πηγή: ENVI-met].

Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστούν κάποιες σημαντικές λεπτομέρειες σχετικά με τη διαμόρφωση του **.CF**:

- Η σειρά εισαγωγής των δεδομένων θα πρέπει να παραμένει ως έχει στο παραπάνω σχήμα. Το ENVI-met δεν ελέγχει τι βρίσκεται μπροστά από την κάθε γραμμή. Χρειάζεται πάντα, για παράδειγμα, το Output Directory να βρίσκεται στη γραμμή 04.
- Είναι δυνατή η τοποθέτηση γραμμών με σχόλια-παρατηρήσεις οπουδήποτε αυτό είναι επιθυμητό. Γραμμές οι οποίες αρχίζουν με το σύμβολο “%”

αγνοούνται και το πρόγραμμα συνεχίζει διαβάζοντας την επόμενη. Έτσι, όταν αναφερόμαστε στη γραμμή 04, δε μετράμε τις πρόσθετες επεξηγηματικές γραμμές.

- Οι πληροφορίες-τιμές σε κάθε γραμμή ξεκινούν με το σύμβολο “=”. Είναι σημαντικό να μη χρησιμοποιείται το σύμβολο “=” στις επεξηγηματικές γραμμές.

Όπως αναφέρθηκε, στο σχήμα 2.3 φαίνονται όλες οι βασικές και απαραίτητες πληροφορίες ώστε το μοντέλο να μπορεί να λειτουργήσει. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε κάθε γραμμή του παραπάνω σχήματος.

### **00: Remark Lines**

Είναι γραμμές για επεξηγήσεις και προσθήκη σχολίων. Μπορούν να διαγραφούν.

### **01: Name of Simulation**

Εδώ καταχωρείται το όνομα της εκάστοτε προσομοίωσης. Το όνομα αποθηκεύεται στα **αρχεία δεδομένων (data files)** και φαίνεται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

### **02: Input File Model Area**

Εδώ επιλέγεται το όνομα και ορίζεται η **περιοχή εισαγωγής (Input Area)**. Πρέπει να δίνονται τα πλήρη ονόματα. Για την ανταλλαγή δεδομένων με άλλους χρήστες ή για τη διατήρηση ενός ευέλικτου directory, προτείνεται η χρήση ψευδωνύμων (alias) αντί των κανονικών ονομάτων των αρχείων. Το ENVI-met διαθέτει τα ακόλουθα ψευδώνυμα συστήματος:

“[HOME]” : Ο φάκελος όπου είναι εγκατεστημένο το πρόγραμμα.

“[INPUT]” = [HOME] \ INPUT

“[OUTPUT]” = [HOME] \ OUTPUT

Όλα τα υπόλοιπα ψευδώνυμα θα πρέπει να οριστούν στο **MYALIAS.DAT**. Για παράδειγμα, εάν το ENVI-met είναι εγκατεστημένο στη θέση “C:\envimet”, το αρχείο με το όνομα “[INPUT] \ myfiles \ test.in” θα βρίσκεται στη θέση: “C: \ envimet \ input \ myfiles \ test.in”. Η έκδοση 3.0 του ENVI-met υποστηρίζει μεγάλα ονόματα αρχείων και κενά στα ονόματα.

### **03: Filebase Name for Output**

Το όνομα αυτό θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία του ονόματος των παραγόμενων αρχείων (Output Files). Υπάρχει ο περιορισμός ότι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται έγκυρα ονόματα για το εκάστοτε λειτουργικό σύστημα. Στα WINDOWS, για παράδειγμα, το όνομα “Trees+Houses” δεν είναι έγκυρο. Το ENVI-met θα προσπαθεί να δημιουργήσει Output αρχεία που θα περιέχουν τον όρο “Trees+Houses” αλλά το λειτουργικό σύστημα δε θα τα δέχεται εξαιτίας του “+”. Επίσης δε θα πρέπει να



χρησιμοποιείται οτιδήποτε το οποίο μπορεί να εκληφθεί ως πληροφορία για το directory.

#### **04 Output Directory**

Είναι η θέση όπου το ENVI-met γράφει/τοποθετεί τα παραγόμενα δεδομένα (Output Data). Επίσης, παράγεται μια σειρά από υποφακέλους ώστε τα δεδομένα να αποκτήσουν καλύτερη δομή. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν κανονικά ονόματα αρχείων καθώς και ψευδώνυμα αρχείων (alias).

#### **05,06: Start Simulation at Date/Time**

Εδώ επιλέγεται ο χρόνος (χρόνος μοντέλου) έναρξης των υπολογισμών. Πρέπει να δίνεται υπό τη μορφή DD.MM.YYYY, HH:MM:SS (π.χ. 03.05.2010, 06:00:00) διότι σε ένα αριθμητικό μοντέλο είναι απαραίτητος ο χρόνος έναρξης. Αυτός δε θα πρέπει να τοποθετείται αργά το απόγευμα διότι το μοντέλο δε θα μπορεί να «μαντέψει» τις σωστές αρχικές συνθήκες. Ο καλύτερος χρόνος έναρξης είναι τη νύχτα ή το ξημέρωμα, ώστε οι υπολογισμοί να μπορούν να παρακολουθούν τις ατμοσφαιρικές διεργασίες.

#### **07: Total Simulation Time in Hours**

Είναι ο χρόνος για τους υπολογισμούς. Θα πρέπει να είναι, το λιγότερο, 6 ώρες, ανάλογα με το πρόβλημα, ενδεχομένως μεγαλύτερος. Εάν χρησιμοποιηθεί μικρότερος χρόνος, τα τελικά αποτελέσματα θα είναι επηρεασμένα από τις αρχικές συνθήκες.

#### **08: Save model state each ? min**

Στη θέση αυτή καθορίζεται το χρονικό διάστημα, μετά την πάροδο του οποίου και κάθε φορά, καταγράφεται η κατάσταση του μοντέλου στο δίσκο. Επιπρόσθετα, μια τελική ομάδα δεδομένων καταγράφεται με την ολοκλήρωση της προσομοίωσης. Τα παραπάνω αναφέρονται στα **κύρια αρχεία προσομοίωσης (Main Simulation Files)**. Για τους **υποδοχείς (Receptors)** μπορεί να επιλεγεί διαφορετικό χρονικό διάστημα εξαγωγής δεδομένων.

#### **09: Wind Speed in 10 m above ground**

Αυτό είναι το πρώτο από μία σειρά μετεωρολογικών δεδομένων που εισάγονται (**Input Data**) για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης. Καθορίζει την ταχύτητα του ανέμου στα 10 μέτρα πάνω από το έδαφος και δε χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη της.

#### **10: Roughness Length z0 at Reference Point**

Είναι δεδομένο συμπληρωματικό της ταχύτητας του ανέμου. Αντιπροσωπεύει την τραχύτητα της επιφάνειας στην περιοχή όπου μετράται η ταχύτητα του ανέμου στα 10 μέτρα πάνω από το έδαφος. Τα δύο αυτά δεδομένα χρησιμοποιούνται για τον

υπολογισμό του γεωστροφικού ανέμου. Δε χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη της προσομοίωσης.

### 11: Wind Direction

Είναι η διεύθυνση του ανέμου σε μοίρες, όπου το 0 αντιστοιχεί στο Βορά (ή στην πάνω πλευρά της κάτοψης της εξεταζόμενης περιοχής), το 90 στην Ανατολή (ή στα αριστερά) και ούτω καθ' εξής. Αν η κάτοψη της υπό ανάλυση περιοχής έχει περιστραφεί, η διεύθυνση εισροής του ανέμου θα αλλάξει αφού οι μοίρες αναφέρονται στο γήινο σύστημα συντεταγμένων.

### 12: Initial Temperature Atmosphere

Στη θέση αυτή καθορίζονται οι αρχικές θερμοκρασιακές τιμές για όλα τα στρώματα της ατμόσφαιρας και μια σταθερή θερμοκρασία αναφοράς σε ύψος 2500 m. Η θερμοκρασία δίνεται πάντα ως λανθάνουσα. Το ENVI-met αρχίζει με μηδενική κλίση (κατακόρυφη κατανομή) και αφήνει τη θερμική στρωματοποίηση να αναπτυχθεί κατά την έναρξη με βάση την αρχική επιφανειακή θερμοκρασία.

### 13: Specific Humidity in 2500 m

Τιμή της ειδικής υγρασίας στην κορυφή του μοντέλου. Καθορίζεται, κατά βάση, από τις μετατοπισμένες, μέσης κλίμακας αέριες μάζες και όπως στις περιπτώσεις της θερμοκρασίας και του γεωστροφικού ανέμου, παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

### 14: Relative Humidity in 2 m

Σχετική υγρασία σε ύψος 2 m. Δίνεται σε ποσοστό επί τοις εκατό (%). Χρησιμοποιείται μαζί με την ειδική υγρασία στα 2500 m για τον υπολογισμό της κατακόρυφης κατανομής της υγρασίας. Δεν χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη της προσομοίωσης.

### 15: Database Plants

Όλα τα δεδομένα που αφορούν στα φυτά βρίσκονται στο **PLANTS.DAT** (Σχ. 2.4). Στην περίπτωση που απαιτείται μια διαφορετική βάση δεδομένων (π.χ. για να καθοριστούν οι διαφοροποιήσεις που υφίσταται η βλάστηση κατά τη διάρκεια του έτους), είναι δυνατόν να οριστεί ένας καινούργιος φάκελος. Εάν κρίνεται σκόπιμο να αγνοηθεί όλη η βλάστηση στο **Area Input File**, μπορεί απλώς να διαγραφεί το όνομα του φακέλου. Οι βάσεις δεδομένων φυτών (Plant Databases) οι οποίες δε μπορούν να εντοπιστούν θα υποχρεώσουν το ENVI-met να αγνοήσει όλη τη βλάστηση.

Με τις παραπάνω πληροφορίες το μοντέλο ENVI-met είναι σε θέση να πραγματοποιήσει μια προσομοίωση. Πέραν των προηγούμενων, υπάρχουν πολλές ακόμη επιλογές που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί και μπορούν να προστεθούν στο **.CF**

```
*****ENVI-met Vegetation Database V3 *****
_C?_TY_rs-m_a_f_HH.HH_TT.TT_LAD1...LAD10_RAD1..._RAD0_NAME
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.040 0.000 0.100 0.100 Tree 20m aver. dense., no distinct crownlayer
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.110 0.000 0.100 0.100 Tree 20 m dense., no distinct crown layer
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.075 0.000 0.100 0.100 Tree 20 m dense., distinct crown layer
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.075 0.000 0.100 0.100 Tree 20 m dense., distinct crown layer
C3 01 400 0.20 10.00 02.00 0.075 0.000 0.100 0.100 Tree 10 m dense.,distinct crown layer
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.150 0.000 0.100 0.100 Tree 20 m very dense, distinct crown layer
C3 01 400 0.20 02.00 01.00 2.000 2.000 0.100 0.100 Hedge dense, 2m
C3 01 400 0.20 10.00 02.00 0.000 0.000 0.100 0.100 Tree 10 m very dense, leafless base
C3 03 200 0.20 00.50 00.50 0.300 0.300 0.100 0.100 Grass 50 cm aver. dense
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.000 0.000 0.100 0.100 Tree 20 m dense.,distinct crown layer
C4 03 200 0.20 01.50 00.50 0.300 0.300 0.100 0.100 Maize, 1.5 m
```

**Σχήμα 2.4:** Μορφή φακέλου PLANTS.DAT [Πηγή: ENVI-met].

σαν διαφορετικοί **τομείς (sections)**. Κάθε section αρχίζει με μια λέξη «κλειδί» (π.χ. “[SOIL]” για τα εδάφη) και στη συνέχεια ακολουθούν οι ρυθμίσεις. Παρακάτω δίνεται μια λίστα με όλα τα **sections** του ENVI-met:

➤ **[POSITION]**

Καθορίζει τη θέση του μοντέλου στη γη, για την οποία γίνεται η προσομοίωση (Σχ. 2.5). Είναι σημαντικό για τον υπολογισμό της θέσης του ήλιου και την ένταση της ακτινοβολίας του.

```
00: [POSITION] _____
01: Longitude (+:east -:west) in dec. deg: =7.50
02: Latitude (+:northern -:southern) in dec.deg: =53.00
03: Longitude Time Zone Definition: =15.00
```

**Σχήμα 2.5:** Section [POSITION] [Πηγή: ENVI-met].

➤ **[SOILDATA]**

Καθορίζονται η αρχική θερμοκρασία και υγρασία στο έδαφος και στις επιφάνειες του μοντέλου (Σχ. 2.6). Οι ρυθμίσεις για τη θερμοκρασία και την υγρασία αφορούν σε 3 στρώσεις.

```
00: [SOILDATA] _____ Settings for Soil
01: Initial Temperature Upper Layer (0-20 cm) [K]=293
02: Initial Temperature Middle Layer (20-50 cm) [K]=293
03: Initial Temperature Deep Layer (below 50 cm) [K]=293
04: Relative Humidity Upper Layer (0-20 cm) =50
05: Relative Humidity Middle Layer (20-50 cm) =60
06: Relative Humidity Deep Layer (below 50 cm) =60
```

**Σχήμα 2.6:** Section [SOILDATA] [Πηγή: ENVI-met].

## ➤ [LOCALDB]

Πέραν της καθολικής βάσης δεδομένων που είναι διαθέσιμη για όλες τις προσομοιώσεις (**PLANTS.DAT**, **SOURCES.DAT**), μπορούν να οριστούν τοπικές βάσεις δεδομένων οι οποίες θα ανήκουν σε μία, συγκεκριμένη προσομοίωση ή σε μια σειρά από αυτές (Σχ. 2.7).

```
00:[LOCALDB] _____
01:Filename additional plants      =[mydir]\MyPlants.dat
02:Filename additional sources     =c:\myplants.dat
```

Σχήμα 2.7: Section [LOCALDB] [Πηγή: ENVI-met].

## ➤ [TIMING]

Το μοντέλο δίνει τη δυνατότητα για αλλαγές διαφόρων χρονικών ρυθμίσεων που αφορούν σε διεργασίες οι οποίες δεν υπολογίζονται σε κάθε χρονικό βήμα (Σχ. 2.8). Δε θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα από τα προκαθορισμένα (default). Το ENVI-met θα ελέγχει τα χρονικά βήματα και θα δίνει μηνύματα λάθους εάν υπάρχει πρόβλημα. Τα τελευταία θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη.

```
00:[TIMING] _____ Update & Save Intervals
01:Update Surface Data each ? sec      =30.0
02:Update Wind and Turbulence each ? sec =900
03:Update Radiation and Shadows each ? sec =600
04:Update Plant Data each ? sec       =600
```

Σχήμα 2.8: Section [TIMING] [Πηγή: ENVI-met].

## ➤ [TURBULENCE]

Το section αυτό αλληλεπιδρά με το εσωτερικό μοντέλο στροβιλισμού (τύρβης). Το ENVI-met δίνει τη δυνατότητα επιλογής ανάμεσα στο προγνωστικό, 1<sup>ης</sup> τάξης, E-Epsilon μοντέλο περάτωσης (default) και στο διαγνωστικό, 1<sup>ης</sup> τάξης, μινυόμενου μήκους μοντέλο (Σχ. 2.9).

```
00:[TURBULENCE] _____ Options Turbulence Models
01:Turbulence Closure ABL (0:diagn.,1:prognos.) =1
02:Turbulence Closure 3D Model (0,1 see above) =1
03:Upper Boundary for e-epsilon (0:clsd.,1:op.) =0
```

Σχήμα 2.9: Section [TURBULENCE] [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ [BUILDING]

Τα κτίρια είναι ενεργά στοιχεία της περιοχής του μοντέλου και γι' αυτό είναι απαραίτητο ένα σύνολο δεδομένων για να προσομοιωθούν σωστά (Σχ. 2.10). Στην έκδοση 3.0, οι ρυθμίσεις-ιδιότητες εφαρμόζονται ίδιες σε όλα τα κτίρια. Για παράδειγμα, δεν μπορούν να οριστούν διαφορετικές θερμικές ιδιότητες ή χρώματα σε μια μεμονωμένη κατασκευή (θα είναι δυνατό σε μελλοντικές εκδόσεις). Η θερμικός ρόλος ενός συγκροτήματος κτιρίων καθορίζεται από την εσωτερική θερμοκρασία ( η οποία διατηρείται σταθερή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης) και τη θερμική ακτινοβολία διαμέσου των τοίχων και της οροφής. Επιπλέον, χρειάζεται ο δείκτης ανακλαστικότητας (albedo) των τοίχων και το οροφών. Σημειώνεται, ακόμη, ότι οι οροφές είναι πάντα επίπεδες (στην παρούσα έκδοση δεν είναι δυνατή η προσομοίωση οροφών με κλίση) και ότι είναι δυνατή η προσομοίωση της αποθήκευσης θερμότητας στους τοίχους.

00: [BUILDING]	Building properties
01: Inside Temperature [K]	293
02: Heat Transmission Walls [W/m <sup>2</sup> K]	1.94
03: Heat Transmission Roofs [W/m <sup>2</sup> K]	6
04: Albedo Walls	0.2
05: Albedo Roofs	0.3

Σχήμα 2.10: Section [BUILDING] [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ [NESTINGAREA]

Πέραν της «κύριας» περιοχής του μοντέλου, η οποία ορίζεται στο **JN**, το ENVI-met δημιουργεί μια ζώνη δευτερευόντων κελιών γύρω από την πρώτη, ώστε να απομακρύνει τα όρια μακριά από την περιοχή ενδιαφέροντος και να ελαχιστοποιήσει την επιρροή τους στα αποτελέσματα της ανάλυσης. Κάθε αριθμητικό μοντέλο και ειδικά τρισδιάστατα μοντέλα όπως το ENVI-met, δε δουλεύουν αξιόπιστα στα όριά τους και στα κελιά κοντά σ' αυτά. Έτσι, η καλύτερη λύση στο πρόβλημα αυτό είναι να απομακρυνθούν τα όρια όσο το δυνατόν περισσότερο από την περιοχή ενδιαφέροντος («πυρήνα» του μοντέλου). Το πρόβλημα αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι το μοντέλο δε μπορεί να υπολογίσει πραγματικές τιμές για κελιά κατά μήκος των ορίων (και ειδικά για κελιά που αποτελούν τα ίδια τα όρια). Στα σημεία αυτά λείπει τουλάχιστον ένα γειτονικό κελί και μόνο απλουστευτικές υποθέσεις μπορούν να γίνουν, ώστε να ληφθούν τιμές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο. Αυτές οι υποθέσεις μπορεί να είναι ότι οι τιμές είναι σταθερές σε αυτά τα σημεία και ονομάζονται **εξαναγκασμένες ή κλειστές συνοριακές συνθήκες (forced or closed Lateral Boundary Condition ~ forced or closed LBC)**, ότι οι τιμές από εσωτερικότερα κελιά αντιγράφονται σε αυτά στα όρια και ονομάζονται **ανοιχτές συνοριακές συνθήκες (open LBC)** ή, τέλος, ότι οι τιμές στο όριο εκροής (outflow boundary) αντιγράφονται στο όριο εισροής (inflow boundary) και ονομάζονται **κυκλικές συνοριακές συνθήκες (cyclic LBC)**. Επιλογή των LBC μπορεί να γίνει για τις μεταβλητές της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της τύρβης.



Για το πεδίο ροής θα χρησιμοποιούνται **open LBC** σε κάθε περίπτωση. Αξίζει να σημειωθεί ότι καμία επιλογή LBC δεν υπερτερεί γενικά έναντι των άλλων δύο και θα πρέπει, ανάλογα με την εξεταζόμενη κάθε φορά περίπτωση, να γίνεται αυτή που περιγράφει πιστότερα τις πραγματικές συνθήκες.

### ➤ [PMV]

Εκτός από τον υπολογισμό καθαρά μετεωρολογικών δεδομένων, το ENVI-met περιλαμβάνει και ένα απλό βιομετεωρολογικό μοντέλο για την πρόβλεψη της θερμικής άνεσης μέσα στην εξεταζόμενη περιοχή. Το P.M.V. (Predicted Mean Vote) είναι, πιθανώς, το καλύτερο γνωστό μοντέλο τέτοιου είδους. Βασιζόμενο στο μοντέλο του Fanger (1972), συσχετίζει την ενεργειακή ισορροπία του ανθρώπινου σώματος με την προσωπική αίσθηση θερμικής άνεσης ενός ατόμου που εκτίθεται στις εξεταζόμενες συνθήκες. Επιπλέον, το ENVI-met υπολογίζει το δείκτη P.P.D. (Predicted Percentage of Dissatisfied), ο οποίος σχετίζεται άμεσα με τον P.M.V. και εκφράζει το ποσοστό των δυσαρεστημένων με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες ατόμων. Για τον υπολογισμό των δεικτών αυτών θα πρέπει να δημιουργηθεί **Section [PMV]** στο **.CF** (Σχ. 2.11).

```
00: [PMV] _____ Settings for PMV-Calculation
01: Walking Speed (m/s) 0.0
02: Energy-Exchange (Col. 2 M/A) 116
03: Mech. Factor 0.0
04: Heat transfer resistance cloths 0.5
```

**Σχήμα 2.11:** Section [PMV] [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ [PLANTMODEL]

Για να υπολογιστεί η διαπνοή των φυτών, είναι απαραίτητη η γνώση της αντίστασης των πόρων τους. Οι πόροι είναι ενεργά μέρη του συστήματος της βλάστησης και αντιδρούν σε περιβαλλοντικές επιδράσεις όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα και το διαθέσιμο νερό στο έδαφος. Το ENVI-met διαθέτει δύο μεθόδους υπολογισμού της αντίστασης των πόρων (Σχ. 2.12). Μια απλή, βασισμένη στην εργασία του Deardorff (1978) και μια ιδιαίτερα πολύπλοκη η οποία ονομάζεται μοντέλο A-gs και ακολουθεί την εργασία του Jacobs (1994).

```
00: [PLANTMODEL] _____ Settings for plant model
01: Stomata res. approach (1=Deardorff, 2=A-gs) =2
02: Background CO2 concentration [ppm] =350
```

**Σχήμα 2.12:** Section [PLANTMODEL] [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ [RECEPTORS]

Οι **receptors (υποδοχείς)** είναι επιλεγμένα σημεία στην περιοχή του μοντέλου, στα οποία οι διαδικασίες στην ατμόσφαιρα και στο έδαφος παρακολουθούνται λεπτομερώς. Υπάρχουν δύο τρόποι να οριστούν. Ο πρώτος είναι μέσω του **.IN** και ο δεύτερος μέσω του **.CF**. Παρόλο που ο κάθε τρόπος έχει τα πλεονεκτήματά του, συνήθως όλοι οι receptors αποθηκεύονται στο **.IN** ενώ το **section [RECEPTORS]** χρησιμοποιείται μόνο για να καθορίζονται τα χρονικά διαστήματα εξαγωγής και αποθήκευσης των αποτελεσμάτων στους αντίστοιχους φακέλους. Σημειώνεται, ακόμη, ότι ο ορισμός receptors στο **.CF** διατηρείται, κυρίως, για λόγους συμβατότητας ανάμεσα στις εκδόσεις του προγράμματος (Σχ. 2.13).

```

00: [RECEPTORS]
01: RECEPTOR 1 Coordinate           =6, 6
02: RECEPTOR 2 Coordinate           =10, 5
03: RECEPTOR x Coordinate           =20, 20
...
n : Save receptors each ? min         =30

```

**Σχήμα 2.13:** Section [RECEPTORS] [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ [TIMESTEPS]

Στις προηγούμενες εκδόσεις, το **χρονικό βήμα (time step)** ήταν σταθερό με τιμή 10 sec. Αποδείχθηκε, όμως, ότι μπορεί να είναι πολύ μεγάλο για ορισμένες περιπτώσεις με συνέπεια να προκύπτουν προβλήματα αριθμητικής αστάθειας. Στην έκδοση 3.0 μπορεί να επιλεγεί διαφορετικό βήμα. Κριτήριο επιλογής αποτελεί το ύψος του ήλιου. Μικρότερα χρονικά βήματα απαιτούνται, συνήθως, όταν η ηλιοφάνεια και, κατά συνέπεια, η ηλιακή ακτινοβολία είναι έντονη ενώ μεγαλύτερα μπορούν να χρησιμοποιούνται τις πρωινές και τις βραδινές ώρες. Το ύψος του ήλιου χωρίζεται σε 3 διαστήματα, τα οποία ορίζονται από 2 οριακές τιμές A και B (height A και height B). Τα διαστήματα αυτά είναι:

Διάστημα 1: Ύψος ήλιου < Ύψος A

Διάστημα 2: Ύψος A ≤ Ύψος ήλιου < Ύψος B

Διάστημα 3: Ύψος B ≤ Ύψος ήλιου

Μπορούν να οριστούν διαφορετικά χρονικά βήματα σε κάθε διάστημα. Κανονικά, το βήμα στο διάστημα 3 θα πρέπει να είναι το μικρότερο καθώς το διάστημα αυτό είναι ενεργό όταν το ύψος του ήλιου βρίσκεται στο μέγιστο. Ακόμη, είναι δυνατόν να αλλαχθούν οι οριακές τιμές A και B που ορίζουν τα διαστήματα. Οι παραπάνω ρυθμίσεις πραγματοποιούνται στο **Section [TIMESTEPS]** (Σχ. 2.14).

```

00:[TIMESTEPS] _____ Dynamic Time steps
01:Sun height for switching dt(0) -> dt(1)      =40
02:Sun height for switching dt(1) -> dt(2)      =50
03:Time step (s) for interval 1 dt(0)           =10.0
04:Time step (s) for interval 2 dt(1)           =5.0
05:Time step (s) for interval 3 dt(2)           =2.0

```

Σχήμα 2.14: Section [TIMESTEPS] [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ [LBC-TYPES]

Όπως αναφέρθηκε, τρισδιάστατα αριθμητικά μοντέλα σαν το ENVI-met παρουσιάζουν προβλήματα αξιοπιστίας στα όρια του προσομοιώματος, με αποτέλεσμα την αναγκαστική υιοθέτηση απλουστευτικών παραδοχών στην περιοχή τους. Αυτές οι παραδοχές μπορεί να είναι ότι οι τιμές είναι σταθερές σε αυτά (**forced or closed LBC**), ότι οι τιμές από εσωτερικότερα κελιά (οι τιμές από το μονοδιάστατο μοντέλο) αντιγράφονται σε αυτά στα όρια (**open LBC**) ή ότι οι τιμές στο όριο εκροής αντιγράφονται στο όριο εισροής (**cyclic LBC**) (Σχ. 2.15).

```

00:[LBC-TYPES] _____ Types of lateral boundary conditions
01:LBC for T and q (1:open, 2:forced, 3:cyclic) =1
02:LBC for TKE (1:open, 2:forced, 3:cyclic)    =2

```

Σχήμα 2.15: Section [LBC-TYPES] [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ [SOURCES]

Οι πηγές (**sources**) αποτελούν τις πιο πολύπλοκες εισαγόμενες πληροφορίες (input data) διότι πρέπει να περιέχουν:

- Την τοποθεσία των sources
- Το ρυθμό εκπομπής
- Τον τύπο του εκπεμπόμενου στοιχείου

Η τοποθεσία των sources ορίζεται στο **.JN** και οι ρυθμοί εκπομπής και τα ύψη στη βάση δεδομένων **SOURCES.DAT**, σε μια τοπική βάση δεδομένων (local database). Τέλος, ο τύπος της πηγής (αέριο, στοιχείο) ορίζεται στο **.CF**. Προς το παρόν, μπορεί να οριστεί μόνο ένα εκπεμπόμενο στοιχείο στο μοντέλο (αλλά μπορούν να οριστούν διαφορετικές πηγές σε διαφορετικά σημεία). Έτσι, οι ρυθμίσεις στο **.CF** εφαρμόζονται σε όλες τις πηγές του μοντέλου.

Μια ειδική περίπτωση είναι αυτή των πηγών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Καθώς το ENVI-met θα πρέπει να υπολογίσει τη συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στον αέρα, όταν χρησιμοποιείται το μοντέλο A-gs οι πηγές CO<sub>2</sub> θα προστίθενται στο εσωτερικό μοντέλο CO<sub>2</sub> και όχι στο μοντέλο αερίων/στοιχείων. Τέλος, το ENVI-met μπορεί να χειριστεί sources μικροσωματιδιακής ύλης (Particulate Matter ~ P.M.) στον ίδιο



βαθμό με τα αέρια. Για τα τελευταία, το μοντέλο δεν υπολογίζει χημικές διεργασίες. Η προσομοίωση της διασποράς των σωματιδίων περιλαμβάνει την καθίζηση και την εναπόθεση σε επιφάνειες και σε φύλλα φυτών, ανάλογα με το μέγεθος και την πυκνότητα των σωματιδίων.

```
00:[SOURCES] _____ Type of emitted gas/particle
01:Name of component =PM10
02:Type of component =PM
03:Particle Diameter in [µm] (0 for gas) =10
04:Particle Density [g/cm³] =1
05:Update interval for emission rate [s] =600
```

**Σχήμα 2.16:** Section [SOURCES] [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ [CLOUDS]

Οι αναλύσεις με το μοντέλο ENVI-met πραγματοποιούνται, συνήθως, σε συνθήκες απουσίας σύννεφων διότι οι χωρικές και οι χρονικές διαφοροποιήσεις μπορούν να παρατηρηθούν καλύτερα. Πάντως, σε περίπτωση που απαιτηθεί η προσομοίωση να περιλαμβάνει κάλυψη από σύννεφα, αυτά μπορούν να ληφθούν υπόψη μέσω του section [CLOUDS] (Σχ. 2.17).

```
00:[CLOUDS] _____ Cloud cover
01:Fraction of LOW clouds (x/8) 0
02:Fraction of MEDIUM clouds (x/8) 0
03:Fraction of HIGH clouds (x/8) 0
```

**Σχήμα 2.17:** Section [CLOUDS] [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ [SOLARADJUST]

Το section αυτό επιτρέπει τη ρύθμιση της μικρού μήκους κύματος ηλιακής ακτινοβολίας που υπολογίζει το ENVI-met (Σχ. 2.18). Σε κάποιες περιοχές, οι ροές ηλιακής ενέργειας που υπολογίζονται από τις εσωτερικές μεθόδους του μοντέλου, μπορεί να είναι συστηματικά πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές. Στις περιπτώσεις αυτές είναι δυνατή η ρύθμιση των τιμών των ροών στο 50% έως 150% των αρχικών που υπολογίζει το ENVI-met. Σημειώνεται ότι στην παρούσα έκδοση μπορεί να ρυθμιστεί ο πλήρης ημερήσιος κύκλος και όχι κάποιες ώρες μεμονωμένα.

```
00:[SOLARADJUST] _____
01:Factor of shortwave adjustment (0.5 to 1.5) =1.0
```

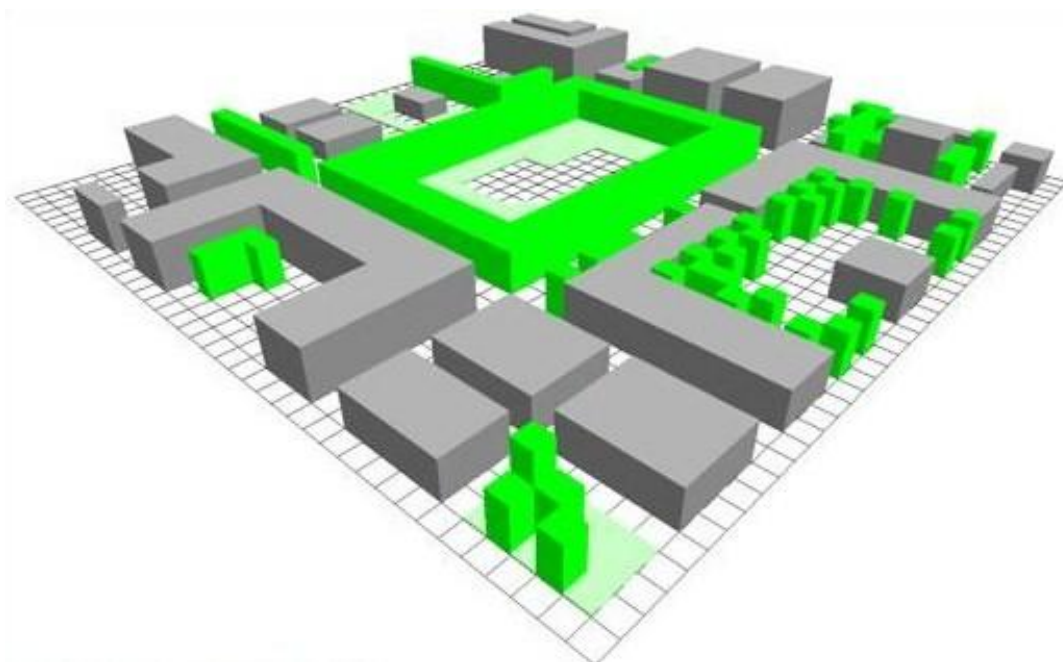
**Σχήμα 2.18:** Section [SOLARADJUST] [Πηγή: ENVI-met].

Αναφέρεται, τέλος, ότι τα sections επιτρέπουν την αντικατάσταση προκαθορισμένων τιμών (default values) του μοντέλου ENVI-met. Κάποια sections θα περιλαμβάνονται σε κάθε .CF φάκελο και κάποια σπάνια ή ποτέ. Αν ένα section δεν περιλαμβάνεται στο .CF, χρησιμοποιούνται οι προκαθορισμένες τιμές.

### 2.3.2 Αρχείο Εισαγωγής Περιοχής (Area Input File .IN)

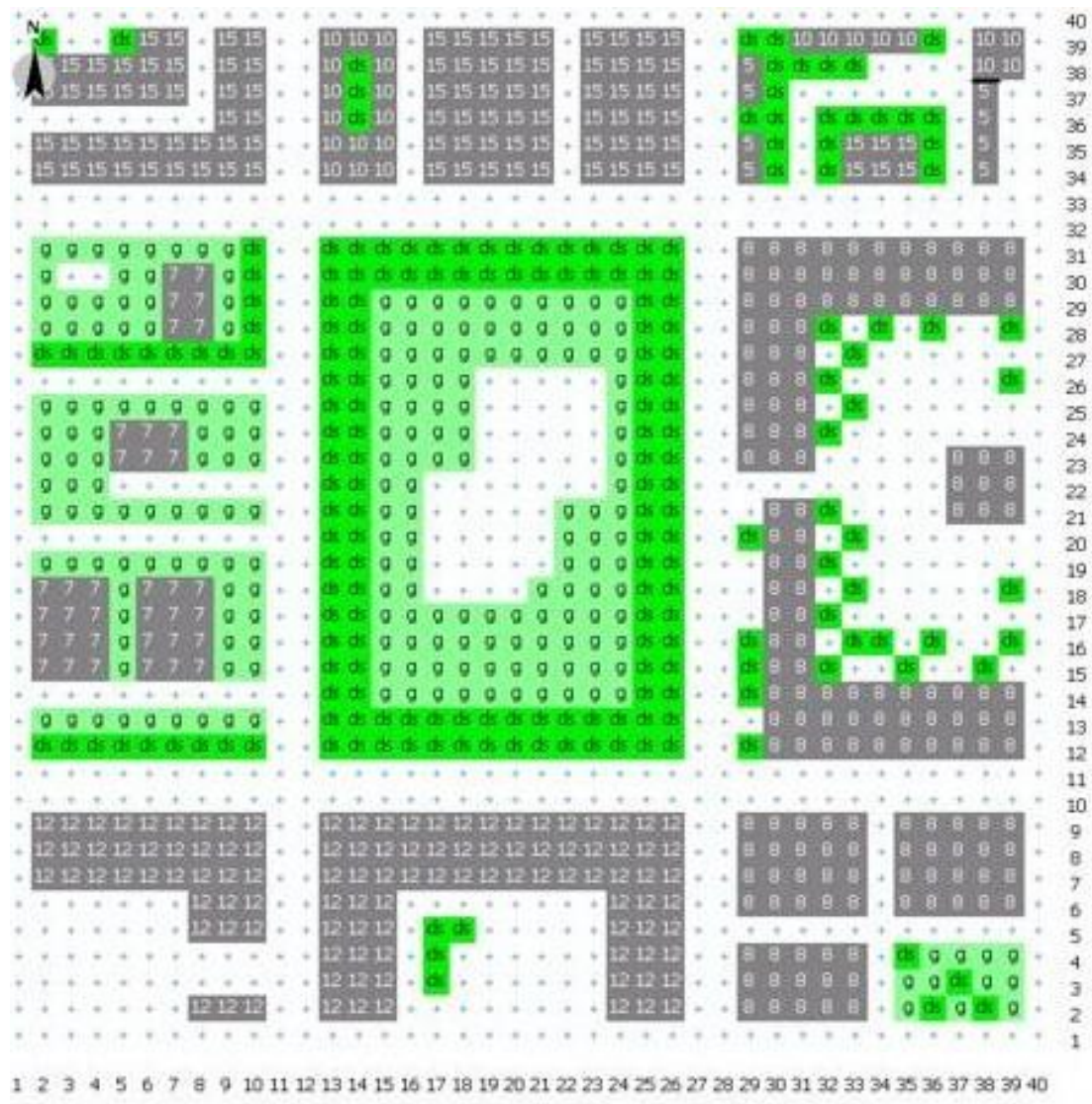
Τα αρχεία .IN είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την εργασία με το πρόγραμμα ENVI-met. Σε καθένα από αυτά (κάθε προσομοίωση απαιτεί το δικό της ξεχωριστό .IN) καθορίζεται με λεπτομέρεια η γεωμετρία του περιβάλλοντος του μοντέλου, δηλαδή του χώρου/περιοχής που προσομοιώνεται. Πιο συγκεκριμένα, καθορίζονται:

- Η θέση και το ύψος των κτιρίων
- Η θέση των φυτών
- Η κατανομή των υλικών των επιφανειών και οι τύποι εδάφους
- Η θέση των sources (πηγές)
- Η θέση των receptors (υποδοχείς)
- Συνδέσεις με βάσεις δεδομένων
- Η γεωγραφική θέση και ο προσανατολισμός του μοντέλου



**Σχήμα 2.19:** Τρισδιάστατη άποψη της περιοχής προσομοίωσης του μοντέλου [Πηγή: ENVI-met].

Την περιοχή του μοντέλου αποτελεί ένα ορθογώνιο (παραλληλεπίπεδο) το οποίο εκτείνεται κατά  $x$ ,  $y$  και  $z$ . Στο .IN δε φαίνεται η διάσταση  $z$ , όμως αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι του μοντέλου. Στο σχήμα που ακολουθεί (Σχ. 2.20) φαίνεται το ίδιο παράδειγμα, που παραπάνω παρουσιάστηκε σε τρισδιάστατη μορφή, όπως αυτό εμφανίζεται στο **ENVI-met Editor**.



**Σχήμα 2.20:** Περιοχή του μοντέλου, όπως αυτή φαίνεται στο ENVI-met Editor (.IN) [Πηγή: ENVI-met].

Στην έκδοση 3.0, το πλήθος των δευτερευόντων κελιών, δηλαδή το εύρος της δευτερεύουσας ζώνης γύρω από την κύρια, αποθηκεύεται στο **.IN** και όχι στο **.CF**. Στο **.IN** αποθηκεύονται, επίσης, οι πληροφορίες για το έδαφος που αφορούν στα δευτερεύοντα κελιά (**nesting grids**) καθώς ακόμα και η περιστροφή (προσανατολισμός) του μοντέλου.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, για λόγους αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων, δημιουργείται μια δευτερεύουσα ζώνη γύρω από τον «πυρήνα» του μοντέλου. Όσο αυξάνεται το εύρος της ζώνης αυτής, τόσο μειώνεται η πιθανότητα να υπάρξουν αριθμητικά προβλήματα. Το ENVI-met θα ειδοποιεί το χρήστη μετά την πάροδο χρονικού διαστήματος 10 δευτερολέπτων σε περίπτωση που το πεδίο ροής είναι ασταθές, προτείνοντας την αύξηση του πλήθους των δευτερευόντων κελιών. Σημειώνεται ότι είναι προκαθορισμένο τα δευτερεύοντα κελιά να μην συμπεριλαμβάνονται στα **αρχεία εξαγωγής αποτελεσμάτων (output files)** και άρα



δεν μπορούν να εντοπιστούν τυχόν προβλήματα εκεί. Για να εμφανιστεί ολόκληρη η περιοχή του μοντέλου θα πρέπει να συμπεριληφθούν στα output files (Σχ. 2.21).

Όσον αφορά στις πληροφορίες για το έδαφος στα δευτερεύοντα κελιά, καθώς αυτά δημιουργούνται αποκλειστικά στην εσωτερική μνήμη του προγράμματος, δεν είναι δυνατόν να τοποθετηθούν εκεί κτίρια ή να τροποποιηθεί το εδαφικό προφίλ. Για να καταστεί δυνατός ο καθορισμός ενός εδαφικού προφίλ στην δευτερεύουσα περιοχή (**nesting area**) το ENVI-met δημιουργεί ένα μοτίβο σκακιέρας (διάταξη ζατρικίου) με δύο εδαφικά προφίλ, A και B. Αυτά μπορεί να αποτελούνται από το ίδιο είδος εδάφους ή από διαφορετικό. Για παράδειγμα, αν η περιοχή που περιβάλλει το μοντέλο αποτελείται από έναν συνδυασμό «φραγμένων» (δρόμοι) και ελεύθερων (π.χ. αργιλικών) επιφανειών, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μια «φραγμένη» επιφάνεια για το εδαφικό προφίλ A και μια ελεύθερη επιφάνεια για το B.

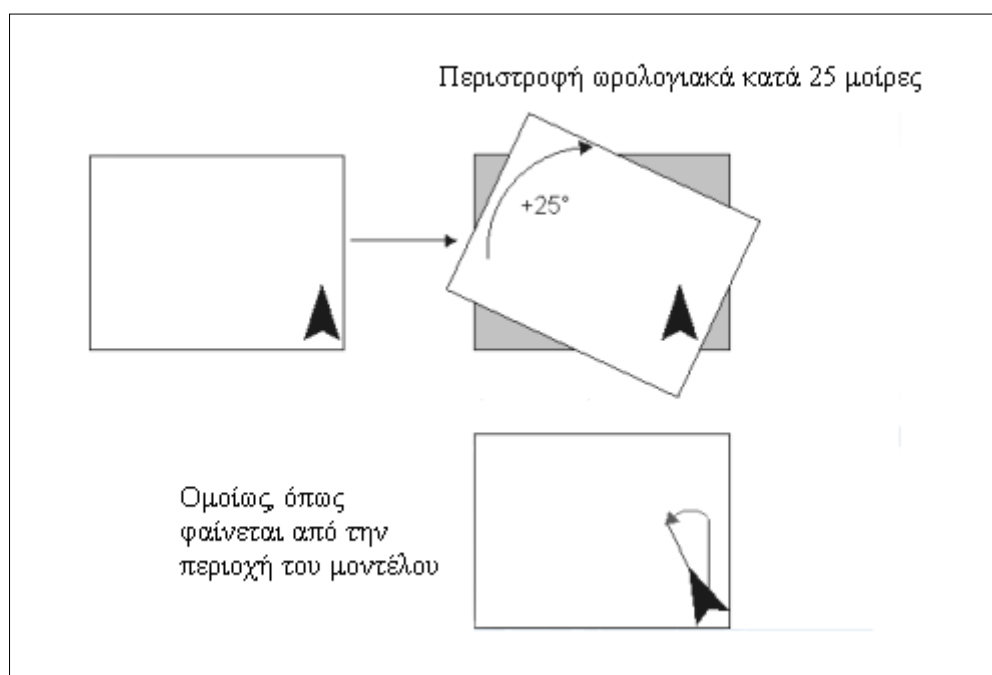
Ένα άλλο θέμα που αφορά στην δευτερεύουσα περιοχή είναι αυτό της ακτινοβολίας. Καθώς δεν υπάρχουν κτίρια σε αυτήν, η ηλιακή ακτινοβολία φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους χωρίς καμία απομείωση με αποτέλεσμα μια μη ρεαλιστική υπερεκτίμηση της επιφανειακής θερμοκρασίας, ειδικά όταν χρησιμοποιούνται μόνο «φραγμένες» επιφάνειες ως εδαφικό προφίλ. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος το ENVI-met μπορεί να χρησιμοποιήσει μέσες τιμές ακτινοβολίας από την περιοχή του «πυρήνα» του μοντέλου αντί των κανονικών ροών ακτινοβολίας στη δευτερεύουσα περιοχή. Η ενεργοποίηση αυτής της λειτουργίας γίνεται στο **section [NESTINGAREA]** του **.CF** (Σχ. 2.21).

```
00: [NESTINGAREA] _____ Settings for Nesting area
01: Use aver. solar input in nesting area (0:n,1:y) = 1
02: Include nesting grids in output (0:n, 1:y) = 0
```

**Σχήμα 2.21:** Ρυθμίσεις στο **.CF** για τη δευτερεύουσα ζώνη του μοντέλου που αφορούν στην ακτινοβολία που δέχεται και στην εξαγωγή αποτελεσμάτων γι' αυτήν [Πηγή: ENVI-met].

Σε κάποιες περιπτώσεις, μπορεί να διευκολύνει ένας διαφορετικός προσανατολισμός του μοντέλου από τον προκαθορισμένο (ο Y άξονας να δείχνει προς το Βορά). Για παράδειγμα, αν μελετάται μια αστική «χαράδρα» (την οποία δημιουργεί ένας δρόμος μέσα στον ιστό της πόλης) με διαφορετικό προσανατολισμό, είναι ασύμφορο να «στρίψουμε σε βήματα» τα κτίρια που βρίσκονται κατά μήκος της. Αντ' αυτού, θα στραφεί ολόκληρη η περιοχή του μοντέλου, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.22. Η θετική φορά περιστροφής του μοντέλου είναι η ωρολογιακή. Η περιοχή του μοντέλου στο παράδειγμα του σχήματος 2.22 (λευκό ορθογώνιο) έχει περιστραφεί ωρολογιακά κατά 25° σε σχέση με την αρχική θέση (γκρι ορθογώνιο). Η διεύθυνση σχετίζεται πάντα με την περιοχή του μοντέλου και όχι με το γενικότερο χάρτη, οπότε στην περίπτωση που θελήσει κανείς να τοποθετήσει τον τελευταίο στο μοντέλο, θα πρέπει να τον τρέψει ακριβώς αντίθετα, εν προκειμένω κατά 25° αντιωρολογιακά. Επίσης, αν σχεδιάσουμε στην περιοχή του μοντέλου ένα βέλος που δείχνει στο Βορά, μια

στροφή ωρολογιακής φοράς θα έχει ως αποτέλεσμα μια αντιωρολογιακής φοράς στροφή για το εν λόγω βέλος (Σχ. 2.22).



**Σχήμα 2.22:** Περιστροφή του μοντέλου [Πηγή: ENVI-met].

Για τη ρύθμιση του προσανατολισμού του μοντέλου χρησιμοποιείται ο **ENVI-met Editor**. Σημειώνεται, τέλος, ότι όλα τα εισαγόμενα και όλα τα εξαγόμενα δεδομένα αναφέρονται στο κανονικό σύστημα συντεταγμένων. Για παράδειγμα, μια διεύθυνση ανέμου 90° σημαίνει ότι ο άνεμος έρχεται από τα ανατολικά. Εάν το μοντέλο έχει περιστραφεί, αυτό δεν σημαίνει αυτόματα ότι ο εν λόγω άνεμος έρχεται από τη δεξιά πλευρά του μοντέλου.

### 2.3.3 Αρχεία Βάσης Δεδομένων (Database Files)

#### 2.3.3.1 Εισαγωγή

Πέραν των δύο βασικών αρχείων που είναι απαραίτητα για κάθε προσομοίωση (το **Αρχείο Εισαγωγής Περιοχής .IN** και το **Κύριο Αρχείο Διαμόρφωσης .CF**), το πρόγραμμα ENVI-met χρειάζεται πολλές επιπλέον πληροφορίες σχετικές με τις επιφάνειες, τη βλάστηση και τις πηγές εκπομπής αερίων/μικροσωματιδίων στην περιοχή του μοντέλου. Για όλα αυτά τα δεδομένα η φιλοσοφία του προγράμματος είναι η ίδια, δηλαδή κάθε εισαγωγή δεδομένου καθορίζεται από 2 αλφαριθμητικά σύμβολα, για παράδειγμα, «a0» που αποτελούν την ταυτότητα/τον κωδικό του δεδομένου. Έτσι, εάν ένα φυτό έχει ορισθεί ως «a0» στη βάση δεδομένων των φυτών (**Plant Database ~ PLANTS.DAT**) μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα στο **.IN** βάζοντας τον κωδικό «a0» στην επιθυμητή θέση στον κánaβο.

Γενικά, τα αρχεία βάσης δεδομένων προορίζονται να λειτουργούν ως καθολικά αρχεία (**global files**) τα οποία αποθηκεύονται στη θέση **/input system directory** του

ENVI-met και χρησιμοποιούνται σε κάθε προσομοίωση. Επομένως το φυτό «a0» θα είναι το ίδιο σε δύο διαφορετικές προσομοιώσεις εκτός αν γίνει αλλαγή στη βάση δεδομένων μεταξύ των δύο αυτών προσομοιώσεων. Αυτό, επίσης, σημαίνει πως εάν χρειαστεί να γίνει κάποια προσομοίωση με διαφορετικά φυτά (ή πηγές, εδάφη, προφίλ), θα πρέπει να εμπλουτιστεί αυτή η καθολική βάση δεδομένων. Αντ' αυτού, είναι προτιμότερο να ορισθούν τοπικές βάσεις δεδομένων (**local databases**). Αυτές μπορούν να αποθηκευθούν οπουδήποτε και, σε περίπτωση που αυτό είναι επιθυμητό, μπορούν να προστεθούν στα καθολικά αρχεία. Τέλος, σημειώνεται ότι όλες οι βάσεις δεδομένων αποτελούνται από **αρχεία τύπου ASCII**, όπως άλλωστε και τα αρχεία **.IN** και **.CF**, με αποτέλεσμα να μην χρειάζεται κάποιο ειδικό σύστημα για την επεξεργασία και τη χρήση των αρχείων αυτών. Συνέπεια αυτού είναι το γεγονός ότι ο χρήστης πρέπει να ακολουθεί προσεκτικά τους κανόνες μορφοποίησης για τα παραπάνω αρχεία.

### 2.3.3.2 Βάση δεδομένων εδαφών SOILS.DAT

Σε αυτό το αρχείο βρίσκονται όλες οι πληροφορίες που αφορούν στα διάφορα φυσικά εδάφη και υλικά επίστρωσης επιφανειών. Κάθε υλικό έχει το δικό του κωδικό, αποτελούμενο από δύο γράμματα της αλφαβήτου, ο οποίος στη συνέχεια χρησιμοποιείται στο **PROFILES.DAT** (βάση δεδομένων προφίλ) για να οριστούν διαφορετικά κατακόρυφα εδαφικά προφίλ. Η συνήθης μορφή του παραπάνω αρχείου φαίνεται στο σχήμα 2.23.

00:	ID	V	ns	nfc	nwilt	matpot	hydr	CP	b	Hcn	Name.....(40z)....
00:	ss	b	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	xxxxxx	x[10-6]	[10+6]	xxxxxx	xxxxxx	ssssssssssssssssssss
01:	00	0	0.451	0.240	0.155	-0.478	7.0	1.212	5.39	0.00	Default Soil (Loam)
02:	sd	0	0.395	0.135	0.0068	-0.121	176.0	1.463	4.05	0.00	Sand
03:	ls	0	0.410	0.150	0.075	-0.090	156.3	1.404	4.38	0.00	Loamy Sand
04:	s1	0	0.435	0.195	0.114	-0.218	34.1	1.320	4.90	0.00	Sandy Loam
05:	s1	0	0.485	0.255	0.179	-0.786	7.2	1.271	5.30	0.00	Silt Loam
06:	1e	0	0.451	0.240	0.155	-0.478	7.0	1.212	5.39	0.00	Loam
07:	ts	0	0.420	0.255	0.175	-0.299	6.3	1.175	7.12	0.00	Sandy Clay Loam
08:	t1	0	0.477	0.322	0.218	-0.356	1.7	1.317	7.75	0.00	Silty Clay Loam
09:	1t	0	0.476	0.325	0.250	-0.630	2.5	1.225	8.52	0.00	Clay Loam
10:	st	0	0.426	0.310	0.219	-0.153	2.2	1.175	10.40	0.00	Sandy Clay
11:	ts	0	0.492	0.370	0.283	-0.490	1.0	1.150	10.40	0.00	Silty Clay
12:	to	0	0.482	0.367	0.286	-0.405	1.3	1.089	11.40	0.00	Clay
13:	tf	0	0.863	0.500	0.395	-0.356	8.0	0.836	7.75	0.00	Peat
14:	zb	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	2.083	0.00	1.63	Cement Concrete
15:	mb	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	1.750	0.00	2.33	Mineral Concrete
16:	ak	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	2.214	0.00	1.16	Asphalt (with Gravel)
17:	ab	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	2.251	0.00	0.90	Asphalt (with Basalt)
18:	gr	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	2.345	0.00	4.61	Granite
19:	ba	1	0.00	0.000	0.000	0.00	0.0	2.386	0.00	1.73	Basalt
20:	ww	2	0.00	0.000	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.00	Water

Σχήμα 2.23: Αρχείο SOILS.DAT [Πηγή: ENVI-met].

Οι δύο πρώτες γραμμές δεν λαμβάνονται υπόψη από το πρόγραμμα αλλά πρέπει να παραμείνουν ως έχουν διότι αποτελούν οδηγό για τη διαμόρφωση του αρχείου. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο ρόλος της κάθε στήλης.

**ID:** Είναι ο κωδικός που συνδέει τα εδάφη με τα δεδομένα των προφίλ στο **PROFILES.DAT**.

**V:** Είδος εδάφους. Το ψηφίο «0» είναι για τα συνήθη εδάφη, το «1» για τα υλικά επίστρωσης (δεν υπάρχει ανταλλαγή νερού) και το «2» για το νερό με σημαντικό βάθος.

**ns:** Ογκομετρικό περιεχόμενο νερού σε κορεσμό ( $m^3$  νερού/  $m^3$  εδάφους).

**nfc:** Ογκομετρικό περιεχόμενο νερού, που προκύπτει μετά από μια έντονη βροχόπτωση και αφού φύγει το επιπλέον νερό που δεν απορροφάται. Αυτό, συνήθως, χρειάζεται χρόνο δύο-τριών ημερών ώστε να συμβεί σε διαπερατά εδάφη με ομοιόμορφη δομή και σύσταση ( $m^3$  νερού/  $m^3$  εδάφους).

**nwilt:** Ογκομετρικό περιεχόμενο νερού στο σημείο μαρασμού (wilting point~WP). Ως τέτοιο ορίζεται το ελάχιστο ποσοστό εδαφικής υγρασίας που απαιτείται από κάποιο φυτό ώστε να μην μαραθεί. Η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται στο μοντέλο της βλάστησης ( $m^3$  νερού/  $m^3$  εδάφους).

**matpot:** Συντελεστής σχετικός με το δυναμικό του νερού (matric potential) εξαιτίας της προσκόλλησης μορίων του σε μη διαλυμένες δομές του συστήματος, όπως μεμβράνες πλάσματος ή κόκκοι εδάφους. Έχει πάντα αρνητικό πρόσημο και είναι σημαντικός μόνο έξω από ζωντανά κύτταρα σε σχετικά ξηρά συστήματα όπως, για παράδειγμα, σε εδάφη όπου σημαντική ποσότητα νερού είναι στενά συνδεδεμένη με κόκκους εδάφους (m).

