

Χάρσι

ΚΕΙΜΕΝΑ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Ειδικό Τεύχος – Αφιέρωμα

Νέοι Επιστήμονες

Επιμέλεια

Γεωργία Γεμενετζή- Σπύρος Νιαβής- Αναστασία Τασοπούλου

ΤΕΥΧΟΣ
ISSUE

40

ΕΤΟΣ
YEAR

2024



ISSN: 1109-5008

e-ISSN: 2944-9847



Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής
Ανάπτυξης

Ειδικό Τεύχος-Αφιέρωμα

Νέοι Επιστήμονες

Επιμέλεια

Γεωργία Γεμενετζή- Σπύρος Νιαβής- Αναστασία Τασσπούλου

Επιστημονικό Περιοδικό

αειχώρος

Διεύθυνση:

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης

Περιοδικό ΑΕΙΧΩΡΟΣ

Πεδίον Άρεως, 383 34 ΒΟΛΟΣ

<http://www.aeihoros.gr>

e-mail: aeihoros@uth.gr

Επιμέλεια έκδοσης: Νεκταρία Σαρρή

Σχεδιασμός εξωφύλλου: Γιώργος Παρασκευάς-Παναγιώτης Μανέτος

Γεμεντζή Γεωργία, Νιαβής Σπύρος, Τασοπούλου Αναστασία	6
Εισαγωγή	
Κουβαρά Ευαγγελία-Μαρία, Σαμαρά Αικατερίνη	9
Γειτονιά & Airbnb: αναβάθμιση ή αλλοίωση; Η περίπτωση της περιοχής της Ανάληψης στη Θεσσαλονίκη	
Μπέλτσου Βασιλική	30
Υπολογισμός δείκτη περπατησιμότητας για το κέντρο της Λάρισας και ανάδραση προς τον πολεοδομικό σχεδιασμό	
Αποστόλου Γεωργία-Άννα	61
Αστική ταυτότητα και δομημένο περιβάλλον: αναζητώντας τη συμβολή του πολεοδομικού σχεδιασμού	
Αλεξανδρίδης Θεόδωρος, Λαζαρίδης Βασίλειος	85
Αξιολόγηση της Τρωτότητας και Ενίσχυση της Ανθεκτικότητας του Αστικού Ιστού μέσω Μπλε και Πράσινων Υποδομών: Η Περίπτωση του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης	
Κυριακίδης Χαράλαμπος	110
Συγκριτική μελέτη για τη λειτουργία των υπαίθριων δημόσιων αστικών χώρων στις αθηναϊκές γειτονιές	

Αξιολόγηση της Τρωτότητας και Ενίσχυση της Ανθεκτικότητας του Αστικού Ιστού μέσω Μπλε και Πράσινων Υποδομών: Η Περίπτωση του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης

Αλεξανδρίδης Θεόδωρος

Μηχανικός Χωροταξίας και Ανάπτυξης

Λαζαρίδης Βασίλειος

Μηχανικός Χωροταξίας και Ανάπτυξης

Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί τη μεγαλύτερη πρόκληση που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα τον 21^ο αιώνα. Οι συνέπειές της, γίνονται περισσότερο ορατές στις περιοχές όπου υπάρχει έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα. Η συνεχής αστική επέκταση, η κατάληψη ελεύθερης γης για κατοικία και η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση έχουν διαφοροποιήσει το μικροκλίμα των πόλεων. Το Πολεοδομικό Συγκρότημα της Θεσσαλονίκης (ΠΣΘ) ως ένα πυκνοδομημένο, παράκτιο αστικό δίκτυο, κρίνεται ευάλωτο σε ακραία καιρικά φαινόμενα, κυρίως σε περιπτώσεις υψηλών θερμοκρασιών. Ο διπλός στόχος της παρούσας μελέτης είναι, αρχικά, η ανάπτυξη ενός χωρικού μοντέλου το οποίο θα αξιολογεί την τρωτότητα του ΠΣΘ από κινδύνους που σχετίζονται με το κλίμα και τις υψηλές θερμοκρασίες και, σε δεύτερο στάδιο, η ανάπτυξη ενός δικτύου υποδομών βασισμένου στις οικοσυστημικές προσεγγίσεις, που θα συμβάλλει στη μείωση της τρωτότητας. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από τον δορυφόρο “Landsat – 8” και από άλλες επιστημονικές πηγές για οπτικοποίηση σε περιβάλλον GIS, εστιάζοντας στο φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ) και της αντιμετώπισής της μέσω των πράσινων υποδομών. Η αξιοποίηση συγκεκριμένων φασματικών δεικτών, σχετικών με τα επίπεδα βλάστησης, οικιστικής ανάπτυξης, υγρασίας και θερμοκρασίας, οδήγησαν σε χρήσιμα συμπεράσματα και στατιστικές συσχετίσεις, με αποτέλεσμα τον εντοπισμό των ευάλωτων περιοχών λόγω υψηλών θερμοκρασιών. Η διεθνής εμπειρία έχει αποδείξει ότι η εισαγωγή των οικοσυστημικών προσεγγίσεων στον πολεοδομικό σχεδιασμό, προσφέρει τη δυνατότητα να καθίσταται μια περιοχή πολύ πιο ανθεκτική σε φαινόμενα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Η εισαγωγή των πράσινων και μπλε υποδομών στον αστικό ιστό έχει πολλαπλά οφέλη, καθώς αφενός μειώνει την τρωτότητα αφετέρου συμβάλλει στην αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων της πόλης. Λαμβάνοντας υπ’ όψιν τα αποτελέσματα των αναλύσεων αλλά και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ΠΣΘ, προτείνεται η δημιουργία ενός δικτύου πράσινων και μπλε υποδομών, ώστε να ενισχυθεί η ανθεκτικότητα της Θεσσαλονίκης μέσω των οικοσυστημικών προσεγγίσεων.

Λέξεις κλειδιά

Χωρική ανάλυση, Φασματικοί δείκτες, Αστική θερμική νησίδα, Πράσινες και μπλε υποδομές, Οικοσυστημικές προσεγγίσεις, Κλιματική αλλαγή, Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης.

Assessing vulnerability and strengthening the resilience of the urban fabric through blue and green infrastructures: The case of the Thessaloniki's Urban Agglomeration

Abstract

Climate change is the greatest challenge facing humanity in the 21st century. The effects of its consequences become more visible in areas with intense human activity. Continuous urban expansion, occupation of vacant land for housing and increased energy consumption diversified the microclimate of cities. The Urban Complex of Thessaloniki, as a densely built, coastal urban network, is considered vulnerable to extreme weather events, especially in high temperatures. The dual objective of the present study is, firstly, the development of a spatial model which will assess the vulnerability of the Urban Development Complex of Thessaloniki from risks related to the climate and high temperatures, and in a second stage, the development of an infrastructure network based on the ecosystem approaches, which will contribute to vulnerability reduction. Data were collected from the "Landsat - 8" satellite and other scientific sources for visualization in a GIS environment, focusing on the urban heat island phenomenon and dealing with it through green infrastructure. The use of specific spectral indicators, related to the levels of vegetation, building stock, humidity and temperature, led to useful conclusions and statistical correlations, resulting in the identification of vulnerable areas due to high temperatures. International experience has proven that the integration of ecosystem approaches in urban planning has the ability to make an area much more resistant to risks related to climate change. The introduction of green and blue infrastructures in the urban fabric has multiple benefits, on the one hand, it reduces vulnerability and on the other hand it contributes to upgrading the quality of life of the city's inhabitants. Taking into account the results of the analyses as well as the special characteristics of the urban complex of Thessaloniki, it is proposed to create a network of green and blue infrastructures, to strengthen the resilience of Thessaloniki through ecosystem approaches.

Keywords

Spatial analysis, Spectral indices, Urban heat island, Green and blue infrastructures, Ecosystem approaches, Climate change, Thessaloniki's urban agglomeration

1. Εισαγωγή

Η Κλιματική Αλλαγή αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες απειλές που αντιμετωπίζει ο πλανήτης. Η αντιμετώπιση των επιπτώσεών της, ειδικά στις πόλεις όπου είναι συγκεντρωμένο το μεγαλύτερο ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού, αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση. Η συνθήκη αυτή, έχει γεννήσει την ανάγκη της αξιολόγησης του πολεοδομικού σχεδιασμού, με αποτέλεσμα να παρατηρείται συχνά αναθεώρηση της σχέσης της πόλης με τη φύση. Οι λύσεις που είναι βασισμένες στη φύση (Nature-Based Solutions) και η εισαγωγή της έννοιας της προσαρμογής μέσω των οικοσυστημικών προσεγγίσεων (Ecosystem-based Approaches to Adaptation – EbA), αποτελούν βασικά εργαλεία των πολεοδόμων.

Το Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης (ΠΣΘ) επιβεβαιώνει, στο μεγαλύτερο μέρος της έκτασής του, τα χαρακτηριστικά ενός πυκνού αστικού ιστού, ο οποίος κρίνεται ιδιαίτερα ευάλωτος στην έκθεση σε ακραία καιρικά φαινόμενα. Η έλλειψη πολιτικών μετριασμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, κλιμακώνει τα καθημερινά προβλήματα δυσφορίας σε υψηλές θερμοκρασίες κυρίως στη διάρκεια της εαρινής περιόδου. Η ΑΘΝ είναι το φαινόμενο που προκαλείται από τους προαναφερόμενους παράγοντες αυξάνοντας τα επίπεδα δυσφορίας κατά τη διάρκεια των νυχτερινών και πρωινών ωρών (Giannaros & Melas, 2012).

Η μεθοδολογία της παρούσας ερευνητικής εργασίας βασίζεται κυρίως σε διεθνή βιβλιογραφία. Στόχος της συλλογής και της αξιολόγησης των παραπάνω στοιχείων είναι η απάντηση σε ερωτήματα που έχουν απασχολήσει διαχρονικά αρκετές έρευνες και σχετίζονται με τον εντοπισμό των τρωτών περιοχών σε ακραία καιρικά φαινόμενα, καθώς και οι παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση ή τη μείωση της τρωτότητάς τους. Για τον εντοπισμό αυτών των περιοχών αξιοποιούνται λογισμικά χαρτογράφησης και στατιστικών μετρήσεων για δείκτες που σχετίζονται με τα επίπεδα βλάστησης, δόμησης, υγρασίας και επιφανειακής θερμοκρασίας. Οι νέες τεχνολογίες και τα ψηφιακά εργαλεία δύνανται να επιβεβαιώσουν τα πορίσματα που έχουν τεθεί στη διεθνή βιβλιογραφία και μπορούν να συνδράμουν στην υιοθέτηση νέων αντιλήψεων πολεοδομικού και αστικού σχεδιασμού για την περιοχή μελέτης, αλλά και γενικότερα των αστικών περιοχών της Ελλάδας.

2. Θεωρητικό πλαίσιο

Ως «Οικοσυστημική Προσέγγιση» ορίζεται η στρατηγική για μια ολοκληρωμένη διαχείριση της γης, του νερού και των ζωντανών πόρων, η οποία προωθεί τη διατήρηση και τη βιώσιμη χρήση τους με έναν δίκαιο τρόπο (CBD, 2004: 6). Οι προσεγγίσεις αυτές έχουν χωριστεί σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με τον σκοπό που επιτελούν: τις οικοσυστημικές προσεγγίσεις με σκοπό το μετριασμό των επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής (Ecosystem-based approaches to mitigation – EbM) και τις οικοσυστημικές προσεγγίσεις με σκοπό την προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (Ecosystem-based approaches to adaptation – EbA), οι οποίες εξετάζονται στην παρούσα έρευνα.

Η ιδέα της προσέγγισης EbA γεννήθηκε περίπου το 2008 και αρχικά ήταν συνδεδεμένη με τον Παγκόσμιο Νότο, όπου οι ευάλωτες κοινωνίες (λόγω της φτώχειας) είναι περισσότερο εξαρτημένες από το περιβάλλον (Brink *et al.*, 2016). Παρόλα αυτά, τα τελευταία χρόνια η EbA έχει βρει πρακτική εφαρμογή και στο Βόρειο ημισφαίριο, καθώς η κλιματική αλλαγή δεν είναι ένα φαινόμενο το οποίο επηρεάζει μόνο ένα σημείο του πλανήτη μας, αλλά το σύνολό του.

Ένας ορισμός της EbA που συναντάται συχνά στη βιβλιογραφία είναι ο εξής: «Ως προσαρμογή βασισμένη στο οικοσύστημα, ορίζεται η χρήση της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημικών υπηρεσιών – ως μέρος μιας συνολικής στρατηγικής προσαρμογής – με στόχο να βοηθήσουν τους ανθρώπους να προσαρμοστούν στις δυσμενείς επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής» (Geneletti & Zardo, 2016: 38; Brink *et al.*, 2016: 112). Σύμφωνα με το CBD (Convention on Biological Diversity), η EbA «χρησιμοποιεί το εύρος των ευκαιριών για βιώσιμη διαχείριση, διατήρηση και αποκατάσταση των οικοσυστημάτων, με σκοπό την παροχή υπηρεσιών που επιτρέπουν στους ανθρώπους να

προσαρμόσονται στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Στοχεύει στη διατήρηση και την αύξηση της ανθεκτικότητας και τη μείωση της τρωτότητας των οικοσυστημάτων και των ανθρώπων, απέναντι στις δυσμενείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η προσαρμογή που βασίζεται στα οικοσυστήματα, ενσωματώνεται καταλλήλως σε ευρύτερες Στρατηγικές προσαρμογής και ανάπτυξης» (CBD, 2009: 41).

Ως EbM ορίζεται «η χρήση των οικοσυστημάτων, για τις λειτουργίες της αποθήκευσης και της δέσμευσης του άνθρακα τις οποίες προσφέρουν, με σκοπό το μετριασμό της κλιματικής αλλαγής» (Doswald & Osti, 2011: 1). Γίνεται αντιληπτό πως οι EbM, ουσιαστικά αποτελούν παρεμβάσεις προστασίας και ενίσχυσης των ήδη υπαρχόντων οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητάς τους. Ένα υγιές και ορθά οργανωμένο οικοσύστημα έχει δυνατότητες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, μέσω της χρήσης υπηρεσιών δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα που προσφέρουν τα δάση, οι υδροβιότοποι, τα παραθαλάσσια οικοσυστήματα, καθώς και μέσω της ενίσχυσης της δέσμευσης άνθρακα που προσφέρουν οι τυρφώνες (είδος βάλτου που συσσωρεύει τύρφη) (Naumann *et al.*, 2011: 6; CBD, 2009: 51-58). Στην Ευρώπη, οι περισσότερες εφαρμογές EbM, αφορούν την προστασία και επανόρθωση τυρφώνων και την προστασία των δασών (Doswald & Osti, 2011: 13).

Όσον αφορά τα μέτρα και τα έργα που περιλαμβάνουν οι οικοσυστημικές προσεγγίσεις, αυτά ποικίλουν ανάλογα με την κλίμακα, το μέγεθος της τρωτότητας, τις ήδη υπάρχουσες υποδομές κ.λπ. Πολλές φορές είναι αναγκαία η δημιουργία νέων υποδομών που λειτουργούν ως συμπληρωματικές στα ήδη υπάρχοντα οικοσυστήματα. Οι συγκεκριμένες υποδομές είναι γνωστές ως πράσινες και μπλε αστικές υποδομές (Urban Green Infrastructure – UGI, Urban Blue Infrastructure – UBI) και έχουν πολλαπλές λειτουργίες: αφενός βοηθούν στην προσαρμογή των πόλεων στην κλιματική αλλαγή, αφετέρου συμβάλλουν στον επαναπροσδιορισμό της σχέσης των αστικών και των φυσικών οικοσυστημάτων.

