



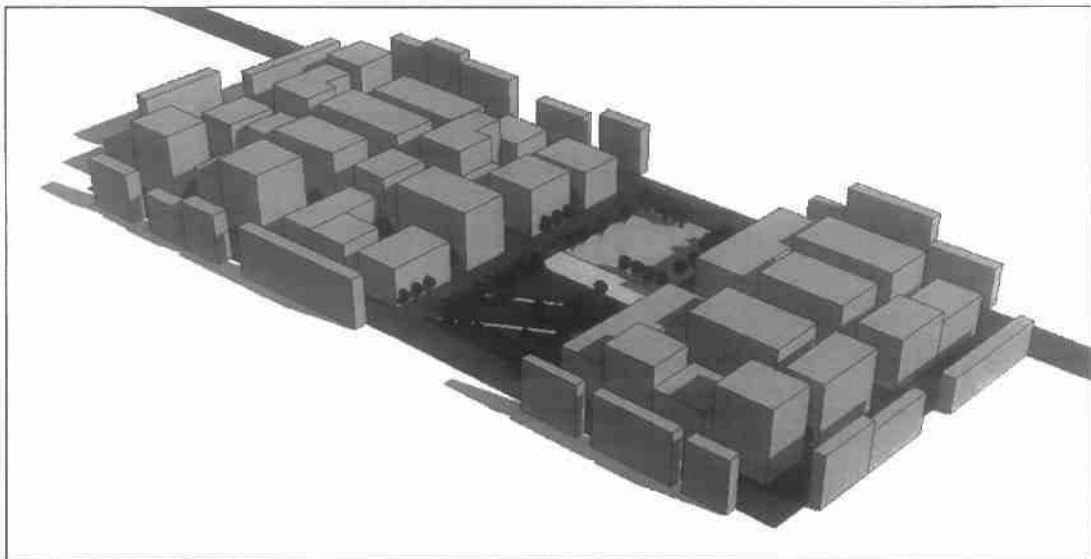
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ



Φοιτητής: Καρακούνος Ιωάννης

Επιβλέπων καθηγητής: Σταθάκης Δημήτριος

Βόλος, Φεβρουάριος 2013



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 11338/1

Ημερ. Εισ.: 13-05-2013

Δωρεά: Συγγραφέα

Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ - ΜΧΠΠΑ

2013

ΚΑΡ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως πεδίο έρευνας την επίδραση που δύναται να έχει η αστική μορφολογία στις συνθήκες ακτινοβολίας και ανέμου στο επίπεδο των πεζών. Στο πρώτο κεφάλαιο, αναλύεται η έννοια του αστικού μικροκλίματος και παρουσιάζονται ορισμένα μικροκλιματικά φαινόμενα στον αστικό χώρο (αστική θερμική νησίδα, αστική οδική χαράδρα). Στη συνέχεια (κεφ. 2), διερευνάται η επίδραση της αστικής μορφολογίας και του αστικού πρασίνου στις μικροκλιματικές συνθήκες στον αστικό χώρο. Επίσης, γίνεται αναφορά στην έννοια της θερμικής άνεσης και αναλύονται διάφοροι δείκτες εκτίμησης συνθηκών θερμικής άνεσης. Στην μελέτη περίπτωσης (κεφ. 3), γίνεται εκτίμηση των συνθηκών ακτινοβολίας και ανέμου στο επίπεδο των πεζών σε μια περιοχή του Δήμου Καλαμαριάς στη Θεσσαλονίκη. Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.

Λέξεις κλειδιά: αστική μορφολογία, μικροκλίμα, θερμική άνεση

ABSTRACT

This thesis has as field of research the influence that urban morphology can have on the insolation and wind conditions at the level of pedestrians. In the first chapter, the significance of the urban microclimate is analyzed and some microclimatic phenomena in the urban space are presented (urban heat island, urban street canyon). Thereafter (chapter 2), the influence of urban morphology and urban green on the microclimatic conditions at the urban space is investigated. Furthermore, there is a reference to the concept of thermal comfort and some estimation indices of thermal comfort are analyzed. In the case study (chapter 3), the insolation and wind conditions at the level of pedestrians in an area of the municipality of Kalamaria at Thessaloniki are estimated. Ultimately, the conclusions of this work are presented.

Key words: urban morphology, microclimate, thermal comfort

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΙ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	5
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ	6
ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	11
1.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ	11
1.2 ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΧΩΡΟ	12
1.2.1 ΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ	12
1.2.2 ΑΣΤΙΚΗ ΟΔΙΚΗ ΧΑΡΑΔΡΑ	15
2. ΑΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	18
2.1 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ.....	18
2.1.1 ΗΛΙΑΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ	18
2.1.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	19
2.1.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	23
2.2 ΑΝΕΜΟΣ	29
2.2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	29
2.2.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ	30
2.2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΕΜΟΥ.....	35
2.3 ΑΣΤΙΚΟ ΠΡΑΣΙΝΟ	38
2.3.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	38
2.3.2 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΥΤΕΥΣΗΣ.....	40
2.4 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ.....	43
2.4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	43
2.4.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ.....	43
2.4.3 ΟΠΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ.....	47
3. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	51
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	51
3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	52
3.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ	58

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	64
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	66

ΚΑΤΑΛΟΓΟΙ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Πίνακας 2.1: Τιμές λευκαύγειας υλικών

Πίνακας 2.2: Σημεία μετρήσεων

Πίνακας 2.3: Τιμές $S = V_H / V_{10}$ για διάφορα ύψη H σε ημιαστική και αστική περιοχή

Πίνακας 2.4: Ποσοστά εξατμισοδιαπνοής και θέρμανσης αέρα

Πίνακας 2.5: Ιδιότητες φυτών

Πίνακας 2.6: Δείκτης PET και θερμική άνεση

Πίνακας 2.7: Τιμές του δείκτη PET σε διάφορες μετεωρολογικές συνθήκες

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Εικόνα 1.1: Επιφανειακή θερμοκρασία για τη Βοστώνη, 2009

Εικόνα 1.2: Μέση Εποχιακή Θερμοκρασία Αέρα για την Αθήνα (Μάιος - Σεπτέμβριος 2007)

Εικόνα 1.3: Ο σχηματισμός βρόχου ανακυκλοφορίας σε μια αστική οδική χαράδρα

Εικόνα 1.4: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της αστικής οδικής χαράδρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Εικόνα 2.1: Γωνία ύψους (α) και γωνία αζιμουθίου (γ_s) του ηλίου

Εικόνα 2.2: Οπτική απεικόνιση του SVF

Εικόνα 2.3: Φωτογραφία Fish - Eye

Εικόνα 2.4: Χάρτης SVF – αλγόριθμος matlab, περιοχή All Saint's Garden (Cambridge)

Εικόνα 2.5: Θέσεις του ηλίου ανά ώρα για την 5^η Μαρτίου, wea Αθήνας

Εικόνα 2.6: Σκίαση της περιοχής (15.00 – 5^η Μαρτίου), wea Αθήνας

Εικόνα 2.7: Εύρος σκίασης (5^η Μαρτίου), wea Αθήνας

Εικόνα 2.8: Συνολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο ύψους 1,5μ. (5^η Μαρτίου)

Εικόνα 2.9: Ταχύτητες ανέμων στο επίπεδο των πεζών (1,5m) για βορειοανατολικούς ανέμους (225^ο) – περιοχή Αθήνας

Εικόνα 2.10: Ταχύτητες ανέμων στο επίπεδο των πεζών (1,5m) για νοτιοδυτικούς ανέμους (30^ο) – περιοχή Αθήνας

Εικόνα 2.11: Στιγμιότυπο από κινούμενη προσομοίωση ανεμολογικών συνθηκών

Εικόνα 2.12: Στέγαστρο ως μέτρο ανεμοπροστασίας

Εικόνα 2.13: Επιρροή κτηριακών κελυφών στις ανεμολογικές συνθήκες

Εικόνα 2.14: Φυλλοβόλα δέντρα

Εικόνα 2.15: Δέντρα με πυκνά φυλλάματα ως ανεμοφράγματα

Εικόνα 2.16: Πρόταση για χωρική κατανομή δέντρων σε χώρο 100 τ.μ.

Εικόνα 2.17: Μέθοδος προσδιορισμού ζωνών θερμικής άνεσης

Εικόνα 2.18: Ζώνες θερμικής άνεσης για τις πλατείες Florentiner Platz (αριστερά) και Bahnhofsplatz (δεξιά)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Εικόνα 3.1: Περιοχή μελέτης

Εικόνα 3.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση της περιοχής μελέτης

Εικόνα 3.3: Επιλογή κλιματολογικών δεδομένων της περιοχής μελέτης

Εικόνα 3.4: Επιλογή των αντίστοιχων υλικών για κάθε επιφάνεια

Εικόνα 3.5: Οριζόντιο επίπεδο αναφοράς για τις συνθήκες ακτινοβολίας

Εικόνα 3.6: Μέση ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία για την χειμερινή περίοδο (1^η Δεκεμβρίου – 28^η Φεβρουαρίου)

Εικόνα 3.7: Μέση ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία για την καλοκαιρινή περίοδο (1^η Ιουνίου – 31^η Αυγούστου)

Εικόνα 3.8: Προσδιορισμός γεωγραφικής θέσης της περιοχής μελέτης

Εικόνα 3.9: Ανεμολογικές συνθήκες στο επίπεδο των πεζών (1,5m) για νοτιοδυτικούς ανέμους ταχύτητας 3,5 και 8 m/s

Εικόνα 3.10: Ανεμολογικές συνθήκες στο επίπεδο των πεζών (1,5m) για νοτιοδυτικούς ανέμους ταχύτητας 12 m/s

Εικόνα 3.11: «Υψομετρική» απόδοση των τιμών της ταχύτητας για νοτιοδυτικούς ανέμους 3,5 και 8 m/s

Εικόνα 3.12: «Υψομετρική» απόδοση των τιμών της ταχύτητας για νοτιοδυτικούς ανέμους 12 m/s

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Διάγραμμα 1.1: Μέση Θερμοκρασιακή διαφορά – Αστική Θερμική Νησίδα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Διάγραμμα 2.1: Ηλιακό διάγραμμα για γεωγραφικό πλάτος 36^ο

Διάγραμμα 2.2: Θερμοκρασία αέρα των σημείων μέτρησης

Διάγραμμα 2.3: Ροδόγραμμα ανέμου, Αεροδρόμιο Altoona, Πενσυλβάνια, ΗΠΑ

Διάγραμμα 2.4: Ανεμολογικά δεδομένα περιοχής Ελληνικού, Αθήνα (περίοδος 1955-1997)

Διάγραμμα 2.4: Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις αέρα για διάφορα είδη φυτών

Διάγραμμα 2.5: Συσχέτιση δείκτη ASV και θερμοκρασίας αέρα

Διάγραμμα 2.6: Συσχέτιση δείκτη ASV και ταχύτητας ανέμου

ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

ΑΕ: Ανώνυμη Εταιρία

ΓΟΚ: Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός

ΕΜΥ: Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία

ΗΠΑ: Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

ΚΑΠΕ: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

ΤΕΕ: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers

ASV: Actual Sensation Vote

CFD: Computational Fluid Dynamics

DEM: Digital Elevation Model

ISO: International Organization for Standardization

MEMI: Munich Energy Balance Model for Individuals

MRT: Mean Radiant Temperature

PET: Physiological Equivalent Temperature

RUROS: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces

SET: Standard Effective Temperature

SVF: Sky View Factor

TS: Thermal Sensation

UHI: Urban Heat Island

USC: Urban Street Canyon

UTCI: Universal Thermal Climate Index

WCI: Wind Chill Index

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας, σημαντική ήταν η συμβολή μελών της επιστημονικής κοινότητας και θεωρώ απαραίτητο να τους εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σταθάκη Δημήτριο για όλη την επιστημονική υποστήριξη που μου παρείχε. Επίσης, πολύ σημαντική ήταν η συνεισφορά του κ. Χαραλαμπίδου Ιωάννη, γεωπόνου και ερευνητή στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ιδιαίτερα στον τομέα της βιομετεωρολογίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ματζαράκη Αντρέα, καθηγητή στο Πανεπιστήμιο του Freiburg, για το γεγονός ότι μου παρείχε το λογισμικό RayMan Pro, σημαντικό υπολογιστικό εργαλείο για την κατανόηση των συνθηκών θερμικής άνεσης στον αστικό χώρο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σχεδιασμός του χώρου αποτελεί ένα γνωστικό αντικείμενο το οποίο χρήζει διεπιστημονικής προσέγγισης. Κάθε φορά που μελετάται ο χώρος, πρέπει να πραγματοποιείται μία λεπτομερής πολυκριτηριακή ανάλυση, έτσι ώστε να συνάγονται τεκμηριωμένα συμπεράσματα και εύστοχες προτάσεις. Τα κριτήρια ανάλυσης του χώρου μπορεί να είναι οικονομικά, κοινωνικά, περιβαλλοντικά κ.α. Ανάλογα με την κλίμακα σχεδιασμού, κάθε κριτήριο έχει και διαφορετική «βαρύτητα».

Στον πολεοδομικό σχεδιασμό, τα κριτήρια σχεδιασμού (ανάλυσης και πρότασης) παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις ανάλογα με την κλίμακα. Στον στρατηγικό σχεδιασμό¹ (κλίμακα 1:10.000 και άνω), τα κοινωνικο-οικονομικά κριτήρια, για παράδειγμα, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη χάραξη πολεοδομικής πολιτικής, ενώ στον φυσικό σχεδιασμό² (κλίμακα 1:10.000 και κάτω) τα παραπάνω κριτήρια επηρεάζουν σε μικρότερο βαθμό το σχεδιασμό. Στον φυσικό σχεδιασμό, επίσης, υπεισέρχονται και νέα κριτήρια, όπως π.χ. η αισθητική στον αστικό σχεδιασμό και η βιοκλιματική προσέγγιση.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η βιοκλιματική προσέγγιση στον πολεοδομικό σχεδιασμό. Με βάση τα βιοκλιματικά κριτήρια που θα αναλυθούν, θα διερευνηθεί η επίδραση που δύναται να έχει η αστική μορφολογία στο μικροκλίμα του αστικού χώρου.

¹ Ο στρατηγικός σχεδιασμός αναφέρεται στις βαθύτερες δομές και δυνάμεις που διαμορφώνουν την υλική μορφή του χώρου και ασκείται με μέσο- ή μακρο-χρόνιο ορίζοντα (Οικονόμου, 2008).

² Ο φυσικός σχεδιασμός παραπέμπει σε παρεμβάσεις που τροποποιούν την υλική ή φυσική μορφή και οργάνωση του χώρου – λεπτομερειακές παρεμβάσεις μικρής σχετικά κλίμακας και βραχυχρόνιου ορίζοντα (Οικονόμου, 2008).

1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

1.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ

Για να προσεγγιστεί η έννοια του αστικού μικροκλίματος, πρέπει πρωτίστως να γίνει μια αναφορά στα χαρακτηριστικά του κλίματος γενικότερα. Το κλίμα σε κάθε περιοχή του πλανήτη μπορεί να περιγραφεί σε τρία διαφορετικά επίπεδα, από το γενικό προς το ειδικό, από τη μεγαλύτερη κλίμακα στη μικρότερη (Μπουγιατιώτη, 2010):

- **Το μακροκλίμα:** Αφορά τα γενικά κλιματολογικά χαρακτηριστικά μιας χώρας ή περιφέρειας (ηλιοφάνεια, υγρασία, μέση ετήσια βροχόπτωση κ.α.).
- **Το μεσοκλίμα:** Είναι ο μετασχηματισμός του μακροκλίματος λόγω τοπικών ιδιαιτεροτήτων μιας περιοχής, όπως το ανάγλυφο του εδάφους, η ύπαρξη μεγάλων επιφανειών νερού και η βλάστηση.
- **Το μικροκλίμα:** Αφορά μια τοπική ατμοσφαιρική ζώνη, όπου το κλίμα διαφέρει από την ευρύτερη περιοχή. Παράδειγμα μικροκλίματος: Το πυκνοδομημένο κέντρο μιας πόλης, όπου το μπετόν και η άσφαλτος απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία σε μεγάλο βαθμό και εκπέμπουν θερμότητα αυξάνοντας τη θερμοκρασία του αστικού περιβάλλοντος.

Το αστικό μικροκλίμα, λοιπόν, αναφέρεται στις τοπικές κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν σε έναν αστικό χώρο (πλατεία, πάρκο, γειτονιά κ.α.), οι οποίες μπορούν να παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με τις επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες στην ευρύτερη περιοχή. Η αστική μορφολογία³ επηρεάζει τις μικροκλιματικές αυτές συνθήκες, αφού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη σκίαση και τη ροή του ατμοσφαιρικού αέρα ανάμεσα στα κτήρια (αερισμός). Επομένως, το αστικό μικροκλίμα μπορεί να τροποποιηθεί μέσα από τη διαδικασία του πολεοδομικού σχεδιασμού.

Τα κλιματολογικά στοιχεία που συνθέτουν το αστικό μικροκλίμα είναι η θερμοκρασία του αέρα και των επιφανειών, η ταχύτητα και η κατεύθυνση του ανέμου, ο ηλιασμός του αστικού χώρου, η υγρασία και η συγκέντρωση της σκόνης και των ρύπων κοντά στο έδαφος (Πολυχρονόπουλος, 2004). Οι κλιματολογικές παράμετροι, όμως, που ρυθμίζουν κατά κύριο λόγο τις μικροκλιματικές συνθήκες είναι η ηλιακή ακτινοβολία (ηλιασμός⁴) και ο αερισμός. Τα τοπικά διαμορφωμένα πεδία ακτινοβολίας

³ Ο όρος **αστική μορφολογία** εκφράζει την τρισδιάστατη μορφή μιας ομάδας κτηρίων και των χώρων που αυτά δημιουργούν (Steemers & Ramos, 2004).

⁴ **Ηλιασμός:** Η επιλεκτική έκθεση χώρων στην ηλιακή ακτινοβολία (Γιάννας, 2002).

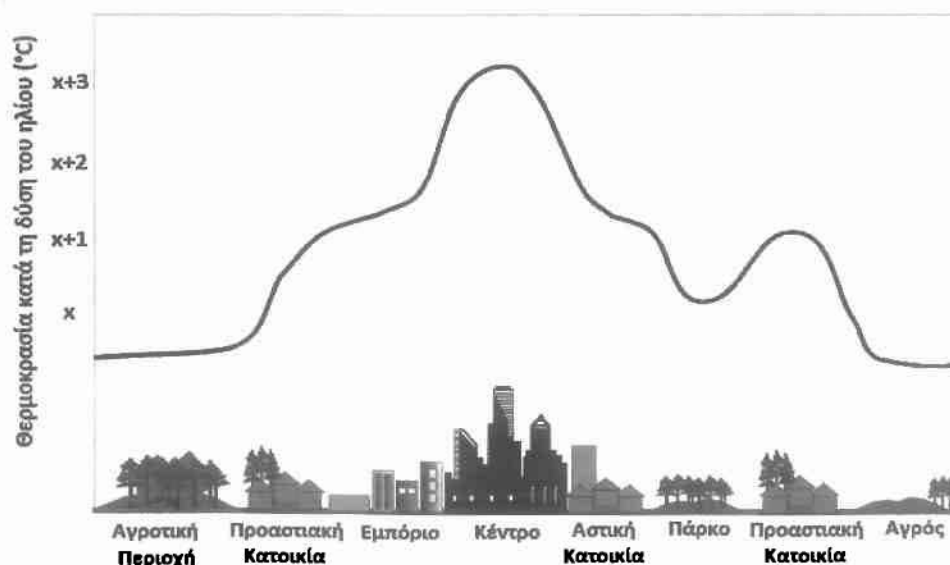
και ανέμου, διαμορφώνουν με τη σειρά τους τα πεδία της θερμοκρασίας και της υγρασίας, δηλαδή τις συνθήκες θερμικής άνεσης³ (ΚΑΠΕ, 2011). Υπάρχουν, βέβαια, και οι μη κλιματολογικοί παράγοντες διαμόρφωσης του αστικού μικροκλίματος, όπως η αστική μορφολογία (πολεοδομικός σχεδιασμός) και οι ιδιότητες των υλικών του δομημένου περιβάλλοντος. Ουσιαστικά, οι δύο αυτοί παράγοντες διαμορφώνουν τις μικροκλιματικές συνθήκες στη πόλη. Η παρούσα εργασία δεν θα εστιάσει στις ιδιότητες των υλικών, αλλά στην επίδραση της αστικής μορφολογίας στον ηλιασμό και αερισμό του αστικού χώρου.

1.2 ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΧΩΡΟ

1.2.1 ΑΣΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΝΗΣΙΔΑ

Το φαινόμενο αναφέρεται στην ύπαρξη υψηλότερων θερμοκρασιών στις πυκνοδομημένες αστικές περιοχές σε σχέση με τον υπόλοιπο αστικό χώρο και τα περίχωρά του. Η θερμοκρασιακή διαφορά αρχίζει να παρατηρείται από νωρίς το μεσημέρι, ενώ αποκτά τη μέγιστη τιμή της δύο ή τρεις ώρες μετά τη δύση του ηλίου, όταν τα υλικά που συνιστούν το δομημένο περιβάλλον της πόλης αρχίζουν να αποβάλλουν τη θερμότητα που αποθήκευσαν κατά τη διάρκεια της ημέρας (Akbari, 1992, όπως αναφέρεται στο Μπουγιατιώτη, 2010). Η μέση θερμοκρασιακή διαφορά που παρατηρείται στις περισσότερες πόλεις φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα:

Διάγραμμα 1.1: Μέση Θερμοκρασιακή διαφορά – Αστική Θερμική Νησίδα



Πηγή: Cox, 2005, ίδια επεξεργασία

³ **Θερμική άνεση:** Η κατάσταση του εγκεφάλου που εκδηλώνει ικανοποίηση σε σχέση με το θερμικό περιβάλλον (ISO 7730, 1994). Θα υπάρξει εκτενής ανάλυση της έννοιας σε επόμενο κεφάλαιο.

Το φαινόμενο οφείλεται σε μια πληθώρα παραγόντων, όπως:

- **Η αστική μορφολογία:** Επηρεάζει τη ροή του ανέμου σε μεγάλο βαθμό. Σε πυκνοδομημένες περιοχές, ο άνεμος δεν καταφέρνει να διέλθει μέσα από τον αστικό ιστό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνονται οι δυνατότητες απαγωγής θερμότητας, μέσω του φαινομένου της μεταφοράς από τις κατακόρυφες επιφάνειες των κτιρίων και τις οριζόντιες επιφάνειες των επικαλύψεων των δρόμων και των πεζοδρομίων (Σανταμούρης, 2000).
- **Η ατμοσφαιρική ρύπανση:** Εμποδίζει τη διαφυγή της θερμικής ακτινοβολίας⁶ προς τον ουρανό με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζει ομοιότητες με το φαινόμενο του θερμοκηπίου.
- **Τα υλικά του δομημένου περιβάλλοντος και των υπαίθριων χώρων:** Όσο πιο μεγάλη θερμοχωρητικότητα⁷ έχει ένα υλικό, τόσο πιο εύκολα διατηρεί υψηλή θερμοκρασία για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- **Η έλλειψη χώρων πρασίνου και υδάτινων επιφανειών:** Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη δυνατοτήτων δροσισμού μέσω του φαινομένου της εξάτμισης. Η εξάτμιση του νερού συμβάλλει στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, καθώς για να πραγματοποιηθεί απορροφώνται σημαντικά ποσά θερμότητας από το περιβάλλον. Στις επιφάνειες νερού, η εξάτμιση του νερού πραγματοποιείται άμεσα, ενώ στη βλάστηση εξατμίζεται το νερό που εκλύεται από τα στόματα των φύλλων με τη λειτουργία της διαπνοής (Μπουγιατιώτη, 2010).
- **Κυκλοφοριακή συμφόρηση:** Η θερμότητα που παράγεται από ένα μεγάλο αριθμό αυτοκινήτων συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα.

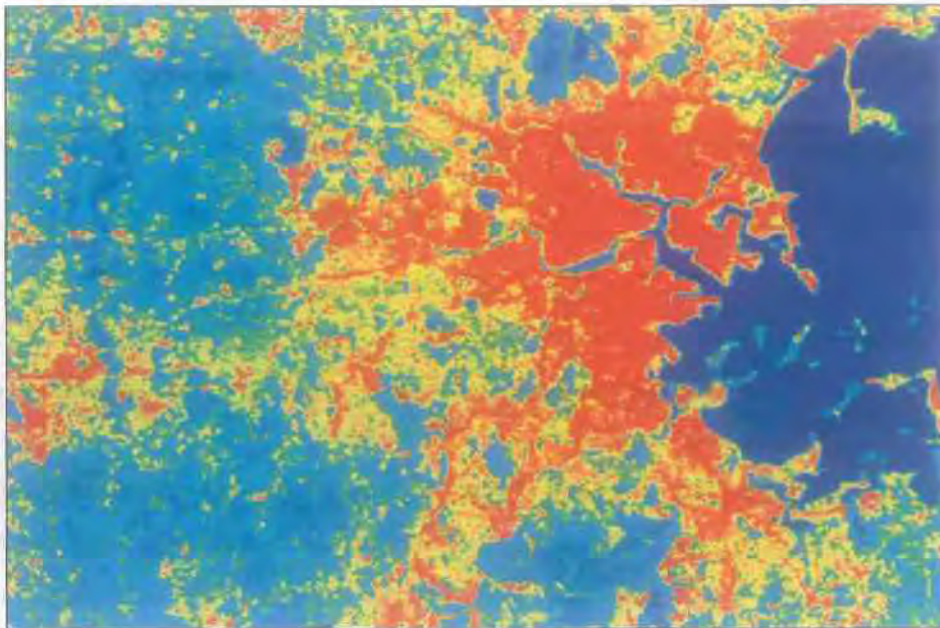
Στην εικόνα 1.1, παρουσιάζεται η επιφανειακή θερμοκρασία σε δεδομένη χρονική στιγμή (απογευματινή ώρα, 2009) για την πόλη της Βοστώνης. Με έντονο κόκκινο χρώμα διακρίνονται οι θερμότερες ζώνες (κέντρο και πυκνοδομημένες περιοχές), ενώ με σκούρο μπλε οι ψυχρότερες (θάλασσα). Η επιφανειακή θερμοκρασία αφορά τη θερμοκρασία που έχει κάθε επιφάνεια (μπετό, άσφαλτος κ.τ.λ.), επηρεάζει τη θερμοκρασία του αέρα και συντελεί έτσι στη δημιουργία αστικών θερμικών νησίδων. Για παράδειγμα, τα πάρκα και οι περιοχές με βλάστηση που έχουν ψυχρότερη

⁶ **Θερμική ακτινοβολία:** Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια ενός σώματος λόγω της θερμοκρασίας του (Ζώγου, 2007).