**hydr:** Υδραυλική αγωγιμότητα σε συνθήκες κορεσμού [(m/sec) · 10<sup>-6</sup>].

**CP:** Ογκομετρική θερμοχωρητικότητα [(J·m<sup>-3</sup>·K<sup>-1</sup>) · 10<sup>6</sup>].

**b:** Σταθερά των Clapp & Hornberger.

**HCN:** Θερμική αγωγιμότητα του υλικού (W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>).

**Name:** Ονομασία του εδαφικού υλικού.

Η λίστα του παραπάνω σχήματος από 01 έως το 13 αναφέρεται σε πραγματικά εδάφη και οι διάφορες παράμετροι έχουν ληφθεί από το διάγραμμα των Clapp & Hornberger (1978). Για τα πραγματικά εδάφη δε διατίθεται τιμή για τη θερμική αγωγιμότητα, καθώς αυτή υπολογίζεται σε σχέση με την πραγματική περιεκτικότητα σε νερό. Η παραπάνω λίστα, γενικώς, είναι πλήρης και επαρκής καθώς καλύπτει όλες τις κατηγορίες εδάφους, όπως αυτές ορίστηκαν από τους Clapp & Hornberger. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν εργασίες για ιδιαίτερα εδάφη και ο χρήστης μπορεί να εμπλουτίσει τη λίστα. Σημειώνεται ότι αυτά τα δεδομένα δε δίνουν πληροφόρηση σχετικά με το πόσο υγρό είναι το έδαφος, αλλά περιέχουν πληροφορίες για τη σύσταση και τις ιδιότητές του. Στις θέσεις 14 έως 19 υπάρχουν πληροφορίες για διάφορα υλικά επίστρωσης. Οι μηδενικές τιμές προέκυψαν καθώς τα υλικά αυτά δεν επιτρέπουν τη μεταφορά νερού και για αυτό δεν έχουν βαθμονομηθεί στο διάγραμμα των Clapp & Hornberger. Σε αντίθεση όμως με τα πραγματικά εδάφη, για τα υλικά επίστρωσης είναι απαραίτητη η γνώση της θερμικής αγωγιμότητας. Τέλος, στη γραμμή 20 ορίζεται το νερό, σαν να

ήταν κάποιο είδος εδαφικού υλικού. Αυτό χρειάζεται να γίνει διότι οι ρουτίνες εισαγωγής δεδομένων δεν διακρίνουν το νερό από τα εδάφη όταν προετοιμάζουν το κάναβο του μοντέλου. Οι μοναδικές πληροφορίες που χρειάζονται είναι ο κωδικός (**ID**) και ο αριθμός «2» για υδάτινο σώμα.

Σημειώνεται, τέλος, ότι είναι απαραίτητο να ακολουθηθεί πιστά ο προκαθορισμένος τρόπος συμπλήρωσης των στηλών στο αρχείο αυτό. Η πρώτη γραμμή δείχνει που ακριβώς αρχίζουν και που τελειώνουν τα προς συμπλήρωση πεδία. Σε περίπτωση που αυτό δε γίνει, το ENVI-met δε θα είναι σε θέση να αναλύσει τα εισαγόμενα δεδομένα, αφού δεν ελέγχει τον τρόπο εισαγωγής τους θεωρώντας ότι το αρχείο αυτό τροποποιείται μόνο από προχωρημένους χρήστες.

### 2.3.3.3 Βάση δεδομένων προφίλ **PROFILES.DAT**

Το αρχείο αυτό είναι άμεσα συνδεδεμένο με το **SOILS.DAT** που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Χρησιμοποιώντας το **PROFILES.DAT**, ορίζονται οι διαφορετικές, κατακόρυφες στήλες εδαφικού υλικού που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο. Πρέπει να οριστεί κάποιο εδαφικό υλικό για κάθε κελί του εδαφικού μοντέλου, συμπεριλαμβανομένου και του ακραίου άνω κελιού που αποτελεί την επιφάνεια του συγκεκριμένου προφίλ. Όπως αναφέρθηκε, τα δύο αρχεία **SOILS.DAT** και **PROFILES.DAT** δημιουργούν μια αλληλένδετη βάση δεδομένων. Στο πρώτο καθορίζονται τα διαθέσιμα εδαφικά υλικά και στο δεύτερο τα κατακόρυφα «σάντουιτς» που αποτελούνται από τα υλικά αυτά. Συνδέονται μέσω των κωδικών (**ID**) που δίνονται στο **SOILS.DAT**. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται ένα παράδειγμα αρχείου **PROFILES.DAT** (Σχ. 2.24).

```
00: ID -.015 .025 .035 .045 .055 0.07 0.09 0.15 0.25 0.35 0.45 0.75 1.25 1.75 _z0_ _a_ _em_Name
01: 0 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 0.015 0.00 0.98 Unsealed
02: s ab ab ab ab ab ab ab ab ab 1e 1e 1e 1e 1e 0.010 0.20 0.90 Asphalt
03: p zb zb zb zb sd 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 0.010 0.40 0.90 Pavement
04: l 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 0.015 0.00 0.98 Loamy Soil
05: sd sd sd sd sd 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 1e 0.050 0.30 0.90 Sandy Soil
06: w ww ww ww ww ww ww ww ww ww ww ww ww ww ww 0.010 0.00 0.96 Deep Water
```

Σχήμα 2.24: Αρχείο **PROFILES.DAT** [Πηγή: *ENVI-met*].

Η πρώτη γραμμή δε λαμβάνεται υπόψη από το πρόγραμμα, όμως δείχνει τη θέση από όπου πρέπει να ξεκινούν οι στήλες, σύμφωνα με την προκαθορισμένη διάταξή τους. Οι στήλες «-0,015» έως «-1,75» είναι οι κατακόρυφες στήλες του εδαφικού μοντέλου (στον τρισδιάστατο κάναβο). Η κατακόρυφη διάσταση των «κουτιών» που σχηματίζονται αυξάνεται καθώς απομακρυνόμαστε από την επιφάνεια του εδάφους σε βαθύτερες στρώσεις. Είναι προκαθορισμένη και δε γίνεται να αλλάξει από το χρήστη. Οι παραπάνω τιμές (κατά τον άξονα z) αναφέρονται στο κέντρο κάθε κύβου. Σε κάθε σχηματιζόμενο «κουτί» καταχωρείται ένα **ID**, το οποίο έχει οριστεί στη βάση δεδομένων **SOILS.DAT**. Αν εισαχθεί ένα **ID** το οποίο δεν υπάρχει, τότε το πρόγραμμα θα βγάλει ένα μήνυμα λάθους και, αυτόματα, θα χρησιμοποιήσει το πρώτο εδαφικό υλικό που έχει οριστεί στην παραπάνω βάση δεδομένων.



Υπάρχουν τρεις, πρόσθετες στήλες οι οποίες αναφέρονται στα επάνω «κουτιά», δηλαδή στην επιφάνεια του εδαφικού μοντέλου, και αφορούν στα παρακάτω:

**z0: Τραχύτητα** της επιφάνειας (m)

**a: Ανακλαστικότητα (albedo)** της επιφάνειας απέναντι στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία (Η ανακλαστικότητα προς τη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία, για φυσικά εδάφη και υδάτινες επιφάνειες, υπολογίζεται εσωτερικά του ENVI-met χρησιμοποιώντας την υγρασία του εδάφους και τη θέση του ήλιου, δηλαδή τη γωνία υπό την οποία η επιφάνεια δέχεται την ακτινοβολία του και μπορεί να οριστεί η τιμή «0,00» στη βάση δεδομένων. Για εδαφικά προφίλ, όμως, τα οποία στην ανώτατη στρώση τους έχουν κάποιο υλικό επίστρωσης επιφανειών, θα πρέπει να τίθεται μια έγκυρη τιμή της ανακλαστικότητας).

**em: Ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος** της επιφάνειας

Τέλος, στην πρώτη στήλη υπάρχει και πάλι, ένας κωδικός (**ID**) ο οποίος συνδέει τα προφίλ που έχουν οριστεί στη βάση δεδομένων **PROFILES.DAT** με το αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN**.

Όσον αφορά τα **υδάτινα σώματα**, αποτελούν ειδική περίπτωση με διαφορετικές επικρατούσες συνθήκες. Παρ' όλο που είναι τεχνικά δυνατό να δημιουργηθεί μια ρηχή λίμνη, θέτοντας «νερό» στην ανώτατη (επιφανειακή) στρώση του εδαφικού μοντέλου, το νερό πρέπει να χρησιμοποιείται μονάχα ως πλήρης στήλη. Το ENVI-met δεν είναι σε θέση να προσομοιώσει το ενεργειακό ισοζύγιο και τη θερμοκρασία στον πυθμένα της λίμνης αλλά, μονάχα, υπολογίζει τη θέρμανση του νερού εξαιτίας της απορρόφησης της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας. Έτσι, όταν θέλουμε να προσομοιώσουμε ρηχά νερά, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι τη μεγαλύτερη επίδραση στη θέρμανση του νερού, κατά τη διάρκεια της ημέρας, την ασκούν τα τμήματα του εδάφους που είναι εκτεθειμένα στην ηλιακή ακτινοβολία και ζεσταίνουν το νερό μέσω της επαφής τους με αυτό. Σε περίπτωση που δε ληφθεί υπόψη αυτή η πρόσθετη πηγή ενέργειας, η αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στο νερό θα υποτιμηθεί. Επίσης, ο χρήστης θα πρέπει να γνωρίζει ότι, στην παρούσα έκδοση, η επίδραση του υδάτινου σώματος στην υγρασία του εδάφους δε λαμβάνεται υπόψη. Ακόμη, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι, όπως και στο **SOILS.DAT** έτσι και στο **PROFILES.DAT**, είναι απαραίτητο να τηρηθεί πιστά ο προκαθορισμένος τρόπος συμπλήρωσης του αρχείου διότι το ENVI-met δε μπορεί να διαβάσει ένα, για παράδειγμα, διαφορετικό πλήθος κενών ή παρόμοιες αλλαγές στο αρχείο.

Σημειώνεται, τέλος, ότι κατά την έναρξη του editor (συντάκτης) **ENVI-met Eddi** για την επεξεργασία **αρχείων εισαγωγής περιοχής .IN**, «αναζητείται» το αρχείο **PROFILES.DAT** στη θέση **/input directory**. Εάν το αρχείο βρεθεί, όλοι οι κωδικοί (**ID**) που περιέχονται σ' αυτό «φορτώνονται» στον editor. Αυτό διευκολύνει την επεξεργασία διότι ο χρήστης είναι σε θέση να γνωρίζει ότι κάθε **ID** (που αντιστοιχεί σε ένα προφίλ) που χρησιμοποιήθηκε στο αρχείο **.IN** υπάρχει και στο αρχείο **PROFILES.DAT**. Επιπρόσθετα, ο editor εμφανίζει το δοσμένο όνομα του εκάστοτε

προφίλ, ακριβώς κάτω από τον κέρσορα του ποντικιού. Όπως και να έχει, ο χρήστης μπορεί ακόμη να εισάγει ένα δικό του **ID** στον editor, ακόμα και αν δεν είναι διαθέσιμο ένα αντίστοιχο προφίλ στη βάση δεδομένων **PROFILES.DAT** ή έχει σκοπό να το προσθέσει αργότερα.

### 2.3.3.4 Βάση δεδομένων φυτών PLANTS.DAT

Το πρόγραμμα ENVI-met δεν αντιμετωπίζει τη βλάστηση απλά, ως μια πορώδη ασπίδα για τον άνεμο. Το μοντέλο επιτρέπει στο χρήστη να ορίσει κάθε είδους φυτό, από κοντό χορτάρι έως πανύψηλα δέντρα, χρησιμοποιώντας το ίδιο σύστημα καταγραφής στη βάση δεδομένων. Είναι προγραμματισμένο οι πληροφορίες για τα φυτά να αποθηκεύονται στο αρχείο **PLANTS.DAT**. Παρ' όλα αυτά, μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει ένα διαφορετικό όνομα αρχείου ή μια άλλη θέση για τη βάση δεδομένων των φυτών όπως, για παράδειγμα, στην περίπτωση που θα θέλει να δημιουργήσει δύο ξεχωριστά αρχεία για τη χειμερινή και τη θερινή βλάστηση.

Η έκδοση 3.0 επιτρέπει τη χρήση τοπικών βάσεων δεδομένων, οι οποίες μπορούν να περιέχουν περισσότερους ορισμούς φυτών. Η χρήση των τελευταίων ενδείκνυται για τον ορισμό φυτών, τα οποία απευθύνονται μόνο σε μία, συγκεκριμένη προσομοίωση και δε θα πρέπει να αποθηκεύονται στην καθολική βάση δεδομένων. Αν σε μια προσομοίωση χρειάζονται κάποια επιπλέον είδη βλάστησης, αυτά θα πρέπει να μπουν σε μια τοπική βάση δεδομένων. Σε περίπτωση που ο φάκελος της προσομοίωσης αυτής μεταφερθεί σε διαφορετικό ηλεκτρονικό υπολογιστή, θα πρέπει να μεταφερθεί μαζί με αυτόν και η τοπική του βάση δεδομένων. Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνεται ένα παράδειγμα αρχείου **PLANTS.DAT** (Σχ. 2.25).

```
*****ENVI-met Vegetation Database V3 *****
C? TY rs-m_a f HH.HH TT.TT LAD1...LAD10 RAD1... RAD0 NAME
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.040 0.000 0.100 0.100 Tree 20m aver. dense., no distinct crownlayer
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.110 0.000 0.100 0.100 Tree 20 m dense., no distinct crown layer
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.075 0.000 0.100 0.100 Tree 20 m dense., distinct crown layer
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.075 0.000 0.100 0.100 Tree 20 m dense., distinct crown layer
C3 01 400 0.20 10.00 02.00 0.075 0.000 0.100 0.100 Tree 10 m dense.,distinct crown layer
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.150 0.000 0.100 0.100 Tree 20 m very dense, distinct crown layer
C3 01 400 0.20 02.00 01.00 2.000 2.000 0.100 0.100 Hedge dense, 2m
C3 01 400 0.20 10.00 02.00 0.000 0.000 0.100 0.100 Tree 10 m very dense, leafless base
C3 03 200 0.20 00.50 00.50 0.300 0.300 0.100 0.100 Grass 50 cm aver. dense
C3 01 400 0.20 20.00 02.00 0.000 0.000 0.100 0.100 Tree 20 m dense.,distinct crown layer
C4 03 200 0.20 01.50 00.50 0.300 0.300 0.100 0.100 Maize, 1.5 m
```

**Σχήμα 2.25:** Αρχείο PLANTS.DAT [Πηγή: ENVI-met].

Στο αρχείο αυτό γίνεται διαχωρισμός μεταξύ φυτών τύπου C3, στον οποίο ανήκει η πλειοψηφία αυτών και C4 όπως, για παράδειγμα, ο αραβόσιτος. Οι δύο αυτές κατηγορίες διαφέρουν στον τρόπο δέσμευσης του CO<sub>2</sub>. Οι περισσότερες στήλες περιέχουν πληροφορίες σχετικά με την **πυκνότητα περιοχής φυλλώματος LAD (Leaf Area Density)** και την **πυκνότητα περιοχής ριζών RAD (Root Area Density)**. Και οι δύο δίνονται σε m<sup>2</sup> επιφάνειας φυλλώματος (ή ριζών) ανά m<sup>3</sup> όγκου αέρα. Στο αρχείο που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα έχει καταχωρηθεί μια σειρά από δέντρα (όλα τους φυλλοβόλα) χάριν παραδείγματος. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν

περισσότερα διαθέσιμα προφίλ. Αυτά κανονικοποιούνται, με τιμές για το λόγο  $z/H$  από 0.1 (αντιστοιχία με τα LAD1 και RAD1) έως 1 (αντιστοιχία με τα LAD10 και RAD10), όπου  $z$  είναι η τιμή της LAD ή της RAD και  $H$  το συνολικό ύψος του φυτού ή το βάθος της ριζικής ζώνης αντίστοιχα. Χρειάζονται πάντα δέκα καταχωρήσεις, χωρίς να υπάρχει διαφορά είτε πρόκειται για χορτάρι ύψους 50cm είτε για τροπικά δέντρα ύψους 100m. Στη συνέχεια, το εκάστοτε προφίλ θα μεγεθυνθεί ή θα συμπιεστεί στο μέγεθος των κελιών του μοντέλου. Παρακάτω παρουσιάζεται ο ρόλος της κάθε στήλης.

**ID:** Όπως και σε κάθε άλλο φάκελο, έτσι και εδώ χρησιμοποιείται ένας διψήφιος αλφαριθμητικός κωδικός, μέσω του οποίου καθορίζεται το είδος της βλάστησης. Το **ID** επιλέγεται στο αρχείο εισαγωγής δεδομένων, ώστε να καθοριστούν οι θέσεις της βλάστησης. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται αποκλειστικά αλφαριθμητικοί κωδικοί, ειδάλλως το ENVI-met θα θεωρήσει ότι πρόκειται για κτίρια.

**C?:** Διάκριση των φυτών σε αυτά τύπου C3 και αυτά τύπου C4, βάσει του τρόπου δέσμευσης του CO<sub>2</sub>. Σε περίπτωση ελλειπόν ή λανθασμένων στοιχείων, ένα φυτό θα κατηγοριοποιείται ως C3.

**TY:** Διαχωρισμός της βλάστησης σε φυλλοβόλα δέντρα (01), σε κωνοφόρα δέντρα (02) και σε χορτάρι (03). Η πληροφορία αυτή χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της διαμέτρου των φύλλων και αεροδυναμικών ιδιοτήτων.

**rs\_min:** Είναι η ελάχιστη αντίσταση των πόρων των φύλλων του φυτού. Πρέπει να τίθεται τιμή ίση με 400 για δέντρα και 200 για χορτάρι, εκτός αν ο χρήστης έχει εξειδικευμένες γνώσεις πάνω σε κάποιο είδος βλάστησης. (Το **rs\_min** χρησιμοποιείται μόνο στην παλαιότερη προσέγγιση Deardorff. Όταν γίνεται χρήση του μοντέλου **A-gs**, που προτείνεται, το **rs\_min** δεν επηρεάζει τον υπολογισμό της αντίστασης των πόρων.)

**a\_f:** Ανακλαστικότητα (albedo) των φύλλων του φυτού απέναντι στη μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία. Συνήθως λαμβάνεται ίση με 0.20, εκτός αν πρόκειται για ιδιαίτερη περίπτωση φυτού.

**HH.HH:** Ύψος φυτού σε m.

**TT.TT:** Συνολικό βάθος ριζικής ζώνης (θετικές τιμές). Το νερό που εκλύεται στην ατμόσφαιρα μέσω της διεργασίας της διαπνοής των φυτών, προέρχεται από την υγρασία του εδάφους, με την κατανομή των εδαφικών ριζών να αποτελεί μια σχετική συνάρτηση βάρους.

**LAD1 έως LAD10:** Πυκνότητα περιοχής φυλλώματος σε m<sup>2</sup> επιφάνειας φυλλώματος ανά m<sup>3</sup> όγκου αέρα, για τις 10 θέσεις δεδομένων.

**RAD1 έως RAD10:** Πυκνότητα περιοχής ριζών σε m<sup>2</sup> επιφάνειας ριζών ανά m<sup>3</sup> όγκου εδάφους, για τις 10 θέσεις δεδομένων.

**Name:** Το όνομα που έχει δοθεί στο φυτό.

Το όνομα της βάσης δεδομένων που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί, μπορεί να καταχωρηθεί στο αρχείο **.CF**. Στην περίπτωση που θέλουμε να αγνοηθεί κάθε είδους βλάστηση στην περιοχή του μοντέλου, απλώς διατηρούμε αυτή τη βάση δεδομένων κενή. Σημειώνεται, τέλος, ότι οι αλφαριθμητικοί κωδικοί (**ID**) είναι ευαίσθητοι, όσον αφορά τα κεφαλαία/πεζά γράμματα. Για παράδειγμα, ο «DM» διαφέρει από τον «dm».

### 2.3.3.5 Βάση δεδομένων πηγών SOURCES.DAT

Το πρόγραμμα ENVI-met έχει τη δυνατότητα να προσομοιώνει την απελευθέρωση και τη διασπορά αερίων και σωματιδίων. Για να συμβεί αυτό, θα πρέπει να επιλεγούν οι πηγές (sources) στο αρχείο εισαγωγής περιοχής (**.IN**). Στην έκδοση 3.0 θα πρέπει όλες οι πηγές να είναι του ίδιου τύπου, για παράδειγμα, θα πρέπει να είναι όλες πηγές διοξειδίου του θείου (SO<sub>2</sub>) και δεν είναι εφικτό να έχουμε, ταυτόχρονα, στο μοντέλο μια πηγή SO<sub>2</sub> και μια μονοξειδίου (NO) ή διοξειδίου (NO<sub>2</sub>) του αζώτου.

Εξαιτίας της σημαντικής ποσότητας πληροφοριών, που απαιτούνται για την εισαγωγή πηγών στο μοντέλο, η αποθήκευσή της γίνεται σε τρία διαφορετικά σημεία:

- Η θέση των πηγών αποθηκεύεται στο αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN**.
- Ο τύπος των πηγών καθορίζεται στον τομέα (section) SOURCES του αρχείου διαμόρφωσης **.CF**.
- Ο τύπος και το ύψος των πηγών, καθώς επίσης ο ρυθμός εκπομπής αερίων/σωματιδίων καταχωρούνται στην καθολική βάση δεδομένων **SOURCES.DAT** ή σε τοπική βάση δεδομένων.

Η βασική ιδέα παραμένει η ίδια, όπως στα φυτά και στα εδάφη, δηλαδή ένας διψήφιος αλφαριθμητικός κωδικός (**ID**) επιλέγεται στο αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN** και ένα πλήθος από βάσεις δεδομένων χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η συμπεριφορά της πηγής στην οποία αντιστοιχεί ο κωδικός αυτός. Σημειώνεται, ακόμη, ότι η βάση δεδομένων περιέχει πληροφορίες σχετικά με:

- Τον τύπο της πηγής (σημειακή, γραμμική ή επιφανειακή πηγή).
- Το ύψος των εκλύσεων.
- Τους ρυθμούς εκπομπής σε ωριαία βάση και για τις 24 ώρες της ημέρας.

Στο σχήμα της σελίδας που ακολουθεί (Σχ. 2.26) φαίνεται ένα παράδειγμα αρχείου **SOURCES.DAT**. Οι πρώτες δύο γραμμές αποτελούν οδηγούς που υποδεικνύουν τη θέση εισαγωγής των διαφόρων δεδομένων. Ο ρόλος της κάθε στήλης αναλύεται στη συνέχεια.

**ID:** Ο διψήφιος αλφαριθμητικός κωδικός που συνδέει τη βάση δεδομένων των πηγών με το αρχείο εισαγωγής περιοχής. Στην περίπτωση αυτή, το πρόγραμμα δεν ξεχωρίζει τους κεφαλαίους από τους πεζούς χαρακτήρες.

**T:** Ο τύπος της πηγής και πληροφόρηση σχετικά με τη μονάδα μέτρησης στην οποία έχουν μετρηθεί και αποθηκευτεί τα δεδομένα των εκπομπών. Πιθανοί τύποι είναι:

- Σημειακή πηγή (T=1), σε mg/sec
- Γραμμική πηγή (T=2), σε mg/(sec\*m)
- Επιφανειακή πηγή (T=3), σε mg/(sec\*m<sup>2</sup>)

Εάν οι εκπομπές μετρώνται σε μg/.. αντί mg/.. θα έχουμε T=4, 5 και 6 αντίστοιχα.

**hh.hh:** Το ύψος της πηγής σε m.

**E(00h):** Ρυθμός εκπομπής την 00.00 ώρα.

**E(01h):** Ρυθμός εκπομπής την 01.00 ώρα

και ούτω καθ' εξής, έως

**E(23h):** Ρυθμός εκπομπής την 23.00 ώρα (συνδέεται με αυτόν της 00.00 ώρας μέσω παρεμβολής).

**Name:** Το όνομα της πηγής (έως 40 χαρακτήρες).

Τα δεδομένα για τους ρυθμούς εκπομπής προσαρμόζονται δυναμικά κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης σύμφωνα με την ώρα που αυτή λαμβάνει χώρα (γραμμική παρεμβολή).

```
01: ----- Sources-Database. Type (T) 1,4=point, 2,5=line 3,6=area, E in mg/s (1), mg/s*m (2)
or mg/s*m² (3), μg/s (4), μg/s*m (5) or μg/s*m² (6)
02: ID T hh.hh E(00h) E(01h) ... E(23h) Name (40)
03: xx 5 0.30 010.00 010.00 ... 010.00 Test_Pointsource 10m,10mg/s
```

**Σχήμα 2.26:** Αρχείο SOURCES.DAT [Πηγή: ENVI-met].

### 2.3.3.6 Πρόσθετες τοπικές βάσεις δεδομένων φυτών και πηγών.

Όπως έχει σημειωθεί σε προηγούμενη ενότητα, πέραν της καθολικής βάσης δεδομένων, η οποία είναι διαθέσιμη για όλες τις προσομοιώσεις, μπορούν να οριστούν τοπικές βάσεις δεδομένων οι οποίες θα ανήκουν σε μία συγκεκριμένη προσομοίωση ή σε μια σειρά από αυτές. Η δυνατότητα αυτή συμβάλλει στην αποφυγή της υπερβολικής αύξησης του μεγέθους των καθολικών βάσεων δεδομένων. Επίσης, δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να προσθέτει φυτά και πηγές σε μια περιοχή προσομοίωσης χωρίς να χρειάζεται να εμπλακεί σε συνενώσεις διαφορετικών βάσεων

δεδομένων. Η δυνατότητα αυτή υπάρχει μόνο για τα φυτά και τις πηγές, ενώ για τα εδάφη και τα εδαφικά προφίλ, συνήθως, δεν είναι απαραίτητες πάρα πολλές καταχωρήσεις ώστε να δουλέψει το μοντέλο. Οι τοπικές βάσεις δεδομένων θα προστίθενται στις καθολικές, οι οποίες είναι αποθηκευμένες στο φάκελο **/input** (στην περίπτωση πηγών) ή σε άλλη θέση (στην περίπτωση βάσης δεδομένων φυτών).

Οι καθολικές βάσεις δεδομένων θα πρέπει να είναι διαθέσιμες, ώστε να είναι δυνατή η προσθήκη τοπικών βάσεων δεδομένων. Εάν το πρόγραμμα αδυνατεί να «ανοίξει» τα αρχεία της καθολικής βάσης δεδομένων, τότε υποθέτει ότι υπάρχει γενικότερο πρόβλημα και δε «διαβάζει» ούτε τις πρόσθετες τοπικές βάσεις δεδομένων, ακόμη και αν σ' αυτές περιέχονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες. Επίσης, στην περίπτωση που έχουν καταχωρηθεί δύο φορές οι ίδιες πληροφορίες σε καθολική και τοπική βάση δεδομένων (ίδιο **ID**), η πρώτη υπερισχύει της δεύτερης.

Για τη χρήση τοπικών βάσεων δεδομένων, θα πρέπει να προστεθεί ένας τομέας (section) **[LOCALDB]** στο αρχείο διαμόρφωσης **.CF** (Σχ. 2.27).

```
00:[LOCALDB] _____
01:Filename additional plants      =[mydir]\MyPlants.dat
02:Filename additional sources     =c:\myplants.dat
```

**Σχήμα 2.27:** Τομέας (section) **[LOCALDB]** στο αρχείο διαμόρφωσης **.CF** [Πηγή: ENVI-met].

Ο ρόλος των γραμμών είναι:

**01: Filename additional plants** (Προκαθορισμένο: κανένα) : Καθορίζεται η θέση της πρόσθετης τοπικής βάσης δεδομένων φυτών που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε. Το αρχείο πρέπει να έχει την ίδια διαμόρφωση (format) με την καθολική βάση δεδομένων φυτών. Η θέση μπορεί να δοθεί μέσω άμεσης διαδρομής (direct path) ή χρησιμοποιώντας κάποιο ψευδώνυμο (**ALIAS**).

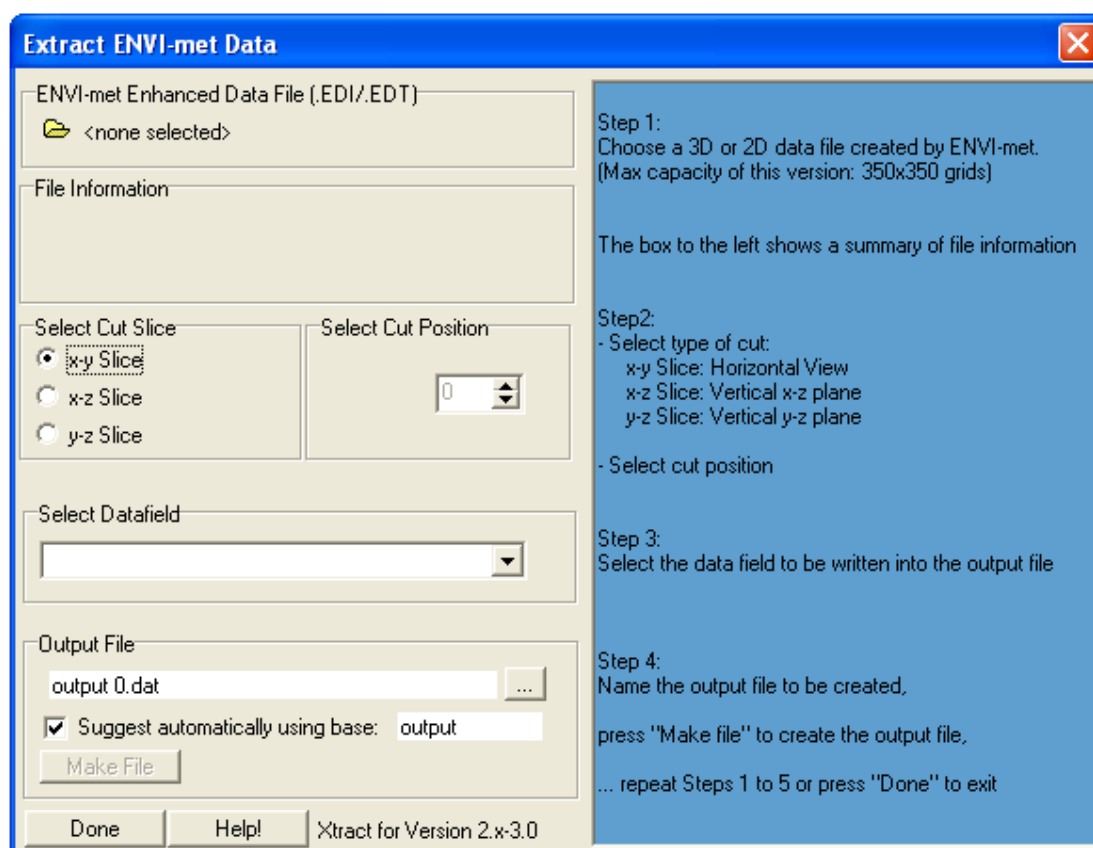
**02: Filename additional sources** (Προκαθορισμένο: κανένα) : Καθορίζεται η θέση της πρόσθετης τοπικής βάσης δεδομένων πηγών που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε. Το αρχείο πρέπει να έχει την ίδια διαμόρφωση (format) με την καθολική βάση δεδομένων πηγών. Η θέση μπορεί να δοθεί μέσω άμεσης διαδρομής (direct path) ή χρησιμοποιώντας κάποιο ψευδώνυμο (**ALIAS**).

Σημειώνεται ότι τα **ALIAS** είναι λέξεις-κλειδιά οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί των directories (οδηγοί). Όταν το ENVI-met χρειάζεται πληροφορίες για τη θέση ενός συγκεκριμένου αρχείου, μπορεί να γίνει χρήση ενός alias αντί της πλήρους διαδρομής (path) που οδηγεί στο αρχείο αυτό. Στην έκδοση 3.0 είναι, πλέον, δυνατόν ο χρήστης να δημιουργήσει τη δική του λίστα με alias. Περισσότερα στοιχεία για τη χρησιμότητα και την κατάρτιση λιστών alias δίνονται στην ενότητα 2.3.6.

## 2.3.4 Παραγόμενα Αρχεία (Output Files)

### 2.3.4.1 Γενικά

Το πρόγραμμα ENVI-met παράγει μια πληθώρα δεδομένων σε κάθε προσομοίωση και για την αξιοποίηση και διαχείρισή τους μπορούν να φανούν χρήσιμα κάποια βοηθητικά προγράμματα. Μερικά από τα παραγόμενα αρχεία είναι τύπου ASCII και μπορούν να διαβαστούν με συνηθισμένα προγράμματα (WordPad κ.λπ.), ενώ άλλα και, κυρίως, τα κύρια παραγόμενα αρχεία (main output files) είναι δυαδικά αρχεία (binary files) που πρέπει να διαβαστούν με το πρόγραμμα **XTract** (παράγει αρχεία τύπου ASCII) ή το πρόγραμμα **LEONARDO** (παράγει γραφήματα). Το πρόγραμμα **XTract** (Σχ. 2.28) είναι ένα απλό εργαλείο με το οποίο μπορούμε να εξάγουμε δεδομένα από τα παραγόμενα binary αρχεία και να τα γράφουμε σε αρχεία ASCII. Περιέχεται ως υποπρόγραμμα εντός του ENVI-met.



**Σχήμα 2.28:** Πρόγραμμα Xtract [Πηγή: ENVI-met].

Στο πρόγραμμα **LEONARDO** χρησιμοποιείται ένα περιβάλλον γραφικών απεικονίσεων για την έκθεση και ανάλυση αριθμητικών δεδομένων (όχι προερχόμενων αποκλειστικά από το ENVI-met).

Τα αρχεία που προκύπτουν από τις προσομοιώσεις με το πρόγραμμα ENVI-met μπορούν να διακριθούν σε τέσσερις κατηγορίες και παρουσιάζονται στις επόμενες παραγράφους.

### 2.3.4.2 Κύρια Αρχεία Δεδομένων .EDI/.EDT (Main Data Files)

Στα αρχεία αυτά περιέχονται δεδομένα για την πλήρη κατάσταση του τρισδιάστατου μοντέλου, συμπεριλαμβανομένων της ατμόσφαιρας, των επιφανειών και του εδάφους. Τα αρχεία αυτά μπορεί να έχουν πολύ μεγάλο μέγεθος και αποθηκεύονται σε δυαδική μορφή (binary format). Χρησιμοποιούν την επέκταση .EDI/.EDT και επειδή είναι δυαδικού τύπου «διαβάζονται» με το πρόγραμμα XTract. Το αρχείο .EDI περιέχει πληροφορίες για το αντίστοιχο .EDT αρχείο, το οποίο περιέχει τα δεδομένα. Απαιτούνται και τα δύο ώστε να εξαχθούν επιτυχώς τα δεδομένα. Κατά την αποθήκευση των αποτελεσμάτων μιας προσομοίωσης δημιουργούνται τρία διαφορετικά αρχεία .EDI/.EDT. Καθένα από αυτά ξεκινά με ένα όνομα το οποίο ορίστηκε στο αρχείο διαμόρφωσης .CF ως **βασικό όνομα αρχείων**. Αν, για παράδειγμα, σε μια προσομοίωση έχει οριστεί ως βασικό όνομα αρχείων το “MySim”, τότε όλα τα αρχεία που θα παραχθούν κατά τη διάρκειά της θα έχουν όνομα το οποίο θα ξεκινά με το “MySim”.

Τα παραγόμενα αρχεία καταχωρούνται σε διαφορετικούς υποφακέλους του κύριου παραγόμενου φακέλου, έτσι ώστε να υπάρχει καλύτερη εποπτεία. Έτσι, μετά από κάθε προσομοίωση λαμβάνουμε:

**(Κύριος Φάκελος)\Atmosphere\MySim ATM <ώρα> <ημερομηνία>.EDI/.EDT**

Στη θέση αυτή περιγράφεται το πεδίο των διαφόρων δεδομένων που αποθηκεύονται στον κύριο φάκελο και αφορούν στην ατμόσφαιρα. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το πλήθος των μεταβλητών που θα εμφανίζονται εδώ, χρησιμοποιώντας το αρχείο **SELECT.VAR** (Δες παράγραφο 2.3.5). Έτσι, οι μεταβλητές μπορεί να είναι λιγότερες από αυτές που φαίνονται στη λίστα του σχήματος 2.29.

**(Κύριος Φάκελος)\Surface\MySim FX <ώρα> <ημερομηνία>.EDI/.EDT**

Στη θέση αυτή περιγράφεται το πεδίο των διαφόρων δεδομένων που αποθηκεύονται στον κύριο φάκελο και αφορούν στις επιφάνειες και στις ροές που λαμβάνουν χώρα σε αυτές. Στο αρχείο αυτό, τα δεδομένα αναφέρονται σε οριζόντια επίπεδα (δύο διαστάσεις) με σταθερό  $z=0$ . Η λίστα των μεταβλητών φαίνεται στο σχήμα 2.30.

**(Κύριος Φάκελος)\Soil\MySim SOI <ώρα> <ημερομηνία>.EDI/.EDT**

Στη θέση αυτή περιγράφεται το πεδίο των διαφόρων δεδομένων που αποθηκεύονται στον κύριο φάκελο και αφορούν στο εδαφικό μοντέλο. Το πρώτο  $z$ -επίπεδο είναι η επιφανειακή εδαφική στρώση και προοδευτικά πηγαίνουμε σε βαθύτερες στρώσεις. Η λίστα των μεταβλητών φαίνεται στο σχήμα 2.31.



FIELD	UNIT	MEANING
z	m	Model height of data (Cartesian coo.)
Classed LAD	-	Classified LAD and ID for buildings (see remark)
Flow u	m/s	Wind speed u-component
Flow v	m/s	Wind speed v-component
Flow w	m/s	Wind speed w-component
Wind Speed	m/s	Total wind speed
Wind Speed change	%	Change of wind speed comp. to inflow
p'	Pa	Relative Pressure Perturbation
Wind Direction	°	Wind direction, 0=North, Rotation corrected
Pot. Temperature	K	Potential Air temperature
Pot. Temperature (Diff K)	K	Potential Air temp. difference to inflow
Pot. Temperature Change	K/h	Change of Air Temperature with time
Spec. Humidity	g/kg	Specific Humidity Air
TKE	m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Turbulent Kinetic Energy
Dissipation	m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>	Dissipation of TKE
Exchange Coef. Impuls	m <sup>2</sup> /s	Turbulent exchange coefficient Km
Absolute LAD	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Leaf Area Density
Direct SW Radiation	W/m <sup>2</sup>	Shortwave Direct Radiation
Diffuse SW Radiation	W/m <sup>2</sup>	Shortwave Diffuse Radiation
Reflected SW Radiation	W/m <sup>2</sup>	Shortwave Direct Radiation
Longwave Rad. Environment	W/m <sup>2</sup>	Longwave Radiation received from the environment
Sky-View-Factor (only build.)-		Sky-View-Factor (only buildings considered)
Sky-View-Factor (build./veg)-		Sky-View-Factor (buildings plus vegetation considered)
Temperature Flux	K*m/s	Temperature flux per unit leaf area
Vapour Flux	g/kg*m/s	Vapour flux per unit leaf area
Water on leaves	g/m <sup>2</sup>	Amount of liquid water on leaves
WallTemp Cellborder x	K	Wall Temperature Wall x-axis
WallTemp Cellborder y	K	Wall Temperature Wall y-axis
WallTemp Cellborder z	K	Wall Temperature Wall z-axis
Leaf Temperature	K	Temperature of leaves in grid box
Local Mixing Length	m	Mixing length calculated from the TKE-Dissipation
PMV Value	-	PMV value
PPD Value	%	Percentage People Dissatisfied
Aver. Radiant Temp	K	Mean Radiative temperature
Gas/Particle concentration	mg/m <sup>3</sup>	Concentration of selected particle or gas
Gas/Particle source	mg/s	Emission rate of particle or gas source
Deposition velocity	mm/s	Deposition velocity (only at surfaces)
Total Deposited Mass	mg/m <sup>2</sup>	Total amount of mass deposited to surface since start
Deposited Mass time averaged	mg/(m <sup>2</sup> s)	Average Amount of mass deposited per hour
TKE normalised lD	-	TKE normalised with lD profile (E/E_lD)
Dissipation normalised lD	-	Dissipation normalised with lD profile (Eps/eps_lD)
Km normalised lD	-	Turb. exchange coe. Km norm. with lD profile (Km/Km_lD)
Stomata Resistance	m/s	Stomata resistance of plant
CO2	mg/m <sup>3</sup>	CO2 concentration (if &-gs model used, see
CO2	ppm	CO2 concentration in ppm (")
Plant CO2 flux	mg/kg*m/s	CO2 flux per unit leaf area
Div Rlw Temp change	K/h	Air Temperature change due to longwave flux divergence

**Σχήμα 2.29:** Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στην ατμόσφαιρα [Πηγή: ENVI-met].

FIELD	UNIT	MEANING
Date	-	Date of the model time (String)
Time	-	Model time at output (String)
Time	(min)	Model time in min since start
z	m	Model height of data
u	m/s	Wind speed u-component
v	m/s	Wind speed v-component
w	m/s	Wind speed w-component
wSpeed	m/s	Total wind speed
wDir	°	Wind direction, 0=North, Rotation corrected
T	K	Air temperature
dT/dt	K/h	Change of Air Temperature with time
q	g/kg	Specific Humidity Air
Km	m <sup>2</sup> /s	Exchange Coefficient Impulse
Km_nrm	-	Km normed with logarithmic law
E	m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Turbulent Kinetic Energy
ε	m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>	Dissipation of TKE
LAD	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Leaf Area Density
Tleaf	K	Leaf Foliage temperature (0 if no leaves)
Hf	W/m <sup>2</sup>	Sensible Heat Flux from Leaves to Air (0 if no leaves)
LEf	W/m <sup>2</sup>	Latent Heat Flux from Leaves to Air (0 if no leaves)
rs	m/s	Stomata Resistance (0 if no leaves)
CO2	mg/m <sup>3</sup>	CO2 Concentration
CO2_flux	mg/(kg*s)	CO2 Flux at plants (if A-gs model used)
KW_rad	W/m <sup>2</sup>	Shortwave Direct Radiation
p'	Pa	Pressure Perturbation
m	mg/m <sup>3</sup>	Mass concentration
Emech		Mechanical Production of TKE
Rlw_warming	K/h	Air temperature change due to longwave flux divergence

**Σχήμα 2.30:** Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στις επιφάνειες και στις ροές που λαμβάνουν χώρα σε αυτές [Πηγή: ENVI-met].

FIELD	UNIT	MEANING
Date	-	Date of the model time (String)
Time	-	Model time of clock at output (String)
Time	(min)	Model time in min since start
z	m	Model height of data
u	m/s	Wind speed u-component
v	m/s	Wind speed v-component
w	m/s	Wind speed w-component
wSpeed	m/s	Total wind speed
wDir	°	Wind direction, 0=North, Rotation corrected
T	K	Air temperature
dT/dt	K/h	Change of Air Temperature with time
q	g/kg	Specific Humidity Air
Km	m <sup>2</sup> /s	Exchange Coefficient Impulse
Km_nrm	-	Km normed with logarithmic law
E	m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Turbulent Kinetic Energy
ε	m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>	Dissipation of TKE
LAD	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Leaf Area Density
Tleaf	K	Leaf Foliage Temperature (0 if no leaves)
Hf	W/m <sup>2</sup>	Sensible Heat Flux from Leaves to Air (0 if no leaves)
LEf	W/m <sup>2</sup>	Latent Heat Flux from Leaves to Air (0 if no leaves)
rs	m/s	Stomata Resistance (0 if no leaves)
CO2	mg/m <sup>3</sup>	CO2 Concentration
CO2_flux	mg/(kg*s)	CO2 Flux at plants (if A-gs model used)
KW_rad	W/m <sup>2</sup>	Shortwave Direct Radiation
p'	Pa	Pressure Perturbation
m	mg/m <sup>3</sup>	Mass concentration
Emech		Mechanical Production of TKE
Rlw_warming	K/h	Air temperature change due to longwave flux divergence

**Σχήμα 2.31:** Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στο εδαφικό μοντέλο [Πηγή: ENVI-met].

### 2.3.4.3 Αρχεία Υποδοχέων (Receptor Files)

Μια σημαντική ομάδα αρχείων είναι τα αρχεία υποδοχέων, στα οποία υπάρχουν οι πληροφορίες για την κατάσταση της ατμόσφαιρας, των επιφανειών και του εδάφους, σε επιλεγμένα σημεία εντός του μοντέλου. Στον τομέα αυτόν υπάρχουν οι διάφορες μεταβλητές που αποθηκεύονται στα αρχεία υποδοχέων. Η βασική δομή των αρχείων υποδοχέων της ατμόσφαιρας, των επιφανειών και του εδάφους είναι η ίδια, όμως το πλήθος και το είδος των πληροφοριών διαφέρουν.

Τα δεδομένα των υποδοχέων αποθηκεύονται με δύο τρόπους:

- Εν είδει «στιγμιότυπου», αποθηκεύεται σε ένα αρχείο η τρέχουσα κατάσταση του μοντέλου στις θέσεις των υποδοχέων.
- Σε ένα διαφορετικό αρχείο δημιουργείται μια χρονική ακολουθία των καταστάσεων του μοντέλου κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Ο πρώτος τρόπος αποθήκευσης είναι χρήσιμος όταν πρέπει να αναλυθούν τα δεδομένα για το μοντέλο σε διαφορετικούς υποδοχείς, την ίδια χρονική στιγμή. Αυτό διότι θα ήταν ασύμφορο, αν ο χρήστης έπρεπε να διαγράψει πρώτα όλα τα αρχεία «χρονικά βήματα» του αρχείου. Έτσι, παράγεται ένα αρχείο για κάθε υποδοχέα, κάθε φορά που έχουμε εξαγωγή αποτελεσμάτων. Ο δεύτερος τρόπος αποθήκευσης είναι χρήσιμος στην περίπτωση που ενδιαφερόμαστε για τη χρονική εξέλιξη διαφόρων μεταβλητών, σε μία συγκεκριμένη θέση κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Όταν, λοιπόν, συμβαίνει αυτό είναι αναγκαία μία πλήρης χρονική ακολουθία.

Το πρόγραμμα ENVI-met δημιουργεί και τους δύο τύπους αρχείων (εκτός από την περίπτωση των επιφανειών/ροών, στην οποία δε δημιουργείται το «αρχείο στιγμιότυπου»), γεγονός που προκαλεί την παραγωγή ενός τεράστιου αριθμού αρχείων. Για την καλύτερη οργάνωσή τους, δημιουργείται ένας υποφάκελος για κάθε υποδοχέα ο οποίος αποθηκεύεται στη διεύθυνση (directory) των υποδοχέων \receptors. Έτσι, αν για τα αρχεία που δημιουργούνται κατά την πραγματοποίηση μιας προσομοίωσης, επιλέξουμε ως βασικό όνομα αρχείων το “MySim” και r1 είναι ένας από τους υποδοχείς που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτήν, θα λάβουμε τα ακόλουθα αρχεία:

1. ATM <ημερομηνία> <ώρα> MySim r1.dat
2. ATM MySim r1.dat
3. SOI <ημερομηνία> <ώρα> MySim r1.dat
4. SOI MySim r1.dat
5. FLX MySim r1.dat

Τα αρχεία (1) και (2) περιέχουν δεδομένα για την κατάσταση της ατμόσφαιρας στον υποδοχέα r1, ενώ τα αρχεία (3) και (4) για την κατάσταση του εδαφικού μοντέλου. Τέλος, στο αρχείο (5) τα δεδομένα αφορούν στις συνθήκες των επιφανειών και στις ροές που λαμβάνουν χώρα σε αυτές. Πάντως, όλα τα αρχεία θα αποθηκεύονται στο φάκελο \receptors\r1.

Τα αρχεία-στιγμιότυπα δείχνουν την κατάσταση του μοντέλου τη στιγμή που αυτή αποθηκεύεται. Αναγνωρίζονται εύκολα, καθώς περιλαμβάνουν την ημερομηνία και την ώρα στο όνομά τους. Στην προηγούμενη λίστα, τέτοια είναι τα αρχεία (1) και (3). Η δομή των αρχείων-στιγμιότυπων είναι η εξής:

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(1)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(2)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

...

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(N)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

Επαναλαμβάνεται ότι τα αρχεία αυτά δείχνουν, μέσω των διαφόρων μεταβλητών, την κατάσταση στο μοντέλο τη στιγμή που δημιουργήθηκαν. Στο αρχείο που αφορά στην ατμόσφαιρα οι τιμές του z αυξάνουν, ξεκινώντας από το πρώτο επίπεδο (στρώση) κελιών ακριβώς πάνω από το έδαφος και φθάνοντας έως την κορυφή του τρισδιάστατου μοντέλου. Στην περίπτωση του εδαφικού μοντέλου οι τιμές του z αυξάνουν αρχίζοντας από την πρώτη εδαφική στρώση, ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και φθάνοντας έως τη βαθύτερη στρώση του εδαφικού μοντέλου. Στην προκειμένη περίπτωση, το z μετρείται σε εκατοστά (cm).

Τα αρχεία χρονικής εξέλιξης περιέχουν την κατάσταση του μοντέλου, όπως αυτή καταγράφηκε καθ' όλη τη διάρκεια της προσομοίωσης. Ακριβώς γι' αυτόν το λόγο, δεν περιέχουν ημερομηνία και ώρα στο όνομά τους. Τέτοια είναι τα αρχεία (2), (4) και (5). Η δομή τους, που φαίνεται αμέσως παρακάτω, είναι ουσιαστικά ίδια με αυτήν των αρχείων-στιγμιότυπων με τη διαφορά ότι όλα τα «χρονικά βήματα», ολόκληρης της προσομοίωσης καταγράφονται στον ίδιο φάκελο.

Πρώτο «μπλοκ» για τη χρονική στιγμή t=0

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(1)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(2)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

...

<ημερομηνία> <ώρα> <ύψος z(N)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

Δεύτερο «μπλοκ» για τη χρονική στιγμή t=t+Δt

<ημερομηνία> <t+Δt> <ύψος z(1)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

<ημερομηνία> <t+Δt> <ύψος z(2)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

...

<ημερομηνία> <t+Δt> <ύψος z(N)> <δεδομένο 1> <δεδομένο 2> ... <δεδομένο N>

και ούτω καθ' εξής. Έτσι, κάθε φορά που καταγράφεται η κατάσταση του μοντέλου στα αρχεία υποδοχέων, παράγεται ένα νέο «μπλοκ» το οποίο προστίθεται στο αρχείο. Το χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δύο διαδοχικών καταγραφών της κατάστασης του μοντέλου στα αρχεία υποδοχέων, δηλαδή το «χρονικό βήμα», επιλέγεται στο αρχείο διαμόρφωσης **.CF**.

Τα δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων της ατμόσφαιρας φαίνονται στο σχήμα 2.32. Και στα αρχεία στιγμιότυπου και στα αρχεία χρονικής εξέλιξης αποθηκεύονται τα ίδια δεδομένα. Το ίδιο ισχύει και για τα αρχεία υποδοχέων του εδάφους (Σχ. 2.33).

NR	FIELD	UNIT	MEANING
1	Date	-	Date of the model time (String)
2	Time	-	Model time of clock at output (String)
3	Time	(min)	Model time in min since start
4	z	m	Model height of data
5	u	m/s	Wind speed u-component
6	v	m/s	Wind speed v-component
7	w	m/s	Wind speed w-component
8	wSpeed	m/s	Total wind speed
9	wDir	°	Wind direction, 0=North, Rotation corrected
10	T	K	Air temperature
11	dT/dt	K/h	Change of Air Temperature with time
12	q	g/kg	Specific Humidity Air
13	Km	m <sup>2</sup> /s	Exchange Coefficient Impulse
14	Km_nrm	-	Km normed with logarithmic law
15	E	m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Turbulent Kinetic Energy
16	ε	m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>	Dissipation of TKE
17	LAD	m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Leaf Area Density
18	Tleaf	K	Leaf Foliage Temperature (0 if no leaves)
19	Hf	W/m <sup>2</sup>	Sensible Heat Flux from Leafs to Air
20	LEf	W/m <sup>2</sup>	Latent Heat Flux from Leafs to Air
21	rs	m/s	Stomata Resistance (0 if no leaves)
22	CO2	mg/m <sup>3</sup>	CO2 Concentration
23	CO2_flx	mg/(kg*s)	CO2 Flux at plants (if A-gs model used)
24	KW_rad	W/m <sup>2</sup>	Shortwave Direct Radiation
25	p'	Pa	Pressure Perturbation
26	m	mg/m <sup>3</sup>	Mass concentration
27	Emech		Mechanical Production of TKE
28	Rlw_warming	K/h	Air temperature change due to longwave flux divergence

**Σχήμα 2.32:** Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων της ατμόσφαιρας [Πηγή: ENVI-met].

NR	FIELD	UNIT	MEANING
1	Date	-	Date of the model time (String)
2	Time	-	Model time of clock at output (String)
3	Time	(min)	Model time in min since start
4	-z	cm	Depth in cm (positive)
5	T	K	Soil Temperature
6	eta	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Volumetric Water Content

**Σχήμα 2.33:** Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων του εδάφους [Πηγή: ENVI-met].

Αντιθέτως, τα αρχεία υποδοχέων των επιφανειών/ροών είναι αποκλειστικά αρχεία χρονικής εξέλιξης και τα δεδομένα που περιέχονται σε αυτά φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα.

NR	FIELD	UNIT	MEANING
1	Date	-	Date of the model time (String)
2	Time	-	Model time of clock at output (String)
3	Time	(min)	Model time in min since start
4	z	m	Always zero, for compatibility with the other receptor files
5	T0	K	Surface Temperature
6	dT0/dt	K/h	Change in Surface Temperature
7	q0	g/kg	Surface Humidity
8	uwl	m/s	Horizontal Wind Speed above surface
9	wl	m/s	Vertical Component Wind Speed above surface (positive: upward)
9	T1	K	Air temperature of grid point above the surface
10	H	W/m <sup>2</sup>	Sensible Heat Flux
11	LE	W/m <sup>2</sup>	Latent Heat Flux
12	G	W/m <sup>2</sup>	Soil Heat Flux, positive: directed into the soil
13	Km	m <sup>2</sup> /s	Mass Exchange Coefficient at Surface
14	Kh	m <sup>2</sup> /s	Turbulent Exchange Coefficient for Heat at Surface
15	Qkw	W/m <sup>2</sup>	Max Direct Shortwave Radiation
16	Qlw_Budg	W/m <sup>2</sup>	Longwave Radiation Budget of surface
17	Qlw_surf	W/m <sup>2</sup>	Longwave Emission of Surface
18	Qlw_sky	W/m <sup>2</sup>	Absorbed Longwave Radiation from the Sky
19	Qlw_leaf	W/m <sup>2</sup>	Absorbed Longwave Radiation from Vegetation
20	Qlw_envir	W/m <sup>2</sup>	Absorbed Longwave Radiation from Environment (Buildings)

**Σχήμα 2.34:** Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων των επιφανειών/ροών [Πηγή: ENVI-met].

#### 2.3.4.4 Αρχεία Μονοδιάστατου Μοντέλου (1D-Model Files)

Παράλληλα με το κύριο, τρισδιάστατο μοντέλο, στο πρόγραμμα ENVI-met «τρέχει» και ένα μονοδιάστατο μοντέλο, έτσι ώστε να παραχθούν διαφορετικές αρχικές και συνοριακές συνθήκες. Η κατάσταση του μονοδιάστατου μοντέλου αποθηκεύεται κάθε φορά που αποθηκεύονται τα κύρια δεδομένα του μοντέλου. Τα αρχεία αυτά είναι τύπου ASCII και ο χρήστης μπορεί να τα εντοπίσει στο φάκελο \inflow, δηλαδή στη θέση:

**(Κύριος Φάκελος)\Inflow\Inflow MySim <ώρα> <ημερομηνία >.1D**

Το πεδίο των διαφόρων δεδομένων που αποθηκεύονται στα αρχεία αυτά και περιγράφουν την κατάσταση του μονοδιάστατου μοντέλου φαίνεται στο σχήμα της σελίδας που ακολουθεί (Σχ. 2.35).

