

ΙΟΥΛΙΟΣ 2011

Πρόγραμμα Βιοκλιματικών Αναβαθμίσεων Δημόσιων Ανοικτών Χώρων

ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΩΝ



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΤΑΜΕΙΟ ΣΥΝΟΧΗΣ



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ,
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ
ΑΛΛΑΓΗΣ



ΚΑΠΕ
CRES | ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



ΕΠΠΕΡΑΑ
Εθνικό Πρόγραμμα
Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής

ΜΕ ΤΗ ΣΥΓΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ

Πίνακας περιεχομένων

Γλωσσάρι	5
1. Σκοπός του Οδηγού	7
2. Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας	8
2.1 Εισαγωγικές Πληροφορίες	8
2.2 Βατές Επιφάνειες και Υλικά Διαμορφώσεων	12
2.3 Πράσινο	13
2.4 Νερό και υδάτινες επιφάνειες	14
2.4.1 Υδάτινες Επιφάνειες	14
2.4.2 Διαχείριση του νερού στους αστικούς χώρους	14
2.5 Σκίαση	15
2.6 Άνεμος	15
3. Πληροφορίες σχετικά με την κλιματική ποιότητα στον αστικό χώρο και παράμετροι που την καθορίζουν	17
3.1 Πληροφορίες σχετικά με την κλιματική ποιότητα στον αστικό χώρο	17
3.1.1 Οικολογία στον αστικό ιστό	17
3.1.2 Θερμική Άνεση	20
3.1.3 Οπτική Άνεση	24
3.1.4 Ακουστική Άνεση	25
3.1.5 Ανεμοπροστασία	26
3.1.6 Εξοικονόμηση ενέργειας στα γειτονικά κτήρια	28
3.1.7 Ποιότητα αέρα	28
3.2 Περιβαλλοντικές παράμετροι που καθορίζουν την κλιματική ποιότητα	29
3.2.1 Αστική Μορφολογία	30
3.2.2 Πεδίο Ακτινοβολίας	31
3.2.3 Πεδίο ανέμου	34
3.2.4 Θερμοκρασία και υγρασία	36
4. Τεχνολογίες βελτίωσης του αστικού μικροκλίματος	37
4.1 Υλικά	37
4.1.1 Ψυχρά Υλικά	37
4.1.2 Θερμοχρωμικά υλικά	42
4.1.3 Φωτοκαταλυτικά υλικά	43
4.1.4 Χωροθέτηση ψυχρών και φωτοκαταλυτικών υλικών	44
4.2 Ροή αέρα	44

4.2.1	Γενικές οδηγίες	44
4.3	Πράσινο.....	49
4.3.1	Εισαγωγή	49
4.3.2	Έλεγχος του ανέμου	50
4.3.3	Έλεγχος της ηλιακής ακτινοβολίας.....	52
4.3.4	Έλεγχος του ήχου	53
4.3.5	Επίδραση στο περιβάλλον.....	54
4.3.6	Επίδραση στο περιβάλλον.....	54
4.4	Σκίαση	55
4.5	Φωτοβολταϊκά – Ψυχρές Καταβόθρες	60
4.5.1	Φωτοβολταϊκά.....	60
4.5.2	Ψυχρές καταβόθρες – ο ρόλος του εδάφους	62
5.	Εργαλεία εκτίμησης βιοκλιματικών παραμέτρων.....	65
5.1.	Λογισμικά βασισμένα σε μεθόδους υπολογιστικής ρευστομηχανικής	65
5.1.1	Παράδειγμα 1: MICROSYS/VADIS	66
5.1.2	Ελεύθερο λογισμικό Gerris.....	67
5.2.	Λογισμικό RayMan.....	67
5.3.	Λογισμικό ENVI-met	73
	Παράρτημα I:Θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και Δείκτες Θερμικής Άνεσης.....	78
	Παράρτημα II: Υποδείξεις εκτίμησης παραμέτρων ανεμοπροστασίας	82
	Παράρτημα III: Συντελεστής θέασης του ουρανού	84
	Παράρτημα IV: Βατές χωμάτινες επιφάνειες – Υδατοπερατές και ημι-υδατοπερατές.....	88
	Παράρτημα V: Βασικές Αρχές Σχεδιασμού Πρασίνου	89

Γλωσσάρι

Ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία: Μέτρο της ικανότητας ενός υλικού να ανακλά την ακτινοβολία που προσπίπτει σε αυτό. Περιλαμβάνεται τόσο η ακτινοβολία στο ορατό φάσμα, όσο και η υπέρυθρη και η υπεριώδης ακτινοβολία.

Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας: Φυσικές πηγές παραγωγής ενέργειας που δεν εξαντλούνται ή που η ανανέωσή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί με φυσικές μεθόδους.

Αστική Θερμική Νησίδα: Αποτελεί αστική περιοχή που διαθέτει υψηλότερες θερμοκρασίες από τις περιαστικές περιοχές που την περιβάλλουν.

Αστική Χαράδρα: Αποτελεί περιοχή σε αστικό περιβάλλον, που γενικά χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη υψηλών κτηρίων κατά μήκος μιας οδού. Το ύψος των κτηρίων, το μήκος και το πλάτος της οδού καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τη θερμοκρασία, την ποιότητα του αέρα και το θόρυβο στη «χαράδρα».

Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΣΓΠ, GIS): Πληροφοριακό σύστημα (Information Systems) που παρέχει τη δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης, σε ψηφιακό περιβάλλον, των δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο.

Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς: Πλαίσιο παραμέτρων βάσει των οποίων γίνεται ο εντοπισμός μιας θέσης στο χώρο και αποτελείται ένα οριζοντιογραφικό και από ένα κατακόρυφο datum, τα οποία με βάση ένα ελλειψοειδές εκ περιστροφής προσομοιώνουν κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τη γήινη επιφάνεια. Το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ορίζεται με την επιλογή ενός ελλειψοειδούς και ενός προβολικού συστήματος για την απεικόνιση της επιφάνειας του ελλειψοειδούς στο επίπεδο.

Ενσωματωμένη Ενέργεια: Η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται κατά τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, δηλαδή από την εξόρυξη της πρώτης ύλης παραγωγής του προϊόντος, τη μεταφορά, την κατασκευή, τη συναρμολόγηση, την εγκατάσταση, την αποσυναρμολόγηση, ως και την αποδόμηση και την καταστροφή ή ανακύκλωσή του.

Εξάτμισοδιαπνοή: 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)¹.

Θάμβωση: Η κατάσταση της όρασης κατά την οποία η θέαση δυσχεραίνεται ή γίνεται αδύνατη από την ύπαρξη αντικειμένων ή περιοχών πολύ μεγαλύτερης λαμπρότητας από τη μέση λαμπρότητα του ευρύτερου πεδίου.

Θερμικές Καταβόθρες: Θερμικοί χώροι των οποίων η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος κατά το θέρος και άρα μπορεί να μεταφερθεί ενέργεια από το περιβάλλον προς αυτές.

Θερμική Αγωγιμότητα: Η ιδιότητα ενός υλικού που προσδιορίζει την ευκολία ή δυσκολία διάδοσης της θερμότητας στο εσωτερικό του.

Θερμοχρωμικά Υλικά: Υλικά των οποίων το χρώμα μεταβάλλεται με τις μεταβολές της θερμοκρασίας.

Λανθάνουσα Θερμότητα: Η θερμότητα η οποία εκλύεται ή απορροφάται κατά την αλλαγή φάσης ενός υλικού.

Μικροκλίμα: Το χαρακτηριστικό κλίμα μιας περιοχής περιορισμένης κλίμακας, όπως για παράδειγμα ενός πάρκου, μιας γειτονιάς, μιας οδού, κτλ. Η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, ο άνεμος και η υγρασία, που αποτελούν κλιματικές παραμέτρους του μικροκλίματος, μπορεί να παρουσιάζουν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με τις αναμενόμενες ή επικρατούσες συνθήκες στην ευρύτερη.

Παθητικές Μέθοδοι Δροσισμού/Θέρμανσης: Μέθοδοι δροσισμού/θέρμανσης ενός κτηρίου ή ενός υπαίθριου χώρου με μεθόδους που δεν καταναλώνουν (ή καταναλώνουν ελάχιστη) ενέργεια.

Τύρβη: Το είδος ροής των ρευστών που χαρακτηρίζεται από απότομες ή τυχαίες μεταβολές της πίεσης και της ταχύτητας του πεδίου ροής αυτών των ρευστών.

Φωτοβολταϊκά Συστήματα: Αποτελούνται από πλαίσια φωτοβολταϊκών στοιχείων μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και διατάξεις για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται στην επιθυμητή μορφή.

Φωτο-καταλυτικά Υλικά: Υλικά που, λόγω της σύνθεσής τους, μπορούν να αποσυνθέσουν ρύπους υπό συνθήκες φωτισμού.

Χαρτογραφική Προβολή: Η μέθοδος απεικόνισης του συνόλου ή τμήματος της γήινης επιφάνειας σε ένα επίπεδο.

Ψυχρά Υλικά: Υλικά λευκά ή έγχρωμα τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία και από υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (εκλύουν γρηγορότερα τα ποσά θερμότητας που έχουν απορροφήσει). Με την εφαρμογή τους εξασφαλίζονται χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες συγκριτικά με άλλα υλικά.

1. Σκοπός του Οδηγού

Ο σκοπός του οδηγού αυτού είναι η συμβουλευτική καθοδήγηση των υποψήφιων αναδόχων και των μελετητών για τον πλήρη και επιτυχή σχεδιασμό βιοκλιματικών αστικών αναβαθμίσεων, στα πλαίσια του αντίστοιχου προγράμματος του ΥΠΕΚΑ και του ΚΑΠΕ, που χρηματοδοτείται από το ΕΣΠΑ, το ΕΠΠΕΡΑΑ και το Ταμείο Συνοχής.

Πιο συγκεκριμένα, ο Οδηγός Μελετών του Προγράμματος των Βιοκλιματικών Αστικών Αναβαθμίσεων περιλαμβάνει αρχιτεκτονικά και τεχνικά εργαλεία και μεθοδολογίες με τα οποία μπορεί να αντιμετωπιστεί και να αναστραφεί το κλιματικό πρόβλημα σε αστικούς κοινόχρηστους χώρους. Τα συμπεριληφθέντα εργαλεία, είναι ενδεικτικά και σε καμία περίπτωση οι μελετητές δε θα πρέπει να περιοριστούν σε αυτά.

Αναλυτικότερα, το 2ο κεφάλαιο του παρόντος Οδηγού, αποτελεί εισαγωγή στις μεθόδους με τη χρήση των οποίων ένα έργο αστικής διαμόρφωσης ή αναβάθμισης μπορεί να εκμεταλλευτεί τα κλιματικά και γεωμορφικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής ή να περιορίσει τα ήδη διαμορφωμένα προβλήματα.

Το κεφάλαιο 3 προσδιορίζει με λεπτομέρεια τις παραμέτρους που καθορίζουν την περιβαλλοντική άνεση, ενώ στο κεφάλαιο 4 αναλύονται οι αρχιτεκτονικές και βιοκλιματικές μέθοδοι επίλυσης των θερμικών και περιβαλλοντικών προβλημάτων των αστικών περιοχών.

Το κεφάλαιο 5 υποδεικνύει υπολογιστικά εργαλεία που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από τους μελετητές για την υλοποίηση των απαραίτητων για το Πρόγραμμα βιοκλιματικών μελετών. Τα προγράμματα αναφέρονται ενδεικτικά και η χρήση των συγκεκριμένων εργαλείων δεν είναι δεσμευτική.

Η ομάδα που εργάστηκε για τη συγγραφή του Οδηγού αυτού, απαρτίστηκε από τους ακόλουθους:

Αγερίδης Γιώργος (PhD, Μηχανολόγος Μηχανικός, ΚΑΠΕ), Βασιλακοπούλου Κωνσταντίνα (MSc Αρχιτέκτων, ΚΑΠΕ), Διαμαντόπουλος Δημήτρης (Αρχιτέκτων, Πολεοδόμος), Καναβάκης Γιώργος (MSc Γεωλόγος, ΚΑΠΕ), Καρβούνης Αλέξανδρος (MPhil Πολεοδόμος Μηχανικός), Καρδοματέας Θόδωρος (Πολ. Μηχανικός, Αν. Γενικός Δ/ντης Αναπτ. Προγραμ/μου & Υποδομών Περιφ. Αττικής), Λαμπροπούλου Λένα (MSc Αρχιτέκτων, ΚΑΠΕ), Λινάκης Γιώργος (MBA Οικονομολόγος, ΚΑΠΕ), Μητράκα Ζηνοβία (MSc, Μαθηματικός), Μπενάς Νίκος (MSc, Φυσικός), Παπαϊωάννου Μαρία (MSc Πολεοδόμος, Γεωπόνος, Αρχιτέκτων), Σανταμούρης Μάνθος (Καθηγητής Παν/μίου Αθηνών, Πρόεδρος ΚΑΠΕ), Τζανακάκη Εύη (MSc Αρχιτέκτων, ΚΑΠΕ), Χρυσουλάκης Νεκτάριος (MSc, PhD, Φυσικός, Κύριος Ερευνητής, Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας, Ινστιτούτο Υπολογιστικών Μαθηματικών).

2. Αρχιτεκτονικός σχεδιασμός και βελτίωση της περιβαλλοντικής ποιότητας

2.1 Εισαγωγικές Πληροφορίες

Το μικροκλίμα των υπαίθριων κοινόχρηστων χώρων της πόλης καθορίζει τις συνθήκες θερμικής άνεσης σε αυτούς καθώς και στα γειτονικά κτήρια. Συνακόλουθα, επηρεάζει θετικά ή αρνητικά όλες τις δραστηριότητες και τις συνθήκες διαβίωσης.

Το μικροκλίμα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων ο πολεοδομικός σχεδιασμός, η αρχιτεκτονική των κτηρίων και των κοινόχρηστων υπαίθριων χώρων και οι ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες που συμβάλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας καθώς και στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Ειδικότερα, η γενική πολεοδομική οργάνωση, η ρυμοτομία, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και ο φυσικός σχεδιασμός του κάθε οικιστικού συνόλου και των επί μέρους τμημάτων συναρτώνται άμεσα με το μικροκλίμα της κάθε αστικής περιοχής.

Σε συνάρτηση με αυτά, σημαντικοί επιμέρους παράγοντες που επηρεάζουν το μικροκλίμα είναι :

- Η δόμηση σε σχέση με το ανάγλυφο του εδάφους, τους προσανατολισμούς, τα γενικότερα κλιματικά χαρακτηριστικά και την κυκλοφορία του αέρα στον αστικό ιστό.
- Οι προσανατολισμοί των δρόμων, η γεωμετρία του αστικού ιστού και η εν γένει αστική μορφολογία.
- Οι όροι δόμησης, η οικιστική πυκνότητα και ο πληθυσμός, οι χρήσεις και η συμβατότητά τους σε σχέση με την φέρουσα ικανότητα του ρυμοτομικού σχεδίου.
- Τα ύψη των κτηρίων σε συνάρτηση με το πλάτος των δρόμων και των ελεύθερων χώρων της πόλης και γενικά τις μεταξύ τους αποστάσεις, που επηρεάζουν την κίνηση του αέρα.
- Η αναλογία δομημένων και αδόμητων επιφανειών καθώς και το ποσοστό εδαφοκάλυψης από κτήρια και σκληρές κατασκευές.
- Τα υλικά των εξωτερικών επιφανειών των κτηρίων και των επιφανειών εδαφοκάλυψης των υπαίθριων χώρων που συνιστούν την επιδερμίδα της πόλης.
- Οι εκπομπές των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων των κτηρίων.
- Η ποσότητα και η κατανομή των χώρων πρασίνου μέσα στον αστικό ιστό καθώς και τα είδη των φυτών και των δένδρων που περιλαμβάνουν.
- Τα κάθε είδους στοιχεία σκίασης (τεχνητά και φυσικά).

- Η ύπαρξη του νερού, κ.ο.κ.

Στρεβλή ανάπτυξη των οικιστικών συνόλων σε σχέση με τα παραπάνω επηρεάζουν και υποβαθμίζουν καθοριστικά το μικροκλίμα και τις συνθήκες διαβίωσης.

Η αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειών και του αέρα στο αστικό περιβάλλον συνιστά το φαινόμενο που ονομάζεται «αστική θερμική νησίδα» (Urban Heat Island), που επηρεάζει καθοριστικά το μικροκλίμα. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας ευθύνεται για την ύπαρξη υψηλότερων θερμοκρασιών στα αστικά κέντρα, σε σχέση με τις γύρω αστικές περιοχές και την ύπαιθρο.

Σε περιοχές με θερμό και μεσογειακό κλίμα το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας έχει αρνητικές συνέπειες, που κατά κύριο λόγο αφορούν :

- Στο αστικό περιβάλλον: στη συγκέντρωση και διανομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Στα κτήρια: στην αύξηση των αναγκών δροσισμού και κατ' επέκταση στην εντατική λειτουργία κλιματιστικών μονάδων που, απορρίπτοντας θερμότητα επαυξάνουν την θερμοκρασία του υπαίθριου αστικού χώρου.
- Στους ανθρώπους: σε θερμική δυσφορία και προβλήματα υγείας.
- Στην οικονομία: σε όλες τις συνέπειες που οφείλονται στο υποβαθμισμένο, απαξιωμένο και αφιλόξενο αστικό περιβάλλον καθώς και στην αυξημένη κατανάλωση ενέργειας.
- Στην κοινωνία: στην υποβάθμιση των συνθηκών διαβίωσης που πλήττει περισσότερο τις πιο αδύναμες κοινωνικές ομάδες.

Όλες αυτές οι αρνητικές συνέπειες συνιστούν μείζον πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπισθεί ολιστικά με στοχευμένες, συντονισμένες και ιεραρχημένες παρεμβάσεις σε όλους τους παράγοντες που το δημιουργούν, με στόχο να μειώσουν ή και να εξαλείψουν τις αρνητικές τους συνέπειες.

Στην κατεύθυνση αυτή, πολεοδομικές – αστικές αναβαθμίσεις σε περιοχές με αποδεδειγμένο κλιματικό πρόβλημα, ενεργοποιώντας τα κατάλληλα εργαλεία, μπορούν να έχουν σημαντικά αποτελέσματα. Αυτού του είδους οι αναβαθμίσεις είναι επιθυμητό να υλοποιούνται κατά προτεραιότητα σε περιοχές στις οποίες το όφελος μεγιστοποιείται, όπως π.χ:

- Σε φθίνοντα ιστορικά κέντρα πόλεων και οικισμών, με στόχο την αναζωογόνησή τους και την ανάδειξη της φυσιογνωμίας τους καθώς και γενικά σε περιοχές υπερτοπικού ενδιαφέροντος με μεγάλη επισκεψιμότητα.
- Σε αστικές περιοχές στις οποίες υπάρχει μεγάλη ανάγκη ν' αντιμετωπισθεί το φαινόμενο της «γκετοποίησης» και οι πολλές αρνητικές επιπτώσεις που αυτό συμπαρασύρει.

- Σε υποβαθμισμένες πυκνοδομημένες περιοχές, με μεγάλες πληθυσμιακές πυκνότητες και κυρίως σε αυτές που κατοικούνται από τις πιο αδύναμες κοινωνικές ομάδες.
- Σε περιοχές που φιλοξενούν ειδικές χρήσεις όπως π.χ περιθάλψης, κοινωνικής πρόνοιας, εκπαίδευσης κλπ.
- Σε περιοχές στις οποίες η παρέμβαση θα λειτουργήσει καταλυτικά – μεταβολιστικά για την αναβάθμιση του ευρύτερου αστικού περιβάλλοντος, είτε σε συνδυασμό με άλλες παράλληλες ενέργειες με άλλα πολεοδομικά εργαλεία, είτε σαν μέρος ενός ευρύτερου προγράμματος.

Σε άλλες ενέργειες νοούνται αυτές που υπερβαίνουν τις συνήθεις δυνατότητες αστικής αναβάθμισης που βασίζεται στο φυσικό σχεδιασμό και σε κυκλοφοριακές παρεμβάσεις που πριμοδοτούν ήπιους τρόπους κυκλοφορίας, πεζοδρομήσεις κλπ. Νοούνται παρεμβάσεις που με την ενεργοποίηση αποτελεσματικών πολεοδομικών και κλιματικών εργαλείων αλλά και με θεσμικές ρυθμίσεις δύνανται να μεγιστοποιήσουν την ποιοτική αναβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος, μεταξύ άλλων και με τους ακόλουθους τρόπους:

1. Αυξάνοντας τους υπαίθριους δημόσιους χώρους στις πυκνοδομημένες περιοχές.
2. Αυξάνοντας τις άχτιστες και μειώνοντας τις χτισμένες επιφάνειες.
3. Τροποποιώντας και μειώνοντας όρους δόμησης ασύμβατους με την φέρουσα ικανότητα του ρυμοτομικού σχεδίου και την γεωμετρία του αστικού ιστού.
4. Αλλάζοντας σημαντικά και με ανθρωποκεντρικό προσανατολισμό το δυσμενέστατο σήμερα ισοζύγιο που υπάρχει ως προς την ποσότητα των δημόσιων χώρων που διατίθενται για όλες τις ανθρωποκεντρικές δραστηριότητες σε σχέση με αυτούς που διατίθενται για την μηχανοκίνητη κυκλοφορία και την εξυπηρέτησή τους.
5. Ενισχύοντας και πριμοδοτώντας εναλλακτικούς ηπιότερους τρόπους κυκλοφορίας αλλά και μειώνοντας τις ανάγκες για μετακινήσεις κ.ο.κ.
6. Αναβαθμίζοντας βιοκλιματικά το υπάρχον κτηριακό απόθεμα και μειώνοντας παράλληλα την εξάρτηση των κτηρίων από ενεργοβόρες και ρυπογόνες ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις.
7. Τροποποιώντας το θερμικό ισοζύγιο των περιοχών μειώνοντας τα θερμικά κέρδη και αυξάνοντας τις θερμικές απώλειες κατά την θερινή περίοδο.

Στο παρόν πρόγραμμα τα αρχιτεκτονικά και κλιματικά εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την κλιματική αναβάθμιση των περιοχών είναι :

- Η βελτίωση του ισοζυγίου επιφανειών των υπαίθριων κοινόχρηστων χώρων, που αποδίδονται ποικιλοτρόπως στην επικράτεια των ανθρώπων και των φυσικών στοιχείων, σε σχέση με αυτές που έχουν καταλάβει (νόμιμα ή παράνομα) τα αυτοκίνητα.

Αυτό πρέπει να γίνει με όλους τους δυνατούς τρόπους όπως: 1. με κυκλοφοριακές και συγκοινωνιακές ρυθμίσεις και πολιτικές που πριμοδοτούν τα Μ.Μ.Μ και αποθαρρύνουν την κυκλοφορία με Ι.Χ., ιδίως στα αστικά κέντρα, αλλά και με αποτελεσματική διαχείριση της κυκλοφορίας σύμφωνα με τις δυνατότητες της σύγχρονης τεχνολογίας. 2. Με τη δημιουργία χώρων στάθμευσης σε κτήρια, ώστε να μειωθεί η παρόδια στάθμευση αλλά και με το σχεδιασμό και την εφαρμογή πολιτικής διαχείρισης της στάθμευσης. 3. Με τη δημιουργία δρόμων ήπιας κυκλοφορίας. 4. Με την αύξηση του μεγέθους των πεζοδρομίων και την δημιουργία πεζοδρόμων και γενικά με την πριμοδότηση, με συγκροτημένο σχεδιασμό και λήψη μέτρων, των ήπιων μεθόδων κυκλοφορίας και τον περιορισμό της χρήσης του Ι.Χ. κ.λ.π.

- Η ορθολογική διαχείριση των τοπικών κλιματικών χαρακτηριστικών.
- Η καλή αξιοποίηση της τοπογραφίας και του φυσικού ανάγλυφου του εδάφους
- Η αύξηση των μαλακών υδατοπερατών επιφανειών (βατών ή φυτεμένων) και η αντίστοιχη μείωση των σκληρών επιφανειών εδαφοκάλυψης.
- Η χρήση και η αντικατάσταση (όπου αυτό χρειάζεται) των σκληρών συμβατικών υλικών εδαφοκάλυψης με άλλα που διαθέτουν καλύτερα χαρακτηριστικά σχετικά με την βελτίωση του μικροκλίματος (ψυχρά, φωτοκαταλυτικά, με την κατάλληλη ανακλαστικότητα κ.λ.π.) όπως π.χ.:
 1. Η αντικατάσταση σκληρών συμβατικών υλικών δαπεδοστρώσεων σε επιφάνειες που δεν σκιάζονται κατά την θερινή περίοδο με ψυχρά υλικά με αυξημένο δείκτη ανακλαστικότητας.
 2. Ομοίως η αντικατάσταση σκληρών συμβατικών υλικών με φωτοκαταλυτικά υλικά που περιορίζουν τους ρύπους.
- Η αύξηση των σκιαζόμενων επιφανειών κατά την θερινή περίοδο, με φυσικά ή τεχνητά μέσα (φυτά και σκίαστρα).
- Η αύξηση των ηλιαζόμενων επιφανειών κατά την χειμερινή περίοδο.
- Η ορθολογική αντιμετώπιση της ροής του αέρα μέσα στον αστικό ιστό (διευκόλυνση και ανεμοπροστασία κατά περίπτωση).
- Η αύξηση του πρασίνου με ορθολογική επιλογή των ειδών φύτευσης και της χωροθέτησής τους για την επίτευξη των στόχων.
- Η χρήση υδάτινων στοιχείων.

- Η αξιοποίηση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.).
- Η αξιοποίηση και χρήση θερμικών καταβροθών όπως το έδαφος και το νερό που παρουσιάζουν χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτή του περιβάλλοντος και όπου μπορεί να διοχετευτεί η πλεονάζουσα αστική θερμότητα.
- Οτιδήποτε μπορεί να συμβάλει άμεσα στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, στην θερμική και οπτική άνεση, στην εξοικονόμηση ενέργειας στα γειτονικά κτήρια, κοκ.

Προϋπόθεση για την αποτελεσματικότητα όλων αυτών των μέσων είναι να επιλέγονται κατά προτεραιότητα για κάθε έργο τα καταλληλότερα, δηλαδή αυτά που θα αποδώσουν περισσότερο, με μικρότερο κόστος, αυτά που οι τοπικές συνθήκες δίνουν την δυνατότητα να κατασκευασθούν σωστά, να είναι μακροβιότερα-ανθεκτικά στην χρήση, και να συντηρούνται, ώστε να μην χάνουν τις ιδιότητές τους.

Η επιτυχία αυτών των αναβαθμίσεων στηρίζεται σε :

ΣΩΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ - ΑΡΤΙΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ - ΑΚΡΙΒΕΣΤΑΤΗ ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ - ΚΑΛΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ - ΕΥΛΟΓΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.

2.2 Βατές Επιφάνειες και Υλικά Διαμορφώσεων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των επιφανειών υπαίθριων δημόσιων χώρων καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό το χαρακτήρα μιας αρχιτεκτονικής αστικής διαμόρφωσης, προσδιορίζοντας την αισθητική της, θέτοντας φυσικά ή νοητά όρια, προδιαγράφοντας την εξέλιξη αυτής της αρχιτεκτονικής επέμβασης στο χρόνο, κοκ.

Εκτός από τα αισθητικά χαρακτηριστικά και τις εκάστοτε ειδικές τεχνικές προδιαγραφές και ιδιότητες που πρέπει να διαθέτουν για τις διαφορετικές κατά περίπτωση χρήσεις για τις οποίες προορίζονται στους υπαίθριους χώρους, τα υλικά εδαφοκάλυψης έχουν και σημαντικές οικολογικές επιπτώσεις. Αυτές σχετίζονται με τη σπατάλη και εξάντληση πολύτιμων και μη ανανεώσιμων φυσικών πόρων, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και το κλίμα της γης, τη συμμετοχή τους στη διαμόρφωση του μικροκλίματος των αστικών περιοχών όπου χρησιμοποιούνται, κοκ. Πιο συγκεκριμένα, τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε αστικές επεμβάσεις θα πρέπει να υπακούν στις ακόλουθες βασικές οικολογικές αρχές:

- να μην είναι βλαβερά για την ανθρώπινη υγεία, για τη χλωρίδα και την πανίδα της περιοχής όπου εφαρμόζονται,
- να επιλέγονται σε σχέση με τη συμβολή τους στη βελτίωση του μικροκλίματος.
- να μην προκαλείται κατασπατάληση ή εξάντληση φυσικών πόρων από την κατασκευή τους και από τη χρήση τους σε εφήμερες κατασκευές,
- να έχουν μικρή ενσωματωμένη ενέργεια,
- να έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και οι ανάγκες συντήρησής τους να συμβαδίζουν με τις δυνατότητες του φορέα που είναι υπεύθυνος για τη συντήρηση,

- να είναι ανακυκλωμένα, ανακυκλώσιμα ή βιοδιασπώμενα,
- η χρήση και η εφαρμογή τους να αυξάνει την απασχολησιμότητα της περιοχής,
- να επιλέγονται σε σχέση με τη συμβολή τους στη βελτίωση του μικροκλίματος.

Η υπεύθυνη χρήση των υλικών εδαφοκάλυψης αποτελεί επιταγή του σύγχρονου αειφορικού αστικού σχεδιασμού.

2.3 Πράσινο

Κατά το σχεδιασμό των υπαίθριων αστικών χώρων η επιλογή της βλάστησης και του πρασίνου είναι ουσιώδους σημασίας. Τα φυτά και τα δένδρα μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά στον έλεγχο της θερμοκρασίας και στην εξοικονόμηση ενέργειας που καταναλώνεται για ψύξη, θέρμανση και φωτισμό.

Ο άνεμος και η ηλιακή ακτινοβολία είναι οι δύο σημαντικότεροι φυσικοί παράγοντες που αντιμετωπίζονται με τη διαμόρφωση των υπαίθριων χώρων, τα φυτά και τον αστικό εξοπλισμό. Η κατάλληλη γεωμετρική τοποθέτηση της βλάστησης και των δομικών στοιχείων στους ανοιχτούς χώρους δημιουργεί συνθήκες σκίασης τη θερινή περίοδο και ηλιασμού τη χειμερινή περίοδο, με παράλληλη διοχέτευση ή χειραγώγηση των ανέμων.

Ειδικότερα, ο σχεδιασμός της φύτευσης με δέντρα, θάμνους ή χαμηλή βλάστηση στους υπαίθριους χώρους λειτουργεί αποτελεσματικά σε σχέση με τα κτήρια στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- ως ανεμοφράκτης το χειμώνα, προστατεύοντας τα κτήρια,
- ως στοιχείο ελέγχου της ανεμορροής, κατευθύνοντας το δροσερό άνεμο το καλοκαίρι,
- ως στοιχείο σκίασμού από την ηλιακή ακτινοβολία των ανοικτών χώρων και των κτηρίων,
- ως πηγή δροσισμού το καλοκαίρι, παρέχοντας δροσιά μέσω της εξατμισοδιαπνοής,
- ως ρυθμιστής της θερμικής άνεσης, με τον έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ηλιακής ακτινοβολίας,
- ως φίλτρο του φυσικού φωτός όλο το χρόνο,
- ως φίλτρο της σκόνης και των μικροσωματιδίων.

Επίσης:

- προστατεύει από τη διάβρωση,
- μειώνει το θόρυβο από τον περιβάλλοντα χώρο,
- βελτιώνει την ποιότητα του αέρα και μειώνει τη μόλυνση της ατμόσφαιρας,

- μειώνει την οπτική όχληση και ενισχύει την ιδιωτικότητα.

2.4 Νερό και υδάτινες επιφάνειες

2.4.1 Υδάτινες Επιφάνειες

Το νερό αποτελεί στοιχείο το οποίο μπορεί να επηρεάσει το μικροκλίμα και να βελτιώσει τις συνθήκες θερμικής άνεσης που επικρατούν στους υπαίθριους αστικούς χώρους κατά τις θερμές περιόδους. Το μέγεθος της επίδρασης του νερού στο μικροκλίμα καθορίζεται από την ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή καθώς και από τις διαστάσεις της υδάτινης επιφάνειας.

Ο μηχανισμός μέσω του οποίου το νερό συμβάλει στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα είναι η εξάτμιση, η μετατροπή δηλαδή του υγρού σε αέριο μέσω της απαγωγής θερμότητας από τον περιβάλλοντα αέρα. Ταυτόχρονα, το νερό παρουσιάζει μικρότερη επιφανειακή θερμοκρασία από άλλα υλικά εδαφοκάλυψης, καθώς διαθέτει μεγαλύτερη θερμοχωρητικότητα και ανακλαστικότητα.

Ενδεικτικά, κάποια από τα στοιχεία νερού που μπορούν να ενταχθούν σε μια αστική επέμβαση και να συμβάλουν στη βελτίωση του μικροκλίματος μιας περιοχής, είναι:

- Οριζόντιες επιφάνειες νερού-τεχνητές λίμνες
- Συντριβάνια, κατακόρυφες επιφάνειες νερού και πίδακες

Παρά τις θετικές συνέπειες των υδάτινων επιφανειών, το νερό θα πρέπει να χρησιμοποιείται με φειδώ, τόσο λόγω της μικρότερης συμβολής του στη βελτίωση του μικροκλίματος σε σχέση με τη σκίαση, το πράσινο και τα ψυχρά υλικά, όσο και λόγω της απαξίωσης που αποδεδειγμένα υφίσταται στη χώρα μας, λόγω της ελλιπούς συντήρησής.

2.4.2 Διαχείριση του νερού στους αστικούς χώρους

Τα πλεονεκτήματα του νερού στη βελτίωση του μικροκλίματος μιας αστικής περιοχής καθιστούν το σχεδιασμό και την κατασκευή υδάτινων επιφανειών συνηθισμένη. Ωστόσο, υπάρχουν παράγοντες που δεν πρέπει να παραβλέπονται, αφού εξασφαλίζουν τη διατήρηση και την καλή ποιότητα αυτού του αγαθού. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- Η αύξηση της ποσότητας του νερού που διεισδύει στο έδαφος και τελικά φτάνει τα υπόγεια ύδατα
- Η μείωση της μόλυνσης των επιφανειών απορροής, το νερό από τις οποίες καταλήγει να τροφοδοτεί τον υδροφόρο ορίζοντα²

Η εξασφάλιση των απαραίτητων αυτών παραγόντων απαιτεί την κατασκευή υδατοπερατών επιφανειών σε ικανό ποσοστό της συνολικής επιφάνειας επέμβασης και τη χρήση υλικών εδαφοκάλυψης που δεν περιέχουν επικίνδυνα στοιχεία που μπορούν να διαρρεύσουν στο υπέδαφος και να μολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα (για περισσότερες πληροφορίες για τα υδατοπερατά υλικά εδαφοκάλυψης, βλ. Παράρτημα IV).

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της μόλυνσης του εδάφους και των υπόγειων υδάτων, μπορούν να σχεδιαστούν διαδικασίες απορρύπανσης του πλημμυρικού νερού που προέρχεται από μη-απορροφητικές επιφάνειες, που βελτιώνουν την ποιότητά του νερού πριν την απελευθέρωσή του στο περιβάλλον.

Κάθε υδάτινη κατασκευή αλλά και αρδευτική διαδικασία στα πλαίσια μιας βιοκλιματικής επέμβασης θα πρέπει να εξασφαλίζει την ελάχιστη δυνατή σπατάλη πόσιμου νερού, ενώ επιθυμητή θα ήταν και η δυνατότητα ανακύκλωσης των υδάτων ή και αποθήκευσης του βρόχινου νερού.

2.5 Σκίαση

Ο έλεγχος της ηλιακής ακτινοβολίας σε έναν αστικό χώρο είναι μια από τις κρισιμότερες παραμέτρους ρύθμισης των μικροκλιματικών συνθηκών και αφορά, κατά κύριο λόγο, στην εξασφάλιση της απαιτούμενης σκίασης, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, συνδυαζόμενη με την εξασφάλιση ηλιασμού κατά τους χειμερινούς μήνες. Ο έλεγχος αυτός έχει ως στόχο τη βελτίωση των συνθηκών θερμικής (και οπτικής) άνεσης στον αστικό χώρο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, αλλά και την εξασφάλιση βελτιωμένων συνθηκών στον περιβάλλοντα αστικό ιστό.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, ένας ανοιχτός αστικός χώρος θα πρέπει να περιλαμβάνει σκιασμένα και ασκίαστα τμήματα, σχεδιασμένα ανάλογα με τη χρήση και την εποχή. Π.χ. ένα πέρασμα, στο οποίο κυκλοφορούν πεζοί και ποδήλατα θα μπορούσε να είναι σκιασμένο από φυλλοβόλα δέντρα ή φυτά (τοποθετημένα σε πέργκολα) το καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα θα δέχεται το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας. Με τον τρόπο αυτό, διασφαλίζονται συνθήκες θερμικής άνεσης, γίνεται ευχάριστη η κίνηση διαμέσου του χώρου και ενθαρρύνεται η μειωμένη χρήση ΙΧ οχημάτων.

Αντίστοιχα, μια πλατεία με καθιστικά, μια παιδική χαρά κ.ο.κ. πρέπει να παρέχει σημαντική, αν όχι καθολική, σκίαση το καλοκαίρι, αλλά και σκιαζόμενα και ηλιαζόμενα τμήματα για τις υπόλοιπες εποχές.

Ως προς τον ηλιασμό των παρακείμενων κτηρίων, εξετάζεται κατά πόσον και πότε οι όψεις των κτηρίων δέχονται ηλιακή ακτινοβολία και κατά πόσον η παρέμβαση στον αστικό χώρο θα επηρεάσει τον ηλιασμό αυτό. Επί πλέον, μια παρέμβαση που επηρεάζει τη θερμοκρασία στον αστικό χώρο, θα έχει επίδραση στα παρακείμενα κτήρια, γεγονός που έχει ιδιαίτερα θετική επίδραση στη μείωση του ψυκτικού φορτίου και στη λειτουργία των κλιματιστικών συστημάτων.

2.6 Άνεμος

Ο αέρας αποτελεί πρωταρχικό στοιχείο ρύθμισης της θερμικής άνεσης, τόσο στον ανοικτό δημόσιο χώρο όσο και στα κτήρια. Οι δροσεροί άνεμοι αποτελούν ευνοϊκό στοιχείο, το οποίο ο αστικός σχεδιασμός πρέπει να εκμεταλλεύεται, ώστε κατά τους θερινούς μήνες να διέρχονται μέσα από χώρους στάσης και κίνησης των πεζών και να διευκολύνεται η είσοδός τους στα κτήρια γύρω από την περιοχή παρέμβασης. Αντίθετα, η προφύλαξη των δημόσιων

χώρων και των κτηρίων από τους ψυχρούς ανέμους κατά τη διάρκεια του χειμώνα προσδίδει άνεση και εξασφαλίζει μειωμένη κατανάλωση ενέργειας.

Αρχιτεκτονικά στοιχεία και φυτεύσεις, μπορούν να ρυθμίσουν:

1. Την πορεία του ανέμου, ώστε να εξασφαλίζεται ο αερισμός των πόλεων τις εποχές που απαιτείται, ώστε να μη μεταφέρει ρύπους, κτλ,
2. Την ένταση της ταχύτητας του ανέμου, ώστε να εξασφαλίζεται η άνεση και η ασφάλεια των χρηστών ενός χώρου ή ενός κτηρίου.
3. Την ποιότητα (καθαρότητα) του αέρα που κυκλοφορεί σε έναν αστικό χώρο.

Συγγραφείς Κεφαλαίου 2:

Διαμαντόπουλος Δημήτρης, Αρχιτέκτων Πολεοδόμος

Παπαϊωάννου Μαρία, MSc Πολεοδόμος, Γεωπόνος, Αρχιτέκτων

Τζανακάκη Εύη, MSc Αρχιτέκτων

Χρυσουλάκης Νεκτάριος, MSc, PhD, Φυσικός

3. Πληροφορίες σχετικά με την κλιματική ποιότητα στον αστικό χώρο και παράμετροι που την καθορίζουν

Ο στόχος μιας βιοκλιματικής αναβάθμισης εξωτερικού χώρου είναι να βελτιώσει την κλιματική ποιότητα στο χώρο αυτό, εξοικονομώντας παράλληλα ενέργεια στα γειτονικά της περιοχής παρέμβασης κτήρια. Συνεπώς, η αντίστοιχη μελέτη βιοκλιματικής αναβάθμισης ενός αστικού χώρου θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα στοιχεία εκείνα του εξωτερικού περιβάλλοντος τα οποία έχουν επίδραση στην κλιματική ποιότητα και να εκτιμά ποσοτικά την μεταβολή που θα επιφέρει η σχεδιαζόμενη επέμβαση σε καθένα από αυτά.

Το κεφάλαιο αυτό πραγματεύεται την κλιματική ποιότητα στον αστικό χώρο, εστιάζοντας στις περιβαλλοντικές παραμέτρους που είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη σε μελέτες αστικών βιοκλιματικών αναβαθμίσεων. Η κλιματική ποιότητα στον αστικό χώρο καθορίζεται από την οικολογική κατάσταση του αστικού ιστού, από τις συνθήκες θερμικής, οπτικής και ακουστικής άνεσης, καθώς και από την ποιότητα του αέρα. Ακολουθώς, εξετάζεται καθεμία από τις παραπάνω συνιστώσες τις κλιματικής ποιότητας. Στην συνέχεια, αναλύονται οι βασικές περιβαλλοντικές παράμετροι που καθορίζουν την κλιματική ποιότητα, οι οποίες είναι η αστική μορφολογία, το πεδίο της ακτινοβολίας και το πεδίο του ανέμου. Από τις παραμέτρους αυτές διαμορφώνεται το πεδίο της θερμοκρασίας στον εξωτερικό χώρο και καθορίζεται η θερμική άνεση που αποτελεί τον κύριο παράγοντα στον οποίο θα πρέπει να στοχεύσει η επέμβαση αστικής αναβάθμισης της κλιματικής ποιότητας.

3.1 Πληροφορίες σχετικά με την κλιματική ποιότητα στον αστικό χώρο

3.1.1 Οικολογία στον αστικό ιστό

Η Οικολογία Τοπίου καθορίζει το “τοπίο” ως ένα σύνολο βιοτικών και αβιοτικών φαινομένων σε ένα τρισδιάστατο χώρο. Αυτός ο εξειδικευμένος ορισμός του τοπίου χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη των λειτουργιών των οικοσυστημάτων, της δομής και των αλλαγών τους³. Έτσι η κατανόηση του τοπίου περνά μέσα από την ερμηνεία των σχέσεων μεταξύ ανθρώπινων και φυσικών βιολογικών στοιχείων.

Ο οικότοπος καθώς και μια σειρά ενότητες που ανταποκρίνονται σε διαφορετικά ιεραρχικά επίπεδα πάνω από αυτόν αποτελούν βασικές έννοιες της Οικολογίας Τοπίου. Οι **οικότοποι** είναι οι πιο μικρές ολιστικές μονάδες εδάφους και συντίθενται από στοιχειώδη στοιχεία της γήινης επιφάνειας. Ένας οικότοπος μπορεί να χαρτογραφηθεί σε κλίμακα 1:5.000 – 1:25.000 και αντιστοιχεί σε 0,25-1,5 ha. Πάνω από τους οικότοπους υπάρχουν οι οικοενότητες (1:100.000 – 1:500.000 ή 25 –625 ha) και άλλοι τύποι ενότητων που ορίζονται σε διάφορες κλίμακες⁴.

3.1.1.1 Οι Αρχές της Αστικής Οικολογίας

Με την αξιολόγηση των ευδιάκριτων χαρακτηριστικών του αστικού περιβάλλοντος, προκύπτει κατανόηση της αστικής οικολογίας. Οι αστικές οικολογικές κοινότητες έχουν συχνά ευδιάκριτα χαρακτηριστικά από τις αντίστοιχες αγροτικές κοινότητες. Με την πάροδο του χρόνου, έχουν προσαρμοστεί στην παρουσία συγκεντρωμένων ανθρώπινων

δραστηριοτήτων και δομών και έχουν τροποποιήσει τη συμπεριφορά τους. Για παράδειγμα, μερικά είδη που παραδοσιακά κυνηγούσαν ή προμηθεύονταν τροφή κατά τη διάρκεια της ημέρας έχουν αποκτήσει περισσότερες νυκτερινές συνήθειες για να ταιριάζουν στα αστικά περιβάλλοντά τους και να αποφύγουν την επαφή με τον άνθρωπο⁵.

