



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»**

**Συμβολή φυτοκαλυμμένων επιφανειών  
κτιρίου και ελεύθερων χώρων στη  
διαμόρφωση μικροκλίματος περιοχής**

**Ανδρονίκη Γ. Κυριαζή  
Γεωπόνος ΓΠΑ**

Μεταπτυχιακή Εργασία η οποία υποβάλλεται  
για μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για το  
Διεπιστημονικό - Διατμηματικό Δίπλωμα Ειδίκευσης  
του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου  
"Περιβάλλον και Ανάπτυξη"

**Αθήνα, Οκτώβριος 2012**

**Περιβάλλον  
και  
Ανάπτυξη**

**Επιτροπή παρακολούθησης:  
Ι. Τζουβαδάκης, Επ. Καθηγητής (επιβλέπων)  
Α. Σωτηροπούλου, Επ. Καθηγήτρια  
Ε. Βουγιούκας, Λέκτορας**



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ΣΥΝΟΨΗ .....</b>  | <b>10</b> |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....</b>  | <b>12</b> |
| <b>Κεφάλαιο 1</b>  |           |
| <b>ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....</b>   | <b>15</b> |
| 1.1. Διαμόρφωση μετεωρολογικών παραγόντων μέσα στον αστικό ιστό.....               | 17        |
| 1.1.1. Θερμοκρασία αστικού περιβάλλοντος.....                                      | 17        |
| 1.1.2. Ανεμομετρικές συνθήκες στην πόλη .....                                      | 20        |
| 1.1.3. Υγρασία αστικού περιβάλλοντος.....  | 22        |
| 1.2. Μικροκλιματικές συνθήκες σε αστικές περιοχές .....                            | 23        |
| 1.2.1. Αστική θερμική νησίδα .....   | 23        |
| 1.2.2. Αστικές χαράδρες .....  | 24        |
| 1.3. Ο ρόλος της ρύπανσης στην καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος.....           | 25        |
| 1.4. Βιομετεωρολογικοί - βιοκλιματικοί δείκτες .....                               | 28        |
| 1.4.1. Περιβαλλοντικές παράμετροι που επηρεάζουν τους βιοκλιματικούς δείκτες ..... | 29        |
| 1.4.1.1. Θερμοκρασία αέρος .....   | 29        |
| 1.4.1.2. Θερμοκρασία ακτινοβολίας.....   | 30        |
| 1.4.1.3. Υγρασία.....  | 30        |
| 1.4.1.4. Η κίνηση των μαζών του ατμοσφαιρικού αέρα .....                           | 31        |
| 1.5. Λύσεις για τη μείωση της θερμικής νησίδας.....                                | 31        |
| 1.5.1. Η θερμοκρασία στο βιοκλιματικό σχεδιασμό .....                              | 31        |
| 1.5.2. Θέση του ήλιου και ηλιασμός των κτιρίων .....                               | 34        |
| 1.5.3. Ο άνεμος στο βιοκλιματικό σχεδιασμό .....                                   | 36        |
| 1.5.4. Μη μετεωρολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία .....            | 38        |
| 1.5.4.1. Εδαφικές συνθήκες.....  | 38        |
| 1.5.4.2. Επίδραση ξηράς και θάλασσας.....  | 38        |
| 1.5.4.3. Ανάγλυφο εδάφους .....  | 39        |
| 1.5.4.4. Πυκνότητα και ύψος δόμησης.....   | 39        |
| 1.5.4.5. Πυκνότητα και διακίνηση πληθυσμού .....                                   | 40        |
| 1.5.4.6. Επίδραση βιομηχανικών περιοχών - Ρύπανση.....                             | 41        |
| 1.5.4.7. Κατανομή και διάταξη πρασίνου.....  | 41        |

|  |    |
|--|----|
| 1.6. Τα φυτοδώματα ως λύση φύτευσης πυκνοκατοικημένων περιοχών ..... | 43 |
| 1.6.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά φυτοδωμάτων .....                      | 43 |
| 1.6.2. Περιβαλλοντικά οφέλη φυτοδωμάτων .....                        | 45 |
| 1.6.2.1. Δημιουργία μικροκλίματος .....                              | 45 |
| 1.6.2.2. Διαχείριση των ομβρίων .....                                | 46 |
| 1.6.2.3. Ποιότητα του αέρα .....                                     | 47 |
| 1.6.2.4. Ηχοαπορρόφηση .....   | 48 |

## **Κεφάλαιο 2**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ENVI-MET .....</b>                                  | <b>49</b> |
| 2.1. Το πρόγραμμα Envi-met .....                                  | 51        |
| 2.2. Δομή του προγράμματος Envi-met .....                         | 53        |
| 2.2.1. Αρχεία εισαγωγής (Input Files) .....                       | 54        |
| 2.2.1.1. The Configuration File .CF .....                         | 54        |
| 2.2.1.2. Το αρχείο εισαγωγής περιοχής (Area Input File) .IN ..... | 57        |
| 2.2.1.3. Batch File .EBF .....                                    | 59        |
| 2.2.2. Αρχεία βάσης δεδομένων .....                               | 59        |
| 2.2.3. Αρχεία εξόδου .....  | 60        |
| 2.2.3.1. Main Data Files .EDI/.EDT .....                          | 60        |
| 2.2.3.2. Receptor Files .....                                     | 60        |
| 2.2.3.3. 1D-Model Files .....                                     | 61        |
| 2.2.3.4. BOTworld Files .....                                     | 61        |
| 2.2.4. Άλλα αρχεία .....  | 61        |
| 2.2.4.1. Defining Alias (MYALIAS.DAT) .....                       | 61        |
| 2.3. Χρήση του προγράμματος .....                                 | 61        |
| 2.3.1. Επιλογή 1: Area input file editor .....                    | 61        |
| 2.3.2. Επιλογή 2: Configuration file editor .....                 | 65        |
| 2.3.3. Επιλογή 3: Start Envi-met .....                            | 66        |
| 2.3.4. Λοιπές επιλογές .....                                      | 68        |
| 2.4. Εξαγωγή αποτελεσμάτων .....                                  | 68        |
| 2.4.1. Εξαγωγή αποτελεσμάτων με Microsoft Excel .....             | 68        |
| 2.4.2. Εξαγωγή αποτελεσμάτων με Leonardo .....                    | 74        |

### **Κεφάλαιο 3**

#### **ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ..... 77**

|  |    |
|--|----|
| 3.1. Περιοχή μελέτης .....   | 79 |
| 3.1.1. Το ατμοσφαιρικό περιβάλλον του λεκανοπεδίου Αθηνών .....          | 79 |
| 3.1.2. Γενικά κλιματολογικά χαρακτηριστικά του λεκανοπεδίου Αθηνών ..... | 80 |
| 3.1.3. Η περιοχή της Κυψέλης - χώρος - ιστορικά στοιχεία .....           | 81 |
| 3.2. Μεθοδολογία.....  | 83 |
| 3.2.2. Εφαρμογή βιοκλιματικών δεικτών στην περιοχή μελέτης.....          | 87 |
| 3.2.2.1. Δείκτης Ισχύος Αποψύξεως CP (Cooling Power).....                | 87 |
| 3.2.2.2. Δείκτης THI.....  | 88 |
| 3.2.2.3. Δείκτης Humidex.....  | 90 |

### **Κεφάλαιο 4**

#### **ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ..... 93**

|  |     |
|--|-----|
| 4.1. Εκτέλεση προσομοιώσεων και παραγωγή αποτελεσμάτων ..... | 95  |
| 4.1.1. Φύτευση ταρατσών .....                                | 96  |
| 4.1.2. Φύτευση ακαλύπτων .....                               | 98  |
| 4.1.3. Φύτευση ταρατσών και ακαλύπτων.....                   | 100 |
| 4.1.4. Εκτενής φύτευση .....                                 | 102 |
| 4.1.5. Φύτευση προσόψεων.....                                | 104 |
| 4.2. Αποτελέσματα βιομετεωρολογικών δεικτών .....            | 106 |
| 4.2.1. Δείκτης αποψύξεως (CP).....                           | 106 |
| 4.2.2. Δείκτες THI - Humidex.....                            | 107 |
| 4.3. Συγκεντρική ανάλυση αποτελεσμάτων - παρατηρήσεις .....  | 110 |

### **Κεφάλαιο 5**

#### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ..... 113**

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 117**

#### **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ..... 125**

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Εικόνα 1.1. Προσδιορισμός της θέσης του ήλιου σε σχέση με τον παρατηρητή (γωνία α: αζιμούθιο, γωνία υ: ακολουθεί το ηλιακό ύψος) (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997) .....   | 35 |
| Εικόνα 1.2. Πειραματικό σχεδιάγραμμα που δείχνει τον επικρατόντα άνεμο και την περιοχή των τοπικών αστικών χαραδρών, συμπεριλαμβανομένων των θέσεων των μετρήσεων. Παρουσιάζεται η θέση των μετρήσεων επάνω από τη διάταξη των οικοδομικών τετραγώνων και μέσα στις αστικές χαραδρες και διευρυμένα τμήματα αστικών χαραδρών που δείχνουν τους τέσσερις διαφορετικούς προσανατολισμούς που ερευνήθηκαν (Pearlmutter et al., 2006). ..... | 40 |
| Εικόνα 1.3. Διατομή σχεδιαγράμματος που παρουσιάζει τη θέση των μετρήσεων επάνω από τα οικοδομικά τετράγωνα και μέσα στις αστικές χαραδρες (α), και διευρυμένα τμήματα αστικών χαραδρών (β) (Pearlmutter et al., 2006). .....  | 40 |
| Εικόνα 1.4. Τομή πράσινου δώματος (Πετρίδου, 2009) .....   | 45 |
| Εικόνα 2.1. Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου Envi-met. Πηγή: <a href="http://www.envi-met.com">www.envi-met.com</a> .....   | 53 |
| Εικόνα 2.2. Διάγραμμα ροής προγράμματος. Πηγή: <a href="http://www.envi-met.com">www.envi-met.com</a> .....  | 54 |
| Εικόνα 2.3. Οι κύριες ρυθμίσεις του αρχείου .CF με βοηθητικά νούμερα προς επεξήγηση. Πηγή: <a href="http://www.envi-met.com">www.envi-met.com</a> .....  | 55 |
| Εικόνα 2.4. Τρισδιάστατη άποψη μιας απλής περιοχής. Πηγή: <a href="http://www.envi-met.com">www.envi-met.com</a> .....   | 57 |
| Εικόνα 2.5. Μοντέλο τρισδιάστατης περιοχής σε κάνναβο. Πηγή: Envi-met .....  | 58 |
| Εικόνα 2.6. Εικονίδια έναρξης Envi-met.....  | 61 |
| Εικόνα 2.7. Επιλογή υποπρογράμματος εισαγωγής περιοχής. ....   | 61 |
| Εικόνα 2.8. Κάνναβος σχεδίασης περιοχής. ....  | 62 |
| Εικόνα 2.9. Γεωγραφικές και άλλες ρυθμίσεις περιοχής μελέτης. ....   | 62 |
| Εικόνα 2.10. Επιλογή εισαγωγής εικόνας παρασκηνίου. ....   | 63 |
| Εικόνα 2.11. Προσθήκη κτιρίων και φυτικού υλικού στο σχεδιασμό. ....   | 63 |
| Εικόνα 2.12. Ρύθμιση τύπων εδάφους σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης. ....   | 64 |
| Εικόνα 2.13. Προσθήκη σημείων αναφοράς - υποδοχέων εντός της περιοχής μελέτης.....   | 64 |
| Εικόνα 2.14. Προσθήκη σημείων εκπομπής ρύπων και καθορισμός τύπου τους. ....   | 65 |
| Εικόνα 2.15. Σύνδεση βάσης δεδομένων με εξωτερικά προγράμματα. ....  | 65 |
| Εικόνα 2.16. Επιλογή υποπρογράμματος εισαγωγής ρυθμίσεων περιοχής. ....  | 65 |
| Εικόνα 2.17. Τροποποιήσιμο αρχείο ρυθμίσεων της περιοχής μελέτης. ....   | 66 |
| Εικόνα 2.18. Επιλογή κυρίου interface του Envi-met με παράλληλη επιλογή μεγέθους σχεδίασης. .  | 67 |
| Εικόνα 2.19. Το βασικό interface του Envi-met.....   | 67 |
| Εικόνα 2.20. Επιλογή υποπρογραμμάτων εξαγωγής αποτελεσμάτων. ....  | 68 |
| Εικόνα 2.21. Βοηθητικές επιλογές προγράμματος.....   | 68 |

|  |    |
|--|----|
| Εικόνα 2.22. Επιλογή Αρχείο > άνοιγμα. ....  | 69 |
| Εικόνα 2.23. Αναζήτηση αρχείου προς άνοιγμα με Excel. ....   | 69 |
| Εικόνα 2.24. Επιλογή συνόλου αποτελεσμάτων για όλες τις ώρες κατά υποδοχέα. ....   | 70 |
| Εικόνα 2.25. Ρύθμιση εισαγωγής στοιχείων, βήμα 1. ....   | 70 |
| Εικόνα 2.26. Ρύθμιση εισαγωγής στοιχείων, βήμα 2. ....   | 71 |
| Εικόνα 2.27. Εμφάνιση δεδομένων σε Excel. ....   | 71 |
| Εικόνα 2.28. Τροποποίηση σειράς εμφάνισης δεδομένων σε Excel. ....   | 72 |
| Εικόνα 2.29. Ρύθμιση ταξινόμησης για όλη την έκταση των γραμμών. ....  | 72 |
| Εικόνα 2.30. Εμφάνιση των αποτελεσμάτων μετά τις πρώτες τροποποιήσεις. ....  | 73 |
| Εικόνα 2.31. Βασικό interface του Leonardo. ....   | 74 |
| Εικόνα 2.32. Εισαγωγή αρχείου .EDI με βοήθεια του Data Navigator. ....   | 74 |
| Εικόνα 2.33. Data Navigator, ρυθμίσεις. ....   | 75 |
| Εικόνα 2.34. Εμφάνιση αποτελεσμάτων πριν την επεξεργασία. ....   | 76 |
| Εικόνα 2.35. Εμφάνιση αποτελεσμάτων μετά την πρώτη επεξεργασία. ....   | 76 |
| Εικόνα 3.1. Αεροφωτογραφία της περιοχής Κυψέλης (Δανιηλίδης Ν., 2008). ....  | 81 |
| Εικόνα 3.2. Άποψη της περιοχής μελέτης. Πηγή: Bing Maps. ....  | 82 |
| Εικόνα 3.3. Θερμοϋγρόμετρο του μετεωρολογικού σταθμού ΕΜΠ.<br>Πηγή: <a href="http://hoa.ntua.gr/var/temperature/">http://hoa.ntua.gr/var/temperature/</a> . ....                 | 83 |
| Εικόνα 3.4. Αποτύπωση της περιοχής μελέτης στο Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία. ....   | 84 |
| Εικόνα 3.5. Ορισμός δέκα αντιπροσωπευτικών σημείων μέτρησης (υποδοχέων) στην περιοχή μελέτης στο Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία. ....   | 85 |
| Εικόνα 3.6. Σύγκριση θερμοκρασιών μεταξύ δεδομένων σταθμού ΕΜΠ και Envi-met.<br>Πηγή: Microsoft Excel. Επεξεργασία: Ιδία. ....   | 86 |
| Εικόνα 3.7. Αποτελέσματα γραμμικής συσχέτισης δεδομένων μετεωρολογικού σταθμού ΕΜΠ και Envi-met. Πηγή: SPSS. ....  | 87 |
| Εικόνα 4.1. Θερμοκρασία αέρα σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Κ. Πηγή: Leonardo.<br>Επεξεργασία: Ιδία. ....  | 95 |
| Εικόνα 4.2. Η περιοχή μελέτης μετά τη φύτευση των ταρατσών των κτιρίων με χρήση Envi-met.<br>Επεξεργασία: Ιδία. ....   | 96 |
| Εικόνα 4.3. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Kelvin μετά τη φύτευση ταρατσών σε όλα τα κτίρια της περιοχής.<br>Πηγή: Leonardo. Επεξεργασία: Ιδία. .... | 97 |
| Εικόνα 4.4. Η περιοχή μελέτης όπως εμφανίζεται στο Envi-met μετά τη φύτευση ακαλύπτων.<br>Επεξεργασία: Ιδία. ....  | 98 |

|   |     |
|---|-----|
| Εικόνα 4.5. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Kelvin μετά τη φύτευση όλων των διαθέσιμων ακάλυπτων χώρων εντός των οικοδομικών τετραγώνων. Πηγή: Leonardo. Επεξεργασία: Ιδία .....   | 99  |
| Εικόνα 4.6. Η περιοχή μελέτης στο Envi-met μετά την προσθήκη φύτευσης σε ταράτσες και ακάλυπτους. Επεξεργασία: Ιδία .....   | 100 |
| Εικόνα 4.7. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Kelvin μετά τη φύτευση ταρατσών σε όλα τα κτίρια της περιοχής και όλων των διαθέσιμων ακάλυπτων χώρων εντός των οικοδομικών τετραγώνων. Πηγή: Leonardo. Επεξεργασία: Ιδία..... | 101 |
| Εικόνα 4.8. Η περιοχή μελέτης στο Envi-met όπως φαίνεται μετά τη φύτευση όπου είναι τεχνικά εφικτό. Επεξεργασία: Ιδία .....   | 102 |
| Εικόνα 4.9. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Kelvin μετά τη φύτευση σε όλα τα σημεία όπου ήταν τεχνικά εφικτό. Πηγή: Leonardo. Επεξεργασία: Ιδία .....  | 103 |
| Εικόνα 4.10. Η αρχική περιοχή μελέτης με περιμετρική φύτευση υψηλών αραιών δένδρων στα οικοδομικά τετράγωνα. Πηγή: Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία .....  | 104 |
| Εικόνα 4.11. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Kelvin μετά την περιμετρική φύτευση υψηλών αραιών δένδρων στα οικοδομικά τετράγωνα. Πηγή: Leonardo. Επεξεργασία: Ιδία .....   | 105 |
| Εικόνα 4.12. Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη CP για κάθε επέμβαση επί του συνόλου των μετρήσεων στα 10 σημεία αναφοράς με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία .....  | 106 |
| Εικόνα 4.13. Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη CP για κάθε σημείο αναφοράς εξαγόμενου από το σύνολο των αποτελεσμάτων των πέντε επεμβάσεων και της αρχικής αποτύπωσης, με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία.....                 | 107 |
| Εικόνα 4.14. Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη THI για κάθε επέμβαση επί του συνόλου των μετρήσεων στα 10 σημεία αναφοράς με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία .....   | 108 |
| Εικόνα 4.15. Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη THI για κάθε σημείο αναφοράς εξαγόμενου από το σύνολο των αποτελεσμάτων των πέντε επεμβάσεων και της αρχικής αποτύπωσης με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία.....                 | 108 |
| Εικόνα 4.16. Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη Humidex για κάθε σημείο αναφοράς εξαγόμενου από το σύνολο των αποτελεσμάτων των πέντε επεμβάσεων και της αρχικής αποτύπωσης με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία.....             | 109 |
| Εικόνα 4.17. Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη Humidex για κάθε επέμβαση επί του συνόλου των μετρήσεων στα 10 σημεία αναφοράς με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία .....   | 109 |
| Εικόνα 4.18. Σύγκριση των διαφορετικών επεμβάσεων με την αρχική κατάσταση με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία.....   | 110 |
| Εικόνα 4.19. Μέσος όρος θερμοκρασιών όλης της ημέρας σε κάθε σημείο. Πηγή: Δεδομένα Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία.....  | 111 |



## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

|   |     |
|---|-----|
| Πίνακας 1.1. Κύρια χαρακτηριστικά των τριών τύπων φυτοδωμάτων. (Πηγή : igr-world.com, <a href="http://www.greenrooftechnology.com/green-roof-systems">http://www.greenrooftechnology.com/green-roof-systems</a> ) ..... | 44  |
| Πίνακας 2.1. Βασικές παράμετροι στο μοντέλο Envi-met.....   | 52  |
| Πίνακας 3.1. Αποτελέσματα μετρήσεων μέσου όρου των 10 επιλεγμένων σημείων της περιοχής μελέτης. Πηγή: Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία .....   | 86  |
| Πίνακας 3.2. Γενικευμένη κλίμακα του δείκτη αποψύξεως CP (Παπουτσής Δ., 2012).....  | 88  |
| Πίνακας 3.3. Ταξινόμηση θερμικού περιβάλλοντος με βάση το δείκτη THI το Καλοκαίρι (Matzarakis and Mayer, 1991).....   | 89  |
| Πίνακας 3.4. Σχέση θερμικής άνεσης και δείκτη Humidex (Conti et al., 2004).....   | 91  |
| Παράρτημα i. Θερμοκρασίες (Κ) κατά σημείο αναφοράς, χρονική στιγμή, επέμβαση και ύψος μέτρησης. Πηγή: Envi-met .....  | 127 |
| Παράρτημα ii. Μέσος όρος θερμοκρασιών των 10 σημείων κατά χρονική στιγμή, επέμβαση και ύψος μέτρησης. Πηγή: Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία .....   | 130 |
| Παράρτημα iii. Διαφορές θερμοκρασίας (Κ) μεταξύ αρχικής αποτύπωσης και επεμβάσεων. Πηγή: Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία .....  | 130 |
| Παράρτημα iv. Ταχύτητες ανέμου (m/s) σε ύψος 1,82m από την επιφάνεια του εδάφους στις 13/7/2011. Πηγή: Envi-met .....   | 131 |
| Παράρτημα v. Σχετική υγρασία % σε ύψος 1,82m από την επιφάνεια του εδάφους στις 13/7/2011. Πηγή: Envi-met .....   | 132 |
| Παράρτημα vi. Τιμές του δείκτη CP βάσει αποτελεσμάτων του Envi-met για την 13/7/2011. Επεξεργασία: Ιδία .....   | 133 |
| Παράρτημα vii. Τιμές του δείκτη THI βάσει αποτελεσμάτων του Envi-met για την 13/7/2011. Επεξεργασία: Ιδία .....   | 134 |
| Παράρτημα viii. Τιμές του δείκτη Humidex βάσει αποτελεσμάτων του Envi-met για την 13/7/2011. Επεξεργασία: Ιδία .....  | 135 |

## ΣΥΝΟΨΗ

Σε περιοχές έντονα αστικοποιημένες η θερμοκρασία εμφανίζεται αυξημένη. Η θερμική άνεση ενός ανθρώπου, ωστόσο, καθορίζεται όχι μόνο από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή, αλλά και από τα υλικά του περιβάλλοντος χώρου, τη σκίαση, την παρουσία ρευμάτων αέρα κ.ά.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα τμήμα πυκνοδομημένης περιοχής με υψηλά κυρίως κτίρια και ελάχιστους έως μηδαμινούς ελεύθερους χώρους. Επελέγη ως τέτοιο, ένα τμήμα της περιοχής της Κυψέλης, εντός του κεντρικού τομέα Αθηνών, στον οποίο εμφανίζεται πολύ μεγάλο ποσοστό δομημένου χώρου έναντι του ελεύθερου. Σκοπός της μελέτης είναι να αναδείξει τη συμβολή των φυτοκαλυμμένων επιφανειών στη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος και τρόπους με τους οποίους κάτι τέτοιο μπορεί να υλοποιηθεί σε μια ήδη δομημένη περιοχή.

Έγιναν πέντε διαφορετικές παρεμβάσεις στο χώρο με σκοπό να δειχθεί αν επηρεάζεται από αυτό η θερμοκρασία της περιοχής, και κατ' επέκταση η θερμική άνεση των κατοίκων της. Οι παρεμβάσεις αυτές αφορούν φυτοκάλυψη των ήδη υπαρχόντων ελεύθερων χώρων και αντικατάσταση των δομικών υλικών, όπου αυτό είναι εφικτό, με χώμα και φυτικό υλικό. Οι εκτιμήσεις των μετεωρολογικών συνθηκών πριν και μετά τις επεμβάσεις, έγιναν με τη βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης Envi-met.

Με τα πειραματικά δεδομένα που ελήφθησαν, δημιουργήθηκαν χάρτες χωρικών κατανομών θερμοκρασίας με τη βοήθεια του λογισμικού Leonardo και εκτιμήθηκαν τρεις διαφορετικοί δείκτες θερμικής άνεσης.

Εφόσον ο χώρος είναι ήδη δομημένος, ο βέλτιστος τρόπος μετρίασης της θερμοκρασίας αποδείχθηκε η φυτοκάλυψη περιμετρικά των κτιρίων, όπου υπάρχει ελεύθερος χώρος, ή ακόμα και πάνω στα ίδια τα κτίρια αυτά, με τη μορφή ταρατσόκηπων ή φύτευσης των προσόψεών τους. Βρέθηκε ότι όσο εκτενέστερη είναι η φύτευση εντός της περιοχής, τόσο εντονότερα είναι τα αποτελέσματα μείωσης της θερμοκρασίας και αύξησης της θερμικής άνεσης προς όφελος του περιβάλλοντος και των κατοίκων της περιοχής.

## ABSTRACT

In intensely urbanised regions the temperature is higher than normally. Thermal comfort of a human being, however, is determined not only by meteorological circumstances that prevail in a region, but also from materials of the nearby environment, shading, wind blow etc.

In the present work, a section of a densely constructed region containing mainly tall buildings and very little free space is presented. The region of Kypseli inside the central sector of Athens has been selected as such a space of study, in which big rate of structured space against free is detected. Aim of this study is to show the contribution of planted surfaces in the improvement of urban microclimate and to find ways with which such an action can be materialised in an already structured region.

Five different planting options have been tried in order to show if the temperature of the region is influenced by that, and with this one, the thermal comfort of its residents after all. These options have to do with planting every free space in the area by replacing structural materials, wherever this may be possible, with soil and plant material. Estimates of meteorological conditions before and after the interventions have been made using Envi-met simulation software.

With the experimental data received, charts of territorial distributions of temperature have been created using Leonardo software and three different indicators of thermal comfort have been estimated.

Since the area is already structured, the optimal way of moderating temperature has been proved to be planting the surroundings of the buildings, wherever there is free space, or even on the buildings themselves, with the form of planted roofs or facades. It is found that the more extensive the planting inside a region is, the more intense the results of reduction of temperature are; thus increasing thermal comfort profiting both the environment and the residents of the region.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της επίδρασης των φυτοκαλυμμένων επιφανειών στη διαμόρφωση του μικροκλίματος μιας δομημένης περιοχής και κατ' επέκταση στη θερμική άνεση των κατοίκων της. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε μέσω της προσομοίωσης του χώρου στο υπολογιστικό μοντέλο Envi-met, με την τεχνική παρεμβάσεων πάνω στο τοπίο και παρατήρηση των διαφοροποιήσεων που προκύπτουν.

Τα απαραίτητα δεδομένα για την έρευνα, ελήφθησαν από το μετεωρολογικό σταθμό του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην περιοχή του Γαλασίου, την πλησιέστερη στην περιοχή μελέτης.

Στο πρώτο τμήμα της εργασίας, γίνεται μια αναφορά στο αστικό περιβάλλον, πώς επηρεάζεται το αστικό μικρόκλιμα, πώς επιδρούν σε αυτό μετεωρολογικοί και μη παράγοντες και τι επεμβάσεις είναι εφικτό να γίνουν για τη βελτίωση του χώρου στα πλαίσια ενός βιοκλιματικού σχεδιασμού.

Στη συνέχεια, γίνεται εκτενής περιγραφή του προγράμματος προσομοίωσης Envi-met για την ορθότερη κατανόηση των αποτελεσμάτων αλλά και για χρήση της ως απλό οδηγό - εγχειρίδιο του προγράμματος για μελλοντικές μελέτες.

Κατόπιν, δίδεται μια σύντομη αναφορά στο σημείο της πόλεως το οποίο μελετήθηκε, περιγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ώστε να διαπιστωθεί η αξιοπιστία του προγράμματος Envi-met ώστε οι μετρήσεις που έπονται να δώσουν αποτελέσματα όσο το δυνατόν κοντά στην πραγματικότητα και αναλύονται οι βιοκλιματικοί δείκτες που θα χρησιμοποιηθούν για τη θερμική άνεση εντός της περιοχής.

Σε επόμενο κεφάλαιο, αναλύονται τα αποτελέσματα κατά επέμβαση στο τοπίο και οπτικοποιούνται όσο το δυνατόν ευκρινέστερα. Οι επεμβάσεις που μελετήθηκαν είναι κατά σειρά:

- Φύτευση μόνο των ταρατσών των κτιρίων
- Φύτευση μόνο ακάλυπτων χώρων εντός των οικοδομικών τετραγώνων
- Φύτευση των ταρατσών ταυτόχρονα με τους ακάλυπτους χώρους των οικοδομικών τετραγώνων
- Εκτενής φύτευση όλης της περιοχής με όσο πυκνότερα και υψηλότερα φυτά είναι τεχνικά εφικτό
- Φύτευση μόνο των προσόψεων των κτιρίων, σε μια προσπάθεια να αναπαρασταθεί η πλήρωση των υπαρχόντων μπαλκονιών με γλαστρικά φυτά.

Πέραν αυτών, έγινε εκτίμηση των τριών βιοκλιματικών δεικτών, του δείκτη αποψύξεως CP (cooling power), του δείκτη THI και του δείκτη Humidex ώστε να δειχθεί κατά πόσο οι ανωτέρω επεμβάσεις επιδρούν στην αίσθηση που λαμβάνει το ανθρώπινο σώμα.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν έχουν ιδιαίτερη σημασία καθώς παρά την πολύ περιορισμένη έκταση του χώρου, υπάρχουν σημαντικές διαφορές κατά περίπτωση, ιδίως σε ό,τι αφορά την επέμβαση εκτενούς φύτευσης στην περιοχή, κάτι που δεικνύει ότι ακόμα και ένας χώρος που δείχνει να μην επιδέχεται μεταβολής, μπορεί και εκ των υστέρων να λειτουργήσει βιοκλιματικά. Ακόμα και στην περίπτωση που κάτι τέτοιο δεν είναι οικονομικά εφικτό, η απλούστερη λύση της τοποθέτησης γλαστρικών φυτών σε κάθε μπαλκόνι, η οποία προσομοιώνεται στην παρούσα μελέτη με φύτευση των προσόψεων των κτιρίων, δίδει παρατηρήσιμα αποτελέσματα.



**Κεφάλαιο 1**  
**ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**





## 1.1. Διαμόρφωση μετεωρολογικών παραγόντων μέσα στον αστικό ιστό

### 1.1.1. Θερμοκρασία αστικού περιβάλλοντος

Ο ατμοσφαιρικός αέρας στον αστικό χώρο είναι συνήθως θερμότερος από τον αντίστοιχο της γύρω αδόμητης περιοχής. Το φαινόμενο αυτό έχει μελετηθεί ευρέως και ονομάζεται θερμική νησίδα. Το σχήμα και το μέγεθος της θερμικής νησίδας, η οποία δημιουργείται, ποικίλει και εξαρτάται από τις μετεωρολογικές παραμέτρους, το ανάγλυφο, τα δομικά χαρακτηριστικά, τον κυκλοφοριακό φόρτο και από άλλους παράγοντες οι οποίοι συνυπάρχουν στην πόλη. Έτσι, πάνω από μια αστική, προαστιακή ή ελεύθερη δόμησης περιοχή, παρατηρείται διαφοροποίηση της θερμοκρασίας (Oke, 1978).

Αλλαγές στη σύσταση του αέρα, σχηματισμός ενός στρώματος αναστροφής και ένας κλιματολογικός θόλος και η αύξηση στην επιφανειακή θερμοκρασία, ιδιαίτερα στη δημιουργία των θερμών νησίδων, συνοδεύουν τη διαδικασία της αστικοποίησης. Οι πιο χαμηλές θερμοκρασίες παρατηρούνται κάτω από την κόμη των αστικών δασών και στις λιμνούλες, λίμνες και ποταμούς και κοντά στη θάλασσα. Το σχέδιο των θερμών νησίδων διατηρείται στην ατμόσφαιρα επάνω από τα κτίρια μέχρι ύψους 1000m (Ρήγα-Καρανδεινού Α., 1995).

Οι επεμβάσεις στο φυσικό τοπίο με σπίτια, δρόμους, πλατείες, μεγάλα δημόσια κτίρια και βιομηχανικές εγκαταστάσεις έχουν προκαλέσει μεταβολές στις κλιματικές συνθήκες των μεγαλουπόλεων. Στις πυκνοδομημένες περιοχές των πόλεων έχει διαπιστωθεί πρωιμότερη έναρξη και λήξη της βλάστησης συγκριτικά με τις προαστιακές και περιαστικές περιοχές (Geiger, 1975).

Οι διαφορές στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους και στις άλλες μορφές εδαφοκάλυψης, καθώς επίσης και στο ρυθμό θερμικής απόδοσης προς το περιβάλλον μιας αστικής και μιας περιαστικής περιοχής, μπορούν να οδηγήσουν σε ένα τοπικό σύστημα κυκλοφορίας αερίων μαζών καθώς και στη δημιουργία του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι οι αυξημένες τιμές της θερμοκρασίας του αέρα της κεντρικής περιοχής των πόλεων συγκριτικά με τις προαστιακές και περιαστικές περιοχές. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως σε αίθριες και νήνεμες νύχτες. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα οι παρατηρούμενες αυξημένες τιμές θερμοκρασίας αέρα οφείλονται στη θερμική ενέργεια η οποία αποδίδεται κατά τη θέρμανση των κατοικιών και από την κυκλοφορία των οχημάτων (Μουσιόπουλος, 1991).

Στο όριο μεταξύ της αδόμητης περιοχής και του αστικού χώρου εμφανίζεται απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας. Ο ρυθμός μεταβολής στην περίπτωση αυτή μπορεί να φτάσει τους 4°C/Km. Στη συνέχεια ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας προς το κέντρο της πόλης είναι μικρότερος και σταθερός. Η ομοιομορφία του σχήματος αυτού μπορεί να διακοπεί από πάρκα, λίμνες ή εμπορικές, βιομηχανικές και πυκνοκατοικημένες περιοχές. Τελικά σχηματίζεται στη θερμική νησίδα, πάνω από το κέντρο της πόλης, μια κορυφή όπου

σημειώνεται η μεγαλύτερη θερμοκρασία, η οποία αντιστοιχεί στο πυκνά δομημένο και με ψηλά κτίρια αστικό κέντρο (Oke, 1976).

Η παρατηρούμενη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικής και μη δομημένης περιοχής παρουσιάζει ημερήσια διακύμανση. Η μέγιστη τιμή της διαφοράς αυτής σημειώνεται λίγες ώρες μετά τη δύση του ηλίου, γεγονός το οποίο αποδίδεται στον βραδύτερο και πιο ομοιόμορφο ρυθμό ψύξης του αστικού χώρου συγκριτικά με την ελεύθερη δόμησης περιοχή. Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια της νύχτας, η αστική και η μη δομημένη περιοχή ψύχονται με τον ίδιο ρυθμό και συνεπώς η μεταξύ τους διαφορά παραμένει σταθερή ή μειώνεται ελαφρά. Μετά την ανατολή του ηλίου η αδόμητη περιοχή θερμαίνεται ταχύτερα, συγκριτικά με τη δομημένη, με αποτέλεσμα η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ τους να αμβλύνεται (Hage, 1975).

Οι μετεωρολογικές συνθήκες συμβάλλουν αποφασιστικά στη διαμόρφωση της θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ της αστικής περιοχής και της περιοχής ελεύθερης δόμησης. Η διαφορά αυτή μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου και την νεφοκάλυψη και παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή της όταν ο ουρανός είναι ανέφελος και επικρατεί σχετική νηνεμία (Oke, 1978).

Οι συνθήκες αυτές ενισχύουν τη διαφοροποίηση του ρυθμού με τον οποίο λαμβάνει χώρα η απώλεια θερμότητας στην δομημένη και στη μη δομημένη περιοχή. Η διαφοροποίηση των θερμοκρασιακών συνθηκών σε μια πόλη συγκριτικά με την ελεύθερη δόμησης περιοχή και συνεπώς η ένταση της θερμικής νησίδας, σχετίζεται με το μέγεθος της πόλης (Oke, 1973).

Θερμική νησίδα εμφανίζουν ακόμα και μικροί οικισμοί (περίπου 1000 κατοίκων). Αυτό αιτιολογείται από το γεγονός ότι συνήθως τα εμπορικά κέντρα ή σχετικά μικρά οικοδομικά τετράγωνα παρουσιάζουν αυξημένη θερμοκρασία συγκριτικά με τον περιβάλλοντα χώρο τους. Στην περίπτωση επικράτησης ισχυρών ανέμων η θερμική διαφοροποίηση μεταξύ αστικών και μη δομημένων περιοχών σχεδόν εξαφανίζεται. Ο ακριβής καθορισμός της τιμής της ταχύτητας του ανέμου για την οποία επιτυγχάνεται αυτό εκτιμάται ότι κυμαίνεται περίπου στα 10m/sec (Oke, 1978).

Η ύπαρξη αστικής θερμικής νησίδας έχει βιολογικές και οικονομικές συνέπειες. Επιφέρει πρόωμη βλάστηση και άνθηση των φυτών, όπως προαναφέρθηκε, ενώ παράλληλα επιμηκύνει τη βλαστική περίοδο. Επίσης η θερμότερη αστική κατοικία αποτελεί πόλο έλξης για μερικά πουλιά. Όταν όμως η πόλη εγκαθίσταται σε θερμή περιοχή η αυξημένη θερμοκρασία η οποία οφείλεται στην επίδραση της δόμησης δεν είναι επιθυμητή για τους ανθρώπους και προκαλεί "στρες". Από οικονομικής απόψεως η θερμική νησίδα είναι επωφελής διότι περιορίζει την ανάγκη για θέρμανση το χειμώνα. Όμως μειονεκτεί το καλοκαίρι εξαιτίας των αυξημένων απαιτήσεων για αερισμό και κλιματισμό (Bematzky, 1982).

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

οικοδομικού όγκου, της θερμότητας η οποία συσσωρεύεται στα δομικά υλικά δρόμων και κτιρίων, της μειωμένης ταχύτητας του ανέμου εξαιτίας της τραχύτητας της επιφάνειας της πόλης, της απορροής του μεγαλύτερου μέρους των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων λόγω της μειωμένης εισροής του νερού στο έδαφος, το οποίο καλύπτεται με αδιαπέραστα υλικά, της ελάττωσης της ενέργειας η οποία καταναλώνεται στις διαδικασίες εξατμισοδιαπνοής εξαιτίας της έλλειψης βλάστησης και τέλος των ανθρωπογενών πηγών θερμότητας και του νέφους της πόλης το οποίο μειώνει την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (Bematzky, 1982).

Για το ίδιο θέμα ο Oke (1976) αναφέρει ότι η τροποποίηση της θερμοκρασίας στο αστικό μικροκλίμα (και συνεπώς η διαμόρφωση της αστικής θερμικής νησίδας αποδίδεται σε αιτίες όπως είναι ο αυξημένος αριθμός ρύπων στον ατμοσφαιρικό αέρα των πόλεων, οι οποίοι απορροφούν και επανεκπέμπουν την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία η οποία εκπέμπεται από το έδαφος, συμβάλλοντας έτσι στην αύξηση της θερμοκρασίας στον αστικό χώρο. Επίσης το φαινόμενο αυτό επηρεάζει η αύξηση του ποσού θερμότητας το οποίο απορροφάται στην δομημένη περιοχή εξαιτίας των δομικών υλικών των οικοδομικών όγκων, οι ανθρωπογενείς πηγές θερμότητας, η περιορισμένη εξάτμιση λόγω της μηδαμινής φυτοκάλυψης, η ελάττωση της απώλειας θερμότητας η οποία αιτιολογείται από την μειωμένη ταχύτητα του ανέμου στον αστικό χώρο.

Η συνδυασμένη δράση των παραπάνω λειτουργιών ενισχύει την αποθήκευση θερμότητας στον αστικό χώρο κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ μετά την δύση του ηλίου παρεμποδίζει την ταχεία θερμική απόδοσή της διατηρώντας την θερμοκρασία στην δομημένη περιοχή σε υψηλότερα επίπεδα συγκριτικά με την έκταση που την περιβάλλει. Κατά την περίοδο του χειμώνα, η συμβολή των ανθρωπογενών πηγών θερμότητας στον σχηματισμό της αστικής θερμικής νησίδας αποκτά μεγαλύτερη βαρύτητα.

Συνεπάγεται, επομένως, ότι το είδος της δόμησης επιδρά καθοριστικά στη διαφοροποίηση των θερμομετρικών συνθηκών της αστικής περιοχής. Το ύψος των κτιρίων όπως και η μεταξύ τους απόσταση μέσα στην πόλη περιορίζουν σε διαφορετικό βαθμό την εκπεμπόμενη νυχτερινή ακτινοβολία με αποτέλεσμα τη διαφορετική ψύξη των οικοδομικών όγκων, ενώ παίζουν καθοριστικό ρόλο στις συνθήκες σκίασης των ακάλυπτων χώρων μεταξύ των κτιρίων, με αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση των θερμομετρικών συνθηκών (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Γενικά κατά τη διάρκεια της ημέρας, η βλάστηση συμβάλλει θετικά στη διατήρηση της θερμοκρασίας σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Το πράσινο αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας, ειδικότερα κατά τη θερμή περίοδο. Ενδεικτικά αναφέρεται η διαφορά θερμοκρασίας η οποία παρατηρείται στις 15:00 σε μια ζεστή ημέρα του Ιουλίου, σε μια σκιερή δενδροστοιχία του Εθνικού Κήπου και στην παρακείμενη λεωφόρο Αμαλίας. Η υπό σκιά θερμοκρασία της λεωφόρου ήταν κατά 7°C μεγαλύτερη μιας αντίστοιχης δενδροστοιχίας του Εθνικού Κήπου. Η επίδραση του πράσινου στη διαμόρφωση του τοπικού κλίματος συσχετίζεται με τη διεύθυνση και την ένταση του ανέμου, με την αγωγιμότητα ή μη του εδάφους και με την εποχή του έτους. Οι προηγμένοι

λαοί έχουν κατανοήσει τη σπουδαιότητα του πράσινου όσον αφορά τη βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών των αστικών περιοχών και ως εκ τούτου λαμβάνουν διάφορα μέτρα προστασίας και επέκτασης του. Τα παραδεκτά όρια επιφάνειας πρασίνου ανά κάτοικο στις πόλεις σήμερα κυμαίνονται από 8-12m<sup>2</sup> (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

### 1.1.2. Ανεμομετρικές συνθήκες στην πόλη

Οι μειωμένες ταχύτητες του ανέμου στο κέντρο της πόλης, αποδίδονται στην αύξηση της τραχύτητας της επιφάνειας λόγω της διαφοροποίησης του ύψους των οικοδομών, με αποτέλεσμα η μέγιστη ταχύτητά του να επιτυγχάνεται σε μεγαλύτερο ύψος, στο κέντρο της πόλης, απ' ότι στα προάστια και στις ελεύθερες δόμησης περιοχές (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Το υψηλότερο σημείο του τοίχου ενός κτιρίου το οποίο είναι εκτεθειμένο στον άνεμο δέχεται μεγαλύτερη ταχύτητα ανέμου. Κοντά στο έδαφος οι αέριες μάζες κινούνται πιο αργά και η πίεση παραμένει χαμηλή, προκαλώντας ρεύμα αέρα κατά μήκος του κτιρίου, το οποίο κινείται παράλληλα προς τις πλευρές του κτιρίου και πάνω από τη στέγη, κατευθυνόμενο στη συγκριτικά χαμηλότερης πίεσης ζώνη, προς το υπήνεμο μέρος. Εκτός από τη μείωση της ταχύτητας του ανέμου μέσα στο δομημένο χώρο παρατηρείται και έντονος στροβιλισμός. Αυτό έχει ως συνέπεια τη δημιουργία ζωνών αυξημένης ταχύτητας ανέμου πλησίον των κτιρίων. Στις γωνίες του κτιρίου εγείρονται στροβιλισμοί οι οποίοι παρασύρονται από το κύριο ρεύμα. Στο υπήνεμο μέρος ο άνεμος γυρίζει στην περιοχή χαμηλής πίεσης, προκαλώντας μια περιοχή επιστρεφόμενου ρεύματος και μια σφοδρή "ταραχή" πίσω από το κτίριο (Bitan, 1982).

Όσο οι αέριες μάζες εξακολουθούν να κατευθύνονται προς το κτίριο με σταθερή ταχύτητα, υφίστανται μια ισορροπία. Αν όμως ο άνεμος γίνει ασθενέστερος, δημιουργείται μεγαλύτερος στροβιλισμός στην υπήνεμη πλευρά του κτιρίου. Αυτός ο στροβιλισμός μεταφέρεται, ανακτώντας την αρχική του δύναμη. Κάθε αλλαγή στην ταχύτητα του ανέμου, επηρεάζει το ρεύμα αέρα γύρω και πίσω από το κτίριο και καταλήγει σε ισχυρές ταχύτητες ανέμου από τη μια πλευρά προς την άλλη. Αν θεωρηθεί ότι το κτίριο δεν είναι απομονωμένο, αλλά εντάσσεται σε μια δομημένη περιοχή στην οποία υπάρχουν κτίρια ανάλογου ύψους, τότε τόσο στην προσήνεμη όσο και στην υπήνεμη πλευρά του, λαμβάνει χώρα έντονος στροβιλισμός μεταξύ των κτιρίων (Oke, 1978).

Η κατάσταση της ροής του ανέμου, όπως αυτή διαμορφώνεται όταν ένα ιδιαίτερα υψηλό κτίριο προεξέχει σε σχέση με το επίπεδο των άλλων κτιρίων έχει ως εξής. Ο επερχόμενος άνεμος προσκρούει στην προσήνεμη πλευρά του υψηλού κτιρίου και προσδιορίζει ένα σημείο στο οποίο διαχωρίζεται και αποκλίνει. Το σημείο αυτό εντοπίζεται στο μέσο από τις πλευρικές επιφάνειες και στα τρία τέταρτα περίπου του ύψους του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή μέρος των αερίων μαζών περνά πάνω από τη στέγη και σχηματίζει στροβιλισμούς στην υπήνεμη πλευρά, ενώ ένα άλλο μέρος ρέει προς τα κάτω ενισχύοντας τους στροβιλισμούς οι οποίοι δημιουργούνται από την αντίσταση του

προηγούμενου κτιρίου στον άνεμο. Τέλος, οι υπόλοιπες μάζες αέρα κινούνται κατά μήκος των πλευρών της υψηλής οικοδομής και "τυλίγονται" γύρω απ' αυτή δίνοντας στο πίσω μέρος του κτιρίου τη χαρακτηριστική στροβιλώδη κυκλοφορία. Συνεπώς ένα κτίριο λειτουργώντας ως εμπόδιο παρενοχλεί την κίνηση του ανέμου αναγκάζοντας τον να κινηθεί προς τα κάτω. Είναι εμφανές, λοιπόν, ότι το κτίριο δεν παρέχει προστασία από τον άνεμο, αλλά ενισχύει τους ανέμους σε χαμηλά επίπεδα (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Ο στροβιλισμός ο οποίος δημιουργείται μεταξύ των κτιρίων σχετιζόμενος με το ύψος των οικοδομών και τα ρυπαντικά στοιχεία τα οποία αποδίδονται στην ατμόσφαιρα από τη θέρμανση, επιβαρύνει σημαντικά πολλές φορές την ατμόσφαιρα των πόλεων κοντά στο έδαφος. Έτσι τα ρυπαντικά στοιχεία, όταν η καπνοδόχος του υψηλού κτιρίου είναι χαμηλή, εισέρχονται στο σύστημα στροβιλισμού του ανέμου με αποτέλεσμα την επιβάρυνση του αέρα κοντά στο έδαφος. Αυτό αποφεύγεται με την κατασκευή υψηλότερης καπνοδόχου. Όταν το σημείο εκπομπής των ρύπων βρίσκεται σε χαμηλότερο ύψος από παρακείμενη οικοδομή, τότε οι ρύποι επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα κοντά στο έδαφος, γιατί βρίσκονται στο πεδίο στροβιλισμού του ανέμου του υψηλότερου κτιρίου (Penwarden and Wise, 1975).

Η γνώση των ανεμομετρικών συνθηκών στο δομημένο χώρο είναι αναγκαία για την πρόληψη των καταστρεπτικών επιπτώσεων του ανέμου στις κτιριακές εγκαταστάσεις. Οι κατασκευές πρέπει να σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να αντιστέκονται στα προκαθορισμένα μέγιστα φορτία του ανέμου, τα οποία προσδιορίζονται βάσει των μέγιστων ταχυτήτων ανέμου ο οποίος επικρατεί στην περιοχή. Διαφορετικά, το κτίριο κινδυνεύει από ολοσχερή κατάρρευση. Ο προσδιορισμός των ολικών φορτίων με τα οποία επιβαρύνεται ένα κτίσμα καθορίζεται κυρίως από το αν το κτίσμα είναι "ανοικτό" ή "κλειστό" (πλήρως καλυμμένο ή όχι) (Oke, 1978).

Στην περίπτωση κλειστού κτίσματος, τα φορτία του ανέμου τα οποία δέχεται ένα τμήμα της κατασκευής του κτιρίου εξαρτώνται από τη διαφορά πίεσης η οποία εφαρμόζεται στις δύο όψεις του (εσωτερική - εξωτερική). Όταν πνέει ισχυρός άνεμος είναι σύνηθες το φαινόμενο της κατάρρευσης της στέγης ενός κτίσματος σε συνθήκες θετικής εσωτερικής και εξωτερικής αρνητικής πίεσης λόγω της αποτελεσματικής ανυψωτικής δύναμης η οποία δημιουργείται. Η τιμή της εσωτερικής πίεσης καθορίζεται από τον εξαερισμό. Σε περίπτωση που τα ανοίγματα στην προσήνεμη πλευρά επιτρέπουν την εισροή αερίων μαζών ενώ τα ανοίγματα στην υπήνεμη πλευρά είναι κλειστά, η εσωτερική πίεση είναι αυξημένη. Αντιστρόφως, η εσωτερική πίεση μειώνεται κλείνοντας τα ανοίγματα της προσήνεμης πλευράς και ανοίγοντας τα ανοίγματα στην υπήνεμη. Ο διαμπερής εξαερισμός επιτρέπει την εξισορρόπηση εσωτερικής - εξωτερικής πίεσης αλλά μπορεί να είναι ανεπιθύμητος λόγω αύξησης των θερμικών απωλειών (Oke, 1978).

### 1.1.3. Υγρασία αστικού περιβάλλοντος

Οι υγρομετρικές συνθήκες σε μια αστική περιοχή είναι διαφορετικές σε σχέση με εκείνες οι οποίες επικρατούν σε μια ελεύθερη έκταση. Συνήθως η υγρασία εμφανίζεται ελαφρώς μικρότερη στην πόλη σε σύγκριση με τη γύρω μη δομημένη περιοχή κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ το αντίθετο παρατηρείται κατά τη διάρκεια της νύχτας (Hage, 1975). Συγκρινόμενα με την αστική περιοχή, τα εδάφη στις μη αστικές περιοχές είναι περισσότερο υγρά και έχουν βλάστηση η οποία μπορεί να μεταφέρει σημαντικά ποσά υγρασίας στην ατμόσφαιρα με το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής. Αντίθετα οι επιφάνειες μιας σύγχρονης πόλης αποτελούνται σε μεγάλο ποσοστό από δομικά υλικά (τσιμέντο, άσφαλτο και κτίρια) μη διαπερατά από το νερό, ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό καλύπτεται από αδιατάρακτα εδάφη και βλάστηση (Μουσιόπουλος, 1991). Εξαιτίας των υψηλότερων θερμοκρασιών, οι τιμές της σχετικής υγρασίας είναι δυνατό να φτάσουν μέχρι και 30% χαμηλότερα μέσα στην πόλη κατά τη διάρκεια της νύχτας (Hage, 1975).

Οι αστικές περιοχές χαρακτηρίζονται από συχνότερη εμφάνιση βροχοπτώσεων, ενώ η βλάστηση και το γυμνό έδαφος στις γύρω αγροτικές περιοχές διατηρούν την υγρασία για μεγαλύτερη χρονική περίοδο, η οποία εξατμίζεται με βραδύ ρυθμό. Από την άλλη πλευρά, η διαφορά στη διαθεσιμότητα του νερού το οποίο εξατμίζεται αντισταθμίζεται κατά κάποιο μέρος από τις πολλαπλές πηγές καύσης οι οποίες παρατηρούνται στην πόλη (Elliason, 1996).

Σε ψυχρά κλίματα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, η πόλη μπορεί να εμφανίζει μεγαλύτερη σχετική υγρασία την ημέρα συγκριτικά με τη γύρω ελεύθερη δόμησης περιοχή. Κάτω από αυτές τις συνθήκες η βλάστηση στις γύρω αγροτικές περιοχές, ως πηγή υδρατμών, πρακτικά εξαλείφεται διότι το έδαφος καλύπτεται από χιόνι ή είναι παγωμένο και η βλάστηση είναι "αδρανής". Αντιθέτως στην πόλη, λόγω καύσεων (ιδιαίτερα από τη θέρμανση), εξασφαλίζεται σημαντική ποσότητα υδρατμών (Oke, 1978).

Παράλληλα, η νεφοκάλυψη και οι βροχοπτώσεις εμφανίζονται αυξημένες πάνω από πόλη λόγω της ύπαρξης των σωματιδίων και του γεγονότος ότι η επιπλέον θερμότητα που προσφέρεται στην ατμόσφαιρα ενισχύει την αστάθεια και την κατακόρυφη μεταφορά (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Πολλές φορές στη διάρκεια της νύχτας με συνθήκες άπνοιας και ανέφελο ουρανό, δημιουργείται μια ασθενική τοπική κυκλοφορία πάνω από την πόλη με κατεύθυνση από την περιφέρεια προς το κέντρο της πόλης, λόγω της δημιουργίας περιοχής χαμηλών πιέσεων πάνω από την πόλη. Αυτό έχει πολλές φορές σαν αποτέλεσμα να μεταφέρονται ρύποι από την περιφέρεια στο κέντρο, εάν βεβαίως υφίστανται βιομηχανικές μονάδες στην περιφέρεια. Η αέρια ρύπανση επίσης επηρεάζει το κλίμα της πόλης αφού τα σωματίδια που διαχέονται στην ατμόσφαιρα ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία ή λειτουργούν σαν πυρήνες συμπύκνωσης υδρατμών με αποτέλεσμα αύξηση της συχνότητας εμφάνισης ομίχλης (Καζάνα, 2008).

Κατά τη διάρκεια περιόδων με ασθενείς ανέμους, τα υψηλά κτίρια μπορούν να αναχαιτίσουν τη ροή του αέρα στα χαμηλά στρώματα και να μειώσουν την προς τα πάνω κίνηση του υγρού αέρα. Αυξημένες ταχύτητες ανέμου γενικά τείνουν να εξαλείψουν τις διαφορές υγρασίας. Οι αέριες μάζες της πόλης οι οποίες περιέχουν μεγάλο αριθμό πυρήνων συμπύκνωσης, προκαλούν νέφωση, μεγάλο αριθμό ημερών βροχής και ομίχλης και κατ' επέκταση μεγάλο ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (Critchfield, 1983).

## 1.2. Μικροκλιματικές συνθήκες σε αστικές περιοχές

Το αστικό μικρόκλιμα εξαρτάται από τις χρήσεις γης, τη γεωμετρία της δόμησης και τα δομικά υλικά (τα χαρακτηριστικά τους και το χρώμα των επιφανειών τους) (Elliason, 1996). Σε γενικές γραμμές το μικρόκλιμα της πόλης αποτελείται από ένα μωσαϊκό από διαφορετικά μικροκλίματα (Αμούργης κ.ά., 2001). Οι κλιματικές παράμετροι που επηρεάζονται από το αστικό περιβάλλον, είναι η θερμοκρασία του αέρα και η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου. Επιπλέον, μπορεί να υπάρξει επηρεασμός και μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας, της νέφωσης και πιθανώς και του βαθμού βροχόπτωσης (Καζάνα, 2008).

Δύο είναι τα φαινόμενα που συντελούν κύρια στη μεταβολή της θερμικής και αεροδυναμικής συμπεριφοράς των πόλεων:

- Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας, που σχετίζεται με την ανάπτυξη υψηλότερων θερμοκρασιών στο κέντρο των πόλεων λόγω του θετικότερου θερμικού ισοζυγίου της περιοχής και αναλύθηκε διεξοδικά στο κεφάλαιο 1, και
- Το φαινόμενο της αστικής χαράδρας, που σχετίζεται κυρίως με τη μείωση της ταχύτητας και την αλλοίωση της διεύθυνσης του ανέμου σε ένα αστικό δρόμο, καθώς και την ανάπτυξη μιας θερμοκρασιακής στρωμάτωσης μέσα σ' αυτόν.

### 1.2.1. Αστική θερμική νησίδα

Η θερμική νησίδα είναι παρούσα σε κάθε πόλη και είναι η πλέον κλιματική ένδειξη της αστικοποίησης (Mihalakakou G., et al., 2004). Αποτελεί κυρίαρχο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Η θερμότητα που απορροφάται από τα κτίρια, τους δρόμους και τις άλλες κατασκευές μιας αστικής περιοχής στη διάρκεια της ημέρας, επανεκπέμπονται το βράδυ, δημιουργώντας υψηλές θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ της αστικής και της γειτονικής αγροτικής περιοχής (Χέλμης και Παπαϊωάννου, 2001). Η ένταση των θερμικών νησίδων ποικίλει μεταξύ 1 και 10 βαθμών Κελσίου, ανάλογα με την ένταση των πηγών θερμότητας στην περιοχή.

Στην Αθήνα, μετά από πολυετείς μετρήσεις διαπιστώθηκε ότι η μέγιστη ένταση των θερμικών νησίδων φθάνει σε τιμές κοντά στους 10°C ενώ ο αντίκτυπος του φαινομένου στην κατανάλωση ενέργειας από τα κτίρια είναι εξαιρετικά σοβαρός.

Συνοψίζοντας σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν, οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν και προκαλούν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας είναι:

- Αύξηση της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος λόγω της απορρόφησης της ακτινοβολίας που εκπέμπει η επιφάνεια του εδάφους και της επανεκπομπής από τη ρυπασμένη αστική ατμόσφαιρα.
- Μείωση της μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας που εκπέμπει η επιφάνεια του εδάφους λόγω της επίδρασης των υψηλών κτιρίων.
- Αύξηση της απορρόφησης της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας από την αστική περιοχή λόγω της επίδρασης των δρόμων (street canyons) στην ανακλαστικότητα (albedo).
- Μεγαλύτερη αποθήκευση θερμότητας στη διάρκεια της ημέρας λόγω των θερμικών ιδιοτήτων των αστικών υλικών και απελευθέρωση θερμότητας κατά τη διάρκεια της νύχτας.
- Προσθήκη της ανθρωπογενούς θερμότητας στην αστική περιοχή λόγω εκπομπών (θέρμανση και ψύξη), μεταφορών και βιομηχανικών λειτουργιών.
- Ελάττωση της εξάτμισης και συνεπώς και της λανθάνουσας ροής θερμότητας λόγω της μείωσης των περιοχών πρασίνου στην επιφάνεια της πόλης (Χέλμης και Παπαϊωάννου, 2001).

Διάφορες τεχνικές έχουν προταθεί για να μετριάσουν το φαινόμενο της θερμικής νησίδας, όπως αντανακλαστικά φυσικά υλικά, λευκά χρώματα και ανοικτού, δροσερού χρωματισμού επιστρώματα. Τα τελευταία χρόνια, ο ρόλος των φυτοκαλυμμένων περιοχών στην εξισορρόπηση του αστικού κλίματος έχει μελετηθεί εκτενώς σε όλο τον κόσμο. Τα δένδρα και οι φυτοκαλυμμένες επιφάνειες συμβάλλουν σημαντικά στην ψύξη των πόλεων δεδομένου ότι η εξατμισοδιαπνοή από το φύλλωμα του φυτικού υλικού μειώνει τη θερμοκρασία αέρα και αυξάνει την υγρασία. Οι φυτοκαλυμμένες περιοχές είναι συγκριτικά πιο δροσερές κατά τη διάρκεια της ημέρας από τα περισσότερα άλλα αστικά στοιχεία. Η θερμοκρασία στη σκιά των δένδρων, αναφέρθηκε ότι είναι χαμηλότερη κατά 0,7°C μέχρι και 3,6°C από τις περιοχές χωρίς βλάστηση (Zouli I., Santamouris M., Dimoudi A., 2008).

### 1.2.2. Αστικές χαράδρες

Οι δρόμοι συνήθως καλύπτουν το ένα τέταρτο της αστικής περιοχής και η μορφολογία τους επιδρά στο αστικό μικρόκλιμα επηρεάζοντας τη θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία καθώς και την κατεύθυνση και ένταση του ανέμου μέσα στις οδούς (Shasua-Bar and Hoffman, 2003). Η κυκλοφορία του αέρα και η κατανομή της θερμοκρασίας του μέσα στις αστικές χαράδρες παίζει σημαντικό ρόλο στη διασπορά των ρύπων, στην ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ των κτιρίων και του αέρα της χαράδρας κ.τ.λ. Τα συμβατικά κτίρια στις αστικές χαράδρες καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια για κλιματισμό και



φωτισμό. Χαρακτηριστικό φαινόμενο είναι η δυσφορία του αστικού πληθυσμού που οφείλεται στις υψηλές θερμοκρασίες και στην ασυνήθιστη αναταραχή του αέρα (Bitan, 1992).

Ο παθητικός δροσισμός ενός δρόμου από την εξασθένηση της ηλιακής θέρμανσης εξαρτάται κυρίως από τον προσανατολισμό των δρόμων και τη γεωμετρία τους. Η αστική γεωμετρία και ο προσανατολισμός διαδραματίζουν δηλαδή σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των κλιματολογικών γνωρισμάτων μιας οδού. Επηρεάζουν το ποσοστό διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας, τη μερικών σκιασμένη περιοχή και τον παράγοντα Sky View Factor (συντελεστής θέασης ουράνιου θόλου). Ο παράγοντας Sky View Factor εκφράζεται ως συνάρτηση των χαρακτηριστικών μιας αστικής χαράδρας ως εξής:

$$SVF = \cos[\arctan(2Y/\Pi)]$$

όπου  $Y/\Pi$  είναι η αναλογία του ύψους των κτιρίων προς το πλάτος της οδού (Shasua-Bar and Hoffman, 2003). Πολλές μελέτες έχουν δείξει εμπειρικά τη σχετικότητα αυτών των παραγόντων με τα θερμικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της αστικής κόμης (Swaid and Hoffman, 1990b, Barring et al., 1985, Arnfield, 1990). Η γεωμετρία αντιπροσωπεύεται από την αναλογία ύψους προς πλάτος της αστικής χαράδρας, όπως προτείνεται από τον Oke (1981).

Όσον αφορά τον προσανατολισμό, λαμβάνονται υπόψη δύο παράμετροι, δηλαδή, το αζιμούθιο του άξονα της οδού και το αζιμούθιο του ήλιου. Οι προσομοιώσεις σε δρόμους προσανατολισμένους A-Δ και B-N, έχουν δείξει σημαντικές διαφορές στη θερμοκρασία αέρα στο επίπεδο της αστικής κόμης (Swaid and Hoffman, 1990b).

Συνήθως, για χαμηλές τιμές της αναλογίας  $Y/\Pi$  (0,5), ο προσανατολισμός B-N επιτρέπει, κατά μέσο όρο, μεγαλύτερη διείσδυση φωτός στο δρόμο. Επιπλέον, η κατανομή της ημερήσιας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας είναι διαφορετική για τους δύο τύπους προσανατολισμού (Shashua-Bar and Hoffman, 2003). Επιπρόσθετα η αστική γεωμετρία εδώ και πολύ καιρό έχει προσδιοριστεί ως σημαντικός παράγοντας στην εξήγηση της αστικής θερμικής νησίδας (Eliasson, 1996).

### 1.3. Ο ρόλος της ρύπανσης στην καταστροφή του φυσικού περιβάλλοντος

Ως ρύπανση περιβάλλοντος μπορεί να ορισθεί η ανεπιθύμητη μεταβολή των φυσικών, χημικών ή βιολογικών χαρακτηριστικών του ατμοσφαιρικού αέρα, της ξηράς και των υδάτων η οποία μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου ή άλλων επιθυμητών οργανισμών. Η ρύπανση δημιουργείται από την άμεση ή έμμεση εκπομπή στο περιβάλλον διαφόρων ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας των μορφών ενέργειας σε τέτοια ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια η οποία να καθιστά αυτό ακατάλληλο για επιθυμητές χρήσεις (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Η ρύπανση επιβαρύνει το ατμοσφαιρικό και το υδατικό περιβάλλον. Για την ατμοσφαιρική ρύπανση των αστικών περιοχών είναι υπεύθυνη σε μεγάλο ποσοστό η κυκλοφορία των οχημάτων, η κεντρική θέρμανση των κτιρίων και η βιομηχανική δραστηριότητα.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται από την παρουσία στην ατμόσφαιρα ουσιών των οποίων η συγκέντρωση ξεπερνά ορισμένες τιμές με αποτέλεσμα να βλάπτουν ή να ενοχλούν τον άνθρωπο και το περιβάλλον του. Οι ουσίες αυτές ονομάζονται ρύποι και ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής τους διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς.

