



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ**  
**ΜΔΕ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**Πολυκριτηριακός Προσδιορισμός Θερμικού  
Κινδύνου σε Αστικές Περιοχές – Εφαρμογή στον  
Δήμο Αθηναίων**

**Διπλωματική Εργασία**

**Καρέτσου Ευαγγελία**

Επιβλέπων καθηγητής : Κωνσταντίνος Καρτάλης

Αθήνα 2021



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ**  
**ΜΔΕ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**Πολυκριτηριακός Προσδιορισμός Θερμικού  
Κινδύνου σε Αστικές Περιοχές – Εφαρμογή στον  
Δήμο Αθηναίων**

**Διπλωματική Εργασία**

**Καρέτσου Ευαγγελία**

Επιβλέπων καθηγητής : Κωνσταντίνος Καρτάλης

Αθήνα 2021

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλω να εκφράσω τις ειλικρινείς και θερμές μου ευχαριστίες σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας. Πρώτα απ' όλα, στον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, κύριο Κωνσταντίνο Καρτάλη για τη συνεχή καθοδήγηση, την αμέριστη υποστήριξη, τις ουσιώδεις συμβουλές καθώς επίσης και την αδιάκοπη συμπαράσταση και ενθάρρυνση που μου παρείχε σε όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον μεταδιδάκτορα Κωνσταντίνο Φιλιππόπουλο και τον υποψήφιο διδάκτορα Αναστάσιο Πολύδωρο για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσαν για την περάτωση της παρούσας εργασίας, την καθοδήγηση και την ουσιαστική επιστημονική βοήθεια που μου προσέφεραν όποτε τη χρειαζόμουν, τις σημαντικές υποδείξεις και συμβουλές που με κατεύθυναν σ' ένα σωστό τρόπο σκέψης και το πολύ ευχάριστο κλίμα συνεργασίας.

Θα ήθελα, ακόμη, να ευχαριστήσω τους φίλους μου καθώς και ορισμένους πολύ αγαπητούς και αξιόλογους ανθρώπους που συνάντησα κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, που με την καθημερινή τους συμπαράσταση, την υπομονή τους και την θετική τους σκέψη, συνέβαλλαν στην εκπλήρωση των στόχων που είχα θέσει.

Τέλος, το μεγαλύτερο «ευχαριστώ» είναι στα αγαπημένα μου πρόσωπα, στους γονείς μου, που αποδέχθηκαν όλες τις επιλογές μου, που είναι δίπλα μου σε κάθε μου βήμα, που μου δείχνουν απόλυτη εμπιστοσύνη και μου παρέχουν στήριξη όλα αυτά τα χρόνια, χωρίς την οποία τίποτα από όσα έχω καταφέρει μέχρι σήμερα δεν θα ήταν πραγματικότητα.

## **ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ**

1. **Κωνσταντίνος Καρτάλης**, Καθηγητής Τμήματος Φυσικής ΕΚΠΑ  
(επιβλέπων)
2. **Μαργαρίτα - Νίκη Ασημακοπούλου**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τμήματος Φυσικής ΕΚΠΑ
3. **Ματθαίος Σανταμούρης**, Καθηγητής UNSW (University New South Wales)  
- Sydney

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	7
ABSTRACT .....	9
ΠΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	11
1.1. Αστικό Μικροκλίμα .....	11
1.2. Αστική Θερμική Νησίδα (Urban Heat Island – UHI) .....	13
1.3. Καύσωνες και η σχέση τους με την Αστική Θερμική Νησίδα .....	20
1.3.1. Καύσωνας.....	20
1.3.2. Η Τρωτότητα των Πόλεων στους Καύσωνες .....	20
1.4. Μελέτη Θερμικού Κινδύνου .....	21
1.4.1. Επιφανειακή Θερμοκρασία Εδάφους (Land Surface Temperature – LST).....	22
1.4.2. Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένων Διαφορών (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) .....	23
1.4.3. Αστική Χαράδρα και Αναλογία Διαστάσεων (H/W) .....	23
1.4.4. Χρήση Γης (Land Use).....	24
1.4.5. Ύψος Κτιρίων (Building Height) .....	25
1.4.6. Ποσοστό Αδιαπερατότητας (Imperviousness Density – IMD) .....	25
1.4.7. Παρουσία Δόμησης (Impervious Build Up – IBU).....	26
ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	27
2.1. Πολυκριτηριακή Ανάλυση .....	27
2.2. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ).....	29
2.3. Εκτίμηση Θερμικού Κινδύνου .....	30
2.3.1. Αστικά Πολεοδομικά – Μορφολογικά Χαρακτηριστικά .....	30
2.3.2. Έκθεση στον Θερμικό Κίνδυνο.....	32
2.3.3. Ευαισθησία στον Θερμικό Κίνδυνο .....	34
2.3.4. Θερμικός Κίνδυνος.....	35
2.3.5. Βαθμονόμηση Κλίμακας Θερμικού Κινδύνου .....	36
ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ.....	38
3.1. Γενική Περιγραφή Περιοχής Μελέτης .....	38
3.1.1. 1η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων .....	39
3.1.2. 2η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων .....	40
3.1.3. 3η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων .....	41
3.1.4. 4η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων .....	42
3.1.5. 5η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων .....	43
3.1.6. 6η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων .....	44
3.1.7. 7η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων .....	45

3.1. Συγκριτικά Χαρακτηριστικά Δημοτικών Κοινοτήτων Περιοχής Μελέτης.....	46
3.2.1. Συγκριτικά Κοινωνικά και Δημογραφικά Στοιχεία των Δημοτικών Κοινοτήτων του Δήμου Αθηναίων .....	46
3.2.2. Συγκριτικά Στοιχεία Δεικτών Υποδομών των Δημοτικών Κοινοτήτων του Δήμου Αθηναίων.....	51
3.3. Κρίσιμες Υποδομές Περιοχής Μελέτης .....	54
3.3.1. Ορισμός Κρίσιμων Υποδομών .....	54
3.3.2. Κρίσιμες Υποδομές Περιοχής Μελέτης .....	55
3.4. Θερμικό Περιβάλλον Περιοχής Μελέτης.....	61
3.5. Μετεωρολογικοί Σταθμοί Περιοχής Μελέτης.....	64
3.6. Δορυφορικά Δεδομένα Περιοχής Μελέτης .....	66
3.6.1. Επιφανειακή Θερμοκρασία Εδάφους (Land Surface Temperature – LST).....	67
3.6.2. Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένων Διαφορών (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) .....	69
3.6.3. Αστική Χαράδρα και Αναλογία Διαστάσεων (H/W) .....	71
3.6.4. Χρήση Γης (Land Use).....	73
3.6.5. Ύψος Κτιρίων (Building Height) .....	74
3.6.6. Ποσοστό Αδιαπερατότητας (Imperviousness Density – IMD) .....	76
3.6.7. Παρουσία Δόμησης (Impervious Build Up – IBU).....	78
ΤΕΤΑΡΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	80
4.1. Αστικά Πολεοδομικά – Μορφολογικά Χαρακτηριστικά .....	80
4.2. Έκθεση στον Θερμικό Κίνδυνο.....	83
4.3. Ευαισθησία στον Θερμικό Κίνδυνο .....	86
4.4. Θερμικός Κίνδυνος.....	92
4.4.1. Βαθμονόμηση Κλίμακας Θερμικού Κινδύνου .....	94
4.4.2. Θερμικός Κίνδυνος και Κρίσιμες Υποδομές.....	95
ΠΕΜΠΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ .....	108
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	112

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανομοιογενής μορφολογία των πόλεων, με τα έντονα χωρικά εναλλασσόμενα πολεοδομικά χαρακτηριστικά, έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη διαφορετικών μικροκλιμάτων, που το καθένα εξαρτάται από παράγοντες που χαρακτηρίζουν τη συγκεκριμένη περιοχή. Το πρόβλημα της αστικής θερμικής νησίδας εμφανίζεται όλο και εντονότερα στις σύγχρονες πόλεις εξαιτίας της αυξανόμενης αστικοποίησης σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή. Πλέον, επιβάλλεται η εκτίμηση των επιπτώσεών του σε κλίμακα γειτονιάς και όχι με την παραδοσιακή προσέγγιση ολόκληρης της πόλης. Αυτό επιτρέπει τον εντοπισμό των περιοχών εκείνων, τα χαρακτηριστικά των οποίων εκθέτουν τους κατοίκους σε κίνδυνο, όταν οι θερμοκρασίες είναι αυξημένες. Βάσει των παραπάνω, η χωρική αποτύπωση του θερμικού κινδύνου μιας περιοχής είναι απαραίτητο στοιχείο στη διαχείριση των σύγχρονων πόλεων.

Στην παρούσα εργασία, ακολουθήθηκε για πρώτη φορά μεθοδολογία βασισμένη σε δορυφορικά δεδομένα για τον προσδιορισμό του θερμικού κινδύνου του Δήμου Αθηναίων, που αποτελεί την περιοχή μελέτης, σε υψηλή χωρική ανάλυση. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε για μία τυπική καλοκαιρινή ημέρα (22/07/2020) με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων από διάφορες πηγές και στατιστικών κοινωνικοοικονομικών δεδομένων από την επίσημη Απογραφή του 2011. Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό QGIS, που είναι ένα σύστημα γεωγραφικών πληροφοριών ανοιχτού κώδικα.

Για τον προσδιορισμό του θερμικού κινδύνου ήταν απαραίτητη η εκτίμηση της έκθεσης και της ευαισθησίας των κατοίκων των διάφορων περιοχών του Δήμου Αθηναίων ως προς τις υψηλές θερμοκρασίες. Ο υπολογισμός της έκθεσης βασίστηκε στην κατηγοριοποίηση του Δήμου Αθηναίων σε περιοχές με κοινά αστικά μορφολογικά – πολεοδομικά χαρακτηριστικά καθώς και ομοιογένεια ως προς την επιφανειακή θερμοκρασία εδάφους και την παρουσία βλάστησης. Αυτό επιτεύχθηκε με τη χρήση ενός καινοτόμου αλγορίθμου μη επιβλεπόμενης συσταδοποίησης σε προγραμματιστικό περιβάλλον R. Ο υπολογισμός της ευαισθησίας βασίστηκε σε στατιστικά κοινωνικοοικονομικά δεδομένα που χαρακτηρίζουν τις επτά (7)

Δημοτικές Κοινότητες του Δήμου Αθηναίων, καθώς αυτή ήταν η καλύτερη χωρική ανάλυση που υπήρχε διαθέσιμη.

Τα αποτελέσματα ανέδειξαν τις περιοχές εκείνες του Δήμου Αθηναίων όπου ο θερμικός κίνδυνος είναι αυξημένος και στις οποίες επιβάλλεται να προτεραιοποιηθούν μέτρα παρέμβασης για την αντιμετώπισή του. Παράλληλα, εντοπίστηκαν συγκεκριμένες κρίσιμες υποδομές εντός του Δήμου Αθηναίων, όπως σχολεία, αθλητικοί χώροι και δημοτικές υπηρεσίες, οι οποίες βρίσκονται σε περιοχές με αυξημένο θερμικό κίνδυνο. Η μελέτη κατέδειξε τον διαχωρισμό του Δήμου Αθηναίων σε δύο επιμέρους τμήματα, στο δυτικό και βόρειο τμήμα και στο ανατολικό, με το πρώτο να έχει αυξημένο θερμικό κίνδυνο και το δεύτερο να έχει μειωμένο θερμικό κίνδυνο.

Ο χωρισμός των κεφαλαίων της εργασίας έγινε ως εξής:

Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται η παρουσίαση του θεωρητικού υποβάθρου της εργασίας. Παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά του αστικού μικροκλίματος, της αστικής θερμικής νησίδας και της σχέσης της με τους καύσωνες.

Στο Κεφάλαιο 2 περιγράφονται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων, την εκτίμηση της έκθεσης, της ευαισθησίας και του θερμικού κινδύνου και τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη.

Στο Κεφάλαιο 3 αναλύονται εκτενώς τα χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης, τα δορυφορικά και τα στατιστικά κοινωνικοοικονομικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο Κεφάλαιο 4 καταγράφονται τα αποτελέσματα όλων των φάσεων της μεθοδολογίας.

Τα τελικά συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας ακολουθούν στο Κεφάλαιο 5.

Λέξεις – κλειδιά: Δήμος Αθηναίων, έκθεση, ευαισθησία, θερμικός κίνδυνος.



## ABSTRACT

The heterogeneous morphology of cities and the spatially alternating urban features, result in the existence of different microclimates within the city each depending on factors that characterize the particular area. The problem of urban heat island appears more often and more intense in modern cities due to increasing urbanization combined with climate change. Nowadays, it is necessary to assess its impacts on a neighborhood scale and not with the traditional approach of the whole city as one unit. This allows the identification of the specific areas within the city, the characteristics of which expose residents to danger when temperatures are elevated. Based on the above, the spatial mapping of the thermal risk of an area is an essential element in the management of modern cities.

In this study, a methodology based on satellite data was followed for the first time to determine the thermal risk of the Municipality of Athens, which is the study area, in high spatial resolution. The study was carried out for a typical summer day (22/07/2020), using satellite data from various sources and statistical socio-economic data from the official Census of 2011. The data was processed using the QGIS software, which is an open-source geographic information system.

In order to determine the thermal risk, it was necessary to assess the exposure and sensitivity of the residents of the various areas of the Municipality of Athens related to high temperatures. The calculation of the exposure was based on the categorization of the Municipality of Athens in areas with common urban morphological characteristics as well as homogeneity in terms of land surface temperature and the presence of vegetation. This was achieved by using an innovative unsupervised clustering algorithm using the R programming environment. The calculation of the sensitivity was based on statistical socio-economic data that characterize the seven (7) Municipal Communities of the Municipality of Athens, as this was the highest spatial resolution available.

The results highlighted the areas of the Municipality of Athens where the thermal risk is increased and where intervention measures should be prioritized to address the issue. At the same time, specific critical infrastructure within the Municipality of Athens were identified, such as schools, sports facilities and

municipality services, which are located in areas with increased thermal risk. The study showed the division of the Municipality of Athens into two sub-parts, the western and northern part and the eastern part, with the first having increased thermal risk and the second having reduced thermal risk.

The study is organized in chapters as follows:

Chapter 1 presents the theoretical background of the study. The characteristics of the urban microclimate, the urban heat island and its relationship with heatwaves are briefly presented.

Chapter 2 describes the methodology followed for data processing and for assessing exposure, sensitivity and thermal risk.

Chapter 3 analyzes extensively the characteristics of the study area and the satellite and statistical socio-economic data used.

In Chapter 4, the results of all steps of the methodology are presented and discussed.

The final conclusions of the thesis follow in Chapter 5.

Keywords: Municipality of Athens, exposure, sensitivity, thermal risk.

# ΠΡΩΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## Θεωρία

### 1.1. Αστικό Μικροκλίμα

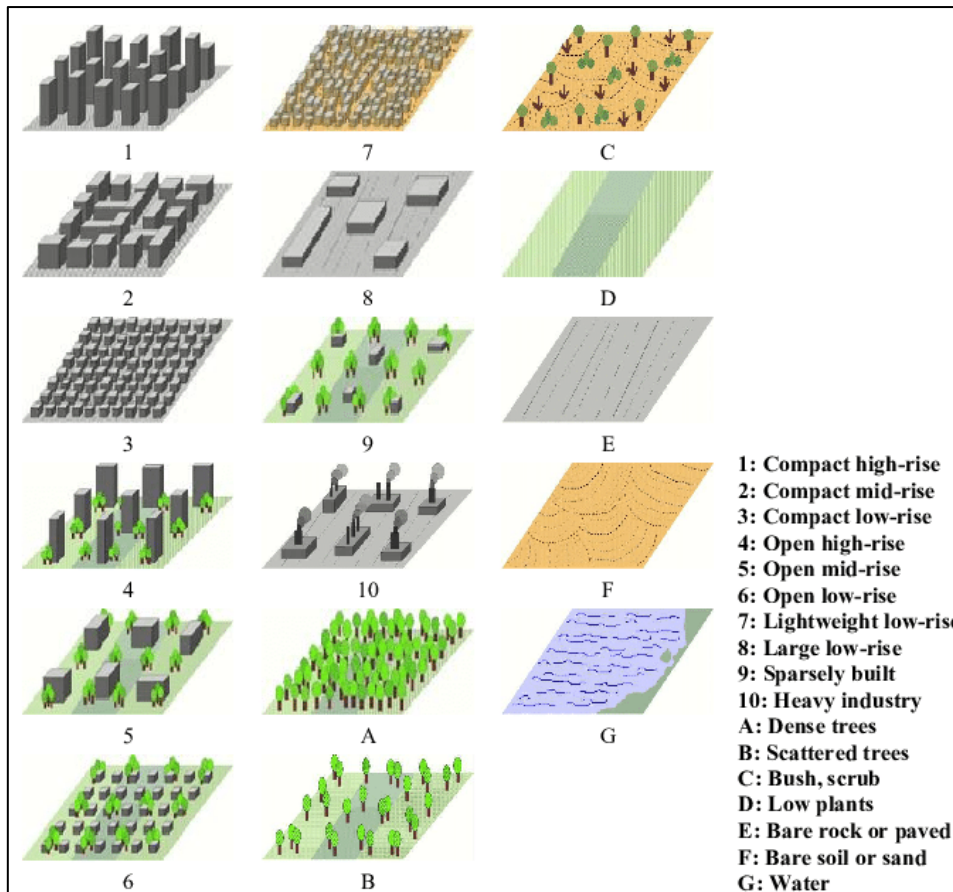
Το κλίμα είναι ένας από τους πιο σημαντικούς φυσικούς παράγοντες που επηρεάζουν και διαμορφώνουν την ανθρώπινη ζωή. Η επιδείνωση της ποιότητας των χώρων διαβίωσης είναι ανάλογη των αλλαγών που πραγματοποιούνται στις αστικές περιοχές (Bulgan et al., 2014). Είναι γνωστό ότι οι διαφορετικοί αστικοί σχηματισμοί προκαλούν διαφορετικές μικροκλιματικές συνθήκες (Charalampopoulos et al., 2013) με αυτές που επικρατούν εντός του αστικού ιστού, στην πλειονότητα των περιπτώσεων να διαφέρουν από τις αντίστοιχες στα προάστια του. Αυτό διαπιστώνεται από τις καταγραφές των περιβαλλοντικών συνθηκών από μετεωρολογικούς σταθμούς εντός και εκτός της πόλεως. Διαφορετικές συνθήκες όμως, παρατηρούνται και σε περιοχές εντός του ίδιου του αστικού ιστού, όπως για παράδειγμα κατά μήκος ενός δρόμου με έντονη κυκλοφορία και ενός πάρκου. Αυτή η απόκλιση στα μετεωρολογικά δεδομένα εντός της πόλεως, λόγω διαφορετικού σχεδιασμού και τρόπου δόμησης, έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη διαφορετικών μικροκλιμάτων που το καθένα εξαρτάται από παράγοντες όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα και των επιφανειών, η υγρασία και ο επιφανειακός άνεμος (Τσαγδής, 2014).

Το αστικό μικροκλίμα χαρακτηρίζεται από τη διαμόρφωση των δρόμων, το ύψος των κτιρίων, την πυκνότητα δόμησης, το μήκος τραχύτητας του εδάφους, την αστική διαπερατότητα, τα υλικά των επιφανειών, το ποσοστό του προσπίπτοντος φωτός ή της ακτινοβολίας που ανακλάται από μία επιφάνεια (albedo), την παρουσία βλάστησης και την παραγωγή ανθρωπογενούς θερμότητας (Sharmin, 2015).

Αξίζει να σημειωθεί ότι το κλίμα της πόλης δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει σε κάποια κατηγορία των ήδη υπαρχόντων κλιμάτων, δεδομένου ότι ακόμη και οι μεγαλύτερες πόλεις είναι μικρές περιοχές σε σύγκριση με τις ηπείρους ή τις χώρες. Η αστική κλιματική έρευνα ασχολείται στην πραγματικότητα με το κλίμα του στρώματος του αέρα κοντά στο έδαφος. Προκειμένου να κατηγοριοποιηθεί το κλίμα μιας πόλης πρέπει να ληφθούν υπόψιν (Kratzer, 1956):

1. Το κλίμα της πόλης ως ένα ενιαίο σύνολο, δηλαδή η επίδραση των αερολυμάτων, η διάρκεια της ηλιοφάνειας, η στασιμότητα του αέρα, το είδος των ανέμων, η βροχόπτωση.
2. Το κλίμα συγκεκριμένων τμημάτων της πόλης, δηλαδή το εμπορικό της τμήμα, οι κατοικημένες περιοχές, η βιομηχανική περιοχή, το κέντρο της πόλης, τα περίχωρα της.
3. Το κλίμα σε συγκεκριμένους δρόμους, δηλαδή ανάλογα με την κατεύθυνσή τους σε σχέση με τον ήλιο και τον άνεμο, σύμφωνα με το πλάτος τους, τη θέση από διάφορες πλατείες και πάρκα. Κάθε δρόμος έχει το δικό της κλίμα, ιδίως όσον αφορά στη θερμοκρασία.

Σύμφωνα με τους Stewart and Oke (2012) οι τοπικές κλιματικές ζώνες (LCZ – Local Climate Zones) ορίζονται ως οι περιοχές όπου η θερμοκρασία του αέρα διανέμεται ομοιόμορφα σε οριζόντια απόσταση, 102 με 104 μέτρα και χαρακτηρίζονται από το δικό τους μοναδικό τοπικό κλίμα, το οποίο διαφοροποιείται ανάλογα με τους προαναφερθέντες παράγοντες. Οι ερευνητές επισημαίνουν ότι μεταξύ του αστικού κέντρου και των περιχώρων διακρίνονται 16 ζώνες κλίματος (Εικόνα 1.5.). Το κλίμα της κάθε ζώνης χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη κτηρίων ή δέντρων, το ύψος και το πλήθος αυτών και την μεταξύ τους απόσταση. Ουσιαστικά δηλαδή λαμβάνεται υπόψη αν γίνεται εξαερισμός (ventilation), πόσο επηρεάζεται ο παράγοντας του ουρανού (sky view factor), καθώς επίσης και η θερμότητα που οφείλεται σε ανθρωπογενή αίτια.

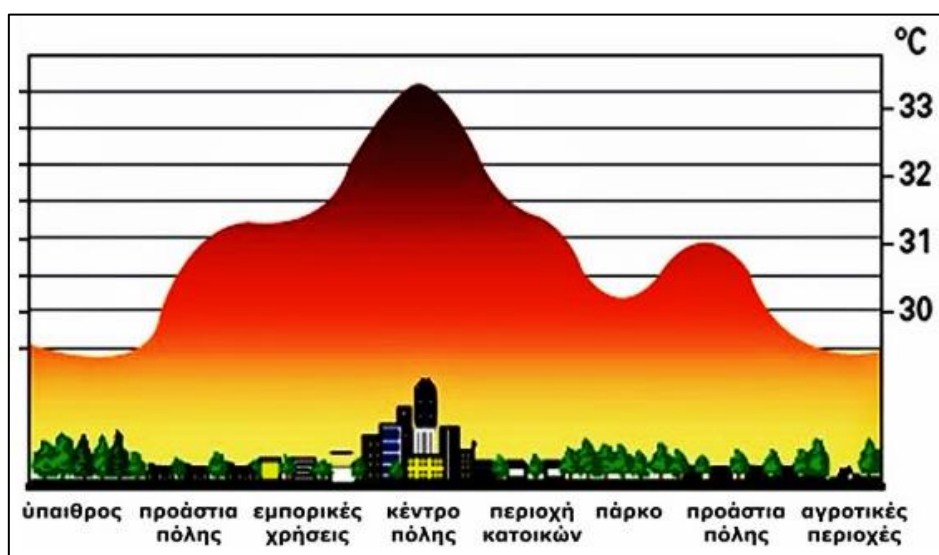


Εικόνα 1.1. - Τοπικές Ζώνες κλίματος (Stewart and Oke, 2012)

## 1.2. Αστική Θερμική Νησίδα (Urban Heat Island – UHI)

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας σχετίζεται άμεσα με το μικροκλίμα των αστικών περιοχών και αποτελεί κύριο χαρακτηριστικό του. Η συνεχής αύξηση του αστικού πληθυσμού με την πάροδο του χρόνου έχει οδηγήσει στην ανάγκη της οικιστικής ανάπτυξης και συνεπώς στη μεταβολή του φυσικού περιβάλλοντος και της ποιότητας του αέρα. Οι αστικές περιοχές επεκτείνονται διαρκώς, με τη κατασκευή κτηρίων και δρόμων με αποτέλεσμα επιφάνειες που ήταν διαπερατές ή/και υγρές να γίνονται στεγανές ή/και ξηρές (Αρσένης-Παπαδημητρίου, 2004). Συνεπώς λόγω της αντικατάστασης των φυσικών υλικών από τεχνητά, κατά τη διάρκεια της ημέρας, παγιδεύεται η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, η οποία στη συνέχεια επανεκπέμπεται εκ νέου τη νύχτα (Solecki et al., 2004). Τέτοιες αλλαγές έχουν ως αποτέλεσμα στις αστικές περιοχές να καταγράφονται υψηλότερες θερμοκρασίες αέρα, σε σχέση με τα περίχωρά τους, διαμορφώνοντας έτσι ένα «νησί» θερμότερο από το γύρω τοπίο.

Το φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία στο κέντρο μιας πόλης και γενικά μιας αστικής περιοχής είναι μεγαλύτερη απ' αυτήν των προαστίων και της περιαστικής περιοχής που την περιβάλλει ονομάζεται Αστική Θερμική Νησίδα (Urban Heat Island – UHI) (Εικόνα 1.2.). Το μικροκλίμα τους διαφέρει αρκετά και οι διαφορές τους μπορεί να είναι αρκετά μεγάλες αφού καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητα των επιφανειακών υλικών της πόλης να απορροφούν και να αποθηκεύουν την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία και να εκπέμπουν, καταδεικνύοντας ότι, συνολικά, περισσότερη θερμότητα είναι αποθηκευμένη σε αστικές περιοχές και η ψύξη μετά το βράδυ είναι πιο αργή από ότι στις περιαστικές περιοχές (Koomen and Diogo, 2014).

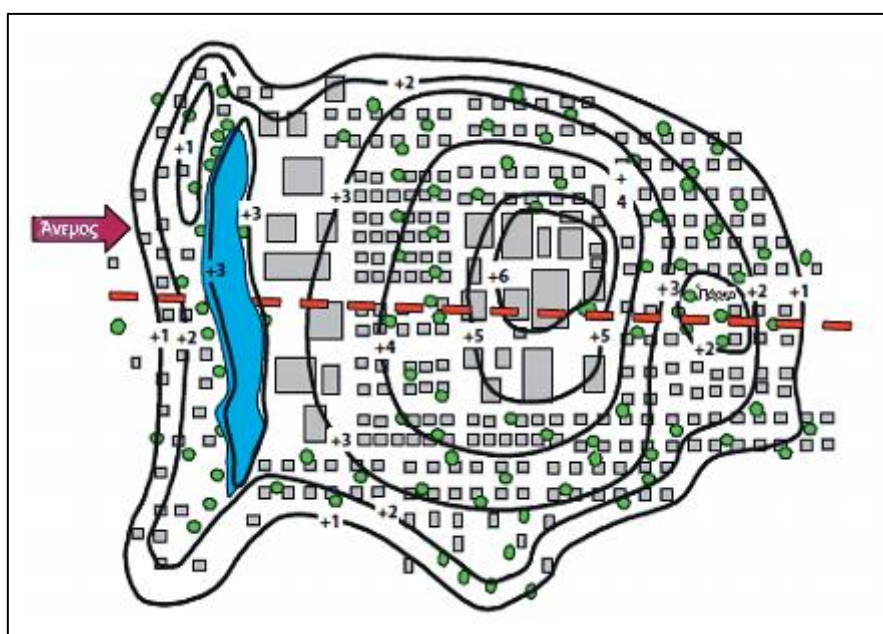


Εικόνα 1.2. - Απεικόνιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας σε σχέση με την πυκνότητα δόμησης και φύτευσης

Η διαφορά της θερμοκρασίας μεταξύ της αστικής και υπαίθριας περιοχής καλείται ένταση της αστικής θερμικής νησίδας (urban heat island intensity). Εξαρτάται από το μέγεθος, τον πληθυσμό, την επέκταση και την οικονομική ανάπτυξη της πόλης, την τοπογραφία της περιοχής και το είδος των υλικών που χρησιμοποιούνται, το γενικότερο κλίμα της περιοχής και τις μετεωρολογικές συνθήκες. Ως αποτέλεσμα του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας παρατηρείται αυξημένη θερμοκρασία στο κέντρο των μεγαλουπόλεων, που μπορεί να φτάσει μέχρι και 3-4°C, σε σχέση με τα κατοικημένα προάστια ή τις αγροτικές γειτονικές περιοχές. Με σταθερές καιρικές συνθήκες, η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας μεταβάλλεται μέσα στην ημέρα. Η διαφορά της θερμοκρασίας ξεκινά από τις

πρώτες μεσημεριανές ώρες, και αποκτά τη μέγιστη τιμή της δύο με τρεις ώρες μετά τη δύση του ηλίου, όταν δηλαδή η θερμική νησίδα είναι πιο έντονη, καθώς τα εξωτερικά υλικά που αποτελούν την «επιδερμίδα» του δομημένου περιβάλλοντος αρχίζουν να αποβάλλουν τη θερμότητα που είχαν αποθηκεύσει καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας (Μπουγιατιώτη, 2010). Μάλιστα, η διαφορά αυτή μπορεί να φτάσει τους 6 -8 βαθμούς τη νύκτα σε συνθήκες άπνοιας.

Ο χαρακτηρισμός του συγκεκριμένου φαινομένου ως «νησί», οφείλεται στην ομοιότητα μεταξύ του σχήματος που διαμορφώνουν οι ισόθερμες καμπύλες πάνω από την αστικοποιημένη περιοχή και τις γύρω πιο δροσερές περιοχές σε σύγκριση με το αντίστοιχο σχήμα που προκύπτει από την απεικόνιση των ισοϋψών ενός νησιού σε ένα τοπογραφικό χάρτη (Oke, 1982). Στη θερμική νησίδα υπάρχει συχνά μια απότομη αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, στο όριο των αγροτικών-προαστιακών περιοχών, με αποτέλεσμα οι ισόθερμες καμπύλες να σχηματίζουν «μικρούς απότομους βράχους», καθώς επίσης όσο προσεγγίζουν το κέντρο της πόλης, δηλαδή τον πυρήνα της αστικής περιοχής όπου σημειώνονται οι υψηλότερες θερμοκρασίες, να σχηματίζουν μία «κορυφή» (Εικόνα 1.3.). Η θέρμανση εκτείνεται κάθετα διαμορφώνοντας έτσι έναν αστικό θόλο θερμότητας σε μέρες με σχετική άπνοια, ενώ σε ημέρες όπου πνέουν ισχυροί άνεμοι σχηματίζεται ένα αστικό «λοφίο» θερμότητας (Voogt, 2002).



Εικόνα 1.3. - Απεικόνιση της χωρικής κατανομής των ισόθερων στο κέντρο της πόλης και στα περίχωρα, κατά τη διάρκεια της νύχτας (Voogt, 2002)

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού μπορεί να παρουσιαστούν διακυμάνσεις στη θερμοκρασία ακόμη και από γειτονιά σε γειτονιά μέσα στην ίδια πόλη, ειδικά τις βραδινές ώρες. Γενικότερα, το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας αποκτά ιδιαίτερη σημασία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, δεδομένου ότι οι υψηλές θερμοκρασίες επιδρούν στο αστικό περιβάλλον με την πρόκληση δυσφορίας στους κατοίκους, την αύξηση των δαπανών ψύξης και κλιματισμού και την αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις ώρες αιχμής τόσο σε εμπορικά αλλά και οικιστικά κτίρια. Η αυξημένη κατανάλωση ενέργειας προκειμένου να διατηρηθούν τα επίπεδα άνεσης οδηγεί στην αυξημένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας συνεπώς σε υψηλότερες εκπομπές διοξειδίου του θείου, μονοξειδίου του άνθρακα, υποξειδίου του αζώτου και αιωρούμενα σωματίδια, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα, γνωστό θερμοκηπικό αέριο που συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου (Adinna et al., 2009).

Επιπλέον, το φαινόμενο της θερμικής νησίδας είναι συνήθως υπεύθυνο για τη δημιουργία των φωτοχημικών ρύπων, ειδικά στις πόλεις με μεγάλα διαστήματα ηλιοφάνειας, ενώ έχει επιπτώσεις και στα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ειδικά στην αιθαλομίχλη, η οποία δημιουργείται από τις φωτοχημικές αντιδράσεις των ρύπων στον αέρα λόγω της βιομηχανίας και των εκπομπών των αυτοκινήτων. Έχει πλέον παρατηρηθεί τις τελευταίες δεκαετίες ότι οι ολοένα και πιο υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στα αστικά κέντρα δημιουργούν συνθήκες δυσφορίας στους κατοίκους. Η επίδραση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας στο αίσθημα δυσφορίας των κατοίκων των πόλεων, ουσιαστικά, δεν οφείλεται στο γεγονός ότι έχουμε υψηλές μέγιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά, κυρίως στο ότι έχουμε άνοδο στις ελάχιστες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια της νύχτας, γεγονός που επιφέρει τη συνεχόμενη καταπόνηση του ανθρώπινου οργανισμού αφού εξαφανίζεται η δροσιστική επίδραση της νύχτας.

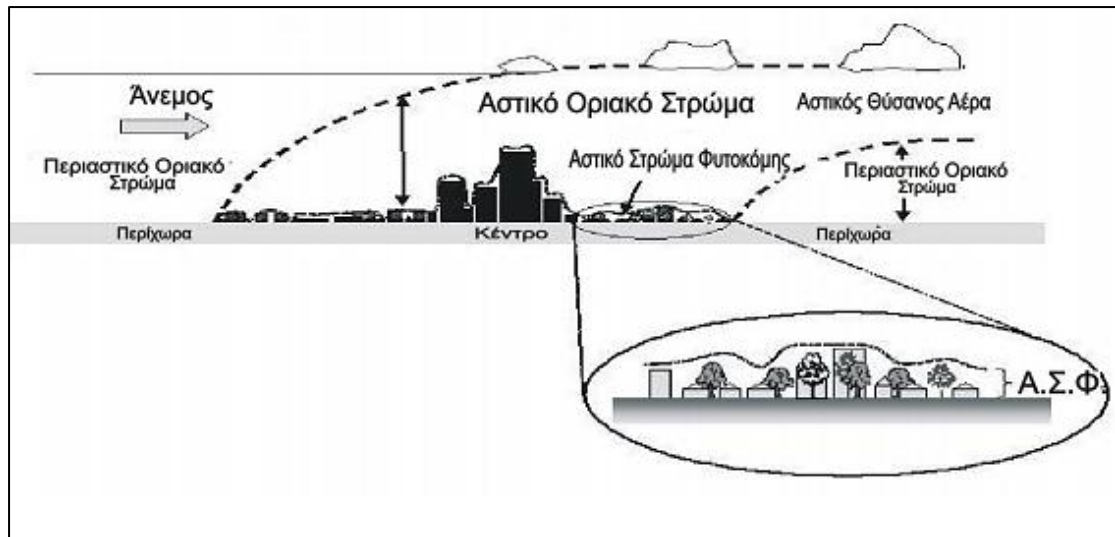
Συνολικά, μια πληθώρα διαφορετικών παραγόντων που έχουν άμεση σχέση με το σχεδιασμό και την κατασκευή των σύγχρονων πόλεων, καθώς και με τις διάφορες δραστηριότητες που αυτές ενσωματώνουν, επηρεάζουν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Τα κύρια αίτια δημιουργίας της αστικής θερμικής νησίδας είναι (Mihalakakou et al., 2004):



- Μεγάλη θερμική αγωγιμότητα και θερμοχωρητικότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον κατά την κατασκευή των κτιρίων και των δρόμων που δεν επιτρέπουν τη γρήγορη ψύξη μετά τη δύση του ηλίου όπως συμβαίνει στο περιβαστικό περιβάλλον.
- Αυξημένη απορρόφηση και ανάκλαση της ηλιακής ακτινοβολίας καθώς και εκπομπή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος από τις κάθετες πλευρές των υψηλών κτηρίων.
- Ελάττωση της εξατμισοδιαπνοής και της εξάτμισης, που οφείλονται κυρίως στην έλλειψη πρασίνου και μεγάλων επιφανειών νερού σε μία πόλη, οι οποίες θα μπορούσαν να αντισταθμίσουν το θερμικό ισοζύγιο καθώς οδηγούν σε μείωση της θερμοκρασίας.
- Αυξημένη τραχύτητα των πόλεων που οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας των ανέμων κατά 25% (πυκνή δόμηση σε συνδυασμό με την γεωμετρία της πόλης όπως οι αποστάσεις μεταξύ των κτιρίων, το πλάτος των δρόμων και το μέσο ύψος των κτιρίων).
- Χαμηλότερη λευκαύγεια (μέτρο ανακλαστικότητας μιας επιφάνειας) σε σχέση με τις υπαίθριες ή περιβαστικές περιοχές.
- Ανθρωπογενής έκλυση θερμότητας, που παράγεται από τις μεταφορές και τη θέρμανση από κλιματιστικά μηχανήματα των κτιρίων, και η οποία παγιδεύεται στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας λόγω της πυκνής δόμησης.

Γενικά, με τη χρήση του όρου αστική θερμική νησίδα γίνεται συνήθως αναφορά στη σχετική θέρμανση του αέρα κοντά στο έδαφος. Όμως η αστική θερμική νησίδα αποτελείται από τρία στρώματα (Oke, 1995):

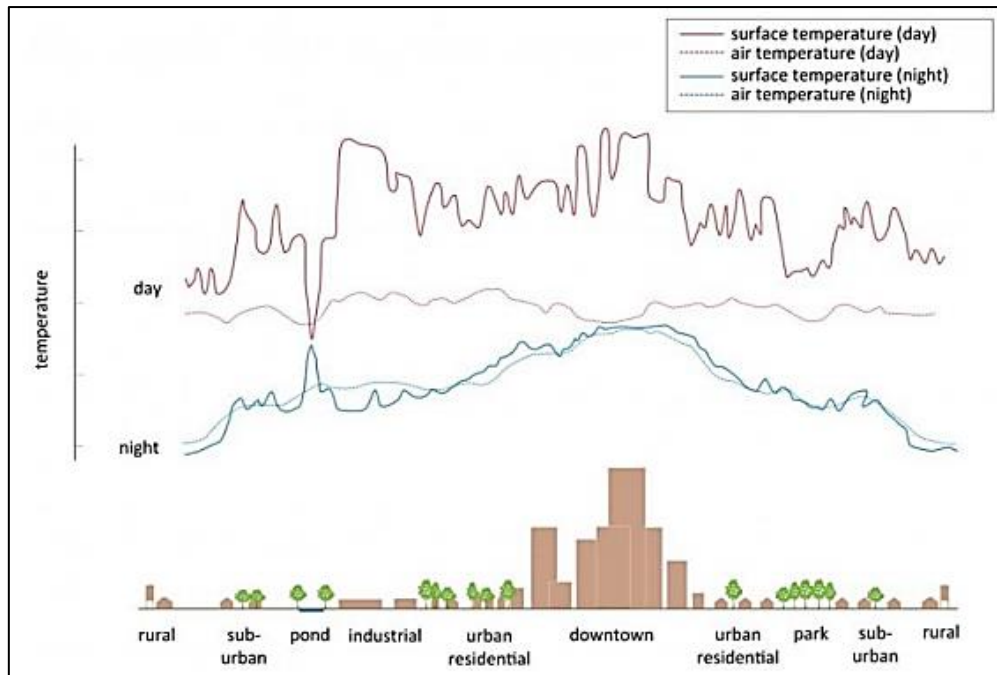
- θερμική νησίδα του στρώματος της φυτοκόμης, canopy layer heat island (CLHI)
- θερμική νησίδα του οριακού στρώματος, boundary layer heat island (BLHI)
- θερμική νησίδα του στρώματος επιφανείας surface heat island (SHI)



Εικόνα 1.4. - Σχηματική απεικόνιση των κύριων τμημάτων της αστικής ατμόσφαιρας (Voogt, 2004)

Τα πρώτα δύο στρώματα σχετίζονται με την αστική θέρμανση της ατμόσφαιρας ενώ το τελευταίο με τη θέρμανση που προκύπτει από τις διάφορες επιφάνειες στην πόλη. Το στρώμα της φυτοκόμης (urban canopy layer, UCL) είναι το πιο κοντινό στην επιφάνεια της πόλης τμήμα του αέρα, το οποίο εκτείνεται προς τα πάνω, περίπου, έως το μέσο ύψος μιας οικοδομής. Επάνω ακριβώς από το UCL ξεκινάει το αστικό οριακό στρώμα (BLHI), το οποίο κατά την διάρκεια της ημέρας μπορεί να ξεπεράσει σε ανάπτυξη το 1 Km ενώ τη νύχτα μπορεί να συρρικνωθεί σε κάποιες εκατοντάδες μέτρα (Εικόνα 1.4.). Αναφορικά με τη θερμική νησίδα του στρώματος επιφανείας (SHI) η ένταση της ποικίλει ανάλογα με την περιοχή καθώς είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των οικοδομικών υλικών, την ύπαρξη βλάστησης και την ύπαρξη επιφανειών νερού και διαπερατών εδαφών (Zhang et al., 2008). Οι θερμοκρασίες του αέρα για τα δύο πρώτα στρώματα (CLHI ή BLHI) μπορούν να μετρηθούν άμεσα με τη χρήση θερμομέτρων, ενώ το SHI υπολογίζεται με τη βοήθεια αισθητήρων, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε αεροσκάφη ή δορυφόρους.

Η επιφανειακή ατμοσφαιρική νησίδα (SHI) είναι εμφανής τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και της νύχτας, αλλά είναι αρκετά πιο έντονη την ημέρα λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας. Αντίθετα η ατμοσφαιρική θερμική νησίδα γίνεται εντονότερη μετά τη δύση του ήλιου, λόγω της συνεχούς εκπομπής της θερμότητας, που απορροφήθηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας, από τις διάφορες επιφάνειες. Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 1.5.) αποτυπώνεται η χωρική και χρονική μεταβλητότητα των δύο ειδών αστικής θερμικής νησίδας.



Εικόνα 1.5. - Θερμοκρασία αέρα και επιφάνειας κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας (Πηγή: URBAN GREENBLUE GRIDS for sustainable and resilient cities, 2018)

Συγκεκριμένα η θερμική νησίδα του στρώματος της φυτοκόμης (CLHI) ξεκινάει να γίνεται πιο έντονη από το ηλιοβασίλεμα φθάνοντας σε ένα μέγιστο μερικές ώρες μετά από αυτό και διατηρείται μέχρι και το ξημέρωμα. Κατά τη διάρκεια της ημέρας η ένταση της CLHI είναι αρκετά μικρή έως και αρνητική μερικές φορές (δροσερό νησί) σε μερικά σημεία της πόλης όπου υπάρχει εκτενής σκίαση από ψηλά κτίρια ή γενικά άλλες δομές με αποτέλεσμα να υπάρχει καθυστέρηση στη θέρμανση λόγω της αποθήκευσης της θερμότητας από τα οικοδομικά υλικά. Τέλος η θερμική νησίδα του οριακού στρώματος (BLHI) είναι γενικά θετική σε όλη τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας αλλά πολύ μικρότερη σε ένταση σε σχέση με τις δύο προηγούμενες (Voogt, 2004).

Από μια άλλη προσέγγιση η διαδικασία της αστικοποίησης τείνει να επιδεινώνει τις αρνητικές επιπτώσεις στην αλλαγή του κλίματος και συνδέεται άμεσα με το μεγάλο πρόβλημα της αστικής θερμνησίδας (Rizwan et al., 2008). Συμπληρωματικά, τα κτιριακά απόβλητα και η δομή των δρόμων εντείνουν ακόμη περισσότερο το πρόβλημα. Η αστική θερμική νησίδα δεν είναι μόνο χαρακτηριστικό των μεγάλων μητροπόλεων αλλά και μικρότερων πόλεων (Stathopoulou and Cartalis, 2007) και παράλληλα διαφοροποιείται εντός της πόλης ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της κάθε επιμέρους περιοχής.

Καταλήγουμε έτσι στο γεγονός πως η αστική θερμική νησίδα είναι ένα αστικό φαινόμενο, ο αντίκτυπος του οποίου διαμορφώνεται μέσω του σχεδίου πόλεως, της έντασης της αστικοποίησης, καθώς και της μορφής και των ποιοτικών χαρακτηριστικών της αστικής δομής, των κτιρίων και των υποδομών. Η αστική θερμική νησίδα συμβάλλει σε φαινόμενα όπως αυτό του θερμοκρασιακού στρες - θερμοπληξίας και παράλληλα κάνει τον αντίκτυπο των κυμάτων καύσωνα πιο σοβαρό.

### **1.3. Καύσωνες και η σχέση τους με την Αστική Θερμική Νησίδα**

#### **1.3.1. Καύσωνες**

Ως καύσωνας μπορεί να οριστεί απλά ως μια «περίοδος ασυνήθιστα ζεστή και άβολη με συνήθως υγρό καιρό» ή απλά ως μια «απόκλιση από το μέσο όρο θερμοκρασίας» (Milligan, 2004). Ένας βασικός ορισμός του καύσωνα συνεπάγεται ότι πρόκειται για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα από υψηλές θερμοκρασίες που μπορεί να προκαλέσει προσωρινές αλλαγές στον τρόπο ζωής και ενδέχεται να έχει αρνητικές συνέπειες στην υγεία του πληθυσμού της πόλης (Robinson, 2001).

Οι καύσωνες είναι ένας κίνδυνος που εκτιμάται ότι θα αυξηθεί σοβαρά ως απόρροια της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Ο Stern (2007) αναφέρει χαρακτηριστικά: «Μέχρι το 2050, σύμφωνα με ένα σχετικά υψηλό σενάριο εκπομπών βλαβερών προς την ατμόσφαιρα ρύπων, οι θερμοκρασίες που έχουν παρατηρηθεί μέχρι τώρα κατά τη διάρκεια καυσώνων όπως π.χ του 2003, θα είναι οι μέσες θερμοκρασίες ενός καλοκαιριού. Η αύξηση της συχνότητας του φαινομένου του καύσωνα θα γίνει αισθητή εντονότερα στις πόλεις, όπου οι θερμοκρασίες θα αυξάνονται ακόμη περισσότερο λόγω της επίδρασης της αστικής θερμικής νησίδας».

#### **1.3.2. Η Τρωτότητα των Πόλεων στους Καύσωνες**

Οι πόλεις είναι εξαιρετικά ευπαθείς στους καύσωνες. Ο Milligan (2004) ορίζει, εναλλακτικά, τους καύσωνες ως μια αποκλειστικά αστική καταστροφή γεγονός που οδηγεί στην αύξηση της αστικής, φυσικής, κοινωνικής και οικονομικής τρωτότητας. Οι βασικοί λόγοι που οι πόλεις αντιμετωπίζουν τέτοια φαινόμενα καυσώνων είναι η μεγάλη πυκνότητα της δόμησης, οι κτιριακές κατασκευές που

έχουν υψηλές απαιτήσεις σε ενέργεια, η μεγάλη θερμότητα που εκλύεται λόγω των μεγάλων επιφανειών, η απουσία χώρων πρασίνου, ο όγκος της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων, η ατμοσφαιρική ρύπανση, η συγκέντρωση της θερμότητας που εκπέμπουν οι οικονομικές δραστηριότητες, και τέλος, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ύπαρξη της αστικής θερμικής νησίδας η οποία είναι το γινόμενο όλων των προηγούμενων παραγόντων και των μετεωρολογικών συνθηκών.

Όπως αναφέρει και ο Wassenhoven (2009) οι πόλεις είναι εξαιρετικά τρωτές στα κύματα καύσωνα, ενώ υπάρχουν πολλά παραδείγματα πόλεων που αντιμετώπισαν σοβαρά και θανατηφόρα κύματα καύσωνα όπως το Σικάγο το 1999 (Naughton et al., 2002), η Νέα Υόρκη τη δεκαετία του 1970 (Ellis et al., 1975), το Λος Άντζελες το 1995 (Nash, 2008) κλπ. Οι ηλικιωμένοι ήταν τα κύρια θύματα σε όλες αυτές τις περιπτώσεις. Σύμφωνα με έρευνες, ο Αύγουστος του 2003 ήταν ο θερμότερος Αύγουστος στην ιστορία του βορείου ημισφαιρίου (Milligan, 2004). Ο Stern αναφέρει πως «Καύσωνες όπως αυτοί του 2003, όπου 35.000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους, θα είναι ένα σύνθημα φαινόμενο στην Ευρώπη μέσα στο επόμενο μισό του αιώνα» (Stern, 2007).