Στις μέρες μας, οι πόλεις σε πολλές χώρες αποφασίζουν να λάβουν θετικά μέτρα για επανακτήσουν το περιβάλλον των φυσικών συστημάτων μέσα στα αστικά όριά τους. Προσπαθούν να γίνουν οικολογικές πόλεις, στις οποίες οι ανθρωπίνι και οι φυσικοί πληθυσμοί να ζουν σε αρμονική ισορροπία.

Νέες έννοιες στον αστικό σχεδιασμό ενσωματώνουν φυσικά στοιχεία και διασυνδέουν καλύτερα τους ανθρώπους με τον περιβάλλοντα χώρο τους. Η άγρια φύση και το πράσινο αποτελούν ανυπολόγιστη αξία για την κοινωνία. Όχι μόνο βοηθούν να μετριάσουν πολλά από τα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με την αστική διαβίωση, αλλά ασκούν επίσης ουσιαστική οικονομική επίδραση⁶.

3.1.1.2 Παράμετροι σχεδιασμού αστικής οικολογίας

Το οικολογικό περιβάλλον μιας πόλης διαφέρει, ανάλογα με το μέγεθός της, από το αντίστοιχο υπαίθριο περιβάλλον σχεδόν σε όλες τις παραμέτρους, κλίμα, σύνθεση και κίνηση αέρα, έδαφος υδρολογία και βιοποικιλότητα. Οι παράμετροι δημιουργίας και ευστάθειας ενός αστικού οικοσυστήματος είναι οι ακόλουθοι⁷:

Το σταθερό περιβάλλον: Οι μεταβολές/παρεμβάσεις (ανοικοδομήσεις, διαμορφώσεις κλπ) πρέπει να είναι σε μικρή κλίμακα επιπέδου γειτονιάς και όχι μεγάλου τμήματος πόλης.

Η ύπαρξη κατάλληλων βιότοπων: Σημαντικές παράμετροι αποτελούν το ποσοστό της βλάστησης σε σχέση με την έκταση της πόλης, η πυκνότητα της βλάστησης, η παρουσία δένδρων και θάμνων, η ύπαρξη φυσικών διαδρόμων που επιτρέπουν την επικοινωνία των πράσινων χώρων και οι ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ τους.

Η φυσικότητα του τοπίου: Η ύπαρξη των κατάλληλων φυτών (κατά κανόνα αυτών που είναι ιθαγενή), συντελεί στη δημιουργία εύρωστων, ανθεκτικών και πλούσιων οικοσυστημάτων. Επιπλέον η ύπαρξη στην πόλη φυσικών σχηματισμών, όπως π.χ. λίμνες ή ακόμα και η παρουσία κάποιων τεχνητών κατασκευών που μπορούν να παίξουν οικολογικό ρόλο (π.χ. φώλιασμα πουλιών σε ψηλά κτήρια) συντελούν στην ποικιλία του αστικού οικοσυστήματος.

Η αφθονία τροφής και νερού: Τα απορρίμματα, τα κάθε είδους απόβλητα και παραπροϊόντα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων αποτελούν τις σημαντικότερες πηγές τροφής για πολλά ζώα, που με τη σειρά τους χρησιμεύουν ως τροφή στα σαρκοφάγα. Το νερό βρίσκεται συνήθως εύκολα διαθέσιμο στις πόλεις και επαρκεί για τα περισσότερα ζωικά είδη. Η ύπαρξη υψηλού υδροφόρου ορίζοντα αποτελεί ένα πρόσθετο ευνοϊκό παράγοντα για πολλά φυτά.

Η μειωμένη όχληση από τον άνθρωπο: Η δομή και η λειτουργία της πόλης δημιουργούν διάφορους αρνητικούς παράγοντες, όπως οι αυτοκινητόδρομοι, οι εντατικές κατασκευαστικές εργασίες, η χρήση δηλητηριωδών ουσιών κ.λπ. (πχ. τα αυτοκινητιστικά ατυχήματα. είναι για πολλά είδη ζώων η σημαντικότερη αιτία θανάτου).

3.1.1.3 Εργαλεία σχεδιασμού - Οικολογική ανάλυση

Ένας από τους συνθετικούς συστημικούς τρόπους ανάλυσης του χώρου προέρχεται από την “ολιστική προσέγγιση” της “Οικολογίας Τοπίου”⁸. Πρόκειται για μία προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη τις κοινωνικές και οικολογικές σχέσεις και αλληλεπιδράσεις χωρίς να απομονώνει τα στοιχεία τους, θεωρώντας το τοπίο ως “αποκάλυψη” αυτής της διαδικασίας. Σε αυτά τα πλαίσια η έννοια του τοπίου αποτελεί ένα βασικό χαρακτηριστικό των οικοσυστημάτων που είναι εμφανές και αξιολογήσιμο και που μπορεί να διευκολύνει την ανάλυση, ερμηνεία και σύγκριση τους.

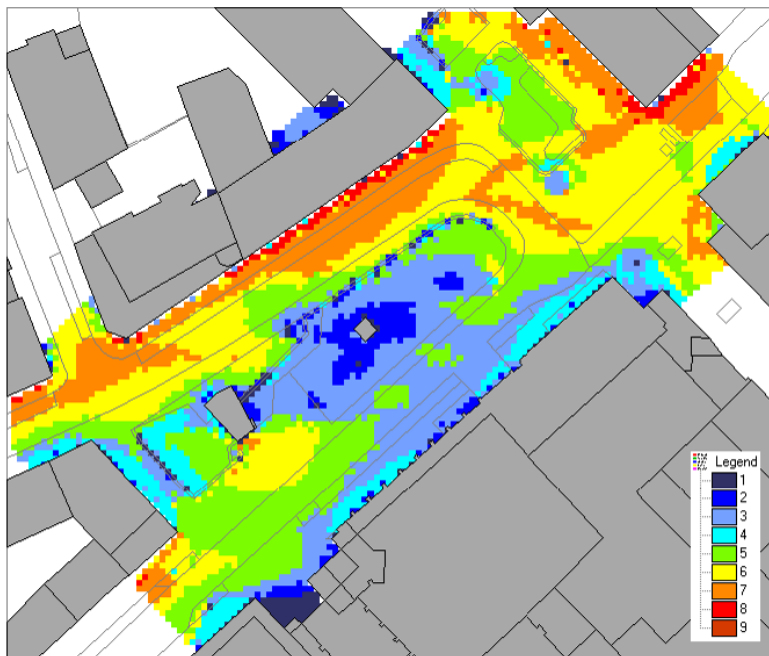
Για τη λειτουργία του οικοσυστήματος απαιτούνται ροές (εισροές όπως: ενέργεια, νερό, αγαθά, κεφάλαιο, άνθρωποι κλπ. και εκροές όπως: απορρίμματα, προϊόντα, υπηρεσίες κλπ.) Η θεώρηση της πόλης ως οικοσυστήματος (συστημική θεώρηση) καθίσταται στη μελέτη τέτοιων σύνθετων φαινομένων. Μια τέτοια θεώρηση βοηθά στη διερεύνηση της εφαρμογής των αρχών της αειφορίας στον αστικό χώρο, αφού συνδέει την πόλη με το φυσικό της πλαίσιο. Η ανάλυση μπορεί να γίνει με την χρήση οικολογικών δεικτών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η χρήση των φυτών ως δείκτες σημαντικών περιβαλλοντικών παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τον Ellenberg^{9,10} και από τους Ellenberg et al.¹¹ για τα φυτικά είδη της Κεντρικής Ευρώπης και στη συνέχεια, με τροποποιήσεις, από τον Hill¹² για τη Βρετανία καθώς και τον Böhling¹³ για τη Νάξο.

Η βασική ιδέα για τη χρήση των οικολογικών δεικτών στην περίπτωση των φυτών στηρίζεται στο ότι τα φυτά έχουν ένα συγκεκριμένο εύρος ανοχής σε θερμοκρασία, φως, αγωγιμότητα του εδάφους, αλατότητα κ.λπ.¹⁴ Πρέπει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι τα φυτικά είδη δεν είναι πάντα σταθερά στις οικολογικές απαιτήσεις τους (συχνά έχουν μεγάλο εύρος ανοχής) και μπορεί να έχουν διαφορετικές τιμές για τον ίδιο οικολογικό παράγοντα σε διαφορετικές θέσεις ή περιοχές. Συνεπώς, πριν τη χρήση οποιουδήποτε είδους σε οποιαδήποτε παρέμβαση αναβάθμισης του αστικού ιστού κρίνεται αναγκαία η εξέταση του κατά πόσο αυτό το είδος ανταποκρίνεται σε βασικά κριτήρια που θα διασφαλίζουν την εύρυθμη ανάπτυξή του¹⁵. Τα φυτά, λοιπόν, θα πρέπει:

- Να εναρμονίζονται στο αστικό περιβάλλον και οι οικολογικές και βιολογικές απαιτήσεις τους να μπορούν να ικανοποιούνται μέσα σε αυτό σε επαρκή βαθμό.
- Επιπλέον, θα πρέπει τα χαρακτηριστικά τους να συνάδουν με την επιδιωκόμενη χρήση. Με άλλα λόγια, δεν είναι δυνατή η χρήση ειδών που απαιτούν μεγάλους υπόγειους ή υπέργειους αυξητικούς χώρους, σε στενόχωρες θέσεις πεζοδρομίου, αφού τόσο από οικολογικής όσο και από αισθητικής απόψεως η φύτευση είναι καταδικασμένη σε αποτυχία. Αντιθέτως, τέτοια είδη μπορούν να αποδώσουν εξαιρετικής αισθητικής εικόνες αν φυτευτούν σε πάρκα όπου οι απαιτήσεις τους θα ικανοποιούνται.

3.1.2 Θερμική Άνεση

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την κλιματική ποιότητα στον αστικό χώρο είναι η θερμική άνεση. Ως θερμική άνεση ορίζεται η κατάσταση στην οποία ο άνθρωπος αισθάνεται ικανοποίηση με το θερμικό του περιβάλλον και δεν επιθυμεί καμία αλλαγή σε αυτό. Η διερεύνηση και η κατανόηση των παραμέτρων που συνιστούν τη θερμική άνεση σε εξωτερικούς χώρους είναι μια βασική απαίτηση για τον μικροκλιματικά προσανατολισμένο σχεδιασμό αστικών περιοχών. Ο βαθμός, η ένταση καθώς και η αποδοτικότητα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων εξαρτώνται από το επίπεδο άνεσης ή δυσφορίας που βιώνουν οι άνθρωποι όταν εκτίθενται σε συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες. Στην Εικόνα 1 φαίνεται ένα παράδειγμα θερμοκρασιακής κατανομής σε υπαίθριο αστικό χώρο, όπου τα κόκκινα χρώματα υποδηλώνουν υψηλές τιμές επιφανειακής θερμοκρασίας και τα μπλε χρώματα χαμηλότερες τιμές. Η διαφοροποίηση ανάλογα με τη θέση είναι προφανής και μπορεί να εξαρτάται τόσο από το υλικό της επιφάνειας στο συγκεκριμένο σημείο όσο και από τη σκίαση.



Εικόνα 1. Παράδειγμα χωρικής κατανομής της επιφανειακής θερμοκρασίας σε υπαίθριο αστικό χώρο (τα κόκκινα χρώματα αντιπροσωπεύουν υψηλές τιμές, ενώ τα μπλε χαμηλές)¹⁶

Η θερμική άνεση είναι μια σύνθετη έννοια, καθώς επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες. Το θερμικό περιβάλλον χαρακτηρίζεται από τις παρακάτω φυσικές παραμέτρους, οι οποίες καθορίζουν τον βαθμό της αίσθησης θερμικής άνεσης:

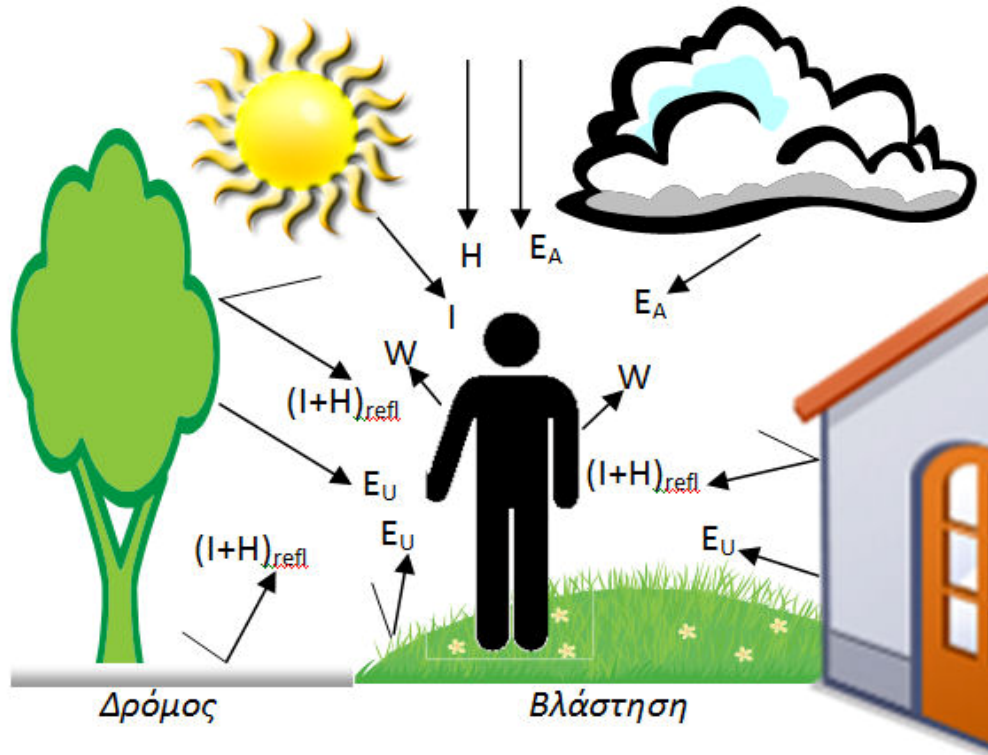
- θερμοκρασία αέρα,
- ταχύτητα του ανέμου,
- σχετική υγρασία,

- μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας.

Οι φυσικές παράμετροι όμως δεν είναι οι μόνες που καθορίζουν την θερμική άνεση. Παράγοντες που έχουν να κάνουν με τον άνθρωπο, όπως για παράδειγμα το επίπεδο δραστηριότητας και ο ρουχισμός είναι καθοριστικοί για την θερμική άνεση.

Η γνώση των παραμέτρων του εξωτερικού περιβάλλοντος, από την άποψη χρονικής και χωρικής μεταβλητότητας, η ποικιλία των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, αλλά και άλλες παράμετροι που αναφέρονται παρακάτω καθιστούν την κατανόηση και την πρόβλεψη συνθηκών άνεσης σε εξωτερικούς χώρους σύνθετη και ενδιαφέρουσα.¹⁷

Η έννοια της θερμικής άνεσης στηρίζεται στην αρχή ότι σε σταθερές συνθήκες η παραγωγή θερμότητας θα πρέπει να ισούται με τις απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σώματος στους 37° C, περίπου. Στην Εικόνα 2 δίνεται μια σχηματική παράσταση του ισοζυγίου ενέργειας του ανθρώπινου οργανισμού, όπου παρουσιάζονται όλες οι παράμετροι που καθορίζουν το θερμικό ισοζύγιο στο ανθρώπινο σώμα και άρα το αίσθημα της θερμικής άνεσης. Οι άνθρωποι επιδιώκουν βελτίωση των συνθηκών άνεσής τους προσαρμόζοντας τα επίπεδα ρουχισμού τους αλλά και το μεταβολικό τους ρυθμό. Όταν η δυνατότητα προσαρμογής είναι περιορισμένη προκαλείται στρες και δυσφορία. Αυτό υποδηλώνει ότι ενδογενείς παράγοντες, όπως η εμπειρία, οι προσδοκίες και ο χρόνος έκθεσης είναι παράμετροι που πρέπει να συνεκτιμηθούν στην θερμική άνεση.¹⁸



Εικόνα 2. Το ισοζύγιο ενέργειας του ανθρώπινου σώματος. I: η άμεση ηλιακή ακτινοβολία, H: η διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία, (I+H)_{refl}: η ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία, E_A και E_U: θερμική ακτινοβολία από το περιβάλλον και W: η θερμική ακτινοβολία του ανθρώπινου σώματος. Περισσότερες πληροφορίες στο Παράρτημα Ι¹⁹.

Το ισοζύγιο ενέργειας του ανθρώπινου σώματος

Μέσα από τη χρήση του σύνθετου μηχανισμού ρύθμισης της θερμοκρασίας του, το ανθρώπινο σώμα είναι σε θέση να επέλθει σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας με το περιβάλλον του, όταν η μεταβολή του θερμικού ισοζυγίου είναι ίση με το μηδέν. Η θερμική ανταλλαγή μεταξύ του υποκειμένου και του περιβάλλοντος ισούται με τη διαφορά μεταξύ της παραγωγής θερμότητας λόγω μεταβολισμού και των θερμικών απωλειών, λόγω της αναπνοής ή της ανταλλαγής θερμότητας μέσω του δέρματος, αλλά και της εκπομπής και απορρόφησης ακτινοβολίας.

Η ενέργεια των τροφών που προσλαμβάνονται από τον ανθρώπινο οργανισμό μετατρέπεται σε θερμική μέσω χημικών αντιδράσεων (μεταβολικός ρυθμός). Ένα μέρος της παραγόμενης θερμικής ενέργειας είναι απαραίτητη για την διατήρηση του ανθρώπινου σώματος σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και για τη διασφάλιση της λειτουργίας των οργάνων (βασικός μεταβολισμός ο οποίος ποικίλει ανάλογα με το ύψος και το βάρος του ανθρώπου). Ένα άλλο μέρος της παραγόμενης θερμικής ενέργειας είναι αναγκαία για την υποστήριξη των δραστηριοτήτων του ανθρώπου, μέσω των οποίων μέρος του μεταβολισμού παραγωγής θερμότητας μετατρέπεται σε μηχανική ισχύ.

Κατά τη διαδικασία της αναπνοής μία ποσότητα αέρα εισπνέεται από το άτομο, η οποία έχει γενικά διαφορετική θερμοκρασία και υγρασία σε σχέση με τον πυρήνα του σώματος. Επιπλέον, ένα τμήμα της εσωτερικής θερμότητας του σώματος μεταφέρεται, ανάλογα και με το επίπεδο δραστηριότητας, στο εξωτερικό περιβάλλον μέσω της εκπνοής. Ως εκ τούτου, οι απώλειες λόγω αναπνοής εξαρτώνται από το επίπεδο της δραστηριότητας του υποκειμένου και από τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος.

Η εξωτερική επιφάνεια του ανθρώπινου σώματος χαρακτηρίζεται γενικά από συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας διαφορετικές από εκείνες του περιβάλλοντος του. Αυτό προκαλεί θερμικές ανταλλαγές μεταξύ του υποκειμένου και του περιβάλλοντος. Αυτή η ανταλλαγή θερμότητας εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, τη θερμοκρασία του αέρα, τη θερμοκρασία του δέρματος, το ποσοστό των καλυμμένων από ρούχα επιφανειών του σώματος, καθώς και από τον τύπο ρουχισμού.

Η εξωτερική επιφάνεια του ανθρώπινου σώματος καθορίζει επίσης την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται, διαμορφώνεται κυρίως από τον τύπο του ρουχισμού. Για παράδειγμα, ανοιχτόχρωμος ρουχισμός έχει σαν συνέπεια τη μικρότερη απορρόφηση ηλιακής ακτινοβολίας απ' ότι ο σκουρόχρωμος. Η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από το ανθρώπινο σώμα είναι κυρίως συνάρτηση της θερμοκρασίας της εξωτερικής του επιφάνειας. Μεγάλο ποσοστό των θερμικών απωλειών από το ανθρώπινο σώμα οφείλεται στη μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία.

Τέλος, η ανταλλαγή θερμότητας μέσω εφίδρωσης εξαρτάται από το τύπο ρουχισμού, το επίπεδο υγρασίας του δέρματος και από τη διαφορά πίεσης μεταξύ των υδρατμών στον αέρα και των υδρατμών στη λεπτή επιφάνεια που καλύπτει το δέρμα. Όλες οι ανταλλαγές

θερμότητας μέσω του δέρματος, επίσης, εξαρτώνται από το μέγεθος της επιφάνειας του σώματος. Στο Παράρτημα Ι περιγράφεται αναλυτικά το ισοζύγιο ενέργειας του ανθρώπινου σώματος.

Δείκτες Θερμικής Άνεσης

Για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης χρησιμοποιούνται δείκτες που ενσωματώνουν το σύνολο, ή μέρος, της παραπάνω πληροφορίας. Οι δείκτες αυτοί, αν και αρχικά είχαν στόχο την εκτίμηση της θερμικής άνεσης σε εσωτερικούς χώρους, στην συνέχεια προσαρμόστηκαν για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης σε εξωτερικούς χώρους:

- Ο δείκτης Ισχύος Αποψύξεως (Cooling Power, CP) εκφράζει το ρυθμό της απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος που διατηρείται στη θερμοκρασία των 36.5°C όταν η επιφάνεια αυτή εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα και είναι ένα μέτρο της ικανότητας του αέρα να αυξάνει την απώλεια θερμότητας από ένα ανθρώπινο σώμα.
- Ο δείκτης Αναμενόμενης Μέσης Αποδοχής (Predicted Mean Vote, PMV) είναι ένας δείκτης συσχέτισης μεταξύ της θερμικής άνεσης και του θερμικού αισθήματος. Ο δείκτης αυτός περιγράφεται με μια μαθηματική σχέση που συνδέει τα επίπεδα δραστηριότητας, ρουχισμού και περιβαλλοντικών παραμέτρων και ο προσδιορισμός του έγινε μετά από ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού δεδομένων.
- Ο δείκτης Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (Physiological Equivalent Temperature, PET) δίνει την θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου του εξωτερικού περιβάλλοντος όταν το ισοζύγιο θερμότητας είναι πανομοιότυπο με αυτό ενός εσωτερικού χώρου. Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται από τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, την θερμοκρασία αέρα, την ταχύτητα του ανέμου και την σχετική υγρασία.
- Ο δείκτης Κανονικής Ενεργού Θερμοκρασίας (Standard Effective Temperature, SET*) συγκρίνει την φυσιολογική κατάσταση ενός ατόμου με ένα περιβάλλον αναφοράς.

Ο δείκτης Αναμενόμενης Μέσης Αποδοχής είναι ένας καλός δείκτης για την εκτίμηση της αίσθησης θερμικής άνεσης ενός ατόμου, όμως αγνοεί συγκεκριμένες συνθήκες που μπορεί να επιφέρουν δυσφορία, όπως πολύ υψηλές θερμοκρασίες εδάφους, σημαντική ασυμμετρία στην ακτινοβολία ή μεγάλες κατακόρυφες μεταβολές της θερμοκρασίας. Ο δείκτης της Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας ενδείκνυται για χρήση σε εξωτερικούς χώρους έναντι του δείκτη Κανονικής Ενεργού Θερμοκρασίας, αν και στηρίζεται στις ίδιες αρχές υπολογισμού. Αν και οι παραπάνω δείκτες είναι κατάλληλοι για χρήση σε εξωτερικούς χώρους, ο δείκτης Ισχύος Αποψύξεως προτιμάται για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης γιατί έχει σχεδιαστεί για εφαρμογή σε συνθήκες εξωτερικού χώρου αφού εκφράζει το ρυθμό της απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος που διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία όταν η επιφάνεια αυτή εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Στο Παράρτημα Ι περιγράφονται οι σημαντικότεροι δείκτες θερμικής άνεσης, ο τρόπος υπολογισμού τους, καθώς και οι κλίμακες τιμών τους. Για την αποτύπωση της υπάρχουσας κατάστασης σχετικά με τη θερμική άνεση, κάθε μελέτη βιοκλιματικής αναβάθμισης θα πρέπει να καταγράψει τις θερμικές παραμέτρους του υφιστάμενου αστικού περιβάλλοντος στην περιοχή και περιμετρικά της περιοχής μελέτης.

3.1.3 Οπτική Άνεση

Σε μία αστική περιοχή μπορούν να καθοριστούν δύο τύποι φωτός: φυσικό και τεχνητό. Η διείσδυση και κατανομή του φωτός σε έναν αστικό χώρο αποτελεί τον πρωταρχικό παράγοντα για τον καθορισμό της οπτικής άνεσης. Με τον όρο «οπτική άνεση» περιγράφεται μία θετική οπτική εμπειρία, στην οποία, εκτός από την κατανομή και την επάρκεια του φωτός, μπορούν να συντελέσουν παράγοντες όπως η ανεμπόδιστη θέα της γύρω περιοχής, οι προσόψεις των κτηρίων, η βλάστηση και γενικότερα ένας αισθητικά καλοσχεδιασμένος αστικός χώρος. Με κατάλληλο έλεγχο της διείσδυσης και κατανομής του φωτός στον αστικό χώρο, μπορεί να επιτευχθεί οπτική άνεση περιορίζοντας φαινόμενα οπτικής δυσφορίας, π.χ. θάμβωση (οπτική όχληση που προκαλείται όταν στο οπτικό πεδίο επικρατούν υψηλές τιμές ή μεγάλες αντιθέσεις φωτεινότητας).

Οι απαιτήσεις της οπτικής άνεσης πηγάζουν από τις ανάγκες των ανθρώπων. Οι ανάγκες αυτές μπορούν να ικανοποιηθούν αν ο φωτισμός παρέχει τα ακόλουθα²⁰:

- Καθοδήγηση ως προς την κίνηση και τον προσανατολισμό και οπτική σύνδεση με τον περιβάλλοντα χώρο.
- Σύνδεση με τους βιολογικούς ρυθμούς.
- Ικανότητα αναγνώρισης των αντικειμένων στο χώρο.
- Ικανότητα κατεύθυνσης της προσοχής και καθορισμού της σημασίας της οπτικής πληροφορίας.
- Αίσθηση διακριτότητας μεταξύ των περισσότερο και λιγότερο φωτισμένων μερών μιας σκηνής
- Αίσθηση ασφάλειας σε λιγότερο φωτεινές περιοχές.

Για την αξιολόγηση των φωτεινών πηγών και του οπτικού περιβάλλοντος χρησιμοποιούνται παράμετροι όπως τα επίπεδα Φωτεινότητας (μετράται σε lux) και η Λαμπρότητα των επιφανειών (μετράται σε cd/m²). Παράμετροι γεωγραφικής θέσης και εποχής όπως και κοινωνικές παράμετροι θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη^{21,22}.

Οι κυριότεροι παράγοντες για την ποιοτική αντίληψη του περιβάλλοντος χώρου είναι:

- Η σαφήνεια του οπτικού περιβάλλοντος.
- Η ταχύτητα της οπτικής αντίληψης (η οποία σχετίζεται με το χρόνο μεταξύ της εμφάνισης ενός αντικειμένου και της αναγνώρισής του).
- Η διακριτική ικανότητα σε σχέση με την απόσταση μεταξύ παρατηρητή και αντικειμένου).
- Η γεωμετρία και ο χρωματισμός του αντικειμένου παρατήρησης.

Για τον προσδιορισμό της οπτικής άνεσης θα πρέπει να εξετάζεται η αλληλεπίδραση των στοιχείων φωτισμού σε κάθετες επιφάνειες (π.χ. προσόψεις κτηρίων), οριζόντιες επιφάνειες (π.χ. πεζοδρόμια) και ο έλεγχος της εκπομπής ή ανάκλασης του φωτός. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται (π.χ. άσφαλτος, τσιμέντο, γυαλί, μέταλλο), μπορούν να αυξήσουν το φυσικό φως, ανακλώντας το προς τον περιβάλλοντα χώρο.

Επίσης θα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια σχετικά με την πιθανή ομοιομορφία ή ανομοιομορφία των φωτιστικών επιπέδων στον χώρο μελέτης (υψηλές τιμές ή μεγάλες αντιθέσεις λαμπρότητας προκαλούν θάμβωση). Τέλος, θα πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ως προς την αναγνωσιμότητα/καθαρότητα που προσφέρεται από τα οπτικά επίπεδα (τα διαφορετικά επίπεδα βάθους που συναποτελούν το οπτικό πεδίο του παρατηρητή), καθώς αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο που συνδέει την οπτική εντύπωση μιας σκηνής με τη φωτεινότητα και τα χρώματα που χρησιμοποιούνται.

3.1.4 Ακουστική Άνεση

Υπάρχει τελευταία, μια αυξανόμενη αντιμετώπιση του προβλήματος του ήχου τοποθετώντας τον ως αναπόσπαστο κομμάτι του αστικού περιβάλλοντος, με το ίδιο επίπεδο σημασίας όπως η οπτική άνεση και η διαδικασία αστικού σχεδιασμού. Η εύκολη πρόσβαση σε ήσυχες αστικές περιοχές είναι ένας σημαντικός ψυχολογικός παράγοντας. Για να είναι πιο αποτελεσματικές, οι ακουστικές μελέτες θα πρέπει να είναι ενσωματωμένες στον αστικό σχεδιασμό, και όχι να πραγματοποιούνται και υλοποιούνται μεταγενέστερα. Με τον τρόπο αυτό, ο ήχος θεωρείται περισσότερο ως πόρος, και όχι ως πηγή υποβάθμισης που πρέπει να αντιμετωπιστεί.

Δεν είναι όλοι οι ήχοι θόρυβος. Οι ηχητικές πηγές ποικίλουν, από πηγές θορύβου (π.χ. βιομηχανία, κυκλοφορία αυτοκινήτων), μέχρι επιθυμητούς ήχους, που συνήθως περιλαμβάνουν φυσικές πηγές (π.χ. σε αστικά πάρκα). Κάποιοι ήχοι είναι υπό συνθήκες κατάλληλοι, και θα πρέπει να επιδιώκεται η διατήρηση ή ακόμα και η ενίσχυσή τους, παρά η εξάλειψή τους. Ένα κατάλληλο αστικό ηχητικό πεδίο ενδυναμώνει και προάγει την εικόνα μιας περιοχής, τονώνει τον τουρισμό, δημιουργεί υγιεινές συνθήκες για τους κατοίκους (μείωση άγχους) και βελτιώνει την κοινωνική συνοχή. Ο ακουστικός σχεδιασμός αντιπροσωπεύει μια πιο θετική και ολιστική προσέγγιση, συγκριτικά με τον παραδοσιακό έλεγχο του θορύβου, και στοχεύει στο σχεδιασμό χώρων που είναι ευχάριστοι από ακουστική άποψη. Ωστόσο, θα πρέπει να τονιστεί ότι ο παραδοσιακός έλεγχος του θορύβου και ο ακουστικός σχεδιασμός είναι συμπληρωματικοί. Για περιβάλλοντα στα οποία τα επίπεδα θορύβου είναι μη αποδεκτά, ο έλεγχος του θορύβου θα πρέπει να είναι η πρώτη και πλέον σημαντική ενέργεια.

Για τη μελέτη ενός ακουστικού πεδίου ή το σχεδιασμό ενός νέου, είναι απαραίτητη η περιγραφή του με παραμέτρους που μπορούν να σχεδιαστούν. Για έναν αστικό δημόσιο χώρο, ένα πλαίσιο μελέτης μπορεί να περιλαμβάνει τέσσερις προσεγγίσεις, όπως περιγράφονται παρακάτω:

- *Χαρακτηριστικά του κάθε ήχου:* ένταση ήχου, συχνότητα, χρονικά χαρακτηριστικά (διάρκεια, μεταβολές), θέση (ή κίνηση) της πηγής, ψυχολογικά/κοινωνικά

χαρακτηριστικά (σημασία, φυσική ή τεχνητή πηγή, συσχετισμός με δραστηριότητες).

- *Επίδραση του περιβάλλοντος χώρου:* αντηχήσεις, ήχοι υποβάθρου, κατανομή ήχων στο χώρο.
- *Κοινωνικά χαρακτηριστικά:* κοινωνικά/δημογραφικά χαρακτηριστικά των χρηστών ενός χώρου, ηχητικές συνθήκες και εμπειρίες σε χώρους εργασίας, κατοικίες.
- *Χρήση ερωτηματολογίων:* ερωτήσεις στους χρήστες του χώρου σχετικές με την αναγνώριση των ήχων, την ποιοτική αντίληψη, την αποδοχή ή την αποδοκιμασία.^{23,24}

3.1.5 Ανεμοπροστασία

Η επίδραση του ανέμου στη θερμική άνεση είναι σημαντική και λαμβάνεται υπόψη μέσω των δεικτών θερμικής άνεσης που παρουσιάστηκαν στην Ενότητα 3.1.1, όμως ο άνεμος είναι επίσης σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τις συνθήκες άνεσης στην κίνηση των πεζών σε ανοιχτούς χώρους. Ο Bottema²⁵ ορίζει την άνεση λόγω ανέμου ως το στάδιο εκείνο κατά το οποίο **οι μηχανικές επιδράσεις του ανέμου είναι τόσο έντονες και συμβαίνουν με τέτοια συχνότητα, ώστε οι άνθρωποι να μην ενοχλούνται από αυτές και να μην έχουν την ανάγκη να τις αποφύγουν.** Οι μηχανικές επιδράσεις του ανέμου, αν είναι έντονες, μπορούν να προκαλέσουν και κίνδυνο και στην περίπτωση αυτή δεν αναφερόμαστε σε άνεση λόγω ανέμου αλλά σε επικείμενο κίνδυνο (ανεμοπροστασία).

Πίνακας 1. Κλίμακα Beaufort σε σχέση με τις μηχανικές επιδράσεις σε ανθρώπους²⁶

Κλίμακα Beaufort	Περιγραφή	Ταχύτητα Ανέμου σε ύψος 1.75 (m/s)	Επιδράσεις
0	Νηνεμία	0.0 – 0.1	άνεμος μη αισθητός
1	Υποπνέων	0.1 – 1.0	άνεμος σχεδόν μη αισθητός
2	Ασθενής	1.1 – 2.3	άνεμος που γίνεται αντιληπτός π.χ. στο πρόσωπο
3	Λεπτός	2.3 – 3.8	ανακατεύει τα μαλλιά, παρασέρνει τα ρούχα, δυσκολία ανάγνωσης εφημερίδας
4	Μέτριος	3.8 – 5.5	σηκώνει σκόνη και ανακατεύει τα μαλλιά
5	Λαμπρός	5.5 – 7.5	αρκετή ένταση για το ανθρώπινο σώμα, κίνδυνος αν είναι ριπή
6	Ισχυρός	7.5 – 9.7	οι ομπρέλες χρησιμοποιούνται με δυσκολία, δυσκολία στο περπάτημα, ενοχλητικός θόρυβος ανέμου στα αυτιά
7	Σφοδρός	9.7 – 12.0	μεγάλη δυσκολία στο περπάτημα
8	Ορμητικός	12.0 – 14.5	γενικότερα εμποδίζει τις κινήσεις και προκαλεί προβλήματα ισορροπίας
9	Θύελλα	14.5 – 17.1	προκαλεί ατυχήματα σε ανθρώπους

Οι Lawson & Penwarden²⁷ πρώτοι συνέδεσαν την κλίμακα Beaufort με τις μηχανικές επιδράσεις σε ανθρώπους (Πίνακας 1). Από τον Πίνακα 1, μπορεί πολύ γενικά κανείς να συμπεράνει πως άνεμος ταχύτητας από 3 Beaufort και πάνω γίνεται ενοχλητικός για τους πεζούς και από 8 Beaufort και πάνω γίνεται επικίνδυνος. Οι μηχανικές επιδράσεις του ανέμου ωστόσο, διαφέρουν ανάλογα με το αν προκαλούνται από σταθερό άνεμο ή από μη-ομοιόμορφους ανέμους (ριπές ανέμου). Ένας **σταθερός άνεμος** 5 m/s για παράδειγμα, προκαλεί μικρές ενοχλήσεις σε ρούχα, μαλλιά και πρόσωπο. Σταθερός άνεμος 10 m/s ενοχλεί έντονα σε μαλλιά και πρόσωπο ενώ μπορεί να προκαλέσει και αστάθεια στο περπάτημα. Σταθερός άνεμος με τιμές πάνω από 25 m/s μπορεί να παρασύρει και ανθρώπους²⁸. Για ριπές ανέμου οι τιμές αυτές είναι μικρότερες. Μια **ριπή ανέμου** 4 m/s διάρκειας 5 s προκαλεί ενοχλήσεις σε ρούχα και μαλλιά, μια ριπή 7 m/s διάρκειας 5 s ανακατεύει τα μαλλιά, ενώ μια ριπή 15 m/s διάρκειας 2 s μπορεί να κάνει τους ανθρώπους να χάσουν την ισορροπία τους και είναι επικίνδυνη για τους γηραιότερους και τα παιδιά, ενώ για νέους ανθρώπους η τιμή αυτή είναι της τάξεως των 20 m/s²⁹. Οι ριπές ανέμου λοιπόν, προκαλούν τις ίδιες επιδράσεις με αυτές του συνεχούς ανέμου σε μικρότερες τιμές έντασης.

Σύμφωνα με τον ορισμό της ανεμοπροστασίας, **κριτήριο για την επίτευξη άνεσης αλλά και αποφυγής του κινδύνου** που αφορά τις μηχανικές επιδράσεις του ανέμου, μπορεί να αποτελεί κάποιο **κατώφλι/όριο τιμής έντασης του ανέμου**. Λόγω του ότι δεν είναι δυνατό να επικρατούν συνεχώς ευνοϊκές συνθήκες όσον αφορά τον άνεμο – δηλαδή η αποφυγή υπέρβασης του κατωφλίου δεν είναι δυνατή για κάθε χρονική στιγμή – εκτός από το κατώφλι τιμής έντασης ανέμου, ορίζονται και όρια για το ποσοστό του αποδεκτού χρόνου υπέρβασης του.

Για την **επίτευξη άνεσης** ως κατώφλι τιμής έντασης του ανέμου θεωρούνται τα **6 m/s**, τιμή η οποία δεν θα πρέπει να υπερβαίνεται για πάνω από το **15% των περιπτώσεων** υπό εξέταση³⁰. Το αντίστοιχο κατώφλι τιμής έντασης ανέμου για την **διατήρηση ισορροπίας στο βάδισμα** των πεζών είναι **15 m/s**, ενώ υπέρβαση της τιμής των **20 m/s** θεωρείται επικίνδυνη για τους πεζούς. Οι τιμές αυτές δεν θα πρέπει να υπερβαίνονται για το **0.1% των περιπτώσεων** υπό εξέταση³¹. Οι τιμές έντασης του ανέμου που αναφέρονται στις παραπάνω περιπτώσεις, αφορούν άνεμο στο επίπεδο των πεζών, ο οποίος παρουσιάζει πολύπλοκη συμπεριφορά στο αστικό περιβάλλον, όπως εξηγείται αναλυτικά στην Ενότητα 3.2.3. Η διαδικασία υπολογισμού της πιθανότητας υπέρβασης του κατωφλίου τιμής έντασης ανέμου περιγράφεται στον Παράρτημα II.

Για την εκτίμηση της κατάστασης σχετικά με την ανεμοπροστασία, στα πλαίσια κάθε μελέτης βιοκλιματικής αναβάθμισης, θα πρέπει να αποτυπωθούν οι παραπάνω παράμετροι του υφιστάμενου αστικού περιβάλλοντος στην περιοχή μελέτης. Αυτό είναι δυνατό με την αξιοποίηση κατάλληλου λογισμικού (βλ. Κεφάλαιο 5) σε συνδυασμό με ανεμολογικά δεδομένων από μετεωρολογικούς σταθμούς της περιοχής.

3.1.6 Εξοικονόμηση ενέργειας στα γειτονικά κτήρια

Ο μετασχηματισμός εξωτερικών χώρων επιφέρει επιπτώσεις στο ενεργειακό ισοζύγιο των γειτονικών κτηρίων. Με χρήση κατάλληλων τεχνικών μπορεί να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας σε γειτονικά κτήρια άμεσα (προκαλώντας σκίαση σ' αυτά), ή έμμεσα (συμβάλλοντας στη μείωση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος).

Οι τιμές θερμοκρασίας σε μία αστική περιοχή έχουν άμεση επίδραση στην κατανάλωση ενέργειας από τα γειτονικά κτήρια, τόσο κατά τη θερινή όσο και τη χειμερινή περίοδο. Έχει βρεθεί ότι κατά τη θερινή περίοδο, οι υψηλές αστικές θερμοκρασίες αυξάνουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη, και την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρυπογόνων ουσιών, ενώ κατά τη χειμερινή περίοδο μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση για θέρμανση και τις αντίστοιχες συνέπειές της.

Παράλληλα, ο άνεμος σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία σε μια αστική περιοχή, επηρεάζουν δραματικά τη δυνατότητα φυσικού αερισμού των κτηρίων, από την οποία εξαρτάται η χρήση παθητικών (φυσικών) μεθόδων δροσισμού, αντί τεχνικών μεθόδων όπως η χρήση κλιματιστικών. Ο φυσικός αερισμός είναι πολύ σημαντικός ιδιαίτερα σε εύκρατα κλίματα, καθώς παρέχει επαρκή δροσισμό κατά τη διάρκεια τόσο της ημέρας όσο και της νύχτας.

Συνεπώς, δρόμοι με σκίαση ώστε να προστατεύονται τα γειτονικά κτήρια από την ηλιακή ακτινοβολία, ή κτήρια κατανομημένα με τέτοιο τρόπο ώστε να διευκολύνεται η ροή του ανέμου ανάμεσα από αυτά, είναι παραδείγματα σωστού σχεδιασμού σε περιοχές με σχετικά θερμό κλίμα. Για παράδειγμα, η σκίαση ενός μεγάλου ανοιχτού χώρου με τη χρήση δένδρων ή τεχνητών μέσων βοηθά τα γειτονικά κτήρια να μειώσουν την εσωτερική τους θερμοκρασία, κάτι το επιθυμητό κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

3.1.7 Ποιότητα αέρα

Από τις χιλιάδες χημικές ενώσεις που περιέχει η ατμόσφαιρα, κάποιες είναι ιδιαίτερα επιβλαβείς για τον ανθρώπινο οργανισμό όταν συναντώνται σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Ανάμεσα σε αυτές είναι τα **οξείδια του θείου, του αζώτου, ο μόλυβδος, το μονοξείδιο του άνθρακα, το όζον καθώς και οι σωματιδιακοί ρύποι.**

Το 2008 θεσπίστηκε η οδηγία 2008/50/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και για την εξασφάλιση καθαρότερου αέρα στην Ευρώπη. Τα μέτρα που θεσπίζονται με την οδηγία αυτή έχουν ως στόχο τον προσδιορισμό και καθορισμό των στόχων για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα ώστε να μειώνονται οι επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, την εκτίμηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα στα κράτη μέλη βάσει κοινών μεθόδων και κριτηρίων και τη διατήρηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, όταν είναι καλή, ή τη βελτίωσή της, όταν δεν είναι καλή. Στον Πίνακα 2, φαίνονται τα όρια των κυριότερων ατμοσφαιρικών ρύπων σύμφωνα με την παραπάνω Ευρωπαϊκή οδηγία, ώστε να εξασφαλίζεται η καλή ποιότητα του αέρα.