⁷ **Θερμοχωρητικότητα:** Είναι η ικανότητα ενός σώματος να αποθηκεύει θερμότητα κατά τη θέρμανσή του και φανερώνει πόσο εύκολα θερμαίνεται ή ψύχεται το σώμα αυτό. (<http://el.science.wikia.com/wiki/Θερμοχωρητικότητα>)

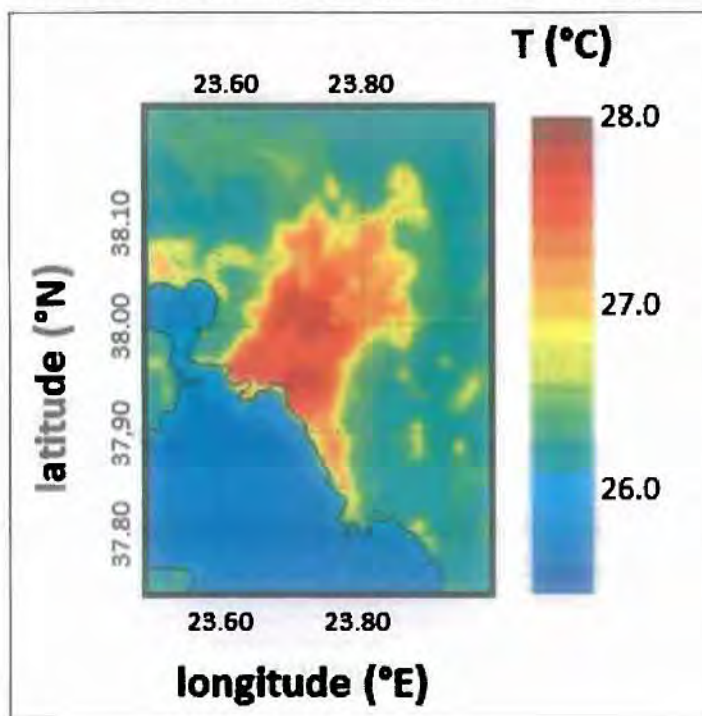
επιφανειακή θερμοκρασία σε σχέση με το μπετόν και την άσφαλτο, συντελούν στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα (Wong, 2005). Ακόμα, στην εικόνα 1.2, παρουσιάζεται το φαινόμενο (UHI) σε διάστημα πέντε μηνών για την πόλη της Αθήνας.

Εικόνα 1.1: Επιφανειακή θερμοκρασία για τη Βοστώνη, 2009



Πηγή: Camilo Pérez Arrau, 2010, <http://www.urbanheatislands.com/home>

Εικόνα 1.2: Μέση Εποχιακή Θερμοκρασία Αέρα για την Αθήνα (Μάιος - Σεπτέμβριος 2007)



Πηγή: <http://www.urbanheatisland.info>, 2011

1.2.2 ΑΣΤΙΚΗ ΟΔΙΚΗ ΧΑΡΑΔΡΑ

Με τον όρο «αστική οδική χαράδρα» περιγράφεται ένας δρόμος με υψηλή πυκνότητα οδικής κυκλοφορίας και με χαρακτηριστικά τέτοια, ώστε να περιορίζεται σημαντικά η διάχυση των ρύπων από την παρουσία κτηρίων με άμεση συνέπεια τη δημιουργία σημείου αιχμής συγκεντρώσεων (Μουτσιόπουλος, 2005, όπως αναφέρεται στο Σιούτας, 2011). Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι το μεγάλο ύψος των κτηρίων σε σχέση με το πλάτος του δρόμου και η κάθετη διεύθυνση του ανέμου ως προς τη διεύθυνση του δρόμου. Λόγω της κάθετης διεύθυνσης του ανέμου ως προς τη διεύθυνση του δρόμου, δημιουργείται στρόβιλος⁸. Ο στρόβιλος αυτός ονομάζεται βρόχος ανακυκλοφορίας και έχει ως αποτέλεσμα να εγκλωβίζονται οι ρύποι μέσα στην αστική οδική χαράδρα (εικόνα 1.3).

Εικόνα 1.3: Ο σχηματισμός βρόχου ανακυκλοφορίας σε μια αστική οδική χαράδρα



ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΥΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ

Πηγή: Κουτσοράκης, 2010

Τα κύρια γεωμετρικά χαρακτηριστικά μιας αστικής οδικής χαράδρας είναι το ύψος των κτηρίων (H), το πλάτος του δρόμου (W) και το μήκος των κτηρίων (L) (εικόνα 1.4). Ένας βασικός αριθμητικός παράγοντας για τη μελέτη του φαινομένου θεωρείται ο λόγος H/W (για συμμετρικές χαράδρες με $H_1=H_2$), καθώς εξάγονται συμπεράσματα για το κέντρο του βρόχου ανακυκλοφορίας (Κουτσοράκης, 2010). Επίσης, πολύ σημαντικό δεδομένο θεωρείται και η ταχύτητα του αέρα στις κορυφές

⁸ Η δημιουργία του στρόβιλου οφείλεται σε ιδιότητα των ρευστών (αερίων) - *στροβιλισμός λόγω τοιχώματος* (McCabe, Smith, 2008).

των κτηρίων (επικρατών άνεμος), καθώς επηρεάζει την ταχύτητα του αέρα στο βρόχο ανακυκλοφορίας (Vardoulakis, Fisher, 2003). Οι Nakamura και Oke το 1988, ύστερα από έρευνες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι:

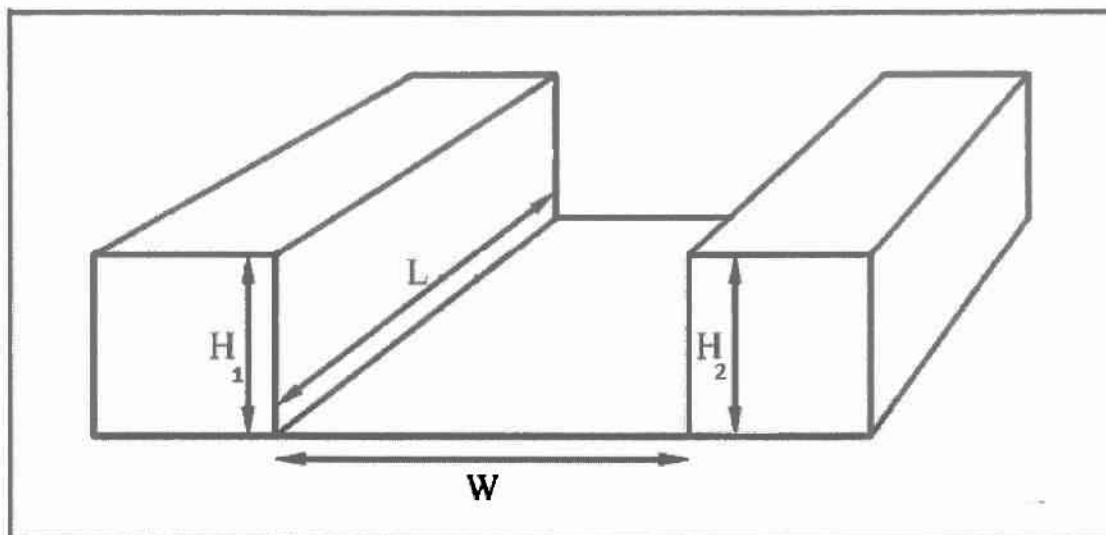
- Για λόγο $H/W \sim 1 \Rightarrow U_{\text{canyon}} = 2/3(U_{H\text{max}})$,
όπου U_{canyon} : η ταχύτητα του αέρα μέσα στη χαράδρα
και $U_{H\text{max}}$: η ταχύτητα του αέρα στις κορυφές των κτηρίων

Επίσης, οι Walton και Cheng το 2002, ύστερα από προσομοιώσεις κατέληξαν ότι:

- Για λόγο $H/W = 1,2 \Rightarrow U_{\text{canyon}} = 0,44(U_{H\text{max}})$

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως για $H/W > 1$, έχουμε παράγοντα μικρότερο από 2/3, ενώ για $H/W < 1$, μεγαλύτερο (Κουτσοῦράκης, 2010).

Εικόνα 1.4: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της αστικής οδικής χαράδρας



Πηγή: Κουτσοῦράκης, 2010, ίδια επεξεργασία

Στις περισσότερες περιοχές των σύγχρονων πόλεων, ο λόγος H/W υπερβαίνει τη μονάδα. Έτσι, εμφανίζονται έντονα περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως ο μειωμένος αερισμός στο επίπεδο του δρόμου και ο εγκλωβισμός των ρύπων στο εσωτερικό της «χαράδρας», λόγω του βρόχου ανακυκλοφορίας. Τα Προγράμματα Υπολογιστικής Ρευστοδυναμικής (CFD)⁹ παρέχουν πλέον τη δυνατότητα να προβλέπονται με μεγάλη

⁹ **CFD:** Υπολογιστικά μοντέλα του χώρου που προσομοιώνουν τη ροή του ανέμου (Kofod & Gaardsted, 2004)

ακρίβεια τα αποτελέσματα των παρεμβάσεων στον αστικό χώρο (π.χ. φύτευση δέντρων εκατέρωθεν ενός δρόμου).

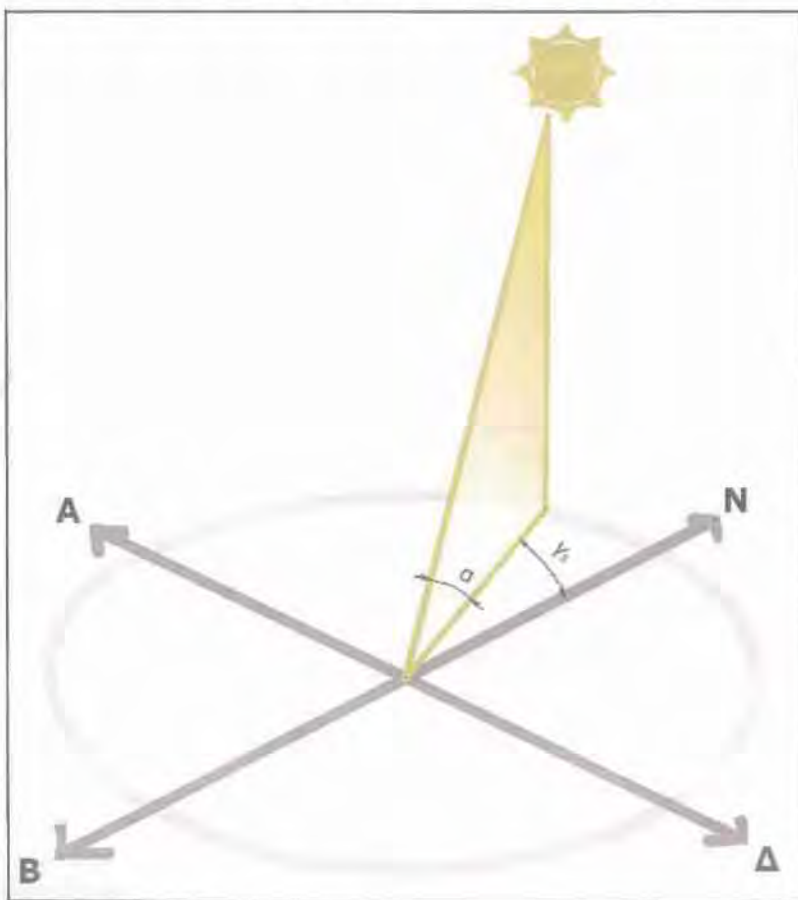
2. ΑΣΤΙΚΗ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

2.1 ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

2.1.1 ΗΛΙΑΚΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

Η κίνηση του ηλίου στον ουρανό κατά τη διάρκεια της ημέρας εξαρτάται από την εποχή αλλά και από το γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Η θέση του ηλίου στον ουρανό και στον ορίζοντα προσδιορίζεται από τις γωνίες ύψους και αζιμουθίου αντίστοιχα. Η γωνία ύψους (α) είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της θέσης του ήλιου στον ουρανό και του οριζόντιου επιπέδου, ενώ η γωνία αζιμουθίου (γ_s) είναι η γωνία της ορθής προβολής του ηλίου επάνω στο οριζόντιο επίπεδο σε σχέση με τον τοπικό μεσημβρινό Βορρά – Νότου (εικόνα 2.1 - ΤΕΕ, 2011). Στην κατεύθυνση του νότου, η γωνία αζιμουθίου ορίζεται ίση με 0° , αρνητική προς την ανατολή και θετική προς τη δύση.

Εικόνα 2.1: Γωνία ύψους (α) και γωνία αζιμουθίου (γ_s) του ηλίου

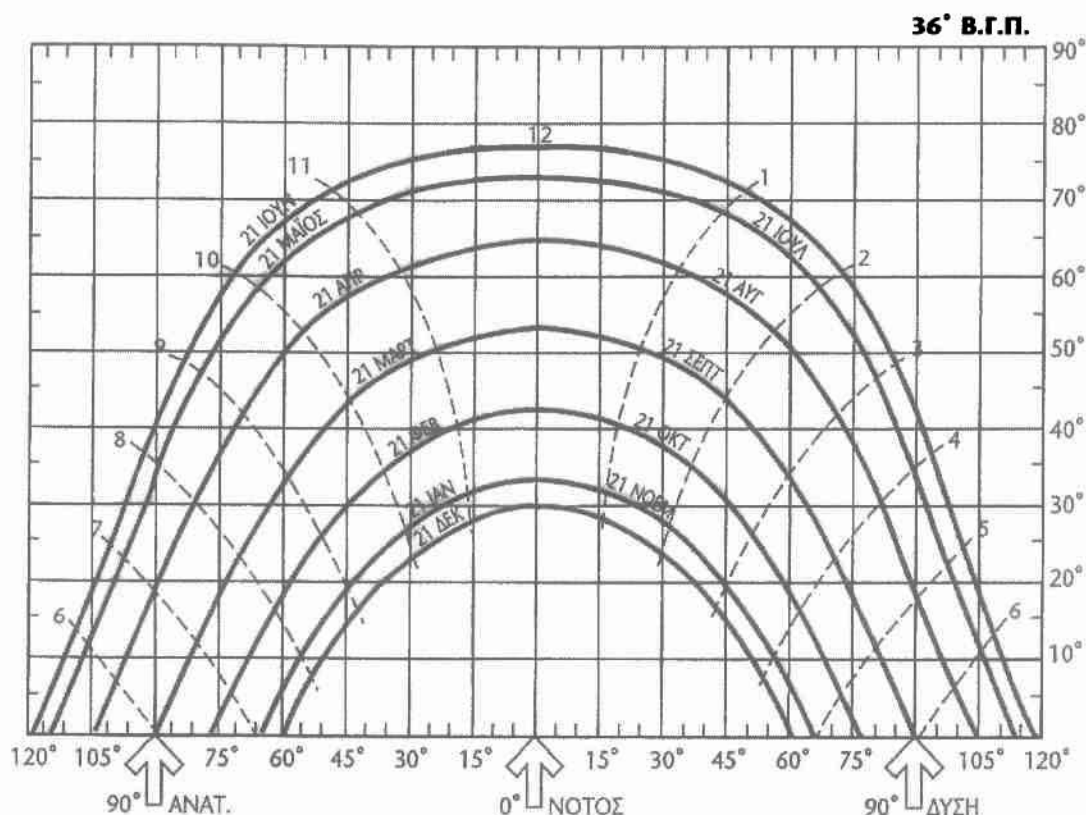


Πηγή: ΤΕΕ, 2011

Η κίνηση του ηλίου στον ουρανό κατά τη διάρκεια της ημέρας προσδιορίζεται από τα **ηλιακά διαγράμματα**. Στα ηλιακά διαγράμματα απεικονίζεται η κίνηση του ηλίου στον ουράνιο θόλο στο επίπεδο ορθής προβολής για συγκεκριμένο γεωγραφικό

πλάτος. Το ηλιακό διάγραμμα δίνει πληροφορίες για τη κίνηση του ηλίου για την 21^η μέρα κάθε μήνα. Παρακάτω παρουσιάζεται το ηλιακό διάγραμμα για γεωγραφικό πλάτος 36°.

Διάγραμμα 2.1: Ηλιακό διάγραμμα για γεωγραφικό πλάτος 36°



Πηγή: <http://xenmen.wordpress.com>, 2011

Με τον οριζόντιο άξονα προσδιορίζεται η γωνία αζιμουθίου, ενώ με τον κάθετο η γωνία ύψους. Οι διακεκομμένες καμπύλες είναι οι ώρες της ημέρας (προ μεσημβρίας και μετά μεσημβρίας). Τον Ιούνιο παρατηρείται η μεγαλύτερη γωνία ύψους, ενώ το Δεκέμβριο η μικρότερη.

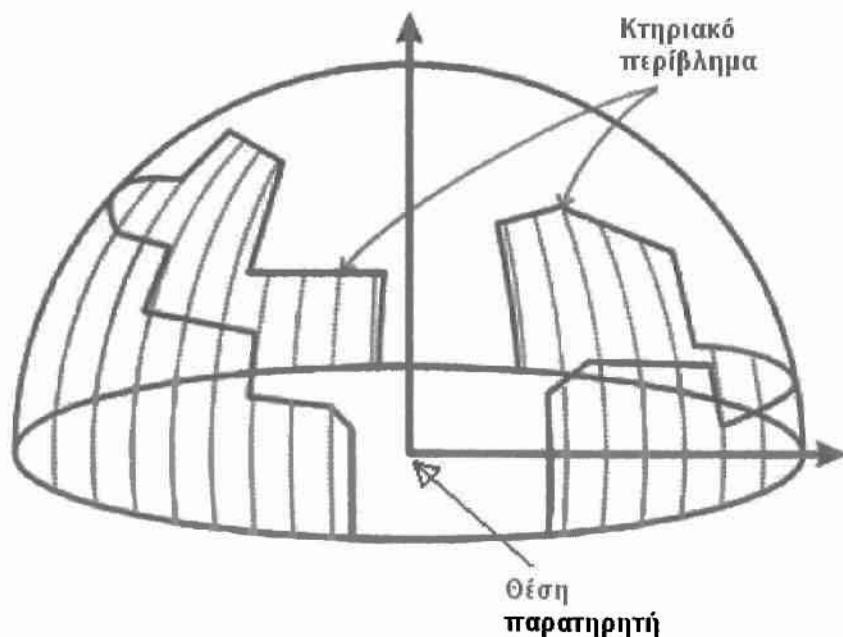
2.1.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Για την κατανόηση των συνθηκών ακτινοβολίας σε έναν αστικό χώρο, πρέπει να κατανοηθεί η έννοια της *ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας*. Η ακτινοβολούμενη θερμοκρασία είναι αποτέλεσμα της θερμικής ακτινοβολίας (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια ενός σώματος λόγω της θερμοκρασίας του). Σε κάθε περιβάλλον υπάρχει διαρκής ανάκλαση και απορρόφηση φωτός. Καθώς ένα άτομο κινείται στον χώρο, η θερμική ακτινοβολία που δέχεται μεταβάλλεται. Σε κάθε σημείο του χώρου υπάρχει ένα μοναδικό περιβάλλον ακτινοβολίας

(Χαραλαμπίδης, 2009). Η ακτινοβολούμενη θερμοκρασία, λοιπόν, είναι η θερμοκρασία που αντιλαμβάνεται ένα άτομο σε έναν χώρο, λόγω του συνδυασμού όλων των επιφανειακών θερμοκρασιών, των ανακλάσεων, της αστικής μορφολογίας, ακόμα και παραγόντων όπως ο προσανατολισμός του και ο ρουχισμός. Ένας από τους σημαντικότερους δείκτες για την αξιολόγηση των συνθηκών ακτινοβολίας σε έναν αστικό χώρο είναι η Μέση Θερμοκρασία ακτινοβολίας – Mean Radiant Temperature (MRT). Η MRT ορίζεται ως η ομοιόμορφη επιφανειακή θερμοκρασία ενός φανταστικού μαύρου κελύφους, που θα προκαλέσει την ίδια ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ατόμου και αυτού, με αυτή που λαμβάνει χώρα στις εξεταζόμενες συνθήκες (ASHRAE, 2003). Η MRT σχετίζεται άμεσα με τον άνθρωπο, τη θέση και τον προσανατολισμό του στο χώρο, αλλά και τη στάση του σώματός του. Ο συγκεκριμένος δείκτης (MRT) είναι πολύ σημαντικός, επειδή ποσοτικοποιεί τη θερμική ακτινοβολία και εμπεριέχει το σύνολο των ακτινοβολιών μεγάλου και μικρού μήκους, άμεσες και ανακλούμενες.

Ένας ακόμα σημαντικός δείκτης για την αξιολόγηση των συνθηκών ακτινοβολίας σε έναν αστικό χώρο είναι και ο Συντελεστής Θέασης του Ουρανού (Sky View Factor – SVF). Ορίζεται ως το ποσοστό του ουράνιου θόλου που είναι ορατό από τον παρατηρητή από μια συγκεκριμένη θέση στον χώρο (Χαραλαμπίδης, 2009) – εικόνα 2.2. Ο SVF παίρνει τιμές από 0 έως 1. Για τιμή 1 έχουμε ανεμπόδιστη θέα του παρατηρητή προς τον ουρανό, ενώ για τιμή 0, δεν υπάρχει οπτική επαφή με τον ουρανό.

Εικόνα 2.2: Οπτική απεικόνιση του SVF

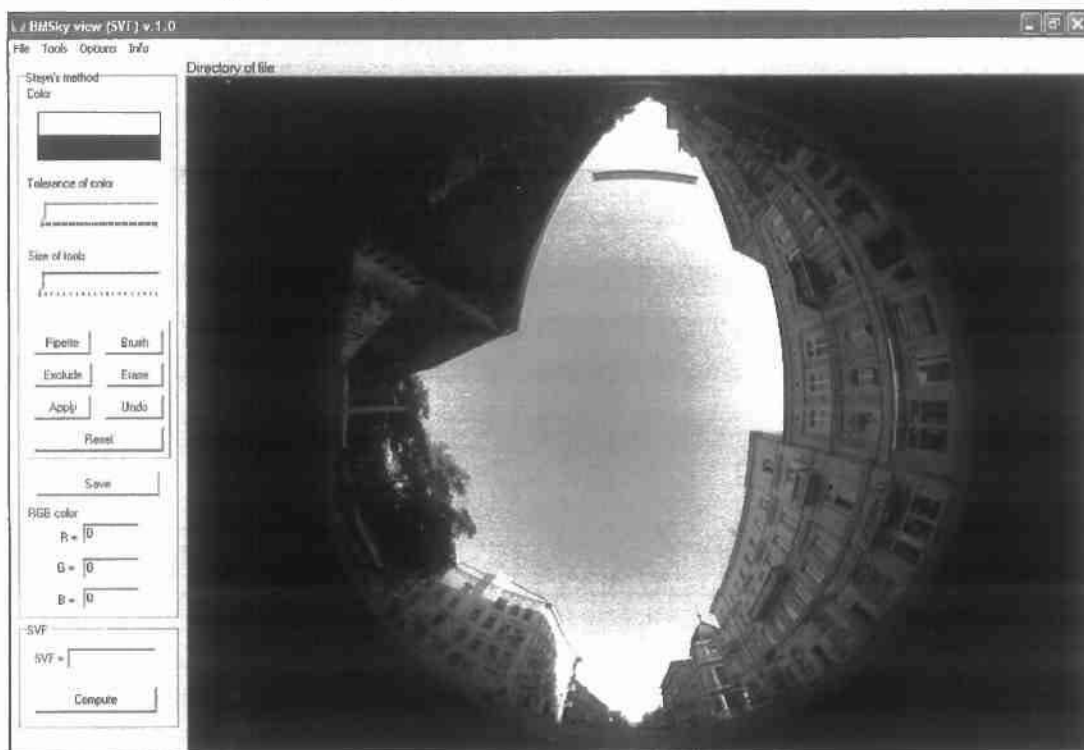


Οι δύο βασικές μέθοδοι για τον υπολογισμό του δείκτη είναι:

- Με διανυσματική μέθοδο - επεξεργασία βάσης δεδομένων της αστικής μορφολογίας (SVF_{vector})
- Με τον αλγόριθμο BMSky - View από επεξεργασία φωτογραφιών fish - eye ($SVF_{\text{BMSky - View}}$), (εικόνα 2.3)

Οι τιμές των δύο μεθόδων για το ίδιο σημείο μελέτης παρουσιάζουν μικρές διαφοροποιήσεις (Gal & Rzepa, 2007).

Εικόνα 2.3: Φωτογραφία Fish - Eye

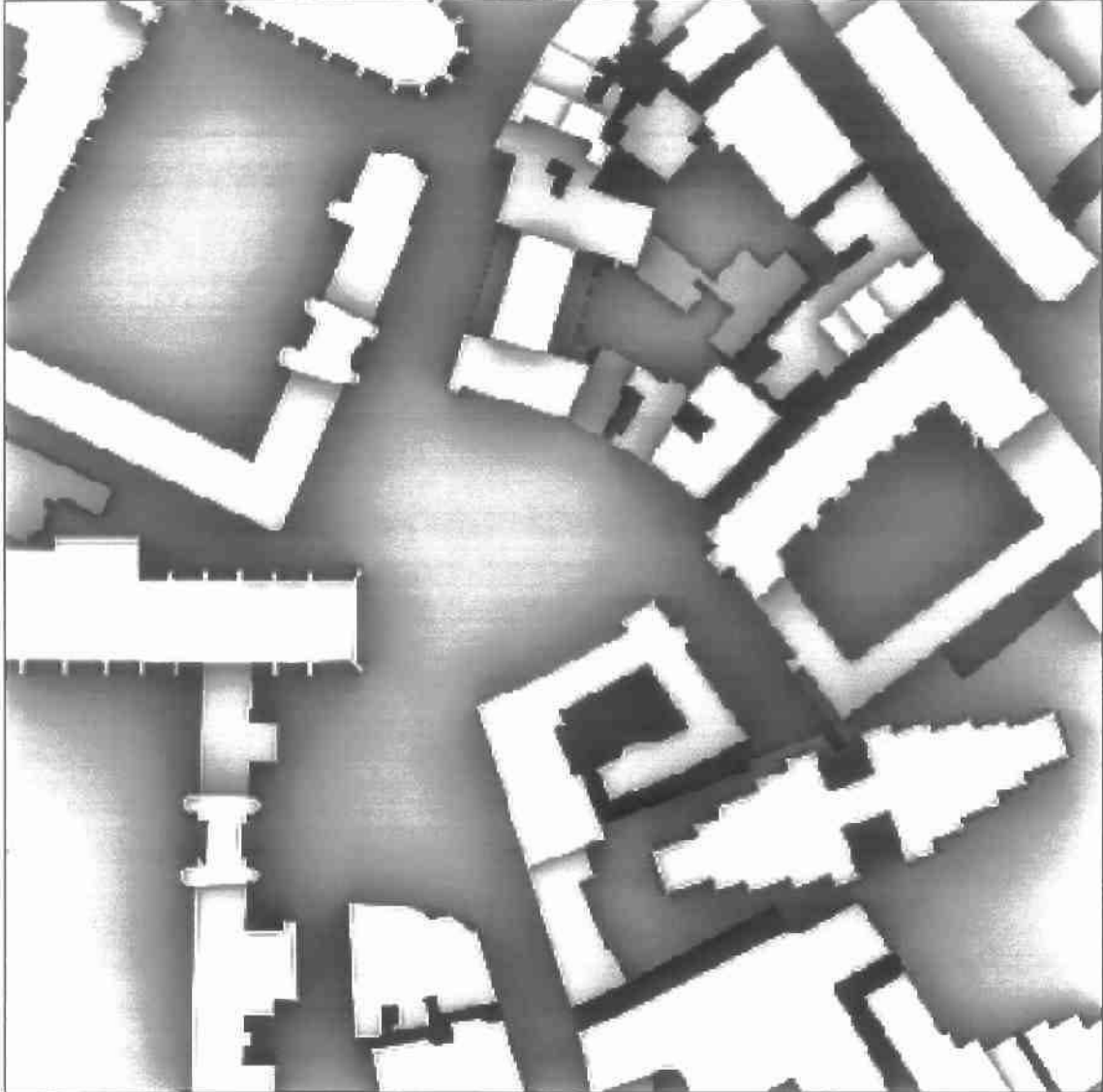


Πηγή: Gal & Rzepa, 2007

Ο δείκτης SVF επηρεάζει σημαντικά τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο αστικό περιβάλλον και σχετίζεται με το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας. Γενικά, χαμηλότερος συντελεστής σημαίνει αύξηση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας, αν και πρέπει να συνυπολογιστούν και άλλοι παράγοντες (Steemers & Ramos, 2004). Επίσης, μετά από έρευνες στο Martin Center στο Cambridge της Αγγλίας, ο δείκτης αποτυπώθηκε χαρτογραφικά με τον αλγόριθμο Matlab. Χρησιμοποιώντας ένα τρισδιάστατο μοντέλο, ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο (DEM), σχηματικό χάρτη κάτοψης και εισάγοντας γεωγραφικά και μικροκλιματικά δεδομένα, (υπολογιστικά προγράμματα AutoCAD, 3D Studio Max, Maya, Lightwave, Adobe Photoshop, Corel,

Photopaint), δημιουργήθηκε χάρτης για τον δείκτη SVF (εικόνα 2.4). Το σκούρο γκρι αντιστοιχεί στις χαμηλότερες τιμές SVF.