NR	FIELD	UNIT	MEANING
1	z	m	Height of data
2	u	m/s	Wind speed u-component
3	v	m/s	Wind speed v-component
4	T	K	Air temperature
5	q	g/kg	Specific Humidity Air
6	Ri		Richardson Number
7	Km	m <sup>2</sup> /s	Exchange Coefficient Impulse
8	E	m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Turbulent Kinetic Energy
9	ερω	m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>	Dissipation of TKE
10	E_prod		Production of E
11	E_therm		Thermal E production
12	E_trans		Transport of E
13	Km_limit	m <sup>2</sup> /s	Limit of Km if using E-eps model
14	L_diag	m	Mixing Length calculated using the diagnostic approach
15	l_prog	m	Mixing Length calculated from the E/eps data

**Σχήμα 2.35:** Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία μονοδιάστατου μοντέλου [Πηγή: ENVI-met].

### 2.3.5 Επιλογή Μεταβλητών (SELECT.VAR)

Στην περίπτωση που η περιοχή του μοντέλου είναι μεγάλη, το μέγεθος των κύριων αρχείων της ατμόσφαιρας που θα λάβουμε μπορεί να είναι πολύ μεγάλο. Για την εξοικονόμηση αποθηκευτικού χώρου, μπορούμε να επιλέγουμε ποιες μεταβλητές θα συμπεριλαμβάνονται στα παραγόμενα αρχεία. Αυτό επιτυγχάνεται ανοίγοντας το αρχείο **SELECT.VAR**, το οποίο βρίσκεται στο φάκελο \input, με έναν επεξεργαστή κειμένου (π.χ. τον WordPad). Η μορφή των πρώτων γραμμών του εν λόγω αρχείου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:

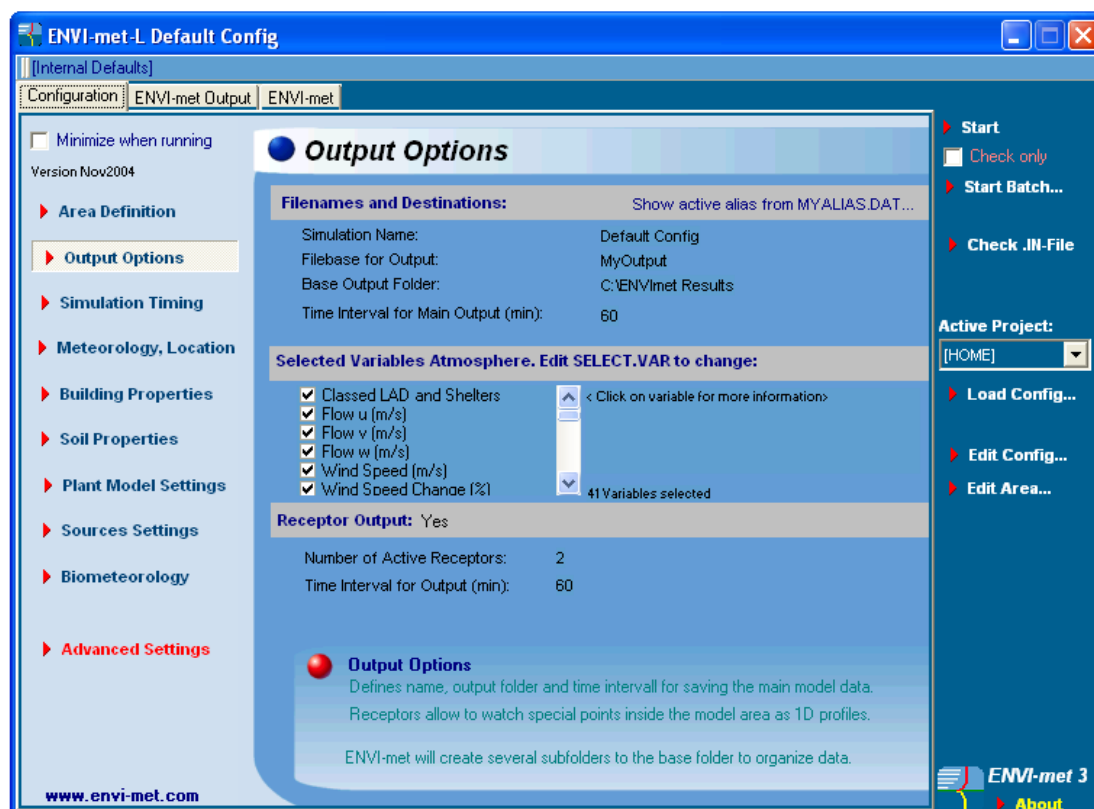
```
This File specifies the number of Variables...
Classed L&D and Shelters           = 1
Flow u-Vector                       = 1
Flow v-Vector                       = 1
Flow w-Vector                       = 1
Windspeed                           = 1
Wind Speed Change in %             = 1
[...]
```

**Σχήμα 2.36:** Επιλογή μεταβλητών μέσω του αρχείου **SELECT.VAR** [Πηγή: ENVI-met].

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, η εξίσωση μιας μεταβλητής με τη μονάδα συνεπάγεται ότι θα συμπεριληφθεί στο κύριο αρχείο της ατμόσφαιρας. Το αντίθετο αποτέλεσμα θα έχει η εξίσωση με το μηδέν. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το **SELECT.VAR** είναι ένα καθολικό αρχείο. Αυτό συνεπάγεται ότι οποιεσδήποτε αλλαγές σε αυτό θα επηρεάσουν όλες τις προσομοιώσεις που θα πραγματοποιηθούν με το ENVI-met. Έτσι, για να λάβουμε δεδομένα για μεταβλητές που είχαν αποκλειστεί, θέτοντάς τες ίσες με το μηδέν, θα πρέπει να επαναλάβουμε τις προσομοιώσεις. Για το λόγο αυτό ο χρήστης θα πρέπει να είναι προσεκτικός σχετικά



με το ποιες μεταβλητές αποκλείει στο αρχείο **SELECT.VAR** και κρίνεται σκόπιμο να ελέγχει εάν είναι ενεργοποιημένες οι επιθυμητές μεταβλητές, πριν την πραγματοποίηση της εκάστοτε προσομοίωσης, μέσω του παραθύρου επισκόπησης που υποστηρίζει το λογισμικό (Σχ. 2.37).



**Σχήμα 2.37:** Παράθυρο επισκόπησης πριν την προσομοίωση. Ο χρήστης μπορεί να ελέγξει εάν είναι ενεργοποιημένες οι επιθυμητές μεταβλητές [Πηγή: ENVI-met].

Σημειώνεται, τέλος, ότι το αρχείο **SELECT.VAR** επηρεάζει μόνο το κύριο αρχείο δεδομένων της ατμόσφαιρας, ενώ τα υπόλοιπα όπως, για παράδειγμα, εκείνο των επιφανειών δεν επηρεάζονται.

### 2.3.6 Ορισμός Ψευδονύμων (MYALIAS.DAT)

Τα **ALIAS** είναι λέξεις-κλειδιά οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί των directories (οδηγοί). Όταν το ENVI-met χρειάζεται πληροφορίες για τη θέση ενός συγκεκριμένου αρχείου, μπορεί να γίνει χρήση ενός alias αντί της πλήρους διαδρομής (path) που οδηγεί στο αρχείο αυτό. Στην έκδοση 3.0 είναι, πλέον, δυνατόν ο χρήστης να δημιουργήσει τη δική του λίστα με alias.

Σε προηγούμενες εκδόσεις του ENVI-met, όλα τα directories που χρησιμοποιούσε μια προσομοίωση, έπρεπε να δίνονται με σαφή και συγκεκριμένο τρόπο. Αν, για παράδειγμα, τα εισαγόμενα αρχεία ήταν τοποθετημένα σε ένα φάκελο με όνομα c:\simulation\area1, έπρεπε να εισάγεται ακριβώς αυτό το “path” κάθε φορά που χρειάζονταν να γίνει αναφορά στα εισαγόμενα αρχεία (π.χ. η αναφορά στο αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN**, που γίνεται στο αρχείο διαμόρφωσης **.CF**). Έτσι, στην

περίπτωση που ο χρήστης αποφάσιζε να αλλάξει το όνομα του φακέλου ή να αναδιοργανώσει το αρχείο, έπρεπε να αλλάξει όλες τις αντίστοιχες αναφορές. Επίσης, στην περίπτωση που δούλευε σε διαφορετικούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές, ήταν αναγκασμένος να διατηρεί την ίδια δομή στα directories, ώστε να μπορεί να κάνει χρήση των αρχείων χωρίς πρώτα να προβεί σε τροποποιήσεις.

Μέσω των **ALIAS**, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίζει ένα ή περισσότερα διαφορετικά ψευδώνυμα σε κάθε προσομοίωση και στη συνέχεια να τα χρησιμοποιεί στο αρχείο διαμόρφωσης **.CF**. Εάν χρειαστεί να αλλάξει τη δομή των αρχείων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή στον οποίον εργάζεται, θα πρέπει απλώς να φροντίσει ώστε να ενημερωθούν οι ορισμοί των ψευδώνυμων και έτσι τα αρχεία θα μπορούν να δουλέψουν. Στην περίπτωση χρήσης διαφορετικών ηλεκτρονικών υπολογιστών, τα directories μπορούν να αποθηκεύονται οπουδήποτε, αρκεί το αρχείο όπου ορίζονται τα **ALIAS** να οδηγεί το ENVI-met στους σωστούς φακέλους.

Τα ψευδώνυμα ορίζονται στο καθολικό αρχείο **MYALIAS.DAT**, το οποίο βρίσκεται στο φάκελο `\input`. Το αρχείο αυτό «φορτώνεται» όταν εκτελείται το ENVI-met. Αν ο χρήστης κάνει αλλαγές στα δεδομένα του **MYALIAS.DAT** κατά τη διάρκεια εκτέλεσης του ENVI-met, αυτές θα πρέπει να γίνουν χειροκίνητα. Επίσης θα πρέπει να «ξαναφορτώσει» το αρχείο **.CF** εάν αυτό χρησιμοποιεί ένα από τα αλλαγμένα **ALIAS**. Το **MYALIAS.DAT** είναι ένα απλό αρχείο κειμένου (ASCII) και μπορεί να ανοιχθεί και να τροποποιηθεί με οποιοδήποτε πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου. Η μορφή του φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

```
01: *[areal]=c:\simulation\areal
02: *[trees]=d:\envimet\trees_in_streets
03: [trees_out]=[trees]\output
04: *[Co2]=d:\envimet sim\CO2 impact
05: [co2_input]=[co2]\input
06: [co2_output]=[co2]\output
(...)
```

**Σχήμα 2.38:** Αρχείο MYALIAS.DAT [Πηγή: ENVI-met].

Βασικά, ο χρήστης πρέπει να πληκτρολογήσει το ψευδώνυμο που θέλει να χρησιμοποιήσει σε μια προσομοίωση, μέσα σε αγκύλες [...] ακολουθούμενες από το σύμβολο “=” και τη διαδρομή (path) που οδηγεί στον εκάστοτε φάκελο (Παρ’ όλο που είναι δυνατόν να ανατεθούν φάκελοι οι οποίοι βρίσκονται σε διαφορετικούς υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι σε δίκτυο, υπάρχει ο κίνδυνος τα paths να μην είναι διαθέσιμα κατά τη διάρκεια μιας προσομοίωσης και για το λόγο αυτό η μέθοδος αυτή δε συνιστάται).

Όταν τοποθετείται αστερίσκος (\*) μπροστά από ένα ψευδώνυμο, τότε αυτό αντιμετωπίζεται ως project alias (ψευδώνυμο μιας συγκεκριμένης προσομοίωσης) όπως, για παράδειγμα, στη γραμμή 01 του σχήματος 2.38. Τα alias αυτά θα εμφανίζονται στη λίστα “Active Project” στον πίνακα ελέγχου του ENVI-met.

Επιλέγοντας μια προσομοίωση, θα ανοίγει αυτομάτως ο σωστός φάκελος για την επιλογή αρχείων.

Τέλος, η σειρά με την οποία ορίζονται τα διάφορα ψευδώνυμα δεν είναι δεσμευτική. Για παράδειγμα, το ψευδώνυμο [trees] ορίζεται στη γραμμή 02 και χρησιμοποιείται για τον ορισμό του [trees\_out] στη γραμμή 03. Υπάρχει η δυνατότητα να οριστούν έως και 50 διαφορετικά alias (μέχρι 80 χαρακτήρες, χωρίς διάκριση ανάμεσα σε πεζούς ή κεφαλαίους). Τα ψευδώνυμα [HOME], [INPUT] και [OUTPUT] υπάρχουν ήδη στο ENVI-met και οδηγούν στο directory του συστήματος και στους προκαθορισμένους φακέλους εισαγωγής (input) και εξαγωγής (output) δεδομένων.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>

### ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ENVI-MET

#### 3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζεται ένας συνοπτικός οδηγός για το χειρισμό του προγράμματος ENVI-met, έκδοση 3.1. Στόχος του είναι να καθοδηγήσει το νέο χρήστη, ώστε αυτός σε σύντομο χρονικό διάστημα, να είναι σε θέση να πραγματοποιήσει μία προσομοίωση. Η ενότητα αυτή είναι συμπληρωματική του δεύτερου κεφαλαίου, το οποίο εμβαθύνει περισσότερο στον τρόπο λειτουργίας του λογισμικού και στις δυνατότητες που υπάρχουν. Τονίζεται ότι ο παρών οδηγός αναφέρεται στην έκδοση 3.1 και όχι στην 3.0, η οποία παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 2. Οι διαφορές των δύο εκδόσεων αφορούν, κυρίως, σε κάποιες πρόσθετες δυνατότητες του αρχείου εισαγωγής περιοχής **.IN** (Area Input File) και σε «εσωτερικές» βελτιώσεις οι οποίες δεν αφορούν άμεσα το χρήστη.

#### 3.2 Εισαγωγή δεδομένων

Μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης του προγράμματος, στην επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή εμφανίζεται το εικονίδιο συντόμευσης του ENVI-met.



**Σχήμα 3.1:** Εικονίδιο συντόμευσης του προγράμματος ENVI-met [Πηγή: ENVI-met].

Για να ξεκινήσουμε τη δημιουργία του μοντέλου μας, πατάμε διπλό κλικ στο παραπάνω εικονίδιο, το οποίο ανοίγει στην επάνω δεξιά γωνία της επιφάνειας εργασίας το παράθυρο που φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



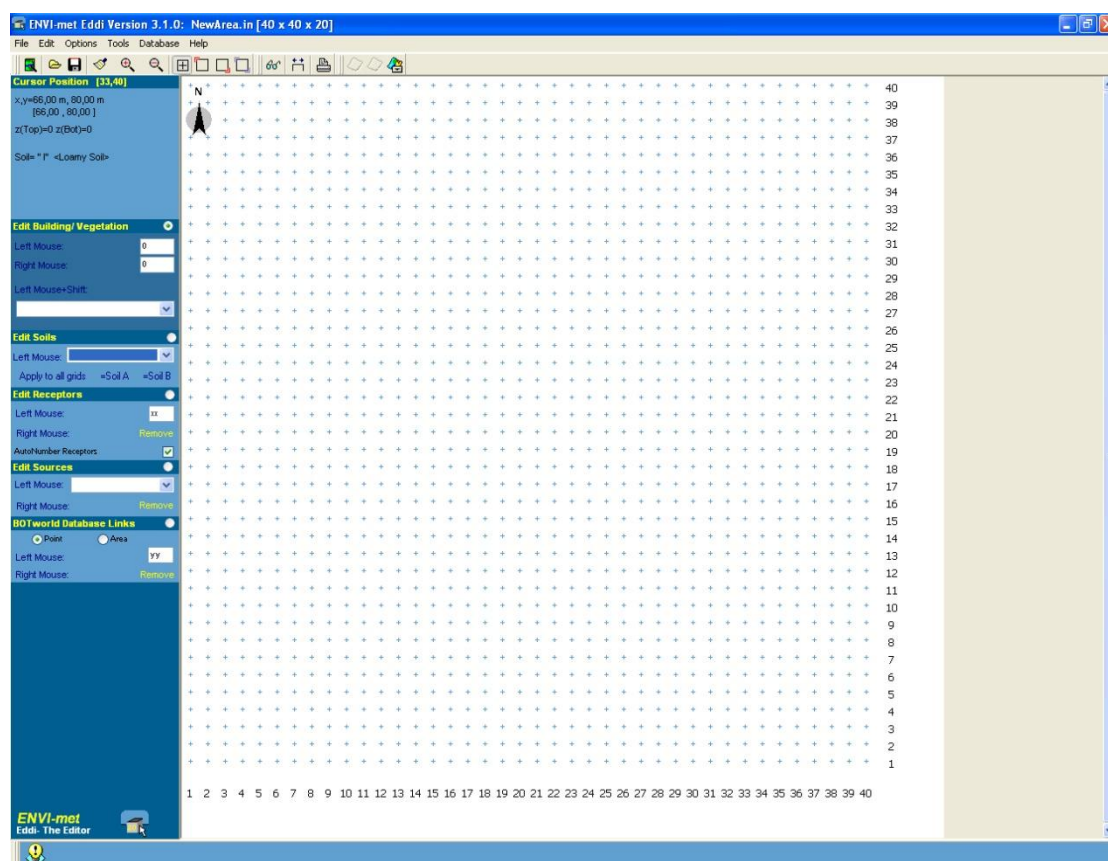
**Σχήμα 3.2:** Αρχικό παράθυρο του προγράμματος ENVI-met [Πηγή: ENVI-met].

Στο παράθυρο αυτό περιέχονται 7 εικονίδια. Το πρώτο από αριστερά αφορά στην δημιουργία του αρχείου εισαγωγής περιοχής **.IN** ενώ το δεύτερο στη δημιουργία του κύριου αρχείου διαμόρφωσης **.CF**. Το τρίτο εικονίδιο χρησιμοποιείται για την έναρξη της προσομοίωσης, όταν θα έχει ολοκληρωθεί η εισαγωγή των δεδομένων. Το τέταρτο εικονίδιο ανοίγει το πρόγραμμα **Leonardo**, το οποίο περιέχεται στο ENVI-met και αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για την επεξεργασία και την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Το επόμενο εικονίδιο ανοίγει το **Xtract**, το οποίο είναι επίσης ένα υποπρόγραμμα του ENVI-met που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή

και τη διαχείριση των αποτελεσμάτων. Στη συνέχεια υπάρχει το εικονίδιο που ανοίγει το μενού **help**, το οποίο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την εκμάθηση του προγράμματος και τέλος, με το τελευταίο εικονίδιο κλείνουμε το πρόγραμμα.

### 3.2.1 Δημιουργία του αρχείου εισαγωγής περιοχής .IN

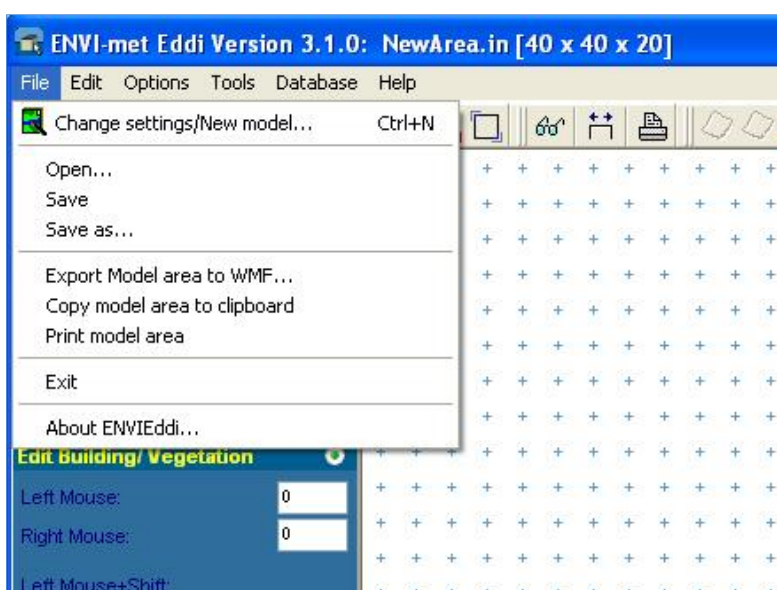
Επιλέγοντας το πρώτο εικονίδιο στο παράθυρο του σχήματος 3.2, ανοίγει ο επεξεργαστής (Area Input File editor) μέσω του οποίου θα δημιουργήσουμε την περιοχή που επιθυμούμε να προσομοιώσουμε.



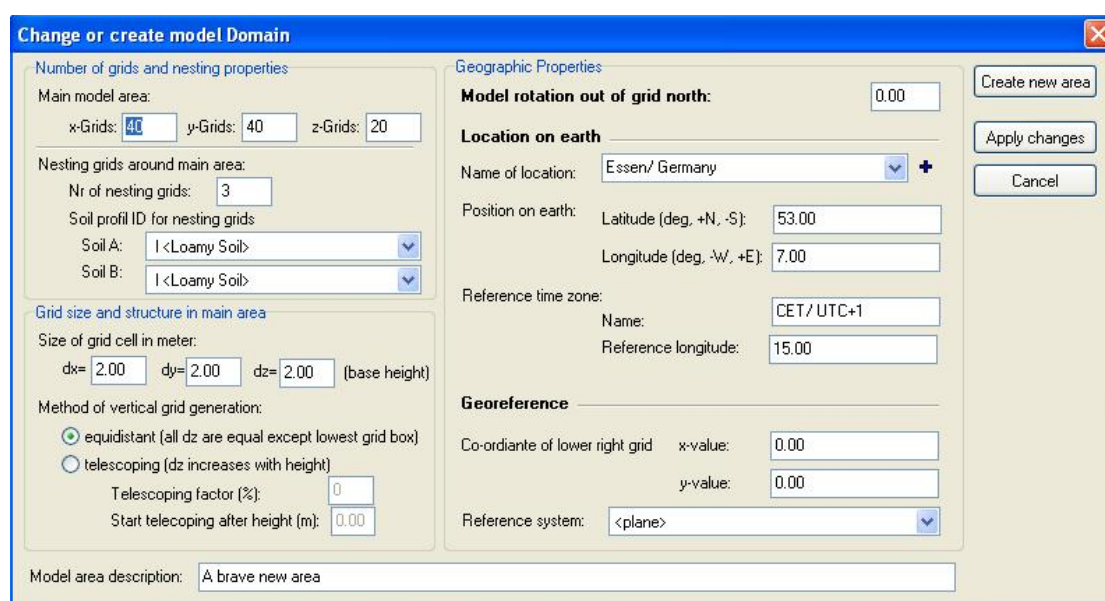
**Σχήμα 3.3:** Area Input File editor [Πηγή: ENVI-met].

Με τη χρήση του editor, μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα νέο αρχείο ή να επεξεργαστούμε κάποιο υπάρχον. Στην επάνω δεξιά γωνία του παραθύρου αναγράφεται η έκδοση του προγράμματος, το όνομα που έχουμε δώσει στο αρχείο και ο αριθμός των υπολογιστικών κελιών κατά τους άξονες x, y και z (δεν περιλαμβάνονται αυτά της δευτερεύουσας ζώνης ~ nesting grids). Ακριβώς από κάτω, φαίνεται το βασικό μενού με τις επιλογές “File”, “Edit”, “Options”, “Tools”, “Database” και “Help” ενώ στην επόμενη γραμμή υπάρχουν συντομεύσεις βασικών λειτουργιών του editor. Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.4, πατώντας “File”, εμφανίζεται η επιλογή “Change settings/New model”. Επιλέγοντάς την, ανοίγει το παράθυρο του σχήματος 3.5.





Σχήμα 3.4: Μενού της επιλογής “File” στο Area Input File editor [Πηγή: ENVI-met].



Σχήμα 3.5: Παράθυρο για τη δημιουργία νέου ή την τροποποίηση υπάρχοντος Αρχείου Εισαγωγής Περιοχής [Πηγή: ENVI-met].

Στη θέση αυτή εισάγεται μία σειρά πληροφοριών και δεδομένων που αφορούν στο μοντέλο προσομοίωσης και στην περιοχή ενδιαφέροντος. Συγκεκριμένα:

- Καθορίζεται ο αριθμός των υπολογιστικών κελιών του κυρίως μοντέλου, κατά τις διευθύνσεις x, y και z (x-Grids, y-Grids, z-Grids)
- Καθορίζεται το πλήθος των ζωνών που περιβάλλουν το κυρίως μοντέλο (περιοχή ένθεσης), απομακρύνοντάς το από τα όρια του υπολογιστικού πεδίου (Nr of nesting grids).
- Καθορίζεται το προφίλ του εδάφους στην περιοχή των δευτερευόντων κελιών (Soil profiled for nesting grids).

- Εισάγονται οι διαστάσεις των υπολογιστικών κελιών dx, dy και dz. Οι διαστάσεις αυτές είναι κοινές για όλα τα κελιά και δεν υπάρχει δυνατότητα πύκνωσης του πλέγματος (Size of grid cell in meter).
- Επιλέγεται το είδος των υπολογιστικών κελιών, όσον αφορά την κατακόρυφη διάσταση (Method of vertical grid generation). Υπάρχει η επιλογή κελιών ίδιου και σταθερού ύψους (equidistant) και η επιλογή τηλεσκοπικών κελιών (telescoping). Για το δεύτερο είδος κελιών ορίζεται ένας συντελεστής, ο οποίος καθορίζει την επί τοις εκατό ποσοστιαία αύξηση του ύψους ενός κελιού, σε σχέση με το αμέσως προηγούμενό του (Telescoping factor %). Ακόμη, υπάρχει η δυνατότητα ορισμού ενός συγκεκριμένου ύψους, μετά το οποίο θα αρχίσει η δημιουργία τηλεσκοπικών κελιών (Start telescoping after height (m)).
- Καθορίζεται η γωνία περιστροφής του μοντέλου, σε σχέση με το Βορρά (Model rotation out of grid north).
- Εισάγεται η γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης. Επιπλέον, το πρόγραμμα περιέχει μία λίστα από πόλεις, στις οποίες αυτομάτως γίνεται ανάθεση του γεωγραφικού τους μήκους και πλάτους (Location on earth).

Με την ολοκλήρωση της εισαγωγής των παραπάνω πληροφοριών, αποθηκεύουμε τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν, επιλέγοντας “Apply changes”. Έτσι, επιστρέφουμε στο κύριο παράθυρο του editor (Σχ. 3.3), για να συνεχίσουμε την κατάρτιση του αρχείου .IN. Τώρα θα πρέπει να δημιουργήσουμε την περιοχή που θέλουμε να προσομοιώσουμε, εισάγοντας τη θέση των κτιρίων, τη βλάστηση (δέντρα, φυτά, γρασίδι) και το έδαφος. Επίσης, θα τοποθετήσουμε τις θέσεις εκπομπής αερίων/σωματιδίων (πηγές) καθώς και τις θέσεις των υποδοχέων.

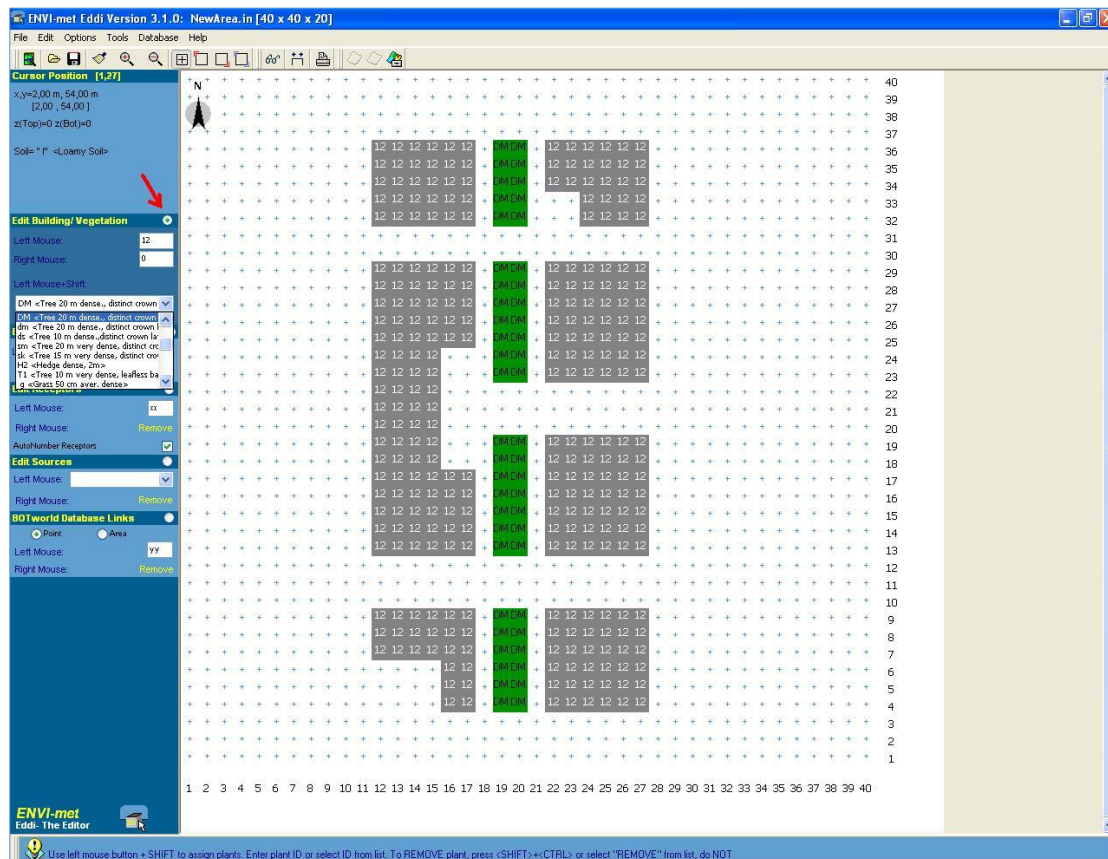
#### ➤ Εισαγωγή κτιρίων και βλάστησης

Για να εισάγουμε τα κτίρια και τη βλάστηση της περιοχής προσομοίωσης, τσεκάρουμε την επιλογή “Edit Building/Vegetation”, που βρίσκεται στο αριστερό μέρος του παραθύρου (Σχ. 3.6). Στο πεδίο “Left mouse” συμπληρώνουμε το ύψος της κορυφής των κτιρίων σε μέτρα και στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας «αριστερό κλικ» τα σχεδιάζουμε σε κάτοψη στην περιοχή του κανάβου. Στο πεδίο “Right mouse” εισάγεται το ύψος του κάτω μέρους των κτιρίων (π.χ. για την προσομοίωση Pilotis) και στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας «δεξί κλικ» σχεδιάζουμε. Σημειώνεται ότι στην περιοχή σχεδίασης, φαίνεται μόνο ο αριθμός των κελιών και όχι οι διαστάσεις τους. Κατά συνέπεια, στην περίπτωση που τα dx και dy δεν είναι ίσα μεταξύ τους, η κάτοψη δεν απεικονίζει την πραγματική γεωμετρία των κτιρίων. Τέλος, για την αφαίρεσή τους από τον κανάβο, χρησιμοποιούμε την ίδια μέθοδο, θέτοντας το ύψος κτιρίου ίσο με το μηδέν.

Στο πεδίο “Left mouse+shift”, πατώντας το εικονίδιο με το βέλος εμφανίζεται μία λίστα με τα διαθέσιμα είδη βλάστησης. Αφού γίνει η επιθυμητή επιλογή, πηγαίνουμε στον κανάβο και χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα «αριστερό κλικ» και το πλήκτρο Shift, σχεδιάζουμε τη βλάστηση σε κάτοψη. Τα φυτά που εμφανίζονται στη λίστα είναι αυτά που περιέχονται στη βάση δεδομένων PLANTS.DAT. Αυτή η βάση



δεδομένων μπορεί να εμπλουτιστεί με νέα είδη φυτών και δέντρων τα οποία θα έχουν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά (ύψος, είδος και πυκνότητα φυλλώματος κ.λπ.). Για να αφαιρέσουμε βλάστηση εκτελούμε την ίδια διαδικασία επιλέγοντας, όμως, “remove” στην παραπάνω λίστα. Εναλλακτικά, χρησιμοποιούμε ταυτόχρονα τα πλήκτρα Shift, Ctrl και «αριστερό κλικ».

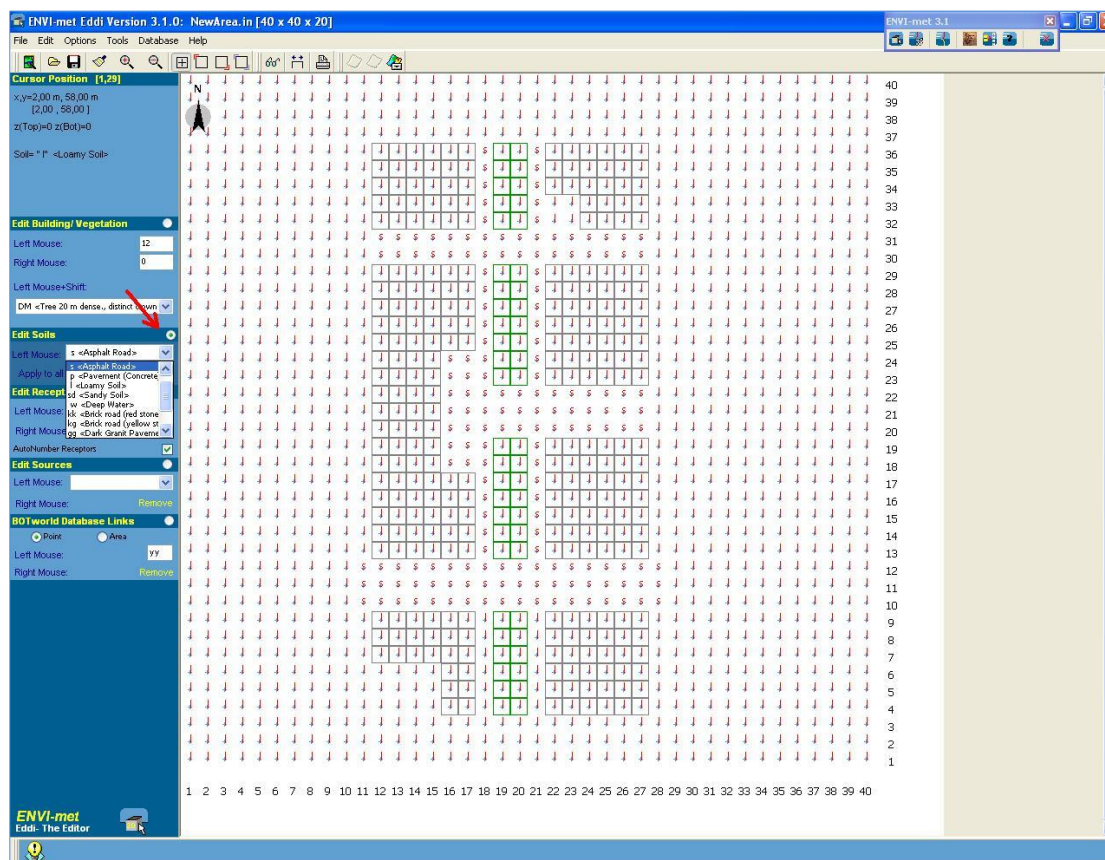


Σχήμα 3.6: Εισαγωγή κτιρίων και φυτών [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ Εισαγωγή εδάφους

Για να εισάγουμε το έδαφος της περιοχής προσομοίωσης, τσεκάρουμε την επιλογή “Edit Soils”, που βρίσκεται στο αριστερό μέρος του παραθύρου (Σχ. 3.7). Στο πεδίο “Left mouse”, πατώντας το εικονίδιο με το βέλος εμφανίζεται μία λίστα με τους διαθέσιμους τύπους εδάφους. Αφού επιλέξουμε το επιθυμητό έδαφος, χρησιμοποιώντας «αριστερό κλικ» σχεδιάζουμε σε κάτοψη στον κάναβο, την περιοχή που καλύπτεται από το συγκεκριμένο τύπο εδάφους (π.χ. σχεδιάζουμε ένα δρόμο καλυμμένο με ασφαλτο επιλέγοντας “Asphalt Road”, ή μία πλατεία καλυμμένη με πλάκες πεζοδρομίου, επιλέγοντας “Pavement”). Στην περίπτωση που θέλουμε να θέσουμε παντού τον ίδιο τύπο εδάφους, χρησιμοποιούμε το “Apply to all grids”. Τα εδάφη που εμφανίζονται στη λίστα είναι αυτά που περιέχονται στη βάση δεδομένων SOILS.DAT. Αυτή μπορεί να εμπλουτιστεί, με τον ίδιο τρόπο, όπως και στην περίπτωση των φυτών. Τέλος, σε όλα τα υπολογιστικά κελιά, υπάρχει η ρύθμιση να

έχουν ως αρχικό έδαφος άργιλο (Loamy Soil). Για να θέσουμε κάποιο άλλο έδαφος, απλώς σχεδιάζουμε από πάνω.



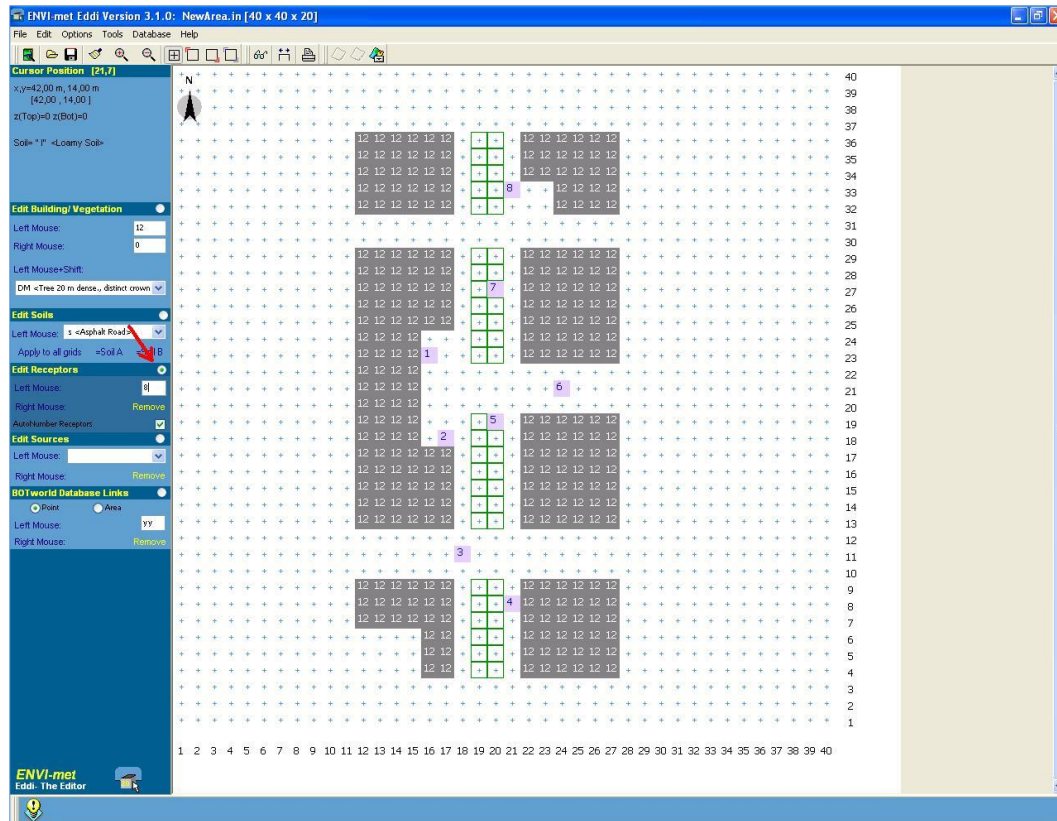
Σχήμα 3.7: Εισαγωγή εδάφους [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ Εισαγωγή υποδοχέων (Receptors)

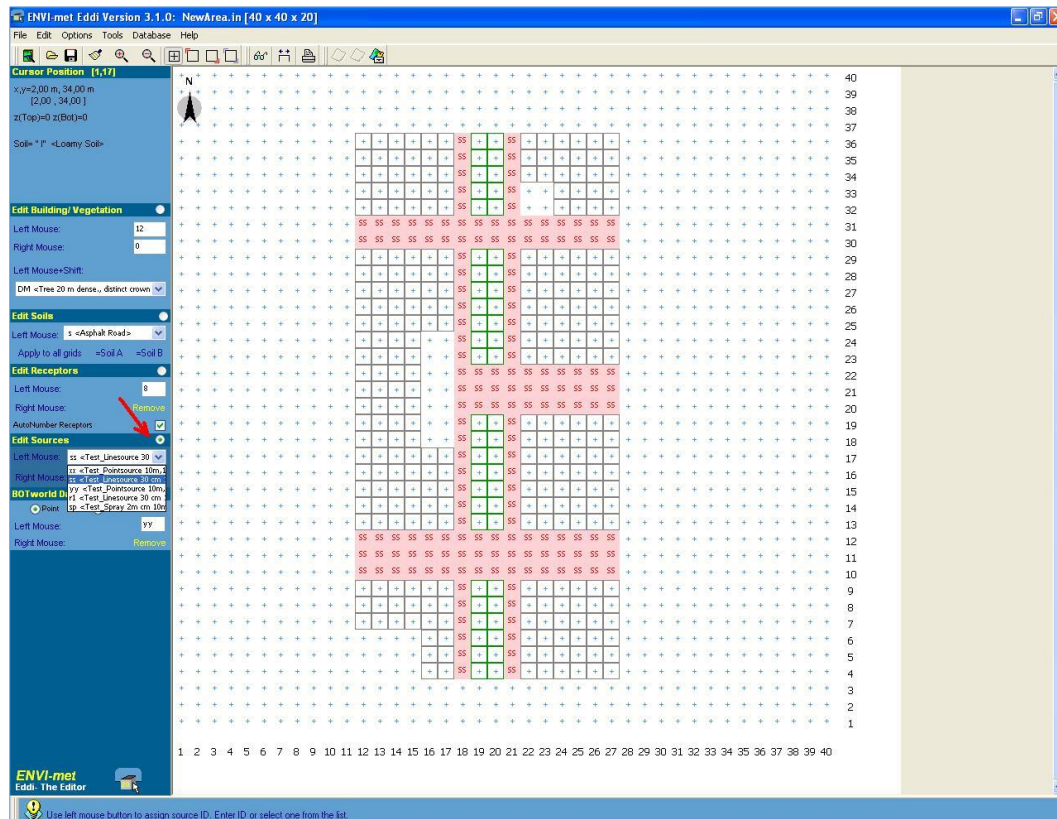
Για την εισαγωγή υποδοχέων στην περιοχή προσομοίωσης, τσεκάρουμε την επιλογή “Edit Receptors”, που βρίσκεται στο αριστερό μέρος του παραθύρου (Σχ. 3.8). Στο πεδίο “Left mouse” συμπληρώνουμε τον αριθμό του υποδοχέα (δηλαδή το όνομά του) και στη συνέχεια, με «αριστερό κλικ» στον κάναβο σχεδιασμού, τον εισάγουμε στην επιθυμητή θέση. Για την αφαίρεση υποδοχέων απλώς χρησιμοποιούμε «δεξί κλικ».

### ➤ Εισαγωγή πηγών εκπομπής αερίων/σωματιδίων (Sources)

Για την εισαγωγή πηγών εκπομπής αερίων/σωματιδίων στην περιοχή προσομοίωσης, τσεκάρουμε την επιλογή “Edit Sources”, που βρίσκεται στο αριστερό μέρος του παραθύρου (Σχ. 3.9). Στο πεδίο “Left mouse” επιλέγουμε τον τύπο της πηγής και στη συνέχεια, με «αριστερό κλικ» στον κάναβο σχεδιασμού, την εισάγουμε στην επιθυμητή θέση. Το σχήμα της εκάστοτε πηγής ποικίλει, αφού μπορεί να είναι σημειακή ή γραμμική (π.χ. αν πρόκειται για ρύπους οχημάτων, σχεδιάζουμε μια γραμμική πηγή κατά μήκος του δρόμου). Για την αφαίρεση των πηγών απλώς χρησιμοποιούμε «δεξί κλικ».



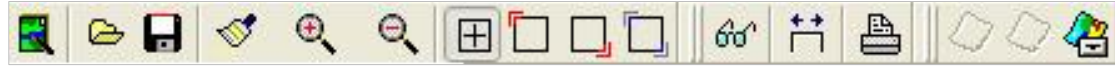
Σχήμα 3.8: Εισαγωγή υποδοχέων [Πηγή: ENVI-met].



Σχήμα 3.9: Εισαγωγή πηγών εκπομπής αερίων/σωματιδίων [Πηγή: ENVI-met].

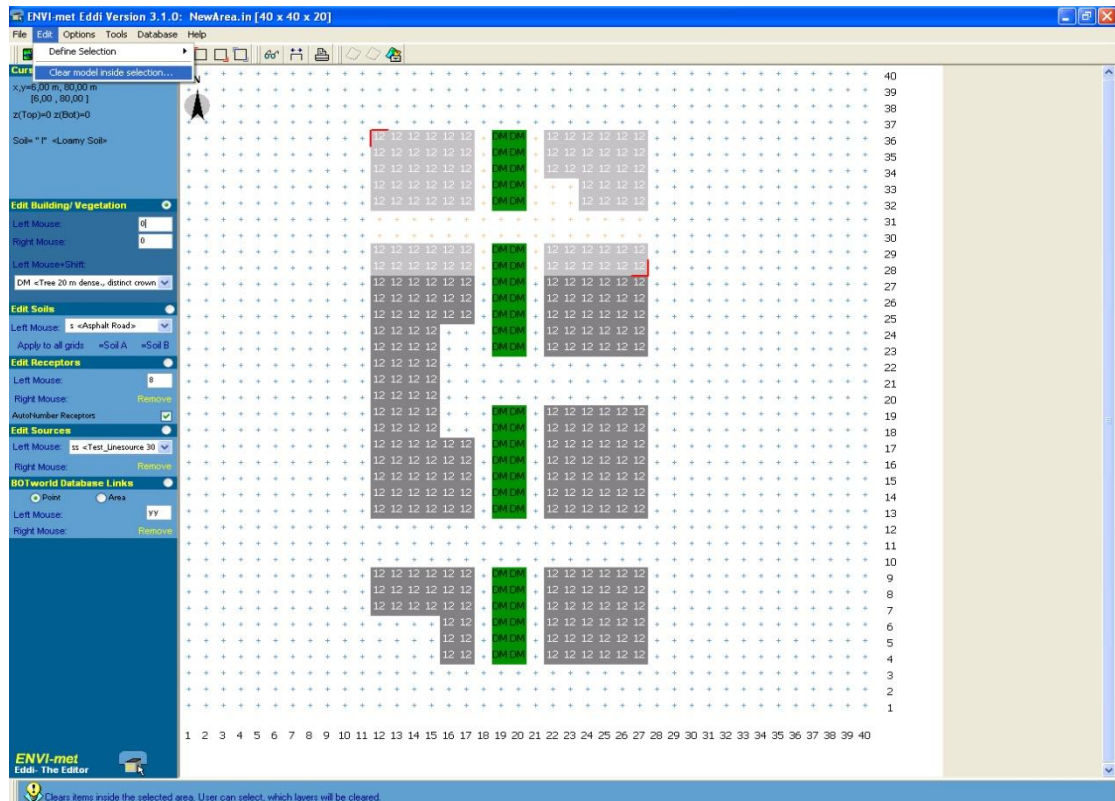


Όσον αφορά τις συντομεύσεις των λειτουργιών, οι οποίες βρίσκονται κάτω από το βασικό μενού του κύριου παραθύρου του editor και φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί (Σχ. 3.10), έχουμε τα εξής:



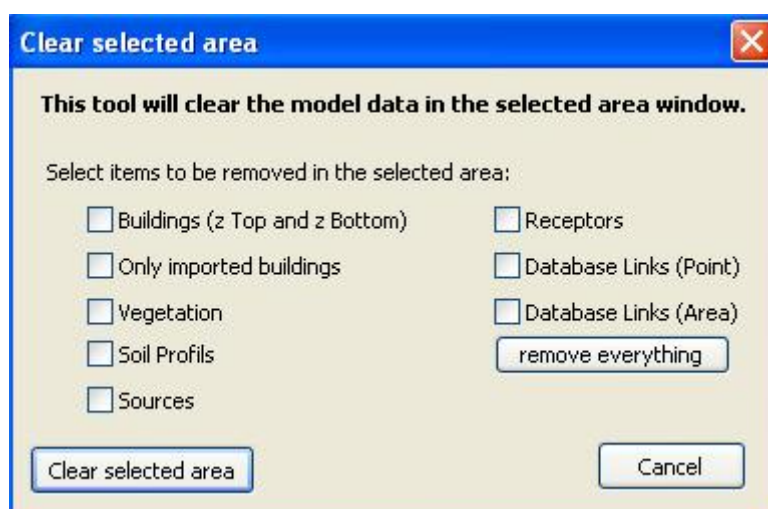
Σχήμα 3.10: Βασικά εργαλεία του editor [Πηγή: ENVI-met].

- Το πρώτο από αριστερά εικονίδιο ανοίγει το παράθυρο για τη δημιουργία νέου ή την τροποποίηση υπάρχοντος Αρχείου Εισαγωγής Περιοχής (Σχ. 3.5).
- Το δεύτερο εικονίδιο ανοίγει το επιθυμητό αποθηκευμένο Αρχείο Εισαγωγής Περιοχής.
- Το τρίτο εικονίδιο αποθηκεύει το Αρχείο Εισαγωγής Περιοχής.
- Το τέταρτο εικονίδιο επανασχεδιάζει το μοντέλο.
- Το πέμπτο και το έκτο εικονίδιο αφορούν στον έλεγχο του μεγέθους της επιφάνειας σχεδίασης στην οθόνη (Zoom in, Zoom out).
- Το έβδομο εικονίδιο αποκρύπτει ή εμφανίζει τους σταυρούς στον κάναβο.
- Με τη βοήθεια του όγδοου και του ένατου εικονιδίου, μπορούμε να επιλέξουμε ένα τμήμα του μοντέλου (το επάνω αριστερά και το κάτω δεξιά όριό του) και στη συνέχεια να σβήσουμε τα δεδομένα του τμήματος αυτού, πηγαίνοντας στο μενού Edit > Clear model inside selection (Σχ. 3.11).



Σχήμα 3.11: Επιλογή περιοχής για διαγραφή στοιχείων [Πηγή: ENVI-met].

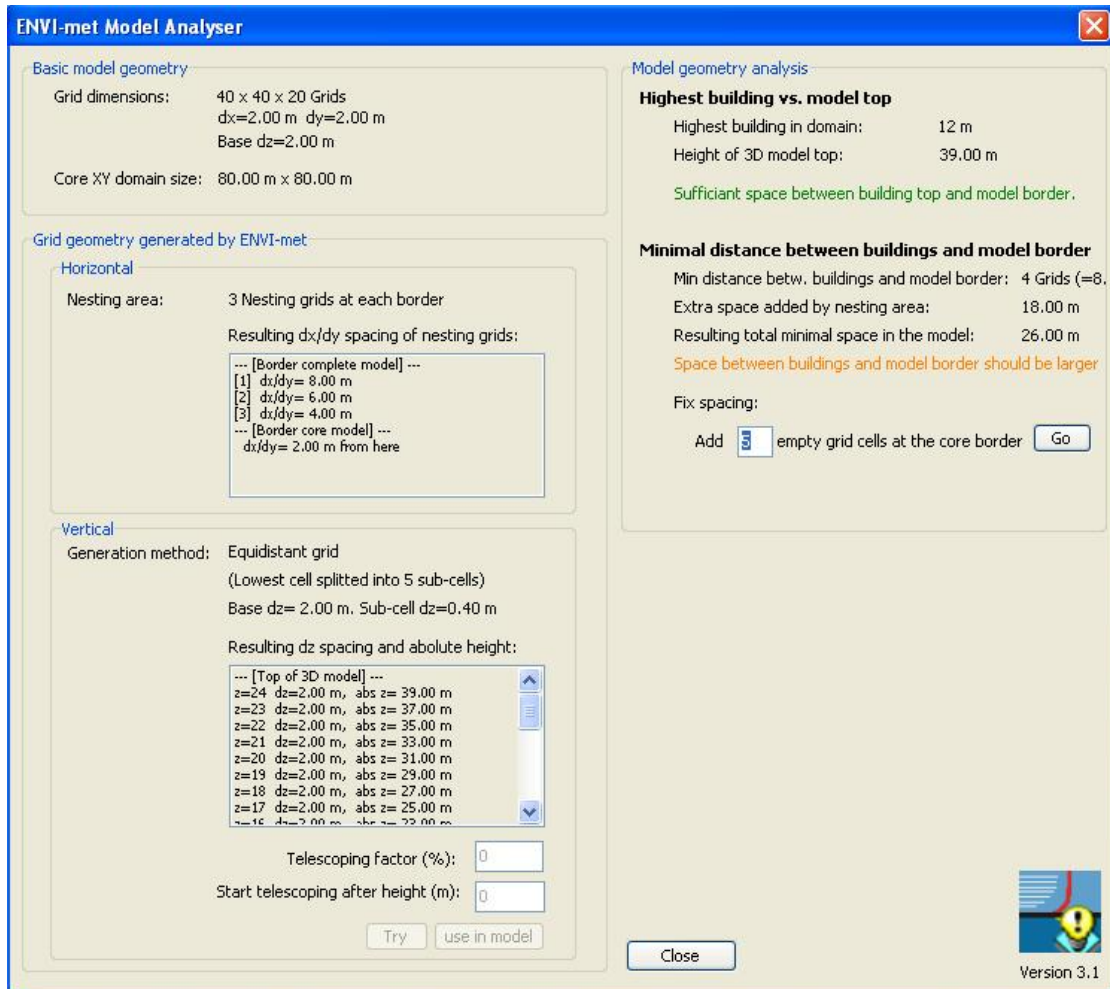
Με την επιλογή αυτή εμφανίζεται το πλαίσιο διαλόγου του σχήματος 3.12, στο οποίο ο χρήστης επιλέγει τα προς διαγραφή στοιχεία.



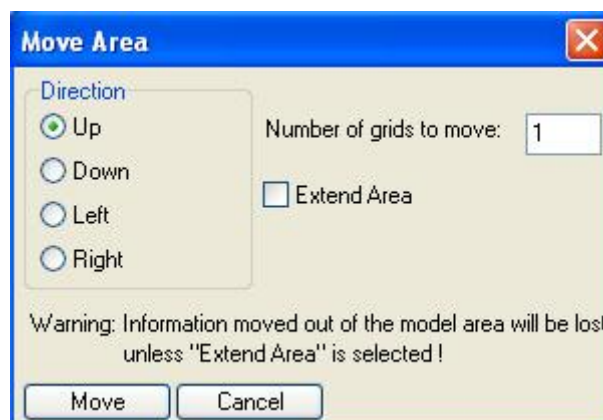
**Σχήμα 3.12:** Επιλογή των προς διαγραφή στοιχείων στην επιλεγμένη περιοχή [Πηγή: ENVI-met].

- Το δέκατο εικονίδιο απαλείφει τα παραπάνω όρια.
- Το ενδέκατο εικονίδιο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την επίτευξη μιας προσομοίωσης, η οποία θα δώσει αξιόπιστα και ακριβή, κατά το δυνατό, αποτελέσματα. Με τη χρήση του εμφανίζεται το παράθυρο με τίτλο “ENVI-met Model Analyzer” (Σχ. 3.13). Το παράθυρο αυτό μας δίνει μία σειρά πληροφοριών για το μοντέλο που έχουμε δημιουργήσει, όπως το πλήθος των υπολογιστικών κελιών και τις διαστάσεις τους, το μέγεθος (κάτοψη) του πυρήνα του μοντέλου, δηλαδή του κυρίως μοντέλου χωρίς τη δευτερεύουσα περιοχή, τον αριθμό των δευτερευουσών ζωνών που περιβάλλουν το κύριο μοντέλο, το είδος των υπολογιστικών κελιών όσον αφορά την κατακόρυφη διάσταση (κελιά σταθερού ύψους ή τηλεσκοπικά) κ.λπ. Οι σημαντικότερες, όμως, πληροφορίες είναι το ύψος του μοντέλου και το ύψος του υψηλότερου κτιρίου μέσα σε αυτό. Εφόσον το πρώτο είναι τουλάχιστον διπλάσιο του δεύτερου, εμφανίζεται μήνυμα (με πράσινα γράμματα) που μας ενημερώνει ότι υπάρχει αρκετός χώρος ανάμεσα στην κορυφή του υψηλότερου κτιρίου και το όριο του μοντέλου. Επίσης σημαντική, αν όχι σημαντικότερη, είναι η πληροφορία που αφορά στην απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των κτιρίων και του ορίου του μοντέλου στην οριζόντια διεύθυνση. Οι δύο τελευταίες παράμετροι που αναφέρθηκαν θα πρέπει να ελέγχονται πάντα πριν την πραγματοποίηση μιας προσομοίωσης, ώστε να μην προκύπτουν προβλήματα σύγκλισης και να λαμβάνονται σωστά αποτελέσματα.