Πίνακας 2. Όρια τιμών ατμοσφαιρικών ρύπων σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία

Ατμοσφαιρικοί ρύποι	Όρια τιμών σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία (2008/50/ΕΚ)
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	60 % της εικοσιτετράωρης οριακής τιμής (75 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)
Διοξείδιο του αζώτου και οξειδία του αζώτου (NO _x)	70 % της οριακής τιμής (140 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)
Αιωρούμενα σωματίδια με διαμέτρους μικρότερες των 10 μm ή των 2.5 μm (PM ₁₀ , PM _{2.5})	70 % της οριακής τιμής (35 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)
Μόλυβδος (Pb)	Ετήσιος μέσος όρος: 70 % της οριακής τιμής (0,35 μg/m ³)
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	Μέσος όρος 8 ωρών: 70 % της οριακής τιμής (7 μg/m ³)
Όζον (O ₃ ⁺)	Μέσος όρος 8 ωρών: 120 μg/m ³

Η μείωση της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί τοπικά, καθώς θα πρέπει να αντιμετωπιστεί συνολικά για μια ευρύτερη περιοχή. Παρόλα αυτά, υπάρχουν τεχνικές που συμβάλουν στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Οι τεχνικές αυτές εστιάζουν τόσο στον περιορισμό των πηγών ρύπων, όσο και στην αύξηση της απορρόφησης των εκπεμπόμενων ρύπων, ώστε να παρατηρούνται χαμηλές συγκεντρώσεις τους στην περιοχή παρέμβασης. Πηγές εκπομπής ρύπων αποτελούν κυρίως τα οχήματα και σε κάποιες περιπτώσεις τα γειτονικά κτήρια. Ανοιχτός χώρος ο οποίος περιβάλλεται από δρόμους αναμένεται να παρουσιάσει σημαντική συγκέντρωση ρύπων, η οποία εξαρτάται από το μέγεθος του δρόμου και από τη συχνότητα διέλευσης των οχημάτων. Κατάλληλη ρύθμιση της κυκλοφορίας μπορεί να συντελέσει στον περιορισμό των εκπομπών στην περιοχή επέμβασης. Η διέλευση του αέρα από την περιοχή επέμβασης συντελεί σημαντικά στην απομάκρυνση των ρύπων που προέρχονται από γειτονικές πηγές, είτε από οχήματα, είτε από γειτονικά κτήρια. Τέλος, η βλάστηση καθώς και η χρήση φωτοκαταλυτικών υλικών, μπορούν να συμβάλουν θετικά στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, λόγω της δυνατότητάς τους να απορροφούν κάποιους από τους ρύπους.

3.2 Περιβαλλοντικές παράμετροι που καθορίζουν την κλιματική ποιότητα

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι βασικές περιβαλλοντικές παράμετροι που καθορίζουν την κλιματική ποιότητα είναι το πεδίο της ακτινοβολίας και το πεδίο του ανέμου, όπως αυτά διαμορφώνονται από την τρισδιάστατη γεωμετρία καθώς και από τον τύπο κάλυψης της αστικής επιφάνειας. Τα τοπικά διαμορφωμένα πεδία ακτινοβολίας και ανέμου, διαμορφώνουν με τη σειρά τους τα πεδία της θερμοκρασίας και της υγρασίας, διαμορφώνουν δηλαδή τις συνθήκες θερμικής άνεσης. Η κλιματική ποιότητα στον εξωτερικό αστικό χώρο καθορίζεται πρωτίστως από τη θερμική άνεση, για την ανάλυση της

οποίας είναι απαραίτητο ο μελετητής να λάβει υπόψη του τη χωρική κατανομή της ακτινοβολίας και του διανύσματος του ανέμου σε κάθε σημείο της αστικής επιφάνειας, δηλαδή τα πεδία της ακτινοβολίας και του ανέμου όπως αυτά διαμορφώνονται τοπικά από τα χαρακτηριστικά της αστικής επιφάνειας.

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται αναλυτικά τα πεδία της ακτινοβολίας και του ανέμου στον αστικό χώρο, περιγράφοντας αρχικά τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της τρισδιάστατης αστικής επιφάνειας σε αυτά.

3.2.1 Αστική Μορφολογία

Ο όρος “αστική μορφολογία” εκφράζει την τρισδιάστατη μορφή μιας ομάδας κτηρίων και των χώρων που αυτά δημιουργούν. Η αστική μορφολογία, δηλαδή, εκφράζει την τρισδιάστατη γεωμετρία της αστικής επιφάνειας και είναι από τους βασικούς παράγοντες διαμόρφωσης του μικροκλίματος αφού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη σκίαση της επιφάνειας και τη ροή του ατμοσφαιρικού αέρα ανάμεσα στα κτήρια. Μεταβολή της αστικής μορφολογίας μπορεί να τροποποιήσει τοπικά τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και τις τιμές βιοκλιματικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος, η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, καθώς και το ισοζύγιο ακτινοβολιών. Η αστική μορφολογία λαμβάνεται υπόψη στις βιοκλιματικές μελέτες με χρήση του συντελεστή θέασης του ουρανού (Sky View Factor, SVF). Μέσω του συντελεστή αυτού η αστική μορφολογία μπορεί να ληφθεί υπόψη σε μαθηματικά μοντέλα κατάλληλα για την ποσοτική εκτίμηση χαρακτηριστικών του αστικού μικροκλίματος. Στο Παράρτημα III δίνονται περισσότερες λεπτομέρειες για τον ορισμό του συντελεστή θέασης του ουρανού, για τον τρόπο υπολογισμού του με χρήση ψηφιακού μοντέλου εδάφους, καθώς και για τη διαμόρφωση του πεδίου της ακτινοβολίας από αυτόν.

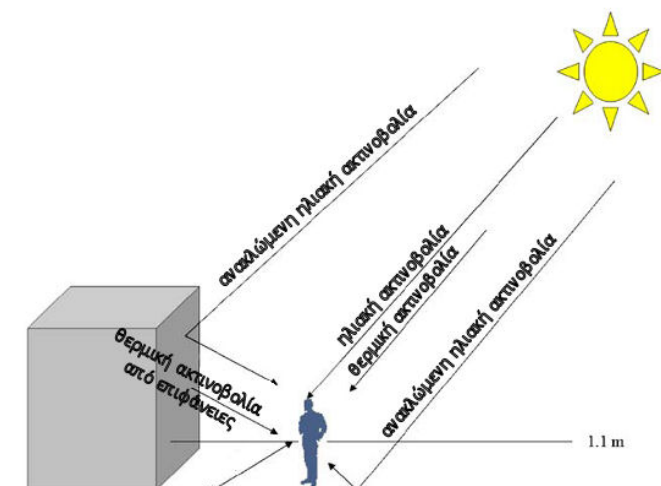
Καθοριστικός επίσης παράγοντας για την αστική επιφάνεια, εκτός από την τρισδιάστατη γεωμετρία της, αποτελεί και ο τύπος κάλυψής της (κάλυψη γης). Ιδανικό εργαλείο για την αποτύπωση της κάλυψης γης αποτελεί η τηλεπισκόπηση και συγκεκριμένα οι δορυφορικές εικόνες ή οι αεροφωτογραφίες πολύ υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας (γενικά καλύτερης του 1 m). Για να μπορούν να αξιοποιηθούν τέτοιου τύπου εικόνες στα πλαίσια μιας βιοκλιματικής μελέτης, θα πρέπει να ενσωματώνονται με κατάλληλο τρόπο σε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ), συνεπώς απαιτείται η χαρτογραφική προβολή τους σε κατάλληλο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς, όπως φαίνεται στην Εικόνα 3. Τέτοιου τύπου απεικονίσεις, για όλες τις περιοχές της Ελλάδας, είναι διαθέσιμες στο δικτυακό τόπο του Εθνικού Κτηματολογίου (www.ktimatologio.gr). Στο δικτυακό αυτό τόπο έχει δημιουργηθεί επίσης κατάλληλη διαδικτυακή εφαρμογή για την on-line παρουσίαση εικόνων, δίνοντας στο μελετητή τη δυνατότητα μέτρησης αποστάσεων και εμβαδών. Σημειώνεται ότι για τις αστικές περιοχές έχουν χρησιμοποιηθεί οι αεροφωτογραφίες του Εθνικού Κτηματολογίου των οποίων η ανάλυση (χωρική διακριτική ικανότητα) φτάνει τα 20 cm.



Εικόνα 3. Εικόνα του δορυφόρου Ikonos της περιοχής του Ηρακλείου. Για τη χαρτογραφική προβολή της δορυφορικής εικόνας έχει χρησιμοποιηθεί το Ελληνικό γεωδαιτικό σύστημα ΕΓΣΑ87 και οι τιμές στους άξονες x και y δηλώνουν την απόσταση σε μέτρα από τον κεντρικό μεσημβρινό του συστήματος και από τον Ισημερινό αντίστοιχα. (Διάθεση: Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας).

3.2.2 Πεδίο Ακτινοβολίας

Το πεδίο ακτινοβολίας σε μία αστική περιοχή περιλαμβάνει την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία μπορεί να είναι άμεση, διάχυτη ή να προέρχεται από ανάκλαση στις διάφορες επιφάνειες, καθώς και από τη θερμική ακτινοβολία ή ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος (long-wave radiation), που εκπέμπεται από το έδαφος, τις επιφάνειες (π.χ. κτήρια) και την ατμόσφαιρα (Εικόνα 4). Η ηλιακή ακτινοβολία ορίζεται στην περιοχή από 0.2 μέχρι 2.5 μm, όπου το ηλιακό φάσμα κυριαρχεί. Αποτελείται από την υπεριώδη ακτινοβολία (0.2-0.4μm), την ορατή ακτινοβολία (0.4-0.7μm) και την ακτινοβολία εγγύς υπερύθρου (0.7-2.5μm), με συνεισφορές περίπου 5%, 55% και 40% στο σύνολο της ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος. Για μήκη κύματος μεγαλύτερα από 5.0 μm, η ακτινοβολία ονομάζεται θερμική και αναφέρεται πλέον στην περιοχή του φάσματος όπου αντί για την ηλιακή, κυριαρχεί η ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης ή των υλικών, και η οποία εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία της επιφάνειας. Οι μονάδες μέτρησης της ροής της ακτινοβολίας είναι Wm^{-2} .



Εικόνα 4. Κύριες συνιστώσες ακτινοβολίας στο αστικό περιβάλλον.³² Η ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στο ανθρώπινο σώμα μπορεί να είναι είτε άμεση (κατευθείαν από τον ηλιακό δίσκο), είτε διάχυτη (κατόπιν σκέδασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα), είτε ανακλώμενη (κατόπιν ανάκλασης της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας από τα διάφορα στοιχεία της αστικής επιφάνειας). Η θερμική ακτινοβολία που δέχεται το ανθρώπινο σώμα, είναι η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία που εκπέμπεται τόσο από τα στοιχεία της αστικής επιφάνειας όσο και από την ατμόσφαιρα.

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν το ισοζύγιο ακτινοβολίας σε μία αστική περιοχή είναι:

- Ο συντελεστής θέασης του ουρανού, ο οποίος καθορίζει το ποσοστό της διάχυτης ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και τη χρονική διάρκεια κατά την οποία υπάρχει άμεση ηλιακή ακτινοβολία στον υπό μελέτη χώρο.
- Ο συντελεστής θέασης των διαφόρων επιφανειών (π.χ. κτήρια, βλάστηση κλπ.), που επηρεάζουν την ακτινοβολία μέσω ανάκλασης, εκπομπής ή σκίασης. Οι συντελεστές αυτοί ορίζονται με τρόπο ανάλογο με αυτόν του συντελεστή θέασης του ουρανού, και είναι σημαντικοί γιατί καθορίζουν τα ποσοστά, ως προς τη συνολική ακτινοβολία, της ανακλώμενης και εκπεμπόμενης ακτινοβολίας από τις διάφορες επιφάνειες προς κάθε σημείο της αστικής επιφάνειας.
- Οι οπτικές και θερμικές ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιούνται (ανακλαστικότητα, θερμοχωρητικότητα, συντελεστής εκπομπής). Η ανακλαστικότητα εκφράζει το ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε μία επιφάνεια, το οποίο ανακλάται από αυτή. Η θερμοχωρητικότητα ορίζεται ως το ποσό θερμότητας που απαιτείται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία ενός σώματος κατά ένα βαθμό, και πρακτικά εκφράζει την ικανότητα ενός υλικού να αποθηκεύει θερμότητα. Τέλος, ο συντελεστής εκπομπής εκφράζει την ικανότητα ενός σώματος να εκπέμπει θερμότητα μέσω ακτινοβολίας. Για τέλεια εκπομπή (μέλαν σώμα), ο συντελεστής εκπομπής ισούται με τη μονάδα, ενώ για πραγματικά σώματα είναι πάντα μικρότερος της μονάδας.

Για τη μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται τα πυρανόμετρα, ενώ για τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από το έδαφος, την ατμόσφαιρα και τις διάφορες επιφάνειες χρησιμοποιούνται τα πυργεώμετρα (Εικόνα 5). Οι μετρήσεις αυτές είναι

απαραίτητες για την παραμετροποίηση μοντέλων προσομοίωσης, όπως για παράδειγμα τα εργαλεία εκτίμησης βιοκλιματικών παραμέτρων που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5. Τέτοια μοντέλα είναι αναγκαία σε μια βιοκλιματική μελέτη για την προσομοίωση της κατάστασης που θα προκύψει από τη σχεδιαζόμενη παρέμβαση και τη σύγκριση με την υπάρχουσα κατάσταση.



Εικόνα 5. Παραδείγματα πυρανόμετρου (αριστερά)³³ και πυργεώμετρου (δεξιά)³⁴.

Στις μελέτες που αφορούν βιοκλιματικές παραμέτρους αστικών περιοχών, το πεδίο ακτινοβολίας είναι εξαιρετικής σημασίας και εκφράζεται συνήθως μέσω της έννοιας της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας (mean radiant temperature - T_{mrt} ³⁵). Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας ορίζεται ως η ομοιόμορφη θερμοκρασία μιας υποθετικής σφαιρικής επιφάνειας που περιβάλλει έναν άνθρωπο και η οποία προκαλεί την ίδια ανταλλαγή ενέργειας με το υποκείμενο, όπως το πραγματικό πεδίο ακτινοβολίας στον περιβάλλοντα χώρο του. Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας είναι πολύ σημαντική στις μελέτες θερμικής άνεσης, καθώς έχει τον πλέον καθοριστικό ρόλο μεταξύ των παραμέτρων που καθορίζουν το ισοζύγιο ενέργειας ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και το περιβάλλον γύρω του. Επίσης, έχει την ισχυρότερη επίδραση στα επίπεδα της θερμικής άνεσης.

Η εκτίμηση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο μεθόδους :

α) *Με άμεσες μετρήσεις:* Για τη μέτρηση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας χρησιμοποιείται ένα σφαιρικό θερμόμετρο (Εικόνα 6), ενώ πρέπει να είναι γνωστές η πραγματική θερμοκρασία του αέρα και η ταχύτητα του ανέμου.



Εικόνα 6. Σφαιρικό θερμόμετρο³⁶.

β) *Με προσομοιώσεις:* Υπάρχουν διάφορα υπολογιστικά μοντέλα και λογισμικά για την προσομοίωση της ακτινοβολίας και τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας και γενικότερα της θερμικής άνεσης που προκύπτει από αυτή, όπως για παράδειγμα τα λογισμικά RayMan και ENVI-met³⁷ που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5. Οι απαιτήσεις για δεδομένα εισόδου ποικίλουν, ωστόσο αφορούν συνήθως τη γεωγραφική θέση και μορφολογία μιας περιοχής (υπάρχουσας ή υπό σχεδιασμό), και βασικές μετεωρολογικές παραμέτρους (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα ανέμου), οι οποίες συνήθως είναι διαθέσιμες από μετεωρολογικούς σταθμούς.

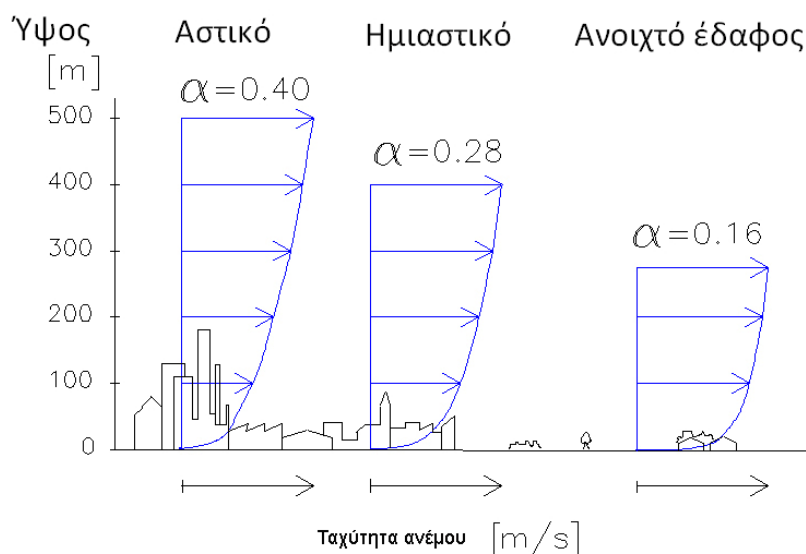
Στα πλαίσια μια μελέτης αστικής βιοκλιματικής αναβάθμισης, απαιτείται η εκτίμηση της μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας σε ένα μεγάλο αριθμό σημείων της περιοχής παρέμβασης, κάτι που μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο μέσω προσομοίωσης.

3.2.3 Πεδίο ανέμου

Οι συνθήκες ανέμου επηρεάζονται από μεγάλο αριθμό παγκόσμιων, περιφερειακών και τοπικών παραγόντων. Σε παγκόσμια κλίμακα ο άνεμος προέρχεται από τον αέρα που κινείται από περιοχές υψηλής πίεσης προς περιοχές χαμηλής πίεσης. Ο άνεμος ποικίλει σημαντικά ως προς τη διεύθυνση και την ένταση και οι διαφοροποιήσεις μπορεί να είναι εποχιακές ή ετήσιες. Η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, που προκαλείται από τα παγκόσμια καιρικά συστήματα, επηρεάζονται από την τοπολογία σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο. Ο ελεύθερος, ανεμπόδιστος άνεμος πάνω από την επιφάνεια της γης ονομάζεται γεωστροφικός άνεμος. Το γεωστροφικό ύψος ποικίλει από περίπου 275 m σε περίπου 500 m, ανάλογα με την τραχύτητα (α) της επιφάνειας της γης, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.

Για την εκτίμηση του ανέμου σε επίπεδο μικροκλίματος είναι απαραίτητος ο συνδυασμός μετεωρολογικών δεδομένων με πληροφορία για την αστική μορφολογία και τον τύπο κάλυψης της επιφάνειας³⁸. Τα μετεωρολογικά δεδομένα μπορεί να είναι μετρήσεις από μετεωρολογικούς σταθμούς, διορθωμένες για τις επιδράσεις του περιβάλλοντος χώρου,

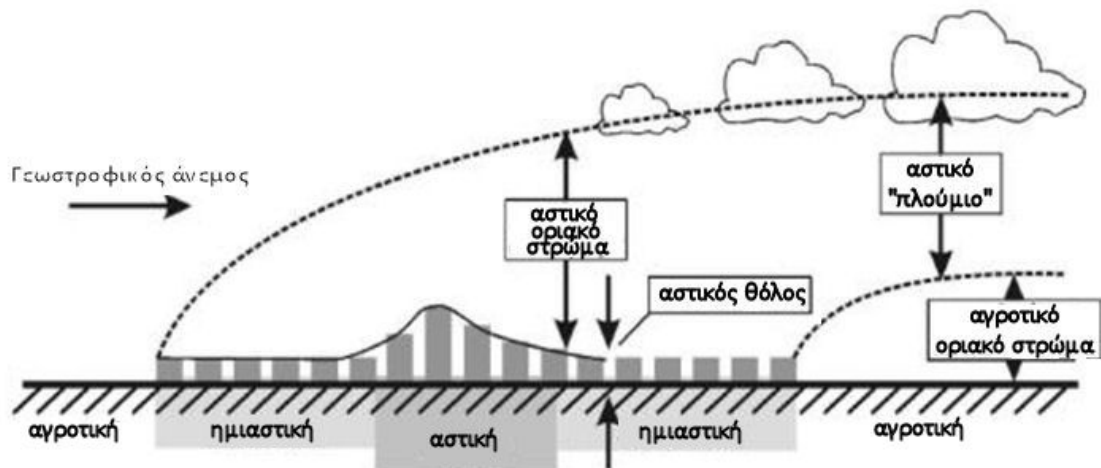
όπως δρόμοι, δάση και γειτονικά χωριά. Τα μετεωρολογικά δεδομένα περιλαμβάνουν τιμές ταχύτητας και διεύθυνσης ανέμου σε ύψος 10 m.



Εικόνα 7. Κατακόρυφη κατανομή της ταχύτητας του ανέμου για τρεις διαφορετικές περιοχές. Η τραχύτητα (α) της επιφάνειας είναι μεγαλύτερη σε πυκνοδομημένη πόλη με ψηλά κτήρια³⁹

Η πληροφορία που δίνεται από τον εκάστοτε μετεωρολογικό σταθμό θα πρέπει να μεταφερθεί σε επίπεδο πόλης. Κατά τη ροή του ανέμου από μια περιαστική, σε μια αστική περιοχή, πρέπει να γίνει προσαρμογή του στις συνοριακές συνθήκες της πόλης (Εικόνα 7). Μικρές μεταβολές στην τοπογραφία της περιοχής επιφέρουν μεγάλες αλλαγές στη ροή του ανέμου. Κατά την κίνηση του ανέμου από μια περιαστική σε μία αστική περιοχή, οι νέες συνοριακές συνθήκες που ορίζουν τα όρια της πόλης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Ο λεγόμενος **αστικός θόλος** εκτείνεται από την επιφάνεια του εδάφους έως το ύψος των κτηρίων, ενώ το λεγόμενο **αστικό οριακό στρώμα** εκτείνεται πάνω από τις στέγες των κτηρίων, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8. Η ροή του ανέμου στον αστικό θόλο παρουσιάζει διαφοροποιήσεις από τη ροή στην περιβάλλουσα αγροτική περιοχή, οι οποίες εξαρτώνται από την τοπογραφία, τη γεωμετρία των κτηρίων, τους δρόμους, την κίνηση και άλλα τοπικά χαρακτηριστικά όπως για παράδειγμα η παρουσία δέντρων. Στη γενική περίπτωση, η ροή του ανέμου στον αστικό θόλο παρουσιάζει μείωση σε σύγκριση με τη ροή του ανέμου στις γειτονικές περιαστικές περιοχές.

Οι εκτιμήσεις της ροής ανέμου στον αστικό θόλο μπορούν να γίνουν είτε με προσομοιώσεις σε αεροσήραγγες, είτε με χρήση αριθμητικών μοντέλων ροών. Στο Κεφάλαιο 5 προτείνονται λογισμικά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση της χωρικής κατανομής τιμών έντασης ανέμου.



Εικόνα 8. Σχηματική αναπαράσταση ροής ανέμου σε αστική περιοχή. Ο άνεμος που έρχεται από τις περιαστικές περιοχές διαφοροποιείται στον αστικό θόλο.⁴⁰.

3.2.4 Θερμοκρασία και υγρασία

Η θερμοκρασία στον αστικό χώρο διαμορφώνεται τόσο μέσω της μετάδοσης θερμότητας με ακτινοβολία όσο και μέσω της μετάδοσης θερμότητας με μεταφορά. Η **θερμοκρασία του αέρα** είναι ιδιαίτερα σημαντική διότι επηρεάζει τις εναλλαγές της υγρασίας και τη μεταφορά θερμότητας από και προς την αστική επιφάνεια. Συνεπώς το πεδίο της θερμοκρασίας και το πεδίο της υγρασίας καθορίζονται από τα πεδία της ακτινοβολίας και του ανέμου.

Τα πεδία της θερμοκρασίας και της υγρασίας λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό των δεικτών θερμικής άνεσης. Σε περιπτώσεις με μικρή ταχύτητα ανέμου, για παράδειγμα, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας έχει περίπου την ίδια επίδραση στο ισοζύγιο θερμότητας του ανθρώπινου σώματος, όπως και η θερμοκρασία του αέρα. Σε περιπτώσεις δυνατότερων σε ένταση ανέμων, η θερμοκρασία του αέρα είναι πιο σημαντική από τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, επειδή κυριαρχεί στην ανταλλαγή θερμότητας. Η σχετική υγρασία επιδρά επίσης στη θερμική άνεση επηρεάζοντας την υγρασία του δέρματος και την εφίδρωση.

Συγγραφείς Κεφαλαίου 3:

Καρβούνης Αλέξανδρος, Mphil, Πολεοδόμος Μηχανικός

Μητράκα Ζηνοβία, MSc, Μαθηματικός

Μπενάς Νίκος, MSc, Φυσικός

Χρυσουλάκης Νεκτάριος, MSc, PhD, Φυσικός

4. Τεχνολογίες βελτίωσης του αστικού μικροκλίματος

Στο κεφάλαιο αυτό, δίδονται συνοπτικά οδηγίες σχετικά με τις τεχνολογίες βιοκλιματικών αναβαθμίσεων που μπορούν να εφαρμοστούν, χωρίς να παρατίθεται αναλυτικό εγχειρίδιο για την εφαρμογή κάθε τεχνολογίας.

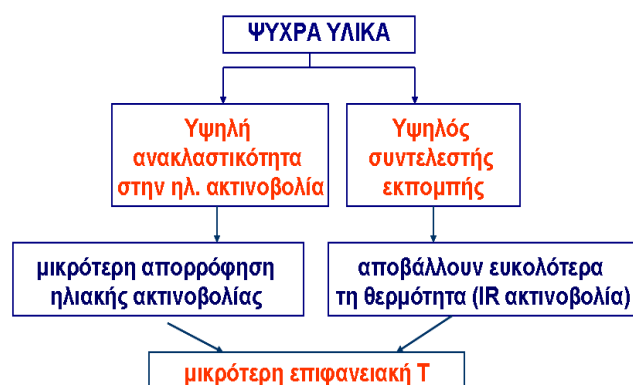
4.1 Υλικά

4.1.1 Ψυχρά Υλικά

4.1.1.1 Χαρακτηριστικά των ψυχρών υλικών

Ψυχρά ονομάζονται τα υλικά που χαρακτηρίζονται από:

1. Υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (στο φάσμα 300-2500nm) (total solar reflectance). Η ανακλαστικότητα είναι η ικανότητα μιας επιφάνειας να εκτρέπει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, η οποία περιλαμβάνει τόσο την ακτινοβολία στο ορατό φάσμα, όσο και την υπέρυθη και την υπεριώδη ακτινοβολία.
2. Υψηλό συντελεστή εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (infrared emittance). Ο συντελεστής εκπομπής είναι μια παράμετρος, που προσδιορίζει την ικανότητα ενός υλικού να αποβάλλει ποσά θερμότητας, υπό μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας.



Εικόνα 9. Χαρακτηριστικά ψυχρών υλικών

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά εκφράζονται σε τιμές, οι οποίες κυμαίνονται από 0 έως 1 (ή 0%-100%) και όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή τους, τόσο πιο 'ψυχρή' είναι μια επιφάνεια και τόσο μικρότερη η επιφανειακή θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε αυτήν. Για παράδειγμα 100% = ολική ανάκλαση, 0% = μηδενική ανάκλαση (δηλαδή 100% απορρόφηση).

Σε αυτούς τους συντελεστές, βασικό ρόλο αποτελεί η απόχρωση του υλικού, εφόσον όσο πιο ανοιχτό είναι το χρώμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η ανακλαστικότητά του.

Ως ψυχρά θεωρούνται τα υλικά με συντελεστή ανακλαστικότητας πάνω από 0.65.

Παρακάτω δίνονται οι συντελεστές που χαρακτηρίζουν ένα ψυχρό υλικό.

Πίνακας 3. Δείκτες και τιμές προσδιορισμού Ψυχρών Υλικών

Ορολογία	Σύμβολο	Ορισμός	Όριο χαρακτηρισμού
Ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (total solar reflectance)	SR (-)	Προσδιορίζει την ικανότητα μιας επιφάνειας να ανακλά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Περιλαμβάνεται τόσο η ακτινοβολία στο ορατό φάσμα, όσο και η υπέρυθρη και η υπεριώδης ακτινοβολία.	$\geq 0,65$
Συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (infrared emittance)	ϵ (-)	Προσδιορίζει την ικανότητα ενός υλικού να αποβάλλει ποσά θερμότητας, υπό μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας	$\geq 0,80$

Η ανακλαστικότητα εξαρτάται και από την παλαιότητα του υλικού, δηλαδή από το βαθμό έκθεσής του στο εξωτερικό περιβάλλον. Παρακάτω ακολουθεί πίνακας συνηθισμένων επιστρώσεων, στον οποίο φαίνεται η μείωση της ανακλαστικότητας κατόπιν έκθεσης της επιφάνειας στις εξωτερικές συνθήκες⁴¹.

Πίνακας 4. Δείκτες ηλιακής ανακλαστικότητας συνηθών επιστρώσεων (κριτήριου 7.1 LEED)⁴²

Υλικό	Δείκτης εκπομπής Emissivity	Ανακλαστικότητα Reflectance	Δείκτης SRI
Σύνηθες νέο φαιό σκυρόδεμα	0.90	0.35	35
Σύνηθες φαιό σκυρόδεμα μετά από έκθεση στο περιβάλλον (*)	0.90	0.20	19
Σύνηθες νέο σκυρόδεμα με λευκό τσιμέντο	0.90	0.70	86
Σύνηθες σκυρόδεμα με λευκό τσιμέντο μετά από έκθεση (*)	0.90	0.40	45
Νέα ασφαλτική στρώση	0.90	0.05	0
Ασφαλτική στρώση μετά από έκθεση	0.90	0.10	6

(*) Η ανακλαστικότητα των επιφανειών μπορεί να διατηρηθεί με πλύση. Συνήθης πλύση με νερό υπό πίεση τσιμεντοειδών επιστρώσεων μπορεί να επαναφέρει την ανακλαστικότητα σχεδόν στις αρχικές της τιμές. Οι αναφερόμενες τιμές επιφανειών που έχουν εκτεθεί στις δράσεις του περιβάλλοντος αφορούν μη πλυμμένες επιφάνειες.

Τα υλικά των σκληρών επιστρώσεων που τοποθετούνται σε περιοχές με ανεπαρκή θερινή σκίαση, συνίσταται να παρουσιάζουν τις ακόλουθες προδιαγραφές όσον αφορά στα χαρακτηριστικά τους

- Αρχική τιμή ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία υψηλότερη ή ίση με 0.65.
- Συντελεστή εκπομπής μεγαλύτερο ή ίσο με 0.8

- Να διατηρούν την τιμή της ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία, τρία έτη μετά από την εγκατάσταση και υπό κανονικές συνθήκες, μεγαλύτερη ή ίση με 0.5

Τα υλικά των σκληρών επιστρώσεων που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν σε καλά σκιασμένες περιοχές για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της ημέρας, δε χρειάζεται να έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα εκτεθειμένα υλικά και συνίσταται να παρουσιάζουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Αρχική τιμή ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία μεγαλύτερη ή ίση με 0.2
- Συντελεστή εκπομπής μεγαλύτερο ή ίσο με 0.8

Για την επίστρωση χώρων κυκλοφορίας και στάσης ανθρώπων, υπάρχουν και ανακλαστικά ασφαλτικά υλικά, οι ιδιότητες των οποίων αλλάζουν ανάλογα με το χρώμα τους. Τα μη σκιασμένα ασφαλτικά υλικά, όταν χρησιμοποιούνται, συνίσταται να εμφανίζουν τα ακόλουθα οπτικά χαρακτηριστικά:

- Αρχική τιμή ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία υψηλότερη ή ίση με 0.35.
- Συντελεστή εκπομπής μεγαλύτερο ή ίσο με 0.8.
- Για τα σκιασμένα ασφαλτικά υλικά αρκεί μόνο ο συντελεστής εκπομπής να είναι μεγαλύτερος ή ίσος με 0.8.⁴³

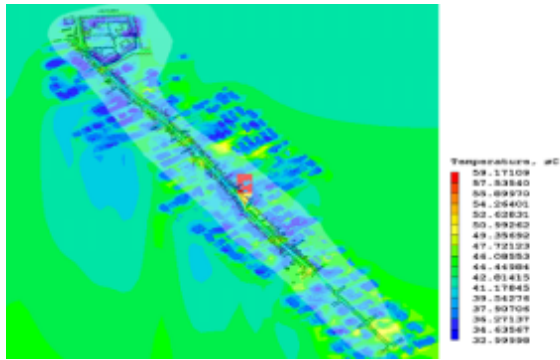
4.1.1.2 Πλεονεκτήματα των ψυχρών υλικών

Η αύξηση της ανακλαστικότητας των υλικών επίστρωσης στους αστικούς χώρους έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας επιφάνειας καθώς και την θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Συγκριτικές μετρήσεις της θερμικής συμπεριφοράς των ψυχρών υλικών έχουν δείξει ότι παρουσιάζουν επιφανειακή θερμοκρασία μέχρι και 12 C χαμηλότερη από τα κοινά υλικά.

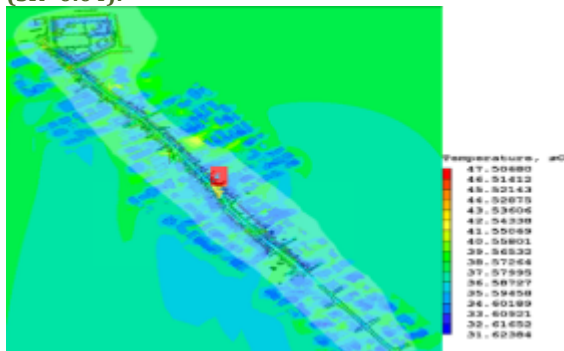
Για τη θερινή περίοδο διαπιστώθηκε ότι αύξηση της ανακλαστικότητας της επιφάνειας κατά 40 % επιφέρει μείωση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας κατά 0.5-1.5 C, ενώ αύξηση κατά 65 % μειώνει τη θερμοκρασία κατά 1-2 C

Από μελέτη βιοκλιματικής αναβάθμισης στην Οδό Αγίου Ιωάννου της Αγίας Παρασκευής, η οποία πραγματοποιήθηκε από το Πανεπιστήμιο Αθηνών προέκυψε ότι:

- στην περίπτωση όπου εφαρμόζεται στο οδόστρωμα συμβατική μαύρη άσφαλτος (ανακλαστικότητα $SR=0.04$), η μέγιστη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στην επιφάνεια είναι 60°C, ενώ η θερμοκρασία στο ύψος 1.5 m από το έδαφος είναι κατά μέσο όρο 42°C, ενώ
- όταν εφαρμόζεται ένα υπόλευκο λεπτό στρώμα ασφάλτου (ανακλαστικότητα $SR=0.55$), η μέγιστη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στην επιφάνεια είναι 45°C), ενώ η θερμοκρασία η θερμοκρασία στο ύψος 1.5 m από το έδαφος είναι κατά μέσο όρο 37°C.



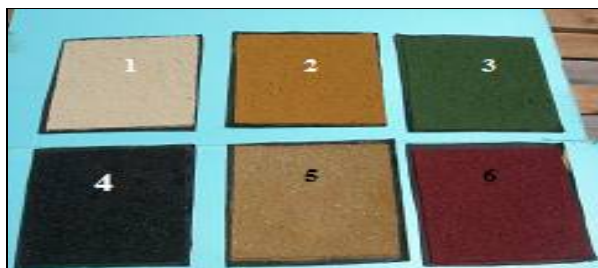
Εικόνα 10. Πεδίο θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1.50μ στην περίπτωση μαύρης ασφάλτου (SR=0.04).



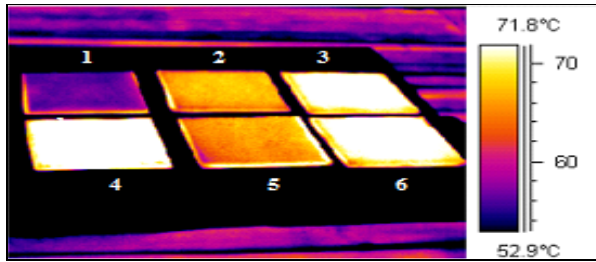
Εικόνα 11. Πεδίο θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1.50μ στην περίπτωση λεπού στρώματος υπόλευκης ασφάλτου (SR=0.55)

Από την παραπάνω σύγκριση είναι προφανές ότι η εφαρμογή μιας υπόλευκης επιστρώσης στο οδόστρωμα επιφέρει σημαντική μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, κατά μέσο όρο 5°C, όταν οι ταχύτητες του ανέμου είναι χαμηλές.

Στις εικόνες 12 & 13 απεικονίζονται οπτικά και θερμικά τα ασφαλτικά υλικά που μετρήθηκαν κατά τη μελέτη.



Εικόνα 12. Οπτική απεικόνιση των δοκιμαστικών ασφαλτικών υλικών 1. υπόλευκο, 2. κίτρινο, 3. πράσινο, 4. κοινό μαύρο, 5. μπεζ, 6. Κόκκινο.



Εικόνα 13. Υπέρυθρη απεικόνιση των δοκιμαστικών ασφαλτικών υλικών 1. υπόλευκο, 2. κίτρινο, 3. πράσινο, 4. κοινό μαύρο, 5. μπλε, 6. Κόκκινο⁴⁴

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η αύξηση της ανακλαστικότητας του αστικού χώρου μπορεί να μειώσει την απορρόφηση της εισερχόμενης ακτινοβολίας από το σύστημα επιφάνεια-τροπόσφαιρα, συνεισφέροντας στον περιορισμό των παγκόσμιων συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου. Έχει εκτιμηθεί ότι η αύξηση της ανακλαστικότητας των επιστρώσεων στις πόλεις παγκοσμίως, θα μπορούσε να επιτύχει μειώσεις του διοξειδίου του άνθρακα κατά περίπου 20 Gt. Εκτός από αυτά τα οφέλη έχει επιδειχθεί ότι οι μειωμένες επιφανειακές θερμοκρασίες αυξάνουν και τον χρόνο ζωής των υλικών, μειώνοντας και τον όγκο απορριμμάτων λόγω συντήρησης. Τέλος, ανακλαστικές επιστρώσεις σε ανοιχτούς αστικούς χώρους μπορεί να βελτιώσουν τις συνθήκες ορατότητας τη νύχτα, μειώνοντας έτσι και την κατανάλωση και το κόστος της ενέργειας για φωτισμό⁴⁵.

4.1.1.3 Είδη ψυχρών υλικών

Τα ψυχρά υλικά χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. υλικά για το κέλυφος του κτηρίου (π.χ. επικαλύψεις, μεμβράνες, πλάκες, ασφαλτικά κεραμίδια κλπ.)
2. υλικά για το αστικό περιβάλλον (άσφαλτος, πλάκες διαφόρων υλικών όπως τσιμέντο, μάρμαρο κλπ.).

Υλικά που προσδίδουν αυξημένη ανακλαστικότητα, με τη μορφή χρωστικών προσθέτων (pigments) μπορούν να ενσωματωθούν σε πολλών ειδών τεχνητά προϊόντα επιστρώσεων και επενδύσεων.

Τα υλικά επιστρώσεων μπορούν να είναι:

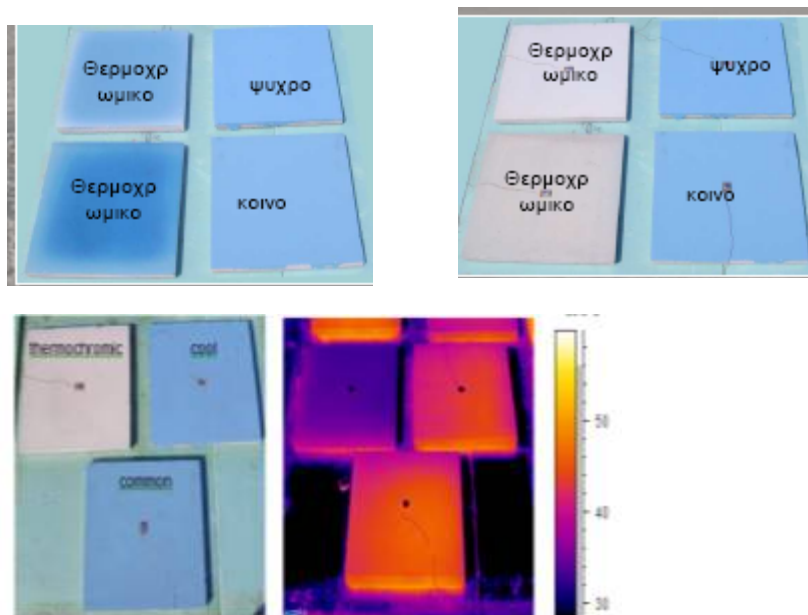
- α. Πλάκες πεζοδρομίου από σκυρόδεμα, διαφόρων διαστάσεων, επίπεδες, ανάγλυφες ή με αυλακωτή επιφάνεια,
- β. Κυβόλιθοι από σκυρόδεμα σε διάφορα σχήματα (ορθογώνιοι, καμπυλοειδείς),
- γ. Κεραμικά πλακίδια,
- δ. Σκυρόδεμα.

Με στόχο την περαιτέρω μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας των επιστρώσεων, αναπτύχθηκαν ψυχρά υλικά δεύτερης γενιάς βασισμένα στη χρήση υλικών λανθάνουσας

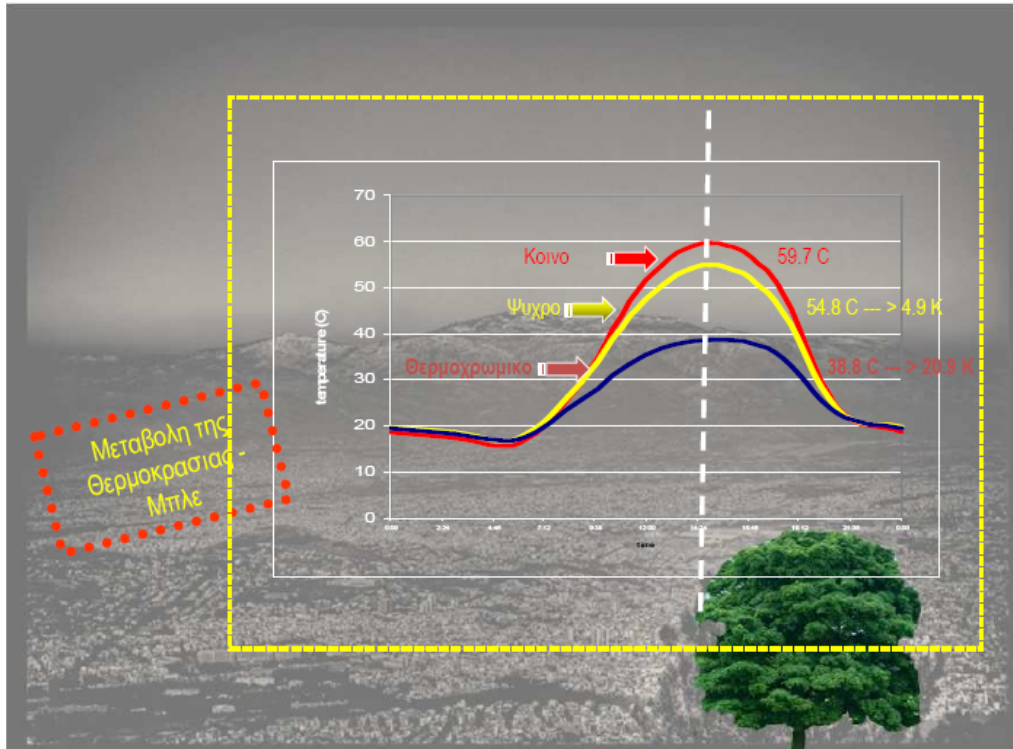
θερμότητας ενσωματωμένων με τεχνικές νανοτεχνολογίας στα ψυχρά επιχρίσματα. Τα πρώτα ερευνητικά αποτελέσματα δείχνουν μείωση της επιφανειακής θερμοκρασίας έως και κατά 3.5° C.