#### **1.4. Μελέτη Θερμικού Κινδύνου**

Με βάση τα παραπάνω στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μεθοδολογίας για τον πολυκριτηριακό προσδιορισμό του θερμικού κινδύνου που διατρέχουν οι κάτοικοι του Δήμου Αθηναίων σε υψηλή χωρική ανάλυση. Η ανομοιογένεια των πόλεων σε ό,τι αφορά τα δομικά, φυσικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά τους επιβάλλει την επιλογή δεδομένων υψηλής χωρικής ανάλυσης, τον εντοπισμό των γειτονιών με υψηλό θερμικό κίνδυνο και κατ' επέκταση την κατηγοριοποίηση των πόλεων σε διαβαθμισμένες κλίμακες θερμικού κινδύνου.

Η εκτίμηση του αστικού θερμικού κινδύνου στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε μέσω δορυφορικών δεδομένων και της κατάλληλης επεξεργασίας τους. Τα δεδομένα αυτά περιγράφονται παρακάτω και αφορούν στην επιφανειακή θερμοκρασία, τον δείκτη βλάστησης κανονικοποιημένων διαφορών, την αναλογία διαστάσεων της αστικής χαράδρας, την χρήση γης, το ύψος των κτιρίων και το ποσοστό αδιαπερατότητας. Εκτός από τα δορυφορικά δεδομένα, χρησιμοποιήθηκαν

και στατιστικά δεδομένα από την Απογραφή του 2011 για τις επτά (7) Δημοτικές Κοινότητες του Δήμου Αθηναίων, τα οποία θα παρουσιαστούν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 2.

Τα παραπάνω δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της έκθεσης και της ευαισθησίας των περιοχών του Δήμου Αθηναίων ως προς τη θερμοκρασία. Ο συνδυασμός των παραμέτρων της έκθεσης και της ευαισθησίας οδήγησε στην εκτίμηση του θερμικού κινδύνου που αντιμετωπίζουν οι κάτοικοι του Δήμου Αθηναίων στις διάφορες περιοχές αυτού. Η έκθεση χρησιμοποιείται για να απεικονιστούν οι περιοχές που εντείνουν, εξαιτίας των χαρακτηριστικών τους, τις υψηλές θερμοκρασίες σε αυτές και κατ' επέκταση εκθέτουν τον πληθυσμό τους σε μεγαλύτερο θερμικό κίνδυνο. Στην παρούσα εργασία, ο υπολογισμός της έκθεσης βασίστηκε σε μορφολογικά – πολεοδομικά δεδομένα, σε συνδυασμό με δεδομένα επιφανειακής θερμοκρασίας εδάφους και βλάστησης. Η ευαισθησία χρησιμοποιείται για να απεικονιστούν χωρικά οι πληθυσμιακές ομάδες που είναι ευαίσθητες στις υψηλές θερμοκρασίες. Για τον υπολογισμό της ευαισθησίας χρησιμοποιήθηκαν κοινωνικοοικονομικά δεδομένα των επτά (7) Δημοτικών Κοινοτήτων του Δήμου Αθηναίων, που προήλθαν από την Απογραφή του 2011.

#### ***1.4.1. Επιφανειακή Θερμοκρασία Εδάφους (Land Surface Temperature – LST)***

Η επιφανειακή θερμοκρασία (LST) αποτελεί μια πολύ σημαντική παράμετρο για τη μελέτη του αστικού περιβάλλοντος και ειδικότερα του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και της έντασής του. Η εκτίμησή της είναι δυνατή με την χρήση θερμικών αισθητήρων οι οποίοι φέρονται από δορυφόρους και καταγράφουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, την ακτινοβολία που ανιχνεύουν από την γήινη επιφάνεια στην φασματική περιοχή του θερμικού υπέρυθρου. Παρουσιάζει μεγάλη μεταβλητότητα, είτε μέσα στην ημέρα, ανάλογα με την ώρα και το ύψος του ηλίου, είτε εποχιακά. Βέβαια, σημαντική μεταβολή παρουσιάζει και λόγω της ανθρωπογενούς δραστηριότητας και των πολύ γρήγορων αλλαγών στην κάλυψη της γης.

#### **1.4.2. Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένων Διαφορών (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI)**

Ο δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένων διαφορών NDVI ποσοτικοποιεί την πυκνότητα και την υγεία της βλάστησης σε μια επιφάνεια. Αυτό γίνεται μετρώντας τη διαφορά ανάμεσα στο εγγύς υπέρυθρο (NIR), όπου η βλάστηση ανακλά ισχυρά την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, και το ερυθρό (RED), όπου η βλάστηση απορροφά την Η/Μ ακτινοβολία. Οι τιμές που παίρνει είναι από -1 έως 1, με τιμές κοντά στο 1 να δείχνουν πλήρη φυτοκάλυψη (ύπαρξη πράσινης βλάστησης – χλωροφύλλης), τιμές μηδενικές να δείχνουν γυμνό έδαφος ή σχεδόν αρνητικές ενώ τιμές κάτω του μηδενός να υποδηλώνουν την ύπαρξη νερού, χιονιού, πάγου και νεφών.

Ο τύπος υπολογισμού του δείκτη NDVI είναι:  $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$ .

Δορυφόροι εφοδιασμένοι με κανάλια στο εγγύς υπέρυθρο και στο ερυθρό, όπως ο Landsat, είναι δυνατόν να μας δώσουν τον δείκτη NDVI με κατάλληλη επεξεργασία. Πέρα από την προφανή χρήση του NDVI στη γεωργία, τη δασοπονία και άλλες αγροτικές δραστηριότητες, σημαντική είναι η συνεισφορά του και στις αστικές μελέτες, όπως η συγκεκριμένη, μέσω του εντοπισμού του αστικού πρασίνου.

#### **1.4.3. Αστική Χαράδρα και Αναλογία Διαστάσεων (H/W)**

Με τον όρο αστική χαράδρα εννοούμε τη κατακόρυφη τομή ενός δρόμου και των κτιρίων που τον πλαισιώνουν. Η ροή και τα θερμοκρασιακά χαρακτηριστικά των αστικών χαραδρών είναι πολύ σημαντικά για την ασφάλεια και την άνεση των κατοίκων όσο αφορά στην προστασία από τον άνεμο, το κρύο, τη ζέστη, τη βροχή και τα έντονα καιρικά φαινόμενα. Επίσης στις αστικές χαράδρες με υψηλή κυκλοφορία αυτοκινήτων συγκεντρώνονται πολλοί ρύποι, οι οποίοι λόγω χαμηλού αερισμού παγιδεύονται μεταξύ των κτιρίων και είναι άμεσα επικίνδυνοι για την υγεία των ανθρώπων που ζουν, περπατούν, εργάζονται ή οδηγούν σε αυτές αλλά και έμμεσα επικίνδυνοι για ολόκληρη αφού αυτή αποτελείται από αλληλουχία αστικών χαραδρών (Κουτσουράκης 2007).

Η μορφολογία των κτιρίων και η αύξηση του αριθμού των κατοίκων των αστικών περιοχών έχουν διαδραματίσει τον ουσιαστικότερο ρόλο στον επηρεασμό αστικού μικροκλίματος. Ο Lindberg (2007), εκπόνησε τρεις κύριες επιδράσεις της γεωμετρίας της αστικής χαράδρας στα μικροκλίματα. Καταρχάς, η αστική χαράδρα

οδηγεί σε άνιση θέρμανση κατά τη διάρκεια της ημέρας μέσα σε αστικό περιβάλλον, λόγω της έκθεσης ή μη έκθεσης των διαφόρων τομέων (έδαφος και τους τοίχους) σε άμεση και διάχυτη εισερχόμενη ακτινοβολία μικρού μήκους κύματος (ηλιακό φως). Δεύτερον, η αστική χαράδρα επηρεάζει κυρίως την απερχόμενη ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος το βράδυ, η οποία προκαλεί ανομοιόμορφη ψύξη λόγω της ακτινοβολίας που παγιδεύεται από τοίχους των κτιρίων και τις στέγες. Τρίτον, η τροποποιημένη γεωμετρία (δηλαδή, η παρουσία των κτιρίων) επηρεάζει επίσης την τραχύτητα της επιφάνειας, η οποία επηρεάζει στη συνέχεια τα χαρακτηριστικά του ανέμου στην αστική περιοχή. Για παράδειγμα, ο προσανατολισμός των δρόμων και η αναλογία των διαστάσεων (ή αναλογία ύψους προς πλάτος, H/W) έχουν ποσοτικοποιηθεί σε επίπεδα σκίασης σε διάφορες μελέτες (He et al., 2015).

Η αναλογία διαστάσεων της αστικής χαράδρας (canyon aspect ratio) (H/W) υπολογίζεται ως η μέση τιμή του ύψους (H) των κτηρίων ενός δρόμου προς το πλάτος του (W). Το H/W αποτελεί μια ιδιαίτερα σημαντική παράμετρο του αστικού μικροκλίματος έχοντας ισχυρή επίδραση στο σύνολο σχεδόν των διεργασιών εντός του UCL (Oke, 1982).

#### **1.4.4. Χρήση Γης (Land Use)**

Εκτός από την κάλυψη γης, υπάρχει και η έννοια της χρήση γης (Land Use), που χρησιμοποιείται επίσης πολύ συχνά για τη μελέτη του αστικού περιβάλλοντος, καθώς η χαρτογράφηση των χρήσεων γης έχει μεγάλη σημασία στην επιστημονική έρευνα, στον σχεδιασμό και στη διαχείριση του χώρου. Ένα σχέδιο χρήσης γης αντικατοπτρίζει τον χαρακτήρα της αλληλεπίδρασης ανάμεσα στον άνθρωπο και το περιβάλλον και την επιρροή σε βασικές οικονομικές δραστηριότητες της κοινωνίας.

Οι δυο αυτές έννοιες συνήθως συγχέονται, αν και αποδίδουν διαφορετικά πράγματα ως προς τη γήινη επιφάνεια. Η κάλυψη γης είναι η φυσική ιδιότητα της επιφάνειας ενώ η χρήση γης εκφράζει το πώς χρησιμοποιείται το έδαφος από τον άνθρωπο (κατοικίες, καλλιέργειες, πάρκα, εμπορικές δραστηριότητες κ.α.). Η χρήση γης δεν είναι δυνατόν να εκτιμηθεί από δορυφορικές εικόνες και είναι απαραίτητη η γνώση της περιοχής ώστε να βγουν ασφαλή συμπεράσματα για τη χρήση γης.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της διαφοράς των δύο εννοιών είναι, ένα μεγάλο πάρκο το οποίο περιέχει πράσινο, περιοχή νερού, όπως ένα σιντριβάνι και



έχει κομμάτια πεζόδρομου. Η χρήση γης του πάρκου είναι η αναψυχή των γύρω κατοίκων της περιοχής, αλλά η κάλυψη γης της αποτελείται από τρία διαφορετικά σημεία, που είναι βλάστηση, επιφάνειες νερού και τμήματα πεζόδρομου.

Το πρόγραμμα Copernicus της Ευρωπαϊκής Επιτροπής είναι υπεύθυνο για την παρατήρηση της γης για περιβαλλοντικούς λόγους, και παρέχει δεδομένα τόσο από δορυφορικές εικόνες όσο και από επίγειες μετρήσεις. Τα δεδομένα αφορούν την κλιματική αλλαγή, την ατμόσφαιρα, την γήινη επιφάνεια, τα οποία έχουν αρκετές περιβαλλοντικές εφαρμογές όπως τη γεωργία, τη δασοπονία αλλά και τον αστικό σχεδιασμό. Ιδιαίτερα μας ενδιαφέρουν τα δεδομένα από το πρόγραμμα Urban Atlas. Το Urban Atlas δίνει πανευρωπαϊκά δεδομένα για την χρήση γης, για μεγάλες αστικές περιοχές άνω των 100.000 κατοίκων σε όλη την Ευρώπη, όπου στη νεότερη έκδοση του Urban Atlas του 2012, το όριο έπεσε στους 50.000 κατοίκους. Η ταξινόμηση γίνεται σε 17 αστικές τάξεις και 10 αγροτικές.

#### **1.4.5. Ύψος Κτιρίων (Building Height)**

Τα δεδομένα ύψους κτιρίων (Building Height) περιέχουν αναλυτικές πληροφορίες, σε χωρική ανάλυση 10x10 μέτρα, για το ύψος των κτιρίων κάποιων επιλεγμένων πόλεων του Urban Atlas. Τα δεδομένα προέρχονται από τον δορυφόρο IRS – P5 και αποτελούν μια έμμεση παράμετρο εκτίμησης τη αστικής πυκνότητας και εν γένει της αστικής μορφολογίας.

#### **1.4.6. Ποσοστό Αδιαπερατότητας (Imperviousness Density – IMD)**

Τα δεδομένα αδιαπερατότητας (IMD) δείχνουν το ποσοστό της κάλυψης του φυσικού εδάφους από ανθρωπογενή υλικά. Οι μη φυσικές/αδιαπερατές επιφάνειες των πόλεων οφείλονται στην μετατροπή των φυσικών ή υδάτινων επιφανειών με τεχνητά υλικά, τα οποία συνήθως είναι αδιαπερατά. Αυτές οι τεχνητές επιφάνειες συνήθως διατηρούνται για μεγάλα χρονικά διαστήματα και δύσκολα επιστρέφουν στην πρότερη κατάσταση τους. Τα δεδομένα διαπερατότητας από το πρόγραμμα Copernicus αποτυπώνουν τη χωρική κατανομή αυτών των τεχνητών επιφανειών συμπεριλαμβάνοντας πληροφορίες για το ποσοστό αδιαπερατότητας σε κάθε εικονοστοιχείο. Το ποσοστό της αδιαπερατότητας κάθε εικονοστοιχείου (1-100%) παράγεται από μια ημιαυτόματη ταξινόμηση βασισμένη στον δείκτη NDVI. Η χωρική ανάλυση των δεδομένων είναι 10x10 μέτρα.

#### **1.4.7. Παρουσία Δόμησης (*Impervious Build Up – IBU*)**

Τα δεδομένα της παρουσίας δόμησης (IBU) αποτυπώνουν τη χωρική κατανομή των κτιρίων. Προέρχονται από το πρόγραμμα Copernicus, ουσιαστικά αποτελούν υποπροϊόν του ποσοστού αδιαπερατότητας (IMD) και παρέχονται σε χωρική ανάλυση 10x10 μέτρα. Η πληροφορία που παρέχουν είναι σε δυαδική μορφή, δηλαδή η τιμή 1 αντιστοιχεί στην ύπαρξη κτιρίων και η τιμή 0 στην απουσία κτιρίων.

## ΔΕΥΤΕΡΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### Μεθοδολογία

#### 2.1. Πολυκριτηριακή Ανάλυση

Ο βασικός σκοπός της πολυκριτηριακής ανάλυσης είναι, με έγκυρο και σαφή τρόπο, να πραγματοποιηθεί η συνθετική μελέτη όλων των κριτηρίων και δεδομένων για την λήψη μίας απόφασης. Η πολυκριτηριακή ανάλυση δεν είναι αποκλειστικά η σύνθεση και ανάλυση των δεδομένων ενός προβλήματος, αλλά η εκτέλεση της έγκυρης ανάλυσης του προβλήματος βάσει συγκεκριμένων κανόνων, λαμβάνοντας υπόψιν όλες τις όψεις του προβλήματος.

Κατά τον Ζοπουνίδη (Zorounidis, 1999), πολυκριτήρια ανάλυση ορίζεται ένα σύνολο μεθόδων που βοηθούν στην σύνθεση πολλών κριτηρίων εκτίμησης, ούτως ώστε να καθιστά δυνατή την επιλογή, κατάταξη, ταξινόμηση και περιγραφή ενός συνόλου εναλλακτικών ενεργειών. Βασικός στόχος της ανάλυσης είναι, ο αποφασίζων να συγκεντρώσει τα εργαλεία που θα τον βοηθήσουν στην επίλυση προβλημάτων. Ο αποφασίζων πρέπει μέσω των υποβοηθούμενων εργαλείων να εξετάσει έναν αριθμό πολλαπλών κριτηρίων.

Σε πολλές εφαρμογές πολυκριτηριακής ανάλυσης, το βασικό ερώτημα σχετίζεται με φαινόμενα τα οποία διαδραματίζονται στο χώρο. Συνεπώς, τα παραγόμενα αποτελέσματα αναφέρονται σε τμήματα του χώρου ή σε χωρικές μονάδες αφού τα κριτήρια και δεδομένα τα οποία λαμβάνουν μέρος στην ανάλυση έχουν χωρική κατανομή.

Η χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση (ΧΠΚΑ), προϋποθέτει την αξιοποίηση χωρικών δεδομένων και έχει ως αποτέλεσμα την αξιολόγηση εναλλακτικών επιλογών με γεωγραφική διάσταση. Στην ορολογία των ΣΓΠ, αυτές οι εναλλακτικές επιλογές μπορεί να αντιστοιχίζονται σε σημειακές, γραμμικές ή επιφανειακές οντότητες (αντικείμενα ενός διανυσματικού μοντέλου) ή σε διακριτά τμήματα χώρου (ψηφίδες ενός ψηφιδωτού μοντέλου) (Χαλκιάς και Γκούσια, 2015).

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι εφαρμογές χωρικής πολυκριτηριακής ανάλυσης αποτελούν ένα ιδιαίτερα δημοφιλές υπόβαθρο ανάπτυξης εφαρμογών των ΣΓΠ, σε επιστημονικές περιοχές όπως το περιβάλλον, ο αστικός και περιφερειακός

σχεδιασμός, οι γεωεπιστήμες, η διαχείριση αποβλήτων, η υδρολογία, η γεωργία κ.α. (Malczewski, 2006).

Η διαδικασία της ΧΠΚΑ με χαρτογραφική υπέρθεση παραμέτρων/ δεδομένων στο πλαίσιο ενός Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών ακολουθεί, σε γενικές γραμμές, τα παρακάτω βήματα:

α) Καθορισμός κύριου ερωτήματος όπου γίνεται η αναγνώριση και ο σαφής ορισμός του προβλήματος. Συνήθως, αυτό το βήμα σχετίζεται με κάποιες επιθυμητές ιδιότητες του χώρου και περιλαμβάνει επιπρόσθετα και τον καθορισμό των βασικών συνθηκών ανάλυσης και το προσδιορισμό των επιμέρους στόχων.

β) Επιλογή παραμέτρων/ δεδομένων φάση στην οποία προσδιορίζονται τα κριτήρια ανάλυσης και οι χωρικές μεταβλητές. Ουσιαστικά οι παράμετροι/δεδομένα αυτά αντιστοιχούν στα θεματικά επίπεδα ενός ΣΓΠ. Η επιλογή των κριτηρίων και των δεδομένων βασίζεται συνήθως, στην εμπειρία των ερευνητών και τη σχετική βιβλιογραφία. Μετά την επιλογή των μεταβλητών και των καθορισμό των πρωτογενών δεδομένων τα οποία θα πρέπει να εισαχθούν στο υπό διαμόρφωση ΣΓΠ, σειρά έχουν οι αρχικές επεξεργασίες σ' αυτά τα δεδομένα και η διαμόρφωση των θεματικών επιπέδων. Σ' αυτό το στάδιο επεξεργασίας αξιοποιούνται οι δυνατότητες για εισαγωγή, μετασχηματισμούς και επεξεργασίες γεωγραφικών δεδομένων τις οποίες παρέχει ένα ΣΓΠ. Η γεωαναφορά σαρωμένων χαρτών, οι ψηφιοποιήσεις, καθώς και άλλοι μετασχηματισμοί (π.χ. αλλαγή συστήματος αναφοράς) και επεξεργασίες (π.χ. αλλαγή μεγέθους ψηφίδας ή συγχωνεύσεως θεματικών κατηγοριών) αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αρχικών επεξεργασιών στα δεδομένα.

γ) Καθορισμός Συντελεστών Βαρύτητας φάση στην οποία τα δεδομένα αξιολογούνται ως προς το βαθμό επίδρασης τους στο πρόβλημα ή στη λύση του προβλήματος. Η επιλογή των βαρών βασίζεται συνήθως, στην εμπειρία των ερευνητών και τη σχετική βιβλιογραφία

δ) Συνδυασμός παραμέτρων/ δεδομένων (παραγωγή αποτελεσμάτων) φάση στην οποία γίνεται η ανάλυση των δεδομένων με αντικειμενικές και αξιόπιστες μεθοδολογίες και εξάγονται τα αποτελέσματα ως το τελικό θεματικό επίπεδο του ΣΓΠ.

ε) Πιστοποίηση - Έλεγχος αποτελεσμάτων

## **2.2. Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ)**

Τα ΣΓΠ δέχονται δεδομένα από πολλαπλές πηγές οι οποίες μπορεί να έχουν πολλές διαφορετικές τυποποιήσεις και δομές. Στους διαφορετικούς τύπους δεδομένων συμπεριλαμβάνονται χάρτες, εικόνες, φωτογραφίες, ψηφιακά προϊόντα, σήματα /μετρήσεις GPS, κείμενα, πίνακες δεδομένων. Τα ΣΓΠ συνδυάζουν δεδομένα και συνεργάζονται με ένα μεγάλο αριθμό άλλων επιστημονικών κατευθύνσεων, όπως τη Γεωγραφία, τη Χαρτογραφία, τη Φωτογραμμετρία, την Τηλεπισκόπηση, τη Γεωδαισία, την Τοπογραφία, την Επιστήμη του Πολιτικού Μηχανικού, τη Στατιστική, την Πληροφορική, την Επιχειρησιακή έρευνα, την Τεχνητή Νοημοσύνη κλπ.

Σύμφωνα με έναν άλλο ορισμό (Μανιάτης, 1996) ένα ΣΓΠ δεν είναι απλά ένα μέσο με το οποίο παράγονται χάρτες διαγράμματα ή κατάλογοι ποιοτικών χαρακτηριστικών, αλλά μία νέα ολοκληρωμένη τεχνολογία απαραίτητη για την ανάλυση και μελέτη του χώρου καθώς και τη λήψη αποφάσεων (Decision Making) που αφορούν τη γη, το περιβάλλον και τον άνθρωπο (Κωνσταντόπουλος, 2011).

Ένας ακριβέστερος ορισμός δόθηκε από την F.I.G. (Federation Internationale des Geometres). Σύμφωνα με αυτόν «Σύστημα Πληροφοριών Γης είναι ένα εργαλείο για λήψη αποφάσεων νομικής, διοικητικής και οικονομικής υφής και ένα όργανο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη, το οποίο αποτελείται από μια Βάση Δεδομένων που περιέχει για μια έκταση στοιχεία προσδιορισμένα στο χώρο, τα οποία σχετίζονται με τη γη και από διαδικασίες και τεχνικές για τη συστηματική συλλογή, ενημέρωση, επεξεργασία και διανομή των στοιχείων. Η βάση ενός ΣΓΠ είναι ένα ενιαίο σύστημα (γεωγραφικής) αναφοράς, το οποίο επίσης διευκολύνει τη σύνδεση των στοιχείων μεταξύ τους καθώς και με άλλα συστήματα που περιέχουν στοιχεία για τη γη» (Μωράκος, 2009).

Η οργάνωση ενός ΣΓΠ στηρίζεται σε πέντε βασικές συνιστώσες, οι οποίες αποτελούν τα στάδια ανάπτυξής του και είναι:

1. Αναγνώριση και συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για τη συγκεκριμένη εφαρμογή (Data Acquisition)

2. Προεπεξεργασία, δηλαδή προετοιμασία των συλλεχθέντων στοιχείων, έτσι ώστε να μπορούν να εισαχθούν στον υπολογιστή, και εισαγωγή τους σ' αυτόν (Preprocessing)
3. Διαχείριση Δεδομένων με τη δημιουργία της Βάσης Δεδομένων (Data Management)
4. Επεξεργασία και Ανάλυση Δεδομένων (Manipulation and Analysis) με διάφορες μεθόδους
5. Παραγωγή Αποτελεσμάτων σε έντυπη (hard copy) ή μη έντυπη (soft copy) μορφή (Product Generation)

### **2.3. Εκτίμηση Θερμικού Κινδύνου**

Η παρούσα εργασία, όπως έχει προαναφερθεί, έχει ως στόχο την ανάπτυξη μεθοδολογίας για τον προσδιορισμό – εκτίμηση του θερμικού κινδύνου που διατρέχουν οι κάτοικοι της περιοχής του Δήμου Αθηναίων, σε υψηλή χωρική ανάλυση. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, χρειάζεται να επεξεργαστούν κατάλληλα δορυφορικά, πολεοδομικά – μορφολογικά και κοινωνικοοικονομικά δεδομένα που αφορούν την περιοχή μελέτης. Έτσι, ο Δήμος Αθηναίων θα κατηγοριοποιηθεί σε διαβαθμισμένες κλίμακες έκθεσης και ευαισθησίας στο θερμικό κίνδυνο, οι οποίες θα αποτυπώσουν τελικά τον συνολικό θερμικό κίνδυνο των κατοίκων κάθε κλίμακας. Τα αναλυτικά βήματα που ακολουθήθηκαν για την εκτίμηση του θερμικού κινδύνου παρουσιάζονται παρακάτω.

#### ***2.3.1. Αστικά Πολεοδομικά – Μορφολογικά Χαρακτηριστικά***

Αρχικά, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το πρόγραμμα Copernicus της Ευρωπαϊκής Ένωσης ώστε να κατηγοριοποιηθεί η περιοχή μελέτης σε περιοχές με κοινά μορφολογικά και πολεοδομικά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά αυτά επηρεάζουν το θερμικό περιβάλλον των πόλεων. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα χρήσεων γης, ύψους κτιρίων, παρουσίας δόμησης και ποσοστού αδιαπερατότητας της επιφάνειας του εδάφους καθώς και δεδομένα αναλογίας διαστάσεων αστικής χαράδρας (H/W ratio) που παρήχθησαν στο Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης και Επεξεργασίας Εικόνας του τομέα Φυσικής Περιβάλλοντος και Μετεωρολογίας του ΕΚΠΑ. Η αξιοποίηση δεδομένων από το πρόγραμμα Copernicus επιλέχτηκε λόγω της δωρεάν διάθεσης τους, της αξιοπιστίας τους και της ευρείας

γεωγραφικής κάλυψης που παρέχουν (όλες οι πόλεις της Ευρώπης με πληθυσμό >100.000 κατοίκων), γεγονός που δίνει τη δυνατότητα αναπαραγωγής της μεθοδολογίας σε μεγάλη κλίμακα. Τα δεδομένα αυτά παρέχονται σε μορφή raster και με την κατάλληλη επεξεργασία στο λογισμικό QGIS (χρήση κοινού συστήματος αναφοράς, περικοπή στα όρια του Δ. Αθηναίων, απαλοιφή μηδενικών τιμών, αλλαγή μεγέθους εικονοστοιχείων) ετοιμάστηκαν ώστε να κατηγοριοποιηθούν με τη χρήση του προγράμματος R και της μεθόδου k-prototypes (Szepannek, 2018; Huang, 1998; Ahmad and Khan, 2019).

Για να εφαρμοστεί η μέθοδος k-prototypes που είναι ένας αλγόριθμος μη-επιβλεπόμενης συσταδοποίησης ακολουθήθηκαν τα εξής πέντε (5) στάδια:

1. Επιλογή του συνόλου των μεταβλητών που περιγράφουν την αστική μορφολογία.
2. Επιλογή κατάλληλου αλγορίθμου συσταδοποίησης.
3. Εξαγωγή αποτελεσμάτων και κατηγοριοποίηση.
4. Επιλογή βέλτιστου αριθμού κατηγοριών.

Γενικά, η συσταδοποίηση αποτελεί μια διαδικασία κατά την οποία πραγματοποιείται μια εύρεση συνόλων από δεδομένα εισόδου ώστε οι κατηγορίες που προκύπτουν να περιέχουν αντικείμενα που παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα μεταξύ τους ενώ παράλληλα διαφέρουν σημαντικά από τα αντικείμενα διαφορετικών κατηγοριών. Η ανάπτυξη της βάσης δεδομένων για την περιγραφή της αστικής μορφολογίας βασίστηκε στη χρήση τόσο συνεχών (ύψος κτιρίων, ποσοστό αδιαπερατότητας της επιφάνειας του εδάφους, αναλογία διαστάσεων αστικής χαράδρας) όσο και διακριτών μεταβλητών (χρήσεις γης, παρουσία δόμησης). Η ιδιαιτερότητα αυτή απαιτεί τη χρήση ενός αλγορίθμου μηχανικής μάθησης που έχει την ικανότητα να αναγνωρίζει δομές στα δεδομένα εισόδου βάσει ενός κριτηρίου που εξετάζει συγχρόνως την γεωμετρική ομοιότητα των συνεχών όσο και των διακριτών μεταβλητών.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική επισκόπηση, ο βέλτιστος αλγόριθμος που ικανοποιεί τους ανωτέρω περιορισμούς των δεδομένων εισόδου είναι ο k-prototypes (Ahmad and Khan, 2019), ο οποίος και επιλέχθηκε. Ο αλγόριθμος αυτός αποτελεί μια παραλλαγή του κλασσικού αλγορίθμου συσταδοποίησης k-means με την διαφορά ότι

η βελτιστοποίηση στην συνάρτηση κόστους που χρησιμοποιείται, υπολογίζεται και για τους δύο τύπους των μεταβλητών εισόδου (συνεχείς και διακριτές). Συγκεκριμένα τα βήματα της ομαδοποίησης, σύμφωνα με τον αλγόριθμο k-prototypes συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Βήμα 1<sup>ο</sup>: Επιλογή k τυχαίων πρωτοτύπων από τα δεδομένα εισόδου.
- Βήμα 2<sup>ο</sup>: Κάθε αντικείμενο εισόδου βάσει της συνάρτησης ομοιότητας τοποθετείται στο πλησιέστερο από τα ανωτέρω k πρωτότυπα.
- Βήμα 3<sup>ο</sup>: Ελέγχεται εκ νέου η ομοιότητα του κάθε αντικειμένου εισόδου με τα πρωτότυπα, ανανεώνονται τα πρωτότυπα σύμφωνα με την ελαχιστοποίηση του κριτηρίου και στη περίπτωση που ένα αντικείμενο βρεθεί ότι είναι πλησιέστερο σε κάποιο άλλο πρωτότυπο ανανεώνονται οι τιμές των πρωτοτύπων.
- Βήμα 4<sup>ο</sup>: Η διαδικασία επαναλαμβάνεται (Βήμα 2 και 3) έως ότου κανένα αντικείμενο δεν αλλάζει την κατηγορία του.

Με βάση τα παραπάνω, λοιπόν, εξήχθησαν διάφοροι συνδυασμοί χωρικών κατηγοριοποιήσεων, που αποτελούνταν από τρεις (3) έως και δέκα (10) κατηγορίες. Ύστερα από την ανάλυση και μελέτη των αποτελεσμάτων και βάσει της γνώσης για την περιοχή μελέτης, επιλέχθηκε η βέλτιστη κατηγοριοποίηση, που ήταν οι έξι (6) κατηγορίες ομοιογενών πολεοδομικών – μορφολογικών χαρακτηριστικών για την περιοχή του Δήμου Αθηναίων. Δημιουργήθηκε, έτσι, ένα νέο επίπεδο δεδομένων σε μορφή raster, το οποίο αποτυπώνει τις έξι (6) διαφορετικές κατηγορίες που κατανέμονται χαρτογραφικά στον Δήμο Αθηναίων ως προς τα αστικά πολεοδομικά – μορφολογικά χαρακτηριστικά του.

### **2.3.2. Έκθεση στον Θερμικό Κίνδυνο**

Οι έξι (6) κατηγορίες ομοιογενών πολεοδομικών – μορφολογικών χαρακτηριστικών που δημιουργήθηκαν για την περιοχή μελέτης, συνδυάστηκαν με δύο βασικές παραμέτρους του θερμικού περιβάλλοντος των αστικών περιοχών, την επιφανειακή θερμοκρασία του εδάφους (LST) και το δείκτη βλάστησης κανονικοποιημένων διαφορών (NDVI). Η επιφανειακή θερμοκρασία του εδάφους είναι μία παράμετρος που επηρεάζει άμεσα το θερμικό περιβάλλον μιας περιοχής,



έχοντας και έμμεση σχέση με την θερμοκρασία αέρα, και η χρησιμότητά της και επιλογή της για τη συγκεκριμένη εργασία οφείλεται στον εύκολο προσδιορισμό της από δορυφορικά δεδομένα σε ευρεία χωρική έκταση και υψηλή χωρική ανάλυση κάτι που δεν είναι δυνατόν για τη παράμετρο της θερμοκρασίας του αέρα. Η επιφανειακή θερμοκρασία του εδάφους υπολογίστηκε από δεδομένα του δορυφόρου Landsat 8 με χωρική ανάλυση 30 μέτρων για την ημερομηνία 22/07/2020 όπου επικρατούσαν τυπικές καλοκαιρινές μετεωρολογικές συνθήκες. Ο δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένων διαφορών υπολογίστηκε με τη χρήση δορυφορικών δεδομένων του δορυφόρου Sentinel-2 με χωρική ανάλυση 10 μέτρων, και αποτελεί δείκτη για τη παρουσία βλάστησης καθώς και για την υγεία αυτής. Επιλέχθηκε εξαιτίας της έμμεσης σχέσης που έχει με το θερμικό περιβάλλον των αστικών περιοχών και συγκεκριμένα λόγω της δροσιστικής επίδρασης της (cooling effect).

Ο συνδυασμός των έξι (6) κατηγοριών ομοιογενών πολεοδομικών – μορφολογικών χαρακτηριστικών με την επιφανειακή θερμοκρασία και τον δείκτη βλάστησης κανονικοποιημένων διαφορών, συντελεί στην εκτίμηση της έκθεσης στον θερμικό κίνδυνο για κάθε περιοχή του Δήμου Αθηναίων. Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν κατάλληλα στο λογισμικό QGIS και με τη χρήση του λογισμικού R και την μέθοδο k-prototypes, αφού και σε αυτή την περίπτωση έχουμε συνεχείς (επιφανειακή θερμοκρασία εδάφους, δείκτης βλάστησης κανονικοποιημένων διαφορών) και διακριτές (κατηγορίες αστικών πολεοδομικών – μορφολογικών χαρακτηριστικών) μεταβλητές. Εξήχθησαν, όπως και στο προηγούμενο βήμα (βλ. 2.3.1.), διαφορετικοί συνδυασμοί χωρικών κατηγοριοποιήσεων με συνολικά έξι (6) έως και δέκα (10) κατηγορίες. Με βάση τη γνώση της πόλης και την μελέτη της, επιλέχθηκε ο συνδυασμός εκείνος που απέδιδε καλύτερα την έκθεση ως προς τον θερμικό κίνδυνο της περιοχής μελέτης, χωρίζοντάς την τελικά σε εννέα (9) κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές, ουσιαστικά, υποδηλώνουν τη διαφορετική έκθεση στον θερμικό κίνδυνο των διάφορων περιοχών του Δήμου Αθηναίων, δηλαδή το πόσο οι κάτοικοι των επιμέρους περιοχών κινδυνεύουν από την αυξημένη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, σύμφωνα με τα θερμικά και τα πολεοδομικά – μορφολογικά χαρακτηριστικά της. Το νέο επίπεδο δεδομένων που δημιουργήθηκε είναι σε μορφή raster και αποτυπώνει την χαρτογραφική κατανομή για τις εννέα (9) διαφορετικές κλίμακες έκθεσης στον Δήμο Αθηναίων.

### **2.3.3. Ευαισθησία στον Θερμικό Κίνδυνο**

Προκειμένου να εκτιμηθεί ο θερμικός κίνδυνος των περιοχών του Δήμου Αθηναίων, είναι απαραίτητο να γίνει χωρική κατηγοριοποίηση σε διαβαθμισμένες κατηγορίες και για την ευαισθησία τους ως προς τις θερμοκρασίες. Η ευαισθησία της περιοχής στον θερμικό κίνδυνο προέκυψε από τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά - παραμέτρους των επτά (7) διαφορετικών Δ.Κ. του Δήμου, που θα παρουσιαστούν αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3. Πιο συγκεκριμένα, από τις παραμέτρους αυτές, επιλέχθηκαν εκείνες που θεωρήθηκε ότι έχουν άμεση σχέση με την ευαισθησία ως προς τον θερμικό κίνδυνο. Αυτές είναι ο δείκτης πληθυσμιακής πυκνότητας (κάτοικοι/τ.χλμ), ο δείκτης γήρανσης, η κατανομή των ηλικιακών ομάδων 0-19 ετών και άνω των 60 ετών, το μέσο δηλωθέν εισόδημα και ο δείκτης ελάχιστης απαιτούμενης επιφάνειας πρασίνου (τ.μ.) ανά κάτοικο, για καθεμία από τις επτά (7) Δ.Κ.

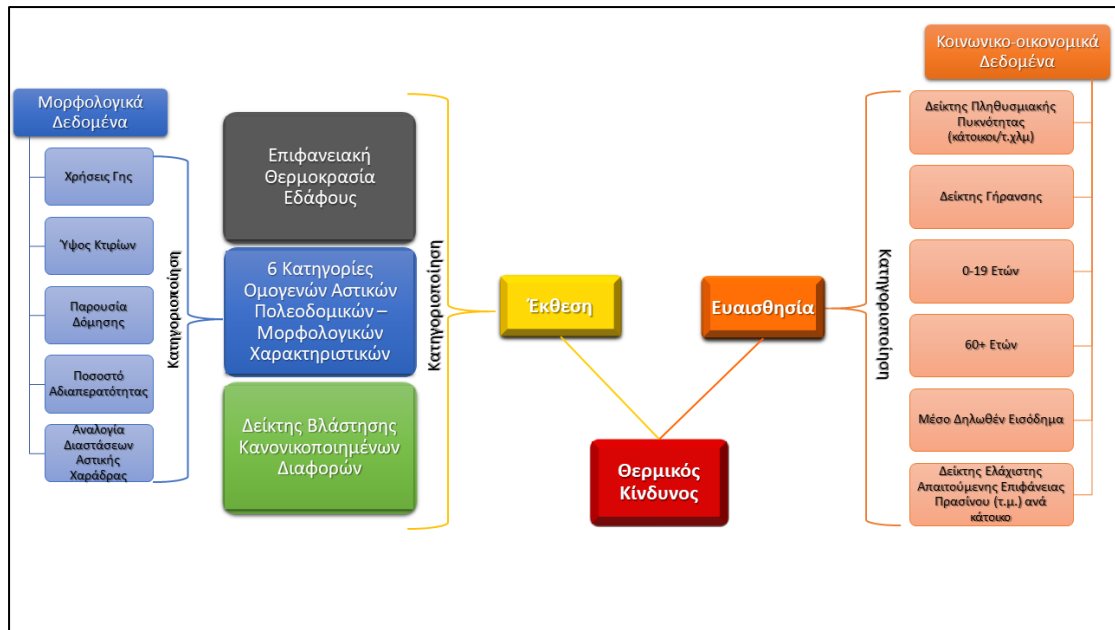
Με βάση, λοιπόν, τα δεδομένα, κάθε Δ.Κ. κατατάχθηκε σε μία κλίμακα ευαισθησίας από το ένα (1) έως το επτά (7), για καθεμία από τις παραμέτρους αυτές, ανάλογα με το πώς η κάθε παράμετρος επιδρά στην ευαισθησία (1= χαμηλή ευαισθησία, 7= υψηλή ευαισθησία). Ο δείκτης πληθυσμιακής πυκνότητας (κάτοικοι/τ.χλμ) επηρεάζει την ευαισθησία στον θερμικό κίνδυνο, διότι όσο μεγαλύτερος είναι, δηλαδή όσο περισσότεροι είναι οι άνθρωποι που κατοικούν σε καθεμία από τις επτά (7) Δ.Κ., τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία της Δ.Κ. στον θερμικό κίνδυνο, αφού περισσότεροι άνθρωποι επηρεάζονται από τις αυξημένες θερμοκρασίες. Ο δείκτης γήρανσης είναι εξίσου σημαντικός, αφού όσο μεγαλύτερος είναι, τόσο περισσότερο γηρασμένος είναι ο πληθυσμός, άρα τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία της Δ.Κ. ως προς τον θερμικό κίνδυνο. Σε ό,τι αφορά τις ηλικιακές ομάδες και την κατανομή τους στις επτά (7) Δ.Κ., τα άτομα 0-19 ετών καθώς και άνω των 60 ετών, αποτελούν γενικά τις περισσότερες ευάλωτες σε κινδύνους ηλικιακές ομάδες του πληθυσμού, με αποτέλεσμα, όσο περισσότεροι είναι σε μία περιοχή, τόσο περισσότερο να επηρεάζονται από τις αυξητικές θερμοκρασιακές μεταβολές. Το μέσο δηλωθέν εισόδημα είναι μία παράμετρος η οποία επιδρά διαφορετικά στην ευαισθησία στον θερμικό κίνδυνο. Ουσιαστικά, όσο υψηλότερο είναι το μέσο δηλωθέν εισόδημα των κατοίκων μιας Δ.Κ., τόσο καλύτερα αυτοί μπορούν να ανταπεξέλθουν οικονομικά, να προστατευθούν και να αντιμετωπίσουν έναν ενδεχόμενο θερμικό κίνδυνο, μειώνοντας έτσι την ευαισθησία της Δ.Κ. στην οποία

κατοικούν. Με τον ίδιο περίπου τρόπο επιδρά και ο δείκτης ελάχιστης απαιτούμενης επιφάνειας πρασίνου (τ.μ.) ανά κάτοικο στην ευαισθησία της κάθε Δ.Κ., αφού όσο μεγαλύτερος είναι, τόσο περισσότερο καλύπτει τα όρια της ελάχιστης απαιτούμενης επιφάνειας πρασίνου ανά κάτοικο (7,25 τ.μ./κάτοικο), όπως αυτά έχουν τεθεί βάσει της «Χάρτας Πρασίνου της Αθήνας» (2009), δηλαδή τόσο περισσότεροι είναι οι χώροι πρασίνου, οι οποίοι δροσίζουν την περιοχή και μειώνουν την ευαισθησία της στον θερμικό κίνδυνο.

Έπειτα, αθροίζοντας τις επιμέρους κλίμακες ευαισθησίας κάθε παραμέτρου για κάθε Δ.Κ., υπολογίστηκε η συνολική κλίμακα ευαισθησίας για καθεμία από αυτές. Έτσι, δημιουργήθηκε ένα επίπεδο δεδομένων για τις επτά (7) Δ.Κ., σε μορφή vector, που αποτυπώνει χαρτογραφικά την κατανομή των διαφορετικών κλιμάκων ευαισθησίας στον Δήμο Αθηναίων.

#### **2.3.4. Θερμικός Κίνδυνος**

Η εκτίμηση του θερμικού κινδύνου που διατρέχουν οι κάτοικοι της περιοχής του Δήμου Αθηναίων, προκύπτει ως αποτέλεσμα του συνδυασμού της έκθεσης και ευαισθησίας ως προς τις θερμοκρασίες για την περιοχή μελέτης, που έχουν δημιουργηθεί από τις χωρικές κατηγοριοποιήσεις τους σε επιμέρους διαβαθμισμένες κλίμακες. Ύστερα, λοιπόν, από την επεξεργασία των παραπάνω αποτελεσμάτων, χρειάστηκε να «προστεθούν» τα επίπεδα δεδομένων έκθεσης και ευαισθησίας. Για να πραγματοποιηθεί αυτό έπρεπε το επίπεδο της ευαισθησίας που είναι σε vector μορφή, να μετατραπεί σε μορφή raster προκειμένου να μπορούν να προστεθούν στο λογισμικό QGIS και να προκύψει το τελικό επίπεδο του θερμικού κινδύνου. Το επίπεδο αυτό αποτυπώνει χαρτογραφικά τον θερμικό κίνδυνο του Δήμου Αθηναίων, σε διαβαθμισμένες κατηγορίες. Οι περιοχές που είχαν το μικρότερο τελικό άθροισμα είναι εκείνες που έχουν τον χαμηλότερο θερμικό κίνδυνο, ενώ αυτές με το μεγαλύτερο τελικό άθροισμα, έχουν τον μεγαλύτερο θερμικό κίνδυνο. Έτσι, δημιουργήθηκαν συνολικά έντεκα (11) κλίμακες θερμικού κινδύνου, οι οποίες διαχωρίζουν την περιοχή μελέτης σε επιμέρους, ανάλογα με το πόσο αυτές και οι κάτοικοί τους τελικά κινδυνεύουν από ενδεχόμενες υψηλές θερμοκρασίες. Συνοπτικά, η μεθοδολογία που περιεγράφηκε παραπάνω, παρουσιάζεται σχηματικά στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα – Μεθοδολογία/ Διαδικασία Εύρεσης Θερμικού Κινδύνου

### 2.3.5. Βαθμονόμηση Κλίμακας Θερμικού Κινδύνου

Για τη βαθμονόμηση οποιουδήποτε δείκτη ή οποιασδήποτε κλίμακας προκύπτει από έναν πολυκριτηριακό προσδιορισμό, όπως στην παρούσα εργασία, είναι αναγκαία η ύπαρξη δεδομένων άμεσα σχετιζόμενων με το φυσικό φαινόμενο που περιγράφει ο δείκτης ή η κλίμακα. Η καλή χωρική ή χρονική συσχέτιση του δείκτη ή της κλίμακας με αυτά τα δεδομένα θα επιβεβαιώσει την αξιοπιστία και τη χρησιμότητά τους. Στην παρούσα εργασία, όπου εκτιμάται ο θερμικός κίνδυνος για τον Δήμο Αθηναίων, θα ήταν πολύ χρήσιμη η ύπαρξη δεδομένων σχετικά με ιατρικά περιστατικά συνδεόμενα με τις υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. καρδιοαναπνευστικά περιστατικά, θερμοπληξία, θερμοκρασιακό στρες) ή δεδομένων ενός βιομετεωρολογικού δείκτη (π.χ. δείκτης δυσφορίας). Τα δεδομένα αυτά, όμως, θα ήταν χρήσιμα μόνο στην περίπτωση που η χωρική τους ανάλυση ήταν σε παρόμοια επίπεδα με αυτά του θερμικού κινδύνου (επίπεδο γειτονιάς). Δυστυχώς, κάτι τέτοιο δεν ήταν εφικτό στην περίπτωση του Δήμου Αθηναίων και γενικά στην περίπτωση της Ελλάδας.

Παρόλα αυτά, σε μια προσπάθεια να βαθμονομηθεί η κλίμακα του θερμικού κινδύνου, ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα. Σε κάθε κλίμακα υπολογίστηκε η μέση τιμή της επιφανειακής θερμοκρασίας (LST) και του δείκτη βλάστησης κανονικοποιημένων διαφορών (NDVI), έτσι ώστε να συγκριθούν οι κλίμακες μεταξύ

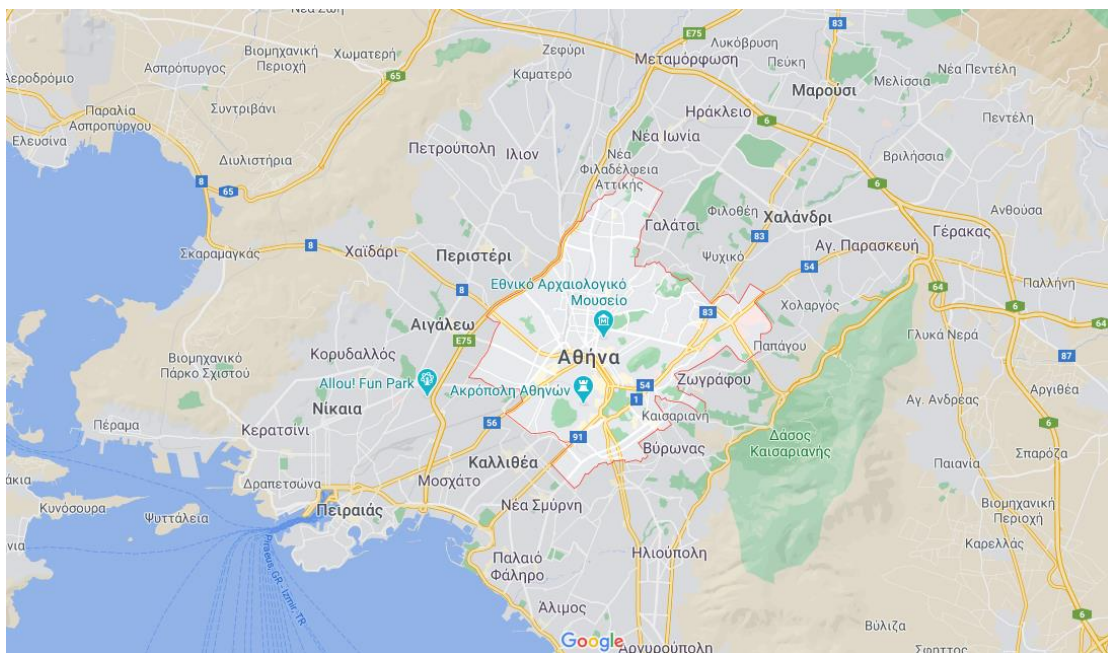
τους βάσει δύο παραμέτρων υπολογισμένων σε πολύ καλή χωρική ανάλυση και για τις οποίες εμπειρικά θεωρείται ότι επιδρούν στο θερμικό κίνδυνο των ανθρώπων. Επιπλέον, θεωρήθηκε βάσιμα ότι η κλίμακα 2, που αντιστοιχεί σε περιοχές με σχεδόν αποκλειστική παρουσία βλάστησης, αντιπροσωπεύει την καλύτερη δυνατή περίπτωση εντός του Δήμου Αθηναίων, καθώς εμπειρικά είναι γνωστό ότι σε αυτές τις περιοχές καταφεύγουν οι κάτοικοι των πόλεων σε περιπτώσεις καύσωνα. Με αυτόν τον τρόπο, περιγράφονται και συγκρίνονται ακριβώς οι διαφορές στα θερμικά χαρακτηριστικά κάθε κλίμακας σε σχέση με αυτή που θεωρήθηκε ιδανική για τον Δήμο Αθηναίων.

## ΤΡΙΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### Περιοχή Μελέτης

#### 3.1. Γενική Περιγραφή Περιοχής Μελέτης

Στην παρούσα εργασία, ως περιοχή μελέτης έχει επιλεγεί ο Δήμος Αθηναίων, ο οποίος παρουσιάζει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά. Ο Δήμος Αθηναίων βρίσκεται στην «καρδιά» του Νομού Αττικής και είναι ένας από τους παλαιότερους δήμους της σύγχρονης Ελλάδας, αφού συστάθηκε για πρώτη φορά με την διοικητική διαίρεση του 1833. Αποτελεί την έδρα του Κεντρικού Τομέα<sup>1</sup>, στο Λεκανοπέδιο των συνολικά οκτώ περιφερειακών ενοτήτων<sup>2</sup> της Αττικής. Συνιστά δημοφιλή ευρωπαϊκό τουριστικό προορισμό καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου, αφού συμπεριλαμβάνεται σε αυτόν και τα σημαντικότερα ιστορικά μνημεία της πόλης. Καταλαμβάνει έκταση 38,96 τ.χλμ, αναπτύσσεται σε υψόμετρο κέντρου 90 μ. και έχει πληθυσμό 664.046 κατοίκους, σύμφωνα με την Απογραφή του 2011, αποτελώντας τον πολυπληθέστερο Δήμο της χώρας.

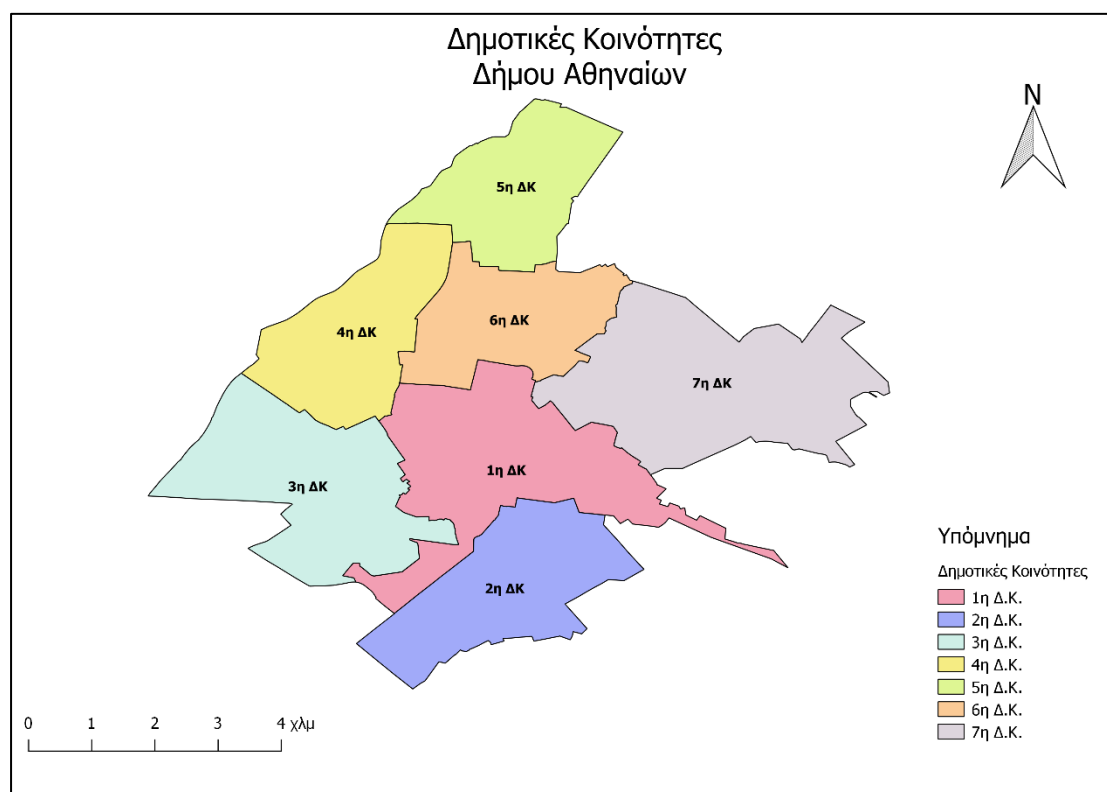


Χάρτης 3.1. – Η Περιοχή Μελέτης (Πηγή: Google Maps)

<sup>1</sup> Κεντρικός Τομέας Αθηνών: Δ. Αθηναίων, Δ. Βύρωνος, Δ. Γαλατσίου, Δ. Δάφνης-Υμηττού, Δ. Ζωγράφου, Δ. Ηλιουπόλεως, Δ. Καισαριανής, Δ. Νέας Φιλαδέλφειας- Νέας Χαλκηδόνας

<sup>2</sup> Περιφερειακές Ενότητες: Κεντρικού Τομέα Αθηνών, Νοτίου Τομέα Αθηνών, Βορείου Τομέα Αθηνών, Δυτικού Τομέα Αθηνών, Πειραιώς, Νήσων Αττικής, Δυτικής Αττικής, Ανατολικής Αττικής

Ο Δήμος Αθηναίων διαιρείται σε 7 επιμέρους Δημοτικές Κοινότητες (πρώην Διαμερίσματα) (Χάρτης 3.2.), οι οποίες εμφανίζουν ιδιαίτερη ποικιλομορφία όσον αφορά στις κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες. Παρακάτω παρουσιάζεται η εικόνα αυτών των Δημοτικών Κοινοτήτων (Δ.Κ.) του Δήμου Αθηναίων (Δ.Α.) σε ό,τι αφορά τη γεωγραφική φυσιογνωμία και τις συνοικίες τους.

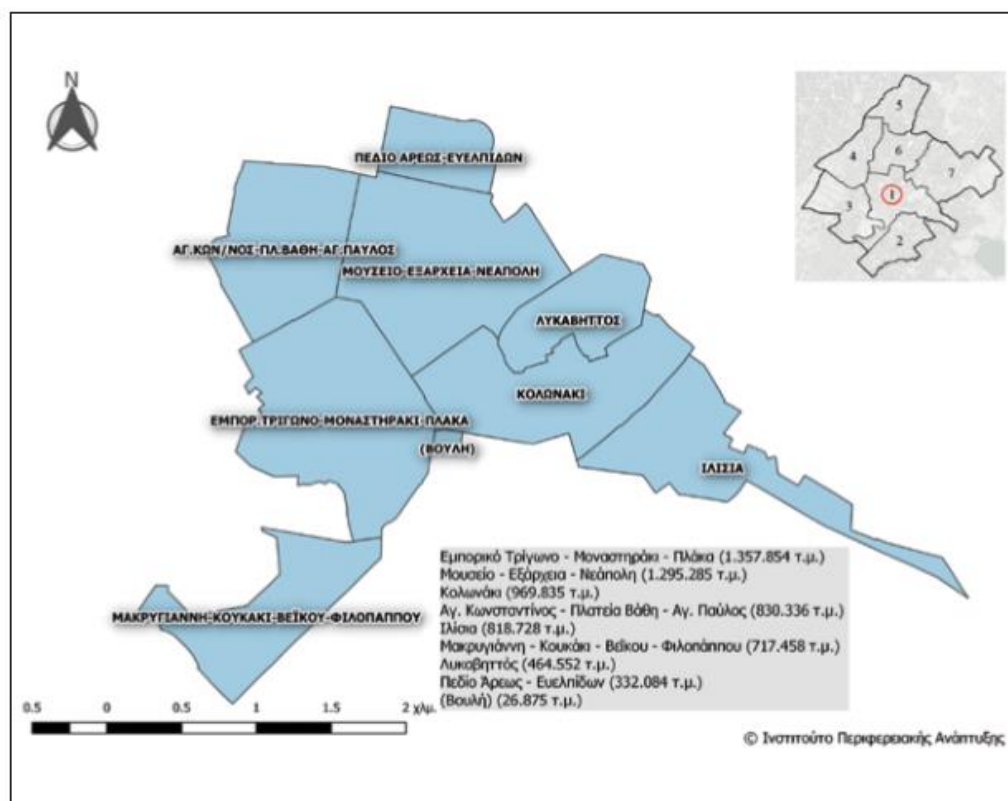


Χάρτης 3.2. – Δημοτικές Κοινότητες Δήμου Αθηναίων

### 3.1.1. 1η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων

Η 1η Δ.Κ. είναι η 2η μεγαλύτερη σε έκταση Δ.Κ. του Δ.Α., καλύπτοντας επιφάνεια 6.813 στρεμμάτων και με ποσοστό επί της συνολικής έκτασης του Δ.Α. 17,91%. Η 1η Δ.Κ. περιλαμβάνει τις ακόλουθες οκτώ (8) συνοικίες, από τη μεγαλύτερη σε έκταση προς τη μικρότερη (βλ. Χάρτη 3.3.): Εμπορικό τρίγωνο - Μοναστηράκι - Πλάκα, Μουσείο - Εξάρχεια - Νεάπολη, Κολωνάκι, Αγ. Κωνσταντίνος - Πλατεία Βάθη - Αγ. Παύλος, Ιλίσια, Μακρυγιάννη - Κουκάκι - Βεΐκου - Φιλοπάππου, Λυκαβηττός και Πεδίο Άρεως - Ευελπίδων. Επίσης, εντός των ορίων της 1ης Δ.Κ. βρίσκεται και η περιοχή της Βουλής των Ελλήνων. Η θέση της 1ης Δ.Κ. εντός του Δ.Α. είναι κεντρική και γειτνιάζει με όλες τις άλλες Δ.Κ. πλην της 5ης (βλ. Χάρτη 3.3.). Γειτνιάζει, επίσης, στο νότιο όριό της, με την περιοχή

Καλλιθέας και στο ανατολικό όριο της με τις περιοχές Καισαριανής και Ζωγράφου. (ΙΤΑ, 2018).

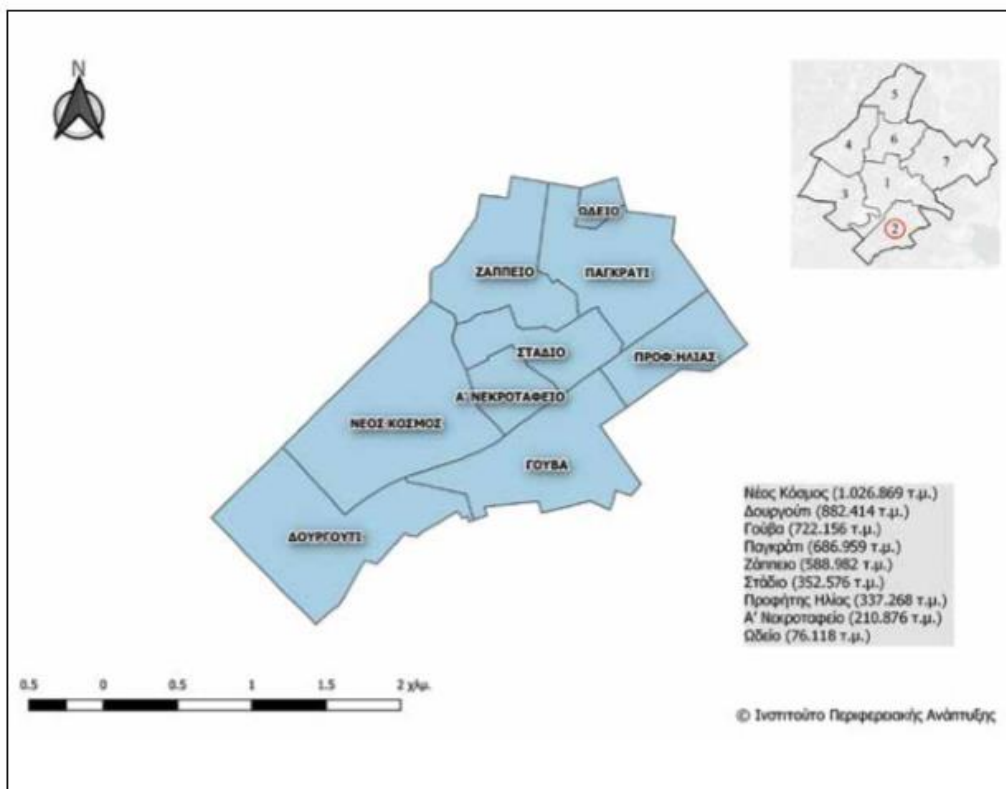


Χάρτης 3.3. - Οριοθέτηση και Συνοικίες 1ης Δημοτικής Κοινότητας Δήμου Αθηναίων (Πηγή: Ινστιτούτο Περιφερειακής Ανάπτυξης)

### 3.1.2. 2η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων

Η 2η Δ.Κ. είναι η 4η μεγαλύτερη σε έκταση Δ.Κ. του Δ.Α., καλύπτοντας επιφάνεια 4.884 στρ. και με ποσοστό επί της συνολικής έκτασης του Δ.Α. 12,84%. Η 2η Δ.Κ. περιλαμβάνει τις κάτωθι εννέα (9) συνοικίες (γειτονιές), από τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη (βλ. Χάρτη 3.4.): Νέος Κόσμος, Δουργούτι, Γούβα, Παγκράτι, Ζάππειο, Στάδιο, Προφήτης Ηλίας, Α΄ Νεκροταφείο και Ωδείο. Η θέση της 2ης Δ.Κ. εντός του Δ.Α. είναι νότια και γειτνιάζει μόνο με την 1η Δ.Κ. (βλ. Χάρτη 3.4.). Γειτνιάζει επίσης με τις περιοχές Καλλιθέας, Νέας Σμύρνης, Δάφνης, Υμηττού, Βύρωνα και Καισαριανής. (ΙΤΑ, 2018).

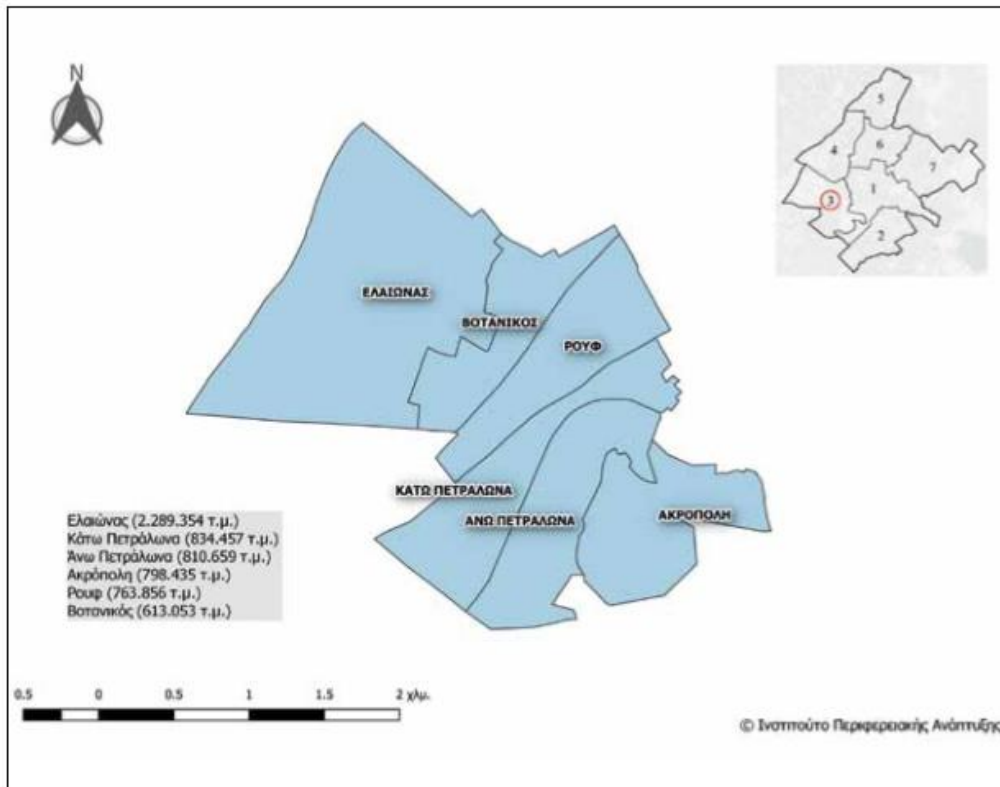




Χάρτης 3.4. - Οριοθέτηση και Συνοικίες 2ης Δημοτικής Κοινότητας Δήμου Αθηναίων (Πηγή: Ινστιτούτο Περιφερειακής Ανάπτυξης)

### 3.1.3. 3η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων

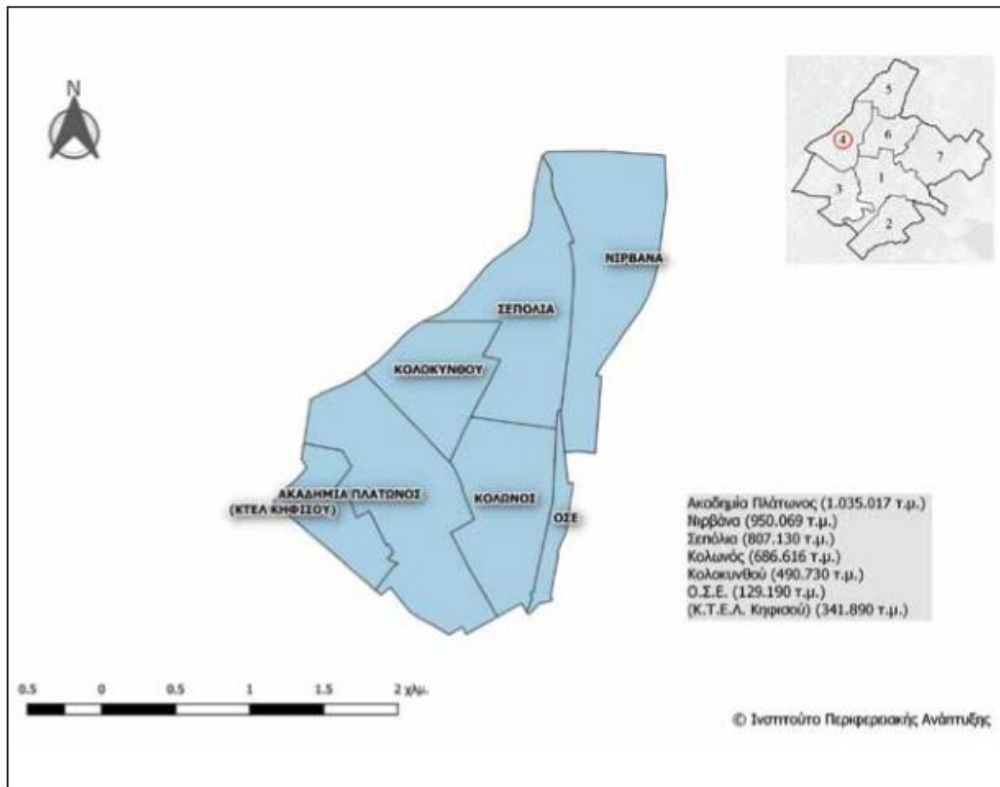
Η 3η Δ.Κ. είναι η 3η μεγαλύτερη σε έκταση Δ.Κ. του Δ.Α., καλύπτοντας επιφάνεια 6.110 στρέμματα και με ποσοστό επί της συνολικής έκτασης του Δ.Α. 16,06%. Η 3η Δ.Κ. περιλαμβάνει τις ακόλουθες έξι (6) συνοικίες (γειτονίες), από τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη (βλ. Χάρτη 3.5.): Ελαιώνας, Κάτω Πετράλωνα, Άνω Πετράλωνα, Ακρόπολη, Ρουφ και Βοτανικός. Η θέση της 3ης Δ.Κ. εντός του Δ.Α. είναι νοτιοδυτική με όμορες Δ.Κ. τις 1η και 4η (βλ. Χάρτη 3.5.). Γειτνιάζει επίσης με τις περιοχές Καλλιθέας, Ταύρου και Αιγάλεω. (ΙΤΑ, 2018).



Χάρτης 3.5. - Οριοθέτηση και Συνοικίες 3ης Δημοτικής Κοινότητας Δήμου Αθηναίων (Πηγή: Ινστιτούτο Περιφερειακής Ανάπτυξης)

#### 3.1.4. 4η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων

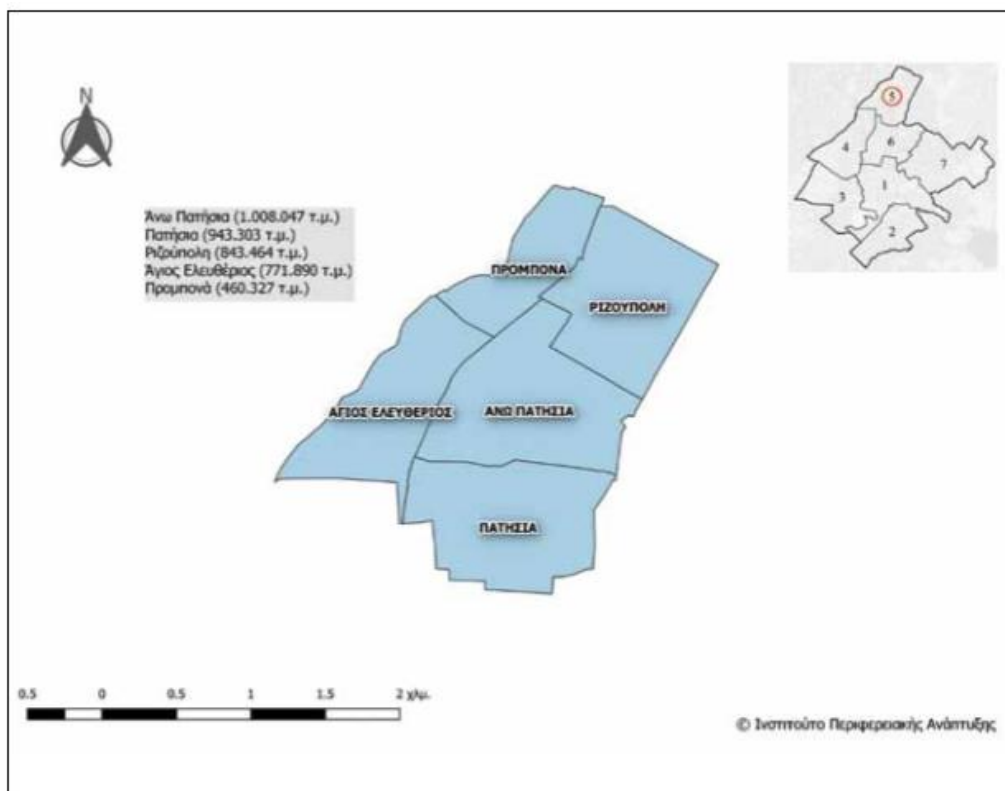
Η 4η Δ.Κ. είναι η 3η μικρότερη σε έκταση Δ.Κ. του Δ.Α., καλύπτοντας επιφάνεια 4.441 στρεμμάτων και με ποσοστό επί της συνολικής έκτασης του Δ.Α. 11,67%. Η 4η Δ.Κ. περιλαμβάνει τις ακόλουθες έξι (6) συνοικίες (γειτονίες), από τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη (βλ. Χάρτη 3.6.): Ακαδημία Πλάτωνος, Νιρβάνα, Σεπόλια, Κολωνός, Κολοκυνθού και ΟΣΕ. Επίσης, εντός των ορίων της 4ης Δ.Κ. εμπίπτει και η περιοχή του ΚΤΕΛ Κηφισού. Η θέση της 4ης Δ.Κ. εντός του Δ.Α. είναι βορειοδυτική με όμορες Δ.Κ. τις 1η, 3η, 5η και 6η (βλ. Χάρτη 3.6.). Γειτνιάζει επίσης με τις περιοχές Περιστερίου και Αγίων Αναργύρων. (ΙΤΑ, 2018).



Χάρτης 3.6. - Οριοθέτηση και Συνοικίες 4ης Δημοτικής Κοινότητας Δήμου Αθηναίων (Πηγή: Ινστιτούτο Περιφερειακής Ανάπτυξης)

### 3.1.5. 5η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων

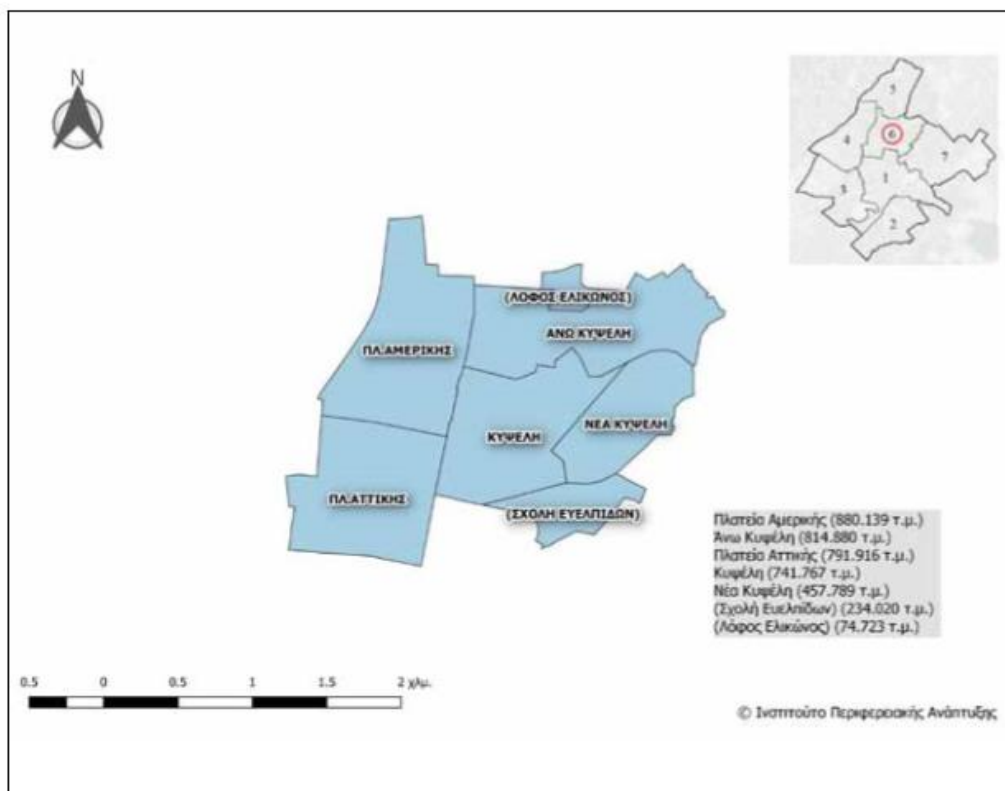
Η 5η Δ.Κ. είναι η 2η μικρότερη σε έκταση Δ.Κ. του Δ.Α., καλύπτοντας επιφάνεια 4.027 στρέμματα περίπου και με ποσοστό επί της συνολικής έκτασης του Δ.Α. 10,59%. Η 5η Δ.Κ. περιλαμβάνει τις ακόλουθες πέντε (5) συνοικίες (γειτονιές), από τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη (βλ. Χάρτη 3.7.): Άνω Πατήσια, Πατήσια, Ριζούπολη, Άγιος Ελευθέριος και Προμπονά. Η θέση της 5ης Δ.Κ. εντός του Δ.Α. είναι βόρεια και συνορεύει με τις 4η και 6 Δ.Κ. (βλ. Χάρτη 3.7.). Γειτνιάζει, επίσης, με τις περιοχές Αγίων Αναργύρων, Νέας Χαλκηδόνας, Νέας Φιλαδέλφειας, Νέας Ιωνίας και Γαλατσίου. (ΙΤΑ, 2018).



Χάρτης 3.7. - Οριοθέτηση και Συνοικίες 5ης Δημοτικής Κοινότητας Δήμου Αθηναίων (Πηγή: Ινστιτούτο Περιφερειακής Ανάπτυξης)

### 3.1.6. 6η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων

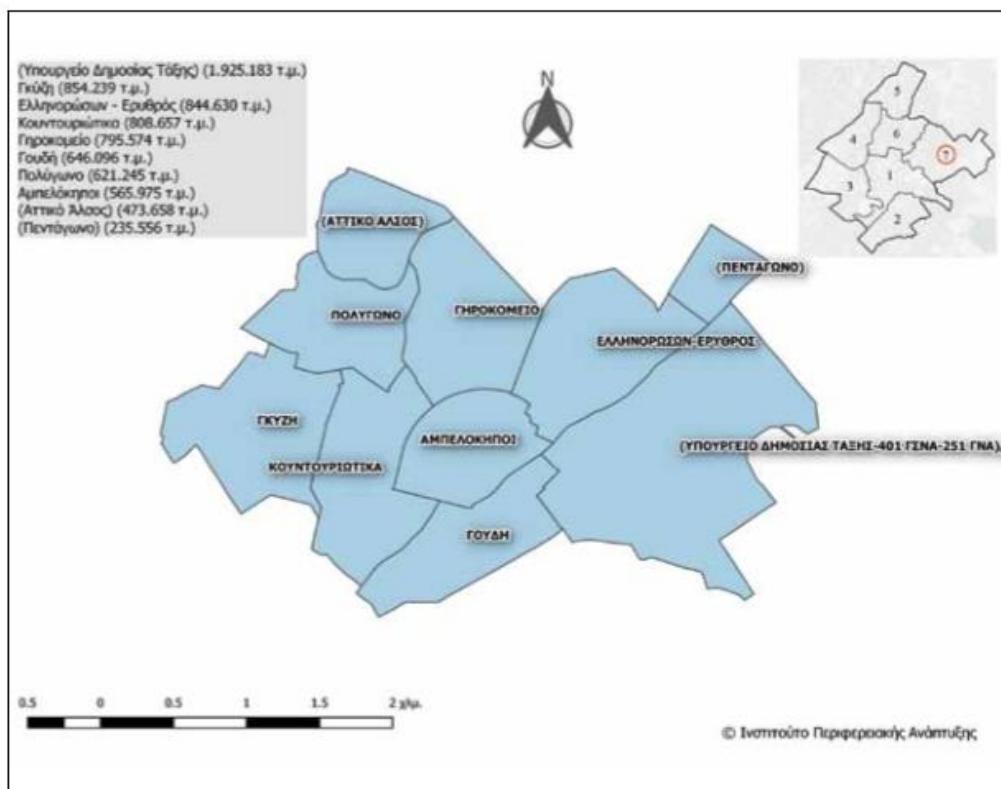
Η 6η Δ.Κ. είναι η μικρότερη σε έκταση Δ.Κ. του Δ.Α., καλύπτοντας επιφάνεια 3.995 στρ. και με ποσοστό επί της συνολικής έκτασης του Δ.Α. 10,50%. Η 6η Δ.Κ. περιλαμβάνει τις κάτωθι πέντε (5) συνοικίες (γειτονιές), από τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη (βλ. Χάρτη 3.8.): Πλατεία Αμερικής, Άνω Κυψέλη, Πλατεία Αττικής, Κυψέλη και Νέα Κυψέλη. Επίσης, η 6η Δ.Κ. περιλαμβάνει και τις περιοχές του λόφου Ελικώνος και της πρώην Σχολής Ευελπίδων. Η θέση της 6ης Δ.Κ. εντός του Δ.Α. είναι κεντρική και συνορεύει βόρεια με την 5η Δ.Κ., νότια με την 1η Δ.Κ., δυτικά με την 4η Δ.Κ. και ανατολικά με την 7η Δ.Κ. (βλ. Χάρτη 3.8.). Επίσης, τμήμα του βορείου ορίου της γειτνιάζει με την περιοχή Γαλατσίου. (ΙΤΑ, 2018).



Χάρτης 3.8. - Οριοθέτηση και Συνοικίες 6ης Δημοτικής Κοινότητας Δήμου Αθηναίων (Πηγή: Ινστιτούτο Περιφερειακής Ανάπτυξης)

### 3.1.7. 7η Δημοτική Κοινότητα Δήμου Αθηναίων

Η 7η Δ.Κ. είναι η μεγαλύτερη σε έκταση Δ.Κ. του Δ.Α., καλύπτοντας επιφάνεια 7.771 στρέμματα και με ποσοστό επί της συνολικής έκτασης του Δ.Α. 20,43%. Η 7η Δ.Κ. περιλαμβάνει τις ακόλουθες επτά (7) συνοικίες (γειτονίες), από τη μεγαλύτερη προς τη μικρότερη (βλ. Χάρτη 3.9.): Γκύζη, Ελληνορώσων - Ερυθρός, Κουντουριώτικα, Γηροκομείο, Γουδή, Πολύγωνο και Αμπελόκηποι. Επίσης, η 7η Δ.Κ. περιλαμβάνει και τις περιοχές: Υπουργείο Δημοσίας τάξης - 401 ΓΣΝΑ - 251 ΓΝΑ, Αττικό Άλσος και Πεντάγωνο. Η θέση της 7ης Δ.Κ. εντός του Δ.Α. είναι ανατολική και συνορεύει, στα δυτικά όριά της, με τις 1η και 6η Δ.Κ. (βλ. Χάρτη 3.9.). Επίσης, η 7η Δ.Κ. γειτνιάζει με τις περιοχές Ψυχικού, Νέου Ψυχικού, Χολαργού, Παπάγου και Ζωγράφου. (ΙΤΑ, 2018).



Χάρτης 3.9. - Οριοθέτηση και Συνοικίες 7ης Δημοτικής Κοινότητας Δήμου Αθηναίων (Πηγή: Ινστιτούτο Περιφερειακής Ανάπτυξης)

### 3.1. Συγκριτικά Χαρακτηριστικά Δημοτικών Κοινοτήτων Περιοχής Μελέτης

Οι επτά (7) Δημοτικές Κοινότητες εμφανίζουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και διαφοροποιούνται μεταξύ τους σε ποικίλες πτυχές τους που αφορούν σε κοινωνικά και δημογραφικά στοιχεία καθώς και σε στοιχεία βασικών υποδομών. Τα στοιχεία αυτά είναι σημαντικά για να διαμορφώσουμε μια πλήρη εικόνα για τον Δήμο Αθηναίων και τις επιμέρους Δημοτικές του Κοινότητες, καθώς αυτά παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εκτίμηση του θερμικού κινδύνου μιας περιοχής.

#### 3.2.1. Συγκριτικά Κοινωνικά και Δημογραφικά Στοιχεία των Δημοτικών Κοινοτήτων του Δήμου Αθηναίων

Στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 1) παρατίθενται συγκριτικά μια σειρά Δημογραφικών και Κοινωνικών Δεικτών των επιμέρους επτά (7) Δημοτικών Κοινοτήτων (Δ.Κ.) του Δήμου Αθηναίων από τους οποίους προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Η 6<sup>η</sup> Δ.Κ. αναδεικνύεται ως η πλέον πυκνοκατοικημένη Δ.Κ. καθώς χαρακτηρίζεται από τη μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα (32.548/τ.χλμ.). Ακολουθούν η 5<sup>η</sup> Δ.Κ. (24.556/τ.χλμ.) και η 2<sup>η</sup> Δ.Κ. (21.190/τ.χλμ.) μεταξύ των Δ.Κ. του Δ.Α. με τη μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα αρκετά υψηλότερα από τον μ.ο. του Δήμου (18.891/τ.χλμ.) .
- Όσον αφορά στον Δείκτη Γήρανσης παρατηρείται ότι η 1<sup>η</sup> Δ.Κ. παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή (1,28) και ακολουθούν η 2<sup>η</sup> Δ.Κ. (1,07) και η 7<sup>η</sup> Δ.Κ. (1,06). Αξίζει να σημειωθεί ότι η 4<sup>η</sup> Δ.Κ. αναδεικνύεται ως η Δ.Κ. με τη μεγαλύτερη πληθυσμιακή δυναμική παρουσιάζοντας την τιμή Δείκτη Γήρανσης 0,68, πολύ χαμηλότερο από τον αντίστοιχο μέσο δείκτη του Δήμου Αθηναίων (0,96).
- Επιπρόσθετα, μελετώντας την παρουσία μονίμων κατοίκων με ξένη υπηκοότητα στις Δ.Κ. του Δήμου Αθηναίων διαπιστώνεται ότι η μεγαλύτερη συγκέντρωση καταγράφεται στην 6<sup>η</sup> Δ.Κ. (35% του συνόλου) και ακολουθούν η 1<sup>η</sup> Δ.Κ. (27% του συνολικού μόνιμου πληθυσμού) και 4<sup>η</sup> Δ.Κ. (20,3% του συνόλου) όταν η αντίστοιχη παρουσία μονίμων κατοίκων ξένης υπηκοότητας ανέρχεται σε 22% του συνολικού πληθυσμού.
- Εξετάζοντας την κατάσταση απασχόλησης των μονίμων κατοίκων του Δήμου Αθηναίων σε επίπεδο Δ.Κ. παρατηρείται ότι το υψηλότερο ποσοστό ανεργίας καταγράφεται στην 7<sup>η</sup> Δ.Κ. (26,1%) και ακολουθούν στις επόμενες θέσεις με το υψηλότερο ποσοστό ανεργίας η 6<sup>η</sup> Δ.Κ. (24,5%) και η 4<sup>η</sup> Δ.Κ. (22,8%) πάνω από τον μ.ο. ανεργίας σε σύνολο Δ.Α.
- Το επίπεδο εκπαίδευσης, που αποτελεί σημαντικό χαρακτηριστικό του διαθέσιμου ανθρώπινου κεφαλαίου του Δήμου Αθηναίων και των επιμέρους Δ.Κ., αναδεικνύει την 1<sup>η</sup> Δ.Κ. στην πρώτη θέση μεταξύ των Δ.Κ. με το υψηλότερο ποσοστό αποφοίτων ΑΕΙ στο σύνολο του μόνιμου πληθυσμού (20,8%). Στη δεύτερη και τρίτη θέση με το υψηλότερο ποσοστό αποφοίτων ΑΕΙ αναδεικνύονται η 7<sup>η</sup> Δ.Κ. (17,7%) και η 2<sup>η</sup> Δ.Κ. (15,7%), ενώ το αντίστοιχο ποσοστό σε σύνολο Δήμου Αθηναίων ανήλθε σε 14,7%.
- Η διαφοροποίηση της 1<sup>ης</sup> Δ.Κ. σε σχέση με τις υπόλοιπες Δ.Κ. του Δήμου, βάσει μορφωτικού επιπέδου, αναδεικνύεται και μέσω άλλων δεικτών όπως των κατόχων Μεταπτυχιακού και Διδακτορικού τίτλου. Πιο συγκεκριμένα, στην 1<sup>η</sup> Δ.Κ. καταγράφεται το υψηλότερο ποσοστό κατόχων Μεταπτυχιακού τίτλου (5,9%) και ακολουθούν η 7<sup>η</sup> Δ.Κ. (3,7%) και η 2<sup>η</sup> Δ.Κ. (3,1%), όταν το

ποσοστό κατόχων Μεταπτυχιακού τίτλου, σε σύνολο Δήμου, ανήλθε σε 2,7% του συνόλου. Όσον αφορά στους κατόχους Διδακτορικού τίτλου, η 1<sup>η</sup> Δ.Κ. παρουσιάζει το υψηλότερο ποσοστό (2,1%), όταν το αντίστοιχο ποσοστό σε σύνολο Δήμου ανήλθε σε 0,8%. Στις αμέσως επόμενες θέσεις βρίσκονται η 7<sup>η</sup> Δ.Κ. (1,0%) και η 2<sup>η</sup> Δ.Κ. (0,9%).

- Σχετικά με το επίπεδο εκπαίδευσης του ανθρώπινου δυναμικού των Δ.Κ. του Δήμου Αθηναίων και σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατίθενται στον Πίνακα 1, παρατηρείται επιπρόσθετα ότι, στην 4<sup>η</sup> Δ.Κ. καταγράφεται το μεγαλύτερο ποσοστό ατόμων με χαμηλό μορφωτικό επίπεδο (μέχρι την κατοχή απολυτηρίου Δημοτικού), το οποίο ανέρχεται σε 28,0%. Χαμηλό μορφωτικό επίπεδο παρουσιάζουν επίσης η 3<sup>η</sup> Δ.Κ. (25,4%) και η 6<sup>η</sup> Δ.Κ. (22,3%), όταν το αντίστοιχο ποσοστό σε συνολικό πληθυσμό του Δ.Α. ανήλθε σε 21,6%.
- Η επιχειρηματικότητα του Δήμου Αθηναίων, που καταγράφεται μέσα από το ποσοστό των απασχολούμενων που ασκούν επιχειρηματική δραστηριότητα (εργοδότες ή αυτοαπασχολούμενοι), ανέρχεται σε 21,6%. Στις επιμέρους Δ.Κ. διαπιστώνεται ότι η 1<sup>η</sup> Δ.Κ. διαθέτει το υψηλότερο ποσοστό επιχειρηματιών (26,5%) και ακολουθούν η 3<sup>η</sup> Δ.Κ. (25,4%) και η 6<sup>η</sup> Δ.Κ. (22,3%).



Πίνακας 1 - Συγκριτικός Πίνακας Βασικών Δεικτών των επτά (7) Δ.Κ. (Απογραφή Πληθυσμού 2011)

Δ.Κ.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 <sup>η</sup>	11.172	1,28	27,00%	20,90%	2,10%	5,90%	20,80%	26,50%	11,42%
2 <sup>η</sup>	21.190	1,07	17,10%	18,50%	0,90%	3,10%	15,70%	19,10%	15,51%
3 <sup>η</sup>	7.683	0,76	16,30%	20,80%	0,40%	1,60%	10,80%	20,50%	7,00%
4 <sup>η</sup>	19.075	0,68	20,30%	22,80%	0,30%	1,00%	9,50%	16,60%	12,90%
5 <sup>η</sup>	24.556	0,83	19,40%	19,10%	0,50%	1,80%	14,60%	18,10%	14,86%
6 <sup>η</sup>	32.548	1,01	35,00%	24,50%	0,40%	1,70%	13,90%	18,60%	19,66%
7 <sup>η</sup>	16.016	1,06	18,60%	26,10%	1,00%	3,70%	17,70%	18,50%	18,65%
<b>Μ.Ο. Δήμου</b>	18.891	0,96	22,00%	21,80%	0,80%	2,70%	14,70%	19,70%	100%

1. Δείκτης Πληθυσμιακής Πυκνότητας (κάτοικοι/τ.χλμ.) - 2. Δείκτης Γήρανσης - 3. % Αλλοδαπών κατοίκων - 4. % Ανεργίας - 5. % Κατόχων Διδακτορικού διπλώματος - 6. % Κατόχων Μεταπτυχιακού διπλώματος - 7. % Αποφοίτων ΑΕΙ - 8. % Επιχειρηματιών - 9. % Πληθυσμού Δ.Κ. επί του συνολικού πληθυσμού του Δ.Α.

Εκτός από τα παραπάνω κοινωνικά και δημογραφικά στοιχεία των Δημοτικών Κοινοτήτων, αξίζει να μελετήσουμε εκτενέστερα την ηλικιακή κατανομή σε αυτές, καθώς είναι σημαντική παράμετρος για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον συνολικό πληθυσμό και όσα επηρεάζουν αυτόν στην περιοχή μελέτης. Από τον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 2) συμπεραίνουμε ότι σε όλες τις Δ.Κ. την πλειονότητα του πληθυσμού αποτελεί η ομάδα ηλικιών 20 – 59, ενώ δεύτερη σε κατάταξη είναι η ηλικιακή ομάδα άνω των 60 ετών (60+). Σε ό,τι αφορά την τελευταία, που χαρακτηρίζεται και ως η πλέον κρίσιμη για την εκτίμηση του αστικού θερμικού κινδύνου, αυτή είναι περισσότερο αυξημένη στην 1<sup>η</sup> Δ.Κ. (26,7%) και 2<sup>η</sup> Δ.Κ. (26,3%).

Πίνακας 2 – Συγκριτικός Πίνακας Ηλικιακής Κατανομής των επτά (7) Δ.Κ. (Απογραφή Πληθυσμού 2011)

		Ηλικιακές Ομάδες		
Δ.Κ.	Σύνολο Ατόμων	0 -19	20 - 59	60+
1 <sup>η</sup>	75.810	12,50%	60,80%	26,70%
2 <sup>η</sup>	103.004	14,60%	59,10%	26,30%
3 <sup>η</sup>	46.508	16,90%	60,10%	23%
4 <sup>η</sup>	85.629	17,40%	60,40%	22,20%
5 <sup>η</sup>	98.665	16,40%	60,00%	23,60%
6 <sup>η</sup>	130.582	14,80%	60,40%	24,80%
7 <sup>η</sup>	123.848	14,50%	60,00%	25,50%

Άλλο ένα στοιχείο που αξίζει να εξετάσουμε περαιτέρω είναι το εισόδημα σε καθεμία από τις επτά (7) Δημοτικές Κοινότητες (Δ.Κ.) του Δήμου Αθηναίων. Το ύψος του δηλωθέντος εισοδήματος μπορεί να τεκμηριώσει και να διαμορφώσει τις συνθήκες ζωής και το επίπεδο διαβίωσης των νοικοκυριών της πρωτεύουσας. Από τον Πίνακα 3 διαπιστώνουμε ότι το μέσο δηλωθέν εισόδημα ανά φορολογική δήλωση στο Δήμο Αθηναίων είναι μεγαλύτερο από αυτό της χώρας. Αυτό οφείλεται στη δομή της απασχόλησης και στο επίπεδο ανάπτυξης της πρωτεύουσας. Ωστόσο, υπάρχουν μεγάλες διαφορές στο μέσο δηλωθέν εισόδημα ανά φορολογική δήλωση, ανάμεσα στις Δ.Κ. της Αθήνας. Ειδικότερα, στην 1<sup>η</sup> Δ.Κ. το μέσο δηλωθέν εισόδημα το 2013 ήταν 19.168 ευρώ ενώ στη 4<sup>η</sup> Δ.Κ. ήταν 14.140 ευρώ, δηλαδή 26% χαμηλότερα. Επιπλέον, η 1<sup>η</sup> και η 7<sup>η</sup> Δ.Κ. έχουν μέσο εισόδημα μεγαλύτερο από τον μέσο όρο του Δήμου Αθηναίων. Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί ότι όλες οι Δ.Κ. έχουν μέσο δηλωθέν εισόδημα μεγαλύτερο της χώρας, εκτός της 3<sup>ης</sup> και της 4<sup>ης</sup> Δημοτικής Κοινότητας.