- Το δωδέκατο εικονίδιο, δίνει τη δυνατότητα μετακίνησης ολόκληρης της περιοχής προσομοίωσης, στη διεύθυνση που θέλουμε και κατά τον επιθυμητό αριθμό κελιών (Σχ. 3.14).



Σχήμα 3.13: ENVI-met Model Analyser [Πηγή: ENVI-met].



Σχήμα 3.14: Μετακίνηση ολόκληρης της περιοχής προσομοίωσης [Πηγή: ENVI-met].

- Το δέκατο τρίτο εικονίδιο αφορά στην εκτύπωση.
- Τα τρία τελευταία εικονίδια αφορούν στη δυνατότητα εισαγωγής μιας εικόνας ως φόντο (background) στην περιοχή του κανάβου. Η δυνατότητα αυτή είναι πολύ σημαντική διότι η εικόνα (π.χ. ένα τοπογραφικό σχέδιο, μία κάτοψη ή μία αεροφωτογραφία του Google Earth) χρησιμεύει ως οδηγός για τη σχεδίαση της περιοχής προσομοίωσης.

### 3.2.2 Δημιουργία του κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF

Επιλέγοντας το δεύτερο εικονίδιο στο αρχικό παράθυρο έναρξης του ENVI-met (Σχ. 3.2), ανοίγει ο επεξεργαστής του κύριου αρχείου διαμόρφωσης (ENVI-met Configuration Editor). Μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα νέο αρχείο .CF ή να επεξεργαστούμε κάποιο υπάρχον. Για τη δημιουργία ενός νέου αρχείου, πηγαίνουμε στο μενού File > New Configuration, οπότε εμφανίζεται το παράθυρο του σχήματος 3.15.

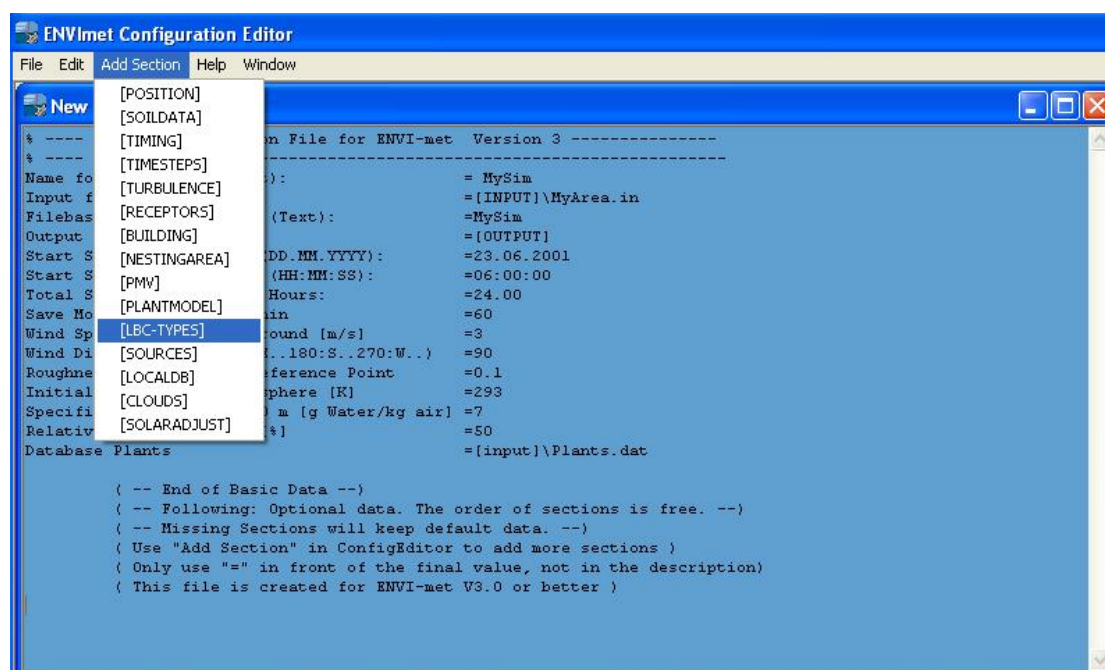
**Σχήμα 3.15:** Δημιουργία νέου αρχείου .CF και βασικές ρυθμίσεις [Πηγή: ENVI-met].

Η επεξεργασία του κύριου αρχείου διαμόρφωσης είναι απλή, καθώς έχει τη μορφή ενός αρχείου κειμένου (.txt file). Όπως έχει αναφερθεί εκτενώς στο κεφάλαιο 2, αρχικά υπάρχουν μόνο οι βασικές και απαραίτητες για την προσομοίωση πληροφορίες. Για την προσθήκη περεταίρω στοιχείων, χρησιμοποιούμε το μενού “Add section” και προσθέτουμε επιπλέον τομείς (Σχ. 3.16).

Για την εισαγωγή των ρυθμίσεων, απλώς σβήνουμε τις προκαθορισμένες και πληκτρολογούμε τις νέες. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στον τρόπο γραφής τους, καθώς θα πρέπει να ακολουθείται αυστηρά η τυποποίηση (format) του αρχείου (λατινικοί χαρακτήρες, κενά, αριθμός δεκαδικών ψηφίων, τελεία ή κόμμα κ.λπ.), όπως επίσης και οι μονάδες μέτρησης των μεγεθών.

Με τον ίδιο τρόπο μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα Batch File, χρησιμοποιώντας το μενού File > New Batch-File.

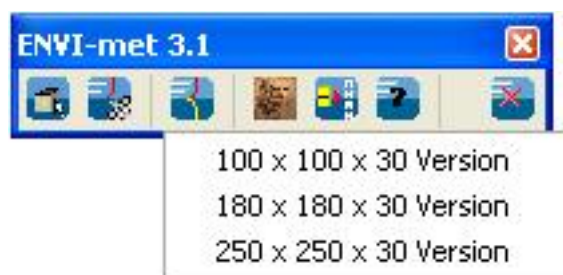




Σχήμα 3.16: Προσθήκη επιπλέον ρυθμίσεων από το μενού “Add Section” [Πηγή: ENVI-met].

### 3.3 Εκτέλεση της προσομοίωσης

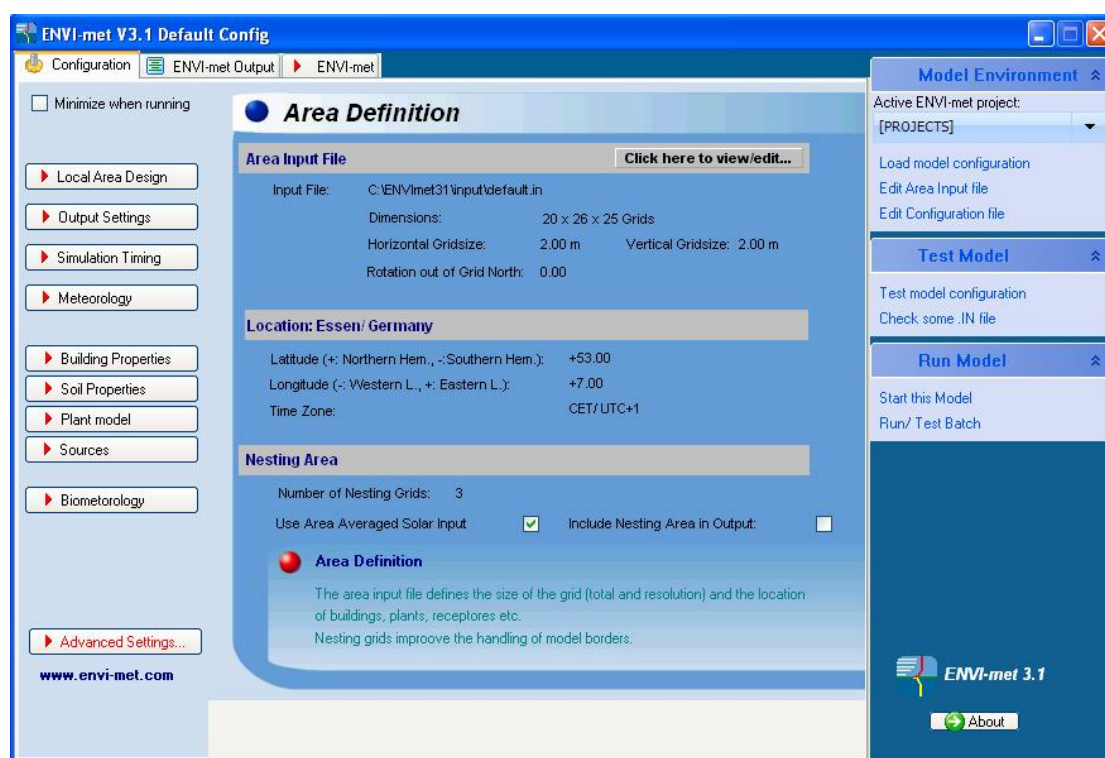
Έχοντας ολοκληρώσει τη δημιουργία του αρχείου εισαγωγής περιοχής **.IN** και του κύριου αρχείου διαμόρφωσης **.CF**, μπορούμε να ξεκινήσουμε την προσομοίωση. Επιλέγοντας το τρίτο εικονίδιο του αρχικού παραθύρου του προγράμματος ENVI-met (Σχ. 3.2), εμφανίζονται τα διαθέσιμα μεγέθη μοντέλου (versions), που στην έκδοση αυτή είναι 3 (Σχ. 3.17).



Σχήμα 3.17: Επιλογή “version” για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης [Πηγή: ENVI-met].

Η επιλογή βασίζεται στον αριθμό των κελιών από τον οποίον αποτελείται το μοντέλο στο αρχείο **.IN**. Σε αυτόν θα πρέπει να προστεθεί και το πλήθος των δευτερευόντων κελιών (nesting grids), δηλαδή ο αριθμός των ζωνών που περιβάλλουν τον πυρήνα του μοντέλου. Έτσι, η version που θα επιλέξουμε θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη, ώστε τα παραπάνω κελιά να χωρούν σε αυτήν (και στο οριζόντιο επίπεδο και κατακόρυφως).

Αφού επιλέξουμε το μέγεθος της version, αμέσως εμφανίζεται το παράθυρο του σχήματος 3.18, το οποίο αποτελεί τον τελικό πίνακα ελέγχου (Configuration Panel) της προσομοίωσης που θέλουμε να πραγματοποιήσουμε.



Σχήμα 3.18: Configuration Panel [Πηγή: ENVI-met].

Στο σημείο αυτό, το λογισμικό θα «διαβάσει» όλες τις πληροφορίες που του έχουν δοθεί μέσω των αρχείων **.IN** και **.CF**. Παρόλο που είναι δυνατό, δε συνιστάται να γίνουν περειαίρω αλλαγές και ρυθμίσεις στη θέση αυτή, παρά μόνον τέτοιες που αφορούν σε προχωρημένους χρήστες (Advanced Settings). Ο βασικότερος λόγος είναι ότι, πιθανότατα, μετά τη λήξη της προσομοίωσης ο χρήστης δε θα είναι σε θέση να ελέγξει τις ρυθμίσεις που είχε αλλάξει. Χρησιμοποιώντας το εικονίδιο “Configuration”, το οποίο βρίσκεται στο επάνω αριστερά μέρος του παραθύρου, μπορούμε να δούμε εποπτικά τις βασικότερες ρυθμίσεις που έχουμε επιλέξει στο αρχείο **.IN**.

Οι σημαντικότερες λειτουργίες βρίσκονται στο δεξιό τμήμα του παραθύρου και είναι οι εξής:

#### ➤ Load model configuration

Στην περίπτωση που θέλουμε να «φορτώσουμε» ένα αρχείο **.CF**, δηλαδή μία προσομοίωση, χρησιμοποιούμε το “Load model configuration”. Τότε, ανοίγει ένα παράθυρο αναζήτησης των Windows, ώστε εμείς να βρούμε το αρχείο που επιθυμούμε. Κάνοντας «διπλό κλικ», αυτό «διαβάζεται» και εμφανίζεται στο πάνελ. Εδώ θα πρέπει να σχολιάσουμε ότι το αρχείο **.CF** καθοδηγεί το πρόγραμμα, ώστε να

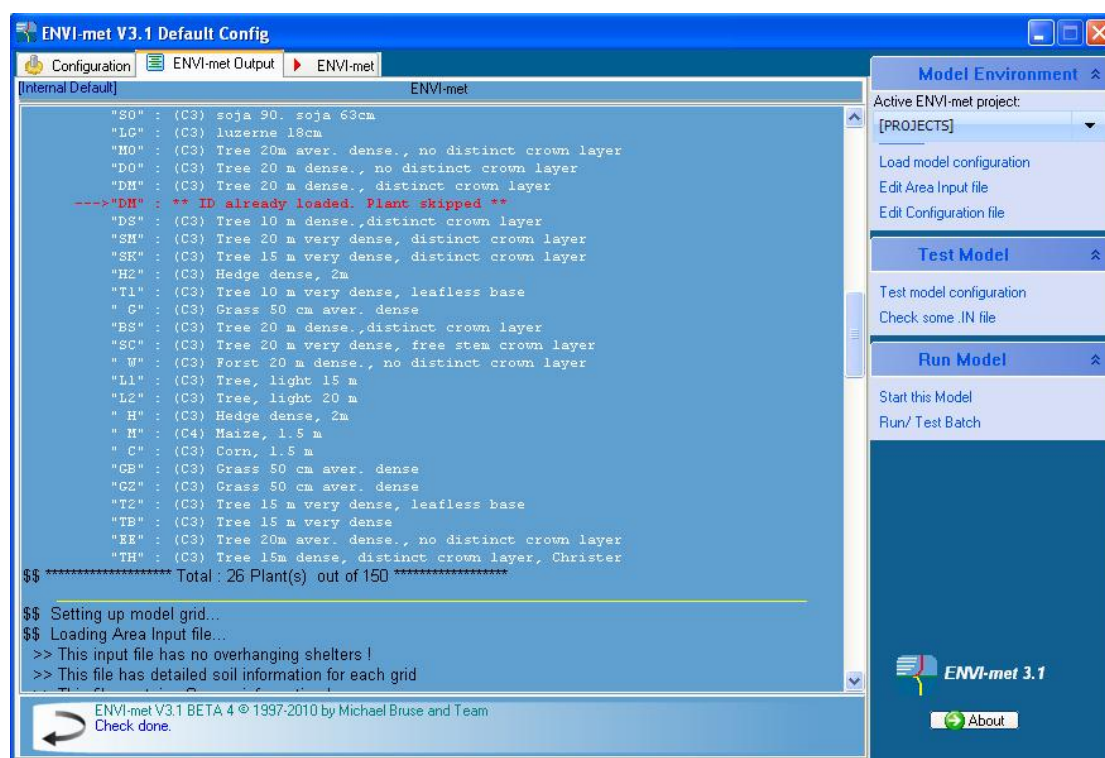
«φορτώσει» και το αντίστοιχο αρχείο **.IN** (αυτό προγραμματίστηκε στη φάση δημιουργίας του **.CF**, όπως αναλυτικά παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2).

### ➤ Test model configuration

Επιλέγοντας “Test model configuration”, ελέγχονται οι ρυθμίσεις και οι πληροφορίες που έχουμε εισαγάγει στο αρχείο **.CF**. Τα αποτελέσματα του ελέγχου εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο στην καρτέλα “ENVI-met Output”, η οποία βρίσκεται στο επάνω αριστερά μέρος του παραθύρου (Σχ. 3.19). Πιο αναλυτικά αποτελέσματα αποθηκεύονται στο φάκελο “Output”, τον οποίο είχαμε ορίσει στο αρχείο **.CF**.

### ➤ Check some .IN file

Εκτός του προηγούμενου ελέγχου, είναι επίσης πολύ σημαντικό να ελέγχουμε και το αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN**. Αυτό γίνεται μέσω του “Check some .IN file” και μπορεί να πραγματοποιηθεί για οποιοδήποτε αρχείο **.IN**, χωρίς να υπάρχει απαραίτητα το αντίστοιχο αρχείο **.CF**.



**Σχήμα 3.19:** Έλεγχος του αρχείου **.CF** μέσω του “Test model configuration” [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ Start this Model

Έχοντας πραγματοποιήσει τους παραπάνω ελέγχους, είμαστε πλέον έτοιμοι να «τρέξουμε» το μοντέλο. Επιλέγοντας “Start this Model”, η προσομοίωση ξεκινά και η πορεία της με τα αντίστοιχα μηνύματα εμφανίζεται σε πραγματικό χρόνο στην καρτέλα “ENVI-met Output”.

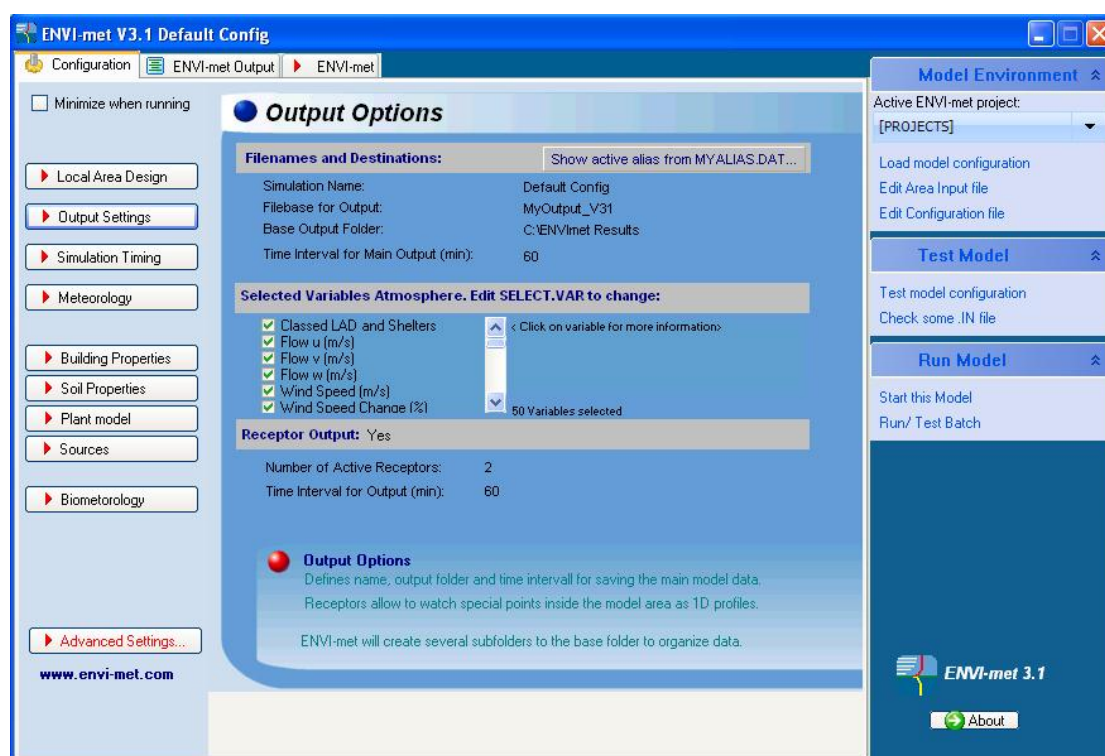
Ευρισκόμενοι στον τελικό πίνακα ελέγχου (Configuration Panel) του σχήματος 3.18, επιλέγοντας την καρτέλα “Configuration”, η οποία βρίσκεται στο επάνω αριστερά μέρος του παραθύρου, μπορούμε να δούμε μία σειρά από πληροφορίες για το μοντέλο που έχουμε «φορτώσει».

### ➤ Local Area Design

Εμφανίζει πληροφορίες για το αρχείο εισαγωγής περιοχής **.IN** (Σχ. 3.18). Πατώντας “Click here to view/edit...”, ανοίγει το συγκεκριμένο αρχείο για περαιτέρω επεξεργασία.

### ➤ Output Settings

Εδώ συνοψίζονται πληροφορίες για τα εξαγόμενα δεδομένα της προσομοίωσης (Σχ. 3.20). Συγκεκριμένα αναφέρονται το όνομα της προσομοίωσης, οι καθορισμένοι φάκελοι αποθήκευσης των αποτελεσμάτων, ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στην εξαγωγή διαδοχικών δεδομένων, οι μεταβλητές που έχουν επιλεγεί και στοιχεία για τους υποδοχείς (receptors).

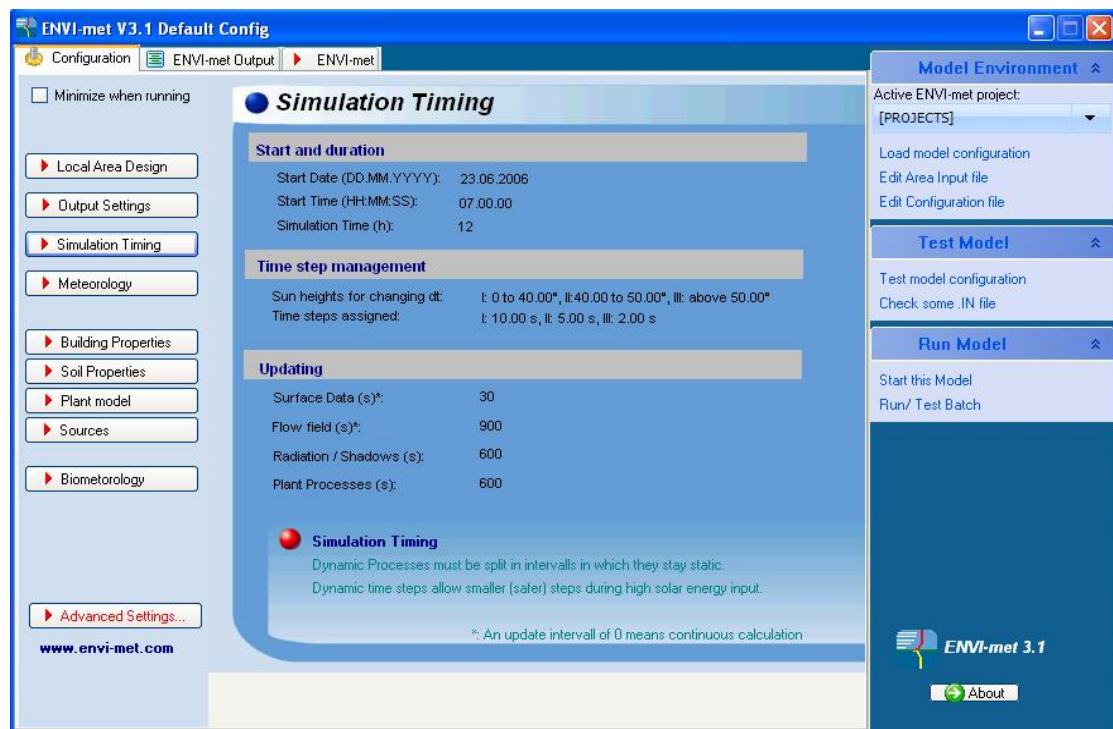


Σχήμα 3.20: Output Settings [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ Simulation Timing

Στη θέση αυτή παρουσιάζονται πληροφορίες σχετικές με το χρόνο έναρξης της προσομοίωσης (ημερομηνία και ώρα) και τη διάρκειά της, όπως επίσης και τα χρονικά βήματα για τους εσωτερικούς υπολογισμούς, δηλαδή κάθε πότε θα ανανεώνεται το πεδίο ροής του ανέμου, τα δεδομένα σχετικά με τις επιφάνειες, τα φυτά, την ακτινοβολία κ.λπ. (Σχ. 3.21).

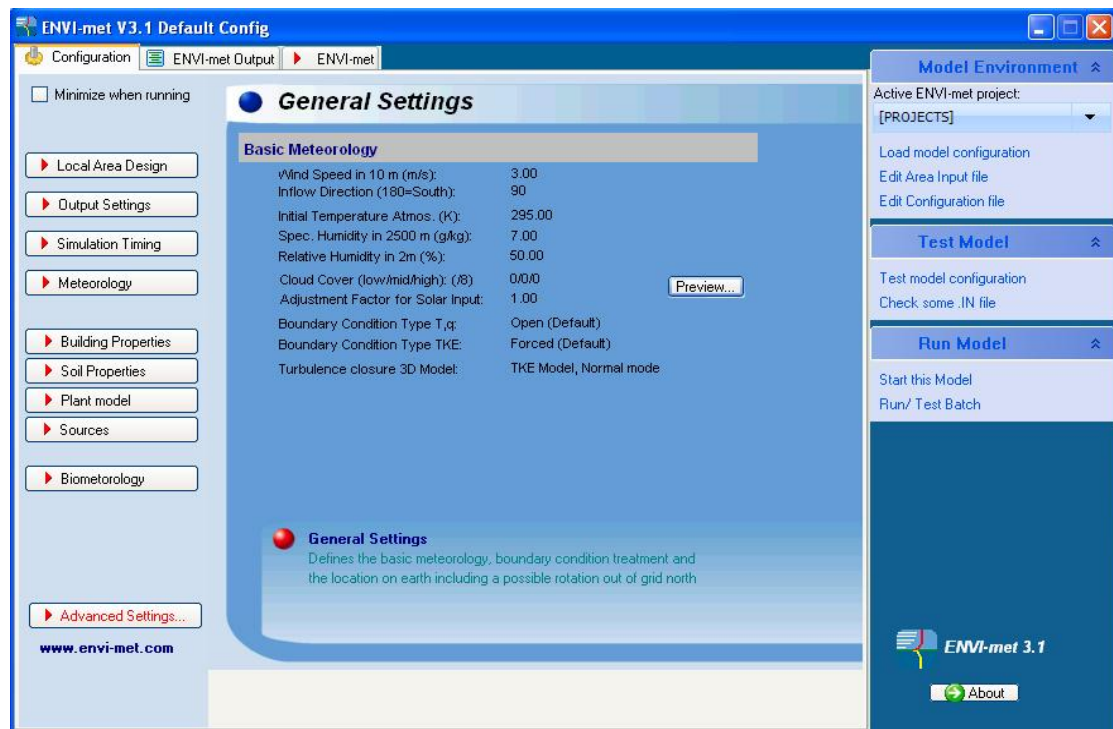




Σχήμα 3.21: Simulation Timing [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ Meteorology

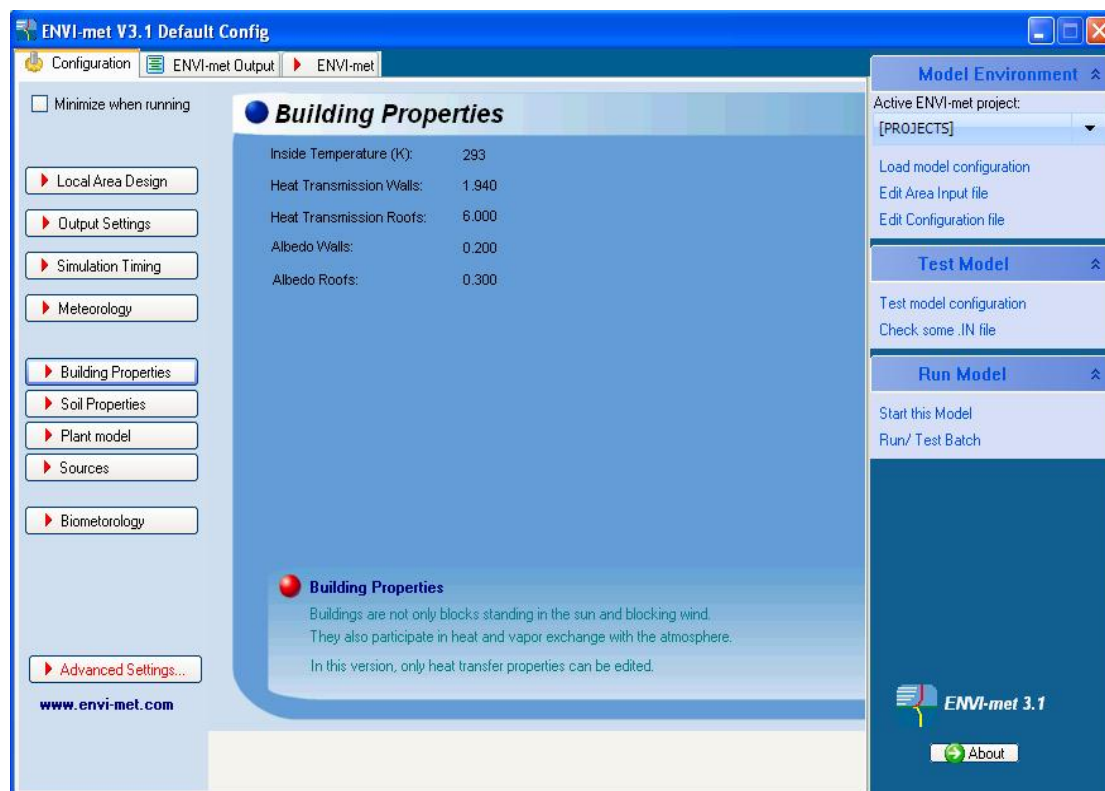
Εδώ συνοψίζονται όλες οι πληροφορίες που αφορούν στις κλιματικές συνθήκες (αρχική θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου κ.λπ.), καθώς επίσης και ο τύπος οριακών συνθηκών που έχουμε επιλέξει για το μοντέλο.



Σχήμα 3.22: Meteorology [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ Building Properties

Στη θέση αυτή συνοψίζονται οι ρυθμίσεις για τις ιδιότητες των κτιρίων και συγκεκριμένα η εσωτερική θερμοκρασία, η εκπομπή θερμότητας και η ανακλαστικότητα των οροφών και των τοίχων (Σχ. 3.23).



Σχήμα 3.23: Building Properties [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ Soil Properties

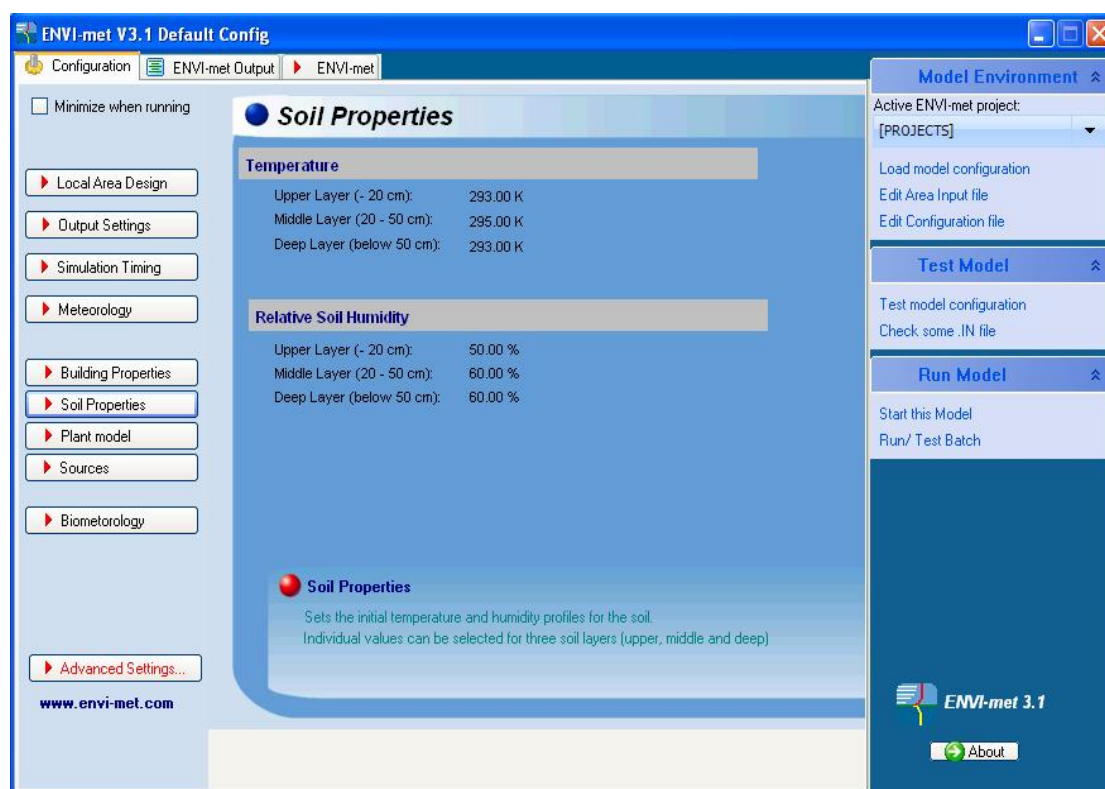
Εδώ εμφανίζονται πληροφορίες που αφορούν στο εδαφικό προφίλ (Σχ. 3.24). Συγκεκριμένα φαίνονται οι τιμές της αρχικής θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας των τριών στρώσεων του εδάφους (από την επιφάνεια έως βάθος 20 cm, από τα 20 cm έως τα 50 cm και βαθύτερα των 50 cm).

### ➤ Plant Model

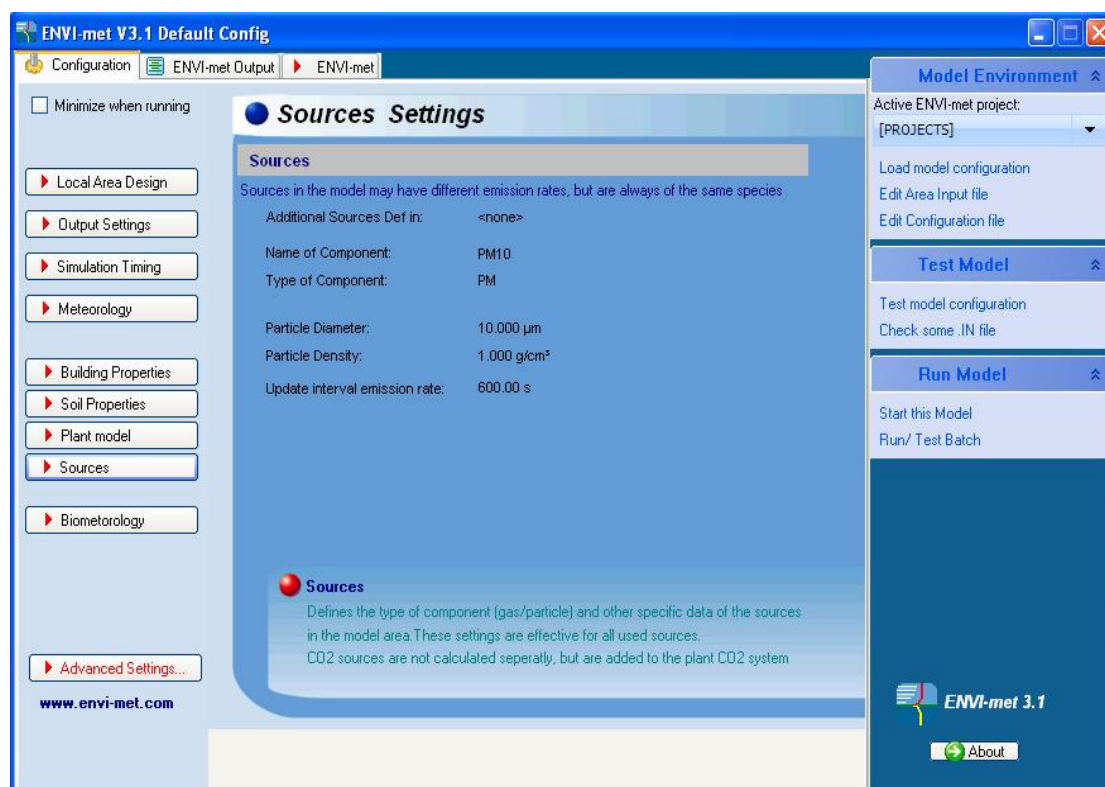
Εδώ φαίνεται η θέση της καθολικής βάσης δεδομένων των φυτών και το μοντέλο για την αντίσταση πόρων των φύλλων.

### ➤ Sources

Στη θέση αυτή δίνονται πληροφορίες για τις πηγές εκπομπής αερίων/σωματιδίων. Συγκεκριμένα αναγράφεται το όνομα και ο τύπος του σωματιδίου, η πυκνότητά του, η διάμετρος του κ.λπ. (Σχ. 3.25).



Σχήμα 3.24: Soil Properties [Πηγή: ENVI-met].

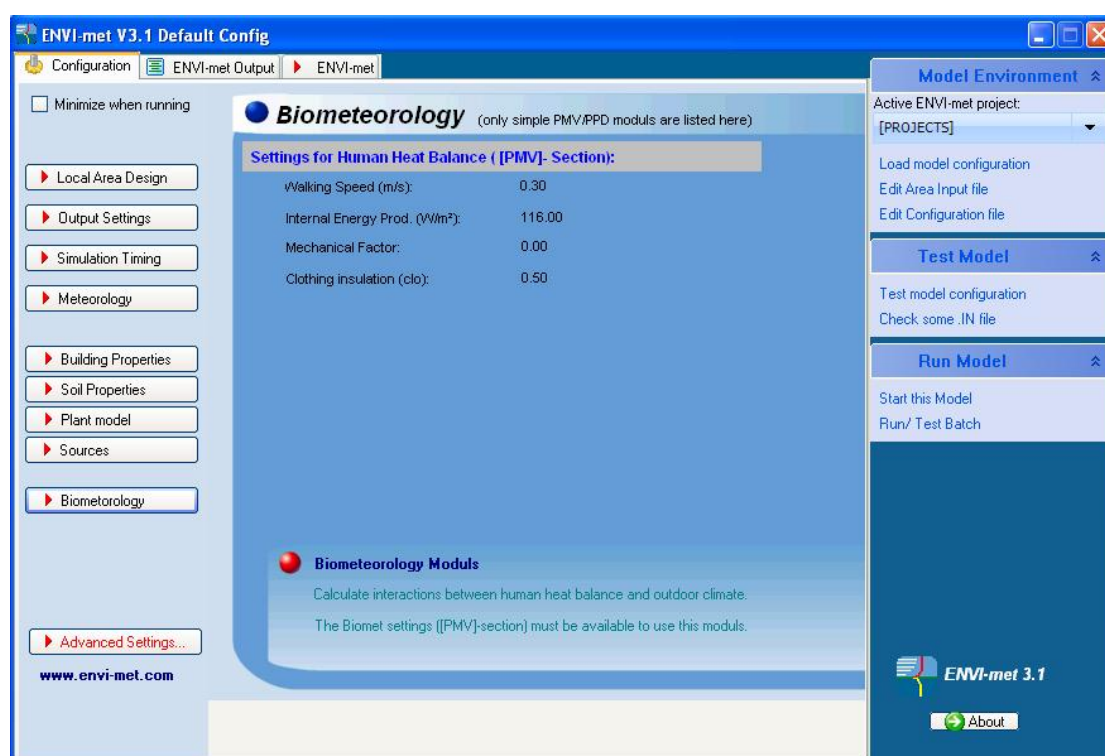


Σχήμα 3.25: Sources [Πηγή: ENVI-met].



### ➤ **Biometeorology**

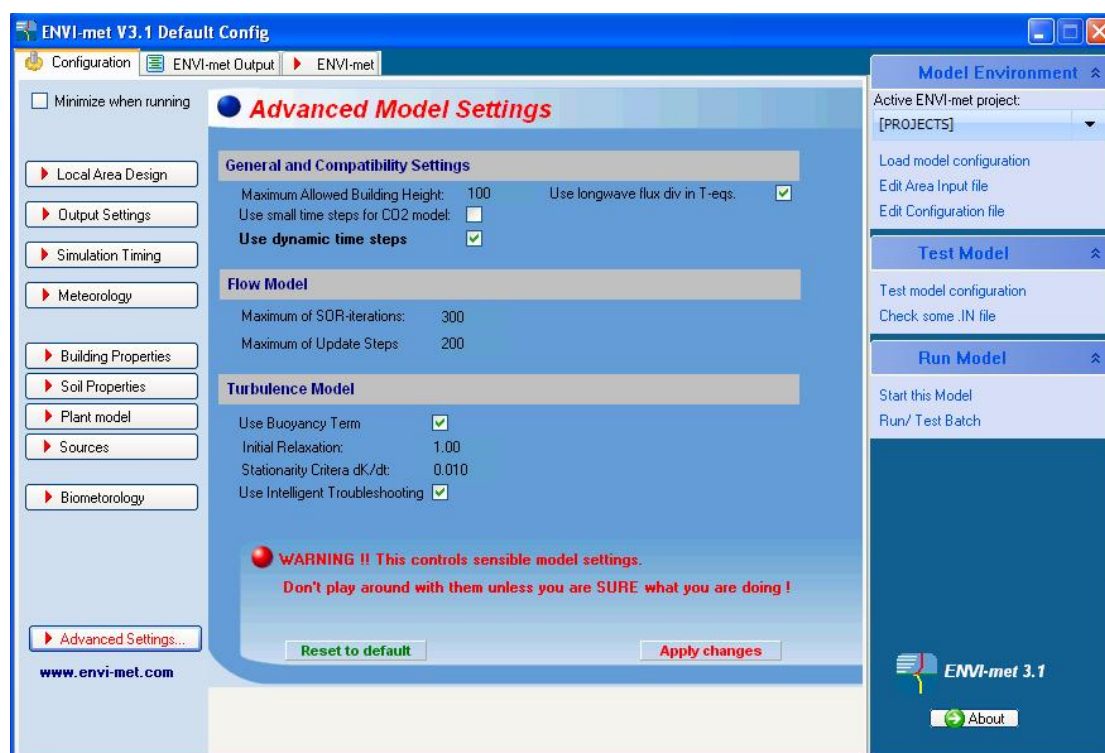
Εδώ εμφανίζονται πληροφορίες που αφορούν σε ανθρωπολογικές παραμέτρους για τον υπολογισμό του δείκτη θερμικής άνεσης P.M.V. Συγκεκριμένα φαίνεται η ταχύτητα βάρδισης, η εσωτερική παραγωγή ενέργειας, ο μηχανικός συντελεστής και η θερμική μόνωση λόγω ρουχισμού (Σχ. 3.26).



Σχήμα 3.26: *Biometeorology* [Πηγή: ENVI-met].

### ➤ **Advanced Settings**

Στη θέση αυτή υπάρχουν ρυθμίσεις οι οποίες συναντώνται μόνο εδώ (Σχ. 3.27). Αυτές αφορούν κυρίως στα διάφορα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιεί το ENVI-met. Συγκεκριμένα, ορίζεται το μέγιστο επιτρεπτό ύψος κτιρίου, το χρονικό βήμα για τον υπολογισμό του CO<sub>2</sub> και τα μοντέλα που αφορούν στη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, στις διάφορες ροές, στην τύρβη, στην αρχική χαλαρότητα (relaxation) κ.λπ. Καλό είναι να μη γίνονται επεμβάσεις στις ρυθμίσεις αυτές εάν δεν υπάρχει μεγάλη εμπειρία στη χρήση του προγράμματος και γνώση σε θέματα ρευστομηχανικής και σε αντίστοιχα προγράμματα υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (C.F.D.).



Σχήμα 3.27: Advanced Settings [Πηγή: ENVI-met].

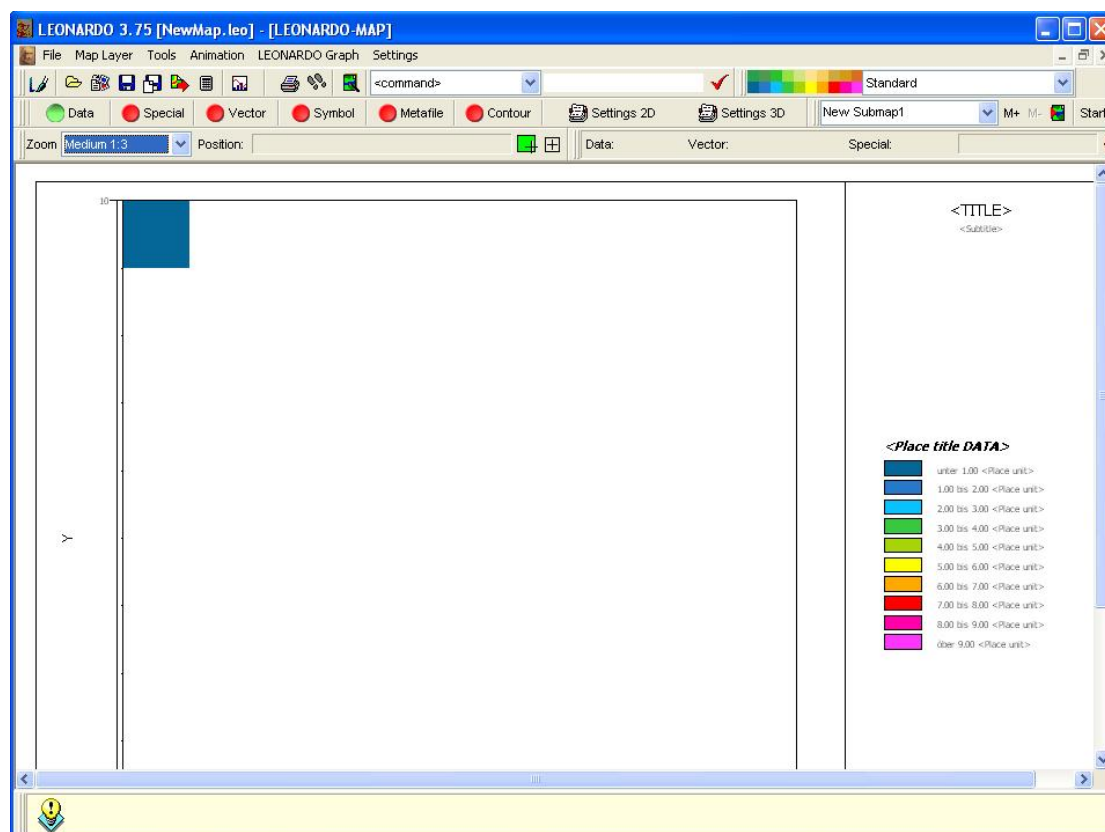
### 3.4 Διαχείριση των αποτελεσμάτων

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2, σε κάθε προσομοίωση το λογισμικό ENVI-met παράγει έναν τεράστιο όγκο δεδομένων. Αυτά αποθηκεύονται στη θέση όπου ο χρήστης είχε καθορίσει στη φάση κατάρτισης του κύριου αρχείου διαμόρφωσης **.CF** και τοποθετούνται σε υποφακέλους οι οποίοι αφορούν στην ατμόσφαιρα, στις επιφάνειες, στους υποδοχείς κ.λπ. Τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται υπό μορφή αρχείων τύπου EDT, και EDI, και περιέχουν πληροφορίες για τα μεγέθη τα οποία είχαμε επιλέξει ότι μας ενδιαφέρουν.

Υπάρχουν πολλές επιλογές σχετικά με τον τρόπο που μπορεί κάποιος να διαχειριστεί το μεγάλο αυτό όγκο δεδομένων. Μπορούν να δημιουργηθούν εικόνες και διαγράμματα ή, ακόμη, απομονώνοντας τις τιμές ενός συγκεκριμένου μεγέθους, να τις διαχειριστούμε και να παράξουμε μέσους όρους και άλλες αντιπροσωπευτικές τιμές, οι οποίες θα αφορούν στο σύνολο της περιοχής του μοντέλου ή σε τμήματα αυτής. Τα παραπάνω μπορούν να γίνουν με τη χρήση των δύο υποπρογραμμάτων που περιέχονται στο ENVI-met, δηλαδή το Leonardo και το Xtract, σε συνεργασία με άλλα προγράμματα όπως το Excel και το Access. Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας θα γίνει μία σχετικά σύντομη παρουσίαση του Leonardo, δεδομένων των πολλών δυνατοτήτων του στην οπτικοποίηση και διαχείριση αποτελεσμάτων.

### 3.4.1 Επεξεργασία αποτελεσμάτων με το Leonardo

Επιλέγοντας το τέταρτο εικονίδιο του αρχικού παραθύρου του προγράμματος ENVI-met (Σχ. 3.2), ανοίγει η εφαρμογή Leonardo, η οποία μας βοηθάει στην απεικόνιση των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων. Το αρχικό παράθυρο της εφαρμογής φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



Σχήμα 3.28: Εφαρμογή Leonardo [Πηγή: Leonardo].

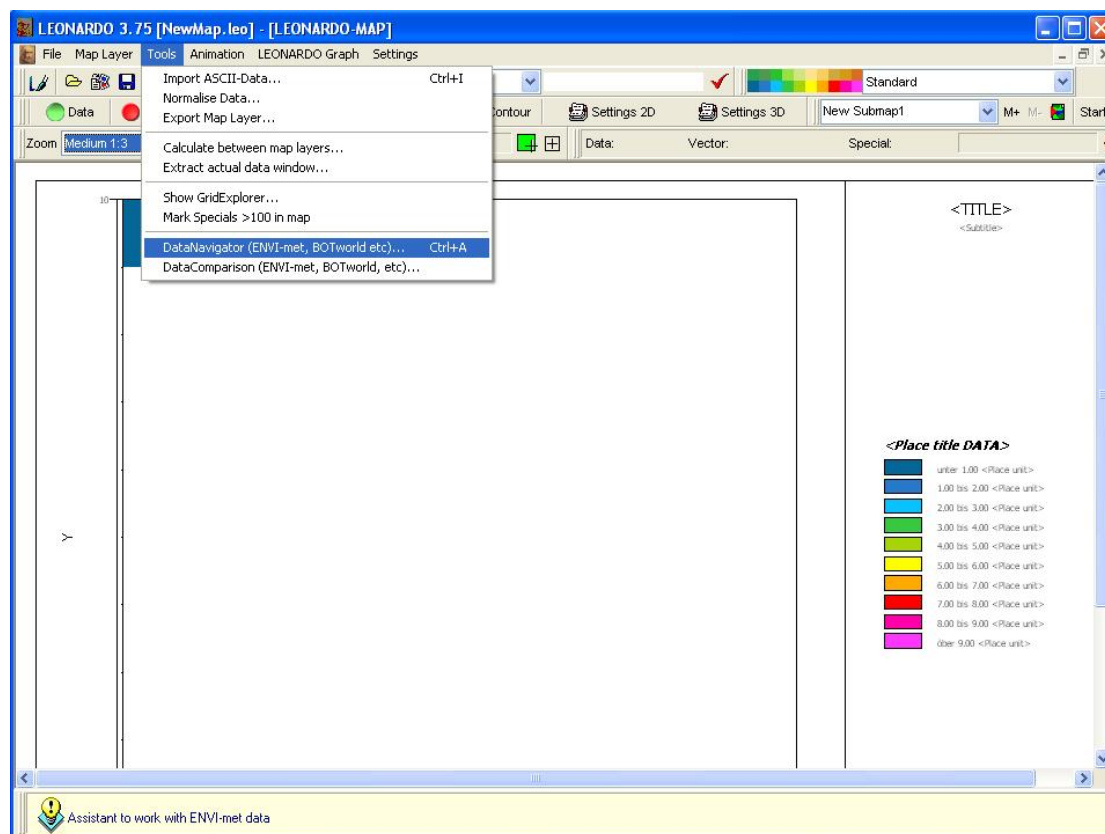
Η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων πραγματοποιείται με τη μορφή ενός χάρτη της περιοχής προσομοίωσης, στον οποίο φαίνονται οι τιμές του επιλεγμένου κάθε φορά μεγέθους, με τη βοήθεια χρωμάτων, ισοϋψών καμπυλών, διανυσμάτων κ.λπ. Η εφαρμογή διαθέτει 6 φίλτρα (layers), καθένα από τα οποία προορίζεται για την απεικόνιση διαφορετικού είδους δεδομένων. Τα πιο σημαντικά είναι:

- **Layer data:** Το φίλτρο αυτό χρησιμοποιείται για την απεικόνιση βαθμωτών μεγεθών, όπως η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία.
- **Layer vector:** Το φίλτρο αυτό χρησιμοποιείται για την οπτικοποίηση διανυσματικών μεγεθών, όπως η ταχύτητα ανέμου.
- **Layer contour:** Το συγκεκριμένο φίλτρο εφαρμόζεται για τη δημιουργία καμπυλών τύπου ισοϋψών (για μεγέθη που μπορούν να απεικονιστούν με τον τρόπο αυτό).

Μπορούμε να έχουμε ενεργοποιημένα περισσότερα από ένα φίλτρα ταυτοχρόνως. Όταν είναι ενεργοποιημένα έχουν πράσινη σήμανση ενώ, σε αντίθετη περίπτωση,

κόκκινη. Στη συνέχεια δίνεται ένα παράδειγμα της πορείας που ακολουθείται για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων μιας προσομοίωσης.

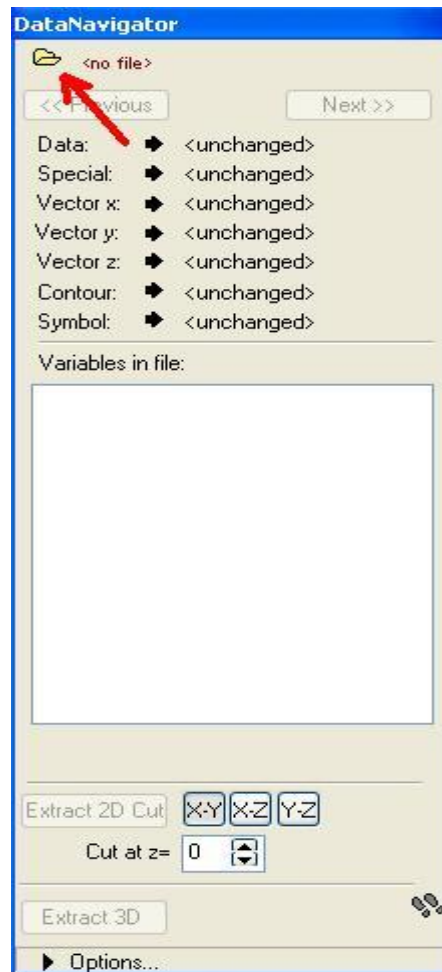
Χρησιμοποιώντας το βασικό μενού του αρχικού παραθύρου του Leonardo, πηγαίνουμε στο “Tools” και στη συνέχεια επιλέγουμε “Data Navigator” (Σχ. 3.29).



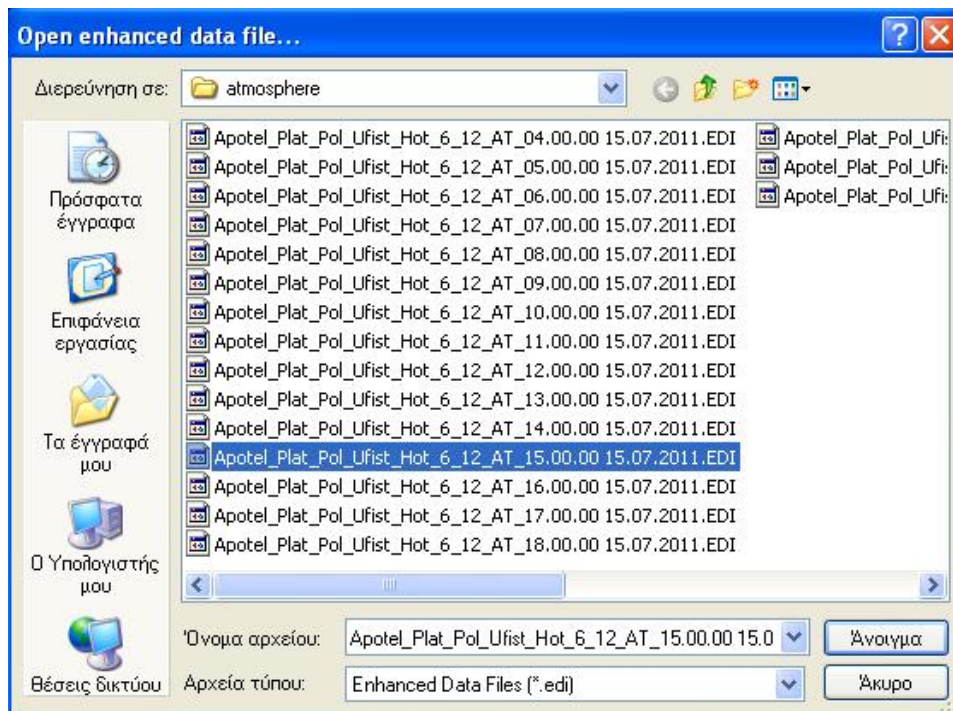
**Σχήμα 3.29:** Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων [Πηγή: Leonardo].

