



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
A.M: 13043

Εισηγητής: Γεώργιος Χλούπης, Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2024



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF LAND SURVEING AND GEOINFORMATICS
ENGINEERING**

DIPLOMA THESIS

**MICROCLIMATE STUDY USING SIMULATION
METHODS**

**NIKOLAOU EKATERINI
A.M: 13043**

**SUPERVISOR:
GEORGE HLOUPIS
Assoc. Professor**

OCTOBER 2024

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ ΜΕ ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
A.M:13043

A/a	Όνοματεπώνυμο	Ιδιότητα	Ψηφιακή Υπογραφή
1	Χλούπης Γεώργιος	Αναπλ.Καθηγητης	
2	Ανδριτσάνος Βασίλειος	Καθηγητης	
3	Παπαντωνίου Παναγιώτης	Επικουρος Καθηγητης	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Νικολάου Αικατερίνη του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 13043 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



Copyright© Νικολάου Αικατερίνη, 2024

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Οι απόψεις και θέσεις που περιέχονται σε αυτήν την εργασία εκφράζουν την συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Επιβλέποντος, της Εξεταστικής Επιτροπής, του Τμήματος Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής ή του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Γ. Χλούπη για τη βοήθεια του στα χρόνια φοίτησης μου στο Πανεπιστήμιο καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να πραγματοποιήσω αυτή τη διπλωματική εργασία για την απόκτηση του πτυχίου μου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω και την κα. Ε. Τούση για όλη της την βοήθεια που μου παρείχε ώστε να πραγματοποιηθεί η διπλωματική εργασία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συνεργάτες μου στο περιβάλλον εργασίας μου για τη βοήθεια αλλά και την ψυχολογική υποστήριξη.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	6
Πίνακας Εικόνων	8
Πίνακας διαγραμμάτων	9
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	10
ABSTRACT	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	14
1.1 Μικροκλίμα	14
1.2 Θερμική άνεση.....	15
1.3 Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET).....	17
1.4 Περιοχή μελέτης	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	22
2.1 Το λογισμικό Envimet	22
2.2 Εισαγωγή δεδομένων	22
2.3 Δημιουργία μοντέλου	26
2.4 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	33
Αποτελέσματα	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	44
Συμπεράσματα	44
Βιβλιογραφία.....	46

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Μικροκλίμα (Πηγή εικόνας: drawing by Aleksander Ludby)	15
Εικόνα 2: Δήμος Ηρακλείου (Πηγή εικόνας : ιστοσελίδα Δήμου Ηρακλείου)	18
Εικόνα 3: Στιγμιότυπο του ΟΤ από τον Google Earth Pro	20
Εικόνα 4: Πηγάδι του Αδριάνειου Υδραγωγείου.....	20
Εικόνα 5: Απόσπασμα ρυμοτομικού σχεδίου για το ΟΤ (Πηγή εικόνας: e-poleodomia)	21
Εικόνα 6: Απόσπασμα ορθοφωτοχάρτη για το ΟΤ (Πηγή εικόνας: ΕΚΧΑ).....	24
Εικόνα 7: Πολύγωνα κτηματολογίου για το ΟΤ (Πηγή εικόνας: ktimatologio.gov)	25
Εικόνα 8:Σκαρίφημα του ΟΤ σε μορφή Bitmap.....	25
Εικόνα 9: Εισαγωγή αρχείου Bitmap στο περιβάλλον Envimet	26
Εικόνα 10: Δημιουργία πεζοδρομίων σε περιβάλλον Envimet.....	27
Εικόνα 11: Τρισδιάστατο μοντέλο του ΟΤ σε περιβάλλον Envimet	28
Εικόνα 12:Κλιματολογικά στοιχεία (Πηγή: Μετεωρολογικός σταθμός Αμαρουσίου)	29
Εικόνα 13: Εισαγωγή κλιματικών στοιχείων σε περιβάλλον Envi-guide	30
Εικόνα 14: Διαδικασία προσομοίωσης σε περιβάλλον Envi-Core	30
Εικόνα 15: Περιβάλλον Leonardo για αξιολόγηση των αποτελεσμάτων	31
Εικόνα 16: Εισαγωγή αποτελεσμάτων του φακέλου atmosphere στο Leonardo	32

Πίνακας διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ- ώρα 8πμ.....	36
Διάγραμμα 2: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ σε άξονες X-Z - ώρα 8πμ	37
Διάγραμμα 3: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ- ώρα 12μμ.....	38
Διάγραμμα 4: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ- ώρα 16μμ.....	39
Διάγραμμα 5: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ- ώρα 8μμ.....	40
Διάγραμμα 6: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ- ώρα 12πμ.....	41
Διάγραμμα 7: Καταγραφή μεταβολών της θερμοκρασίας του αέρα σε διάστημα ωρών 8πμ-8μμ.....	42
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα PET για τις συνθήκες του ΟΤ, ώρα 10πμ	43
Διάγραμμα 9: Διάγραμμα PET για τις συνθήκες του ΟΤ, ώρα 16μμ.....	44
Διάγραμμα 10: Μεταβολή της θερμοκρασίας σε διάστημα ωρών 12πμ-12μμ.....	45
Διάγραμμα 11: Μεταβολή της θερμοκρασίας σε σχέση με την αλλαγή της ταχύτητας του αέρα σε διάστημα ωρών 6πμ-6μμ.....	46

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε με σκοπό την μελέτη του μικροκλίματος με μεθόδους προσομοίωσης σε αστική περιοχή. Θα αναπτυχθεί η έννοια του μικροκλίματος και οι παράγοντες που το επηρεάζουν καθώς είναι και το αντικείμενο της εργασίας αυτής. Επίσης θα μελετηθεί στα αποτελέσματα η θερμική άνεση. Στις αστικές περιοχές όπου υπάρχει μεγαλύτερη ανθρώπινη δραστηριότητα και υπερτερούν οι κτιριακές εγκαταστάσεις έναντι της φύσης, το μικροκλίμα παρουσιάζει αρκετές διαφορές σε σχέση με ευρύτερες περιοχές ή επαρχιακές πόλεις. Η μελέτη γίνεται σε περιοχή της Αθήνας, συγκεκριμένα στο Ηράκλειο. Οι μέθοδοι προσομοίωσης γίνονται μέσω του λογισμικού προγράμματος Envimet όπου δημιουργείται ένα μοντέλο της περιοχής μελέτης με δυνατότητα διαστάσεων και τρισδιάστατης απεικόνισης. Στο μοντέλο αυτό περιλαμβάνονται στοιχεία που καθορίζουν την περιοχή όπως κτίρια, πεζοδρόμια, χώροι πρασίνου καθώς και το είδος του υλικού που έχουν κατασκευαστεί. Έπειτα, καταχωρούνται τα κατάλληλα κλιματικά δεδομένα που αφορούν την περιοχή ώστε να γίνει η προσομοίωση δίνοντας μας στοιχεία για τις κλιματικές συνθήκες ενός εικοσιτετραώρου. Αφού λειτουργήσει η προσομοίωση, μέσω του λογισμικού υπάρχουν εργαλεία για την μελέτη και καταγραφή των αποτελεσμάτων σε διαγράμματα. Μέσω των διαγραμμάτων αυτών μπορούν να συγκριθούν αποτελέσματα για διάφορες ώρες της ημέρας που έχει γίνει η μελέτη κι αφορούν το θερμικό περιβάλλον. Με αλλαγές στο μοντέλο που αφορούν τη βλάστηση, τα υλικά κατασκευής και τις επιφάνειες των κτιρίων μπορούμε να έχουμε αποτελέσματα που φαίνεται πως επηρεάζεται διαφορετικά το μικροκλίμα. Αυτή η μελέτη είναι μια πιλοτική διερεύνηση για διάφορες εφαρμογές που αφορούν τη βελτίωση του μικροκλίματος σε αστικές περιοχές για τη μείωση της θερμικής καταπόνησης και την αύξηση της αστικής βλάστησης.

Λέξεις κλειδιά: Μικροκλίμα, Θερμική άνεση, Θερμοκρασία αέρα

ABSTRACT

The present thesis was carried out in order to study the microclimate with simulation methods in an urban area. The concept of microclimate and the factors affecting it will be developed as it is the subject of this thesis. Also thermal comfort will be studied in the results. In urban areas where there is more human activity and where buildings predominate over nature, the microclimate shows several differences compared to wider areas or rural towns. The study is carried out in an area of Athens, specifically in Heraklion. The simulation methods are carried out through the software program Envimet where a model of the study area is created with the possibility of 2D and 3D visualization. This model includes elements that define the area such as buildings, pavements, green spaces and the type of material constructed. Then, the appropriate climatic data pertaining to the area is entered to run the simulation giving us data on the climatic conditions of a twenty-four hour period. Once the simulation is running, the software provides tools to study and record the results in diagrams. Through these diagrams, results can be compared for different times of the day when the study has been carried out and concerning the thermal environment. With changes to the model involving vegetation, construction materials and building surfaces we can obtain results that show how the microclimate is affected differently. This study is a pilot investigation for various applications involving improving the microclimate in urban areas to reduce thermal stress and increase urban vegetation.

Key words: microclimate, thermal comfort, Air Temperature

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στις αστικές περιοχές, κατά τα έτη παρατηρείται όλο και πιο έντονα η αύξηση του πληθυσμού συνεπώς και των κτιριακών εγκαταστάσεων. Η υπερθέρμανση του πλανήτη συνδέεται με σημαντικές κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές προκλήσεις που επηρεάζουν την ποιότητα ζωής στις πόλεις και τις αστικές περιοχές. Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την προστασία του περιβάλλοντος και για τον μετριασμό των προκλήσεων αυτών. Τα Ηνωμένα Έθνη έχουν θεσπίσει τους «Στόχους βιώσιμης ανάπτυξης» (SDGs, 2015), υπογραμμίζοντας την ανάγκη για επείγοντα μέτρα. Επικεντρώνεται στη δράση για το κλίμα, ως προσπάθεια καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής. Σύμφωνα με τον ΣΒΑ 13, οι πολιτικές αστικού σχεδιασμού προσπαθούν να ενσωματώσουν βιώσιμες παρεμβάσεις σε διάφορες κλίμακες. Οι προσπάθειες για την επίτευξη των ΣΒΑ επιδιώκονται ενεργά στην περιοχή της Μεσογείου, η οποία αντιμετωπίζει μοναδικές περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές προκλήσεις. Μεταξύ αυτών των προκλήσεων, οι παρατεταμένοι καύσωνες λειτουργούν ως μείζονες περιβαλλοντικοί στρεσογόνοι παράγοντες, με εκτεταμένες επιπτώσεις στην κοινωνία, την οικονομία, το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η πλειονότητα των μεσογειακών καυσώνων καταγράφηκε κατά την πρώτη δεκαετία του 21^{ου} αιώνα.

Η αστικοποίηση στην περιοχή της Μεσογείου διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην κλιματική αλλαγή και την κατανάλωση ενέργειας, καθώς συνδέεται με το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (UHI). Αυτό οδηγεί σε υψηλότερο ενεργειακό κόστος, πιθανές διακοπές ρεύματος και διαταραχή της καθημερινής ζωής και των οικονομικών δραστηριοτήτων. Η εργασία σε εξωτερικούς χώρους γίνεται πιο δύσκολη, οι υπαίθριες δραστηριότητες αναψυχής μπορεί να περιοριστούν και οι βιομηχανίες που σχετίζονται με τον τουρισμό μπορεί να υποφέρουν λόγω μειωμένου αριθμού επισκεπτών και ακυρώσεων. Για την ενίσχυση της αστικής ανθεκτικότητας, οι επίσημες πολιτικές χρησιμοποιούν διάφορες στρατηγικές. Από αυτή την άποψη, ο σχεδιασμός του τοπίου αποτελεί βασικό εργαλείο για την καταπολέμηση των κυμάτων καύσωνα και τη διαμόρφωση βιώσιμων, ανθεκτικών και βιώσιμων πόλεων. Προς αυτή την κατεύθυνση, σχετικές μελέτες υπογραμμίζουν τη σημασία του οικοδομικού τετραγώνου της πόλης ως κρίσιμου παράγοντα, όσον αφορά τον βιώσιμο αστικό σχεδιασμό. Ο αειφόρος – οικολογικός σχεδιασμός αντλεί στοιχεία από τις αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού και αντιμετωπίζει τον ελεύθερο χώρο, τα κτίρια τα οικιστικά σύνολα ως μια ενότητα αλληλοεξαρτώμενη που σχετίζεται άμεσα, επηρεάζει και επηρεάζεται από το κλίμα του τόπου. Στα πλαίσια αυτού σχεδιασμού που εντάσσονται οι αρχές της αειφόρου

ανάπτυξης και της προστασίας του περιβάλλοντος οφείλουμε να εξασφαλίσουμε την τήρηση βασικών αρχών όπως την προστασία και διατήρηση των τοπικών οικοσυστημάτων και τη συνετή διαχείριση των φυσικών πόρων (νερό –έδαφος).