Πίνακας 3 - Συγκριτικός Πίνακας Μέσου Δηλωθέντος Εισοδήματος των επτά (7) Δ.Κ. (2013)

Δ.Κ.	Μέσο Δηλωθέν Εισόδημα
1 <sup>η</sup>	19.168
2 <sup>η</sup>	16.375
3 <sup>η</sup>	14.418
4 <sup>η</sup>	14.140
5 <sup>η</sup>	16.214
6 <sup>η</sup>	14.817
7 <sup>η</sup>	17.770
<b>Δήμος Αθηναίων</b>	16.324
<b>Ελλάδα</b>	14.671

### **3.2.2. Συγκριτικά Στοιχεία Δεικτών Υποδομών των Δημοτικών Κοινοτήτων του Δήμου Αθηναίων**

Στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 4) παρατίθενται συγκριτικά στοιχεία και δείκτες των βασικών υποδομών των επτά (7) Δ.Κ. του Δ.Α., από τους οποίους προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Η 7<sup>η</sup> Δ.Κ. είναι η μεγαλύτερη σε έκταση Δ.Κ. του Δ.Α., ακολουθούμενη από την 1<sup>η</sup> Δ.Κ.
- Η 3<sup>η</sup> Δ.Κ. είναι με διαφορά η μεγαλύτερη σε έκταση χώρων πρασίνου Δ.Κ. του Δ.Α., με δεύτερη μεγαλύτερη την 1<sup>η</sup> Δ.Κ.
- Η 1<sup>η</sup> Δ.Κ. αποτελεί τη μεγαλύτερη σε αριθμό χώρων πρασίνου Δ.Κ., με δεύτερη την 7<sup>η</sup> Δ.Κ.
- Η 3<sup>η</sup> Δ.Κ. υπερκαλύπτει και η 1<sup>η</sup> Δ.Κ. πληροί τα σταθερότυπα της ελάχιστης απαιτούμενης επιφάνειας πρασίνου ανά κάτοικο (7,25 τ.μ./κάτοικο), όπως αυτά έχουν τεθεί βάσει της «Χάρτας Πρασίνου της Αθήνας» (2009). Οι δείκτες των υπολοίπων Δ.Κ. απέχουν αισθητά από τα ανωτέρω σταθερότυπα.
- Στην 6<sup>η</sup> Δ.Κ. εμφανίζεται το μεγαλύτερο ποσοστό κενών κατοικιών, ακολουθούμενη από την 1<sup>η</sup> Δ.Κ.
- Η 4<sup>η</sup> Δ.Κ. παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό υποδομών κοινωνικής πρόνοιας.
- Η 5<sup>η</sup> Δ.Κ. εμφανίζει το μεγαλύτερο ποσοστό σε υποδομές δημόσιας εκπαίδευσης.
- Καμία από τις επτά Δ.Κ. δεν πληροί την ελάχιστη απαίτηση επιφάνειας ανοικτών αθλητικών χώρων (5,50 τ.μ./κάτοικο), όπως αυτή έχει τεθεί βάσει της υπ' αρ. 10788/2004 Απόφ. του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (ΦΕΚ 285/Δ/05.03.2004).
- Λαμβάνοντας υπόψη τον πληθυσμό της κάθε Δ.Κ., η 3<sup>η</sup> Δ.Κ. (η οποία έχει τον μικρότερο πληθυσμό από όλες τις Δ.Κ. του Δ.Α.) εμφανίζει τους υψηλότερους δείκτες όσον αφορά στην επάρκεια υποδομών Κοινωνικής Πρόνοιας και Δημόσιας Εκπαίδευσης. Οι δεύτεροι υψηλότεροι σχετικοί δείκτες καταγράφονται στη 2<sup>η</sup> Δ.Κ. (η οποία φέρει τον τρίτο μικρότερο πληθυσμό σε σχέση με τις λοιπές Δ.Κ. του Δ.Α.).

Πίνακας 4 - Συγκριτικός Πίνακας Βασικών Δεικτών Υποδομών των επτά (7) Δ.Κ.

Δ.Κ.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1η	17,91% (2)	20,71% (2)	22,49% (1)	9,60	35,8% (6)	8,73% (7)	11,9% (6)	0,08	0,76 (7)	1,04 (4)
2η	12,84% (4)	15,02% (3)	16,53% (3)	5,12	29,1% (4)	17,25% (2)	13,4% (5)	0,10	1,11 (3)	0,86 (5)
3η	16,06% (3)	33,81% (1)	11,55% (5)	25,52	29,2% (5)	10,62% (6)	11,4% (7)	0,13	1,52 (1)	1,63 (1)
4η	11,67% (5)	6,00% (6)	8,80% (7)	2,46	27,4% (1)	18,55% (1)	15,8% (2)	0,18	1,44 (2)	1,22 (2)
5η	10,59% (6)	4,00% (7)	10,00% (6)	1,42	27,5% (2)	12,47% (5)	17,3% (1)	0,26	0,84 (5)	1,16 (3)
6η	10,50% (7)	8,40% (4)	12,4% (4)	2,25	36,3% (7)	15,9% (4)	15,3% (3)	0,03	0,81 (6)	0,78 (7)
7η	20,43% (1)	7,70% (5)	18,30% (2)	2,18	27,7% (3)	16,5% (3)	14,8% (4)	0,13	0,88 (4)	0,79 (6)
<b>Μέγεθος Αναφοράς</b>	100%	100%	100%	7,25	100%	100%	100%	5,50	1,00	1,00

1. Κατάταξη με βάση την έκταση των Δ.Κ. (1 - 7 από μεγαλύτερη προς μικρότερη - ποσοστό επί της συνολικής έκτασης του Δ.Α.)
2. Κατάταξη με βάση την έκταση πρασίνου των Δ.Κ. (1 - 7 από μεγαλύτερη προς μικρότερη - ποσοστό επί της συνολικής έκτασης πρασίνου του Δ.Α.)
3. Κατάταξη με βάση τον αριθμό χώρων πρασίνου (Χ.Π.) των Δ.Κ. (1 - 7 από μεγαλύτερο προς μικρότερο - ποσοστό επί του συνολικού αριθμού Χ.Π. του Δ.Α.)
4. Δείκτης Ελάχιστης Απαιτούμενης Επιφάνειας Πρασίνου (τ.μ.) ανά κάτοικο (7,25 τ.μ./κάτοικο - Χάρτα Πρασίνου Αθήνας, 2009)
5. Κατάταξη βάσει ποσοστού κενών κανονικών κατοικιών (Κ.Κ.) των Δ.Κ. (1 - 7 από μικρότερο προς μεγαλύτερο - ποσοστό επί του συνολικού αριθμού Κ.Κ. της Δ.Κ.)
6. Μέσο ποσοστό υποδομών Κοινωνικής Πρόνοιας (βρεφονηπιακοί σταθμοί, παιδικές χαρές, κέντρα δημιουργικής μάθησης και λέσχες φιλίας ατόμων 3ης ηλικίας)
7. Ποσοστό υποδομών Δημόσιας Εκπαίδευσης (σχολικές μονάδες Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης) (1 - 7 από μεγαλύτερο προς μικρότερο)
8. Δείκτης Ελάχιστης Απαιτούμενης Επιφάνειας ανοικτών αθλητικών χώρων (τ.μ.) ανά κάτοικο (5,50 τ.μ./κάτοικο - υπ' αρ. 10788/2004 Απόφ. ΥΠΕΧΩΔΕ)
9. Δείκτης Μέσου Ποσοστού % υποδομών Κοινωνικής Πρόνοιας / ποσοστό % Πληθυσμού Δ.Κ. - Στήλη (6) Πίνακα 4 / Στήλη (11) Πίνακα 1
10. Δείκτης Ποσοστού % υποδομών Δημόσιας Εκπαίδευσης / ποσοστό % Πληθυσμού Δ.Κ. - Στήλη (7) Πίνακα 4 / Στήλη (11) Πίνακα 1

Σε ό,τι αφορά τις υποδομές στις Δ.Κ. του Δήμου Αθηναίων, κρίνεται απαραίτητο, εκτός από τα παραπάνω, να εμβαθύνουμε περισσότερο στο κτιριακό απόθεμα αυτών και στα στοιχεία που αυτό περιλαμβάνει και μπορούν να διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην εικόνα της κάθε Δ.Κ. ως προς τις συνθήκες ζωής των κατοίκων τους. Στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 5) παίρνουμε πληροφορίες για τις κατοικίες των επτά (7) Δ.Κ. του Δ.Α. Το σύνολο των κατοικημένων και μη κατοικιών, αποτελούν τις «κανονικές κατοικίες», δηλαδή μόνιμες και ανεξάρτητες κατασκευές που περιέχουν το λιγότερο ένα (1) κανονικό δωμάτιο και προορίζονται να χρησιμοποιηθούν ως κατοικίες ενός νοικοκυριού για

διάστημα τουλάχιστον ενός (1) έτους. Υπάρχουν, όμως, και οι «μη κανονικές κατοικίες», δηλαδή κατασκευές από πρόχειρα υλικά, χωρίς προκαθορισμένο σχέδιο, προοριζόμενες ή μη για κατοικίες, οι οποίες βρέθηκαν κατοικούμενες κατά τον χρόνο της Απογραφής (π.χ. καλύβα, παράπηγμα, τροχόσπιτο, βάρκα κ.λπ.). Ο συνολικός αριθμός των κατοικιών μιας Δ.Κ. αποτελείται από το άθροισμα των «κανονικών» και «μη κανονικών» κατοικιών. Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι οι κανονικές κατοικίες «κυριαρχούν» σε όλες τις Δ.Κ., με την 3<sup>η</sup> Δ.Κ. να κατέχει τον μικρότερο αριθμό αυτών. Επίσης, συμπεραίνουμε ότι η 6<sup>η</sup> Δ.Κ. έχει τις λιγότερες κατοικημένες (63,7%) σε σχέση με τις υπόλοιπες ενώ οι 4<sup>η</sup>, 5<sup>η</sup> και 7<sup>η</sup> Δ.Κ. έχουν τις περισσότερες (72,6%, 72,5% και 72,3% αντίστοιχα).

Πίνακας 5 - Συγκριτικός Πίνακας Κτιριακών Υποδομών των επτά (7) Δ.Κ.

Δ.Κ.	Συνολικές Κατοικίες		Κανονικές Κατοικίες	
	Μη κανονικές κατοικίες	Κανονικές κατοικίες	Κενές κατοικίες	Κατοικημένες
1 <sup>η</sup>	25	56.208	35,8%	64,2%
2 <sup>η</sup>	8	67.494	29,1%	70,9%
3 <sup>η</sup>	177	27.753	29,2%	70,8%
4 <sup>η</sup>	15	48.127	27,4%	72,6%
5 <sup>η</sup>	8	56.315	27,5%	72,5%
6 <sup>η</sup>	22	90.436	36,3%	63,7%
7 <sup>η</sup>	9	81.492	27,7%	72,3%

Τέλος, από τις κανονικές κατοικίες, έχει σημασία να δούμε πόσες από αυτές είναι μονοκατοικίες, διπλοκατοικίες και πολυκατοικίες σε καθεμία από τις επτά (7) Δ.Κ. της Αθήνας. Οι πληροφορίες αυτές δίνονται στον παρακάτω Πίνακα (Πίνακας 6). Όπως φαίνεται, σε όλες τις Δ.Κ. λαμβάνουν χώρα κυρίως οι πολυκατοικίες, που γενικά υποβαθμίζουν την ποιότητα ζωής των κατοίκων τους, με την 6<sup>η</sup> Δ.Κ. να κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό (96,5%) και την 3<sup>η</sup> το μικρότερο (84,5%), αναλογικά με τον συνολικό αριθμό τους σε κανονικές κατοικίες. Το αντίθετο συμβαίνει με τις μονοκατοικίες, που είναι περισσότερες στην 3<sup>η</sup> Δ.Κ. (5,7%) σε σχέση με τις υπόλοιπες Δ.Κ. και λιγότερες στην 6<sup>η</sup> Δ.Κ. (1,0%).

Πίνακας 6 - Συγκριτικός Πίνακας Διάκρισης Καν. Κατοικιών των επτά (7) Δ.Κ.

Δ.Κ.	Κανονικές Κατοικίες	Μονοκατοικίες	Διπλοκατοικίες	Πολυκατοικίες
1 <sup>η</sup>	56.208	2,2%	3,3%	94,5%
2 <sup>η</sup>	67.494	1,8%	4,4%	93,8%
3 <sup>η</sup>	27.753	5,7%	9,8%	84,5%
4 <sup>η</sup>	48.127	3,4%	6,6%	90,0%
5 <sup>η</sup>	56.315	1,9%	4,3%	93,8%
6 <sup>η</sup>	90.436	1,0%	2,5%	96,5%
7 <sup>η</sup>	81.492	1,8%	3,9%	94,2%

### 3.3. Κρίσιμες Υποδομές Περιοχής Μελέτης

#### 3.3.1. Ορισμός Κρίσιμων Υποδομών

Οι υποδομές στο σύγχρονο κόσμο είναι άμεσα συνυφασμένες με την κοινωνική και την οικονομική ευημερία. Υποστηρίζουν όλες τις δραστηριότητες του πρωτογενούς, του δευτερογενούς και του τριτογενούς τομέα της οικονομίας, ενώ παράλληλα διευκολύνουν την επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων και την πρόσβαση σε όλα εκείνα τα αγαθά που είναι απαραίτητα για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής, όπως η παιδεία, η υγεία κτλ.

Στη νομοθεσία των περισσότερων χωρών συνίσταται η προσπάθεια ανάδειξης των υποδομών που κατέχουν ζωτική σημασία για το σύνολο στο οποίο εντάσσονται, των «κρίσιμων», δηλαδή, υποδομών. Ο επίσημος ορισμός που υιοθετεί η Ευρωπαϊκή Ένωση αναφέρει πως «ως κρίσιμη υποδομή μπορεί να οριστεί ένα περιουσιακό στοιχείο, ένα σύστημα, ή μέρος τους, το οποίο βρίσκεται σε μια χώρα μέλος και το οποίο είναι ουσιώδες για τη διατήρηση των λειτουργιών ζωτικής σημασίας της κοινωνίας, της υγείας, της ασφάλειας, της οικονομικής και κοινωνικής ευημερίας των πολιτών και του οποίου η διακοπή λειτουργίας ή η καταστροφή της θα είχε σημαντικό αντίκτυπο για τη χώρα, ως αποτέλεσμα της αδυναμίας συνέχισης των λειτουργιών αυτών» (The European Council, 2008). Αρκετά κράτη – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, υιοθετούν με απόλυτη ακρίβεια τον επίσημο ορισμό. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων υποδομών αποτελούν οι τομείς της υγείας, της εκπαίδευσης, του αθλητισμού και των υπηρεσιών

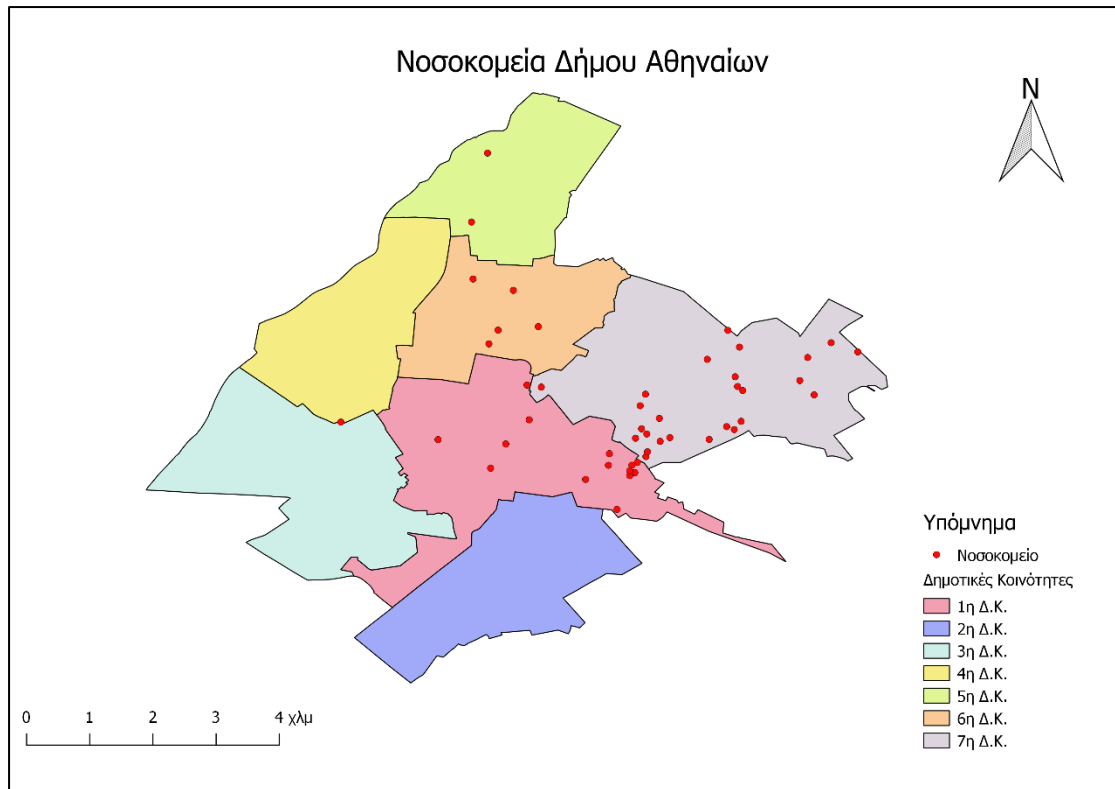
προς πολίτες, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν και παρουσιαστούν στη συγκεκριμένη μελέτη.

### **3.3.2. Κρίσιμες Υποδομές Περιοχής Μελέτης**

Η περιοχή μελέτης διαθέτει πληθώρα κρίσιμων υποδομών, οι οποίες είναι πολύ σημαντικές για την ζωή και την ευημερία των πολιτών. Πιο συγκεκριμένα, αυτές αποτελούν νοσοκομεία, προσχολικές και σχολικές μονάδες, αθλητικές εγκαταστάσεις, υπηρεσίες προς πολίτες καθώς και πολιτιστικές υποδομές. Το πώς αυτές κατανέμονται μεταξύ των επτά (7) διαφορετικών Δ.Κ. παρουσιάζεται αναλυτικότερα παρακάτω σε μορφή χαρτών που κατασκευάστηκαν μέσω του προγράμματος γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών QGIS.

- **Νοσοκομεία**

Παρατηρώντας τον Χάρτη 3.10., συμπεραίνεται ότι τα νοσοκομεία συγκεντρώνονται κυρίως σε τρεις (3) Δ.Κ. του Δήμου Αθηναίων και συγκεκριμένα, κατά φθίνουσα σειρά, στην 7<sup>η</sup>, 1<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> Δ.Κ. Οι Δ.Κ. αυτές αποτελούν το κέντρο του νομού Αττικής, οπότε είναι φυσιολογικό να φιλοξενούν το μεγαλύτερο μέρος των νοσοκομειακών μονάδων και κλινικών, αφού είναι απαραίτητο να είναι προσβάσιμες από όλους και μάλιστα στην ελάχιστη χρονική απόσταση. Ωστόσο, αν κρίνουμε σε επίπεδο δήμου, βλέπουμε ότι ορισμένες Δ.Κ. δεν έχουν καμία υποδομή υγείας, ενώ η 5<sup>η</sup> διαθέτει μόλις δύο (2) από αυτές. Αυτό γενικά αποτελεί πρόβλημα για τους δημότες των Δ.Κ. που δεν έχουν νοσοκομεία, όμως οι αποστάσεις μεταξύ των Δ.Κ. είναι μικρές, με αποτέλεσμα να μπορούν εύκολα και γρήγορα να μετακινηθούν στην πλησιέστερη μονάδα υγείας. Αξίζει να σημειωθεί ότι από τις τρεις (3) Δ.Κ. που έχουν το μεγαλύτερο αριθμό μονάδων υγείας, η 7<sup>η</sup> και η 1<sup>η</sup> Δ.Κ. αποτελούν τις δύο κατά σειρά μεγαλύτερες σε έκταση Δ.Κ. του Δήμου Αθηναίων.

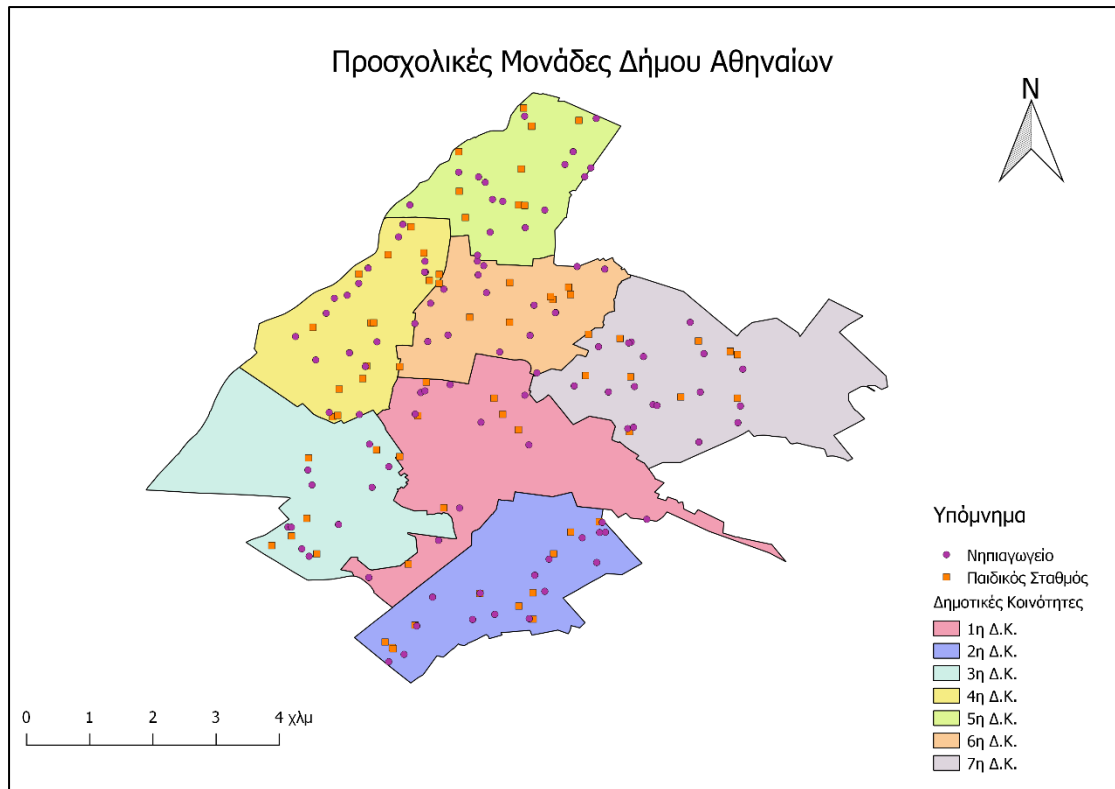


Χάρτης 3.10. – Νοσοκομεία Δήμου Αθηναίων

- Προσχολικές Μονάδες

Στον Χάρτη 3.11. απεικονίζονται οι προσχολικές μονάδες του Δήμου Αθηναίων και συγκεκριμένα τα νηπιαγωγεία και οι παιδικοί σταθμοί. Παρατηρούμε ότι ο δήμος διαθέτει πληθώρα προσχολικών μονάδων, οι οποίες μάλιστα παρουσιάζονται σχεδόν ισόποσα κατανεμημένες σε καθεμία από τις επτά (7) διαφορετικές Δ.Κ. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν επαρκείς υποδομές προκειμένου να εξυπηρετηθούν στο σύνολό τους τα παιδιά κάθε Δ.Κ. σε αυτή την ηλικία. Ωστόσο, μπορούμε να πούμε ότι υπάρχουν δύο (2) Δ.Κ. οι οποίες παρουσιάζουν μικρό αριθμό προσχολικών μονάδων σε σχέση με την έκτασή τους και αυτές είναι η 1<sup>η</sup> και η 3<sup>η</sup> Δ.Κ.

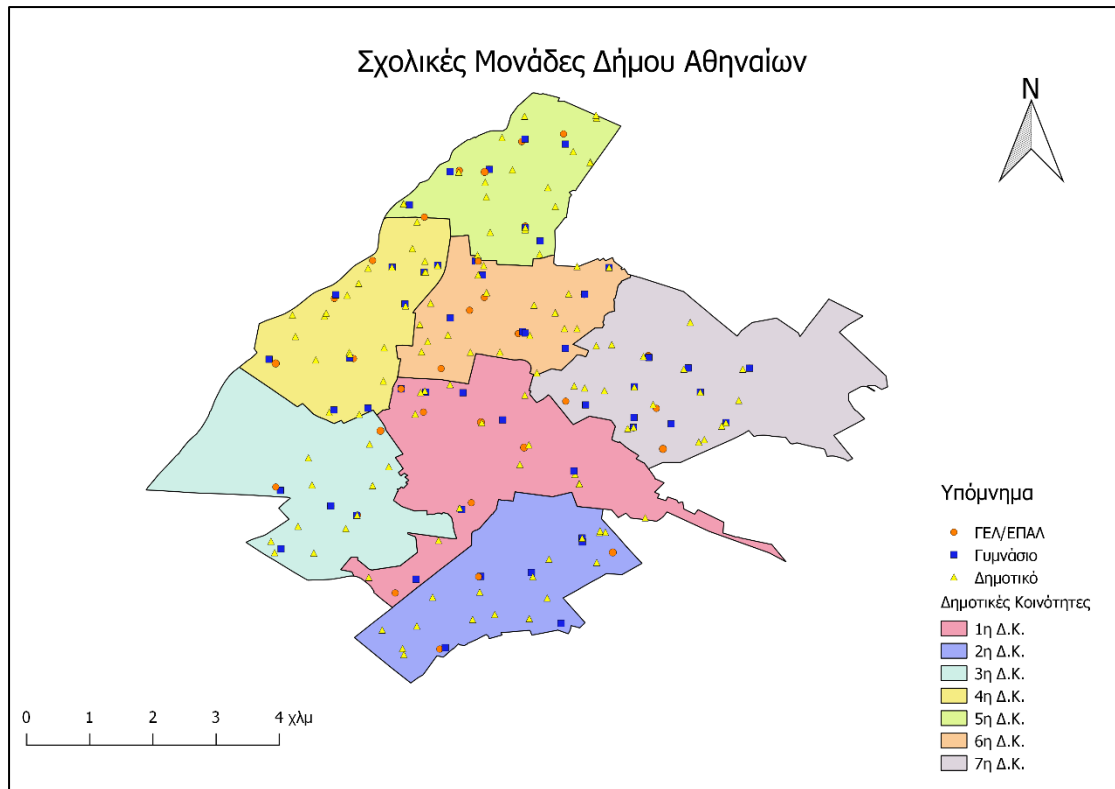




Χάρτης 3.11. – Προσχολικές Μονάδες Δήμου Αθηναίων

▪ **Σχολικές Μονάδες**

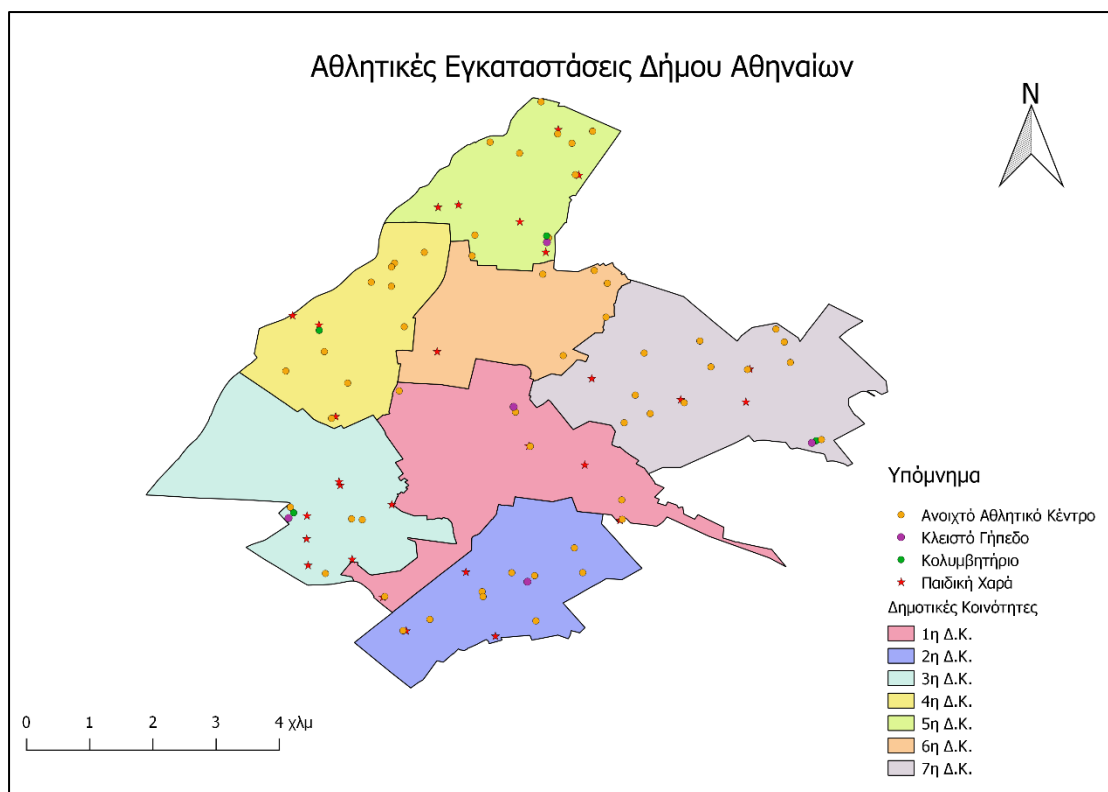
Σχετικά με τις σχολικές μονάδες, και συγκεκριμένα τα δημοτικά, γυμνάσια και λύκεια (ΓΕΛ/ΕΠΑΛ) του Δήμου Αθηναίων, αυτά παρουσιάζονται στον χάρτη 3.12. Όπως και οι προσχολικές μονάδες, έτσι και οι σχολικές έχουν σχεδόν ίση κατανομή σε κάθε Δ.Κ., ανάλογα και με την έκταση της καθεμιάς. Είναι, μάλιστα, εμφανές ότι το μεγαλύτερο μέρος των σχολικών μονάδων αποτελούν τα δημοτικά, τα οποία αποτελούν και τη βασική και υποχρεωτική εκπαίδευση των παιδιών (μέχρι τα 12 έτη). Τα γυμνάσια αποτελούν τον αμέσως μεγαλύτερο αριθμό σε πλήθος ενώ τα λύκεια είναι ακόμη λιγότερα.



Χάρτης 3.12. – Σχολικές Μονάδες Δήμου Αθηναίων

▪ **Αθλητικές Εγκαταστάσεις**

Οι αθλητικές εγκαταστάσεις συντελούν, πέρα από την καλή φυσική κατάσταση και υγεία των δημοτών, στην ψυχαγωγία και την διαφυγή από τα προβλήματα και τους ρυθμούς της καθημερινότητας. Ο Δήμος Αθηναίων διαθέτει τέτοιες εγκαταστάσεις σε όλες τις Δ.Κ. του, για τους μικρούς και μεγάλους δημότες του (Χάρτης 3.13.). Ως αθλητικές εγκαταστάσεις του Δήμου Αθηναίων, αναφέρονται τα ανοιχτά αθλητικά κέντρα, τα κλειστά γήπεδα, τα κολυμβητήρια καθώς και οι παιδικές χαρές. Σε όλες τις Δ.Κ. υπάρχει πληθώρα ανοιχτών αθλητικών κέντρων, σε αντίθεση με τα κολυμβητήρια που είναι συνολικά τέσσερα (4) σε όλο το Δήμο Αθηναίων και συγκεκριμένα στην 3<sup>η</sup>, 4<sup>η</sup>, 5<sup>η</sup> και 7<sup>η</sup> Δ.Κ. Τα κλειστά γήπεδα είναι επίσης λιγοστά, αλλά υπάρχει τουλάχιστον ένα (1) σε κάθε Δ.Κ., με εξαίρεση αυτές της 4<sup>ης</sup> και 6<sup>ης</sup>. Τέλος, οι παιδικές χαρές εμφανίζονται σε όλες τις Δ.Κ., με το μεγαλύτερο μέρος αυτών να συγκεντρώνεται στην 3<sup>η</sup>, 5<sup>η</sup> και 7<sup>η</sup> Δ.Κ.

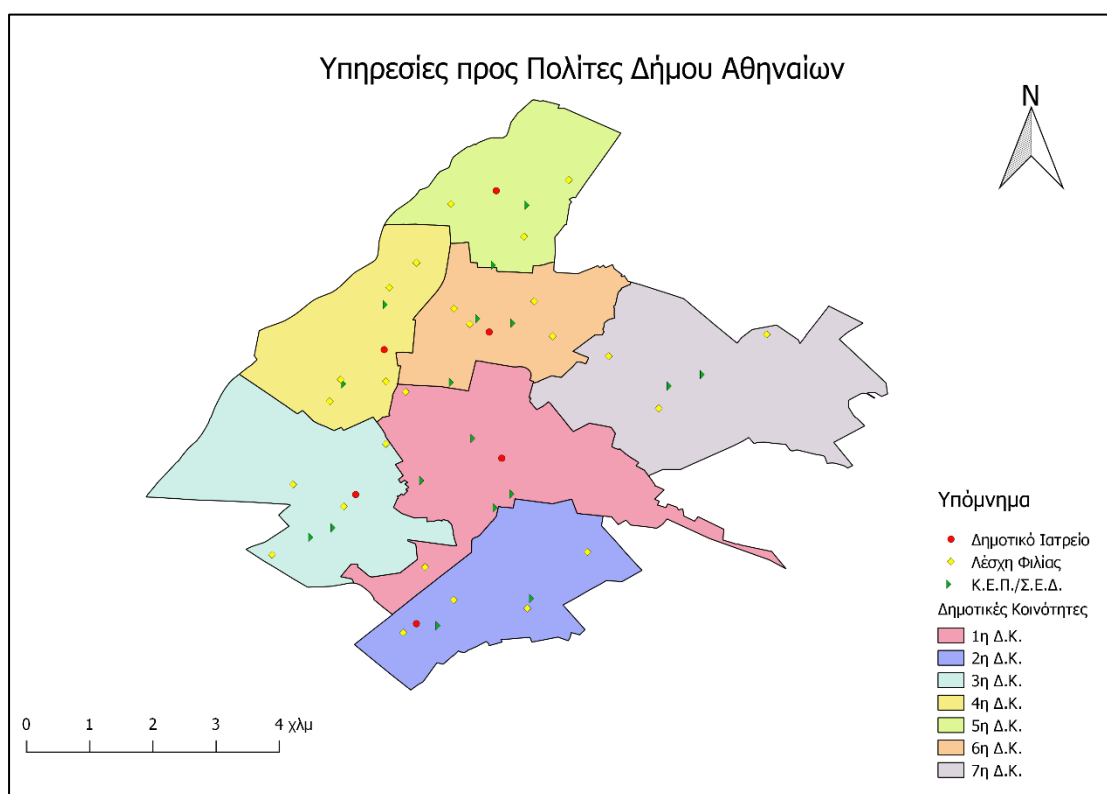


Χάρτης 3.13. – Αθλητικές Εγκαταστάσεις Δήμου Αθηναίων

▪ Υπηρεσίες προς Πολίτες

Κάθε δήμος χρειάζεται να παρέχει στους πολίτες του ορισμένες υπηρεσίες, οι οποίες είναι απαραίτητες για την άμεση και καλύτερη εξυπηρέτησή τους. Τέτοιες υπηρεσίες είναι τα δημοτικά ιατρεία, οι λέσχες φιλίας για τους γηραιότερους δημότες, τα κέντρα εξυπηρέτησης πολιτών (Κ.Ε.Π.) και τα σημεία εξυπηρέτησης δημοτών (Σ.Ε.Δ.), που απεικονίζονται στον παρακάτω χάρτη (Χάρτης 3.14.). Τα δημοτικά ιατρεία είναι συνολικά έξι (6), ένα για κάθε Δ.Κ. εκτός από την 7<sup>η</sup>, που δεν διαθέτει κανένα. Όπως όμως είδαμε και παραπάνω, η 7<sup>η</sup> Δ.Κ. είναι εκείνη με τα περισσότερα νοσοκομεία, συνεπώς δεν υστερεί σε υποδομές υγείας. Οι λέσχες φιλίας παρατηρούμε ότι είναι αρκετές και, μάλιστα υπάρχουν δύο ή περισσότερες σε κάθε Δ.Κ. (η 4<sup>η</sup> Δ.Κ. διαθέτει τις περισσότερες, πέντε (5) συνολικά), γεγονός που δείχνει ότι ο Δήμος Αθηναίων μεριμνά για τους ηλικιωμένους δημότες του σε όλες τις Δ.Κ., αφού μεταξύ αυτών οι ηλικιωμένοι, όπως είδαμε παραπάνω, παρουσιάζουν μικρές διαφορές στα ποσοστά κατανομής τους. Αξίζει να αναφέρουμε ότι οι λέσχες φιλίας λειτουργούν γενικά σε επίπεδο συνοικίας και γειτονιάς για να προσφέρουν υπηρεσίες στα άτομα μεγαλύτερης ηλικίας. Είναι χώροι όπου οι ηλικιωμένοι μπορούν να αναζητήσουν ανθρώπινη ζεστασιά, κοινωνική υποστήριξη, επαφή με συνομήλικους, ενημέρωση,

ψυχαγωγία. Τέλος, σε ό,τι αφορά τα Κ.Ε.Π./Σ.Ε.Δ., παρατηρούμε ότι υπάρχουν σχεδόν ισόποσα κατανεμημένα σε κάθε Δ.Κ., προκειμένου οι πολίτες ή οι επιχειρήσεις τους να εξυπηρετούνται άμεσα. Στα Κ.Ε.Π. οι πολίτες μπορούν να πληροφορηθούν για όλα τα ζητήματα της δημόσιας διοίκησης και να προωθήσουν προς διεκπεραίωση υποθέσεις που σχετίζονται με φορείς του δημοσίου. Σε αντίθεση με τα Κ.Ε.Π., τα Σ.Ε.Δ. αφορούν αμιγώς υπηρεσίες του Δήμου Αθηναίων και εκεί οι δημότες μπορούν να διεκπεραιώσουν 154 συνολικά διαφορετικές καθημερινές συναλλαγές τους με το δήμο (έκδοση πιστοποιητικών, ζητήματα που αφορούν προνοιακά επιδόματα, καταστήματα υγειονομικού ενδιαφέροντος, πολεοδομία, θέματα δημοτικής αστυνομίας κ.λπ.).

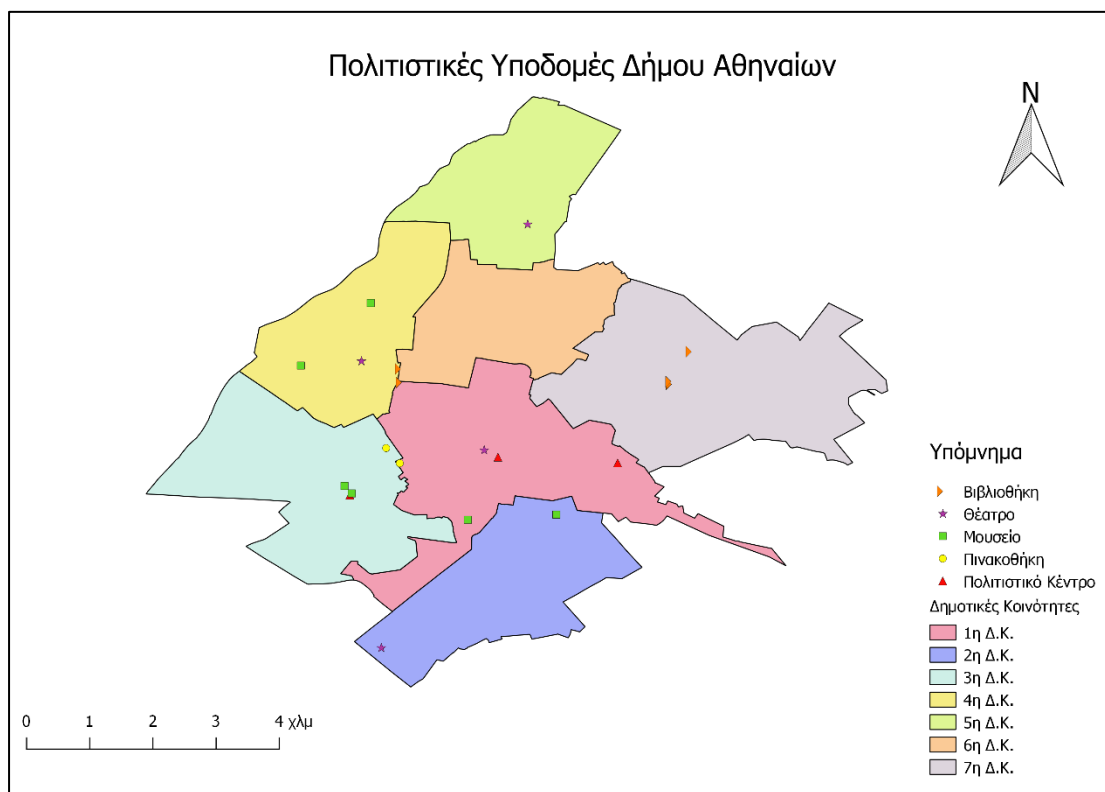


Χάρτης 3.14. – Υπηρεσίες προς Πολίτες Δήμου Αθηναίων

#### ▪ Πολιτιστικές Υποδομές

Σε ό,τι αφορά τις πολιτιστικές υποδομές του Δήμου Αθηναίων, αυτές αποτελούνται από βιβλιοθήκες, θέατρα, πινακοθήκες, μουσεία και πολιτιστικά κέντρα. Όπως φαίνεται και στον Χάρτη 3.15., σε κάθε Δ.Κ. υπάρχει τουλάχιστον μία πολιτιστική υποδομή. Τις λιγότερες διαθέτουν η 5<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> Δ.Κ., ενώ τις περισσότερες η 1<sup>η</sup>. Στο σύνολο του δήμου, τον μεγαλύτερο αριθμό καταλαμβάνουν τα μουσεία και οι

βιβλιοθήκες (έξι (6) και πέντε (5) αντίστοιχα), με τα θέατρα, τα πολιτιστικά κέντρα και τις πινακοθήκες να ακολουθούν (τέσσερις (4), τρεις (3) και δύο (2) αντίστοιχα).



Χάρτης 3.15. – Πολιτιστικές Υποδομές Δήμου Αθηναίων

### 3.4. Θερμικό Περιβάλλον Περιοχής Μελέτης

Το κλίμα της Αθήνας, και κατ' επέκταση του Δήμου Αθηναίων, χαρακτηρίζεται ως τυπικό μεσογειακό, με ήπιους, υγρούς χειμώνες και θερμά, ξηρά καλοκαίρια καθώς και μεγάλη ηλιοφάνεια καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων παρατηρείται τους χειμερινούς μήνες, όταν και σημειώνεται η κύρια κυκλωνική δραστηριότητα: κατά τη διάρκεια του θέρους, ο καιρός καθορίζεται από την αντικυκλωνική κυκλοφορία. Η θερμή περίοδος διαρκεί από τον Απρίλιο μέχρι το Σεπτέμβριο, ενώ οι θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος, με τη μέση μέγιστη θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ 29-35°C. Συχνά εμφανίζονται καυσωνικά επεισόδια σε αυτούς τους μήνες, με αυξανόμενη ένταση, συχνότητα και διάρκεια κατά τις τελευταίες δεκαετίες, εξαιτίας θερμών αέριων μαζών νότιας και νοτιοδυτικής διεύθυνσης με αποτέλεσμα να καταγράφονται θερμοκρασίες πάνω από 38°C. Ωστόσο, οι βορειοανατολικοί άνεμοι («ετησίες») και η μέση

κλίμακας θαλάσσια αύρα (παρουσιάζομενη ως νοτιοδυτικός άνεμος) μετριάζουν τις θερινές θερμοκρασίες.

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στην Αθήνα και τον Δήμο της έχει διερευνηθεί σε πλήθος μελετών και έχει περαιτέρω συσχετιστεί με τις τοπικές κυκλοφορίες, τις συνοπτικές συνθήκες και τη συγκέντρωση των ρυπαντών της περιοχής. Οι θερμοκρασίες του αέρα (ημερήσιες και ετήσιες) επηρεάζονται άμεσα από το αστικό περιβάλλον και την δόμησή του. Σε έρευνα υπολογίστηκε κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα μια αύξηση προσεγγιστικά 0.5 °C, όσον αφορά τη μέση ετήσια θερμοκρασία του σταθμού του Θησείου (Founda et al., 2004). Μάλιστα, η παραπάνω θερμική επιβάρυνση παρουσιάζεται περισσότερο έντονη κατά τους θερινούς μήνες. Οι αυξητικά καταγραφόμενες θερμοκρασίες του σταθμού του Θησείου εκτιμώνται ότι είναι συνδυασμός του UHI και της κλιματικής αλλαγής (Founda, 2011). Γενικότερα, αρκετές είναι οι έρευνες που επιβεβαιώνουν τη δημιουργία ισχυρής αστικής θερμικής νησίδας στην πόλη της Αθήνας (Giannopoulou et al., 2010; Mihalakakou et al., 2002; Mihalakakou et al., 2004; Santamouris et al., 1999). Το φαινόμενο προκαλείται κυρίως από την έντονη αστικοποίηση και βιομηχανοποίηση των τελευταίων δεκαετιών και συνδέεται με τις ανθρωπογενείς πηγές θερμότητας, την περιορισμένη παρουσία ανοιχτών χώρων, την έλλειψη πρασίνου, την έλλειψη υδάτινων πόρων προς εξάτμιση και την ατμοσφαιρική ρύπανση (Kourtidis et al., 2015).

Ένας ακόμη βαρυσήμαντος παράγοντας που ενισχύει το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας στην περιοχή μελέτης μας, είναι η οικοδομική δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, το αστικό τοπίο στην Αθήνα, και ιδιαίτερα στον Δήμο της, διαφέρει σημαντικά από το μη αστικό και περιαστικό τοπίο γύρω του. Χαρακτηρίζεται από μικτή χρήση γης (οι ζώνες κατοικίας, εμπορικής και βιομηχανικής δραστηριότητας, δεν είναι διαχωρισμένες), πυκνή δόμηση, στενούς δρόμους, έλλειψη χώρων πρασίνου, έντονη κυκλοφορία οχημάτων και γενικά ανθρωπογενείς πηγές θερμότητας. Τα κτίρια είναι στην συντριπτική τους πλειοψηφία πολυκατοικίες αρκετών ορόφων, ενώ τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως το τσιμέντο και το ασβεστοκονίαμα, με αποτέλεσμα να έχουν υψηλή θερμική μάζα. Όλα αυτά συμβάλλουν σε υψηλή θερμοχωρητικότητα του αστικού περιβάλλοντος, γεγονός που ενισχύει το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (Paramanolis, 2015) και επιβαρύνει σημαντικά το θερμικό περιβάλλον στην περιοχή μελέτης.

Οι χώροι πρασίνου, επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι επιδρούν εξίσου σημαντικά και παίζουν καθοριστικό ρόλο στο μικροκλίμα της περιοχής. Το πράσινο στον Δ.Α. χαρακτηρίζεται σχετικά ανεπαρκές και άνισα κατανομημένο, με μεγάλους χώρους πρασίνου (π.χ. Εθνικός Κήπος, Πεδίο του Άρεως, Λόφος του Λυκαβηττού) να συγκεντρώνονται σε συγκεκριμένες Δ.Κ. με χαμηλότερα πληθυσμιακά ποσοστά, ενώ αντίθετα, σε πυκνοκατοικημένες περιοχές υπάρχει σχεδόν απουσία πρασίνου (Πίνακας 4, υποενότητα 3.2.). Συγκρίνοντας, μάλιστα, την ατμοσφαιρική θερμοκρασία στον Εθνικό Κήπο (που ανήκει στην 2<sup>η</sup> Δ.Κ. του Δ.Α.) με αντίστοιχες στην ευρύτερη περιοχή του κέντρου, βρέθηκε έως και 13°C χαμηλότερη. Η διαφορά ήταν μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια της νύχτας, ειδικά σε σύγκριση με δρόμους με χαμηλή κίνηση και χαμηλό συντελεστή ύψους/πλάτους. Στους δρόμους με πιο έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα η μεγαλύτερη διαφορά θερμοκρασίας παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια της ημέρας (Zouliá et al., 2008).

Η αστική θερμική νησίδα στην Αθήνα είναι πιο έντονη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Μάλιστα, κατά τους μήνες αυτούς, στο κέντρο της Αθήνας η ατμοσφαιρική θερμοκρασία μετρήθηκε πως είναι 2-3°C υψηλότερη από την αντίστοιχη στα νότια και νοτιοανατολικά (Giannopoulou et al., 2011). Έχει παρατηρηθεί ότι τα επεισόδια καύσωνα ενισχύουν την ένταση της θερμικής νησίδας (Founda and Santamouris, 2017) και δυσχεραίνουν σε μεγάλο βαθμό την υφιστάμενη θερμική δυσφορία (Pantavou et al., 2011; Giannopoulou et al., 2014), ενώ, ταυτόχρονα, η υπέρβαση ενός θερμοκρασιακού ορίου φαίνεται να παρουσιάζει ισχυρή στατιστική συσχέτιση με τις μετρήσεις θνησιμότητας (Paravantis et al., 2017). Από την άλλη, κατά τους χειμερινούς μήνες η μεταβολή της έντασης της θερμικής νησίδας την ημέρα είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη μεταβολή κατά τη διάρκεια της νύχτας. Γενικότερα, όμως, η μακρόχρονη παρατήρηση δεδομένων από διάφορους σταθμούς στην περιοχή μελέτης, δείχνει πως το φαινόμενο μέσα στην ημέρα είναι γενικά πιο έντονο το καλοκαίρι σε σχέση με το χειμώνα (Founda et al., 2015).