Οι πρωτογενείς ρύποι εκπέμπονται απευθείας από τις διάφορες πηγές στην ατμόσφαιρα, όπως αιωρούμενα σωματίδια ή σωματίδια που έχουν ήδη προσροφήσει διάφορους ρύπους, καπνός, SO<sub>2</sub>, CO, υδρογονάνθρακες, Cl<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>.

Οι δευτερογενείς ρύποι σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα από τους πρωτογενείς ρύπους με χημικές αντιδράσεις που γίνονται είτε μεταξύ τους, είτε με τα φυσικά συστατικά της ατμόσφαιρας με συμμετοχή του ηλιακού φωτός ή της θερμοκρασίας ή της υγρασίας. Τέτοιοι ρύποι είναι το NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες (Όξενκιουν-Πετροπούλου, 2010)

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, ο θερμός και ακάθαρτος αέρας των πόλεων ανέρχεται και συγχρόνως ψύχεται. Κατόπιν κατέρχεται βραδέως στη γύρω περιοχή. Ταυτόχρονα όμως αέριες μάζες από τη γύρω περιοχή κινούνται προς το κέντρο της πόλης. Κατ' αυτό τον τρόπο καθαρίζει μερικώς η ατμόσφαιρα από τα ευκόλως διαχεόμενα ρυπαντικά στοιχεία.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας, ο ατμοσφαιρικός αέρας των πόλεων ψύχεται και λόγω του πλήθους των υφιστάμενων πυρήνων συμπύκνωσης σχηματίζεται ομίχλη ή υγρά "αχλύς". Ταυτόχρονα, τα ανώτερα στρώματα της "ρυπασμένης" ατμόσφαιρας ψύχονται δι' ακτινοβολίας και καθώς γίνονται βαρύτερα επαναπίπτουν με το ρυπαντικό τους φορτίο στην πόλη (Θεοχαράτος, 1990).

Αναμφίβολα διακρίνεται έντονη αλληλεπίδραση των παραγόντων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των κλιματικών παραμέτρων η οποία στηρίζεται στα εξής. Μετεωρολογικές συνθήκες όπως είναι η σταθερότητα της ατμόσφαιρας σε μια περιοχή είναι δυνατό να διευκολύνουν τη συσσώρευση ρύπων. Τέτοιες συνθήκες προκαλούνται ως συνέπεια αντικυκλωνικών καταστάσεων με αμελητέες βαροβαθμίδες, με ύπαρξη νηνεμιών, με ανέφελο ουρανό και αναστροφές θερμοκρασίας. Η επίδραση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας στις μετεωρολογικές παραμέτρους οφείλεται κυρίως στην τυπική διαφοροποίηση του ενεργειακού ισοζυγίου η οποία συμβαίνει μεταξύ της αέριας ρυπασμένης μάζας της πόλης και των αερίων μαζών των γειτονικών περιοχών. Το έδαφος κάτω από μια έντονα ρυπασμένη ατμόσφαιρα δέχεται μικρότερα ποσά ακτινοβολίας, λόγω απορρόφησης, γεγονός το οποίο πιστοποιείται και από τη μειωμένη ηλιοφάνεια στην περιοχή (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Όμως, οι διάφοροι μηχανισμοί οι οποίοι ρυθμίζουν τα ενεργειακά ισοζύγια στην ατμόσφαιρα λειτουργούν τόσο πολύπλοκα που θα μπορούσαμε να υποστηριχθεί ότι στο

σύνολό της η γη με ρυπασμένη ατμόσφαιρα πιθανόν να απορροφά τελικά μεγαλύτερη ακτινοβολία από τον ήλιο, διότι οι ρύποι απορροφούν εντονότερα την ηλιακή ακτινοβολία και παράλληλα εμποδίζουν τη θερμική γήινη ακτινοβολία να διαφύγει στο διάστημα. Δηλαδή το αποτέλεσμα είναι ακριβώς αντίθετο (Θεοχαράτος, 1990).

Το ισχυρό φαινόμενο θερμικής νησίδας το οποίο παρουσιάστηκε στην Αθήνα τον Ιούλιο του 1987 και οδήγησε σε αυξημένο ποσοστό θανάτων αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα συνδυασμού δράσης ρύπανσης και δυσμενών καιρικών συνθηκών. Το επτάήμερο από 20 - 27/7/1987 οι θερμοκρασίες οι οποίες επικράτησαν στην ευρύτερη περιοχή της πόλης των Αθηνών ήταν σταθερά πάνω από τους 40°C, με μέγιστο τους 43°C, συνοδεύτηκαν δε από έντονη θερμοκρασιακή αναστροφή και άπνοια.

Κατά τη διάρκεια του μήνα αυτού παρατηρείται μια αύξηση 106% των θανάτων σε σχέση με τον μέσο όρο θανάτων του Ιουλίου για τα τέσσερα προηγούμενα χρόνια. Η εμμονή των υψηλών θερμοκρασιών για μεγάλο χρονικό διάστημα λειτούργησε αθροιστικά και σε συνδυασμό με τα υψηλά επίπεδα σχετικής υγρασίας 55 - 60% δημιούργησε θερμικό στρες το οποίο κυρίως για εξασθενημένα και νοσούντα άτομα λειτούργησε θανατηφόρα.

Ο παράγοντας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι βέβαιο ότι μεμονωμένα δεν λειτούργησε θανατηφόρα διότι οι συγκεντρώσεις των κυρίως επιβλαβών αερίων ήταν λόγω της μειωμένης δραστηριότητας της πόλης σε ανεκτά επίπεδα, σε συνδυασμό όμως με τις υψηλές θερμοκρασίες και τη μεγάλη σχετική υγρασία σίγουρα λειτούργησε επιβαρυντικά (Θεοχαράτος, 1990).

Γενικά η ατμοσφαιρική ρύπανση στα μεγάλα αστικά κέντρα λαμβάνει τα όρια επικίνδυνου όταν στην περιοχή επικρατεί άπνοια. Γι' αυτό κατά τη δόμηση πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα ώστε οι λεωφόροι να τοποθετούνται προς τη διεύθυνση του συχνότερα πνέοντος ανέμου, ώστε να αξιοποιούνται τα μετεωρολογικά δεδομένα στη μερική απορρύπανση της ατμόσφαιρας των πόλεων.

Στην Αθήνα η διεύθυνση του επικρατούντος ανέμου συμπίπτει με την κατεύθυνση ορισμένων κεντρικών οδικών αρτηριών. Αυτές παρουσιάζουν αυξημένες ταχύτητες ανέμου και μπορούν να χαρακτηριστούν ως "αεραγωγοί". Η αποτελεσματικότητα όμως της λειτουργίας των αεραγωγών αυτών είναι περιορισμένη, επειδή καλύπτουν μεγάλο ποσοστό επιφάνειας εδάφους με άσφαλτο και παρουσιάζουν αυξημένη ατμοσφαιρική ρύπανση (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Συνήθως η ρύπανση εκδηλώνεται έντονα κατά τη διάρκεια ημερών με θαλάσσια αύρα, διότι εξαιτίας των ασθενών ανέμων οι οποίοι επικρατούν δεν είναι δυνατή η διασπορά των ρύπων πάνω από τα βουνά τα οποία περιβάλλουν το λεκανοπέδιο της Αττικής. Παλαιότερα, πριν από την σημερινή τόσο έντονη αστικοποίηση, η θαλάσσια αύρα αποτελούσε ένα ελαφρύ αναζωογονητικό άνεμο για τους Αθηναίους, σήμερα όμως είναι ανεπαρκής (Kotinis - Zambakas et.al, 1989).

Οι κυριότερες αρνητικές συνέπειες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ατμόσφαιρα είναι η μείωση της ορατότητας (λόγω αυξημένης σκέδασης), η αύξηση της συχνότητας

σχηματισμού ομίχλης, η μείωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, η μεταβολή του μικροκλίματος και συνέπειες σε παγκόσμια κλίμακα (Μουσιόπουλος, 1991).

Οι χώροι πρασίνου στα μεγάλα αστικά κέντρα αποτελούν οάσεις οι οποίες συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών και λειτουργούν ως πηγές οξυγόνου οι οποίες δίνουν πνοή ζωής στην ιδιαίτερα επιβαρυσμένη ατμόσφαιρα (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

#### 1.4. Βιομετεωρολογικοί - βιοκλιματικοί δείκτες

Η βιομετεωρολογία είναι ένας κλάδος που παρουσιάζει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον για την Ελλάδα. Η σπουδαιότητα αυτή έγκειται στο γεγονός της πολυσχιδούς τοπογραφίας του ελλαδικού χώρου, του μεγάλου νησιωτικού συμπλέγματος, του πολύ μεγάλου μήκους των ακτών και των υψηλών ορεινών όγκων, παραγόντων οι οποίοι διαμορφώνουν μια μεγάλη ποικιλία μικροκλιμάτων (Κωλέτσης, 2007).

Η θερμική άνεση του ανθρώπου αποτελεί έναν πολυσύνθετο βιοκλιματικό όρο ο οποίος είναι αποτέλεσμα της επίδρασης μεγάλου αριθμού περιβαλλοντικών παραμέτρων πάνω στον ανθρώπινο οργανισμό (Emmanuel, 2004). Με σκοπό την ποσοτικοποίηση και έκφραση αυτής της θερμικής άνεσης του ανθρώπου δημιουργήθηκαν διάφοροι δείκτες. Οι βιομετεωρολογικοί - βιοκλιματικοί δείκτες όπως αυτοί ονομάζονται, προκύπτουν από τον μαθηματικό συνδυασμό διαφόρων μετεωρολογικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία αέρα, η σχετική υγρασία, η μετακίνηση αέρα, η ακτινοβολία και παρέχουν πληροφορίες για το κλίμα μίας περιοχής και κατά πόσο αυτό είναι ευνοϊκό ή όχι για τον ανθρώπινο οργανισμό. (Μανώλη, 2008). Αυτοί ανάλογα με τις θερμοκρασιακές συνθήκες διακρίνονται:

- Σε δείκτες που αναφέρονται στο ψυχρό περιβάλλον, όπου έχουμε το συνδυασμό της θερμοκρασίας του αέρα και της ταχύτητας του ανέμου, όπως οι δείκτες απόψυξης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τη περιγραφή της στροβιλώδους μεταφοράς αισθητής θερμότητας
- Σε δείκτες οι οποίοι αναφέρονται στο θερμό περιβάλλον, όπου γίνεται ο συνδυασμός της θερμοκρασίας του αέρα με διάφορους δείκτες υγρασίας για τη μελέτη της εξάτμισης, που προκαλείται από το ανθρώπινο σώμα.

Υπάρχουν δείκτες απλοί οι οποίοι χρησιμοποιούν μικρό αριθμό μετεωρολογικών παραμέτρων αλλά και πιο σύνθετοι, οι οποίοι εκτός από τις μετεωρολογικές παραμέτρους μπορεί να χρησιμοποιήσουν και διάφορα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος καθώς και δεδομένα που αφορούν τα άτομα που δέχονται την επίδραση του περιβάλλοντος χώρου (Μανώλη, 2008).

Ένας ακόμα διαχωρισμός των δεικτών είναι αυτός με βάση τις θερμομετρικές συνθήκες (Χαραλαμπίδης, 2006). Με βάση αυτόν το διαχωρισμό οι δείκτες διακρίνονται σε αυτούς που αφορούν το ψυχρό περιβάλλον και αυτούς που αφορούν το

θερμό περιβάλλον. Στη χώρα μας εφαρμογή έχουν οι δεύτεροι, θερμού περιβάλλοντος, γιατί η όποια επιβάρυνση προκαλείται στον ανθρώπινο οργανισμό από το θερμικό περιβάλλον προέρχεται συνήθως από υψηλές θερμοκρασίες και σπανιότερα από χαμηλές. Στους δείκτες αυτούς συνδυάζεται η θερμοκρασία του αέρα με διάφορους δείκτες υγρασίας, με σκοπό τη μελέτη της εξάτμισης που προκαλείται στο ανθρώπινο σώμα (Giles and Balafoutis, 1990).

#### **1.4.1. Περιβαλλοντικές παράμετροι που επηρεάζουν τους βιοκλιματικούς δείκτες**

Το θερμικό περιβάλλον αποτελεί το σημαντικότερο αντικείμενο μελέτης της βιομετεωρολογίας. Ο ανθρώπινος οργανισμός αποδίδει και προσλαμβάνει συνεχώς θερμότητα ώστε να μπορεί να κρατά σε ισορροπία τις βασικές λειτουργίες διαβίωσης και επιβίωσης. Οι σχέσεις του ανθρώπου με την ατμόσφαιρα διαμέσου της θερμικής ρύθμισης είναι πάρα πολύ στενές (Χαραλαμπίδης, 2006).

Για τον υπολογισμό, λοιπόν, των βιοκλιματικών δεικτών λαμβάνονται υπόψη τόσο οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που επικρατούν όσο και ο παράγοντας άνθρωπος.

Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που σχετίζονται και επηρεάζουν τους βιοκλιματικούς δείκτες είναι:

- Θερμοκρασία αέρος
- Θερμοκρασία ακτινοβολίας
- Υγρασία
- Η κίνηση των μαζών του ατμοσφαιρικού αέρα.

Όσον αφορά στον ανθρώπινο παράγοντα, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η μεταβολή θερμότητας, που παρατηρείται κατά τη διάρκεια όλων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων καθώς και η ενδυμασία (Ματζαράκης, 1995).

##### **1.4.1.1. Θερμοκρασία αέρος**

Η παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη είναι η θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα, που περιβάλλει το ανθρώπινο σώμα. Το μέγεθος αυτό σχετίζεται με την ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ανθρώπου και περιβάλλοντος σε οριακές όμως καταστάσεις.

Στη βιομετεωρολογία, το μέγεθος αυτό δεν θεωρείται αντιπροσωπευτικό και δε διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του θερμικού περιβάλλοντος του ανθρώπου (Κωλέτσας, 2007).

#### 1.4.1.2. Θερμοκρασία ακτινοβολίας

Το ανθρώπινο σώμα υφίσταται την επίδραση της θερμοκρασίας ακτινοβολίας, η οποία διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της θερμικής άνεσης. Πρόκειται για την ανταλλαγή θερμότητας μέσω της ακτινοβολίας μεταξύ διαφόρων σωμάτων. Για τον υπολογισμό της θερμικής ισορροπίας του ανθρώπου, σημαντική παράμετρος είναι η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας. Με το μέγεθος αυτό περιγράφεται η επίδραση των ακτινοβολικών ροών στο θερμικό ισοζύγιο του ατόμου. Η θερμοκρασία ακτινοβολίας προσδιορίζεται για έναν άνθρωπο, με καθορισμένη σωματική θέση και ένδυση, ως η αντίστοιχη μέση θερμοκρασία εκπομπής μέλανος σώματος, στο οποίο θα είχαμε τις ίδιες απώλειες και οφέλη ακτινοβολίας κάτω από όμοιες πραγματικές συνθήκες (Κωλέτσης, 2007).

Για την περιγραφή και την ποσοτική προσέγγιση της επίδρασης της θερμικής ακτινοβολίας του περιβάλλοντος, στις βιοκλιματικές μελέτες, χρησιμοποιείται μια άλλη παράμετρος, η Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας. Η παράμετρος αυτή διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό του θερμικού ισοζυγίου του ανθρώπου περιγράφοντας την επίδραση των ροών ακτινοβολίας στο θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπου (Κωλέτσης, 2007).

Για να υπολογιστεί η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας θα πρέπει να είναι γνωστά:

- Τα χαρακτηριστικά και οι διαστάσεις των επιφανειών που εκπέμπουν ακτινοβολία και οι οποίες περιβάλλουν τον άνθρωπο.
- Ο προσανατολισμός του ανθρώπου σε σχέση με τις πηγές ακτινοβολίας
- Οι παράγοντες του ορατού μέρους του ουρανού
- Ο τρόπος με τον οποίο η άμεση ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει στον άνθρωπο
- Η λευκαύγεια (albedo), το πάχος της ενδυμασίας και το χρώμα του δέρματος του ατόμου (Ματζαράκης, 1995).

#### 1.4.1.3. Υγρασία

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η υγρασία αποτελεί βασικό παράγοντα που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό των βιομετεωρολογικών δεικτών. Η υγρασία του περιβάλλοντος εκφράζεται συνήθως με το μέγεθος της σχετικής υγρασίας (%) και της τάσης των ατμών (mb) (Χρονοπούλου-Σερέλη κ.ά., 2001).

Παρατηρείται η μεταφορά ποσοτήτων θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα προς το περιβάλλον όταν έχουμε την εξάτμιση κάποιου υγρού (εφίδρωση) λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του ανθρώπινου σώματος, με συνέπεια το σώμα να ψύχεται. Η απώλεια της θερμότητας δίνεται από τη διαφορά της μερικής τάσης ατμών μεταξύ δέρματος και περιβάλλοντος (Parsons, 1993). Η μερική τάση μπορεί να είναι συνάρτηση της

θερμοκρασίας του αέρα και της υγρασίας της ατμόσφαιρας (απόλυτη υγρασίας) (Κωλέτσας, 2007).

Η απόλυτη υγρασία συνδέεται με τη μερική τάση και τη θερμοκρασία με την παρακάτω σχέση (Kerslake 1972):

$$\text{Absolute humidity} = 2,17 P_3/T$$

#### **1.4.1.4. Η κίνηση των μαζών του ατμοσφαιρικού αέρα**

Η θερμοκρασία του ανθρωπίνου σώματος επηρεάζεται σημαντικά από τη ροή της θερμότητας που παρατηρείται μεταξύ του σώματος και του στρώματος του ατμοσφαιρικού αέρα που το περιβάλλει. Η ροή αυτή της θερμότητας μεταβάλλεται σημαντικά από την κίνηση των αερίων μαζών, η οποία διαφέρει ως προς το χρόνο, τη διεύθυνση και την ταχύτητα (Κωλέτσας, 2007).

Η ταχύτητα ανέμου προσδιορίζεται με τη μέση τιμή του για ένα χρονικό διάστημα έκθεσης, ολοκληρώνοντας για τους τρεις ορθογώνιους άξονες (Φλόκας, 1994).

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

### **1.5. Λύσεις για τη μείωση της θερμικής νησίδας**

#### **1.5.1. Η θερμοκρασία στο βιοκλιματικό σχεδιασμό**

Η οργάνωση του ιστού της πόλης και η χωροθέτηση των κτιρίων δημιουργούν μια σύνθετη εικόνα της οποίας η μορφή επηρεάζεται αποτελεσματικά από τις κλιματικές συνθήκες. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στηρίζεται στην προσπάθεια διαμόρφωσης ενός άνετου θερμικά μικροκλίματος εντός των κτιρίων με την αξιοποίηση των ευνοϊκών για την περίπτωση αυτή παραμέτρων του κλίματος.

Σε θερμές - ξηρές περιοχές, οι όγκοι των κτιρίων και οι κήποι χρησιμοποιούνται για τη σκίαση των δρόμων ή των ανοιχτών χώρων. Οι κατοικίες τοποθετούνται γύρω από κλειστές αυλές οι οποίες αποτελούν οάσεις δροσιάς και ομαδοποιούνται σε συγκροτήματα έτσι ώστε με τον όγκο τους να εξασφαλίζουν την άμυνα απέναντι στις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Στα εύκρατα κλίματα οι οικισμοί είναι ανοιχτοί καθώς η δομή της πόλης επιτρέπει μια πιο ελεύθερη διάταξη (Χρονάκη-Ανδρεαδάκη, 1985).

Για να λειτουργήσει ένα κτίριο βιοκλιματικά στη δομή μιας πόλης θα πρέπει να λειτουργεί ως φυσικός - ηλιακός συλλέκτης, ως αποθήκη θερμότητας, ως παγίδα θερμότητας, ως παγίδα φυσικού δροσισμού και ως αποθήκη ψύξης (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

Για την ικανοποίηση της πρώτης προϋπόθεσης επιβάλλεται η επαρκής έκθεση του κτιρίου στην ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του χειμώνα κατά τις πρωινές και μεσημβρινές ώρες, ιδιαίτερα από τις 9:00 έως τις 15:00 οπότε και προσφέρεται η αναγκαία ηλιακή και θερμική ενέργεια. Το σχήμα του κτιρίου παίζει σημαντικό ρόλο και συναρτάται με τις ανάγκες για θέρμανση και το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής. Ένα κτίσμα επίμηκες, κατά τον άξονα ανατολή - δύση, προσφέρει μεγαλύτερη επιφάνεια προς το νότο, για τη συλλογή ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα (Χρονάκη-Ανδρεαδάκη, 1985). Ο καθορισμός του ιδανικού προσανατολισμού επηρεάζεται κυρίως από την τοπογραφία της περιοχής, τις απαιτήσεις τις οποίες καλείται να εξυπηρετήσει το κτίριο, τη μείωση του θορύβου και τις κλιματικές παραμέτρους. Για την εύκρατη ζώνη, όσον αφορά τις κλιματικές παραμέτρους, για την περίοδο του χειμώνα, ο καταλληλότερος προσανατολισμός είναι ο νότιος, γιατί η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι σχεδόν τριπλάσια σε σχέση με αυτή η οποία αντιστοιχεί στον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό. Κατά το καλοκαίρι, η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία μειώνεται σχεδόν στο μισό για την νότια προσανατολισμένη επιφάνεια συγκριτικά την ανατολική και τη δυτική. Για 40° Βόρειο Γεωγραφικό Πλάτος, ο καλύτερος προσανατολισμός βρίσκεται 17,50 ανατολικότερα του νότιου, εξασφαλίζοντας έτσι την μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας το χειμώνα (Olgay, 1963).

Ένας άλλος βασικός παράγοντας για τη λειτουργία ενός κτιρίου ως φυσικού, ηλιακού συλλέκτη είναι ο προσανατολισμός και το μέγεθος των ανοιγμάτων (πόρτες, παράθυρα). Η γυάλινη επιφάνεια είναι ο πιο οικονομικός και αποδοτικός ηλιακός συλλέκτης, αρκεί να προσανατολίζεται προς το νότο, με ανοχή  $\pm 30^\circ$  ανατολικότερα ή δυτικότερα. Αναφέρεται ότι γενικά το άνοιγμα θα πρέπει να κερδίζει περισσότερη θερμική ενέργεια απ' όση χάνει και επομένως επιβάλλεται να έχει τα καλύτερα θερμικά χαρακτηριστικά όπως διπλούς υαλοπίνακες, μονωτικά εξώφυλλα και καλή συναρμογή των κουφωμάτων. Όσον αφορά την επίδραση του χρώματος, έχει διαπιστωθεί ότι για ζεστά κλίματα οι εξωτερικές επιφάνειες των κτιρίων οι οποίες λαμβάνουν την έντονη ηλιακή ακτινοβολία επιβάλλεται να βάφονται με ανοιχτά χρώματα. Αντιθέτως, για ψυχρά κλίματα, ενδείκνυνται οι σκούρου χρώματος επιφάνειες, γιατί απορροφούν μεγαλύτερα ποσά ηλιακής και θερμικής ακτινοβολίας (Χρονάκη-Ανδρεαδάκη, 1985).

Όπως αναφέρθηκε, ο δεύτερος ζωτικός παράγοντας για τη βιοκλιματική λειτουργία του κτιρίου είναι η αποθήκευση της θερμότητας, η οποία προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ενέργεια, την ημέρα, περνά μέσα από τα ανοίγματα κυρίως στον εσωτερικό χώρο, όπου παγιδεύεται, μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια και απορροφάται από τα υλικά της κατασκευής και τα αντικείμενα του χώρου, μέχρις ότου η ικανότητα τους για θερμική αποθήκευση κορεστεί. Η διαδικασία αποθήκευσης της θερμικής ενέργειας πραγματοποιείται με τον αέρα, ο οποίος θερμαίνεται γρηγορότερα και με την κίνηση του μεταφέρει τη θερμότητα στα συμπαγή υλικά (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

Ο πιο αποτελεσματικός "αποθηκευτής - συσσωρευτής" θερμότητας είναι η ίδια η κατασκευή του κτιρίου, δηλαδή οι τοιχοποιίες, τα δάπεδα, οι οροφές και τα εσωτερικά



χωρίσματα. Όσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα θερμικής αποθήκευσης υλικών κατασκευής, τόσο η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό περιβάλλον παραμένει σε άνετα θερμικά επίπεδα για πολλές ώρες, ακόμη και για ημέρες, χωρίς να χρειάζεται βοηθητική θέρμανση από άλλες πηγές ενέργειας ή να προκαλείται υπερθέρμανση και δυσφορία (Χρονάκη-Ανδρεαδάκη, 1985).

Τα βασικά χαρακτηριστικά, τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη για να λειτουργήσει αποτελεσματικά ένα κτίριο ως αποθήκη ηλιακής θερμότητας, είναι η αυξημένη θερμοχωρητική ικανότητα των υλικών κατασκευής, η σωστή, ποσοτικά, διανομή των υλικών αυτών, στο σύνολο της κατασκευής και οι βαθμομέρες της περιοχής. Οι βαθμομέρες προσδιορίζονται από τη διαφορά μεταξύ εσωτερικής και μέσης ημερήσιας εξωτερικής θερμοκρασίας. Οι βαθμομέρες βρίσκονται αθροίζοντας τις διαφορές για το σύνολο της χειμερινής περιόδου, πράγμα το οποίο καθορίζει και τις θερμαντικές ανάγκες του κτιρίου.

Το κτίριο κατά τη διάρκεια της ημέρας αποθηκεύει θερμότητα, ενώ, κατά τη διάρκεια της νύχτας, η κατεύθυνση της ροής αντιστρέφεται οπότε και έχουμε επαναπόδοση αυτής της θερμότητας από το κτίριο προς το περιβάλλον. Η επανακύκλωση αυτή ονομάζεται περιοδική ροή θερμότητας και επηρεάζεται από τη χρονική καθυστέρηση και το συντελεστή μείωσης της θερμοκρασίας. Η χρονική καθυστέρηση προσδιορίζει το χρονικό διάστημα το οποίο μεσολαβεί από τη στιγμή εμφάνισης της μέγιστης θερμοκρασίας του εξωτερικού περιβάλλοντος μέχρι την εμφάνιση της μέγιστης θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου του κτιρίου, εκφράζεται σε ώρες και εξαρτάται από τη θερμοχωρητική ικανότητα των υλικών κατασκευής και τη θερμική αδράνεια του κτιρίου. Ο συντελεστής μείωσης εκφράζει τη διαφορά διακύμανσης της εσωτερικής θερμοκρασίας σε σχέση με την εξωτερική και η τιμή του μεγαλώνει όσο η θερμική μόνωση του κτιρίου αυξάνεται (Χρονάκη-Ανδρεαδάκη, 1985).

Για να αποδώσουν αποτελεσματικά οι δυνατότητες του κτιρίου ως φυσικού, ηλιακού συλλέκτη και ως αποθήκη θερμότητας θα πρέπει να λειτουργεί ταυτόχρονα και ως "παγίδα θερμότητας" δηλαδή η θερμότητα την οποία συγκέντρωσε και αποθήκευσε δεν πρέπει να αποδίδεται εύκολα προς το εξωτερικό περιβάλλον. Η θερμική απόδοση από το κτίριο προς το εξωτερικό περιβάλλον προσδιορίζεται από τις θερμικές του απώλειες και συμβαίνει όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι χαμηλές, δηλαδή, το χειμώνα. Αντίστροφα το καλοκαίρι, που οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι υψηλότερες, το κτίριο απορροφά θερμότητα, πολύ περισσότερη μάλιστα, όταν είναι άμεσα εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία και σε αυτή την περίπτωση το εσωτερικό περιβάλλον κινδυνεύει από υπερθέρμανση και συνθήκες δυσφορίας (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

Τα κτίρια χάνουν θερμότητα με τρεις βασικούς τρόπους: με αγωγιμότητα (μέσω των τοίχων, της στέγης, των δαπέδων, των γυάλινων ανοιγμάτων), με μεταφορά (λόγω της κίνησης του αέρα, μέσα από τα ανοιχτά παράθυρα ή τους αρμούς των κουφωμάτων) και με ακτινοβολία (όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες). Οι συνολικές θερμικές απώλειες εξαρτώνται από τους εξής παράγοντες από το λόγο της συνολικής εξωτερικής

επιφάνειας προς τον όγκο του κτιρίου, από τη μείωση των εκτεθειμένων προς το βορρά πλευρών (οι οποίες δεν εκτίθενται σε ηλιακή ακτινοβολία, καλύπτοντας ακόμη και με χρώμα τμήμα ή και το σύνολό τους), από την προστασία των εκτεθειμένων πλευρών του κτιρίου στους επικρατούντες ψυχρούς ανέμους (Χρονάκη-Ανδρεαδάκη, 1985).

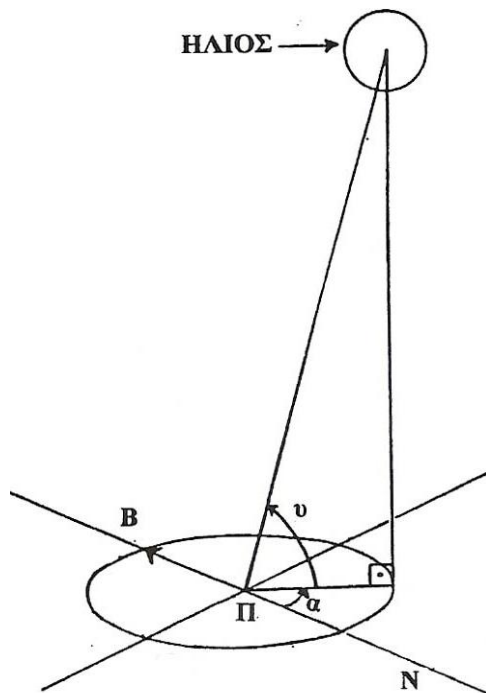
Στα πλαίσια του βιοκλιματικού σχεδιασμού, η λειτουργία του κτιρίου ως "παγίδα φυσικού δροσισμού και αποθήκη ψύξης" έχει ιδιαίτερη σημασία κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Η λειτουργία αυτή του κτιρίου επηρεάζεται και καθορίζεται από τη σκίαση του κτιρίου και την ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων, από τη θερμική αδράνεια της κατασκευής, από την εξασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού, από το χρώμα των εξωτερικών επιφανειών και από τη φυσική ψύξη με εξάτμιση. Η σκίαση και ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση βλάστησης, κυρίως φυλλοβόλων δέντρων, στην κατάλληλη θέση ώστε να παρεμποδίζεται αποτελεσματικά η άμεση έκθεση του κτιρίου στην ηλιακή ακτινοβολία, ενώ ταυτόχρονα μετριάζονται οι θερμοκρασίες κοντά στο έδαφος. Για να προσδιοριστεί το χρονικό διάστημα για το οποίο είναι απαραίτητη η σκίαση ενός συγκεκριμένου κτιρίου κρίνεται απαραίτητη η μελέτη των θερμικών συνθηκών της ανατολικής και της δυτικής πλευράς καθώς επίσης και της οροφής του κτιρίου σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Από τη μελέτη αυτή θα προσδιοριστεί η μέση χρονική καθυστέρηση, στοιχείο απαραίτητο για την επιλογή φυτών ή άλλων μέσων σκίασης των εξωτερικών επιφανειών του κτιρίου. Ο φυσικός αερισμός συμβάλλει στη φυσική ψύξη του κτιρίου όταν η εσωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη της εξωτερικής. Το ποσοστό του φυσικού αερισμού σε κάθε περιοχή καθορίζεται από τις εξωτερικές κλιματικές συνθήκες (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

### 1.5.2. Θέση του ήλιου και ηλιασμός των κτιρίων

Η μεταβολή της θέσης του ήλιου τόσο κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου, όσο και κατά τη διάρκεια του έτους είναι καθοριστική στη βιοκλιματική συμπεριφορά των κτιρίων. Υπάρχουν πολλά δημοσιευμένα άρθρα που περιγράφουν αλγόριθμους για τον προσδιορισμό της θέσης του ήλιου αφού η συνεχής τεχνολογική πρόοδος απαιτεί μικρότερη αβεβαιότητα στον υπολογισμό της θέσης του ήλιου αν και σε κάποια η αστοχία στους υπολογισμούς ξεπερνάει το  $\pm 0,01^\circ$  στον υπολογισμό του ηλιακού ζενίθ και του αζιμούθιου και κάποια άλλα ισχύουν για συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Για παράδειγμα, ο Walraven (1978), έχει παρουσιάσει ένα πρόγραμμα FORTRAN (SUNAE), προκειμένου να υπολογίσει την θέση του ήλιου, δηλαδή το αζιμούθιο και την ανύψωσή του με ακρίβεια που κυμαίνεται στις  $\pm 0,01^\circ$  και η διαφορά του προγράμματος έγκειται στο γεγονός ότι δεν απαιτεί ο ήλιος να έχει την ίδια θέση κατά την ίδια εποχή, κάθε χρόνο ενώ ο αλγόριθμος του Michalsky (1988) αν και είναι πιο απλός όσον αφορά τους υπολογισμούς, περιορίζεται στη χρονική περίοδο 1950-2050 και με σφάλμα μεγαλύτερο του  $\pm 0,01^\circ$  στον υπολογισμό του ηλιακού ζενίθ και του αζιμούθιου, τέλος οι Reda και Andreas (2004) έθεσαν σε εφαρμογή ένα αλγόριθμο -που περιγράφεται σε βιβλίο που έχει γραφτεί από

τον Jean Meeus (1998) και οι Reda-Andreas επιχειρούν να δώσουν μια απλουστευμένη μορφή του- για τον υπολογισμό του ηλιακού ζενίθ και του αζιμούθιου που καλύπτει τη χρονική περίοδο 2000-6000, με σφάλμα της τάξης του  $\pm 0,0003^\circ$  (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

Η θέση του ήλιου μπορεί να προσδιοριστεί από την εκτίμηση δυο γωνιών, την  $\nu$  και την  $\alpha$  (εικόνα 1.1) που έχουν κοινή κορυφή και μια κοινή πλευρά. Στην κορυφή τους βρίσκεται ο παρατηρητής, και η κοινή τους πλευρά, είναι η προβολή στο οριζόντιο επίπεδο της ημιευθείας που συνδέει τη θέση του παρατηρητή και το κέντρο του ήλιου. Η γωνία  $\nu$  βρίσκεται σε κατακόρυφο επίπεδο και η άλλη πλευρά της είναι η ημιευθεία που συνδέει τον παρατηρητή και το κέντρο του ήλιου, ακολουθεί δηλαδή το ύψος του ήλιου. Η γωνία  $\alpha$  (το αζιμούθιο) βρίσκεται στο οριζόντιο επίπεδο και η άλλη πλευρά της είναι η ημιευθεία, που συνδέει το γεωγραφικό νότο και το σημείο του παρατηρητή (Καζάνα, 2008).



Εικόνα 1.1.  
Προσδιορισμός της θέσης του ήλιου  
σε σχέση με τον παρατηρητή  
(γωνία  $\alpha$ : αζιμούθιο, γωνία  $\nu$ : ακολουθεί το ηλιακό ύψος)  
(Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997)

Οι γωνίες αυτές μεταβάλλονται τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια του έτους ανάλογα με τις εποχές. Στο βόρειο ημισφαίριο η τιμή της γωνίας  $\alpha$  (αζιμούθιο) παίρνει τη μέγιστη τιμή της στις 21 Ιουνίου, οπότε έχουμε και τη μεγαλύτερη διάρκεια της ημέρας, ενώ την ελάχιστη τιμή στις 21 Δεκεμβρίου, με τη μικρότερη διάρκεια της ημέρας. Ενδιάμεσα παρατηρούνται δύο ισημερίες, στις 21 Μαρτίου και στις 21 Σεπτεμβρίου (Καζάνα, 2008).

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, το αζιμούθιο παίρνει αρνητικές τιμές στις προμεσημβρινές ώρες με μέγιστη απόλυτη τιμή κατά την ανατολή του ήλιου, μηδενίζεται

κατά τη μεσημβρία και στη συνέχεια παίρνει θετικές αυξανόμενες τιμές έως τη δύση του ήλιου, όπου παίρνει πάλι τη μέγιστη απόλυτη τιμή του. Αυτό βέβαια, σύμφωνα με την παραδοχή ότι ακολουθούμε το αστρονομικό σύστημα συντεταγμένων και όχι το μαθηματικό ή το γεωγραφικό (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

Κατά τη διάρκεια του έτους η μέγιστη απόλυτη τιμή του αζιμουθίου μεταβάλλεται ανάλογα με τη μεταβολή της γωνίας  $\alpha$ , έτσι και αυτή αυξάνεται σταδιακά κατά τη διάρκεια της άνοιξης μέχρι την 21η Ιουνίου, όπου παίρνει τη μεγαλύτερη ετήσια τιμή και μειώνεται σταδιακά μέχρι την 21η Δεκεμβρίου, όπου παίρνει και τη μικρότερη ετήσια τιμή (Χρονάκη-Ανδρεαδάκη, 1985).

Η μεταβολή της γωνίας  $\alpha$ , που ακολουθεί το ύψος του ήλιου επηρεάζει το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας, που φθάνει κοντά στο έδαφος και στις επιφάνειες των κτιρίων, δεδομένου ότι αυτή εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης. Με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους παρατηρούνται μικρότερες τιμές της γωνίας  $\alpha$  με αποτέλεσμα να επηρεάζεται το ποσό της ακτινοβολίας που φθάνει σε μια περιοχή. Έτσι, στην περιοχή της Μεσογείου η μέση ημερήσια ακτινοβολία φθάνει τις 6 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ στη Σκωτία φθάνει τις 2,25 kWh/m<sup>2</sup> (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

Η γωνία πρόσπτωσης των ακτίνων του ηλίου και κατ' επέκταση η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται μια οριζόντια και μια κάθετη επιφάνεια με κατεύθυνση προσανατολισμού ανατολή - δύση είναι διαφορετική κατά το χειμώνα και το καλοκαίρι. Εάν θεωρηθεί ότι στη θέση της επιφάνειας αυτής βρίσκεται ένα κτίριο, τότε εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι η νότια πλευρά των κτιρίων δέχεται έντονη ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όπου ο ήλιος έχει μικρό ύψος άρα μικρή γωνία πρόσπτωσης για τις κάθετες επιφάνειες. Η ακτινοβολία όμως που δέχεται το καλοκαίρι είναι μικρότερη διότι η αύξηση του ύψους του ηλίου δημιουργεί μεγαλύτερη γωνία πρόσπτωσης (Καζάνα, 2008).

Η βορεινή όψη των κτιρίων δε δέχεται κατά το χειμώνα άμεση ηλιακή ακτινοβολία λόγω των μικρών τιμών που παίρνει η μέγιστη απόλυτη τιμή του αζιμουθίου. Το καλοκαίρι όμως επειδή το αζιμούθιο παίρνει μέγιστες απόλυτες τιμές μεγαλύτερες των 90° παρατηρείται κάποιος ηλιασμός, κατά την ανατολή και δύση του ηλίου. Οι ανατολικές και οι δυτικές πλευρές δέχονται μικρό ποσό ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ το καλοκαίρι σημαντικά μεγαλύτερο λόγω της μεγαλύτερης ηλιοφάνειας και της μικρότερης γωνίας πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

### 1.5.3. Ο άνεμος στο βιοκλιματικό σχεδιασμό

Εναρμονίζοντας το κτίσμα στο περιβάλλον μίας πόλης και στα πλαίσια της προσπάθειας για την αξιοποίηση των διαφόρων κλιματικών παραμέτρων, μπορεί να αξιοποιηθεί ο φυσικός αερισμός για να επιτευχθεί φυσική ψύξη του κτιρίου. Ο φυσικός αερισμός έχει άμεση επίδραση στην υγεία, στην θερμική άνεση και στην ευεξία των

ανθρώπων. Διευκολύνει την ανταλλαγή θερμότητας του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον του και συμβάλλει στην ψύξη της κατασκευής όταν η είναι υψηλότερη από την εξωτερική.

Η ροή του αέρα μέσα από το κτίριο προκαλείται με δύο κυρίως τρόπους. Ο πρώτος αφορά τη διανομή του ανέμου και τη διαφοροποίηση των πιέσεων οι οποίες δημιουργούνται γύρω από το κτίριο. Συγκεκριμένα, οι πλευρές οι οποίες είναι άμεσα αντιμέτωπες με τον άνεμο παρουσιάζουν υψηλές πιέσεις, ενώ οι υπήνεμες πλευρές βρίσκονται σε ζώνες χαμηλής πίεσης. Ο δεύτερος τρόπος αφορά τις μετακινήσεις των αέριων μαζών οι οποίες δημιουργούνται, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στον εσωτερικό χώρο και στο εξωτερικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα, ο θερμότερος αέρας ως λιγότερο πυκνός και συνεπώς πιο ελαφρύς, ανυψώνεται και το κενό το οποίο δημιουργείται καλύπτεται από ψυχρότερες αέριες μάζες (Χρονάκη-Ανδρεαδάκη, 1985).

Οι απαιτήσεις για φυσικό αερισμό ποικίλλουν κατά τη διάρκεια των εποχών του έτους. Είναι προφανές ότι στις εύκρατες περιοχές όπου οι χειμερινοί μήνες είναι υγροί και σχετικά ψυχροί, το ποσοστό του αερισμού πρέπει να μειώνεται ώστε να περιορίζονται οι θερμικές απώλειες. Αντιθέτως, το καλοκαίρι ο φυσικός αερισμός είναι απαραίτητος για την εξασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης απομακρύνοντας τη θερμότητα και την πρόσθετη υγρασία. Σε ζεστές - ξηρές περιοχές, οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι, είναι προτιμότερο να περιορίζεται ο αερισμός την ημέρα στο ελάχιστο δυνατό, μόνο για απομάκρυνση των οσμών. Αντιθέτως τη νύχτα, κατά την οποία η εξωτερική θερμοκρασία είναι πιο χαμηλή, ο φυσικός αερισμός επιβάλλεται, τόσο για τη μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού χώρου, όσο και για την ψύξη των εσωτερικών επιφανειών (Χρονάκη-Ανδρεαδάκη, 1985).

Για την εξασφάλιση συνθηκών επαρκούς φυσικού αερισμού καθοριστικό κριτήριο αποτελούν ο προσανατολισμός, η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων. Τα ανοίγματα εισόδου θα πρέπει να είναι αντιμέτωπα στον άνεμο σε κάθετη διεύθυνση, γιατί οποιαδήποτε απόκλιση ελαττώνει την ταχύτητα ροής του αέρα στον εσωτερικό χώρο. Τα ανοίγματα εξόδου, τα οποία βρίσκονται στην υπήνεμη πλευρά, επιβάλλεται να είναι μεγαλύτερα ή τουλάχιστον ισομεγέθη με τα ανοίγματα εισόδου με σκοπό τη διευκόλυνση της ελεύθερης κίνησης του αέρα μέσα στο χώρο (Χρονοπούλου-Σερέλη και Ουζιέλ, 1997).

Ιδιαίτερα αποτελεσματική είναι η φυσική ψύξη του κτιρίου όταν αυτή επιτυγχάνεται με τη ροή του αέρα πάνω ή μέσα από υγρές επιφάνειες οι οποίες βρίσκονται εξωτερικά ή μέσα στο κτίριο. Ο τρόπος αυτός φυσικού δροσισμού προσιδιάζει σε ζεστές, ξηρές περιοχές στις οποίες η σχετική υγρασία είναι χαμηλή και με την εξάτμιση του νερού προκαλείται πτώση της θερμοκρασίας και προσέγγιση των συνθηκών άνεσης (Χρονάκη-Ανδρεαδάκη, 1985).

Οι μετακινήσεις αέριων μαζών αποκτούν ιδιαίτερη σημασία, εξαιτίας θερμομετρικών διαφορών, μεταξύ φυτοκαλυμμένων επιφανειών και δρόμων ή πλατειών. Οι επιφάνειες αυτές πρέπει να έχουν ένα ελάχιστο μέγεθος 10 στρεμμάτων περίπου

(Horbert and Overdiek, 1979) ώστε οι δημιουργούμενες θερμομετρικές διαφορές να είναι τέτοιες, οι οποίες να προκαλούν την κίνηση του αέρα. Τότε η επίδραση των επιφανειών αυτών μπορεί να φτάσει σε απόσταση 150m περίπου των ορίων τους (Λιακάκης, 2004).

Όταν πρόκειται να γίνει σύνδεση του πράσινου της δομημένης περιοχής με φυτοκαλυμμένες επιφάνειες, αυτές πρέπει να έχουν το ίδιο μέγεθος και να βρίσκονται σε διπλάσια απόσταση (300m περίπου) για να είναι δυνατή η βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών της δομημένης περιοχής. Εάν δενδροφυτευθούν οι δρόμοι σύνδεσης και σε κρίσιμες περιοχές φυτοκαλυφθούν οι ταράτσες και οι προσόψεις των κτιρίων τότε μπορούν να μειωθούν οι επιφάνειες πράσινου των ακάλυπτων χώρων.

Η δημιουργία ενός ευνοϊκού μικροκλίματος μπορεί να αναμένεται όταν ακάλυπτοι χώροι, διαστάσεων 50 x 50m με άνοιγμα σ' όλο το ύψος του κτιρίου της οικοδομής συνδέονται απ' ευθείας με τη βλάστηση του δρόμου και τις μεγαλύτερες επιφάνειες πράσινου εκτός πόλης (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

#### **1.5.4. Μη μετεωρολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία**

##### **1.5.4.1. Εδαφικές συνθήκες**

Αν τα εδάφη είναι αργιλώδη, παρουσιάζουν μεγαλύτερη υδατοχωρητικότητα σε σχέση με τα αμμώδη και κατά συνέπεια συγκρατούν μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας και παρουσιάζουν σταθερότερη θερμοκρασία (θερμαίνονται δυσκολότερα κατά την άνοιξη και ψύχονται αργότερα κατά το χειμώνα). Στις σύγχρονες μεγαλουπόλεις, η επίδραση του παράγοντα αυτού μειώνεται συνεχώς με την ταυτόχρονη αύξηση των καλυμμένων με τσιμέντο και ασφάλτο επιφανειών (Φλόκας, 1994).

##### **1.5.4.2. Επίδραση ξηράς και θάλασσας**

Η ξηρά και η θάλασσα θερμαίνονται και ψύχονται διαφορετικά και σε διαφορετικό χρόνο. Η θάλασσα και ο ατμοσφαιρικός αέρας πάνω από αυτήν θερμαίνονται σε σχετικά μικρότερο βαθμό και με βραδύ ρυθμό, ενώ η ξηρά και ο αέρας πάνω από αυτήν θερμαίνονται και ψύχονται σε σημαντικό βαθμό και γρήγορα. Από αυτά συνεπάγεται διαφορετική θερμομετρική κατάσταση της ξηράς και της θάλασσας και εξηγείται το γεγονός ότι στην ξηρά η θερμοκρασία χαρακτηρίζεται από ευρείς διακυμάνσεις, ενώ οι διακυμάνσεις στη θάλασσα είναι μικρότερες (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

### 1.5.4.3. Ανάγλυφο εδάφους

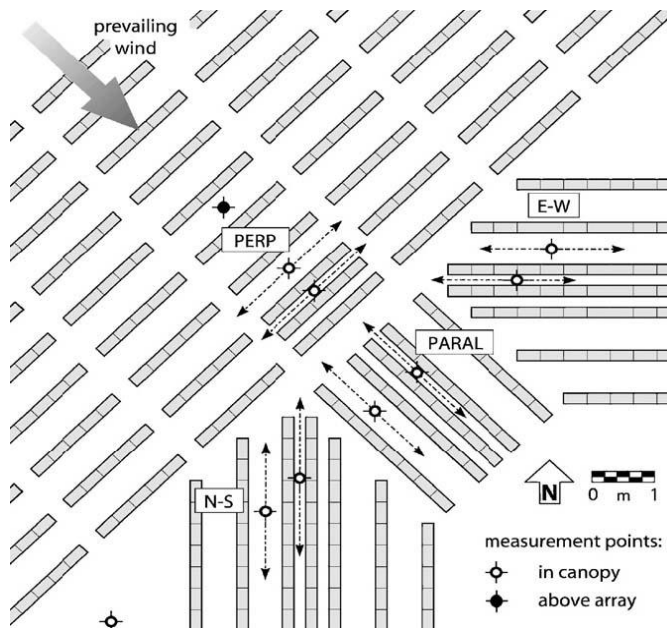
Οι οροσειρές μεταβάλλουν προοδευτικά με το ύψος την θερμοκρασία του αέρα, ενώ τροποποιούν τη διεύθυνση και την ταχύτητα των ανέμων. Αποτελούν φράγμα στους ψυχρούς ή τους θερμούς ανέμους και έτσι οι περιοχές οι οποίες βρίσκονται στην υπήνεμη πλευρά καθίστανται δριμύτερες ή ηπιότερες του κανονικού (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

### 1.5.4.4. Πυκνότητα και ύψος δόμησης

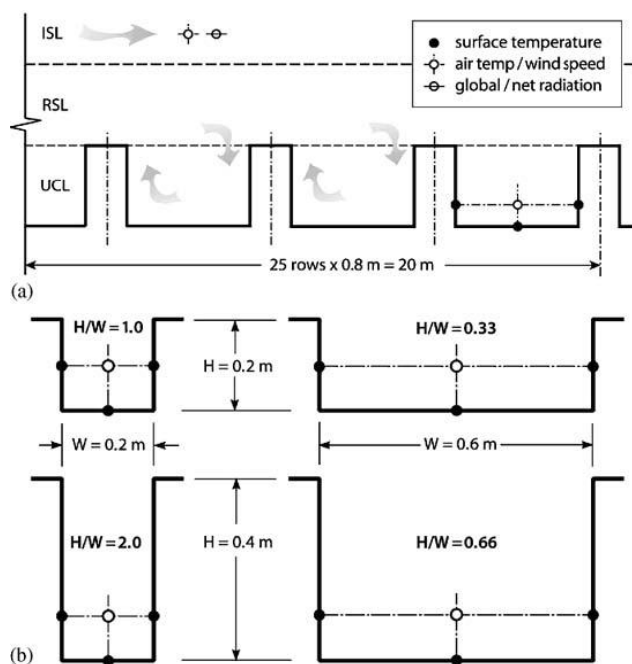
Οι οικοδομημένες επιφάνειες, με το συντελεστή πυκνότητας ο οποίος τις χαρακτηρίζει, επηρεάζουν τις συνθήκες ακτινοβολίας και θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου, ενώ μεταβάλλουν τις συνθήκες ηλιοφωτισμού και τις ανεμομετρικές συνθήκες.

Το ύψος των κτιρίων καθώς και η μεταξύ τους απόσταση περιορίζουν σε διαφορετικό βαθμό την εκπεμπόμενη νυχτερινή ακτινοβολία με αποτέλεσμα τη διαφορετική ψύξη των οικοδομικών όγκων. Όταν η απόσταση των οικοδομών ισούται με το ύψος των κτιρίων τότε το κάτω μέρος της πρόσοψης με το νότιο προσανατολισμό σκιάζεται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Στην περίπτωση αυτή η μετακίνηση των αέριων μαζών, η οποία απορρέει από τη θερμική συμπεριφορά των κτιρίων, δεν φτάνει μέχρι το επίπεδο των δρόμων. Τότε ο επιθυμητός αερισμός π.χ. η απομάκρυνση των ρύπων των αυτοκινήτων, μπορεί να γίνει μόνο με μηχανικά μέσα. Στην περίπτωση που η απόσταση μεταξύ των κτιρίων διπλασιαστεί, εκτίθεται στις ηλιακές ακτίνες η πρόσοψη του κτιρίου η οποία έχει νότιο προσανατολισμό, με αποτέλεσμα η κίνηση των αέριων μαζών να φτάνει μέχρι την επιφάνεια του ακάλυπτου χώρου (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Η θερμική άνεση μέσα σε μία πόλη τροποποιείται και από το σχεδιασμό του χώρου γενικότερα. Η χωρική πυκνότητα της πόλης, όπως εκφράζεται στα γεωμετρικά ποσοστά των οδών και των κτιρίων της, μπορεί να επιδρά στον καθορισμό των θερμικών χαρακτηριστικών της. Γενικά, ένας πυκνά δομημένος αστικός ιστός τείνει να μειώσει τη διείσδυση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας στους στενούς δρόμους αλλά μπορεί να οδηγήσει σε εγκλωβισμό μικρού και μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας, καθώς επίσης και μη ικανοποιητική απώλεια θερμότητας ανάμεσα στα υψηλά κτίρια. Η θερμική πίεση σε ένα υπαίθριο ξηροθερμικό περιβάλλον μπορεί να μειωθεί εντυπωσιακά από συμπαγείς τμηματικές αναλογίες (ύψος κτιρίων : πλάτος δρόμου 1:2) όταν ο δρόμος είναι προσανατολισμένος από βορρά προς νότο, και αυτή η μείωση διατηρείται εφόσον δεν περιστρέφεται ο δρόμος περισσότερο από 45 μοίρες. Μια τέτοια συμπαγής γεωμετρία χρησιμεύει στο να προστατεύονται οι πεζοί από τη θερμική καταπόνηση στις κρίσιμες ώρες (Pearlmutter et al., 2006).



Εικόνα 1.2. Πειραματικό σχεδιάγραμμα που δείχνει τον επικρατόντα άνεμο και την περιοχή των τοπικών αστικών χαραδρών, συμπεριλαμβανομένων των θέσεων των μετρήσεων. Παρουσιάζεται η θέση των μετρήσεων επάνω από τη διάταξη των οικοδομικών τετραγώνων και μέσα στις αστικές χαραδρες και διευρυμένα τμήματα αστικών χαραδρών που δείχνουν τους τέσσερις διαφορετικούς προσανατολισμούς που ερευνήθηκαν (Pearlmutter et al., 2006).



Εικόνα 1.3. Διατομή σχεδιαγράμματος που παρουσιάζει τη θέση των μετρήσεων επάνω από τα οικοδομικά τετράγωνα και μέσα στις αστικές χαραδρες (α), και διευρυμένα τμήματα αστικών χαραδρών (β) (Pearlmutter et al., 2006).

#### 1.5.4.5. Πυκνότητα και διακίνηση πληθυσμού

Η ομαδική διαβίωση στις μεγαλουπόλεις επιδρά στη γενική κατάσταση του ατμοσφαιρικού αέρα, ο οποίος τόσο από θερμικής όσο και από φυσικοχημικής άποψης διαφέρει σημαντικά απ' αυτόν της υπαίθρου. Παραλλαγές επίσης παρατηρούνται μέσα στο κλίμα της πόλης, οι οποίες οφείλονται και στην πυκνότητα του πληθυσμού, η οποία δεν είναι σταθερή και ομοιόμορφη, αλλά ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή, την τοπογραφική και οικοδομική διαμόρφωση, τις συνθήκες συγκοινωνίας και απασχόλησης των κατοίκων. Μέσα στην πόλη η πυκνότητα του πληθυσμού διαφοροποιείται χρονικά, δηλαδή, έχουμε



διαφορετική συγκέντρωση ατόμων σε μια περιοχή (π.χ. κέντρο πόλης) κατά την ημέρα απ' ότι κατά τη νύχτα.

#### **1.5.4.6. Επίδραση βιομηχανικών περιοχών - Ρύπανση**

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

Η μεγάλη καλυπτόμενη επιφάνεια των αστικών περιοχών με οικοδομές και οι ασφαλτοστρωμένοι δρόμοι αποτελούν εστία θερμότητας, δεδομένου ότι η ηλιακή ακτινοβολία απορροφάται και αποδίδεται στο περιβάλλον. Αν προστεθεί και το ποσό της θερμότητας το οποίο αποδίδεται από τα αυτοκίνητα και άλλες πηγές θερμότητας, ο καλοκαιρινός καύσωνας γίνεται ιδιαίτερα οδυνηρός (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Με την ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να σχηματιστεί αιθαλομίχλη η οποία συνδυαζόμενη με την άπνοια, δημιουργεί ακατάλληλο περιβάλλον διαβίωσης. Πρέπει λοιπόν να λαμβάνεται πρόνοια, ώστε οι λεωφόροι να τοποθετούνται προς τη διεύθυνση του ανέμου που φυσάει πιο συχνά, ώστε να αξιοποιούνται τα μετεωρολογικά δεδομένα στην απορρύπανση της περιοχής (Θεοχαράτος, 1990).

#### **1.5.4.7. Κατανομή και διάταξη πρασίνου**

Τα δέντρα και οι υψηλού albedo επιφάνειες, μπορούν να αντισταθμίσουν ή να αντιστρέψουν την επίδραση των θερμικών νησίδων. Ο μετριασμός τους μπορεί ενδεχομένως να μειώσει την απαιτούμενη ενέργεια για κλιματισμό κατά 20% και να βελτιώσει την ποιότητα της αστικής ατμόσφαιρας. Το albedo μιας πόλης μπορεί να αυξηθεί με ελάχιστο κόστος εάν οι επιφάνειες υψηλού albedo επιλέγονται για να αντικαταστήσουν τα σκοτεινότερα υλικά κατά τη διάρκεια της συνήθους συντήρησης των στεγών και των δρόμων. Οι σύγχρονες αστικές περιοχές έχουν χαρακτηριστικά σκουρότερες επιφάνειες και λιγότερη βλάστηση από τα περίχωρα. Αυτές οι διαφορές έχουν επιπτώσεις στο κλίμα, την ενεργειακή χρήση, και την κατοικησιμότητα των πόλεων. Σε ό,τι αφορά τα κτίρια, οι σκούρες στέγες θερμαίνονται περισσότερο και, επομένως, αυξάνουν τις απαιτήσεις ψύξης των κτιρίων κατά το θέρος. Μια συνέπεια της κάλυψης οδών με σκούρες επιφάνειες ασφάλτου είναι η αυξανόμενη αποταμίευση θερμότητας. Μια σκοτεινή επιφάνεια απορροφά το φως, και, επομένως, καθίσταται θερμότερη. Τα πεζοδρόμια θερμαίνουν στη συνέχεια τον αέρα και βοηθούν στη δημιουργία αστικής θερμικής νησίδας. Εάν οι αστικές επιφάνειες ήταν ανοικτότερου χρώματος, περισσότερη προσπίπτουσα ακτινοβολία θα ανακλώνταν πίσω στο διάστημα και οι οικοδομικές επιφάνειες μαζί με τον αέρα θα ήταν δροσερότερα, πράγμα που τείνει να μειώσει την ανάγκη για κλιματισμό (Akbari H., Pomerantz M., Taha H., 2001).

Η επίδραση του πρασίνου έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του γενιτιάζοντα αέρα, την αύξηση της σχετικής υγρασίας αυτού, την ελάττωση των θερμομετρικών διακυμάνσεων και τη μείωση της έντασης του ανέμου (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996). Το αστικό περιβάλλον με τη φορτισμένη από σκόνησ ατμόσφαιρα, τον μειωμένο αερισμό και την ηχορρύπανση επιδρά δυσμενώς στη φυσιολογική λειτουργία του ανθρώπου. Οι φυτικοί οργανισμοί προκαλούν βελτίωση του αστικού περιβάλλοντος σε σημαντικό βαθμό. Αποτελούν επίσης σημαντικό παράγοντα περιορισμού της ηχορύπανσης. Τα φύλλα όσο πιο τραχιά επιδερμίδα έχουν, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα σκόνης κατακρατούν (Συντονιστική Επιτροπή Επιστημονικών Συλλόγων Για Την Προστασία Του Περιβάλλοντος Της Πόλης Της Θεσσαλονίκης, 1987).

Μια ζώνη πρασίνου ανάμεσα στα οικοδομικά συγκροτήματα λειτουργεί ως "φίλτρο" των οριζόντια μετακινούμενων αέριων μαζών, αφού τις απαλλάσσει από σημαντικές ποσότητες ρυπαντικών ουσιών. Οι φυτοκαλυμμένες επιφάνειες επηρεάζουν τοπικά τις θερμικές και υγρομετρικές συνθήκες του περιβάλλοντος της πόλης, δεδομένου ότι εμπλουτίζουν τον ατμοσφαιρικό αέρα με υδρατμούς μέσω των φυσιολογικών διεργασιών των φυτών. Ένα μικρό αλεύλλιο από δένδρα μπορεί να δημιουργήσει προϋποθέσεις για τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα και να προκαλέσει άμβλυνση των θερμοκρασιών ανάμεσα στα οικοδομικά τετράγωνα. Οι αέριες μάζες μετακινούμενες μέσω των φυτοκαλυμμένων επιφανειών των πόλεων καθίστανται δροσερότερες, με μεγαλύτερη ποσότητα υδρατμών και απαλλαγμένες από τις βλαβερές ρυπογόνες ουσίες (Μαργαρόπουλος, 1983).

Τα κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα σχεδιασμού των φυτοκαλυμμένων περιοχών που καθορίζουν τη συμβολή τους στην ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος είναι:

- το συνολικό μέγεθος του ανοικτού χώρου που διατίθεται στον πληθυσμό
- η διαίρεση του συνολικού ανοικτού χώρου σε μεμονωμένα τμήματα
- η διασπορά των ανοικτών χώρων στο κέντρο και τα περίχωρα της πόλης
- το μέγεθος των μεμονωμένων τμημάτων του ανοικτού χώρου και της θέσης τους σε σχέση με τις κατοικημένες περιοχές και
- λεπτομέρειες σχεδιασμού του ανοικτού χώρου: εγκαταστάσεις, φυτικό υλικό εδαφοκάλυψης, πρόσβαση στην περιοχή, εσωτερικές διαβάσεις, κτλ.

Φαίνεται ότι το μέγεθος ενός πάρκου, πέρα από ένα δεδομένο όριο, δεν επιδρά ιδιαίτερα στις κλιματολογικές συνθήκες μέσα σε αυτό και στο εύρος της επίδρασής του. Κατά συνέπεια, η διαίρεση ολόκληρης της έκτασης που διατίθεται για υπαίθριους χώρους σε έναν μεγάλο αριθμό μικρών πάρκων, εξαπλωμένων σε ολόκληρη την αστική περιοχή, έχει μεγαλύτερη επίδραση στο γενικό αστικό κλίμα, από τη δημιουργία λίγων μεγάλων πάρκων (Givoni B., 1991).

Το πράσινο αποκτά ιδιαίτερη σημασία για τις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας, ειδικότερα κατά την θερμή περίοδο. Σαν παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η διαφορά θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας η οποία παρατηρήθηκε κατά τις 15:00 μιας ζεστής μέρας του Ιουλίου, σε μια σκιερή δεντροστοιχία του Εθνικού Κήπου και στη διπλανή Λεωφόρο Αμαλίας. Η παρατηρούμενη υπό σκιά θερμοκρασία της λεωφόρου ήταν κατά 7°C μεγαλύτερη της αντίστοιχης δεντροστοιχίας του Εθνικού Κήπου, ενώ η σχετική υγρασία μικρότερη κατά 12% (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Ο Εθνικός Κήπος έχει μεγαλύτερη σχετική και απόλυτη υγρασία και μικρότερη θερμοκρασία σε σχέση με το Πεδίον του Άρεως. Αυτό οφείλεται στην πυκνότερη βλάστηση και στην έλλειψη καλυμμένων με άσφαλτο και πλάκες επιφανειών του Εθνικού Κήπου (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

## **1.6. Τα φυτοδώματα ως λύση φύτευσης πυκνοκατοικημένων περιοχών**




Σε περίπτωση που μια περιοχή είναι ήδη δομημένη με ελάχιστους ελεύθερους χώρους, οι μόνες επιλογές που υπάρχουν διαθέσιμες είναι η κατεδάφιση ολόκληρων οικοδομικών τετραγώνων ώστε να ανοίξουν διάδρομοι αέρα, είτε μια συνολική φύτευση πάνω στα ίδια τα κτίρια, σαφώς λιγότερο χρονοβόρο, διαδικαστικά περίπλοκο και κοστοβόρο όπως το πρώτο.

### **1.6.1. Τεχνικά χαρακτηριστικά φυτοδωμάτων**

Τα φυτοδώματα ή ταρατσόκηποι χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το βάθος του υποστρώματος που εφαρμόζεται για την ανάπτυξη του φυτικού υλικού, τα είδη του φυτικού υλικού που χρησιμοποιούνται και το βαθμό συντήρησης που απαιτείται. Οι κατηγορίες αυτές αναφέρονται ονομαστικά ως φυτοδώματα εντατικού, εκτατικού και ημιεντατικού τύπου, τα οποία μπορεί να είναι προσβάσιμα ή μη. Ο σχεδιασμός ενός ταρατσόκηπου εξαρτάται από το χαρακτήρα που επιδιώκεται, τη χρήση του και την επιλογή του φυτικού υλικού, ενώ μπορεί να μεταβάλει το κόστος κατασκευής και συντήρησης. Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας περιγράφοντας συνοπτικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά των φυτοδωμάτων.

Πίνακας 1.1. Κύρια χαρακτηριστικά των τριών τύπων φυτοδωμάτων.