Τις τελευταίες δεκαετίες αυξάνεται ο ανταγωνισμός μεταξύ των πόλεων, καθώς προσπαθούν να γίνουν περισσότερο ελκυστικές σε επενδύσεις αλλά και στο ανθρώπινο δυναμικό. Σήμερα, για να μπορέσει μια πόλη να παραμείνει ανταγωνιστική, θα πρέπει να παρέχει καλή ποιότητα ζωής στους κατοίκους της και, ταυτόχρονα, να μπορεί να αντιμετωπίσει τους επικείμενους κινδύνους, μέσω της στροφής της πρότυπα βασισμένα στον βιοκλιματικό πολεοδομικό σχεδιασμό. Ένας από τους μεγαλύτερους κινδύνους που αντιμετωπίζουν οι σύγχρονες πόλεις, είναι το φαινόμενο της ΑΘΝ: Η χρήση του σκυροδέματος παγιδεύει τη θερμότητα, με αποτέλεσμα να προκαλείται μεγάλη αύξηση των θερμοκρασιών σε περιοχές με πυκνή δόμηση, ενώ, ταυτόχρονα, η σφράγιση του εδάφους με μη διαπερατά υλικά αυξάνει τον κίνδυνο της πλημμύρας.

Η EbA, ως έννοια, είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη μείωση του κινδύνου καταστροφών (Pérez *et al.*, 2019: 162). Κατά συνέπεια, μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στα αστικά περιβάλλοντα και να βοηθήσει τις πόλεις να ανταπεξέλθουν στις υψηλές θερμοκρασίες, στα πλημμυρικά φαινόμενα και τη λειψυδρία, μέσω της μείωσης των σφραγισμένων επιφανειών, τον μετριασμό του φαινομένου της ΑΘΝ και την ενίσχυση της χωρητικότητας αποθήκευσης νερού στις αστικές λεκάνες απορροής (Geneletti & Zardo, 2016: 39).

2.1 Οικοσυστημικές προσεγγίσεις

Η πρακτική εφαρμογή της EbA, εκφράζεται μέσω της εισαγωγής των πράσινων και μπλε υποδομών στο αστικό περιβάλλον, αλλά και μέσω της επανόρθωσης, της διατήρησης και της προστασίας των υφιστάμενων οικοσυστημάτων. Ιδανικές λύσεις πράσινων υποδομών αποτελούν π.χ. τα μεγάλα αστικά πάρκα, τα άλση, οι ανοιχτοί πράσινοι χώροι κ.ά. Μια σωστά σχεδιασμένη πόλη, διαθέτει δημόσιους χώρους πρασίνου που αντιπροσωπεύουν το 10% - 20% της συνολικής της έκτασης (Lindfield & Steinberg, 2012). Παρόλα αυτά, η τάση για υψηλότερες πυκνότητες, η αύξηση της γης προς πώληση καθώς και των διαθέσιμων εκτάσεων προς χρήση προμηνύουν το τέλος των συμβατικών χώρων πρασίνου (αστικών πάρκων), με αποτέλεσμα οι αρχιτέκτονες και οι μηχανικοί να στρέφονται σε εναλλακτικές λύσεις, όπως οι πράσινες προσόψεις, οι κρεμαστοί κήποι, οι πράσινες στέγες

(φυτεμένα δώματα) και οι κήποι στα δώματα των κτιρίων (Lindfield & Steinberg, 2012: 78). Οι παραπάνω εναλλακτικές λύσεις μπορεί να μην έχουν την αποτελεσματικότητα των μεγάλων σε έκταση πράσινων υποδομών, όμως συμβάλλουν στη μείωση της θερμοκρασίας των κτιρίων και, κατά συνέπεια, στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας για την ψύξη των αντίστοιχων κτιριακών χώρων (κατοικίες, γραφεία κ.λπ.).

Στην παρούσα ερευνητική εργασία εξετάζεται πώς οι πράσινες και μπλε υποδομές μπορούν να βοηθήσουν στην καταπολέμηση της ΑΘΝ σε επίπεδο πόλης, εντοπίζοντας με ακρίβεια τις περιοχές που παρατηρείται απουσία βλάστησης και υγρού στοιχείου, καθώς και υψηλών θερμοκρασιών που υποβαθμίζουν την καθημερινότητα των πολιτών. Η εν λόγω διαδικασία επιτυγχάνεται μέσω της αξιοποίησης δορυφορικών εικόνων. Αυτές οπτικοποιούνται έπειτα από μαθηματικές διαδικασίες σε χαρτογραφικά λογισμικά για την αναπαράσταση των αποτελεσμάτων τους.

Μια από τις πιο συνηθισμένες πρακτικές προς την κατεύθυνση ενίσχυσης των πράσινων υποδομών είναι η δημιουργία *χώρων πρασίνου* αλλά και *πράσινων διαδρόμων* μέσα στις πόλεις. Οι *χώροι πρασίνου* μπορούν να βοηθήσουν ποικιλοτρόπως στην προσαρμογή και τον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η βλάστηση προσφέρει δροσισμό μέσω της εξατμισοδιαπνοής των φυτών και χάρη στη σκίαση που παρέχει, συμβάλλει στη μείωση του φαινομένου της ΑΘΝ. Για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των χώρων πρασίνου – ακόμα και αν αυτοί είναι διάσπαρτοι – υπάρχει η λύση της δημιουργίας των *πράσινων διαδρόμων*. Ο σωστός σχεδιασμός των διαδρόμων αυτών μπορεί να βοηθήσει στη βελτίωση του αερισμού της πόλης, επιτρέποντας στα ψυχρότερα κύματα αέρα να διεισδύουν στις πιο πυκνοδομημένες αστικές περιοχές (Climate-ADAPT, 2016).

Οι *πράσινες στέγες* – που μπορούν να συνδυαστούν και με τις *πράσινες προσόψεις* – αποτελούν μια ακόμα πράσινη υποδομή, η οποία έχει επίσης τη δυνατότητα να βοηθήσει τις πόλεις να αντιμετωπίσουν το φαινόμενο της ΑΘΝ. Το μειονέκτημα τους, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες πράσινες υποδομές, είναι ότι δε γίνεται να εφαρμοστούν σε όλα τα κτίρια, κυρίως για λόγους στατικότητας. Το γεγονός αυτό περιορίζει τις υπάρχουσες επιλογές, αλλά οι πράσινες στέγες παραμένουν ένα μέτρο το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε μελλοντικά κτίρια ή σε σύγχρονα κτίρια που πληρούν τις απαραίτητες προδιαγραφές. Άλλες πράσινες υποδομές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αστικά περιβάλλοντα είναι: τα *αστικά δάση/άλη*, τα *πάρκα*, τα *πράσινα πεζοδρόμια* (sidewalk gardens), τα *πράσινα ηχοπετάσματα* κ.ά.

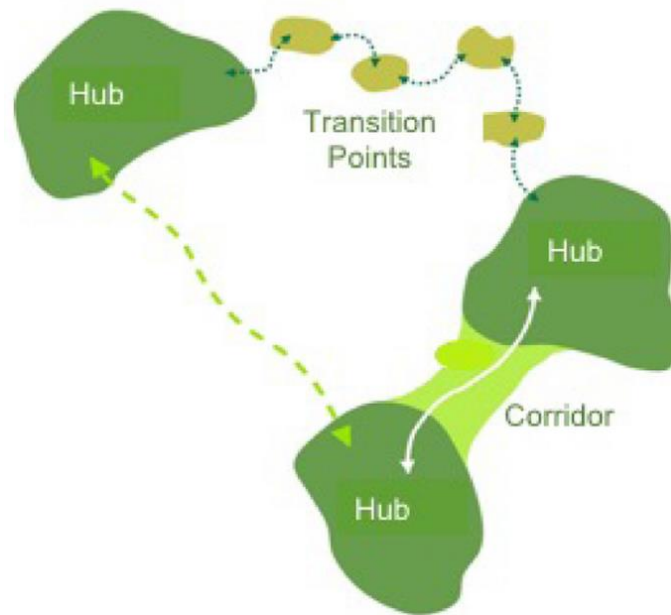
Η δημιουργία πράσινων υποδομών δεν είναι τόσο απλή διαδικασία όσο φαίνεται στο επίπεδο του πολεοδομικού σχεδιασμού. Η επιλογή των ειδών που θα φυτευτούν πρέπει να γίνεται με προσοχή, αφενός γιατί υπάρχει ο κίνδυνος οι νέες φυτεύσεις να προκαλέσουν διαταραχή των υφιστάμενων οικοσυστημάτων, αφετέρου, γιατί τα είδη των φυτών που θα επιλεγούν θα πρέπει να είναι ικανά να επιτελέσουν τις λειτουργίες για τις οποίες επιλέχθηκαν (π.χ. για τη σκίαση πρέπει να επιλεγούν πλατύφυλλα δένδρα). Η επιλογή και η διαχείριση πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή, την προσφορά που μπορεί να έχει το κάθε είδος (π.χ. σκίαση, απορρόφηση υδάτων κ.ά.) ανάλογα με τον λόγο για τον οποίο φυτεύεται, το υδατικό απόθεμα που έχουν ανάγκη οι πράσινες υποδομές (Αλεξανδρίδης, 2021: 33). Ένας ακόμα λόγος για τον οποίο είναι απαραίτητη η προσεκτική επιλογή των φυτών, είναι ο κίνδυνος εισαγωγής ειδών-εισβολέων (κυρίως εξωτικά φυτά) τα οποία προσελκύουν και την αντίστοιχη πανίδα, όπως φυτοφάγα έντομα, καθώς και διάφορες παθογένειες όπως μύκητες και βακτήρια (Pinho *et al.*, 2021: 128).

Όσον αφορά τις μπλε υποδομές, εντός των πόλεων μπορούν να δημιουργηθούν ή να διατηρηθούν *υγρότοποι*, *ποτάμια*, *κανάλια*, *ρυάκια*, *μικρές λίμνες* κ.ά. Το υγρό στοιχείο στις πόλεις μπορεί να καταπολεμήσει φαινόμενα ξηρασίας ενώ, το καλοκαίρι, έχει την ικανότητα να ρίχνει τη θερμοκρασία της γύρω περιοχής (Αλεξανδρίδης, 2021: 33).

Ωστόσο, στην περίπτωση που οι παρεμβάσεις είναι μεμονωμένες, τα οφέλη είναι περιορισμένα. Γι' αυτό είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός δικτύου υποδομών, μέσω του οποίου θα διαχέονται τα οφέλη σε όλη την έκταση της πόλης. Τα τρία στοιχεία που απαρτίζουν ένα δίκτυο

πράσινων υποδομών, σύμφωνα με την Ροζουκίδου (2020: 7-8) (Σχήμα 1), είναι:

Σχήμα 1: Κόμβοι- Διάδρομοι- Σημεία μετάβασης. Πηγή: Ροζουκίδου, 2020.



- Οι *κόμβοι (hubs)*: ομοιογενείς χερσαίες ή θαλάσσιες περιοχές (π.χ. φυσικά αποθέματα, περιφερειακά πάρκα και φυσικά τοπία, πολιτιστικοί/ ιστορικοί/ χώροι αναψυχής) που μπορούν να εξυπηρετήσουν διαφορετικούς σκοπούς.
- Οι *διάδρομοι (corridors)*: γραμμικές περιοχές συγκεκριμένου τύπου εδαφικής κάλυψης που διαφέρει από το γύρω περιβάλλον (π.χ. σύνδεσμοι τοπίου, πράσινες ζώνες, μονοπάτια κ.λπ.).
- Τα *σημεία μετάβασης (transition points)*: περιοχές που χρησιμεύουν ως σημεία έλξης (π.χ. επιλεγμένες οικολογικές, πολιτιστικές/ ιστορικές περιοχές και τόποι αναψυχής).

2.2 Διεθνείς πρακτικές εφαρμογής των πράσινων και μπλε υποδομών

Περνώντας στα αποτελέσματα εφαρμογής των δικτύων των πράσινων και μπλε υποδομών, έρευνες έδειξαν ότι η σκίαση των δέντρων μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία των τοίχων και των οροφών των κτιρίων από 11°C έως και 25°C, ενώ η θερμοκρασία στα αστικά αλσύλλια μετρήθηκε έως και περίπου 5°C χαμηλότερη από εκείνη των ελεύθερων ανοιχτών χώρων. Η θερμοκρασία σε προαστιακές περιοχές όπου υπάρχει δενδροκάλυψη είναι 2°C με 3°C χαμηλότερη από αντίστοιχες περιοχές χωρίς δένδρα (U.S. Environmental Protection Agency, 2008a: 3). Παλαιότερες έρευνες είχαν δείξει ότι η θερμοκρασία μέσα στα πάρκα, μπορεί να είναι χαμηλότερη κατά περίπου 2°C στη διάρκεια της μέρας, ενώ η διαφορά έφτανε τους 4-6°C αργά το απόγευμα (Kurn *et al.*, 1994: 11). Τέλος, μια πιο πρόσφατη έρευνα στη Βιέννη, έδειξε πως τα πάρκα βοηθούν στη μείωση της θερμοκρασίας της γύρω περιοχής κατά 1,25°C (Žuvella-Aloise *et al.*, 2016: 431).

Μελέτη μοντελοποίησης στο Τορόντο, έδειξε ότι η μετατροπή του 50% των διαθέσιμων επιφανειών στο κέντρο της πόλης, σε πράσινες στέγες, μπορεί να αποφέρει μείωση της θερμοκρασίας από 0,1°C έως 0,8°C, ενώ με την άρδευση των οροφών η θερμοκρασία μπορεί να μειωθεί έως 2°C· ταυτόχρονα αυξάνεται η ακτίνα της περιοχής όπου η θερμοκρασία μπορεί να πέσει από 0,5°C έως 1°C (U.S. Environmental Protection Agency, 2008b: 3). Στη Νέα Υόρκη με την προϋπόθεση της μετατροπής του 100% των διαθέσιμων οροφών σε πράσινες στέγες, η μοντελοποίηση έδειξε ότι η μέση θερμοκρασία ολόκληρης της πόλης μπορεί να μειωθεί κατά 0,2°C (U.S. Environmental Protection Agency, 2008b: 3-4).

Όσον αφορά τις μπλε υποδομές, έρευνες έδειξαν ότι και αυτές μπορούν να μειώσουν τη θερμοκρασία στη γύρω περιοχή έως και 10°C κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Πιο συγκεκριμένα, μια μελέτη στο Πεκίνο, έδειξε ότι η διαφορά ανάμεσα σε υγροτόπους και τις γειτονικές περιοχές κυμαίνεται από 0,7°C έως 5,8°C κατά τη διάρκεια του μήνα Αυγούστου, ενώ η ακτίνα του δροσισμού της περιοχής έφτανε ακόμα και τα 2.500 m (Wu *et al.*, 2019: 2). Αντίστοιχες έρευνες στη Βιέννη και στη Βουδαπέστη έδειξαν διαφορετικά αποτελέσματα παρά τα κοινά χαρακτηριστικά των πόλεων. Οι αποκλίσεις αυτές, οφείλονται σε διάφορους παράγοντες, όπως η πυκνότητα του δομημένου περιβάλλοντος, οι μέρες και οι ώρες που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, η ένταση (ή η απουσία) του ανέμου, καθώς και η θερμοκρασία του νερού (Žuvėla-Aloise *et al.*, 2016: 429). Έτσι λοιπόν στη Βιέννη η πτώση της θερμοκρασίας άγγιξε τους 1,75°C (Žuvėla-Aloise *et al.*, 2016: 431), ενώ στη Βουδαπέστη, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το υγρό στοιχείο, φάνηκε ότι μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία στη γύρω περιοχή περισσότερο από 10°C (Wu *et al.*, 2019: 2).

Σε έρευνες που έχουν γίνει σε πόλεις με Μεσογειακό κλίμα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, τα αστικά πάρκα μπορούν να μειώσουν σημαντικά τη θερμοκρασία του αέρα σε σχέση με τις γειτονικές τους περιοχές. Στη Μαδρίτη, το πάρκο «Retiro», έκτασης 1.250.000 m² ρίχνει τη θερμοκρασία από 0,63°C έως και 1,28°C σε σχέση με τις περιοχές που απέχουν έως και 665 m. Παράλληλα, στη δυτική Αθήνα, ένα πάρκο 60.000 m² μειώνει τη θερμοκρασία αέρα από 0,2°C έως και 2,6°C, ενώ στη Λισαβόνα εντός ενός αστικού πάρκου έκτασης 2.400 m² η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη έως και 6,9°C σε σχέση με τις γύρω περιοχές (Aragam *et al.*, 2019).

