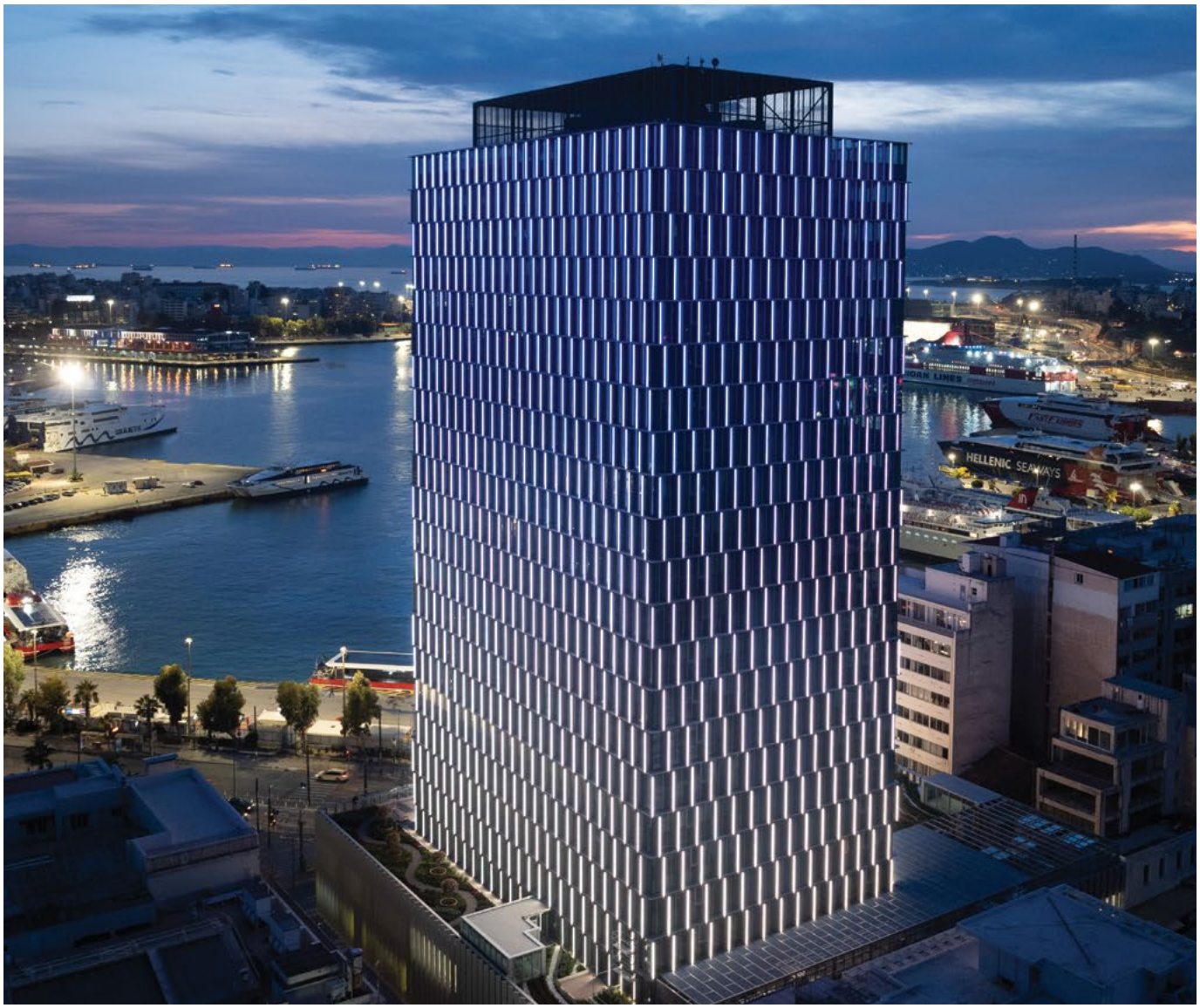
Κανόνες και Πρακτικές για Ανθεκτικές Πόλεις

Φεβρουάριος 2026

DIMAND
REAL ESTATE DEVELOPMENT



Μια έρευνα της 1830 lab για την DIMAND S.A.

Συντακτική ομάδα:
Κωνσταντίνος Καρτάλης, Καθηγητής ΕΚΠΑ
Ηλίας Αγαθαγγελίδης, Μεταδιδακτορικός ερευνητής ΕΚΠΑ
Αναστάσιος Πολύδωρος, Διδάκτωρ ΕΚΠΑ
Κωνσταντίνος Φιλιππόπουλος, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (ΕΔΙΠ) ΕΚΠΑ

Συμμετείχαν οι:

Γεώργιος Βόκολος, Φυσικός
Φαίδων Μαυρουδής, Μάστερ Φυσική Περιβάλλοντος ΕΚΠΑ
Μελιτίνη Οικονόμου, Φυσικός

Η 1830 lab δεν χρησιμοποιεί εργαλεία AI για την εκπόνηση των μελετών της.
Το κείμενο που διαβάζετε έχει γραφτεί από ανθρώπους.

Εκδοση: 01-30012026

Περιεχόμενα

		Εισαγωγή	8
[1.0]		Κλιματική αλλαγή και αστική υπερθέρμανση	10
[1.1]		Η εικόνα στην Ευρώπη και στην Ελλάδα	10
[1.2]		Αστική θερμική νησίδα	12
[1.3]		Η ανάγκη για προσαρμογή	12
[2.0]		Το πρόβλημα της αστικής θερμικής επιβάρυνσης	13
[3.0]		Προς συμπαγείς και ανθεκτικές πόλεις	15
[3.1]		Δύο διαφορετικά παραδείγματα – Βαρκελώνη και Λος Άντζελες	15
[3.2]		Αθήνα και Θεσσαλονίκη – πυκνές, αλλά όχι συμπαγείς	15
[3.3]		Πλεονεκτήματα και προκλήσεις	15
[4.0]		Παρουσίαση μέτρων	17
[4.1]		Διάδρομοι αερισμού	17
	[4.1.1]	Πώς λειτουργούν οι διάδρομοι αερισμού;	17
	[4.1.2]	Ο ρόλος της διάταξης των κτιρίων	17
	[4.1.3]	Πρακτικές κατευθύνσεις	18
[4.2]		Αστικά πάρκα	19
	[4.2.1]	Πού οφείλεται η δροσιστική επίδραση των πάρκων;	19
	[4.2.2]	Το αποτέλεσμα – ψυχρή νησίδα πάρκου	19
	[4.2.3]	Τι κάνει ένα πάρκο πιο αποτελεσματικό;	20
	[4.2.4]	Ο ρόλος των πάρκων στην ανθεκτικότητα των ελληνικών πόλεων	20
	[4.2.5]	Ενδεικτικό σενάριο εφαρμογής	21
[4.3]		Αστικός βελονισμός, πάρκα τσέπης και κλιματικά καταφύγια	21
	[4.3.1]	Γιατί μικρά και μεσαία πάρκα;	22
	[4.3.2]	Πάρκα τσέπης – μικρή κλίμακα, στοχευμένη δροσιστική επίδραση	23
	[4.3.3]	Σχολικές αυλές ως κλιματικά καταφύγια	23
	[4.3.4]	Τοπικές πράσινες παρεμβάσεις για πιο ανθεκτικές γειτονιές	23
	[4.3.5]	Ενδεικτικό σενάριο εφαρμογής	24
[4.4]		Αστικά δέντρα	25
	[4.4.1]	Πώς τα δέντρα δροσίζουν τις πόλει	25
	[4.4.2]	Σχεδιαστικές αρχές για τη φύτευση δέντρων στους δρόμους	25
	[4.4.3]	Επιλογή κατάλληλων ειδών για ελληνικές πόλεις	26

[4.4.4] Καταλληλότερα είδη για το μελλοντικό κλίμα: 26
[4.4.5] Σημασία της υφιστάμενης δενδροκάλυψης 27
[4.4.6] Ο κανόνας 3-30-300 27
[4.5] Ψυχρά υλικά 27
[4.5.1] Τι είναι τα ψυχρά υλικά; 28
[4.5.2] Πού εφαρμόζονται; 28
[4.5.3] Ψυχρά δάπεδα και επιφάνειες 29
[4.5.4] Ψυχρές οροφές 29
[4.5.5] Θερμοχρωμικά υλικά 30
[4.5.6] Ενδεικτικό σενάριο εφαρμογής 30
[4.6] Πράσινες οροφές και τοίχοι 31
[4.6.1] Πράσινες οροφές 31
[4.6.2] Τύποι πράσινων οροφών 31
[4.6.3] Πράσινοι τοίχοι 32
[4.6.4] Οφέλη πράσινων τοίχων 32
[4.7] Superblocks 33
[4.7.1] Βαρκελώνη – από τη θεωρία στην πράξη 33
[4.7.2] Superblocks στην Ελλάδα – δυνατότητες και περιορισμοί 33
[4.7.3] Ενδεικτικό σενάριο εφαρμογής 34
[4.8] Βιοκλιματικά κτίρια 35
[4.8.1] Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού 35
[4.8.2] Τι χαρακτηρίζει ένα πραγματικά βιοκλιματικό κτίριο; 35
[4.8.3] Πιστοποίηση LEED – ένα διεθνές πλαίσιο 36
[4.8.4] Παραδείγματα βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα 36
[4.8.5] Ενδεικτικό σενάριο εφαρμογής 36
[4.9] Παράκτια δόμηση 38
Κατάλογος πινάκων 40
Κατάλογος σχημάτων 40
Βιβλιογραφία 42

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έκθεση που ακολουθεί είναι μέρος της συνολικής μελέτης «Ανθεκτικότητα Κτιρίων και Αστικού Περιβάλλοντος στην Ελλάδα: Προσαρμογή στις Προκλήσεις της Κλιματικής Αλλαγής», που δημοσιεύτηκε από την Dimand SA το 2026. Στα δύο άλλα μέρη της μελέτης εξετάσαμε την υφιστάμενη κλιματική κατάσταση στην Αθήνα και στη Θεσσαλονίκη, καθώς και τις προβολές για τη μελλοντική εξέλιξη της κλιματικής αλλαγής στην Αθήνα, στη Θεσσαλονίκη και στις Γούρνες Ηρακλείου. Παράλληλα αναλύσαμε τις προβλέψεις κλιματικού κινδύνου, έκθεσης και τρωτότητας των τριών αυτών περιοχών με ορίζοντα το 2060.

Εδώ θα δούμε πρακτικές προτάσεις για την αποτελεσματική προσαρμογή των αστικών περιοχών της Ελλάδας στις κλιματικές πιέσεις. Θα περιγράψουμε συνοπτικά τις βασικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει το αστικό περιβάλλον και στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε εννέα προτεινόμενες παρεμβάσεις, με συγκεκριμένα παραδείγματα εφαρμογής.

Η μελέτη απευθύνεται κυρίως σε φορείς του δημοσίου –όπως οι περιφέρειες, οι δήμοι, αλλά και το κεντρικό κράτος– και, βεβαίως, στην τεχνική και επαγγελματική κοινότητα που δραστηριοποιείται στον σχεδιασμό και στην υλοποίηση αστικών υποδομών. Συγχρόνως όμως απευθύνεται και σε όλους τους ευαισθητοποιημένους πολίτες, και ειδικά στους κατοίκους των ελληνικών πόλεων. Αυτούς οι οποίοι θα κληθούν να αντιμετωπίσουν τις σοβαρές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στους τόπους όπου ζουν και εργάζονται.



[1.0] ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΗ ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ

Οι θερμοκρασίες σε παγκόσμιο επίπεδο αυξάνονται με ρυθμό που δεν έχει ιστορικό προηγούμενο. Το 2024 καταγράφηκε ως το θερμότερο έτος στην Ιστορία, ενώ συνολικά η τελευταία δεκαετία είναι η θερμότερη των τελευταίων 150 και πλέον χρόνων.[1] Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη πλησιάζει πια το όριο του 1,5°C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή, καθιστώντας τα κύματα καύσωνα συχνότερα, εντονότερα και μεγαλύτερης διάρκειας. Ακραία επεισόδια καύσωνα που άλλοτε εμφανιζόταν μία φορά τη δεκαετία σήμερα παρατηρούνται σχεδόν κάθε καλοκαίρι. Αν η παγκόσμια θέρμανση φτάσει τους 2°C, ο αριθμός των ανθρώπων που θα εκτίθενται σε ακραία θερμική καταπόνηση υπολογίζεται ότι θα υπερδιπλασιαστεί.[2] Πρόσφατη μελέτη δείχνει ότι η κλιματική αλλαγή έχει διπλασιάσει ήδη, τουλάχιστον, τον αριθμό των ημερών με ακραία ζέστη[3] σε σύγκριση με έναν κόσμο χωρίς ανθρωπογενή υπερθέρμανση.[4]

[1] NOAA 2025. Climate change: global temperature, Διαθέσιμο στο: https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature (ανακτήθηκε στις 9 Ιανουαρίου 2026).

[2] Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R., ... & Waterfield, T. (2018). Global warming of 1.5 C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of, 1 (5), 43-50.

[1.1] Η εικόνα στην Ευρώπη και στην Ελλάδα

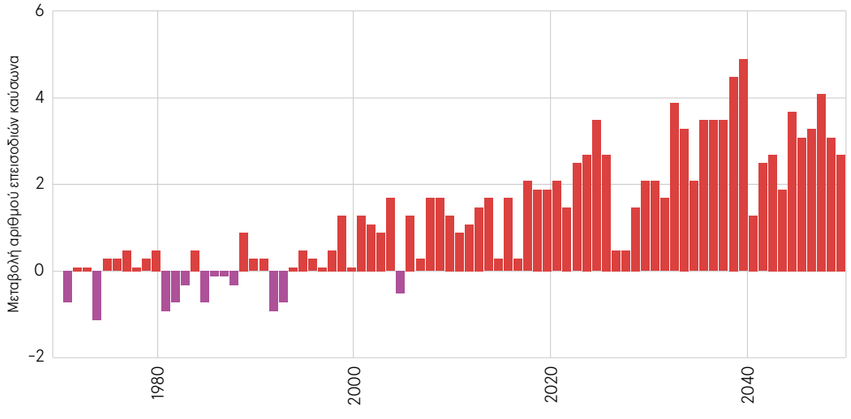
Η Ευρώπη θερμαίνεται με ρυθμό διπλάσιο του παγκόσμιου μέσου όρου, με τις χώρες της Μεσογείου να θεωρούνται “hotspot” για ακραία φαινόμενα ζέστης και ξηρασίας. Στην Ελλάδα, τα τελευταία καλοκαίρια χαρακτηρίστηκαν από παρατεταμένους και ιδιαίτερα ισχυρούς καύσωνες, με τον Ιούλιο μήνα των ετών 2023 και του 2024 να είναι οι θερμότεροι στην καταγεγραμμένη Ιστορία. Πόλεις όπως η Αθήνα και η Θεσσαλονίκη, με υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα, περιορισμένους χώρους πρασίνου και υψηλή κατανάλωση ενέργειας, είναι ιδιαίτερα ευάλωτες. Στα Σχήματα 1 και 2 που ακολουθούν, παρουσιάζεται, και για τις δύο πόλεις, η αύξηση τόσο των επεισοδίων καύσωνα όσο και των νυχτών κατά τις οποίες η θερμοκρασία παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Η τάση αυτή δεν απειλεί μόνο την υγεία των κατοίκων, αλλά επηρεάζει άμεσα τις υποδομές, την οικονομική δραστηριότητα και την κοινωνική ζωή, εντείνοντας το συνολικό κλιματικό ρίσκο των ελληνικών πόλεων.

[3] Ακραία ζέστη: Ημέρες με θερμοκρασίες υψηλότερες από το 90ό εκατοστημόριο των τιμών που έχουν καταγραφεί στην εκάστοτε περιοχή κατά την περίοδο 1991-2020.

[4] Giguere, J., Otto, F.E.L., Tannenbaum, J., Vahlberg, M. κ.ά. (2025). Climate change and the escalation of global extreme heat: Assessing and addressing the risks. Climate Central· Red Cross Red Crescent Climate Centre· World Weather Attribution.

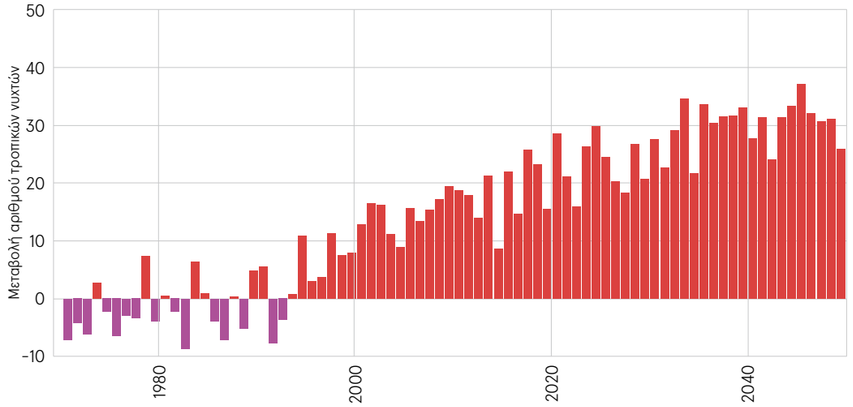
Σχήμα 1. Θεώρηση της χρονικής εξέλιξης των μεταβολών

α) των ημερών καύσωνα (τρεις ή περισσότερες ημέρες με μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη από το 90ό εκατοστημόριο των τιμών που έχουν καταγραφεί κατά την περίοδο 1971-2000)



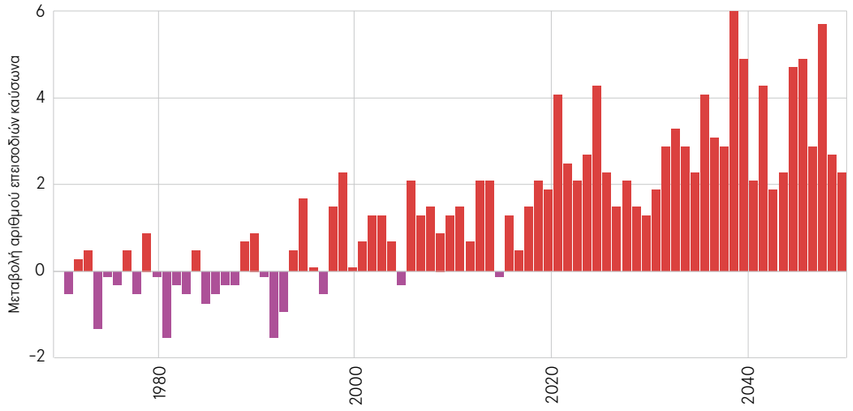
Σχήμα 1. Θεώρηση της χρονικής εξέλιξης των μεταβολών

β) των τροπικών νυχτών (ημέρες με ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία άνω των 20°C) σε σύγκριση με τη μέση τιμή της περιόδου 1971-2000, βάσει κλιματικών προσομοιώσεων σύμφωνα με το μετριοπαθές σενάριο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου RCP 4.5 για την αστική περιοχή της Αθήνας.



