

Περιβαλλοντική Αξιοποίηση των Ανεκμετάλλευτων Δωμάτων

Μελέτες σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη

Αυγούστα Στανίτσα¹, Όλγα Τσαγκαλίδου¹, Σίμος Γιάννας²

¹Architectural Association School of Architecture, Λονδίνο, Αγγλία

²Architectural Association School of Architecture, Λονδίνο, Αγγλία

ΤΕΧΝΙΚΟ ΑΡΘΡΟ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Το άρθρο παρουσιάζει τη μελέτη αναβάθμισης των ανεκμετάλλευτων δωμάτων σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη. Η μελέτη έδειξε πως κατάλληλες σχεδιαστικές παρεμβάσεις μπορούν να συνεισφέρουν τόσο στην μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας όσο και στη δημιουργία χώρων υψηλής ποιότητας για τους ενοίκους των κτιρίων κατοικίας και γραφείων στα κέντρα των πόλεων. Το άρθρο συνοψίζει τα αποτελέσματα της έρευνας πεδίου που πραγματοποιήθηκε σε τέσσερα αστικά οικοδομικά τετράγωνα σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη το καλοκαίρι του 2015. Οι μετρήσεις θερμοκρασίας έδειξαν σημαντικές μεταβολές κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας, μεταξύ των περιοχών του κέντρου και των περιοχών κατοικίας χαμηλότερης αστικής δόμησης. Η δυνατότητα μικροκλιματικής αναβάθμισης ερευνήθηκε μέσω προσομοιώσεων ως παράγοντας της αστικής μορφολογίας, του κτιριακού όγκου, των υλικών και της χρήσης φύτευσης και σκίασης. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων διαμόρφωσαν τις σχεδιαστικές προτάσεις που παρουσιάζονται στο τέλος του άρθρου.

Λέξεις κλειδιά: αστικό μικροκλίμα, αστική θερμική νησίδα, δώματα, πράσινες οροφές, φυτεμένες πέργκολες, υλικά, φύτευση, σκίαση, θερμική άνεση

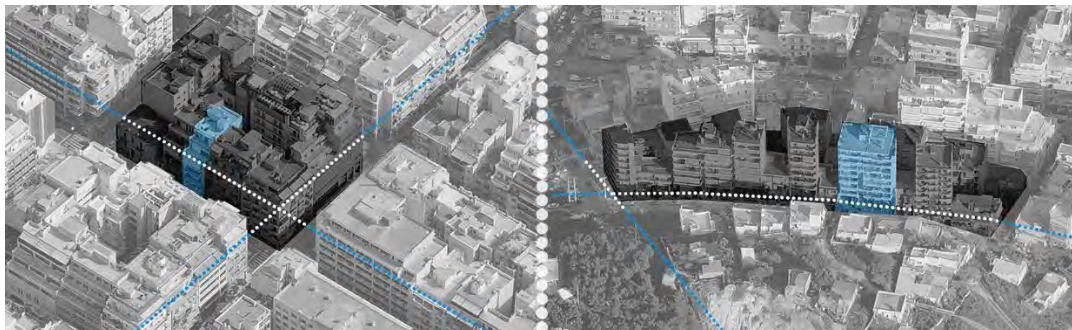
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μεγάλη οικοδομική δραστηριότητα από το 1950 και μετά οδήγησε τα δύο μεγάλα αστικά κέντρα της Ελλάδας σε ένα πυκνό αστικό ιστό με ελάχιστους ανοιχτούς και πράσινους δημόσιους χώρους. Οι αυξανόμενες ανθρωπογενείς εκπομπές από τα κτίρια και την κυκλοφοριακή συμφόρηση, έχουν δημιουργήσει έντονα φαινόμενα αστικής θερμικής νησίδας τόσο στην Αθήνα όσο και στη Θεσσαλονίκη, οδηγώντας στην όλο και μεγαλύτερη εξάρτηση από τα κλιματιστικά συστήματα και συνεισφέροντας σε θερμική δυσφορία τους καλοκαιρινούς μήνες [1]. Έχοντας ως δεδομένο την καθορισμένη μορφή των οικοδομικών τετραγώνων των πόλεων και την περιορισμένη δυνατότητα για παρεμβάσεις στο επίπεδο του εδάφους, τα δώματα των πολυκατοικιών προσφέρουν τον χώρο και τη δυνατότητα για παρεμβάσεις οι οποίες θα έχουν ως αποτέλεσμα την περιβαλλοντική αναβάθμιση σε μεγάλες εκτάσεις του αστικού περιβάλλοντος. Οι δυνατότητες αναβάθμισης εκτιμήθηκαν μέσω της χρήσης καταξιωμένων προγραμμάτων EDSL Tas [2] για τις θερμικές προσομοιώσεις και την εκτίμηση των κτιριακών ενεργειακών φορτίων και ENVI-met [3] για την ανάλυση των εξωτερικών μικροκλιματικών παρεμβάσεων φύτευσης. Η θερμική άνεση σε εξωτερικούς χώρους εκτιμήθηκε χρησιμοποιώντας το RayMan Pro ώστε να καθοριστούν οι τιμές της Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (mPET) παίρνοντας υπόψη τα επίπεδα δραστηριότητας και ρουχισμού των χρηστών [4]. Οι μορφολογικές και κλιματικές ομοιότητες μεταξύ Αθήνας και Θεσσαλονίκης επιτρέπουν την γενίκευση και εφαρμογή των αποτελεσμάτων και στις δύο πόλεις. Παρακάτω παρουσιάζονται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, οι μετρήσεις της έρευνας πεδίου στις δύο πόλεις, τα αποτελέσματα των μελετών προσομοίωσης, καθώς και οι σχεδιαστικές προτάσεις και κατευθύνσεις ως αποτέλεσμα της συνολικής έρευνας [5], [6].