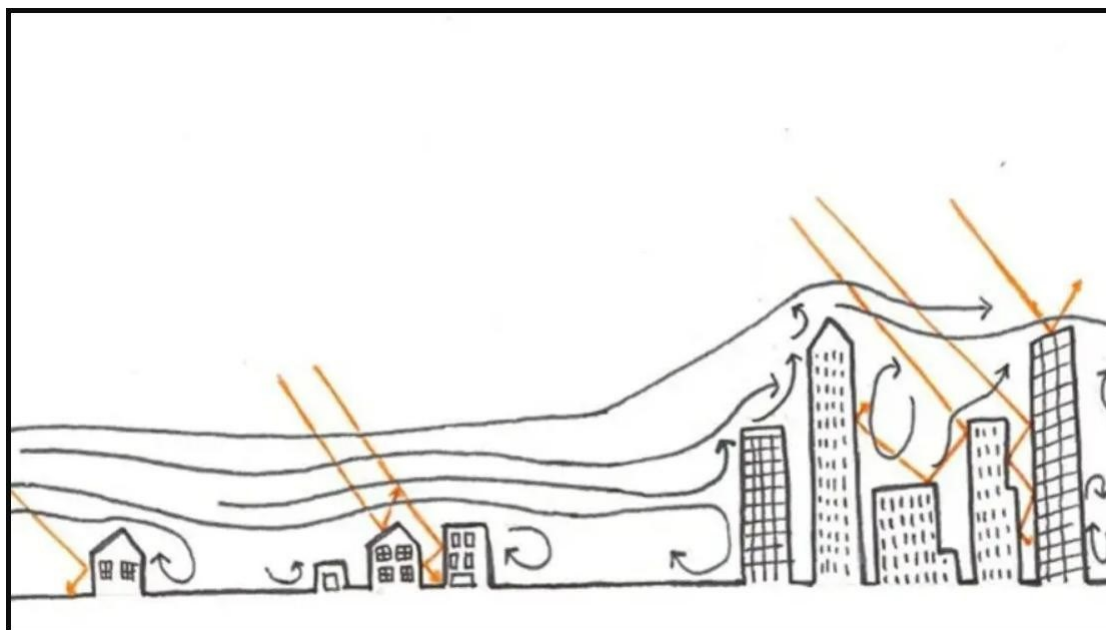
Αειφόρος ανάπτυξη είναι η ανάπτυξη εκείνη, η οποία ικανοποιεί τις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύει την ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες". Η αειφορία είναι εναλλακτικός τρόπος ζωής επιδιώκει την επιστροφή και την αρμονική επανένταξη του ανθρώπου στο περιβάλλον που τον δημιούργησε και την αναζήτηση καθαρών τεχνολογικά λύσεων για βιώσιμες πόλεις. (Μ.Βουτυράκης,2008) Οι βασικές αρχές του βιοκλιματικού σχεδιασμού είναι αυτές του ηλιασμού και αντίστοιχα της ηλιοπροστασίας, του αερισμού και της ανεμοπροστασίας, του δροσισμού και των στοιχείων νερού και πρασίνου. Κατά τη χειμερινή περίοδο, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των θερμικών απωλειών λόγω απωλειών κελύφους, αερισμού και αγωγιμότητας, επιτρέποντας μόνο τον απαραίτητο αερισμό για λόγους υγιεινής, και στην μέγιστη εκμετάλλευση του θερμικού κέρδους από την ηλιακή ακτινοβολία, μειώνοντας έτσι στο ελάχιστο την καταναλισκόμενη ενέργεια για θέρμανση. Αντίστοιχα, στη θερινή περίοδο ο βιοκλιματικός σχεδιασμός επιτάσσει την ελαχιστοποίηση της θερμικής προσόδου από την ηλιακή ακτινοβολία, την βελτιστοποίηση των διαφόρων μεθόδων φυσικού δροσισμού, με στόχο την ελαχιστοποίηση της απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη. (Ε.Τριτοπούλου, 2011) Ωστόσο, υπάρχουν εμφανείς αποκλίσεις στην κατανομή των χώρων πρασίνου σε πολλές πόλεις ανά τον κόσμο, που συχνά συσχετίζονται με κοινωνικοοικονομικές ανισότητες. Οι πλουσιότερες γειτονιές τείνουν να διαθέτουν περισσότερους χώρους πρασίνου, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε ανισότητες στην υγεία σε υποβαθμισμένες περιοχές. Σε μια προσπάθεια μελέτης αυτών των φαινομένων, έχει επιλεγεί για αυτήν την εργασία στη πόλη Αθήνα, ένα οικοδομικό τετράγωνο στην περιοχή του Ηρακλείου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Μικροκλίμα

Στον τίτλο της συγκεκριμένης εργασίας αναφέρεται ο όρος «μικροκλίμα» όπου είναι και το αντικείμενο της εργασίας. Με τον όρο αυτό, αναφερόμαστε σε ένα τοπικό σύνολο ατμοσφαιρικών συνθηκών που διαφέρουν από εκείνες των γύρω περιοχών, με μικρή διαφορά, αλλά μερικές φορές πιο ουσιαστική. Ο όρος πρωτοεμφανίστηκε την δεκαετία του 1950 σε δημοσιεύματα όπως *Climates in Miniature* (Τόμας Μπέντφορντ Φράνκλιν 1956). Το κλίμα είναι στατιστικό, δηλαδή αφορά την χωρική και χρονική μεταβολή των μέσων τιμών των περιγραφόμενων παραμέτρων εντός μιας περιοχής. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το μικροκλίμα είναι οι παράμετροι που επηρεάζουν την θερμική κατάσταση του περιβάλλοντος. Τέτοιες παράμετροι είναι η θερμοκρασία του αέρα, η υγρασία του αέρα, η ταχύτητα κίνησης του αέρα, η θερμική ακτινοβολία (συνάρτηση της θερμοκρασίας του χώρου και των αντικειμένων του περιβάλλοντος) και η βροχόπτωση. (Wikipedia) Ωστόσο, ο τύπος εδάφους επηρεάζει το κλίμα. Κατά την ανάλυση του μικροκλίματος συνήθως μετρούμε αυτές τις παραμέτρους ξεχωριστά. Επίσης, παράγοντες που το επηρεάζουν είναι η κλίση του κτιρίου δηλαδή αν κλίνει στο Βόρειο ή Νότιο ημισφαίριο εκτίθεται αμεσότερα στο φως του ήλιου από ότι απέναντι από τις κλίσεις, την τοπογραφία, τις οροσειρές, τους τοπικούς ανέμους, την καταστροφή των δασών και την επέκταση των αστικών περιοχών. Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι το Μικρόκλιμα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως ο πολεοδομικός σχεδιασμός, η αρχιτεκτονική των κτηρίων και των κοινόχρηστων υπαίθριων χώρων όπως και οι ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες που συμβάλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας καθώς και στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι παράγοντες αυτοί συντείνουν ώστε να παρουσιάζονται ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες σε μια περιοχή σε σχέση με τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής (Γιάννας, Βιοκλιματικά κριτήρια).

Σε μια περιοχή μπορεί να εμφανίζονται διάφορα μικροκλιματικά φαινόμενα, όπως η θερμική νησίδα (Urban Heat Island) και η οδική χαράδρα (Urban Street Canyon). Ως “Θερμική νησίδα” ορίζεται η ύπαρξη υψηλότερων θερμοκρασιών στις πυκνοδομημένες περιοχές σε σχέση με τον υπόλοιπο χώρο και τα περίχωρα του. Με τον όρο “Οδική χαράδρα” περιγράφεται ένας δρόμος με υψηλή πυκνότητα οδικής κυκλοφορίας και με χαρακτηριστικά τέτοια, ώστε να περιορίζεται η διάχυση των ρύπων από την παρουσία κτηρίων (Γεωργιάδου, 2010, Σάσσαλου, 2008).



Εικόνα 1: Μικροκλίμα (Πηγή εικόνας: drawing by Aleksander Ludby)

1.2 Θερμική άνεση

Ο προσδιορισμός των συνθηκών θερμικής άνεσης του ανθρώπου σε εξωτερικούς χώρους αποτελεί σημαντικό παράγοντα για να ποσοτικοποιηθεί η αντιληπτή ποιότητα του αστικού μικροκλίματος. Αν ληφθεί υπ' όψη από το αρχικό στάδιο του σχεδιασμού, μπορεί να οδηγήσει σε μια πιο ολιστική άποψη της βιώσιμης αστικής ανάπτυξης. Ως συνθήκες θερμικής άνεσης ορίζεται η κατάσταση του νου που εκφράζει την ικανοποίηση του για το θερμικό περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται. Η αξιολόγηση της θερμικής άνεσης ήταν υπό ανάπτυξη από τον εικοστό αιώνα, όταν και αναπτύχθηκαν τα πρώτα απλοποιημένα μοντέλα τα οποία στηρίζονται στην αλληλεπίδραση δυο μετεωρολογικών μεταβλητών. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1930 αναπτύχθηκε το «μοντέλο δυο κόμβων» το οποίο για πρώτη φορά εφαρμόζει τις αρχές της θερμοδυναμικής στις ενεργειακές ανταλλαγές μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του θερμικού περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται. Αυτές οι αρχές αναπτύχθηκαν περαιτέρω από τον Givoni ο οποίος ανέπτυξε τον δείκτη του θερμικού στρες (Index of Thermal Stress) το 1963 και από τον Fanger ο οποίος το 1970 ανέπτυξε τον δείκτη μέσης προβλεπόμενης τιμής ψηφοφορίας (Predicted Mean Vote) ο οποίος αποτελεί έναν ευρέως αναγνωρίσιμο δείκτη για την ποσοτικοποίηση εσωτερικών συνθηκών θερμικής άνεσης. Τέλος, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980 η ανάπτυξη επαρκούς γνώσης πάνω στη φυσική της ανταλλαγής θερμότητας καθώς και με τη συμβολή της χρήσης προσωπικών υπολογιστών, επέτρεψε την

βελτίωση στην έρευνα του θερμικού περιβάλλοντος. (Καλογερόπουλος, 2018)

Τα διάφορα μοντέλα τα οποία υπάρχουν κι έχουν ως στόχο την ποσοτικοποίηση των συνθηκών θερμικής άνεσης, μπορούν να διαιρεθούν σε μοντέλα που ισχύουν για εσωτερικούς χώρους και σε μοντέλα που ισχύουν για εξωτερικούς χώρους. Ο προσδιορισμός συνθηκών θερμικής άνεσης σε εσωτερικούς χώρους έχει ήδη μελετηθεί κατά τη διάρκεια προηγούμενων δεκαετιών και ο ποσοτικός προσδιορισμός του έχει καθιερωθεί λόγω των σχετικά σταθερών συνθηκών που επικρατούν στο εσωτερικό περιβάλλον (θερμοκρασία, υγρασία, κα) αλλά και της ικανότητας να ελεγχθεί μηχανικά σύμφωνα με τις απαιτήσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας. Αντιθέτως, ο προσδιορισμός των συνθηκών της θερμικής άνεσης όσον αφορά τους εξωτερικούς χώρους εξακολουθεί να είναι μια πρόκληση διότι επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την ταχεία διακύμανση του περιβάλλοντος, ιδίως όσον αφορά την ηλιακή ακτινοβολία και την ταχύτητα του ανέμου, και από την διάρκεια της έκθεσης στο περιβάλλον η οποία μπορεί να ποικίλει από μερικά λεπτά έως και μερικές ώρες. Η μεταβλητότητα του χρόνου έκθεσης στο εξωτερικό περιβάλλον επηρεάζει την ικανότητα του ανθρώπου να εγκλιματιστεί και τονίζει την ανάπτυξη μοντέλων μη σταθερής κατάστασης για τον προσδιορισμό εξωτερικών συνθηκών άνεσης. Στο εξωτερικό περιβάλλον οι άνθρωποι εκτελούν διάφορες δραστηριότητες και κάθε πεζός έχει διαφορετική θερμική ιστορία μνήμη και προσδοκίες. Η θερμική ιστορία ενός ατόμου ενσωματώνει τις επιπτώσεις του προηγούμενου περιβάλλοντος στο οποίο βρισκόταν καθώς και της προηγούμενης δραστηριότητας την οποία εκτελούσε στην θερμική αντίληψη του. Μια μελέτη πεδίου που πραγματοποιήθηκε σε 24 άτομα έδειξε ότι η θερμική αίσθηση των ανθρώπων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στις διακυμάνσεις του μεταβολικού ρυθμού. Για κάθε τροποποίηση της μεταβολικής δραστηριότητας ή των περιβαλλοντικών συνθηκών, το ανθρώπινο σώμα τείνει να προσαρμοστεί ανάλογα με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- **Φυσική προσαρμογή:** φυσικές αλλαγές που κάνει ένα άτομο, όπως κατανάλωση ενέργειας (αλλαγή ρούχων, κατανάλωση υγρών) ή δραστηριότητες που επηρεάζουν την μεταβολική παραγωγή θερμότητας ή εκτέλεση ενεργειών αντίδρασης (πχ. Προστασία από τον ήλιο).
- **Φυσιολογική προσαρμογή:** μεταβολή φυσιολογικών αντιδράσεων σε ορισμένα ερεθίσματα. Σχετίζεται με την επαναλαμβανόμενη έκθεση σε ένα συγκεκριμένο θερμικό περιβάλλον.
Ψυχολογική προσαρμογή: φυσικότητα του κλίματος, εμπειρία, χρόνος έκθεσης αντιλαμβανόμενος χώρος (δηλαδή, ο λόγος που επισκέπτεται ένα άτομο ένα συγκεκριμένο χώρο) και περιβαλλοντικά ερεθίσματα.

Σύμφωνα με την φυσιολογική προσέγγιση, οι άνθρωποι αισθάνονται θερμικά άνετα αν το σώμα τους είναι σε ισορροπία ροής θερμότητας (θερμοκρασία πυρήνα σώματος μεταξύ 36,5 και 37,5 °C), το ποσοστό εφίδρωσης είναι εντός των ορίων άνεσης και η θερμοκρασία του δέρματος είναι ίση με 30 °C στα άκρα και 34-35 °C στον κορμό και στο κεφάλι. Αυτές οι φυσικές μεταβλητές σχετίζονται με τις ακόλουθες παραμέτρους:

- **Θερμοκρασία αέρα (°C):** μέση θερμοκρασία αέρα που περιβάλλει το ανθρώπινο σώμα.
 - **Ταχύτητα αέρα (m/s):** η ταχύτητα αέρα γύρω από το ανθρώπινο σώμα.
 - **Σχετική υγρασία (%):** η αναλογία μεταξύ της μερικής πίεσης των υδρατμών που βρίσκονται στον αέρα με την πίεση κορεσμού. Από την σχετική υγρασία προκύπτουν η απόλυτη υγρασία και η πίεση ατμών.
 - **Ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος (W/m²):** η ακτινοβολία που λαμβάνει ο πεζός από τον ήλιο, ή που αντανακλάται από το δομημένο περιβάλλον.
 - **Ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (W/m²):** η θερμική ακτινοβολία που ανταλλάσσεται μεταξύ πεζού και περιβάλλοντος.
 - **Ανθρώπινη δραστηριότητα (met ή W/m²):** συντελεστής μετατροπής της χημικής ενέργειας σε θερμότητα και μηχανικό έργο.
 - **Επίπεδο ένδυσης (clo):** αντίσταση στην αισθητή μεταφορά θερμότητας που παρέχεται από τα ρούχα.
- (Καλογερόπουλος, 2018)

1.3 Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET)

Η Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET) είναι ένας δείκτης θερμικής άνεσης που βασίζεται σε ένα προγνωστικό μοντέλο του ανθρώπινου ενεργειακού ισοζυγίου, το οποίο υπολογίζει τη θερμοκρασία του δέρματος, τη θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος, τον ρυθμό εφίδρωσης και, ως βοηθητική μεταβλητή, τη θερμοκρασία του ρουχισμού. Βασίζεται γενικά στο μοντέλο 2 κόμβων που προτάθηκε από τους Gagge et al. (1971) και συντάχθηκε και επεκτάθηκε από τον Höppe (1984) στο μοντέλο ενεργειακού ισοζυγίου του Μονάχου για άτομα (MEMI). Το βασικό μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο σε μια ενστατική όσο και σε μια στατική προσέγγιση, αλλά για το PET χρησιμοποιείται μόνο η στατική λύση των σωματικών παραμέτρων. (Envi- met. Info)