Στη συνέχεια εμφανίζεται το παράθυρο του σχήματος 3.30, μέσω του οποίου μπορούμε να εισάγουμε τα αποτελέσματα που επιθυμούμε στο Leonardo. Χρησιμοποιώντας το εικονίδιο του κίτρινου φακέλου (στην επάνω αριστερή πλευρά του ίδιου παραθύρου), ενεργοποιούμε το παράθυρο αναζήτησης των Windows για την εύρεση του αρχείου EDI, που επιθυμούμε. Με διπλό «κλικ» στο αρχείο, το Leonardo «διαβάζει» τις πληροφορίες και εμφανίζει μία λίστα με τις διαθέσιμες μεταβλητές.

Για παράδειγμα, έστω ότι θέλουμε να οπτικοποιήσουμε τη θερμοκρασία του αέρα στις 15:00, σε ύψος 1.60 m από το έδαφος. Αφού επιλέξουμε το σωστό αρχείο EDI, δηλαδή αυτό που βρίσκεται στο φάκελο atmosphere και το οποίο αντιστοιχεί στην ώρα 15:00 (Σχ. 3.31), στο παράθυρο του Data Navigator επιλέγουμε από τη λίστα με τις διαθέσιμες μεταβλητές αυτήν με την ονομασία Pot. Temperature (K). Για την οπτικοποίηση αυτών των δεδομένων, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, πρέπει να επιλέξουμε το κατάλληλο φίλτρο, δηλαδή το Data. Έτσι, στη συνέχεια πατάμε το βέλος που στην αριστερή του πλευρά αναγράφεται η λέξη Data. Στη συνέχεια, στο πεδίο “Cut at z =” επιλέγουμε το ύψος στο οποίο «κόβουμε», ώστε να λάβουμε τις



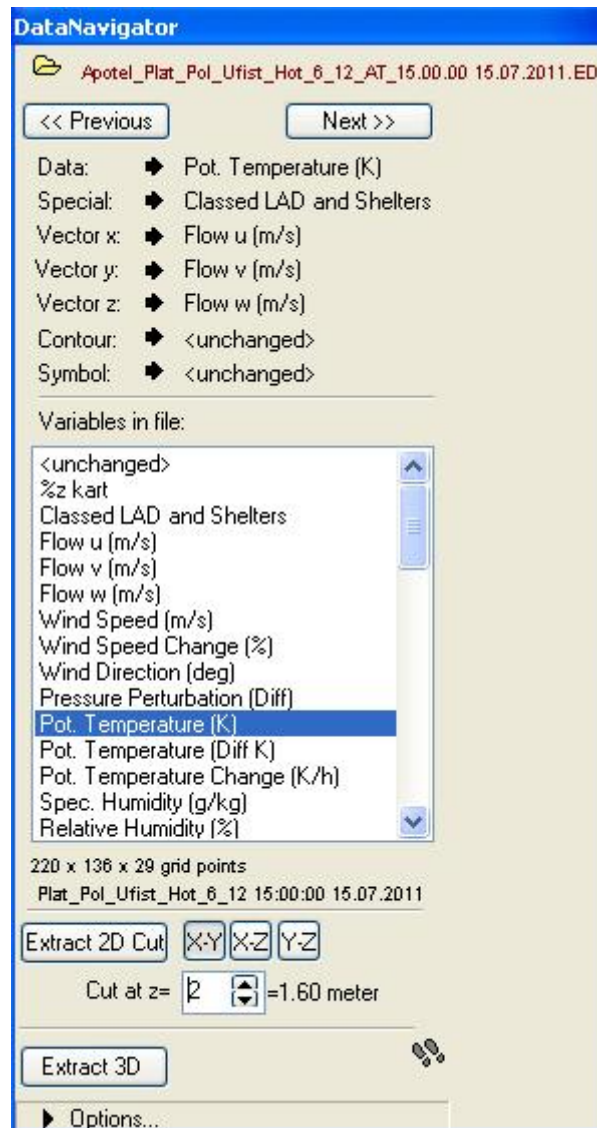
Σχήμα 3.30: Data Navigator [Πηγή: Leonardo].



Σχήμα 3.31: Επιλογή του αρχείου EDI. [Πηγή: ENVI-met].



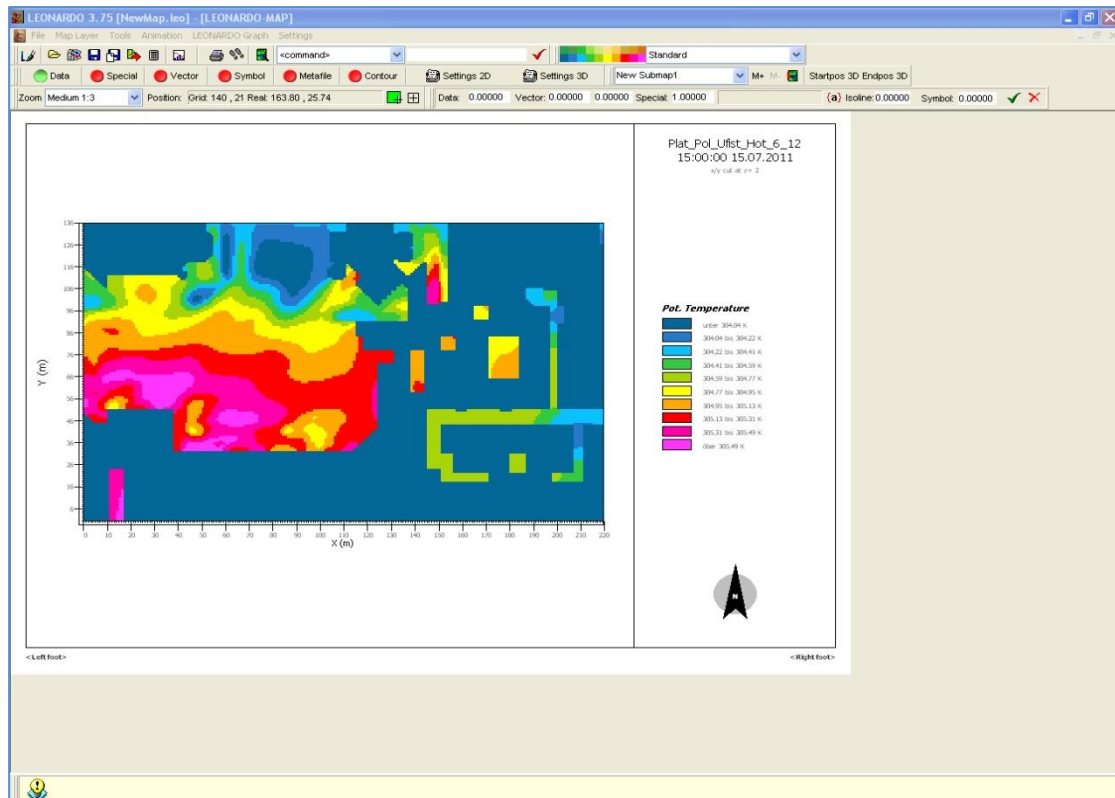
αντίστοιχες τιμές. Τέλος, για δισδιάστατη απεικόνιση επιλέγουμε “Extract 2D Cut”, καθώς επίσης και το επίπεδο στο οποίο θέλουμε να πραγματοποιηθεί η τομή (X-Y, X-Z ή Y-Z). Οι παραπάνω επιλογές φαίνονται στο σχήμα που ακολουθεί.



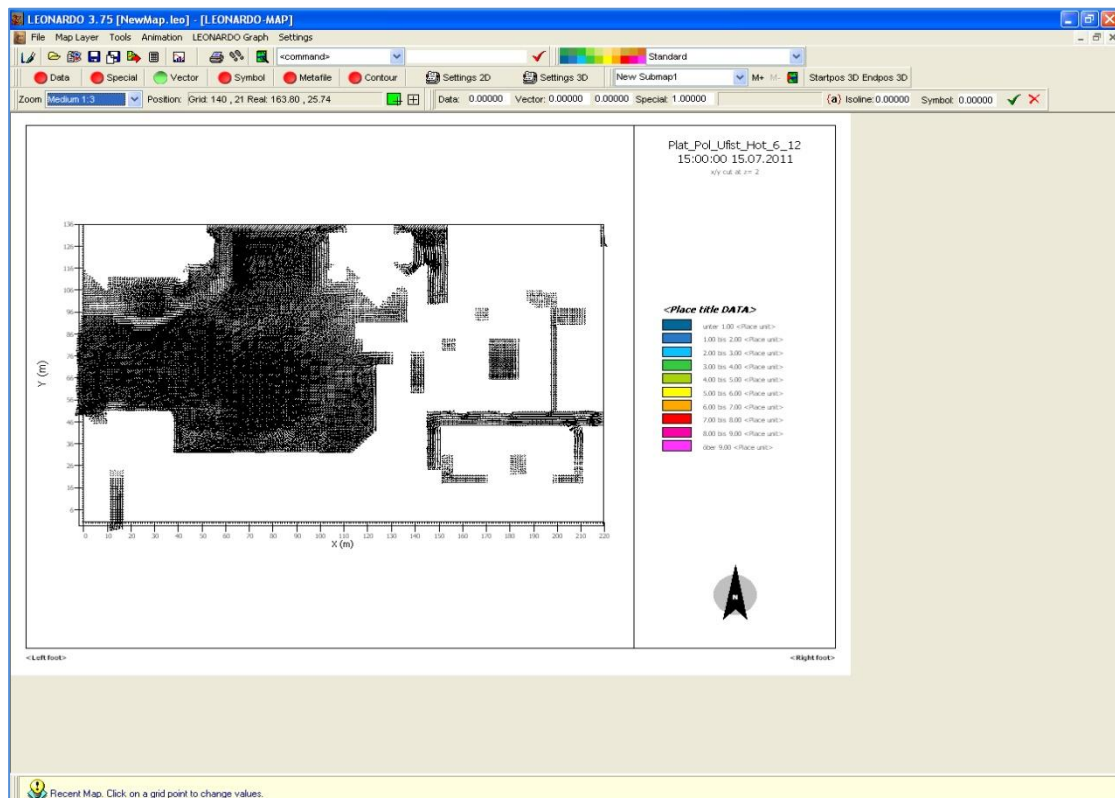
**Σχήμα 3.32:** Επιλογές για την οπτικοποίηση της θερμοκρασίας του αέρα στις 15:00, σε ύψος 1.60 m από το έδαφος [Πηγή: Leonardo].

Έτσι, αφού ενεργοποιήσουμε το layer data, λαμβάνουμε την εικόνα που φαίνεται στο σχήμα 3.33. Παρόμοια διαδικασία ακολουθούμε και για την οπτικοποίηση αποτελεσμάτων που αφορούν στο πεδίο ροής του ανέμου, ενεργοποιώντας το layer vector. Ακόμη, υπάρχει η δυνατότητα πολλών διαφορετικών ρυθμίσεων, όσον αφορά τα χρώματα, τα μεγέθη των διανυσμάτων, τις ισοϋψείς καμπύλες κ.λπ. Αυτές εμφανίζονται χρησιμοποιώντας την επιλογή “Settings 2D”. Τέλος, αναφέρουμε εκ νέου ότι το Leonardo διαθέτει πολλές ακόμη δυνατότητες (πέραν του αντικειμένου αυτής της Διπλωματικής Εργασίας) και μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο.





Σχήμα 3.33: Θερμοκρασία αέρα στις 15:00, σε ύψος 1.60 m από το έδαφος [Πηγή: Leonardo].



Σχήμα 3.34: Πεδίο ροής του ανέμου στις 15:00, σε ύψος 1.60 m από το έδαφος [Πηγή: Leonardo].

## Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>

### ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

#### 4.1 Εισαγωγή

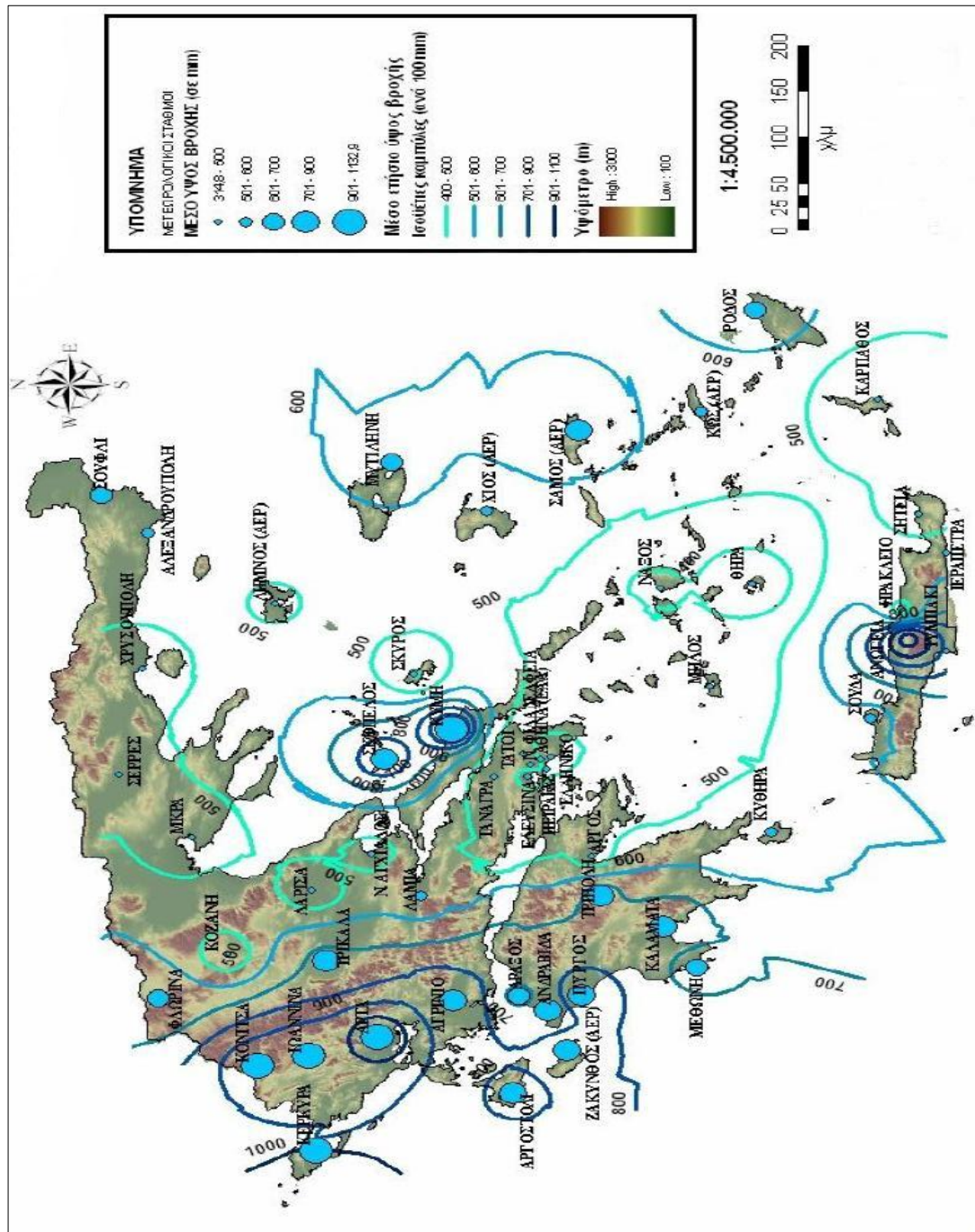
Μέσω του λογισμικού ENVI-met έκδοση 3.1 πραγματοποιήθηκε η βιοκλιματική μελέτη και ειδικότερα η προσομοίωση του μικροκλίματος των πλατειών κέντρου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου. Η μελέτη αυτή αφορούσε αφενός στην αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης της εν λόγω περιοχής και αφετέρου στην αξιολόγηση των προτεινόμενων από την Τεχνική Υπηρεσία του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (Ε.Μ.Π.) παρεμβάσεων για ανάπλαση και αναβάθμιση του χώρου με βάση βιοκλιματικά κριτήρια. Στόχος ήταν η ένταξη του έργου ανάπλασης στο πρόγραμμα «Βιοκλιματικές Αναβαθμίσεις Δημοσίων Ανοικτών Χώρων» του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη» (ΕΠΠΕΡΑΑ). Ειδικότερα, μέσα από κατάλληλες παρεμβάσεις, θα έπρεπε σύμφωνα με το πρόγραμμα να επιτευχθούν οι ακόλουθοι στόχοι:

- Μείωση της μέσης μέγιστης θερινής θερμοκρασίας αέρα στην περιοχή επέμβασης και σε ύψος 1,80 m, κατά τουλάχιστον 1,5 °C.
- Μείωση του τυπικού ημερήσιου αθροίσματος των βαθμοωρών βάσης 26 °C, της μέσης θερμοκρασίας του περιβάλλοντος της περιοχής, σε ύψος 1,80 m και στη διάρκεια της θερινής περιόδου, κατά τουλάχιστον 20%.
- Μείωση της μέσης χωρικής μέγιστης θερμοκρασίας επιφάνειας στο χώρο επέμβασης κατά τουλάχιστον 5 °C, για τη θερινή περίοδο σε σχέση με τη σημερινή κατάσταση.
- Βελτίωση των μέσων χωρικών επιπέδων θερμικής άνεσης κατά τουλάχιστον 15% σε σύγκριση με τα αντίστοιχα επίπεδα της άνεσης που επικρατούν στην περιοχή κατά τη θερινή περίοδο πριν την εφαρμογή της μελέτης.

#### 4.2 Το κλίμα της Ελλάδας

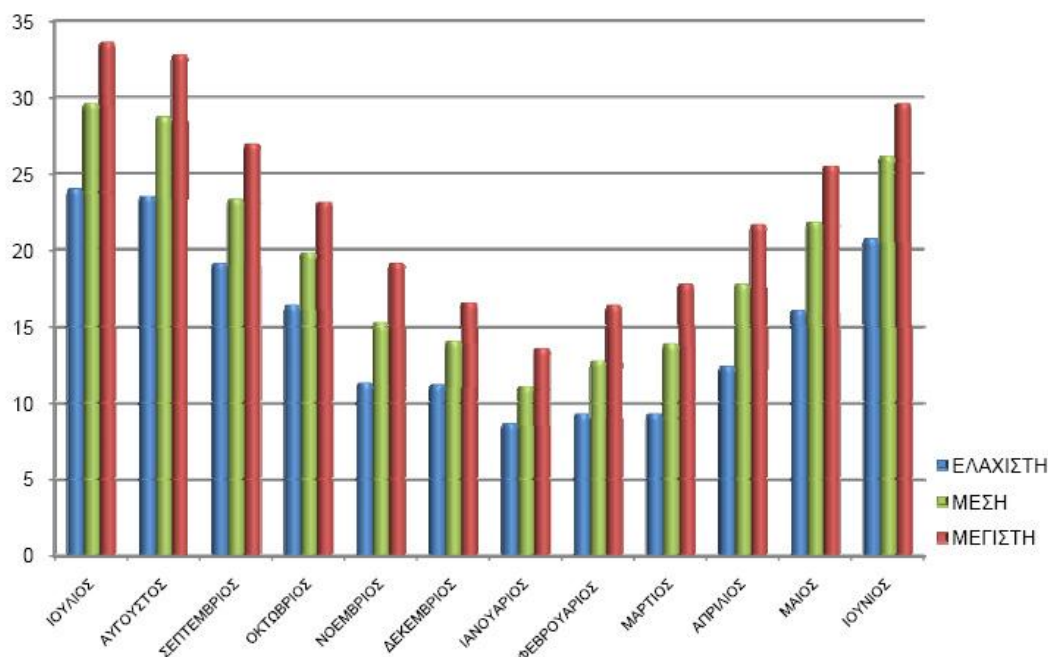
Το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό, δηλαδή χαρακτηρίζεται από ήπιους και υγρούς χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περιόδους ηλιοφάνειας κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους [44]. Στις διάφορες περιοχές της παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα μέσα στο πλαίσιο του μεσογειακού κλίματος. Αυτό οφείλεται στο γεωγραφικό ανάγλυφο της χώρας, το οποίο χαρακτηρίζεται από μεγάλες υψομετρικές διαφορές (ύπαρξη μεγάλων οροσειρών κατά μήκος του κεντρικού της τμήματος και άλλων ορεινών όγκων) και από εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Έτσι, από το ξηρό κλίμα της Αττικής και γενικά της Ανατολικής Ελλάδας μεταπίπτουμε στο υγρό της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας (Σχ. 4.1).

Από κλιματολογικής πλευράς, το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές, την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου έως



**Σχήμα 4.1:** Μέσο ετήσιο ύψος βροχής στον ελλαδικό χώρο για 30 έτη (1978-2007). [Πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Διεύθυνση Κλιματολογίας-Εφαρμογών. Χαρτογραφική επιμέλεια: Πουράνης Σπύρος].

τα τέλη Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο. Κατά την πρώτη, οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, στους οποίους η μέση ελάχιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 5 °C έως 10 °C στις παραθαλάσσιες περιοχές (Σχ. 4.2), από 0 °C έως 5 °C στις ηπειρωτικές και σε χαμηλότερες τιμές κάτω του μηδενός στις βόρειες περιοχές.



**Σχήμα 4.2:** Ελάχιστη, Μέση και Μέγιστη τιμή της Θερμοκρασίας στην Αθήνα για το έτος 2009-2010 [Πηγή: «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Αστικού Χώρου (Προσομοίωση Μικροκλίματος Πλατείας Ομόνοιας με το λογισμικό ENVI-met)», Καζάκου Αφροδίτη].

Οι βροχές στη χώρα μας, ακόμη και κατά τη χειμερινή περίοδο, δε διαρκούν για πολλές ημέρες και ο ουρανός της Ελλάδας δε μένει συνεφιασμένος για μεγάλα χρονικά διαστήματα, όπως συμβαίνει σε άλλες περιοχές της γης. Οι χειμερινές κακοκαιρίες διακόπτονται συχνά κατά τον Ιανουάριο και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Φεβρουαρίου από τις ηλιόλουστες Αλκυονίδες μέρες. Ακόμη, η χειμερινή εποχή είναι γλυκύτερη στα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου από ότι στη Βόρεια και Ανατολική Ελλάδα.

Κατά τη θερμή και άνομβρη εποχή ο καιρός είναι σταθερός, με ουρανό σχεδόν αίθριο και λαμπερό ήλιο ενώ δε βρέχει εκτός από σπάνια διαλείμματα με ραγδαίες βροχές ή καταιγίδες μικρής διάρκειας. Η θερμότερη περίοδος εντοπίζεται στο τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και στο πρώτο του Αυγούστου, οπότε η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από τους 29 °C έως τους 35 °C. Κατά τη θερμή εποχή οι υψηλές θερμοκρασίες μετριάζονται από τη δροσερή θαλάσσια αύρα στις παράκτιες περιοχές και από τους βόρειους ανέμους που φυσούν κυρίως στο Αιγαίο. Η άνοιξη έχει μικρή διάρκεια διότι ο μεν χειμώνας είναι όψιμος, το δε καλοκαίρι αρχίζει πρώιμα. Το φθινόπωρο είναι μακρύ και θερμό ενώ συχνά παρατείνεται στη Νότια Ελλάδα έως και τα μέσα του Δεκεμβρίου.

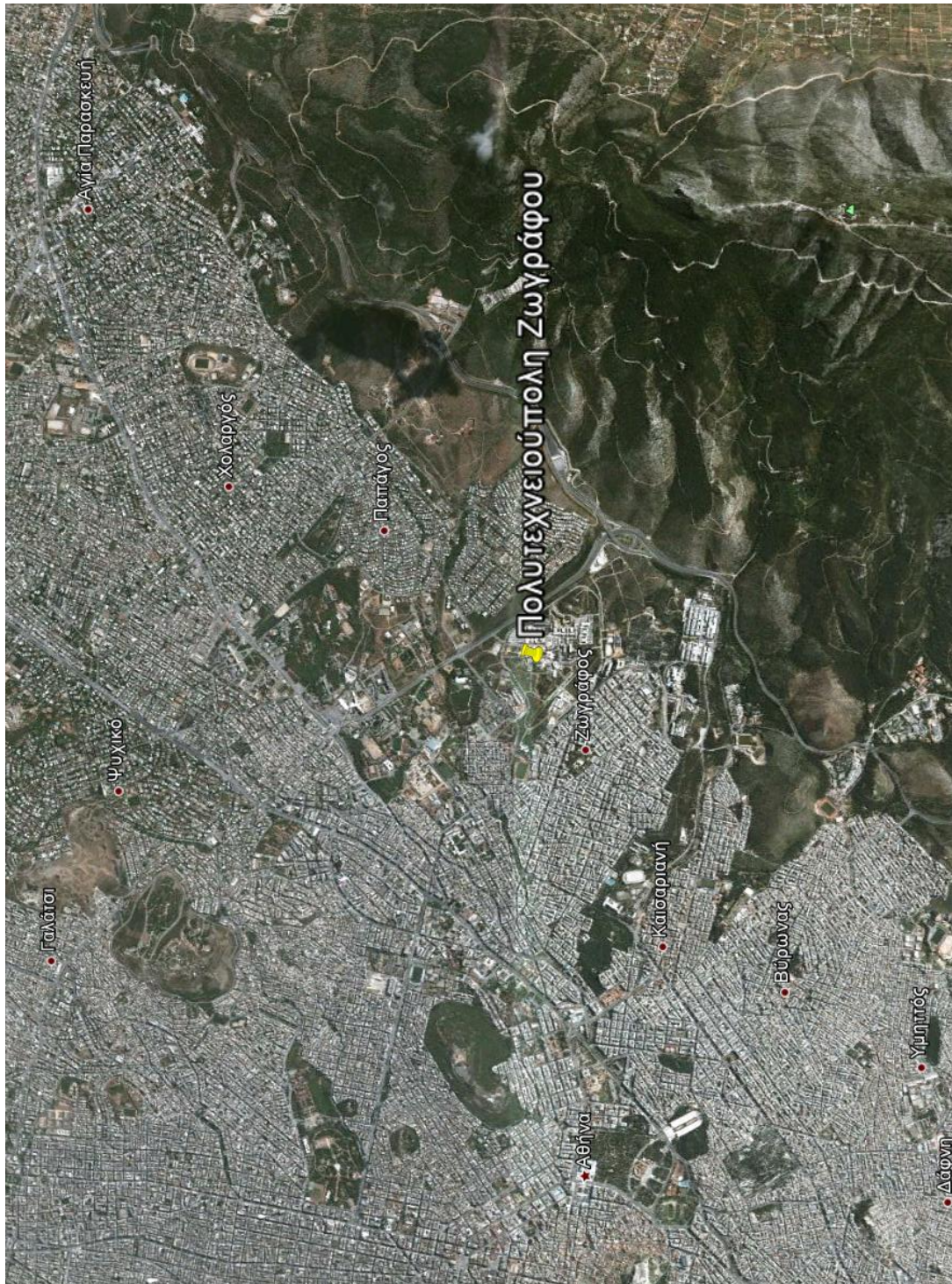
### 4.3 Δεδομένα για την περιοχή παρέμβασης

#### 4.3.1 Γεωγραφική θέση

Ο δήμος Ζωγράφου βρίσκεται στην Αττική, σε γεωγραφικό πλάτος 37° 58' Β και γεωγραφικό μήκος 23° 46' Α και απέχει περί τα 10 χιλιόμετρα από τη θάλασσα. Η πολυτεχνειούπολη βρίσκεται στα όρια του δήμου και περιβάλλεται από οικιστικές και



μη δομημένες περιοχές. Πιο συγκεκριμένα, νότια και δυτικά συνορεύει με τις περιοχές του Ζωγράφου και του Γουδιού αντιστοίχως, βορειοανατολικά με την περιοχή του Παπάγου ενώ το νότιο και ανατολικό τμήμα της συναντά τους πρόποδες του Υμηττού (Σχ. 4.3).



**Σχήμα 4.3:** Η θέση της Πολυτεχνειούπολης στο δήμο Ζωγράφου [Πηγή: Google Earth].

### 4.3.2 Τοπικές κλιματικές συνθήκες

Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην Αττική μπορούν με καλή προσέγγιση να περιγράψουν το τοπικό κλίμα της περιοχής ενδιαφέροντος, δηλαδή του χώρου της Πολυτεχνειούπολης στο δήμο Ζωγράφου. Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο, το κλίμα εντάσσεται στο μεσογειακό τύπο και χαρακτηρίζεται από ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Οι νεφώσεις είναι σπάνιες και μικρής διάρκειας, ακόμη και κατά τη διάρκεια του χειμώνα ενώ οι ηλιόλουστες ημέρες αποτελούν πολύ συνηθισμένο φαινόμενο. Βροχές σημειώνονται κυρίως από τον Οκτώβριο έως και τον Απρίλιο, με το ετήσιο ύψος βροχής να είναι πολύ χαμηλό και να κυμαίνεται από 400 mm έως 500 mm (Πιν. 4.1). Τους μήνες του καλοκαιριού οι θερμοκρασίες φτάνουν σε πολύ υψηλά επίπεδα και συχνά επικρατεί καύσωνας, με τιμές θερμοκρασίας που ξεπερνούν ακόμη και τους 40 °C.

**Πίνακας 4.1:** Κλιματικά δεδομένα για την Αθήνα σύμφωνα με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών [Πηγή: [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr) (2012)].

Μήνας	Συνήθης Διακύμανση Θερμοκρασίας (°C)	Μέση Σχετική Υγρασία (%)	Συνολική Βροχόπτωση (mm)	Ημέρες με Βροχή	Μέση Ημερήσια Ηλιοφάνεια (Ωρες)
Ιανουάριος	6.5 - 12.9	72	44.6	13	4.5
Φεβρουάριος	6.9 - 13.6	71	48.3	13	5.1
Μάρτιος	8.4 - 16.0	68	42.6	11	6.0
Απρίλιος	11.6 - 20.3	62	28.2	10	8.0
Μάιος	15.4 - 25.3	58	17.2	7	9.8
Ιούνιος	20.1 - 29.8	52	9.7	5	11.4
Ιούλιος	22.5 - 32.6	48	4.2	2	12.1
Αύγουστος	22.3 - 32.3	49	4.6	2	11.5
Σεπτέμβριος	19.2 - 28.9	56	11.9	3	9.4
Οκτώβριος	14.9 - 23.1	66	47.7	9	7.0
Νοέμβριος	11.4 - 18.6	73	50.6	11	5.5
Δεκέμβριος	8.3 - 14.7	73	66.6	13	4.4

Η ξηρότητα είναι ακόμη ένα θετικό στοιχείο που χαρακτηρίζει το κλίμα της Αττικής. Η μέση ετήσια υγρασία υπολογίζεται περίπου στο 62,3 %, σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 4.1. Στον ίδιο πίνακα παρουσιάζονται και άλλα κλιματολογικά στοιχεία. Τέλος, όσον αφορά τους ανέμους που πνέουν στην περιοχή της Αττικής, επικρατούν κυρίως οι βόρειοι-βορειοανατολικοί άνεμοι ενώ συχνοί είναι και οι νότιο-νοτιοδυτικοί. Ακόμη, η περιοχή δέχεται την ευεργετική δράση του «φυσικού κλιματιστικού» που ονομάζουμε Μελέτμα. Πρόκειται για εποχικούς



βορειοανατολικούς ανέμους οι οποίοι εμφανίζονται τους θερινούς μήνες, από τα τέλη του Ιουλίου μέχρι τα τέλη του Αυγούστου, στην Ανατολική Μεσόγειο. Αποτελούν χαρακτηριστικό του ελληνικού καλοκαιριού εδώ και 2.500 χρόνια περίπου και προσφέρουν ανακούφιση από τη ζέστη στην ανατολική ηπειρωτική Ελλάδα και κυρίως στο Αιγαίο.

### 4.3.3 Η υφιστάμενη κατάσταση στο χώρο των Πλατειών Κέντρου

#### 4.3.3.1 Διαστάσεις και διαμόρφωση του χώρου

Οι Πλατείες Κέντρου αποτελούν ένα χώρο με ιδιαίτερα πολύπλοκη και πολυεπίπεδη διαμόρφωση. Θεωρώντας, προσεγγιστικά, ότι η γεωμετρία της περιοχής αντιστοιχεί σε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, τότε οι διαστάσεις του είναι 260 m σε μήκος και 145 m σε πλάτος (Σχ. 4.4 και 4.5).



**Σχήμα 4.4:** Χάρτης τμήματος της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Οι Πλατείες Κέντρου είναι ο χώρος ο οποίος περιβάλλεται από τα κτίρια του σχήματος (Κεντρική Βιβλιοθήκη, Κτίριο Διοίκησης, Κέντρο Η/Υ, Κτίριο Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Εστιατόριο κ.λπ.) [Πηγή: Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π.].

Ο χώρος διαμορφώνεται σε τρία επίπεδα τα οποία βρίσκονται σε στάθμη 183.10 m (πλατεία Α), 186.10 m (πλατεία Β) και 190.50 m (πλατεία Γ) αντίστοιχα. Πλέον των βασικών αυτών επιπέδων, υπάρχουν ζώνες σε διαφορετικές από τις προαναφερθείσες στάθμες, όπως τα διάφορα πρανή και ο πεζόδρομος στη νότια πλευρά των πλατειών που βρίσκονται σε μέσο ύψος 3 m σε σχέση με το επίπεδο που έχουμε ονομάσει πλατεία Α και εφεξής θα αναφέρονται ως πλατεία Δ. Κάτω από τις πλατείες βρίσκεται ο χώρος στάθμευσης των οχημάτων καθώς και καταστήματα, γραφεία, αποθήκες κ.λπ. Ο χώρος αυτός δεν είναι υπόγειος αλλά στη φυσική στάθμη του εδάφους. Οι πλατείες περιβάλλονται από μεγάλα κτίρια όπου εδράζονται διάφορες σχολές ή που εξυπηρετούν άλλες ανάγκες του ιδρύματος. Ειδικότερα, περιβάλλονται

από την Κεντρική Βιβλιοθήκη, το Κέντρο Η/Υ, το κτίριο των Ηλεκτρολόγων και Μηχανολόγων Μηχανικών, το εστιατόριο, το κτίριο των Χημικών Μηχανικών, το κτίριο Γενικών Εδρών, το κτίριο Σ.Ε.Μ.Φ.Ε και το κτίριο Διοίκησης.



**Σχήμα 4.5:** Αεροφωτογραφία (Ορθοφωτογραφία) της περιοχής των Κεντρικών Πλατειών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου [Πηγή: Κτηματολόγιο Α.Ε., Επίσημη ιστοσελίδα: [www.ktimatologio.gr](http://www.ktimatologio.gr) (2012)].

Στη συνέχεια παρατίθεται μια σειρά από φωτογραφίες των Πλατειών Κέντρου για την καλύτερη κατανόηση της διαμόρφωσής τους. Οι φωτογραφίες αυτές ελήφθησαν το Νοέμβριο του 2011.



**Σχήμα 4.6:** Διαμόρφωση των Πλατειών Κέντρου [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].





**Σχήμα 4.7:** Διαμόρφωση των Πλατειών Κέντρων [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].

#### 4.3.3.2 Υλικά

Οι Πλατείες Κέντρου διαμορφώνονται, κυρίως, από επιφάνειες σκυροδέματος (Σχ. 4.8). Στην κύρια διαδρομή που οδηγεί από τις πλατείες στα κτίρια της Σχολής Χημικών Μηχανικών και σε εκείνα της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών δεν υπάρχουν σκιασμένες πορείες, ενώ τα γαιώδη και φυσικά υλικά περιορίζονται σε παρτέρια με θάμνους και δέντρα (Σχ. 4.9), τα οποία είναι διατεταγμένα παράλληλα σε αυτή. Επίσης, στα κεντρικά τμήματα των πλατειών δεν υπάρχει καθόλου σκίαση.

Πέραν των επιφανειών σκυροδέματος που, όπως αναφέρθηκε, κυριαρχούν και υπάρχουν σε τρεις χρωματισμούς και συγκεκριμένα σε γκρίζο, μπορντό και λευκό (το γκρίζο και το μπορντό σκυρόδεμα περιέχουν το χρώμα στη μάζα τους ενώ το λευκό είναι γκρίζο βαμμένο με άσπρο ελαστομερές χρώμα), συναντούμε επιφάνειες από τσιμεντοκονία, βοτσαλόπλακες καθώς και βοτσαλωτά δάπεδα. Ακόμη, συναντούμε επιφάνειες ξηρού χώματος στις διάφορες διαμορφώσεις (παρτέρια), καθώς και κυβόλιθους κόκκινου και γκρι χρώματος (στον πεζόδρομο της νότιας πλευράς των



Σχήμα 4.8: Υλικά διαμόρφωσης των επιφανειών [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].



πλατειών και στους πεζόδρομους που δίνουν πρόσβαση στις πλατείες από το βόρειο τμήμα της Πολυτεχνειούπολης αντίστοιχα). Τέλος, ο υπόγειος χώρος στάθμευσης οχημάτων καλύπτεται από άσφαλτο.



**Σχήμα 4.9:** Υλικά διαμόρφωσης των επιφανειών. Τα γαιώδη και φυσικά υλικά περιορίζονται σε παρτέρια με θάμνους και δέντρα [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].

#### 4.3.3.3 Βλάστηση

Όπως φαίνεται και στην αεροφωτογραφία του σχήματος 4.5, το κεντρικό τμήμα των πλατειών ουσιαστικά στερείται βλάστησης και χώρων πρασίνου. Εξαιρέση αποτελούν οι θέσεις των ανοιγμάτων, όπου υπάρχουν δέντρα τα οποία αναδύονται από το επίπεδο του χώρου στάθμευσης οχημάτων. Στο σχήμα της σελίδας που ακολουθεί (Σχ. 4.10), παρουσιάζεται μία σειρά από φωτογραφίες στις οποίες φαίνονται οι θέσεις όπου υπάρχει βλάστηση (θάμνοι, δέντρα, χορτάρι) και παρουσία γαιωδών/φυσικών υλικών. Οι σημαντικότερες από αυτές είναι το πρανές στο νοτιοδυτικό τμήμα των πλατειών (εκτείνεται από το Κτίριο Διοίκησης έως το ξύλινο θεατράκι), η συστοιχία δέντρων και θάμνων κατά μήκος του πεζοδρόμου που οδηγεί από το Κτίριο Διοίκησης στα κτίρια της Σχολής Χημικών Μηχανικών και το αλσύλλιο που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα μπροστά από το Κτίριο Η/Υ. Επίσης, αραιή φύτευση υπάρχει στο χώρο μπροστά από το Κτίριο της Κεντρικής Βιβλιοθήκης. Ακόμη, υπάρχουν δέντρα και θάμνοι σε διάσπαρτες θέσεις και, κυρίως, σε παρτέρια και κατά μήκος των διαδρομών που οδηγούν από την Πλατεία Α στην Πλατεία Β.





**Σχήμα 4.10:** Η βλάστηση στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].



**Πίνακας 4.2:** *Είδη χλωρίδας στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου [Πηγή: Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π. Επιμέλεια: Παπουτσής Δημήτρης].*

<b>Φυλλοβόλα Δέντρα</b>		
<b>Επιστημονική Ονομασία</b>	<b>Κοινή Ονομασία</b>	<b>Αγγλική Ονομασία</b>
Acacia cyanophylla	Ακακία κυανόφυλλη	Acacia
Acer pseudoplatanus	Σφένδαμος ψευδοπλάτανος	Sycamore maple
Albizia julibrissin	Ακακία Κωνσταντινουπόλεως	Silk tree
Cercis siliquastrum	Κουτσουτιά	Judas tree
Jacaranda mimosifolia	Γακαράντα	Jacaranda
Melia azedarach	Μελιά	Chinaberry tree
Morus alba 'fruitless'	Μουριά	Fruitless mulberry
Platanus acerifolia	Πλάτανος	Plane tree
Populus canadensis	Καναδική λεύκη	poplar
Populus alba	Λεύκη αργυρόφυλλη	White poplar
Populus nigra 'Italica'	Λεύκη καβάκι	Lombardy poplar
Robinia pseudoacacia	Ψευδοακακία	Black locust
Prunus avium	Βερυκοκιά	
Prunus cerasifera 'Auroprurea' ή Prunus pissardii	Προύνος πισσάρδειος	Pissard plum
<b>Αειθαλή Πλατύφυλλα</b>		
Brachychiton acerifolium	Βραχυχίτωνας	Carob
Citrus aurantium	Νερατζιά	Sour orange
Ceratonia siliqua	Ξυλοκερατιά	
Magnolia grandiflora	Μανόλα	Magnolia
Olea europaea	Ελιά	Olive
Photinia glabra	Φωτειμία	Japanese photinia
<b>Κωνοφόρα</b>		
Cedrus deodara	Κέδρος	Deodar cedar
Casuarina equisetifolia	Καζουρίνα	
Cupressus arizonica	Αριζόνικα	Arizona cypress
Cupressus sempervirens	Κυπαρίσσι ορθόκλαδο	Italian Cupress
Pinus halepensis	Πεύκη χαλέπος	Aleppo pine
Pinus pinea	Κουκουναριά	Italian stone pine
Thuja occidentalis	Τούγια	American arborvitae
<b>Θάμνοι &amp; Εδαφοκαλυπτικά</b>		
Juniperus sinensis	Γιουνίπερος εδαφοκαλυπτικός	
Laurus nobilis	Δάφνη Απόλλωνα	
Rosmarinus officinalis'prostratus'	Δενδρολίβανο εδαφοκαλ.	

#### 4.3.4 Πρόταση βιοκλιματικής αναβάθμισης

Στόχος της πρότασης που υποβλήθηκε από την Τεχνική Υπηρεσία του Ε.Μ.Π. ήταν η βιοκλιματική αναβάθμιση του χώρου των Κεντρικών Πλατειών, σύμφωνα με τα κριτήρια που όριζε το πρόγραμμα «Βιοκλιματικές Αναβαθμίσεις Δημοσίων Ανοικτών Χώρων» του ΕΠΠΕΡΑΑ. Οι προτεινόμενες παρεμβάσεις ήταν προσανατολισμένες στη βελτίωση των συνθηκών κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου του καλοκαιριού, δεδομένου ότι στην περίοδο αυτήν εντοπίζεται το πρόβλημα. Οι παρεμβάσεις αυτές αφορούσαν στα εξής:

- Αντικατάσταση των υφιστάμενων υλικών διαμόρφωσης των επιφανειών στο σύνολο της περιοχής των Πλατειών Κέντρου με ψυχρά υλικά (ψυχρή άσφαλτος, ψυχροί κυβόλιθοι κ.λπ.).
- Τοποθέτηση στεγάστρων με φύτευση (πέργκολες) σε πολλές θέσεις των πλατειών, τα οποία θα προσφέρουν σκίαση, δροσισμό και γενικότερα τη δημιουργία ενός ευχάριστου περιβάλλοντος.
- Δημιουργία υδάτινων επιφανειών και συντριβανιών για το δροσισμό και τη βελτίωση της αισθητικής του χώρου.
- Εγκατάσταση επιπλέον φύτευσης στις ήδη φυτεμένες θέσεις, όπως το πρανές στο νότιο τμήμα των πλατειών.
- Φύτευση δέντρων και θάμνων σε πρόσθετα σημεία και δημιουργία νέων θέσεων που μπορούν να δεχθούν βλάστηση (παρτέρια).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται δύο φωτορεαλιστικές απεικονίσεις της μελλοντικής μορφής των Πλατειών Κέντρου, σύμφωνα με την πρόταση της Τεχνικής Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π.



**Σχήμα 4.11:** Φωτορεαλιστική απεικόνιση της μελλοντικής μορφής των Πλατειών Κέντρου, σύμφωνα με την πρόταση της Τεχνικής Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π. [Πηγή: Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π.].





**Σχήμα 4.12:** Φωτορεαλιστική απεικόνιση της μελλοντικής μορφής των Πλατειών Κέντρου, σύμφωνα με την πρόταση της Τεχνικής Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π. [Πηγή: Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π.].

### 4.3.5 Συλλογή στοιχείων για τις προσομοιώσεις

#### 4.3.5.1 Αποτύπωση του χώρου

- Γεωμετρία

Για τη γεωμετρία του χώρου, χρησιμοποιήθηκαν σχέδια της Τεχνικής Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π. στα οποία είναι αποτυπωμένα, πλήρως και υπό κλίμακα, τα στοιχεία της περιοχής. Στα σχέδια αυτά υπάρχουν οι ακριβείς διαστάσεις και οι θέσεις όλων των στοιχείων τα οποία εισήχθησαν στις προσομοιώσεις (κτίρια, βλάστηση, πεζόδρομοι κ.λπ.). Όπου κρίθηκε απαραίτητο, έγινε επί τόπου έλεγχος και καταγραφή των διαμορφώσεων, των υλικών και της βλάστησης. Ακόμη, η κάτοψη των πλατειών χρησιμοποιήθηκε ως φόντο για τη δημιουργία του μοντέλου στο **Area Input File** του λογισμικού ENVI-met.

- Δόμηση

Η αποτύπωση της δόμησης έγινε με τη βοήθεια του πλούσιου υλικού που διαθέτει η Τεχνική Υπηρεσία του Ε.Μ.Π. Συγκεκριμένα, για όλα τα κτίρια που εισήχθησαν στις προσομοιώσεις, έγινε χρήση λεπτομερέστατων σχεδίων, τα οποία περιελάμβαναν κατόψεις, τομές κ.λπ. με όλες τις απαραίτητες διαστάσεις. Τα κτίρια που προσομοιώθηκαν ήταν αυτά που γειτνιάζουν άμεσα με (περιβάλλουν) την περιοχή των Πλατειών Κέντρου και, ως εκ τούτου, επηρεάζουν το μικροκλίμα της.

- Φύτευση

Η καταγραφή της υφιστάμενης φύτευσης και η πρόταση για τη νέα, έγινε με τη βοήθεια ειδικού Γεωπόνου της Τεχνικής Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π. Χρησιμοποιήθηκαν υπάρχουσες καταγραφές της βλάστησης της περιοχής και έγινε επί τόπου καταμέτρηση του πλήθους των δέντρων και των θάμνων, καθώς και των διαστάσεών τους. Επίσης, στις προσομοιώσεις λήφθηκε υπόψη το είδος της βλάστησης, καθώς το λογισμικό λαμβάνει υπόψη την πυκνότητα του φυλλώματος.

#### 4.3.5.2 Μετεωρολογικά στοιχεία

Για τον προσδιορισμό των μετεωρολογικών συνθηκών που αναφέρονται στην πρόσκληση, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στο Θησείο, ο οποίος θεωρείται αντιπροσωπευτικός για τις κεντρικές περιοχές του λεκανοπεδίου των Αθηνών. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τα έτη 2002, 2003, 2004, 2007 και 2008.

Για τον υπολογισμό της μέσης θερμότερης ημέρας, αρχικά προσδιορίστηκε η θερμότερη ημέρα κάθε έτους, με βάση τις μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας για το τρίμηνο Ιουνίου, Ιουλίου, Αυγούστου. Ακολούθως, προσδιορίστηκε η μέση θερμότερη ημέρα ως μέση τιμή των αντίστοιχων τιμών κάθε έτους (Πιν. 4.3).

**Πίνακας 4.3:** Προσδιορισμός της μέσης θερμότερης ημέρας και των αντίστοιχων μέσων τιμών της σχετικής υγρασίας και της ταχύτητας ανέμου [Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών].

Έτος	Ημερομηνία	Μέση ημερήσια θερμοκρασία (°C)	Μέγιστη ωριαία θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Ταχύτητα ανέμου* (m/s)
2002	12/7	32.4	38.1	38	4.8
2003	17/8	33.0	40.1	35	3.7
2004	10/7	32.4	40.6	63	2.7
2007	26/6	36.4	44.8	28	3.0
2008	09/7	32.3	38.9	39	3.0
<b>Μέση θερμότερη ημέρα</b>		<b>33.3</b>		<b>41</b>	<b>3.2</b>

\* Η κρατούσα κατεύθυνση του ανέμου υπολογίστηκε ότι είναι ΒΑ, με βάση τις επί μέρους τιμές στις αντίστοιχες ημέρες.

Ο υπολογισμός της μέσης θερινής τυπικής ημέρας έγινε ως εξής (Πιν. 4.4):

- Για το τρίμηνο Ιούνιος – Ιούλιος – Αύγουστος κάθε έτους, προσδιορίστηκε αρχικά η διάμεσος τιμή θερμοκρασίας των εικοσιτετραώρων μέσων τιμών και η μέση τυπική ημέρα έτους υπολογίστηκε ως η μέση τιμή της διάμεσης τιμής και των μέσων εικοσιτετραώρων τιμών έξι ακόμα ημερών γύρω από τη διάμεσο τιμή (οι υπολογισμοί αφορούσαν στη θερμοκρασία, στην υγρασία και στην ταχύτητα ανέμου).
- Η μέση τυπική θερινή ημέρα υπολογίστηκε ως μέσος όρος των τιμών των τυπικών ημερών κάθε έτους.

**Πίνακας 4.4:** Μέση θερινή τυπική ημέρα [Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών].

Έτος	Ημερομηνία	Μέση ημερήσια θερμοκρασία (°C)	Μέγιστη ωριαία θερμοκρασία (°C)	Σχετική υγρασία (%)	Ταχύτητα ανέμου (m/s)
<b>2002</b>	1/8	28.3	34.2	50	3.7
	9/8	28.0	33.8	42	3.0
	25/8	27.9	32.5	40	4.4
	24/8	27.9	34.0	46	3.3
	8/8	28.3	33.8	42	4.4
	26/7	28.4	32.5	61	3.4
	13/8	28.4	33.8	44	3.3
<b>Θερινή τυπική ημέρα 2002</b>		<b>28.2</b>		<b>46</b>	<b>3.6</b>
<b>2003</b>	27/8	29.3	35.4	53	2.3
	2/8	29.3	35.0	56	2.4
	26/7	29.3	34.4	41	7.0
	28/8	29.2	36.2	54	1.8
	29/6	29.4	34.6	49	2.2
	3/8	29.4	35.8	49	3.4
	14/8	29.4	36.2	36	1.8
<b>Θερινή τυπική ημέρα 2003</b>		<b>29.3</b>		<b>48</b>	<b>3.0</b>



Πίνακας 4.4 (Συνέχεια)

<b>2004</b>	25/8	28.0	32.9	65	2.3
	15/8	27.9	32.3	69	5.0
	16/7	27.9	30.2	57	4.2
	17/7	27.9	30.7	58	4.9
	31/7	28.1	32.4	65	2.7
	12/8	28.1	33.3	65	2.6
	14/6	28.4	33.4	65	2.8
<b>Θερινή τυπική ημέρα 2004</b>		28.0		63	3.5
<b>2007</b>	21/8	29.1	30.4	61	1.7
	14/8	29.0	36.4	50	1.9
	18/6	29.0	36.6	51	2.1
	11/6	28.9	33.6	47	2.5
	12/7	29.4	36.4	40	3.1
	29/8	29.4	35.3	42	3.0
	30/7	29.4	37.2	45	2.6
<b>Θερινή τυπική ημέρα 2007</b>		29.2		48	2.4
<b>2008</b>	18/6	29.0	34.4	51	4.5
	31/7	28.8	33.0	38	8.3
	5/7	28.8	34.2	50	2.4
	4/7	28.8	34.0	45	2.7
	21/6	29.0	39.3	39	2.8
	9/8	29.2	35.2	49	1.9
	13/7	29.0	35.5	35	4.2
<b>Θερινή τυπική ημέρα 2008</b>		28.9		44	3.8
<b>Μέση τυπική θερινή ημέρα</b>		<b>28.7</b>		<b>50</b>	<b>3.3</b>

- Η κρατούσα κατεύθυνση του ανέμου εκτιμήθηκε ότι είναι ΒΑ, βάσει των επί μέρους τιμών στις αντίστοιχες ημέρες και των στοιχείων που περιλαμβάνονται στην οδηγία Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.

Συνολικά οι επιμέρους παράμετροι για τη μέση θερμότερη ημέρα και τη μέση τυπική θερινή ημέρα, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ως αρχικές συνθήκες στη μαθηματική προσομοίωση με το πρόγραμμα ENVI-met, φαίνονται στον πίνακα 4.5.

**Πίνακας 4.5:** *Επιμέρους παράμετροι για τη μέση θερμότερη ημέρα και τη μέση τυπική θερινή ημέρα [Πηγή: Προσωπική εργασία].*

	Θερμότερη ημέρα έτους	Τυπική θερινή ημέρα
Θερμοκρασία	33.3 °C	28.7 °C
Σχετική υγρασία	41 %	50 %
Ταχύτητα ανέμου	3.2 m/s	3.3 m/s
Κατεύθυνση ανέμου	ΒΑ	ΒΑ

#### 4.3.6 Βιοκλιματικοί δείκτες

Για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης, χρησιμοποιήθηκε ο Δείκτης Ισχύος Αποψύξεως CP (Cooling Power), ο οποίος εκφράζει το ρυθμό απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια του ανθρώπινου σώματος, το οποίο διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία 36.5 °C, όταν αυτή εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα. Ο δείκτης αυτός, ακόμη, εκφράζει την ικανότητα του αέρα να αυξάνει την απώλεια θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα. Ο δείκτης CP προτιμήθηκε για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης διότι έχει σχεδιαστεί ώστε να εφαρμόζεται σε συνθήκες εξωτερικού χώρου.

Ο υπολογισμός του Δείκτη Ισχύος Αποψύξεως CP έγινε με βάση τον τύπο των M. Cena, M. Gregorczyk και G. Wojcik:

$$CP = (0.412 + 0.087 * v) * (36.5 - t) \text{ mcal} / (\text{cm}^2 * \text{s})$$

όπου:

**t** = Η μέση θερμοκρασία του αέρα σε °C

**v** = Η μέση ταχύτητα του ανέμου σε m/s

Στον πίνακα της σελίδας που ακολουθεί (Πιν. 4.6), φαίνεται η γενικευμένη κλίμακα του δείκτη CP, η οποία χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των βιοκλιματικών συνθηκών του περιβάλλοντος.

**Πίνακας 4.6:** Γενικευμένη κλίμακα του Δείκτη Ισχύος Αποψύξεως CP [Πηγή: Προσωπική εργασία].

<0.6	Εξαιρετικά θερμό
0.6-2.6	Πολύ θερμό
2.7-5.1	Ενοχλητικά θερμό
5.2-6.4	Ανεκτά θερμό
6.5-8.0	Άνετο ευχάριστο
8.1-10.4	Ανεκτά ψυχρό
10.5-15.5	Ψυχρό
15.6-22.5	Πολύ ψυχρό
22.6-30.0	Εξαιρετικά ψυχρό
>30.0	Παγετώδες

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>

### ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ

#### 5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται αναλυτικά η διαδικασία και τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων για τις δύο καταστάσεις, σύμφωνα με την πρόσκληση του ΕΠΠΕΡΑΑ. Πραγματοποιήθηκαν προσομοιώσεις και για την υφιστάμενη κατάσταση της υπό ανάπλαση περιοχής και για την πρόταση, δηλαδή την κατάσταση μετά την ολοκλήρωση των προτεινόμενων επεμβάσεων.

Όσον αφορά τις επί μέρους παραμέτρους, εφαρμόστηκαν τα εξής:

- Για τον προσδιορισμό του κριτηρίου της μέσης μέγιστης θερινής θερμοκρασίας, χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση για τη θερμότερη ημέρα.
- Για τον προσδιορισμό του κριτηρίου της μέγιστης επιφανειακής θερμοκρασίας, χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση για τη θερμότερη ημέρα.
- Για τον προσδιορισμό του κριτηρίου της θερμικής άνεσης χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση για τη θερμότερη ημέρα.
- Για τον προσδιορισμό του κριτηρίου του τυπικού ημερήσιου αθροίσματος βαθμοωρών βάσης 26 °C, χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση για την τυπική θερινή ημέρα.

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι πλατείες κέντρου διαμορφώνονται σε τρία επίπεδα. Συγκεκριμένα, γίνεται διαχωρισμός ανάμεσα στην Πλατεία Α (στάθμη 183.10 m), στην Πλατεία Β (στάθμη 186.80 m) και στην Πλατεία Γ (στάθμη 190.50 m). Επίσης, επειδή το πεδίο προσομοίωσης είναι ευρύτερο των πλατειών, υπάρχουν ζώνες σε διαφορετικά ύψη, όπως το πρανές με προτεινόμενη φύτευση και ο πεζόδρομος στη νότια πλευρά των πλατειών, οι οποίες διαμορφώνονται σε μέσο ύψος 3 m σε σχέση με το επίπεδο της Πλατείας Α και εφεξής θα καλούνται Πλατεία Δ.