Εικόνα 2.4: Χάρτης SVF – αλγόριθμος matlab, περιοχή All Saint's Garden (Cambridge)



Πηγή: Steemers & Ramos, 2004

Εκτός από την αστική μορφολογία, σημαντική επιρροή στη διαμόρφωση των συνθηκών ακτινοβολίας ασκούν και τα υλικά κατασκευής του αστικού χώρου. Η σύσταση των υλικών επηρεάζει τις συνθήκες ακτινοβολίας και ένας σημαντικός δείκτης που ποσοτικοποιεί την επιρροή αυτή είναι η *λευκαύγεια* (albedo). *Η λευκαύγεια ορίζεται ως ο λόγος της ανακλώμενης προς την προσπίπτουσα ακτινοβολία σε ένα αντικείμενο* (Χαραλαμπίδης, 2009). Για τιμή 1 έχουμε πλήρη ανάκλαση, ενώ για τιμή 0 πλήρη απορρόφηση.

Πίνακας 2.1: Τιμές λευκαύγειας υλικών

Υλικό	Λευκαύγεια
Σκυρόδεμα	0,1 – 0,35
Τούβλο	0,2 – 0,4
Πέτρα	0,2 – 0,4
Άσφαλτος	0,05 – 0,2
Γρασίδι	0,25 – 0,3
Χαλίκι	0,08 – 0,18

Πηγή: Akbari, 1992 - όπως αναφέρεται στο Χαραλαμπίδης, 2009, ίδια επεξεργασία

2.1.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Ο «έλεγχος» της ηλιακής ακτινοβολίας μέσω της διαδικασίας του πολεοδομικού σχεδιασμού αποτελεί το σημαντικότερο βιοκλιματικό κριτήριο για τη δημιουργία ενός βιώσιμου αστικού περιβάλλοντος. Αρχικά, πρέπει να αναλυθούν οι συνιστώσες της ηλιακής ακτινοβολίας στο αστικό περιβάλλον. Η ολική ηλιακή πρόσπτωση σε μια επιφάνεια είναι το άθροισμα τριών τύπων ακτινοβολίας (Στασινόπουλος, 2001):

- Άμεσης, από τις ηλιακές ακτίνες
- Διάχυτης, από τον ουράνιο θόλο
- Ανακλώμενης, από το περιβάλλον

Το ποσοστό διείσδυσης της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας σε έναν χώρο επηρεάζεται κατά κύριο λόγο από τον πολεοδομικό – αστικό σχεδιασμό. Η ανακλώμενη εξαρτάται και από άλλους παράγοντες (όπως π.χ. τα υλικά κατασκευής του αστικού χώρου).

Για τον ηλιασμό (επιλεκτική έκθεση χώρων στην ηλιακή ακτινοβολία – κυρίως άμεσης) ή σκίαση ενός αστικού χώρου, βασικό παράγοντα αποτελεί το γεωγραφικό μήκος και πλάτος του. Π.χ. για μια πόλη της Σουηδίας, θα επιλεγεί μια στρατηγική σχεδιασμού έτσι ώστε να υπάρχει μέγιστο ποσοστό ηλιασμού καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Στον αντίποδα, για μια πόλη της Ελλάδας, θα επιλεγεί μέγιστο ποσοστό ηλιασμού το χειμώνα και ελάχιστο το καλοκαίρι. Αφού προσδιοριστεί η θέση (πόλη), εξετάζεται η ηλιακή γεωμετρία της περιοχής. Έτσι, προσδιορίζεται η ακριβής κίνηση του ηλίου στον ουρανό για όλες τις μέρες του έτους. Επομένως, ο χώρος μπορεί να σχεδιαστεί έτσι ώστε να δέχεται τα κατάλληλα ποσοστά ηλιακής ακτινοβολίας για κάθε

εποχή του έτους. Οι ρυθμιστικοί παράγοντες του ηλιασμού είναι ο προσανατολισμός και το πλάτος των δρόμων, η μορφή των οικοδομικών όγκων και η πυκνότητα δόμησης. Η μεθοδολογία στηρίζεται στην ανάλυση δεικτών (όπως SVF ή H/W) που συνδυάζουν τους ρυθμιστικούς παράγοντες του ηλιασμού. Για να προκύψουν συμπεράσματα σχετικά με τους παραπάνω δείκτες, πρέπει να είναι γνωστό το γεωγραφικό μήκος και πλάτος της εκάστοτε περιοχής μελέτης.

Ένα παράδειγμα της μεθοδολογίας αποτελεί η εργασία των Bourbia & Boucheriba το 2010 με τίτλο *"Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate"*, όπου μελετήθηκε ο συσχετισμός των δεικτών SVF και H/W με τις θερμοκρασιακές διακυμάνσεις για 7 αστικούς χώρους της πόλης Constantine στην Αλγερία. Το εύρος τιμών του δείκτη H/W ήταν από 1 έως και 6,7, ενώ του δείκτη SVF από 0,076 έως 0,58 (πίνακας 2.2). Οι περιβαλλοντικές μετρήσεις έγιναν σε ύψος 1,5 μέτρων από το έδαφος, κατά τη διάρκεια του Ιουλίου του 2007, αντιπροσωπεύοντας την πιο θερμή περίοδο του έτους.

Πίνακας 2.2: Σημεία μετρήσεων

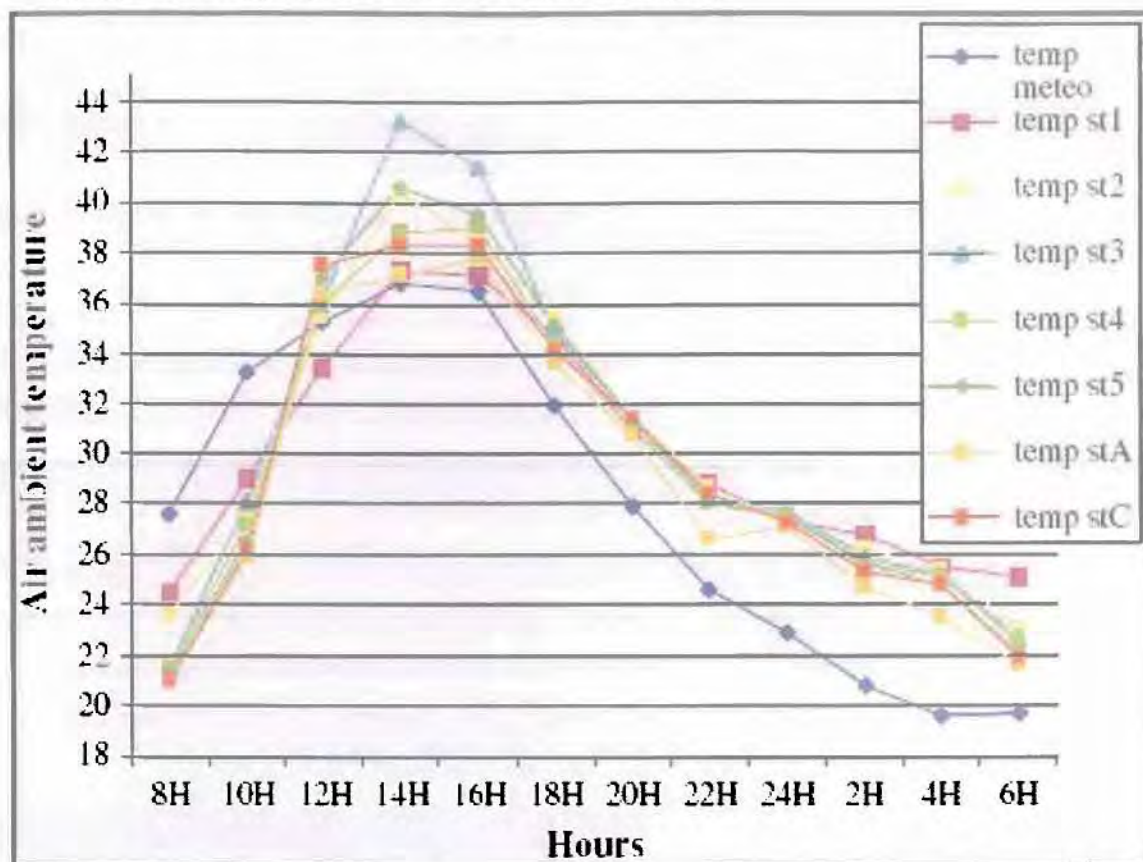
Σημείο Μέτρησης	SVF	H/W
1	0,58	1
2	0,12	2,6
3	0,21	2,3 και 3,3 (διασταύρωση δρόμων)
4	0,12	4,6
5	0,23	1
A	0,21	4,8 και 6,7 (διασταύρωση δρόμων)
C	0,076	3,4

Πηγή: Bourbia & Boucheriba, 2009 – ίδια επεξεργασία

Έχοντας ως δεδομένα την κίνηση του ηλίου στον ουρανό, την αστική μορφολογία και τις περιβαλλοντικές μετρήσεις, οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο SVF, τόσο υψηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η αναλογία H/W, τόσο χαμηλότερες είναι οι θερμοκρασίες. Παρατηρήθηκε, επίσης, ότι ο SVF διαφοροποιεί σημαντικά τη θερμοκρασία του αέρα μεταξύ των ωρών 12.00 και 18.00 με συντελεστή συσχέτισης $R^2=0,46$ (διάγραμμα 2.2).

Μεταξύ των ωρών 18.00 και 4.00 εμφανίστηκε σχετική εξίσωση των θερμοκρασιών για όλους τους σταθμούς.

Διάγραμμα 2.2: Θερμοκρασία αέρα των σημείων μέτρησης



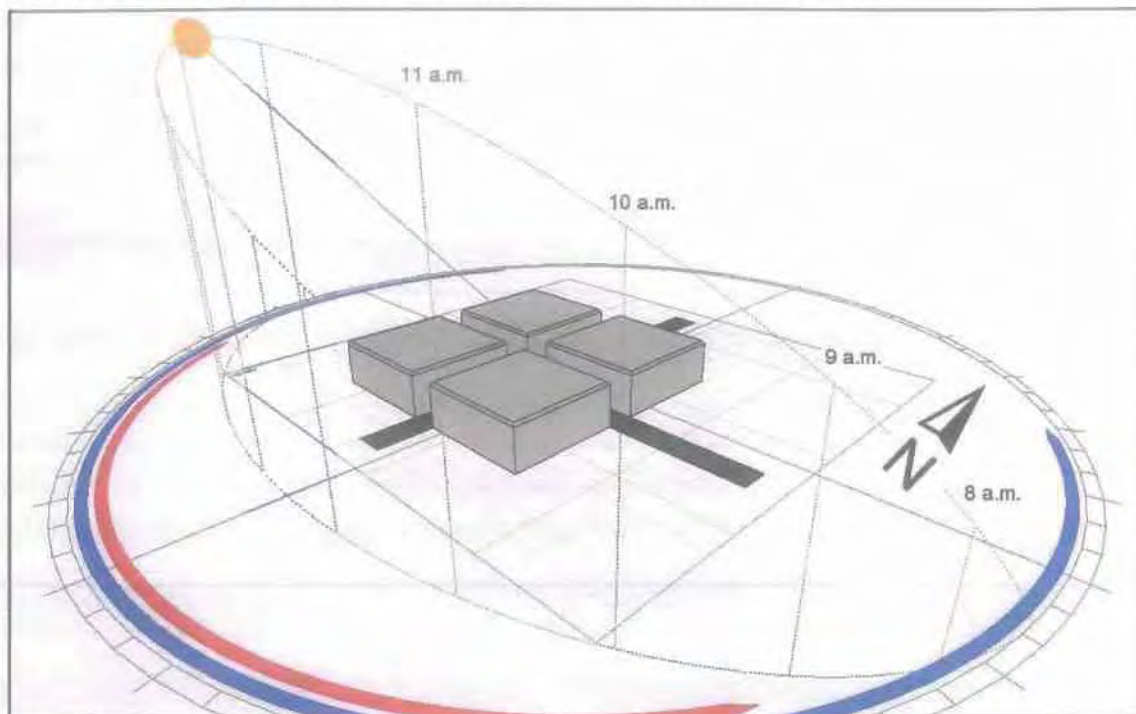
Πηγή: Bourbia & Boucheriba, 2009

Πλέον, η αξιολόγηση και ο έλεγχος των συνθηκών ακτινοβολίας ενός αστικού χώρου μπορούν να γίνουν με μεγάλη ακρίβεια, λόγω της προσομοίωσης του χώρου αλλά και της κίνησης του ηλίου με τη χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων. Το πρόγραμμα *Ecotect Analysis 2011* αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα λογισμικού, το οποίο εξειδικεύεται στην περιβαλλοντική ανάλυση κτηρίων και ανοικτών χώρων (αξιολόγηση συνθηκών ακτινοβολίας, ανέμου κ.α.). Διαθέτει τρισδιάστατο περιβάλλον σχεδίασης και δυνατότητα εισαγωγής αρχείων προέκτασης *dxf* (AutoCAD *dxf* files). Τα κλιματολογικά δεδομένα εισάγονται μέσω αρχείων προέκτασης *wea* (weather data files). Τα αρχεία *wea* περιέχουν αναλυτικές πληροφορίες για τις κλιματολογικές συνθήκες σε διάφορες πόλεις ανά τον κόσμο για όλες τις μέρες του χρόνου. Για την Ελλάδα, διατίθενται 3 αρχεία *wea*, για Αθήνα, Θεσσαλονίκη και Ανδραβίδα. Επιπλέον, μπορούν να επιλεγθούν τα υλικά κατασκευής του αστικού χώρου και υπάρχει βάση δεδομένων για τις ιδιότητες κάθε υλικού (λευκαύγεια, θερμοχωρητικότητα κ.α.).

Έστω ότι θέλουμε να εξετάσουμε τις συνθήκες ακτινοβολίας για μια περιοχή στην Αθήνα για μια τυχαία ημερομηνία (π.χ. 5 Μαρτίου). Θεωρούμε περιοχή μέσης πυκνότητας δόμησης, χωρίς κλίση εδάφους, με τέσσερα οικοδομικά τετράγωνα, πλευρά οικοδομικού τετραγώνου 40μ., συντελεστή δόμησης 1,2 και πλάτος δρόμου 10μ. Βάσει του Γενικού Οικοδομικού Κανονισμού (ν. 2831/2000) για συντελεστή δόμησης 1,2 , έχουμε μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος κτηρίων 16μ. Επίσης, θεωρούμε ότι η οικοδομική γραμμή ταυτίζεται με τη ρυμοτομική (απουσία πρασιάς). Ο συντελεστής κάλυψης (0,7) και τα *ιδεατά στερεά* (κελύφη) των κτηρίων ορίζονται από τον ΓΟΚ. Θεωρούμε υλικό κατασκευής των κτηρίων το οπλισμένο σκυρόδεμα.

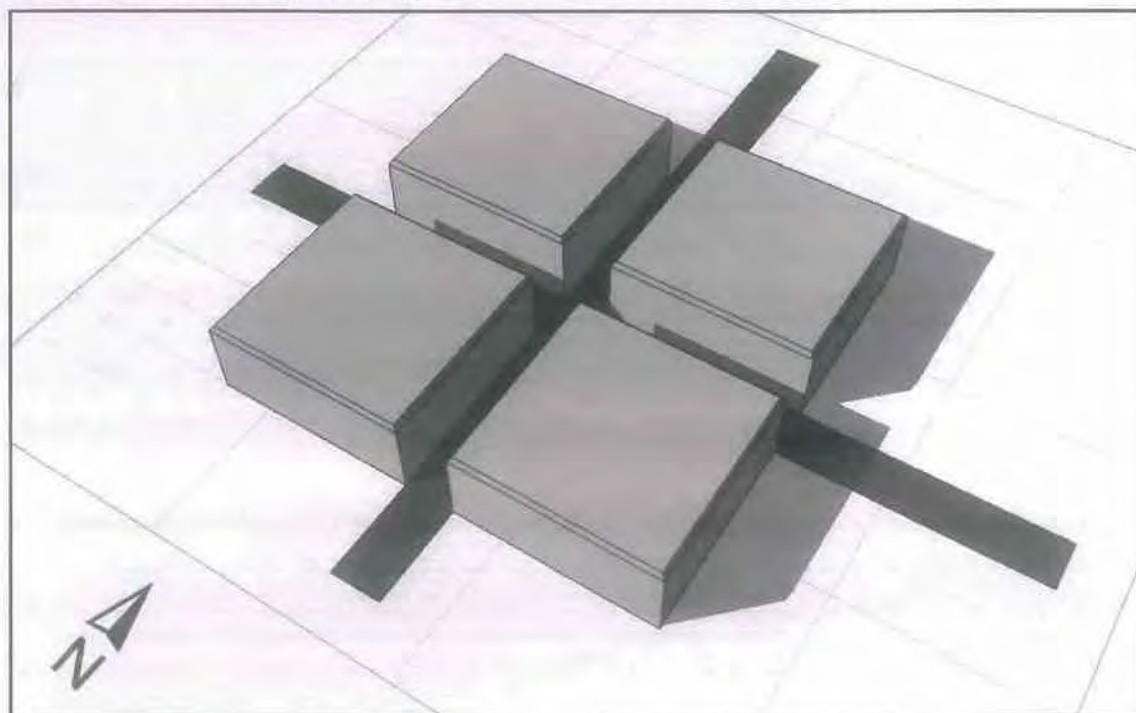
Αρχικά, σχεδιάζουμε τον υπάρχοντα χώρο (κτηριακά κελύφη) και φορτώνουμε το αρχείο *wea* για την Αθήνα (*Greece-Athens.wea*). Το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα οπτικής απεικόνισης της θέσης του ηλίου στον ουράνιο θόλο για κάθε ώρα της ημέρας (π.χ. 5^η Μαρτίου – εικόνα 2.5). Μπορούμε, έτσι, να έχουμε προσομοίωση της σκίασης για οποιαδήποτε ώρα της 5^{ης} Μαρτίου (π.χ. 15.00 – εικόνα 2.6), καθώς και για οποιαδήποτε άλλη μέρα του έτους. Υπάρχει, επίσης, και η δυνατότητα απεικόνισης του εύρους της σκίασης καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας (εικόνα 2.7). Στη συνέχεια, συνδυάζοντας τις ιδιότητες των υλικών (οπλισμένο σκυρόδεμα και άσφαλτος) με την κίνηση του ηλίου, μπορούμε να υπολογίσουμε τη συνολική ακτινοβολία (*Wh*) που θα έχουμε σε οριζόντιο επίπεδο ύψους 1,5μ. (με πλέγμα μελέτης σε τετραγωνικά μέτρα), καθώς και σε οποιοδήποτε άλλο ύψος για την 5^η Μαρτίου (εικόνα 2.8). Οι παραπάνω μετρήσεις μπορούν να γίνουν επίσης σε μηνιαία και ετήσια βάση και να έχουμε μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα για το εκάστοτε αστικό περιβάλλον. Έτσι, μπορούν να προκύψουν συμπεράσματα για τον προσανατολισμό των δρόμων, τους δείκτες *SVF* και *H/W*, καθώς και για ζητήματα πυκνότητας δόμησης (π.χ. παρουσία πρασιάς). Η αστική μορφολογία, λοιπόν, επηρεάζει τις συνθήκες ακτινοβολίας. Το αστικό μικροκλίμα, όμως, επηρεάζεται και από άλλες παραμέτρους, όπως ο άνεμος και το αστικό πράσινο, οι οποίες θα εξεταστούν στη συνέχεια.

Εικόνα 2.5: Θέσεις του ηλίου ανά ώρα για την 5^η Μαρτίου, wea Αθήνας



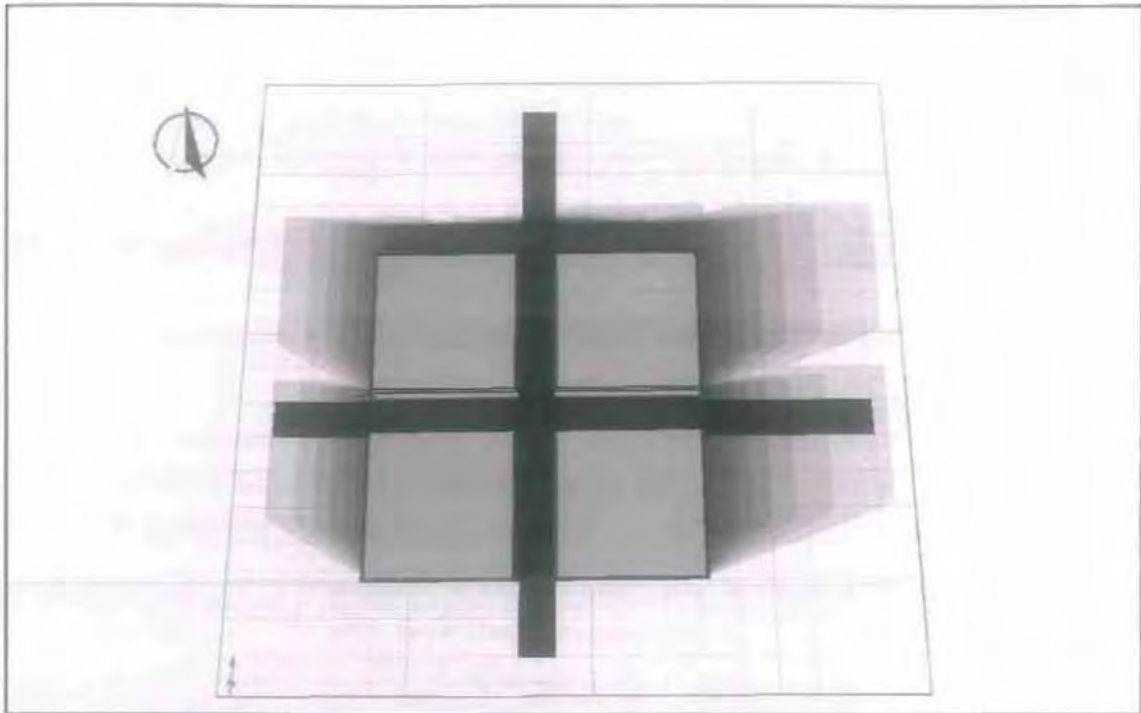
Πηγή: Ecotect Analysis 2011, ίδια επεξεργασία

Εικόνα 2.6: Σκίαση της περιοχής (15.00 – 5^η Μαρτίου), wea Αθήνας



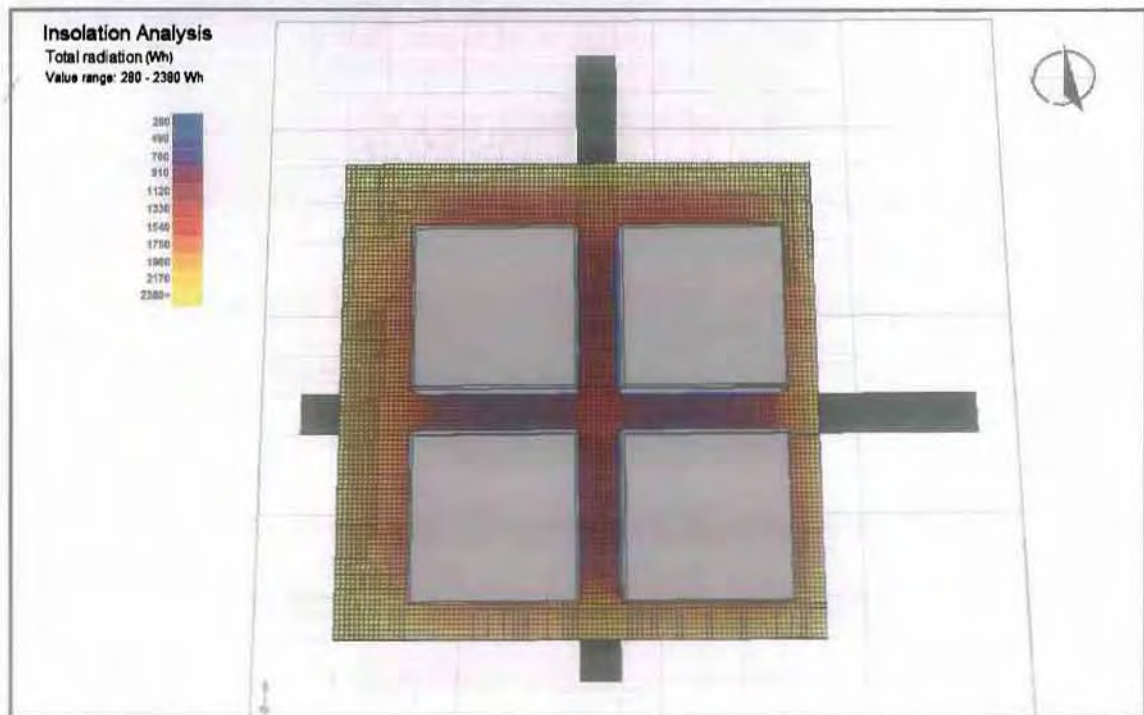
Πηγή: Ίδια επεξεργασία

Εικόνα 2.7: Εύρος σκίασης (5^η Μαρτίου), west Αθήνας



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 2.8: Συνολική ακτινοβολία σε οριζόντιο επίπεδο ύψους 1,5μ. (5^η Μαρτίου)



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

2.2 ANEMΟΣ

2.2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Σε παγκόσμια κλίμακα, ως άνεμος ορίζεται η κίνηση των αερίων μαζών από περιοχές υψηλής πίεσης σε περιοχές χαμηλής πίεσης (ΚΑΠΕ, 2011). Σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο, η κίνηση αυτή επηρεάζεται κατά πολύ από το γεωγραφικό ανάγλυφο. Στον αστικό χώρο, σημαντικό ρόλο παίζει η αστική μορφολογία. Έτσι, οι ανεμολογικές συνθήκες σε δύο περιοχές μιας πόλης μπορούν να διαφέρουν κατά πολύ. Η ταχύτητα και η διεύθυνση¹⁰ του ανέμου προσδιορίζεται με τα ανεμόμετρα. Η μονάδα μέτρησης του ανέμου είναι km/h. Δείκτης έντασης του ανέμου είναι η κλίμακα Μποφόρ (Beaufort). Η κλίμακα παίρνει ακέραιες τιμές από 0 έως 12 (βαθμοί). Η σχέση που συνδέει τη κλίμακα με την ταχύτητα του ανέμου (km/h) είναι:

$$U_{(km/h)} = 3,01 (B^{3/2})$$

όπου $U_{(km/h)}$ είναι η ταχύτητα του ανέμου σε km/h και B οι βαθμοί Beaufort

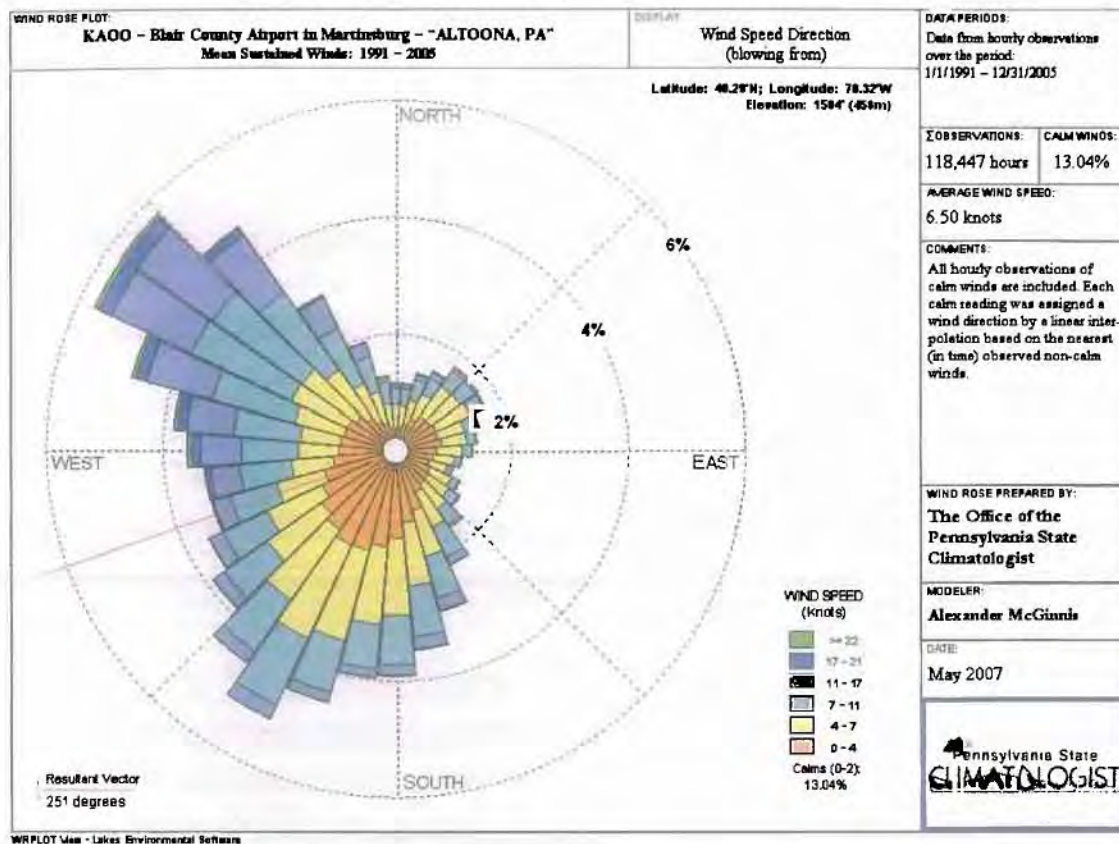
(<http://el.wikipedia.org/wiki/>, 2012)

Οι μετρήσεις των ανεμολογικών συνθηκών ενός τόπου γίνονται συνήθως σε ύψος 10μ. από το έδαφος σε μετεωρολογικούς σταθμούς εγκατεστημένους στην ύπαιθρο. Για την εκτίμηση της κατανομής του ανέμου σε έναν αστικό χώρο μπορούν να γίνουν είτε επί τόπου μετρήσεις, είτε προσομοιώσεις της ροής του αέρα μέσω υπολογιστικού μοντέλου σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (Kofoed & Gaardsted, 2004).