1.4 Περιοχή μελέτης

Για την διεξαγωγή της μελέτης επιλέχθηκε η περιοχή του Δήμου Ηρακλείου στην Αθήνα. Το Ηράκλειο είναι μια αστική περιοχή και δήμος του πολεοδομικού συγκροτήματος των Αθηνών στο βόρειο τομέα. Περιβάλλεται από τους δήμους Αμαρουσίου, Μεταμόρφωσης, Λυκόβρυσης-Πεύκης και Νέας Ιωνίας. Έχει έκταση 4,6 τετραγωνικά χιλιόμετρα (km²), υψόμετρο 150 μέτρα (m) και ο πληθυσμός του υπολογίζεται στους 50.494 κατοίκους (απογραφή 2021). Το Ηράκλειο έγινε κοινότητα το 1926 αλλά αποσπάσθηκε από τον Δήμο Αθηναίων και το 1948 αναβαπτίσθηκε σε δήμο. Το οικοδομικό τετράγωνο όπου θα γίνει η μελέτη βρίσκεται σε θέση όπου η ευρύτερη περιοχή αποκαλείται Παλαιό ή Άνω Ηράκλειο. Είναι η βόρεια πλευρά του Ηρακλείου όπου στα παλαιότερα χρόνια είχε εγκατασταθεί ο βασιλιάς Όθωνας και ήταν η περιοχή γύρω από τον Πράσινο λόφο. Λέγεται πως το Ηράκλειο εκείνη την εποχή επιλέχθηκε από τον βασιλιά με την μέθοδο «του νωπού κρέατος». Οι αυλικοί του Όθωνα μετά από διαταγή του, έσφαξαν αρνιά και τα άφησαν σε διάφορα σημεία της Αττικής. Εκεί που τα αρνιά θα σάπιζαν αργότερα θεωρούσαν ότι είχε λιγότερη υγρασία και καλύτερο κλίμα. Πράγματι τα αρνιά σάπισαν αργότερα στο Ηράκλειο και έτσι επέλεξαν την περιοχή. (Αναφορά στην ιστοσελίδα του Δήμου Ηρακλείου)



Εικόνα 2: Δήμος Ηρακλείου (Πηγή εικόνας : ιστοσελίδα Δήμου Ηρακλείου)

Το οικοδομικό τετράγωνο που έγινε η μελέτη έχει τον αριθμό ΟΤ 435, βάσει των πολεοδομικών σχεδίων. Η επιλογή για το συγκεκριμένο οικοδομικό τετράγωνο έγινε για τον λόγο ότι διαθέτει πυκνότητα κτιρίων στο ίδιο και στα γύρω οικοδομικά

τετράγωνα, αλλά και για το λόγο ότι διαθέτει ένα μικρό χώρο πρασίνου. Σε αυτό το σημείο, να αναφερθεί ότι μέσα στο χώρο πρασίνου υπάρχει ένα πηγάδι το οποίο θεωρείται μνημειώδες στοιχείο. Ανήκει στο Αδριάνειο υδραγωγείο το οποίο είναι μια υπόγεια σήραγγα μήκους 25 περίπου χιλιομέτρων που ξεκινάει από τους πρόποδες της Πάρνηθας και καταλήγει στην πλατεία Δεξαμενής στο Λυκαβηττό. Είναι μια υπόγεια κατασκευή που διέρχεται από τους δήμους Αχαρνών, Κηφισιάς, Μεταμόρφωσης, Ηρακλείου, Αμαρουσίου, Χαλανδρίου, Ψυχικού και Αθηναίων. Το έργο πραγματοποιήθηκε στα χρόνια 134-140 μ.Χ. επί αυτοκράτορος Αδριανού. Τα τελευταία δυο χρόνια έχει γίνει προσπάθεια αξιοποίησης του Αδριάνειου υδραγωγείου τόσο ως μνημείο όσο και ως υδάτινος πόρος σε συνεργασία με την ΕΥΔΑΠ, την Περιφέρεια Αττικής, το Πράσινο ταμείο και τους λεγόμενους «Αδριάνειους δήμους». Πέραν των προφανών στόχων που αφορούν την προστασία του ως μνημείου και την αξιοποίηση του νερού για τοπικές ανάγκες ύδρευσης, υπάρχει και ο στόχος της ανάπλασης της ζώνης που διανύει το Αδριάνειο Υδραγωγείο για τη δημιουργία χώρων περιπάτου, αναψυχής και πολιτισμού που επιπλέον θα επιφέρουν μείωση της μέσης θερμοκρασίας στην πόλη. (Wikipedia, εφημερίδα του Δήμου Ηρακλείου)

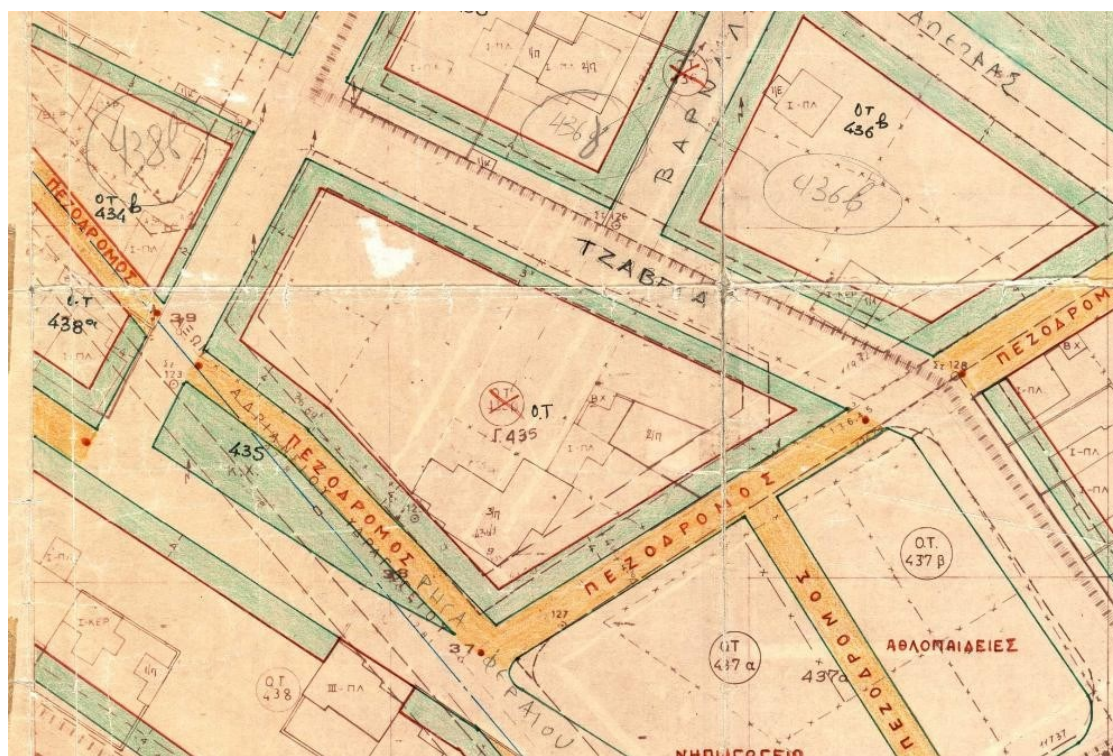


Εικόνα 3: Στιγμιότυπο του ΟΤ από τον Google Earth Pro



Εικόνα 4: Πηγάδι του Αδριάνειου Υδραγωγείου

Στη συνέχεια, για να μελετηθεί σωστά το οικοδομικό τετράγωνο και να υπάρχουν σωστά στοιχεία όπου θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία του μοντέλου, τα οποία θα αναφερθούν παρακάτω λεπτομερώς, χρειάστηκε μια ενημέρωση για τα πολεοδομικά και κτηματολογικά στοιχεία. Όπως φαίνεται στο ρυμοτομικό απόσπασμα, γύρω από το οικοδομικό τετράγωνο υπάρχουν δρόμοι που έχουν χαρακτηριστεί ως πεζόδρομοι. Αυτό αναφέρεται διότι οι περισσότεροι πεζόδρομοι έχουν συγκεκριμένη πλακόστρωση, το οποίο έχει σημασία για τη μελέτη μας. Στην παρούσα κατάσταση το οικοδομικό τετράγωνο περιβάλλεται από άσφαλτο. Τα κτίρια που εμπεριέχει είναι κυρίως πολυκατοικίες διαφόρων υψών. Όσον αφορά τον χώρο πρασίνου, όπως φαίνεται ανήκει σε ένα ξεχωριστό οικοδομικό τετράγωνο κι έχει χαρακτηριστεί ως κοινόχρηστος χώρος (ΚΧ). Τα δέντρα που κυριαρχούν είναι κυρίως πεύκα και στη μια πλευρά του οικοδομικού τετραγώνου, επί του πεζοδρομίου υπάρχουν ελιές. Ωστόσο, ένα μικρό κομμάτι του κυρίως οικοδομικού τετραγώνου έχει φυστικές.



Εικόνα 5: Απόσπασμα ρυμοτομικού σχεδίου για το ΟΤ (Πηγή εικόνας: e-poleodomia)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Το λογισμικό Envimet

Το ENVI-met είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο λογισμικού μικροκλίμακας για την προσομοίωση πολύπλοκων αστικών περιβαλλόντων που βασίζεται στους θεμελιώδεις νόμους της ρευστομηχανικής (πεδίο ανέμου), της θερμοδυναμικής (υπολογισμοί θερμοκρασίας) και της γενικής ατμοσφαιρικής φυσικής (για παράδειγμα, πρόβλεψη αναταράξεων). Σε αντίθεση με τα μοντέλα που επικεντρώνονται σε μεμονωμένες πτυχές, όπως η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ή οι ροές ανέμου και οι αναταράξεις, το ENVI-met είναι το πρώτο λογισμικό του είδους του που προσομοιώνει όλες τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των επιφανειών του κτιρίου και του εδάφους, των φυτών και του ατμοσφαιρικού αέρα. Τυπικοί τομείς εφαρμογής είναι η αρχιτεκτονική, η αρχιτεκτονική τοπίου και ο πολεοδομικός σχεδιασμός. Το μοντέλο λογισμικού αναπτύσσεται συνεχώς από το 1994 από τον Γερμανό γεωγράφο και κλιματολόγο Michael Bruse. (Envi-met, Wikipedia)

Το κλίμα στις αστικές περιοχές διαφέρει από εκείνο στις γειτονικές αγροτικές περιοχές, ως αποτέλεσμα της αστικής ανάπτυξης. Η αστικοποίηση αλλάζει σε μεγάλο βαθμό τη μορφή του τοπίου και προκαλεί επίσης αλλαγές στον αέρα μιας περιοχής. Η μελέτη του αστικού κλίματος είναι η αστική κλιματολογία. Το 1950 ο Åke Sundborg δημοσίευσε μια από τις πρώτες θεωρίες για το κλίμα των πόλεων. Στην επιδίωξη της επικείμενης αλλαγής των πηγών ενέργειας, ο καθοριστικός ρόλος των φυσικών στοιχείων εντός του αστικού περιβάλλοντος δεν μπορεί να υπερεκτιμηθεί. Αυτό συνεπάγεται την αξιοποίηση των δυνατοτήτων που παρουσιάζονται από την ηλιακή ακτινοβολία, τα πρότυπα του ανέμου, καθώς και τις θερμικές ικανότητες που ενυπάρχουν στο έδαφος και το νερό. Επιπλέον, περιλαμβάνει την αξιοποίηση της επιρροής των καιρικών συνθηκών, των εποχιακών διακυμάνσεων και της παρουσίας χώρων πρασίνου.

2.2 Εισαγωγή δεδομένων

Για την επίτευξη της προσομοίωσης στο λογισμικό πρόγραμμα Envimet χρειάζεται να μελετηθούν κάποια στοιχεία ως προς την περιοχή μελέτης. Όπως προαναφέρθηκε, συγκεντρώθηκαν κάποια πολεοδομικά και κτηματολογικά στοιχεία. Για να δημιουργηθεί το μοντέλο ψηφιακά, είναι προϋπόθεση να αρχικά να δημιουργήσουμε ένα σκαρίφημα του οικοδομικού τετραγώνου, το οποίο όμως θα φέρει τις πραγματικές διαστάσεις και ύψη κτιρίων όσο περισσότερο είναι εφικτό. Για

την παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκε ένα απόσπασμα ορθοφωτοχάρτη από την ιστοσελίδα του κτηματολογίου (ΕΚΧΑ) το οποίο εισήχθη σε ένα σχεδιαστικό πρόγραμμα Gstar (GGCAD). Επίσης μέσω της ιστοσελίδας του κτηματολογίου, μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για τις συντεταγμένες του οικοδομικού τετραγώνου και σε σχεδιαστικό πρόγραμμα να δημιουργήσουμε το πολύγωνο με τις πραγματικές διαστάσεις. Υπάρχει μια συγκεκριμένη διαδικασία για να μεταφέρουμε τις συντεταγμένες στο σχεδιαστικό πρόγραμμα μέσω κάποιων εντολών όπου μεταφέρονται ως σημεία (Points) τα οποία μετά ενώνουμε με προσοχή με μια ενιαία γραμμή (Polyline) και δημιουργούμε το πολύγωνο. Αφού έγιναν αυτές οι διαδικασίες, με τη βοήθεια του πολυγώνου στο σχεδιαστικό πρόγραμμα, μπορούμε να μετατρέψουμε το απόσπασμα του ορθοφωτοχάρτη στη σωστή κλίμακα ώστε να σχεδιάσουμε το οικοδομικό τετράγωνο και τα κτίρια που περιλαμβάνει φέρνοντας το σκαρίφημα επάνω στο απόσπασμα. Τελειώνοντας το σκαρίφημα, κάτι που χρειάζεται προσοχή για την καλύτερη 3D σχεδίαση, είναι να έχουμε αλλάξει τον προσανατολισμό του σκαριφήματος. Το πολύγωνο του κτηματολογίου αλλά και το απόσπασμα του ορθοφωτοχάρτη είναι προσανατολισμένα ως προς το βορρά οπότε για να αλλάξουμε τη γωνία του σκαριφήματος ως προς τους άξονες Χ,Υ έχουμε δυο τρόπους:

- **Σχεδιαστικό πρόγραμμα:** έχοντας το πολύγωνο του κτηματολογίου προσανατολισμένο ως προς τον βορρά, δημιουργούμε μια κάθετη γραμμή (Ortho) ανάλογα τη κλίση που έχει το σκαρίφημα κι επιλέγουμε τη μια άκρη του σκαριφήματος. Έπειτα το στρίβουμε (Rotate) επάνω στην κάθετη γραμμή έως ότου παρατηρήσουμε ότι δεν υπάρχει κλίση. Με ένα σημείο του σκαριφήματος και ένα στο απόσπασμα του ορθοφωτοχάρτη μπορούμε στρίψουμε και το απόσπασμα ώστε να μην έχει κλίση.
- **Λογισμικό Canva:** εισάγουμε το σκαρίφημα στο λογισμικό και ακολουθούμε τις εντολές (Rotate). Έπειτα πραγματοποιούμε λήψη του αρχείου ως εικόνα (.png).