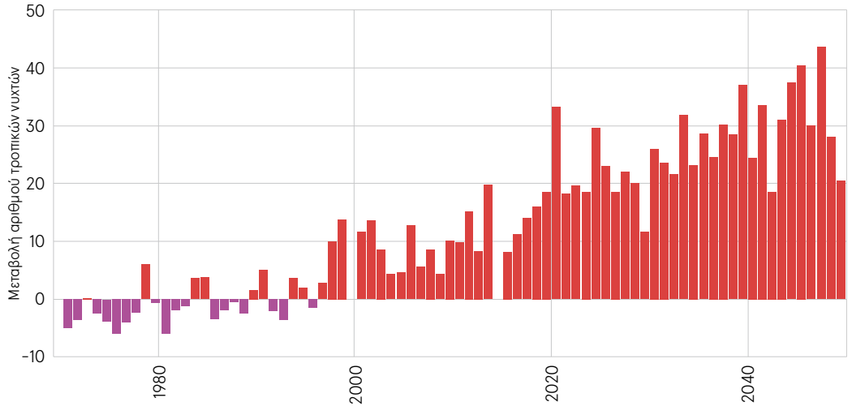
Σχήμα 2. Θεώρηση της χρονικής εξέλιξης των μεταβολών

α) Ομοίως με το Σχήμα 1, για την αστική περιοχή της Θεσσαλονίκης.



Σχήμα 2. Θεώρηση της χρονικής εξέλιξης των μεταβολών

β) Ομοίως με το Σχήμα 1, για την αστική περιοχή της Θεσσαλονίκης.



[1.2] Αστική θερμική νησίδα

Οι πόλεις βρίσκονται στο επίκεντρο αυτής της κρίσης. Περισσότερο από το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σήμερα σε αστικές περιοχές, ποσοστό που αναμένεται να φτάσει το 70% ως το 2050,[5] ενώ οι ταχέως αναπτυσσόμενες μεγαλουπόλεις εντοπίζονται συχνά σε περιοχές που πλήττονται ήδη από ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες.

Η αστική υπερθέρμανση είναι αποτέλεσμα ενός συνδυασμού παραγόντων:

- Μειωμένη παρουσία βλάστησης, που περιορίζει τη φυσική δροσιστική ικανότητα μέσω εξατμισοδιαπνοής[6] και σκίασης.
- Τρισδιάστατη γεωμετρία του αστικού ιστού, η οποία διακόπτει τον φυσικό αερισμό, παγιδεύει τη θερμότητα και επιβραδύνει τη νυχτερινή ψύξη.
- Χρήση υλικών χαμηλής ανακλαστικότητας και υψηλής θερμοχωρητικότητας, τα οποία απορροφούν έντονα την ηλιακή ακτινοβολία και αποθηκεύουν μεγάλα ποσά θερμότητας αντίστοιχα.
- Ανθρωπογενής θερμότητα, προερχόμενη από οχήματα, συστήματα ψύξης, βιομηχανικές δραστηριότητες και τη συνολική ενεργειακή κατανάλωση της πόλης.

Το αποτέλεσμα είναι το φαινόμενο της «αστικής θερμικής νησίδας», σύμφωνα με το οποίο οι πόλεις είναι κατά κανόνα θερμότερες από τις γύρω φυσικές περιοχές. Σε αυτό το ήδη επιβαρυμένο θερμικό περιβάλλον, η κλιματική αλλαγή δρα πολλαπλασιαστικά. Επηρεάζει τη συχνότητα των θερμών ημερών, αυξάνει περαιτέρω τις μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες και παρατείνει τη διάρκεια των καυσώνων.

Η ένταση της αστικής θερμικής νησίδας κορυφώνεται κυρίως κατά τις αίθριες καλοκαιρινές νύχτες, όταν οι αστικές επιφάνειες απελευθερώνουν αργά τη θερμότητα που έχουν αποθηκεύσει κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ωστόσο σε αρκετά τμήματα του αστικού ιστού παρατηρούνται πολύ υψηλές θερμοκρασίες κυρίως κατά τη διάρκεια της ημέρας, ιδιαίτερα σε περιοχές με έντονη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, περιορισμένη παρουσία βλάστησης ή αυξημένες ανθρωπογενείς πηγές θερμότητας. Σήμερα η κλασική δικοτόμηση «πόλη-ύπαιθρος» θεωρείται σε έναν βαθμό ανεπαρκής. Το ενδιαφέρον στρέφεται πλέον στον εντοπισμό «ενδοαστικών θερμικών νησίδων», δηλαδή των συνοικιών και δρόμων με έντονη μικροκλιματική επιβάρυνση μέσα στην ίδια την πόλη, ώστε να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν στοχευμένες και αποτελεσματικές παρεμβάσεις.

[5] Ηνωμένα Εθνη 2023. United Nations Statistics Division, Sustainable Development Goals Report (SDG 11). Διαθέσιμο στο https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/goal-11/ (ανακτήθηκε στις 9 Ιανουαρίου 2026).

[6] Εξατμισοδιαπνοή: ο συνδυασμός, δηλαδή, της εξάτμισης του νερού και της διαπνοής των φυτών, όπου το νερό απορροφάται από τις ρίζες και αποβάλλεται στην ατμόσφαιρα μέσω των πόρων στα φύλλα τους.

[1.3] Η ανάγκη για προσαρμογή

Καθώς οι πόλεις γίνονται θερμότερες και περισσότεροι άνθρωποι ζουν σε αυτές, η προσαρμογή στην ακραία ζέστη δεν αποτελεί επιλογή – είναι αναγκαιότητα. Οι πόλεις καλούνται να υιοθετήσουν:

- στρατηγικές διαχείρισης θερμικού κινδύνου,
- λύσεις μετριασμού της υπερθέρμανσης (αύξηση πρασίνου και υδάτινων επιφανειών, ψυχρά υλικά, σκίαση, φυσικός αερισμός),
- συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης,
- πολιτικές προστασίας των πιο ευάλωτων ομάδων

Το αποτέλεσμα είναι το φαινόμενο της «αστικής θερμικής νησίδας», σύμφωνα με το οποίο οι πόλεις είναι κατά κανόνα θερμότερες από τις γύρω φυσικές περιοχές. Σε αυτό το ήδη επιβαρυμένο θερμικό περιβάλλον, η κλιματική αλλαγή δρα πολλαπλασιαστικά. Επηρεάζει τη συχνότητα των θερμών ημερών, αυξάνει περαιτέρω τις μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες και παρατείνει τη διάρκεια των καυσώνων.

Μόνο μέσα από ολοκληρωμένες δράσεις και συντονισμένες πολιτικές μπορούν οι πόλεις να εγγυηθούν ότι η ζωή σε ένα θερμότερο κλίμα παραμένει βιώσιμη, ασφαλής και ανθεκτική.

[2.0] ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ

Στο κείμενο «Το θερμικό αποτύπωμα των ελληνικών πόλεων» –η οποία αποτελεί το πρώτο μέρος της μελέτης «Οι κλιματικοί κίνδυνοι σε Αθήνα, Θεσσαλονίκη και Γούρνες Ηρακλείου»– αναπτύχθηκαν οι παράγοντες που συντελούν στην αύξηση της αστικής θερμικής νησίδας και της θερμικής επιβάρυνσης που αντιμετωπίζουν οι κάτοικοι. Παράλληλα, παρουσιάζονται οι αρνητικές επιπτώσεις αυτής της μικρο-κλιματικής εξέλιξης στην υγεία, την κοινωνική και την οικονομική ζωή των ελληνικών πόλεων. Πριν επεκταθούμε στις προτάσεις επίλυσης στο Κεφάλαιο 3, εδώ παραθέτουμε μια μικρή περίληψη των βασικών ευρημάτων που αναπτύσσει λεπτομερώς το κείμενο της συμπληρωματικής μελέτης.

Η Αθήνα και η Θεσσαλονίκη συνδυάζουν υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα με περιορισμένους ελεύθερους χώρους και υψηλά ποσοστά δόμησης, γεγονός που τις καθιστά ιδιαίτερα ευάλωτες στην υπερθέρμανση.[7] Δύο κατηγορίες παραγόντων καθορίζουν την ένταση της θερμικής επιβάρυνσης: η αστική γεωμετρία, η οποία περιλαμβάνει το ύψος δόμησης, τα υλικών, και την κάλυψης γης, και η αστική λειτουργία, η οποία περιλαμβάνει το σύνολο των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και πηγών θερμότητας στον αστικό ιστό.

Το πλάτος των δρόμων, το ύψος των κτιρίων και ο τρόπος που είναι οργανωμένα στον χώρο επηρεάζουν άμεσα το πόση σκιά δημιουργείται, πόσος αέρας κυκλοφορεί και πόσο εύκολα η πόλη αποβάλλει τη θερμότητα που συσσωρεύεται. Για να περιγραφεί το «πόσο ψηλά» και το «πόσο ανοιχτά» είναι τα αστικά περιβάλλοντα, χρησιμοποιούνται δύο βασικοί δείκτες. Ο πρώτος είναι η «αναλογία διαστάσεων αστικής χαράδρας», δηλαδή ο λόγος του μέσου ύψους των κτιρίων προς το πλάτος του δρόμου. Οσο μεγαλύτερη είναι αυτή η αναλογία (δηλαδή, όσο ψηλότερα είναι τα κτίρια σε σχέση με το πλάτος του δρόμου), τόσο πιο «κλειστός» είναι ο δρόμος και τόσο δυσκολότερη η απομάκρυνση της θερμότητας. Ο δεύτερος δείκτης είναι ο «συντελεστής θέασης ουρανού», που εκφράζει το ποσοστό του ουρανού που μπορεί να δει κανείς από το επίπεδο του δρόμου. Οταν ο ουρανός είναι λιγότερο ορατός λόγω ψηλών και πυκνών κτιρίων – και, άρα, ο συντελεστής θέασης ουρανού χαμηλότερος – η θερμότητα εγκλωβίζεται ευκολότερα.

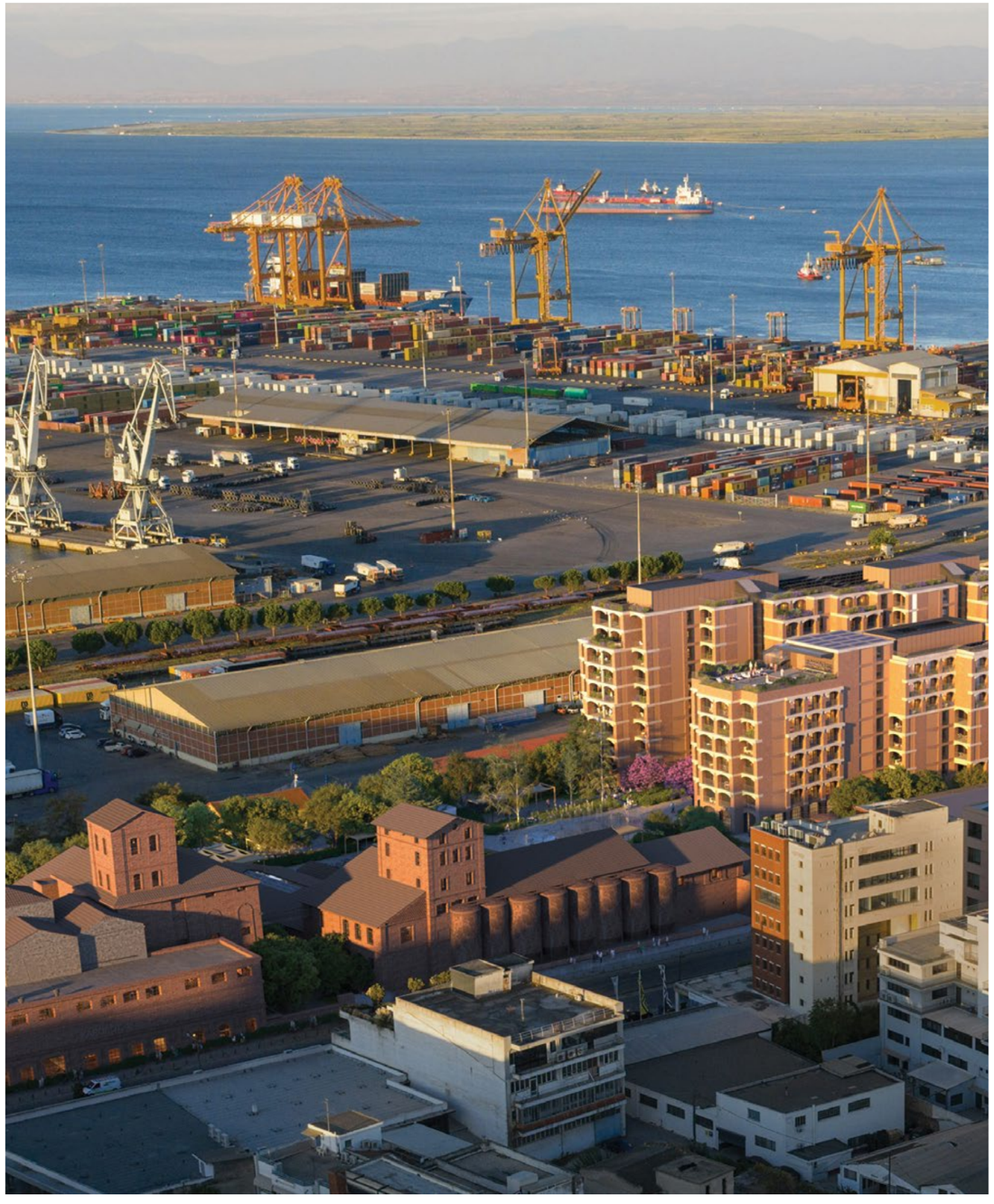
Ο άλλος παράγοντας που επηρεάζει τη θερμική πίεση σε μια πόλη είναι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως αυτές που αφορούν στη λειτουργία των κτιρίων (π.χ. ψύξη, θέρμανση, ηλεκτρικές συσκευές), στην κυκλοφορία οχημάτων και τις βιομηχανικές δραστηριότητες. Οταν οι πηγές ανθρωπογενούς θερμότητας είναι έντονες, τα οφέλη της πιο «ανοιχτής» γεωμετρίας μπορούν να περιοριστούν ή ακόμη και να αναιρεθούν, οδηγώντας σε αυξημένη θερμική καταπόνηση. Ενα παράδειγμα που περιγράφεται στην έρευνα «Το θερμικό αποτύπωμα των ελληνικών πόλεων» είναι η οδός Πανεπιστημίου στην Αθήνα, όπου το μεγάλο πλάτος του δρόμου και η αυξημένη θέαση ουρανού θα έπρεπε θεωρητικά να διευκολύνουν τον αερισμό και την απομάκρυνση της θερμότητας. Ωστόσο, η έντονη κυκλοφορία οχημάτων και η υψηλή συγκέντρωση εμπορικών χρήσεων εκεί οδηγούν, αντίθετα, σε σημαντική θερμική επιβάρυνση.

Τα αστικά κέντρα αποτελούν έντονα ανομοιογενή περιβάλλοντα, όπου τα χαρακτηριστικά της αστικής μορφολογίας και λειτουργίας μεταβάλλονται απότομα ακόμα και μεταξύ γειτονικών περιοχών. Το σύστημα αστικής μορφολογίας και λειτουργίας «Τοπικές Κλιματικές Ζώνες (Local Climate Zones, LCZ)»[8], το οποίο δημιουργήθηκε για να βοηθήσει στην συγκριτική ανάλυση αστικών περιβαλλόντων, περιλαμβάνει συνολικά 17 τάξεις, εκ των οποίων 11 αντιστοιχούν σε δομημένο περιβάλλον, και βασίζεται σε χαρακτηριστικά της αστικής μορφολογίας, της κάλυψης γης και των δομικών υλικών. Στην Αθήνα και στη Θεσσαλονίκη κυριαρχεί η τάξη LCZ 2, δηλαδή πυκνή δόμηση με κτίρια μεσαίου ύψους και ελάχιστους χώρους πρασίνου. Οι περιοχές LCZ 2, αν και κατά κανόνα δεν θερμαίνονται πολύ έντονα την ημέρα, διατηρούν υψηλές θερμοκρασίες κατά τη νύχτα, επειδή ο πυκνός αστικός ιστός παγιδεύει τη θερμότητα και περιορίζει τη νυχτερινή ψύξη.

[7] Agathangelidis, I., Cartalis, C. & Santamouris, M. (2019). Integrating urban form, function, and energy fluxes in a heat exposure indicator in view of intra-urban heat island assessment and climate change adaptation. Climate, 7, 75.

[8] Stewart, I.D. & Oke, T.R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93, 1879-1900.

Οι αρνητικές επιπτώσεις της αστικής υπερθέρμανσης περιλαμβάνουν την υγεία (μέσω αυξημένης θνησιμότητας καθώς και καρδιαγγειακών και αναπνευστικών παθήσεων), την ενεργειακή κατανάλωση (άνοδο στη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια, κυρίως λόγω της χρήσης κλιματιστικών), αλλά και κοινωνικές προκλήσεις. Άτομα χαμηλού εισοδήματος, ηλικιωμένοι και πληθυσμοί σε πυκνοδομημένες περιοχές πλήττονται δυσανάλογα παγκοσμίως από την απώλεια θέσεων εργασίας λόγω του αυξημένου θερμικού στρες. Στις ελληνικές πόλεις, το κοινωνικό πρόσημο της θερμικής ευαλωτότητας ενισχύεται από τον αυξανόμενο ρυθμό γήρανσης του πληθυσμού και τη χαμηλή ενεργειακή αποδοτικότητα των κατοικιών.



[3.0] ΠΡΟΣ ΣΥΜΠΑΓΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΘΕΚΤΙΚΕΣ ΠΟΛΕΙΣ

Η συμπαγής πόλη βασίζεται στην υψηλή πυκνότητα δόμησης και λειτουργιών μέσα σε μικρές αποστάσεις, έτσι ώστε οι περισσότερες καθημερινές μετακινήσεις να πραγματοποιούνται με τα πόδια, το ποδήλατο ή τη δημόσια συγκοινωνία. Με αυτό τον τρόπο, μειώνεται η εξάρτηση από το αυτοκίνητο, περιορίζεται η αστική εξάπλωση και βελτιώνεται σημαντικά το συνολικό περιβαλλοντικό και ανθρακικό αποτύπωμα.

Πόλεις όπως η Βαρκελώνη και το Παρίσι έχουν υιοθετήσει μοντέλα όπως τα superblocks και τις «γειτονιές των 15 λεπτών», συνδυάζοντας πυκνή δόμηση με βιώσιμες μετακινήσεις και ενισχυμένη τοπική κοινωνική και οικονομική δραστηριότητα. Τα βασικά οφέλη ενός συμπαγούς πολεοδομικού μοντέλου περιλαμβάνουν περιορισμένη αστική επέκταση μέσω καλύτερης αξιοποίησης του υπάρχοντος χώρου, μειωμένη ανάγκη για νέες υποδομές και, άρα, μικρότερο ανθρακικό αποτύπωμα, μικρότερη χρήση του αυτοκινήτου και μείωση ατμοσφαιρικών ρύπων, καθώς και ενίσχυση της τοπικής οικονομίας και της κοινωνικής συνοχής.