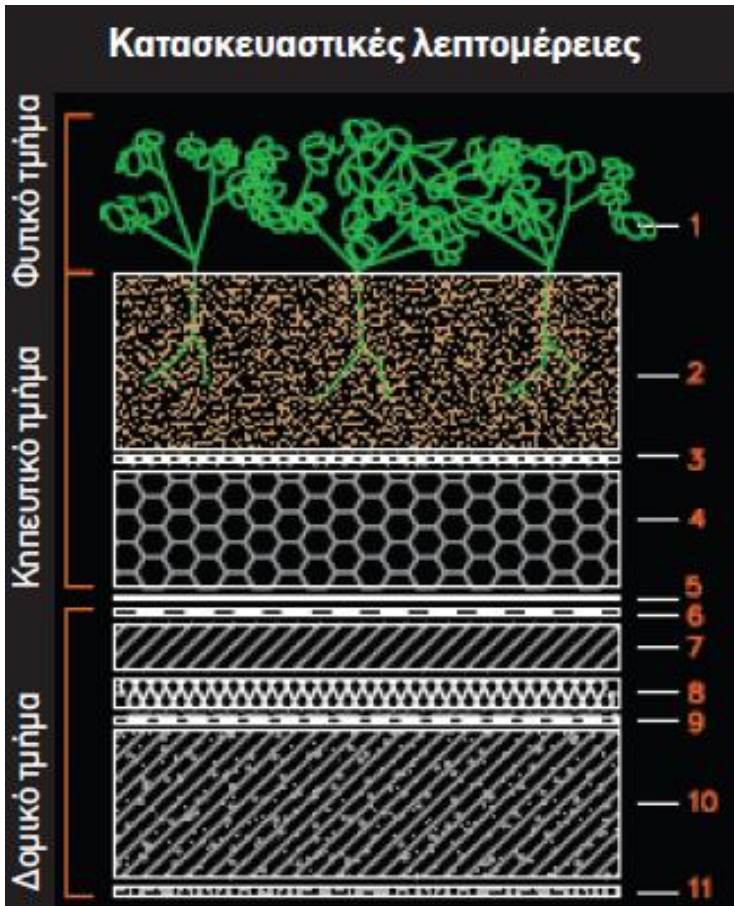
(Πηγή : igra-world.com, <http://www.greenrooftechology.com/green-roof-systems>)

|                                 | Εκτατικός Τύπος   | Ημιεντατικός Τύπος   | Εντατικός Τύπος   |
|---------------------------------|---|--|---|
| <b>Τύποι</b>                    |  |  |  |
| <b>Συντήρηση</b>                | Μικρή   | Περιοδική  | Υψηλή   |
| <b>Άρδευση</b>                  | Όχι   | Περιοδική  | Συχνά   |
| <b>Φυτικό υλικό</b>             | Βρύα-Sedum-βότανα και γρασίδι   | Γρασίδι, βότανα και θάμνοι   | Γρασίδι, εποχιακά, θάμνοι και δένδρα  |
| <b>Συνολικό ύψος συστήματος</b> | 60 - 200mm  | 120 - 250mm  | 150 - 400mm σε υπόγειους χώρους στάθμευσης > 1000mm                                 |
| <b>Βάρος</b>                    | 60 - 150 kg/m <sup>2</sup><br>13 -30 lb/sqft                                      | 120 - 200 kg/m <sup>2</sup><br>25 - 40 lb/sqft                                     | 180 - 500 kg/m <sup>2</sup><br>35 - 100 lb/sqft                                     |
| <b>Κόστος</b>                   | Μικρό   | Μέτριο   | Υψηλό   |
| <b>Χρήση</b>                    | Στρώμα οικολογικής προστασίας   | Χαρακτηριστικά μικρού κήπου  | Κήπος με χαρακτήρα πάρκου   |

Η άρδευση των ταρατσόκηπων είναι δυνατόν να γίνεται με επεξεργασμένες εκροές υγρών προερχόμενες από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού είτε του ίδιου κτιρίου είτε συγκροτήματος κτιρίων. Με τον τρόπο αυτό αξιοποιούνται οι εκροές αυτές και εξοικονομείται πολύτιμο καθαρό νερό.

Η αντοχή ενός κτιρίου στο πρόσθετο βάρος συνιστά μια από τις κύριες προϋποθέσεις δημιουργίας ή μη ενός φυτοδώματος.

Η ανάπτυξη βιομάζας σε ταρατσόκηπο σημαίνει δημιουργία ενός "κλειστού" χώρου πρασίνου στη στέγη ή στην ταράτσα κάποιου κτιρίου. Η τεχνολογία δημιουργίας του φυτοδώματος περιλαμβάνει από κάτω προς τα πάνω την πλάκα της οροφής, το σύστημα υγρομόνωσης που αποτελείται από μια μεμβράνη αδιαβροχοποίησης, στην οποία συχνά ενσωματώνεται ή τοποθετείται επ' αυτής μια ουσία απώθησης ριζών, σύστημα αποστράγγισης, το οποίο συχνά περιέχει θύλακες συγκράτησης νερού, γεωφάσμα, το οποίο συγκρατεί τις ρίζες και το χώμα, ειδικό υπόστρωμα ανάπτυξης ριζών και συγκράτησης φυτών και τέλος, φυτά. Αναλυτικότερα απεικονίζονται στο ακόλουθο σχήμα:



Εικόνα 1.4. Τομή πράσινου δώματος (Πετρίδου, 2009)

1. Φυτά
2. Στρώση χώματος φύτευσης. Έχει πάχος από 10 - 90 cm, αναλόγως του τύπου του κήπου και των φυτών που θα αναπτυχθούν
3. Διαχωριστικό φίλτρο συγκράτησης χώματος
4. Αποστραγγιστική - αποθηκευτική στρώση. Έχει πάχος από 5 - 25cm, αναλόγως του τύπου του κήπου
5. Μembrάνη προστασίας από τη διείσδυση των ριζών
6. Στεγανοποιητική στρώση. Αποτελείται από ασφαλτικές μεμβράνες (ασφαλτόπανα) που επικολώνται επάνω σε σταθερό υπόστρωμα ή από συνθετικές μεμβράνες που απλώς τοποθετούνται και κολλώνται μόνο μεταξύ τους
7. Ελαφρόδεμα ή γαρμπιλοσκυρόδεμα. Χρησιμεύει ως στρώση κλίσεων και ως σταθερό υπόστρωμα για την συγκόλληση των ασφαλτοπάνων. Δεν είναι πάντοτε απαραίτητη, ιδίως αν η στεγανοποιητική στρώση αποτελείται από συνθετικά φύλλα
8. Θερμομονωτική στρώση, 5cm
9. Φράγμα υδρατμών
10. Φέρουσα πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος
11. Οροφокονίαμα

## 1.6.2. Περιβαλλοντικά οφέλη φυτοδωμάτων

### 1.6.2.1. Δημιουργία μικροκλίματος

Η τροποποίηση του μικροκλίματος ενός χώρου χρησιμοποιώντας φυτοδώματα μπορεί να επιδράσει σύνθετα στο αστικό κλίμα. Οι ταράτσες και οι τοίχοι δημιουργούν το δικό τους συγκεκριμένο μικροκλίμα, το οποίο διαφέρει τελείως από τις συνθήκες που επικρατούν γύρω από το κτίριο και στην επιφάνεια του εδάφους.

Αναλόγως του ύψους, του προσανατολισμού και της θέσης των γύρω κτιρίων, η πλάκα της ταράτσας υπόκειται σε ακραίες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις (ζέστη κατά τη διάρκεια της ημέρας και κρύο το βράδυ), ενώ η σταθερή έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία και στον άνεμο δημιουργεί ένα κλίμα ερήμου, το οποίο είναι κατάλληλο μόνο για συγκεκριμένα είδη φυτών.

Μόλις δημιουργηθεί ο ταρατσόκηπος θα επηρεάσει εμφανώς τη συγκέντρωση θερμότητας και τις απώλειες του κτιρίου, καθώς επίσης και την υγρασία, την ποιότητα του αέρα και τη θερμότητα που ανακλάται στο γειτονικό περιβάλλον. Σε συνδυασμό με άλλες γειτονικές εγκαταστάσεις, το φυτοδώμα μπορεί να παίξει ρόλο και στο κλίμα ολόκληρης της πόλης. Αναφέρεται επίσης ότι είναι δυνατή η επίτευξη ενός "υγιούς" αστικού κλίματος

μετατρέποντας σε κήπους μόνο το 5% όλων των ταρατσών και τοίχων της πόλης (Minke and Witter, 1982).

Τα "μικροκλίματα" αφορούν συγκεκριμένες περιοχές. Για παράδειγμα, μια ταράτσα συχνά θα έχει διαφορετικό μικρόκλιμα από το χώρο γύρω από το κτίριο. Το μικρόκλιμα επηρεάζεται άμεσα από έναν αριθμό στοιχείων του χώρου αλλά και της περιοχής γύρω από αυτόν, όπως η μορφολογία του εδάφους, η βλάστηση, το νερό, οι συνθήκες που επικρατούν στο έδαφος και τα κτίρια τα οποία επηρεάζουν την ηλιοφάνεια του χώρου, τη θερμοκρασία του (ζέστη ή κρύο), τον άνεμο, τη ροή των νερών της βροχής και το βαθμό εξάτμισης που προκαλεί ο άνεμος. Ελέγχοντας αυτούς τους παράγοντες, είναι δυνατόν να επηρεαστεί σημαντικά το μικρόκλιμα ενός τόπου (Hoffman, 1995).

Η μεγαλύτερη ποσότητα της ηλιακής ενέργειας, η οποία προσπίπτει σε μια συνηθισμένη επιφάνεια από σκυρόδεμα, άσφαλτο ή άλλη σκληρή επιφάνεια, ακτινοβολείται ως θερμότητα. Η χρήση ενός στρώματος βλάστησης για την αναχαίτιση της ηλιακής ενέργειας μπορεί να μειώσει την ποσότητα της ακτινοβολούμενης θερμότητας. Καθώς μεγάλη ποσότητα της προσπίπτουσας ακτινοβολίας στο φύλλωμα ενός φυτού χρησιμοποιείται στην εξατμισοδιαπνοή, τα φυτά τα οποία βρίσκονται σε κατακόρυφες και οριζόντιες επιφάνειες μπορούν να αποσβένουν μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις.

#### **1.6.2.2. Διαχείριση των ομβρίων**

Υποστηρίζεται ότι το κύριο όφελος των φυτοδωμάτων είναι η δυνατότητα συγκράτησης των νερών της βροχής (North American Wetland Engineering Society, 1998). Οι μηχανικοί της αστικής ανάπτυξης παραδοσιακά εστιάζουν την προσοχή τους σε τρόπους απομάκρυνσης των νερών της βροχής από τα κτίρια και τους δρόμους, στο συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα. Καθώς το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειας μιας πόλης είναι είτε πλακόστρωτο καλυμμένο με αδιαπέρατα στο νερό υλικά είτε καλυμμένο με κτίρια, τα νερά της βροχής, τα οποία υπό διαφορετικές συνθήκες όλα ή μεγάλο μέρος αυτών θα διηθείτο στο έδαφος, εκτρέπονται προς τα συστήματα αποχέτευσης ομβρίων.

Οι ταρατσόκηποι επηρεάζουν το υδρογράφημα μιας περιοχής με δύο τρόπους:

- Απορροφούν τη βροχή κατά τα πρώτα στάδια της καταιγίδας.
- Περιορίζουν το μέγιστο καταγραφόμενο ρυθμό απορροής.

Οι υδρολογικές αυτές ιδιότητες αναφέρονται στο υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών. Είναι απαραίτητο να διερευνώνται οι υδραυλικές ιδιότητες των υποστρωμάτων (πορώδες, καμπύλες υγρασίας, υδραυλική αγωγιμότητα στον κορεσμό κτλ).

Η δυνατότητα συγκράτησης της βροχής σχετίζεται με την υδατοχωρητικότητα του υποστρώματος. Τα κατάλληλα υποστρώματα για αυτές τις εφαρμογές πρέπει να έχουν μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού. Το υπόστρωμα πρέπει να έχει πολύ καλή

ομοιομορφία για να επιτευχθεί η μεγαλύτερη δυνατή συγκράτηση. Στα πρώτα στάδια της καταίγιδας το υπόστρωμα θα δεχθεί και θα αποθηκεύσει ένα μεγάλο μέρος της βροχής.

Οι επιφάνειες με βλάστηση όχι μόνο συγκρατούν το μεγαλύτερο μέρος της βροχής, το οποίο πέφτει σε αυτές, αλλά ρυθμίζουν και τη θερμοκρασία του νερού και ενεργούν ως φυσικά φίλτρα για κάθε είδος νερού που τυχαίνει να πέσει σε αυτές (North American Wetland Engineering Society, 1998).

Τα βαριά μέταλλα και οι θρεπτικές ουσίες, οι οποίες μεταφέρονται από το νερό της βροχής, καταλήγουν στο υπόστρωμα αντί στην αποχέτευση. Μελέτες έχουν δείξει ότι έως και το 95% του καδμίου, του χαλκού, του μολύβδου και το 16% του ψευδαργύρου που περιέχονται στο νερό της βροχής, συγκρατούνται στον ταρατσόκηπο (Johnston and Newton, 1996).

### 1.6.2.3. Ποιότητα του αέρα

Οι αστικές περιοχές τείνουν να αναπαράγουν τη δική τους ρύπανση. Όταν οι επιφάνειες του σκυροδέματος, των υαλοπινάκων, της ασφάλτου των δρόμων αλλά και των χώρων στάθμευσης και των κτιρίων θερμαίνονται κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, δημιουργούνται κατακόρυφες μετακινήσεις θερμικών ρευμάτων, παρασύροντας και διασκορπίζοντας σκόνες και σωματίδια από την επιφάνεια του εδάφους.

Η παρουσία μιας φυτικής "κουρτίνας" στην όψη των κτιρίων έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της μεταφοράς της σκόνης και των σωματιδίων από τις πλευρές ενός κτιρίου και το φιλτράρισμά τους. Η ύπαρξη ενός ταρατσόκηπου έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διαθέσιμης θερμικής ενέργειας, μειώνοντας έτσι την τάση για δημιουργία ανοδικών θερμικών ρευμάτων, φιλτράροντας παράλληλα τον αέρα που διέρχεται μέσα από αυτόν.

Τα αιωρούμενα σωματίδια παγιδεύονται μεταξύ των φύλλων, των κλαδιών και των βλαστών των φυτών, ενώ όταν βρέχει, αυτά παρασύρονται προς το υπόστρωμα. Τα φυτά ακόμα είναι γνωστό ότι απορροφούν τους αέριους ρύπους διά μέσου του μηχανισμού της φωτοσύνθεσης και τους συγκρατούν στα φύλλα τους (Minke and Witter, 1982).

Μελέτες έχουν δείξει ότι οι αστικοί δρόμοι με δέντρα έχουν μόνο 10-15% εκ του συνόλου των σωματιδίων σκόνης που παρατηρείται σε παρόμοιους δρόμους χωρίς δέντρα (Johnston and Newton, 1996). Στη Φρανκφούρτη της Γερμανίας για παράδειγμα, ένας δρόμος χωρίς δέντρα έχει 10.000 - 20.000 σωματίδια σκόνης ανά λίτρο αέρα, ενώ ένας δρόμος με δέντρα της ίδιας γειτονιάς έχει μόλις 3000 σωματίδια σκόνης ανά λίτρο αέρα (Minke and Witter, 1982).

Ο καθαρισμός του αέρα από τους ταρατσόκηπους προσφέρει άμεσα οφέλη σε άτομα που υποφέρουν από άσθμα και άλλες ασθένειες του αναπνευστικού, μειώνοντας άμεσα την αιθαλομίχλη που παρατηρείται το καλοκαίρι, καθώς και άλλες μορφές ρύπανσης.

Ο τρίτος κύριος παράγων της αστικοποίησης είναι η αύξηση των εκπομπών του άνθρακα που οφείλεται στις αυξημένες ανάγκες θέρμανσης, ψύξης και μεταφοράς. Ο παράγοντας αυτός μπορεί να βελτιωθεί πολύ με κατάλληλες φυτεύσεις. Τα φυτά μπορούν να προστατεύσουν τα κτίρια, να μειώσουν τις ανάγκες θέρμανσης και να τα δροσίουν κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είτε μέσα από τη σκιάσή τους, είτε με την εξατμισοδιαπνοή (Mc Pherson et al., 1994).

Στις περισσότερες αστικές περιοχές, το διοξείδιο του άνθρακα από τις εξατμίσεις των οχημάτων, το νερό της βροχής και το ηλιακό φως, συχνά παραμένουν μη εκμεταλλεύσιμα και θεωρούνται ως ρύποι. Με την εισαγωγή των φυτών στις ταράτσες των κτιρίων, μπορεί να αποκατασταθεί ένα τμήμα της χαμένης ισορροπίας του αστικού οικοσυστήματος και να αξιοποιηθούν τα απόβλητα. Η δημιουργία χώρων πρασίνου στις αστικές περιοχές μπορεί επίσης να βοηθήσει στο να γίνεται καλύτερη διαχείριση πολλών εκ των αποβλήτων που εισάγονται στο νερό και τον αέρα και έτσι να συνεισφέρει στη βελτίωση της υγείας του οικοσυστήματος, αλλά και του ανθρώπου.

#### **1.6.2.4. Ηχοαπορρόφηση**

Το χώμα, τα φυτά και το στρώμα αέρα που βρίσκεται μεταξύ των φυτών και της πλάκας του κτιρίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ηχοαπορροφητικά υλικά (North American Wetland Engineering Society, 1998). Τα ηχητικά κύματα που παράγονται από μηχανήματα, την κυκλοφορία και τα αεροπλάνα μπορούν να απορροφηθούν, να ανακλαστούν και να εκτραπούν. Το υπόστρωμα έχει την τάση να εμποδίζει τις χαμηλές συχνότητες, ενώ τα φυτά τις υψηλές συχνότητες. Δοκιμές έχουν δείξει ότι ένα υπόστρωμα πάχους 12cm μπορεί να μειώσει το θόρυβο κατά 40dB (Minke and Witter, 1982). Μερικές φορές η μείωση φτάνει και τα 50dB (Hooker and Hendriks, 1994).



**Κεφάλαιο 2**  
**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ENVI-MET**



## 2.1. Το πρόγραμμα Envi-met

Στην προσομοίωση του μικροκλίματος της περιοχής χρησιμοποιήθηκε ένα τρισδιάστατο, μη υδροστατικό<sup>1</sup> αστικό μοντέλο κλίματος, το Envi-met (Bruse et al, 1995, [www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)). Το μοντέλο Envi-met είναι ικανό να προσομοιώσει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των αστικών επιφανειών, της βλάστησης και της ατμόσφαιρας. Το μοντέλο επιτρέπει να αναλυθούν οι επιδράσεις στο μικροκλίμα από αλλαγές μικρής κλίμακας σε διάφορες παραμέτρους της αστικής σχεδίασης, όπως εισαγωγή βλάστησης ή αλλαγή στην τοποθέτηση των κτιρίων.

Οι υπολογισμοί του μοντέλου περιλαμβάνουν:

- Τη ροή της ακτινοβολίας μεγάλου και μικρού μήκους κύματος σε σχέση με τη σκίαση, την αντανάκλαση και την εκ νέου ακτινοβολία από τα κτίρια και την βλάστηση.
- Τη διαπνοή, την εξάτμιση και τη θερμική ροή από τη βλάστηση στον αέρα, που περιλαμβάνει όλες τις φυσικές παραμέτρους, όπως ο ρυθμός φωτοσύνθεσης.
- Τη θερμοκρασία στις επιφάνειες και στους τοίχους για κάθε σημείο του πλέγματος και των τοίχων.
- Την ανταλλαγή νερού και ζέστης μέσα στο σύστημα του εδάφους.
- Τον υπολογισμό βιομετεωρολογικών παραμέτρων, όπως η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και ο δείκτης δυσφορίας του Fanger (1972).
- Τη διασπορά των αδρανών αερίων και σωματιδίων συμπεριλαμβανομένης της καθίζησης των σωματιδίων σε φύλλα και επιφάνειες.

Μέσα στο μοντέλο μπορούν να προσδιοριστούν τα κτίρια, η βλάστηση, το έδαφος, οι επιφάνειες και πηγές μόλυνσης.

Αυτό το κλιματικό μοντέλο αποτελείται από το σύστημα της ατμόσφαιρας, το σύστημα του εδάφους, της σύστημα της βλάστησης και των επιφανειών. Το μοντέλο περιγράφεται αναλυτικά στην έρευνα των Bruse and Fler, 1998 και στον ιστότοπο του προγράμματος (Envi-met, 2011).

---

<sup>1</sup> Υδροστατικά μοντέλα είναι αυτά που θεωρούν δεδομένο ότι υπάρχει υδροστατική ισορροπία, δηλαδή ότι το σύνολο των κατακόρυφων δυνάμεων στην ατμόσφαιρα βρίσκεται σε ισορροπία και συνεπώς δεν υπάρχει κατακόρυφη επιτάχυνση (Κατσαφάδος, Π., Μαυροματίδης, Η., 2010). Τα μη υδροστατικά μοντέλα περιλαμβάνουν και εξισώσεις για τις κατακόρυφες κινήσεις (Κοτρώνη, 2011).

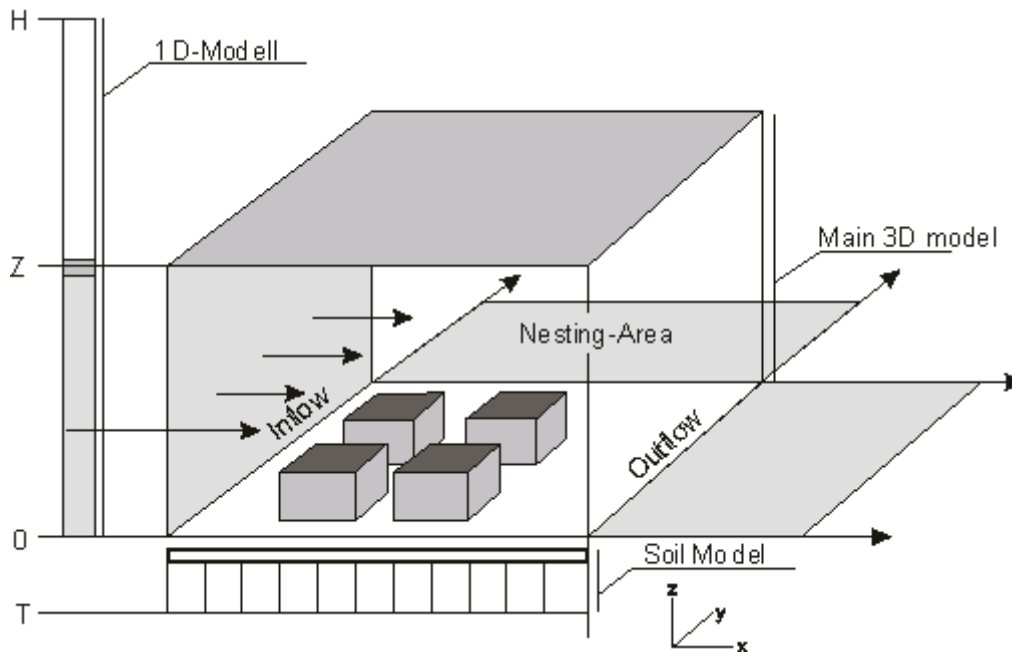
Για τη λειτουργία του μοντέλου χρειάζεται να προσδιοριστούν κάποιες παράμετροι που συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 2.1. Βασικές παράμετροι στο μοντέλο Envi-met**

| Παράμετρος             | Περιγραφή Παραμέτρου  |
|------------------------|---|
| Τόπος                  | Γεωγραφικό μήκος και πλάτος   |
| Χρόνος                 | Ώρα και ημερομηνία έναρξης της προσομοίωσης   |
| Άνεμος                 | Η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου στην έναρξη της προσομοίωσης  |
| Οριακές συνθήκες       | Προσδιορισμός των συνθηκών στα όρια του μοντέλου  |
| Μέγεθος του πλέγματος  | Προσδιορισμός του μήκους, του πλάτους και του ύψους κάθε τετραγώνου   |
| Βλάστηση               | Προσδιορισμός του τύπου της βλάστησης από την προκαθορισμένη βιβλιοθήκη του μοντέλου  |
| Επιφάνειες/ Έδαφος     | Προσδιορισμός του τύπου των επιφανειών (πχ άσφαλτος, τσιμέντο, πεζοδρόμιο) και στις φυσικές επιφάνειες προσδιορισμός του τύπου του εδάφους (πχ αμμώδες, πηλώδες, αργιλώδες) |
| Χαρακτηριστικά εδάφους | Η θερμοκρασία και η υγρασία του εδάφους στην έναρξη της προσομοίωσης  |

Το μοντέλο Envi-met, όπως ισχυρίζεται ο ίδιος ο δημιουργός του μοντέλου Michael Bruse, έχει ως στόχο να παρουσιάσει την ανοδική ή καθοδική τάση της θερμοκρασίας στην περιοχή μελέτης μετά από αλλαγές και παρεμβάσεις που μπορεί να γίνουν σε μία αρχική κατάσταση. Αυτό είναι πιο σημαντικό από την ακριβή διαπίστωση της θερμοκρασίας σε °C. Η μοντελοποίηση συμβαίνει σε "ιδανικές" ημέρες χωρίς την παράμετρο τυχαίων περιστατικών αλλά με τις μέσες τιμές της περιόδου που μελετάται. Ως μοντέλο δεν έχει σκοπό να αναπαραστήσει μια μεμονωμένη ημέρα με ειδικές συνθήκες αλλά να κατανοήσει τη δυναμική του συγκεκριμένου αστικού περιβάλλοντος.

## 2.2. Δομή του προγράμματος Envi-met



Εικόνα 2.1. Σχηματική απεικόνιση του μοντέλου Envi-met. Πηγή: [www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)

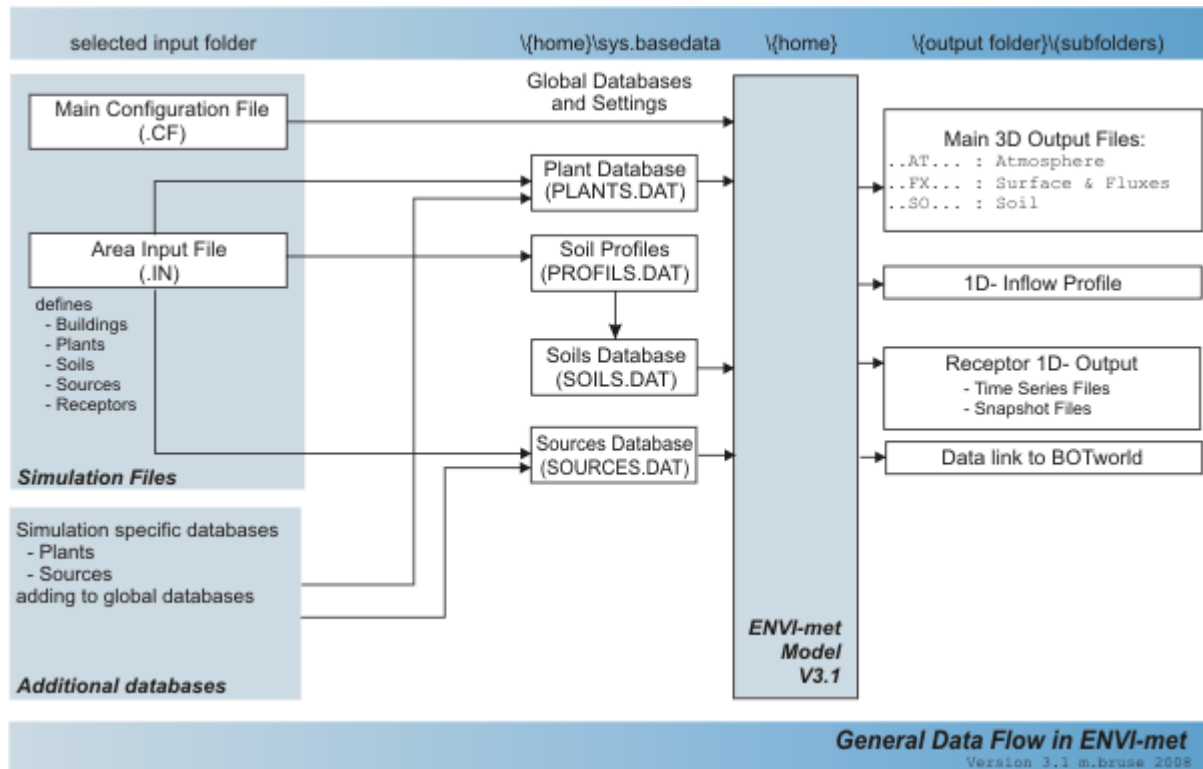
Το κύριο μοντέλο είναι σχεδιασμένο σε τρεις διαστάσεις με δύο οριζόντιες (x και y) και μία κατακόρυφη (z). Μέσα σε αυτό το κύριο μοντέλο τοποθετούνται τα κτίρια, η βλάστηση και οι επιφάνειες του εδάφους. Για να είναι εφικτή μια ακριβής προσομοίωση των διεργασιών του οριακού στρώματος (το κατώτερο στρώμα της τροπόσφαιρας το οποίο επηρεάζεται άμεσα από την παρουσία του εδάφους μέσω της τυρβώδους ροής θερμότητας) είναι αναγκαίο να επεκταθεί το μοντέλο μέχρι το ύψος των 2500m.

Καθώς δεν είναι δυνατή αυτή η επέκταση του τρισδιάστατου (3D) μοντέλου, υπάρχει ένα μοντέλο (1D) μίας διάστασης (της z), το οποίο αναλαμβάνει τον υπολογισμό από την κορυφή του 3D μοντέλου μέχρι το συνολικό ύψος των 2500m. Επιπλέον, το μονοδιάστατο μοντέλο παρέχει το κατακόρυφο προφίλ για τη ροή στα όρια του 3D μοντέλου.

**Nesting area:** Η περιοχή ένθεσης (nesting area) αποτελείται από ζώνες που περιβάλλουν το 3D μοντέλο. Η χρήση της επιτρέπει να μετακινηθούν τα σύνορα του μοντέλου μακριά από τον πυρήνα χωρίς να σπαταληθούν κελιά υπολογισμού στον κύριο σχεδιασμό.

**Soil model:** Το μοντέλο του εδάφους (soil model) είναι αναγκαίο για να υπολογιστεί η μεταφορά θερμότητας από την επιφάνεια στο έδαφος και αντίστροφα. Με τη βοήθειά του υπολογίζονται η θερμοκρασία εδάφους και η περιεκτικότητα σε νερό. Οι πληροφορίες σχετικά με το διαθέσιμο νερό στο εσωτερικό του εδάφους είναι απαραίτητες για την εκτίμηση της μέγιστης διαπνοής της βλάστησης και το διαθέσιμο νερό στην επιφάνεια του

εδάφους. Το μοντέλο φθάνει σε βάθος 2m, μέχρι το οποίο οι τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας θεωρούνται σταθερές.



Εικόνα 2.2. Διάγραμμα ροής προγράμματος. Πηγή: [www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)

Τα αρχεία που απαιτούνται και που παράγονται από ENVI-met μπορούν να διακριθούν μεταξύ των αρχείων εισαγωγής (που καθορίζουν μια συγκεκριμένη προσομοίωση), των αρχείων βάσεων δεδομένων (που συλλέγουν τις πληροφορίες για όλες τις προσομοιώσεις) και των αρχείων εξόδου (που δημιουργούνται από ENVI-met). Επιπλέον, δύο αρχεία στην ομάδα Άλλα Αρχεία, χρησιμοποιούνται για ειδικές χρήσεις.

## 2.2.1. Αρχεία εισαγωγής (Input Files)

### 2.2.1.1. The Configuration File .CF

Το .CF αρχείο (αρχείο διαμόρφωσης) καθορίζει τις ρυθμίσεις για την προσομοίωση που θα τρέξει, για παράδειγμα το όνομα αρχείου εισόδου, το όνομα των αρχείων εξόδου ή των μετεωρολογικών ρυθμίσεων.

Κάθε εργασία προσομοίωσης προσδιορίζεται από το δικό της αρχείο .CF. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο αρχείο εισαγωγής περιοχής (.IN) σε διαφορετικές προσομοιώσεις, αλλά κάθε μία από αυτές χρειάζεται το δικό της .CF αρχείο.

Κάθε αρχείο διαμόρφωσης αποτελείται από ένα σετ βασικών πληροφοριών που πρέπει να περιληφθεί για να τρέξει το μοντέλο. Αυτές απεικονίζονται παρακάτω:

```

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

```

Εικόνα 2.3. Οι κύριες ρυθμίσεις του αρχείου .CF με βοηθητικά νούμερα προς επεξήγηση.  
Πηγή: [www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)

### 00: Γραμμές σημειώσεων (remark lines)

Χρησιμοποιώντας το "%" στην αρχή, δεν επηρεάζουν την προσομοίωση. Μπορούν να διαγραφούν.

### 01: Name of Simulation

Δίνει στην προσομοίωση ένα όνομα. Αυτό το όνομα αποθηκεύεται στα αρχεία δεδομένων και εμφανίζεται όταν τρέχει το μοντέλο.

### 02: Input File Model Area

Εδώ επιλέγεται το όνομα αρχείου και καθορίζεται η περιοχή εισαγωγής. Πρέπει οπωσδήποτε να δίνεται η πλήρης διαδρομή αρχείου για να μπορεί το πρόγραμμα να τα αναγνωρίσει. Εάν πρόκειται να γίνει ανταλλαγή στοιχείων με άλλους χρήστες ή γενικά ζητείται ευελιξία στη δομή καταλόγου, συνιστάται η χρήση ψευδωνύμων και καταχώρηση των δεδομένων σε υποφακέλους. Για παράδειγμα, αν το Envi-met έχει εγκατασταθεί στο "C:\envimet", τότε το "[INPUT]\myfiles\test.in" θα μεταφραστεί σε "C:\envimet\input\myfiles\test.in". Όλα τα άλλα ψευδώνυμα πρέπει να καθοριστούν σε MYALIAS.DAT.

### 03: Filename Base for Output

Αυτό το όνομα θα χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει το όνομα στους υποφακέλους των αρχείων εξόδου. Σε κάθε περίπτωση, πρέπει να χρησιμοποιούνται χαρακτήρες που υποστηρίζονται από το λειτουργικό σύστημα του Η/Υ και όχι ειδικοί χαρακτήρες (π.χ. @, ^\*#-. ) που μπορεί να επιφέρουν σφάλματα στην ανάγνωση των αρχείων.

### 04: Output Directory

Θέση όπου το Envi-met καταγράφει τα δεδομένα εξόδου. Μια σειρά υποφακέλων θα δημιουργηθεί, με τη χρήση των οποίων τα στοιχεία θα έχουν ευκρινέστερη και πιο διαχειρίσιμη δομή.

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

Ορίζεται ο πρότυπος χρόνος έναρξης του υπολογισμού. Χρησιμοποιείται το format DD.MM.YYYY, HH:MM:SS. Ο καλύτερος χρόνος έναρξης είναι κατά τη διάρκεια της νύχτας ή κατά την ανατολή, έτσι ώστε ο υπολογισμός να μπορεί να ακολουθήσει τις ατμοσφαιρικές διαδικασίες.

#### **07: Συνολικός χρόνος προσομοίωσης σε ώρες (Total simulation time in hours)**

Πρέπει να είναι τουλάχιστον 6 ώρες, ανάλογα με το πρόβλημα, πιθανώς περισσότερες. Εάν χρησιμοποιηθεί μικρότερος χρόνος υπολογισμού, τα στοιχεία που θα ληφθούν θα είναι επηρεασμένα από τις συνθήκες που επικρατούσαν στην έναρξη.

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

Χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ διαδοχικών αποθηκεύσεων της κατάστασης του μοντέλου στο δίσκο. Επιπλέον, το τελικό σύνολο στοιχείων καταγράφεται με την ολοκλήρωση της προσομοίωσης. Αυτό αναφέρεται στα κύρια αρχεία προσομοίωσης. Για τα σημεία αναφοράς (receptors) μπορεί να επιλεγεί διαφορετικό διάστημα παραγωγής αποτελεσμάτων.

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

Καθορίζει την ταχύτητα ανέμου στα 10m πάνω από το έδαφος. Δε χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη.

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

Καθορίζει την τραχύτητα επιφάνειας στη θέση όπου μετρήθηκε η ταχύτητα ανέμου στα 10m. Συμπληρώνει την προηγούμενη μέτρηση. Δε χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη.

#### **11: Κατεύθυνση ανέμου (Wind Direction)**

Δίνεται σε βαθμούς όπου 0 είναι ο Βορράς, 90 η ανατολή και ούτω καθεξής.

#### **12: Initial Temperature Atmosphere**

Θέτει την αρχική τιμή της θερμοκρασίας για όλα τα στρώματα της ατμόσφαιρας και τη θερμοκρασία αναφοράς στο ύψος 2500m.

#### **13: Specific Humidity in 2500m**

Η ειδική υγρασία στα 2500m.

#### **14: Relative Humidity in 2m**

Σχετική υγρασία σε 2m, δίνεται σε %. Χρησιμοποιείται μαζί με την προηγούμενη μέτρηση για να υπολογιστεί η κατακόρυφη διακύμανση της υγρασίας. Δε χρησιμοποιείται περαιτέρω μετά την έναρξη.

#### **15: Database Plants**

Βάση δεδομένων σε ό,τι αφορά το φυτικό υλικό.

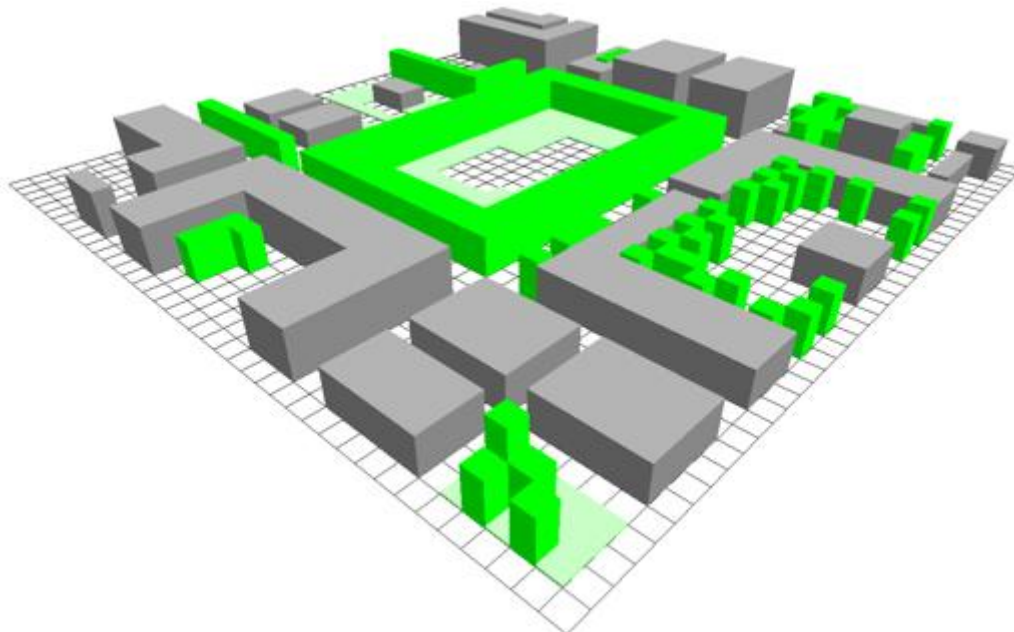


Επιπλέον κατηγορίες μπορούν να προστεθούν στη διαμόρφωση. Κάθε κατηγορία αρχίζει με μια λέξη κλειδί (π.χ. "[SOIL]") που ακολουθείται από ρυθμίσεις.

Τέτοιες είναι οι παρακάτω:

|                |  |
|----------------|--|
| [SOILDATA]:    | Θερμοκρασία και υγρασία εδάφους  |
| [LOCALDB]:     | Πρόσθετες βάσεις δεδομένων για φυτά και πηγές εκπομπών                     |
| [TIMING]:      | Χρονικά διαστήματα αποθήκευσης δεδομένων κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης |
| [TURBULENCE]:  | Επιλογή μοντέλου τυρβώδους ροής  |
| [BUILDING]:    | Ρυθμίσεις για κτίρια   |
| [NESTINGAREA]: | Ρυθμίσεις περιοχής ένθεσης   |
| [PMV]:         | Ρυθμίσεις βιομετεωρολογικού μοντέλου PMV                                   |
| [PLANTMODEL]:  | Επιλογή φυτικού μοντέλου   |
| [RECEPTORS]:   | Τοποθεσία σημείων αναφοράς   |
| [TIMESTEPS]:   | Δυναμική υιοθέτηση χρονικών βημάτων  |
| [LBC-TYPES]:   | Επιλογή των συνθηκών στα όρια του μοντέλου                                 |
| [SOURCES]:     | Τύπος πηγών εκπομπής   |
| [CLOUDS]:      | Νεφοκάλυψη   |
| [SOLARADJUST]: | Ρύθμιση ηλιακής ακτινοβολίας   |
| [IRRIGATION]:  | Καθορισμός αρδευόμενων φυτών   |

#### 2.2.1.2. Το αρχείο εισαγωγής περιοχής (Area Input File) .IN



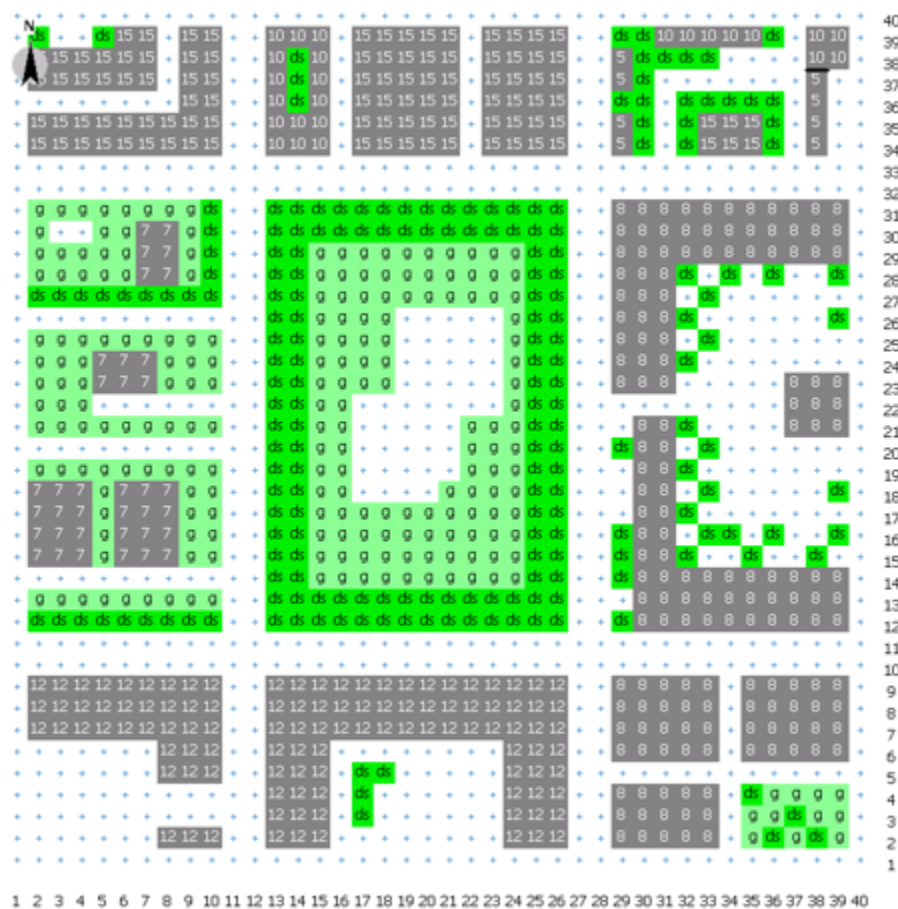
Εικόνα 2.4. Τρισδιάστατη άποψη μιας απλής περιοχής. Πηγή: [www.envi-met.com](http://www.envi-met.com)

Τα αρχεία με επέκταση .in είναι υπεύθυνα για τον καθορισμό και απεικόνιση της περιοχής προσομοίωσης (δέντρα, κτίρια κτλ.) σε γραφικό περιβάλλον.

Πιο συγκεκριμένα, σε αυτά προσδιορίζονται:

- Η θέση και το ύψος των κτιρίων.
- Η θέση των φυτών.
- Τα υλικά των επιφανειών και το είδος του εδάφους.
- Η θέση των πηγών (εκπομπής σωματιδίων, άνθρακα κ.α.).
- Η θέση των υποδοχέων - σημείων αναφοράς (receptors) με την βοήθεια των οποίων θα λαμβάνονται μετρήσεις (θερμοκρασίας κ.ά.) ανά κάποιο χρονικό διάστημα που θα οριστεί.
- Οι συνδέσεις δεδομένων, δηλαδή από ποιες βάσεις δεδομένων θα παίρνουν τα χαρακτηριστικά τους οι πηγές και τα φυτά που έχουν οριστεί στην περιοχή μελέτης.
- Η γεωγραφική θέση του μοντέλου στη Γη.

Για την αναπαράσταση του τρισδιάστατου χώρου υπό κλίμακα, χρησιμοποιούνται κελιά σχεδιασμού όπως παρακάτω όπου έχει χρησιμοποιηθεί το παράδειγμα της προηγούμενης 3D εικόνας αποτυπωμένης σε κάνναβο.



Εικόνα 2.5. Μοντέλο τρισδιάστατης περιοχής σε κάνναβο. Πηγή: Envi-met

Είναι σαφές ότι θα πρέπει να γίνει ένας συμβιβασμός μεταξύ της ακρίβειας του μοντέλου και της ταχύτητας επεξεργασίας. Επομένως, στο σχεδιασμό πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι όσο μικρότερο είναι ένα κελί και όσα περισσότερα κελιά χρησιμοποιηθούν, τόσο "βαρύ" καθίσταται το πρόγραμμα με αντίστοιχη εξαγωγή πολύ μεγάλου όγκου δεδομένων.

Στο σχεδιασμό πρέπει να ληφθεί υπόψη και ο αριθμός των περιμετρικών ζωνών ένθεσης, διότι δεν περιλαμβάνονται στο κύριο μοντέλο αλλά υπολογίζονται όταν θα τρέξει η προσομοίωση. Για παράδειγμα, όταν έχει σχεδιαστεί ένας χώρος 147x162x30 κελιών με μία περιοχή ένθεσης πλάτους 5 (κελιών), το μοντέλο θα τρέξει σε χώρο τουλάχιστον 157x172x30 (άρα εδώ θα επιλεγεί η 180x180x30 έκδοση του προγράμματος).

### **2.2.1.3. Batch File .EBF**

Επιτρέπει να καθοριστεί ένα σύνολο προσομοιώσεων που θα εκτελεστούν διαδοχικά.

### **2.2.2. Αρχεία βάσης δεδομένων**

Εκτός από τα δύο βασικά αρχεία που απαιτούνται για κάθε προσομοίωση (αρχείο εισαγωγής περιοχής και αρχείο διαμόρφωσης), το Envi-met πρέπει να διαθέτει και πολλές πρόσθετες πληροφορίες για τις επιφάνειες, τα φυτά ή τις πηγές εκπομπής στο μοντέλο.

Για όλα αυτά τα στοιχεία, η διαδικασία που ακολουθείται από το Envi-met είναι η ίδια: Κάθε στοιχείο που περιλαμβάνει μια βάση δεδομένων καθορίζεται από μια αλφαριθμητική ταυτότητα δύο χαρακτήρων (π.χ. "a0"). Όποτε οι πληροφορίες πρέπει να συνδεθούν με μια βάση δεδομένων, αναφέρονται σε αυτήν την ταυτότητα. Για παράδειγμα, εάν έχουν καθοριστεί φυτά με το όνομα "a0" στη βάση δεδομένων, με αυτό ακριβώς το όνομα θα εισαχθούν στο πλέγμα στο αντίστοιχο σημείο.

Τα αρχεία βάσεων δεδομένων προορίζονται να είναι καθολικής χρήσης αρχεία που αποθηκεύονται στον κατάλογο \sys.basedata του Envi-met και χρησιμοποιούνται για κάθε προσομοίωση και για όλες τις εφαρμογές του προγράμματος. Συνεπώς, φυτά αποκαλούμενα "a0" χρησιμοποιημένα στην προσομοίωση X θα είναι τα ίδια φυτά στην προσομοίωση Y, εκτός αν αλλάξει η βάση δεδομένων μεταξύ των προσομοιώσεων.

Αν σε μία προσομοίωση πρέπει να χρησιμοποιηθούν επιπλέον φυτά για παράδειγμα, η αντίστοιχη βάση δεδομένων θα πρέπει να εμπλουτιστεί. Τα αρχεία αυτά είναι διαμορφωμένα με χαρακτήρες ASCII και συμπληρώνονται σαν ένα απλό αρχείο txt, ωστόσο χρειάζεται αυστηρή εφαρμογή των κανόνων βάσει των οποίων γράφονται οι εντολές για να μην προκύψουν σφάλματα. Το ίδιο, άλλωστε, συμβαίνει και σε οποιοδήποτε προγραμματιστικό περιβάλλον.

### 2.2.2.1. Γενική επισκόπηση βάσεων δεδομένων

#### Soil Database SOILS.DAT

Εδώ καθορίζονται οι ιδιότητες των διαφορετικών φυσικών και τεχνητών εδαφών.

#### Profiles Database PROFILES.DAT

Εδώ καθορίζονται οι διαφορετικοί εδαφολογικοί τύποι ως κάθετα στρώματα από το SOILS.DAT.

#### Plant Database PLANTS.DAT

Εδώ καθορίζεται το φυτικό υλικό.

#### Sources Database SOURCES.DAT

Εδώ καθορίζεται το ύψος πηγών παραγωγής και εκπομπής σωματιδίων ή αερίων.

#### Defining additional local databases for plants and sources

Συνδέεται με το φάκελο [LOCALDB] από όπου αντλεί επιπλέον πληροφορίες από ειδικές βάσεις δεδομένων (όπως πχ. για φυτά).

### 2.2.3. Αρχεία εξόδου

Το Envi-met παράγει πολύ μεγάλο αριθμό πληροφοριών για κάθε προσομοίωση. Για την επεξεργασία τους, χρησιμοποιούνται διάφορα προγράμματα όπως Excel, Leonardo κτλ.

Μερικά από τα αρχεία εξόδου είναι απλά ASCII-αρχεία που μπορούν να διαβαστούν από οποιοδήποτε προτιμώμενο λογισμικό, όπως ένα κοινό notepad. Άλλα, ιδίως τα κύρια αρχεία παραγωγής (.EDI/.EDT), είναι δυαδικά αρχεία που πρέπει να ανοιχθούν με το πρόγραμμα XTract (παραγωγή ASCII) ή LEONARDO (γραφική απεικόνιση).

Τα αρχεία που παράγονται μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις ομάδες:

#### 2.2.3.1. Main Data Files .EDI/.EDT

Περιέχουν όλα τα δεδομένα που υπολογίστηκαν από το Envi-met. Οργανώνονται σε υποφακέλους χάριν ευχρηστίας, για παράδειγμα ως ακολούθως:

- (output folder)\Atmosphere\MySim\_AT\_<time> <date>.EDI/EDT
- (output folder)\Surface\MySim\_FX\_<time> <date>.EDI/EDT
- (output folder)\Soil\MySim\_SOI\_<time> <date>.EDI/EDT

#### 2.2.3.2. Receptor Files

Αυτό το τμήμα απαριθμεί τις διαφορετικές μεταβλητές που αποθηκεύονται για τα επιλεγμένα (από το χρήστη) σημεία στην περιοχή μελέτης. Επίσης, οργανώνονται σε υποφακέλους κατηγοριοποιημένους ανά σημείο αναφοράς.

### 2.2.3.3. 1D-Model Files

Περιέχει την κατάσταση του μονοδιάστατου μοντέλου.

### 2.2.3.4. BOTworld Files

Συνδέεται με το μοντέλο BOTworld .

## 2.2.4. Άλλα αρχεία

### 2.2.4.1. Defining Alias (MYALIAS.DAT)

Εδώ χρησιμοποιούνται οι συντομεύσεις - ψευδώνυμα για εύκολη μεταφορά της προσομοίωσης μεταξύ υπολογιστών και την αρχική διαχείριση του προγράμματος.

## 2.3. Χρήση του προγράμματος

Η χρήση του Envi-met είναι ιδιαίτερα απλή, αρκεί να ληφθεί υπόψη ότι πρώτα δημιουργούνται ξεχωριστά τα αρχεία .in και .cf τα οποία αφορούν τον εκάστοτε σχεδιασμό και έπειτα ανοίγει το βασικό interface του προγράμματος για τη διεξαγωγή της προσομοίωσης και μόνο. Η σειρά, άλλωστε, είναι χαρακτηριστική και στα εικονίδια της κύριας μπάρας του προγράμματος, που αναλύεται ακολούθως:

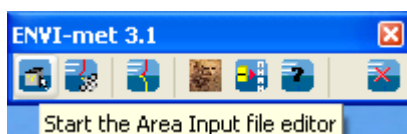
Επιλέγοντας το κύριο εικονίδιο του προγράμματος, βγαίνει το μενού με τα 6 υποπρογράμματα.



Εικόνα 2.6. Εικονίδια έναρξης Envi-met.

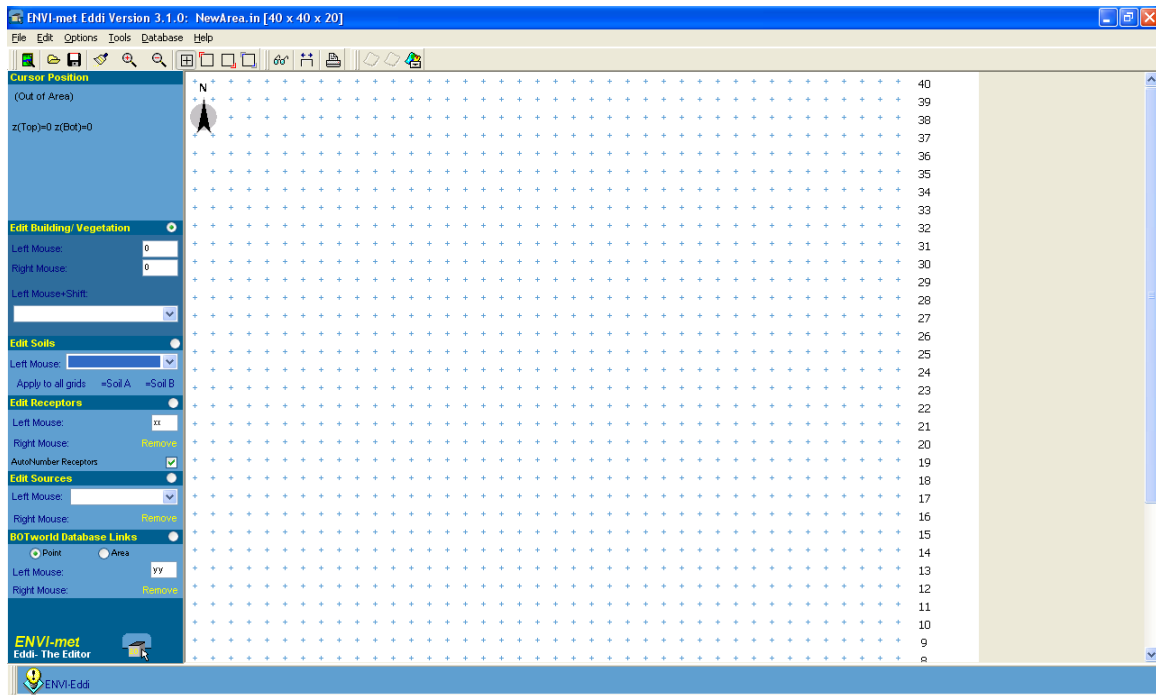
### 2.3.1. Επιλογή 1: Area input file editor

Αρχικά, ανοίγει το πρόγραμμα εισαγωγής περιοχής για δημιουργία του αρχείου .in .



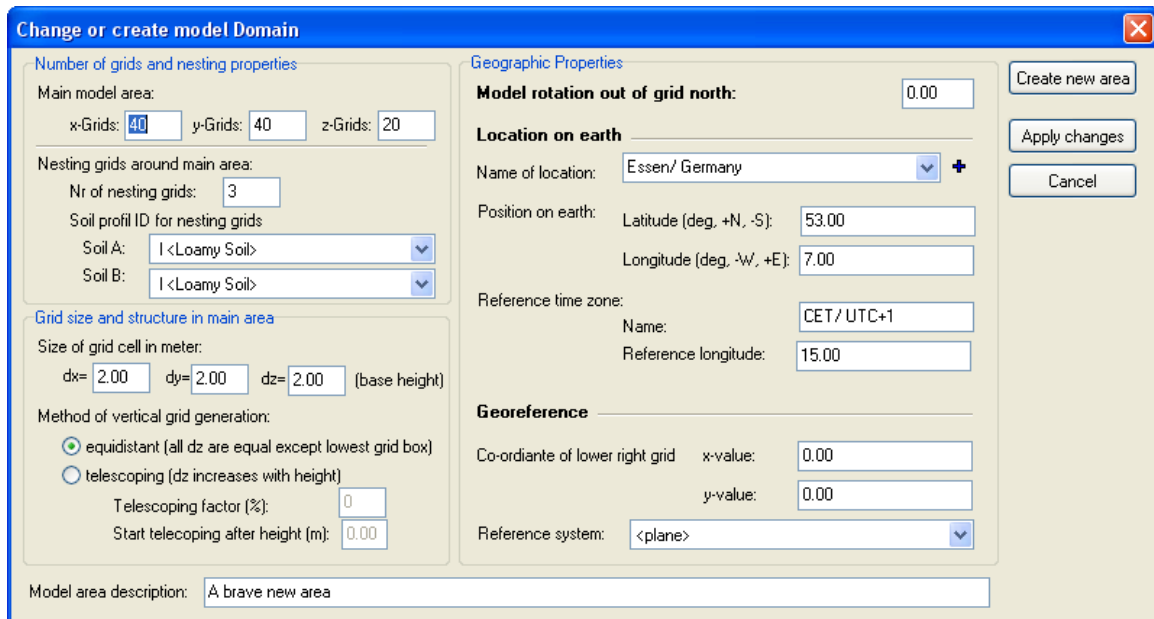
Εικόνα 2.7.  
Επιλογή υποπρογράμματος εισαγωγής περιοχής.

Η πρώτη εικόνα που εμφανίζεται, είναι ο κάνναβος εισαγωγής περιοχής.



Εικόνα 2.8. Κάνναβος σχεδίασης περιοχής.

Επιλέγοντας από το μενού File>Change Settings/New Model, ανοίγουν οι βασικές ρυθμίσεις της περιοχής που πρέπει να συμπληρωθούν πριν ξεκινήσει η απόδοση του χώρου στον κάνναβο.



Εικόνα 2.9. Γεωγραφικές και άλλες ρυθμίσεις περιοχής μελέτης.

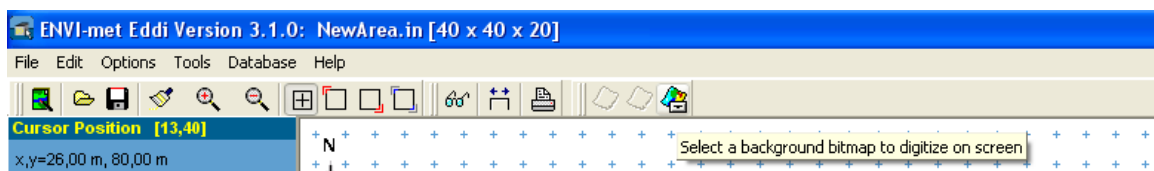
Κατά σειρά εμφάνισης, αυτό που πρέπει να αποδοθεί είναι αρχικά το μέγεθος του καννάβου. Ανάλογα με το μέγεθος της μελετώμενης περιοχής, επιλέγεται το μήκος των κελιών (size of grid cell in meter), και στην επιλογή main model area τοποθετείται ο συνολικός αριθμός των κελιών που θα χρειαστούν κατά μήκος, κατά πλάτος και καθ' ύψος.

Εδώ πρέπει να ληφθεί υπόψη, όπως έχει προαναφερθεί, και ο αριθμός των κελιών της περιοχής ένθεσης, τα οποία μεν δεν εμφανίζονται στον κάνναβο αλλά προσμετρώνται στην προσομοίωση. Άρα πλέον του main model area, ακριβώς από κάτω, θα πρέπει ο χρήστης να ορίσει πόσα κελιά θα χρειαστεί για τη δευτερεύουσα περιοχή ένθεσης, να τα πολλαπλασιάσει επί δύο (αφού περικυκλώνουν τη main area) και αυτό θα είναι το σύνολο των κελιών κατά πλάτος και κατά μήκος.

Στην επιλογή model rotation out of grid north, αν η περιοχή μελέτης είναι υπό γωνία σε σχέση με το Βορρά, μπορεί για ευκολία να περιστραφεί όσο χρειάζεται για να αποδοθεί λεπτομερέστερα στον κάνναβο.

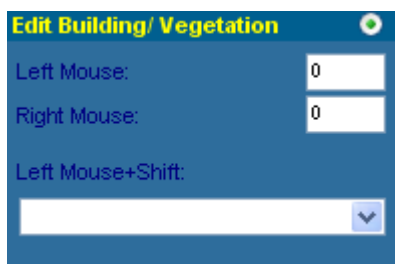
Ακριβώς από κάτω, μπορούν να μπουν οι συντεταγμένες και η ζώνη ώρας της περιοχής μελέτης.

Αμέσως μετά, μπορεί να ξεκινήσει η απόδοση της περιοχής στον κάνναβο κελί με κελί. Κάτι που βοηθά πολύ, είναι η τοποθέτηση της φωτογραφίας ή τοπογραφικού της περιοχής (στην επιθυμητή κλίμακα) στο background σε μορφή .bmp και σχεδιασμός των στοιχείων μελέτης (δέντρα, κτίρια) πάνω σε αυτή για όσο το δυνατόν ακριβέστερο αποτέλεσμα. Αυτό είναι εφικτό με την επιλογή ψηφιοποίησης που βρίσκεται ως εικονίδιο δεξιά στο πρόγραμμα (select a background bitmap to digitize on screen):



Εικόνα 2.10. Επιλογή εισαγωγής εικόνας παρασκηνίου.

Το πρώτο σχεδιαστικό πακέτο που χρησιμοποιείται, είναι για να αποδώσει τα υψηλά στοιχεία στην περιοχή μελέτης. Στην αριστερή στήλη, είναι ακριβώς το παρακάτω:

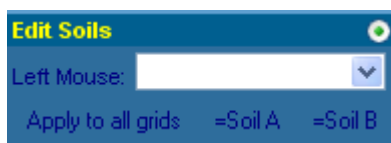


Εικόνα 2.11. Προσθήκη κτιρίων και φυτικού υλικού στο σχεδιασμό.

Επιλέγοντάς το, καθορίζεται το ύψος των κτιρίων. Τοποθετώντας πχ. στο κουτάκι δίπλα στο Left Mouse τον αριθμό 20, όπου γίνει απλό αριστερό κλικ στον κάρναβο τότε το πρόγραμμα θεωρεί ότι εκεί έχει τοποθετηθεί κτίριο 20 μέτρων. Προαιρετικά, αν οριστεί τιμή (μικρότερη πάντα) στο right mouse, μπορεί να θεωρηθεί ότι το κτίριο δεν ξεκινά από το ύψος  $z=0$  αλλά από τα 2 ή 3 μέτρα ύψος (για παράδειγμα, αν υπάρχει λόγος να παρασταθεί κάποιο υπόστεγο ή πιλοτή).

Χρησιμοποιώντας το drop-down menu κάτω από το Left Mouse + Shift, επιλέγεται κάποιο φυτό από τη βάση δεδομένων και τοποθετείται στο χώρο πατώντας Shift και αριστερό κλικ. Το δεξί κλικ δε λειτουργεί σε αυτή την περίπτωση.

Έπειτα, υπάρχει η επιλογή τοποθέτησης σε κάθε σημείο του χώρου, του είδους του εδάφους. Με τον ίδιο τρόπο όπως προηγουμένως, με drop-down menu.



Εικόνα 2.12. Ρύθμιση τύπων εδάφους σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης.

Με αριστερό κλικ επιλέγεται ο επιθυμητός τύπος εδάφους. Αν γίνει κάποιο λάθος, δεν υπάρχει αφαίρεση αφού άλλωστε κάποιος τύπος εδάφους καλύπτει κάθε ένα από τα κελιά. Στην περίπτωση αυτή, απλώς επιλέγεται ο σωστός τύπος και γίνεται πάλι αριστερό κλικ.

Αν ένα είδος εδάφους (πχ. άσφαλτος) κυριαρχεί σε όλη την περιοχή και λίγα μόνο τμήματα διαφέρουν, υπάρχει η επιλογή apply to all grids για συντομία και έπειτα προβαίνει ο χρήστης στη διαφοροποίηση των υπολοίπων.

Στη συνέχεια, προαιρετικά μπορούν να προστεθούν σημεία αναφοράς στα οποία γίνεται ειδική παρακολούθηση της κατάστασής τους.



Εικόνα 2.13. Προσθήκη σημείων αναφοράς - υποδοχέων εντός της περιοχής μελέτης.

Για να δεχθεί το πρόγραμμα τα σημεία χωρίς σφάλμα και να τα υπολογίσει κανονικά στα αρχεία εξόδου, πρέπει να είναι αλφαριθμητικά δύο χαρακτήρων και να περιέχουν και γράμμα και αριθμό, για παράδειγμα A1 και όχι 21 ως ονομασία. Βοηθάει αρκετά και η επιλογή AutoNumber Receptors, όπου σε κάθε επόμενο κλικ ανεβαίνει και η μέτρηση και δε χρειάζεται να πληκτρολογεί ο χρήστης κάθε φορά A1, A2 - εμφανίζεται αυτόματα.

