



Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Βιώσιμου
Σχεδιασμού
Περιβαλλοντικός Σχεδιασμός Πόλεων και Κτιρίων

Διπλωματική Εργασία

« Θερμικό περιβάλλον νησιωτικής περιοχής με
χαρακτηριστικά μεσογειακού κλίματος. Η συμβολή των
αστικών υπαίθριων χώρων στη βελτίωση του
μικροκλίματος »

ΑΓΓΕΛΟΣ ΔΡΟΣΟΣ ΔΕΣΠΟΤΑΚΗΣ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Αρετή Τσέλιου

Ρόδος – Νοέμβριος 2025

© Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, 2025

Η παρούσα Εργασία καθώς και τα αποτελέσματα αυτής, αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΑΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης, αναπαραγωγής και αναδιανομής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέα της Εργασίας καθώς και το όνομα του ΕΑΠ όπου εκπονήθηκε.



Διπλωματική Εργασία

« Θερμικό περιβάλλον νησιωτικής περιοχής με
χαρακτηριστικά μεσογειακού κλίματος. Η συμβολή των
αστικών υπαίθριων χώρων στη βελτίωση του
μικροκλίματος »

ΑΓΓΕΛΟΣ ΔΡΟΣΟΣ ΔΕΣΠΟΤΑΚΗΣ

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Αρετή Τσέλιου

Ιωάννης Μανδάλας

Επίκουρη Καθηγήτρια

Σ.Ε.Π. Ε.Α.Π.

Zayed University, Abu Dhabi, UAE

Ρόδος – Νοέμβριος 2025

Στην σύζυγο μου και τα δύο μικρά παιδιά μας..

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κα Αρετή Τσέλιου για την αμέριστη υποστήριξη, την πολύτιμη καθοδήγηση και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε κάθε στάδιο αυτής της εργασίας.

Οι γνώσεις της και η ενθάρρυνσή της αποτέλεσαν για μένα το σημαντικότερο στήριγμα για την ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί μία από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές προκλήσεις του 21ου αιώνα, επηρεάζοντας άμεσα τόσο τα φυσικά οικοσυστήματα όσο και το δομημένο περιβάλλον. Η συνεχής αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, οι καύσωνες και η αύξηση ακραίων καιρικών φαινομένων δημιουργούν νέες απαιτήσεις για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση των σύγχρονων πόλεων. Ιδιαίτερα στις περιοχές με μεσογειακό κλίμα, όπου τα θερμά και ξηρά καλοκαίρια αποτελούν χαρακτηριστικό γνώρισμα, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι ιδιαίτερα εμφανείς και επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα ζωής, τη δημόσια υγεία και την ενεργειακή κατανάλωση των αστικών περιοχών (IPCC, 2023· UN-Habitat, 2022).

Η έντονη αστικοποίηση των τελευταίων δεκαετιών έχει επιφέρει σημαντικές μεταβολές στο μικροκλίμα των πόλεων. Η αντικατάσταση των φυσικών επιφανειών από αδιαπέραστα δομικά υλικά, η αύξηση της δόμησης, ο περιορισμός του αστικού πρασίνου οδηγούν στην ανάπτυξη του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (Urban Heat Island). Ως αποτέλεσμα, οι θερμοκρασίες στις πυκνοδομημένες περιοχές εμφανίζονται σημαντικά υψηλότερες από εκείνες της υπαίθρου, ιδιαίτερα κατά τις νυχτερινές ώρες και τις περιόδους καύσωνα (Oke, 1987; Santamouris, 2015).

Η υψηλές θερμοκρασίες των αστικών περιοχών επηρεάζουν σημαντικά την ανθρώπινη υγεία και τη θερμική άνεση των κατοίκων. Η παρατεταμένη έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες συνδέεται με αύξηση της θνησιμότητας, ιδιαίτερα στις ευάλωτες ομάδες του πληθυσμού, ενώ παράλληλα αυξάνει σημαντικά τις ανάγκες για κλιματισμό και, κατά συνέπεια, την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Για τον λόγο αυτό, η βελτίωση του μικροκλίματος αποτελεί πλέον βασικό στόχο του βιοκλιματικού σχεδιασμού (Santamouris, 2014; WHO, 2021).

Στο πλαίσιο αυτό, οι αστικοί υπαίθριοι χώροι αποκτούν ιδιαίτερη σημασία, καθώς μπορούν να λειτουργήσουν ως βασικά στοιχεία προσαρμογής των πόλεων στην κλιματική αλλαγή. Οι πλατείες, τα πάρκα, οι πεζόδρομοι και οι χώροι πρασίνου δεν αποτελούν μόνο χώρους

κοινωνικής συνεύρεσης, αλλά και κρίσιμα στοιχεία του αστικού περιβάλλοντος που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του αέρα, τη σχετική υγρασία, τη ροή του ανέμου. Η βιοκλιματική διαμόρφωση των δημόσιων χώρων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τη θερμική άνεση των πολιτών και να περιορίσει τις επιπτώσεις της αστικής θερμικής νησίδας (Emmanuel & Krüger, 2012; Tseliou et al., 2023).

Ιδιαίτερη σημασία αποκτούν οι παρεμβάσεις που βασίζονται στη χρήση ψυχρών υλικών, στην αύξηση του αστικού πρασίνου και στην ενσωμάτωση στοιχείων φυσικού δροσισμού. Τα υλικά υψηλής ανακλαστικότητας μειώνουν την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ η φύτευση ιδίως δέντρων με πυκνό φύλλωμα συμβάλλουν στη σκίαση και στη μείωση της θερμοκρασίας μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Πλήθος ερευνητικών εργασιών έχει αποδείξει ότι οι παραπάνω στρατηγικές μπορούν να μειώσουν αισθητά τη θερμοκρασία των αστικών επιφανειών και να βελτιώσουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης των χρηστών (Santamouris, 2013, Bowler et al., 2010).

Οι νησιωτικές περιοχές της Μεσογείου παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς χαρακτηρίζονται από υψηλή ηλιακή ακτινοβολία, αυξημένες θερμοκρασίες κατά τη θερινή περίοδο και έντονη εποχική τουριστική δραστηριότητα. Η Ρόδος αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αστικού κέντρου μεσογειακού νησιωτικού χαρακτήρα, όπου η συνεχής ανάπτυξη του δομημένου περιβάλλοντος και η αυξημένη χρήση σκληρών αδιαπέραστων επιφανειών επιτείνουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο τοπικό μικροκλίμα. Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής ως αντικείμενο μελέτης θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, καθώς μπορεί να προσφέρει χρήσιμα συμπεράσματα για τον σχεδιασμό αντίστοιχων αστικών χώρων σε άλλες ελληνικές και μεσογειακές πόλεις.

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει το θερμικό περιβάλλον της Πλατείας Ακαδημίας στη Ρόδο μέσω του λογισμικού ENVI-met. Η αξιολόγηση των μικροκλιματικών συνθηκών πραγματοποιείται με τη χρήση των βιοκλιματικών δεικτών UTCI (Universal Thermal Climate Index) και PET (Physiologically Equivalent Temperature), οι οποίοι αποτελούν διεθνώς αναγνωρισμένα εργαλεία εκτίμησης της θερμικής άνεσης. Παράλληλα αναπτύσσονται δύο εναλλακτικά σενάρια βιοκλιματικών παρεμβάσεων, τα οποία αφορούν την εφαρμογή ψυχρών υλικών και την αύξηση της φύτευσης, με στόχο την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους στη βελτίωση του μικροκλίματος.

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση του θερμικού περιβάλλοντος ενός αστικού υπαίθριου χώρου σε νησιωτική περιοχή με χαρακτηριστικά μεσογειακού κλίματος και η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών βιοκλιματικών παρεμβάσεων στη βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών και της θερμικής άνεσης των χρηστών.

Στόχοι

Οι επιμέρους στόχοι της εργασίας είναι:

- η καταγραφή των χαρακτηριστικών του αστικού μικροκλίματος της περιοχής μελέτης,
- η προσομοίωση των μικροκλιματικών συνθηκών με χρήση του λογισμικού ENVI-met,
- η αξιολόγηση της θερμικής άνεσης μέσω των δεικτών UTCI και PET,
- η ανάπτυξη και αξιολόγηση δύο σεναρίων βιοκλιματικού σχεδιασμού,
- η διερεύνηση της συμβολής των ψυχρών υλικών και της αύξησης της φύτευσης στη βελτίωση του μικροκλίματος,

Δομή της εργασίας

Η εργασία οργανώνεται σε οκτώ κεφάλαια. Μετά την εισαγωγή ακολουθεί η βιβλιογραφική επισκόπηση, όπου παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες της κλιματικής αλλαγής, του αστικού μικροκλίματος, της θερμικής άνεσης και των βιοκλιματικών παρεμβάσεων. Στη συνέχεια περιγράφεται η μεθοδολογία, η περιοχή μελέτης και η διαδικασία προσομοίωσης με το λογισμικό ENVI-met. Ακολουθεί η παρουσίαση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της υφιστάμενης κατάστασης και των δύο σεναρίων παρέμβασης, ενώ η εργασία ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα, τη συνεισφορά της έρευνας, τους περιορισμούς και τις προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Περίληψη

Με την παρούσα μελέτη, γίνεται η διερεύνηση του θερμικού περιβάλλοντος σε αστικό υπαίθριο χώρο πυκνοκατοικημένης νησιωτικής περιοχής σε συνθήκες μεσογειακού κλίματος της Κλιματικής Ζώνης Α, και η προσπάθεια βελτίωσης των βιοκλιματικών συνθηκών με προτάσεις παρεμβάσεων με βιοκλιματικά χαρακτηριστικά.

Για την διερεύνηση, επιλέχθηκε η Πλατεία Ακαδημίας της Νήσου Ρόδου με σκοπό την αξιολόγηση των θερμικών συνθηκών που επικρατούν μέσω του λογισμικού ENVI-met.

Το μικροκλιματικό περιβάλλον της Πλατείας προσομοιώθηκε για μία τυπική ημέρα του Ιουλίου (25/7/2025), με τη χρήση του τρισδιάστατου μικροκλιματικού μοντέλου ENVI-met V 5.9.0, και αξιολογήθηκε με βάση τις τιμές που προέκυψαν για τις θερμοκρασίες επιφανείας και αέρα.

Η εκτίμηση της θερμικής αίσθησης έγινε με τη χρήση του βιοκλιματικού δείκτη UTCI (Universal Thermal Climate Index) και του PET (Physiologically Equivalent Temperature °C).

Αρχικά, οι βιοκλιματικοί δείκτες χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του μικροκλιματικού περιβάλλοντος της περιοχής μελέτης στην υφιστάμενη κατάσταση και στη συνέχεια αναπτύχθηκαν δύο σενάρια βιοκλιματικού σχεδιασμού προκειμένου να βελτιωθούν οι μικροκλιματικές συνθήκες.

Στο Σενάριο 1 έγινε αλλαγή της εδαφοκάλυψης τοποθετώντας πλάκες (PL) με ψυχρά υλικά στα πεζοδρόμια διατηρώντας τον δρόμο με την ασφαλτο όπως στην υφιστάμενη κατάσταση. Στο Σενάριο 2 έγινε αύξηση της φύτευσης κατά 30% καθώς προστέθηκαν ψηλά δέντρα με πυκνό φύλλωμα όπως τα υφιστάμενα (πλατάνια, αροκαριές, κυπαρίσσια). Οι παρεμβάσεις του Σεναρίου 1 δεν έδειξαν κάποια βελτίωση καθώς οι τιμές των δεικτών δεν παρουσίασαν διαφορές σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Στο Σενάριο 2 όμως διαπιστώθηκαν διαφοροποιήσεις της τάξης του ενός βαθμού κελσίου (°C).

Λέξεις – Κλειδιά

Θερμική άνεση, βιοκλιματικός δείκτης UTCI, PET, λογισμικό ENVI-met,

Highlights

- Η Πλατεία Ακαδημίας παρουσιάζει **έντονη θερμική καταπόνηση** κατά τους θερινούς μήνες, ιδιαίτερα τις μεσημβρινές ώρες.
- Οι δείκτες **UTCI** και **PET** επιβεβαιώνουν συνθήκες **ισχυρού έως πολύ ισχυρού θερμικού στρες** για τους χρήστες της πλατείας.
- Η εφαρμογή **ψυχρών υλικών** (Σενάριο 1) δεν οδήγησε σε σημαντική βελτίωση της θερμικής άνεσης σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση.
- Η **αύξηση της φύτευσης κατά 30%** (Σενάριο 2) παρουσίασε τη μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, μειώνοντας τη θερμική επιβάρυνση μέσω σκίασης.
- Η **δενδροφύτευση** αναδεικνύεται ως η σημαντικότερη βιοκλιματική παρέμβαση για τη βελτίωση του μικροκλίματος σε αστικούς υπαίθριους χώρους.
- Το λογισμικό **ENVI-met** αποδείχθηκε αξιόπιστο εργαλείο για την προσομοίωση και αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων αστικού σχεδιασμού.
- Τα ευρήματα της μελέτης μπορούν να αξιοποιηθούν ως **οδηγός για τον σχεδιασμό βιώσιμων και ανθεκτικών δημόσιων χώρων** στη Ρόδο και σε άλλες πόλεις με μεσογειακό κλίμα.

“Thermal environment of an island area with Mediterranean climate characteristics. The contribution of urban outdoor spaces to microclimate improvement.”

Aggelos Drosos Despotakis

Abstract

This study investigates the thermal environment of an urban outdoor space located in a densely populated island area characterized by a Mediterranean climate (Climate Zone A) and explores the potential interventions aimed to improve its bioclimatic conditions. For this investigation, Academy Square on the island of Rhodes was selected as the study area with the aim of evaluating the prevailing thermal conditions using the ENVI-met simulation software.

The square's microclimatic environment was simulated for a typical summer day (25 July 2025) using the three-dimensional microclimate model ENVI-met V5.9.0. The thermal performance was evaluated based on the simulated surface and air temperature values.

Thermal comfort was assessed using the bioclimatic indices UTCI (Universal Thermal Climate Index) and PET (Physiological Equivalent Temperature).

Initially, the UTCI and PET values of the existing condition of the square were examined, providing the baseline against which Scenarios 1 and 2 were compared.

Scenario 1 involved a change in round surface by replacing the pavement surfaces with cool paving materials (PL) while maintaining the tarmac intact as in the existing condition.

Scenario 2 involved increasing the vegetation cover by 30% through the addition of tall trees with dense foliage, similar to the existing species (plane trees, araucarias, and cypress trees).

The interventions implemented in Scenario 1 did not result in any improvement, as the values of the temperature indices showed no differences compared with the existing condition. However, Scenario 2 demonstrated temperature variations of approximately one degree Celsius (°C).

Keywords

Thermal comfort, Bioclimatic index UTCI, PET, ENVI-met software.

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	vi
Σκοπός.....	viii
Στόχοι.....	viii
Δομή της εργασίας.....	viii
Περίληψη.....	ix
Highlights.....	x
Abstract.....	xi
Περιεχόμενα.....	xii
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων.....	xiv
Κατάλογος Πινάκων / Διαγραμμάτων.....	xvi
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xvi
1. Βιβλιογραφική Επισκόπηση.....	1
1.1 Κλιματική Αλλαγή.....	1
1.2 Αστικό Μικροκλίμα.....	2
Παράγοντες που επηρεάζουν το Αστικό Μικροκλίμα.....	3
Θερμική Αστική Νησίδα (urban heat island).....	3
Νησίδα δροσιάς.....	4
1.3 Αστικοί υπαίθριοι χώροι.....	4
1.4 Θερμική Άνεση.....	6
1.5 Φυσικά και Δομικά στοιχεία στο αστικό περιβάλλον.....	8
1.5.1 Πράσινο.....	8
1.5.2 Νερό.....	9
1.5.3 Επίδραση Υλικών Εδαφοκάλυψης.....	9
1.5.4 Άσφαλτος.....	10
1.5.5 Τσιμέντο.....	10
1.5.6 Επίδραση των ΙΧ στο Περιβάλλον.....	11
1.6 Ψυχρά υλικά.....	11
1.6.1 Τσιμεντένιοι κυβόλιθοι (cool pave).....	12
1.6.2 Χαλαζιακοί κυβόλιθοι.....	12
1.6.3 Φωτοκαταλυτικοί κυβόλιθοι (cool eco active).....	13
1.6.4 Διαπερατοί κυβόλιθοι (permeable).....	13
2.0 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	14
2.1 Επιλογή Περιοχής Μελέτης.....	14
2.2 Στοιχεία ευρύτερου Αστικού Περιβάλλοντος.....	14
2.3 Όροι Δόμησης Περιοχής Εξέτασης.....	16
2.4 Χρήσεις Γης.....	20
2.5 Κυκλοφοριακό.....	20
2.6 Ύδρευση.....	21

2.7	Απορρίμματα.....	21
2.8	Φύτευση	21
3.0	Κλιματικά Δεδομένα Περιοχής Μελέτης.....	22
4.0	Προσομοιώσεις μικροκλιματικών και θερμικών συνθηκών	25
4.1	Λογισμικό ENVI-met.....	26
4.2	Μοντελοποίηση Πλατείας στο Λογισμικό ENVI-met	26
4.3	Αξιολόγηση του θερμικού περιβάλλοντος στην Περιοχή Μελέτης.....	30
5.0	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	32
5.1	Δείκτης UTCI °C (Υφιστάμενης κατάστασης).....	32
5.2	Δείκτης Potential Air Temperature °C (Υφιστάμενης κατάστασης)	38
5.3	ΣΥΝΟΨΗ	43
5.4	ΣΕΝΑΡΙΟ 1	43
5.5	Δείκτης UTCI °C.....	43
5.6	Potential Air Temperature °C.....	51
5.7	ΣΕΝΑΡΙΟ 2	58
5.8	Δείκτης UTCI °C.....	58
5.9	Δείκτης Potential Air Temperature °C.....	68
6.0	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	77
6.1	Σύγκριση των ευρημάτων με τη διεθνή βιβλιογραφία.....	79
6.2	Συνεισφορά εργασίας και μελλοντικές προτάσεις	80
6.3	Περιορισμοί της εργασίας.....	80
7.0	Συζήτηση.....	81
8.0	Βιβλιογραφία.....	84

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 1 - Απόσπασμα Σχεδίου Πόλεως Ρόδου & Αεροφωτογραφία του Κτηματολογίου Α.Ε.....	15
Εικόνα 2 - Όροι Δόμησης Πόλεως Ρόδου (Πηγή Διεύθυνση Πολεοδομικού Σχεδιασμού Δήμου Ρόδου)	16
Εικόνα 3 - Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο Πόλεως Ρόδου (Πηγή Διεύθυνση Πολεοδομικού Σχεδιασμού Δήμου Ρόδου).....	17
Εικόνα 4 - Απόσπασμα Πλατείας Ακαδημίας με το Σχέδιο Πόλεως και ορθοφωτοχάρτη του Κτηματολογίου Α.Ε.....	18
Εικόνα 5 - Απόσπασμα αεροφωτογραφίας Google - Earth της Πλατείας Ακαδημίας.....	22
Εικόνα 6 - Η θέση των Κτιρίων και των Δέντρων (εξαγωγή εικόνας από το περιβάλλον spaces του ENVI-met).....	28
Εικόνα 7 - Η Άσφαλτος και οι τσιμεντένιες πλάκες (εξαγωγή εικόνας από το περιβάλλον του spaces του ENVI-met).....	29
Εικόνα 8 - Τα Κτίρια, η Φύτευση με ταύτιση ορθοφωτοχάρτη του Κτηματολογίου Α.Ε. (εξαγωγή εικόνας από το περιβάλλον spaces του ENVI-met).....	29
Εικόνα 9 - Τρισδιάστατη απεικόνιση (εξαγωγή εικόνας από το περιβάλλον spaces του ENVI-met)	30
Εικόνα 10 - Χάρτης UTCI - Ώρα 06.00 - 25/7/2025	33
Εικόνα 11 - Χάρτης UTCI - Ώρα 08.00 - 25/7/2025	33
Εικόνα 12 - Χάρτης UTCI - Ώρα 10.00 - 25/7/2025	34
Εικόνα 13 - Χάρτης UTCI - Ώρα 12.00 - 25/7/2025	35
Εικόνα 14 - Χάρτης UTCI - Ώρα 14.00 - 25/7/2025	35
Εικόνα 15 - Χάρτης UTCI - Ώρα 16.00 - 25/7/2025	36
Εικόνα 16 - Χάρτης UTCI - Ώρα 18.00 - 25/7/2025	36
Εικόνα 17 - Potential Air Temperature - Ώρα 06.00 - 25/7/2025	39
Εικόνα 18 - Potential Air Temperature - Ώρα 08.00 - 25/7/2025	39
Εικόνα 19 - Potential Air Temperature - Ώρα 10.00 - 25/7/2025	40
Εικόνα 20 - Potential Air Temperature - Ώρα 12.00 - 25/7/2025	40
Εικόνα 21 - Potential Air Temperature - Ώρα 14.00 - 25/7/2025	41
Εικόνα 22 - Potential Air Temperature - Ώρα 16.00 - 25/7/2025	41
Εικόνα 23 - Potential Air Temperature - Ώρα 18.00 - 25/7/2025	42
Εικόνα 24 – UTCI - Ώρα 06.00 - 25/7/2025	44
Εικόνα 25 – UTCI - Ώρα 08.00 - 25/7/2025	45
Εικόνα 26 – UTCI - Ώρα 10.00 - 25/7/2025	45
Εικόνα 27 – UTCI - Ώρα 12.00 - 25/7/2025	46
Εικόνα 28 – UTCI - Ώρα 14.00 - 25/7/2025	47
Εικόνα 29 – UTCI - Ώρα 16.00 - 25/7/2025	47
Εικόνα 30 – UTCI - Ώρα 18.00 - 25/7/2025	48
Εικόνα 31 – Σύγκριση UTCI υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 1 - Ώρες 06.00 έως 12.00 - 25/7/2025	49

Εικόνα 32 - Σύγκριση UTCI υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 1 - Ώρες 14.00 έως 18.00 - 25/7/2025	50
Εικόνα 33 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 06.00 - 25/7/2025.....	52
Εικόνα 34 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 08.00 - 25/7/2025.....	52
Εικόνα 35 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 10.00 - 25/7/2025.....	53
Εικόνα 36 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 12.00 - 25/7/2025.....	53
Εικόνα 37 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 14.00 - 25/7/2025.....	54
Εικόνα 38 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 16.00 - 25/7/2025.....	54
Εικόνα 39 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 18.00 - 25/7/2025.....	55
Εικόνα 40 - Σύγκριση δείκτη Potential Air Temperature °C Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 1 - Ώρες 06.00 έως 12.00 - 25/7/2025	57
Εικόνα 41 - Σύγκριση δείκτη Potential Air Temperature °C Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 1 - Ώρες 14.00 έως 18.00 - 25/7/2025	57
Εικόνα 42 – Δέντρα Σεναρίου 2	58
Εικόνα 43 - UTCI - Ώρα 06.00 - 25/7/2025.....	59
Εικόνα 44 - UTCI - Ώρα 08.00 - 25/7/2025.....	60
Εικόνα 45 - UTCI - Ώρα 10.00 - 25/7/2025.....	61
Εικόνα 46 - UTCI - Ώρα 12.00 - 25/7/2025.....	62
Εικόνα 47 - UTCI - Ώρα 14.00 - 25/7/2025.....	62
Εικόνα 48 - UTCI - Ώρα 16.00 - 25/7/2025.....	63
Εικόνα 49 - UTCI - Ώρα 18.00 - 25/7/2025.....	64
Εικόνα 50 - Σύγκριση δείκτη UTCI Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 2 - Ώρες 06.00 έως 12.00 - 25/7/2025	67
Εικόνα 51 - Σύγκριση δείκτη UTCI Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 2 - Ώρες 14.00 έως 18.00 - 25/7/2025	67
Εικόνα 52 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 06.00 - 25/7/2025.....	68
Εικόνα 53 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 08.00 - 25/7/2025.....	69
Εικόνα 54 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 10.00 - 25/7/2025.....	70
Εικόνα 55 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 12.00 - 25/7/2025.....	71
Εικόνα 56 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 14.00 - 25/7/2025.....	71
Εικόνα 57 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 16.00 - 25/7/2025.....	72
Εικόνα 58 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 18.00 - 25/7/2025.....	73
Εικόνα 59 - Σύγκριση δείκτη Potential Air Temperature °C Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 2 - Ώρες 06.00 έως 12.00 - 25/7/2025	74
Εικόνα 60 - Σύγκριση δείκτη Potential Air Temperature °C Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 2 - Ώρες 14.00 έως 18.00 - 25/7/2025	75

Κατάλογος Πινάκων / Διαγραμμάτων

Πίνακας 1 - Διάγραμμα Θερμοκρασίας (Πηγή Ε.Μ.Υ.)	23
Πίνακας 2 - Διάγραμμα Διεύθυνσης Ανέμου (Πηγή Ε.Μ.Υ.)	24
Πίνακας 3 - Διάγραμμα Ετήσιων Συχνοτήτων Ανέμου (Πηγή Ε.Μ.Υ.)	25
Πίνακας 4 - Πίνακας Θερμικής Άνεσης UTCI (Tseliou et. al., 2023).....	31
Πίνακας 5 – Πίνακας Θερμικής αίσθησης PET (Tousi et. al. 2014).....	31
Πίνακας 6 - Ελάχιστες και μέγιστες Θερμοκρασίες του Δείκτη UTCI Υφιστάμενης κατάστασης	37
Πίνακας 7 - Ελάχιστες και μέγιστες Θερμοκρασίες του Δείκτη Potential Air Temperature Υφιστάμενης κατάστασης	43
Πίνακας 8 – Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες του Δείκτη UTCI του Σεναρίου 1	51
Πίνακας 9 - Ελάχιστες και μέγιστες Θερμοκρασίες του Δείκτη Potential Air Temperature Σεναρίου 1.....	52
Πίνακας 10 – Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες Δείκτη UTCI Σεναρίου 2	59
Πίνακας 11 – Ελάχιστες και μέγιστες τιμές του Δείκτη PET Σεναρίου 2	68
Πίνακας 12 – Σύγκριση Υφιστάμενης κατάστασης, Σεναρίου 1 και 2 Δείκτη PET	76
Πίνακας 13 - Σύγκριση Υφιστάμενης κατάστασης, Σεναρίου 1 και 2 Δείκτη UTCI.....	76

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

Ακολουθούν κάποια παραδείγματα:

ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΕΑΠ	Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
ΘΕ	Θεματική Ενότητα
ΠΕ	Πτυχιακή Εργασία
ΠΣ	Πρόγραμμα Σπουδών
ΣΥΝ	Συντονιστής

1. Βιβλιογραφική Επισκόπηση

1.1 Κλιματική Αλλαγή

Η Κλιματική αλλαγή είναι η μακροχρόνια μεταβολή του κλίματος, η οποία μπορεί να εκδηλωθεί μέσα από αλλαγές στη θερμοκρασία, τις βροχοπτώσεις, τα ακραία καιρικά φαινόμενα και τη στάθμη της θάλασσας. (IPCC,2021).

Η Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή, (UNFCCC), ορίζει την «κλιματική αλλαγή» ως πρόβλημα υποβάθμισης του περιβάλλοντος.

Επίσης, στην δημόσια συζήτηση, έχει αναφερθεί και σαν πρόβλημα ανάπτυξης, μετανάστευσης και ασφάλειας (International Journal of Climate Change Strategies and Management (2012).

Η μεταβολή του κλίματος ή πρόβλημα υποβάθμισης του περιβάλλοντος όπως αναφέρθηκε παραπάνω, μπορεί να προκύψει τόσο από φυσικές διεργασίες όσο και από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών καυσίμων, το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄) και η αποψίλωση δασών που αυξάνουν τη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα (IPCC,2021 & UNFCCC,1992).

Οι εκπομπές των αερίων (CO₂, CH₄) συμβάλουν καθοριστικά στην υπερθέρμανση του πλανήτη (ξηράς και ωκεανών). Έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) καταγράφει υπερθέρμανση του πλανήτη κατά 1,5 °C πάνω από τα προβιομηχανικά επίπεδα (IPCC 2018). Η ανθρώπινες δραστηριότητες με τη μορφή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου φαίνεται να έχουν σημαντικό ρόλο στη φυσική υπερθέρμανση του πλανήτη όπως η καύση του άνθρακα, του πετρελαίου, του φυσικού αερίου στη βιομηχανία, στη θέρμανση, στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ακόμα και στην παραγωγή τσιμέντου. Επίσης συμβάλει η αποψίλωση των δασών και η εκχέρσωση (IPCC 2000). Η αποψίλωση των δασών και η θέρμανση των ωκεανών επηρεάζουν την ικανότητα απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται πλέον στην ατμόσφαιρα.

Η IPCC (2018) αναφέρει αύξηση 45% στη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Αυτή η αύξηση απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια του πλανήτη και παγιδεύει την ηλιακή θερμότητα που ακτινοβολεί από τη Γη στο διάστημα θερμαίνοντας το κλίμα της Γης λιώνοντας τους

πολικούς πάγους και τους ορεινούς παγετώνες γεγονός που αυξάνει τη στάθμη του νερού των ωκεανών και αυξάνει τη θερμοκρασία της θάλασσας και των ποταμών.

Η κλιματική αλλαγή επίσης ευθύνεται και για ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως καύσωνες, ξηρασίες, τυφώνες, χιονοθύελλες, καταγίδες και πολύ ψυχρότερους από το κανονικό χειμώνες. (Smith, J., & Lee, K. (2021)).

Υπάρχουν όμως και φυσικές δραστηριότητες που επηρεάζουν το κλίμα οι οποίες δεν αναφέρθηκαν παραπάνω όπως οι ηφαιστειακές εκρήξεις και οι διακυμάνσεις στην ηλιακή φωτεινότητα. (Hansen, J., & Thompson, M. (2013)).

1.2 Αστικό Μικροκλίμα

Η κλιματική αλλαγή όπως αναφέρθηκε παραπάνω αποτελεί ένα πολύ σημαντικό περιβαλλοντικό θέμα τα τελευταία χρόνια. Ωστόσο, το αστικό μικροκλίμα επηρεάζει άμεσα το περιβάλλον διαβίωσης των ανθρώπων και μπορεί να διαχειριστεί και προσαρμοστεί με διάφορα τεχνολογικά μέσα για να ενισχυθεί η ανθεκτικότητα των πόλεων στην κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις της. Η πρώτη φορά που προσδιορίστηκε η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αγροτικών και αστικών περιοχών (δηλαδή το φαινόμενο της θερμικής αστικής νησίδας) ήταν το 1818 με το βιβλίο του Λέικ Χάουαρντ «Το Κλίμα του Λονδίνου», που μελέτησε τους παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα της πόλης. (Wang, Z., & Xu, J. (2022)).

Το αστικό μικροκλίμα ("**urban microclimate**") μπορεί να οριστεί ως οποιαδήποτε περιοχή όπου το κλίμα της διαφέρει από την γύρω περιοχή (Urban Hub, 2019). Τα χαρακτηριστικά ενός αστικού μικροκλίματος περιλαμβάνουν διακυμάνσεις στη θερμοκρασία του εξωτερικού αέρα, τη θερμοκρασία της επιφάνειας, την υγρασία, την ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου (Javanroodi and Nik, 2019). Αρκετοί ανθρωπογενείς παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν το φαινόμενο του αστικού μικροκλίματος. Οι επιφάνειες των υλικών μπορούν να επηρεάσουν την ανακλαστικότητα, τη θερμική αγωγιμότητα, τη θερμοχωρητικότητα και την ποσότητα της ανακλώμενης ενέργειας (Taha, 1997). Εν τω μεταξύ, η απουσία φύτευσης και επιφανειών νερού επιδεινώνουν το φαινόμενο. Η αστική μορφολογία, συμπεριλαμβανομένων της πυκνότητας και των υψών των κτιρίων, μπορεί να επηρεάσει την κίνηση του ανέμου (Ryu et al., 2011). Επιπλέον, η θερμότητα από οχήματα, κτίρια, βιομηχανία και ανθρώπινες δραστηριότητες που διαχέεται

στο αστικό περιβάλλον είναι από τις σημαντικότερες αιτίες του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (Hong et al., 2020a) Chen, H., & Li, Y. (2021).

Παράγοντες που επηρεάζουν το Αστικό Μικροκλίμα

Σύμφωνα με τον (Oke, 1987), η αστικοποίηση και οι δραστηριότητες των πόλεων προκαλούν σημαντικές αλλαγές στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Οι επιφάνειες των πόλεων είναι συνήθως τραχύτερες, θερμότερες και στεγνότερες σε σχέση με αυτές τις υπαίθρου. Η τραχύτητα οφείλεται στα δομικά υλικά των κτιρίων που επηρεάζουν την κατεύθυνση των ανέμων μέσα στην πόλη. Τα ψηλά κτίρια μειώνουν την ταχύτητα των ανέμων και δημιουργούν στροβίλους επηρεάζοντας δραστικά τον δροσισμό των πόλεων και την θερμική άνεση. Η θερμοκρασία των επιφανειών αυξάνεται από την ηλιακή ακτινοβολία και κυρίως από την απορροφητικότητα των υλικών. Μια παράμετρος που επηρεάζει επίσης είναι η απορριπτόμενη ενέργεια από τις ανθρώπινες δραστηριότητες συμβατικών πηγών ενέργειας όπως η θέρμανση, ο κλιματισμός, ο φωτισμός. Επιπρόσθετα, η μειωμένη ύπαρξη πρασίνου στις πόλεις, αποτελεί απώλεια ενός σημαντικού στοιχείου ηλιοπροστασίας, δροσισμού και υγρασίας συμβάλλοντας στη διαφοροποίηση των θερμοκρασιών και της υγρασίας των πόλεων σε σχέση με την ύπαιθρο. Τέλος η διαφυγή της θερμικής ακτινοβολίας εμποδίζεται δραστικά από την πυκνή δόμηση. (Τόμος Α': Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων, ΕΑΠ, Πάτρα 2001).

Θερμική Αστική Νησίδα (urban heat island)

Όλες αυτές οι παράμετροι και οι διαδικασίες που αναφέρθηκαν παραπάνω έχουν αποτέλεσμα τη δημιουργία μικροκλιμάτων μέσα στις πόλεις που διαφέρουν σημαντικά από τις θερμοκρασίες της υπαίθρου.

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες αέρα που εμφανίζονται στις κεντρικές περιοχές των πόλεων σε σχέση με τα προάστια και την ύπαιθρο αποτελούν το φαινόμενο της Θερμικής Αστικής Νησίδας. Σύμφωνα με τους (Oke, 1987) και (Barry και Chorley 1998), οι διαφορές θερμοκρασίας πόλης και υπαίθρου κυμαίνονται από -2 έως + 15 βαθμούς Κελσίου (μέσες τιμές) στις μεγάλες πόλεις με τις μέγιστες διαφορές να εμφανίζονται τη νύχτα με καθαρό ουρανό και άπνοια. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο ότι η ύπαιθρος και τα προάστια ψύχονται

ταχύτερα από ότι το κέντρο της πόλης που η ακτινοβολία είναι το κυριότερο μέσο μεταφοράς θερμοκρασίας. (Τόμος Α΄: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων, ΕΑΠ, Πάτρα 2001).

Νησίδα δροσιάς

Στις παραθαλάσσιες πόλεις με τροπικό κλίμα έχει παρατηρηθεί αντιστροφή της θερμοκρασιακής διαφοράς ανάμεσα στην πόλη και την ύπαιθρο, δηλαδή πτώση της θερμοκρασίας του αέρα στην πόλη κάτω από αυτή της γύρω υπαίθρου. Η αύξηση της θερμοκρασίας τα απογεύματα στο κέντρο της πόλης προκαλεί ανοδική κίνηση του θερμότερου αέρα έλκοντας την πνοή της θαλάσσιας αύρας προς το κέντρο προκαλώντας πτώση της θερμοκρασίας στην πόλη. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται Νησίδα δροσιάς που σύμφωνα με τον (Jauregui, 1987) εμφανίζεται κυρίως το καλοκαίρι και μετά το μεσημέρι. (Τόμος Α΄: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων, ΕΑΠ, Πάτρα 2001).