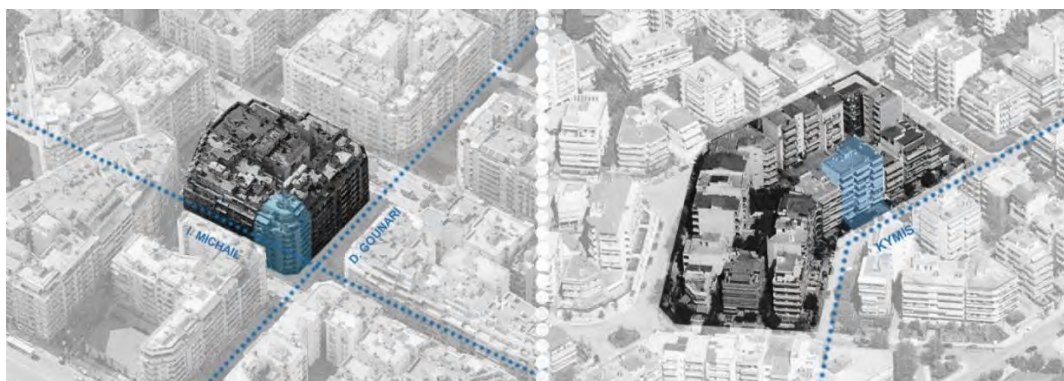
ΕΡΕΥΝΑ ΠΕΔΙΟΥ

Οι μετρήσεις της έρευνας πεδίου πραγματοποιήθηκαν στις δύο πόλεις τον Ιούλιο του 2015. Ο σκοπός των μετρήσεων ήταν ο εντοπισμός μικροκλιματικών διαφοροποιήσεων που υπάρχουν μέσα στις πόλεις εξαιτίας της πυκνότητας, της μορφολογίας και της υλικότητας του αστικού ιστού. Τέσσερα οικοδομικά τετράγωνα επιλέχθηκαν ως περιπτώσεις μελέτης, δύο σε κάθε πόλη συνολικά (Εικόνες 1-2), ένα στο κέντρο και ένα σε περιοχή χαμηλότερης οικοδομικής δόμησης. Το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας είναι άμεσα αδιαμφισβήτητο και στις δύο πόλεις, με τις μετρήσεις

θερμοκρασίας αέρα (air temperature) σε διάρκεια επτά ημερών να δείχνουν 5K διαφορά κατά τη διάρκεια της νύχτας μεταξύ των κέντρου και του αεροδρομίου στην Αθήνα και μέχρι 7K στη Θεσσαλονίκη. Στην Αθήνα η μέση διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του πυκνού κέντρου και της περιοχής χαμηλότερης δόμησης φτάνει περίπου τους 5K την ημέρα και 7K τη νύχτα. Στη Θεσσαλονίκη η αντίστοιχη μέση διαφορά θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της ημέρας μετρήθηκε στους 2,5K.