Η γραφική απεικόνιση των ανεμολογικών συνθηκών ενός τόπου γίνεται με τα **ροδογράμματα**, τα οποία δίνουν πληροφορίες για την διεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου. Τα ροδογράμματα παρουσιάζουν τη συχνότητα των ανέμων που φυσούν από συγκεκριμένες διευθύνσεις κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Επίσης, στα ροδογράμματα εμφανίζονται και οι ταχύτητες των ανέμων. Στο διάγραμμα 2.3, παρουσιάζεται το ροδόγραμμα ανέμου για το αεροδρόμιο της πόλης Altoona της πολιτείας Πενσυλβάνια των ΗΠΑ για την περίοδο 1991-2005. Οι οκτώ ακτίνες (με διακεκομμένες γραμμές) του κύκλου είναι οι διευθύνσεις από τις οποίες προέρχεται ο άνεμος (βορειοδυτικά, νότια κτλ.). Κάθε ομόκεντρος κύκλος ορίζει τη συχνότητα εμφάνισης (%) μιας συγκεκριμένης διεύθυνσης ανέμου. Η χρωματική διαφοροποίηση των κυκλικών τομέων είναι οι ταχύτητες των ανέμων. Το ποσοστό εμφάνισης κάθε χρώματος αντιπροσωπεύει το ποσοστό εμφάνισης κάθε ταχύτητας.

¹ Ως διεύθυνση του ανέμου ορίζεται το σημείο του ορίζοντα απ' όπου πνέει ο άνεμος (<http://el.wikipedia.org/wiki/άνεμος>, 2012).

Διάγραμμα 2.3: Ροδόγραμμα ανέμου, Αεροδρόμιο Altoona, Πενσυλβάνια, ΗΠΑ



Πηγή: http://climate.met.psu.edu/www_prod/, 2012

2.2.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Για την αξιολόγηση των ανεμολογικών συνθηκών ενός αστικού χώρου βασική προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ενός μεγάλου αριθμού μετρήσεων. Οι επί τόπου μετρήσεις παρουσιάζουν το μειονέκτημα ότι είναι χρονοβόρες και έχουν υψηλό κόστος (μεγάλη περίοδος μετρήσεων και πολλά σημεία μέτρησης). Ένας τρόπος είναι η συλλογή των δεδομένων από τον πιο κοντινό μετεωρολογικό σταθμό (σε ανοικτή επίπεδη περιοχή) της εκάστοτε περιοχής μελέτης και η αναγωγή των ταχυτήτων ανέμου για αστική και ημιαστική περιοχή μέσω των παραμέτρων $S_{αστ}$ και $S_{ημ}$ (Kofloed & Gaardsted, 2004 – πίνακας 2.3):

$$S_{αστ} = V_{H1} / V_{10} \text{ και } S_{ημ} = V_{H2} / V_{10}$$

Όπου, V_{H1} και V_{H2} η ταχύτητα ανέμου σε δεδομένο ύψος σε αστική και ημιαστική περιοχή αντίστοιχα και V_{10} η ταχύτητα του ανέμου στο μετεωρολογικό σταθμό (σε ύψος 10μ.).

Π.χ. η ταχύτητα αέρα σε ύψος 100m σε μια αστική περιοχή αντιστοιχεί σε 89% της ταχύτητας του αέρα σε ύψος 10m σε ανοικτή περιοχή (πίνακας 2). Το μειονέκτημα που παρουσιάζει η συγκεκριμένη παράμετρος (S) είναι ότι ισχύει για ύψη πάνω από την υπο

μελέτη αστική περιοχή (πάνω από τις οροφές των κτηρίων) και όχι στο επίπεδο των πεζών. Τα V_{10} μπορούν να αναχθούν σε ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στο επίπεδο των πεζών χρησιμοποιώντας δοκιμές σε αεροσύραγγα ή εξελιγμένους υπολογισμούς ρευστοδυναμικής (Kofoed & Gaardsted, 2004).

Πίνακας 2.3: Τιμές $S = V_H / V_{10}$ για διάφορα ύψη H σε ημιαστική και αστική περιοχή

H [m]	S(ημιαστική περιοχή)	S(αστική περιοχή)
10	0.6	0.36
20	0.73	0.47
30	0.82	0.55
40	0.89	0.62
50	0.94	0.68
60	0.99	0.73
70	1.04	0.77
80	1.08	0.82
90	1.11	0.86
100	1.14	0.89

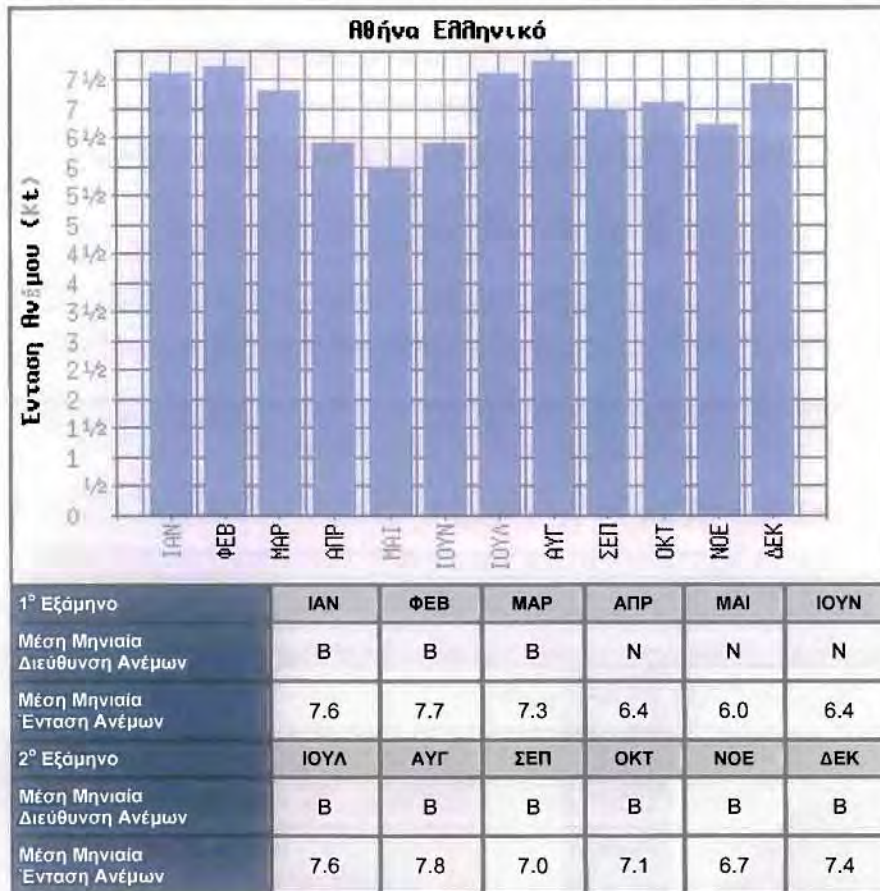
Πηγή: Kofoed & Gaardsted, 2004

Η αξιολόγηση των ανεμολογικών συνθηκών στο επίπεδο των πεζών (1,5μ.) σε έναν αστικό χώρο γίνεται με τη χρήση προγραμμάτων υπολογιστικής ρευστοδυναμικής (Computational Fluid Dynamics - CFD). Τα CFD έχουν τη δυνατότητα να υπολογίζουν με μεγάλη ακρίβεια τις ανεμολογικές συνθήκες (ταχύτητα, διεύθυνση και ριπές ανέμου¹¹) ενός αστικού χώρου. Θεωρούμε την περιοχή που εξετάστηκε στην παράγραφο 2.1.3, έτσι ώστε να προσομοιώσουμε τις ανεμολογικές συνθήκες στο επίπεδο των πεζών με τη χρήση CFD για διαφορετικές διευθύνσεις και ταχύτητες επικρατούντων ανέμων. Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση είναι τα Autodesk Revit Architecture 2011 και Autodesk Project Vasari 2.1 (CFD). Με το πρώτο σχεδιάστηκαν τα κτηριακά κελύφη και επιλέχθηκαν τα υλικά κατασκευής του αστικού χώρου (οπλισμένο σκυρόδεμα – άσφαλτος), ενώ με το δεύτερο έγινε η

¹¹ Μια σχετικά γρήγορη μεταβολή της έντασης του ανέμου. Οι ριπές οφείλονται στη ταραχώδη κίνηση του ανέμου από την τριβή του στο έδαφος κατά την κίνηση ρευμάτων αέρα (<http://www.hnms.gr>, 2011).

προσομοίωση των ανεμολογικών συνθηκών στον επιλεγέντα αστικό ιστό. Βάσει μετρήσεων του μετεωρολογικού σταθμού της περιοχής Ελληνικό στην Αθήνα για την περίοδο 1955-1997, προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα:

Διάγραμμα 2.4: Ανεμολογικά δεδομένα περιοχής Ελληνικού, Αθήνα (περίοδος 1955-1997)

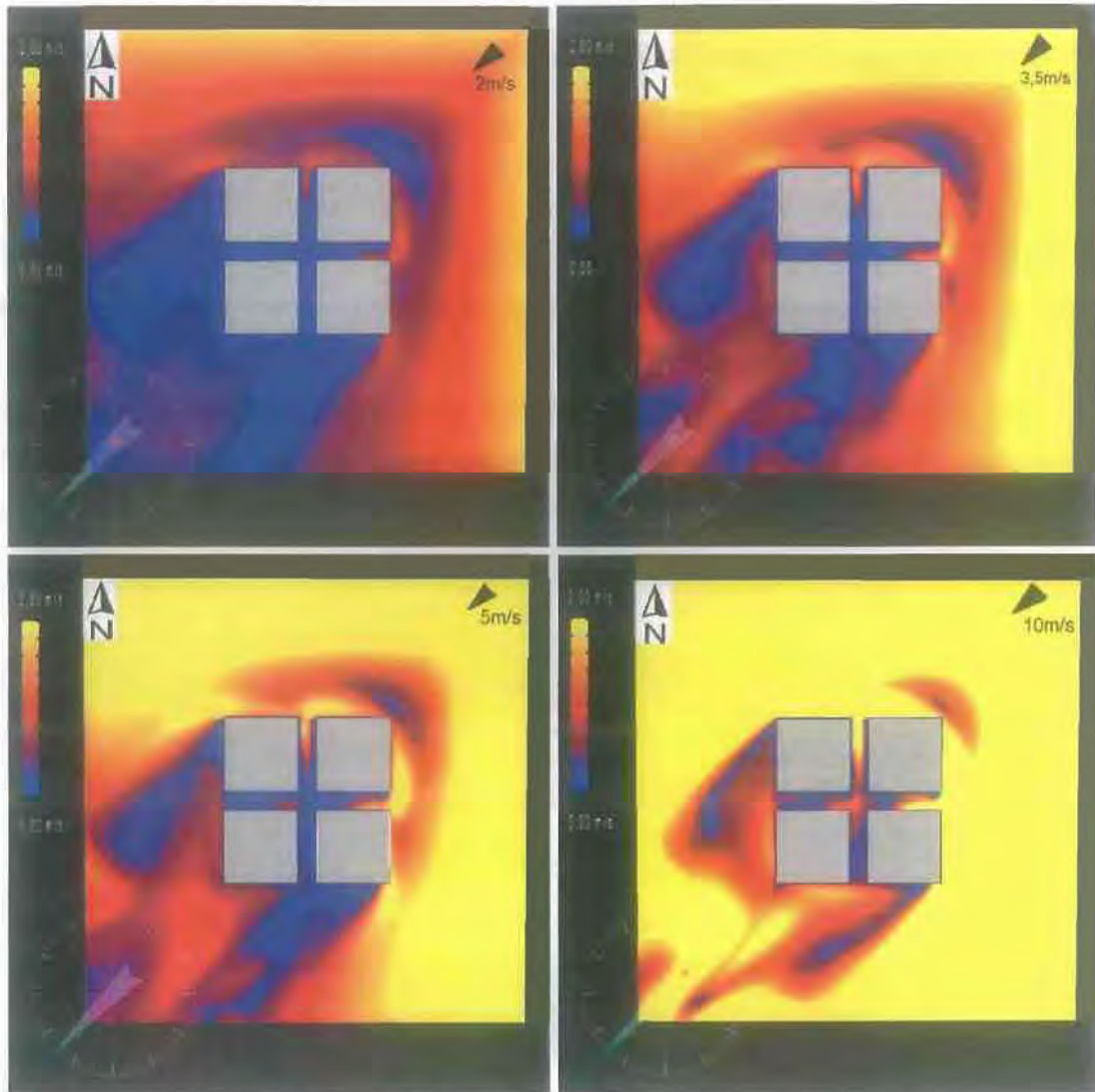


Πηγή: <http://www.hnms.gr>, 2011

Από τα δεδομένα προκύπτει ότι η μέση ετήσια ένταση των ανέμων είναι 7 knots (1knot=1,85km/h), άρα 13km/h = 3,5 m/s. Με βάση το ροδόγραμμα ανέμου για την Αθήνα (Autodesk Project Vasari 2.1), οι άνεμοι που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη συχνότητα κατά τη διάρκεια του έτους είναι οι βορειοανατολικοί (225^ο) και οι νοτιοδυτικοί (30^ο). Για την περιοχή θα εξεταστούν ενδεικτικά οι δύο αυτές διευθύνσεις στο επίπεδο των πεζών (1,5μ.) με ταχύτητες επικρατούντων ανέμων 2 m/s, 3,5m/s, 5m/s και 10m/s (εικόνες 2.9 και 2.10). Από την προσομοίωση για επικρατούντες βορειοανατολικούς ανέμους (εικόνα 2.9), παρατηρείται ότι έχουμε μεγάλες ταχύτητες στη βόρεια και ανατολική πλευρά του βορειοανατολικού οικοδομικού τετραγώνου. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, ότι στο συγκεκριμένο οικοδομικό τετράγωνο παρατηρούνται χαμηλότερες ταχύτητες στην εκτεθειμένη στον άνεμο γωνία (βορειοανατολική) από τις εκτεθειμένες πλευρές. Σημαντική πληροφορία είναι και οι

μεγάλες ταχύτητες ανέμου που παρατηρούνται στη δυτική και νότια πλευρά του ίδιου τετραγώνου, σε σχέση με τις ταχύτητες που παρατηρούνται ανάμεσα στα οικοδομικά τετράγωνα.

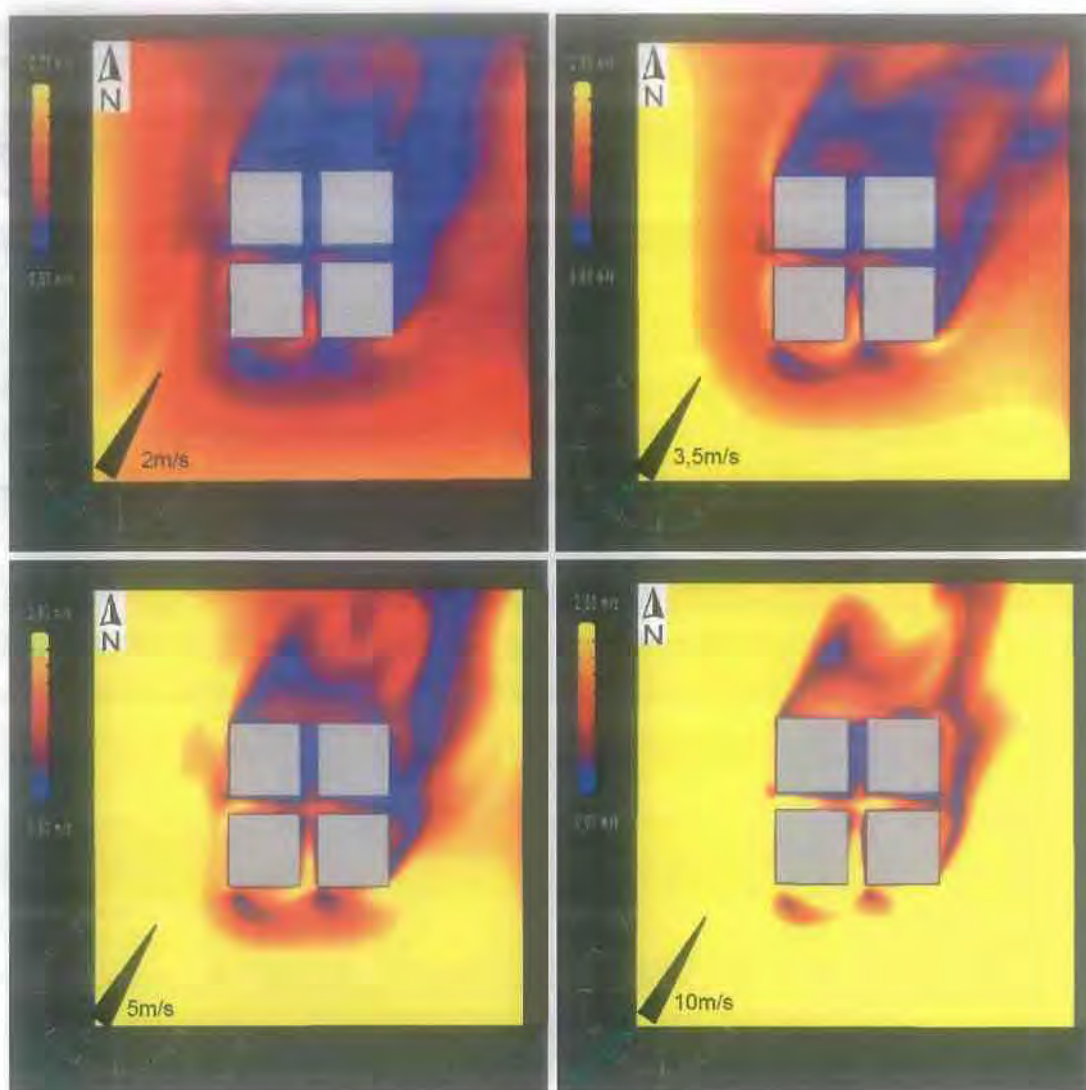
Εικόνα 2.9: Ταχύτητες ανέμων στο επίπεδο των πεζών (1,5m) για βορειοανατολικούς ανέμους (225°) – περιοχή Αθήνας



Πηγή: Autodesk Project Vasari 2.1, ίδια επεξεργασία

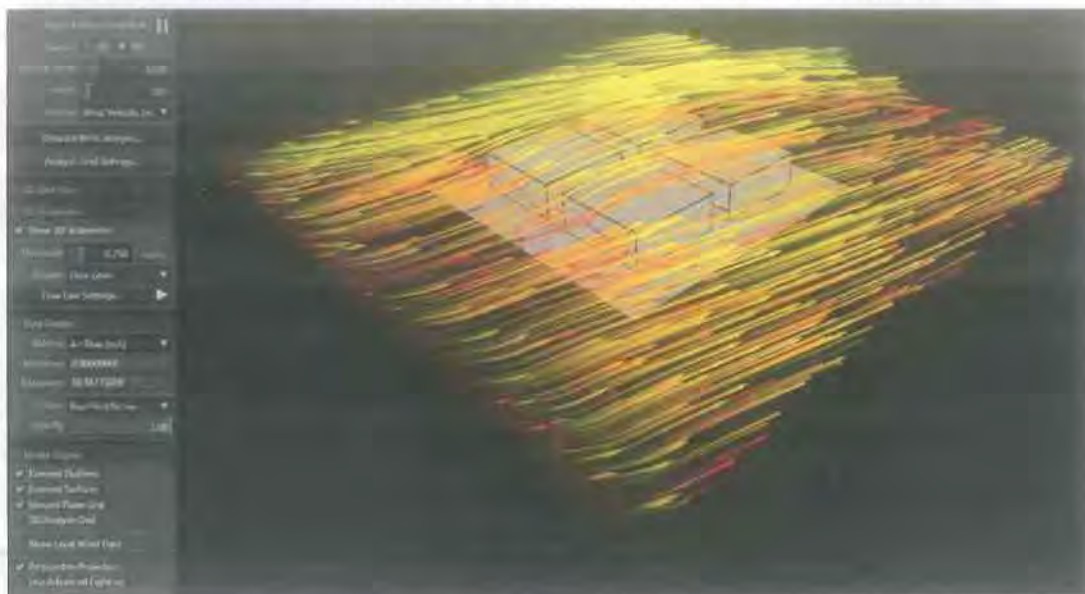
Από τη προσομοίωση για επικρατούντες νοτιοδυτικούς ανέμους (εικόνα 2.10), παρατηρείται ότι έχουμε σχετικά χαμηλές ταχύτητες στις νοτιοδυτικές γωνίες των νοτίων οικοδομικών τετραγώνων. Επίσης, οι ταχύτητες των ανέμων ανάμεσα στα κτηριακά κελύφη είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις ταχύτητες για βορειοανατολικούς ανέμους.

Εικόνα 2.10: Ταχύτητες ανέμων στο επίπεδο των πεζών (1,5m) για νοτιοδυτικούς ανέμους (30°) – περιοχή Αθήνας



Πηγή: Autodesk Project Vasari 2.1, ίδια επεξεργασία

Η προσομοίωση με προγράμματα υπολογιστικής ρευστοδυναμικής μπορεί να μας δώσει πληροφορίες και για τη διεύθυνση των ανέμων μέσα στον παραπάνω αστικό ιστό. Όμως, η μέση διεύθυνση των ανέμων σε ένα οριζόντιο επίπεδο επηρεάζεται συνεχώς από τη καθοδική και ανοδική κίνηση ρευμάτων αέρα. Επομένως, δεν μπορούμε να έχουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα και χρειάζεται να εξετάσουμε τις συνθήκες με κινούμενη προσομοίωση για όλα τα οριζόντια επίπεδα για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Στην εικόνα 2.11, παρουσιάζεται ένα στιγμιότυπο από την κινούμενη προσομοίωση.

Εικόνα 2.11: Στιγμιότυπο από κινούμενη προσομοίωση ανεμολογικών συνθηκών

Πηγή: Autodesk Project Vasari 2.1, ίδια επεξεργασία

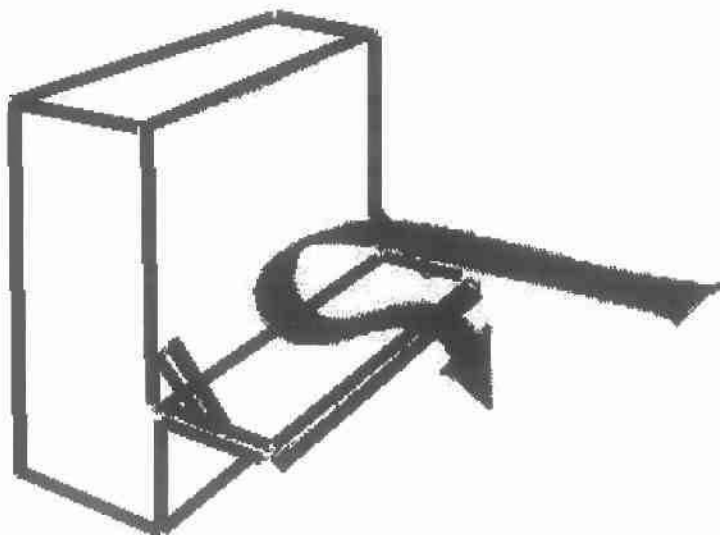
2.2.3 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΕΜΟΥ

Ο έλεγχος του ανέμου στον αστικό χώρο αποτελεί ένα πεδίο έρευνας όπου δεν μπορούν να δοθούν εύκολα γενικοί κανόνες σχεδιασμού, καθώς οι ανεμολογικές συνθήκες μεταβάλλονται συνεχώς και επηρεάζονται από μια πληθώρα παραγόντων. Η εξαγωγή συμπερασμάτων για τον έλεγχο του ανέμου σε έναν αστικό χώρο δεν θα πρέπει να βασίζεται σε γενικότητες, αλλά σε λεπτομερείς προσομοιώσεις ανεμολογικών συνθηκών. Κάθε χώρος πρέπει να μελετάται σαν ξεχωριστή περίπτωση και να λαμβάνονται υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του.

