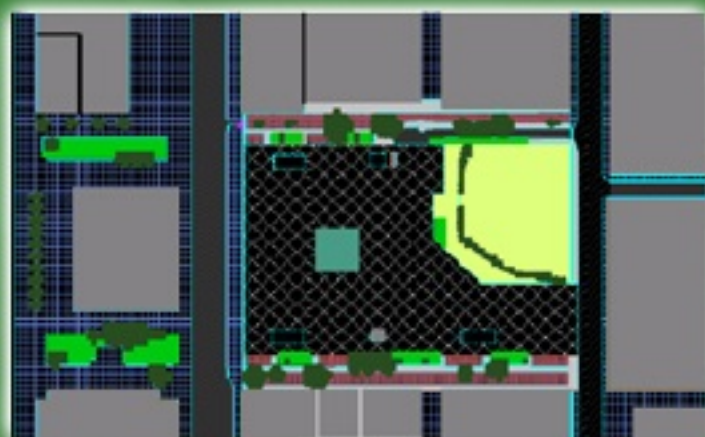




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ-ΟΙ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ  
ΤΩΝ ΠΛΑΤΕΙΩΝ ΚΟΤΖΙΑ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ**



ΕΚΠΟΝΗΣΗ: ΠΑΤΟΥΝΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ, ΣΙΜΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ. ΣΤΑΜΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΕΕΔΠ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012





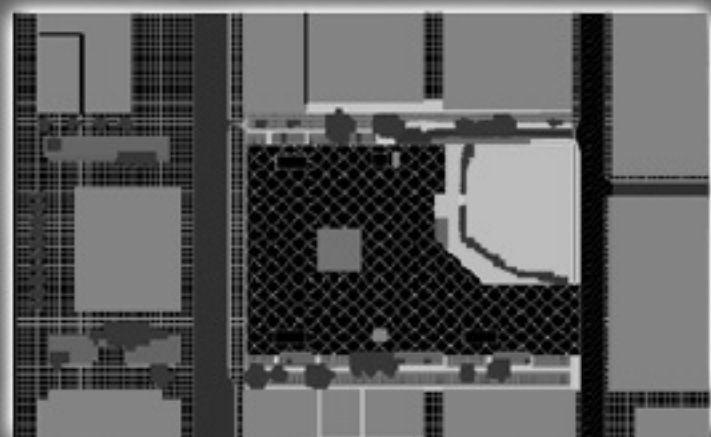




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ-ΟΙ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ  
ΤΩΝ ΠΛΑΤΕΙΩΝ ΚΟΤΖΙΑ ΚΑΙ ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ**



ΕΚΠΟΝΗΣΗ: ΠΑΤΟΥΝΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ, ΣΙΜΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ. ΣΤΑΜΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ, ΕΕΔΠ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012









*Στην κοινή μας πορεία και σε όσους μας ενέπνευσαν όλα  
αυτά τα χρόνια με τον τρόπο τους*



## Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μας εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Ιωάννη Τζουβαδάκη για την καθοδήγηση και τις συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκειά της. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλουμε να εκφράσουμε στον κ. Αθανάσιο Στάμο για την εφαρμογή που ανέπτυξε αποκλειστικά για τη διπλωματική μας, βοηθώντας καταλυτικά στην διεκπεραίωση της. Ευχαριστούμε τον κ. Αντώνιο Σταθόπουλο, διευθυντή του PC-LAB της σχολής μας, για την δυνατότητα που μας έδωσε να έχουμε απομακρυσμένη πρόσβαση σε ισχυρούς ηλεκτρονικούς υπολογιστές και ιδιαίτερος τον Δρ. Δημήτριο Σαργιώτη, διαχειριστή του PC-LAB, για την προθυμία του και την επιστημονική του υποστήριξη. Ακόμα θερμές ευχαριστίες οφείλουμε στον επικεφαλής του τμήματος μελετών της Διεύθυνσης Κοινοχρήστων Χώρων του Δήμου Αθηναίων κ. Γεώργιο Νεοφύτου για την παραχώρηση των τοπογραφικών σχεδίων της πλατείας Κοτζιά και της πλατείας Δικαιοσύνης. Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε το προσωπικό του Εργαστηρίου Μεταλλικών Κατασκευών, όπως επίσης τους κ. Άρη Παγουρτζή και κ. Παναγιώτη Τσαραμπάρη, λέκτορες της σχολής ΗΜΜΥ, αλλά και τον κ. Νικόλαο Θεοδώρου, καθηγητή της σχολής ΗΜΜΥ, για τον εξοπλισμό που μας παρείχαν. Επίσης ευχαριστούμε τον συμφοιτητή μας Πούλα Πλάτωνα για την επιμέλεια του εξωφύλλου. Ευχαριστίες οφείλουμε στους καθηγητές μας για τις γνώσεις και την έμπνευση που μας παρείχαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε τους φίλους μας, τους οποίους ευχαριστούμε από καρδιάς για όλες τις δύσκολες και τις ευχάριστες στιγμές που μοιραστήκαμε.

Τέλος ευχαριστούμε τις οικογένειές μας και ιδιαίτερος τους γονείς μας, για την αγάπη, τη συμπαράσταση και τις θυσίες τους όλα αυτά χρόνια.



## ΣΥΝΟΨΗ

Η ανάγκη βελτίωσης των συνθηκών διαβίωσης στις μεγαλουπόλεις οδήγησε σε μια στροφή του σύγχρονου ανθρώπου στις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η τάση αυτή δεν θα μπορούσε να μην αφορά τους υπαίθριους αστικούς χώρους και ιδιαίτερα τις πλατείες, οι οποίες αποτελούν χώρους διέλευσης χιλιάδων ανθρώπων σε καθημερινή βάση. Η ανάπλαση των χώρων αυτών συντελείται με διάφορες μεθόδους, όπως μέσω της τοποθέτησης κατάλληλων υλικών, της φύτευσης βλάστησης κτλ. Τα τελευταία χρόνια πολύτιμη βοήθεια για την κατά το δυνατό βέλτιστη αναμόρφωση των ανοιχτών υπαίθριων χώρων, παρέχουν ηλεκτρονικά προγράμματα υπολογιστικής ρευστομηχανικής τα οποία έχουν τη δυνατότητα να προσομοιώνουν το μικροκλίμα μιας περιοχής, προσφέροντας σημαντικά στοιχεία για την μελέτη.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η αξιολόγηση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας ενός τέτοιου διαδεδομένου προγράμματος, του Envi-met, μέσω της σύγκρισης των αποτελεσμάτων του με πραγματικές μετρήσεις. Για τον λόγο αυτόν πραγματοποιήθηκε μελέτη σε δύο πλατείες του κέντρου των Αθηνών, στην πλατεία Κοτζιά και στην πλατεία Δικαιοσύνης, η οποία περιλαμβάνει τόσο προσομοιώσεις μέσω του προγράμματος όσο και επί τόπου μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας για συγκεκριμένες μέρες και ώρες. Σημειώνεται πως για την κατά το δυνατόν καλύτερη σύγκριση, έγινε μια προσπάθεια απεικόνισης των αποτελεσμάτων των μετρήσεων με τη μορφή ισοθερμικών καμπυλών. Επίσης, με τη χρήση του Envi-met αξιολογήθηκε μια πρόταση ανάπλασης που αφορά την πλατεία Δικαιοσύνης.



## **ABSTRACT**

During the last years, bioclimatic design emerges as a promising solution for the ever-growing demand to improve living conditions in the cities. This trend dominated the urban areas design principles and particularly the squares, which form places of transit of thousands of people on a daily basis. The regeneration of these areas can be realized using various methods, including the placement of appropriate materials, the planting vegetation etc. In recent years computational fluid dynamics programs have been utilized, providing an asset for the best possible reform of open outdoor spaces. Such programs offer the possibility to simulate microclimate of an area, offering important data for the study.

The purpose of this thesis is to evaluate the reliability and accuracy of Envi-met, a widespread program of this kind, by comparing its results with actual measurements. For this reason a study was conducted in two squares of central Athens, namely Kotzia square and Dikeosynis square under two main axes. Real measurements of temperature and relative humidity for specific days and hours took place and were complemented by simulations using Envi-met. It should be noted that the measurement results have been visualised in the form of isotherms with special program. Finally, a proposal concerning the regeneration of Dikeosynis square was evaluated using Envi-met.





## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε με διττό σκοπό. Αφ' ενός έγινε αξιολόγηση της αξιοπιστίας του Envi-met, ενός λογισμικού υπολογιστικής ρευστομηχανικής το οποίο τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται κατά κόρον σε κλιματολογικές μελέτες και μελέτες ανάπλασης, δια μέσου της σύγκρισης των αποτελεσμάτων συγκεκριμένων προσομοιώσεων με επί τόπου μετρήσεις. Αφ' ετέρου πραγματοποιήθηκαν ορισμένες μελέτες μέσω του προγράμματος αυτού που αφορούν το μικροκλίμα ανοιχτών υπαίθριων χώρων και συγκεκριμένα πλατειών.

Η όλη προσπάθεια ξεκίνησε το Δεκέμβριο του 2011 και ολοκληρώθηκε τον Σεπτέμβριο του 2012. Στο χρονικό διάστημα αυτό κατ' αρχάς πραγματοποιήθηκε μια προσπάθεια εκμάθησης του λογισμικού μετά από μελέτη του εγχειριδίου του αλλά και παλαιότερων διπλωματικών εργασιών στις οποίες χρησιμοποιήθηκε. Επίσης συλλέχθηκαν στοιχεία για το μαθηματικό υπόβαθρο του προγράμματος, αλλά και θεωρητικά στοιχεία για τους παράγοντες που επηρεάζουν τον βιοκλιματικό σχεδιασμό ανοιχτών χώρων.

Έπειτα έγινε επιλογή των ανοιχτών υπαίθριων χώρων που θα αποτελούσαν το αντικείμενο μελέτης, οι οποίοι τελικά ήταν δύο πλατείες του κέντρου της Αθήνας, η πλατεία Δημαρχείου ή Κοτζιά και η πλατεία Δικαιοσύνης. Μετά από συνεννόηση με τον Δήμο Αθηναίων έγινε δυνατή η πρόσβαση σε τοπογραφικά σχέδια των δύο πλατειών με τη βοήθεια των οποίων καταστρώθηκε η μέθοδος υλοποίησης των μετρήσεων. Πρόκειται για μετρήσεις θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας με τη χρήση ειδικών οργάνων, θερμοϋγρομέτρων και μιας θερμοκάμερας, τα οποία παραχωρήθηκαν από το εργαστήριο Μεταλλικών Κατασκευών της σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ. Με κατάλληλη επεξεργασία στο πρόγραμμα Thancad και στο AutoCAD, τα αποτελέσματα οπτικοποιήθηκαν με τη μορφή ισοθερμικών καμπυλών και καμπυλών ίσης σχετικής υγρασίας αντίστοιχα.

Παράλληλα κατασκευάστηκαν μοντέλα των δύο πλατειών στο Envi-met και επιλύθηκαν για τις αντίστοιχες ημέρες και ώρες στις οποίες είχαν πραγματοποιηθεί οι μετρήσεις. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων οπτικοποιήθηκαν επίσης, μέσω του υποπρογράμματος Leonardo το οποίο συμπεριλαμβάνεται στο Envi-met.

Έχοντας έτσι οπτικοποιημένα αποτελέσματα προσομοιώσεων και πραγματικών μετρήσεων, έγινε δυνατή η σύγκριση μεταξύ τους. Από την σύγκριση αυτή αφ' ενός πιστοποιήθηκε η αξιοπιστία του συγκεκριμένου προγράμματος ιδιαίτερα για τα αποτελέσματα των μεσημβρινών και απογευματινών ωρών και αφ' ετέρου διαπιστώθηκε η μη καταλληλότητα του θερμοϋγρομέτρου με το οποίο έγιναν οι μετρήσεις, όσον αφορά την καταγραφή της θερμοκρασίας. Για τον λόγο αυτόν

έγινε μια αναζήτηση ενός παρεμφερούς οργάνου με καλύτερη απόδοση. Τελικά το όργανο αυτό παραχωρήθηκε από τη σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΕΜΠ και οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών κρίθηκαν σχετικά ικανοποιητικά.

Στη συνέχεια αξιολογήθηκε με τη βοήθεια του Envi-met μια πρόταση ανάπλασης του Δήμου Αθηναίων που αφορά την πλατεία Δικαιοσύνης. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκε νέο μοντέλο της πλατείας το οποίο λαμβάνει υπόψιν τις παρεμβάσεις που προτείνονται αναφορικά με τη βλάστηση και τα υλικά επιφανειών μέσα στον χώρο της πλατείας. Το μοντέλο αυτό επιλύθηκε για τις ίδιες ακριβώς συνθήκες με το αρχικό μοντέλο του ίδιου χώρου και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων, από την οποία διαπιστώθηκε αξιοσημείωτη βελτίωση των κλιματικών συνθηκών του εσωτερικού της πλατείας.

Τέλος έγινε μια έρευνα για τη συμβολή της ανακλαστικότητας των προσόψεων των κτιρίων που βρίσκονται πέριξ ενός ανοιχτού χώρου στο μικροκλίμα αυτού. Η έρευνα αυτή υλοποιήθηκε και πάλι μέσω του Envi-met με αντικείμενο μελέτης την πλατεία Δικαιοσύνης. Πιο αναλυτικά, επιλύθηκε το υφιστάμενο μοντέλο της πλατείας για τις ίδιες ακριβώς συνθήκες που αφορούσαν τις αρχικές προσομοιώσεις με μόνη αλλαγή τον δείκτη ανακλαστικότητας των κτιρίων του μοντέλου. Αυτό έγινε για διαφορετικές τιμές του συγκεκριμένου δείκτη και μετά από σύγκριση των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε **πως γενικά η αύξηση του δείκτη ανακλαστικότητας των γύρω κτιρίων μιας πλατείας προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση της σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό της** κατά έναν μικρό αλλά αξιοσημείωτο για τις σχετικές μελέτες ανάπλασης βαθμό.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ .....</b>	<b>31</b>
1.1 Οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και ανασχεδιασμού στους αστικούς χώρους.....	31
1.2 Θερμική νησίδα .....	33
1.3 Ήχος στους αστικούς χώρους.....	34
1.4 Θερμική άνεση και δείκτες αυτής .....	34
1.5 Άνεμος.....	36
1.6 Δείκτης ανακλαστικότητας .....	38
1.7 Σκίαση .....	39
1.8 Φυτά .....	39
1.9 Νερό .....	42
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ</b>	
<b>ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ENVI-MET .....</b>	<b>45</b>
2.1 Το Envi-met και η χρήση του.....	45
2.2 Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται στο Envi-met 3.1 .....	47
2.2.1 Κύρια ροή του ανέμου .....	47
2.2.2 Θερμοκρασία και υγρασία .....	49
2.2.3 Ατμοσφαιρική τύρβη.....	50
2.2.4 Ροές Ακτινοβολίας .....	52
2.2.5 Το μοντέλο εδάφους.....	55
2.2.6 Το μοντέλο βλάστησης .....	56
2.2.7 Επιφάνεια εδάφους και επιφάνειες κτιρίων .....	60
2.2.8 Αριθμητικά στοιχεία – Μεθοδολογία.....	64
2.2.9 Μειονεκτήματα παρούσας έκδοσης .....	66
2.3 Καινοτομίες του Envi-met v4.0 .....	67

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΔΥΟ ΠΛΑΤΕΙΕΣ.....</b>	<b>73</b>
<b>3.1 Γεωγραφική θέση.....</b>	<b>73</b>
<b>3.2 Ιστορικά στοιχεία.....</b>	<b>73</b>
3.2.1 Πλατεία Κοτζιά.....	73
3.2.2 Πλατεία Δικαιοσύνης.....	78
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΌΡΓΑΝΑ: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ &amp; ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ</b>	
<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....</b>	<b>83</b>
<b>4.1 Όργανα μέτρησης.....</b>	<b>83</b>
<b>4.2 Διαδικασία μετρήσεων .....</b>	<b>85</b>
4.2.1 Καταγραφή θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας.....	85
4.2.2 Επεξεργασία μετρήσεων και εξαγωγή συμπερασμάτων .....	89
4.2.3 Κατασκευή των ισοθερμικών καμπυλών και των καμπυλών σχετικής υγρασίας .....	92
<b>4.3 Θερμοκάμερα.....</b>	<b>95</b>
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΛΑΤΕΙΩΝ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ENVI-MET</b>	
<b>.....</b>	<b>101</b>
<b>5.1 Διαδικασία δημιουργίας της εικόνας-υποβάθρου .....</b>	<b>101</b>
<b>5.2 Δημιουργία του αρχείου εισαγωγής δεδομένων (input file) .....</b>	<b>102</b>
<b>5.3 Ρύθμιση των configuration files των μοντέλων.....</b>	<b>109</b>
 <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ-ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ</b>	
<b>ENVI-MET ΚΑΙ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ .....</b>	<b>111</b>
<b>6.1 Πλατεία Κοτζιά 25-05-2012.....</b>	<b>112</b>
6.1.1 Θερμοκρασία .....	112
6.1.2 Σχετική Υγρασία.....	116
<b>6.2 Πλατεία Δικαιοσύνης 01-06-2012 .....</b>	<b>120</b>
6.2.1 Θερμοκρασία .....	120

6.2.2 Σχετική Υγρασία .....	124
<b>6.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων Envi-met και μετρήσεων .....</b>	<b>129</b>
<b>6.4 Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα από την σύγκριση .....</b>	<b>130</b>
<b>6.5 Πραγματοποίηση μετρήσεων με νέο όργανο.....</b>	<b>132</b>
<b>6.6 Πλατεία Δικαιοσύνης: Σύγκριση συνθηκών υφιστάμενης κατάστασης και προβλεπόμενης ανάπλασης .....</b>	<b>138</b>
6.6.1 Θερμοκρασία.....	139
6.6.2 Σχετική Υγρασία .....	140
<b>6.7 Επιρροή της ανακλαστικότητας των προσόψεων των περιμετρικών κτιρίων στο μικροκλίμα των πλατειών.....</b>	<b>144</b>
6.7.1 Πλατεία Κοτζιά .....	146
6.7.2 Πλατεία Δικαιοσύνης.....	148
<b>6.8 Συμπεράσματα .....</b>	<b>151</b>
<b>6.9 Προτάσεις.....</b>	<b>154</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>156</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ THANCAD.....</b>	<b>158</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΘΕΡΜΟΎΓΤΡΟΜΕΤΡΩΝ.....</b>	<b>160</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΛΑΤΕΙΑ ΚΟΤΖΙΑ ΣΤΙΣ 29/09/2012 ΜΕ ΤΟ «FLUKE 971» .....</b>	<b>164</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΠΛΑΤΕΙΕΣ ΜΕ ΟΡΓΑΝΑ TINYTAG .....</b>	<b>169</b>



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα 1.1: Αμβούργο, Neuer Wall. Εφαρμογή του προγράμματος BID για την αναβάθμιση κεντρικού εμπορικού δρόμου.....</i>	<i>32</i>
<i>Εικόνα 1.2: Απεικόνιση του φαινομένου της θερμικής νησίδας.....</i>	<i>33</i>
<i>Εικόνα 1.3: Κλίμακα θερμικής άνεσης με βάση την ανθρώπινη αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος.....</i>	<i>34</i>
<i>Εικόνα 1.4: Κατακόρυφη κατανομή της ταχύτητας του ανέμου για τρεις διαφορετικές περιοχές: η τραχύτητα (α) της επιφάνειας είναι μεγαλύτερη σε πυκνοδομημένη πόλη με ψηλά κτίρια.....</i>	<i>37</i>
<i>Εικόνα 1.5: α) Ροή αέρα γύρω από ένα ψηλό και ένα χαμηλό κτίριο και β) παράδειγμα μέτρου προστασίας κατά της κατακόρυφης ροής του αέρα (οριζόντιος πρόβολος στη βάση ψηλού κτιρίου).....</i>	<i>37</i>
<i>Εικόνα 1.6: Ειδική περίπτωση του φαινομένου του καναλιού – Το φαινόμενο Venturi.....</i>	<i>38</i>
<i>Εικόνα 1.7: Δημιουργία υπήνεμων περιοχών: (α) επιμήκης δασική συστάδα δένδρων δημιουργεί μικρή προστατευόμενη περιοχή (β) μια μικρή συστάδα δένδρων προστατεύει μια μεγαλύτερη περιοχή (γ, δ) μια συστάδα με ανομοιόμορφη κόμη είναι λιγότερο αποτελεσματική από τη συστάδα δένδρων με ομοιόμορφη κόμη.....</i>	<i>40</i>
<i>Εικόνα 1.8: Φυλλοβόλα είδη είναι κατάλληλα για σκιασμό το καλοκαίρι και ηλιασμό το χειμώνα....</i>	<i>41</i>
<i>Εικόνα 1.9: Απορρόφηση του ήχου από τη βλάστηση.....</i>	<i>41</i>
<i>Εικόνα 1.10: Συμβολή ρηχών νερών στο μικροκλίμα ανοιχτών χώρων: συντριβάνι της κεντρικής πλατείας Κυπαρισσίας.....</i>	<i>43</i>
<i>Εικόνα 2.1: Μοντελοποίηση τυπικής πόλης της κεντρικής Ευρώπης στο πρόγραμμα Envi-met 3.1....</i>	<i>46</i>
<i>Εικόνα 2.2: Διαφορά της θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ των δύο σεναρίων 2m πάνω απ το έδαφος.....</i>	<i>46</i>
<i>Εικόνα 2.3: Ποδοσφαιρικό στάδιο στο Μάινζ όπως έχει μοντελοποιηθεί στο Envi-met 4.0.....</i>	<i>67</i>
<i>Εικόνα 2.4: Περιβάλλον εργασίας του νέου editor.....</i>	<i>68</i>
<i>Εικόνα 2.5:Επιλογή υλικού για τον τοίχο ή την οροφή.....</i>	<i>68</i>
<i>Εικόνα 2.6: Τοποθέτηση του υλικού με απλό κλικ πάνω στο στοιχείο.....</i>	<i>69</i>
<i>Εικόνα 2.7: Περιβάλλον του editor βλάστησης.....</i>	<i>69</i>

<i>Εικόνα 2.8: 3D vegetation</i> .....	70
<i>Εικόνα 2.9: Τοποθέτηση της βλάστησης σε τρισδιάστατο περιβάλλον</i> .....	70
<i>Εικόνα 2.10: Προσομοίωση εδάφους στο πλαίσιο του «Hamburg HafenCity Project»</i> .....	71
<i>Εικόνα 3.1: Η θέση των δύο πλατειών στο κέντρο της Αθήνας (αριστερά η πλατεία Κοτζιά και δεξιά η πλατεία Δικαιοσύνης)</i> .....	73
<i>Εικόνα 3.2: Άποψη της δεντροφυτεμένης τότε πλατείας</i> .....	74
<i>Εικόνα 3.3: Διαφορετική άποψη της τότε πλατείας (λήψη από την οδό Αθηνάς)</i> .....	75
<i>Εικόνα 3.4: Σημερινή μορφή της πλατείας Κοτζιά</i> .....	77
<i>Εικόνα 3.5: Προοπτική αεροφωτογραφία του συγκροτήματος το 1931. Το κτίριο είναι ακόμη ισόγειο.</i> .....	78
<i>Εικόνα 3.6: Προοπτική αεροφωτογραφία του συγκροτήματος το 1932. Το κτίριο είναι πλέον διώροφο.</i> .....	79
<i>Εικόνα 3.7: Σημερινή μορφή της πλατείας Δικαιοσύνης</i> .....	80
<i>Εικόνα 4.1: Θερμοϋγρόμετρο «Tinytag Ultra 2»</i> .....	83
<i>Εικόνα 4.2: Θερμοκάμερα «Flir b50»</i> .....	84
<i>Εικόνα 4.3: Τοπογραφικό σχέδιο πλατείας Κοτζιά</i> .....	85
<i>Εικόνα 4.4: Τοπογραφικό σχέδιο πλατείας Δικαιοσύνης</i> .....	86
<i>Εικόνα 4.5: Κάνναβος πλατείας Κοτζιά</i> .....	86
<i>Εικόνα 4.6: Κάνναβος πλατείας Δικαιοσύνης</i> .....	87
<i>Εικόνα 4.7: Σημειωματάρια με θερμοϋγρόμετρο στο πίσω μέρρος που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις</i> .....	87
<i>Εικόνα 4.8: Πορεία μετρήσεων με το θερμοϋγρόμετρο στην Πλατεία Κοτζιά</i> .....	88
<i>Εικόνα 4.9: Πορεία μετρήσεων με το θερμοϋγρόμετρο στην Πλατεία Δικαιοσύνης</i> .....	89
<i>Εικόνα 4.10: Διάγραμμα θερμοκρασίας-σχετικής υγρασίας όπως απεικονίζεται στο data logger</i> .....	90
<i>Εικόνα 4.11: Πίνακας δεδομένων του data logger</i> .....	90
<i>Εικόνα 4.12: Επεξεργασμένα δεδομένα μετρήσεων σε αρχείο Excel</i> .....	91



<i>Εικόνα 4.13: Περιβάλλον προγράμματος ThanCad - Επιλογή «Εισαγωγή μετρήσεων θερμοϋγρομέτρου»</i> .....	92
<i>Εικόνα 4.14: Σημεία των μετρήσεων μετά την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα</i> .....	93
<i>Εικόνα 4.15: Παράθυρο Layers</i> .....	93
<i>Εικόνα 4.16: Ισοθερμικές καμπύλες στο πρόγραμμα ThanCad</i> .....	95
<i>Εικόνα 4.17: α) Αεραγωγός μετρό - πλατεία Δικαιοσύνης β) Αεραγωγός - πλατεία Κοτζιά</i> .....	96
<i>Εικόνα 4.18: α) Συντριβάνι στην πλατεία Κοτζιά β) Φύτευση στην πλατεία Κοτζιά</i> .....	96
<i>Εικόνα 4.19:α) Κτίριο με μεγάλη γυάλινη επιφάνεια β) Συμβατικό κτίριο</i> .....	97
<i>Εικόνα 4.20:Αποτύπωση πεζόδρομου</i> .....	97
<i>Εικόνα 4.21:Αποτύπωση του δρόμου μπροστά από το Δημαρχείο Αθηνών στις α) 7.00 β) 14.30 γ) 19.00 δ) 21.30</i> .....	98
<i>Εικόνα 5.1: Εικόνα-υπόβαθρο της πλατείας Κοτζιά</i> .....	101
<i>Εικόνα 5.2: Εικόνα-υπόβαθρο της πλατείας Δικαιοσύνης</i> .....	102
<i>Εικόνα 5.3: Μοντέλο κτιρίων και φυτών της Πλατείας Κοτζιά</i> .....	104
<i>Εικόνα 5.4: Κάνναβος υλικών της πλατείας Κοτζιά</i> .....	105
<i>Εικόνα 5.5: Μοντέλο κτιρίων και φυτών της Πλατείας Δικαιοσύνης</i> .....	106
<i>Εικόνα 5.6: Κάνναβος υλικών της πλατείας Δικαιοσύνης</i> .....	106
<i>Εικόνα 5.7: Τοπογραφικό σχέδιο προτεινόμενης ανάπλασης της πλατείας Δικαιοσύνης</i> .....	107
<i>Εικόνα 5.8: Εικόνα-υπόβαθρο της ανάπλασης της πλατείας Δικαιοσύνης</i> .....	107
<i>Εικόνα 5.9: Μοντέλο κτιρίων και φυτών της ανάπλασης της Πλατείας Δικαιοσύνης</i> .....	108
<i>Εικόνα 5.10: Κάνναβος υλικών της ανάπλασης της πλατείας Δικαιοσύνης</i> .....	109
<i>Εικόνα 6.1: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 7.00πμ σύμφωνα με το Envi-met</i> .....	112
<i>Εικόνα 6.2: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 07.00πμ με βάση τις επί τόπου μετρήσεις</i> .....	112
<i>Εικόνα 6.3: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 14.00 σύμφωνα με το Envi-met</i> .....	113

<i>Εικόνα 6.4: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	113
<i>Εικόνα 6.5: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 19.00 σύμφωνα με το Envi-met .....</i>	114
<i>Εικόνα 6.6: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	114
<i>Εικόνα 6.7: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 22.00 σύμφωνα με το Envi-met .....</i>	115
<i>Εικόνα 6.8: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 21.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	115
<i>Εικόνα 6.9: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 07.00 σύμφωνα με το Envi-met .....</i>	116
<i>Εικόνα 6.10: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 07.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	116
<i>Εικόνα 6.11: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 14.00 σύμφωνα με το Envi-met .....</i>	117
<i>Εικόνα 6.12: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	117
<i>Εικόνα 6.13: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 19.00 σύμφωνα με το Envi-met .....</i>	118
<i>Εικόνα 6.14: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	118
<i>Εικόνα 6.15: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 22.00 σύμφωνα με το Envi-met .....</i>	119
<i>Εικόνα 6.16: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 21.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	119
<i>Εικόνα 6.17: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 7.00πμ σύμφωνα με το Envi-met .....</i>	120
<i>Εικόνα 6.18: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 7.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	120

<i>Εικόνα 6.19: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 14.00 σύμφωνα με το Envi-met.....</i>	<i>121</i>
<i>Εικόνα 6.20: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις.....</i>	<i>121</i>
<i>Εικόνα 6.21:Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 19.00 σύμφωνα με το Envi-met.....</i>	<i>122</i>
<i>Εικόνα 6.22: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις.....</i>	<i>122</i>
<i>Εικόνα 6.23: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 22.00 σύμφωνα με το Envi-met.....</i>	<i>123</i>
<i>Εικόνα 6.24: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 21.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις.....</i>	<i>123</i>
<i>Εικόνα 6.25: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 07.00 σύμφωνα με το Envi-met .....</i>	<i>124</i>
<i>Εικόνα 6.26: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 07.00πμ με βάση τις επί τόπου μετρήσεις.....</i>	<i>124</i>
<i>Εικόνα 6.27: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 14.00 σύμφωνα με το Envi-met .....</i>	<i>125</i>
<i>Εικόνα 6.28: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	<i>125</i>
<i>Εικόνα 6.29: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 19.00 σύμφωνα με το Envi-met .....</i>	<i>126</i>
<i>Εικόνα 6.30: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	<i>126</i>
<i>Εικόνα 6.31: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 22.00 σύμφωνα με το Envi-met .....</i>	<i>127</i>
<i>Εικόνα 6.32: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 21.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	<i>127</i>
<i>Εικόνα 6.33: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας στον χώρο της πλατείας Κοτζιά στις 25/05/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met και τις επί τόπου μετρήσεις.....</i>	<i>128</i>

<i>Εικόνα 6.34: Πίνακας τιμών σχετικής υγρασίας στον χώρο της πλατείας Κοτζιά στις 25/05/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met και τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	128
<i>Εικόνα 6.35: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας στον χώρο της πλατείας Δικαιοσύνης την 01/06/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met και τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	129
<i>Εικόνα 6.36: Πίνακας τιμών σχετικής υγρασίας στον χώρο της πλατείας Δικαιοσύνης την 01/06/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met και τις επί τόπου μετρήσεις.....</i>	129
<i>Εικόνα 6.37: Fluke 971 .....</i>	132
<i>Εικόνα 6.38: Νέος κάρναβος της πλατείας Κοτζιά .....</i>	133
<i>Εικόνα 6.39: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 07.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	134
<i>Εικόνα 6.40: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	135
<i>Εικόνα 6.41: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	135
<i>Εικόνα 6.42: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 21.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	136
<i>Εικόνα 6.43: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 07.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	136
<i>Εικόνα 6.44: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	137
<i>Εικόνα 6.45: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	137
<i>Εικόνα 6.46: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 21.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις .....</i>	138
<i>Εικόνα 6.47: Αποτελέσματα θερμοκρασίας στις 7.00 για την: α)υφιστάμενη κατάσταση β)ανάπλαση .....</i>	139
<i>Εικόνα 6.48: Αποτελέσματα θερμοκρασίας στις 14.00 για την: α)υφιστάμενη κατάσταση β)ανάπλαση .....</i>	139

<i>Εικόνα 6.49: Αποτελέσματα θερμοκρασίας στις 19.00 για την: α)υφιστάμενη κατάσταση β)ανάπλαση</i>	140
<i>Εικόνα 6.50: Αποτελέσματα θερμοκρασίας στις 22.00 για την: α)υφιστάμενη κατάσταση β)ανάπλαση</i>	140
<i>Εικόνα 6.51: Αποτελέσματα σχετικής υγρασίας στις 7.00 για την: α)υφιστάμενη κατάσταση β)ανάπλαση</i>	140
<i>Εικόνα 6.52: Αποτελέσματα σχετικής υγρασίας στις 14.00 για την: α)υφιστάμενη κατάσταση β)ανάπλαση</i>	141
<i>Εικόνα 6.53: Αποτελέσματα σχετικής υγρασίας στις 19.00 για την: α)υφιστάμενη κατάσταση β)ανάπλαση</i>	141
<i>Εικόνα 6.54: Αποτελέσματα σχετικής υγρασίας στις 22.00 για την: α)υφιστάμενη κατάσταση β)ανάπλαση</i>	141
<i>Εικόνα 6.55: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στον χώρο της πλατείας Δικαιοσύνης την 01/06/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met</i>	142
<i>Εικόνα 6.56: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στον χώρο της νέας μορφής της πλατείας Δικαιοσύνης σύμφωνα με την ανάπλαση την 01/06/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met</i>	142
<i>Εικόνα 6.57: Διάγραμμα μέσης τιμής της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της πλατείας Δικαιοσύνης πριν και μετά την ανάπλαση</i>	143
<i>Εικόνα 6.58: Διάγραμμα μέσης τιμής της σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό της πλατείας Δικαιοσύνης πριν και μετά την ανάπλαση</i>	143
<i>Εικόνα 6.59: Προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν για τη μελέτη της ανακλαστικότητας(περίπου 100 ώρες λειτουργίας υπολογιστή)</i>	145
<i>Εικόνα 6.60:Πεδίο «Building» του configuration file</i>	146
<i>Εικόνα 6.61:Αποτελέσματα θερμοκρασίας στην πλατεία Κοτζιά για διαφορετικούς δείκτες ανακλαστικότητας</i>	147
<i>Εικόνα 6.62: Αποτελέσματα σχετικής υγρασίας στην πλατεία Κοτζιά για διαφορετικούς δείκτες ανακλαστικότητας</i>	147
<i>Εικόνα 6.63: Αποτελέσματα θερμοκρασίας στην πλατεία Δικαιοσύνης για διαφορετικούς δείκτες ανακλαστικότητας</i>	148

<i>Εικόνα 6.64: Αποτελέσματα σχετικής υγρασίας στην πλατεία Δικαιοσύνης για διαφορετικούς δείκτες ανακλαστικότητας.....</i>	<i>149</i>
<i>Εικόνα 6.65: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό της πλατείας Κοτζιά ανάλογα με τον δείκτη ανακλαστικότητας της επιφάνειας των γύρω κτιρίων .....</i>	<i>149</i>
<i>Εικόνα 6.66: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό της πλατείας Δικαιοσύνης ανάλογα με τον δείκτη ανακλαστικότητας της επιφάνειας των γύρω κτιρίων.....</i>	<i>150</i>







## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Αστικών Χώρων

Οι αστικοί δημόσιοι χώροι είναι οι δρόμοι, οι πλατείες, τα πάρκα που με τη μορφή τους, τις αναλογίες τους και σε συνδυασμό με τα κτίρια που τα περιβάλλουν, συνθέτουν την εικόνα της πόλης και φυσικά όλοι έχουν δυνατότητα προσπέλασης σε αυτούς. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, που αποσκοπεί στην προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, αφορά τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων με σκοπό το σχεδιασμό χώρων που να εξασφαλίζουν συνθήκες άνεσης. Οι διάφοροι αστικοί χώροι στους οποίους κινούνται οι άνθρωποι μπορούν μέσω κατάλληλων ενεργειών να δημιουργήσουν ένα μικροκλίμα που θα ανταποκρίνεται στις σύγχρονες ανάγκες. Η ύπαρξη ανοιχτών χώρων από μόνη της ως έννοια συνεπάγεται την κίνηση αέριων μαζών που σχετίζεται άμεσα με την ευρύτερη ανανέωση του αέρα της περιοχής. Επομένως, η δημιουργία αστικών χώρων ή η ανάπλασή τους υπό συγκεκριμένες κατευθύνσεις, όπως είναι η φύτευση ή ύπαρξη υδάτινων στοιχείων, μπορεί να προσφέρει μια συγκεκριμένη ποιότητα ζωής σε αυτούς που τους χρησιμοποιούν. Άλλοι παράγοντες, όπως τα υλικά που χρησιμοποιούνται τόσο στη διαμόρφωση των χώρων αλλά και στα γειτονικά κτίρια μέσω της ανακλαστικότητας, μπορεί να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμοκρασία που αντιλαμβάνονται οι διερχόμενοι. Με την δημιουργία κατάλληλων σκιάστρων επίσης, μπορεί να προκληθούν ιδιαίτερες μεταβολές στο μικροκλίμα του χώρου που εξετάζεται. Πέρα όμως από την βελτίωση των κατά τόπου συνθηκών, η ύπαρξη τέτοιων χώρων μέσα στις πόλεις μπορεί να δημιουργήσει ένα ιδιαίτερο οικοσύστημα ως μια γενικότερη επέμβαση στη διαμόρφωση της πόλης.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζονται δύο πλατείες τους κέντρου της Αθήνας, η πλατεία Κοτζιά και η πλατεία Δικαιοσύνης, ως προς το μικροκλίμα τους. Συνοπτικά στην ευρύτερη περιοχή της Ομόνοιας υπάρχουν αρκετοί χώροι οι οποίοι ωστόσο παρουσιάζουν ελλείψεις ως προς την λογική που πριν λίγο αναπτύχθηκε. Αυτό αφορά όχι μόνο τη λογική της βιοκλιματικής σχεδίασης των αστικών χώρων αλλά και την ίδια την ποιότητα που προσφέρουν αυτοί οι χώροι ως προς την εξυπηρέτηση των κοινωνικών αναγκών. [2]

### 1.1 Οι αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και ανασχεδιασμού στους αστικούς χώρους

Σχετικά με τον αστικό χώρο, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός πρέπει να ακολουθεί κάποιες συγκεκριμένες αρχές. Αρχικά, πρέπει να διατηρείται ο χαρακτήρας του χώρου έτσι ώστε οποιαδήποτε παρέμβαση να μην αλλοιώνει την υπάρχουσα ταυτότητα που έχει διαμορφωθεί μέσα στα ` αυτές οφείλουν να είναι περιβαλλοντικά φιλικές προς την υπόλοιπη πόλη αλλά και να δημιουργούν νέες συνδέσεις με την γειτονιά. Ως γενικότερη αντιμετώπιση ο βιοκλιματικός

σχεδιασμός και όχι ως επεμβατική πολιτική πρέπει να φέρει μια ιεραρχία στους δρόμους και ένα απλό σύστημα μετακινήσεων που θα συμπεριλαμβάνει φυσικά τα ιδιωτικά μέσα μεταφοράς αλλά και τα δημόσια αλλά και ένα δίκτυο για πεζούς και ποδήλατα.[9]



Εικόνα 1.1: Αμβούργο, Neuer Wall. Εφαρμογή του προγράμματος BID για την αναβάθμιση κεντρικού εμπορικού δρόμου[25]

Επίσης είναι απαραίτητο να υπάρχει συνδυασμός δημόσιων και ιδιωτικών χώρων με ξεκάθαρα όρια. Οι αστικοί χώροι οφείλουν να προσελκύουν τη δημόσια ζωή μέσω της ανάπτυξης συστημάτων με μεικτή χρήση. Ένας ευανάγνωστος αστικός κάρναβος, όπου η κεντρική περιοχή θα ξεχωρίζει με τοπόσημα, θέες, προοπτικές, εστίες ενδιαφέροντος, ελεύθερους χώρους και οικοδομικά τετράγωνα, είναι βασικές προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ενός συνολικού επιτυχημένου σχεδιασμού. Ακόμα που θα προσφέρουν στους χρήστες τους τις συνθήκες θερμικής άνεσης ανάλογα με την εποχή και ένα κατοικήσιμο δομημένο περιβάλλον είναι απαραίτητα. [10]Ένα επιπλέον βασικό στοιχείο είναι η ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων και η ορθή διαχείριση της ενέργειας. Τελικά, ο ανασχεδιασμός πολλών ελευθέρων αστικών χώρων των μεγαλουπόλεων κρίνεται απαραίτητος ιδίως στην Αθήνα δεδομένης της άναρχης δόμησης που έχει επικρατήσει, πρέπει να γίνεται με συγκεκριμένες κατευθύνσεις, όπως η διατήρηση των φυσικών πόρων, η ύπαρξη υδάτινων στοιχείων, η δημιουργία δικτύων πεζόδρομων και ο ποδηλατόδρομων, ο κατάλληλος προσανατολισμός των οδών και των προσόψεων των κτιρίων με βάση το μικροκλίμα

της πόλης και η σωστή χρήση ψυχρών υλικών σε δομημένες επιφάνειες ή επικαλύψεις του εδάφους της πόλης.[1][8]

## 1.2 Θερμική νησίδα

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας αναφέρεται στην ύπαρξη υψηλότερων θερμοκρασιών στα αστικά κέντρα σε σχέση με τις γύρω υπαίθριες και αγροτικές περιοχές. Χαρακτηριστικό του φαινομένου είναι η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του κέντρου της πόλης και της ανοιχτής υπαίθρου.



Εικόνα 1.2: Απεικόνιση του φαινομένου της θερμικής νησίδας[6]

Το φαινόμενο εντείνεται με την δύση του ηλίου λόγω της εκπομπής ακτινοβολίας από συσσωρευμένη ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία στο κέλυφος των κτιρίων και των υλικών επικάλυψης του εδάφους. Για να γίνει αντιληπτή η σημασία του φαινομένου αναφέρεται ότι σε μικρές πόλεις η διαφορά θερμοκρασίας κυμαίνεται σε 2-3°C ενώ σε μεγάλες πόλεις ακόμα και σε 10-12°C. Οι παράγοντες εμφάνισης της θερμικής νησίδας περιλαμβάνουν την μειωμένη εξάτμιση που επικρατεί στο κέντρο μιας πόλης κυρίως λόγω της μικρής έκτασης φύτευσης. Ακόμα, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες επιβαρύνουν θερμικά το κέντρο της πόλης ενώ οι δρόμοι και τα κτίρια απορροφούν θερμότητα την οποία επανεκπέμπουν στο περιβάλλον το βράδυ. Άλλωστε, η επανεκπομπή προς το έδαφος της μεγάλης ακτινοβολίας από τους ρύπους που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα εντείνει το φαινόμενο. Επίσης, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των δρόμων λόγω του μικρού πλάτους και του μεγάλου ύψους των κτιρίων οδηγούν σε μεγάλη απορρόφηση της ακτινοβολίας λόγω της διαδοχικής ανάκλασης που πραγματοποιείται. [17]

### 1.3 Ήχος στους αστικούς χώρους

Για τον σχεδιασμό ενός καλού ακουστικού περιβάλλοντος σε έναν αστικό δημόσιο ανοιχτό χώρο θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όχι μόνο φυσικές, αλλά και κοινωνικές, ψυχολογικές και φυσιολογικές παράμετροι. Η μελέτη του ηχητικού περιβάλλοντος και της ακουστικής άνεσης εστιάζει στις σχέσεις μεταξύ του ανθρώπου, του ακουστικού περιβάλλοντος και της κοινωνίας. Είναι επίσης σημαντικό να εξεταστεί η συσχέτιση μεταξύ του ηχητικού περιβάλλοντος και των μικροκλιματικών συνθηκών.

### 1.4 Θερμική άνεση και δείκτες αυτής

Ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την κλιματική ποιότητα στον αστικό χώρο είναι η θερμική άνεση. Ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση στην οποία ο άνθρωπος αισθάνεται ικανοποίηση με το θερμικό του περιβάλλον και δεν επιθυμεί καμία αλλαγή σε αυτό. Η διερεύνηση και η κατανόηση των παραμέτρων που συνιστούν τη θερμική άνεση σε εξωτερικούς χώρους είναι μια βασική απαίτηση για τον μικροκλιματικά προσανατολισμένο σχεδιασμό αστικών περιοχών. Ο βαθμός, η ένταση καθώς και η αποδοτικότητα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων εξαρτώνται από το επίπεδο άνεσης ή δυσφορίας που βιώνουν οι άνθρωποι όταν εκτίθενται σε συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες. Η θερμική άνεση καθορίζεται από την θερμοκρασία του αέρα, την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία και τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας.

SET	vote	sensation	physiology
> 37.5	> 3	very hot, great discomfort	incr.failure of evaporative regulation
37.5-34.5	+2 to +3	hot, very unacceptable	profuse sweating
34.5-30	+1 to +2	warm, uncomfortable, unacceptable	sweating
30-25.6	+0.5to+1	slightly warm, slightly unacceptable	slight sweat, vasodilation
25.6-22.2	-0.5,+0.5	comfortable, acceptable	physiological thermal neutrality
22.2-17.5	-1 to -0.5	slightly cool, slightly unacceptable	initial vasoconstriction
17.5-14.5	-2 to -1	cool, unacceptable	slow body cooling
14.5-10	-3 to -2	cold, very unacceptable	beginning of shivering

Εικόνα 1.3: Κλίμακα θερμικής άνεσης με βάση την ανθρώπινη αίσθηση του θερμικού περιβάλλοντος[21]

### Δείκτες θερμικής άνεσης

Για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης χρησιμοποιούνται δείκτες που ενσωματώνουν το σύνολο, ή μέρος, της παραπάνω πληροφορίας. Οι δείκτες αυτοί, αν και αρχικά είχαν στόχο την

εκτίμηση της θερμικής άνεσης σε εσωτερικούς χώρους, στη συνέχεια προσαρμόστηκαν για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης και σε εξωτερικούς χώρους:

- **Ο δείκτης Ισχύος Αποψύξεως (Cooling Power, CP):** εκφράζει το ρυθμό της απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος που διατηρείται στη θερμοκρασία των 36.5 °C όταν η επιφάνεια αυτή εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα και είναι ένα μέτρο της ικανότητας του αέρα να αυξάνει την απώλεια θερμότητας από ένα ανθρώπινο σώμα.[7][5]
- **Ο δείκτης Αναμενόμενης Μέσης Αποδοχής (Predicted Mean Vote, PMV):** είναι ένας δείκτης συσχέτισης μεταξύ της θερμικής άνεσης και του θερμικού αισθήματος. Ο δείκτης αυτός περιγράφεται με μια μαθηματική σχέση που συνδέει τα επίπεδα δραστηριότητας, ρουχισμού και περιβαλλοντικών παραμέτρων και ο προσδιορισμός του έγινε μετά από ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων.[7][5]
- **Ο δείκτης Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (Physiological Equivalent Temperature, PET):** δίνει την θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου του εξωτερικού περιβάλλοντος όταν το ισοζύγιο θερμότητας είναι πανομοιότυπο με αυτό ενός εσωτερικού χώρου. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται από τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, την θερμοκρασία αέρα, την ταχύτητα του ανέμου και τη σχετική υγρασία.[7][5]
- **Ο δείκτης Κανονικής Ενεργού Θερμοκρασίας (Standard Effective Temperature, SET\*):** συγκρίνει την φυσιολογική κατάσταση ενός ατόμου με ένα περιβάλλον αναφοράς. [7][5]

Ο δείκτης Αναμενόμενης Μέσης Αποδοχής είναι ένας καλός δείκτης για την εκτίμηση της αίσθησης θερμικής άνεσης ενός ατόμου, όμως αγνοεί συγκεκριμένες συνθήκες που μπορεί να επιφέρουν δυσφορία, όπως πολύ υψηλές θερμοκρασίες εδάφους, σημαντική ασυμμετρία στην ακτινοβολία ή μεγάλες κατακόρυφες μεταβολές της θερμοκρασίας. Ο δείκτης της Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας ενδείκνυται για χρήση σε εξωτερικούς χώρους έναντι του δείκτη Κανονικής Ενεργού Θερμοκρασίας, αν και στηρίζεται στις ίδιες αρχές υπολογισμού. Αν και οι παραπάνω δείκτες είναι κατάλληλοι για χρήση σε εξωτερικούς χώρους, ο δείκτης Ισχύος Αποψύξεως προτιμάται για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης γιατί έχει σχεδιαστεί για εφαρμογή

σε συνθήκες εξωτερικού χώρου αφού εκφράζει το ρυθμό της απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος που διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία όταν η επιφάνεια αυτή εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα.

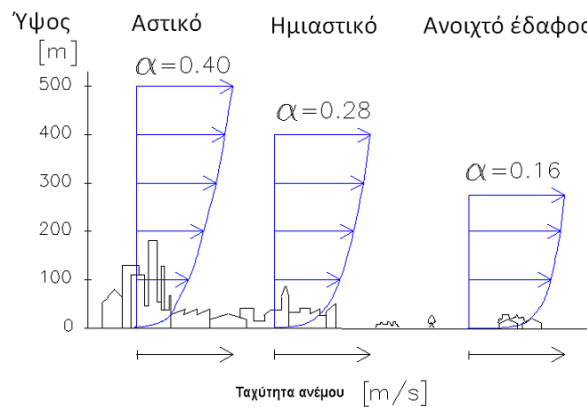
## 1.5 Άνεμος

Ο αέρας αποτελεί πρωταρχικό στοιχείο ρύθμισης της θερμικής άνεσης, τόσο στον ανοικτό δημόσιο χώρο όσο και στα κτίρια. Οι δροσεροί άνεμοι αποτελούν ευνοϊκό στοιχείο, το οποίο ο αστικός σχεδιασμός πρέπει να εκμεταλλεύεται, ώστε κατά τους θερινούς μήνες να διέρχονται μέσα από χώρους στάσης και κίνησης των πεζών και να διευκολύνεται η είσοδός τους στα κτίρια γύρω από την περιοχή παρέμβασης. Αντίθετα, η προφύλαξη των δημόσιων χώρων και των κτιρίων από τους ψυχρούς ανέμους κατά τη διάρκεια του χειμώνα προσδίδει άνεση και εξασφαλίζει μειωμένη κατανάλωση ενέργειας.

Αρχιτεκτονικά στοιχεία και φυτεύσεις, μπορούν να ρυθμίσουν:

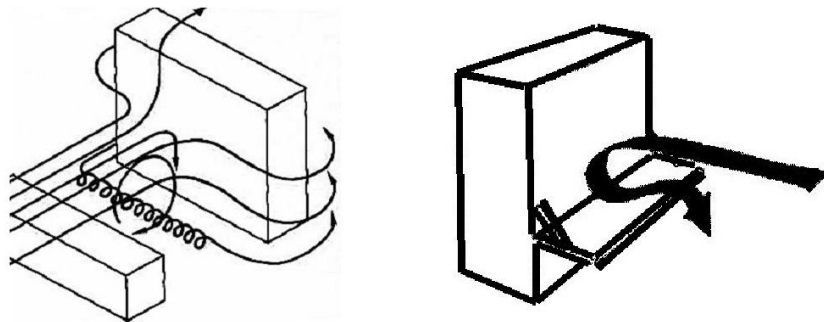
- Την πορεία του ανέμου, ώστε να εξασφαλίζεται ο αερισμός των πόλεων τις εποχές που απαιτείται, ώστε να μη μεταφέρει ρύπους, κτλ.
- Την ένταση της ταχύτητας του ανέμου, ώστε να εξασφαλίζεται η άνεση και η ασφάλεια των χρηστών ενός υπαίθριου χώρου ή ενός στεγασμένου κλειστού χώρου
- Την ποιότητα (καθαρότητα) του αέρα που κυκλοφορεί σε έναν αστικό χώρο[3][5]

Για την εκτίμηση του ανέμου σε επίπεδο μικροκλίματος είναι απαραίτητος ο συνδυασμός μετεωρολογικών δεδομένων με πληροφορία για την αστική μορφολογία και τον τύπο κάλυψης της επιφάνειας. Τα μετεωρολογικά δεδομένα μπορεί να είναι μετρήσεις από μετεωρολογικούς σταθμούς ή από εξειδικευμένες μελέτες που περιγράφουν το μικροκλίμα μιας ορισμένης περιοχής, όπως δρόμοι, δάση και γειτονικά χωριά και περιλαμβάνουν τιμές ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου σε ύψος 10 m. Η πληροφορία που δίνεται από τον εκάστοτε μετεωρολογικό σταθμό θα πρέπει να μεταφερθεί σε επίπεδο πόλης. Κατά τη ροή του ανέμου από μια περιστατική, σε μια αστική περιοχή, πρέπει να γίνει προσαρμογή του στις συνοριακές συνθήκες της πόλης. Μικρές μεταβολές στην τοπογραφία της περιοχής επιφέρουν μεγάλες αλλαγές στη ροή του ανέμου.



Εικόνα 1.4: Κατακόρυφη κατανομή της ταχύτητας του ανέμου για τρεις διαφορετικές περιοχές: η ταχύτητα (α) της επιφάνειας είναι μεγαλύτερη σε πυκνοδομημένη πόλη με ψηλά κτίρια[7]

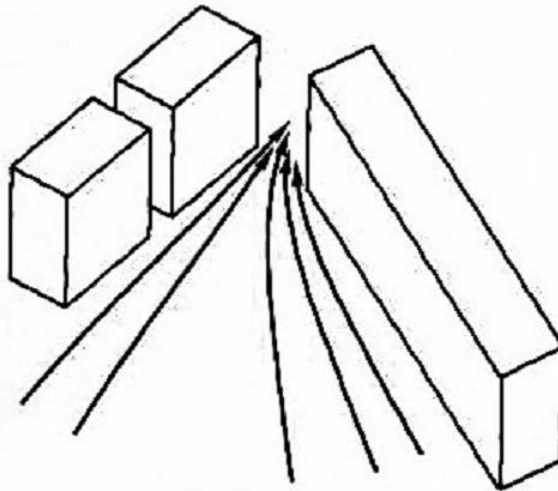
Σε επίπεδο πόλης, ψηλά κτίρια μπορεί να προκαλέσουν δυσάρεστο έντονο κατακόρυφο ρεύμα αέρα (κατά μήκος των όψεων με δυνατή ροή προς τα κάτω) και υψηλής ταχύτητας άνεμο γύρω από τις γωνίες του κτιρίου. Όσο ψηλότερο το κτίριο τόσο μεγαλύτερη η ταχύτητα του ανέμου. Το αποτέλεσμα είναι έντονες συνθήκες ανέμου γύρω από τη βάση και τις γωνίες του κτιρίου και οριζόντια ροή με κατεύθυνση από το κτίριο απέναντι στην κύρια κατεύθυνση του ανέμου (φαινόμενο Wise). Βασικό μέτρο για την αποφυγή του φαινομένου είναι η πρόβλεψη χαμηλότερης δόμησης περιμετρικά ενός ανοικτού χώρου. Εάν δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί αυτό τότε η προσθήκη κατασκευαστικών στοιχείων (π.χ. οριζόντιοι πρόβολοι) μπορεί να συμβάλει θετικά. Τα γωνιακά φαινόμενα είναι δύσκολο να αποφευχθούν, αλλά σε επίπεδο πεζών μπορούν να μειωθούν με τη χρήση ανεμοφρακτών.



Εικόνα 1.5: α) Ροή αέρα γύρω από ένα ψηλό και ένα χαμηλό κτίριο και β) παράδειγμα μέτρου προστασίας κατά της κατακόρυφης ροής του αέρα (οριζόντιος πρόβολος στη βάση ψηλού κτιρίου)[7]

Σαν πολεοδομική διάταξη θα πρέπει να αποφεύγεται η σύνδεση ανοιχτών χώρων με ευθύγραμμους δρόμους μεγάλου μήκους. Γραμμικές αστικές δομές όπως κτίρια, μπορούν να δημιουργήσουν το φαινόμενο του καναλιού όπου ο άνεμος επιταχύνεται και δημιουργεί ένα

δυσάρεστο περιβάλλον. Το φαινόμενο παρατηρείται σε δρόμους μακρύτερους από 100-125 m και θα είναι ακόμα δυσμενέστερο εάν οι δρόμοι σχηματίζουν τούνελ (φαινόμενο Venturi, Εικόνα 1.6). Μέτρα προστασίας μπορεί να είναι για παράδειγμα, η αποφυγή ανοιχτής σύνδεσης μεταξύ του χώρου και του δρόμου, η δημιουργία μικρότερου μήκους δρόμων (σε νέες περιοχές), η αποφυγή κατασκευής δρόμων με τον κύριο άξονα στην κυρίαρχη κατεύθυνση του ανέμου, η διάσπαση της γραμμικότητας του δρόμου (καμπύλες διατάξεις δεν συνιστώνται καθώς παρουσιάζουν χαμηλή αντίσταση στον άνεμο) και φύτευση του δρόμου ώστε να αυξάνεται η αντίσταση στον άνεμο, μειώνοντας την ταχύτητά του. Περάσματα ανάμεσα ή κάτω από κτίρια που οδηγούν σε ανοιχτούς χώρους επίσης μπορούν να δημιουργήσουν ένα είδος σήραγγας, όπου ο αέρας μπορεί να επιταχυνθεί σημαντικά. Το φαινόμενο αυτό εντείνεται δραματικά όταν συνδυάζεται με ψηλά κτίρια ή ευθύγραμμους δρόμους με μεγάλο μήκος.[7]



Εικόνα 1.6: Ειδική περίπτωση του φαινομένου του καναλιού – Το φαινόμενο Venturi[7]

## 1.6 Δείκτης ανακλαστικότητας

Η αύξηση της ανακλαστικότητας δομημένων και καλυμμένων με δομικά υλικά επιφανειών του αστικού χώρου μπορεί να μειώσει την απορρόφηση της εισερχόμενης ακτινοβολίας από το σύστημα επιφάνεια-τροπόσφαιρα, συνεισφέροντας στον περιορισμό των παγκόσμιων συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου. Έχει εκτιμηθεί ότι η αύξηση της ανακλαστικότητας των επιστρώσεων στις πόλεις παγκοσμίως, θα μπορούσε να επιτύχει μειώσεις του διοξειδίου του άνθρακα κατά περίπου 20 Gt. Εκτός από αυτά τα οφέλη έχει επιδειχθεί ότι οι μειωμένες επιφανειακές θερμοκρασίες αυξάνουν και τον χρόνο ζωής των υλικών, μειώνοντας και τον όγκο απορριμμάτων λόγω συντήρησης. Τέλος, ανακλαστικές επιστρώσεις σε ανοιχτούς αστικούς χώρους μπορεί να βελτιώσουν τις συνθήκες ορατότητας τη νύχτα, μειώνοντας έτσι και την κατανάλωση και



το κόστος της ενέργειας για φωτισμό. Η αύξηση της ανακλαστικότητας των υλικών επίστρωσης στους αστικούς χώρους έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας επιφάνειας καθώς και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Συγκριτικές μετρήσεις της θερμικής συμπεριφοράς των ψυχρών υλικών έχουν δείξει ότι παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία μέχρι και 12°C χαμηλότερη από τα κοινά υλικά. Τα υλικά του αστικού περιβάλλοντος, περιλαμβανομένων και των υλικών των κτιρίων, των συστημάτων σκίασης, της βλάστησης, παίζουν ένα σημαντικό ρόλο τροποποιώντας το μικροκλίμα και τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Οι επιφανειακές τους θερμοκρασίες επηρεάζουν τη θερμική ισορροπία και άνεση μέσω των ανταλλαγών ακτινοβολίας, οι οποίες είναι κυρίαρχες σε ένα περιβάλλον όχι καλά αεριζόμενο, συνθήκη η οποία είναι συχνότερη σε αστικούς χώρους.[5]

### 1.7 Σκίαση

Η σκίαση αφορά στην παρεμπόδιση του άμεσου ηλιακού φωτός να προσπίπτει σε μια επιφάνεια. Στον αστικό χώρο ενδιαφέρει κυρίως η σκίαση στο επίπεδο του ανθρώπου. Η σκίαση επιτυγχάνεται με τη γεωμετρία των φυσικών και τεχνητών στοιχείων του χώρου, δηλαδή με:

- τη χρήση δέντρων
- τη χρήση συστημάτων φύτευσης πάνω από το έδαφος (π.χ. πέργκολες)
- τη γεωμετρία των στοιχείων του αστικού ιστού (γύρω κτίρια κλπ)
- αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις όπως στοές, στέγαστρα, τοιχία κλπ
- ειδικά συστήματα σκίασης συμπαγή ή περσιδωτά ή διάτρητα, σταθερά ή κινητά, τα οποία μπορεί να έχουν και άλλες χρήσεις (π.χ. φωτοβολταϊκά στέγαστρα ή στοιχεία αστικού εξοπλισμού, όπως στάσεις λεωφορείων, στεγασμένες θέσεις στάθμευσης).