4.1.2 Θερμοχρωμικά υλικά

Τα θερμοχρωμικά υλικά αλλάζουν χρώμα ανάλογα με τη θερμοκρασία. Έτσι το χειμώνα είναι έγχρωμα ενώ το καλοκαίρι λευκά, παρουσιάζοντας, αντίστοιχα, μεγάλη απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία τον χειμώνα και μεγάλη ανακλαστικότητα το καλοκαίρι.



Εικόνα 14. Θερμοκρασιακές διαφορές ψυχρών θερμοχρωμικών και συμβατικών επιχρισμάτων: πραγματικές και υπέρυθρες απεικονίσεις μπλε και μπεζ επιχρισμάτων. Το ανοιχτό χρώμα το καλοκαίρι συντελεί στην μεγαλύτερη ανακλαστικότητα και συνεπαγόμενη χαμηλότερη θερμοκρασία⁴⁶.



Εικόνα 15.Επιφανειακή θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε κοινά, ψυχρά και θερμοχρωμικά υλικά

4.1.3 Φωτοκαταλυτικά υλικά

Η μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων στους εξωτερικούς χώρους μπορεί να επιτευχθεί με χρήση φωτοκαταλυτικών επιφανειών. Τα ψυχρά φωτοκαταλυτικά υλικά βασίζονται στην ενσωμάτωση τιτανίας (TiO_2) υπό μορφή νανοσωματιδίων στα χυτά υλικά εδαφοκάλυψης. Η τιτανία δρα ως καταλύτης υπό συνθήκες φωτισμού, επιταχύνοντας τη δημιουργία ισχυρών οξειδωτικών μέσων, ικανών να καταστρέψουν ρύπους ή μικροοργανισμούς.

Οι ακόλουθες μορφές ψυχρών φωτοκαταλυτικών υλικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη ανοικτών αστικών χώρων:

- α. Πλάκες πεζοδρομίου από σκυρόδεμα με φωτοκαταλυτικές ιδιότητες,
- β. Κυβόλιθοι από σκυρόδεμα με φωτοκαταλυτικές ιδιότητες,
- γ. Κεραμικά πλακίδια με φωτοκαταλυτικές ιδιότητες,
- δ. Τσιμεντοειδές κονίαμα επιστρώσεων επιφανειών ασφαλτικού σκυροδέματος⁴⁷.

4.1.4 Χωροθέτηση ψυχρών και φωτοκαταλυτικών υλικών

Δεδομένου του αυξημένου κόστους των ψυχρών και των φωτοκαταλυτικών υλικών σε σχέση με τα συμβατικά, η κατάλληλη χωροθέτησή τους σε ενδεδειγμένες θέσεις είναι ιδιαίτερα σημαντική. Διευκρινίζεται ότι τα ψυχρά υλικά ενδείκνυται να τοποθετούνται σε χώρους που είναι εκτεθειμένοι στην ηλιακή ακτινοβολία, ώστε να συνεισφέρουν αποτελεσματικά στη βελτίωση του μικροκλίματος.

4.2 Ροή αέρα

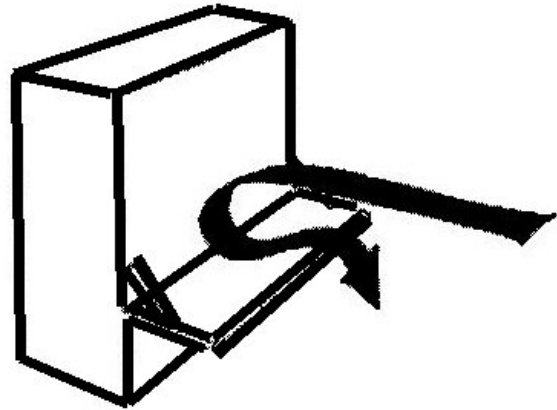
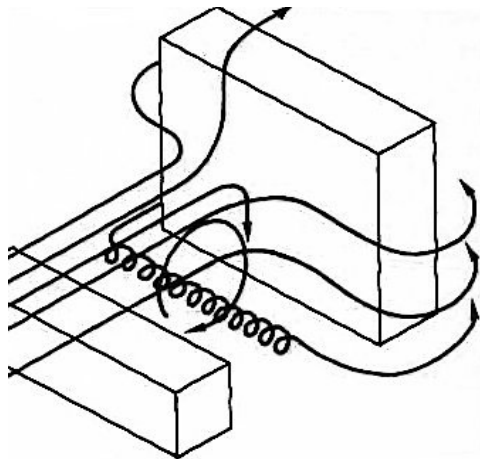
Η διεύθυνση του ανέμου ποικίλει, αλλά μπορεί να ακολουθεί συγκεκριμένα μονοπάτια, τα οποία θα πρέπει να μελετηθούν για την εκάστοτε περιοχή. Η αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου είναι δυνατή με χρήση κατάλληλων τεχνικών. Η σωστή χρήση του ανέμου είναι από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους για τη μείωση της θερμοκρασίας και συνεπώς την επίτευξη θερμικής άνεσης και επιπλέον συμβάλει σημαντικά στην απομάκρυνση των αέριων και σωματιδιακών ρύπων που είναι επιβλαβείς για τον ανθρώπινο οργανισμό.

Μεγάλες ταχύτητες ανέμου προκαλούν ανεπιθύμητες επιδράσεις στους ανθρώπους και μπορούν να τους θέσουν σε κίνδυνο. Η ταχύτητα του ανέμου μπορεί να μειωθεί με στρατηγική τοποθέτηση στοιχείων, όπως για παράδειγμα δέντρων ή τεχνητών ανεμοφρακτών. Στην περίπτωση που αυτά έχουν πορώδη υφή (πάνω από 50%) επιτυγχάνεται μείωση της ταχύτητας του ανέμου. Διαφορετικά δημιουργούνται τυρβώδεις ροές, που αφενός ενισχύουν την επίδραση της μείωσης της θερμοκρασίας, μπορεί ωστόσο να είναι δυσάρεστες ως προς τις μηχανικές τους επιδράσεις.

Ανάμεσα στις παραμέτρους που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη για την αξιολόγηση των συνθηκών ανέμου είναι η χρήση για την οποία προορίζεται ο ανοιχτός χώρος. Ένα πάρκο αποτελεί παράδειγμα ενός ανοιχτού χώρου όπου οι χρήστες παραμένουν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, θέτοντας έτσι υψηλότερες απαιτήσεις ως προς τις συνθήκες ανέμου και θερμικής άνεσης που επικρατούν.

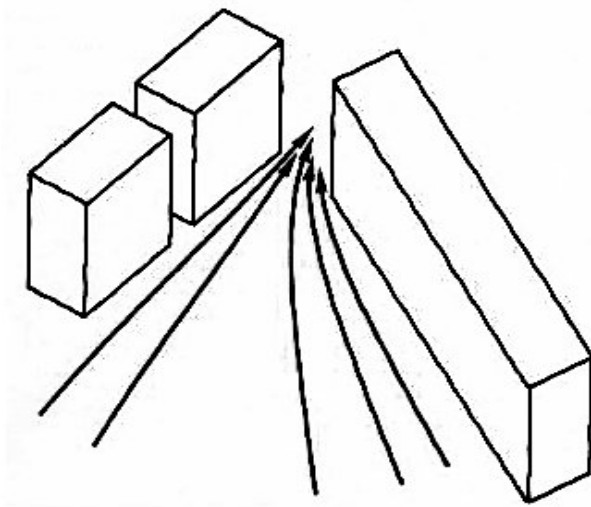
4.2.1 Γενικές οδηγίες

Ψηλά κτήρια μπορεί να προκαλέσουν δυσάρεστο έντονο κατακόρυφο ρεύμα αέρα (κατά μήκος των όψεων με δυνατή ροή προς τα κάτω) και υψηλής ταχύτητας άνεμο γύρω από τις γωνίες του κτηρίου (Εικόνα 16α). Όσο ψηλότερο το κτήριο τόσο μεγαλύτερη η ταχύτητα του ανέμου. Το αποτέλεσμα είναι έντονες συνθήκες ανέμου γύρω από τη βάση και τις γωνίες του κτηρίου και οριζόντια ροή με κατεύθυνση από το κτήριο απέναντι στην κύρια κατεύθυνση του ανέμου (φαινόμενο Wise). Βασικό μέτρο για την αποφυγή του φαινομένου είναι η πρόβλεψη χαμηλότερης δόμησης περιμετρικά ενός ανοικτού χώρου. Εάν δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί αυτό τότε η προσθήκη κατασκευαστικών στοιχείων (π.χ. οριζόντιοι πρόβολοι) μπορεί να συμβάλει θετικά (Εικόνα 16β). Τα γωνιακά φαινόμενα είναι δύσκολο να αποφευχθούν, αλλά σε επίπεδο πεζών μπορούν να μειωθούν με τη χρήση ανεμοφρακτών.



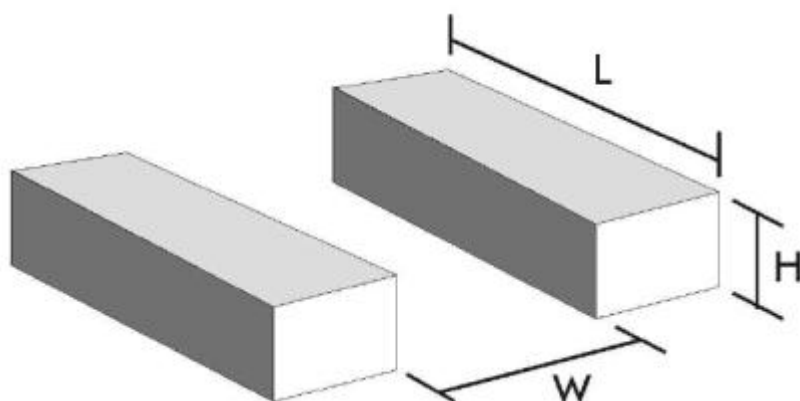
Εικόνα 16. α) Ροή αέρα γύρω από ένα ψηλό και ένα χαμηλό κτήριο και β) παράδειγμα μέτρου προστασίας κατά της κατακόρυφης ροής του αέρα (οριζόντιος πρόβολος στη βάση ψηλού κτηρίου)⁴⁸

Σαν πολεοδομική διάταξη, θα πρέπει να αποφεύγεται η σύνδεση ανοιχτών χώρων με μακρείς ευθύγραμμους δρόμους. Γραμμικές αστικές δομές, όπως κτήρια, μπορούν να δημιουργήσουν το φαινόμενο του καναλιού, όπου ο άνεμος επιταχύνεται και δημιουργεί ένα δυσάρεστο περιβάλλον. Το φαινόμενο παρατηρείται σε δρόμους μακρύτερους από 100-125 m και θα είναι ακόμα δυσμενέστερο εάν οι δρόμοι σχηματίζουν τούνελ (φαινόμενο Venturi, Εικόνα 17). Μέτρα προστασίας μπορεί να είναι, για παράδειγμα, η αποφυγή ανοιχτής σύνδεσης μεταξύ του χώρου και του δρόμου, η δημιουργία μικρότερου μήκους δρόμων (σε νέες περιοχές), η αποφυγή κατασκευής δρόμων με τον κύριο άξονα στην κυρίαρχη κατεύθυνση του ανέμου, 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. Περάσματα ανάμεσα ή κάτω από κτήρια που οδηγούν σε ανοιχτούς χώρους επίσης μπορούν να δημιουργήσουν ένα είδος σήραγγας, όπου ο αέρας μπορεί να επιταχυνθεί σημαντικά. Το φαινόμενο αυτό εντείνεται δραματικά όταν συνδυάζεται με ψηλά κτήρια ή μακρείς ευθύγραμμους δρόμους.



Εικόνα 17. Ειδική περίπτωση του φαινομένου του καναλιού – Το φαινόμενο Venturi⁴⁹

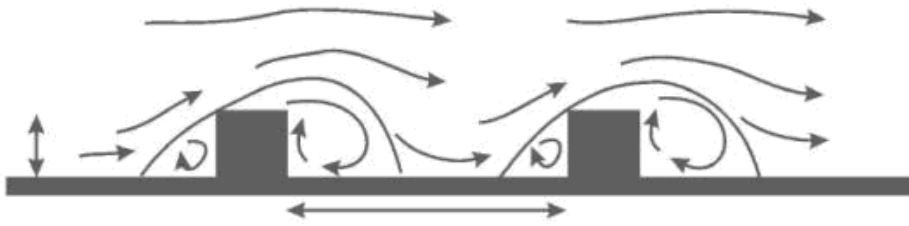
Οι διαστάσεις των ανοιχτών αστικών χώρων μπορούν να επιλεγούν με τέτοιο τρόπο ώστε να ευνοείται η ροή του αέρα, συμβάλλοντας στη θερμική άνεση και στην απομάκρυνση των ρύπων, αλλά εμποδίζοντας ταυτόχρονα τον άνεμο να λαμβάνει μεγάλες ταχύτητες στην περιοχή επέμβασης, οι οποίες είναι ενοχλητικές για τους πεζούς και σε κάποιες περιπτώσεις και επικίνδυνες. Σημαντικός παράγοντας είναι η σχέση μεταξύ της επιφάνειας του αστικού χώρου ($A_{\chi\omega\rho\upsilon}$) και του ύψους των κτηρίων ($H_{\omicron\rho\rho\iota\omega\nu}$) στα όρια (ή άλλων κατασκευών όπως ανεμοφράκτες), που μπορεί να εκφραστεί ως: $A_{\chi\omega\rho\upsilon} / (H_{\omicron\rho\rho\iota\omega\nu})^2 = K$, όπου K είναι μια μονοδιάστατη σταθερά που δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή 6. Είναι σημαντικό το πλάτος των ανοιγμάτων να μην είναι μεγαλύτερο από 25% του μήκους της περιμέτρου του χώρου. Τα χαρακτηριστικά του ανέμου στο επίπεδο των πεζών είναι συνάρτηση του μήκους και πλάτους του χώρου ($L_{\chi\omega\rho\upsilon}$, $W_{\chi\omega\rho\upsilon}$), του ύψους των περιμετρικών κατασκευών ($H_{\omicron\rho\rho\iota\omega\nu}$) και της διεύθυνσης του ανέμου (Εικόνα 18). Τα χαρακτηριστικά αυτά διαμορφώνουν τη ροή του ανέμου.



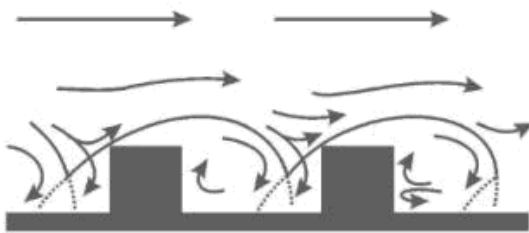
Εικόνα 18. Σχηματική αναπαράσταση των παραμέτρων L , H και W

Στην Εικόνα 19 παριστάνεται σχηματικά η ροή του ανέμου σε αστική περιοχή σε τρεις περιπτώσεις ανάλογα με την απόσταση των κτηρίων, όταν η διεύθυνση του ανέμου είναι κάθετη στον κύριο άξονα των κτηρίων. Αν η δόμηση είναι αραιή (Εικόνα 19α), η ροή του αέρα εμφανίζει τρεις διακριτές περιοχές (ροή απομονωμένων στοιχείων τραχύτητας) γιατί δεν παρατηρούνται σημαντικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ρευμάτων αέρα και των στροβιλισμών που δημιουργούνται από την παρουσία των κτηρίων, λόγω της επαρκούς μεταξύ τους απόστασης. Όμως, όταν η πυκνότητά των κτηρίων είναι μεγαλύτερη (Εικόνα 19β), το πλάτος των καναλιών είναι τέτοιο ώστε παρατηρείται ανάμειξη των ρευμάτων ροής (ροή αλληλεπίδρασης ομόρρων). Σε ακόμα μεγαλύτερους λόγους H/W (Εικόνα 19γ), τα υπερκείμενα ρεύματα ροής αέρα δεν φτάνουν στο έδαφος (ροή απόξεσης). Σε στενούς και μέτριου πλάτους χώρους ($W_{\chi\omega\rho\upsilon} / H_{\omicron\rho\rho\iota\omega\nu} = 1-4$), το βέλτιστο μήκος του χώρου είναι 4 με 5 φορές το ύψος των ορίων. Σε πλατείς χώρους ($W_{\chi\omega\rho\upsilon} / H_{\omicron\rho\rho\iota\omega\nu} = 8$), το βέλτιστο μήκος του χώρου είναι 6-8 φορές το ύψος των ορίων.

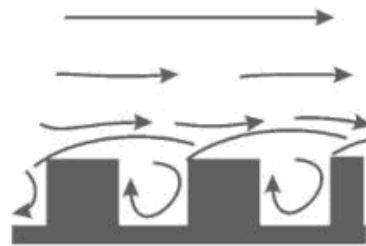
α) Ροή απομονωμένων στοιχείων τραχύτητας



β) Ροή αλληλεπίδρασης ομόρρων

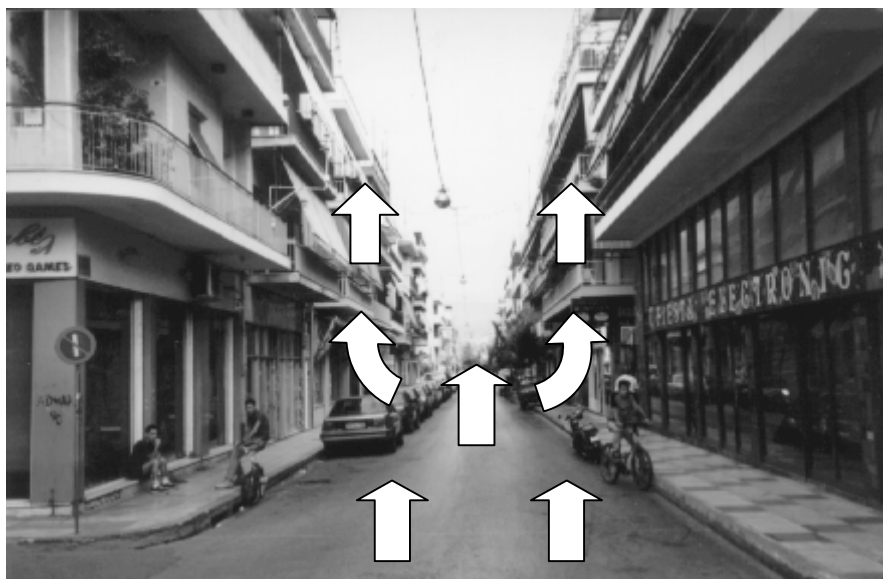


γ) Ροή απόξεσης



Εικόνα 19. Διαμόρφωση της ροής του αέρα για διάφορους συνδυασμούς L , H και W στην περίπτωση κάθετης ροής αέρα.

Στην περίπτωση που η διεύθυνση του ανέμου είναι παράλληλη στον κύριο άξονα των κτηρίων, συνεπώς παράλληλη στις τοπικές αστικές χαράδρες, σχηματίζεται μια μέση ροή ανέμου κατά μήκος της αστικής χαράδρας συνοδευόμενη από ανύψωση της ροής στη διεύθυνση των ορίων της (προσόψεις των κτηρίων), όπως φαίνεται στην Εικόνα 20. Η τριβή που σχηματίζεται μεταξύ των κτηρίων και του ανέμου επιβραδύνει την ταχύτητα του. Η συνιστώσα του ανέμου κατά μήκος της αστικής χαράδρας είναι ανάλογη της ταχύτητας του ανέμου πάνω από τον αστικό θόλο. Αν η ταχύτητα του ανέμου έξω από την αστική χαράδρα είναι μικρότερη από μία συγκεκριμένη τιμή, παύει να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της ροής του αέρα πάνω από τη χαράδρα και της ροής του μέσα σ' αυτήν και παρατηρείται σημαντική διασπορά.



Εικόνα 20. Διαμόρφωση της ροής του αέρα στην περίπτωση οριζόντιας ροής.

Στην περίπτωση που ο άνεμος έρχεται από πλάγια διεύθυνση σε σχέση με τον κύριο άξονα των κτηρίων, σχηματίζεται δίνη της οποίας τον πλάτος εξαρτάται από την κάθετη στον κύριο άξονα των κτηρίων συνιστώσα του ανύσματος του ανέμου και το μήκος από την παράλληλη στον κύριο άξονα των κτηρίων συνιστώσα του ανύσματος του ανέμου. Τέτοιου τύπου δίνες κινούνται ελικοειδώς μέσα στις αστικές χαράδρες αποτελώντας ενόχληση για τους πεζούς και παγιδεύοντας φύλλα δέντρων ή σκουπίδια κοντά στις γωνίες των κτηρίων. Επίσης στην ύπαρξη τέτοιων δινών αποδίδονται οι αυξημένες συγκεντρώσεις ρύπων.

Τέλος, ισχυρή επίδραση στη ροή του αέρα στις αστικές χαράδρες έχουν τυχόν ανοίγματα ή παράπλευροι δρόμοι. Η ροή του αέρα μπορεί σε γενικές γραμμές να περιγραφεί από δισδιάστατες ή τρισδιάστατες προσεγγίσεις, όταν όμως υπάρχει σύνθετη αστική μορφολογία, τα παραπάνω φαινόμενα παρατηρούνται ταυτόχρονα, συνεπώς για να έχει ο μελετητής μια ρεαλιστική απεικόνιση της ροής του αέρα, θα πρέπει να πραγματοποιήσει προσομοιώσεις.

Για την προστασία της ζώνης των πεζών από υψηλές ταχύτητες ανέμου και τύρβη σε έναν αστικό χώρο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ανεμοφράκτες είτε συμπαγείς κατασκευές (κτήριο, τοίχοι, κ.λπ.) είτε διαπερατές κατασκευές (βλάστηση, ανοιχτοί φράχτες, κ.λπ.). Συμπαγείς ανεμοφράκτες μπορούν να παρέχουν καλή προστασία κοντά στην κατασκευή, αλλά τείνουν να δημιουργήσουν υψηλές ταχύτητες και τύρβη σε κάποια απόσταση. Για το λόγο αυτό σε πολλές περιπτώσεις είναι προτιμότερη η χρήση διαπερατών ανεμοφρακτών.

Η βλάστηση είναι πολύ αποτελεσματική στη μείωση της έντασης του ανέμου καθώς τα κλαδιά και τα φυλλώματα επιβραδύνουν τον άνεμο χωρίς να δημιουργούν πολλούς στροβιλισμούς. Ελαφρώς κλειστές σειρές φυτών δίνουν την καλύτερη και πιο ομοιογενή προστασία (50-65% επιφάνεια ανοίγματος). Είναι σημαντικό η ζώνη των φυτών να παρέχει την ίδια προστασία σε όλο το ύψος και για αυτό μπορεί να χρειαστεί να συνδυαστούν διαφορετικά είδη βλάστησης. Για παράδειγμα χρήση δέντρων προσφέρει προστασία σε ορισμένο ύψος ενώ θάμνων κοντά στο έδαφος. Τέτοιες σειρές φυτών μπορούν να παρέχουν προστασία σε απόσταση 4-5 φορές το ύψος τους. Διαπερατοί φράχτες μπορεί να αποτελούν επίσης καλή λύση. Φράχτες με 35-40% άνοιγμα παρέχουν την καλύτερη δυνατή προστασία. Είναι σημαντικό τα ανοίγματα (οπές) στο φράχτη να κατανέμονται σε όλη του την

επιφάνεια και έτσι πολλές μικρές οπές θα δώσουν μια πιο ομαλή κατανομή ανέμου απ' ότι λίγα μεγάλα ανοίγματα⁵⁰.

Περισσότερες πληροφορίες για τη συμβολή του πρασίνου στον έλεγχο του αέρα δίνονται στο κεφάλαιο 4.3.2.

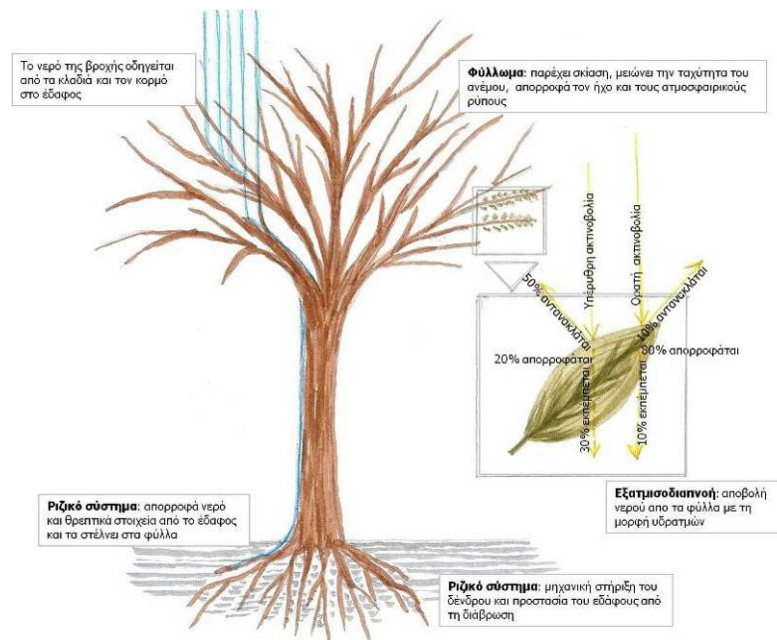
4.3 Πράσινο

4.3.1 Εισαγωγή

Τα δένδρα, μέσω του μηχανισμού της εξατμισοδιαπνοής, αποβάλλουν από τα φύλλα νερό στο περιβάλλον, με τη μορφή υδρατμών, αυξάνοντας έτσι τη σχετική υγρασία κάτω από το φύλλωμά τους.

Η λανθάνουσα θερμότητα της εξατμισοδιαπνοής είναι πολύ μεγάλη (περίπου 2.324Kkj/kg νερού). Η θερμότητα αυτή αντλείται από τον αέρα του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα τη μείωση της θερμοκρασίας του. Σε ζεστά και ξηρά κλίματα η αύξηση της υγρασίας βελτιώνει την αίσθηση της θερμικής άνεσης το καλοκαίρι.

Τις θερμές καλοκαιρινές ημέρες, ένα δέντρο μπορεί να λειτουργήσει ως φυσικό " air condition" παράγοντας μέχρι και 100 γαλόνια του νερού ημερησίως μειώνοντας έτσι την θερμοκρασία του περιβάλλοντος⁵¹.



Σχήμα 1. Χαρακτηριστικές λειτουργίες των δένδρων⁵²

Τα φύλλα των δέντρων απορροφούν το 80% της εισερχόμενης ορατής ακτινοβολίας, ανατανακλώντας συγχρόνως το 10% και εκπέμποντας το υπόλοιπο 10%. Περίπου το 20% της υπέρυθρης ακτινοβολίας απορροφάται, ενώ το 50% αντανακλάται και το 30% εκπέμπεται. Συνολικά, το ποσοστό για την ορατή και την υπέρυθρη ακτινοβολία που απορροφάται είναι περίπου 50%, το ποσοστό που αντανακλάται 30% και μόνο το 20% εκπέμπεται. Συνεπώς όλα τα δέντρα μπορούν να

φιλτράρουν περίπου το 80-90% της ακτινοβολίας, ανάλογα με το είδος και την πυκνότητα των φύλλων⁵³

4.3.2 Έλεγχος του ανέμου

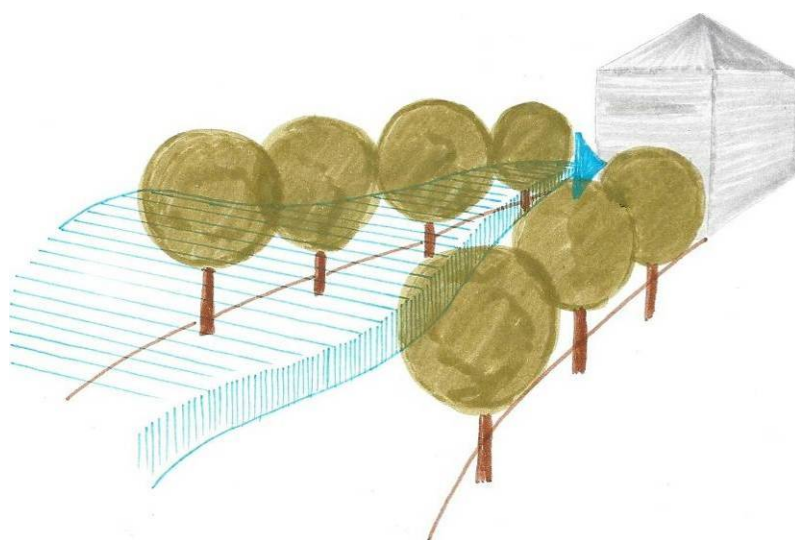
Η ταχύτητα του αέρα είναι ένας μικροκλιματικός δείκτης που μπορεί να τροποποιηθεί σημαντικά με τον κατάλληλο σχεδιασμό των υπαίθριων χώρων, γεγονός που έχει επιπτώσεις στη θερμική άνεση και στην κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια. Ο αέρας μεταφέρει τη θερμότητα μακριά από τους ανθρώπους και τα κτήρια και με τον τρόπο αυτό επηρεάζει τον ενεργειακή τους κατανάλωση.

Οι φυτεύσεις μπορούν να ελέγξουν τον αέρα με την παρεμπόδιση, την διευθέτηση, την εκτροπή και τη διήθηση.

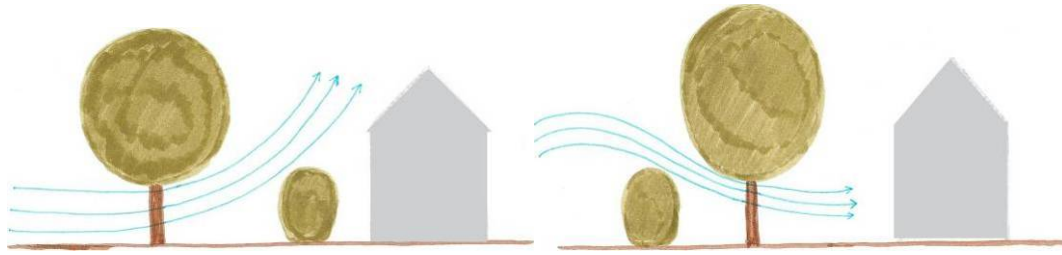
Η παρεμπόδιση με τα δέντρα, όπως με όλα τα άλλα εμπόδια, μειώνει τη ταχύτητα ανέμου με την αύξηση της αντίστασης στη ροή αέρα. Κωνοφόρα, αειθαλή φυλλοβόλα δέντρα και θάμνοι χρησιμοποιούμενοι χωριστά ή σε συνδυασμό, συμβάλλουν στην τροποποίηση των κινήσεων του ανέμου.⁵⁴

Οι θερμικές απώλειες των κτηρίων, προκαλούνται από τη διαφυγή αέρα από τους αρμούς και όταν ο άνεμος είναι έντονος οι απώλειες μπορεί να φτάσουν και το 50% των συνολικών θερμικών απωλειών. Η κατάλληλη φύτευση μπορεί να εκτρέψει τον ψυχρό αέρα και να μειώσει την ταχύτητά του.⁵⁵

Συστάδες δέντρων μπορούν να κατευθύνουν τον αέρα προς ένα κτήριο. Συνδυασμένη φύτευση δέντρων και θάμνων μπορεί να βελτιώσει την προστασία από τον χειμερινό αέρα ή να αυξήσει το δροσισμό από τον καλοκαιρινό αέρα. Σχήματα 2 και 3



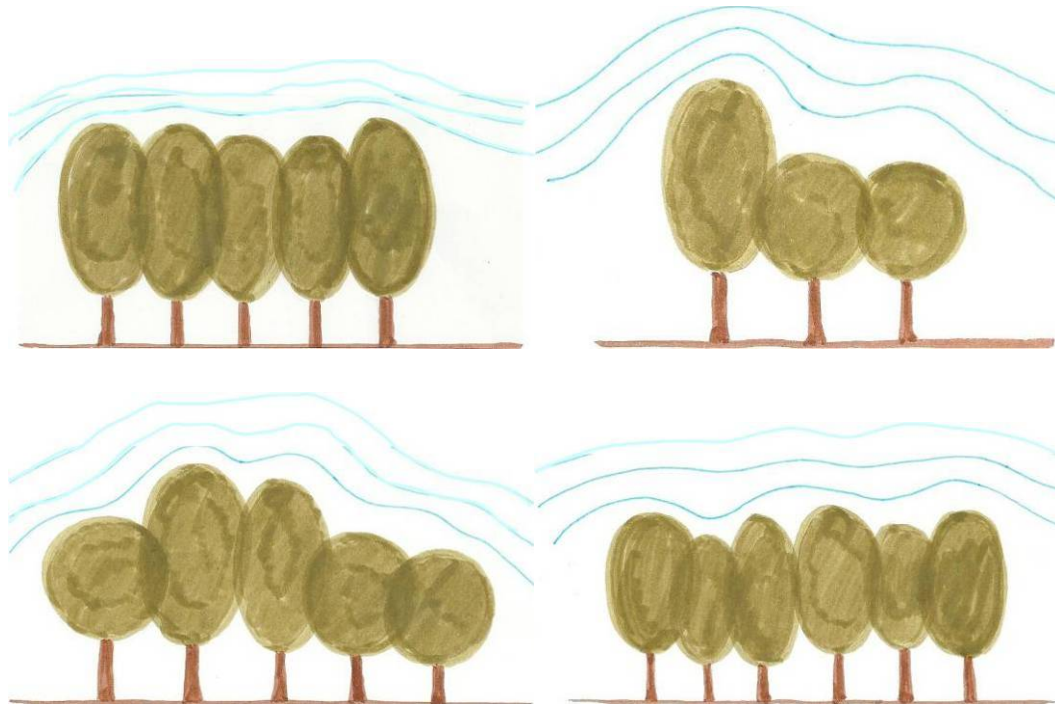
Σχήμα 2. Κατεύθυνση του αέρα προς το κτήριο μέσω συστάδων από φυλλοβόλα δέντρα⁵⁶



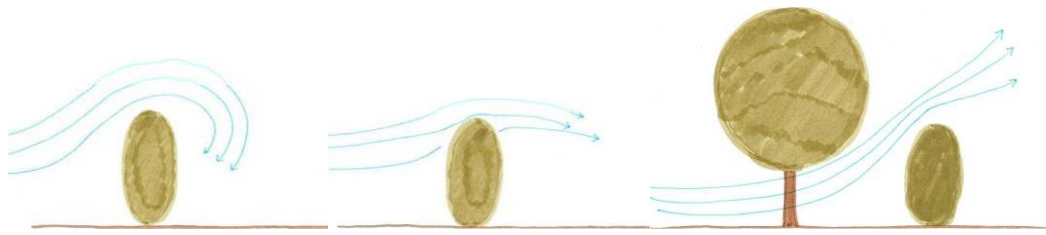
Σχήμα 3.(α) Προστασία από το χειμερινό άνεμο με τη συνδυασμένη χρήση δέντρων και θάμνων (β) Αύξηση του δροσισμού από τον καλοκαιρινό άνεμο⁵⁷

Τα δέντρα, όταν χρησιμοποιούνται ως ανεμοφράκτες δε συνδυασμό με άλλα δέντρα ή θάμνους, μειώνουν γενικά την ταχύτητα αέρα και παράγουν μια προφυλαγμένη υπήνεμη περιοχή, στην πίσω πλευρά του φράκτη. Το μέγεθος της υπήνεμης περιοχής εξαρτάται τόσο από το μέγεθος του φράκτη, όσο και από τη σύνθεσή των ειδών που περιέχει. Όσο υψηλότερη είναι η συστάδα της βλάστησης που αποτελεί το φράκτη, τόσο μεγαλύτερη υπήνεμη περιοχή δημιουργείται. Επίσης μια συστάδα δέντρων με κεκλιμένη κώμη είναι λιγότερο αποτελεσματική από μια συστάδα δέντρων με επίπεδη κώμη και μια συστάδα δέντρων που συντίθεται από διάφορα είδη είναι περισσότερο αποτελεσματική για τη μείωση της ταχύτητας του ανέμου, από μια συστάδα δέντρων που αποτελείται από ένα είδος.⁵⁸

Μερικά από τα χαρακτηριστικά των φυτών που έχουν επιπτώσεις στον αέρα είναι το μέγεθος, η θέση στο χώρο, ο προσανατολισμός και η απόσταση από το κτήριο. (Σχήμα 4, Σχήμα 5).



Σχήμα 4. Δημιουργία υπήνεμων περιοχών: (α) επιμήκης δασική συστάδα δέντρων δημιουργεί μικρή προστατευόμενη περιοχή (β) μια μικρή συστάδα δέντρων προστατεύει μια μεγαλύτερη περιοχή (γ, δ) μια συστάδα με κεκλιμένη κώμη είναι λιγότερο αποτελεσματική από τη συστάδα δέντρων με επίπεδη κώμη⁵⁹



Σχήμα 5. Οι συμπαγείς φράκτες δημιουργούν στροβιλισμούς, ενώ συνδυασμός δέντρων και θάμνων αυξάνει την ηρεμία⁶⁰

Φυτά κατάλληλα για ανεμοφράχτες είναι το κυπαρίσσι (*Cypressus sempervirens*), τα διάφορα είδη λεύκης (*Populus* sp.), η οξυά (*Fagus sylvatica*), η πεύκη (*Pinus nigra*), το πλατανοειδές σφενδάμι (*Acer platanoides*), η φλαμουριά (*Tilia platyphyllos*), ο γιουνίτερος (*Juniperus* sp.), η κρυνιά (*Cornus mas*), το λιγούστρο (*Ligustrum japonicum*), η τούγια (*Thuja* sp.)⁶¹

4.3.3 Έλεγχος της ηλιακής ακτινοβολίας

Η ικανότητα των φυτών να απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία συμβάλλει σημαντικά στον έλεγχο του μικροκλίματος. Τα δέντρα, οι θάμνοι και τα φυτά εδαφοκάλυψης λειτουργούν ως μέσα ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα φύλλα των φυλλοβόλων δένδρων είναι οι καλύτεροι τροποποιητές της ηλιακής ακτινοβολίας στα εύκρατα κλίματα.

Η χαρακτηριστική για κάθε είδος μορφή κόμης και πυκνότητα σκιάς καθορίζει και τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ως εκ τούτου, η απόδοση των δέντρων στη σκίαση και τον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας, σχετίζεται με τη μορφή και την πυκνότητα της κόμης.

Σύμφωνα με τους Brown και Gillespie (1995), τα φύλλα απορροφούν το 80% της εισερχόμενης ορατής ακτινοβολίας, ανατανακλώντας συγχρόνως το 10% και εκπέμποντας το υπόλοιπο 10%. Περίπου το 20% της υπέρυθρης ακτινοβολίας απορροφάται, ενώ το 50% αντανακλάται και το 30% εκπέμπεται. Συνολικά, το ποσοστό για την ορατή και την υπέρυθρη ακτινοβολία που απορροφάται είναι περίπου 50%, το ποσοστό που αντανακλάται 30% και μόνο το 20% εκπέμπεται. Συνεπώς όλα τα δέντρα μπορούν να φιλτράρουν περίπου το 80-90% της ακτινοβολίας, ανάλογα με το είδος και την πυκνότητα των φύλλων.

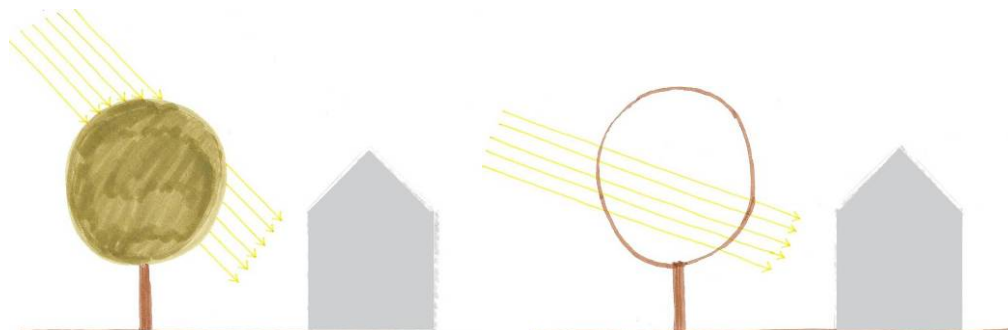
Το μεγαλύτερο μέρος της ηλιακής ενέργειας που φτάνει στη γή, είναι με τη μορφή ορατού φωτός και ηλιακών υπέρυθρων ακτίνων. Περίπου η μισή από αυτήν είναι ορατό φως και το άλλο μισό είναι υπέρυθρη ηλιακή ακτινοβολία. Εντούτοις, η ενέργεια που φθάνει στο έδαφος απορροφάται, ανατανακλάται ή εκπέμπεται από το έδαφος. Η ακτινοβολία που εκπέμπεται επιδρά στο ενεργειακό ισοζύγιο και τη θερμική άνεση, όπως και η απορροφώμενη ακτινοβολία.

Με την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας οι κλάδοι και τα φύλλα ενός δέντρου μειώνουν άμεσα την ενέργεια που φτάνει στο έδαφος, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο μειώνοντας τη θερμοκρασία στο έδαφος.

Τα φυτά μπορούν να παρεμποδίσουν πλήρως την ηλιακή ακτινοβολία ή να τη φιλτράρουν. Ένας άλλος τρόπος με τον οποίο τα φυτά επηρεάζουν την ηλιακή ακτινοβολία είναι μέσω της σκίασης.

Κάθε είδος φυτού έχει σκιά με διαφορετική μορφή και πυκνότητα. Για παράδειγμα είδη όπως το σφενδάμι (*Acer* sp.), η βελανιδιά (*Quercus* sp.) και η οξυά (*Fagus* sp.) πυκνή κόμη και παρέχουν

πυκνή σκιά, ενώ άλλα όπως η ιτιά (*Salix sp.*) που έχουν αραιή κόμη, παρέχουν ελαφριά σκιά. Φυλλοβόλα είδη είναι κατάλληλα για σκιασμό το καλοκαίρι και ηλιασμό το χειμώνα. (Σχήμα 6)



Σχήμα 6. Φυλλοβόλα είδη είναι κατάλληλα για σκιασμό το καλοκαίρι και ηλιασμό το χειμώνα⁶²

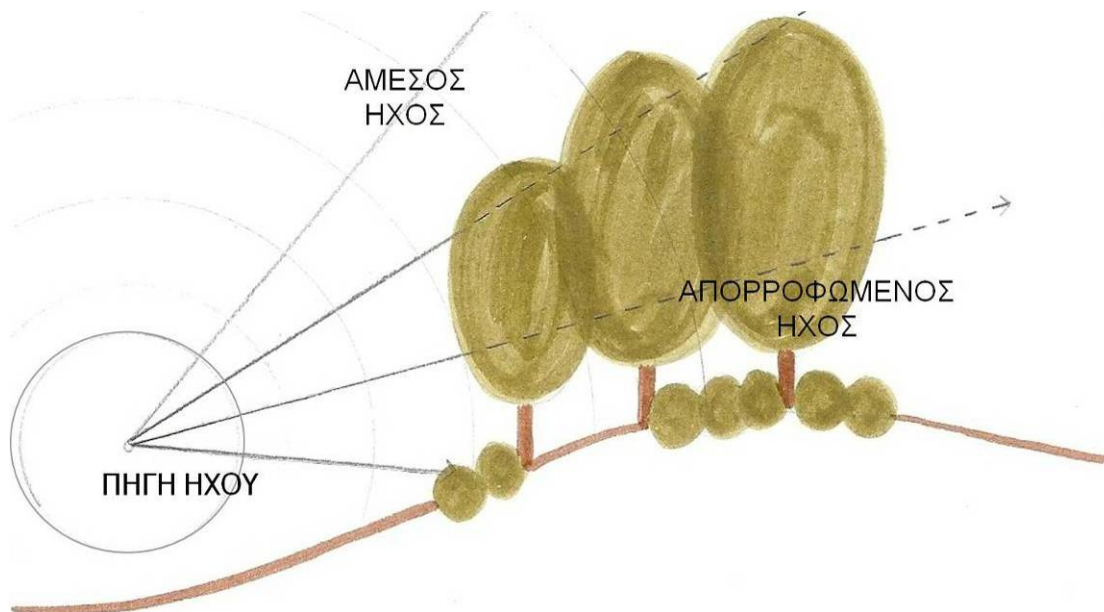
Άλλοι τρόποι σκιασμού των συμπαγών τμημάτων των κτηρίων είναι τα φυτεμένα δώματα, η χρήση αναρριχώμενων φυτών και τα τελευταία χρόνια, η νέα τεχνολογία των κατακόρυφων κήπων.