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι η αποτελεσματικότητα των πράσινων και μπλε υποδομών, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως π.χ. το κλίμα της περιοχής και η έκταση των υποδομών. Παρόλα αυτά, το κοινό σημείο των ερευνών είναι ότι οι συγκεκριμένες υποδομές βοηθούν στην πτώση της θερμοκρασίας των πόλεων.

3.Μεθοδολογία και περιοχή μελέτης

3.1 Μεθοδολογικό πλαίσιο: δείκτες και συλλογή δεδομένων

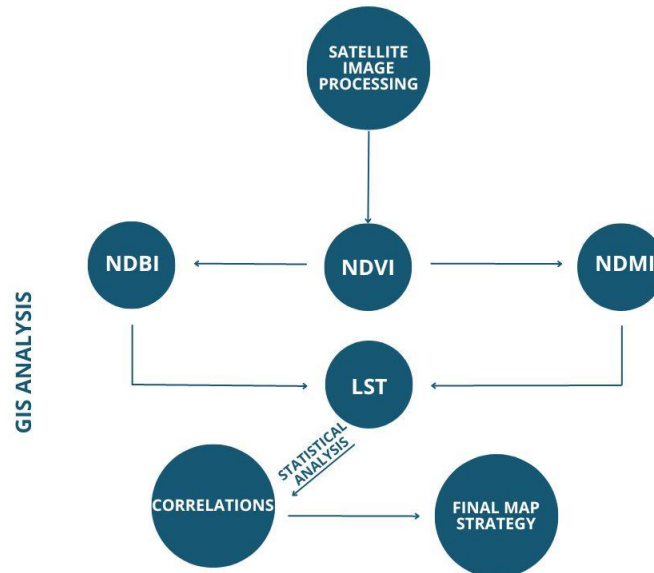
Η μεθοδολογία που ακολουθεί η έρευνα έχει ως σκοπό τον εντοπισμό των περιοχών που κρίνονται ευάλωτες σε ακραία καιρικά φαινόμενα. Αναλύεται και χαρτογραφείται ο δείκτης βλάστησης (NDVI), καθώς συμβάλλει στην ανάδειξη οικοσυστημικών προσεγγίσεων με σκοπό την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και στον υπολογισμό της εδαφικής θερμοκρασίας (LST) για τις περιοχές που κρίνονται τρωτές σε αντίστοιχα φαινόμενα. Παράλληλα, οπτικοποιούνται δείκτες υγρασίας (NDMI) και πυκνότητας δόμησης (NDBI), καθώς παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον ως προς τις συσχετίσεις που αναπτύσσουν κυρίως με τα επίπεδα θερμοκρασίας και τον βαθμό που διαμορφώνουν τις τιμές της. Συνολικά, οι τέσσερις δείκτες αποτελούν σημαντικό κίνητρο της έρευνας ως απόδειξη στην ενίσχυση σχεδιαστικών κινήτρων που συνδέονται με την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Η χαρτογράφηση τους επιτυγχάνεται με την αξιοποίηση δορυφορικών εικόνων τύπου LANDSAT – 8 οι οποίες παρέχουν Μεγάλα Δεδομένα (Big Data) και η επεξεργασία τους ολοκληρώνεται με τη βοήθεια των ΣΓΠ.

Για τη μελέτη της περίπτωσης του ΠΣΘ οι χαρτογραφικές απεικονίσεις και οι στατιστικές αναλύσεις που συνδέονται με τη βλάστηση, τη δόμηση, την υγρασία και την εδαφική θερμοκρασία, πραγματοποιήθηκαν με την αξιοποίηση κατάλληλων βιβλιογραφικών πηγών και λογισμικών GIS (Q & ArcMAP), SPSS και GeoDa. Αυτές συνέβαλαν στην οπτικοποίηση του χώρου και στον εντοπισμό των περιοχών υψηλής τρωτότητας σε ακραίες θερμοκρασίες, όπως επίσης και στις συσχετίσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των φασματικών δεικτών που αναλύονται. Οι δείκτες υπολογίστηκαν με τη βοήθεια των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών (GIS). Η συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για την περιοχή μελέτης έγινε από τη Γεωλογική Υπηρεσία των Ηνωμένων Πολιτειών (USGS, η οποία παρέχει τη δυνατότητα λήψης σύγχρονων δορυφορικών εικόνων για οποιαδήποτε χωρική έκταση επιθυμεί ο χρήστης.

Για το ΠΣΘ χρησιμοποιήθηκαν δύο raster αρχεία από το δορυφορικό μοντέλο LANDSAT – 8

για δύο συγκεκριμένες ημερομηνίες: i) 29/07/2020 και ii) 01/08/2021. Ο σκοπός των δύο χρονικών σταδίων ήταν η εξέταση και η επίδραση των φασματικών δεικτών που σχετίζονται με τη βλάστηση, τις υποδομές, την υγρασία, καθώς και δείκτη μέτρησης της εδαφικής θερμοκρασίας στην περιοχή μελέτης (Σχήμα 3).

Σχήμα 3: Διάγραμμα μεθοδολογίας χαρτογραφικής και στατιστικής ανάλυσης. Πηγή: Ιδία επεξεργασία.



Το πρώτο στάδιο της ανάλυσης εστιάζει στην οπτικοποίηση των επιπέδων βλάστησης που εντοπίζονται στον χώρο που καταλαμβάνει το ΠΣΘ. Ο δείκτης διαφοράς βλάστησης, γνωστός ως (NDVI), είναι ο πιο διαδεδομένος δείκτης βλάστησης για τον εντοπισμό των περιοχών με ζωντανή βλάστηση (Tucker, 1979; Tucker *et al.*, 2005). Ο δεύτερος δείκτης που ορίζεται ως δείκτης οικιστικής ανάπτυξης (NDBI) χρησιμοποιεί συγκεκριμένες φασματικές ζώνες για να τονίσει τις τεχνητές και δομημένες περιοχές, εστιάζοντας στις αστικές περιοχές όπου τα επίπεδα κτιριακού αποθέματος είναι υψηλά (Zha *et al.*, 2003). Τέλος, τα επίπεδα υγρασίας εξετάζονται από τον φασματικό δείκτη υγρασίας (NDMI) ο οποίος έχει καταλυτικό ρόλο στα τελικά πορίσματα των αναλύσεων. Τέλος, υπολογίζεται και οπτικοποιείται ο δείκτης θερμοκρασίας εδάφους (LST). Η σχετική βιβλιογραφία υπογραμμίζει τη σημαντικότητα του δείκτη για τη μελέτη του αστικού κλίματος και την ανάλυση της αστικής τρωτότητας (Anderson *et al.*, 2008; Brunzell & Gillies, 2003; Smith *et al.*, 2008).

Όλοι οι προαναφερόμενοι δείκτες χαρτογραφούνται και αναλύονται σε περιβάλλον GIS και στη συνέχεια εξάγονται στατιστικά αποτελέσματα των συσχετίσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους με τη βοήθεια των λογισμικών SPSS και GeoDa έχοντας ως στόχο την κατανόηση των επιδράσεων μεταξύ τους και ταυτόχρονα της επιρροής τους στο χώρο και στη διαμόρφωση του μικροκλίματος. Ο δείκτης διαφοράς βλάστησης, γνωστός ως (NDVI), είναι ο πιο διαδεδομένος δείκτης βλάστησης για τον εντοπισμό των περιοχών με ζωντανή βλάστηση και το εύρος τιμών του κυμαίνεται από -1 έως 1 (Tucker, 1979; Tucker *et al.*, 2005). Οι αρνητικές τιμές συνδέονται με υδάτινα σώματα ή επιφάνειες χωρίς βλάστηση, τιμές κοντά στο μηδέν υποδηλώνουν αραιή ή καταπονημένη βλάστηση, ενώ υψηλότερες τιμές υποδηλώνουν πυκνότερη και υγιέστερη βλάστηση. Ως προς τους περιορισμούς του, ο δείκτης επηρεάζεται από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και της ανάκλασης του εδάφους (Πίνακας 1). Παρόλα αυτά σε συνδυασμό με άλλες πηγές δεδομένων μπορεί να υποστηρίξει την τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων στον πολεοδομικό σχεδιασμό μέσα από μελέτες για την ΑΘΝ, των επιπτώσεων της αστικοποίησης στη βλάστηση και κυρίως τη διαμόρφωση σχεδίων κατάλληλης χωροθέτησης περιοχών πρασίνου εντός του πυκνού αστικού δικτύου (Martinez & Labib, 2023; Lee *et al.*, 2021). Ο δεύτερος

δείκτης που ορίζεται ως ο δείκτης δόμησης (NDBI), ποσοτικοποιεί την έκταση των τεχνητών ή αδιαπέραστων επιφανειών σε μια περιοχή (Πίνακας 1). Οι θετικές τιμές NDBI υποδεικνύουν υψηλές συγκεντρώσεις κατοικημένων περιοχών, ενώ οι αρνητικές τιμές αντιπροσωπεύουν μη δομημένες περιοχές (Zha *et al.*, 2003).

Τα επίπεδα υγρασίας εξετάζονται από τον φασματικό δείκτη υγρασίας (NDMI). Οι υψηλότερες τιμές NDMI υποδηλώνουν αυξημένη περιεκτικότητα σε υγρασία (Πίνακας 1), η οποία μπορεί να είναι ενδεικτική της υγείας της βλάστησης ή των υδάτινων σωμάτων (Ashraf & Nawaz, 2015).

Και οι δύο δείκτες έχουν εύρος αντίστοιχο του δείκτη βλάστησης. Αναλύοντας τα πρότυπα NDBI, οι πολεοδόμοι μπορούν να εντοπίσουν περιοχές με υψηλά επίπεδα αστικοποίησης, να γνωρίζουν την ανάπτυξη των υποδομών και να παρακολουθούν την αστική ανάπτυξη με την πάροδο του χρόνου. Εξετάζοντας τις τιμές NDMI, οι πολεοδόμοι μπορούν να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα των πρωτοβουλιών αστικού πρασίνου, να εντοπίσουν περιοχές με έλλειψη βλάστησης και να δώσουν προτεραιότητα στις στρατηγικές διαχείρισης των υδάτινων πόρων.

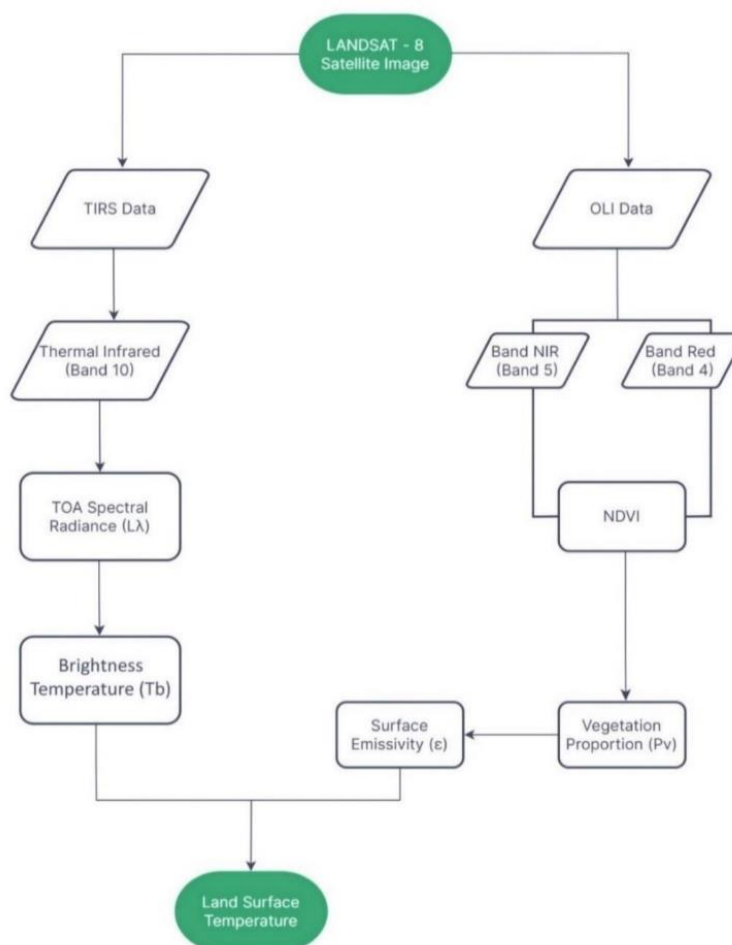
Πίνακας 1:Ανάλυση στοιχείων φασματικών δεικτών & LST. Πηγή: Ιδία επεξεργασία.

Δείκτης	Τύπος	Μεταβλητές	Πηγές
Βλάστησης (NDVI)	$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$	NIR: Εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία R: Ορατή ακτινοβολία	Tucker, 1979; Tucker <i>et al.</i> , 2005
Δόμησης (NDBI)	$NDBI = \frac{(SWIR - NIR)}{(SWIR + NIR)}$	SWIR: Υπέρυθρα βραχέα κύματα NIR: Εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία	Zha <i>et al.</i> , 2003
Υγρασίας (NDMI)	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	NIR: Εγγύς υπέρυθρη ακτινοβολία SWIR: Υπέρυθρα βραχέα κύματα	Ashraf & Nawaz, 2015
Θερμοκρασίας Εδάφους (LST)	$LST = \frac{T_B}{1 + \left(\lambda + \frac{T_B}{C_2}\right) * \ln(LSE)}$	T_B = Θερμοκρασία Φωτεινότητας λ = Σταθερά (0.00115) C_2 = Σταθερά (1.4388) LSE = Εκπομπές Επιφάνειας Γης (Σχήμα 4)	Freitas <i>et al.</i> , 2013; Kogan, 2001; Martins, J.P.; Wan <i>et al.</i> , 1996

Τέλος, υπολογίζεται και οπτικοποιείται ο δείκτης θερμοκρασίας εδάφους (LST). Η σχετική βιβλιογραφία αναδεικνύει τον εν λόγω δείκτη ως στοιχείο κατανόησης των ενεργειακών κύκλων και της αλληλεπίδρασης του ανθρώπινου περιβάλλοντος με το οικολογικό σύστημα, καθώς αποτελεί ισχυρό εργαλείο διαμόρφωσης πολιτικών χωρικού σχεδιασμού και αποφάσεων βιώσιμου σχεδιασμού με έμφαση στους αστικούς χώρους πρασίνου (Su, *et al.*, 2022). Ο εν λόγω δείκτης προέρχεται από έναν συνδυασμό βλάστησης και θερμοκρασίας γυμνού εδάφους (Πίνακας 1) και ορίζεται ως η ακτινοβολούμενη θερμοκρασία της επιφάνειας του φλοιού της γης (Freitas *et al.*, 2013; Kogan, 2001; Martins, J.P.; Wan *et al.*, 1996).

Για τον υπολογισμό του ακολούθησε μια σειρά μαθηματικών πράξεων, σύμφωνα με το διάγραμμα ροής (Σχήμα 4) με σκοπό την οπτικοποίηση του δείκτη. Οι μεταβλητές Brightness Temperature (T_b), NDVI και Land Surface Emissivity (LSE) αποτελούν τους πιο σημαντικούς παράγοντες για τον υπολογισμό του LST (Shah *et al.*, 2018).

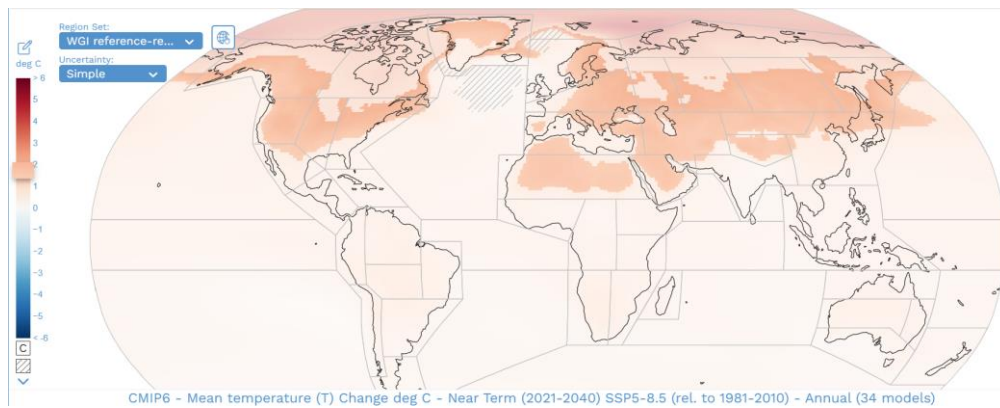
Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής υπολογισμού δείκτη LST. Πηγή: Lazaridis & Latinopoulos, 2022.