Παρόλο που είναι δύσκολο να καθοριστούν γενικοί κανόνες σχεδιασμού για τον έλεγχο του ανέμου, μπορούν ωστόσο να προσδιοριστούν αστικές δομές που πρέπει να αποφεύγονται, καθώς δημιουργούν έντονα ρεύματα αέρος και επικίνδυνες συνθήκες για τους κατοίκους μιας πόλης. Μία αστική δομή που πρέπει να αποφεύγεται είναι οι ανοιχτοί χώροι (π.χ. πλατείες) παρακείμενοι σε κτήρια αρκετά υψηλότερα από το μέσο ύψος της γύρω περιοχής. Τέτοια κτήρια μπορεί να προκαλέσουν δυσάρεστο έντονο κατακόρυφο ρεύμα αέρα (κατά μήκος των όψεων με δυνατή ροή προς τα κάτω) με υψηλές ταχύτητες περιμετρικά της βάσης τους (Kofod & Gaardsted, 2004). Ένας τρόπος βελτίωσης των συνθηκών στο επίπεδο των πεζών είναι η κατασκευή στεγαστρων στα ισόγεια των κτηρίων (εικόνα 2.12). Μία άλλη πολεοδομική διάταξη που πρέπει να αποφεύγεται είναι ανοικτοί χώροι σε σύνδεση με δρόμους μεγάλου μήκους (100-125m). Τέτοιες διατάξεις μπορούν να δημιουργήσουν σημαντική

επιτάχυνση του ανέμου κατά μήκος του δρόμου (φαινόμενο καναλιού – channel effect). Τρόποι βελτίωσης των συνθηκών στο επίπεδο των πεζών μπορεί να είναι η διάσπαση της γραμμικότητας του δρόμου (καμπύλες διατάξεις δεν συνιστώνται καθώς παρουσιάζουν χαμηλή αντίσταση στον άνεμο) και φύτευση του δρόμου ώστε να αυξάνεται η αντίσταση στον άνεμο, μειώνοντας την ταχύτητά του (ΚΑΠΕ, 2011).

Εικόνα 2.12: Στέγαστρο ως μέτρο ανεμοπροστασίας



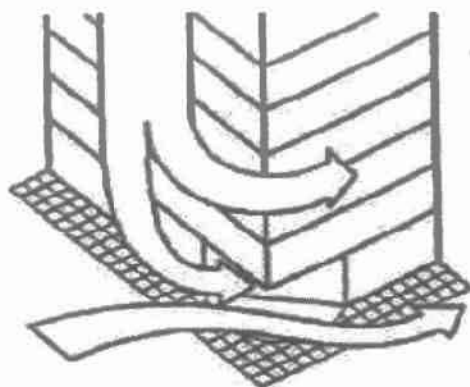
Πηγή: Kofoed & Gaardsted, 2004

Ένας άλλος τρόπος ανεμοπροστασίας στο επίπεδο των πεζών είναι η φύτευση δέντρων. Η βλάστηση είναι πολύ αποτελεσματική στην επιβράδυνση της ταχύτητας του ανέμου, καθώς τα κλαδιά και τα φυλλώματα επιβραδύνουν τον άνεμο χωρίς να δημιουργούν πολλούς στροβιλισμούς (Kofoed & Gaardsted, 2004). Σημαντικό ρόλο στις ανεμολογικές συνθήκες στον αστικό χώρο παίζουν και τα κτηριακά κελύφη. Παρακάτω παρουσιάζονται σχηματικά διάφορες περιπτώσεις (εικόνα 2.13).

Η μελέτη του ανέμου ενός αστικού χώρου περιλαμβάνει τον καθορισμό των γεωγραφικών συντεταγμένων και την εξέταση του ροδογράμματος ανέμου της περιοχής μελέτης. Έπειτα, γίνεται λεπτομερής ανάλυση των ανεμολογικών συνθηκών με τη χρήση προγραμμάτων υπολογιστικής ρευστοδυναμικής. Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις επιθυμητές συνθήκες ανέμου για τον εκάστοτε αστικό χώρο και μελετώνται διάφορες τεχνικές πολεοδομικού σχεδιασμού. Τέλος, καταλήγουμε στη πολεοδομική διάταξη που πλησιάζει πιο κοντά στις επιθυμητές συνθήκες ανέμου. Κάθε φορά πρέπει να λαμβάνονται σημαντικά υπόψη οι απαιτήσεις κάθε εποχής του χρόνου. Π.χ. για έναν αστικό χώρο στην Ελλάδα, συνήθως απαιτείται αερισμός το καλοκαίρι

και ανεμοπροστασία το χειμώνα. Πρέπει, λοιπόν, η πολεοδομική πρόταση που θα υιοθετηθεί να ανταποκρίνεται στις εποχιακές απαιτήσεις.

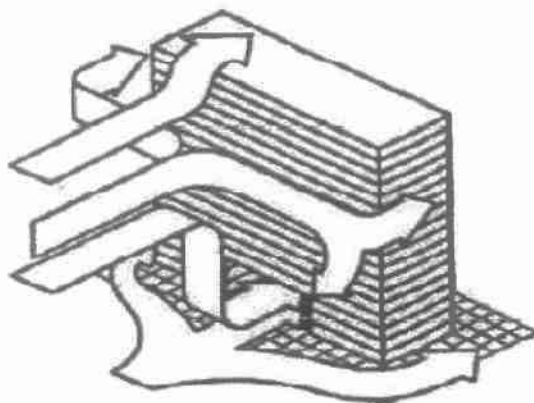
Εικόνα 2.13: Επιρροή κτηριακών κελυφών στις ανεμολογικές συνθήκες



Οι "κομμένες" γωνίες επιταχύνουν τον άνεμο δημιουργώντας δυσάρεστες συνθήκες για τους πεζούς.



Οι άνεμοι συγκεντρώνονται στην οροφή της "εξέδρας" και όχι στο επίπεδο των πεζών.



Τα ανοίγματα στη βάση επιταχύνουν σημαντικά στον εισερχόμενο άνεμο.

Πηγή: Stathopoulos, 2007

2.3 ΑΣΤΙΚΟ ΠΡΑΣΙΝΟ

2.3.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Ο όρος αστικό πράσινο αναφέρεται σε κάθε είδους βλάστηση που υπάρχει στον αστικό χώρο (συστάδα δέντρων κατά μήκος ενός δρόμου, πάρκο κ.α.). Η επίδραση του αστικού πρασίνου στο μικροκλίμα του αστικού χώρου είναι συνάρτηση των εξής ιδιοτήτων (Γιάννας, 2002):

- Υψηλό ποσοστό απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας
- Χαμηλότερη θερμοχωρητικότητα και θερμική αγωγιμότητα σε σχέση με τα δομικά υλικά των κτιρίων και των υπαίθριων χώρων
- Μείωση της θερμοκρασίας του αέρα μέσω της διαπνοής
- Εκπομπή μειωμένης υπέρυθρης ακτινοβολίας
- Μείωση της ταχύτητας του ανέμου κοντά στο έδαφος
- Κατακράτηση σκόνης και ρυπαντικών από τον περιβάλλοντα αέρα

Η λειτουργία των φυτών που επηρεάζει σημαντικά τις μικροκλιματικές συνθήκες είναι η εξατμισοδιαπνοή, η οποία ορίζεται ως η απώλεια νερού με τη μορφή υδρατμών προς την ατμόσφαιρα από τις συνδυασμένες διαδικασίες της εξάτμισης (από τις επιφάνειες εδάφους και φυτού) και της διαπνοής (από τους ιστούς του φυτού) (ΚΑΠΕ, 2011). Με την εξατμισοδιαπνοή μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα και αυξάνεται η υγρασία του αέρα. Η εξατμισοδιαπνοή δημιουργεί το «φαινόμενο των οάσεων» μέσα στο αστικό περιβάλλον, οι οποίες έχουν 2-8 °C χαμηλότερη θερμοκρασία από το υπόλοιπο αστικό περιβάλλον. Στην περιοχή της Καλιφόρνια μετρήθηκε διαφορά θερμοκρασίας της τάξης των 2°C ανάμεσα σε φυτεμένη περιοχή και το περιβάλλον κατά τη διάρκεια καλοκαιρινής ημέρας, ενώ η διαφορά σε θερμές συνθήκες άγγιξε τους 6°C (Taha, 1997).

Το αστικό πράσινο δημιουργεί σημαντικό ποσοστό σκίασης στο αστικό περιβάλλον. Το ποσοστό για την ορατή και την υπέρυθρη ακτινοβολία που απορροφάται είναι περίπου 50%, το ποσοστό που αντανακλάται 30% και μόνο το 20% εκπέμπεται (ΚΑΠΕ, 2011). Σημαντική είναι και η επίδραση στις ανεμολογικές συνθήκες, καθώς αύξηση της εδαφοκάλυψης με δέντρα κατά 10%, συνεπάγεται μείωση της ταχύτητας του ανέμου κατά 10-20% (Ανδρέου, 2011). Η μείωση αυτή εξαρτάται βέβαια και από το είδος των δέντρων. Επιπλέον, τα φυτά απορροφούν σημαντική ποσότητα ρύπων (CO₂, SO₂, NO₂, HF). Εκτός από την κατακράτηση διοξειδίου του άνθρακα για τη φωτοσύνθεση, απορροφούν το διοξείδιο του θείου, που είναι προϊόν της καύσης του

πετρελαίου, και το διοξείδιο του αζώτου, που προέρχεται κυρίως από τις βιομηχανίες (Γιαννούλη, 2007). Επίσης, τα δέντρα μειώνουν τη συγκέντρωση όζοντος στην ατμόσφαιρα είτε απευθείας απορροφώντας όζον, είτε μειώνοντας τη θερμοκρασία του αέρα, η οποία μειώνει το ρυθμό σχηματισμού όζοντος και την εκπομπή υδρογονανθράκων. Παρόλα αυτά, ορισμένα είδη φυτών παρουσιάζουν υψηλά ποσά έκλυσης βιογενών υδρογονανθράκων (της τάξης των 20μg/g/h ισοπρένιο και 5μg/g/h μονοτερπένιο), έχοντας έτσι αρνητική επίδραση όσον αφορά στο όζον (Ανδρέου, 2011).

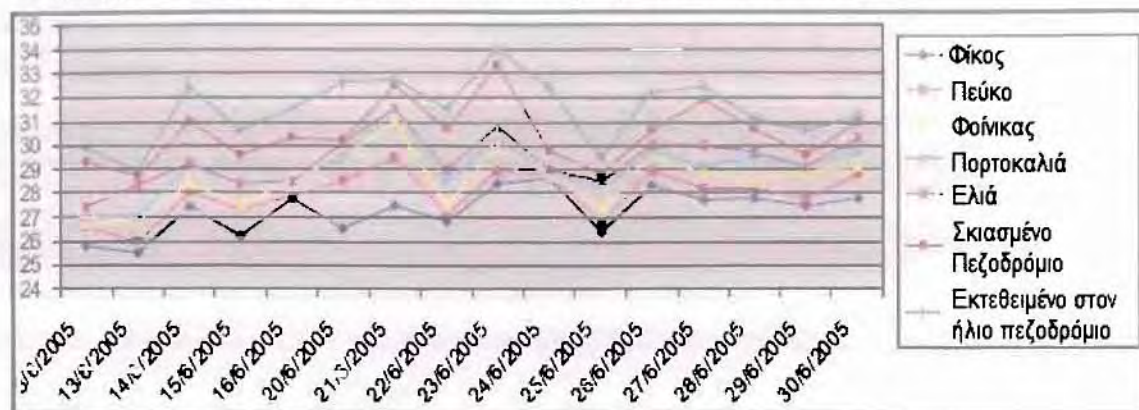
Πέρα από τις γενικές ιδιότητες των φυτών που επηρεάζουν το αστικό μικροκλίμα, τα αποτελέσματα διαφέρουν ως προς το είδος της βλάστησης. Σχετικά με την εξατμισοδιαπνοή, κάθε είδος φυτού έχει διαφορετικό ποσοστό εξατμισοδιαπνοής και κατά συνέπεια διαφορετική επίδραση στη θέρμανση του αέρα (πίνακας 2.4). Επίσης, διαφορετικά είναι και τα ποσοστά σκίασης που προσφέρει κάθε δέντρο, λόγω των ειδικών του χαρακτηριστικών (ύψος, φύλλωμα κ.α.).

Πίνακας 2.4: Ποσοστά εξατμισοδιαπνοής και θέρμανσης αέρα

Είδος βλάστησης	Εξατμισοδιαπνοή (%)	Θέρμανση αέρα (%)
Ερυθρελάτη	66,5	33,4
Οξιά	64,8	33,8
Κωνοφόρα	83,8	14,6
Γρασίδι	78,8	16,2

Πηγή: Bernatzky, 1982, όπως αναφέρεται στο Χαραλαμπίδης, 2009, ίδια επεξεργασία

Σημαντική είναι η εργασία των Georgi & Dimitriou το 2010 με τίτλο *"The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, Greece"*, όπου μελετήθηκαν οι θερμοκρασιακές διακυμάνσεις για διάφορους αστικούς χώρους με διαφορετικά δέντρα και συγκρίθηκαν με τις θερμοκρασίες αέρα για εκτεθειμένα στον ήλιο, αλλά και σκιασμένα από κτήρια πεζοδρόμια (διάγραμμα 2.4). Οι μετρήσεις έγιναν στη πόλη των Χανίων (σε ύψος 1,5μ. από το έδαφος) κατά το μήνα Ιούνιο και τα δέντρα που μελετήθηκαν ήταν ο φίκος, η ελιά, ο φοίνικας, η πορτοκαλιά και το πεύκο. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν για το φικό και οι υψηλότερες για την ελιά. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι η θερμοκρασία αέρα μειώνεται με την αύξηση της εξατμισοδιαπνοής.

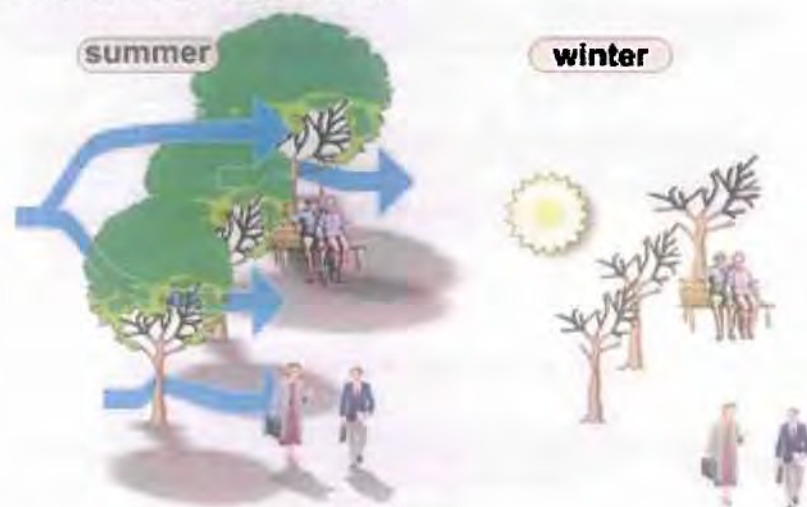
Διάγραμμα 2.4: Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις αέρα για διάφορα είδη φυτών

Πηγή: Georgi & Dimitriou, 2010

2.3.2 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Η χωροθέτηση του αστικού πρασίνου στη πόλη επηρεάζει σημαντικά τις μικροκλιματικές συνθήκες. Για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων, πρέπει πρωτίστως να εξετάζεται το γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Έτσι, έχουμε πληροφορίες για την ακριβή κίνηση του ηλίου στον ουράνιο θόλο, τις ανεμολογικές συνθήκες κ.α. Επίσης, η χωροθέτηση της φύτευσης είναι αλληλένδετη με το είδος του φυτού. Π.χ. αν χρειαζόμαστε σκίαση σε ένα χώρο το καλοκαίρι και ηλιασμό το χειμώνα, θα επιλεγούν φυλλοβόλα δέντρα (εικόνα 2.14). Το καλοκαίρι θα έχουμε σκίαση και ψυχρότερο περιβάλλον λόγω της εξατμισοδιαπνοής των φύλλων, ενώ το χειμώνα απουσία εξατμισοδιαπνοής και σχεδόν πλήρη διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο.

Εικόνα 2.14: Φυλλοβόλα δέντρα



Πηγή: Χρυσομαλλίδου, 2004

Επίσης σημαντική θεωρείται και η ανεμοπροστασία τους χειμερινούς μήνες σχεδόν σε κάθε κλιματική ζώνη. Δέντρα με πυκνά φυλλάματα μπορούν να λειτουργήσουν ως

ανεμοφράγματα το χειμώνα, όταν τοποθετούνται στην πλευρά του επικρατούντος ανέμου (εικόνα 2.15).

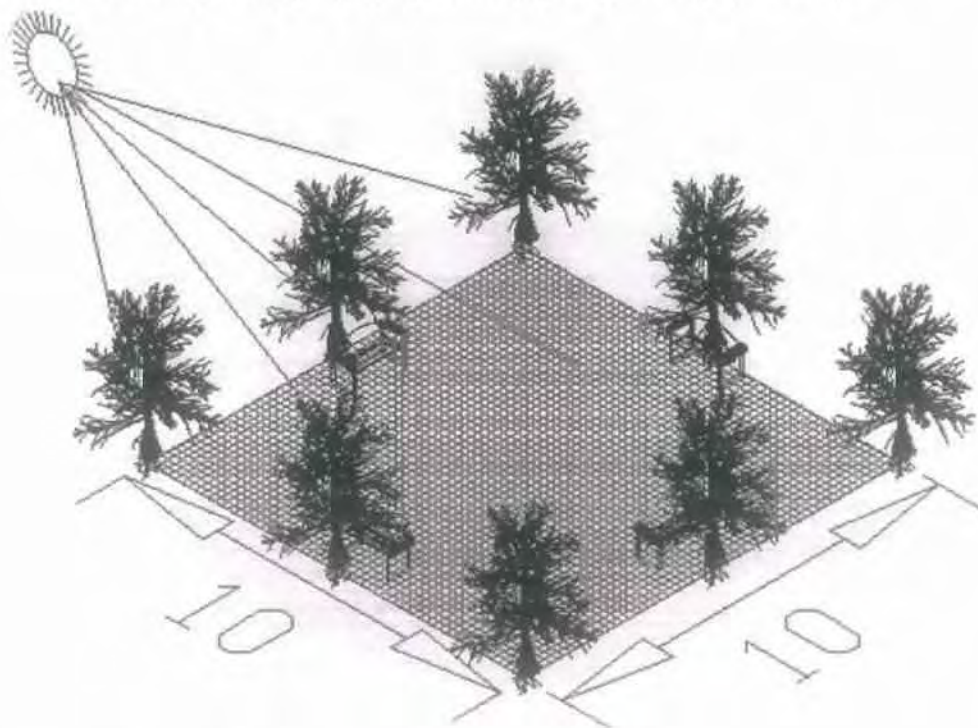
Εικόνα 2.15: Δέντρα με πυκνά φυλλάματα ως ανεμοφράγματα



Πηγή: Χρυσομαλλίδου, 2004

Όπως αναφέρουν οι Georgi & Dimitriou (2010), ένας χώρος 100τ.μ. με 8 δέντρα μέσου ύψους και μέσης εξατμισοδιαπνοής σε απόσταση 5μ. μεταξύ τους (εικόνα 2.16) προστατεύει σημαντικά από την ηλιακή ακτινοβολία και σύμφωνα με μετρήσεις μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία αέρα μέχρι και 3,1°C.

Εικόνα 2.16: Πρόταση για χωρική κατανομή δέντρων σε χώρο 100 τ.μ.



Πηγή: Georgi & Dimitriou, 2010

Η επιλογή της κατάλληλης φύτευσης σε σχέση με τον ήλιο, τον άνεμο, αλλά και την ατμοσφαιρική ρύπανση παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ενδεικτικά διάφορα είδη φυτών:

Πίνακας 2.5: Ιδιότητες φυτών

Κατάλληλα για σκίαση	Ανεμοφράχτες	Ανθεκτικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση
Δρυς	Γιουνίπερος	Ακακία
Κουκουναριά	Κρασιά	Ελαίαγνος
Λεύκα	Κυπαρίσσι	Ελιά
Μουριά	Λεύκα	Κατάλη
Πεύκη	Λιγούστρο	Κράταιγος
Πλατάνι	Οξιά	Κυπαρίσσι
Φλαμουριά	Πεύκη	Λεύκη
Φτελιά	Πλατανοειδές σφενδάμι	Πυράκανθος
Χαρουπιά	Τούγια	Ράμνος
Ψευδακακία	Φλαμουριά	Φτελιά

Πηγή: ΚΑΠΕ, 2011

Για την επιλογή της φύτευσης παίζουν ρόλο και άλλοι παράγοντες: Το είδος του φυτού, το μέγεθος και το σχήμα του φυτού, όταν αυτό είναι πλήρως αναπτυγμένο, η αναλογία μεταξύ κορμού και κόμης, η πυκνότητα του φυλλώματος, η ταχύτητα ανάπτυξης, η δυνατότητα διατήρησης ή όχι του φυλλώματος σε όλες τις εποχές (αειθαλή, φυλλοβόλα), ο χρόνος έναρξης ανάπτυξης του φυλλώματος είναι μερικοί από τους παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε σχέση και με τον κύριο σκοπό της φύτευσης, για την επιλογή των πλέον κατάλληλων φυτικών ειδών (ΤΕΕ, 2011).

2.4 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ

2.4.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση του εγκεφάλου που εκδηλώνει ικανοποίηση σε σχέση με το θερμικό περιβάλλον (ISO 7730, 1994). Ένας άλλος ορισμός που προσεγγίζει ενεργειακά την έννοια είναι: Η κατάσταση της θερμικής άνεσης επιτυγχάνεται όταν η θερμότητα που ρέει προς και από το ανθρώπινο σώμα είναι ισοσταθμισμένη και η θερμοκρασία του δέρματος και ο ρυθμός εφίδρωσης κυμαίνονται μέσα σε μια κλίμακα άνεσης που εξαρτάται από το μεταβολισμό (Κοτσίρης, 2007). Η έννοια βασίζεται στην εξίσωση θερμικού ισοζυγίου του ανθρώπινου σώματος (Ανδρέου, 2011):

$$M+W+R+C+E_D+E_{re}+E_{sw}+S=0$$

Όπου **M**: Ο μεταβολικός ρυθμός (εσωτερική παραγωγή ενέργειας λόγω μεταβολισμού της τροφής)

W: Η σωματική δραστηριότητα

R: Η ακτινοβολία που δέχεται / εκπέμπει το σώμα

C: Η ροή θερμότητας λόγω αγωγής

E_D: Η ροή λανθάνουσας θερμότητας

E_{re}: Το άθροισμα ροής θερμότητας για θέρμανση και ύγρανση του εισπνεόμενου αέρα

E_{sw}: Η ροή θερμότητας λόγω εξάτμισης του ιδρώτα

S: Η ροή θερμότητας για θέρμανση ή ψύξη του ανθρώπινου σώματος

Η τιμή **M** είναι πάντα θετική, ενώ οι τιμές **W**, **E_D**, **E_{sw}** είναι πάντα αρνητικές. Οι ροές θερμότητας της παραπάνω εξίσωσης εξαρτώνται άμεσα από τους εξής περιβαλλοντικούς παράγοντες: θερμοκρασία του αέρα, μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία, ταχύτητα αέρα και υγρασία (Ανδρέου, 2011). Επομένως, γίνεται αντιληπτό πως οι συνθήκες θερμικής άνεσης ενός αστικού χώρου είναι η αλληλεπίδραση των συνθηκών ακτινοβολίας, ανεμολογικών συνθηκών και αστικού πρασίνου. Η θερμική άνεση επηρεάζεται όμως και έμμεσα από άλλους παράγοντες (ατομικούς), όπως η ένδυση, η δραστηριότητα και ο μεταβολισμός κάθε ατόμου.

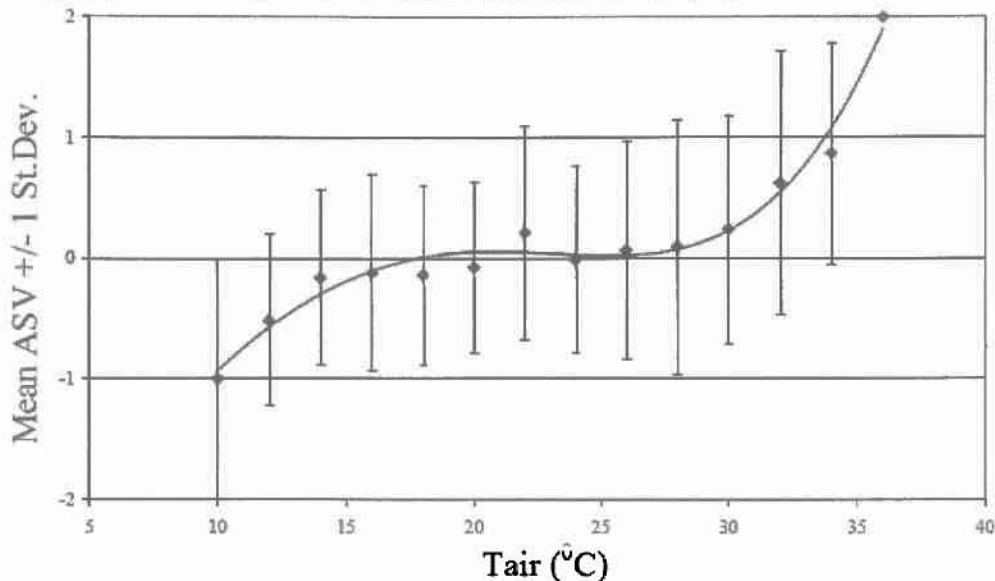
2.4.2 ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Πραγματική αίσθηση θερμότητας (ASV)

Ο δείκτης ASV (Actual Sensation Vote) αναπτύχθηκε στα πλαίσια του προγράμματος RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), όπου αξιολογήθηκαν οι συνθήκες θερμικής άνεσης μέσω επιτόπιας έρευνας που έγινε σε 14

περιοχές ανά την Ευρώπη, με συνεντεύξεις από 10.000 χρήστες υπαίθριων αστικών χώρων (Νικολοπούλου, 2004). Η αίσθηση θερμότητας των ανθρώπων αξιολογήθηκε σε μια πενταβάθμια κλίμακα, κυμαινόμενη από «πολύ κρύο» σε «πολύ ζέστη» (δείκτης ASV). Αρχικά, μελετήθηκε η συσχέτιση της θερμοκρασίας αέρα και της ταχύτητας του ανέμου με τον ASV (διαγράμματα 2.5 και 2.6).