Εικόνα 1: Αριστερά η περίπτωση μελέτης στο κέντρο της Αθήνας (Εξάρχεια – Οδός Ιπποκράτους) και η περίπτωση μελέτης σε περιοχή πιο χαμηλής δόμησης (Άνω Κυψέλη – Οδός Αρμονίας) (Πηγή: Bing Maps)



Εικόνα 2: Αριστερά η περίπτωση μελέτης στο κέντρο της Θεσσαλονίκης (Ναυαρίνου – Οδός Δ. Γούναρη) και η περίπτωση μελέτης σε περιοχή πιο χαμηλής δόμησης (Βυζάντιο – Οδός Κύμης) (Πηγή: Bing Maps)

Η επιρροή της αστικής πυκνότητας αποτυπώνεται επίσης και στις τοπικές στιγμιαίες μετρήσεις ταχύτητας του ανέμου (wind velocity) και της έντασης φωτισμού του ουρανού (sky illuminance) οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε επίπεδο εδάφους και επίπεδο οροφής. Θερμοκρασιακή διαφορά 5.7K μεταξύ επιπέδου δρόμου και δώματος μετρήθηκε στο κέντρο της Αθήνας και 7K αντίστοιχα στη Θεσσαλονίκη. Στις περιοχές χαμηλότερης οικιστικής δόμησης η διαφορές θερμοκρασίες μεταξύ ισογείου και οροφής ήταν μικρότερες και στις δύο πόλεις, φτάνοντας για παράδειγμα 1K στην Αθήνα.

Η έρευνα πεδίου έδειξε επίσης ότι οι θερμοκρασίες επιφάνειας κορυφώνονται περίπου στις 16:00 και στις δύο πόλεις ανεξαρτήτως των ιδιοτήτων των υλικών. Οι οριζόντιες επιφάνειες παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες εξαιτίας των υψηλότερων επιπέδων ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται το καλοκαίρι. Οι επιτόπιες μετρήσεις που πάρθηκαν στη 13:00 έδωσαν έμφαση στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ σκουρόχρωμων και ανοιχτόχρωμων υλικών, με τα πρώτα να παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες με διαφορά 4.7K στην Αθήνα και 11.5K στη Θεσσαλονίκη. Διαφορές σε ωριαίες θερμοκρασίες επιφανειών οι οποίες ήταν κατά μέρος εκτεθειμένες στην ηλιακή ακτινοβολία και κατά μέρος σκιασμένες μετρήθηκαν για διαφορετικά υλικά. Για τα σκουρόχρωμα υλικά η σκίαση παίζει σημαντικό ρόλο, διαφορές μέχρι 19.1 K μετρήθηκαν στην περίπτωση της Αθήνας (Πίνακας 1) και μέχρι 19.8K στη Θεσσαλονίκη (Πίνακας 2). Γενικά, για τις οριζόντιες επιφάνειες το φαινόμενο ήταν πιο έντονο κατά τη διάρκεια των πρωινών και απογευματινών ωρών, ενώ για τις κατακόρυφες επιφάνειες η σκίαση παίζει σημαντικό ρόλο το πρωί. Επιπλέον παρατηρήθηκε πως η σκίαση

επιρεάζει περισσότερο τις σκουρόχρωμες επιφάνειες παρά τις ανοιχτόχρωμες. Οι χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες μετρήθηκαν στο γρασίδι.

ΙΠΠΟΚΡΑΤΟΥΣ 22.07.2015					
	10.00 AM	13.00 PM	16.00 PM	19.00 PM	22.00 PM
FLOOR Concrete/ Coating <i>front terrace - light colored</i>	8.4	6.9	9.7	3.8	0.0
WALL Concrete <i>front terrace - light colored</i>	3.3	5.8	2.4	5.6	0.0
FLOOR Mosaic <i>back terrace - light colored</i>	15.6	19.1	9.8		0.0
WALL Concrete <i>back terrace - light colored</i>	8.2	6.8	5.5	5.5	0.0
ΚΙΠΣΕΛΙ 24.07.2015					
	10.00 AM	13.00 PM	16.00 PM	19.00 PM	22.00 PM
FLOOR Concrete/ Coating <i>light colored</i>	8.3	13.0	13.4	4.7	0.0
WALL Concrete <i>light colored</i>	5.1	9.0	6.8	8.2	0.0
FLOOR Bitumen <i>dark colored</i>	2.8	8.7	14.5	6.7	0.0

Πίνακας 1: Μέσες θερμοκρασίες επιφανειών για υλικά υπό σκίαση και υπό άμεση ηλιακή ακτινοβολία, Αθήνα – Περίπτωση μελέτης στα Εξάρχεια