Με δεξί κλικ αφαιρούνται.



Στην επιλογή Edit Sources μπορεί να αποδοθεί η εκπομπή αερίων όπως για παράδειγμα σε πολυσύχναστους δρόμους όπου αυτό αποδίδεται γραμμικά.



Εικόνα 2.14. Προσθήκη σημείων εκπομπής ρύπων και καθορισμός τύπου τους.

Με αριστερό κλικ επιλέγεται ο επιθυμητός ρύπος και με δεξί κλικ αφαιρείται.

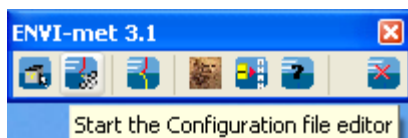
Τέλος, προαιρετικά υπάρχει το πεδίο Database. Χρησιμοποιείται για άλλα προγράμματα όπως το BOTworld για να συνδέσει ορισμένα επιλεγμένα κελιά με καταχωρήσεις της βάσης δεδομένων.



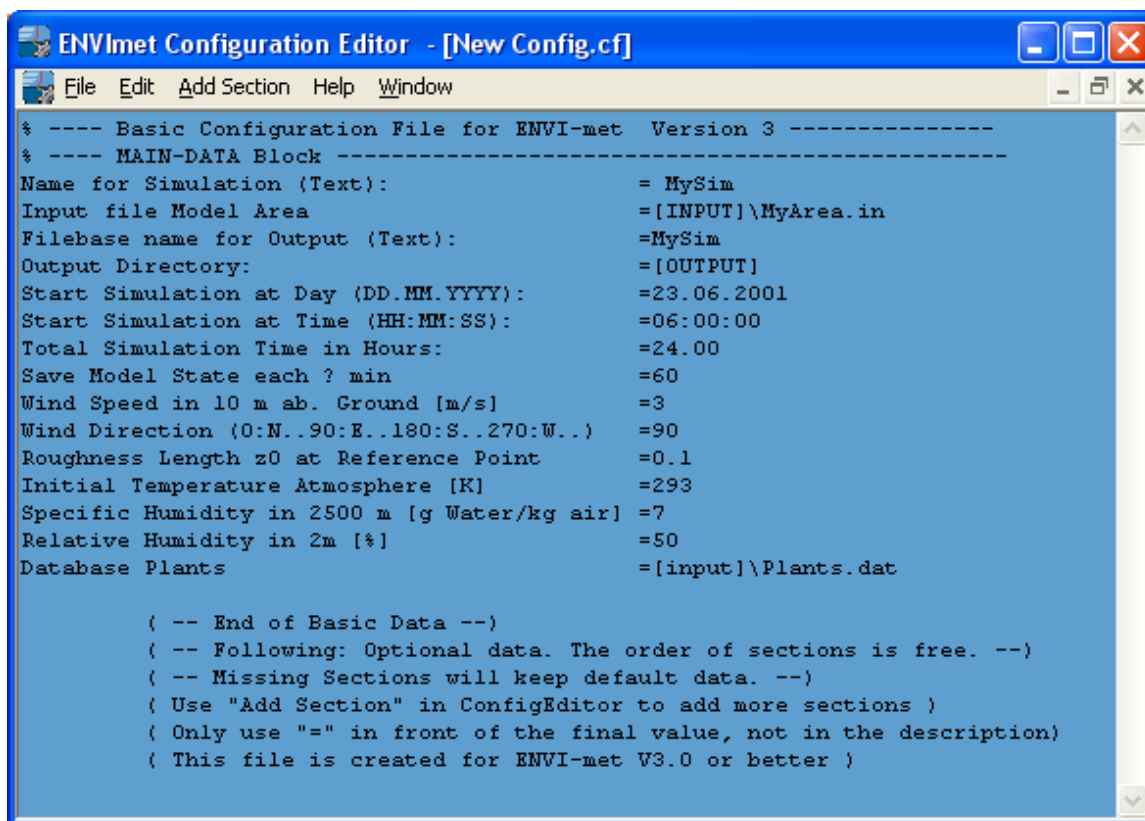
Εικόνα 2.15. Σύνδεση βάσης δεδομένων με εξωτερικά προγράμματα.

### 2.3.2. Επιλογή 2: Configuration file editor

Το δεύτερο υποπρόγραμμα που ανοίγει, είναι οι ρυθμίσεις για το αρχείο .in που θα αποθηκευτούν σε αρχείο .cf και αφορούν τις βασικές ρυθμίσεις για την εκτέλεση της προσομοίωσης οι οποίες προαναφέρθηκαν.



Εικόνα 2.16. Επιλογή υποπρογράμματος εισαγωγής ρυθμίσεων περιοχής.



```

ENVI-met Configuration Editor - [New Config.cf]
File Edit Add Section Help Window
% ---- Basic Configuration File for ENVI-met Version 3 ----
% ---- MAIN-DATA Block ----
Name for Simulation (Text):           = MySim
Input file Model Area                 = [INPUT]\MyArea.in
Filebase name for Output (Text):      = MySim
Output Directory:                    = [OUTPUT]
Start Simulation at Day (DD.MM.YYYY): = 23.06.2001
Start Simulation at Time (HH:MM:SS):  = 06:00:00
Total Simulation Time in Hours:       = 24.00
Save Model State each ? min          = 60
Wind Speed in 10 m ab. Ground [m/s]  = 3
Wind Direction (0:N..90:E..180:S..270:W..) = 90
Roughness Length z0 at Reference Point = 0.1
Initial Temperature Atmosphere [K]   = 293
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 )

```

Εικόνα 2.17. Τροποποιημένο αρχείο ρυθμίσεων της περιοχής μελέτης.

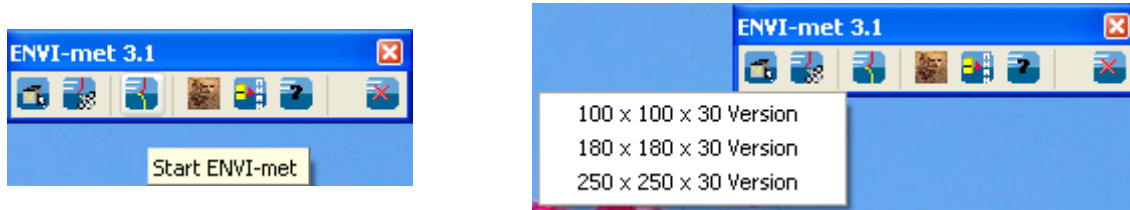
Το περιβάλλον του είναι όπως ακριβώς ένα αρχείο text και ως τέτοιο τροποποιείται.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη σειρά των εγγραφών και στη μορφή διότι αν αλλάξει ο,τιδήποτε από αυτά, δεν τρέχει η προσομοίωση. Αναλυτικά έχει αναφερθεί η κάθε εγγραφή σε προηγούμενη παράγραφο.

Όπου χρειαστεί να προστεθούν ειδικές ρυθμίσεις για κάποια κατηγορία, με το Add Section αυτή προστίθεται αυτόματα. Π.χ. [BUILDING] όπου θα υπάρχουν ειδικές κατά περίπτωση τροποποιημένες ρυθμίσεις για τα κτίρια όπως υλικά, ανακλαστικότητα κτλ.

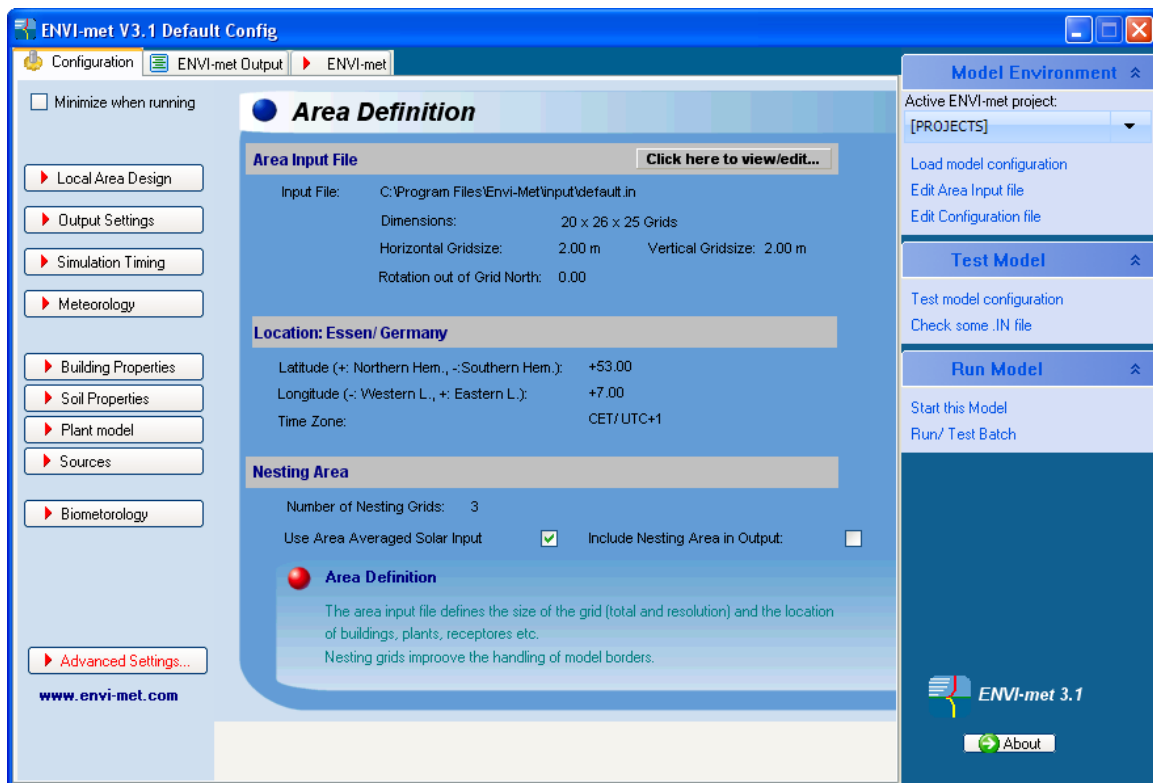
### 2.3.3. Επιλογή 3: Start Envi-met

Τρίτη σαν επιλογή εμφανίζεται το άνοιγμα του βασικού interface του Envi-met. Αφού δημιουργηθούν τα αρχεία .in και .cf βάσει των οποίων θα εκτελεστεί η προσομοίωση, επιλέγεται αρχικά το μέγεθος της περιοχής ανάλογα με τα κελιά (συν τα επιπλέον κελιά της nesting area) που χρησιμοποιήθηκαν στον κάρναβο, για παράδειγμα για περιοχή 157x172x30 (μαζί με την περιοχή ένθεσης) επιλέγεται η έκδοση 180x180x30.



Εικόνα 2.18. Επιλογή κυρίου interface του Envi-met με παράλληλη επιλογή μεγέθους σχεδίασης.

Η προσομοίωση ξεκινάει φορτώνοντας το αρχείο ρυθμίσεων .cf (Load model configuration), το οποίο ήδη περιλαμβάνει μέσα στις βασικές του ρυθμίσεις το αρχείο .in με το οποίο θα δουλέψει (εφόσον αυτό έχει πληκτρολογηθεί σωστά ως όνομα αρχείου και διαδρομή).



Εικόνα 2.19. Το βασικό interface του Envi-met.

Επιλέγοντας, λοιπόν, Start this Model (εφόσον έχει γίνει και κάποια δοκιμή με το Test model configuration και δε βγαίνει σφάλμα), εκτελείται η προσομοίωση και αυτομάτως δημιουργούνται οι υποφάκελοι και τα αρχεία εξόδου.

### 2.3.4. Λοιπές επιλογές

Επόμενες επιλογές που δίνει η μπάρα του Envi-met, είναι το πρόγραμμα επεξεργασίας δεδομένων Leonardo, το οποίο δίνει μια καλή οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων, και μετά από αυτό, υπάρχει και το πρόγραμμα Xtract που χρησιμοποιείται κυρίως για τη συγκέντρωση και την στατιστική ανάλυσή τους.



Εικόνα 2.20. Επιλογή υποπρογραμμάτων εξαγωγής αποτελεσμάτων.

Τέλος, διατίθεται αρχείο βοήθειας για το πρόγραμμα (manual) και ως τελευταία επιλογή υπάρχει το πλήκτρο κλεισίματος του προγράμματος.



Εικόνα 2.21. Βοηθητικές επιλογές προγράμματος.

## 2.4. Εξαγωγή αποτελεσμάτων

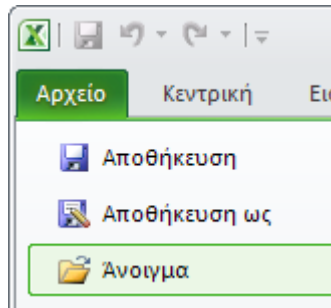
Τα αποτελέσματα των μετεωρολογικών διεργασιών που λαμβάνονται σε .EDI και .EDT ανοίγουν σε γραφικό περιβάλλον όπως το πρόγραμμα LEONARDO που διατίθεται μαζί με το Envi-met.

Τα αριθμητικά αποτελέσματα που λαμβάνονται σε .1DT μπορούν να εξαχθούν σε Microsoft Excel.

### 2.4.1. Εξαγωγή αποτελεσμάτων με Microsoft Excel

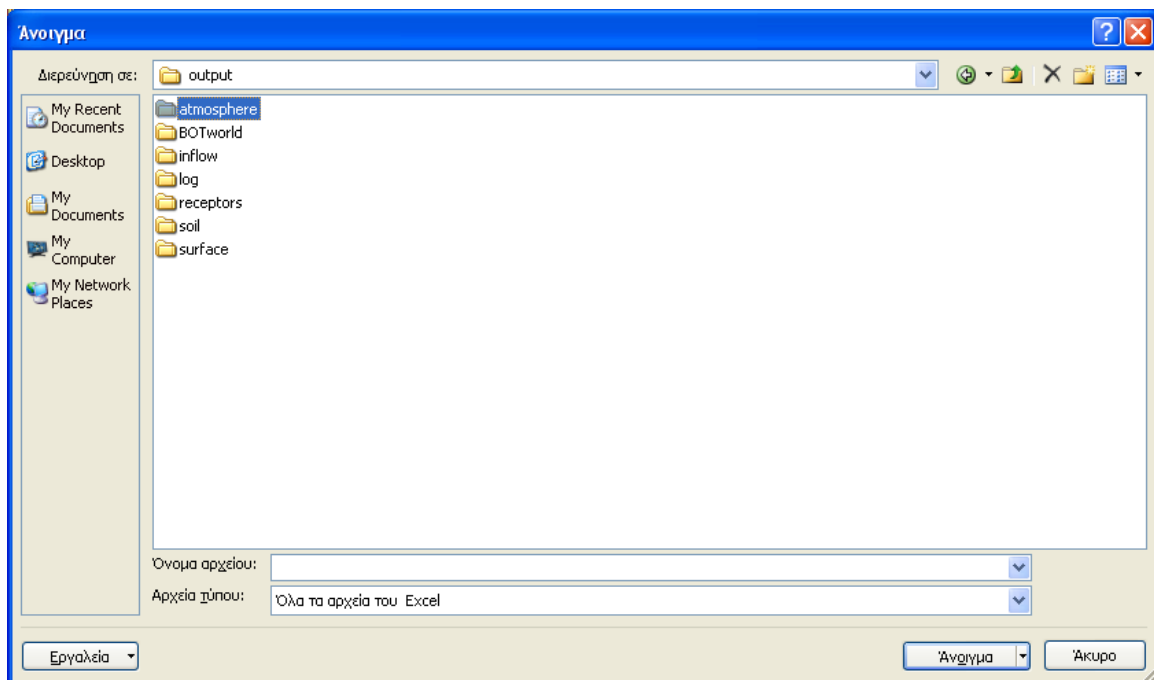
Για να εξαχθούν τα αποτελέσματα με Excel, θα πρέπει να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία που καθιστά το αρχείο αναγνώσιμο.

Η αρχική επιλογή θα πρέπει να είναι από το ίδιο το πρόγραμμα ακολουθώντας την επιλογή Αρχείο > άνοιγμα:



Εικόνα 2.22. Επιλογή Αρχείο > άνοιγμα.

Στο παράθυρο διερεύνησης (browse) θα πρέπει να γίνει επιλογή μεταξύ των υποφακέλων εξόδου, οι οποίοι εμφανίζονται στην εικόνα. Κάθε είδος δεδομένων αποθηκεύεται στο δικό του υποφάκελο.

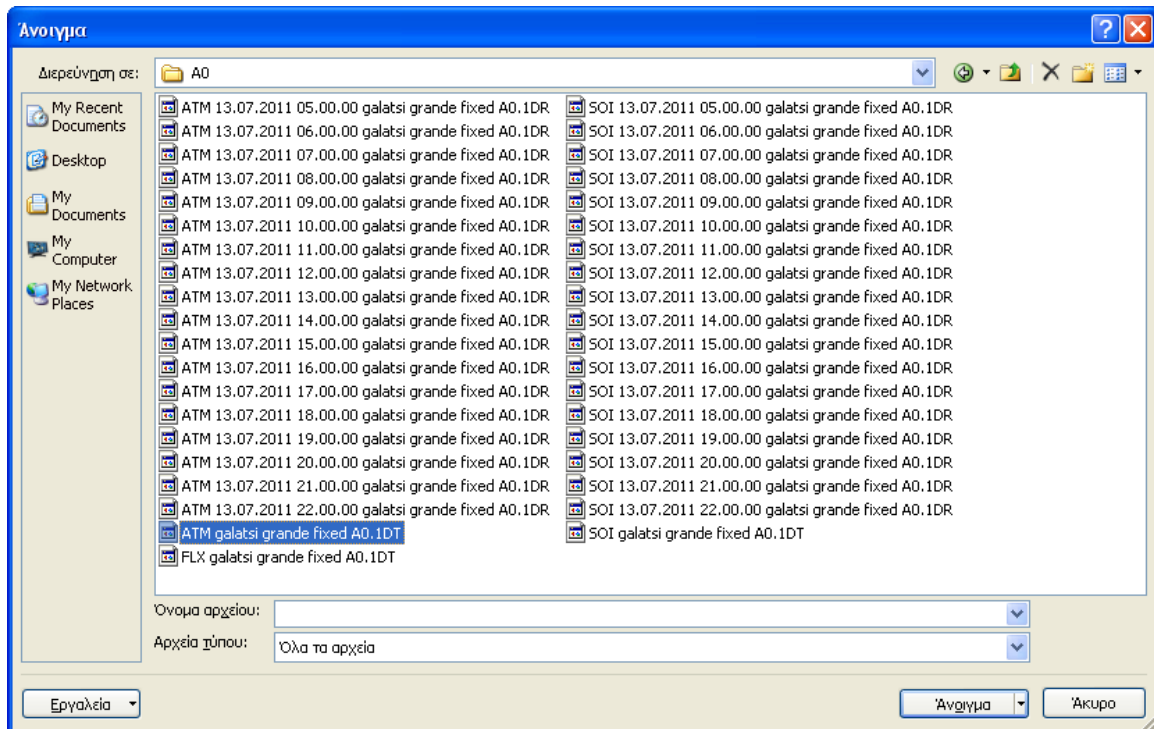


Εικόνα 2.23. Αναζήτηση αρχείου προς άνοιγμα με Excel.

Για να ανοίξει το αρχείο, πρέπει να επιλεγεί κάτω στο Αρχεία τύπου > Όλα τα αρχεία διότι διαφορετικά εμφανίζονται μόνο τα αρχεία Excel και αυτά που λαμβάνονται από το Envi-met δεν είναι τέτοια. Η διαδικασία είναι πολύ χρήσιμη ειδικά στην περίπτωση όπου υπάρχουν δεδομένα στα σημεία αναφοράς (receptors). Εξάγονται ως εξής:

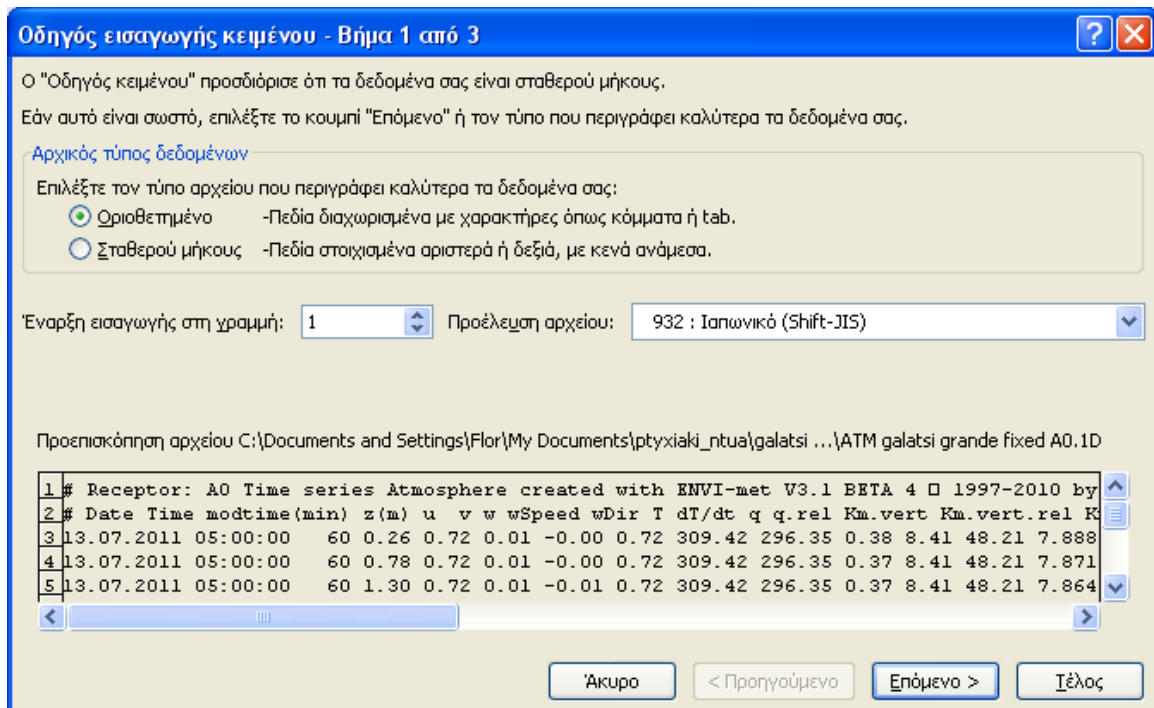
Από τη διερεύνηση, επιλέγεται ο φάκελος receptors > και για κάθε ένα σημείο αναφοράς επιλέγεται ο υποφάκελός του, στο τρέχον παράδειγμα έχει ληφθεί το σημείο αναφοράς A0.

Το αρχείο με τις ατμοσφαιρικές διεργασίες για το σημείο αυτό για το σύνολο των ωρών της ημέρας που μετρήθηκαν είναι της μορφής .1DT.



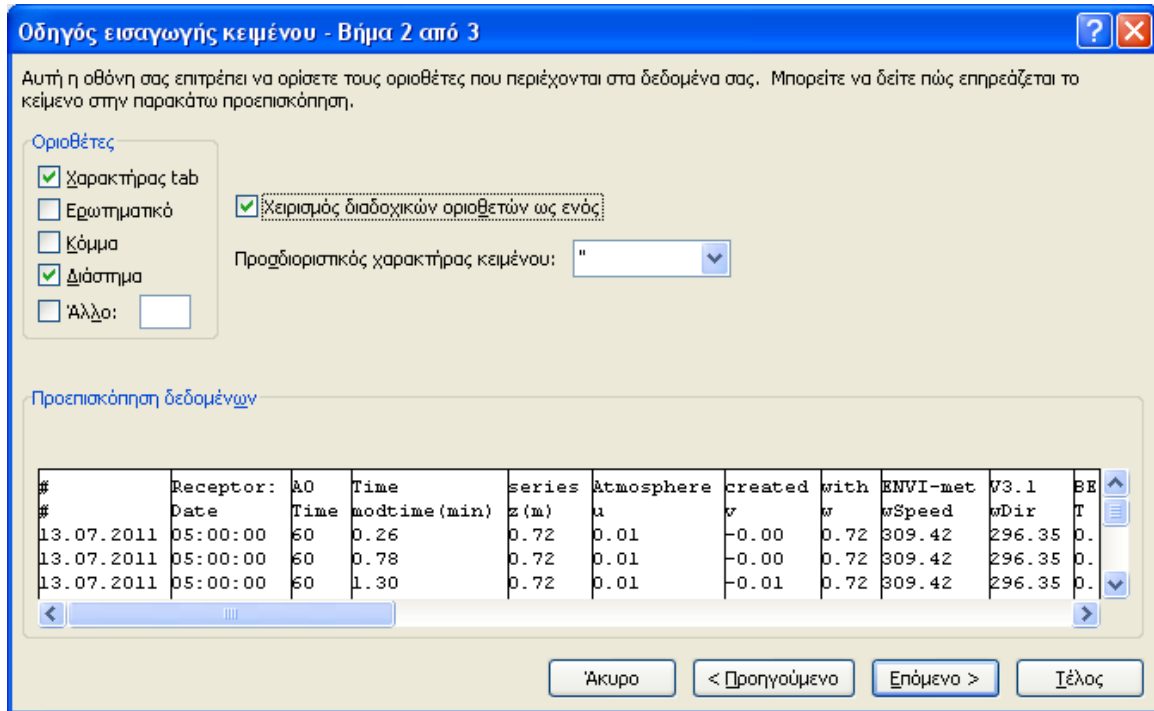
Εικόνα 2.24. Επιλογή συνόλου αποτελεσμάτων για όλες τις ώρες κατά υποδοχέα.

Στο βήμα 1 επιλέγεται τύπος αρχείου Οριοθετημένο.



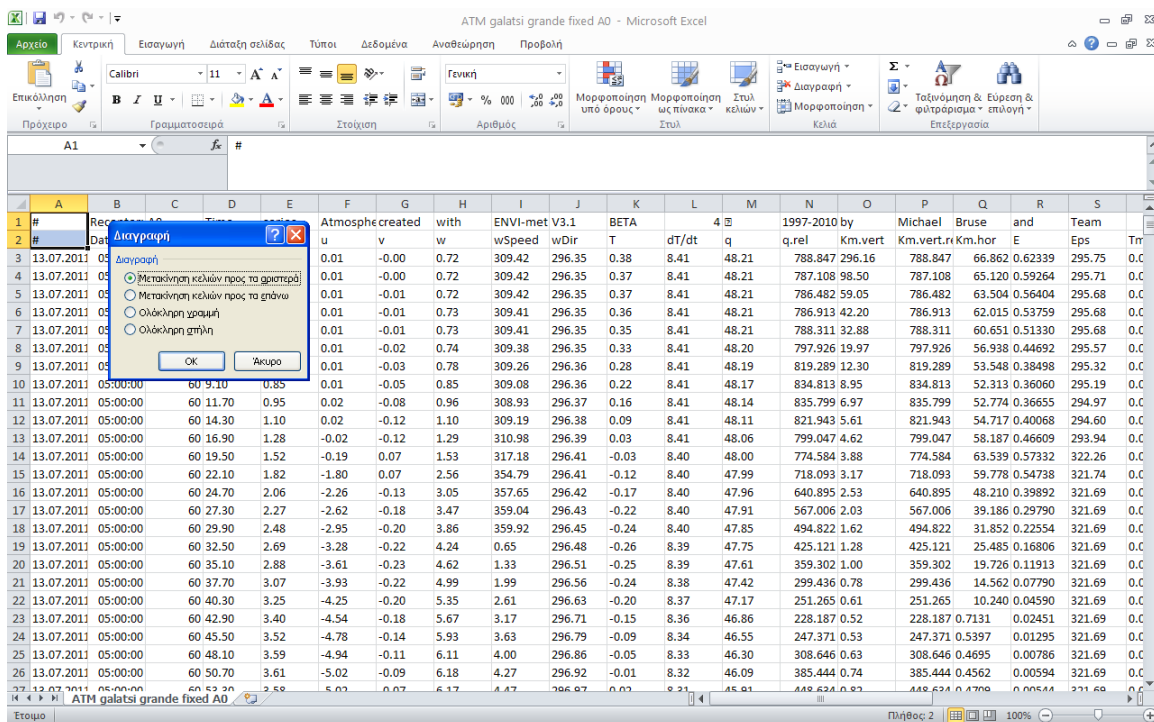
Εικόνα 2.25. Ρύθμιση εισαγωγής στοιχείων, βήμα 1.

Στο βήμα 2 ως οριοθέτες ορίζονται οι χαρακτήρες Tab και το διάστημα, όπως επίσης είναι απαραίτητος και ο χειρισμός διαδοχικών οριοθετών ως ενός για να εξαχθούν με ακρίβεια οι στήλες.



Εικόνα 2.26. Ρύθμιση εισαγωγής στοιχείων, βήμα 2.

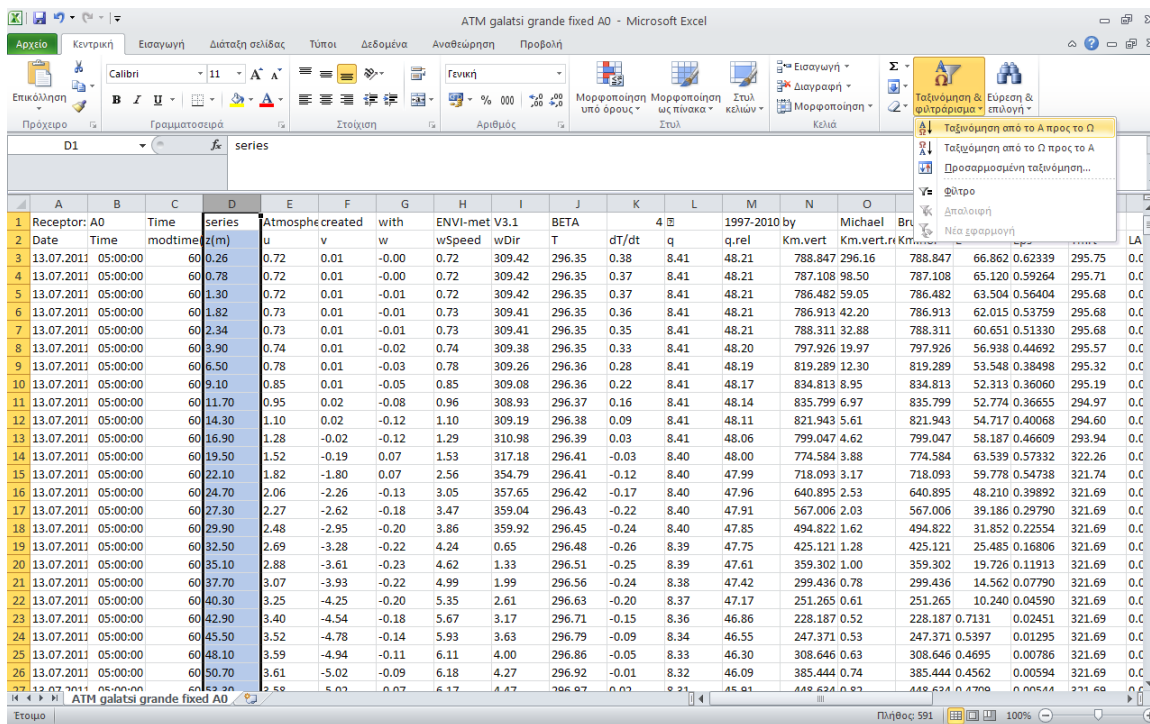
Εδώ μπορεί να επιλεγεί Τέλος διότι στο βήμα 3 δε χρειάζεται κάποια αλλαγή. Αυτό που εξάγεται έχει την παρακάτω μορφή:



Εικόνα 2.27. Εμφάνιση δεδομένων σε Excel.

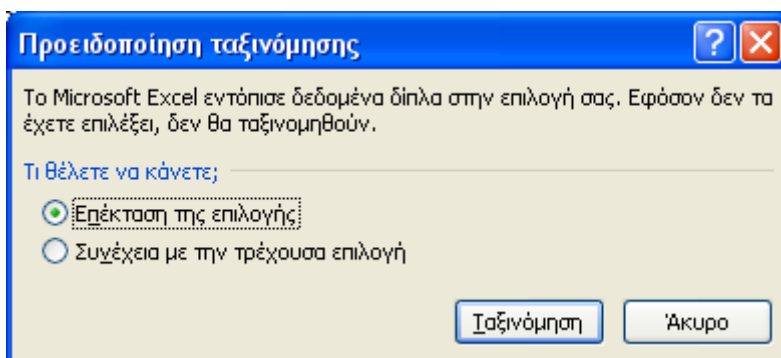
από όπου πρέπει να σβηστούν τα δύο πρώτα κελιά ακριβώς όπως υποδεικνύεται για να αντιστοιχηθούν επακριβώς οι στήλες με το υπόμνημά τους.

Επιλέγοντας να γίνει στη στήλη Z ταξινόμηση από το A ως το Ω λαμβάνονται οι μετρήσεις ανά ώρα για τα διάφορα ύψη.



Εικόνα 2.28. Τροποποίηση σειράς εμφάνισης δεδομένων σε Excel.

Για να γίνει σωστά η ταξινόμηση, πρέπει να επιλεγεί και το παρακάτω μόλις δοθεί η ερώτηση από το πρόγραμμα:



Εικόνα 2.29. Ρύθμιση ταξινόμησης για όλη την έκταση των γραμμών.

Επομένως, αποκρύπτοντας ότι γραμμή δε χρειάζεται, μπορεί να χρησιμοποιηθεί το αρχείο δεδομένων όπως παρακάτω, για το ύψος 22,10m για παράδειγμα.



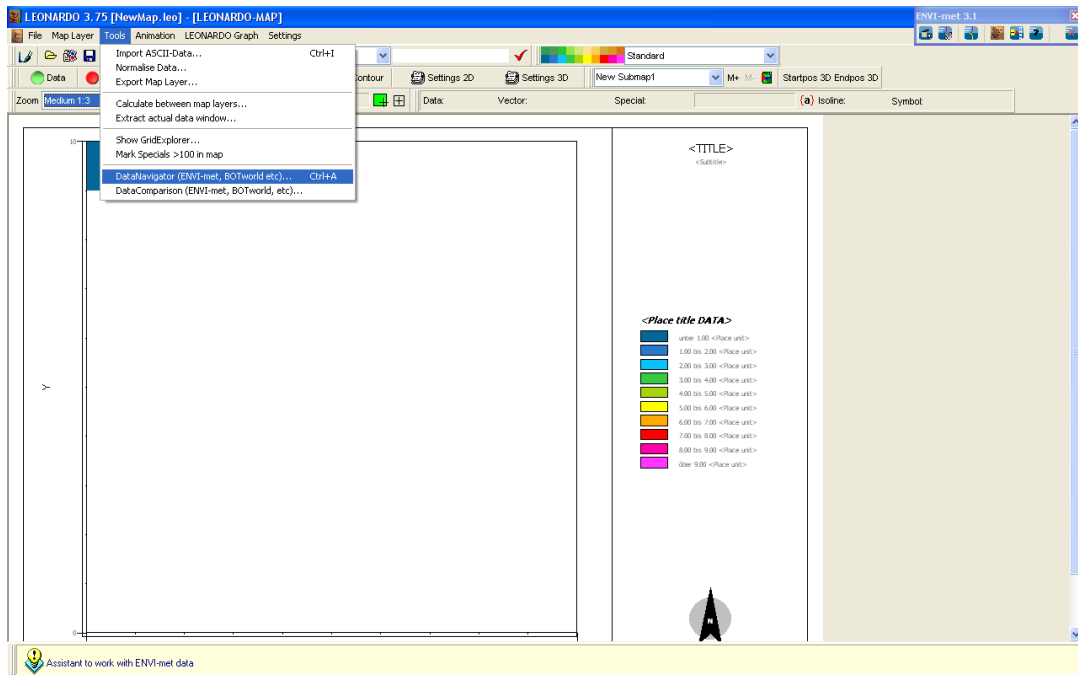
| 1   | Receptor: A0 | Time series | Atmosphere created | with | ENVI-met V3.1 | BETA  | 4      | 1997-2010 by | Michael | Bruse | and  | Team  |           |         |           |         |         |        |     |
|-----|--------------|-------------|--------------------|------|---------------|-------|--------|--------------|---------|-------|------|-------|-----------|---------|-----------|---------|---------|--------|-----|
| 2   | Date         | Time        | modtime(z(m)       | u    | v             | w     | wSpeed | wDir         | T       | dT/dt | q    | q.rel | Km.vert   | Km.vert | Km.hor    | E       | Eps     | Tmrt   | LA  |
| 174 | 13.07.2011   | 05:00:00    | 60 22.10           | 1.82 | -1.80         | 0.07  | 2.56   | 354.79       | 296.41  | -0.12 | 8.40 | 47.99 | 718.093   | 3.17    | 718.093   | 59.778  | 0.54738 | 321.74 | 0.0 |
| 175 | 13.07.2011   | 06:00:00    | 120 22.10          | 1.84 | -1.77         | 0.08  | 2.55   | 353.87       | 297.33  | 0.91  | 8.29 | 44.82 | 733.347   | 3.24    | 733.347   | 60.702  | 0.55270 | 343.39 | 0.0 |
| 176 | 13.07.2011   | 07:00:00    | 180 22.10          | 1.86 | -1.75         | 0.09  | 2.56   | 353.16       | 298.62  | 1.30  | 8.16 | 40.80 | 856.756   | 3.78    | 856.756   | 69.851  | 0.62643 | 348.55 | 0.0 |
| 177 | 13.07.2011   | 08:00:00    | 240 22.10          | 1.89 | -1.76         | 0.09  | 2.58   | 353.02       | 300.12  | 1.50  | 8.01 | 36.66 | 1.014.924 | 4.48    | 1.014.924 | 82.280  | 0.73376 | 349.24 | 0.0 |
| 178 | 13.07.2011   | 09:00:00    | 300 22.10          | 1.91 | -1.81         | 0.09  | 2.63   | 353.39       | 301.58  | 1.46  | 7.91 | 33.24 | 1.133.650 | 5.01    | 1.133.650 | 93.152  | 0.84196 | 347.95 | 0.0 |
| 179 | 13.07.2011   | 10:00:00    | 360 22.10          | 1.94 | -1.86         | 0.09  | 2.69   | 353.77       | 303.09  | 1.50  | 7.83 | 30.16 | 1.210.889 | 5.35    | 1.210.889 | 101.373 | 0.93354 | 325.82 | 0.0 |
| 180 | 13.07.2011   | 11:00:00    | 420 22.10          | 1.97 | -1.91         | 0.09  | 2.74   | 354.06       | 304.19  | 1.10  | 7.76 | 28.05 | 1.232.375 | 5.44    | 1.232.375 | 105.343 | 0.99052 | 325.43 | 0.0 |
| 181 | 13.07.2011   | 12:00:00    | 480 22.10          | 2.00 | -1.95         | 0.09  | 2.80   | 354.25       | 304.88  | 0.70  | 7.68 | 26.71 | 1.223.491 | 5.40    | 1.223.491 | 106.733 | 102.422 | 329.93 | 0.0 |
| 182 | 13.07.2011   | 13:00:00    | 540 22.10          | 2.03 | -1.99         | 0.09  | 2.84   | 354.37       | 305.01  | 0.12  | 7.62 | 26.29 | 1.174.625 | 5.19    | 1.174.625 | 104.691 | 102.639 | 334.47 | 0.0 |
| 183 | 13.07.2011   | 14:00:00    | 600 22.10          | 2.06 | -2.02         | 0.09  | 2.89   | 354.45       | 304.76  | -0.24 | 7.55 | 26.41 | 1.117.820 | 4.94    | 1.117.820 | 101.809 | 101.998 | 337.06 | 0.0 |
| 184 | 13.07.2011   | 15:00:00    | 660 22.10          | 2.08 | -2.05         | 0.09  | 2.92   | 354.57       | 304.33  | -0.44 | 7.48 | 26.85 | 1.058.441 | 4.67    | 1.058.441 | 98.503  | 100.839 | 336.47 | 0.0 |
| 185 | 13.07.2011   | 16:00:00    | 720 22.10          | 2.10 | -2.08         | 0.09  | 2.96   | 354.70       | 303.76  | -0.57 | 7.42 | 27.50 | 1.008.308 | 4.45    | 1.008.308 | 95.700  | 0.99913 | 330.68 | 0.0 |
| 186 | 13.07.2011   | 17:00:00    | 780 22.10          | 2.12 | -2.11         | 0.09  | 2.99   | 354.80       | 303.10  | -0.66 | 7.36 | 28.34 | 958.093   | 4.23    | 958.093   | 92.641  | 0.98534 | 311.01 | 0.0 |
| 187 | 13.07.2011   | 18:00:00    | 840 22.10          | 2.14 | -2.13         | 0.09  | 3.02   | 354.83       | 302.47  | -0.63 | 7.31 | 29.20 | 913.122   | 4.03    | 913.122   | 89.719  | 0.96969 | 296.19 | 0.0 |
| 188 | 13.07.2011   | 19:00:00    | 900 22.10          | 2.16 | -2.14         | 0.09  | 3.04   | 354.79       | 302.04  | -0.43 | 7.27 | 29.75 | 895.847   | 3.96    | 895.847   | 88.921  | 0.97089 | 295.49 | 0.0 |
| 189 | 13.07.2011   | 20:00:00    | 960 22.10          | 2.18 | -2.15         | 0.09  | 3.06   | 354.67       | 301.71  | -0.33 | 7.23 | 30.18 | 886.363   | 3.91    | 886.363   | 88.607  | 0.97435 | 294.97 | 0.0 |
| 190 | 13.07.2011   | 21:00:00    | 1020 22.10         | 2.20 | -2.16         | 0.08  | 3.08   | 354.47       | 301.44  | -0.27 | 7.21 | 30.53 | 879.476   | 3.88    | 879.476   | 88.327  | 0.97580 | 294.56 | 0.0 |
| 191 | 13.07.2011   | 22:00:00    | 1080 22.10         | 2.22 | -2.15         | 0.08  | 3.09   | 354.18       | 301.22  | -0.22 | 7.18 | 30.82 | 873.958   | 3.86    | 873.958   | 87.984  | 0.97433 | 294.22 | 0.0 |
| 192 | 13.07.2011   | 05:00:00    | 60 24.70           | 2.06 | -2.26         | -0.13 | 3.05   | 357.65       | 296.42  | -0.17 | 8.40 | 47.96 | 640.895   | 2.53    | 640.895   | 48.210  | 0.39892 | 321.69 | 0.0 |
| 194 | 13.07.2011   | 06:00:00    | 120 24.70          | 2.08 | -2.22         | -0.12 | 3.05   | 356.82       | 297.31  | 0.89  | 8.29 | 44.86 | 657.156   | 2.60    | 657.156   | 49.455  | 0.40940 | 343.35 | 0.0 |
| 195 | 13.07.2011   | 07:00:00    | 180 24.70          | 2.11 | -2.20         | -0.12 | 3.05   | 356.12       | 298.59  | 1.28  | 8.16 | 40.88 | 779.598   | 3.08    | 779.598   | 58.414  | 0.48145 | 348.51 | 0.0 |
| 196 | 13.07.2011   | 08:00:00    | 240 24.70          | 2.14 | -2.21         | -0.12 | 3.08   | 355.92       | 300.07  | 1.48  | 8.01 | 36.76 | 936.267   | 3.70    | 936.267   | 70.275  | 0.58023 | 349.21 | 0.0 |
| 197 | 13.07.2011   | 09:00:00    | 300 24.70          | 2.17 | -2.26         | -0.12 | 3.13   | 356.19       | 301.52  | 1.45  | 7.91 | 33.36 | 1.053.520 | 4.16    | 1.053.520 | 80.403  | 0.67499 | 347.93 | 0.0 |
| 198 | 13.07.2011   | 10:00:00    | 360 24.70          | 2.20 | -2.23         | -0.12 | 3.20   | 356.52       | 302.01  | 1.40  | 7.82 | 30.38 | 1.128.006 | 4.46    | 1.128.006 | 87.870  | 0.75718 | 345.81 | 0.0 |

Εικόνα 2.30. Εμφάνιση των αποτελεσμάτων μετά τις πρώτες τροποποιήσεις.

Επεξηγήσεις των μονάδων μέτρησης που χρησιμοποιούνται, βρίσκονται αναλυτικά στο εγχειρίδιο λειτουργίας του προγράμματος, στη σελίδα <http://www.Envi-met.com/htmlhelp/hs440.htm>.

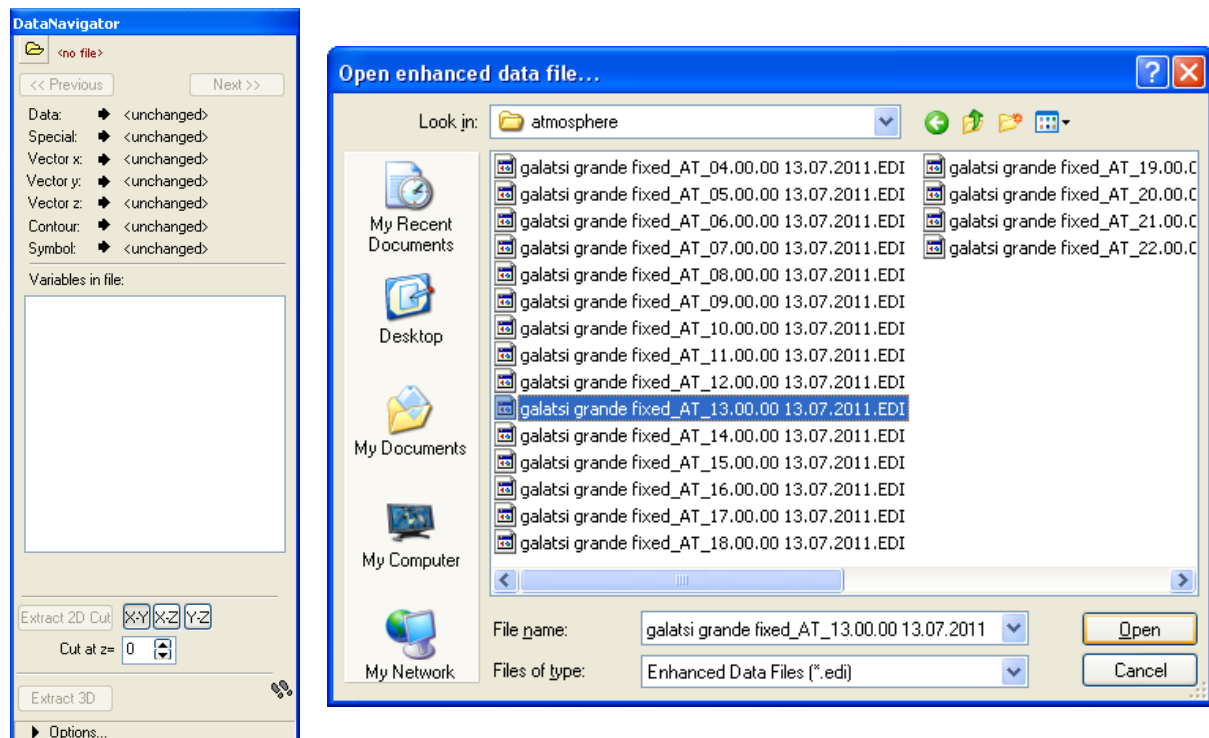
## 2.4.2. Εξαγωγή αποτελεσμάτων με Leonardo

Για να βρεθεί το αρχείο που θα επεξεργαστεί, επιλέγεται το Data Navigator.



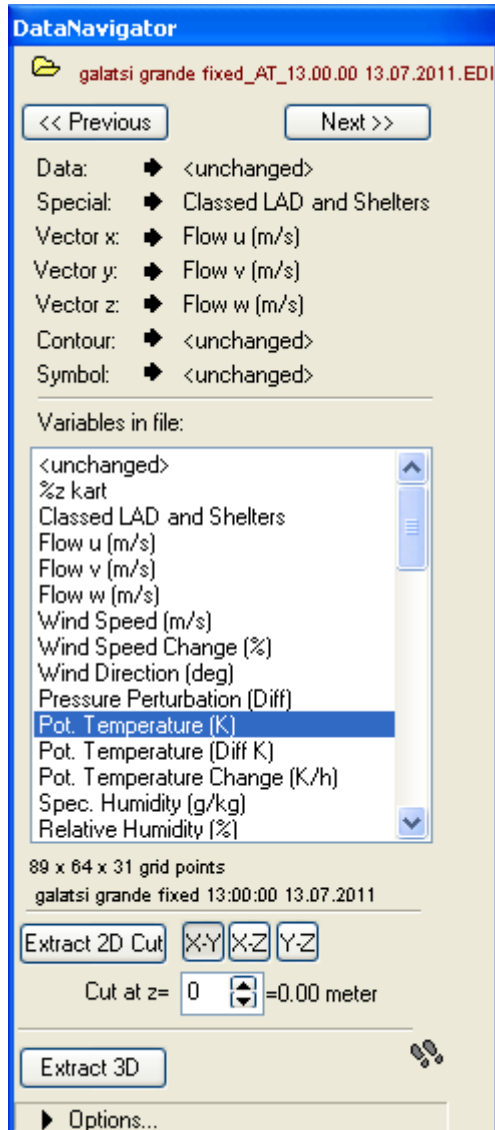
Εικόνα 2.31. Βασικό interface του Leonardo.

Πατώντας το εικονίδιο με το φάκελο δίπλα στο <no file>, ανοίγει το παράθυρο πλοήγησης (browse) από όπου θα επιλεγεί το προτιμώμενο αρχείο .EDI.



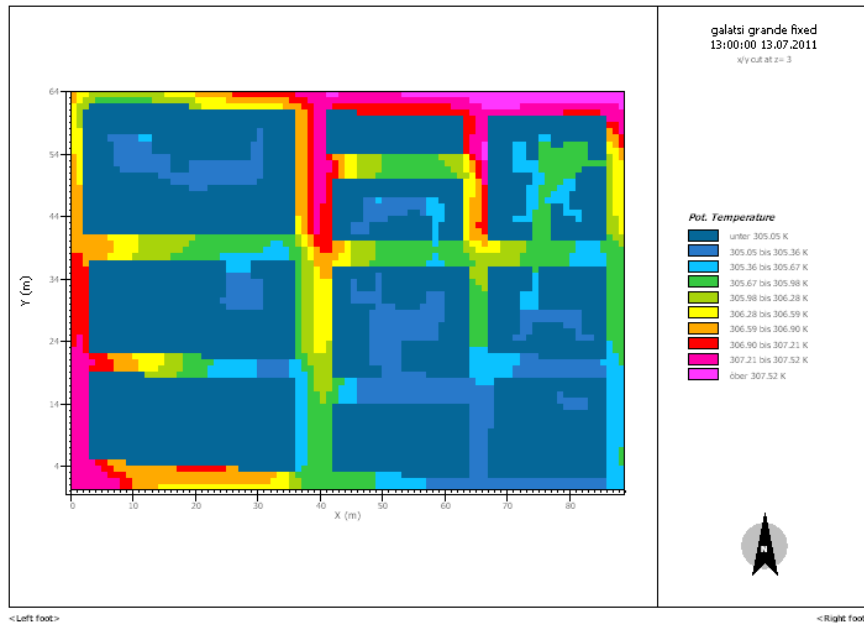
Εικόνα 2.32. Εισαγωγή αρχείου .EDI με βοήθεια του Data Navigator.

Για παράδειγμα, θα απεικονισθεί η κατάσταση της ατμόσφαιρας στις 13/7/2011 για την περιοχή μελέτης του παρόντος πειράματος σε ό,τι αφορά τη θερμοκρασία αέρα στα 2 μέτρα.



Εικόνα 2.33.  
Data Navigator, ρυθμίσεις.

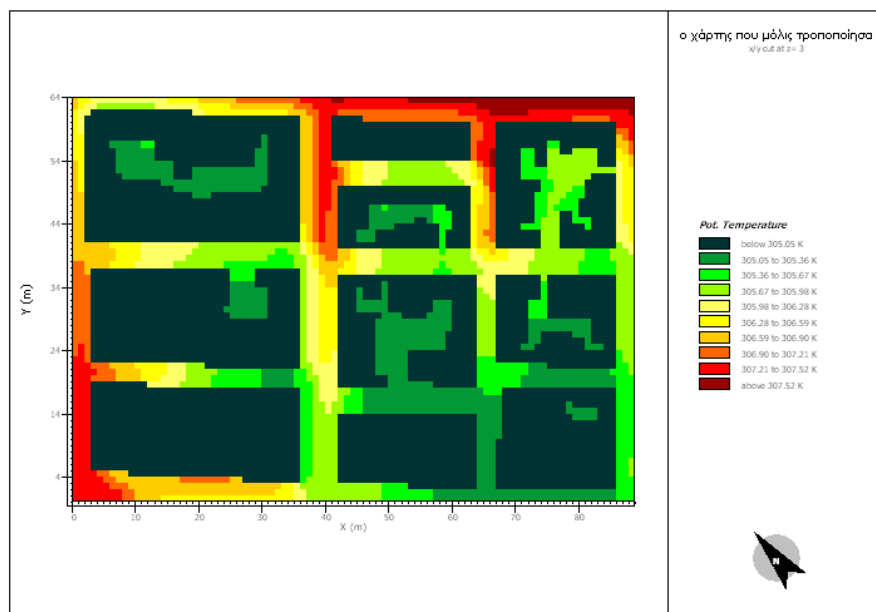
Επιλέγοντας από τις μεταβλητές (Variables in file) που διατίθενται την επιθυμητή (πχ. θερμοκρασία σε K) και πατώντας το βελάκι πάνω δίπλα στο Data <unchanged>, αμέσως ως Data ορίζεται η επιλεγμένη μεταβλητή. Ορίζεται και μια τομή καθ' ύψος για να ληφθούν υπόψη οι μετρήσεις στα 1,80m για παράδειγμα, οπότε από το κάτω μέρος του παραθύρου επιλέγεται X-Y και το επιθυμητό βήμα κοπής (cut at z) και εξάγεται το παρακάτω:



Εικόνα 2.34. Εμφάνιση αποτελεσμάτων πριν την επεξεργασία.

Με πλοήγηση στα settings 2D του Leonardo μπορεί το βέλος του Βορρά να περιστραφεί στην ισχύουσα θέση (επιλογή arrows), το υπόμνημα να τεθεί στα Αγγλικά και να αλλάξει ο τίτλος (text and layout), να τροποποιηθεί η κλίμακα μέτρησης και να αλλάξουν τα χρώματα του υπομνήματος (data key) και πολλές άλλες επιλογές.

Οι βασικές αλλαγές φαίνονται παρακάτω, και ο κάθε χρήστης μπορεί να τροποποιήσει το σχήμα σύμφωνα με τις δικές του προσωπικές προτιμήσεις εμφάνισης ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο σαφές και ευανάγνωστο.



Εικόνα 2.35. Εμφάνιση αποτελεσμάτων μετά την πρώτη επεξεργασία.

**Κεφάλαιο 3**  
**ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**



### 3.1. Περιοχή μελέτης

#### 3.1.1. Το ατμοσφαιρικό περιβάλλον του λεκανοπεδίου Αθηνών

Εξαιτίας της υψηλής συγκέντρωσης πληθυσμού καθώς και βιομηχανικών και εμπορικών δραστηριοτήτων σε αυτή τη σχετικά μικρή έκταση, η Αθήνα αντιμετωπίζει, τις τελευταίες δεκαετίες, το μεγάλο πρόβλημα της υποβάθμισης του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, με υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων και σοβαρή μείωση της ορατότητας με τη συχνή εμφάνιση του φωτοχημικού νέφους. Οι κύριες πηγές ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή των Αθηνών είναι τα αυτοκίνητα, η βιομηχανία και η κεντρική θέρμανση. Τα αυτοκίνητα θεωρούνται η σημαντικότερη πηγή των φωτοχημικών ρύπων. Η βιομηχανική ζώνη βρίσκεται στα ΝΝΔ της πόλης των Αθηνών και στο Θριάσιο πεδίο, καθώς και κάποιες άλλες πηγές ρύπανσης βρίσκονται στο λιμάνι του Πειραιά. Βέβαια δεν πρέπει να παραλειφθεί και η συνεισφορά ρύπων από τα πλοία και τα αεροπλάνα.

Ο μεγάλος άξονας του λεκανοπεδίου που συνδέει το διάκενο μεταξύ Πεντέλης και Πάρνηθας με τη θάλασσα αναγκάζει τον άνεμο να δείχνει μια προτίμηση σε δύο διευθύνσεις: η μία από τα ΒΒΑ και η άλλη από τα ΝΝΔ. Οι βόρειοι άνεμοι συνήθως επικρατούν όταν η συνοπτικής κλίμακας ροή είναι ισχυρότερη από τη θαλάσσια αύρα. Αυτό συμβαίνει όταν υπάρχει ισχυρή βαθμίδα πίεσης πάνω από το Αιγαίο και την Ελλάδα. Οι ΒΒΑ αυτοί άνεμοι σαρώνουν τους ατμοσφαιρικούς ρύπους του λεκανοπεδίου, διασκορπίζοντάς τους προς τη θάλασσα, βοηθώντας έτσι τον εξαερισμό του. Αυτό συμβαίνει κυρίως το καλοκαίρι που πνέουν οι ισχυροί τοπικοί άνεμοι, οι Ετησίες (Μελτέμια). Αν οι άνεμοι αυτής της διεύθυνσης είναι ασθενείς, μετατοπίζουν απλώς τους αέριους ρύπους και πλήττεται περισσότερο ο Πειραιάς και η Σαλαμίνα. Νοτιοδυτικοί άνεμοι επικρατούν συνήθως όταν η τοπική κυκλοφορία είναι ισχυρότερη από τη συνοπτική ή όταν υπάρχει ισχυρή ΝΔ ροή εξαιτίας της ύπαρξης ενός χαμηλού πάνω από το Ιόνιο και την κεντρική Μεσόγειο που μεταφέρει θερμές αέριες μάζες πάνω από την Ελλάδα. Όταν το χαμηλό εξασθενίζει, οι θερμές αέριες μάζες που έχουν μεταφερθεί, συντελούν στην ευστάθεια της κατώτερης τροπόσφαιρας, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει δυνατότητα διασποράς των ρύπων στην Αθήνα (Σγουρένα, 2006).

Κατά τη διάρκεια ημερών με σχετικά ασθενή συνοπτική ροή, παρατηρούνται συνήθως τοπικές κυκλοφορίες, όπως η θαλάσσια αύρα και οι αναβατικές και οι καταβατικές ροές. Συγκεκριμένα, τα τρία κύτταρα της θαλάσσιας αύρας που αναπτύσσονται, αλληλεπιδρούν μέσω των χασμάτων που σχηματίζουν τα τρία βουνά δημιουργώντας έτσι τις συνθήκες κάτω από τις οποίες οι αέριοι ρύποι εγκαταλείπουν ή όχι το λεκανοπέδιο. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι αέριες μάζες μπορούν να εξέλθουν από το λεκανοπέδιο μέσω των ανοιγμάτων που υπάρχουν ανάμεσα στα όρη Πεντέλης και Πάρνηθας, καθώς και Υμηττού και Πεντέλης. Όμως, υπάρχει και μεταφορά ρύπων από τη βιομηχανική περιοχή του Θριάσιου Πεδίου προς την Αθήνα, μέσω του ανοίγματος που υπάρχει ανάμεσα στην Πάρνηθα και το Αιγάλεω. Επίσης, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, οι ρύποι από το Θριάσιο Πεδίο μπορούν να μετακινηθούν πάνω από το Αιγάλεω

προς την Αθήνα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, ή πάνω από το Σαρωνικό, με τη βοήθεια της απογείου αύρας, κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αυτού του είδους η μεταφορά συμβαίνει επίσης κατά τη διάρκεια των ημερών με Ν ή ΝΔ συνοπτική ροή και επηρεάζει κυρίως τα δυτικά προάστια της Αθήνας (Ασημακόπουλος Δ., Καρτάλης Κ., 2002).

### 3.1.2. Γενικά κλιματολογικά χαρακτηριστικά του λεκανοπεδίου Αθηνών

Η Ελλάδα βρίσκεται στο ανατολικό μέρος της Μεσογείου και συγχρόνως στο νότιο άκρο της Βαλκανικής Χερσονήσου. Τα κύρια ετήσια μετεωρολογικά χαρακτηριστικά του καιρού της Α. Μεσογείου είναι ήπιοι, μετρίως υγροί χειμώνες και ζεστά, πολύ ξηρά καλοκαίρια. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τόσο σαφή και επαληθευμένα από χρόνο σε χρόνο, που ο όρος "Μεσογειακό Κλίμα" έχει έλθει σε γενική χρήση για την περιγραφή αυτού του τύπου κλίματος όπου κι αν υπάρχει. Αυτά τα κύρια εποχιακά χαρακτηριστικά συνδέονται άμεσα με την προς νότο επέκταση, από το καλοκαίρι στο χειμώνα, της ζώνης των βαρομετρικών υφέσεων και των συνοδευόμενων δυτικών ανέμων πάντων από τον Ατλαντικό και την Ευρώπη, καθώς και το σχηματισμό, το καλοκαίρι, μιας τεράστιας ύφεσης με επίκεντρο πάνω από τη ΝΔ Ασία (Χρονοπούλου-Σερέλη, 1996).

Η υπάρχουσα μετεωρολογική διαίρεση του έτους σε τέσσερις, ίσης διάρκειας, εποχές (Χειμώνας, Άνοιξη, Καλοκαίρι, Φθινόπωρο), δεν συμπίπτει με την περιοδικότητα εμφάνισης και εξασθένησης των διαφόρων κέντρων δράσης, ούτε με την περίοδο εμφάνισης των διαφόρων αερίων ρευμάτων (π.χ. Ετησίες). Επίσης, ολόκληρη η Μεσόγειος διαιρείται ως προς τη βροχόπτωση σε δύο περιόδους: την άνομβρο και τη βροχερή.

Το έτος στην Ελλάδα, από κλιματολογικής πλευράς, μπορεί να χωριστεί σε δύο εποχές: την ψυχρή (Οκτώβριος - Μάρτιος) και τη θερμή (Απρίλιος - Σεπτέμβριος). Σε νεότερη μελέτη (Kassomenos et al., 1995), διακρίνονται οι εξής εποχές: το καλοκαίρι ή ξηρή περίοδος (Ιούνιος - Σεπτέμβριος), ο χειμώνας ή βροχερή περίοδος (Νοέμβριος - Φεβρουάριος), ενώ η άνοιξη (Μάρτιος - Απρίλιος - Μάιος) και το φθινόπωρο (Οκτώβριος) ενσωματώνονται και καλούνται ενδιάμεση περίοδος, στην οποία παρατηρείται εναλλαγή μοντέλων καιρού ανάμεσα σε αυτά που συμβαίνουν το καλοκαίρι και το χειμώνα (Σγουρένα, 2006).



### 3.1.3. Η περιοχή της Κυψέλης - χώρος - ιστορικά στοιχεία

Στην αεροφωτογραφία, με κεντρικό άξονα την οδό Πατησίων και μακρινό ορίζοντα την Πάρνηθα, εμφανίζεται μια μεγάλη περιοχή που περιλαμβάνει μερικές από τις πιο πυκνοδομημένες συνοικίες του Λεκανοπεδίου της Αθήνας, με πυκνότητες μεγαλύτερες από 300 άτομα ανά εκτάριο (Δανιηλίδης Ν., 2008). Ανατολικά της Πατησίων διακρίνεται η Κυψέλη, σε επιλεγμένο χώρο της οποίας διεξήχθη η παρούσα μελέτη. Μέσα στον πυκνοδομημένο ιστό ξεχωρίζουν ελάχιστοι αδόμητοι χώροι: ο λόφος του Ελικώνα (σε μικρή απόσταση από το σχολικό συγκρότημα της Γκράβας), ο Πύργος Βασιλίσσης (σήμερα πάρκα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε εγκατάλειψη), το άλσος Νέας Φιλαδέλφειας. Ακόμη ξεχωρίζουν αρκετές πλατείες και πρώην ρέματα, όπως η Φωκίωνας Νέγρη. Η μεγάλη αυτή περιοχή είναι χαρακτηριστική μιας γενικότερης διαδικασίας αστικοποίησης που για πολλές δεκαετίες κυριάρχησε στην Αθήνα και οδήγησε στη χαρακτηριστική αυτή εικόνα (Βαΐου Ν., 2010).



Εικόνα 3.1. Αεροφωτογραφία της περιοχής Κυψέλης (Δανιηλίδης Ν., 2008).