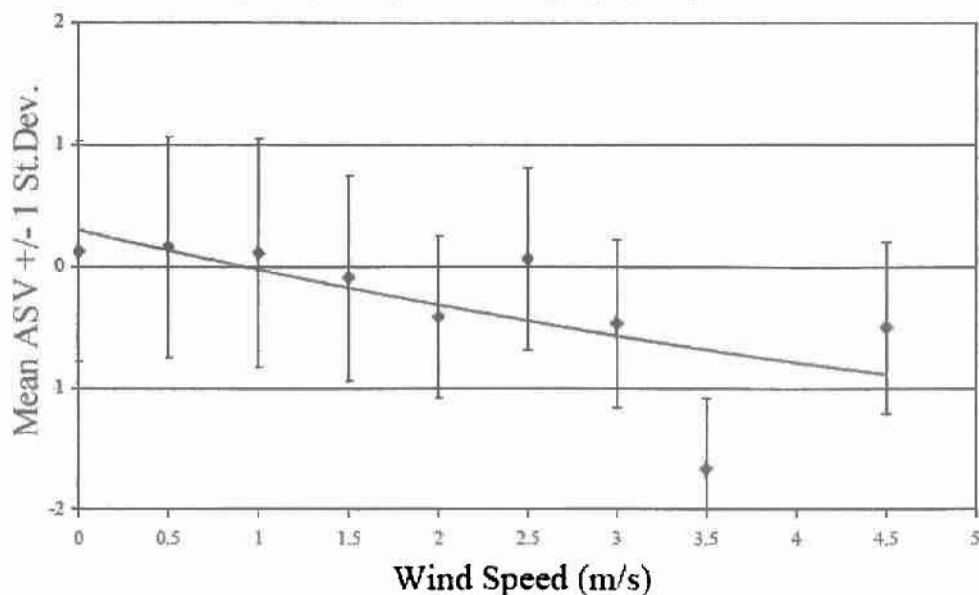
Διάγραμμα 2.5: Συσχέτιση δείκτη ASV και θερμοκρασίας αέρα



Πηγή: Νικολοπούλου, 2004

Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του αέρα (T_{air}), αυξάνεται και ο ASV (με μια «σταθεροποίηση» της τιμής ASV από 17-27 °C), ενώ όσο αυξάνεται η ταχύτητα αέρα (Wind Speed) μειώνεται ο δείκτης.

Διάγραμμα 2.6: Συσχέτιση δείκτη ASV και ταχύτητας ανέμου



Πηγή: Νικολοπούλου, 2004

Μετά την ανάλυση ωριαίων μετεωρολογικών δεδομένων, προέκυψαν εξισώσεις συσχέτισης του δείκτη με τις μικροκλιματικές παραμέτρους για κάθε πόλη. Για την Αθήνα (Νικολοπούλου, 2004):

$$ASV = 0,034T_{air-met} + 0,0001S_{ol-met} - 0,086V_{-met} - 0,001RH_{-met} - 0,412 \quad (r = 0,27)$$

Όπου: $T_{air-met}$ η θερμοκρασία του αέρα, S_{ol-met} η συνολική ηλιακή ακτινοβολία, V_{-met} η ταχύτητα του ανέμου και RH_{-met} η σχετική υγρασία. Το υπόθεμα met σε κάθε παράμετρο της σχέσης δηλώνει ότι οι προσωπικές παράμετροι (ένδυση, μεταβολισμός κ.α.) είναι εγγενείς στο μοντέλο (Κοτσίρης, 2007).

Φυσιολογική Ισοδύναμη Θερμοκρασία (PET)

Οι Horpe και Mayer εισήγαγαν το 1987 τον θερμικό δείκτη PET (Physiological Equivalent Temperature). Ο δείκτης PET βασίζεται στο ανθρώπινο ενεργειακό ισοζύγιο και περιγράφει την συνδυασμένη επίδραση του θερμικού περιβάλλοντος στο ανθρώπινο σώμα. Η βασική ιδέα του δείκτη είναι η περιγραφή της θερμοκρασίας ενός ισοδύναμου, ιδεατού εσωτερικού περιβάλλοντος, το οποίο αναμένεται να έχει την ίδια επίδραση στη θερμική άνεση με αυτή του αντίστοιχου υπό μελέτη εξωτερικού (Horpe, 1993, όπως αναφέρεται στο: Παπουτσής, 2012). Για τον υπολογισμό του δείκτη PET γίνονται οι παρακάτω παραδοχές (Ανδρέου, 2011):

- Όπως συμβαίνει συνήθως στον εσωτερικό χώρο, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ισούται με τη μέση θερμοκρασία αέρα.
- Η ταχύτητα του αέρα ορίζεται στα 0,1 m/s.
- Η πίεση υδρατμών του αέρα ορίζεται στα 12 hPa (σχετική υγρασία 50% για θερμοκρασία αέρα 20°C).
- Η μεταβολική θερμότητα λόγω δραστηριότητας είναι 80W (όρθια θέση ατόμου) και η τιμή του ρουχισμού – θερμική αντίσταση είναι 0.9 clo (ελαφρά ένδυση).

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές και τον υπολογισμό όλων των μετεωρολογικών παραγόντων του ανθρώπινου θερμικού ισοζυγίου, ο δείκτης PET εκφράζεται σε βαθμούς Κελσίου (°C) και αναλύεται στον πίνακα 2.6. Για τον υπολογισμό του PET χρειάζεται μια σειρά εξισώσεων του μαθηματικού μοντέλου MEMI (Munich Energy Balance Model for Individuals), το οποίο ποσοτικοποιεί μεταβλητές όπως η μέση θερμοκρασία δέρματος, η θερμοκρασία ρούχων και η θερμοκρασία σώματος, όταν καθοριστούν οι μετεωρολογικές παράμετροι. Στον πίνακα 2.7, παρουσιάζονται οι τιμές που εμφανίζει ο PET για διάφορες μετεωρολογικές συνθήκες.

Πίνακας 2.6: Δείκτης PET και θερμική άνεση

PET (°C)	Θερμική αίσθηση	Βαθμός θερμο-φυσιολογικής επιβάρυνσης
4	Πολύ κρύο	Ακραία ψυχρή επιβάρυνση
8	Κρύο	Ισχυρή ψυχρή επιβάρυνση
13	Δροσερό	Μέτρια ψυχρή επιβάρυνση
18	Ελαφρά δροσερό	Ελαφρά ψυχρή επιβάρυνση
23	Θερμικά ουδέτερο (Άνεση)	Δεν υπάρχει θερμική επιβάρυνση
29	Ελαφρά θερμό	Ελαφρά θερμική επιβάρυνση
35	Θερμό	Μέτρια θερμική επιβάρυνση
41	Πολύ ζεστό	Ισχυρή θερμική επιβάρυνση
	Πάρα πολύ ζεστό	Ακραία θερμική επιβάρυνση

Πηγή: Νάστος και Ματζαράκης, 2008

Σημαντική είναι η επισήμανση των Spagnolo και deDear (2003) για τον δείκτη PET: «Είναι ένας κλιματικός δείκτης, αλλά επειδή είναι ανεξάρτητος από ένδυση και δραστηριότητα, δεν είναι απόλυτο μέτρο θερμικής έντασης ή άνεσης. Είναι ένα εργαλείο για την αξιολόγηση του θερμικού περιβάλλοντος.» (Χατζηδημητρίου, 2012).

Πίνακας 2.7: Τιμές του δείκτη PET σε διάφορες μετεωρολογικές συνθήκες

Περιγραφή*	T _a (°C)	T _{min} (°C)	WS (m·s ⁻¹)	VP (hPa)	PET (°C)
Κλειστός χώρος	21	21	0.1	12	21
Χειμώνας Ηλιοφάνεια	-5	40	0.5	2	10
Χειμώνας Νέφωση	-5	-5	5.0	2	-13
Καλοκαίρι Ηλιοφάνεια	30	60	1.0	21	43
Καλοκαίρι Νέφωση	30	30	1.0	21	29

*όπου T_a η θερμοκρασία αέρος, WS η ταχύτητα ανέμου, VP η τάση ατμών και T_{min} η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας.

Πηγή: Χαραλαμπίδης, 2009

Σύμφωνα με τον Mantzarakis και άλλους (2002), ο δείκτης PET σχετίζεται άμεσα με την MRT και μπορεί να υπολογιστεί με τη σχέση:

$$PET = 0,519 MRT + 6,8 \quad (R^2 = 0,757)$$

Παρόμοιο συσχετισμό παρουσίασε και ο Mayer και άλλοι (2004):

$$PET = 0,648 MRT + 5,36 \quad (R^2 = 0,956)$$

Θερμική αίσθηση (TS)

Ο Ginoni ανέπτυξε το 2003 τον δείκτη TS (Thermal Sensation), βασισμένος σε ερωτηματολόγια και μετρήσεις. Η θερμική αίσθηση αξιολογήθηκε σε κλίμακα 7 σημείων (από πολύ ψυχρό έως πολύ θερμό). Ο δείκτης TS υπολογίστηκε με πολλαπλή παλινδρόμηση, ως συνάρτηση 5 μεταβλητών (TS5) και ως συνάρτηση 3 μεταβλητών (TS3) και συγκεκριμένα θερμοκρασίας αέρα (T_a), ηλιακής ακτινοβολίας (SR) ταχύτητας ανέμου (WS), σχετικής υγρασίας (RH) και επιφανειακής θερμοκρασίας (TS), για να συγκριθεί η σχετική επίδραση της ακτινοβολίας και του ανέμου σε σχέση με την επίδραση της μεταβολής της θερμοκρασίας (Χατζηδημητρίου, 2012). Οι εξισώσεις που δημιουργήθηκαν έχουν ως εξής:

$$TS5 = 1,7 + 0,1118T_a + 0,0019SR - 0,22WS - 0,0073RH + 0,0054TS \\ (R^2=0,8792)$$

Και

$$TS3 = 1,2 + 0,1115T_a + 0,0019SR - 0,3185WS \quad (R^2=0,8711)$$

Υπάρχουν σαφώς και άλλοι δείκτες εκτίμησης της θερμικής άνεσης για εξωτερικούς χώρους (WCI - Wind Chill Index, UTCI - Universal Thermal Climate Index κ.α.), οι οποίοι όμως είτε αποτελούν προσπάθεια εν εξελίξει, είτε παίρνουν υπ' όψιν και άλλους παράγοντες σε σχέση με τους δείκτες ASV, PET και TS.

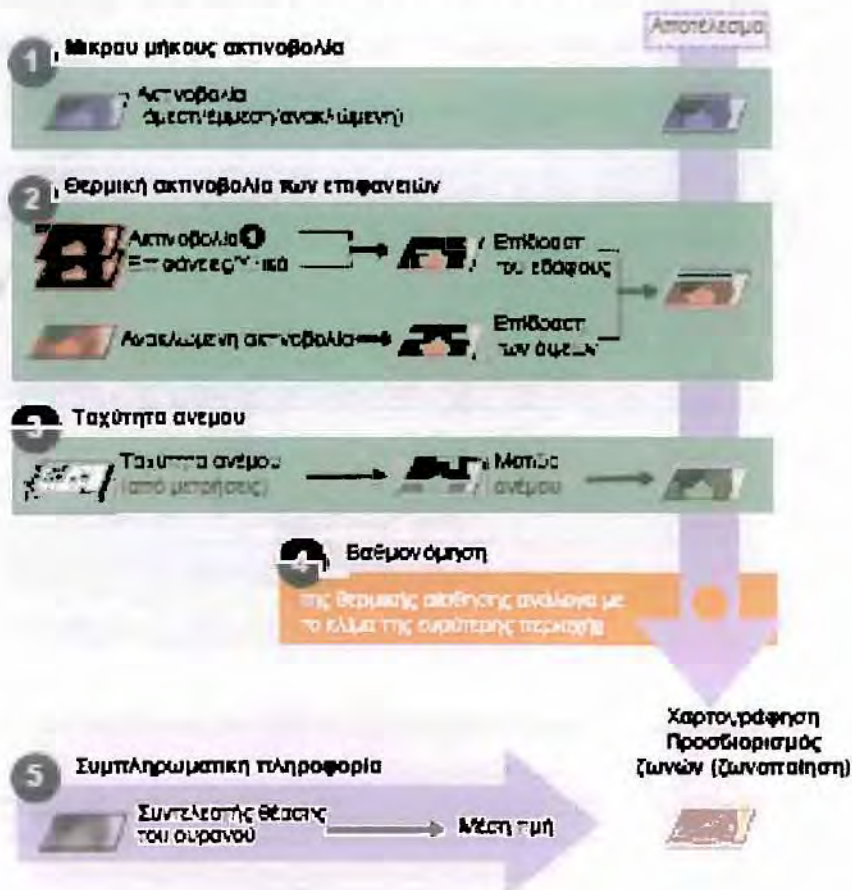
2.4.3 ΟΠΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ

Κάθε αστικός χώρος εμφανίζει ιδιαίτερα μικροκλιματικά χαρακτηριστικά (Μέση Θερμοκρασία Ακτινοβολίας – βλ. 2.1.2, ταχύτητες και ροές ανέμων κ.α.), τα οποία σε συνδυασμό με την αστική μορφολογία δημιουργούν τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Ο βασικότερος στόχος για κάθε βιοκλιματική μελέτη ενός αστικού χώρου είναι η επίτευξη **ιδανικών συνθηκών θερμικής άνεσης** καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Οι ιδανικές αυτές συνθήκες έχουν ποσοτικοποιηθεί μέσω των δεικτών εκτίμησης της θερμικής

άνεσης ($ASV=0$, $PET=20$ κ.α.). Πλέον, τα υπολογιστικά προγράμματα εμφανίζουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης μέσω προσομοιώσεων για διάφορες αστικές μορφολογίες. Έτσι, ο μελετητής μπορεί να αναλύσει διαφορετικές αστικές μορφολογίες πριν το σχεδιασμό ενός αστικού χώρου και να καταλήξει στη μορφολογία που προσεγγίζει περισσότερο τις ιδανικές συνθήκες θερμικής άνεσης. Επιπλέον, υπάρχει και η δυνατότητα ανάλυσης ενός ήδη υπάρχοντος αστικού ιστού και ο προσδιορισμός ζωνών που εμφανίζουν διαφορετικές συνθήκες θερμικής άνεσης (ζώνες θερμικής άνεσης).

Μία μεθοδολογία για τον προσδιορισμό ζωνών θερμικής άνεσης στον αστικό χώρο αναπτύχθηκε από τη Σχολή Αστικού Σχεδιασμού του Πανεπιστημίου του Κάσελ στη Γερμανία (Katzschner & Bosch, 2004). Οι μελετητές διεξήγαγαν επιτόπιες μετρήσεις για τη συλλογή των απαραίτητων κλιματολογικών δεδομένων και τον υπολογισμό των δεικτών θερμικής άνεσης. Ως σημαντικότερες μετεωρολογικές παράμετροι θεωρήθηκαν η ηλιακή ακτινοβολία και ο άνεμος.

Εικόνα 2.17: Μέθοδος προσδιορισμού ζωνών θερμικής άνεσης

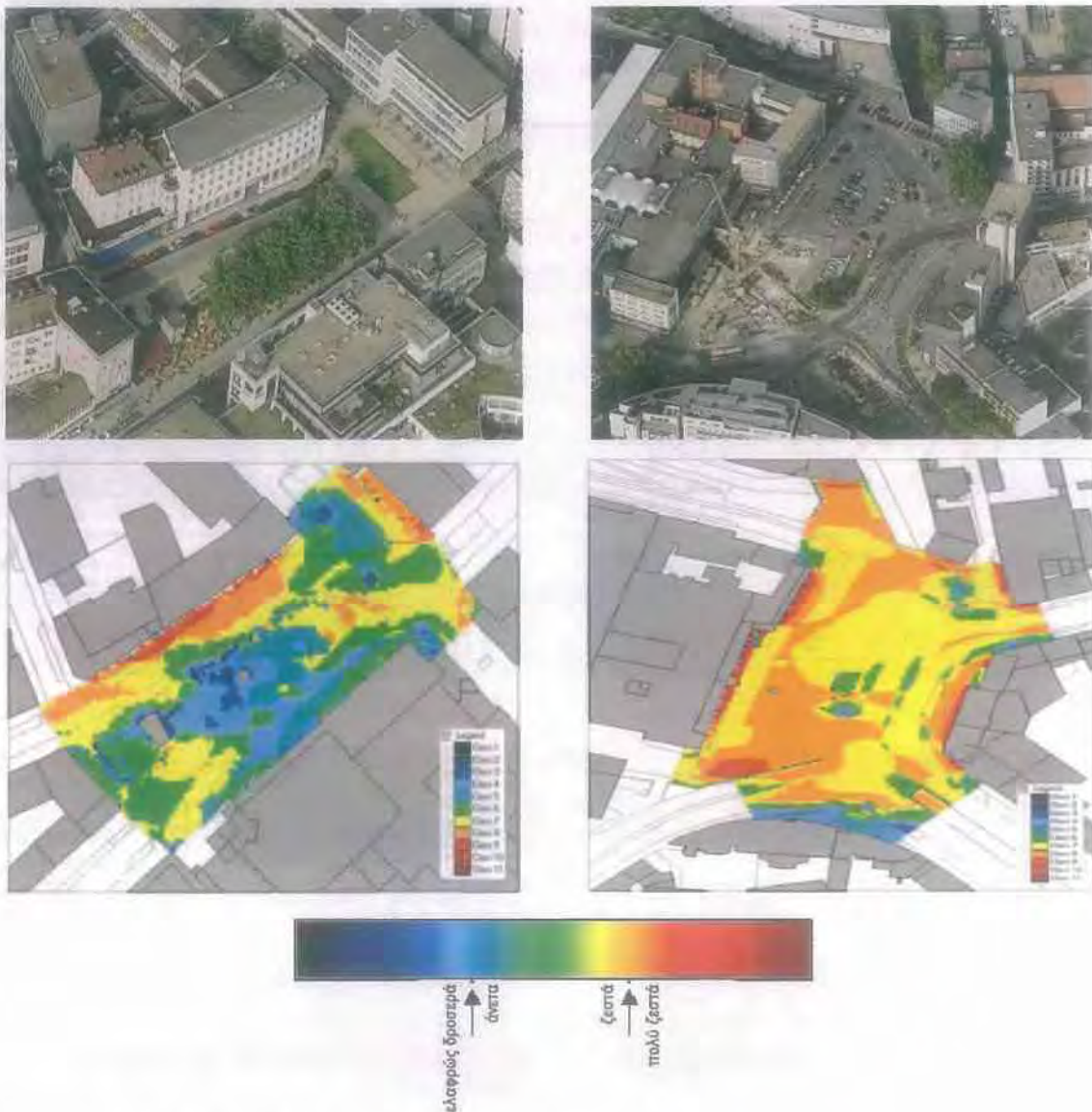


Πηγή: Katzschner & Bosch, 2004

Υπήρξε, έτσι, μια θερμική ζωνοποίηση (εικόνα 2.17), η οποία βαθμονομήθηκε ανάλογα με το κλίμα της ευρύτερης περιοχής μελέτης. Επίσης, ως παράμετρος συμπεριλήφθηκε και η μέση τιμή του συντελεστή θέασης του ουρανού (SVF – βλ. 2.1.2).

Η παραπάνω μεθοδολογία εφαρμόστηκε για δύο πλατείες της πόλης Κάσελ στη Γερμανία (Florentiner Platz και Bahnhofsplatz). Εξετάστηκε μια ηλιόλουστη μέρα του θερινού ηλιοστασίου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εικόνα 2.18, όπου διακρίνεται ότι οι συνθήκες θερμικής άνεσης ποικίλουν μέσα έναν αστικό χώρο.

Εικόνα 2.18: Ζώνες θερμικής άνεσης για τις πλατείες Florentiner Platz (αριστερά) και Bahnhofsplatz (δεξιά)



Πηγή: Katzschner & Bosch (2004) και Bing Maps

Καθώς ο πληθυσμός των ανθρώπων που ζουν σε πόλεις υπολογίζεται στο 60% (5 δις) του παγκοσμίου πληθυσμού το 2030 (Mirzaei & Haghigat, 2010), γίνεται σαφές ότι πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στις μικροκλιματικές συνθήκες που επικρατούν στους αστικούς χώρους. Η θερμική άνεση επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα ζωής σε μια πόλη και πρέπει να αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του αστικού σχεδιασμού.

3. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Στο παρόν κεφάλαιο διερευνώνται οι συνθήκες ακτινοβολίας και ανέμου μιας αστικής περιοχής βάσει προσομοιώσεων μέσω υπολογιστικών προγραμμάτων, για την χειμερινή και καλοκαιρινή περίοδο.

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στη πόλη της Θεσσαλονίκης και συγκεκριμένα στο Δήμο Καλαμαριάς. Εντοπίζεται κοντά στο παραλιακό μέτωπο του Δήμου και απαρτίζεται από οκτώ οικοδομικά τετράγωνα, εκ των οποίων τα δύο αποτελούν μέρος της πλατείας Σκρα (εικόνα 3.1). Η περιοχή έχει έκταση 20 στρέμματα. Τα ύψη των οικοδομικών όγκων κυμαίνονται από 10 έως 21 μέτρα, ενώ το πλάτος των δρόμων από 10 έως 12 μέτρα. Σημαντικό μέρος της πλατείας Σκρα καλύπτεται από βλάστηση και τα περισσότερα δέντρα είναι φυλλοβόλα.

Εικόνα 3.1: Περιοχή μελέτης



Πηγή: Κτηματολόγιο Α.Ε., 2012 - ίδια επεξεργασία

Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής έγινε για τους παρακάτω λόγους:

α) Για τον υπολογισμό των συνθηκών ακτινοβολίας και ανέμου στον αστικό χώρο μέσω προσομοιώσεων, σημαντική προϋπόθεση είναι η ύπαρξη ψηφιακών αρχείων με κλιματολογικά δεδομένα για την εκάστοτε περιοχή μελέτης. Το Τμήμα Ενέργειας των Η.Π.Α. (U.S. Department Of Energy) διαθέτει τέτοιου είδους αρχεία (weather data files) για 2.100 τοποθεσίες ανά τον κόσμο. Για την Ελλάδα, διατίθενται για 3 τοποθεσίες: Αθήνα, Θεσσαλονίκη και Ανδραβίδα (Αχαΐα). Σύμφωνα με το *weather*

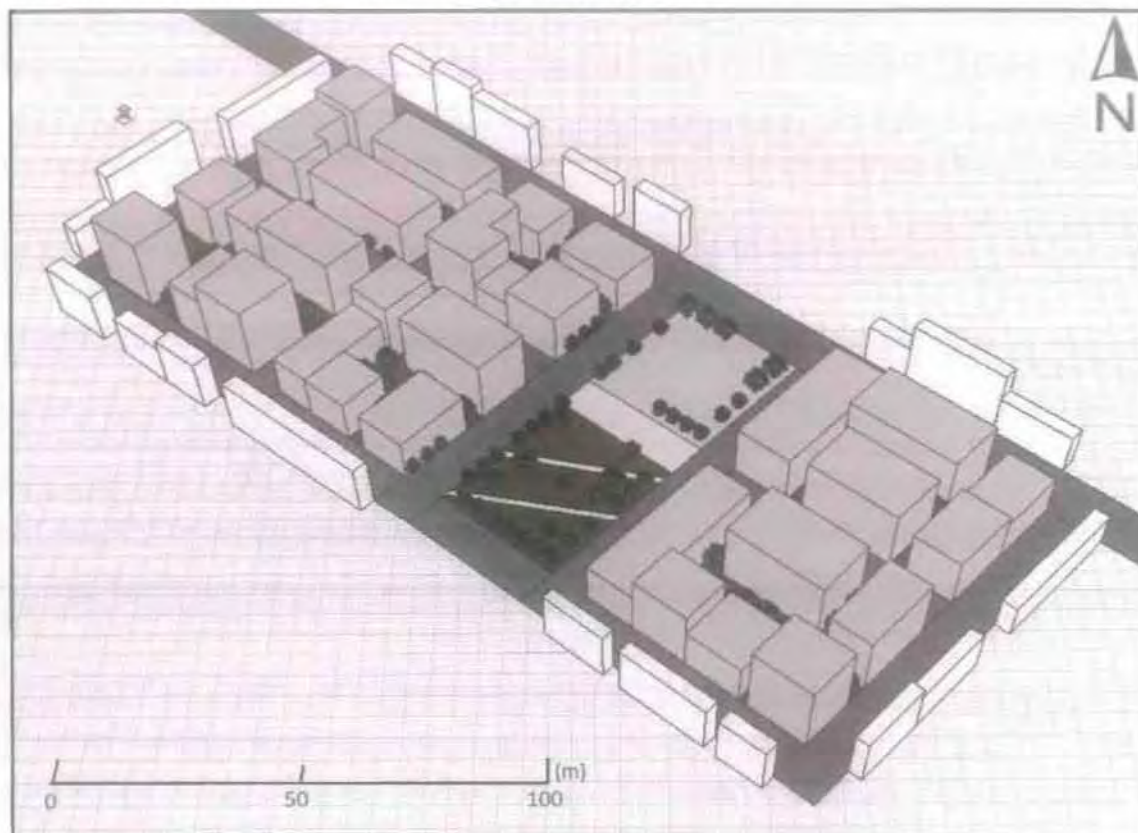
data file Θεσσαλονίκης, οι τιμές αφορούν σταθμό μετρήσεων που βρίσκεται στο Διεθνή Κρατικό Αερολιμένα Θεσσαλονίκης «Μακεδονία», ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση μόλις 5km από την περιοχή μελέτης. Έτσι, τα κλιματολογικά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, καθώς δεν υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε απόσταση 5km.

β) Υπάρχει δυνατότητα υπολογισμού και σύγκρισης των συνθηκών ακτινοβολίας και ανέμου σε 3 διαφορετικές τυπολογίες αστικού χώρου (δρόμος μεταξύ οικοδομικών όγκων, πλατεία με πυκνή βλάστηση και πλατεία με αραιή βλάστηση).

Όσον αφορά το κλίμα της Θεσσαλονίκης, είναι μεσογειακού τύπου με κρύους και υγρούς χειμώνες και θερμά και ξηρά καλοκαίρια. Η υψηλότερη θερμοκρασία που έχει σημειωθεί είναι τον μήνα Ιούλιο (44°C) και η χαμηλότερη τον Ιανουάριο (-14°C), (Κύρκου, 2010). Χαρακτηριστικές είναι οι ήπιες και ηλιόλουστες ημέρες, που παρατηρούνται περίπου στα μέσα του χειμώνα, ο σχετικά μεγάλος αριθμός θερινών και τροπικών ημερών και η ελάττωση των βροχών το καλοκαίρι. Οι ώρες ηλιοφάνειας κυμαίνονται μεταξύ 2.400 και 2.600 (Καματάκη, 2009). Μέση μηνιαία διεύθυνση των ανέμων είναι η βορειοδυτική σχεδόν και για τους 12 μήνες του χρόνου (εκτός του Αυγούστου) και η μέση μηνιαία ένταση των ανέμων κυμαίνεται από 2,51 m/s (Οκτώβριος) έως και 3,35 (Ιούλιος), (<http://www.hnms.gr> – Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2012).