Στην συγκεκριμένη περίπτωση όλες οι διαδικασίες έγιναν σε περιβάλλον GGCAD. Στη συνέχεια, για έλεγχο των διαστάσεων εφαρμόστηκε στο σκαρίφημα ρυμοτομία όπου ήταν ταυτόσημη με το πολύγωνο του κτηματολογίου κι έγινε μια σύγκριση μέτρησης των γραμμών ρυμοτομίας με μια πρόχειρη μέτρηση του περιγράμματος του ΟΤ μέσω Google Earth Pro. Αφού πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος των διαστάσεων, η τελευταία διαδικασία αφορά τα ύψη κτιρίων. Σε κάθε κτίριο το ύψος υπολογίστηκε επί 3 μέτρα ο κάθε όροφος και 2,5 μέτρα η πιλοτή όπως ορίζονται πολεοδομικά. Για την εργασία προτιμήθηκε το ύψος να είναι καθαρός αριθμός. Τέλος, αφού έχουμε όλες τις πληροφορίες για το οικοδομικό τετράγωνο, θα πρέπει να μετατρέψουμε το αρχείο

του σκαριφήματος σε αρχείο BITMAP καθώς το λογισμικό Envimet αναγνωρίζει μόνο τέτοιου είδους αρχεία. Η μετατροπή μπορεί να γίνει μέσω προγράμματος Photoshop αλλιώς μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος που εργαζόμαστε, επιλέγουμε την εξαγωγή του αρχείου ως bitmap (bmp).



Εικόνα 6: Απόσπασμα ορθοφωτοχάρτη για το ΟΤ (Πηγή εικόνας: ΕΚΧΑ)



Εικόνα 7: Πολύγωνα κτηματολογίου για το ΟΤ (Πηγή εικόνας: ktimatologio.gov)

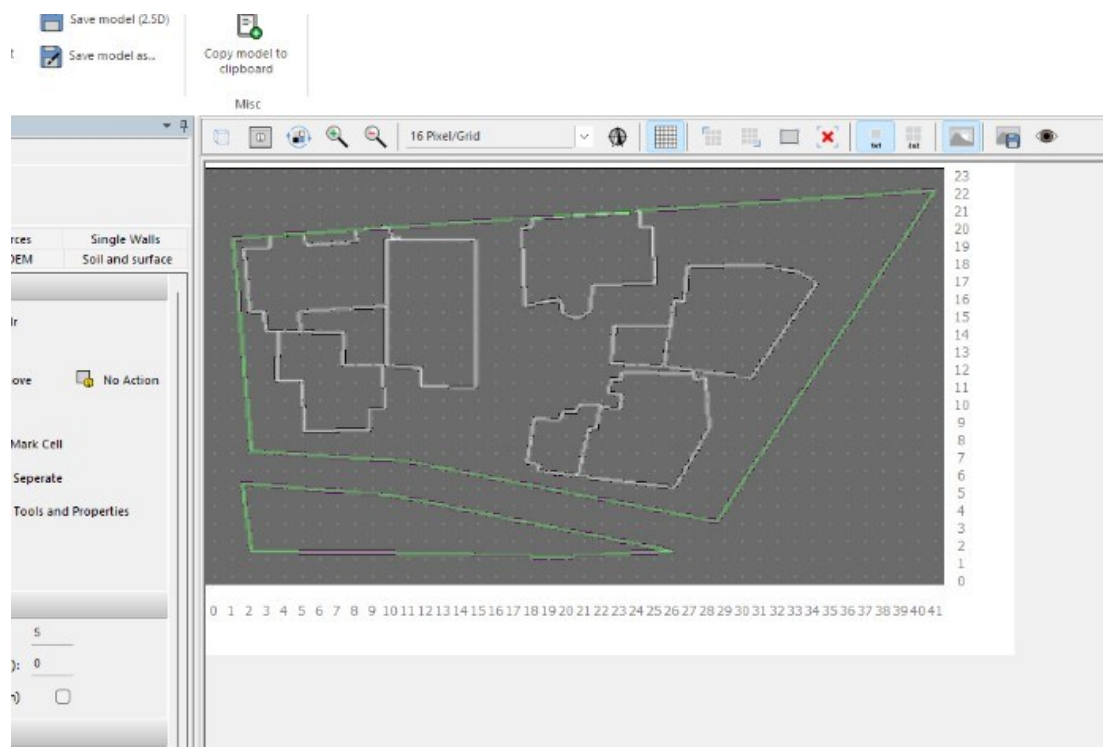


Εικόνα 8: Σκαρίφημα του ΟΤ σε μορφή Βίτμαρ

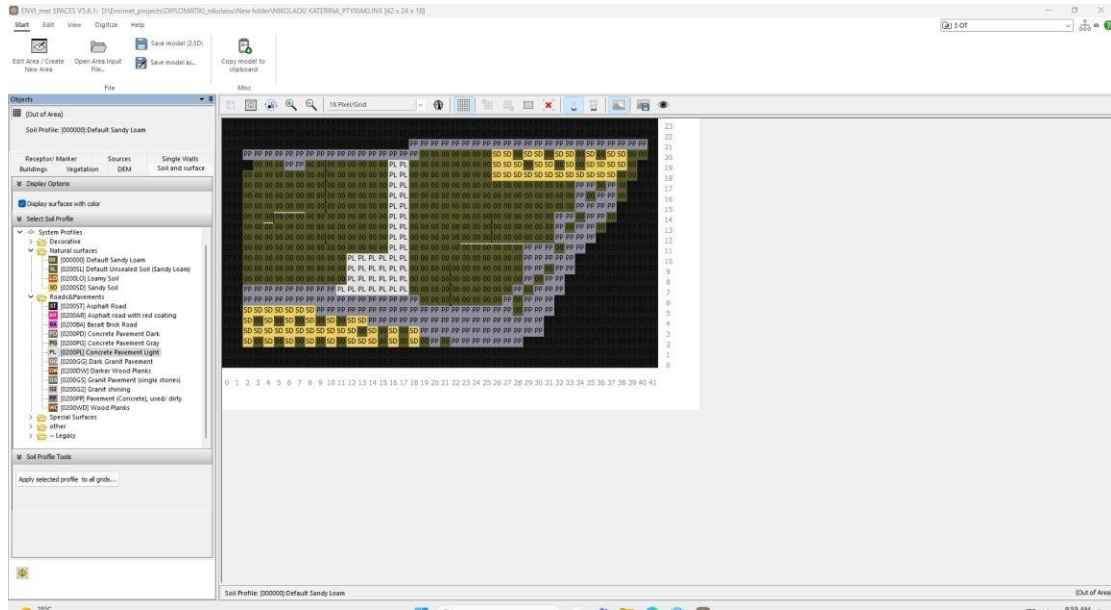
2.3 Δημιουργία μοντέλου

Για την δημιουργία του μοντέλου στο περιβάλλον του Envimet είναι σημαντικό αφού εισάγουμε το αρχείο bitmap να ακολουθήσουμε όλες τις εντολές που αφορούν την τοποθεσία που βρίσκεται η περιοχή της μελέτης μας. Στη συνέχεια, για να δημιουργηθεί σωστά ο κάναβος πρέπει να εισάγουμε τις πραγματικές διαστάσεις του οικοδομικού τετραγώνου και το διπλάσιο ύψος του ψηλότερου κτιρίου. Ακολουθούμε και τις υπόλοιπες εντολές που είναι απαραίτητες κι έπειτα πρέπει να καλύψουμε τις επιφάνειες με τις αντίστοιχες επιλογές που είναι όσο πιο κοντά στην πραγματικότητα. Συνεπώς, δίνεται έμφαση στο υλικό των οροφών, των πεζοδρομίων και το είδος των δέντρων. Καλύπτουμε τις επιφάνειες των κτιρίων με τον αριθμό του ύψους που αντιστοιχεί σε κάθε κτίριο. Για τα υλικά των οροφών, πεζοδρομίων, δρόμων και αν θέλουμε να προσθέσουμε τοιχοποιίες, υπάρχουν πολλές επιλογές μέσα στο πρόγραμμα.

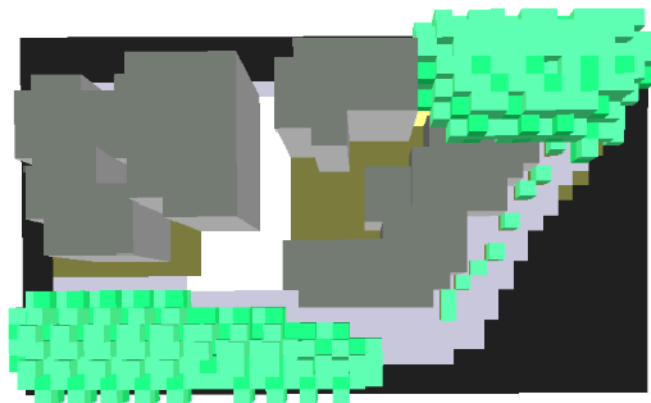
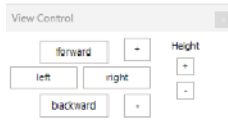
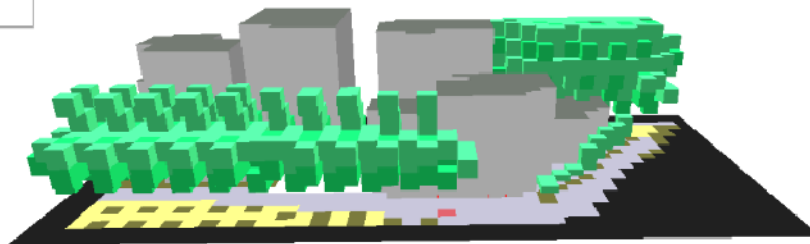
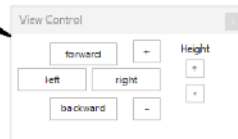
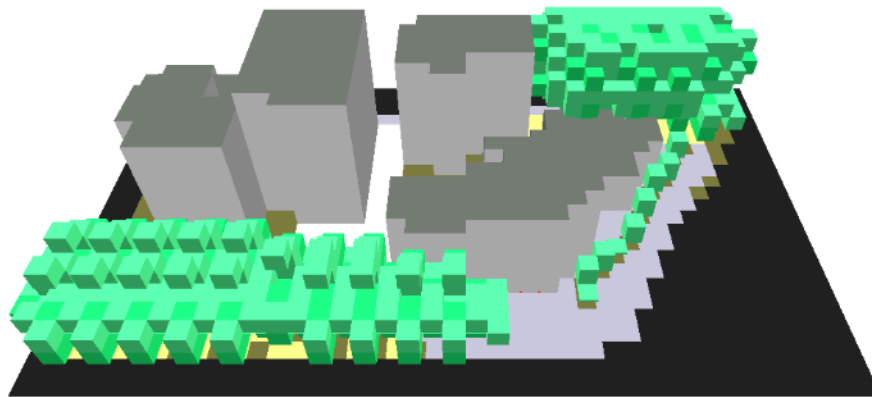
Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε για την οροφή συμπαγής πλάκα, για τα πεζοδρόμια η αντίστοιχη επιλογή του προγράμματος σε χρώμα γκρι, μεταξύ κάποιων κτιρίων ανοιχτόχρωμη πλάκα και ασφαλτος για τους δρόμους. Τέλος, καλύπτουμε τις επιφάνειες βλάστησης με τα αντίστοιχα δέντρα που γνωρίζουμε ότι υπάρχουν στην περιοχή όπως έχουν αναφερθεί τα είδη παραπάνω. Το μοντέλο που δημιουργούμε, έχουμε την επιλογή να το απεικονίσουμε και σε τρισδιάστατη μορφή.



Εικόνα 9: Εισαγωγή αρχείου Bitmap στο περιβάλλον Envimet



Εικόνα 10: Δημιουργία πεζοδρομίων σε περιβάλλον Envi-met

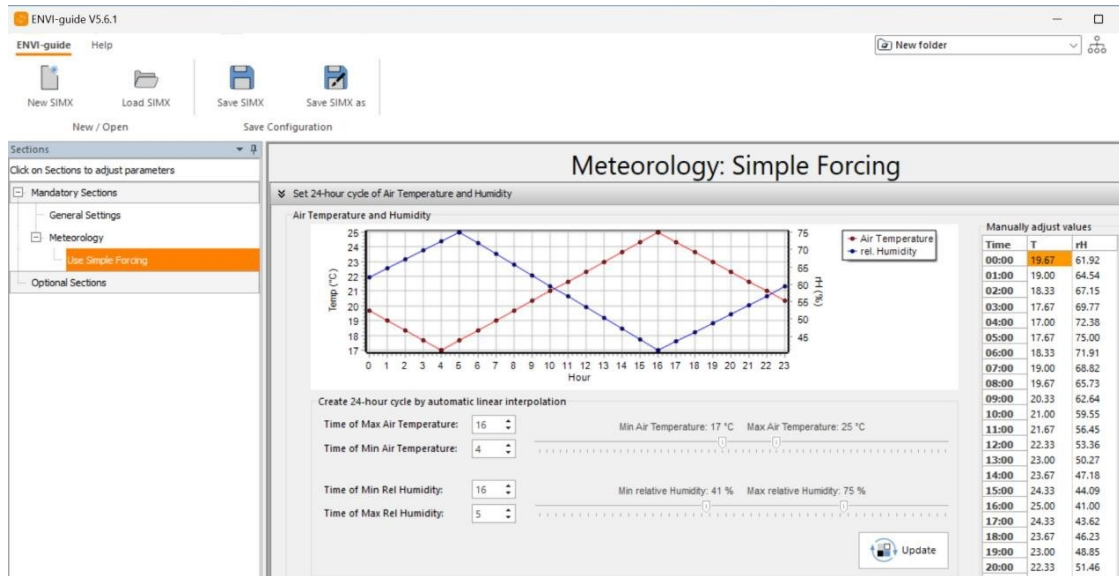


Εικόνα 11: Τρισδιάστατο μοντέλο του ΟΤ σε περιβάλλον Envimet

Για το σενάριο της προσομοίωσης επιλέγουμε μέσω του EnviMet το εργαλείο Envi- Guide όπου θα γίνει η προσομοίωση και χρειάζεται να συμπληρωθούν τα κλιματικά δεδομένα της περιοχής. Η προσομοίωση γίνεται με ημερομηνία 1 Οκτωβρίου 2024 όπου θα μας δώσει αποτελέσματα ενός εικοσιτετράωρου. Τα κλιματικά δεδομένα που θα εισαχθούν είναι η θερμοκρασία και η υγρασία της περιοχής, καθώς εισάγουμε και την ταχύτητα αέρα. Οι πληροφορίες παρέχονται από την ιστοσελίδα του μετεωρολογικού σταθμού Αμαρουσίου.