3.2 Κλιματικές ζώνες και προβλέψεις για το μέλλον

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC) έχει δημιουργήσει έναν παγκόσμιο Άτλαντα με 58 περιφέρειες αναφοράς, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην καθεμία (Iturbide *et al.*, 2021). Επιπλέον, έχει δημιουργήσει έναν διαδικτυακό διαδραστικό χάρτη όπου προβάλλονται οι προβλέψεις για την άνοδο της θερμοκρασίας σε παγκόσμια κλίμακα. Με βάση τα στοιχεία για τις μεταβολές θερμοκρασίας της περιόδου 1981-2010, ο χάρτης δείχνει άνοδο της μέσης θερμοκρασίας για την περίοδο 2021-2040, της τάξης των 1,5-2 °C στις περισσότερες περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου, (Σχήμα 2), όπου υπάγεται και η περιοχή μελέτης (καθώς και οι μελέτες περιπτώσεων του κεφ. 2.3.). Επιπροσθέτως, φαίνεται ότι υπάρχει μεγάλη βεβαιότητα όσον αφορά την άνοδο της «Μέσης θερμοκρασίας εδάφους» και του «Ακραίου καύσωνα», σε αντίθεση με τα «Κύματα ψύχους» και της «Παγωνιάς» για τα οποία υπάρχει μεγάλη βεβαιότητα μείωσής τους (Gutiérrez *et al.*, 2021).

Σχήμα 2: Πρόβλεψη ανόδου της θερμοκρασίας 2021-2040 (IPCC). Πηγή: Gutiérrez *et al.*, 2021.



3.3. Περιοχή μελέτης

Η Θεσσαλονίκη είναι η διοικητική πρωτεύουσα της ομώνυμης Περιφερειακής Ενότητας και της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (Σχήμα 5(α)). Το ΠΣΘ αποτελείται από 7 Δήμους και ο συνολικός του πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής του 2011, είναι 824.676 κάτοικοι (Σχήμα 5(β)). Το ΠΣΘ αποτελεί σημαντικό κόμβο στη Βόρεια Ελλάδα. Διαθέτει Διεθνή Αερολιμένα, Λιμένα διεθνούς ενδιαφέροντος και Σιδηροδρομικό Σταθμό, ενώ παρέχει άμεση πρόσβαση στους Εθνικούς Αυτοκινητοδρόμους «Ε75» και «Εγνατία Οδός».

Κλιματολογικά, σύμφωνα με τον Άτλαντα της IPCC, η περιοχή μελέτης υπάγεται στην κλιματική ζώνη της Μεσογείου (MED) η οποία περιλαμβάνει τη Νότια Ευρώπη, τη Βόρεια Αφρική (άνωθεν της ερήμου Σαχάρα) και ένα μέρος της Μέσης Ανατολής (Iturbide *et al.*, 2021). Το κλίμα της υπό εξέταση περιοχής θεωρείται μεσογειακό, με την καλοκαιρινή περίοδο να χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες (ιδιαίτερα το χρονικό διάστημα Ιουλίου και Αυγούστου). Η μέση θερμοκρασία τον Ιούλιο αγγίζει τους 27,3°C, ενώ η μέγιστη ενδέχεται να ξεπερνά ακόμα και τους 40°C (Stathoroulou *et al.*, 2004). Το παγκόσμιο πρόβλημα της συνεχούς αύξησης της θερμοκρασίας είναι αναπόφευκτο πως θα επηρεάσει τα επίπεδα θερμοκρασίας και του ΠΣΘ και θα εντείνει το πρόβλημα της ΑΘΝ. Όσον αφορά τη σύγχρονη δομή της πόλης, αυτή διαμορφώθηκε έπειτα από διαδικασίες οργανωμένης και μη πολεοδόμησης, οι οποίες εφαρμόστηκαν διαχρονικά. Ο σύγχρονος πολεοδομικός σχεδιασμός της Θεσσαλονίκης ξεκίνησε με το σχέδιο του Ernest Hébrard μετά την πυρκαγιά του 1917. Οι δύο επόμενες δεκαετίες χαρακτηρίζονται από την εφαρμογή του σχεδίου· την υλοποίηση δύο προγραμμάτων στέγασης των προσφύγων που κατέφθασαν στην πόλη μετά τη Μικρασιατική Καταστροφή (1922), καθώς και την εγκατάσταση και λειτουργία της Διεθνούς Έκθεσης Θεσσαλονίκης στο κέντρο της πόλης: αρχικά (το 1926) στο Πεδίο του Άρεως και μετέπειτα (το 1939) στη θέση όπου βρίσκεται ακόμη και σήμερα.

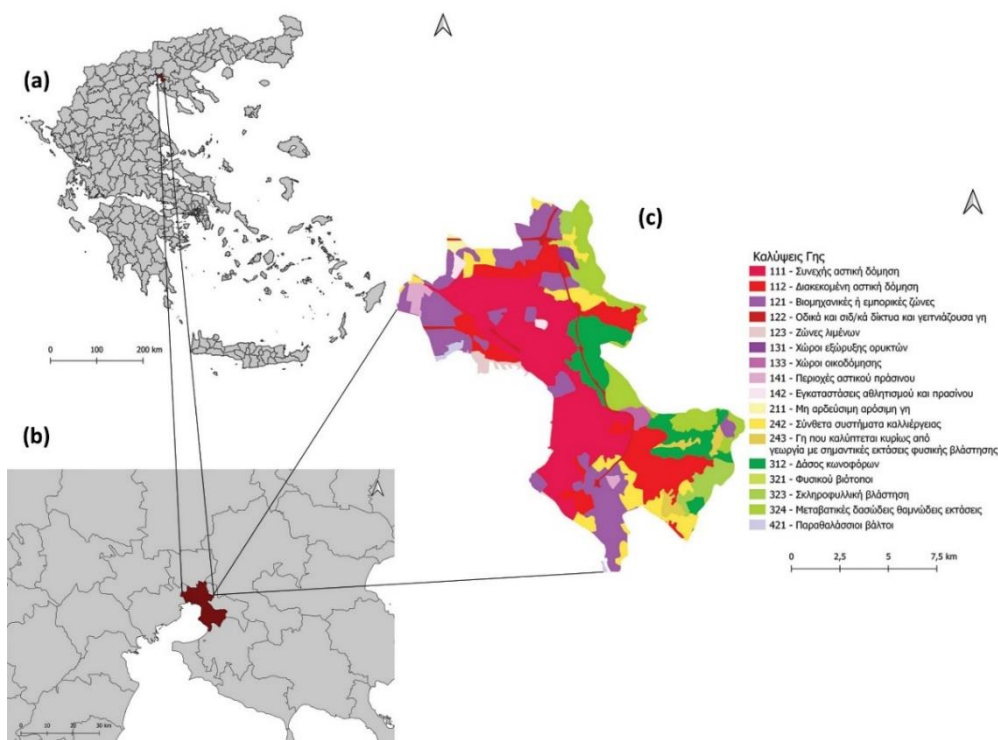
Τα φαινόμενα της έντονης αστικοποίησης και της αντιπαροχής χαρακτηρίζουν την Ελλάδα της δεκαετίας του 1960 όπως και τη Θεσσαλονίκη. Η ανοικοδόμηση καθώς και η αυθαίρετη δόμηση γίνονται όλο και πιο έντονες, ενώ ξεκινούν και οι πρώτες προσπάθειες για την ολική ρύθμιση του χώρου (Καλογήρου, 1992). Τη δεκαετία του 1970 ξεκίνησε η πυκνωση της δόμησης σε περιοχές έξω από το κέντρο, όπως η Τούμπα, η Καλαμαριά, η Σταυρούπολη και η Χαριλάου. Τη δεκαετία του 1980 παρατηρείται πυκνή δόμηση όλων των περιοχών εκτός κέντρου, και ξεκινούν οι απόπειρες πολεοδομικής μεταρρύθμισης και ένταξης περιοχών αυθαίρετης δόμησης στο σχέδιο πόλης (Γιαννακού, 2008: 449). Θεσμικά, υπήρξε η «Επιχείρηση Πολεοδομικής Ανασυγκρότησης (ΕΠΑ)», με τη σύνταξη και έγκριση Γενικών Πολεοδομικών Σχεδίων (ΓΠΣ) και Πολεοδομικών Μελετών Επέκτασης του ΠΣΘ (Γιαννακού, 2008: 449), καθώς και η θέσπιση του «Ρυθμιστικού Σχεδίου Θεσσαλονίκης» το 1985, η εφαρμογή του οποίου ανατέθηκε σε ειδικό συντονιστικό φορέα, τον Οργανισμό Ρυθμιστικού Σχεδίου Θεσσαλονίκης (Καλογήρου, 1992: 84). Το αποτέλεσμα των παραπάνω πολεοδομικών

πολιτικών, αλλά και η άναρχη και εκτός σχεδίου δόμηση σε αρκετές περιοχές, είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μια πυκνοδομημένης πόλης.

Στις περισσότερες περιοχές – κυρίως στο κέντρο της πόλης – παρατηρείται έλλειψη ελεύθερων χώρων, με αποτέλεσμα η ατμόσφαιρα να γίνεται αποπνικτική, ιδίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η «τσιμεντοποίηση» του συνόλου του ΠΣΘ και η σφράγιση των επιφανειών του εδάφους, εντείνει το φαινόμενο της ΑΘΝ αλλά και τη μη φυσική απορρόφηση των όμβριων υδάτων. Η Θεσσαλονίκη, σύμφωνα με τον Αλεξανδρίδη (2021:48) εμφανίζεται ως μια μη βιώσιμη πόλη – θύμα της ανοικοδόμησής της – η οποία έχει την ανάγκη να επαναπροσδιορίσει τη σχέση της με το φυσικό περιβάλλον για να μπορέσει να προσφέρει μια καλύτερη ποιότητα ζωής στους κατοίκους της, αλλά και για να ανταπεξέλθει στις σύγχρονες προκλήσεις των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της πολεοδομικής οργάνωσης που περιγράφεται αποτελεί ο Δήμος Θεσσαλονίκης. Το κτιριακό του απόθεμα κρίνεται ιδιαίτερα ευάλωτο στις υψηλές θερμοκρασίες λόγω της παλαιότητάς του και των υλικών κατασκευής του, ενώ ο πυκνός και συμπαγής αστικός ιστός που συνθέτει χαρακτηρίζεται επιπλέον από έλλειψη πράσινων και ανοιχτών χώρων. Σχεδόν το 73% της έκτασής του Δήμου αποτελείται από συνεχές και μη διακοπτόμενο κτιριακό απόθεμα, ενώ ταυτόχρονα μόλις το 5,1% καταλαμβάνεται από πράσινους χώρους (Σχήμα 5(γ)). Αξίζει να σημειωθεί πως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) έχει κηρύξει ως ελάχιστη έκταση πρασίνου ανά κάτοικο τα 9 τ.μ., ενώ στον Δήμο Θεσσαλονίκης αυτά δεν ξεπερνούν τα 2,6 τ.μ. (Garzillo & Ulrich, 2015; Latinopoulos *et al.* 2016).

Σχήμα 5: (α) Οριοθέτηση περιοχής μελέτης, (β) Διοικητικά όρια ΠΣΘ, (γ) Καλύψεις γης (2018) ΠΣΘ. Πηγή: Corine, 2018 -Ιδία Επεξεργασία.

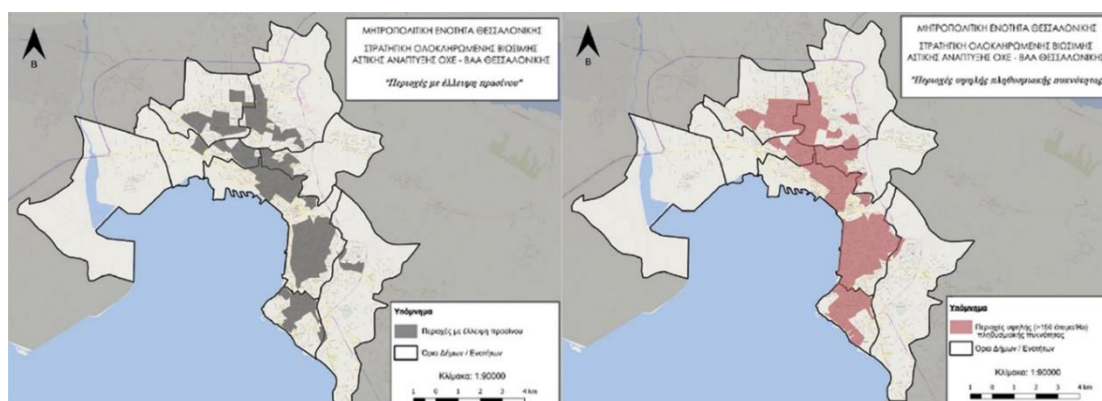


3.4 Υφιστάμενη κατάσταση των πράσινων και μπλε υποδομών στο πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης

Έρευνες που έχουν υλοποιηθεί διαφέρουν ως προς την προσέγγιση με την οποία εξετάζουν το ποσοστό πρασίνου ανά κάτοικο, καθώς υπάρχουν μελέτες σε επίπεδο Δήμου, Μητροπολιτικής Περιοχής κ.λπ. Στη Στρατηγική για την ανθεκτικότητα του Δήμου Θεσσαλονίκης, ο διαθέσιμος χώρος

πρασίνου υπολογίζεται σε 2,6 τ.μ./κάτοικο, ποσοστό αρκετά χαμηλό σε σχέση με τον ευρωπαϊκό μέσο όρο που αντιστοιχεί σε 8,0-10,0 τ.μ./κάτοικο (Δήμος Θεσσαλονίκης, 2017: 20). Σε μελέτη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, στην οποία μετρήθηκε μόνο το πράσινο εντός της πόλης, η αναλογία είναι 1,6 m²/ κάτοικο (Κουόμο *et al.*, 2007: 5). Από την άλλη μεριά, στη Μητροπολιτική περιοχή της Θεσσαλονίκης, οι χώροι πρασίνου που προβλέπονται από τον χωροταξικό σχεδιασμό, αγγίζουν τα 5,69 τ.χλμ. στις αστικές περιοχές και 1,54 τ.χλμ. στην περιφερειακή ζώνη, γεγονός που σημαίνει ότι στη Μητροπολιτική περιοχή αντιστοιχούν 7,23 τ.μ. πρασίνου/κάτοικο (Parageorgiou & Gemenetzi, 2018: 87). Παρατηρείται, λοιπόν, ότι υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις στα αποτελέσματα των ερευνών σχετικά με το πράσινο στην πόλη, αυτό όμως οφείλεται στην κλίμακα που εξετάζεται κάθε φορά ως προς την ύπαρξη των χώρων πρασίνου.

Σχήμα 6: (α) Περιοχές με Έλλειψη Πρασίνου, (β) Περιοχές Υψηλής Πληθυσμιακής Πυκνότητας. Πηγή: Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας, 2017.



Στις δυτικές συνοικίες το πράσινο αντιστοιχεί σε 0,8 m²/ κάτοικο, ενώ στις ανατολικές συνοικίες, ανέρχεται μέχρι και σε 30,62 τ.μ./κάτοικο, γεγονός που δείχνει την ανομοιογενή διασπορά των χώρων πρασίνου στη Μητροπολιτική περιοχή.

Αν συσχετιστούν οι χάρτες α και β (Σχήμα 6), είναι φανερό ότι οι περιοχές με υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα (>150 άτομα/ha) σχεδόν ταυτίζονται με τις περιοχές όπου παρατηρείται έλλειψη πρασίνου (Αλεξανδρίδης, 2021: 60). Βέβαια, οι προσπάθειες καταγραφής του πρασίνου της Θεσσαλονίκης βρίσκονται ακόμα σε αρχικό στάδιο και δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία. Μια πρώτη προσπάθεια καταγραφής των πάρκων του Δήμου Θεσσαλονίκης, έδειξε πως ο Δήμος διαθέτει 555 πάρκα, με συνολική έκταση χώρων πρασίνου 907.018 m² και έκταση καθαρού πρασίνου 601.937 m² (Green Tree, n.d.).