1.3 Αστικοί υπαίθριοι χώροι

Οι αστικοί υπαίθριοι χώροι αποτελούν βασικό συστατικό της σύγχρονης πόλης και συνδέονται άμεσα με την ποιότητα ζωής των κατοίκων, τη δημόσια υγεία, την κοινωνική συνοχή και τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη. Σε αυτούς εντάσσονται πλατείες, πάρκα, πεζόδρομοι, χώροι πρασίνου, κοινόχρηστες αυλές και κάθε ανοιχτός υπαίθριος χώρος που είναι προσβάσιμος ή χρησιμοποιείται από τους πολίτες. Η σημασία τους έχει αναδειχθεί ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς οι πόλεις γίνονται ολοένα πιο πυκνές, πολύπλοκες και περιβαλλοντικά επιβαρυνμένες. Οι σύγχρονες μελέτες δεν αντιμετωπίζουν πλέον τους υπαίθριους χώρους ως απλά κενά μέσα στον αστικό ιστό, αλλά ως λειτουργικές και κοινωνικές υποδομές με πολλαπλές επιδράσεις στην καθημερινή ζωή (Wang et al., 2024). Ένα από τα σημαντικότερα οφέλη των αστικών υπαίθριων χώρων είναι η συμβολή τους στη σωματική και ψυχική υγεία. Η πρόσβαση σε πάρκα και χώρους πρασίνου συνδέεται με αυξημένες ευκαιρίες για περπάτημα, άσκηση, ξεκούραση και επαφή με το φυσικό περιβάλλον. Πολλές έρευνες δείχνουν ότι η καθημερινή παρουσία σε τέτοιους χώρους μπορεί να μειώσει το άγχος, να βελτιώσει τη διάθεση και να ενισχύσει τη γενικότερη ευεξία. Η επαφή με το πράσινο φαίνεται να δρα θετικά όχι μόνο ως περιβαλλοντικό ερέθισμα, αλλά

και ως μέσο ψυχολογικής αποφόρτισης από την ένταση της καθημερινότητας. Σε μια εποχή έντονου ρυθμού εργασίας, κινητικότητας και ψηφιακής υπερφόρτωσης, οι υπαίθριοι χώροι λειτουργούν ως σημεία ανάπαυσης και ισορροπίας (Zhang et al., 2024).

Πέρα από την υγεία, οι αστικοί υπαίθριοι χώροι έχουν και σημαντική κοινωνική διάσταση. Αποτελούν τόπους συνάντησης, επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης μεταξύ διαφορετικών ομάδων πληθυσμού. Σε μια πλατεία ή σε έναν πεζόδρομο οι πολίτες δεν είναι απλώς μετακινούμενα άτομα, αλλά συμμετέχουν σε μια μορφή καθημερινής δημόσιας ζωής. Οι χώροι αυτοί διευκολύνουν την κοινωνική συνεύρεση, την παρατήρηση, την ανταλλαγή εμπειριών. Ειδικά στις γειτονιές με περιορισμένους ιδιωτικούς εξωτερικούς χώρους, οι κοινόχρηστοι υπαίθριοι χώροι αποκτούν ιδιαίτερη σημασία, καθώς λειτουργούν ως προέκταση της καθημερινότητας. Παράλληλα, οι υπαίθριοι χώροι συμβάλλουν ουσιαστικά και στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα των πόλεων. Η παρουσία δέντρων, φυτεύσεων και γενικότερα αστικού πρασίνου βοηθά στη μείωση της θερμοκρασίας, στον περιορισμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και στη βελτίωση του μικροκλίματος. Επίσης, οι πράσινοι χώροι συμβάλλουν στη διαχείριση των όμβριων υδάτων και στη συγκράτηση της ρύπανσης. Σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής, οι αστικοί υπαίθριοι χώροι αποκτούν ρόλο προσαρμογής και ανθεκτικότητας, λειτουργώντας ως μικρές οικολογικές “ανάσες” μέσα στο πυκνό δομημένο περιβάλλον. Η σύγχρονη πολεοδομική προσέγγιση δίνει πλέον έμφαση στην ολιστική αξιολόγηση αυτών των χώρων, όχι μόνο ως προς την αισθητική τους αξία, αλλά και ως προς τη συμβολή τους στη δημόσια υγεία, την οικολογία και την κοινωνική ευημερία (Ghavimi et al., 2025).

Ωστόσο, η ύπαρξη αστικών υπαίθριων χώρων δεν αρκεί από μόνη της. Η ποιότητά τους εξαρτάται από τον σχεδιασμό, τη διαχείριση και την προσβασιμότητά τους. Ένας χώρος μπορεί να είναι θεωρητικά δημόσιος, αλλά στην πράξη να μην μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν δεν προσφέρει ασφάλεια, άνεση, σκίαση και εύκολη πρόσβαση. Η σύγχρονη έρευνα τονίζει ότι οι υπαίθριοι χώροι πρέπει να σχεδιάζονται με βάση τις πραγματικές ανάγκες των χρηστών, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως η ηλικία, η κινητικότητα, οι κοινωνικές πρακτικές και οι τοπικές συνθήκες (Wang et al., 2024). Ένας καλός δημόσιος χώρος δεν είναι μόνο ωραίος αισθητικά, είναι κυρίως λειτουργικός, ασφαλής και προσβάσιμος σε όλους.

Επιπλέον, αναδύεται το ζήτημα της ισότητας στην πρόσβαση. Δεν έχουν όλοι οι κάτοικοι την ίδια δυνατότητα να απολαμβάνουν ποιοτικούς υπαίθριους χώρους. Σε ορισμένες

περιοχές, το πράσινο είναι περιορισμένο ή κακοσυντηρημένο, ενώ σε άλλες η πρόσβαση είναι έμμεσα περιορισμένη λόγω χρήσεων, εμπορευματοποίησης ή ιδιωτικοποίησης. Αυτό εγείρει ερωτήματα για τον ρόλο του δημόσιου χώρου ως κοινού αγαθού. Η δίκαιη κατανομή των αστικών υπαίθριων χώρων αποτελεί ζήτημα κοινωνικής δικαιοσύνης, επειδή επηρεάζει το ποιος μπορεί να απολαύσει τα οφέλη του αστικού περιβάλλοντος. Επομένως, ο σχεδιασμός των χώρων αυτών πρέπει να εντάσσεται σε πολιτικές που προωθούν την ισότιμη πρόσβαση και τη συμπερίληψη.

1.4 Θερμική Άνεση

Η θερμική άνεση αποτελεί αντικείμενο μελέτης που συνδέει την επιστήμη των κατασκευών, την Ιατρική και τη Φυσική. Εξαρτάται τόσο από τις βιολογικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού, κυρίως τον μεταβολισμό, όσο και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στο χώρο. Το ανθρώπινο σώμα ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον μέσω τεσσάρων βασικών μηχανισμών : της μεταφοράς, της αγωγής, της ακτινοβολίας και της εξάτμισης. Η διατήρηση της εξωτερικής θερμοκρασίας του οργανισμού περίπου στους 37°C αποτελεί βασική προϋπόθεση για την θερμική ισορροπία (θερμική ουδετερότητα) και, κατά συνέπεια, για την επίτευξη της θερμικής άνεσης. Η θερμική άνεση διαμορφώνεται από δύο κύριους παράγοντες : αφενός τις περιβαλλοντικές συνθήκες και αφετέρου τον ανθρώπινο μεταβολισμό, ο οποίος επηρεάζεται από τη σωματική δραστηριότητα και τον ρουχισμό.

(Τόμος Α΄: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων, ΕΑΠ, Πάτρα 2001).

Παράμετροι του περιβάλλοντος είναι :

- η θερμοκρασία του αέρα

είναι η σημαντικότερη παράμετρος της θερμικής άνεσης και ο θερμικός δείκτης της είναι η θερμοκρασία του αέρα στον χώρο που η καταγραφή του γίνεται με ένα θερμόμετρο ξηρού βολβού (Dry Build Temperature).

- *η θερμοκρασία που μεταφέρεται από την ακτινοβολία (μέση θερμοκρασία Ακτινοβολίας)*

είναι ο μέσος όρος των θερμοκρασιών των επιφανειών γύρω μας συμπεριλαμβανομένου και της ηλιακής ακτινοβολίας.

- *η υγρασία*

η υγρασία που περιέχεται στην ατμόσφαιρα επιδρά με πολύπλοκο τρόπο στη θερμική άνεση. Ο ανθρώπινος οργανισμός μεταφέρει (χάνει) θερμότητα στο περιβάλλον με μεταφορά, ακτινοβολία και εξάτμιση. Όταν οι απώλειες αυτές διαταράσσουν την ισορροπία της μεταβολικής θερμότητας οι αδένες παραγωγής ιδρώτα ενεργοποιούνται ώστε το σώμα να χάσει θερμότητα με την εξάτμιση. Ως εκ τούτου η υγρασία έχει ρόλο ελεγκτικού παράγοντα της δυνατότητας εξάτμισης.

- *η κίνηση του αέρα*

ο αέρας επιδρά στην ισορροπία του ανθρώπινου σώματος επηρεάζοντας την ταχύτητα ανταλλαγής θερμότητας με αγωγιμότητα και μεταφορά και επηρεάζοντας την ταχύτητα ψύξης του σώματος με τον ιδρώτα (εξάτμιση).

Όσο αφορά τον ανθρώπινο μεταβολισμό επηρεάζεται από :

- *την ενδυμασία*

είναι ο παράγοντας που ελέγχει τη θερμική μετάδοση μεταξύ του ανθρώπινου σώματος και του περιβάλλοντος. Επίσης μειώνει την ευαισθησία του σώματος στις θερμοκρασιακές μεταβολές μειώνοντας ή προσθέτοντας ρουχισμό βελτιώνοντας την θερμική άνεση.

- *την δραστηριότητα*

η δραστηριότητα επηρεάζει τον μεταβολισμό του ανθρώπου αυξάνοντας ή μειώνοντας την ενέργεια επομένως και την ανταλλαγή με το περιβάλλον. (Τόμος Α΄: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων, ΕΑΠ, Πάτρα).

1.5 Φυσικά και Δομικά στοιχεία στο αστικό περιβάλλον

1.5.1 Πράσινο

Το πράσινο έχει χαμηλή ανακλαστικότητα απορροφώντας το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στις επιφάνειες. Αποτέλεσμα αυτής της ιδιότητας είναι να επιτρέπει να ρυθμίσουμε την φωτεινότητα του περιβάλλοντος και να αντισταθμιστεί η θάμπωση που προκαλούν τα γειτονικά υλικά με μεγάλη ανακλαστικότητα. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό του πρασίνου είναι η διαδικασία εξάτμισης και η μείωση που αυτή επιφέρει στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Έτσι σε αντίθεση με τα δομικά υλικά που θερμαίνονται και εκπέμπουν θερμότητα λόγω ηλιακής ακτινοβολίας το πράσινο λειτουργεί ως στοιχείο δροσισμού. Επίσης η βλάστηση λειτουργεί ως ηλιοπροστασία για το έδαφος και τους τους χώρους που είναι σε επαφή (όπως γίνεται στο φυτεμένο δώμα). Επηρεάζει ακόμα και την κίνηση του αέρα που συμβάλει στο δροσισμό. Γενικότερα η μείωση των επιφανειών του πρασίνου λόγω αστικοποίησης συμβάλει δραστικά στην αύξηση της θερμοκρασίας.

Η επίδραση που έχει το πράσινο στη διαμόρφωση του μικροκλίματος είναι συνάρτηση των παρακάτω ιδιοτήτων :

- Υψηλού ποσοστού απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας
- Της χαμηλότερης θερμοχωρητικότητας και θερμικής αγωγιμότητας που έχει σε σχέση με τα δομικά υλικά των κτιρίων
- Της μείωσης της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος αέρα μέσω της διαπνοής
- Της μειωμένης υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπει
- Της μείωσης της ταχύτητας του ανέμου στο έδαφος
- Της κατακράτησης σκόνης και ρύπων από τον αέρα
- Και της ηχοπροστασίας

(Τόμος Α΄: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων, ΕΑΠ, Πάτρα 2001).

1.5.2 Νερό

Οι ιδιότητες του νερού είναι όμοιες με τις ιδιότητες του πρασίνου όπως η χαμηλή ανακλαστικότητα και η διαδικασία της εξάτμισης λειτουργώντας ως στοιχείο δροσισμού. Το νερό όμως διαθέτει πολύ μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα από τα δομικά στοιχεία (δύο με τρεις φορές μεγαλύτερη). Μια μεγάλη μάζα νερού όπως λίμνη ή ποταμός λειτουργεί ως σταθεροποιητικό στοιχείο της θερμοκρασίας του αέρα σε μια πόλη. Η ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος απορροφάται σχεδόν όλη από το νερό.

Η ανακλαστικότητα μια υδάτινης επιφάνειας είναι συνάρτηση της γωνίας ύψους του ηλίου. Σύμφωνα με το (Oke, 1987), με καθαρό ουρανό και ύψος ηλίου 30 μοίρες η ανακλαστικότητα είναι 0,03 με 0,10. (Τόμος Α΄: Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων, ΕΑΠ, Πάτρα 2001).

1.5.3 Επίδραση Υλικών Εδαφοκάλυψης

Ο όρος εδαφοκάλυψη αναφέρεται στην διαδικασία κατά την οποία η φυσική γη καταλαμβάνεται από κατασκευές και αστικές υποδομές, περιοχές πρασίνου, αθλητικές και ψυχαγωγικές εγκαταστάσεις. Συνήθως συμβαίνει κάλυψη του εδάφους από ένα αδιαπέραστο υλικό που επηρεάζει πολλές από τις λειτουργίες της. Ως εκ τούτου είναι ένας από τους κύριους παράγοντες υποβάθμισης, όπως η μείωση της βιοποικιλότητας, της ερημοποίησης, της συσσώρευσης ρύπων και της απώλειας παραγωγικής γης. Η κάλυψη του εδάφους συντελείται κυρίως μέσα και τριγύρω από τα αστικά κέντρα και τις ζώνες μετακίνησης, καθώς αυτές οι περιοχές αναπτύσσονται, αλλάζουν με γοργούς ρυθμούς καθώς η γη χρειάζεται κυρίως για στέγαση, υποδομές, μετακινήσεις και γενικότερα για οικονομική ανάπτυξη. Καθώς η αστικοποίηση αυξάνεται σε όλες τις ηπείρους, η συνεχόμενη εδαφοκάλυψη είναι μια παγκόσμια απειλή επηρεάζοντας 17 εκτάρια εδάφους στη Γη κάθε λεπτό. Η γη υποβαθμίζεται, συνήθως μη αναστρέψιμα, δεσμεύοντας άνθρακα, συμβάλλοντας στις πλημμύρες, στους καύσωνες και στις επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων. (Tóth, G., et al. 2022).

1.5.4 Ασφαλτος

Η ασφαλτος είναι ένα υλικό με βάση το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται ευρέως στις πόλεις. Οι ασφαλτοστρωμένες επιφάνειες στις αστικές περιοχές καλύπτουν σχεδόν το 45%. Η ετήσια ζήτηση είναι 122,5 εκατομμύρια τόνοι παγκοσμίως. Συνήθως αναμιγνύεται με αδρανή υλικά (ανάλογα με την χρήση) και χρησιμοποιείται εκτός από την οδοποιία για μονωτικά και στεγανωτικά υλικά. (Khare et al 2020).

Τα οδοστρώματα από ασφαλτο, ειδικά αυτά που έχουν σκούρες επιφάνειες, απορροφούν και αποθηκεύουν πολύ περισσότερη θερμότητα από τις φυσικές επιφάνειες εκπέμποντας θερμότητα στο περιβάλλον συμβάλλοντας στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (ΑΘΝ) (Benrazavi et al., 2016 ; Nakayama and Fujita, 2010). Γενικότερα θεωρούνται ο ισχυρότερος συλλέκτης θερμότητας, οι σκούρες επιφάνειες απορροφούν ασταμάτητα θερμότητα ξεκινώντας από την ανατολή του ηλίου μέχρι αργά το απόγευμα (Rizwan et al., 2008). Μετά τη δύση του ηλίου, η θερμότητα απελευθερώνεται στον βραδινό αέρα (Li and Harvey, 2011). (Aletba et al 2021).

Ένα χαρακτηριστικό της ασφάλτου που επιβαρύνει το αστικό περιβάλλον είναι η λευκάυγεια του υλικού (το μέτρο της ανακλαστικότητας), που συμβαίνει όταν το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται πίσω στο διάστημα αντί να απορροφάται από το ίδιο το υλικό. Όταν υπάρχει πλήρη απορρόφηση η τιμή του είναι (0) και στην πλήρη ανάκλαση (1). (Del Serrone et al 2022).

1.5.5 Τσιμέντο

Η βιομηχανία του τσιμέντου, θεμέλιο της παγκόσμιας ανάπτυξης υποδομών, συμβάλλει σημαντικά στη ρύπανση του περιβάλλοντος. Βασικές πηγές ρύπανσης της βιομηχανίας είναι τα αέρια του θερμοκηπίου, ιδίως το διοξείδιο του άνθρακα, και η απελευθέρωση τοξικών ουσιών όπως βαρέα μέταλλα και σωματίδια. Αυτοί οι ρύποι συμβάλλουν στην υποβάθμιση του αέρα, του νερού και του εδάφους και συνδέονται με σοβαρές παθήσεις όπως αναπνευστικές διαταραχές, καρδιαγγειακές παθήσεις και αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας. Ιδίως το σκυρόδεμα είναι το δεύτερο πιο διαδεδομένο υλικό με περίπου 30 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως όσον αφορά την κατανάλωση μετά το νερό. Η ευρεία

χρήση του οφείλεται κυρίως στην υψηλή αντοχή σε θλίψη και στις μηχανικές ιδιότητες του σε σχέση με άλλα δομικά υλικά. Είναι βασικό υλικό της αρχιτεκτονικής καθώς δίνει τη δυνατότητα για την δημιουργία μοναδικών και μινιμαλιστικών κατασκευών που το καθιστούν ελκυστικό στα σύγχρονα έργα. (Bărbulescu, A., & Hosen, K. 2025).

1.5.6 Επίδραση των ΙΧ στο Περιβάλλον

Η χρήση των οχημάτων αυξάνεται λόγω της αύξησης του πληθυσμού. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι τα επίπεδα των ρύπων από τα οχήματα συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα αυτοκίνητα, οι μοτοσυκλέτες και τα φορτηγά αποτελούν την κύρια πηγή εκπομπών επηρεάζοντας την ποιότητα του αέρα στο αστικό περιβάλλον (Gennaro Damato, 2016). Τα οχήματα με βενζινοκινητήρες και κινητήρες ντίζελ χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό λόγω του χαμηλού κόστους λειτουργίας τους και της υψηλής ανθεκτικότητας τους. Το CO₂ είναι ένας από τους βασικούς ρύπους που απελευθερώνονται από τα αυτοκίνητα. Τα οχήματα με κινητήρα ντίζελ εκπέμπουν επιπροσθέτως αέρια όπως HC, PM και NO_x λόγω ατελούς καύσης καυσίμου.

Η αύξηση των επιπέδων CO₂ στην ατμόσφαιρα προκαλεί υπερθέρμανση του πλανήτη και το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Peter Ndoke, 2006). Επίσης, σύμφωνα με (Lilian Lefol Nani Guarieiro, 2013), παρατεταμένους καύσωνες, μείωση ορατότητας και διάφορες ασθένειες (Kumar, P et al. 2021).

1.6 Ψυχρά υλικά

Τα ψυχρά υλικά, (cool materials), αποτελούν βασικό εργαλείο στον σύγχρονο βιώσιμο αστικό σχεδιασμό, καθώς συμβάλλουν στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Τα υλικά αυτά χαρακτηρίζονται από υψηλή ηλιακή ανακλαστικότητα και εκπομπής θερμότητας, οδηγώντας σε χαμηλότερες θερμοκρασίες επιφάνειας σε σύγκριση με τα συμβατικά υλικά. Σύμφωνα με τον Santamouris (2015), η εφαρμογή ψυχρών υλικών μπορεί να μειώσει σημαντικά τη θερμική επιβάρυνση των αστικών περιοχών.

1.6.1 Τσιμεντένιοι κυβόλιθοι (cool pave)

Οι τσιμεντένιοι κυβόλιθοι αποτελούν μία από τις πιο διαδεδομένες εφαρμογές ψυχρών υλικών σε αστικές περιοχές με ιδιότητες όπως η υψηλή ηλιακή ανακλαστικότητα (albedo) η μεγάλη θερμική εκπομπή και η υψηλή μηχανική αντοχή (Kappou et al., 2022).

Πλεονεκτήματα

- Μείωση θερμοκρασίας επιφάνειας έως 5–10°C (Santamouris, 2015)
- Μεγάλη διάρκεια ζωής
- Βελτίωση φωτισμού σε αστικό περιβάλλον

Μειονεκτήματα

- Υψηλό αρχικό κόστος
- Πιθανή θάμβωση λόγω αυξημένης ανακλαστικότητας (Kappou et al., 2022)

1.6.2 Χαλαζιακοί κυβόλιθοι

Οι χαλαζιακοί κυβόλιθοι είναι ένα φυσικό υλικό με υψηλή ανακλαστικότητα με ιδιότητες την μεγάλη μηχανική αντοχή και τη μειωμένη απορρόφηση θερμότητας (Santamouris, 2015).

Πλεονεκτήματα

- Υψηλή ανθεκτικότητα
- Φυσική αισθητική αξία
- Μείωση θερμικής αποθήκευσης

Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος προμήθειας
- Δύσκολη εγκατάσταση (Kappou et al., 2022)

1.6.3 Φωτοκαταλυτικοί κυβόλιθοι (cool eco active)

Οι φωτοκαταλυτικοί κυβόλιθοι αποτελούν προηγμένη τεχνολογία που συνδυάζει θερμική απόδοση και περιβαλλοντική προστασία. Περιέχουν διοξείδιο του τιτανίου (TiO_2) και έχουν φωτοκαταλυτική δράση υπό ηλιακή ακτινοβολία (Kappou et al., 2022).

Πλεονεκτήματα

- Μείωση ατμοσφαιρικών ρύπων (NO_x) (EPA, 2023)
- Αυτοκαθαριζόμενη επιφάνεια
- Συμβολή στη βιώσιμη ανάπτυξη

Μειονεκτήματα

- Υψηλό κόστος κατασκευής
- Μείωση απόδοσης με την πάροδο του χρόνου (Kappou et al., 2022)

1.6.4 Διαπερατοί κυβόλιθοι (permeable)

Οι διαπερατοί κυβόλιθοι συμβάλλουν τόσο στη θερμική όσο και στη υδρολογική διαχείριση των αστικών επιφανειών. Έχουν υψηλό πορώδες οπότε το νερό τους διαπερνάει αλλά και δυνατότητα εξάτμισης (EPA, 2023).

Πλεονεκτήματα

- Μείωση απορροής όμβριων υδάτων
- Φυσική ψύξη μέσω εξάτμισης (Santamouris, 2015)
- Βελτίωση διαχείρισης υδάτων

Μειονεκτήματα

- Φράξιμο πόρων με την πάροδο του χρόνου
- Αυξημένες ανάγκες συντήρησης (Kappou et al., 2022)

2.0 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1 Επιλογή Περιοχής Μελέτης

Η επιλογή της Ρόδου ως περιοχή μελέτης βασίζεται σε ένα σύνολο κλιματικών, γεωγραφικών και πολεοδομικών χαρακτηριστικών που την καθιστούν αντιπροσωπευτικό παράδειγμα νησιωτικού χώρου με μεσογειακό κλίμα. Συγκεκριμένα, η Ρόδος χαρακτηρίζεται από θερμά και ξηρά καλοκαίρια, ήπιους και υγρούς χειμώνες, καθώς και υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Οι συνθήκες αυτές ευνοούν την εκδήλωση φαινομένων θερμικού στρες στους αστικούς υπαίθριους χώρους, ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες, καθιστώντας ελκυστική τη μελέτη του μικροκλίματος και των δυνατοτήτων βελτίωσής του. Παράλληλα, η Ρόδος παρουσιάζει έντονη τουριστική δραστηριότητα και σημαντική αστική ανάπτυξη, στοιχεία που επιβαρύνουν το θερμικό περιβάλλον μέσω της αύξησης των σκληρών επιφανειών, της περιορισμένης βλάστησης και της ενίσχυσης του φαινομένου της θερμικής αστικής νησίδας. Η έντονη χρήση των δημόσιων χώρων δημιουργεί ένα σύνθετο περιβάλλον, κατάλληλο για την εξέταση της συμβολής των υπαίθριων αστικών χώρων στη ρύθμιση του μικροκλίματος.

Η επιλογή της πλατείας Ακαδημίας στη Ρόδο ως αντικείμενο μελέτης αιτιολογείται από τη λειτουργική και χωρική της σημασία στον αστικό ιστό. Οι πλατείες αποτελούν κατεξοχήν χώρους κοινωνικής συνάθροισης και καθημερινής δραστηριότητας, όπου η θερμική άνεση επηρεάζει άμεσα την ποιότητα ζωής των πολιτών. Η επιλεγμένη πλατεία συγκεντρώνει χαρακτηριστικά που την καθιστούν κατάλληλη για ανάλυση, όπως η χρήση της, η μορφολογία του χώρου, η αναλογία σκιασμένων και ηλιόλουστων επιφανειών, καθώς και η παρουσία ή απουσία φυσικών στοιχείων, όπως το πράσινο και το νερό.

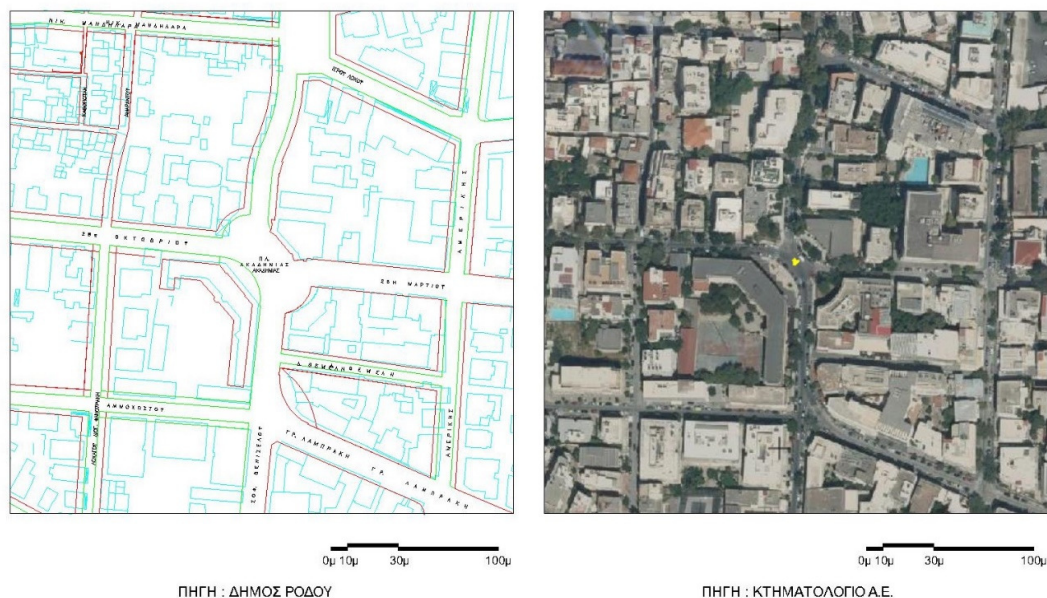
2.2 Στοιχεία ευρύτερου Αστικού Περιβάλλοντος

Η προς εξέταση περιοχή είναι η πλατεία Ακαδημίας της Πόλης της Ρόδου, από τις παλαιότερες συνοικίες (περιοχή Νιοχώρι) η οποία είναι περιτριγυρισμένη από κτίρια κατοικιών εκ των οποίων ένα σχολικό συγκρότημα με τρία Δημοτικά σχολεία και δύο

Νηπιαγωγεία. Η περιοχή μελέτης αποτελείται από τέσσερα οικοδομικά τετράγωνα με την πλατεία στην μέση να έχει παραδοθεί στην κίνηση των ΙΧ. Η φύτευση της περιοχής είναι διάσπαρτη και περιορισμένη. Το μεγαλύτερο μέρος της (εκτός από τον ασφαλτοστρωμένο δρόμο τεσσάρων κατευθύνσεων) είναι τσιμεντένιες πλάκες πεζοδρομίου. Τις ώρες αιχμής με την κίνηση των ΙΧ και ιδίως κατά το σχόλασμα των μαθητών δημιουργείται μια αίσθηση Ακραίου Θερμικού Στρες. Παρακάτω παρουσιάζονται στοιχεία πληθυσμιακά, πολεοδομικά, κυκλοφοριακά και κλιματολογικά της περιοχής εξέτασης.

- Πόλη της Ρόδου (Γενικά)

Η πόλη της Ρόδου βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του Νησιού με έκταση 19,481 τ. χιλ. και πυκνότητα πληθυσμού 3.000 κάτοικοι ανά τ. χιλ. Σήμερα το Νησί αποτελείται από ένα Δήμο σύμφωνα με το πρόγραμμα Καλλικράτης (Νόμος 3852/2010 - ΦΕΚ Α 87/07-06-2010), έπειτα από τη συνένωση των δέκα (10) προ υπαρχόντων δήμων του νησιού. (Διεύθυνση Πολεοδομικού Σχεδιασμού – Δεδομένα νήσου Ρόδου, n.d.)



Εικόνα 1 - Απόσπασμα Σχεδίου Πόλεως Ρόδου & Αεροφωτογραφία του Κτηματολογίου Α.Ε.

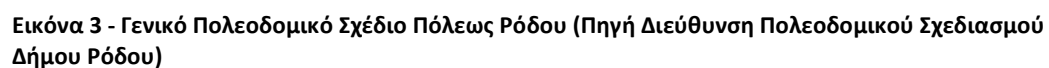
2.3 Όροι Δόμησης Περιοχής Εξέτασης

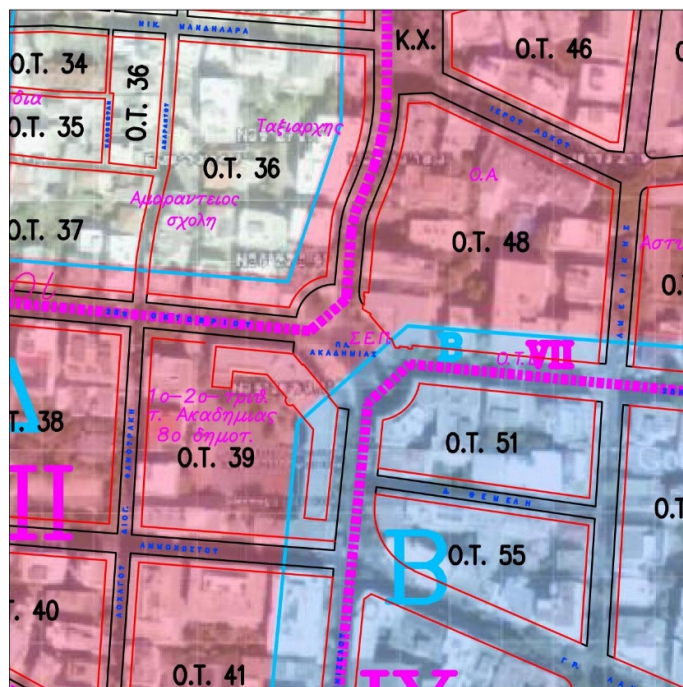
Οι όροι δόμησης σχεδίου πόλεως του 1956 που αφορούν την περιοχή εξέτασης (δηλαδή το Νιοχώρι) αλλά και τα υπόλοιπα μαράσια (συνοικίες) που αναφέρονται (όπως του Αγίου Νικολάου, Αγίου Ιωάννη, Αγίας Αναστασίας, Αγίου Γεωργίου, Αγίων Αναργύρων) έχουν διαφορετικούς συντελεστές δόμησης που κυμαίνονται από 0,80 έως 2,00 με συνηθέστερο το 1,40. Το ποσοστό κάλυψης είναι στο 70% εκτός της συνοικίας του Αγίου Ιωάννη που είναι 40%. (ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΘΕΟΧΑΡΗ Α. ΝΕΔΕΛΟΓΛΟΥ Φ. ΤΡΕΜΗΣ Π, 2013).

ΟΡΟΙ ΔΟΜΗΣΗΣ ΣΧΕΔΙΟΥ 1956 (παλιες συνοικίες)													
ΤΟΜΕΑΣ	ΖΩΝΗ Σ.Δ.	Ελάχιστο Προσωπο- κατοικίας	Ελάχιστο Εμβαδόν παρακείμενο	Ελάχιστο Προσωπο- παρακείμενο	Ελάχιστο Εμβαδόν παρακείμενο	Ελάχιστο Προσωπο- παρακείμενο	Ελάχιστο Εμβαδόν παρακείμενο	Μέγιστο Υψος	Όροφοι	Συντημα	Κάλυψη	Σ.Δ.	ΦΕΚ
A	VII IX	10	200	7	100	5	70	ΓΟΚ	ΓΟΚ	ΓΟΚ (Σ)	70% (ΓΟΚ)	ΦΕΚ 132Δ/79 1.40 1.60 2.00	177Δ/63
B	IX VII	13	400	-	-	8	150	>>	>>	>>	70% (ΓΟΚ)	>> 2.00 1.40	>>
Γ	VIII VII	12	200	8	200	7	100	>>	>>	>>	70% (ΓΟΚ)	>> 1.60 1.40	>>
Δ	VII VI IV	15	400	13	400	8	150	>>	>>	ΓΟΚ (ΠΕ)	40% (ΓΟΚ)	>> 1.40 1.60 0.80	Σ.Δ. 2.4 εάν δρόμος >13μ και Ε<800μ2 Σ.Δ. 2.0 εάν δρόμος <13μ ή Ε<800μ2
E	VII	16	1000	-	-	13	300	>>	>>	>>	40% (ΓΟΚ)	>> 1.40	Σ.Δ. 2.4
Z	VII	16	1000	-	-	13	300	>>	>>	>>	40% (ΓΟΚ)	>> 1.40	Σ.Δ. 3.0
H	VII	10	200	7	100	5	70	>>	>>	ΓΟΚ (Σ)	70% (ΓΟΚ)	>> 1.40	>>
Θ	IV VI	15	500	13	500	8	150	>>	>>	ΓΟΚ (ΠΕ)	40% (ΓΟΚ)	>> 0.80 1.20	δεν ισχύει παρεκκλίση οικοπέδου 150μ2 Σ.Δ. 1.2
I	VI IV	10	200	8	200	7	100	>>	>>	ΓΟΚ (Σ)	70% (ΓΟΚ)	>> 1.20 0.80	>>
K	IV	16	1000	-	-	8	150	>>	>>	ΓΟΚ (ΠΕ)	40% (ΓΟΚ)	>> 0.80	>>

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ : Εντός των ορίων του παραδοσιακού τμήματος Νεοχωρίου (τομείς Α, Β, Γ, Δ, Ε, Ζ, Η και τμήμα του Θ) εφαρμόζονται επίσης το ΦΕΚ 161Δ/3-3-1987 και το άρθρο 2 του Π.Δ. 326/2000 (ΦΕΚ. 267Α/8-12-2000)

Εικόνα 2 - Όροι Δόμησης Πόλεως Ρόδου (Πηγή Διεύθυνση Πολεοδομικού Σχεδιασμού Δήμου Ρόδου)





Εικόνα 4 - Απόσπασμα Πλατείας Ακαδημίας με το Σχέδιο Πόλεως και ορθοφωτοχάρτη του Κτηματολογίου Α.Ε.

Όπως προαναφέρθηκε το πρώτο ρυμοτομικό σχέδιο της πόλης, συμπεριλαμβανομένου και της πλατείας που εξετάζεται (μαράσι Νεοχωρίου) , συντάχθηκε το 1956. Η πόλη όμως επεκτεινόταν διαρκώς και το 1973 θεσμοθετήθηκε η επέκταση του και αναπτύχθηκαν νέες περιοχές νοτιότερα ιδίως με την δημογραφική αύξηση του 1980. (ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΘΕΟΧΑΡΗ Α. ΝΕΔΕΛΟΓΛΟΥ Φ. ΤΡΕΜΗΣ Π, 2013)

Δυστυχώς έγιναν καταστροφές αξιόλογων κτισμάτων για να κατασκευαστούν πολυκατοικίες που αντικατέστησαν μοναδικής ομορφιάς μονοκατοικίες με αυλές και έτσι αλλοιώθηκε η φυσιογνωμία της πόλης που είχε έντονο παραδοσιακό χαρακτήρα και αρκετό ελεύθερο χώρο.