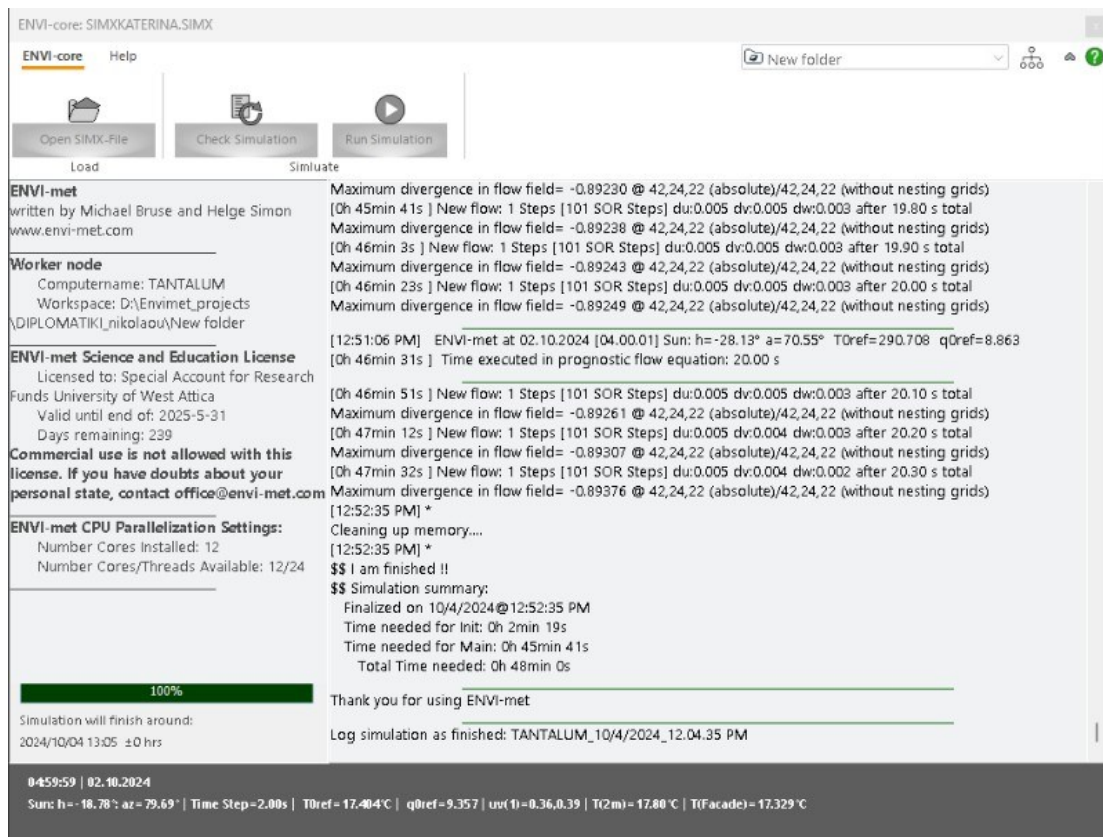
ANNUAL CLIMATOLOGICAL SUMMARY															
NAME: SoDimotiko CITY: Maroussi STATE: Greece															
ELEV: 190 m LAT: 38° 00' 00" N LONG: 23° 48' 00" E															
TEMPERATURE (°C), HEAT BASE 18.3, COOL BASE 18.3															
YR	MO	MEAN	MEAN	DEP.	HEAT	COOL	HI	DATE	LOW	DATE	MAX	MAX	MIN	MIN	
															FROM
24	1	13.8	7.2	18.4	0.0	245	0	19.8	19	2.2	14	0	0	0	0
24	2	16.8	9.2	12.7	0.0	164	1	21.2	6	2.1	2	0	0	0	0
24	3	19.1	10.3	14.4	0.0	133	11	26.2	20	5.3	21	0	0	0	0
24	4	24.5	15.8	19.4	0.0	29	61	30.1	15	18.1	20	0	0	0	0
24	5	26.3	16.7	20.9	0.0	16	98	35.8	15	12.6	6	1	0	0	0
24	6	33.0	24.6	29.5	0.0	0	336	42.6	13	19.4	1	26	0	0	0
24	7	35.3	26.1	30.2	0.0	0	383	39.1	22	20.8	5	27	0	0	0
24	8	34.7	25.7	29.7	0.0	0	354	37.7	14	20.9	30	28	0	0	0
24	9	30.0	20.4	24.7	0.0	0	191	34.9	6	18.6	23	7	0	0	0
24	10	26.8	17.4	21.2	0.0	1	11	27.7	3	15.9	2	0	0	0	0
24	11														
24	12														
		26.2	17.3	21.4	0.0	588	1446	41.6	JUN	2.1	FEB	80	0	0	0
PRECIPITATION (mm)															
YR	MO	TOTAL	DEP.	MAX	DAYS OF RAIN	OVER	.2	2	28						
										FROM	DBS.	DAY	DATE		
24	1	59.8	0.0	18.8	10	16	7	0							
24	2	61.0	0.0	43.6	26	8	3	1							
24	3	41.4	0.0	13.8	1	8	4	0							
24	4	9.6	0.0	5.8	19	4	2	0							
24	5	18.4	0.0	5.2	15	5	2	0							
24	6	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0							
24	7	0.2	0.0	0.2	4	1	0	0							
24	8	24.6	0.0	24.2	30	2	1	1							
24	9	21.6	0.0	19.0	10	7	1	0							
24	10	0.0	0.0	0.0	1	0	0	0							
24	11														
24	12														
		219.6	0.0	43.6	FEB	51	20	2							
WIND SPEED (km/hr)															
YR	MO	AVG.	HI	DATE	DIR										
24	1	1.7	74.0	7	E										
24	2	1.0	56.3	12	N										
24	3	1.2	61.8	25	WSW										
24	4	1.6	53.1	12	E										
24	5	1.2	45.1	3	E										
24	6	1.7	45.1	29	E										
24	7	1.9	45.1	9	N										
24	8	1.4	41.8	11	N										
24	9	0.8	35.4	15	E										
24	10	0.4	17.7	3	WSW										
24	11														
24	12														
		1.4	74.0	JAN	E										

Εικόνα 12:Κλιματολογικά στοιχεία (Πηγή: Μετεωρολογικός σταθμός Αμαρουσίου)



Εικόνα 13: Εισαγωγή κλιματικών στοιχείων σε περιβάλλον Envi-guide

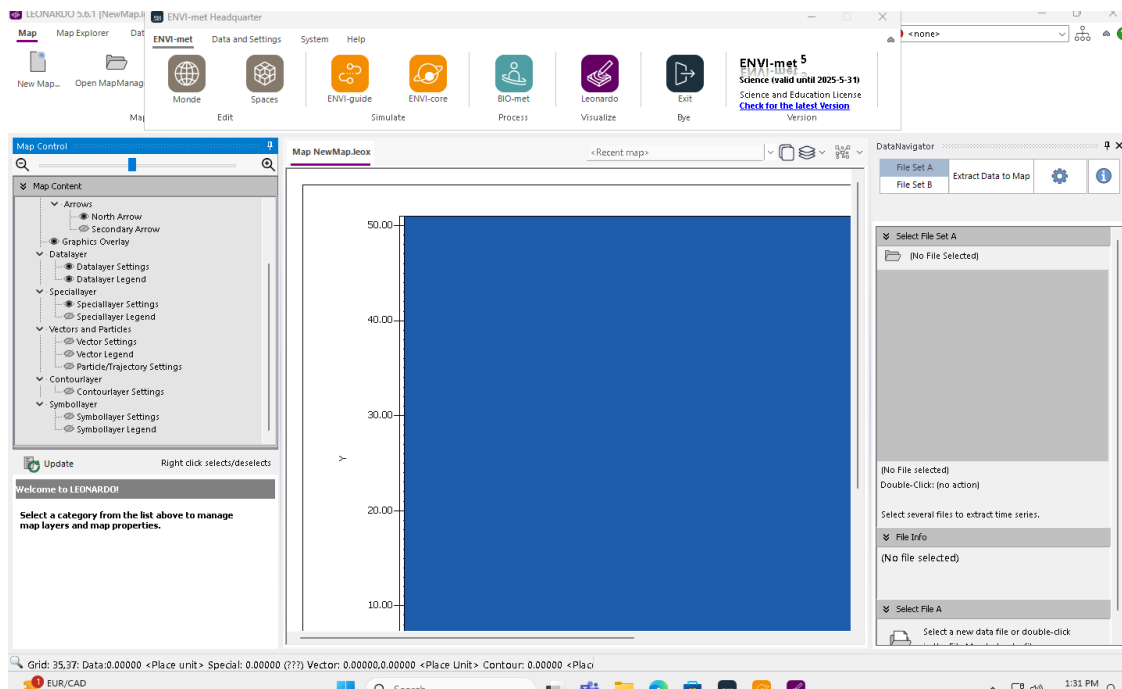
Στη συνέχεια, επιλέγουμε το εργαλείο Envi-Core όπου θα 'τρέξει' η προσομοίωση επιλέγοντας την εντολή 'run simulation' και ενημερωνόμαστε για τον χρόνο που θα χρειαστεί για την ολοκλήρωση της.



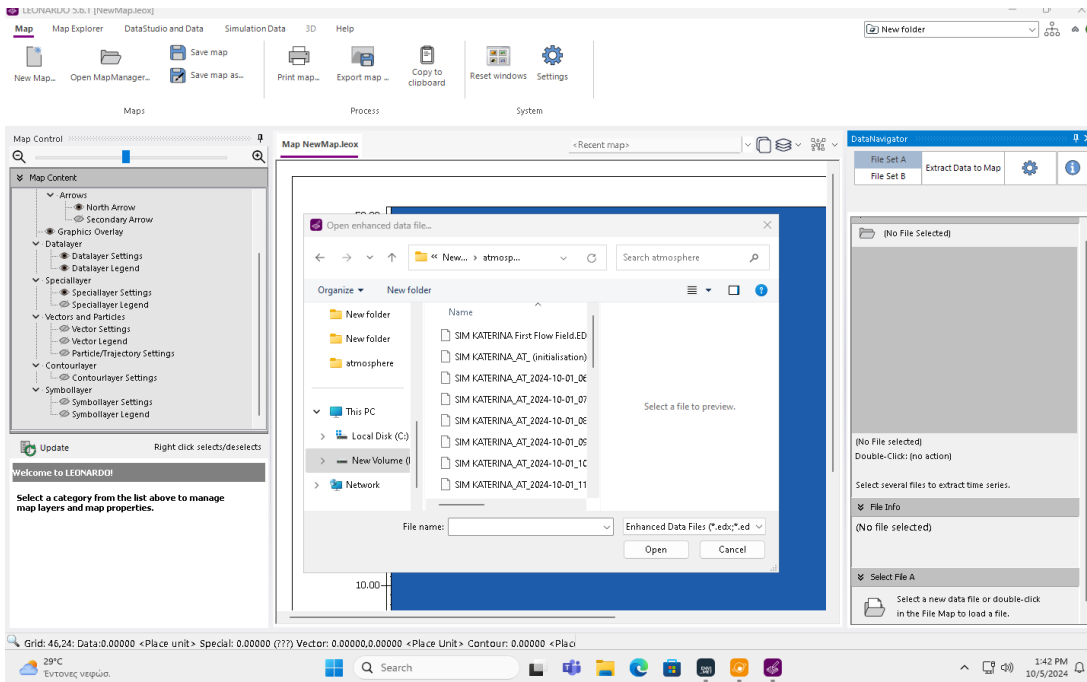
Εικόνα 14: Διαδικασία προσομοίωσης σε περιβάλλον Envi-Core

2.4 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Για την επιτυχή αξιολόγηση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης, από το κεντρικό μενού του προγράμματος Envi-met, χρησιμοποιούμε το εργαλείο Leonardo. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να εξαγάγουμε όλα τα δεδομένα της προσομοίωσης και να δημιουργήσουμε τα διαγράμματα από τα οποία θέλουμε να αντλήσουμε πληροφορίες για μελέτη ή σύγκριση. Επιλέγοντας συγκεκριμένες εντολές, δημιουργούμε το διάγραμμα και στην παρούσα εργασία θα μελετηθούν τα αποτελέσματα που μας έδωσε η προσομοίωση για τη θερμική άνεση (φάκελος αποτελεσμάτων: atmosphere).