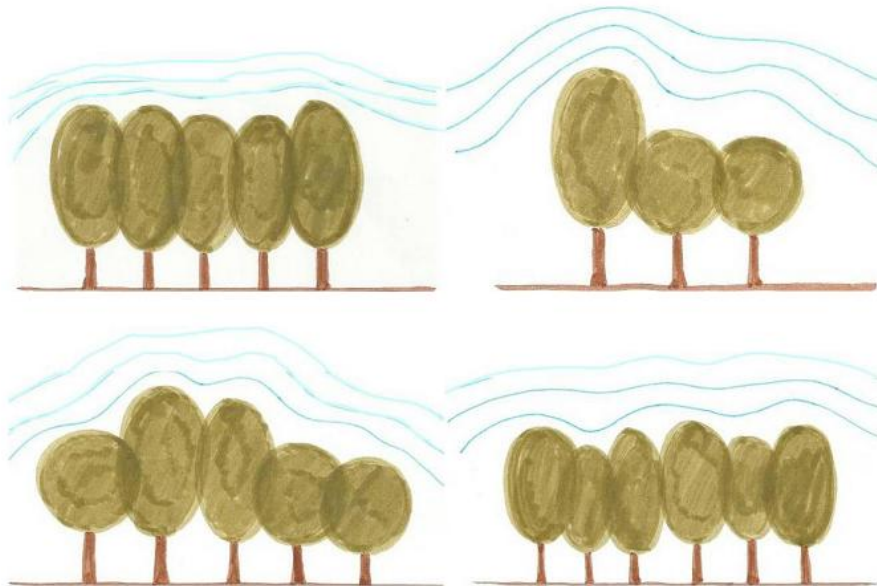
Τα οφέλη της σκίασης είναι η μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας, με όλα τα συνεπαγόμενα οφέλη στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και την μείωση του ενεργειακού φορτίου των παρακείμενων κτιρίων, η σημαντική βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης ενός χώρου, με αποτέλεσμα την αύξηση της χρησιμότητάς του (π.χ. μεγαλύτερη χρήση από πεζούς και ποδηλάτες και μείωση της χρήσης αυτοκινήτων), αλλά και η βελτίωση της οπτικής άνεσης.[5][7]

### 1.8 Φυτά

Οι δύο βασικές επιδράσεις της βλάστησης είναι η παρεμπόδιση/απορρόφηση της ακτινοβολίας χαμηλού μήκους κύματος (η πλειοψηφία των φυλλοβόλων δέντρων έχουν πολύ χαμηλή διαπερατότητα στην ολική ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι, 2-5%) και η διατήρηση της επιφανειακής θερμοκρασίας των φυλλωμάτων κοντά την θερμοκρασία του αέρα, που σημαίνει 20-

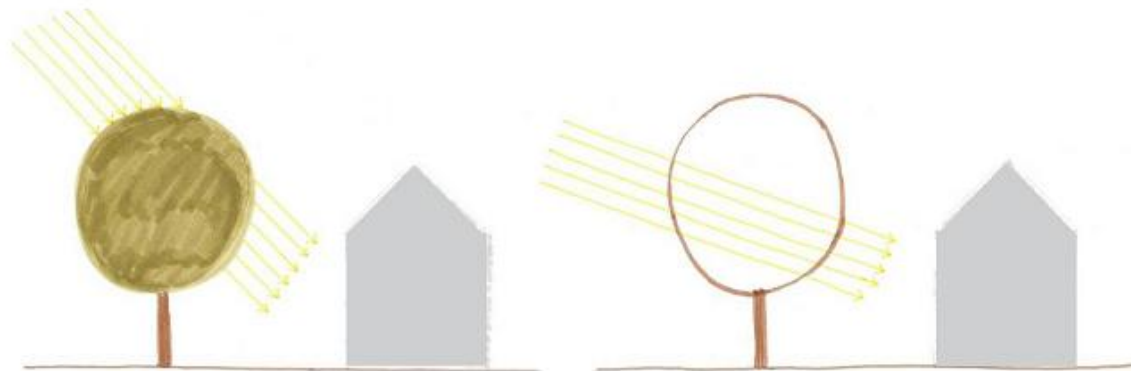
35 °C χαμηλότερα από τις επιφανειακές θερμοκρασίες των υλικών που χρησιμοποιούνται συνήθως, όπως άσφαλτος, πλάκες σκυροδέματος, κ.ά. Ωριμα δέντρα έχουν θερμοκρασία φυλλωμάτων λίγο χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα, ενώ νεαρά δέντρα και πέργκολες έχουν θερμοκρασία φυλλωμάτων λίγο υψηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα.[5]

**Η ταχύτητα του αέρα** είναι ένας μικροκλιματικός δείκτης που μπορεί να τροποποιηθεί σημαντικά με τον κατάλληλο σχεδιασμό των υπαίθριων χώρων, γεγονός που έχει επιπτώσεις στη θερμική άνεση και στην κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια. Ο αέρας μεταφέρει τη θερμότητα μακριά από τους ανθρώπους και τα κτίρια και με τον τρόπο αυτό επηρεάζει τον ενεργειακή τους κατανάλωση. Οι φυτεύσεις μπορούν να ελέγξουν τον αέρα με την παρεμπόδιση, την διευθέτηση, την εκτροπή και τη διήθηση.



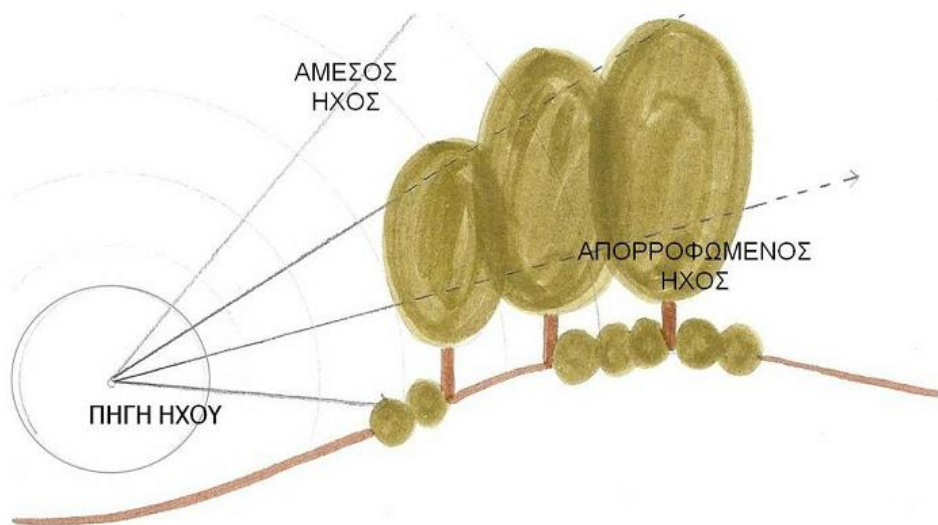
Εικόνα 1.7: Δημιουργία υπήνεμων περιοχών: (α) επιμήκης δασική συστάδα δένδρων δημιουργεί μικρή προστατευόμενη περιοχή (β) μια μικρή συστάδα δένδρων προστατεύει μια μεγαλύτερη περιοχή (γ, δ) μια συστάδα με ανομοιόμορφη κόμη είναι λιγότερο αποτελεσματική από τη συστάδα δένδρων με ομοιόμορφη κόμη[7]

**Η ικανότητα των φυτών** να απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία συμβάλλει σημαντικά στον έλεγχο του μικροκλίματος. Τα δέντρα, οι θάμνοι και τα φυτά εδαφοκάλυψης λειτουργούν ως μέσα ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα φύλλα των φυλλοβόλων δένδρων είναι οι καλύτεροι τροποποιητές της ηλιακής ακτινοβολίας στα εύκρατα κλίματα. Η χαρακτηριστική για κάθε είδος μορφή κόμης και πυκνότητα σκιάς καθορίζει και τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ως εκ τούτου, η απόδοση των δέντρων στη σκίαση και τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας σχετίζεται με τη μορφή και την πυκνότητα της κόμης.



Εικόνα 1.8: Φυλλοβόλα είδη είναι κατάλληλα για σκιασμό το καλοκαίρι και ηλιασμό το χειμώνα[7]

Ο ήχος μπορεί να ρυθμιστεί από τη θέση, το ύψος, το πλάτος και τη πυκνότητα της κόμης των φυτών. Η ικανότητά τους αυτή καθορίζεται και από την ένταση, τη συχνότητα και την κατεύθυνση του ήχου, μέσω των μηχανισμών της απορρόφησης, της ανάκλασης και της διάχυσης.



Εικόνα 1.9: Απορρόφηση του ήχου από τη βλάστηση[7]

Ειδικότερα η βλάστηση βελτιώνει το αστικό κλίμα ως εξής:[5]

- Με την διαπνοή τα φυτά δημιουργούν αυξημένες συνθήκες υγρασίας στην ατμόσφαιρα που ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες μπορεί να φτάσει το 5-8 % δημιουργώντας ένα ευχάριστο δροσερό περιβάλλον.
- Λόγω της διάχυσης της ηλιακής ακτινοβολίας από το φύλλωμα των δένδρων έχουμε βελτίωση του φωτεινού καθεστώτος της περιοχής.

- Ανανεώνει συνεχώς το οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Υπολογίζεται ότι ένα δένδρο ερυθρελάτης παράγει 1-3 gr οξυγόνο.
- Προστατεύει από τον άνεμο και μειώνει τους κινδύνους παγετού σε μια περιοχή. Τα φυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εμποδίσουν, να φιλτράρουν και να οδηγήσουν τη ροή του αέρα επηρεάζοντας έτσι τον αερισμό.
- Έχει χαμηλή θερμοχωρητικότητα και θερμική αγωγιμότητα και απορροφά πολύ μικρότερη θερμότητα κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών
- Με την σκίαση αυξάνει την θερμική άνεση μέσα στις πόλεις.

## 1.9 Νερό

Το νερό αποτελεί στοιχείο το οποίο μπορεί να επηρεάσει το μικροκλίμα και να βελτιώσει τις συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν στους υπαίθριους αστικούς χώρους κατά τις θερμές περιόδους. Το μέγεθος της επίδρασης του νερού στο μικροκλίμα καθορίζεται από την ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή καθώς και από τις διαστάσεις της υδάτινης επιφάνειας. Ο μηχανισμός μέσω του οποίου το νερό συμβάλει στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα είναι η εξάτμιση, η μετατροπή δηλαδή του υγρού σε αέριο μέσω της απαγωγής θερμότητας από τον περιβάλλοντα αέρα. Ταυτόχρονα, το νερό παρουσιάζει μικρότερη επιφανειακή θερμοκρασία από άλλα υλικά εδαφοκάλυψης, καθώς διαθέτει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα και ανακλαστικότητα.

Ενδεικτικά, κάποια από τα στοιχεία νερού που μπορούν να ενταχθούν σε μια αστική επέμβαση και να συμβάλουν στη βελτίωση του μικροκλίματος μιας περιοχής, είναι:

- Οριζόντιες επιφάνειες νερού-τεχνητές λίμνες
- Συντριβάνια, κατακόρυφες επιφάνειες νερού και πίδακες

Παρά τις θετικές συνέπειες των υδάτινων επιφανειών, το νερό θα πρέπει να χρησιμοποιείται με φειδώ, τόσο λόγω της μικρότερης συμβολής του στη βελτίωση του μικροκλίματος σε σχέση με τη σκίαση, το πράσινο και τα ψυχρά υλικά, όσο και λόγω της απαξίωσης που αποδεδειγμένα υφίσταται στη χώρα μας λόγω της ελλιπούς συντήρησης των σχετινών υδάτινων εγκαταστάσεων. Οι ήχοι του νερού είναι ελκυστικοί για τους περισσότερους ανθρώπους, αλλά πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα ο ρυθμός ροής του νερού. Συνιστάται να μην είναι συνεχής ο ρυθμός ροής ενός στοιχείου νερού. Η διατήρησή του στην ίδια ηχητική στάθμη μπορεί να κάνει τους ανθρώπους να χάσουν το ενδιαφέρον τους και η επίδρασή του στην ψυχολογική τους προσαρμογή, μειώνεται με το χρόνο.[5]



*Εικόνα 1.10: Συμβολή ρηχών νερών στο μικροκλίμα ανοιχτών χώρων: συντριβάνι της κεντρικής πλατείας Κυπαρισσίας[32]*



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Συνοπτική παρουσίαση του προγράμματος προσομοίωσης Envi-Met

### 2.1 Το Envi-met και η χρήση του

Το ENVI-met αποτελεί ένα περιβαλλοντικό-μετεωρολογικό πρόγραμμα το οποίο μέσω ενός τρισδιάστατου μη υδροστατικού μοντέλου προσομοιώνει, κυρίως μέσα στον αστικό ιστό, την αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων δομημένων επιφανειών, της βλάστησης και του αέρα. Επιτρέπει επίσης τη διερεύνηση της επίδρασης που ασκούν μικρής κλίμακας παρεμβάσεις όπως για παράδειγμα, η φύτευση δέντρων, η δημιουργία χώρων πρασίνου και η δημιουργία συγκροτημάτων κτιρίων στο αστικό μικροκλίμα. Η χωρική του ανάλυση δίνει τη δυνατότητα προσομοίωσης της παραπάνω αλληλεπίδρασης σε μικρή κλίμακα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι υπάρχει η δυνατότητα εκτίμησης ρύπων σε μια περιοχή, όπως σωματιδίων σκόνης, διοξειδίου του άνθρακα καθώς και διαφόρων άλλων οξειδίων.

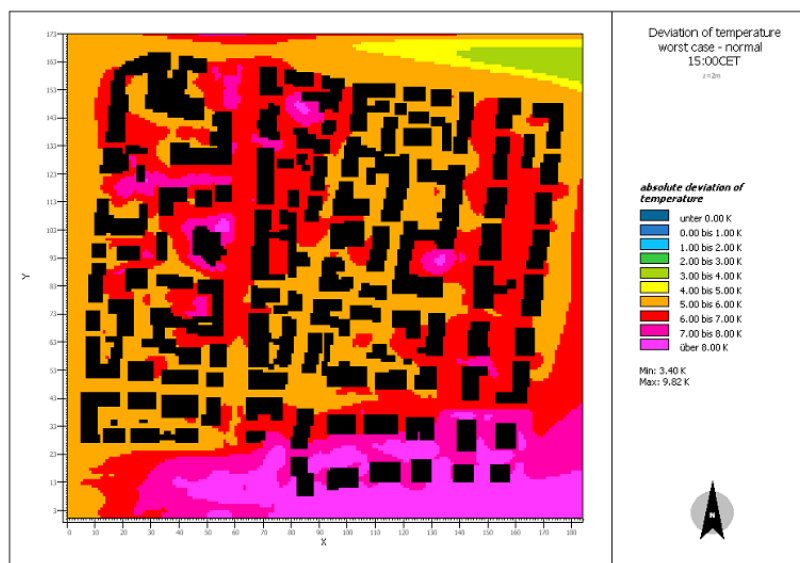
Η λειτουργία του βασίζεται στην τρισδιάστατη απεικόνιση του εκάστοτε μελετώμενου χώρου, λαμβάνοντας υπ' όψιν ταυτόχρονα την επίδραση του χρόνου και τα μεγέθη των παραγόντων που αυτός επηρεάζει (πχ η θερμοκρασία μιας συγκεκριμένης χρονιάς, ημέρας και ώρας του μελετώμενου χώρου). Ακόμη, το μοντέλο βασίζεται στη φυσική και τους υδροδυναμικούς και θερμοδυναμικούς νόμους της. Έτσι αναπαράγει τις φυσικές διαδικασίες της ατμόσφαιρας που επηρεάζουν το μικροκλίμα της περιοχής.

Οι δυνατότητες που παρέχει το Envi-met δεν έχουν περάσει απαρατήρητες από την επιστημονική κοινότητα. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα τελευταία χρόνια όλο και περισσότεροι εθνικοί και διεθνείς διαγωνισμοί που αφορούν έργα ανάπλασης ανοιχτών χώρων, ζητούν βιοκλιματική μελέτη βασισμένη στο συγκεκριμένο πρόγραμμα, ενώ αρκετά είναι και τα πανεπιστήμια που με τη βοήθειά του διεξάγουν κλιματολογικές έρευνες.

Ένα παράδειγμα εφαρμογής φαίνεται στις παρακάτω δύο εικόνες. Αναφέρεται σε μια έρευνα του Μετεωρολογικού Ινστιτούτου Albert-Ludwigs, πανεπιστημίου της Φρανκφούρτης, η οποία αφορά ένα τυπικό τμήμα πόλης της κεντρικής Ευρώπης. Για το συγκεκριμένο μοντέλο έγιναν δύο προσομοιώσεις για διαφορετικά σενάρια κλιματικών συνθηκών και στην εικόνα 2.2 παρατίθεται το διάγραμμα διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των δύο σεναρίων.



Εικόνα 2.1: Μοντελοποίηση τυπικής πόλης της κεντρικής Ευρώπης στο πρόγραμμα Envi-met 3.1 [28]



Εικόνα 2.2: Διαφορά της θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ των δύο σεναρίων 2m πάνω απ το έδαφος [28]

Το γεγονός ότι το Envi-met θεωρείται αξιόπιστο στην προσομοίωση κλιματικών διαδικασιών δεν είναι καθόλου τυχαίο. Και αυτό διότι το λογισμικό του βασίζεται σε εξελιγμένους υπολογισμούς ρευστοδυναμικής, οι οποίοι χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους και αλγόριθμους για την επίλυση προβλημάτων ροής ρευστών. Έχει σχεδιαστεί για την ανάλυση του μικροκλίματος και της ποιότητας του τοπικού ανέμου. Είναι σε θέση να επιλύει τρισδιάστατες τυρβώδεις ροές



υπολογίζοντας σύνθετες θερμοκρασιακές κατανομές, ποσοστά υγρασίας, την ακτινοβολία μικρού και μεγάλου μήκους κύματος και τις συγκεντρώσεις αερίων και μικροσωματιδίων στον αέρα σε τοπική κλίμακα. Επιπλέον, περιλαμβάνει και ένα απλό βιομετεωρολογικό μοντέλο για να προβλέπει την θερμική άνεση. Προωθεί λοιπόν μέσω του PPD value (Predicted Percentage of Dissatisfied) μια εκτίμηση του ποσοστού των ανθρώπων που θα ήταν δυσαρεστημένοι με τις υπάρχουσες κλιματικές συνθήκες (αναφέρεται ως PMV).

Συνοπτικά, το μοντέλο λαμβάνει υπόψιν στους υπολογισμούς:

1. Τη ροή ακτινοβολίας μικρού και μεγάλου μήκους κύματος, όπως επίσης και τη σκίαση
2. Την ανάκλαση ακτινοβολίας και την ακτινοβολία από τα κτίρια και τη βλάστηση
3. Τη διαπνοή, την εξάτμιση και την αισθητή ροή θερμότητας από τη βλάστηση στον αέρα, με πλήρη προσομοίωση όλων των φυσικών παραμέτρων των φυτών όπως, για παράδειγμα, ο ρυθμός φωτοσύνθεσης.
4. Την επιφανειακή θερμοκρασία και αυτήν των τοίχων, για κάθε σημείο στον κόνναβο και κάθε τοίχο.
5. Την ανταλλαγή θερμότητας και νερού στην εδαφική μάζα
6. Βιομετεωρολογικές παραμέτρους, όπως η M.R.T. και ο δείκτης P.M.V
7. Τη διασπορά διαφόρων αερίων και σωματιδίων, καθώς και την απόθεση των τελευταίων στα φύλλα και στις επιφάνειες.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι παράγοντες πρόγνωσης και οι εξισώσεις που αυτοί περιγράφονται κατά την προσομοίωση στο πρόγραμμα Envi-met 3.1.[16]

## 2.2 Οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται στο Envi-met 3.1

### 2.2.1 Κύρια ροή του ανέμου

Η τρισδιάστατη τυρβώδης ροή του ανέμου στο μοντέλο περιγράφεται από τις εξισώσεις Navier-Stokes (1-a)-(1-c), που αναφέρονται σε μη υδροστατικό και ασυμπιεστο ρευστό:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u_i \frac{\partial u}{\partial x_i} = -\frac{\partial p}{\partial x} + K_m \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} \right) + f(v - v_g) - S_u \quad (1a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u_i \frac{\partial v}{\partial x_i} = -\frac{\partial p}{\partial y} + K_m \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x_i^2} \right) + f(u - u_g) - S_v \quad (1b)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u_i \frac{\partial w}{\partial x_i} = -\frac{\partial p}{\partial z} + K_m \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x_i^2} \right) + g \frac{\theta(z)}{\theta_{\text{ref}}(z)} - S_w \quad (1c)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (2)$$

Όπου  $f$  ( $=104 \text{ sec}^{-1}$ ) είναι η παράμετρος Coriolis και λαμβάνεται  $f=104 \text{ sec}^{-1}$  με  $f=2\Omega\eta\mu\phi$ , όπου  $\Omega$ : η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της γης,  $p$  είναι η πίεση λόγω υδροστατικής κατανομής και  $\theta$  η δυνητική θερμοκρασία στη στάθμη  $z$ . Η θερμοκρασία αναφοράς  $\theta_{\text{ref}}$  αντιπροσωπεύει τις μετεωρολογικές συνθήκες μεγαλύτερης κλίμακας και υπολογίζεται ως μία μέση θερμοκρασία σε όλα τα κελιά του καννάβου κατά τη διεύθυνση  $z$ , εξαιρουμένων αυτών που έχουν καταληφθεί από κτίρια.

Η πυκνότητα του αέρα ( $\rho$ ), δεν ακολουθεί τις εξισώσεις συμπιεστού των Navier-Stokes, ενώ χρησιμοποιείται η προσέγγιση Boussinesq, σύμφωνα με την οποία γίνεται η παραδοχή ότι σε περίπτωση μη ομογενούς ρευστού η χωρική διαφοροποίηση της πυκνότητας λαμβάνεται υπόψη μόνο στον υπολογισμό της πίεσης. Η παραδοχή αυτή οδηγεί αφενός στην εισαγωγή ενός επιπλέον πηγαίου όρου στην εξίσωση  $w$ , ο οποίος περιλαμβάνει την κατακόρυφη θερμική εξαναγκασμένη κίνηση, και αφετέρου στην εξίσωση συνέχειας, η οποία πρέπει να ικανοποιείται σε κάθε χρονικό βήμα προκειμένου να διατηρείται σταθερή η μάζα στο πεδίο ροής.

Σημειώνεται ότι όλοι οι όροι στην εξίσωση μεταφοράς – διάχυσης παρουσιάζονται στην σύνοψη αποτελεσμάτων του Einstein. ( $u_i=u,v,w$  και  $x_i=x,y,z$  για  $i=1,2,3$  για εξοικονόμηση χώρου).

Οι τοπικοί όροι  $S_u$ ,  $S_v$  και  $S_w$ , περιγράφουν την απώλεια ταχύτητας ανέμου λόγω της τραχύτητας που προκαλούν τα στοιχεία φυτών. Σύμφωνα με τους Liu (1996) και Yamada (1982), το φαινόμενο αυτό μπορεί να παραμετροποιηθεί με βάση τη σχέση:

$$S_{u(i)} = \frac{\overline{\partial p'}}{\partial x_i} = c_{d,f} \text{LAD}(z) W u_i$$

Όπου  $W=(u^2+v^2+w^2)^{0.5}$  είναι η κύρια ταχύτητα ανέμου στο ύψος  $z$ ,  $\text{LAD}(z)$  (leaf area density) είναι η πυκνότητα του φυλλώματος σε  $[\text{m}^2\text{m}^{-3}]$ , ενός φυτού στο συγκεκριμένο ύψος  $z$ . Ο συντελεστής οπισθέλκουσας δύναμης (αντίστασης) στα φυτά,  $c_{d,f}$  τίθεται ίσος με 0.2.

### Οριακές συνθήκες

Για όλες τις επιφάνειες εδάφους χρησιμοποιείται η συνθήκη μη ολίσθησης. Η διαδικασία της εισροής, προσομοιώνεται από ένα μονοδιάστατο μοντέλο αναφοράς, ενώ για την εκροή και τα πλευρικά σύνορα, χρησιμοποιείται η συνθήκη Neumann μηδενικής κλίσης. Όσον αφορά το άνω όριο, όλες οι κατακόρυφες κινήσεις προσομοιώνονται ώστε να είναι μηδενικές. Ειδικές οριακές συνθήκες χρησιμοποιούνται για την διαταραχή πίεσης στα όρια της εκροής ούτως ώστε να διατηρείται σταθερή η μάζα.[12][13][14]

#### 2.2.2 Θερμοκρασία και υγρασία

Η διανομή της θερμοκρασίας του αέρα  $\theta$  και της ειδικής υγρασίας  $q$  δίνεται από μία συνδυασμένη εξίσωση μεταφοράς-διάχυσης με εσωτερικές πηγές εκπομπής:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u_i \frac{\partial \theta}{\partial x_i} = K_h \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial x_i^2} \right) + \frac{1}{c_p \rho} \frac{\partial R_{n,lw}}{\partial z} + Q_h \quad (4)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + u_i \frac{\partial q}{\partial x_i} = K_q \left( \frac{\partial^2 q}{\partial x_i^2} \right) + Q_q \quad (5)$$

Παρόμοια με τις εξισώσεις στροφορμής, οι όροι  $Q_h$  και  $Q_q$  χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν την ανταλλαγή θερμότητας και υδρατμών των φυτών με το ατμοσφαιρικό μοντέλο. Η ποσότητα των  $Q_h$  και  $Q_q$  παρέχεται από το μοντέλο βλάστησης που θα περιγραφεί παρακάτω. Με τον όρο  $\partial R_{n,lw} / \partial z$  αναφέρεται η κατακόρυφη απόκλιση της μακροκυματικής ακτινοβολίας, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση τόσο της ζέστης όσο και της δροσιάς της ακτινοβολούσας ροής.

### Οριακές συνθήκες

Η επιφανειακή θερμοκρασία των εδαφικών επιφανειών, των στεγών και των τοίχων κτιρίων, χρησιμοποιείται σαν ένα πραγματικό φυσικό όριο για τους μαθηματικούς υπολογισμούς. Για το μοντέλο εισροής μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι συνθήκες Dirichlet, Neuman ή αυτή του

κυκλικού ορίου. Για την εκροή και τα πλευρικά όρια, χρησιμοποιείται η συνθήκη μηδενικής κλίσης πίεσης.

Η τιμές για το άνω όριο του τρισδιάστατου μοντέλου, προκύπτουν από το μονοδιάστατο μοντέλο οριακού στρώματος, το οποίο εκτείνεται μέχρι τα 2500 μέτρα.[13][19]

### 2.2.3 Ατμοσφαιρική τύρβη

Η τύρβη προκύπτει όταν η ροή του ανέμου συναντά τοίχους κτιρίων ή στοιχεία βλάστησης. Υπό συνθήκες ανέμου, οι στροβιλισμοί είναι αρκετά ανθεκτικοί, οπότε μεταφέρονται από τη κύρια ροή του ανέμου. Ανάλογα με τη δομή της ροής, αυτό οδηγεί σε αυξημένες αναταραχές μακριά από την πηγή της τύρβης.

Για να προσομοιωθεί το φαινόμενο αυτό, χρησιμοποιείται το λεγόμενο μοντέλο «κλεισίματος τύρβης»(turbulence closure model) δηλαδή εισάγουμε συντελεστή ιξώδους και οι τάσεις λόγω μοριακού ιξώδους είναι αμελητέες με διάταξη 1,5 στο ENVI-met. Βασιζόμενοι στην εργασία των Mellor και Yamada (1975) 2 επιπρόσθετες μεταβλητές πρόγνωσης προστίθενται στο μοντέλο, η τοπική τύρβη ( $E$ ) και ο ρυθμός απώλειάς της ( $\varepsilon$ ). Η κατανομή τους δίνεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\frac{\partial E}{\partial t} + u_i \frac{\partial E}{\partial x_i} = K_E \left( \frac{\partial^2 E}{\partial x_i^2} \right) + P_r - T_h + Q_E - \varepsilon \quad (6)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + u_i \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} = K_\varepsilon \left( \frac{\partial^2 \varepsilon}{\partial x_i^2} \right) + c_1 \frac{\varepsilon}{E} P_r - c_3 \frac{\varepsilon}{E} T_h - c_2 \frac{\varepsilon^2}{E} + Q_\varepsilon \quad (7)$$

Οι όροι  $P_r$  και  $T_h$  περιγράφουν την παραγωγή και την απώλεια της τυρβώδους ενέργειας εξαιτίας της τμήσης της ροής του αέρα και της θερμικής στρωμάτωσης ενώ οι όροι  $Q_E$  και  $Q_\varepsilon$  είναι οι αντίστοιχοι δείκτες για παραγωγή και απώλεια τύρβης στην βλάστηση. Η μηχανική παραγωγή  $P_r$  δίνεται από την ακόλουθη σχέση, χρησιμοποιώντας τον τρισδιάστατο παραμορφωσιακό τανυστή του πεδίου ανέμου:

$$P_r = K_m \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \quad \text{με } i, j = 1, 2, 3 \quad (8)$$

Η  $T_h$  παραγωγή άνωσης δίνεται από την σχέση:

$$T_h = \frac{g}{\theta_{ref}(z)} K_h \frac{\partial \theta}{\partial z} \quad (9)$$

Προκειμένου να τεθεί σε εφαρμογή η ε-εξίσωση, χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες τιμές για τις σταθερές  $c_1, c_2, c_3$ , πιο συγκεκριμένα λαμβάνονται οι ακόλουθες τιμές  $c_1=1.44$   $c_2=1.92$  και  $c_3=1.44$ , όπως αυτές προσδιορίστηκαν από τους Launder και Spalding το 1974. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή του μοντέλου «κλεισίματος τύρβης» (turbulence closure model) στο ατμοσφαιρικό οριακό στρώμα που προαναφέρθηκε, παρουσιάζει ορισμένες ασάφειες. Ανάλογα με την εκάστοτε κατάσταση που ερευνάται, επιλέγονται οι κατάλληλες μεταβλητές ενώ η παραγωγή τυρβώδους ροής απαιτείται να περιοριστεί στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Σύμφωνα με τους Liu et al. (1996) και Wilson (1988), δύο επιπλέον όροι προστέθηκαν στο E-ε σύστημα ούτως ώστε να συμπεριλάβουν αφενός την πρόσθετη τύρβη που δημιουργείται στην βλάστηση και αφετέρου την απώλεια τύρβης που πραγματοποιείται κατά το πέρασμα από τις ισχυρότερες δίνες -δημιουργούμενες από διάτμηση- στις ασθενέστερες:

$$Q_E = c_{d,f} LAD(z)W^3 - 4c_{d,f} LAD(z)|W|E \quad (10)$$

$$Q_\varepsilon = 1.5c_{d,f} LAD(z)W^3 - 6c_{d,f} LAD(z)|W|\varepsilon \quad (11)$$

Οι όροι που υπεισέρχονται στην εξίσωση απώλειας (11) βασίζονται στην σχέση Kolmogorov (Launder and Spalding, 1974) και θα πρέπει να προσαρμόζονται με τα δεδομένα που μετρούνται, όταν αυτά είναι διαθέσιμα (βλέπε Liu et al., 1996). Από το σύστημα εξισώσεων E-ε που προαναφέρθηκε, υπολογίζονται οι συντελεστές ανταλλαγής τύρβης κάνοντας την παραδοχή ότι εξετάζεται κατάσταση τοπικής ισότροπης τύρβης. Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται είναι οι ακόλουθες:

$$K_m = c_\mu \frac{E^2}{\varepsilon} \quad (12a)$$

$$K_H, K_q = 1.35 K_m \quad (12b)$$

$$K_E = \frac{K_m}{\sigma_E} \quad (12c)$$

$$K_\varepsilon = \frac{K_m}{\sigma_\varepsilon} \quad (12d)$$

Όπου λαμβάνονται:

$$c_\mu = 0.09, \sigma_E = 1 \text{ και } \sigma_\varepsilon = 1.3$$

### Οριακές Συνθήκες

Σε όλες τις στερεές επιφάνειες τα  $E, \varepsilon$  υπολογίζονται συναρτήσει της εφαπτομενικής ταχύτητας τριβής  $u^*$  και υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη εκείνες τις συνιστώσες ροής οι οποίες είναι παράλληλες στην επιφάνεια που εξετάζεται:

$$E(z=0), E_w = \frac{(u_*^2)^{\tan}}{\sqrt{c_\mu}}, \varepsilon(z=0), \varepsilon_w = \frac{(u_*^3)^{\tan}}{k z_0}$$

όπου  $k$ : η σταθερά von-Kármán, λαμβάνεται ίση με 0.4 και  $z_0$ : μήκος τραχύτητας της επιφάνειας.[13][14]

#### 2.2.4 Ροές Ακτινοβολίας

Η εισερχόμενη μικρού και μεγάλου κύματος ροή ακτινοβολίας είναι απαραίτητη στην αρχή του μοντέλου και τίθεται ως οριακή συνθήκη. Αυτό επιτυγχάνεται υιοθετώντας καταρχήν μια προσέγγιση που υπολογίζει δύο ρεύματα ροής για την ροή μεγάλου μήκους κύματος και στη συνέχεια ένα σύστημα εμπειρικών σχέσεων για το φάσμα μικρού μήκους κύματος (Taesler and Anderson 1984, Gross 1991). Στο τρισδιάστατο μοντέλο η ακτινοβολούσα ροή τροποποιείται από την παρουσία των κτιρίων και των φυτών και προκειμένου να εκτιμηθεί σωστά η επίδρασή τους στις συνθήκες ροής, λαμβάνονται συντελεστές μείωσης ροής, ( $\sigma$ ) οι τιμές αυτών κυμαίνονται από 1 για συνεχή ροή μέχρι 0, για ολοκληρωτική απορρόφηση (Bruse 1995). Συνολικά, ορίζονται πέντε διαφορετικοί μειωτικοί συντελεστές και είναι οι ακόλουθοι:

$$\sigma_{sw,dir}(z) = \exp(-F \cdot LAI * (z)) \quad (13a)$$

$$\sigma_{sw,dif}(z) = \exp(-F \cdot LAI(z, z_p)) \quad (13b)$$

$$\sigma_{lw}^{\downarrow}(z) = \exp(-F \cdot LAI(z, z_p)) \quad (13c)$$

$$\sigma_{lw}^{\uparrow}(z) = \exp(-F \cdot LAI(0, z)) \quad (13d)$$

$$\sigma_{svf}(z) = 1/360 \sum_{\pi=0}^{360} \cos\lambda(\pi) \quad (13e)$$

Οι συντελεστές αυτοί περιγράφουν ουσιαστικά την επιρροή της βλάστησης στην απευθείας διάχυση ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος (I και II) καθώς και στην ανάντη και κατάντη ροή μεγάλου κύματος ακτινοβολίας (III και IV). Ο συντελεστής (V) αντιπροσωπεύει την τοπική απόκρυψη θέασης του ουρανού από τα κτίρια (Sky View Factor) και η τιμή αυτού κυμαίνεται από 1, που αναφέρεται σε απόλυτα ελεύθερη θέαση, μέχρι 0, τιμή που αντιστοιχεί σε μηδενική ορατότητα ουρανού, όπου  $\lambda$  είναι η μέγιστη γωνία στην κατεύθυνση  $\pi$  ανάκλασης. Ο όρος LAI συμβολίζει την κατακόρυφη διάσταση της φυλλικής επιφάνειας των φυτών στο επίπεδο  $z$ , στο έδαφος μετράται  $z=0$  ενώ ως  $z_p$  μετράται το ύψος έως την κορυφή του φυτού. Ορίζεται ως δείκτης έκτασης φύλλου (leaf area index) και ουσιαστικά παρουσιάζει την πυκνότητα της βλάστησης, δηλαδή αν παραδείγματος χάριν μία επιφάνεια καλύπτεται από δύο φύλλα τότε η τιμή για τον δείκτη LAI είναι ίση με 2. Για τον προσδιορισμό του αρκεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω εξίσωση:

$$LAI(z, z + \Delta z) = \int_{z'}^{z'+\Delta z} LAD(z') dz'$$

Για να υπολογιστεί η μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας, χρησιμοποιείται ο τρισδιάστατος πλέον όρος LAI\*, ο οποίος αντικαθιστά τον μονοδιάστατο δείκτη LAI που προαναφέρθηκε, και

υπολογίζεται συναρτήσει της γωνίας πρόσπτωσης της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας. Εάν στην προσομοίωση κάποιο κτίριο είναι τοποθετημένο ανάμεσα στο σημείο που εξετάζεται και στον ήλιο (επισκιασμένο), τότε απευθείας τίθεται ο όρος  $\sigma_{sw,dir}$  ίσος με το μηδέν, ενώ εάν υπάρχει βλάστηση, τότε η ένταση προκύπτει από την σχέση (13a). Η άμεση διαχυτική ροή ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος μπορεί να υπολογιστεί σε οποιοδήποτε σημείο από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$R_{sw,dir}(z) = \sigma_{sw,dir}(z)R_{sw,dir}^0 \quad (14a)$$

$$R_{sw,dif}(z) = \sigma_{sw,dif}(z)\sigma_{svf}(z)R_{sw,dif}^0 + (1 - \sigma_{svf}(z))R_{sw,dir}^0 \cdot \bar{a} \quad (14b)$$

όπου οι όροι  $R_{sw,dir}^0$  και  $R_{sw,dif}^0$  αντιπροσωπεύουν την άμεση (direct) και την διαχυτική (diffuse) ακτινοβολούσα ροή αντίστοιχα στο υπολογιστικό μοντέλο. Ο πρόσθετος τελευταίος όρος για την συνιστώσα της διάχυσης συμπεριλαμβάνει την αντανάκλαση της μικρού μήκους κύματος ακτινοβολίας στο περιβάλλον, λαμβάνοντας υπόψη το μέσο όρο του αστικού albedo ( $\bar{a}$ ). Σε περίπτωση μακροκυματικής ακτινοβολίας (σχέσεις 14 c-e), γίνεται η παραδοχή ότι τα στρώματα βλάστησης θα απορροφήσουν κάποιο μέρος της ροής και θα το αντικαταστήσουν στη συνέχεια με την δική τους μακροκυματική ακτινοβολία. Η οριζόντια μακροκυματική ακτινοβολούσα ροή από τους τοίχους των κτιρίων υπολογίζεται από την σχέση (14 e), η οποία ουσιαστικά σταθμίζει την εκπέμπουσα ακτινοβολία των τοίχων με τον συντελεστή θέασης του ουρανού (SVF). Χρησιμοποιώντας τους μειωτικούς συντελεστές, οι συνιστώσες της ροής μεγάλου μήκους κύματος στο επίπεδο  $z$  δίνονται από την σχέση:

$$R_{lw}^\downarrow(z) = \sigma_{lw}^\uparrow(z)R_{lw}^{\downarrow,0} + (1 - \sigma_{lw}^\downarrow(z))\epsilon_f\sigma_B\bar{T}_{f+}^4 \quad (14c)$$

$$R_{lw}^\uparrow(z) = \sigma_{lw}^\uparrow(z)\epsilon_s\sigma_B T_0^4 + (1 - \sigma_{lw}^\uparrow(z))\epsilon_f\sigma_B\bar{T}_{f-}^4 \quad (14d)$$

$$R_{lw}^\leftrightarrow(z) = (1 - \sigma_{svf}(z))\epsilon_w\sigma_B\bar{T}_w^4 \quad (14e)$$



Όπου:

$\bar{T}_{f+}^4$ ,  $\bar{T}_{f-}^4$ : είναι ο μέσος όρος της θερμοκρασίας των φύλλων του υπερκείμενου (+) και του υποκείμενου (-) στρώματος βλάστησης,

$T_0$ : είναι η θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους

$\bar{T}_w$ : είναι ο μέσος όρος της θερμοκρασίας στην επιφάνεια των τοίχων των κτιρίων

$\epsilon_f, \epsilon_s, \epsilon_w$ : είναι η εκπομπή των φύλλων, της επιφάνειας του εδάφους και των τοίχων

$\sigma_B$ : είναι η σταθερά Stefan-Boltzman [16][13]

### 2.2.5 Το μοντέλο εδάφους

Το αστικό περιβάλλον χαρακτηρίζεται ανομοιόμορφο ως προς το γεγονός ότι συναντώνται σε αυτό μία πληθώρα διαφορετικών τύπων εδάφους και επιφανειών, που άλλοτε αποτελούνται αποκλειστικά από φυσικά εδάφη και άλλοτε από τεχνητά υλικά. Για να προσομοιωθεί ακριβώς αυτή η ετερογενής κατάσταση, ορισμένα μεμονωμένα εδαφικά χαρακτηριστικά όπως παραδείγματος χάριν η θερμοδυναμική και υδραυλική αγωγιμότητα (η υδροπερατότητα) ή το albedo, μπορούν να καταχωρηθούν σε κάθε κελί του καννάβου του εδαφικού μοντέλου. Η διάταξη του εδαφικού μοντέλου συνίσταται από 14 στρώματα ανάμεσα στην επιφάνεια και το κατώτατο όριο της σε βάθος 2m. Η επίλυση κατά τον κατακόρυφο άξονα κυμαίνεται ανάμεσα στα 0.01m κοντά στην επιφάνεια και στα 0.5m στο κατώτερο στρώμα. Οι υπολογισμοί στο λογισμικό εστιάζουν στην μεταφορά θερμότητας και νερού που πραγματοποιείται ανάμεσα στα στρώματα, εφόσον αυτά επικοινωνούν. Εξαιρουμένου του υψηλότερου εδαφικού στρώματος, στο οποίο η μεταφορά θερμότητας μελετάται σε τρεις διαστάσεις, το υπόλοιπο έδαφος μελετάται σαν μία μονοδιάστατη κατακόρυφη στήλη. Η κατανομή της θερμότητας  $T$  και της εδαφικής περιεκτικότητας κατά όγκο σε υγρασία  $\eta$  δίνεται από τις μονοδιάστατες εξισώσεις που ακολουθούν:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = K_s \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (15)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} = D_{\eta} \frac{\partial^2 \eta}{\partial z^2} + \frac{\partial K_{\eta}}{\partial z} - S_{\eta}(z) \quad (16)$$

Όσον αφορά τα φυσικά εδάφη, η θερμική διαχυτότητα  $K_s$  (δείκτης διάχυσης της θερμότητας) εκφράζει τον ρυθμό με τον οποίο η θερμότητα διαχέεται με αγωγή σε ένα υλικό και είναι συνάρτηση της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας η και υπολογίζεται σύμφωνα με τις σχέσεις Tjernström (1989). Οι υδραυλικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται στην σχέση (16) είναι: η περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό  $\eta$ , ο βαθμός κορεσμού του  $\eta_s$ , η υδραυλική αγωγιμότητα  $K_{\eta}$  και η υδραυλική διαχυτικότητα  $D_{\eta}$ , ενώ όλοι οι συντελεστές προκύπτουν από τις εξισώσεις των Clapp και Hornberger (1978). Ένας πρόσθετος παράγοντας, ο οποίος θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ως μια επιπλέον πηγή περιεκτικότητας εδαφικής υγρασίας, είναι η πρόσληψη νερού που πραγματοποιείται από τις ρίζες των φυτών ( $S_{\eta}$ ). Επιπλέον, η εξάτμιση που πραγματοποιείται από την επιφάνεια του εδάφους όπως δίνεται στην σχέση (26c) θα πρέπει να συμπεριληφθεί και αυτή ως εξωτερικός παράγοντας για το υψηλότερο στρώμα του εδαφικού μοντέλου.[13]

### 2.2.6 Το μοντέλο βλάστησης

Ο παράγοντας βλάστηση εξετάζεται σαν μια μονοδιάστατη στήλη ύψους  $z_p$ , στην οποία το προφίλ της πυκνότητας της «φυλλικής επιφάνειας» (LAD) χρησιμοποιείται ούτως ώστε να περιγραφεί η αναλογία και η κατανομή των φυλλωμάτων. Πάνω στο ίδιο σκεπτικό, εξετάζεται το εσωτερικό του εδαφικού συστήματος: η κατανομή των βολβών των φυτών αντιπροσωπεύεται από το προφίλ της πυκνότητας της επιφάνειας των βολβών (RAD-root area density) το οποίο εκτείνεται από την επιφάνεια και κάτω έως το βάθος των βολβών  $-z_r$ . Ο σχηματισμός αυτός είναι καθολικός και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για μικρά φυτά όπως το γρασίδι όσο και για μεγαλύτερα δέντρα, με την προϋπόθεση ότι τα αντίστοιχα υψόμετρα  $z_p$  και  $-z_r$  προσαρμόζονται αρμονικά στο μοντέλο.

#### 2.2.6.1 Τυρβώδεις ροές θερμότητας και εξάτμισης

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών και του περιβάλλοντα αέρα μπορεί να εκφραστεί με όρους αισθητής ροής θερμότητας ( $J_{f,h}$ : flux heat), εξάτμισης του υγρού νερού φύλλα ( $J_{f,evap}$ : flux evaporation) και διαπνοής ( $J_{f,trans}$ : flux transpiration), ενέργειες που πραγματοποιούνται από τα στομάτια (ή στόματα) των φύλλων ( $J_{f,trans}$ ):

$$J_{f,h} = 1.1r_a^{-1}(T_f - T_a) \quad (17a)$$

$$J_{f,trans} = \delta_c (r_a + r_s)^{-1} (1 - f_w)\Delta q \quad (17c)$$

$$J_{f,evap} = r_a^{-1}\Delta q\delta_c f_w + r_a^{-1}(1 - \delta_c)\Delta q \quad (17b)$$

Οι όροι  $T_a$  και  $q_a$  αναφέρονται στην θερμοκρασία και στην σχετική υγρασία του χώρου κοντά στα φύλλα των φυτών,  $\Delta q$  είναι το έλλειμμα υγρασίας μεταξύ φύλλων και αέρα με το  $\Delta q$  να ορίζεται ως  $\Delta q = q^*(T_f) - q_a$ . Ο όρος  $T_f$  είναι η θερμοκρασία των φύλλων και το  $q^*$  υποδεικνύει τον κορεσμό του  $q$  στην επιφάνεια των φύλλων. Ως έλλειμμα υγρασίας ορίζεται η διαφορά μεταξύ της πίεσης ατμών κορεσμού και της πραγματικής πίεσης ατμών κάτω από δεδομένη θερμοκρασία. Σύμφωνα με την θεωρία του Following Barden (1982), η αεροδυναμική αντίσταση  $r_a$  είναι συνάρτηση της γεωμετρίας των φύλλων και της ταχύτητας του ανέμου:

$$r_a = A \sqrt{\frac{D}{\max(W, 0.05)}} \quad (18)$$

όπου το  $W$  είναι η ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια των φύλλων. Η παράμετρος  $A$  λαμβάνεται  $87 \text{ sec}^{0.5} \text{ m}^{-1}$  για τα κωνοφόρα δέντρα και το χορτάρι ενώ για τα φυλλοβόλα δέντρα λαμβάνεται ίση με  $200 \text{ sec}^{0.5} \text{ m}^{-1}$ . Με τον όρο  $D$  συμβολίζεται η διάμετρος των φύλλων, η τιμή της οποίας κυμαίνεται από  $0.02\text{m}$  για τα κωνοφόρα δέντρα μέχρι και  $0.5\text{m}$  ή περισσότερο για τα τροπικά δέντρα σύμφωνα με τον Schilling, 1990. Ο παράγοντας  $\delta_c$  τίθεται ίσος με 1 όταν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί η εξάτμιση και η διαπνοή ( $\Delta q \geq 0$ ), αλλιώς ο παράγοντας  $\delta_c$  λαμβάνεται ίσος με 0 και δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί παρά μόνο συμπύκνωση υδρατμών. Κάνοντας την παραδοχή ότι μόνο τα υγρά τμήματα των φυτών μπορούν να εξατμιστούν (17b) και αντίστοιχα ότι μόνο από τα στεγνά τμήματα πραγματοποιείται διαπνοή (17c), απαιτείται διαχωρισμός των υγρών τμημάτων των φύλλων σε κάθε κελί του καννάβου. Σύμφωνα με τον Deardorff (1978) ο διαχωρισμός αυτός των υγρών  $f_w$  (wet fraction) υπολογίζεται ως:

$$f_w = \left(\frac{W_{dew}}{W_{dew, \max}}\right)^{2/3} \quad (19)$$

όπου  $W_{dew}$  είναι το πραγματικό ποσοστό δροσιάς πάνω στις επιφάνειες των φύλλων και  $W_{dew,max}$  το μέγιστο δυνατό.[13]

### 2.2.6.2 Αντίσταση στομάτων

Η αντίσταση στομάτων  $r_s$  ενός φυτού, υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη την πραγματική και τη μέγιστη μικροκυματική ακτινοβολία που εισάγεται ( $R_{sw}$  και  $R_{sw,max}$ ) και τη διαθέσιμη περιεκτικότητα σε νερό του εδάφους, στη ζώνη των ριζών ( $\eta$ ), όπως περιγράφεται από τον Deardorff (1978):

$$r_s = r_{s,min} \left[ \frac{R_{sw,max}}{0.03R_{sw,max} + R_{sw}} + \left( \frac{\eta_{wilt}}{\eta} \right)^2 \right] \quad (20)$$

Η μικρότερη τιμή που μπορεί να λάβει η αντίσταση στομάτων  $r_{s,min}$  εξαρτάται από το είδος του φυτού και κυμαίνεται από  $200s^{0.5} m^{-1}$  για το γρασίδι και φτάνει έως την τιμή  $400s^{0.5} m^{-1}$  για τα φύλλα των φυλλοβόλων δέντρων. Εναλλακτικά της ανωτέρω εξίσωσης της προσέγγισης Deardorff, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αντίσταση των στομάτων ένα φωτοσυνθετικό μοντέλο, το οποίο επιτρέπει μια πιο δυναμική αναπαράσταση της βλάστησης (Jacobs 1994).

### 2.2.6.3 Ενεργειακό ισοζύγιο στα φύλλα

Εάν η αποθήκευση εσωτερικής ενέργειας στα φύλλα αμελείται, τότε η θερμοκρασία σε αυτά  $T_f$  μπορεί να προκύψει από την σχέση :

$$0 = R_{sw,net}(z) + R_{lw,net}(z) - c_p \rho J_{f,h} - \rho L (J_{f,evap} + J_{f,tran}) \quad (21)$$

όπου  $c_p$  είναι η σχετική θερμότητα του αέρα, η οποία ορίζεται ως προς το ποσό θερμότητας που απαιτείται για τη μεταβολή κατά μία θερμοκρασιακή μονάδα, μιας μονάδας μάζας του αντικειμένου χωρίς αλλαγή φάσης. Επιπλέον,  $\rho$  είναι η πυκνότητα του αέρα,  $L$  είναι η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμιση και  $R_{sw,net}$  είναι η καθαρή προσπίπτουσα ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος που απορροφάται από την επιφάνεια των φύλλων και υπολογίζεται ως:

$$R_{sw,net}(z) = (F \cdot R_{sw,dir}(z) + R_{sw,dif}(z))(1 - a_f - tr_f)$$

Εδώ, το  $F$  είναι μια αδιάστατη παράμετρος που περιγράφει τον προσανατολισμό των φύλλων ως προς τον ήλιο και τίθεται ίσος με 0.5 σε περίπτωση τυχαίου προσανατολισμού των φύλλων,  $a_f$  είναι το albedo των φύλλων και τέλος ο  $t_{ff}$  (transmission factor) τίθεται ίσος με 0.3.

Ο όρος  $R_{lw,net}$  της σχέσης (21) είναι συνάρτηση των  $z$ ,  $T_f$  και υπολογίζεται από:

$$R_{lw,net}(z, T_f) = \varepsilon_f R_{lw}^{\downarrow}(z) + R_{lw}^{\leftrightarrow}(z) + \varepsilon_f R_{lw}^{\uparrow}(z) - 2\varepsilon_f \sigma_B T_f^4 - (1 - \sigma_{svf}(z)) \sigma_B T_f^4$$

Οι όροι που παρουσιάστηκαν στις σχέσεις (17 a-c) του ατμοσφαιρικού μοντέλου, μπορούν τώρα να υπολογιστούν από μία νέα σχέση, δεδομένου ότι έχει προηγηθεί η επίλυση της (21):

$$Q_h(z) = LAD(z) J_{f,h} \quad (22)$$

$$Q_q(z) = LAD(z) (J_{f,evapo} + J_{f,trans}) \quad (23)$$

όπου LAD (leaf area density) είναι η πυκνότητα της φυλλικής επιφάνειας σε ύψος  $z$ . Στις εξισώσεις έχει γίνει η παραδοχή ότι μόνο η μία πλευρά των φύλλων συμμετέχει στην τυρβώδη διαδικασία ανταλλαγής θερμότητας και εξάτμισης (the luv side) και απορροφά μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία, ενώ στην περίπτωση μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας συμμετέχουν και οι δύο πλευρές των φύλλων στην ανταλλαγή που προαναφέρθηκε. [16][13]

#### 2.2.6.4 Υδρολογικό ισοζύγιο φυτών / εδάφους

Προκειμένου να ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα η προσομοίωση του μηχανισμού διαπνοής νερού των φυτών – παροχής νερού στο έδαφος, το νερό που διαπνέεται από τα φυτά πρέπει να αναλαμβάνεται απευθείας από το έδαφος διαμέσου των ριζών, ούτως ώστε να επιτυγχάνεται απώλεια της περιεκτικότητας του εδάφους σε υγρασία. Στην περίπτωση που το έδαφος αποτυγχάνει να λάβει επαρκή ποσότητα νερού, τότε η αντίσταση των στομάτων θα αυξηθεί με αποτέλεσμα την μείωση του ρυθμού διαπνοής. Η συνολική μάζα νερού που διαπνέεται από τα φυτά προσδιορίζεται για τα διάφορα στρώματα των φυτών από την σχέση:

$$m_{\text{trans}} = \rho \int_0^{z_p} \text{LAD}(z) J_{f,\text{trans}}(z) dz \quad (24)$$

Σύμφωνα με την θεωρία του Pielkes (1984), το νερό προσλαμβάνεται από διαφορετικά κάθε φορά εδαφικά στρώματα της περιοχής των ριζών και αυτό εξαρτάται από το πλήθος των βολβών σε κάθε στρώμα (RAD(z) value) καθώς και από την υδραυλική διάχυση του εδαφικού στρώματος  $D_\eta(z)$ :

$$s_\eta(-z) = \frac{m_{\text{trans}}}{\rho_w} \left( \text{RAD}(-z) D_\eta(-z) \right) \left( \int_{-z_r}^0 \text{RAD}(-z) D_\eta(-z) dz \right)^{-1} \quad (25)$$

### 2.2.7 Επιφάνεια εδάφους και επιφάνειες κτιρίων

Η θερμοκρασία  $T_0$  της επιφάνειας του εδάφους σε ισορροπία μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση του ενεργειακού ισοζυγίου:

$$0 = R_{\text{sw},\text{net}} + R_{\text{lw},\text{net}} - c_p \rho J_h^0 - \rho L J_v^0 - G \quad (26)$$

στην οποία οι όροι  $R_{\text{sw},\text{net}}$  και  $R_{\text{lw},\text{net}}$  αντιπροσωπεύουν την καθαρή ενέργεια ακτινοβολούσας ροής, οι  $J_h$  και  $J_v$  αντιπροσωπεύουν την τυρβώδη ροή της θερμότητας και της εξάτμισης και το  $G$  αντιπροσωπεύει την ροή θερμότητας στο έδαφος. Στην περίπτωση επιφανειών κτιρίων (όπως τοίχους, στέγες) η εδαφική ροή θερμότητας αντικαθίσταται από την μετάδοση της θερμότητας διαμέσου των τοίχων ή των στεγών ( $Q_w$ ). [12][13][14]

#### 2.2.7.1 Ροές ακτινοβολίας

Οι όροι  $R_{\text{sw},\text{net}}$  και  $R_{\text{lw},\text{net}}$  υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη την θερμοκρασία των επιφανειών των κτιρίων. Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις που αναπτύχθηκαν στην ενότητα 2.4, μπορεί να γραφτεί για την μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία  $R_{\text{sw},\text{net}}$ :

$$R_{\text{sw},\text{net}} = (R_{\text{sw},\text{dir}}(z=0) \cos \beta + R_{\text{sw},\text{dif}}(z=0))(1 - a_s)$$

όπου  $\beta$  είναι η γωνία πρόσπτωσης της εισερχόμενης ακτινοβολίας σε σχέση με την επιφάνεια και  $a_s$  είναι το albedo της επιφάνειας.

Στους υπολογισμούς για την μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία, πρέπει να ληφθεί υπόψη η επιρροή του δυναμικού βλάστησης των στρωμάτων πάνω από την επιφάνεια, η ακτινοβολούσα ροή από τα κτίρια και η αντανάκλαση της ακτινοβολίας ανάμεσα στην επιφάνεια και τα κτίρια. Επομένως, προκειμένου να απλοποιηθούν οι υπολογισμοί, η ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος χωρίζεται σε δύο κατηγορίες και εξετάζονται αυτές. Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στον χώρο εκείνο που δεν καλύπτεται από κτίρια ( $R_{lw,net}^{us}$ ) και η δεύτερη στον χώρο εκείνο που περιτριγυρίζεται από κτίρια ( $R_{lw,net}^s$ ):

$$R_{lw,net}(T_0) = \sigma_{svf} R_{lw,net}^{us}(T_0) + (1 - \sigma_{svf})R_{lw,net}^s$$

όπου ο συντελεστής θέασης του ουρανού  $\sigma_{svf}$  χρησιμοποιείται ούτως ώστε να σταθμίζει την ενέργεια για τον καλυμμένο και τον ακάλυπτο χώρο ανάλογα με την περίπτωση που εξετάζεται.

Σύμφωνα με την θεωρία που ανέπτυξε ο Deardorff (1978), η ανταλλαγή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος ανάμεσα στο έδαφος και την βλάστηση (δηλαδή για την περίπτωση της πρώτης κατηγορίας του ακάλυπτου χώρου) και ανάμεσα στο έδαφος και τα κτίρια (δηλαδή για την δεύτερη κατηγορία του καλυμμένου χώρου) μπορεί να γραφτεί ως εξής:

$$R_{lw,net}^{us} = \sigma_{lw}^{\downarrow}(0) (R_{lw}^{\downarrow,0} - \varepsilon_s \sigma_B RT_0^4 + (1 - \sigma_{lw}^{\downarrow}(0)) \frac{\varepsilon_f \varepsilon_s}{\varepsilon_f + \varepsilon_s - \varepsilon_f \varepsilon_s} (\sigma_B \bar{T}_f^4 - \sigma_B T_f^4)) \quad (27a)$$

$$R_{lw,net}^s = \frac{\varepsilon_w \varepsilon_s}{\varepsilon_w + \varepsilon_s - \varepsilon_w \varepsilon_s} \{ \max(\sigma_B \bar{T}_w^4, \sigma_B T_0^4) - \sigma_B T_0^4 \} \quad (27b)$$

όπου  $\bar{T}_w^4$  είναι η μέση θερμοκρασία των τοίχων των κτιρίων και  $\varepsilon_w$  είναι η εκπομπή από τους τοίχους. Για τον καλυμμένο χώρο, γίνεται η παραδοχή ότι η ροή ενέργειας από τους τοίχους είναι σημαντική και πρέπει να ληφθεί υπόψη μόνο στην περίπτωση που οι τοίχοι είναι ζεστότεροι από την επιφάνεια του εδάφους. Εάν η επιφάνεια του εδάφους είναι ζεστότερη, το κυρίαρχο φαινόμενο που έχει σημασία είναι η ανάκλαση της ακτινοβολίας από την επιφάνεια των τοίχων.

Στην περίπτωση των τοίχων των κτιρίων, το μοντέλο για την ακτινοβολία δεν είναι τόσο πολύπλοκο. Η επιρροή της βλάστησης τώρα αμελείται διότι κατά την οριζόντια διεύθυνση της ροής από τα στρώματα βλάστησης, οι πληροφορίες που υπάρχουν διαθέσιμες είναι λιγοστές. Για τους κατακόρυφους τοίχους, γίνεται η παραδοχή ότι ο ακάλυπτος χώρος θα λαμβάνει το 50% της ακτινοβολίας από τον ουρανό και το 50% της ακτινοβολίας από το έδαφος. Όσον αφορά τον καλυμμένο χώρο, τα 2/3 της μακροκυματικής ακτινοβολίας αναμένεται να προέρχονται από τις εκπομπές των άλλων τοίχων και το 1/3 που υπολείπεται, γίνεται η παραδοχή ότι είναι ακτινοβολία από το έδαφος ανακλώμενη στους τοίχους. Τέλος, για τις στέγες, οι συνιστώσες της ακτινοβολίας παρουσιάζονται όμοια με αυτές της επιφάνειας του εδάφους, με την μόνη διαφορά ότι εδώ πλέον ισχύει ότι  $z \neq 0$  και ότι πρόσθετα στρώματα βλάστησης πάνω από την οροφή δεν λαμβάνονται υπόψη.[13][19]

#### 2.2.7.2 Τυρβώδης ροή θερμότητας και εξάτμισης

Η τυρβώδης ροή της θερμότητας  $J_h^0$  και της εξάτμισης  $J_v^0$  στην επιφάνεια του εδάφους και στον τοίχο/οροφή ενός κτιρίου υπολογίζεται ως εξής:

$$J_h^0 = -K_h^0 \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{z=0} = -K_h^0 \frac{\theta(k=1) - T_0}{0.5\Delta z(k=1)} \quad (28a)$$

$$J_v^0 = -K_v^0 \left. \frac{\partial q}{\partial z} \right|_{z=0} = -K_v^0 \frac{q(k=1) - q_0}{0.5\Delta z(k=1)} \quad (28b)$$

όπου  $k=1$ , υποδεικνύει το πρώτο υπολογισθέν στρώμα πάνω από την επιφάνεια ή παρακείμενα αυτής και τα  $K_h^0$ ,  $K_v^0$  είναι οι συντελεστές ανταλλαγής θερμότητας και εξάτμισης. Στο σημείο αυτό, σημειώνεται ότι και οι δύο παράγοντες υπολογίζονται συμπεριλαμβάνοντας την θερμική διαβάθμιση που υπάρχει μεταξύ της επιφάνειας και του υπερκείμενου στρώματος αέρα (Asaeda et al. 1993).