Όσον αφορά το «μπλε» στοιχείο, η πόλη φαίνεται να υστερεί επίσης αρκετά, καθώς πέρα από το Θερμαϊκό Κόλπο και τα ρέματα, οι μπλε υποδομές εντός του ΠΣΘ είναι δυσεύρετες και περιορίζονται σε τεχνικά έργα όπως σιντριβάνια (π.χ. σιντριβάνι ΧΑΝΘ, Δημαρχείου, Λευκού Πύργου «Λουόμενη») και τεχνητούς υδάτινους διαδρόμους (π.χ. Πλατεία Χρηματιστηρίου) (Αλεξανδρίδης, 2021: 63).

Αξίζει να αναφερθεί ότι μερικές από τις σημαντικότερες πράσινες και μπλε υποδομές, βρίσκονται στα όρια ή εκτός των ορίων του ΠΣΘ και αυτές είναι το περιφερειακό δάσος του Σέιχ-Σου, ο υγροβιότοπος του Αξιού και η περιφερειακή τάφρος.

4. Χωρική ανάλυση των κλιματικών συνθηκών στο πολεοδομικό συγκρότημα Θεσσαλονίκης (ΠΣΘ)

Η απουσία των στοιχείων της φύσης και των οικοσυστημικών υπηρεσιών, καθώς και οι συνεχόμενες αλλαγές των χρήσεων γης, ενισχύουν τα επίπεδα τρωτότητας και την έλλειψη αστικής ανθεκτικότητας,

που παρουσιάζει η περιοχή μελέτης (Αλεξανδρίδης, 2021).

Στο παρόν κεφάλαιο, η έρευνα αξιοποιεί χαρτογραφικά και στατιστικά εργαλεία για την εκτίμηση των περιοχών όπου παρουσιάζονται τα μεγαλύτερα επίπεδα τρωτότητας του ΠΣΘ σε υψηλές θερμοκρασίες.

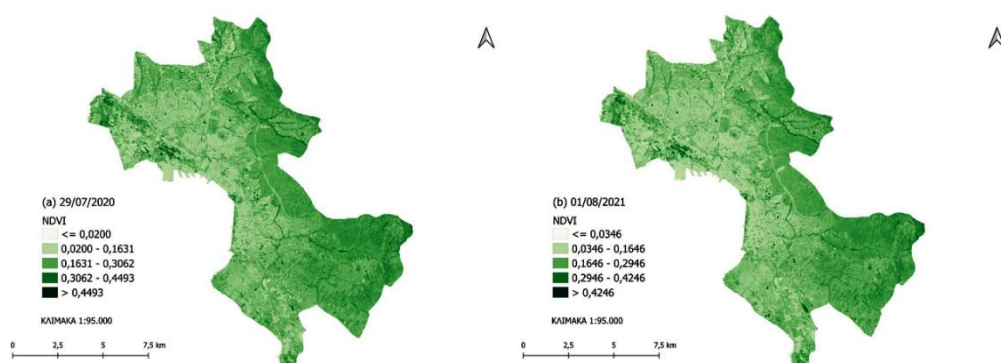
4.1 Υπολογισμός φασματικών δεικτών NDVI, NDBI, NDMI και εκτίμηση LST

Αρχικά, υπολογίστηκε και οπτικοποιήθηκε ο δείκτης διαφοράς βλάστησης (NDVI) (Σχήμα 7(α), (β)). Στη συνέχεια ο δείκτης διαφοράς κτιριακού αποθέματος (NDBI) (Σχήμα 8(α), (β)) και ο δείκτης διαφοράς επιπέδων υγρασίας (NDMI) (Σχήμα 9(α), (β)).

Το πρώτο στάδιο της ανάλυσης εστιάζει στην οπτικοποίηση των επιπέδων βλάστησης που εντοπίζονται στον χώρο που καταλαμβάνει το ΠΣΘ.

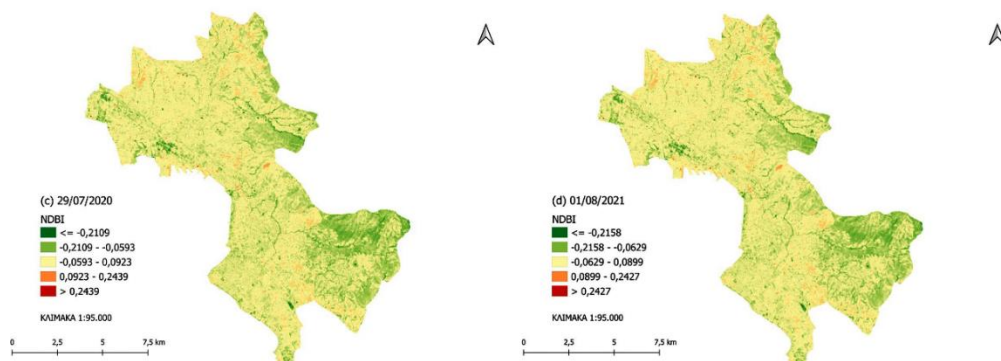
Τα επίπεδα βλάστησης, σύμφωνα με τα χαρτογραφικά υπόβαθρα που ακολουθούν, υποδηλώνουν τη ζωντανή βλάστηση, την ένταση και την έκταση των φυσικών στοιχείων που εντάσσονται στο ΠΣΘ. Είναι φανερό πως πρόκειται για πράσινες υποδομές υποβαθμισμένες, διακοπτόμενες και ασυνεχείς στο μεγαλύτερο μέρος της έκτασής του (Σχήμα 7(α), (β)), στοιχείο που είναι περισσότερο φανερό στον Δήμο Θεσσαλονίκης (Λαζαρίδης, 2021).

Σχήμα 7: Δείκτης βλάστησης NDVI (2020α), (2021β) Πηγή: USGS και Ιδία Επεξεργασία



Αυτό οφείλεται στην ένταση του κτιριακού αποθέματος και στον δείκτη NDBI, που αποτελεί και την επιβεβαίωση των καλύψεων γης (Σχήμα 8(α), (β)) και του μεγάλου ποσοστού του συνεχούς αστικού ιστού που διαμορφώνει τον περιβάλλοντα χώρο του ΠΣΘ.

Σχήμα 8: Δείκτης δόμησης NDBI (2020α), (2021β). Πηγή: USGS και Ιδία Επεξεργασία.

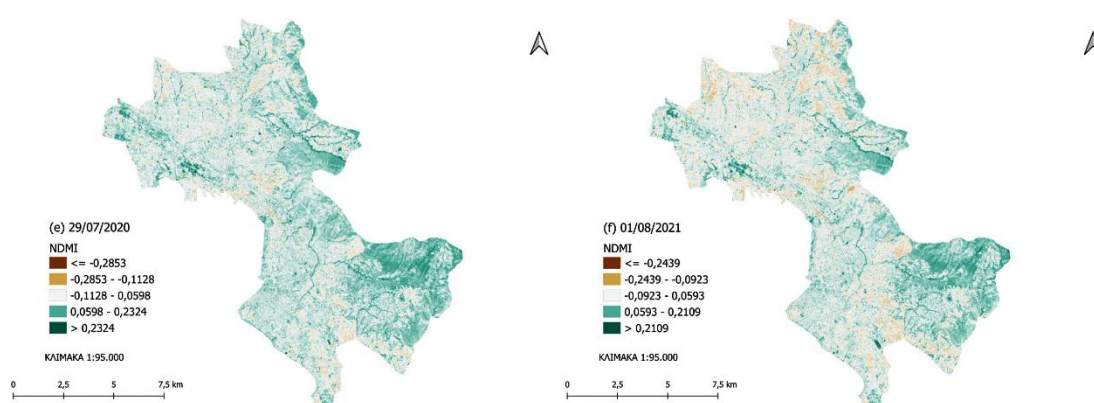


Οι διαφορές των τιμών των κλάσεων του δείκτη στα δύο χρονικά στάδια οφείλονται στις

αυξομειώσεις της βλάστησης. Αξιοσημείωτες περιοχές χαμηλού συντελεστή δόμησης και πυκνής βλάστησης είναι οι αστικοί λαχανόκηποι και οι πυκνές δενδροστοιχίες στη δυτική είσοδο της πόλης, οι ανοιχτοί και πράσινοι χώροι στην περιοχή του Λευκού Πύργου, του Δημαρχείου Θεσσαλονίκης και κατά μήκος της Νέας Παραλίας, στις κεντρικές περιοχές, του παραλιακού μετώπου της Καλαμαριάς και του πάρκου της Νέας Ελβετίας στην περιοχή Χαριλάου στο ανατολικό μέτωπο της πόλης, καθώς και ένα μέρος του περιαστικού δάσους του Σέιχ Σου.

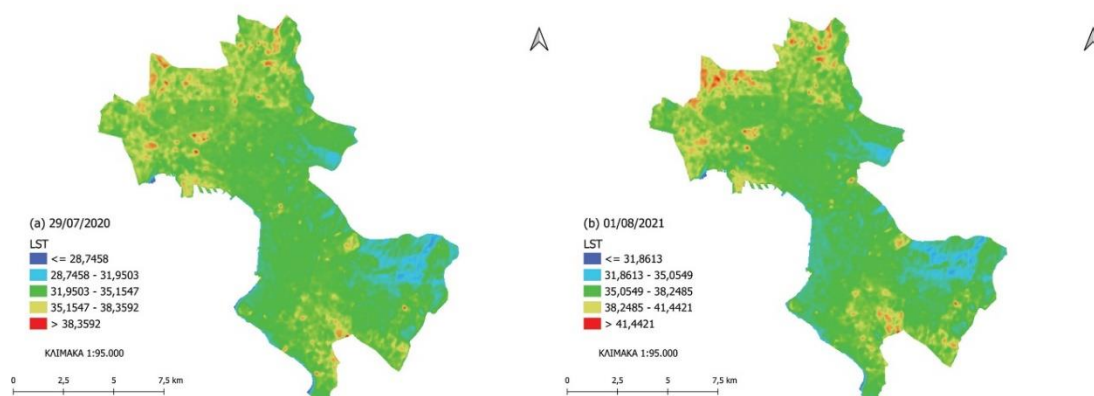
Τέλος, τα επίπεδα υγρασίας που αποτυπώνονται, σύμφωνα με τον δείκτη NDMI, οδηγούν σε σημαντικά πορίσματα για τις σχέσεις που διαμορφώνονται στους υπό εξέταση φασματικούς δείκτες σε επόμενο βήμα. Ειδικότερα, οι περιοχές που καλύπτονται από φυσική βλάστηση παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα υγρασίας, εν αντιθέσει με αυτές των οποίων τα ποσοστά «τσιμεντοποίησης» είναι υψηλά (Σχήμα 9(α), (β)).

Σχήμα 9: Δείκτης δόμησης NDBI (2020α), (2021β). Πηγή: USGS και Ιδία Επεξεργασία.



Στα δύο χαρτογραφικά υπόβαθρα εξετάζεται ο δείκτης εδαφικής θερμοκρασίας LST (Σχήμα 10(α), (β)) για να εντοπιστούν οι περιοχές που πλήττονται από τις υψηλότερες θερμοκρασίες εδάφους. Αποδεικνύεται πως στις περιοχές όπου τα επίπεδα υγρασίας κυμαίνονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα και ταυτόχρονα σε υψηλά επίπεδα του δείκτη οικιστικής ανάπτυξης, εντοπίζονται οι υψηλότερες τιμές θερμοκρασιών.

Σχήμα 10: Δείκτης LST (2020α), (2021β). Πηγή: USGS και Ιδία Επεξεργασία



4.2 Στατιστικές συσχετίσεις φασματικών δεικτών και επιφανειακής θερμοκρασίας της γης

Η στατιστική ανάλυση που ακολουθεί εξετάζει τις σχέσεις των φασματικών δεικτών NDVI, NDBI, NDMI τόσο μεταξύ τους όσο και με τον δείκτη LST, δίνοντας σημαντικές εκτιμήσεις για τους παράγοντες που επηρεάζουν εντονότερα ή ασθενέστερα τις κλιματικές συνθήκες και την ένταση ακραίων καιρικών φαινομένων που συνδέονται με τη θερμοκρασία, καθώς και την ποιότητα της καθημερινότητας των κατοίκων. Τονίζεται ότι ως χωρική μονάδα χρησιμοποιούνται τα διοικητικά όρια του Δήμου Θεσσαλονίκης, καθώς (i) αυτός αποτελεί τον δεύτερο μεγαλύτερο Δήμο της χώρας, (ii) θεωρείται αξιοσημείωτη περίπτωση έλλειψης πράσινων υποδομών στο μεγαλύτερο μέρος της έκτασής του, όπως επίσης και (iii) για λόγους μεγέθους των δεδομένων κατά τη διαδικασία εξαγωγής τους. Οι συσχετίσεις αναπτύχθηκαν και εξετάστηκαν σε λογισμικό SPSS για τα δύο στάδια της εαρινής περιόδου, με σκοπό την εξέταση των αποτελεσμάτων και της σύγκρισής τους με τη διεθνή βιβλιογραφία. Τα δεδομένα που αναλύονται, σκόπιμα προέρχονται από δύο διαφορετικές εαρινές περιόδους με στόχο την εξέταση και επιβεβαίωση συγκεκριμένων περιοχών που πλήττονται περισσότερο από ακραίες θερμοκρασίες, καθώς και επαλήθευσης των συσχετίσεων που θα αναπτυχθούν παρακάτω στους υπό εξέταση δείκτες.

Στην πρώτη περίοδο (Πίνακας 1) ο δείκτης LST παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση με τον δείκτη διαφοράς βλάστησης (NDVI) γεγονός που επαληθεύεται και στη βιβλιογραφία που αξιοποιήθηκε (Nemani *et al.*, 1993; Gorgani *et al.*, 2013; Guha & Govil, 2020). Παρόμοια είναι η συσχέτιση και με τον δείκτη διαφοράς υγρασίας (NDMI) (Abdulkadir & Kumar, 2021; Li *et al.*, 2017). Η αρνητική συσχέτιση σημαίνει πως όσο μειώνονται τα επίπεδα βλάστησης και υγρασίας σε μια περιοχή παρατηρείται ταυτόχρονη αύξηση των τιμών της θερμοκρασίας εδάφους, αποτέλεσμα που δυσχεραίνει την ποιότητα ζωής των κατοίκων.

Πίνακας 2: Συσχετίσεις φασματικών δεικτών & LST (2020). Πηγή: Ιδία Επεξεργασία.