Εικόνα 15: Περιβάλλον Leonardo για αξιολόγηση των αποτελεσμάτων



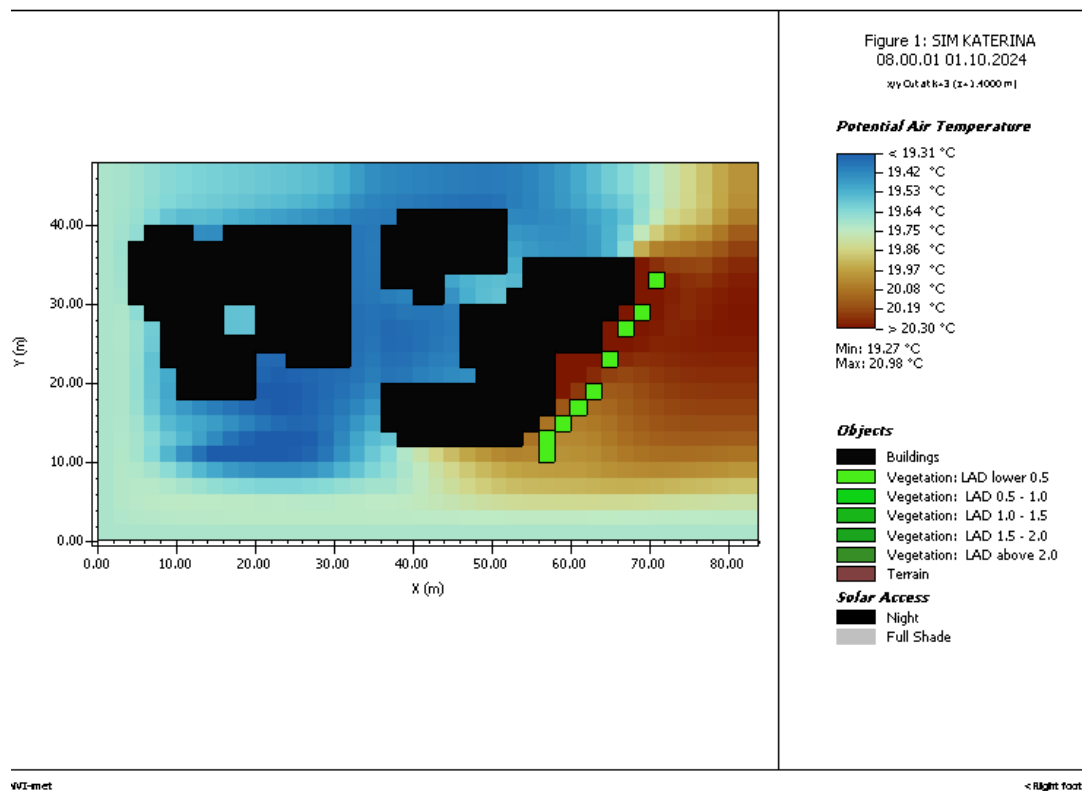
Εικόνα 16: Εισαγωγή αποτελεσμάτων του φακέλου atmosphere στο Leonardo

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης μας δείχνουν για κάθε μια ώρα την θερμοκρασία του αέρα οπότε έχουν επιλεγθεί κάποιες ενδεικτικές ώρες ώστε να δούμε τις μεταβολές. Σε αυτό το σημείο, μπορούμε να ρυθμίσουμε για τα διαγράμματα μεταβλητές που επιθυμούμε, να δούμε το τρισδιάστατο μοντέλο και να δημιουργήσουμε ιστογράμματα.

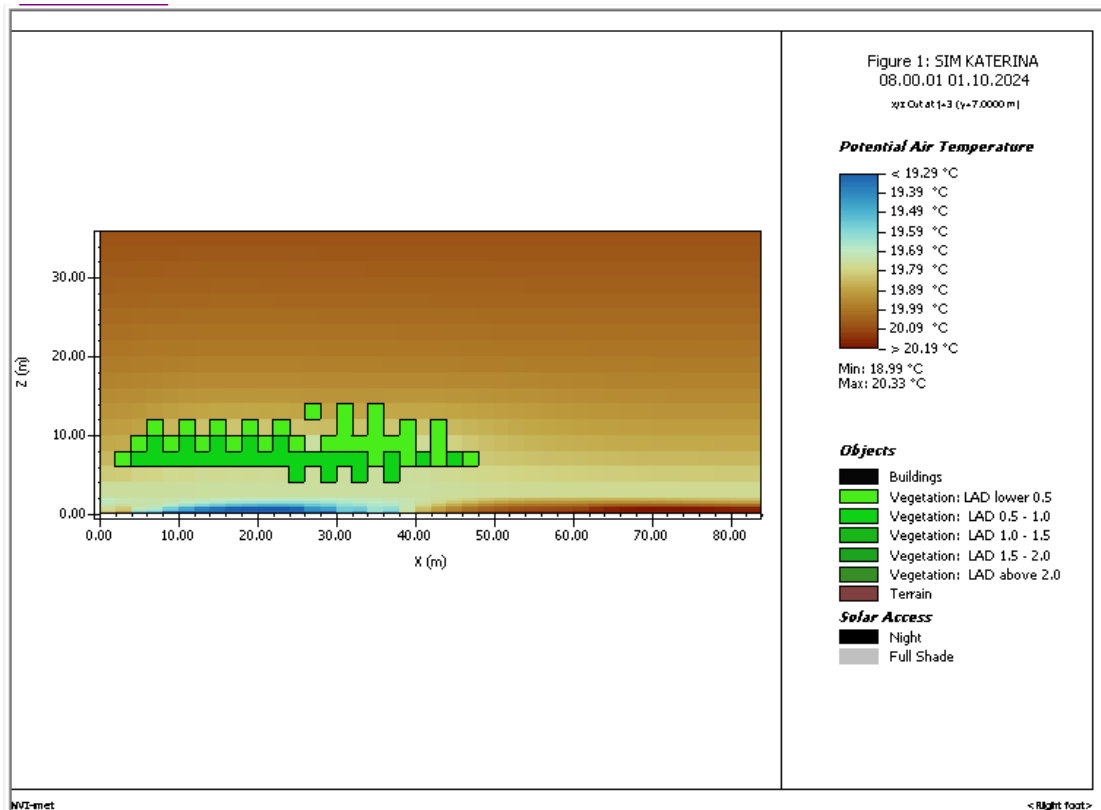
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αποτελέσματα

Μετά την εξαγωγή των διαγραμμάτων, μπορούμε να αναλύσουμε τα αποτελέσματα που αφορούν τη μεταβλητή “Potential Air Temperature” δηλαδή την δυνητική θερμοκρασία του αέρα. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί πως κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης έχουμε βάλει μια σταθερή τιμή της ταχύτητας του αέρα.

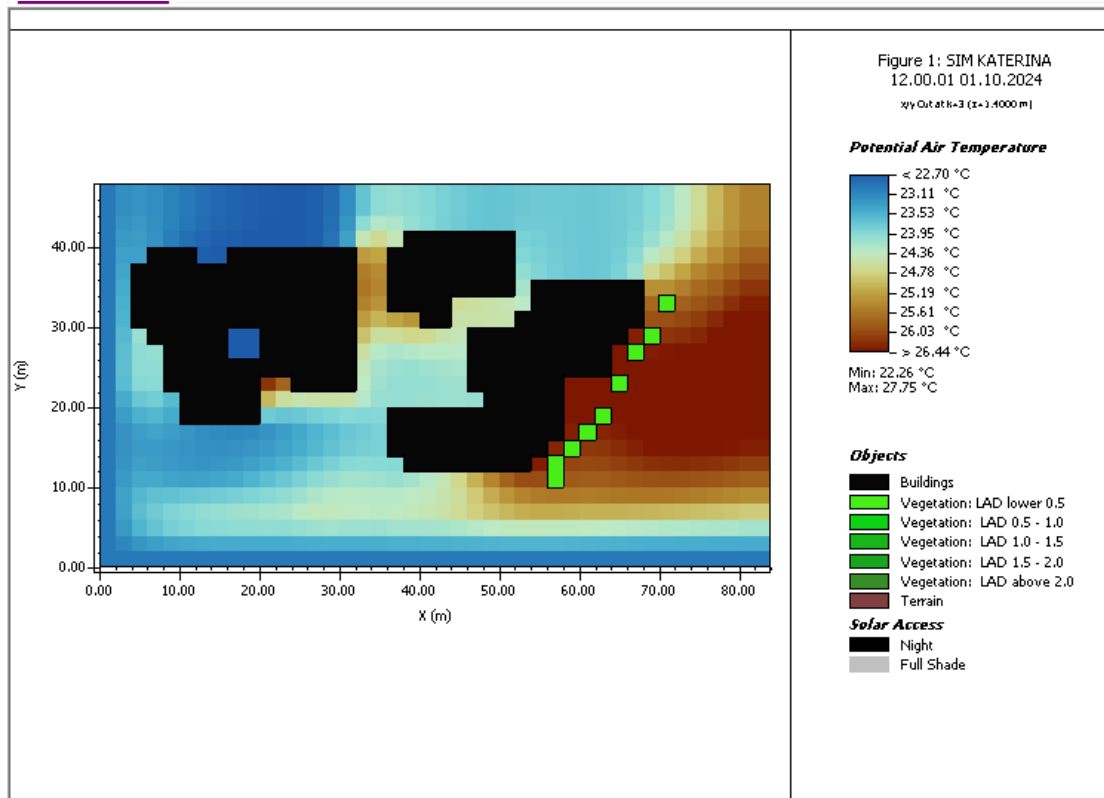


Διάγραμμα 1: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ- ώρα 8πμ



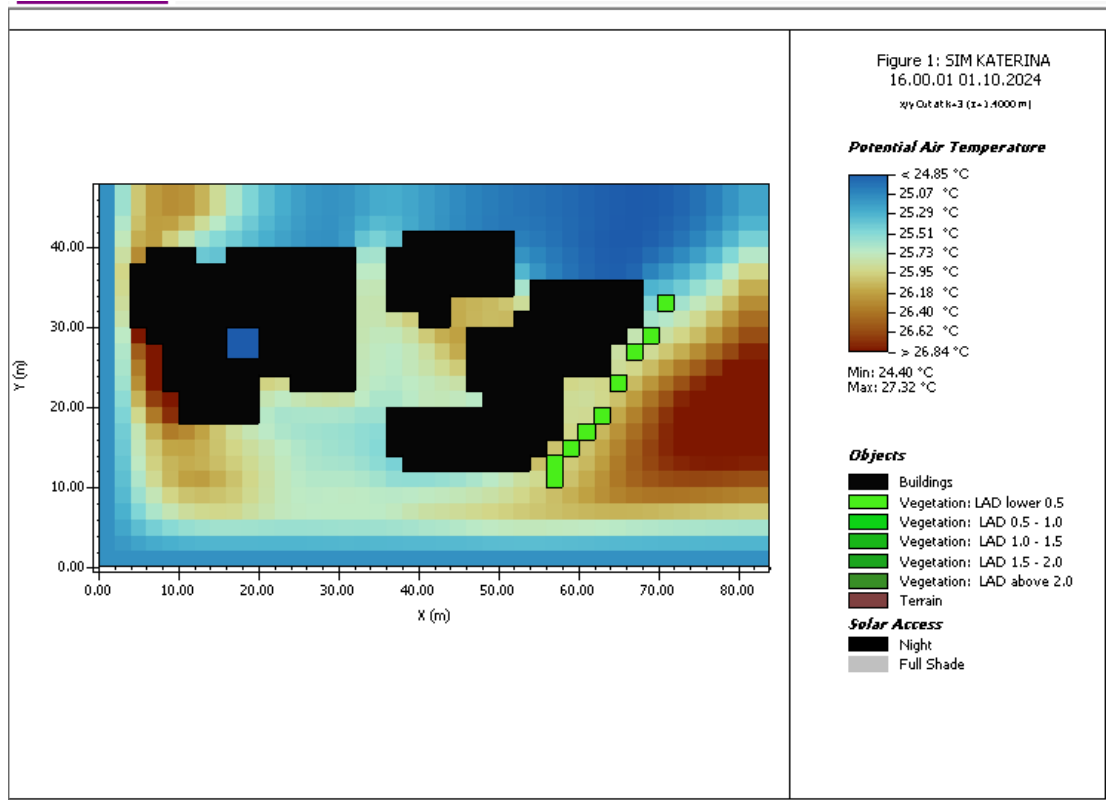
Διάγραμμα 2: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ σε άξονες X-Z - ώρα 8πμ

Στα συγκεκριμένα διαγράμματα που βλέπουμε παραπάνω, έχει επιλεχθεί η ώρα 8 π.μ.. Χρωματικά βλέπουμε τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και με μαύρο χρώμα εμφανίζονται τα κτίρια του οικοδομικού τετραγώνου. Με πράσινο όπως φαίνεται στο υπόμνημα είναι η βλάστηση. Ενδιάμεσα των κτιρίων, ελάχιστα στο βόρειο αλλά και στο νότιο κομμάτι του οικοδομικού τετραγώνου παρατηρείται πως η θερμοκρασία κυμαίνεται από 19.31 °C έως 19.42 °C. Να αναφέρουμε πως στο νότιο κομμάτι είναι ο κοινόχρηστος χώρος όπου αποτελείται από δέντρα και μεταξύ των κτιρίων υπάρχει πλάκα ανοιχτού χρώματος. Στο ανατολικό μέρος βλέπουμε ότι θερμοκρασία είναι αυξημένη και η τιμή της είναι σε κάποια σημεία 19.97°C ενώ στο περισσότερο μέρος κυμαίνεται από 20.19°C έως 20.30°C. Το συγκεκριμένο μέρος αποτελείται από ασφαλτόστρωση.