Ως μέση χωρική μέγιστη θερμοκρασία λήφθηκε ο γεωμετρικός μέσος όρος της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας σε ύψος 1.80 m στα επί μέρους τμήματα των πλατειών. Η ίδια μέθοδος ακολουθήθηκε και για τον προσδιορισμό των υπολοίπων δεικτών που ζητούσε η πρόσκληση, δηλαδή ο αριθμός βαθμοωρών πέραν της θερμοκρασίας βάσης των 26 °C, ο δείκτης θερμικής άνεσης και η επιφανειακή θερμοκρασία.

Τέλος, σημειώνεται ότι λόγω της πολυεπίπεδης διαμόρφωσης των πλατειών και γενικά της περιοχής προσομοίωσης, σε συνδυασμό με τους περιορισμούς στην απεικόνιση των αποτελεσμάτων με το λογισμικό ENVI-met, επιλέχθηκε η απεικόνιση αυτή να γίνεται ανά επίπεδο και μόνο για την εκάστοτε ζώνη παρέμβασης.

## 5.2 Προσομοίωση 1<sup>η</sup>: Υφιστάμενη κατάσταση – Τυπική ημέρα

### 5.2.1 Αρχείο εισαγωγής περιοχής .IN (Area Input File)

Για τη δημιουργία της προς προσομοίωση περιοχής, χρησιμοποιήθηκε η version 250x250x30 (είναι διαθέσιμη στην έκδοση 3.1 beta 5 του λογισμικού ENVI-met). Με κριτήρια την όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων αλλά και την εξοικονόμηση υπολογιστικής ισχύος και κατά συνέπεια χρόνου προσομοίωσης, για την περιοχή των Πλατειών Κέντρου, μήκους 257.50 m και πλάτους 143.50 m, επιλέχθηκε το παρακάτω πλέγμα:

- 236 κελιά κατά τον άξονα x, με την αντίστοιχη διάσταση  $dx = 1.17$  m
- 152 κελιά κατά τον άξονα y, με την αντίστοιχη διάσταση  $dy = 1.17$  m
- 25 κελιά κατά τον άξονα z, με την αντίστοιχη διάσταση  $dz = 4.00$  m

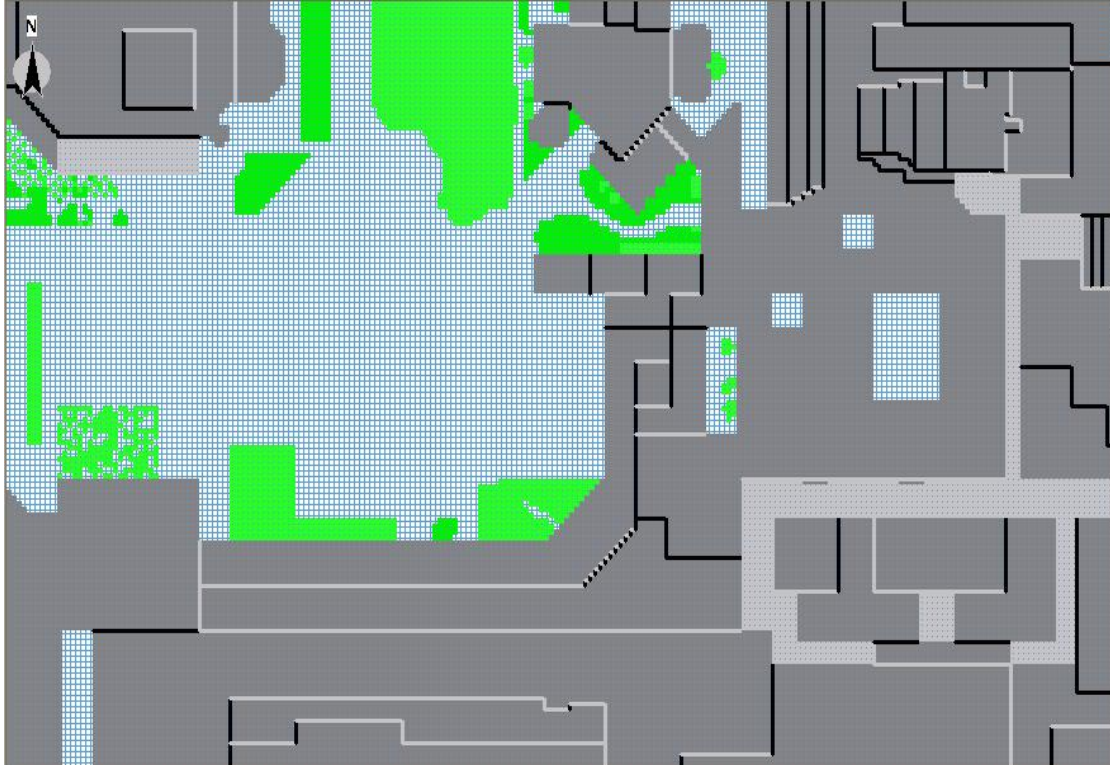
Στο παραπάνω πλήθος κελιών, κατά τις διευθύνσεις x και y, συμπεριλαμβάνονται 16 κελιά (8+8) τα οποία τέθηκαν υπό τη μορφή επάλληλων πλεγμάτων (nesting grids), προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή θέση των ορίων του υπολογιστικού πεδίου και να μην επηρεαστεί η ροή του αέρα από την ύπαρξη των υπό προσομοίωση στοιχείων. (Στη θέση αυτή η κατανομή των παραμέτρων του ροϊκού πεδίου θεωρείται γνωστή, σύμφωνα με τις σχέσεις ροής σε επίπεδο ανάγλυφο. Η ταχύτητα του ανέμου έχει λογαριθμική κατανομή ή σύμφωνα με το γνωστό νόμο του εκθέτη. Η απόσταση από τα όρια στην έξοδο του πεδίου διασφαλίζει ότι τα μεγέθη δεν παρουσιάζουν εγκάρσιες διαφοροποιήσεις (λαμβάνεται σταθερή πίεση σε όλο το ύψος), ενώ στα πλάγια θεωρείται ότι τα μεγέθη δεν παρουσιάζουν κλίσεις στα όρια.)

**Σχήμα 5.1:** Βασικά στοιχεία διαμόρφωσης του μοντέλου στο αρχείο .IN [Πηγή: ENVI-met]

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται ότι κατά τον άξονα z επιλέχθηκε τα υπολογιστικά κελιά να είναι σταθερού ύψους (equidistant). Επίσης, φαίνεται η ανάθεση αργιλικού εδάφους στα “Soil A” και “Soil B” (Loamy Soil), η οποία δικαιολογείται από το



γεγονός ότι η ευρύτερη περιοχή γύρω από τις Πλατείες Κέντρου είναι στο μεγαλύτερό της μέρος μη δομημένη. Τέλος, στην έκδοση αυτή είναι καταχωρημένη η πόλη της Αθήνας και αυτόματα το λογισμικό χρησιμοποιεί τις αντίστοιχες γεωγραφικές συντεταγμένες.



**Σχήμα 5.2:** Μοντέλο της υφιστάμενης κατάστασης στις Πλατείες Κέντρου [Πηγή: ENVI-met].

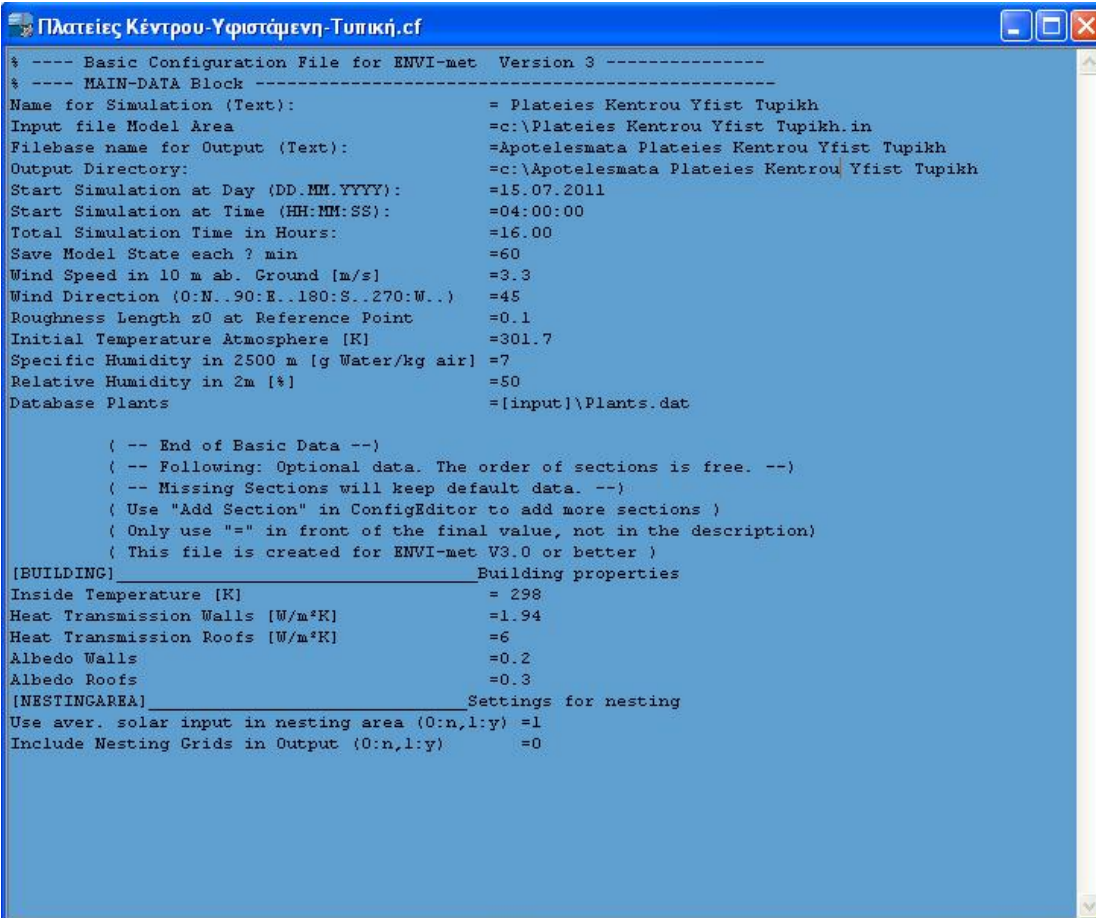
Στο σχήμα 5.2 φαίνεται το μοντέλο της υφιστάμενης κατάστασης στις Πλατείες Κέντρου. Συγκεκριμένα, στις περιοχές γκριζού χρώματος έχουμε τα διάφορα κτίρια της περιοχής. Επιπλέον, λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων του λογισμικού, το ανάγλυφο της περιοχής προσομοιώθηκε επίσης ως κτίριο, τα διάφορα υψόμετρα του οποίου έχουν ως αναφορά την Πλατεία Α. Στις περιοχές πράσινου χρώματος έχουμε την υφιστάμενη βλάστηση (δέντρα, θάμνοι, χορτάρι).

Σημειώνεται, επίσης, ότι τα κτίρια που συμπεριελήφθησαν στο μοντέλο είναι αυτά τα οποία εκτιμήθηκε ότι επηρεάζουν το πεδίο ροής του ανέμου και, κατ' επέκταση, το μικροκλίμα στην περιοχή των πλατειών. Ακόμη, όσον αφορά το πλήθος και τη διάσταση των υπολογιστικών κελιών κατά τον άξονα z, με κριτήριο το γεγονός ότι η υψηλότερη κορυφή κτιρίου της περιοχής βρίσκεται σε ύψος 30 m (σε σχέση με το επίπεδο της Πλατείας Α), επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν 25 κελιά ύψους 4,00 m το καθένα, δίνοντας στο μοντέλο ύψος ίσο με 100 m (4x25), το οποίο αρκεί για να λάβουμε σωστά αποτελέσματα από την προσομοίωση (είναι πολύ μεγαλύτερο του ύψους των 60 m, το οποίο είναι το ελάχιστο απαιτούμενο, βάσει της υψηλότερης κορυφής κτιρίου).

### 5.2.2 Κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF (Main Configuration File)

Όσον αφορά το κύριο αρχείο διαμόρφωσης για την προσομοίωση της τυπικής ημέρας, οι σημαντικότερες ρυθμίσεις/επιλογές που έγιναν ήταν οι εξής:

- Ως ώρα έναρξης της προσομοίωσης ορίστηκε η τέταρτη πρωινή ώρα (04:00) της 15/7/2011. Αυτό έγινε για να δοθεί στο μοντέλο ο απαραίτητος χρόνος ώστε να μπορέσει να ακολουθήσει τις ατμοσφαιρικές διεργασίες.
- Ως συνολικός χρόνος προσομοίωσης ορίστηκαν οι 16 ώρες. Ο ελάχιστος χρόνος προσομοίωσης είναι οι 6 ώρες, ώστε τα αποτελέσματα να μην επηρεάζονται από τις αρχικές συνθήκες. Ο χρόνος αυτός είναι αρκετός για να λάβουμε αξιόπιστα αποτελέσματα για τις μεσημεριανές ώρες.
- Η διεύθυνση του ανέμου ορίστηκε ως βορειοανατολική (45<sup>ο</sup>).
- Η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10 m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους τέθηκε ίση με 3.3 m/s.
- Για την τραχύτητα του εδάφους χρησιμοποιήθηκε η τιμή 0.1 m, που αντιστοιχεί σε συνθήκες εδάφους με μικρές ανωμαλίες.
- Η σχετική υγρασία σε ύψος 2 m από το έδαφος τέθηκε ίση με 50%.
- Ως αρχική θερμοκρασία ορίστηκαν οι 28.7 °C ( $273+28.7=301.7$  °K).



```

% ---- Basic Configuration File for ENVI-met Version 3 ----
% ---- MAIN-DATA Block ----
Name for Simulation (Text):           = Plateies Kentrou Yfist Tupikh
Input file Model Area                 = c:\Plateies Kentrou Yfist Tupikh.in
Filebase name for Output (Text):      = Apotelesmata Plateies Kentrou Yfist Tupikh
Output Directory:                    = c:\Apotelesmata Plateies Kentrou Yfist Tupikh
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): = 15.07.2011
Start Simulation at Time (HH:MM:SS):  = 04:00:00
Total Simulation Time in Hours:       = 16.00
Save Model State each ? min          = 60
Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s]  = 3.3
Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) = 45
Roughness Length z0 at Reference Point = 0.1
Initial Temperature Atmosphere [K]    = 301.7
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] = 7
Relative Humidity in 2m [%]           = 50
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 )

[BUILDING]                               Building properties
Inside Temperature [K]                   = 298
Heat Transmission Walls [W/m²K]          = 1.94
Heat Transmission Roofs [W/m²K]         = 6
Albedo Walls                             = 0.2
Albedo Roofs                             = 0.3

[NESTINGAREA]                             Settings for nesting
Use aver. solar input in nesting area (0:n,l:y) = 1
Include Nesting Grids in Output (0:n,l:y)   = 0

```

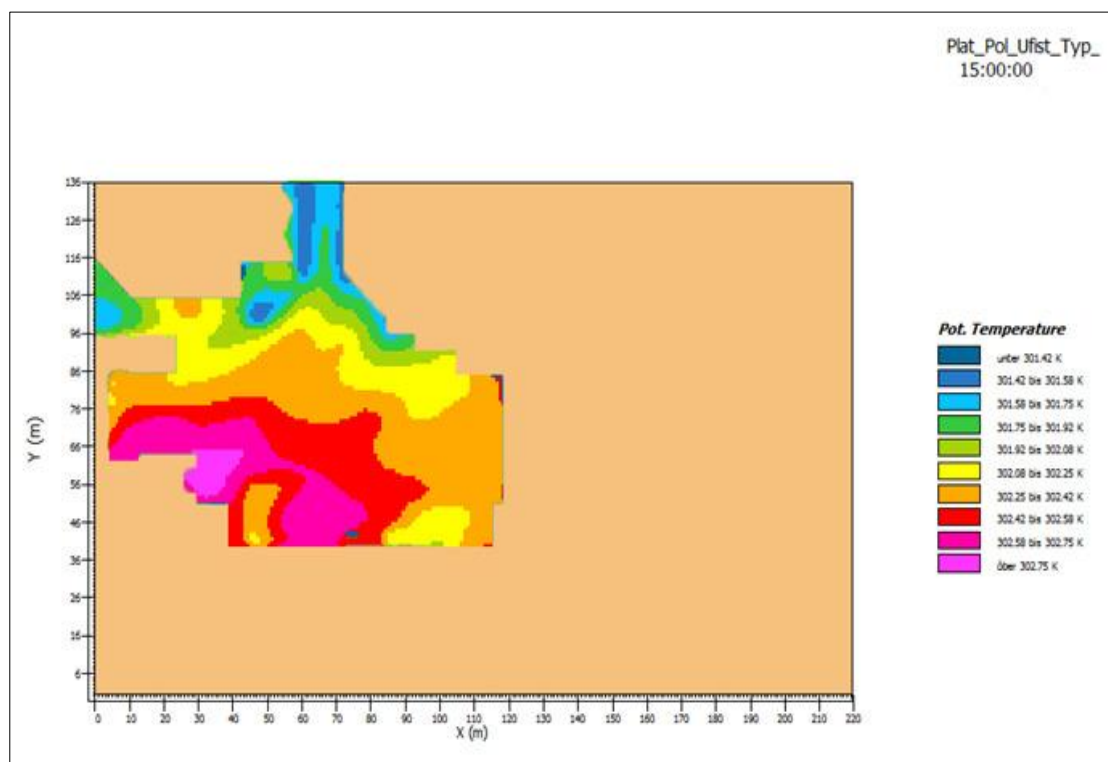
**Σχήμα 5.3:** Κύριο αρχείο διαμόρφωσης για την προσομοίωση της τυπικής ημέρας [Πηγή: ENVI-met].

Πέραν των βασικών αυτών ρυθμίσεων, προστέθηκε το section [BUILDING], στο οποίο η εσωτερική θερμοκρασία των κτιρίων τέθηκε ίση με 25 °C (298 °K). Αυτό έγινε με το σκεπτικό ότι στο εσωτερικό των κτιρίων, λόγω της σκίασης και του κλιματισμού, η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη τουλάχιστον κατά 2 με 3 βαθμούς. Σημειώνεται, τέλος, ότι οι παραπάνω ρυθμίσεις οριστικοποιήθηκαν κατόπιν δοκιμών, που στόχο είχαν τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων και τη μείωση του υπολογιστικού χρόνου.

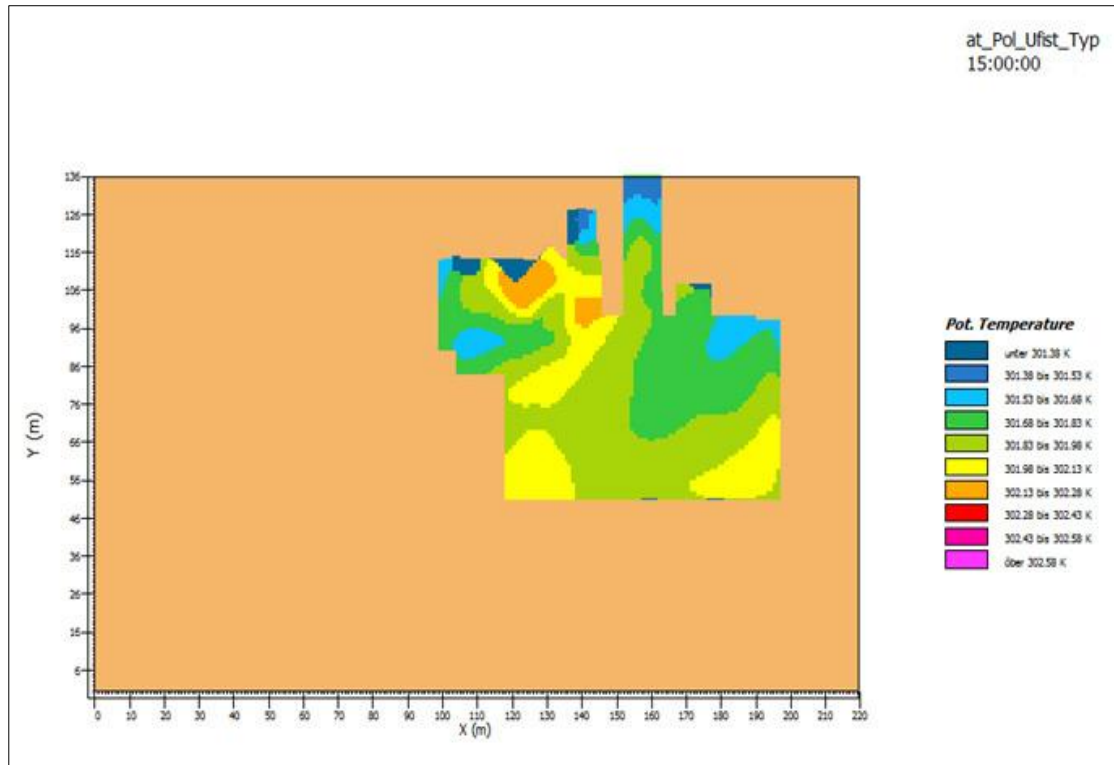
### 5.2.3 Αποτελέσματα της 1<sup>ης</sup> προσομοίωσης

Όπως αναφέρθηκε, λόγω της πολυεπίπεδης διαμόρφωσης των πλατειών και γενικά της περιοχής προσομοίωσης, σε συνδυασμό με τους περιορισμούς στην απεικόνιση των αποτελεσμάτων με το λογισμικό ENVI-met, επιλέχθηκε η απεικόνιση αυτή να γίνεται ανά επίπεδο και μόνο για την εκάστοτε ζώνη παρέμβασης. Στη συνέχεια, μέσω του λογισμικού οπτικοποίησης Leonardo, παρουσιάζεται μία σειρά αποτελεσμάτων που αφορούν στην υφιστάμενη κατάσταση στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου, για την τυπική θερινή ημέρα. Συγκεκριμένα, παρουσιάζεται η κατανομή της θερμοκρασίας και ο δείκτης θερμικής άνεσης.

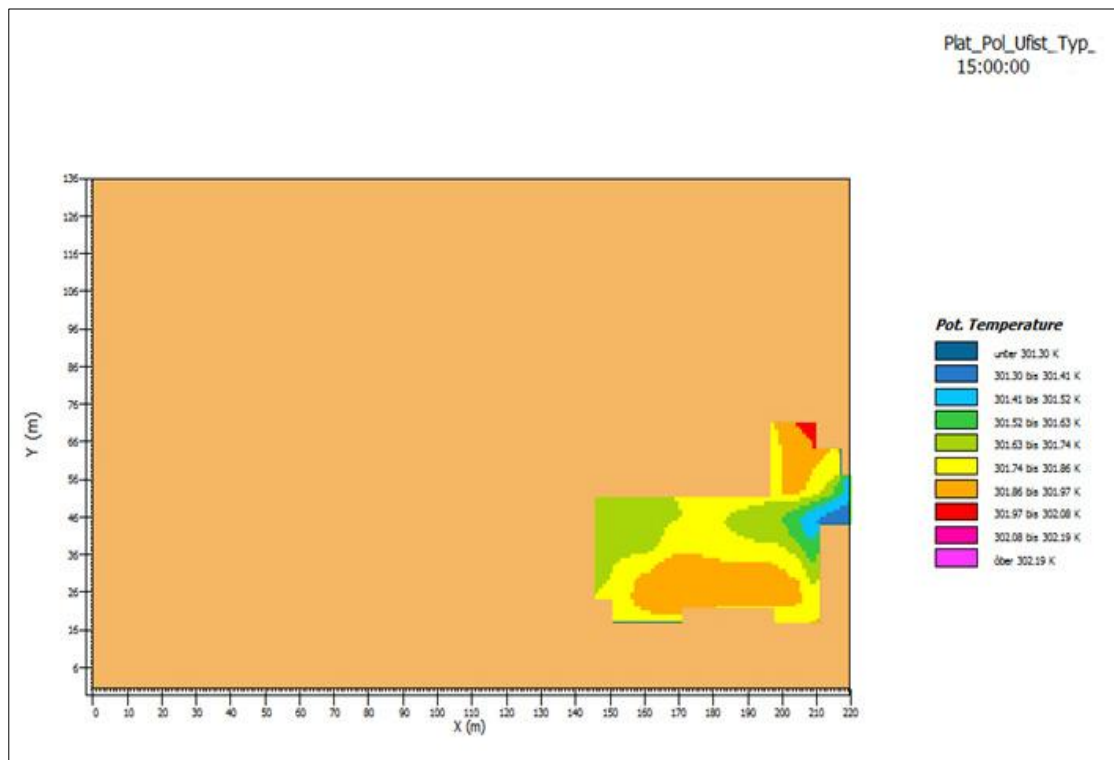
#### ➤ Θερμοκρασία



**Σχήμα 5.4:** Πλατεία Α - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

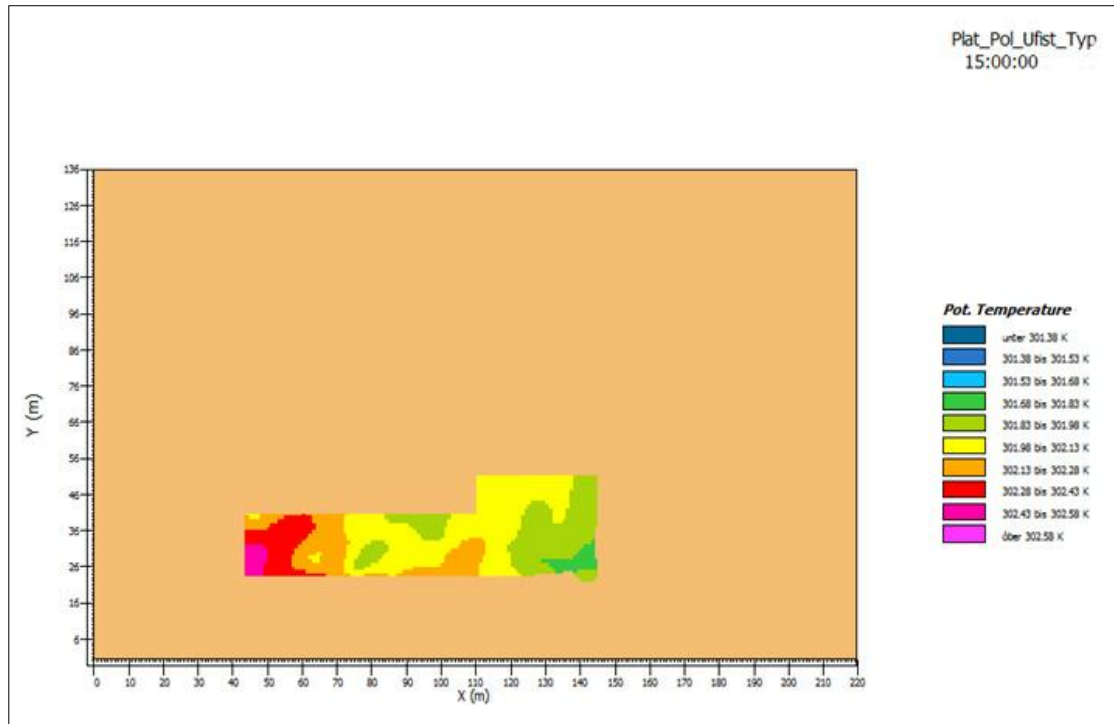


**Σχήμα 5.5:** Πλατεία Β - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].



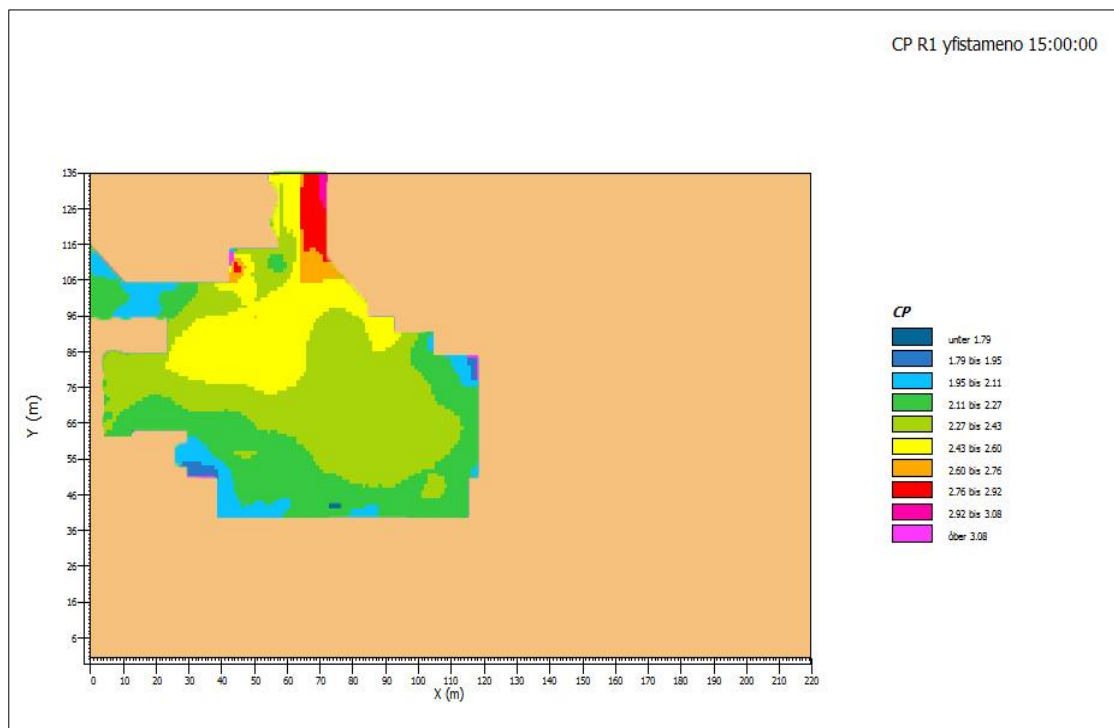
**Σχήμα 5.6:** Πλατεία Γ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].





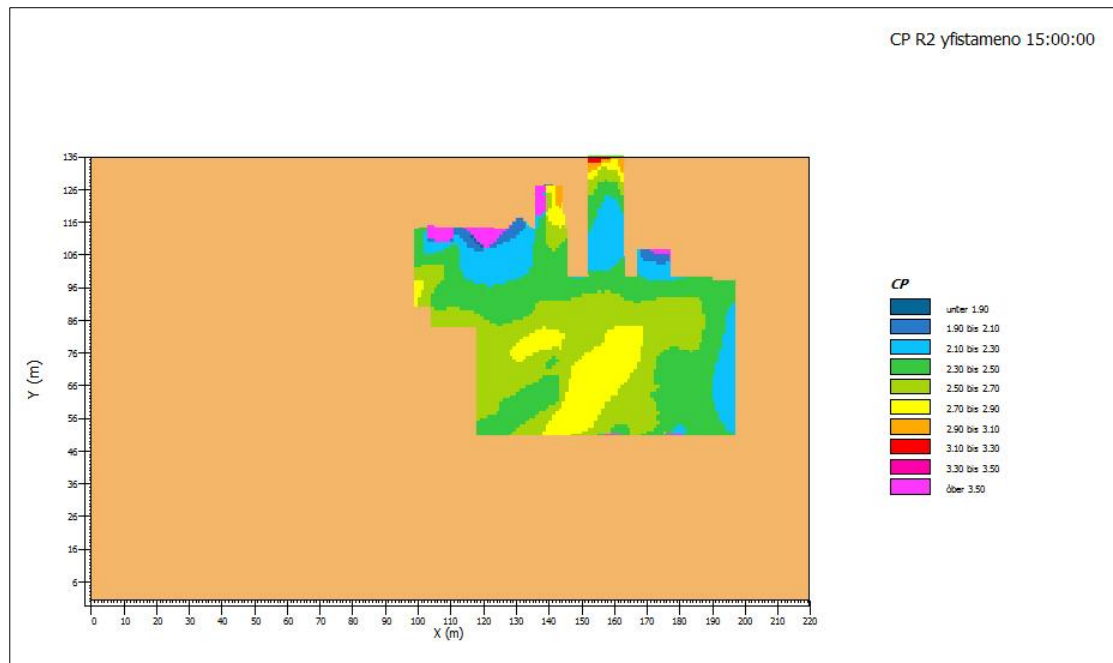
**Σχήμα 5.7:** Πλατεία Δ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

➤ Δείκτης θερμικής άνεσης CP



**Σχήμα 5.8:** Πλατεία Α – Δείκτης θερμικής άνεσης CP για την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].





Σχήμα 5.9: Πλατεία Β – Δείκτης θερμικής άνεσης CP για την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

## 5.3 Προσομοίωση 2<sup>η</sup>: Υφιστάμενη κατάσταση – Θερμότερη ημέρα

### 5.3.1 Κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF (Main Configuration File)

Για την προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης τη θερμότερη ημέρα, έγιναν αλλαγές μόνο στο κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF (Σχ. 5.10).

```

Πλατείες Κέντρου-Υφιστάμενη-Θερμότερη.cf
% ---- Basic Configuration File for ENVI-met Version 3 -----
% ---- MAIN-DATA Block ----
Name for Simulation (Text):                = Plateies Kentrou Yfist Thermoterh
Input file Model Area                      =c:\Plateies Kentrou Yfist Thermoterh.in
Filebase name for Output (Text):          =Apotelesmata Plateies Kentrou Yfist Thermoterh
Output Directory:                         =c:\Apotelesmata Plateies Kentrou Yfist Thermoterh
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY):     =15.07.2011
Start Simulation at Time (HH:MM:SS):      =04:00:00
Total Simulation Time in Hours:           =16.00
Save Model State each ? min               =60
Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s]:     =3.2
Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..)=45
Roughness Length z0 at Reference Point    =0.1
Initial Temperature Atmosphere [K]:       =306.3
Specific Humidity in 2500 m [g Water/kg air] =7
Relative Humidity in 2m [%]:              =41
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 )

[BUILDING] Building properties
Inside Temperature [K]                    = 298
Heat Transmission Walls [W/m²K]           =1.94
Heat Transmission Roofs [W/m²K]          =6
Albedo Walls                              =0.2
Albedo Roofs                              =0.3

```

Σχήμα 5.10: Κύριο αρχείο διαμόρφωσης για την προσομοίωση της θερμότερης ημέρας [Πηγή: ENVI-met].

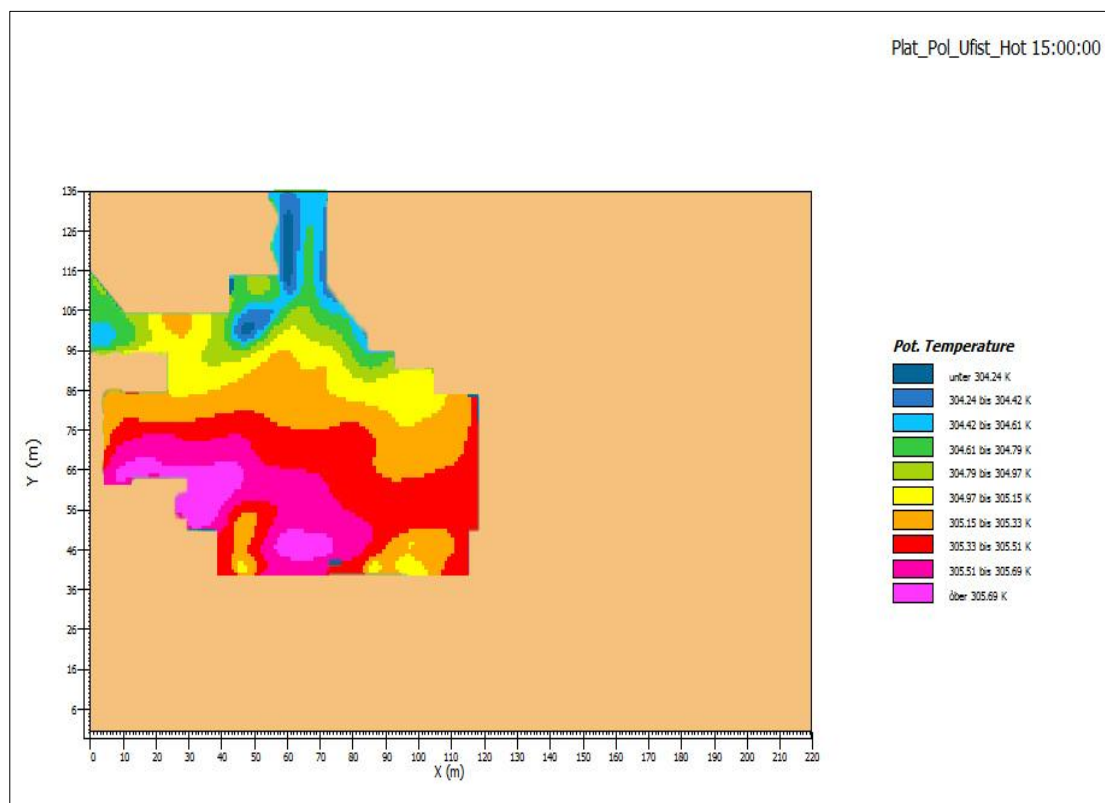
Όπως φαίνεται και από το σχήμα 5.10, οι αλλαγές αυτές αφορούσαν στα εξής:

- Η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10 m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους τέθηκε ίση με 3.2 m/s.
- Η σχετική υγρασία σε ύψος 2 m από το έδαφος τέθηκε ίση με 41%.
- Ως αρχική θερμοκρασία ορίστηκαν οι 33.3 °C ( $273+33.3=306.3$  °K).

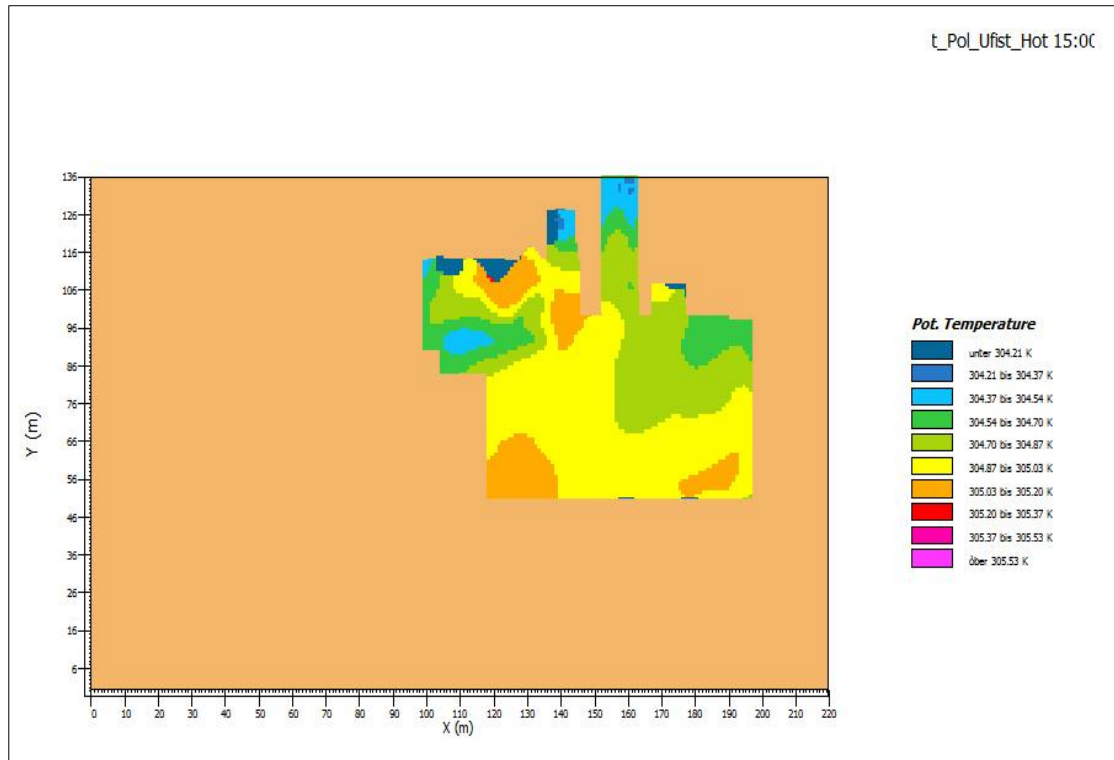
Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του Leonardo, παρουσιάζονται οπτικοποιημένα τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της υφιστάμενης κατάστασης στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου, για τη θερμότερη ημέρα.

### 5.3.2 Αποτελέσματα της 2<sup>ης</sup> προσομοίωσης

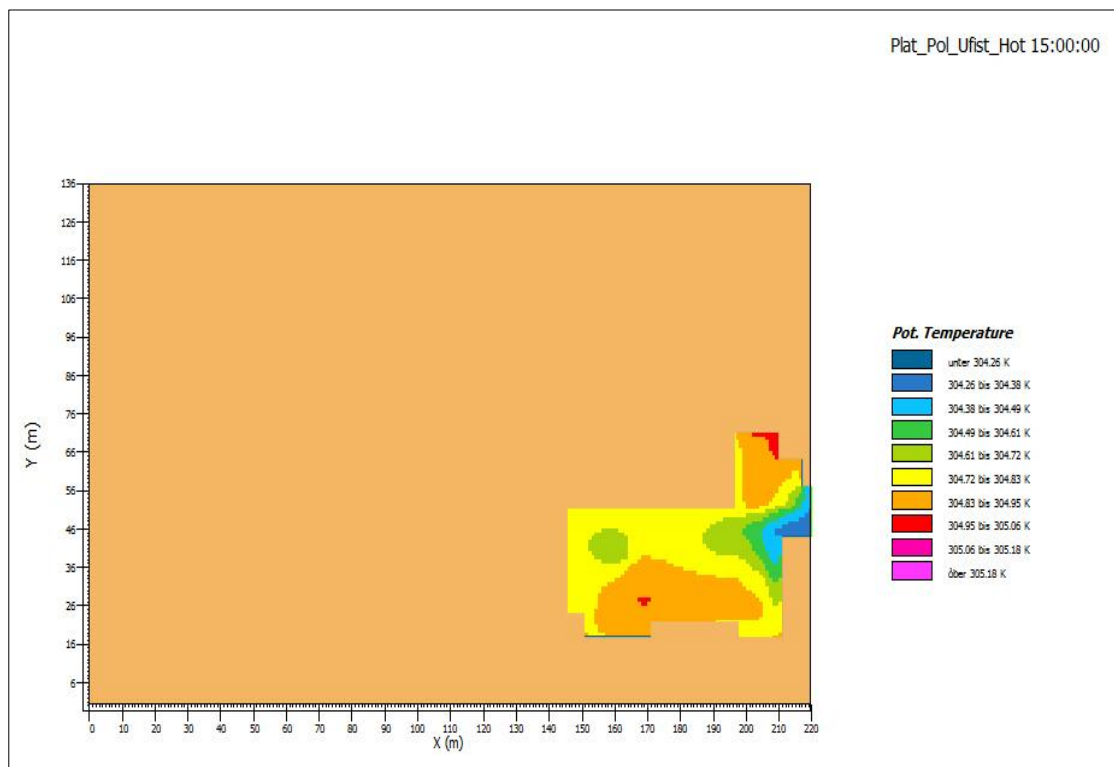
#### ➤ Θερμοκρασία



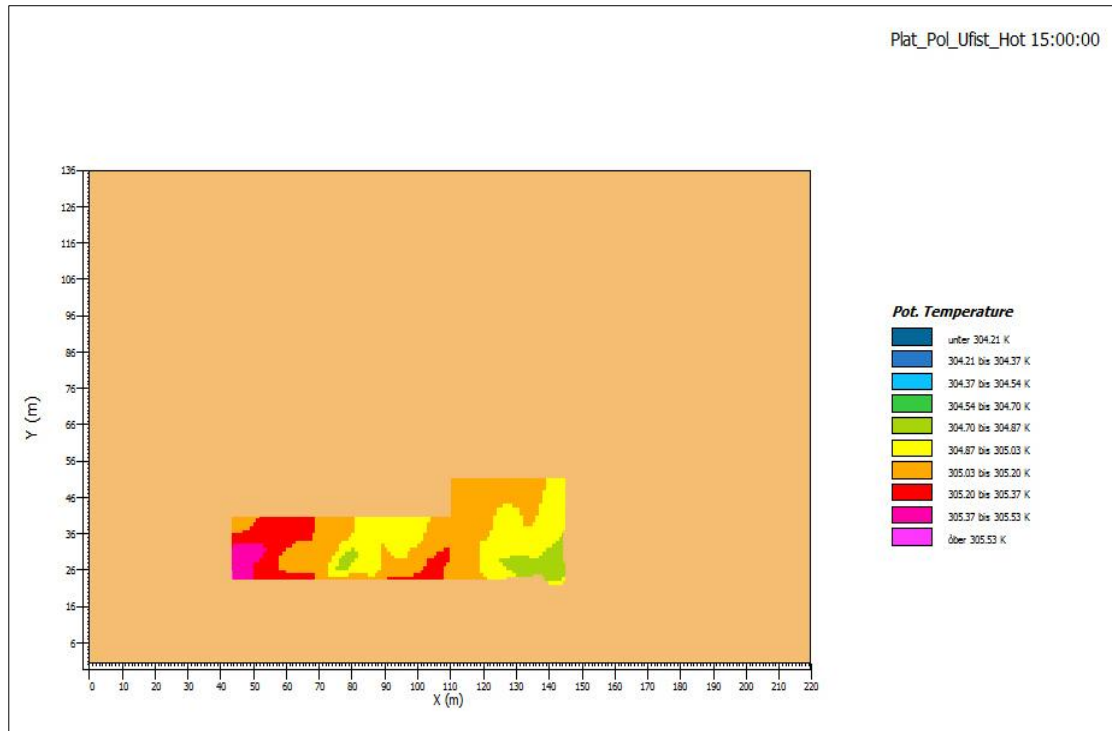
**Σχήμα 5.11:** Πλατεία A - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].



**Σχήμα 5.12:** Πλατεία Β - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

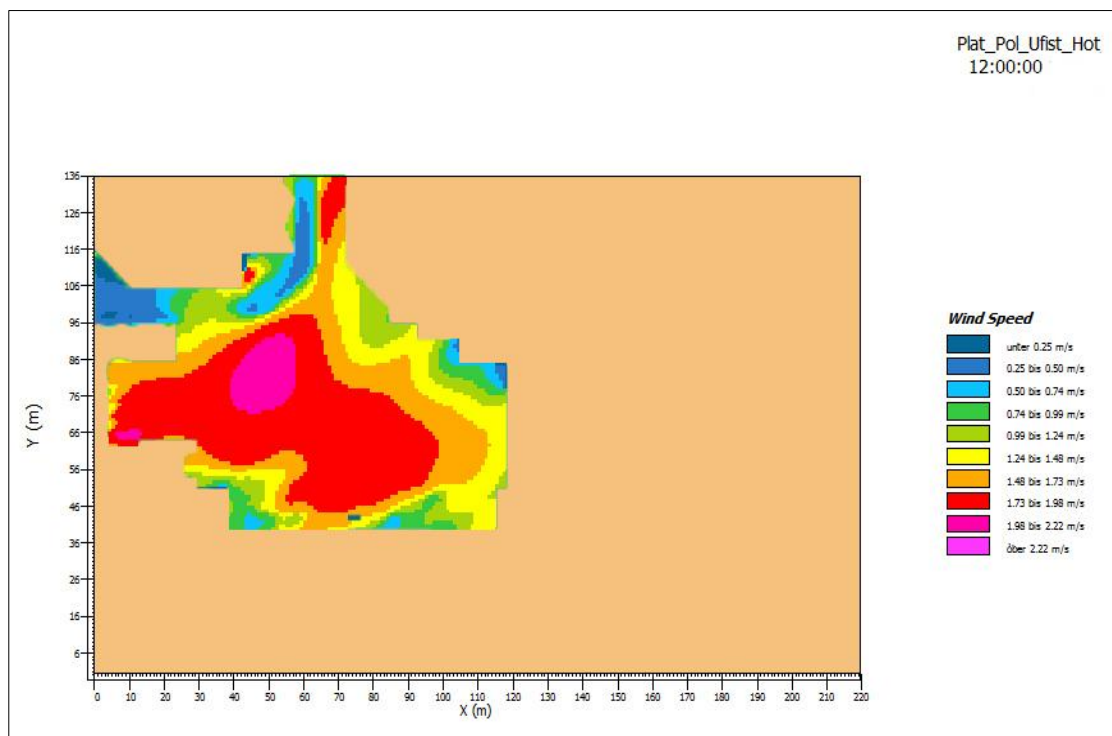


**Σχήμα 5.13:** Πλατεία Γ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

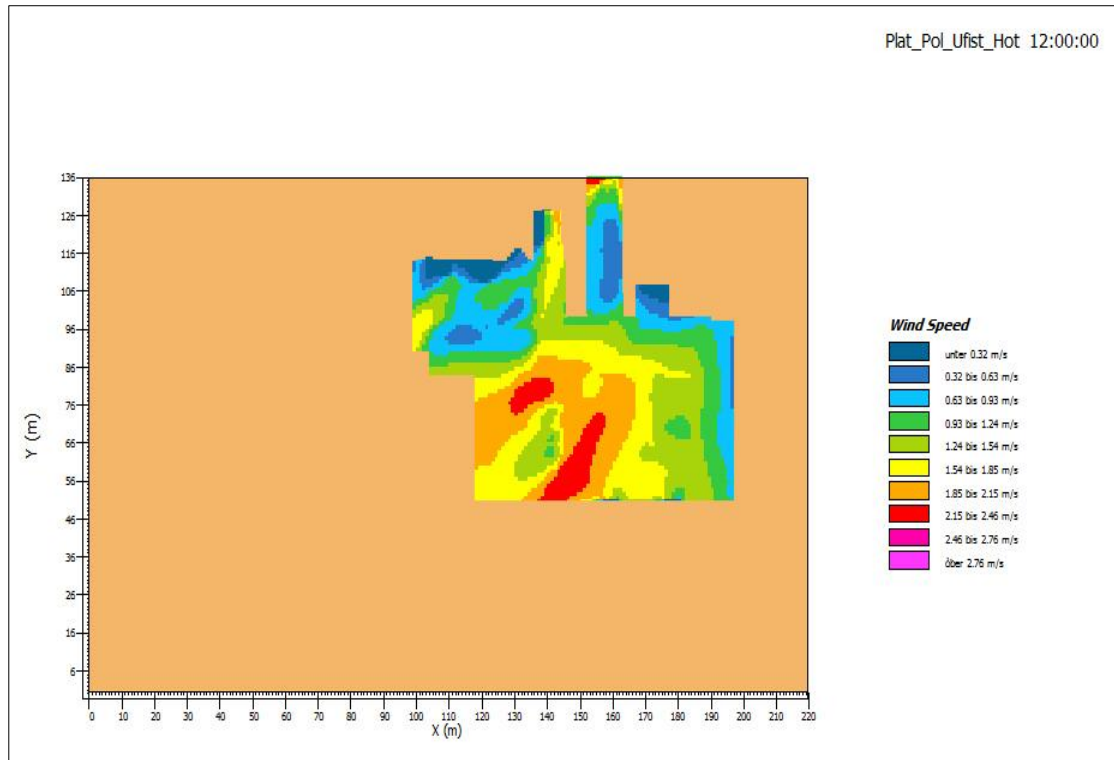


**Σχήμα 5.14:** Πλατεία Δ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

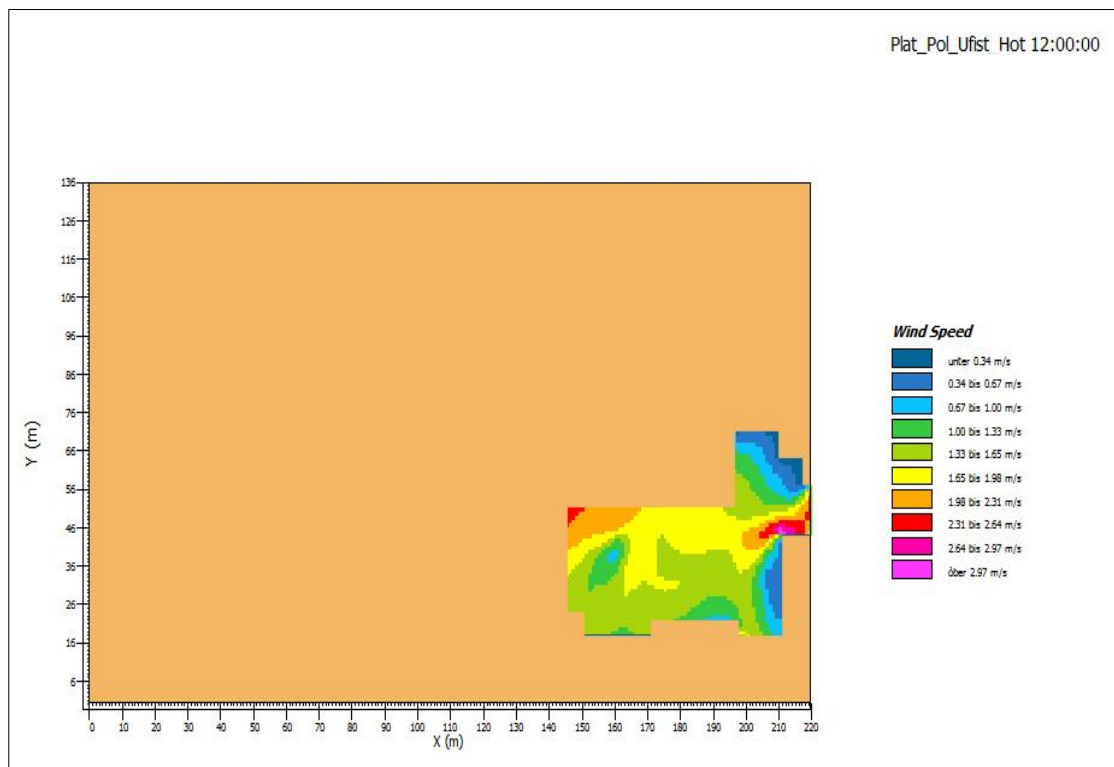
### ➤ Πεδίο ανέμου



**Σχήμα 5.15:** Πλατεία Α – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

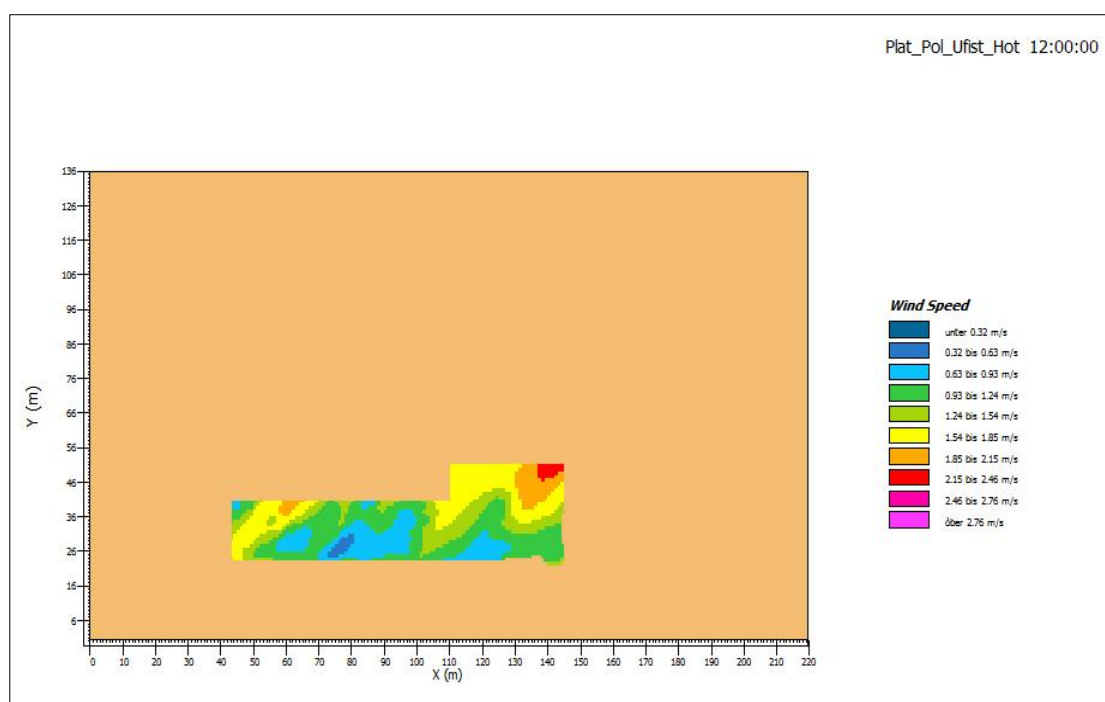


**Σχήμα 5.16:** Πλατεία Β – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].



**Σχήμα 5.17:** Πλατεία Γ – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].





**Σχήμα 5.18:** Πλατεία Δ – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

## 5.4 Προσομοίωση 3<sup>η</sup>: Πρόταση – Τυπική ημέρα

### 5.4.1 Αρχείο εισαγωγής περιοχής .IN (Area Input File)

Στο σχήμα 5.19, με γαλάζιο χρώμα καταδεικνύονται οι θέσεις όπου, σύμφωνα με την πρόταση βιοκλιματικής αναβάθμισης, πρέπει να γίνουν παρεμβάσεις. Οι τελευταίες, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, αφορούν κυρίως στην αντικατάσταση των επιφανειών από σκυρόδεμα με νέα, ψυχρά υλικά και στη φύτευση δέντρων και θάμνων σε νέες θέσεις ή τον εμπλουτισμό της υπάρχουσας βλάστησης. Επίσης, προτείνεται η τοποθέτηση σκέπαστρων με φύτευση (πέργκολες) σε ένα πολύ μεγάλο μέρος της επιφάνειας των πλατειών.