Το σύστημα δόμησης είναι συνεχές και η σημερινή υφιστάμενη κατάσταση, παρατηρώντας την τοποθέτηση των οικοδομών μέσα στα οικοδομικά τετράγωνα (της περιοχής εξέτασης και όχι μόνο), δείχνει αρκετά άναρχη αφού δεν κατορθώθηκε οι οικοδομές να είναι τοποθετημένες στην ευθεία της οικοδομικής γραμμής που είχε ορίσει το σχέδιο πόλεως. Ακόμα και οι αποστάσεις ανάμεσα στις οικοδομές (μέσα στα οικοδομικά

τετράγωνα) δείχνουν ότι δεν τηρείται η ελάχιστη απόσταση Δ (όπως ορίζεται σήμερα) για τον αερισμό και φωτισμό των ενδιάμεσων δρόμων δημιουργώντας άναρχα στενά δρομάκια.

Η κυκλοφορία της προς εξέτασης πλατείας με την υπόλοιπες περιοχές της πόλης γίνεται εύκολα λόγω των περιφερειακών οδών. Στο συνεκτικό της τμήμα όμως το πρόβλημα της κυκλοφοριακής συμφόρησης είναι έντονο ιδίως με το μεγάλο Ιταλικό κτίριο στο κέντρο της πλατείας που σήμερα στεγάζει τρία δημοτικά σχολεία. Σε αυτό θα πρέπει να προστεθεί και η επιβάρυνση λόγω των ξενοδοχείων παραδίπλα. Η κυκλοφοριακή συμφόρηση και οι χαμηλές ταχύτητες των οχημάτων προκαλούν ατμοσφαιρική ρύπανση. Θέσεις στάθμευσης κοινόχρηστες ή ιδιωτικές δεν υπάρχουν.

Τα υλικά των οικοδομών είναι στην πλειοψηφία τους από φέρων οργανισμό οπλισμένου σκυρόδεματος, τοιχοποιίες από οπτόπλινθους, μεταλλικά κουφώματα και σε κάποια παλαιότερα ιταλικά κτίρια ξύλινα.

Δεν υπάρχουν φυτεμένα δώματα και οι δρόμοι είναι όλοι ασφαλτοστρωμένοι αλλά το περιβάλλον στην προς εξέταση περιοχή είναι καλά αεριζόμενο επειδή περικλείεται πολύ κοντά από την θάλασσα. Αυτό δεν σημαίνει όμως ότι αποφεύγονται οι υψηλές επιφανειακές θερμοκρασίες το καλοκαίρι λόγω της απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας και της υψηλής θερμοχωρητικότητας από την ασφαλτο και τα υλικά των οικοδομών. Επίσης δεν υπάρχουν στοιχεία δροσισμού και υδάτινες επιφάνειες (όπως συντριβάνια) που θα μπορούσαν να τροποποιήσουν το μικροκλίμα.

Ένας παράγοντας που λειτουργεί αρνητικά στο αστικό κλίμα της περιοχής εξέτασης είναι η απουσία πρασίνου. Όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν κάποια δέντρα στα πεζοδρόμια άναρχα τοποθετημένα, χωρίς συντήρηση και λίγα στις (πολύ περιορισμένες σε έκταση) ιδιωτικές αυλές.

Στα μικρά σε πλάτος πεζοδρόμια υπάρχουν δέντρα συνήθως τοποθετημένα στη μέση τους θέτοντας θέμα ασφάλειας των πεζών αφού ένα παιδικό καρότσι δεν χωράει αναγκάζοντας πεζούς να κυκλοφορούν στο δρόμο δίπλα στα σταθμευμένα αυτοκίνητα. Γενικότερα οι απαιτήσεις των πεζών δεν καλύπτονται σε κανένα επίπεδο.

2.4 Χρήσεις Γης

Οι χρήσεις γης στην περιοχή εξέτασης (πλατεία ακαδημίας) είναι κυρίως κατοικίας, εκπαίδευσης και κεντρικών λειτουργιών της Πόλης όπως αναφέρεται στο Γενικό Πολεοδομικό Σχέδιο (ΦΕΚ 193Δ – 11/03/1987).

Η Πόλη της Ρόδου γενικότερα έχει βασικό ρόλο σε όλα τα επίπεδα σε σχέση με τις υπόλοιπες Δημοτικές Ενότητες σήμερα επειδή είναι εγκατεστημένες υπηρεσίες διοίκησης, πρόνοιας, υγείας, εκπαίδευσης και αποτελεί εμπορικό, χονδρεμπορικό και βιοτεχνικό κέντρο όχι μόνο της Ρόδου αλλά και της Περιφέρειας Νοτίου Αιγαίου. **(ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΘ ΔΙΑΚΟΜΙΧΑΛΗΣ Μ - ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ).**

Επίσης το βόρειο τμήμα της πόλης μαζί με τους πρώην Δήμους Ιαλυσού, Καλλιθέας και Αφάντου συγκεντρώνει το 83% του πληθυσμού και το 85% των τουριστικών κλινών. Θα πρέπει να αναφερθεί πως η Ρόδος οικονομικά στηρίζεται στον τουρισμό που μαζί με τις υπόλοιπες διεργασίες του αποτελεί το 80% του τοπικού εισοδήματος. **(ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΘ ΔΙΑΚΟΜΙΧΑΛΗΣ Μ - ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ).**

2.5 Κυκλοφοριακό

Η Πόλη της Ρόδου έχει στο σύνολο της έντονο κυκλοφοριακό πρόβλημα. Οι βασικοί παράγοντες είναι ο κεντρικός Λιμένας που βρίσκεται στο Δυτικό τμήμα της Πόλης, η αύξηση των ιδιωτικών αυτοκινήτων, η ανυπαρξία θέσεων στάθμευσης και η ύπαρξη λίγων πυλωτών στις πολυκατοικίες.

Όσο αφορά τις θέσεις στάθμευσης η ζήτηση είναι πολύ μεγαλύτερη της προσφοράς. Μελέτη του ΑΠΘ αναφέρει ότι η ζήτηση είναι 4000 και καλύπτονται μόνο οι 2000.

Επίσης αρκετοί δρόμοι κυρίως συνοικιακοί που το Σχέδιο του 1956 προέβλεπε αλλά και αυτό του Γ.Π.Σ. 1987 δεν έχουν ακόμα διανοιχτεί και παρατηρείται μεγάλη συμφόρηση αφού οι δρόμοι μονόδρομης ή αμφίδρομης κίνησης δεν εξυπηρετούν κάποιο πολεοδομικό σκοπό επιβαρύνοντας τις διασταυρώσεις αλλά και την ποιότητα της ζωής.

Όσο αφορά τα Μ.Μ.Μ., η χρήση της Δημόσιας συγκοινωνίας παρουσιάζει κατακόρυφη πτώση αφού το 1981 εξυπηρετούσε 7 εκ. επιβάτες και το 2000 μόνο 2,5 εκ. με την μείωση να οφείλεται στον περιορισμό των δρομολογίων, της συχνότητας τους και λόγω της αύξησης των ΙΧ. **(ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΘ ΔΙΑΚΟΜΙΧΑΛΗΣ Μ - ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ)**

2.6 Ύδρευση

Ο Δήμος Ρόδου εξυπηρετείται αυτοτελώς και κάλυπτε τις ανάγκες του από γεωτρήσεις αλλά πλέον εξυπηρετείται από ένα κομβικό έργο στο Νησί το φράγμα Γαδουρά. **(ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΘ ΔΙΑΚΟΜΙΧΑΛΗΣ Μ - ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ)**

2.7 Απορρίμματα

Στο Νησί λειτουργεί ΧΥΤΑ έκτασης 51 στρεμμάτων στον πρώην Δήμο Καλλιθέας που δέχεται τα αστικά απορρίμματα όλου του Νησιού. **(ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΘ ΔΙΑΚΟΜΙΧΑΛΗΣ Μ - ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΡΟΔΟΥ)**

2.8 Φύτευση

Πάρκα και κοινόχρηστοι χώροι πρασίνου δεν υπάρχουν στην περιοχή εξέτασης. Δεν υπάρχουν επίσης ποτάμια ή ρέματα. Υπάρχουν κάποια παρτέρια με δέντρα αλλά στο σύνολο της είναι πλακόστρωτη. Υπάρχουν δέντρα στα πεζοδρόμια (αροκαριές, πλατάνια και κυπαρίσια) άναρχα τοποθετημένα όπως και στους ιδιωτικούς χώρους και σε αρκετές περιπτώσεις πολύ μεγάλα σε μέγεθος (παλιά) όπως φαίνεται στην αεροφωτογραφία παρακάτω.



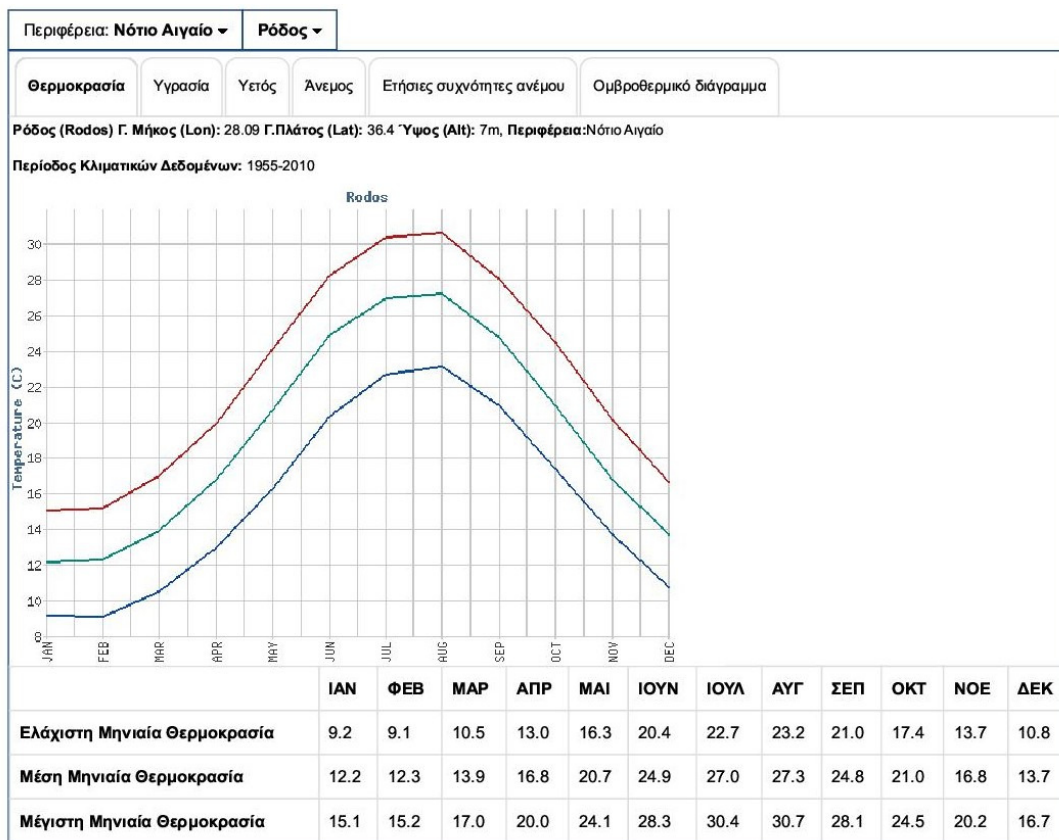
Εικόνα 5 - Απόσπασμα αεροφωτογραφίας Google - Earth της Πλατείας Ακαδημίας

3.0 Κλιματικά Δεδομένα Περιοχής Μελέτης

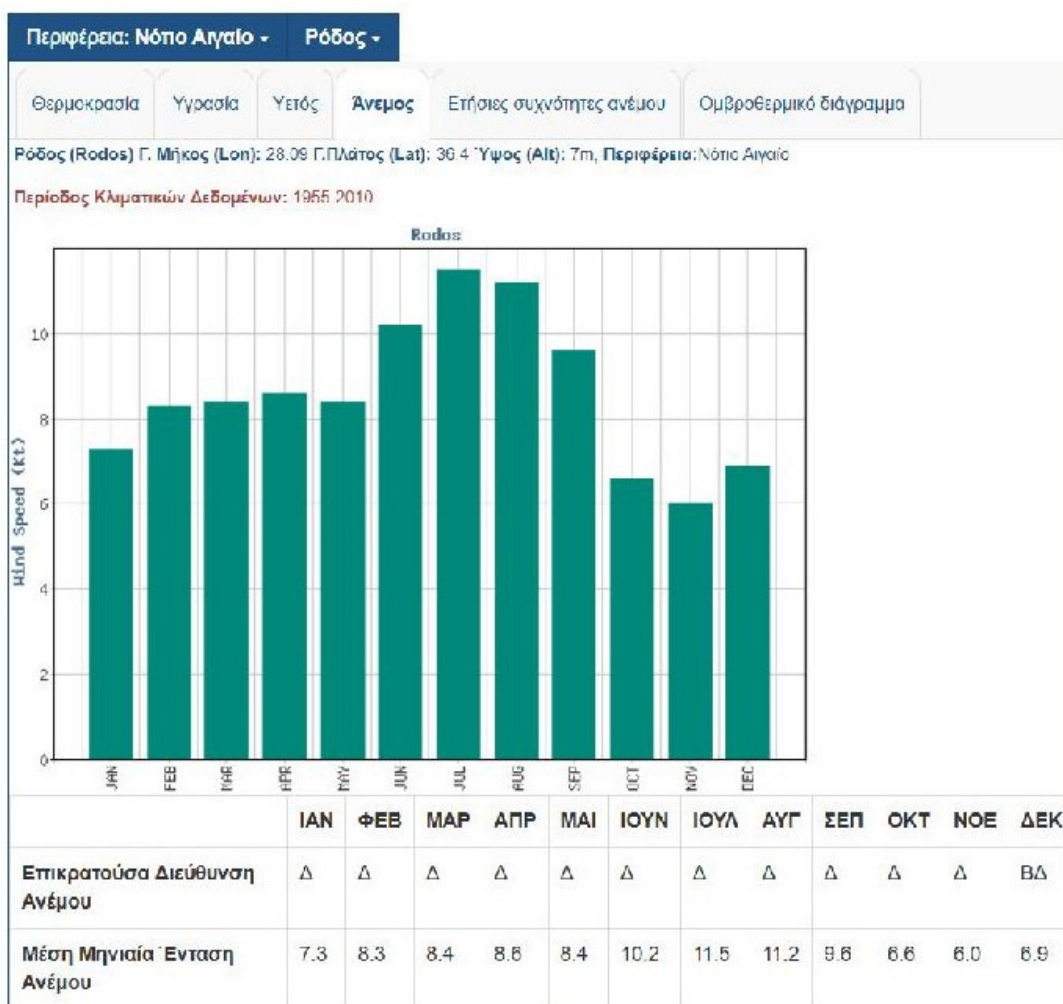
Γενικότερα η Νήσος Ρόδου έχει Μεσογειακό κλίμα με θερμά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες σύμφωνα με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. (<https://www.iersd.noa.gr/services/kairos/>).

Σύμφωνα με την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία και τα στατιστικά αρχεία που διατηρεί η επικρατούσα διεύθυνση ανέμου για τους μήνες από Ιανουάριο έως Νοέμβριο είναι Δυτικοί (Δ) και τον Δεκέμβριο Βορειοδυτικοί (ΒΔ) με μέση μηνιαία ένταση ανέμων 8,6 Μποφόρ. Επίσης οι ετήσιες συχνότητες ανέμου είναι Νοτιοδυτικοί σε ποσοστό 10%, Βορειοδυτικοί σε ποσοστό περίπου 7% και Δυτικοί σε ποσοστό άνω του 40%.

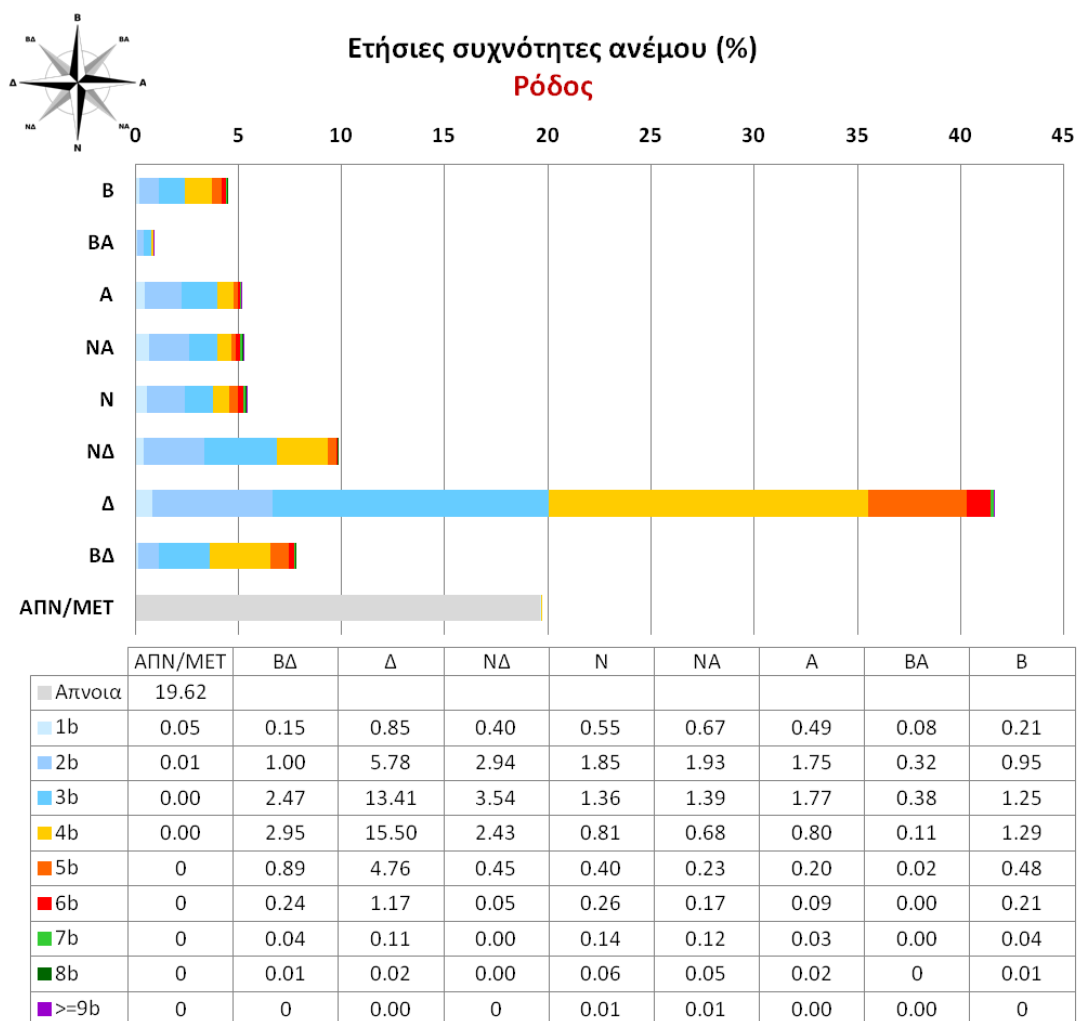
Παρακάτω παρουσιάζονται διαγράμματα της Ε.Μ.Υ., θερμοκρασίας, ανέμου και υγρασίας προκειμένου να γίνουν κατανοητές οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή εξέτασης.



Πίνακας 1 - Διάγραμμα Θερμοκρασίας (Πηγή Ε.Μ.Υ.)



Πίνακας 2 - Διάγραμμα Διεύθυνσης Ανέμου (Πηγή Ε.Μ.Υ.)



Πίνακας 3 - Διάγραμμα Ετήσιων Συχνοτήτων Ανέμου (Πηγή Ε.Μ.Υ.)

4.0 Προσομοιώσεις μικροκλιματικών και θερμικών συνθηκών

Για τους σκοπούς της έρευνας έγιναν προσομοιώσεις μικροκλιματικών συνθηκών στην περιοχή μελέτης προκειμένου να αξιολογηθεί το κατά πόσο το θερμικό περιβάλλον διαμορφώνει συνθήκες θερμικής άνεσης και αν οι τιμές που καταγράφονται στην Πλατεία Ακαδημίας κρίνονται αποδεκτές στα χαρακτηριστικά του Μεσογειακού κλίματος.

4.1 Λογισμικό ENVI-met

Το **ENVI-met** αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα λογισμικά τρισδιάστατης μικροκλιματικής προσομοίωσης, το οποίο επιτρέπει την ανάλυση των σύνθετων αλληλεπιδράσεων μεταξύ της αστικής δομής, της βλάστησης και της ατμόσφαιρας. Το λογισμικό βασίζεται στις αρχές της ρευστοδυναμικής και της θερμοδυναμικής, προσφέροντας τη δυνατότητα προσομοίωσης της ροής του αέρα, της μεταφοράς θερμότητας και της εξάτμισης σε υψηλή χωρική ανάλυση (Bruse & Fleer, 1998).

Η λειτουργία του λογισμικού επικεντρώνεται στην αξιολόγηση φαινομένων όπως η Αστική Θερμική Νησίδα και η διασπορά αέριων ρύπων στο μέσο επίπεδο του δρόμου (στην περίπτωση μας στο επίπεδο των 1,4 μ). Μέσω του ENVI-met, μπορούν να υπολογιστούν ευρέως διαδεδομένοι δείκτες θερμικής άνεσης, όπως ο PET (Physiological Equivalent Temperature) και ο UTCI (Universal Thermal Climate Index), οι οποίοι προσδιορίζουν τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται το θερμικό περιβάλλον (Tsoka et al., 2018).

Στον σύγχρονο βιοκλιματικό σχεδιασμό, το λογισμικό χρησιμοποιείται για την προσομοίωση σεναρίων αντικαθιστώντας τα υφιστάμενα υλικά με νέα "ψυχρά" υλικά με υψηλή ανακλαστικότητα. Η ικανότητά του να προσομοιώνει τη σκίαση και τη διαπνοή των δέντρων το καθιστά απαραίτητο για την αξιολόγηση της επίδρασης του πρασίνου στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα (Yang et al., 2012).

Τέλος, η συνεχή εξέλιξη του λογισμικού επιτρέπει την ενσωμάτωση δεδομένων για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, δημιουργώντας μια ολιστική εικόνα της ενεργειακής συμπεριφοράς του αστικού ιστού. Παρά τις υψηλές υπολογιστικές απαιτήσεις, το ENVI-met παραμένει το πρότυπο (benchmark) για την ακαδημαϊκή έρευνα και τον αστικό περιβαλλοντικό σχεδιασμό παγκοσμίως (ENVI-met, 2021).

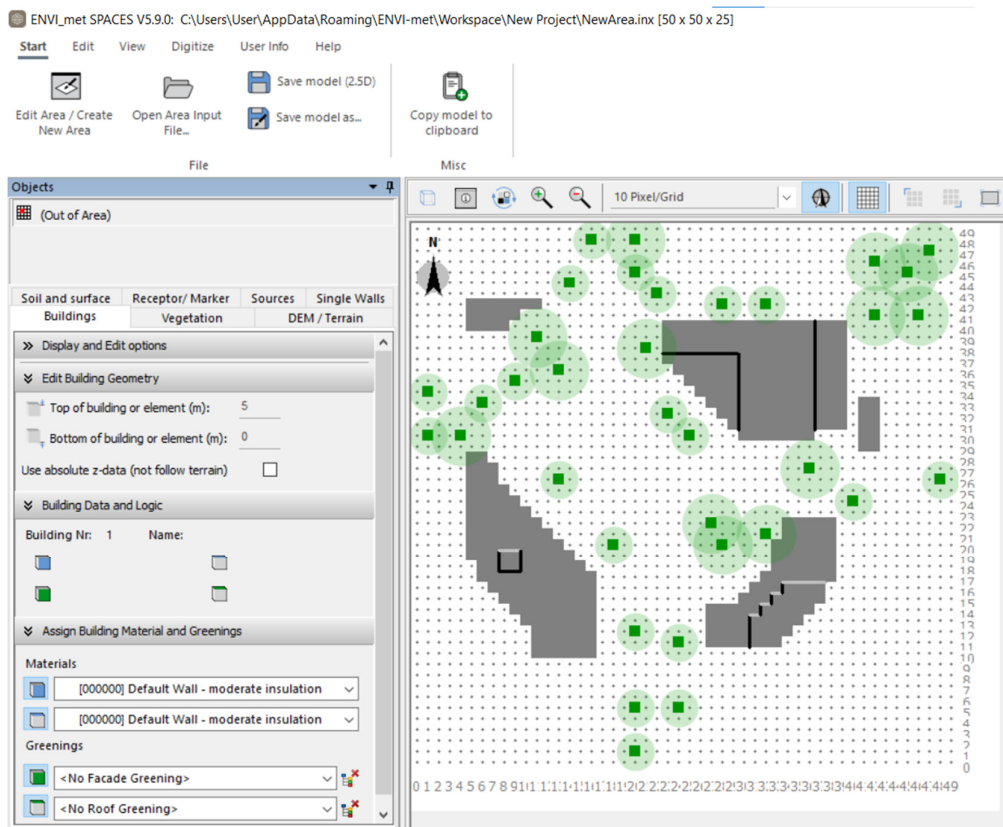
4.2 Μοντελοποίηση Πλατείας στο Λογισμικό ENVI-met

Για την μοντελοποίηση της Πλατείας συμπληρώθηκαν αρχικά τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Η ημερομηνία 25/7/2025, η τοποθεσία και οι διαστάσεις της Πλατείας.

Η περιοχή καταλαμβάνει έκταση 100×100 m τα οποία αντιστοιχούν σε 50×50 grids για τους άξονες xx' και yy' με ανάλυση ανα 2m, ενώ για τον κάθετο άξονα zz' χρησιμοποιήθηκαν 25 grids, με ανάλυση ανα 1m. Το μοντέλο είναι προσανατολισμένο στο Βορρά. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε ορθοφωτοχάρτης από το Κτηματολόγιο Α.Ε. της Πλατείας στις παραπάνω διαστάσεις προκειμένου να είναι ακριβής η σχεδίαση των κτιρίων, δρόμων, πλακοστρώσεων και φυτεύσεων.

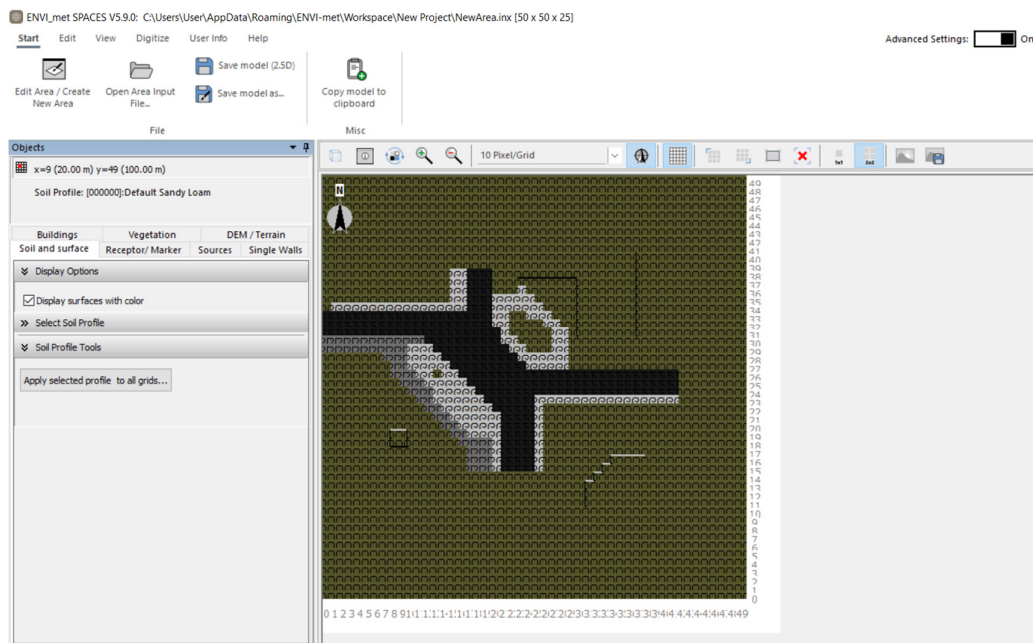
Μέσω τις καρτέλας Buildings σχεδιάστηκαν τα κτίρια περιμετρικά της Πλατείας με τα υφιστάμενα τους ύψη λαμβάνοντας υπόψιν ύψος ορόφου 3 μέτρα. Το υψηλότερο κτίριο έχει 5 ορόφους και σχεδιάστηκαν ως απλοί όγκοι χωρίς τα ανοίγματα και τους εξώστες τους. Από την καρτέλα Soil and Surface έγινε σχεδίαση της εδαφοκάλυψης και των υλικών. Τοποθετήθηκε η Άσφαλτος (asphalt road), οι γκρι τσιμεντένιες πλάκες (concrete pavement grey) και οι σκουρόχρωμες τσιμεντένιες πλάκες (concrete pavement dark). Μέσω της καρτέλας Vegetation τοποθετήθηκαν τα δέντρα.

Στις Εικόνες 6 έως 9 παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης, σε διςδιάστατη και τριςδιάστατη μορφή. Στην εικόνα 6 τα κτίρια με τα δέντρα, στην εικόνα 7 τα υλικά εδαφοκάλυψης, στην εικόνα 8 η ταύτιση με ορθοφωτοχάρτη του Κτηματολογίου Α.Ε. και στην εικόνα 9 μια τριςδιάστατη απεικόνιση για να γίνουν αντιληπτά τα ύψη της βλάστησης και των κτιρίων.

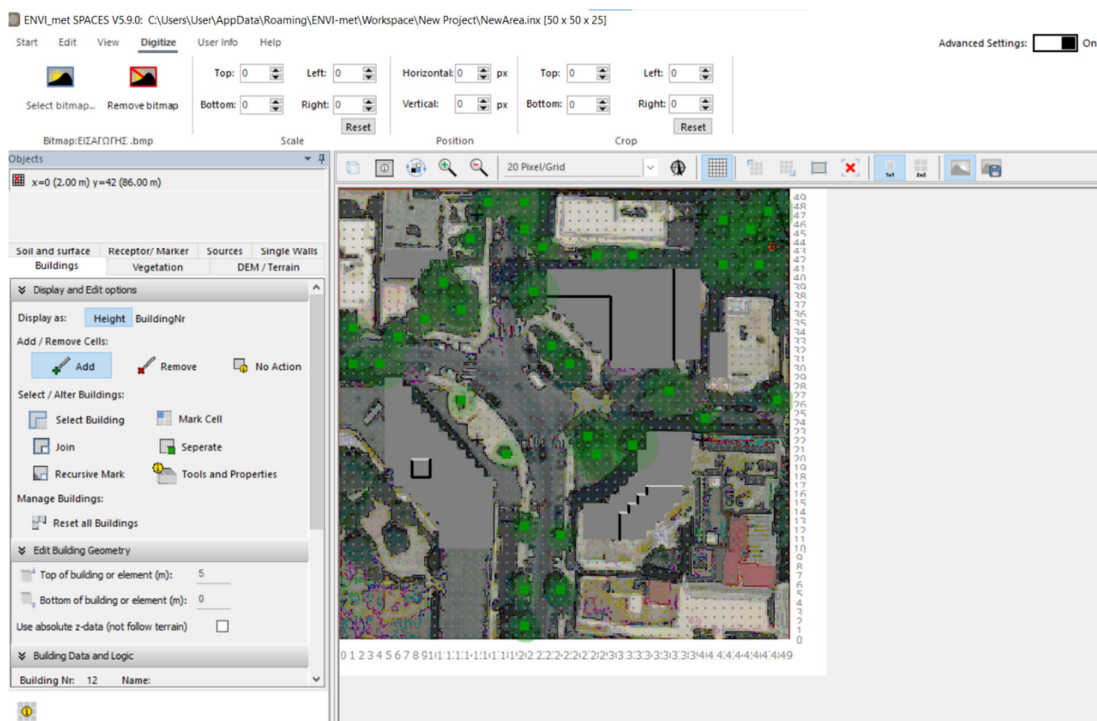


Εικόνα 6 - Η θέση των Κτιρίων και των Δέντρων (εξαγωγή εικόνας από το περιβάλλον spaces του ENVI-met)

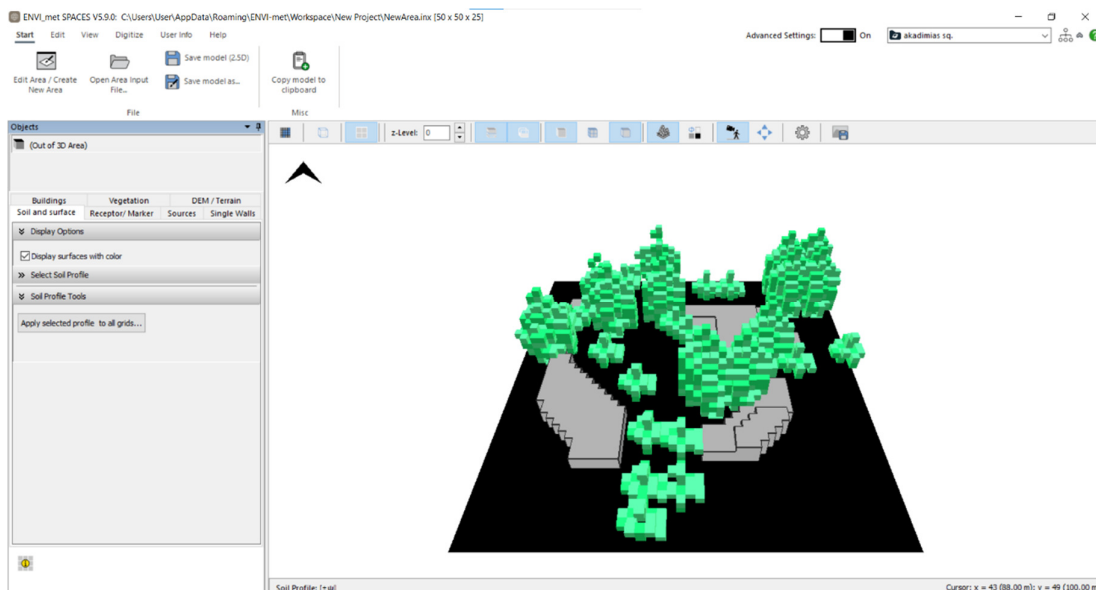
Άγγελος - Δρόσος Δεσποτάκης, « Θερμικό περιβάλλον νησιωτικής περιοχής με χαρακτηριστικά μεσογειακού κλίματος. Η συμβολή των αστικών υπαίθριων χώρων στη βελτίωση του μικροκλίματος »



Εικόνα 7 - Η Άσφαλτος και οι τσιμεντένιες πλάκες (εξαγωγή εικόνας από το περιβάλλον του spaces του ENVI-met)



Εικόνα 8 - Τα Κτίρια, η Φύτευση με ταύτιση ορθοφωτοχάρτη του Κτηματολογίου Α.Ε. (εξαγωγή εικόνας από το περιβάλλον spaces του ENVI-met)



Εικόνα 9 - Τρισδιάστατη απεικόνιση (εξαγωγή εικόνας από το περιβάλλον spaces του ENVI-met)

4.3 Αξιολόγηση του θερμικού περιβάλλοντος στην Περιοχή Μελέτης

Η αξιολόγηση των θερμικών συνθηκών της προς εξέτασης περιοχής θα πραγματοποιηθεί με βάση τις ενδείξεις της θερμοκρασίας του αέρα και του βιοκλιματικού δείκτη UTCI. Στο Μεσογειακό κλίμα, οι αποδεκτές τιμές θερμοκρασίας κατά τη θερμή περίοδο του έτους κυμαίνονται μεταξύ 26(°C) και 32(°C). (Tseliou et al., 2016). Οι θερμοκρασίες αυτές θα ληφθούν υπόψη για την αξιολόγηση των θερμικών συνθηκών της προς εξέτασης περιοχής και θα συγκριθούν με τον βιοκλιματικό δείκτη UTCI (°C).