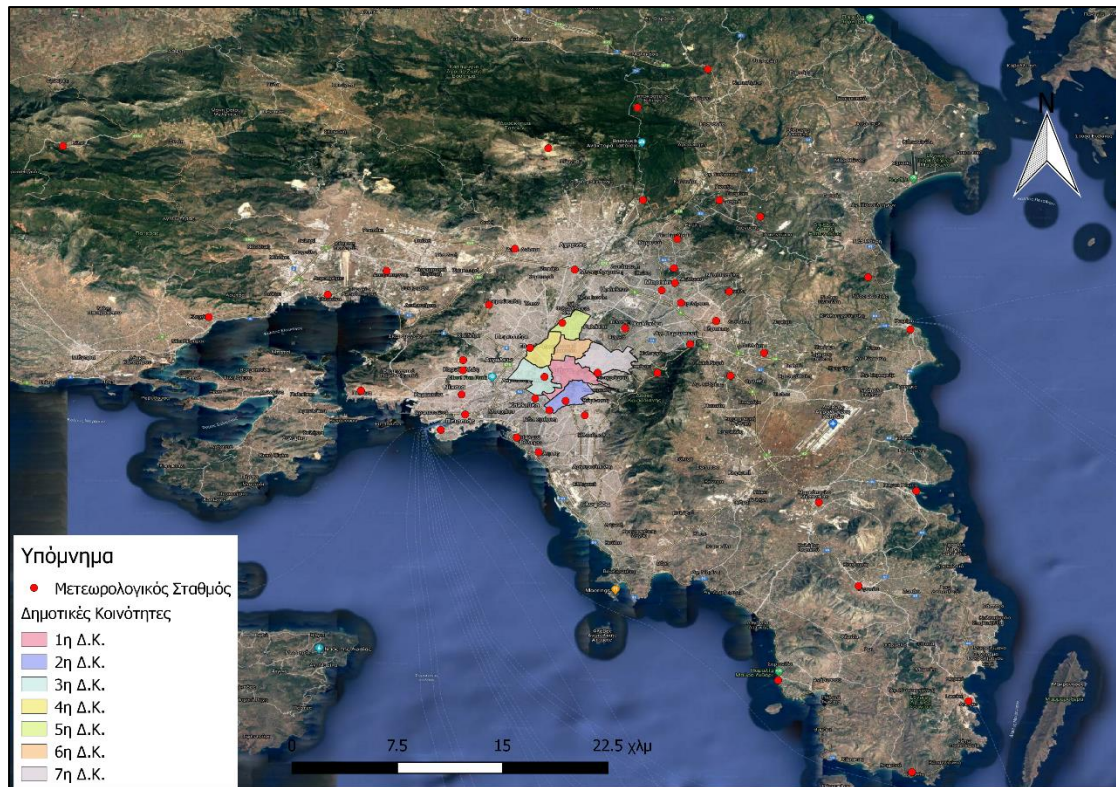
Σε ό,τι αφορά την ωριαία μεταβολή της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας το καλοκαίρι στην Αθήνα, έχει παρατηρηθεί πως είναι αρκετά μεγαλύτερη τις νυχτερινές ώρες, ενώ νωρίς το πρωί και το μεσημέρι το φαινόμενο είναι λιγότερο ισχυρό (Giannaros et al., 2013).

Οι υψηλές θερμοκρασίες που προκαλούνται στην Αθήνα ως αποτέλεσμα της αστικής θερμικής νησίδας οδηγούν στο διπλασιασμό του ψυκτικού φορτίου των κτιρίων και τον τριπλασιασμό της ενεργειακής κατανάλωσης (λόγω συστημάτων κλιματισμού), ενώ μειώνουν το συντελεστή απόδοσης των συστημάτων ψύξης κατά 25%. Η αύξηση αυτή της κατανάλωσης προκαλεί, με τη σειρά της, την ένταση των φαινομένων ρύπανσης και αυξάνει το οικολογικό αποτύπωμα της πόλης, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση των συνθηκών θερμικής άνεσης και τελικά την εμφάνιση προβλημάτων υγείας (Santamouris, 2012).

### **3.5. Μετεωρολογικοί Σταθμοί Περιοχής Μελέτης**

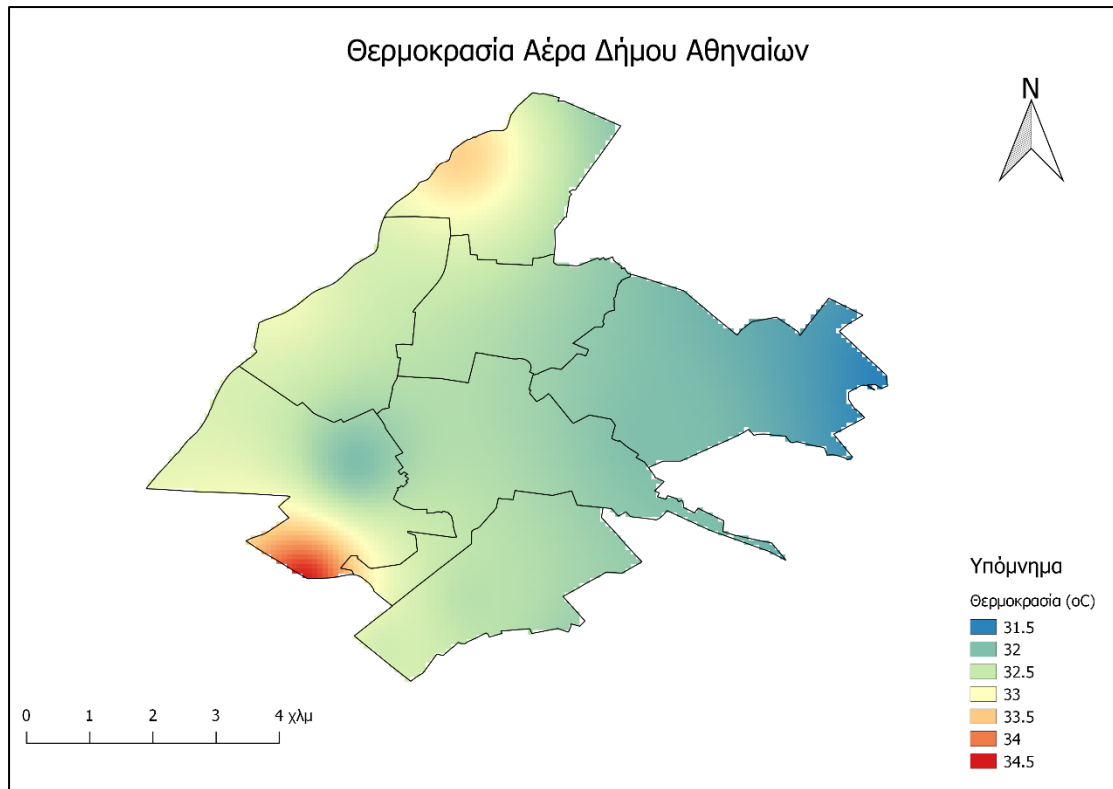
Ως μετεωρολογικός σταθμός χαρακτηρίζεται ένα επίγειο σημείο στο οποίο πραγματοποιούνται τακτικές μετεωρολογικές παρατηρήσεις, ώστε με την κατάλληλη επεξεργασία να εξαχθούν συμπεράσματα για την πρόβλεψη καιρού και τη μελέτη κλίματος μιας περιοχής. Οι αυτόματοι μετεωρολογικοί σταθμοί του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών ([www.meteo.gr](http://www.meteo.gr)) βρίσκονται σε διάφορα σημεία – περιοχές της Ελλάδας ώστε να αποτελούν ένα ενιαίο δίκτυο μετεωρολογικής παρακολούθησης. Οι σταθμοί αυτοί καταγράφουν σε καθημερινή βάση τις μετρήσεις που αφορούν την θερμοκρασία του αέρα, την υγρασία, την ατμοσφαιρική πίεση, τον υετό, την ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου κ.λπ. Όπως φαίνεται και στον Χάρτη 3.16., υπάρχει πληθώρα μετεωρολογικών σταθμών στο Νομό Αττικής, ενώ στον Δήμο Αθηναίων βλέπουμε ότι, για την 22<sup>η</sup> Ιουλίου 2020, η οποία αποτελεί μια τυπική καλοκαιρινή ημέρα, μετρήσεις έχουν συνολικά πέντε (5) μετεωρολογικοί σταθμοί.





Χάρτης 3.16. – Μετεωρολογικοί Σταθμοί Δήμου Αθηναίων και Νομού Αττικής

Προκειμένου να μελετηθεί το θερμικό περιβάλλον στον Δήμο Αθηναίων, είναι απαραίτητη η γνώση για όλα εκείνα τα μετεωρολογικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν αυτή την περιοχή. Παίρνοντας, λοιπόν, τις μετρήσεις των συνολικά πενήντα (50) μετεωρολογικών σταθμών όλης της Αττικής, που φαίνονται παραπάνω (Χάρτης 3.16.), κρίθηκε απαραίτητο να αποτυπωθεί χαρτογραφικά η παράμετρος εκείνη, που επηρεάζει σε μεγαλύτερο βαθμό την αστική θερμική νησίδα, δηλαδή, η θερμοκρασία του αέρα. Μέσω των μετρήσεων που έχουν καταγράψει οι μετεωρολογικοί σταθμοί για την 22<sup>η</sup> Ιουλίου 2020 (επίγεια δεδομένα), έγινε χωρική εκτίμηση της θερμοκρασίας αέρα στο πρόγραμμα γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών QGIS με τη μέθοδο της Αντίστροφης Σταθμισμένης Απόστασης (IDW Interpolation). Έτσι, λοιπόν, προέκυψε ο παρακάτω χάρτης (Χάρτης 3.17.), στον οποίο παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία αέρα στην περιοχή μελέτης κυμαίνεται από 31.5 έως 34.5 °C. Οι περισσότερες Δ.Κ. παρουσιάζουν θερμοκρασίες αέρα περίπου στους 32 – 33 °C, έχουν δηλαδή μια σχετική ομοιογένεια, με εξαίρεση ορισμένες περιοχές στην 3<sup>η</sup> και 7<sup>η</sup> Δ.Κ., που αγγίζουν μέχρι και τους 34.5 και 33.5 °C αντίστοιχα. Οι θερμοκρασίες αυτές αέρα είναι γενικά υψηλές, ωστόσο, θεωρούνται φυσιολογικές για την εποχή του καλοκαιριού, στην οποία και καταγράφονται εδώ.



Χάρτης 3.17. – Θερμοκρασία Αέρα Δήμου Αθηναίων

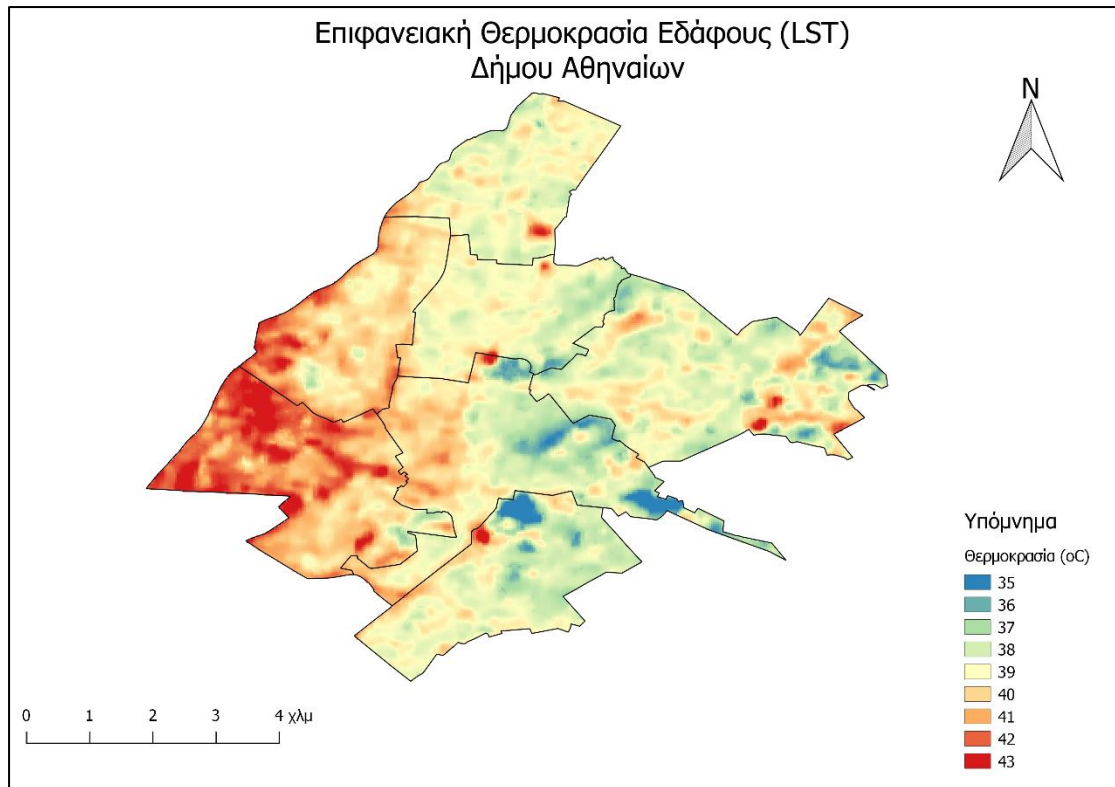
### 3.6. Δορυφορικά Δεδομένα Περιοχής Μελέτης

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, προκειμένου να μελετηθεί ο αστικός θερμικός κίνδυνος για την περιοχή μελέτης σε υψηλή χωρική ανάλυση, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη και δορυφορικά δεδομένα. Ο Δήμος Αθηναίων, ως μία άκρως αστική περιοχή, παρουσιάζει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ως προς τα δεδομένα αυτά, που αφορούν στην επιφανειακή θερμοκρασία, τον δείκτη βλάστησης κανονικοποιημένων διαφορών, την αναλογία διαστάσεων της αστικής χαράδρας, την κάλυψη και χρήση γης, το ύψος των κτιρίων και το ποσοστό αδιαπερατότητας. Παρακάτω παρουσιάζεται καθένα από αυτά τα δεδομένα για τις επτά (7) διαφορετικές Δ.Κ. της περιοχής μελέτης, ενώ για ορισμένα υπολογίστηκαν και οι μέσες τιμές αυτών. Οι χάρτες αυτοί κατασκευάστηκαν μέσω του προγράμματος συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών QGIS.

### **3.6.1. Επιφανειακή Θερμοκρασία Εδάφους (Land Surface Temperature – LST)**

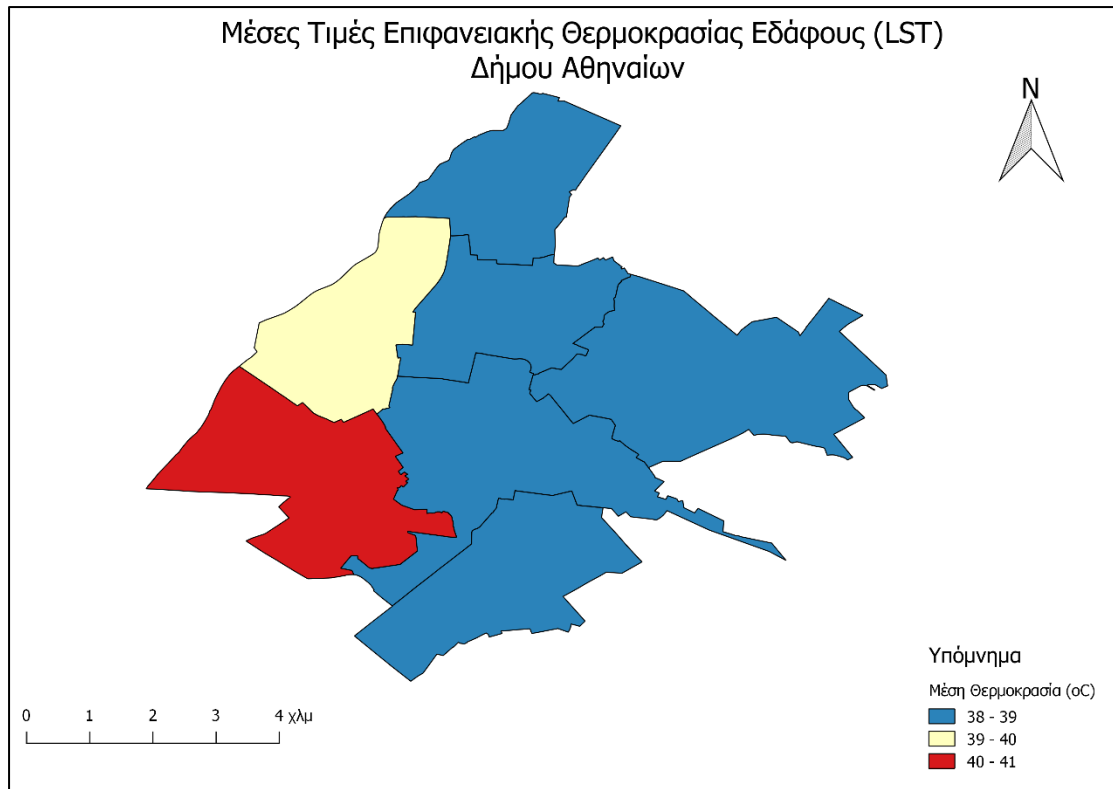
Παρατηρώντας τον Χάρτη 3.18. συμπεραίνουμε ότι οι τιμές της επιφανειακής θερμοκρασίας εδάφους στον Δήμο Αθηναίων παρουσιάζουν χωρικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των επιμέρους περιοχών. Πιο συγκεκριμένα, στο δυτικό τμήμα του Δήμου, και ιδιαίτερα στην 3<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> Δ.Κ., εμφανίζονται υψηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες, σε σχέση με τα υπόλοιπα τμήματά του. Ωστόσο, σε όλες τις Δ.Κ., εντοπίζονται θερμά σημεία (hot spots) ή/και ψυχρά (cold spots), παρόλο που καθεμία από αυτές έχει ένα συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών. Οι χωρικές διαφοροποιήσεις στις τιμές της επιφανειακής θερμοκρασίας εδάφους προκύπτουν από το γεγονός ότι είναι διαφορετική η κάλυψη γης. Αυτό σημαίνει ότι οι Δ.Κ. με χαμηλές μέσες επιφανειακές θερμοκρασίες (π.χ. 1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup>, 7<sup>η</sup> Δ.Κ.) διαθέτουν περισσότερες εκτάσεις πρασίνου, που τις «δροσίζουν», σε αντίθεση με αυτές που παρουσιάζουν υψηλότερες μέσες επιφανειακές θερμοκρασίες (εξαιτίας της απουσίας πρασίνου).

Τα αποτελέσματα αυτά ενισχύουν τον στόχο της εργασίας που είναι η εκτίμηση του θερμικού κινδύνου σε όσο το δυνατόν καλύτερη χωρική ανάλυση. Αυτό είναι εμφανές από την χωρική ανομοιογένεια των επιφανειακών θερμοκρασιών των διάφορων περιοχών του Δήμου Αθηναίων με εύρος επιφανειακών θερμοκρασιών από 35-43 °C καθώς επίσης και από την παρουσία αρκετών θερμών σημείων (hot spots) και ψυχρών σημείων (cold spots).



Χάρτης 3.18. – Επιφανειακή Θερμοκρασία Εδάφους (LST) Δήμου Αθηναίων

Στον Χάρτη 3.19. βλέπουμε τις μέσες τιμές της επιφανειακής θερμοκρασίας εδάφους να κυμαίνονται μεταξύ 38-41 °C. Είναι εμφανές, όπως προέκυψε και από τον αμέσως προηγούμενο χάρτη (Χάρτης 3.18.), ότι η 3<sup>η</sup> και η 4<sup>η</sup> Δ.Κ. χαρακτηρίζονται από τις μεγαλύτερες μέσες τιμές θερμοκρασιών (40-41 και 39-40 °C αντίστοιχα), ενώ όλες οι υπόλοιπες έχουν χαμηλότερο εύρος θερμοκρασιών (38-39 °C). Πρόκειται, δηλαδή, για διαφορά θερμοκρασίας ενός (1) ή και δύο (2) βαθμών Κελσίου (°C).

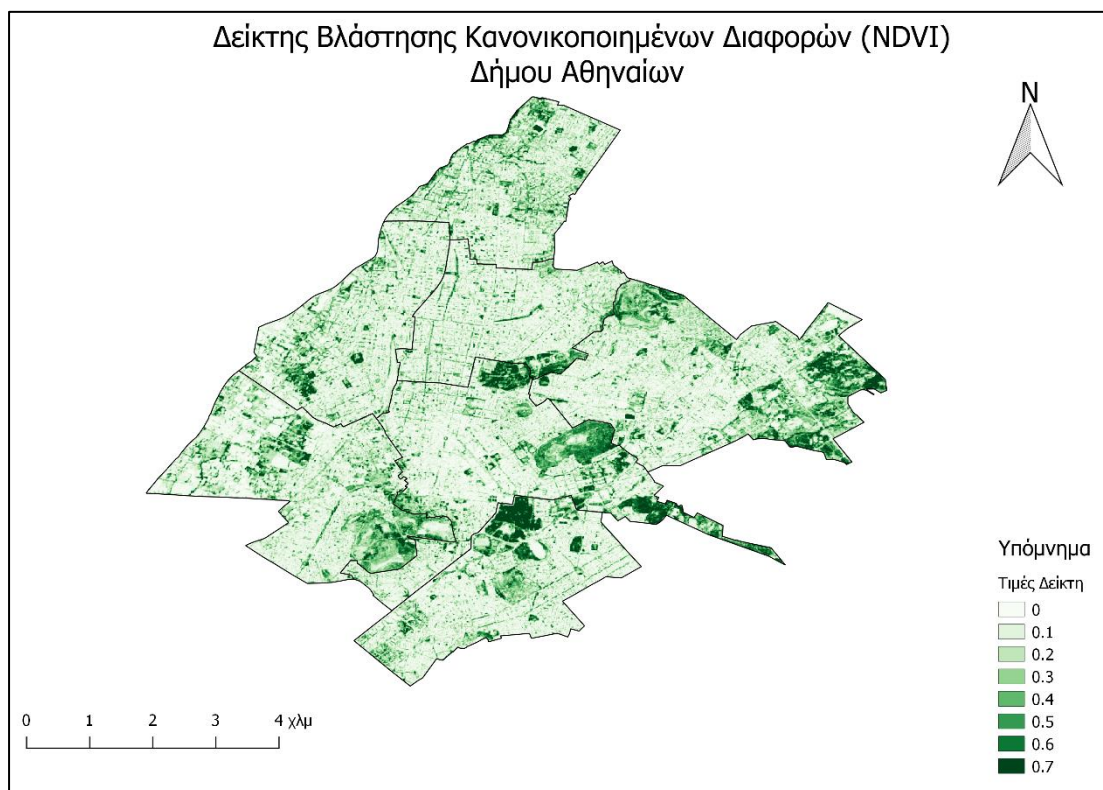


Χάρτης 3.19. – Μέσες Τιμές Επιφανειακής Θερμοκρασίας Εδάφους (LST) Δήμου Αθηναίων

### 3.6.2. Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένων Διαφορών (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI)

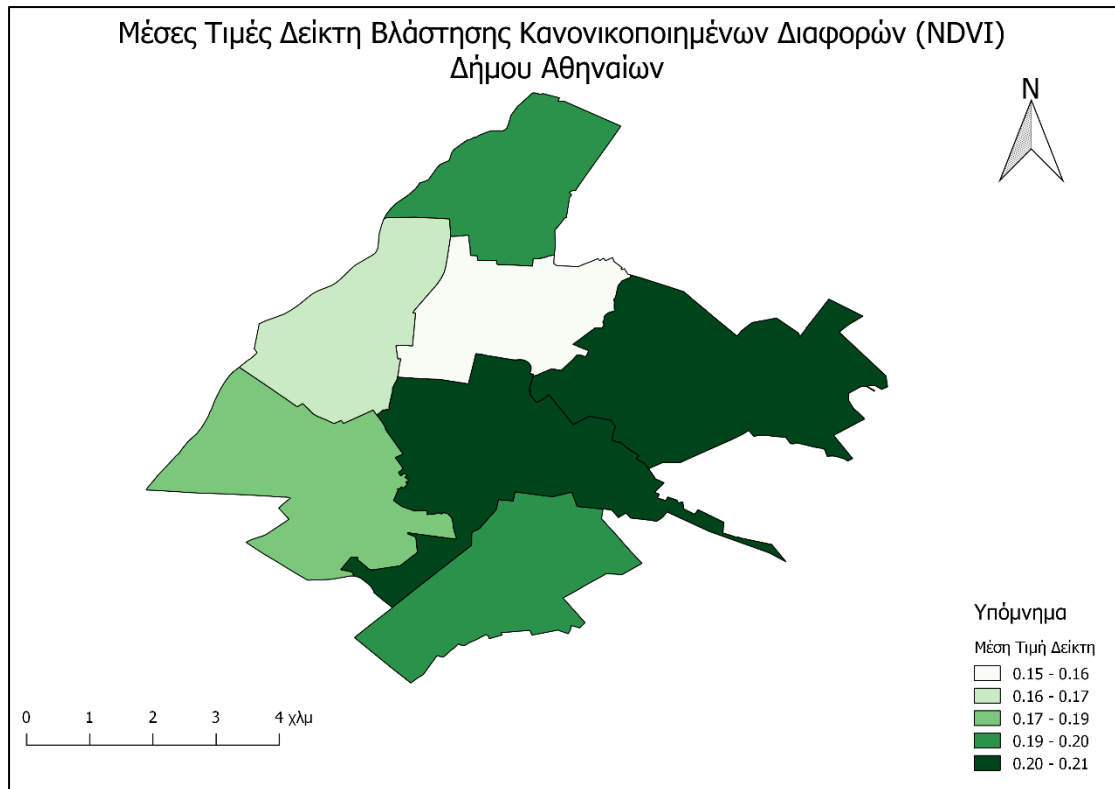
Ο Χάρτης 3.20. δείχνει τις τιμές του δείκτη βλάστησης NDVI, ο οποίος ποσοτικοποιεί την πυκνότητα βλάστησης σε μια επιφάνεια και, στην προκειμένη περίπτωση, στον Δήμο Αθηναίων. Ο Δήμος παρουσιάζει γενικά χαμηλό βαθμό βλάστησης, όπως συμβαίνει στις περισσότερες αστικές περιοχές, με τις τιμές του δείκτη να κυμαίνονται κυρίως από 0 έως 0.3 (γυμνό έδαφος ή δέντρα στους δρόμους). Τιμές κοντά στο 1 υποδηλώνουν ύπαρξη πράσινης βλάστησης, και εδώ, παρατηρείται ότι αυτές εντοπίζονται σε ορισμένες Δ.Κ., στα ανατολικά, κεντρικά και νότια τμήματα του Δήμου. Πρόκειται για σχετικά μεγάλες εκτάσεις πρασίνου και, συγκεκριμένα, το Αττικό Άλσος, το Άλσος Παπάγου, το Πάρκο Γουδή, το Πεδίο Άρεως, ο Λυκαβηττός, ο Εθνικός Κήπος, το Ζάππειο, η περιοχή γύρω από το Παναθηναϊκό Στάδιο, το Άλσος Ιλισίων, η Ακρόπολη των Αθηνών, ο Λόφος Φιλοπάππου και η γύρω περιοχή του Θησείου (1<sup>η</sup>, 2<sup>η</sup>, 3<sup>η</sup>, 6<sup>η</sup>, 7<sup>η</sup> Δ.Κ.). Αξίζει να σημειωθεί ότι, λαμβάνοντας υπόψη και τον Χάρτη 3.18., αποδεικνύεται ότι οι υψηλότερες τιμές επιφανειακής θερμοκρασίας εδάφους συνδέονται με τον χαμηλό

δείκτη βλάστησης στις δυτικές περιοχές του Δήμου (3<sup>η</sup> και 4<sup>η</sup> Δ.Κ.), αφού οι εκτάσεις πρασίνου που «δροσιίζουν» μια περιοχή, εκεί είναι λιγιστές ή απουσιάζουν.



Χάρτης 3.20. – Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένων Διαφορών (NDVI) Δήμου Αθηναίων

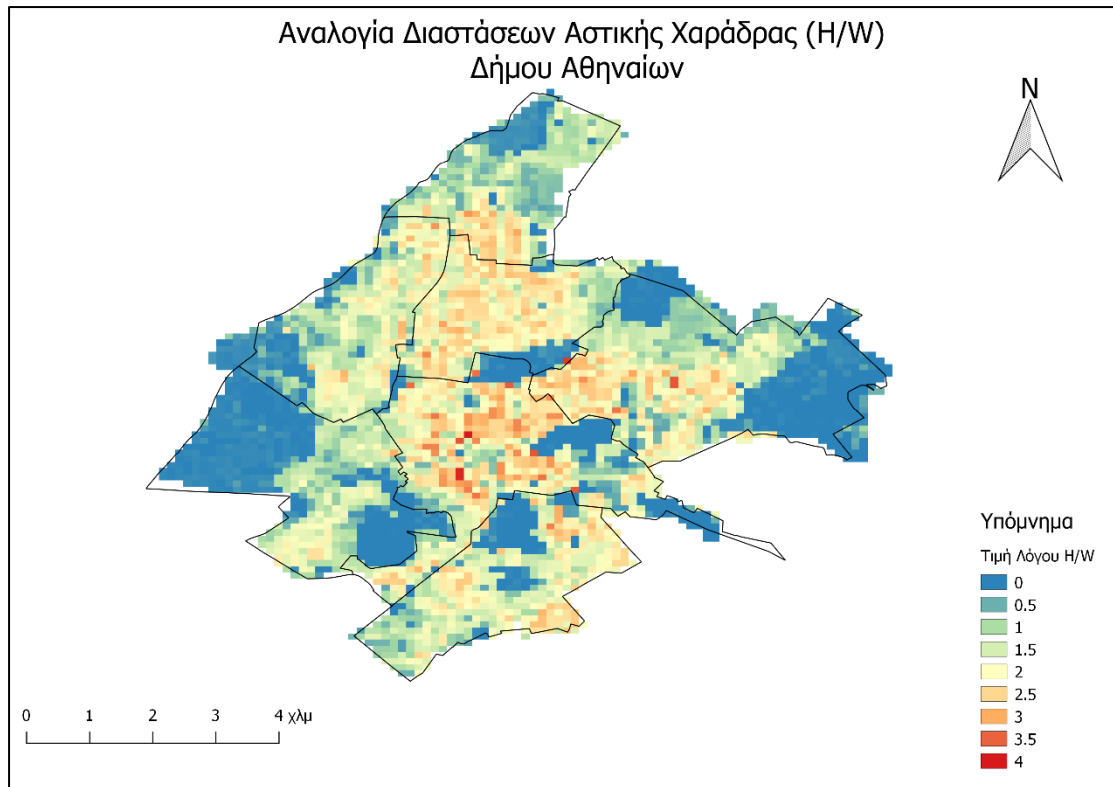
Στον Χάρτη 3.21. αποτυπώνονται οι μέσες τιμές του δείκτη βλάστησης NDVI, οι οποίες είναι γενικά πολύ χαμηλές, αφού κυμαίνονται από 0.15 έως 0.21. Οι Δ.Κ. παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις μεταξύ τους, με την 1<sup>η</sup> και 7<sup>η</sup> να κατέχουν τις μεγαλύτερες τιμές (0.20 – 0.21) και την 3<sup>η</sup>, 4<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> τις χαμηλότερες (0.15 – 0.17). Αυτά συμφωνούν με όσα εμφανίζει και ο προηγούμενος χάρτης (Χάρτης 3.20.), με τις χαμηλές μέσες τιμές του δείκτη NDVI να επιβεβαιώνουν την μικρή ύπαρξη εκτάσεων πρασίνου στον Δήμο Αθηναίων, που περιορίζουν τις «ανάσες δροσιάς» των κατοίκων του.



Χάρτης 3.21. – Μέσες Τιμές Δείκτη Βλάστησης Κανονικοποιημένων Διαφορών (NDVI) Δήμου Αθηναίων

### 3.6.3. Αστική Χαράδρα και Αναλογία Διαστάσεων (H/W)

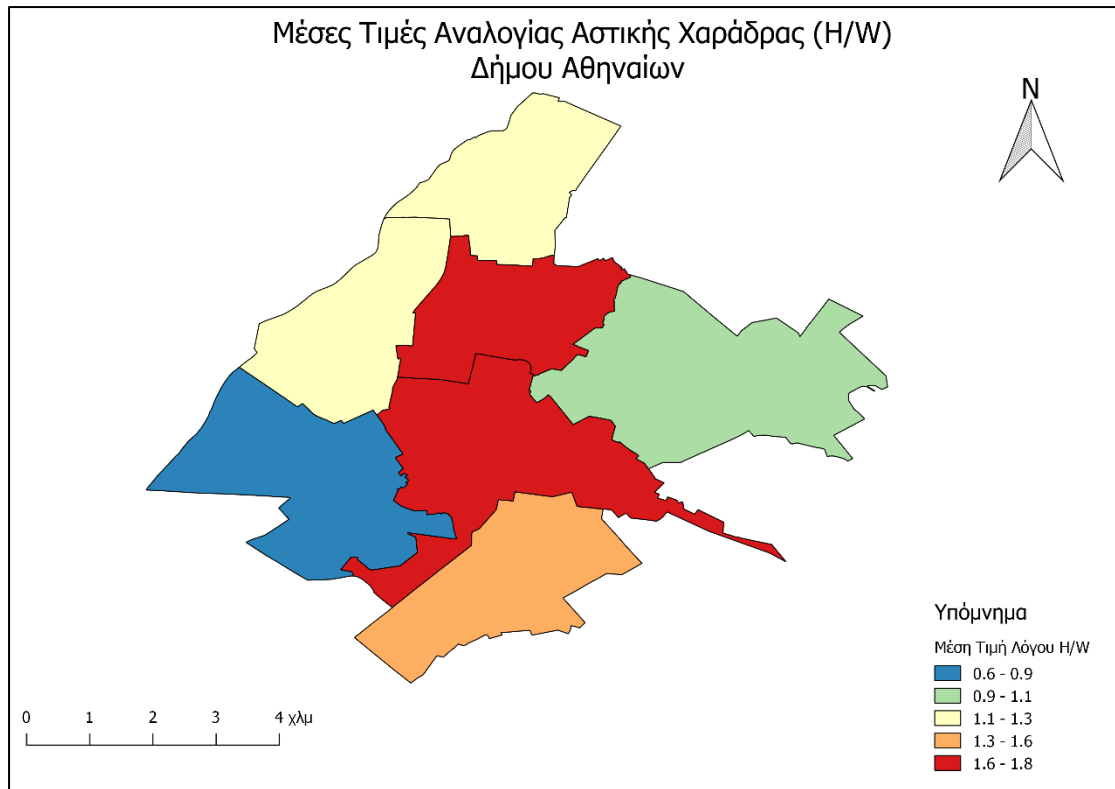
Η αναλογία διαστάσεων αστικής χαράδρας, δηλαδή ο λόγος ύψους κτιρίων προς πλάτος δρόμων (H/W) για τον Δήμο Αθηναίων παρουσιάζεται στον Χάρτη 3.22. Παρατηρείται ότι ο λόγος H/W εμφανίζεται μεγαλύτερος στις κεντρικές περιοχές του Δήμου, με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 3 και 4, ενώ στις περιφερειακές περιοχές του ο λόγος έχει χαμηλές τιμές, κυρίως από 0 έως 2. Μάλιστα, τις χαμηλότερες τιμές λόγου H/W, από όλες τις Δ.Κ. εμφανίζει στο σύνολό της η 3<sup>η</sup>. Μεγάλος λόγος H/W συνεπάγεται ότι η ακτινοβολία του ήλιου δεν φτάνει στο έδαφος κατά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας, λόγω του ότι υπάρχει σκίαση. Επίσης, σημαίνει ότι μειώνεται η δυνατότητα αερισμού της περιοχής, γεγονός που επιφέρει, εκτός από ατμοσφαιρική ρύπανση, ανυπαρξία αέρα δροσισμού.



Χάρτης 3.22. – Αναλογία Διαστάσεων Αστικής Χαράδρας (H/W) Δήμου Αθηναίων

Από τον Χάρτη 3.23. παρακάτω, φαίνεται ότι οι μέσες τιμές του λόγου H/W επαληθεύουν τα συμπεράσματα του Χάρτη 3.22., αφού οι χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται στην 3<sup>η</sup> Δ.Κ. (0.6 – 0.9) και οι υψηλότερες στο κέντρο του Δήμου και, συγκεκριμένα, στην 1<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> Δ.Κ. (1.6 – 1.8).





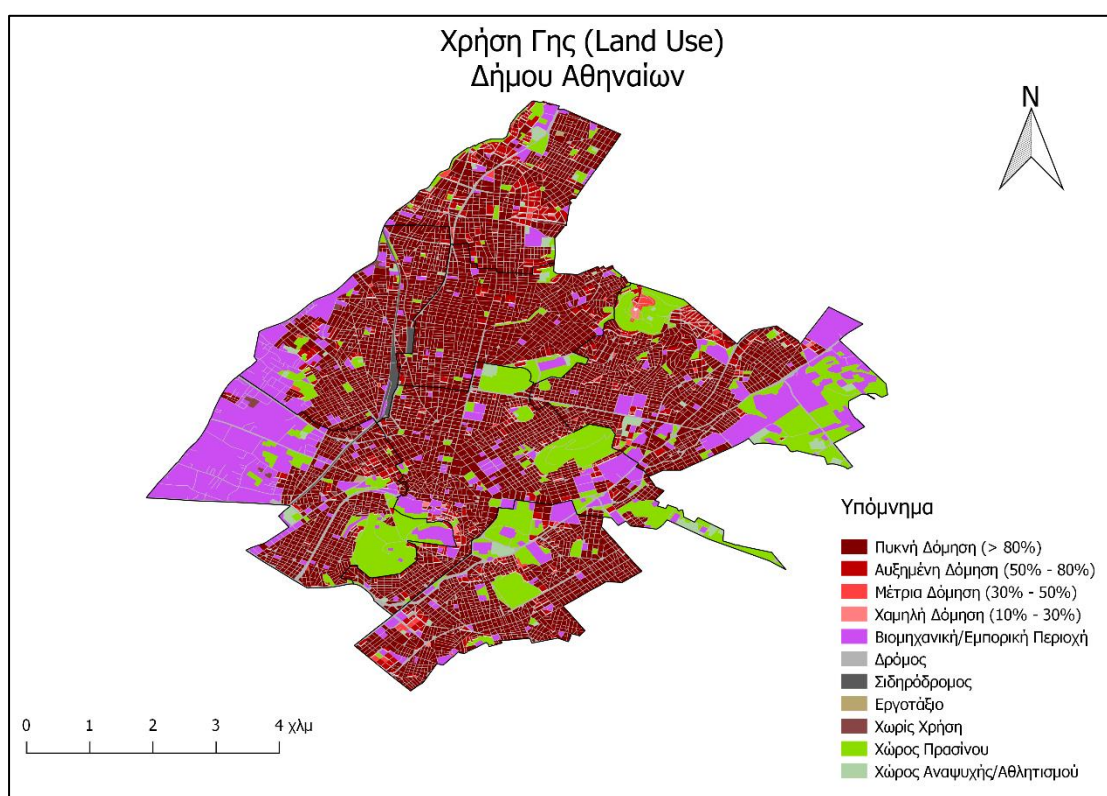
Χάρτης 3.23. – Μέσες Τιμές Αναλογίας Διαστάσεων Αστικής Χαράδρας (H/W) Δήμου Αθηναίων

### 3.6.4. Χρήση Γης (Land Use)

Το πώς χρησιμοποιείται το έδαφος στην περιοχή του Δήμου Αθηναίων, δηλαδή, οι χρήσεις γης, απεικονίζονται στον Χάρτη 3.24. Οι χρήσεις αυτές διαφέρουν γενικά από περιοχή σε περιοχή και παρουσιάζουν διάφορες κατηγορίες. Στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης, εμφανίζονται έντεκα (11) διαφορετικές κατηγορίες – είδη χρήσεις της γης και έχουν ως εξής:

	Πυκνή Δόμηση (> 80%)
	Αυξημένη Δόμηση (50% - 80%)
	Μέτρια Δόμηση (30% - 50%)
	Χαμηλή Δόμηση (10% - 30%)
	Βιομηχανική/Εμπορική Περιοχή
	Δρόμος
	Σιδηρόδρομος
	Εργοτάξιο
	Χωρίς Χρήση
	Χώρος Πρασίνου
	Χώρος Αναψυχής/Αθλητισμού

Από τον Χάρτη 3.24. φαίνεται ότι οι αστικές περιοχές είναι κυρίως πυκνά δομημένες (> 80%) ή αυξημένα δομημένες (50% - 80%), καθώς και βιομηχανικές/εμπορικές περιοχές. Ελάχιστες είναι οι περιοχές εκείνες που εμφανίζουν μέτρια ή χαμηλή δόμηση (30% - 50% και 10% - 30% αντίστοιχα). Οι χώροι πρασίνου συμπίπτουν και πάλι με αυτές του χάρτη δείκτη βλάστησης NDVI (Χάρτης 3.20.), ενώ λίγοι είναι γενικά οι χώροι αναψυχής/αθλητισμού, οι οποίοι κατανέμονται σε όλες τις Δ.Κ. Οι χρήσεις γης είναι άμεσα συνυφασμένες με την επιφανειακή θερμοκρασία εδάφους καθώς επηρεάζουν τις τιμές της. Αξίζει να σημειωθεί ότι μεταξύ των περιοχών που απεικονίζονται με μωβ χρώμα, συγκαταλέγονται και τα νοσοκομεία, τα οποία βρίσκονται εντοπίζονται σε μεγάλο βαθμό και στα ανατολικά του Δήμου, στην 7<sup>η</sup> Δ.Κ.

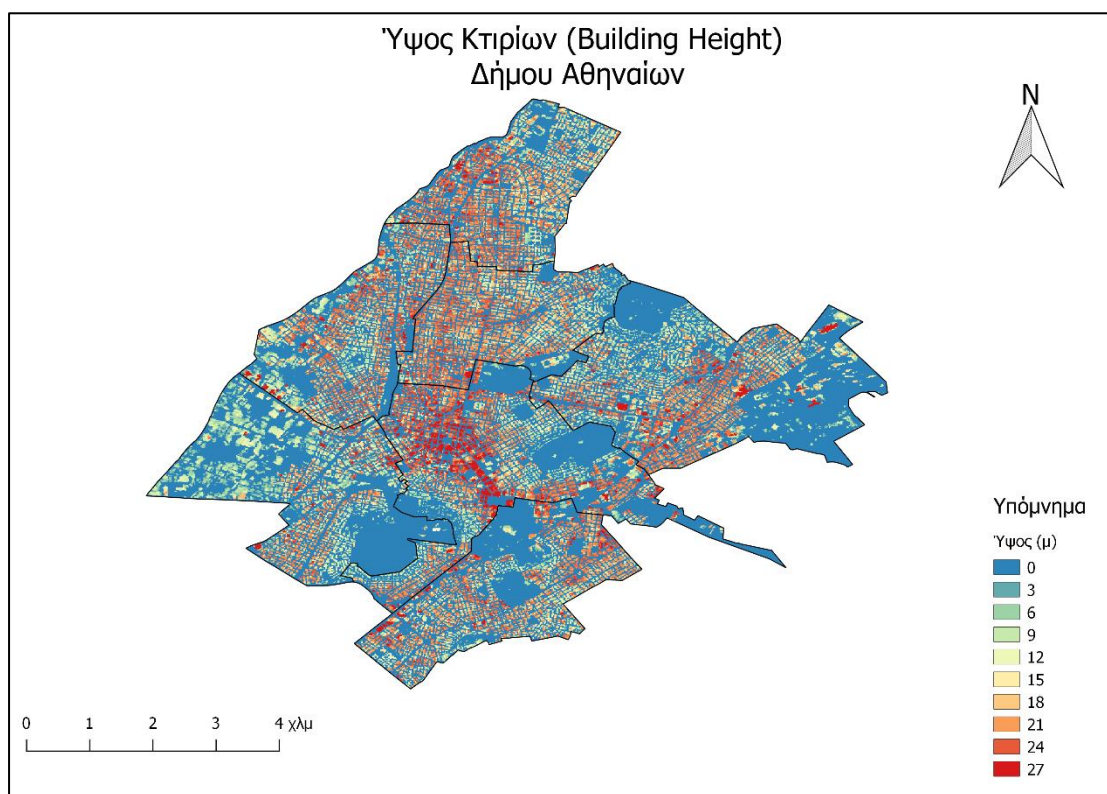


Χάρτης 3.24. – Κάλυψη Γης (Land Cover) Δήμου Αθηναίων

### 3.6.5. Ύψος Κτιρίων (Building Height)

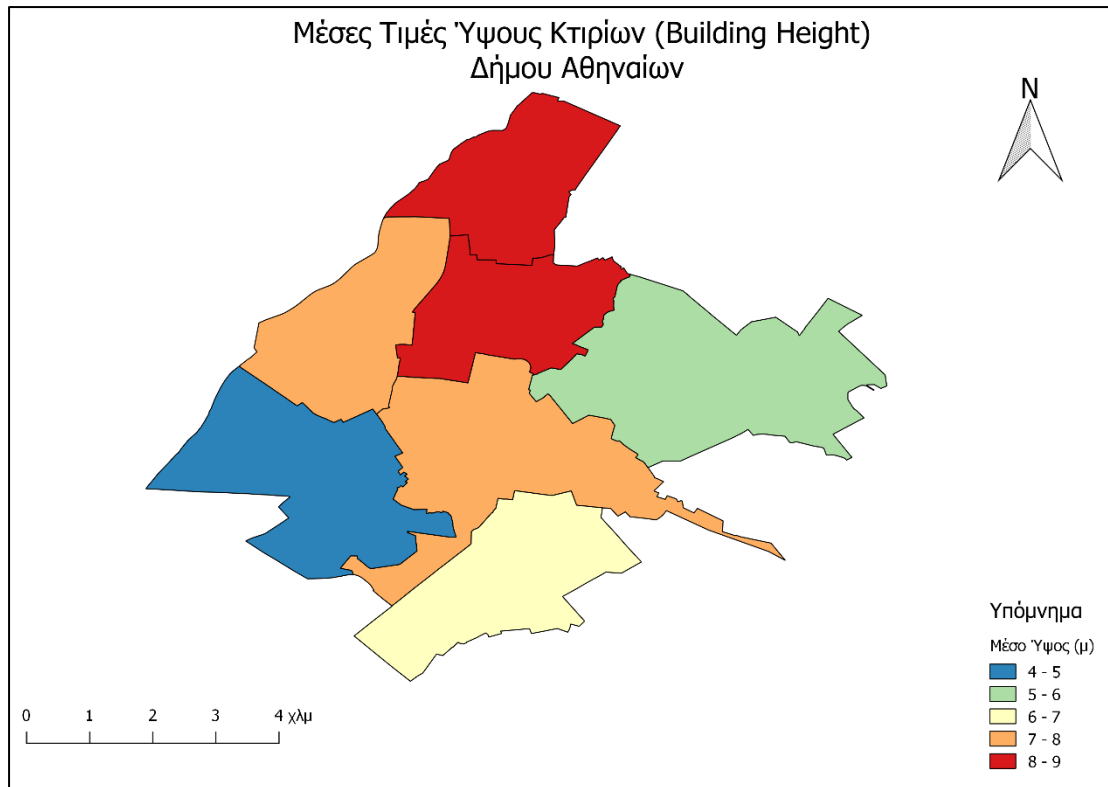
Το ύψος των κτιρίων της περιοχής μελέτης, αναμένεται να ακολουθεί τη χωρική κατανομή της αναλογίας διαστάσεων αστικής χαράδρας (H/W), που παρουσιάστηκε παραπάνω (Χάρτης 3.22). Όπως φαίνεται, λοιπόν, στο Χάρτη 3.25., το ύψος των κτιρίων κατέχει μεγαλύτερες τιμές στις κεντρικές και βόρειες περιοχές

του Δήμου Αθηναίων, φτάνοντας μέχρι και τα 27 μέτρα. Οι περιοχές στα περίξ του Δήμου εμφανίζουν μικρότερο ύψος κτιρίων, ενώ όπως είναι φυσικό, οι χώροι πρασίνου έχουν ύψος μηδέν (0), αφού δεν υπάρχουν εκεί κτίρια, παρά μόνο βλάστηση.