[3.1] Δύο διαφορετικά παραδείγματα – Βαρκελώνη και Λος Αντζελες

Η αντιπαραβολή δύο πόλεων με αντίθετες πολεοδομικές φιλοσοφίες αναδεικνύει τις επιπτώσεις του σχεδιασμού. Στο Λος Αντζελες, χαρακτηριστικό παράδειγμα πόλης με μεγάλη αστική εξάπλωση, περίπου το 80% των εργαζομένων μετακινείται με IX. Στη Βαρκελώνη, όπου η πόλη είναι συμπαγής, μόλις το 20% χρησιμοποιεί αυτοκίνητο, με την πλειονότητα να κινείται πεζή ή με ΜΜΜ. Επιπλέον, παρότι η τωρινή δενδροκάλυψη των δύο πόλεων είναι παρόμοια, περίπου 20-25%, η Βαρκελώνη έχει θέσει στόχο με εκτεταμένες φυτεύσεις να φτάσει το 30% ως το 2037,[9] ενισχύοντας ακόμα περισσότερο την κλιματική της ανθεκτικότητα.

[9] Barcelona City Council. (2017). Trees for life: Master plan for Barcelona's trees 2017-2037.

[3.2] Αθήνα και Θεσσαλονίκη – πυκνές, αλλά όχι συμπαγείς

Αν και η Αθήνα και η Θεσσαλονίκη εμφανίζουν υψηλή πυκνότητα δόμησης, δεν λειτουργούν ως πραγματικά συμπαγείς πόλεις. Η έλλειψη δημόσιων χώρων, η υψηλή εξάρτηση από το IX και οι ιστορικά ανεπαρκείς δημόσιες συγκοινωνίες οδηγούν σε αυξημένη κυκλοφοριακή συμφόρηση, ατμοσφαιρική ρύπανση και υψηλότερη ανθρωπογενή θερμότητα. Τα τελευταία χρόνια υλοποιούνται σημαντικές επενδύσεις, όπως το Μετρό Θεσσαλονίκης, η Γραμμή 4 της Αθήνας και ο νέος στόλος ηλεκτρικών λεωφορείων, αλλά τα έργα αυτά προχωρούν σε μεγάλο βαθμό αποσπασματικά, χωρίς να εντάσσονται σε ένα συνεκτικό, μακροπρόθεσμο σχέδιο που θα μετασχηματίσει τα δύο πολεοδομικά συγκροτήματα σε πραγματικά συμπαγείς και βιώσιμες πόλεις. Ως αποτέλεσμα, η υψηλή πυκνότητα δεν μεταφράζεται αυτόματα σε μειωμένες μετακινήσεις, καλύτερη ποιότητα αέρα ή περιορισμένη θερμική επιβάρυνση. Για παράδειγμα, μπορεί να απαιτηθεί η χρήση IX για μια μετακίνηση σε μικρή απόσταση (π.χ., 1 χλμ.), καθώς οι υπάρχουσες υποδομές δεν εξασφαλίζουν επαρκή σύνδεση μεταξύ των δύο σημείων ούτε πεζή ούτε μέσω των ΜΜΜ.

[3.3] Πλεονεκτήματα και προκλήσεις

Διεθνείς μελέτες δείχνουν πως, όταν παράγοντες όπως το κλίμα, η οικονομία και ο πληθυσμός παραμένουν σταθεροί, οι συμπαγείς πόλεις τείνουν να είναι πιο αποδοτικές.[10] Προσφέρουν: χαμηλότερο ενεργειακό αποτύπωμα ανά κάτοικο, περιορισμένη χρήση IX και μειωμένες εκπομπές CO2, αποδοτικότερα δίκτυα δημόσιας συγκοινωνίας, μικρότερη ανάγκη για νέες ενεργοβόρες υποδομές.

[10] Oke, T.R., Mills, G., Christen, A. & Voogt, J.A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.

Ωστόσο, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η υψηλή πυκνότητα δόμησης δεν έρχεται χωρίς κόστος. Μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο αερισμό των δρόμων, αυξημένη θερμική επιβάρυνση, ιδίως κατά τις νυχτερινές ώρες, περιορισμένη παρουσία πρασίνου και θερμικές πιέσεις στους δημόσιους χώρους. Επιπλέον, η ποιότητα του αέρα στο επίπεδο του δρόμου μπορεί να επιδεινωθεί όταν η κυκλοφορία οχημάτων παραμένει υψηλή. Αναλύσεις με προσομοιώσεις του αστικού θερμικού περιβάλλοντος δείχνουν ότι οι πολύ συμπαγείς πόλεις, παρότι ενεργειακά πιο αποδοτικές για τη θέρμανση και την ψύξη των κτιρίων, συχνά επιβαρύνουν τη θερμική άνεση στους εξωτερικούς χώρους,[11] κυρίως όταν δεν συνοδεύονται από επαρκείς παρεμβάσεις βελτίωσης του μικροκλίματος. Αντίθετα, πόλεις ενδιάμεσης πυκνότητας συχνά επιτυγχάνουν καλύτερη ισορροπία μεταξύ ενεργειακής απόδοσης, μικροκλιματικής ποιότητας και ποιότητας ζωής.

[11] Martilli, A. (2014). An idealized study of city structure, urban climate, energy consumption, and air quality. *Urban Climate*, 10, 430-446.

Συνεπώς μια ανθεκτική πόλη οφείλει να υιοθετεί έναν ολοκληρωμένο σχεδιασμό που μετριάζει τη θερμική επιβάρυνση, αντιμετωπίζει τις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής και ενισχύει τη λειτουργικότητα της καθημερινής ζωής. Κρίσιμα στοιχεία μιας τέτοιας μετάβασης περιλαμβάνουν διατήρηση και ενίσχυση διαδρόμων αερισμού, συνεχή δίκτυα πρασίνου και σκίασης, προτεραιότητα στη δημόσια συγκοινωνία, συμπεριλαμβανομένων των ασφαλών ποδηλατικών διαδρομών, και εφαρμογή νέων μοντέλων ανάπτυξης, όπως η γειτονιά των 15 λεπτών ή τα superblocks.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται μια συνοπτική αποτύπωση μέτρων και παρεμβάσεων που μπορούν να ενισχύσουν την αστική ανθεκτικότητα, από λύσεις μικρής κλίμακας σε επίπεδο κτιρίου ως πολιτικές που αφορούν μια ολόκληρη μητροπολιτική περιοχή. Στην επόμενη ενότητα («Παρουσίαση μέτρων») τεκμηριώνονται με λεπτομέρεια οι προτάσεις παρεμβάσεων με τις αντίστοιχες ευεργετικές τους συνέπειες. Μέσω τέτοιων παρεμβάσεων, μια πόλη μπορεί να εξελιχθεί σε ένα ανθεκτικό, δίκαιο και κλιματικά βιώσιμο πρότυπο ανάπτυξης, συνδυάζοντας την αποδοτική χρήση πόρων με υψηλή ποιότητα ζωής.

Πίνακας 1: Συγκεντρωτική παρουσίαση μέτρων για τη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος και της ανθεκτικότητας των πόλεων. Τα μέτρα οργανώνονται ανά αστική κλίμακα και κατηγορία παρέμβασης. Προσαρμογή από Oke κ.ά. (2017) και Stewart & Mills (2021). ↓

Αστική κλίμακα	Μέτρα ανά κατηγορία παρέμβασης		
	Αστικές ροές ενέργειας	**Ροή του ανέμου**	**Θερμικό περιβάλλον**
Επιφάνεια εδάφους / Τοίχος κτιρίου	• Υλικά (ψυχρά, ημιδιαπερατά) • Προσανατολισμός • Ψυχρές οροφές • Ψυχρά δάπεδα και οδοστρώματα • Πράσινες οροφές • Πράσινοι τοίχοι	• Χωροθέτηση ανοιγμάτων • Κλίση και μορφή οροφής	• Ιδιότητες υλικών • Πράσινοι τοίχοι
Κτίριο / Οικόπεδο	• Παθητικός σχεδιασμός κελύφους • Σχεδίαση περιβάλλοντος χώρου (δέντρα, χαμηλή βλάστηση, ψυχρά υλικά)	• Χωροθέτηση ανοιγμάτων • Αεροδυναμική μορφή κτιρίου	• Πηγές κατανάλωσης ενέργειας • Φύτευση • Πρασίνισμα χώρων στάθμευσης
Δρόμοι / Οικοδομικά τετράγωνα	• Συντελεστής H/W • Σκίαση • Προσανατολισμός • Δενδροφυτεύσεις • Πάρκα τσέπης • Superblocks	• Διαστάσεις δρόμων • Προσανατολισμός • Διάδρομοι αερισμού	• Δενδροφυτεύσεις • Superblocks • Διάδρομοι αερισμού • Συνένωση αίθριων χώρων μεταξύ κτιρίων
Συνοικία / Δημοτική ενότητα / Δήμος	• Πυκνότητα κτιρίων • Πυκνότητα πληθυσμού • Αστικές αναπλάσεις • Υπερτοπικά πάρκα • Πεζοδρομήσεις – μείωση χρήσης ΙΧ	• Ύψη και διάταξη κτιρίων • Πράσινες διαδρομές	• Μεικτές χρήσεις γης • Πάρκα τσέπης
Πολεοδομικό συγκρότημα / Μητροπολιτική περιοχή	• Πολιτικές συμπαγούς πόλης • Περιορισμός χρήσης ΙΧ	• Διάδρομοι αερισμού μεγάλης κλίμακας	• Πολιτικές μείωσης όγκου κτιρίων • Πράσινοι διάδρομοι • Επέκταση δημόσιων συγκοινωνιών

[4.0] ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΜΕΤΡΩΝ

[4.1] Διάδρομοι αερισμού

Η στοχευμένη «καθοδήγηση» της κίνησης του αέρα μέσα στον αστικό ιστό αποτελεί μια από τις πιο αποτελεσματικές στρατηγικές μετριασμού της αστικής υπερθέρμανσης. Η ενίσχυση της ατμοσφαιρικής ροής συμβάλλει στον δροσισμό των εξωτερικών χώρων, απομακρύνει τον στάσιμο θερμό αέρα, μειώνει τη συγκέντρωση ρύπων και βελτιώνει ουσιαστικά τη θερμική άνεση.

[4.1.1] Πώς λειτουργούν οι διάδρομοι αερισμού;

Η κίνηση του αέρα στην πόλη επηρεάζεται από βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά, όπως:

- το ύψος των κτιρίων (H),
- την πυκνότητα δόμησης,
- τη μετωπική επιφάνεια των κτιρίων κάθετα στη ροή του ανέμου (A_f),
- το πλάτος των δρόμων (W) και τον προσανατολισμό τους

Ο αερισμός είναι πιο αποτελεσματικός όταν:

- τα κτίρια έχουν μικρότερο ύψος ή βρίσκονται σε μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους (μικρότερο H/W),
- οι δρόμοι έχουν επαρκές πλάτος,
- ο προσανατολισμός τους επιτρέπει τη διέλευση των επικρατούντων ανέμων

Οι επικρατούντες άνεμοι σε μια αστική ενότητα προκύπτουν από τη συνδυασμένη επίδραση της έντασης και της κατεύθυνσης των ανέμων που απορρέουν από τα ευρύτερα ατμοσφαιρικά πρότυπα, της τοπογραφίας, καθώς και της κτιριακής διάταξης και γεωμετρίας στον άμεσο προσήνεμο αστικό χώρο. Η αξιόπιστη θεώρηση του ανεμολογικού πεδίου σε τοπική κλίμακα απαιτεί τη συμπληρωματική χρήση πειραματικών μετρήσεων και προσομοιώσεων υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (CFD), οι οποίες επιτρέπουν την ανάλυση της αλληλεπίδρασης μεταξύ ροής αέρα και δομημένου περιβάλλοντος με την απαιτούμενη αξιοπιστία.

[4.1.2] Ο ρόλος της διάταξης των κτιρίων

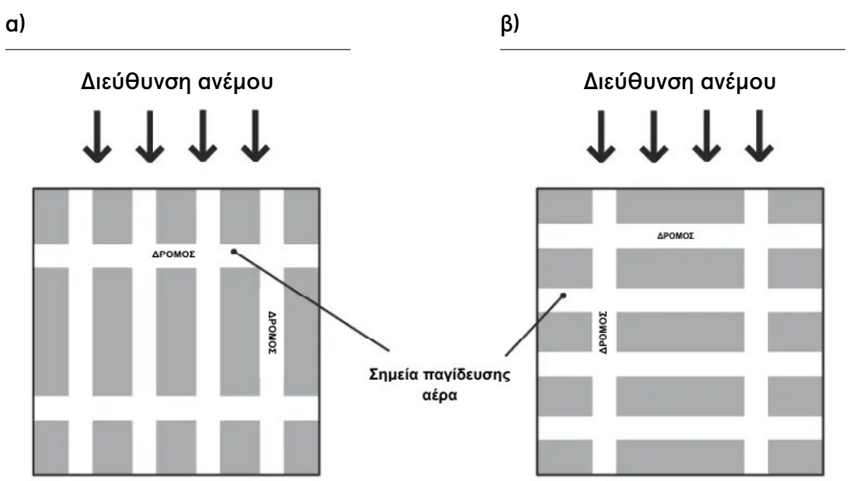
Οι διάδρομοι αερισμού λειτουργούν καλύτερα όταν οι οδικοί άξονες ευθυγραμμίζονται με την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου (Σχήμα 9α). Σε αυτή την περίπτωση, η μετωπική επιφάνεια των κτιρίων A_f είναι μικρότερη, επιτρέποντας στον άνεμο να διεισδύσει βαθύτερα και να διατηρήσει μεγαλύτερες ταχύτητες. Οταν ο προσανατολισμός δεν είναι κατάλληλος, δημιουργούνται ζώνες χαμηλού αερισμού και στάσιμου αέρα, οι οποίες ενισχύουν την υπερθέρμανση στο επίπεδο του δρόμου, δηλαδή στα δύο μέτρα ύψος από το έδαφος (Σχήμα 9β).

[4.1.3] Πρακτικές κατευθύνσεις

Για τη διαμόρφωση αποτελεσματικών διαδρόμων αερισμού προτείνονται:

- Περιορισμός της απόκλισης από την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου σε λιγότερο από 30°.
- Μείωση του A_f: αποφεύγοντας μεγάλους, συνεχόμενους και συμπαγείς κτιριακούς όγκους κάθετα στον άνεμο.
- Δημιουργία αλληλουχίας ανοιχτών χώρων (πλατείες, πεζόδρομοι, γραμμικοί χώροι πρασίνου) που λειτουργούν ως τοπικά «κανάλια ενίσχυσης» της ροής του ανέμου.
- Συνδυασμός αερισμού και φύτευσης σε περιοχές με μεγάλη επιβάρυνση ρύπανσης, ώστε ο αέρας να φιλτράρεται προτού φτάσει στις όψεις των κτιρίων.

Οι διάδρομοι αερισμού αποτελούν κρίσιμο εργαλείο για τον περιορισμό της αστικής θερμικής επιβάρυνσης. Σε πυκνοδομημένες πόλεις όπως η Αθήνα, η αύξηση των αδόμητων χώρων και η προσεκτική οργάνωση των κτιριακών όγκων μπορούν να μειώσουν ουσιαστικά το θερμικό φορτίο και να βελτιώσουν τις συνθήκες άνεσης κατά τη θερινή περίοδο.



→
Σχήμα 3. Διάταξη πολεοδομικών τετραγώνων για αποτελεσματικό αερισμό: α) προτεινόμενη και β) μη προτεινόμενη διαμόρφωση. Προσαρμογή από He κ.ά. (2015).[22]

[12] He, B.-J., Ding, L. & Prasad, D. (2019). Enhancing urban ventilation performance through the development of precinct ventilation zones: A case study based on Greater Sydney, Australia. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101472.

[4.2] Αστικά πάρκα

Τα αστικά πάρκα αποτελούν έναν από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους μετριασμού της θερμικής επιβάρυνσης στις πόλεις, προσφέροντας συγχρόνως σημαντικά περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη. Σε ένα δομημένο περιβάλλον όπου κυριαρχούν υλικά όπως το τσιμέντο και η άσφαλτος, τα οποία απορροφούν και αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες θερμότητας, τα πάρκα λειτουργούν ως «δακτύλιοι δροσιάς», δημιουργώντας μικροκλίματα τα οποία ενισχύουν τη θερμική άνεση και συμβάλλουν ουσιαστικά στη βελτίωση της υγείας και της ποιότητας ζωής των κατοίκων.

[4.2.1] Πού οφείλεται η δροσιστική επίδραση των πάρκων;

Οι δροσιστικές ιδιότητες των πάρκων προκύπτουν από τέσσερις βασικούς φυσικούς μηχανισμούς:

- **Σκίαση από δέντρα:** Το πυκνό φύλλωμα των δέντρων μειώνει σημαντικά την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος. Οι σκιασμένες επιφάνειες μπορούν να είναι ως και αρκετούς βαθμούς ψυχρότερες σε σχέση με τις εκτεθειμένες επιφάνειες στην ηλιακή ακτινοβολία.
- **Εξατμισοδιαπνοή:** Τα φυτά απορροφούν νερό από το έδαφος και το απελευθερώνουν εν είδει υδρατμών μέσω της διεργασίας της διαπνοής. Η διαδικασία αυτή αφαιρεί θερμότητα από το περιβάλλον, συμβάλλοντας σε αισθητή μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, ιδιαίτερα τις θερμές ξηρές ημέρες.
- **Μειωμένη αποθήκευση θερμότητας:** Σε αντίθεση με τα αστικά υλικά, η βλάστηση και εν γένει οι φυσικές επιφάνειες αποθηκεύουν πολύ λιγότερη θερμότητα. Ως αποτέλεσμα, και σε συνδυασμό με την παρουσία ανοιχτών χώρων μέσα στο πάρκο, ψύχονται ταχύτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας και συμβάλλουν στη διαμόρφωση πιο ευνοϊκού μικροκλίματος.
- **Αυξημένη ανακλαστικότητα:** Οι φυσικές επιφάνειες, ειδικά το γρασίδι, απορροφούν μικρότερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας σε σύγκριση με τους γειτονικούς αστικούς δρόμους χαμηλής ανακλαστικότητας, περιορίζοντας, επομένως, τη θερμική τους επιβάρυνση.

[4.2.2] Το αποτέλεσμα – ψυχρή νησίδα πάρκου

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα από πλήθος διαφορετικών μελετών δείχνουν ότι κατά μέσο όρο τα πάρκα εμφανίζουν χαμηλότερες θερμοκρασίες αέρα κατά 0,9°C στη διάρκεια της ημέρας και κατά 1,2°C τη νύχτα, σε σύγκριση με τον περιβάλλοντα αστικό ιστό.[13] Ωστόσο, για περιπτώσεις πάρκου πυκνής βλάστησης, η δροσιστική του επίδραση μπορεί και να ξεπεράσει τους 4°C.[14] Οι μεγαλύτερες μειώσεις καταγράφονται κατά κανόνα τις νύχτες με άπνοια και αίθριο ουρανό. Κατ' αναλογία με την αστική θερμική νησίδα, θεωρείται ότι αναπτύσσεται μια «ψυχρή νησίδα πάρκου». Η δροσιστική αυτή επίδραση δεν περιορίζεται μόνο εντός του πάρκου, αλλά επηρεάζει και τις γειτονικές δομημένες περιοχές, συνήθως με χωρική εμβέλεια αντίστοιχη με το πλάτος του πάρκου.[15]

[13] Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M. & Pullin, A.S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97, 147–155.