ΝΑΒΑΡΙΝΟΥ 08.07.2015					
	10.00 AM	13.00 PM	16.00 PM	19.00 PM	22.00 PM
FLOOR Bitumen <i>dark colored</i>	16.0	11.0	16.6	5.3	0.0
FLOOR Coating <i>light colored</i>	9.8	9.2	12.2	2.5	0.0
WALL Concrete <i>light colored</i>	8.7	4.1	6.5	8.0	0.0
ΒΥΖΑΝΤΙΟ 09.07.2015					
FLOOR Bitumen <i>dark colored</i>	17.9	19.8	18.5	5.2	0.0
WALL Concrete <i>light colored</i>	6.3	3.9	2.4	5.5	0.0
GRASS		9.1			

Πίνακας 2: Μέσες θερμοκρασίες επιφανειών για υλικά υπό σκίαση και υπό άμεση ηλιακή ακτινοβολία, Θεσσαλονίκη – Περίπτωση μελέτης στη Ναυαρίνου

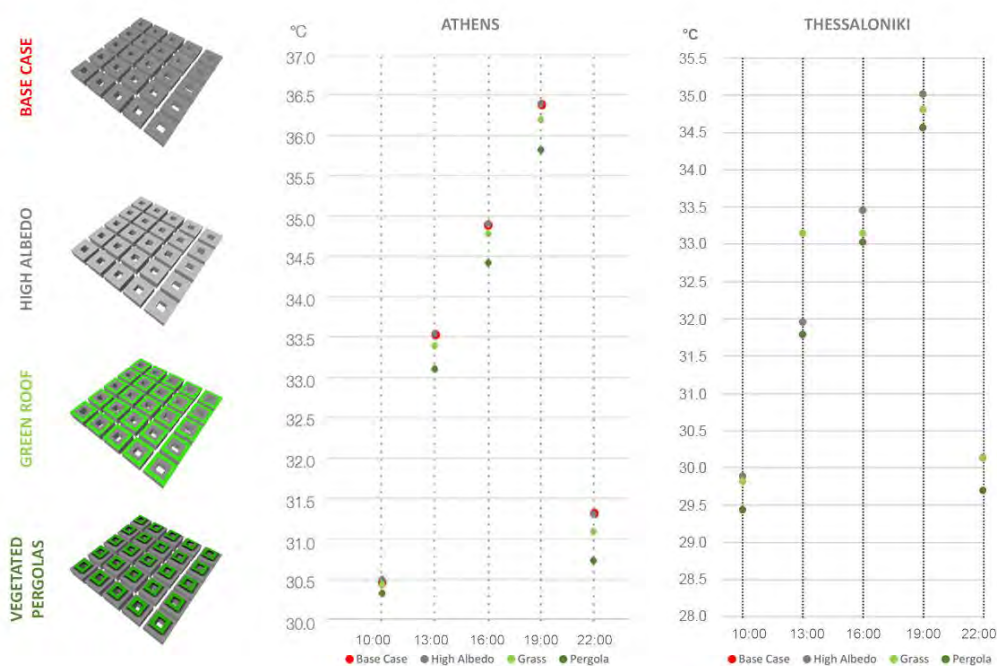
Γενικά, οι κλιματολογικές συνθήκες στις δύο πόλεις είναι παρόμοιες. Η ζεστή καλοκαιρινή περίοδος διαρκεί από τον Μάιο μέχρι τον Σεπτέμβριο. Οι βασικές διαφορές μεταξύ των δύο πόλεων παρουσιάζονται στη χειμερινή περίοδο μεταξύ Νοεμβρίου και Μαρτίου. Στη Θεσσαλονίκη οι χειμώνες είναι πιο κρύοι και με περισσότερη υγρασία, ενώ στην Αθήνα ο χειμώνας είναι κατά κανόνα πιο ήπιος [7]. Και στις δύο πόλεις, τυπικά οικοδομικά τετράγωνα επιλέχθηκαν σε περιοχές του πυκνού αστικού κέντρου σε σχέση με αυτά των περιοχών πιο αραιής οικιστικής δόμησης. Ο λόγος 'ύψος προς πλάτος' τυπικής αστικής χαράδρας στο κέντρο της Αθήνας διακυμαίνεται από 0.75 μέχρι 2.0, ενώ στη Θεσσαλονίκη από 1.5 μέχρι 2.8 υποδεικνύοντας το πιο πυκνοδομημένο κέντρο της Θεσσαλονίκης. Οι παρεμβάσεις στα δώματα εκτιμήθηκαν ως προς την χρήση υλικών, σκίασης, της ροής του αέρα με σκοπό την βελτίωση την αίσθηση θερμικής άνεσης στους εξωτερικούς χώρους μέσω της μείωσης της Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (mPET). Οι σχεδιαστικές προτάσεις για τις δύο πόλεις συνδυάζουν πράσινα δώματα και φυτεμένες πέργκολες ώστε να γίνει πιο έντονο το αποτέλεσμα της σκίασης και της εξατμισοδιαπνοής των φυτών. Διάτρητα κατακόρυφα πανέλα χρησιμοποιήθηκαν ώστε να προσφέρουν σκίαση κατά τις πρωινές και απογευματινές ώρες χωρίς να εμποδίζουν την κίνηση του αέρα.