Χάρτης 3.25. – Ύψος Κτιρίων (Building Height) Δήμου Αθηναίων

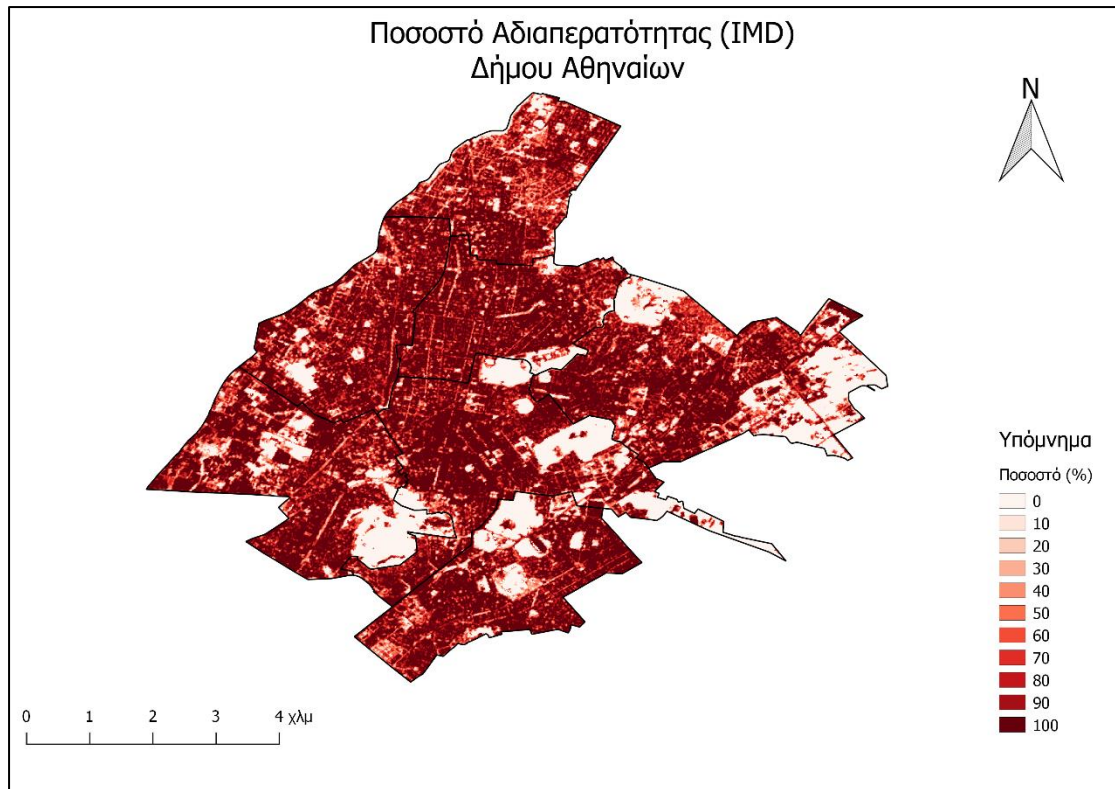
Στον Χάρτη 3.26. παρατηρούμε τις μέσες τιμές ύψους κτιρίων, όπως αυτές κατανέμονται μεταξύ των Δ.Κ. του Δήμου Αθηναίων. Ακολουθώντας το ίδιο μοτίβο με τον Χάρτη 3.25., φαίνεται ότι τα υψηλότερα κτίρια εντοπίζονται στην 1<sup>η</sup>, 5<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> Δ.Κ., δηλαδή στις κεντρικές και βόρειες περιοχές του Δήμου, ενώ οι χαμηλότερες τιμές εμφανίζονται στην 3<sup>η</sup> Δ.Κ. κυρίως, που όπως είδαμε και στον Χάρτη 3.24., εγκαθίστανται πολλές βιομηχανικές/εμπορικές περιοχές.



Χάρτης 3.26. – Μέσες Τιμές Ύψους Κτιρίων (Building Height) Δήμου Αθηναίων

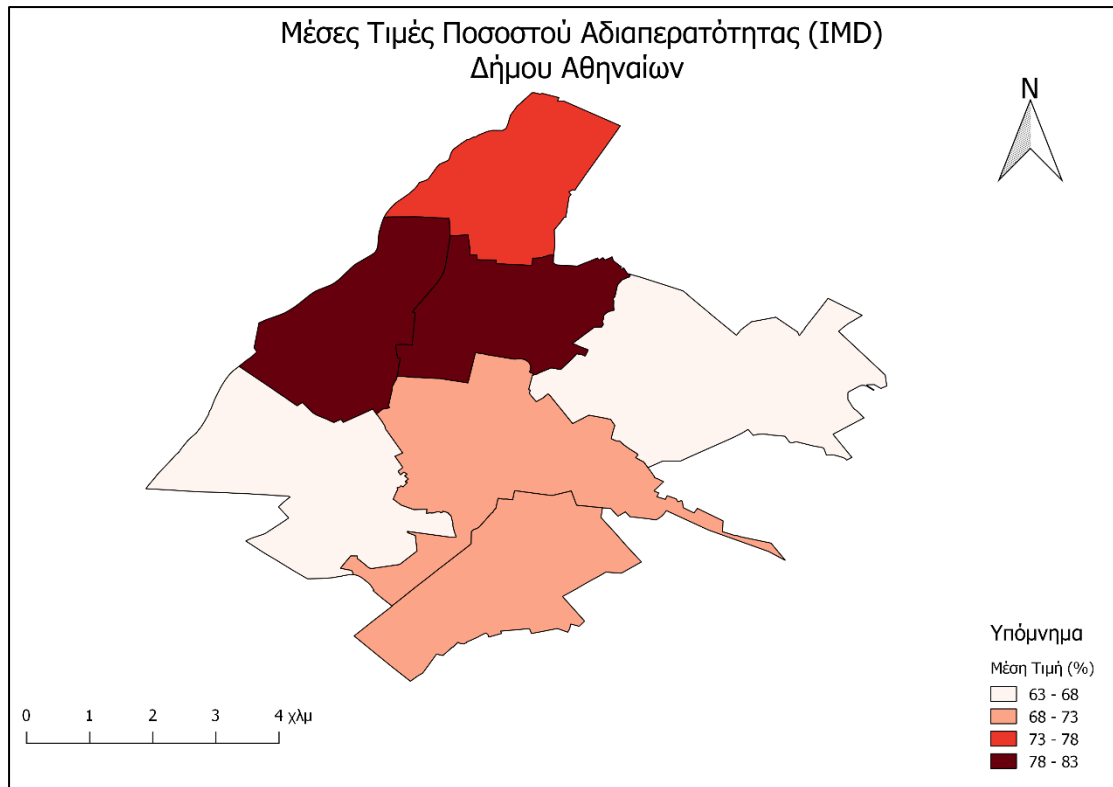
### 3.6.6. Ποσοστό Αδιαπερατότητας (*Imperviousness Density – IMD*)

Το ποσοστό αδιαπερατότητας, ουσιαστικά, δείχνει κατά πόσο το φυσικό έδαφος καλύπτεται από μη φυσικά υλικά. Με άλλα λόγια, ποσοστά αδιαπερατότητας που φτάνουν το 100% υποδηλώνουν ότι το υλικό του εδάφους έχει αντικατασταθεί πλήρως από ανθρωπογενή τεχνητά υλικά, τα οποία είναι αδιαπερατά. Παρατηρώντας, λοιπόν, τον Χάρτη 3.27., προκύπτει ότι οι περιοχές εκείνες που στους προηγούμενους χάρτες απεικόνιζαν βλάστηση, έχουν ποσοστό αδιαπερατότητας 0%, αφού είναι φυσικές επιφάνειες. Αντίθετα, το μεγαλύτερο μέρος των Δ.Κ. του Δήμου εμφανίζει υψηλά ποσοστά έως και 100%, αφού οι επιφάνειες αυτές είναι τεχνητές, με τις περισσότερες να βρίσκονται στην 4<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> Δ.Κ.



Χάρτης 3.27. – Ποσοστό Αδιαπερατότητας (IMD) Δήμου Αθηναίων

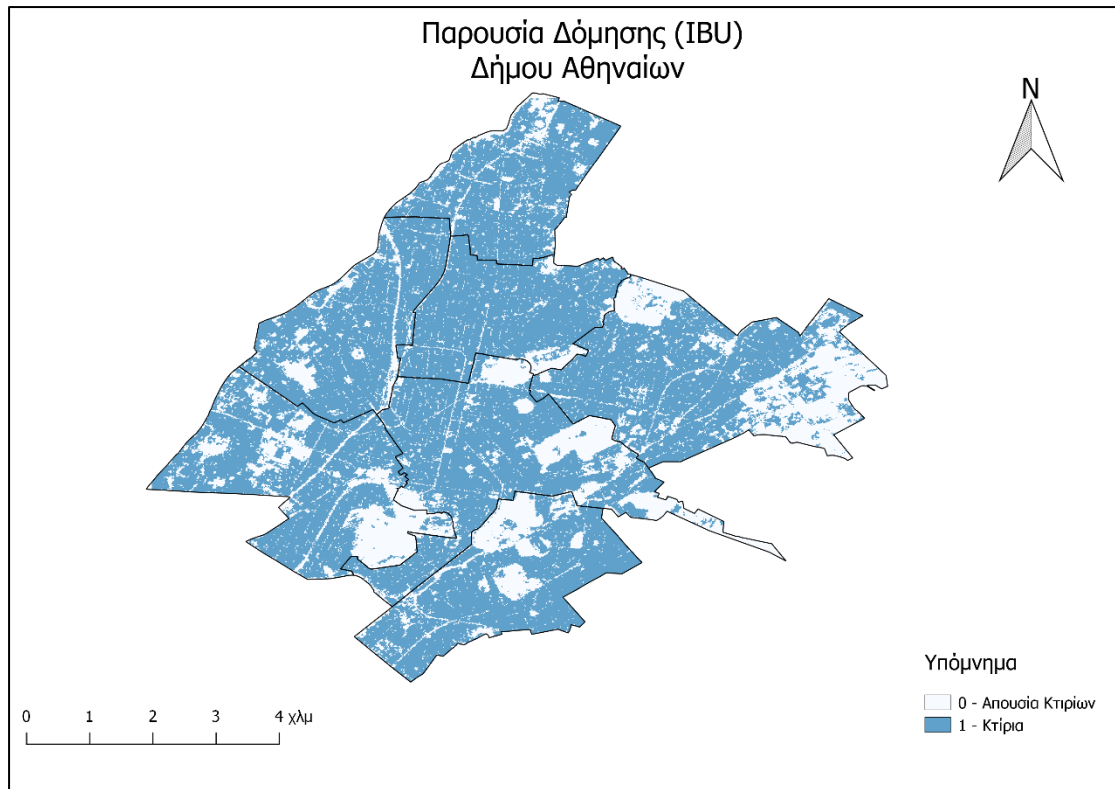
Ο Χάρτης 3.28. παρουσιάζει τις μέσες τιμές του ποσοστού αδιαπερατότητας μεταξύ των Δ.Κ. Οι διαφορές τους δεν είναι πολύ μεγάλες, αφού όλες κατέχουν μεγάλο αριθμό τεχνητών επιφανειών. Ωστόσο, η 3<sup>η</sup> και η 7<sup>η</sup> Δ.Κ. είναι αυτές που παρουσιάζουν τις χαμηλότερες μέσες τιμές αδιαπερατότητας, με διαφορά 15 – 20 μονάδων περίπου από την 4<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> Δ.Κ. που εμφανίζουν τις υψηλότερες.



Χάρτης 3.28. – Μέσες Τιμές Ποσοστού Αδιαπερατότητας (IMD) Δήμου Αθηναίων

### 3.6.7. Παρουσία Δόμησης (*Impervious Build Up – IBU*)

Η παρουσία δόμησης, η οποία εκφράζει χωρικά την κατανομή των κτιρίων ανά Δ.Κ. στον Δήμο Αθηναίων, αποτυπώνεται στον Χάρτη 3.29. Πιο συγκεκριμένα, η τιμή 1, που υποδηλώνει την ύπαρξη κτιρίων, διαπιστώνεται ότι κυριαρχεί σε όλες τις Δ.Κ., με την 5<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> να έχουν το υψηλότερο ποσοστό κάλυψης από κτίρια. Αυτό είναι λογικό, διότι συνδέεται άμεσα με την απουσία βλάστησης που υφίσταται στις συγκεκριμένες Δ.Κ.



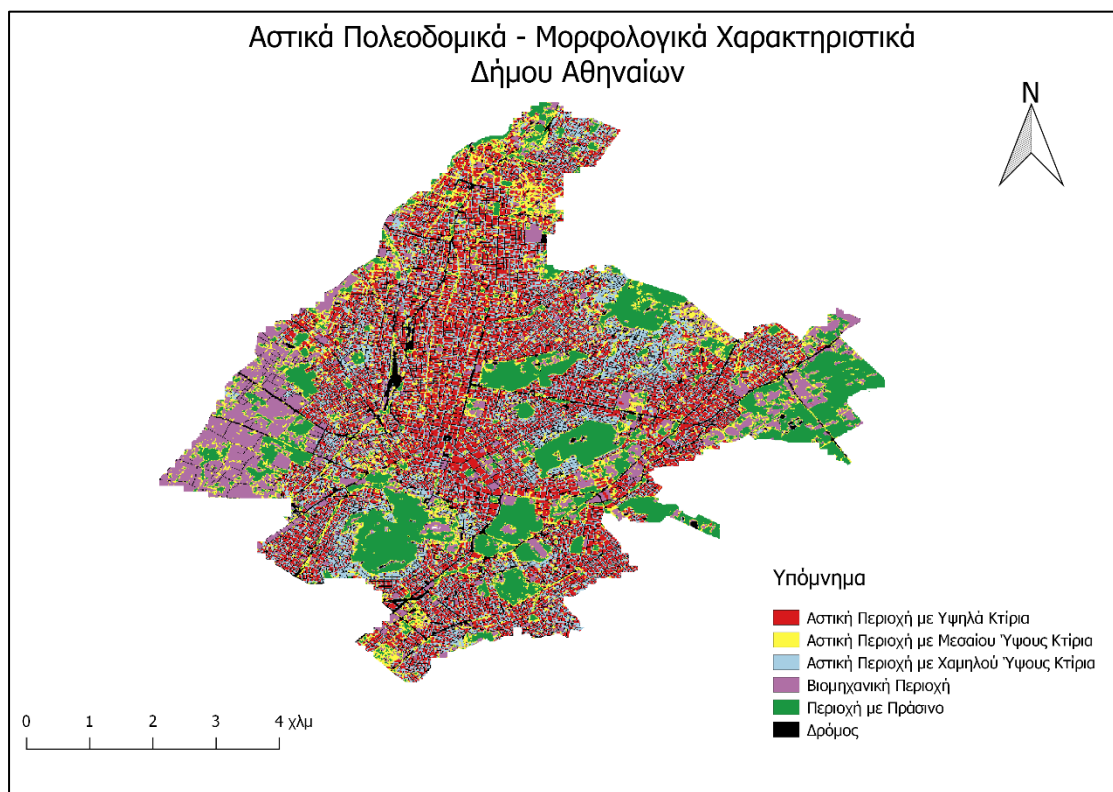
Χάρτης 3.29. – Παρουσία Δόμησης (IBU) Δήμου Αθηναίων

## ΤΕΤΑΡΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### Αποτελέσματα και Συζήτηση

#### 4.1. Αστικά Πολεοδομικά – Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Για να κατηγοριοποιηθεί ο Δήμος Αθηναίων σε περιοχές με κοινά αστικά πολεοδομικά – μορφολογικά χαρακτηριστικά χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος συσταδοποίησης k-prototypes (βλ. 2.3.1.). Μέσω της μεθόδου αυτής, δημιουργήθηκαν οκτώ (8) αποτελέσματα χωρικών κατηγοριοποιήσεων, τα οποία μελετήθηκαν έτσι ώστε να προσδιοριστεί η βέλτιστη κατηγοριοποίηση. Κάθε ένα από αυτά τα αποτελέσματα αντιστοιχεί σε διαφορετικό αριθμό κατηγοριών (από 3 έως 10 κατηγορίες), τα χαρακτηριστικά των οποίων σε συνδυασμό με τη γνώση της περιοχής μελέτης, οδήγησαν στην επιλογή της κατηγοριοποίησης σε έξι (6) κατηγορίες (Χάρτης 4.1.).



Χάρτης 4.1. – Αστικά Πολεοδομικά/Μορφολογικά Χαρακτηριστικά Δήμου Αθηναίων

Όπως φαίνεται και στον Χάρτη 4.1., η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τρεις (3) κατηγορίες αστικών περιοχών που διακρίνονται κυρίως λόγω του ύψους των κτιρίων



(υψηλά, μεσαίου ύψους, χαμηλού ύψους), μία (1) κατηγορία με χαρακτηριστικά βιομηχανικών περιοχών, μία (1) κατηγορία με παρουσία πρασίνου και μία (1) κατηγορία που περιλαμβάνει το σύνολο των μεγάλων δρόμων.

Αναλυτικά, η κατηγορία «Αστική Περιοχή με Υψηλά Κτίρια» περιλαμβάνει σχεδόν αποκλειστικά ως χρήση γης την αστική πυκνή δόμηση (80%), με αποτέλεσμα να είναι ολοκληρωτικά δομημένη (98%), το ποσοστό αδιαπερατότητας των επιφανειών της φτάνει περίπου το 95%, η αναλογία διαστάσεων αστικής χαράδρας (λόγος ύψους κτιρίων προς πλάτος δρόμων) είναι 1.8 και το μέσο ύψος κτιρίων είναι 21.2 μέτρα, δηλαδή κτίρια άνω των πέντε (5) ορόφων. Η κατηγορία «Αστική Περιοχή με Μεσαίου Ύψους Κτίρια» χαρακτηρίζεται από ποικίλες χρήσεις γης, ως επί το πλείστον είναι δομημένη (72%), το ποσοστό αδιαπερατότητας των επιφανειών της αγγίζει το 49%, η αναλογία διαστάσεων αστικής χαράδρας (λόγος ύψους κτιρίων προς πλάτος δρόμων) είναι 1.1 και το μέσο ύψος κτιρίων είναι 4.6 μέτρα. Η κατηγορία «Αστική Περιοχή με Χαμηλού Ύψους Κτίρια» διακρίνεται για το συντριπτικό ποσοστό των χρήσεων γης που αποτελεί η αστική πυκνή δόμηση (>80%), γεγονός που δικαιολογεί και το πολύ υψηλό ποσοστό δόμησής της (95%). Ταυτόχρονα, το ποσοστό αδιαπερατότητας των επιφανειών της ανέρχεται σε 93% και το μέσο ύψος κτιρίων είναι 1.7 μέτρα. Σε ό,τι αφορά την κατηγορία «Βιομηχανική Περιοχή», αυτή παρουσιάζει κυρίως βιομηχανικές/εμπορικές χρήσεις γης, είναι κατά κύριο λόγο δομημένη (87%), το ποσοστό αδιαπερατότητας των επιφανειών της είναι σχεδόν 89%, η αναλογία διαστάσεων αστικής χαράδρας (λόγος ύψους κτιρίων προς πλάτος δρόμων) είναι 0.5 και το μέσο ύψος κτιρίων είναι 6.4 μέτρα. Η κατηγορία «Περιοχή με Πράσινο» αποτελείται κατά κύριο λόγο από χώρους πρασίνου, παρουσιάζει δόμηση σε ποσοστό 2% και έχει ποσοστό αδιαπερατότητας στις επιφάνειές της μόλις 5%. Τέλος, η κατηγορία «Δρόμος» αποτελείται ουσιαστικά από τους υπάρχοντες δρόμους, με αποτέλεσμα το ποσοστό αδιαπερατότητας των επιφανειών της να φτάνει περίπου το 95%.

Το ποσοστό χωρικής κατανομής κάθε κατηγορίας παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 7. Παρατηρείται ότι όλες οι κατηγορίες έχουν ικανοποιητικό ποσοστό παρουσίας που, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι κάθε κατηγορία είναι καλά καθορισμένη, δηλαδή διαφέρει ως προς τα χαρακτηριστικά της αρκετά από τις υπόλοιπες, αναδεικνύει την επιτυχία της συγκεκριμένης κατηγοριοποίησης.

Πίνακας 7 – Ποσοστό Κατανομής στον Δήμο Αθηναίων ανά Κατηγορία

Κατηγορία		Ποσοστό Κατανομής
Αστική Περιοχή με Υψηλά Κτίρια		23%
Αστική Περιοχή με Μεσαίου Ύψους Κτίρια		13%
Αστική Περιοχή με Χαμηλού Ύψους Κτίρια		21%
Βιομηχανική Περιοχή		12%
Περιοχή με Πράσινο		18%
Δρόμος		13%

Ενδεικτικά, παρουσιάζονται παρακάτω, στην Εικόνα 4.1., κάποια τυπικά παραδείγματα καθεμίας από τις έξι (6) κατηγορίες αστικών πολεοδομικών – μορφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης, και συγκεκριμένα του Δήμου Αθηναίων.



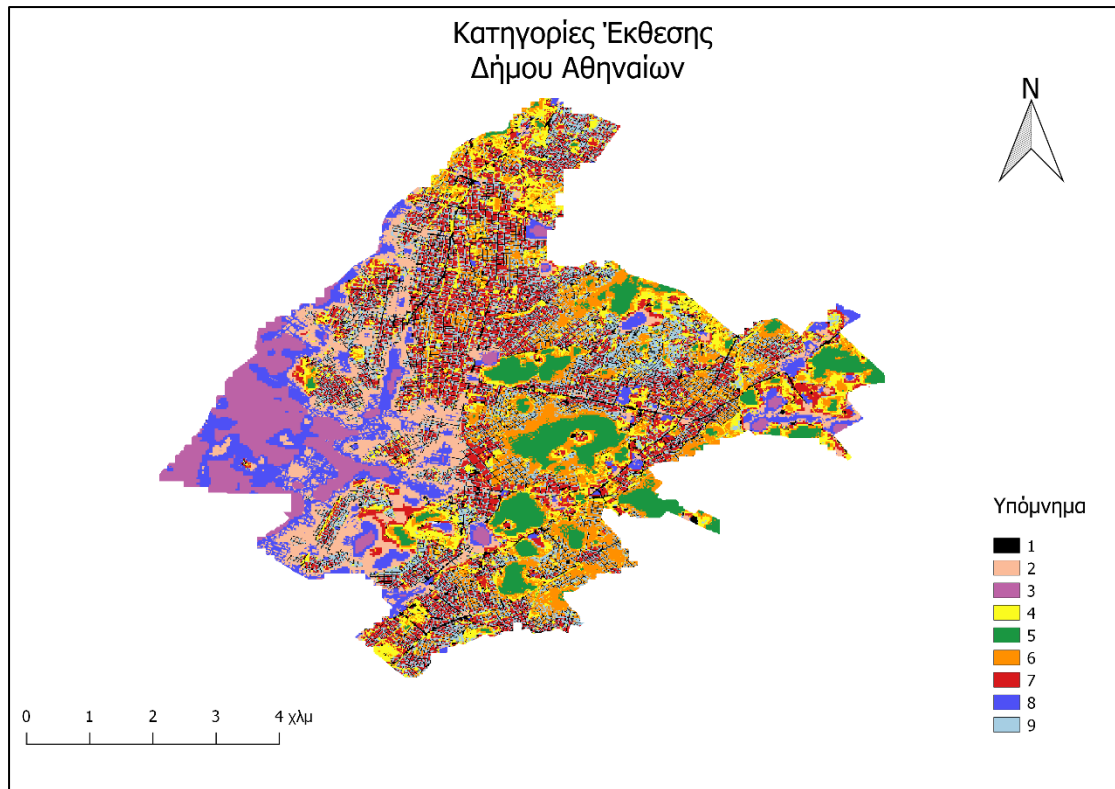
Εικόνα 4.1. – Τυπικά παραδείγματα των έξι (6) κατηγοριών (Πηγή: Google Maps)

Η ίδια ανάλυση έγινε και για τις υπόλοιπες επτά (7) χωρικές κατηγοριοποιήσεις και προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα, τα οποία και μας οδήγησαν στην μη επιλογή τους. Πιο συγκεκριμένα, η κατηγοριοποίηση 3 εμφάνιζε λίγες κατηγορίες, οι οποίες ήταν ανάμεικτες ως προς τις χρήσεις γης, γεγονός που οδήγησε στην απόρριψή της. Σε ό,τι αφορά τις κατηγοριοποιήσεις 4, 5 και 7, αυτές δεν επιλέχθηκαν λόγω του ότι παρουσίαζαν ανομοιόμορφη ποσοστιαία κατανομή μεταξύ των κατηγοριών, με αποτέλεσμα να μην βοηθούν σε ξεκάθαρο συμπέρασμα για τα χαρακτηριστικά τους αλλά και για την γενική εικόνα της περιοχής μελέτης. Τέλος, στις κατηγοριοποιήσεις 8, 9 και 10 εμφανίζονταν πολλές κατηγορίες, οι οποίες

όμως δεν είχαν εμφανή διακριτά χαρακτηριστικά που να ταιριάζουν με την περιοχή μελέτης και τα οποία κρίθηκε ότι δεν βοηθούν στον σκοπό της εργασίας.

## **4.2. Έκθεση στον Θερμικό Κίνδυνο**

Στο επόμενο βήμα και για να προσδιοριστεί η έκθεση ως προς τη θερμοκρασία, συνδυάστηκαν οι έξι (6) κατηγορίες των αστικών πολεοδομικών – μορφολογικών χαρακτηριστικών του Δήμου Αθηναίων που προέκυψαν από το προηγούμενο βήμα, με τα δεδομένα της επιφανειακής θερμοκρασίας (LST) και του δείκτη βλάστησης κανονικοποιημένων διαφορών (NDVI). Η διαδικασία που ακολουθήθηκε και σε αυτό το βήμα είναι η μέθοδος συσταδοποίησης k-prototypes (βλ. 2.3.1). Μέσω της μεθόδου αυτής, δημιουργήθηκαν πέντε (5) αποτελέσματα χωρικών κατηγοριοποιήσεων, τα οποία μελετήθηκαν έτσι ώστε να προσδιοριστεί η βέλτιστη κατηγοριοποίηση. Κάθε ένα από αυτά τα αποτελέσματα αντιστοιχεί σε διαφορετικό αριθμό κατηγοριών (από 6 έως 10 κατηγορίες), τα χαρακτηριστικά των οποίων σε συνδυασμό με τη γνώση της περιοχής μελέτης, οδήγησαν στην επιλογή της κατηγοριοποίησης σε εννέα (9) κατηγορίες (Χάρτης 4.2.). Οι υπόλοιπες κατηγοριοποιήσεις δεν διέφεραν σημαντικά ως προς το τελικό αποτέλεσμα σε ό,τι αφορά τη χωρική κατανομή των περιοχών με ίδια έκθεση, ωστόσο, οι κατηγοριοποιήσεις σε 6 ή 7 κατηγορίες κρίθηκαν ότι δεν εμφάνιζαν την απαιτούμενη λεπτομέρεια, καθώς εμφάνιζαν λίγες και μεγάλες περιοχές. Οι κατηγοριοποιήσεις σε 8 και 10 κατηγορίες απορρίφθηκαν διότι εμφάνιζαν μία ή δύο κατηγορίες με ελάχιστη χωρική έκταση.

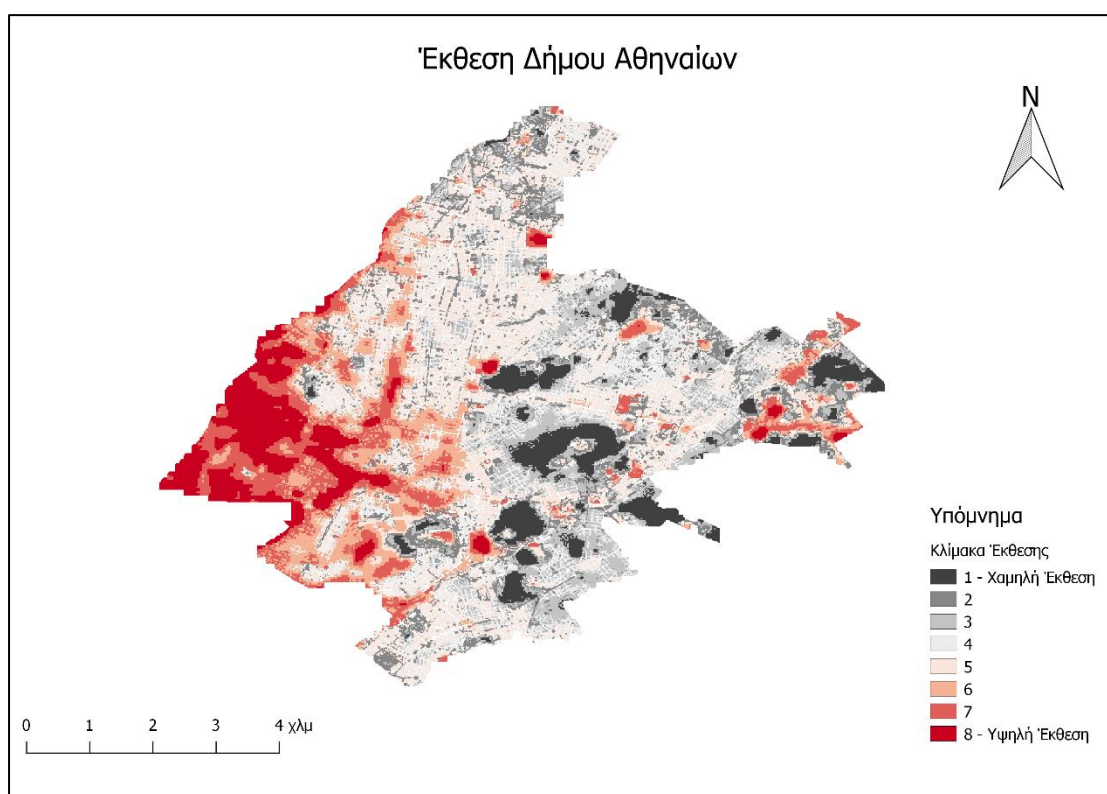


Χάρτης 4.2. – Κατηγορίες Έκθεσης Δήμου Αθηναίων

Στον Χάρτη 4.2. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης σε εννέα (9) κατηγορίες που αντιστοιχούν σε περιοχές με κοινά χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά κάθε κατηγορίας αναλύθηκαν έτσι ώστε να προκύψει η κλίμακα έκθεσης καθεμιάς. Πιο συγκεκριμένα, η κατηγορία 1 αντιστοιχεί κυρίως σε δρόμους και γι' αυτό το λόγο εμφανίζει τη χαμηλότερη τιμή του δείκτη βλάστησης NDVI (0.11). Η κατηγορία 2 περιλαμβάνει αστικές περιοχές με κτίρια διαφόρων υψών, η μέση θερμοκρασία LST (40.3 °C) είναι υψηλή παράλληλα με χαμηλές τιμές του δείκτη βλάστησης NDVI (0.18). Η κατηγορία 3 χαρακτηρίζεται ως επί το πλείστον βιομηχανική ως προς τη χρήση γης και εμφανίζει την υψηλότερη μέση τιμή LST (42.5 °C). Σχετικά με την κατηγορία 4, αυτή αποτελείται κυρίως από αστικές περιοχές με μεσαίου ύψους κτίρια, χαρακτηρίζεται από υψηλές τιμές του δείκτη βλάστησης NDVI (0.32) και, επακόλουθα, σχετικά χαμηλές μέσες τιμές LST (38.8 °C), περιοχές που εντοπίζονται στα βορειοανατολικά όρια του Δήμου Αθηναίων. Η κατηγορία 5 αντιστοιχεί στις περιοχές του Δήμου με έντονη παρουσία βλάστησης, γεγονός που δικαιολογεί τις χαμηλές μέσες τιμές LST (36.5 °C). Η κατηγορία 6 περιλαμβάνει αστικές περιοχές με υψηλά κτίρια, όπως και η κατηγορία 7. Ωστόσο, αυτές διαχωρίζονται εξαιτίας της διαφορετικής επιφανειακής θερμοκρασίας LST και του

δείκτη βλάστησης NDVI που παρουσιάζουν (κατηγορία 6: LST 37.9 °C, NDVI 0.17, κατηγορία 7: LST 39.1 °C, NDVI 0.14). Η κατηγορία 8 αποτελείται από πλήθος διάφορων χρήσεων γης, με κύριο χαρακτηριστικό της την υψηλή επιφανειακή θερμοκρασία LST (40.9 °C). Τέλος, η κατηγορία 9 χαρακτηρίζεται ως αστική περιοχή με χαμηλού ύψους κτίρια και εμφανίζει χαμηλές τιμές του δείκτη βλάστησης NDVI (0.11).

Με βάση τα παραπάνω, εκτιμήθηκε η έκθεση ως προς τις θερμοκρασίες για κάθε κατηγορία σε μία νέα κλίμακα 1 έως 8, καθώς θεωρήθηκε ότι η κατηγορία 1 που αντιστοιχεί στους δρόμους του Δήμου Αθηναίων δεν είναι χρήσιμη για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας, οπότε απορρίφθηκε. Συγκρίνοντας τις κατηγορίες 2 έως και 9 του Χάρτη 4.2, με βάση τις τιμές τους κυρίως ως προς τον δείκτη βλάστησης NDVI και την επιφανειακή θερμοκρασία LST, αλλά και τα αστικά πολεοδομικά – μορφολογικά τους χαρακτηριστικά, προέκυψε η εξής σειρά αυξανόμενης έκθεσης ως προς τις θερμοκρασίες: κατηγορία 5, κατηγορία 4, κατηγορία 6, κατηγορία 9, κατηγορία 7, κατηγορία 2, κατηγορία 8, κατηγορία 3. Η σειρά αυτή αντικαταστάθηκε με αριθμούς 1 έως 8, οι οποίοι, ουσιαστικά, εκφράζουν την κλίμακα έκθεσης στον θερμικό κίνδυνο για τον Δήμο Αθηναίων (Χάρτης 4.3.).



Χάρτης 4.3. – Έκθεση Δήμου Αθηναίων ως προς τις θερμοκρασίες

Παρατηρείται ότι οι περιοχές με υψηλότερη έκθεση εντοπίζονται κυρίως στο δυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων και σε περιοχές με κυρίως βιομηχανική/εμπορική χρήση γης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι η περιοχή του Βοτανικού, του Κεραμεικού, του Μεταξουργείου, του Σταθμού Λαρίσης, του Φιλοπάππου, ο αρχαιολογικός χώρος της Ακρόπολης και των Στηλών Ολυμπίου Διός, το σχολικό συγκρότημα και οι αθλητικές εγκαταστάσεις της Γκράβας, κάποιοι ανοιχτοί χώροι/πάρκινγκ στο Πάρκο Γουδή καθώς και οι αθλητικές εγκαταστάσεις του Πανελληνίου Γυμναστικού Συλλόγου. Αντιθέτως, χαμηλή έκθεση ως προς τις θερμοκρασίες εμφανίζουν, όπως είναι φυσικό, οι περιοχές με μεγάλη έκταση πρασίνου, όπως ο Εθνικός Κήπος, ο Λυκαβηττός, το Πεδίο του Άρεως κ.λπ., οι οποίες και εντοπίζονται κυρίως στο ανατολικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων. Επίσης, στο τμήμα αυτό εντοπίζονται και αστικές περιοχές με χαμηλή κλίμακα έκθεσης εξαιτίας της μεγαλύτερης παρουσίας βλάστησης στις γειτονιές.

Το ποσοστό χωρικής κατανομής κάθε κλίμακας έκθεσης παρουσιάζεται στον παρακάτω Πίνακα 8. Παρατηρείται ότι όλες οι κλίμακες έκθεσης έχουν ικανοποιητικό ποσοστό παρουσίας που, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι κάθε ένας από αυτούς είναι καλά καθορισμένος, δηλαδή διαφέρει ως προς τα χαρακτηριστικά του αρκετά από τις υπόλοιπες, αναδεικνύει την επιτυχία της συγκεκριμένης κατηγοριοποίησης.

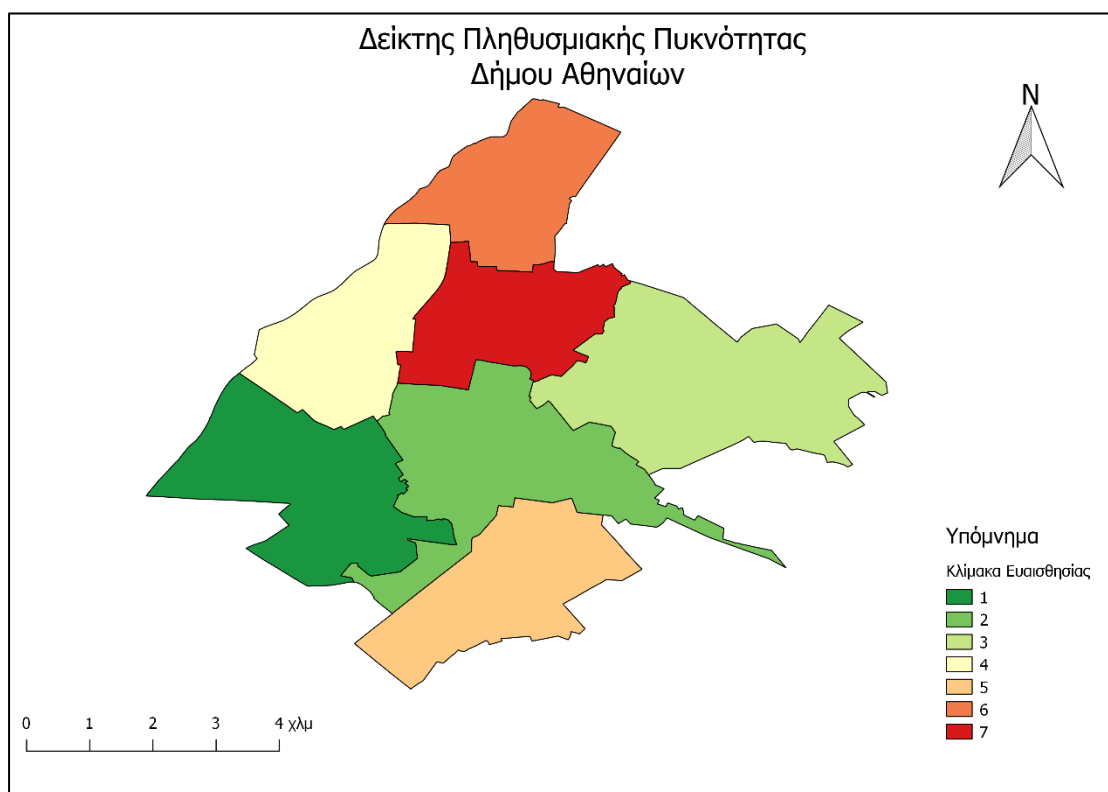
Πίνακας 8 – Ποσοστό Κατανομής στον Δήμο Αθηναίων ανά Κλίμακα Έκθεσης

Κλίμακα Έκθεσης		Ποσοστό Κατανομής
1		8%
2		13%
3		13%
4		18%
5		17%
6		12%
7		11%
8		8%

### 4.3. Ευαισθησία στον Θερμικό Κίνδυνο

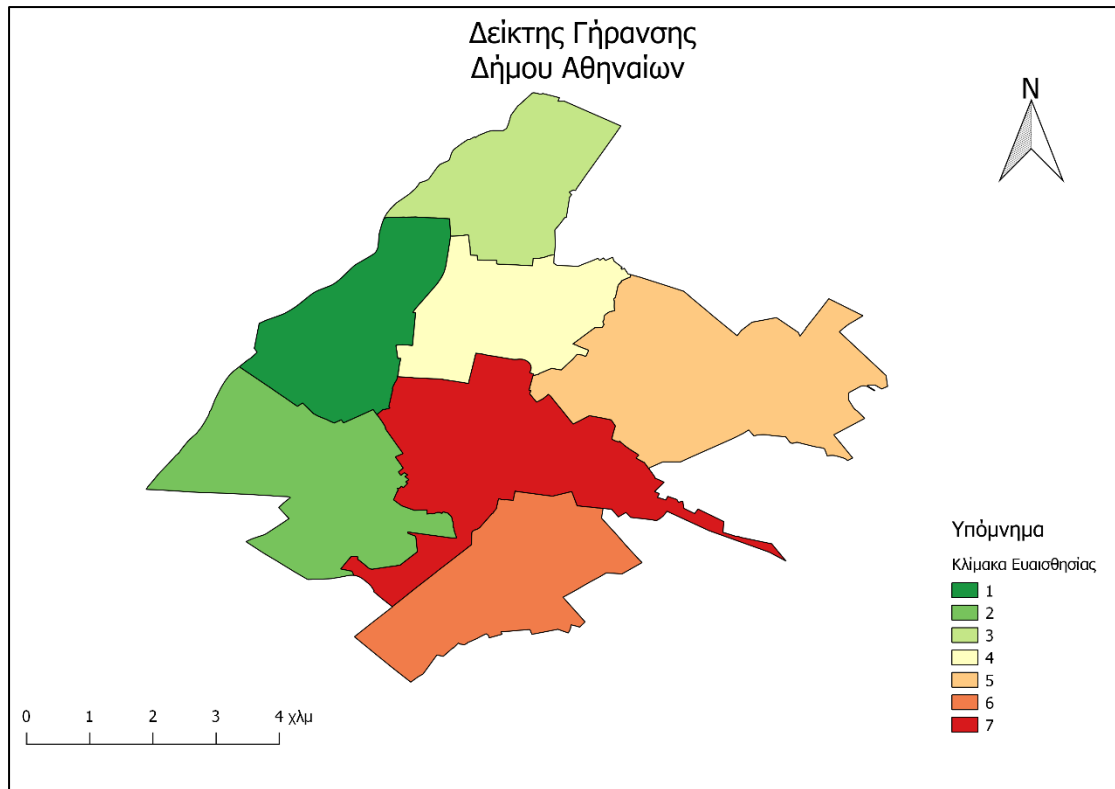
Στο επόμενο στάδιο της εργασίας, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που αποτυπώνουν την κοινωνικοοικονομική κατάσταση του Δήμου Αθηναίων και θα

βοηθήσουν στον προσδιορισμό της ευαισθησίας του ως προς τις θερμοκρασίες. Τα δεδομένα αυτά, δηλαδή, ο δείκτης πληθυσμιακής πυκνότητας (κάτοικοι/τ.χλμ), ο δείκτης γήρανσης, η κατανομή των ηλικιακών ομάδων 0-19 ετών και 60+ ετών, το μέσο δηλωθέν εισόδημα και ο δείκτης ελάχιστης απαιτούμενης επιφάνειας πρασίνου (τ.μ.) ανά κάτοικο, παρουσιάζονται και αναλύονται για το πώς κατανέμονται σε κάθε Δ.Κ. παρακάτω. Σε ό,τι αφορά τον δείκτη πληθυσμιακής πυκνότητας, δηλαδή το πόσοι κάτοικοι αντιστοιχούν ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, την υψηλότερη ευαισθησία εμφανίζει η 6<sup>η</sup> Δ.Κ., ενώ την χαμηλότερη η 3<sup>η</sup> Δ.Κ. (Χάρτης 4.4.).



Χάρτης 4.4. – Δείκτης Πληθυσμιακής Πυκνότητας Δήμου Αθηναίων

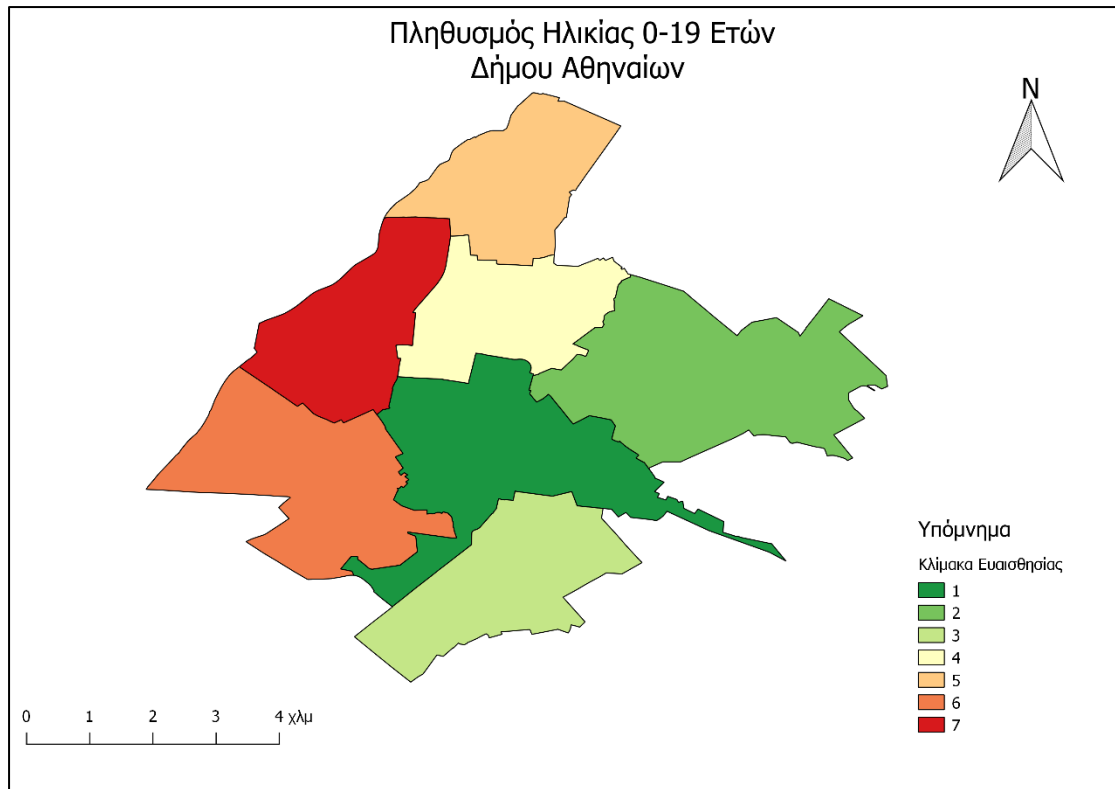
Ο δείκτης γήρανσης, δηλαδή ουσιαστικά ο λόγος των ατόμων άνω των 65 ετών προς τον πληθυσμό των παιδιών ηλικίας 0-14 ετών, επηρεάζει την ευαισθησία και κατατάσσει την 1<sup>η</sup> Δ.Κ. πρώτη στην κλίμακα, με την υψηλότερη ευαισθησία, σε αντίθεση με την 4<sup>η</sup> Δ.Κ., που εμφανίζει την χαμηλότερη (Χάρτης 4.5.).