Επιπλέον, για να είναι ακριβής η αξιολόγηση των θερμικών συνθηκών, αξιολογούνται και οι συνθήκες ανέμου (wind speed) και σχετικής υγρασίας (relative humidity).

Μεσογειακή κλίμακα UTCI

ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ | ΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Τιμή UTCI (°C)	
< 20,2	Ακραία ψυχρή καταπόνηση
20,2 – 21,5	Πολύ ισχυρή ψυχρή καταπόνηση
21,5 – 23,0	Ισχυρή ψυχρή καταπόνηση
23,0 – 24,6	Μέτρια ψυχρή καταπόνηση
24,6 – 27,0	Ελαφρά ψυχρή καταπόνηση
27,0 – 34,0	Χωρίς θερμική καταπόνηση
34,0 – 36,8	Μέτρια θερμική καταπόνηση
36,8 – 38,3	Ισχυρή θερμική καταπόνηση
38,3 – 39,9	Πολύ ισχυρή θερμική καταπόνηση
> 39,9	Ακραία θερμική καταπόνηση

Πηγή: Tseliou et al. (2023), πίνακας 4 -

Πίνακας 4 - Πίνακας Θερμικής Άνεσης UTCI (Tseliou et. al., 2023)

Μεσογειακή κλίμακα PET

ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ | ΘΕΡΜΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ

Τιμή PET (°C)	
< 0,7	Ισχυρή ψυχρή καταπόνηση
0,7 – 5,2	Μέτρια ψυχρή καταπόνηση
5,2 – 14,8	Ελαφρά ψυχρή καταπόνηση
14,8 – 23,8	Χωρίς θερμική καταπόνηση
23,8 – 31,2	Ελαφρά θερμική καταπόνηση
31,2 – 39,1	Μέτρια θερμική καταπόνηση
> 39,1	Ισχυρή θερμική καταπόνηση

Πηγή: Tousi et al. (2024), πίνακας 1 - Μεσογειακή κλίμακα PET

<https://doi.org/10.3390/su16146240>

Πίνακας 5 – Πίνακας Θερμικής αίσθησης PET (Tousi et. al. 2014)

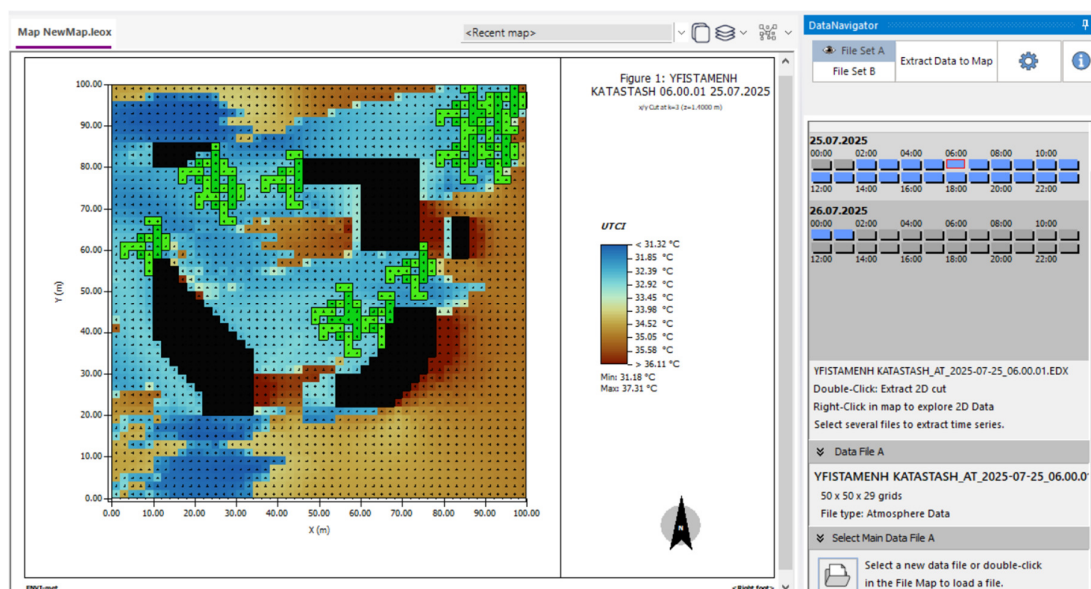
5.0 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στη συνέχεια παρουσιάζονται και αξιολογούνται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης των μικροκλιματικών συνθηκών της Πλατείας Ακαδημίας. Το θερμικό περιβάλλον παρουσιάζεται μέσω χαρτών που έχουν δημιουργηθεί στο περιβάλλον Leonardo του ENVI-met και απεικονίζουν τη χρονική και χωρική κατανομή των εξεταζόμενων παραμέτρων (Δείκτης UTCI °C και θερμοκρασία αέρα °C). Οι χάρτες παρουσιάζουν τις διακυμάνσεις ανά δύο ώρες (από τις 06.00 έως 18.00).

5.1 Δείκτης UTCI °C (Υφιστάμενης κατάστασης)

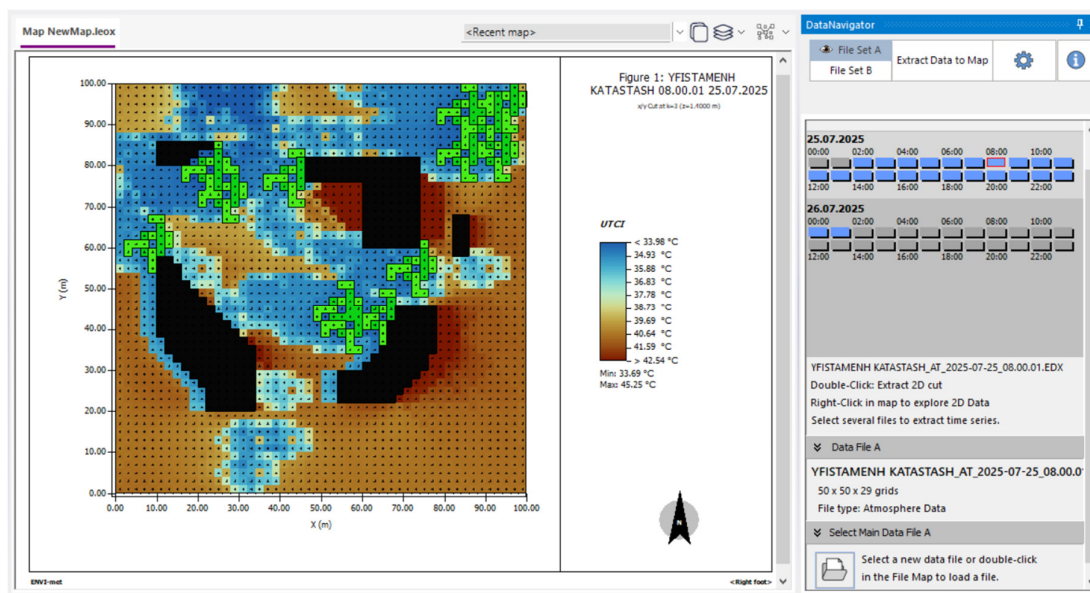
Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τιμές του Βιοκλιματικού Δείκτη UTCI για τις ώρες 06:00 π.μ. έως τις 18:00 μ.μ. την 25/07/2025 (εικόνες 10 έως 16). Οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται από 31,18°C έως 51,57°C και αντιστοιχούν στις κατηγορίες θερμικού στρες από «Χωρίς θερμικό στρες (ΧΘΣ)» έως «Ακραίο θερμικό στρες (ΑΘΣ)» σύμφωνα με την Μεσογειακή κλίμακα του δείκτη.

Ξεκινώντας από τον πρώτο χάρτη (εικόνα 10), στις 06:00 π.μ., στο κέντρο της Πλατείας, ο δείκτης Θερμικής Άνεσης κυμαίνεται από 31,32°C έως 33,45°C (Χωρίς Θερμικό Στρες ΧΘΣ). Σε ένα σημείο Βορειοδυτικά της Πλατείας οι τιμές του δείκτη είναι πιο υψηλές (έως 35,05°C) και αντιστοιχούν στην κατηγορία Μέτριο Θερμικό Στρες (ΜΘΣ). Το συγκεκριμένο σημείο περικλείεται ανατολικά και βόρεια από γωνιακό ψηλό κτίριο εμποδίζοντας πιθανά τον αερισμό του σημείου.



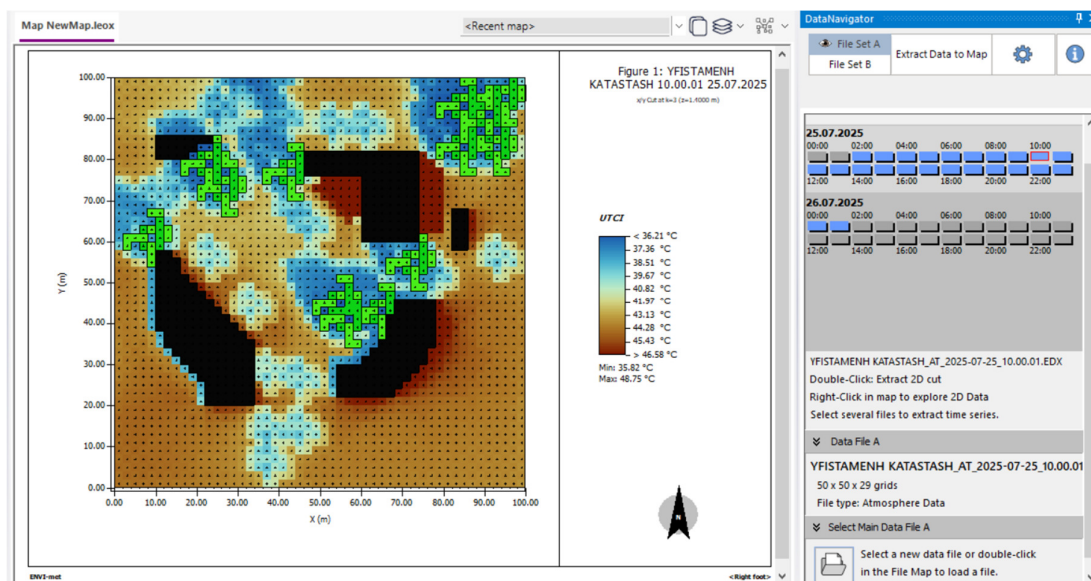
Εικόνα 10 - Χάρτης UTCI - Ώρα 06.00 - 25/7/2025

Στις 08:00 π.μ. (εικόνα 11), ο δείκτης κυμαίνεται από 33,98°C έως 36,83°C αλλά σε κατά τόπους σημεία (δυτικά και νότια) εντός της πλατείας οι τιμές του δείκτη είναι πιο υψηλές (39,69°C) που προκαλούν Ισχυρό Θερμικό Στρες (ΙΘΣ). Στα περισσότερα όμως σημεία της Πλατείας η θερμοκρασία βρίσκεται έως 36,83°C (Ισχυρό Θερμικό Στρες (ΙΘΣ)).



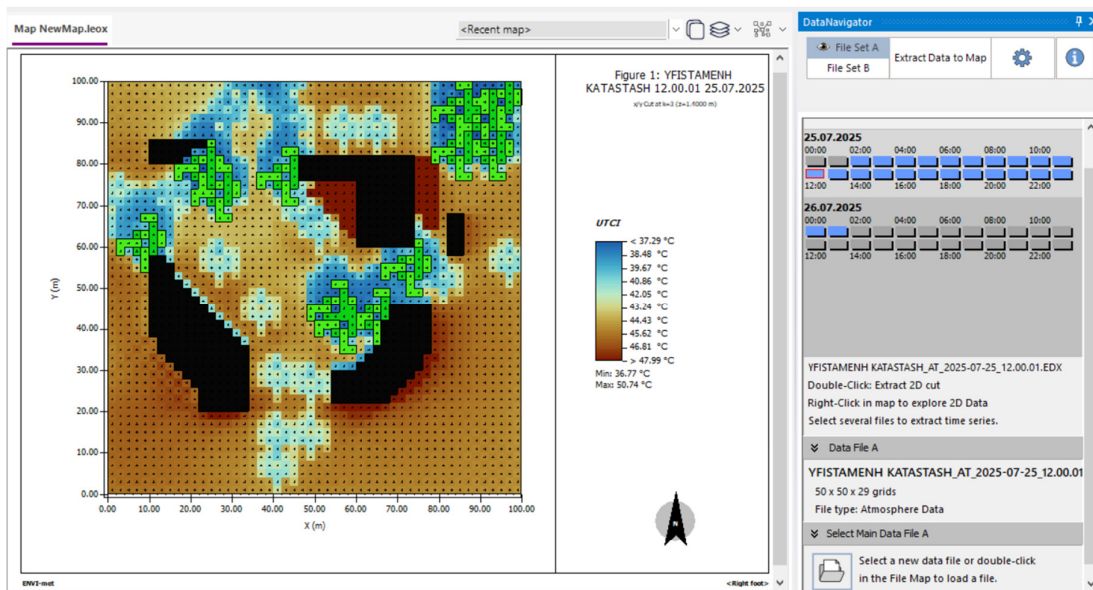
Εικόνα 11 - Χάρτης UTCI - Ώρα 08.00 - 25/7/2025

Στις 10:00 π.μ. (εικόνα 12), παρουσιάζεται αύξηση των τιμών του δείκτη στο σύνολο της πλατείας με τιμές που κυμαίνονται από 41,97°C έως 45,43°C αντιστοιχώντας σε Ακραίο Θερμικό Στρες (ΑΘΣ). Σημεία ψυκτικής επίδρασης αποτελούν τα ψηλά δέντρα που οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται από 37,36°C έως 39,67°C. (Ισχυρό Θερμικό Στρες έως Πολύ Ισχυρό Θερμικό Στρες)



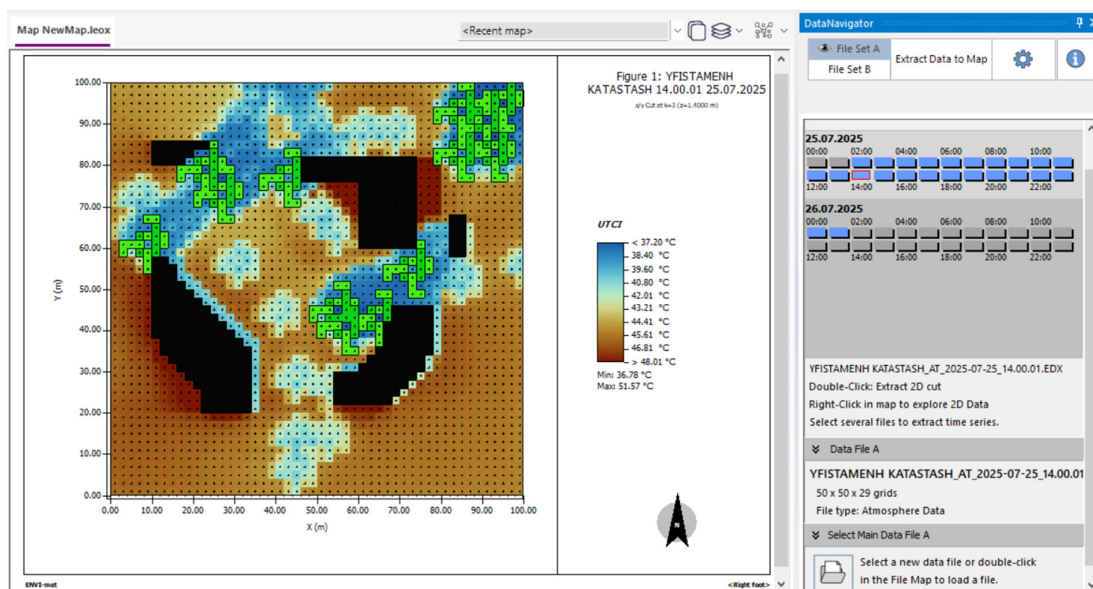
Εικόνα 12 - Χάρτης UTCI - Ώρα 10.00 - 25/7/2025

Στις 12:00 (εικόνα 13), η τιμή του δείκτη αυξάνεται συνολικά στην περιοχή μελέτης και κυμαίνεται από 44,43°C έως 45,62°C (Ακραίο Θερμικό Στρες ΑΘΣ). Η ψυκτική επίδραση των δέντρων διαμορφώνει χαμηλότερες τιμές του δείκτη στα σημεία που γειτνιάζουν με αυτά, με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 37,29°C έως 39,67°C (Πολύ Ισχυρό Θερμικό Στρες ΠΙΘΣ).



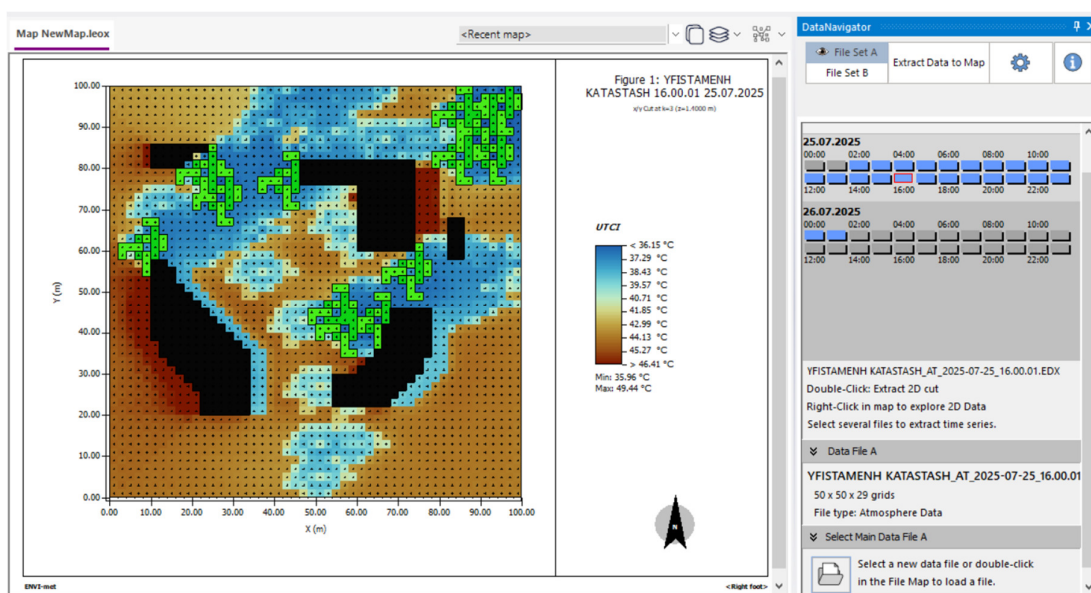
Εικόνα 13 - Χάρτης UTCI - Ώρα 12.00 - 25/7/2025

Στις 14:00 μ.μ. (εικόνα 14), οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται από 44,21°C έως 46,81°C (Ακραίο Θερμικό Στρες ΑΘΣ) με τα σημεία που επηρεάζονται από την ψυκτική επίδραση των δέντρων να διαμορφώνουν πιο χαμηλές τιμές, 40,80°C έως 42,01°C που αντιστοιχούν σε Ακραίο Θερμικό Στρες (ΑΘΣ).



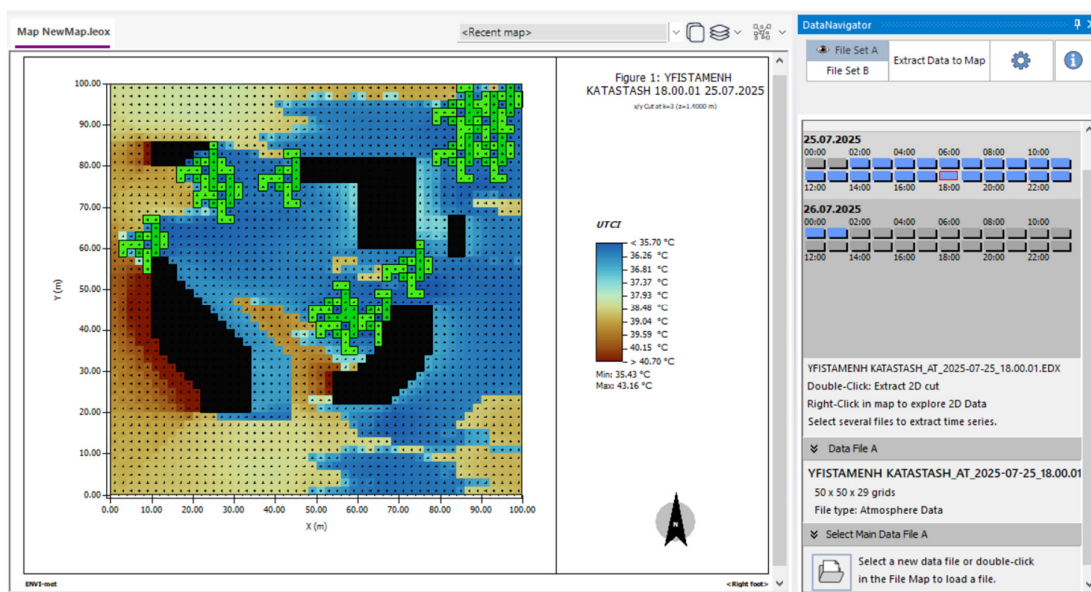
Εικόνα 14 - Χάρτης UTCI - Ώρα 14.00 - 25/7/2025

Στις 16:00 μ.μ. (εικόνα 15), το δυτικό κτίριο και τα ψηλά δέντρα της πλατείας αρχίζουν να σκιάζουν τμήματα της περιοχής μελέτης διαμορφώνοντας τιμές του δείκτη στα σκιερά σημεία από 37,49°C έως 40,71°C (από Ισχυρό Θερμικό Στρες ΙΘΣ έως Ακραίο Θερμικό Στρες ΑΘΣ) και στην υπόλοιπη πλατεία 44,13 °C (Ακραίο Θερμικό Στρες ΑΘΣ).



Εικόνα 15 - Χάρτης UTCI - Ώρα 16.00 - 25/7/2025

Στις 18:00 μ.μ. (εικόνα 16) οι τιμές του δείκτη έχουν μειωθεί αρκετά και κυμαίνονται από 35,70 °C έως 37,37°C (Μέτριο Θερμικό Στρες ΜΘΣ).



Εικόνα 16 - Χάρτης UTCI - Ώρα 18.00 - 25/7/2025

Μια συνοπτική περιγραφή θερμοκρασιών από τους χάρτες που παρουσιάζονται φαίνεται στον πίνακα 5.

- 06:00 : min 31.18 °C — max 37.31 °C.
- 08:00 : min 33.69 °C — max 42.25 °C.
- 10:00 : min 35.82 °C — max 48.75 °C.
- 12:00 : min 36.77 °C — max 50.74 °C.
- 14:00 : min 36.78 °C — max 51.57 °C.
- 16:00 : min 35.96 °C — max 49.44 °C.
- 18:00 : min 35.43 °C — max 43.16 °C

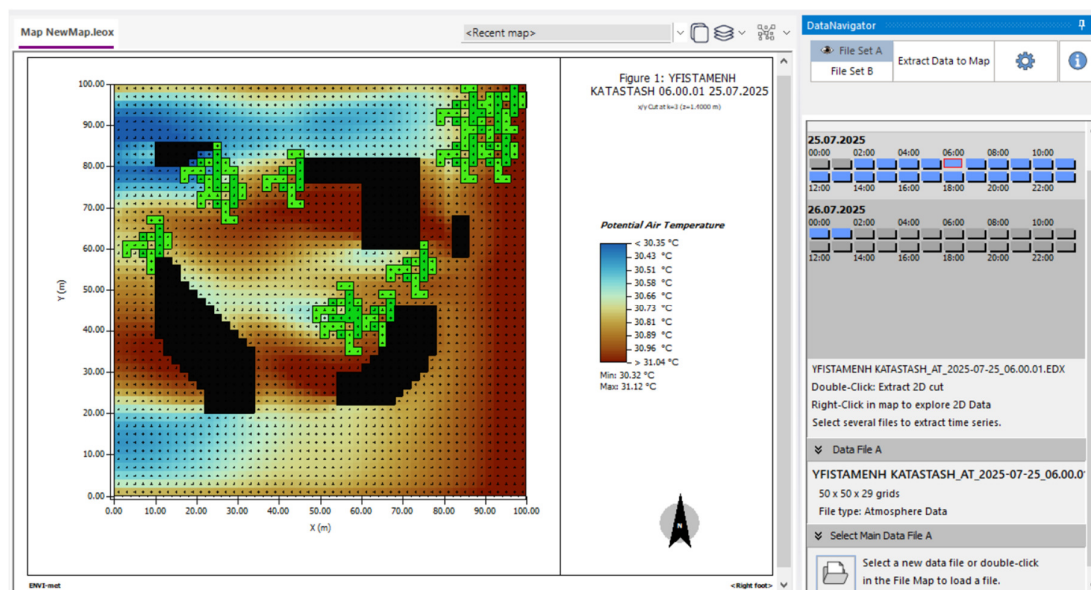
Πίνακας 6 - Ελάχιστες και μέγιστες Θερμοκρασίες του Δείκτη UTCI Υφιστάμενης κατάστασης

Γενικά, παρατηρείται ότι το μεγαλύτερο τμήμα της Πλατείας δέχεται αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία που οδηγεί σε συνθήκες θερμικής δυσφορίας με πολύ υψηλές θερμοκρασίες λόγω των υλικών εδαφοκάλυψης όπως η άσφαλτος και σκουρόχρωμες τσιμεντένιες πλάκες στα πεζοδρόμια. Αντίθετα στα σημεία που υπάρχουν τα ψηλά δέντρα παρατηρείται σημαντική θερμοκρασιακή διαφοροποίηση. Συμπεραίνεται ότι οι παρεμβάσεις θα πρέπει να επικεντρωθούν στα υλικά εδαφοκάλυψης και στην αύξηση των δέντρων.

5.2 Δείκτης Potential Air Temperature °C (Υφιστάμενης κατάστασης)

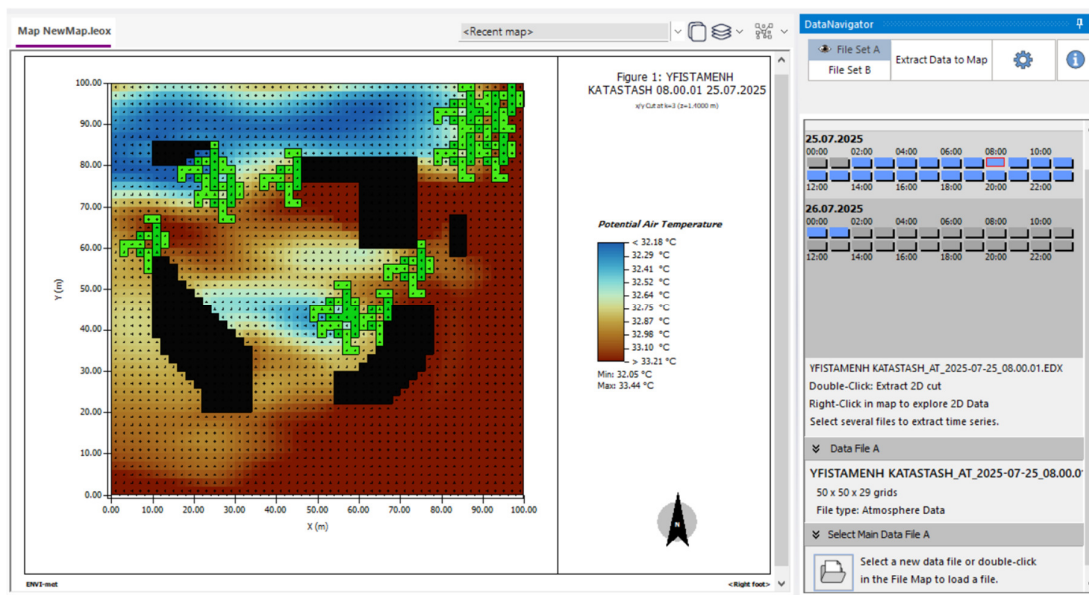
Η θερμοκρασία του αέρα φαίνεται να έχει ομοιότητες με τις διακυμάνσεις του δείκτη UTCI λόγω της έντονης ηλιακής ακτινοβολίας. Οι τιμές του δείκτη για τις ώρες 06.00 π.μ. έως 18.00 μ.μ. κυμαίνονται από 30,32°C έως 38,10°C.

Στις 06:00 π.μ. (εικόνα 17), ο δείκτης έχει τις χαμηλότερες τιμές που κυμαίνονται από 30,32°C έως 31,12°C. Οι ζώνες με βλάστηση και σκίαση διαμορφώνουν πιο χαμηλές θερμοκρασίες (30,58°C) ενώ οι πλακοστρωμένες και ασφατικές επιφάνειες είναι πιο θερμές (31,12°C).



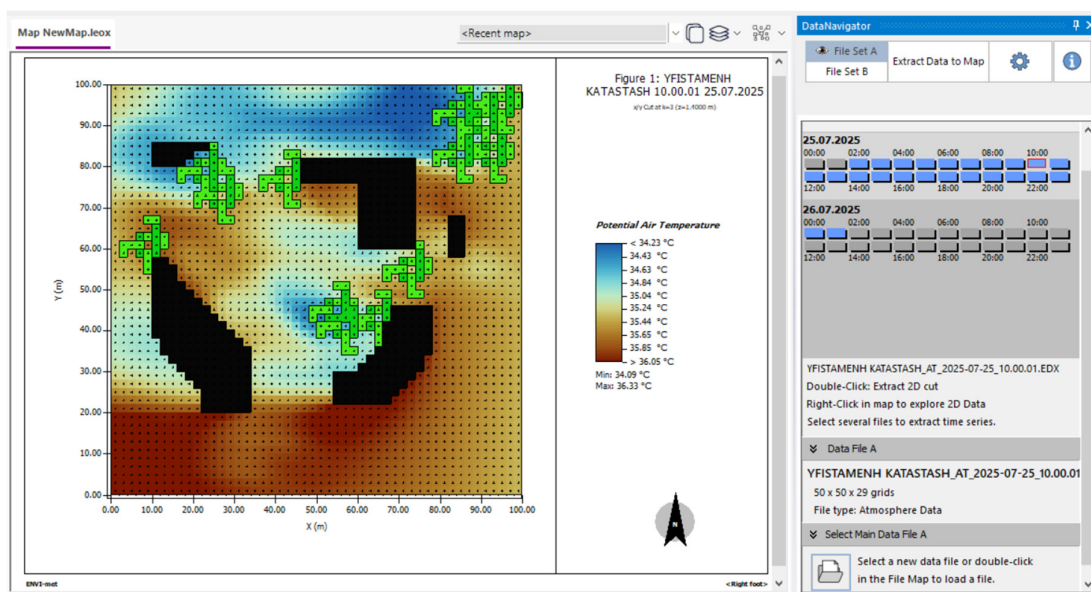
Εικόνα 17 - Potential Air Temperature - Ώρα 06.00 - 25/7/2025

Στις 08:00 π.μ. (εικόνα 18), ο δείκτης κυμαίνεται από 32,05°C έως 33,44°C.



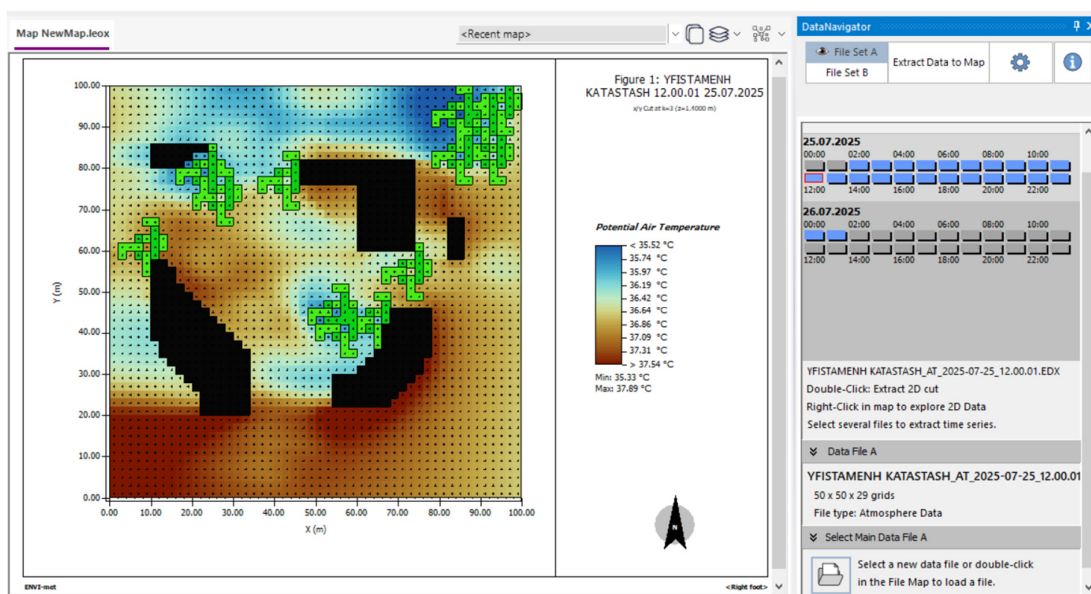
Εικόνα 18 - Potential Air Temperature - Ώρα 08.00 - 25/7/2025

Στις 10:00 π.μ. (εικόνα 19), υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας σε όλη την πλατεία, έντονη θερμοκρασία σε ανοικτές, μη σκιερές επιφάνειες. Ο δείκτης κυμαίνεται από 34,09°C έως 36,33°C. Στα σημεία που σκιάζονται από το δέντρο η θερμοκρασία κυμαίνεται από 34,63°C έως 35,04°C.



Εικόνα 19 - Potential Air Temperature - Ώρα 10.00 - 25/7/2025

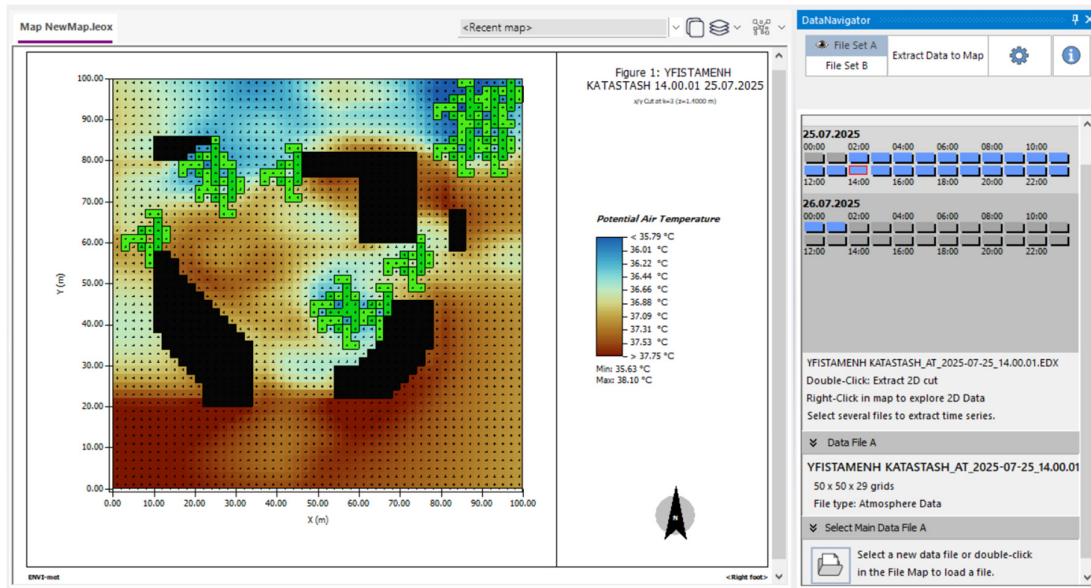
Στις 12:00, (εικόνα 20), ο δείκτης κυμαίνεται από 35,33°C έως 37,89°C. Η θερμοκρασία στα σημεία σκίασης είναι 36,19°C.