Στην περίπτωση των τοίχων, οι μαθηματικές παραστάσεις στις σχέσεις (28 a,b) πρέπει να προσαρμοστούν σύμφωνα με τον προσανατολισμό αυτών. Εάν επικρατούν τώρα μικρές τιμές ταχύτητας ανέμου, προκύπτουν συνθήκες ελεύθερης μεταφοράς θερμότητας και χρησιμοποιείται το



λεγόμενο  $z^{-1/3}$  μοντέλο, ώστε να περιγραφθεί η κατακόρυφη αυτή μεταφορά (Panhans and Schrodin 1980). Η υγρασία της επιφάνειας  $q_0$  μπορεί να προσδιοριστεί μέσω της περιεκτικότητας εδαφικής υγρασίας στο επίπεδο  $z=-1$  χρησιμοποιώντας την  $\beta$ - προσέγγιση του Deardorff (1978):

$$q_0 = \beta q * (T_0) + (1 - \beta)q(z = 1) \quad (29)$$

$$\beta = \min(1, \eta(z = -1) / \eta_{fc})$$

όπου  $\eta$  είναι η περιεκτικότητα εδαφικής υγρασίας κατά όγκο στο πρώτο εδαφικό στρώμα και  $\eta_{fc}$  είναι η τιμή της «υδατοϊκανότητας» εδάφους (field capacity), δηλαδή η περιεκτικότητα σε νερό, που παραμένει για αρκετές ημέρες μετά τη στράγγιση ενός κορεσμένου εδάφους. Συνδέεται στενά με τη φυσικοχημική κατάσταση του εδάφους και πρακτικά ταυτίζεται με την ισοδύναμη υγρασία. Η τιμή της ποικίλλει από 7% για τα αμμώδη εδάφη έως 40% στα αργιλώδη. Η ροή του νερού συνδέεται με το εδαφικό υδραυλικό μοντέλο μέσω του πρόσθετου όρου  $S_{\eta,0}$ . Ο όρος αυτός σχετίζεται με την εξάτμιση στην επιφάνεια μέσω της σχέσης:

$$S_{\eta,0}(k = -1) = -\frac{\rho}{\rho_w} \mathbf{J}_v^0 \frac{1}{\Delta z(k = -1)} \quad (30)$$

στην οποία το  $k=-1$  αντιστοιχεί στο πρώτο στρώμα του εδαφικού μοντέλου με πάχος  $\Delta z$  και πυκνότητα νερού  $\rho_w$ . Στην πράξη, η εφαρμογή των σχέσεων έδειξε ότι είναι πιο ρεαλιστικό να μοιράζεται η απώλεια νερού στα δύο πρώτα στρώματα του εδάφους και επίσης ότι είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται τα δύο αυτά στρώματα ώστε να εκτιμάται η παράμετρος  $\beta$  στην σχέση (29), από το να χρησιμοποιείται μόνο το πάνω στρώμα. Σε αντίθετη περίπτωση, το έδαφος θα στεγνώσει πολύ γρήγορα, εξαιτίας του γεγονότος ότι τα στρώματα είναι πολύ λεπτά.[14][12]

### 2.2.7.3 Ροή θερμότητας εδάφους και ροή θερμότητας μέσω των κτιρίων

Η ροή θερμότητας στο έδαφος υπολογίζεται συναρτήσει της θερμοκρασίας στην επιφάνεια και της θερμοκρασίας στο πρώτο στρώμα του εδαφικού μοντέλου κάτω από την επιφάνεια:

$$G = \lambda_s(k = -1) \frac{T_0 - T(k = -1)}{0.5\Delta z(k = -1)} \quad (31)$$

όπου  $\lambda_s$  είναι η θερμική αγωγιμότητα του πρώτου στρώματος του εδάφους, μέγεθος που εξαρτάται από το τύπο εδάφους και την περιεκτικότητα σε νερό. Όσον αφορά τα κτίρια, ο όρος  $G$  αντικαθίσταται από τον όρο  $Q_w$  :

$$Q_w = k(T_w - T_{a,i}) \quad (32)$$

στην οποία  $k$  είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του υλικού του τοίχου και  $T_{a,i}$  είναι η θερμοκρασία του αέρα μέσα στο κτίριο. Η προσέγγιση αυτή είναι αρκετά απλοϊκή και δεν λαμβάνει υπόψη το απόθεμα θερμότητας που υπάρχει στο κτίριο.[19]

## 2.2.8 Αριθμητικά στοιχεία – Μεθοδολογία

### 2.2.8.1 Τεχνικές επίλυσης

Οι διαφορικές εξισώσεις που υπεισέρχονται στο μοντέλο επιλύονται κλιμακωτά στο σύστημα του καννάβου χρησιμοποιώντας διαφορικά πεπερασμένα στοιχεία. Οι τρισδιάστατες εξισώσεις μεταφοράς – διάχυσης επιλύονται με τη χρήση της έμμεσης μεθόδου εναλλασσόμενων διευθύνσεων (ADI-alternating directions implicit) σε συνδυασμό με ένα πρόγραμμα οριζόντιας μεταφοράς. Η ADI είναι μια πεπερασμένη διαφορική μέθοδος για την επίλυση παραβολικών και ελλειπτικών μερικών διαφορικών εξισώσεων σε δύο ή περισσότερες διαστάσεις και το πλεονέκτημα αυτής είναι ότι οι εξισώσεις που πρέπει να επιλυθούν σε κάθε επανάληψη έχουν απλούστερη μορφή επομένως μπορούν εύκολα να επιλυθούν. Ακόμα, το πρόγραμμα που προαναφέρθηκε προϋποθέτει μια σχετικά μεγάλη αριθμητική διάχυση αλλά επιτρέπει γρήγορη επίλυση των εξισώσεων, για αυτό και επιλέχτηκε στο υπολογιστικό μοντέλο ENVI-met. Όσον αφορά την επίλυση των εξισώσεων Navier-Stokes χρησιμοποιείται η μέθοδος διαιρετών των Patrinos και Kistler (1977). Συνεπώς, οι προγνωστικές εξισώσεις για τη διατήρηση της μάζας στο πεδίο ανέμου  $\mathbf{u}_i^{t+\Delta t}$  διαιρείται σε ένα βοηθητικό πεδίο ροής  $\mathbf{u}^{aux}$  (auxiliary) και σε ένα πεδίο πίεσης  $p$ :

$$\frac{\partial \mathbf{u}_i^{t+\Delta t}}{\partial t} = \frac{\partial \mathbf{u}_i^{aux}}{\partial t} + \frac{1}{\rho} \nabla p \quad (33)$$

Η μεταβλητή της πίεσης μετακινείται επομένως από τις τρεις προγνωστικές εξισώσεις (1a-c) και ένα νέο σύστημα τριών εξισώσεων για το βοηθητικό πεδίο ροής:

$$\frac{\partial u^{aux}}{\partial t} + u_i \frac{\partial u^{aux}}{\partial x_i} = K_m \left( \frac{\partial^2 u^{aux}}{\partial x_i^2} \right) + f(v - v_g) - S_u \quad (34a)$$

$$\frac{\partial v^{aux}}{\partial t} + u_i \frac{\partial v^{aux}}{\partial x_i} = K_m \left( \frac{\partial^2 v^{aux}}{\partial x_i^2} \right) + f(u - u_g) - S_v \quad (34b)$$

$$\frac{\partial w^{aux}}{\partial t} + u_i \frac{\partial w^{aux}}{\partial x_i} = K_m \left( \frac{\partial^2 w^{aux}}{\partial x_i^2} \right) + g \frac{\theta(z)}{\theta_{ref}(z)} - S_w \quad (34c)$$

Αυτό το πεδίο ροής περιέχει την σωστή στροβιλότητα αλλά δεν ισχύει η διατήρηση της μάζας σε αυτό, πράγμα που σημαίνει ότι δεν ικανοποιεί την συνθήκη (2). Το συνδυασμένο πεδίο πίεσης μπορεί να προσδιοριστεί από την επίλυση της εξίσωσης Poisson:

$$\nabla^2 p = \frac{\rho}{\Delta t} \nabla u_i^{aux} \quad (35)$$

Χρησιμοποιώντας την μη γραμμική επαναληπτική μέθοδο Simultaneous Over-Relaxation (SOR). Τέλος, το πραγματικό πεδίο ροής για διατήρηση μάζας μπορεί να υπολογιστεί από:

$$u_i^{t+\Delta t} = u_{aux}^i - \frac{\Delta t}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} \quad (36)$$

Η απότομη κλίση πίεσης που μπορεί να προκύψει στις προσομοιώσεις μικρής κλίμακας απαιτεί μικρό χρονικό βήμα για την επίλυση των εξισώσεων του πεδίου ανέμου. Συνεπώς, το πεδίο ανέμου δεν αντιμετωπίζεται σαν μια ‘κανονική’ προγνωστική μεταβλητή στο ENVI-met, αλλά ενημερώνεται μετά από δεδομένο χρονικό διάστημα ούτως ώστε να λάβει υπόψη ενδεχόμενες αλλαγές στην τύρβη και στην θερμική διαβάθμιση. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να θεωρηθεί το πεδίο ανέμου ως κανονική μεταβλητή, πρακτικά όμως απαιτείται να δαπανηθεί πολύς χρόνος ώστε να προκύψει αποτέλεσμα δεδομένων των σύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστών.[12][13][19]

### 2.2.8.2 Υπολογιστικό πεδίο και κατασκευή καννάβου

Ανάλογα με το πρόβλημα που εξετάζεται κάθε φορά, το συνολικό μέγεθος του τρισδιάστατου μοντέλου X,Y και Z που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του καννάβου ποικίλλει και μπορεί να επιλεγθεί από ένα μεγάλο εύρος. Από παράλειψη τα διαστήματα των Δx, Δy και Δz είναι ισαπέχοντα σε κάθε διεύθυνση (μόνο το χαμηλότερο κελί του καννάβου πάνω από το έδαφος διαιρείται σε 5 υπο-κελιά με μέγεθος  $\Delta z_g=0.2\Delta z$  ούτως ώστε να αυξηθεί η ορθότητα των υπολογισμών στην επιφάνεια). Το τρισδιάστατο μοντέλο μετατρέπεται σε ένα μονοδιάστατο μοντέλο το οποίο εκτείνεται σε ύψος 2500m. Οι τιμές του μονοδιάστατου μοντέλου χρησιμοποιούνται ως αναφορά τόσο για την εισροή όσο και για τις οριακές συνθήκες (top) για το τρισδιάστατο μοντέλο.

### 2.2.9 Μειονεκτήματα παρούσας έκδοσης

Το Envi-met αν και δίνει μια πληθώρα δυνατοτήτων στο πλαίσιο της προσομοίωσης του μικροκλίματος ανοιχτών χώρων, εντούτοις δεν παύει να αποτελεί ένα αναπτυσσόμενο πρόγραμμα που παρουσιάζει στην παρούσα έκδοσή του και αρκετές ατέλειες. Συνοπτικά οι πιο σημαντικές από αυτές είναι οι εξής:

- Η χρήση του Envi-met δεν ενδείκνυται για μελέτη σε περιοχές με περίπλοκο ή πολυεπίπεδο ανάγλυφο εδάφους. Μέχρι στιγμής το έδαφος θεωρείται ότι είναι απολύτως επίπεδο στις προσομοιώσεις.
- Προς το παρόν, οι βιβλιοθήκες βλάστησης και υλικών είναι αρκετά περιορισμένες, ενώ η δημιουργία νέων στοιχείων απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις και αποτελεί επίπονη διαδικασία.
- Δεν διαθέτει στοιχείο ρηχού νερού. Το μόνο στοιχείο ύδατος που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε, ονομάζεται «deep water» και αφορά νερά μεγάλου βάθους.
- Αν και πρόκειται για πρόγραμμα τρισδιάστατης ανάλυσης, η διαμόρφωση του μοντέλου γίνεται σε δισδιάστατο περιβάλλον, γεγονός που δυσχεραίνει την κατανόησή του από τον χρήστη.
- Στην περίπτωση της βλάστησης ιδιαίτερα, τα δέντρα μοντελοποιούνται ως «στήλες» σταθερής διατομής, οπότε δεν προσεγγίζεται σωστά η μορφή τους.
- Φαινόμενα όπως αυτό της θερμικής νησίδας, τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του μικροκλίματος των αστικών χώρων, δεν λαμβάνονται υπόψη.
- Μέχρι τώρα τα κτίρια αποτελούνται αποκλειστικά από ένα υλικό το οποίο μάλιστα αφορά αυτόματα όλα τα κτίρια του μοντέλου.

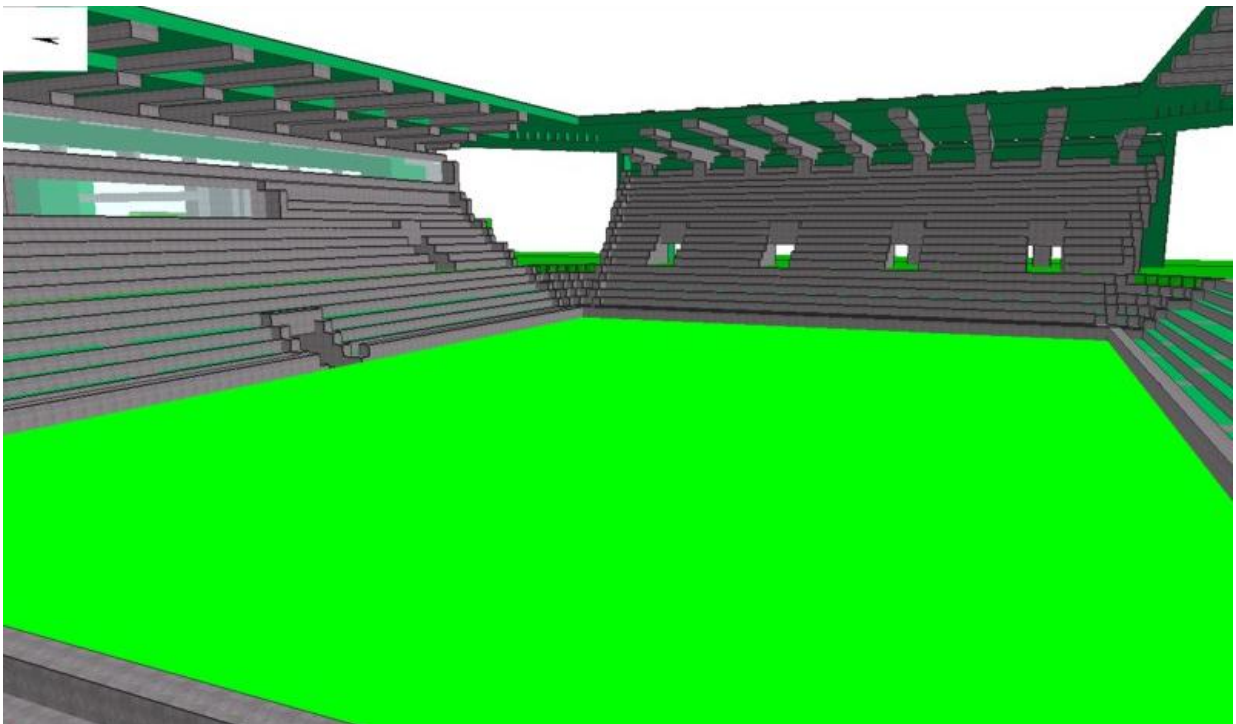
Αυτές αλλά και άλλες παραλήψεις αποτελούν αντικείμενο μελέτης από τους κατασκευαστές του προγράμματος και είναι βέβαιο πως στο μέλλον θα έχουν εξαλειφθεί. Ήδη, στη νέα έκδοση που αναμένεται (version 4.0), έχουν γίνει εντυπωσιακές αλλαγές οι οποίες παρουσιάζονται συνοπτικά στη συνέχεια.[14][12][19]

### 2.3 Καινοτομίες του Envi-met v4.0

#### ➤ Απόλυτη τρισδιάστατη σχεδίαση

Η έκδοση 4.0 του Envi-met πρόκειται να υποστηρίξει εντελώς τρισδιάστατα μοντέλα. Φυσικά θα επιτρέπει σε όποιον χρήστη επιθυμεί να δουλέψει παλαιότερα μοντέλα ή συνεχίσει να εργάζεται σε δισδιάστατο περιβάλλον. Η επιλογή τρισδιάστατης σχεδίασης θα είναι προαιρετική.

Παντελώς τρισδιάστατη σχεδίαση θα σημαίνει πως οποιαδήποτε κατασκευή, όσο πολύπλοκη κι αν είναι, θα μπορεί να μοντελοποιηθεί στο Envi-met. Η ακόλουθη εικόνα δείχνει για παράδειγμα, τον ημι-υπαίθριο χώρο ενός ποδοσφαιρικού σταδίου που πρόκειται να ανεγερθεί στο Μάιντζ.

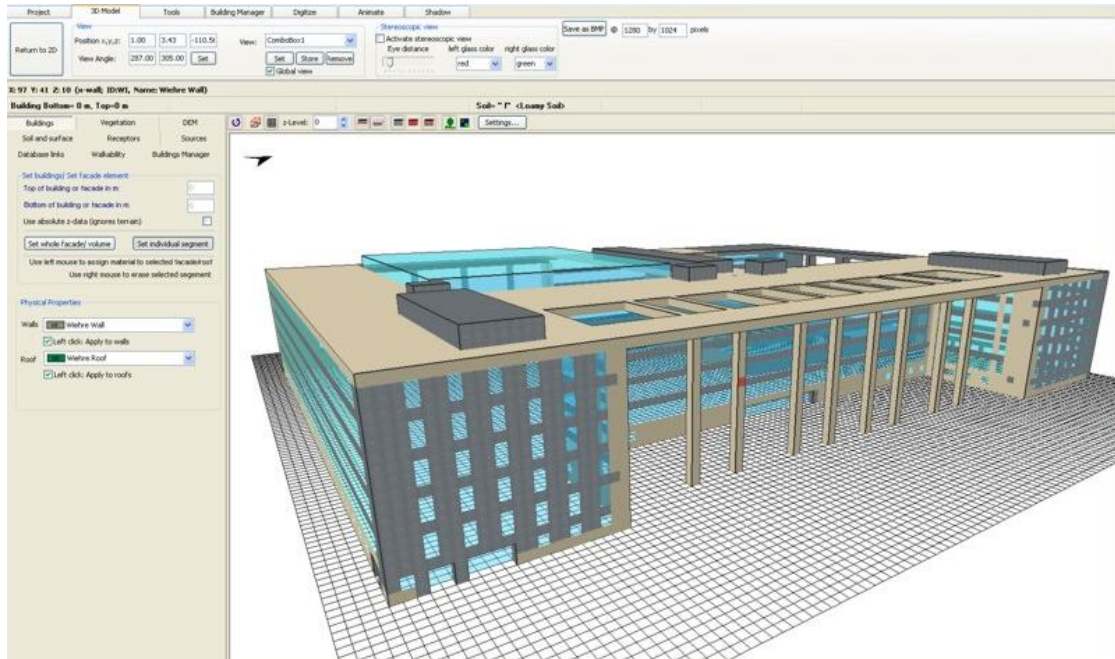


Εικόνα 2.3: Ποδοσφαιρικό στάδιο στο Μάιντζ όπως έχει μοντελοποιηθεί στο Envi-met 4.0[27]

Οι περιορισμοί από το παλαιό μοντέλο, όπως μόνο μία συντεταγμένη z κορυφής του μοντέλου και μία συντεταγμένη z βάσης του μοντέλου ανήκουν πλέον στο παρελθόν. Ο χρήστης θα μπορεί να σχεδιάσει το 3D μοντέλο, όπως του αρέσει. Ωστόσο, θα παραμείνει η δέσμευση για τη χρήση μόνο ορθογωνικών συντεταγμένων, δηλαδή δεν θα μπορούν να δημιουργηθούν καμπύλα στοιχεία.

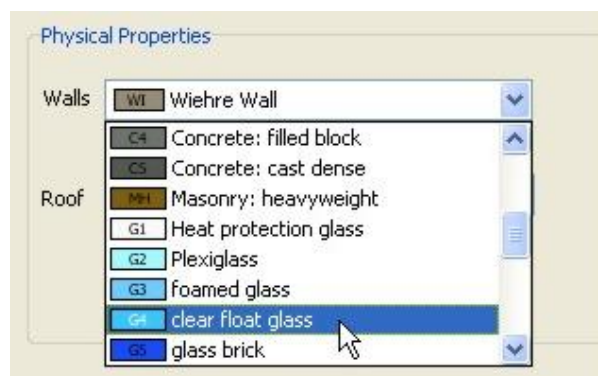
### ➤ ENVI-met Edditor V4.0

Μαζί με τα νέα τρισδιάστατα χαρακτηριστικά είναι αναγκαίο να αλλάξει εκ βάθρων ο editor, ώστε να υποστηρίξει όλα τα νέα χαρακτηριστικά με ένα ελκυστικό και φιλικό προς τον χρήστη τρόπο. Παρακάτω παρατίθενται ορισμένες εικόνες από το περιβάλλον του νέου editor και των ρυθμίσεων που αυτός περιέχει:

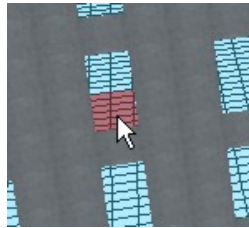


Εικόνα 2.4: Περιβάλλον εργασίας του νέου editor[27]

Στην Εικόνα 2.4 απεικονίζεται το τρισδιάστατο μοντέλο ενός συγκροτήματος γραφείων (Auswärtiges Amt) στο Βερολίνο. Αποτελείται από πολλά διαφορετικά υλικά με ιδιαίτερη έμφαση στο γυαλί.. Ο editor απεικονίζει το μοντέλο με βάση τις ρυθμίσεις υλικού μας (π.χ. το χρώμα και την αδιαφάνεια) και επιτρέπει την τρισδιάστατη επεξεργασία του.



Εικόνα 2.5: Επιλογή υλικού για τον τοίχο ή την οροφή[27]



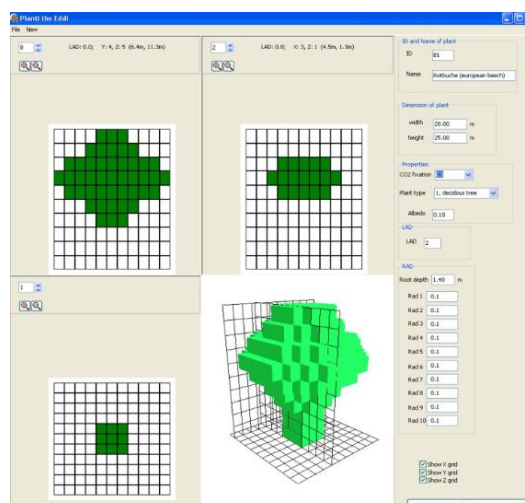
Εικόνα 2.6: Τοποθέτηση του υλικού με απλό κλικ πάνω στο στοιχείο[27]

Ο editor υποστηρίζει την παλιά δισδιάστατη μορφή. Στην περίπτωση που δεν χρειάζεται να οριστεί ένα κτίριο τόσο λεπτομερώς, δίνεται η δυνατότητα να σχεδιαστεί με τον μέχρι τώρα τρόπο ακριβώς όπως στις προηγούμενες εκδόσεις του προγράμματος. Επίσης, θα παρέχεται δυνατότητα τοποθέτησης πολύ λεπτομερών κτιρίων με πιο απλό γενικευμένο περιβάλλον, ώστε να ληφθεί υπόψη και η επίδραση του γειτνιαζόντος περιβάλλοντος.

### ➤ Νέο τρισδιάστατο μοντέλο βλάστησης

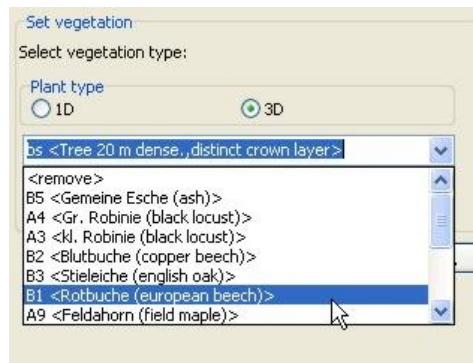
Το μοντέλο βλάστησης στο Envi-met αναμένεται να υποστεί ριζικές αλλαγές. Μέχρι τώρα, τα φυτά ήταν απλώς στήλες με διαφορετικές τιμές LAD και υπήρχε μεγάλη δυσκολία στο να ρυθμιστούν οι παράμετροι που αφορούν π.χ. ένα δέντρο ώστε αυτό να πλησιάζει την πραγματική του μορφή.

Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, σαν πρώτο βήμα έχει δημιουργηθεί μία 3D βάση δεδομένων, η οποία καθορίζει τα δέντρα με σαφώς πιο εκλεπτυσμένο τρόπο. Προς το παρόν, η δομή της βάσης δεδομένων χρησιμοποιεί έναν κάνναβο 11x11x10 για τον προσδιορισμό της μορφής των δέντρων. Ο editor θα έχει την μορφή που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



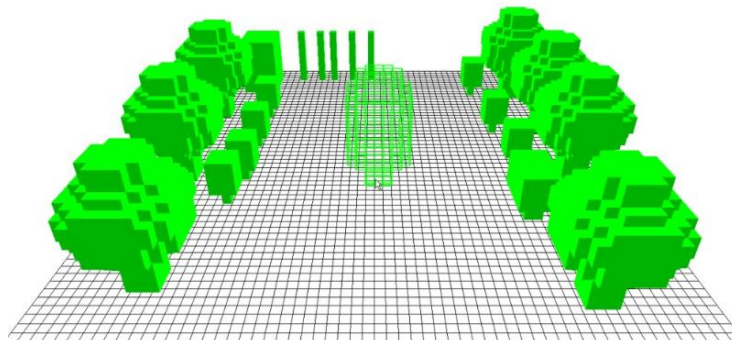
Εικόνα 2.7: Περιβάλλον του editor βλάστησης[27]

Επίσης, ένας νέος τύπος βλάστησης είναι τώρα διαθέσιμος, ο οποίος ονομάζεται «3D βλάστηση».



Εικόνα 2.8: 3D vegetation[27]

Σε αντίθεση με τη μέχρι τώρα διαδικασία τοποθέτησης ενός φυτού πάνω στον κάρναβο του Envi-met, πλέον απλά ορίζεται το κέντρο του πάνω στον κάρναβο και το πρόγραμμα δημιουργεί αυτόματα ολόκληρο το μοντέλο του φυτού στη θέση αυτή. Επιπλέον ο editor υποστηρίζει τρισδιάστατη απεικόνιση και επιτρέπει να τοποθετηθεί η βλάστηση με ένα απλό «κλικ» όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 2.9: Τοποθέτηση της βλάστησης σε τρισδιάστατο περιβάλλον[27]

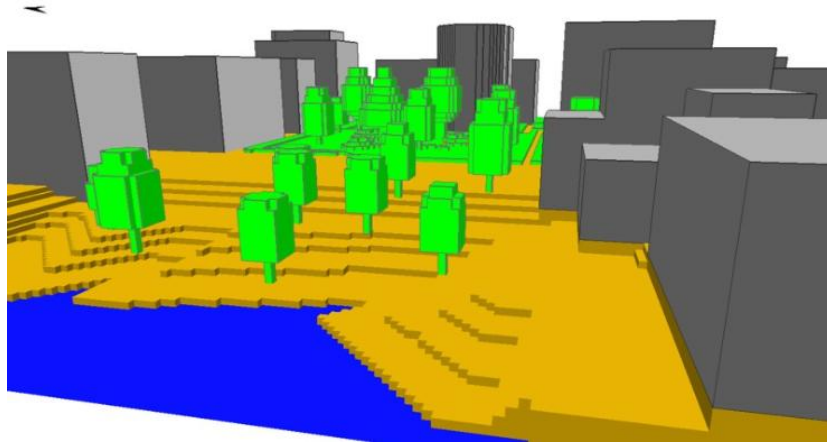
Το προφανές πλεονέκτημα του νέου μοντέλου, είναι ότι τα δέντρα είναι τώρα πραγματικά 3D, διαφορετικοί τύποι βλάστησης μπορεί να επικαλύπτονται και η γεωμετρική μορφή ρυθμίζεται αυτόματα, αναλόγως με την ανάλυση του μοντέλου.

### ➤ Προσομοίωση του εδάφους

Στις μέχρι τώρα εκδόσεις του Envi-met, οτιδήποτε υποτίθεται ότι εδραζόταν σε μια επίπεδη επιφάνεια. Στην έκδοση 4.0, θα λαμβάνεται υπ όψιν και η τοπογραφία του εδάφους κατά την κατασκευή του μοντέλου. Πλέον στις προσομοιώσεις το πρόγραμμα θα συνυπολογίζει τις πλαγιές



και την έκθεσή τους στον ήλιο κατά τον υπολογισμό του μικροκλίματος. Η παρακάτω εικόνα δείχνει μια μοντελοποίηση του εδάφους στο Envi-met για την κατασκευή των αναβαθμίδων στο Αμβούργο στο πλαίσιο της ανάπλασης «Hamburg Hafen City Project».[16][12]



Εικόνα 2.10: Προσομοίωση εδάφους στο πλαίσιο του «Hamburg HafenCity Project»[27]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Δεδομένα για τις δύο πλατείες

### 3.1 Γεωγραφική θέση

Πρόκειται για δύο πλατείες του κέντρου των Αθηνών πολύ κοντά στην πλατεία Ομονοίας, η οποία αποτελεί το «χιλιόμετρο μηδέν» της πόλης. Η πλατεία Κοτζιά βρίσκεται μεταξύ των οδών Αθηνάς και Αιόλου, ενώ η πλατεία Δικαιοσύνης περικλείεται μεταξύ των κεντρικών οδών Πανεπιστημίου και Σταδίου. Η θέση τους αποτελεί ένδειξη της μεγάλης κοινωνικής και πολιτικής τους σημασίας.



Εικόνα 3.1: Η θέση των δύο πλατειών στο κέντρο της Αθήνας (αριστερά η πλατεία Κοτζιά και δεξιά η πλατεία Δικαιοσύνης)[20]

### 3.2 Ιστορικά στοιχεία

#### 3.2.1 Πλατεία Κοτζιά

Τον Ιανουάριο του 1831 ο Ι. Καποδίστριας επισκέφθηκε την Αθήνα μαζί με τους αρχιτέκτονες Κλεάνθη και Σάουμπερτ. Σε αυτούς ανατέθηκε η σύνταξη νέου σχεδίου για την πολεοδομία της Αθήνας. Τότε γεννήθηκε και η οδός Αθηνάς που φιλοδοξούσε να γίνει ένα «βουλεβάρτο» κατάλληλο για περίπατο. Μια έκταση που κατείχε τότε ο Κλεάνθης κοντά στην Ομόνοια την παραχώρησε προκειμένου να δημιουργηθεί «Ο κήπος του Λαού». Δεντροφυτεμένη πλατεία δηλαδή

κατάλληλη για περπάτημα, που γύρω της θα συγκεντρώνονταν το θέατρο οι υπηρεσίες και η αγορά τροφίμων.



Εικόνα 3.2: Αποψη της δέντροφυτεμένης τότε πλατείας[18]

Το 1859 στις πολλές πλατείες που δημιουργήθηκαν γύρω από την οδό Αθηνάς οριοθετήθηκε και η αποκαλούμενη τότε **Πλατεία Νέου Θεάτρου**. Λίγο αργότερα έλαβε την ονομασία **Πλατεία Λουδοβίκου του Α΄** την οποία διατήρησε για πολλά χρόνια. Επί δημαρχίας Π. Κυριακού το 1872 ανεγέρθη σε τμήμα της πλατείας το Δημαρχιακό Μέγαρο σε σχέδια Π. Κάλκου. Το Δημαρχείο μαζί με το κτίριο της Εθνικής Τράπεζας έδωσαν τότε μια άλλη εικόνα στην οδό Αθηνάς. Ο δήμαρχος αποφάσισε τότε να προικίσει τη πόλη με ένα σύγχρονο δημοτικό θέατρο. Η θεμελίωσή του ξεκίνησε το 1873. Με πολλές παλινωδίες κατάφερε να ανοικοδομηθεί, ωστόσο η πορεία του δεν ήταν ευοίωνη. Τελικά κατεδαφίστηκε από έναν άλλο δήμαρχο 50 χρόνια μετά.

Σιγά-σιγά η οδός Αθηνάς αποκτούσε πολυώροφα κτίρια που στέγαζαν διάφορους επαγγελματίες. Η πλατεία Λουδοβίκου Α΄ αποκτούσε ολοένα και περισσότερη κίνηση από περαστικούς, αφού βρίσκονταν στο κέντρο της πόλης. Το 1889 η πλατεία αποκτά κράσπεδα και πλακόστρωση. Τότε τοποθετήθηκαν στη πλατεία οικίσκοι και κιόσκια για καλλωπισμό του χώρου τα οποία έδωσαν μια εικόνα ευρωπαϊκού αέρα.

Επί δημάρχου Σπ. Μερκούρη η οδός Αθηνάς ασφαλτοστρώθηκε και φυτεύτηκαν δυο μεγάλοι φοίνικες απέναντι από το Δημαρχείο. Η Πλατεία Λουδοβίκου βίωσε τότε την καλύτερη περίοδο της ύπαρξής της. Ένας κατάφυτος κήπος στη μέση της και γύρω από αυτήν τα σημαντικότερα κτίρια

της πόλης. Στις γιορτές οι πλανόδιοι και άλλοι έμποροι γέμιζαν με τα εμπορεύματά τους την πάνω πλευρά της πλατείας. Ένα ολόκληρο παζάρι στήνονταν τότε στην Αιόλου. Μαζί με τους μικροπωλητές περνούσαν από εκεί και όλοι οι αθηναίοι προκειμένου να κατέβουν στην Δημοτική Αγορά (μετέπειτα Βαρβάκειο) και στα γύρω εμπορικά καταστήματα.

Η Πλατεία ακόμα βρισκόταν ακριβώς στη μέση με τους γύρω δρόμους (Ευπόλιδος, Αιόλου, Κρατίνου) να είναι σε χρήση. Το 1971 μετά το θάνατο του δημάρχου Κ. Κοτζιά η πλατεία Λουδοβίκου ή για τους περισσότερους Πλατεία Λαού μετονομάζεται σε **Πλατεία Κοτζιά**. Το όνομα Πλατεία Λουδοβίκου δόθηκε τότε σε μια έκταση κοντά στο Μετς.

Με την μεταπολίτευση το Δημοτικό Συμβούλιο αποφάσισε με την 724/1977 πράξη την μετονομασία της Πλατείας Κ. Κοτζιά σε **Πλατεία Εθνικής Αντιστάσεως**. Αν και η ονομασία χρησιμοποιήθηκε και στις επιγραφές και στην δημόσια αναφορά του Δήμου, εντούτοις στην συνείδηση του αθηναίου η πλατεία παρέμεινε μέχρι σήμερα ως Πλατεία Κοτζιά. Τούτο ήταν ίσως επακόλουθο γιατί η συγκεκριμένη πλατεία συνδέεται με το Δημαρχείο της Αθήνας και το βαρύγδουπο όνομα που της δόθηκε δεν μπορούσε να επικρατήσει στην καθημερινότητα του αθηναίου.



Εικόνα 3.3: Διαφορετική άποψη της τότε πλατείας (λήψη από την οδό Αθηνάς)[18]

Επί δημαρχίας Δ. Μπέη ξεκίνησε η μελέτη για κατασκευή υπόγειου χώρου στάθμευσης στην πλατεία με ταυτόχρονη ανακαίνισή της. Ενώ η κατασκευή προχωρούσε, η ανακάλυψη πολλών αρχαιολογικών ευρημάτων το 1988 μπλόκαρε τη συνέχιση του έργου. Η πλευρά της πλατείας προς την οδό Αιόλου βρισκόταν πάνω στα αρχαία τείχη της πόλης και την Αχαρνική Πύλη. Η αρχαιολογική έρευνα, που συνεχίστηκε για μεγάλο διάστημα, έφερε στο φως μεγάλο αριθμό ευρημάτων. Έτσι, ενώ ο υπόγειος σταθμός αυτοκινήτων χρησιμοποιούνταν, η πλατεία δόθηκε στους δημότες σχεδόν μετά από μια δεκαετία, με το τμήμα της πλατείας στη γωνία Ευπόλιδος και Αιόλου να παραμένει ανοικτό προκειμένου να διατηρηθούν τα αρχαιολογικά ευρήματα. Το κομμάτι αυτό είναι πλέον και το μόνο πράσινο σημείο στην πλατεία Κοτζιά, καθώς όλη της η έκταση στρώθηκε με γρανίτη και τα μόνα δέντρα που φυτεύτηκαν ήταν στις πλαϊνές πεζοδρομημένους οδούς.

Στο κέντρο της πλατείας τοποθετήθηκε η γλυπτική σύνθεση της Σοφίας Βάρη με την ονομασία «Θησέας» που είχε δωρισθεί στο Δήμο Αθηναίων. Ασύμμετροι όγκοι, με ευθείες και κυρίαρχες καμπύλες γραμμές, σε μια καθαρά αφηρημένη σύνθεση. Το όνομα του μυθικού ιδρυτή της πόλης στην σύνθεση ταυτίζεται φυσικά με το δημαρχείο που το αντικρίζει απέναντί του. Παρά τα συμβολικά στοιχεία η σύνθεση στέκει ιδιαίτερα βαριά στο γύρω νεοκλασικό περιβάλλον των κτιρίων της Πλατείας. Ταυτόχρονα, η πλατεία απογυμνώθηκε από κάθε χρηστική αξία και στην ουσία αποτελεί μια μεγάλη πλακοστρωμένη έκταση με τον «Θησέα» και το σιντριβάνι στη μέση.

Το 2001 επί δημαρχίας Αβραμόπουλου τοποθετήθηκαν στην πλατεία Κοτζιά έξι ορειχάλκινες προτομές φιλοσόφων και ιστορικών της αρχαιότητας. Παρά την προσπάθεια του καλλιτέχνη Γ. Καρακάλλα να τους αποδώσει κατά το καλύτερο δυνατόν οι μαρμάρινες επιφάνειες όπου εδράζονταν δεν έδεναν καθόλου αισθητικά με τον χώρο. Όταν το μόνο που περιείχαν ήταν το όνομα του εικονιζόμενου και του δημάρχου που τα εγκαινίασε. Με την αλλαγή της διοίκησης στο Δήμο η αφαίρεσή τους από την πλατεία ήταν από τα πρώτα έργα της νέας Δημάρχου. Το επίσημο αιτιολογικό ανέφερε πως προκαλούσαν πρόβλημα στις κατασκευές που απαιτούνταν να στηθούν για την διεξαγωγή αθλητικών εκδηλώσεων που θα γίνονταν εκείνη την περίοδο στο κέντρο της πόλης ένεκα των ολυμπιακών αγώνων. Οι προτομές φυσικά δεν επανατοποθετήθηκαν και ενώ είχαν αρχικά στριμωχτεί σε κάποια δημοτική αποθήκη σήμερα η τύχη τους αγνοείται. Τελευταία μάλιστα ο καλλιτέχνης ζητούσε από τον Δήμο να πάρει θέση για το θέμα απαιτώντας ακόμα και αποζημίωση για καταστροφή των έργων του.



Εικόνα 3.4: Σημερινή μορφή της πλατείας Κοτζιά[18]

Τα θέματα με τα αγάλματα δεν τελείωσαν όμως εκεί. Το 2010 το Δημοτικό Συμβούλιο αποφάσισε την τοποθέτηση του έφιππου ανδριάντα του Μεγάλου Αλεξάνδρου στη μέση της πλατείας. Το έργο του καταξιωμένου Γιάννη Παππά είχε αγοραστεί από το Υπουργείο Πολιτισμού το 1993 αλλά ουδέποτε είχε βρει θέση για να τοποθετηθεί και έτσι παρέμενε στις αποθήκες του γλύπτη. Μια Κυριακή ο δήμαρχος Ν. Κακλαμάνης ο αρχιτέκτονας, Δ. Κουτσογιάννης, ο γλύπτης Πρ. Τζανουλίνος, και ο γιος του γλύπτη βρέθηκαν στην πλατεία σε μια πρόβα τοποθέτησης! Εκεί χρησιμοποιήθηκε μια πρόχειρη κατασκευή με φωτογραφία του αγάλματος σε φυσικό μέγεθος.

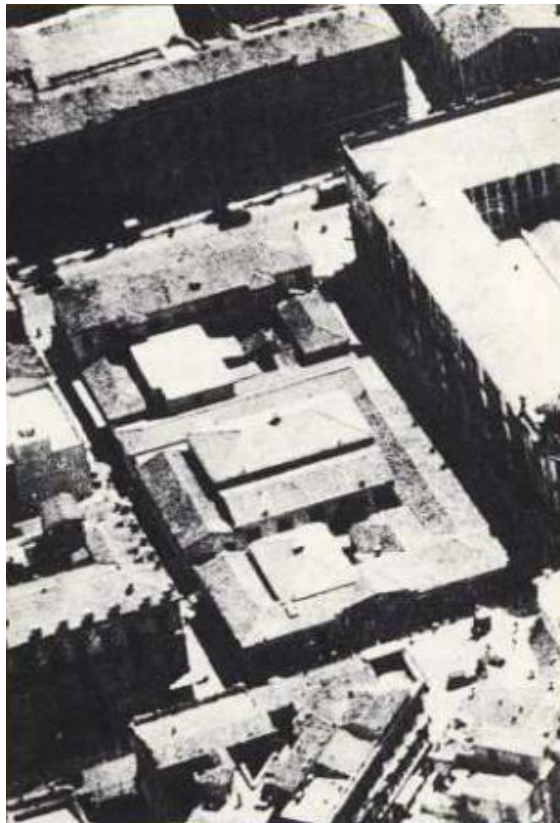
Οι πληροφορίες τότε έλεγαν για άμεσες εργασίες αφαίρεσης του κεντρικού σιντριβανιού και τοποθέτηση του αγάλματος σε βάθρο ύψους 6,2 μέτρων κατασκευασμένο από γκρίζο μάρμαρο με ειδικά επεξεργασμένη αδρή επιφάνεια. Το ύψος του αγάλματος έφτανε τα 3,6 μέτρα. Τα συγκεκριμένα έργα με την εκ νέου διαμόρφωση του χώρου είχαν προϋπολογιστεί στα εξήντα χιλιάδες ευρώ.

Τελικά λίγο οι δημοτικές εκλογές και ο νέος δήμαρχος, λίγο η οικονομική κρίση το σχέδιο για τον Μέγα Αλέξανδρο πάγωσε χωρίς καμία αιτιολόγηση.

Η Πλατεία Εθνικής Αντιστάσεως όμως εξακολουθεί να λέγεται Πλατεία Κοτζιά και να αποτελεί το σημείο συγκέντρωσης όλων των απεργιών των δημοτικών υπαλλήλων. [18]

### 3.2.2 Πλατεία Δικαιοσύνης

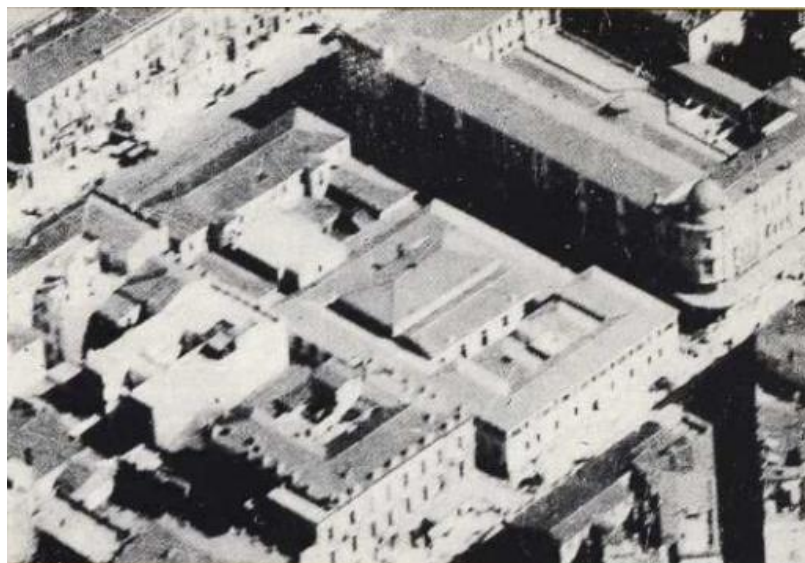
Η μεταφορά της πρωτεύουσας από το Ναύπλιο στην Αθήνα έκανε αναγκαία την δημιουργία κτιρίων που θα στεγάζονταν οι υπηρεσίες της διοίκησης. Απέναντι από τον στρατώνα του Πυροβολικού, δίπλα σε μια παλιά τάφρο στην οδό Σταδίου, επιλέχτηκε τότε ο τόπος που θα στέγαζε το πρώτο Βασιλικό Τυπογραφείο και Λιθογραφείο. Το κτίριο κτίστηκε το 1836 σε σχέδια του αρχιτέκτονα Γιόζεφ Χόφερ. Αρχικά ήταν μονώροφο με αέτωμα στην μέση της πρόσοψης. Σε ένα μέρος του κτιρίου έμενε ο διευθυντής με την οικογένειά του. Η απουσία τους μια νύχτα του 1854 οδήγησε το κτίριο του τυπογραφείου σε πυρπόληση και σε ολοσχερή καταστροφή του. Οι επισκευές καθυστέρησαν να ολοκληρωθούν. Στη συνέχεια το Εθνικό Τυπογραφείο μεταστεγάστηκε στο σημερινό του κτίριο στην οδό Καποδιστρίου.



Εικόνα 3.5: Προοπτική αεροφωτογραφία του συγκροτήματος το 1931. Το κτίριο είναι ακόμη ισόγειο.[24]

Με μια εκτεταμένη αναμόρφωση σε σχέδια του Σάουμπερτ το οικοδόμημα προορίστηκε να στεγάσει το Πρωτοδικείο Αθηνών το 1906. Ωστόσο η μεγάλη αλλαγή ήρθε το 1931. Όταν σε σχέδια του αρχιτέκτονα Φοίβου Ζούκη προστέθηκε ένας ακόμα όροφος στο κτίριο και αναμορφώθηκαν οι όψεις του για να στεγάσει τις αυξημένες ανάγκες των δικαστικών υπηρεσιών. Το σημερινό «απομεινάρι» του κτιρίου του Πρωτοδικείου της Σανταρόζα έχει σχήμα «Π» με διαστάσεις 39x19 μέτρα και ύψος 8 μέτρα. Το ισόγειο όσο και ο όροφος τερματίζουν επάνω σε απλή ζωφόρο με ανάγλυφους ρόδακες ή μαιάνδρο και ιωνικό κυμάτιο.





Εικόνα 3.6: Προοπτική αεροφωτογραφία του συγκροτήματος το 1932. Το κτίριο είναι πλέον διώροφο.[24]

Στα μέσα της δεκαετίας του '30, το τετράγωνο Σανταρόζα - Σταδίου - Αρσάκη - Πανεπιστημίου συγκέντρωσε το σύνολο των δικαστηρίων της Αθήνας. Δίπλα στο πρωτοδικείο προστέθηκε το κτίριο του Κακουργιοδικείου και Ειρηνοδικείου. Από την άλλη, από το 1933 το γειτονικό Αρσάκειο είχε σταματήσει να είναι εκπαιδευτήριο, όταν σε αυτό μεταφέρθηκε ο Άρειος Πάγος.

Η αύξηση του όγκου των δικαστικών υποθέσεων έριξε τις πρώτες σκέψεις για μεταστεγάσεις των πρωτοβάθμιων δικαστηρίων στα τέλη της δεκαετίας του '70. Μετά από ένα χρόνο το γραφείο Πρωθυπουργού ανακοίνωσε επίσημα τη μεταφορά του Πρωτοδικείου στα κτίρια της Πρώην Σχολής Ευελπίδων, τη μεταστέγαση του Αρείου Πάγου στην Λεωφόρο Αλεξάνδρας και τη χρήση του Αρσακείου από το Συμβούλιο της Επικρατείας. Στην φωτορεαλιστική μελέτη που δημοσιεύτηκε στον τύπο της εποχής, η αποκαλούμενη νέα **Πλατεία Δικαιοσύνης** που θα δημιουργούνταν μετά την κατεδάφιση των κτιρίων των δικαστηρίων, θα διαμορφώνονταν σε ελεύθερο χώρο με διπλές δεντροστοιχίες και μεγάλο σιντριβάνι.

Το κτίριο του Πρωτοδικείου της Σανταρόζα έμεινε ελεύθερο χρήσης το 1987, οπότε και χαρακτηρίστηκε «χρήζον ειδικής προστασίας» και εν συνεχεία «έργο τέχνης», ενώ μια δεκαετία αργότερα χαρακτηρίστηκε διατηρητέο κτίσμα. Αμέσως άρχισε και η διαμόρφωση της Πλατείας που κοινώς αποκαλούνταν Σανταρόζα, για τον Δήμο Αθηναίων ως Πλατεία Δικαιοσύνης, αν και είχε επίσημη ονομασία ως **Πλατεία Τετσήτη – Πολυζωΐδη**. Το μεγαλόπνοο έργο ανάπτυξής της, όπως είναι φανερό δεν αναπτύχθηκε παρά μόνο με μερικές πλευρικές φυτεύσεις δέντρων. Στο κέντρο προστέθηκε το ορειχάλκινο έργο του Κ. Καμπαδάκη «Νίκη». Οι εργασίες ολοκληρώθηκαν επί δημαρχίας **Έβερτ** το 1990. Το συγκεκριμένο άγαλμα χαρακτηρίστηκε παράταιρο, λόγω της βάσης από μπετόν που εδράζεται, αλλά και της αφηρημένης ελλειμματικής μορφής που απεικονίζει.

Στα μέσα του '90 μέρος της πλατείας καταλήφθηκε από εργοτάξιο του μετρό για την δημιουργία αεραγωγού. Οι εργασίες αυτές που διήρκεσαν σχεδόν μια δεκαετία, έδωσαν ίσως την χαρακτηριστική βολή στην πλατεία. Δεν είναι μόνο η σταδιακή περιθωριοποίηση που την οδήγησαν, λόγω της αποκοπής που είχε πλέον από τον υπόλοιπο αστικό ιστό, αλλά και η ημιτελής αποκατάστασή της μετά την ολοκλήρωση των εργασιών, σε σημείο που ακόμα και σήμερα ένα

μέρος της πλατείας να είναι στρωμένο με κυβόλιθους, ένα με πλάκες και ένα να μένει άστρωτο με χώμα!

Το 2010 το διατηρητέο κτίριο της Σανταρόζα, που ανήκει στο Ταμείο Χρηματοδότησεως Δικαστικών Κτιρίων (ΤΑΧΔΙΚ), ανακοινώθηκε πως μετά από πολλές παλινωδίες για την αποκατάσταση και ιδιοκτησιακή του μοίρα, θα δοθεί και πάλι σε χρήση. Ένα μέρος του θα στεγάσει μουσείο για την ελληνική τυπογραφία, με το υπόλοιπο να χρησιμοποιείται για εντευκτήριο και γραφεία υπηρεσιών του Συμβουλίου της Επικρατείας, κάτι που μέχρι σήμερα δεν έχει υλοποιηθεί.

Τον Μάρτιο του 2012 προστέθηκε στο επάνω μέρος της πλατείας ο ορειχάλκινος ανδριάντας του **Αλέξανδρου Παναγούλη**. Το έργο, ύψους δύο μέτρων, είναι του Αχ. Βασιλείου και τοποθετήθηκε με δαπάνη της Βουλής των Ελλήνων. Βέβαια, για ακόμα μια φορά η επιλογή του χώρου είναι κάτι παραπάνω από ατυχής. Σε μια πολλαπλά εγκαταλειμμένη πλατεία προστέθηκε χωρίς ιστορικό συνειρμό ένας μεγάλων διαστάσεων ανδριάντας, ο οποίος περιφράχτηκε με πράσινα κιγκλιδώματα. Η παραφωνία του αγάλματος σε όποιον περνάει την πανεπιστημίου είναι έκδηλη.



Εικόνα 3.7: Σημερινή μορφή της πλατείας Δικαιοσύνης

Πρόσφατα το Συμβούλιο της 1<sup>ης</sup> Κοινότητας ενέκρινε την επίσημη αποδοχή του καθιερωμένου ονόματος της Πλατείας ως **Σανταρόζα**. Βέβαια, κανένας φορέας δεν έχει ανακοινώσει ακόμα το παραμικρό έργο σε ένα από τα κεντρικότερα σημεία της πόλης. Τα δέντρα λιγοστά στα παλιά μέρη της πλατείας κρύβουν συνήθως «κουφάρια» ανθρώπων που συγκεντρώνονται στα παλιά της «Θέμιδος» σκαλιά. Η πλατεία Σανταρόζα μένει μονάχη της να στέκει αποκρουστική, απροσπέλαστη, ακόμα και επικίνδυνη για τον περαστικό.[23]

Τον Σεπτέμβριο του 2012 εγκρίθηκε αρχιτεκτονική μελέτη από το Κεντρικό Συμβούλιο Νεωτέρων Μνημείων, η οποία αφορά την ανάπλαση της πλατείας Δικαιοσύνης. Η μελέτη

προβλέπει τη διαμόρφωση της πλατείας με νεοκλασικό τρόπο, με εκτεταμένες επιφάνειες πρασίνου και φύτευση ψηλών φοινίκων, καθώς και την τοποθέτηση συντριβανιού στο κέντρο του χώρου. Ωστόσο, το Κεντρικό Συμβούλιο Νεωτέρων Μνημείων ενώ γνωμοδότησε κατά πλειοψηφία υπέρ της έγκρισης της μελέτης με το σκεπτικό ότι περιλαμβάνει διαμορφώσεις χαμηλού ύψους που δεν θίγουν τα μνημεία, έθεσε τον όρο της αντικατάστασης των φοινίκων με ελληνικής προέλευσης φυτά και την κατάργηση της τοποθέτησης του συντριβανιού.[18]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Όργανα: διαδικασία μετρήσεων & επεξεργασία αποτελεσμάτων

### 4.1 Όργανα μέτρησης

Όπως προαναφέρθηκε, ένας από τους στόχους της παρούσας διπλωματικής είναι η απεικόνιση του μικροκλίματος των δύο πλατειών ως αναφορά τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία με τη χρήση πραγματικών στοιχείων. Αυτό θα μπορούσε να γίνει μόνο με την επί τόπου παρατήρηση και καταγραφή των στοιχείων αυτών. Η καταγραφή αυτή πραγματοποιήθηκε με την χρήση των παρακάτω εξειδικευμένων οργάνων:

- Θερμοϋγρόμετρο (data logger)
- Θερμοκάμερα

Στη συνέχεια γίνεται μια συνοπτική παρουσίαση οργάνων αυτών.

#### Θερμοϋγρόμετρο (data logger)



Εικόνα 4.1: Θερμοϋγρόμετρο «Tinytag Ultra 2»[31]

Συγκεκριμένα έγινε χρήση του data logger «Tinytag Ultra 2». Είναι σχεδιασμένο για την καταγραφή της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας κατά κύριο λόγο σε κλειστούς χώρους, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε ανοιχτούς χώρους με κατάλληλα μέτρα προστασίας (ώστε να μην εκτίθεται στον ήλιο). Έχει μεγάλη ακρίβεια ανάγνωσης και ανάλυσης, χωρητικότητα 16.000 αναγνώσεων ενώ έχει και υψηλή ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων. Με βάση τις προδιαγραφές του, έχει τη δυνατότητα καταγραφής θερμοκρασίας σε εύρος από -40 έως 85°C (με ακρίβεια  $\pm 0.6^\circ\text{C}$  στους 25°C ) και υγρασίας σε εύρος 0-95% (με ακρίβεια  $\pm 3\%$  RH στους 25°C). Οι μετρήσεις γίνονται μέσω ενός εξωτερικού αισθητήρα και τα δεδομένα μεταφέρονται σε υπολογιστή

μέσω καλωδίου, ενώ υπάρχει και λογισμικό μέσω του οποίου γίνεται η επεξεργασία των μετρήσεων.

Σημειώνεται πάντως ότι το όργανο αυτό χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για την καταγραφή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος τροφίμων κατά τη μεταφορά τους.

## Θερμοκάμερα



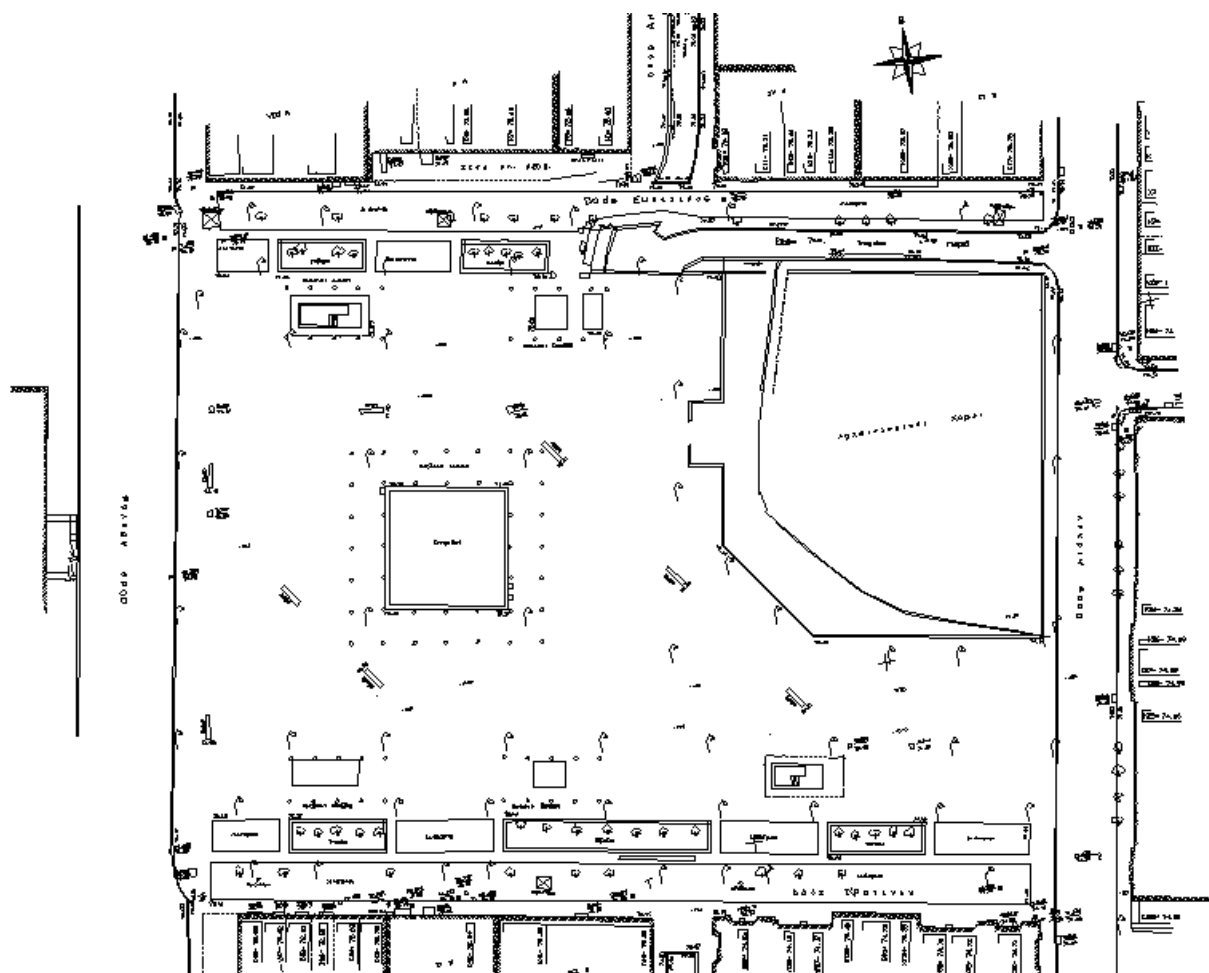
Εικόνα 4.2:Θερμοκάμερα «Flir b50»[29]

Χρησιμοποιήθηκε η θερμοκάμερα «Flir b50». Η συγκεκριμένη μας δίνει τη δυνατότητα καταγραφής του θερμοκρασιακού φάσματος επιφανειών απλώς τραβώντας «θερμικές φωτογραφίες» πάνω τους. Οι φωτογραφίες αυτές παρουσιάζουν τις επιφάνειες λήψης με διάφορα χρώματα αναλόγως με την διακύμανση της θερμοκρασίας, ενώ στο κάτω μέρος των φωτογραφιών παρατίθεται και η θερμική κλίμακα των χρωμάτων. Η χρήση της κάμερας είναι πολύ απλή (μοιάζει με απλή φωτογραφική μηχανή) ενώ παρέχει διάφορες δυνατότητες όπως π.χ. αυτόματη εστίαση στο θερμότερο ή ψυχρότερο σημείο της λήψης, χειροκίνητη εστίαση, επιλογή ιδιοτήτων υλικού κ.ά.

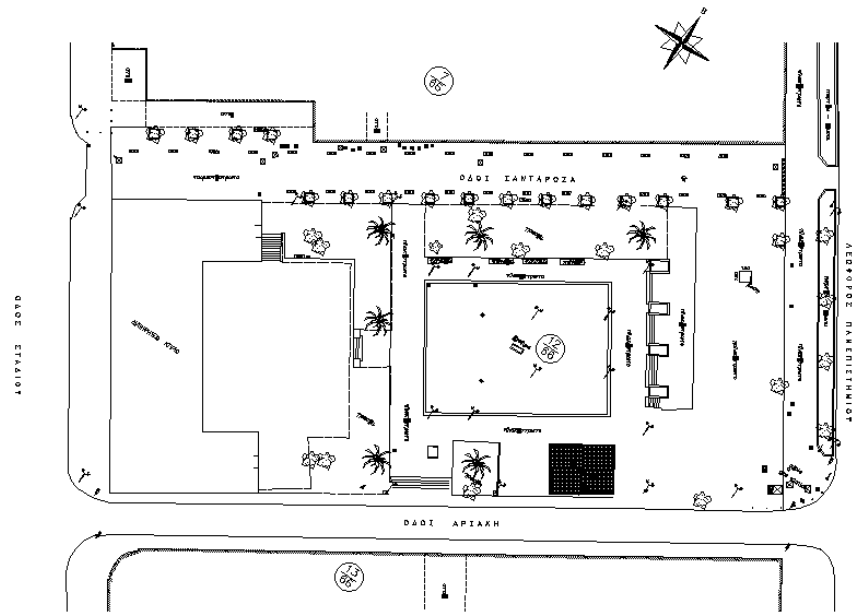
## 4.2 Διαδικασία μετρήσεων

### 4.2.1 Καταγραφή θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας

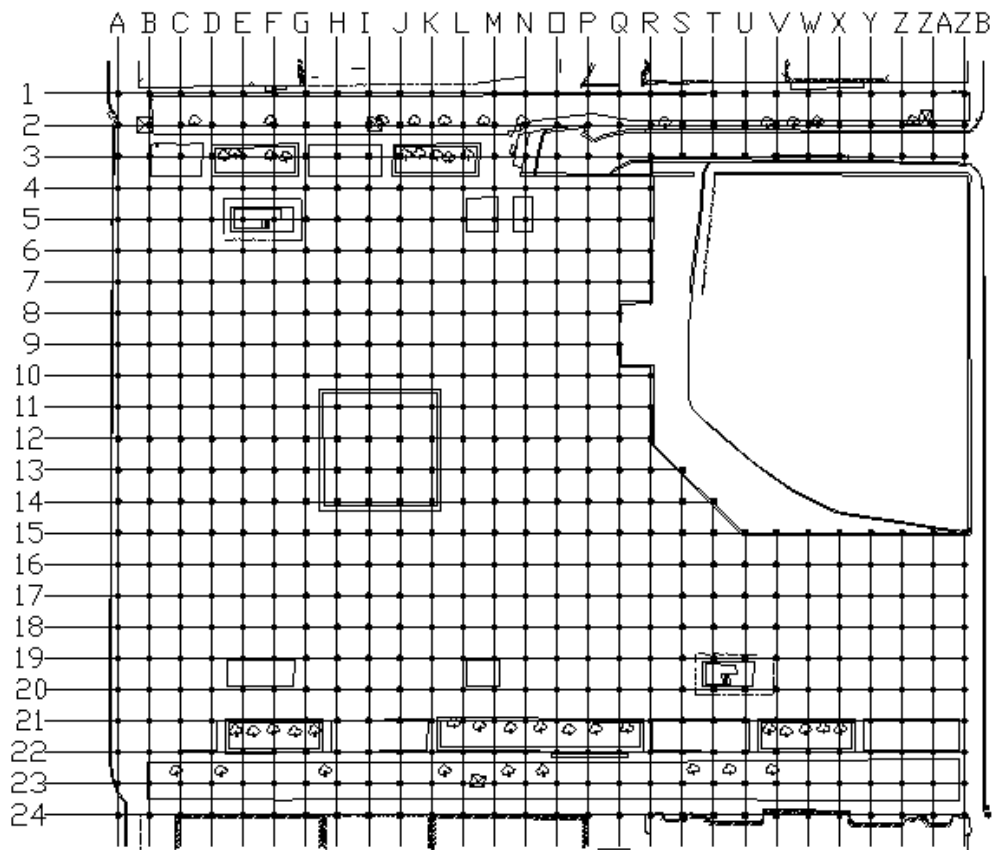
Η καταγραφή αυτή έγινε με τη βοήθεια των θερμοϋγραμέτρων. Καθώς ο στόχος ήταν η «σάρωση» της περιοχής της κάθε πλατείας ως αναφορά τη θερμοκρασία και την σχετική υγρασία, δημιουργήθηκε ένας κάρναβος σε κάθε πλατεία με διαστάσεις κελιών 4x4m. Αυτό έγινε κατόπιν επεξεργασίας των τοπογραφικών σχεδίων των 2 πλατειών, τα οποία παραχωρήθηκαν από τον δήμο Αθηναίων.