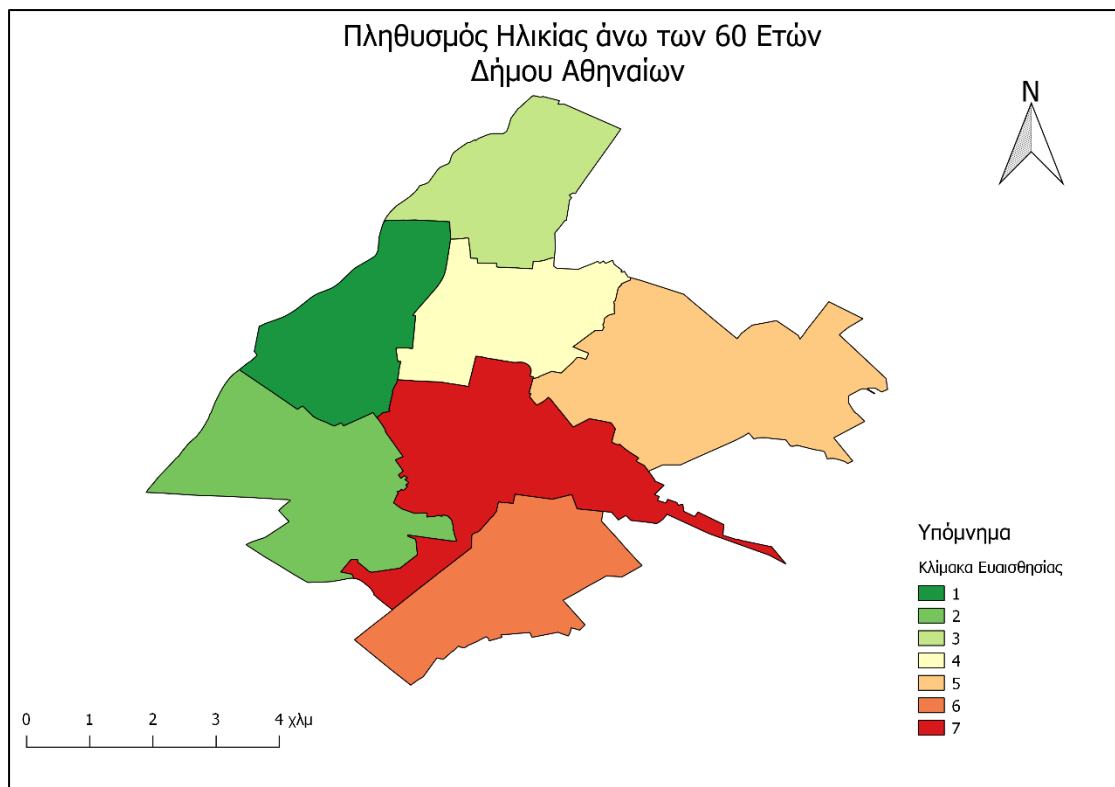
Χάρτης 4.5. – Δείκτης Γήρανσης Δήμου Αθηναίων

Σχετικά με τις ηλικιακές ομάδες 0-19 ετών και άνω των 60 ετών, και οι δύο αυτές θεωρείται ότι επηρεάζουν την ευαισθησία, καθώς είναι οι πιο ευάλωτες στις υψηλές θερμοκρασίες. Η μεν πρώτη εξαιτίας της αδυναμίας των νεαρών παιδιών να προφυλαχθούν από αυτές, η δε δεύτερη, λόγω της άμεσης σχέσης της θερμοκρασίας με τα καρδιοαναπνευστικά προβλήματα υγείας. Στον Χάρτη 4.6., φαίνεται ότι σε σχέση με την ηλικιακή ομάδα 0-19 ετών, η 4<sup>η</sup> Δ.Κ. είναι η περισσότερο ευαίσθητη, ενώ η 1<sup>η</sup> Δ.Κ. είναι η λιγότερο ευαίσθητη. Ο Χάρτης 4.7., που αφορά την ηλικιακή ομάδα άνω των 60 ετών, παρουσιάζει την 1<sup>η</sup> Δ.Κ. ως εκείνη με την υψηλότερη ευαισθησία και την 4<sup>η</sup> Δ.Κ. ως εκείνη με την χαμηλότερη.



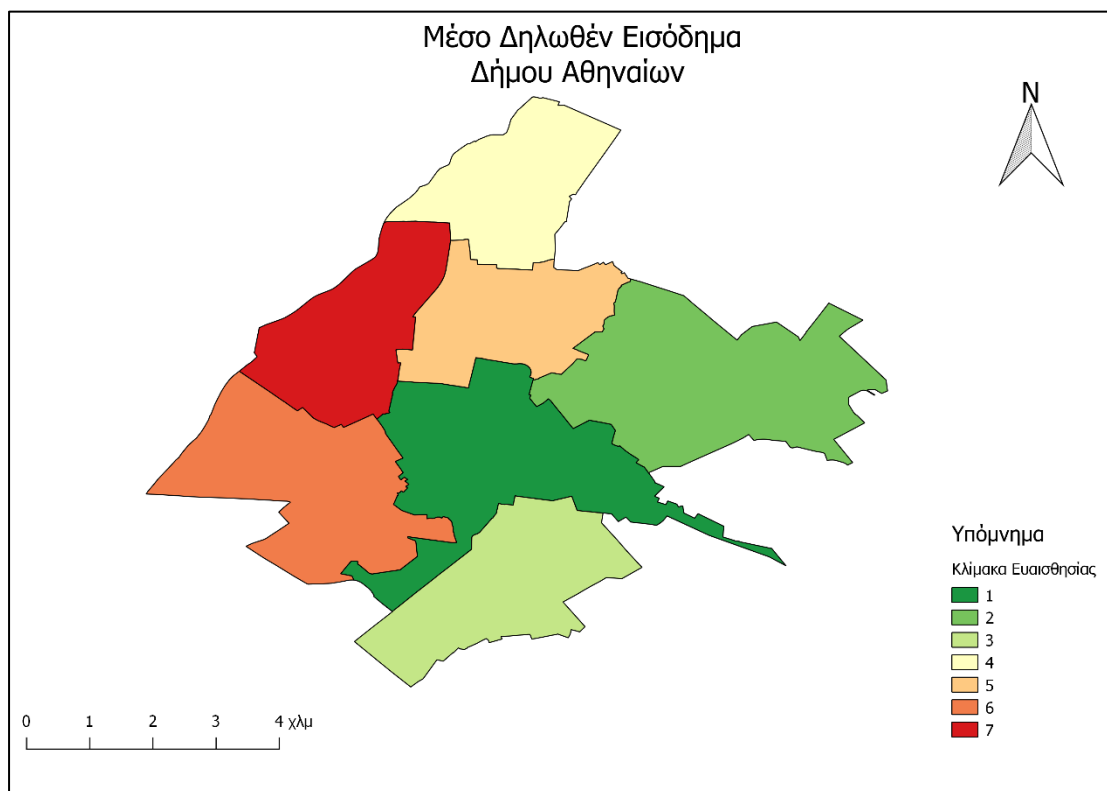


Χάρτης 4.6. – Πληθυσμός Ηλικίας 0-19 ετών Δήμου Αθηναίων



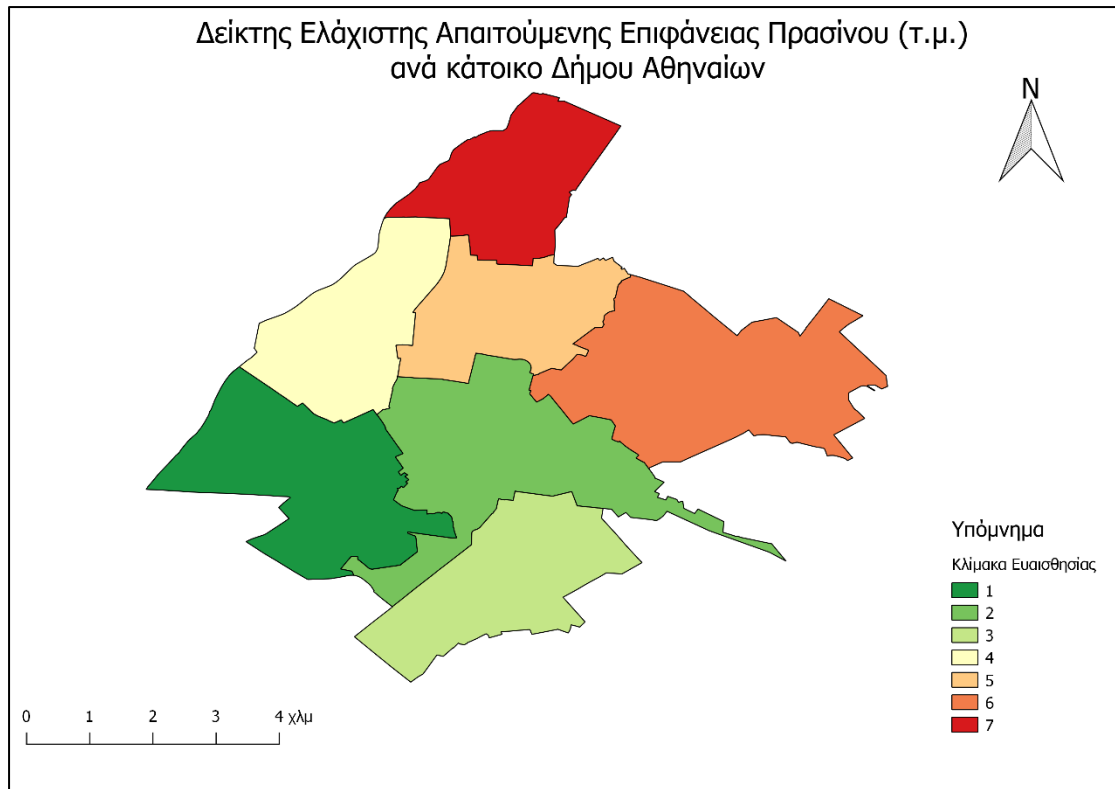
Χάρτης 4.7. – Πληθυσμός Ηλικίας άνω των 60 ετών Δήμου Αθηναίων

Σε ό,τι αφορά το μέσο δηλωθέν εισόδημα, στον Χάρτη 4.8. είναι φανερό ότι η Δ.Κ. η οποία έχει τη χαμηλότερη ευαισθησία είναι η 1<sup>η</sup>, που εμφανίζει και τα μεγαλύτερα εισοδήματα, ενώ η 4<sup>η</sup> Δ.Κ. είναι αυτή με την υψηλότερη ευαισθησία, άρα και τα μικρότερα εισοδήματα.



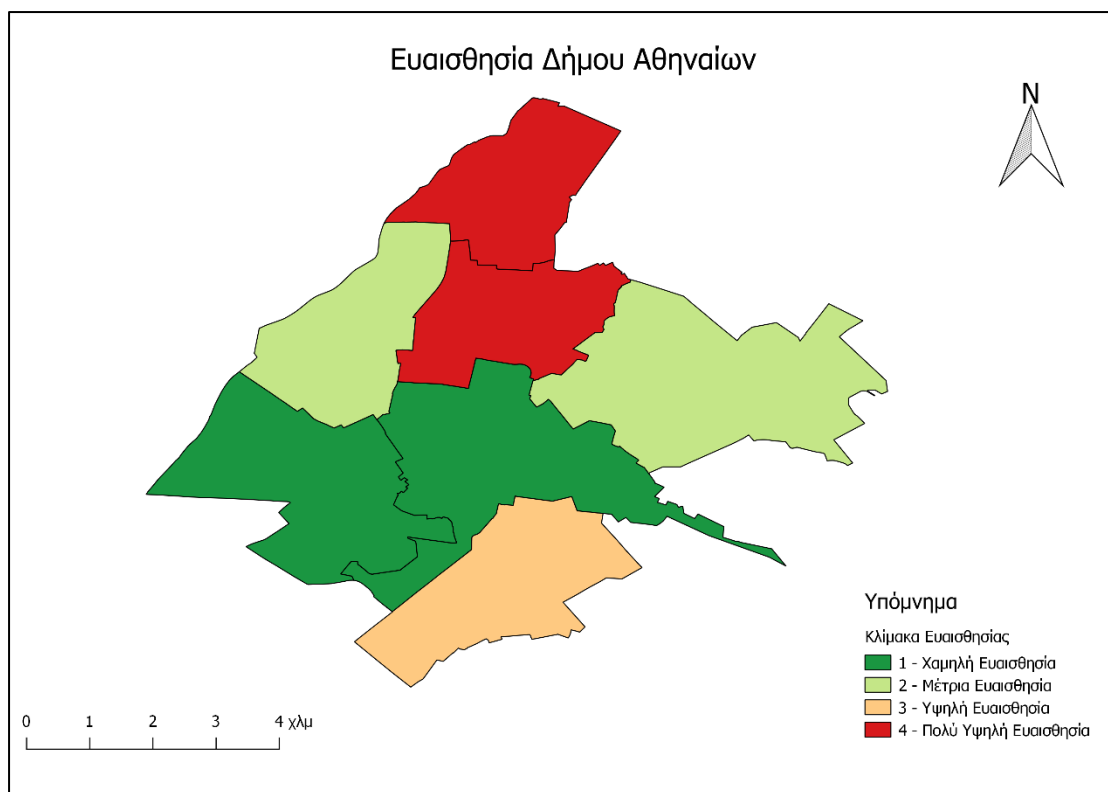
Χάρτης 4.8. – Μέσο Δηλωθέν Εισόδημα Δήμου Αθηναίων

Τέλος, ο δείκτης ελάχιστης απαιτούμενης επιφάνειας πρασίνου (τ.μ.) ανά κάτοικο του Δήμου Αθηναίων, ο οποίος είναι πολύ σημαντικός για την ευαισθησία και έχει καθοριστεί στα 7,25 τ.μ. ανά κάτοικο βάσει της «Χάρτας Πρασίνου της Αθήνας» (2009), αποτυπώνεται στο Χάρτη 4.9., σχετικά με το πόσο επηρεάζει την κάθε Δ.Κ., ανάλογα με την τιμή του, ως προς την ευαισθησία. Παρατηρείται, λοιπόν, ότι η 3<sup>η</sup> Δ.Κ. είναι η λιγότερο ευαίσθητη, ενώ η 5<sup>η</sup> Δ.Κ. η περισσότερο ευαίσθητη, αφού υπολείπεται κατά πολύ σε πράσινο.



Χάρτης 4.9. – Δείκτης Ελάχιστης Απαιτούμενης Επιφάνειας Πρασίνου (τ.μ.) ανά κάτοικο Δήμου Αθηναίων

Προκειμένου να προκύψει η ευαισθησία του Δήμου Αθηναίων ως προς τις θερμοκρασίες, όλα τα παραπάνω δεδομένα αθροίστηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν σε τέσσερις (4) κλίμακες ευαισθησίας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Χάρτη 4.10. και στον Πίνακα 9. Η 1<sup>η</sup> και η 3<sup>η</sup> Δ.Κ. είχαν τα μικρότερα αθροίσματα, άρα και την χαμηλότερη συνολική ευαισθησία, οπότε κατατάχθηκαν στην Κλίμακα «Χαμηλή Ευαισθησία». Η 4<sup>η</sup> και η 7<sup>η</sup> Δ.Κ. είχαν τα αμέσως μικρότερα, με αποτέλεσμα να αποτελέσουν στην Κλίμακα την «Μέτρια Ευαισθησία». Η 2<sup>η</sup> Δ.Κ. ορίστηκε στην Κλίμακα ως «Υψηλή Ευαισθησία» και, τέλος, η 5<sup>η</sup> και η 6<sup>η</sup> Δ.Κ., οι οποίες είχαν και τα μεγαλύτερα αθροίσματα, χαρακτηρίστηκαν την Κλίμακα ως «Πολύ Υψηλή Ευαισθησία».



Χάρτης 4.10. – Ευαισθησία Δήμου Αθηναίων ως προς τις θερμοκρασίες

Πίνακας 9 – Συνολική Κλίμακα Ευαισθησίας για κάθε Δ.Κ.

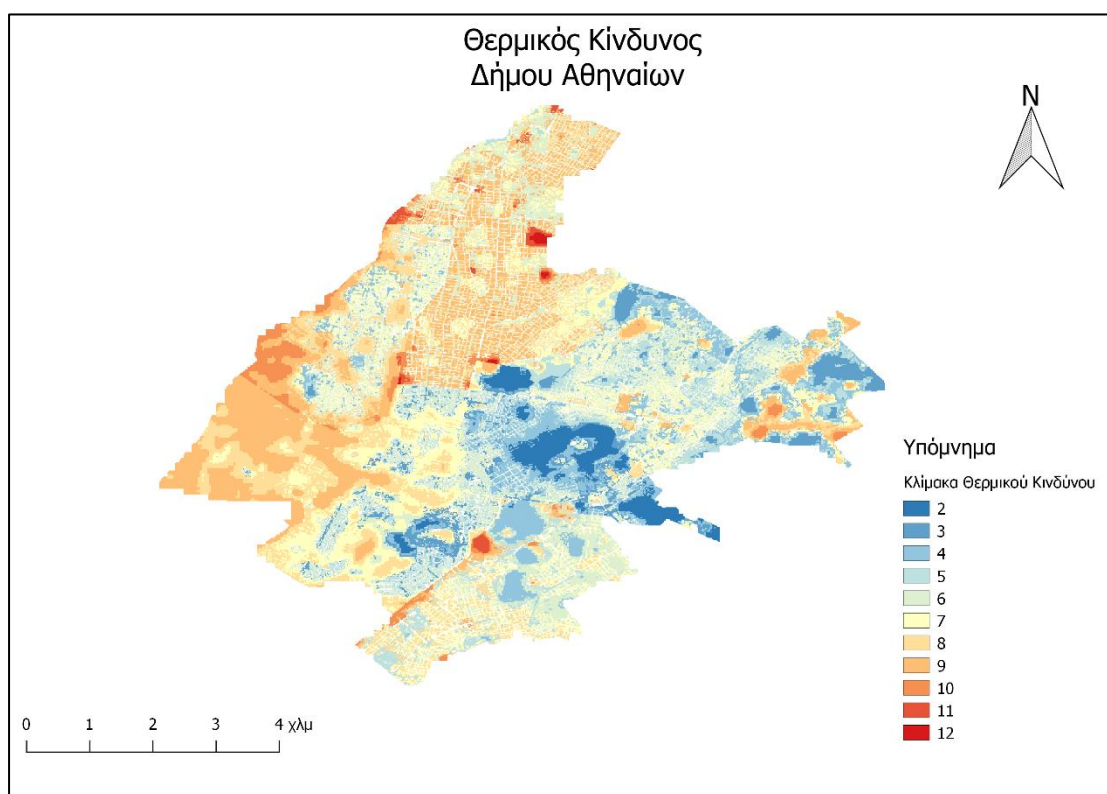
Δημοτικές Κοινότητες (Δ.Κ.)		Άθροισμα Κλίμακας Ευαισθησίας
1 <sup>η</sup> Δ.Κ.		20
2 <sup>η</sup> Δ.Κ.		26
3 <sup>η</sup> Δ.Κ.		18
4 <sup>η</sup> Δ.Κ.		24
5 <sup>η</sup> Δ.Κ.		28
6 <sup>η</sup> Δ.Κ.		29
7 <sup>η</sup> Δ.Κ.		23

#### 4.4. Θερμικός Κίνδυνος

Το τελικό στάδιο της μεθοδολογίας είναι η χαρτογραφική εκτίμηση του θερμικού κινδύνου που διατρέχουν οι κάτοικοι της περιοχής του Δήμου Αθηναίων, που προκύπτει ως αποτέλεσμα του συνδυασμού της έκθεσης και της ευαισθησίας για την περιοχή μελέτης, που υπολογίστηκαν στα προηγούμενα στάδια. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν συνολικά οκτώ (8) κλίμακες έκθεσης και τέσσερις (4) κλίμακες ευαισθησίας ως προς τις θερμοκρασίες. Η πρόσθεση αυτών των δύο έδωσε έντεκα

(11) κλίμακες θερμικού κινδύνου στην περιοχή του Δήμου Αθηναίων, οι οποίες εκφράζουν κατά πόσο οι κάτοικοι των επιμέρους περιοχών είναι ευάλωτοι στις υψηλές θερμοκρασίες (Χάρτης 4.11.).

Όπως φαίνεται στον Χάρτη 4.11., το βορειοδυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων είναι εκείνο στο οποίο εντοπίζονται περιοχές με υψηλό θερμικό κίνδυνο για τους κατοίκους σε αντίθεση με κεντρικό και ανατολικό τμήμα του όπου εμφανίζονται περιοχές με χαμηλότερο θερμικό κίνδυνο. Αναλυτικότερα, οι περιοχές που εμφανίζουν τον υψηλότερο θερμικό κίνδυνο είναι κατά σειρά το σχολικό συγκρότημα και οι αθλητικές εγκαταστάσεις της Γκράβας, η περιοχή γύρω από τις Στήλες Ολυμπίου Διός, κατά μήκος της Λεωφόρου Συγγρού στο Κουκάκι, η περιοχή γύρω από τον Σταθμό Λαρίσης, η βιομηχανική περιοχή κοντά στην Ακαδημία Πλάτωνος, γενικότερα η περιοχή του Βοτανικού και του Κεραμεικού και κάποιες ανοιχτές εκτάσεις στα ανατολικά του Δήμου Αθηναίων, καθώς και όλη η αστική περιοχή της 5<sup>ης</sup> και 6<sup>ης</sup> Δ.Κ.



Χάρτης 4.11. – Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

Στον Πίνακα 10 παρουσιάζονται τα ποσοστά κατανομής για κάθε κλίμακα θερμικού κινδύνου για τον Δήμο Αθηναίων. Παρατηρείται ότι οι περιοχές με πολύ

υψηλό θερμικό κίνδυνο (κλίμακα 10, 11 και 12) καταλαμβάνουν μόλις το 3,3% του Δήμου Αθηναίων. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι σχεδόν το 70% του Δήμου ανήκει στις κλίμακες θερμικού κινδύνου 6 έως και 9, δηλαδή σε πολύ μεγάλο μέρος αυτού οι πολίτες διατρέχουν μεγάλο κίνδυνο ως προς τις υψηλές θερμοκρασίες. Σημαντικό επίσης είναι ότι το 27% περίπου της έκτασης του Δήμου αντιστοιχεί σε κλίμακες με χαμηλό θερμικό κίνδυνο, κάτι πολύ θετικό αλλά μη αναμενόμενο σε έναν τόσο πυκνοδομημένο Δήμο, όπως αυτός της Αθήνας.

Πίνακας 10 – Ποσοστό Κατανομής Κλίμακας Θερμικού Κινδύνου στον Δήμο Αθηναίων

Κλίμακα Θερμικού Κινδύνου		Ποσοστό Κατανομής
2		3,4%
3		5%
4		9,5%
5		10%
6		16,6%
7		17,6%
8		18,1%
9		16,5%
10		2,6%
11		0,6%
12		0,1%

#### **4.4.1. Βαθμονόμηση Κλίμακας Θερμικού Κινδύνου**

Σε μια προσπάθεια να βαθμονομηθούν οι κλίμακες θερμικού κινδύνου που προέκυψαν στην παρούσα εργασία, αναλύθηκε η μέση τιμή της επιφανειακής θερμοκρασίας του εδάφους (LST) και του δείκτη βλάστησης κανονικοποιημένων διαφορών (NDVI) που αντιστοιχούν σε κάθε κλίμακα. Στον Πίνακα 11 είναι φανερό ότι η επιφανειακή θερμοκρασία του εδάφους αυξάνεται όσο αυξάνεται και η κλίμακα θερμικού κινδύνου. Έχοντας ως βάση για τη βαθμονόμηση την κλίμακα 2, που αντιστοιχεί στις περιοχές καλυμμένες αποκλειστικά με βλάστηση, και στις οποίες θεωρήθηκε βάσιμα ότι ο θερμικός κίνδυνος είναι ο ελάχιστος δυνατός για την περιοχή του Δήμου Αθηναίων, παρατηρείται ότι όντως εμφανίζει μεγάλη διαφορά στο LST και NDVI σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες (36.35 °C και 0.46 αντίστοιχα). Οι κλίμακες 3 και 4 παρουσιάζουν αυξημένες μέσες τιμές LST κατά περίπου 4.5%

από την κλίμακα 2, με την κλίμακα 3 όμως να έχει πολύ μεγαλύτερη μέση τιμή NDVI (0.40) σε σχέση με την κλίμακα 4 (0.31). Η επόμενη κλίμακα 5 έχει αυξημένο LST κατά 5.7% από την κλίμακα 2, με παράλληλη ραγδαία μείωση του NDVI (0.20). Όλες οι επόμενες κλίμακες παρουσιάζουν τις ίδιες χαμηλές τιμές NDVI που χαρακτηρίζουν τις αστικές περιοχές (0.14-0.17), με συνέπεια η βαθμονόμηση γι' αυτές να στηρίζεται στις μέσες τιμές του LST. Η κλίμακα 6 παρουσιάζει αυξημένες μέσες τιμές LST κατά 6.6% σε σχέση με την κλίμακα 2, η κλίμακα 7 κατά 8.2%, η κλίμακα 8 κατά 10%, η κλίμακα 9 κατά 12.3%, η κλίμακα 10 κατά 14% και η κλίμακα 11 κατά 13.5%. Η τελευταία κλίμακα θερμικού κινδύνου εμφανίζει τη χαμηλότερη τιμή NDVI (0.14) και πολύ αυξημένη μέση τιμή LST (42.4 °C), δηλαδή περίπου 6 °C παραπάνω από την κλίμακα 2, κάτι που αντιστοιχεί σε αύξηση 16.6%.

Πίνακας 11 – Μέσες τιμές LST – NDVI για κάθε Κλίμακα Θερμικού Κινδύνου

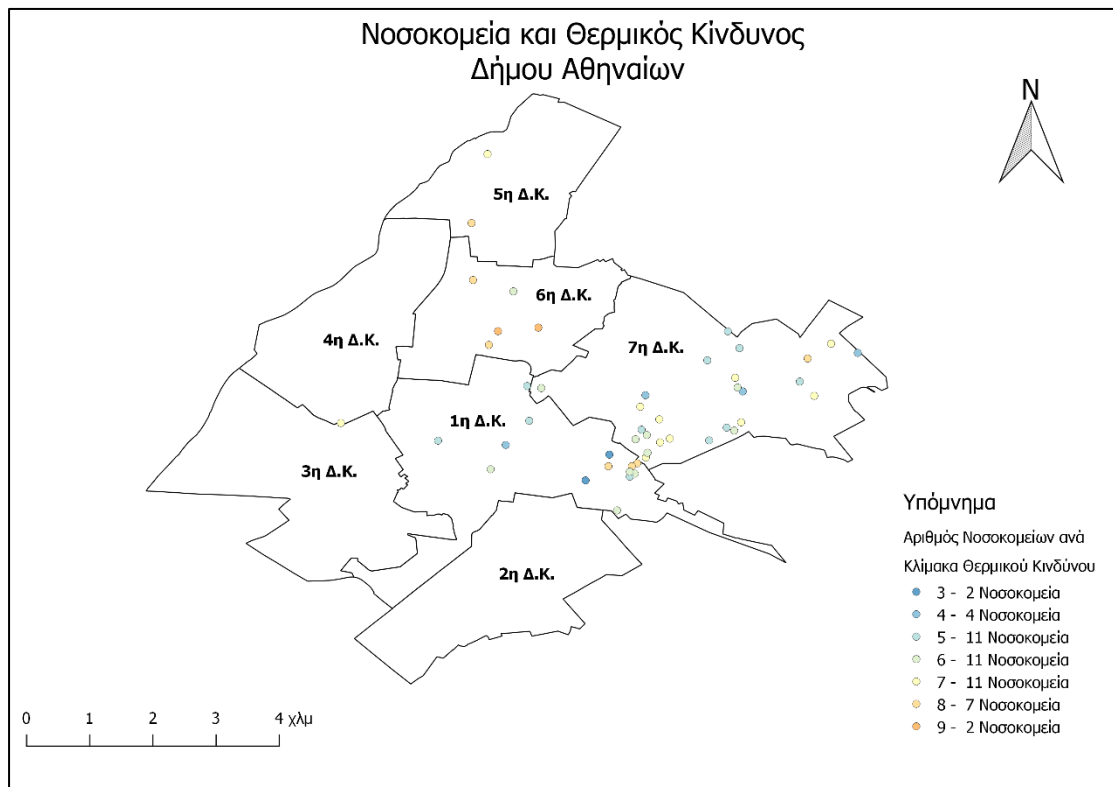
<b>Κλίμακα Θερμικού Κινδύνου</b>	<b>LST (°C)</b>	<b>NDVI</b>
2	36.35	0.46
3	37.92	0.40
4	37.99	0.31
5	38.43	0.20
6	38.76	0.17
7	39.33	0.15
8	39.96	0.16
9	40.83	0.14
10	41.48	0.15
11	41.24	0.17
12	42.40	0.14

#### **4.4.2. Θερμικός Κίνδυνος και Κρίσιμες Υποδομές**

Όπως έχει προαναφερθεί, ο Δήμος Αθηναίων διαθέτει πληθώρα κρίσιμων υποδομών, οι οποίες είναι πολύ σημαντικές για την ζωή και την ευημερία των πολιτών, γι' αυτό και είναι απαραίτητο να διερευνηθεί αν και ποιες από αυτές εντοπίζονται σε περιοχές με υψηλό θερμικό κίνδυνο. Στη συνέχεια, θα αναλυθούν οι κατηγορίες κρίσιμων υποδομών ως προς τον θερμικό τους κίνδυνο και, συγκεκριμένα, τα νοσοκομεία, οι προσχολικές και σχολικές μονάδες, οι αθλητικές εγκαταστάσεις, οι υπηρεσίες προς πολίτες καθώς και οι πολιτιστικές υποδομές.

- Νοσοκομεία

Στον Χάρτη 4.12. φαίνεται πως η πλειονότητα των νοσοκομείων που εντοπίζονται στον Δήμο Αθηναίων χαρακτηρίζονται από κλίμακες θερμικού κινδύνου 5 έως 8. Στη μεγαλύτερη κλίμακα, μεταξύ των νοσοκομείων, θερμικού κινδύνου βρίσκονται δύο (2) ιδιωτικά θεραπευτήρια στην 6<sup>η</sup> Δ.Κ. Στη χαμηλότερη κλίμακα θερμικού κινδύνου κατατάσσονται το Ναυτικό Νοσοκομείο Αθηνών και ο Ευαγγελισμός, που έχουν μικρή απόσταση μεταξύ τους, εντός της 1<sup>ης</sup> Δ.Κ.

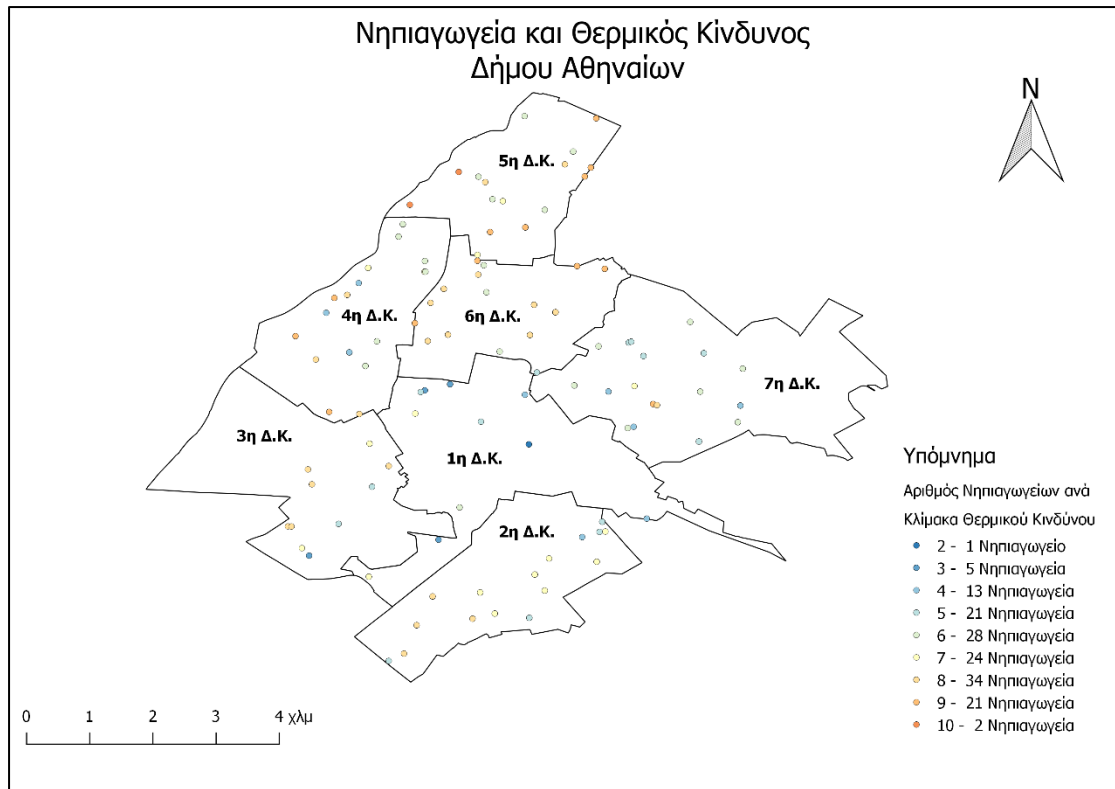


Χάρτης 4.12. – Νοσοκομεία και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

- Προσχολικές Μονάδες

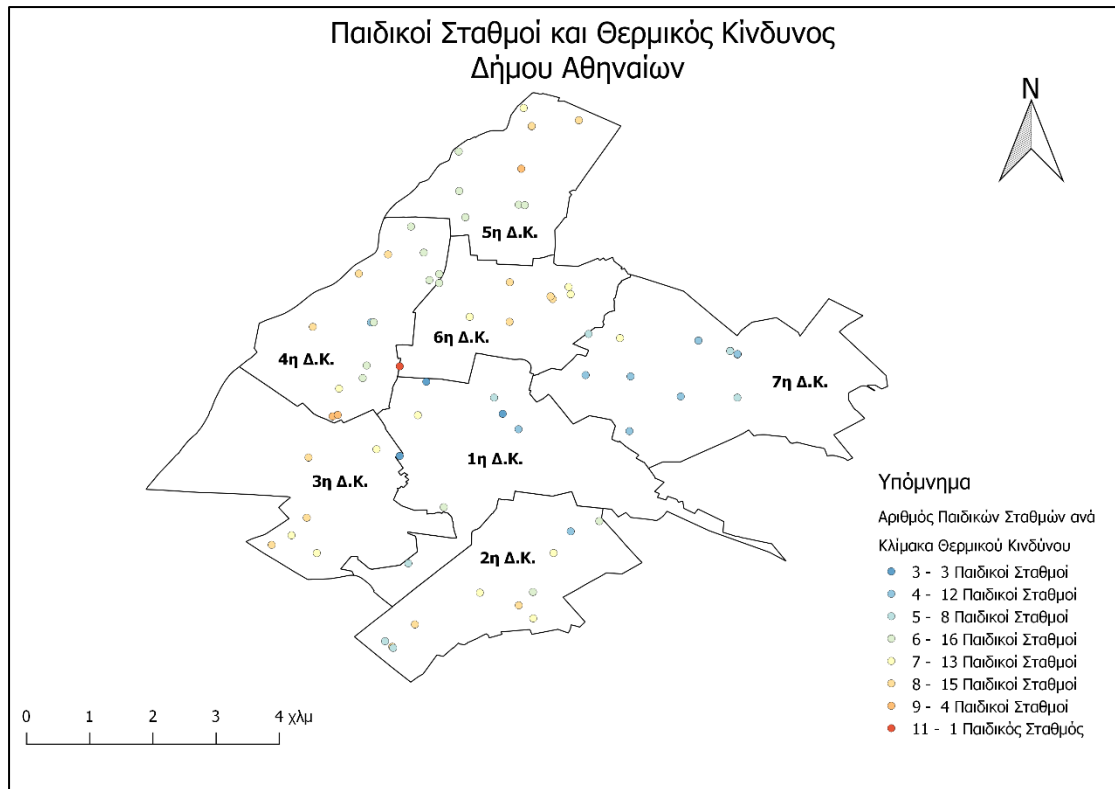
Ως προσχολικές μονάδες χαρακτηρίζονται τα νηπιαγωγεία και οι παιδικοί σταθμοί. Στον Χάρτη 4.13., που αναφέρεται στα νηπιαγωγεία, παρατηρείται ότι τα περισσότερα ανήκουν στην κλίμακα 8 του θερμικού κινδύνου και εντοπίζονται στο δυτικό και βόρειο τμήμα του Δήμου. Στο τμήμα αυτό, επίσης, αντιστοιχούν και τα νηπιαγωγεία που εντάσσονται στην κλίμακα 9. Τα δύο (2) νηπιαγωγεία της κλίμακας 10 βρίσκονται στην 5<sup>η</sup> Δ.Κ.





Χάρτης 4.13. – Νηπιαγωγεία και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

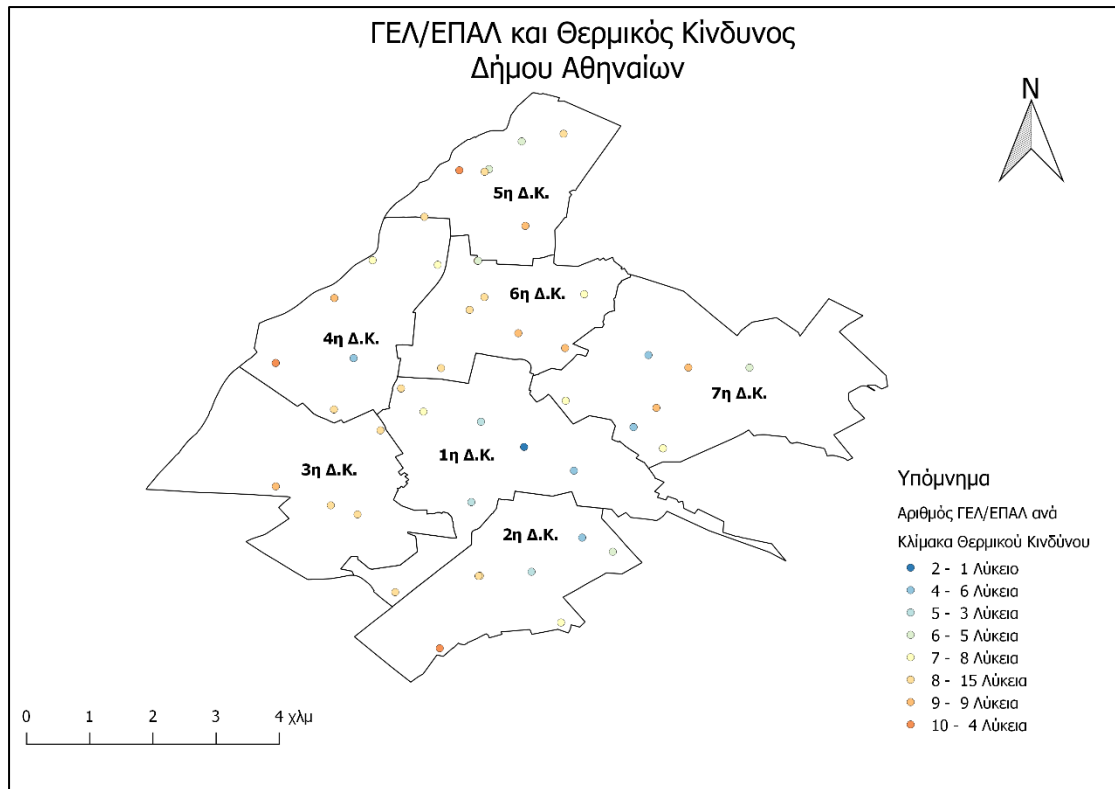
Σχετικά με τους παιδικούς σταθμούς, οι οποίοι παρουσιάζονται στον Χάρτη 4.1.4, παρατηρείται ότι η πλειοψηφία αυτών ανήκει στις κλίμακες θερμικού κινδύνου 6 έως 8 και η γεωγραφική τους κατανομή ακολουθεί αυτή των νηπιαγωγείων, δηλαδή εντοπίζονται στο δυτικό και βόρειο τμήμα του Δήμου Αθηναίων. Αξίζει να σημειωθεί ότι ένας (1) παιδικός σταθμός βρίσκεται στην κλίμακα 11, μία κλίμακα αρκετά υψηλού θερμικού κινδύνου, εντοπίζεται στα όρια της 4<sup>ης</sup> και 6<sup>ης</sup> Δ.Κ.



Χάρτης 4.14. – Παιδικό Σταθμοί και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

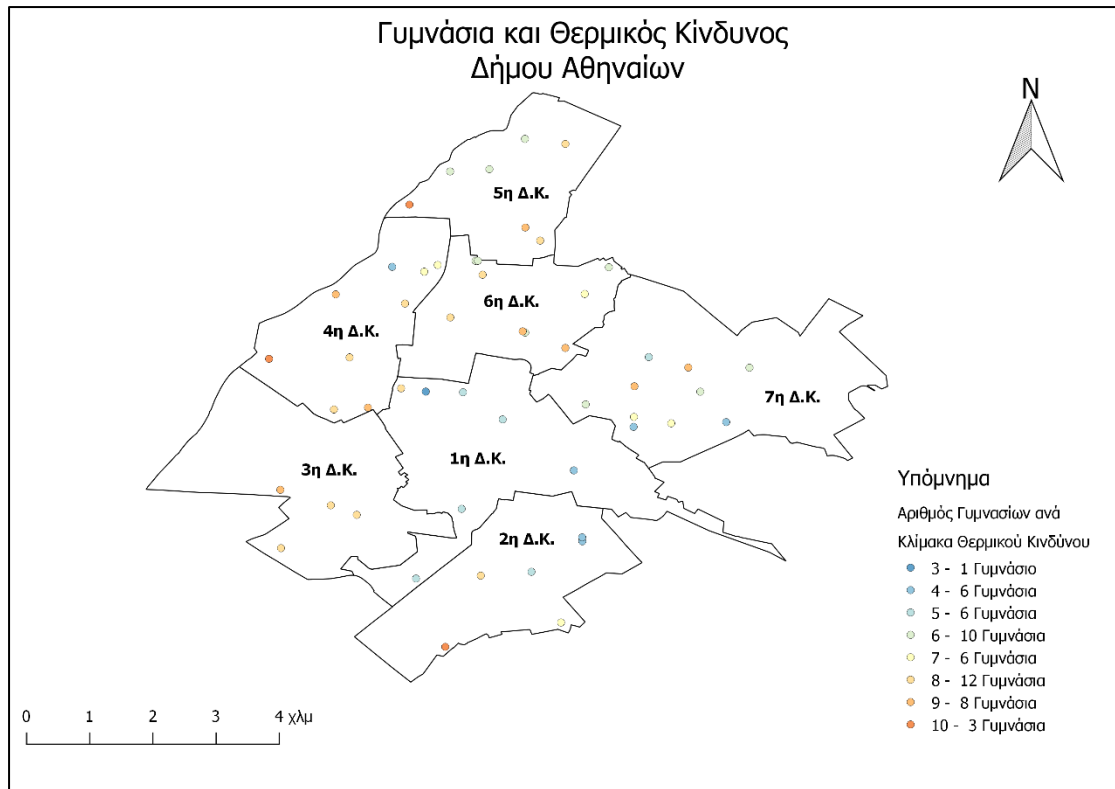
▪ **Σχολικές Μονάδες**

Σχετικά με τις σχολικές μονάδες, και συγκεκριμένα τα δημοτικά, γυμνάσια και λύκεια (ΓΕΛ/ΕΠΑΛ) του Δήμου Αθηναίων, αυτές απεικονίζονται παρακάτω. Πιο συγκεκριμένα, στον Χάρτη 4.15., που αναφέρεται στα λύκεια της περιοχής μελέτης, παρατηρείται ότι τέσσερα (4) εξ αυτών ανήκουν στην κλίμακα 10 του θερμικού κινδύνου ενώ η πλειοψηφία των λυκείων ανήκει στην κλίμακα 8. Γενικότερα, τα λύκεια που βρίσκονται σε περιοχές αυξημένου θερμικού κινδύνου εντοπίζονται σε όλες τις Δ.Κ. του Δήμου.



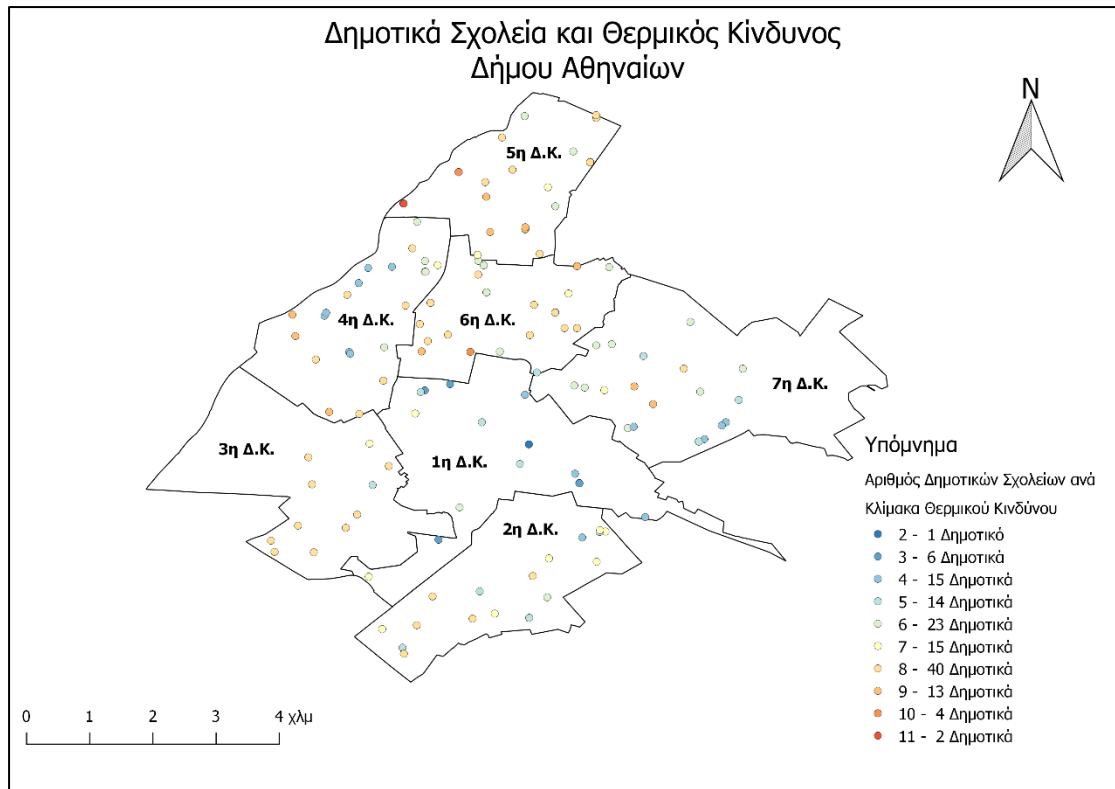
Χάρτης 4.15. – Λύκεια (ΓΕΛ/ΕΠΑΛ) και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

Όσον αφορά τα γυμνάσια (Χάρτης 4.16.), τρία (3) από αυτά ανήκουν στην κλίμακα 10 του θερμικού κινδύνου, καθώς βρίσκονται στο ίδιο σχολικό συγκρότημα με τα λύκεια της αντίστοιχης κλίμακας. Και σε αυτή την κατηγορία σχολείων, τα περισσότερα γυμνάσια εντοπίζονται στην κλίμακα 8 και είναι χωρικά κατανεμημένα σε όλες τις Δ.Κ. του Δήμου Αθηναίων.



Χάρτης 4.16. – Γυμνάσια και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

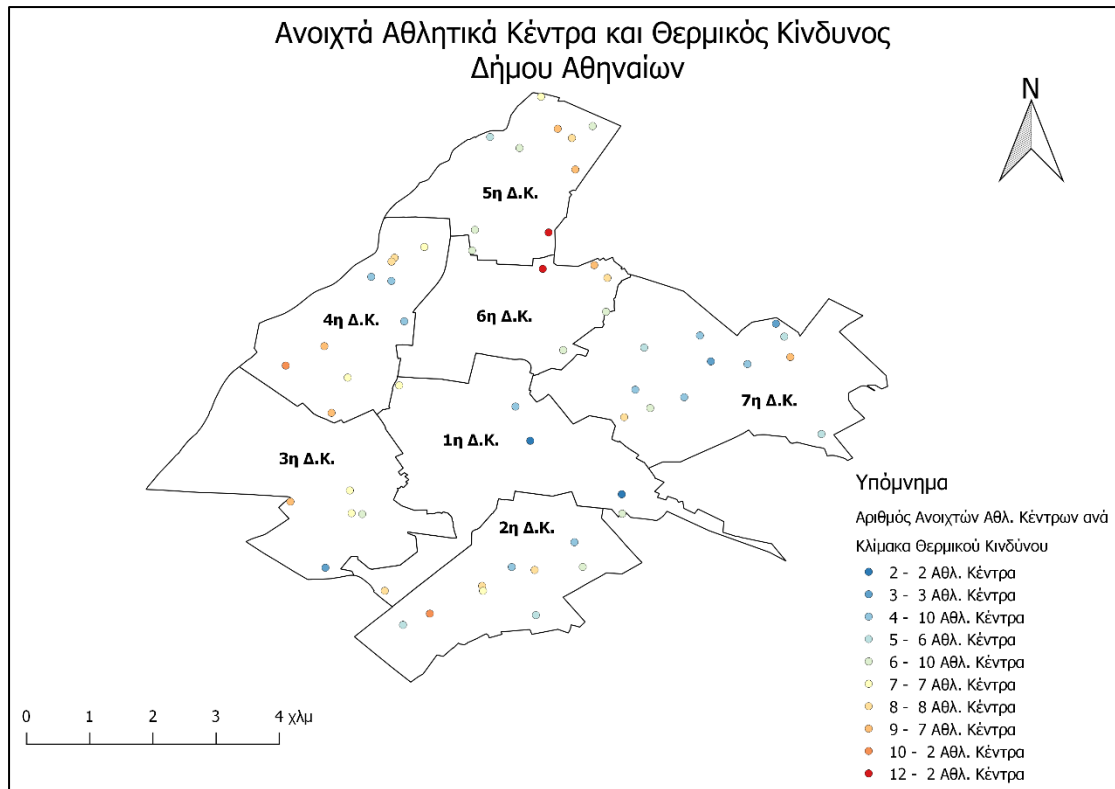
Η πλειοψηφία των δημοτικών σχολείων (Χάρτης 4.17.) ανήκει, με διαφορά, στην κλίμακα 8 του θερμικού κινδύνου, τα οποία και συγκεντρώνονται σε όλες τις Δ.Κ. του Δήμου, εκτός της 1<sup>ης</sup> και της 7<sup>ης</sup>. Δύο (2) συστεγασμένα δημοτικά σχολεία στην 5<sup>η</sup> Δ.Κ. είναι αυτά που χαρακτηρίζονται από την υψηλότερη μεταξύ αυτών κλίμακα θερμικού κινδύνου (κλίμακα 11). Σημαντικό, ωστόσο, είναι το γεγονός ότι στην 1<sup>η</sup> Δ.Κ. σχεδόν όλα τα δημοτικά σχολεία εμφανίζουν τις χαμηλότερες τιμές της κλίμακας θερμικού κινδύνου.