[14] Wong, N.H., Tan, C.L., Kolokotsa, D.D. & Takebayashi, H. (2021). Greenery as a mitigation and adaptation strategy to urban heat. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2, 166–181.

[15] Oke, T.R., Mills, G., Christen, A. & Voogt, J.A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.

[4.2.3] Τι κάνει ένα πάρκο πιο αποτελεσματικό;

Η δροσιστική ικανότητα ενός πάρκου δεν καθορίζεται μόνο από το μέγεθός του, κάτι που θα εξεταστεί στην επόμενη ενότητα, αλλά και από τη μορφή του, το είδος της βλάστησης και τη μορφολογία της γύρω αστικής περιοχής.

1. **Πάρκα με πυκνή δενδροκάλυψη για μεγαλύτερη επίδραση την ημέρα:** Κατά τις θερμές ώρες της ημέρας, ο συνδυασμός σκίασης και εξατμισοδιαπνοής αποτελεί τον βασικό μηχανισμό δροσισμού. Τα καλώς σχεδιασμένα πάρκα προσφέρουν συνεχείς ζώνες σκιάς, μειώνουν τις θερμοκρασίες επιφανειών και αέρα και προστατεύουν αποτελεσματικά τους επισκέπτες από τη θερμική καταπόνηση. Η φύτευση κατά συστάδες, αντί για συνεχείς ευθύγραμμες δενδροστοιχίες, αυξάνει την ωφέλιμη επιφάνεια σκίασης και ενισχύει τη δροσιστική λειτουργία του πάρκου.[16]
2. **Πάρκα με χαμηλή βλάστηση για μεγαλύτερη επίδραση τη νύχτα:** Σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα δόμησης, όπου οι νυχτερινές θερμοκρασίες παραμένουν αυξημένες, τα πάρκα με μεγαλύτερο συντελεστή θέασης ουρανού (υψηλό ψ_{sky}) ψύχονται γρηγορότερα μετά τη δύση του ήλιου. Αυτή η νυχτερινή ψύξη μειώνει το θερμικό φορτίο του πάρκου, με τη δροσιστική επίδραση να διαχέεται στους γειτονικούς δρόμους και να συμβάλλει στη μείωση της έντασης της αστικής θερμικής νησίδας.
3. **Χωροθέτηση σε σχέση με τον άνεμο:** Η θέση ενός πάρκου στην προσήνεμη πλευρά μιας γειτονιάς, δηλαδή εκεί απ' όπου φυσάει ο άνεμος, ενισχύει σημαντικά τη δροσιστική του επίδραση. Με άλλα λόγια, ο ψυχρότερος αέρας που διαμορφώνεται μέσα στο πάρκο μεταφέρεται προς το εσωτερικό της γειτονιάς. Παράλληλα, η διάταξη των κτιρίων γύρω από το πάρκο πρέπει να επιτρέπει την ανεμπόδιστη κίνηση του αέρα, ώστε να μη διακόπτονται οι διάδρομοι αερισμού που ενισχύουν τη συνολική δροσιστική λειτουργία του χώρου.

[16] Alonzo, M., Ibsen, P.C. & Locke, D.H. (2025). Urban trees and cooling: A review of the recent literature (2018-2024). *Arboriculture & Urban Forestry*, 51.

[4.2.4] Ο ρόλος των πάρκων στην ανθεκτικότητα των ελληνικών πόλεων

Σε πόλεις με υψηλή θερμική επιβάρυνση, περιορισμένη σκίαση και μικρή αναλογία πρασίνου, τα πάρκα αποτελούν υποδομές ζωτικής σημασίας για την κλιματική ανθεκτικότητα. Η ενίσχυση και αναδιανομή των πράσινων χώρων μπορεί να μειώσει σημαντικά τις τοπικές θερμοκρασίες αέρα και επιφάνειας, να βελτιώσει τη θερμική άνεση στους δημόσιους χώρους, να ενισχύσει την ανθεκτικότητα των ευάλωτων ομάδων και, τέλος, να αυξήσει την ποιότητα ζωής σε επίπεδο γειτονιάς.

Τα αστικά πάρκα δεν είναι απλώς χώροι αναψυχής. Αποτελούν φυσικά συστήματα δροσισμού, κρίσιμες υποδομές για την υγεία και την ανθεκτικότητα των πόλεων και βασικά στοιχεία της στρατηγικής προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Στον σχεδιασμό του αυριανού αστικού χώρου, η ενίσχυση του δικτύου πρασίνου, και ιδίως των πάρκων, αποτελεί θεμελιώδη προτεραιότητα για μια πιο δροσερή, ασφαλή και βιώσιμη πόλη.

[4.2.5] Ενδεικτικό σενάριο εφαρμογής

Με βάση τους παραπάνω μηχανισμούς δροσισμού και τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την αποτελεσματικότητα ενός πάρκου, είναι χρήσιμο να εξεταστεί πώς αυτά μεταφράζονται σε πραγματικές αστικές συνθήκες. Το παράδειγμα της πλατείας Κοτζιά δείχνει πώς μια παρέμβαση πρασίνου μπορεί να μεταβάλει ουσιαστικά το τοπικό μικροκλίμα. Η υφιστάμενη κατάσταση (Σχήμα 10β) αποτυπώνει ένα περιβάλλον υψηλής θερμικής επιβάρυνσης, λόγω έλλειψης σκίασης και εκτεταμένων αδιαπέρατων επιφανειών. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες εμφανίζονται κατά μήκος της οδού Αθηνάς και στη συμβολή με τη Σοφοκλέους – μια εικόνα συνεπής με όσα αναλύθηκαν για τον ρόλο της σκίασης, της ανακλαστικότητας και της αποθήκευσης θερμότητας.

Η μετατροπή της πλατείας σε πάρκο 6 στρεμμάτων με συνδυασμό χαμηλής βλάστησης (γρασίδι) και 18 δέντρα (ύψους 5 ως 10 μέτρων) (Σχήμα 10γ) αξιοποιεί ακριβώς τους φυσικούς μηχανισμούς που περιγράφηκαν: μειώνει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, ενισχύει την εξατμισοδιαπνοή και περιορίζει την αποθήκευση θερμότητας στο έδαφος. Το αποτέλεσμα είναι μια διακριτή ψυχρή νησίδα, με μείωση της θερμοκρασίας αέρα κατά περίπου 1,5°C, υπολογιζόμενη στις 15:00 κατά μια τυπική αίθρια θερινή ημέρα. Αξίζει να σημειωθεί ότι η δροσιστική αυτή επίδραση δεν περιορίζεται εντός του πάρκου. Χάρη στη βελτίωση της τοπικής ροής αέρα, επεκτείνεται και στην οδό Σοφοκλέους, επιβεβαιώνοντας ότι ένα καλώς σχεδιασμένο πάρκο μπορεί να ενισχύσει το μικροκλίμα όχι μόνο στο εσωτερικό του, αλλά και στους γύρω δρόμους.

Σχήμα 4. Μικροκλιματική αποτύπωση και σενάριο παρέμβασης για την περιοχή της πλατείας Κοτζιά: α) δορυφορική απεικόνιση της περιοχής, β) υφιστάμενη κατάσταση και γ) σενάριο μετατροπής της πλατείας σε πάρκο με γρασίδι και δέντρα. Θερμοκρασία αέρα (°C) στα 2 μέτρα, απόλυτη τιμή για την υφιστάμενη κατάσταση και μεταβολή συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση για το σενάριο, στις 15:00 κατά τυπική αίθρια θερινή ημέρα. ↓

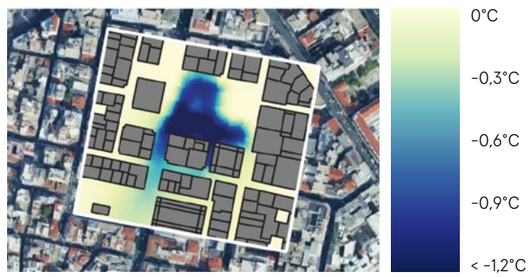
α)



β)



γ)



[4.3] Αστικός βελονισμός, πάρκα τσέπης και κλιματικά καταφύγια

Η δημιουργία δικτύων μικρών και μεσαίων χώρων πρασίνου μέσα στην πόλη, μια προσέγγιση που διεθνώς περιγράφεται ως «αστικός βελονισμός», αποτελεί μια από τις πιο εύκολα εφαρμόσιμες και ευέλικτες στρατηγικές για τον μετριασμό της αστικής υπερθέρμανσης. Σε πόλεις με πυκνή δόμηση και περιορισμένους ελεύθερους χώρους, η στοχευμένη ένταξη μικρών πάρκων στον αστικό ιστό μπορεί να αποφέρει άμεσο μικροκλιματικό όφελος σε επίπεδο γειτονιάς.

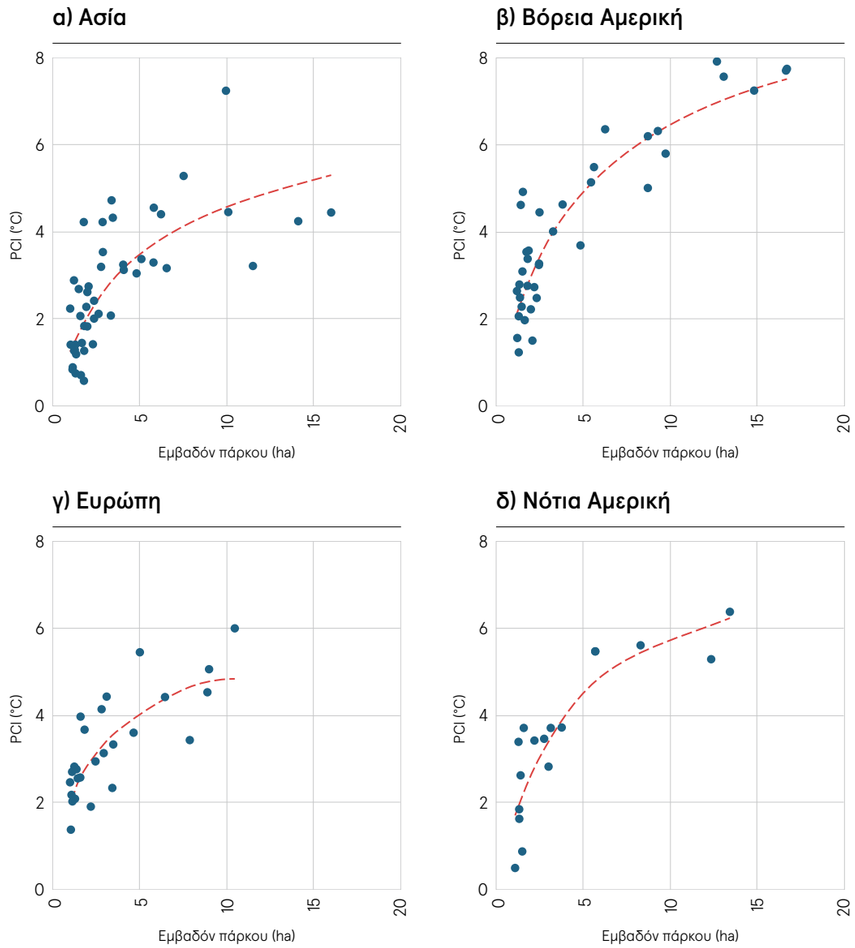
[4.3.1]

Γιατί μικρά και μεσαία πάρκα;

Τα αποτελέσματα ερευνητικής μελέτης μέσω δορυφορικών παρατηρήσεων για μεγάλο αριθμό πάρκων παγκοσμίως δείχνουν ότι δροσιστική επίδραση ενός πάρκου δεν αυξάνεται γραμμικά με το μέγεθός του[17] (Σχήμα 11). Ενώ αρχικά η ένταση της ψυχρής νησίδας αυξάνεται όσο μεγαλώνει το πάρκο, πέρα από ένα σημείο, περίπου στα 100 στρέμματα, η ένταση της δροσιστικής επίδρασης τείνει να σταθεροποιείται. Έτσι, συνεπάγεται ότι πάρκα μεσαίου μεγέθους μπορούν να επιφέρουν παρόμοια μείωση θερμοκρασίας με πολύ μεγαλύτερα. Το εύρημα αυτό δεν μειώνει τη σημασία των μεγάλων πάρκων· αντίθετα, αναδεικνύει την ανάγκη για χωρική διασπορά πολλών μικρών και μεσαίων χώρων πρασίνου, ώστε το όφελος να φτάνει σε περισσότερους κατοίκους.

Εξίσου σημαντικό είναι το γεγονός ότι η επίδραση ενός πάρκου εξασθενεί σχετικά γρήγορα έξω από τα όριά του. Το δροσιστικό όφελος σπάνια υπερβαίνει απόσταση ίση με το πλάτος του πάρκου, ενώ μειώνεται εκθετικά όσο απομακρυνόμαστε από αυτό. Συνεπώς η παρουσία πολλών, καλά κατανεμημένων πάρκων μέσα στον αστικό ιστό εξασφαλίζει μια πιο ισόσταθμη και αποτελεσματική μικροκλιματική επίδραση, ιδιαίτερα σε γειτονιές που πλήττονται περισσότερο από την αστική θερμική επιβάρυνση.

[17] Agathangelidis, I., Blougouras, G., Cartalis, C., Polydoros, A., Tzanis, C.G. & Philippopoulos, K. (2025). Global climatology of the daytime surface cooling of urban parks using satellite observations. *Geophysical Research Letters*, 52, e2024GL112887.



→ **Σχήμα 5. Σύνδεση της έντασης της ψυχρής νησίδας πάρκου (Park Cool Island, PCI) με το εμβαδόν ενός πάρκου για πάρκα εκτενούς δενδροκάλυψης α) στην Ασία, β) στη Βόρεια Αμερική, γ) στην Ευρώπη και δ) στη Νότια Αμερική με βάση δορυφορικές παρατηρήσεις της επιφανειακής θερμοκρασίας. Πηγή δεδομένων: Agathangelidis κ.ά. (2025b).**

[4.3.2]

Πάρκα τσέπης – μικρή κλίμακα, στοχευμένη δροσιστική επίδραση

Τα πάρκα τσέπης αποτελούν, ίσως, την πιο χαρακτηριστική εφαρμογή του αστικού βελονισμού. Παρά το περιορισμένο τους μέγεθος, μπορούν να βελτιώσουν αισθητά το μικροκλίμα μιας γειτονιάς όταν σχεδιάζονται προσεκτικά και εξασφαλίζεται η άρδευση και η τακτική συντήρησή τους. Ερευνητικές μελέτες δείχνουν ότι τα πάρκα τσέπης:

- μειώνουν τη θερμοκρασία αέρα κατά 0,5-1°C,[18,19]
- έχουν δροσιστική εμβέλεια 30-100 μέτρα,[20]
- λειτουργούν αποτελεσματικότερα όταν δεν περικλείονται από πολύ υψηλή δόμηση,
- αποδίδουν πολύ περισσότερο όταν συνδέονται μεταξύ τους, σχηματίζοντας διαδρόμους αερισμού.

Αν και η επίδραση κάθε μεμονωμένου πάρκου είναι σχετικά περιορισμένη, η συνολική συμβολή πολλών τέτοιων παρεμβάσεων μπορεί να βελτιώσει ουσιαστικά τις θερμικές συνθήκες σε επίπεδο γειτονιάς, ειδικά σε περιοχές με έντονη θερμική καταπόνηση.

[18] Zhou, S.-Q., Yu, Z.-W., Ma, W.-Y., Yao, X.-H., Xiong, J.-Q., Ma, W.-J., Xiang, S.-Y., Yuan, Q., Hao, Y.-Y., Xu, D.-F. κ.ά. (2025). Vertical canopy structure dominates cooling and thermal comfort of urban pocket parks during hot summer days. *Landscape and Urban Planning*, 254, 105242.

[19] Rosso, F., Pioppi, B. & Pisello, A.L. (2022). Pocket parks for human-centered urban climate change resilience: Microclimate field tests and multi-domain comfort analysis through portable sensing techniques and citizens' science. *Energy and Buildings*, 260, 111918.

[4.3.3]

Σχολικές αυλές ως κλιματικά καταφύγια

Οι σχολικές αυλές αποτελούν μια από τις πιο υποτιμημένες, αλλά κρίσιμες αστικές υποδομές. Σε πόλεις που πρωτοστατούν στην προσαρμογή στην κλιματική κρίση, όπως η Βαρκελώνη και το Παρίσι, οι αυλές μετατρέπονται σε πράσινους ανοιχτούς χώρους που λειτουργούν ως «κλιματικά καταφύγια» και είναι προσβάσιμοι στη γειτονιά εκτός σχολικού ωραρίου. Με τον Δήμο Αθηναίων να διαθέτει πάνω από 300 σχολικές αυλές, υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας ενός εκτεταμένου και ισχυρού δικτύου κλιματικών καταφυγίων, με σημαντικό μικροκλιματικό και κοινωνικό όφελος.

Γενικότερα, ως κλιματικά καταφύγια μπορούν να θεωρηθούν μικροί, σκιασμένοι ή φυτεμένοι χώροι που προσφέρουν προστασία κατά τη διάρκεια ενός καύσωνα. Στόχος τους είναι να αποτελούν εύκολα προσβάσιμα σημεία δροσιάς σε πυκνοκατοικημένες γειτονιές, κοντά σε σχολεία, στάσεις ΜΜΜ, κέντρα υγείας και κοινωνικές δομές.

[20] Wong, N.H., Tan, C.L., Kolokotsa, D.D. & Takebayashi, H. (2021). Greenery as a mitigation and adaptation strategy to urban heat. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2, 166-181.

[4.3.4]

Τοπικές πράσινες παρεμβάσεις για πιο ανθεκτικές γειτονιές

Ο αστικός βελονισμός δεν αφορά μεμονωμένες παρεμβάσεις, αλλά τη στρατηγική οργάνωση ενός ενιαίου και λειτουργικού δικτύου: μικρά πάρκα, πράσινες νησίδες, δέντρα σε πεζοδρόμια, φυτεύσεις σε ανοιχτά τμήματα δρόμων, σημεία ανάπαυσης και αναψυχής. Η φιλοσοφία μετατοπίζεται από το «ένα μεγάλο πάρκο για όλη την πόλη» στο «πολλά μικρά πάρκα για όλες τις γειτονιές». Με τον τρόπο αυτό, το μικροκλιματικό όφελος διαχέεται ομοιόμορφα στον αστικό ιστό, και ενισχύεται η ανθεκτικότητα κάθε γειτονιάς απέναντι στις ακραίες θερμοκρασίες.

[4.3.5] Ενδεικτικό σενάριο εφαρμογής

Με βάση τα παραπάνω, οι μικρές και στοχευμένες παρεμβάσεις πρασίνου μπορούν να προσφέρουν ουσιαστικό μικροκλιματικό όφελος ακόμα και σε ιδιαίτερα πυκνοδομημένες περιοχές. Η περίπτωση του Αγίου Διονυσίου στον Πειραιά αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα. Στην υφιστάμενη κατάσταση (Σχήμα 12β), η περιοχή παρουσιάζει αυξημένες θερμοκρασίες αέρα, καθώς κυριαρχούν μεγάλες, εκτεθειμένες επιφάνειες και απουσιάζουν χώροι πρασίνου. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, η αξιοποίηση μικρών διαθέσιμων οικοπέδων και σχολικών αυλών για τη δημιουργία πάρκων τσέπης λειτουργεί ως ουσιαστική μορφή αστικού βελονισμού.