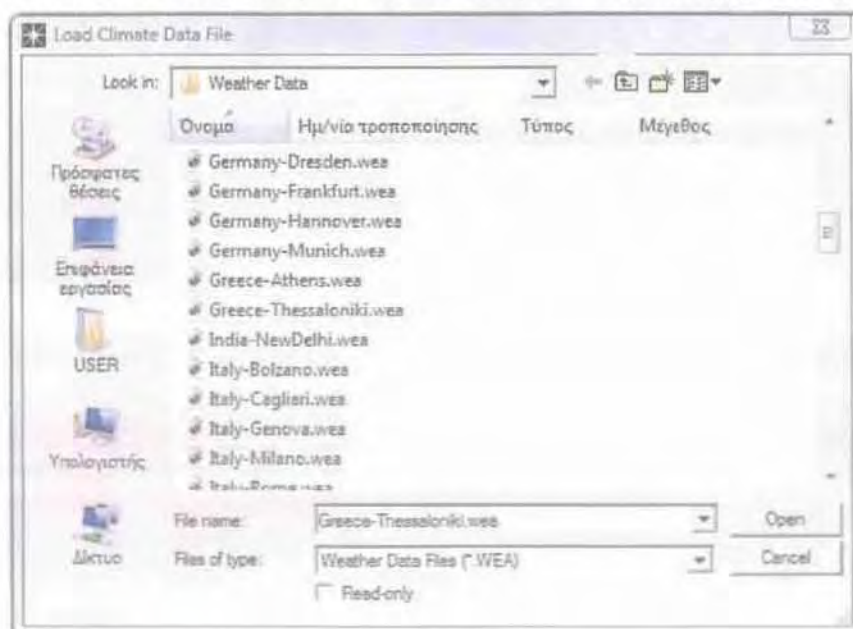
3.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Όπως αναφέρεται και στο θεωρητικό τμήμα της εργασίας για την ηλιακή ακτινοβολία (κεφ. 2.1), η εκτίμηση και αξιολόγηση των συνθηκών ακτινοβολίας ενός αστικού χώρου μπορούν να γίνουν με μεγάλη ακρίβεια, λόγω της δημιουργίας τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου του χώρου, της ύπαρξης ψηφιακών αρχείων με κλιματολογικά δεδομένα και της προσομοίωσης της κίνησης του ηλίου με τη χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων. Στη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης βασικό εργαλείο αποτελεί το λογισμικό *Autodesk Ecotect Analysis 2011*. Με το εν λόγω πρόγραμμα δημιουργήθηκαν όλα τα κτηριακά κελύφη, οι επιφάνειες και η βλάστηση βάσει δεδομένων της Κτηματολόγιο Α.Ε., αλλά και επιτόπιας καταγραφής. Στην εικόνα 3.2 απεικονίζεται η περιοχή μελέτης, η οποία αποτελείται από τα κτηριακά κελύφη με γκρι χρώμα και τους επιμέρους δρόμους. Τα πλευρικά κτηριακά κελύφη με λευκό χρώμα, αποτελούν την ευρύτερη περιοχή (εκτός περιοχής μελέτης) και δημιουργήθηκαν για να μην υπάρχει πλευρικό χωρικό σφάλμα στους υπολογισμούς ακτινοβολίας.

Εικόνα 3.2: Τρισδιάστατη απεικόνιση της περιοχής μελέτης

Πηγή: Ecotect Analysis 2011 – ίδια επεξεργασία

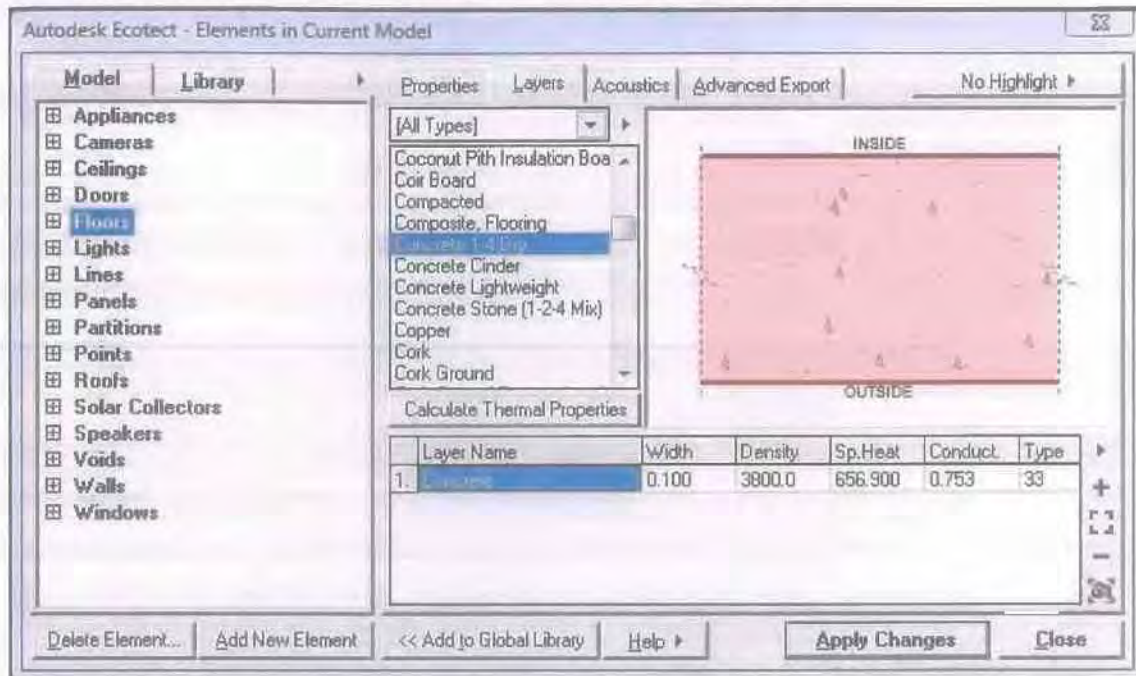
Επιπλέον, επιλέχθηκε το weather data file (.wea) που αφορά την περιοχή μελέτης, καθώς το Ecotect φορτώνει αρχεία κλιματολογικών δεδομένων επέκτασης wea (τα οποία προσδιορίζουν και τη γεωγραφική θέση) με την επιλογή “Load Weather File”.

Εικόνα 3.3: Επιλογή κλιματολογικών δεδομένων της περιοχής μελέτης

Πηγή: Ecotect Analysis 2011 – ίδια επεξεργασία

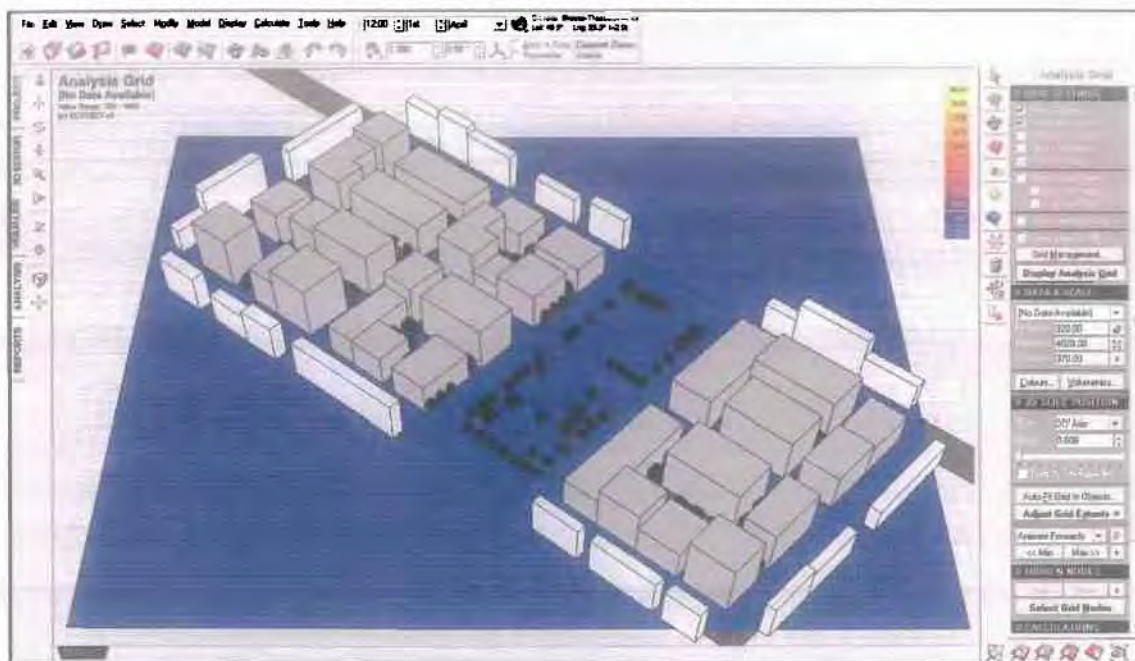
Σημαντικό είναι το γεγονός ότι για κάθε επιφάνεια και στοιχείο του χώρου επιλέχθηκαν τα αντίστοιχα υλικά (εικόνα 3.4), καθώς κάθε υλικό εμφανίζει διαφορετικές ιδιότητες (λευκαύγεια, θερμοχωρητικότητα κ.α.), οι οποίες επηρεάζουν τις συνθήκες ακτινοβολίας ενός αστικού χώρου.

Εικόνα 3.4: Επιλογή των αντίστοιχων υλικών για κάθε επιφάνεια



Πηγή: Ecotect Analysis 2011 – ίδια επεξεργασία

Η παράμετρος που επιλέχθηκε για να «απεικονιστούν» οι συνθήκες ακτινοβολίας στον αστικό χώρο την καλοκαιρινή και χειμερινή περίοδο είναι η **μέση ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία**. Με την παράμετρο αυτή υπολογίζεται η συνολική ηλιακή ακτινοβολία (άμεση και διάχυτη) που προσπίπτει σε μια επιφάνεια και διαιρείται με τον αριθμό ημερών της υπό μελέτης περιόδου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η επιφάνεια αναφοράς είναι ένα οριζόντιο επίπεδο σε ύψος 1,5m (επίπεδο πεζών) από το έδαφος, το οποίο καλύπτει ολόκληρη την περιοχή μελέτης. Το οριζόντιο αυτό επίπεδο δημιουργείται με τη επιλογή "analysis grid" (εικόνα 3.5). Η ύπαρξη του οριζοντίου επιπέδου στο μοντέλο είναι απαραίτητη για την έναρξη των υπολογισμών, καθώς οι τιμές της μέσης ημερήσιας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας θα απεικονιστούν στον κάρναβο αναφοράς με χρωματική διαφοροποίηση.

Εικόνα 3.5: Οριζόντιο επίπεδο αναφοράς για τις συνθήκες ακτινοβολίας

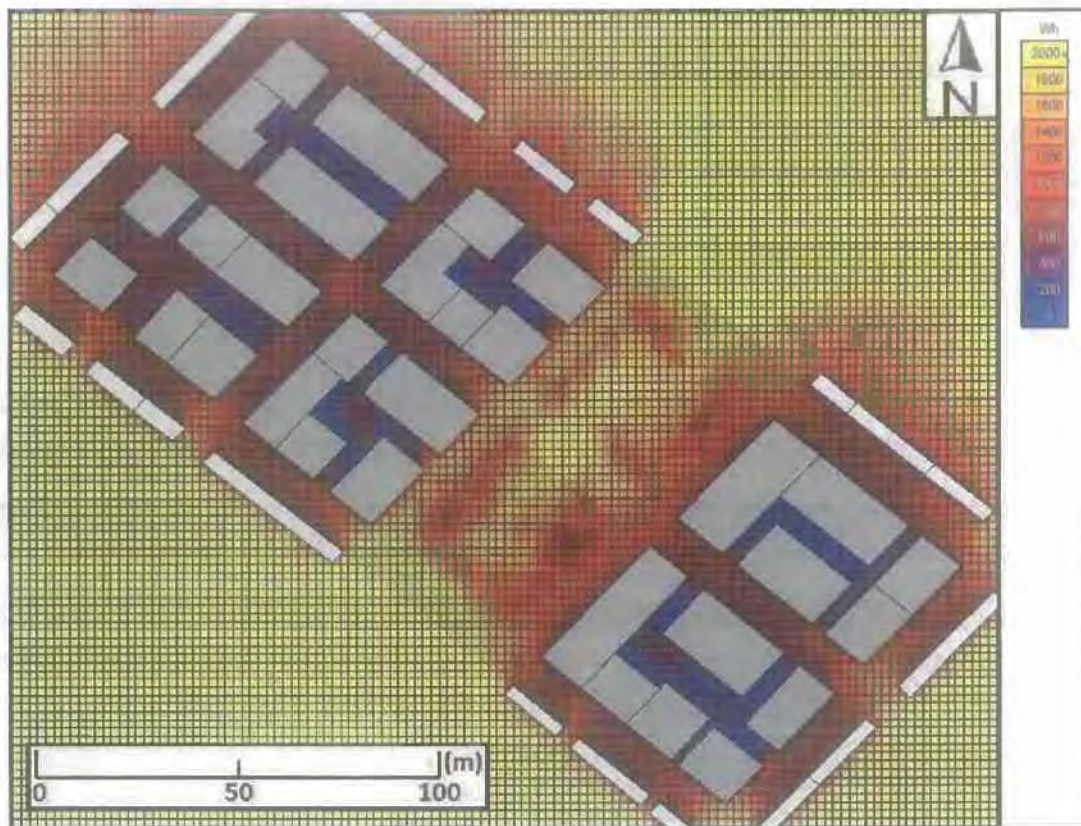
Πηγή: Ecotect Analysis 2011 – ίδια επεξεργασία

Αφού δημιουργηθεί λοιπόν το οριζόντιο επίπεδο αναφοράς (σε ύψος 1,5 μέτρων και με τετράγωνα ανάλυσης πλευράς 2 μέτρων), ξεκινά η διαδικασία υπολογισμού της παραμέτρου με την επιλογή "Calculate → Solar Access Analysis". Η διαδικασία αυτή αποτελείται από οκτώ βήματα, όπου καθορίζονται τα εξής:

1. Επιλογή παραμέτρου για την ανάλυση (incident solar radiation)
2. Επιλογή συγκεκριμένης χρονικής στιγμής ή χρονικού διαστήματος (for specific period)
3. Επιλογή περιόδου υπολογισμών (winter & summer)
4. Προσδιορισμός των τιμών της παραμέτρου που θα υπολογιστούν (average daily values)
5. Επιφάνειες όπου θα εμφανιστεί η χρωματική διαφοροποίηση των τιμών (analysis grid)
6. Τρόπος υπολογισμού επισκίασης αντικειμένων (Perform detailed shading calculations)
7. Επίπεδο ακρίβειας σκίασης (high)
8. Σύνοψη επιλογών

Αρχικά, πραγματοποιείται η προσομοίωση για την χειμερινή περίοδο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εικόνα 3.6.

Εικόνα 3.6: Μέση ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία για την χειμερινή περίοδο (1^η Δεκεμβρίου – 28^η Φεβρουαρίου)



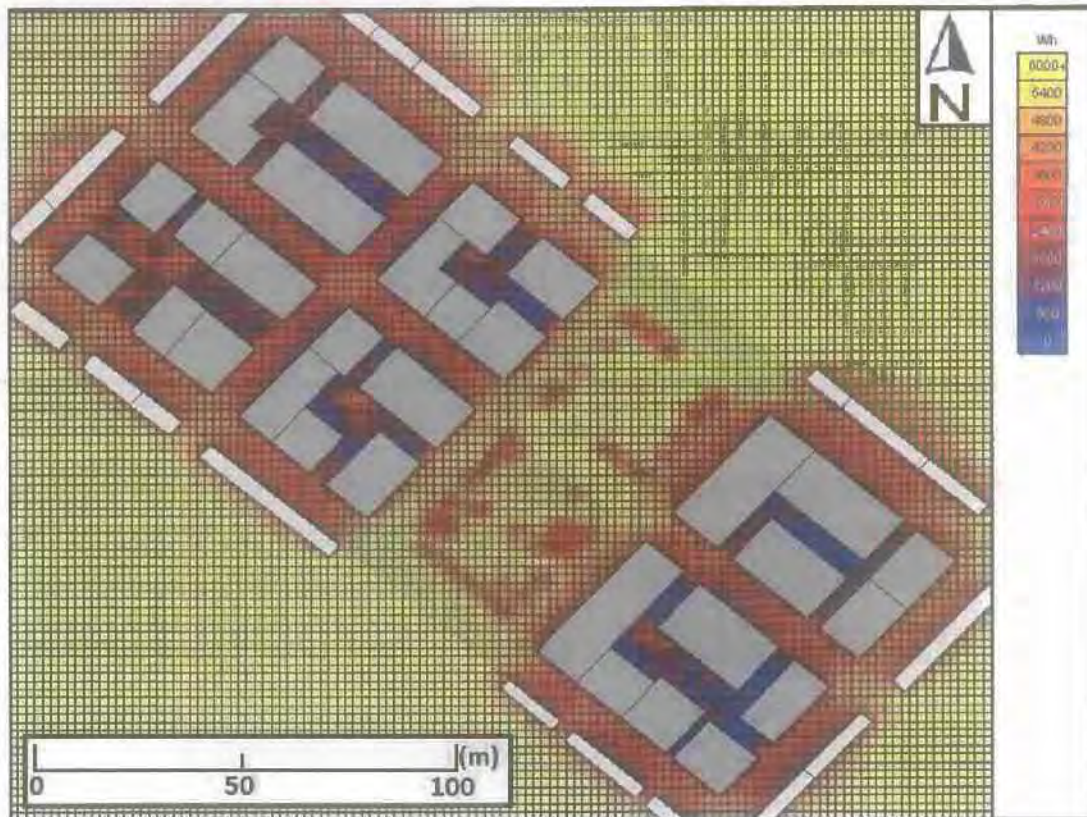
Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Είναι εμφανές ότι στους χώρους της πλατείας όπου δεν υπάρχει βλάστηση, οι τιμές της μέσης ημερήσιας ηλιακής ακτινοβολίας είναι πολύ υψηλότερες σε σχέση με τις τιμές που παρατηρούνται εκεί όπου υπάρχουν αειθαλή δέντρα. Παρατηρείται, επίσης, πως υπάρχουν πολύ χαμηλότερες τιμές στους ακάλυπτους χώρους εντός των οικοδομικών τετραγώνων σε σχέση με τις συνθήκες ακτινοβολίας στους δρόμους. Οι δρόμοι της περιοχής μελέτης εμφανίζουν πανομοιότυπες συνθήκες ακτινοβολίας ανεξαρτήτως προσανατολισμού. Εξαιρούνται οι διασταυρώσεις, στις οποίες παρατηρούνται ελαφρώς υψηλότερες τιμές. Η ελάχιστη και μέγιστη τιμή της παραμέτρου που παρατηρείται στην περιοχή μελέτης για την χειμερινή περίοδο είναι 90 και 2.080Wh αντίστοιχα.

Εξίσου σημαντική είναι και η προσομοίωση των συνθηκών ακτινοβολίας για την καλοκαιρινή περίοδο. Ειδικά για τις μεσογειακές χώρες, η διερεύνηση των συνθηκών ακτινοβολίας στον αστικό χώρο το καλοκαίρι αποτελεί θέμα μείζονος σημασίας, αφού κάθε χρόνο παρατηρούνται αρκετά περιστατικά θερμοπληξίας. Στην εικόνα 3.7,

παρουσιάζονται οι συνθήκες ακτινοβολίας της περιοχής μελέτης για την καλοκαιρινή περίοδο.

Εικόνα 3.7: Μέση ημερήσια προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία για την καλοκαιρινή περίοδο (1^η Ιουνίου – 31^η Αυγούστου)



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Οι αυξημένες τιμές της παραμέτρου το καλοκαίρι, οφείλονται όχι μόνο στις περισσότερες ώρες ηλιοφάνειας, αλλά και στην «κατακόρυφη» θέση του ηλίου (μικρότερα ποσοστά σκίασης). Έχει παρατηρηθεί επίσης πως οι βορειοδυτικές πλευρές των οικοδομικών τετραγώνων εμφανίζουν μικρότερες τιμές της μέσης ημερήσιας προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας σε σχέση με τις νοτιοανατολικές. Η ελάχιστη και μέγιστη τιμή της παραμέτρου για την καλοκαιρινή περίοδο είναι 310 και 6.030 Wh αντίστοιχα. Σημαντικό είναι το γεγονός ότι η μείωση της τιμής της παραμέτρου λόγω βλάστησης φτάνει μέχρι και το 50% (3.000Wh) στον χώρο της πλατείας (σε σχέση με την έκταση που εκτίθεται συνεχώς στον ήλιο). Σε άλλες περιπτώσεις παρατηρείται μείωση μέχρι και 85% (χώροι εντός των οικοδομικών τετραγώνων).

Το κύριο πρόβλημα που παρουσιάζει η περιοχή μελέτης ως προς της συνθήκες ακτινοβολίας είναι οι εξαιρετικά υψηλές τιμές της μέσης ημερήσιας προσπίπτουσας

ηλιακής ακτινοβολίας στο χώρο της πλατείας κατά την καλοκαιρινή περίοδο (6.000+ Wh). Μεγάλο ποσοστό της έκτασης της πλατείας είναι εκτεθειμένο στην ηλιακή ακτινοβολία, γεγονός που αποτελεί πλεονέκτημα για την χειμερινή περίοδο, αλλά μειονέκτημα για το καλοκαίρι. Λύση σε ένα τέτοιο πρόβλημα μπορεί να αποτελέσει η φύτευση φυλλοβόλων δέντρων σε όλη την έκταση της πλατείας. Έτσι, η πλατεία θα «προστατεύεται» από την ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι και θα «εκτίθεται» στον ήλιο το χειμώνα.

3.3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

Για την εκτίμηση των ανεμολογικών συνθηκών χρειάζεται να υπάρχουν κλιματολογικά δεδομένα και λογισμικό το οποίο να διαθέτει: α) δυνατότητα προσδιορισμού γεωγραφικής θέσης, β) δυνατότητα σχεδιασμού του αστικού περιβάλλοντος και γ) δυνατότητα πραγματοποίησης υπολογισμών ρευστοδυναμικής. Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε το πρόγραμμα Autodesk Project Vasari 2 (κεφ. 2.2.2). Παρ' όλη τη διευκόλυνση που παρέχει το λογισμικό σε ζητήματα προσομοίωσης ανεμολογικών συνθηκών (υπολογισμοί ρευστοδυναμικής), υπάρχουν και περιορισμοί. Πιο συγκεκριμένα, η υπό μελέτη περιοχή περιβάλλεται σχεδόν από όλες τις πλευρές (πλην της νοτιοδυτικής) από πλήθος οικοδομικών όγκων. **Για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων σε μια προσομοίωση ανεμολογικών συνθηκών, πρέπει πάντοτε να σχεδιάζεται και ο αστικός χώρος από τον οποίο διέρχεται ο υπό εξέταση άνεμος, επειδή οι οικοδομικοί όγκοι τους οποίους περιλαμβάνει αυτός ο αστικός χώρος διαμορφώνουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του επερχόμενου ανέμου πριν εισέλθει στη περιοχή μελέτης.** Επομένως, για την περιοχή μελέτης μπορούν να μελετηθούν μόνο νοτιοδυτικοί άνεμοι, αφού γειτνιάζει νοτιοδυτικά με το παραλιακό μέτωπο απ' όπου προέρχονται «ανεμπόδιστοι» άνεμοι και έτσι τα αποτελέσματα μπορούν να θεωρηθούν αξιόπιστα.

Όπως και για τις συνθήκες ακτινοβολίας, έτσι και για την εκτίμηση των ανεμολογικών συνθηκών δημιουργήθηκε το τρισδιάστατο ψηφιακό υπόβαθρο της περιοχής μελέτης με το πρόγραμμα Autodesk Project Vasari 2 βάσει δεδομένων της Κτηματολόγιο Α.Ε. Επιπλέον, σχεδιάστηκαν και τα κτηριακά κελύφη που περικλείουν την περιοχή μελέτης, επειδή επηρεάζουν άμεσα τις ανεμολογικές συνθήκες στον υπό μελέτη αστικό χώρο. Για κάθε επιφάνεια και στοιχείο του χώρου επιλέχθηκαν τα αντίστοιχα υλικά. Ο προσδιορισμός της γεωγραφικής θέσης της περιοχής μελέτης έγινε με την επιλογή "Set Location" (εικόνα 3.8). Όπως αναφέρθηκε, οι υπό εξέταση άνεμοι

είναι οι νοτιοδυτικοί. Οι ανεμολογικές συνθήκες μελετήθηκαν για 3 ταχύτητες επερχόμενων νοτιοδυτικών ανέμων: 3,5 m/s (ασθενής), 8 m/s (μέτριος) και 12 m/s (ισχυρός). Βάσει των κλιματολογικών δεδομένων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας οι άνεμοι που εμφανίζονται καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου είναι ασθενείς (3,5m/s). Επομένως, διερευνώνται οι πραγματικές συνθήκες και οι συνθήκες που διαμορφώνονται λόγω μέτριων και ισχυρών ανέμων.

Εικόνα 3.8: Προσδιορισμός γεωγραφικής θέσης της περιοχής μελέτης



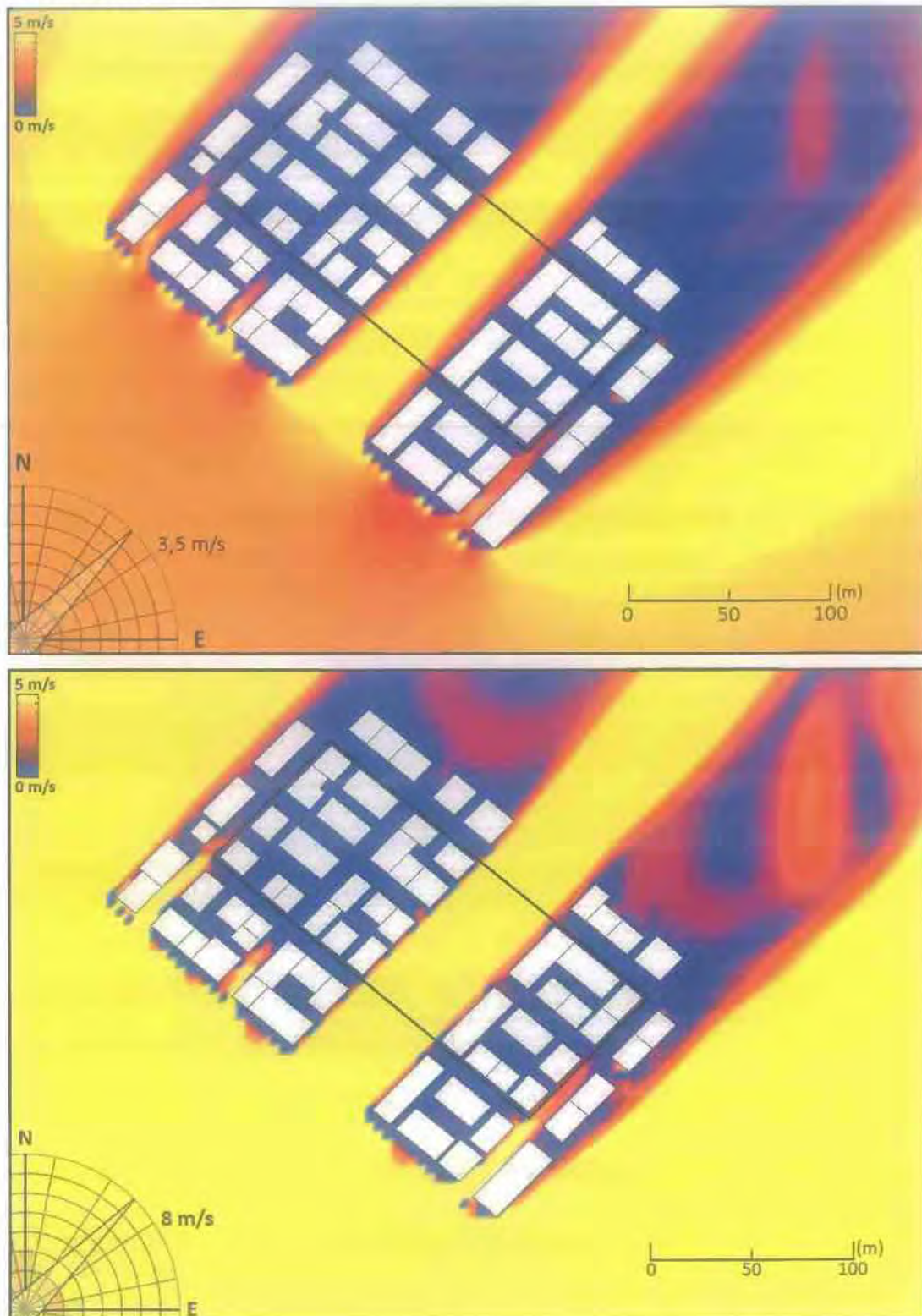
Πηγή: Autodesk Project Vasari 2 – ίδια επεξεργασία

Η προσομοίωση των ανεμολογικών συνθηκών έγινε με την επιλογή "Analyze → Ecotect Wind Tunnel". Εισήχθησαν τα παρακάτω δεδομένα:

1. Ταχύτητα και διεύθυνση επερχόμενου ανέμου
2. Έκταση και ύψος (από το έδαφος – 1,5m) του οριζοντίου επιπέδου απεικόνισης των αποτελεσμάτων.