Η Κυψέλη, μία από τις παλαιότερες συνοικίες της Αθήνας, εμφανίστηκε ως τοποθεσία σε χάρτη της πόλεως και των περιχώρων το 1860, εντάχθηκε στο σχέδιο πόλης το 1887 και οριοθετήθηκε σε σχέδιο το 1908, ενώ με τις επεκτάσεις του ρυμοτομικού σχεδίου του 1930 απέκτησε περίπου τη σημερινή της έκταση. Στις αρχές του 20ού αιώνα πρωτοεμφανίστηκαν διάσπαρτες ακόμη εσοχικές κατοικίες και επαύλεις, σε μια περιοχή όπου υπήρχαν κυρίως αγροκτήματα. Ως το Μεσοπόλεμο εξακολούθησε να είναι αραιοκατοικημένη, παρ' όλο που συρροή πληθυσμού από την ύπαιθρο στην πρωτεύουσα

οδήγησε στις πρώτες επεκτάσεις και στις απαρχές μετατροπής της σε συνοικία, με μονοκατοικίες και διπλοκατοικίες. Οι ανακατατάξεις που επέφερε, μετά το 1922, η έλευση των προσφύγων από τη Μικρά Ασία, οδήγησαν στην Κυψέλη εύπορα κυρίως νοικοκυριά και ξεκίνησαν να κτίζονται οι πρώτες πολυκατοικίες. Η εντατική ανοικοδόμηση συντελέστηκε κατά τις δεκαετίες του 1960 και 1970, όπως σε πολλές άλλες περιοχές της Αθήνας, με το σύστημα της αντιπαροχής. Όμως, ακόμη στη δεκαετία 1950 διατηρούσε το χαρακτήρα της γειτονιάς, όπου επιβίωναν χαρακτηριστικά φυσικά στοιχεία και μη αστικές χρήσεις, πολλά σπίτια ήταν χαμηλά, οι κάτοικοι γνωρίζονταν μεταξύ τους, τα παιδιά έπαιζαν στο δρόμο, η κίνηση ήταν μικρή (Βαΐου Ν., 2010).

Η εντατική οικοδόμηση συνεχίστηκε και κατά τη δεκαετία 1970, ολοκληρώνοντας σταδιακά τη σημερινή εικόνα της συνοικίας που, σύμφωνα με όλες τις πολεοδομικές μελέτες, είναι μία από τις πιο προβληματικές του Δήμου Αθηναίων. Χαρακτηριστικά της είναι η υψηλή δόμηση σε σχέση με τα πλάτη των δρόμων και την τοπογραφία της περιοχής, οι μεγάλες πληθυσμιακές πυκνότητες (350 κάτοικοι ανά εκτάριο), η εκμετάλλευση κάθε χώρου όπου μπορεί να επεκταθεί η κατοικία, η έλλειψη κάθε κενού, η κατάληψη του δημόσιου χώρου από τα αυτοκίνητα (Βαΐου Ν., 2010).

Στην παρούσα μελέτη, επελέγησαν δέκα χαρακτηριστικά οικοδομικά τετράγωνα εντός της περιοχής της Κυψέλης, τα οποία σχηματίζουν ορθογώνιο έκτασης 250x180m. Ο χώρος αποτελείται κυρίως από πολυώροφα κτίρια, στενές οδούς και στενά πεζοδρόμια.



Εικόνα 3.2. Άποψη της περιοχής μελέτης. Πηγή: Bing Maps

### 3.2. Μεθοδολογία

Τα θερμοκρασιακά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στο πρόγραμμα προσομοίωσης πάρθηκαν σε μια τυπική θερινή ημέρα, συγκεκριμένα στις 13/7/2011 από το μετεωρολογικό σταθμό του ΕΜΠ στο Γαλάτσι, τον πλησιέστερο στην περιοχή. Το ύψος μέτρησης του σταθμού βρίσκεται στα δύο μέτρα από το έδαφος.



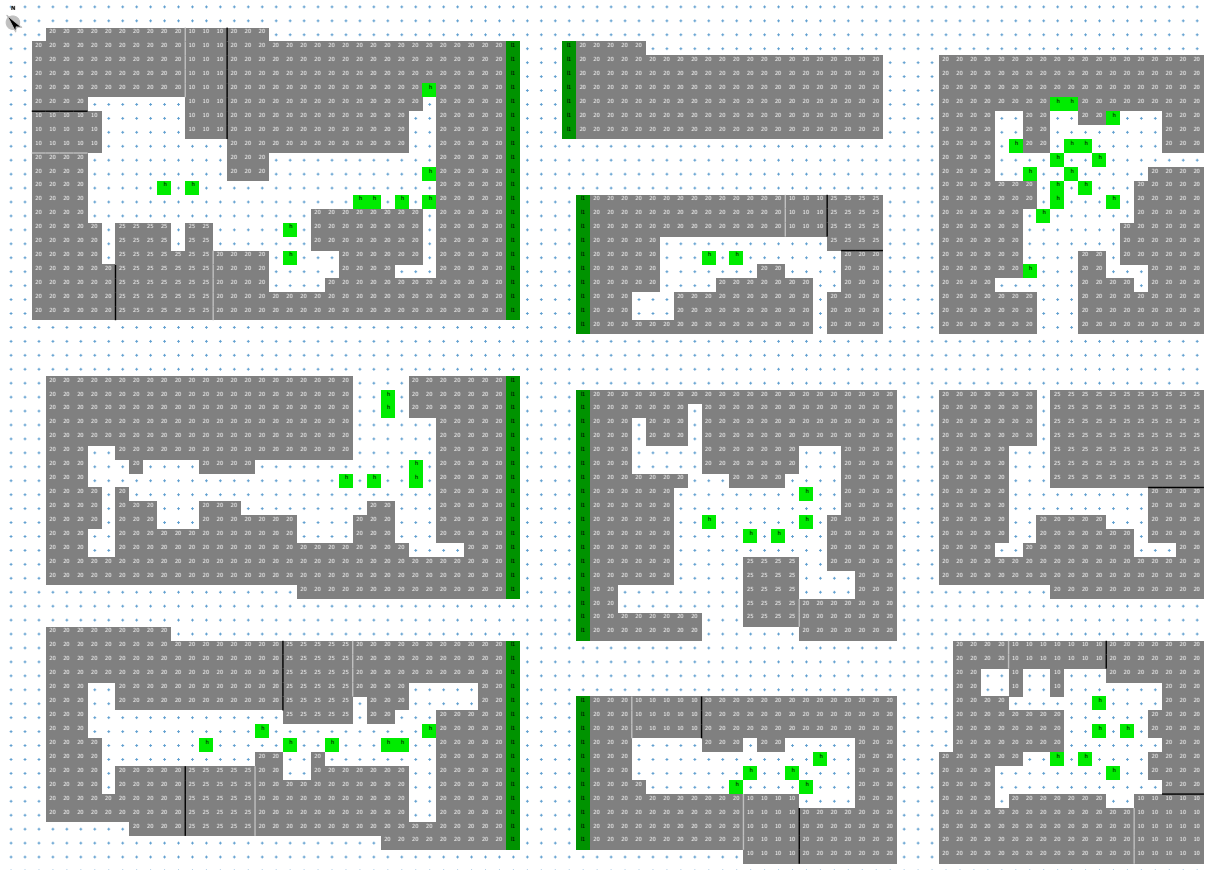
**Εικόνα 3.3. Θερμοϋγρόμετρο**  
του μετεωρολογικού σταθμού ΕΜΠ.  
Πηγή: <http://hoa.ntua.gr/var/temperature/>

Τα δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό του Γαλατσίου χρησιμοποιήθηκαν στο λογισμικό προσομοίωσης ώστε τα εξαγόμενα αποτελέσματα να προσεγγίζουν πραγματικές τιμές μετά από τις επεμβάσεις που έγιναν. Τα αποτελέσματα περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.

Στην προσομοίωση χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Envi-met (Version 3.1), όπως επίσης το λογισμικό SPSS predictive analytics software (Version 10.0) για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, προκειμένου να ελεγχθεί η αξιοπιστία του προγράμματος προσομοίωσης.

Στην απεικόνιση της θερμοκρασιακής κατάστασης της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκε η νέα (σε δοκιμαστικό στάδιο) έκδοση Leonardo 2011 build 3.9.9 που λειτουργεί ως αυτόνομο πρόγραμμα και προορίζεται για το Envi-met 4 που αναμένεται, λόγω βελτιώσεων σε σχέση με την τρέχουσα έκδοση 3.75 που κρίθηκαν απαραίτητες για την απολύτως ακριβή απόδοση των αποτελεσμάτων.

### 3.2.1. Αποτύπωση της περιοχής μελέτης και έλεγχος αξιοπιστίας του λογισμικού προσομοίωσης



Εικόνα 3.4. Αποτύπωση της περιοχής μελέτης στο Envi-met.

Επεξεργασία: Ιδία

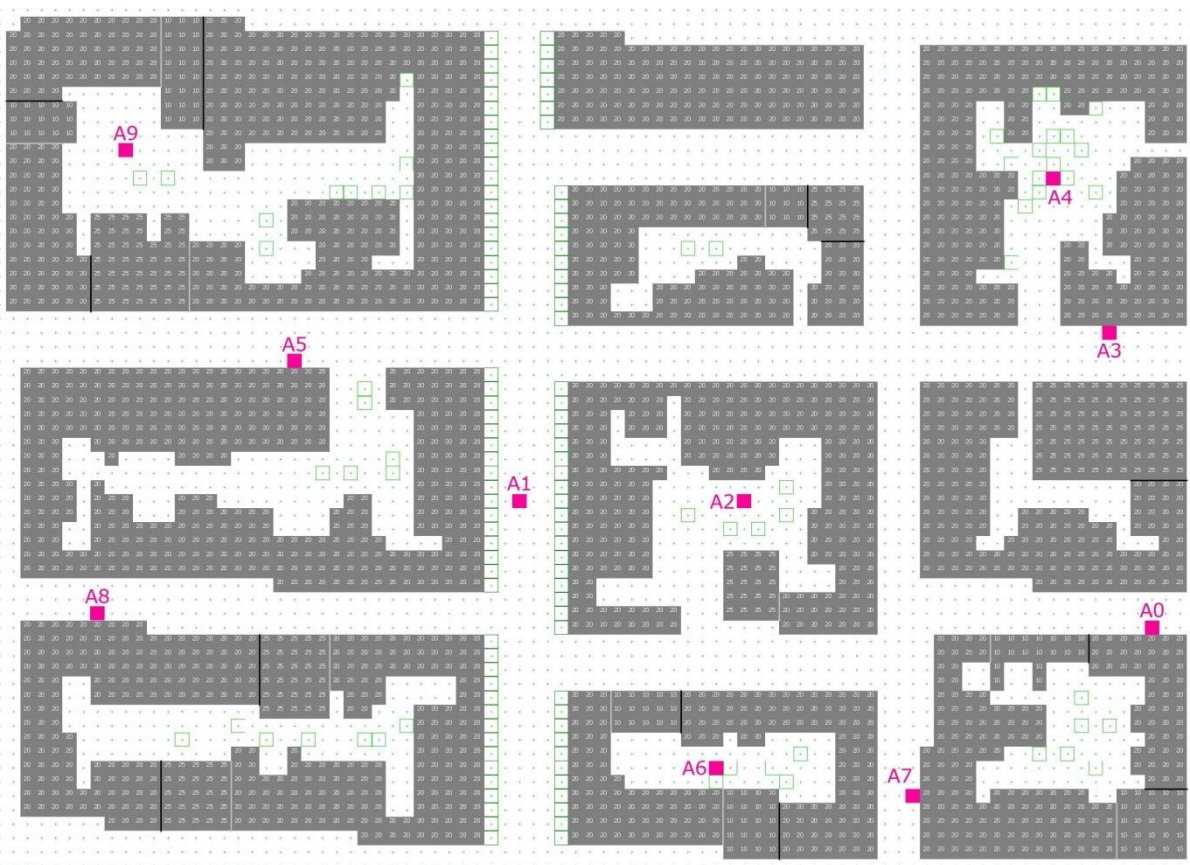
Για να αποτυπωθεί αποτελεσματικά η περιοχή στο Envi-met, ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία (εικόνα 3.4):

Αρχικά, αποτυπώθηκαν τα εξώροφα κτίρια ως κτίρια 20 μέτρων, τα χαμηλά κτίσματα ως κτίρια ύψους 10 μέτρων, και τα υψηλότερα, κυρίως νεόδμητα κτίρια, ως οικοδομήματα ύψους 25 μέτρων. Στη μία κεντρική οδική αρτηρία όπου υπάρχει δενδροστοιχία από ακακίες, αυτή αποδόθηκε ως αραιά βλάστηση ύψους 15 μέτρων. Σε ακάλυπτους οικοδομικών τετραγώνων όπου υπάρχει σποραδική φύτευση, αυτή αποδόθηκε με θάμνους, πράγμα το οποίο προσεγγίζει ως επί το πλείστον την πραγματικότητα. Το έδαφος θεωρείται καλυμμένο με υλικό αντίστοιχο με πλάκες πεζοδρομίου, εκτός από τους ασφαλτοστρωμένους δρόμους.

Ποσοσιαία, το εμβαδό που καταλαμβάνουν τα κτίρια ανέρχεται σε 48,1% χωρίς να υπολογιστούν οι ακάλυπτοι χώροι εντός τους, οι οποίοι καλύπτουν ποσοστό 18,6% της περιοχής μελέτης. 17,6% καταλαμβάνουν τα πεζοδρόμια και οι πεζόδρομοι και το υπόλοιπο 15,7% καλύπτεται από ασφαλτοστρωμένες επιφάνειες, δηλαδή το οδικό δίκτυο της περιοχής.

Ως πηγές εκπομπής ρύπων ορίστηκαν γραμμικά οι τρεις πιο πολυσύχναστες οδοί, ενώ στις υπόλοιπες το μέγεθος θεωρήθηκε αμελητέο λόγω χαμηλής κίνησης οχημάτων. Πέραν αυτού, έγινε παραδοχή ότι στους τρεις πεζόδρομους που υπάρχουν στην περιοχή δεν έχει τεθεί φύτευση ώστε να μελετηθεί ο μέσος όρος της ευρύτερης περιοχής σε σχέση με την επίδραση φύτευσης αργότερα.

Τέλος, ορίστηκαν δέκα σημεία παρατήρησης (receptors) σε αντιπροσωπευτικά σημεία της περιοχής μελέτης (εικόνα 3.5). Ο μέσος όρος τους συγκρίθηκε αρχικά με τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Γαλασίου για έλεγχο αξιοπιστίας του προγράμματος προσομοίωσης, και αργότερα για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων κάθε επέμβασης ξεχωριστά σε σχέση με την αρχική κατάσταση.



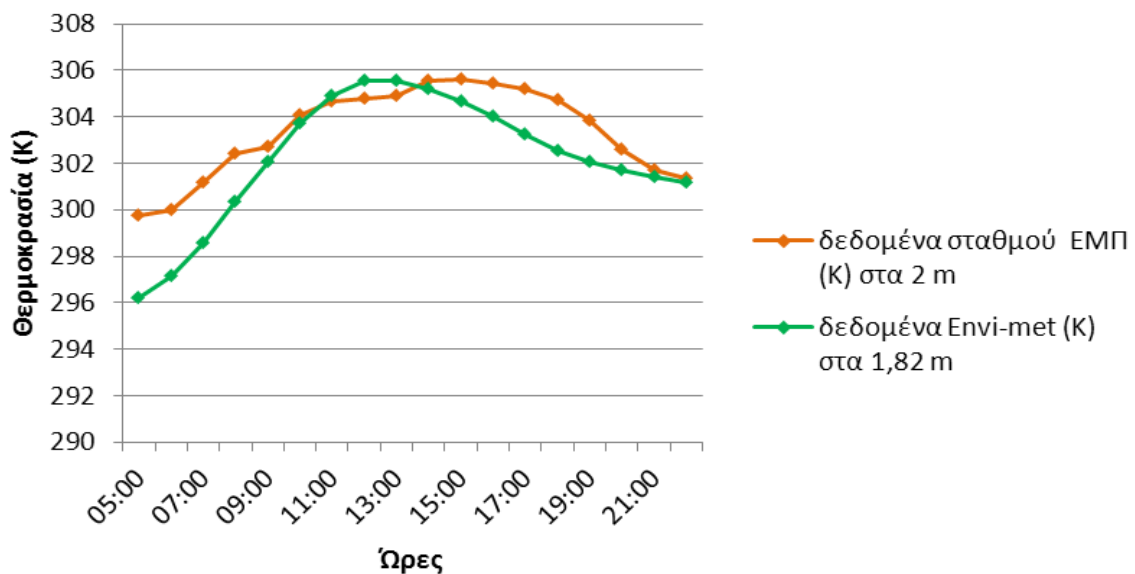
Εικόνα 3.5. Ορισμός δέκα αντιπροσωπευτικών σημείων μέτρησης (υποδοχέων) στην περιοχή μελέτης στο Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

Οι θερμοκρασιακές μετρήσεις στην υφιστάμενη κατάσταση έχουν ως εξής:

Πίνακας 3.1. Αποτελέσματα θερμοκρασίας σε βαθμούς Kelvin του μέσου όρου των 10 επιλεγμένων σημείων της περιοχής μελέτης. Πηγή: Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

| ώρες  | δεδομένα σταθμού ΕΜΠ (Κ) στα 2m | δεδομένα Envi-met (Κ) στα 1,82m |
|-------|---------------------------------|---------------------------------|
| 05:00 | 299,75                          | 296,20                          |
| 06:00 | 300,00                          | 297,17                          |
| 07:00 | 301,18                          | 298,56                          |
| 08:00 | 302,44                          | 300,32                          |
| 09:00 | 302,73                          | 302,07                          |
| 10:00 | 304,08                          | 303,73                          |
| 11:00 | 304,66                          | 304,88                          |
| 12:00 | 304,81                          | 305,56                          |
| 13:00 | 304,88                          | 305,57                          |
| 14:00 | 305,54                          | 305,21                          |
| 15:00 | 305,63                          | 304,67                          |
| 16:00 | 305,45                          | 304,02                          |
| 17:00 | 305,21                          | 303,26                          |
| 18:00 | 304,71                          | 302,51                          |
| 19:00 | 303,82                          | 302,04                          |
| 20:00 | 302,59                          | 301,69                          |
| 21:00 | 301,72                          | 301,40                          |
| 22:00 | 301,35                          | 301,17                          |

Στο ύψος 1,82m που είναι το πλησιέστερο στα 2m, έγινε σύγκριση των δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού σε σχέση με τα δεδομένα του Envi-met (έλεγχος αξιοπιστίας). Προέκυψαν οι παρακάτω καμπύλες που έχουν ίδια μορφή, επομένως οι τιμές του Envi-met έχουν αντιστοιχία με τις πραγματικές τιμές θερμοκρασίας.



Εικόνα 3.6. Σύγκριση θερμοκρασιών μεταξύ δεδομένων σταθμού ΕΜΠ και Envi-met. Πηγή: Microsoft Excel. Επεξεργασία: Ιδία

Βρέθηκε, με χρήση του προγράμματος SPSS, ότι υπάρχει ισχυρή γραμμική συσχέτιση με συντελεστή  $r$  γραμμικής συσχέτισης του Pearson μεταξύ των μετρήσεων του μετεωρολογικού σταθμού στο Γαλάτσι και των δεδομένων που εξήγαγε το Envi-met για την ίδια ημέρα και ίδιες ώρες μετρήσεων κατά ποσοστό 92,4% στο σύνολο των μετρήσεων και με περιθώριο σφάλματος 1%.

**Correlations**

|          |                     | VAR00001 | VAR00002 |
|----------|---------------------|----------|----------|
| VAR00001 | Pearson Correlation | 1        | ,924**   |
|          | Sig. (2-tailed)     | ,        | ,000     |
|          | N                   | 18       | 18       |
| VAR00002 | Pearson Correlation | ,924**   | 1        |
|          | Sig. (2-tailed)     | ,000     | ,        |
|          | N                   | 18       | 18       |

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Εικόνα 3.7. Αποτελέσματα γραμμικής συσχέτισης δεδομένων μετεωρολογικού σταθμού ΕΜΠ και Envi-met.  
Πηγή: SPSS

Σύμφωνα με τα παραπάνω, το λογισμικό κρίνεται αξιόπιστο και υπάρχει η δυνατότητα συνέχισης της μελέτης με τις επί μέρους επεμβάσεις στο τοπίο.

### 3.2.2. Εφαρμογή βιοκλιματικών δεικτών στην περιοχή μελέτης

Για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν οι τρεις ακόλουθοι βιοκλιματικοί δείκτες που έχουν σχεδιαστεί για εφαρμογή σε συνθήκες εξωτερικού χώρου, μετά τη μετατροπή των αποτελεσμάτων σε βαθμούς Κελσίου, αφαιρώντας 273,15 από τους μετρηθέντες βαθμούς Kelvin ( $^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$ ).

#### 3.2.2.1. Δείκτης Ισχύος Αποψύξεως CP (Cooling Power)

Ο δείκτης αυτός εκφράζει το ρυθμό απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια του ανθρώπινου σώματος, (το οποίο διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία 36,5  $^{\circ}\text{C}$ ) όταν αυτή εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα. Επίσης, εκφράζει την ικανότητα του αέρα να αυξάνει την απώλεια θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα.

Ο υπολογισμός του έγινε με βάση τον τύπο των M. Cena, M. Gregorczyk και G. Wojcik που έχει ως εξής:

$$\text{CP} = (0,412 + 0,087 \cdot v) \cdot (36,5 - t) \text{ mcal}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$$

όπου

$t$  = η μέση θερμοκρασία του αέρα σε  $^{\circ}\text{C}$

$v$  = η μέση ταχύτητα του ανέμου σε m/s.

Στον πίνακα 3.2, παρατίθεται η γενικευμένη κλίμακα του δείκτη CP που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση των βιοκλιματικών συνθηκών του περιβάλλοντος ταξινομημένου ως ακολούθως. Η κατανομή αυτή είναι η καταλληλότερη για πειράματα που διεξάγονται σε περιορισμένο χώρο με μικρές θερμοκρασιακές αποκλίσεις.

Πίνακας 3.2. Γενικευμένη κλίμακα του δείκτη αποψύξεως CP (Παπουτσής Δ., 2012).

| Τιμές του δείκτη CP | Κατανομή τάξεων του δείκτη CP |
|---------------------|-------------------------------|
| CP<0,6              | Εξαιρετικά θερμό              |
| 0,6≤CP<2,7          | Πολύ θερμό                    |
| 2,7≤CP<5,2          | Θερμό                         |
| 5,2≤CP<6,5          | Ανεκτά θερμό                  |
| 6,5≤CP<8,1          | Άνετο                         |
| 8,1≤CP<10,5         | Ανεκτά ψυχρό                  |
| 10,5≤CP<15,6        | Ψυχρό                         |
| 15,6≤CP<22,6        | Πολύ ψυχρό                    |
| 22,6≤CP<30          | Εξαιρετικά ψυχρό              |
| 30≤CP               | Παγετώδες                     |

### 3.2.2.2. Δείκτης THI

Ο δείκτης αυτός αναπτύχθηκε από τον Thom (1959) και υποστηρίχθηκε και ενισχύθηκε ακόμα περισσότερο και από μία μεταγενέστερη εργασία των Clarke & Bach το 1971 (Giles et al. 1990). Ο δείκτης δυσφορίας Thom (DI) ή όπως πια αποκαλείται ο θερμοϋγρομετρικός δείκτης (THI), δίνεται από μία απλή γραμμική σχέση που χρησιμοποιεί τους μέσους όρους της θερμοκρασίας αέρα (tw) και της σχετικής υγρασίας (td).

Η αρχική μορφή της εξίσωσης αυτής ήταν:

$$THI(^{\circ}F)=0.4(td+ tw)+15$$

Ο Thom (1959) διαπίστωσε ότι, ένας δείκτης με τιμή χαμηλότερη από 70°F (21,1°C), δεν προκάλεσε καμία μορφή δυσφορίας στα άτομα που μελετήθηκαν αλλά από τη στιγμή που ο δείκτης αυξήθηκε πάνω από την τιμή 70°F άρχισε να προκαλείται δυσφορία στα άτομα αυτά. Όπως φαίνεται και στον πίνακα 3.3, τα μισά από τα άτομα αυτά άρχισαν να παρουσιάζουν δυσφορία σε δείκτη με τιμή 75°F (23,9°C), ενώ αντίθετα όταν ο δείκτης THI πήρε την τιμή 80°F (26,7°C) το μεγαλύτερο ποσοστό των ανθρώπων που μελετήθηκε παρουσίασαν μία μορφή δυσφορίας. Ο ίδιος όμως βαθμός δυσφορίας είναι δυνατόν να



οφείλεται σε πολλούς διαφορετικούς συνδυασμούς των παραμέτρων που τον επηρεάζουν (θερμοκρασίας, υγρασίας), (Unger, 1999).

Η τελική μορφή της σχέσης που δίνει τον δείκτη THI σε βαθμούς Κελσίου, η οποία χρησιμοποιεί τη θερμοκρασία αέρα (t) και τη σχετική υγρασία (f) είναι η εξής:

$$THI (^{\circ}C) = t(0.55-0.0055f)(t-14.5)$$

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η ταξινόμηση του θερμικού περιβάλλοντος τους καλοκαιρινούς μήνες με βάση τον δείκτη δυσφορίας DI ή THI (Matzarakis and Mayer, 1991).

**Πίνακας 3.3. Ταξινόμηση θερμικού περιβάλλοντος με βάση το δείκτη THI το Καλοκαίρι (Matzarakis and Mayer, 1991).**

| Τιμή THI (°C) |  |
|---------------|--|
| DI < 21       | Καθόλου Δυσφορία   |
| 21 < DI < 24  | Κάτω από το 50% του πληθυσμού αισθάνθηκε δυσφορία          |
| 24 < DI < 27  | Πάνω από το 50% του πληθυσμού αισθάνθηκε δυσφορία          |
| 27 < DI < 29  | Η πλειοψηφία του πληθυσμού αισθάνθηκε δυσφορία             |
| 29 < DI < 32  | Όλοι αισθάνθηκαν την απόλυτη πίεση                         |
| DI > 32       | Ο κρατικός μηχανισμός τέθηκε σε κατάσταση εκτάκτου ανάγκης |

Σαν αποτέλεσμα των βέλτιστων συνθηκών με βάση το δείκτη THI ορίστηκαν οι τιμές μεταξύ 15°C και 20°C. Αυτή μπορεί να θεωρηθεί η βάση για τον καθορισμό των συνθηκών άνεσης (Μανώλη, 2008).

Για τιμές του δείκτη THI κατώτερες των 15°C, η εξάτμιση η οποία λαμβάνει χώρα συνεχώς στην επιφάνεια του δέρματος του ανθρώπου, ακόμα και όταν δεν υπάρχει εμφανής εφίδρωση, του προσλαμβάνει ταυτόχρονα και θερμότητα από αυτό. Το σώμα όμως του ανθρώπου στη συνέχεια απαιτεί υπεράσπιση ενάντια στην ψύξη. Ως εκ τούτου, κάτω τιμή THI=15°C υπάρχει μια σειρά κατηγοριών όπου για την καταπολέμηση της κρύας αίσθησης ο οργανισμός οδηγείται στην αύξηση των θερμογενετικών του μηχανισμών. Η αντίθετη διαδικασία εμφανίζεται για τιμές του δείκτη μεγαλύτερες 20°C. Εδώ το σύστημα εφίδρωσης του ανθρώπινου οργανισμού λειτουργεί με σκοπό να αποτρέψει την υπερθέρμανση. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του THI τόσο πιο ατελέσφορος είναι αυτός ο μηχανισμός (Οικονόμου, 2007).

### 3.2.2.3. Δείκτης Humidex

Ένας άλλος βιοκλιματικός - βιομετεωρολογικός δείκτης ο οποίος είναι πολύ διαδεδομένος και με πολλές εφαρμογές είναι ο δείκτης Humidex, ο οποίος αρχικά δημιουργήθηκε για τη μελέτη των βιομετεωρολογικών παραγόντων (θερμική άνεση) του πληθυσμού του Καναδά. Στη συνέχεια όμως χρησιμοποιήθηκε και για τον πληθυσμό μεγάλου αριθμού Ευρωπαϊκών πόλεων (Conti et al., 2004, Bisanti et al., 2004, Russo and Bisanti, 2004). Αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο για τους μελετητές για τη διερεύνηση της συνδυασμένης επίδρασης της υπερβολικής υγρασίας και της υψηλής θερμοκρασίας κυρίως κατά την περίοδο του καύσωνα (Μανώλη, 2007).

Ο δείκτης Humidex χρησιμοποιείται ειδικά σε μελέτες της επίδρασης του καύσωνα στην υγεία των πολιτών. Αρχικά είχε προταθεί από τους Lally και Watson (1960) ένας δείκτης που να εμπλέκει τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία για να χαρακτηρίσει θερμά και υγρά περιβάλλοντα. Ένας δείκτης με το όνομα "Humiture" χρησιμοποιήθηκε έκτοτε και για κάποια χρόνια, ώσπου η Καναδική Υπηρεσία Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος τροποποίησε το δείκτη αυτό αλλάζοντας τις μονάδες του από Fahrenheit σε Celsius και δίνοντας το τελικό όνομα "Humidex" (Οικονόμου, 2007)

Η μαθηματική σχέση που δίδει τον δείκτη Humidex διαμορφώθηκε από τους Masterton και Richardson το 1979 και είναι η ακόλουθη:

$$H (^{\circ}C) = T + 5/9(e - 10)$$

Όπου:

- T είναι η θερμοκρασία αέρος σε ( $^{\circ}C$ )
- e είναι η τάση ατμών όπου υπολογίζεται με τη βοήθεια ενός ψυχομέτρου.

Επειδή ο προσδιορισμός της τάσης ατμών δεν είναι πάντα εφικτός, αυτή υπολογίζεται με την βοήθεια μίας συνάρτησης όπου συνδυάζει τις παραμέτρους σχετική υγρασία και θερμοκρασία αέρος όπως φαίνεται στη συνέχεια:

$$e = 6,112 \times 10^{[(7,5T)/(237,7+T)]} \times RU/100$$

όπου RU είναι η σχετική υγρασία (%) (Conti et al., 2004).

Η σχέση των τιμών που παίρνει ο δείκτης Humidex και η αντίστοιχη θερμική άνεση που επιφέρουν οι θερμοϋγρομετρικές συνθήκες στον άνθρωπο φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Πίνακας 3.4. Σχέση θερμικής άνεσης και δείκτη Humidex (Conti et al., 2004).

| Θερμική άνεση   | Τιμές Humidex                        |
|-----------------|--------------------------------------|
| Άνεση           | $H < 27$                             |
| Μερική δυσφορία | $27 \leq H < 30$                     |
| Μεγάλη δυσφορία | $30 \leq H < 40$                     |
| Κίνδυνος        | $40 \leq H < 55$                     |
| Υψηλός κίνδυνος | $H \geq 55$ (επικείμενη θερμοπληξία) |

Ο δείκτης Humidex έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο αριθμό μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί για την περιοχή της Ιταλίας σε ό,τι αφορά τις συνέπειες από την επίδραση των κυμάτων θερμότητας στην υγεία των κατοίκων (Bisanti et al., 2004, Russo και Bisanti, 2004). Θεωρείται καλύτερος και πιο περιεκτικός για πληροφόρηση του κοινού από άλλους δείκτες που υπάρχουν διότι ο Humidex είναι πιο "ευαίσθητος" στις αλλαγές της ατμοσφαιρικής υγρασίας, υποδηλώνοντας τη συμβολή της στη διαμόρφωση των επιπέδων δυσφορίας (Tuller, 1997).



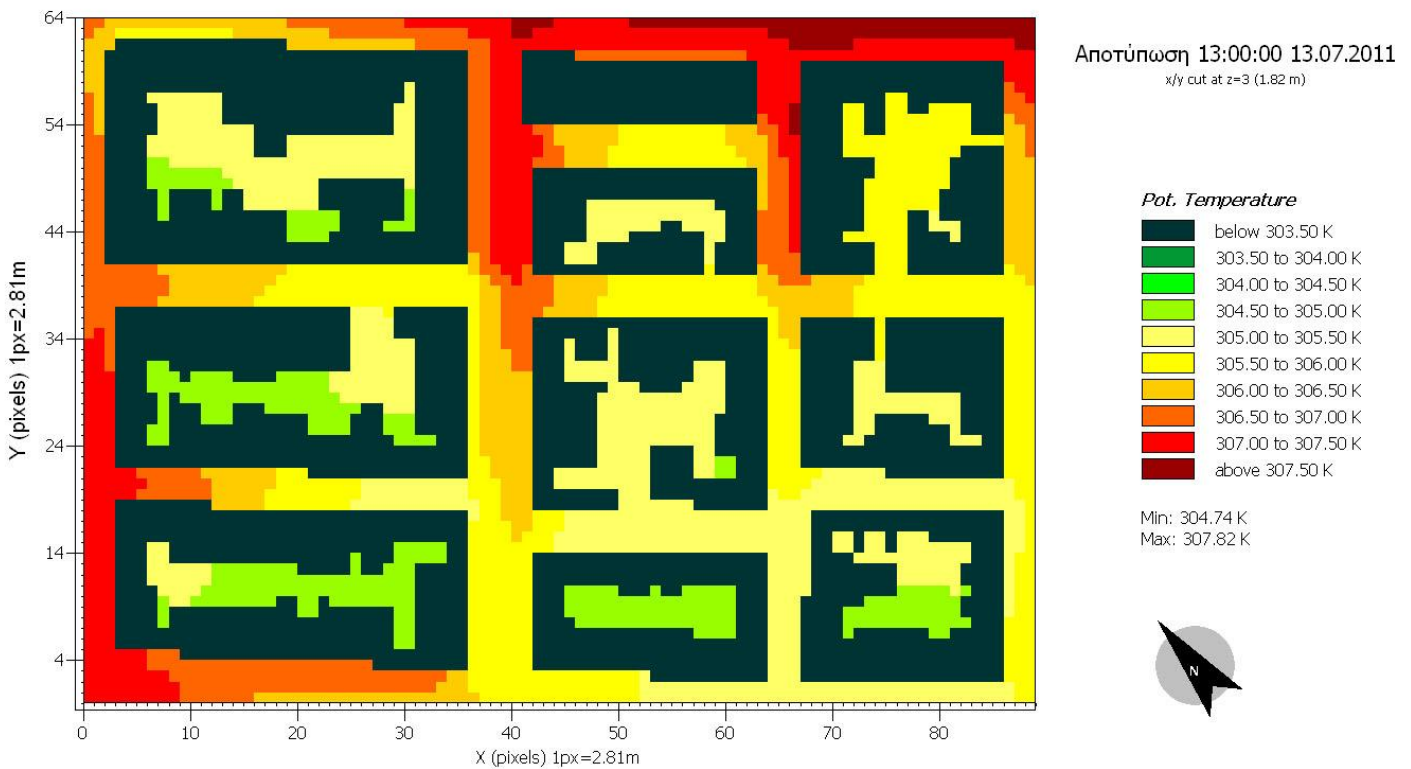
**Κεφάλαιο 4**  
**ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**



#### 4.1. Εκτέλεση προσομοιώσεων και παραγωγή αποτελεσμάτων

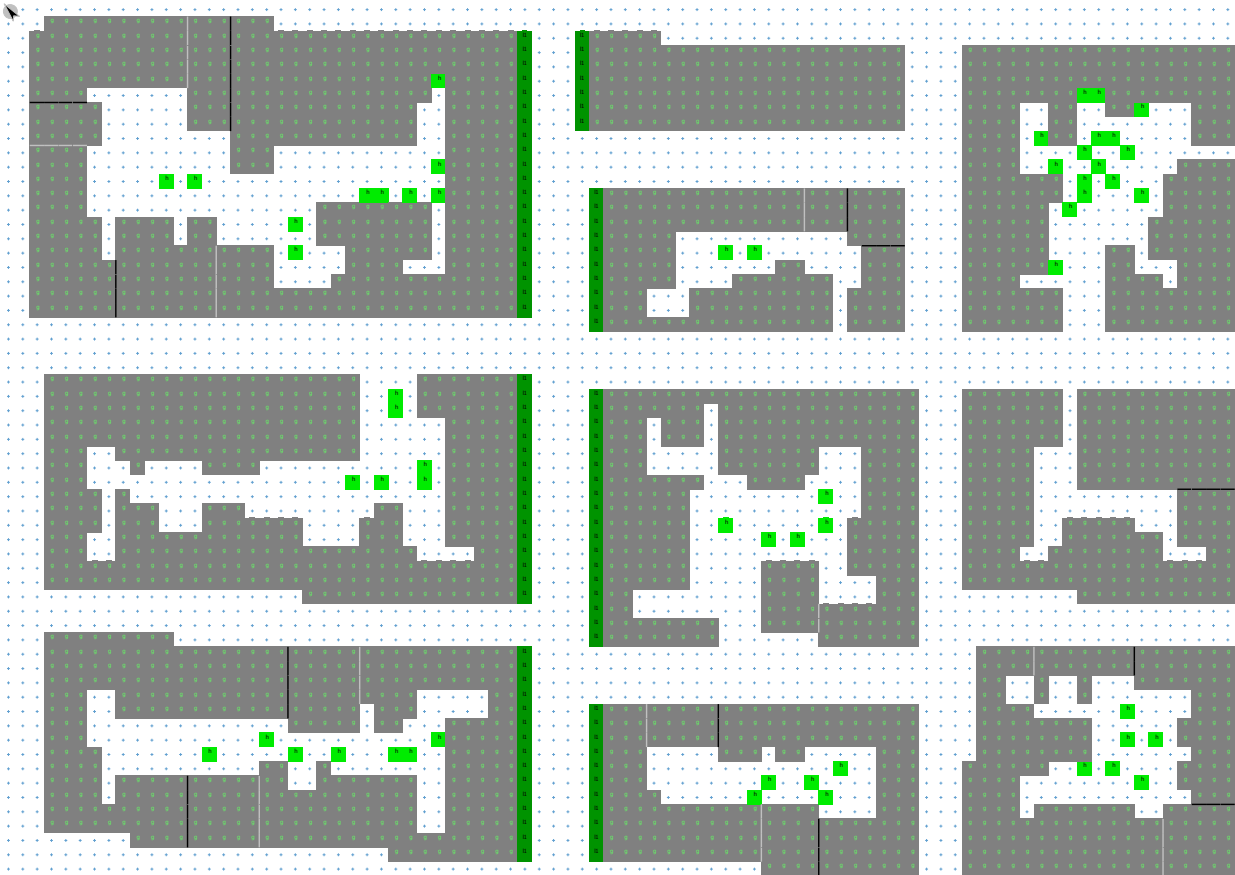
Σχηματικά, ο χώρος της περιοχής μελέτης παρουσιάζεται παρακάτω, κατά την ώρα 1 το μεσημέρι όπου εμφανίζεται η μεγαλύτερη θερμοκρασία κατά τα δεδομένα του Envi-met.

Παρατηρώντας την εικόνα, γίνεται αντιληπτό ότι στα βορειοανατολικά και δυτικά, όπου οι οδοί είναι πλατύτερες, μετράται μεγαλύτερη θερμοκρασία. Στους ακάλυπτους χώρους των οικοδομικών τετραγώνων η θερμοκρασία είναι σαφώς μικρότερη.



Εικόνα 4.1. Θερμοκρασία αέρα σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Κ. Πηγή: Leonardo. Επεξεργασία: Ιδία

#### 4.1.1. Φύτευση ταρατσών



Εικόνα 4.2. Η περιοχή μελέτης μετά τη φύτευση των ταρατσών των κτιρίων με χρήση Envi-met.  
Επεξεργασία: Ιδία

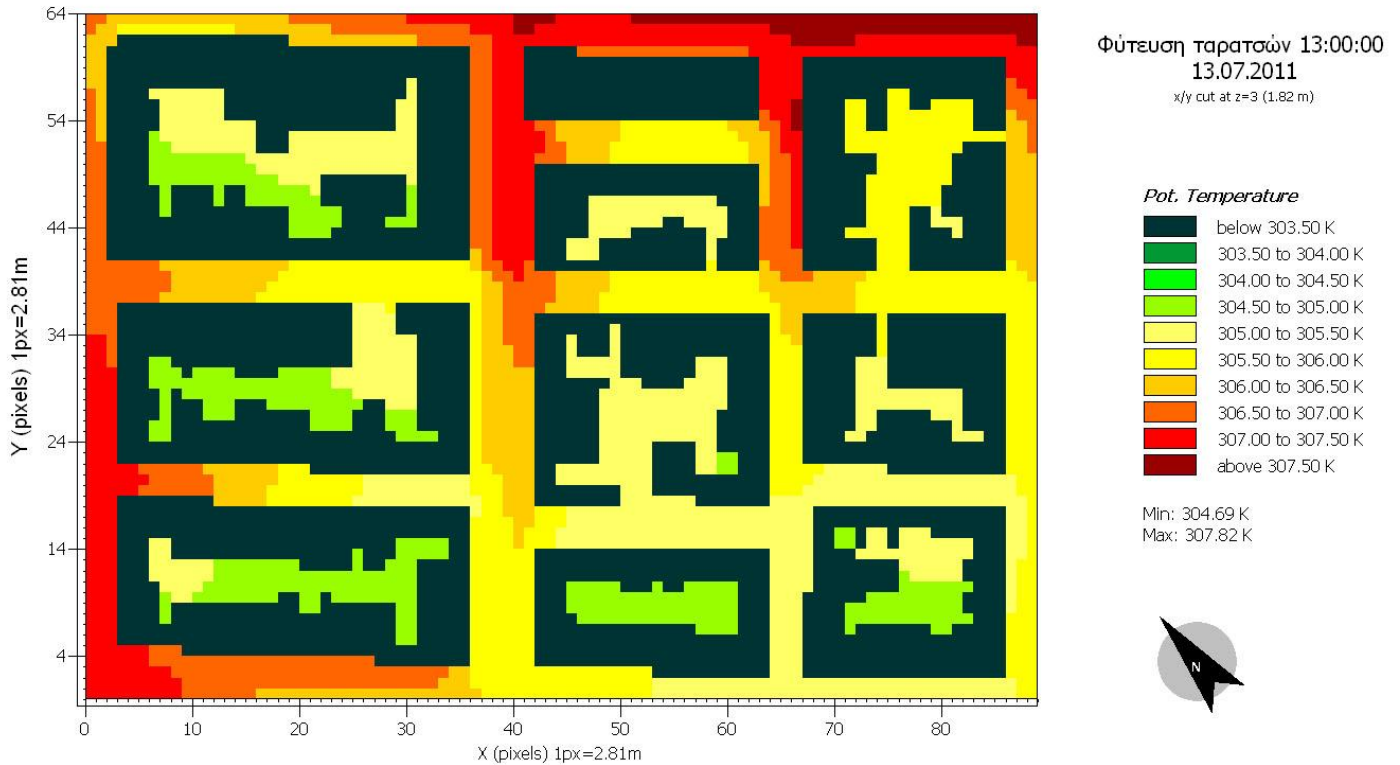
Αφήνοντας όλα τα υπόλοιπα δεδομένα του χώρου αμετάβλητα, προστέθηκε σε όλη την έκταση των ταρατσών χαμηλή βλάστηση (γρασίδι) ύψους 50 εκατοστών. Για να δειχθεί η επίδραση της βέλτιστης επέμβασης, έγινε παραδοχή ότι οι ταρατσες φυτεύθηκαν σε ποσοστό 100% σε σχέση με τις κατόψεις των κτιρίων στη βάση του εδάφους. Έχει, δηλαδή, καλυφθεί όλο το εμβαδό τους. Το ποσοστό της επιφάνειάς τους επί της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης (εμβαδό κάτοψης), όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, ανέρχεται σε 48,1%.

Τα νέα δεδομένα συγκρίθηκαν με αυτά της αρχικής κατάστασης της περιοχής μελέτης από το Envi-met. Προέκυψε αμελητέα μείωση της θερμοκρασίας σε επίπεδο περιοχής, ωστόσο αυτή παρατηρείται όλες τις ώρες, με μέγιστη τιμή διαφοράς 0,05°C στο σημείο A9 (εικόνα 3.5) σχεδόν σε όλη τη διάρκεια της ημέρας.

Κατά μέσο όρο, η μείωση της θερμοκρασίας έφθασε τους 0,01°C που θεωρείται αμελητέο ποσό.



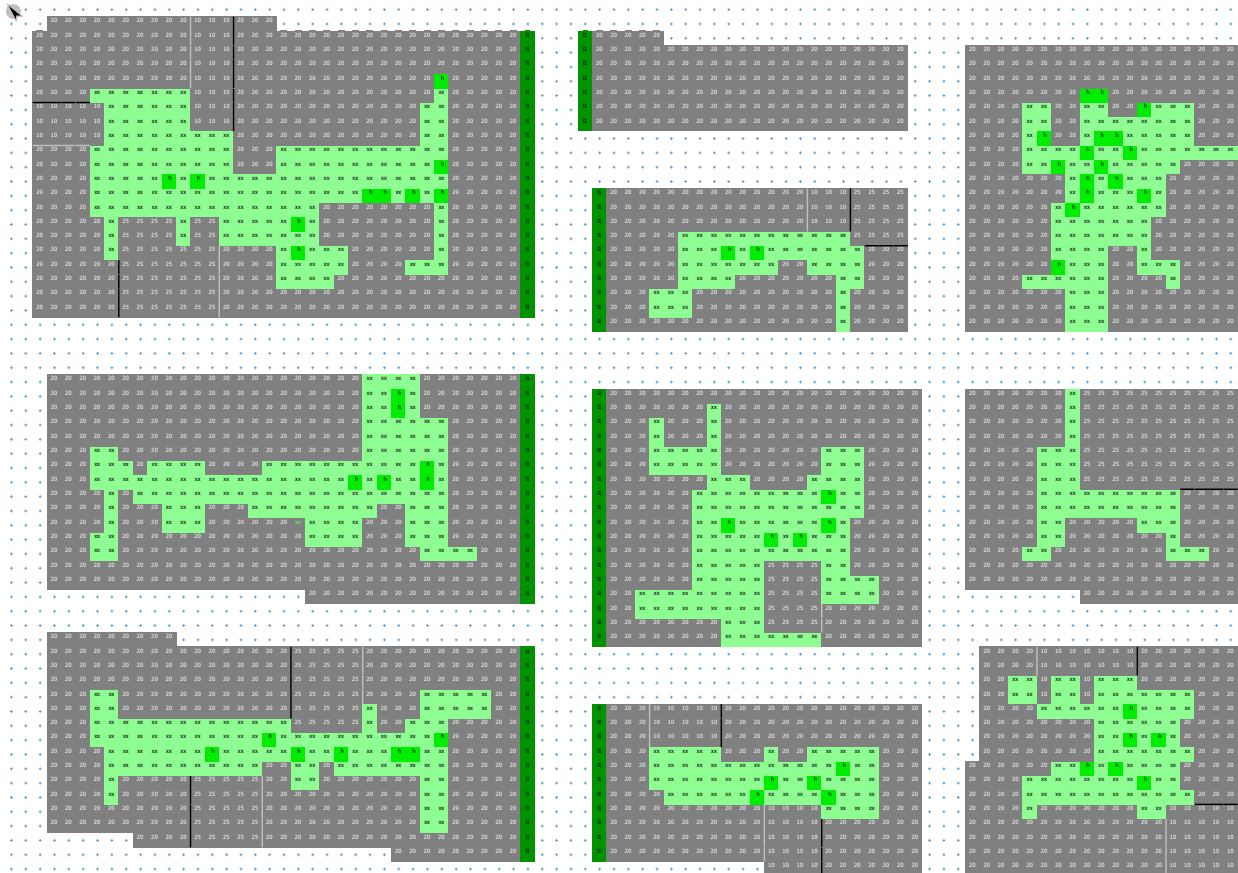
Η μεγαλύτερη θερμοκρασία σημειώθηκε στη 1 το μεσημέρι. Ο χώρος την ώρα αυτή είχε την παρακάτω θερμική εικόνα:



Εικόνα 4.3. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Kelvin μετά τη φύτευση παρατσών σε όλα τα κτίρια της περιοχής. Πηγή: Leonardo. Επεξεργασία: Ιδία

Αυτό που καθίσταται εμφανές είναι ότι αποκλειστικά και μόνο με τη φύτευση των παρατσών των κτιρίων, δεν υπάρχει αξιόλογη μεταβολή στη θερμοκρασία της ευρύτερης ζώνης. Ειδικά η ανωτέρω εικόνα όπου εμφανίζονται ζώνες θερμοκρασίας, δε διαφέρει από αυτή της αρχικής κατάστασης πριν την επέμβαση.

#### 4.1.2. Φύτευση ακαλύπτων



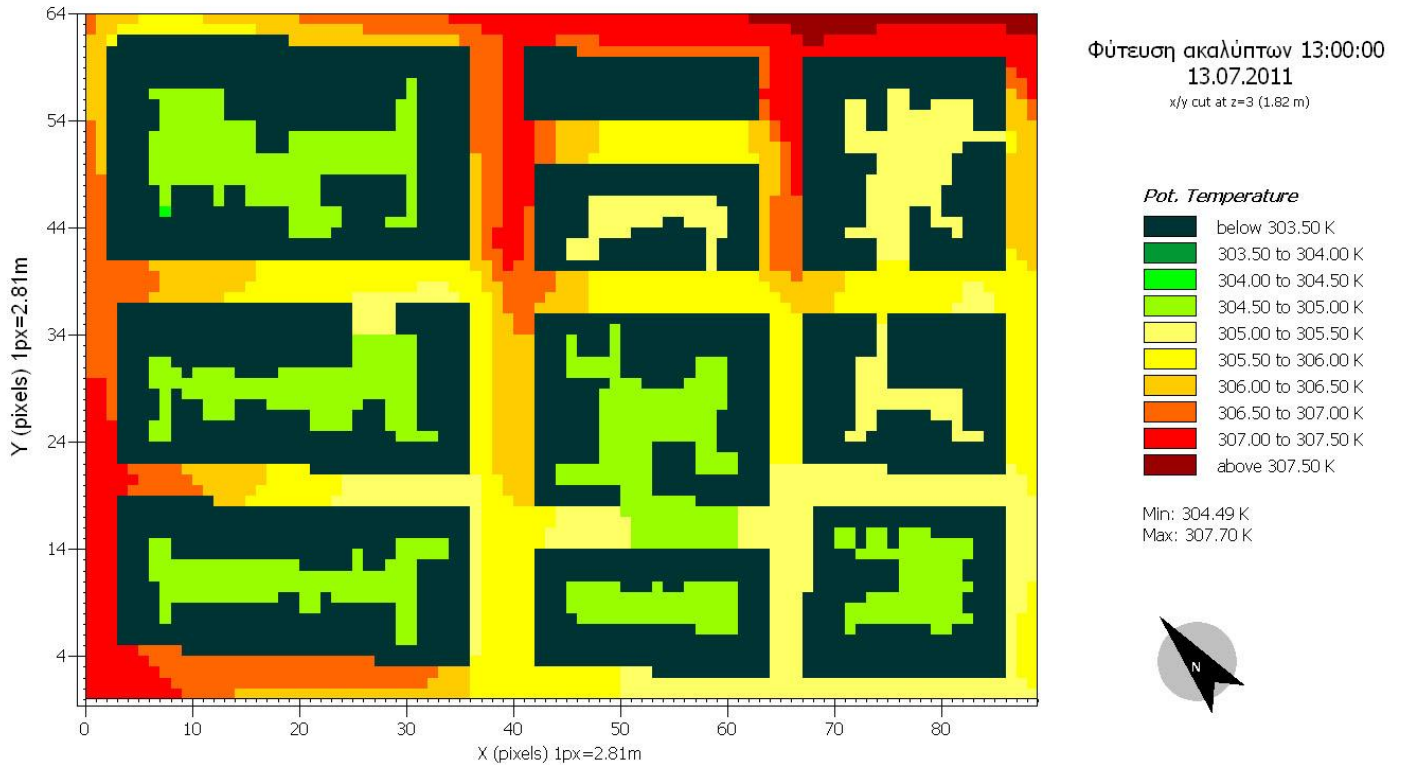
Εικόνα 4.4. Η περιοχή μελέτης όπως εμφανίζεται στο Envi-met μετά τη φύτευση ακαλύπτων.  
Επεξεργασία: Ίδια

Με όλα τα δεδομένα της αρχικής αποτύπωσης (εικόνα 3.4) αμετάβλητα, προστέθηκε σε όλη την έκταση των ακαλύπτων χώρων των οικοδομικών τετραγώνων χαμηλή βλάστηση (γρασίδι) ύψους 50 εκατοστών. Το ποσοστό που καταλαμβάνουν οι χώροι αυτοί σε σχέση με όλη την επιφάνεια μελέτης, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, ανέρχεται σε 18,6%, ενώ το ποσοστό τους σε σχέση με το εμβαδόν των κτιρίων στη βάση τους, ανέρχεται σε 27,9%.

Το έδαφος στα σημεία αυτά από πλάκες πεζοδρομίου που ήταν αρχικά, αντικαταστάθηκε με αργιλώδες έδαφος. Η μείωση της θερμοκρασίας σε επίπεδο περιοχής σε σχέση με την αρχική κατάσταση στην περίπτωση αυτή ήταν αρκετά πιο αισθητή, και σε μεμονωμένες μετρήσεις των σημείων αναφοράς έφθασε έως και 0,5°C στο σημείο A9 στις 12 το μεσημέρι (παράρτημα i).

Κατά μέσο όρο σε επίπεδο περιοχής, έφθασε τους 0,11°C.

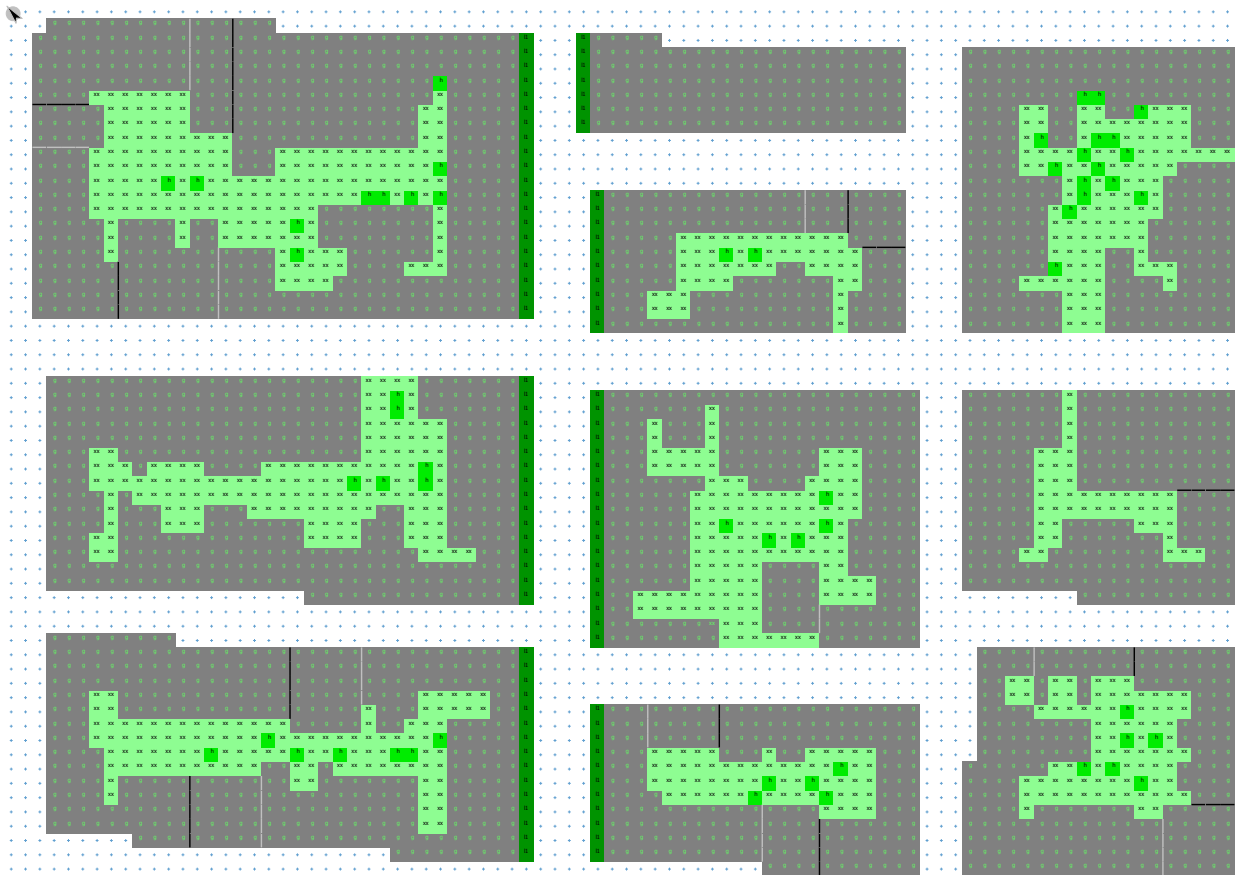
Η μεγαλύτερη θερμοκρασία σημειώθηκε στη 1 το μεσημέρι. Ο χώρος την ώρα αυτή είχε την παρακάτω θερμική εικόνα:



**Εικόνα 4.5. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Kelvin μετά τη φύτευση όλων των διαθέσιμων ακάλυπτων χώρων εντός των οικοδομικών τετραγώνων.  
Πηγή: Leonardo. Επεξεργασία: Ιδία**

Συγκρίνοντας την παραπάνω εικόνα με την εικόνα 4.1 πριν γίνει οποιαδήποτε επέμβαση, είναι έντονα εμφανής η επίδραση της φύτευσης των ακάλυπτων χώρων, καθώς σε όλα τα σημεία αυτοί εμφανίζονται ψυχρότεροι. Το ίδιο, όπως αναμενόταν, ισχύει και συγκρίνοντας την εικόνα 4.3 (φύτευση μόνο ταρατσών) με την εικόνα 4.5.

### 4.1.3. Φύτευση ταρατσών και ακαλύπτων

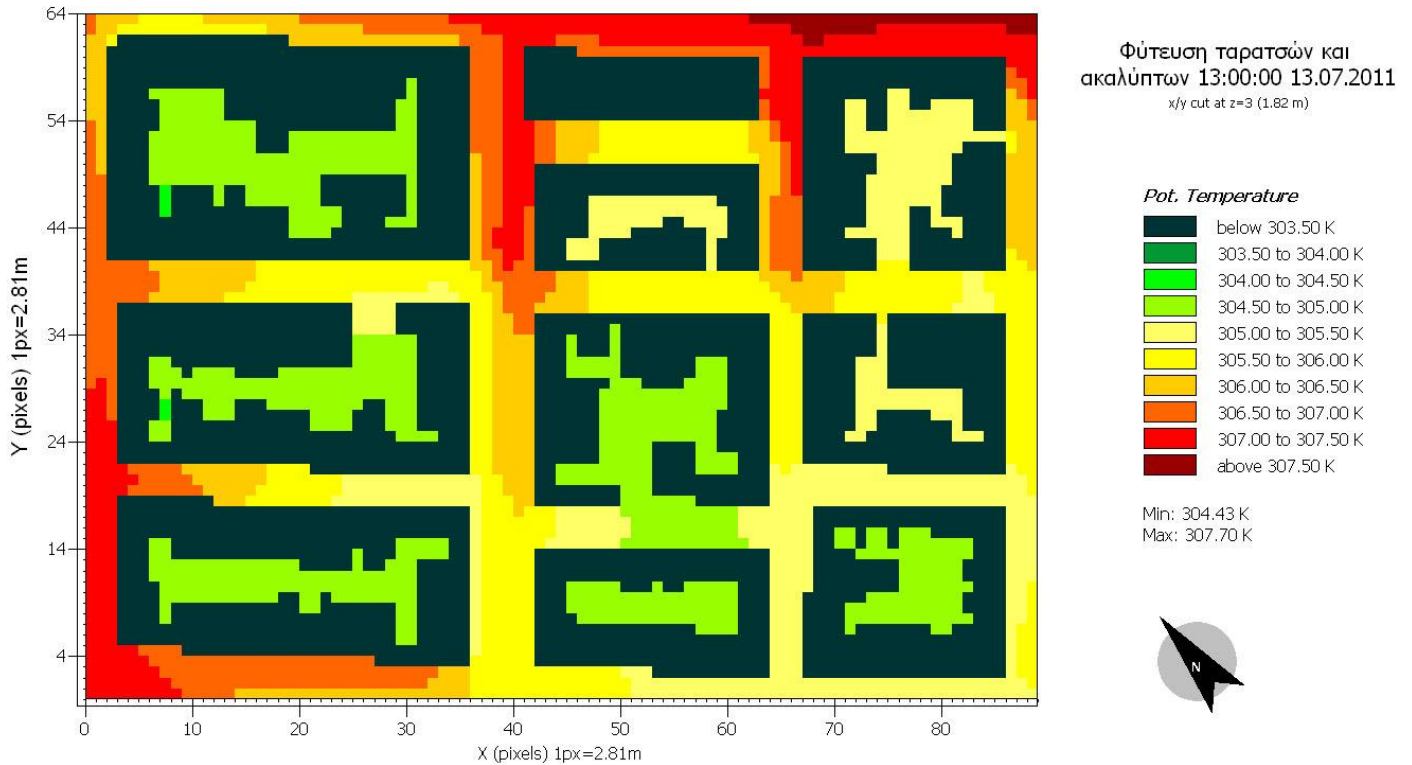


Εικόνα 4.6. Η περιοχή μελέτης στο Envi-met μετά την προσθήκη φύτευσης σε ταρατσές και ακαλύπτους.  
Επεξεργασία: Ιδία

Τα αποτελέσματα αυτής της επέμβασης είναι παρεμφερή με αυτά της περίπτωσης φύτευσης μόνο ακαλύπτων. Η μείωση της θερμοκρασίας έφθασε τους  $0,56^{\circ}\text{C}$  στο σημείο A9, στις 12 το μεσημέρι (παράρτημα ι).

Κατά μέσο όρο σε επίπεδο περιοχής, έφθασε τους  $0,12^{\circ}\text{C}$ .

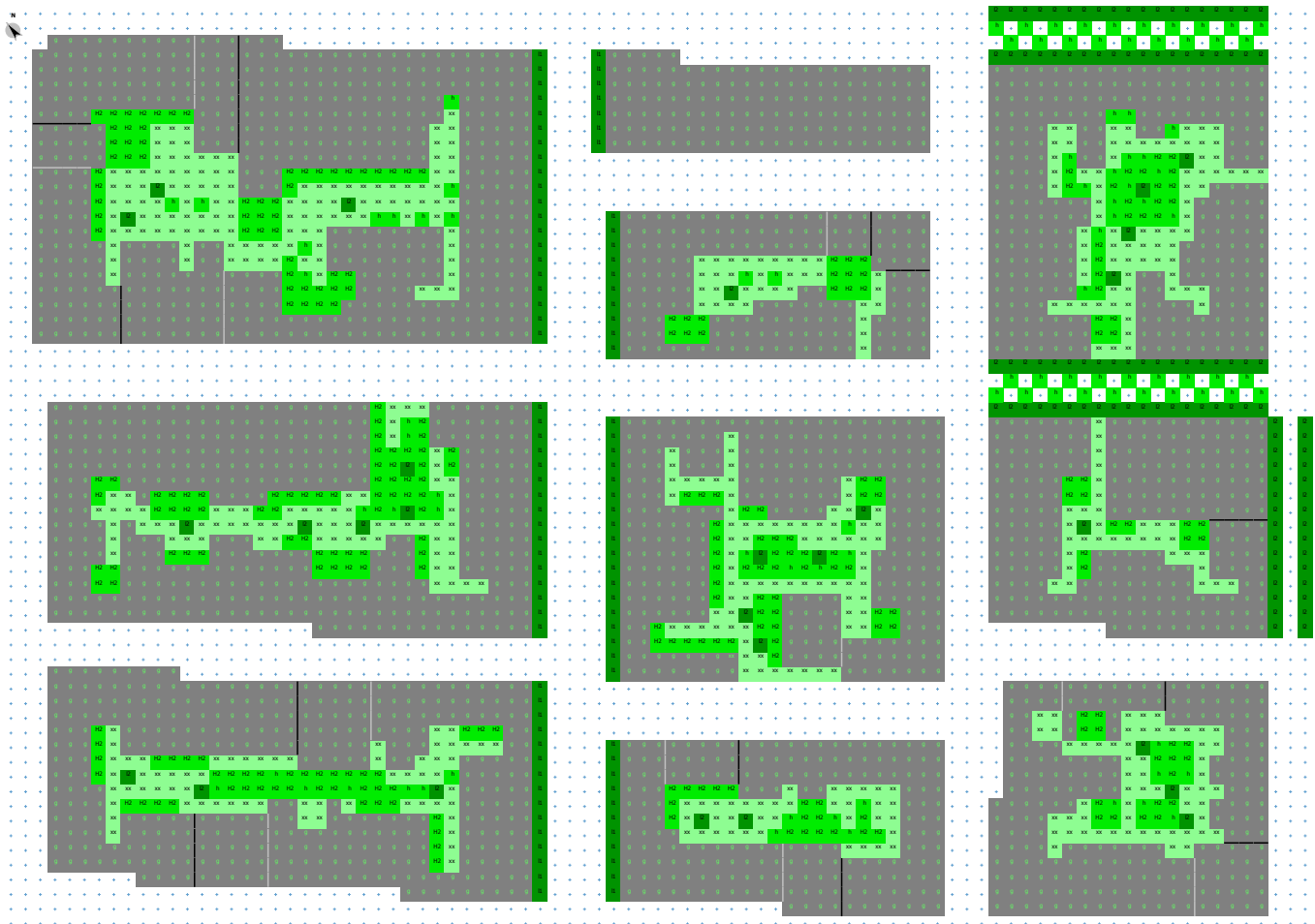
Η μεγαλύτερη θερμοκρασία σημειώθηκε στη 1 το μεσημέρι. Ο χώρος την ώρα αυτή είχε την παρακάτω θερμική εικόνα:



**Εικόνα 4.7.** Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Kelvin μετά τη φύτευση ταρατσών σε όλα τα κτίρια της περιοχής και όλων των διαθέσιμων ακαλύπτων χώρων εντός των οικοδομικών τετραγώνων. Πηγή: Leonardo. Επεξεργασία: Ιδία

Όπως ήταν αναμενόμενο, ο συνδυασμός λειτούργησε σχεδόν όπως η φύτευση ακαλύπτων χώρων χωρίς φύτευση στις ταρατσες των κτιρίων, δεδομένου ότι η φύτευση ταρατσών από μόνη της έδωσε και στην πρώτη περίπτωση αμελητέα αποτελέσματα.