Εικόνα 20 - Potential Air Temperature - Ώρα 12.00 - 25/7/2025

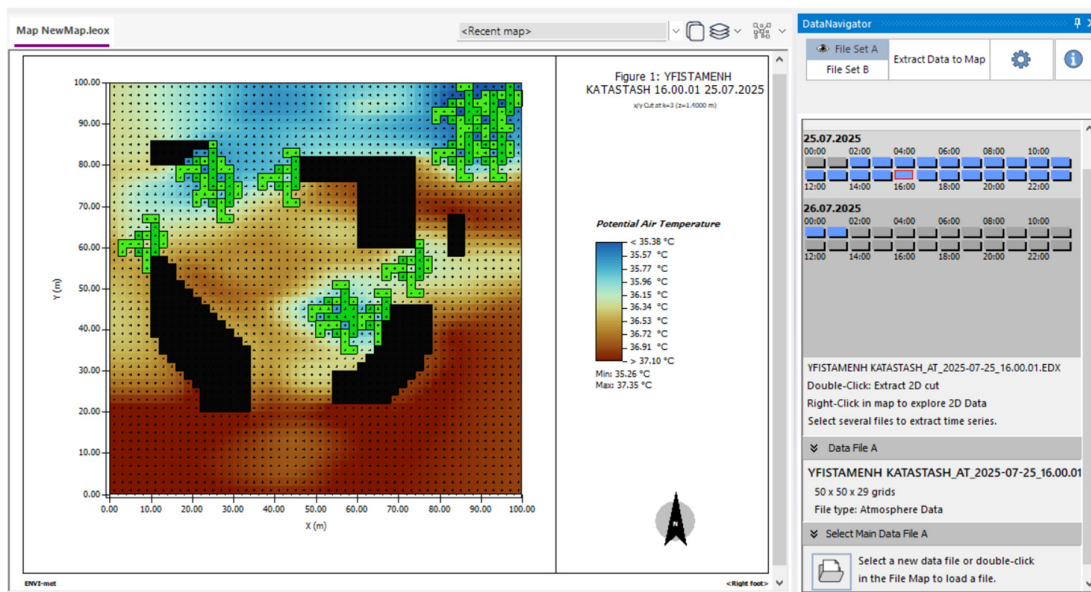
Απόγευμα (14:00 μ.μ. – 16:00 μ.μ.) υπάρχει κορύφωση και διατήρηση υψηλών τιμών στις εκτεθειμένες επιφάνειες. Τα σημεία με δέντρα παραμένουν αισθητά πιο δροσερά σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία της Πλατείας.

Στις (14.00, εικόνα 21) ο δείκτης κυμαίνεται από 35,63°C έως 38,10 °C που είναι και η μέγιστη θερμοκρασία που καταγράφεται.



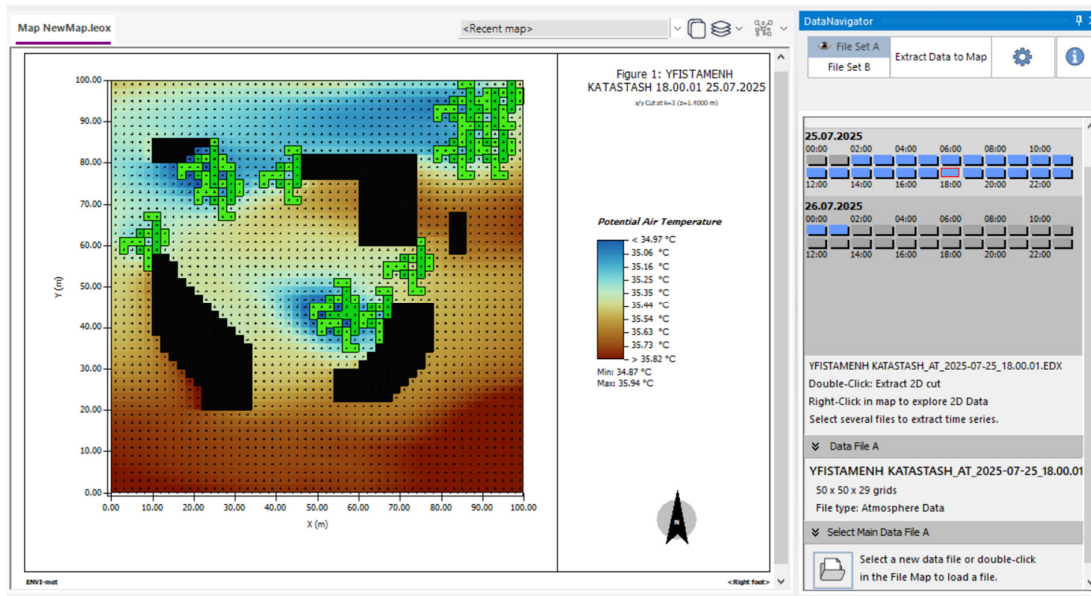
Εικόνα 21 - Potential Air Temperature - Ώρα 14.00 - 25/7/2025

Στις (16.00, εικόνα 22) ο δείκτης κυμαίνεται από 35,26°C έως 37,35°C.



Εικόνα 22 - Potential Air Temperature - Ώρα 16.00 - 25/7/2025

Στις (18.00, εικόνα 23) ο δείκτης κυμαίνεται από 34,87°C έως 35,94°C.



Εικόνα 23 - Potential Air Temperature - Ώρα 18.00 - 25/7/2025

Γενικότερα, οι φυτεμένες περιοχές και τα σημεία κάτω από τα μεγάλα δέντρα εμφανίζουν τις χαμηλότερες τιμές. Οι εκτεθειμένες επιφάνειες, τα μεγάλα πλατώματα και τα σημεία χωρίς σκιά εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές (καφέ/σκούρα και καφέ χρώματα στα διαγράμματα).

Υπάρχει σαφής θερμική αντίθεση μεταξύ σκιερών και φυτεμένων επιφανειών και των εκτεθειμένων στην ήλιο σημείων που έχουν τσιμεντένιες πλάκες και ασφαλτο που παραμένει καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και ενισχύεται προς το μεσημέρι.

Μια συνοπτική περιγραφή θερμοκρασιών από τους χάρτες που παρουσιάζονται φαίνεται στον πίνακα 6.

- 06:00 : min 30.32 °C — max 31.12 °C.
- 08:00 : min 32.05 °C — max 33.44 °C.
- 10:00 : min 34.09 °C — max 36.33 °C.
- 12:00 : min 35.33 °C — max 37.89 °C.
- 14:00 : min 35.63 °C — max 38.10 °C.
- 16:00 : min 35.26 °C — max 37.35 °C.
- 18:00 : min 34.87 °C — max 35.94 °C

Πίνακας 7 - Ελάχιστες και μέγιστες Θερμοκρασίες του Δείκτη Potential Air Temperature Υφιστάμενης κατάστασης

5.3 ΣΥΝΟΨΗ

Από τα αποτελέσματα των δεικτών της υφιστάμενης κατάστασης διαπιστώνεται πως οι συνθήκες στην περιοχή μελέτης είναι επιβαρυνμένες θερμικά και οδηγούν σε συνθήκες ακραίου θερμικού στρες που ξεκινά από τις 10:00 π.μ. με τιμές που κυμαίνονται από 34,09°C έως 36,33°C. Στις 12:00 η τιμή του δείκτη κυμαίνεται από 35,33°C έως 37,89°C (Μέτριο Θερμικό Στρες ΜΘΣ) και στις 14:00 μ.μ. κυμαίνεται από 35,63°C έως 38,10°C επίσης (Μέτριο Θερμικό Στρες ΜΘΣ). Οι παραπάνω τιμές του Δείκτη μας οδηγούν στο συμπέρασμα πως πρέπει να γίνουν στοχευμένες παρεμβάσεις βελτίωσης

5.4 ΣΕΝΑΡΙΟ 1

5.5 Δείκτης UTCI °C

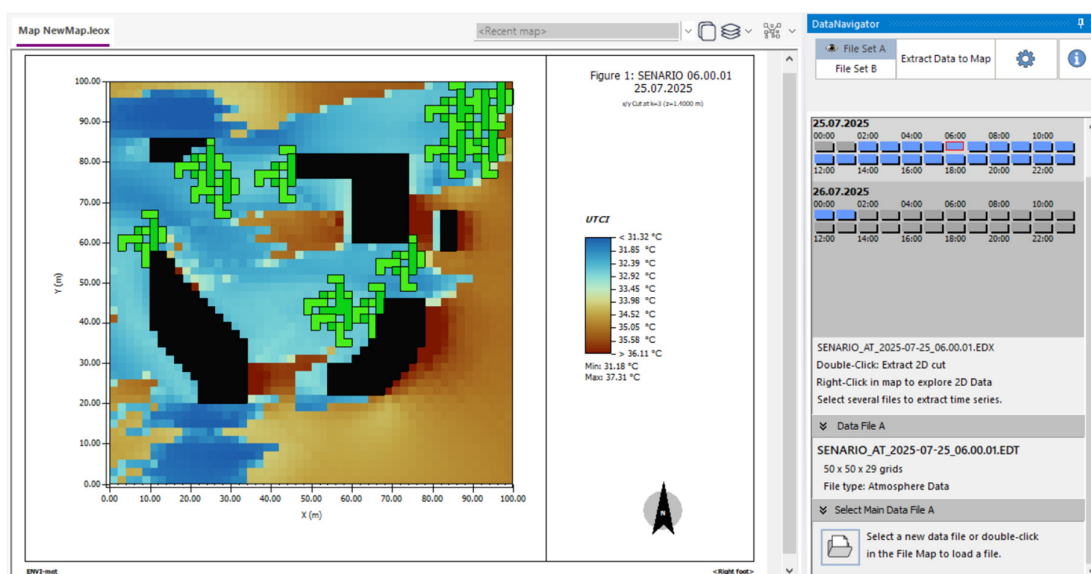
Στις Εικόνες 24 έως 30 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή του βιοκλιματικού δείκτη UTCI για τις επιλεγμένες ώρες της ημέρας 06.00-08.00-10.00-12.00-14.00-18.00. Επίσης στις εικόνες 31 και 32 παρουσιάζονται συνολικά η χωρική κατανομή του δείκτη της υφιστάμενης κατάστασης και του Σεναρίου 1 για να είναι εύκολη η εξαγωγή συμπερασμάτων οπτικά.

Στο Σενάριο 1 τοποθετούνται πλάκες (PL) με ψυχρά υλικά στα πεζοδρόμια διατηρώντας τον δρόμο με ασφαλτο όπως στην υφιστάμενη κατάσταση. Το Position of view plane εξακολουθεί να είναι 1,4μ. Επίσης εξακολουθούν να απεικονίζονται οι κτιριακοί με την βλάστηση και την εδαφοκάλυψη της περιοχής μελέτης όπως στην υφιστάμενη κατάσταση. Με μία πρώτη ματιά παρατηρείται ότι οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές του δείκτη στο ύψος του 1,4μ από την επιφάνεια του εδάφους, στο Σενάριο 1, παραμένουν σχετικά όμοιες με της υφιστάμενης κατάστασης. Αν εξετάζαμε την θερμοκρασία του εδάφους ίσως

παρατηρούσαμε υψηλότερες θερμοκρασίες αλλά η παρούσα μελέτη αφορά την θερμική άνεση.

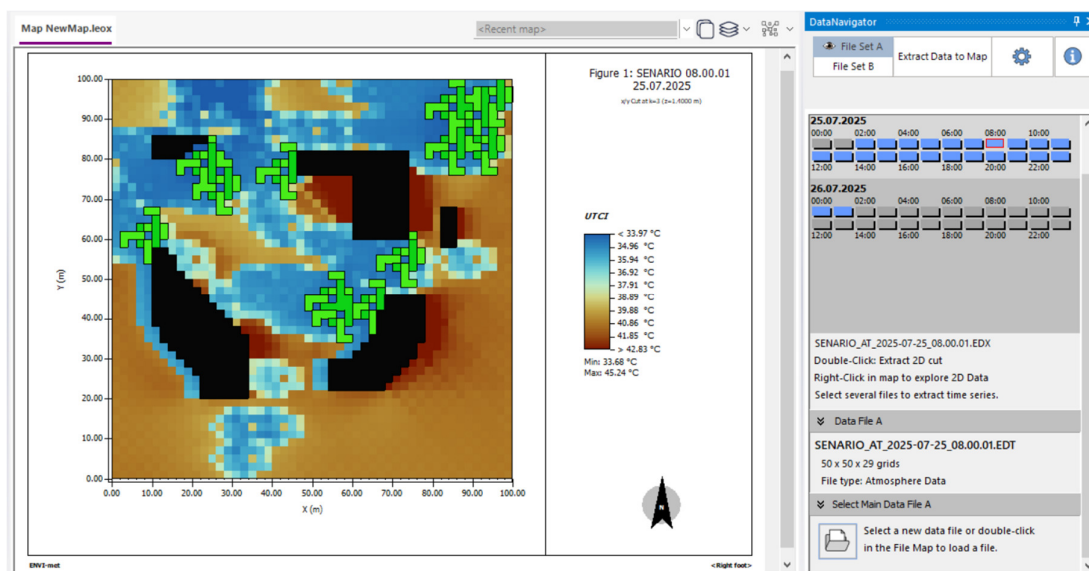
Οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται επίσης από 31,18°C έως 51,57°C και αντιστοιχούν στις κατηγορίες θερμικού στρες από «Χωρίς θερμικό στρες (ΧΘΣ)» έως «Ακραίο θερμικό στρες (ΑΘΣ)» σύμφωνα με την Μεσογειακή κλίμακα του δείκτη.

Αναλυτικότερα ξεκινώντας από την εικόνα 24 (ώρα 06.00) η θερμοκρασίες είναι ακριβώς όμοιες με της υφιστάμενης κατάστασης, κυμαίνονται από 31,18 °C έως 37,31 °C από (Χωρίς Θερμικό Στρες ΧΘΣ) έως (Ισχυρό Θερμικό Στρες ΙΘΣ).



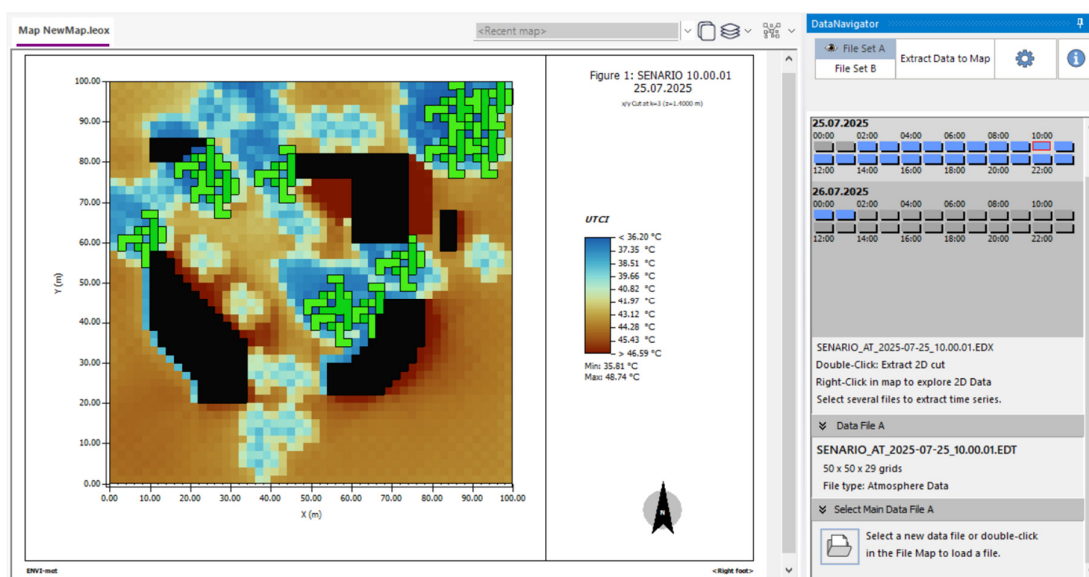
Εικόνα 24 – UTCI - Ώρα 06.00 - 25/7/2025

Στις (8.00) διατηρούνται σχετικά όμοιες θερμοκρασίες με διαφορά 0,01°C στις ελάχιστες και μέγιστες τιμές. 33,68°C η ελάχιστη τιμή του Σεναρίου 1 αντί 33,69 °C στην υφιστάμενη κατάσταση και 45,24 °C η μέγιστη του Σεναρίου 1 σε σχέση με της υφιστάμενης κατάστασης 45,25 °C, διατηρώντας τις κατηγορίες Θερμικού Στρες σε (Χωρίς Θερμικό Στρες ΧΘΣ) έως (Ακραίο Θερμικό Στρες ΑΘΣ).



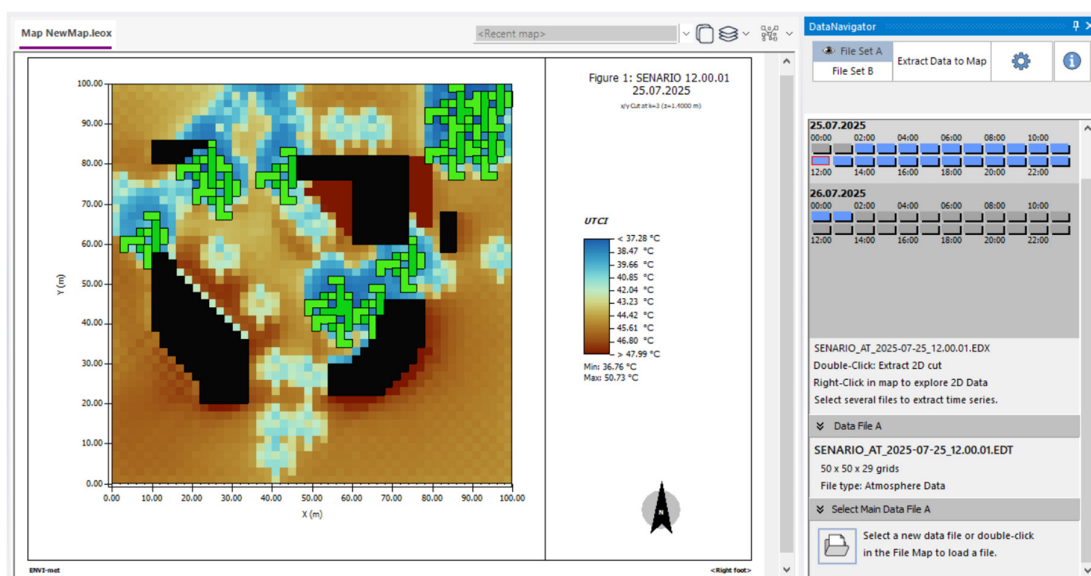
Εικόνα 25 – UTCI - Ώρα 08.00 - 25/7/2025

Το ίδιο μοτίβο επαναλαμβάνεται στις ώρες (10.00, 12.00 και 14.00), διαφορές στις ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες κατά 0,01 °C. Στις (10.00, εικόνα 26) η θερμοκρασία του Σεναρίου 1 είναι από 35,81°C έως 48,74°C έναντι 35,82°C έως 48,75 °C της υφιστάμενης κατάστασης που κατατάσσεται σε (Μέτριο Θερμικό Στρες ΜΘΣ) έως (Ακραίο Θερμικό Στρες ΑΘΣ) της Μεσογειακής Κλίμακας.



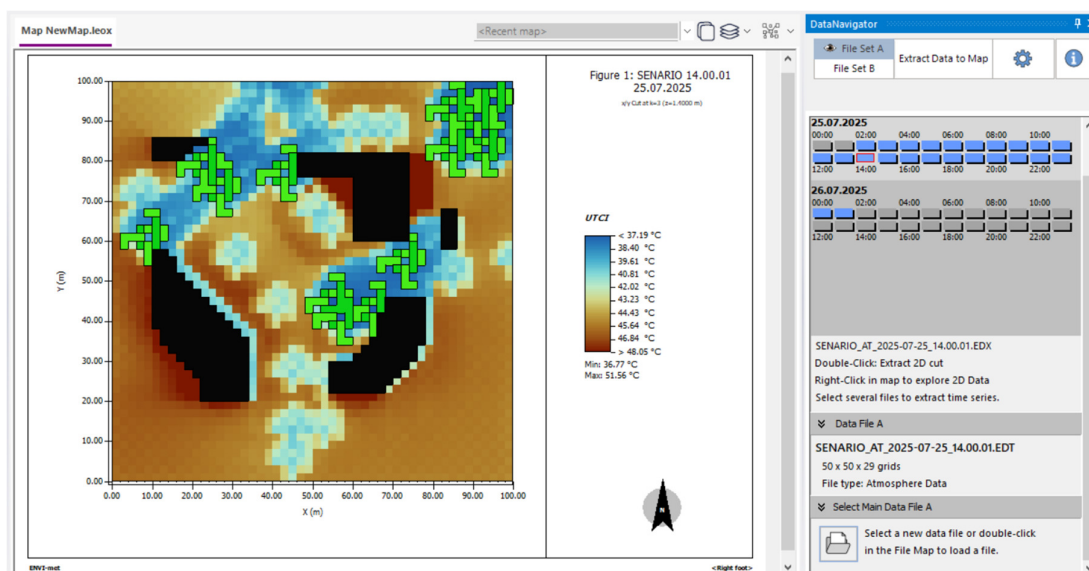
Εικόνα 26 – UTCI - Ώρα 10.00 - 25/7/2025

Στις (12.00, εικόνα 27) η θερμοκρασία του Σεναρίου 1 είναι από 36,76°C έως 50,73°C έναντι 36,77°C έως 50,74 °C της υφιστάμενης κατάστασης που κατατάσσεται επίσης σε (Μέτριο Θερμικό Στρες ΜΘΣ) έως (Ακραίο Θερμικό Στρες ΑΘΣ) της Μεσογειακής Κλίμακας.



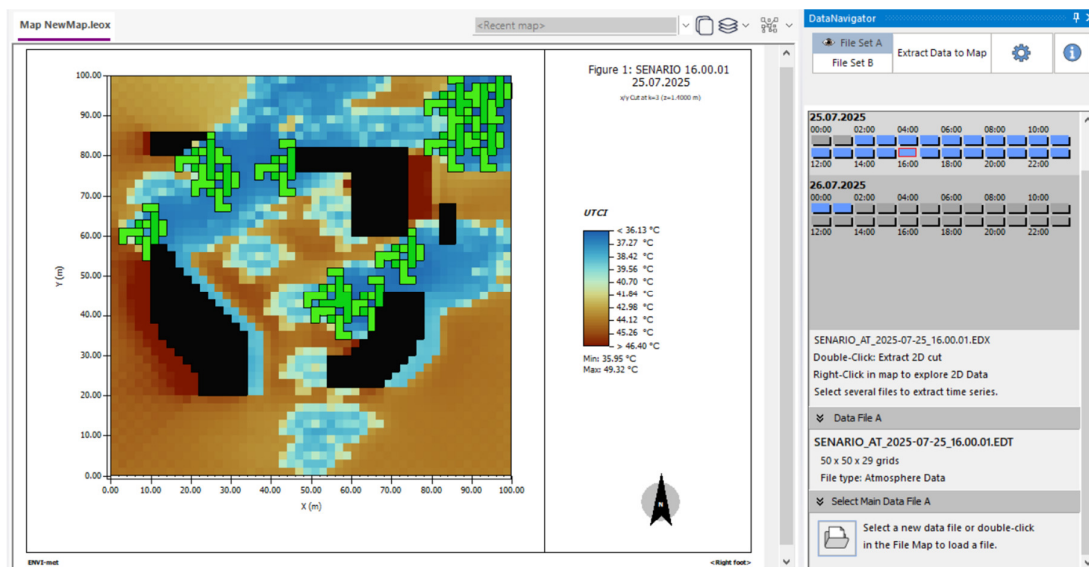
Εικόνα 27 – UTCI - Ώρα 12.00 - 25/7/2025

Στις (14.00, εικόνα 28) η θερμοκρασία του Σεναρίου 1 είναι από 36,77°C έως 51,56°C έναντι 36,78°C έως 51,57 °C της υφιστάμενης κατάστασης που κατατάσσεται επίσης σε (Μέτριο Θερμικό Στρες ΜΘΣ) έως (Ακραίο Θερμικό Στρες ΑΘΣ) της Μεσογειακής Κλίμακας.



Εικόνα 28 – UTCI - Ώρα 14.00 - 25/7/2025

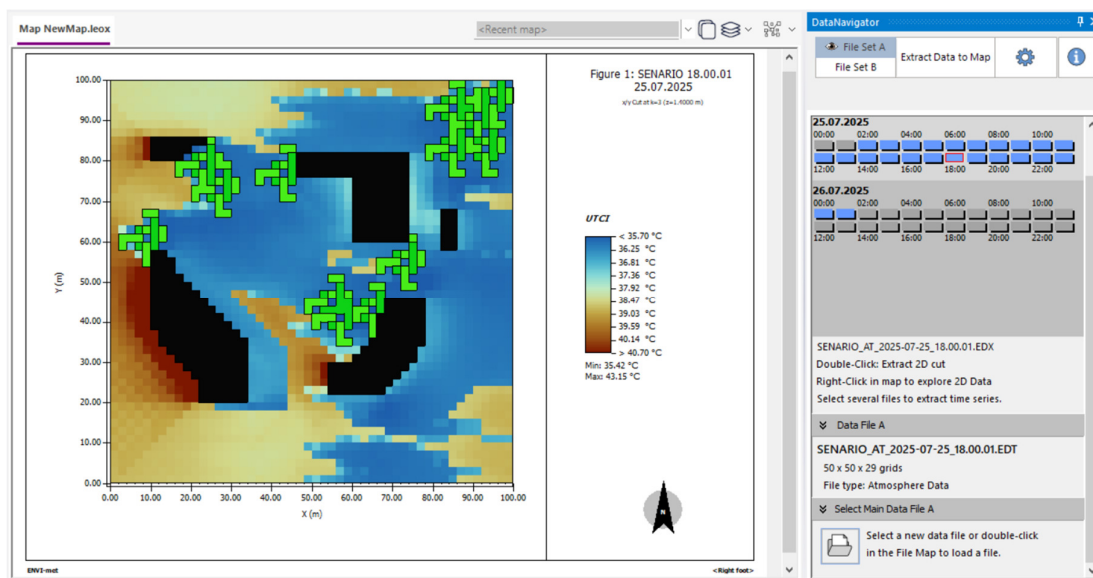
Στις (16.00, εικόνα 29) η θερμοκρασία του Σεναρίου 1 είναι από 35,95°C έως 49,32°C έναντι 35,96°C έως 49,44 °C της υφιστάμενης κατάστασης που κατατάσσεται επίσης σε (Μέτριο Θερμικό Στρες ΜΘΣ) έως (Ακραίο Θερμικό Στρες ΑΘΣ) της Μεσογειακής Κλίμακας.



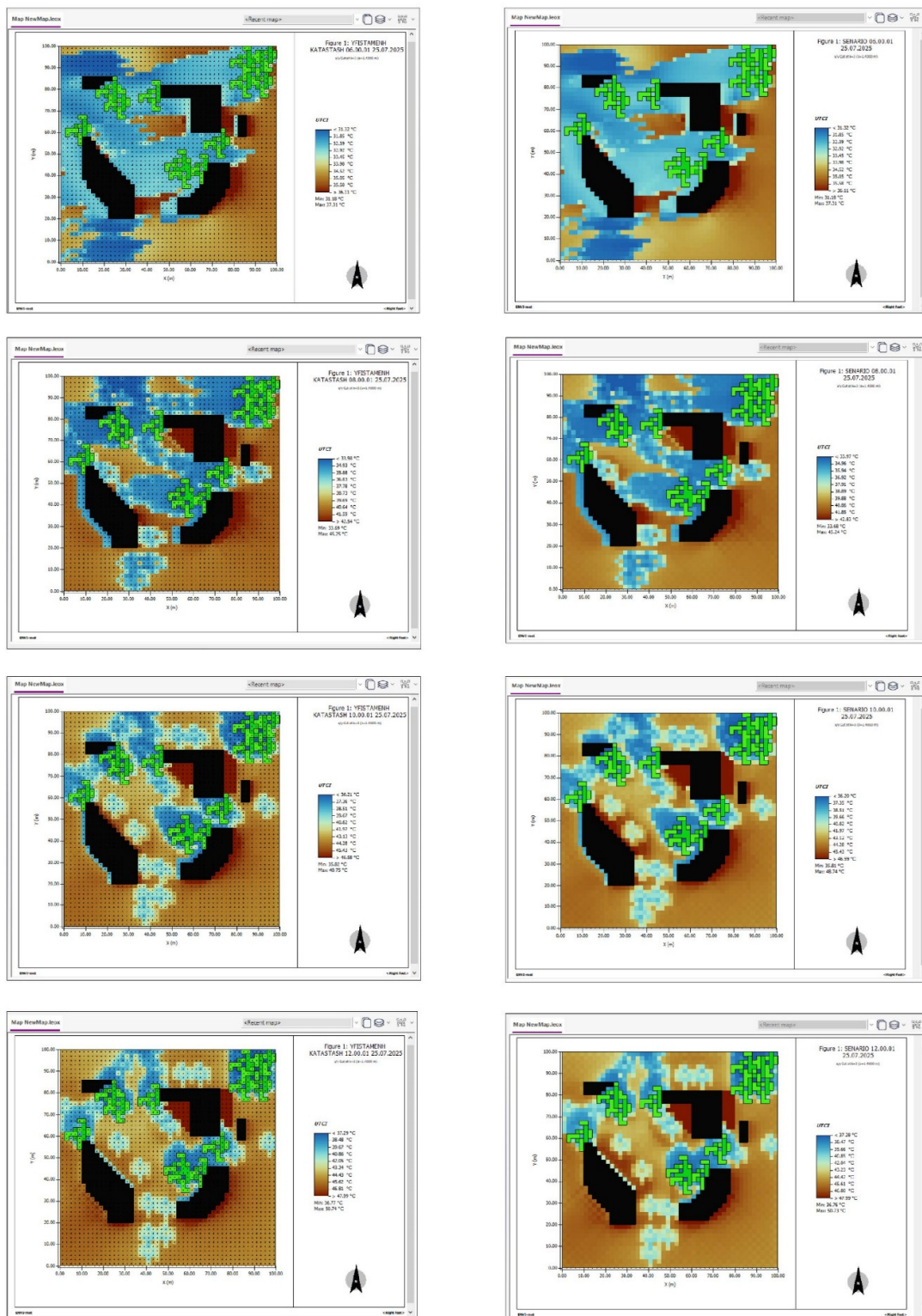
Εικόνα 29 – UTCI - Ώρα 16.00 - 25/7/2025

Στις (18.00, εικόνα 30) η θερμοκρασία του Σεναρίου 1 είναι από 35,42°C έως 43,15°C έναντι 35,43°C έως 43,16 °C της υφιστάμενης κατάστασης που κατατάσσεται επίσης σε

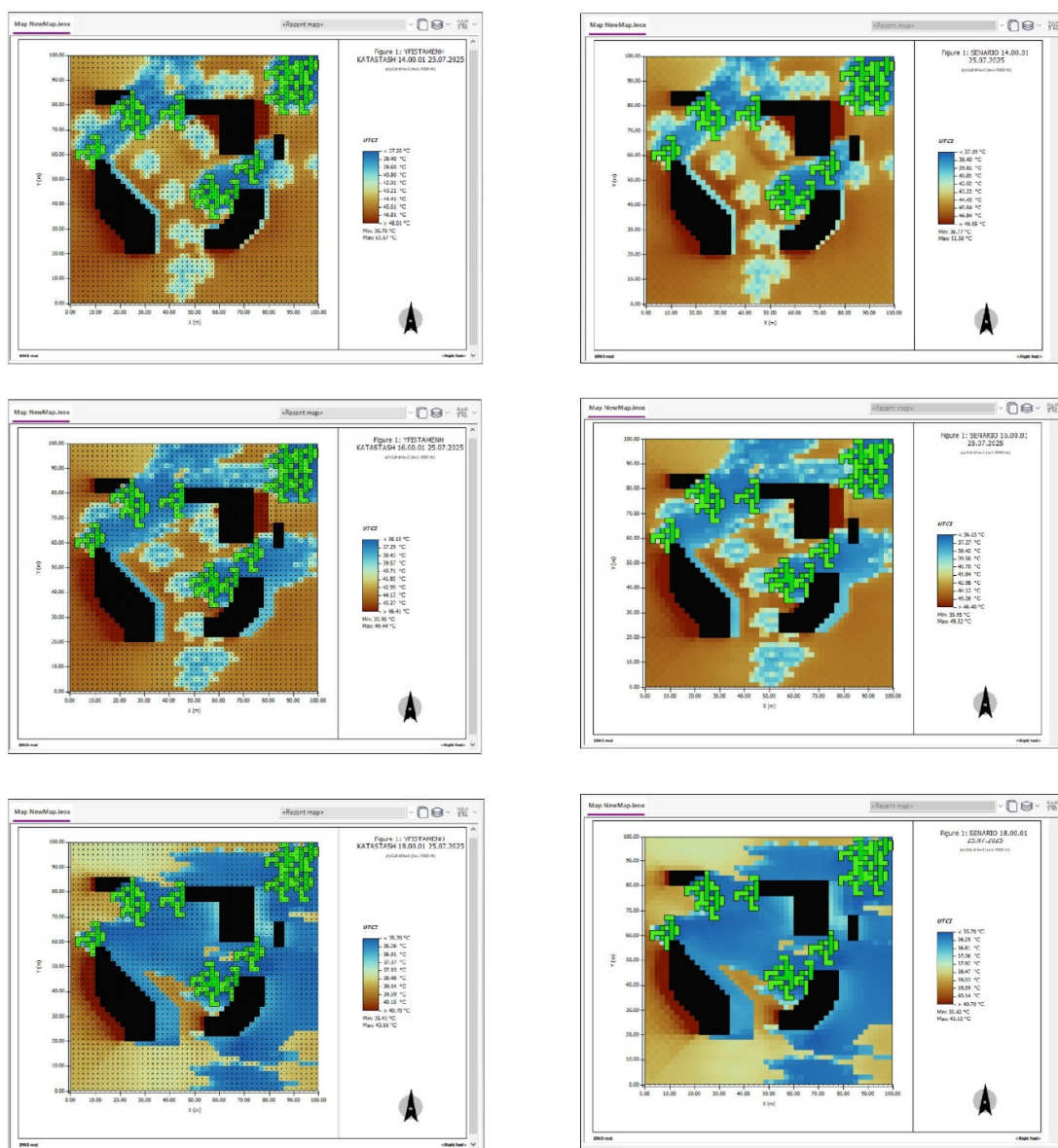
(Μέτριο Θερμικό Στρες ΜΘΣ) έως (Ακραίο Θερμικό Στρες ΑΘΣ) της Μεσογειακής Κλίμακας.



Εικόνα 30 – UTCI - Ωρα 18.00 - 25/7/2025



Εικόνα 31 – Σύγκριση UTCI υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 1 - Ώρες 06.00 έως 12.00 - 25/7/2025



Εικόνα 32 - Σύγκριση UTCI υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 1 - Ώρες 14.00 έως 18.00 - 25/7/2025

- 06:00 : min 31.18 °C — max 37.31 °C.
- 08:00 : min 33.68 °C — max 45.24 °C.
- 10:00 : min 35.81 °C — max 48.74 °C.
- 12:00 : min 36.76 °C — max 50.73 °C.
- 14:00 : min 36.77 °C — max 51.56 °C.
- 16:00 : min 35.95 °C — max 49.32 °C.
- 18:00 : min 35.42 °C — max 43.15 °C

Πίνακας 8 – Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες του Δείκτη UTCI του Σεναρίου 1

5.6 Potential Air Temperature °C

Η θερμοκρασία του αέρα στο Σενάριο 1 σε πρώτη ματιά φαίνεται να μην έχει διαφορές με τις θερμοκρασίες της υφιστάμενης κατάστασης. Οι ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες παραμένουν ίδιες με διαφορές της τάξης του 0,01 C στις ώρες 12.00 έως 18.00. Στα κατά τόπους σημεία οι θερμοκρασίες παραμένουν ίδιες.