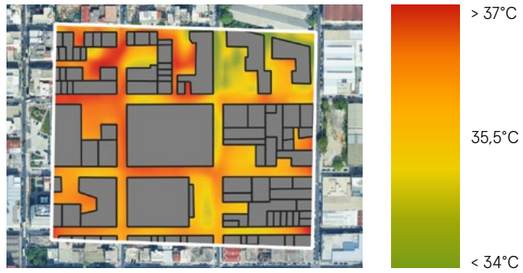
Όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης (Σχήμα 12γ), η συνδυαστική λειτουργία πέντε νέων γειτονικών πάρκων τσέπης, ο συνδυασμός χαμηλή βλάστηση (γρασίδι) και δέντρα, βελτιώνει αισθητά το μικροκλίμα της περιοχής. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η δημιουργία μικρού πάρκου στον αύλειο χώρο του 13ου Γυμνασίου Πειραιά, όπου η θερμοκρασία μειώνεται τοπικά ως και κατά 2°C. Το δροσιστικό όφελος επεκτείνεται και στους γειτονικούς δρόμους μέσω της ενίσχυσης της τοπικής κυκλοφορίας του αέρα, επιβεβαιώνοντας ότι ακόμα και περιορισμένες παρεμβάσεις μπορούν να έχουν κλιματικά πολλαπλασιαστικό αποτέλεσμα όταν εφαρμόζονται συνδυαστικά. Το παράδειγμα αυτό αναδεικνύει στην πράξη τη φιλοσοφία του αστικού βελονισμού. Πολλές μικρές πράσινες παρεμβάσεις, σωστά κατανεμημένες, μπορούν να βελτιώσουν ουσιαστικά τις θερμικές συνθήκες και να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα ολόκληρης της γειτονιάς.

Σχήμα 6. Μικροκλιματική αποτύπωση και σενάριο παρέμβασης για την περιοχή Αγίου Διονυσίου Πειραιά: α) δορυφορική απεικόνιση της περιοχής, όπου τα λευκά σημεία αντιστοιχούν στα προτεινόμενα σημεία δημιουργίας πάρκων τσέπης, β) υφιστάμενη κατάσταση, γ) σενάριο πάρκων τσέπης, συμπεριλαμβανομένου του αύλειου χώρου σχολείου. Θερμοκρασία αέρα (°C) στα 2 μέτρα, απόλυτη τιμή για την υφιστάμενη κατάσταση και μεταβολή συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση για το σενάριο, στις 15:00 κατά τυπική αίθρια θερινή ημέρα. ↓

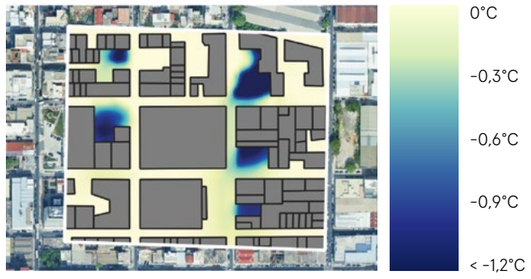
α)



β)



γ)



[4.4] Αστικά δέντρα

Η παρουσία και σωστή συντήρηση των δέντρων στους δρόμους της πόλης αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα για τον μετριασμό της αστικής επιβάρυνσης. Η σκίαση και η εξατμισοδιαπνοή που προσφέρουν μειώνουν τις θερμοκρασίες των επιφανειών, βελτιώνουν τη θερμική άνεση και ενισχύουν την ποιότητα του αστικού μικροκλίματος. Στο αστικό περιβάλλον, όπου οι ανθρωπογενείς επιφάνειες συσσωρεύουν θερμότητα την ημέρα και οι νύχτες παραμένουν θερμές, τα δέντρα λειτουργούν ως φυσικοί μηχανισμοί ψύξης, με πολλαπλά οφέλη για τους κατοίκους και τα οικοσυστήματα.

[4.4.1] Πώς τα δέντρα δροσίζουν τις πόλεις

Η δροσιστική επίδραση που προσφέρουν τα δέντρα προκύπτει κυρίως από δύο φυσικούς μηχανισμούς, που είναι οι ακόλουθοι:

- **Σκίαση:** Η κόμη των δέντρων μειώνει σημαντικά την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο έδαφος και στις γύρω επιφάνειες, περιορίζοντας τη θέρμανσή τους κατά την ημέρα. Ως αποτέλεσμα, οι θερμοκρασίες αέρα τόσο την ημέρα όσο και μετά τη δύση του ήλιου είναι χαμηλότερες.
- **Εξατμισοδιαπνοή:** Μέσω της διαπνοής, τα δέντρα απελευθερώνουν υδρατμούς από τους πόρους των φύλλων τους, ψύχουν το φύλλωμα και τον γύρω αέρα, δημιουργώντας ένα τοπικό μικροκλίμα με χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Πέρα από τον δροσισμό, τα δέντρα μειώνουν την απορροή όμβριων υδάτων, απορροφούν και αποθηκεύουν διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), βελτιώνουν την ποιότητα του αέρα και συμβάλλουν στη δημιουργία μικρών αστικών οικοσυστημάτων που ενισχύουν τη βιοποικιλότητα και την ποιότητα ζωής.

[4.4.2] Σχεδιαστικές αρχές για τη φύτευση δέντρων στους δρόμους

Για να αξιοποιηθεί στο μέγιστο το δροσιστικό δυναμικό τους, η τοποθέτηση των δέντρων πρέπει να ακολουθεί τη γεωμετρία του δρόμου, τον προσανατολισμό και την πορεία του ήλιου μέσα στην ημέρα.

- **Κάλυψη δρόμων:** Προτείνεται ότι τουλάχιστον το 75% του μήκους των δρόμων μιας συνοικίας θα πρέπει να διαθέτει δενδροκάλυψη που ξεπερνά το 30%.[21]
- **Προσανατολισμοί:**
  - **Δρόμοι Βορρά προς Νότο (Β-Ν):** Η φύτευση διαμορφώνεται ανάλογα με τις ώρες μέγιστης ηλιακής έκθεσης, με προτεραιότητα στην ανατολική πλευρά για πρωινή σκίαση και στη δυτική πλευρά για απογευματινή σκίαση.
  - **Δρόμοι Ανατολή προς Δύση (Α-Δ):** Μικρότερη ανάγκη για φύτευση σε σχέση με τους δρόμους Β-Ν, λόγω αυξανόμενης σκίασης. Συνιστάται φύτευση και στις δύο πλευρές, με προτεραιότητα στη νότια, όπου η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη.
  - **Ενδιάμεσοι προσανατολισμοί:** Επιλογή της πλευράς με τη μεγαλύτερη ηλιοφάνεια, ώστε να εξασφαλίζεται σκίαση κατά τις πιο θερμές ώρες.
- **Επιλογή ειδών:** Προτιμώνται φυλλοβόλα δέντρα, ώστε να παρέχεται σκίαση το καλοκαίρι και να επιτρέπεται η διείσδυση ηλιακής ακτινοβολίας τον χειμώνα.
- **Ετερογενής δενδροφύτευση:** Η χρήση διαφορετικών ειδών και υψών αυξάνει την «τραχύτητα» του αστικού ιστού, βελτιώνει τη ροή αέρα και μειώνει τη θερμική συσσώρευση.

[21] Siebentritt, M., Eadie, M., Watson, T., Day, S., Tapper, N., Nice, K., Nazarian, N. & Pfautsch, S. (2022). Cool suburbs: User guide and science rationale. Western Sydney Regional Organisation of Councils.

- **Στρατηγικά ανοίγματα:** Αποφεύγεται η πλήρης και συνεχής κάλυψη του δρόμου, ώστε να διευκολύνεται η νυχτερινή ψύξη και η φυσική κυκλοφορία του αέρα.
- **Σκίαση για τους πεζούς:** Η τοποθέτηση των δέντρων πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη χρήση του δρόμου στη διάρκεια της ημέρας (π.χ., αποχώρηση μαθητών), ώστε η σκιά να προστατεύει αποτελεσματικά τους πεζούς κατά τις ώρες αιχμής.

[4.4.3] Επιλογή κατάλληλων ειδών για ελληνικές πόλεις

Η Μεσόγειος αποτελεί κλιματικό hotspot, με την κλιματική αλλαγή να επιφέρει αύξηση θερμοκρασιών, αυξημένη συχνότητα καυσώνων και μείωση της εδαφικής υγρασίας. Οι συνθήκες αυτές καθιστούν αναγκαία την αναθεώρηση των επιλογών φύτευσης, με γνώμονα την αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και ξηρασία.

Πολλά ξενικά είδη, όπως η φλαμουριά και η ιπποκαστανιά, παρουσιάζουν συχνά πρόωρη ξήρανση, μείωση της φωτοσυνθετικής τους ικανότητας και έντονο θερμικό στρες σε θερμοκρασίες καύσωνα.[22] Ακόμα και ορισμένα μεσογειακά είδη, όπως η πεύκη ή, σε κάποιον βαθμό, και η ελιά, μπορούν να υποφέρουν σε περιοχές με περιορισμένη υγρασία και αυξημένο θερμικό φορτίο.

[22] Haase, D. & Hellwig, R. (2022). Effects of heat and drought stress on the health status of six urban street tree species in Leipzig, Germany. Trees, Forests and People, 8, 100252.

[4.4.4] Καταλληλότερα είδη για το μελλοντικό κλίμα:

- Χαρουπιά (Ceratonia siliqua)
- Κουκουναριά (Pinus pinea)
- Αριά (Quercus ilex)
- Κουτσουπιά (Cercis siliquastrum)
- Αγριελιά (Olea europaea var. Oleaster)
- Σχίνος (Pistacia lentiscus L.)
- Θρούμπη (Satureja thymbra), ιδιαίτερα για παράκτιες ζώνες

Τα είδη αυτά χαρακτηρίζονται από βαθύ και ανθεκτικό ριζικό σύστημα, χαμηλές απαιτήσεις άρδευσης και αυξημένη ανθεκτικότητα στο θερμικό στρες, καθιστώντας τα πιο κατάλληλες επιλογές για τις ελληνικές πόλεις του μέλλοντος.



[4.4.5] Σημασία της υφιστάμενης δενδροκάλυψης

Η ορθή συντήρηση και διατήρηση της υπάρχουσας δενδροκάλυψης σε κάθε περιοχή θεωρείται κρίσιμη για ένα ανθεκτικό αστικό οικοσύστημα. Η αξιολόγηση των υφιστάμενων δέντρων πρέπει να λαμβάνει υπόψη το είδος, την υγεία, τη θέση και την προσαρμοστικότητά τους στο μελλοντικό κλίμα. Η απομάκρυνση υγιών δέντρων πρέπει να αποφεύγεται, ενώ, όπου είναι εφικτό, προτείνεται η μεταφύτευση. Η σωστή φροντίδα των νεότερων δέντρων –επάρκεια νερού, προστασία ριζικού συστήματος, σωστή διαμόρφωση κόμης– ενισχύει σημαντικά τη μακροχρόνια ανθεκτικότητά τους.

[4.4.6] Ο κανόνας 3-30-300

Η ποιότητα του αστικού πρασίνου συνδέεται άμεσα με την υγεία και την καθημερινή ευημερία των κατοίκων. Ο κανόνας «3-30-300»[23] προτείνει ότι κάθε κάτοικος πρέπει:

- να βλέπει τουλάχιστον 3 δέντρα από το σπίτι του,
- να ζει σε γειτονιά με τουλάχιστον 30% δενδροκάλυψη,
- να βρίσκεται σε απόσταση ως 300 μέτρων από δημόσιο χώρο πρασίνου.

Η προσέγγιση αυτή διατυπώθηκε αρχικά από τον Ολλανδό Cecil Konijnendijk και στοχεύει όχι μόνο στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής επιβάρυνσης, αλλά και στη δικαιότερη κατανομή του αστικού πρασίνου και στη βελτίωση της ψυχικής και σωματικής υγείας των κατοίκων. Το πόσο πράσινο αντιστοιχεί σε κάθε κάτοικο του Δήμου Αθηναίων ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με τον οργανισμό και τη μεθοδολογία που εφαρμόζεται, με έναν μέσο όρο περίπου 4 τ.μ. ανά κάτοικο,[24,25,26] με αντίστοιχα χαμηλές τιμές να αναφέρονται και για τη Θεσσαλονίκη (2,8 τ.μ[27]). Σε κάθε περίπτωση, και οι δύο μεγάλες ελληνικές πόλεις απέχουν σημαντικά από την τήρηση του κανόνα «3-30-300», γεγονός που καταδεικνύει την ανάγκη για στοχευμένη στρατηγική αύξησης των διαθέσιμων χώρων πρασίνου.

[23] Konijnenijk, C. (2021). The 3-30-300 rule for urban forestry and greener cities. *Biophilic Cities Journal*, 4 (2), 2.

[24] OECD, 2014. Economic Environmental and Social Statistics. Διαθέσιμο στο http://dx.doi.org/10.1787/factbook-2014-en (ανακτήθηκε στις 13 Ιανουαρίου 2026).

[25] Δήμος Αθηναίων, 2022. Α΄ Μέρος Σχεδίου Δράσης για το Κλίμα. Διαθέσιμο στο https://www.cityofathens.gr/wp-content/uploads/2022/08/schedio-gia-tin-klimatiki-allagi-9-6-2022.pdf (ανακτήθηκε στις 13 Ιανουαρίου 2026).

[4.5] Ψυχρά υλικά

Η θερμική επιβάρυνση των πόλεων οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στα ίδια τα δομικά τους υλικά. Σκούρες ασφάλτινες επιφάνειες, τσιμέντο, πλακοστρώσεις και συμβατικές οροφές απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας και κατά τους θερινούς μήνες μπορούν να φτάσουν σε εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες, λειτουργώντας ως «δεξαμενές θερμότητας». Καθώς θερμαίνονται, μεταφέρουν αυτή τη θερμότητα στον υπερκείμενο αέρα, δημιουργώντας τοπικά σημεία υπερθέρμανσης και επηρεάζοντας αρνητικά τη θερμική άνεση στους δρόμους, στις πλατείες και στο εσωτερικό των κτιρίων.

Τα «ψυχρά υλικά» (“cool materials”) είναι ειδικά διαμορφωμένα δομικά υλικά που περιορίζουν την απορρόφηση και την αποθήκευση ηλιακής ενέργειας, λόγω υψηλής ανακλαστικότητας και αυξημένου συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας. Η σύστασή τους περιλαμβάνει συνήθως ειδικά υποστρώματα ή επικαλύψεις με ανακλαστικές χρωστικές όπως είναι οι πολυουρεθανικές ή άλλες πολυμερικές επικαλύψεις, που αυξάνουν την ανακλαστικότητα των επιφανειών. Εφαρμόζονται σε οδοστρώματα, στέγες, όψεις κτιρίων και υπαίθριες επιφάνειες, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τα ψυχρά ασφαλτικά υλικά, τις ψυχρές βαφές και επιστρώσεις, καθώς και ειδικά υλικά για πεζοδρόμια και πλατείες, όπως ψυχρή άμμος ή χαλίκι αυξημένης ανακλαστικότητας. Παρότι το αρχικό κόστος τους είναι υψηλότερο από αυτό των συμβατικών υλικών, αποτελούν οικονομικά αποδοτικές παρεμβάσεις σε πιο μακροπρόθεσμο ορίζοντα, λόγω της βελτίωσης του μικροκλίματος και της μείωσης των ενεργειακών αναγκών ψύξης.

[26] Karanikola, P., Panagopoulos, T., Tampakis, S., Simoglou, G. & Tzelepi, A. (2023). Perceptions of urban green infrastructure in two contrasting municipalities of the metropolitan area of Athens, Greece. *Nature-Based Solutions*, 3, 100063.

[27] Δήμος Θεσσαλονίκης, 2024. Παρατηρητήριο Αστικής Ανθεκτικότητας. 3η Εκθεση Αναφοράς. Διαθέσιμο στο https://thessaloniki.gr/wp-content/uploads/2024/07/3-%CE%95%CE%BA%CE%B8%CE%B5%CF%83%CE%B7-%CE%91%CE%BD%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AC%CF%82.pdf (ανακτήθηκε στις 13 Ιανουαρίου 2026).

[4.5.1] Τι είναι τα ψυχρά υλικά;

Τα ψυχρά υλικά είναι ειδικά διαμορφωμένα δομικά στοιχεία που περιορίζουν την απορρόφηση και την αποθήκευση θερμότητας. Βασίζονται σε δύο βασικές θερμικές ιδιότητες:

- **Υψηλή ανακλαστικότητα:** Ανακλούν μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, τόσο στο ορατό όσο και στο εγγύς υπέρυθρο φάσμα, μειώνοντας τη θερμότητα που απορροφά η επιφάνεια.
- **Υψηλό συντελεστή εκπομπής:** Αποβάλλουν πιο εύκολα τη θερμότητα που τελικά απορροφούν, επιτρέποντας στην επιφάνεια να ψύχεται γρηγορότερα σε σχέση με τα συμβατικά υλικά.

[4.5.2] Πού εφαρμόζονται;

Τα ψυχρά υλικά μπορούν να εφαρμοστούν σε πλήθος αστικών επιφανειών, όπως δρόμους, πεζοδρόμια και πλατείες (ψυχρά δάπεδα), προσόψεις κτιρίων και οροφές, όπου συναντάμε το πιο αποδοτικό πεδίο εφαρμογής, λόγω της άμεσης και συνεχούς έκθεσης στον ήλιο. Σε μια τυπική θερινή ημέρα, το τσιμέντο μπορεί να φτάσει τους 50°C, ενώ η άσφαλτος ξεπερνά ακόμα και τους 60°C.[28] Με την εφαρμογή ψυχρών υλικών, οι θερμοκρασίες επιφάνειας μειώνονται κατά περίπου 10°C, και σε ορισμένες περιπτώσεις η μείωση μπορεί να φτάσει και τους 20°C,[29,30] περιορίζοντας αισθητά τη θερμική καταπόνηση για τους κατοίκους.



[28] Oke, T.R., Mills, G., Christen, A. & Voogt, J.A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.

[29] Nazarian, N., Krayenhoff, E.S., Bechtel, B., Hondula, D.M., Paolini, R., Vanos, J., Cheung, T., Chow, W.T.L., de Dear, R., Jay, O. κ.ά. (2022), Integrated Assessment of Urban Overheating Impacts on Human Life. *Earth's Future*, 10, e2022EF002682. Διαθέσιμο στο doi:10.1029/2022EF002682 (ανακτήθηκε στις 18 Ιανουαρίου 2026).

[30] Synnefa, A., Santamouris, M. & Apostolakis, K. (2007). On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment. *Solar Energy*, 81, 488-497.