## 4.1.4. Εκτενής φύτευση

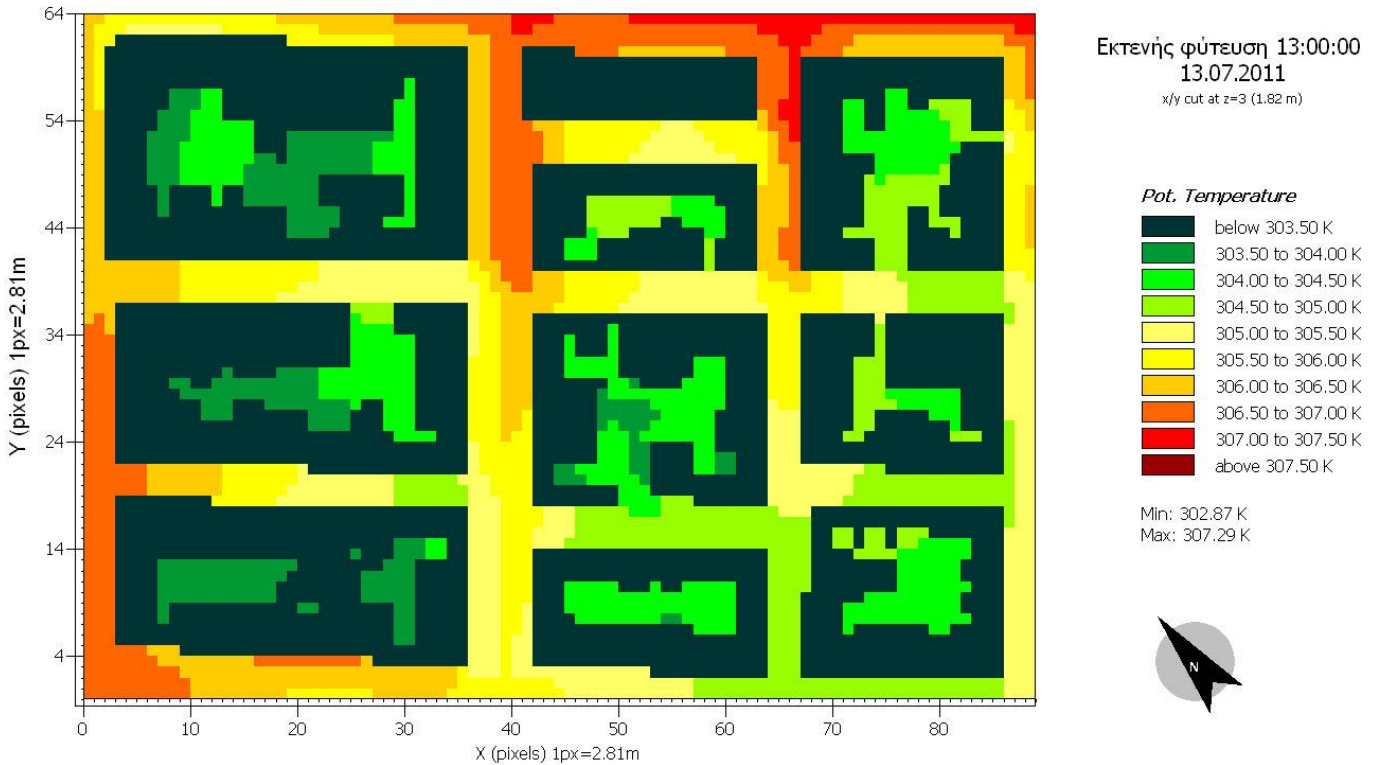


Εικόνα 4.8. Η περιοχή μελέτης στο Envi-met όπως φαίνεται μετά τη φύτευση όπου είναι τεχνικά εφικτό.  
Επεξεργασία: Ιδία

Εδώ σχεδιάστηκε ένα πλάνο φύτευσης σε όσο περισσότερους χώρους αυτό θα ήταν τεχνικά εφικτό. Τα φυτά επιλογής είναι κυρίως θάμνοι και δένδρα στους ακάλυπτους, όπου τα κενά καλύπτονται από χαμηλή βλάστηση 50 εκατοστών (γρασίδι) σε όλη την έκτασή τους. Η πλακόστρωση έχει αντικατασταθεί με αργιλώδες έδαφος. Στις ταρατσες προβλέπεται φύτευση με γρασίδι ύψους 50 εκατοστών και σε όλους τους πεζόδρομους προστίθεται δενδροφύτευση και καλλωπιστικά φυτά μικρού έως μεσαίου ύψους (θάμνοι). Υπήρξαν αρκετά μεγάλες διαφορές στη θερμοκρασία σε σχέση με την αρχική αποτύπωση. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η φύτευση δεν επηρεάζει πολύ τη σκίαση, αφού ήδη τα κτίρια είναι υψηλά και διαδραματίζουν αυτό το ρόλο, τα αποτελέσματα είναι αρκετά αξιόλογα. Η μέγιστη διαφορά θερμοκρασίας παρατηρήθηκε στο σημείο A4 στις 12 το μεσημέρι και ήταν  $1,52^{\circ}\text{C}$  (παράρτημα i).

Κατά μέσο όρο, έφθασε τους  $0,51^{\circ}\text{C}$ .

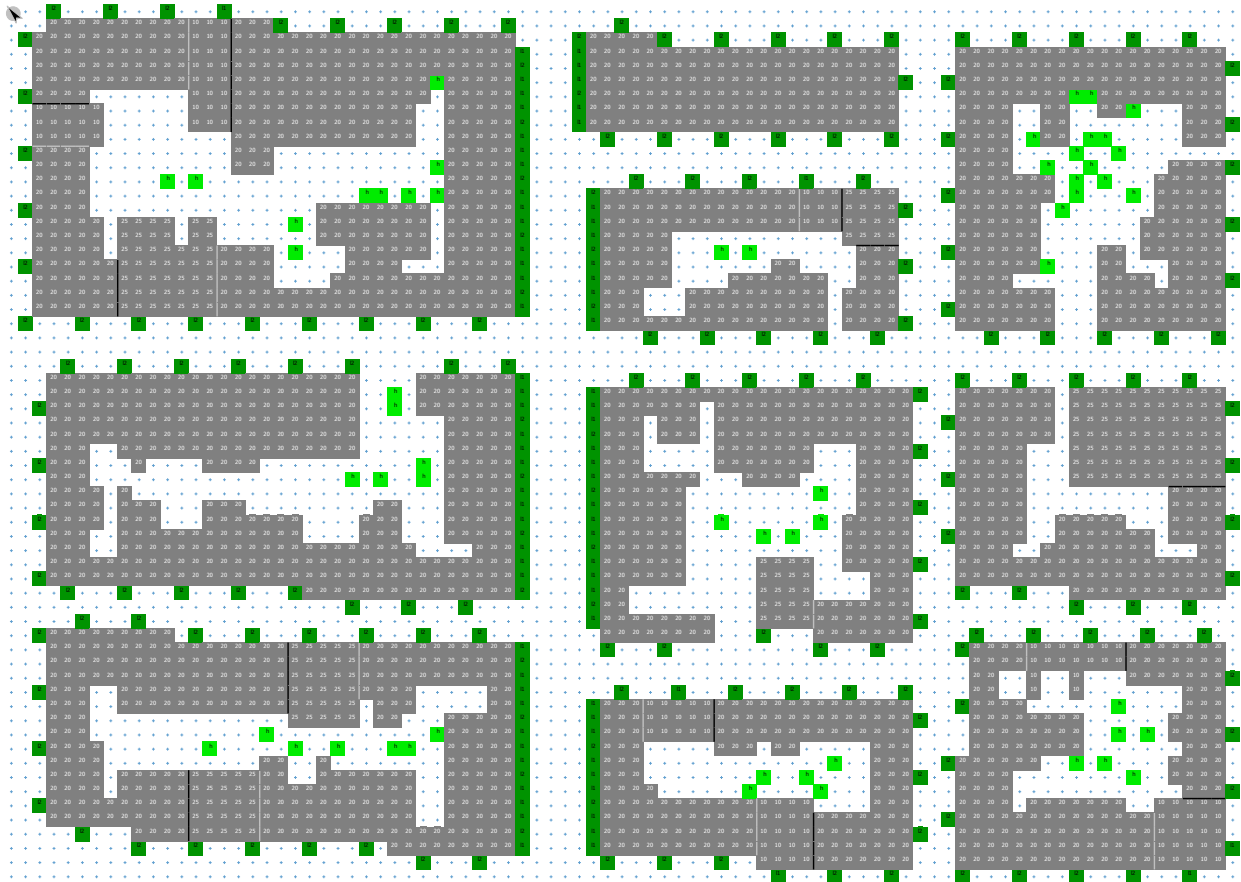
Η μεγαλύτερη θερμοκρασία σημειώθηκε στη 1 το μεσημέρι. Ο χώρος την ώρα αυτή είχε την παρακάτω θερμική εικόνα:



**Εικόνα 4.9.** Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Kelvin μετά τη φύτευση σε όλα τα σημεία όπου ήταν τεχνικά εφικτό. Πηγή: Leonardo. Επεξεργασία: Ιδία

Ακόμα και στη σχηματική απεικόνιση, είναι πολύ έντονες οπτικά οι διαφορές θερμοκρασίας μεταξύ αρχικής κατάστασης και εκτενούς φύτευσης, αλλά ακόμα και συγκρίνοντας επιμέρους επεμβάσεις μεταξύ τους. Στην εικόνα 4.9 εντός όλων των ακαλύπτων χώρων η θερμοκρασία είναι αισθητά μειωμένη, ωστόσο ακόμα και εντός των οδών η κατάσταση έχει εξομαλυνθεί σημαντικά με μόνο θερμότερο σημείο το βορειοανατολικό. Γενικότερα, δηλαδή, σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης, τα σημεία εμπίπτουν σε ψυχρότερες θερμοκρασιακές τάξεις συγκρινόμενα με τις προηγούμενες επεμβάσεις αλλά και με την αρχική αποτύπωση.

#### 4.1.5. Φύτευση προσόψεων



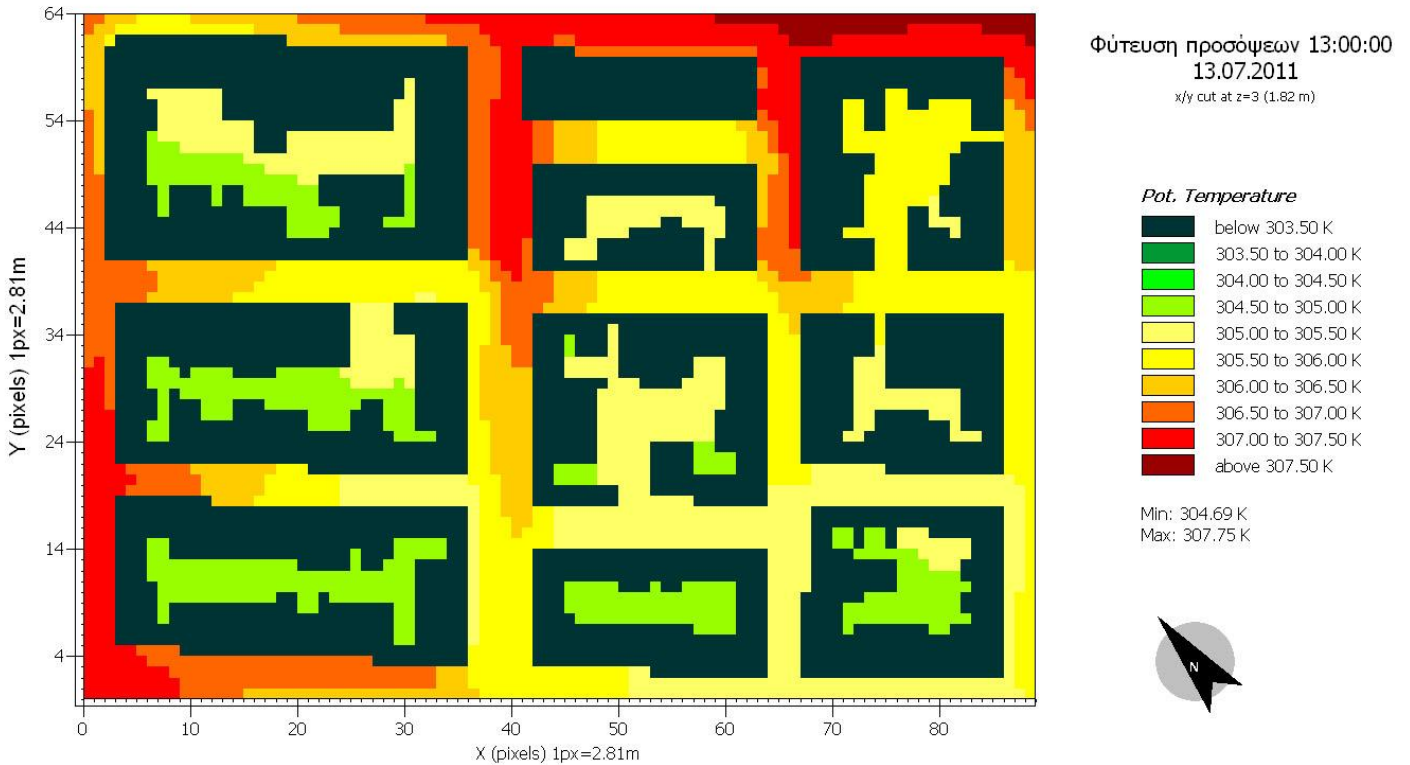
Εικόνα 4.10. Η αρχική περιοχή μελέτης με περιμετρική φύτευση υψηλών αραιών δένδρων στα οικοδομικά τετράγωνα. Πηγή: Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

Δεδομένου ότι για να διεξαχθούν οι ανωτέρω επεμβάσεις δεν επαρκούν μόνο οι δράσεις των κατοίκων της περιοχής αλλά χρειάζονται και εξειδικευμένα συνεργεία, με ό,τι κόστος αυτό συνεπάγεται, έγινε και μια απόπειρα να προσομοιωθεί το ενδεχόμενο απλές φυτεύσεις στις προσόψεις των πολυκατοικιών (με γλάστρες ή αναρριχώμενα) να έχει δυνατότητα να επηρεάσει το μικροκλίμα και σε τι βαθμό. Στην παρούσα περίπτωση και λόγω περιορισμένων δυνατοτήτων του Envi-met, χρησιμοποιήθηκαν υψηλά δένδρα με αραιή κόμη σε αραιά διαστήματα μεταξύ τους, πολύ κοντά στις προσόψεις περιμετρικά των οικοδομικών τετραγώνων, ώστε να υπάρχει μια αναλογία αποτελέσματος που να μπορεί να αναπαραστήσει την επιθυμητή επέμβαση. Υπήρξε μικρή αλλά παρατηρήσιμη μείωση της θερμοκρασίας σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση προ φυτεύσεων, η οποία έφθασε τους  $0,12^{\circ}\text{C}$  στο σημείο A8 στις 12 το μεσημέρι (παράρτημα i).

Κατά μέσο όρο, έφθασε τους  $0,04^{\circ}\text{C}$ .



Η μεγαλύτερη θερμοκρασία σημειώθηκε στη 1 το μεσημέρι. Ο χώρος την ώρα αυτή είχε την παρακάτω θερμική εικόνα:



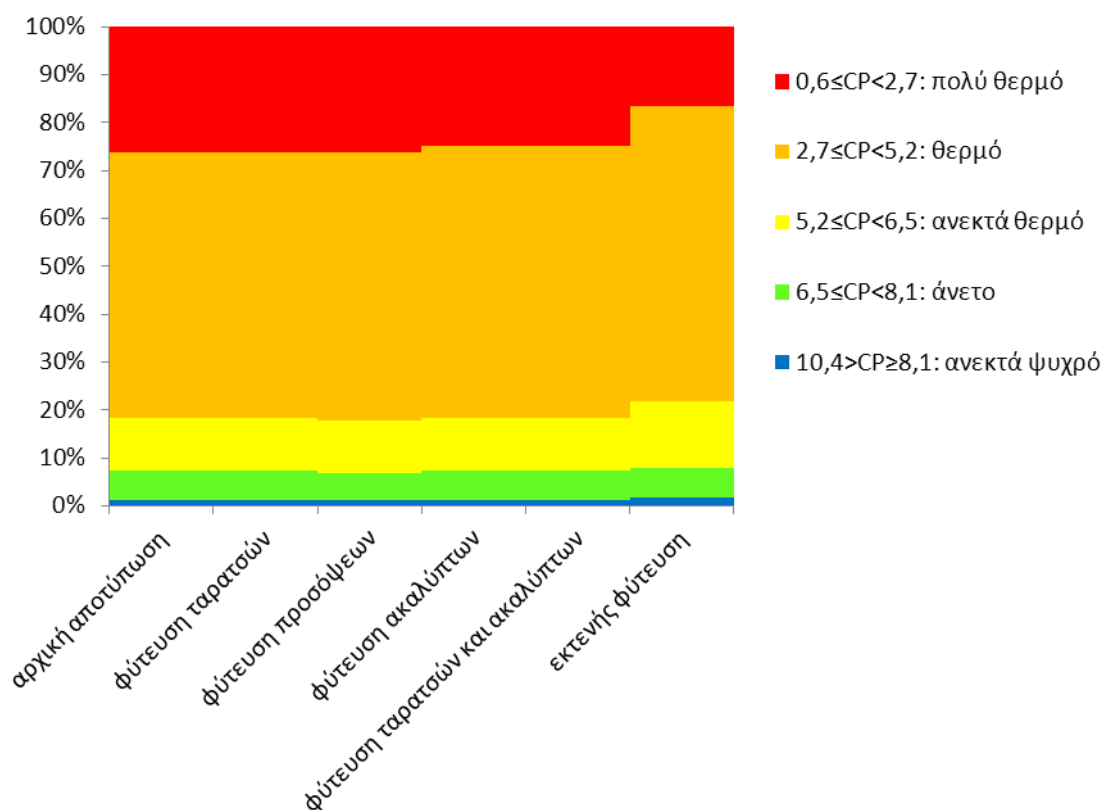
Εικόνα 4.11. Σχηματική απεικόνιση θερμοκρασίας σε ύψος 1,82m σε βαθμούς Kelvin μετά την περιμετρική φύτευση υψηλών αραιών δένδρων στα οικοδομικά τετράγωνα. Πηγή: Leonardo. Επεξεργασία: Ιδία

Μικρότερες αλλά όχι αμελητέες διαφοροποιήσεις εμφανίζονται στην περίπτωση φύτευσης μόνο των προσόψεων των κτιρίων. Σε κάποια σημεία καθίσταται εμφανές ακόμα και στην οπτική απεικόνιση του Leonardo, όπου περιμετρικά (ακόμα και σε κάποια σημεία εντός) των οικοδομικών τετραγώνων η θερμοκρασία ανήκει σε μια τάξη ψυχρότερη σε σύγκριση με την εικόνα 4.1 όπου ο χώρος δεν έχει επιδεχθεί επέμβαση.

## 4.2. Αποτελέσματα βιομετεωρολογικών δεικτών

### 4.2.1. Δείκτης αποψύξεως (CP)

Τα αποτελέσματα του δείκτη CP φαίνονται αναλυτικά στο παράρτημα νι. Στο παρακάτω διάγραμμα, φαίνονται οι σχετικές συχνότητες εμφάνισης της κάθε μίας από τις τάξεις θερμικής άνεσης του δείκτη CP στην περιοχή μελέτης για κάθε επέμβαση που έγινε στο τοπίο. Κυριαρχεί η τάξη *Θερμό* κατά ποσοστό μεγαλύτερο του 55% σε όλες τις περιπτώσεις, ενώ στην περίπτωση της εκτενούς φύτευσης υπερβαίνει το 60%. Ωστόσο, στην τελευταία υπάρχει σημαντική μείωση της τάξης *Πολύ Θερμό*, η οποία εμφανίζεται σε ποσοστά 25-26% σε κάθε περίπτωση πλην της εκτενούς φύτευσης, όπου περιορίζεται κάτω από 17%. Μικρό ποσοστό, επίσης, της τάξης *Θερμό*, στην περίπτωση αυτή, αντικαθίσταται με την τάξη *Ανεκτά Θερμό*.

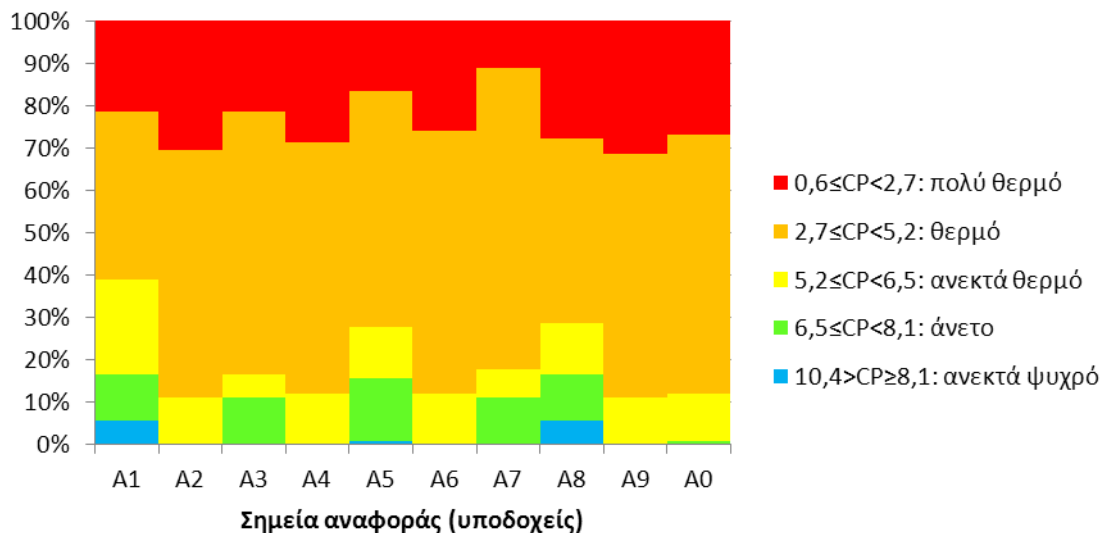


Εικόνα 4.12. Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη CP για κάθε επέμβαση επί του συνόλου των μετρήσεων στα 10 σημεία αναφοράς με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

Από το ανωτέρω διάγραμμα, φαίνεται ότι ο δείκτης αποψύξεως παρουσιάζει μικρές διαφοροποιήσεις προς το ψυχρότερο όταν υπάρχει φύτευση στους ακαλύπτους χώρους των οικοδομικών τετραγώνων. Στην περίπτωση της φύτευσης μόνο των προσόψεων των κτιρίων, δείχνει μια μικρή τάση προς το θερμότερο, αυτό όμως κυρίως οφείλεται στο ότι ο δείκτης CP επηρεάζεται ισχυρά από την ένταση του ανέμου, όπως επίσης οφείλεται στη δομή του Envi-met όπου οι κάθετες φυτεύσεις αποδόθηκαν με μορφή υψηλών δένδρων

εφαπτόμενων στα κτίρια, που στην πραγματικότητα θα μετρίαζαν τα ρεύματα αέρα. Ο δείκτης εμφανίζεται σαφώς μεγαλύτερος, με τάση προς το ψυχρότερο, στην περίπτωση της εκτενούς φύτευσης.

Στο ακόλουθο διάγραμμα, φαίνεται καθαρά ότι τα σημεία A1 και A8 (εικόνα 3.5) περισσότερο, και κατά μικρότερο ποσοστό το A5 παρουσιάζουν εντονότερες τάσεις ψυχρών τάξεων του δείκτη CP. Αυτό συμπίπτει με το γεγονός ότι τα σημεία βρίσκονται πάνω σε οδούς, όπου αναμένεται τα ρεύματα αέρα να είναι εντονότερα και επιβεβαιώνει την παρατήρηση του προηγούμενου διαγράμματος όπου στην περίπτωση φύτευσης μόνο προσόψεων, όπου μετριάζονται τα ρεύματα αέρα, έχουμε κατά τόπους μείωση του δείκτη αποψύξεως (CP). Παράλληλα, τα ίδια ακριβώς σημεία εμφανίζονται και ως αυτά με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία κατά μέσο όρο όλης της ημέρας. Για εκτενέστερο έλεγχο, οι μετρήσεις παρατίθενται στο παράρτημα i.

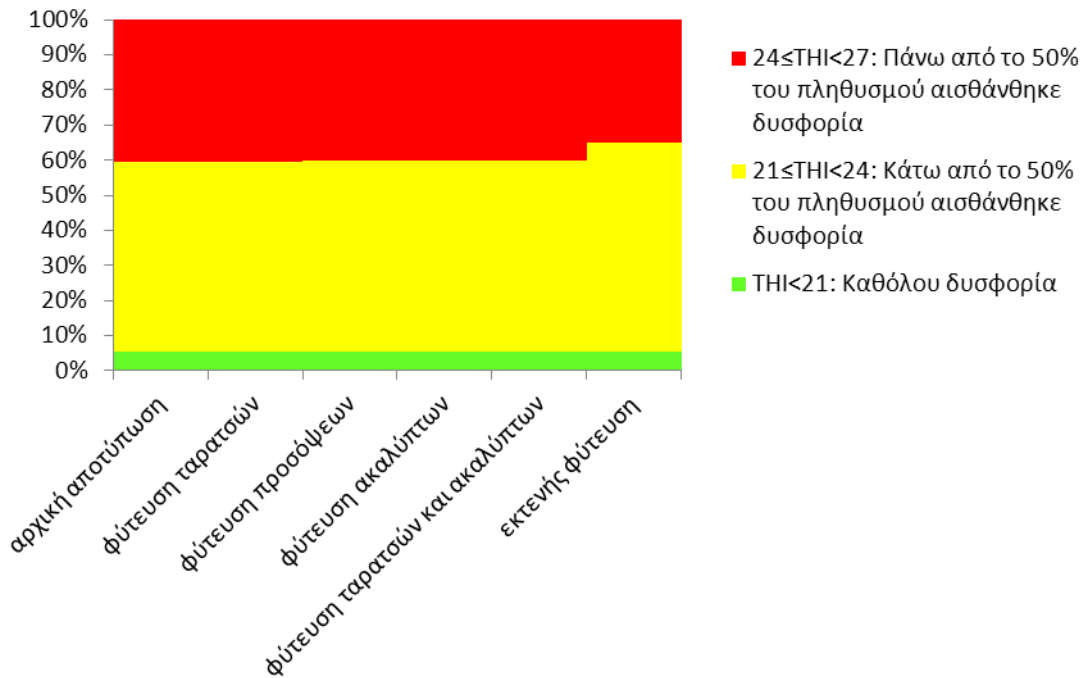


Εικόνα 4.13. Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη CP για κάθε σημείο αναφοράς εξαγόμενου από το σύνολο των αποτελεσμάτων των πέντε επεμβάσεων και της αρχικής αποτύπωσης, με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

#### 4.2.2. Δείκτες THI - Humidex

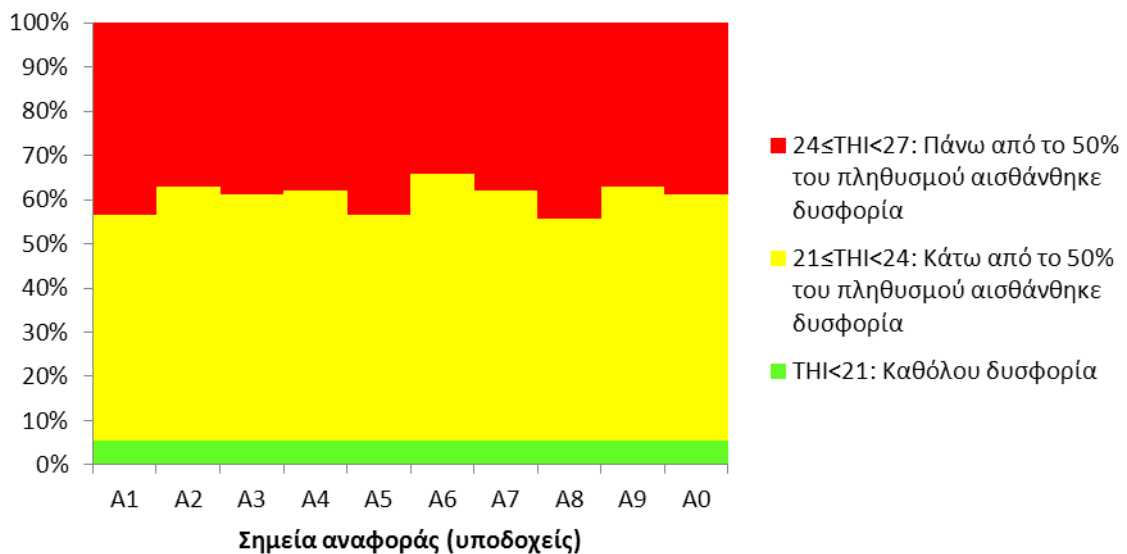
Στην περίπτωση των δεικτών THI και Humidex που εξαρτώνται από την υγρασία, τα αποτελέσματα έχουν μικρότερες μεν, ενδιαφέρουσες δε διακυμάνσεις.

Σε ό,τι αφορά το δείκτη THI, είναι εμφανές ότι τη μεγαλύτερη επίδραση στην περιοχή έχει η επέμβαση της εκτενούς φύτευσης, ακολουθούν οι μέθοδοι που περιλαμβάνουν κυρίως φύτευση ακαλύπτων και οι υπόλοιπες έπονται.



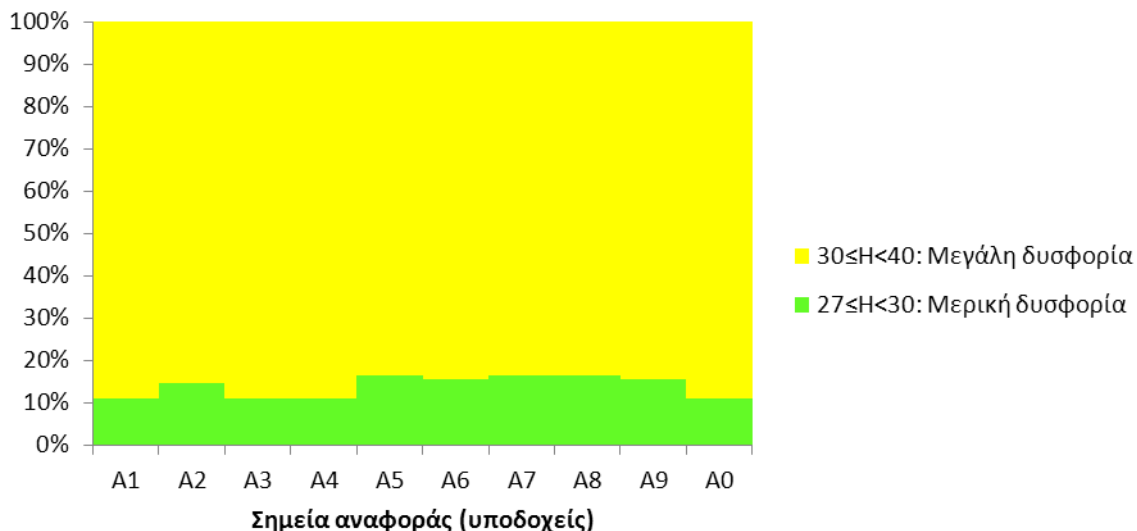
Εικόνα 4.14. Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη THI για κάθε επέμβαση επί του συνόλου των μετρήσεων στα 10 σημεία αναφοράς με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

Σημειακά, ο δείκτης THI εμφανίζεται αυξημένος σε σημεία επί των οδών, δηλαδή στα A1, A5 και A8, τα οποία δε διαθέτουν φύτευση. Το σημείο A6, όπου εμφανίζεται ως το σημείο με τη μικρότερη ποσοστιαία δυσφορία, βρίσκεται εντός ακαλύπτου χώρου (εικόνα 3.5).



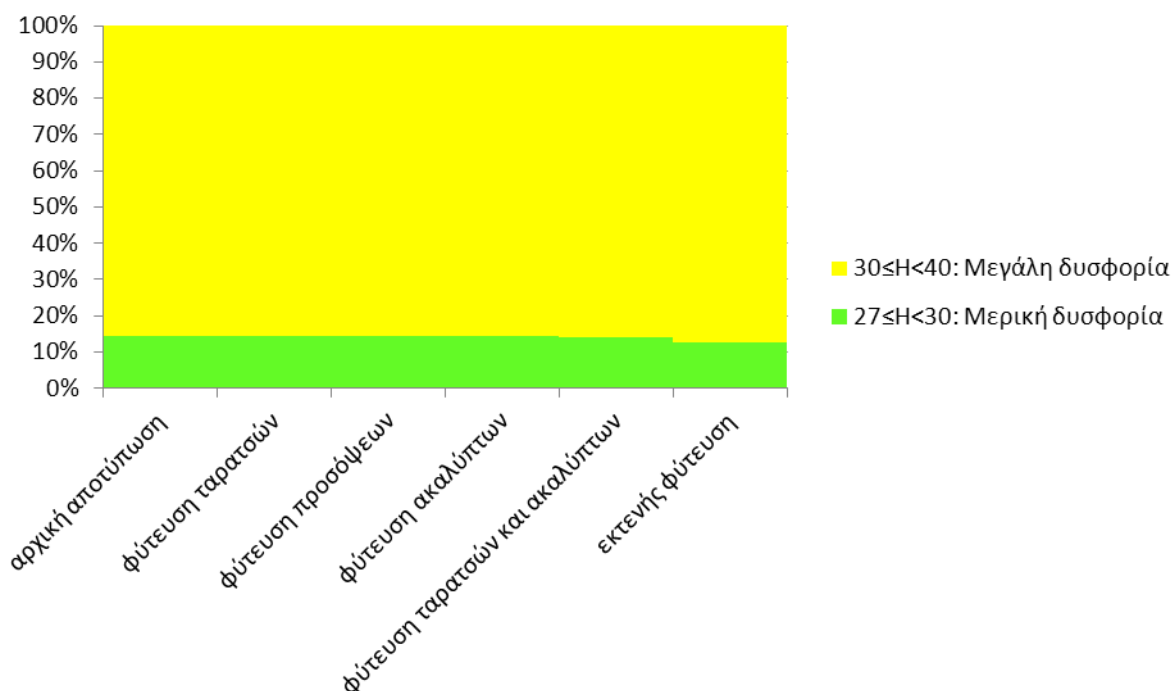
Εικόνα 4.15. Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη THI για κάθε σημείο αναφοράς εξαγόμενου από το σύνολο των αποτελεσμάτων των πέντε επεμβάσεων και της αρχικής αποτύπωσης με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

Στην περίπτωση, τώρα, του δείκτη Humidex, οι διακυμάνσεις είναι πολύ μικρότερες, τόσο στην εξαγωγή αποτελεσμάτων μετρήσεων κατά σημείο, όσο και στις μετρήσεις ανά επέμβαση. Στις μετρήσεις ανά σημείο τα αποτελέσματα είναι διάσπαρτα και δε δείχνουν να κατηγοριοποιούνται κατά είδος φύτευσης/οικοδομικού υλικού στο χώρο.



**Εικόνα 4.16.** Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη Humidex για κάθε σημείο αναφοράς εξαγόμενου από το σύνολο των αποτελεσμάτων των πέντε επεμβάσεων και της αρχικής αποτύπωσης με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

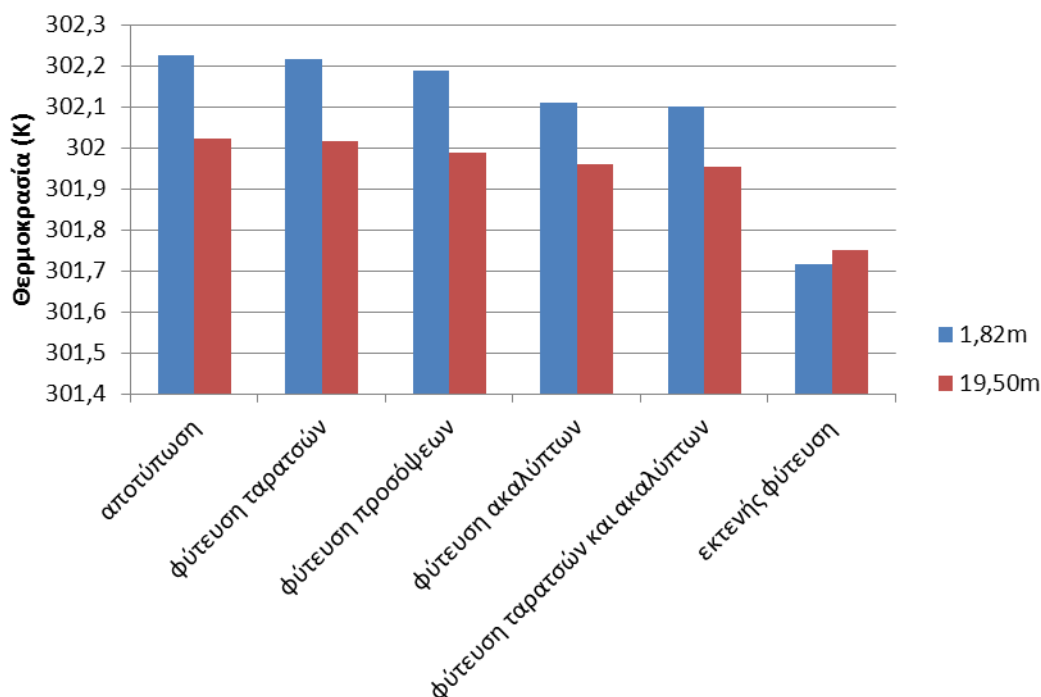
Σε ό,τι αφορά το είδος των επεμβάσεων, υπάρχει μια ανεπαίσθητη διαφορά στην περίπτωση της εκτενούς φύτευσης όπου ο δείκτης εμφανίζεται ελαφρά αυξημένος.



**Εικόνα 4.17.** Διάγραμμα σχετικών συχνοτήτων του δείκτη Humidex για κάθε επέμβαση επί του συνόλου των μετρήσεων στα 10 σημεία αναφοράς με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

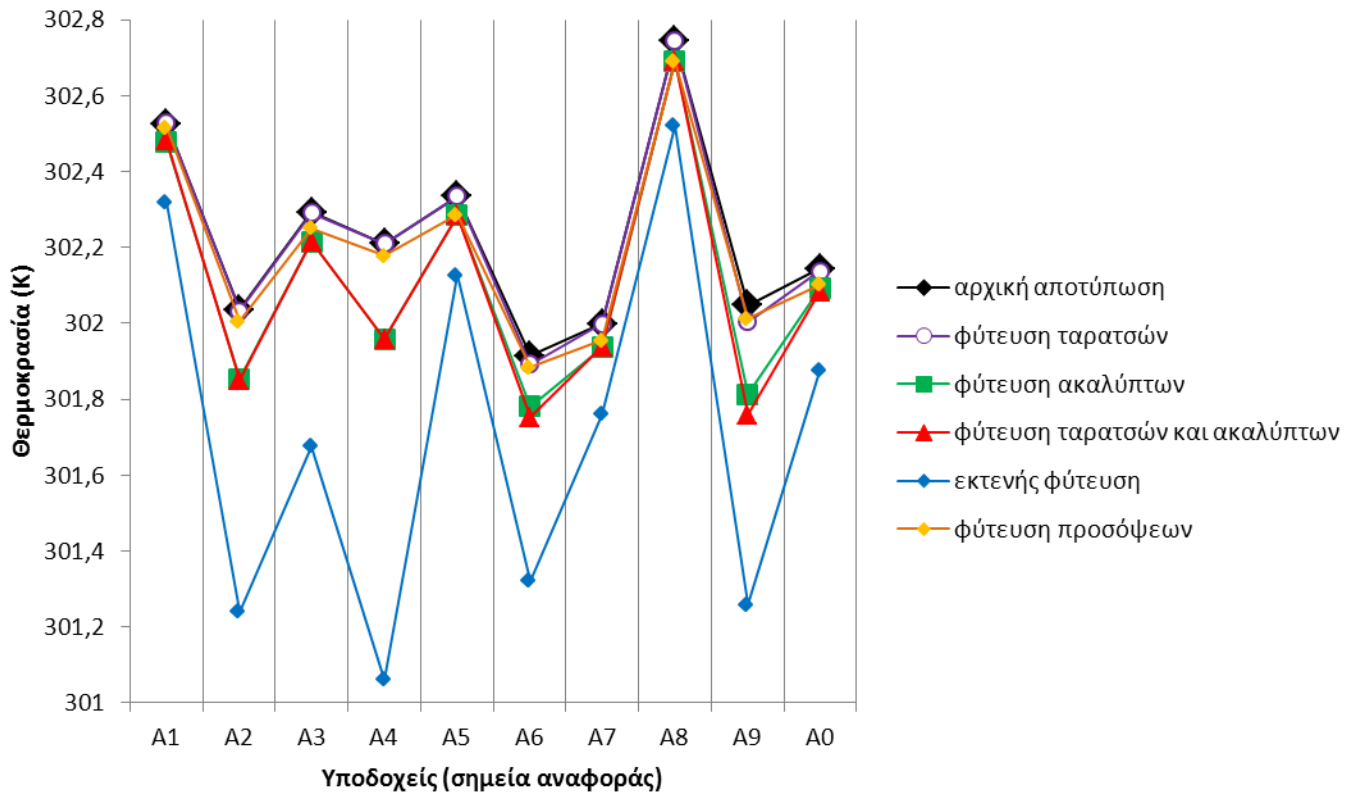
### 4.3. Συγκεντρωτική ανάλυση αποτελεσμάτων - παρατηρήσεις

Σχηματικά, ο μέσος όρος θερμοκρασίας από όλες τις ώρες μετρήσεων, παρουσιάζεται παρακάτω. Την εμφανέστερη επίδραση στην πτώση της θερμοκρασίας έχει η φύτευση των ακαλύπτων χώρων, έστω και μόνο με γρασίδι, και πολύ περισσότερο όταν υπάρχει ποικιλία φυτικού υλικού στην περιοχή.



Εικόνα 4.18. Σύγκριση των διαφορετικών επεμβάσεων με την αρχική κατάσταση με χρήση δεδομένων του Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

Το ύψος 19,50 στο οποίο πάρθηκαν μετρήσεις, χρησιμοποιήθηκε κυρίως για να φανεί η απόδοση των φυτοδωμάτων στη γύρω περιοχή, συνεπώς επελέγη από τα διαθέσιμα ύψη του Envi-met ως το πλησιέστερο στο μεγαλύτερο αριθμό των κτιρίων που είναι στα 20 μέτρα. Τα αποτελέσματα στο ύψος αυτό, ακολουθούν εκείνα του ύψους ατόμου (1,82m), είναι όμως όλα χαμηλότερα (με εξαίρεση την ιδιαίτερη επίδραση του φυτικού υλικού στην περίπτωση της εκτενούς φύτευσης όπου η πτώση της θερμοκρασίας στα χαμηλά ύψη είναι αισθητότερη). Αυτό έγκειται στο γεγονός ότι όλη η περιοχή πάνω από τα κτίρια είναι ελεύθερη και έτσι αποφεύγεται η θερμική απόδοση από τα κτίρια σε όλη τη διάρκεια της ημέρας. Δεν εμφανίζεται στην προσομοίωση αξιόλογη μεταβολή στη θερμοκρασία είτε χρησιμοποιηθεί τεχνολογία φυτοδώματος είτε όχι, λόγω της κύριας ιδιότητας του προγράμματος να μετρά συνθήκες εξωτερικών χώρων. Διαφοροποιήσεις κάτω από το φυτοδώμα επιδρούν κυρίως στο εσωτερικό των κτιρίων και ιδιαίτερα στους ανώτατους ορόφους. Κάτι τέτοιο είναι αντικείμενο άλλου είδους πειραμάτων.



Εικόνα 4.19. Μέσος όρος θερμοκρασιών όλης της ημέρας σε κάθε σημείο. Πηγή: Δεδομένα Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

Στην εικόνα 4.19 φαίνεται ότι την υψηλότερη θερμοκρασία σε κάθε σημείο ξεχωριστά παρουσιάζει η περιοχή όπως είναι αρχικά, χωρίς μεταβολές στο τοπίο. Μικρή πτώση εμφανίζεται με την επέμβαση σε δώματα και προσόψεις. Μεγαλύτερη μείωση θερμοκρασίας παρουσιάζεται κατά τη φύτευση των ακαλύπτων χώρων και η δραστικότερη μείωση όλων εμφανίζεται εφόσον έχει επιτευχθεί η εκτενέστερη δυνατή φύτευση του χώρου.

Σε ό,τι αφορά τους δείκτες THI και Humidex, στην παρούσα μελέτη οι διαφοροποιήσεις εντός τους είναι πολύ μικρές. Αυτό οφείλεται στο ότι για τον υπολογισμό τους δε λαμβάνεται υπόψη η ένταση του ανέμου, όπως επίσης η μελετώμενη περιοχή είναι πολύ περιορισμένη, με αποτέλεσμα οι διαφοροποιήσεις στη σχετική υγρασία (που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των THI και Humidex) να μη διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Αντιθέτως, λόγω του έντονου αναγλύφου προερχόμενου από τα διαφορετικά ύψη των κτιρίων, υπάρχει έντονη διαφοροποίηση στη θερμική αίσθηση ο υπολογισμός της οποίας βασίζεται στην ταχύτητα των ρευμάτων αέρα. Επομένως, ο καταλληλότερος δείκτης από τους τρεις που χρησιμοποιήθηκαν για την παρούσα μελέτη είναι ο δείκτης CP που αφορά περιβάλλοντες χώρους περιορισμένης έκτασης και δίνει σαφέστερα αποτελέσματα.





**Κεφάλαιο 5**  
**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ**



### Συμπεράσματα - προτάσεις

Με βάση τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που διεξήχθησαν για την παρούσα μελέτη, εξάγονται τα εξής:

- Το πρόγραμμα Envi-met είναι αρκετά αξιόπιστο και ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο στην πρόβλεψη μετεωρολογικών συνθηκών και στο πώς θα λειτουργήσει δυναμικά ένας χώρος. Ιδίως στην περίπτωση χώρων απλής γεωμετρίας όπως ήταν η περιοχή της παρούσας μελέτης, τα αποτελέσματα προσεγγίζουν κατά πολύ την πραγματικότητα. Αυτό κατέστη εμφανές και με τη χρήση του λογισμικού SPSS όπου βρέθηκε σημαντική συσχέτιση των πραγματικών μετεωρολογικών δεδομένων της περιοχής με αυτά του προγράμματος.
- Δεδομένου ότι ο χώρος είναι πυκνοδομημένος, οι επεμβάσεις που δύνανται να γίνουν είναι περιορισμένες. Παρόλα αυτά, μελετήθηκε ό,τι θα ήταν τεχνικά εφικτό υπό τις παρούσες συνθήκες.
- Στην περίπτωση της κάλυψης των ταρατσών των κτιρίων με φυτικό υλικό, δεν παρατηρήθηκε αξιόλογη μεταβολή στον περιβάλλοντα χώρο. Παρόλα αυτά, η συμβολή τους στη μόνωση των κτιρίων και στις διαφοροποιήσεις της θερμοκρασίας εντός τους, είναι αντικείμενο άλλου πειράματος και αποτελεί πρόταση για περαιτέρω έρευνα.
- Στην περίπτωση της φυτοκάλυψης των ακάλυπτων χώρων των οικοδομικών τετραγώνων, η συμβολή του φυτικού υλικού αλλά και του υλικού εδαφοκάλυψης (αργιλώδες έδαφος) στη μείωση της θερμοκρασίας είναι ιδιαίτερα εμφανής. Εντονότερα και με μεγάλη διαφορά είναι τα αποτελέσματα όπου προστίθεται φυτοκάλυψη με μεγαλύτερου ύψους φυτά πέραν του χλοοτάπητα εντός των ακαλύπτων, αλλά και προσθήκη λωρίδων με φυτά σε πεζοδρόμους εντός της περιοχής.
- Ακόμα και στην απλή περίπτωση όπου στον περιορισμένο χώρο της μελέτης γίνει μόνο φύτευση στις προσόψεις των πολυκατοικιών με απλά γλαστρικά φυτά, υπάρχει ακόμα και τότε μικρή, μα παρατηρήσιμη βελτίωση των συνθηκών εντός της περιοχής.

Κατά συνέπεια, ακόμα και σε πολύ πυκνοδομημένους χώρους, η κατάσταση επιδέχεται περιθώρια βελτίωσης. Βάσει των ανωτέρω, γίνεται αντιληπτό πόση περαιτέρω επίδραση θα είχε η οποιαδήποτε φυτοτεχνική μελέτη εντός πόλεως και σε πιο αραιοκατοικημένες περιοχές με πολύ εντονότερα αποτελέσματα.

Σε συνέχεια της μελέτης που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή της Κυψέλης, προκύπτουν οι παρακάτω προτάσεις για περαιτέρω έρευνα:

- Σύγκριση υπάρχοντων βιοκλιματικών δεικτών και εξαγωγή του καταλληλότερου για κάθε είδος μελετώμενης περιοχής.

- Αναλυτική κοστολόγηση των παρεμβάσεων και δυνατότητες περιορισμού του κόστους με εναλλακτικές λύσεις σε περιόδους οικονομικής κρίσης.
- Εκτενέστερες έρευνες πάνω στη συμβολή των φυτοκαλυμμένων δωμάτων στη θερμομόνωση των κτιρίων και στην εξοικονόμηση ενέργειας.
- Επιλογή φυτικού υλικού σε σχέση με την εποχικότητα (φυλλοβόλα δένδρα ή μη) σε αστικές δενδροστοιχίες.

Κλείνοντας, θα ήταν χρήσιμο γενικά στο σχεδιασμό οποιουδήποτε κατοικήσιμου τύπου, να λαμβάνονται υπόψη και τα ακόλουθα:

Για την άμβλυση των θερμοκρασιακών διαφοροποιήσεων του αστικού ιστού είναι απαραίτητο να γίνει μια ολοκληρωμένη προσπάθεια και όχι μόνο σημειακές ενέργειες. Ξεκινώντας από τη βάση του βιοκλιματικού σχεδιασμού, την πολεοδομία, είναι θεμελιώδες να διεξάγονται τα εξής προληπτικά μέτρα:

- Αποφυγή δημιουργίας στενών δρόμων και αστικών χαραδρών, και όπου αυτό είναι εφικτό, σωστός προσανατολισμός τους με σκοπό την απρόσκοπτη διέλευση αέρα από το εσωτερικό τους σε συνδυασμό με πολεοδομικά μέτρα ρύθμισης του ύψους των κτιρίων όχι πάνω από ένα επιτρεπτό ύψος που θα χρειάζεται να καθορίζεται σύμφωνα με το πλάτος του προσκείμενου δρόμου. Σε επίπεδο κτιρίου, σωστός προσανατολισμός με σκοπό τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας.
- Αύξηση της αναλογίας ελεύθερου προς κτισμένου χώρου και μεγιστοποίηση των επιφανειών πρασίνου εντός της πόλεως με φυτεύσεις όπου αυτό είναι εφικτό.
- Περιορισμός των σκληρών οριζόντιων επιφανειών κτιρίων και δημόσιων χώρων και χρήση υλικών με υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία, για την επικάλυψη των σκληρών οριζόντιων επιφανειών. Επιπλέον, αντικατάσταση των συμπαγών υλικών όπως η ασφάλτος σε χώρους όπου αυτά δεν είναι απαραίτητα (χώροι στάθμευσης), με διαπερατά υλικά όπως κυβόλιθοι.
- Εκ των υστέρων μέτρα που έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν δραματικά τις συνθήκες ζωής στην πόλη είναι επίσης αναπλάσεις δημόσιων χώρων με χρήση "ψυχρών υλικών" και μείωση των ρυπογόνων δραστηριοτήτων με σκοπό την ελαχιστοποίηση των αερίων ρύπων που δυσχεραίνουν τη ζωή στην πόλη.

Για το ευρύτερο αστικό περιβάλλον, θα ήταν πολύ αποτελεσματικό επίσης να γίνει μια προσπάθεια ενοποίησης των φυτοκαλυμμένων περιοχών με δημιουργία φυτικών "διαδρόμων", όπως νησίδες με επαρκή φυτοκάλυψη στους οδικούς άξονες, δημιουργία ταρατσόκηπων σε όλα τα κτίρια όπου υπάρχουν οι ανάλογες προδιαγραφές, και κάλυψη τοίχων των κτιρίων, όπου αυτό είναι εφικτό, με χρήση αναρριχώμενων φυτών ώστε συνολικά το φυτικό υλικό σε μια πόλη να συμβάλλει καθοριστικά στο δροσισμό της και στη βελτίωση των βιοκλιματικών συνθηκών με στόχο την πιο άνετη και πιο φυσική διαβίωση των κατοίκων της.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**



## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akbari H., Pomerantz M., Taha H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. *Solar Energy* Vol. 70 **3**:295-310.
- Bernatzky, A. (1982). The contribution of trees and green spaces to a town climate. *Journal of Energy and Buildings* 5:1-10.
- Bitan A. (1992). The high climatic of the future. *Atmos. Environ.* **3**:313-329.
- Bisanti, L., Cadum, E., Costa, G., Michelozzi, P., Perucci, C., Russo, A. (2004). 2003 heat waves and mortality in Italy. *Epidemiology* **15**(4):97.
- Bitan, A. 1982. *The Impact of Climate on Planning and Building* (pp. 371). Elsevier Sequoia Publishing. Lausanne.
- Bing Maps. 2012. <http://www.bing.com/maps>
- Bruse M. et al. 2011. <http://www.envi-met.com>.
- Cena M, Gregorczyk M. and Wojcik G. (1966). Proba Wyznaczenia wzoru do obliczania ochladzania biometeorologicznego warunkach klimatycznych Polski (An attempt to determine through formulae computation of biometeorological cooling power in Poland). *Roczniki Nauk Rolniczych* **199D**:137-148.
- Clarke, J.F., Bach, W. (1971). Comparison of the comfort conditions in different urban and suburban microenvironments. *International Journal of Biometeorology* **15**:41-54.
- Conti S., Meli P., Minelli G., Solimini R., Toccaceli V., Michi M., Carmen Beltrano C., Perini L. (2004). Epidemiologic study of mortality during the summer 2003 heat wave in Italy. *Environmental research* **98**:390-399.
- Critchfield, H.J. 1983. *General climatology*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs. New Jersey.
- Elliason I. (1996). Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use. *Atmospheric Environment* **30**:379-392.
- Geiger, R. 1975. *The climate near the ground*. Friedr. Vieweg & Sohn. Braunschweig.
- Giles B., Balafoutis C. (1990). The Greek heat waves of 1987 and 1988. *Int J Climatol* **10**:505-517
- Giles B., Balafoutis C., Maheras P. (1990). Too hot for comfort: the heat waves in Greece in 1987 and 1988. *Int J Biometeorol* **34**:98-104

- Givoni B. (1991). Impact of planted areas on urban environmental quality: A review. *Atmospheric Environment* **25B**(3):289-299.
- Hage, K.D. (1975). Urban - rural humidity differences. *J. Appl. Meteorol.* **14**:277-283.
- Hoffman, D., 1995. Understanding Frank Lloyd Wright's Architecture, Dover Publications, New York, NY.
- Hooker J., Hendriks, N., 1994. The Green Roofs of Europe presented by The International Waterproofing Association at the 107th Annual Convention and Exhibit of the National Roofing Contractors Association, San Francisco, CA.
- Horbert, M. and Overdieck, D. 1979. Ökologische Gesichtspunkte bei der Planung innerstädtischer Bereiche unter besonderer Berücksichtigung der südlichen Friedrichstadt. Gutachten. Berlin.
- Breuning Jörg & Green Roof Service LLC, 2012. Green Roof Technology. <http://www.greenrooftechnology.com/green-roof-systems>
- Johnston, J., Newton, J., 1996. Building Green, A Guide for Using Plants on Roofs, Walls and Pavements, The London Ecology Unit, London.
- Kassomenos, P., V. Kotroni and G. Kallos (1995). Analysis of climatological and air quality observations from Greater Athens Area. *Atmos. Environ.* **29**:3671-3688.
- Kerslake D. 1972. The stress of hot environment. Cambridge University Press.
- Kotinis-Zambakas, S.J., Nikolakis, D.J. and Kanellopoulou, H.A. (1989). Analysis of absolute humidity by wind speed and direction during land -and sea- breeze days at the National Observatory of Athens, Greece. *Meteorol. Mag.* **118**:222-224.
- Lally E., Watson F. (1960). Humidity revisited. *Weatherwise* **13**.
- Masterton, J.M., Richardson, F.A. 1979. Humidex, a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Atmospheric Environment Service, Downsview, Ont, CLI 1-79. Canada.
- Mc Pherson, E.G., Nowak, D.J. and Rowntree, R.A., 1994. Chicago's urban forest ecosystem results of the Chicago Urban Forest Climate Project, Forest Service, U.S. Dept. of Agriculture. NE-186.
- Meeus J. 1998. Astronomical Algorithms, second ed. Willman-Bell Inc., Richmond, Virginia, USA.
- Michalsky J.J. (1988). The astronomical Almanac's algorithm for approximate solar position (1950-2050). *J. Solar Energy* **40**(3):227-235.
- Mihalakakou G., Santamouris M., Papanikolaou N., Cartalis C. and Tsangrassoulis A. (2004). Simulation of the Urban Heat Island Phenomenon in Mediterranean Climates, *Pure and applied Geophysics* **161**:429-451.



- Minke, G., Witter, G., 1982. Häuser mit grünem Pelz. Ein Handbuch zur Hausbegrünung. Verlag Dieter Fricke GmbH, Frankfurt.
- North American Wetland Engineering, 1998. Ecology, Construction and Benefits in ReNature/NAWE Green Roof Product Literature, Minnesota.
- Oke T.R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations, *J. Climatol.* **1**:237-254.
- Oke, T.R. (1976). Inadvertent modification of the city atmosphere and the prospects for planned urban climates. Proc. Symp. Meteorol. Related to Urbann and Regional Land - Use Planning, Asheville, N.C., World Meteorol. Organiz., Geneva, 151-175.
- Olgay, V. 1963. Design with Climate. A bioclimate approach to architectural regionalism. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- Parsons K. 1993. Human thermal environments. Taylor & Francis, London.
- Pearlmutter D., Berliner P., Shaviv E. (2006). Integrated modeling of pedestrian energy exchange and thermal comfort in urban street canyons. *Building and Environment* **42**(2007):2396-2409.
- Penwarden, A. and Wise, A. 1975. Wind environment around buildings. BRE. Garston.
- Reda I. and Andreas A. (2004). Solar position algorithm for solar radiation applications. *J. Solar Energy* **76**:577-589.
- Russo. A., Bisanti, L. (2004). Heat wave effect on frail population in metropolitan Milano, Italy. *Epidemiology* **15**(4):97-78.
- Shashua-Bar and Hoffman M.E. (2003). Geometry and orientation aspects in passive cooling of canyon streets with trees. *Journal of Energy and Buildings* **35**:61-68.
- Swaid H. and Hoffman M.E., 1990(b). Climatic impacts of urban design futures for high and mid-latitude cities. *Journal of Energy and Buildings* **14**:325-336.
- Thom E. (1959). The discomfort index. *Weatherwise* **12**:57-60.
- Tuller S. (1997). Climatic controls of the cool human thermal sensation in a summertime onshore wind. *International Journal of Biometeorology* **41**:26-33.
- Unger, J. (1999). Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central-European city. *International Journal of Biometeorology*, **43**:139-144.
- Walraven R. (1978). Calculating the position of the sun. *J. Solar Energy* **20**:393-397.
- Zoulia I., Santamouris M., Dimoudi A. (2008). Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens. *Environ Monit Assess*, DOI 10.1007/s10661-008-0483-3.