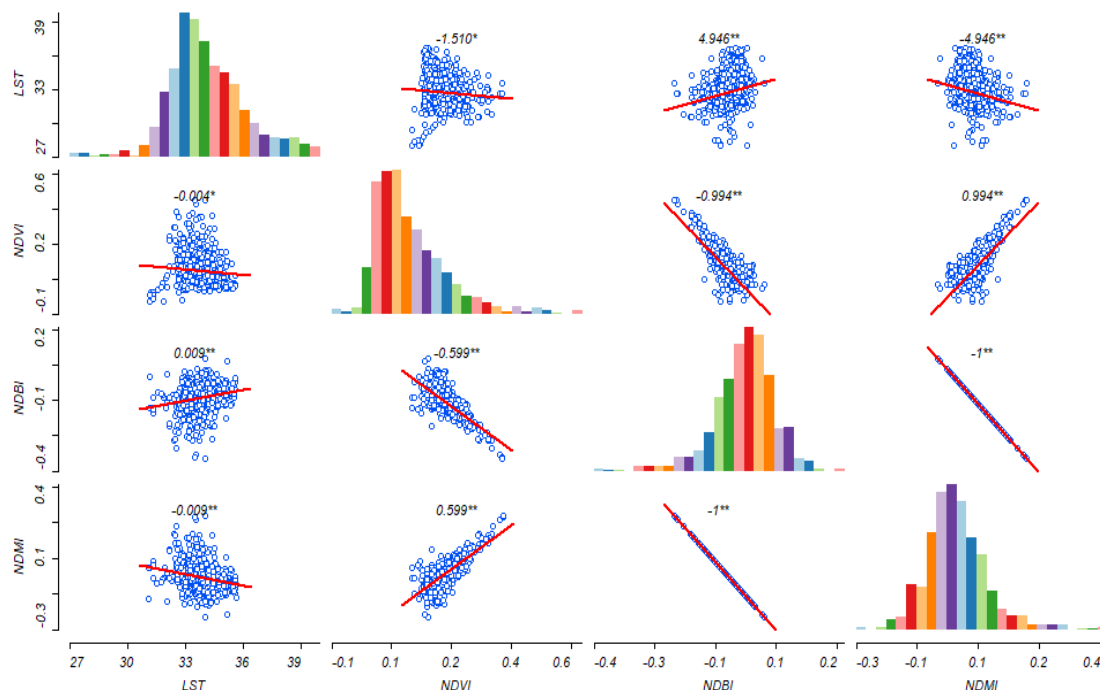
Correlations					
		LST	NDVI	NDBI	NDMI
LST	Pearson Correlation	1	-,082*	,208**	-,208**
	Sig. (2-tailed)		,016	,000	,000
	N	805	805	805	805
NDVI	Pearson Correlation	-,082*	1	-,772**	,772**
	Sig. (2-tailed)	,016		,000	,000
	N	805	805	805	805
NDBI	Pearson Correlation	,208**	-,772**	1	-1,000**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000
	N	805	805	805	805
NDMI	Pearson Correlation	-,208**	,772**	-1,000**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	
	N	805	805	805	805

Αντιθέτως, θετική συσχέτιση του LST παρουσιάζεται με τον κανονικοποιημένο δείκτη NDBI οικιστικής ανάπτυξης (NDBI) (Malik *et al.*, 2019), αποδεικνύοντας πως η αύξηση του συντελεστή δόμησης αυξάνει τις τιμές της θερμοκρασίας εδάφους. Ταυτόχρονα, ισχυρή αρνητική συσχέτιση εντοπίζεται μεταξύ των δεικτών NDVI και NDBI και ισχυρή θετική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα βλάστησης (NDVI) και υγρασίας (NDMI). Τέλος, αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι όλες οι συσχετίσεις των δεικτών που παρουσιάζονται είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο 5%. Επομένως, το πόρισμα του πίνακα αποδεικνύει πως η βλάστηση και η υγρασία συμβάλλουν στον μετριασμό εξάρσεων της θερμοκρασίας και στη βελτίωση της καθημερινότητας των πολιτών σε συνθήκες ακραίας θερμοκρασίας.

Τα διαγράμματα διασποράς εζηήθησαν από το λογισμικό GeoDa με σκοπό την επαλήθευση των συσχετίσεων που απέδωσαν οι αναλύσεις του SPSS (Σχήμα 11). Οι μέτριες και ασθενείς συσχετίσεις του LST με τους υπόλοιπους φασματικούς δείκτες μπορούν να αποδοθούν στον μικρό

αριθμό παρατηρήσεων του δείγματος ($N = 805$). Ωστόσο, σε όλες τις περιπτώσεις επιβεβαιώνεται η στατιστική σημαντικότητα σε επίπεδο 5% ακόμη και 1% (Shrestha, 2019). Η στατιστική σημαντικότητα επιβεβαιώνει πως το μοντέλο το οποίο εξετάζεται ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα και παρέχει ορθές πληροφορίες κατά 95%

Σχήμα 11: Διαγράμματα διασποράς για την Εαρινή Περίοδο (2020). Πηγή: GeoDa & Ιδία Επεξεργασία, 2022.



Τα στατιστικά αποτελέσματα φανέρωσαν, εξίσου στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις στους υπο-εξέταση δείκτες για τη δεύτερη εαρινή περίοδο του 2021 (Πίνακας 2). Το γεγονός αυτό οφείλεται στη διαφοροποίηση που γνώρισαν οι τιμές κυρίως των δεικτών LST και NDVI.

Πίνακας 3: Συσχετίσεις Φασματικών Δεικτών & LST (2021). Πηγή: Ιδία Επεξεργασία, 2022

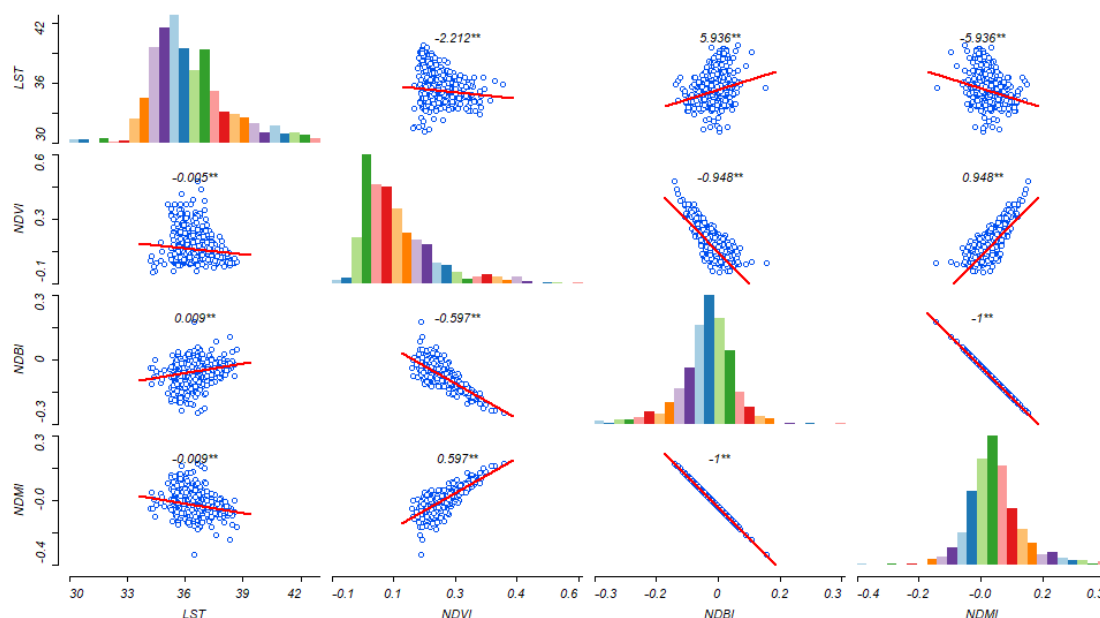
		Correlations			
		LST	NDVI	NDBI	NDMI
LST	Pearson Correlation	1	-,106**	,226**	-,226**
	Sig. (2-tailed)		,003	,000	,000
	N	805	805	805	805
NDVI	Pearson Correlation	-,106**	1	-,752**	,752**
	Sig. (2-tailed)	,003		,000	,000
	N	805	805	805	805
NDBI	Pearson Correlation	,226**	-,752**	1	-1,000**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000
	N	805	805	805	805
NDMI	Pearson Correlation	-,226**	,752**	-1,000**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	
	N	805	805	805	805

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

Επιπλέον, οι κλίσεις των συναρτήσεων δεν διαφέρουν σε καμία περίπτωση συγκριτικά με αυτές της προηγούμενης περιόδου, δηλαδή του 2020 (Σχήμα 11 και 12). Η μικρή αριθμητική διαφορά που εντοπίζεται στα δύο εαρινά στάδια συμβάλλει στην αποτελεσματικότερη εξαγωγή πορισμάτων σχετικά με την επιρροή των φασματικών δεικτών στη διαμόρφωση του αστικού μικροκλίματος της περιοχής που εξετάζεται.

Ως πρώτο συμπέρασμα εξάγεται ότι οι πράσινες υποδομές μέσω του δείκτη NDVI αποτελούν βασικό παράγοντα μείωσης της τρωτότητας του αστικού ιστού στις υψηλές θερμοκρασίες, καθώς σε συνδυασμό με τα επίπεδα υγρασίας μέσω της εξατμισοδιαπνοής που διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα, συγκρατούν τα θερμά επίπεδα του αέρα. Αντιθέτως, η θετική συσχέτιση που αναπτύσσεται ανάμεσα στους δείκτες εδαφικής θερμοκρασίας (LST) και δείκτη δόμησης (NDBI) αποδεικνύει τις συνέπειες που ενδέχεται να προκληθούν από τη συνεχή αύξηση του κτιριακού αποθέματος, καθώς αυτό αποτελεί τον κύριο παράγοντα αύξησης των θερμοκρασιών και κατ' επέκταση, του φαινομένου της ΑΘΝ, που γίνεται εντονότερο τους καλοκαιρινούς μήνες. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα επίπεδα υγρασίας παρουσιάζουν απόλυτη αρνητική συσχέτιση με τον δείκτη δόμησης (NDBI). Σε συνδυασμό με το γεγονός ότι ο δείκτης υγρασίας (NDMI) λειτουργεί ως αντιστρόφως ανάλογο ποσό με τον δείκτη LST, καθιστά αυτομάτως τον δείκτη NDMI ως τον σημαντικότερο ως προς τον εντοπισμό των ευάλωτων περιοχών, κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται και από τη διεθνή βιβλιογραφία (Tan *et al.*, 2020).

Σχήμα 12: Διαγράμματα διασποράς για την εαρινή περίοδο (2021). Πηγή: GeoDa & Ιδία Επεξεργασία, 2022.



Τα αποτελέσματα των μετρήσεων απέδειξαν τη σημασία του κάθε δείκτη και τη συνεισφορά του στη μείωση της θερμοκρασίας ή στην επιδείνωσή της στις προαναφερόμενες εαρινές περιόδους. Οι δείκτες βλάστησης και υγρασίας φαίνεται πως παίζουν καταλυτικό ρόλο στην εξισορρόπηση των επιπέδων δυσφορίας που προκαλούν οι υψηλές τιμές των θερμοκρασιών που εκφράζονται από τον δείκτη LST, εν αντιθέση με το υποτιθέμενο σενάριο αύξησης του δείκτη NDBI, δηλαδή αύξησης της δόμησης.

5. Προτάσεις για την Ενίσχυση των Πράσινων και Μπλε Υποδομών του ΠΣΘ

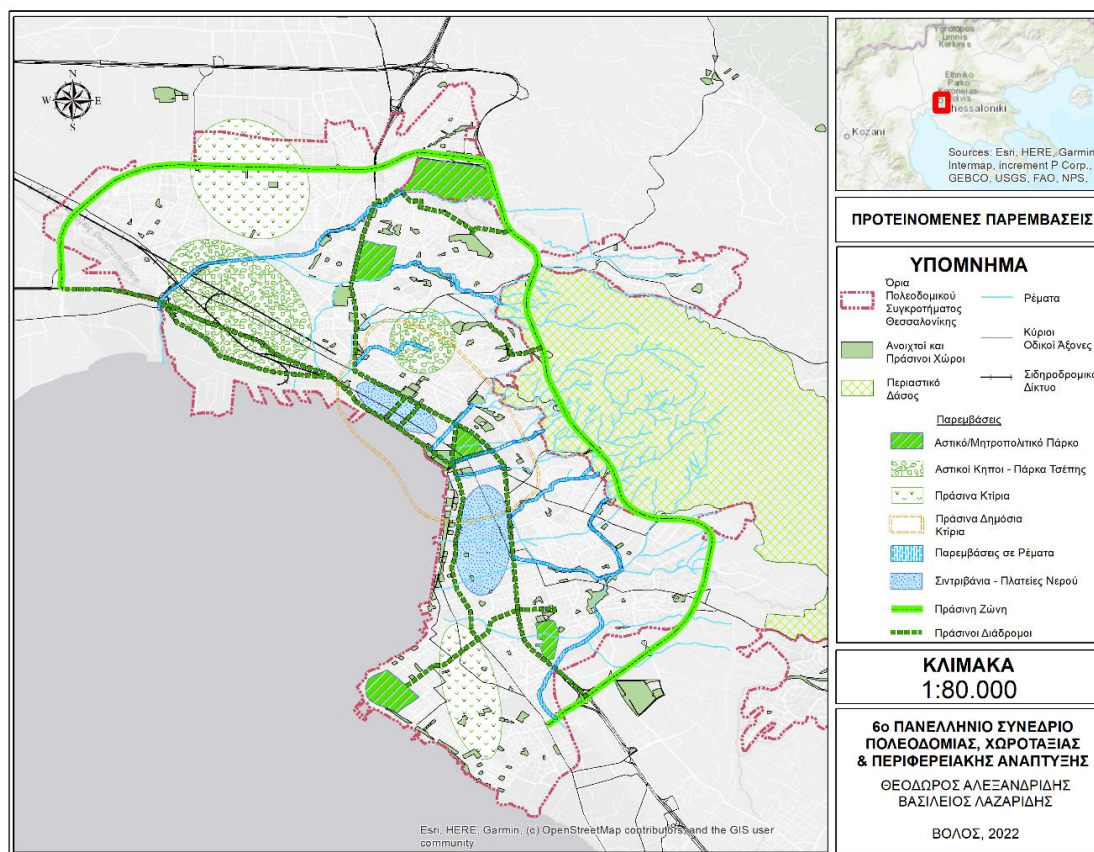
Η συνεχόμενη άνοδος της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με το πυκνοδομημένο αστικό περιβάλλον, καθιστούν τη Θεσσαλονίκη αρκετά ευάλωτη στο φαινόμενο της ΑΘΝ. Οι προβλέψεις για το μέλλον είναι δυσοίωνες και η ανάγκη για στροφή του πολεοδομικού σχεδιασμού σε βιοκλιματικά πρότυπα, είναι επιτακτική. Η δημιουργία ενός δικτύου πράσινων και μπλε υποδομών μπορεί να βοηθήσει τη Θεσσαλονίκη να μετριάσει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και να περιορίσει το φαινόμενο της ΑΘΝ που κάνει τη ζωή στην πόλη σχεδόν αφόρητη τους καλοκαιρινούς μήνες.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για να είναι αποτελεσματικό ένα τέτοιο δίκτυο πρέπει να

αποτελείται από κόμβους, διαδρόμους και σημεία μετάβασης. Στην παρούσα πρόταση, τον ρόλο των κόμβων (*hubs*) τον αναλαμβάνουν τα μεγάλα αστικά/ μητροπολιτικά πάρκα υπερτοπικού χαρακτήρα, τα οποία μπορούν να επιτελέσουν πολλαπλές λειτουργίες. Οι διάδρομοι (*corridors*) χωρίζονται σε πράσινους και μπλε. Ως πράσινοι διάδρομοι ορίζονται οι κύριοι οδικοί άξονες, οι οποίοι μέσα από παρεμβάσεις όπως οι δενδροφυτεύσεις και η δημιουργία κήπων βροχής, μετατρέπονται σε πράσινες υποδομές, που διασχίζουν το ΠΣΘ και έχουν τη δυνατότητα να συνδέσουν τους κόμβους με διαφορετικά σημεία μετάβασης. Ως μπλε διάδρομοι, ορίζονται τα ρέματα του ΠΣΘ. Τέλος, ως σημεία μετάβασης (*transition points*), ορίζονται διάφορα αστικά στοιχεία εντός του δικτύου (π.χ. πάρκα τσέπης, πράσινα κτίρια κ.α.), τα οποία μπορούν να επιτελέσουν ποικίλες λειτουργίες, σε τοπικό επίπεδο.

Για να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα, θα πρέπει να τεθούν ορισμένοι στόχοι, ανάλογα με τις ανάγκες κάθε περιοχής του ΠΣΘ και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της. Έπειτα από την ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης, προκύπτουν οι εξής 4 στόχοι (Σχήμα 13):

Σχήμα 13: Προτεινόμενες Παρεμβάσεις στο Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης. Πηγή: Ιδία επεξεργασία.



- **Στόχος 1: Δημιουργία Αστικών/ Μητροπολιτικών πάρκων.**

Η δημιουργία μεγάλων πάρκων εντός του ΠΣΘ, εκτός από τη βελτίωση του μικροκλίματος και τον δροσισμό της πόλης, μπορεί να βοηθήσει ακόμα και στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας, καθώς θα δημιουργηθούν χώροι εύκολα και γρήγορα προσβάσιμοι στους κατοίκους. Η εξάπλωση του δικτύου στο σύνολο του αστικού ιστού, αποτελεί μια σημαντική παράμετρο της δημιουργίας του δικτύου, καθώς η διασπορά των πάρκων στον χώρο, θα έχει ως αποτέλεσμα την κάλυψη περισσότερων περιοχών του ΠΣΘ (Αλεξανδρίδης, 2021: 75).