[4.5.3] Ψυχρά δάπεδα και επιφάνειες

Τα ψυχρά δάπεδα είναι ιδιαίτερα σημαντικά, καθώς το οδόστρωμα και τα πεζοδρόμια καλύπτουν έως και το 50% μιας συνοικίας και βρίσκονται σε άμεση επαφή με τα χαμηλότερα στρώματα του αέρα. Κάποια υλικά ψυχρών δαπέδων μπορούν να αυξήσουν την ανακλαστικότητα από 15-30% στις συμβατικές περιπτώσεις έως και άνω του 50% σε ειδικές περιπτώσεις. Παράλληλα, η εφαρμογή απλών επιστρώσεων υψηλής ανακλαστικότητας μπορεί να βελτιώσει την απόδοση υπαρχουσών επιφανειών.

Παρά το γεγονός ότι ορισμένες πολύ ανοιχτόχρωμες επιφάνειες μπορούν, όταν εκτίθενται στον ήλιο, να προκαλέσουν ανεπιθύμητη θάμβωση, δηλαδή έντονη και ενοχλητική ανάκλαση φωτός που δυσκολεύει την όραση πεζών και οδηγών και επιβαρύνει την άνεση στον δημόσιο χώρο, οι σύγχρονες τεχνολογίες έχουν δώσει αποτελεσματικές λύσεις. Σήμερα διατίθενται έγχρωμα/σκουρόχρωμα «ψυχρά» υλικά, π.χ., κεραμικά υλικά, με υψηλή ανακλαστικότητα στο μη ορατό υπέρυθρο φάσμα, ενώ ανακλούν λιγότερο ισχυρά το ορατό φως. Με αυτό τον τρόπο, μειώνουν σημαντικά την απορρόφηση θερμότητας, περιορίζοντας συγχρόνως τον κίνδυνο θάμβωσης και χωρίς να αλλοιώνουν την αισθητική του αστικού περιβάλλοντος. Θέματα κόστους και μαζικής παραγωγής λειτουργούν, εν μέρει, προς το παρόν ανασταλτικά όσον αφορά την ευρεία χρήση τους. Μια θετική κίνηση προς αυτή την κατεύθυνση θα ήταν η ρητή συμπερίληψή τους, όπως και των λοιπών ψυχρών υλικών, στις επιλέξιμες κατηγορίες παρεμβάσεων των προγραμμάτων ενεργειακής αναβάθμισης κατοικιών.

[31] Pisello, A.L., Saliari, M., Vasilakopoulou, K., Hadad, S. & Santamouris, M. (2018). Facing the urban overheating: Recent developments, mitigation potential and sensitivity of the main technologies. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment*, 7 (4), e294.

[32] Santamouris, M., Ding, L., Fiorito, F., Oldfield, P., Osmond, P., Paolini, R., Prasad, D. & Synnefa, A. (2017). Passive and active cooling for the outdoor built environment: Analysis and assessment of the cooling potential of mitigation technologies using performance data from 220 large-scale projects. *Solar Energy*, 154, 14-33.

[4.5.4] Ψυχρές οροφές

Οι οροφές αποτελούν έναν από τους πιο κρίσιμους χώρους για την εφαρμογή ψυχρών υλικών, καθώς καλύπτουν σημαντικό μέρος της συνολικής αστικής επιφάνειας και δέχονται τη μέγιστη ηλιακή ακτινοβολία.

Αποτελέσματα εφαρμογής ψυχρών οροφών:

- μείωση της εσωτερικής θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους του κτιρίου,[31]
- μείωση θερμοκρασίας του αέρα στο επίπεδο του δρόμου κατά 0,3-2°C,[32]
- εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη της τάξης του 10-30%,[33]
- μειωμένη καταπόνηση των κλιματιστικών συστημάτων,[34]
- αυξημένη διάρκεια ζωής της οροφής λόγω χαμηλότερων θερμικών φορτίων [35]

Το πρόγραμμα NYC CoolRoofs στη Νέα Υόρκη έχει αποδείξει στην πράξη τη δυνατότητα μεγάλης κλίμακας εφαρμογής των ψυχρών υλικών. Από το 2009 μέχρι σήμερα, περισσότερα από 1 εκατομμύριο τ.μ. των οροφών της πόλης έχουν επικαλυφθεί με υψηλής ανακλαστικότητας λευκά επιχρίσματα,[36] στοχεύοντας σε μείωση του κόστους ψύξης κατά 10-30%,[37] περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και βελτίωση της εσωτερικής θερμικής άνεσης. Οι ψυχρές οροφές μπορούν να μειώσουν την εσωτερική θερμοκρασία μη κλιματιζόμενων κατοικιών κατά περίπου 30%,[38] ενώ κάθε 230 τ.μ. επικαλυμμένης στέγης αντιστοιχούν σε μείωση περίπου 1 τόνου CO_2.[32] Παράλληλα, το πρόγραμμα συνδυάζει περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη, συμβάλλοντας στον στόχο της πόλης για κλιματική ουδετερότητα ως το 2050.

[33] Synnefa, A., Santamouris, M. & Apostolakis, K. (2007). On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment. *Solar Energy*, 81, 488-497.488-497.

[34] Aboelata, A. (2021). Reducing outdoor air temperature, improving thermal comfort, and saving buildings' cooling energy demand in arid cities: Cool paving utilization. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102762.

[35] U.S. Department of Energy, 2025. Cool roofs. Διαθέσιμο στο https://www.energy.gov/energysaver/cool-roofs (ανακτήθηκε στις 13 Ιανουαρίου 2026).

[36] New York City, 2025. Mayor's Office of Climate & Environmental Justice, Green Jobs Embracing opportunity in the green economy. Διαθέσιμο στο https://www.nyc.gov/content/climate/pages/green-jobs (ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2026).

[37] C40 Cities Climate Leadership Group, 2023. NYC CoolRoofs Programme – Good Practice Guide. Διαθέσιμο στο https://www.c40.org/case-studies/c40-good-practice-guides-new-york-nyc-coolroofs-programme/ (ανακτήθηκε στις 13 Ιανουαρίου 2026).

[38] NYC Department of Small Business Services, 2026. CoolRoofs. Διαθέσιμο στο https://nyc-business.nyc.gov/nycbusiness/business-services/incentives/nyc-coolroofs (ανακτήθηκε στις 13 Ιανουαρίου 2026).

[4.5.5] Θερμοχρωμικά υλικά

Τα θερμοχρωμικά υλικά αποτελούν μια πιο «εξελιγμένη» κατηγορία ψυχρών υλικών, καθώς μπορούν να μεταβάλλουν τις οπτικές τους ιδιότητες ανάλογα με τη θερμοκρασία.[39] Τα υλικά αυτά βασίζονται σε επικαλύψεις με θερμοχρωμικές χρωστικές και χαρακτηρίζονται από μια οριακή θερμοκρασία αλλαγής χρώματος. Τον χειμώνα σκουραίνουν, απορροφώντας περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία και συμβάλλοντας στη θέρμανση. Αντίθετα, το καλοκαίρι γίνονται πιο ανοιχτόχρωμα, αυξάνοντας την ανακλαστικότητά τους και μειώνοντας την απορροφώμενη θερμότητα. Η δυναμική αυτή συμπεριφορά τα καθιστά ιδιαίτερα υποσχόμενα για στέγες και εξωτερικούς τοίχους. Παρ' όλα αυτά, πριν από την ευρεία εφαρμογή τους, η μείωση του κόστους παραγωγής και η αντιμετώπιση ζητημάτων γήρανσης του υλικού παραμένουν αντικείμενα ενεργού έρευνας.

[39] Karlessi, T., Santamouris, M., Apostolakis, K., Synnefa, A. & Livada, I.J. (2009). Development and testing of thermochromic coatings for buildings and urban structures. *Solar Energy*, 83 (4), 538-551.

[4.5.6] Ενδεικτικό σενάριο εφαρμογής

Η περιοχή της πλατείας Ομονοίας, όπως αποτυπώνεται στις μικροκλιματικές προσομοιώσεις του Σχήματος 13, αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μιας εξόχως επιβαρυμένης θερμικά ζώνης. Μεγάλη κτιριακή πυκνότητα, υψηλές τιμές του δείκτη H/W και εκτεταμένες αδιαπέρατες επιφάνειες οδηγούν σε παγίδευση θερμότητας και αυξημένες θερμοκρασίες αέρα (Σχήμα 13β).

Η εφαρμογή ψυχρών υλικών στο οδόστρωμα και στα πεζοδρόμια (Σχήμα 13γ) μειώνει σημαντικά την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τις αστικές επιφάνειες, οδηγώντας σε αισθητή μείωση της θερμοκρασίας αέρα της τάξης των 0,3-1°C σε επίπεδο δρόμου. Πρόκειται για μια από τις πιο άμεσες και αποτελεσματικές επεμβάσεις, ιδίως σε περιοχές όπου οι επιφάνειες χαμηλής ανακλαστικότητας καταλαμβάνουν μεγάλο ποσοστό του αστικού ιστού. Ωστόσο, όπως έχει αναφερθεί ήδη, απαιτείται προσεκτικός σχεδιασμός ώστε να αποφευχθούν πιθανά ζητήματα θάμβωσης ή αύξησης της ανακλώμενης ακτινοβολίας προς τους πεζούς.

Αντίθετα, η χρήση ψυχρών οροφών κατά μήκος της οδού Πατησίων (Σχήμα 13δ) παρουσιάζει μικρότερη επίδραση στο μικροκλίμα του δρόμου, με μειώσεις που συνήθως δεν ξεπερνούν τους 0,4°C. Αυτό οφείλεται στο μεγάλο ύψος των κτιρίων, το οποίο περιορίζει τη θερμική αλληλεπίδραση των δροσερών οροφών με τα χαμηλότερα στρώματα του αέρα. Παρ' όλα αυτά, οι ψυχρές οροφές εξακολουθούν να προσφέρουν σημαντικά οφέλη σε επίπεδο κτιρίου, μειώνοντας τη θερμοκρασία των εσωτερικών χώρων και τις ανάγκες ψύξης.

Σχήμα 7. Μικροκλιματική αποτύπωση και σενάριο παρέμβασης για την περιοχή της πλατείας Ομονοίας: α) δορυφορική απεικόνιση της περιοχής, β) υφιστάμενη κατάσταση, γ) σενάριο ψυχρών υλικών σε οδόστρωμα και πεζοδρόμια, δ) σενάριο ψυχρών οροφών στην οδό Πατησίων (στο τμήμα της εντός της περιοχής προσομοίωσης). Θερμοκρασία αέρα (°C) στα 2 μέτρα, απόλυτη τιμή για την υφιστάμενη κατάσταση και μεταβολή συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση για το σενάριο, στις 15:00 κατά τυπική αίθρια θερινή ημέρα. ↓

α)



β)



γ)



δ)



[4.6] Πράσινες οροφές και τοίχοι

Οι πράσινες οροφές και οι πράσινοι τοίχοι αποτελούν από τις πιο αποτελεσματικές λύσεις βιοκλιματικού σχεδιασμού για τη μείωση της αστικής θερμικής καταπόνησης. Ενσωματώνουν τη βλάστηση σε σημεία όπου ο ελεύθερος χώρος είναι περιορισμένος, μειώνουν τις θερμοκρασίες επιφανειών, βελτιώνουν το μικροκλίμα και συμβάλλουν στη διαχείριση των όμβριων υδάτων.

[40] Lukinov, V., Kumar, C.V., Venkateswara Reddy, L., Gupta, M., Ikram, M., Jain, A., Verma, R., Sharma, P. & Hussein, L. (2024). Mitigating urban heat islands using green roof technology. Στο S. Dixit (επιμ.), *E3S Web of Conferences* (σ. 01020). EDP Sciences.

[4.6.1] Πράσινες οροφές

Οι πράσινες οροφές λειτουργούν ως φυσικό θερμικό φίλτρο: μειώνουν σημαντικά τη θερμική ροή προς το κτίριο, ενισχύουν τον δροσισμό μέσω σκίασης και εξατμισοδιαπνοής, ενώ προστατεύουν το στεγανωτικό σύστημα της οροφής από την ηλιακή ακτινοβολία και τις θερμικές καταπονήσεις.[41] Για να είναι αποτελεσματικές, πρέπει να εξασφαλίζονται[42]:

- βέλτιστη στρωματοποίηση, με σωστή αποστράγγιση και υγρομόνωση,
- σύστημα άρδευσης χαμηλών απαιτήσεων, ιδανικά με αξιοποίηση βρόχινου νερού,
- φυτοκάλυψη με είδη ανθεκτικά σε ξηρασία και υψηλές θερμοκρασίες,
- έλεγχος πρόσθετων φορτίων, για την αποφυγή επηρεασμού των στατικών χαρακτηριστικών του κτιρίου

[41] European Environment Agency. Green roofs and walls. Διαθέσιμο στο https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/green-roofs (ανακτήθηκε στις 13 Ιανουαρίου 2026).

[42] U.S. Environmental Protection Agency, 2025. Using Green Roofs to Reduce Heat Islands. Διαθέσιμο στο https://www.epa.gov/heatislands/using-green-roofs-reduce-heat-islands (ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2026).

[4.6.2] Τύποι πράσινων οροφών

«Εκτατικές» πράσινες οροφές:

- έχουν μικρό βάρος και ρηχό υπόστρωμα,
- χρησιμοποιούν χαμηλή, ανθεκτική βλάστηση,
- απαιτούν περιορισμένη συντήρηση και ελάχιστη άρδευση,
- είναι κατάλληλες για μεγάλες επιφάνειες και για κτίρια παλαιότερης κατασκευής.

«Εντατικές» πράσινες οροφές:

- αναπτύσσουν μεγαλύτερο βάθος υποστρώματος,
- φιλοξενούν πολυετείς φυτεύσεις, θάμνους ή μικρά δέντρα,
- απαιτούν συστηματική συντήρηση και συνεχή άρδευση,
- παρέχουν δυνατότητες χρήσης τους ως χώρων αναψυχής.

Και οι δύο κατηγορίες συμβάλλουν στη μείωση των αναγκών ψύξης και θέρμανσης του κτιρίου, και όταν εφαρμοστούν σε μεγάλη κλίμακα, βελτιώνουν σημαντικά το αστικό θερμικό περιβάλλον. Η συνδυασμένη χρήση τους με φωτοβολταϊκά αποτελεί πλέον βέλτιστη πρακτική, καθώς η ψυχρότερη οροφή αυξάνει την απόδοση των πάνελ.[43]

[43] Schindler, B.Y., Blaustein, L., Lotan, R., Shalom, H., Kadas, G.J. & Seifan, M. (2018). Green roof and photovoltaic panel integration: Effects on plant and arthropod diversity and electricity production. *Journal of Environmental Management*, 225, 288-299.

[4.6.3]

Πράσινοι τοίχοι

Οι πράσινοι τοίχοι δημιουργούν ένα στρώμα θερμικής και οπτικής προστασίας στην πρόσοψη. Η βλάστηση μειώνει την ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στον τοίχο, περιορίζει τη θερμοκρασία της επιφάνειας και βελτιώνει την ποιότητα του αέρα σε πυκνοδομημένες περιοχές.[44]

Πρέπει να διακρίνονται από τις πράσινες όψεις. Ο πράσινος τοίχος διαθέτει υπόστρωμα, σύστημα φύτευσης και άρδευση σε όλη την επιφάνεια, ενώ η πράσινη όψη αφορά αναρριχώμενα φυτά σε ελαφρύ στήριγμα και δεν κατατάσσεται στην ίδια κατηγορία λειτουργικών συστημάτων.

[4.6.4]

Οφέλη πράσινων τοίχων

- Σκιάζουν και μειώνουν σημαντικά τις θερμοκρασίες των εξωτερικών επιφανειών.[45]
- Βελτιώνουν την ηχομόνωση και την ποιότητα του αέρα.[46]
- Ενισχύουν την αισθητική και τη βιοποικιλότητα στις πυκνοδομημένες περιοχές.[47]

Ο σωστός σχεδιασμός απαιτεί κατάλληλη επιλογή ειδών, αξιόπιστη άρδευση και καλή γνώση της έκθεσης στον ήλιο, ώστε το σύστημα να λειτουργεί με βιώσιμο τρόπο μακροπρόθεσμα.[48]



[44] Tan, H., Kotamarthi, R., Wang, J., Qian, Y. & Chakraborty, T.C. (2023). Impact of different roofing mitigation strategies on near-surface temperature and energy consumption over the Chicago metropolitan area during a heatwave event. *Science of the Total Environment*, 860, 160508.

[45] Alexandri, E. & Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, 43 (4), 480-493.

[46] Qian, X., Zhang, X., Weerasuriya, A.U. & Zhai, J. (2024). Designing green walls to mitigate fine particulate pollution in an idealized urban environment. *Sustainable Cities and Society*, 113, 105640.

[47] Collins, R., Schaafsma, M. & Hudson, M.D. (2017). The value of green walls to urban biodiversity. *Land Use Policy*, 64, 114-123.

[48] Manso, M. & Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 863-871.

[4.7]

Superblocks

Τα superblocks ή υπερ-τετράγωνα αποτελούν ένα σύγχρονο μοντέλο αστικού σχεδιασμού που αναδιοργανώνει ομάδες οικοδομικών τετραγώνων σε γειτονιές χαμηλής κυκλοφορίας και υψηλής ποιότητας δημόσιου χώρου.[49] Συνήθως διαμορφώνονται ως πλέγμα 3×3 οικοδομικών τετραγώνων (περίπου 500×500 μέτρα), όπου η κυκλοφορία των IX περιορίζεται στην περιμετρική ζώνη, ενώ οι εσωτερικοί δρόμοι δίνουν προτεραιότητα σε πεζούς, ποδηλάτες και ήπιες μετακινήσεις οχημάτων που αφορούν τους κατοίκους στα κτίρια των πεζοδρομημένων οδών. Με τη μείωση της διαμπερούς κυκλοφορίας, οι εσωτερικές οδοί μετατρέπονται σε χώρους πρασίνου, με δέντρα, χαμηλή φύτευση και νέες ευκαιρίες δροσισμού μέσω σκίασης και εξατμισοδιαπνοής. Έτσι, μειώνεται σημαντικά η θερμική καταπόνηση της γειτονιάς και ενισχύεται η ποιότητα ζωής.

[49] Eggimann, S. (2022). The potential of implementing superblocks for multifunctional street use in cities. *Nature Sustainability*, 5 (5), 406-414.

[4.7.1]

Βαρκελώνη – από τη θεωρία στην πράξη

Η Βαρκελώνη εφαρμόζει συστηματικά το μοντέλο των superblocks από τις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας, δείχνοντας ότι μεγάλες αλλαγές μπορούν να επιτευχθούν χωρίς εκτεταμένες κατασκευές. Τα αποτελέσματα του προγράμματος αναπλάσεων περιλαμβάνουν:[50,51]

- αύξηση της τάξης του ~30% των χώρων για πεζούς μέσω μετατροπής εσωτερικών δρόμων σε πράσινους δημόσιους χώρους,
- σημαντική ενίσχυση της φύτευσης και της σκίασης,
- χρήση υλικών συγκράτησης νερού και συστημάτων επαναχρησιμοποίησης,
- τοπική μείωση αιωρούμενων σωματιδίων, που σε ορισμένες περιπτώσεις προσεγγίζει το 40%,
- μείωση θορύβου κατά περίπου 5-7 ντεσιμπέλ (dB) και βελτίωση της ποιότητας ύπνου,
- ενίσχυση της κοινωνικής ζωής και της φυσικής δραστηριότητας

Η εμπειρία της Βαρκελώνης αποδεικνύει ότι τα superblocks μπορούν να εφαρμοστούν αποτελεσματικά και σε πυκνοδομημένες πόλεις, προσφέροντας συνδυαστικά περιβαλλοντικά, θερμικά και κοινωνικά οφέλη.