4.3.4 Έλεγχος του ήχου

Η θέση, το ύψος, το πλάτος και η πυκνότητα της κόμης των φυτών είναι παράγοντες που μπορούν να ρυθμίσουν τον ήχο στο περιβάλλον. Η ικανότητά τους αυτή καθορίζεται και από την ένταση, τη συχνότητα και την κατεύθυνση του ήχου, μέσω των μηχανισμών της απορρόφησης, της ανάκλασης και της διάχυσης.

Συστάδες φυτών που συγκροτούνται από πολλά διαφορετικά είδη, προσφέρουν καλύτερη ηχοπροστασία, λόγω της διαφορετικής ικανότητας των διαφόρων ειδών στη μείωση χαμηλών, μέσων και υψηλών συχνοτήτων.

Φυτά με πυκνό φύλλωμα, κατάλληλα να λειτουργήσουν ως στοιχεία ηχοπροστασίας είναι το κυπαρίσσι (*Cypressus sempervirens*), το ευώνυμο (*Euonymus japonicus*), το πυξάρι (*Buxus sempervirens*), το λιγούστρο (*Ligustrum japonicum*), η τούγια (*Thuja sp.*).⁶³



Σχήμα 7. Απορρόφηση του ήχου από τη βλάστηση⁶⁴

4.3.5 Επίδραση στο περιβάλλον

Η βλάστηση καθαρίζει τον αέρα με μηχανικό τρόπο, συγκρατώντας τη σκόνη από το φύλλωμα δέντρων και θάμνων. Με βιολογικό τρόπο η βλάστηση μπορεί να ελέγξει παθογόνους μικροοργανισμούς με την έκλυση βακτηριοκτόνων ουσιών από ορισμένα είδη φυτών (καρυδιά και διάφορα είδη κωνοφόρων). Επίσης η βλάστηση μέσω του μηχανισμού της φωτοσύνθεσης μπορεί να παράγει οξυγόνο που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα. Η βλάστηση επίσης συμβάλλει στην πρόληψη της διάβρωσης των εδαφών, και στη ρύθμιση της ροής των ομβρίων.

Είδη ανθεκτικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η ακακία (*Acacia* sp.) και η ακακία Κωνσταντινουπόλεως (*Albizzia julibrissim*), ο ελαίαγνος (*Eleagnus agustifolium*), η ελιά (*Olea europaea*), η υποκαστανιά (*Aesculus hippocastaneum*), η κατάληψη (*Catalpa bignonioides*), ο κράταιγος (*Crataegus* sp.), το κυπαρίσσι (*Cypressus sempervirens*), η λεύκη (*Populus* sp.), η μέλια (*Melia azedarach*), η σοφόρα (*Sophora japonica*), το σφενδάμι (*Acer* sp.), η φλαμουριά (*Tilia platanoxyloides*), η φτελιά (*Ulmus campestris*), η βερβερίδα (*Verberis* sp.), το βιβούρνο (*Viburnum* sp.), το ευώνυμο (*Euonymus japonicus*), ο συριακός ιβίσκος (*Hibiscus syriacus*), η αγγελική (*Pittosporum tobira*), ο πυράκανθος (*Pyracantha coccinea*), ο ράμνος (*Rhamnus alaternus*).⁶⁵

4.3.6 Επίδραση στο περιβάλλον

Η προσεκτικά μελετημένη χωροθέτηση της φύτευσης και η επιλογή των καταλλήλων ειδών για τον αστικό χώρο είναι οι παράγοντες που θα καθορίσουν τον τρόπο με τον οποίο αυτά θα επηρεάσουν τις μικροκλιματικές συνθήκες του χώρου στον οποίο θα τοποθετηθούν. Κατά το σχεδιασμό θα πρέπει η επιλογή των θέσεων φύτευσης να καθορίζεται σε σχέση με τα ύψη των γειτονικών κτηρίων, τα πλάτη των οδών, τα οπτικά χαρακτηριστικά των υλικών των εξωτερικών διαμορφώσεων και των όψεων των κτηρίων αλλά και σε σχέση με ήδη υπάρχουσες περιοχές πρασίνου, η συνέχιση-επέκταση των οποίων μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση του μικροκλίματος μιας ευρείας αστικής περιοχής.

Οι δενδροστοιχίες και τα μεμονωμένα δένδρα θα πρέπει να φυτεύονται ανάλογα με τον προσανατολισμό, ώστε να σκιάζονται κατά τις επιθυμητές περιόδους τα πεζοδρόμια, οι όψεις των κτηρίων και οι χώροι υπαίθριας διαβίωσης που είναι εκτεθειμένοι στον ήλιο.

Η φύτευση δένδρων που είτε με την πτώση των καρπών τους είτε με άλλο τρόπο, ρυπαίνουν και αλλοιώνουν μόνιμα τα ευνοϊκά οπτικά χαρακτηριστικά των υλικών εδαφοκάλυψης, θα πρέπει να αποφεύγεται.

Πίνακες φυτών δίνονται στο Παράρτημα V.

4.4 Σκίαση

4.4.1 Γενικά

Η σκίαση αφορά στην παρεμπόδιση του άμεσου ηλιακού φωτός να προσπίπτει σε μια επιφάνεια. Στον αστικό χώρο ενδιαφέρει κυρίως η σκίαση στο επίπεδο του ανθρώπου. Η σκίαση επιτυγχάνεται με τη γεωμετρία των φυσικών και τεχνητών στοιχείων του χώρου, δηλαδή με:

- τη χρήση δέντρων
- τη χρήση συστημάτων φύτευσης πάνω από το έδαφος (π.χ. πέργκολες)
- τη γεωμετρία των στοιχείων του αστικού ιστού (γύρω κτήρια κλπ)
- αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις όπως στοές, στέγαστρα, τοιχία κλπ
- ειδικά συστήματα σκίασης συμπαγή ή περισιδωτά ή διάτρητα, σταθερά ή κινητά, τα οποία μπορεί να έχουν και άλλες χρήσεις (π.χ. φωτοβολταϊκά στέγαστρα ή στοιχεία αστικού εξοπλισμού, όπως στάσεις λεωφορείων, στεγασμένες θέσεις στάθμευσης).



α.



β.

Εικόνα 21. α) Πέργκολα με αναρριχώμενα φυτά, β) Μόνιμα στέγαστρα που καλύπτονται από φωτοβολταϊκά πανέλα

Επισημαίνεται ότι εκτός της σκίασης, που αφορά στην παρεμπόδιση του άμεσου ηλιακού φωτός, υπάρχει σειρά παραμέτρων που επηρεάζουν τις συνθήκες ακτινοβολίας ενός χώρου, ιδιαίτερα οι ιδιότητες των υλικών που αφορούν στην ακτινοβολία (ανακλαστικότητα, απορροφητικότητα, διαπερατότητα, συντελεστής εκπομπής) και επηρεάζουν τη συνολική συνθήκη ακτινοβολίας σε ένα χώρο.

Αυτό αφορά και τα οπτικά και θερμικά χαρακτηριστικά του υφιστάμενου αστικού περιβάλλοντος στην περιοχή και περιμετρικά της περιοχής μελέτης (χρωματισμοί, ανακλαστικότητα και ιδιότητες υλικών περιβαλλόντων τοίχων και άλλων στοιχείων κλπ). Αυτές οι παράμετροι εξετάζονται στην Παράγραφο 4.1 για τα υλικά και στην Παράγραφο 4.3, που αναφέρεται στη βλάστηση.

Τα οφέλη της σκίασης είναι η μείωση της εξωτερικής θερμοκρασίας, με όλα τα συνεπαγόμενα οφέλη στο φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας και την μείωση του ενεργειακού φορτίου των παρακείμενων κτιρίων, η σημαντική βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης ενός χώρου, με αποτέλεσμα την αύξηση της χρηστικότητάς του (π.χ. μεγαλύτερη χρήση από πεζούς και ποδηλάτες και μείωση της χρήσης αυτοκινήτων), αλλά και η βελτίωση της οπτικής άνεσης.

4.4.2 Υπολογισμός σκιασμού/ηλιακή γεωμετρία

Πριν το σχεδιασμό των συστημάτων σκίασης κατά την βιοκλιματική αναβάθμιση ενός αστικού χώρου απαιτείται ο ακριβής υπολογισμός της υφιστάμενης σκίασης/ηλιασμού.

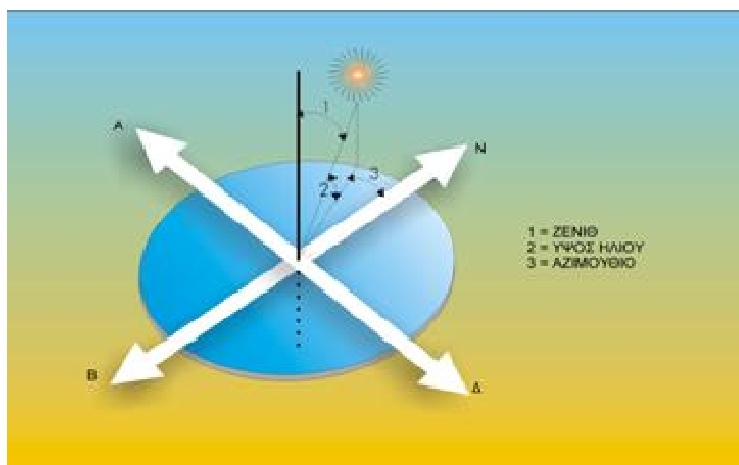
Αυτό απαιτεί την γνώση της ηλιακής γεωμετρίας και μπορεί να γίνει με τη χρήση υπολογισμών, ηλιακών χαρτών (διαγραμμάτων) ή λογισμικών (software). Καθοριστική παράμετρος της ηλιακής γεωμετρίας είναι το γεωγραφικό πλάτος της περιοχής.

Ο υπολογισμός θα πρέπει να γίνει για συγκεκριμένες ημέρες και ώρες του έτους. Επιλέγονται μια χαρακτηριστική μέρα του χειμώνα (π.χ. 21 Δεκεμβρίου), μια του καλοκαιριού (π.χ. 21 Ιουνίου) και μια ενδιάμεση (π.χ. 21 Σεπτεμβρίου ή Μαρτίου, οι οποίες, ως ισημερίες παρουσιάζουν τις ίδιες συνθήκες ηλιασμού, διαφορετικές όμως θερμικές συνθήκες). Για κάθε ημέρα υπολογίζεται ο ηλιασμός/σκιασμός κατά το πρωί, το μεσημέρι και το απόγευμα και καταγράφεται σχεδιαστικά στην κάτοψη του χώρου.

Η θέση του ηλίου, περιγράφεται από δύο γωνίες:

1. Το ηλιακό ύψος (α)
2. Το ηλιακό αζιμούθιο (γ_s)

Ύψος του ηλίου είναι η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ της θέσης του ήλιου στον ουρανό και του οριζόντιου επιπέδου, ενώ το αζιμούθιο, είναι η γωνία της ορθής προβολής του ήλιου επάνω στο οριζόντιο επίπεδο, σε σχέση με τον τοπικό μεσημβρινό Βορρά-Νότου. Ως 0 ορίζεται η κατεύθυνση του νότου, ενώ το αζιμούθιο προς την ανατολή έχει αρνητικό πρόσημο και προς τη δύση θετικό πρόσημο. Η θέση του ηλίου, σε συγκεκριμένο γεωγραφικό πλάτος, ορίζεται βάσει των δύο αυτών γωνιών: δηλαδή του αζιμουθίου στον οριζόντιο άξονα και του ύψους στον κατακόρυφο άξονα.

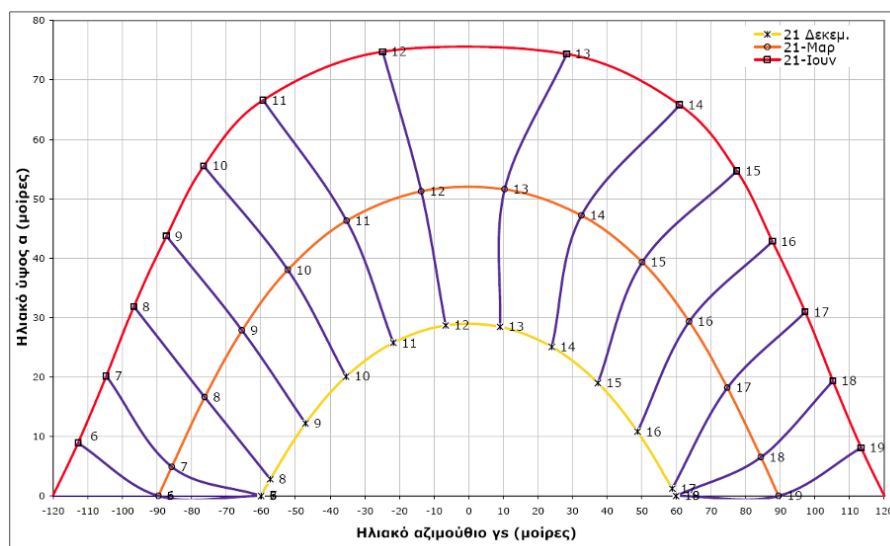


Εικόνα 22. Απεικόνιση των γωνιών υπολογισμού της θέσης του ήλιου

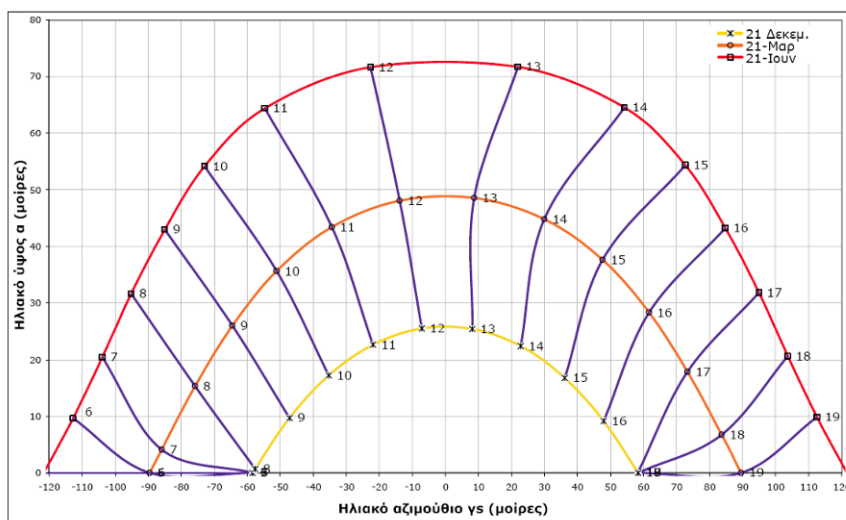
Οι σχέσεις υπολογισμού των γωνιών δίνονται αντίστοιχα από τις σχέσεις 4.11 και 4.12 της Γ της ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών»..

Για τον υπολογισμό της φαινόμενης θέσης και τροχιάς του ήλιου σε κάθε γεωγραφικό πλάτος για τις ώρες τις ημέρας κάθε μήνα (μια χαρακτηριστική ημέρα, συνήθως 21^η), υπάρχουν διαθέσιμα ηλιακά διαγράμματα (ηλιακοί χάρτες).

Για την Ελλάδα, υπάρχουν διαθέσιμοι ηλιακοί χάρτες στο Παράρτημα Γ' της ΤΟΤΕΕ 20701-3/2010 «Κλιματικά Δεδομένα Ελληνικών Περιοχών», για γεωγραφικά πλάτη από 35° Β έως 40° Β, με βήμα 1°.



Εικόνα 23. Ηλιακό διάγραμμα Αθήνας (Γεωγραφικό πλάτος 38° Β)⁶⁶

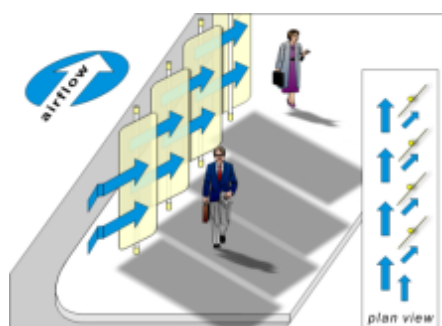


Εικόνα 24. Ηλιακό διάγραμμα Θεσσαλονίκης (Γεωγραφικό πλάτος 40° Β)⁶⁷

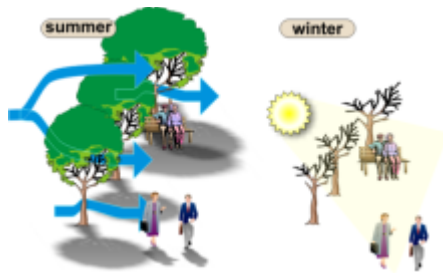
4.4.3 Επιλογή συστήματος σκίασης

Η επιλογή της απαιτούμενης σκίασης έχει ως στόχο την αύξηση των σκιαζόμενων χώρων κατά τη θερινή περίοδο, πάντοτε σύμφωνα με τις εποχιακές χρήσεις του χώρου. Παράλληλα, εξετάζεται η επίδραση της κάθε εφαρμοζόμενης τεχνικής και σε άλλες ενεργειακές/ περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως η υφιστάμενη και επιθυμητή κίνηση του αέρα συνολικά στο χώρο, αλλά και γύρω και μέσα από τα στοιχεία σκίασης (δέντρα, πέργκολες, κατασκευές κ.ο.κ.), η οπτική άνεση και η θέα, αλλά και η συνέργια της παρέμβασης με άλλες τεχνικές, όπως τη χρήση ψυχρών υλικών, χαμηλής βλάστησης, στοιχείων νερού κλπ.

Η επιλογή του κατάλληλου συστήματος για κάθε επιφάνεια/χώρο εξαρτάται πρωτίστως από τον προσανατολισμό και τη γεωμετρία. Σε χώρους με νότια ηλιακή πρόσβαση, συνιστώνται εν γένει οριζόντια σκιάστρα, ενώ κατακόρυφα εμποδίζουν τις ηλιακές ακτίνες από την ανατολή και τη δύση.



Εικόνα 25. Για τη σκίαση και τη διοχέτευση ανέμου κατά το καλοκαίρι ή για εμπόδιση του ανέμου το χειμώνα μπορούν να χρησιμοποιηθούν πετάσματα⁶⁸.



Εικόνα 26. Φυλλοβόλα δέντρα προσφέρουν σκιά το καλοκαίρι και, αν επιλεγούν κατάλληλα να ενισχύσουν το δροσισμό με εξατμισοδιαπνοή. Το χειμώνα επιτρέπουν τον ηλιασμό του χώρου⁶⁹

Ένα σκίαστρο μπορεί να είναι μόνιμο, σταθερό ή κινητό, συμπαγές ή διάτρητο. Τα διάτρητα σκίαστρα έχουν το πλεονέκτημα ότι επιτρέπουν τη διείσδυση του αέρα, διαμέσου της επιφάνειάς τους έτσι ώστε να μην εγκλωβίζεται θερμός αέρας και έχουμε φαινόμενα υπερθέρμανσης.

Εκτός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών είναι ιδιαίτερα σημαντικές οι οπτικές και θερμικές ιδιότητες των σκιάστρων, το χρώμα, η απορροφητικότητα, ο συντελεστής εκπομπής κλπ, καθώς επηρεάζουν σημαντικά τις συνθήκες ακτινοβολίας και θερμοκρασίας του χώρου.



Εικόνα 27. Στοές κατά μήκος ενός πεζόδρομου παρέχουν σκιά και προστασία από τη βροχή⁷⁰



Εικόνα 28. «Βυθισμένοι» ανοιχτοί χώροι είναι ενδιαφέρουσα λύση για την προστασία από το θόρυβο και από τον άνεμο. Ψηλά συστήματα σκιασμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς να διακόπτουν τη θέα πέρα από αυτά⁷¹.

Τα δέντρα και, εν γένει η βλάστηση, αποτελούν ίσως την καλύτερη μέθοδο σκιασμού καθώς, εκτός των άλλων περιβαλλοντικών οφελών που προσφέρουν, συνδυάζουν σκιασμό, εξατμηση, διαπερατότητα του αέρα, θέα και, εν γένει, πολύ σημαντική συνεισφορά στη βελτίωση του μικροκλίματος. Η επιλογή τους, εκτός των άλλων περιβαλλοντικών και βιολογικών κριτηρίων, τα οποία εξετάζονται εκτενώς στην Παράγραφο 4.3, πρέπει να εξετάζει τη γεωμετρία και το μέγεθος της κόμης και τη σκιά την οποία διαμορφώνουν συγκεκριμένες εποχές του έτους. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η, κατά περίπτωση, επιλογή φυλλοβόλων ή αιθαλών δέντρων.



Εικόνα 29. Δέντρα με πυκνά φυλλώματα μπορούν να λειτουργήσουν ως ανεμοφράγματα το χειμώνα όταν τοποθετούνται στην πλευρά του επικρατούντος ανέμου⁷².

Μια άλλη ιδιαίτερα αποτελεσματική παρέμβαση είναι η χρήση πέργκολας με αειθαλή ή φυλλοβόλα αναρριχώμενα φυτά.

Σε μια βιοκλιματική μελέτη αστικού χώρου θα πρέπει να αποτυπώνονται οι συνθήκες σκιασμού τόσο στην υφιστάμενη (πριν την αναβάθμιση) όσο και στην προτεινόμενη παρέμβαση για τις κρίσιμες ώρες του έτους. Η αποτύπωση αυτή αφορά τις συνθήκες στην επιφάνεια του χώρου, αλλά κυρίως στο επίπεδο του ανθρώπου (περίπου 1,50 m πάνω από το έδαφος), αλλά και καθ' ύψος, δηλαδή στην κάτοψη, σε τομή και σε αναπτύγματα του χώρου.

4.5 Φωτοβολταϊκά – Ψυχρές Καταβόθρες

4.5.1 Φωτοβολταϊκά

Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος απευθείας από την ηλιακή ενέργεια μπορεί να υποκαταστήσει σε σημαντικό βαθμό τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής του, δίνοντας ταυτόχρονα λύση σε μεγάλο μέρος των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Με την φωτοβολταϊκή τεχνολογία γίνεται εκμετάλλευση της ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας και μετατροπή της σε ηλεκτρική. Η ισχύς της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει σε μία επιφάνεια 1 m² μια ηλιόλουστη μέρα μπορεί να φθάσει το 1 KW.⁷³ Ο κύριος διαχωρισμός των φωτοβολταϊκών συστημάτων αυτών είναι σε αυτόνομα και διασυνδεδεμένα.

Στα φωτοβολταϊκά συστήματα που εγκαθίστανται στο έδαφος πάντοτε δίνεται ο προσανατολισμός και η κλίση που θα επιτρέψει την βέλτιστη εκμετάλλευση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα φωτοβολταϊκά πλαίσια τοποθετούνται επάνω σε περιστρεφόμενα στηρίγματα που ακολουθούν την τροχιά του ήλιου. Με τον τρόπο αυτό, επιτυγχάνεται η μεγιστοποίηση της προσπίπτουσας στα φωτοβολταϊκά πλαίσια ακτινοβολίας και, συνακόλουθα, η μεγιστοποίηση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα τέτοιο κινητό σύστημα μπορεί να έχει από 15 έως 25% καλύτερη απόδοση σε σχέση με τα αντίστοιχα φωτοβολταϊκά πλαίσια όταν είναι τοποθετημένα σε σταθερά στηρίγματα.

Σε περιπτώσεις δε που η ακτινοβολία δεν προσπίπτει ομοιόμορφα σε όλα τα φωτοβολταϊκά πλαίσια, συνιστάται η σύνδεση των φωτοβολταϊκών πλαισίων σε μικρές συστοιχίες με ομοιόμορφη πρόσπτωση ακτινοβολίας. Σε μια συστοιχία με μη ομοιόμορφη πρόσπτωση ακτινοβολίας ή σε περίπτωση μερικού σκιασμού αυτής, η απόδοση ολόκληρης της συστοιχίας καθορίζεται από την απόδοση του πλαισίου με τη μικρότερη απόδοση⁷⁴.

Ηλεκτρική σύνδεση

Η έξοδος της φωτοβολταϊκής συστοιχίας συνδέεται μέσω κατάλληλων μετατροπέων στο ηλεκτρικό δίκτυο. Η ηλεκτρική ενέργεια η οποία παράγεται από το φωτοβολταϊκό σύστημα χρησιμοποιείται για τη κάλυψη μέρους των αναγκών του χώρου ενώ οι υπόλοιπες καλύπτονται από το ηλεκτρικό δίκτυο. Έτσι, ο χρήστης ωφελείται από τη μειωμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο. Αν υπάρχουν περίοδοι που η παραγωγή από τα φωτοβολταϊκά είναι μεγαλύτερη από το φορτίο του χώρου, το πλεόνασμα της ενέργειας μπορεί να πωλείται στο δίκτυο με τη προβλεπόμενη τιμή. Για τη σύνδεση των φωτοβολταϊκών συστοιχιών με το ηλεκτρικό δίκτυο χρησιμοποιούνται μετατροπείς οι οποίοι μετατρέπουν το συνεχές ρεύμα που παράγουν τα φωτοβολταϊκά σε εναλλασσόμενο⁷⁵.

Η υψηλή τεχνολογία των μετατροπέων επιτρέπει την παροχή ηλεκτρικής ισχύος εξόδου υψηλής ποιότητας, ενώ για λόγους ασφαλείας του δικτύου διακόπτουν τη λειτουργία τους σε περίπτωση που διακόπτεται η παροχή του δικτύου.

Διαθέσιμες τεχνολογίες και εφαρμογή σε αστικές βιοκλιματικές αναβαθμίσεις

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα δύνανται να αξιοποιηθούν στο πλαίσιο βιοκλιματικών αναβαθμίσεων σε κοινόχρηστους χώρους υπό την μορφή φωτοβολταϊκών πεζοδρομίων αλλά και φωτοβολταϊκών σκιαδιών - περγκολών. Τα φωτοβολταϊκά πεζοδρόμια ενσωματώνουν σε τμήματα του δαπέδου του πεζοδρομίου φωτοβολταϊκά στοιχεία ώστε μέρος της ενέργειας που θα καταναλώνεται στον φωτισμό να παράγεται από αυτά ή το σύνολο της παραγόμενης ενέργειας να διοχετεύεται απ' ευθείας στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Οι φωτοβολταϊκές πλάκες συνήθως κατασκευάζονται από κεραμικό και γυαλί και παρασκευάζονται χρησιμοποιώντας μια διαδικασία που παράγει λιγότερο CO₂ και καταναλώνει λιγότερη ενέργεια από τις παραδοσιακές πλάκες πεζοδρομίου, καθιστώντας αυτό το υλικό παραγωγής ενέργειας ακόμα καλύτερο για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αστικών παρεμβάσεων. Βασική προϋπόθεση επιλογής και τοποθέτησης των φωτοβολταϊκών πλακών αποτελεί η αντιολισθητικότητα του υλικού και η δοκιμή τους σε συνθήκες βροχόπτωσης.



Εικόνα 30. Φωτοβολταϊκές πλάκες πεζοδρομίου των εταιρειών Onyx⁷⁶ και Beau Lotto⁷⁷.

Οι φωτοβολταϊκές πέργκολες είναι ξύλινες ή μεταλλικές πέργκολες που ενσωματώνουν φωτοβολταϊκά πάνελ που συνδέονται με το δίκτυο της ΔΕΗ, παρέχοντας αυτονομία ηλεκτρικής κατανάλωσης του κοινόχρηστου χώρου στον οποίο τοποθετούνται. Ενδεικτικά για μία πέργκολα 8m x 13m, η εγκαταστημένη ισχύς ενός τέτοιου διασυνδεδεμένου συστήματος μπορεί να ανέλθει στις 6.750 W και να παρέχει αυτονομία σε μεγάλο ποσοστό του κοινόχρηστου χώρου.

4.5.2 Ψυχρές καταβόθρες – ο ρόλος του εδάφους

Η χρήση του εδάφους για τον δροσισμό εξωτερικών χώρων βασίζεται στην απαγωγή της θερμότητας από τις κατασκευές σε κοινόχρηστους χώρους προς το έδαφος, επειδή το καλοκαίρι το έδαφος έχει μικρότερη θερμοκρασία από εκείνη του περιβάλλοντος και λειτουργεί ως φυσική δεξαμενή θερμότητας (καταβόθρα). Ο δροσισμός από το έδαφος εξασφαλίζεται με τις υπόσκαφες (ή ημιυπόσκαφες) κατασκευές και τους εναλλάκτες θερμότητας αέρα εδάφους.

Εναλλάκτες θερμότητας αέρα-εδάφους.

Μία ενδιαφέρουσα και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία στο πλαίσιο αξιοποίησης του εδάφους σε αστικές βιοκλιματικές αναβαθμίσεις αποτελούν οι εναλλάκτες θερμότητας αέρα-εδάφους (earth to air heat exchangers). Η ονομασία της συγκεκριμένης διάταξης ποικίλλει καθώς κάποιες φορές συναντάται ως σωλήνες εδάφους (earth tubes) ή ακόμα ως προσαρμοσμένοι στο έδαφος εναλλάκτες θερμότητας αέρα (ground-coupled air heat exchangers).

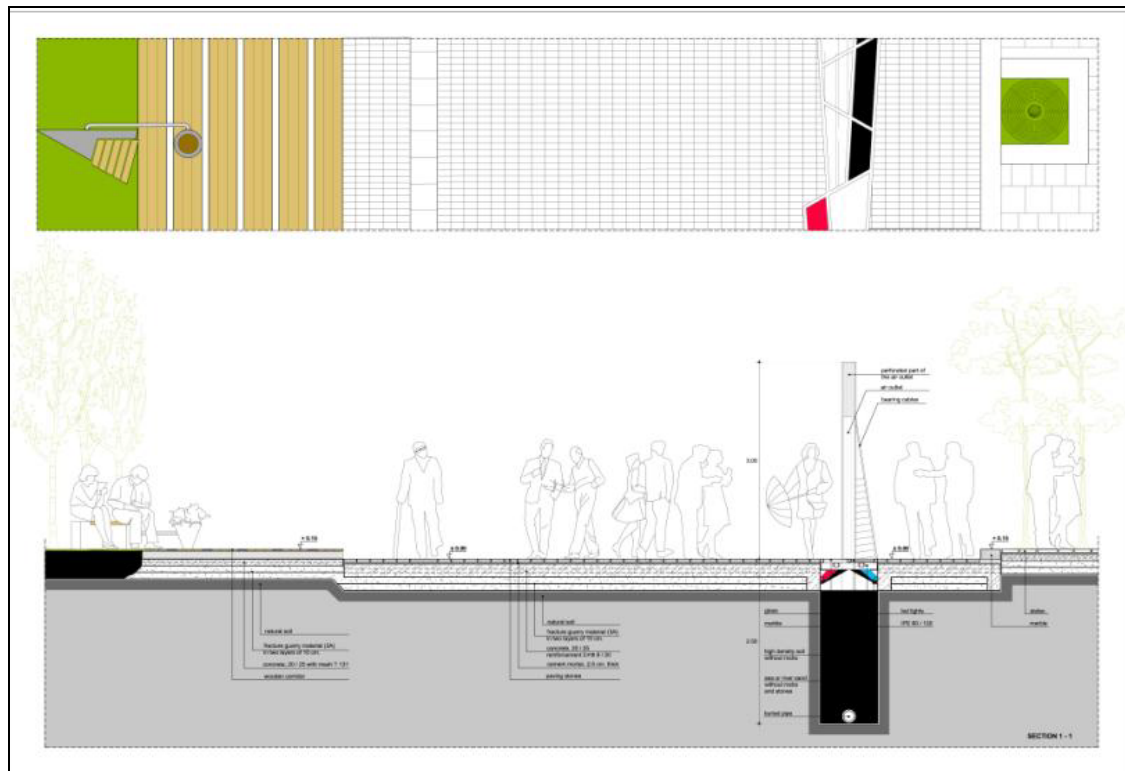
Πιο συγκεκριμένα, η βελτίωση της κλιματικής ποιότητας μιας περιοχής επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση αεραγωγών σε τάφρους. Ο αέρας της ατμόσφαιρας εισέρχεται σε αυτούς και εξέρχεται στο χώρο επέμβασης. Όπως προαναφέρθηκε, το έδαφος χαρακτηρίζεται από την ικανότητά του να αποθηκεύει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία υπό μορφή θερμότητας με αποτέλεσμα η θερμοκρασία μετά από ένα ορισμένο βάθος να παραμένει σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου. Κατ' επέκταση, η θερμοκρασία του υπεδάφους είναι χαμηλότερη από την εξωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι και υψηλότερη το χειμώνα, με αποτέλεσμα όταν ο περιβαλλοντικός αέρας διοχετεύεται μέσα στους υπόγειους σωλήνες να ψύχεται το καλοκαίρι και να θερμαίνεται το χειμώνα.⁷⁸



Εικόνα 31. Εγκατάσταση εναλλακτών θερμότητας αέρα-εδάφους.⁷⁹

Ανάλυση παραμέτρων σχεδιασμού

Η διαστασιολόγηση ενός εναλλάκτη θερμότητας θα πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να συναντά τις απαιτήσεις σχεδιασμού. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα ο αέρας στην έξοδο του θα πρέπει να θερμαίνεται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη του σημείου ψύξεως προκειμένου να αποφεύγεται το "πάγωμα" στο σημείο εκείνο ή ακόμη και άλλων τμημάτων ανάκτησης θερμότητας του συστήματος εξαερισμού. Εναλλακτικά, ο αέρας που εξάγεται από τον εναλλάκτη θα πρέπει να διανέμει ολόκληρο ή τμήμα του ψυκτικού φορτίου κατά τη διάρκεια μίας καλοκαιρινής ημέρας. Οι απαιτήσεις αυτές επιτυγχάνονται θερμαίνοντας ή ψύχοντας τον αέρα εξαερισμού στον υπόγειο αγωγό, από την εξωτερική θερμοκρασία του αέρα προς την θερμοκρασία του εδάφους πλησίον του αγωγού⁸⁰. Από τη φύση του προβλήματος, επιλέγονται οι ακόλουθες παράμετροι διαστασιολόγησης όπως: ο ρυθμός ροής μάζας του αέρα, η θερμοκρασία του αέρα που εισέρχεται, η επιθυμητή θερμοκρασία του εξαγόμενου αέρα. Ο ρυθμός ροής μάζας του αέρα και η θερμοκρασία του εξαγόμενου αέρα καθορίζονται από τις απαιτήσεις σχεδιασμού. Η θερμοκρασία του εισαγόμενου στον αγωγό αέρα και η θερμοκρασία του εδάφους προκύπτουν από τα κλιματικά δεδομένα του προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα, η θερμοκρασία του εδάφους προσδιορίζεται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος και από τη σύνθεση του εδάφους, τις θερμικές του ιδιότητες και την περιεκτικότητα του σε νερό⁸¹. Η μείωση της θερμοκρασίας του αέρα κατά την έξοδο σε μια καλοκαιρινή μέρα εξαρτάται από την θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής, τη θερμοκρασία του εδάφους στο βάθος του εναλλάκτη, τη θερμική αγωγιμότητα των σωλήνων, το συντελεστή θερμικής διάχυσης του εδάφους, καθώς και τη ταχύτητα του αέρα και τις διαστάσεις σωλήνα. Η κυκλοφορία του αέρα μέσα στον εναλλάκτη επιτυγχάνεται με φυγοκεντρικό ανεμιστήρα. Ο ανεμιστήρας πρέπει να τοποθετηθεί στην είσοδο ή την έξοδο του εναλλάκτη θερμότητας και πρέπει να επιλεγεί έτσι ώστε να επιτευχθεί μια γραμμική ταχύτητα περί τα 5 m/s στον αγωγό. Η προτεινόμενη τιμή για την ταχύτητα του αντιστοιχεί σε ένα θαμμένο σωλήνα μήκους τουλάχιστον 25 m μήκος, σε 2.75 m βάθος και κατ' ανώτατο όριο διάμετρο 0.25 m. Ο ανεμιστήρας πρέπει να είναι μικρού μεγέθους και θα πρέπει να έχει πολύ χαμηλή ακουστική όχληση. Η έξοδος του αέρα θα πρέπει να είναι σε ένα ορισμένο ύψος για να αποφύγει την άμεση κυκλοφορία του αέρα σε ανθρώπινα πρόσωπα.



Εικόνα 32. Ενδεικτική τομή χωροθέτησης συστήματος εναλλάκτη θερμότητας⁸².

Συγγραφείς Κεφαλαίου 4:

Διαμαντόπουλος Δημήτρης, Αρχιτέκτων, Πολεοδόμος

Καρβούνης Αλέξανδρος, Mphil, Πολεοδόμος Μηχανικός

Μητράκα Ζηνοβία, MSc, Μαθηματικός

Μπενάς Νίκος, MSc, Φυσικός

Παπαϊωάννου Μαρία, MSc Πολεοδόμος, Γεωπόνος, Αρχιτέκτων

Τζανακάκη Εύη, MSc Αρχιτέκτων

Χρυσουλάκης Νεκτάριος, MSc, PhD, Φυσικός

5. Εργαλεία εκτίμησης βιοκλιματικών παραμέτρων

Λόγω της χωρικής ανομοιογένειας της αστικής επιφάνειας και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, ακόμα και αν υπάρχουν μικρομετεωρολογικές μετρήσεις σε κάποιο σημείο της περιοχής επέμβασης, αυτές δε μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές για κάθε σημείο της περιοχής, γιατί τόσο το πεδίο της ακτινοβολίας, όσο και το πεδίο του ανέμου διαμορφώνονται από τα τοπικά χαρακτηριστικά. Συνεπώς, για την αποτύπωση χωρικών κατανομών βιοκλιματικών παραμέτρων στην περιοχή επέμβασης, απαιτείται η χρήση μοντέλων προσομοίωσης των παραμέτρων αυτών. Τέτοια μοντέλα βασίζονται σε απλές αρχές διατήρησης και χρησιμοποιούν μαθηματικές τεχνικές τόσο για τη διακριτοποίηση (υποδιαίρεση σε διακριτά ομογενή στοιχεία πεπερασμένου μεγέθους) του χώρου σε ομογενείς στοιχειώδεις επιφάνειες, όσο και για την εκτίμηση των ζητούμενων παραμέτρων για κάθε σημείο του χώρου που αντιστοιχεί σε καθεμία από τις στοιχειώδεις αυτές επιφάνειες. Οι μετεωρολογικές μετρήσεις καθορίζουν τις αρχικές συνθήκες, ενώ τα χαρακτηριστικά του αστικού χώρου καθορίζουν τις συνοριακές συνθήκες που απαιτούνται για την επίλυση των εξισώσεων των μοντέλων αυτών για την υλοποίηση των προσομοιώσεων των χωροχρονικών κατανομών των ζητούμενων βιοκλιματικών παραμέτρων.

Για κάποια από τα μοντέλα αυτά έχει δημιουργηθεί φιλικό προς το χρήστη γραφικό περιβάλλον για τη διαχείρισή τους, για την εισαγωγή των δεδομένων και για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεών τους. Στην περίπτωση αυτή το μοντέλο αποτελεί ένα φιλικό προς το χρήστη εργαλείο εκτίμησης βιοκλιματικών παραμέτρων. Προτάσεις εργαλείων λογισμικού τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους μελετητές για την ανάλυση βιοκλιματικών παραμέτρων δίνονται στις ενότητες που ακολουθούν. Τα εργαλεία αυτά μπορούν να χωριστούν σε κυρίως σε δύο κατηγορίες:

- Λογισμικά βασισμένα σε μεθόδους υπολογιστικής ρευστομηχανικής τα οποία χρησιμοποιούν προηγμένες μαθηματικές προσεγγίσεις βασισμένες σε επίλυση διαφορικών εξισώσεων. Τα μοντέλα αυτά μπορούν να υπολογίσουν με μεγάλη ακρίβεια κάθε ζητούμενη παράμετρο σε κάθε σημείο του διακριτοποιημένου χώρου, όμως υπάρχει πολυπλοκότητα στη διαχείρισή τους και απαιτούν μεγάλη υπολογιστική ισχύ και μεγάλο όγκο δεδομένων εισαγωγής για τις προσομοιώσεις τους. Παραδείγματα τέτοιων λογισμικών παρουσιάζονται στην Ενότητα 5.1.
- Λογισμικά αποτελούμενα από απλές εξισώσεις με βάση συγκεκριμένες παραδοχές για την αναπαράσταση του αστικού χώρου και των ροών ενέργειας σε αυτόν για την απλοποίηση του προβλήματος. Τα λογισμικά της κατηγορίας αυτής είναι υποδεέστερα σε ακρίβεια από τα προηγούμενα, όμως είναι απλούστερα στη διαχείρισή τους γιατί συνήθως συνοδεύονται από γραφικό περιβάλλον εργασίας, μπορούν να παραμετροποιηθούν εύκολα με χρήση στοιχειωδών μετεωρολογικών μετρήσεων και οι απαιτήσεις τους σε υπολογιστική ισχύ είναι μικρές. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα λογισμικά RayMan και ENVI-Met που παρουσιάζονται στις Ενότητες 5.2 και 5.3, αντίστοιχα, τα οποία είναι σχετικά απλά στη χρήση τους και έχουν τη δυνατότητα εκτίμησης χωροχρονικών κατανομών βιοκλιματικών παραμέτρων, στις οποίες μπορεί να βασιστεί μια μελέτη βιοκλιματικής αστικής αναβάθμισης.

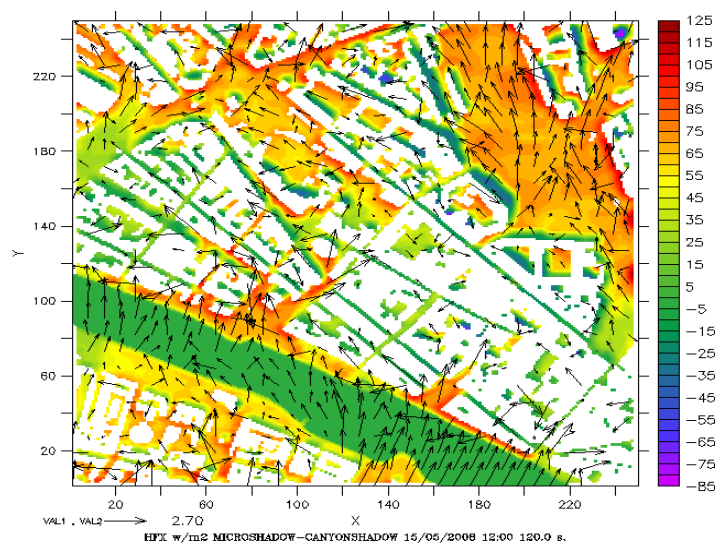
5.1. Λογισμικά βασισμένα σε μεθόδους υπολογιστικής ρευστομηχανικής

Η προσομοίωση της ροής του αέρα μπορεί να πραγματοποιηθεί ιδανικά με χρήση μοντέλων υπολογιστικής ρευστομηχανικής (CFD: Computational Fluid Dynamics). Με την ανάπτυξη των Βιοκλιματικές Αναβαθμίσεις Δημόσιων Ανοικτών Χώρων-Οδηγός Μελετών

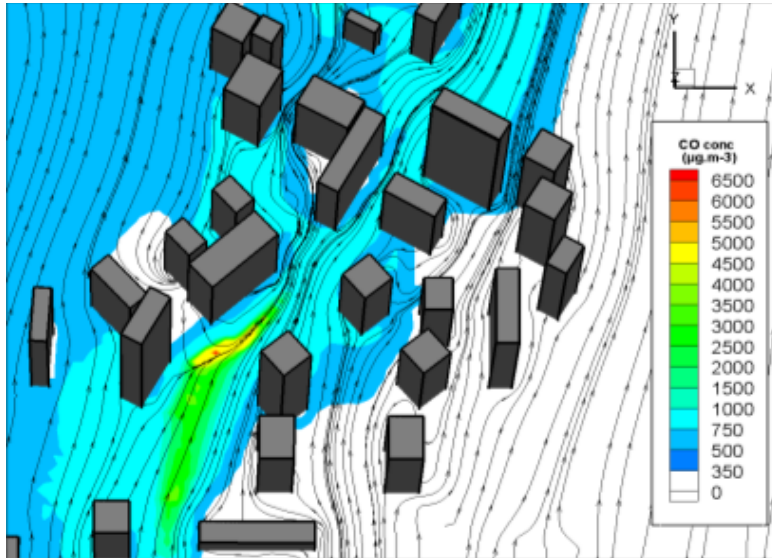
δυνατοτήτων των σύγχρονων υπολογιστών και την βελτιστοποίηση των υπολογιστικών μεθόδων, το μοντέλο υπολογιστικής ρευστομηχανικής έχουν γίνει ένα προσιτό εργαλείο για την προσομοίωση ροών σε αστικές περιοχές. Ο όρος υπολογιστική ρευστομηχανική αναφέρεται γενικά στην ανάλυση συστημάτων που περιέχουν ροές ρευστών, μεταφορά θερμότητας και φαινόμενα που σχετίζονται με αυτά (π.χ. χημικές αντιδράσεις) με χρήση υπολογιστικών μεθόδων. Τα μοντέλα RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes equation) που ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των μοντέλων υπολογιστικής ρευστομηχανικής χρησιμοποιούνται ευρέως για εκτίμηση χωρο-χρονικών κατανομών της ροής του αέρα σε αστικές περιοχές. Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα τέτοιων μοντέλων.