Όσον αφορά τα ψυχρά υλικά που προτείνονται για την περιοχή των Πλατειών Κέντρου και τα οποία θα αντικαταστήσουν τα υπάρχοντα, για την προσομοίωσή τους χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τιμές:

- Δείκτης ανακλαστικότητας (albedo)  $a=0.65$
- Συντελεστής εκπομπής ακτινοβολίας (emissivity)  $e=0.90$

Εξάλλου, οι παραπάνω τιμές ικανοποιούν τις απαιτήσεις της προκήρυξης. Τέλος, στα σχήματα 5.20 και 5.21 γίνεται αντιπαραβολή της υφιστάμενης με την προτεινόμενη κατάσταση, όσον αφορά τη βλάστηση.



**Σχήμα 5.19:** Η περιοχή παρέμβασης στις Πλατείες Κέντρου [Πηγή: Προσωπική εργασία].



**Σχήμα 5.20:** Υφιστάμενη κατάσταση στις Πλατείες Κέντρου [Πηγή: Προσωπική εργασία].



**Σχήμα 5.21:** Προτεινόμενη κατάσταση στις Πλατείες Κέντρου [Πηγή: Προσωπική εργασία].

Οι διαφορετικές αποχρώσεις πρασίνου δηλώνουν τα διαφορετικά ήδη θάμνων και δέντρων. Τα διαφορετικά ύψη ανάμεσα στα ποικίλα είδη θάμνων και δέντρων, καθώς και οι διαφοροποιήσεις στο είδος και στην πυκνότητα των φυλλωμάτων, έχουν ληφθεί υπόψη στις προσομοιώσεις μέσω της αξιοποίησης της βάσης δεδομένων φυτών που διαθέτει το λογισμικό, αλλά και μέσω του εμπλουτισμού αυτής.

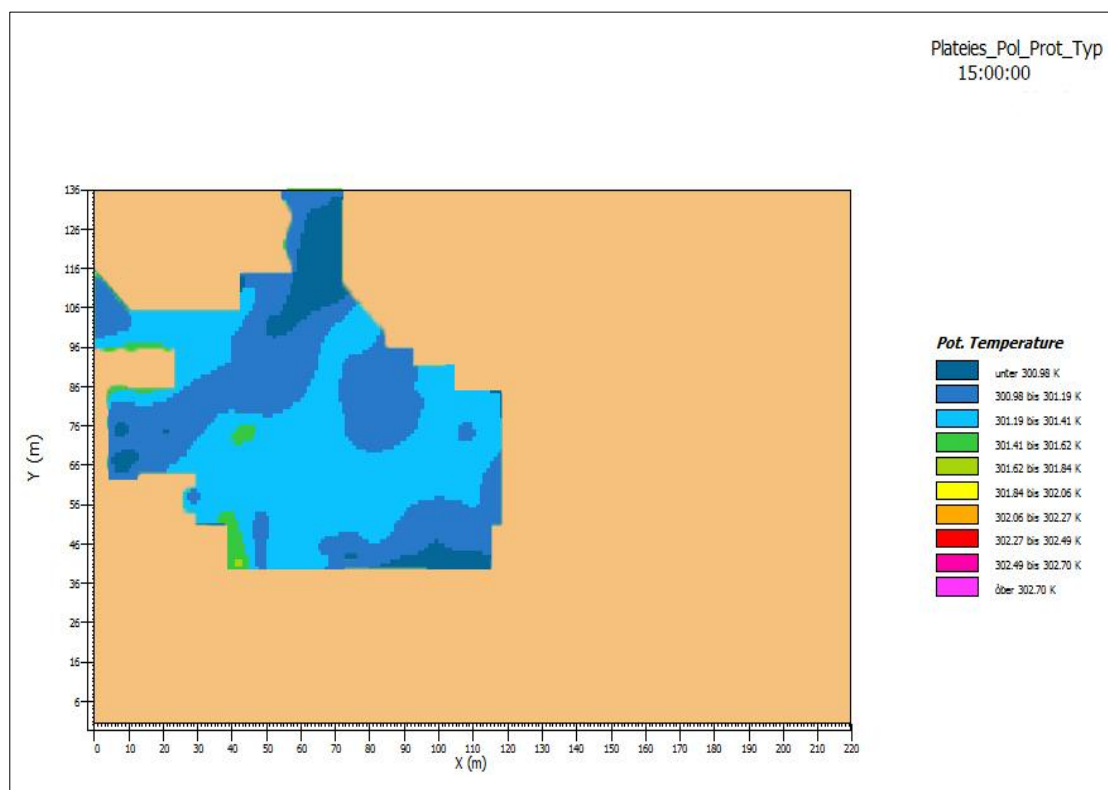
#### 5.4.2 Κύριο αρχείο διαμόρφωσης .CF (Main Configuration File)

Το κύριο αρχείο διαμόρφωσης που αφορά στην τυπική ημέρα της προτεινόμενης κατάστασης είναι ακριβώς ίδιο με αυτό της τυπικής ημέρας στην υφιστάμενη κατάσταση (δες σχήμα 5.3). Αυτό συμβαίνει διότι τα κλιματολογικά δεδομένα παραμένουν αυτά της τυπικής ημέρας ενώ οι διάφορες παρεμβάσεις εισάγονται στο αρχείο εισαγωγής περιοχής.

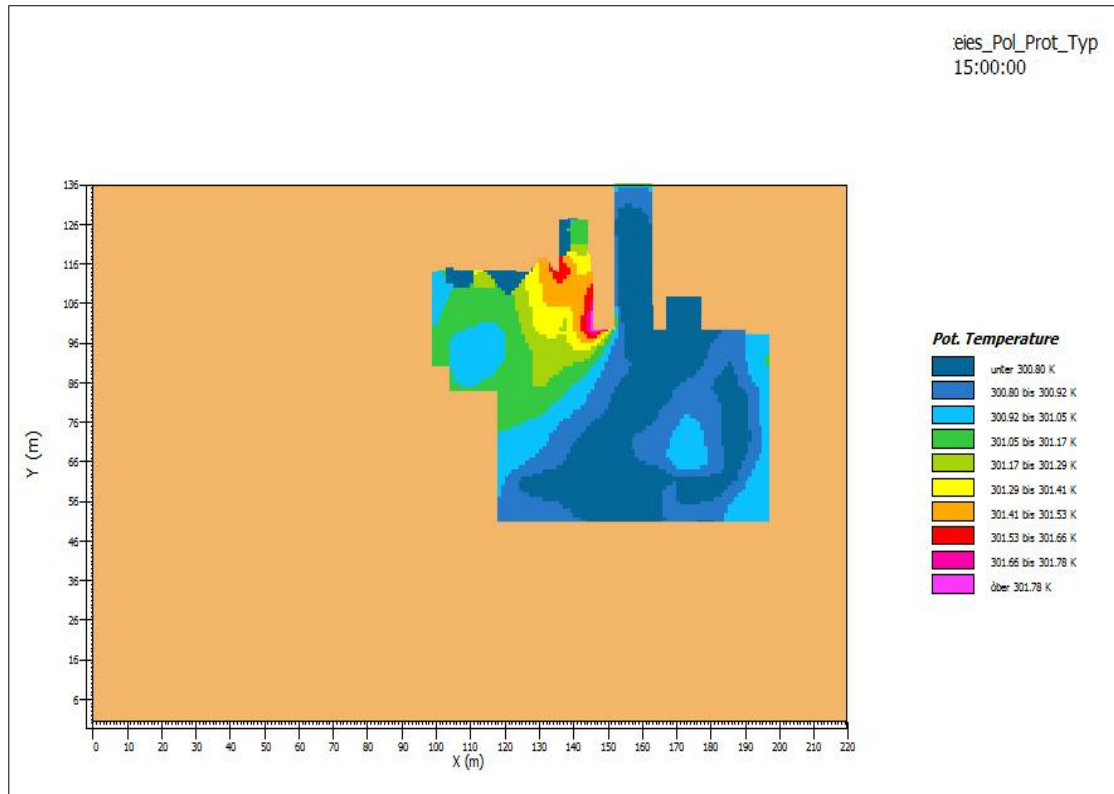
Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του Leonardo, παρουσιάζονται οπτικοποιημένα τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της προτεινόμενης κατάστασης στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου, για την τυπική ημέρα.

#### 5.4.3 Αποτελέσματα της 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης

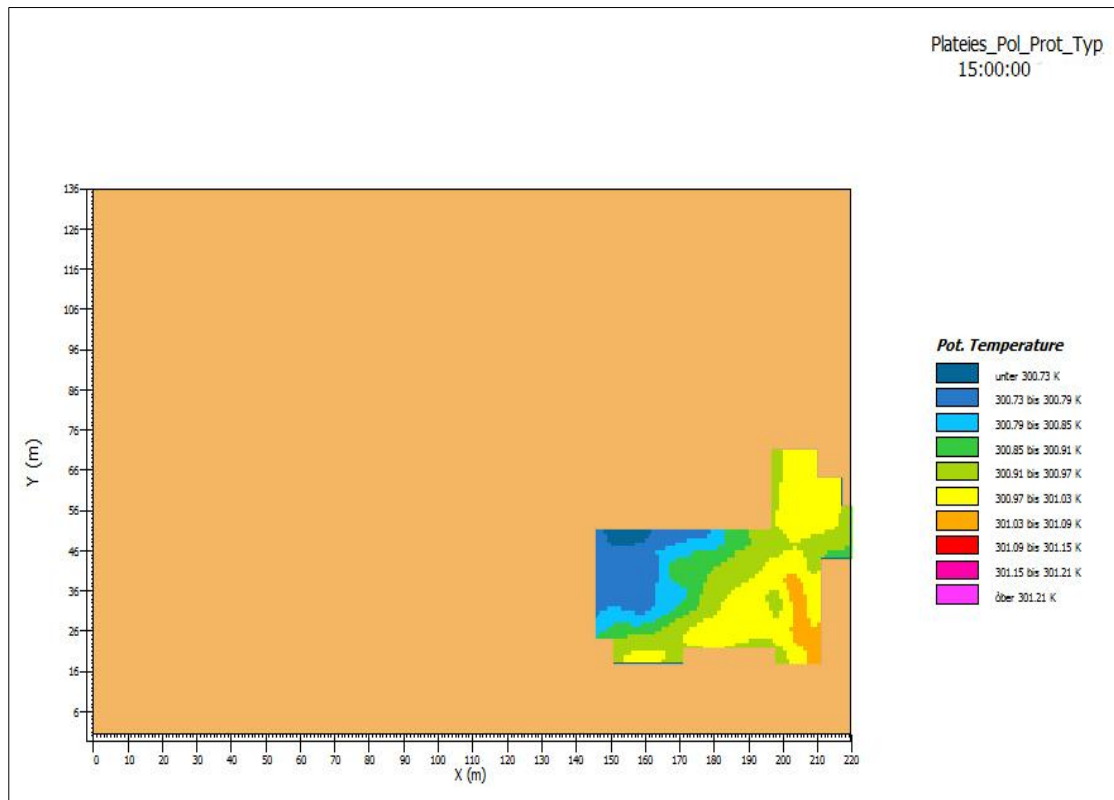
##### ➤ Θερμοκρασία



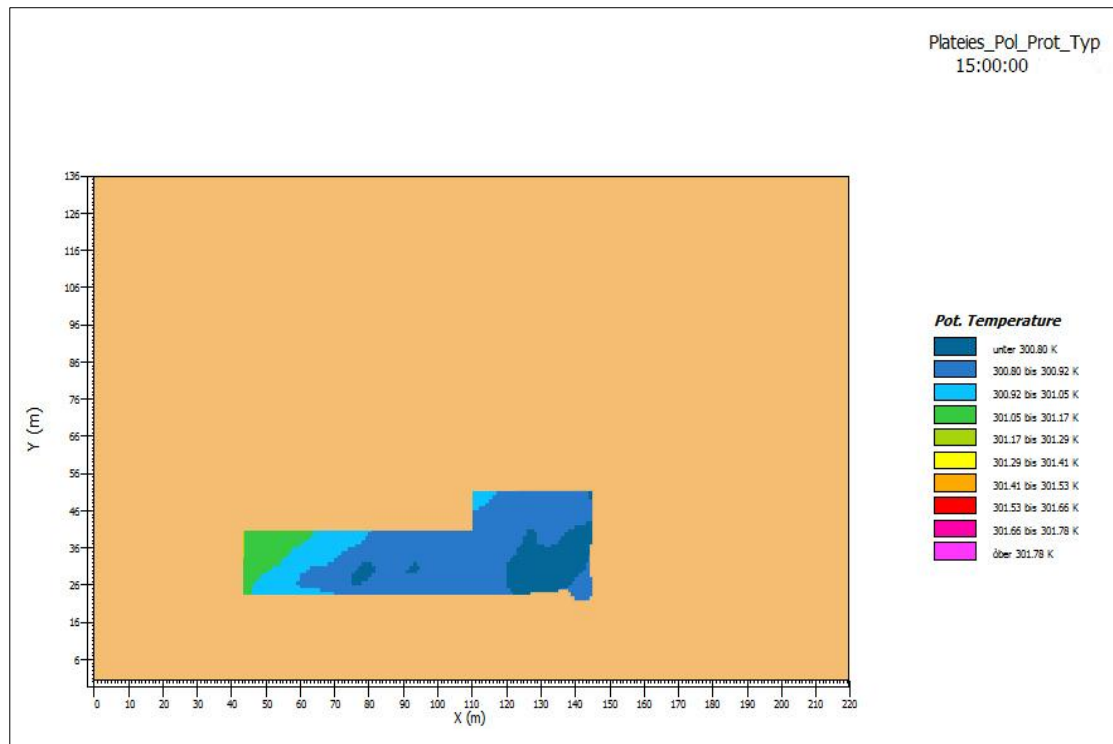
**Σχήμα 5.22:** Πλατεία A - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].



**Σχήμα 5.23:** Πλατεία Β - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

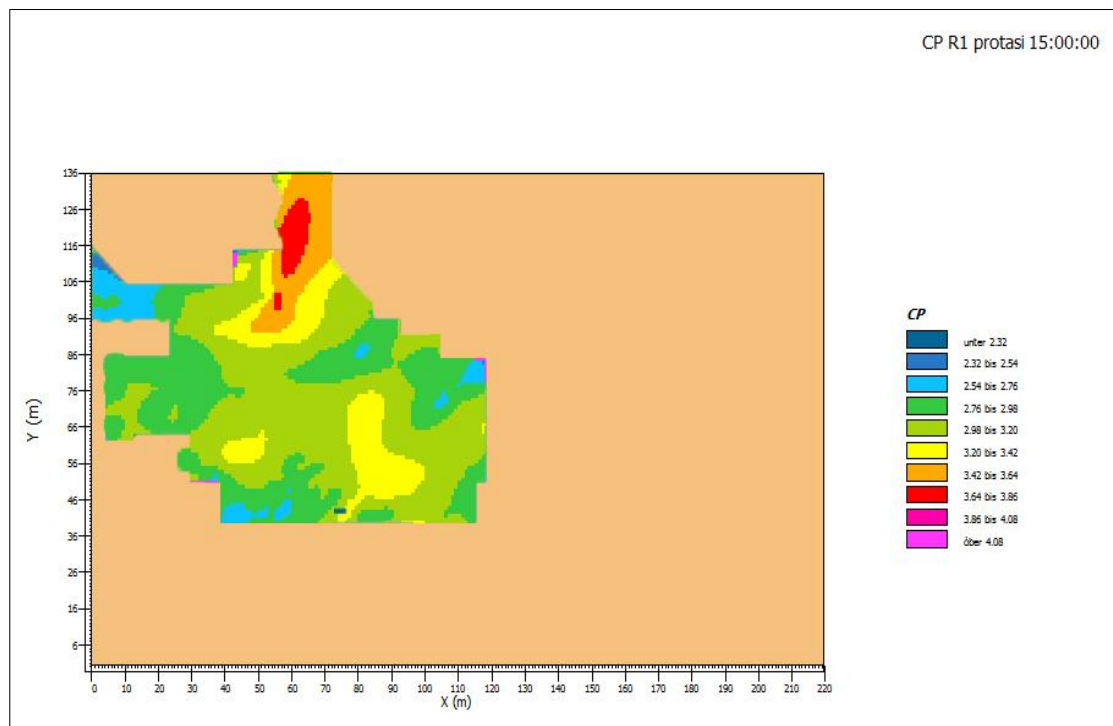


**Σχήμα 5.24:** Πλατεία Γ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].



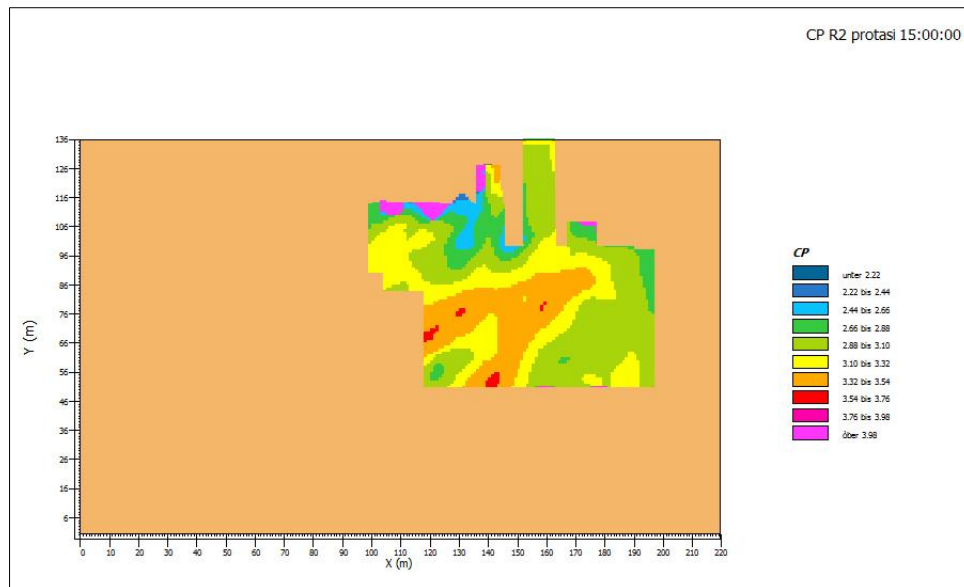
**Σχήμα 5.25:** Πλατεία Δ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

➤ Δείκτης θερμικής άνεσης CP



**Σχήμα 5.26:** Πλατεία Α – Δείκτης θερμικής άνεσης CP για την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].





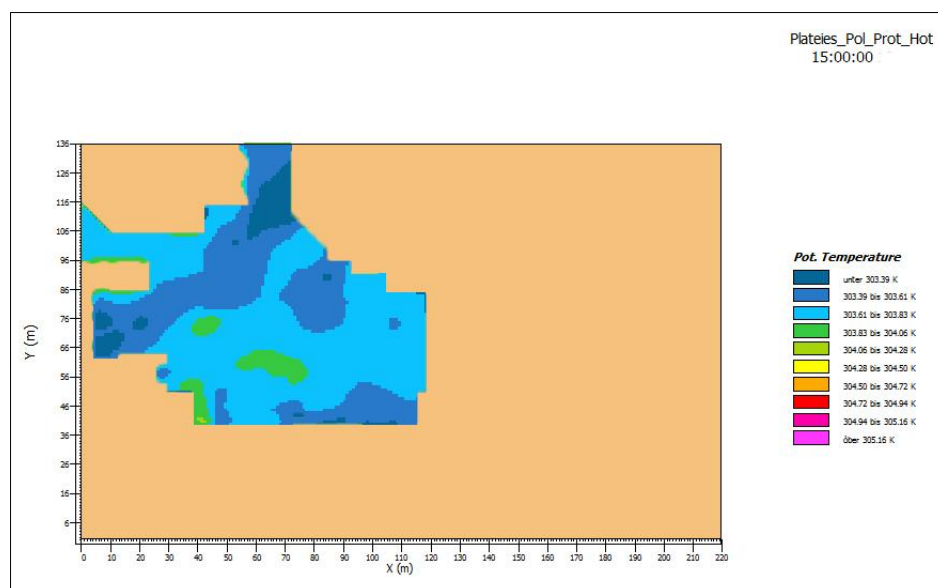
Σχήμα 5.27: Πλατεία Β – Δείκτης θερμικής άνεσης CP για την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

## 5.5 Προσομοίωση 4<sup>η</sup>: Πρόταση – Θερμότερη ημέρα

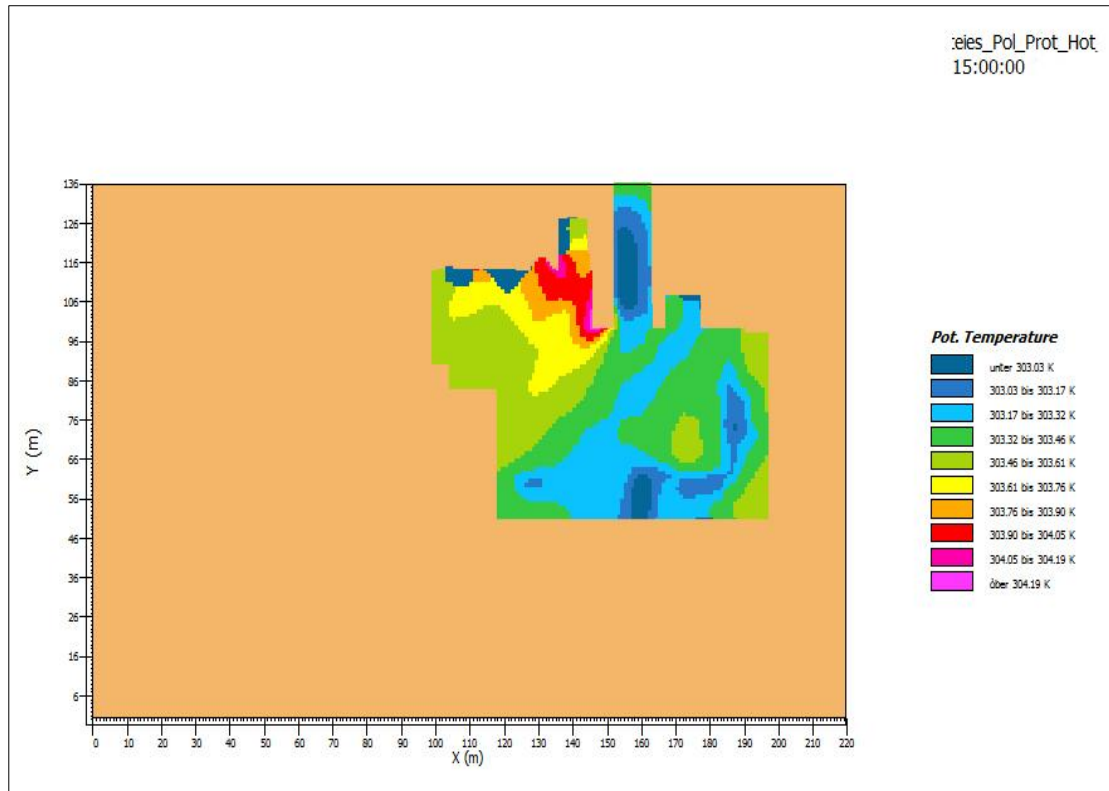
Για την 4<sup>η</sup> και τελευταία προσομοίωση, χρησιμοποιήθηκαν αρχεία των προηγούμενων προσομοιώσεων. Συγκεκριμένα, έγινε χρήση του αρχείου εισαγωγής περιοχής .IN της 3<sup>ης</sup> προσομοίωσης (πρόταση-τυπική ημέρα) και του κύριου αρχείου διαμόρφωσης .CF της 2<sup>ης</sup> προσομοίωσης (υφιστάμενη κατάσταση-θερμότερη ημέρα).

### 5.5.1 Αποτελέσματα της 4<sup>ης</sup> προσομοίωσης

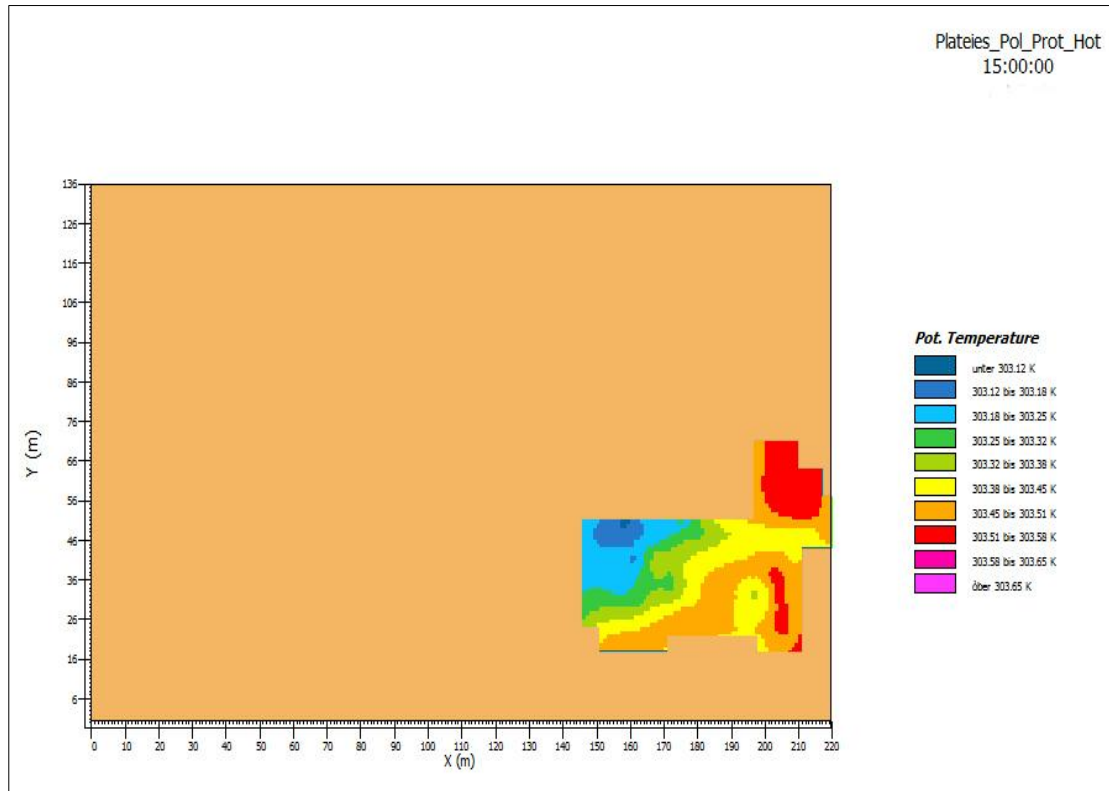
#### ➤ Θερμοκρασία



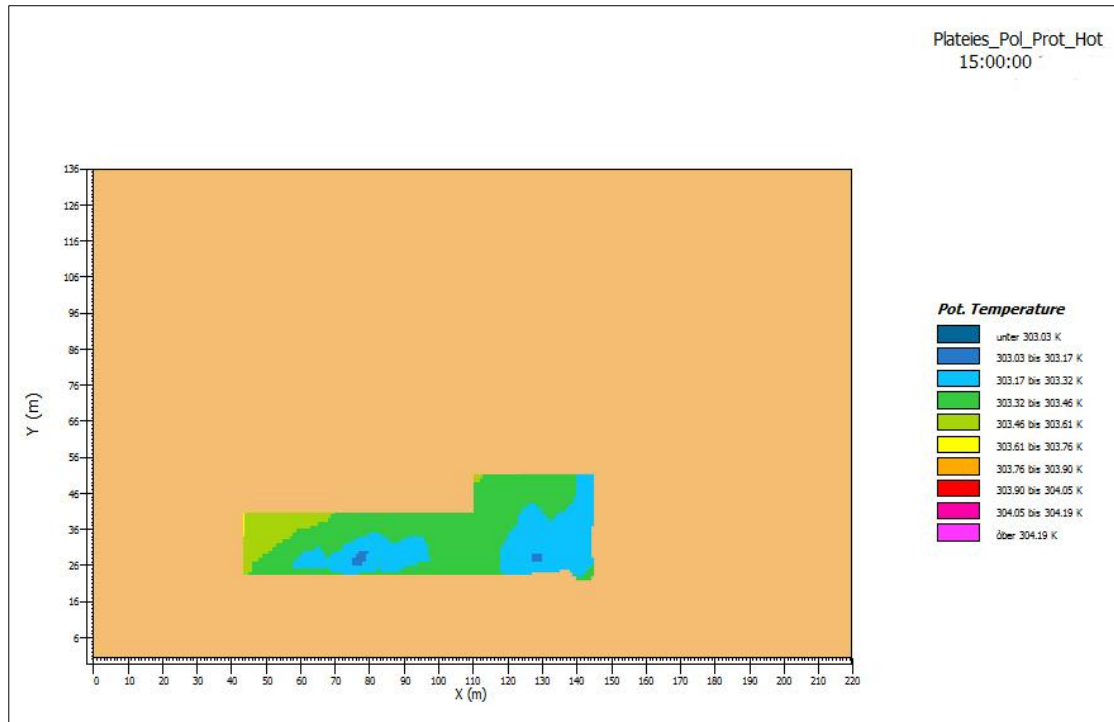
Σχήμα 5.28: Πλατεία Α - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].



Σχήμα 5.29: Πλατεία Β - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

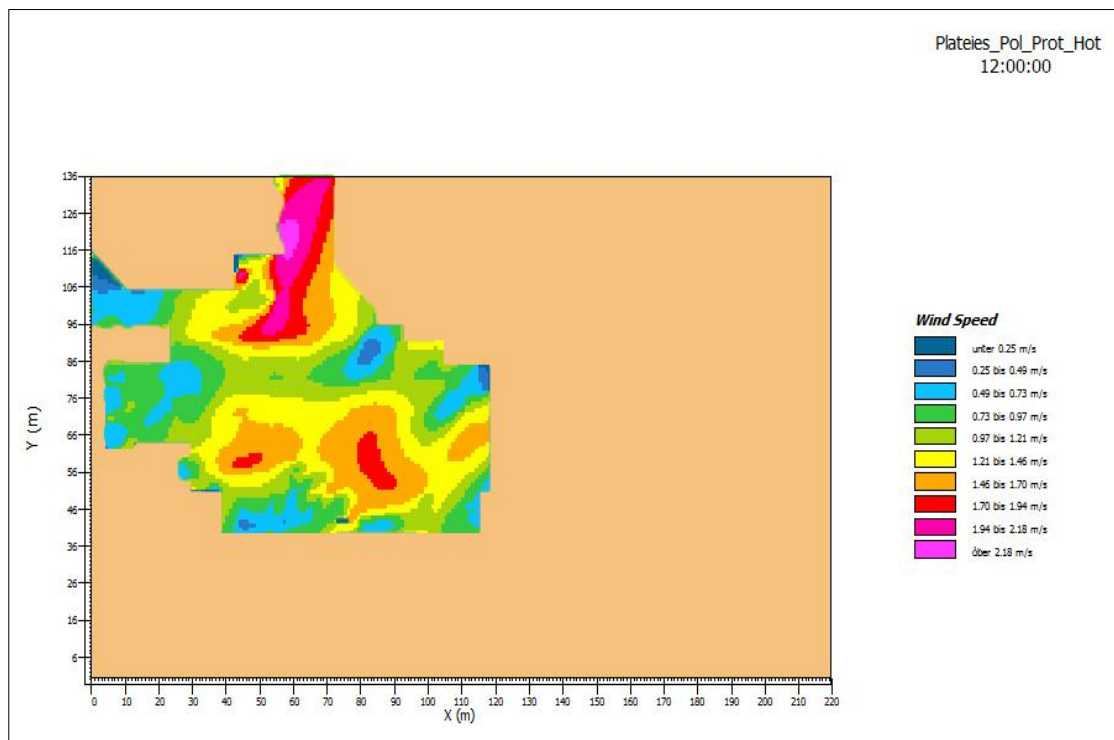


Σχήμα 5.30: Πλατεία Γ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

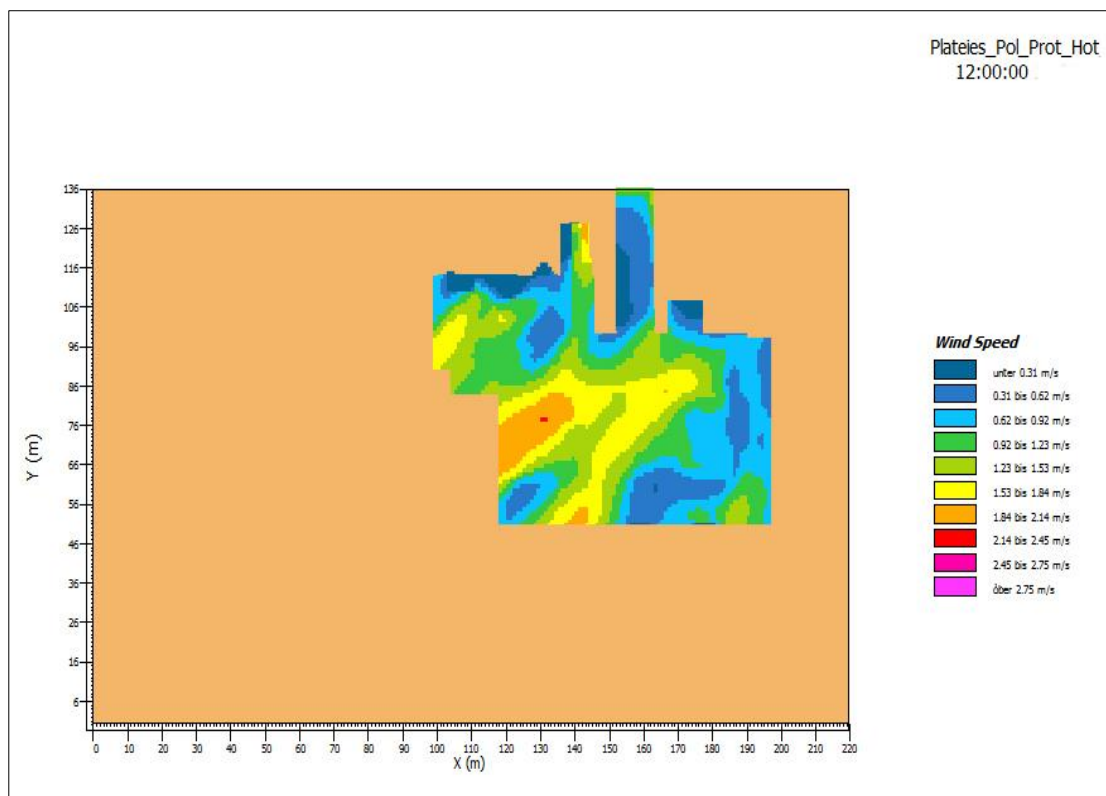


Σχήμα 5.31: Πλατεία Δ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].

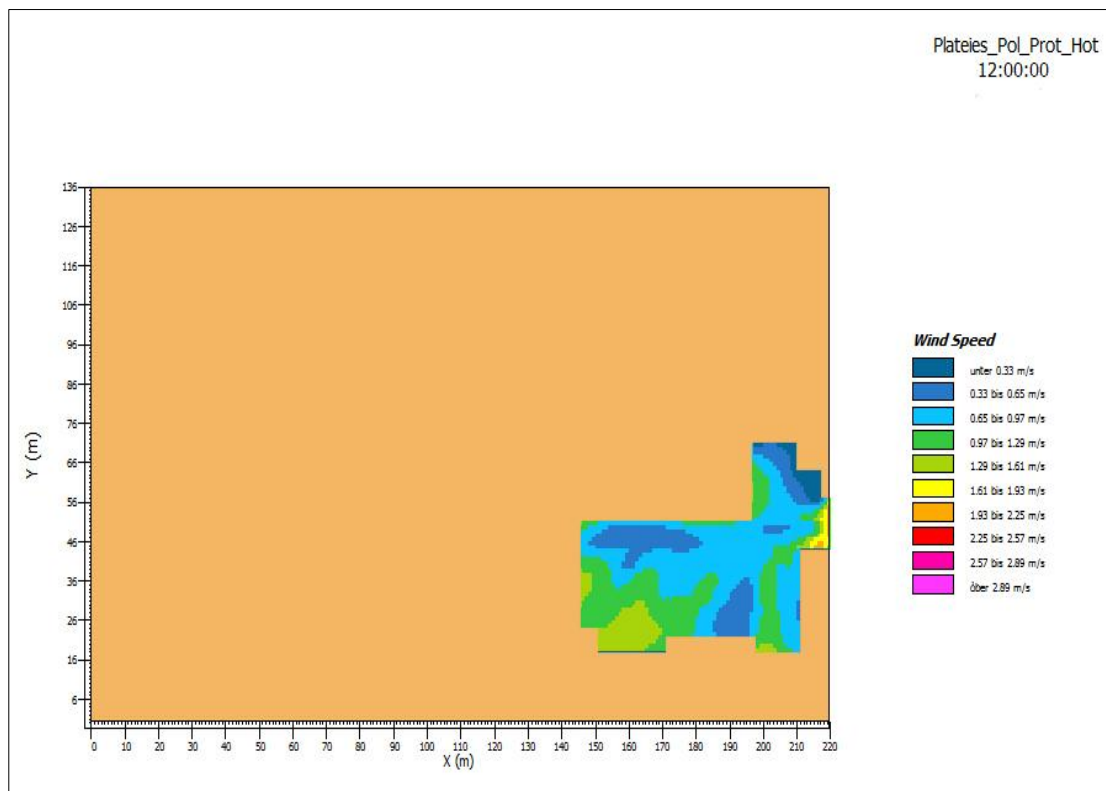
➤ Πεδίο ανέμου



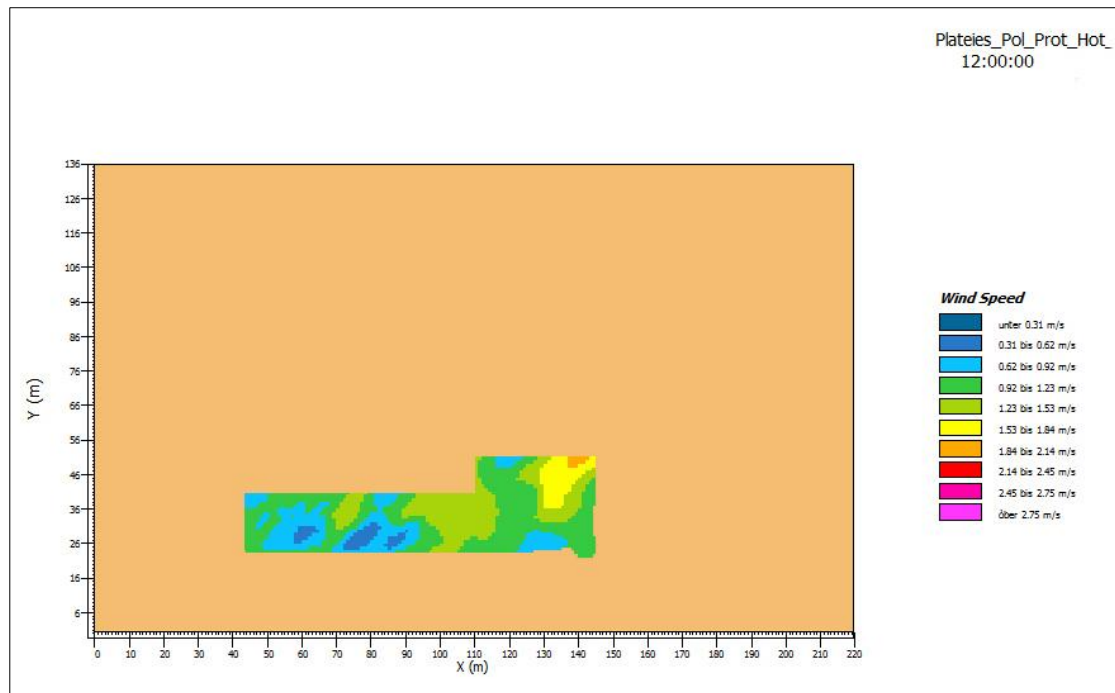
Σχήμα 5.32: Πλατεία Α – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].



**Σχήμα 5.33:** Πλατεία Β – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].



**Σχήμα 5.34:** Πλατεία Γ – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].



**Σχήμα 5.35:** Πλατεία Δ – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].



## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

### ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

#### 6.1 Εισαγωγή

Για τη μαθηματική προσομοίωση της υφιστάμενης και της προτεινόμενης κατάστασης στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, έγινε χρήση του λογισμικού ENVI-met, έκδοση 3.1 beta 5. Τα οπτικοποιημένα αποτελέσματα του προηγούμενου κεφαλαίου, βασίζονται σε έναν πολύ μεγάλο όγκο δεδομένων, ο οποίος παράγεται από το λογισμικό σε κάθε προσομοίωση. Στα δεδομένα αυτά πραγματοποιήθηκε ιδιαίτερα πολύπλοκη επεξεργασία (η ανάλυση της οποίας ξεφεύγει από το σκοπό αυτής της διπλωματικής εργασίας), με τη βοήθεια διαφόρων προγραμμάτων όπως το Microsoft Office Excel, το Microsoft Office Access και το Leonardo. Στην παράγραφο που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων, μετά την παραπάνω επεξεργασία.

#### 6.2 Αποτελέσματα προσομοιώσεων

Για την υφιστάμενη κατάσταση στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου προέκυψαν τα εξής:

- Η μέση μέγιστη θερινή θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ύψος 1.80 μείναι ίση με 32.04 °C.
- Το τυπικό ημερήσιο άθροισμα βαθμοωρών βάσης 26 °C διαμορφώνεται στην τιμή των 287.49.
- Η μέση μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία για τη θερινή περίοδο ισούται με 42.29 °C.
- Ο μέσος δείκτης θερμικής άνεσης CP, για το χρονικό διάστημα από τις 10:00 το πρωί έως τις 18:00 το απόγευμα, έχει τιμή ίση με 3.02.

Για την προτεινόμενη κατάσταση στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου, δηλαδή την κατάσταση μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων παρεμβάσεων, προέκυψαν τα εξής:

- Η μέση μέγιστη θερινή θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ύψος 1.80 μείναι ίση με 30.47 °C.
- Το τυπικό ημερήσιο άθροισμα βαθμοωρών βάσης 26 °C διαμορφώνεται στην τιμή των 221.94.
- Η μέση μέγιστη επιφανειακή θερμοκρασία για τη θερινή περίοδο ισούται με 33.24 °C.

- Ο μέσος δείκτης θερμικής άνεσης CP, για το χρονικό διάστημα από τις 10:00 το πρωί έως τις 18:00 το απόγευμα, έχει τιμή ίση με 3.60.

Σημειώνεται ότι για τον υπολογισμό του τυπικού ημερήσιου αθροίσματος βαθμοωρών βάσης 26 °C, έγινε χρήση της τυπικής θερινής θερμοκρασίας, ενώ για τα υπόλοιπα αποτελέσματα ελήφθη υπόψη η μέση μέγιστη θερμοκρασία αέρα.

Από τα παραπάνω και όπως εποπτικά φαίνεται στον πίνακα 6.1, οι τιμές των βασικών βιοκλιματικών δεικτών στην προτεινόμενη κατάσταση καλύπτουν τις προδιαγραφές της πρόσκλησης. Ειδικότερα:

- ✓ Η διαφορά μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και πρότασης, για τη μέση μέγιστη θερινή θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ύψος 1.80 m από το έδαφος, είναι ίση με 1.57 °C, οριακά μεγαλύτερη από την απαιτούμενη τιμή της πρόσκλησης του ΕΠΠΕΡΑΑ (1.50 °C).
- ✓ Η διαφορά μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και πρότασης, για τη μέση χωρική μέγιστη θερμοκρασία επιφανείας για τη θερινή περίοδο, είναι ίση με 9.05 °C, κατά πολύ μεγαλύτερη από την τιμή των 5 °C της πρόσκλησης.
- ✓ Η διαφορά μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και πρότασης, για το τυπικό ημερήσιο άθροισμα βαθμοωρών βάσης 26 °C, διαμορφώνεται στα επίπεδα του 22.80 %, τιμή μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του 20 % της πρόσκλησης.
- ✓ Η διαφορά μεταξύ υφιστάμενης κατάστασης και πρότασης, για το μέσο δείκτη θερμικής άνεσης CP για το χρονικό διάστημα από τις 10:00 το πρωί έως τις 18:00 το απόγευμα, είναι ίση με 0.58 ή 19.21 %, τιμή σημαντικά μεγαλύτερη από την τιμή του 15 % της πρόσκλησης.

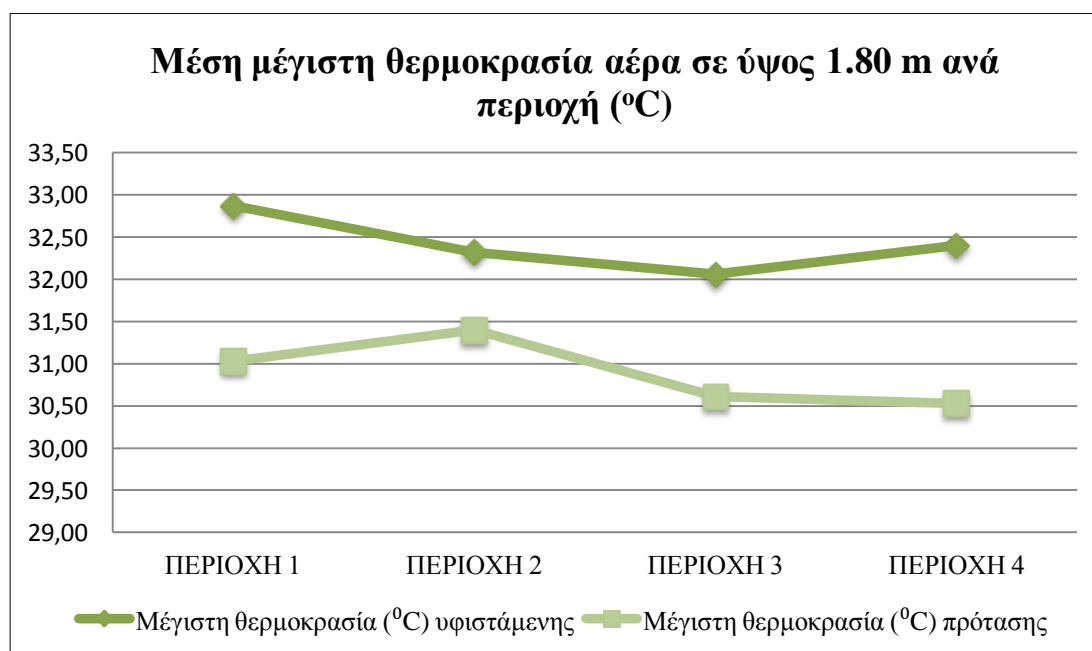
**Πίνακας 6.1:** Τιμές των βασικών βιοκλιματικών δεικτών στην υφιστάμενη και στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Προσωπική εργασία].

Βιοκλιματικοί δείκτες	Υφιστάμενη	Πρόταση	Διαφορά
Μέση μέγιστη θερινή θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ύψος 1.80 m	32.04 °C	30.47 °C	-1,57 °C
Τυπικό ημερήσιο άθροισμα βαθμοωρών βάσης 26 °C	287.49	221.94	-22.80 %
Μέση χωρική μέγιστη θερμοκρασία επιφανείας για τη θερινή περίοδο	42.29 °C	33.24 °C	-9.05 °C
Μέσος δείκτης θερμικής άνεσης CP από τις 10:00 ως τις 18:00	3.02	3.60	+19.21 %

Όλα τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα, προέκυψαν ως σταθμισμένοι μέσοι όροι των αποτελεσμάτων που λήφθηκαν για κάθε μία από τις 4 εξεταζόμενες περιοχές (Α, Β, Γ και Δ). Οι μέσοι όροι είναι ανηγμένοι στην έκταση της κάθε περιοχής. Όσον αφορά τη μέση μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ύψος 1.80 m, αυτή υπολογίζεται ως ο σταθμισμένος μέσος των θερμοκρασιών περιβάλλοντος για κάθε περιοχή και σε ύψος 1.80 m από τη στάθμη που αυτή βρίσκεται. Οι δείκτες αυτοί παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα ανά περιοχή παρέμβασης.

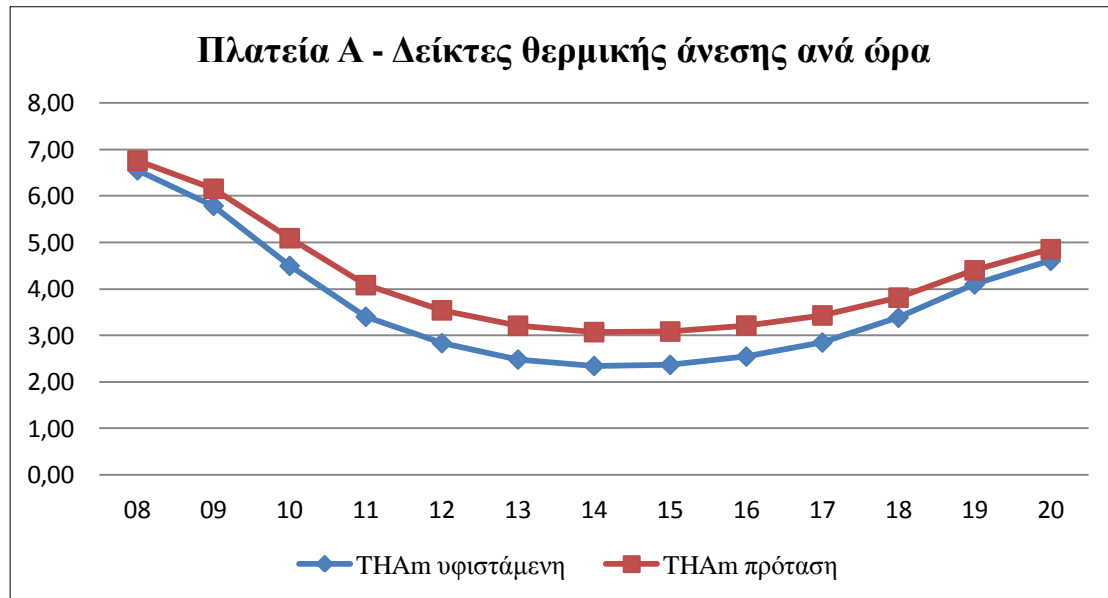
**Πίνακας 6.2:** Σταθμισμένοι μέσοι όροι της τιμής της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τις 4 περιοχές των Πλατειών Κέντρου και μέση μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ύψος 1.80 m, ως ο μέσος όρος των μέσων τιμών θερμοκρασίας των 4 περιοχών, σε ύψος 1.80 m από τη στάθμη που βρίσκεται η κάθε μία [Πηγή: Προσωπική εργασία].

Μέση μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ύψος 1.80 m (°C)		
Πλατεία	Υφιστάμενη	Πρόταση
A	32.25	30.66
B	31.87	30.38
Γ	31.79	30.44
Δ	32.03	30.32
<b>Μέσος όρος</b>	<b>32.04</b>	<b>30.47</b>

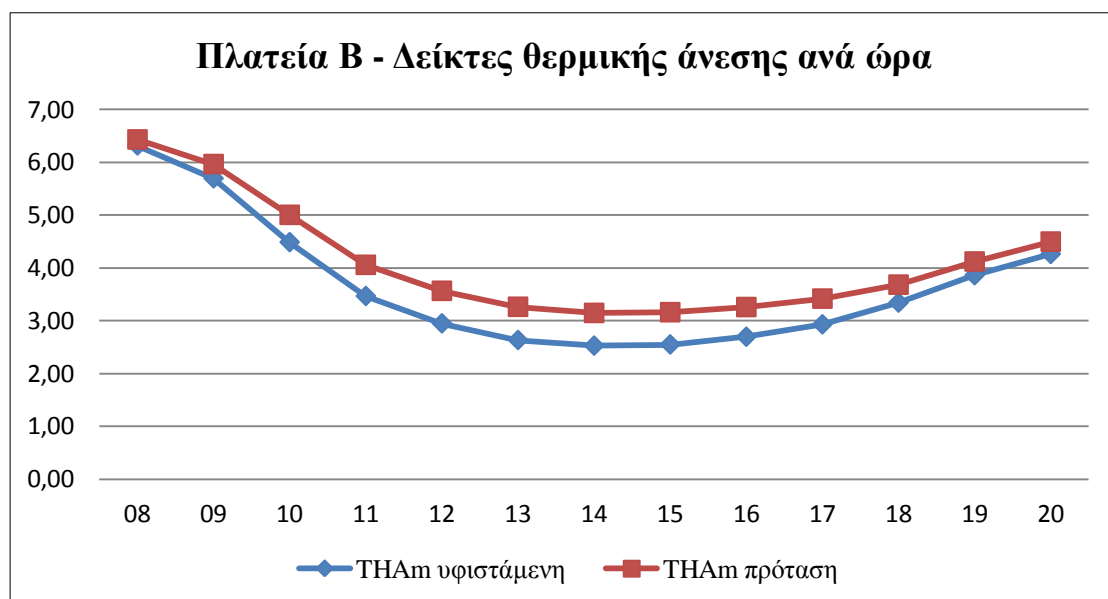


**Σχήμα 6.1:** Μέση μέγιστη θερμοκρασία αέρα σε ύψος 1.80 m, για τις 4 περιοχές παρέμβασης των Πλατειών Κέντρου, για την υφιστάμενη και την προτεινόμενη κατάσταση. Οι Πλατείες Α, Β, Γ και Δ αναγράφονται ως περιοχές 1, 2, 3 και 4 αντίστοιχα [Πηγή: Προσωπική εργασία].

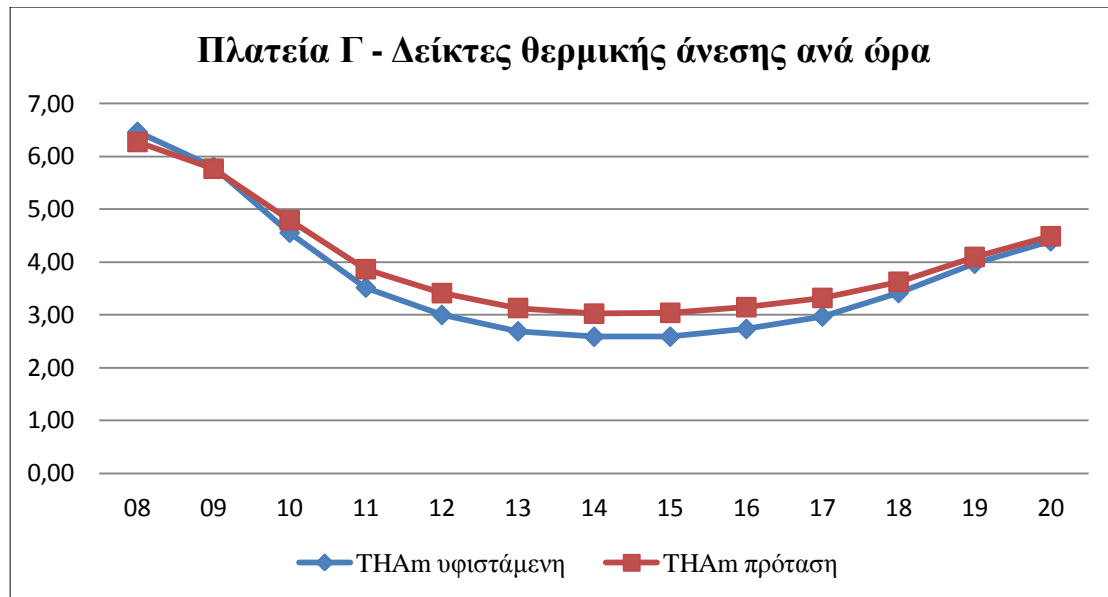
Στη συνέχεια, παρουσιάζεται μια σειρά από διαγράμματα τα οποία απεικονίζουν το δείκτη θερμικής άνεσης για την υφιστάμενη και την προτεινόμενη κατάσταση. Στα διαγράμματα αυτά χρησιμοποιήθηκαν τιμές του δείκτη CP για το χρονικό διάστημα από τις 08:00 το πρωί έως τις 20:00 το απόγευμα. Η επιλογή αυτή βασίζεται στο δεδομένο ότι σε αυτό το χρονικό διάστημα υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου.