[50] Ajuntament de Barcelona, 2025. Superilles – Superblocks programme. Διαθέσιμο στο https://ajuntament.barcelona.cat/superilles/en (ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2026).

[51] Mueller, N., Rojas-Rueda, D., Khreis, H., Cirach, M., Andrés, D., Ballester, J., Bartoll, X. κ.ά. (2020). Changing the urban design of cities for health: The superblock model. *Environment International*, 134, 105132.

[4.7.2]

Superblocks στην Ελλάδα – δυνατότητες και περιορισμοί

Με βάση τη θεωρία, τα superblocks ευνοούνται σε πόλεις με ορθογωνική ρυμοτομία, επαρκή πληθυσμιακή πυκνότητα και δυνατότητα αναδιοργάνωσης της κυκλοφορίας χωρίς να διακόπτονται βασικοί οδικοί άξονες.[52] Στις ελληνικές πόλεις, όπου κυριαρχούν η υψηλή πυκνότητα δόμησης, η έλλειψη ελεύθερων και κοινόχρηστων χώρων, η θερμική επιβάρυνση, τα προβλήματα ποιότητας αέρα και ο αυξημένος θόρυβος, τα superblocks αναδεικνύονται ως μια «έξυπνη λύση» για την επανάκτηση δημόσιου χώρου χωρίς εκτεταμένες απαλλοτριώσεις. Ωστόσο η συχνά άναρχη και μη ορθογωνική ρυμοτομία, καθώς και ο κίνδυνος διατάραξης της εύρυθμης λειτουργίας του οδικού και συγκοινωνιακού δικτύου εισάγουν περιορισμούς ως προς τη δυνατότητα ευρείας εφαρμογής τους. Συνεπώς η επιτυχία τους εξαρτάται κυρίως από τη στοχευμένη χωρική επιλογή περιοχών όπου η παρέμβαση μπορεί να αποδώσει περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη χωρίς να υποβαθμίζεται η συνολική λειτουργικότητα της πόλης.

Σε κάθε περίπτωση, για να λειτουργήσουν αποτελεσματικά, τα superblocks πρέπει επιπλέον να ενταχθούν σε ένα ολιστικό σχέδιο μετασχηματισμού, όχι ως μεμονωμένες παρεμβάσεις. Απαιτούνται ταυτόχρονες δράσεις, όπως ενίσχυση και προτεραιότητα στη δημόσια συγκοινωνία, δημιουργία γειτονιών «15 λεπτών», δημιουργία δικτύων ψυχρών υποδομών (δενδροστοιχίες, σκίαση δρόμων, πράσινες οροφές), ασφαλείς και συνεχείς ποδηλατικές διαδρομές. Με αυτό τον τρόπο, τα superblocks μπορούν να αποτελέσουν βασικό εργαλείο για πιο δίκαιες, υγιείς και κλιματικά ανθεκτικές πόλεις.

[52] Eggimann, S. (2022). Expanding urban green space with superblocks. *Land Use Policy*, 117, 106111.

[4.7.3] Ενδεικτικό σενάριο εφαρμογής

Η αξία των superblocks στην αντιμετώπιση της αστικής υπερθέρμανσης αποτυπώνεται καθαρά στην περίπτωση μια χωρικής ενότητας στο Γκύζη, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 14. Η υφιστάμενη κατάσταση (Σχήμα 14β) δείχνει μια τυπική πυκνοδομημένη αθηναϊκή γειτονιά. Στενοί δρόμοι, υψηλές τιμές H/W και λιγοστό πράσινο δημιουργούν έντονη παγίδευση θερμότητας γύρω από το 40ό Δημοτικό Σχολείο Αθηνών. Η προτεινόμενη εφαρμογή ενός superblock γύρω από το σχολικό συγκρότημα (Σχήμα 14γ) περιλαμβάνει την απόδοση των περιμετρικών δρόμων στους πεζούς, με αντικατάσταση της ασφάλτου από χαμηλή βλάστηση (γρασίδι) και την ενίσχυση της δενδροφύτευσης κατά μήκος των οδών. Το αποτέλεσμα, σύμφωνα με τη μικροκλιματική προσομοίωση, είναι μια μείωση της θερμοκρασίας αέρα κατά περίπου 1°C κατά μήκος των περιμετρικών οδών και περίπου 0,5°C στον κεντρικό πυρήνα του σχολείου.

Σχήμα 8. Μικροκλιματική αποτύπωση και σενάριο παρέμβασης για την περιοχή Γκύζη γύρω από το 40ό Δημοτικό Σχολείο: α) δορυφορική απεικόνιση της περιοχής, όπου οι λευκές διακεκομμένες γραμμές αντιστοιχούν στις προτεινόμενες οδούς δημιουργίας superblock, β) υφιστάμενη κατάσταση, γ) σενάριο δημιουργίας superblock. Θερμοκρασία αέρα (°C) στα 2 μέτρα, απόλυτη τιμή για την υφιστάμενη κατάσταση και μεταβολή συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση για το σενάριο, στις 15:00 κατά τυπική αίθρια θερινή ημέρα. ↓

α)



β)



γ)



[4.8] Βιοκλιματικά κτίρια

Τα βιοκλιματικά κτίρια αξιοποιούν το τοπικό κλίμα και τις αρχές του παθητικού σχεδιασμού, ώστε να διατηρούνται άνετες εσωτερικές συνθήκες με περιορισμένη χρήση μηχανικών συστημάτων. Το κέλυφος, η σκίαση, ο προσανατολισμός, η θερμική μάζα και ο φυσικός αερισμός λειτουργούν ως ενεργά στοιχεία του σχεδιασμού, μειώνοντας τις θερμικές φορτίσεις και ενισχύοντας τη συνολική ενεργειακή απόδοση. Η ποιότητα του βιοκλιματικού σχεδιασμού επηρεάζει άμεσα τόσο τη θερμική άνεση των χρηστών όσο και το θερμικό ισοζύγιο της πόλης.

[4.8.1] Βασικές αρχές βιοκλιματικού σχεδιασμού

Ως βιοκλιματικό κτίριο ορίζεται ένα κτίριο που ανταποκρίνεται στις κλιματικές συνθήκες του περιβάλλοντός του και έχει σχεδιαστεί ώστε να εξασφαλίζει βέλτιστες εσωτερικές συνθήκες θερμικής άνεσης και ποιότητας αέρα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με την ελάχιστη δυνατή κατανάλωση ενέργειας, κατατασσόμενο στις ανώτερες ενεργειακές κατηγορίες, όπως αυτές κάθε φορά ορίζονται.[53] Ο παθητικός σχεδιασμός στοχεύει στη μείωση των ψυκτικών φορτίων και στην πρόληψη της υπερθέρμανσης, ενώ κάθε νέο κτίριο οφείλει να ενσωματώνει τουλάχιστον δύο συμπληρωματικές στρατηγικές παθητικού δροσισμού, πέραν των ελάχιστων νομοθετικών απαιτήσεων.

[53] Olgyay, V. (2015). Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton University Press.

Οι σημαντικότερες στρατηγικές είναι:

- **Σχεδιασμός κελύφους με σωστό προσανατολισμό:** Μεγιστοποίηση της ηλιακής προστασίας στις δυτικές/νοτιοδυτικές όψεις και αξιοποίηση της ηλιακής ακτινοβολίας τον χειμώνα όπου αυτό είναι δυνατόν.
- **Σκίαση ανοιγμάτων και εξωτερικών επιφανειών:** Προεξοχές, πέργκολες, κινητά σκίαστρα και φυτεύσεις μειώνουν σημαντικά τις θερμικές φορτίσεις.
- **Ενισχυμένη θερμομόνωση και υλικά με κατάλληλη θερμική μάζα:** Η θερμική αδράνεια αποτρέπει τις απότομες μεταβολές θερμοκρασίας και περιορίζει την υπερθέρμανση.
- **Στρατηγικές ανάκλασης και μείωσης θερμικής μάζας:** Επιλογή ανακλαστικών υλικών εξωτερικού κελύφους, χρωματισμοί υψηλής ανακλαστικότητας και περιορισμός υπερβολικής θερμικής μάζας σε εκτεθειμένες ζώνες.
- **Υβριδικά συστήματα δροσισμού:** Συνδυασμός φυσικών μηχανισμών με αποδοτικά μηχανικά συστήματα χαμηλής ισχύος.

[4.8.2] Τι χαρακτηρίζει ένα πραγματικά βιοκλιματικό κτίριο;

'Ενα κτίριο θεωρείται πραγματικά βιοκλιματικό όταν σχεδιάζεται ολιστικά και σε βάθος χρόνου, με στόχο να:[54]

- ελαχιστοποιεί την κατανάλωση ενέργειας και νερού,
- χρησιμοποιεί υλικά φιλικά προς το περιβάλλον και χαμηλού ενσωματωμένου άνθρακα,
- εξασφαλίζει φυσικό φωτισμό χωρίς υπερθέρμανση,
- ενσωματώνει συστήματα διαχείρισης ομβρίων (π.χ., συλλογή και επαναχρησιμοποίηση),
- συνδέεται με το αστικό πράσινο και τη μικροκλιματική στρατηγική της περιοχής,
- προάγει την υγεία, άνεση και ευεξία των χρηστών.

[54] European Commission, 2025. Energy performance of buildings. Διαθέσιμο στο https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings_en (ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2026).

Η σωστή λειτουργία του κτιρίου είναι εξίσου κρίσιμη. Η εκπαίδευση των χρηστών μέσω στοχευμένης ενημέρωσης για τη χρήση παθητικών συστημάτων και η παρακολούθηση της απόδοσης μέσω συστηματικής καταγραφής και αξιολόγησης ενεργειακών και περιβαλλοντικών δεδομένων παρέχουν εγγυήσεις ότι οι βιοκλιματικές αρχές εφαρμόζονται σε βάθος χρόνου.

[4.8.3] Πιστοποίηση LEED – ένα διεθνές πλαίσιο

Το σύστημα πιστοποίησης LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) BD+C (Building Design and Construction) αφορά τη φάση του σχεδιασμού και της κατασκευής νέων ή ριζικά ανακαινιζόμενων κτιρίων και αποτελεί ένα από τα πλέον διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα βιωσιμότητας στον κατασκευαστικό τομέα.[55] Εχει αναπτυχθεί από το U.S. Green Building Council (USGBC) και στοχεύει στην προώθηση κτιρίων υψηλής περιβαλλοντικής απόδοσης, με μειωμένο ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα σε όλο τον κύκλο ζωής τους.

Η πιστοποίηση LEED εφαρμόζεται σήμερα σε περισσότερα από 90.000 έργα παγκοσμίως, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα χρήσεων (γραφεία, κατοικίες, εκπαιδευτικά και υγειονομικά κτίρια κ.ά.). Η αξιολόγηση της περιβαλλοντικής απόδοσης βασίζεται σε ένα σύστημα βαθμολόγησης που περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, κριτήρια όπως η ενεργειακή αποδοτικότητα, η ορθολογική διαχείριση φυσικών πόρων και νερού, η χρήση βιώσιμων και χαμηλού περιβαλλοντικού αποτυπώματος υλικών, καθώς και η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος (θερμική άνεση, φυσικός φωτισμός, ποιότητα αέρα).

Τα επίπεδα πιστοποίησης διακρίνονται σε Certified, Silver, Gold και Platinum, ανάλογα με τη συνολική βαθμολογία που συγκεντρώνει κάθε έργο. Η επίτευξη πιστοποίησης LEED Gold υποδηλώνει την υλοποίηση ενός κτιρίου με υψηλό επίπεδο βιωσιμότητας, σημαντική μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και αυξημένη ποιότητα για τους χρήστες του, αποτελώντας συχνά σημείο αναφοράς για σύγχρονες πρακτικές αειφόρου σχεδιασμού. Το σύστημα LEED είναι συμβατό και συγκρίσιμο με άλλα διεθνή συστήματα πιστοποίησης βιώσιμων κτιρίων, όπως το BREEAM,[56] επιτρέποντας την παράλληλη ή συμπληρωματική εφαρμογή τους ανάλογα με τους στόχους κάθε έργου.

[55] U.S. Green Building Council, 2025. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Διαθέσιμο στο https://www.usgbc.org/leed (ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2026).

[56] BREEAM, 2025. BREEAM – Sustainable building certification. Διαθέσιμο στη: https://breeam.com (ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2026).

[4.8.4] Παραδείγματα βιοκλιματικών κτιρίων στην Ελλάδα

- **Πύργος Πειραιά (LEED Platinum):** Ανασχεδιασμένη πρόσοψη, σημαντική μείωση ψυκτικών φορτίων, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και περιορισμός ενσωματωμένου άνθρακα.
- **HUB26 & πρώην εγκαταστάσεις ΦΙΞ-Θεσσαλονίκη (LEED Gold):** Ανακλαστικά υλικά, πράσινες υποδομές, συλλογή βρόχινου νερού και προηγμένα συστήματα διαχείρισης αποβλήτων.
- **Kaizen Campus (LEED Gold):** Αυτοματισμοί, αποδοτικό HVAC, δεξαμενές 1.000m³ βρόχινου νερού, ακριβής μελέτη φυσικού φωτισμού.
- **Κτιριακό συγκρότημα ΤΕΕ (υπό ανάπτυξη):** Πράσινες οροφές, Φ/Β, αναβαθμισμένο κέλυφος και σχεδιασμένη ενεργειακή αυτονομία.

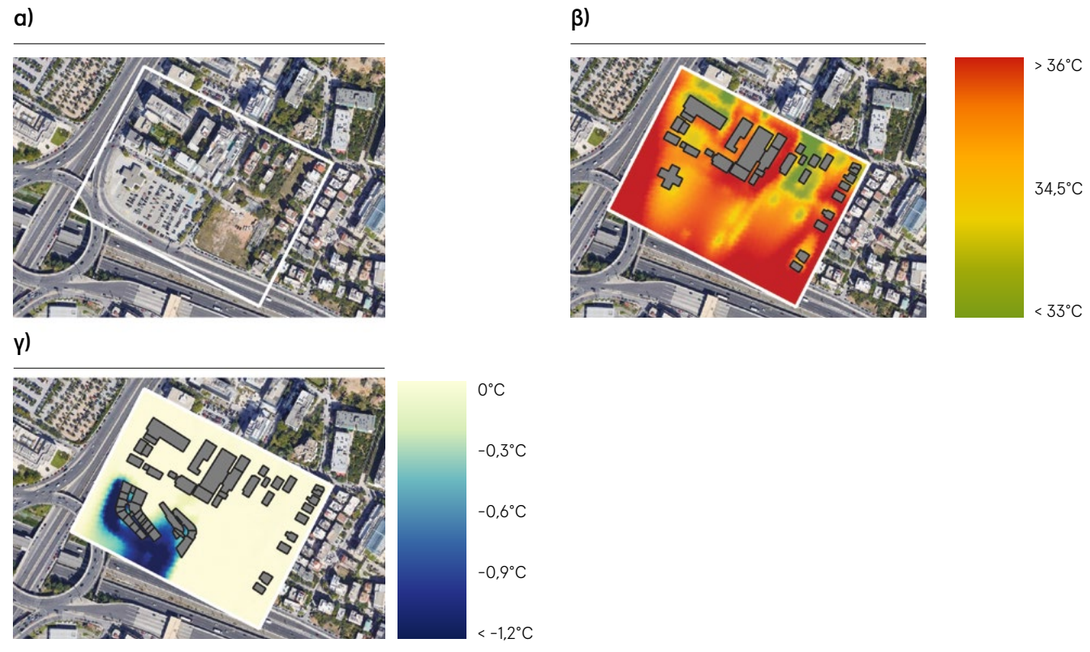
[4.8.5] Ενδεικτικό σενάριο εφαρμογής

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ολοκληρωμένου βιοκλιματικού σχεδιασμού αποτελεί η νέα ανάπτυξη του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας στο Μαρούσι,[57] όπου αξιολογήθηκε τόσο το κτίριο όσο και η συνολική αστική ανάπλαση του οικοπέδου. Στην υφιστάμενη κατάσταση (Σχήμα 15β), η περιοχή λειτουργούσε ως έντονο θερμικό hotspot. Η Αττική Οδός και οι εκτεταμένες αδιαπέρατες επιφάνειες του οικοπέδου απορροφούσαν υψηλά ποσά ηλιακής ενέργειας, με ελάχιστη σκίαση και σχεδόν μηδενική βλάστηση. Το νέο κτιριακό συγκρότημα σχεδιάστηκε με σαφή βιοκλιματική λογική. Οι δύο κτιριακοί όγκοι τοποθετούνται σε διάταξη «Γ», δημιουργώντας έναν εσωτερικό κήπο, ενώ η σταδιακή υποχώρηση των ανώτερων ορόφων δημιουργεί διαδοχικές πράσινες οροφές, που λειτουργούν ως πολλαπλά επίπεδα παθητικού δροσισμού. Το κέλυφος και ο προσανατολισμός αξιοποιούν τη σκίαση και τον φυσικό φωτισμό, μειώνοντας τα θερμικά φορτία.

[57] DIMAND, 2025. Ανάπλαση ΤΕΕ. Διαθέσιμο στο https://dimand.gr/projects/ακίνητο-ιδιοκτησίας-τεχνικού-επιμελητηρίου-ελλάδος (ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2026).

Ωστόσο η ουσιαστική βελτίωση προκύπτει από το γεγονός ότι το έργο αντιμετωπίστηκε όχι μόνο ως κτίριο, αλλά ως ολιστική ανάπλαση του οικοπέδου: νέες δενδροστοιχίες, εκτεταμένη χαμηλή φύτευση και διάχυτες πράσινες επιφάνειες ενισχύουν την εξατμισοδιαπνοή και μειώνουν την απορρόφηση θερμότητας από το έδαφος και τις όψεις. Σύμφωνα με τις προσομοιώσεις (Σχήμα 15γ), ο συνδυασμός πράσινων οροφών, σκίασης και νέων φυτεύσεων οδηγεί σε μείωση της θερμοκρασίας αέρα κατά 1–1,5°C σε σύγκριση με την προηγούμενη κατάσταση, με το δροσιστικό όφελος να εκτείνεται και πέρα από τα όρια του οικοπέδου. Η παρέμβαση επιβεβαιώνει ότι ένα μεγάλο κτιριακό σύνολο, όταν σχεδιάζεται με παθητικές αρχές και ενσωματώνει πράσινες υποδομές, μπορεί να λειτουργήσει όχι ως πηγή υπερθέρμανσης, αλλά ως τοπικός πυρήνας μικροκλιματικής βελτίωσης. Το παράδειγμα του Αμαρουσίου δείχνει στην πράξη πώς η βιοκλιματική αρχιτεκτονική, όταν συνδυάζεται με στοχευμένη αστική φύτευση και ανασχεδιασμό του υπαίθριου χώρου, μπορεί να μεταμορφώσει θερμικά επιβαρυμένες περιοχές και να συμβάλει σε πιο ανθεκτικές και ανθρώπινες πόλεις.