Εικόνα 4.3: Τοπογραφικό σχέδιο πλατείας Κοτζιά[4]

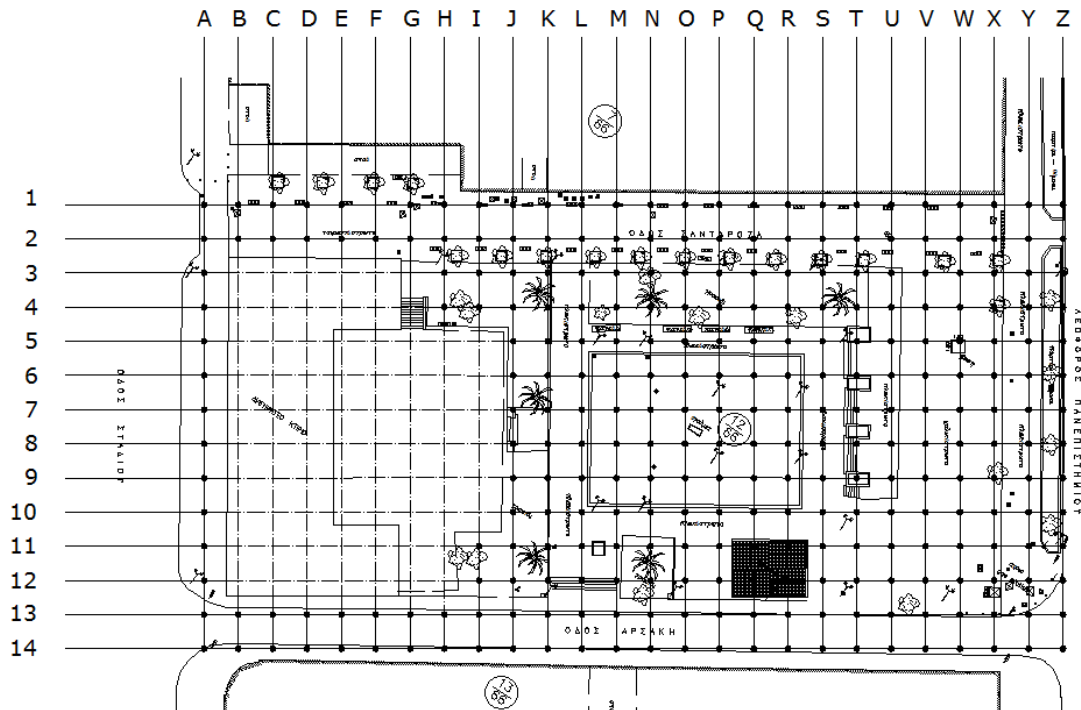


Εικόνα 4.4: Τοπογραφικό σχέδιο πλατείας Δικαιοσύνης[4]



Εικόνα 4.5: Κάνναβος πλατείας Κοτζιά





Εικόνα 4.6: Κάνναβος πλατείας Δικαιοσύνης

Στη συνέχεια αναζητήθηκε τρόπος υλοποίησης των μετρήσεων με βάση τον κάνναβο αυτόν. Τελικά πιο αναλυτική και εφαρμόσιμη θεωρήθηκε η εξής μέθοδος:

Κατ' αρχάς, όπως αναφέρθηκε στην περιγραφή του οργάνου, είναι απαραίτητο αυτό να προστατεύεται από τον ήλιο. Για τον λόγο αυτό το θερμοϋγρόμετρο στερεώνεται στο πίσω μέρος της βάσης ενός κινητού σημειωματαρίου.



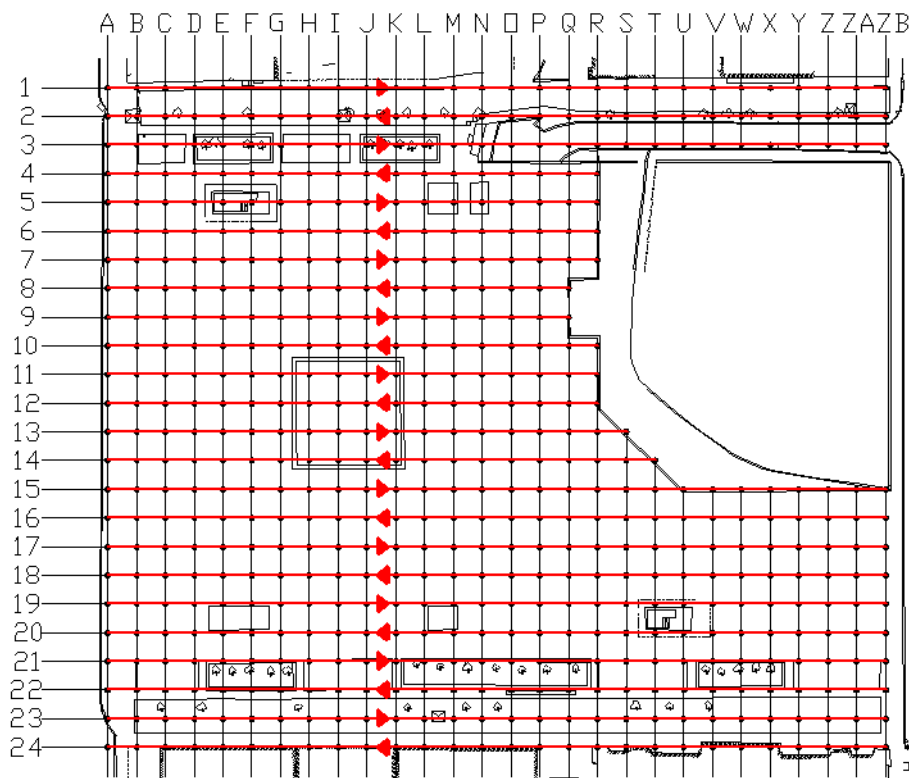
Εικόνα 4.7: Σημειωματάρια με θερμοϋγρόμετρο στο πίσω μέρος που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις

Ο μελετητής πρέπει να κρατά σε οριζόντια θέση το σημειωματάρια κάτω από τον οποίο έχει στερεωθεί το όργανο, ώστε αυτό να μην εκτίθεται στον ήλιο και να έχει μια επαρκή απόσταση από το έδαφος (γύρω στο 1.50 μέτρο). Στην πάνω μεριά του σημειωματαρίου έχει επίσης στερεωθεί ένα ψηφιακό ρολόι, το σχέδιο της κάτοψης της πλατείας καθώς επίσης και ένα έντυπο σημειώσεων.

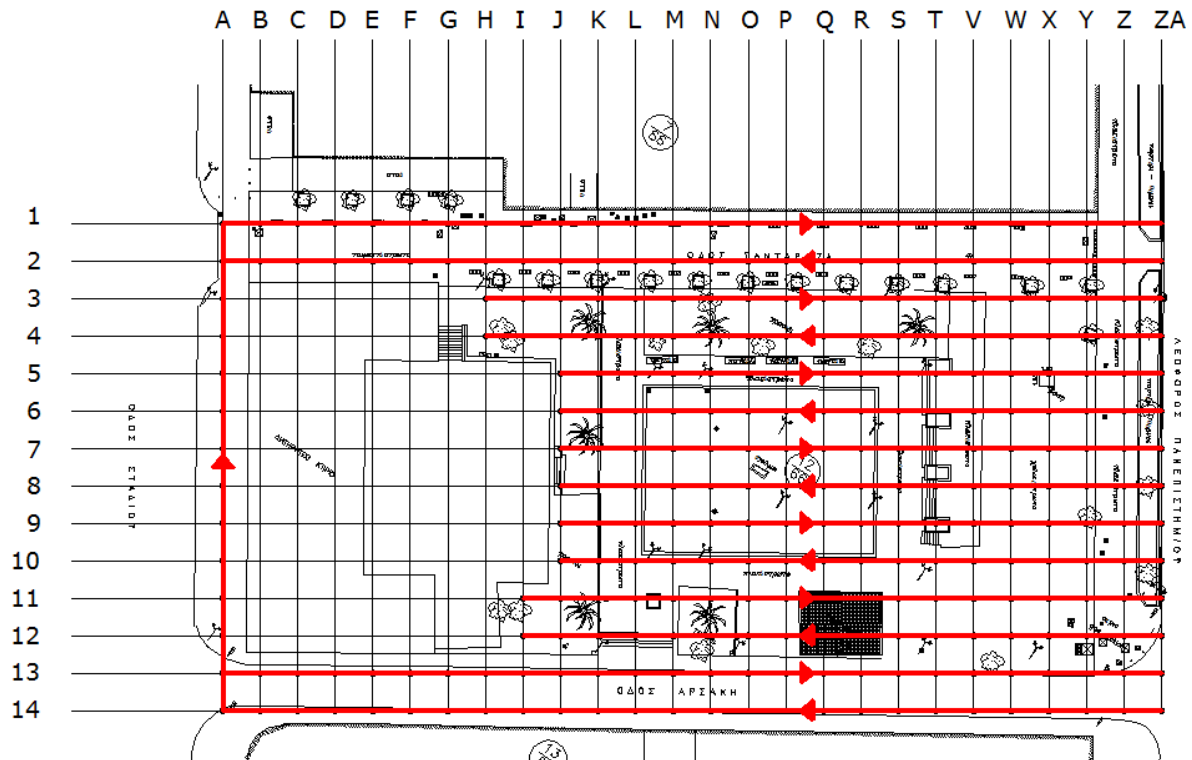
Το θερμοϋγρόμετρο έχει πρωτίτερα προγραμματιστεί μέσω του λογισμικού στον υπολογιστή, ώστε να ξεκινήσει να καταγράφει τιμές συγκεκριμένη ώρα, ενώ έχει ρυθμιστεί και το χρονικό βήμα καταγραφής που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι 1 δευτερόλεπτο. Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να τονιστεί πως ρυθμίζοντας το θερμοϋγρόμετρο μέσω του υπολογιστή αυτό αυτόματα «υιοθετεί» την ώρα που έχει ο συγκεκριμένος υπολογιστής, οπότε είναι απαραίτητο να συγχρονιστεί και το ψηφιακό ρολόι με την συγκεκριμένη ώρα!

Τη στιγμή εκκίνησης των μετρήσεων, ο μελετητής ξεκινά από το σημείο 1Α έχοντας καταγράψει την ώρα εκκίνησης στο ειδικό έντυπο καθώς επίσης και την διαδρομή που θα ακολουθήσει, δηλαδή αρχικά την ευθεία 1. Η πορεία του θα πρέπει να γίνεται με όσο το δυνατόν σταθερό βήμα ώστε οι μετρήσεις να είναι ομοιόμορφες και στο τέλος της ευθείας να σημειώνεται η ώρα άφιξης. Για παράδειγμα στην περίπτωση της πλατείας Κοτζιά, αν οι μετρήσεις ξεκινάνε στις 2.00 το μεσημέρι και η πορεία στην ευθεία 1 διαρκέσει 1 λεπτό και 27 δευτερόλεπτα, θα καταγράφονταν τα εξής: 1Α→ΖΒ, δίπλα 14.00.00 ως χρόνος εκκίνησης και στη συνέχεια 14.01.27 ως χρόνος τερματισμού.

Η επόμενη πορεία θα γίνει στην ευθεία 2 με αντίθετη κατεύθυνση, σημειώνοντας τη στιγμή εκκίνησης και τερματισμού κ.ο.κ. Η συνολική πορεία που ακολουθείται σε κάθε μια από τις πλατείες που μελετήθηκαν φαίνεται οπτικά με κόκκινο χρώμα στα παρακάτω δύο εικόνες.



Εικόνα 4.8: Πορεία μετρήσεων με το θερμοϋγρόμετρο στην Πλατεία Κοτζιά



Εικόνα 4.9: Πορεία μετρήσεων με το θερμοϋγρόμετρο στην Πλατεία Δικαιοσύνης

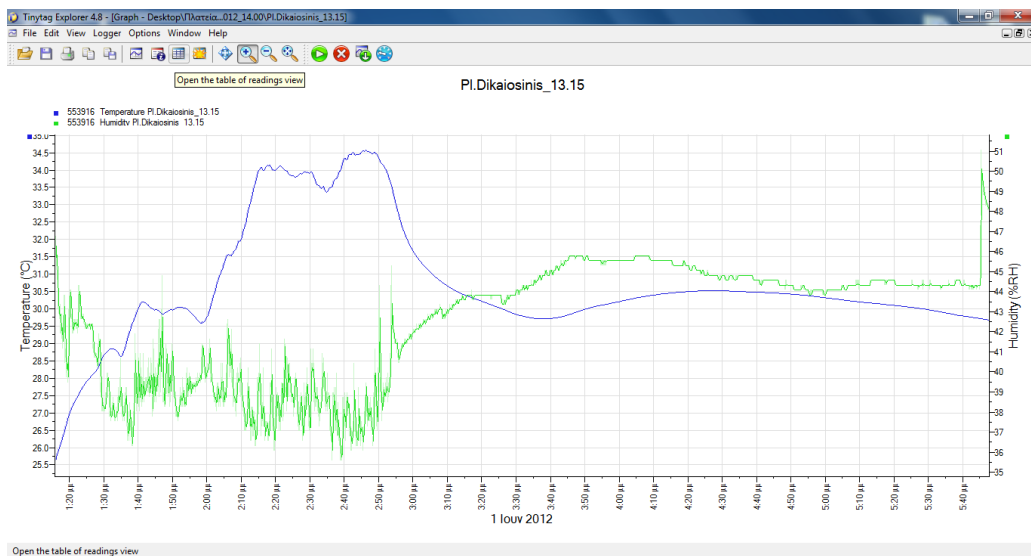
Ο μελετητής μπορεί σχετικά εύκολα και με αρκετή ακρίβεια να ακολουθεί την πορεία των ευθειών με βάση το σχέδιο, αφού αυτό είναι αρκετά λεπτομερές, περιέχει δηλαδή πολλά σημεία αναφοράς.

Οι μετρήσεις αυτές επαναλαμβάνονται 4 φορές μέσα στην ημέρα μελέτης σε διαφορετικές ώρες που είναι αντιπροσωπευτικές για την συγκεκριμένη ημέρα: 7.00 το πρωί, 2.00 το μεσημέρι, 6.30 το απόγευμα και 9.30 το βράδυ. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατόν να δοθεί μια κάποια εικόνα για την εξέλιξη του μικροκλίματος μέσα στην ημέρα.

#### 4.2.2 Επεξεργασία μετρήσεων και εξαγωγή συμπερασμάτων

Μετά το πέρας των μετρήσεων ξεκινά η φάση της επεξεργασίας των δεδομένων του θερμοϋγρομέτρου. Αυτό θα γίνει με τη σύνδεση του data logger στον υπολογιστή μέσω του καλωδίου του και με την εκκίνηση του λογισμικού του.

Αφού αναγνωστούν οι μετρήσεις, εμφανίζονται σε μορφή διαγράμματος όπως φαίνεται στο παράδειγμα της επόμενης εικόνας.



Εικόνα 4.10: Διάγραμμα θερμοκρασίας-σχετικής υγρασίας όπως απεικονίζεται στο data logger

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, με μπλε γραμμή απεικονίζεται η θερμοκρασία ενώ με πράσινη η σχετική υγρασία. Ο κατακόρυφος άξονας που βρίσκεται αριστερά είναι βαθμονομημένος με την κλίμακα της θερμοκρασίας, αυτός που βρίσκεται δεξιά με την κλίμακα της σχετικής υγρασίας, ενώ ο οριζόντιος αναφέρεται στον χρόνο.

Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει εποπτικά τις μετρήσεις, αλλά για την επεξεργασία τους απαιτούνται οι αναλυτικές τιμές τους. Η εύρεση αυτών είναι αρκετά εύκολη και υλοποιείται μέσω του εικονιδίου που μοιάζει με πίνακα (τοποθετώντας πάνω του τον κέρσορα αναγράφει «Open the table of readings view»). Επιλέγοντάς το ανοίγει ένα νέο παράθυρο που περιέχει τον πίνακα των μετρήσεων.

Time	1	2	
S/N	553916	553916	
Type	TGU-4500	TGU-4500	
Description	PI.Dikaiosis_13.15	PI.Dikaiosis_13.15	
Property	Temperature	Humidity	
1	1 Ιαν 2012 1:55:52 μμ	25,620 °C	46,3 %RH
2	1 Ιαν 2012 1:55:53 μμ	25,628 °C	46,5 %RH
3	1 Ιαν 2012 1:55:54 μμ	25,632 °C	46,8 %RH
4	1 Ιαν 2012 1:55:55 μμ	25,636 °C	46,5 %RH
5	1 Ιαν 2012 1:55:56 μμ	25,642 °C	46,5 %RH
6	1 Ιαν 2012 1:55:57 μμ	25,650 °C	46,5 %RH
7	1 Ιαν 2012 1:55:58 μμ	25,656 °C	46,5 %RH
8	1 Ιαν 2012 1:55:59 μμ	25,660 °C	46,3 %RH
9	1 Ιαν 2012 1:56:00 μμ	25,667 °C	46,3 %RH
10	1 Ιαν 2012 1:56:01 μμ	25,669 °C	46,5 %RH
11	1 Ιαν 2012 1:56:02 μμ	25,673 °C	46,3 %RH
12	1 Ιαν 2012 1:56:03 μμ	25,684 °C	46,0 %RH
13	1 Ιαν 2012 1:56:04 μμ	25,688 °C	46,0 %RH
14	1 Ιαν 2012 1:56:05 μμ	25,696 °C	45,8 %RH
15	1 Ιαν 2012 1:56:06 μμ	25,694 °C	46,0 %RH
16	1 Ιαν 2012 1:56:07 μμ	25,701 °C	45,8 %RH
17	1 Ιαν 2012 1:56:08 μμ	25,707 °C	45,5 %RH
18	1 Ιαν 2012 1:56:09 μμ	25,715 °C	45,3 %RH
19	1 Ιαν 2012 1:56:10 μμ	25,718 °C	45,5 %RH
20	1 Ιαν 2012 1:56:11 μμ	25,724 °C	45,5 %RH
21	1 Ιαν 2012 1:56:12 μμ	25,730 °C	45,5 %RH
22	1 Ιαν 2012 1:56:13 μμ	25,728 °C	45,8 %RH
23	1 Ιαν 2012 1:56:14 μμ	25,737 °C	46,0 %RH
24	1 Ιαν 2012 1:56:15 μμ	25,746 °C	46,3 %RH
25	1 Ιαν 2012 1:56:16 μμ	25,752 °C	46,0 %RH
26	1 Ιαν 2012 1:56:17 μμ	25,755 °C	46,3 %RH
27	1 Ιαν 2012 1:56:18 μμ	26,304 °C	46,3 %RH

Εικόνα 4.11: Πίνακας δεδομένων του data logger

Ο πίνακας αυτός περιέχει όλες τις μετρήσεις που έχουν καταγραφεί από την στιγμή εκκίνησης του data logger μέχρι τον τερματισμό του. Στην πρώτη στήλη αναγράφεται ο αύξων αριθμός της μέτρησης, στην δεύτερη η ημερομηνία και η ώρα, στην τρίτη οι τιμές της θερμοκρασίας και στην τέταρτη οι αντίστοιχες τιμές της σχετικής υγρασίας.

Πλέον είναι πολύ εύκολο, με απλή αντιγραφή και επικόλληση, να ληφθούν τα δεδομένα από τον πίνακα αυτόν και να μεταφερθούν σε ένα αρχείο Excel για περαιτέρω επεξεργασία. Η επεξεργασία αυτή γίνεται ως εξής:

Σε μία στήλη καταγράφεται ο αριθμός της σειράς του καννάβου στην οποία πραγματοποιήθηκε πορεία και στις αμέσως δύο επόμενες σημειώνεται η τεταγμένη (με βάση την αρίθμηση των στηλών του καννάβου) αρχής και τέλους της μέτρησης για την συγκεκριμένη ευθεία. Αφήνεται μια κενή στήλη και στις επόμενες δύο καταχωρείται ο χρόνος έναρξης και λήξης αντίστοιχα της μέτρησης στην κάθε ευθεία. Σημειώνεται πως έγιναν δύο ίδιες μετρήσεις κάθε φορά και γι' αυτό έχει προστεθεί μια στήλη Dt δίπλα στις στήλες έναρξης και τερματισμού διαδρομής, ώστε να γίνεται σύγκριση του χρόνου διαδρομής στις δύο μετρήσεις. Ένα παράδειγμα της διάταξης που έχει τελικά το επεξεργασμένο αρχείο Excel φαίνεται παρακάτω.

S/N		553916		553916									
Type		TGU-4500		TGU-4500									
Description		PIDkaiosinis_13.15		PIDkaiosinis_13.15									
Property		Temperature		Humidity									
				Σημεία									
				Έναρξη Τερματισμός									
				1η μέτρηση									
				Έναρξη Τερματισμός Dt									
				2η μέτρηση									
				Έναρξη Τερματισμός Dt									
6	1	01/06/2012 13:59:00	29.609 °C	41.2 %RH	1	A	ZA	14:00:00	14:01:10	0:01:10	14:25:10	14:26:22	0:01:12
7	2	01/06/2012 13:59:01	29.615 °C	41.2 %RH	2	ZA	A	14:01:40	14:02:50	0:01:10	14:26:50	14:28:02	0:01:12
8	3	01/06/2012 13:59:02	29.616 °C	40.9 %RH	3	H	ZA	14:04:05	14:04:59	0:00:54	14:28:50	14:29:46	0:00:56
9	4	01/06/2012 13:59:03	29.615 °C	41.2 %RH	4	ZA	H	14:05:40	14:06:33	0:00:53	14:30:20	14:31:11	0:00:51
10	5	01/06/2012 13:59:04	29.615 °C	41.2 %RH	5	J	ZA	14:07:10	14:07:57	0:00:47	14:31:55	14:32:43	0:00:48
11	6	01/06/2012 13:59:05	29.616 °C	41.2 %RH	6	ZA	J	14:08:40	14:09:28	0:00:48	14:33:25	14:34:10	0:00:45
12	7	01/06/2012 13:59:06	29.616 °C	40.9 %RH	7	J	ZA	14:10:05	14:10:52	0:00:47	14:35:10	14:36:00	0:00:50
13	8	01/06/2012 13:59:07	29.618 °C	40.9 %RH	8	ZA	J	14:11:30	14:12:19	0:00:49	14:36:30	14:37:16	0:00:46
14	9	01/06/2012 13:59:08	29.619 °C	40.9 %RH	9	J	ZA	14:13:05	14:13:54	0:00:49	14:37:55	14:38:43	0:00:48
15	10	01/06/2012 13:59:09	29.625 °C	40.7 %RH	10	ZA	J	14:14:30	14:15:16	0:00:46	14:39:15	14:40:01	0:00:46
16	11	01/06/2012 13:59:10	29.629 °C	40.4 %RH	11	I	ZA	14:16:30	14:17:21	0:00:51	14:40:40	14:41:30	0:00:50
17	12	01/06/2012 13:59:11	29.632 °C	40.7 %RH	12	ZA	I	14:18:05	14:18:58	0:00:53	14:42:10	14:43:02	0:00:52
18	13	01/06/2012 13:59:12	29.629 °C	40.4 %RH	13	A	ZA	14:19:50	14:21:02	0:01:12	14:43:55	14:45:09	0:01:14
19	14	01/06/2012 13:59:13	29.635 °C	40.4 %RH	14	ZA	A	14:21:40	14:22:54	0:01:14	14:45:40	14:46:52	0:01:12
20	15	01/06/2012 13:59:14	29.638 °C	40.4 %RH	15	14A	1A	14:23:30	14:24:09	0:00:39	14:47:35	14:48:14	0:00:39
21	16	01/06/2012 13:59:15	29.635 °C	40.2 %RH									
22	17	01/06/2012 13:59:16	29.638 °C	40.2 %RH									
23	18	01/06/2012 13:59:17	29.638 °C	40.4 %RH									
24	19	01/06/2012 13:59:18	29.645 °C	40.2 %RH									
25	20	01/06/2012 13:59:19	29.652 °C	40.2 %RH									
26	21	01/06/2012 13:59:20	29.652 °C	40.2 %RH									
27	22	01/06/2012 13:59:21	29.655 °C	39.9 %RH									
28	23	01/06/2012 13:59:22	29.658 °C	40.2 %RH									
29	24	01/06/2012 13:59:23	29.661 °C	40.2 %RH									
30	25	01/06/2012 13:59:24	29.661 °C	39.9 %RH									
31	26	01/06/2012 13:59:25	29.659 °C	39.9 %RH									

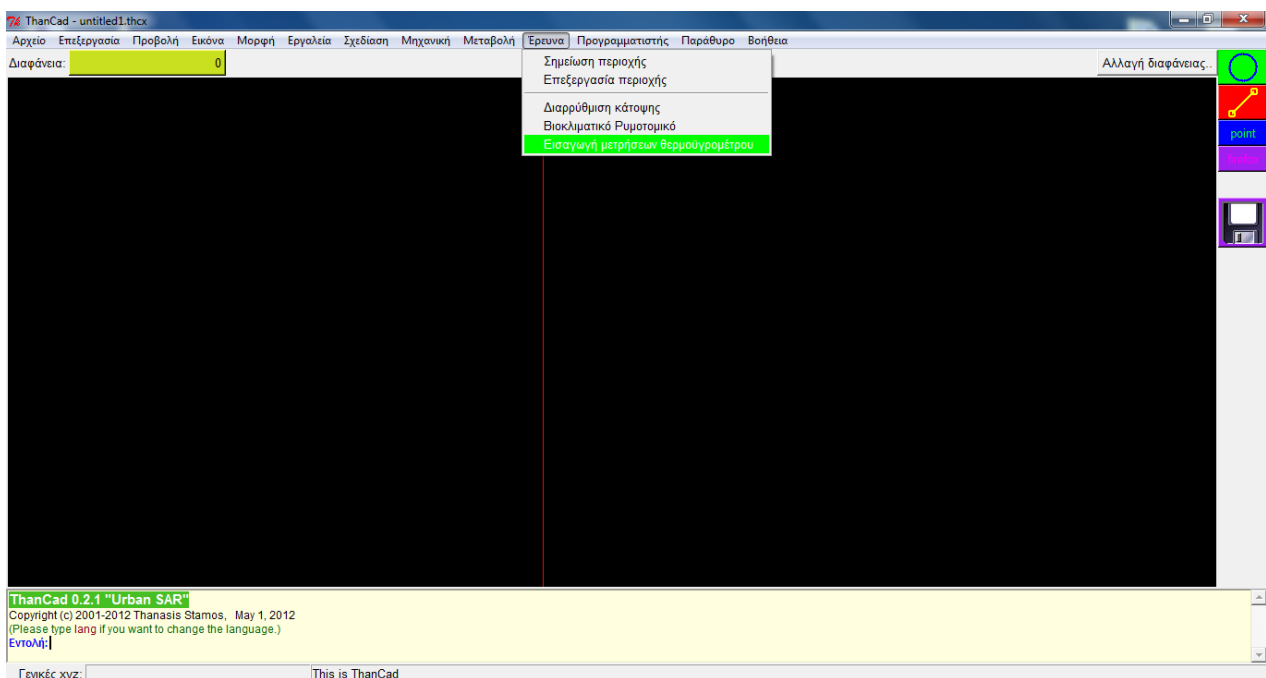
Εικόνα 4.12: Επεξεργασμένα δεδομένα μετρήσεων σε αρχείο Excel

#### 4.2.3 Κατασκευή των ισοθερμικών καμπυλών και των καμπυλών σχετικής υγρασίας

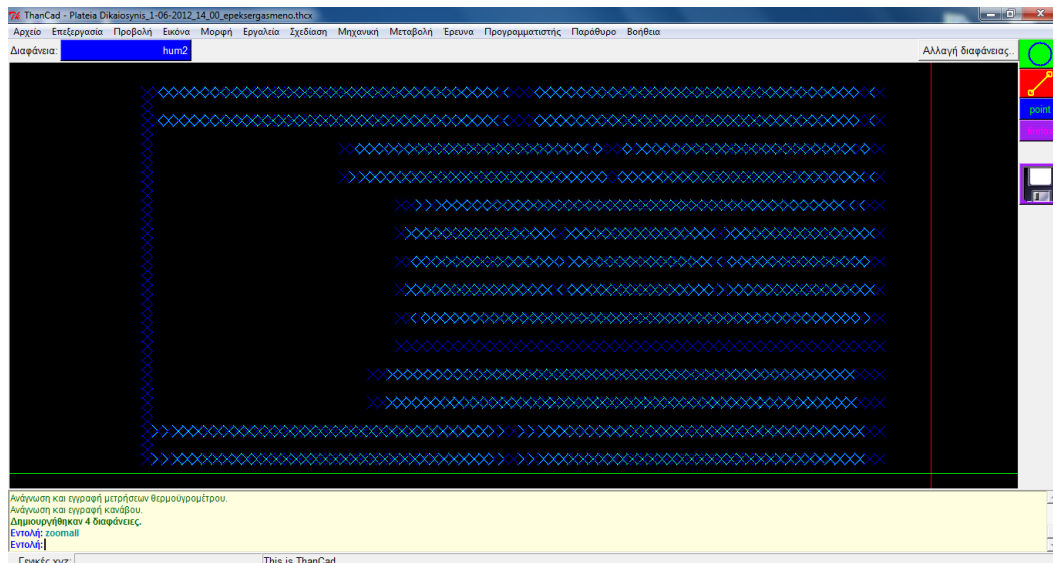
Για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων και την καλύτερη κατανόησή τους, είναι απαραίτητη η κατασκευή καμπυλών ίσης θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας, δηλαδή γραμμών που θα ενώνουν σημεία του καννάβου που έχουν την ίδια τιμή του αντίστοιχου μεγέθους. Με αυτόν τον τρόπο ορίζονται περιοχές του χώρου που μελετάται, οι οποίες παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά και άρα εντοπίζεται το που ενδεχομένως πρέπει να γίνει επέμβαση για την βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών του συνόλου του χώρου αυτού.

Η κατασκευή των καμπυλών αυτών έγινε εφικτή χάρη στο πρόγραμμα ThanCad που αναπτύχθηκε από τον Δρ. Αθανάσιο Στάμο.

Για να γίνει η εισαγωγή των μετρήσεων στο πρόγραμμα, πρέπει πρώτα το διαμορφωμένο αρχείο Excel των μετρήσεων να αποθηκευθεί σε μορφή αρχείου .csv. Στη συνέχεια γίνεται εκκίνηση του ThanCad[22] και στην καρτέλα «Έρευνα» επιλέγεται «Εισαγωγή μετρήσεων θερμοϋγρομέτρου». Ανοίγει ένα παράθυρο αναζήτησης, οπότε επιλέγεται το αντίστοιχο αρχείο .csv που περιέχει τις ζητούμενες μετρήσεις. Αυτόματα γίνεται η εισαγωγή των σημείων με βάση τις συντεταγμένες που τους έχουν δοθεί στο αρχείο Excel.

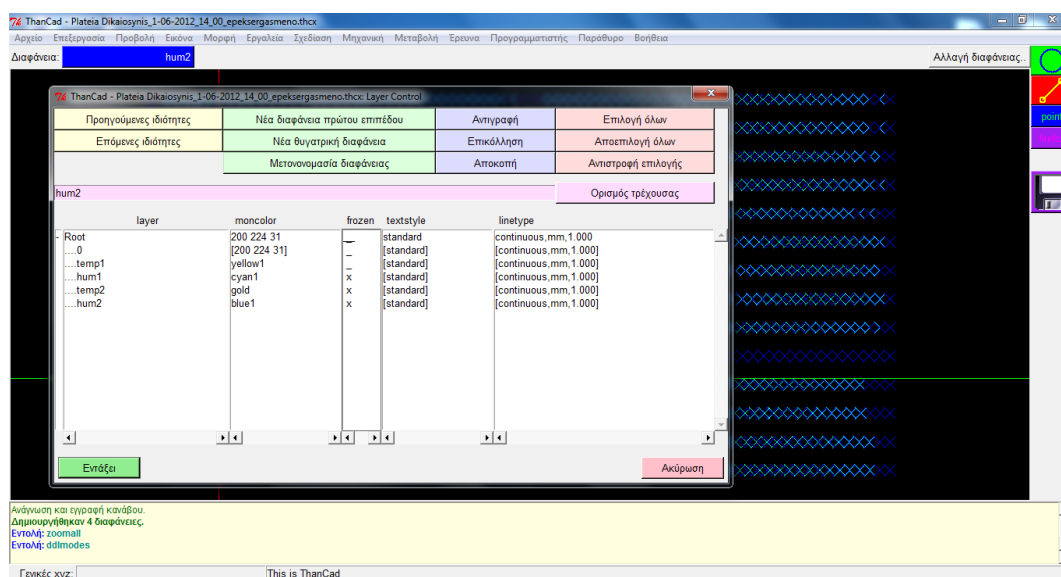


Εικόνα 4.13: Περιβάλλον προγράμματος ThanCad - Επιλογή «Εισαγωγή μετρήσεων θερμοϋγρομέτρου»



Εικόνα 4.14: Σημεία των μετρήσεων μετά την εισαγωγή τους στο πρόγραμμα

Υπάρχουν τέσσερα layers τα οποία αφορούν αντίστοιχα τη θερμοκρασία της πρώτης μέτρησης, τη σχετική υγρασία της πρώτης μέτρησης, τη θερμοκρασία της δεύτερης μέτρησης και τη σχετική υγρασία της δεύτερης μέτρησης. Την στιγμή που εισάγονται τα σημεία τα layers συμπίπτουν, οπότε προκειμένου να σχεδιαστούν οι καμπύλες ενός μεγέθους θα πρέπει τα υπόλοιπα τρία layers να «παγώσουν». Αυτό γίνεται πηγαίνοντας στην καρτέλα «Μορφή» και επιλέγοντας «Διαφάνεια». Ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο υπάρχει μια λίστα με τα τέσσερα layers, όπου το μόνο που πρέπει να γίνει για να «παγώσουν» τα layers είναι να μετατραπεί η ένδειξη από «->» σε «x» στη στήλη frozen. Αφού γίνει αυτό στα τρία απ' τα τέσσερα layers επιλέγεται το κελί με την ένδειξη «Εντάξει».



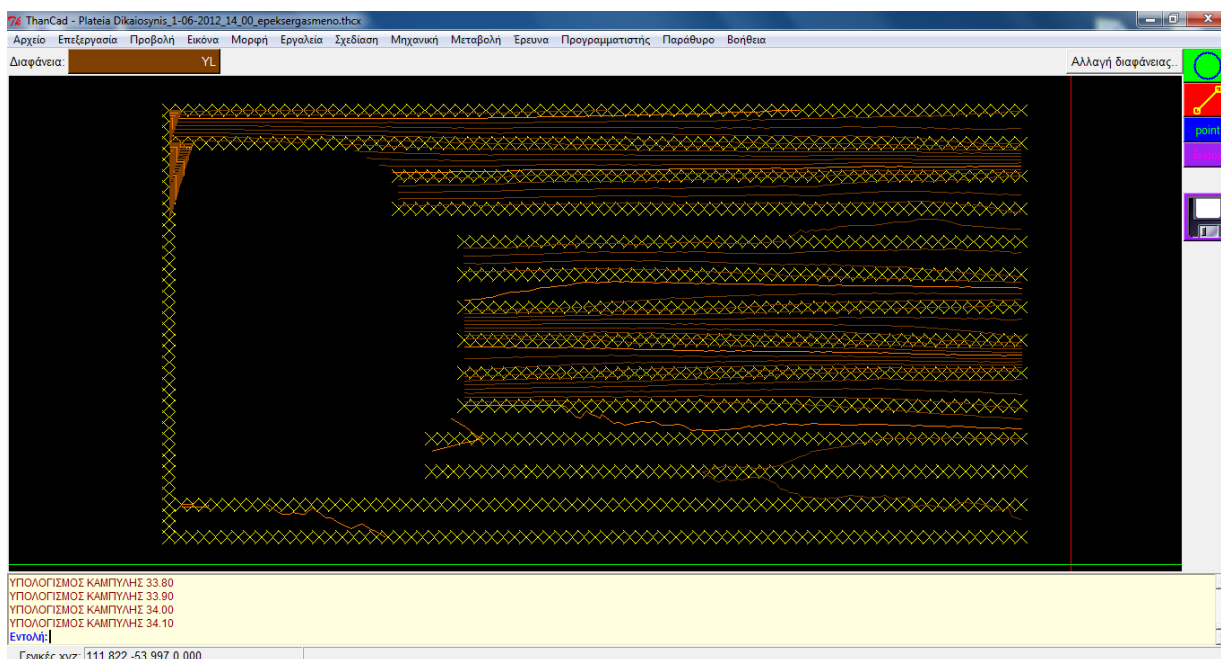
Εικόνα 4.15: Παράθυρο Layers

Σημειώνεται πως η διάταξη του αρχείου .csv πρέπει να είναι ιδιαίτερα αυστηρή γι' αυτό σε περίπτωση που έχει πραγματοποιηθεί μία μέτρηση αντί για δύο θα πρέπει στο αντίστοιχο αρχείο Excel, στην περιοχή όπου κανονικά θα έπρεπε να υπάρχει η δεύτερη μέτρηση να αντιγραφεί ξανά η πρώτη.

Έχοντας πλέον τα σημεία του μεγέθους που ενδιαφέρουν, είναι δυνατή η κατασκευή των αντίστοιχων καμπυλών. Επειδή κατά την οριζόντια διεύθυνση οι καταγεγραμμένες τιμές είναι πολύ περισσότερες σε σχέση με την κατακόρυφη διεύθυνση, το πρόγραμμα κάνει παρεμβολή μεταξύ των τιμών με βάση τη μέθοδο της τριγωνοποίησης. Αυτή υλοποιείται πολύ απλά πηγαίνοντας στην καρτέλα «Μηχανική», πατώντας «Τριγωνοποίηση», γράφοντας στη γραμμή εντολών την εντολή «make» και επιλέγοντας με τον κέρσορα με επιλογή παραθύρου τα σημεία του καννάβου. Μένει να καθοριστεί το ανά πόσο θα σχηματιστούν οι δευτερεύουσες καμπύλες, ανά πόσο οι κύριες και η μέγιστη απόσταση. Διευκρινίζεται πως η μέγιστη απόσταση είναι στην ουσία η απόσταση μεταξύ των σημείων του καννάβου κάτω από την οποία το πρόγραμμα κάνει παρεμβολή και δημιουργεί καμπύλες.

Ακολουθείται η ίδια πορεία, δηλαδή «Μηχανική» → «Τριγωνοποίηση» και στην γραμμή εντολών πληκτρολογείται η εντολή «contours». Αρχικά το πρόγραμμα ζητάει ανά πόσο να σχηματίσει τις δευτερεύουσες καμπύλες. Μπορούν να δοθούν διάφορες τιμές ανάλογα με το επιθυμητό αποτέλεσμα π.χ. 0.1 αν πρόκειται για θερμοκρασία (δηλαδή καμπύλες ανά 0.1°C) ή 1 αν πρόκειται για σχετική υγρασία (ανά 1%). Στη συνέχεια ζητείται το βήμα των κύριων καμπυλών οπότε στην περίπτωση της θερμοκρασίας γίνεται επιλογή ανά 1°C και της σχετικής υγρασίας ανά 5%. Τέλος, ζητείται η μέγιστη απόσταση όπου ανάλογα με το βήμα του καννάβου αλλάζει και η τιμή της (γενικά δύο με τρεις φορές το βήμα του καννάβου). Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο κάνναβος έχει βήμα 4m, οπότε δίνεται η τιμή 10 στο πεδίο αυτό. Πατώντας «Enter» σχηματίζονται αμέσως οι καμπύλες όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



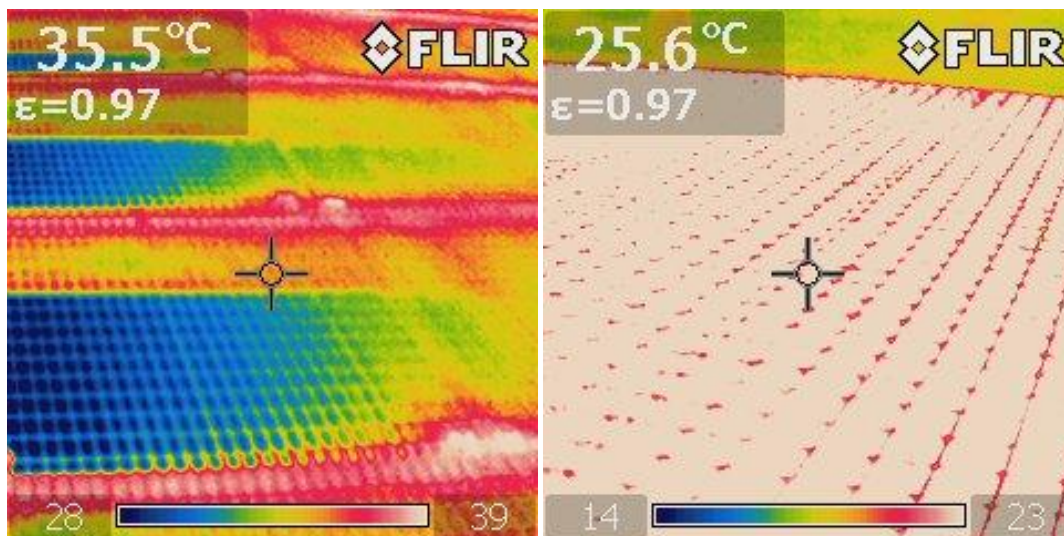


Εικόνα 4.16: Ισοθερμικές καμπύλες στο πρόγραμμα ThanCad

Το αποτέλεσμα είναι δυνατόν να εξαχθεί σε αρχείο .dxf το οποίο είναι συμβατό με το σχεδιαστικό πρόγραμμα AutoCAD, μέσω του οποίου μπορεί να υποστεί περαιτέρω τροποποίηση. Συγκεκριμένα, είναι δυνατόν οι σχηματιζόμενες καμπύλες να τοποθετηθούν πάνω στην κάτοψη της πλατείας και να οριστούν με χρώματα οι διάφορες θερμικές ζώνες και οι ζώνες σχετικής υγρασίας.[22]

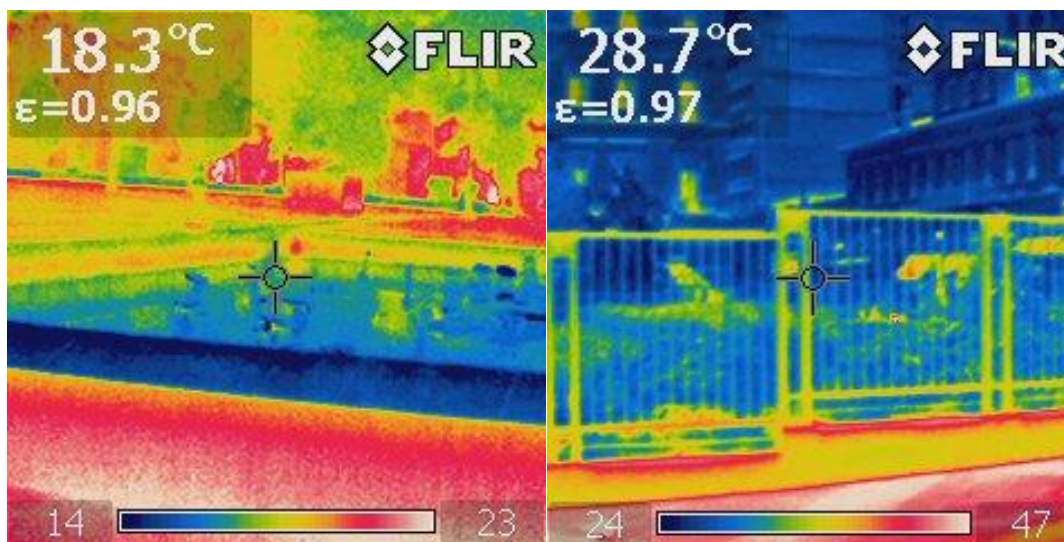
### 4.3 Θερμοκάμερα

Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε θερμοκάμερα για την καταγραφή μεγίστων τιμών θερμοκρασίας στις προσόψεις κτιρίων και σε υλικά επένδυσης. Η θερμοκάμερα χρησιμοποιήθηκε τόσο με λειτουργία χειροκίνητης στόχευσης σε συγκεκριμένο σημείο, όσο και αυτόματης ανίχνευσης της μέγιστης τιμής θερμοκρασίας. Κατά τη διάρκεια των μετρήσεων επιλέχθηκαν 31 σημεία στα οποία έγινε συστηματική καταγραφή τους σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα των μετρήσεων. Στόχος της χρήσης της θερμοκάμερας ήταν να εξεταστούν και οπτικά ποια στοιχεία των ανοιχτών χώρων συμβάλουν θετικά ή αρνητικά στο μικροκλίμα των πλατειών. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τέτοια παραδείγματα στις δύο πλατείες που μελετήθηκαν.



Εικόνα 4.17: α) Αεραγωγός μετρό - πλατεία Δικαιοσύνης β) Αεραγωγός - πλατεία Κοτζιά

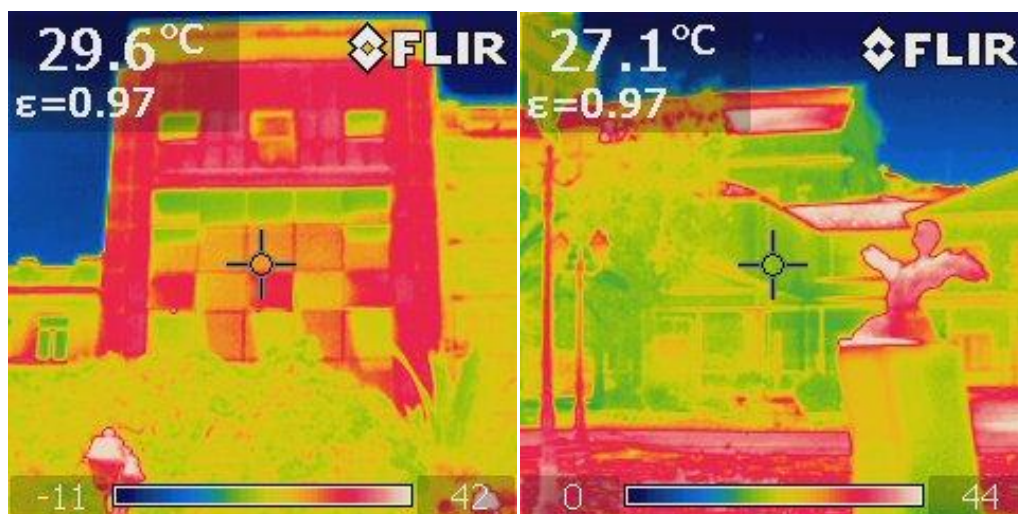
Και στις δύο πλατείες εντοπίστηκαν αεραγωγοί (του μετρό στην πλατεία Δικαιοσύνης και του υπόγειου parking στην πλατεία Κοτζιά) οι οποίοι δρούσαν επιβαρυντικά στο μικροκλίμα τους, δεδομένου ότι υπάρχει σταθερή εκπομπή θερμότητας. Σημειώνεται πως τέτοιου είδους πηγές θερμότητας δεν λήφθηκαν υπόψιν στην παρούσα διπλωματική εργασία. Ωστόσο, σε περιπτώσεις όπως αυτή της πλατείας Δικαιοσύνης που ο αεραγωγός έχει με σεβαστή επιφάνεια επί της πλατείας, η συμβολή του ίσως να μην είναι καταλυτική ως προς το μικροκλίμα, αλλά σίγουρα αποτρέπει τους πεζούς από το να χρησιμοποιήσουν μια αρκετά μεγάλη περιοχή του χώρου.



Εικόνα 4.18: α) Συντριβάνι στην πλατεία Κοτζιά β) Φύτευση στην πλατεία Κοτζιά

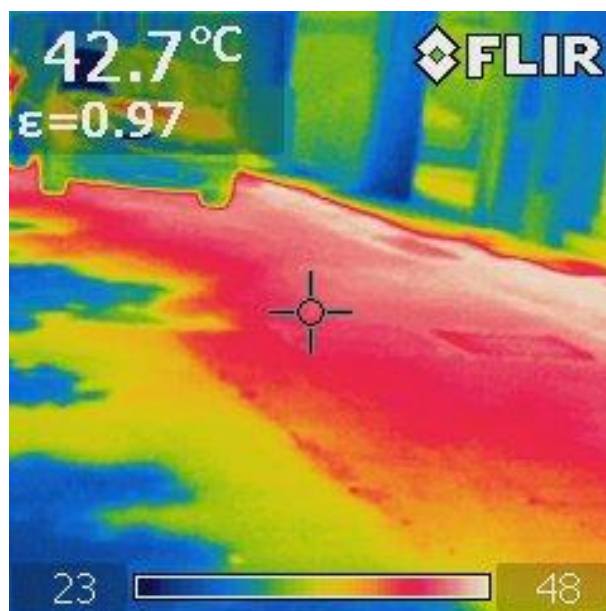
Και οπτικά η συμβολή του νερού είναι καταλυτική για το μικροκλίμα της πλατείας. Η διαφορά θερμοκρασίας είναι φανερή ακόμα και στο μαρμάρινο πεζούλι που περιβάλλει το συντριβάνι. Εξίσου θετική συμβολή έχει και η φύτευση κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται οπτικά και από την

παραπάνω εικόνα. Αν και η φύτευση στη συγκεκριμένη περιοχή είναι κατά βάση θάμνοι και γρασίδι, είναι αισθητή η συμβολή τους.



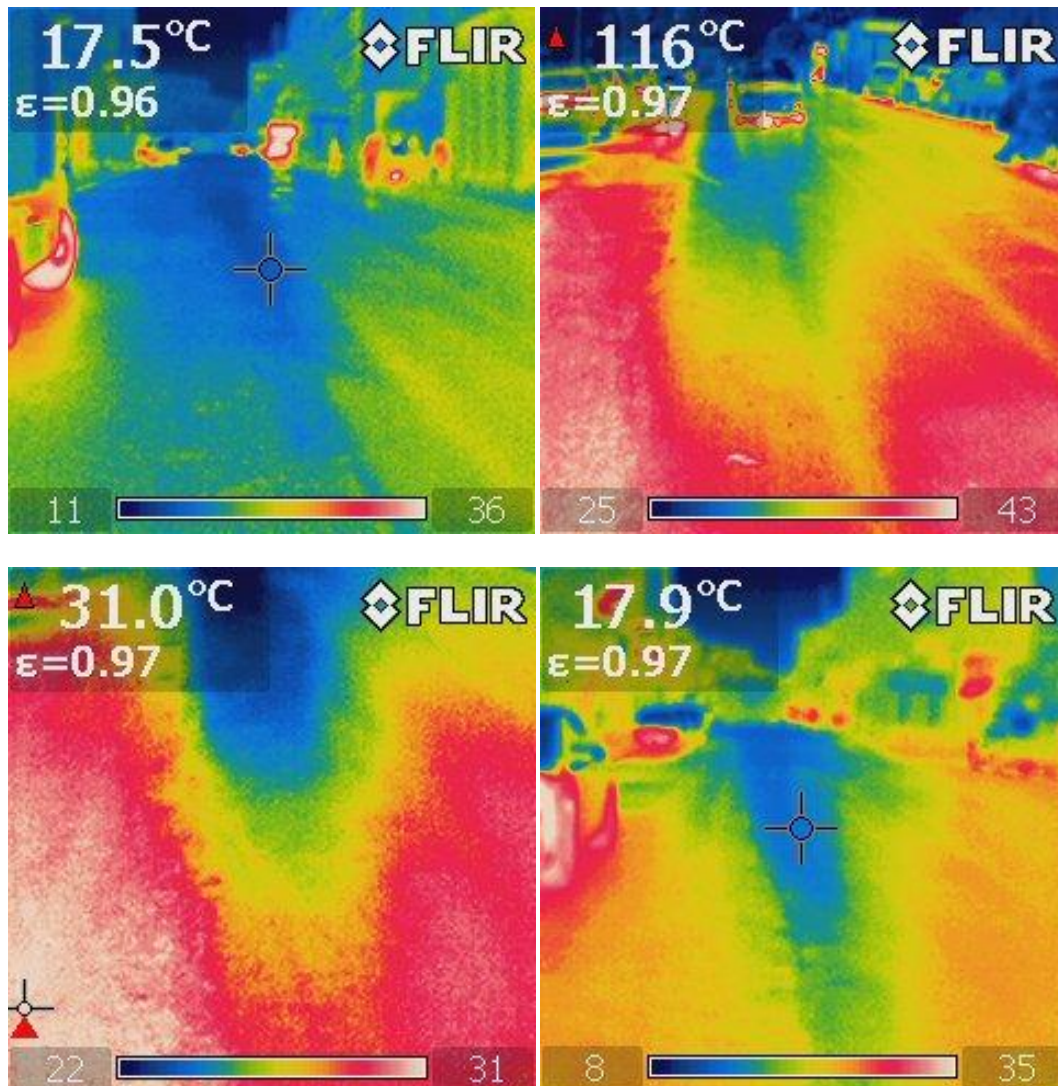
Εικόνα 4.19: α) Κτίριο με μεγάλη γυάλινη επιφάνεια β) Συμβατικό κτίριο

Κατά τη χρήση της θερμοκάμερας διαπιστώθηκε ότι κτίρια με διαφορετικά υλικά προσώπων διαφέρουν εμφανώς ως προς το θερμογράφημα. Πιο συγκεκριμένα, κτίρια με μεγάλες γυάλινες επιφάνειες φαίνεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες στις προσόψεις τους σε σχέση με τα υπόλοιπα -έστω και παλαιότερα- κτίρια, ίσως λόγω των πολλαπλών ανακλάσεων.



Εικόνα 4.20: Αποτύπωση πεζοδρόμου

Η σκίαση φαίνεται να συμβάλει καταλυτικά στις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται με βάση τις φωτογραφίες που λήφθηκαν. Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται στα αριστερά το πεζοδρόμιο υπό σκιά και δεξιά εκτεθειμένο στον ήλιο. Η διαφορά στις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται φθάνει μέχρι και τους 15° C!



Εικόνα 4.21: Αποτύπωση του δρόμου μπροστά από το Δημαρχείο Αθηνών στις α) 7.00 β) 14.30 γ) 19.00 δ) 21.30

Επίσης καταγράφηκε οπτικά και η διαφορά της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται στην επιφάνεια των υλικών. Στις παραπάνω φωτογραφίες φαίνεται η διακύμανση της θερμοκρασίας για πρωινή, μεσημεριανή, απογευματινή και βραδινή μέτρηση (η δεύτερη φωτογραφία έχει ληφθεί με αυτόματη στόχευση μέγιστης τιμής, εξού και η εξωφρενική τιμή των 116 °C που αντιστοιχεί στην εξάτμιση διερχόμενου οχήματος!). Συνολικά αποτυπώθηκαν 30 χαρακτηριστικά σημεία και στις δύο πλατείες όπου αυτή η ποιοτική διακύμανση ήταν αισθητή.

Σύμφωνα με την αποτύπωση που έγινε με τη θερμοκάμερα, ο μέσος όρος των θερμοκρασιών για τις προσόψεις των κτιρίων στην Πλατεία Κοτζιά είναι 26.75 °C ενώ αντίστοιχα από τις μετρήσεις προέκυψε μέσος όρος 27.67 °C. Για την πλατεία Δικαιοσύνης αντίστοιχα προκύπτει

από τη θερμοκάμερα ο μέσος όρος είναι  $27.94^{\circ}\text{C}$  ενώ για τις μετρήσεις  $30.7^{\circ}\text{C}$ . Επομένως, η θερμοκάμερα μπορεί να χρησιμοποιηθεί συστηματικά στην καταγραφή θερμοκρασιών με μια ενδεχόμενη διόρθωση όσον αφορά τις επιφανειακές θερμοκρασίες.

Συνολικά από τη χρήση της θερμοκάμερας εξάγονται οι εξής παρατηρήσεις:

- Εξωτερικές πηγές θερμότητας επηρεάζουν αρκετά το μικροκλίμα της πλατείας
- Η ύπαρξη νερού και φύτευσης δημιουργούν αισθητές διαφορές θερμοκρασίας
- Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και οι προσομοιώσεις δείχνουν αποτελέσματα που είναι πολύ κοντά στις αποτυπώσεις της θερμοκάμερας ως προς την πρόσοψη των κτιρίων. Η διαφορά οφείλεται ίσως στο ότι οι προσομοιώσεις και οι μετρήσεις αφορούν την νοητή επιφάνεια σε ύψος 1.50m από το έδαφος.
- Κτίρια με μεγάλες γυάλινες επιφάνειες και παλαιότερα κτίρια φαίνεται να αναπτύσσουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες στις προσόψεις επηρεάζοντας έτσι το μικροκλίμα των πλατειών

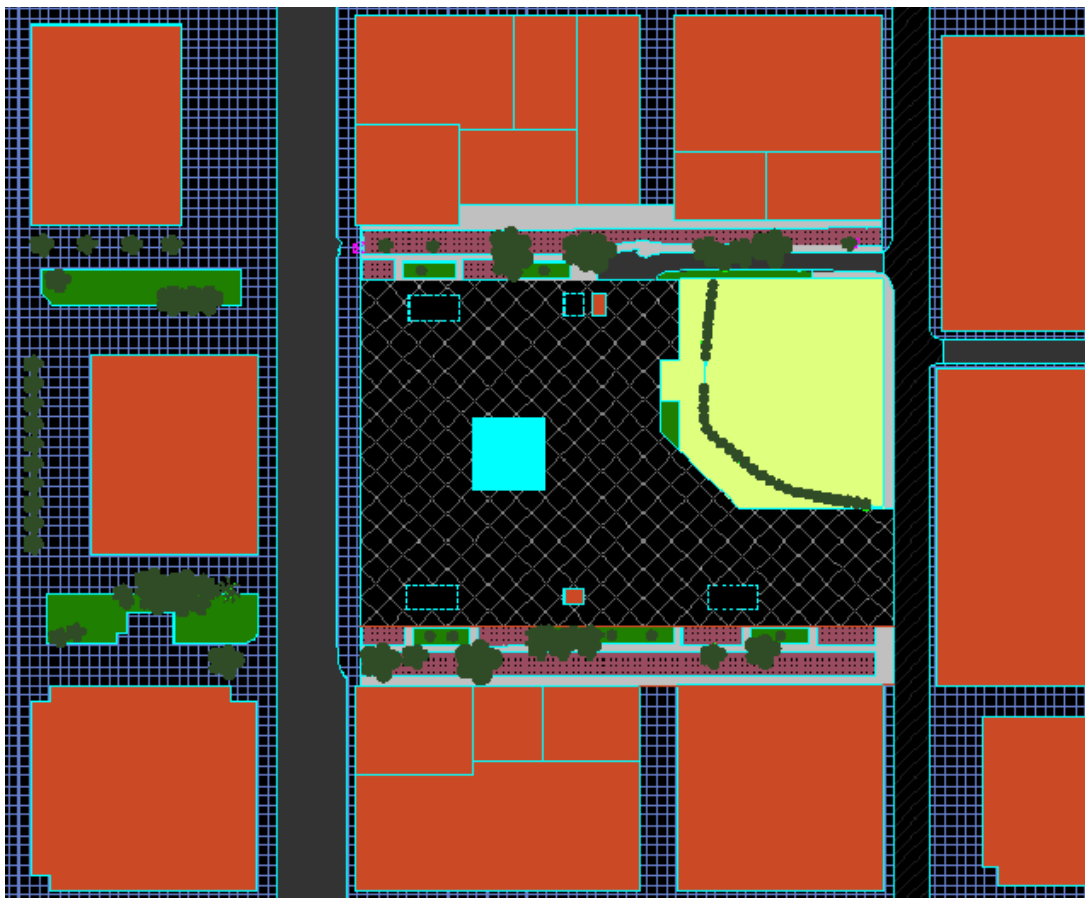


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Μοντελοποίηση των πλατειών στο πρόγραμμα Envi-met

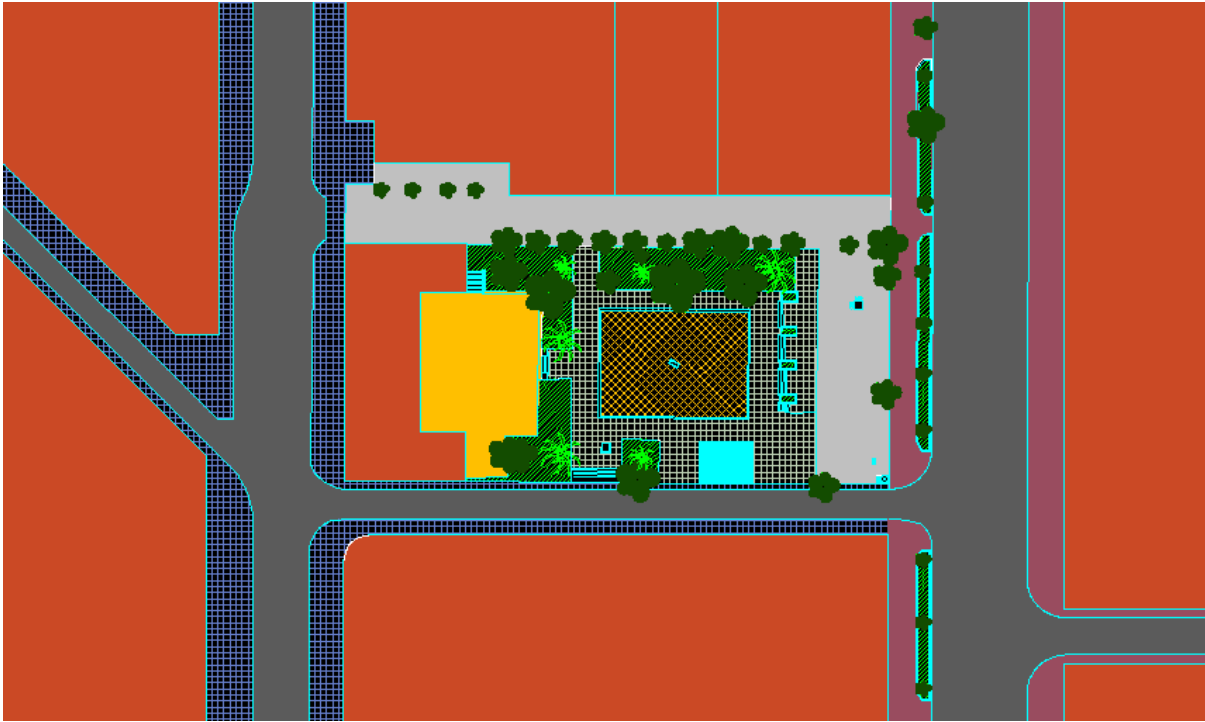
### 5.1 Διαδικασία δημιουργίας της εικόνας-υποβάθρου

Πέρα από την επί τόπου καταγραφή των μικροκλιματικών συνθηκών που επικρατούν στις δύο πλατείες, ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει και η μελέτη τους με βάση ένα αξιόπιστο και διαδεδομένο πρόγραμμα προσομοίωσης των συνθηκών αυτών όπως είναι το Envi-met.

Για την μοντελοποίηση μιας περιοχής είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας εικόνας-υποβάθρου ώστε να τοποθετηθούν σωστά τα κτίρια, η βλάστηση, τα υλικά κτλ. πάνω στον κάρναβο. Τα τοπογραφικά σχέδια όπως είναι φυσικό δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σε αυτή την μορφή ως υπόβαθρο καθώς περιλαμβάνουν πάρα πολλές λεπτομέρειες. Μια εικόνα-υπόβαθρο πρέπει να είναι όσο το δυνατόν απλή και σαφής. Για τον λόγο αυτόν μετουσιώθηκαν με τη βοήθεια και δορυφορικών λήψεων σε απλοποιημένες κατόψεις.



Εικόνα 5.1: Εικόνα-υπόβαθρο της πλατείας Κοτζιά



Εικόνα 5.2: Εικόνα-υπόβαθρο της πλατείας Δικαιοσύνης

Έχοντας πλέον διαμορφώσει το υπόβαθρο, είναι όλα έτοιμα για την δημιουργία του Input File της κάθε πλατείας στο Envi-met.