5.1.1 Παράδειγμα 1: MICROSYS/VADIS

Τα MICROSYS⁸³ και VADIS⁸⁴ χρησιμοποιούνται στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού έργου καινοτομίας BRIDGE (<http://www.bridge-project.eu>), για την εκτίμηση μικρο-μετεωρολογικών παραμέτρων σε πέντε πόλεις μεταξύ των οποίων και η Αθήνα. Το MICROSYS είναι ένα μοντέλο υπολογιστικής ρευστομηχανικής το οποίο μπορεί να εκτιμήσει τη χωροχρονική κατανομή μετεωρολογικών μεταβλητών και ροών θερμότητας σε κλίμακα 1 -10 m και είναι ιδανικό για εφαρμογή στο αστικό περιβάλλον. Για προσομοίωση με MICROSYS είναι απαραίτητη η λεπτομερής γεωμετρία και δομή των κτηρίων και των δρόμων, τα όρια ταχύτητας, οι φωτεινοί σηματοδότες, η ροή της κυκλοφορίας και οι τύποι των οχημάτων. Το VADIS είναι ένα μοντέλο υπολογιστικής ρευστομηχανικής το οποίο μπορεί αντίστοιχα να προσομοιώσει το πεδίο του ανέμου στη μικροκλίμακα και να εκτιμήσει συγκεντρώσεις ρύπων αποτυπώνοντας την ποιότητα του αέρα σε μια περιοχή⁸⁵.



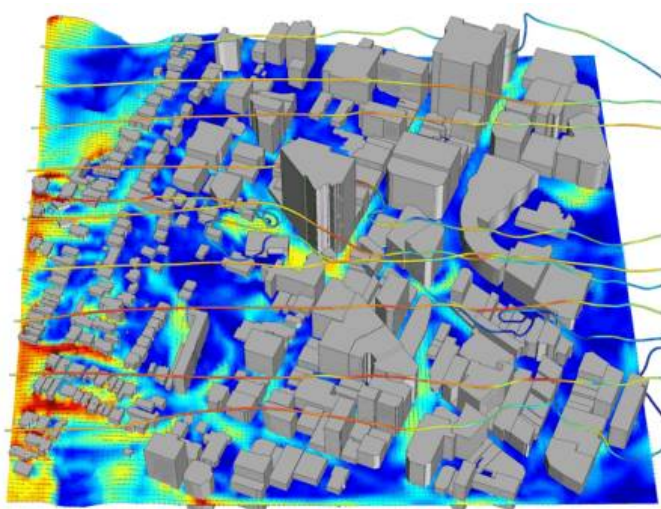
Εικόνα 33. α) Ροή λανθάνουσας θερμότητας για την πόλη της Φλωρεντίας⁸⁶. Ο υπολογισμός αφορά το επίπεδο του εδάφους, συνεπώς οι λευκές περιοχές αντιστοιχούν σε κτήρια. Τα διανύσματα αποτυπώνουν την ένταση και τη διεύθυνση του ανέμου σε κάθε σημείο της αστικής επιφάνειας. Η ροή (W/m^2) της λανθάνουσας θερμότητας από την επιφάνεια προς την ατμόσφαιρα. Στη χρωματική κλίμακα που έχει επιλεγεί για την οπτικοποίηση, μεγάλες τιμές λανθάνουσας θερμότητας παρουσιάζονται με αποχρώσεις του κόκκινου και του κίτρινου. Είναι γνωστό ότι η λανθάνουσα θερμότητα προκαλείται από τη διαπνοή των φυτών και από την εξάτμιση, συνεπώς στις περιοχές με έντονη φυτοκάλυψη, όπως το πάρκο (επάνω δεξιά) και οι παρόχθιες περιοχές (κάτω αριστερά), παρουσιάζει μέγιστα.



Εικόνα 34. Πεδίο ανέμου και συγκεντρώσεις μονοξειδίου του άνθρακα για περιοχή του Ελσίνκι⁸⁷. Η διαμόρφωση της ροής του ανέμου από τα κτήρια είναι προφανής. Παρατηρείται πύκνωση των ρευματογραμμών ανάμεσα στα κτήρια γεγονός που υποδηλώνει επιταχύνσεις της ροής. Η διάταξη των κτηρίων επιδρά συνεπώς έμμεσα στη συγκέντρωση των ρύπων σε κάθε σημείο. Το μέγιστο της συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα που παρουσιάζεται με κόκκινο και κίτρινο σε μια μικρή περιοχή (κεντρικός δρόμος), είναι συνέπεια της θέσης των κτηρίων σε σχέση με την πηγή του ρύπου: ο ρύπος δημιουργείται από την κυκλοφορία στο δρόμο και τα κτήρια εμποδίζουν τη διασπορά του σε μεγαλύτερη περιοχή (ελάττωση της συγκέντρωσής του), λόγω της διαμόρφωσης που προκαλούν στη ροή του αέρα.

5.1.2 Ελεύθερο λογισμικό Gerris

Το Gerris⁸⁸ είναι ένα ελεύθερο λογισμικό το οποίο εντάσσεται στην κατηγορία των μοντέλων υπολογιστικής ρευστομηχανικής και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση ροών ανέμου σε μια αστική περιοχή. Το λογισμικό αυτό μπορεί να ανακτηθεί χωρίς κόστος από την παρακάτω ιστοσελίδα: http://gfs.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page



Εικόνα 35. Παράδειγμα ροής ανέμου με χρήση του μοντέλου GERRIS⁸⁹.

5.2. Λογισμικό RayMan

Το λογισμικό RayMan χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό των ροών ηλιακής και θερμικής ακτινοβολίας στο ανθρώπινο σώμα. Μεταξύ των αποτελεσμάτων του μοντέλου περιλαμβάνονται η

μέση θερμοκρασίας ακτινοβολίας (T_{mrt}) και οι δείκτες θερμικής άνεσης: αναμενόμενη μέση αποδοχή (PMV), φυσιολογική ισοδύναμη θερμοκρασία (PET) και κανονική ενεργός θερμοκρασία (SET*). Το λογισμικό RayMan μπορεί να αναλύσει περίπλοκες αστικές δομές. Στην Εικόνα 36, παρουσιάζεται το κύριο παράθυρο εισαγωγής δεδομένων του μοντέλου.

The screenshot shows the RayMan Pro software interface with the following sections and data:

- Date and time:** Date (day.month.year) 19.6.2005, Day of year 170, Local time (h:mm) 22:31. Button: Now and today.
- Geographic data:** Location: 1st location - erster Ort. Buttons: Add location, Remove location. Geogr. longitude (°.. ' E) 7°51', Geogr. latitude (°.. ' N) 48°0', Altitude (m) 323, Timezone (UTC + h) 1.0.
- Current data:** Air temperature T_a (°C) 20.0, Vapour pressure VP (hPa) 12.5, Rel. humidity RH (%) 53.5, Wind velocity v (m/s) 1.0, Cloud cover N (octas) 0.0, Global radiation G (W/m²), Mean radiant temp. T_{mrt} (°C).
- Personal data:** Height (m) 1.75, Weight (kg) 75.0, Age (a) 35, Sex m.
- Clothing and activity:** Clothing (clo) 0.9, Activity (W) 80.0, Position standing.
- Thermal indices:** PMV, PET, SET*.
- Buttons:** Calculation: New, Add, Close.

Εικόνα 36. Παράθυρο δεδομένων εισόδου του μοντέλου RayMan για τον υπολογισμό της μέση θερμοκρασίας ακτινοβολίας και των δεικτών θερμικής άνεσης⁹⁰.

Στα δεδομένα εισόδου περιλαμβάνονται:

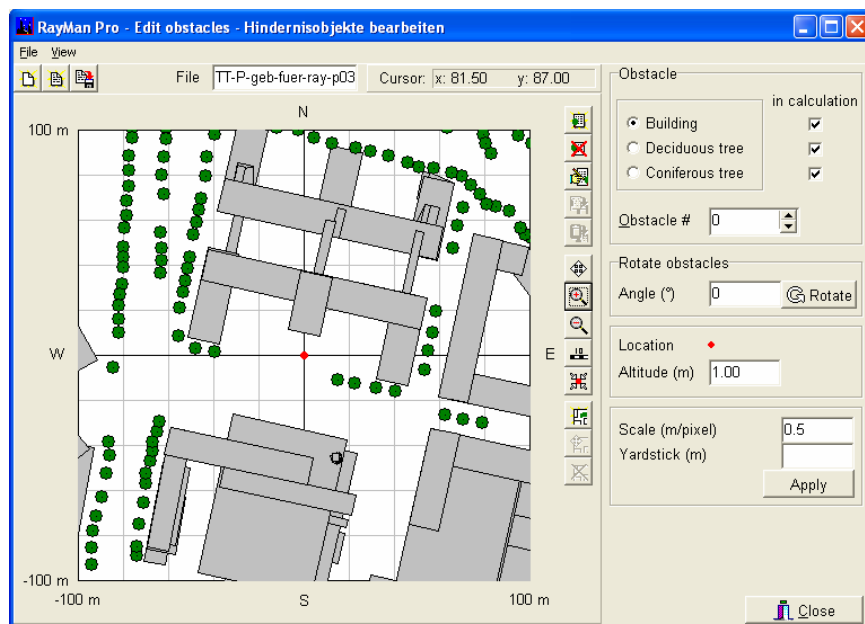
- Χρονολογικά δεδομένα: ημερομηνία, ημέρα και ώρα.
- Γεωγραφικά δεδομένα: τοποθεσία (γεωγραφικό μήκος και πλάτος), υψόμετρο.
- Μετεωρολογικά δεδομένα: θερμοκρασία και υγρασία αέρα, πίεση υδρατμών, νεφοκάλυψη.
- Προσωπικά δεδομένα: παράμετροι του ανθρώπινου σώματος.
- Δεδομένα δραστηριότητας και ρουχισμού.

Οι δύο τελευταίες κατηγορίες απαιτούνται για τον υπολογισμό των δεικτών θερμικής άνεσης. Το μοντέλο μπορεί να λάβει υπόψη διάφορα σενάρια για τον υπολογισμό των ρών ακτινοβολίας στα αστικά περιβάλλοντα:

- Τοπογραφικά δεδομένα: δεδομένα τοπογραφίας μπορούν να εισαχθούν ή να δημιουργηθούν, ώστε να ληφθεί υπόψη η επίδραση του περιορισμού του ορίζοντα στα πεδία και τις ροές ακτινοβολίας.
- Μορφολογία περιβάλλοντος: κτήρια και δέντρα (αιθαλή και φυλλοβόλα) μπορούν να σχεδιαστούν και να εισαχθούν.
- Χρήση ημισφαιρικής εικόνας (fish-eye), είτε με σχεδιασμό εμποδίων στον ορίζοντα, είτε με εισαγωγή φωτογραφικών δεδομένων, για τον υπολογισμό του συντελεστή θέασης του ουρανού.

Όλες αυτές οι παράμετροι μπορούν να ληφθούν υπόψη ή να αγνοηθούν, ανάλογα με το σκοπό του εκάστοτε υπολογισμού. Επίσης, μπορούν να αποθηκευτούν σε αρχεία για να χρησιμοποιηθούν ξανά ή για περαιτέρω επεξεργασία. Στην Εικόνα 37 παρουσιάζεται το παράθυρο για το σχεδιασμό της

αστικής δομής, με ένα παράδειγμα. Ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων γίνεται για το κέντρο της περιοχής (κόκκινη τελεία).



Εικόνα 37. Παράθυρο εισαγωγής αστικής δομής⁹¹

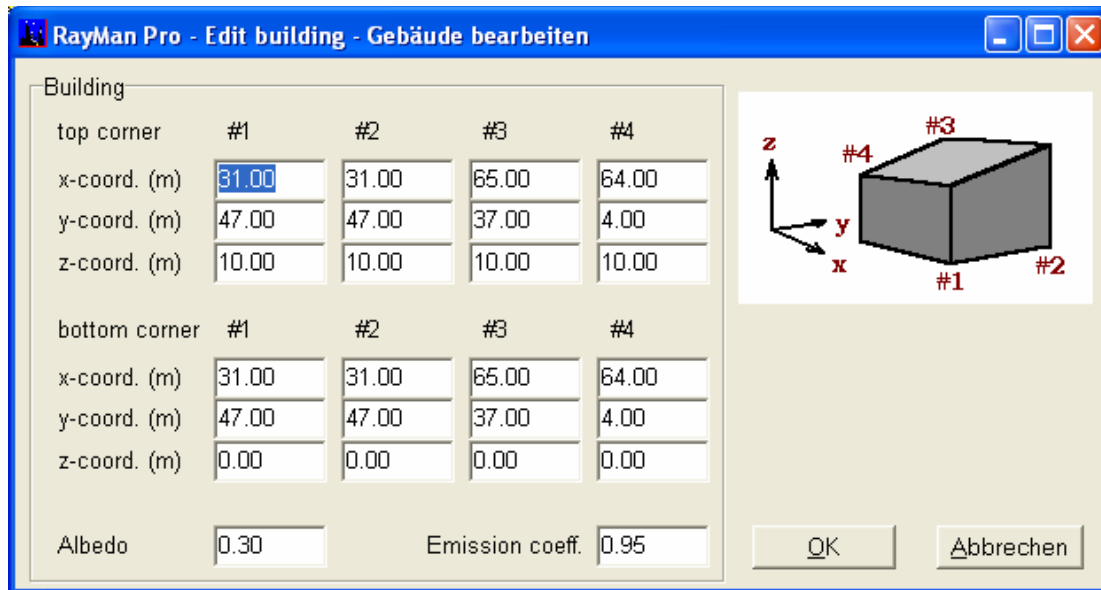
Από το παράθυρο σχεδιασμού καθορίζονται:

- Τα εμπόδια που θα ληφθούν υπόψη κατά τους υπολογισμούς. Αυτά μπορεί να είναι κτήρια, αιθαλή δέντρα ή φυλλοβόλα.
- Η γωνία περιστροφής της εικόνας γύρω από το κέντρο της περιοχής, στο οποίο γίνεται ο υπολογισμός των αποτελεσμάτων.
- Το ύψος (σε μέτρα) στο οποίο γίνεται ο υπολογισμός.
- Η κλίμακα της εικόνας (μέτρα/pixel).

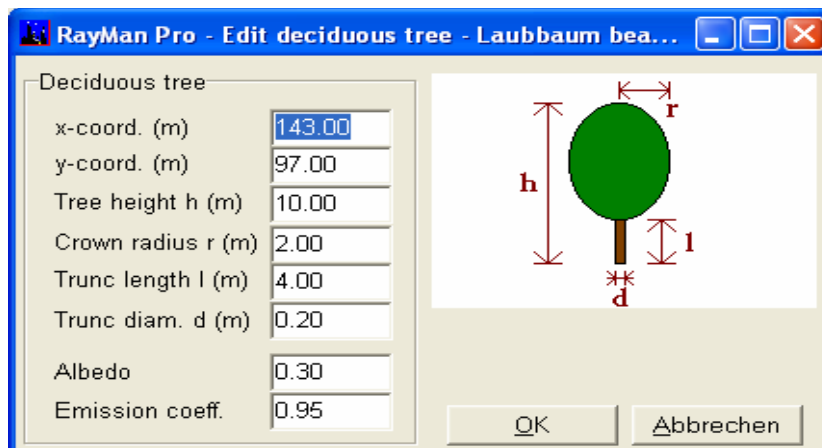
Στις Εικόνες 38 και 39 εμφανίζονται τα παράθυρα σχεδιασμού κτηρίων και δέντρων αντίστοιχα, με τις παραμέτρους που μπορούν να ελεγχθούν. Αυτές οι παράμετροι περιλαμβάνουν:

- *Για τα κτήρια:*
 - Συντεταγμένες (x, y, z, σε μέτρα από την αρχή των αξόνων (κόκκινη τελεία στο κέντρο της εικόνας)), για κάθε μία από τις γωνίες στη βάση και στην οροφή του κτηρίου.
 - Συντελεστές ανάκλασης και εκπομπής του υλικού του κτηρίου.
- *Για τα δέντρα:*
 - Συντεταγμένες (x, y σε μέτρα από το κέντρο).
 - Φυσικά χαρακτηριστικά του δέντρου: ύψος, διάμετρος κόμης, ύψος και διάμετρος κορμού.

- Συντελεστές ανάκλασης και εκπομπής.

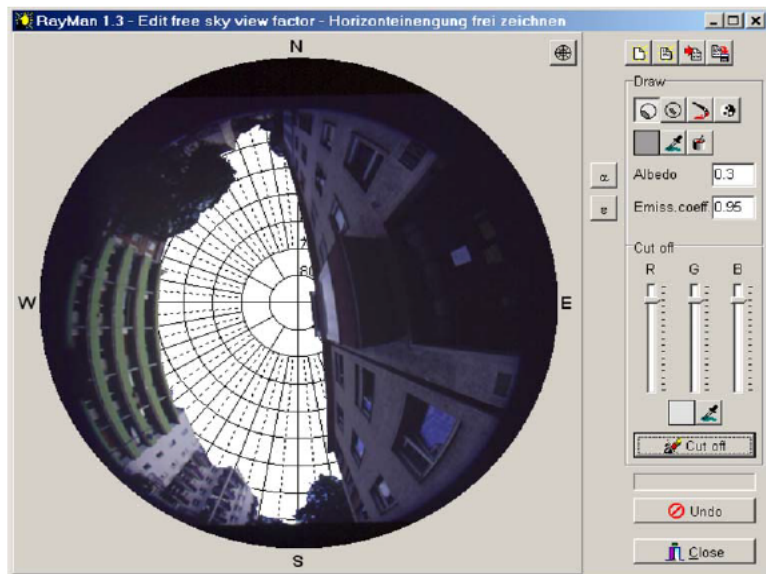


Εικόνα 38. Παράθυρο σχεδιασμού κτηρίων και απόδοσης οπτικών ιδιοτήτων (ανακλαστικότητα και συντελεστής εκπομπής)⁹²



Εικόνα 39. Παράθυρο σχεδιασμού δέντρων, με τις εξής παραμέτρους: συντεταγμένες, ύψος δέντρου, διάμετρος κόμης, μήκος και διάμετρος κορμού, ανακλαστικότητα και συντελεστής εκπομπής⁹³

Στην Εικόνα 40 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εισαγωγής ημισφαιρικής φωτογραφίας για τον προσδιορισμό του συντελεστή θέασης του ουρανού.

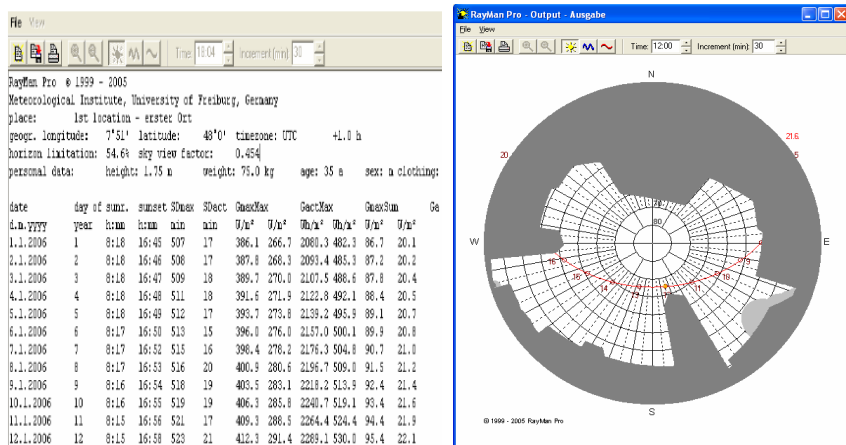


Εικόνα 40. Παράθυρο για το σχεδιασμό ή την εισαγωγή ημισφαιρικών εικόνων⁹⁴.

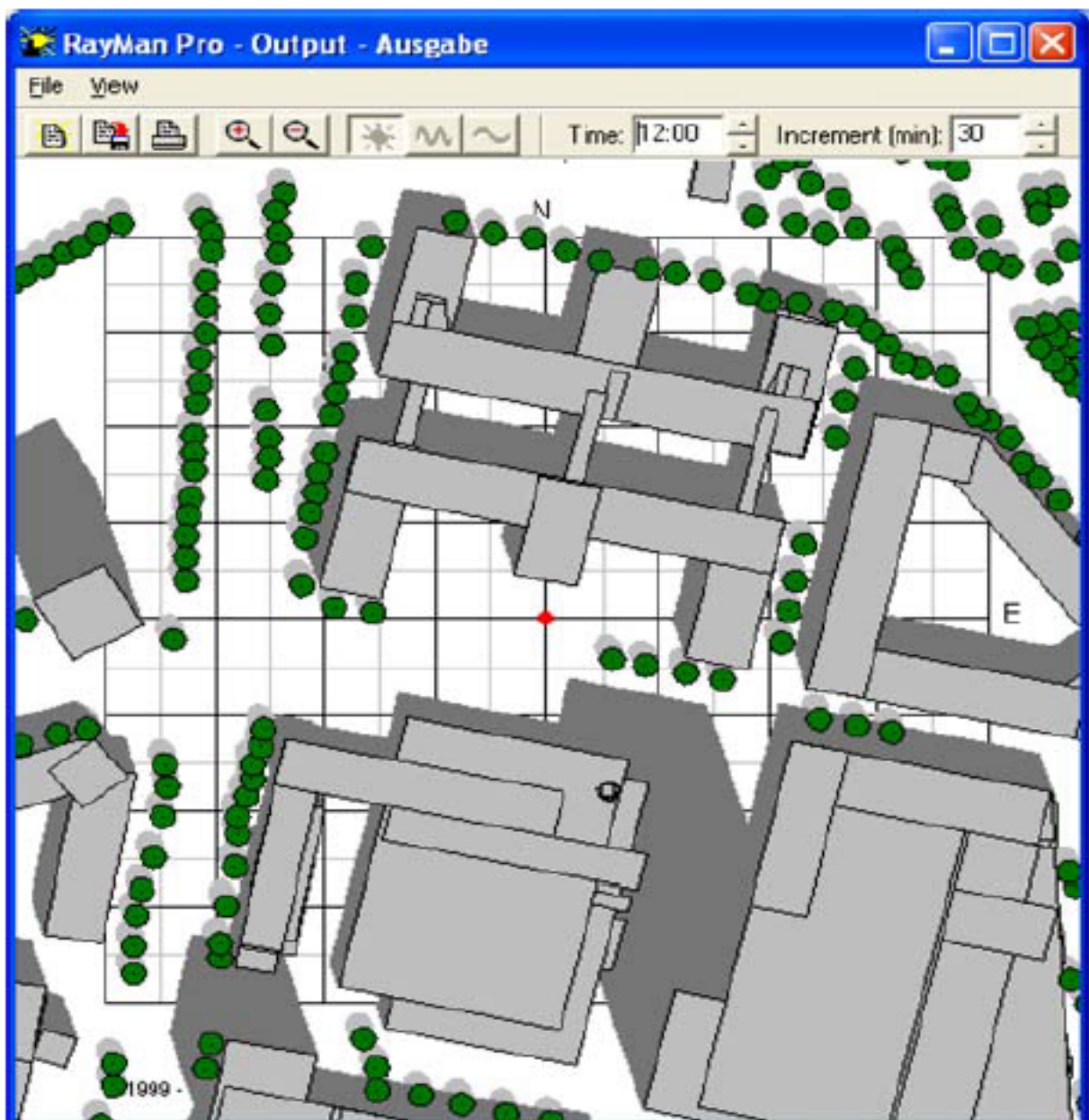
Μεταξύ των αποτελεσμάτων του μοντέλου περιλαμβάνονται:

- Οι συνιστώσες της ακτινοβολίας
- Η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας και οι προαναφερθέντες δείκτες θερμικής άνεσης.
- Η τροχιά του Ήλιου για τη συγκεκριμένη ημέρα υπολογισμού (παράδειγμα στην Εικόνα 41).
- Η σκίαση από τις διάφορες αστικές δομές (κτήρια, δέντρα), ώστε να καθορίζονται οι περιοχές όπου η σκιά επηρεάζει τις ροές ακτινοβολίας (παράδειγμα στην Εικόνα 42).
- Υπολογισμός της διάρκειας ηλιοφάνειας.

Το λογισμικό RayMan μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορες εφαρμογές. Π.χ. ο υπολογισμός των ροών ακτινοβολίας, η διάρκεια της ηλιοφάνειας και η σκίαση μπορούν να παραχθούν χωρίς μετεωρολογικά δεδομένα. Η Εικόνα 41 παρουσιάζει ένα παράδειγμα αποτελεσμάτων ροών ακτινοβολίας σε ημερήσια βάση.



Εικόνα 41. Αριστερά, πίνακας αποτελεσμάτων με ροές ακτινοβολίας σε ημερήσια βάση και δεξιά, παράδειγμα υπολογισμού της τροχιάς του ήλιου⁹⁵

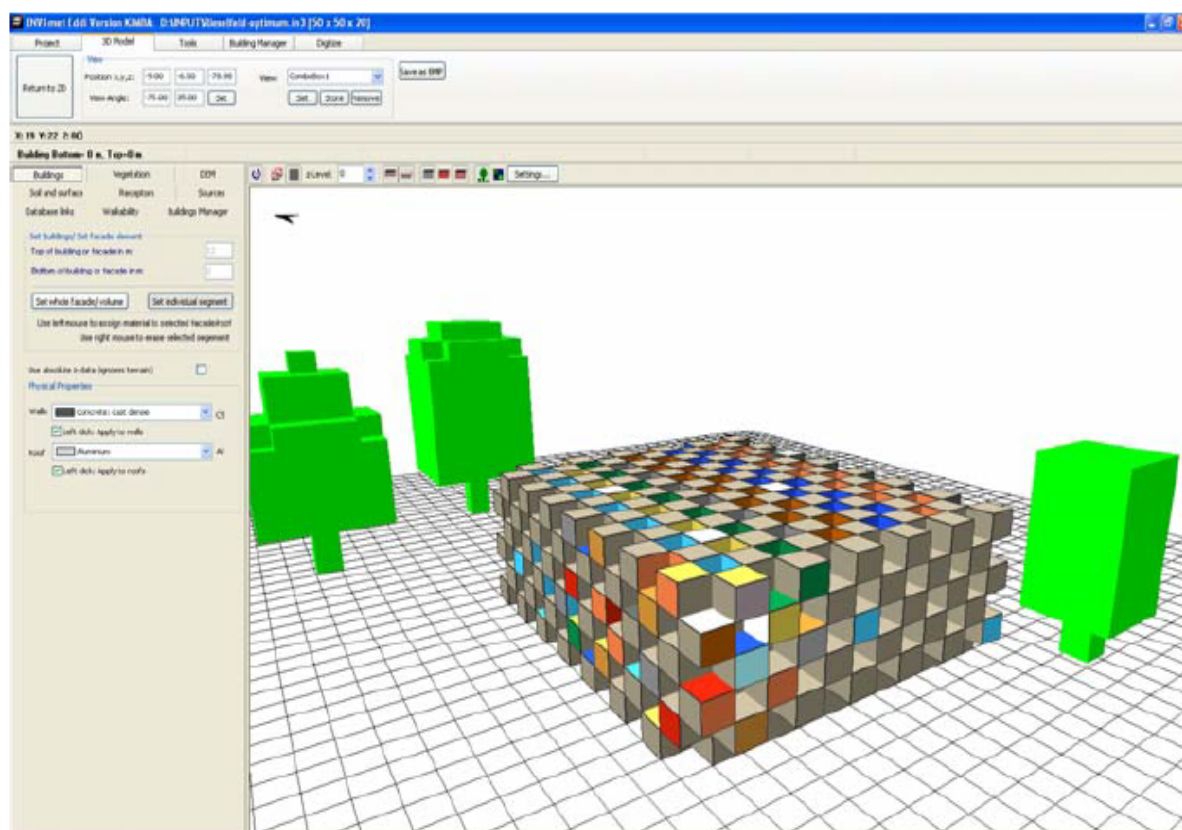


Εικόνα 42. Υπολογισμός σκίασης⁹⁶

Με την εξαγωγή δεικτών θερμικής άνεσης μπορούν να προσεγγιστούν τα επιθυμητά αποτελέσματα για τη θερμική αντίληψη των ανθρώπων στην υπό εξέταση περιοχή όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 3.

5.3. Λογισμικό ENVI-met

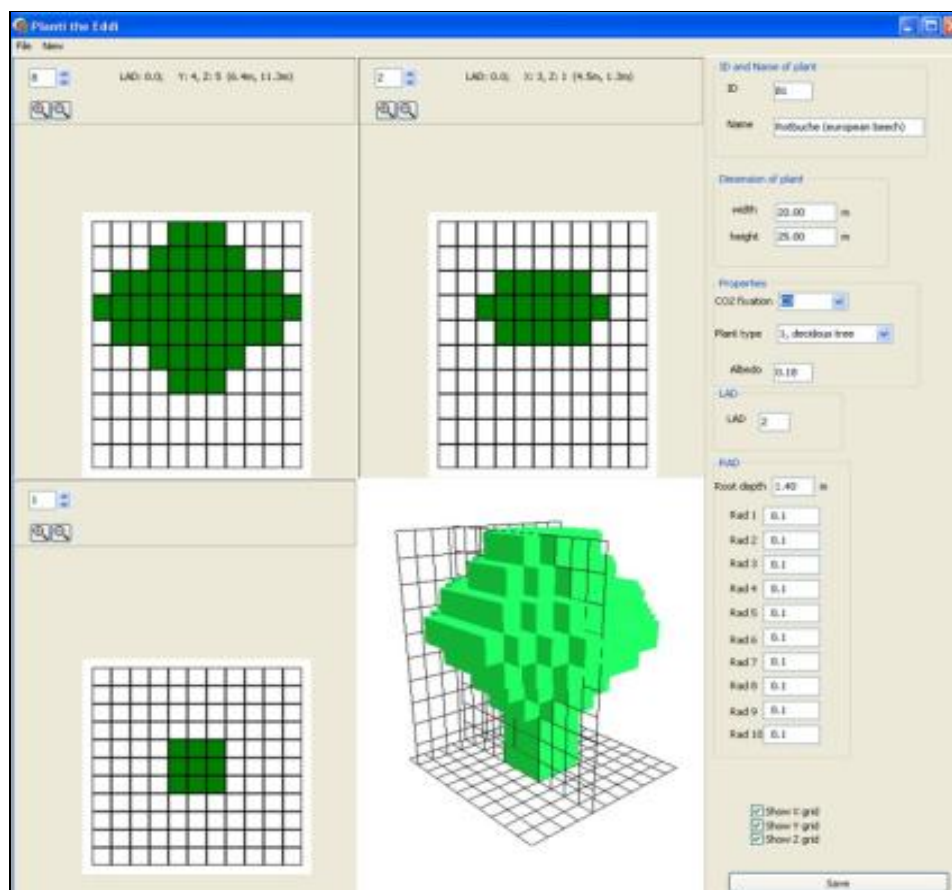
Το λογισμικό ENVI-met υλοποιεί ένα τρισδιάστατο μικροκλιματικό μοντέλο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τομείς όπως η αστική κλιματολογία, ο αστικός σχεδιασμός, η αρχιτεκτονική και ο σχεδιασμός κτηρίων⁹⁷. Λαμβάνει υπόψη όλους τους τύπους ηλιακής ακτινοβολίας (άμεση, ανακλώμενη και διάχυτη), καθώς και τις ροές θερμικής ακτινοβολίας από την ατμόσφαιρα, το έδαφος και τους τοίχους. Ο υπολογισμός των ροών ακτινοβολίας περιλαμβάνει τη σκίαση, την απορρόφηση και την επανεκπομπή ακτινοβολίας από τα φυτά. Το λογισμικό ENVI-met επιτρέπει το σχεδιασμό της υπό μελέτη περιοχής και την αποθήκευσή της σε αρχείο. Είναι κατάλληλο για την ανάλυση της κατάστασης θερμικής άνεσης σε υψηλή ανάλυση (μέχρι 0.5 m x 0.5 m), και με ένα τυπικό χρονικό πλαίσιο 24 ως 48 ωρών. Ο καθορισμός των φυσικών ιδιοτήτων μπορεί να γίνει ξεχωριστά για κάθε στοιχείο πρόσοψης (Εικόνα 43). Με παρόμοιο τρόπο γίνεται ο σχεδιασμός των ειδών βλάστησης (Εικόνα 44). Σημειώνεται ότι τα παραδείγματα σχεδιασμού που παρουσιάζονται στις παρακάτω δύο εικόνες αφορούν την επόμενη έκδοση του ENVI-met Editor, που βρίσκεται υπό ανάπτυξη.



Εικόνα 43. Παράδειγμα σχεδιασμού κτηρίου. Τα διαφορετικά χρώματα αναπαριστούν διαφορετικά υλικά στην πρόσοψη του κτηρίου⁹⁸.

Το μοντέλο έχει δύο κύρια στάδια πριν την προσομοίωση⁹⁹. Το πρώτο περιλαμβάνει την επεξεργασία της αστικής περιοχής που θα ελεγχθεί. Για το στάδιο αυτό απαιτούνται οι οριζόντιες και κάθετες διαστάσεις του αρχιτεκτονικού περιβάλλοντος, καθώς και συγκεκριμένα σχεδιαστικά

χαρακτηριστικά, όπως υλικά επιφανειών, κάλυψη εδάφους, μέγεθος και κάλυψη βλάστησης κλπ. Τα δεδομένα εισόδου σχεδιάζονται σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον, όπου τοποθετούνται τα κτήρια, τα δέντρα/βλάστηση και οι διάφορες επιφάνειες. Αυτά τα στοιχεία αναπαριστώνται από κελιά πλέγματος διαφόρων μεγεθών. Όσο μικρότερο το κελί, τόσο μεγαλύτερη είναι η ανάλυση. Η περιοχή ενός κελιού μπορεί να οριστεί σε οποιαδήποτε διάσταση μεταξύ 0.5 και 10 μέτρων. Για παράδειγμα, μια περιοχή 100 m x 100 m μπορεί να αναπαρασταθεί από 100 x 100 κελιά διαστάσεων 1 m x 1 m το καθένα, ή από 20 x 20 κελιά 5 m x 5 m το καθένα, ανάλογα με το μέγεθος της περιοχής ελέγχου και την επιθυμητή ανάλυση.



Εικόνα 44. Παράθυρο σχεδιασμού βλάστησης¹⁰⁰.

Το δεύτερο στάδιο περιλαμβάνει την επεξεργασία του αρχείου διαμόρφωσης (configuration file), όπου εισάγονται πληροφορίες για τη θέση της περιοχής, τη θερμοκρασία, την ταχύτητα ανέμου, την υγρασία, παράμετροι για τον υπολογισμό δεικτών θερμικής άνεσης, καθώς και βάσεις δεδομένων για τύπους εδάφους και βλάστησης.

Τα δεδομένα εισόδου που απαιτούνται για την έναρξη της προσομοίωσης είναι:

- Ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου στα 10 μέτρα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους.
- Μήκος τραχύτητας (roughness length).
- Αρχική θερμοκρασία αέρα.
- Αρχική θερμοκρασία και υγρασία εδάφους.
- Σχετική υγρασία στα 2 m.

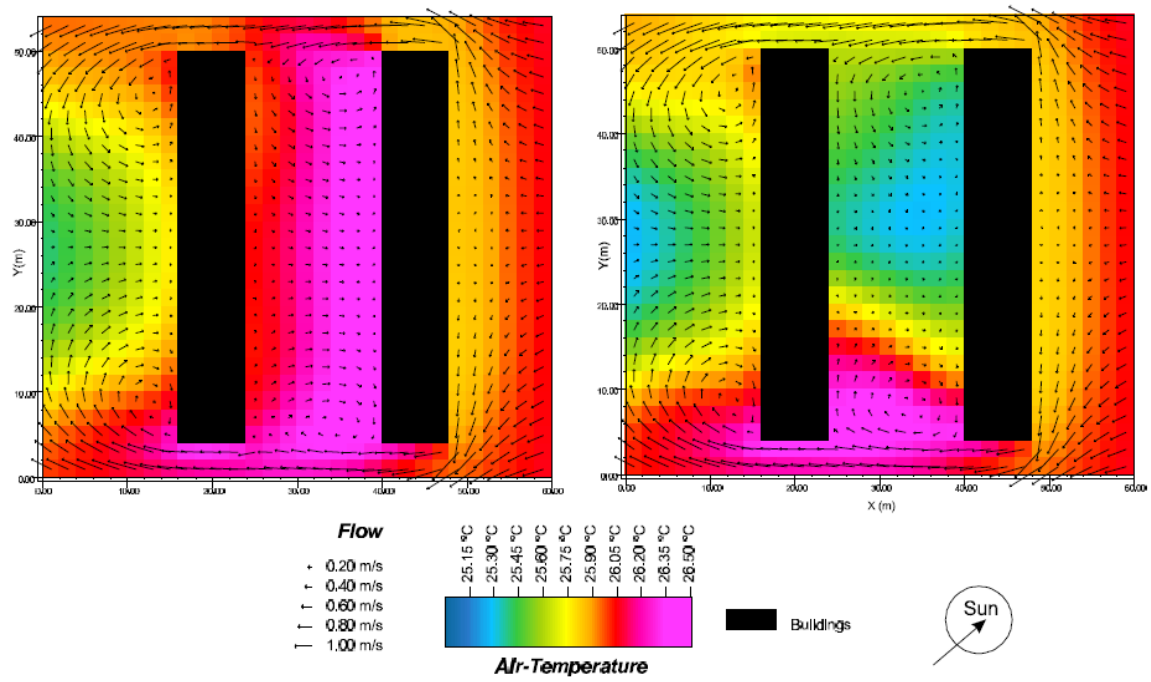
Κατά τη διαδικασία της προσομοίωσης χρησιμοποιούνται τόσο ο υπολογισμός χαρακτηριστικών δυναμικών ροής, όσο και οι θερμοδυναμικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στην επιφάνεια του εδάφους, τους τοίχους, τις στέγες και τα φυτά. Το λογισμικό ENVI-met μπορεί να παράξει τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Ροές ακτινοβολίας (μικρού και μεγάλου μήκους κύματος), λαμβάνοντας υπόψη τη σκίαση, την ανάκλαση και την εκπομπή ακτινοβολίας από συστήματα κτηρίων και από τη βλάστηση.
- Ροή αέρα, λαμβάνοντας υπόψη την αστική μορφολογία.
- Διαπνοή, εξάτμιση και ροή αισθητής θερμότητας από τη βλάστηση στον αέρα, συμπεριλαμβανομένης πλήρους προσομοίωσης των φυσικών παραμέτρων των φυτών (π.χ. ρυθμό φωτοσύνθεσης).
- Θερμοκρασία εδάφους, επιφανειών και τοίχων για κάθε σημείο του πλέγματος και κάθε τοίχο.
- Ανταλλαγή θερμότητας και νερού με το σύστημα του εδάφους.
- Δείκτες θερμικής άνεσης (αναμενόμενη μέση αποδοχή, φυσιολογική ισοδύναμη θερμοκρασία και κανονική ενεργός θερμοκρασία).

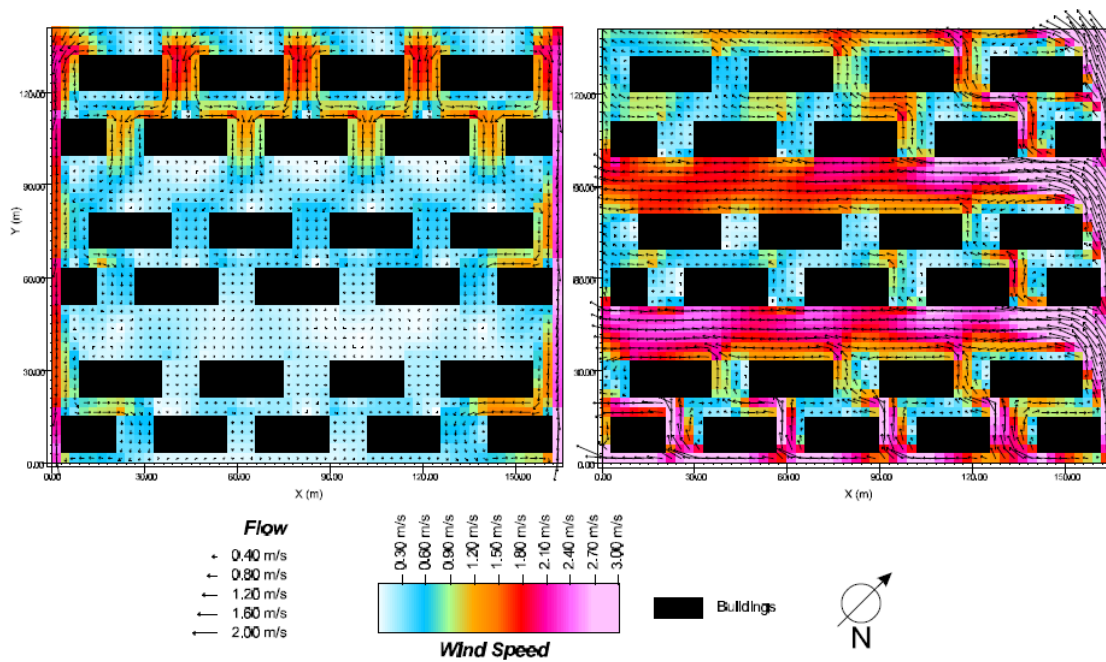
Τα αρχεία εξόδου του μοντέλου εισάγονται σε ένα λογισμικό οπτικοποίησης (το LEONARDO). Κάθε αρχείο εξόδου έχει ένα πλήθος πληροφοριών που οπτικοποιούνται σε διαφορετικά επίπεδα. Τα ακόλουθα βασικά επίπεδα συνήθως χρησιμοποιούνται για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων:

- Επίπεδο δεδομένων: παρουσιάζει συνεχή δεδομένα (π.χ. θερμοκρασίες).
- Ειδικό επίπεδο: παρουσιάζει ξεχωριστά δεδομένα (π.χ. κτήρια, φυτά).
- Επίπεδο διανυσμάτων: παρουσιάζει διανυσματικά δεδομένα (π.χ. πεδίο ανέμου).