Σχήμα 9. Μικροκλιματική αποτύπωση και σενάριο παρέμβασης για την περιοχή του Αμαρουσίου (νέο συγκρότημα ΤΕΕ): α) δορυφορική απεικόνιση της περιοχής, β) υφιστάμενη κατάσταση, γ) σενάριο ανάπλασης με γρασίδι, δέντρα και δύο νέα κτίρια με εκτεταμένες πράσινες οροφές. Θερμοκρασία αέρα (°C) στα 2 μέτρα, απόλυτη τιμή για την υφιστάμενη κατάσταση και μεταβολή συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση για το σενάριο, στις 15:00 κατά τυπική αίθρια θερινή ημέρα. ↓



[4.9]

Παράκτια δόμηση

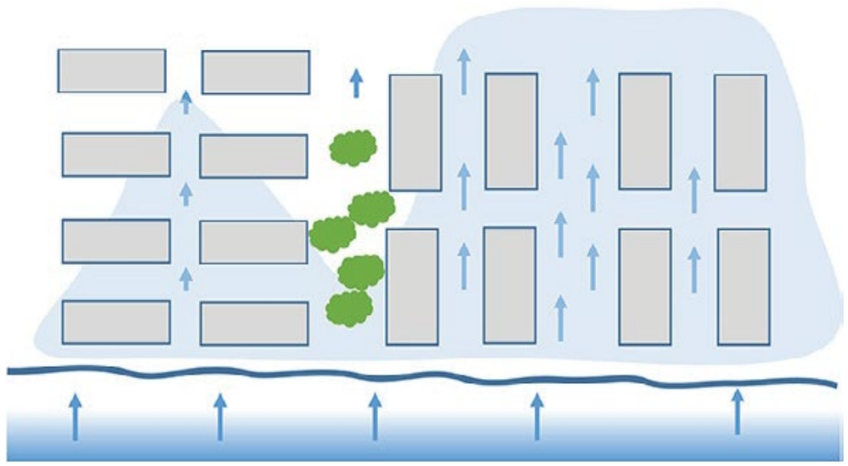
Στις παράκτιες πόλεις η θαλάσσια αύρα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους φυσικούς μηχανισμούς δροσισμού,[58] ενώ μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της θερμοκρασίας αέρα ως και 4°C στις ελληνικές πόλεις κατά τη διάρκεια καυσώνων.[59] Κατά τη διάρκεια της ημέρας, η ξηρά θερμαίνεται ταχύτερα από τη θάλασσα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια ροή ψυχρότερου αέρα από τη θάλασσα προς την ενδοχώρα. Η παρουσία της θαλάσσιας αύρας συνοδεύεται από αύξηση της ταχύτητας του ανέμου και μείωση της θερμοκρασίας, προσφέροντας ουσιαστική ανακούφιση σε συνθήκες αστικής θερμικής επιβάρυνσης.[60] Η ένταση και η εμβέλεια της θαλάσσιας αύρας εξαρτώνται κυρίως από τη διαφορά θερμοκρασίας ξηράς-θάλασσας. Για τις θερινές αίθριες ημέρες, η θαλάσσια αύρα μπορεί να διεισδύσει αρκετά χιλιόμετρα εντός της πόλης, εφόσον η πολεοδομική διάταξη δεν εμποδίζει την κίνησή της.

Η μορφολογία της πόλης παίζει κρίσιμο ρόλο (Σχήμα 16):

- Συνεχείς ζώνες κτιρίων μεγάλου ύψους παράλληλα στην ακτογραμμή μπορούν να λειτουργήσουν ως εμπόδιο, περιορίζοντας ή και αποκλείοντας τη διείσδυση της θαλάσσιας αύρας στον αστικό ιστό.
- Αντίθετα, κτίρια και δρόμοι κάθετοι προς τη θάλασσα διευκολύνουν τη διείσδυση της θαλάσσιας αύρας σε μεγαλύτερη απόσταση μέσα στην πόλη.

Η διεθνής εμπειρία, όπως το παράδειγμα του Χονγκ Κονγκ,[61] δείχνει ότι η ανεξέλεγκτη παράκτια δόμηση μπορεί να δημιουργήσει «τείχη» από ψηλά κτίρια τα οποία στερούν από ολόκληρες συνοικίες τον φυσικό δροσισμό που προσφέρει η θαλάσσια αύρα. Η αποτελεσματική αξιοποίηση της θαλάσσιας αύρας ενισχύεται όταν ο πολεοδομικός σχεδιασμός προβλέπει βασικούς οδικούς άξονες και ανοιχτούς χώρους κάθετους προς την ακτογραμμή, οι οποίοι λειτουργούν ως διάδρομοι αερισμού. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η χαμηλότερη δόμηση σε συνδυασμό με επαρκή πλάτη οδών και αποστάσεις μεταξύ των κτιρίων επιτρέπει την απρόσκοπτη διείσδυση της θαλάσσιας αύρας στο εσωτερικό της πόλης.[62]

Αντίθετα, η ανάπτυξη ψηλών και πυκνά τοποθετημένων κτιρίων κοντά στην ακτή, ιδιαίτερα όταν αυτά διατάσσονται παράλληλα προς αυτήν, μπορεί να περιορίσει σημαντικά την εμβέλεια του φυσικού δροσισμού. Παράδειγμα καλής πρακτικής αποτελεί η πόλη της Σιγκαπούρης, όπου, παρά την παρουσία ψηλών κτιρίων στο παράκτιο μέτωπο, η διάταξη και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά τους είναι τέτοια ώστε να διασφαλίζεται η παρουσία διαδρόμων αερισμού και η λειτουργία της θαλάσσιας αύρας ως βασικού στοιχείου του αστικού μικροκλίματος.[63]



→
Σχήμα 10. Σχηματική απεικόνιση της επίδρασης της κτιριακής διάταξης στη διείσδυση της θαλάσσιας αύρας στον αστικό ιστό. Πηγή δεδομένων: Stewart & Mills (2021).

[58] Stewart, I.D. & Mills, G. (2021). *The urban heat island*. Elsevier.

[59] Papanastasiou, D.K., Melas, D., Bartzanas, T. & Kittas, C. (2010). Temperature, comfort and pollution levels during heat waves and the role of sea breeze. *International Journal of Biometeorology*, 54 (3), 307-317.

[60] Miller, S.T.K., Keim, B.D., Talbot, R.W. & Mao, H. (2003). Sea breeze: Structure, forecasting, and impacts. *Reviews of Geophysics*, 41 (3).

[61] Lei, B.Q., Li, L. & Chan, P.W. (2024). Long-term trend in the sea-land breeze in Hong Kong. *Urban Climate*, 55, 101981.

[62] Oke, T.R., Mills, G., Christen, A. & Voogt, J.A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.

[63] Urban Redevelopment Authority (Singapore), 2025. A Cool City in a Warming World (URA Draft Master Plan). Διαθέσιμο στο https://www.uradraftmasterplan.gov.sg/themes/strengthening-urban-resilience/a-cool-city-in-a-warming-world/ (ανακτήθηκε στις 15 Ιανουαρίου 2026).



ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

[Πίνακας 1] Συγκεντρωτική παρουσίαση μέτρων για τη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος και της ανθεκτικότητας των πόλεων. Τα μέτρα οργανώνονται ανά αστική κλίμακα και κατηγορία παρέμβασης. 16

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

[Σχήμα 1] Θεώρηση της χρονικής εξέλιξης των μεταβολών α) των ημερών καύσωνα (τρεις ή περισσότερες ημέρες με μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη από το 90ό εκατοστημόριο των τιμών που έχουν καταγραφεί κατά την περίοδο 1971–2000) και β) των τροπικών νυχτών (ημέρες με ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία άνω των 20°C) σε σύγκριση με τη μέση τιμή της περιόδου 1971–2000, βάσει κλιματικών προσομοιώσεων σύμφωνα με το μετριοπαθές σενάριο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου RCP 4.5 για την αστική περιοχή της Αθήνας. 10–11

[Σχήμα 2] Ομοίως με το Σχήμα 1, για την αστική περιοχή της Θεσσαλονίκης. 11

[Σχήμα 3] Διάταξη πολεοδομικών τετραγώνων για αποτελεσματικό αερισμό: α) προτεινόμενη και β) μη προτεινόμενη διαμόρφωση. 18

[Σχήμα 4] Μικροκλιματική αποτύπωση και σενάριο παρέμβασης για την περιοχή της πλατείας Κοτζιά: α) δορυφορική απεικόνιση της περιοχής, β) υφιστάμενη κατάσταση και γ) σενάριο μετατροπής της πλατείας σε πάρκο με γρασίδι και δέντρα. Θερμοκρασία αέρα (°C) στα 2 μέτρα, απόλυτη τιμή για την υφιστάμενη κατάσταση και μεταβολή συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση για το σενάριο στις 15:00 κατά τυπική αίθρια θερινή ημέρα. 21

[Σχήμα 5] Σύνδεση της έντασης της ψυχρής νησίδας πάρκου (Park Cool Island, PCI) με το εμβαδόν ενός πάρκου για πάρκα εκτενούς δενδροκάλυψης α) στην Ασία, β) στη Βόρεια Αμερική, γ) στην Ευρώπη και δ) στη Νότια Αμερική με βάση δορυφορικές παρατηρήσεις της επιφανειακής θερμοκρασίας. 22

[Σχήμα 6] Μικροκλιματική αποτύπωση και σενάριο παρέμβασης για την περιοχή Αγίου Διονυσίου Πειραιά: α) δορυφορική απεικόνιση της περιοχής, όπου τα λευκά σημεία αντιστοιχούν στα προτεινόμενα σημεία δημιουργίας πάρκων τσέπης, β) υφιστάμενη κατάσταση, γ) σενάριο πάρκων τσέπης, συμπεριλαμβανομένου του αύλειου χώρου σχολείου. Θερμοκρασία αέρα (°C) στα 2 μέτρα, απόλυτη τιμή για την υφιστάμενη κατάσταση και μεταβολή συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση για το σενάριο, στις 15:00 κατά τυπική αίθρια θερινή ημέρα. 24

[Σχήμα 7] Μικροκλιματική αποτύπωση και σενάριο παρέμβασης για την περιοχή της πλατείας Ομονοίας: α) δορυφορική απεικόνιση της περιοχής, β) υφιστάμενη κατάσταση, γ) σενάριο ψυχρών υλικών στο οδόστρωμα και πεζοδρόμια, δ) σενάριο ψυχρών οροφών στην οδό Πατησίων (στο τμήμα της εντός της περιοχής προσομοίωσης). Θερμοκρασία αέρα (°C) στα 2 μέτρα, απόλυτη τιμή για την υφιστάμενη κατάσταση και μεταβολή συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση για το σενάριο, στις 15:00 κατά τυπική αίθρια θερινή ημέρα. 30

[Σχήμα 8] Μικροκλιματική αποτύπωση και σενάριο παρέμβασης για την περιοχή Γκύζη γύρω από το 40ό Δημοτικό Σχολείο: α) δορυφορική απεικόνιση της περιοχής, όπου οι λευκές διακεκομμένες γραμμές αντιστοιχούν στις προτεινόμενες οδούς δημιουργίας superblock, β) υφιστάμενη κατάσταση, γ) σενάριο δημιουργίας superblock. Θερμοκρασία αέρα (°C) στα 2 μέτρα, απόλυτη τιμή για την υφιστάμενη κατάσταση και μεταβολή συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση για το σενάριο, στις 15:00 κατά τυπική αίθρια θερινή ημέρα. 34

[Σχήμα 9] Μικροκλιματική αποτύπωση και σενάριο παρέμβασης για την περιοχή του Αμαρουσίου (νέο συγκρότημα ΤΕΕ): α) δορυφορική απεικόνιση της περιοχής, β) υφιστάμενη κατάσταση, γ) σενάριο ανάπλασης με γρασίδι, δέντρα και δύο νέα κτίρια με εκτεταμένες πράσινες οροφές. Θερμοκρασία αέρα (°C) στα 2 μέτρα, απόλυτη τιμή για την υφιστάμενη κατάσταση και μεταβολή συγκριτικά με την υφιστάμενη κατάσταση για το σενάριο, στις 15:00 κατά τυπική αίθρια θερινή ημέρα 37

[Σχήμα 10] Σχηματική απεικόνιση της επίδρασης της κτιριακής διάταξης στη διείσδυση της θαλάσσιας αύρας στον αστικό ιστό. 38

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Καρτάλης, Κ., Κοκκώσης, Χ., Οικονόμου, Δ., Σανταμούρης, Μ., Αγαθαγγελίδης, Η., Πολύδωρος, Α., Κρομμύδα, Β., Κουτσοπούλου, Α. Οι Επιπτώσεις Της Κλιματικής Αλλαγής Στην Ανάπτυξη. *ΔιαΝΕΟσις – Οργανισμός έρευνας και Ανάλυσης* 2017.

[2] Agathangelidis, I., Blougouras, G., Cartalis, C., Polydoros, A., Tzanis, C.G., Philippopoulos, K. Global Climatology of the Daytime Surface Cooling of Urban Parks Using Satellite Observations. *Geophysical Research Letters* 2025, 52, e2024GL112887, doi:10.1029/2024GL112887.

[3] Agathangelidis, I., Giannaros, C., Cartalis, C., Kotroni, V., Lagouvardos, K. Local Climate Zones and Urban Morphology Dataset to Support Numerical Modelling in Greece, Utilizing GIS, Multispectral, and SAR Data. Data in Brief 2025, 111784.

[4] Agathangelidis, I., Cartalis, C., Santamouris, M. Integrating Urban Form, Function, and Energy Fluxes in a Heat Exposure Indicator in View of Intra-Urban Heat Island Assessment and Climate Change Adaptation. *Climate* 2019, 7, 75, doi:https://doi.org/10.3390/cli7060075.

[5] Agency, E.E. European Climate Risk Assessment – Executive Summary, European Environment Agency (EEA), 2024.

[6] Bowler, D.E., Buyung-Ali, L., Knight, T.M., Pullin, A.S. Urban Greening to Cool Towns and Cities: A Systematic Review of the Empirical Evidence. *Landscape and Urban Planning* 2010, 97, 147–155, doi:10.1016/j.landurbplan.2010.05.006.

[7] Giguere, J., Otto, F.E.L., Tannenbaum, J., Vahlberg, M., others Climate Change and the Escalation of Global Extreme Heat: Assessing and Addressing the Risks. Climate Central, Red Cross Red Crescent Climate Centre, World Weather Attribution 2025.

[8] He, B.-J., Ding, L., Prasad, D. Enhancing Urban Ventilation Performance through the Development of Precinct Ventilation Zones: A Case Study Based on the Greater Sydney, Australia. *Sustainable Cities and Society* 2019, 47, 101472.

[9] Kjellstrom, T., Maître, N., Saget, C., Otto, M., Karimova, T. Working on a Warmer Planet: The Effect of Heat Stress on Productivity and Decent Work. 2019.

[10] Lei, B.Q., Li, L., & Chan, P.W. (2024). Long-term trend in the sea-land breeze in Hong Kong. *Urban Climate*, 55, 101981.

[11] Martilli, A. An Idealized Study of City Structure, Urban Climate, Energy Consumption, and Air Quality. *Urban Climate* 2014, 10, 430–446.

[12] Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R. κ.ά. Global Warming of 1.5 C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 2018, 1, 43–50.

[13] Miller, S.T.K., Keim, B.D., Talbot, R.W., & Mao, H. (2003). Sea breeze: Structure, forecasting, and impacts. *Reviews of Geophysics*, 41 (3).

[14] Oke, T.R., Mills, G., Christen, A., Voogt, J.A. *Urban Climates*, Cambridge University Press, 2017.

[15] Paravantis, J., Santamouris, M., Cartalis, C., Efthymiou, C., Kontoulis, N. Mortality Associated with High Ambient Temperatures, Heatwaves, and the Urban Heat Island in Athens, Greece. Sustainability 2017, 9, 606, doi:10.3390/su9040606.

[16] Romanello, M., Walawender, M., Hsu, S.-C., Moskeland, A., Palmeiro-Silva, Y., Scamman, D., Smallcombe, J.W., Abdullah, S., Ades, M., Al-Maruf, A. κ.ά. The 2025 Report of the Lancet Countdown on Health and Climate Change. *The Lancet* 2025.

[17] Rosso, F., Pioppi, B., Pisello, A.L. Pocket Parks for Human-Centered Urban Climate Change Resilience: Microclimate Field Tests and Multi-Domain Comfort Analysis through Portable Sensing Techniques and Citizens' Science. *Energy and Buildings* 2022, 260, 111918, doi:10.1016/j.enbuild.2022.111918.

[18] Santamouris, M. On the Energy Impact of Urban Heat Island and Global Warming on Buildings. *Energy and Buildings* 2014, 82, 100–113, doi:10.1016/j.enbuild.2014.07.022.

[19] Stathopoulou, E., Mihalakakou, G., Santamouris, M., Bagiorgas, H. On the Impact of Temperature on Tropospheric Ozone Concentration Levels in Urban Environments. *Journal of Earth System Science* 2008, 117, 227–236.

[20] Stewart, I.D., Mills, G. *The Urban Heat Island*, Elsevier, 2021,

[21] Nazarian, N., Krayenhoff, E.S., Bechtel, B., Hondula, D.M., Paolini, R., Vanos, J., Cheung, T., Chow, W.T.L., de Dear, R., Jay, O. κ.ά. Integrated Assessment of Urban Overheating Impacts on Human Life. *Earth's Future* 2022, 10, e2022EF002682, doi:10.1029/2022EF002682.

[22] Santamouris, M., Ding, L., Fiorito, F., Oldfield, P., Osmond, P., Paolini, R., Prasad, D., Synnefa, A. Passive and Active Cooling for the Outdoor Built Environment – Analysis and Assessment of the Cooling Potential of Mitigation Technologies Using Performance Data from 220 Large Scale Projects. *Solar Energy* 2017, 154, 14–33, doi:10.1016/j.solener.2016.12.006.

[23] Synnefa, A., Santamouris, M., Apostolakis, K. On the Development, Optical Properties and Thermal Performance of Cool Colored Coatings for the Urban Environment. *Solar energy* 2007, 81, 488–497.

[24] Wong, N.H., Tan, C.L., Kolokotsa, D.D., Takebayashi, H. Greenery as a Mitigation and Adaptation Strategy to Urban Heat. Nat Rev Earth Environ 2021, 2, 166–181, doi:10.1038/s43017-020-00129-5.

[25] Zhou, S.-Q., Yu, Z.-W., Ma, W.-Y., Yao, X.-H., Xiong, J.-Q., Ma, W.-J., Xiang, S.-Y., Yuan, Q., Hao, Y.-Y., Xu, D.-F. κ.ά. Vertical Canopy Structure Dominates Cooling and Thermal Comfort of Urban Pocket Parks during Hot Summer Days. *Landscape and Urban Planning* 2025, 254, 105242, doi:10.1016/j.landurbplan.2024.105242.

DIMAND
REAL ESTATE DEVELOPMENT