## 5.2 Δημιουργία του αρχείου εισαγωγής δεδομένων (input file)

### Input File Πλατείας Κοτζιά

Κατ' αρχάς, οι διαστάσεις του κάθε κελιού τον καννάβου ορίστηκαν ως  $dx=2m$ ,  $dy=2m$  και  $dz=2.30m$ . Οι διαστάσεις της κάτοψης της πλατείας Κοτζιά είναι  $220m \times 180m$ , οπότε αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί κάνναβος με 150 κελιά κατά τη διεύθυνση  $x$ , 130 κατά την  $y$  και 30 κατά την  $z$ . Το σκεπτικό της επιλογής αυτής είναι το εξής:

- Με  $dx=2m$  για να καλυφθεί η κάτοψη η οποία έχει μήκος  $220m$ , απαιτούνται  $220/2=110$  κελιά. Το πρόγραμμα όμως απαιτεί και μια απόσταση από τα κτίρια μέχρι τα όρια του μοντέλου η οποία κατ' ελάχιστο στην περίπτωσή μας ύστερα από διερεύνηση είναι ίση με 20 κελιά. Επομένως θα είναι  $110+2*20=150$  κελιά.
- Με  $dy=2m$  για να καλυφθεί το πλάτος της κάτοψης που είναι  $180m$ , απαιτούνται  $180/2=90$  κελιά. Με την ίδια λογική λοιπόν τα κελιά θα είναι  $90+2*20=130$ .
- Με  $dz=2.30$  δεδομένου ότι το ψηλότερο κτίριο στο μοντέλο έχει ύψος  $35m$  και πως επίσης το πρόγραμμα απαιτεί το μοντέλο να έχει ύψος περίπου διπλάσιο του υψηλότερου κτιρίου, απαιτούνται  $2*35/2.30=30.4$  δηλαδή περίπου 30 κελιά.



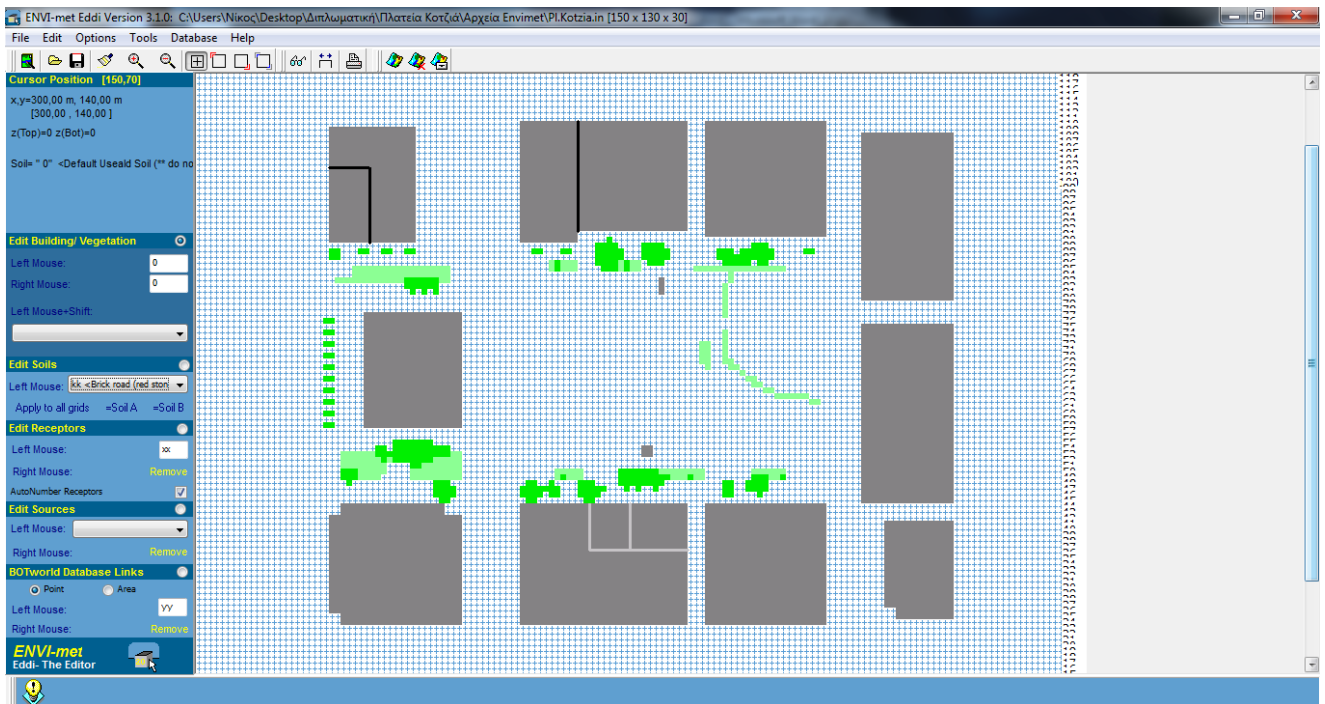
Πέραν αυτών των στοιχείων, ορίστηκε ως ευρύτερη περιοχή μελέτης η Αθήνα (και άρα αυτομάτως ορίστηκαν τα γεωγραφικά στοιχεία της πλατείας) καθώς επίσης και η γωνία στροφής του μοντέλου σε σχέση με τον Βορρά ως  $8^\circ$  δεξιόστροφα.

Στη συνέχεια εισήχθη το υπόβαθρο της πλατείας και με βάση αυτό δημιουργήθηκαν τα κτίρια που την περιβάλλουν. Τα ύψη τους ποικίλουν από 15 μέχρι 35m. Επίσης τοποθετήθηκε ένα μικρό κτίριο ύψους 2 m μέσα στον χώρο της πλατείας, το οποίο αποτελεί στην ουσία κτίριο ανελκυστήρα.

Όσον αφορά τη βλάστηση χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία φυτών που περιείχε η αντίστοιχη βιβλιοθήκη (plants.dat), αλλά και νέα που δημιουργήθηκαν μετά από επεξεργασία των ήδη υπαρχόντων. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν:

- στοιχείο γρασιδιού ύψους 10cm (κωδικός **g1**) μετά από επεξεργασία του στοιχείου **g**, «Grass 50 cm aver. Dense» το οποίο αφορούσε γρασίδι ύψους 50cm.
- στοιχείο δέντρου με «γυμνό» κορμό – δηλαδή με φύλλωμα στα ανώτερα στρώματά του-, ύψους 5m (κωδικός **T5**), ύστερα από επεξεργασία του στοιχείου **T1**, «Tree 10 m very dense, leafless base».
- στοιχείο φοίνικα ύψους 8m (κωδικός **P1**), το οποίο προέκυψε τοποθετώντας μέγιστη πυκνότητα φυλλώματος στις 3 ανώτερες στρώσεις του στοιχείου.
- στοιχείο θάμνου ύψους 1m (κωδικός **h1**), μετά από επεξεργασία του στοιχείου **H2** «Hedge dense, 2m» που είχε να κάνει με θάμνο ύψους 2m.

Η τοποθέτησή τους στον κάνναβο έγινε με βάση την κάτοψη-υπόβαθρο. Σημειώνεται πως τα φυτά τοποθετήθηκαν ώστε να καλύπτουν την κάτοψη του φυλλώματος κάθε δέντρου, αν και κάθε κελί που πληρούται με στοιχείο φυτού αποτελεί στην ουσία μια «κολώνα» στο τρισδιάστατο μοντέλο. Κάτι τέτοιο δεν αποτελεί και πολύ καλή προσομοίωση του πραγματικού σχήματος του δέντρου και είναι ένα από τα μειονεκτήματα του προγράμματος. Η διαμόρφωση των κτιρίων και των φυτών φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



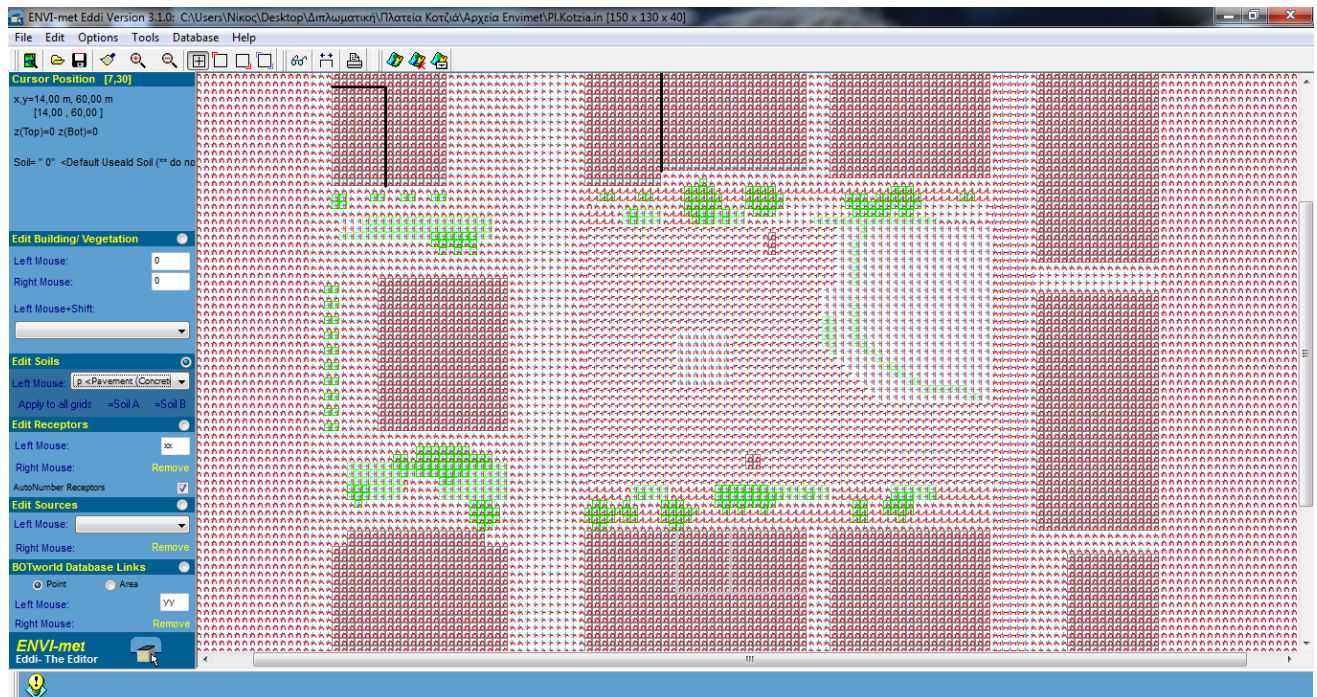
Εικόνα 5.3: Μοντέλο κτιρίων και φυτών της Πλατείας Κοτζιά

Ως προς τα υλικά των επιφανειών, χρησιμοποιήθηκαν αυτά του αρχείου *profilis.dat*. Βέβαια πρόκειται για μια βιβλιοθήκη υλικών αρκετά περιορισμένου πλήθους την οποία για να εμπλουτίσει κάποιος με νέα υλικά είναι απαραίτητο να έχει εξειδικευμένες γνώσεις και πληροφορίες. Για τον λόγο αυτόν έγινε χρήση μόνο των υφιστάμενων στοιχείων με μια προσπάθεια να αντιστοιχιστούν όσο το δυνατόν πιο ρεαλιστικά στο μοντέλο. Έτσι τοποθετήθηκαν:

- Το στοιχείο «Asphalt Road» στην άσφαλτο της οδού Αθηνάς.
- Το στοιχείο «Pavement (Concrete)» στις πεζοδρομημένες περιοχές της κάτοψης.
- Το στοιχείο «Granit shining» στην κυρίως περιοχή της πλατείας.
- Το στοιχείο «Brick road (red stones)» στις πλακοστρωμένες περιοχές της πλατείας στο πάνω και το κάτω τμήμα της.
- Το στοιχείο «Dark Granit Pavement» στον πεζόδρομο μπροστά απ' την Εθνική Τράπεζα.
- Το στοιχείο «Deep Water» στην περιοχή του συντριβανιού.
- Το στοιχείο «Default Useald Soil» στις θέσεις των κτιρίων.
- Το στοιχείο «Loamy soil» στις θέσεις της βλάστησης καθώς επίσης και στον αρχαιολογικό χώρο.

Όπως σημειώθηκε και στο Κεφάλαιο 2, το στοιχείο «deep water» αναφέρεται σε υδάτινη μάζα μεγάλου βάθους και συνεπώς δεν προσομοιώνει επακριβώς τη συμπεριφορά των ρηχών νερών,

αλλά δεν υπάρχει και δυνατότητα με κατάλληλη τροποποίηση να δώσει ασφαλή αποτελέσματα, γι' αυτό και χρησιμοποιείται κατά προσέγγιση στην περίπτωση του συντριβανιού.

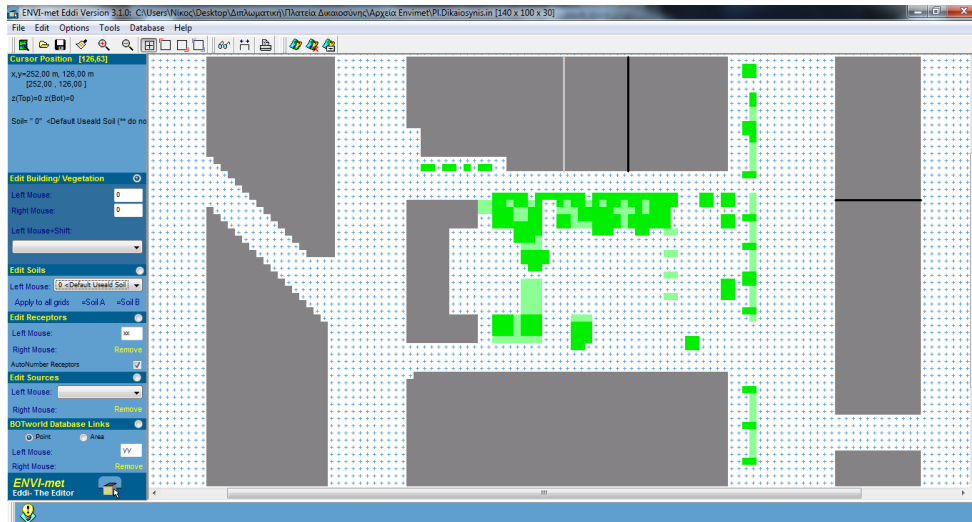


Εικόνα 5.4: Κάνναβος υλικών της πλατείας Κοτζιά

## Input File Πλατείας Δικαιοσύνης

Εδώ οι διαστάσεις του κάθε κελιού τον καννάβου ορίστηκαν ως  $dx=2m$ ,  $dy=2m$  και  $dz=1.80m$ . Οι διαστάσεις της κάτοψης της πλατείας Δικαιοσύνης, είναι  $200m \times 120m$ , οπότε αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί κάνναβος με 140 κελιά κατά τη διεύθυνση  $x$ , 100 κατά την  $y$  και 30 κατά την  $z$ . Το σκεπτικό της επιλογής αυτής είναι ακριβώς αυτό που αναλύθηκε στην περίπτωση της πλατείας Κοτζιά. Ορίστηκε επίσης περιοχή μελέτης η Αθήνα, και γωνία στροφής του μοντέλου σε σχέση με τον Βορρά ίση με  $57^\circ$  αριστερόστροφα.

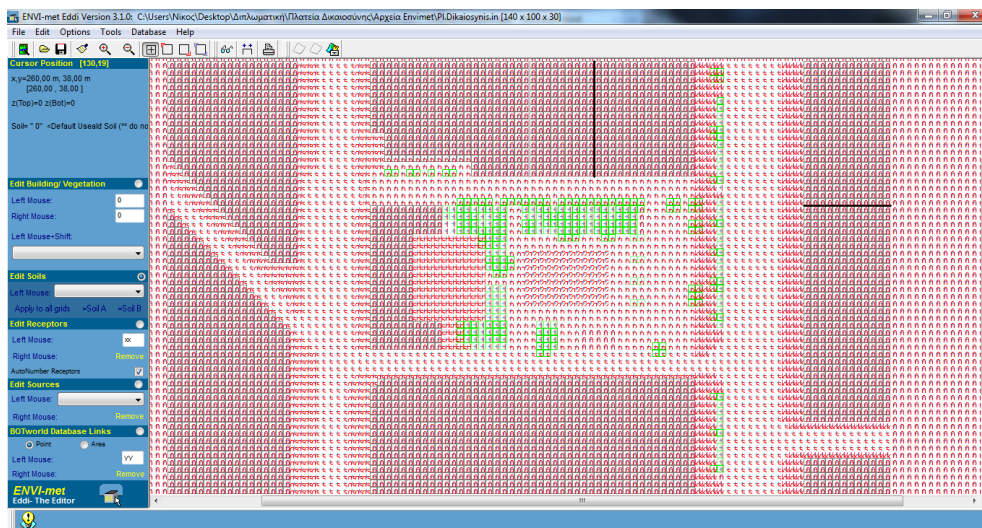
Με τη βοήθεια της εικόνας-υποβάθρου της πλατείας τοποθετήθηκαν τα στοιχεία κτιρίων και βλάστησης πάνω στον κάνναβο. Εδώ, το ύψος των κτιρίων κυμαίνεται από 10 μέχρι 21m περίπου. Για την βλάστηση της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία φυτών και δέντρων που υπάρχουν εξ αρχής στο αρχείο plants.dat, αλλά και τα νέα που διαμορφώθηκαν όπως παρουσιάστηκαν παραπάνω. Τελικά το μοντέλο της πλατείας διαμορφώθηκε όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.5: Μοντέλο κτιρίων και φυτών της Πλατείας Δικαιοσύνης

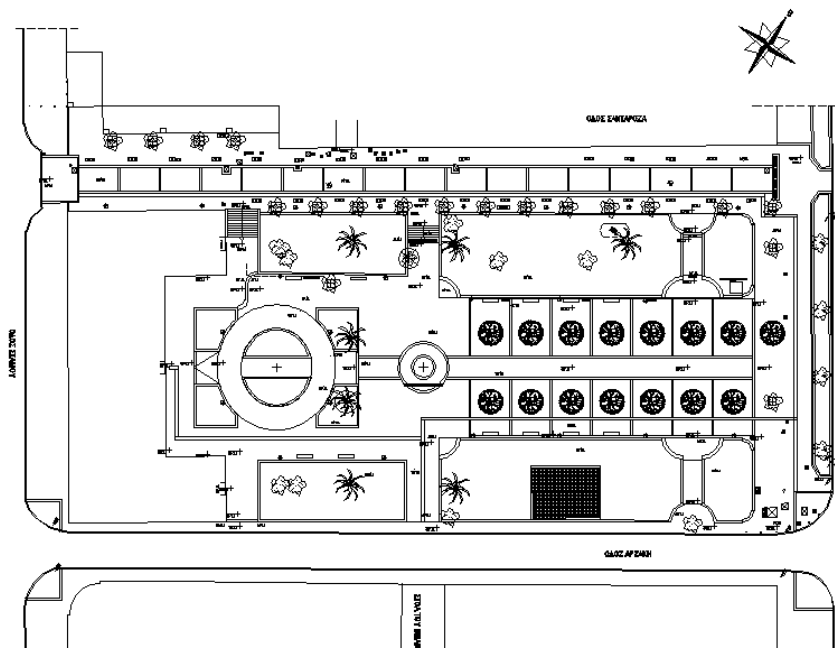
Αναφορικά με τα υλικά της πλατείας, αυτά όπως και πριν προέρχονται από τα βασικά στοιχεία της βιβλιοθήκης *profilis.dat*. Αναλυτικά τοποθετήθηκαν τα εξής υλικά:

- «Asphalt Road» στα σημεία των οδών Σταδίου (αριστερά) Πανεπιστημίου (δεξιά) και Αρσάκη (κάτω)
- «Pavement (Concrete)» στην ευρύτερη περιοχή την πλατείας
- «Granit shining» στην περιοχή γύρω απ' το άγαλμα στο κέντρο της πλατείας
- «Brick road (red stones)» στα πεζοδρόμια εκατέρωθεν της οδού Πανεπιστημίου
- «Granit pavement» στα υπόλοιπα πεζοδρόμια
- «Default Useald Soil» στις θέσεις των κτιρίων αλλά και στην περιοχή πέρα από τα κτίρια μέχρι τα όρια του μοντέλου
- «Loamy soil» στις θέσεις της βλάστησης



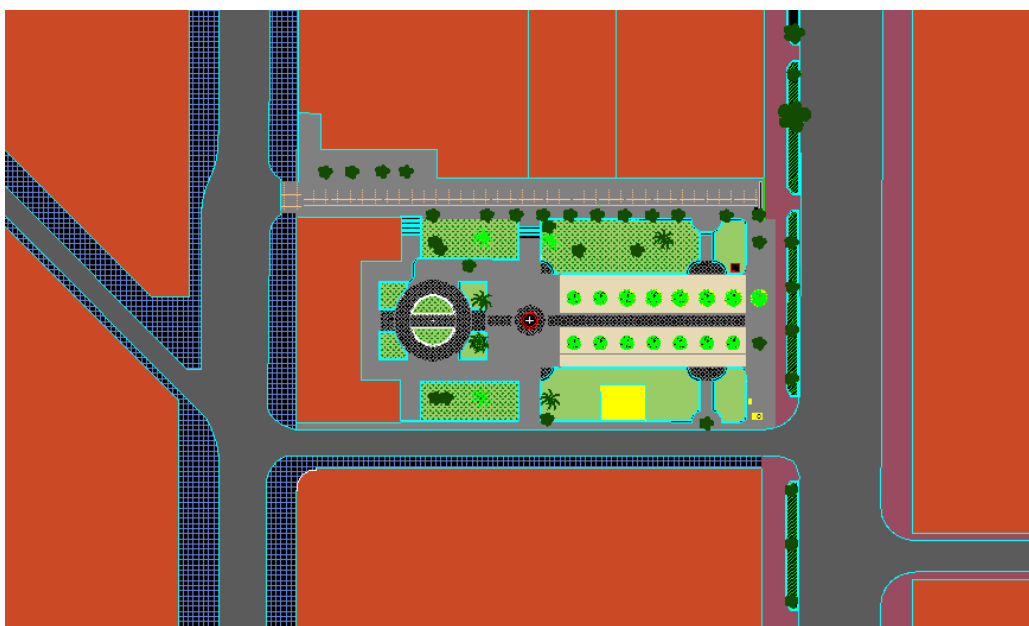
Εικόνα 5.6: Κάνναβος υλικών της πλατείας Δικαιοσύνης

Πέραν του τοπογραφικού της πλατείας Δικαιοσύνης, βρέθηκε και η κάτοψη της προτεινόμενης ανάπλασης της εν λόγω πλατείας. Με την ευκαιρία αυτή κρίθηκε ενδιαφέρον να γίνει μοντελοποίηση και προσομοίωση της προτεινόμενης νέας μορφής της πλατείας, προκειμένου να διαπιστωθούν οι αλλαγές στην μικροκλιματική της συμπεριφορά σε σχέση με την παρούσα κατάσταση. Το σχέδιο της ανάπλασης είναι το εξής:



Εικόνα 5.7: Τοπογραφικό σχέδιο προτεινόμενης ανάπλασης της πλατείας Δικαιοσύνης[4]

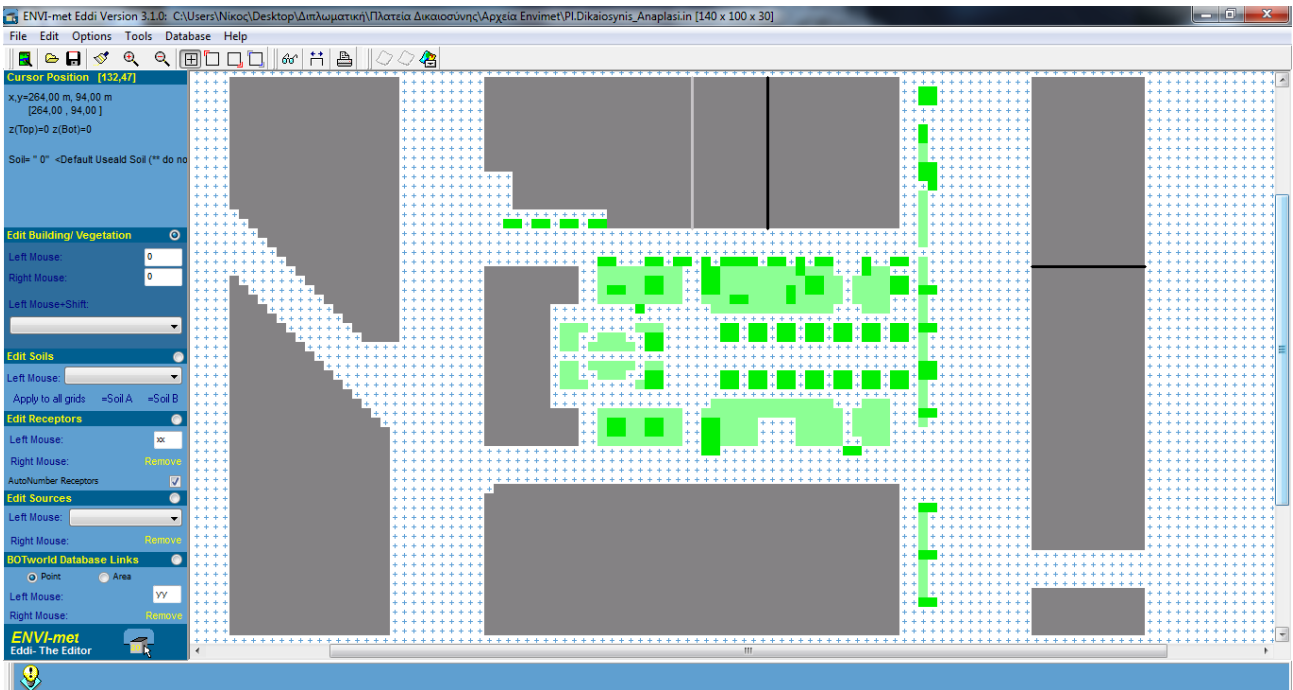
Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις δημιουργήθηκε η εικόνα-υπόβαθρο της κάτοψης όπως παρουσιάζεται παρακάτω.



Εικόνα 5.8: Εικόνα-υπόβαθρο της ανάπλασης της πλατείας Δικαιοσύνης

## Input File Ανάπλασης Πλατείας Δικαιοσύνης

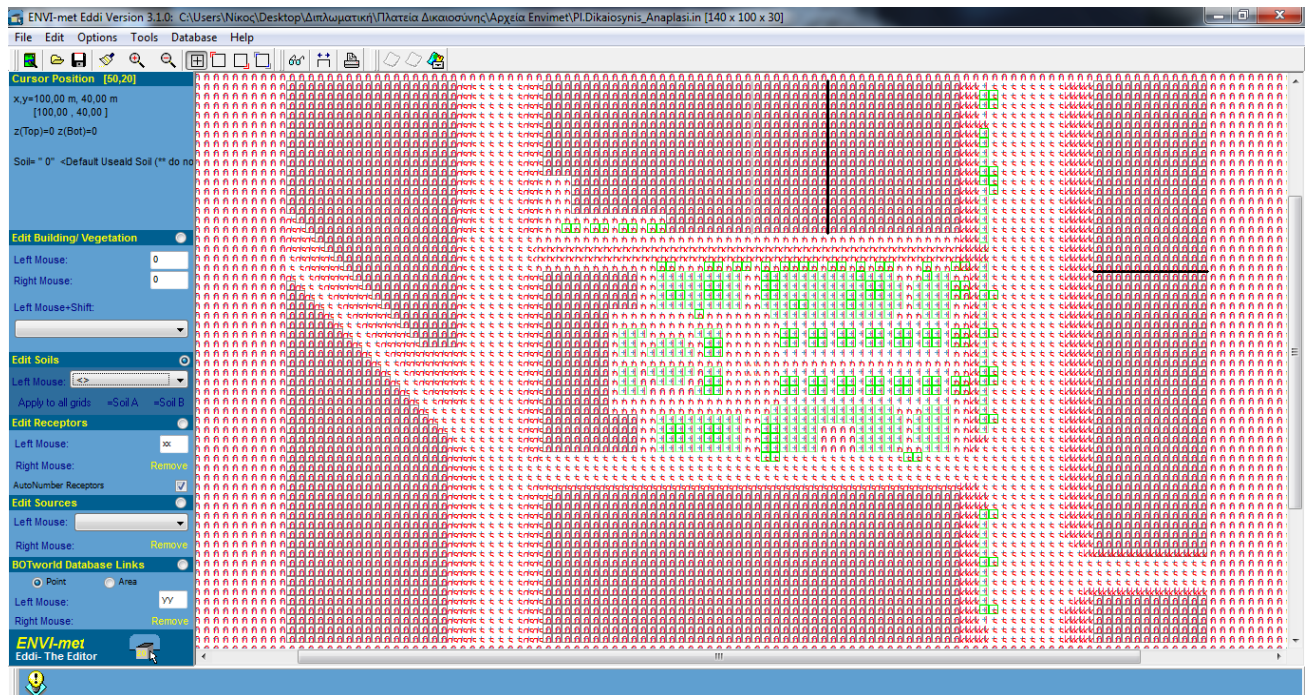
Για τις διαστάσεις κάθε κελιού του καννάβου, το πλήθος τους κατά x, y και z όπως επίσης και για τις λοιπές ρυθμίσεις (γεωγραφικές συντεταγμένες, γωνία στροφής του μοντέλου ως προς τον Βορρά κ.τ.λ.) ισχύουν ακριβώς τα ίδια με το προηγούμενο μοντέλο της πλατείας Δικαιοσύνης. Από κει και πέρα, με τη βοήθεια της εικόνας υπόβαθρου η διαμόρφωση των κτιρίων και φυτών παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.9: Μοντέλο κτιρίων και φυτών της ανάπλασης της Πλατείας Δικαιοσύνης

Τα υλικά που τοποθετήθηκαν σ' αυτή την περίπτωση είναι:

- «Asphalt Road» στα σημεία των οδών Σταδίου (αριστερά) Πανεπιστημίου (δεξιά) και Αρσάκη (κάτω)
- «Pavement (Concrete)» στον κυρίως χώρο της πλατείας αλλά και σε τμήμα της οδού Σανταρόζα
- «Brick road (red stones)» στα πεζοδρόμια εκατέρωθεν της οδού Πανεπιστημίου
- «Granit pavement» στα υπόλοιπα πεζοδρόμια
- «Brick road (yellow stones)» στο πλακοστρωμένο τμήμα της οδού Σανταρόζα
- «Deep Water» στη θέση του συντριβανιού στο κέντρο της πλατείας
- «Loamy soil» στις θέσεις της βλάστησης



Εικόνα 5.10: Κάνναβος υλικών της ανάπλασης της πλατείας Δικαιοσύνης

### 5.3 Ρύθμιση των configuration files των μοντέλων

Για την έναρξη της προσομοίωσης απαιτείται και η δημιουργία του configuration file κάθε μοντέλου, το οποίο στην ουσία είναι το αρχείο στο οποίο καταχωρούνται στοιχεία που αφορούν το κλίμα της ημέρας προσομοίωσης (βλ. και παράρτημα). Έτσι λοιπόν τα στοιχεία που δόθηκαν είναι:

#### 1. Για το μοντέλο της Πλατείας Κοτζιά

- Ημέρα προσομοίωσης: 25/05/2012
- Ωρα έναρξης της προσομοίωσης: 04:00:00
- Συνολικός χρόνος προσομοίωσης (ώρες): 18.00.
- Ταχύτητα ανέμου στα 10m από το έδαφος (m/s): 3.3
- Κατεύθυνση ανέμου (σε μοίρες): 45 (δηλαδή Βοριο-ανατολικός)
- Αρχική θερμοκρασία (σε Kelvin): 301
- Ειδική υγρασία στα 2500m (g νερού/kg αέρα): 3
- Σχετική υγρασία στα 2m (%): 30

## 2. Για το μοντέλο της Πλατείας Δικαιοσύνης

- Ημέρα προσομοίωσης: 01/06/2012
- Ώρα έναρξης της προσομοίωσης: 04:00:00
- Συνολικός χρόνος προσομοίωσης (ώρες): 18.00.
- Ταχύτητα ανέμου στα 10m από το έδαφος (m/s): 3.3
- Κατεύθυνση ανέμου (σε μοίρες): 45 (δηλαδή Βορριο-ανατολικός)
- Αρχική θερμοκρασία (σε Kelvin): 305
- Ειδική υγρασία στα 2500m (g νερού/kg αέρα): 3
- Σχετική υγρασία στα 2m (%): 20

ενώ ακριβώς οι ίδιες ρυθμίσεις έγιναν και στο configuration file του μοντέλου της ανάπλασης.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Αποτελέσματα Αναλύσεων-Σύγκριση αποτελεσμάτων Envi-met και επί τόπου μετρήσεων**

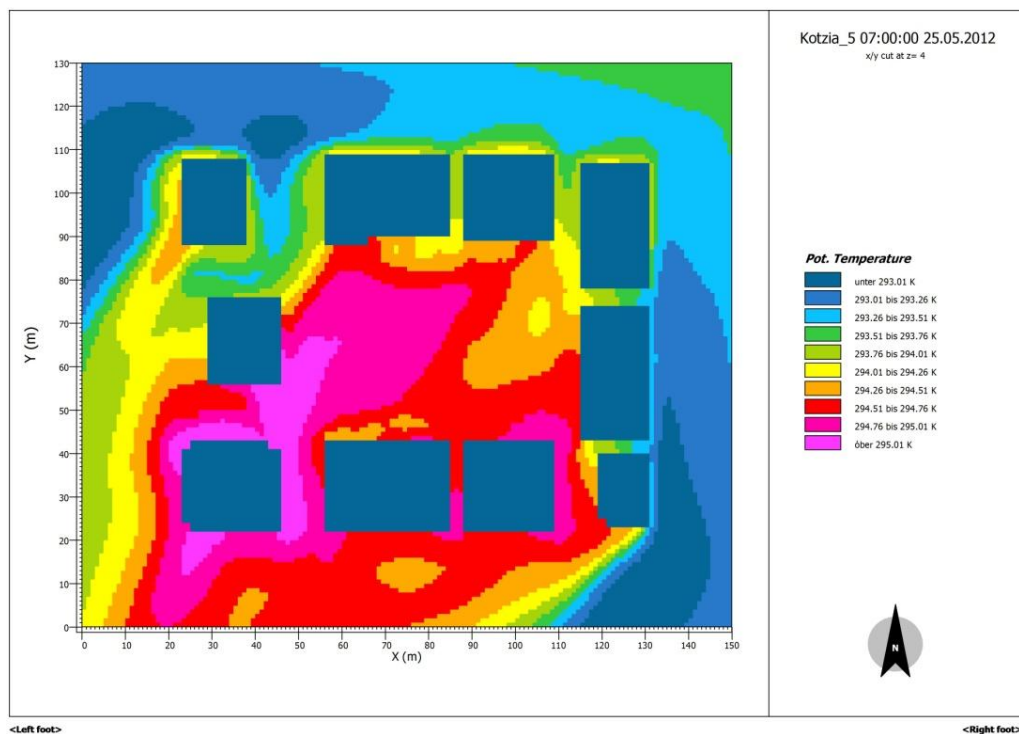
Στα προηγούμενα κεφάλαια έγινε αναλυτική παρουσίαση της διαδικασίας με την οποία μελετήθηκαν οι δύο πλατείες αφ ενός με την χρήση του προγράμματος προσομοίωσης του μικροκλίματος, Envi-met 3.1 και αφ ετέρου με την επί τόπου εκπόνηση μετρήσεων και την περαιτέρω επεξεργασία των αποτελεσμάτων τους (κατασκευή ισοθερμικών καμπυλών και καμπυλών ίσης σχετικής υγρασίας).

Έτσι λοιπόν με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων και από τις δύο διαδικασίες δίνεται η δυνατότητα να πραγματοποιηθεί μια κάποια σύγκριση μεταξύ της εκτίμησης, δηλαδή του αποτελέσματος της προσομοίωσης του προγράμματος και της πραγματικότητας όπως αυτή καταγράφηκε από τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν. Κάτι τέτοιο παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς πλέον ελέγχεται πλήρως η αξιοπιστία του προγράμματος. Φυσικά ο έλεγχος αυτός περιορίζεται σε μερικές μόνο ώρες της ημέρας, αυτές στις οποίες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις, αλλά μπορεί να θεωρηθεί επαρκής αφού οι ώρες αυτές είναι χαρακτηριστικές μέσα στη διάρκειά της.

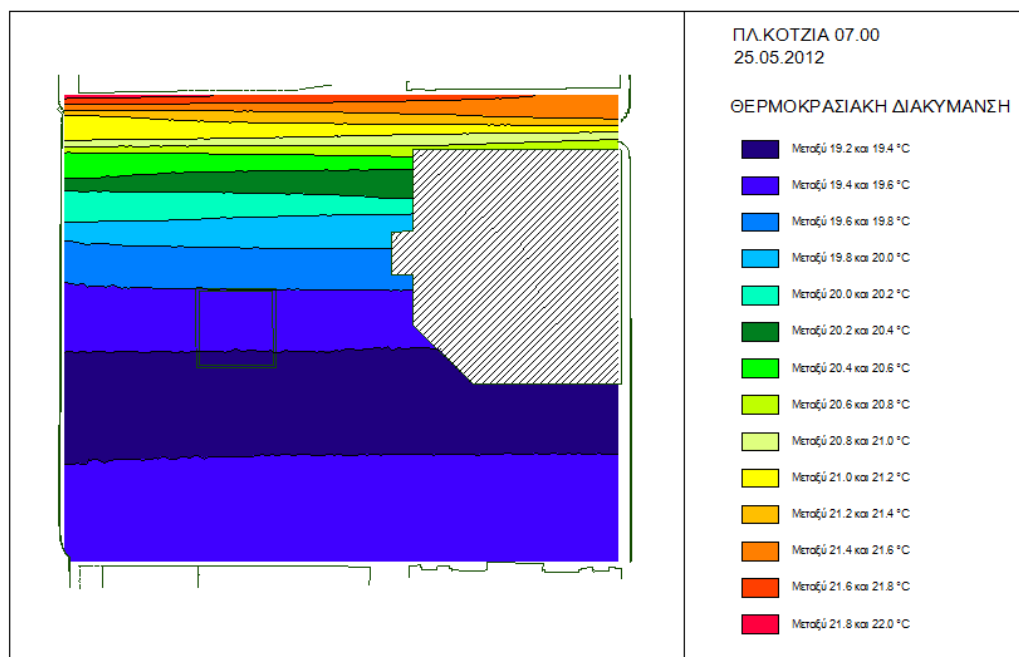
Παρακάτω παρατίθενται σε ζεύγη τα αποτελέσματα από την προσομοίωση του Envi-met και τις επί τόπου μετρήσεις αντίστοιχα για τις δύο πλατείες.

## 6.1 Πλατεία Κοτζιά 25-05-2012

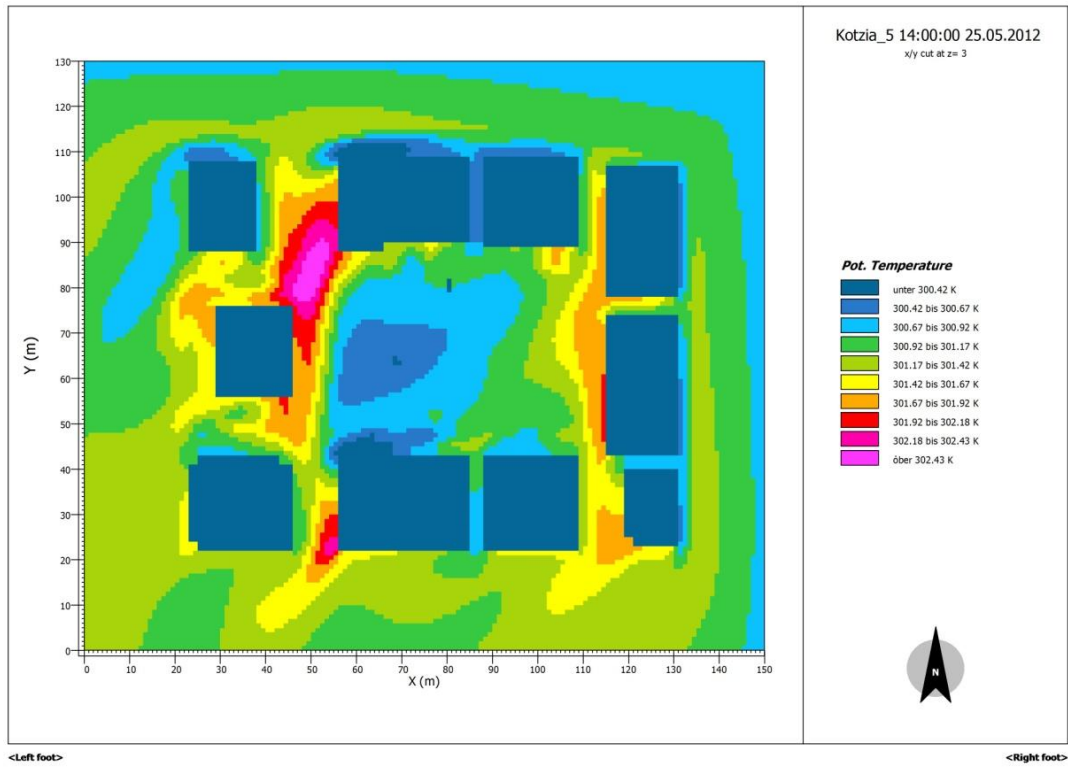
### 6.1.1 Θερμοκρασία



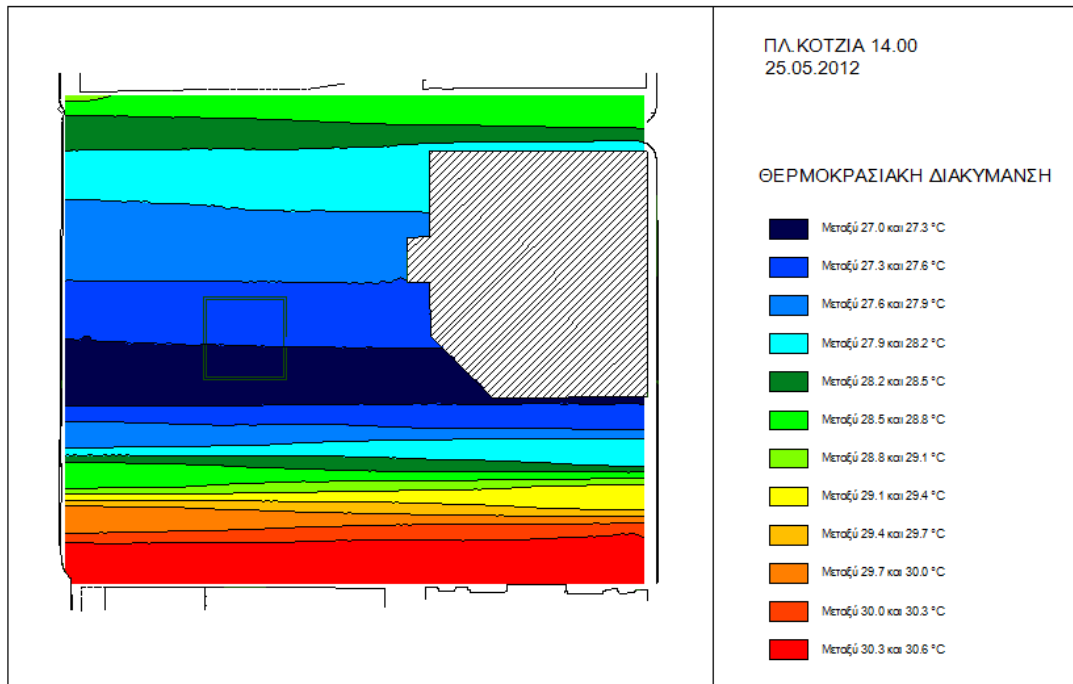
Εικόνα 6.1: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 7.00πμ σύμφωνα με το Envi-met



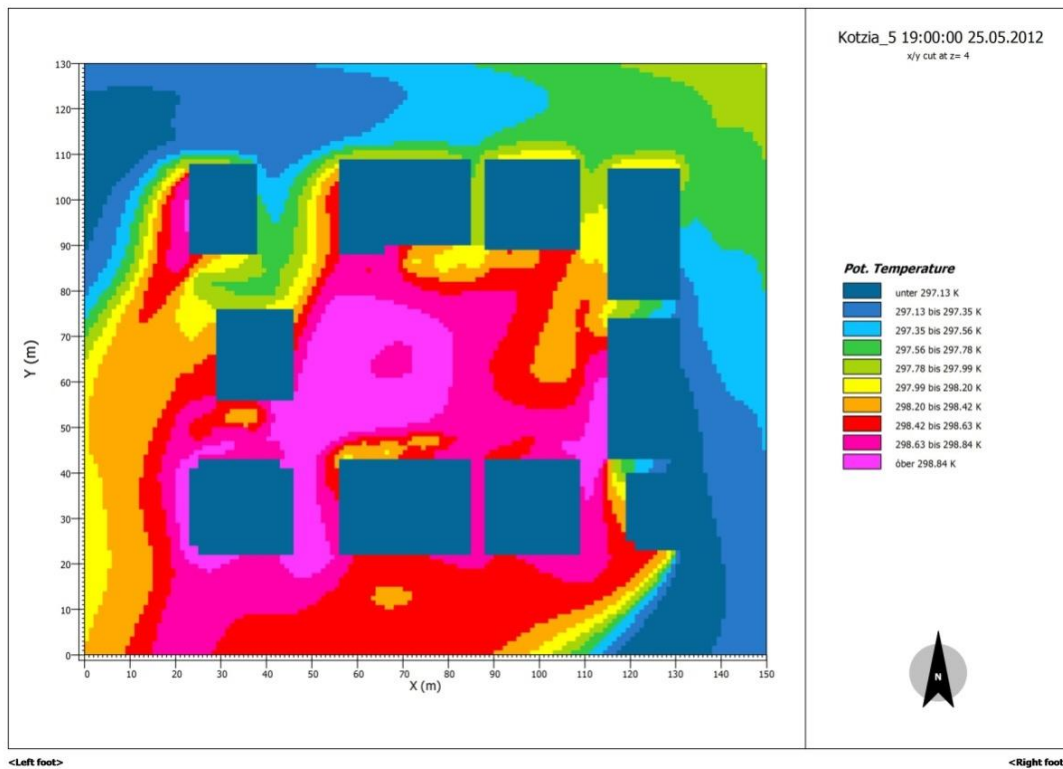
Εικόνα 6.2: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 07.00πμ με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



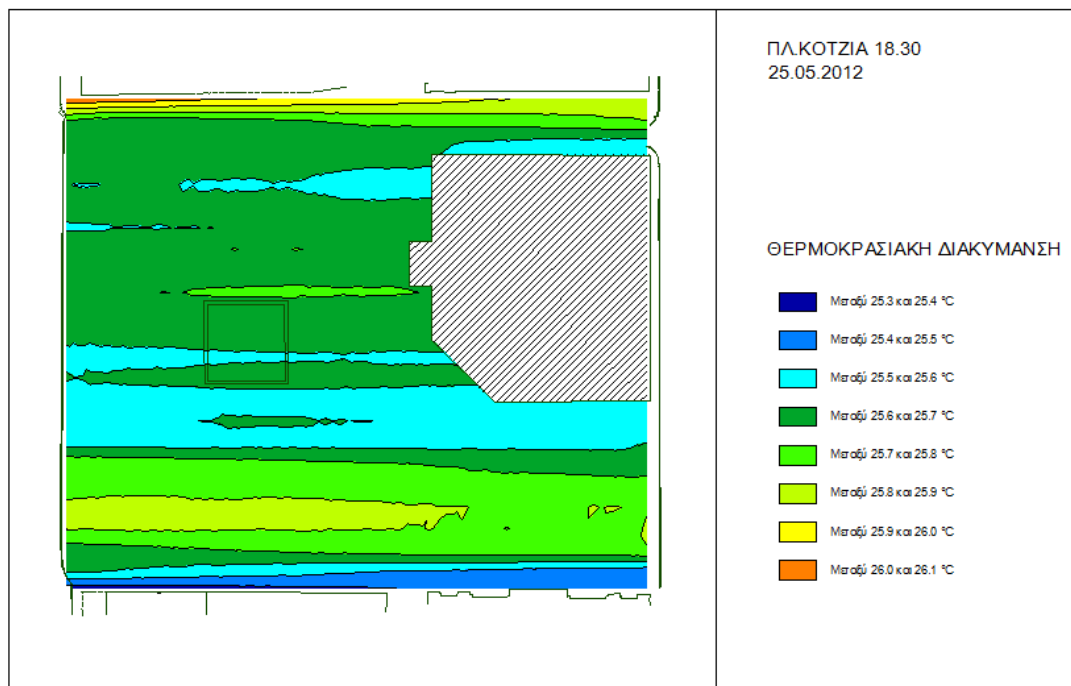
Εικόνα 6.3: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 14.00 σύμφωνα με το Envi-met



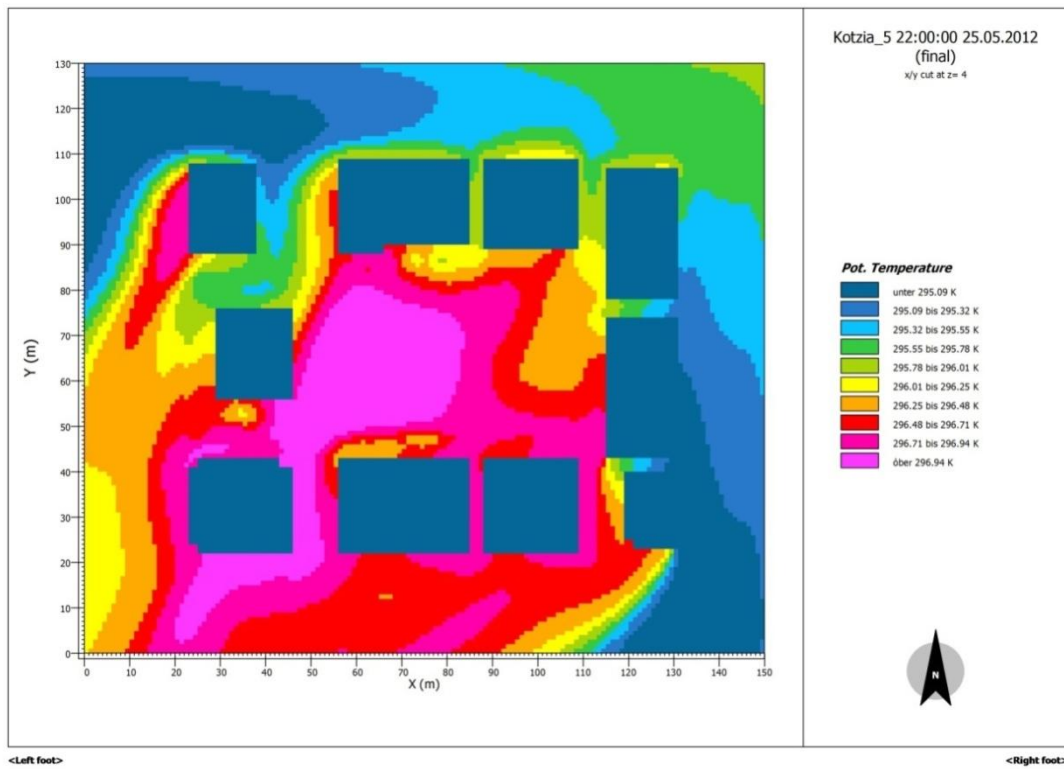
Εικόνα 6.4: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



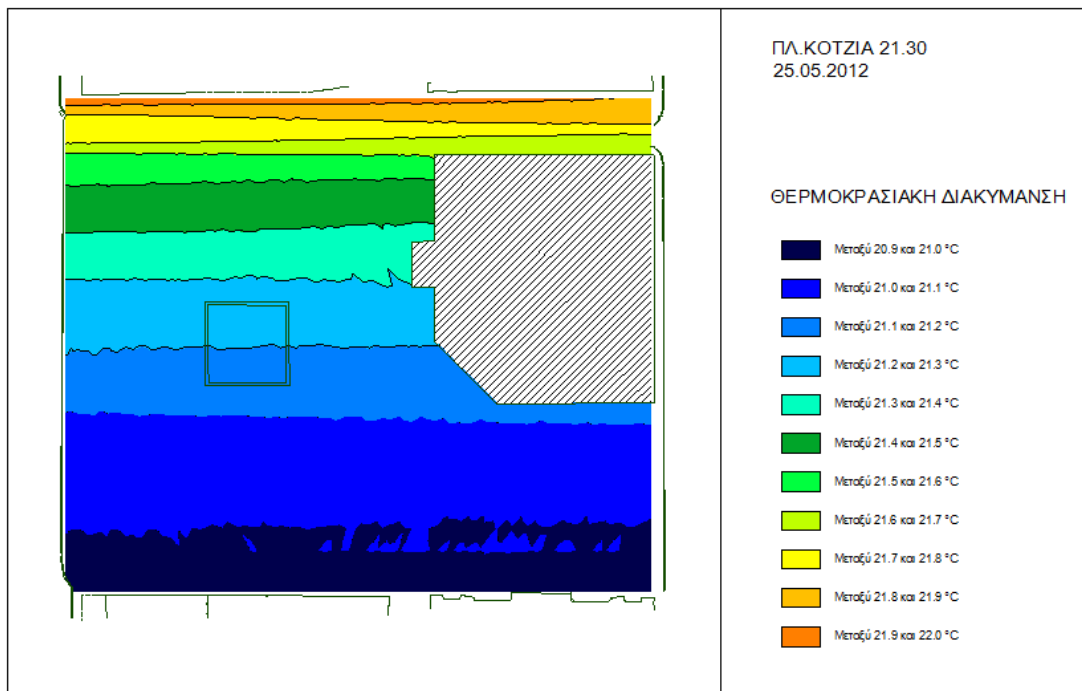
Εικόνα 6.5: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 19.00 σύμφωνα με το Envi-met



Εικόνα 6.6: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις

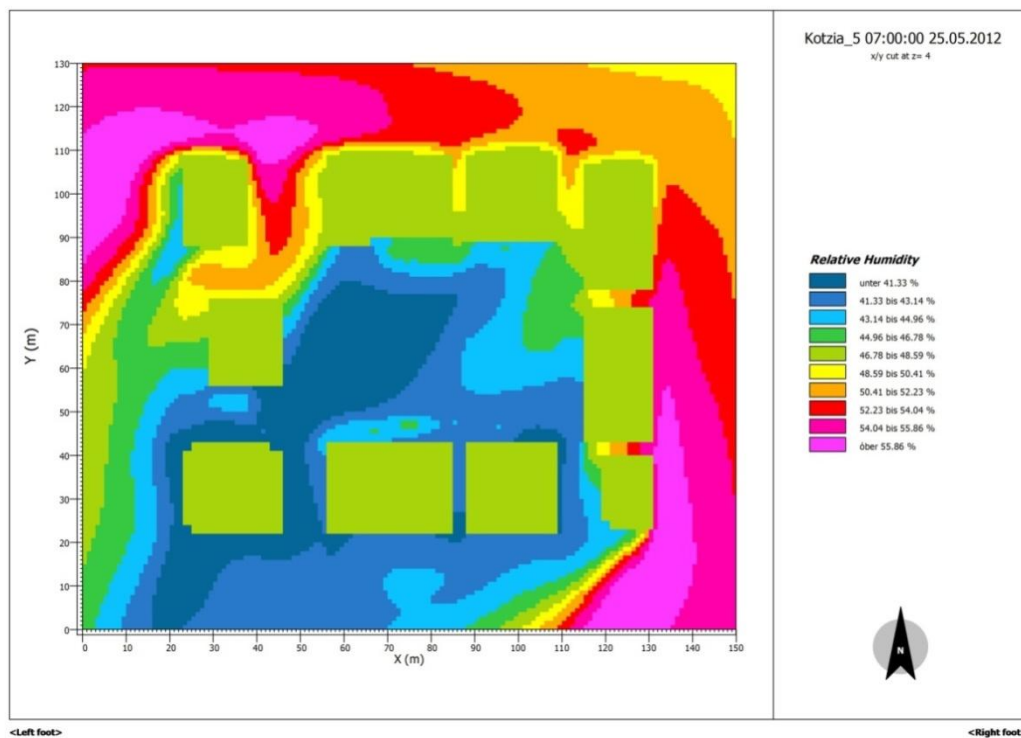


Εικόνα 6.7: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 22.00 σύμφωνα με το Envi-met

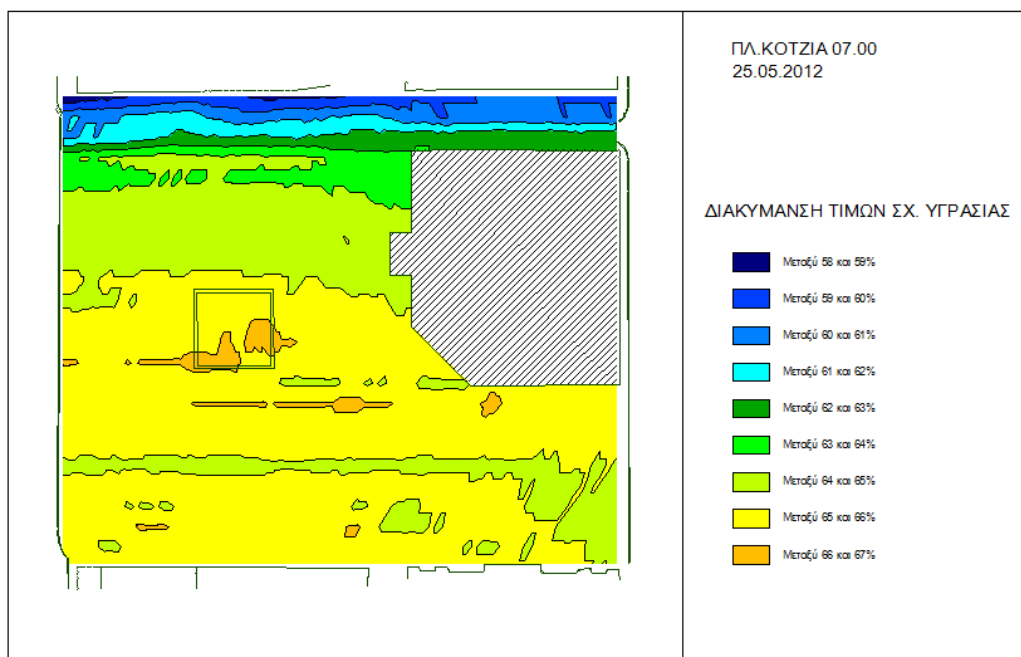


Εικόνα 6.8: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 21.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις

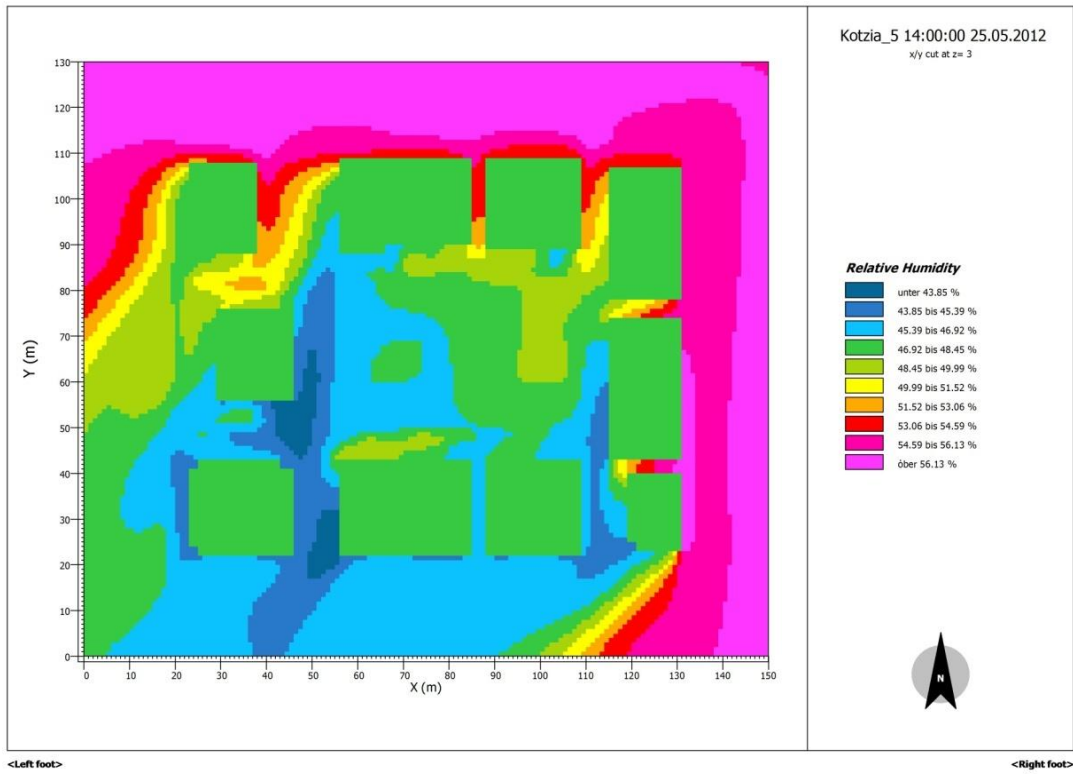
## 6.1.2 Σχετική Υγρασία



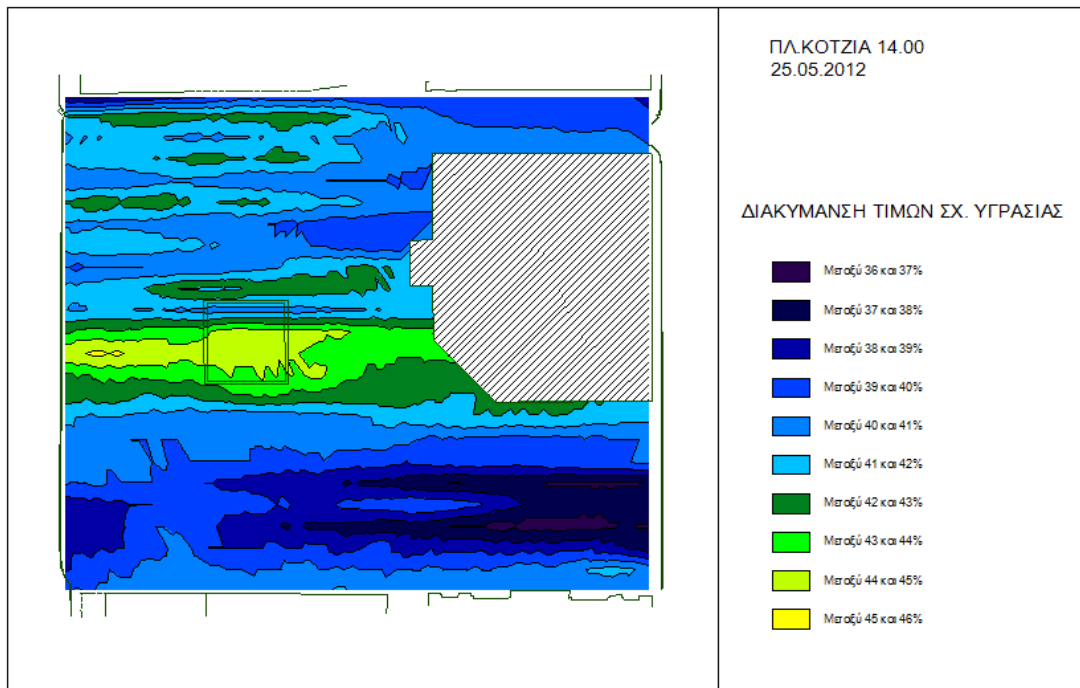
Εικόνα 6.9: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 07.00 σύμφωνα με το Envi-met