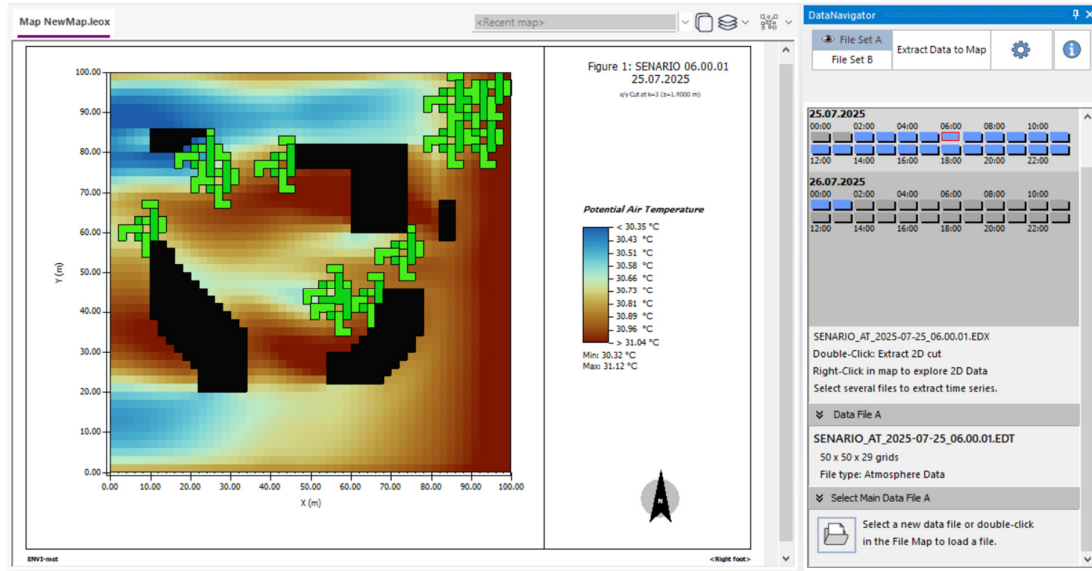
Γενικότερα παρατηρείται όπως και στην υφιστάμενη κατάσταση πως οι φυτεμένες περιοχές και τα σημεία κάτω από τα μεγάλα δέντρα εμφανίζουν τις χαμηλότερες τιμές. Οι εκτεθειμένες επιφάνειες, τα μεγάλα πλατώματα και τα σημεία χωρίς σκιά εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές (καφέ/σκούρα και καφέ χρώματα στα διαγράμματα). Υπάρχει σαφής θερμική αντίθεση μεταξύ σκιερών και φυτεμένων επιφανειών και των εκτεθειμένων στον ήλιο σημείων που έχουν πλάκες με ψυχρά υλικά και ασφαλτο που παραμένει καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας και ενισχύεται προς το μεσημέρι.

Στον πίνακα 8 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες του Σεναρίου 1.

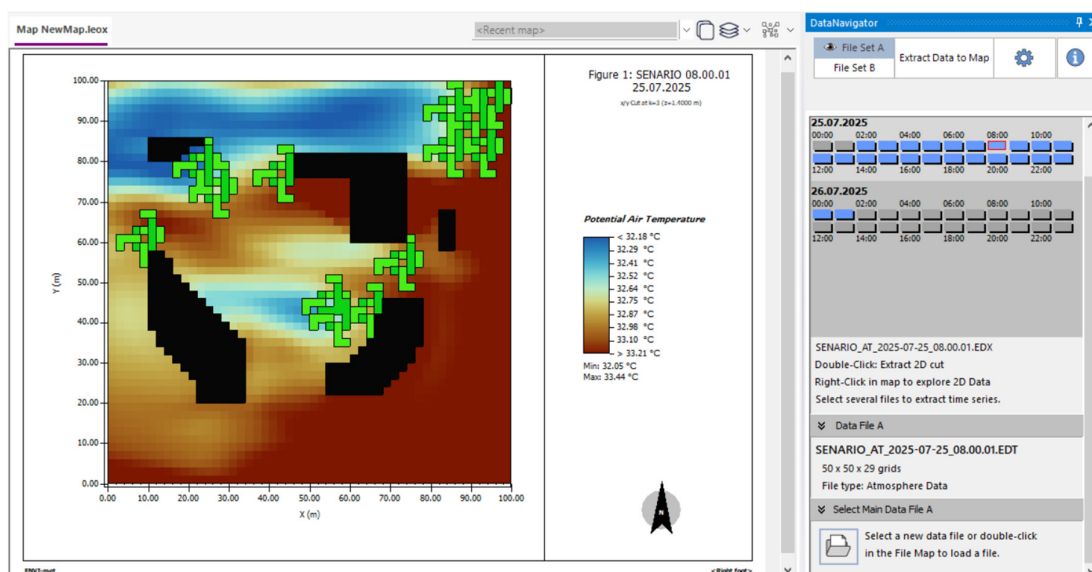
- 06:00 : min 30.32 °C — max 31.12 °C.
- 08:00 : min 32.05 °C — max 33.44 °C.
- 10:00 : min 34.09 °C — max 36.33 °C.
- 12:00 : min 35.32 °C — max 37.88 °C.

- 14:00 : min 35.62 °C — max 38.09 °C.
- 16:00 : min 35.25 °C — max 37.34 °C.
- 18:00 : min 34.86 °C — max 35.93 °C

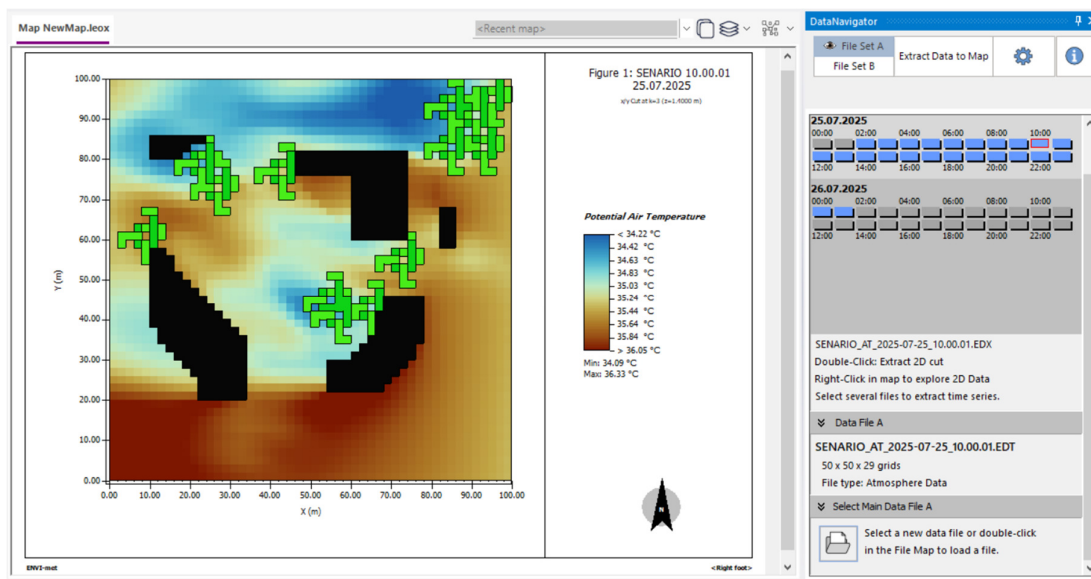
Πίνακας 9 - Ελάχιστες και μέγιστες Θερμοκρασίες του Δείκτη Potential Air Temperature Σεναρίου 1



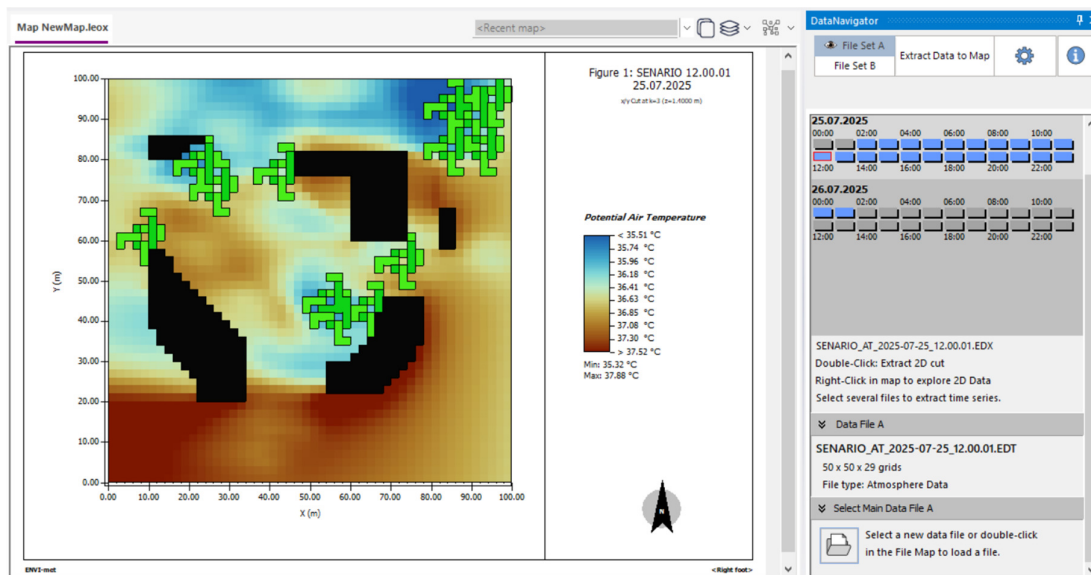
Εικόνα 33 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 06.00 - 25/7/2025



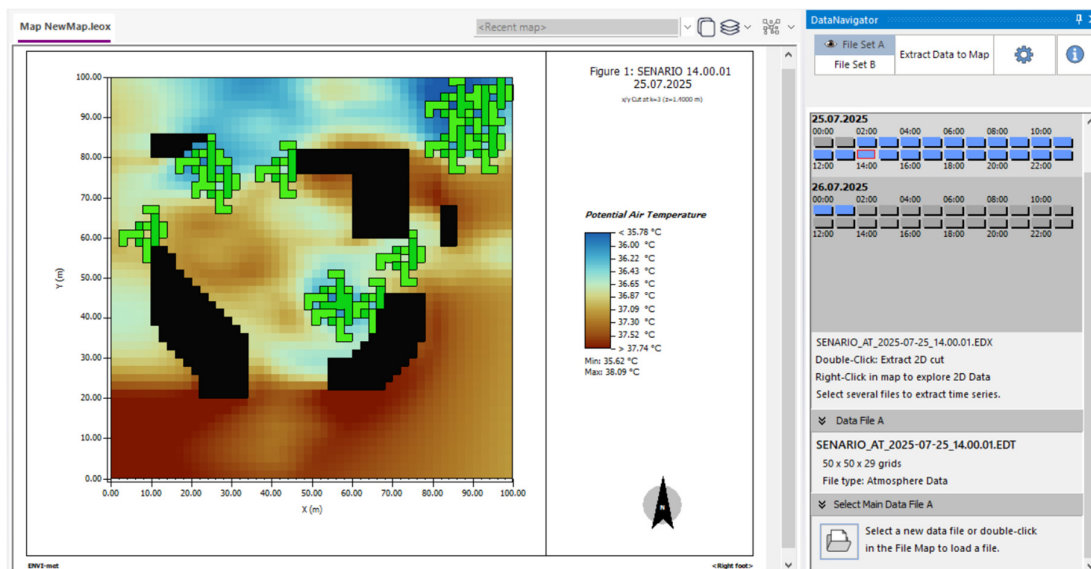
Εικόνα 34 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 08.00 - 25/7/2025



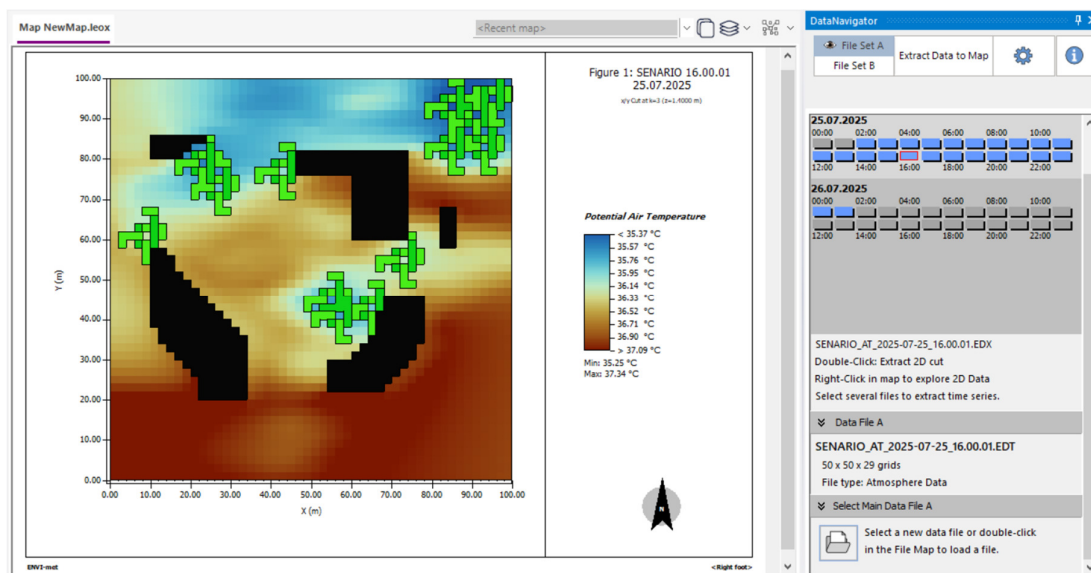
Εικόνα 35 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 10.00 - 25/7/2025



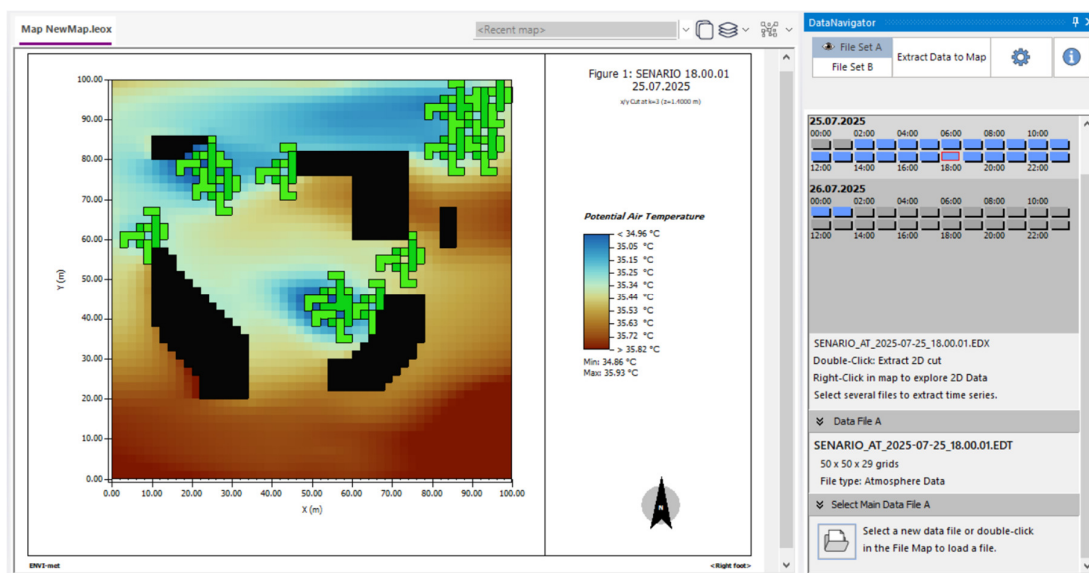
Εικόνα 36 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 12.00 - 25/7/2025



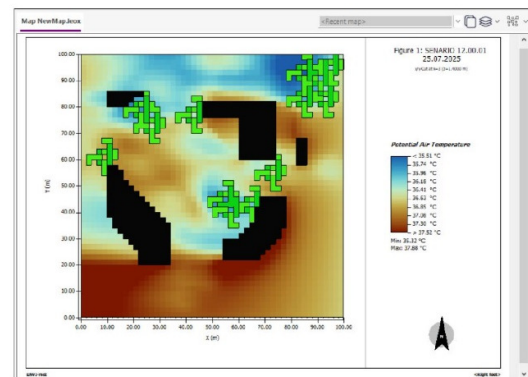
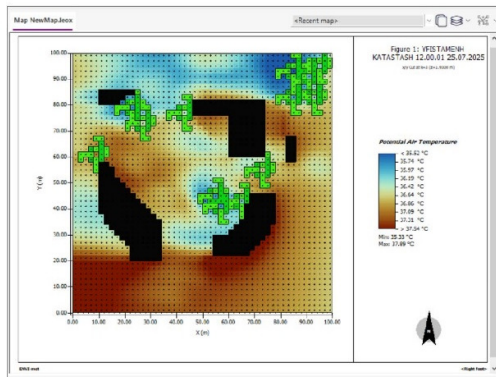
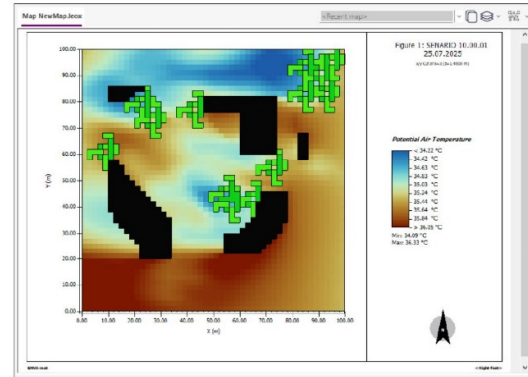
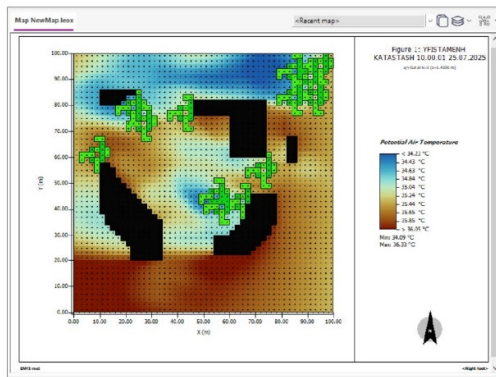
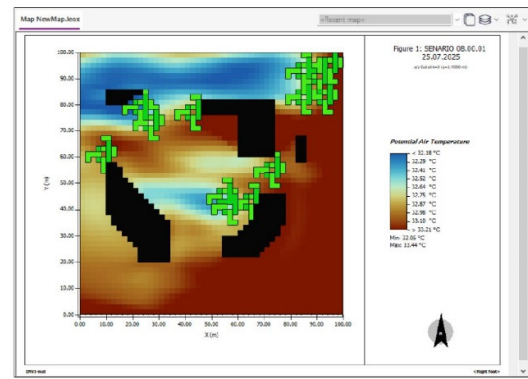
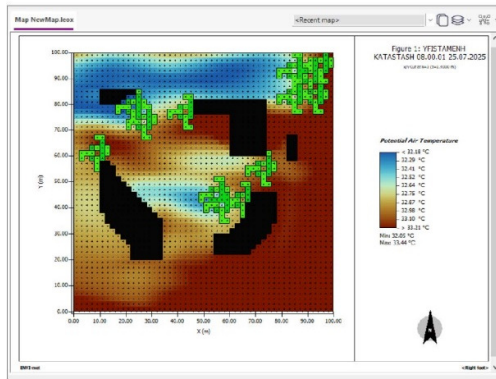
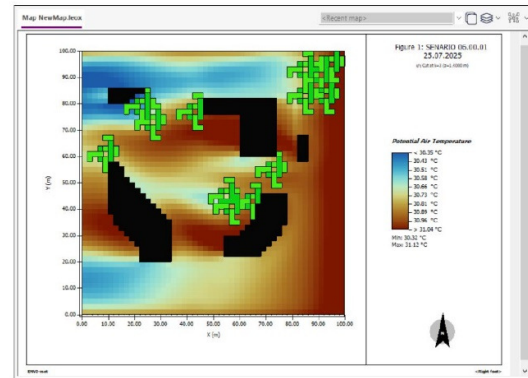
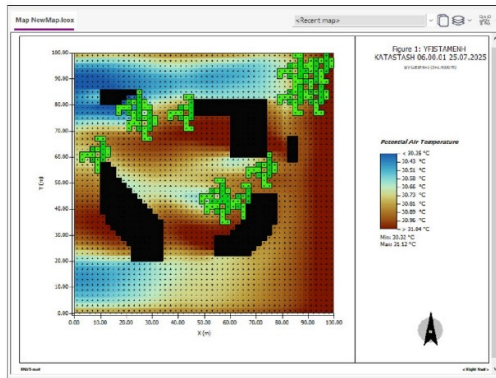
Εικόνα 37 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 14.00 - 25/7/2025



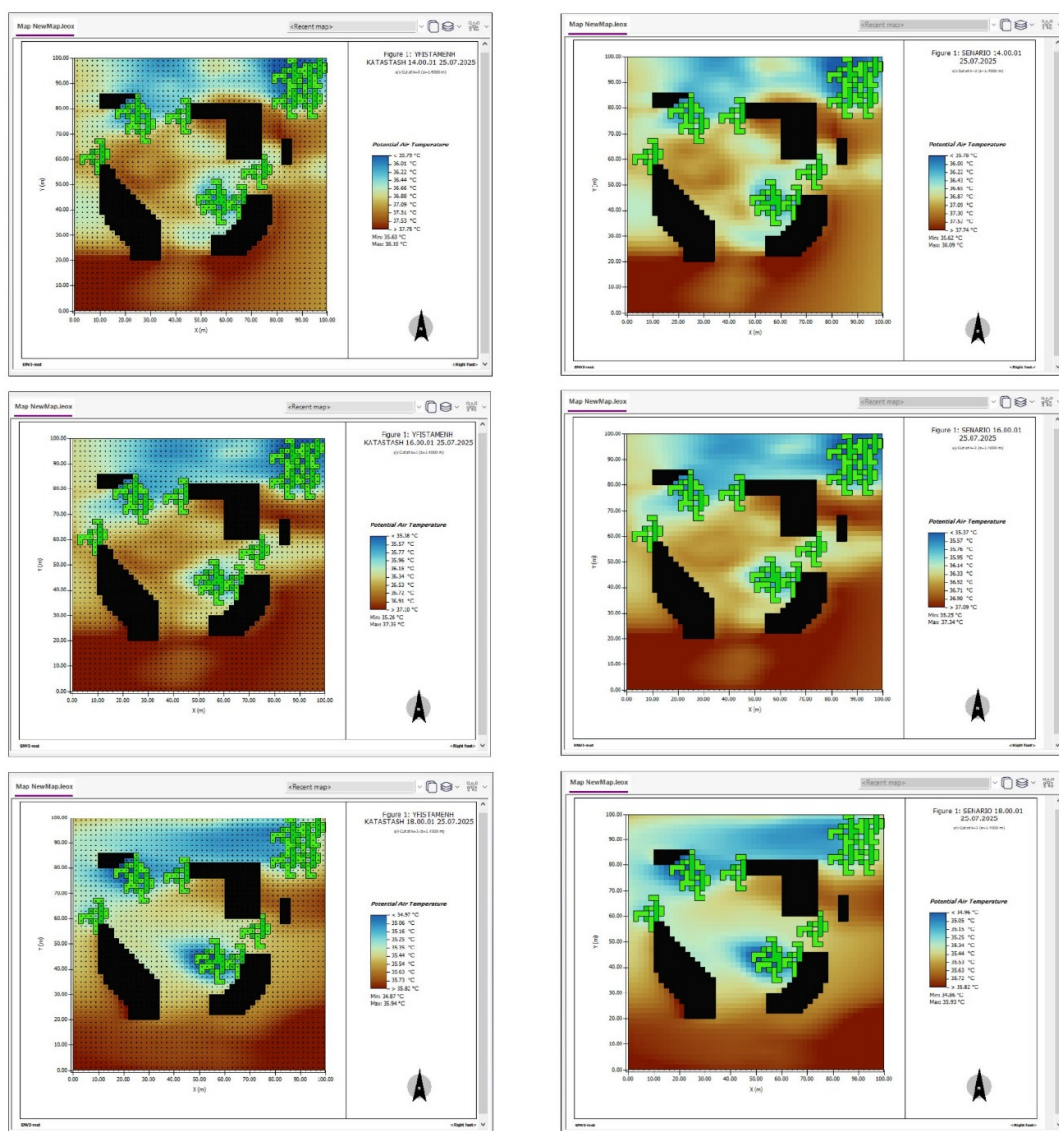
Εικόνα 38 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 16.00 - 25/7/2025



Εικόνα 39 - Potential Air Temperature °C - Όρα 18.00 - 25/7/2025



Εικόνα 40 - Σύγκριση δείκτη Potential Air Temperature °C Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 1 - Ωρες 06.00 έως 12.00 - 25/7/2025

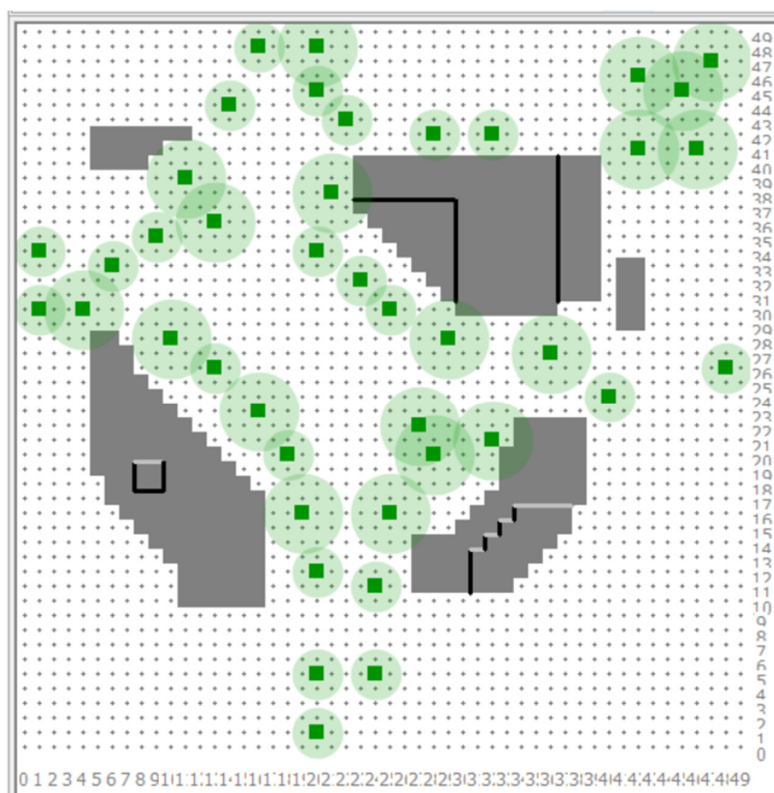


Εικόνα 41 - Σύγκριση δείκτη Potential Air Temperature °C Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 1 - Ωρες 14.00 έως 18.00 - 25/7/2025

5.7 ΣΕΝΑΡΙΟ 2

5.8 Δείκτης UTCI °C

Στις Εικόνες 43 έως 49 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή του βιοκλιματικού δείκτη UTCI για τις επιλεγμένες ώρες της ημέρας 06.00-08.00-10.00-12.00-14.00-18.00. Επίσης στις εικόνες 50 και 51 παρουσιάζονται συνολικά η χωρική κατανομή του δείκτη της υφιστάμενης κατάστασης και του Σεναρίου 2 για να είναι εύκολη η σύγκριση τους οπτικά. Στο Σενάριο 2 γίνεται αύξηση της φύτευσης κατά 30% (Εικόνα 42). Τοποθετούνται ψηλά δέντρα με πυκνό φύλλωμα όπως τα υφιστάμενα (πλατάνια, αροκαριές, κυπαρίσσια). Το Position of view plane ορίστηκε στο 1,4μ. όπως της υφιστάμενης κατάστασης.



Εικόνα 42 – Δέντρα Σεναρίου 2

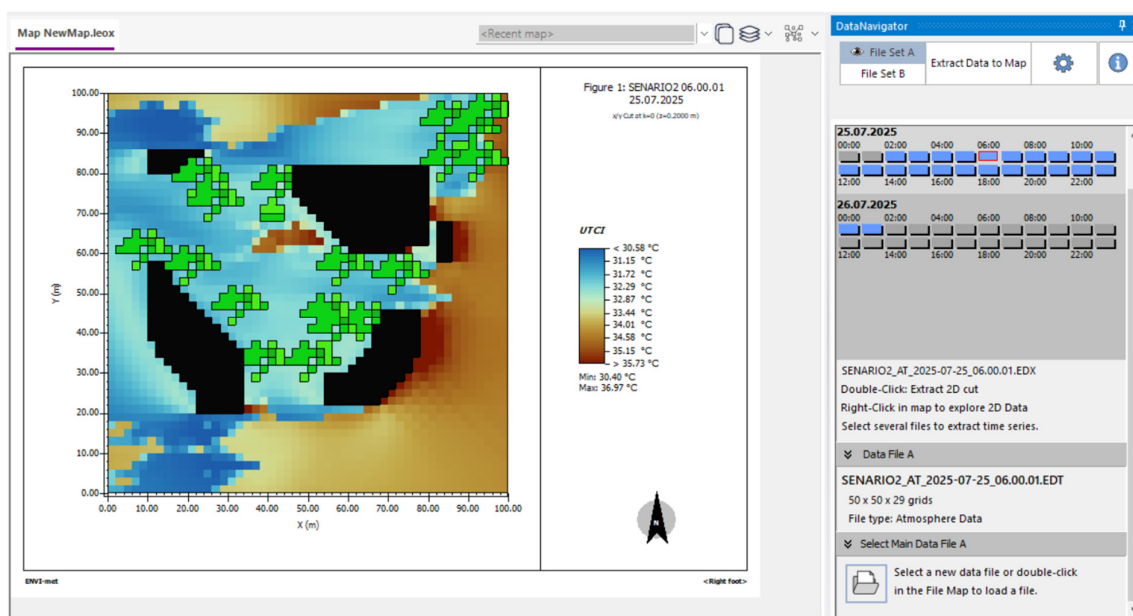
Με μία πρώτη ματιά παρατηρώντας τις ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες κάθε ώρας διαπιστώνεται πως υπάρχουν διαφοροποιήσεις της τάξης του ενός βαθμού κελσίου

(°C). Στο Σενάριο 2, οι τιμές του δείκτη για σχεδόν όλες τις ώρες της ημέρας με την αύξηση των δέντρων, ελαττώνονται κατά ένα βαθμό κελσίου.

Ειδικότερα, στις (6.00), οι τιμές του δείκτη στο Σενάριο 2 ξεκινούν από 30.40 °C σε σχέση με της υφιστάμενης κατάστασης που είναι 31.18°C. Η μέγιστη είναι 36.97 °C σε σχέση με τους 37.31°C της υφιστάμενης κατάστασης και αντιστοιχούν στις κατηγορίες θερμικού στρες από «Χωρίς θερμικό στρες (ΧΘΣ)» έως «Ισχυρό θερμικό στρες (ΙΘΣ)» σύμφωνα με την Μεσογειακή κλίμακα του δείκτη.

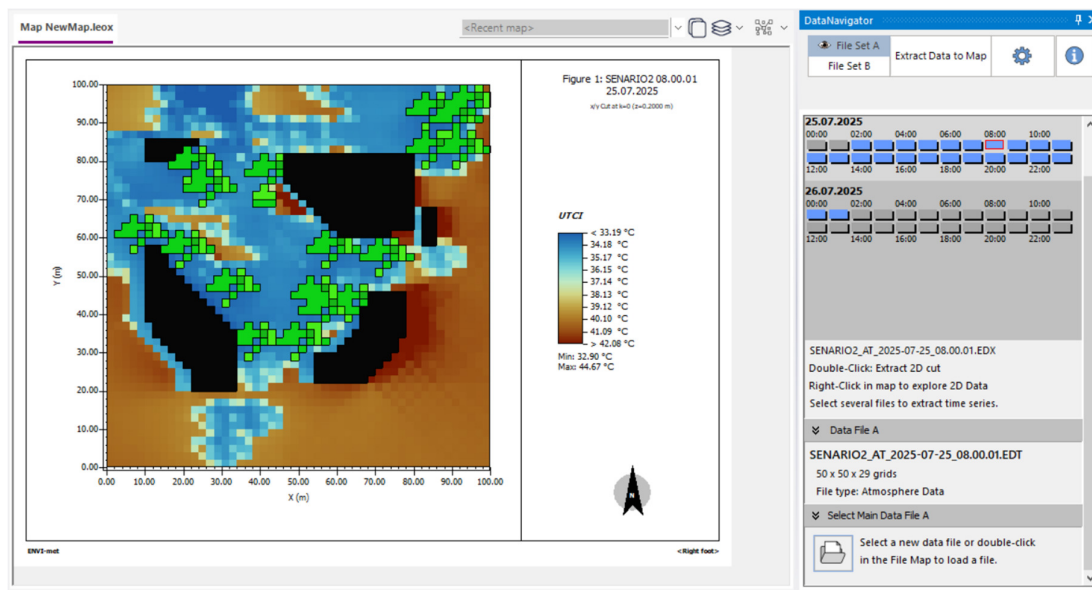
- 06:00 : min 30.40 °C — max 36.97 °C.
- 08:00 : min 32.90 °C — max 44.67 °C.
- 10:00 : min 35.17 °C — max 48.54 °C.
- 12:00 : min 36.08 °C — max 49.73 °C.
- 14:00 : min 36.28 °C — max 49.52 °C.
- 16:00 : min 35.37 °C — max 49.01 °C.
- 18:00 : min 34.94 °C — max 42.56 °C

Πίνακας 10 – Ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες Δείκτη UTCI Σεναρίου 2



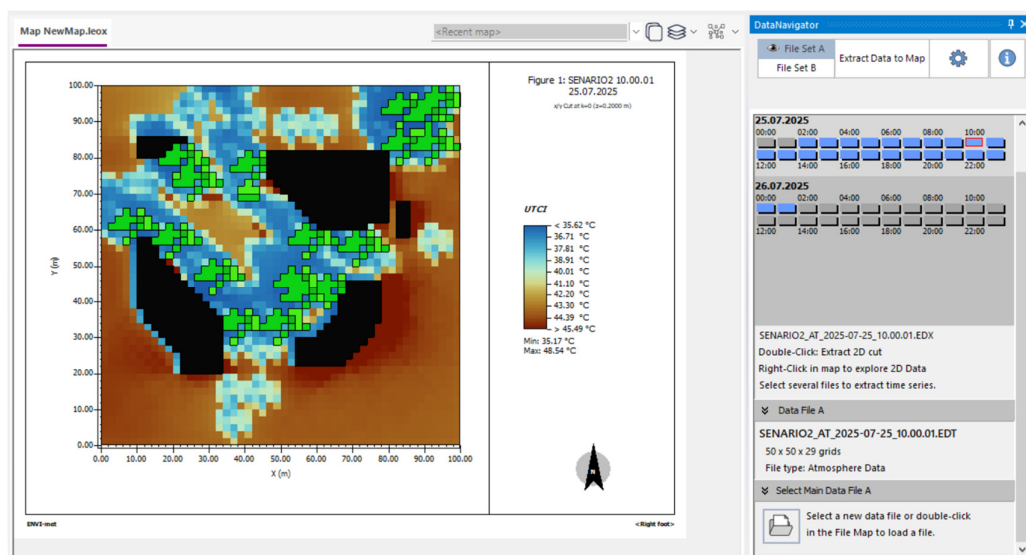
Εικόνα 43 - UTCI - Ώρα 06.00 - 25/7/2025

Στις (8.00), οι τιμές του δείκτη ξεκινούν από 32.90 °C σε σχέση με της υφιστάμενης κατάστασης που είναι 33.69°C. Η μέγιστη είναι 44.67 °C σε σχέση με τους 45.25°C της υφιστάμενης κατάστασης και αντιστοιχούν στις κατηγορίες θερμικού στρες από «Χωρίς θερμικό στρες (ΧΘΣ)» έως «Ακραίο θερμικό στρες (ΑΘΣ)» σύμφωνα με την Μεσογειακή κλίμακα του δείκτη.