Προτείνεται, λοιπόν, η αξιοποίηση μεγάλων χώρων εντός του ΠΣΘ για τη δημιουργία Αστικών/ Μητροπολιτικών Πάρκων. Τέτοιοι χώροι μπορούν να είναι η περιοχή ΔΕΘ-ΧΑΝΘ, το brownfield της παλιάς κεραμοποιίας Αλλατίνι, στα ανατολικά, καθώς και ορισμένα εγκαταλελειμμένα στρατόπεδα,

όπως το 'Παύλου Μελά' και το 'Καρατάσιου', στα δυτικά και το 'Κόδρα' στα ανατολικά. Ταυτόχρονα, προτείνεται η εισαγωγή του υγρού στοιχείου στα πάρκα, με σκοπό την ενίσχυση του δροσισμού των γύρω περιοχών, καθώς και τη βελτίωση των διαθέσιμων χώρων αναψυχής.

- **Στόχος 2: Δημιουργία Πράσινων Διαδρόμων.**

Οι πράσινοι διάδρομοι βελτιώνουν τον αερισμό της πόλης, ενώ, ταυτόχρονα, βοηθούν στη διασπορά των οφελών, από τους μεγάλους πράσινους πνεύμονες σε όλο το μήκος του αστικού ιστού. Έτσι, το φαινόμενο της ΑΘΝ περιορίζεται ακόμα και στις περιοχές που δεν γειτνιάζουν άμεσα με κάποιον κόμβο. Επιπλέον, ενισχύεται το πράσινο στις πυκνοδομημένες περιοχές του ΠΣΘ, εκεί όπου υπάρχει έλλειψη.

Στη Θεσσαλονίκη, οι πράσινοι διάδρομοι μπορούν να δημιουργηθούν πάνω στους βασικούς οδικούς άξονες, οι οποίοι διασχίζουν την πόλη από άκρη σ' άκρη. Η επιλογή των διαδρόμων πρέπει να γίνει με βάση τους κύριους κόμβους και στόχος είναι, η ένωση όλων των κόμβων μεταξύ τους. Διάδρομοι μπορούν να δημιουργηθούν, για παράδειγμα, στις λεωφόρους Βασ. Όλγας και Κ. Καραμανλή, στις οδούς Εγνατία και Λαγκαδά, όπου μπορούν να πραγματοποιηθούν δενδροφυτεύσεις συστάδων πλατύφυλλων ειδών, τα οποία προσφέρουν σκίαση, ενώ ταυτόχρονα, μπορούν να δημιουργηθούν μικροί κήποι βροχής (ρηχές λεκάνες με χαμηλή βλάστηση, οι οποίες χρησιμεύουν και ως ταμειυτήρες όμβριων υδάτων), κατά μήκος των πεζοδρομίων. Επιπλέον, η Εσωτερική Περιφερειακή Οδός μαζί με τις οδούς 26ης Οκτωβρίου και Σταθμού, θα μπορούσαν να αποτελέσουν μια πράσινη ζώνη (Greenbelt), όπου μπορούν να φυτευτούν κατάλληλα είδη δέντρων ή/ και θάμνων, τα οποία θα χρησιμεύουν και ως πράσινα ηχοπετάσματα.

- **Στόχος 3: Ενίσχυση του υδάτινου στοιχείου.**

Η διατήρηση της ποιότητας των υδάτων του Θερμαϊκού, η προστασία και η ανάδειξη των ρεμάτων αλλά και η δημιουργία νέων μπλε υποδομών πρέπει να τεθούν ως προτεραιότητα για τη Θεσσαλονίκη. Μέσω της εισαγωγής του υγρού στοιχείου, υπάρχει η δυνατότητα δροσισμού των γειτονιών της πόλης και, κατά συνέπεια, η πτώση συνολικότερα της θερμοκρασίας.

Προτείνεται η δημιουργία τεχνητών υδάτινων υποδομών σε πάρκα της πόλης, ιδιαίτερα σε περιοχές που υπάρχει μεγάλο πρόβλημα με το φαινόμενο της ΑΘΝ, όπως το κέντρο της πόλης (πάρκο ΔΕΘ-ΧΑΝΘ). Επιπλέον, η δημιουργία ενός δικτύου σιντριβανιών και πλατειών νερού, μπορούν να βοηθήσουν στην καταπολέμηση του φαινομένου της ΑΘΝ σε περιοχές όπου υπάρχουν μεγάλες αστικές πυκνότητες (π.χ. στην περιοχή μεταξύ Παπάφειου και 25ης Μαρτίου).

- **Στόχος 4: Δημιουργία μεταβατικών σημείων.**

Για να επιτευχθεί μια συνέχεια στο δίκτυο, είναι απαραίτητη η δημιουργία ορισμένων σημείων μετάβασης, τα οποία μπορούν να είναι κτίρια με πράσινες προσόψεις ή/ και οροφές, πάρκα τσέπης, αστικοί κήποι, «πράσινα» δημόσια κτίρια κ.λπ. Ο καθορισμός των σημείων αυτών γίνεται ανάλογα με τους διαθέσιμους ελεύθερους χώρους και την κατάσταση του κτιριακού αποθέματος της εκάστοτε περιοχής. Στη δημιουργία των συγκεκριμένων υποδομών, σημαντικό ρόλο μπορούν να διαδραματίσουν και οι κάτοικοι της πόλης, καθώς μπορούν να συμβάλουν με τη δημιουργία ιδιωτικών κήπων, με το «πρασίνισμα» των μπαλκονιών, με τη διαχείριση κοινόχρηστων αστικών λαχανόκηπων, καθώς και με τη συμμετοχή τους σε συλλογικές οικολογικές δράσεις.

6. Συμπεράσματα

Η «τσιμεντοποίηση» των πόλεων και η συνεχόμενη μείωση του πρασίνου τους, έχουν καταστήσει τις πόλεις ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή και σε φαινόμενα όπως η ΑΘΝ, με αποτέλεσμα πολλές απ' αυτές να γίνονται αφιλόξενες ακόμα και για τους κατοίκους τους σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών. Η στροφή του πολεοδομικού σχεδιασμού σε πιο βιώσιμα πρότυπα και η αναθεώρηση της σχέσης πόλης-φύσης είναι απαραίτητα για τη δημιουργία περισσότερο ανθεκτικών πόλεων. Οι οικοσυστημικές προσεγγίσεις που εισάγουν τις πράσινες και τις μπλε υποδομές στον σχεδιασμό μπορούν να βοηθήσουν προς αυτήν την κατεύθυνση.

Οι φασματικοί δείκτες που εξετάστηκαν, οδήγησαν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σχετικά με τις παραμέτρους εκείνες που διαμορφώνουν την ένταση του φαινομένου της ΑΘΝ στην περιοχή μελέτης (ΠΣΘ). Οι μετρήσεις απέδειξαν πως η ύπαρξη βλάστησης μετριάζει τα επίπεδα θερμοκρασίας, καθώς οι συσχετίσεις NDVI και LST είναι αρνητικές σε κάθε περίπτωση. Αντίθετα, αύξηση της δόμησης πρέπει να αποφεύγεται, καθώς σε υποθετική αύξηση του κτιριακού αποθέματος η θερμοκρασία αυξάνεται, όπως αποδεικνύεται από τη θετική συσχέτιση που εντοπίζεται μεταξύ των δεικτών NDBI και LST. Τέλος, τα επίπεδα υγρασίας (NDMI) φαίνεται πως συμβάλλουν καθοριστικά στη μείωση της εδαφικής θερμοκρασίας (LST) σε μια περιοχή, καθώς παρουσιάζουν απόλυτη αρνητική συσχέτιση με το κτιριακό απόθεμα (NDBI). Ταυτόχρονα, μια ακόμη επιβεβαίωση της μείωσης της εδαφικής θερμοκρασίας από την ύπαρξη υγρασίας αφορά στη θετική συσχέτιση που αναπτύσσεται με τα επίπεδα βλάστησης (NDVI), καθώς όσο αυξάνονται τα επίπεδα βλάστησης στο χώρο, αντίστοιχα αυξάνονται και τα επίπεδα υγρασίας.

Η χρησιμότητα των κλιματικών δεικτών που εξετάστηκαν μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στον τρόπο λήψης αποφάσεων των πολιτικών χωρικού σχεδιασμού που ακολουθείται από τους πολεοδόμους. Οι οπτικοποιήσεις των δεικτών φανερώνουν με μεγαλύτερη ακρίβεια ποιες περιοχές κρίνονται περισσότερο τρωτές σε υψηλές θερμοκρασίες. Παράλληλα, αποδεικνύουν ποιοι είναι οι παράγοντες που θα μπορούσαν να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα των περιοχών σε ακραίες θερμοκρασίες. Επομένως, με τη βοήθεια των δορυφορικών εικόνων και της επεξεργασίας τους σε ΣΓΠ, εξάγονται χρήσιμες πληροφορίες υψηλής ακρίβειας για περιοχές που η χωροθέτηση φυσικών στοιχείων κρίνεται απαραίτητη.

Οι περιορισμοί που η έρευνα κλήθηκε να αντιμετωπίσει, συνδέονται με τον όγκο των Μεγάλων Δεδομένων που συλλέχθηκαν από τις δορυφορικές εικόνες, καθώς και με την αντιμετώπιση σφαλμάτων στο στάδιο της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων. Σε αντίστοιχες μελλοντικές έρευνες, οι άμεσες λήψεις δορυφορικών εικόνων υψηλότερης ευκρίνειας, θα συνέβαλαν ακόμη περισσότερο στην ακρίβεια και στον εντοπισμό των τρωτών περιοχών σε αντίστοιχα φαινόμενα. Σε συνδυασμό με τη διάθεση δεδομένων τόσο για την εδαφική θερμοκρασία, όσο και για τη θερμοκρασία του αέρα με εύκολη πρόσβαση σε δεδομένα θερμικών καμερών, οι συνέπειες και η αντιμετώπιση ακραίων καιρικών φαινομένων θα ήταν σαφέστερες.

Ένα στρατηγικό σχέδιο βασισμένο στις οικοσυστημικές προσεγγίσεις, θα πρέπει να περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός δικτύου πράσινων και μπλε υποδομών, οι οποίες θα αλληλοσυμπληρώνονται μεταξύ τους. Το πρώτο βήμα για τη δημιουργία ενός ανάλογου δικτύου είναι η ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης και η αναγνώριση των προβλημάτων και των αναγκών της κάθε περιοχής. Ο χωρικός εντοπισμός των προβλημάτων βοηθάει σημαντικά στη σωστή λήψη μέτρων και αποφάσεων, γεγονός που αυξάνει και την αποτελεσματικότητα των παρεμβάσεων. Η σωστή δόμηση του δικτύου βοηθάει στη διασπορά των οφελών των οικοσυστημικών υπηρεσιών, ακόμα και σε περιοχές που δεν υπάρχει ο απαραίτητος χώρος για τη δημιουργία υποδομών.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

- Αλεξανδρίδης, Θ. (2021) *Οικοσυστημικές Προσεγγίσεις στον Πολεοδομικό Σχεδιασμό: μια Στρατηγική Προσέγγιση για το Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης*. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Προσβάσιμο από online: <http://ikee.lib.auth.gr/record/336149/files/GRI-2021-33361.pdf>, [τελευταία πρόσβαση: 25/08/2022].
- Γιαννακού, Α. (2008) "Πολεοδομικά Σχέδια για τη Θεσσαλονίκη: Ιδεολογία και Πρακτική στη Διάρκεια του 20^{ου} αιώνα". Στο Καυκαλάς, Γ., Λαμπριανίδης, Λ., & Παπαμίχος, Ν. (2008). *Η Θεσσαλονίκη στο μεταίχμιο: Η πόλη ως διαδικασία αλλαγών*. Αθήνα: Κριτική.

- Δήμος Θεσσαλονίκης (2017) Θεσσαλονίκη 2030: Στρατηγική για την αστική ανθεκτικότητα. Θεσσαλονίκη.
- Καλογήρου, Ν. (1992) *Αρχιτεκτονική και Πολεοδομία στη Μεταπολεμική Θεσσαλονίκη*. Εκδόσεις Μπαρμπουνάκης.
- Κουόμο, Μ., Μπλέτσα, Α., Πετρίδου, Κ., & Σαρβάνη, Π. (2007) *Πόλη Πράσινο*. Θεσσαλονίκη: ΤΕΕ/ΤΚΜ.
- Λαζαρίδης, Β. (2021) *Αξιολόγηση της Ανθεκτικότητας του Αστικού Χώρου στην Κλιματική Αλλαγή με τη Χρήση των Big Data: Η Περίπτωση του Δήμου Θεσσαλονίκης* (No. GRI-2021-33244). Aristotle University of Thessaloniki Institutional Repository - IKEE. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Προσβάσιμο από online: <https://doi.org/10.26262/heal.auth.ir.335976>, τελευταία πρόσβαση: 09/07/2022.
- Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας (2017) Στρατηγική Ολοκληρωμένης Βιώσιμης Αστικής Ανάπτυξης. Θεσσαλονίκη.
- Green Agenda (n.d.) *Πράσινο κι ελεύθεροι χώροι στη Θεσσαλονίκη: Η σημερινή κατάσταση και οι προοπτικές*, [τελευταία πρόσβαση: 16/07/2022].

Ξενογλώσση

- Abdulkadir, I., & Kumar, S., (2021) Exploring the Correlation between Land Surface Temperature, NDBI, NDVI, and NDMI over Gombe Metropolis, Nigeria. *Psychology and Education Journal*, 58, 2406–2416.
- Anderson, M.C. *et al.* (2008) 'A thermal-based remote sensing technique for routine mapping of land-surface carbon, water and energy fluxes from field to regional scales', *Remote Sensing of Environment*, 112(12), pp. 4227–4241. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.07.009>, τελευταία πρόσβαση: 12/08/2022.
- Aram, F., Solgi, E., Higuera García, E., Mosavi, A. R., & Várkonyi-Kóczy, A., (2019) The Cooling Effect of Large-Scale Urban Parks on Surrounding Area Thermal Comfort. *Energies*. 2019, 12(20):3904. <https://doi.org/10.3390/en12203904>, [τελευταία πρόσβαση: 14/08/2022].
- Ashraf, M. and Nawaz, R. (2015) 'A Comparison of Change Detection Analyses Using Different Band Algebras for Baraila Wetland with Nasa's Multi-Temporal Landsat Dataset', *Journal of Geographic Information System*, 07(01), pp. 1–19. Available at: <https://doi.org/10.4236/jgis.2015.71001>, [τελευταία πρόσβαση: 21/08/2022].
- Brink, E., Aalders, T., Ádám, D., Feller, R., Henselek, Y., Hoffmann, A., Ibe, K., Matthey-Doret, A., Meyer, M., Negrut, N. L., Rau, A. L., Riewerts, B., von Schuckmann, L., Törnros, S., von Wehrden, H., Abson, D. J., & Wamsler, C. (2016) Cascades of green: A review of ecosystem-based adaptation in urban areas. *Global Environmental Change*, 36, 111–123. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.11.003>, [τελευταία πρόσβαση: 24/07/2022].
- Brunsell, N.A. and Gillies, R.R. (2003) 'Length Scale Analysis of Surface Energy Fluxes Derived from Remote Sensing', *Journal of Hydrometeorology*, 4(6), pp. 1212–1219. Available at: [https://doi.org/10.1175/1525-7541\(2003\)004<1212:LSAOSE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1525-7541(2003)004<1212:LSAOSE>2.0.CO;2), [τελευταία πρόσβαση: 25/08/2022].
- CBD (2004) The Ecosystem Approach (CBD Guidelines). Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- CBD (2009) Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change. *Technical Series 41*, 1-126. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Climate-ADAPT (2016) The City of Copenhagen. Retrieved from <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/the-economics-of-managing-heavy-rains-and-stormwater-in-copenhagen-2013-the-cloudburst-management-plan>, [τελευταία πρόσβαση: 27/08/2022].