ΑΣΤΙΚΑ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΑ ΔΩΜΑΤΟΣ

Μελέτες προσομοίωσης

Τέσσερις τύποι δώματος μελετήθηκαν στις προσομοιώσεις. Βασικός τύπος με σκουρόχρωμη πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος, δώμα υψηλής ανακλαστικότητας, πράσινο δώμα και δώμα φυτεμένης πέργκολας. Αυτά μοντελοποιήθηκαν στο ENVI-met και προσομοιώθηκαν για τις κλιματολογικές και αστικές συνθήκες Αθήνας και Θεσσαλονίκης. Μια τυπική προσομοίωση για κάθε πόλη περιλαμβάνει 25 οικοδομικά τετράγωνα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν σχετικά μικρές διαφορές στη θερμοκρασία αέρα στο επίπεδο του δώματος, αλλά σημαντικές διαφοροποιήσεις στη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας γεγονός που επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις τιμές της Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (mPET) και τη θερμική άνεση. Η επίδραση της φυτεμένης πέργκολας γίνεται εντονότερα αντιληπτή όταν οι σχεδιαστικές παρεμβάσεις εξαπλώνονται σε μεγαλύτερη έκταση στην πόλη, μειώνοντας τη μέση θερμοκρασία αέρα περίπου 0.45K στην περίπτωση της Αθήνας και 0.86K στην περίπτωση της Θεσσαλονίκης (Εικόνα 3). Ο συνδυασμός του τυπικού πράσινου δώματος με φυτεμένες πέργκολες αποδεικνύεται ως ο πιο αποδοτικός τρόπος για τη βελτίωση τόσο των συνθηκών στα δώματα όσο και του ευρύτερου αστικού κλίματος.



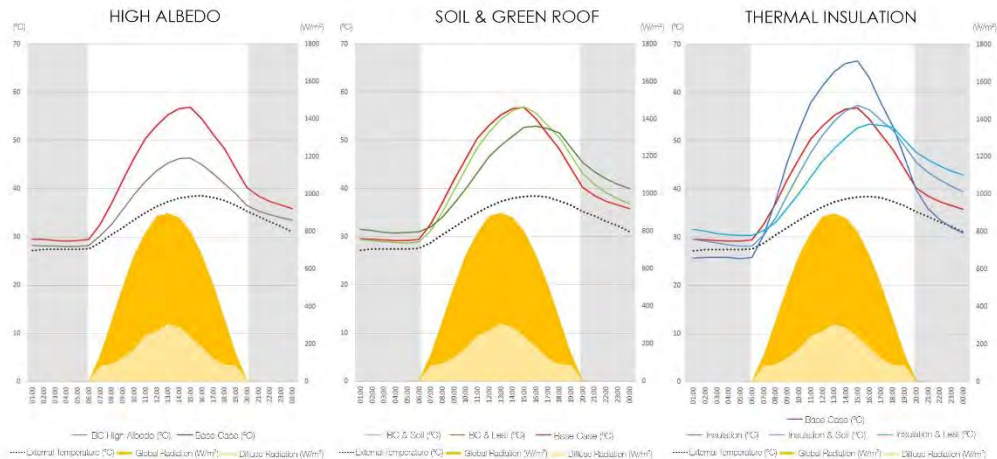
Εικόνα 3: Θερμοκρασίες αέρα στο επίπεδο του δώματος, +22m για την περίπτωση της Αθήνας και +29m για τη Θεσσαλονίκη (Πηγή: ENVI-met)