- Αμούργης Σ., Γιαννάς Σ., Ευαγγελινός Ε., Καλογεράς Ν., Καλογήρου Ν. και Helmle P. 2001. Περιβαλλοντικός σχεδιασμός πόλεων και ανοικτών χώρων, Τόμος Α', Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Ασημακόπουλος, Δ.Ν. και Καρτάλης Κ. (2002). Ατμοσφαιρική ρύπανση και προστασία περιβάλλοντος. Υποστηρικτικές Σημειώσεις του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα.
- Βαΐου Ν., 2010. Το αστικό τοπίο της πολυεθνικής Κυψέλης. <http://www.greekscapes.gr>
- Δανιηλίδης Ν., 2008. Αεροφωτογραφία. <http://www.greekscapes.gr>
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2011. Δεδομένα μετεωρολογικού σταθμού Γαλατσίου. <http://hoa.ntua.gr>
- Θεοχαράτος, Γ. 1990. Σημειώσεις μαθήματος Φυσικής - Κλιματολογίας. Πανεπιστήμιο Αθηνών. Αθήνα.
- Καζάνα, Α. 2008. Συνθήκες θερμοκρασίας αέρα σε αστικές χαράδρες των Αθηνών. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Κατσαφάδος Π., Μαυροματίδης Η., 2010. Αρχές μετεωρολογίας - κλιματολογίας. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Κοτρώνη Β., 2010. Εισαγωγή στην αριθμητική πρόγνωση καιρού - μετεωρολογικά μοντέλα. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Κωλέτσας, Χ. 2007. Θερμική άνεση σε χώρους αθλητικών εγκαταστάσεων. Η περίπτωση του ολυμπιακού κέντρου υπασίας Μαρκοπούλου. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Λιακάκης, Ε. 2004. Έρευνα βιοκλιματικών συνθηκών διαφόρων μορφών αστικού πρασίνου. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μανώλη Ε. 2008. Διερεύνηση βιοκλιματικών συνθηκών και προοπτικές ανάπτυξης στα Γεράνεια όρη. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Μαργαρόπουλος, Π. (1983). Ατμοσφαιρική ρύπανση και δασική βλάστηση. *Δασικά Χρονικά*. Αθήνα.
- Ματζαράκης Α. 1995. Ανθρωποβιομετεωρολογική εκτίμηση του κλίματος της Ελλάδος. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μουσιόπουλος, Σ.Ν. 1991. Φαινόμενα μεταφοράς θερμότητας στην ατμόσφαιρα. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη.
- Οικονόμου, Δ. 2007. Βιομετεωρολογικές συνθήκες φυτοκαλυμμένου δώματος στον αστικό ιστό και η συμβολή του στον περιβάλλοντα χώρο. Το παράδειγμα του Μεγάρου Μουσικής. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

- Όξενκιουν-Πετροπούλου Μ. 2010. Περιβάλλον - Ατμοσφαιρική ρύπανση. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Παπουτσής, Δ. 2012. Βιοκλιματικός σχεδιασμός και περιβαλλοντική άνεση στον αστικό χώρο. Προσομοίωση με το λογισμικό envi-met. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Διπλωματική εργασία.
- Πετρίδου, Κ. (2009). Πράσινα δώματα: Επαναφέροντας τη "χαμένη" φύση. *Τεχνογράφημα*. **377**:6-8. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Τμήμα Κεντρικής Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη
- Ρήγα-Καρανδεινού Α., 1995. Θέματα Οικολογίας Αστικού Περιβάλλοντος με Ανθρωποκεντρική προσέγγιση. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Σγουρένα, Ε. 2006. Ποιοτική σύσταση του βρόχινου νερού στο λεκανοπέδιο Αθηνών και επιβάρυνσή του από ατμοσφαιρικούς ρύπους. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Συντονιστική Επιτροπή Επιστημονικών Συλλόγων Για Την Προστασία Του Περιβάλλοντος Της Πόλης Της Θεσσαλονίκης, 1987. Ελεύθεροι χώροι και πράσινο στη Θεσσαλονίκη. Θεσσαλονίκη.
- Φλόκας, Α.Α. 1994. Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Χέλμης Κ. & Παπαϊωάννου Γ. 2001. Φυσική Περιβάλλοντος. Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. 98 pp.
- Χρονάκη - Ανδρεαδάκη, Ε. 1985. Βιοκλιματική αρχιτεκτονική παθητικά - ηλιακά συστήματα. University Studio Press. Θεσσαλονίκη.
- Χρονοπούλου-Σερέλη, Α. 1996. Μαθήματα γεωργικής μετεωρολογίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Χρονοπούλου-Σερέλη Α., και Ουζιέλ Μ. 1997. Μαθήματα Βιοκλιματολογίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Χρονοπούλου-Σερέλη Α., Τσίρος Ι., Καμούτσης Α. 2001. Εργαστηριακές Ασκήσεις Μετεωρολογίας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Παράρτημα ι. Θερμοκρασίες (Κ) κατά σημείο αναφοράς, χρονική στιγμή, επέμβαση και ύψος μέτρησης.  
 Πηγή: Envi-met

| A1    | αρχική αποτύπωση |         | φύτευση ταρατσών |         | φύτευση ακαλύπτων |         | φύτευση ταρατσών και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση προσόψεων |         |
|-------|------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|--------------------------------|---------|-----------------|---------|-------------------|---------|
|       | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m | 1,82 m                         | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m |
| 05:00 | 296,13           | 296,37  | 296,13           | 296,36  | 296,13            | 296,37  | 296,12                         | 296,36  | 296,1           | 296,33  | 296,12            | 296,36  |
| 06:00 | 297,25           | 297,23  | 297,25           | 297,23  | 297,25            | 297,23  | 297,25                         | 297,22  | 297,21          | 297,19  | 297,25            | 297,22  |
| 07:00 | 298,76           | 298,52  | 298,76           | 298,52  | 298,76            | 298,51  | 298,76                         | 298,51  | 298,69          | 298,44  | 298,77            | 298,51  |
| 08:00 | 300,66           | 300,12  | 300,66           | 300,12  | 300,64            | 300,1   | 300,65                         | 300,1   | 300,56          | 300,01  | 300,67            | 300,11  |
| 09:00 | 302,48           | 301,65  | 302,48           | 301,65  | 302,44            | 301,6   | 302,45                         | 301,6   | 302,32          | 301,45  | 302,48            | 301,62  |
| 10:00 | 304,5            | 303,2   | 304,51           | 303,2   | 304,43            | 303,11  | 304,44                         | 303,11  | 304,25          | 302,87  | 304,48            | 303,13  |
| 11:00 | 305,75           | 304,3   | 305,76           | 304,3   | 305,66            | 304,19  | 305,67                         | 304,19  | 305,43          | 303,89  | 305,75            | 304,24  |
| 12:00 | 306,45           | 305,01  | 306,46           | 305     | 306,35            | 304,88  | 306,36                         | 304,88  | 306,1           | 304,56  | 306,44            | 304,93  |
| 13:00 | 306,22           | 305,1   | 306,23           | 305,1   | 306,12            | 304,99  | 306,13                         | 304,98  | 305,86          | 304,68  | 306,21            | 305,04  |
| 14:00 | 305,58           | 304,82  | 305,58           | 304,82  | 305,49            | 304,73  | 305,49                         | 304,73  | 305,23          | 304,45  | 305,56            | 304,77  |
| 15:00 | 304,92           | 304,38  | 304,92           | 304,38  | 304,85            | 304,3   | 304,85                         | 304,3   | 304,62          | 304,05  | 304,91            | 304,34  |
| 16:00 | 304,23           | 303,82  | 304,23           | 303,81  | 304,17            | 303,75  | 304,17                         | 303,75  | 303,97          | 303,54  | 304,21            | 303,78  |
| 17:00 | 303,43           | 303,16  | 303,43           | 303,16  | 303,38            | 303,1   | 303,38                         | 303,1   | 303,2           | 302,91  | 303,41            | 303,13  |
| 18:00 | 302,62           | 302,52  | 302,62           | 302,52  | 302,57            | 302,47  | 302,57                         | 302,47  | 302,4           | 302,28  | 302,6             | 302,49  |
| 19:00 | 302,12           | 302,08  | 302,12           | 302,08  | 302,08            | 302,04  | 302,08                         | 302,04  | 301,92          | 301,86  | 302,1             | 302,06  |
| 20:00 | 301,74           | 301,75  | 301,74           | 301,74  | 301,7             | 301,71  | 301,7                          | 301,7   | 301,56          | 301,55  | 301,72            | 301,72  |
| 21:00 | 301,44           | 301,48  | 301,44           | 301,47  | 301,41            | 301,44  | 301,41                         | 301,43  | 301,27          | 301,29  | 301,42            | 301,46  |
| 22:00 | 301,19           | 301,25  | 301,19           | 301,25  | 301,16            | 301,22  | 301,16                         | 301,21  | 301,04          | 301,08  | 301,17            | 301,23  |

| A2    | αρχική αποτύπωση |         | φύτευση ταρατσών |         | φύτευση ακαλύπτων |         | φύτευση ταρατσών και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση προσόψεων |         |
|-------|------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|--------------------------------|---------|-----------------|---------|-------------------|---------|
|       | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m | 1,82 m                         | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m |
| 05:00 | 296,37           | 296,41  | 296,36           | 296,4   | 296,34            | 296,4   | 296,34                         | 296,4   | 296,04          | 296,34  | 296,36            | 296,4   |
| 06:00 | 297,22           | 297,23  | 297,21           | 297,23  | 297,19            | 297,23  | 297,19                         | 297,22  | 296,92          | 297,17  | 297,21            | 297,23  |
| 07:00 | 298,49           | 298,49  | 298,49           | 298,49  | 298,45            | 298,48  | 298,45                         | 298,48  | 298,14          | 298,39  | 298,49            | 298,49  |
| 08:00 | 300,08           | 300,03  | 300,08           | 300,03  | 300               | 300     | 300                            | 300     | 299,63          | 299,88  | 300,07            | 300,02  |
| 09:00 | 301,64           | 301,5   | 301,63           | 301,5   | 301,46            | 301,43  | 301,45                         | 301,43  | 301             | 301,24  | 301,61            | 301,47  |
| 10:00 | 303,22           | 303,01  | 303,23           | 303,01  | 302,93            | 302,89  | 302,92                         | 302,89  | 302,36          | 302,61  | 303,17            | 302,95  |
| 11:00 | 304,39           | 304,12  | 304,39           | 304,12  | 304,01            | 303,97  | 304                            | 303,97  | 303,33          | 303,62  | 304,32            | 304,06  |
| 12:00 | 305,08           | 304,84  | 305,08           | 304,84  | 304,7             | 304,68  | 304,69                         | 304,67  | 303,99          | 304,32  | 305,02            | 304,77  |
| 13:00 | 305,17           | 304,97  | 305,17           | 304,97  | 304,85            | 304,83  | 304,84                         | 304,83  | 304,12          | 304,48  | 305,12            | 304,91  |
| 14:00 | 304,9            | 304,74  | 304,9            | 304,73  | 304,61            | 304,62  | 304,6                          | 304,62  | 303,9           | 304,3   | 304,86            | 304,69  |
| 15:00 | 304,4            | 304,31  | 304,4            | 304,31  | 304,16            | 304,21  | 304,15                         | 304,21  | 303,48          | 303,93  | 304,36            | 304,27  |
| 16:00 | 303,79           | 303,76  | 303,79           | 303,76  | 303,6             | 303,68  | 303,59                         | 303,68  | 302,93          | 303,42  | 303,76            | 303,73  |
| 17:00 | 303,12           | 303,12  | 303,12           | 303,12  | 302,95            | 303,06  | 302,95                         | 303,06  | 302,28          | 302,82  | 303,09            | 303,1   |
| 18:00 | 302,47           | 302,52  | 302,46           | 302,51  | 302,32            | 302,46  | 302,32                         | 302,46  | 301,5           | 302,21  | 302,44            | 302,49  |
| 19:00 | 302,03           | 302,09  | 302,02           | 302,09  | 301,89            | 302,04  | 301,89                         | 302,04  | 301,09          | 301,81  | 302               | 302,07  |
| 20:00 | 301,69           | 301,76  | 301,68           | 301,75  | 301,56            | 301,71  | 301,56                         | 301,71  | 300,78          | 301,49  | 301,67            | 301,74  |
| 21:00 | 301,41           | 301,49  | 301,41           | 301,49  | 301,29            | 301,45  | 301,29                         | 301,45  | 300,52          | 301,24  | 301,39            | 301,47  |
| 22:00 | 301,19           | 301,27  | 301,18           | 301,26  | 301,07            | 301,23  | 301,07                         | 301,22  | 300,31          | 301,03  | 301,17            | 301,25  |

| A3    | αρχική αποτύπωση |         | φύτευση ταρατσών |         | φύτευση ακαλύπτων |         | φύτευση ταρατσών και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση προσόψεων |         |
|-------|------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|--------------------------------|---------|-----------------|---------|-------------------|---------|
|       | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m | 1,82 m                         | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m |
| 05:00 | 296,14           | 296,27  | 296,13           | 296,27  | 296,13            | 296,27  | 296,12                         | 296,27  | 295,86          | 296,23  | 296,1             | 296,26  |
| 06:00 | 297,24           | 297,26  | 297,24           | 297,26  | 297,23            | 297,26  | 297,23                         | 297,26  | 296,95          | 297,21  | 297,22            | 297,25  |
| 07:00 | 298,71           | 298,65  | 298,71           | 298,65  | 298,69            | 298,64  | 298,69                         | 298,64  | 298,38          | 298,55  | 298,69            | 298,64  |
| 08:00 | 300,48           | 300,32  | 300,48           | 300,32  | 300,45            | 300,3   | 300,45                         | 300,3   | 300,09          | 300,17  | 300,47            | 300,31  |
| 09:00 | 302,22           | 301,91  | 302,22           | 301,91  | 302,16            | 301,86  | 302,16                         | 301,86  | 301,66          | 301,64  | 302,18            | 301,88  |
| 10:00 | 303,94           | 303,51  | 303,94           | 303,51  | 303,85            | 303,42  | 303,85                         | 303,42  | 303,18          | 303,09  | 303,88            | 303,44  |
| 11:00 | 305,12           | 304,65  | 305,12           | 304,65  | 304,98            | 304,54  | 304,98                         | 304,54  | 304,28          | 304,15  | 305,07            | 304,59  |
| 12:00 | 305,71           | 305,36  | 305,7            | 305,36  | 305,54            | 305,23  | 305,54                         | 305,22  | 304,87          | 304,84  | 305,65            | 305,29  |
| 13:00 | 305,67           | 305,43  | 305,67           | 305,43  | 305,52            | 305,31  | 305,52                         | 305,31  | 304,88          | 304,95  | 305,62            | 305,37  |
| 14:00 | 305,29           | 305,12  | 305,29           | 305,12  | 305,16            | 305,02  | 305,16                         | 305,02  | 304,54          | 304,7   | 305,24            | 305,07  |
| 15:00 | 304,73           | 304,62  | 304,73           | 304,62  | 304,63            | 304,54  | 304,63                         | 304,53  | 304,03          | 304,26  | 304,69            | 304,58  |
| 16:00 | 304,05           | 303,99  | 304,05           | 303,99  | 303,96            | 303,92  | 303,96                         | 303,92  | 303,38          | 303,68  | 304,01            | 303,95  |
| 17:00 | 303,27           | 303,27  | 303,27           | 303,26  | 303,19            | 303,21  | 303,19                         | 303,21  | 302,63          | 302,99  | 303,23            | 303,23  |
| 18:00 | 302,51           | 302,57  | 302,51           | 302,57  | 302,44            | 302,52  | 302,44                         | 302,52  | 301,81          | 302,31  | 302,46            | 302,54  |
| 19:00 | 302,03           | 302,12  | 302,02           | 302,11  | 301,96            | 302,07  | 301,96                         | 302,07  | 301,35          | 301,87  | 301,98            | 302,09  |
| 20:00 | 301,66           | 301,76  | 301,66           | 301,76  | 301,6             | 301,72  | 301,6                          | 301,72  | 301,01          | 301,54  | 301,61            | 301,74  |
| 21:00 | 301,37           | 301,48  | 301,37           | 301,48  | 301,31            | 301,45  | 301,31                         | 301,45  | 300,74          | 301,28  | 301,32            | 301,46  |
| 22:00 | 301,13           | 301,25  | 301,13           | 301,25  | 301,07            | 301,22  | 301,07                         | 301,22  | 300,52          | 301,06  | 301,08            | 301,23  |

| A4    | αρχική αποτύπωση |         | φύτευση ταρατσών |         | φύτευση<br>ακαλύπτων |         | φύτευση ταρατσών<br>και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση<br>προσόψεων |         |
|-------|------------------|---------|------------------|---------|----------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------|---------|----------------------|---------|
|       | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m | 1,82 m                            | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m |
| 05:00 | 296,1            | 296,22  | 296,1            | 296,22  | 296,05               | 296,21  | 296,04                            | 296,21  | 295,63          | 296,12  | 296,09               | 296,22  |
| 06:00 | 297,1            | 297,17  | 297,1            | 297,17  | 297,03               | 297,16  | 297,03                            | 297,16  | 296,61          | 297,08  | 297,09               | 297,17  |
| 07:00 | 298,55           | 298,57  | 298,54           | 298,57  | 298,45               | 298,55  | 298,45                            | 298,55  | 297,94          | 298,43  | 298,54               | 298,57  |
| 08:00 | 300,35           | 300,31  | 300,35           | 300,31  | 300,21               | 300,27  | 300,21                            | 300,27  | 299,58          | 300,11  | 300,34               | 300,31  |
| 09:00 | 302,08           | 301,95  | 302,08           | 301,95  | 301,84               | 301,87  | 301,84                            | 301,87  | 301,09          | 301,64  | 302,05               | 301,92  |
| 10:00 | 303,76           | 303,57  | 303,76           | 303,57  | 303,43               | 303,45  | 303,43                            | 303,45  | 302,52          | 303,1   | 303,7                | 303,51  |
| 11:00 | 304,97           | 304,72  | 304,98           | 304,72  | 304,54               | 304,56  | 304,55                            | 304,56  | 303,55          | 304,16  | 304,91               | 304,66  |
| 12:00 | 305,69           | 305,42  | 305,7            | 305,42  | 305,21               | 305,24  | 305,21                            | 305,24  | 304,17          | 304,83  | 305,63               | 305,35  |
| 13:00 | 305,7            | 305,47  | 305,7            | 305,47  | 305,25               | 305,31  | 305,25                            | 305,3   | 304,21          | 304,92  | 305,64               | 305,41  |
| 14:00 | 305,26           | 305,13  | 305,26           | 305,13  | 304,88               | 305     | 304,88                            | 305     | 303,89          | 304,65  | 305,21               | 305,09  |
| 15:00 | 304,66           | 304,61  | 304,66           | 304,61  | 304,35               | 304,51  | 304,35                            | 304,5   | 303,39          | 304,19  | 304,62               | 304,58  |
| 16:00 | 303,97           | 304     | 303,97           | 303,99  | 303,7                | 303,9   | 303,7                             | 303,9   | 302,76          | 303,63  | 303,94               | 303,96  |
| 17:00 | 303,2            | 303,3   | 303,2            | 303,29  | 302,96               | 303,22  | 302,96                            | 303,22  | 302,03          | 302,96  | 303,17               | 303,27  |
| 18:00 | 302,44           | 302,62  | 302,44           | 302,62  | 302,22               | 302,55  | 302,22                            | 302,55  | 301,05          | 302,27  | 302,42               | 302,59  |
| 19:00 | 301,96           | 302,15  | 301,96           | 302,15  | 301,75               | 302,09  | 301,75                            | 302,09  | 300,6           | 301,83  | 301,94               | 302,13  |
| 20:00 | 301,6            | 301,79  | 301,6            | 301,79  | 301,4                | 301,74  | 301,4                             | 301,74  | 300,27          | 301,49  | 301,57               | 301,77  |
| 21:00 | 301,31           | 301,51  | 301,31           | 301,51  | 301,11               | 301,46  | 301,11                            | 301,45  | 300,01          | 301,21  | 301,29               | 301,49  |
| 22:00 | 301,07           | 301,27  | 301,07           | 301,27  | 300,88               | 301,22  | 300,87                            | 301,22  | 299,8           | 300,98  | 301,05               | 301,26  |

| A5    | αρχική αποτύπωση |         | φύτευση ταρατσών |         | φύτευση<br>ακαλύπτων |         | φύτευση ταρατσών<br>και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση<br>προσόψεων |         |
|-------|------------------|---------|------------------|---------|----------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------|---------|----------------------|---------|
|       | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m | 1,82 m                            | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m |
| 05:00 | 295,97           | 296,36  | 295,97           | 296,35  | 295,97               | 296,35  | 295,97                            | 296,35  | 295,97          | 296,33  | 295,95               | 296,35  |
| 06:00 | 296,95           | 297,16  | 296,95           | 297,16  | 296,95               | 297,16  | 296,94                            | 297,15  | 296,93          | 297,13  | 296,93               | 297,16  |
| 07:00 | 298,36           | 298,4   | 298,36           | 298,39  | 298,36               | 298,39  | 298,35                            | 298,38  | 298,3           | 298,32  | 298,34               | 298,39  |
| 08:00 | 300,52           | 299,96  | 300,51           | 299,95  | 300,5                | 299,94  | 300,5                             | 299,93  | 300,42          | 299,82  | 300,51               | 299,94  |
| 09:00 | 302,54           | 301,45  | 302,54           | 301,45  | 302,5                | 301,4   | 302,51                            | 301,39  | 302,36          | 301,21  | 302,5                | 301,41  |
| 10:00 | 304,11           | 302,98  | 304,11           | 302,97  | 304,03               | 302,89  | 304,04                            | 302,88  | 303,79          | 302,61  | 304,04               | 302,91  |
| 11:00 | 305,08           | 304,11  | 305,08           | 304,1   | 304,98               | 304     | 304,98                            | 303,99  | 304,68          | 303,65  | 305,01               | 304,04  |
| 12:00 | 305,7            | 304,84  | 305,7            | 304,83  | 305,59               | 304,72  | 305,59                            | 304,7   | 305,28          | 304,36  | 305,62               | 304,76  |
| 13:00 | 305,73           | 304,98  | 305,73           | 304,97  | 305,63               | 304,86  | 305,62                            | 304,85  | 305,34          | 304,53  | 305,66               | 304,91  |
| 14:00 | 305,41           | 304,74  | 305,41           | 304,73  | 305,32               | 304,65  | 305,32                            | 304,63  | 305,07          | 304,35  | 305,35               | 304,69  |
| 15:00 | 304,93           | 304,33  | 304,93           | 304,32  | 304,86               | 304,25  | 304,86                            | 304,24  | 304,64          | 303,99  | 304,88               | 304,29  |
| 16:00 | 304,29           | 303,8   | 304,29           | 303,78  | 304,23               | 303,73  | 304,23                            | 303,72  | 304,04          | 303,5   | 304,24               | 303,75  |
| 17:00 | 303,45           | 303,15  | 303,45           | 303,15  | 303,4                | 303,09  | 303,4                             | 303,09  | 303,24          | 302,89  | 303,41               | 303,12  |
| 18:00 | 302,59           | 302,52  | 302,58           | 302,51  | 302,54               | 302,47  | 302,54                            | 302,46  | 302,4           | 302,27  | 302,53               | 302,48  |
| 19:00 | 302,09           | 302,09  | 302,09           | 302,08  | 302,05               | 302,04  | 302,05                            | 302,03  | 301,92          | 301,86  | 302,03               | 302,06  |
| 20:00 | 301,72           | 301,75  | 301,72           | 301,75  | 301,68               | 301,71  | 301,68                            | 301,7   | 301,57          | 301,55  | 301,66               | 301,73  |
| 21:00 | 301,42           | 301,49  | 301,42           | 301,48  | 301,39               | 301,45  | 301,39                            | 301,44  | 301,29          | 301,3   | 301,37               | 301,46  |
| 22:00 | 301,18           | 301,27  | 301,18           | 301,26  | 301,15               | 301,23  | 301,15                            | 301,22  | 301,06          | 301,09  | 301,13               | 301,24  |

| A6    | αρχική αποτύπωση |         | φύτευση ταρατσών |         | φύτευση<br>ακαλύπτων |         | φύτευση ταρατσών<br>και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση<br>προσόψεων |         |
|-------|------------------|---------|------------------|---------|----------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------|---------|----------------------|---------|
|       | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m | 1,82 m                            | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m |
| 05:00 | 296,39           | 296,46  | 296,36           | 296,44  | 296,37               | 296,45  | 296,33                            | 296,43  | 296,12          | 296,36  | 296,38               | 296,45  |
| 06:00 | 297,25           | 297,29  | 297,23           | 297,27  | 297,22               | 297,28  | 297,2                             | 297,27  | 297,01          | 297,2   | 297,25               | 297,28  |
| 07:00 | 298,51           | 298,51  | 298,48           | 298,5   | 298,47               | 298,49  | 298,44                            | 298,48  | 298,23          | 298,39  | 298,5                | 298,5   |
| 08:00 | 300,01           | 299,96  | 299,99           | 299,95  | 299,96               | 299,93  | 299,94                            | 299,92  | 299,7           | 299,81  | 300                  | 299,96  |
| 09:00 | 301,5            | 301,39  | 301,49           | 301,38  | 301,36               | 301,32  | 301,34                            | 301,31  | 301,04          | 301,14  | 301,48               | 301,36  |
| 10:00 | 303,06           | 302,88  | 303,05           | 302,87  | 302,81               | 302,75  | 302,79                            | 302,74  | 302,4           | 302,48  | 303                  | 302,82  |
| 11:00 | 304,15           | 303,97  | 304,14           | 303,96  | 303,87               | 303,81  | 303,85                            | 303,8   | 303,38          | 303,48  | 304,09               | 303,91  |
| 12:00 | 304,8            | 304,67  | 304,78           | 304,65  | 304,54               | 304,51  | 304,52                            | 304,49  | 304,01          | 304,16  | 304,73               | 304,6   |
| 13:00 | 304,89           | 304,81  | 304,88           | 304,8   | 304,69               | 304,67  | 304,66                            | 304,66  | 304,14          | 304,33  | 304,84               | 304,76  |
| 14:00 | 304,64           | 304,59  | 304,62           | 304,58  | 304,46               | 304,48  | 304,43                            | 304,46  | 303,93          | 304,15  | 304,6                | 304,55  |
| 15:00 | 304,2            | 304,18  | 304,18           | 304,17  | 304,04               | 304,08  | 304,01                            | 304,06  | 303,52          | 303,78  | 304,16               | 304,14  |
| 16:00 | 303,64           | 303,64  | 303,62           | 303,63  | 303,5                | 303,55  | 303,47                            | 303,54  | 302,98          | 303,28  | 303,61               | 303,61  |
| 17:00 | 303              | 303,02  | 302,97           | 303     | 302,87               | 302,94  | 302,84                            | 302,93  | 302,35          | 302,67  | 302,96               | 302,99  |
| 18:00 | 302,36           | 302,42  | 302,34           | 302,4   | 302,25               | 302,35  | 302,21                            | 302,34  | 301,63          | 302,06  | 302,34               | 302,39  |
| 19:00 | 301,94           | 302,01  | 301,92           | 301,99  | 301,84               | 301,95  | 301,8                             | 301,93  | 301,24          | 301,67  | 301,92               | 301,98  |
| 20:00 | 301,62           | 301,69  | 301,59           | 301,67  | 301,52               | 301,63  | 301,48                            | 301,61  | 300,94          | 301,37  | 301,59               | 301,66  |
| 21:00 | 301,36           | 301,43  | 301,33           | 301,41  | 301,26               | 301,37  | 301,22                            | 301,36  | 300,69          | 301,13  | 301,33               | 301,41  |
| 22:00 | 301,14           | 301,21  | 301,11           | 301,19  | 301,04               | 301,16  | 301,01                            | 301,14  | 300,49          | 300,92  | 301,12               | 301,19  |



| A7    | αρχική αποτύπωση |         | φύτευση ταρατσών |         | φύτευση<br>ακαλύπτων |         | φύτευση ταρατσών<br>και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση<br>προσώψεων |         |
|-------|------------------|---------|------------------|---------|----------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------|---------|----------------------|---------|
|       | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m | 1,82 m                            | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m |
| 05:00 | 296,33           | 296,43  | 296,32           | 296,43  | 296,32               | 296,43  | 296,32                            | 296,43  | 296,26          | 296,38  | 296,29               | 296,42  |
| 06:00 | 297,26           | 297,3   | 297,26           | 297,3   | 297,26               | 297,3   | 297,25                            | 297,3   | 297,21          | 297,25  | 297,24               | 297,29  |
| 07:00 | 298,57           | 298,56  | 298,57           | 298,56  | 298,56               | 298,55  | 298,56                            | 298,54  | 298,49          | 298,48  | 298,56               | 298,55  |
| 08:00 | 300,09           | 300,02  | 300,1            | 300,02  | 300,07               | 300     | 300,07                            | 300     | 300             | 299,93  | 300,09               | 300,01  |
| 09:00 | 301,59           | 301,45  | 301,59           | 301,45  | 301,54               | 301,4   | 301,54                            | 301,4   | 301,43          | 301,29  | 301,57               | 301,43  |
| 10:00 | 303,19           | 302,95  | 303,2            | 302,95  | 303,1                | 302,86  | 303,11                            | 302,86  | 302,93          | 302,67  | 303,14               | 302,89  |
| 11:00 | 304,37           | 304,05  | 304,38           | 304,06  | 304,26               | 303,94  | 304,27                            | 303,94  | 304,04          | 303,69  | 304,32               | 303,99  |
| 12:00 | 305,1            | 304,76  | 305,11           | 304,76  | 304,97               | 304,63  | 304,98                            | 304,63  | 304,74          | 304,36  | 305,04               | 304,69  |
| 13:00 | 305,15           | 304,89  | 305,15           | 304,9   | 305,03               | 304,78  | 305,03                            | 304,78  | 304,77          | 304,51  | 305,09               | 304,84  |
| 14:00 | 304,83           | 304,67  | 304,83           | 304,66  | 304,73               | 304,57  | 304,73                            | 304,57  | 304,47          | 304,31  | 304,78               | 304,62  |
| 15:00 | 304,34           | 304,24  | 304,34           | 304,23  | 304,25               | 304,15  | 304,25                            | 304,15  | 304,02          | 303,92  | 304,29               | 304,19  |
| 16:00 | 303,74           | 303,68  | 303,74           | 303,68  | 303,67               | 303,61  | 303,66                            | 303,61  | 303,45          | 303,39  | 303,69               | 303,64  |
| 17:00 | 303,05           | 303,03  | 303,04           | 303,03  | 302,98               | 302,97  | 302,98                            | 302,97  | 302,77          | 302,77  | 303                  | 302,99  |
| 18:00 | 302,38           | 302,4   | 302,37           | 302,4   | 302,32               | 302,35  | 302,32                            | 302,35  | 302,09          | 302,14  | 302,32               | 302,37  |
| 19:00 | 301,94           | 301,99  | 301,94           | 301,98  | 301,89               | 301,94  | 301,89                            | 301,94  | 301,68          | 301,75  | 301,88               | 301,95  |
| 20:00 | 301,61           | 301,67  | 301,6            | 301,66  | 301,56               | 301,62  | 301,56                            | 301,62  | 301,36          | 301,44  | 301,55               | 301,63  |
| 21:00 | 301,34           | 301,4   | 301,33           | 301,4   | 301,29               | 301,37  | 301,29                            | 301,36  | 301,1           | 301,19  | 301,28               | 301,37  |
| 22:00 | 301,11           | 301,19  | 301,11           | 301,18  | 301,07               | 301,15  | 301,07                            | 301,15  | 300,89          | 300,99  | 301,06               | 301,15  |

| A8    | αρχική αποτύπωση |         | φύτευση ταρατσών |         | φύτευση<br>ακαλύπτων |         | φύτευση ταρατσών<br>και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση<br>προσώψεων |         |
|-------|------------------|---------|------------------|---------|----------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------|---------|----------------------|---------|
|       | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m | 1,82 m                            | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m |
| 05:00 | 295,94           | 296,28  | 295,94           | 296,28  | 295,94               | 296,28  | 295,94                            | 296,28  | 295,93          | 296,27  | 295,93               | 296,27  |
| 06:00 | 297,02           | 297,09  | 297,02           | 297,09  | 297,02               | 297,09  | 297,02                            | 297,09  | 297             | 297,07  | 297,01               | 297,09  |
| 07:00 | 298,53           | 298,38  | 298,53           | 298,38  | 298,52               | 298,37  | 298,52                            | 298,37  | 298,47          | 298,32  | 298,52               | 298,38  |
| 08:00 | 300,57           | 300,02  | 300,57           | 300,02  | 300,55               | 300     | 300,55                            | 300     | 300,45          | 299,91  | 300,55               | 300,01  |
| 09:00 | 302,98           | 301,56  | 302,98           | 301,56  | 302,93               | 301,52  | 302,93                            | 301,52  | 302,76          | 301,36  | 302,88               | 301,54  |
| 10:00 | 304,67           | 303,15  | 304,67           | 303,15  | 304,58               | 303,07  | 304,58                            | 303,07  | 304,3           | 302,82  | 304,56               | 303,09  |
| 11:00 | 305,9            | 304,32  | 305,9            | 304,32  | 305,79               | 304,23  | 305,79                            | 304,23  | 305,45          | 303,91  | 305,8                | 304,26  |
| 12:00 | 306,72           | 305,08  | 306,72           | 305,08  | 306,6                | 304,97  | 306,6                             | 304,97  | 306,27          | 304,65  | 306,6                | 305,02  |
| 13:00 | 306,76           | 305,21  | 306,76           | 305,21  | 306,65               | 305,11  | 306,65                            | 305,11  | 306,34          | 304,81  | 306,67               | 305,16  |
| 14:00 | 306,36           | 304,96  | 306,35           | 304,96  | 306,27               | 304,88  | 306,27                            | 304,88  | 305,99          | 304,62  | 306,29               | 304,93  |
| 15:00 | 305,71           | 304,54  | 305,71           | 304,54  | 305,64               | 304,47  | 305,63                            | 304,47  | 305,4           | 304,24  | 305,65               | 304,51  |
| 16:00 | 304,86           | 303,98  | 304,86           | 303,98  | 304,81               | 303,93  | 304,8                             | 303,93  | 304,61          | 303,73  | 304,82               | 303,95  |
| 17:00 | 303,79           | 303,3   | 303,79           | 303,3   | 303,74               | 303,26  | 303,74                            | 303,25  | 303,57          | 303,09  | 303,75               | 303,27  |
| 18:00 | 302,76           | 302,61  | 302,76           | 302,61  | 302,72               | 302,57  | 302,72                            | 302,57  | 302,57          | 302,43  | 302,72               | 302,58  |
| 19:00 | 302,22           | 302,16  | 302,22           | 302,16  | 302,19               | 302,13  | 302,19                            | 302,13  | 302,06          | 302     | 302,18               | 302,14  |
| 20:00 | 301,83           | 301,82  | 301,83           | 301,82  | 301,79               | 301,79  | 301,79                            | 301,79  | 301,68          | 301,67  | 301,79               | 301,79  |
| 21:00 | 301,52           | 301,54  | 301,51           | 301,54  | 301,49               | 301,52  | 301,49                            | 301,52  | 301,38          | 301,41  | 301,48               | 301,52  |
| 22:00 | 301,26           | 301,31  | 301,26           | 301,31  | 301,23               | 301,29  | 301,23                            | 301,29  | 301,14          | 301,19  | 301,23               | 301,29  |

| A9    | αρχική αποτύπωση |         | φύτευση ταρατσών |         | φύτευση<br>ακαλύπτων |         | φύτευση ταρατσών<br>και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση<br>προσώψεων |         |
|-------|------------------|---------|------------------|---------|----------------------|---------|-----------------------------------|---------|-----------------|---------|----------------------|---------|
|       | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m | 1,82 m                            | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m               | 19,50 m |
| 05:00 | 296,29           | 296,37  | 296,27           | 296,36  | 296,24               | 296,37  | 296,21                            | 296,35  | 296,02          | 296,31  | 296,29               | 296,36  |
| 06:00 | 297,06           | 297,05  | 297,03           | 297,03  | 297                  | 297,04  | 296,97                            | 297,03  | 296,81          | 296,98  | 297,05               | 297,04  |
| 07:00 | 298,36           | 298,26  | 298,32           | 298,24  | 298,28               | 298,25  | 298,23                            | 298,22  | 298             | 298,14  | 298,35               | 298,26  |
| 08:00 | 300,04           | 299,82  | 300              | 299,79  | 299,89               | 299,79  | 299,83                            | 299,76  | 299,53          | 299,64  | 300,03               | 299,82  |
| 09:00 | 301,66           | 301,29  | 301,61           | 301,26  | 301,36               | 301,22  | 301,31                            | 301,19  | 300,92          | 300,99  | 301,62               | 301,27  |
| 10:00 | 303,29           | 302,81  | 303,25           | 302,78  | 302,86               | 302,69  | 302,8                             | 302,65  | 302,29          | 302,36  | 303,22               | 302,75  |
| 11:00 | 304,44           | 303,93  | 304,42           | 303,89  | 303,95               | 303,78  | 303,89                            | 303,74  | 303,3           | 303,39  | 304,37               | 303,87  |
| 12:00 | 305,14           | 304,66  | 305,09           | 304,62  | 304,64               | 304,5   | 304,58                            | 304,46  | 303,95          | 304,1   | 305,06               | 304,59  |
| 13:00 | 305,16           | 304,78  | 305,11           | 304,75  | 304,74               | 304,65  | 304,68                            | 304,61  | 304,06          | 304,27  | 305,09               | 304,73  |
| 14:00 | 304,81           | 304,57  | 304,76           | 304,54  | 304,5                | 304,47  | 304,43                            | 304,43  | 303,85          | 304,12  | 304,76               | 304,53  |
| 15:00 | 304,36           | 304,21  | 304,31           | 304,18  | 304,11               | 304,12  | 304,05                            | 304,09  | 303,49          | 303,82  | 304,32               | 304,17  |
| 16:00 | 303,82           | 303,72  | 303,77           | 303,7   | 303,6                | 303,65  | 303,54                            | 303,63  | 303             | 303,39  | 303,79               | 303,69  |
| 17:00 | 303,2            | 303,16  | 303,16           | 303,14  | 303,01               | 303,11  | 302,96                            | 303,09  | 302,41          | 302,88  | 303,17               | 303,14  |
| 18:00 | 302,56           | 302,59  | 302,52           | 302,57  | 302,39               | 302,55  | 302,34                            | 302,53  | 301,67          | 302,32  | 302,54               | 302,57  |
| 19:00 | 302,12           | 302,17  | 302,07           | 302,15  | 301,96               | 302,13  | 301,9                             | 302,11  | 301,26          | 301,92  | 302,1                | 302,15  |
| 20:00 | 301,77           | 301,84  | 301,72           | 301,82  | 301,62               | 301,8   | 301,57                            | 301,78  | 300,94          | 301,61  | 301,75               | 301,82  |
| 21:00 | 301,5            | 301,57  | 301,45           | 301,55  | 301,35               | 301,54  | 301,3                             | 301,52  | 300,69          | 301,36  | 301,48               | 301,56  |
| 22:00 | 301,27           | 301,35  | 301,22           | 301,33  | 301,13               | 301,32  | 301,07                            | 301,3   | 300,47          | 301,15  | 301,25               | 301,34  |

| Α0    | αρχική αποτύπωση |         | φύτευση ταρασών |         | φύτευση ακαλύπτων |         | φύτευση ταρασών και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση προσόψεων |         |
|-------|------------------|---------|-----------------|---------|-------------------|---------|-------------------------------|---------|-----------------|---------|-------------------|---------|
|       | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m | 1,82 m                        | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m |
| 05:00 | 296,35           | 296,41  | 296,34          | 296,4   | 296,35            | 296,41  | 296,34                        | 296,4   | 296,26          | 296,36  | 296,31            | 296,39  |
| 06:00 | 297,37           | 297,35  | 297,36          | 297,34  | 297,37            | 297,35  | 297,36                        | 297,34  | 297,27          | 297,3   | 297,35            | 297,34  |
| 07:00 | 298,78           | 298,66  | 298,77          | 298,65  | 298,77            | 298,65  | 298,76                        | 298,64  | 298,65          | 298,57  | 298,77            | 298,65  |
| 08:00 | 300,39           | 300,17  | 300,38          | 300,16  | 300,37            | 300,15  | 300,37                        | 300,14  | 300,23          | 300,06  | 300,38            | 300,16  |
| 09:00 | 301,98           | 301,64  | 301,98          | 301,64  | 301,94            | 301,6   | 301,93                        | 301,59  | 301,76          | 301,45  | 301,96            | 301,62  |
| 10:00 | 303,58           | 303,16  | 303,58          | 303,16  | 303,5             | 303,08  | 303,5                         | 303,08  | 303,26          | 302,86  | 303,53            | 303,11  |
| 11:00 | 304,65           | 304,26  | 304,65          | 304,26  | 304,55            | 304,16  | 304,54                        | 304,16  | 304,25          | 303,88  | 304,6             | 304,21  |
| 12:00 | 305,25           | 304,95  | 305,24          | 304,95  | 305,13            | 304,84  | 305,12                        | 304,83  | 304,82          | 304,55  | 305,18            | 304,89  |
| 13:00 | 305,28           | 305,06  | 305,28          | 305,06  | 305,18            | 304,96  | 305,17                        | 304,96  | 304,88          | 304,68  | 305,23            | 305,01  |
| 14:00 | 304,97           | 304,81  | 304,96          | 304,8   | 304,88            | 304,72  | 304,87                        | 304,71  | 304,59          | 304,46  | 304,92            | 304,76  |
| 15:00 | 304,47           | 304,35  | 304,46          | 304,35  | 304,4             | 304,28  | 304,39                        | 304,27  | 304,13          | 304,04  | 304,43            | 304,31  |
| 16:00 | 303,85           | 303,77  | 303,84          | 303,77  | 303,78            | 303,71  | 303,78                        | 303,7   | 303,54          | 303,5   | 303,8             | 303,73  |
| 17:00 | 303,12           | 303,09  | 303,11          | 303,09  | 303,07            | 303,04  | 303,06                        | 303,03  | 302,83          | 302,84  | 303,07            | 303,06  |
| 18:00 | 302,43           | 302,45  | 302,42          | 302,45  | 302,38            | 302,4   | 302,38                        | 302,4   | 302,14          | 302,2   | 302,38            | 302,41  |
| 19:00 | 301,99           | 302,02  | 301,98          | 302,02  | 301,94            | 301,98  | 301,93                        | 301,97  | 301,72          | 301,79  | 301,93            | 301,98  |
| 20:00 | 301,64           | 301,69  | 301,63          | 301,68  | 301,6             | 301,65  | 301,59                        | 301,65  | 301,39          | 301,48  | 301,59            | 301,65  |
| 21:00 | 301,37           | 301,42  | 301,36          | 301,42  | 301,33            | 301,39  | 301,32                        | 301,38  | 301,13          | 301,23  | 301,31            | 301,39  |
| 22:00 | 301,14           | 301,2   | 301,13          | 301,19  | 301,11            | 301,17  | 301,1                         | 301,16  | 300,91          | 301,01  | 301,09            | 301,17  |

Παράρτημα ii. Μέσος όρος θερμοκρασιών των 10 σημείων κατά χρονική στιγμή, επέμβαση και ύψος μέτρησης.

Πηγή: Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

| μέσος όρος | αρχική αποτύπωση |         | φύτευση ταρασών |         | φύτευση ακαλύπτων |         | φύτευση ταρασών και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση προσόψεων |         |
|------------|------------------|---------|-----------------|---------|-------------------|---------|-------------------------------|---------|-----------------|---------|-------------------|---------|
|            | 1,82 m           | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m | 1,82 m                        | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m |
| 05:00      | 296,201          | 296,358 | 296,192         | 296,351 | 296,184           | 296,354 | 296,173                       | 296,348 | 296,019         | 296,303 | 296,182           | 296,348 |
| 06:00      | 297,172          | 297,213 | 297,165         | 297,208 | 297,152           | 297,21  | 297,144                       | 297,204 | 296,992         | 297,158 | 297,16            | 297,207 |
| 07:00      | 298,562          | 298,5   | 298,553         | 298,495 | 298,531           | 298,488 | 298,521                       | 298,481 | 298,329         | 298,403 | 298,553           | 298,494 |
| 08:00      | 300,319          | 300,073 | 300,312         | 300,067 | 300,264           | 300,048 | 300,257                       | 300,042 | 300,019         | 299,934 | 300,311           | 300,065 |
| 09:00      | 302,067          | 301,579 | 302,06          | 301,575 | 301,953           | 301,522 | 301,946                       | 301,516 | 301,634         | 301,341 | 302,033           | 301,552 |
| 10:00      | 303,732          | 303,122 | 303,73          | 303,117 | 303,552           | 303,021 | 303,546                       | 303,015 | 303,128         | 302,747 | 303,672           | 303,06  |
| 11:00      | 304,882          | 304,243 | 304,882         | 304,238 | 304,659           | 304,118 | 304,652                       | 304,112 | 304,169         | 303,782 | 304,824           | 304,183 |
| 12:00      | 305,564          | 304,959 | 305,558         | 304,951 | 305,327           | 304,82  | 305,319                       | 304,809 | 304,82          | 304,473 | 305,497           | 304,889 |
| 13:00      | 305,573          | 305,07  | 305,568         | 305,066 | 305,366           | 304,947 | 305,355                       | 304,939 | 304,86          | 304,616 | 305,517           | 305,014 |
| 14:00      | 305,205          | 304,815 | 305,196         | 304,807 | 305,03            | 304,714 | 305,018                       | 304,705 | 304,546         | 304,411 | 305,157           | 304,77  |
| 15:00      | 304,672          | 304,377 | 304,664         | 304,371 | 304,529           | 304,291 | 304,517                       | 304,282 | 304,072         | 304,022 | 304,631           | 304,338 |
| 16:00      | 304,024          | 303,816 | 304,016         | 303,809 | 303,902           | 303,743 | 303,89                        | 303,738 | 303,466         | 303,506 | 303,987           | 303,779 |
| 17:00      | 303,263          | 303,16  | 303,254         | 303,154 | 303,155           | 303,1   | 303,146                       | 303,095 | 302,731         | 302,882 | 303,226           | 303,13  |
| 18:00      | 302,512          | 302,522 | 302,502         | 302,516 | 302,415           | 302,469 | 302,406                       | 302,465 | 301,926         | 302,249 | 302,475           | 302,491 |
| 19:00      | 302,044          | 302,088 | 302,034         | 302,081 | 301,955           | 302,041 | 301,944                       | 302,035 | 301,484         | 301,836 | 302,006           | 302,061 |
| 20:00      | 301,688          | 301,752 | 301,677         | 301,744 | 301,603           | 301,708 | 301,593                       | 301,702 | 301,15          | 301,519 | 301,65            | 301,725 |
| 21:00      | 301,404          | 301,481 | 301,393         | 301,475 | 301,323           | 301,444 | 301,313                       | 301,436 | 300,882         | 301,264 | 301,367           | 301,459 |
| 22:00      | 301,168          | 301,257 | 301,158         | 301,249 | 301,091           | 301,221 | 301,08                        | 301,213 | 300,663         | 301,05  | 301,135           | 301,235 |

Παράρτημα iii. Διαφορές θερμοκρασίας (K) μεταξύ αρχικής αποτύπωσης και επεμβάσεων.

Πηγή: Envi-met. Επεξεργασία: Ιδία

| διαφορές | φύτευση ταρασών |         | φύτευση ακαλύπτων |         | φύτευση ταρασών και ακαλύπτων |         | εκτενής φύτευση |         | φύτευση προσόψεων |         |
|----------|-----------------|---------|-------------------|---------|-------------------------------|---------|-----------------|---------|-------------------|---------|
|          | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m | 1,82 m                        | 19,50 m | 1,82 m          | 19,50 m | 1,82 m            | 19,50 m |
| 05:00    | 0,009           | 0,007   | 0,017             | 0,004   | 0,028                         | 0,01    | 0,182           | 0,055   | 0,019             | 0,01    |
| 06:00    | 0,007           | 0,005   | 0,02              | 0,003   | 0,028                         | 0,009   | 0,18            | 0,055   | 0,012             | 0,006   |
| 07:00    | 0,009           | 0,005   | 0,031             | 0,012   | 0,041                         | 0,019   | 0,233           | 0,097   | 0,009             | 0,006   |
| 08:00    | 0,007           | 0,006   | 0,055             | 0,025   | 0,062                         | 0,031   | 0,3             | 0,139   | 0,008             | 0,008   |
| 09:00    | 0,007           | 0,004   | 0,114             | 0,057   | 0,121                         | 0,063   | 0,433           | 0,238   | 0,034             | 0,027   |
| 10:00    | 0,002           | 0,005   | 0,18              | 0,101   | 0,186                         | 0,107   | 0,604           | 0,375   | 0,06              | 0,062   |
| 11:00    | 0               | 0,005   | 0,223             | 0,125   | 0,23                          | 0,131   | 0,713           | 0,461   | 0,058             | 0,06    |
| 12:00    | 0,006           | 0,008   | 0,237             | 0,139   | 0,245                         | 0,15    | 0,744           | 0,486   | 0,067             | 0,07    |
| 13:00    | 0,005           | 0,004   | 0,207             | 0,123   | 0,218                         | 0,131   | 0,713           | 0,454   | 0,056             | 0,056   |
| 14:00    | 0,009           | 0,008   | 0,175             | 0,101   | 0,187                         | 0,11    | 0,659           | 0,404   | 0,048             | 0,045   |
| 15:00    | 0,008           | 0,006   | 0,143             | 0,086   | 0,155                         | 0,095   | 0,6             | 0,355   | 0,041             | 0,039   |
| 16:00    | 0,008           | 0,007   | 0,122             | 0,073   | 0,134                         | 0,078   | 0,558           | 0,31    | 0,037             | 0,037   |
| 17:00    | 0,009           | 0,006   | 0,108             | 0,06    | 0,117                         | 0,065   | 0,532           | 0,278   | 0,037             | 0,03    |
| 18:00    | 0,01            | 0,006   | 0,097             | 0,053   | 0,106                         | 0,057   | 0,586           | 0,273   | 0,037             | 0,031   |
| 19:00    | 0,01            | 0,007   | 0,089             | 0,047   | 0,1                           | 0,053   | 0,56            | 0,252   | 0,038             | 0,027   |
| 20:00    | 0,011           | 0,008   | 0,085             | 0,044   | 0,095                         | 0,05    | 0,538           | 0,233   | 0,038             | 0,027   |
| 21:00    | 0,011           | 0,006   | 0,081             | 0,037   | 0,091                         | 0,045   | 0,522           | 0,217   | 0,037             | 0,022   |
| 22:00    | 0,01            | 0,008   | 0,077             | 0,036   | 0,088                         | 0,044   | 0,505           | 0,207   | 0,033             | 0,022   |

## Παράρτημα iv. Ταχύτητες ανέμου (m/s) σε ύψος 1,82m από την επιφάνεια του εδάφους στις 13/7/2011.

Πηγή: Envi-met

## αρχική αποτύπωση

|              | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0   |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 05:00        | 2,56 | 0,1  | 1,77 | 0,56 | 1,97 | 0,38 | 1,51 | 2,22 | 0,15 | 0,73 |
| <b>06:00</b> | 2,53 | 0,12 | 1,74 | 0,59 | 1,98 | 0,4  | 1,5  | 2,23 | 0,16 | 0,72 |
| 07:00        | 2,51 | 0,14 | 1,72 | 0,62 | 1,99 | 0,41 | 1,49 | 2,23 | 0,17 | 0,72 |
| <b>08:00</b> | 2,51 | 0,16 | 1,73 | 0,62 | 2,01 | 0,44 | 1,51 | 2,24 | 0,17 | 0,72 |
| 09:00        | 2,53 | 0,18 | 1,74 | 0,6  | 2,05 | 0,46 | 1,54 | 2,27 | 0,16 | 0,72 |
| <b>10:00</b> | 2,56 | 0,2  | 1,76 | 0,57 | 2,09 | 0,48 | 1,57 | 2,29 | 0,16 | 0,72 |
| 11:00        | 2,59 | 0,21 | 1,77 | 0,56 | 2,12 | 0,5  | 1,59 | 2,31 | 0,16 | 0,73 |
| <b>12:00</b> | 2,61 | 0,23 | 1,78 | 0,54 | 2,15 | 0,51 | 1,62 | 2,32 | 0,16 | 0,74 |
| 13:00        | 2,63 | 0,24 | 1,79 | 0,54 | 2,18 | 0,52 | 1,64 | 2,34 | 0,16 | 0,75 |
| <b>14:00</b> | 2,66 | 0,25 | 1,79 | 0,53 | 2,21 | 0,53 | 1,66 | 2,36 | 0,17 | 0,76 |
| 15:00        | 2,69 | 0,27 | 1,8  | 0,53 | 2,25 | 0,54 | 1,69 | 2,39 | 0,17 | 0,77 |
| <b>16:00</b> | 2,73 | 0,28 | 1,8  | 0,53 | 2,28 | 0,55 | 1,72 | 2,43 | 0,17 | 0,78 |
| 17:00        | 2,78 | 0,3  | 1,8  | 0,53 | 2,31 | 0,55 | 1,74 | 2,47 | 0,18 | 0,78 |
| <b>18:00</b> | 2,81 | 0,32 | 1,8  | 0,54 | 2,34 | 0,56 | 1,77 | 2,5  | 0,18 | 0,78 |
| 19:00        | 2,85 | 0,33 | 1,79 | 0,56 | 2,36 | 0,56 | 1,78 | 2,53 | 0,18 | 0,79 |
| <b>20:00</b> | 2,87 | 0,35 | 1,79 | 0,58 | 2,38 | 0,57 | 1,8  | 2,56 | 0,18 | 0,79 |
| 21:00        | 2,89 | 0,36 | 1,79 | 0,6  | 2,4  | 0,57 | 1,8  | 2,58 | 0,19 | 0,8  |
| <b>22:00</b> | 2,89 | 0,37 | 1,78 | 0,63 | 2,41 | 0,57 | 1,81 | 2,59 | 0,19 | 0,81 |

## φύτευση προσόψεων

|      | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 2,59 | 0,11 | 1,73 | 0,57 | 1,83 | 0,39 | 1,51 | 2,09 | 0,15 | 0,76 |    |
| 2,56 | 0,12 | 1,7  | 0,6  | 1,82 | 0,4  | 1,5  | 2,08 | 0,16 | 0,76 |    |
| 2,54 | 0,14 | 1,67 | 0,62 | 1,82 | 0,42 | 1,49 | 2,08 | 0,17 | 0,75 |    |
| 2,54 | 0,16 | 1,67 | 0,62 | 1,83 | 0,44 | 1,5  | 2,09 | 0,17 | 0,75 |    |
| 2,57 | 0,18 | 1,69 | 0,6  | 1,86 | 0,47 | 1,53 | 2,12 | 0,16 | 0,75 |    |
| 2,6  | 0,2  | 1,7  | 0,58 | 1,89 | 0,49 | 1,55 | 2,14 | 0,16 | 0,75 |    |
| 2,63 | 0,22 | 1,71 | 0,56 | 1,92 | 0,5  | 1,58 | 2,16 | 0,16 | 0,75 |    |
| 2,66 | 0,23 | 1,71 | 0,55 | 1,94 | 0,52 | 1,6  | 2,18 | 0,16 | 0,76 |    |
| 2,68 | 0,25 | 1,72 | 0,54 | 1,96 | 0,53 | 1,62 | 2,2  | 0,16 | 0,77 |    |
| 2,71 | 0,26 | 1,72 | 0,53 | 1,98 | 0,54 | 1,64 | 2,22 | 0,17 | 0,78 |    |
| 2,74 | 0,28 | 1,72 | 0,53 | 2,01 | 0,55 | 1,67 | 2,25 | 0,17 | 0,78 |    |
| 2,79 | 0,29 | 1,72 | 0,53 | 2,03 | 0,56 | 1,69 | 2,28 | 0,18 | 0,78 |    |
| 2,83 | 0,31 | 1,72 | 0,53 | 2,06 | 0,56 | 1,71 | 2,32 | 0,18 | 0,79 |    |
| 2,87 | 0,32 | 1,72 | 0,54 | 2,08 | 0,57 | 1,73 | 2,35 | 0,18 | 0,79 |    |
| 2,91 | 0,34 | 1,71 | 0,56 | 2,1  | 0,57 | 1,75 | 2,38 | 0,18 | 0,79 |    |
| 2,93 | 0,35 | 1,7  | 0,58 | 2,11 | 0,58 | 1,76 | 2,4  | 0,18 | 0,79 |    |
| 2,95 | 0,37 | 1,7  | 0,6  | 2,12 | 0,58 | 1,76 | 2,42 | 0,19 | 0,8  |    |
| 2,97 | 0,38 | 1,69 | 0,63 | 2,12 | 0,58 | 1,76 | 2,43 | 0,19 | 0,8  |    |

## φύτευση ταρατσών

|              | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0   |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 05:00        | 2,56 | 0,1  | 1,77 | 0,56 | 1,97 | 0,38 | 1,52 | 2,22 | 0,17 | 0,73 |
| <b>06:00</b> | 2,53 | 0,12 | 1,74 | 0,59 | 1,98 | 0,4  | 1,51 | 2,23 | 0,18 | 0,73 |
| 07:00        | 2,51 | 0,14 | 1,72 | 0,62 | 1,99 | 0,41 | 1,5  | 2,23 | 0,19 | 0,73 |
| <b>08:00</b> | 2,51 | 0,16 | 1,73 | 0,62 | 2,01 | 0,43 | 1,51 | 2,24 | 0,19 | 0,73 |
| 09:00        | 2,53 | 0,18 | 1,74 | 0,6  | 2,05 | 0,46 | 1,54 | 2,27 | 0,18 | 0,73 |
| <b>10:00</b> | 2,56 | 0,2  | 1,76 | 0,58 | 2,09 | 0,48 | 1,57 | 2,29 | 0,17 | 0,73 |
| 11:00        | 2,59 | 0,21 | 1,77 | 0,56 | 2,12 | 0,5  | 1,6  | 2,3  | 0,17 | 0,74 |
| <b>12:00</b> | 2,61 | 0,23 | 1,78 | 0,54 | 2,16 | 0,51 | 1,63 | 2,32 | 0,17 | 0,75 |
| 13:00        | 2,63 | 0,24 | 1,79 | 0,54 | 2,18 | 0,52 | 1,65 | 2,34 | 0,17 | 0,76 |
| <b>14:00</b> | 2,66 | 0,26 | 1,79 | 0,53 | 2,21 | 0,53 | 1,67 | 2,36 | 0,17 | 0,77 |
| 15:00        | 2,7  | 0,27 | 1,8  | 0,53 | 2,25 | 0,54 | 1,7  | 2,39 | 0,18 | 0,77 |
| <b>16:00</b> | 2,74 | 0,29 | 1,8  | 0,53 | 2,28 | 0,55 | 1,73 | 2,43 | 0,18 | 0,78 |
| 17:00        | 2,78 | 0,3  | 1,8  | 0,53 | 2,31 | 0,56 | 1,75 | 2,46 | 0,18 | 0,78 |
| <b>18:00</b> | 2,81 | 0,32 | 1,8  | 0,54 | 2,34 | 0,56 | 1,77 | 2,5  | 0,18 | 0,78 |
| 19:00        | 2,85 | 0,34 | 1,79 | 0,56 | 2,36 | 0,57 | 1,79 | 2,53 | 0,18 | 0,79 |
| <b>20:00</b> | 2,87 | 0,35 | 1,79 | 0,58 | 2,38 | 0,57 | 1,8  | 2,56 | 0,19 | 0,79 |
| 21:00        | 2,89 | 0,36 | 1,79 | 0,6  | 2,4  | 0,57 | 1,81 | 2,58 | 0,19 | 0,8  |
| <b>22:00</b> | 2,89 | 0,37 | 1,78 | 0,63 | 2,41 | 0,57 | 1,82 | 2,59 | 0,2  | 0,81 |

## φύτευση ταρατσών και ακαλύπτων

|      | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 2,55 | 0,1  | 1,73 | 0,54 | 1,93 | 0,37 | 1,5  | 2,22 | 0,15 | 0,71 |    |
| 2,53 | 0,11 | 1,7  | 0,57 | 1,94 | 0,39 | 1,49 | 2,22 | 0,16 | 0,71 |    |
| 2,5  | 0,13 | 1,69 | 0,6  | 1,95 | 0,41 | 1,49 | 2,22 | 0,17 | 0,71 |    |
| 2,5  | 0,15 | 1,7  | 0,6  | 1,98 | 0,43 | 1,5  | 2,24 | 0,17 | 0,71 |    |
| 2,53 | 0,17 | 1,72 | 0,59 | 2,02 | 0,45 | 1,53 | 2,26 | 0,16 | 0,71 |    |
| 2,56 | 0,19 | 1,74 | 0,57 | 2,06 | 0,47 | 1,56 | 2,28 | 0,16 | 0,71 |    |
| 2,59 | 0,21 | 1,75 | 0,55 | 2,09 | 0,49 | 1,59 | 2,3  | 0,16 | 0,72 |    |
| 2,61 | 0,22 | 1,77 | 0,54 | 2,13 | 0,51 | 1,61 | 2,32 | 0,16 | 0,73 |    |
| 2,64 | 0,24 | 1,78 | 0,54 | 2,16 | 0,52 | 1,64 | 2,33 | 0,16 | 0,74 |    |
| 2,66 | 0,25 | 1,78 | 0,53 | 2,19 | 0,53 | 1,66 | 2,36 | 0,17 | 0,75 |    |
| 2,7  | 0,27 | 1,79 | 0,53 | 2,22 | 0,54 | 1,69 | 2,39 | 0,17 | 0,76 |    |
| 2,74 | 0,29 | 1,79 | 0,53 | 2,25 | 0,55 | 1,71 | 2,42 | 0,17 | 0,77 |    |
| 2,78 | 0,3  | 1,79 | 0,53 | 2,29 | 0,56 | 1,74 | 2,46 | 0,17 | 0,77 |    |
| 2,82 | 0,32 | 1,79 | 0,54 | 2,32 | 0,56 | 1,76 | 2,49 | 0,17 | 0,77 |    |
| 2,85 | 0,34 | 1,79 | 0,56 | 2,34 | 0,56 | 1,78 | 2,52 | 0,18 | 0,78 |    |
| 2,88 | 0,35 | 1,78 | 0,58 | 2,36 | 0,57 | 1,79 | 2,55 | 0,18 | 0,78 |    |
| 2,89 | 0,36 | 1,78 | 0,61 | 2,38 | 0,57 | 1,8  | 2,57 | 0,19 | 0,79 |    |
| 2,9  | 0,37 | 1,78 | 0,63 | 2,39 | 0,57 | 1,8  | 2,59 | 0,19 | 0,8  |    |

## φύτευση ακαλύπτων

|              | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0   |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 05:00        | 2,55 | 0,1  | 1,73 | 0,54 | 1,93 | 0,38 | 1,5  | 2,22 | 0,13 | 0,71 |
| <b>06:00</b> | 2,53 | 0,11 | 1,7  | 0,57 | 1,94 | 0,39 | 1,49 | 2,22 | 0,14 | 0,71 |
| 07:00        | 2,5  | 0,13 | 1,69 | 0,6  | 1,96 | 0,41 | 1,48 | 2,22 | 0,15 | 0,71 |
| <b>08:00</b> | 2,5  | 0,15 | 1,7  | 0,6  | 1,98 | 0,43 | 1,49 | 2,24 | 0,15 | 0,71 |
| 09:00        | 2,53 | 0,17 | 1,72 | 0,59 | 2,02 | 0,45 | 1,53 | 2,26 | 0,15 | 0,71 |
| <b>10:00</b> | 2,56 | 0,19 | 1,74 | 0,57 | 2,06 | 0,47 | 1,56 | 2,28 | 0,15 | 0,71 |
| 11:00        | 2,59 | 0,21 | 1,75 | 0,55 | 2,09 | 0,49 | 1,58 | 2,3  | 0,15 | 0,72 |
| <b>12:00</b> | 2,61 | 0,22 | 1,77 | 0,54 | 2,13 | 0,51 | 1,61 | 2,32 | 0,15 | 0,73 |
| 13:00        | 2,63 | 0,24 | 1,78 | 0,54 | 2,16 | 0,52 | 1,63 | 2,33 | 0,16 | 0,74 |
| <b>14:00</b> | 2,66 | 0,25 | 1,78 | 0,53 | 2,19 | 0,53 | 1,65 | 2,36 | 0,16 | 0,75 |
| 15:00        | 2,7  | 0,27 | 1,79 | 0,53 | 2,22 | 0,54 | 1,68 | 2,39 | 0,16 | 0,76 |
| <b>16:00</b> | 2,74 | 0,28 | 1,79 | 0,53 | 2,25 | 0,55 | 1,71 | 2,42 | 0,17 | 0,77 |
| 17:00        | 2,78 | 0,3  | 1,79 | 0,53 | 2,29 | 0,55 | 1,73 | 2,46 | 0,17 | 0,77 |
| <b>18:00</b> | 2,82 | 0,32 | 1,79 | 0,54 | 2,32 | 0,56 | 1,75 | 2,49 | 0,17 | 0,78 |
| 19:00        | 2,85 | 0,33 | 1,79 | 0,56 | 2,34 | 0,56 | 1,77 | 2,53 | 0,17 | 0,78 |
| <b>20:00</b> | 2,87 | 0,35 | 1,79 | 0,58 | 2,36 | 0,56 | 1,78 | 2,55 | 0,17 | 0,79 |
| 21:00        | 2,89 | 0,36 | 1,78 | 0,61 | 2,38 | 0,57 | 1,79 | 2,57 | 0,18 | 0,79 |
| <b>22:00</b> | 2,9  | 0,37 | 1,78 | 0,63 | 2,39 | 0,57 | 1,8  | 2,59 | 0,18 | 0,8  |

## εκτενής φύτευση

|      | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| 2,58 | 0,25 | 1,31 | 0,58 | 2,1  | 0,49 | 1,63 | 2,26 | 0,24 | 0,91 |    |
| 2,55 | 0,27 | 1,28 | 0,57 | 2,09 | 0,5  | 1,62 | 2,26 | 0,25 | 0,91 |    |
| 2,52 | 0,28 | 1,24 | 0,57 | 2,09 | 0,5  | 1,61 | 2,26 | 0,25 | 0,9  |    |
| 2,51 | 0,3  | 1,23 | 0,56 | 2,1  | 0,52 | 1,62 | 2,27 | 0,24 | 0,89 |    |
| 2,54 | 0,31 | 1,23 | 0,54 | 2,13 | 0,53 | 1,65 | 2,29 | 0,22 | 0,88 |    |
| 2,56 | 0,32 | 1,24 | 0,52 | 2,17 | 0,55 | 1,68 | 2,32 | 0,21 | 0,88 |    |
| 2,59 | 0,33 | 1,25 | 0,51 | 2,2  | 0,56 | 1,71 | 2,34 | 0,2  | 0,87 |    |
| 2,61 | 0,34 | 1,26 | 0,5  | 2,23 | 0,57 | 1,73 | 2,36 | 0,2  | 0,88 |    |
| 2,63 | 0,35 | 1,27 | 0,5  | 2,25 | 0,58 | 1,75 | 2,38 | 0,19 | 0,88 |    |
| 2,65 | 0,36 | 1,27 | 0,49 | 2,27 | 0,58 | 1,77 | 2,4  | 0,19 | 0,89 |    |
| 2,68 | 0,37 | 1,27 | 0,48 | 2,3  | 0,59 | 1,8  | 2,43 | 0,19 | 0,89 |    |
| 2,71 | 0,38 | 1,27 | 0,48 | 2,33 | 0,59 | 1,82 | 2,46 | 0,19 | 0,89 |    |
| 2,75 | 0,39 | 1,27 | 0,47 | 2,36 | 0,6  | 1,85 | 2,5  | 0,19 | 0,89 |    |
| 2,78 | 0,4  | 1,27 | 0,47 | 2,38 | 0,6  | 1,87 | 2,53 | 0,18 | 0,89 |    |
| 2,81 | 0,41 | 1,27 | 0,48 | 2,4  | 0,6  | 1,89 | 2,56 | 0,19 | 0,89 |    |
| 2,83 | 0,41 | 1,26 | 0,49 | 2,41 | 0,6  | 1,9  | 2,58 | 0,19 | 0,89 |    |
| 2,84 | 0,42 | 1,26 | 0,5  | 2,42 | 0,6  | 1,9  | 2,6  | 0,2  | 0,9  |    |
| 2,84 | 0,43 | 1,25 | 0,52 | 2,43 | 0,6  | 1,91 | 2,62 | 0,21 | 0,9  |    |