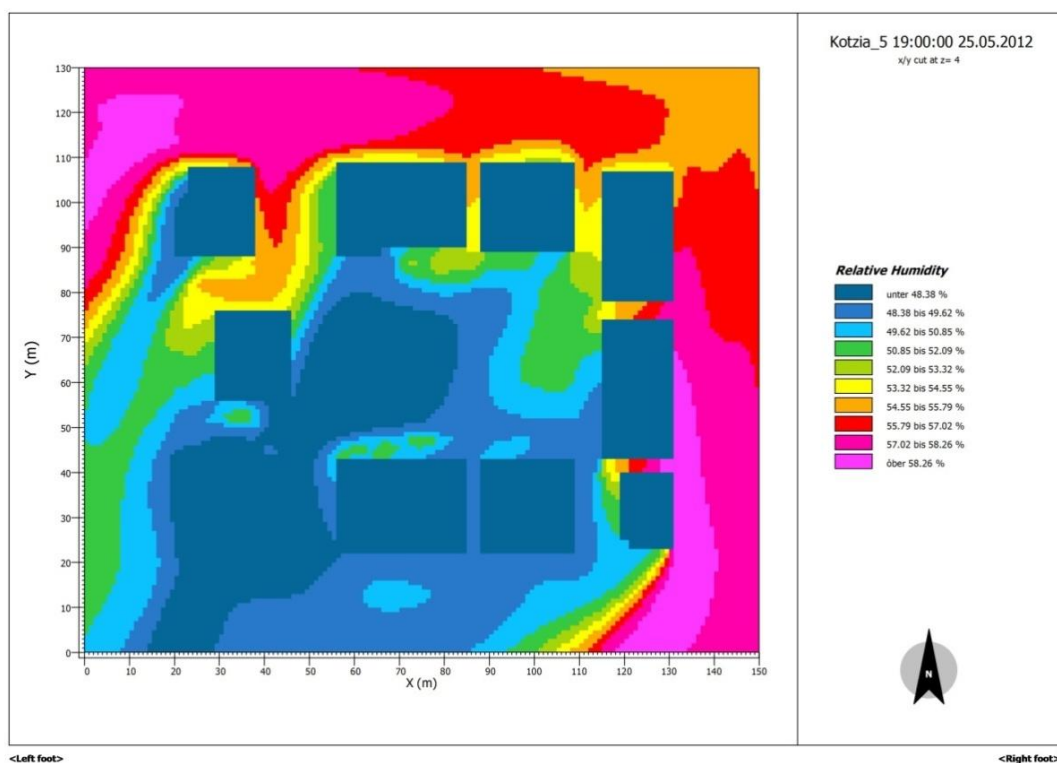
Εικόνα 6.10: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 07.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



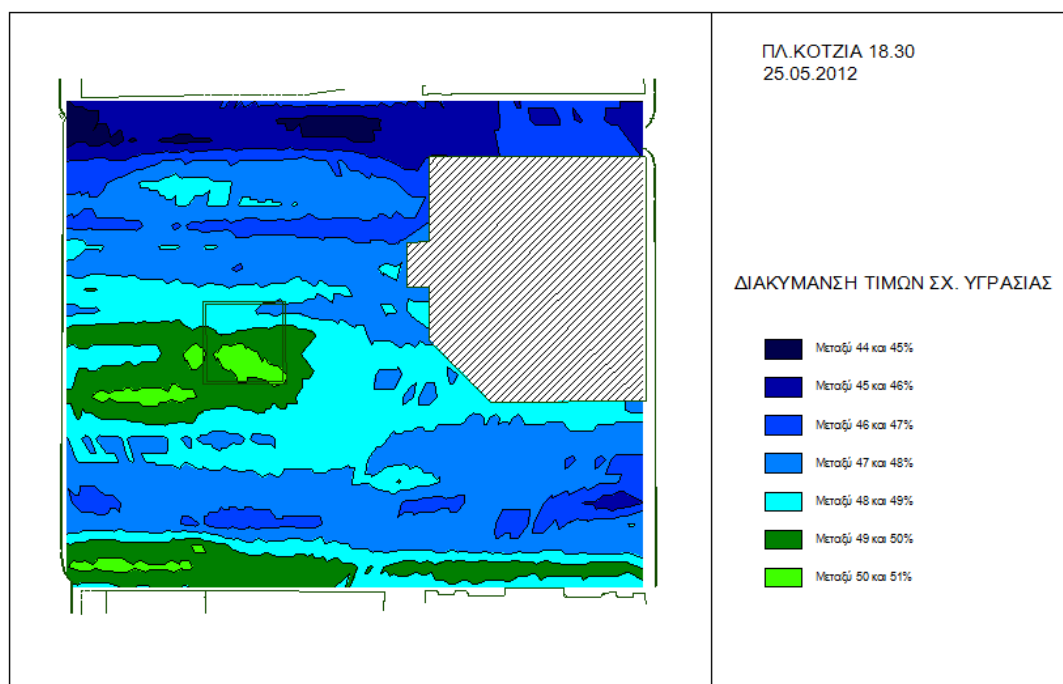
Εικόνα 6.11: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 14.00 σύμφωνα με το Envi-met



Εικόνα 6.12: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις

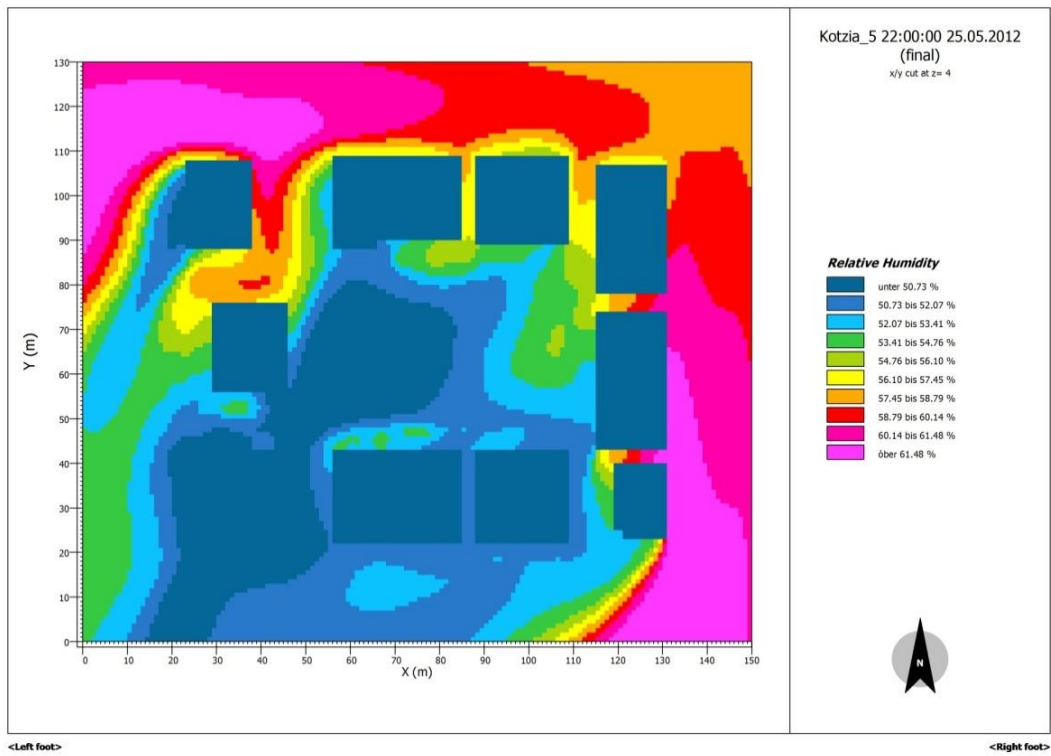


Εικόνα 6.13: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 19.00 σύμφωνα με το Envi-met

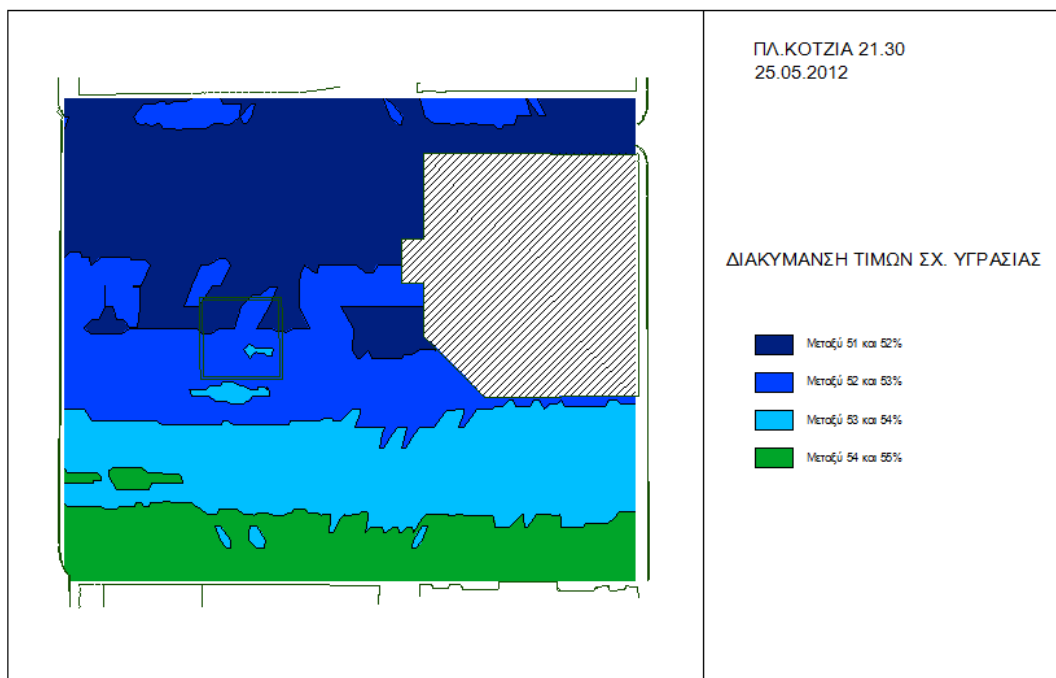


Εικόνα 6.14: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις





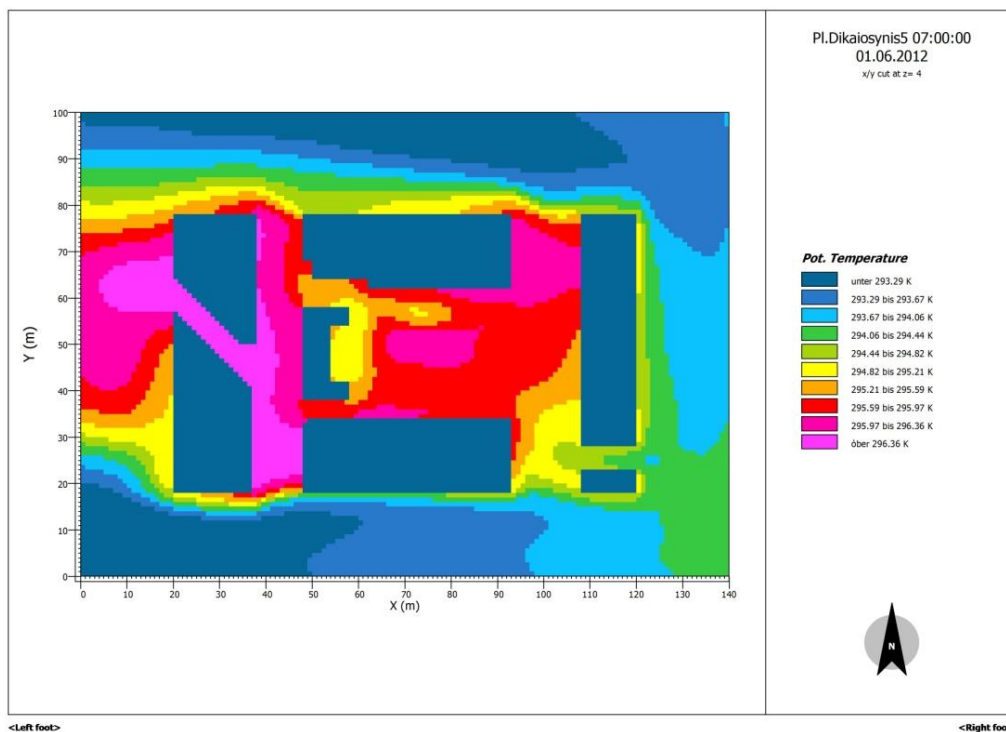
Εικόνα 6.15: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 22.00 σύμφωνα με το Envi-met



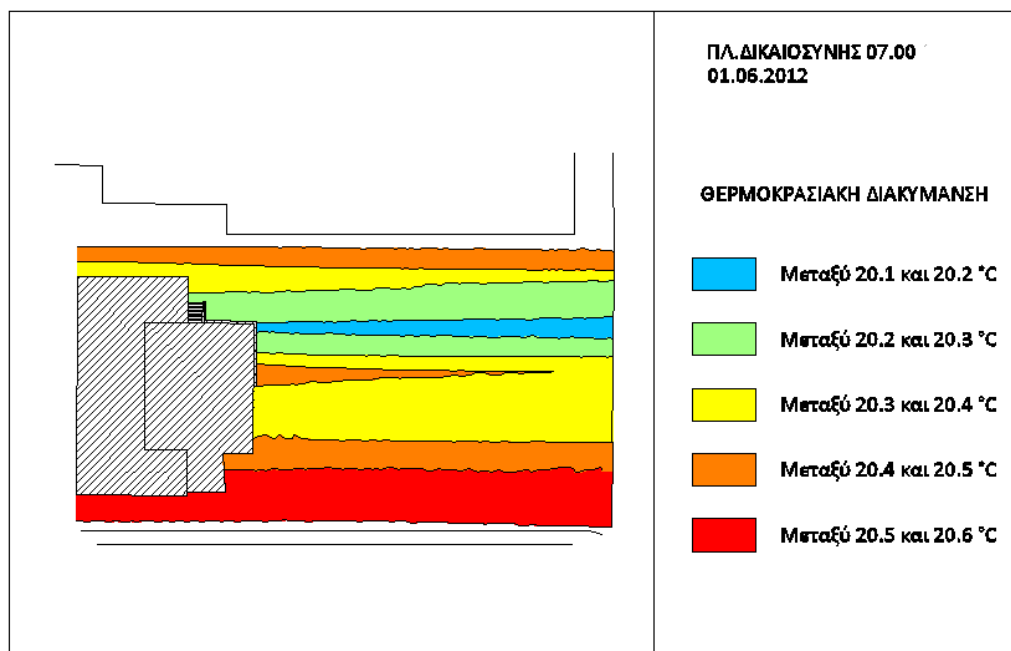
Εικόνα 6.16: Καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 21.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις

## 6.2 Πλατεία Δικαιοσύνης 01-06-2012

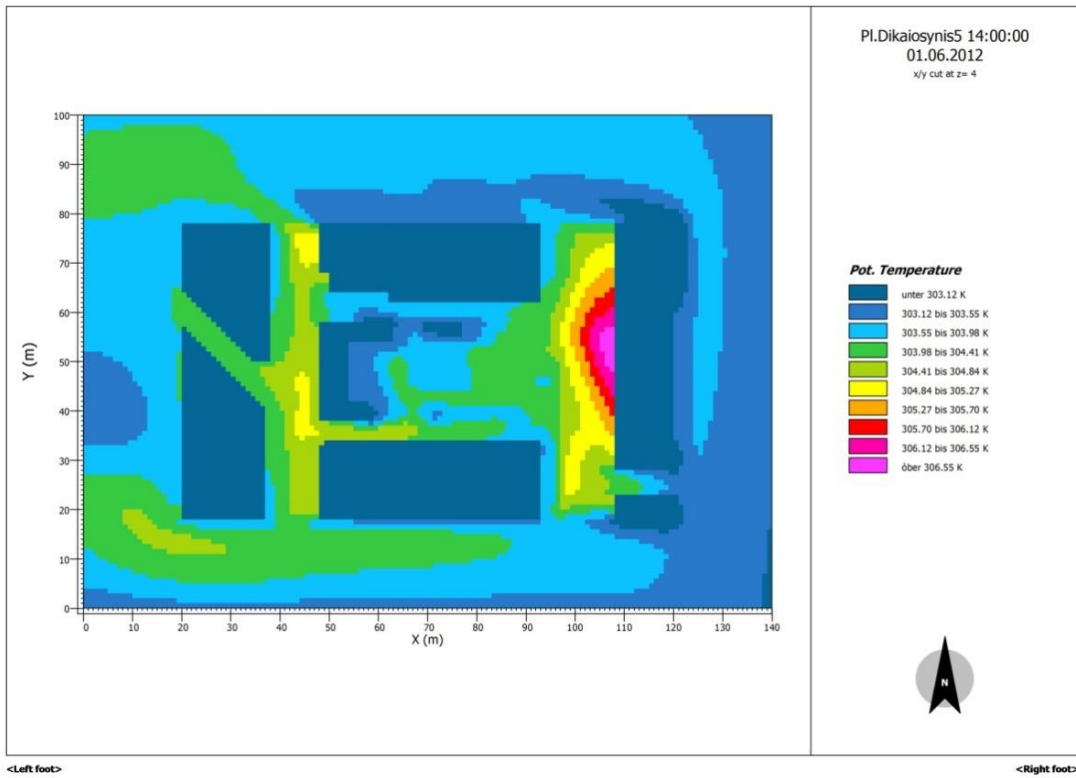
### 6.2.1 Θερμοκρασία



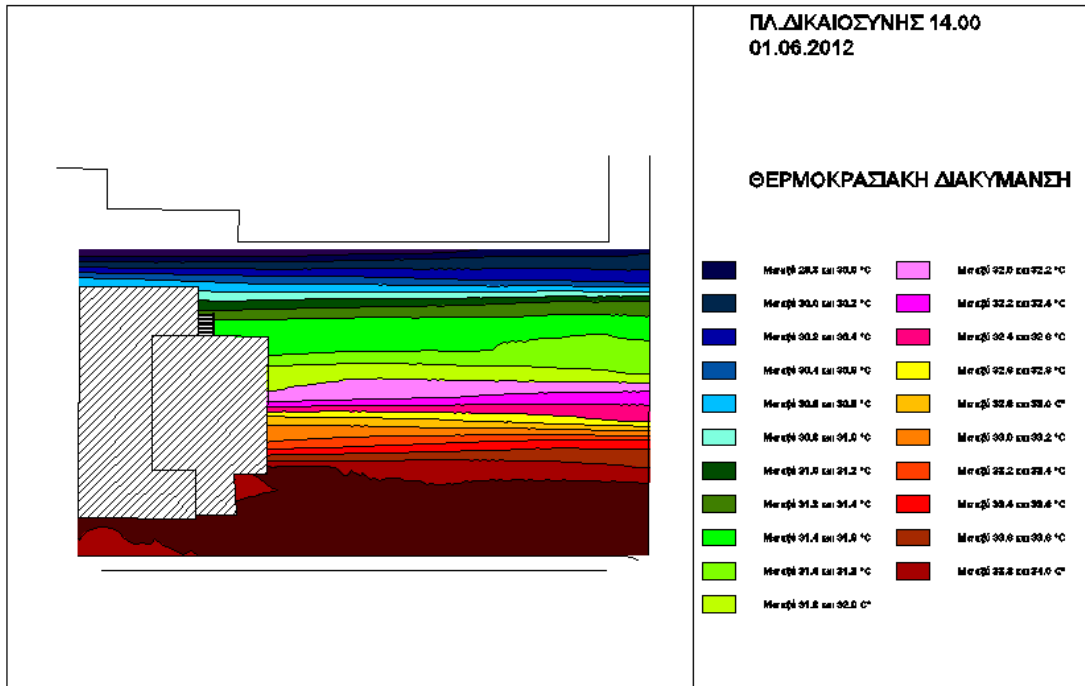
Εικόνα 6.17: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 7.00πμ σύμφωνα με το Envi-met



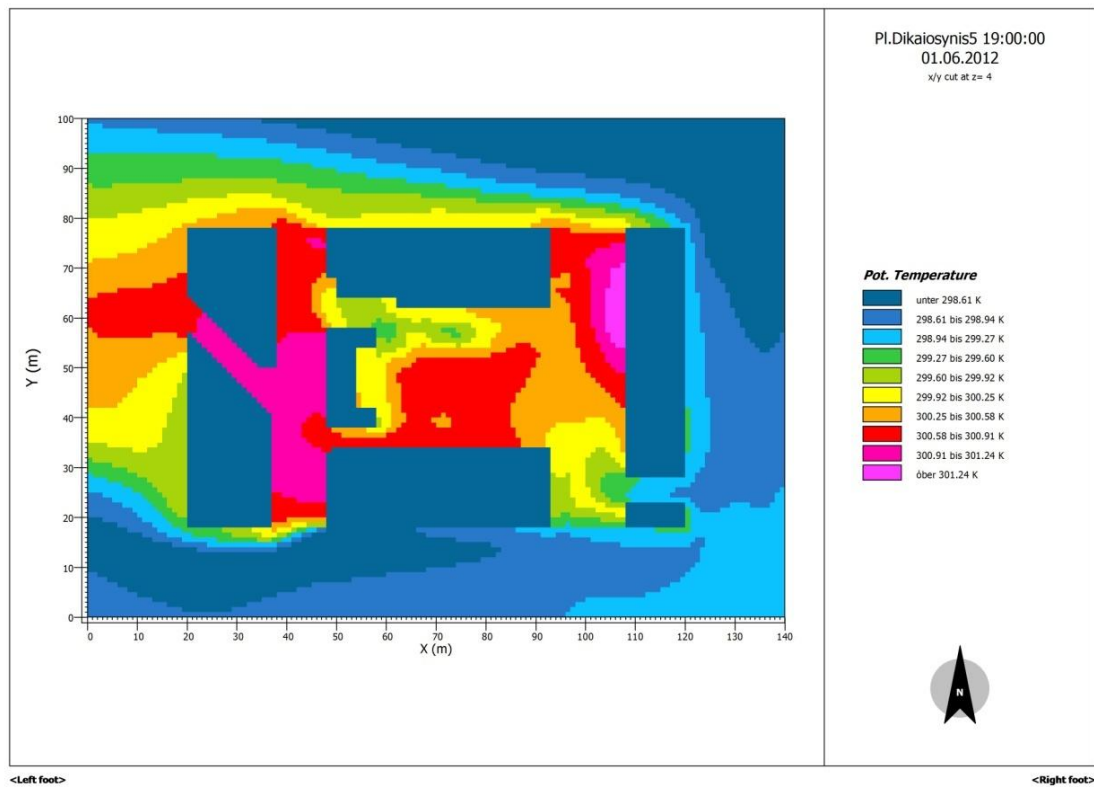
Εικόνα 6.18: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 7.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



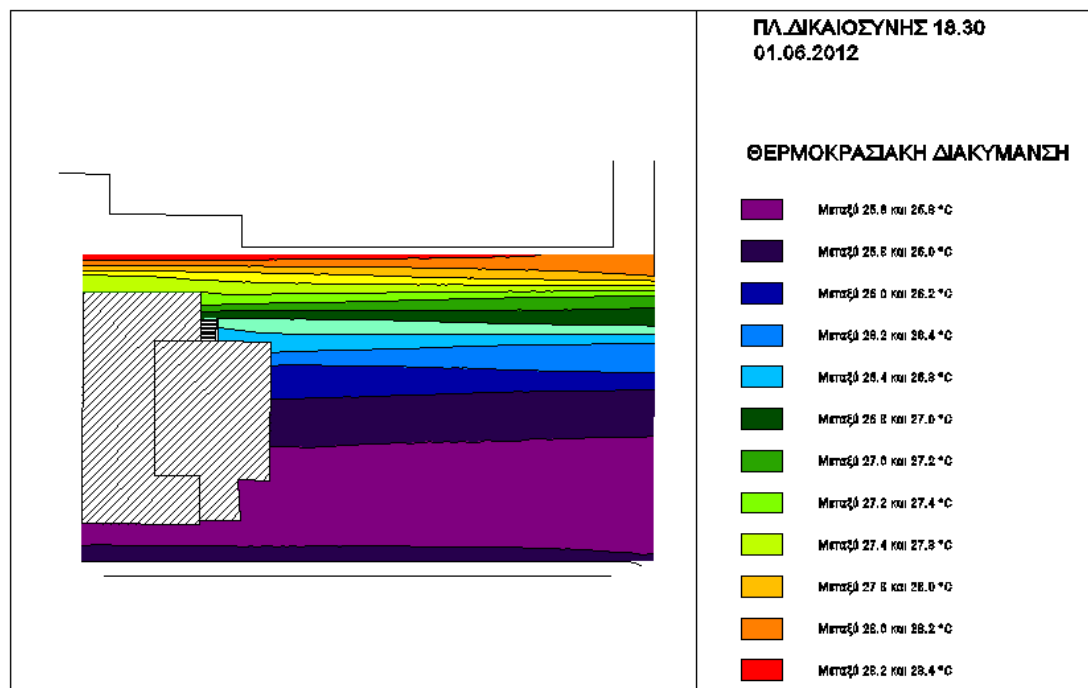
Εικόνα 6.19: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 14.00 σύμφωνα με το Envi-met



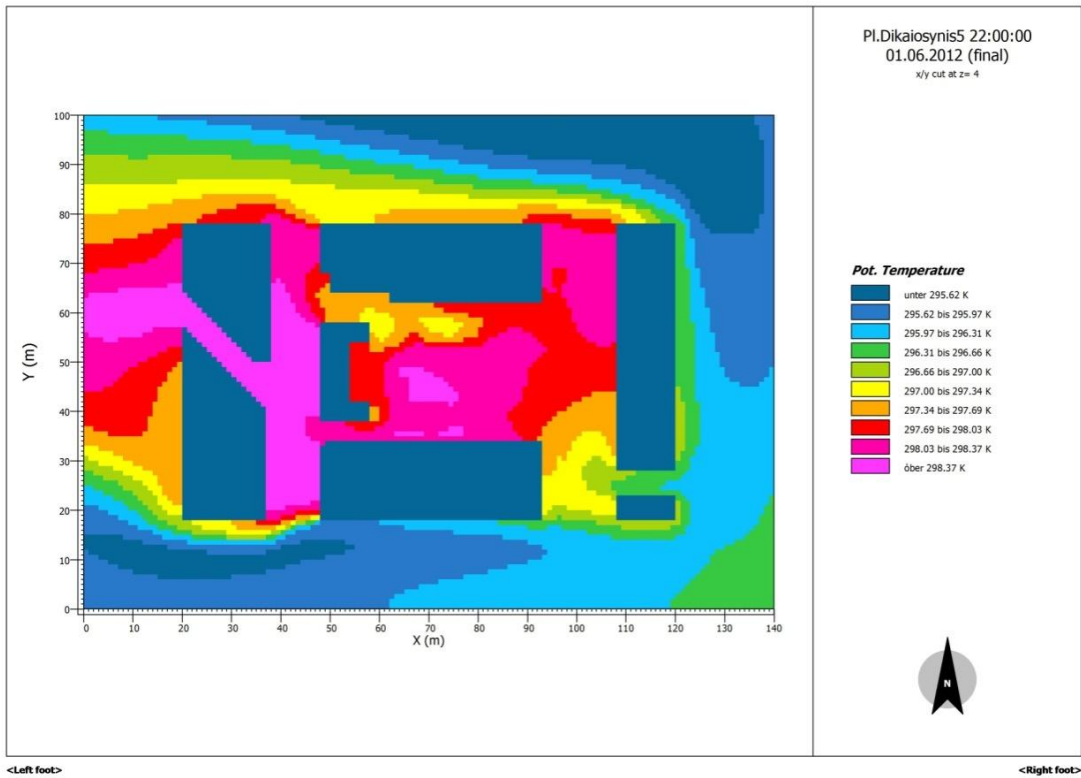
Εικόνα 6.20: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



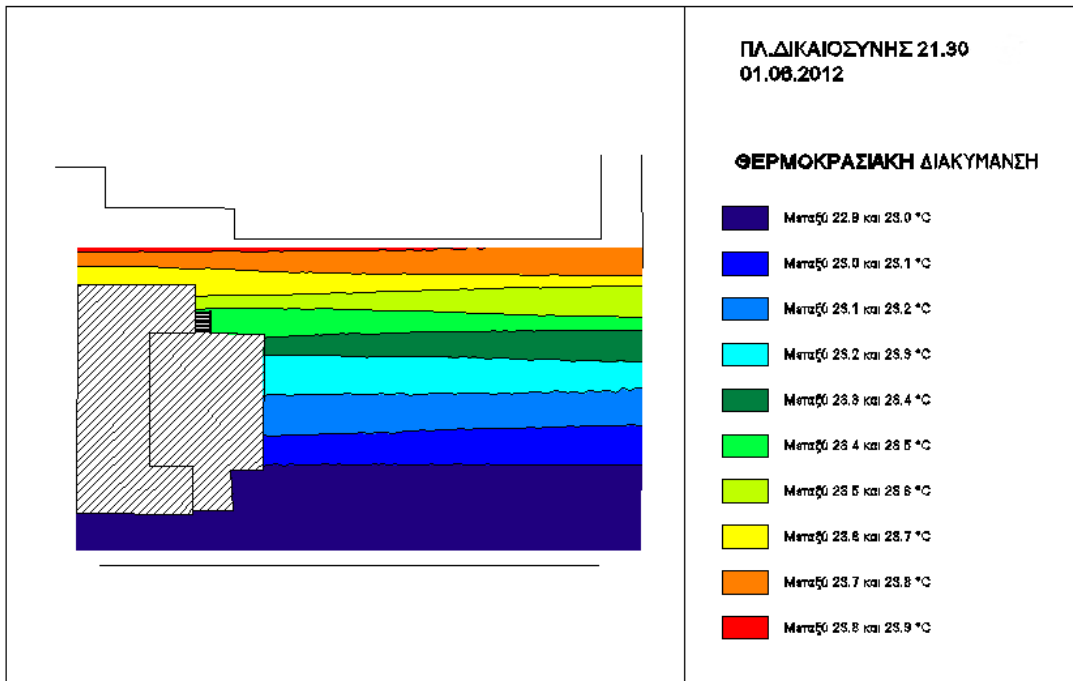
Εικόνα 6.21: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 19.00 σύμφωνα με το Envi-met



Εικόνα 6.22: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις

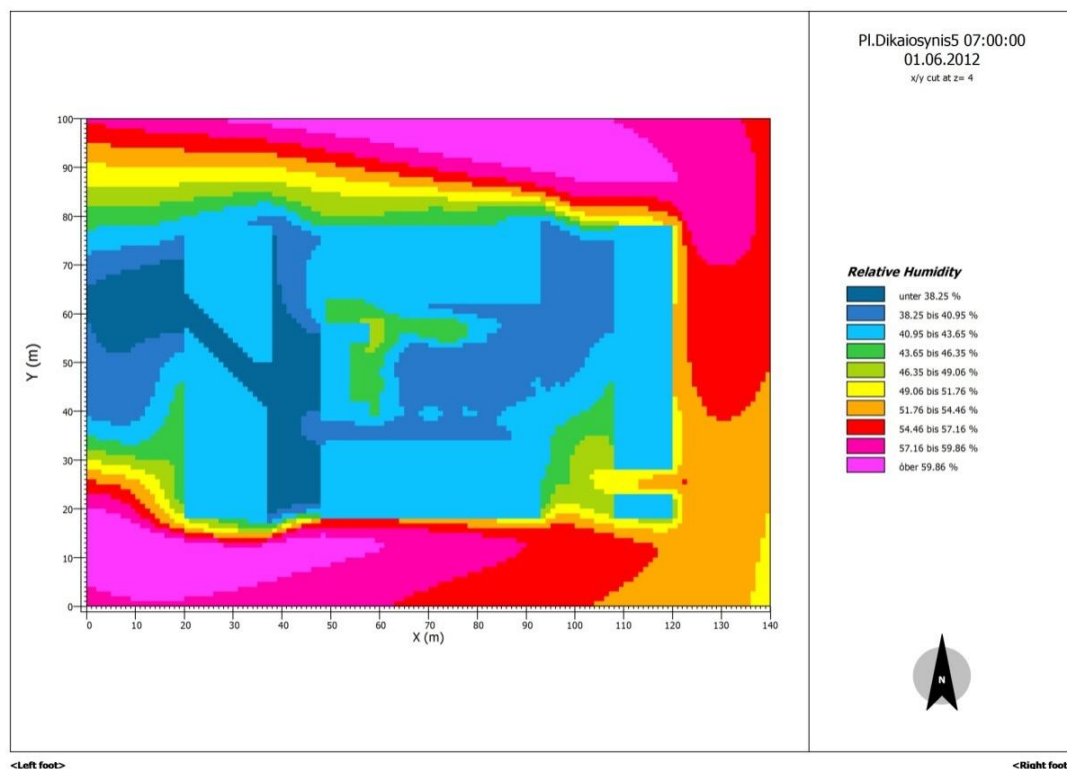


Εικόνα 6.23: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 22.00 σύμφωνα με το Envi-met

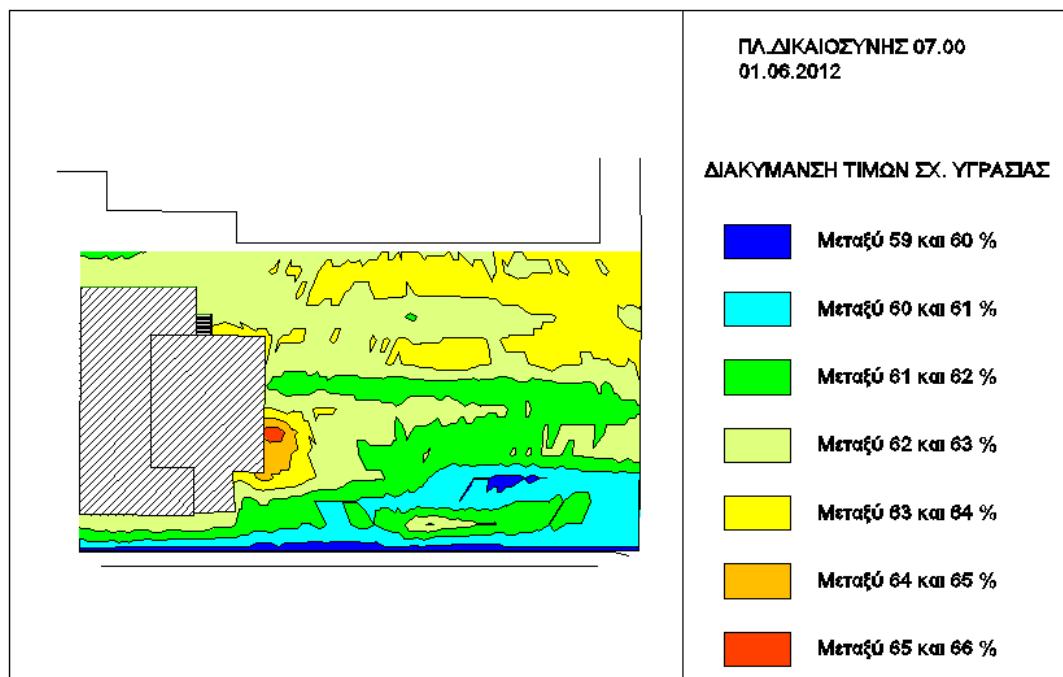


Εικόνα 6.24: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 21.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις

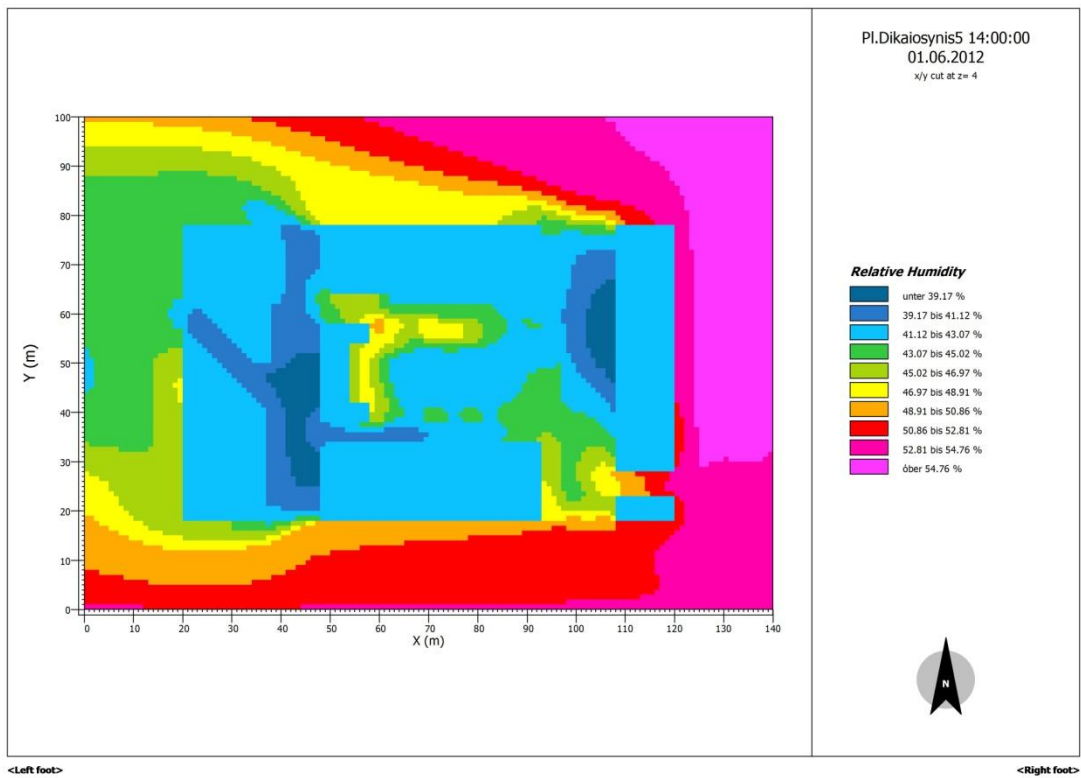
## 6.2.2 Σχετική Υγρασία



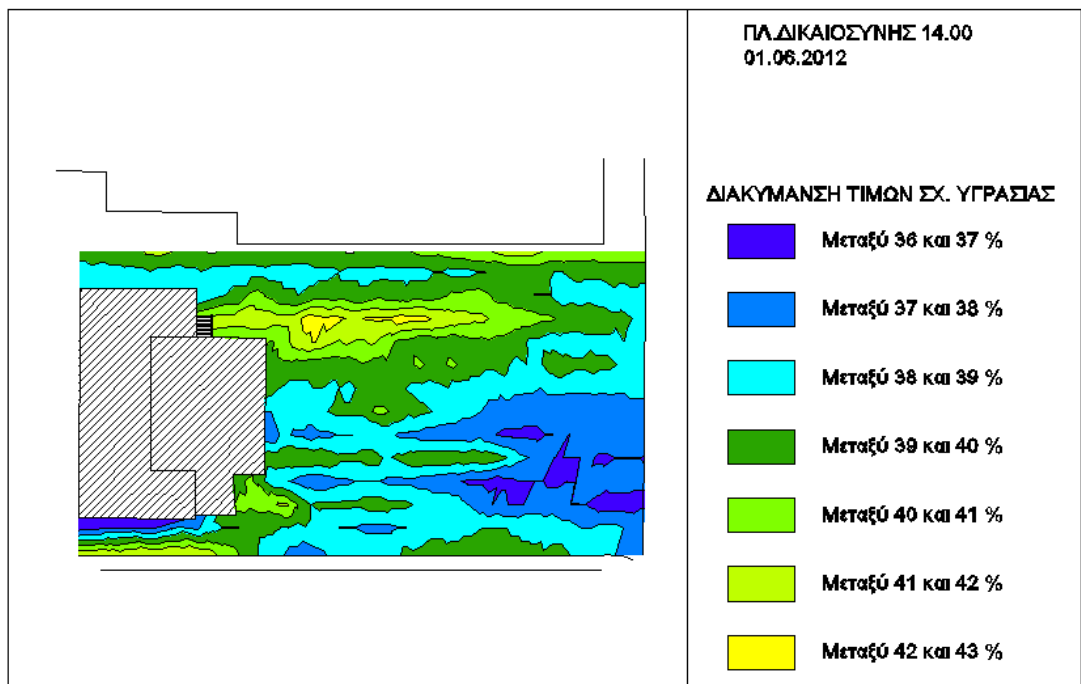
Εικόνα 6.25: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 07.00 σύμφωνα με το Envi-met



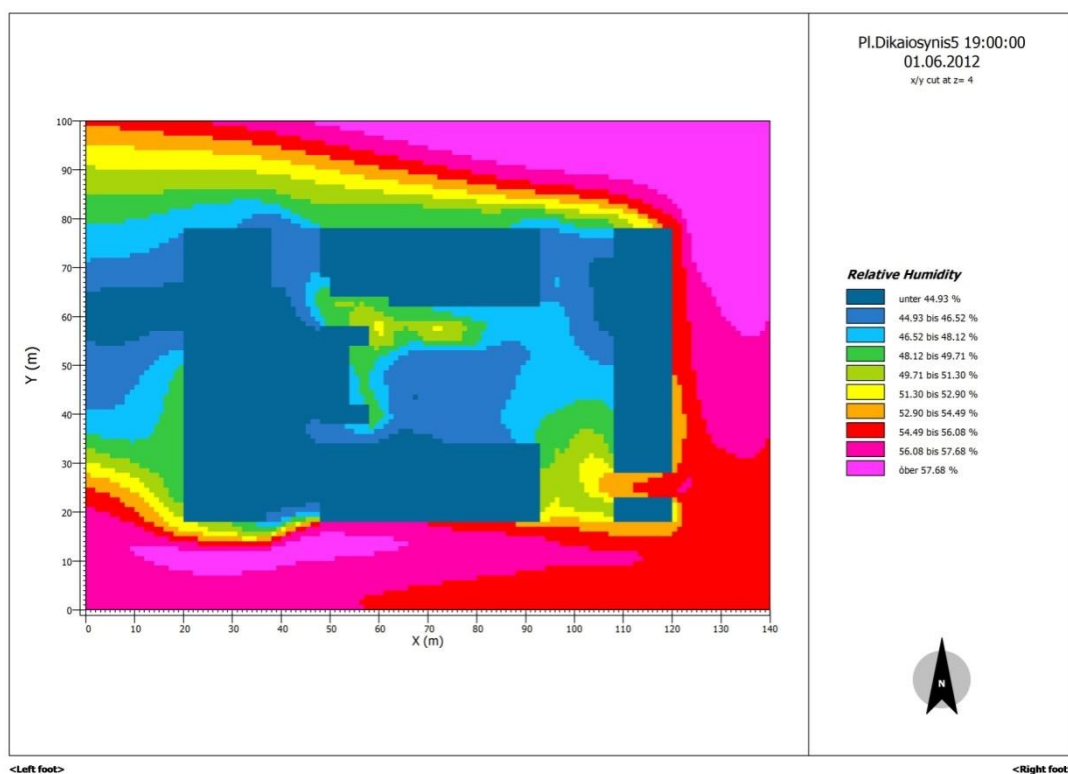
Εικόνα 6.26: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 07.00πμ με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



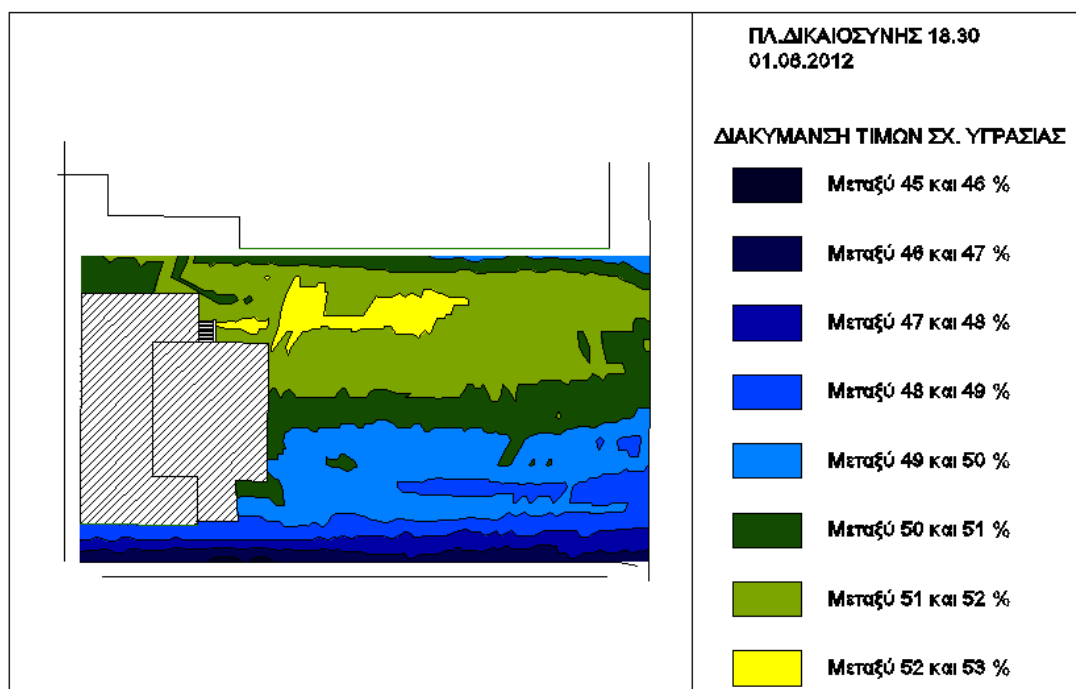
Εικόνα 6.27: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 14.00 σύμφωνα με το Envi-met



Εικόνα 6.28: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις

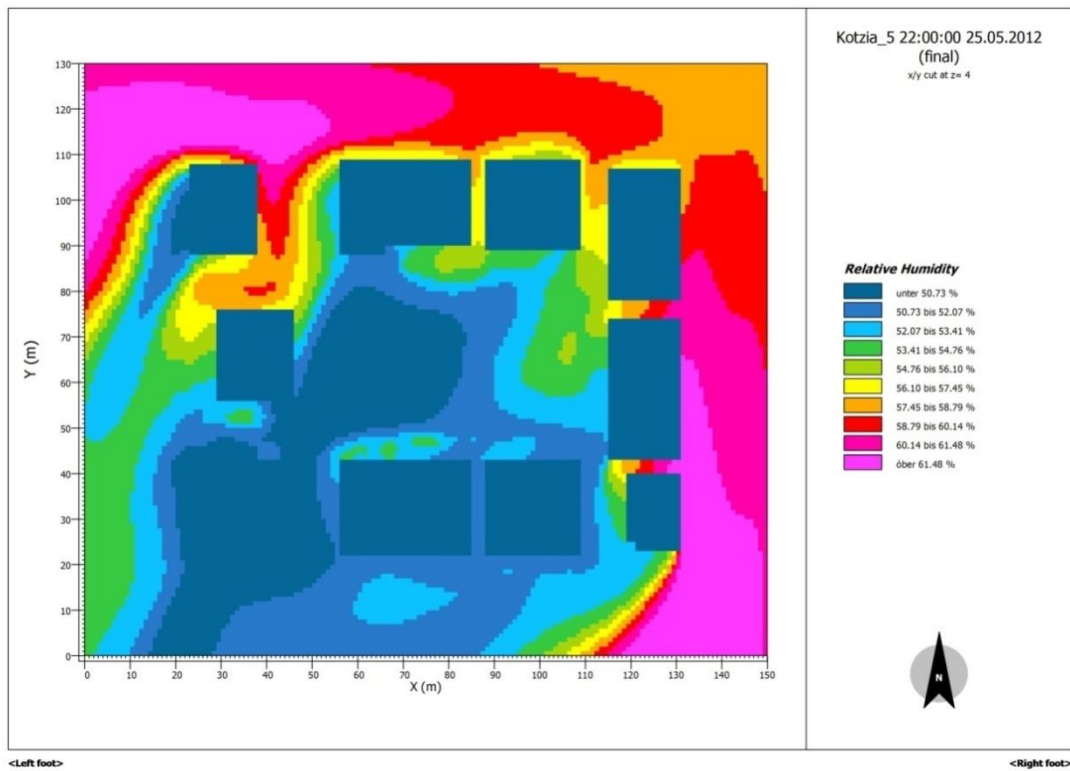


Εικόνα 6.29: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 19.00 σύμφωνα με το Envi-met

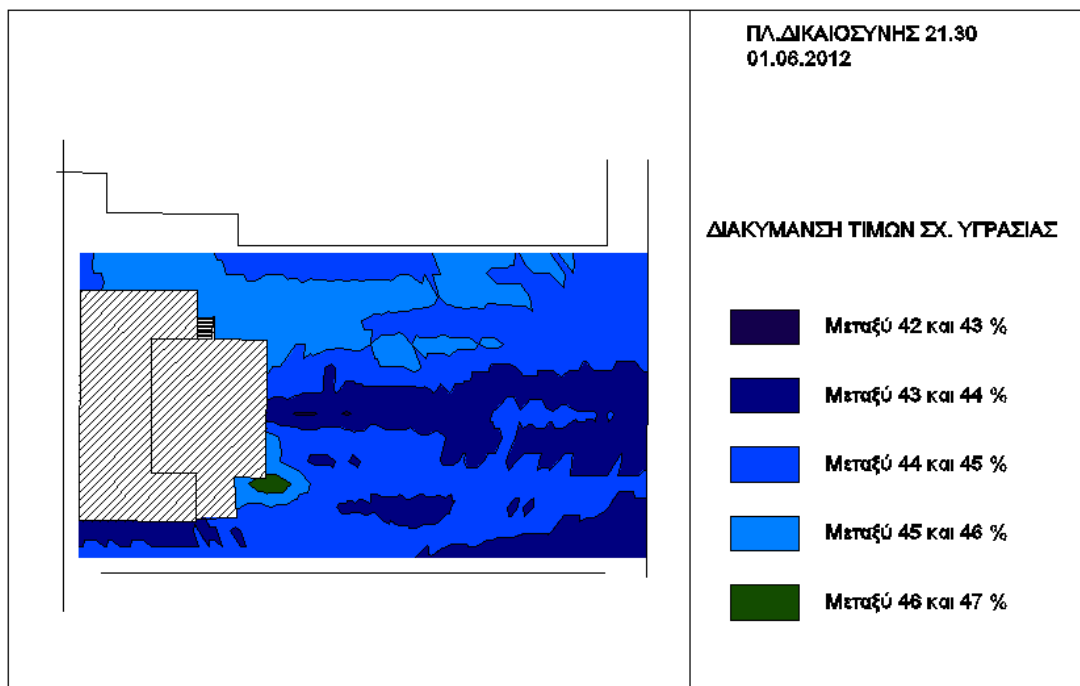


Εικόνα 6.30: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις





Εικόνα 6.31: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 22.00 σύμφωνα με το Envi-met



Εικόνα 6.32: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Δικαιοσύνης στις 21.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις

Για μεγαλύτερη εποπτεία, τα εύρη των τιμών αλλά και οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας στην περιοχή των δύο πλατειών τις διάφορες ώρες των μετρήσεων ανάλογα με την διαδικασία, παρατίθενται στους παρακάτω πίνακες:

25/05/2012	ΠΛΑΤΕΙΑ ΚΟΤΖΙΑ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			
	ENVI-MET		ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	Εύρος	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή
7.00	21.0-22.0 °C	21.54 °C	19.2-22.0 °C	19.87 °C
14.00	27.4-28.4 °C	27.67 °C	27.0-30.6 °C	28.39 °C
18.30	25.0-25.9 °C	25.50 °C	25.3-26.1 °C	25.65 °C
21.30	23.0-24.0 °C	23.61 °C	20.9-22.0 °C	21.27 °C

Εικόνα 6.33: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας στον χώρο της πλατείας Κοτζιά στις 25/05/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met και τις επί τόπου μετρήσεις

25/05/2012	ΠΛΑΤΕΙΑ ΚΟΤΖΙΑ – ΣΧ. ΥΓΡΑΣΙΑ			
	ENVI-MET		ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	Εύρος	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή
7.00	41.3-46.8 %	42.76 %	58.0-67.0%	64.4 %
14.00	43.8-49.8%	47.42 %	36.0-46.0 %	40.6 %
18.30	48.3-53.0 %	49.33 %	44.0-51.0 %	47.6 %
21.30	50.7-56.0 %	51.75 %	51.0-55.0 %	52.7 %

Εικόνα 6.34: Πίνακας τιμών σχετικής υγρασίας στον χώρο της πλατείας Κοτζιά στις 25/05/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met και τις επί τόπου μετρήσεις

01/06/2012	ΠΛΑΤΕΙΑ ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ - ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ			
	ENVI-MET		ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	Εύρος	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή
7.00	22.0-23.0 °C	22.7 °C	20.1-20.6 °C	20.4 °C
14.00	30.0-31.4 °C	30.7 °C	28.8-34.0 °C	32.6 °C
18.30	26.3-27.9 °C	27.3 °C	25.6-28.4 °C	26.4 °C
21.30	24.0-25.4 °C	24.9 °C	22.9-23.9 °C	23.3 °C

Εικόνα 6.35: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας στον χώρο της πλατείας Δικαιοσύνης την 01/06/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met και τις επί τόπου μετρήσεις

01/06/2012	ΠΛΑΤΕΙΑ ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ – ΣΧ. ΥΓΡΑΣΙΑ			
	ENVI-MET		ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ	
	Εύρος	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή
7.00	38.3-49.0 %	41.38 %	59.0-66.0 %	62.8 %
14.00	38.9-47.6 %	43.93 %	36.0-43.0 %	38.8 %
18.30	45.0-52.0 %	47.22 %	45.0-53.0 %	49.8 %
21.30	46.5-54.0 %	48.61 %	42.0-47.0 %	44.5 %

Εικόνα 6.36: Πίνακας τιμών σχετικής υγρασίας στον χώρο της πλατείας Δικαιοσύνης την 01/06/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met και τις επί τόπου μετρήσεις

### 6.3 Σύγκριση αποτελεσμάτων Envi-met και μετρήσεων

Παρατηρώντας και συγκρίνοντας τα αντίστοιχα ζεύγη αποτελεσμάτων από το Envi-met και τις επί τόπου μετρήσεις σημειώνουμε τις εξής παρατηρήσεις:

### **Όσον αφορά τη θερμοκρασία**

- Υπερεκτιμάται από το πρόγραμμα τις πρωινές και νυκτερινές ώρες (κατά 1-2 °C).
- Υπάρχει πολύ καλή προσέγγιση (σχεδόν ταύτιση) τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες, οι οποίες είναι και αυτές που ενδιαφέρουν περισσότερο σε μια μελέτη βελτίωσης του μικροκλίματος ενός εξωτερικού χώρου.
- Σε ορισμένες μετρήσεις (χαρακτηριστικά στην πλατεία Δικαιοσύνης στις 14.00) υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο φάσμα τιμών θερμοκρασίας το οποίο δεν δικαιολογείται για έναν σχετικά μικρό χώρο. Αυτό μπορεί να οφείλεται είτε σε λάθος χρήση του θερμοϋγρομέτρου (π.χ έκθεση στον ήλιο), είτε σε σφάλμα του ίδιου του οργάνου.

### **Όσον αφορά τη σχετική υγρασία**

- Τις πρωινές ώρες υπάρχει μεγάλη απόκλιση (15-20%) μη αποδεκτή για εκτίμηση της πραγματικής κατάστασης.
- Τις μεσημεριανές, απογευματινές και νυκτερινές ώρες οι τιμές από το Envi-met και τις μετρήσεις βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους, μπορεί να θεωρηθεί λοιπόν ικανοποιητική η προσέγγιση.
- Τα εύρη τιμών κυμαίνονται μεταξύ 4-11% τόσο στα αποτελέσματα του Envi-met, όσο και σε αυτά των επί τόπου μετρήσεων.

## **6.4 Παρατηρήσεις – Συμπεράσματα από την σύγκριση**

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις το Envi-met κρίνεται, τουλάχιστον ως προς τις τιμές των αποτελεσμάτων, αρκετά αξιόπιστο και έγκυρο ιδιαίτερα τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες της ημέρας που ενδιαφέρουν περισσότερο, αφού τις ώρες αυτές υπάρχει μεγαλύτερη διέλευση του κόσμου από τις πλατείες.

Με τη δυνατότητα όμως απεικόνισης των αποτελεσμάτων των μετρήσεων με τη μορφή ισοθερμικών καμπυλών και καμπυλών σταθερής σχετικής υγρασίας ανοίγει ο δρόμος για την σύγκριση της μορφής τους με αυτές που προκύπτουν από την προσομοίωση στο Envi-met.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της προσομοίωσης είναι εμφανές πως οι καμπύλες αυτές, τόσο της θερμοκρασίας όσο και της σχετικής υγρασίας, είναι κλειστές γραμμές που στο εσωτερικό τους περικλείουν ένα συγκεκριμένο εύρος τιμών ανάλογα με το βήμα που έχει καθοριστεί.

Εξετάζοντας όμως και τις καμπύλες που προκύπτουν απ' τις μετρήσεις γίνεται αντιληπτό πως υπάρχει μια διαφορετική συμπεριφορά μεταξύ αυτών της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας.

Οι ισοθερμικές καμπύλες των μετρήσεων έχουν τη μορφή σχεδόν παράλληλων ευθειών οι οποίες μάλιστα είναι παράλληλες στη διεύθυνση της πορείας που ακολουθήθηκε κατά την «σάρωση» των πλατειών. Επίσης, υπάρχει μια σταθερή κλιμάκωση των τιμών καθ' ύψος της κάτοψης της κάθε πλατείας.

Από την άλλη, οι καμπύλες σταθερής σχετικής υγρασίας διαθέτουν μεγαλύτερη ποικιλομορφία, σχηματίζουν κλειστά σχήματα και δεν παρουσιάζουν κάποια σταθερή μεταβολή καθ' ύψος. Βέβαια, και σ' αυτές παρατηρείται πως το σχήμα τους είναι πιο επίμηκες κατά τη διεύθυνση κίνησης, δηλαδή και εδώ τα αποτελέσματα έχουν επηρεαστεί (σε πολύ μικρότερο βαθμό ωστόσο) από την πορεία «σάρωσης» των πλατειών. Επίσης, τα αποτελέσματα μπορούν να κριθούν ρεαλιστικά αφού π.χ. είναι προφανές πως στην περίπτωση της πλατείας Κοτζιά η μεγαλύτερη σχετική υγρασία συγκεντρώνεται γύρω από το συντριβάνι της πλατείας κάτι που φαίνεται από τις καμπύλες των μετρήσεων.

Επομένως εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

- Ο αισθητήρας θερμοκρασίας του θερμοϋγρομέτρου δεν διαθέτει επαρκή ευαισθησία ώστε με τη μέθοδο μέτρησης που χρησιμοποιούμε να δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα με τη μορφή ισοθερμικών καμπυλών. Είναι άλλωστε χαρακτηριστικό πως απαιτούνται περίπου τρία τέταρτα της ώρας από τη στιγμή έναρξης της καταγραφής για να «εγκλιματιστεί» το όργανο στις συνθήκες του εξωτερικού χώρου (βλ. και πειράματα θερμοϋγρομέτρου).
- Ο αισθητήρας σχετικής υγρασίας εμφανίζεται αρκετά πιο ευαίσθητος, παρόλο που δεν παραμένει πλήρως ανεπηρέαστος από την κίνηση κατά τη διάρκεια της καταγραφής.

Συνοψίζοντας λοιπόν, οι ισοθερμικές καμπύλες δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική κατάσταση, ενώ οι καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας μπορούν να θεωρηθούν προσεγγιστικά αποδεκτές. Άλλωστε, το θερμοϋγρόμετρο που χρησιμοποιήθηκε, όπως αναφέρθηκε στην παρουσίαση των οργάνων μέτρησης, είναι κατασκευασμένο για μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας στο εσωτερικό χώρων διατήρησης τροφίμων και όχι για τέτοιου τύπου μετρήσεις.

## 6.5 Πραγματοποίηση μετρήσεων με νέο όργανο

Όπως διαπιστώθηκε, η χρήση του θερμοϋγρομέτρου «Tinytag Ultra 2» δεν δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα ως προς τη θερμοκρασία κυρίως όσον αφορά τη μορφή των ισοθερμικών καμπυλών. Για τον λόγο αυτό αναζητήθηκε κάποια άλλη συσκευή καταγραφής θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας με ενδεχομένως καλύτερη προσαρμοστικότητα στις συνθήκες περιβάλλοντος. Τελικά έγινε χρήση του οργάνου «Fluke 971», το οποίο παραχωρήθηκε από τη σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών ΕΜΠ.

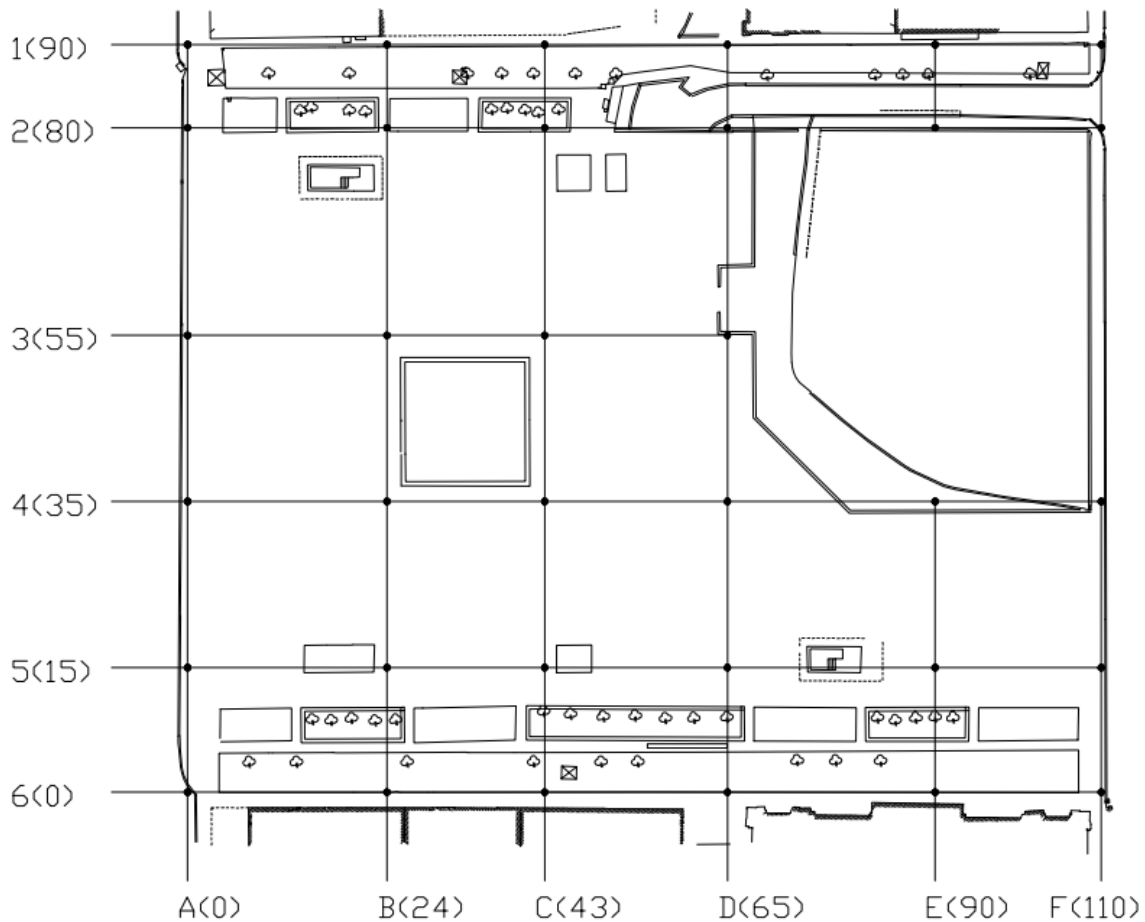
### Θερμοϋγρόμετρο Fluke 971



Εικόνα 6.37: Fluke 971[30]

Πρόκειται επίσης για καταγραφέα θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος αέρα, ο οποίος ωστόσο προσαρμόζεται σχετικά γρήγορα στις κλιματικές συνθήκες. Καλύπτει θερμοκρασίες σε εύρος -20 έως 60 °C και σχετικές υγρασίες από 5 έως 95%. Αποτελεί όργανο χειρός και ο χειρισμός του είναι πολύ απλός. Βασικό του μειονέκτημα σε σχέση με το Tinytag είναι πως μπορεί να καταγράψει μόνον 99 τιμές στη μνήμη του, ενώ δεν υπάρχει και δυνατότητα αυτόματης μεταφοράς των δεδομένων αυτών σε υπολογιστή. Επίσης σημειώνεται πως και αυτή η συσκευή είναι κατασκευασμένη για χρήση σε εσωτερικούς χώρους.

Έχοντας λοιπόν υπ όψιν τις «ιδιαιτερότητες» του νέου οργάνου σε σχέση με το προηγούμενο γίνεται σαφές ότι δεν ήταν δυνατόν να ακολουθηθεί η ίδια διαδικασία μετρήσεων. Πλέον δεν είναι εφικτή η «σάρωση» του χώρου. Έτσι δημιουργήθηκε νέος κάρναβος των δύο πλατειών ο οποίος αποτελείται από πολύ λιγότερα σημεία.

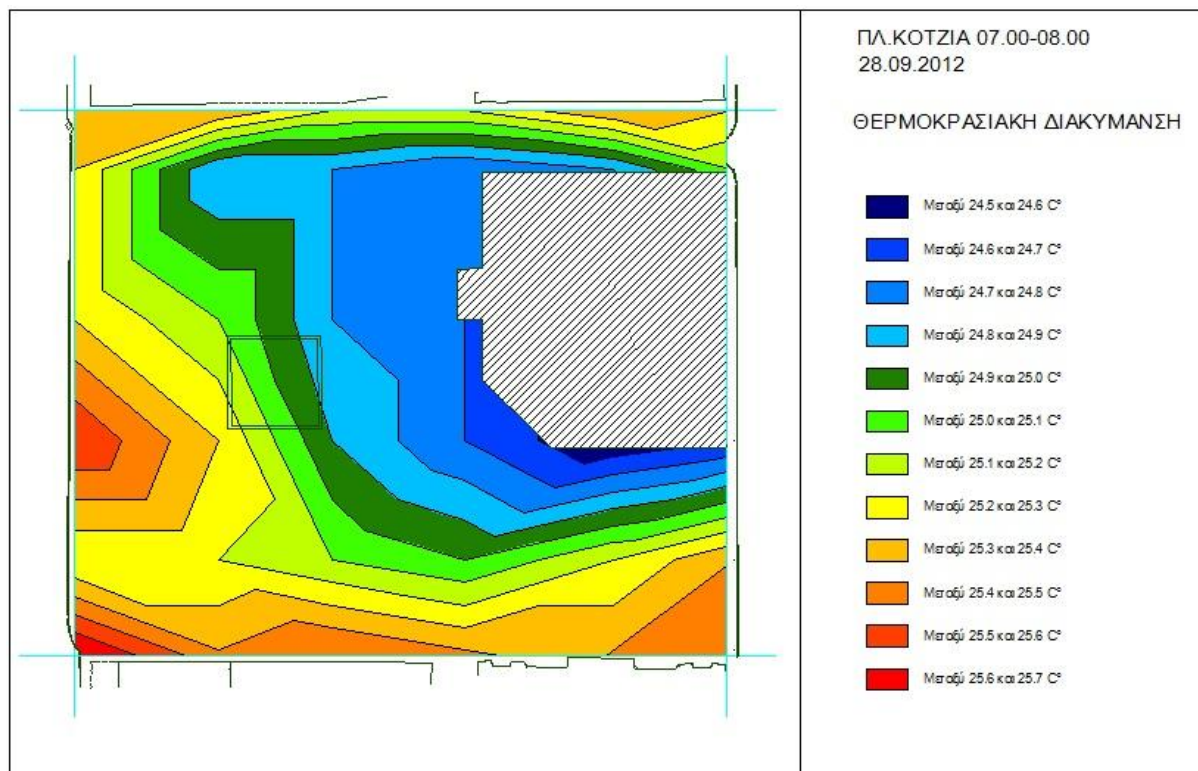


Εικόνα 6.38: Νέος κάνναβος της πλατείας Κοτζιά

Στη νέα διαδικασία ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα. Ο μελετητής έχοντας στο χέρι το θερμοϋγρόμετρο κατευθύνεται στα σημεία του καννάβου. Σε κάθε σημείο στέκεται περίπου 1 λεπτό ώστε να σταθεροποιηθεί η ένδειξη του οργάνου. Αφού γίνει αυτό πατάει το κουμπί με την ένδειξη «save» οπότε πλέον οι τιμές της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας του σημείου αποθηκεύονται στη μνήμη της συσκευής. Η τιμές που αποθηκεύονται χαρακτηρίζονται από έναν αύξοντα αριθμό για να είναι αναγνωρίσιμες αργότερα κατά την επεξεργασία.

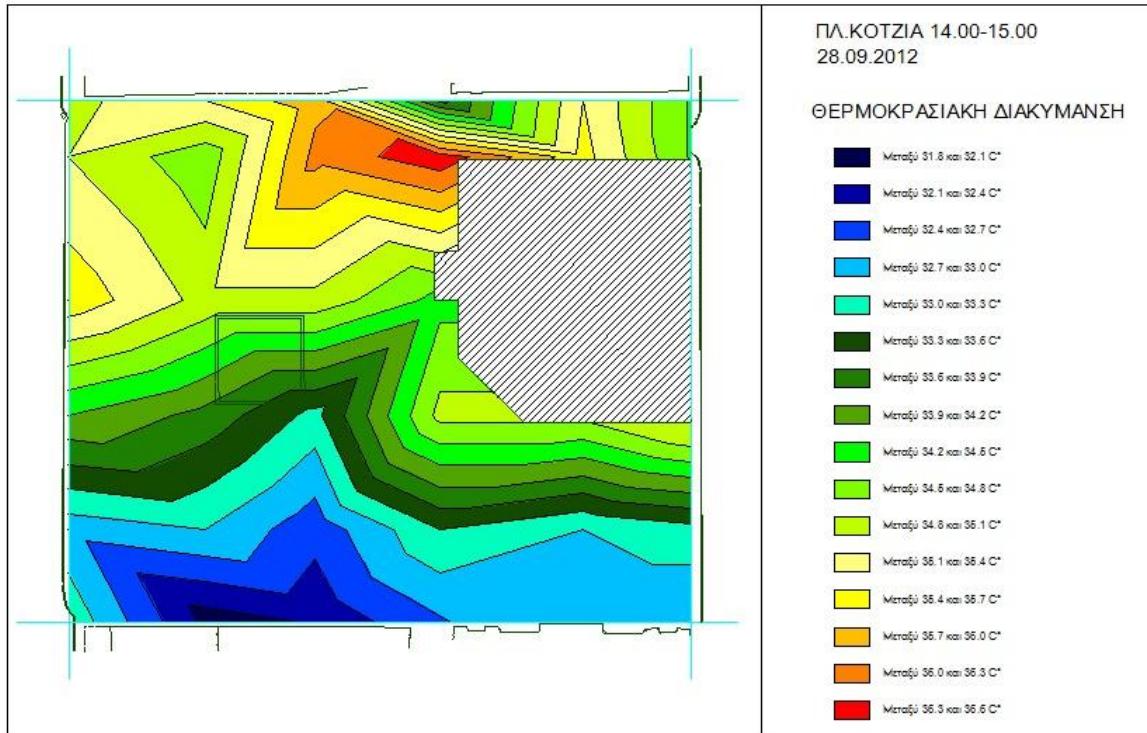
Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία αυτή, όλα είναι έτοιμα για την επεξεργασία των μετρήσεων και την εξαγωγή των καμπυλών. Αυτό φυσικά θα πραγματοποιηθεί μέσω του Thancad. Λόγω του μικρού αριθμού δεδομένων, η εισαγωγή τους στο πρόγραμμα γίνεται απευθείας με πληκτρολόγηση. Συγκεκριμένα, επιλέγεται η επιλογή «Εισαγωγή» και «Εισαγωγή Σημείου» και στη γραμμή εντολών δίνονται οι συντεταγμένες x, y, και z του κάθε σημείου του καννάβου (η τιμή του μεγέθους αντιστοιχεί στη συντεταγμένη z). Με αυτόν τον τρόπο σχηματίζεται ο κάνναβος των

μετρήσεων και η δημιουργία των καμπυλών γίνεται όπως και πριν με τις εντολές της τριγωνοποίησης. Τα αποτελέσματα παρατίθενται στις παρακάτω εικόνες.

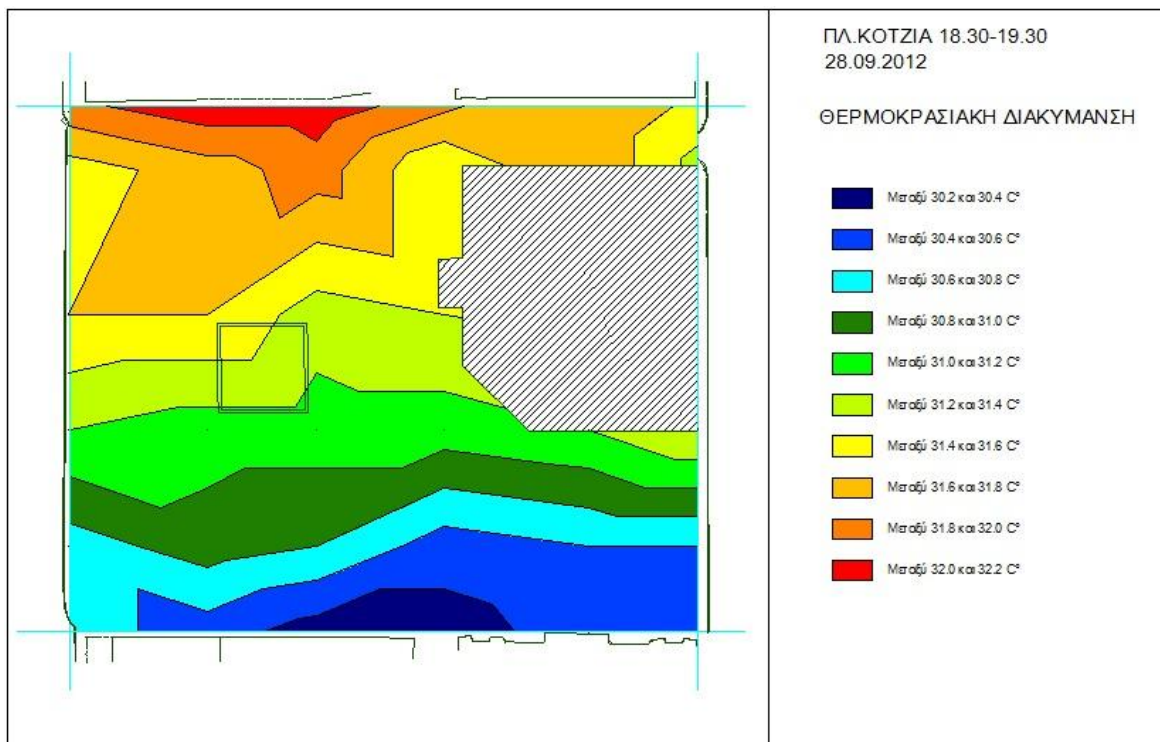


Εικόνα 6.39: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 07.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις

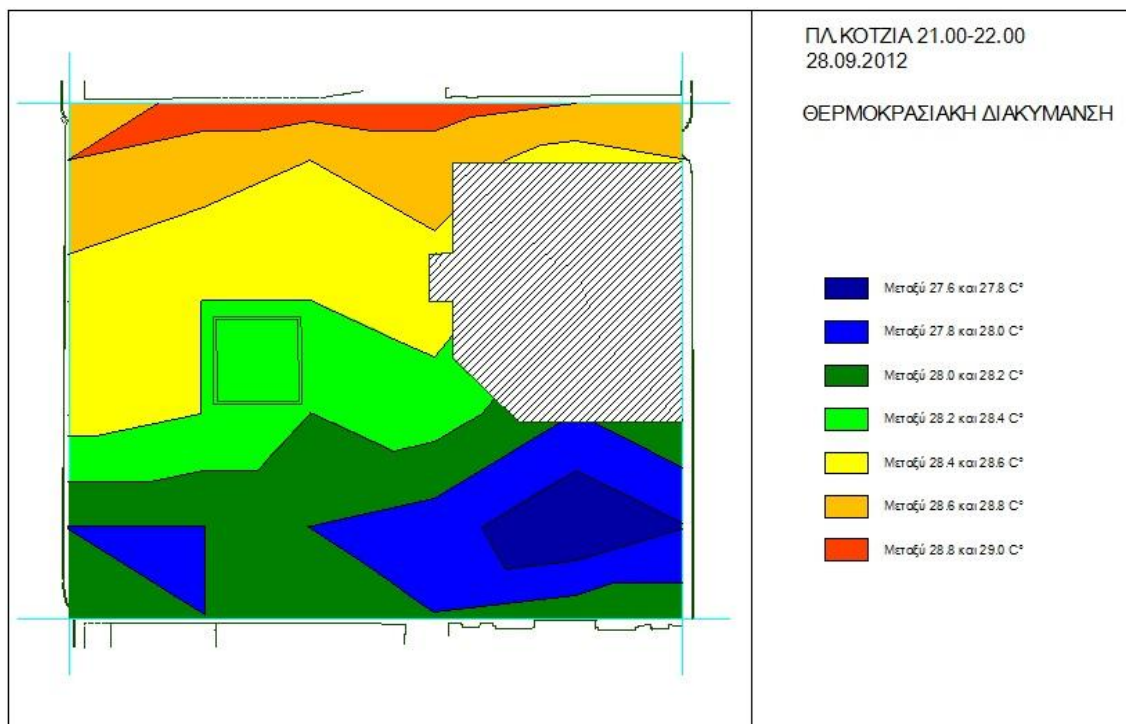




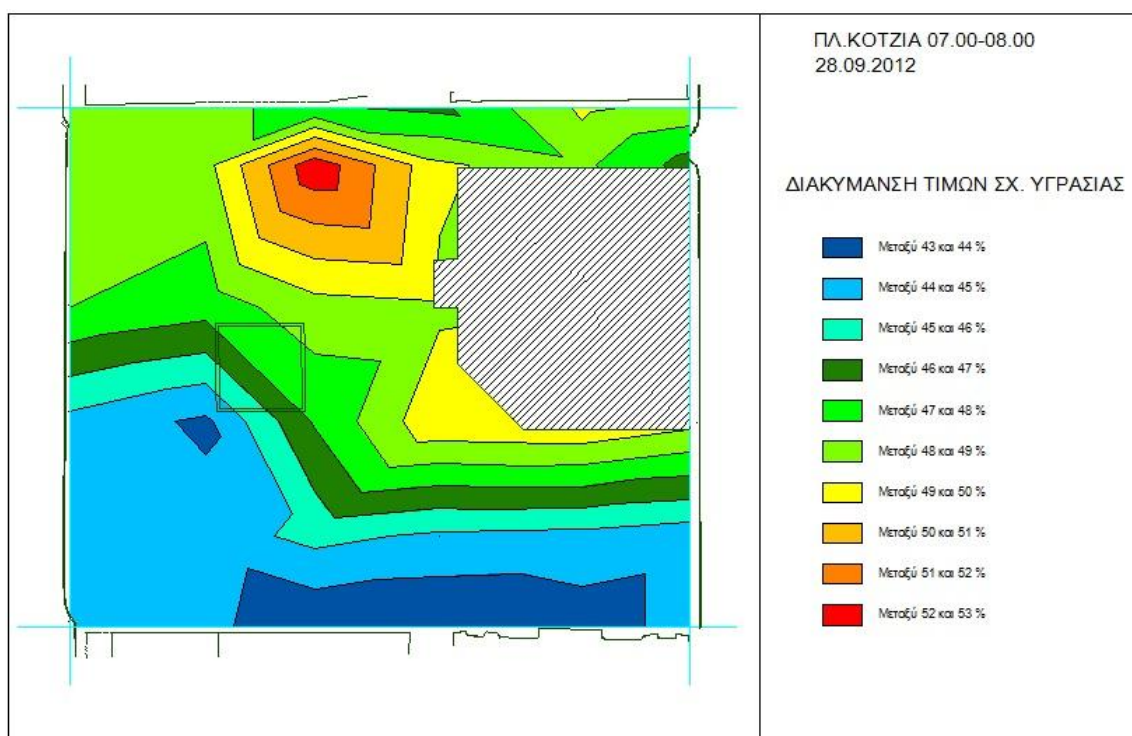
Εικόνα 6.40: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



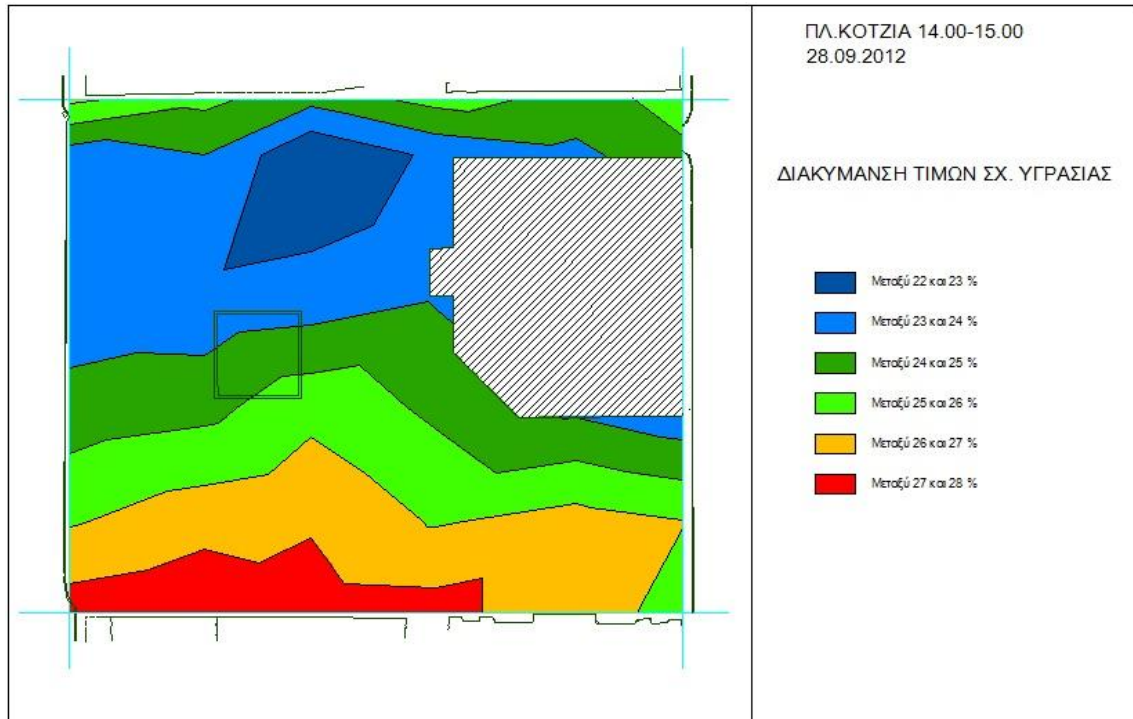
Εικόνα 6.41: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



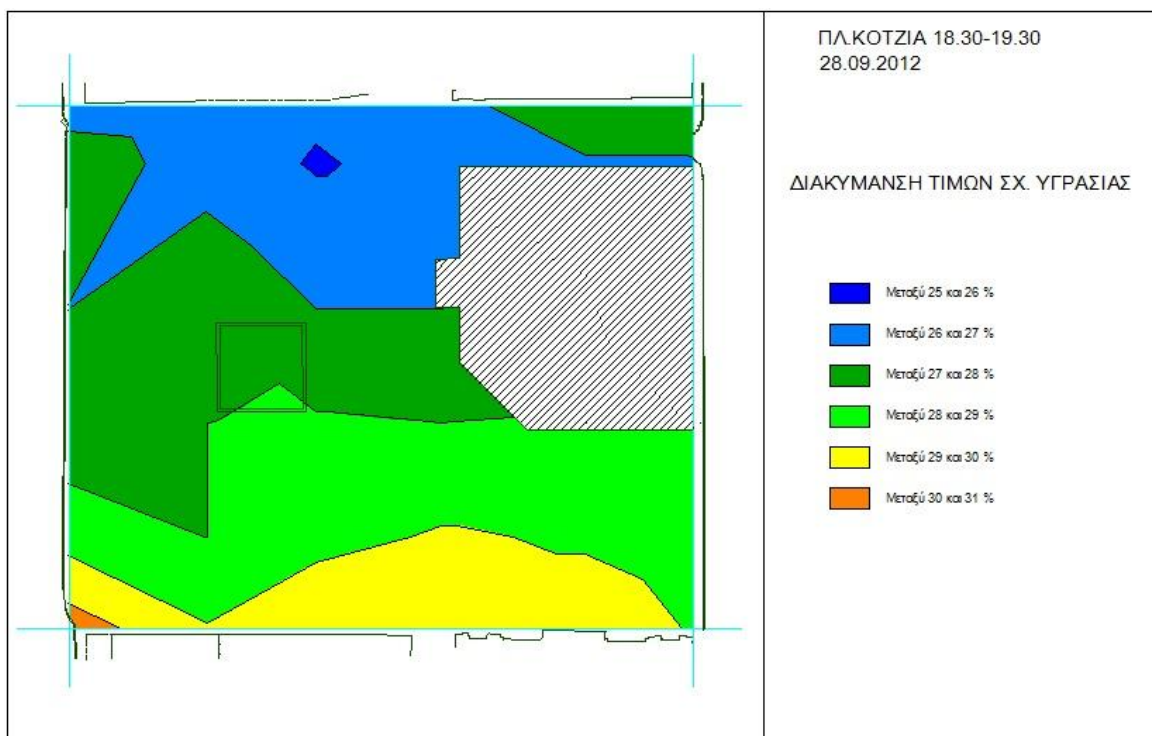
Εικόνα 6.42: Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 21.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



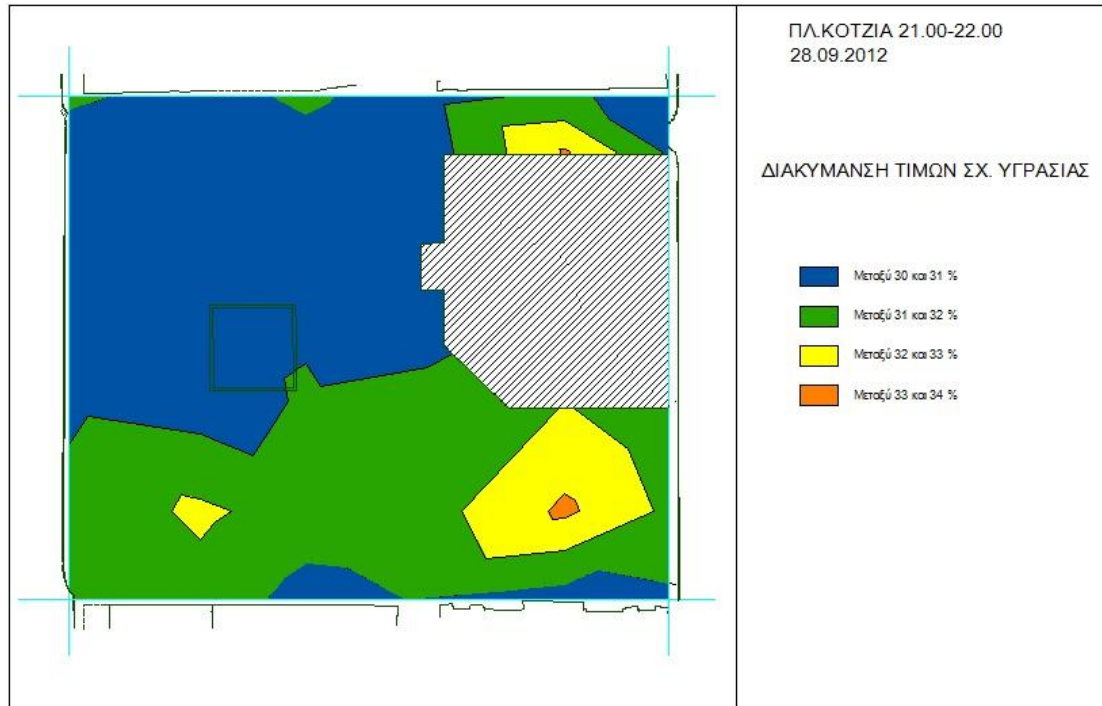
Εικόνα 6.43: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 07.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



Εικόνα 6.44: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 14.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



Εικόνα 6.45: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 18.30 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις



Εικόνα 6.46: Καμπύλες ίσης σχετικής υγρασίας στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά στις 21.00 με βάση τις επί τόπου μετρήσεις

Το αποτέλεσμα δεν μπορεί να θεωρηθεί λεπτομερές, δεδομένου του πολύ μικρότερου πλήθους σημείων όπου έγιναν μετρήσεις. Παρ' όλα αυτά είναι εμφανές πως τα αποτελέσματα ως προς τις ισοθερμικές καμπύλες κυρίως, παρουσιάζουν σαφή βελτίωση. Σημειώνεται πως η ημέρα που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις αυτές στην πλατεία Κοτζιά (28/09/2012), ήταν ιδιαίτερα ζεστή και για αυτό σημειώθηκαν υψηλές θερμοκρασίες για την εποχή. Επίσης, το συντριβάνι της πλατείας ήταν εκτός λειτουργίας γι αυτό και δεν προέκυψε η χαρακτηριστική «νησίδα» ίσης σχετικής υγρασίας γύρω από αυτό.

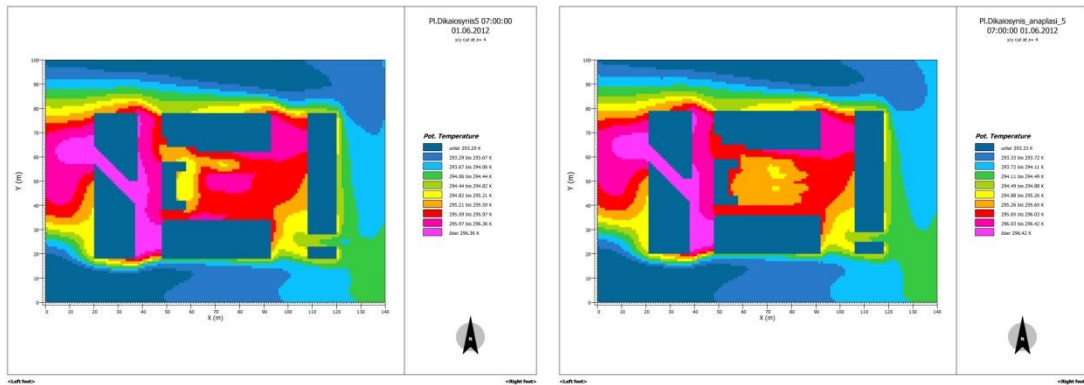
## 6.6 Πλατεία Δικαιοσύνης: Σύγκριση συνθηκών υφιστάμενης κατάστασης και προβλεπόμενης ανάπλασης

Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 2 αλλά και με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων και των μετρήσεων, γίνεται αντιληπτή η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του Envi-met. Η πιο σημαντική όμως δυνατότητα που παρέχεται απ' το πρόγραμμα είναι ότι μπορεί να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων από την προσομοίωση του ίδιου χώρου στην αρχική του μορφή και μετά από αλλαγές. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στον μηχανικό να διερευνήσει τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν για την όσο πιο αποδοτική (σε επίπεδο βελτίωσης του μικροκλίματος) ανάπλαση του εξωτερικού χώρου.

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 5, δημιουργήθηκε και ένα τρίτο μοντέλο πλατείας που αφορά την πρόταση ανάπλασης της πλατείας Δικαιοσύνης από τον Δήμο Αθηναίων. Αυτό επιλύθηκε από το Envi-met με ακριβώς τις ίδιες συνθήκες που εισήχθησαν και στο ανάλογο μοντέλο της υφιστάμενης κατάστασης της πλατείας Δικαιοσύνης και παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα σε ζεύγη υφιστάμενης - μελλοντικής κατάστασης για τις ώρες 7.00π.μ, 2.00μ.μ, 7.00μ.μ και 10.00μ.μ.

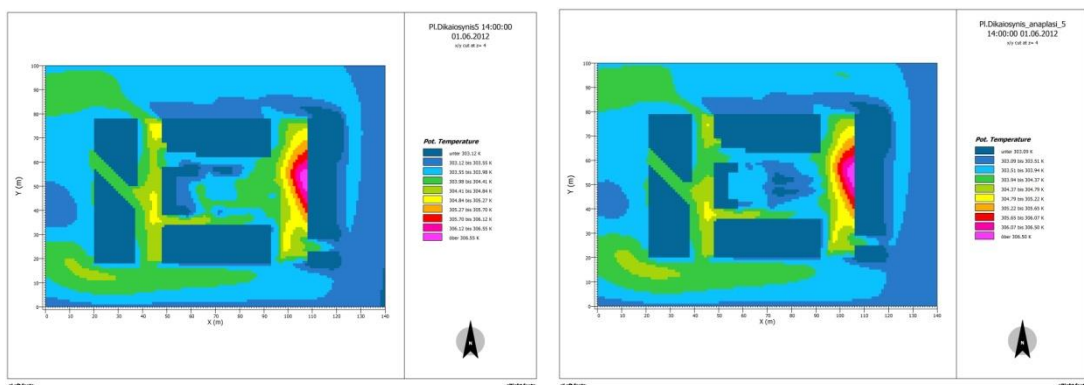
### 6.6.1 Θερμοκρασία

#### A) 7.00



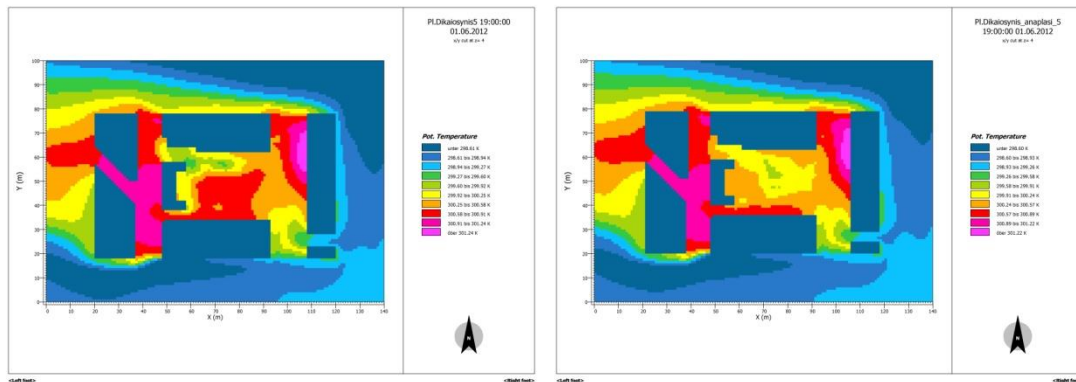
Εικόνα 6.47: Αποτελέσματα θερμοκρασίας στις 7.00 για την: α) υφιστάμενη κατάσταση β) ανάπλαση

#### B) 14.00



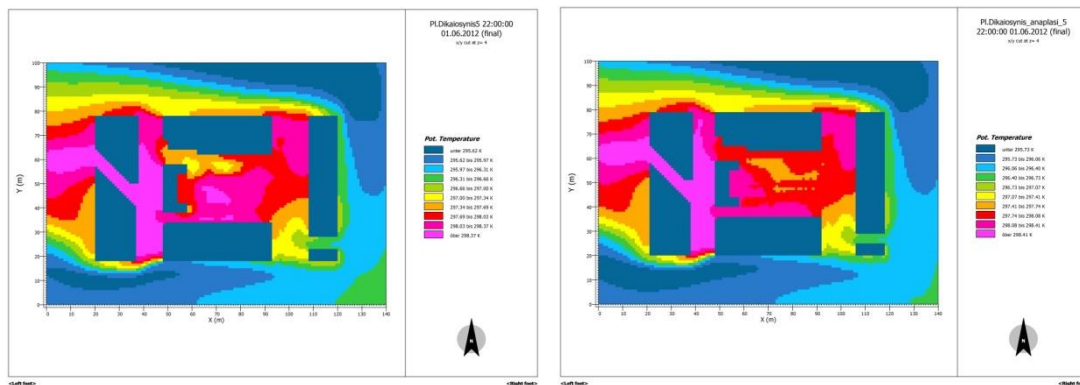
Εικόνα 6.48: Αποτελέσματα θερμοκρασίας στις 14.00 για την: α) υφιστάμενη κατάσταση β) ανάπλαση

## Γ) 19.00



Εικόνα 6.49: Αποτελέσματα θερμοκρασίας στις 19.00 για την: α) υφιστάμενη κατάσταση β) ανάπλαση

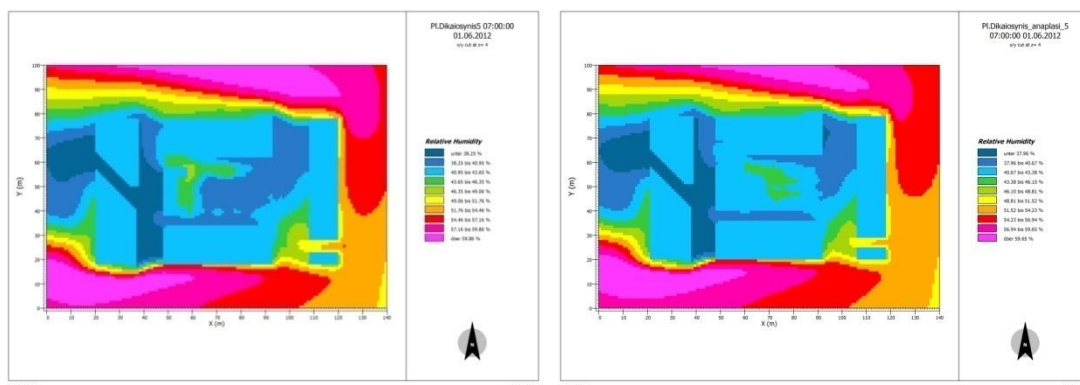
## Δ) 22.00



Εικόνα 6.50: Αποτελέσματα θερμοκρασίας στις 22.00 για την: α) υφιστάμενη κατάσταση β) ανάπλαση

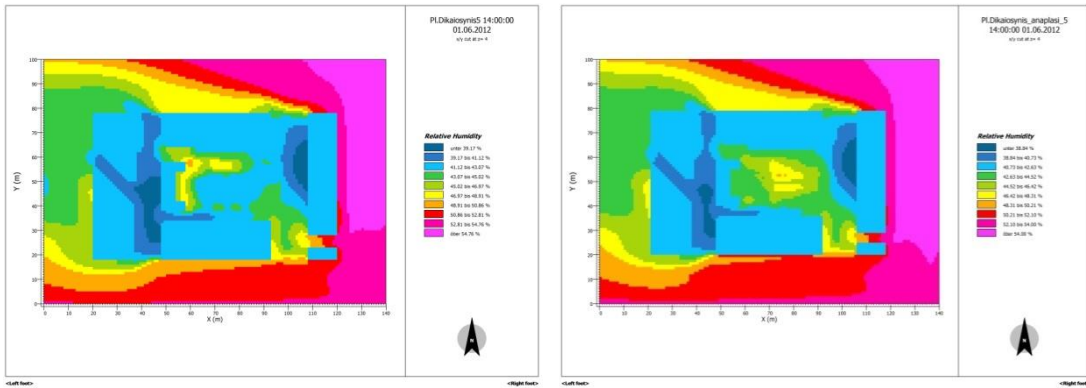
## 6.6.2 Σχετική Υγρασία

## Α) 7.00



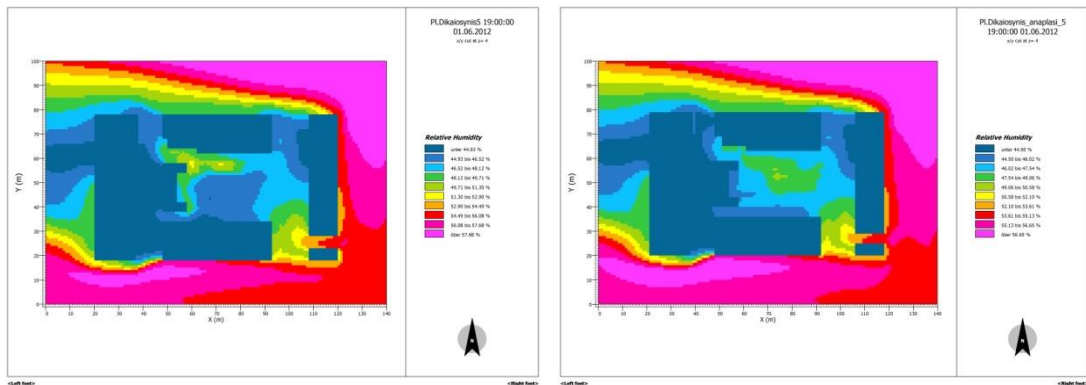
Εικόνα 6.51: Αποτελέσματα σχετικής υγρασίας στις 7.00 για την: α) υφιστάμενη κατάσταση β) ανάπλαση

## B) 14.00



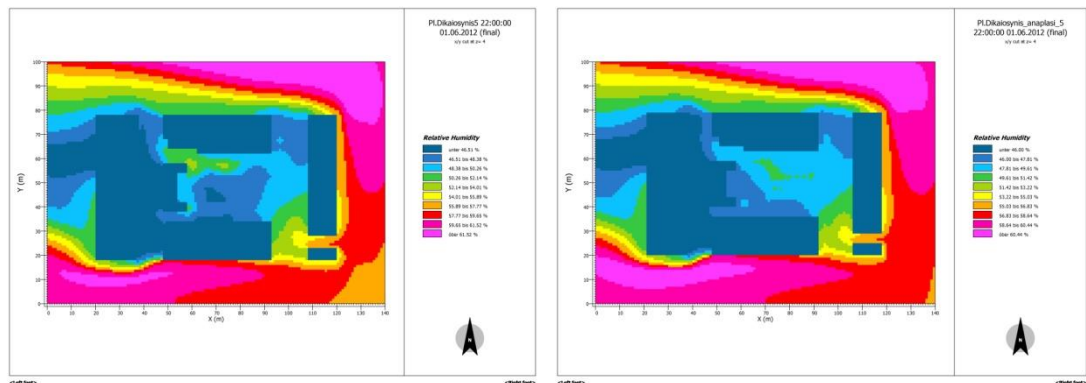
Εικόνα 6.52: Αποτελέσματα σχετικής υγρασίας στις 14.00 για την: α)υφιστάμενη κατάσταση β)ανάπλαση

**Γ) 19.00**



Εικόνα 6.53: Αποτελέσματα σχετικής υγρασίας στις 19.00 για την: α)υφιστάμενη κατάσταση β)ανάπλαση

**Δ) 22.00**



Εικόνα 6.54: Αποτελέσματα σχετικής υγρασίας στις 22.00 για την: α)υφιστάμενη κατάσταση β)ανάπλαση

Στους παρακάτω δύο πίνακες παρατίθενται τα εύρη τιμών και οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό της πλατείας Δικαιοσύνης πριν και μετά την ανάπλαση.

01/06/2012	ΠΛΑΤΕΙΑ ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ (υφιστάμενη κατάσταση)			
	ENVI-MET			
	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΣΧ. ΥΓΡΑΣΙΑ	
	Εύρος	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή
7.00	22.0-23.0 °C	22,70 °C	38.3-49.0 %	41.38 %
14.00	30.0-31.4 °C	30,70 °C	38.9-47.6 %	43.93 %
19.00	26.3-27.9 °C	27,30 °C	45.0-52.0 %	47.22 %
22.00	24.0-25.4 °C	24,91 °C	46.5-54.0 %	48.61 %

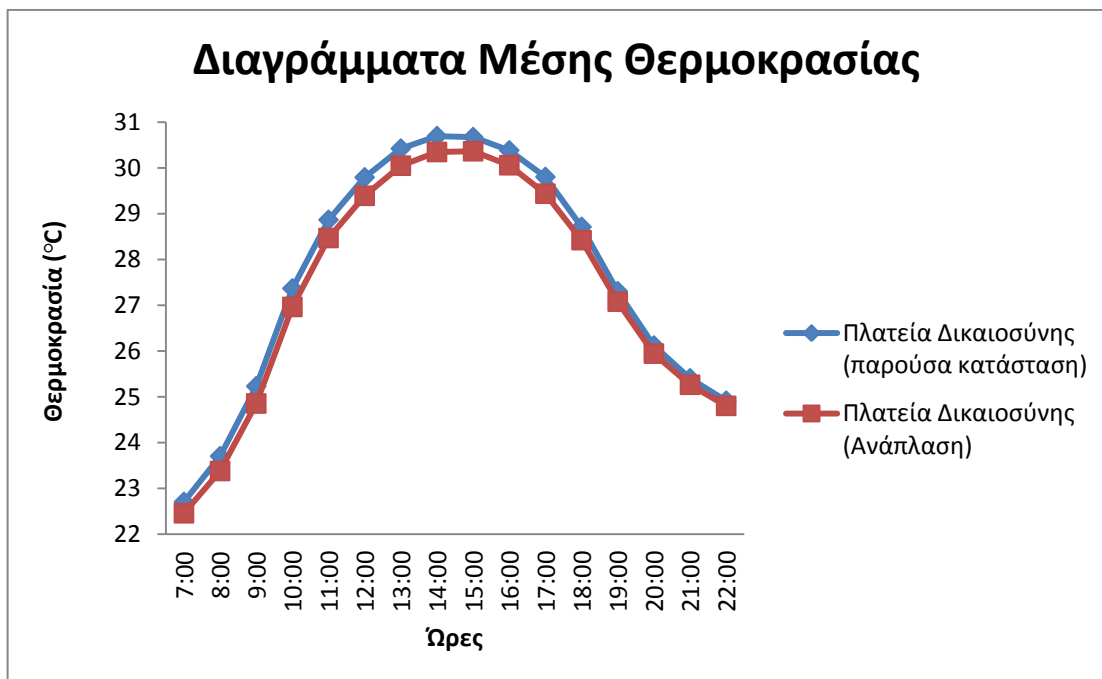
Εικόνα 6.55: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στον χώρο της πλατείας Δικαιοσύνης την 01/06/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met

01/06/2012	ΠΛΑΤΕΙΑ ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ (ανάπλαση)			
	ENVI-MET			
	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ		ΣΧ. ΥΓΡΑΣΙΑ	
	Εύρος	Μέση τιμή	Εύρος	Μέση τιμή
7.00	21.9-23.4 °C	22,45 °C	38.0-46.1 %	42.58 %
14.00	30.1-31.0 °C	30,35 °C	40.2-47.0 %	45.15 %
19.00	26.6-27.6 °C	27,08 °C	46.0-50.0 %	47.39 %
22.00	24.4-25.4 °C	24,80 °C	46.0-51.4 %	48.51 %

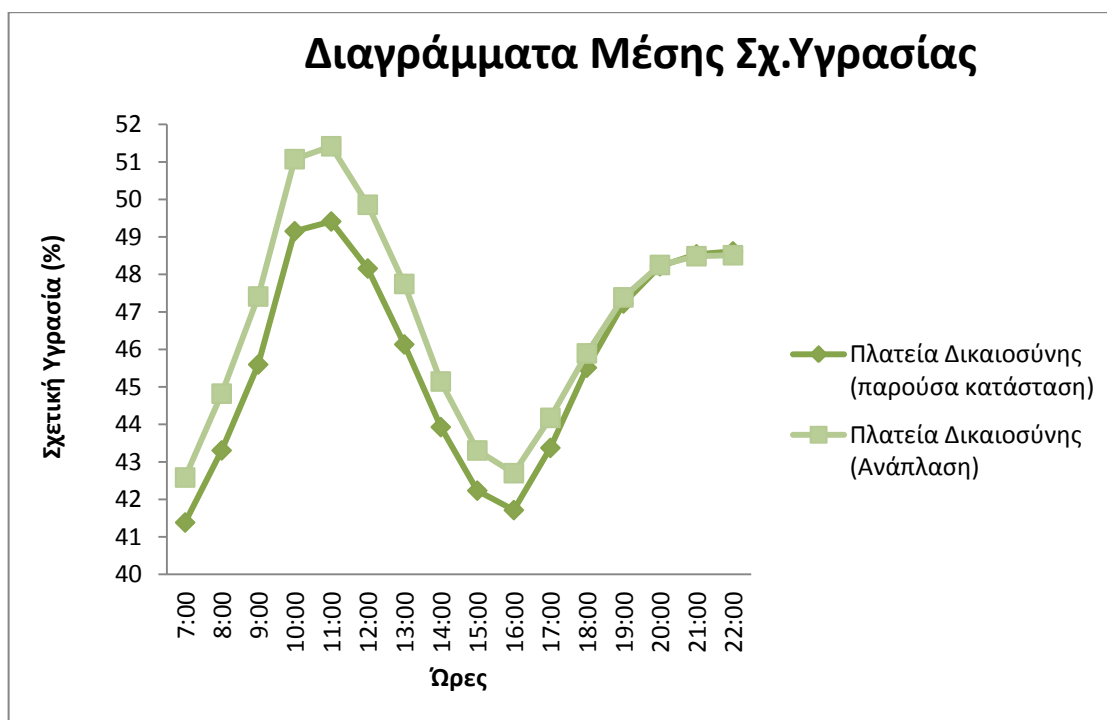
Εικόνα 6.56: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στον χώρο της νέας μορφής της πλατείας Δικαιοσύνης σύμφωνα με την ανάπλαση την 01/06/2012 με βάση την προσομοίωση στο Envi-met

Γραφικά η μεταβολή της συμπεριφοράς της πλατείας μέσα στην ημέρα φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα μέσω τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σε συνάρτηση με τον χρόνο.





Εικόνα 6.57: Διάγραμμα μέσης τιμής της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της πλατείας Δικαιοσύνης πριν και μετά την ανάπλαση



Εικόνα 6.58: Διάγραμμα μέσης τιμής της σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό της πλατείας Δικαιοσύνης πριν και μετά την ανάπλαση

Αξίζει να παρατηρηθούν πιο αναλυτικά τα αποτελέσματα της θερμοκρασίας στις 2.00μ.μ, που είναι και η θερμότερη ώρα της ημέρας. Οι μέσες τιμές στο εσωτερικό της πλατείας είναι σε κάθε περίπτωση:

- Υφιστάμενη κατάσταση: 30.70 °C
- Ανάπλαση: 30.35 °C

Άρα κατά μέσο όρο στο εσωτερικό της πλατείας υπάρχει μείωση της θερμοκρασίας κατά 0.35°C. Επίσης, αναφέρεται πως στο κέντρο της πλατείας το οποίο αποτελεί ενδεχομένως το σημαντικότερο σημείο της και που προσφέρεται για να σταθεί ή να καθίσει πιθανόν κάποιος, στη μεν υφιστάμενη κατάσταση οι θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 30.8 με 31.2 °C, ενώ μετά την ανάπλαση υπολογίζεται στους **29.8 με 30.8 °C, στην ουσία περίπου 1 °C πιο χαμηλή!**

### **6.7 Επιρροή της ανακλαστικότητας των προσόψεων των περιμετρικών κτιρίων στο μικροκλίμα των πλατειών**

Ένα ενδιαφέρον ζήτημα ως αναφορά το μικροκλίμα εντός της περιοχής μια πλατείας, είναι το εάν και κατά πόσο αυτό επηρεάζεται από το είδος της επιφάνειας των προσόψεων των κτιρίων που περιβάλλουν την περιοχή αυτή. Θεωρητικά αναμένεται να υπάρχει κάποια συμβολή, αφού ανάλογα με τον βαθμό ανακλαστικότητας του υλικού της επιφάνειας των όψεων που «βλέπουν» προς την περιοχή της πλατείας καθορίζεται το ποσοστό της προσπίπτουσας, σε αυτές, ηλιακής ακτινοβολίας που καταλήγει στην επιφάνεια της πλατείας μέσω της ανάκλασης. Η επιπρόσθετη αυτή ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας ενδεχομένως προκαλεί μια αύξηση της θερμοκρασίας. Το ζητούμενο είναι το κατά πόσο αυτή η αύξηση είναι αξιοσημείωτη.

Μια τέτοια διερεύνηση είναι δυνατόν να υλοποιηθεί χάρη στην δυνατότητα που παρέχει το Envi-met, να μεταβληθεί ο δείκτης ανακλαστικότητας (albedo) των κτιρίων. Συγκεκριμένα, κατά τη δημιουργία του configuration file στο πεδίο «Building», είναι εφικτή η αλλαγή της τιμής του δείκτη ανακλαστικότητας των γύρω όψεων του κτιρίου. Μεταβολές θα μπορούσαν να γίνουν και στον βαθμό ανακλαστικότητας της οροφής των κτιρίων, κάτι που όμως δεν απασχολεί στη συγκεκριμένη έρευνα.

Πλατεία	Ημερομηνία	Ημερομηνία προσομοίωσης	Συνθήκες	Όνομα Φακέλου	PC
Δικαιοσύνης	12/08/2012	01/06/2012	Albedo Walls=0.4	Αποτελέσματα Δικαιοσύνης_01.06. 2012_01	46
Κοτζιά	12/08/2012	25/05/2012	Albedo Walls=0.4	Αποτελέσματα Κοτζιά_25.05.2012_ 01	25
Ανάπλαση Δικαιοσύνης	15/08/2012	01/06/2012	Albedo Walls=0.4	Αποτελέσματα_Ανά πλασης_Δικαιοσύνη ς_01.06.2012_01	46
Κοτζιά	15/08/2012	25/05/2012	Albedo Walls=0.3	Αποτελέσματα Κοτζιά_25.05.2012_ 02	25
Ανάπλαση Δικαιοσύνης	20/08/2012	01/06/2012	Albedo Walls=0.3	Αποτελέσματα_Ανά πλασης_Δικαιοσύνη ς_01.06.2012_02	46
Δικαιοσύνης	20/08/2012	01/06/2012	Albedo Walls=0.3	Αποτελέσματα Δικαιοσύνης_01.06. 2012_02	25
Δικαιοσύνης	25/8/2012	01/06/2012	Albedo Walls=0.2 5	Αποτελέσματα Δικαιοσύνης_01.06. 2012_03	46
Κοτζιά	25/08/2012	25/05/2012	Albedo Walls=0.2 5	Αποτελέσματα Κοτζιά_25.05.2012_ 03	25
Κοτζιά	14/10/2012	25/05/2012	Albedo Walls=0.3 5	Αποτελέσματα Κοτζιά_25.05.2012_ 04	25
Δικαιοσύνης	14/10/2012	01/06/2012	Albedo Walls=0.3 5	Αποτελέσματα Δικαιοσύνης_01.06. 2012_04	46

Εικόνα 6.59: Προσομοιώσεις που πραγματοποιήθηκαν για τη μελέτη της ανακλαστικότητας (περίπου 100 ώρες λειτουργίας υπολογιστή)

Βέβαια, στην παρούσα έκδοση του προγράμματος η όποια αλλαγή γίνεται στο πεδίο αυτό αφορά αυτομάτως όλα τα κτίρια του μοντέλου κάτι που φυσικά δεν μπορεί να ανταποκριθεί στην πραγματική κατάσταση αλλά σίγουρα μπορεί να αποφέρει έστω και προσεγγιστικά χρήσιμα συμπεράσματα.

[BUILDING]	Building properties
Inside Temperature [K]	= 293
Heat Transmission Walls [W/m <sup>2</sup> K]	=1.94
Heat Transmission Roofs [W/m <sup>2</sup> K]	=6
Albedo Walls	=0.2
Albedo Roofs	=0.3

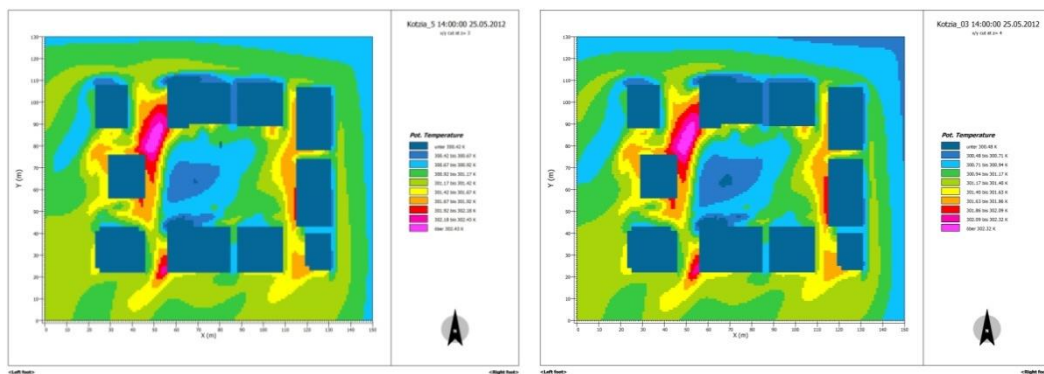
Εικόνα 6.60:Πεδίο «Building» του configuration file

Σύμφωνα με την παραπάνω εικόνα, η ήδη ρυθμισμένη τιμή του δείκτη ανακλαστικότητας είναι 0.2 και αυτή είναι η τιμή με την οποία έγιναν οι προηγούμενες προσομοιώσεις των δύο πλατειών. Επομένως, αυτό που πρέπει να γίνει είναι να επαναληφθούν οι ίδιες προσομοιώσεις με ακριβώς τις ίδιες συνθήκες, αλλάζοντας μόνον τη συγκεκριμένη τιμή που αφορά τον δείκτη ανακλαστικότητας της επιφάνειας των όψεων των κτιρίων (albedo walls).

Τα αποτελέσματα εμφανίζονται στις παρακάτω εικόνες και αναφέρονται στις 2.00 το μεσημέρι κάθε μέτρησης που είναι και η ώρα με την μεγαλύτερη θερμοκρασία.

## 6.7.1 Πλατεία Κοτζιά

### 6.7.1.1 Θερμοκρασία



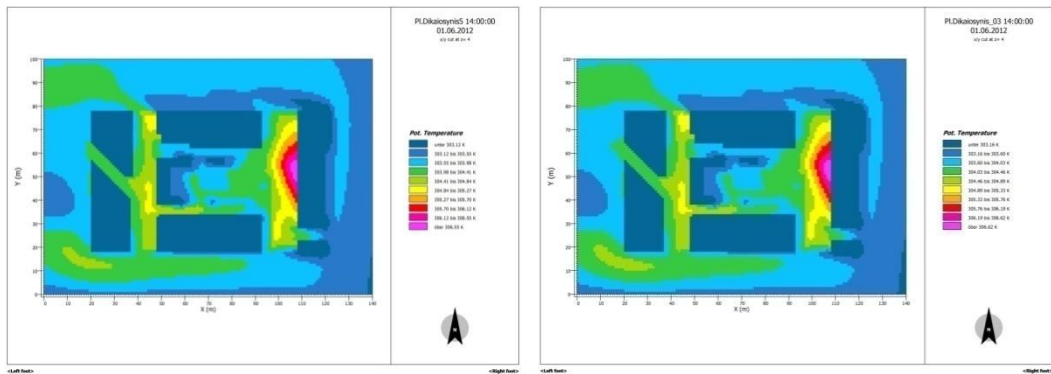
0.20

0.25



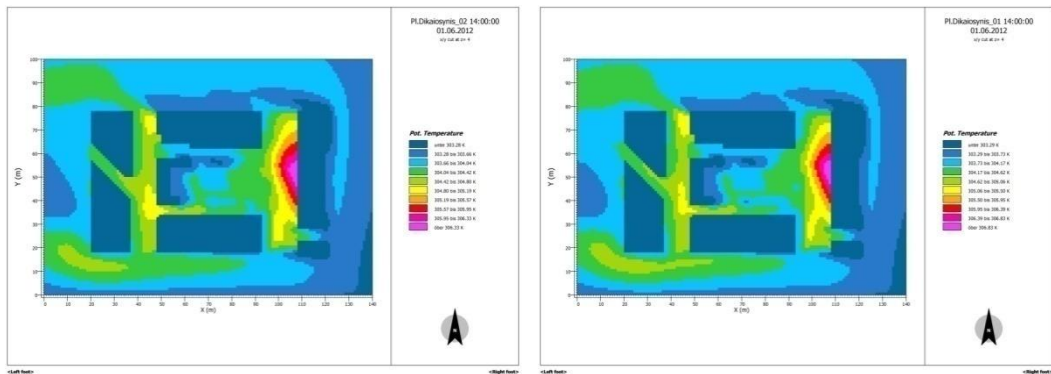
### 6.7.2 Πλατεία Δικαιοσύνης

#### 6.7.2.1 Θερμοκρασία



0.20

0.25

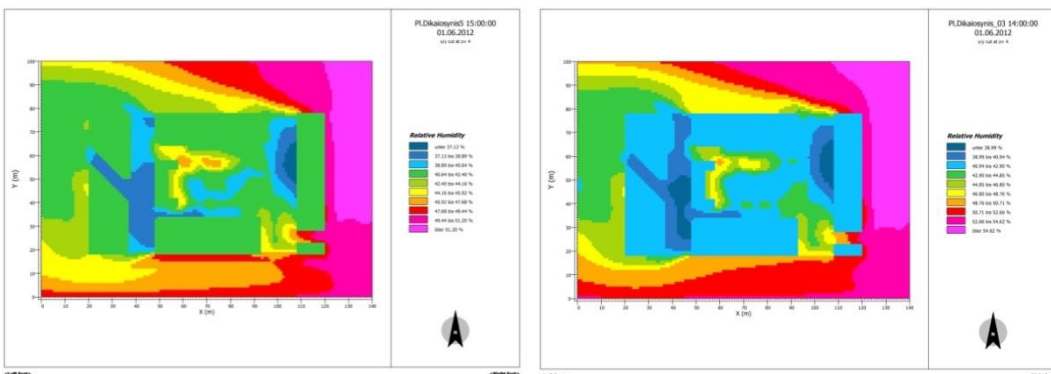


0.30

0.40

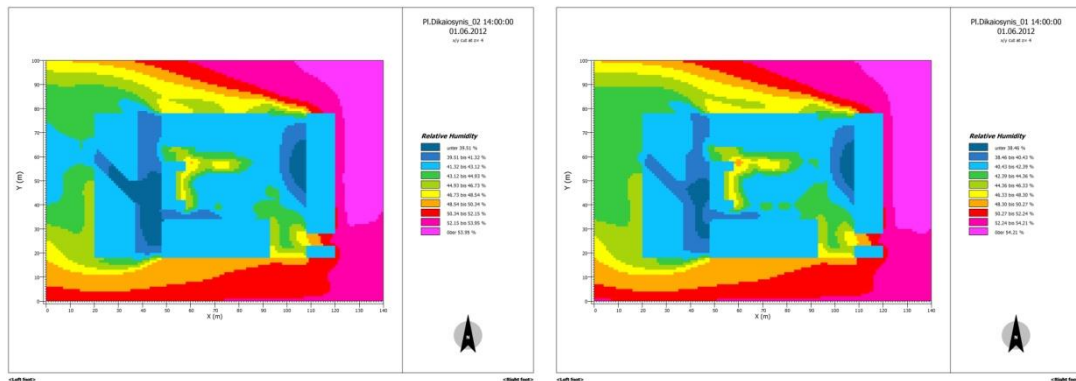
Εικόνα 6.63: Αποτελέσματα θερμοκρασίας στην πλατεία Δικαιοσύνης για διαφορετικούς δείκτες ανακλαστικότητα

#### 6.7.2.2 Σχετική Υγρασία



0.20

0.25



0.30

0.40

Εικόνα 6.64: Αποτελέσματα σχετικής υγρασίας στην πλατεία Δικαιοσύνης για διαφορετικούς δείκτες ανακλαστικότητας

Συγκεντρωτικά, το εύρος των τιμών αλλά και οι μέση τιμή θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας σε κάθε πλατεία ανάλογα με την τιμή του δείκτη ανακλαστικότητας των προσόψεων απεικονίζεται στους παρακάτω πίνακες:

ΠΛΑΤΕΙΑ ΚΟΤΖΙΑ (2.00μ.μ)				
Albedo walls	Εύρος θερμοκρασίας	Μέση τιμή θερμοκρασίας	Εύρος σχ. υγρασίας	Μέση τιμή σχ.υγρασίας
0.20	27.47-28.55 °C	27,670 °C	43.80-49.84 %	47.420 %
0.25	27.55-28.62 °C	27,677 °C	43.75-49.66 %	47.328 %
0.30	27.62-28.68 °C	27,711 °C	43.61-49.47 %	47.233 %
0.40	27.73-28.80 °C	27,779 °C	43.35-49.00 %	47.037 %

Εικόνα 6.65: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό της πλατείας Κοτζιά ανάλογα με τον δείκτη ανακλαστικότητας της επιφάνειας των γύρω κτιρίων

ΠΛΑΤΕΙΑ ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗΣ (2.00μ.μ)				
Albedo walls	Εύρος θερμοκρασίας	Μέση τιμή θερμοκρασίας	Εύρος σχ. υγρασίας	Μέση τιμή σχ.υγρασίας
0.20	30.10-31.87 °C	30,696 °C	38.89-47.68 %	43.930 %
0.25	30.15-31.93 °C	30,745 °C	38.69-47.50 %	43.791 %
0.30	30.23-31.83 °C	30,828 °C	39.00-47.09 %	43.600 %
0.40	30.29-32.11 °C	30,896 °C	38.13-46.96 %	43.380 %

Εικόνα 6.66: Πίνακας τιμών θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό της πλατείας Δικαιοσύνης ανάλογα με τον δείκτη ανακλαστικότητας της επιφάνειας των γύρω κτιρίων

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα γίνεται αντιληπτό ότι με την αύξηση του δείκτη ανακλαστικότητας των προσόψεων των κτιρίων **η θερμοκρασία στο εσωτερικό της πλατείας αυξάνεται ενώ υπάρχει και πτώση της σχετικής υγρασίας**. Επαληθεύεται δηλαδή η αρχική εκτίμηση.

Το ενδιαφέρον πάντως είναι πως **αύξηση του δείκτη ανακλαστικότητας κατά 0.10 επιφέρει μια αύξηση της θερμοκρασίας της τάξης των 0.05-0.10 °C**, αλλαγή μπορεί να θεωρηθεί σημαντική σε μια μελέτη βιοκλιματικής ανάπλασης.

Επομένως, η ανακλαστικότητα των περίξ μιας πλατείας κτιρίων επηρεάζει σε κάποιον βαθμό το μικροκλίμα της και θα μπορούσε με κατάλληλες μεταβολές να αποτελέσει παράγοντα βελτίωσης των συνθηκών εντός του χώρου της πλατείας.

Γενικότερα πάντως, η επιρροή των κτιρίων στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας εντός ενός ανοιχτού χώρου όπως είναι μια πλατεία είναι ένα πιο σύνθετο θέμα που εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως:

- Το μέγεθος της πλατείας
- Την απόσταση των κτιρίων από τα όρια της πλατείας
- Την πυκνότητα δόμησης γύρω από την πλατεία



Παραδείγματος χάριν με βάση τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων, στην περίπτωση της πλατείας Δικαιοσύνης μια αύξηση του συντελεστή  $\alpha$  από 0.2 σε 0.4 επιφέρει αύξηση 0.2 °C την ώρα που μια ίδια αλλαγή στο μοντέλο της πλατείας Κοτζιά μας ανεβάζει μόλις 0.11 °C. Όμως, η πλατεία Κοτζιά είναι μια πολύ μεγαλύτερη πλατεία και περιστοιχίζεται άμεσα μόνο στις 2 πλευρές της από κτίρια ενώ η πλατεία Δικαιοσύνης μοιάζει «χωμένη» μέσα στα κτίρια.

## 6.8 Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εκπονήθηκε με σκοπό την αξιολόγηση της αξιοπιστίας του προγράμματος Envi-met μέσω της σύγκρισης των αποτελεσμάτων του με πραγματικές μετρήσεις, αλλά και την εξέταση της επίδρασης συγκεκριμένων παραγόντων και επεμβάσεων, στο μικροκλίμα ενός ανοιχτού αστικού χώρου όπως είναι οι πλατείες που μελετήθηκαν.

Αρχικά προτάθηκε μια σχετικά απλή διαδικασία μετρήσεων με την οποία «σαρώθηκε» ο χώρος δύο πλατειών των Αθηνών, της πλατείας Κοτζιά και της πλατείας Δικαιοσύνης, ως προς τα μεγέθη της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας με ειδικές συσκευές. Τα αποτελέσματα οπτικοποιήθηκαν ύστερα από επεξεργασία στο πρόγραμμα Thancad και στο AutoCAD με τη μορφή ισοθερμικών καμπυλών και καμπυλών ίσης σχετικής υγρασίας. Επίσης, κατασκευάστηκαν 2 μοντέλα των εν λόγω πλατειών στο Envi-met και επιλύθηκαν για τις ημερομηνίες που έγιναν οι μετρήσεις.

Παράλληλα, με τη χρήση της θερμοκάμερας έγινε καταγραφή της θερμοκρασίας των προσώπων των κτιρίων γύρω απ' τις πλατείες, αλλά και των υλικών επίστρωσης, των στοιχείων βλάστησης και των υδάτινων επιφανειών μέσα στον κυρίως χώρο των πλατειών.

Κατόπιν τούτου, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αποτελεσμάτων τόσο ως προς τη διακύμανση των μεγεθών εντός του χώρου των πλατειών και τους μέσους όρους τους, όσο και ως προς τη μορφή των αντίστοιχων καμπυλών.

Η σύγκριση της τιμής των μεγεθών οδήγησε στα εξής συμπεράσματα:

### Όσον αφορά τη θερμοκρασία

- Υπερεκτιμάται από το πρόγραμμα τις πρωινές και νυκτερινές ώρες (κατά 1-2 °C)
- Υπάρχει πολύ καλή προσέγγιση (σχεδόν ταύτιση) τις μεσημεριανές και απογευματινές ώρες, οι οποίες είναι και αυτές που ενδιαφέρουν περισσότερο σε μια μελέτη βελτίωσης του μικροκλίματος ενός εξωτερικού χώρου

- Σε ορισμένες μετρήσεις (χαρακτηριστικά στην πλατεία Δικαιοσύνης, στις 14.00) υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο φάσμα τιμών θερμοκρασίας το οποίο δεν δικαιολογείται για έναν σχετικά μικρό χώρο. Αυτό ενδεχομένως οφείλεται σε σφάλμα του ίδιου του οργάνου.

### **Όσον αφορά τη σχετική υγρασία**

- Τις πρωινές ώρες υπάρχει μεγάλη απόκλιση (15-20%) μη αποδεκτή για εκτίμηση της πραγματικής κατάστασης
- Τις μεσημεριανές, απογευματινές και νυχτερινές ώρες οι τιμές από το Envi-met και τις μετρήσεις βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους, μπορεί να θεωρηθεί λοιπόν ικανοποιητική η προσέγγιση
- Τα εύρη τιμών κυμαίνονται μεταξύ 4-11% τόσο στα αποτελέσματα του Envi-met, όσο και σε αυτά των επί τόπου μετρήσεων

Επιπλέον, από τη μορφή των ισοθερμικών καμπυλών έγινε σαφές ότι:

- Ο αισθητήρας θερμοκρασίας του θερμοϋγρομέτρου «Tinytag Ultra 2» δεν διαθέτει επαρκή ευαισθησία ώστε με τη μέθοδο μέτρησης που συντελέστηκε να δίνει αξιόπιστα αποτελέσματα με τη μορφή ισοθερμικών καμπυλών
- Ο αισθητήρας σχετικής υγρασίας εμφανίζεται αρκετά πιο ευαίσθητος, παρόλο που δεν παραμένει πλήρως ανεπηρέαστος από την κίνηση κατά τη διάρκεια της καταγραφής

Κατά συνέπεια, το πρόγραμμα Envi-met μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστο σε μεγάλο βαθμό, τουλάχιστον για τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες. Από την άλλη, το θερμοϋγρόμετρο που χρησιμοποιήθηκε αρχικά (Tinytag Ultra2), δεν είναι κατάλληλο για τέτοιου είδους μετρήσεις όσον αφορά τις τιμές της θερμοκρασίας που καταγράφει.

Για τον λόγο αυτόν χρησιμοποιήθηκε ένα άλλο θερμοϋγρόμετρο, το «Fluke 971», με το οποίο έγινε επανάληψη των μετρήσεων στην πλατεία Κοτζιά. Τα αποτελέσματα αυτών παρουσιάστηκαν πιο λογικά ως προς τις ισοθερμικές καμπύλες και κρίθηκαν ικανοποιητικά.

Από κει και πέρα, έγινε μια μελέτη της πρότασης ανάπλασης του Δήμου Αθηναίων, που αφορά τον χώρο της πλατείας Δικαιοσύνης με τη χρήση του Envi-met. Κατασκευάστηκε μοντέλο της αναπλασμένης μορφής της πλατείας και επιλύθηκε για τις ίδιες συνθήκες με αυτές που έγινε επίλυση του αρχικού μοντέλου. Τα αποτελέσματα οδήγησαν στα παρακάτω συμπεράσματα.

- Τη θερμότερη ώρα της ημέρας (2.00 μ.μ) η μέση τιμή της θερμοκρασίας εντός της πλατείας ελαττώνεται κατά 0.35 °C

- Την ίδια ώρα στον κεντρικό χώρο της πλατείας υπάρχει πτώση περίπου 1 °C
- Η σχετική υγρασία γενικά αυξάνεται λίγο

### **Συμπεράσματα από τη θερμοκάμερα**

- Εξωτερικές πηγές θερμότητας επηρεάζουν αρκετά το μικροκλίμα της πλατείας
- Η ύπαρξη νερού και φύτευσης δημιουργούν αισθητές διαφορές
- Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν και οι προσομοιώσεις δείχνουν αποτελέσματα που είναι πολύ κοντά στις αποτυπώσεις της θερμοκάμερας ως προς την πρόσοψη των κτιρίων. Η διαφορά οφείλεται ίσως στο ότι οι προσομοιώσεις και οι μετρήσεις αφορούν τη νοητή επιφάνεια σε ύψος 1.50m από το έδαφος.
- Κτίρια με μεγάλες γυάλινες επιφάνειες και παλαιότερα κτίρια φαίνεται να αναπτύσσουν μεγαλύτερες θερμοκρασίες στις προσόψεις τους επηρεάζοντας έτσι το μικροκλίμα των πλατειών

Τέλος, έγινε μια προσπάθεια να μελετηθεί η επίδραση που έχει ο βαθμός ανακλαστικότητας των όψεων των γειτονικών κτιρίων μιας πλατείας στο μικροκλίμα της ξανά με τη βοήθεια του Envi-met. Το μειονέκτημα είναι πως το Envi-met δεν επιτρέπει την τοποθέτηση διαφορετικών υλικών στην επιφάνεια των κτιρίων του μοντέλου και περιορίζεται στην ρύθμιση παραμέτρων που αφορούν όλα τα κτίρια μαζί. Παρόλα αυτά, προέκυψαν ενδιαφέροντα αποτελέσματα από την επίλυση των μοντέλων για διαφορετικούς δείκτες ανακλαστικότητας των κτιρίων:

- με την αύξηση του δείκτη ανακλαστικότητας των προσόψεων των κτιρίων η θερμοκρασία στο εσωτερικό της πλατείας αυξάνεται, ενώ υπάρχει και πτώση της σχετικής υγρασίας
- αύξηση του δείκτη ανακλαστικότητας κατά 0.10 επιφέρει μια αύξηση της θερμοκρασίας της τάξης των 0.05-0.10 °C, αλλαγή η οποία μπορεί να θεωρηθεί σημαντική σε μια μελέτη βιοκλιματικής ανάπλασης
- στην περίπτωση της πλατείας Δικαιοσύνης μια αύξηση του συντελεστή α από 0.2 σε 0.4 επιφέρει αύξηση 0.2 °C, την ώρα που μια ίδια αλλαγή στο μοντέλο της πλατείας Κοτζιά μας ανεβάζει μόλις 0.11 °C. Επομένως, το μέγεθος της μεταβολής εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως το μέγεθος της πλατείας, το ύψος των γύρω κτιρίων, η απόστασή τους από την πλατεία κτλ.

## 6.9 Προτάσεις

1. Στο πλαίσιο της παρούσας Διπλωματικής εργασίας έγινε προσπάθεια να απεικονιστούν σε μορφή καμπυλών τα μεγέθη της θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας μέσα σε έναν ανοιχτό αστικό χώρο όπως είναι μια πλατεία. Αυτό εν μέρει έγινε με επιτυχία για την σχετική υγρασία, αλλά -αρχικά τουλάχιστον- απέτυχε στην περίπτωση της θερμοκρασίας, λόγω μη καταλληλότητας του οργάνου μέτρησης. Μετά από αναζήτηση και χρήση ενός άλλου θερμοϋγρομέτρου διαπιστώθηκε καλύτερο αποτέλεσμα, αλλά μικρότερης ακρίβειας. Θα ήταν ενδιαφέρον να αναζητηθούν όργανα με καλύτερες προδιαγραφές και με καταλληλότητα για μετρήσεις εξωτερικού χώρου, ώστε να βελτιστοποιηθεί η διαδικασία ανάλογης μελέτης.
2. Για την μετατροπή των τιμών των μετρήσεων σε καμπύλες, κατασκευάστηκε ένα υποπρόγραμμα ανάγνωσης των τιμών μέσω του Thancad, από τον Δρ. Αθανάσιο Στάμο, Πολιτικό Μηχανικό, ΕΕΔΙΠ ΕΜΠ. Θα βοηθούσε πολύ σε μελλοντικές εργασίες η τελειοποίηση του προγράμματος αυτού, ώστε να εξάγονται τα αποτελέσματα απευθείας σε καμπύλες με χρωματική κλίμακα.
3. Η αναμενόμενη έλευση της νέας κατά πολύ βελτιωμένης έκδοσης του προγράμματος Envi-met (4.0) ανοίγει τον δρόμο για λεπτομερέστερη μοντελοποίηση και μελέτη ανάλογων ή και αρκετά πιο πολύπλοκων αστικών χώρων.
4. Ένα από τα σημεία της παρούσας εργασίας ήταν και η προσπάθεια-απόπειρα να ερευνηθεί με τη χρήση του Envi-met η συμβολή την ανακλαστικότητα των κτιρίων που βρίσκονται περιμετρικά ενός ανοιχτού χώρου, στη διαμόρφωση του μικροκλίματός του. Θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον να υλοποιηθεί μια διπλωματική εργασία που θα δώσει μεγαλύτερη βαρύτητα στο ζήτημα αυτό, ιδιαίτερα από τη στιγμή που η νέα έκδοση του προγράμματος δίνει τη δυνατότητα λεπτομερέστερου σχεδιασμού. Επίσης, δεδομένων των αποτελεσμάτων από τις δύο πλατείες, μπορούν να αναζητηθούν και οι άλλοι παράγοντες επιρροής των κτιρίων στο μικροκλίμα ενός ανοιχτού χώρου.

5. Θα μπορούσε να διερευνηθεί μέσω του προγράμματος η επιρροή των φυτεμένων στεγών στο μικροκλίμα μιας πλατείας, δυνατότητα που παρέχει το Envi-met.
6. Δεδομένων των αναπλάσεων που έχουν πραγματοποιηθεί τον τελευταίο καιρό θα μπορούσαν επόμενες διπλωματικές να διερευνήσουν αναπλάσεις που έχουν ήδη εφαρμοστεί, όπως έγινε και στην παρούσα διπλωματική με την προτεινόμενη ανάπλαση της πλατείας Δικαιοσύνης από το Δήμο Αθηναίων.
7. Ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η μοντελοποίηση χώρων κοντά σε μεγάλες ποσότητες νερού (μικρή λίμνη ή θάλασσα) και η σύγκριση με χώρους με αντίστοιχα χαρακτηριστικά που βρίσκονται μεταξύ κτιρίων.
8. Η θερμοκάμερα μπορεί ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί συστηματικά στην καταγραφή θερμοκρασιών. Προτείνεται επομένως, η διερεύνηση της συσχέτισης με τις υπόλοιπες μεθόδους μετρήσεων.
9. Πέρα από κάθε προσπάθεια βιοκλιματικής ανάπλασης οι δημόσιοι χώροι πρέπει να έλκουν τη δημόσια ζωή και να δίνουν ευκαιρίες για την ανάπτυξη νέων δραστηριοτήτων. Και στις δύο πλατείες μέχρι στιγμής επικρατεί ένα καθεστώς ανασφάλειας και αμηχανίας λόγω της έντονης παρουσίας χρηστών ναρκωτικών ουσιών. Επίσης, η πλατεία Δικαιοσύνης χρησιμοποιείται μόνο ως διάβαση πεζών κατά ένα μικρό της τμήμα και κατά τη διάρκεια της ημέρας ελάχιστοι είναι οι περαστικοί που τη χρησιμοποιούν ως χώρο στάσης ή ανάπαυσης. Τα προβλήματα αυτά, αν και ξεφεύγουν από υπολογιστικά προγράμματα και μοντέλα, θα πρέπει να απασχολήσουν σοβαρά τους μελετητές και να αναζητηθεί κάποια λύση.

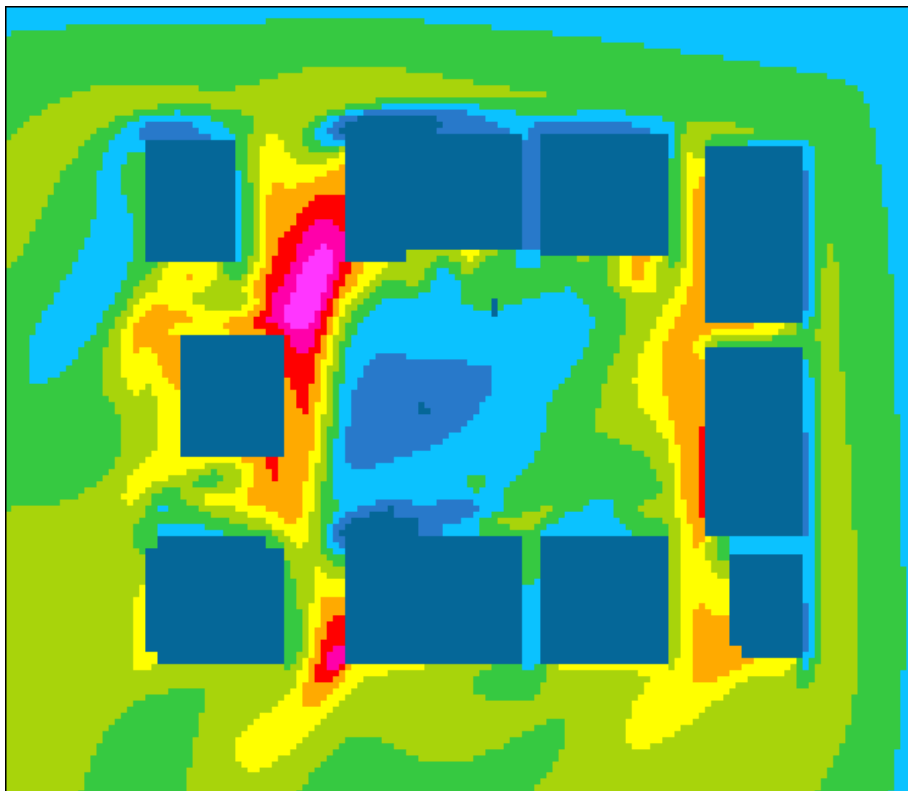
## Βιβλιογραφία

- [1] Α.Κολιγιάννη, Ε.Παπασταματάκη, Διαλεξι: **Το γλυπτό στην πλατεία: το παράδειγμα των πλατειών της Αθήνας**, Αθήνα 2008
- [2] Αραβαντινός Α , Πολεοδομικός σχεδιασμός για μια βιώσιμη ανάπτυξη του αστικού χώρου, **Εκδόσεις Συμμετρία**, Αθήνα, 1997
- [3] Αχ. Κωστούλας, Ν. Θεοδωρόπουλος, Γ. Βόκας, Υπολογισμός Βαθμομερών Θέρμανσης και Ψύξης για Ελληνικές Πόλεις με την Χρήση Διάφορων Μεθόδων, **Πολυτεχνική Σχολή ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη**
- [4] Δήμος Αθηναίων, Διεύθυνση Κοινοχρήστων Χώρων, Τμήμα Μελετών
- [5] ΚΑΠΕ, Πρόγραμμα Βιοκλιματικών Αναβαθμίσεων Δημόσιων Ανοιχτών Χώρων, **Οδηγός Μελετών ΚΑΠΕ**, Αθήνα 2011
- [6] Μ.Πετράκης, Κλιματική Αλλαγή και Αστικό Περιβάλλον, **Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών-Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος**, Βιβλιοθήκη ΤΕΕ, Αθήνα
- [7] Νικολοπούλου Μ, Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με Βιοκλιματικά Κριτήρια. Design Guidelines, RUROS: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces, **Κ.Α.Π.Ε. , 2004**
- [8] Π. Μπάκα, Περιβαλλοντικές Συνιστώσες του Σχεδιασμού και της Οικιστικής Ανάπτυξης, **Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο**, Αθήνα, 2009
- [9] Σίμος Γιάννας, Βιοκλιματικές αρχές πολεοδομικού σχεδιασμού, Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Ανοιχτών Χώρων Τόμος Α. Περιβαλλοντική Τεχνολογία, Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2001
- [10] Τζώρτζη, Ν. και Σαρίκου, Σ. Ενοποίηση και σχεδιασμός μικρών αστικών χώρων με βιοκλιματικές συνθήκες
- [11] B.Givoni, Climate Considerations in Building & Urban Design, **Ed. VAN NOSTRAND REINHOLD**, 1998
- [12] Bruse, M., H. Flerer, Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. Environ. Modell. Softw. 13, 373-384, 1998
- [13] Bruse.M , ENVI-met 3.0: Updated Model Overview, **Update of Environmental Modelling and Software**, 1998
- [14] Bruse.M, Particle filtering capacity of urban vegetation: A microscale numerical approach, 2008
- [15] D.Babalis (edited), Bioclimatic Design & Urban Regeneration for sustainable development, **Ed. POLISTAMPA**, 2003

- [16] Helmut Mayer and Andreas Matzarakis, Berichte des Meteorologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Nr. 18 (2008):, **5th Japanese-German Meeting on Urban Climatology, October 2008**, pp. 307-312
- [17] UrbanHeat Καινοτόμο Σύστημα για τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ποιότητας, Καταγραφή της υφιστάμενης υποδομής-Αξιολόγηση της καταλληλότητας των θερμικών δορυφορικών δεκτών για τη μελέτη του φαινομένου της θερμικής νησίδας, **UrbanHeat Παραδοτέο 7**, 2009
- [18] [http://athinapisovitrina.blogspot.gr/2011/12/blog-post\\_13.htm](http://athinapisovitrina.blogspot.gr/2011/12/blog-post_13.htm)
- [19] <http://envi-met.net/documents/papers/overview30.pdf>
- [20] <http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx>
- [21] <http://plea-arch.org/wp-content/uploads/PLEA-NOTE-3-THERMAL-COMFORT.pdf>
- [22] <http://thancad.sourceforge.net/>
- [23] <http://tvxs.gr/news/blogarontas/ekeino-ereipio-tis-odoy-santaroza/>
- [24] <http://www.arxaiologia.gr/assets/media/PDF/migrated/967.pdf>
- [25] [http://www.citybranding.gr/2012/04/blog-post\\_27.html](http://www.citybranding.gr/2012/04/blog-post_27.html)
- [26] <http://www.cres.gr>
- [27] <http://www.envi-met.com>
- [28] [www.envi-met.com/documents/papers/Huttner\\_etal\\_2008.pdf](http://www.envi-met.com/documents/papers/Huttner_etal_2008.pdf)
- [29] <http://www.flir.com>
- [30] <http://www.fluke.com>
- [31] <http://www.geminidataloggers.com/data-loggers/tinytag-ultra-2>
- [32] <http://www.trekearth.com>

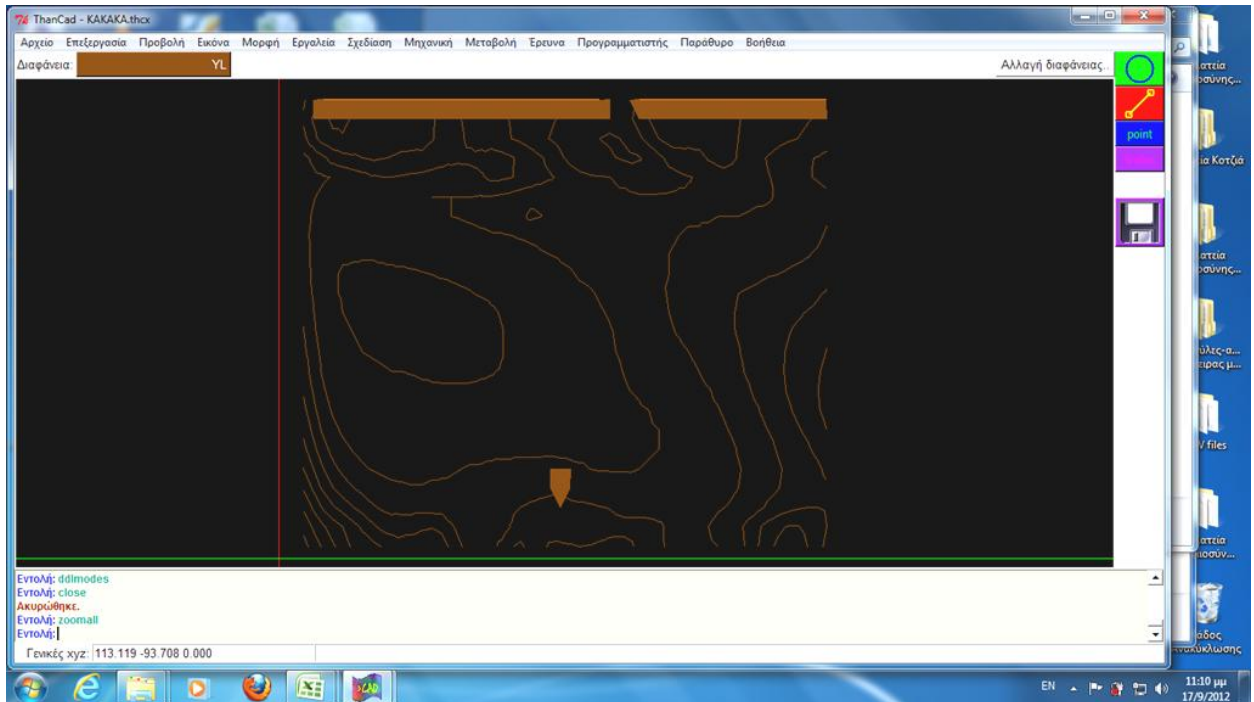
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ THANCAD

Για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Thancad του κ. Αθανάσιου Στάμου μετά τις προσαρμογές στις ανάγκες της διπλωματικής. Θεωρήθηκε σκόπιμο να μελετηθεί η αξιοπιστία της συγκεκριμένης εφαρμογής. Για να γίνει αυτό, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης της πλατείας Κοτζιά στις 14.00. Μέσω του προγράμματος Leonardo έγινε εξαγωγή των τιμών θερμοκρασίας ολόκληρου του καννάβου της πλατείας σε αρχείο Excel. Από εκεί και πέρα, έγινε η κατάλληλη μορφοποίηση που απαιτείται από το πρόγραμμα Thancad για να γίνει εισαγωγή των μετρήσεων. Με αυτό τον τρόπο ουσιαστικά προέκυψαν δύο οπτικοποιήσεις των ίδιων μετρήσεων. Η μία είναι αυτή που παρουσιάζεται από το Leonardo και η άλλη αυτή που εμφανίζει το Thancad. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα τέτοιο παράδειγμα.



*Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 14.00 σύμφωνα με το Envi-met*





*Ισοθερμικές καμπύλες στην περιοχή της πλατείας Κοτζιά, σε ύψος 1.50m από την επιφάνεια του εδάφους στις 14.00 με βάση το Envi-met και με απεικόνιση απ' το Thancad*

Μετά από οπτική σύγκριση παρατηρούμε ότι το Thancad απεικονίζει τα ίδια στοιχεία **με επαρκή ακρίβεια** για της απαιτήσεις και το σκοπό τις διπλωματικής. Ο λόγος που δεν υπάρχει ταύτιση της μορφής των καμπυλών, είναι επειδή το Envi-met εξάγει τιμές αποτελεσμάτων ελάχιστα διαφορετικές από αυτές που φαίνονται στον κάρναβο του Leonardo.

Ο έλεγχος της αξιοπιστίας του προγράμματος που χρησιμοποιήθηκε ήταν απαραίτητος ώστε να εξασφαλιστεί η ακρίβεια των οπτικοποιημένων αποτελεσμάτων των επί τόπου μετρήσεων. Το πρόγραμμα ουσιαστικά επεξεργάζεται τις τιμές και με τριγωνοποίηση σχεδιάζονται οι καμπύλες. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα βοήθησε πάρα πολύ στο σύνολο της διπλωματικής δεδομένου ότι οπτικοποιήθηκαν χιλιάδες τιμές, παρά το γεγονός ότι οι ίδιες οι μετρήσεις αποδείχθηκαν αναξιόπιστες, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Η οπτικοποίηση τέτοιου πλήθους τιμών με εισαγωγή των μετρήσεων μεμονωμένα ή με δημιουργία καμπυλών με το χέρι θα ήταν αδύνατη. Για αυτό το λόγο συνιστάται και τη χρησιμοποίησή του σε μελλοντικές διπλωματικές με ανάλογο γνωστικό αντικείμενο.

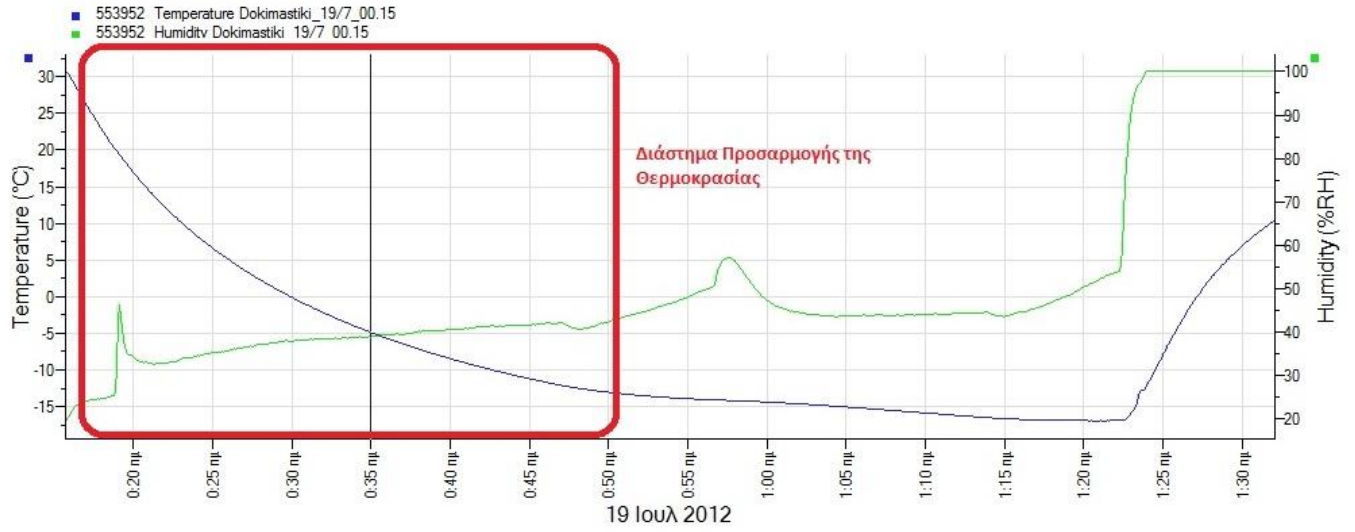
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΘΕΡΜΟΥΪΓΡΟΜΕΤΡΩΝ

Για την πραγματοποίηση μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν θερμοϋγρόμετρα μάρκας Tinytag. Ωστόσο για να μπορέσουν να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα και να αξιοποιηθούν σωστά, έπρεπε να γίνει έλεγχος της αξιοπιστίας των οργάνων ως προς την ακρίβεια καταγραφής, αλλά και ως προς την προσαρμοστικότητά τους στο περιβάλλον.

Όσον αφορά την ακρίβεια του αισθητήρα της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε ότι αν και καταγράφονται τιμές με τρία δεκαδικά ψηφία, το όργανο δεν αποκρίνεται μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα σε μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα έγιναν δοκιμές όπου το θερμοϋγρόμετρο εκτέθηκε σε ακραίες θερμοκρασίες (ψυγείο) και μετά τοποθετήθηκε σε θερμοκρασία δωματίου. Το όργανο είχε τεθεί σε λειτουργία ταυτόχρονης εμφάνισης των μετρήσεων καθώς ήταν συνδεδεμένο με τον υπολογιστή με καλώδιο. Η παρακολούθηση των τιμών καταγραφής έδειξε ότι το όργανο προσαμόζεται με μια ταχύτητα της τάξης των  $0.005^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ , γεγονός που δείχνει ότι απαιτούνται αρκετά λεπτά για να προσαρμοστεί πλήρως στις συνθήκες περιβάλλοντος. Από την άλλη, ο αισθητήρας της σχετικής υγρασίας δείχνει να έχει μεγαλύτερη απόκριση σε απότομες αλλαγές κλιματικών συνθηκών.

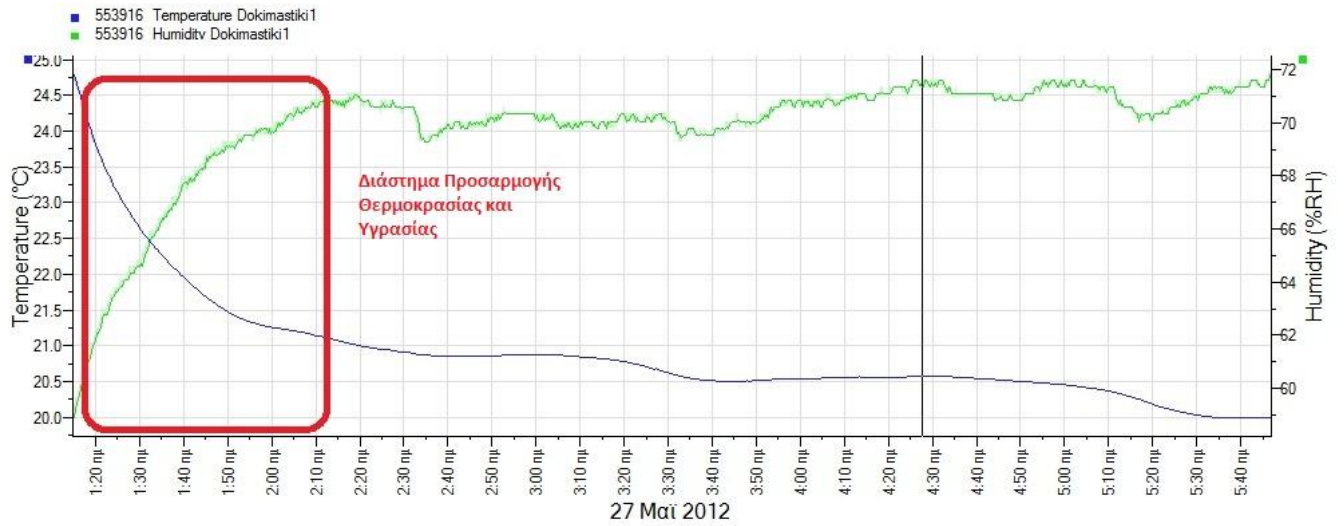
**Τα όργανα επίσης τέθηκαν σε διάφορες σταθερές συνθήκες για να ελεγχθεί η προσαρμοστικότητά τους.** Σχεδόν σε όλα τα διαγράμματα των αποτελεσμάτων παρατηρήθηκε στην αρχή συνεχής άνοδος ή πτώση της θερμοκρασίας. Τέτοιες διακυμάνσεις δείχνουν ότι τα όργανα χρειάζεται να παραμείνουν στο χώρο στον οποίο θα γίνουν οι μετρήσεις για αρκετή ώρα. Παρακάτω **παρατίθενται 3 ενδεικτικά από τα τα 31** διαγράμματα που προέκυψαν από τις δοκιμές, όπου σημειώνεται το διάστημα στο οποία τα όργανα προσαρμόζονται στις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Dokimastiki\_19/7\_00.15

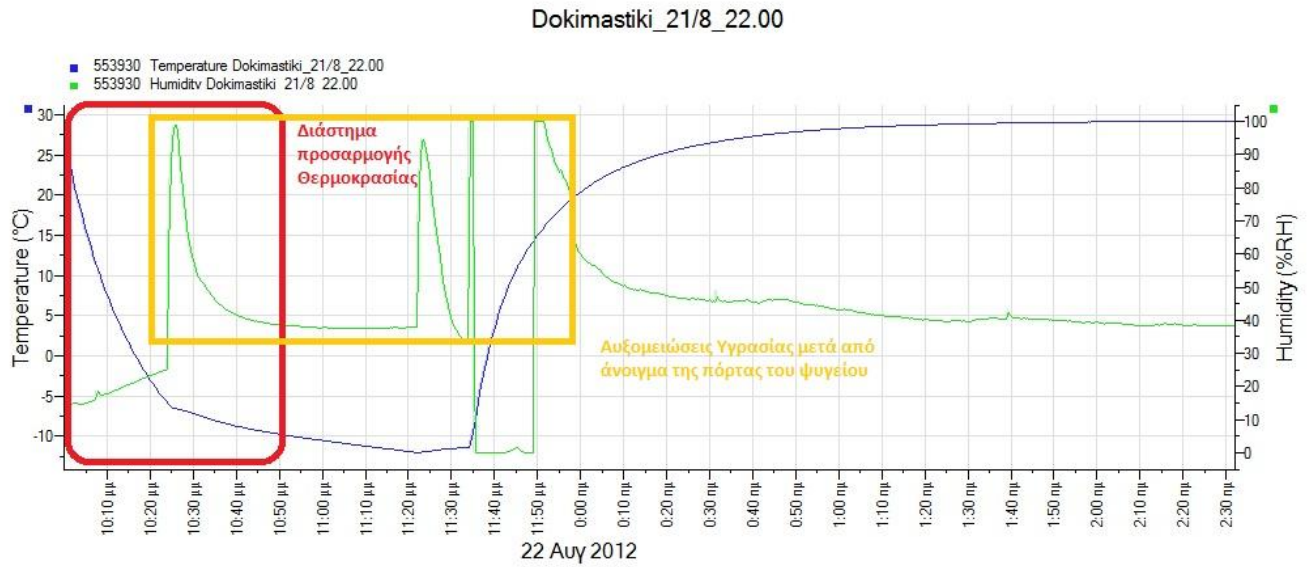


Προσαρμογή των τιμών της θερμοκρασίας και σχ. υγρασίας στο ψυγείο

Dokimastiki1



Προσαρμογή των τιμών της θερμοκρασίας και σχ. υγρασίας σε ελεύθερο χώρο



*Προσαρμογή των τιμών της θερμοκρασίας και σχ. υγρασίας στο ψυγείο*

Για να μπορέσει να διασφαλιστεί η αξιοπιστία των μετρήσεων ως προς τις διαφορές που παρουσιάζουν τα όργανα, αξιοποιήθηκαν οι δοκιμές από όλα τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν σε ταυτόχρονη καταγραφή σε ίδιες συνθήκες και σε ακινησία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα όργανα έχουν διαφορές στην καταγραφή αλλά αυτή η διαφορά είναι σταθερή, γεγονός που δείχνει ότι τέτοια σφάλματα αφορούν την ρύθμιση των οργάνων από τον κατασκευαστή που πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Παρατίθενται παρακάτω αναλυτικά οι δοκιμές που έγιναν και οι συνθήκες.

1. Δοκιμαστικές Μετρήσεις	
16/07/2012-Μπουρνάζι-Πρόβλεψη Meteo.gr=40°C	
Θερμογρόμετρα	Ωρα
553611	16.15
553916	16.30
553952	16.45
553930	17.00

*Δοκιμαστική μέτρηση σε εξωτερικό χώρο*

2.Δοκιμαστικές Μετρήσεις		3..Δοκιμαστικές Μετρήσεις	
16/07/2012-Μπουρνάζι-Πρόβλεψη Meteo.gr=40°C		18/07/2012-Κολωνός-Πρόβλεψη Meteo.gr=26°C	
Θερμουγρόμετρα	Θερμουγρόμετρα	Ώρα	Ώρα
553611	553611	2.30	19.00
553916	553916	3.00	19.15
553952	553952	3.30	19.30
553930	553930	4.00	19.45

*Δοκιμαστικές μετρήσεις σε εξωτερικούς χώρους*

4.Δοκιμαστικές Μετρήσεις	
19/07/2012-Κολωνός-Ψυγείο	
Θερμουγρόμετρα	Ώρα
553611	00.15
553916	00.15
553952	00.15
553930	00.15

5.Δοκιμαστικές Μετρήσεις	
20/08/2012-Κολωνός-Ψυγείο	
Θερμουγρόμετρα	Ώρα
553611	19.00
553916	19.00
553952	19.00
553930	19.00
<b>525752</b>	19.00
<b>525764</b>	19.00

*Δοκιμαστικές μετρήσεις σε ψυγείο*

Συνολικά πρέπει να ληφθούν υπόψιν οι παρακάτω παρατηρήσεις:

- Τα όργανα πρέπει να εκτεθούν στον χώρο μέτρησης για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (περίπου μία ώρα) ώστε να προσαρμοστούν κατάλληλα.
- Τα όργανα παρουσιάζουν ακρίβεια όταν βρίσκονται σε ακινησία. Όταν χρησιμοποιούνται σε κίνηση πρέπει να παραμένουν για εύλογο χρονικό διάστημα σε ακινησία. Ωστόσο ο αισθητήρας της υγρασίας παρουσιάζει σαφώς καλύτερη απόκριση.
- Τα όργανα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για καταγραφή θερμοκρασίας και υγρασίας για χρονικά διαστήματα πολλών ωρών. Ωστόσο, για δυναμική καταγραφή όπως αυτή που χρειάστηκε στην παρούσα διπλωματική είναι αναξιόπιστα.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΛΑΤΕΙΑ ΚΟΤΖΙΑ ΣΤΙΣ  
29/09/2012 ΜΕ ΤΟ «FLUKE 971»**

**A) 7.00-8.00**

Σημεία σύμφωνα με τον κάνναβο	Τιμές Θερμοκρασίας	Τιμές Σχετικής Υγρασίας
A1	25.3 °C	48.4%
B1	25.4 °C	48.7%
C1	25.2 °C	47.1%
D1	25.2 °C	46.8%
E1	25.4 °C	49.2%
F1	25.3 °C	48.6%
F2	25.1 °C	46.5%
E2	24.8 °C	48.2%
D2	24.7 °C	49.2%
C2	24.8 °C	52.7%
B2	24.8 °C	48.7%
A2	25.3 °C	48.6%
A3	25.3 °C	48.0%
B3	25.1 °C	47.4%
C3	24.8 °C	48.6%
D3	24.7 °C	48.8%
F4	24.6 °C	49.3%
E4	24.5 °C	50.0%
D4	24.7 °C	49.8%
C4	24.9 °C	47.1%
B4	25.3 °C	43.8%
A4	25.6 °C	44.7%
A5	25.2 °C	44.4%
B5	25.2 °C	44.5%
C5	25.1 °C	45.3%
D5	25.0 °C	44.8%
E5	25.2 °C	44.7%

F5	25.4 °C	44.4%
F6	25.5 °C	44.4%
E6	25.4 °C	43.5%
D6	25.4 °C	43.1%
C6	25.5 °C	43.2%
B6	25.4 °C	44.3%
A6	25.7 °C	44.5%

### B) 14.00-15.00

Σημεία σύμφωνα με τον κάνναβο	Τιμές Θερμοκρασίας	Τιμές Σχετικής Υγρασίας
A1	35.0 °C	26.3%
B1	35.4 °C	25.3%
C1	35.9 °C	24.3%
D1	33.5 °C	25.4%
E1	35.4 °C	24.7%
F1	33.3 °C	25.3%
F2	34.4 °C	24.9%
E2	35.5 °C	23.7%
D2	36.5 °C	23.2%
C2	36.1 °C	22.1%
B2	34.6 °C	24.0%
A2	35.1 °C	23.5%
A3	35.6 °C	23.3%
B3	35.0 °C	23.2%
C3	35.0 °C	23.4%
D3	34.4 °C	23.9%
F4	35.4 °C	23.2%
E4	34.9 °C	23.8%
D4	34.9 °C	24.8%
C4	33.2 °C	25.7%
B4	33.8 °C	24.7%
A4	34.2 °C	24.4%

A5	32.8 °C	25.9%
B5	33.0 °C	26.6%
C5	32.5 °C	26.9%
D5	33.3 °C	25.9%
E5	33.0 °C	26.4%
F5	33.2 °C	26.0%
F6	32.7 °C	25.7%
E6	32.7 °C	26.4%
D6	32.7 °C	27.3%
C6	32.2 °C	27.4%
B6	32.0 °C	27.8%
A6	33.2 °C	27.4%

### Γ) 18.30-19.30

Σημεία σύμφωνα με τον κάνναβο	Τιμές Θερμοκρασίας	Τιμές Σχετικής Υγρασίας
A1	31.9 °C	26.6%
B1	32.1 °C	26.4%
C1	32.1 °C	26.2%
D1	31.8 °C	26.7%
E1	31.8 °C	27.6%
F1	31.5 °C	28.0%
F2	31.3 °C	26.9%
E2	31.8 °C	26.9%
D2	31.4 °C	26.4%
C2	31.9 °C	25.9%
B2	31.7 °C	26.6%
A2	31.5 °C	27.5%
A3	31.6 °C	27.0%
B3	31.6 °C	27.8%
C3	31.3 °C	27.0%
D3	31.4 °C	27.0%
F4	31.4 °C	28.4%



E4	31.2 °C	28.1%
D4	31.1 °C	28.0%
C4	31.1 °C	28.1%
B4	31.1 °C	28.0%
A4	31.2 °C	27.3%
A5	30.7 °C	28.6%
B5	30.9 °C	28.0%
C5	30.8 °C	28.7%
D5	30.5 °C	29.1%
E5	30.6 °C	28.9%
F5	30.6 °C	28.6%
F6	30.4 °C	28.9%
E6	30.5 °C	29.4%
D6	30.3 °C	29.4%
C6	30.3 °C	29.7%
B6	30.5 °C	29.0%
A6	30.7 °C	30.4%

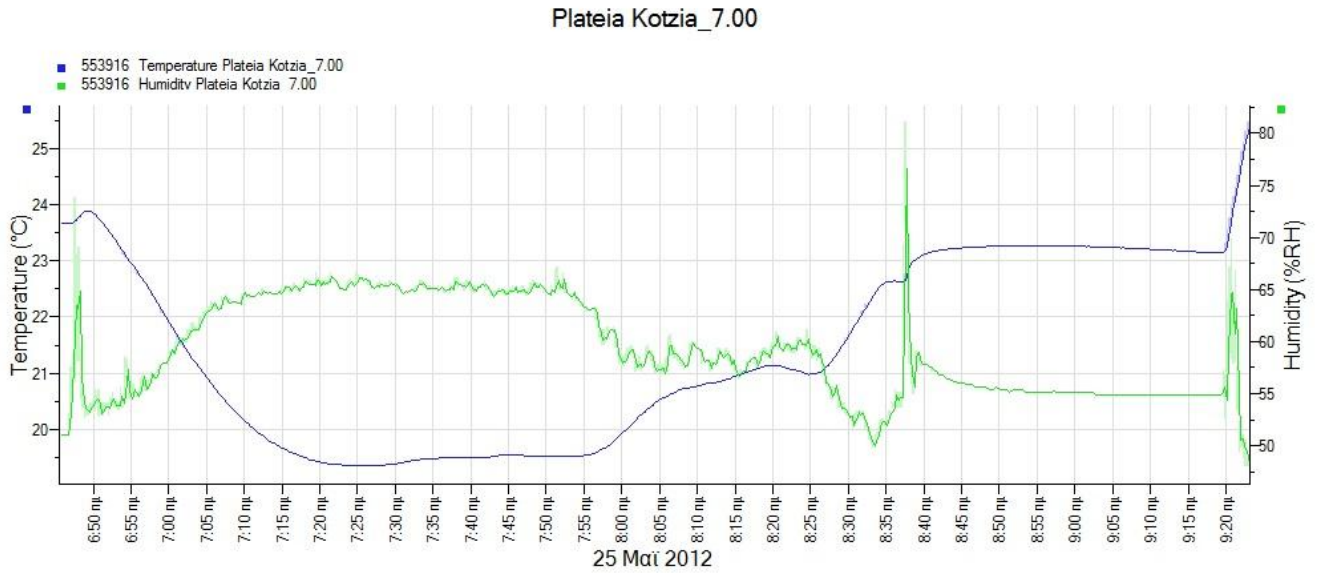
**Δ) 21.00-22.00**

Σημεία σύμφωνα με τον κάνναβο	Τιμές Θερμοκρασίας	Τιμές Σχετικής Υγρασίας
A1	28.6 °C	31.1%
B1	28.9 °C	30.8%
C1	28.9 °C	31.1%
D1	28.9 °C	30.7%
E1	28.8 °C	31.2%
F1	28.7 °C	30.4%
F2	28.6 °C	30.7%
E2	28.5 °C	33.1%
D2	28.7 °C	30.5%
C2	28.6 °C	30.8%
B2	28.7 °C	30.5%
A2	28.8 °C	30.7%

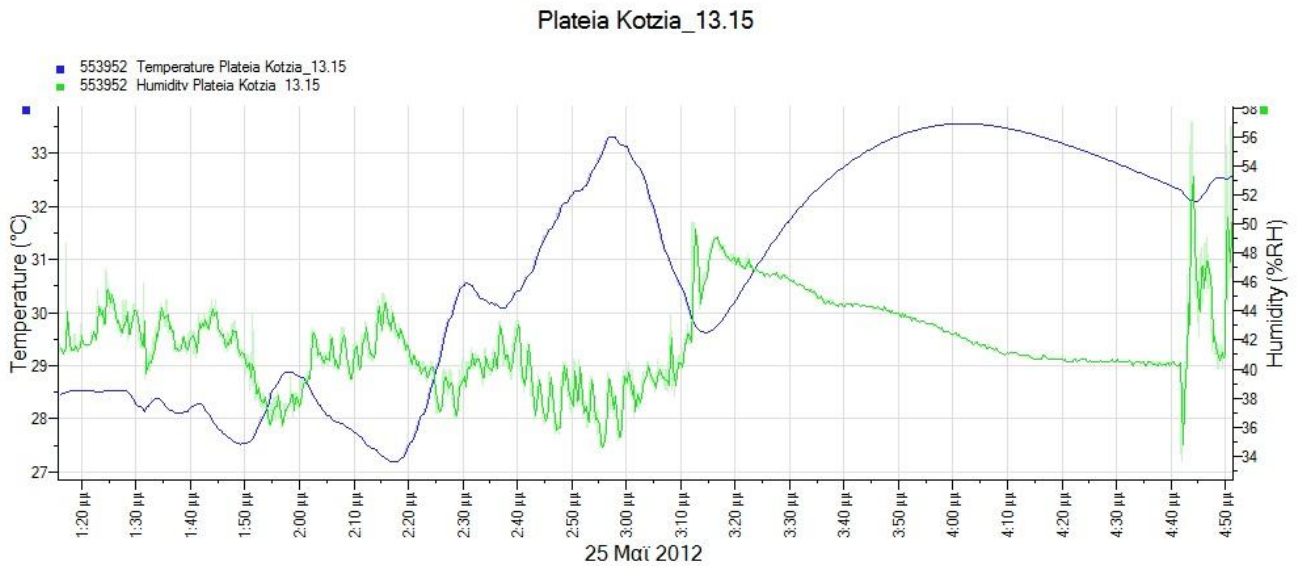
A3	28.5 °C	30.5%
B3	28.4 °C	30.6%
C3	28.4 °C	30.8%
D3	28.5 °C	30.3%
F4	28.2 °C	31.1%
E4	28.0 °C	32.0%
D4	28.3 °C	31.3%
C4	28.2 °C	31.1%
B4	28.4 °C	30.5%
A4	28.5 °C	30.8%
A5	28.0 °C	31.3%
B5	28.0 °C	32.2%
C5	28.0 °C	31.5%
D5	27.9 °C	31.6%
E5	27.6 °C	33.2%
F5	27.8 °C	31.7%
F6	28.1 °C	30.9%
E6	28.1 °C	30.7%
D6	28.0 °C	31.1%
C6	28.1 °C	30.7%
B6	28.0 °C	31.6%
A6	28.1 °C	31.1%

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΠΛΑΤΕΙΕΣ ΜΕ ΟΡΓΑΝΑ ΤΙΝΥΤΑΓ

Πλατεία Κοτζιά (25/05/2012)

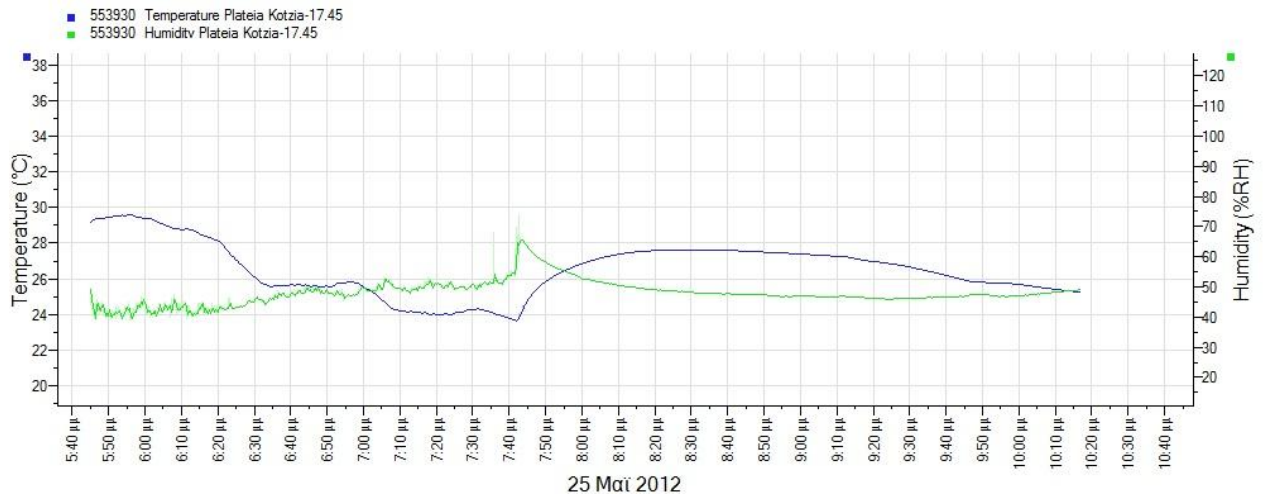


*Πλατεία Κοτζιά-Πρωινή Μέτρηση*



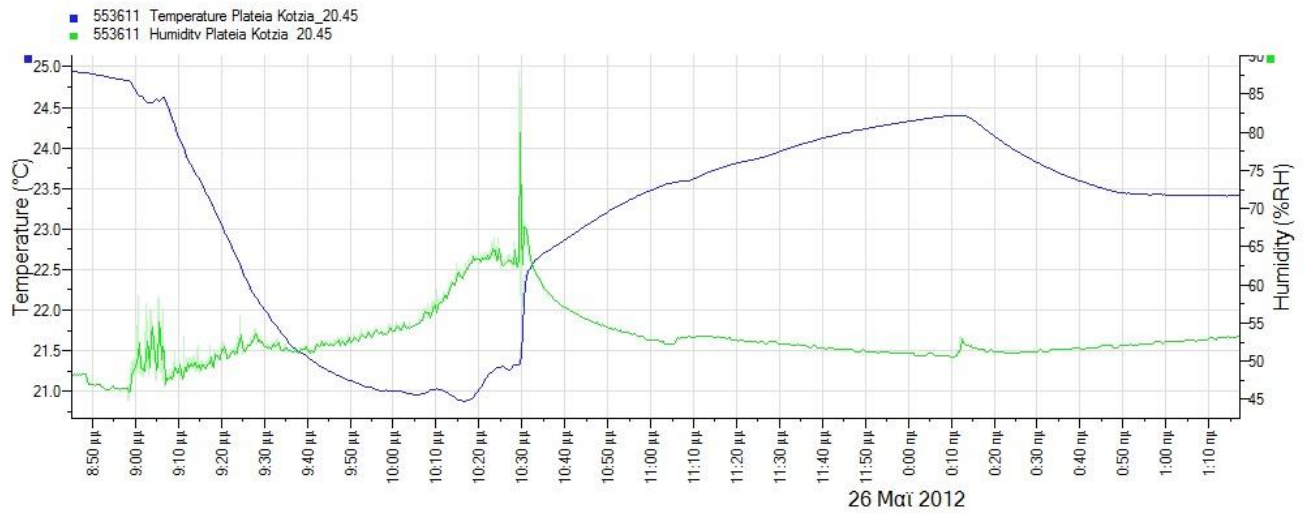
*Πλατεία Κοτζιά-Μεσημεριανή Μέτρηση*

Plateia Kotzia-17.45



Πλατεία Κοτζιά-Απογευματινή Μέτρηση

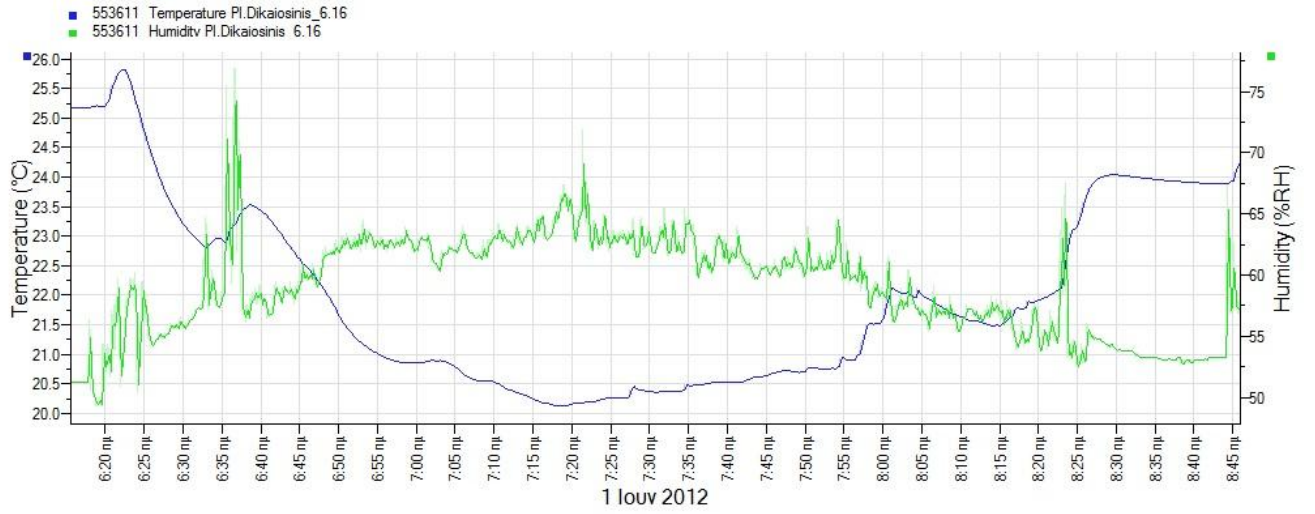
Plateia Kotzia\_20.45



Πλατεία Κοτζιά-Βραδινή Μέτρηση

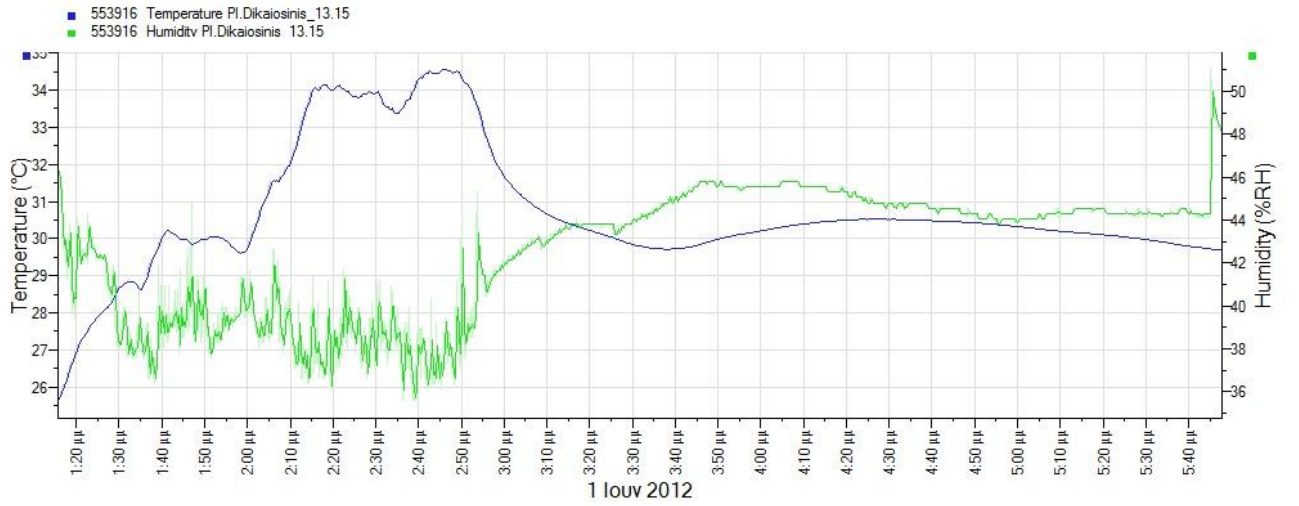
### Πλατεία Δικαιοσύνης (01/06/2012)

Pl.Dikaiosinis\_6.15



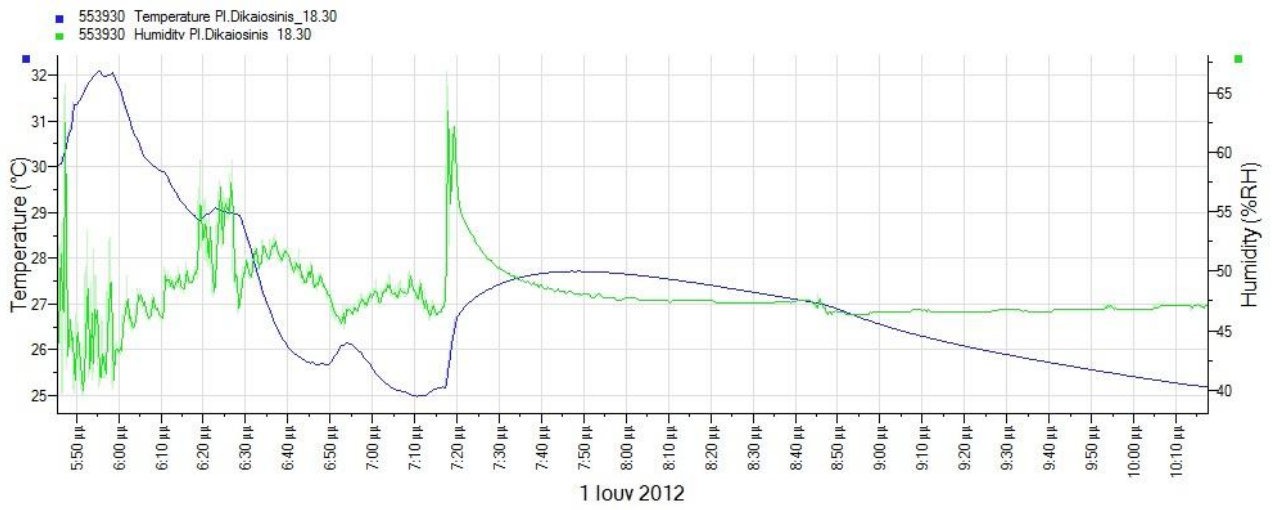
Πλατεία Δικαιοσύνης-Πρωινή Μέτρηση

Pl.Dikaiosinis\_13.15



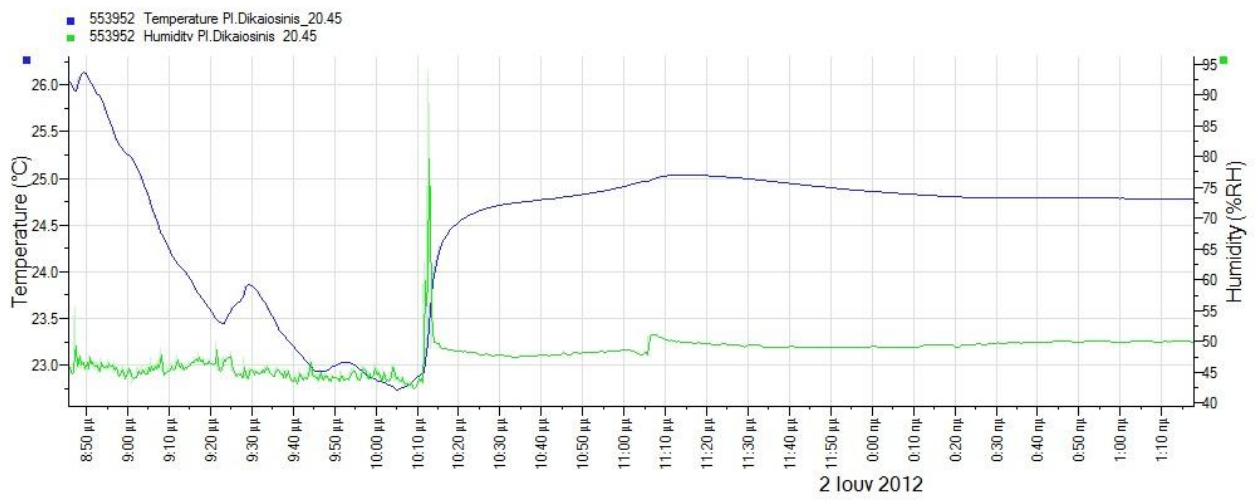
Πλατεία Δικαιοσύνης-Μεσημεριανή Μέτρηση

Pl.Dikaiosinis\_18.30



Πλατεία Δικαιοσύνης-Απογευματινή Μέτρηση

Pl.Dikaiosinis\_20.45



Πλατεία Δικαιοσύνης-Βραδινή Μέτρηση