Πολλές από τις πολυκατοικίες στα κέντρα των δύο πόλεων, φέρουν οροφές χωρίς θερμομόνωση, γεγονός που θα πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα για κάθε μελέτη ενεργειακής αναβάθμισης και αποκατάστασης ενός κτιρίου [8], [9]. Η θερμική συμπεριφορά επτά διαφορετικών τύπων κατασκευής δώματος εκτιμήθηκε με τη χρήση του EDSL Tas [5], [6]. Αυτοί ήταν οι εξής:

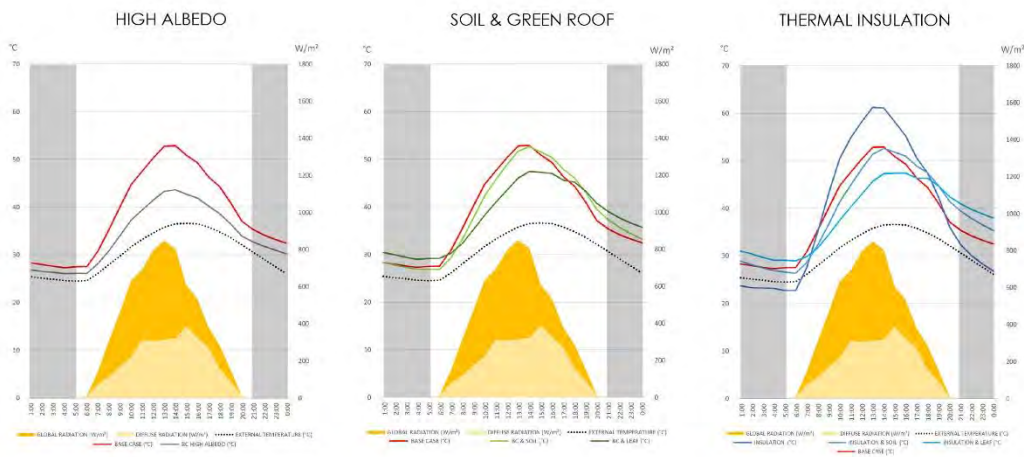
1. Βασικός τύπος: 170mm πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος,
2. Υψηλής ανακλαστικότητας: 170mm πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με επίστρωση υψηλής ανακλαστικότητας,
3. Χωμάτινο δώμα: 170mm πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με 200mm στρώμα χώματος,
4. Πράσινο δώμα: 170mm πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με 200mm στρώμα χώματος και σκίαση φυλλώματος,
5. Βασικός τύπος με θερμομόνωση: 170mm πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος με 80mm θερμομόνωση,

6. Χωμάτινο δώμα με θερμομόνωση: όπως ο τύπος (5) με 200mm στρώμα χώματος,
7. Πράσινο δώμα με θερμομόνωση: όπως ο τύπος (6) με σκίαση φυλλώματος.

Τα αποτελέσματα των θερμικών προσομοιώσεων για τις τυπικές καλοκαιρινές ημέρες έδειξαν ότι ο τύπος υψηλής ανακλαστικότητας μπορεί να μειώσει την εξωτερική θερμοκρασία επιφάνειας σε ώρες κορύφωσης κατά περίπου 10.4K για τις συνθήκες της Αθήνας και κατά 9.2K για την Θεσσαλονίκη (Εικόνες 4-5). Η εφαρμογή θερμομόνωσης στην πλάκα οπλισμένου σκυροδέματος οδηγεί σε υψηλότερες εξωτερικές επιφανειακές θερμοκρασίες, αλλά είναι απαραίτητο μέτρο για τη βελτίωση την χειμερινής συμπεριφοράς του κτιρίου. Παρ' όλα αυτά, η προσθήκη σκίασης είχε ως αποτέλεσμα αντίστοιχη μείωση κατά 4.4K στην περίπτωση της Αθήνας και 5.5K στη Θεσσαλονίκη.



Εικόνα 4: Εξωτερική επιφανειακή θερμοκρασίας δώματος για τυπική καλοκαιρινή μέρα στην Αθήνα (Πηγή: EDLS Tas)