Παράρτημα ν. Σχετική υγρασία % σε ύψος 1,82m από την επιφάνεια του εδάφους στις 13/7/2011. Πηγή: Envi-met

|       | αρχική αποτύπωση |       |       |       |       |       |       |       |       |       | φύτευση προσόψεων |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | A1               | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    | A1                | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |
| 05:00 | 49,02            | 48,22 | 48,94 | 49,31 | 49,45 | 48,11 | 48,25 | 49,56 | 48,45 | 48,21 | 49,09             | 48,24 | 49,09 | 49,35 | 49,57 | 48,15 | 48,44 | 49,63 | 48,47 | 48,38 |
| 06:00 | 45,25            | 45,21 | 45,17 | 45,88 | 45,99 | 45,1  | 45    | 45,81 | 45,65 | 44,73 | 45,29             | 45,24 | 45,31 | 45,92 | 46,11 | 45,14 | 45,15 | 45,87 | 45,67 | 44,88 |
| 07:00 | 40,68            | 41,22 | 40,69 | 41,43 | 41,53 | 41,18 | 40,94 | 41,14 | 41,53 | 40,45 | 40,7              | 41,25 | 40,83 | 41,47 | 41,65 | 41,22 | 41,07 | 41,21 | 41,56 | 40,57 |
| 08:00 | 35,68            | 36,82 | 35,93 | 36,59 | 35,84 | 37,01 | 36,73 | 35,72 | 36,87 | 36,1  | 35,68             | 36,85 | 36,05 | 36,62 | 35,95 | 37,05 | 36,83 | 35,81 | 36,9  | 36,2  |
| 09:00 | 31,7             | 33,21 | 32,07 | 32,7  | 31,45 | 33,51 | 33,24 | 30,65 | 33,12 | 32,49 | 31,74             | 33,29 | 32,22 | 32,78 | 31,62 | 33,59 | 33,37 | 30,89 | 33,2  | 32,63 |
| 10:00 | 27,95            | 30,01 | 28,74 | 29,4  | 28,45 | 30,32 | 29,99 | 27,55 | 29,84 | 29,32 | 28                | 30,12 | 28,92 | 29,52 | 28,64 | 30,44 | 30,16 | 27,76 | 29,97 | 29,5  |
| 11:00 | 25,79            | 27,79 | 26,63 | 27,2  | 26,66 | 28,21 | 27,76 | 25,46 | 27,67 | 27,32 | 25,82             | 27,91 | 26,77 | 27,32 | 26,84 | 28,32 | 27,93 | 25,65 | 27,79 | 27,49 |
| 12:00 | 24,58            | 26,48 | 25,52 | 25,89 | 25,51 | 26,93 | 26,4  | 24,09 | 26,36 | 26,18 | 24,61             | 26,59 | 25,67 | 26    | 25,7  | 27,05 | 26,57 | 24,3  | 26,48 | 26,34 |
| 13:00 | 24,65            | 26,11 | 25,34 | 25,63 | 25,24 | 26,54 | 26,1  | 23,82 | 26,09 | 25,89 | 24,7              | 26,2  | 25,48 | 25,72 | 25,41 | 26,64 | 26,25 | 23,99 | 26,19 | 26,03 |
| 14:00 | 25,33            | 26,27 | 25,67 | 25,98 | 25,48 | 26,68 | 26,33 | 24,15 | 26,37 | 26,11 | 25,39             | 26,35 | 25,8  | 26,06 | 25,63 | 26,77 | 26,47 | 24,29 | 26,46 | 26,25 |
| 15:00 | 26,06            | 26,81 | 26,28 | 26,65 | 25,98 | 27,12 | 26,84 | 24,87 | 26,85 | 26,64 | 26,12             | 26,88 | 26,41 | 26,72 | 26,12 | 27,21 | 26,98 | 25    | 26,93 | 26,77 |
| 16:00 | 26,86            | 27,51 | 27,09 | 27,45 | 26,72 | 27,74 | 27,54 | 25,87 | 27,45 | 27,37 | 26,92             | 27,58 | 27,21 | 27,52 | 26,86 | 27,83 | 27,67 | 25,99 | 27,52 | 27,5  |
| 17:00 | 27,88            | 28,36 | 28,1  | 28,39 | 27,81 | 28,55 | 28,43 | 27,29 | 28,21 | 28,31 | 27,93             | 28,42 | 28,21 | 28,46 | 27,93 | 28,62 | 28,55 | 27,38 | 28,27 | 28,43 |
| 18:00 | 29,02            | 29,24 | 29,16 | 29,46 | 29,03 | 29,41 | 29,35 | 28,75 | 29,07 | 29,26 | 29,08             | 29,3  | 29,29 | 29,52 | 29,17 | 29,48 | 29,5  | 28,85 | 29,12 | 29,4  |
| 19:00 | 29,69            | 29,83 | 29,81 | 30,11 | 29,7  | 29,96 | 29,93 | 29,48 | 29,65 | 29,85 | 29,75             | 29,88 | 29,95 | 30,17 | 29,84 | 30,03 | 30,07 | 29,57 | 29,7  | 30    |
| 20:00 | 30,2             | 30,27 | 30,3  | 30,6  | 30,19 | 30,38 | 30,37 | 30,01 | 30,1  | 30,3  | 30,25             | 30,32 | 30,43 | 30,65 | 30,33 | 30,45 | 30,51 | 30,1  | 30,15 | 30,45 |
| 21:00 | 30,6             | 30,63 | 30,69 | 30,99 | 30,59 | 30,73 | 30,72 | 30,43 | 30,46 | 30,67 | 30,65             | 30,68 | 30,82 | 31,04 | 30,72 | 30,79 | 30,87 | 30,52 | 30,5  | 30,81 |
| 22:00 | 30,93            | 30,93 | 31,02 | 31,31 | 30,91 | 31,02 | 31,02 | 30,78 | 30,77 | 30,97 | 30,99             | 30,98 | 31,15 | 31,37 | 31,05 | 31,07 | 31,16 | 30,86 | 30,81 | 31,12 |

|       | φύτευση ταρασών |       |       |       |       |       |       |       |       |       | φύτευση ταρασών και ακαλύπτων |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | A1              | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    | A1                            | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |
| 05:00 | 49,04           | 48,23 | 48,95 | 49,31 | 49,45 | 48,24 | 48,28 | 49,57 | 48,57 | 48,25 | 49,07                         | 48,49 | 49,05 | 50,03 | 49,46 | 48,55 | 48,33 | 49,57 | 49,06 | 48,28 |
| 06:00 | 45,26           | 45,22 | 45,18 | 45,89 | 46    | 45,22 | 45,02 | 45,81 | 45,78 | 44,77 | 45,29                         | 45,8  | 45,33 | 46,87 | 46,01 | 45,72 | 45,12 | 45,82 | 46,63 | 44,84 |
| 07:00 | 40,69           | 41,23 | 40,7  | 41,44 | 41,54 | 41,3  | 40,96 | 41,15 | 41,71 | 40,49 | 40,75                         | 41,88 | 40,88 | 42,57 | 41,57 | 41,81 | 41,08 | 41,17 | 42,92 | 40,57 |
| 08:00 | 35,68           | 36,83 | 35,93 | 36,59 | 35,84 | 37,1  | 36,74 | 35,72 | 37,06 | 36,13 | 35,77                         | 37,78 | 36,13 | 37,99 | 35,89 | 37,72 | 36,9  | 35,78 | 38,88 | 36,23 |
| 09:00 | 31,69           | 33,22 | 32,07 | 32,7  | 31,45 | 33,58 | 33,24 | 30,66 | 33,31 | 32,51 | 31,84                         | 34,63 | 32,34 | 34,48 | 31,54 | 34,76 | 33,48 | 30,75 | 35,76 | 32,68 |
| 10:00 | 27,94           | 30    | 28,74 | 29,4  | 28,45 | 30,39 | 29,98 | 27,55 | 30    | 29,33 | 28,14                         | 31,73 | 29,12 | 31,49 | 28,6  | 31,87 | 30,33 | 27,69 | 32,71 | 29,59 |
| 11:00 | 25,78           | 27,8  | 26,63 | 27,2  | 26,66 | 28,28 | 27,76 | 25,46 | 27,8  | 27,34 | 26,01                         | 29,6  | 27,1  | 29,46 | 26,85 | 29,55 | 28,14 | 25,62 | 30,39 | 27,63 |
| 12:00 | 24,57           | 26,48 | 25,53 | 25,89 | 25,51 | 27,01 | 26,4  | 24,09 | 26,51 | 26,2  | 24,79                         | 28    | 26,02 | 27,99 | 25,7  | 27,92 | 26,75 | 24,25 | 28,61 | 26,48 |
| 13:00 | 24,65           | 26,12 | 25,35 | 25,63 | 25,25 | 26,62 | 26,1  | 23,82 | 26,23 | 25,91 | 24,84                         | 27,35 | 25,73 | 27,38 | 25,41 | 27,29 | 26,38 | 23,96 | 27,79 | 26,14 |
| 14:00 | 25,33           | 26,27 | 25,67 | 25,98 | 25,48 | 26,75 | 26,34 | 24,16 | 26,52 | 26,14 | 25,5                          | 27,33 | 25,98 | 27,32 | 25,62 | 27,33 | 26,56 | 24,28 | 27,52 | 26,33 |
| 15:00 | 26,06           | 26,81 | 26,28 | 26,65 | 25,99 | 27,18 | 26,85 | 24,87 | 27    | 26,66 | 26,21                         | 27,63 | 26,53 | 27,66 | 26,1  | 27,72 | 27,05 | 24,98 | 27,77 | 26,83 |
| 16:00 | 26,87           | 27,51 | 27,09 | 27,46 | 26,73 | 27,8  | 27,55 | 25,88 | 27,59 | 27,39 | 26,99                         | 28,15 | 27,33 | 28,39 | 26,83 | 28,3  | 27,72 | 25,97 | 28,31 | 27,53 |
| 17:00 | 27,89           | 28,36 | 28,1  | 28,4  | 27,81 | 28,61 | 28,44 | 27,29 | 28,32 | 28,33 | 28                            | 28,84 | 28,3  | 29,16 | 27,9  | 29,02 | 28,58 | 27,37 | 28,88 | 28,45 |
| 18:00 | 29,02           | 29,25 | 29,17 | 29,46 | 29,04 | 29,48 | 29,37 | 28,76 | 29,19 | 29,28 | 29,12                         | 29,64 | 29,34 | 30,11 | 29,12 | 29,83 | 29,49 | 28,83 | 29,66 | 29,39 |
| 19:00 | 29,7            | 29,83 | 29,82 | 30,11 | 29,7  | 30,03 | 29,94 | 29,48 | 29,77 | 29,88 | 29,79                         | 30,2  | 29,98 | 30,74 | 29,78 | 30,36 | 30,06 | 29,55 | 30,23 | 29,97 |
| 20:00 | 30,2            | 30,27 | 30,31 | 30,6  | 30,2  | 30,46 | 30,38 | 30,01 | 30,22 | 30,33 | 30,28                         | 30,63 | 30,46 | 31,22 | 30,27 | 30,78 | 30,49 | 30,08 | 30,66 | 30,42 |
| 21:00 | 30,6            | 30,63 | 30,7  | 30,99 | 30,59 | 30,8  | 30,74 | 30,43 | 30,58 | 30,69 | 30,68                         | 30,98 | 30,84 | 31,61 | 30,65 | 31,11 | 30,84 | 30,49 | 31,01 | 30,78 |
| 22:00 | 30,94           | 30,94 | 31,02 | 31,32 | 30,92 | 31,09 | 31,03 | 30,78 | 30,89 | 31    | 31,01                         | 31,28 | 31,16 | 31,95 | 30,98 | 31,4  | 31,14 | 30,83 | 31,32 | 31,08 |

|       | φύτευση ακαλύπτων |       |       |       |       |       |       |       |       |       | εκτενής φύτευση |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | A1                | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    | A1              | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |
| 05:00 | 49,05             | 48,48 | 49,04 | 50,02 | 49,45 | 48,4  | 48,3  | 49,56 | 48,9  | 48,24 | 49,22           | 51,34 | 51,02 | 53,55 | 49,48 | 50,41 | 48,76 | 49,59 | 51,14 | 48,8  |
| 06:00 | 45,28             | 45,78 | 45,32 | 46,87 | 46    | 45,56 | 45,09 | 45,81 | 46,44 | 44,79 | 45,49           | 48,88 | 47,38 | 50,76 | 46,06 | 47,68 | 45,55 | 45,87 | 48,89 | 45,41 |
| 07:00 | 40,74             | 41,86 | 40,87 | 42,56 | 41,56 | 41,66 | 41,07 | 41,17 | 42,66 | 40,53 | 41,02           | 44,93 | 42,81 | 46,47 | 41,71 | 43,77 | 41,53 | 41,31 | 45,29 | 41,22 |
| 08:00 | 35,77             | 37,78 | 36,12 | 37,99 | 35,89 | 37,59 | 36,89 | 35,77 | 38,58 | 36,2  | 36,07           | 40,6  | 38,14 | 41,67 | 36,09 | 39,57 | 37,3  | 36    | 41,31 | 36,86 |
| 09:00 | 31,85             | 34,61 | 32,34 | 34,45 | 31,54 | 34,63 | 33,48 | 30,75 | 35,45 | 32,66 | 32,18           | 37,4  | 34,5  | 38,07 | 31,83 | 36,58 | 33,91 | 31,07 | 38,24 | 33,34 |
| 10:00 | 28,15             | 31,7  | 29,11 | 31,45 | 28,61 | 31,73 | 30,33 | 27,69 | 32,36 | 29,58 | 28,53           | 34,53 | 31,47 | 35,03 | 29,03 | 33,7  | 30,82 | 28,16 | 35,12 | 30,29 |
| 11:00 | 26,02             | 29,58 | 27,09 | 29,41 | 26,85 | 29,42 | 28,14 | 25,62 | 30,07 | 27,61 | 26,44           | 32,3  | 29,45 | 33,14 | 27,34 | 31,49 | 28,67 | 26,13 | 32,8  | 28,35 |
| 12:00 | 24,8              | 27,98 | 26    | 27,99 | 25,7  | 27,8  | 26,75 | 24,25 | 28,27 | 26,46 | 25,24           | 30,75 | 27,98 | 31,68 | 26,18 | 29,87 | 27,31 | 24,73 | 30,95 | 27,16 |
| 13:00 | 24,84             | 27,32 | 25,73 | 27,37 | 25,4  | 27,18 | 26,37 | 23,96 | 27,5  | 26,11 | 25,32           | 30,07 | 27,6  | 31,08 | 25,86 | 29,19 | 26,97 | 24,4  | 30,13 | 26,79 |
| 14:00 | 25,5              | 27,3  | 25,97 | 27,31 | 25,61 | 27,22 | 26,56 | 24,28 | 27,28 | 26,3  | 25,99           | 30,09 | 27,84 | 31,11 | 26,04 | 29,24 | 27,18 | 24,69 | 29,92 | 26,97 |
| 15:00 | 26,2              | 27,61 | 26,53 | 27,65 | 26,1  | 27,62 | 27,04 | 24,97 | 27,57 | 26,8  | 26,68           | 30,38 | 28,41 | 31,54 | 26,49 | 29,61 | 27,66 | 25,35 | 30,11 | 27,45 |
| 16:00 | 26,99             | 28,14 | 27,32 | 28,38 | 26,82 | 28,22 | 27,71 | 25,96 | 28,13 | 27,51 | 27,42           | 30,82 | 29,17 | 32,17 | 27,18 | 30,13 | 28,3  | 26,3  | 30,52 | 28,13 |
| 17:00 | 27,99             | 28,83 | 28,3  | 29,15 | 27,9  | 28,94 | 28,57 | 27,37 | 28,75 | 28,43 | 28,39           | 31,12 | 30    | 32,39 | 28,22 | 30,6  | 29,11 | 27,69 | 30,77 | 29,02 |
| 18:00 | 29,11             | 29,63 | 29,33 | 30,1  | 29,11 | 29,74 | 29,48 | 28,83 | 29,51 | 29,36 | 29,51           | 32,12 | 31,15 | 33,82 | 29,42 | 31,52 | 30,05 | 29,13 | 31,65 | 29,97 |
| 19:00 | 29,78             | 30,19 | 29,97 | 30,74 | 29,77 | 30,27 | 30,05 | 29,55 | 30,08 | 29,95 | 30,16           | 32,68 | 31,8  | 34,47 | 30,06 | 32,05 | 30,6  | 29,83 | 32,21 | 30,54 |
| 20:00 | 30,28             | 30,63 | 30,46 | 31,22 | 30,26 | 30,68 | 30,48 | 30,08 | 30,52 | 30,4  | 30,63           | 33,1  | 32,27 | 34,93 | 30,52 | 32,44 | 31,02 | 30,33 | 32,64 | 30,97 |
| 21:00 | 30,67             | 30,98 | 30,84 | 31,61 | 30,65 | 31,02 | 30,83 | 30,49 | 30,87 | 30,75 | 31,01           | 33,45 | 32,62 | 35,29 | 30,89 | 32,76 | 31,35 | 30,72 | 32,99 | 31,31 |
| 22:00 | 31,01             | 31,27 | 31,16 | 31,94 | 30,97 | 31,3  | 31,12 | 30,83 | 31,17 | 31,06 | 31,33           | 33,75 | 32,91 | 35,58 | 31,2  | 33,03 | 31,63 | 31,05 | 33,29 | 31,6  |

Παράρτημα vi. Τιμές του δείκτη CP βάσει αποτελεσμάτων του Envi-met για την 13/7/2011. Επεξεργασία: Ιδία

| αρχική αποτύπωση |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | φύτευση προσόψεων |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                  | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0   | A1                | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0   |  |
| 05:00            | 8,58 | 5,59 | 7,65 | 6,24 | 7,98 | 5,9  | 7,24 | 8,3  | 5,68 | 6,32 | 8,62              | 5,6  | 7,62 | 6,26 | 7,83 | 5,92 | 7,26 | 8,15 | 5,68 | 6,38 |  |
| 06:00            | 7,84 | 5,25 | 6,99 | 5,81 | 7,42 | 5,54 | 6,72 | 7,65 | 5,36 | 5,83 | 7,87              | 5,26 | 6,96 | 5,83 | 7,25 | 5,54 | 6,73 | 7,5  | 5,37 | 5,88 |  |
| 07:00            | 6,86 | 4,73 | 6,14 | 5,17 | 6,61 | 4,99 | 6    | 6,74 | 4,82 | 5,16 | 6,89              | 4,73 | 6,11 | 5,18 | 6,45 | 5    | 6,01 | 6,6  | 4,82 | 5,19 |  |
| 08:00            | 5,67 | 4,08 | 5,16 | 4,33 | 5,36 | 4,34 | 5,19 | 5,51 | 4,1  | 4,4  | 5,68              | 4,08 | 5,12 | 4,34 | 5,22 | 4,35 | 5,19 | 5,4  | 4,11 | 4,42 |  |
| 09:00            | 4,53 | 3,43 | 4,19 | 3,51 | 4,2  | 3,68 | 4,4  | 4,07 | 3,4  | 3,64 | 4,56              | 3,44 | 4,18 | 3,53 | 4,1  | 3,7  | 4,4  | 4,04 | 3,42 | 3,67 |  |
| 10:00            | 3,27 | 2,76 | 3,23 | 2,72 | 3,29 | 2,99 | 3,54 | 3,04 | 2,71 | 2,88 | 3,3               | 2,78 | 3,23 | 2,75 | 3,23 | 3,02 | 3,56 | 3,04 | 2,74 | 2,92 |  |
| 11:00            | 2,49 | 2,26 | 2,56 | 2,16 | 2,73 | 2,51 | 2,91 | 2,3  | 2,22 | 2,38 | 2,5               | 2,3  | 2,57 | 2,18 | 2,69 | 2,53 | 2,93 | 2,31 | 2,25 | 2,41 |  |
| 12:00            | 2,05 | 1,97 | 2,23 | 1,82 | 2,37 | 2,21 | 2,52 | 1,8  | 1,92 | 2,1  | 2,07              | 2    | 2,24 | 1,85 | 2,34 | 2,25 | 2,54 | 1,84 | 1,95 | 2,14 |  |
| 13:00            | 2,2  | 1,94 | 2,26 | 1,81 | 2,36 | 2,18 | 2,5  | 1,78 | 1,91 | 2,09 | 2,22              | 1,96 | 2,26 | 1,84 | 2,32 | 2,2  | 2,52 | 1,8  | 1,94 | 2,12 |  |
| 14:00            | 2,62 | 2,06 | 2,48 | 2,01 | 2,56 | 2,3  | 2,68 | 2,03 | 2,07 | 2,24 | 2,65              | 2,08 | 2,48 | 2,03 | 2,51 | 2,32 | 2,7  | 2,03 | 2,09 | 2,27 |  |
| 15:00            | 3,06 | 2,29 | 2,8  | 2,29 | 2,87 | 2,5  | 2,97 | 2,44 | 2,26 | 2,48 | 3,08              | 2,31 | 2,79 | 2,3  | 2,8  | 2,52 | 2,99 | 2,43 | 2,27 | 2,5  |  |
| 16:00            | 3,52 | 2,56 | 3,18 | 2,6  | 3,27 | 2,76 | 3,32 | 2,99 | 2,49 | 2,78 | 3,56              | 2,58 | 3,17 | 2,62 | 3,18 | 2,78 | 3,33 | 2,95 | 2,51 | 2,81 |  |
| 17:00            | 4,07 | 2,86 | 3,63 | 2,95 | 3,8  | 3,06 | 3,72 | 3,67 | 2,76 | 3,13 | 4,11              | 2,88 | 3,61 | 2,97 | 3,69 | 3,08 | 3,73 | 3,62 | 2,77 | 3,16 |  |
| 18:00            | 4,61 | 3,16 | 4,06 | 3,31 | 4,35 | 3,36 | 4,11 | 4,34 | 3,03 | 3,46 | 4,66              | 3,17 | 4,04 | 3,32 | 4,22 | 3,37 | 4,12 | 4,27 | 3,04 | 3,49 |  |
| 19:00            | 4,97 | 3,36 | 4,33 | 3,54 | 4,67 | 3,55 | 4,37 | 4,7  | 3,22 | 3,68 | 5,02              | 3,38 | 4,3  | 3,55 | 4,53 | 3,57 | 4,38 | 4,62 | 3,23 | 3,71 |  |
| 20:00            | 5,23 | 3,52 | 4,54 | 3,72 | 4,91 | 3,71 | 4,57 | 4,96 | 3,37 | 3,85 | 5,29              | 3,53 | 4,5  | 3,74 | 4,76 | 3,73 | 4,58 | 4,88 | 3,38 | 3,87 |  |
| 21:00            | 5,45 | 3,65 | 4,7  | 3,87 | 5,11 | 3,83 | 4,73 | 5,17 | 3,49 | 3,99 | 5,5               | 3,67 | 4,66 | 3,88 | 4,94 | 3,85 | 4,73 | 5,09 | 3,5  | 4,02 |  |
| 22:00            | 5,61 | 3,76 | 4,83 | 4,01 | 5,27 | 3,93 | 4,86 | 5,35 | 3,59 | 4,11 | 5,68              | 3,77 | 4,79 | 4,01 | 5,08 | 3,94 | 4,85 | 5,25 | 3,6  | 4,12 |  |

| φύτευση ταρατσών |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | φύτευση ταρατσών και ακαλύπτων |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                  | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0   | A1                             | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0   |  |
| 05:00            | 8,58 | 5,59 | 7,65 | 6,24 | 7,98 | 5,91 | 7,25 | 8,3  | 5,71 | 6,33 | 8,58                           | 5,6  | 7,61 | 6,25 | 7,93 | 5,92 | 7,23 | 8,3  | 5,71 | 6,31 |  |
| 06:00            | 7,84 | 5,26 | 6,99 | 5,81 | 7,42 | 5,55 | 6,73 | 7,65 | 5,4  | 5,84 | 7,84                           | 5,26 | 6,95 | 5,83 | 7,38 | 5,55 | 6,72 | 7,64 | 5,4  | 5,82 |  |
| 07:00            | 6,86 | 4,73 | 6,14 | 5,18 | 6,61 | 5    | 6,01 | 6,74 | 4,86 | 5,17 | 6,86                           | 4,74 | 6,13 | 5,2  | 6,57 | 5,02 | 6,01 | 6,74 | 4,87 | 5,16 |  |
| 08:00            | 5,67 | 4,08 | 5,16 | 4,33 | 5,36 | 4,34 | 5,19 | 5,51 | 4,14 | 4,41 | 5,67                           | 4,1  | 5,15 | 4,38 | 5,35 | 4,36 | 5,2  | 5,52 | 4,19 | 4,4  |  |
| 09:00            | 4,53 | 3,43 | 4,19 | 3,51 | 4,2  | 3,69 | 4,4  | 4,07 | 3,44 | 3,65 | 4,55                           | 3,5  | 4,21 | 3,62 | 4,2  | 3,75 | 4,42 | 4,09 | 3,55 | 3,66 |  |
| 10:00            | 3,26 | 2,76 | 3,23 | 2,72 | 3,29 | 2,99 | 3,54 | 3,04 | 2,73 | 2,89 | 3,31                           | 2,88 | 3,27 | 2,87 | 3,32 | 3,11 | 3,58 | 3,09 | 2,92 | 2,91 |  |
| 11:00            | 2,48 | 2,26 | 2,56 | 2,15 | 2,73 | 2,51 | 2,9  | 2,3  | 2,23 | 2,38 | 2,54                           | 2,43 | 2,64 | 2,35 | 2,77 | 2,64 | 2,96 | 2,36 | 2,45 | 2,43 |  |
| 12:00            | 2,04 | 1,97 | 2,24 | 1,81 | 2,37 | 2,22 | 2,51 | 1,8  | 1,95 | 2,1  | 2,1                            | 2,14 | 2,33 | 2,04 | 2,43 | 2,34 | 2,58 | 1,87 | 2,16 | 2,15 |  |
| 13:00            | 2,19 | 1,94 | 2,26 | 1,81 | 2,36 | 2,18 | 2,5  | 1,78 | 1,94 | 2,09 | 2,26                           | 2,08 | 2,34 | 2,02 | 2,42 | 2,28 | 2,56 | 1,84 | 2,12 | 2,13 |  |
| 14:00            | 2,62 | 2,06 | 2,48 | 2,01 | 2,56 | 2,3  | 2,69 | 2,04 | 2,09 | 2,25 | 2,68                           | 2,19 | 2,55 | 2,19 | 2,61 | 2,39 | 2,74 | 2,09 | 2,23 | 2,28 |  |
| 15:00            | 3,06 | 2,29 | 2,8  | 2,29 | 2,87 | 2,51 | 2,97 | 2,44 | 2,28 | 2,49 | 3,11                           | 2,4  | 2,85 | 2,43 | 2,9  | 2,59 | 3,02 | 2,49 | 2,39 | 2,51 |  |
| 16:00            | 3,53 | 2,56 | 3,18 | 2,6  | 3,27 | 2,77 | 3,32 | 2,99 | 2,51 | 2,79 | 3,56                           | 2,65 | 3,23 | 2,73 | 3,29 | 2,84 | 3,36 | 3,02 | 2,61 | 2,81 |  |
| 17:00            | 4,07 | 2,86 | 3,63 | 2,95 | 3,8  | 3,08 | 3,73 | 3,67 | 2,78 | 3,14 | 4,1                            | 2,94 | 3,67 | 3,06 | 3,82 | 3,14 | 3,76 | 3,7  | 2,86 | 3,16 |  |
| 18:00            | 4,61 | 3,16 | 4,06 | 3,31 | 4,35 | 3,37 | 4,12 | 4,34 | 3,05 | 3,47 | 4,65                           | 3,22 | 4,09 | 3,41 | 4,36 | 3,43 | 4,14 | 4,36 | 3,12 | 3,48 |  |
| 19:00            | 4,97 | 3,37 | 4,33 | 3,54 | 4,67 | 3,57 | 4,38 | 4,7  | 3,24 | 3,69 | 5                              | 3,43 | 4,37 | 3,64 | 4,68 | 3,62 | 4,4  | 4,71 | 3,31 | 3,7  |  |
| 20:00            | 5,23 | 3,53 | 4,54 | 3,72 | 4,91 | 3,72 | 4,58 | 4,96 | 3,4  | 3,86 | 5,27                           | 3,58 | 4,56 | 3,82 | 4,92 | 3,77 | 4,59 | 4,98 | 3,46 | 3,87 |  |
| 21:00            | 5,45 | 3,65 | 4,7  | 3,87 | 5,11 | 3,84 | 4,74 | 5,18 | 3,51 | 3,99 | 5,47                           | 3,71 | 4,73 | 3,97 | 5,11 | 3,89 | 4,75 | 5,19 | 3,58 | 4    |  |
| 22:00            | 5,61 | 3,76 | 4,83 | 4,01 | 5,27 | 3,94 | 4,87 | 5,35 | 3,62 | 4,11 | 5,64                           | 3,81 | 4,86 | 4,1  | 5,27 | 3,99 | 4,88 | 5,37 | 3,68 | 4,12 |  |

| φύτευση ακαλύπτων |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | εκτενής φύτευση |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|                   | A1   | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0   | A1              | A2   | A3   | A4   | A5   | A6   | A7   | A8   | A9   | A0   |  |
| 05:00             | 8,57 | 5,6  | 7,61 | 6,24 | 7,93 | 5,91 | 7,23 | 8,3  | 5,68 | 6,3  | 8,62            | 5,9  | 7,25 | 6,48 | 8,14 | 6,15 | 7,42 | 8,35 | 5,9  | 6,58 |  |
| 06:00             | 7,84 | 5,25 | 6,95 | 5,83 | 7,38 | 5,54 | 6,71 | 7,64 | 5,37 | 5,82 | 7,89            | 5,54 | 6,65 | 6,02 | 7,55 | 5,76 | 6,88 | 7,7  | 5,57 | 6,08 |  |
| 07:00             | 6,86 | 4,74 | 6,13 | 5,2  | 6,58 | 5    | 6    | 6,74 | 4,83 | 5,15 | 6,92            | 5,02 | 5,86 | 5,41 | 6,74 | 5,2  | 6,16 | 6,8  | 5,05 | 5,39 |  |
| 08:00             | 5,67 | 4,1  | 5,15 | 4,38 | 5,35 | 4,35 | 5,19 | 5,52 | 4,15 | 4,4  | 5,73            | 4,39 | 4,96 | 4,64 | 5,49 | 4,55 | 5,34 | 5,61 | 4,38 | 4,61 |  |
| 09:00             | 4,56 | 3,5  | 4,21 | 3,62 | 4,2  | 3,74 | 4,42 | 4,09 | 3,52 | 3,65 | 4,64            | 3,8  | 4,15 | 3,93 | 4,35 | 3,94 | 4,57 | 4,21 | 3,76 | 3,85 |  |
| 10:00             | 3,31 | 2,88 | 3,27 | 2,87 | 3,32 | 3,1  | 3,59 | 3,09 | 2,89 | 2,91 | 3,43            | 3,21 | 3,36 | 3,26 | 3,52 | 3,33 | 3,75 | 3,28 | 3,17 | 3,12 |  |
| 11:00             | 2,54 | 2,43 | 2,64 | 2,35 | 2,77 | 2,63 | 2,96 | 2,36 | 2,42 | 2,42 | 2,69            | 2,79 | 2,8  | 2,78 | 3    | 2,89 | 3,15 | 2,59 | 2,73 | 2,63 |  |
| 12:00             | 2,11 | 2,13 | 2,33 | 2,04 | 2,43 | 2,33 | 2,58 | 1,87 | 2,13 | 2,15 | 2,27            | 2,5  | 2,49 | 2,5  | 2,65 | 2,6  | 2,76 | 2,09 | 2,45 | 2,36 |  |
| 13:00             | 2,26 | 2,08 | 2,34 | 2,02 | 2,41 | 2,27 | 2,56 | 1,84 | 2,09 | 2,13 | 2,43            | 2,45 | 2,49 | 2,48 | 2,62 | 2,55 | 2,75 | 2,05 | 2,4  | 2,33 |  |
| 14:00             | 2,68 | 2,19 | 2,55 | 2,19 | 2,61 | 2,38 | 2,73 | 2,09 | 2,19 | 2,28 | 2,84            | 2,55 | 2,67 | 2,62 | 2,79 | 2,65 | 2,93 | 2,27 | 2,49 | 2,48 |  |
| 15:00             | 3,11 | 2,39 | 2,85 | 2,43 | 2,9  | 2,57 | 3,01 | 2,49 | 2,36 | 2,51 | 3,25            | 2,74 | 2,94 | 2,84 | 3,07 | 2,84 | 3,2  | 2,65 | 2,64 | 2,7  |  |
| 16:00             | 3,56 | 2,64 | 3,23 | 2,73 | 3,29 | 2,83 | 3,35 | 3,01 | 2,58 | 2,81 | 3,68            | 2,99 | 3,28 | 3,13 | 3,45 | 3,09 | 3,54 | 3,16 | 2,85 | 2,99 |  |
| 17:00             | 4,1  | 2,94 | 3,67 | 3,06 | 3,82 | 3,12 | 3,75 | 3,7  | 2,83 | 3,15 | 4,2             | 3,29 | 3,67 | 3,45 | 3,96 | 3,39 | 3,94 | 3,83 | 3,1  | 3,34 |  |
| 18:00             | 4,65 | 3,22 | 4,09 | 3,41 | 4,36 | 3,41 | 4,14 | 4,36 | 3,1  | 3,49 | 4,74            | 3,64 | 4,1  | 3,89 | 4,49 | 3,72 | 4,34 | 4,48 | 3,41 | 3,68 |  |
| 19:00             | 5    | 3,42 | 4,37 | 3,64 | 4,68 | 3,6  | 4,39 | 4,72 | 3,28 | 3,7  | 5,07            | 3,83 | 4,34 | 4,11 | 4,8  | 3,9  | 4,59 | 4,82 | 3,6  | 3,88 |  |
| 20:00             | 5,26 | 3,58 | 4,57 | 3,82 | 4,92 | 3,75 | 4,59 | 4,98 | 3,43 | 3,87 | 5,32            | 3,97 | 4,51 | 4,26 | 5,02 | 4,04 | 4,79 | 5,07 | 3,73 | 4,04 |  |
| 21:00             | 5,47 | 3,71 | 4,73 | 3,97 | 5,11 | 3,87 | 4,75 | 5,19 | 3,55 | 4    | 5,52            | 4,1  | 4,65 | 4,39 | 5,2  | 4,16 | 4,94 | 5,28 | 3,85 | 4,18 |  |
| 22:00             | 5,64 | 3,81 | 4,86 | 4,09 | 5,27 | 3,97 | 4,88 | 5,37 | 3,64 | 4,11 | 5,67            | 4,2  | 4,75 | 4,5  | 5,36 | 4,25 | 5,06 | 5,45 | 3,95 | 4,29 |  |

- $0,6 \leq CP < 2,7$ : πολύ θερμό
- $2,7 \leq CP < 5,2$ : θερμό
- $5,2 \leq CP < 6,5$ : ανεκτά θερμό
- $6,5 \leq CP < 8,1$ : άνετο
- $10,4 > CP \geq 8,1$ : ανεκτά ψυχρό

Παράρτημα vii. Τιμές του δείκτη THI βάσει αποτελεσμάτων του Envi-met για την 13/7/2011. Επεξεργασία: Ιδία

αρχική αποτύπωση

|       | A1    | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 05:00 | 20,6  | 20,74 | 20,61 | 20,59 | 20,51 | 20,75 | 20,71 | 20,49 | 20,69 | 20,72 |
| 06:00 | 21,21 | 21,19 | 21,2  | 21,14 | 21,04 | 21,2  | 21,2  | 21,08 | 21,1  | 21,27 |
| 07:00 | 21,99 | 21,84 | 21,95 | 21,89 | 21,77 | 21,85 | 21,87 | 21,86 | 21,77 | 21,98 |
| 08:00 | 22,91 | 22,61 | 22,81 | 22,77 | 22,83 | 22,58 | 22,61 | 22,85 | 22,59 | 22,76 |
| 09:00 | 23,76 | 23,35 | 23,63 | 23,59 | 23,78 | 23,29 | 23,32 | 23,98 | 23,36 | 23,51 |
| 10:00 | 24,67 | 24,08 | 24,41 | 24,35 | 24,48 | 24    | 24,06 | 24,74 | 24,1  | 24,24 |
| 11:00 | 25,21 | 24,59 | 24,92 | 24,89 | 24,9  | 24,49 | 24,58 | 25,27 | 24,61 | 24,7  |
| 12:00 | 25,5  | 24,88 | 25,16 | 25,19 | 25,16 | 24,76 | 24,89 | 25,61 | 24,91 | 24,95 |
| 13:00 | 25,37 | 24,9  | 25,12 | 25,17 | 25,15 | 24,77 | 24,89 | 25,6  | 24,89 | 24,94 |
| 14:00 | 25,07 | 24,75 | 24,93 | 24,94 | 24,98 | 24,64 | 24,72 | 25,4  | 24,71 | 24,78 |
| 15:00 | 24,75 | 24,51 | 24,65 | 24,65 | 24,75 | 24,42 | 24,47 | 25,1  | 24,49 | 24,53 |
| 16:00 | 24,41 | 24,21 | 24,32 | 24,31 | 24,43 | 24,14 | 24,18 | 24,69 | 24,22 | 24,23 |
| 17:00 | 24,02 | 23,87 | 23,94 | 23,93 | 24,03 | 23,82 | 23,84 | 24,19 | 23,91 | 23,87 |
| 18:00 | 23,63 | 23,55 | 23,57 | 23,55 | 23,61 | 23,5  | 23,51 | 23,69 | 23,59 | 23,53 |
| 19:00 | 23,37 | 23,33 | 23,33 | 23,31 | 23,36 | 23,29 | 23,28 | 23,42 | 23,37 | 23,31 |
| 20:00 | 23,18 | 23,16 | 23,14 | 23,13 | 23,17 | 23,12 | 23,11 | 23,22 | 23,19 | 23,13 |
| 21:00 | 23,03 | 23,01 | 22,99 | 22,98 | 23,01 | 22,99 | 22,97 | 23,06 | 23,05 | 22,99 |
| 22:00 | 22,9  | 22,9  | 22,87 | 22,85 | 22,89 | 22,87 | 22,85 | 22,93 | 22,93 | 22,87 |

φύτευση προσόψεων

|       | A1    | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 05:00 | 20,6  | 20,73 | 20,58 | 20,59 | 20,5  | 20,74 | 20,69 | 20,49 | 20,69 | 20,7  |
| 06:00 | 21,21 | 21,18 | 21,19 | 21,13 | 21,03 | 21,2  | 21,2  | 21,07 | 21,09 | 21,26 |
| 07:00 | 21,99 | 21,84 | 21,95 | 21,88 | 21,76 | 21,84 | 21,87 | 21,86 | 21,76 | 21,99 |
| 08:00 | 22,91 | 22,61 | 22,81 | 22,77 | 22,83 | 22,57 | 22,62 | 22,85 | 22,58 | 22,76 |
| 09:00 | 23,76 | 23,34 | 23,61 | 23,58 | 23,77 | 23,28 | 23,32 | 23,94 | 23,34 | 23,51 |
| 10:00 | 24,67 | 24,06 | 24,39 | 24,33 | 24,46 | 23,98 | 24,04 | 24,69 | 24,07 | 24,22 |
| 11:00 | 25,22 | 24,56 | 24,9  | 24,86 | 24,87 | 24,46 | 24,56 | 25,23 | 24,58 | 24,69 |
| 12:00 | 25,5  | 24,86 | 25,14 | 25,16 | 25,13 | 24,73 | 24,87 | 25,56 | 24,87 | 24,93 |
| 13:00 | 25,37 | 24,88 | 25,1  | 25,14 | 25,12 | 24,75 | 24,87 | 25,57 | 24,86 | 24,93 |
| 14:00 | 25,06 | 24,74 | 24,91 | 24,92 | 24,96 | 24,62 | 24,7  | 25,38 | 24,69 | 24,76 |
| 15:00 | 24,75 | 24,49 | 24,64 | 24,63 | 24,73 | 24,4  | 24,46 | 25,08 | 24,47 | 24,52 |
| 16:00 | 24,4  | 24,19 | 24,31 | 24,3  | 24,42 | 24,12 | 24,16 | 24,68 | 24,21 | 24,21 |
| 17:00 | 24,01 | 23,86 | 23,93 | 23,91 | 24,01 | 23,8  | 23,82 | 24,17 | 23,9  | 23,85 |
| 18:00 | 23,62 | 23,54 | 23,55 | 23,54 | 23,58 | 23,49 | 23,48 | 23,67 | 23,59 | 23,51 |
| 19:00 | 23,37 | 23,32 | 23,31 | 23,3  | 23,33 | 23,28 | 23,26 | 23,4  | 23,36 | 23,28 |
| 20:00 | 23,17 | 23,15 | 23,12 | 23,11 | 23,14 | 23,11 | 23,09 | 23,2  | 23,18 | 23,11 |
| 21:00 | 23,02 | 23    | 22,97 | 22,97 | 22,99 | 22,97 | 22,95 | 23,05 | 23,04 | 22,96 |
| 22:00 | 22,89 | 22,89 | 22,84 | 22,84 | 22,87 | 22,86 | 22,83 | 22,92 | 22,92 | 22,85 |

φύτευση ταρατσών

|       | A1    | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 05:00 | 20,6  | 20,73 | 20,6  | 20,59 | 20,51 | 20,73 | 20,7  | 20,49 | 20,68 | 20,72 |
| 06:00 | 21,21 | 21,18 | 21,2  | 21,14 | 21,04 | 21,19 | 21,2  | 21,08 | 21,08 | 21,26 |
| 07:00 | 21,99 | 21,84 | 21,95 | 21,88 | 21,77 | 21,83 | 21,87 | 21,86 | 21,75 | 21,98 |
| 08:00 | 22,91 | 22,61 | 22,81 | 22,77 | 22,82 | 22,57 | 22,62 | 22,85 | 22,57 | 22,76 |
| 09:00 | 23,76 | 23,35 | 23,63 | 23,59 | 23,78 | 23,28 | 23,32 | 23,98 | 23,34 | 23,51 |
| 10:00 | 24,68 | 24,08 | 24,41 | 24,35 | 24,48 | 24    | 24,06 | 24,74 | 24,09 | 24,24 |
| 11:00 | 25,22 | 24,59 | 24,92 | 24,89 | 24,9  | 24,49 | 24,58 | 25,27 | 24,61 | 24,71 |
| 12:00 | 25,51 | 24,88 | 25,16 | 25,19 | 25,16 | 24,75 | 24,89 | 25,61 | 24,89 | 24,95 |
| 13:00 | 25,38 | 24,9  | 25,12 | 25,17 | 25,15 | 24,78 | 24,89 | 25,6  | 24,88 | 24,95 |
| 14:00 | 25,07 | 24,75 | 24,93 | 24,94 | 24,98 | 24,63 | 24,72 | 25,4  | 24,7  | 24,78 |
| 15:00 | 24,75 | 24,51 | 24,65 | 24,65 | 24,75 | 24,41 | 24,48 | 25,1  | 24,47 | 24,53 |
| 16:00 | 24,41 | 24,21 | 24,32 | 24,31 | 24,43 | 24,13 | 24,18 | 24,69 | 24,2  | 24,22 |
| 17:00 | 24,02 | 23,87 | 23,94 | 23,93 | 24,03 | 23,8  | 23,83 | 24,19 | 23,9  | 23,87 |
| 18:00 | 23,63 | 23,55 | 23,57 | 23,55 | 23,6  | 23,49 | 23,5  | 23,69 | 23,58 | 23,53 |
| 19:00 | 23,38 | 23,32 | 23,32 | 23,31 | 23,36 | 23,28 | 23,28 | 23,42 | 23,35 | 23,3  |
| 20:00 | 23,18 | 23,15 | 23,14 | 23,13 | 23,17 | 23,11 | 23,11 | 23,22 | 23,17 | 23,12 |
| 21:00 | 23,03 | 23,01 | 22,99 | 22,98 | 23,01 | 22,97 | 22,97 | 23,06 | 23,03 | 22,98 |
| 22:00 | 22,9  | 22,89 | 22,87 | 22,85 | 22,89 | 22,86 | 22,85 | 22,93 | 22,91 | 22,86 |

φύτευση ταρατσών και ακαλύπτων

|       | A1    | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 05:00 | 20,6  | 20,73 | 20,6  | 20,58 | 20,51 | 20,72 | 20,71 | 20,49 | 20,66 | 20,72 |
| 06:00 | 21,21 | 21,2  | 21,2  | 21,14 | 21,03 | 21,2  | 21,2  | 21,08 | 21,08 | 21,26 |
| 07:00 | 21,99 | 21,85 | 21,95 | 21,89 | 21,76 | 21,84 | 21,87 | 21,85 | 21,76 | 21,98 |
| 08:00 | 22,91 | 22,62 | 22,8  | 22,78 | 22,82 | 22,58 | 22,61 | 22,84 | 22,59 | 22,76 |
| 09:00 | 23,75 | 23,34 | 23,61 | 23,58 | 23,76 | 23,28 | 23,31 | 23,96 | 23,33 | 23,49 |
| 10:00 | 24,65 | 24,04 | 24,38 | 24,33 | 24,45 | 23,97 | 24,04 | 24,7  | 24,04 | 24,21 |
| 11:00 | 25,19 | 24,52 | 24,88 | 24,84 | 24,86 | 24,42 | 24,55 | 25,22 | 24,52 | 24,67 |
| 12:00 | 25,47 | 24,79 | 25,11 | 25,11 | 25,11 | 24,68 | 24,85 | 25,55 | 24,78 | 24,91 |
| 13:00 | 25,34 | 24,82 | 25,07 | 25,07 | 25,1  | 24,71 | 24,84 | 25,55 | 24,77 | 24,9  |
| 14:00 | 25,03 | 24,68 | 24,88 | 24,84 | 24,94 | 24,57 | 24,68 | 25,37 | 24,59 | 24,74 |
| 15:00 | 24,72 | 24,43 | 24,62 | 24,56 | 24,71 | 24,36 | 24,44 | 25,06 | 24,38 | 24,5  |
| 16:00 | 24,39 | 24,14 | 24,29 | 24,23 | 24,41 | 24,08 | 24,15 | 24,67 | 24,12 | 24,2  |
| 17:00 | 24    | 23,81 | 23,91 | 23,84 | 24    | 23,76 | 23,81 | 24,16 | 23,82 | 23,85 |
| 18:00 | 23,6  | 23,49 | 23,54 | 23,47 | 23,59 | 23,44 | 23,48 | 23,67 | 23,51 | 23,51 |
| 19:00 | 23,36 | 23,27 | 23,3  | 23,23 | 23,34 | 23,23 | 23,26 | 23,41 | 23,28 | 23,28 |
| 20:00 | 23,16 | 23,1  | 23,11 | 23,05 | 23,15 | 23,06 | 23,09 | 23,2  | 23,11 | 23,11 |
| 21:00 | 23,01 | 22,96 | 22,96 | 22,9  | 23    | 22,93 | 22,95 | 23,05 | 22,97 | 22,97 |
| 22:00 | 22,88 | 22,85 | 22,84 | 22,77 | 22,88 | 22,82 | 22,84 | 22,91 | 22,85 | 22,85 |

φύτευση ακαλύπτων

|       | A1    | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 05:00 | 20,6  | 20,73 | 20,6  | 20,59 | 20,51 | 20,75 | 20,7  | 20,49 | 20,68 | 20,72 |
| 06:00 | 21,21 | 21,2  | 21,2  | 21,14 | 21,04 | 21,2  | 21,21 | 21,08 | 21,1  | 21,27 |
| 07:00 | 21,99 | 21,85 | 21,95 | 21,89 | 21,77 | 21,85 | 21,87 | 21,85 | 21,78 | 21,98 |
| 08:00 | 22,9  | 22,62 | 22,8  | 22,78 | 22,82 | 22,58 | 22,61 | 22,84 | 22,61 | 22,76 |
| 09:00 | 23,75 | 23,34 | 23,61 | 23,57 | 23,76 | 23,28 | 23,31 | 23,96 | 23,34 | 23,5  |
| 10:00 | 24,65 | 24,04 | 24,38 | 24,33 | 24,45 | 23,97 | 24,03 | 24,7  | 24,05 | 24,21 |
| 11:00 | 25,18 | 24,52 | 24,88 | 24,83 | 24,86 | 24,42 | 24,55 | 25,22 | 24,53 | 24,67 |
| 12:00 | 25,47 | 24,8  | 25,11 | 25,11 | 25,11 | 24,68 | 24,84 | 25,55 | 24,79 | 24,91 |
| 13:00 | 25,33 | 24,82 | 25,07 | 25,07 | 25,1  | 24,72 | 24,84 | 25,55 | 24,78 | 24,91 |
| 14:00 | 25,03 | 24,68 | 24,88 | 24,84 | 24,94 | 24,58 | 24,68 | 25,37 | 24,61 | 24,75 |
| 15:00 | 24,72 | 24,44 | 24,62 | 24,55 | 24,71 | 24,37 | 24,44 | 25,07 | 24,4  | 24,51 |
| 16:00 | 24,39 | 24,15 | 24,29 | 24,23 | 24,41 | 24,09 | 24,15 | 24,67 | 24,15 | 24,2  |
| 17:00 | 24    | 23,81 | 23,91 | 23,84 | 24    | 23,77 | 23,81 | 24,16 | 23,84 | 23,85 |
| 18:00 | 23,6  | 23,49 | 23,54 | 23,47 | 23,58 | 23,46 | 23,48 | 23,67 | 23,53 | 23,51 |
| 19:00 | 23,36 | 23,27 | 23,3  | 23,23 | 23,34 | 23,25 | 23,26 | 23,41 | 23,31 | 23,28 |
| 20:00 | 23,16 | 23,1  | 23,11 | 23,05 | 23,15 | 23,08 | 23,09 | 23,2  | 23,13 | 23,11 |
| 21:00 | 23,01 | 22,96 | 22,96 | 22,9  | 23    | 22,95 | 22,95 | 23,05 | 22,99 | 22,97 |
| 22:00 | 22,88 | 22,85 | 22,84 | 22,78 | 22,87 | 22,83 | 22,84 | 22,91 | 22,88 | 22,86 |

εκτενής φύτευση

|       | A1    | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 05:00 | 20,59 | 20,64 | 20,5  | 20,44 | 20,51 | 20,66 | 20,68 | 20,48 | 20,62 | 20,69 |
| 06:00 | 21,19 | 21,16 | 21,11 | 21,03 | 21,03 | 21,17 | 21,2  | 21,07 | 21,09 | 21,23 |
| 07:00 | 21,96 | 21,81 | 21,85 | 21,76 | 21,74 | 21,81 | 21,85 | 21,83 | 21,74 | 21,94 |
| 08:00 | 22,87 | 22,57 | 22,71 | 22,6  | 22,78 | 22,55 | 22,59 | 22,79 | 22,55 | 22,71 |
| 09:00 | 23,7  | 23,25 | 23,46 | 23,36 | 23,69 | 23,22 | 23,27 | 23,88 | 23,26 | 23,44 |
| 10:00 | 24,57 | 23,91 | 24,18 | 24,06 | 24,34 | 23,87 | 23,97 | 24,57 | 23,92 | 24,13 |
| 11:00 | 25,09 | 24,34 | 24,68 | 24,55 | 24,72 | 24,3  | 24,46 | 25,07 | 24,37 | 24,56 |
| 12:00 | 25,36 | 24,62 | 24,9  | 24,81 | 24,97 | 24,55 | 24,76 | 25,41 | 24,61 | 24,79 |
| 13:00 | 25,23 | 24,64 | 24,87 | 24,78 | 24,98 | 24,57 | 24,74 | 25,42 | 24,6  | 24,79 |
| 14:00 | 24,9  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

## Παράρτημα viii. Τιμές του δείκτη Humidex βάσει αποτελεσμάτων του Envi-met για την 13/7/2011. Επεξεργασία: Ιδία

| αρχική αποτύπωση |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | φύτευση προσόψεων |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|                  | A1    | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    | A1                | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |  |
| 05:00            | 28,43 | 28,59 | 28,43 | 28,45 | 28,3  | 28,6  | 28,54 | 28,28 | 28,53 | 28,56 | 28,43             | 28,58 | 28,4  | 28,45 | 28,29 | 28,59 | 28,53 | 28,28 | 28,53 | 28,54 |  |
| 06:00            | 29,15 | 29,1  | 29,12 | 29,09 | 28,9  | 29,12 | 29,11 | 28,96 | 28,98 | 29,2  | 29,16             | 29,09 | 29,12 | 29,08 | 28,9  | 29,13 | 29,12 | 28,96 | 28,97 | 29,21 |  |
| 07:00            | 30,13 | 29,9  | 30,07 | 30,03 | 29,8  | 29,91 | 29,94 | 29,93 | 29,8  | 30,1  | 30,15             | 29,9  | 30,07 | 30,03 | 29,8  | 29,91 | 29,96 | 29,94 | 29,79 | 30,12 |  |
| 08:00            | 31,38 | 30,92 | 31,21 | 31,21 | 31,24 | 30,87 | 30,91 | 31,27 | 30,88 | 31,14 | 31,39             | 30,91 | 31,23 | 31,21 | 31,25 | 30,87 | 30,93 | 31,27 | 30,87 | 31,15 |  |
| 09:00            | 32,64 | 31,99 | 32,41 | 32,41 | 32,65 | 31,89 | 31,93 | 32,98 | 31,99 | 32,22 | 32,65             | 31,97 | 32,4  | 32,39 | 32,64 | 31,88 | 31,94 | 32,92 | 31,96 | 32,24 |  |
| 10:00            | 34,09 | 33,1  | 33,63 | 33,6  | 33,75 | 32,98 | 33,05 | 34,18 | 33,14 | 33,35 | 34,08             | 33,07 | 33,61 | 33,56 | 33,72 | 32,94 | 33,04 | 34,11 | 33,09 | 33,34 |  |
| 11:00            | 34,97 | 33,91 | 34,45 | 34,44 | 34,41 | 33,73 | 33,87 | 35,05 | 33,93 | 34,09 | 34,97             | 33,85 | 34,44 | 34,4  | 34,38 | 33,69 | 33,86 | 34,98 | 33,88 | 34,07 |  |
| 12:00            | 35,44 | 34,36 | 34,83 | 34,92 | 34,82 | 34,15 | 34,36 | 35,61 | 34,4  | 34,48 | 35,43             | 34,32 | 34,81 | 34,88 | 34,78 | 34,1  | 34,34 | 35,53 | 34,34 | 34,44 |  |
| 13:00            | 35,18 | 34,36 | 34,73 | 34,86 | 34,77 | 34,15 | 34,33 | 35,57 | 34,34 | 34,43 | 35,18             | 34,32 | 34,71 | 34,81 | 34,74 | 34,12 | 34,3  | 35,52 | 34,29 | 34,41 |  |
| 14:00            | 34,62 | 34,08 | 34,37 | 34,43 | 34,46 | 33,88 | 34,01 | 35,19 | 34    | 34,11 | 34,61             | 34,05 | 34,35 | 34,39 | 34,43 | 33,86 | 33,99 | 35,15 | 33,96 | 34,1  |  |
| 15:00            | 34,04 | 33,63 | 33,87 | 33,9  | 34,03 | 33,47 | 33,56 | 34,63 | 33,59 | 33,66 | 34,04             | 33,6  | 33,86 | 33,87 | 34,01 | 33,45 | 33,54 | 34,6  | 33,57 | 33,65 |  |
| 16:00            | 33,43 | 33,08 | 33,28 | 33,29 | 33,47 | 32,97 | 33,03 | 33,91 | 33,1  | 33,12 | 33,43             | 33,07 | 33,27 | 33,27 | 33,45 | 32,95 | 33,01 | 33,9  | 33,09 | 33,09 |  |
| 17:00            | 32,75 | 32,5  | 32,61 | 32,61 | 32,75 | 32,41 | 32,43 | 33,02 | 32,56 | 32,49 | 32,74             | 32,48 | 32,59 | 32,59 | 32,74 | 32,38 | 32,41 | 33    | 32,54 | 32,46 |  |
| 18:00            | 32,07 | 31,94 | 31,97 | 31,97 | 32,03 | 31,85 | 31,86 | 32,16 | 32,01 | 31,9  | 32,06             | 31,92 | 31,94 | 31,96 | 32    | 31,85 | 31,83 | 32,14 | 31,99 | 31,87 |  |
| 19:00            | 31,63 | 31,55 | 31,55 | 31,54 | 31,59 | 31,48 | 31,47 | 31,7  | 31,62 | 31,51 | 31,62             | 31,53 | 31,52 | 31,54 | 31,56 | 31,47 | 31,43 | 31,67 | 31,61 | 31,48 |  |
| 20:00            | 31,29 | 31,25 | 31,22 | 31,22 | 31,26 | 31,19 | 31,17 | 31,35 | 31,3  | 31,19 | 31,28             | 31,24 | 31,19 | 31,2  | 31,23 | 31,17 | 31,14 | 31,33 | 31,29 | 31,17 |  |
| 21:00            | 31,02 | 30,99 | 30,96 | 30,96 | 30,99 | 30,96 | 30,93 | 31,08 | 31,06 | 30,95 | 31,01             | 30,98 | 30,93 | 30,95 | 30,97 | 30,94 | 30,89 | 31,05 | 31,05 | 30,92 |  |
| 22:00            | 30,8  | 30,8  | 30,74 | 30,75 | 30,78 | 30,76 | 30,72 | 30,84 | 30,85 | 30,74 | 30,79             | 30,78 | 30,72 | 30,74 | 30,75 | 30,74 | 30,69 | 30,83 | 30,84 | 30,72 |  |

| φύτευση ταρασών |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | φύτευση ταρασών και ακαλύπτων |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|                 | A1    | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    | A1                            | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |  |
| 05:00           | 28,43 | 28,58 | 28,41 | 28,45 | 28,3  | 28,58 | 28,53 | 28,28 | 28,53 | 28,56 | 28,43                         | 28,61 | 28,42 | 28,53 | 28,3  | 28,61 | 28,55 | 28,28 | 28,55 | 28,56 |  |
| 06:00           | 29,15 | 29,09 | 29,12 | 29,09 | 28,91 | 29,12 | 29,11 | 28,96 | 28,97 | 29,19 | 29,16                         | 29,2  | 29,14 | 29,22 | 28,89 | 29,19 | 29,12 | 28,96 | 29,08 | 29,21 |  |
| 07:00           | 30,13 | 29,9  | 30,07 | 30,02 | 29,8  | 29,9  | 29,94 | 29,93 | 29,79 | 30,1  | 30,15                         | 30    | 30,09 | 30,17 | 29,79 | 29,97 | 29,96 | 29,93 | 29,96 | 30,1  |  |
| 08:00           | 31,38 | 30,92 | 31,21 | 31,21 | 31,23 | 30,87 | 30,92 | 31,27 | 30,87 | 31,13 | 31,39                         | 31,06 | 31,22 | 31,39 | 31,23 | 30,96 | 30,92 | 31,26 | 31,12 | 31,14 |  |
| 09:00           | 32,64 | 31,98 | 32,41 | 32,41 | 32,65 | 31,89 | 31,93 | 32,98 | 31,98 | 32,23 | 32,64                         | 32,13 | 32,41 | 32,59 | 32,63 | 32,02 | 31,93 | 32,94 | 32,25 | 32,21 |  |
| 10:00           | 34,1  | 33,11 | 33,63 | 33,6  | 33,75 | 32,99 | 33,06 | 34,18 | 33,13 | 33,35 | 34,07                         | 33,21 | 33,63 | 33,79 | 33,71 | 33,08 | 33,05 | 34,11 | 33,33 | 33,33 |  |
| 11:00           | 34,97 | 33,91 | 34,45 | 34,45 | 34,41 | 33,74 | 33,88 | 35,05 | 33,95 | 34,09 | 34,94                         | 33,95 | 34,42 | 34,6  | 34,35 | 33,75 | 33,86 | 34,96 | 34,05 | 34,04 |  |
| 12:00           | 35,45 | 34,36 | 34,83 | 34,94 | 34,82 | 34,15 | 34,37 | 35,61 | 34,38 | 34,47 | 35,39                         | 34,34 | 34,78 | 34,98 | 34,74 | 34,1  | 34,32 | 35,51 | 34,38 | 34,41 |  |
| 13:00           | 35,19 | 34,36 | 34,73 | 34,86 | 34,78 | 34,16 | 34,33 | 35,57 | 34,32 | 34,43 | 35,13                         | 34,33 | 34,67 | 34,84 | 34,69 | 34,09 | 34,27 | 35,48 | 34,26 | 34,37 |  |
| 14:00           | 34,62 | 34,08 | 34,37 | 34,43 | 34,46 | 33,88 | 34,01 | 35,18 | 33,98 | 34,11 | 34,56                         | 34,03 | 34,31 | 34,37 | 34,39 | 33,82 | 33,96 | 35,13 | 33,87 | 34,06 |  |
| 15:00           | 34,04 | 33,63 | 33,87 | 33,9  | 34,03 | 33,47 | 33,57 | 34,63 | 33,57 | 33,66 | 34                            | 33,56 | 33,83 | 33,82 | 33,98 | 33,42 | 33,51 | 34,57 | 33,48 | 33,62 |  |
| 16:00           | 33,44 | 33,08 | 33,28 | 33,29 | 33,47 | 32,96 | 33,03 | 33,91 | 33,08 | 33,11 | 33,4                          | 33,02 | 33,24 | 33,23 | 33,43 | 32,92 | 32,98 | 33,87 | 33,01 | 33,08 |  |
| 17:00           | 32,75 | 32,5  | 32,61 | 32,61 | 32,75 | 32,39 | 32,42 | 33,02 | 32,54 | 32,48 | 32,72                         | 32,43 | 32,57 | 32,53 | 32,72 | 32,34 | 32,39 | 32,98 | 32,45 | 32,45 |  |
| 18:00           | 32,07 | 31,93 | 31,97 | 31,97 | 32,02 | 31,85 | 31,85 | 32,17 | 31,99 | 31,89 | 32,03                         | 31,87 | 31,93 | 31,87 | 31,99 | 31,78 | 31,82 | 32,14 | 31,9  | 31,87 |  |
| 19:00           | 31,63 | 31,54 | 31,54 | 31,54 | 31,59 | 31,47 | 31,47 | 31,7  | 31,59 | 31,51 | 31,61                         | 31,48 | 31,51 | 31,45 | 31,57 | 31,41 | 31,44 | 31,68 | 31,5  | 31,47 |  |
| 20:00           | 31,29 | 31,24 | 31,22 | 31,22 | 31,27 | 31,17 | 31,16 | 31,35 | 31,27 | 31,19 | 31,26                         | 31,18 | 31,19 | 31,14 | 31,24 | 31,12 | 31,14 | 31,32 | 31,2  | 31,16 |  |
| 21:00           | 31,02 | 30,99 | 30,96 | 30,96 | 30,99 | 30,94 | 30,92 | 31,06 | 31,03 | 30,95 | 31,01                         | 30,94 | 30,92 | 30,88 | 30,97 | 30,88 | 30,9  | 31,06 | 30,96 | 30,92 |  |
| 22:00           | 30,8  | 30,79 | 30,74 | 30,75 | 30,78 | 30,74 | 30,72 | 30,84 | 30,82 | 30,74 | 30,78                         | 30,74 | 30,71 | 30,66 | 30,76 | 30,69 | 30,7  | 30,82 | 30,75 | 30,72 |  |

| φύτευση ακαλύπτων |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | εκτενής φύτευση |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|                   | A1    | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    | A1              | A2    | A3    | A4    | A5    | A6    | A7    | A8    | A9    | A0    |  |
| 05:00             | 28,44 | 28,61 | 28,43 | 28,54 | 28,3  | 28,63 | 28,54 | 28,28 | 28,56 | 28,57 | 28,43           | 28,82 | 28,49 | 28,71 | 28,3  | 28,73 | 28,56 | 28,27 | 28,75 | 28,57 |  |
| 06:00             | 29,16 | 29,19 | 29,14 | 29,22 | 28,91 | 29,18 | 29,13 | 28,96 | 29,08 | 29,21 | 29,15           | 29,53 | 29,23 | 29,52 | 28,89 | 29,38 | 29,17 | 28,95 | 29,38 | 29,22 |  |
| 07:00             | 30,15 | 30    | 30,08 | 30,17 | 29,8  | 29,98 | 29,96 | 29,93 | 29,96 | 30,11 | 30,12           | 30,32 | 30,14 | 30,41 | 29,76 | 30,16 | 29,97 | 29,89 | 30,21 | 30,11 |  |
| 08:00             | 31,38 | 31,06 | 31,22 | 31,39 | 31,23 | 30,96 | 30,92 | 31,26 | 31,12 | 31,14 | 31,35           | 31,29 | 31,27 | 31,49 | 31,17 | 31,12 | 30,94 | 31,19 | 31,33 | 31,12 |  |
| 09:00             | 32,63 | 32,13 | 32,41 | 32,58 | 32,62 | 32,01 | 31,93 | 32,94 | 32,23 | 32,22 | 32,57           | 32,28 | 32,36 | 32,58 | 32,53 | 32,12 | 31,91 | 32,82 | 32,4  | 32,18 |  |
| 10:00             | 34,06 | 33,21 | 33,62 | 33,77 | 33,7  | 33,07 | 33,04 | 34,11 | 33,31 | 33,32 | 33,95           | 33,28 | 33,46 | 33,62 | 33,53 | 33,1  | 32,96 | 33,9  | 33,35 | 33,23 |  |
| 11:00             | 34,93 | 33,96 | 34,42 | 34,57 | 34,35 | 33,74 | 33,85 | 34,96 | 34,03 | 34,05 | 34,78           | 33,89 | 34,26 | 34,41 | 34,13 | 33,72 | 33,73 | 34,71 | 34    | 33,9  |  |
| 12:00             | 35,38 | 34,34 | 34,77 | 34,98 | 34,74 | 34,09 | 34,31 | 35,51 | 34,36 | 34,42 | 35,22           | 34,28 | 34,55 | 34,78 | 34,51 | 34,05 | 34,19 | 35,27 | 34,29 | 34,25 |  |
| 13:00             | 35,12 | 34,33 | 34,67 | 34,84 | 34,7  | 34,09 | 34,27 | 35,48 | 34,25 | 34,37 | 34,95           | 34,24 | 34,45 | 34,65 | 34,49 | 34,01 | 34,13 | 35,25 | 34,18 | 34,21 |  |
| 14:00             | 34,56 | 34,03 | 34,3  | 34,37 | 34,39 | 33,82 | 33,96 | 35,13 | 33,89 | 34,06 | 34,39           | 33,97 | 34,11 | 34,26 | 34,22 | 33,76 | 33,82 | 34,92 | 33,86 | 33,91 |  |
| 15:00             | 34    | 33,57 | 33,83 | 33,81 | 33,98 | 33,42 | 33,51 | 34,58 | 33,5  | 33,62 | 33,86           | 33,53 | 33,64 | 33,75 | 33,83 | 33,36 | 33,41 | 34,41 | 33,46 | 33,48 |  |
| 16:00             | 33,4  | 33,03 | 33,24 | 33,23 | 33,42 | 32,93 | 32,99 | 33,88 | 33,03 | 33,07 | 33,28           | 32,96 | 33,06 | 33,13 | 33,3  | 32,83 | 32,89 | 33,73 | 32,97 | 32,96 |  |
| 17:00             | 32,72 | 32,42 | 32,57 | 32,53 | 32,72 | 32,36 | 32,39 | 32,98 | 32,48 | 32,46 | 32,61           | 32,23 | 32,35 | 32,26 | 32,61 | 32,17 | 32,28 | 32,87 | 32,29 | 32,33 |  |
| 18:00             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |                 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |