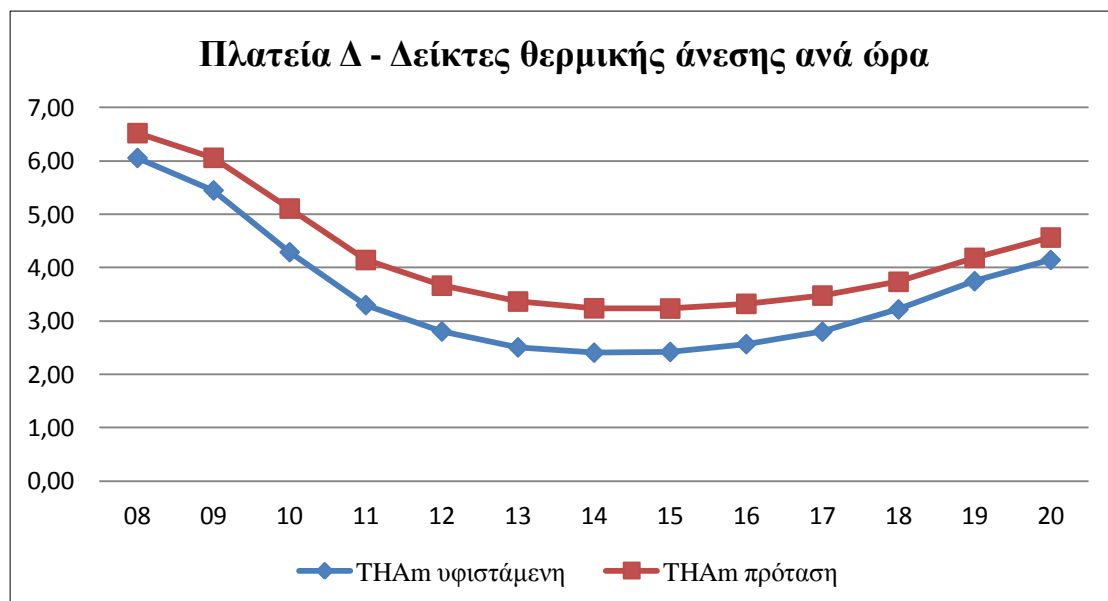
**Σχήμα 6.2:** Δείκτης θερμικής άνεσης στην Πλατεία Α, για την υφιστάμενη και την προτεινόμενη κατάσταση, στο χρονικό διάστημα από τις 08:00 το πρωί έως τις 20:00 το απόγευμα [Πηγή: Προσωπική εργασία].



**Σχήμα 6.3:** Δείκτης θερμικής άνεσης στην Πλατεία Β, για την υφιστάμενη και την προτεινόμενη κατάσταση, στο χρονικό διάστημα από τις 08:00 το πρωί έως τις 20:00 το απόγευμα [Πηγή: Προσωπική εργασία].



**Σχήμα 6.4:** Δείκτης θερμικής άνεσης στην Πλατεία Γ, για την υφιστάμενη και την προτεινόμενη κατάσταση, στο χρονικό διάστημα από τις 08:00 το πρωί έως τις 20:00 το απόγευμα [Πηγή: Προσωπική εργασία].



**Σχήμα 6.5:** Δείκτης θερμικής άνεσης στην Πλατεία Δ, για την υφιστάμενη και την προτεινόμενη κατάσταση, στο χρονικό διάστημα από τις 08:00 το πρωί έως τις 20:00 το απόγευμα [Πηγή: Προσωπική εργασία].

Τέλος, αξίζει να παρουσιαστούν κάποια στοιχεία σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας και την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Εάν υποθέσουμε ότι ένα κτίριο αναφοράς ψύχεται μέσω ηλεκτρικών κλιματιστικών μονάδων (split-unit), τότε όταν η εσωτερική του θερμοκρασία ξεπερνά τους 26 °C, η μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας περιβάλλοντος κατά 1.53 °C επιφέρει εξοικονόμηση ενέργειας κατά



25.33 %. Συνεπώς, εάν υποθεθεί ότι το τυπικό ψυκτικό φορτίο κτιρίου γραφείων ισούται με 25 kWh/m<sup>2</sup>, τότε προκύπτει εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας της τάξης των 6.33 kWh/m<sup>2</sup>, δηλαδή 18.36 kWh/m<sup>2</sup> πρωτογενούς ενέργειας, εφόσον πρόκειται για ηλεκτρικές κλιματιστικές μονάδες.

Τέλος, ένα ποσοστό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας της τάξης του 25.33 % επιφέρει ένα ανάλογο ποσοστό μείωσης της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Έτσι, μια μείωση στην κατανάλωση πρωτογενούς ηλεκτρικής ενέργειας της τάξης των 18.36 kWh/m<sup>2</sup>/έτος, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση εκπομπής CO<sub>2</sub> κατά 18.16 kg/m<sup>2</sup>/έτος.

### 6.3 Συμπεράσματα

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η παρουσίαση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού στους ανοιχτούς αστικούς χώρους, καθώς και η αναλυτική παρουσίαση του πακέτου υπολογιστικής ρευστομηχανικής ENVI-met. Το παραπάνω λογισμικό χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης και την αξιολόγηση της πρότασης για την ανάπλαση της περιοχής των Πλατειών Κέντρου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, που υποβλήθηκε από την τεχνική υπηρεσία του Ε.Μ.Π. Στις προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκαν πραγματικά κλιματολογικά στοιχεία και τα αποτελέσματά τους αξιολογήθηκαν με σκοπό τον έλεγχο της αξιοπιστίας και της ακρίβειας του προγράμματος.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, τα οποία ύστερα από κατάλληλη επεξεργασία εισήχθησαν στις μαθηματικές προσομοιώσεις με το λογισμικό ENVI-met. Επίσης αξιοποιήθηκε το πλούσιο υλικό της Τεχνική Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π., με τη χρήση τοπογραφικών διαγραμμάτων της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, παλαιότερων καταγραφών της βλάστησης και των υλικών κάλυψης των επιφανειών στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου και την αξιοποίηση κατόψεων και τομών των κτιρίων που περιβάλλουν την περιοχή ενδιαφέροντος, ώστε να δημιουργηθεί ένα μοντέλο με μεγάλη ακρίβεια.

Αναφέρεται, ακόμη, ότι η δημιουργία του μοντέλου αυτού ήταν αρκετά επίπονη, καθώς οι Πλατείες Κέντρου συνιστούν μια περιοχή ιδιαίτερα πολύπλοκης γεωμετρίας, λόγω της πολυεπίπεδης διαμόρφωσής τους. Τα κτίρια που συμπεριελήφθησαν στο μοντέλο είναι αυτά τα οποία εκτιμήθηκε ότι επηρεάζουν το πεδίο ροής του ανέμου και, κατ' επέκταση, το μικροκλίμα στην περιοχή των πλατειών. Δόθηκε έμφαση στο ρόλο του πεδίου ροής του ανέμου στη διαμόρφωση του μικροκλίματος της περιοχής και ακριβώς για αυτόν το λόγο, σε συνδυασμό με τις περιορισμένες δυνατότητες του λογισμικού, το ανάγλυφο της περιοχής προσομοιώθηκε επίσης ως κτίριο, τα διάφορα υψόμετρα του οποίου είχαν ως αναφορά την Πλατεία Α.

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 4 προσομοιώσεις. Οι δύο πρώτες αφορούσαν στην υφιστάμενη κατάσταση για τη θερμότερη θερινή ημέρα και την τυπική θερινή ημέρα αντίστοιχα, ενώ οι υπόλοιπες 2 αφορούσαν στην προτεινόμενη κατάσταση, ομοίως

για τη θερμότερη θερινή και την τυπική θερινή ημέρα. Σημειώνεται εδώ, ότι οι 4 παραπάνω προσομοιώσεις είναι αυτές που αναλύονται στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας και πως στην πραγματικότητα πραγματοποιήθηκαν πολλές περισσότερες, σε μια προσπάθεια συγκερασμού αποτελεσμάτων ικανοποιητικής ακρίβειας και υπολογιστικού χρόνου σε ανεκτά επίπεδα.

Από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων με το λογισμικό ENVI-met, αλλά και συνολικά από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε για το βιοκλιματικό σχεδιασμό υπαίθριων αστικών χώρων, προέκυψαν πολλά και χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- Με τη χρήση υψηλής ευκρίνειας μαθηματικών μοντέλων, επιτυγχάνεται η μελέτη του μικροκλίματος σε ανοιχτούς αστικούς χώρους και του τρόπου με τον οποίο επιδρούν σε αυτό η αστική μορφολογία, η βλάστηση και τα υλικά των επιφανειών. Επιπλέον, τα μοντέλα αυτά αποτελούν σημαντικό εργαλείο για την αξιολόγηση προτάσεων βιοκλιματικής ανάπλασης προβληματικών περιοχών και μπορούν να συμβάλλουν στην αποφυγή λαθών που γινόντουσαν κατά το παρελθόν. Έτσι, μέσω κατάλληλων παρεμβάσεων ή μέσω ενός εξαρχής σωστού σχεδιασμού, μπορούν να βελτιωθούν οι συνθήκες διαβίωσης των κατοίκων των αστικών κέντρων, οι πόλεις να καταστούν λιγότερο ενεργοβόρες και το φυσικό περιβάλλον να διαταράσσεται όσο το δυνατόν λιγότερο.
- Η αξιοπιστία και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων με το λογισμικό ENVI-met κρίθηκαν ικανοποιητικές και συνιστάται η χρήση του για τη μελέτη και την πρόβλεψη του μικροκλίματος των υπαίθριων αστικών χώρων. Αυτό θα πρέπει να συνοδεύεται από μετρήσεις κοντινών μετεωρολογικών σταθμών ή, όταν αυτό καθίσταται δυνατό, από επί τόπου μετρήσεις για αύξηση της ακρίβειας των δεδομένων που εισάγονται στην εκάστοτε προσομοίωση. Έτσι, τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων θα μπορούν να συγκρίνονται με τις πραγματικές συνθήκες της εκάστοτε περιοχής μελέτης.
- Η πρόταση βιοκλιματικής ανάπλασης των Πλατειών Κέντρου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου κρίθηκε αποτελεσματική, σύμφωνα με τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από τις προσομοιώσεις και σε σχέση με τις απαιτήσεις της προκήρυξης του ΕΠΠΕΡΑΑ. Η πρόταση αυτή περιελάμβανε την αντικατάσταση υλικών επιφανειών (κυρίως σκυρόδεμα) με ψυχρά υλικά υψηλού δείκτη ανακλαστικότητας (albedo), τη δημιουργία νέων θέσεων φύτευσης και τον εμπλουτισμό της υπάρχουσας βλάστησης στην περιοχή των πλατειών και την εγκατάσταση φυτεμένων σκέπαστρων (πέργκολες) σε μεγάλο ποσοστό της επιφάνειας των πλατειών. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων, η πρόταση της Τεχνικής Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π. θα επιφέρει:
  - Μείωση της μέσης μέγιστης θερινής θερμοκρασίας περιβάλλοντος σε ύψος 1.80 m από το έδαφος ίση με 1.57 °C, η οποία είναι οριακά

μεγαλύτερη από την απαιτούμενη τιμή της πρόσκλησης του ΕΠΠΕΡΑΑ (1.50 °C).

- Μείωση της μέσης χωρικής μέγιστης θερμοκρασίας επιφανείας για τη θερινή περίοδο ίση με 9.05 °C, που είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την τιμή των 5 °C της πρόσκλησης.
  - Μείωση του τυπικού ημερήσιου αθροίσματος βαθμοωρών βάσης 26 °C, η οποία διαμορφώνεται στα επίπεδα του 22.80 %, τιμή μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του 20 % της πρόσκλησης.
  - Αύξηση του μέσου δείκτη θερμικής άνεσης CP για το χρονικό διάστημα από τις 10:00 το πρωί έως τις 18:00 το απόγευμα ίση με 0.58 ή 19.21 %, τιμή σημαντικά μεγαλύτερη από την τιμή του 15 % της πρόσκλησης.
- Οι μικροκλιματικές συνθήκες γύρω από τα κτίρια, στους δρόμους και στους ελεύθερους χώρους βρίσκονται σε άμεση συνάρτηση με την άνεση των κατοίκων μιας αστικής περιοχής και των ατόμων που δραστηριοποιούνται σε αυτήν. Αυτές, σε μεγάλο βαθμό, μπορούν να ελεγχθούν και να τροποποιηθούν με κατάλληλο σχεδιασμό, δηλαδή 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 τροποποιηθούν ευνοϊκά με σωστές επιλογές κατά τον αρχικό σχεδιασμό των διάφορων αστικών χώρων ή με σωστές παρεμβάσεις σε υφιστάμενους χώρους, δηλαδή με ανασχεδιασμό και αναπλάσεις. Ο σχεδιασμός και οι παρεμβάσεις αφορούν σε μια σειρά από ζητήματα όπως :
- Η επιλογή ευνοϊκής τοποθεσίας με κατάλληλη τοπογραφική διαμόρφωση για την ανάπτυξη μιας περιοχής.
  - Η ρύθμιση της πυκνότητας δόμησης.
  - Τα κατάλληλα μεγέθη και η χωροθέτηση των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων.
  - Ο προσανατολισμός και το μέγεθος των οδών.
  - Ο σχεδιασμός και η διάρθρωση των χώρων πρασίνου.
- Η επίτευξη της θερμικής άνεσης στον αστικό χώρο, αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι του σχεδιασμού σύγχρονων και βιώσιμων αστικών κέντρων. Η προσέγγιση που εξετάζει μόνο την ανθρώπινη φυσιολογία είναι ανεπαρκής για να χαρακτηρίσει τις εξωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης, με το θέμα της προσαρμοστικότητας να γίνεται ολοένα και πιο σημαντικό. Επιπλέον, η άνεση εντός του ιστού των πόλεων επηρεάζεται και από μια σειρά άλλων παραμέτρων. Έτσι, θέματα προς συνεχή διερεύνηση είναι η διαμόρφωση κατάλληλων συνθηκών ανέμου στους ανοιχτούς αστικούς χώρους και στους δρόμους όπως και η δημιουργία ενός άνετου ακουστικού

περιβάλλοντος. Τέλος, το ζήτημα της οπτικής άνεσης και της αισθητικής των χώρων αποτελεί σημαντικό κομμάτι ενός άρτιου σχεδιασμού.

- Ο ρόλος των χώρων πρασίνου και της βλάστησης στη βελτίωση του μικροκλίματος και των συνθηκών άνεσης στα αστικά κέντρα είναι καταλυτικός και πολύπλευρος. Θα πρέπει να λαμβάνονται απαραίτητως υπόψη κατά το σχεδιασμό, την επέκταση ή/και την ανάπλαση των ανοιχτών αστικών χώρων διότι, πέραν του αισθητικού αποτελέσματος, η απουσία τους μέσα στον αστικό ιστό έχει ως αποτέλεσμα τη διαμόρφωση ενός διαφορετικού θερμικού ισοζυγίου από εκείνο στο ύπαιθρο και την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, ένα φαινόμενο που είναι ευρέως γνωστό με τον όρο αστική θερμική νησίδα.

## 6.4 Προτάσεις

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της υλοποίησης της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας, έδωσε ενθαρρυντικά αποτελέσματα και οδήγησε σε χρήσιμα συμπεράσματα. Μελετήθηκε ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των αστικών κέντρων, η συνθήκες άνεσης των κατοίκων σε αυτά και η προσομοίωση του μικροκλίματος με το λογισμικό ENVI-met. Βεβαίως, τα θέματα αυτά βρίσκονται υπό συνεχή διερεύνηση και ανάπτυξη, συμβαδίζοντας με την τεχνολογική εξέλιξη και τη συσσώρευση εμπειρίας. Για τους παραπάνω λόγους και λαμβανομένης υπόψη της αναγκαιότητας για στροφή στην πράσινη ανάπτυξη και στην προστασία του πλανήτη μας, στη συνέχεια προτείνεται μία σειρά από θέματα για περαιτέρω διερεύνηση.

- Το λογισμικό ENVI-met, μέσα από ένα σχετικά μεγάλο αριθμό προσομοιώσεων και έπειτα από την αξιολόγηση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων και τη σύγκρισή τους με κλιματικά δεδομένα αξιόπιστων πηγών (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ε.Μ.Υ), κρίθηκε ως ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο για την πραγματοποίηση βιοκλιματικών μελετών. Ένα ακόμη πλεονέκτημά του είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρέως, πέρα από ερευνητές, σε αρχιτεκτονικά γραφεία και από μηχανικούς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το συγκεκριμένο μοντέλο είναι αρκετά απλό σε σχέση με άλλα αντίστοιχα μοντέλα υπολογιστικής ρευστοδυναμικής. Επιπλέον, μετά από κάθε προσομοίωση ο χρήστης έχει στη διάθεσή του μία πληθώρα από δεδομένα για την περιοχή μελέτης, τα οποία εύκολα μπορεί να οπτικοποιήσει και να βγάλει γρήγορα συμπεράσματα. Για τους παραπάνω λόγους προτείνεται η χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού για μελλοντικές μελέτες βιοκλιματικών αναπλάσεων αλλά και για το σχεδιασμό νέων χώρων.
- Για τον προσδιορισμό σφαλμάτων και ανακρίβειών του λογισμικού, προτείνεται η πραγματοποίηση προσομοιώσεων που αφορούν σε περιοχές με σχετικά απλή γεωμετρία (έτσι ώστε να αποφεύγονται προβλήματα σύγκλισης και «παράδοξα» αποτελέσματα) και εν συνεχεία η σύγκριση των εξαγόμενων αποτελεσμάτων με επιτόπιες μετρήσεις.

- Το λογισμικό δίδει στοιχεία τα οποία αφορούν στους πολύ διαδεδομένους δείκτες θερμικής άνεσης P.M.V. και P.P.D. Θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον οι τιμές που προσδιορίζονται μέσω των προσομοιώσεων, στη συνέχεια να συγκριθούν με τις τιμές που προκύπτουν από τις απαντήσεις πεζών, μέσα από τη διαδικασία του ερωτηματολογίου και την προσωπική αίσθηση θερμικής άνεσης.
- Για τη μελέτη της επίδρασης που ασκεί η γεωμετρία, ο προσανατολισμός, η τοπογραφική διαμόρφωση, τα υλικά των επιφανειών, η βλάστηση κ.λπ., προτείνεται η παραμετρική ανάλυση διάφορων αστικών υπαίθριων χώρων για την εξαγωγή χρήσιμων, ποσοτικοποιημένων συμπερασμάτων. Επιπλέον, μπορούν να μελετηθούν και συγκεκριμένα, πάγια προβλήματα που δημιουργεί η σύγχρονη δόμηση όπως, για παράδειγμα, αυτό της αστικής χαράδρας και να αναζητηθούν εναλλακτικές λύσεις.
- Το λογισμικό διαθέτει βάσεις δεδομένων που αφορούν στη βλάστηση, στα υλικά των επιφανειών και στο έδαφος και τη σύστασή του. Θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο, αυτές να εμπλουτιστούν με περισσότερα είδη φυτών και υλικά. Βέβαια, η προσπάθεια αυτή θα πρέπει να γίνει με τη βοήθεια ειδικών βοτανολόγων, γεωπόνων, γεωλόγων, φυσικών και σχετικών επιστημόνων, ώστε να αποδοθούν οι σωστές ιδιότητες στα υλικά και τα πραγματικά χαρακτηριστικά στα φυτά.
- Ένα χαρακτηριστικό του ENVI-met είναι ότι ο χρήστης δεν έχει τη δυνατότητα να παρεμβαίνει στον κώδικα του λογισμικού. Γνωρίζει τις εξισώσεις ρευστομηχανικής που χρησιμοποιούνται, όμως δεν του επιτρέπεται να κάνει τροποποιήσεις ή επεκτάσεις. Δεδομένων των δυνατοτήτων του E.M.P. σε υπολογιστική δύναμη και επιστημονικό δυναμικό προτείνεται, σε συνεργασία και με τη σύμφωνη γνώμη του δημιουργού του, η περαιτέρω ανάπτυξη και βελτίωση του συγκεκριμένου λογισμικού, ενδεχομένως στο πλαίσιο μιας διδακτορικής διατριβής.
- Τέλος, προτείνεται η περεταίρω διερεύνηση και μελέτη του μικροκλίματος των Πλατειών Κέντρου στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, δεδομένης της σπουδαιότητας του χώρου. Προτείνεται η παραμετρική ανάλυση για διαφορετικές προτεινόμενες παρεμβάσεις στην υφιστάμενη κατάσταση, καθώς και η μελέτη των μικροκλιματικών συνθηκών σε διαφορετικές εποχές του χρόνου.





## Βιβλιογραφία

1. Αραβαντινός, Α. (1997). Πολεοδομικός σχεδιασμός για μια βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού χώρου, **Εκδόσεις Συμμετρία**, Αθήνα.
2. Γιάννας, Σ. (2001). Βιοκλιματικές αρχές πολεοδομικού σχεδιασμού. **Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Ανοικτών Χώρων, τόμος Α**.
3. Θεοχάρη, Χ. (2002). Η επίδραση των χώρων πρασίνου στο μικροκλίμα και τον οργανισμό.
4. Καφανάκη, Ε. (2005). Η συμβολή των αστικών κενών στη βελτίωση του αστικού περιβάλλοντος και μικροκλίματος. Η περίπτωση της περιοχής του Ψυρρή.
5. Μπαρμπόπουλος, Ν., Μηλάκης, Δ. και Βλαστός, Θ. (2005). Αναζητώντας τη μορφή της βιώσιμης πόλης: Κριτική προσέγγιση του συμπαγούς πολεοδομικού μοντέλου. **Αειχώρος, τόμος 4, τεύχος 1**, σελίδες 20-45.
6. Νικολοπούλου, Μ. (2004). Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με Βιοκλιματικά Κριτήρια. **Design Guidelines, RUROS: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces, Κ.Α.Π.Ε.**
7. Πολυχρονόπουλος, Δ. Δυνατότητες μορφοποίησης του αστικού μικροκλίματος μέσα από τη διαδικασία του πολεοδομικού σχεδιασμού. **Τεύχος σημειώσεων του μαθήματος «Αστικός Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός», Ε.Μ.Π.**
8. Σανταμούρης, Μ. κ.α. (2000). Οικολογική Δόμηση. **Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα. (Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Διεύθυνση Οικιστικής Πολιτικής και Κατοικίας).**
9. Τζώρτζη, Ν. και Σαρίκου, Σ. (2006). Ενοποίηση και σχεδιασμός μικρών αστικών χώρων με βιοκλιματικές συνθήκες.
10. Χριστοφιλοπούλου, Δ. (1990). Αστικός και χωροταξικός σχεδιασμός- Προγραμματισμός, **Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.**
11. ASHRAE Standard 55 (1981). Thermal environmental conditions for human occupancy (**American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, USA**).
12. Bjerregaard, E. and Nielsen, F. (1981). Wind Environment around buildings, **Danish Buildings Research Institute.**
13. Bruse, M. (2005). Particle filtering capacity of urban vegetation: A microscale numerical approach.
14. Bruse, M. (2009). Analyzing human outdoor Thermal Comfort and Open Space Usage with the Multi-Agent System BOT-world, **Johannes Gutenberg Universität, Mainz, Germany.**
15. Bruse, M. and Fleer, H. (1998). Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model.
16. Bruse, M. and Skinner, C. J. Rooftop Greening and Local Climate: A case study in Melbourne, **University of Bochum, Institute for Geography, Germany & Bureau of Meteorology, Melbourne.**
17. Bryan, H. and Stuebing, S. (1986). Natural light as an urban amenity, **Lighting Design and Application, June.**

18. Carmona, M. et al. (2003). Public Places – Urban Spaces, **Architectural Press.**
19. Davenport, A.G. (1972). An approach to human comfort criteria for environmental wind condition, **Swedish National Building Research Institute, Stockholm.**
20. Egan, M.D. (1988). Architectural Acoustics, **McGraw-Hill, New York.**
21. Gaitani, N., Mihalakou, G. and Santamouris, M. (2007). On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces. **Building and Environment, Volume 42, Issue 1, January 2007,** Pages 317-324.
22. Givoni, B. (1976). Man, Climate and Architecture, **Applied Science Publishers, London.**
23. Givoni, B. (1998). Climate Considerations in Building and Urban Design, **Van Nostrand Reinhold, New York.**
24. Golany, G. S. (1992). Urban design morphology and thermal performance. **Atmospheric Environment, Volume 30, Issue 3, February 1996,** Pages 455-465.
25. Huttner, S. and Bruse, M. Numerical Modeling of the urban climate - A preview on ENVI-met 4.0, **Johannes Gutenberg Universität, Mainz, Germany.**
26. Huttner, S., Bruse, M. and Dostal, P. Using ENVI-met to simulate the impact of global warming on the microclimate in central European cities, **Geographisches Institut (Environmental Modeling Group), Johannes Gutenberg University of Mainz, Germany.**
27. ISO 7730 (1994). Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort, **International Standards Organization, Geneva.**
28. Katschner, L., Bosch, U. and Röttgen, M. (2002). Behaviour of people in open spaces in dependency of thermal comfort conditions, **In Design with the Environment, Proceedings of the 19th International Conference PLEA (Passive and Low Energy Architecture), Toulouse-France, 22nd - 24th July 2002.**
29. Lozano, E.E. (1974). Visual needs in the urban environment, **Town Planning Review.**
30. Mayer, H. and Matzarakis, A. (1998). Human-biometeorological assessment of urban microclimate's thermal component. **Proc. Of the second Japanese - German meeting "Klimaanalyse in der Stadtplanung" - Toward Reconstruction in Kobe - Report of research center for urban safety and security, Kobe University. Special Report Nr. 1,** Pages 109-122.
31. Nikolopoulou, M. and Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. **Energy and Buildings, Volume 35, Issue 1, January 2003,** Pages 95-101.
32. Nikolopoulou, M., Baker, N. and Steemers, K. (1999). Thermal comfort in urban spaces: Different forms of adaptation, **The Cities of Tomorrow, Barcelona.**
33. Nikolopoulou, M., Baker, N. and Steemers, K. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the human parameter. **Solar Energy, Volume 70, Issue 3,** 2001, Pages 227-235.
34. Penwarden, A.D. and Wise, A.F.E. (1975). Wind environment around buildings, **Department of the Environment BRE, London.**

35. Proshansky, H.M. (1976). Environmental Psychology: People and their physical settings, **Holt R. and W., New York.**
36. Santamouris, M., Asimakopoulos, D. N., Asimakopoulos, V. D. and Chrisomallidou, N. (2001). Energy and Climate in the Urban Built Environment.
37. Sarikou, S. and Dunnett, N. (2005). Encouraging Nature in Urban Public Parks: An evaluation of the results of the ecological approach of 70's, in UK's Urban Nature Parks, **WSEAS, IASME, June 2005.**
38. Thorsson, S., Honjo, T., Lindberg, F. et al. (2004). Thermal comfort conditions and patterns of behaviour in outdoor urban spaces in Tokyo, Japan.
39. <http://www.unfpa.org/public/> (2010)
40. <http://athens9.blogspot.com> (2012)
41. <http://www.begmicroclima.it/documenti/microcl.htm> (2012)
42. <http://www.cres.gr> (2010)
43. <http://www.envi-met.com/> (2011)
44. <http://www.hnms.gr/hnms/greek/index.html> (2012)
45. <http://www.ktimatologio.gr/ktima/> (2012)
46. <http://www.meteo.gr/> (2012)
47. <http://www.minenv.gr> (2010)
48. <http://www.noa.gr/> (2012)

## Ευρετήριο πινάκων

<b>Πίνακας 1.1:</b> Δείκτης PMV, PET, ανθρώπινη αίσθηση θερμικού περιβάλλοντος και θερμικό στρες. Εσωτερική παραγωγή θερμότητας: 80 W, αντίσταση μεταφοράς θερμότητας λόγω ρουχισμού: 0,9 clo (Σύμφωνα με Fanger, 1972, Jendritzky et al., 1979 και Ματζαράκη, Mayer, 1996) [Πηγή: Mayer, H. and Matzarakis, A. (1998). Human-biometeorological assessment of urban microclimate's thermal component].....	22
<b>Πίνακας 1.2:</b> Εμβαδόν επιφάνειας πρασίνου ανά κάτοικο σε διάφορα αστικά κέντρα [Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ)].....	31
<b>Πίνακας 1.3:</b> Γεωστροφικό ύψος και τραχύτητα του εδάφους για 3 διαφορετικές περιοχές. Ο ελεύθερος, ανεμπόδιστος άνεμος πάνω από την επιφάνεια της γης ονομάζεται γεωστροφικός. Το γεωστροφικό ύψος ποικίλει, από περίπου 275 m μέχρι περίπου 500 m, ανάλογα με την τραχύτητα α της γης [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....	35
<b>Πίνακας 1.4:</b> Οι κύριες κλιματικές «περιοχές», το προφίλ τους, τα σημαντικότερα προβλήματα, οι βασικές σχεδιαστικές λύσεις και οι προτιμώμενες αστικές δομές [Πηγή: Golany, G. S. (1992). Urban design morphology and thermal performance].....	50
<b>Πίνακας 1.5:</b> Κατάταξη υλικών επίστρωσης επιφανειών σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την ανακλαστικότητα τους [Πηγή: Προσωπική εργασία].....	60
<b>Πίνακας 4.1:</b> Κλιματικά δεδομένα για την Αθήνα σύμφωνα με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών [Πηγή: <a href="http://www.meteo.gr">www.meteo.gr</a> (2012)].....	132
<b>Πίνακας 4.2:</b> Είδη χλωρίδας στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου [Πηγή: Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π. Επιμέλεια: Παπουτσής Δημήτρης].....	139
<b>Πίνακας 4.3:</b> Προσδιορισμός της μέσης θερμότερης ημέρας και των αντίστοιχων μέσων τιμών της σχετικής υγρασίας και της ταχύτητας ανέμου [Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών].....	142
<b>Πίνακας 4.4:</b> Μέση θερινή τυπική ημέρα [Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών].....	143
<b>Πίνακας 4.5:</b> Επιμέρους παράμετροι για τη μέση θερμότερη ημέρα και τη μέση τυπική θερινή ημέρα [Πηγή: Προσωπική εργασία].....	145
<b>Πίνακας 4.6:</b> Γενικευμένη κλίμακα του Δείκτη Ισχύος Αποψύξεως CP [Πηγή: Προσωπική εργασία].....	146
<b>Πίνακας 6.1:</b> Τιμές των βασικών βιοκλιματικών δεικτών στην υφιστάμενη και στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Προσωπική εργασία].....	170

**Πίνακας 6.2:** Σταθμισμένοι μέσοι όροι της τιμής της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τις 4 περιοχές των Πλατειών Κέντρου και μέση μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος σε ύψος 1.80 m, ως ο μέσος όρος των μέσων τιμών θερμοκρασίας των 4 περιοχών, σε ύψος 1.80 m από τη στάθμη που βρίσκεται η κάθε μία [Πηγή: Προσωπική εργασία].....171



## Ευρετήριο σχημάτων

- Σχήμα 1.1:** Διαφορετική χρήση χώρου σε διαφορετικές μικροκλιματικές συνθήκες, επάνω καλοκαίρι-ημέρα, κάτω καλοκαίρι-βράδυ [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....19
- Σχήμα 1.2:** Θεωρητικός δείκτης PPD σε συνάρτηση με το δείκτη PMV [Πηγή: <http://www.begmicroclima.it/documenti/microcl.htm> (2012)].....22
- Σχήμα 1.3:** Τα φυλλοβόλα δέντρα προσφέρουν σκίαση το καλοκαίρι και επιτρέπουν τον ηλιασμό το χειμώνα [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....24
- Σχήμα 1.4:** Δέντρα με πυκνά φυλλώματα μπορούν να λειτουργήσουν ως ανεμοφράγματα όταν τοποθετούνται στην πλευρά του επικρατούντος ανέμου [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....25
- Σχήμα 1.5:** Προστασία κτιρίων από τον άνεμο μέσω της βλάστησης [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....25
- Σχήμα 1.6:** Δεντροφύτευση κατά μήκος οδού για τη μείωση του θορύβου κυκλοφορίας [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....27
- Σχήμα 1.7:** Χώροι πρασίνου στο κέντρο της Αθήνας [Πηγή: <http://athens9.blogspot.com> (2012)].....28
- Σχήμα 1.8:** Σύνδεση αστικού-περιαστικού πρασίνου και δημιουργία πράσινου δικτύου [Πηγή: Αραβαντινός, Α. και Κοσμάκη, Π. (1988). Υπαίθριοι χώροι στην πόλη, εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα.].....30
- Σχήμα 1.9:** Τρισδιάστατη απεικόνιση της αστικής δομής [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....32
- Σχήμα 1.10:** Οι κατακόρυφες όψεις που περιβάλλουν ένα δρόμο δημιουργούν μια φυσική χαράδρα στις πόλεις [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].....34
- Σχήμα 1.11:** Αστικό οριακό στρώμα. Είναι ένα φαινόμενο εκτάσεως, τοπικής έως και μέσης κλίμακας, τα χαρακτηριστικά του οποίου εξαρτώνται από αυτά του αστικού ιστού [Πηγή: Αργυρίου, Α. (2006). Στοιχεία Κλιματολογίας Κτιρίων].....35
- Σχήμα 1.12:** Προφίλ ταχύτητας ανέμου για 3 διαφορετικές περιοχές. Η τραχύτητα α είναι μεγαλύτερη σε μια πυκνοδομημένη πόλη με ψηλά κτίρια [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....35
- Σχήμα 1.13:** Υπαίθριοι δημόσιοι χώροι αναψυχής [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].....36

- Σχήμα 1.14:** Ροδόγραμμα ανέμου [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....37
- Σχήμα 1.15:** Ροή ανέμου γύρω από ένα ψηλό και ένα χαμηλό κτίριο [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....38
- Σχήμα 1.16:** Βεράντα στη βάση ψηλού κτιρίου για την προστασία κατά της κατακόρυφης ροής του αέρα [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....39
- Σχήμα 1.17:** Ειδική περίπτωση του φαινομένου του καναλιού (channel effect) – Το φαινόμενο Venturi [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....39
- Σχήμα 1.18:** Οροφή με σκίαστρα νότιου προσανατολισμού τοποθετημένα σε κανονικές αποστάσεις, ώστε να επιτρέπουν την ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα μεταξύ τους εμποδίζοντας την υπερθέρμανση. Η κλίση τους επιτρέπει τη διόδο της ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα, ενώ παρέχει πλήρη σκίαση το καλοκαίρι [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....41
- Σχήμα 1.19:** Χάρτης Σκιάς Ηλιακής Ακτινοβολίας. Σκουρότερες σκιές αντιστοιχούν σε περιοχές όπου επικρατεί σκιά κατά ετήσιο μέσο όρο [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....42
- Σχήμα 1.20:** Χάρτης Ωρών Ηλιασμού. Προκύπτει από το Χάρτη Ηλιακού Σκιασμού και κάθε χρώμα αντιστοιχεί στις μέσες ώρες ηλιοφάνειας που δέχεται κάθε περιοχή [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....42
- Σχήμα 1.21:** Κατανομή ημερήσιας στάθμης φωτισμού σε 2 ανοιχτούς χώρους στο Fribourg της Ελβετίας. Οι μετρήσεις έγιναν για 2 εβδομάδες κάθε εποχή. Ο οριζόντιος άξονας αναφέρεται στα άνω όρια της κατάταξης του φωτισμού (Παρόμοιες μετρήσεις παρατηρήθηκαν και σε άλλες τοποθεσίες στην Ευρώπη) [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....44
- Σχήμα 1.22:** Πλαίσιο για την περιγραφή του ακουστικού τοπίου σε ανοιχτούς δημόσιους αστικούς χώρους [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....46

<b>Σχήμα 1.23:</b> Διαδικασία σχεδιασμού του ακουστικού τοπίου [Πηγή: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.) (2004). Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια].....	47
<b>Σχήμα 1.24:</b> Στα μοντέρνα αστικά κέντρα, μεμονωμένα ψηλά κτίρια εκτρέπουν τη ροή του αέρα σε διαφορετικές διευθύνσεις, συμβάλλοντας στον αερισμό παρακείμενων οδών [Πηγή: Golany, G. S. (1992). Urban design morphology and thermal performance].....	55
<b>Σχήμα 1.25:</b> Ανερχόμενος θερμός αέρας στο κέντρο του αστικού ιστού. Δροσερός αέρας από την περιφέρεια έρχεται να τον αντικαταστήσει [Πηγή: Golany, G. S. (1992). Urban design morphology and thermal performance].....	56
<b>Σχήμα 1.26:</b> Σύστημα οδικών αξόνων σε μορφή κανάβου, το οποίο διευκολύνει τη διείσδυση του ανέμου βαθιά μέσα στον αστικό ιστό [Πηγή: Golany, G. S. (1992). Urban design morphology and thermal performance].....	57
<b>Σχήμα 1.27:</b> Δρόμοι αυτής της διάταξης επιβραδύνουν το διεισδύοντα άνεμο [Πηγή: Golany, G. S. (1992). Urban design morphology and thermal performance].....	59
<b>Σχήμα 1.28:</b> Επίστρωση δρόμων και ελεύθερων επιφανειών με υλικά μειωμένης απορροφητικότητας και αυξημένης υδατοπερατότητας [Πηγή: Καψανάκη, Ε. (2005). Η συμβολή των αστικών κενών στη βελτίωση του αστικού περιβάλλοντος και μικροκλίματος. Η περίπτωση της περιοχής του Ψυρρή].....	61
<b>Σχήμα 1.29:</b> Στοιχείο νερού στον αστικό ιστό. Προσφέρει σταθεροποίηση του μικροκλίματος και φυσικό δροσισμό, καλύπτει τοπικά την ηχορρύπανση, συμβάλλει στη βελτίωση της αισθητικής, χαλαρώνει και αναζωογονεί τους πολίτες [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].....	62
<b>Σχήμα 2.1:</b> Το μοντέλο ENVI-met [Πηγή: ENVI-met].....	65
<b>Σχήμα 2.2:</b> Ροή δεδομένων [Πηγή: ENVI-met].....	67
<b>Σχήμα 2.3:</b> Βασικά δεδομένα του .CF (Configuration File) [Πηγή: ENVI-met].....	67
<b>Σχήμα 2.4:</b> Μορφή φακέλου PLANTS.DAT [Πηγή: ENVI-met].....	71
<b>Σχήμα 2.5:</b> Section [POSITION] [Πηγή: ENVI-met].....	71
<b>Σχήμα 2.6:</b> Section [SOILDATA] [Πηγή: ENVI-met].....	71
<b>Σχήμα 2.7:</b> Section [LOCALDB] [Πηγή: ENVI-met].....	72
<b>Σχήμα 2.8:</b> Section [TIMING] [Πηγή: ENVI-met].....	72
<b>Σχήμα 2.9:</b> Section [TURBULENCE] [Πηγή: ENVI-met].....	72
<b>Σχήμα 2.10:</b> Section [BUILDING] [Πηγή: ENVI-met].....	73
<b>Σχήμα 2.11:</b> Section [PMV] [Πηγή: ENVI-met].....	74

<b>Σχήμα 2.12:</b> Section [PLANTMODEL] [Πηγή: ENVI-met].....	74
<b>Σχήμα 2.13:</b> Section [RECEPTORS] [Πηγή: ENVI-met].....	75
<b>Σχήμα 2.14:</b> Section [TIMESTEPS] [Πηγή: ENVI-met].....	76
<b>Σχήμα 2.15:</b> Section [LBC-TYPES] [Πηγή: ENVI-met].....	76
<b>Σχήμα 2.16:</b> Section [SOURCES] [Πηγή: ENVI-met].....	77
<b>Σχήμα 2.17:</b> Section [CLOUDS] [Πηγή: ENVI-met].....	77
<b>Σχήμα 2.18:</b> Section [SOLARADJUST] [Πηγή: ENVI-met].....	77
<b>Σχήμα 2.19:</b> Τρισδιάστατη άποψη της περιοχής προσομοίωσης του μοντέλου [Πηγή: ENVI-met].....	78
<b>Σχήμα 2.20:</b> Περιοχή του μοντέλου, όπως αυτή φαίνεται στο ENVI-met Editor (.IN) [Πηγή: ENVI-met].....	79
<b>Σχήμα 2.21:</b> Ρυθμίσεις στο .CF για τη δευτερεύουσα ζώνη του μοντέλου που αφορούν στην ακτινοβολία που δέχεται και στην εξαγωγή αποτελεσμάτων γι' αυτήν [Πηγή: ENVI-met].....	80
<b>Σχήμα 2.22:</b> Περιστροφή του μοντέλου [Πηγή: ENVI-met].....	81
<b>Σχήμα 2.23:</b> Αρχείο SOILS.DAT [Πηγή: ENVI-met].....	82
<b>Σχήμα 2.24:</b> Αρχείο PROFILES.DAT [Πηγή: ENVI-met].....	84
<b>Σχήμα 2.25:</b> Αρχείο PLANTS.DAT [Πηγή: ENVI-met].....	86
<b>Σχήμα 2.26:</b> Αρχείο SOURCES.DAT [Πηγή: ENVI-met].....	89
<b>Σχήμα 2.27:</b> Τομέας (section) [LOCALDB] στο αρχείο διαμόρφωσης .CF [Πηγή: ENVI-met].....	90
<b>Σχήμα 2.28:</b> Πρόγραμμα Xtract [Πηγή: ENVI-met].....	91
<b>Σχήμα 2.29:</b> Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στην ατμόσφαιρα [Πηγή: ENVI-met].....	93
<b>Σχήμα 2.30:</b> Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στις επιφάνειες και στις ροές που λαμβάνουν χώρα σε αυτές [Πηγή: ENVI-met].....	94
<b>Σχήμα 2.31:</b> Μεταβλητές του κύριου παραγόμενου φακέλου που αφορούν στο εδαφικό μοντέλο [Πηγή: ENVI-met].....	94
<b>Σχήμα 2.32:</b> Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων της ατμόσφαιρας [Πηγή: ENVI-met].....	97

<b>Σχήμα 2.33:</b> Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων του εδάφους [Πηγή: ENVI-met].....	97
<b>Σχήμα 2.34:</b> Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία υποδοχέων των επιφανειών/ροών [Πηγή: ENVI-met].....	98
<b>Σχήμα 2.35:</b> Δεδομένα που περιέχονται στα αρχεία μονοδιάστατου μοντέλου [Πηγή: ENVI-met].....	99
<b>Σχήμα 2.36:</b> Επιλογή μεταβλητών μέσω του αρχείου SELECT.VAR [Πηγή: ENVI-met].....	99
<b>Σχήμα 2.37:</b> Παράθυρο επισκόπησης πριν την προσομοίωση. Ο χρήστης μπορεί να ελέγξει εάν είναι ενεργοποιημένες οι επιθυμητές μεταβλητές [Πηγή: ENVI-met].....	100
<b>Σχήμα 2.38:</b> Αρχείο MYALIAS.DAT [Πηγή: ENVI-met].....	101
<b>Σχήμα 3.1:</b> Εικονίδιο συντόμευσης του προγράμματος ENVI-met [Πηγή: ENVI-met].....	103
<b>Σχήμα 3.2:</b> Αρχικό παράθυρο του προγράμματος ENVI-met [Πηγή: ENVI-met].....	103
<b>Σχήμα 3.3:</b> Area Input File editor [Πηγή: ENVI-met].....	104
<b>Σχήμα 3.4:</b> Μενού της επιλογής “File” στο Area Input File editor [Πηγή: ENVI-met].....	105
<b>Σχήμα 3.5:</b> Παράθυρο για τη δημιουργία νέου ή την τροποποίηση υπάρχοντος Αρχείου Εισαγωγής Περιοχής [Πηγή: ENVI-met].....	105
<b>Σχήμα 3.6:</b> Εισαγωγή κτιρίων και φυτών [Πηγή: ENVI-met].....	107
<b>Σχήμα 3.7:</b> Εισαγωγή εδάφους [Πηγή: ENVI-met].....	108
<b>Σχήμα 3.8:</b> Εισαγωγή υποδοχέων [Πηγή: ENVI-met].....	109
<b>Σχήμα 3.9:</b> Εισαγωγή πηγών εκπομπής αερίων/σωματιδίων [Πηγή: ENVI-met].....	109
<b>Σχήμα 3.10:</b> Βασικά εργαλεία του editor [Πηγή: ENVI-met].....	110
<b>Σχήμα 3.11:</b> Επιλογή περιοχής για διαγραφή στοιχείων [Πηγή: ENVI-met].....	110
<b>Σχήμα 3.12:</b> Επιλογή των προς διαγραφή στοιχείων στην επιλεγμένη περιοχή [Πηγή: ENVI-met].....	111
<b>Σχήμα 3.13:</b> ENVI-met Model Analyzer [Πηγή: ENVI-met].....	112
<b>Σχήμα 3.14:</b> Μετακίνηση ολόκληρης της περιοχής προσομοίωσης [Πηγή: ENVI-met].....	112

<b>Σχήμα 3.15:</b> Δημιουργία νέου αρχείου .CF και βασικές ρυθμίσεις [Πηγή: ENVI-met].....	113
<b>Σχήμα 3.16:</b> Προσθήκη επιπλέον ρυθμίσεων από το μενού “Add Section” [Πηγή: ENVI-met].....	114
<b>Σχήμα 3.17:</b> Επιλογή “version” για την πραγματοποίηση της προσομοίωσης [Πηγή: ENVI-met].....	114
<b>Σχήμα 3.18:</b> Configuration Panel [Πηγή: ENVI-met].....	114
<b>Σχήμα 3.19:</b> Έλεγχος του αρχείου .CF μέσω του “Test model configuration” [Πηγή: ENVI-met].....	116
<b>Σχήμα 3.20:</b> Output Settings [Πηγή: ENVI-met].....	117
<b>Σχήμα 3.21:</b> Simulation Timing [Πηγή: ENVI-met].....	118
<b>Σχήμα 3.22:</b> Meteorology [Πηγή: ENVI-met].....	118
<b>Σχήμα 3.23:</b> Building Properties [Πηγή: ENVI-met].....	119
<b>Σχήμα 3.24:</b> Soil Properties [Πηγή: ENVI-met].....	120
<b>Σχήμα 3.25:</b> Sources [Πηγή: ENVI-met].....	120
<b>Σχήμα 3.26:</b> Biometeorology [Πηγή: ENVI-met].....	121
<b>Σχήμα 3.27:</b> Advanced Settings [Πηγή: ENVI-met].....	122
<b>Σχήμα 3.28:</b> Εφαρμογή Leonardo [Πηγή: Leonardo].....	123
<b>Σχήμα 3.29:</b> Οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων [Πηγή: Leonardo].....	124
<b>Σχήμα 3.30:</b> Data Navigator [Πηγή: Leonardo].....	125
<b>Σχήμα 3.31:</b> Επιλογή του αρχείου EDI. [Πηγή: ENVI-met].....	125
<b>Σχήμα 3.32:</b> Επιλογές για την οπτικοποίηση της θερμοκρασίας του αέρα στις 15:00, σε ύψος 1.60 m από το έδαφος [Πηγή: Leonardo].....	126
<b>Σχήμα 3.33:</b> Θερμοκρασία αέρα στις 15:00, σε ύψος 1.60 m από το έδαφος [Πηγή: Leonardo].....	127
<b>Σχήμα 3.34:</b> Πεδίο ροής του ανέμου στις 15:00, σε ύψος 1.60 m από το έδαφος [Πηγή: Leonardo].....	127
<b>Σχήμα 4.1:</b> Μέσο ετήσιο ύψος βροχής στον ελλαδικό χώρο για 30 έτη (1978-2007). [Πηγή: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Διεύθυνση Κλιματολογίας-Εφαρμογών. Χαρτογραφική επιμέλεια: Πουράνης Σπύρος].....	129



- Σχήμα 4.2:** Ελάχιστη, Μέση και Μέγιστη τιμή της Θερμοκρασίας στην Αθήνα για το έτος 2009-2010 [Πηγή: «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Αστικού Χώρου (Προσομοίωση Μικροκλίματος Πλατείας Ομόνοιας με το λογισμικό ENVI-met)», Καζάκου Αφροδίτη].....130
- Σχήμα 4.3:** Η θέση της Πολυτεχνειούπολης στο δήμο Ζωγράφου [Πηγή: Google Earth].....131
- Σχήμα 4.4:** Χάρτης τμήματος της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Οι Πλατείες Κέντρου είναι ο χώρος ο οποίος περιβάλλεται από τα κτίρια του σχήματος (Κεντρική Βιβλιοθήκη, Κτίριο Διοίκησης, Κέντρο Η/Υ, Κτίριο Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Εστιατόριο κ.λπ.) [Πηγή: Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π.].....133
- Σχήμα 4.5:** Αεροφωτογραφία (Ορθοφωτογραφία) της περιοχής των Κεντρικών Πλατειών στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου [Πηγή: Κτηματολόγιο Α.Ε., Επίσημη ιστοσελίδα: [www.ktimatologio.gr](http://www.ktimatologio.gr) (2012)].....134
- Σχήμα 4.6:** Διαμόρφωση των Πλατειών Κέντρου [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].....134
- Σχήμα 4.7:** Διαμόρφωση των Πλατειών Κέντρου [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].....135
- Σχήμα 4.8:** Υλικά διαμόρφωσης των επιφανειών [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].....136
- Σχήμα 4.9:** Υλικά διαμόρφωσης των επιφανειών. Τα γαιώδη και φυσικά υλικά περιορίζονται σε παρτέρια με θάμνους και δέντρα [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].....137
- Σχήμα 4.10:** Η βλάστηση στην περιοχή των Πλατειών Κέντρου [Πηγή: Προσωπικό αρχείο].....138
- Σχήμα 4.11:** Φωτορεαλιστική απεικόνιση της μελλοντικής μορφής των Πλατειών Κέντρου, σύμφωνα με την πρόταση της Τεχνικής Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π. [Πηγή: Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π.].....140
- Σχήμα 4.12:** Φωτορεαλιστική απεικόνιση της μελλοντικής μορφής των Πλατειών Κέντρου, σύμφωνα με την πρόταση της Τεχνικής Υπηρεσίας του Ε.Μ.Π. [Πηγή: Τεχνική Υπηρεσία Ε.Μ.Π.].....141
- Σχήμα 5.1:** Βασικά στοιχεία διαμόρφωσης του μοντέλου στο αρχείο .IN [Πηγή: ENVI-met].....148
- Σχήμα 5.2:** Μοντέλο της υφιστάμενης κατάστασης στις Πλατείες Κέντρου [Πηγή: ENVI-met].....149
- Σχήμα 5.3:** Κύριο αρχείο διαμόρφωσης για την προσομοίωση της τυπικής ημέρας [Πηγή: ENVI-met].....150

- Σχήμα 5.4:** Πλατεία Α - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....151
- Σχήμα 5.5:** Πλατεία Β - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....152
- Σχήμα 5.6:** Πλατεία Γ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....152
- Σχήμα 5.7:** Πλατεία Δ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....153
- Σχήμα 5.8:** Πλατεία Α – Δείκτης θερμικής άνεσης CP για την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....153
- Σχήμα 5.9:** Πλατεία Β – Δείκτης θερμικής άνεσης CP για την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....154
- Σχήμα 5.10:** Κύριο αρχείο διαμόρφωσης για την προσομοίωση της θερμότερης ημέρας [Πηγή: ENVI-met].....154
- Σχήμα 5.11:** Πλατεία Α - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....155
- Σχήμα 5.12:** Πλατεία Β - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....156
- Σχήμα 5.13:** Πλατεία Γ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....156
- Σχήμα 5.14:** Πλατεία Δ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....157
- Σχήμα 5.15:** Πλατεία Α – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....157
- Σχήμα 5.16:** Πλατεία Β – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....158
- Σχήμα 5.17:** Πλατεία Γ – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....158
- Σχήμα 5.18:** Πλατεία Δ – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην υφιστάμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....159
- Σχήμα 5.19:** Η περιοχή παρέμβασης στις Πλατείες Κέντρου [Πηγή: Προσωπική εργασία].....160
- Σχήμα 5.20:** Υφιστάμενη κατάσταση στις Πλατείες Κέντρου [Πηγή: Προσωπική εργασία].....160

- Σχήμα 5.21:** Προτεινόμενη κατάσταση στις Πλατείες Κέντρου [Πηγή: Προσωπική εργασία].....160
- Σχήμα 5.22:** Πλατεία Α - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....161
- Σχήμα 5.23:** Πλατεία Β - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....162
- Σχήμα 5.24:** Πλατεία Γ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....162
- Σχήμα 5.25:** Πλατεία Δ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....163
- Σχήμα 5.26:** Πλατεία Α – Δείκτης θερμικής άνεσης CP για την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....163
- Σχήμα 5.27:** Πλατεία Β – Δείκτης θερμικής άνεσης CP για την τυπική θερινή ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....164
- Σχήμα 5.28:** Πλατεία Α - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....164
- Σχήμα 5.29:** Πλατεία Β - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....165
- Σχήμα 5.30:** Πλατεία Γ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....165
- Σχήμα 5.31:** Πλατεία Δ - Κατανομή θερμοκρασίας αέρα σε ύψος 1.80 m τη θερμότερη ημέρα στις 15:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....166
- Σχήμα 5.32:** Πλατεία Α – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....166
- Σχήμα 5.33:** Πλατεία Β – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....167
- Σχήμα 5.34:** Πλατεία Γ – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....167
- Σχήμα 5.35:** Πλατεία Δ – Ταχύτητα ανέμου σε ύψος 1.80 m για τη θερμότερη ημέρα στις 12:00, στην προτεινόμενη κατάσταση [Πηγή: Leonardo].....168

**Σχήμα 6.1:** Μέση μέγιστη θερμοκρασία αέρα σε ύψος 1.80 m, για τις 4 περιοχές παρέμβασης των Πλατειών Κέντρου, για την υφιστάμενη και την προτεινόμενη κατάσταση. Οι Πλατείες Α, Β, Γ και Δ αναγράφονται ως περιοχές 1, 2, 3 και 4 αντίστοιχα [Πηγή: Προσωπική εργασία].....171

**Σχήμα 6.2:** Δείκτης θερμικής άνεσης στην Πλατεία Α, για την υφιστάμενη και την προτεινόμενη κατάσταση, στο χρονικό διάστημα από τις 08:00 το πρωί έως τις 20:00 το απόγευμα [Πηγή: Προσωπική εργασία].....172

**Σχήμα 6.3:** Δείκτης θερμικής άνεσης στην Πλατεία Β, για την υφιστάμενη και την προτεινόμενη κατάσταση, στο χρονικό διάστημα από τις 08:00 το πρωί έως τις 20:00 το απόγευμα [Πηγή: Προσωπική εργασία].....172

**Σχήμα 6.4:** Δείκτης θερμικής άνεσης στην Πλατεία Γ, για την υφιστάμενη και την προτεινόμενη κατάσταση, στο χρονικό διάστημα από τις 08:00 το πρωί έως τις 20:00 το απόγευμα [Πηγή: Προσωπική εργασία].....173

**Σχήμα 6.5:** Δείκτης θερμικής άνεσης στην Πλατεία Δ, για την υφιστάμενη και την προτεινόμενη κατάσταση, στο χρονικό διάστημα από τις 08:00 το πρωί έως τις 20:00 το απόγευμα [Πηγή: Προσωπική εργασία].....173