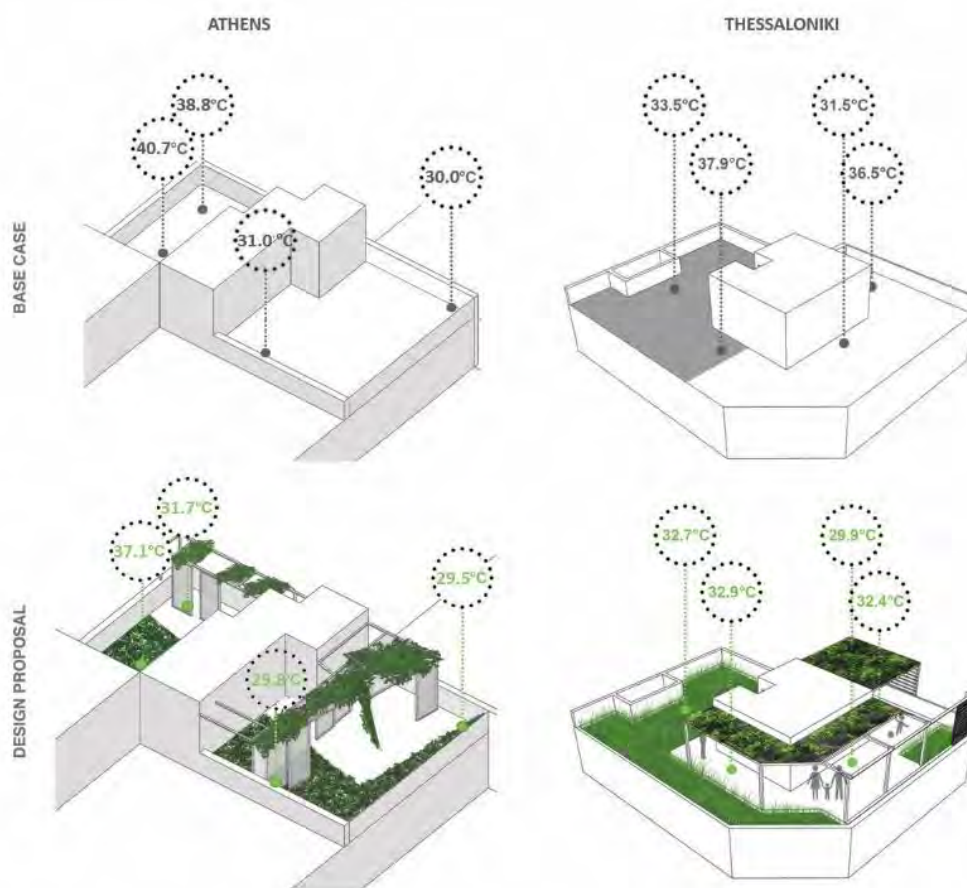
Εικόνα 5: Εξωτερική επιφανειακή θερμοκρασίας δώματος για τυπική καλοκαιρινή μέρα στην Θεσσαλονίκη (Πηγή: EDLS Tas)

Τα υλικά υψηλής ανακλαστικότητας φαίνεται να παρουσιάζονται ως ένα αποτελεσματικό μέτρο για τον έλεγχο της εξωτερικής επιφανειακής θερμοκρασίας. Ωστόσο, η ανακλώμενη ακτινοβολία μικρού κύματος μπορεί να προκαλέσει θάμβωση ή θερμική δυσφορία στους χρήστες του δώματος [10].

Εκτίμηση Εξωτερικής Θερμικής Άνεσης

Τιμές Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (mPET) υπολογίστηκαν τόσο για τις υπάρχουσες όσο και τις μελλοντικές συνθήκες των δωματίων. Οι υπολογισμοί βασίστηκαν στις επιτόπιες μετρήσεις της

έρευνας πεδίου. Τα αποτελέσματα έδειξαν μειώσεις 7K για την Αθήνα και 5K για τη Θεσσαλονίκη. Η μέση βελτίωση της τιμής mPET για τέσσερα σημεία του κάθε δώματος υπολογίστηκε σε 3.1K και 2.9K αντιστοίχως (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Σύγκριση των τιμών Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (mPET) για την υπάρχουσα κατάσταση και μελλοντική πρόταση, δείχνοντας την βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης στο δώμα. Τα δεδομένα υπολογισμού που χρησιμοποιήθηκαν είναι: Ρουχισμός - 0.5 clo, Ένταση δραστηριότητας - 125W, Θέση σώματος – όρθια. Οι θερμοκρασία και ταχύτητα αέρα βασίστηκε στις μετρήσεις της έρευνας πεδίου για στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων του ENVI-met για τις ημέρες: 22.07.2015 στη 13:00 για την Αθήνα και στις 08.07.2015 στη 13:00 για τη Θεσσαλονίκη (Πηγή: RayMan Pro – mPET model)

ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ

Οι τρόποι βελτίωσης των περιβαλλοντικών και ενεργειακών συνθηκών και της δημιουργίας χρήσιμων χώρων στα δώματα θα πρέπει να αρχίσουν να εκμεταλλεύονται οτιδήποτε φαίνεται να φέρει σημαντικές δυνατότητες (Εικόνες 7-8).