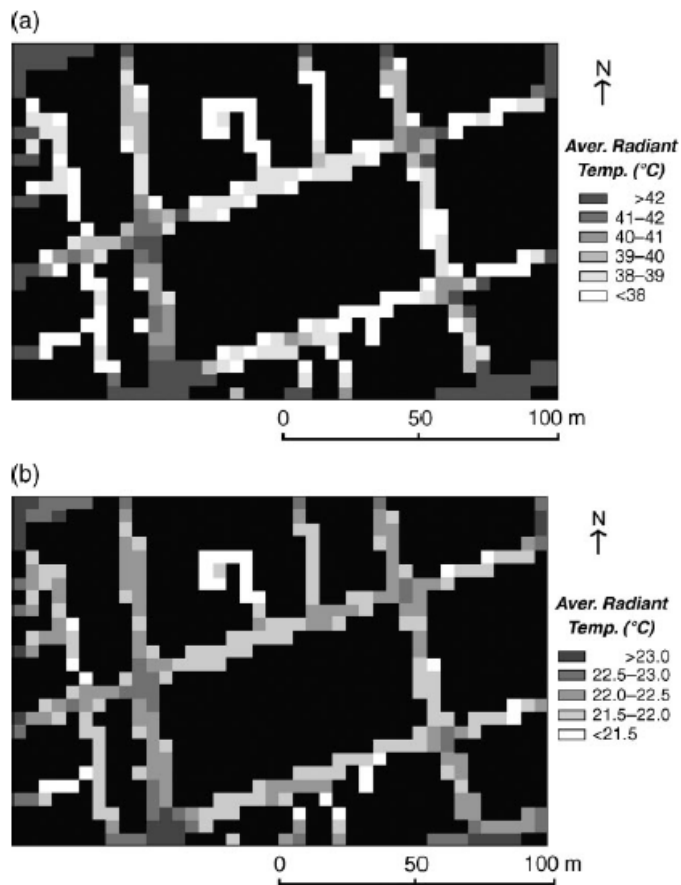
Η οπτικοποίηση ρυθμίζεται ώστε να παρουσιάζει το αστικό περιβάλλον με το επιθυμητό τμήμα των αποτελεσμάτων οριζοντίως (κάτοψη), καθέτως (τομή) ή σε τρισδιάστατη άποψη. Στις Εικόνες 43, 44 και 45, παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα κατανομών πεδίου ανέμου, θερμοκρασίας αέρα και μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας.



Εικόνα 45. Παράδειγμα αποτελεσμάτων πεδίου ανέμου και θερμοκρασίας χωρίς χρήση δέντρων (αριστερά) και με χρήση δέντρων (δεξιά) μεταξύ των δύο κτηρίων¹⁰¹.



Εικόνα 46. Παράδειγμα αποτελεσμάτων πεδίου ανέμου για χειμώνα (αριστερά) και καλοκαίρι (δεξιά)



Εικόνα 47. Παράδειγμα κατανομής μέσης θερμοκρασίας ακτινοβολίας για δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές την ίδια μέρα: 14:00 (a) και 21:00 (b)¹⁰².

Συγγραφείς Κεφαλαίου 5:

Καρβούνης Αλέξανδρος, Mphil, Πολεοδόμος Μηχανικός

Μητράκα Ζηνοβία, MSc, Μαθηματικός

Μπενάς Νίκος, MSc, Φυσικός

Χρυσουλάκης Νεκτάριος, MSc, PhD, Φυσικός

Παράρτημα I:Θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος και Δείκτες Θερμικής Άνεσης

Θερμικό ισοζύγιο του ανθρώπινου σώματος

Η θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος με το περιβάλλον μπορεί να περιγραφεί στη γενική περίπτωση από την εξίσωση^{103, 104}:

$$M+W+R+C+ED+ER_e+ES_w+S = 0$$

όπου

M είναι ο μεταβολικός ρυθμός,

W είναι ο ρυθμός παραγωγής μηχανικού έργου από το ανθρώπινο σώμα

R είναι η καθαρή ακτινοβολία μεταξύ του δέρματος ή της επιφάνειας ρουχισμού και των περιβαλλουσών επιφανειών. Σε κατάσταση ξεκούρασης και σε θερμοκρασία 21° C, το 60% των θερμικών απωλειών από το σώμα οφείλεται στη μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία.

C είναι η ροή θερμότητας δια απαγωγής, που σε κατάσταση ξεκούρασης του ατόμου συμβάλλει κατά 18% στις συνολικές απώλειες θερμότητας.

ED η απώλεια λανθάνουσας θερμότητας από το δέρμα

ER_e είναι η απώλεια θερμότητας μέσω της αναπνοής

ES_w είναι η απώλεια θερμότητας λόγω εξάτμισης του ιδρώτα

S είναι η αποθήκευση θερμότητας στο ανθρώπινο σώμα, η οποία χρησιμοποιείται για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του

Δείκτες Θερμικής Άνεσης

Για την εκτίμηση της θερμικής άνεσης σε εξωτερικούς χώρους χρησιμοποιούνται δείκτες που ενσωματώνουν το σύνολο, ή μέρος, της παραπάνω πληροφορίας. Οι σημαντικότεροι και ευρέως διαδεδομένοι δείκτες περιγράφονται παρακάτω.

Δείκτης Ισχύος Αποψύξεως (Cooling Power, CP)

Ο δείκτης της ισχύος αποψύξεως (CP)¹⁰⁵ εκφράζει το ρυθμό της απώλειας θερμότητας από την επιφάνεια του σώματος που διατηρείται στη θερμοκρασία των 36.5°C όταν η επιφάνεια αυτή εκτεθεί στον ατμοσφαιρικό αέρα. Με τη μέθοδο αυτή υπολογίζονται τα απαγόμενα ποσά θερμότητας από τον ατμοσφαιρικό αέρα στη μονάδα του χρόνου και τη μονάδα επιφάνειας ενός σώματος (W/m²), δηλαδή ο δείκτης της ισχύος αποψύξεως είναι το μέτρο της ικανότητας του αέρα να αυξάνει την απώλεια θερμότητας από ένα σώμα.

Ο δείκτης δίνεται από τη σχέση:

$$CP=(0.2 + 0.4 \cdot V^{1/2}) (36.5 - T) \cdot 41.868 \text{ (όταν } V \leq 1 \text{ m/sec)}$$

$$CP=(0.13 + 0.47 \cdot V^{1/2}) (36.5 - T) \cdot 41.868 \text{ (όταν } V < 1 \text{ m/sec)}$$

V: ταχύτητα του ανέμου (m/s), T: θερμοκρασία του αέρα (°C)

Τα όρια του δείκτη της ισχύος αποψύξεως δίνονται στον Πίνακα 5. **Αποδεκτό για το δείκτη της ισχύος αποψύξεως θεωρείται το εύρος τιμών από 420 έως 630.**

Πίνακας 5. Εύρος τιμών δείκτη της ισχύος αποψύξεως.

Τιμές Δείκτη CP	Περιβάλλον
CP > 2100	Εξαιρετικά ψυχρό
1680 < CP ≤ 2100	Πολύ ψυχρό
1260 < CP ≤ 1680	Ψυχρό
840 < CP ≤ 1260	Δροσερό
630 < CP ≤ 840	Ελαφρώς δροσερό
420 < CP ≤ 630	Ουδέτερο
210 < CP ≤ 420	Θερμό
CP ≤ 210	Πολύ θερμό

Δείκτης Αναμενόμενης Μέσης Αποδοχής (Predicted Mean Vote – PMV)

Ο δείκτης της αναμενόμενης μέσης αποδοχής (PMV) συνδέει τα επίπεδα περιβαλλοντικών παραμέτρων με τα επίπεδα δραστηριότητας και ρουχισμού¹⁰⁶. Ο δείκτης της αναμενόμενης μέσης αποδοχής δίνεται από τη σχέση:

$$PMV = (0.303e^{-0.036M} + 0.028) \cdot L$$

όπου M είναι ο Μεταβολικός Ρυθμός και L το θερμικό φορτίο που ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της εσωτερικής παραγωγής θερμότητας και των απωλειών προς το περιβάλλον.

Η κλίμακα που έχει συνταχθεί είναι από -3 (αίσθηση κρύου) έως +3 (ζέστη), με το 0 να αποτελεί την ουδέτερη κατάσταση. **Αποδεκτό για το δείκτη της αναμενόμενης μέσης αποδοχής θεωρείται το εύρος τιμών από -0.5 έως 0.5.**

Πίνακας 6. Εύρος τιμών δείκτη της αναμενόμενης μέσης αποδοχής.

Τιμές Δείκτη PMV	Αίσθηση Θερμότητας
3	Πολύ θερμό
2	Θερμό
1	Ελαφρώς θερμό
0	Ουδέτερο
-1	Ελαφρώς ψυχρό
-2	Ψυχρό
-3	Πολύ ψυχρό

Δείκτης Φυσιολογικής Ισοδύναμης Θερμοκρασίας (Physiological Equivalent Temperature – PET)

Ο δείκτης της φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας (PET)¹⁰⁷ δίνει την θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου του εξωτερικού περιβάλλοντος όταν το ισοζύγιο θερμότητας είναι πανομοιότυπο με αυτό ενός εσωτερικού χώρου. Ο δείκτης της φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας υπολογίζεται από τη μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας, την θερμοκρασία αέρα, την ταχύτητα του ανέμου και την σχετική υγρασία. Οι τιμές του δείκτη της φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας φαίνονται στον Πίνακα 7. **Αποδεκτό για το δείκτη της φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας θεωρείται το εύρος τιμών από 18-23.**

Πίνακας 7. Εύρος τιμών δείκτη της φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας.

PET	Αίσθηση Θερμότητας
<4	πολύ κρύο
4 – 8	κρύο
8 – 13	δροσιά
13 – 18	ελαφριά δροσιά
18 – 23	θερμική άνεση
23 – 29	ελαφριά ζέστη
29 – 35	ζέστη
35 – 41	αρκετή ζέστη
>41	πολύ ζέστη

Δείκτης Κανονικής Ενεργού Θερμοκρασίας (Standard Effective Temperature – SET*)

Οι αρχές για τον υπολογισμό του δείκτη της κανονικής ενεργού θερμοκρασίας (SET*) είναι παρόμοιες με αυτές του δείκτη της αναμενόμενης μέσης αποδοχής¹⁰⁸. Ο δείκτης της κανονικής ενεργού θερμοκρασίας συγκρίνει την φυσιολογική κατάσταση ενός ατόμου με ένα περιβάλλον αναφοράς. **Οι αποδεκτές τιμές του δείκτη της κανονικής ενεργού θερμοκρασίας είναι από 25.6 έως 22.2.** Στον Πίνακα 8 γίνεται αντιστοιχία των τιμών του δείκτη της κανονικής ενεργού θερμοκρασίας με τις τιμές του δείκτη της αναμενόμενης μέσης αποδοχής και επίσης περιγράφονται οι ενδείξεις στη φυσιολογία του ανθρώπου σε κάθε περίπτωση.

Πίνακας 8. Εύρος τιμών δείκτη της κανονικής ενεργού θερμοκρασίας.

SET*	PMV	Αίσθηση Θερμότητας	Φυσιολογία
>37.5	>3	Πολύ ζέστη, μη αποδεκτό	αδυναμία ρύθμισης της εξάτμισης
37.5-34.5	+2 έως +3	Ζέστη, μη αποδεκτό	έντονη εφίδρωση
34.5-30	+1 έως +2	Ζέστη, δυσφορία, μη αποδεκτό	εφίδρωση
30-25.6	+0.5 έως +1	Λίγο ζεστά, μη αποδεκτό	μικρή εφίδρωση, αγγειοδιαστολή
25.6-22.2	-0.5 έως +0.5	Άνετα, αποδεκτό	φυσιολογική θερμική ουδετερότητα
22.2-17.5	-1 έως -0.5	Λίγο δροσερά, μη αποδεκτό	αρχική αγγειοσυστολή
17.5-14.5	-2 έως -1	Δροσερά, μη αποδεκτό	αργή ψύξη σώματος
14.5-10	-3 έως -2	Κρύο, μη αποδεκτό	τρέμουλο

Παράρτημα II: Υποδείξεις εκτίμησης παραμέτρων ανεμοπροστασίας

Σύμφωνα με τον ορισμό της άνεσης που οφείλεται σε μηχανικές επιδράσεις του ανέμου, το **κριτήριο επιτυχίας άνεσης** σχετίζεται με την πιθανότητα υπέρβασης ενός **κατώφλιου τιμών έντασης του ανέμου**. Σαν κατώφλι μπορεί να θεωρηθεί η ελάχιστη τιμή ταχύτητας του ανέμου και επιπέδου της τύρβης που προκαλούν δυσάρεστες επιδράσεις. Τα κατώφλια αυτά είναι της μορφής¹⁰⁹:

$$U + k \cdot \sigma_u > U_{THR}$$

όπου U είναι η μέση ταχύτητα του ανέμου στο επίπεδο των πεζών, k ο συντελεστής αιχμής, σ_u η τυπική απόκλιση της ταχύτητας του ανέμου και U_{THR} η τιμή που ορίζεται ως κατώφλι, όλα στο ύψος του πεζού.

Λόγω του ότι δεν είναι δυνατό να επικρατούν συνεχώς συνθήκες άνεσης, ορίζονται όρια για το ποσοστό του αποδεκτού χρόνου υπέρβασης των κατωφλίων έντασης ανέμου. Οι πιθανότητες δυσφορίας και κινδύνου (P_θ) ορίζονται ως το ποσοστό των ωρών (για ένα χρόνο) κατά τη διάρκεια των οποίων υπερβαίνονται τα κατώφλια. Ορίζεται κάποιο μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό (P_{max}) το οποίο στην περίπτωση της άνεσης επηρεάζεται και από την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Με δεδομένη την κατανομή του ανέμου στην περιοχή μπορεί να υπολογιστεί η πιθανότητα η μέση ταχύτητα του ανέμου να ξεπερνάει το επιθυμητό κατώφλι – κατανομή Weibull¹¹⁰:

$$P_\theta(U > \tilde{U}_{THR}) = 100 \cdot A(\theta) \cdot \exp\left(-\left(\frac{\tilde{U}_{THR}}{\gamma(\theta) \cdot c(\theta)}\right)^{k(\theta)}\right)$$

όπου \tilde{U}_{THR} είναι το επιθυμητό κατώφλι τιμής ανέμου, $P_\theta(U > \tilde{U}_{THR})$ είναι η πιθανότητα η τιμή του ανέμου να υπερβεί το κατώφλι \tilde{U}_{THR} στην κατεύθυνση του ανέμου θ και $A(\theta)$, $c(\theta)$ και $k(\theta)$ είναι οι παράμετροι Weibull που αντίστοιχα αναπαριστούν την πιθανότητα της κατεύθυνσης του ανέμου σε γωνία θ , την κλίμακα της ταχύτητας του ανέμου για κατεύθυνση θ και την παράμετρο σχήματος για κατεύθυνση θ . Οι παράμετροι Weibull καθορίζονται από τα μετεωρολογικά δεδομένα.

Υπολογίζοντας την πιθανότητα υπέρβασης του επιθυμητού κατωφλιού για κάθε ώρα μπορεί να εκτιμηθεί εάν αυτό υπερβαίνει το όριο $P_{max}=15\%$ για ένα χρόνο που είναι το όριο άνεσης ή το όριο $P_{max}=0.1\%$ για ένα χρόνο που είναι το όριο κινδύνου.

Για την επίτευξη άνεσης όσον αφορά τις μηχανικές επιδράσεις του ανέμου, το κατώφλι και το ποσοστό αποδεκτού χρόνου δίνονται αντίστοιχα από τις σχέσεις¹¹¹:

$$U + \sigma_u > 6 \text{ m/s}$$

$$P_{max} = 15\%$$

Αυτό πρακτικά σημαίνει πως δεδομένων τιμών ταχύτητας ανέμου U και τυπικής απόκλισης σ_u , το κατώφλι για την επίτευξη άνεσης είναι $U_{THR}=6 \text{ m/s}$, τιμή η οποία **δεν θα πρέπει να ξεπεραστεί για πάνω από το $P_{max}=15\%$ των περιπτώσεων που εξετάζονται** (συνήθως κατά τη διάρκεια ενός χρόνου).

Τα αντίστοιχα κατώφλια για τον **έλεγχο της ισορροπίας κατά το βάδισμα των πεζών**, διαμορφώνονται από τις σχέσεις¹¹²:

$$U + 3 \cdot \sigma_u > 15 \text{ m/s}$$

$$P_{\max} = 0.1\%$$

ενώ για μεγαλύτερες τιμές ανέμου, θεωρούνται **επικίνδυνες για τους πεζούς**¹¹³:

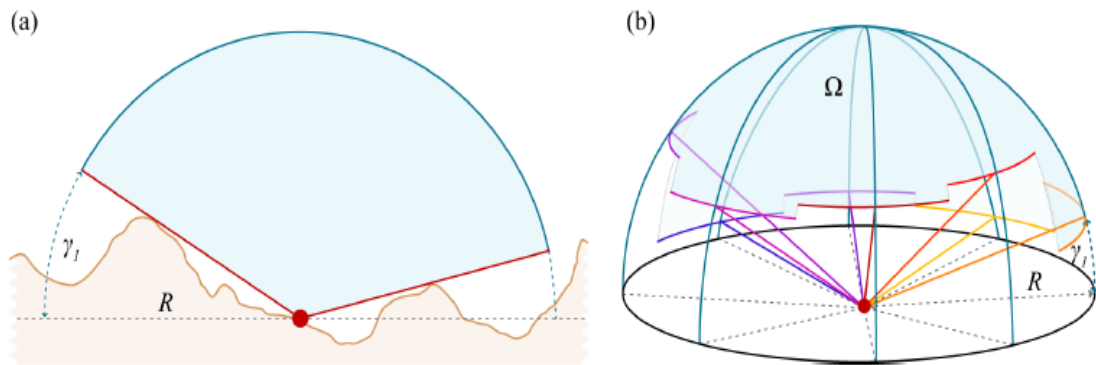
$$U + 3 \cdot \sigma_u > 20 \text{ m/s}$$

$$P_{\max} = 0.1\%$$

Το κατώφλι που ορίζεται για τον έλεγχο της ισορροπίας, αφορά σε νέους ανθρώπους και για την περίπτωση των γηραιότερων και των παιδιών, αποτελεί κατώφλι κινδύνου.

Παράρτημα III: Συντελεστής θέασης του ουρανού

Ο συντελεστής θέασης του ουρανού είναι η τιμή της στερεάς γωνίας της θέασης του ουράνιου θόλου από ένα σημείο του αστικού χώρου. Πρακτικά, ο συντελεστής θέασης του ουρανού ορίζεται ως το κομμάτι του ορατού ουρανού (στερεάς γωνίας Ω), πάνω από ένα σημείο παρατήρησης (κόκκινη τελεία στην Εικόνα 48), σε σχέση με ολόκληρο το ορατό πεδίο (ημισφαίριο ακτίνας R).

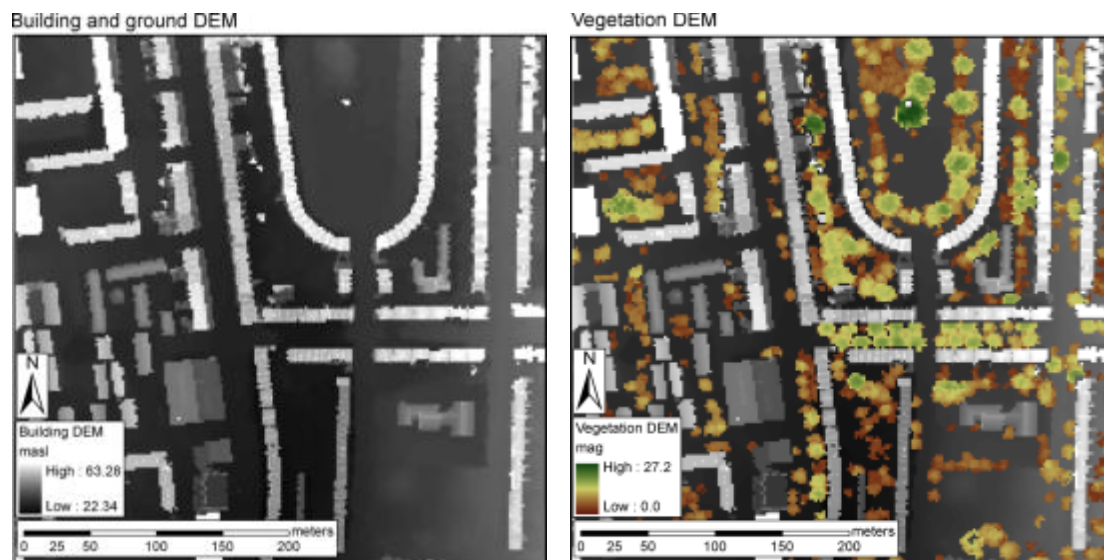


Εικόνα 48. Συντελεστής θέασης του ουρανού¹¹⁴. Στο (α) φαίνεται μια τομή του ημισφαιρίου που παρουσιάζεται στο (β).

Συντελεστής θέασης του ουρανού με τιμή 1 σημαίνει ότι υπάρχει ανεμπόδιση θέαση του ουρανού (π.χ. από ένα ανοιχτό πεδίο) και, συνεπώς, οι θερμοκρασίες θα ακολουθούν στενά τις μετεωρολογικές τιμές. Συντελεστής θέασης του ουρανού με τιμή 0 σημαίνει ότι η θέαση του ουρανού εμποδίζεται καθολικά και έτσι οι θερμοκρασίες θα επηρεαστούν σημαντικά από το αστικό περιβάλλον. Ο λόγος είναι ότι αν σε ένα σημείο του αστικού χώρου ο συντελεστής θέασης του ουρανού είναι μικρός, θα εμποδίζεται η ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο συγκεκριμένο σημείο και θα εμποδίζεται επίσης η ροή θερμικής ακτινοβολίας από την επιφάνεια προς την ατμόσφαιρα. Δηλαδή, η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία θα είναι μικρή για το σημείο αυτό και κατά συνέπεια θα έχει μικρή συμβολή στην διαμόρφωση της θερμοκρασίας της αντίστοιχης επιφάνειας.

Υπάρχουν διάφορες αναλυτικές μέθοδοι υπολογισμού του συντελεστή θέασης του ουρανού με χρήση των τεχνολογιών της τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Με τη βοήθεια των τεχνολογιών αυτών μπορεί να πραγματοποιηθεί ανάλυση της τρισδιάστατης αστικής δομής και να προκύψει η σύνδεση μεταξύ της αστικής μορφής και των μικροκλιματικών χαρακτηριστικών. Για τον υπολογισμό του συντελεστή θέασης του ουρανού σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών απαιτείται η χρήση ενός λεπτομερούς ψηφιακού μοντέλου εδάφους¹¹⁵ (DEM: Digital Elevation Model), το οποίο η ανάλυση να δίνει τη δυνατότητα αποτύπωσης κτηρίων. Τέτοια ψηφιακά μοντέλα εδάφους μπορούν να προκύψουν είτε με φωτογραμμετρικές μεθόδους από στερεοζεύγη δορυφορικών εικόνων ή αεροφωτογραφιών, είτε με αποτυπώσεις με τεχνολογία LIDAR (Light Detection And Ranging) η οποία μπορεί να προσαρμοστεί σε αεροπλάνο και

χρησιμοποιώντας παλμούς από λέιζερ να μετρήσει την απόσταση της αστικής επιφάνειας από αυτό και στη συνέχεια με κατάλληλη επεξεργασία των μετρήσεων αυτών να προκύψουν ψηφιακά μοντέλα εδάφους όπως αυτά στην Εικόνα 49. Τρισδιάστατες απεικονίσεις της αστικής επιφάνειας μπορούν επίσης να προκύψουν είτε με συνδυασμένη χρήση υπολογιστικών εργαλείων σχεδίασης (CAD: Computer-Aided Design) και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Για να είναι κατάλληλο ένα DEM για τέτοιου είδους απεικονίσεις θα πρέπει να έχει οριζόντια ακρίβεια τουλάχιστον 2 m και κατακόρυφη τουλάχιστον 0,5 m.¹¹⁶

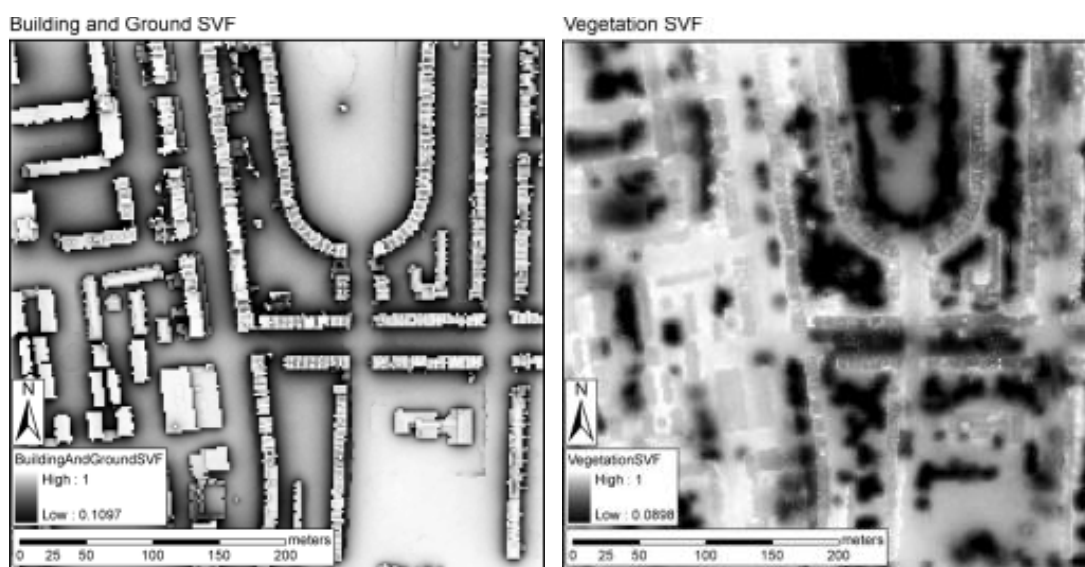


Εικόνα 49. Παράδειγμα ψηφιακού μοντέλου εδάφους που παράχθηκε για τις ανάγκες του έργου BRIDGE (www.bridge-project.eu) για κεντρική περιοχή του Λονδίνου. Όπως φαίνεται στη λεζάντα, τα ανοικτά χρώματα αντιστοιχούν σε σημεία με μεγαλύτερο ύψος (κτήρια), συνεπώς με σκούρα χρώματα παρουσιάζονται οι ανοικτοί χώροι. Στο δεξιό τμήμα παρουσιάζεται εκτός από το ύψος των κτηρίων και το ύψος και η κατανομή της βλάστησης¹¹⁷

Χρησιμοποιώντας ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους και εισάγοντας γεωγραφικά και μικροκλιματικά δεδομένα, μπορούν να παραχθούν και να αναλυθούν περαιτέρω αποτελέσματα όπως ετήσια σχέδια του συντελεστή θέασης του ουρανού, της ηλιακής σκίασης και του ανέμου, έτσι ώστε να προσδιοριστούν οι περιοχές που απαιτούν σχεδιαστικές παρεμβάσεις. Αυτός ο χαρακτηρισμός μπορεί ακόμα να βοηθήσει στο σχηματισμό στρατηγικών σχεδιασμού που αφορούν θέματα σχετικά με την αστική μορφολογία και το μικροκλίμα.

Η χαρτογράφηση των συντελεστών θέασης του ουρανού για το παράδειγμα των ψηφιακών μοντέλων εδάφους της Εικόνα 49, παρουσιάζεται στην Εικόνα 50. Στο αριστερό τμήμα της Εικόνα 50 παρουσιάζεται ο συντελεστής θέασης του ουρανού που έχει υπολογιστεί σε κάθε σημείο της αστικής επιφάνειας λαμβάνοντας υπόψη την κατανομή των κτηρίων γύρω από το σημείο αυτό με χρήση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους που φαίνεται στο αριστερό τμήμα της Εικόνα 49. Ανοικτά χρώματα υποδηλώνουν μεγάλες τιμές του συντελεστή θέασης κάτι που είναι αναμενόμενο για τους ελεύθερους από κτήρια χώρους όπως χαρακτηριστικά φαίνεται επάνω και κάτω δεξιά. Στους χώρους αυτούς όμως υπάρχουν

δέντρα, συνεπώς πολλά από τα σημεία της επιφάνειας σκιάζονται (μηδενικός συντελεστής θέασης του ουρανού). Συνεπώς, για τον ακριβέστερο υπολογισμό του συντελεστή θέασης του ουρανού σε κάθε σημείο της επιφάνειας θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η σχετική θέση και το ύψος των δέντρων. Αυτό μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας το ψηφιακό μοντέλο εδάφους που φαίνεται στο δεξιό μέρος της Εικόνας 33, στο οποίο παρουσιάζεται η θέση και η διάσταση κάθε δέντρου. Με βάση το ψηφιακό μοντέλο εδάφους αυτό υπολογίστηκε για κάθε σημείο της επιφάνειας ο συντελεστής θέασης του ουρανού που φαίνεται στο δεξιό τμήμα της Εικόνας 50. Ο ρόλος των δέντρων στη διαμόρφωση του συντελεστή θέασης του ουρανού είναι προφανής: τα σημεία που σκιάζονται από τα δέντρα παρουσιάζονται εδώ με μαύρο (μηδενικός συντελεστής θέασης του ουρανού), ενώ στο αριστερό τμήμα της Εικόνας όπου τα δέντρα δεν είχαν ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του συντελεστή θέασης του ουρανού, τα αντίστοιχα σημεία αναπαριστώνται με ανοικτά χρώματα (μεγάλες τιμές του συντελεστή θέασης του ουρανού).

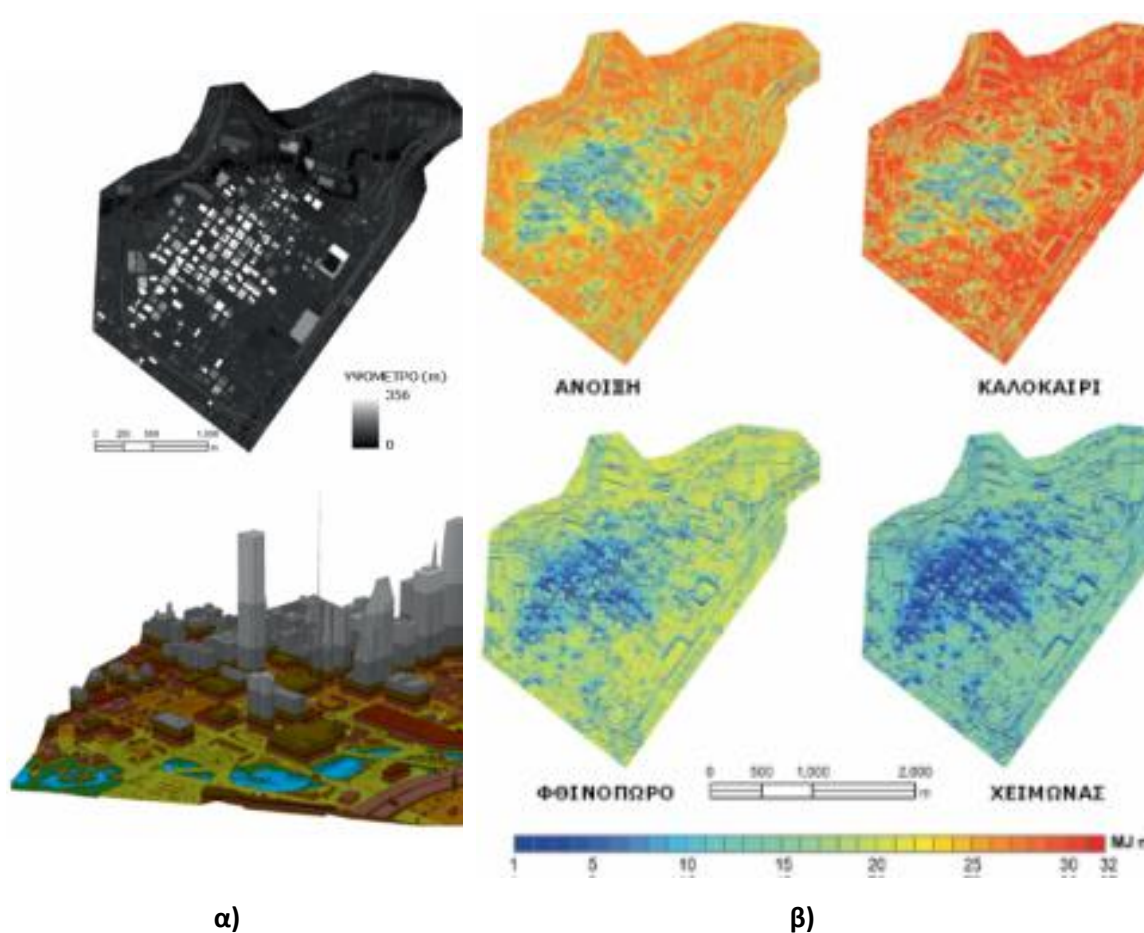


Εικόνα 50. Συντελεστής θέασης του ουρανού που υπολογίστηκε με βάση τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους της Εικόνας 49. Η διαμόρφωση του συντελεστή θέασης του ουρανού από τη βλάστηση είναι εμφανής στο δεξιό τμήμα¹¹⁸

Η χαρτογράφηση της ηλιακής σκίασης αφορά τη σχεδιαστική αποτύπωση της σκιάς για κάθε ώρα της ημέρας, για κάθε μέρα κάθε εποχή και την αλληλοεπικάλυψη αυτών των εικόνων ώστε να δημιουργηθεί ένα ετήσιο προφίλ σκιασμού της περιοχής. Η ηλιακή πρόσβαση και η ηλιακή σκίαση είναι σημαντικές παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό, ειδικά όταν εξετάζεται η ηλιακή ακτινοβολία και ο φυσικός φωτισμός. Στην Εικόνα 51 παρουσιάζεται ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους για περιοχή στο Houston, καθώς και η χωροχρονική κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας στο έδαφος¹¹⁹. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους απεικονίζει με ακρίβεια τη θέση και το ύψος των κτηρίων. Στο κέντρο της πόλης υπάρχει πυκνότερη δόμηση και υψηλότερα κτήρια, τα οποία διαμορφώνουν το συντελεστή θέασης του ουρανού σε κάθε σημείο της αστικής επιφάνειας, συνεπώς διαμορφώνουν τη χωρική κατανομή της μεταδιδόμενης με ακτινοβολία θερμότητας στην επιφάνεια, όπως έχει εξηγηθεί παραπάνω. Αυτό έχει σαν συνέπεια η ενέργεια που φτάνει από τον ήλιο στην επιφάνεια του εδάφους στην περιοχή

του κέντρου να είναι μικρότερη από την αντίστοιχη στις περαστικές περιοχές τόσο το χειμώνα όσο και το καλοκαίρι όπως φαίνεται στην Εικόνα 51β. Μπορεί κατ' απόλυτη τιμή η ενέργεια αυτή να είναι μεγαλύτερη το καλοκαίρι, όπως είναι αναμενόμενο, όμως σε κάθε εποχή τα ελάχιστα της χωρικής κατανομής της μεταδιδόμενης με ακτινοβολία θερμότητας στην αστική επιφάνεια παρουσιάζονται στην κεντρική περιοχή, όπως φαίνεται στην Εικόνα 51β.

Η αστική μορφολογία λοιπόν είναι καθοριστικός παράγοντας τόσο για τη διαμόρφωση του πεδίου ακτινοβολίας όπως φαίνεται στην Εικόνα 51, όσο και για τη διαμόρφωση του πεδίου του ανέμου, όπως περιγράφεται στην Ενότητα 3.2.3. Είναι συνεπώς καθοριστικός παράγοντας για την παραμετροποίηση της αστικής επιφάνειας με χρήση των εργαλείων εκτίμησης βιοκλιματικών παραμέτρων που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5.



Εικόνα 51. α) Ψηφιακό μοντέλο εδάφους σε κατακόρυφη προβολή (επάνω) και σε προοπτική (κάτω) για την περιοχή του Houston και β) μέσες εποχιακές τιμές της χωρικής κατανομής της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στην περιοχή αυτή¹²⁰

Παράρτημα IV: Βατές χωμάτινες επιφάνειες – Υδατοπερατές και ημι-υδατοπερατές

Οι επιφάνειες αυτές συντίθενται ή κατασκευάζονται από συνήθως διαβαθμισμένης κοκκομετρικής σύνθεσης κατά κανόνα λεπτόκοκκα αδρανή, (παιπάλη, άμμο, γαρμπίλι) τα οποία μπορούν να διαστρωθούν είτε εν ξηρώ, ώστε να είναι απολύτως (υδατοπερατά), είτε αναμεμιγμένα με διαφόρων ειδών σταθεροποιητές ή και συγκολλητικές ουσίες που τα καθιστούν ημι-υδατοπερατά ανάλογα με την σύνθεσή τους.

Τα μείγματα αυτά διαστρώνονται και συμπιέζονται πάνω σε συμπακνωμένη υπόβαση από σκύρα που καλύπτεται με γεωύφασμα. Το πάχος της τελικής στρώσης δεν είναι λιγότερο από 10 εκ.

Κάτω από την υπόβαση μπορεί να υπάρχει προαιρετικά και σύστημα αποστράγγισης.

Τα μείγματα που διαστρώνονται εν ξηρώ πρέπει να είναι σε οριζόντιες επίπεδες επιφάνειες ή με πολύ μικρή κλίση ώστε να μην διαρρέουν.

Τα μείγματα που αναμιγνύονται με συγκολλητικές ουσίες (BINDERS) ή σταθεροποιητές (STABILIZERS) δεν πρέπει να διαστρώνονται σε επιφάνειες με κλίση μεγαλύτερη από αυτήν που επιτρέπουν οι εκάστοτε προδιαγραφές τους, έτσι ώστε να μην δημιουργούνται νεροκοπές από την απορροή των ομβρίων.

Σε όλες τις περιπτώσεις τα μείγματα πρέπει να είναι εγκυβωτισμένα, τα εν ξηρώ κατά την κρίση του μελετητή, τα αναμεμιγμένα σε επιφάνειες το μέγεθος των οποίων καθορίζεται από προδιαγραφές.

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση σε διάφορους συνδυασμούς αυτών των μειγμάτων είναι:

- Μαρμαροψηφίδες ή και ψηφίδες άλλων πετρωμάτων διαφόρων μεγεθών και αποχρώσεων. Παιπάλη, άμμος λατομείου, φυσική άμμος (κοινή ή έγχρωμη), χαλαζιακή άμμος, πυριτολιθική άμμος, σμύριδα, αλεσμένο κεραμίδι και κεραμάλευρο, 3A κλπ .
- Ως σταθεροποιητικά υλικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν :
 - Υδραυλικό ποζολανικό πρόσμικτο
 - διαφόρων ειδών σταθεροποιητικά γαλακτώματα
 - ρυτίνες κλπ.

Παράρτημα V: Βασικές Αρχές Σχεδιασμού Πρασίνου

Αντικείμενο

Σκοπός του κειμένου αυτού είναι η διατύπωση των κατευθυντηρίων αρχών για αστικές βιοκλιματικές αναβαθμίσεις και η περιγραφή των απαιτούμενων υλικών και της μεθοδολογίας φύτευσης έτσι ώστε να εξασφαλίζονται οι καλύτερες δυνατές συνθήκες για την επιτυχημένη εγκατάσταση¹ και ανάπτυξη των φυτών².

Κατευθυντήριες Αρχές

Προκειμένου να διασφαλιστεί η μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα μιας περιοχής, είναι απαραίτητο ο σχεδιασμός να συμπεριλαμβάνει περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές παραμέτρους.

Οι κατευθυντήριες αρχές³ που ακολουθούν ορίζουν το βασικό περιβαλλοντικό και κοινωνικοοικονομικό πλαίσιο μέσα στο οποίο πρέπει να κινηθεί ο σχεδιασμός των αστικών βιοκλιματικών αναβαθμίσεων.

Μη βλάπτειν

Οι προτεινόμενες επεμβάσεις θα πρέπει να γίνονται με τρόπο που να προάγονται οι φυσικές λειτουργίες των συστημάτων. Στόχος των προγραμμάτων αναβάθμισης είναι να δίνεται η δυνατότητα, κυρίως σε περιοχές με τεκμηριωμένο περιβαλλοντικό πρόβλημα, να ανασχεδιαστούν και να λειτουργήσουν με βάση της αρχές της βιωσιμότητας.

Προσεκτική λήψη αποφάσεων

Μερικές ενέργειες είναι δυνατό να προκαλέσουν στο περιβάλλον μη αντιστρέψιμη βλάβη. Είναι επιβεβλημένο να εξετάζονται όλες οι εναλλακτικές επιλογές πριν ληφθούν οι οριστικές αποφάσεις.

Σχεδιασμός με τη φύση και τον πολιτισμό.

Οι επεμβάσεις που προτείνονται θα πρέπει να ανταποκρίνονται στους οικονομικούς, περιβαλλοντικούς, και πολιτιστικούς όρους της συγκεκριμένης περιοχής και να έχουν όχι μόνο τοπικό αλλά και περιφερειακό και υπερτοπικό χαρακτήρα.

Ιεράρχηση

Η βάση της ιεράρχησης θα πρέπει να είναι η διατήρηση, η συντήρηση και η αναγέννηση, στο βαθμό που αυτό είναι δυνατό, των φυσικών χαρακτηριστικών της περιοχής.

¹ Με τον όρο εγκατάσταση των φυτών νοείται το σύνολο των διεργασιών που συμβαίνουν, προκειμένου ο φυτικός οργανισμός να εγκατασταθεί στο νέο του περιβάλλον (μεταφυτευτικό σοκ, ανάπτυξη ριζικού συστήματος και κόμης)

² Νοείται η πλειονότητα των ειδών με κοινή μεθοδολογία φύτευσης. Σε περιπτώσεις ειδών που απαιτούνται διαφορετικοί χειρισμοί, αυτοί καθορίζονται από τη Φυτοτεχνική Μελέτη.

³ Οι παρούσες κατευθυντήριες αρχές βασίζονται στις κατευθυντήριες αρχές της Αμερικανικής Ένωσης Αρχιτεκτόνων Τοπίου.

Πρόβλεψη για τις επόμενες γενιές

Τα προτεινόμενα έργα θα πρέπει να εξασφαλίζουν τη διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων και στις επόμενες γενιές.

Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση των προτάσεων θα πρέπει να γίνεται με βάση τις συνεχώς μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές και δημογραφικές συνθήκες.

Σχεδιασμός με βάση το οικοσύστημα

Η προσέγγιση του σχεδιασμού αναβάθμισης θα πρέπει να βασίζεται στην κατανόηση και τη λειτουργία του φυσικού οικοσυστήματος επαναπροσδιορίζοντας την ουσιαστική σχέση μεταξύ των φυσικών διαδικασιών και της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Ηθική προσέγγιση

Σχεδιασμός με βάση την άμεση και ανοικτή επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών έτσι ώστε μακροπρόθεσμα να συνδεθεί η ικανότητα υποστήριξης με την ηθική ευθύνη.

Διαφάνεια στη συμμετοχή και την επικοινωνία

Ενσωμάτωση διαφάνειας στις συμμετοχικές διαδικασίες και στην επικοινωνία των νέων ερευνητικών συμπερασμάτων κατά τρόπο σαφή, συνεπή, και έγκαιρο.

Ενθάρρυνση της περιβαλλοντικής διαχείρισης

Επένδυση στην ηθική περιβαλλοντική διαχείριση, συνειδητοποιώντας ότι με την κατάλληλη διαχείριση, τα υγιή οικοσυστήματα βελτιώνουν τη ποιότητα ζωής για τις παρούσες και τις μελλοντικές γενιές.

Εξειδίκευση των κατευθυντηρίων αρχών στο πράσινο

Έμφαση στα ελληνικά είδη

Ο σχεδιασμός του πρασίνου θα πρέπει να βασίζεται κυρίως σε είδη της Ελληνικής χλωρίδας διότι αυτά είναι καλύτερα προσαρμοσμένα και έχουν μειωμένες απαιτήσεις σε επικουρική ενέργεια (άρδευση, λίπανση, φυτοπροστασία).