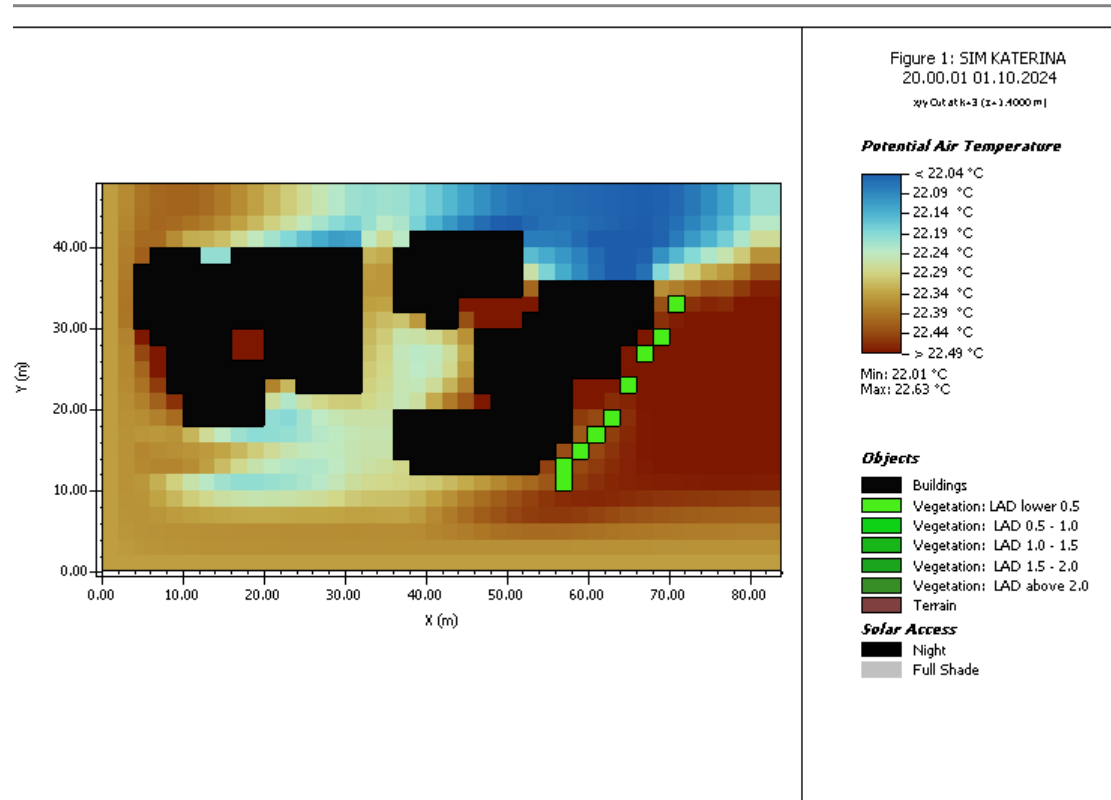
Διάγραμμα 3: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ- ώρα 12μμ

Στο παραπάνω διάγραμμα το οποίο έχει επιλεχθεί την ώρα 12 μμ, παρατηρούμε τις μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα τόσο στις τιμές όσο και στο μοντέλο. Βλέπουμε πως τα σημεία που ήταν με έντονο μπλε, τώρα είναι σε άλλη διαβάθμιση. Βλέπουμε ότι η θερμοκρασία έχει πλέον τιμές από 23.95°C έως 24.36°C. Ωστόσο, παρατηρείται μια μικρή αύξηση της θερμοκρασίας μεταξύ των δυο κτιρίων και στο ανατολικό μέρος έχουμε αύξηση σχεδόν 6 βαθμούς. Στο βορειοδυτικό τμήμα όπου η θερμοκρασία τείνει να είναι χαμηλότερη, μπορούμε να αναφέρουμε ότι το σημείο είναι υπό σκιά λόγω ψηλού κτιρίου. Το ίδιο συμβαίνει και στον χώρο πρασίνου όπου είναι εκτεθειμένος στη θερμότητα λόγω της θέσης του ήλιου, αλλά λόγω των δέντρων η θερμοκρασία διατηρείται.



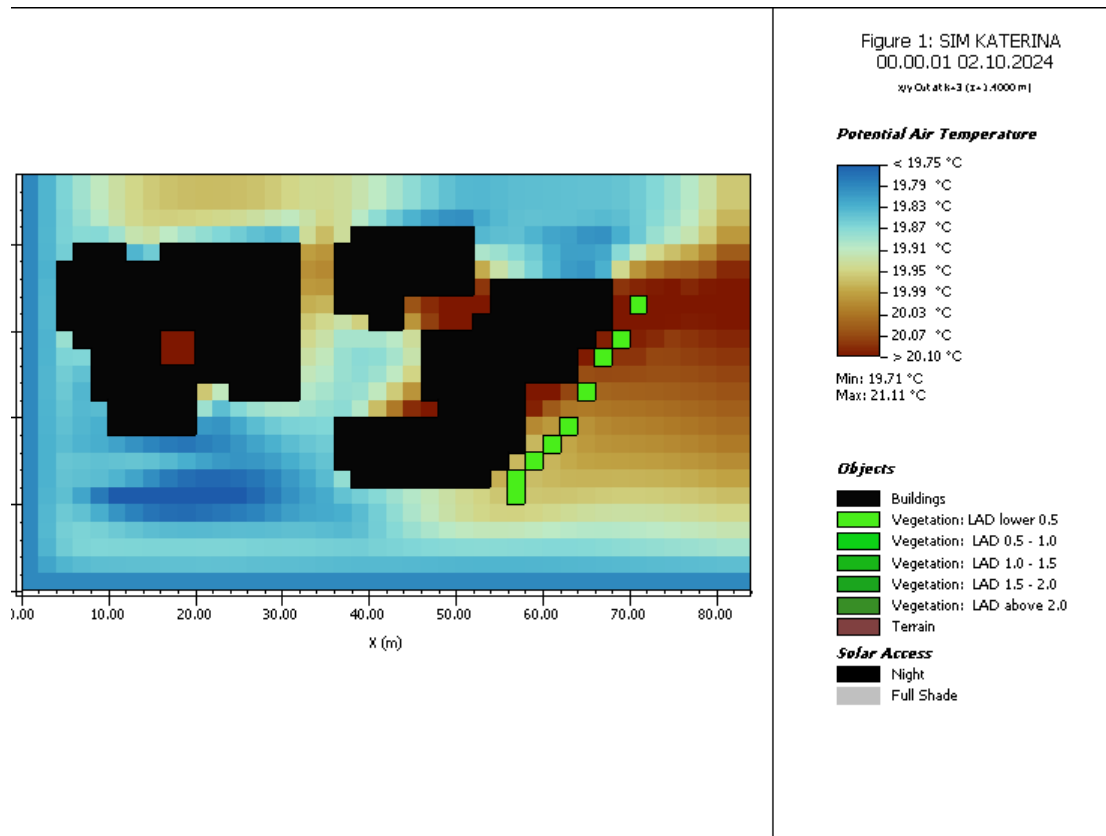
Διάγραμμα 4: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ- ώρα 16μμ

Στο διάγραμμα αυτό με επιλογή ώρας 16μμ παρατηρούμε ότι η χαμηλότερη θερμοκρασία είναι στο βορειοανατολικό τμήμα όπου έχει ανέβει 1 βαθμό αλλά το μέρος είναι υπό σκιά λόγω κτιρίων. Στα γύρω τμήματα όπου υπάρχει ασφάλτος η θερμοκρασία του αέρα έχει τις τιμές από 26.18°C έως 26.84°C. Μεταξύ των 2 κτιρίων υπάρχει επίσης μια μικρή αύξηση όπως και σε ένα μικρό κομμάτι του χώρου πρασίνου.



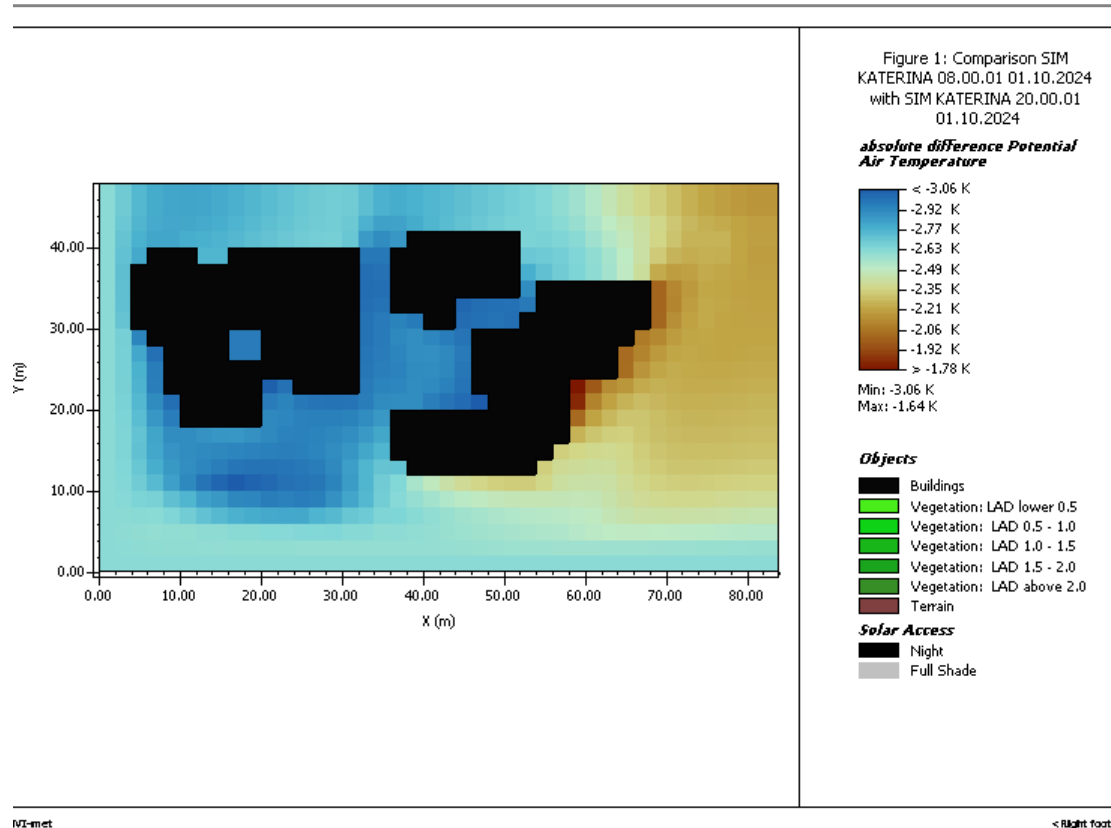
Διάγραμμα 5: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ- ώρα 8μμ

Στο διάγραμμα αυτό με επιλογή ώρα 8 μμ παρατηρούμε μια ενιαία πτώση της θερμοκρασίας σε όλο το οικοδομικό τετράγωνο. Το ανατολικό μέρος είναι το θερμότερο με 22.63°C και μικρά σημεία μεταξύ των κτιρίων αλλά η τιμή της θερμοκρασίας είναι σταθερή στους 22 βαθμούς με πολύ μικρές διακυμάνσεις.



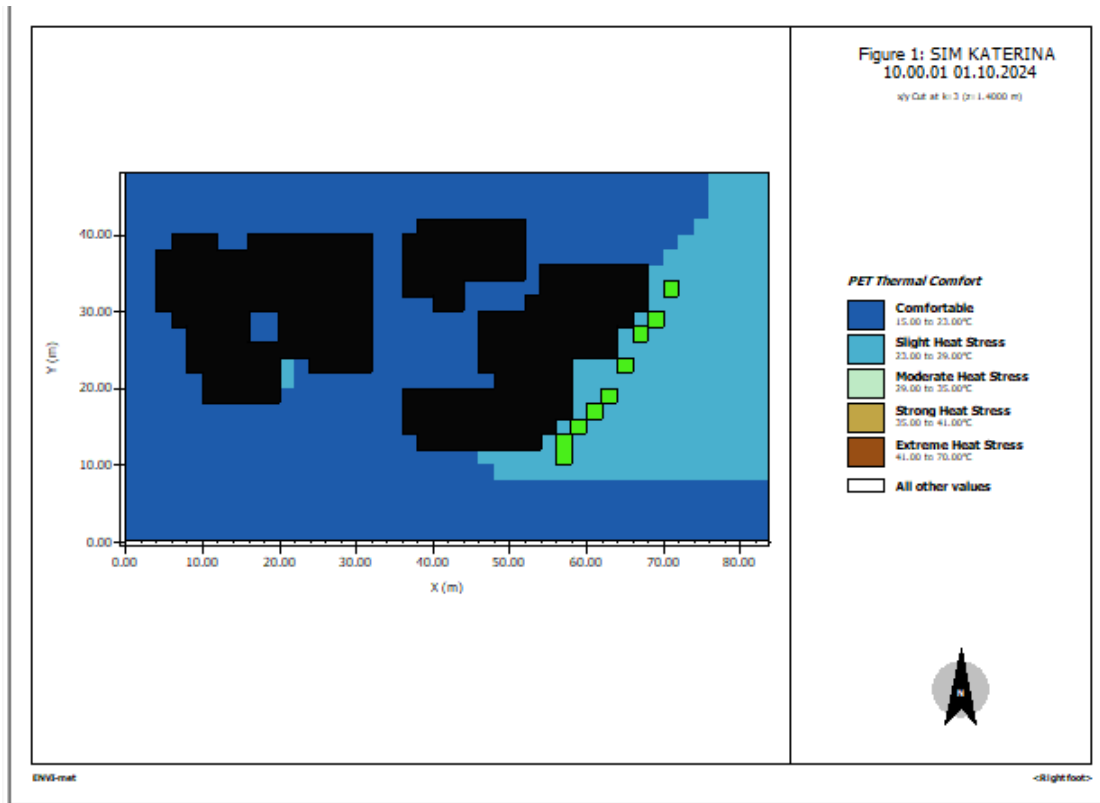
Διάγραμμα 6: Απεικόνιση της θερμοκρασίας του αέρα στο ΟΤ- ώρα 12πμ

Τέλος, στο διάγραμμα με την επιλογή ώρας 12 πμ παρατηρούμε κι άλλη πτώση της θερμοκρασίας αλλά τα σημεία που προαναφέρθηκαν, τείνουν να είναι έστω και με μικρές διαφορές τα θερμότερα. Βλέπουμε ότι ο χώρος πρασίνου έχει και πάλι τη χαμηλότερη θερμοκρασία με τιμή 19.79°C και 19.75°C.



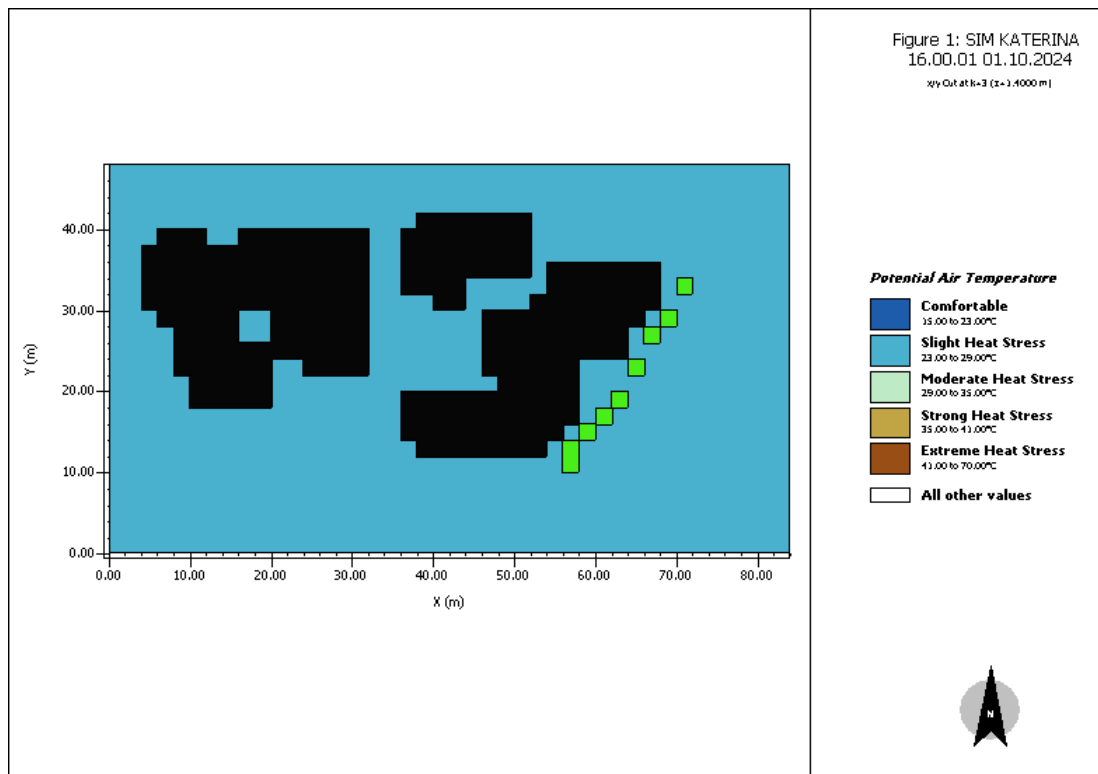
Διάγραμμα 7: Καταγραφή μεταβολών της θερμοκρασίας του αέρα σε διάστημα ωρών 8πμ-8μμ

Σε αυτό το διάγραμμα βλέπουμε τις συνολικές μεταβολές της θερμοκρασίας του αέρα όπου βάσει του υπομνήματος παρατηρούνται οι μεγαλύτερες διαφορές στο κέντρο του οικοδομικού τετραγώνου. Το σημείο αυτό έχει αναφερθεί πως περιλαμβάνει τον χώρο πρασίνου, και ενδιάμεσα των κτιρίων έχουν τοποθετηθεί πλάκες ανοιχτού χρώματος.