- Η **σκίαση** θα πρέπει να περιλαμβάνεται στις σχεδιαστικές προτάσεις, καθώς μειώνει τις θερμοκρασίες επιφάνειας. Ο συνδυασμός πέργκολας και φύτευσης αποτελεί την πιο αποτελεσματική στρατηγική.
- Προτεινόμενα **υλικά** για χρήση εξωτερικών 'σκληρών' επιφανειών είναι το ξύλο και οι πορώδεις επιφάνειες, ενώ τα υλικά υψηλής ανακλαστικότητας θα πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή.
- Η **θερμομόνωση** το δώματος είναι απαραίτητη ώστε να μειωθεί η απώλειες θερμότητας κατά τον χειμώνα και η ανεπιθύμητη μεταφορά θερμότητας το καλοκαίρι.
- Τα **πράσινα δώματα** έχουν θετική επίδραση στο μικροκλίμα των δωματίων.
- Οι ταχύτητες **αέρα** είναι πιο υψηλές στο επίπεδο του δώματος, καθώς υπάρχουν λιγότερα εμπόδια στην ροή του αέρα.

- Κάθε σχεδιαστική παρέμβαση θα είναι επιτυχημένη μόνο όταν η εκάστοτε πρόταση περιλαμβάνει και κατάλληλες **δραστηριότητες** για τους χρήστες του δώματος.



Εικόνα 7: Άποψη της περιβαλλοντικής παρέμβασης μεγάλης κλίμακας, Αθήνα



Εικόνα 8: Άποψη της σχεδιαστικής πρότασης σε κλίμακα δώματος στις 10.00 π.μ. στις 15 Ιουνίου, Θεσσαλονίκη

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα δώματα των κτιρίων προσφέρουν χώρους που δεν έχουν ακόμα 'ανακαλυφθεί' και οι οποίοι μπορούν να μετατραπούν έτσι ώστε να φιλοξενούν κοινωνικές δραστηριότητες, ενώ ταυτόχρονα βελτιώνουν το αστικό μικροκλίμα. Σε κλίμακα πόλης, μια τέτοια βελτίωση απαιτεί σχεδιαστικές παρεμβάσεις εξαπλωμένες σε μεγάλη έκταση, ώστε αυτή να γίνει αντιληπτή. Ωστόσο, σε επίπεδο κτιρίου, τα μέτρα που αναλύθηκαν σε αυτό το άρθρο μπορούν να έχουν σημαντική επιρροή στη

μέσα θερμοκρασία ακτινοβολίας, επιτρέποντας τη δημιουργία περιβαλλοντικών συνθηκών κατάλληλα διαμορφωμένων για εξωτερικές δραστηριότητες των ενοίκων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Santamouris, M. (Ed. 2001). Energy and Climate in the Urban Built Environment. James & James (Science Publishers) Ltd. London.
2. EDSL (2014), TAS Thermal Analysis Simulation (Version 9.3.2) Environmental Design Solutions Limited
3. ENVI-met (2015), (Version 4.0 beta), ENVI-met GmbH
4. Matzarakis A., Yung-Chang Chen. (2014). Modification of physiologically equivalent temperature. Chair of Meteorology and Climatology, Albert-Ludwigs-University Freiburg. Journal of Heat Island Institute International Vol. 9-2
5. Stanitsa A. (2015). Environmental Retrofit of the Unexploited Roofscape of Athens. MSc Thesis. Sustainable Environmental Design Programme. AA Graduate School. London.
6. Tsagkalidou O. (2015). Environmental Retrofit of the unexploited Roofscape of Thessaloniki. MSc Thesis. Sustainable Environmental Design Programme. AA Graduate School. London.
7. Meteotest (2015), Meteonorm v7.1.2
8. Balaras, C., A. Gaglia, E. Georgopoulou, S. Mirasgedis, Y. Sarafidis, D. Lalas. (2005). European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. Buildings and Environment. Journal 42. pp. 1298-1314. Elsevier.
9. Eumorfopoulou, E., D. Aravantinos. (1997). The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece. Energy and Buildings. Journal 27. pp 29-36. Elsevier.
10. Chatzidimitriou, A., N. Chrissomallidou, S. Yannas. (2006). Ground surface materials and microclimates in urban open spaces. PLEA 2006, Geneva.