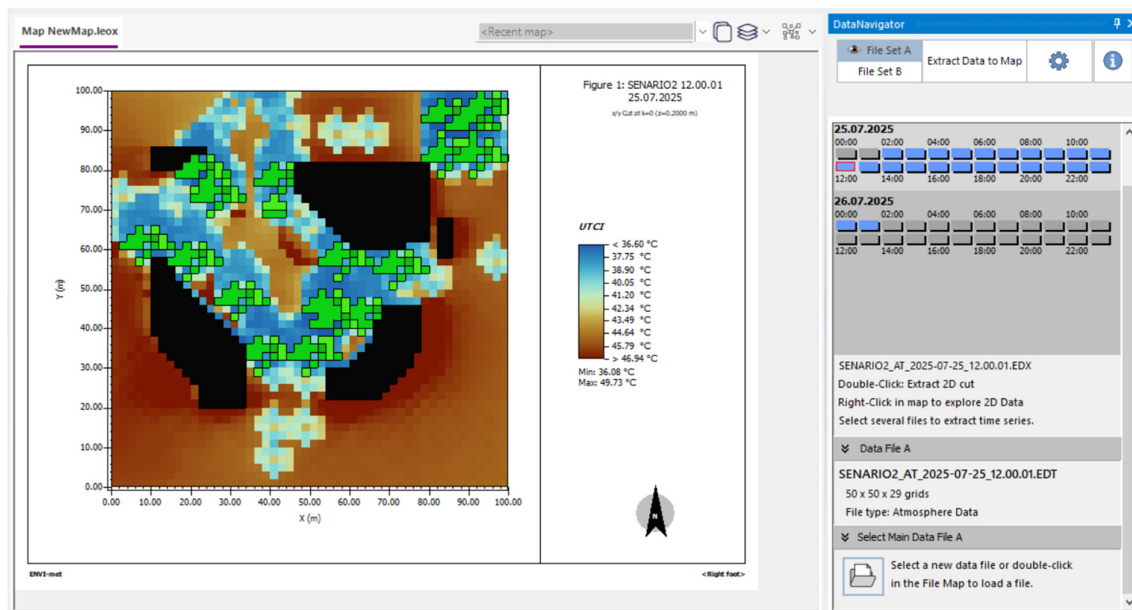
Εικόνα 44 - UTCI - Ώρα 08.00 - 25/7/2025

Στις (10.00), οι τιμές του δείκτη ξεκινούν από 35.17 °C σε σχέση με της υφιστάμενης κατάστασης που είναι 35.82°C. Η μέγιστη είναι 48.54 °C σε σχέση με τους 48.75°C της υφιστάμενης κατάστασης και αντιστοιχούν στις κατηγορίες θερμικού στρες από «Μέτριο θερμικό στρες (ΜΘΣ)» έως «Ακραίο θερμικό στρες (ΑΘΣ)» σύμφωνα με την Μεσογειακή κλίμακα του δείκτη. Στην προς εξέταση ώρα δεν βρέθηκε διαφοροποίηση στην θερμοκρασία κατά ένα βαθμό κελσίου αλλά λιγότερο.



Εικόνα 45 - UTCI - Ώρα 10.00 - 25/7/2025

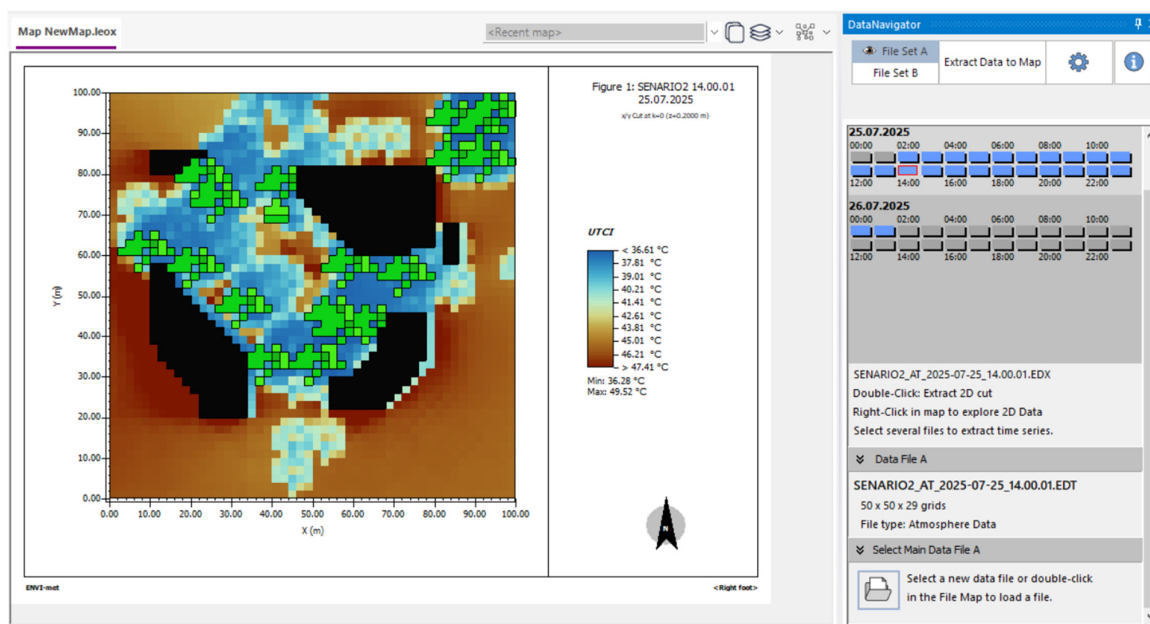
Στις (12.00), οι τιμές του δείκτη ξεκινούν από 36.08 °C σε σχέση με της υφιστάμενης κατάστασης που είναι 36.77°C. Η μέγιστη είναι 49.73 °C σε σχέση με τους 50.74°C της υφιστάμενης κατάστασης και αντιστοιχούν στις κατηγορίες θερμικού στρες από «Ισχυρό θερμικό στρες (ΙΘΣ)» έως «Ακραίο θερμικό στρες (ΑΘΣ)» σύμφωνα με την



Μεσογειακή κλίμακα του δείκτη. Στην προς εξέταση ώρα διαφοροποίηση στην θερμοκρασία κατά ένα βαθμό κελσίου βρέθηκε στην μόνο μέγιστη.

Εικόνα 46 - UTCI - Ώρα 12.00 - 25/7/2025

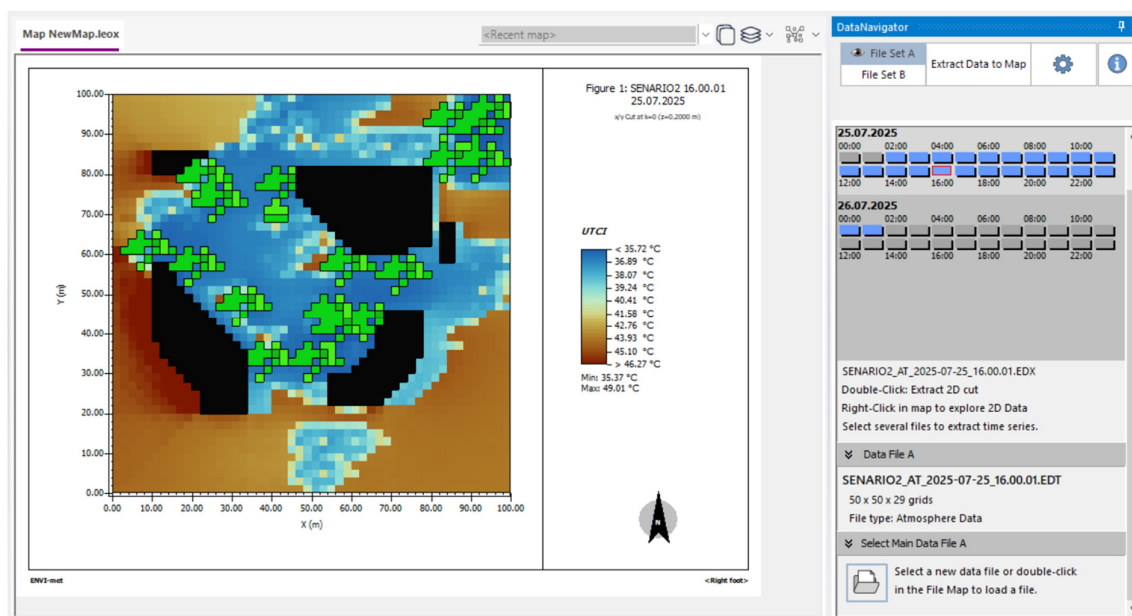
Στις (14.00), οι τιμές του δείκτη ξεκινούν από 36.28 °C σε σχέση με της υφιστάμενης κατάστασης που είναι 36.78°C. Η μέγιστη είναι 49.52 °C σε σχέση με τους 51.57°C της υφιστάμενης κατάστασης και αντιστοιχούν στις κατηγορίες θερμικού στρες από «Ισχυρό θερμικό στρες (ΙΘΣ)» έως «Ακράιο θερμικό στρες (ΑΘΣ)» σύμφωνα με την Μεσογειακή κλίμακα του δείκτη. Στην προς εξέταση ώρα διαφοροποίηση στην θερμοκρασία κατά ένα βαθμό κελσίου βρέθηκε μόνο στην μέγιστη θερμοκρασία.



Εικόνα 47 - UTCI - Ώρα 14.00 - 25/7/2025

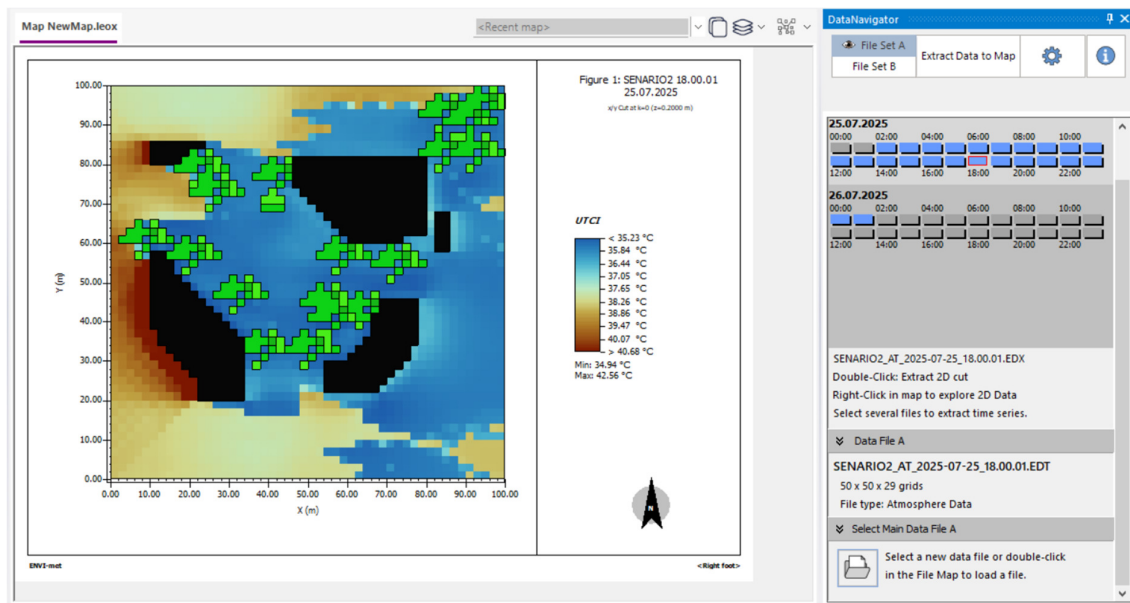
Στις (16.00), οι τιμές του δείκτη ξεκινούν από 35.37 °C σε σχέση με της υφιστάμενης κατάστασης που είναι 35.96°C. Η μέγιστη είναι 49.01 °C σε σχέση με τους 49.44°C της υφιστάμενης κατάστασης και αντιστοιχούν στις κατηγορίες θερμικού στρες

από «Μέτριο θερμικό στρες (ΜΘΣ)» έως «Ακραίο θερμικό στρες (ΑΘΣ)» σύμφωνα με την Μεσογειακή κλίμακα του δείκτη. Στην προς εξέταση ώρα η διαφοροποίηση στις μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες είναι της τάξης του μισού βαθμού κελσίου.



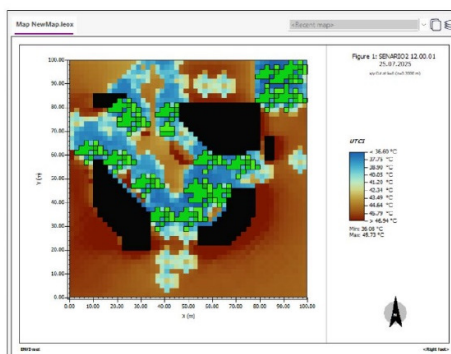
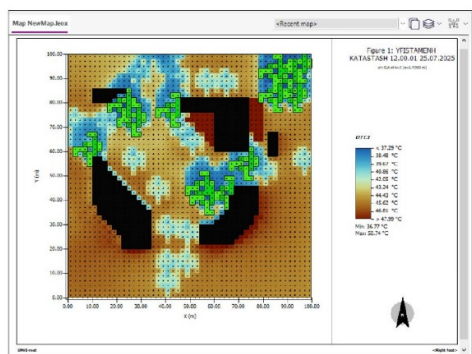
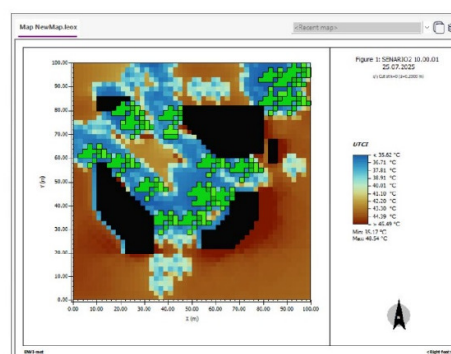
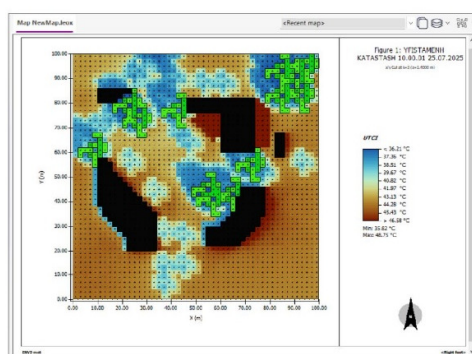
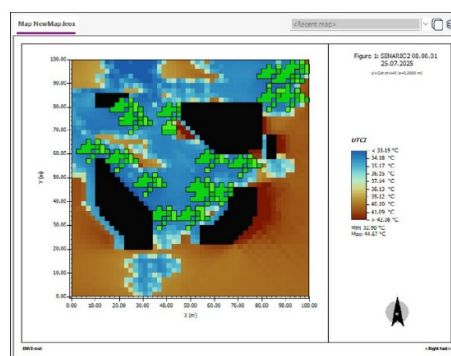
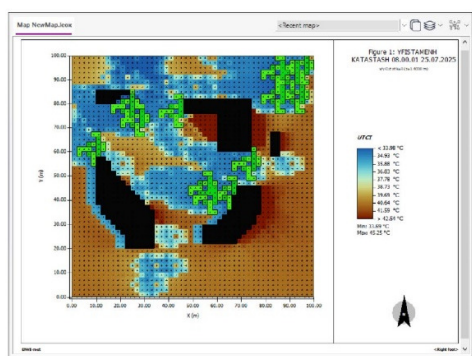
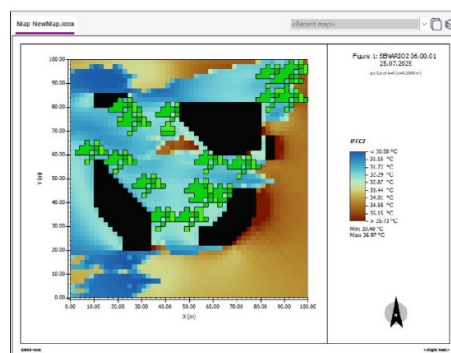
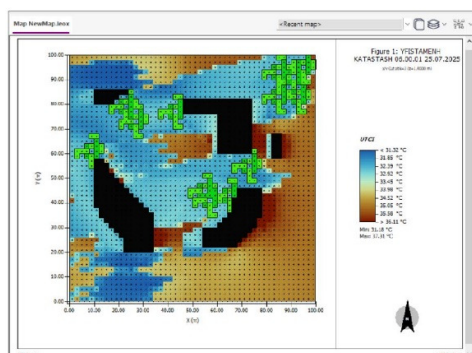
Εικόνα 48 - UTCI - Ώρα 16.00 - 25/7/2025

Στις (18.00), οι τιμές του δείκτη ξεκινούν από 34.94 °C σε σχέση με της υφιστάμενης κατάστασης που είναι 35.43°C. Η μέγιστη είναι 42.56 °C σε σχέση με τους 43.16°C της υφιστάμενης κατάστασης και αντιστοιχούν στις κατηγορίες θερμικού στρες από «Μέτριο θερμικό στρες (ΜΘΣ)» έως «Ακραίο θερμικό στρες (ΑΘΣ)» σύμφωνα με την Μεσογειακή κλίμακα του δείκτη.

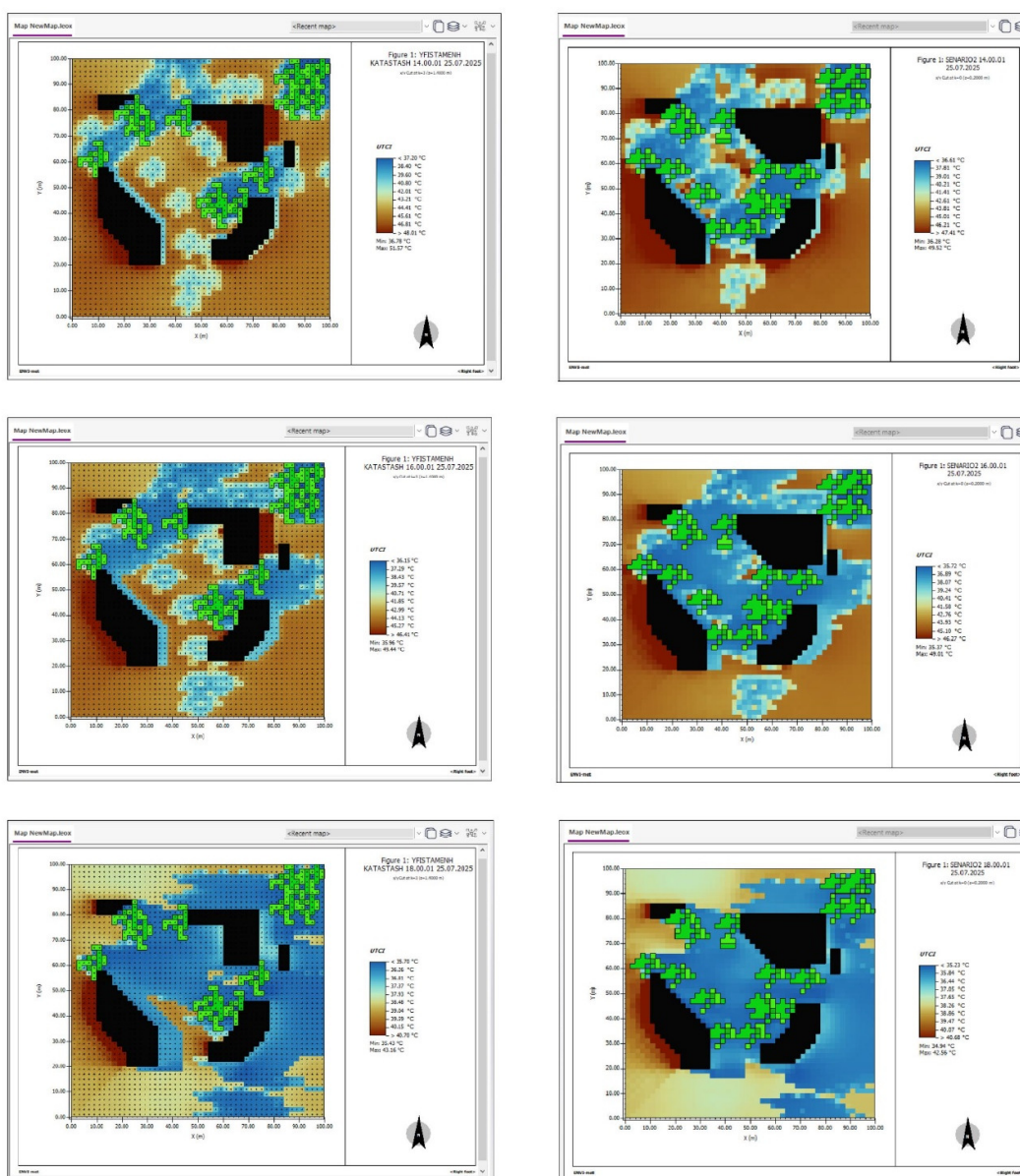


Εικόνα 49 - UTCI - Ώρα 18.00 - 25/7/2025

Άγγελος - Δρόσος Δεσποτάκης, « Θερμικό περιβάλλον νησιωτικής περιοχής με χαρακτηριστικά μεσογειακού κλίματος. Η συμβολή των αστικών υπαίθριων χώρων στη βελτίωση του μικροκλίματος »



Εικόνα 50 - Σύγκριση δείκτη UTCI Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 2 - Ώρες 06.00 έως 12.00 - 25/7/2025



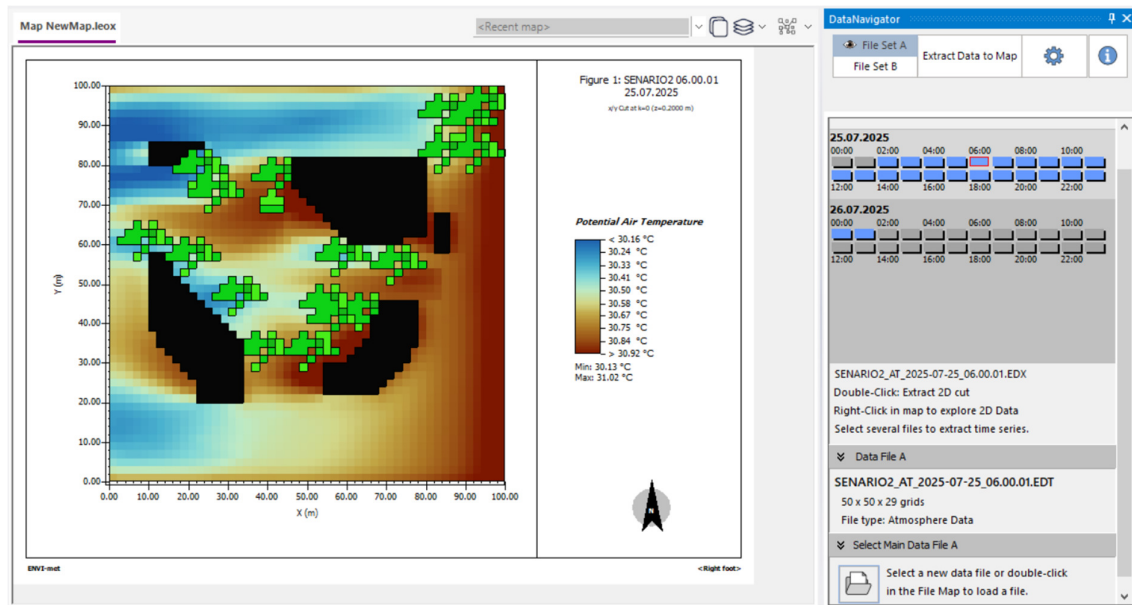
Εικόνα 51 - Σύγκριση δείκτη UTCI Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 2 - Ώρες 14.00 έως 18.00 - 25/7/2025

5.9 Δείκτης Potential Air Temperature °C

Στην εικόνα 52, οι τιμές της θερμοκρασίας του Σεναρίου 2, στις 06.00 κυμαίνονται από 30,13°C έως 31,02°C, ελαφρώς μειωμένες σε σχέση με της υφιστάμενης κατάστασης που είναι 30,32°C και 31,12°C. Οι αποδεκτές τιμές είναι 26°C έως 32°C. (Tseliou et. Al., 2016). Τα δέντρα που τοποθετήθηκαν έμπροσθεν του νοτιοδυτικού κτιρίου δείχνουν να επηρεάζουν σημαντικά την θερμοκρασία λόγω σκίασης σύμφωνα με την χρωματική διαφοροποίηση. Παρακάτω παρουσιάζεται συγκεντρωτικός πίνακας με τις ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες του Δείκτη.

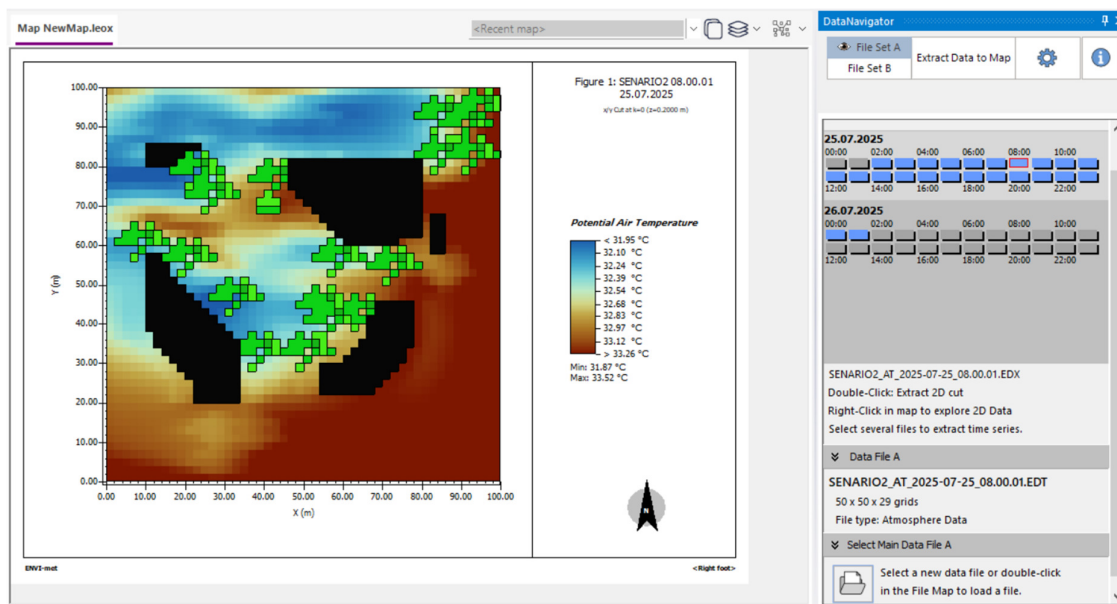
- 06:00 : min 30.13 °C — max 31.02 °C.
- 08:00 : min 31.87 °C — max 33.52 °C.
- 10:00 : min 33.95 °C — max 36.71 °C.
- 12:00 : min 35.17 °C — max 38.31 °C.
- 14:00 : min 35.53 °C — max 38.45 °C.
- 16:00 : min 35.14 °C — max 37.60 °C.
- 18:00 : min 34.63 °C — max 35.98 °C

Πίνακας 11 – Ελάχιστες και μέγιστες τιμές του Δείκτη PET Σεναρίου 2



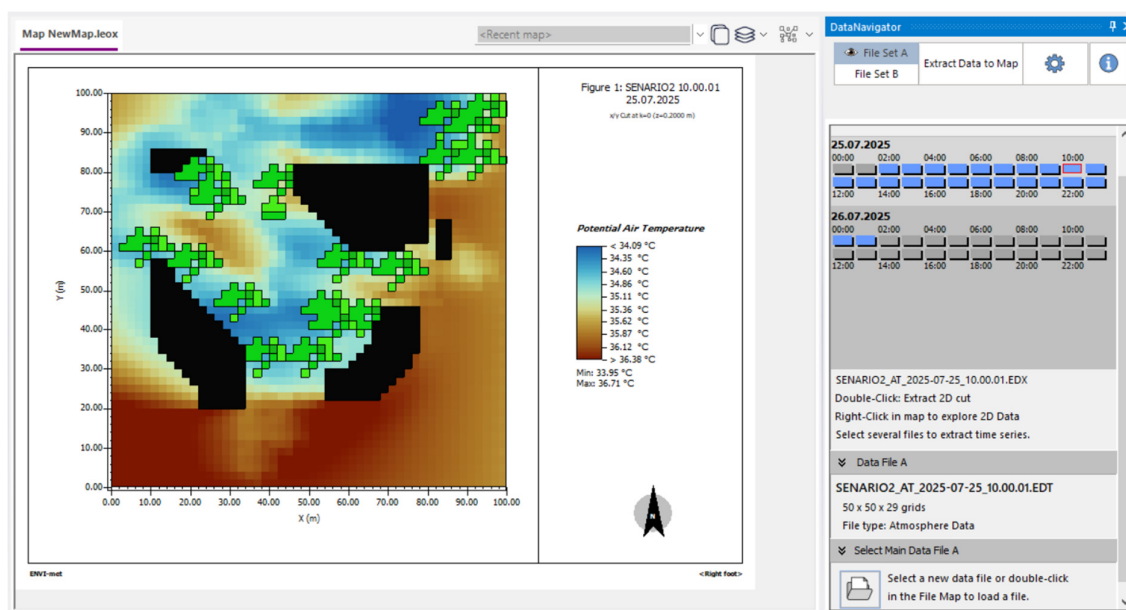
Εικόνα 52 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 06.00 - 25/7/2025

Στις 08.00, σύμφωνα με την εικόνα 53, φαίνεται η επίδραση που υπάρχει με την τοποθέτηση των δέντρων. Οι θερμοκρασίες είναι η ελάχιστη 31.87°C και η μέγιστη 33.52°C, της υφιστάμενης κατάστασης είναι η ελάχιστη 32.05°C και η μέγιστη 33.44°C. Το μεγαλύτερο μέρος της πλατείας σκιάζεται και διατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες κάτω και ανάμεσα στα δέντρα όπως φαίνεται από το γαλανό χρώμα. Στο βορινό τμήμα της πλατείας διατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες (χρώμα πορτοκαλί και καφέ).



Εικόνα 53 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 08.00 - 25/7/2025

Στις 10.00, από την εικόνα 54, φαίνεται πως στο βορινό τμήμα της πλατείας μειώνονται οι θερμοκρασίες (από πορτοκαλί και καφέ γίνονται μπέζ). Στο υπόλοιπο τμήμα της πλατείας διατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες γύρω και ανάμεσα στα δέντρα. Οι ελάχιστες θερμοκρασίες είναι 33.95°C και οι μέγιστες 36.71°C, της υφιστάμενης κατάστασης είναι η ελάχιστη 34.09°C και η μέγιστη 36.33°C.



Εικόνα 54 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 10.00 - 25/7/2025

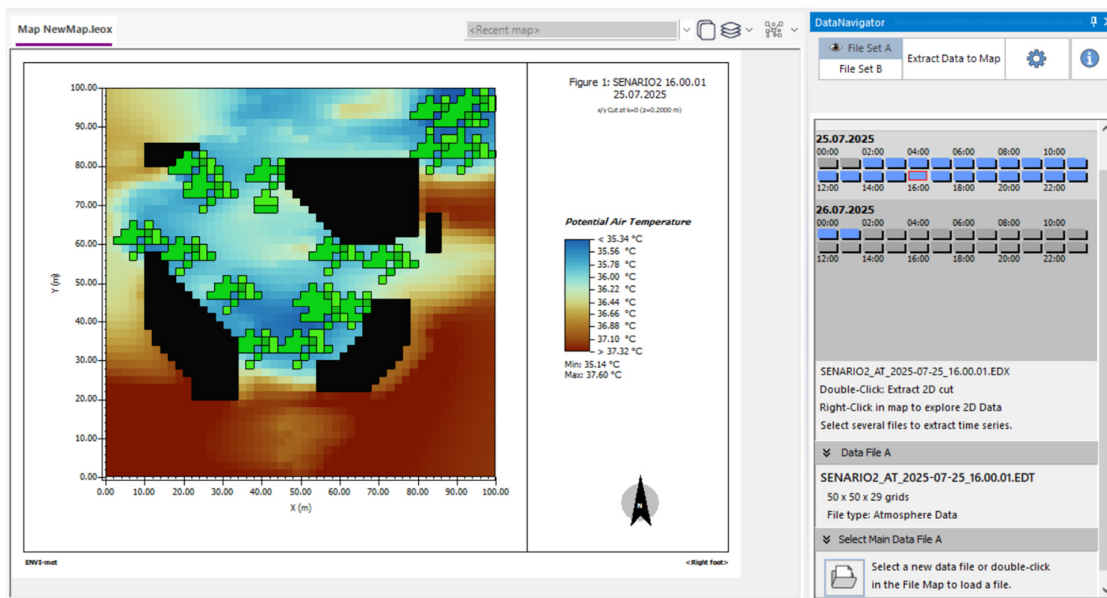
Στις 12.00, σύμφωνα με την εικόνα 55, εξακολουθεί να φαίνεται η δραστική επίδραση των δέντρων. Έμπροσθεν όλων των κτιρίων επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες όπως φαίνεται από το γαλανό χρώμα. Ένα μικρό τμήμα στο κέντρο της είναι μπλε λόγω της ασφάλτου. Οι θερμοκρασίες γύρω από την πλατεία είναι υψηλές. Η ελάχιστη 35.17°C και η μέγιστη 38.31°C, της υφιστάμενης κατάστασης είναι η ελάχιστη 35.33°C και η μέγιστη 37.89°C.



Παραμένει το μικρό τμήμα στο κέντρο της (μπεζ) λόγω της ασφάλτου. Οι θερμοκρασίες ελαφρώς αυξημένες. Η ελάχιστη 35.53°C και η μέγιστη 38.45°C, της υφιστάμενης κατάστασης είναι η ελάχιστη 35.63°C και η μέγιστη 38.10°C.



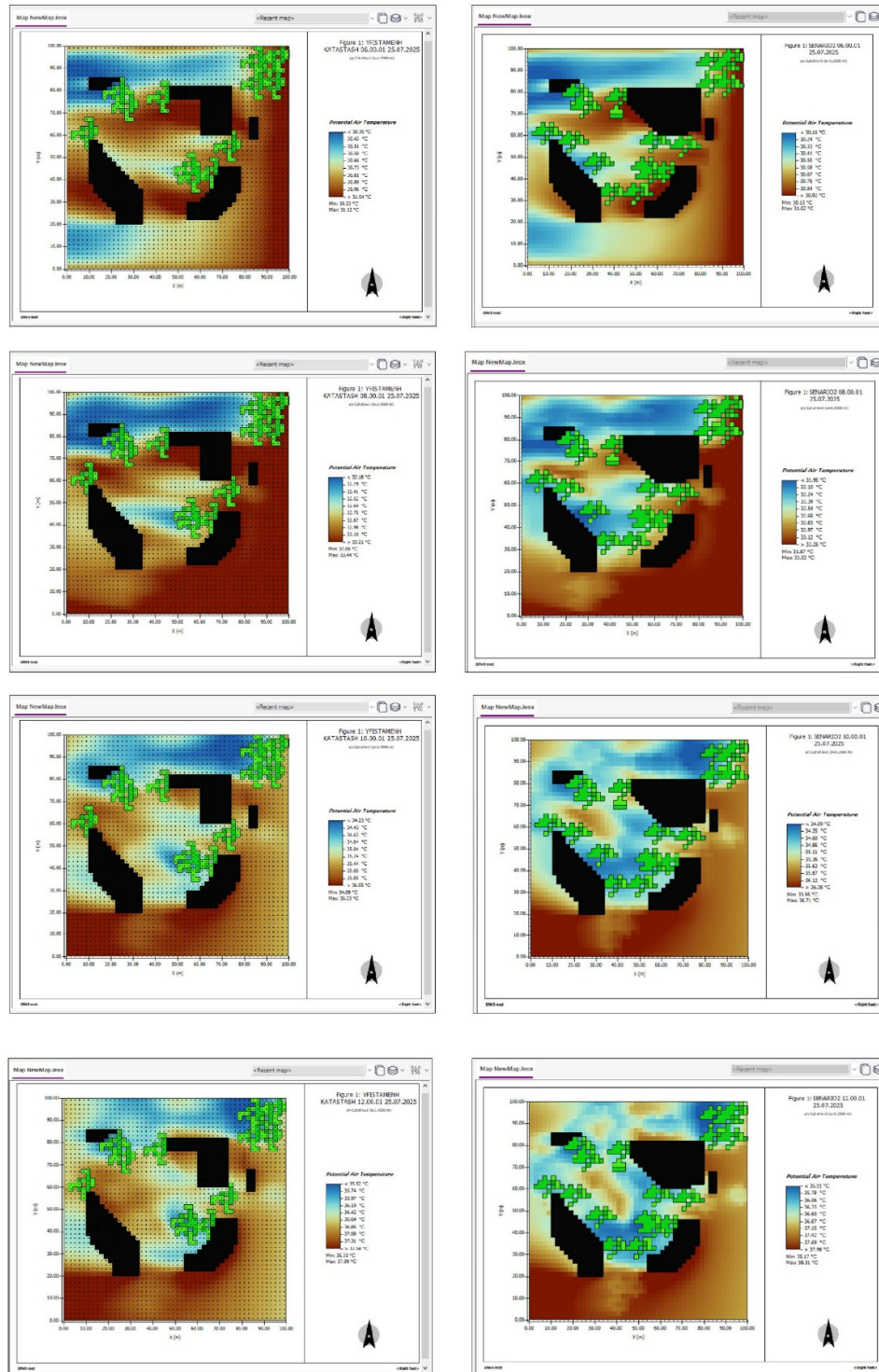
Στις 16.00, σύμφωνα με την εικόνα 57, το σύνολο της πλατείας που περιτριγυρίζεται από τα κτίρια δείχνει να έχει χαμηλές θερμοκρασίες σε σχέση με τα τμήματα έξω από αυτήν. Χρωματικά είναι στο σύνολο της γαλανή. Οι θερμοκρασίες έξω από την πλατεία κυμαίνονται από 35.14°C έως 37.60°C, της υφιστάμενης κατάστασης είναι η ελάχιστη 35.26°C και η μέγιστη 37.35°C.