- Doswald, N., & Osti, M. (2011) Ecosystem-based approaches to adaptation and mitigation: good practice examples and lessons learned in Europe. Deutschland/ Bundesamt für Naturschutz, [τελευταία πρόσβαση: 05/09/2023].
- Freitas, S.C., Trigo, I., Macedo, J., Barroso, C., Silva, R., Perdigao, R., (2013) Land Surface Temperature from multiple geostationary satellites. *International Journal of Remote Sensing*, Vol 34, 3051–3068.
- Garzillo, C., Ulrich, P., (2015) Annex to MS94: Compilation of case study reports A compendium of case study reports from 40 cities in 14 European countries (No. 94). WWWforEurope Working Paper.
- Geneletti, D., & Zardo, L. (2016) Ecosystem-based adaptation in cities: An analysis of European urban climate adaptation plans. *Land Use Policy*, 50, 38–47. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.09.003>, [τελευταία πρόσβαση: 30/07/2022].
- Giannaros, T.M., Melas, D. (2012) Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean City: The case study of Thessaloniki, Greece. *Atmospheric Research*, 118, 103–120. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.06.006>, [τελευταία πρόσβαση: 25/08/2022].
- Gorgani, S., Panahi, M., Rezaie, F., (2013) The Relationship between NDVI and LST in the urban area of Mashhad, Iran.
- Green Tree (n.d.). <https://www.greentree.gr/>, [τελευταία πρόσβαση: 05/08/2022].
- Guha, S., & Govil, H. (2020) Land surface temperature and normalized difference vegetation index relationship: a seasonal study on a tropical city. *SN Appl. Sci.*, 2, 1661. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03458-8>, [τελευταία πρόσβαση: 09/08/2022].
- Gutiérrez, J.M., Jones, R.G., Narisma, G.T., Alves, L.M., Amjad, M., Gorodetskaya, I.V., Grose, M., Klutse, N.A.B., Krakovska, S., Li, J., Martínez-Castro, D., Mearns, L.O., Mernild, S.H., Ngo-Duc, T., van den Hurk, B., & Yoon, J.-H., (2021) Atlas. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R., & Zhou, B. (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. Interactive Atlas available at: <http://interactive-atlas.ipcc.ch/>, [τελευταία πρόσβαση: 25/08/2022].
- Iturbide, M., Fernández, J., Gutiérrez, J.M., Bedia, J., Cimadevilla, E., Díez-Sierra, J., Manzanar, R., Casanueva, A., Baño-Medina, J., Milovac, J., Herrera, S., Cofiño, A.S., San Martín, D., García-Díez, M., Hauser, M., Huard, D., Yelekçi, Ö. (2021) “Repository supporting the implementation of FAIR principles” In the IPCC-WG1 Atlas (2021). Zenodo, DOI: 10.5281/zenodo.3691645. Available at: <https://github.com/IPCC-WG1/Atlas>, [τελευταία πρόσβαση: 25/08/2022].
- Kogan, F., (2001) Operational Space Technology for Global Vegetation Assessment. *Bulletin American Meteorological Society*, 1949–1964.
- Kurn, D. M., Bretz, S. E., Huang, B., & Akbari, H. (1994) *The potential of reducing urban air temperatures and energy consumption through vegetative cooling*. United States: Lawrence Berkeley Laboratory. doi: 10.2172/10180633
- Latinopoulos, D., Mallios, Z., Latinopoulos, P., (2016) Valuing the benefits of an urban park project: A contingent valuation study in Thessaloniki, Greece. *Land Use Policy*, 55, 130-141.
- Lazaridis, V. and Latinopoulos, D. (2022) ‘Estimating urban vulnerability to flood and heat hazards: A case study in the municipality of Thessaloniki, Greece’, *European Spatial Research and Policy*, 29(2), pp. 309–340. Available at: <https://doi.org/10.18778/1231-1952.29.2.16>, [τελευταία πρόσβαση: 21/08/2022].
- Lee, G., Hwang, J. and Cho, S. (2021) ‘A Novel Index to Detect Vegetation in Urban Areas Using UAV-Based Multispectral Images’, *Applied Sciences*, 11(8), p. 3472. Available at: <https://doi.org/10.3390/app11083472>, [τελευταία πρόσβαση: 25/08/2022].

- Li, B., Wang, H., Qin, M., & Zhang, P. (2017) Comparative study on the correlations between NDVI, NDMI and LST. *Advances in Geographical Sciences*, 36, 585–596. <https://doi.org/10.18306/dlkxjz.2017.05.006>, [τελευταία πρόσβαση: 23/08/2022].
- Lindfield, M., & Steinberg, F. (2012) Green cities. Philippines: Asian Development Bank.
- Malik, M.S., Shukla, J.P., & Mishra, S., (2019) Relationship of LST, NDBI and NDVI using Landsat-8 data in Kandahimmat Watershed, Hoshangabad, India. *INDIAN J. MAR. SCI.*, 48, 7.
- Martinez, A. de la I. and Labib, S.M. (2023) ‘Demystifying normalized difference vegetation index (NDVI) for greenness exposure assessments and policy interventions in urban greening’, *Environmental Research*, 220, p. 115155. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115155>, [τελευταία πρόσβαση: 24/08/2022].
- Martins, J.P. The Hourly Land Surface Temperature from the Copernicus Global Land Service – Part 1: the updated algorithm with inclusion of vegetation dynamics and of Indian Ocean Data Coverage mission.
- Naumann, S., Anzaldua, G., Berry, P., Burch, S., Davis, M., Frelih-Larsen, A., Gerdes, H., & Sanders, M. (2011) Assessment of the potential of ecosystem-based approaches to climate change adaptation and mitigation in Europe. *Final report to the European Commission, DG Environment*.
- Nemani, R., Pierce, L., Running, S., & Goward, S., (1993) Developing Satellite-derived Estimates of Surface Moisture Status. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 32, 548–557. [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1993\)032<0548:DSDEOS>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1993)032<0548:DSDEOS>2.0.CO;2), [τελευταία πρόσβαση: 14/08/2022].
- Papageorgiou, M., & Gemenetzi, G. (2018) Setting the grounds for the green infrastructure in the metropolitan areas of athens and thessaloniki: The role of green space. *European Journal of Environmental Sciences*, 8(1), 83–92. <https://doi.org/10.14712/23361964.2018.12>, [τελευταία πρόσβαση: 04/08/2022].
- Pérez, A. A., Fernández, B. H., & Gatti, R. C. (2019) *Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field*. Gland, Switzerland: IUCN.
- Pinho, P., Casanelles-Abella, J., Luz, A. C., Kubicka, A. M., Branquinho, C., Laanisto, L., Neuenkamp, L., Alós Ortí, M., Obrist, M. K., Deguines, N., Tryjanowski, P., Samson, R., Niinemets, Ü., & Moretti, M. (2021) Research agenda on biodiversity and ecosystem functions and services in European cities. *Basic and Applied Ecology*, 53, 124–133. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.02.014>, [τελευταία πρόσβαση: 23/08/2022].
- Pozoukidou, G. (2020) Designing a green infrastructure network for metropolitan areas: a spatial planning approach. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 5(2), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s41207-020-00178-8>, [τελευταία πρόσβαση: 20/08/2022].
- Shah, S. et al. (2018) ‘Satellite Imagery Based Observation of Land Surface Temperature of Kathmandu Valley’, 7(82), p. 8.
- Shrestha, J. (2019) P-Value: A true test of significance in agricultural research. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4030711>, [τελευταία πρόσβαση: 11/08/2022].
- Smith, T.M. et al. (2008) ‘Improvements to NOAA’s Historical Merged Land–Ocean Surface Temperature Analysis (1880–2006)’, *Journal of Climate*, 21(10), pp. 2283–2296. Available at: <https://doi.org/10.1175/2007JCLI2100.1>, [τελευταία πρόσβαση: 11/07/2022].
- Stathopoulou, M., Cartalis, C., Keramitsoglou, I., (2004) Mapping micro-urban heat islands using NOAA/AVHRR images and CORINE Land Cover: an application to coastal cities of Greece. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 2301–2316. <https://doi.org/10.1080/01431160310001618725>, [τελευταία πρόσβαση: 23/07/2022].
- Su, B. et al. (2022) ‘Energy consumption and energy efficiency trends in Singapore: The case of a meticulously planned city’, *Energy Policy*, 161, p. 112732. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112732>, [τελευταία πρόσβαση: 18/07/2022].

- Tan, J., Yu, D., Li, Q., Tan, X., & Zhou, W., (2020) Spatial relationship between land-use/land-cover change and land surface temperature in the Dongting Lake area, China. *Scientific Reports*, 10, 9245. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66168-6>, [τελευταία πρόσβαση: 29/07/2022].
- Tucker, C.J. (1979) 'Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation', *Remote Sensing of Environment*, 8(2), pp. 127–150. Available at: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0), [τελευταία πρόσβαση: 02/07/2022].
- Tucker, C.J. *et al.* (2005) 'An extended AVHRR 8-km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data', *International Journal of Remote Sensing*, 26(20), pp. 4485–4498. Available at: <https://doi.org/10.1080/01431160500168686>, [τελευταία πρόσβαση: 07/07/2022].
- U.S. Environmental Protection Agency (2008a) "Chapter 2: Trees and Vegetation". In U.S. Environmental Protection Agency (2008) Reducing urban heat islands: Compendium of strategies.
- U.S. Environmental Protection Agency (2008b) "Chapter 3: Green Roofs". In U.S. Environmental Protection Agency (2008). Reducing urban heat islands: Compendium of strategies.
- USGS.gov (n.d.). Science for a changing world [WWW Document], URL <https://www.usgs.gov/>, [τελευταία πρόσβαση: 15/08/2022].
- Wan, Z., Dozier, J., Dozier, J., Dozier, J., (1996) A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 34, 892–905. <https://doi.org/10.1109/36.508406>, [τελευταία πρόσβαση: 26/08/2022].
- Wu, C., Li, J., Wang, C., Song, C., Chen, Y., Finka, M., & La Rosa, D. (2019) Understanding the relationship between urban blue infrastructure and land surface temperature. *Science of the Total Environment*, 697. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133742>, [τελευταία πρόσβαση: 27/08/2022].
- Zha, Y., Gao, J. and Ni, S. (2003) 'Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery', *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), pp. 583–594. Available at: <https://doi.org/10.1080/01431160304987>, [τελευταία πρόσβαση: 22/08/2022].
- Žuvela-Aloise, M., Koch, R., Buchholz, S., & Früh B. (2016) Modelling the potential of green and blue infrastructure to reduce urban heat load in the city of Vienna. *Climatic Change*, 135, 425–438. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1596-2>, [τελευταία πρόσβαση: 12/08/2022].

Αλεξανδρίδης Θεόδωρος
Μηχανικός Χωροταξίας και Ανάπτυξης, MSc Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης ΑΠΘ
email: altheodom@gmail.com

Λαζαρίδης Βασίλειος
Μηχανικός Χωροταξίας και Ανάπτυξης, MSc Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης ΑΠΘ
email: vlazarig@plandevol.auth.gr

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Νίκος Τριανταφυλλόπουλος

Ευάγγελος Ασπρογέρακας

Νικόλαος Γαβανάς

Ανέστης Γουργιώτης

Σπύρος Νιαβής

ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΣΥΝΤΑΞΗΣ

Ελένη Ανδρικοπούλου – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Πασχάλης Αρβανιτίδης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Παναγιώτης Αρτελάρης – Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Σοφία Αυγερινού-Κολώνια – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Αθηνά Βιτοπούλου – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Γιώργος Βλόντζος – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Νικολός Βογιαζίδης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Γεωργία Γεμεντζή – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ηλίας Γεωργαντάς – Πανεπιστήμιο Κρήτης

Αθηνά Γιαννακού – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Σπύρος Γκολφινόπουλος – Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Άσπα Γοσποδίνη – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δημήτρης Γούσιος – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πάυλος-Μαρίνος Δελλαδέτσιμας – Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Αλέξης Δέφνερ – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δέσποινα Διμέλλη – Πολυτεχνείο Κρήτης

Ασπασία Ευθυμιάδου – Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «Δήμητρα»

Μιχάλης Ζουμπουλάκης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ελισάβετ Θωίδου – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Γιώργος Κανδύλης – Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών

Νικόλαος-Γεώργιος Καραχάλης – Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Κώστας Καρτάλης – Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Γρηγόρης Καυκαλάς – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Ειρήνη Κλαμπατσέα – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Χάρης Κοκκώσης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Παναγιώτης Κοσμόπουλος – Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Βύρων Κοτζαμάνης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Χρήστος Κουσιδώνης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Αλέξανδρος-Φαίδων Λαγόπουλος – Ακαδημία Αθηνών & Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Κώστας Λαλένης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Λόης Λαμπριανίδης – Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
 Λίλα Λεοντίδου – Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
 Παύλος Λουκάκης – Πάντειο Πανεπιστήμιο
 Θωμάς Μαλούτας – Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
 Δημήτρης Μέλισσας – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
 Αγγελική Μενεγάκη – Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
 Θεόδωρος Μεταξάς – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Κώστας Μπαγινέτας – Αποκεντρωμένη Διοίκηση Θεσσαλίας - Στερεάς Ελλάδος
 Νίκος Μπάτης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Ηλίας Μπεριάτος – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Κώστας Μωραΐτης – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
 Σπύρος Νιαβής – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Μαρί-Νοέλ Ντυκέν – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Δημήτρης Οικονόμου – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Απόστολος Παπαγιαννάκης – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
 Κωνσταντίνος Περάκης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Γιώργος Πετράκος – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Μάγδα Πιτσιάβα-Λατινοπούλου – Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
 Σεραφείμ Πολύζος – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Αντώνης Ροβολής – Πάντειο Πανεπιστήμιο
 Νίκος Σαμαράς – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Άρης Σαπουνάκης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Κώστας Σεργιάς – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
 Παντολέων (Παντελής) Σκάγιαννης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Σοφία Σκορδίλη – Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
 Νίκος Σουλιώτης – Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών
 Δημήτρης Σταθάκης – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Αναστασία Τασοπούλου – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Πάρις Τσάρτας – Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
 Γιώργος Τσιλιμίκας – Πανεπιστήμιο Αιγαίου
 Δημήτρης Τσιώτας – Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
 Δημήτρης Φουτάκης – Διεθνές Πανεπιστήμιο
 Γιώργος Φωτόπουλος – Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
 Μάριος Χαϊνταρλής – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Όλγα Χριστοπούλου – Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
 Μανώλης Χριστοφάκης – Πανεπιστήμιο Αιγαίου
 Γιάννης Ψυχάρης – Πάντειο Πανεπιστήμιο

Περιεχόμενα

Τεύχος

40

Έτος

2024

Issue

Year

Γεμεντζή Γεωργία, Νιαβής Σπύρος, Τασοπούλου Αναστασία 6

Εισαγωγή

Κουβαρά Ευαγγελία-Μαρία, Σαμαρά Αικατερίνη 9

Γειτονιά & Airbnb: αναβάθμιση ή αλλοίωση; Η περίπτωση της περιοχής της Ανάληψης στη Θεσσαλονίκη

Μπέλτσιου Βασιλική 30

Υπολογισμός δείκτη περπατησιμότητας για το κέντρο της Λάρισας και ανάδραση προς τον πολεοδομικό σχεδιασμό

Αποστόλου Γεωργία-Άννα 61

Αστική ταυτότητα και δομημένο περιβάλλον: αναζητώντας τη συμβολή του πολεοδομικού σχεδιασμού

Αλεξανδρίδης Θεόδωρος, Λαζαρίδης Βασίλειος 85

Αξιολόγηση της Τρωτότητας και Ενίσχυση της Ανθεκτικότητας του Αστικού Ιστού μέσω Μπλε και Πράσινων Υποδομών: Η Περίπτωση του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης

Κυριακίδης Χαράλαμπος 110

Συγκριτική μελέτη για τη λειτουργία των υπαίθριων δημόσιων αστικών χώρων στις αθηναϊκές γειτονιές

ISSN: 1109-5008

e-ISSN: 2944-9847

<https://journals.lib.uth.gr/index.php/aeihoros/index>