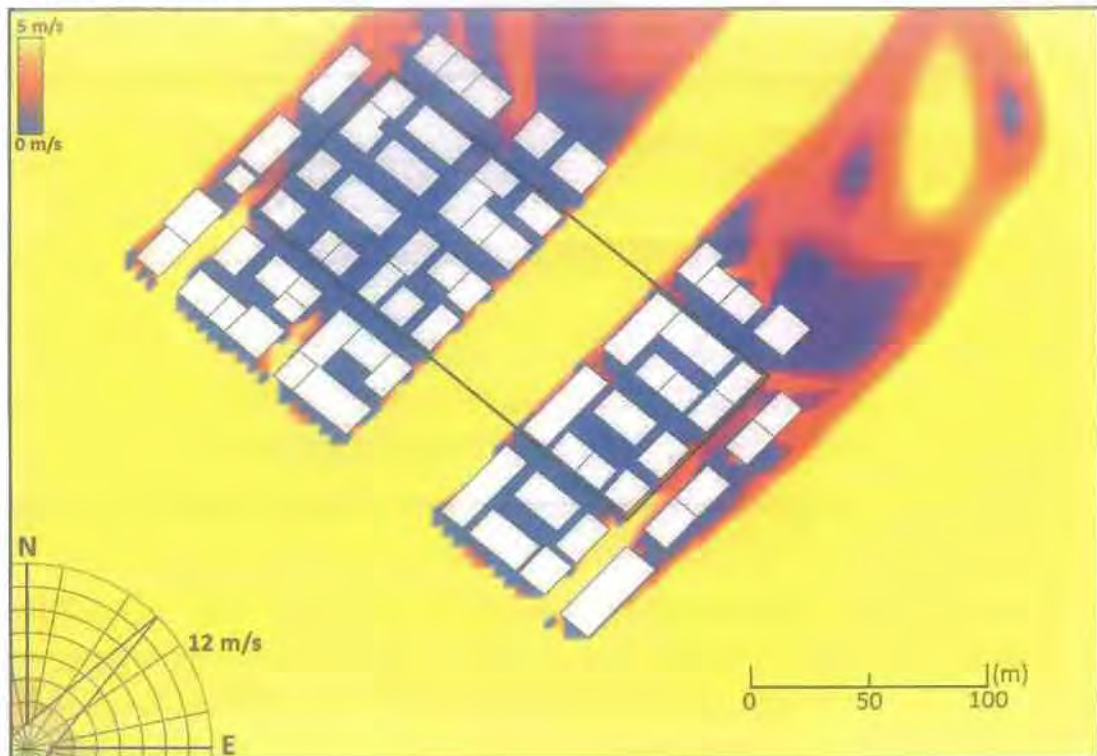
Στις παρακάτω εικόνες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για ασθενείς (3,5 m/s), μέτριους (8 m/s) και ισχυρούς (12 m/s) νοτιοδυτικούς ανέμους. Ο χαρακτηρισμός των ανέμων ανάλογα με τις ταχύτητες (π.χ. ασθενής – 3,5 m/s) βασίζεται στην κατηγοριοποίηση της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας.

Εικόνα 3.9: Ανεμολογικές συνθήκες στο επίπεδο των πεζών (1,5m) για νοτιοδυτικούς ανέμους ταχύτητας 3,5 και 8 m/s



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 3.10: Ανεμολογικές συνθήκες στο επίπεδο των πεζών (1,5m) για νοτιοδυτικούς ανέμους ταχύτητας 12 m/s

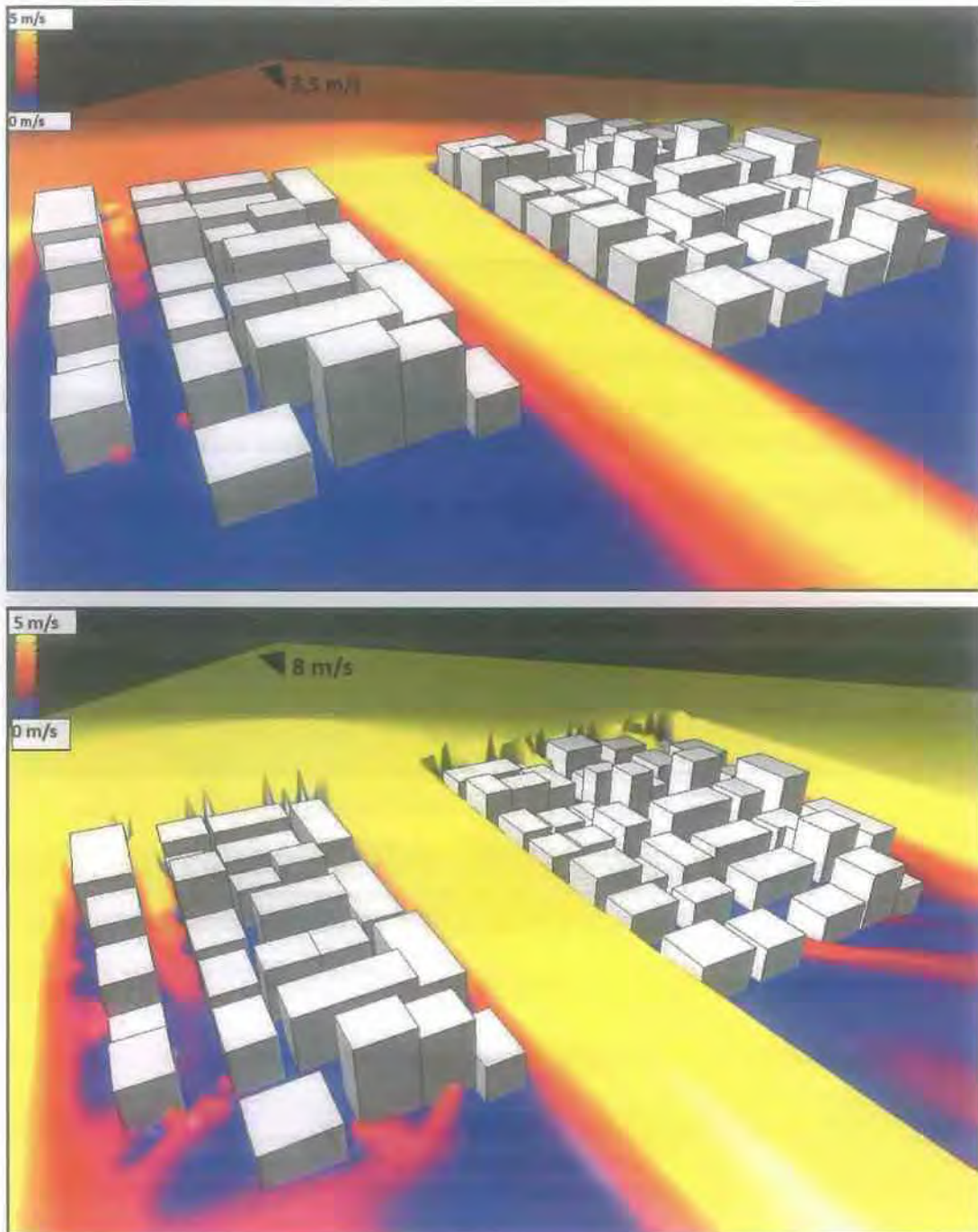


Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Παρατηρείται ότι στην περιοχή μελέτης για επερχόμενους νοτιοδυτικούς ανέμους 3,5 m/s (ασθενείς), οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου τείνουν στο μηδέν, εκτός από το χώρο της πλατείας, όπου παρατηρούνται υψηλότερες τιμές από 3,5 m/s (σχεδόν 5 m/s). Για επερχόμενους ανέμους ταχύτητας 8 m/s (μέτριοι), παρατηρείται αύξηση στις τιμές της ταχύτητας σε συγκεκριμένα σημεία των δρόμων (μέχρι και 1 m/s). Για ισχυρούς ανέμους (12 m/s), οι άνεμοι που παρατηρούνται ανάμεσα στους δρόμους φτάνουν μέχρι και 2 m/s. Η επιτάχυνση του ανέμου που παρατηρείται στο χώρο της πλατείας, οφείλεται σε ένα μεγάλο βαθμό στο 'φαινόμενο του καναλιού' (channel effect), αφού γραμμικές αστικές δομές άνω των 100-125μ. δημιουργούν επιτάχυνση του ανέμου (Kofoed & Gaardsted, 2004). Αξίζει να σημειωθεί, ότι για την προσομοίωση δημιουργήθηκαν και οι πολυκατοικίες τύπου 'pilotis' στην περιοχή μελέτης και επομένως τα κτίσματα διαφέρουν ως προς την «αεροδιαπερατότητα» στο επίπεδο των πεζών. Οι ανεμολογικές συνθήκες διαφέρουν σημαντικά με βάση το αν υπάρχει ή όχι 'pilotis'. Επίσης, παρατηρείται ότι υπάρχουν υψηλότερες ταχύτητες στις πλευρές των κτιρίων παρά στις γωνίες τους.

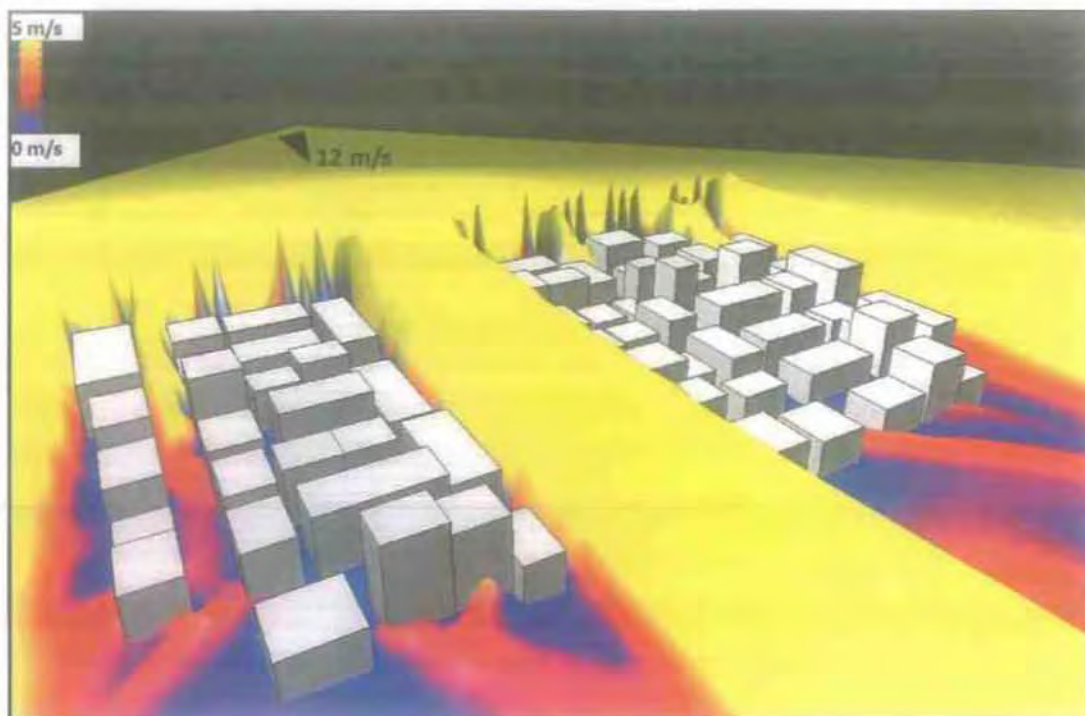
Επιπροσθέτως, παρουσιάζεται μια ιδιαίτερη απεικόνιση των τιμών της ταχύτητας του ανέμου στο επίπεδο των πεζών για την περιοχή μελέτης, όπου οι τιμές απεικονίζονται με χρωματική και «υψομετρική» διαφοροποίηση. Δηλαδή, βάσει της ταχύτητας δίνεται το αντίστοιχο ύψος στην απεικόνιση.

Εικόνα 3.11: «Υψομετρική» απόδοση των τιμών της ταχύτητας για νοτιοδυτικούς ανέμους 3,5 και 8 m/s



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

Εικόνα 3.12: «Υψομετρική» απόδοση των τιμών της ταχύτητας για νοτιοδυτικούς ανέμους
12 m/s



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εκτίμηση των συνθηκών ακτινοβολίας και ανέμου ενός αστικού χώρου στο επίπεδο των πεζών αποτελεί μια διαδικασία η οποία δε διέπεται από γενικούς κανόνες. Οι παράγοντες που διαμορφώνουν αυτές τις συνθήκες είναι αρκετοί: Γεωγραφική θέση, τοπογραφικό ανάγλυφο, κλιματολογικές συνθήκες ευρύτερης περιοχής, αστική μορφολογία, ύπαρξη αστικού πρασίνου. Ακόμα και παράγοντες όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση στο κέντρο μιας πόλης μπορούν να δημιουργήσουν διαφορετική θερμική αίσθηση στο επίπεδο των πεζών (φαινόμενο αστικής θερμικής νησίδας). Κάθε χώρος, λοιπόν, αποτελεί ένα ξεχωριστό πεδίο έρευνας και η βελτίωση των περιβαλλοντικών του συνθηκών θα πρέπει να αποτελεί στόχο κάθε επιστημονικής ειδικότητας που σχετίζεται με τον αστικό χώρο. Οι παρεμβάσεις που μπορούν να γίνουν σε μια περιοχή αφορούν μόνο την αστική μορφολογία και το αστικό πράσινο, επειδή παράγοντες όπως η γεωγραφική θέση και το τοπογραφικό ανάγλυφο είναι αμετάβλητοι. **Επομένως, το ζητούμενο είναι να δημιουργηθούν μοντέλα αστικού σχεδιασμού, τα οποία να βρίσκουν εφαρμογή σε διάφορες γεωγραφικές ζώνες.** Για να επιτευχθεί αυτό χρειάζεται διεπιστημονικότητα, αφού σχετίζονται διάφοροι επιστημονικοί τομείς (πολεοδομία, φυσική, βιομετεωρολογία). Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε μια μεθοδολογία εκτίμησης διαφόρων στοιχείων του αστικού μικροκλίματος κυρίως μέσω προσομοιώσεων σε υπολογιστικά προγράμματα. Επομένως, διάφορες αστικές μορφολογίες μπορούν να αξιολογούνται με βάση την επίδραση τους στο αστικό μικροκλίμα και να κρίνεται έτσι η καταλληλότητά τους. Η διαδικασία αυτή αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι του αστικού και πολεοδομικού σχεδιασμού, αφού στο προσεχές μέλλον ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού θα κατοικεί σε πόλεις και το αστικό μικροκλίμα θα επηρεάζει άμεσα την ποιότητα ζωής.

Η συσχέτιση αστικής μορφολογίας και αστικού μικροκλίματος αποτελεί πλέον ένα ζήτημα που απασχολεί αρκετά ακαδημαϊκά ιδρύματα διεθνώς. Σημαντική είναι η εργασία της Joyce Klein Rosenthal, καθηγήτριας Πολεοδομίας στο Πανεπιστήμιο του Χάρβαρντ, με τίτλο «Αξιολόγηση της σχέσης μεταξύ αστικού σχεδιασμού και αστικού μικροκλίματος σε συγκεκριμένες γειτονιές του Μπρονξ» (2012). Η έρευνα αφορά τις συνθήκες θερμικής άνεσης με βάση το δομημένο περιβάλλον σε δύο περιοχές του Μπρονξ και τα αποτελέσματα θα χρησιμοποιηθούν για την κατανόηση της αποτελεσματικότητας των μεθόδων μείωσης του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

Σημαντική είναι και η πρόοδος που έχει γίνει σχετικά με τα λογισμικά προσομοίωσης συνθηκών θερμικής άνεσης. Λογισμικά όπως το Townscope, το Envi-Met και το OTC Model έχουν δώσει λύσεις σε αρκετά θέματα που απασχολούν τους ερευνητές. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα όμως, αποτελεί το λογισμικό RayMan Pro των Matzarakis & Rutz, το οποίο διαθέτει δυνατότητα υπολογισμού τεσσάρων θερμικών δεικτών (PMV, PET, SET, UTCI) σε διάφορες αστικές δομές.

Συνοψίζοντας, η αστική μορφολογία επηρεάζει με πολλούς τρόπους τη ζωή των κατοίκων μιας πόλης (λειτουργικά, αισθητικά, βιοκλιματικά κ.α.) και θα προκύψει ακόμα μεγαλύτερη ανάγκη για εύρεση νέων αστικών δομών. Οι νέες αυτές δομές, θα δημιουργήσουν το αστικό περιβάλλον του μέλλοντος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**Ελληνική*****Αδημοσίευτα κείμενα***

- Ανδρέου Ε. (2011) *Η διερεύνηση των παραγόντων που διαμορφώνουν το μικροκλίμα στα αστικά φαράγγια. Το παράδειγμα παραδοσιακών και νεόδμητων οικισμών της Τήνου*, Θεσσαλονίκη: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Διδακτορική διατριβή
- Γιάννας (2002) *Βιοκλιματικά κριτήρια σχεδιασμού στη πόλη*, London: Architectural Association Graduate School
- Γιαννούλη Δ. (2007) *Φυτοκάλυψη και περιβαλλοντικός σχεδιασμός*, Θεσσαλονίκη: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Μεταπτυχιακή Διπλωματική εργασία
- Ζώγου Ο. (2007) *Θερμομετρία – Θερμογραφία*, Βόλος: Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, Εργαστήριο θερμοδυναμικής και θερμικών μηχανών (Διαθέσιμο: http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/Thermometria_Thermografia_1.pdf)
- Καματάκη Ε. (2009) *Μεγάλης Κλίμακας Μεταφορά Σωματιδιακής Ρύπανσης στη Θεσσαλονίκη*, Θεσσαλονίκη: Τμήμα Φυσικής, Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
- Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (2011) *Πρόγραμμα βιοκλιματικών αναβαθμίσεων δημόσιων ανοικτών χώρων*, Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (διαθέσιμο: http://www.cres.gr/kape/Scientific_Guide_19_7.pdf)
- Κύρκου (2010) *Μελέτη περιβαλλοντικών δεδομένων και ανάλυση χαρακτηριστικών τους με τη χρήση μεθόδου βασικών συνιστωσών*, Θεσσαλονίκη: Τμήμα Φυσικής, Διπλωματική Εργασία
- Νικολοπούλου Μ. (2004) 'Μοντέλα θερμικής άνεσης για ανοικτούς αστικούς χώρους', στο *Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια*, Αθήνα: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Παπουτσή Δ. (2012) *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός και περιβαλλοντική άνεση στον αστικό χώρο – Προσομοίωση με το λογισμικό Envi-Met*, Αθήνα: Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Διπλωματική Εργασία
- Πολυχρονόπουλος Δ. (2004) *Δυνατότητες μορφοποίησης του αστικού μικροκλίματος μέσα από τη διαδικασία του πολεοδομικού σχεδιασμού*, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών (Διαθέσιμο: courses.arch.ntua.gr/fsr/107760/kef.7.pdf)

- Σιούτας Φ. (2011) *Προβλέψεις συγκεντρώσεων ΒΤΕΧ με χρήση εργαλείων πολλαπλής παλινδρόμησης*, Θεσσαλονίκη: Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Διπλωματική Εργασία (Διαθέσιμο: <http://invenio.lib.auth.gr/record/127581/files/sioutas.pdf>)
- Χαραλαμπίδης Ι. (2009) *Ανάπτυξη μεθοδολογίας και εφαρμογές για την αξιολόγηση των βιοκλιματικών συνθηκών υπαίθριων χώρων με διαφορετική διαμόρφωση*, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Διδακτορική Διατριβή
- Χατζηδημητρίου Α. (2012) *Αξιολόγηση της επίδρασης των παραμέτρων σχεδιασμού στη διαμόρφωση του μικροκλίματος των αστικών υπαίθριων χώρων και στις συνθήκες θερμικής άνεσης, κατά τη θερινή περίοδο, σε κλίμα μεσογειακό*, Θεσσαλονίκη: Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Διδακτορική Διατριβή
- Χρυσομαλλίδου Ν., Χρυσομαλλίδης Μ., Θεοδοσίου Θ. (2004) 'Αρχές σχεδιασμού και εφαρμογές' στο *Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια*, Αθήνα: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Katzschner L., Bosch U. & Roettgen M. (2004) 'Χαρτογράφηση και προσδιορισμός ζωνών θερμικής άνεσης' στο *Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια*, Αθήνα: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Kofoed N. & Gaardsted M. (2004) 'Μελέτη του ανέμου σε αστικούς χώρους' στο *Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια*, Αθήνα: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
- Steemers K., Ramos M., Sinou M. (2004) 'Αστική Μορφολογία' στο *Σχεδιασμός υπαίθριων αστικών χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια*, Αθήνα: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας
(Διαθέσιμο: http://www.cres.gr/kape/education/design_guidelines_el.pdf)

Άρθρα σε περιοδικά

- Κουτσουράκης Ν. (2010) 'Ροή και διασπορά ρύπων σε οδικές χαράδρες – Ανασκόπηση' *Τεχνικά Χρονικά ΤΕΕ* 1 (1) 175-189

Βιβλία – Σημειώσεις Μαθημάτων

- Κοτσίρης Γ. (2007) *Θερμική άνεση*, Αθήνα: Εκδόσεις Ίων
- Μπουγιατιώτη Φ. (2010) *Το αστικό μικροκλίμα. Βιοκλιματικές παρεμβάσεις για τη βελτίωση του – Σημειώσεις*, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
(Διαθέσιμο: courses.arch.ntua.gr/fsr/130226/Shmeiwseis_Bougiatioti.pdf)

- Οικονόμου Δ. (2008) *Χωροταξική Πολιτική – Σημειώσεις*, Βόλος: Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης
- Σανταμούρης Μ. (2000) *Οικολογική Δόμηση*, Αθήνα: Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα
- Στασινόπουλος Θ. (2001) *Έλεγχος Ηλιασμού - Σημειώσεις*, Αθήνα: Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών
- McCabe, Smith, Harriott (2008) *Βασικές Διεργασίες Χημικής Μηχανικής*, Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα

Θεσμικά Κείμενα

- ν. 2831/2000 *Τροποποίηση των διατάξεων του 1577/1985 «Γενικός Οικοδομικός Κανονισμός» και άλλες πολεοδομικές διατάξεις*, Φ.Ε.Κ. 140 Α'

Άλλα κείμενα

- Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (ΤΕΕ) 20702-5/2010 *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός Κτηρίων Α' Έκδοση 2011*, Αθήνα: Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

Διαδίκτυο

- <http://el.science.wikia.com/wiki/Θερμοχωρητικότητα> (πρόσβαση στις 20/11/2011)
- <http://el.wikipedia.org/wiki/άνεμος> (πρόσβαση στις 10/01/2012)
- http://el.wikipedia.org/wiki/κλίμακα_μφοφόρ (πρόσβαση στις 10/01/2012)
- <http://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx> (πρόσβαση στις 11/11/2012)
- http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams_html?dr_city=Athens_Hellinikon (πρόσβαση στις 15/01/2012)
- http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams_html?dr_city=Thessaloniki_Mikra (πρόσβαση στις 15/11/2012)
- http://www.hnms.gr/hnms/greek/meteorology/full_story_html?dr_url=/docs/lexikon/lexicon&dr_page_number=17 (πρόσβαση στις 15/01/2012)
- <http://xenmen.wordpress.com/2009/02/22/ηλιακά-διαγράμματα> (πρόσβαση στις 13/12/2011)

Ξενόγλωσση

Αδημοσίευτα κείμενα

- Cox J. (2005) *Characterizing the Surface Heat Island of New York City*, New York: Hunter College CUNY

(διαθέσιμο: http://www.epa.gov/heatisd/resources/pdf/SurfaceUHI_EPA4.pdf)

- Wong E. (2010) *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*, U.S. Environmental Protection Agency

(διαθέσιμο: <http://www.epa.gov/heatisd/resources/pdf/CoolRoofsCompendium.pdf>)

Άρθρα σε περιοδικά – εισηγήσεις σε συνέδρια

- Bourbia F., Boucheriba F. (2010) ‘Impact of street design on urban microclimate for semi-arid climate’ *Renewable Energy* **35**, 343-347
- Georgi J., Dimitriou D. (2010) ‘The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, Greece’ *Building and Environment* **45**, 1401-1414
- Gal T., Rzepa M., Gromek B, Unger J. (2007) ‘Comparison between sky view factor values computed by two different methods in an urban environment’, *Acta Climatologica et Chorologica* **40**, 17-26
- Matzarakis A., Mayer H. και Rutz F. (2002) ‘Radiation and thermal comfort’, *Proceedings of 6th Hellenic Conference in Meteorology Climatology and Atmospheric Physics*, Ioannina, Greece
- Mayer H., Holst T., Rost J., Imbery F., Ali Toudert F. (2004) ‘Thermal comfort conditions in an E-W oriented street canyon in Freiburg (Germany) during the European summer heatwave 2003’, *Fifth Conference on Urban Environment* (https://ams.confex.com/ams/AFAPURBBIO/techprogram/programexpanded_222.htm)
- Mirzaei P. & Haghighat F. (2010) ‘Approaches to study Urban Heat Island – Abilities and limitations’ *Building and Environment* **45**, 2192-2201
- Nakamura Y., Oke T (1988) ‘Wind, temperature and stability conditions in an east-west oriented urban canyon’ *Atmospheric Environment* **22**, 2691–2700
- Spagnolo J. & deDear R. (2003) ‘A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia’ *Building and Environment* **38**, 721-738
- Stathopoulos T. (2009) ‘Wind and Comfort’, *5th European & African Conference on Wind Engineering*, Florence, Italy
- Taha H. (1997) ‘Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration and anthropogenic heat’ *Energy and Buildings* **25**, 99-103.

- Unger J. (2009) ‘Connection between urban heat island and sky view factor approximated by a software tool on a 3D urban database’ *Environment and Pollution* **36**, 59-80
- Vardoulakis S., Fisher B., Pericleous K. (2003) ‘Modeling air quality in street canyons – A review’ *Atmospheric Environment* **37**, 155-182
- Walton A., Cheng A. (2002) ‘Spatial distribution of traffic-related pollutant concentrations in street canyons’, *Atmospheric Environment* **36**, 3615–3627

Άλλα κείμενα

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers (ASHRAE) – 2003 *Thermal environmental conditions for human occupancy*, USA: Atlanta
- ISO 7730 (1994) *Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*, Geneva: International Organization for Standardization

Διαδίκτυο

- http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=6_europe_wmo_region_6/country=GRC/cname=Greece (πρόσβαση στις 15-12-2012)
- http://climate.met.psu.edu/features/PA_WIND_ROSES/AOOwindrose.php (πρόσβαση στις 13/01/2012)
- <http://www.gsd.harvard.edu/#/news/gsd-students-study-urban-heat-island-effect-in-bronx.html>, (πρόσβαση στις 13/01/2013)
- <http://www.urbanheatlands.com/>, (πρόσβαση στις 25/11/2011)
- http://www.urbanheatland.info/index.php?option=com_content&view=article&id=5&Itemid=14, (πρόσβαση στις 27/11/2011)

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

- Autodesk Ecotect Analysis 2011
- Autodesk Project Vasari 2
- Autodesk Revit Architecture 2011
- Esri ArcGIS 9.3



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000116682