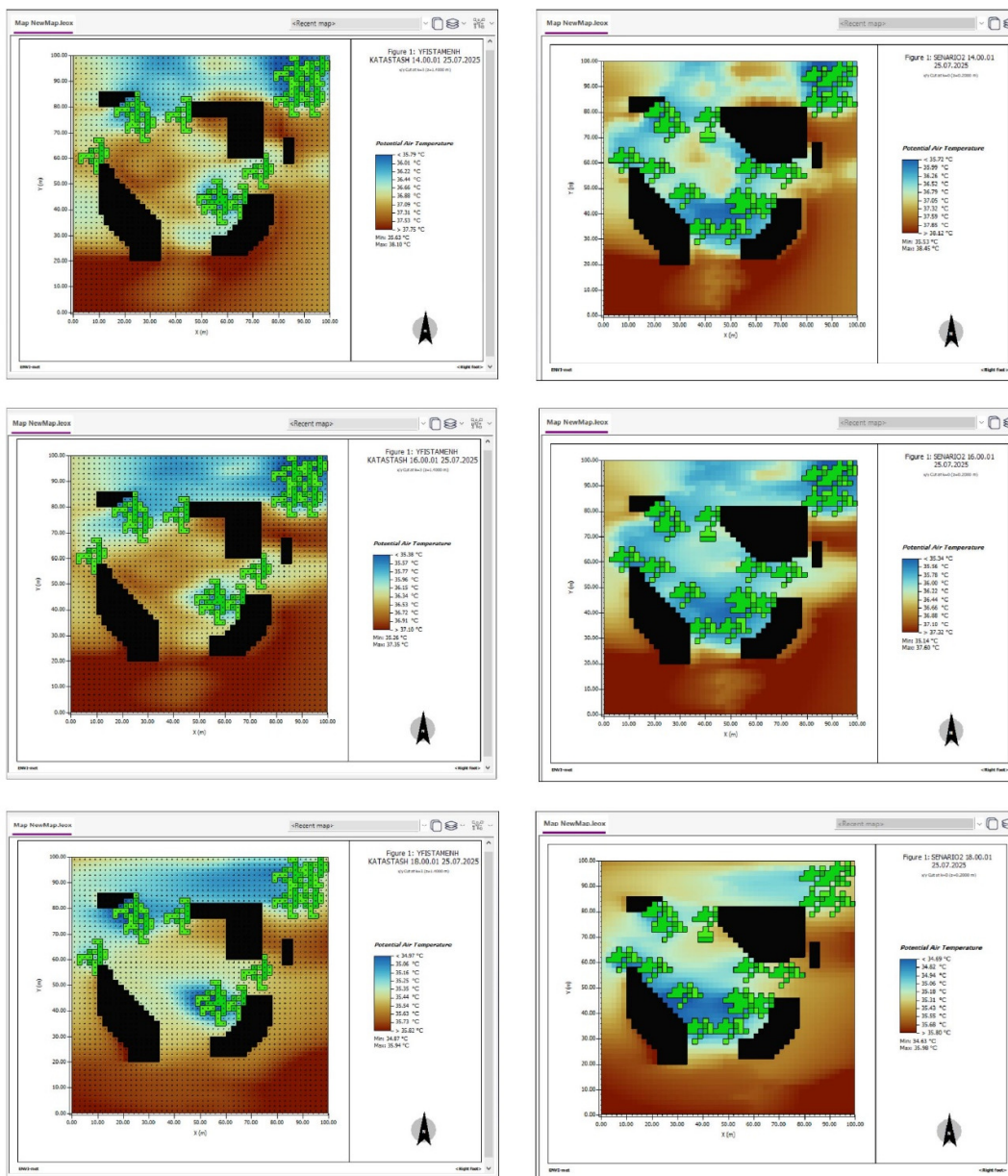
Εικόνα 57 - Potential Air Temperature °C - Ώρα 16.00 - 25/7/2025

Στις 18.00, εικόνα 58, ο ήλιος δυτικά αυξάνει την θερμοκρασία στο βορειοανατολικό τμήμα της πλατείας. Στο υπόλοιπο τμήμα της διατηρούνται χαμηλές θερμοκρασίες. Οι θερμοκρασίες είναι η ελάχιστη 34.63°C και η μέγιστη 35.98°C, της υφιστάμενης κατάστασης είναι η ελάχιστη 34.87°C και η μέγιστη 35.94°C.

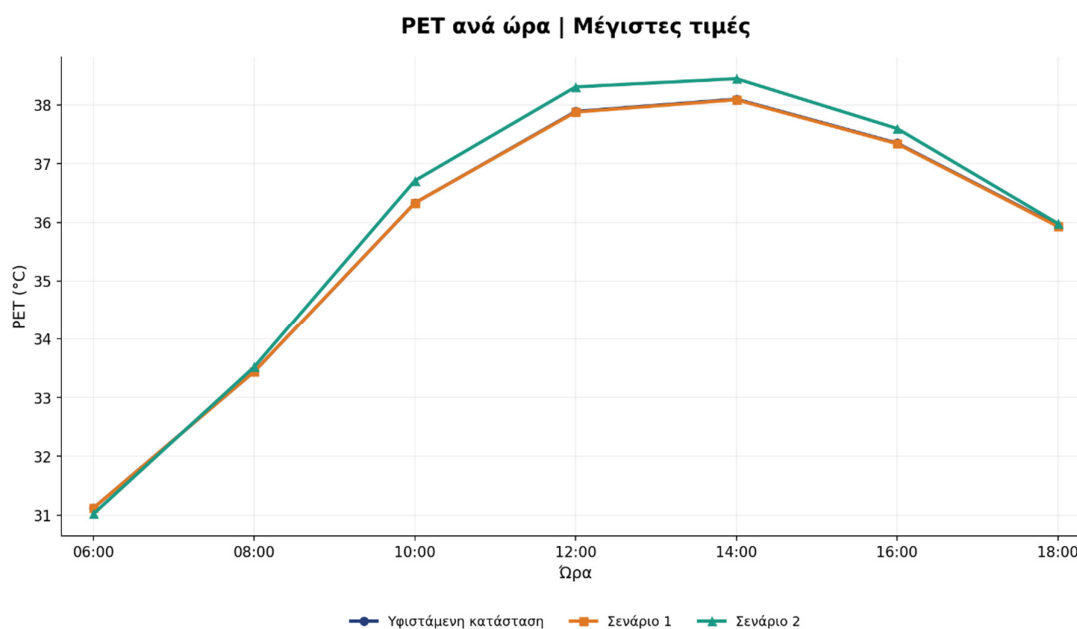




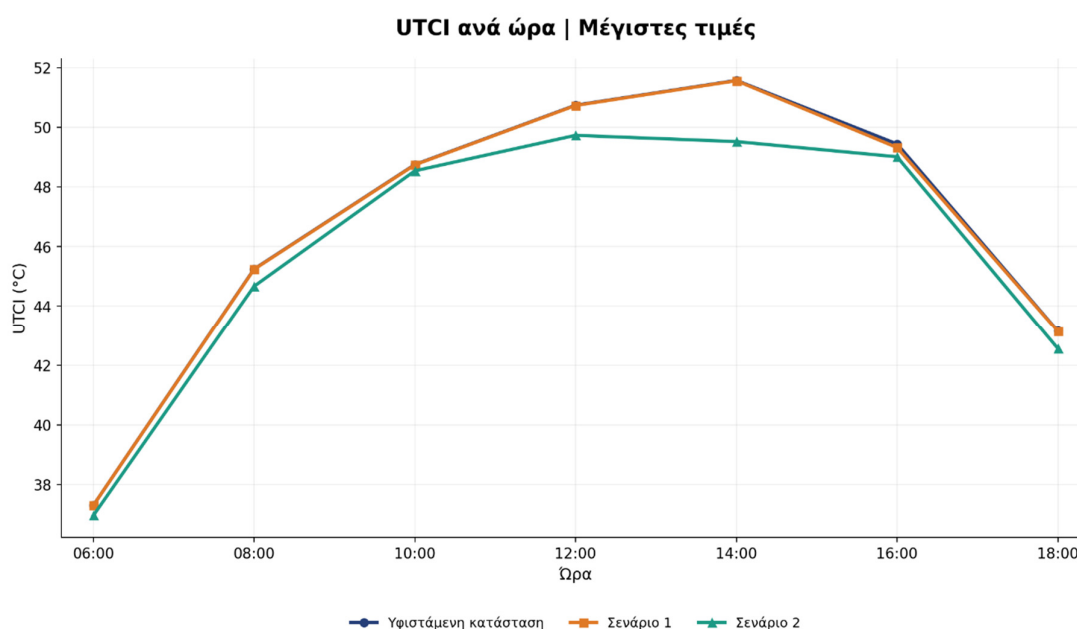
Εικόνα 59 - Σύγκριση δείκτη Potential Air Temperature °C Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 2 - Ώρες 06.00 έως 12.00 - 25/7/2025



Εικόνα 60 - Σύγκριση δείκτη Potential Air Temperature °C Υφιστάμενης κατάστασης και Σεναρίου 2 - Ώρες 14.00 έως 18.00 - 25/7/2025



Πίνακας 12 – Σύγκριση Υφιστάμενης κατάστασης, Σεναρίου 1 και 2 Δείκτη PET



Πίνακας 13 - Σύγκριση Υφιστάμενης κατάστασης, Σεναρίου 1 και 2 Δείκτη UTCI

6.0 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση του θερμικού περιβάλλοντος της Πλατείας Ακαδημίας στη Ρόδο και την αξιολόγηση βιοκλιματικών παρεμβάσεων για την βελτίωση του μικροκλίματος και της θερμικής άνεσης. Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής μελέτης κρίθηκε ιδιαίτερα σημαντική, καθώς η Ρόδος αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μεσογειακής νησιωτικής πόλης, όπου οι υψηλές θερινές θερμοκρασίες, η έντονη ηλιακή ακτινοβολία και η αυξημένη τουριστική δραστηριότητα επιβαρύνουν σημαντικά το αστικό μικροκλίμα.

Οι προσομοιώσεις με το λογισμικό ENVI-met έδειξαν ότι κατά τις θερμότερες ώρες της ημέρας η πλατεία εμφανίζει «Ακραίο θερμικό στρες (ΑΘΣ)». Οι υψηλές τιμές των βιοκλιματικών δεικτών UTCI και PET επιβεβαιώνουν ότι οι χρήστες της πλατείας εκτίθενται σε ακραίες θερμικές συνθήκες, γεγονός που περιορίζει τη χρήση του χώρου κατά τους θερινούς μήνες και επηρεάζει αρνητικά τόσο την άνεση όσο και την υγεία των πολιτών.

Η αξιολόγηση του πρώτου σεναρίου, το οποίο περιλάμβανε αντικατάσταση της εδαφοκάλυψης με ψυχρά υλικά, έδειξε ότι η συγκεκριμένη παρέμβαση δεν οδήγησε σε ουσιαστική βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών. Παρότι τα ψυχρά υλικά διαθέτουν αυξημένη ανακλαστικότητα και συμβάλλουν στη μείωση της θερμοκρασίας των επιφανειών, στην εξεταζόμενη περίπτωση η επίδρασή τους στη θερμοκρασία του αέρα και στους δείκτες θερμικής άνεσης ήταν περιορισμένη. Το αποτέλεσμα αυτό υποδηλώνει ότι η χρήση ψυχρών υλικών από μόνη της δεν επαρκεί για τη σημαντική βελτίωση της θερμικής άνεσης σε πυκνοδομημένους αστικούς χώρους με μεγάλη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία.

Αντίθετα, το δεύτερο σενάριο, το οποίο περιλάμβανε αύξηση της φύτευσης κατά περίπου 30%, παρουσίασε σαφώς καλύτερα αποτελέσματα. Η προσθήκη υψηλών δέντρων με πυκνό φύλλωμα συνέβαλε στη δημιουργία εκτεταμένων ζωνών σκίασης, στη μείωση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας και στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης. Παρότι η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα ήταν σχετικά μικρή, της τάξης του 1°C, η επίδραση στη θερμική αίσθηση των χρηστών ήταν αισθητή, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι ακόμη και μικρές

μειώσεις της θερμοκρασίας μπορούν να έχουν σημαντικό βιοκλιματικό όφελος όταν συνοδεύονται από αποτελεσματική σκίαση.

Τα αποτελέσματα της εργασίας συμφωνούν με τη διεθνή βιβλιογραφία, σύμφωνα με την οποία η αύξηση του αστικού πρασίνου αποτελεί μία από τις αποτελεσματικότερες στρατηγικές αντιμετώπισης της αστικής θερμικής νησίδας. Η παρουσία δέντρων δεν λειτουργεί μόνο ως μέσο μείωσης της θερμοκρασίας, αλλά βελτιώνει συνολικά το μικροκλίμα, μειώνει τη μέση θερμοκρασία, δημιουργεί ευνοϊκότερες συνθήκες για τους πεζούς και αυξάνει την ελκυστικότητα των δημόσιων χώρων.

Παράλληλα, η εργασία έδειξε ότι οι παρεμβάσεις βιοκλιματικού σχεδιασμού δεν θα πρέπει να εφαρμόζονται μεμονωμένα. Η αποτελεσματικότερη προσέγγιση προκύπτει από τον συνδυασμό διαφορετικών τεχνικών, όπως η αύξηση της δενδροφύτευσης, η χρήση ψυχρών υλικών υψηλής ανακλαστικότητας, η αξιοποίηση διαπερατών υλικών, η ενίσχυση του φυσικού αερισμού και, όπου είναι εφικτό, η ενσωμάτωση στοιχείων νερού. Η συνδυασμένη εφαρμογή αυτών των μέτρων μπορεί να επιτύχει σημαντικά μεγαλύτερη βελτίωση του μικροκλίματος από οποιαδήποτε μεμονωμένη παρέμβαση.

Η εργασία αναδεικνύει επίσης τη σημασία της χρήσης εργαλείων προσομοίωσης, όπως το ENVI-met, στον σχεδιασμό και την αξιολόγηση αστικών παρεμβάσεων. Η δυνατότητα πρόβλεψης της συμπεριφοράς διαφορετικών σεναρίων πριν από την υλοποίησή τους μειώνει την αβεβαιότητα, υποστηρίζει τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και συμβάλλει στην αποδοτικότερη αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων από τους φορείς τοπικής αυτοδιοίκησης.

Ιδιαίτερη σημασία αποκτά το γεγονός ότι τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας δεν περιορίζονται μόνο στην Πλατεία Ακαδημίας της Ρόδου. Τα χαρακτηριστικά της περιοχής είναι αντιπροσωπευτικά πολλών ελληνικών και μεσογειακών πόλεων, όπου η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω της κλιματικής αλλαγής καθιστά επιτακτική την εφαρμογή παρόμοιων στρατηγικών. Επομένως, τα αποτελέσματα μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο οδηγό για τον βιοκλιματικό σχεδιασμό αντίστοιχων δημόσιων χώρων σε άλλες περιοχές της Ελλάδας.

Συνολικά, η παρούσα διπλωματική εργασία επιβεβαιώνει ότι η βελτίωση του αστικού μικροκλίματος αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση για τη δημιουργία περισσότερο ανθεκτικών και βιώσιμων πόλεων. Η ενίσχυση του αστικού πρασίνου αναδεικνύεται ως η αποτελεσματικότερη από τις εξεταζόμενες παρεμβάσεις, ενώ η αξιοποίηση ψυχρών υλικών μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά στο πλαίσιο ενός ολοκληρωμένου βιοκλιματικού σχεδιασμού. Τα ευρήματα της εργασίας μπορούν να υποστηρίξουν τον σχεδιασμό μελλοντικών έργων αστικής ανάπλασης που θα συμβάλλουν στην προσαρμογή των ελληνικών πόλεων στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής.

6.1 Σύγκριση των ευρημάτων με τη διεθνή βιβλιογραφία

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας συμφωνούν σε σημαντικό βαθμό με τη διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με τον βιοκλιματικό σχεδιασμό αστικών υπαίθριων χώρων όπως προαναφέρθηκε. Η διαπίστωση ότι η υφιστάμενη κατάσταση της Πλατείας Ακαδημίας χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές των δεικτών UTCI και PET, ιδιαίτερα κατά τις μεσημβρινές ώρες, επιβεβαιώνει τα ευρήματα των Santamouris (2015), Emmanuel και Krüger (2012) και Tseliou et al. (2023), σύμφωνα με τα οποία οι πυκνοδομημένες περιοχές των μεσογειακών πόλεων εμφανίζουν έντονο θερμικό στρες κατά τη θερινή περίοδο.

Παράλληλα, η περιορισμένη αποτελεσματικότητα του Σεναρίου 1, το οποίο βασίστηκε αποκλειστικά στην εφαρμογή ψυχρών υλικών, συμφωνεί με μελέτες που υποστηρίζουν ότι η βελτίωση της θερμικής άνεσης δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη μείωση της θερμοκρασίας των επιφανειών, αλλά επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και κυρίως από την ύπαρξη σκίασης. Οι Santamouris (2015) και Kappou et al. (2022) επισημαίνουν ότι τα ψυχρά υλικά είναι αποτελεσματικότερα όταν εφαρμόζονται σε συνδυασμό με άλλες βιοκλιματικές παρεμβάσεις.

Αντίθετα, το Σενάριο 2, που περιλάμβανε αύξηση της φύτευσης κατά 30%, παρουσίασε σαφή βελτίωση των μικροκλιματικών συνθηκών και μείωση των δεικτών. Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνει μεγάλο αριθμό ερευνών (Bowler et al., 2010· Santamouris, 2013· Tseliou et al., 2023), οι οποίες αναδεικνύουν τη σκίαση και την εξατμισοδιαπνοή των δέντρων ως τους σημαντικότερους μηχανισμούς μείωσης της θερμικής επιβάρυνσης στους δημόσιους υπαίθριους χώρους.

Συνολικά, τα ευρήματα της παρούσας εργασίας ενισχύουν την άποψη ότι η αποτελεσματικότερη στρατηγική προσαρμογής των πόλεων στην κλιματική αλλαγή δεν βασίζεται σε μία μόνο παρέμβαση αλλά στον συνδυασμό αύξησης του αστικού πρασίνου, εφαρμογής ψυχρών υλικών και ολοκληρωμένου βιοκλιματικού σχεδιασμού. Η συγκεκριμένη διαπίστωση συμφωνεί με τη σύγχρονη διεθνή βιβλιογραφία και επιβεβαιώνει την καταλληλότητα των προτεινόμενων παρεμβάσεων για αστικές περιοχές με μεσογειακό κλίμα, όπως η Ρόδος.

6.2 Συνεισφορά εργασίας και μελλοντικές προτάσεις

Στην παρούσα εργασία έγινε διερεύνηση του θερμικού περιβάλλοντος μιας πυκνοκατοικημένης νησιωτικής περιοχής μεσογειακού κλίματος με Σενάρια βελτίωσης όπως η αλλαγή των υλικών εδαφοκάλυψης και η αύξηση της φύτευσης. Οι παρεμβάσεις αυτές έχουν μελετηθεί αρκετά με σημαντικά αποτελέσματα σύμφωνα με την βιβλιογραφία. Η εργασία αυτή συμβάλει στην έρευνα για την βελτίωση του μικροκλίματος στους αστικούς υπαίθριους χώρους χωρίς όμως να σημαίνει ότι δεν πρέπει να διεξαχθεί περαιτέρω έρευνα με νέα σενάρια και νέους τρόπους δροσίσμού και σκίασης με υλικά που δεν εμποδίζουν τον άνεμο όπως βιοκλιματικές πέργκολες, πανιά σκίασης (tails) που μπλοκάρουν την υπερϊώδη ακτινοβολία (UV) και αναρριχώμενες φυτεύσεις στις επιφάνειες των τοίχων δημιουργώντας τοπικές οάσεις δροσιάς καθώς και συνδυασμός όλων αυτών.

6.3 Περιορισμοί της εργασίας

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς, οι οποίοι θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της. Αρχικά, η διερεύνηση του θερμικού περιβάλλοντος βασίστηκε σε προσομοίωση μιας μόνο τυπικής καλοκαιρινής ημέρας, συγκεκριμένα της 25ης Ιουλίου 2025. Ως εκ τούτου, τα αποτελέσματα αποτυπώνουν τις μικροκλιματικές συνθήκες μιας συγκεκριμένης χρονικής στιγμής και δεν μπορούν να γενικευτούν πλήρως για ολόκληρη τη θερινή περίοδο ή για διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες.

Επιπλέον, η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού ENVI-met, το οποίο, παρότι αποτελεί ιδιαίτερα αξιόπιστο εργαλείο μικροκλιματικής προσομοίωσης, στηρίζεται σε παραδοχές και απλοποιήσεις της πραγματικότητας. Παράγοντες όπως η ακριβής ανθρώπινη συμπεριφορά, οι μεταβολές στη χρήση του δημόσιου χώρου, καθώς και πιθανές τοπικές διαφοροποιήσεις που δεν αποτυπώνονται πλήρως στο μοντέλο, ενδέχεται να επηρεάζουν τις πραγματικές συνθήκες θερμικής άνεσης.

Ένας ακόμη περιορισμός αφορά το γεγονός ότι τα σενάρια βιοκλιματικού σχεδιασμού εξετάστηκαν μεμονωμένα και όχι ως μέρος ενός ευρύτερου συνόλου παρεμβάσεων. Συνεπώς, δεν διερευνήθηκε ο συνδυαστικός αντίκτυπος πολλαπλών βιοκλιματικών μέτρων, όπως συνδυαστικά εφαρμογές σκίασης, υδάτινων στοιχείων, διαφορετικών υλικών και ενισχυμένης φύτευσης. Επίσης, οι παρεμβάσεις αξιολογήθηκαν κυρίως ως προς τη θερμική τους επίδραση, χωρίς να εξεταστούν σε βάθος άλλες σημαντικές παράμετροι, όπως η αισθητική ένταξη ή το κόστος εφαρμογής τους.

7.0 Συζήτηση

Η παρούσα εργασία επιβεβαιώνει ότι οι αστικοί υπαίθριοι χώροι σε νησιωτικές περιοχές με μεσογειακό κλίμα είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Η προσομοίωση της Πλατείας Ακαδημίας στη Ρόδο με χρήση του λογισμικού ENVI-met έδειξε ότι κατά τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες του καλοκαιριού επικρατούν συνθήκες έντονου έως ακραίου θερμικού στρες, όπως αποτυπώνεται από τους δείκτες UTCI και PET. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι η υφιστάμενη διαμόρφωση της πλατείας δεν παρέχει επαρκή προστασία στους χρήστες της απέναντι στις υψηλές θερμοκρασίες, γεγονός που μειώνει τη λειτουργικότητα και την ελκυστικότητα του δημόσιου χώρου κατά τη θερινή περίοδο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων μεταξύ των δύο σεναρίων βιοκλιματικής παρέμβασης. Το πρώτο σενάριο, που βασίστηκε στην αντικατάσταση της εδαφοκάλυψης με ψυχρά υλικά, δεν οδήγησε σε ουσιαστική βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης. Παρότι τα ψυχρά υλικά μειώνουν τη θερμοκρασία των επιφανειών μέσω της αυξημένης ανακλαστικότητάς τους, η συγκεκριμένη παρέμβαση δεν επηρέασε σημαντικά τους εξεταζόμενους δείκτες. Αυτό υποδηλώνει ότι, σε αστικούς

χώρους με έντονη ηλιακή έκθεση και περιορισμένη σκίαση, η αποκλειστική εφαρμογή ψυχρών υλικών δεν επαρκεί για την ουσιαστική βελτίωση του μικροκλίματος.

Αντίθετα, το δεύτερο σενάριο, που περιλάμβανε αύξηση της φύτευσης κατά περίπου 30%, παρουσίασε σαφώς καλύτερη απόδοση. Παρότι η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα ήταν σχετικά περιορισμένη, της τάξης του 1°C, οι δείκτες θερμικής άνεσης εμφάνισαν αισθητή βελτίωση. Το αποτέλεσμα αυτό αναδεικνύει ότι η θερμική άνεση δεν εξαρτάται αποκλειστικά από τη θερμοκρασία του αέρα, αλλά επηρεάζεται σημαντικά από τη μείωση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας, η οποία επιτυγχάνεται μέσω της σκίασης που προσφέρουν τα δέντρα. Η συμβολή της εξατμισοδιαπνοής και της δημιουργίας σκιασμένων επιφανειών φαίνεται να αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στη βελτίωση του μικροκλίματος.

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας βρίσκονται σε συμφωνία με μεγάλο μέρος της διεθνούς βιβλιογραφίας. Οι Santamouris (2013, 2015) υποστηρίζουν ότι η αύξηση του αστικού πρασίνου αποτελεί μία από τις αποτελεσματικότερες στρατηγικές περιορισμού του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, καθώς μειώνει τόσο τη θερμοκρασία των επιφανειών όσο και τη θερμική επιβάρυνση των πεζών. Αντίστοιχα, οι Emmanuel και Krüger (2012) επισημαίνουν ότι η σκίαση αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη βελτίωση της θερμικής άνεσης στους δημόσιους υπαίθριους χώρους, ιδιαίτερα στις πόλεις της Μεσογείου. Παράλληλα, οι Bowler et al. (2010) καταλήγουν ότι η φύτευση μπορεί να μειώσει αποτελεσματικά τη θερμοκρασία και να περιορίσει την ανθρώπινη θερμική καταπόνηση, ακόμη και όταν η μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα είναι σχετικά μικρή.

Από την άλλη πλευρά, η περιορισμένη αποτελεσματικότητα των ψυχρών υλικών στην παρούσα εργασία δεν αναιρεί τη σημασία τους στον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Αντίθετα, ενισχύει την άποψη που διατυπώνεται στη διεθνή βιβλιογραφία ότι η απόδοσή τους εξαρτάται από τις ιδιαίτερες συνθήκες κάθε περιοχής και από τον τρόπο συνδυασμού τους με άλλες παρεμβάσεις. Οι Kappou et al. (2022) και Santamouris (2015) αναφέρουν ότι τα ψυχρά υλικά αποδίδουν καλύτερα όταν συνδυάζονται με εκτεταμένη σκίαση, ενίσχυση του φυσικού αερισμού και αύξηση του αστικού πρασίνου. Συνεπώς, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δεν έρχονται σε αντίθεση με τη βιβλιογραφία, αλλά επιβεβαιώνουν ότι καμία μεμονωμένη παρέμβαση δεν μπορεί να αντιμετωπίσει πλήρως το πρόβλημα της θερμικής επιβάρυνσης.

Η εργασία αναδεικνύει επίσης τη χρησιμότητα του λογισμικού ENVI-met ως εργαλείου υποστήριξης του αστικού σχεδιασμού. Η δυνατότητα προσομοίωσης διαφορετικών σεναρίων πριν από την υλοποίηση παρεμβάσεων επιτρέπει την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους και συμβάλλει στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων από τους μελετητές και την τοπική αυτοδιοίκηση. Ειδικά για περιοχές όπως η Ρόδος, όπου οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να ενταθούν τις επόμενες δεκαετίες, η αξιοποίηση τέτοιων εργαλείων μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη δημιουργία περισσότερο ανθεκτικών δημόσιων χώρων.

Ωστόσο, τα αποτελέσματα της έρευνας θα πρέπει να ερμηνεύονται λαμβάνοντας υπόψη ορισμένους περιορισμούς. Η ανάλυση βασίστηκε στην προσομοίωση μίας μόνο χαρακτηριστικής θερινής ημέρας και επομένως δεν αποτυπώνει τις εποχικές μεταβολές ή τις διαφοροποιήσεις που προκαλούνται από διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες. Επιπλέον, το ENVI-met, παρά την υψηλή αξιοπιστία του, αποτελεί μοντέλο προσομοίωσης που βασίζεται σε συγκεκριμένες παραδοχές και δεν μπορεί να αναπαραστήσει πλήρως όλες τις πραγματικές παραμέτρους του αστικού περιβάλλοντος, όπως η μεταβολή της ανθρώπινης δραστηριότητας ή οι συνεχείς αλλαγές στις κυκλοφοριακές και περιβαλλοντικές συνθήκες. Παράλληλα, αξιολογήθηκαν μόνο δύο σενάρια παρέμβασης, χωρίς να εξεταστούν συνδυαστικές λύσεις που θα περιλάμβαναν στοιχεία νερού, βιοκλιματικές πέργκολες, αναρριχώμενη φύτευση ή διαφορετικές διατάξεις σκίασης.

Συνολικά, η παρούσα μελέτη επιβεβαιώνει ότι η ενίσχυση της αστικής βλάστησης αποτελεί την αποτελεσματικότερη από τις εξεταζόμενες παρεμβάσεις για τη βελτίωση του μικροκλίματος στην Πλατεία Ακαδημίας, ενώ παράλληλα αναδεικνύει την ανάγκη εφαρμογής ολοκληρωμένων στρατηγικών βιοκλιματικού σχεδιασμού. Τα αποτελέσματα μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμη βάση για τον σχεδιασμό δημόσιων χώρων όχι μόνο στη Ρόδο αλλά και σε άλλες ελληνικές και μεσογειακές πόλεις που αντιμετωπίζουν παρόμοιες κλιματικές προκλήσεις.

8.0 Βιβλιογραφία

- IPCC. (2021). Sixth assessment report. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>
- Emmanuel, R., & Krüger, E. (2012). Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city. Urban Climate.
- IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Oke, T. R. (1987). Boundary Layer Climates (2nd ed.). Routledge.
- Santamouris, M. (2013). Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island. Solar Energy.
- Santamouris, M. (2014). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Santamouris, M. (2015). Analyzing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities. Science of the Total Environment.
- Tseliou, A., et al. (2023). Assessment of outdoor thermal comfort using UTCI in Mediterranean urban environments.
- UN-Habitat. (2022). World Cities Report 2022.
- World Health Organization. (2021). Heat and Health in the WHO European Region.
- IPCC 2021, Κλιματική Αλλαγή 2021: Η Βάση της Φυσικής Επιστήμης, η συμβολή της Ομάδας Εργασίας I στην Έκτη Έκθεση Αξιολόγησης, Cambridge University Press, Cambridge, Ηνωμένο Βασίλειο.
- IPCC, 2013: Σύνοψη για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής. Στο: Κλιματική Αλλαγή 2013: Η Βάση της Φυσικής Επιστήμης. Συνεισφορά της Ομάδας Εργασίας I στην Πέμπτη Έκθεση Αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή [Stocker, TF, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, SK Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex και PM Midgley (επιμ.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Ηνωμένο Βασίλειο και Νέα Υόρκη, Νέα Υόρκη, ΗΠΑ.
- Smith, J., & Lee, K. (2021). Anthropogenic climate change: The impact of the global carbon budget. *Theoretical and Applied Climatology*. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03764-0>

- Hansen, J., & Thompson, M. (2013). The challenge to detect and attribute effects of climate change on human and natural systems. **Climatic Change**. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0873-6>
- Wang, Z., & Xu, J. (2022). Characteristics, progress, and trends of urban microclimate research: A systematic literature review and bibliometric analysis. **Buildings**, 12(7), 877. <https://doi.org/10.3390/buildings12070877>
- Liu, Z., Li, J., & Xi, T. (2023). A review of thermal comfort evaluation and improvement in urban outdoor spaces. **Buildings**, 13(12), 3050. <https://doi.org/10.3390/buildings13123050>
- (Τόμος Α': Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτιρίων, ΕΑΠ, Πάτρα 2001)
- Aletba, S. R. O., Hassan, N. A., Putra Jaya, R., Aminudin, E., Mahmud, M. Z. H., Mohamed, A., & Hussein, A. A. (2021). Thermal performance of cooling strategies for asphalt pavement: A state-of-the-art review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 8(3), 356–373. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.02.001>
- Khare, P., Machesky, J., Soto, R., He, M., & Presto, A. A. (2020). Asphalt-related emissions are a major missing nontraditional source of secondary organic aerosol precursors. **Science Advances**, 6*(36), eabb9785. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abb9785>
- Del Serrone, G., Peluso, P., & Moretti, L. (2022). Evaluation of microclimate benefits due to cool pavements and green infrastructures on urban heat islands. *Atmosphere*, 13(10), 1586. <https://doi.org/10.3390/atmos13101586>
- Tóth, G., et al. (2022). Impact of soil sealing on soil carbon sequestration, water regulation and biomass productivity in European functional urban areas. **Land**.
- Bărbulescu, A., & Hosen, K. (2025). Cement Industry Pollution and Its Impact on the Environment and Population Health: A Review. *Toxics*, 13(7), 587. <https://doi.org/10.3390/toxics13070587>
- Kumar, P. G., Lekhana, P., Tejaswi, M., & Chandrakala, S. (2021). Effects of vehicular emissions on the urban environment — a state of the art. *Materials Today: Proceedings*, 45, 6314–6320. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.739>

- Santamouris, M. (2015). A review on the development of cool pavements to mitigate urban heat island effect. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 445–459.
- Kappou, S., Souliotis, M., Papaefthimiou, S., Panaras, G., & Paravantis, J. (2022). Cool pavements: State of the art and new technologies. *Sustainability*, 14(9), 5159, σσ. 3–10.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2023). Using cool pavements to reduce heat islands (pp. 1–5). <https://www.epa.gov/heatislands>
- USGCRP 2014, Τρίτη Κλιματική Αξιολόγηση .
- USGCRP 2017, Τέταρτη Κλιματική Αξιολόγηση .
- McMichael, A. J., Woodruff, R. E., & Hales, S. (2006). Climate change and human health: Present and future risks. *The Lancet*, 367(9513), 859-869. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68079-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68079-3)
- Gore, A. (2006). *An inconvenient truth: The planetary emergency of global warming and what we can do about it*. Rodale Books.
- Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO). (2018). Η κλιματική αλλαγή και η υγεία: Ενημέρωση για τους κινδύνους και τις προκλήσεις. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
- NASA. (n.d.). *The effects of climate change.* NASA Science. Retrieved November 2, 2025, from <https://science.nasa.gov/climate-change/effects/>
- United Nations. (n.d.). *What is climate change?* United Nations. Retrieved November 2, 2025, from <https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>
- United Nations Environment Programme (UNEP). (n.d.). *Facts about the climate emergency.* UNEP. Retrieved November 2, 2025, from <https://www.unep.org/facts-about-climate-emergency>
- Ullah, S., Almutairi, K. M., Alotaibi, N. H., & Siddiqui, M. H. (2022). *A review of the global climate change impacts, adaptation, and mitigation options in the socio-economic and environmental sectors.* *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 84776–84797. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- World Health Organization (WHO). (n.d.). *Climate change and health.* WHO. Retrieved November 2, 2025, from <https://www.who.int/health-topics/climate-change>

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. Summary for policymakers.* IPCC. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- Bruse, M., & Fleer, H. (1998). Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling & Software*, 13(3-4), 373–384. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(98\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(98)00042-5)
- ENVI-met. (2021). ENVI-met: A holistic microclimate model. <https://www.envi-met.com>
- Tsoka, S., Tsikaloudaki, K., & Theodosiou, T. (2018). Analyzing the ENVI-met microclimate model's performance and applications: A review. *Sustainable Cities and Society*, 43, 311-327. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.09.011>
- Ghavimi, A., et al. (2025). A framework to evaluate public green spaces with an ... PMC. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11773031/>
- Wang, Y., et al. (2024). Research on the design strategies of public outdoor spaces from a health-oriented perspective. *Buildings*, 14(6), 1505. <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/6/1505>
- Zhang, W., et al. (2024). An analysis of the effects of different urban park space ... *Frontiers in Environmental Science*. <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2024.1433319/full>
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.