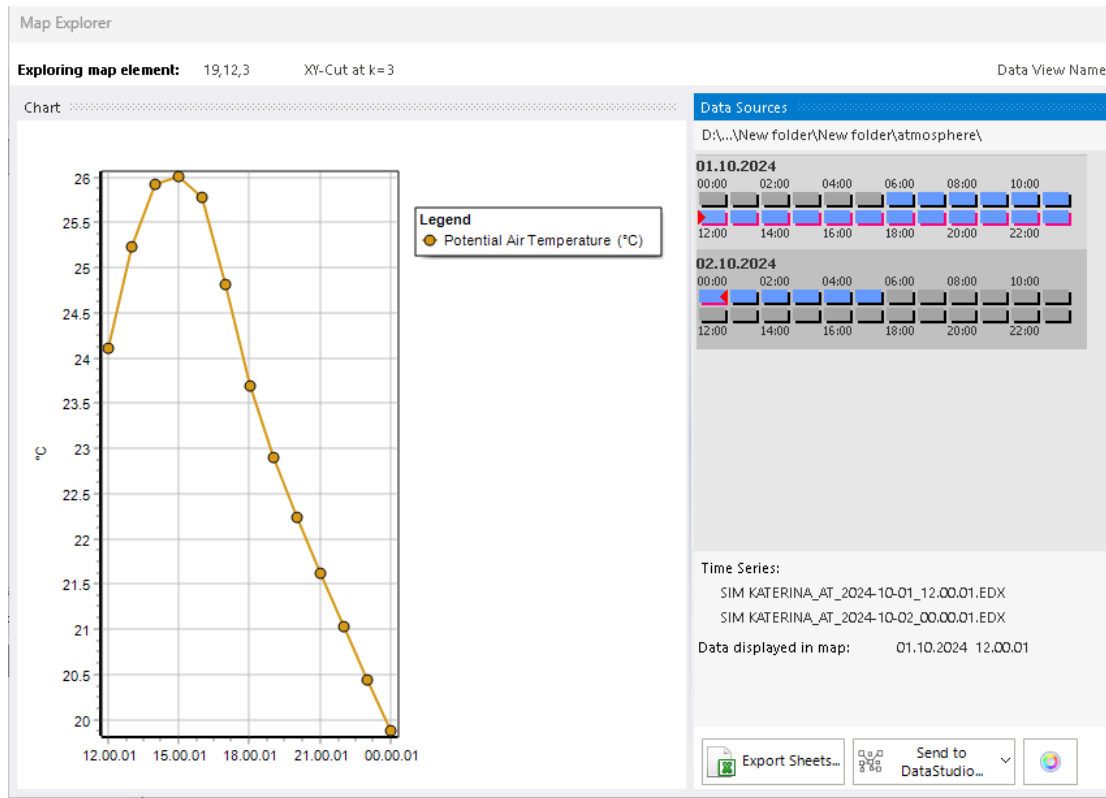
Διάγραμμα 8: Διάγραμμα PET για τις συνθήκες του ΟΤ, ώρα 10πμ

Σε αυτό το διάγραμμα PET έχει αξιολογηθεί το οικοδομικό τετράγωνο βάσει του θερμικού στρες. Κατά την επιλογή της ώρας 10πμ παρατηρούμε ότι σχεδόν όλο το οικοδομικό τετράγωνο ορίζεται ως "άνετο" με όρια θερμοκρασίας 15-23 °C. Το ανατολικό τμήμα όμως που η μεγαλύτερη επιφάνεια αποτελείται από άσφαλτο μας δείχνει ότι είναι στην ένδειξη "ελαφρύ θερμικό στρες" με όρια θερμοκρασίας 23-29°C.



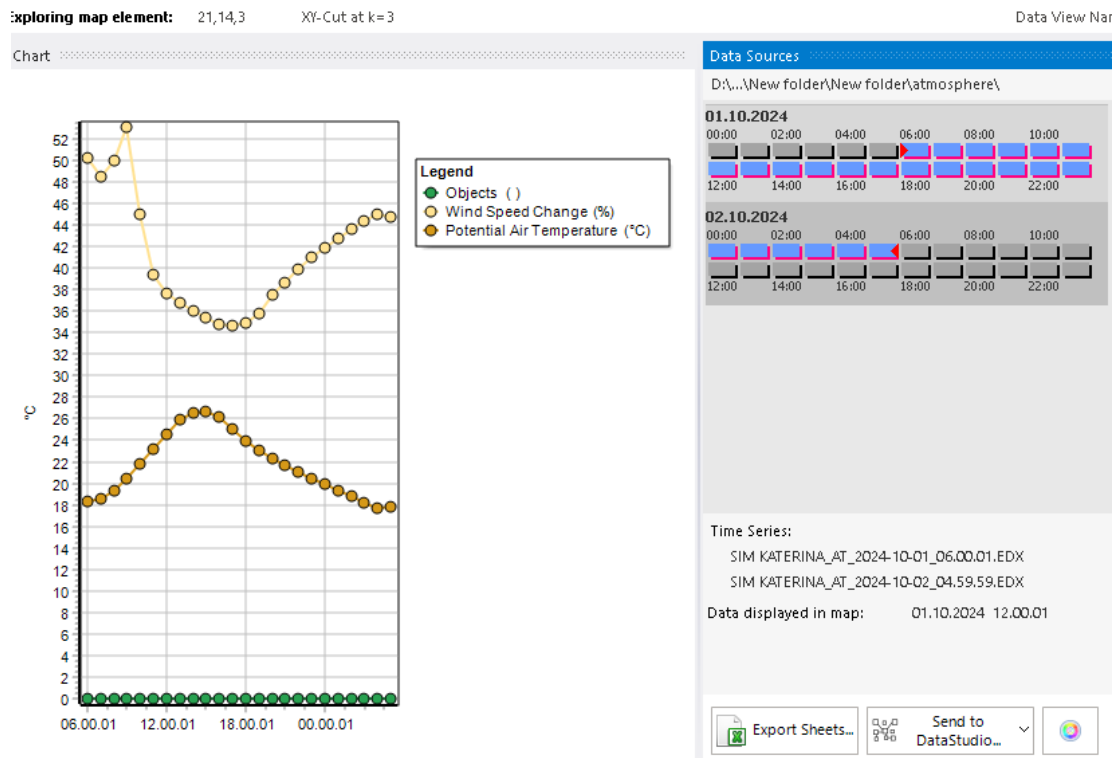
Διάγραμμα 9: Διάγραμμα PET για τις συνθήκες του ΟΤ, ώρα 16μμ

Κατά την επιλογή της ώρας 16μμ παρατηρείται πως όλο το οικοδομικό τετράγωνο είναι στην ένδειξη "ελαφρύ θερμικό στρες" με όρια θερμοκρασίας 23-29°C. Την ώρα αυτή έχει αναφερθεί πως υπάρχει μεταβολή της θερμοκρασίας σε όλο το οικοδομικό τετράγωνο όπου ήταν και η υψηλότερη.



Διάγραμμα 10: Μεταβολή της θερμοκρασίας σε διάστημα ωρών 12πμ-12μμ

Σε αυτό το διάγραμμα βλέπουμε τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας σε ένα δωδεκάωρο διάστημα.



Διάγραμμα 11: Μεταβολή της θερμοκρασίας σε σχέση με την αλλαγή της ταχύτητας του αέρα σε διάστημα ωρών 6πμ-6μμ

Σε αυτό το διάγραμμα βλέπουμε την θερμοκρασία σε συνάρτηση της ταχύτητας του αέρα. Παρατηρείται πως με την μείωση ταχύτητας του αέρα έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Συμπεράσματα

Στο τέλος της εργασίας αυτής, αφού μελετήθηκαν τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν καθώς και οι πίνακες της Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (PET) παρατηρούμε πως κατά τις μεταβολές της θερμοκρασίας σε ένα οικοδομικό τετράγωνο αστικής περιοχής, κατέχουν σημαντικό ρόλο τα δομικά υλικά και η βλάστηση. Η σκίαση των ψηλών κτιρίων δημιουργεί μια καλύτερη θερμική άνεση για τον άνθρωπο και μεταξύ κοντινών κτιρίων, όπως είδαμε, μπορεί να διατηρεί μια τιμή θερμοκρασίας αλλά στη περίπτωση που υπάρχει υψηλή θερμοκρασία τότε δεν είναι ανεκτή διότι υπάρχει δυσκολία να εισέλθει αέρας. Για να συνεισφέρουν επομένως τα κτίρια στη μείωση της θερμικής καταπόνησης, θα ήταν χρήσιμο να επιλέγονται υλικά που δεν επηρεάζονται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Στη συνέχεια, όσον αφορά τα πεζοδρόμια ή οποιαδήποτε πλάκα στο οδόστρωμα, είδαμε μέσω των διαγραμμάτων ότι το είδος και το χρώμα της πλάκας επηρεάζουν την θερμοκρασία. Όσο πιο ανοιχτόχρωμη είναι η πλάκα τόσο περισσότερο υπάρχει αντανάκλαση κι όχι απορρόφηση της θερμότητας. Το ίδιο μπορούμε να πούμε πως ισχύει με την ασφαλτο όπου τα διαγράμματα μας απέδειξαν πως η θερμοκρασία διατηρείται σε υψηλότερα επίπεδα. Τέλος, οι χώροι πρασίνου ενισχύουν σίγουρα τη μείωση του θερμικού στρες. Παρατηρήθηκε πως η θερμοκρασία διατηρούταν παρόλο του ότι ο χώρος ήταν εκτεθειμένος στον ήλιο. Μπορούμε να συμπεράνουμε πως το κλίμα έχει αλλάξει και για την ημερομηνία που πραγματοποιήθηκε η μελέτη, κατατάσσεται σε έναν φθινοπωρινό μήνα. Τις μεσημεριανές όμως ώρες που υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας κι όχι για τα δεδομένα της εποχής, η PET έδειξε χαμηλό θερμικό στρες κάτι που σημαίνει ότι σε μια πιο ζεστή μέρα οι συνθήκες δεν θα είναι καλές για την άνεση ενός ανθρώπου.

Αν όλα αυτά ληφθούν υπόψη και στις αστικές περιοχές αξιοποιούνταν χώροι για πράσινο, γινόντουσαν αναπλάσεις και χρησιμοποιούνταν υλικά όπου βοηθούν το περιβάλλον τότε αυτό θα αποφέρει ένα καλύτερο κλίμα και ένα καλύτερο μέλλον για εμάς τους ανθρώπους. Σε μια πόλη που οραματίζεται να χαρακτηριστεί «βιώσιμη» ή «αιφορική» ή «πράσινη» θα πρέπει να προβλέπεται αρκετός χώρος πρασίνου και διάφορα πάρκα έτσι ώστε να βελτιστοποιείται η οικολογική ποιότητα της αστικής περιοχής (βιοποικιλότητα, μικροκλίμα και ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα). Βασικό συστατικό της αιφόρου δόμησης είναι οι καινοτόμες προσεγγίσεις στην εξοικονόμηση πόρων όπως κατοικίες χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (ακόμα και

μηδενικής) που προσφέρουν βέλτιστες συνθήκες θερμικής και οπτικής άνεσης. (Ε. Τριτοπούλου, 2011)

Βιβλιογραφία

Ελληνική:

Καλογερόπουλος (2018), Αξιολόγηση των συνθηκών θερμικής άνεσης σε υπαίθριους αστικούς χώρους, Μεταπτυχιακή Διατριβή στο Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.

Βουτυράκης Μανόλης (2008), Αειφορία και Πόλεις του Μέλλοντος

Ε. Τριτοπούλου (2011), Αειφόρος Σχεδιασμός Πόλης, Δρ ΧΜ, Στέλεχος ΚΑΠΕ

Γιάννας, Σίμος (2001), Βιοκλιματικά κριτήρια σχεδιασμού στην πόλη, Environment & Energy Studies Programme, Architectural Association Graduate School

Γεωργιάδου, Γ. Αφροδίτη (2010), Συγκριτική αξιολόγηση των φυσιολογικών διεργασιών στα δύο συστήματα μόρφωσης ΛΥΡΑ και GDC και η επίδραση τους στην ποιότητα και ποσότητα των αμπελουργικών προϊόντων, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Αθήνα 2010, (σελ. 8 -10)

Σάσσαλου, Μαρία (2008), Συμβολή στην Οικολογία των Πόλεων της Ελλάδας: Έρευνα της Αγγειώδους χλωρίδας των τοίχων στην πόλη των Πατρών, Ερευνητική εργασία, Τμήμα Βιολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών

Ξενόγλωσση:

Tousi E, Tseliou A et al(2024), Exploring Thermal Discomfort during Mediterranean Heatwaves through Softscape and Hardscape ENVI-Met Simulation Scenarios

Tseliou A et al (2022), Urban Climate

Tseliou A et al (2023), Evaluating the effects of green roofs and green façade as an urban heat island adaptation strategy