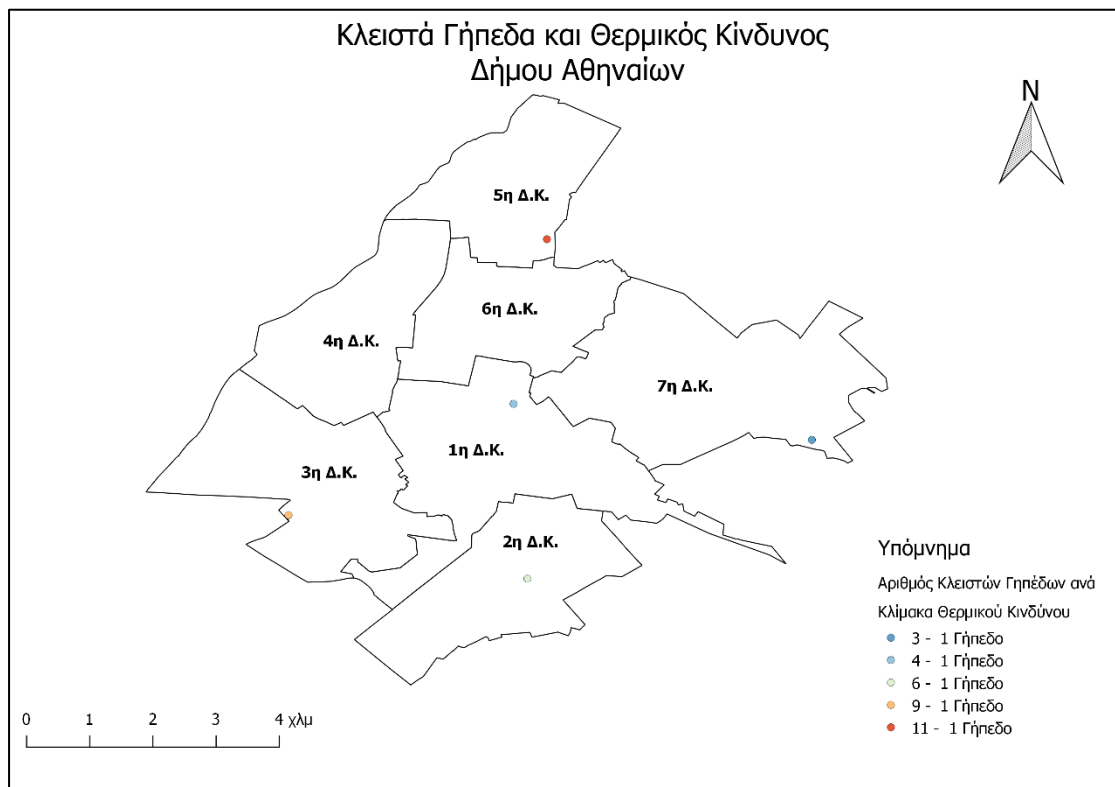
Χάρτης 4.17. – Δημοτικά Σχολεία και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

#### ▪ Αθλητικές Εγκαταστάσεις

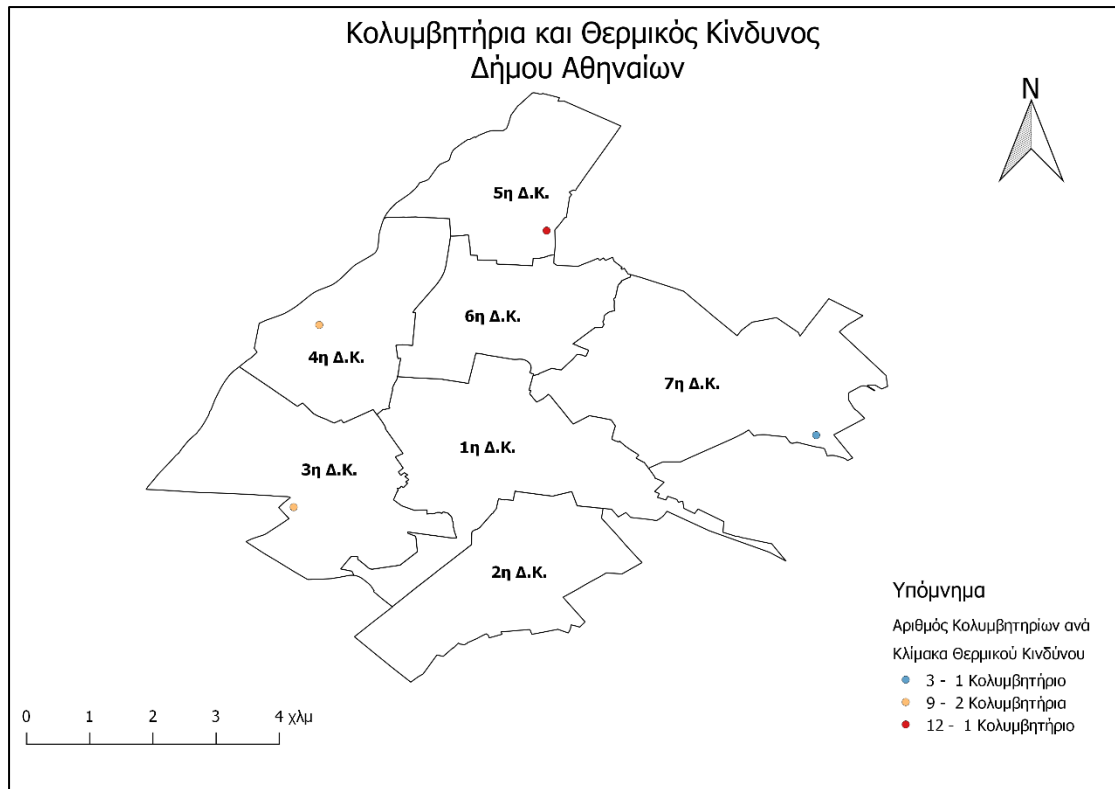
Οι αθλητικές εγκαταστάσεις, οι οποίες φιλοξενούν δραστηριότητες άθλησης και ψυχαγωγίας των πολιτών, για τον Δήμο Αθηναίων μπορούν να διακριθούν σε ανοιχτά αθλητικά κέντρα, κλειστά γήπεδα, κολυμβητήρια και παιδικές χαρές. Όσον αφορά τα ανοιχτά αθλητικά κέντρα (Χάρτης 4.18.), που εκ φύσεως δέχονται αρκετούς πολίτες, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες, παρατηρείται ότι η πλειονότητα αυτών βρίσκεται σε περιοχές με χαμηλές τιμές της κλίμακας θερμικού κινδύνου (κλίμακες 2 έως 6). Παρόλα αυτά, δύο (2) ανοιχτά αθλητικά κέντρα βρίσκονται σε περιοχές με την υψηλότερη κλίμακα κινδύνου 12 και εντοπίζονται στην 5<sup>η</sup> (συγκρότημα Γκράβας) και 6<sup>η</sup> Δ.Κ. (Αλεπότρυπα). Ειδικότερα, στο συγκρότημα της Γκράβας βρίσκονται άλλες δύο (2) αθλητικές εγκαταστάσεις με την υψηλότερη κλίμακα θερμικού κινδύνου 12 και, συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα (1) κλειστό γήπεδο (Χάρτης 4.19.) και ένα (1) κολυμβητήριο (Χάρτης 4.20.).



Χάρτης 4.18. – Ανοιχτά Αθλητικά Κέντρα και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

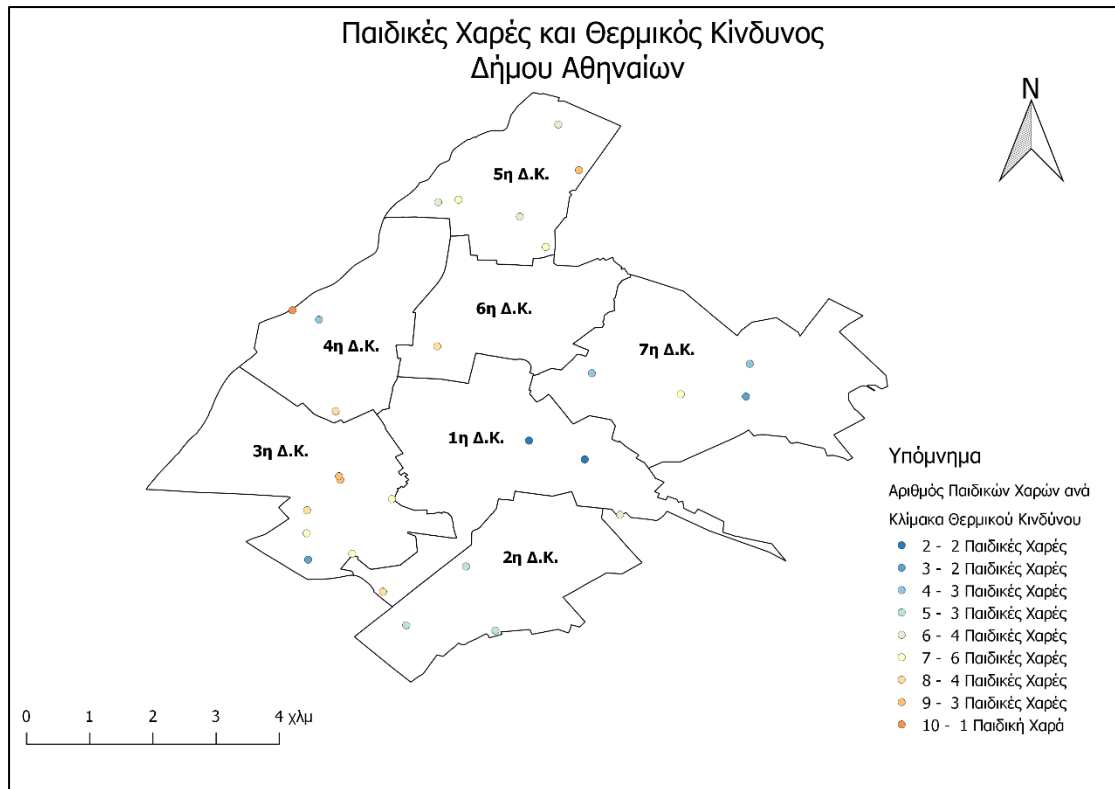


Χάρτης 4.19. –Κλειστά Γήπεδα και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων



Χάρτης 4.20. – Κολυμβητήρια και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

Σχετικά με τις παιδικές χαρές, που συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο μέρος των μικρών παιδιών, αρκετές είναι αυτές που εντοπίζονται σε περιοχές με σχετικά υψηλή κλίμακα θερμικού κινδύνου, μία (1) εκ των οποίων βρίσκεται στην κλίμακα 10 και εμφανίζεται στην 4<sup>η</sup> Δ.Κ. του Δήμου και, συγκεκριμένα, δίπλα στην λεωφόρο Κηφισού.

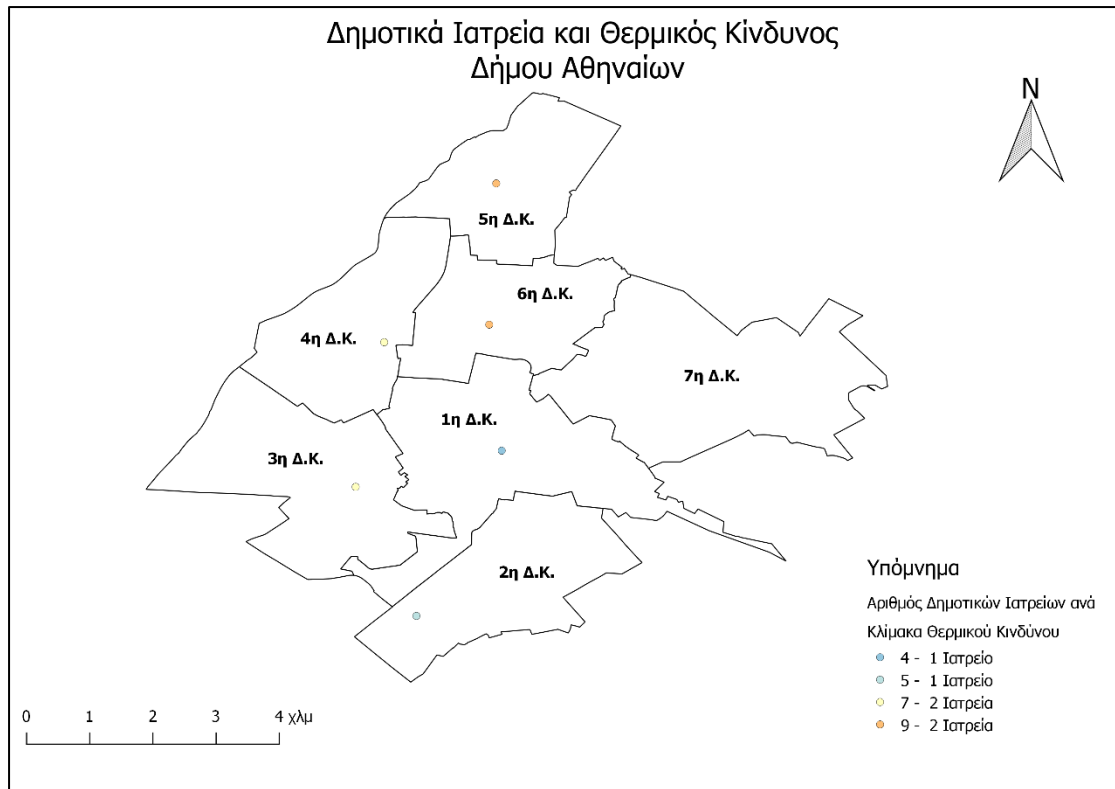


Χάρτης 4.21. – Παιδικές Χαρές και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

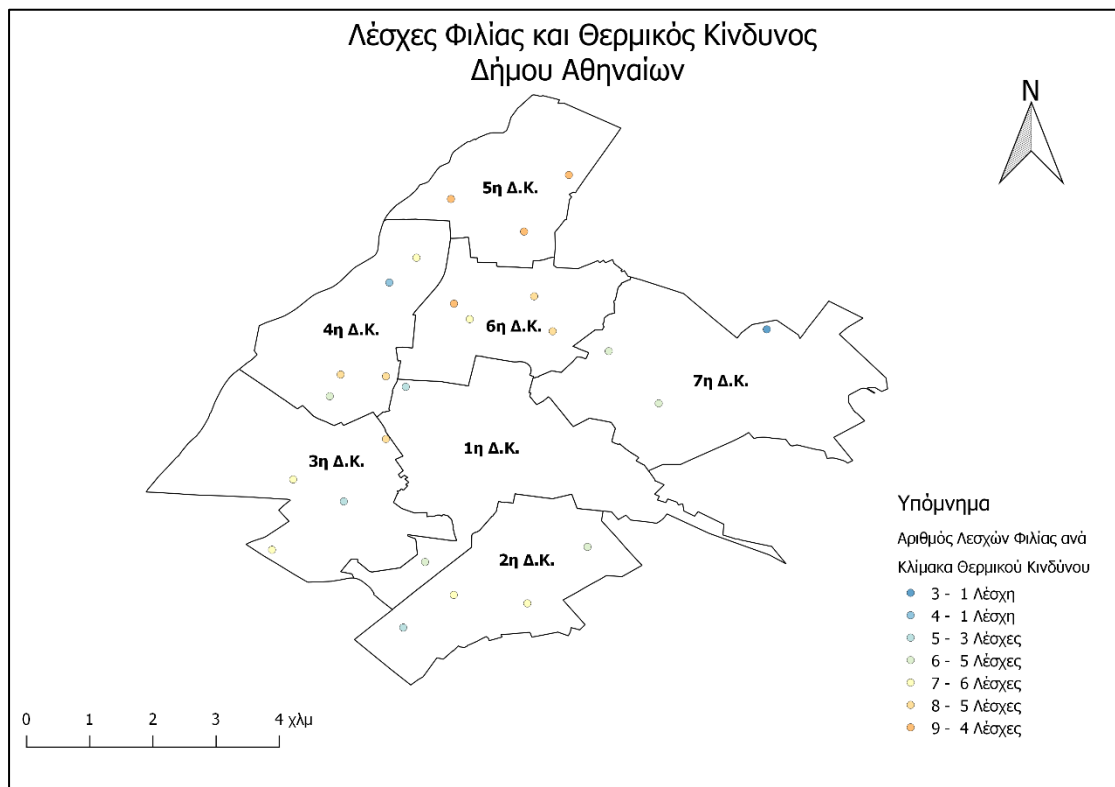
▪ Υπηρεσίες προς Πολίτες

Ο Δήμος Αθηναίων παρέχει στους πολίτες του υπηρεσίες για την άμεση και καλύτερη εξυπηρέτησή τους, όπως είναι τα δημοτικά ιατρεία, οι λέσχες φιλίας για τους γηραιότερους δημότες, τα κέντρα εξυπηρέτησης πολιτών (Κ.Ε.Π.) και τα σημεία εξυπηρέτησης δημοτών (Σ.Ε.Δ.). Από τα έξι (6) συνολικά δημοτικά ιατρεία που υπάρχουν στην περιοχή μελέτης, τα δύο (2) που βρίσκονται στην 5<sup>η</sup> και στην 6<sup>η</sup> Δ.Κ., ανήκουν στην κλίμακα 9 του θερμικού κινδύνου. Σε ό,τι αφορά τις λέσχες φιλίας, που απευθύνονται στους δημότες τρίτης ηλικίας, παρατηρείται ότι και τρεις (3) που εντοπίζονται στην 5<sup>η</sup> Δ.Κ. κατατάσσονται στην κλίμακα κινδύνου 9. Τέλος, σχετικά με τα Κ.Ε.Π. και Σ.Ε.Δ., παρατηρείται ότι επτά (7) συνολικά βρίσκονται σε υψηλότερο θερμικό κίνδυνο (κλίμακες 8 και 9), τα οποία τοποθετούνται στην 2<sup>η</sup>, 4<sup>η</sup>, 5<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> Δ.Κ. του Δήμου.

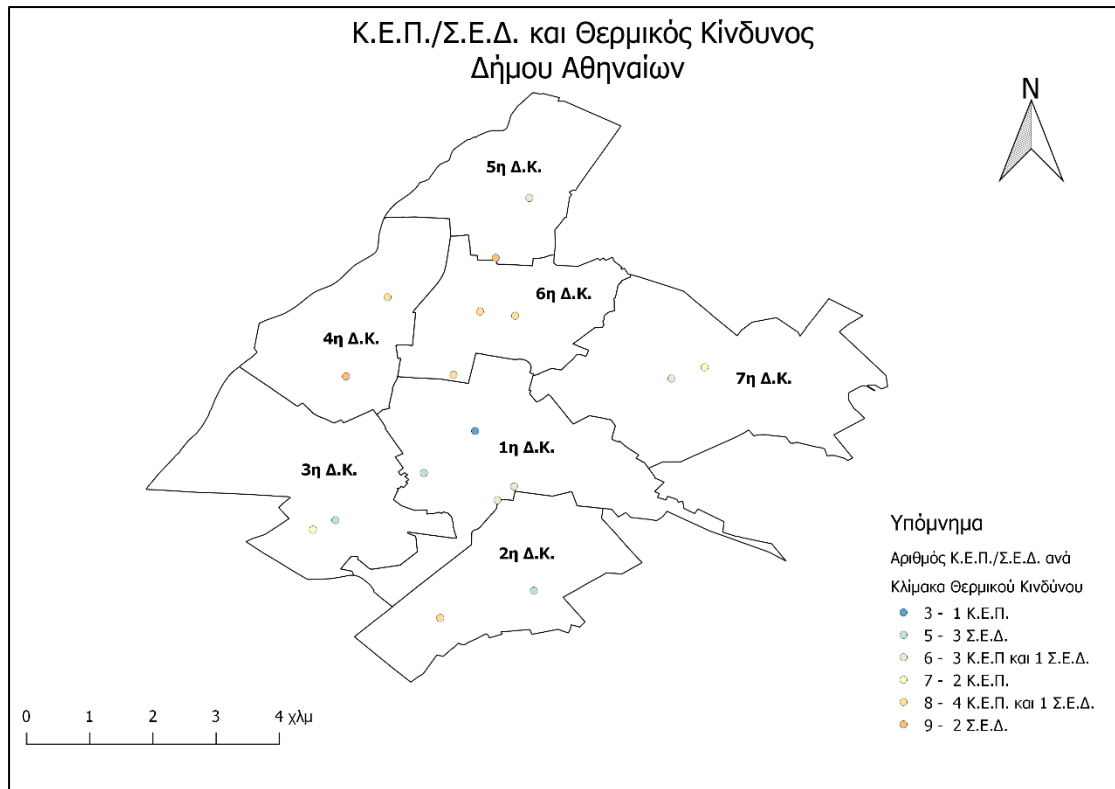




Χάρτης 4.22. – Δημοτικά Ιατρεία και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων



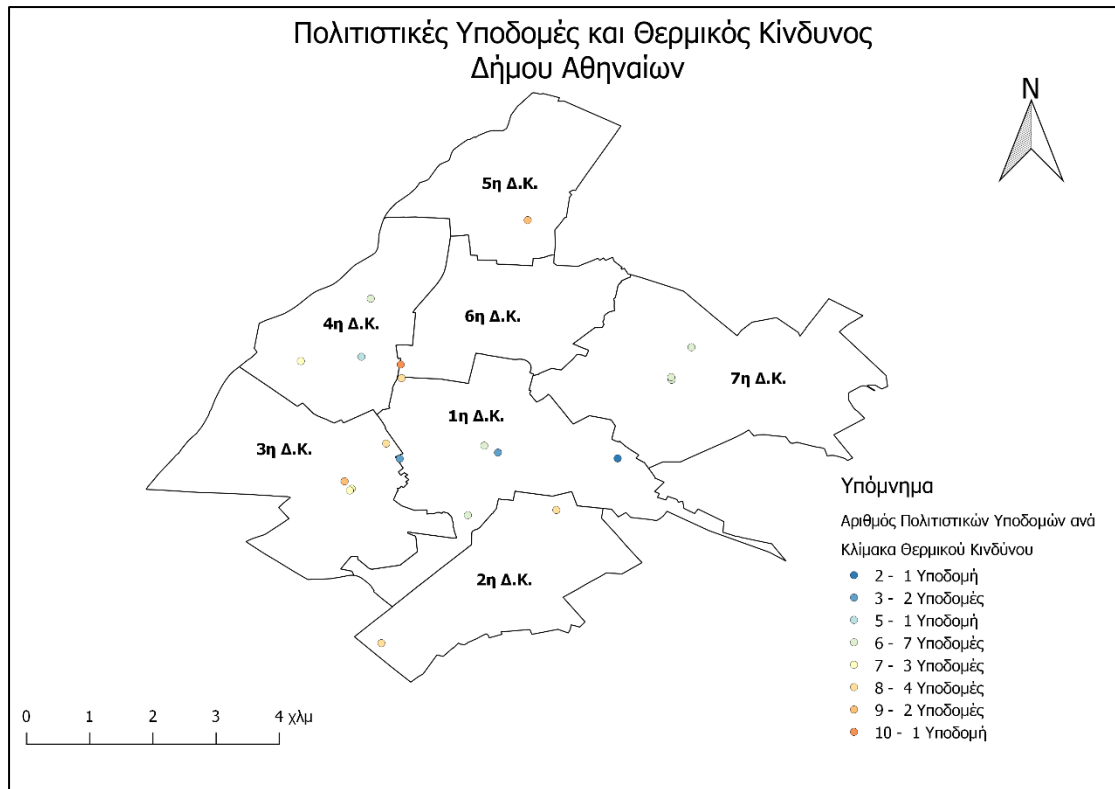
Χάρτης 4.23. – Λέσχες Φιλίας και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων



Χάρτης 4.24. – Κ.Ε.Π./Σ.Ε.Δ. και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

#### ▪ Πολιτιστικές Υποδομές

Σε ό,τι αφορά τις πολιτιστικές υποδομές του Δήμου Αθηναίων, αυτές αποτελούνται από βιβλιοθήκες, θέατρα, πινακοθήκες, μουσεία και πολιτιστικά κέντρα. Όπως φαίνεται και στον Χάρτη 4.25., οι πολιτιστικές υποδομές που βρίσκονται σε περιοχές υψηλού θερμικού κινδύνου είναι τρεις (3) και, συγκεκριμένα η Κεντρική Δημοτική και Μουσική Βιβλιοθήκη, το υπαίθριο Θέατρο Γκράβας και το Βιομηχανικό Μουσείο Φωταερίου, τα οποία εντοπίζονται στην 6<sup>η</sup>, 5<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> Δ.Κ. του Δήμου αντίστοιχα.



Χάρτης 4.25. – Πολιτιστικές Υποδομές και Θερμικός Κίνδυνος Δήμου Αθηναίων

## ΠΕΜΠΤΟ ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια για τη μελέτη και την εκτίμηση του θερμικού κινδύνου στην περιοχή του Δήμου Αθηναίων μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δορυφορικών και κοινωνικοοικονομικών στατιστικών δεδομένων για την 22/07/2020, που χαρακτηρίζεται ως μια τυπική καλοκαιρινή ημέρα. Στο πλαίσιο της εκτίμησης του θερμικού κινδύνου υπολογίστηκε η έκθεση και η ευαισθησία των διάφορων περιοχών του Δήμου Αθηναίων ως προς τις υψηλές θερμοκρασίες.

Η περιοχή του Δήμου Αθηναίων χωρίστηκε σε οκτώ (8) κατηγορίες έκθεσης, χρησιμοποιώντας δορυφορικά δεδομένα αστικής μορφολογίας, επιφανειακής θερμοκρασίας του εδάφους και βλάστησης, με αποτέλεσμα να είναι ευδιάκριτη η χωρική κατανομή των περιοχών με διαφορετικό βαθμό έκθεσης. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν το χάσμα που υπάρχει μεταξύ δυτικού και ανατολικού τμήματος του Δήμου, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του δυτικού τμήματος χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό έκθεσης σε σχέση με το ανατολικό τμήμα. Η διαφορά αυτή οφείλεται στην κατανομή πρασίνου εντός του Δήμου, αφού η ανάλυση των δεδομένων κατέδειξε την εντονότερη παρουσία του στο ανατολικό τμήμα του Δήμου.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε εμφανίζει σημαντική καινοτομία καθώς ο προσδιορισμός της έκθεσης και, κατ' επέκταση, του θερμικού κινδύνου βασίζεται στο συνδυασμό στοιχείων αστικής μορφολογίας και αστικών λειτουργιών με την επιφανειακή θερμοκρασία εδάφους. Κατά αυτό τον τρόπο αναδεικνύεται η συμβολή των ιδιοτήτων των υλικών επιφανείας (ανακλαστικότητα, θερμικός συντελεστής εκπομπής, θερμοχωρητικότητα, θερμική αγωγιμότητα), ενώ λαμβάνονται υπόψη παράμετροι όπως το ύψος των κτιρίων και η αναλογία διαστάσεων αστικής χαράδρας.

Για την υλοποίηση των κατηγοριοποιήσεων που απαιτήθηκαν κατά τη διάρκεια της εργασίας χρησιμοποιήθηκε ένας σχετικά πρόσφατος αλγόριθμος μη επιβλεπόμενης συσταδοποίησης (k-prototypes) ώστε να αξιοποιηθούν συγχρόνως δεδομένα συνεχών και διακριτών μεταβλητών. Τα αποτελέσματα των κατηγοριοποιήσεων κρίνονται απολύτως ικανοποιητικά και προτείνεται η χρήση του συγκεκριμένου αλγορίθμου για ερευνητικές εργασίες που αφορούν το αστικό περιβάλλον.

Ο υπολογισμός της ευαισθησίας στο Δήμο Αθηναίων έγινε σε επίπεδο Δημοτικών Κοινοτήτων καθώς τα δεδομένα που υπήρχαν διαθέσιμα προέρχονταν από τη στατιστική Απογραφή του 2011. Η συνθετική πληροφορία που προέκυψε από συγκεκριμένους δείκτες άμεσα σχετιζόμενους με την ευαισθησία των πολιτών στις υψηλές θερμοκρασίες οδήγησε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει έντονη διαφοροποίηση ανάμεσα στις επτά (7) Δ.Κ. με την 5<sup>η</sup> και 6<sup>η</sup> να είναι περισσότερο ευαίσθητες από τις υπόλοιπες και την 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> να είναι οι λιγότερο ευαίσθητες ως προς τις υψηλές θερμοκρασίες.

Ο συνδυασμός της έκθεσης και της ευαισθησίας οδήγησε στην χωρική εκτίμηση του θερμικού κινδύνου σε έντεκα (11) επιμέρους κλίμακες, οι οποίες εκφράζουν κατά πόσο οι κάτοικοι των περιοχών του Δήμου Αθηναίων είναι ευάλωτοι στις υψηλές θερμοκρασίες. Το βορειοδυτικό τμήμα του Δήμου Αθηναίων βρέθηκε πως είναι αυτό στο οποίο εντοπίζονται οι περισσότερες περιοχές με υψηλό θερμικό κίνδυνο, σε αντίθεση με το κεντρικό και ανατολικό τμήμα όπου εμφανίζονται περιοχές με χαμηλότερο θερμικό κίνδυνο. Η προσπάθεια που έγινε για τη βαθμονόμηση της κλίμακας θερμικού κινδύνου, παρά τις αδυναμίες της, κατέδειξε πως οι περιοχές που ανήκουν στην μεγαλύτερη κλίμακα 12 παρουσιάζουν αυξημένες μέσες τιμές LST κατά 6 °C (16.6%) σε σχέση με την κλίμακα 2, που αντιστοιχεί στην ιδανική κλίμακα θερμικού κινδύνου για τον Δήμο Αθηναίων και μια αξιοσημείωτη διαφορά στις μέσες τιμές του NDVI.

Από τα σημαντικότερα συμπεράσματα της εργασίας είναι η ανάδειξη συγκεκριμένων κρίσιμων υποδομών που εντοπίζονται σε περιοχές με υψηλό θερμικό κίνδυνο. Ενδεικτικά, δύο (2) νηπιαγωγεία, ένας (1) παιδικός σταθμός, τέσσερα (4) λύκεια, τρία (3) γυμνάσια, έξι (6) δημοτικά σχολεία, τέσσερα (4) ανοιχτά αθλητικά κέντρα, ένα (1) κλειστό γήπεδο, ένα (1) κολυμβητήριο, μία (1) παιδική χαρά και μία (1) βιβλιοθήκη βρίσκονται σε περιοχές με κλίμακα κινδύνου 10 έως και 12. Πληθώρα άλλων κρίσιμων υποδομών εντοπίζονται σε περιοχές με αυξημένη κλίμακα κινδύνου.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση του θερμικού κινδύνου αναδεικνύει τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των περιοχών κάθε κλίμακας θερμικού κινδύνου, με αποτέλεσμα να είναι εφικτός ο προσδιορισμός συγκεκριμένων μέτρων και δράσεων ικανών να μειώσουν τον θερμικό κίνδυνο μιας περιοχής, αλλάζοντας μέχρι και την κλίμακα στην οποία αυτή ανήκει. Ενδεικτικά μέτρα και δράσεις που

προκύπτουν άμεσα από την παρούσα μεθοδολογία είναι η μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας των δομημένων περιοχών με χρήση ψυχρών υλικών ή άλλων νέων τεχνολογιών και η αύξηση του ποσοστού βλάστησης στην πόλη με μεθόδους που προάγουν τις φυσικές λύσεις (π.χ. πάρκα τσέπης, πράσινες οροφές). Με άλλα λόγια, χρησιμοποιώντας μία αξιόπιστη επιστημονική μεθοδολογία, υποστηρίζονται δράσεις και προγράμματα προσαρμογής μίας αστικής περιοχής στην κλιματική αλλαγή.

Στην παρούσα εργασία αναδείχτηκε επίσης η χρησιμότητα των δορυφορικών δεδομένων για τη μελέτη και ανάλυση του αστικού περιβάλλοντος. Η χρήση δεδομένων υψηλής χωρικής ανάλυσης από το πρόγραμμα Copernicus της Ευρωπαϊκής Ένωσης και από την αποστολή Landsat 8 της NASA, έδωσε τη δυνατότητα για την εκτίμηση της έκθεσης και του θερμικού κινδύνου σε επίπεδο γειτονιάς. Επιπλέον, ο αυτοματοποιημένος τρόπος παραγωγής όλων των δορυφορικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν επιτρέπει την αναπαραγωγή της μεθοδολογίας σε οποιαδήποτε αστική περιοχή της Ευρώπης, κάτι που είναι χρήσιμο για την αντικειμενική σύγκριση του θερμικού κινδύνου διάφορων πόλεων.

Η χρήση γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών για την επεξεργασία όλων των δεδομένων φανέρωσε τις δυνατότητες των συγκεκριμένων λογισμικών ανοιχτού κώδικα (QGIS) να αποτυπώσουν χαρτογραφικά με απλό και κατανοητό τρόπο τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, έτσι ώστε να δίνει τη δυνατότητα στον καθένα να τα μελετήσει και να εξάγει τα δικά του συμπεράσματα.

Πέραν από την επίτευξη των αρχικών στόχων της εργασίας, προέκυψαν κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής της σκέψεις για σχετικές μελλοντικές εργασίες. Η χρήση δεδομένων θερμοκρασίας αέρα σε υψηλή χωρική ανάλυση θα μπορούσε να αποτυπώσει ακριβέστερα τον θερμικό κίνδυνο του Δήμου Αθηναίων, κάτι το οποίο προς το παρόν δεν είναι εφικτό λόγω έλλειψης πυκνού δικτύου μετεωρολογικών σταθμών εντός του Δήμου. Επίσης, η χρήση στατιστικών δεδομένων της επερχόμενης Απογραφής του 2021 θα έχει ως αποτέλεσμα την επικαιροποιημένη καταγραφή της κοινωνικοοικονομικής κατάστασης στο Δήμο Αθηναίων, ειδικά αν αυτά συνοδεύονται από την διάθεσή τους σε υψηλότερη χωρική ανάλυση (επίπεδο γειτονιάς αντί Δ.Κ.), κάτι το οποίο γίνεται σε πολλές πόλεις του πλανήτη. Τέλος, η χρήση δεδομένων, όπως στατιστικά δεδομένα ιατρικών περιστατικών σχετιζόμενων

με τις υψηλές θερμοκρασίες ή δεδομένα ενός βιομετεωρολογικού δείκτη σε υψηλή χωρική ανάλυση, θα βοηθούσαν στη βαθμονόμηση της κλίμακας θερμικού κινδύνου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### *Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία*

- Adinna E. N., Christian E. I., Okolie, A.T. (2009). Assessment of urban heat island and possible adaptations in Enugu urban using landsat-ETM. *Journal of Geography and Regional Planning* Vol. 2(2): 030-036, February, 2009.
- Ahmad A. and Khan S. S. (2019). Survey of State-of-the-Art Mixed Data Clustering Algorithms, in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 31883-31902, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2903568.
- Bulgan, E., Yilmaz, S., Matzarakis, A., Irmak, M. A. (2014). Quantification of summer thermal bioclimate of different land uses in an urban city centre. *Proceedings of the Third International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island, Venice, October 13-15.*
- Charalampopoulos, I., Tsiros, I., Chronopoulou-Sereli, A., Matzarakis, A. (2013). Analysis of thermal bioclimate in various urban configurations in Athens, Greece. *Urban Ecosyst* 16 p. 217–233.
- Ellis, F. P., F. Nelson & L. Pincus (1975). Mortality during heat waves in New York City, July 1972 and August and September 1973. *Environmental Research* 10: 1-13.
- Founda, D. et al. (2004) "Analysis of mean, maximum, and minimum temperature in Athens from 1897 to 2001 with emphasis on the last decade: trends, warm events, and cold events." *Global and Planetary change* 44.1-4: 27-38.
- Founda D. (2011). Evolution of the air temperature in Athens and evidence of climatic change – A review. *Advances in Building Energy Research (ABER)*, Vol. 5, Number 1,7-41, doi:10.1080/17512549.2011.582338.
- Founda D. et al. (2015). Interdecadal variations and trends of the Urban Heat Island in Athens (Greece) and its response to heat waves. *Atmospheric Research*, 161-162, pp.1-13.
- Founda D. & Santamouris M. (2017): Synergies between Urban Heat Island and Heat Waves in Athens (Greece), during an extremely hot summer (2012). *Scientific Reports*, 7: 10973.  
[online at: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-11407-6> ].
- Giannaros, T.M., et al. (2013). Numerical study of the urban heat island over Athens (Greece) with the WRF model. *Atmospheric Environment*. 2013, Vol. 73, pp.103-111.
- Giannopoulou, K., et al. (2010). On the characteristics of the summer urban heat island in Athens, Greece. *Sustainable Cities and Society*. 2010b, Vol. 1, 1, pp. 16-28.
- Giannopoulou K., Livada I., Santamouris M., Saliari M., Assimakopoulos M., Caouris Y.G. (2011). On the characteristics of the summer urban heat island in Athens, Greece, *Sustainable Cities and Society*, Volume 1, Issue 1, February 2011, Pages 16-28.
- Giannopoulou, K., et al. (2014). "The influence of air temperature and humidity on human thermal comfort over the greater Athens area." *Sustainable Cities and Society* 10: 184-194.



- He, X., Miao, S., Shen, S., Li, J., Zhang, B., Zhang, Z., Chen, X. (2015). Influence of sky view factor on outdoor thermal environment and physiological equivalent temperature. *Int J Biometeorol* 59 p. 285–297.
- Huang Z. (1998). Extensions to the k-Means Algorithm for Clustering Large Data Sets with Categorical Variables, *Data Mining and Knowledge Discovery* 2, 283-304, <DOI:10.1023/A:1009769707641>.
- Koomen, Eric., Diogo, V. (2014). Assessing potential future urban heat island patterns following climate scenarios, socio-economic developments and spatial planning strategies. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*.
- Kourtidis K. et al. (2015). A study of the hourly variability of the urban heat island effect in the Greater Athens Area during summer. *Science of the Total Environment*, vol.517, pp.162-177
- Kratzer A. (1956). *The Climate of Cities*, American Meteorological Society: pp. 230.  
[online at: <http://urban-climate.com/wp3/resources/classic-texts/albertkratzer>].
- Lindberg F, Grimmond CSB, Yogeswaran N, Kotthaus S, Allen L. (2013). Impact of city changes and weather on anthropogenic heat flux in Europe 1995-2015. *Urban Climate* 4: 1-15.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7):703–726.
- Mihalakakou, G., et al. (2002). Application of neural networks to the simulation of the heat island over Athens, Greece using synoptic types as a predictor. *Journal of Applied Meteorology*. 2002, Vol. 41, pp. 519–527.
- Mihalakakou, G., et al. (2004). Simulation of the Urban Heat Island Phenomenon in Mediterranean Climates. *Pure and Applied Geophysics*. 2004, Vol.161, pp. 429-451.
- Milligan, J. (2004). Heatwaves: the developed world's hidden disaster, Techn Ber, International Federation of Red Cross and Red Crescent, World Disasters Report.
- Milligan, J. (2010). Heatwaves: The developed world's hidden disaster. In ENSURE Project (2010) "WP2: Integration and Connection of Vulnerabilities – Deliverable 2.1.2: Relation between systemic and physical vulnerability and relation between systemic, social, economic, institutional and territorial vulnerability", European Commission 7th Framework Programme, 38-39 [online at: [http://www.ensureproject.eu/ENSURE\\_Del2.1.2.pdf](http://www.ensureproject.eu/ENSURE_Del2.1.2.pdf)].
- Naughton, M. P. (2002). Heat-related mortality during a 1999 heat wave in Chicago. *American Journal of Preventive Medicine* 22: 4, 221-227. In ENSURE Project (2010) "WP2: Integration and Connection of Vulnerabilities – Deliverable 2.1.2: Relation between systemic and physical vulnerability and relation between systemic, social, economic, institutional and territorial vulnerability", European Commission 7th Framework Programme. [online at: [http://www.ensureproject.eu/ENSURE\\_Del2.1.2.pdf](http://www.ensureproject.eu/ENSURE_Del2.1.2.pdf)].
- Oke T.R. (1982). The energetic basis of urban heat island. *Journal of the Royal Meteorological Society*, 108 (455), 1-24.
- Oke T.R. (1995). The heat island characteristics of the urban boundary layer: Characteristics, causes and effects. In J.E. Cermak, A.G. Davenport, E.J. Plate,

- and D.X. Viegas (eds). *Wind Climate in Cities*: 81–107. Netherlands: Kluwer Academic.
- Pantavou, K., et al. (2011). "Evaluating thermal comfort conditions and health responses during an extremely hot summer in Athens." *Building and Environment* 46.2: 339-344.
  - Papamanolis Nikos. (2015). The main characteristics of the urban climate and the air quality in Greek cities. *Urban Climate*, vol.12, pp.49-64.
  - Paravantis, John, et al. (2017). "Mortality associated with high ambient temperatures, heatwaves, and the urban heat island in Athens, Greece." *Sustainability* 9.4: 606.
  - Rizwan, A. M., L. Y. C. Dennis, & C. Liu (2008). A review of the generation, determination and mitigation of urban heat island, *Journal of Environmental Sciences* 20: 1, 120-128. In ENSURE Project (2010) "WP2: Integration and Connection of Vulnerabilities – Deliverable 2.1.2: Relation between systemic and Αστική Οικολογία- Η περίπτωση της Πράσινης Στέγης στις Ευρωπαϊκές πόλεις ~ 109 ~ physical vulnerability and relation between systemic, social, economic, institutional and territorial vulnerability", European Commission 7th Framework Programme, 38-39  
[online at: [http://www.ensureproject.eu/ENSURE\\_Del2.1.2.pdf](http://www.ensureproject.eu/ENSURE_Del2.1.2.pdf)].
  - Robine, J. M. (2008). Plus de 70 000 décès en Europe au cours de l'été 2003. *Comptes Rendus Biologies* 331: 2, 171-178. In ENSURE Project (2010) "WP2: Integration and Connection of Vulnerabilities – Deliverable 2.1.2: Relation between systemic and physical vulnerability and relation between systemic, social, economic, institutional and territorial vulnerability", European Commission 7th Framework Programme, 38-39  
[online at: [http://www.ensureproject.eu/ENSURE\\_Del2.1.2.pdf](http://www.ensureproject.eu/ENSURE_Del2.1.2.pdf)].
  - Robinson, P.J. (2001). On the definition of heat waves. *J. Appl. Meteorology*, 40, 762–75.
  - Santamouris, M., et al. (1999). A neural network approach for modeling the heat island phenomenon in Urban areas during the summer period. *Geophysical Research Letters*. 1999, Vol. 26, pp. 337-340.
  - Santamouris, M. (2012). Cooling the cities - A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Solar Energ.* 2012, Vol. 55, pp. 66-76.
  - Sharmin, T., Steemers, K., Matzarakis, A. (2015). Analysis of microclimatic diversity and outdoor thermal comfort perceptions in the tropical megacity Dhaka, Bangladesh. *Building and Environment* 94 p. 734-750.
  - Solecki W. D., Rosenzweig C., Pope G., Chopping M., Goldberg R., Polissar A. (2004). *Urban Heat Island and Climate Change: An Assessment of Interacting and Possible Adaptations in the Camden, New Jersey Region*. Environmental Assessment and Risk Analysis Element Research Project Summary. NJDEP Division of Science, contract number SR01-09.
  - Stathopoulou, M., & Cartalis, C. (2007). Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: An application to major cities in Greece. *Solar Energy*, 81(3), 358–368.  
[online at : <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.06.014>].

- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Stewart, Ian D., and Tim R. Oke. (2012). "Local climate zones for urban temperature studies." *Bulletin of the American Meteorological Society* 93.12:1879-1900.
- Szepannek, G. (2018). clustMixType: User-Friendly Clustering of Mixed-Type Data in R, *The R Journal* 10/2, 200-208.
- Voogt J.A. (2002). Urban Heat Island. *Encyclopedia of Global Environmental Change, Volume 3, Causes and consequences of global environmental change*: 660–666.
- Voogt J.A. (2004). *Urban Heat Islands: Hotter Cities*. America Institute of Biological Sciences. ActionBioscience.org.  
[online at: <http://www.actionbioscience.org/environment/voogt.html>].
- Urban GREEN - BLUE GRIDS for sustainable and resilient cities. (2018).  
[online at: <https://www.urbangreenbluegrids.com/water/>].
- Wassenhoven, L. Dousi, E., Housianakou, M., Koutalakis, H. and Lalos, A. (2009). Climate change, environmental vulnerability and European challenges. In *ISTAME (Institute of Strategic and Development Studies), Green Development, Reports for consultation, Athens, 2009*, pp. 3-54.
- Zhang Z., Ji M., Shu J., Deng Z., Wu Y. (2008). Surface Urban Heat Island in Shanghai, China: examining the relationship between land surface temperature and impervious surface fractions derived from LANDSAT ETM+ IMAGERY. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII: 601-606.
- Zopounidis, C. (1999). Multicriteria decision aid in financial management, *European Journal of Operational Research* 119, pp. 404-415.
- Zouli I., Santamouris M., Dimoudi A. (2008). Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens *Environmental Monitoring and Assessment*, 2009, Volume 156, Number 1-4, Page 275.

### ***Ελληνική Βιβλιογραφία***

- Αρσένη-Παπαδημητρίου Α. (2004). Σημειώσεις Αστικής Κλιματολογίας. Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- ΙΤΑ (Ινστιτούτο Τοπικής Αυτοδιοίκησης). (2018). *Στρατηγικός Σχεδιασμός Πρωτεύουσας, Δήμος Αθηναίων, Αθήνα*.
- Κουτσουράκης, Ν. (2007). Ροή και Διασπορά Ρύπων σε Οδικές Χαράδρες: Ανασκόπηση. *Τεχν. Χρον. Επιστ.* Έκδ. ΤΕΕ, τεύχ. 1 2010.
- Κωνσταντόπουλος, Δ. (2011). Πολυκριτηριακή ανάλυση χωροθέτηση φωτοβολταϊκών πάρκων σε περιβάλλον ΓΣΠ: Η περίπτωση της Περιφέρειας Θεσσαλίας
- Μανιάτης Γ. (1996). *Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Γης - Κτηματολογίου*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 1996.
- Μπουγιαιώτη, Φ.Μ. (2010). Το αστικό μικροκλίμα. Βιοκλιματικές παρεμβάσεις για τη βελτίωση του. *Διάλεξη/σημειώσεις μαθήματος*. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

- Μωράκος, Ι. (2009). Χωροθέτηση ζωνών προτεραιότητας για την προστασία του εθνικού δρυμού Σουνίου με χρήση GIS και των πολυκριτηριακών μεθόδων OWA και AHP, Αθήνα.
- Τσαγδής, Χ. (2014). Ενεργειακή αξιολόγηση τεχνικών ανάπλασης εξωτερικών δημόσιων χώρων. Τμήμα μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης.
- Χαλκιάς, Χ., Γκούσια, Μ. (2015). Χωρική Πολυκριτηριακή Ανάλυση - Σταθμισμένη Χαρτογραφική Υπέρθυση. [Κεφάλαιο Συγγράμματος]. Στο Χαλκιάς, Χ., Γκούσια, Μ. (2015). Γεωγραφική ανάλυση με την αξιοποίηση της γεωπληροφορικής. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Κεφ. 3.  
Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/4548>

### *Διαδίκτυο*

- [www.meteo.gr](http://www.meteo.gr) (τελευταία πρόσβαση: 3/2/2021)
- <http://meteosearch.meteo.gr/> (τελευταία πρόσβαση: 3/2/2021)
- [http://rslab.gr/downloads\\_LandsatLST.html](http://rslab.gr/downloads_LandsatLST.html) (τελευταία πρόσβαση: 3/2/2021)
- <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> (τελευταία πρόσβαση: 3/2/2021)
- <https://land.copernicus.eu/> (τελευταία πρόσβαση: 3/2/2021)