Αξιοποίηση της βιοποικιλότητας

Έμφαση στην επιλογή πολλών διαφορετικών ειδών από την ίδια περιοχή με στόχο μέσα από την συνύπαρξή τους στο ίδιο περιβάλλον και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις να περιορίζεται η ανάγκη φυτοπροστασίας και να προάγεται η διατήρηση της βιοποικιλότητας.

Αξιοποίηση των σχέσεων μεταξύ των ειδών για μεγιστοποίηση του περιβαλλοντικού οφέλους

Επιλογή φυτικών ειδών που η μεταξύ τους συνύπαρξη συμβάλει την αξιοποίηση / εξοικονόμηση συγκεκριμένου φυσικού πόρου. Για παράδειγμα, η χρήση ποωδών φυτών για εδαφοκάλυψη που είναι δυνατό να ελαχιστοποιεί τις απαιτήσεις για άρδευση.

Εξοικονόμηση νερού

Επιλογή φυτικών ειδών με μειωμένες απαιτήσεις για άρδευση και αξιοποίηση των δυνατοτήτων της χρήσης για άρδευση, νερού που ανακυκλώνεται ή νερού που καθαρίζεται και φιλτράρεται μετά από άλλες χρήσεις.

Αξιοποίηση προϊόντων διαχείρισης

Είναι απαραίτητο ο σχεδιασμός να περιλαμβάνει μεθόδους αξιοποίησης των προϊόντων που προκύπτουν από τη διαχείριση του πρασίνου με στόχο την επανένταξή τους με άλλη μορφή στο ίδιο σύστημα. Για παράδειγμα, τεμαχισμός των προϊόντων κλαδέματος και επαναχρησιμοποίησή τους με τη μορφή τρίμματος για εδαφοκάλυψη.

Κομποστοποίηση φυτικών υπολειμμάτων

Ο σχεδιασμός της ολοκληρωμένης διαχείρισης των αστικών χώρων που αναπλάθονται είναι σκόπιμο να προβλέπει την κομποστοποίηση των φυτικών υπολειμμάτων και των προϊόντων κλαδέματος με στόχο την ελαχιστοποίηση της εισροής επικουρικής ενέργειας στο σύστημα με τη μορφή λιπάσματος.

Προδιαγραφές Πρασίνου

Προετοιμασία χώρων εγκατάστασης πρασίνου

Καθαρισμός και προετοιμασία

Οι εργασίες που περιλαμβάνονται στο στάδιο αυτό είναι οι ακόλουθες:

- Διαπίστωση της καταλληλότητας του χώρου φύτευσης και απομάκρυνση όλων των ακατάλληλων ή/και επιβλαβών υλικών (μπάζα, σκουπίδια, υλικά που έχουν μείνει από προηγούμενες εργασίες).
- Η συλλογή των προαναφερθέντων υλικών γίνεται με τους ενδεικνυόμενους τρόπους και ακολουθεί η μεταφορά και απόθεσή τους στους εγκεκριμένους χώρους απόθεσης απορριμμάτων.

Μόρφωση επιφάνειας εδάφους

Η εργασία γίνεται με τα κατάλληλα για τις συνθήκες και την έκταση του χώρου, μέσα (εκσκαφείς, φορτωτές, ή άλλα ειδικά μηχανήματα) και εργατοτεχνικό προσωπικό.

Προσθήκη φυτευτικού χώματος

Προστίθεται η κατάλληλη ποσότητα φυτευτικού χώματος. Το χώμα αυτό δεν θα πρέπει να προέρχεται από βάθος μεγαλύτερο των 0,70m ώστε να είναι γόνιμο, εμπλουτισμένο με την απαραίτητη μικροβιακή χλωρίδα και να περιέχει οργανική ουσία σε ποσοστό 12 έως 16%.

Η σύσταση του χώματος να είναι 10-30% άργιλος, 40-60% άμμος και 10-30% ιλύς και να έχει άριστη υδατοικανότητα και υδατοπερατότητα.

Ανάλογα με τα είδη που θα φυτευτούν να έχει την ενδεικνυόμενη περιεκτικότητα σε άζωτο, φωσφόρο, κάλλιο και ιχνοστοιχεία σε αφομιώσιμη μορφή και να μην έχει υψηλή περιεκτικότητα ανθρακικού ασβεστίου. Να έχει επίσης ουδέτρο pH (εκτός εαν για τα είδη που έχουν επιλεγεί χρειάζεται διαφορετικού τύπου εδαφικό μείγμα).

Για τη βελτίωση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του εδάφους μπορούν κατά περίπτωση και ανάλογα με τα είδη που πρόκειται να φυτευθούν, να χρησιμοποιηθούν διάφορα εδαφοβελτιωτικά υλικά.

Όργωμα- Φρεζάρισμα

Η εργασία γίνεται για την απομάκρυνση της τυχόν υπάρχουσας ανεπιθύμητης βλάστησης και την καλύτερη εγκατάσταση του πρασίνου. Χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα μηχανήματα και εξειδικευμένο προσωπικό.

Εγκατάσταση Πρασίνου

Φυτικό υλικό

Προέλευση φυτικού υλικού

Το φυτικό υλικό που θα χρησιμοποιηθεί στο έργο πρέπει να προέρχεται από φυτώρια που λειτουργούν με τις διατάξεις του Νόμου 1564/85, όπως αυτός τροποποιήθηκε με τις διατάξεις των Ν.2040/92 και Ν.2325/95. Σε περίπτωση που είναι εισαγόμενα να συνοδεύονται από τα προβλεπόμενα ποιστοποιητικά, σύμφωνα με το ΠΔ 365/2002 (ΦΕΚ Α 307/10.12.2002).

Για την αναγνώριση των ειδών πρέπει να χρησιμοποιούνται οι ισχύουσες βοτανικές (λατινικές) ονομασίες των ειδών. Οι ονομασίες αυτές αναφέρονται στις μελέτες, στα τεύχη δημοπράτησης και στις συμβάσεις. Οι κοινές ονομασίες αναφέρονται μόνο εφόσον αυτό κρίνεται απαραίτητο, προκειμένου να διευκρινιστεί η ταυτότητα του είδους.

Χαρακτηριστικά των φυτών

Ευρωστία

Ως χαρακτηριστικό δείγμα του είδους/ποικιλίας του, κάθε φυτό θα πρέπει να είναι υγιές και εύρωστο στα παρακάτω:

1. Να μην εμφανίζει προσβολές από έντομα, παθογόνα, νηματώδεις ή άλλους οργανισμούς.
2. Η κόμη, ο κορμός και οι ρίζες να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:
 - I. Μορφή κόμης: Η μορφή της κόμης να είναι τυπική νεαρού ατόμου του είδους του και να μην παρουσιάζει παραμορφώσεις από τον αέρα, το κλάδεμα, εντομολογικές ή άλλες προσβολές.
 - II. Φύλλωμα: Το μέγεθος, το χρώμα και η εμφάνιση των φύλλων είναι χαρακτηριστικά για την εποχή του χρόνου και το στάδιο ανάπτυξης του συγκεκριμένου είδους/ ποικιλίας. Τα φύλλα πρέπει να είναι ολόκληρα, συμπαγή, χωρίς αποχρωματισμούς (χλωρωτικούς ή νεκρωτικούς) και η έκπτυξή τους από το βλαστό να είναι κανονική.
 - III. Διακλαδώσεις: Η ανάπτυξη των κλάδων (μήκος και διάμετρος) σε όλη την κόμη είναι χαρακτηριστική για το μέγεθος ηλικίας του συγκεκριμένου είδους/ ποικιλίας. Τα κλαδιά δεν πρέπει να είναι νεκρά, σπασμένα, παραμορφωμένα ή προσβεβλημένα από έντομα ή άλλα παθογόνα.
 - IV. Κορμός: Ο κορμός πρέπει να είναι ευθύς, κάθετος και χωρίς πληγές (εκτός από τις τομές του κλαδέματος). Δεν πρέπει επίσης να υπάρχουν περιοχές με εμφανή ηλικικά εγκαύματα ή οπές από ξυλοφάγα έντομα.
 - V. Το ύψος δέντρων και η διάμετρος κορμών είναι χαρακτηριστικά για την ηλικία, το είδος/ποικιλία και το μέγεθος του φυτοδοχείου μέσα στο οποίο βρίσκεται.

Ρίζες

Το ριζικό σύστημα του δέντρου πρέπει να είναι καλά σχηματισμένο, χωρίς τραυματισμούς ή παραμορφώσεις από βιοτικούς (έντομα, παθογόνα) ή αβιοτικούς παράγοντες (τοξικότητα ζιζανιοκτόνου, αλατότητα εδάφους, υπερβολική άρδευση). Η κατανομή του ριζικού συστήματος πρέπει να είναι ομοιόμορφη σε όλη τη μάζα του υποστρώματος καλλιέργειας και να παρουσιάζει την χαρακτηριστική για το είδος/ποικιλία αύξηση.

Διαστάσεις-αναλογίες

Τα μεγέθη και οι αναλογίες μεταξύ των διαφόρων μερών του φυτού παρουσιάζονται στους πίνακες του Παραρτήματος II.

Φυτεύσεις

Χρονική Περίοδος Φύτευσης

Ως φυτευτική περίοδος στις Ελληνικές κλιματολογικές συνθήκες ορίζεται η χρονική περίοδος Νοεμβρίου-Μαρτίου, που αποτελεί και την ιδανική περίοδο φύτευσης για τα περισσότερα είδη.

Η χρονική περίοδος αυτή πρέπει να τηρείται αυστηρά όταν πρόκειται να γίνουν φυτεύσεις γυμνόριζων ειδών. Για φυτά που φυτεύονται με μπάλα χώματος ή φυτά που έχουν αναπτυχθεί σε φυτοδοχεία η περίοδος φύτευσης μπορεί να είναι Σεπτέμβριος-Μάιος.

Οι εργασίες φύτευσης θα πρέπει να σταματούν όταν:

- Οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες των 50C
- Οι θερμοκρασίες είναι υψηλότερες των 350C
- Επικρατούν πολύ ισχυροί άνεμοι.

Δεν επιτρέπονται φυτεύσεις σε έδαφος παγωμένο, κορεσμένο από υγρασία ή ξηρό.

Άνοιγμα Λάκκων

Κατά το άνοιγμα του λάκκου η επιφανειακή στρώση χώματος (μέχρι βάθος 30 εκατοστών-ενεργό χώμα) που απομακρύνεται θα πρέπει να τοποθετείται σε διαφορετική θέση από το κατώτερο χώμα.

Ο λάκκος θα πρέπει να ανοιχτεί με τέτοιο τρόπο ώστε οι πλευρές του να έχουν ελαφρά κλίση προς τα μέσα και πυθμένα επίπεδο και ασυμπίεστο. Το χώμα στον πυθμένα του λάκκου θα πρέπει να έχει αναμοχλευθεί σε βάθος πέντε έως δέκα εκατοστών. Στην περίπτωση που για το άνοιγμα του λάκκου έχει χρησιμοποιηθεί μηχανική μέθοδος που καθιστά τα τοιχώματά του λεία, θα πρέπει να γίνει αναμόχλευση και του εδάφους των τοιχωμάτων προκειμένου να διευκολυνθεί η εισχώρηση των ριζών του φυτού στο έδαφος.

Διαστάσεις

Οι τυποποιημένες κατηγορίες διαστάσεων λάκκων φύτευσης είναι οι ακόλουθες:

Πίνακας 9. Διαστάσεις λάκκων φύτευσης

Μήκος (cm)	Πλάτος (cm)	Βάθος (cm)
20	20	30
30	30	30
50	50	50
70	70	70
100	100	100
120	120	120
Λάκκοι με διαστάσεις μεγαλύτερες από 120cm		

Τα κριτήρια για την επιλογή των διαστάσεων των λάκκων φύτευσης είναι τα ακόλουθα:

- Οι διαστάσεις των λάκκων θα είναι 70% μεγαλύτερες από τη διάμετρο της μπάλας χώματος του φυτού ή τη διάμετρο του φυτοδοχείου, όταν πρόκειται να γίνει φύτευση σε γαιώδες έδαφος. Στην περίπτωση που η φύτευση θα γίνει σε βραχώδες έδαφος οι διαστάσεις των λάκκων θα πρέπει να είναι ίδιες με τη διάμετρο της μπάλας χώματος του φυτού ή τη διάμετρο του φυτοδοχείου.
- Για τη φύτευση γυμνόριζων φυτών ο λάκκος φύτευσης θα πρέπει να έχει τέτοιο μέγεθος ώστε να μπορεί να χωρέσει όλο το άνοιγμα των ριζών έτσι ώστε να μπορούν αυτές να αναπτύσσονται φυσιολογικά χωρίς να κόβονται ή να παραμορφώνονται από τη στενότητα του λάκκου.
- Για τη φύτευση μεγάλων φυτών (βάρους μεγαλύτερο από 250 κιλά) η διάμετρος του λάκκου θα πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια από τη διάμετρο της μπάλας και το βάθος ίσο με το ύψος της.

Μεταφορά Φυτικού Υλικού

Η μεταφορά των φυτών στο έργο θα πρέπει να γίνεται την ημέρα κατά την οποία έχει προγραμματισθεί η φύτευση έτσι ώστε να μη χρειαστεί τα φυτά να μείνουν εκτεθειμένα για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Φύτευση

Η μεταφορά των φυτών στο σημείο φύτευσης θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή.

Η εξαγωγή των φυτών από τα φυτοδοχεία στα οποία βρίσκονται ή από οποιοδήποτε άλλο μέσο έχει χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά τους (λινάτσες, πλαστικοί σάκκοι), θα πρέπει να γίνεται ακριβώς πριν τη φύτευση.

Η φύτευση γίνεται στο κέντρο του λάκκου, σε κατακόρυφη θέση.

Η προσθήκη βελτιωτικών, λιπασμάτων ή συμπληρωματικού χώματος (εαν προβλέπεται από τη μελέτη) γίνεται με ανάμειξή τους με το χώμα του λάκκου πριν από τη φύτευση.

Γυμνόριζα φυτά

Κατά τη φύτευση γυμνόριζων φυτών κλαδεύονται οι μη υγιείς ρίζες (πολύ μακριές, χοντρές, σπασμένες, πληγωμένες). Οι γυμνές ρίζες δεν πρέπει να μένουν εκτεθειμένες στις ατμοσφαιρικές συνθήκες (ήλιο, αέρα) για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Το ριζικό σύστημα, βυθίζεται σε λασπόνερο, ώστε να γίνει καλύτερη πρόσφυση των ριζών του με το έδαφος.

Το φυτό τοποθετείται στο κέντρο του λάκκου, σε κατακόρυφη θέση. Οι ρίζες του απλώνονται καλά και τακτοποιούνται στη φυσική τους θέση χωρίς να λυγίζουν. Προστίθεται σταδιακά το χώμα και με τα χέρια προωθείται ανάμεσα στις ρίζες και συμπιέζεται κατά στρώματα με τα πόδια, από τα τοιχώματα του λάκκου προς το κέντρο.

Φυτά με μπάλα χώματος

Πριν από τη φύτευση αφαιρούνται όλα τα υλικά συσκευασίας και κλαδεύονται οι ρίζες που ενδεχομένως προεξέχουν.

Στην περίπτωση που τα υλικά συσκευασίας είναι αυτοδιασπώμενα μπορούν να μην αφαιρεθούν και η φύτευση να γίνει με αυτά.

Κατά τη φύτευση η μπάλα χώματος θα πρέπει να βρίσκεται σε κατάσταση «ρόγου».

Το φυτό τοποθετείται κατακόρυφα στο κέντρο του λάκκου, προστίθεται χώμα ή μείγμα χώματος μέχρι τα τρία τέταρτα του λάκκου και συμπιέζεται κατά στρώματα.

Φυτά σε φυτοδοχεία

Τα φυτοδοχεία αφαιρούνται προσεκτικά πριν από τη φύτευση έτσι ώστε να μην υποστεί ζημιά η μπάλα χώματος

Στην περίπτωση που οι ρίζες έχουν κανονική ανάπτυξη ακολουθεί η φύτευση. Εάν υπάρχουν μπλεγμένες ρίζες στη βάση της μπάλας αφαιρούνται ή αραιώνονται.

Το φυτό τοποθετείται κατακόρυφα στο κέντρο του λάκκου, προστίθεται χώμα μέχρι τα τρία τέταρτα του λάκκου και συμπιέζεται κατά στρώματα.

Ειδικές φυτεύσεις

Πρανή δρόμων

Σε πρανή δρόμων με κλίση μεγαλύτερη του 50% φυτεύονται συνήθως μικρά φυτά (γυμνόριζα ή σε μικρά φυτοδοχεία) με στόχο τη σταθεροποίησή τους. Για το λόγο αυτό, αλλά και για να μη γίνεται διατάραξη της επιφάνειάς τους ανοίγονται λάκκοι με διάμετρο 20 εκατοστά και βάθος 30 εκατοστά και τα φυτά φυτεύονται όσο είναι δυνατό προς το εσωτερικό του λάκκου.

Φύτευση κοντά σε τοίχους

Για φύτευση κοντά σε τοίχους χρησιμοποιούνται συνήθως αναρριχώμενα φυτά ή φυτά μπορντούρας. Ο λάκκος ή το αυλάκι φύτευσης πρέπει να ανοίγονται 20 έως 25 εκατοστά μακριά από τον τοίχο.

Ο πυθμένας του λάκκου ή του αυλακιού διαμορφώνεται με κλίση προς την αντίθετη πλευρά του τοίχου και κατά τη φύτευση γυμνόριζων φυτών, οι ρίζες απλώνονται προς την κατεύθυνση αυτή. Στις φυτεύσεις φυτών με μπάλα χώματος, η μπάλα χώματος φυτεύεται με κλίση προς τον τοίχο.

Αναρριχώμενα

Τα αναρριχώμενα φυτά πρέπει να κλαδεύονται πριν από τη φύτευσή τους στα δύο τρίτα του ύψους του κεντρικού και των παγίων βλαστών.

Μεταφυτευτικές Εργασίες

Μετά τη φύτευση διαμορφώνεται η λεκάνη άρδευσης. Διαμορφώνεται σε σχήμα δακτυλίου με εξωτερική διάμετρο τουλάχιστον 20% μεγαλύτερη από τις διαστάσεις του λάκκου φύτευσης και βάθος τόσο ώστε η χωρητικότητά της να είναι διπλάσια της προβλεπόμενης δόσης άρδευσης.

Στη συνέχεια καθαρίζεται ο χώρος φύτευσης και απομακρύνονται τα διάφορα σκουπίδια που προέκυψαν από τη φύτευση (πέτρες, υλικά συσκευασίας, φυτοδοχεία, ξερά κλαδιά, σύρματα) και ακολουθεί η μεταφορά και απόθεσή τους στους εγκεκριμένους χώρους απόθεσης απορριμμάτων.

Αμέσως μετά γίνεται η πρώτη άρδευση (με λάστιχο). Στόχος είναι να γεμίσει η λεκάνη, να γίνει εμπέδωση του χώματος, να κλείσουν τυχόν κενά και να εξασφαλιστεί η καλύτερη συνάφεια του με τις ρίζες και την μπάλα του φυτού.

Υποχρεωτική Μεταφυτευτική Συντήρηση

Η επιτυχία της φύτευσης εξαρτάται από την επιτυχή εγκατάσταση των φυτών και την προσαρμογή τους στις νέες συνθήκες. Για να γίνει αυτό τα φυτά χρειάζονται αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, μετά από το οποίο θα φανεί και ο βαθμός επιτυχίας της εγκατάστασής τους.

Για να εξασφαλιστούν καλύτερες συνθήκες ανάπτυξης των φυτών κατά το χρόνο υποχρεωτικής συντήρησης και εγγύησης απαιτούνται οι ακόλουθες εργασίες: άρδευση, έλεγχος των ζιζανίων, σχηματισμός λεκάνης, έλεγχος των ασθενειών και των εντόμων, καθαριότητα, έλεγχος των πασάλων και της πρόσδεσης, κλάδεμα ή κούρεμα, λίπανση και κάθε άλλη έκτακτη απαραίτητη καλλιεργητική εργασία για να εξασφαλιστεί η καλή και υγιής εγκατάσταση και ανάπτυξη των φυτών.

Η συχνότητα και ο χρόνος εκτέλεσης των περισσότερων προαναφερόμενων εργασιών εξαρτάται από τις ιδιαίτερες συνθήκες και καθορίζεται από τη φυτοτεχνική μελέτη του έργου.

Υποστήλωση

Όταν στις φυτεύσεις χρησιμοποιούνται μεγάλα δένδρα θα πρέπει να γίνεται υποστήλωσή τους με πασσάλους.

Οι πάσσαλοι θα πρέπει είναι ευθυτενείς, από ξύλο καστανιάς ή κυπαρισσιού και αποφλοιωμένοι ή πριστοί.

Οι αποφλοιωμένοι πάσσαλοι θα πρέπει να είναι πελεκητοί στο κάτω άκρο, τελείως αποφλοιωμένοι, με ενιαία διάμετρο σε όλο το μήκος τους και πισσαρισμένοι μέχρι ύψος 0,50m.

Οι πριστοί πάσσαλοι θα πρέπει να είναι πελεκητοί στο κάτω άκρο και εμποτισμένοι εν θερμώ με ειδικά μυκητοκτόνα σκευάσματα.

Για τους πασσάλους από ξύλο καστανιάς, το άνω τμήμα τους (πάνω από το πισσαρισμένο) μπορεί να μένει απροστάτευτο, ενώ για τους πριστούς θα επαρκεί ο προβλεπόμενος εμποτισμός τους.

Οι διαστάσεις των πασσάλων εξαρτώνται από το μέγεθος των δέντρων. Το ύψος τους μπορεί να κυμαίνεται από 1,5 έως 3,00m και η διάμετρός τους από 5 έως 12cm.

Συντήρηση

Άρδευση

Νερό άρδευσης

Το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση ελέγχεται από ειδικά εργαστήρια. Οι παράμετροι που ελέγχονται είναι το Ρη, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα χλωριόντα, τα θειικά, ο βαθμός αλλοίωσης, η σχέση προσροφημένου νατρίου, το υπολειπόμενο νάτριο, το μαγνήσιο, το ασβέστιο, τα ανθρακικά, τα όξινα ανθρακικά, το διαλυμένο οξυγόνο, το βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) και το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD).....

Απαιτείται επίσης εργαστηριακός έλεγχος για τις αιωρούμενες ουσίες, άγλη, άμμο, που μπορούν να προκαλέσουν αποφράξεις στους σταλάκτες.

Διάρκεια και συχνότητα άρδευσης

Η διάρκεια και η συχνότητα άρδευσης του φυτού με τη στάγδην άρδευση εξαρτώνται:

- Από το είδος του φυτού
- Από το μέγεθος του φυτού
- Από τη σύσταση του εδάφους (αργιλώδες, αμμώδες, πηλώδες)
- Από την εποχή
- Από τις καιρικές συνθήκες (θερμοκρασία, άνεμος, ηλιοφάνεια)

ΠΙΝΑΚΕΣ ΦΥΤΩΝ

Πίνακας ποωδών φυτών

ΠΟΩΔΗ ΦΥΤΑ		
α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα
1	<i>Acanthus mollis*</i>	Άκανθα
2	<i>Agarantus umbelatus</i>	Αγάπανθος
3	<i>Anthyllis hermanniae</i>	Ανθυλλίς
4	<i>Armeria sp.</i>	Αρμέρια
5	<i>Artemisia sp.</i>	Αψιθιά
6	<i>Capparis spinosa*</i>	Κάππαρη
7	<i>Cerastium tomentosum</i>	Κεράστιο
8	<i>Senecio vulgaris</i>	Σινεράρια
9	<i>Cistus sp.</i>	Λαδανιά
10	<i>Corydothymus capitatus*</i>	Θυμάρι
11	<i>Iris sp.*</i>	Ίρις
12	<i>Lavandula officinalis*</i>	Λεβάντα
13	<i>Mentha viridis*</i>	Μέντα
14	<i>Mentha piperita*</i>	Δυόσμος
15	<i>Origanum dictamnus*</i>	Δίκταμος
16	<i>Origanum majorana*</i>	Ματζουράνα
17	<i>Origanum vulgare*</i>	Ρίγανη
18	<i>Pelargonium odoratissimum</i>	Αρμπάροριζα
19	<i>Salvia officinalis*</i>	Σάλβια
20	<i>Santolina officinalis</i>	Λεβαντίνη
21	<i>Valeriana sp.*</i>	Βαλεριάνα
22	<i>Verbena hybrida</i>	Βερμπένα
23	<i>Viola odorata*</i>	Μενεξές

Τα είδη που έχουν* είναι ιθαγενή φυτά της Ελλάδας

Πίνακας αναρριχώμενων

ΑΝΑΡΡΙΧΩΜΕΝΑ ΦΥΤΑ		
α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα
1	Bignonia sp.	Βιγνόνια
2	Bougainvillea sp.	Βουκανβίλια
3	Hedera helix*	Κισσός
4	Jasminum azoricum	Γιασεμί Αζορών
5	Jasminum mesnyi	Γιασεμί κίτρινο
6	Jasminum officinale*	Γιασεμί χιώτικο
7	Lonicera caprifolium	Αγιόκλημα
8	Parthenocissus sp.*	Αμπέλοψη
9	Passiflora sp.*	Πασσιφλόρα
10	Plumbago capensis	Πλουμπάγκο
11	Polygonum baldschuanicum	Πολύγωνο
12	Rosa sp.*	Αναρριχώμενη τρανταφυλλιά
13	Trachelospermum jasminoides	Ρυγχόσπερμο
14	Wisteria sinensis	Γλυσίνια

Τα είδη που έχουν* είναι ιθαγενή φυτά της Ελλάδας

Πίνακας θάμνων


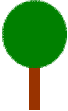

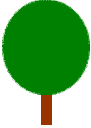
ΘΑΜΝΟΙ		
α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα
1	<i>Abelia grandiflora</i>	Αμπέλια
2	<i>Abutilon striatum</i>	Αβούτιλο
3	<i>Arbutus unedo*</i>	Κουμαριά
4	<i>Berberis sp.</i>	Βερβερίδα
5	<i>Buddleia sp.</i>	Βουτλέια
6	<i>Buxus sempervirens</i>	Πυξάρι
7	<i>Caesalpinia giliessii</i>	Ποικικιανή
8	<i>Callistemon</i>	Καλλιστήμων
9	<i>Cassia floribunda</i>	Κάσσια
10	<i>Ceanothus sp.</i>	Κεάνοθος
11	<i>Cestrum sp.</i>	Κέστρο
12	<i>Cidonia japonica</i>	Κυδωνιά ιαπωνική
13	<i>Cimonanthus sp.</i>	Χειμώνανθος
14	<i>Cistus sp.*</i>	Λαδανιά
15	<i>Colutea arborescens</i>	Φουστία
16	<i>Cordyline sp</i>	Χλωρόφυτο
17	<i>Cotinus coggygria</i>	Κότινος
18	<i>Cotoneaster sp.</i>	Κυδωνιάστρο
19	<i>Cytisus sp.</i>	Κύτισος
20	<i>Deutzia scabra</i>	Δεύτσια
21	<i>Duranta plumieri</i>	Δουράντα
22	<i>Eleagnus agustifolium</i>	Ελαίανος
23	<i>Erica sp.*</i>	Ρείκι
24	<i>Escallonia rubra</i>	Εσκαλόνια


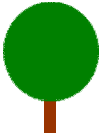


25	<i>Euonymus japonicus</i>	Ευώνυμο
26	<i>Feijoa sellowiana</i>	Φειτζόα
27	<i>Forsythia intermedia</i>	Φορσύθια
28	<i>Hebe speciosa</i>	Βερονίκη
29	<i>Hibiscus sinensis</i>	Ιβίσκος σινικός
30	<i>Hibiscus syriacus</i>	Ιβίσκος συριακός
31	<i>Hippocrepis emerus</i>	Κορονίλα
32	<i>Hypericum</i>	Υπέρικο
33	<i>Ilex aquifolium</i>	ΐλεξ
34	<i>Jasmines humilus</i>	Γιασεμί
35	<i>Juniperus sp.*</i>	Γιουνίπερος
36	<i>Kerria japonica</i>	Κέρρια
37	<i>Lagerstroemia indica</i>	Λαγκεστρέμια
38	<i>Lantana mondevicensis</i>	Λαντάνα
39	<i>Laurus nobilis*</i>	Δάφνη Απόλλωνος
40	<i>Ligustrum japonicum</i>	Λιγούστρο
41	<i>Medicago arborea</i>	Μηδική δενδρώδης
42	<i>Myoporum laetum</i>	Μυόπορο
43	<i>Myrtus communis*</i>	Μυρτιά
44	<i>Nadina domestica</i>	Ναντίνα
45	<i>Nerium oleander*</i>	Πικροδάφνη
46	<i>Philadelphus coronaries</i>	Φιλάδελφος
47	<i>Phillyrea latifolia*</i>	Φιλυρέα
48	<i>Phlomis fruticosa*</i>	Ασφάκα
49	<i>Photinia fraseri</i>	Φωτίνια
50	<i>Pistacia lentiscus*</i>	Σχίνος
51	<i>Pittosporun heterophyllum</i>	Αγγελική μικρόφυλλη


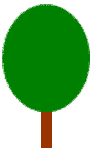
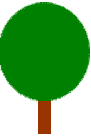
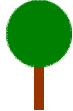
52	<i>Pittosporun tobira</i>	Αγγελική
53	<i>Polygala myrtifolia</i>	Πολύγαλα
54	<i>Prunus laurocerasus*</i>	Δαφνοκέρασος
55	<i>Prunus luzitanica</i>	Λουζιτάνικα
56	<i>Punica granatum</i>	Ροδιά
57	<i>Pyracantha coccinea</i>	Πυράκανθος
58	<i>Rhamnus alaternus</i>	Ράμνος
59	<i>Rosa sp.</i>	Τριανταφυλλιά
60	<i>Rosmarinus officinalis*</i>	Δενδρολίβανο
61	<i>Spartium junceum*</i>	Σπάρτο
62	<i>Spirea arguta</i>	Σπειραία
63	<i>Syringa vulgaris*</i>	Πασχαλιά
64	<i>Tamarix sp.*</i>	αλμυρίκι
65	<i>Teucrium fruticans</i>	Τεύκριο
66	<i>Thuja</i>	Τούγια
67	<i>Viburnum opulus*</i>	Βιβούρνο χιονόσφαιρα
68	<i>Viburnum tinus</i>	Βιβούρνο
69	<i>Vitex agnus-castus*</i>	Λυγαριά
70	<i>Weigela sp.</i>	Βειγκέλια



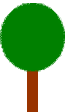
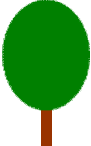
Τα είδη που έχουν* είναι ιθαγενή φυτά της Ελλάδας


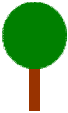


Πίνακας Δένδρων

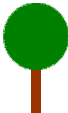
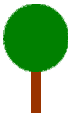

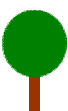
α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Καταγωγή Ε: ελληνικό είδος	Αειθαλής/ φυλλοβόλο	Σχήμα κόμης	Ύψος (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Διάμετρος κόμης (m) M:≥ 5m , μ:μέχρι 5m	Καταλληλότητα για σκιά
1	Abies cephalonica	Κεφαλληνιακό έλατο	Ε	Α		M	M	+
2	Acacia floribunda	Ακακία		Φ		μ	μ	
3	Acer sp.	Σφενδάμι		Φ		M	M	+
4	Aesculus hippocastaneum	Ιπποκαστανιά	Ε	Φ		M	M	+

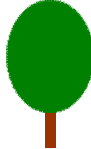
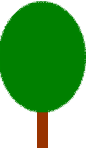
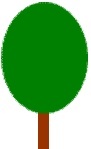
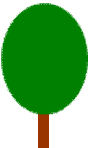
α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Καταγωγή Ε: ελληνικό είδος	Αειθαλής/ φυλλοβόλο	Σχήμα κόμης	Ύψος (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Διάμετρος κόμης (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Καταλληλότητα για σκιά
5	<i>Albizzia julibrissim</i>	Ακακία κωνσταντινουπόλεως		Φ		M	M	
6	<i>Casuarina sp.</i>	Καζουαρίνα		A		M	M	
7	<i>Catalpa bignonioides</i>	Κατάλητη		Φ		μ	μ	
8	<i>Cedrus deodara</i>	Κέδρος		A		M	M	


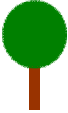

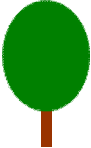
α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Καταγωγή Ε: ελληνικό είδος	Αειθαλής/ φυλλοβόλο	Σχήμα κόμης	Ύψος (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Διάμετρος κόμης (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Καταλληλότητα για σκιά
9	<i>Cedrus libani</i>	Κέδρος Λιβάνου		A		M	M	
10	<i>Celtis australis</i>	Μελικοκιά		Φ		M	M	
11	<i>Ceratonia siliqua</i>	Χαρουπιά	E	A		M	M	+
12	<i>Cercis siliquastrum</i>	Κουτσουπιά	E	Φ		M	M	

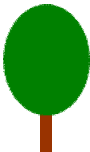

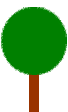
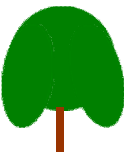
α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Καταγωγή Ε: ελληνικό είδος	Αειθαλής/ φυλλοβόλο	Σχήμα κόμης	Ύψος (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Διάμετρος κόμης (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Καταλληλότητα για σκιά
13	Citrus aurantium	Νερατζιά		A		μ	μ	
14	Citrus limon	Λεμονιά		A		μ	μ	
15	Cornus mas	Κρανιά	E	Φ		M	M	
16	Cupressus sempervirens horizontalis	Κυπαρίσσι οριζοντιόκλαδο	E	A		M	M	


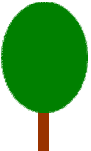
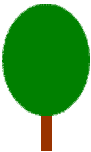
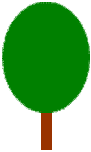
α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Καταγωγή Ε: ελληνικό είδος	Αειθαλής/ φυλλοβόλο	Σχήμα κόμης	Ύψος (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Διάμετρος κόμης (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Καταλληλότητα για σκιά
17	Cupressus sempervirens sempervirens	Κυπαρίσι ορθόκλαδο	E	A		M	M	
18	Eleagnus angustifolia	Ελαίαγνος		Φ		M	M	
19	Ficus carica	Συκιά	E	Φ		M	M	
20	Fraxinus ornus	Μελιός	E	Φ		M	M	

α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Καταγωγή Ε: ελληνικό είδος	Αειθαλής/ φυλλοβόλο	Σχήμα κόμης	Ύψος (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Διάμετρος κόμης (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Καταλληλότητα για σκιά
21	Juniperus oxycedrus	Γιουνίπερος	E	A		M	M	
22	Morus alba	Μουριά	E	Φ		μ	μ	+
23	Morus nigra	Μουριά	E	Φ		μ	μ	+
24	Olea europaea	Ελιά	E	A		M	M	

α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Καταγωγή Ε: ελληνικό είδος	Αειθαλής/ φυλλοβόλο	Σχήμα κόμης	Ύψος (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Διάμετρος κόμης (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Καταλληλότητα για σκιά
25	Pinus halepensis	Πεύκη χαλέπιος	E	A		M	M	+
26	Pinus pinea	Κουκουναριά	E	A		M	M	+
27	Platanus orientalis	Πλατάνι	E	Φ		M	M	+
28	Populus alba	Λεύκα αργυρόφυλλη		Φ		M	M	+

α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Καταγωγή Ε: ελληνικό είδος	Αειθαλής/ φυλλοβόλο	Σχήμα κόμης	Ύψος (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Διάμετρος κόμης (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Καταλληλότητα για σκιά
29	Populus nigra	Λεύκα		Φ		M	M	+
30	Prunus cerasifera	Καλλωπιστική δαμασκηλιά		Φ		μ	μ	
31	Punica granatum	Ροδιά	E	Φ		μ	μ	+
32	Quercus ilex	Αριά	E	A		M	M	+

α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Καταγωγή Ε: ελληνικό είδος	Αειθαλής/ φυλλοβόλο	Σχήμα κόμης	Ύψος (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Διάμετρος κόμης (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Καταλληλότητα για σκιά
33	Quercus sp.	Δρύς	Ε	Φ		Μ	Μ	+
34	Robinia pseudoacacia	Ψευδακακία		Α		μ	μ	+
35	Salix alba	Ιτιά		Φ		μ	μ	
36	Salix babylonica	Ιτιά κλαίουσα		Φ		μ	μ	

α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα	Καταγωγή Ε: ελληνικό είδος	Αειθαλής/ φυλλοβόλο	Σχήμα κόμης	Ύψος (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Διάμετρος κόμης (m) M:≥ 5m μ:μέχρι 5m	Καταλληλότητα για σκιά
37	Schinus molle	Ψευδοπιπεριά		Α		μ	μ	+
38	Sophora japonica	Σοφόρα		Φ		M	M	+
39	Tilia platyphyllos	Φλαμουριά	Ε	Φ		M	M	+
40	Ulmus campestris	Φτελιά	Ε	Φ		M	M	+

Φυτά κατάλληλα για υγρα εδάφη

ΦΥΤΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΓΙΑ ΥΓΡΑ ΕΔΑΦΗ		
α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα
1	Quercus sp.	Δρυς
2	Abies sp.	Έλατο
3	Ilex	Ιλεξ
4	Crataegus sp.	Κράταιγος
5	Populus sp.	Λεύκη
6	Pinus sp.	Πεύκη
7	Viburnum	Βιβούρνο
8	Cornus mas	Κρασιά
9	Cotoneaster sp.	Κυδωνιάστρο
10	Buddleia sp	Βουτλέια
11	Rhamnus alaternus	Ράμνος
12	Spirea arguta	Σπειραία

Φυτά κατάλληλα για ανεμοφράκτες

ΦΥΤΑ ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ ΓΙΑ ΑΝΕΜΟΦΡΑΚΤΕΣ		
α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα
1	Eucalyptus sp.	Ευκάλυπτος
2	Cyperus sempervirens	Κυπαρίσι
3	Populus alba	Λεύκη λευκή
4	Populus nigra	Λεύκη μαυρή
5	Fagus sylvatica	Οξυά δασική
6	Pinus nigra	Πεύκη μαύρη
7	Acer platanoides	Σφενδάμι πλατανοειδές
8	Tilia platyphyllos	Φλαμουριά
9	Juniperus sp.	Γιουνίπερος
10	Cornus mas	Κρασιά
11	Ligustrum japonicum	Λιγούστρο
12	Thuja	Τούγια

Φυτά ανθεκτικά στην ατμοσφαιρική ρύπανση

ΦΥΤΑ ΑΝΘΕΚΤΙΚΑ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ		
α/α	Επιστημονικό όνομα	Κοινό όνομα
1	Acacia	Ακακία κοινή
2	Albizzia julibrissim	Ακακία Κων/πολεως
3	Prunus cerasifera	Δαμασκηλιά καλλωπιστική
4	Eleagnuw agustifolium	Ελαίαγνος
5	Olea europaea	Ελιά
6	Aesculus hippocastaneum	Ιπποκαστανιά
7	Catalpa bignonioides	Κατάλη
8	Crataegus	Κράταιγος
9	Cypressus sempervirens	Κυπαρίσι
10	Populus sp.	Λεύκη
11	Melia azedarach	Μελια
12	Platanus orientalis	Πλάτανος
13	Sophora japonica	Σοφόρα
14	Acer sp.	Σφενδάμι
15	Tilia platanophyllos	Φλαμουριά
16	Ulmus campestris	Φτελιά
17	Ververis sp.	Βερβερίδα
18	Viburnum sp.	Βιβούρνο
19	Euonymus japonicus	Ευώνυμο
20	Hibiscus syriacus	Ιβισκος συριακός
21	Clematis sp.	Κληματίς
22	Syringa vulgaris	Πασχαλιά
23	Pittosporum tobira	Αγγελική
24	Pyracantha coccinea	Πυράκανθος

25	Rhamnus alaternus	Ράμνος
----	-------------------	--------

Βιβλιογραφία

- ¹ <http://balkenv.mine.nu:9088/method.html#a2>
- ² Carmon N., Shamir U., Meiron-Pistiner S.: Water-sensitive Urban Planning: Protecting Groundwater, *Journal of Environmental Planning and Management*, 40(4), 1997, pg 414
- ³ Cook E., Van Lier H. (coord.): *Landscape planing and ecological networks*. Netherlands : Elsevier Science B.V. Ecofacct 2a, 1994.
- ⁴ Cook E., Van Lier H. (coord.): *Landscape planing and ecological networks*. Netherlands : Elsevier Science B.V. Ecofacct 2a, 1994.
- ⁵ Alberti, Booth, Hill, Marzluff: *The Impact of Urban Planning on Ecosystem Dynbamics*, Urban Research Initiative: NSF Proposal 1999-2002, 1999.
- ⁶ Λεονταρίδου Μ.: Συμβολή στην οικολογία των πόλεων της Ελλάδας: Χωρολογική, βιολογική και οικολογική ανάλυση της ξυλώδους χλωρίδας της Δράμας, Ερευνητική Εργασία, ΠΜΣ Οικολογία – Διαχείριση και προστασία αστικού περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2007.
- ⁷ Μαμάσης Ν.: *Οικολογία για μηχανικούς, Αστικό περιβάλλον, Τομέας Υδατικών Πόρων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 2008.*
- ⁸ Antrop M., Etvelde V.V.: Holistic aspects of suburban landscapes: visual image interpretation and landscape metrics. *Landscape and Urban Planing* No_ 50, 2000, pp. 43-58. Elsevier Science B.V.
- ⁹ Ellenberg, H.: *Zeigerwerte von GefässpflanzenMitteleuropas*. Scripta, 1979
- ¹⁰ Ellenberg, H.: *Vegetation ecology of Central Europe*, 4 edition. Cambridge, 1988.
- ¹¹ Ellenberg, H., Weber H.E., Dull R., Wirth V., Werner W., Paulissen D.: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. ScriptaGeobotanica 18, 1998, 1. 248.
- ¹² Hill M.: *Technical Annex- Ellenberg's indicator values for British Plants*, 1999.
- ¹³ Bohling N.: *Zeigerwerte der Phanerogamen-Flora von Naxos (Griechenland)*. EinBeitragzurökologischen Kennzeichnung der mediterranen Pflanzenwelt. Stuttgartarter Beitr Naturk. 533: 1-75, Cambridge University Press, 1995.
- ¹⁴ Λεονταρίδου Μ.: Συμβολή στην οικολογία των πόλεων της Ελλάδας: Χωρολογική, βιολογική και οικολογική ανάλυση της ξυλώδους χλωρίδας της Δράμας, Ερευνητική Εργασία, ΠΜΣ Οικολογία – Διαχείριση και προστασία αστικού περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2007.
- ¹⁵ Alberti, Booth, Hill, Marzluff: *The Impact of Urban Planning on Ecosystem Dynbamics*, Urban Research Initiative: NSF Proposal 1999-2002, 1999.
- ¹⁶ ΚΑΠΕ 2004, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια», Έργο RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), ISBN: 960-86907-2-2
- ¹⁷ Gaitani N., Mihalakakou G., Santamouris M.: On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces, *Building and Environment* 42, 2007, 317–324.
- ¹⁸ Nikolopoulou M., Bakera N., Steemersa K.: Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter, *Solar Energy*, 70(3), 2001, 227-235.
- ¹⁹ Honjo T.: *Thermal Comfort in Outdoor Environment*. Faculty of Horticulture, Chiba University, 13/2009:43-47 printed in Japan
- ²⁰ Santamouris M.: *Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach*.
- ²¹ Centre for Renewable Energy Sources (C.R.E.S.): *Designing Open Spaces in the Urban Environment: A Bioclimatic Approach*
- ²² Rombauts, P.: *Aspects of visual task comfort in an urban environment*.
- ²³ Kang, J.: From understanding to designing soundscapes, *Front. Archit. Civ. Eng. China* 2010, 4(4): 403–417
- ²⁴ De Coensel et al.: *The soundscape approach for early stage urban planning: A case study*, 2010, www.internoise2010.org
- ²⁵ Bottema, M.: *A Method for Optimisation of Wind Discomfort Criteria*, *Building and Environment*, 2010, 35: 1–18.
- ²⁶ Blocken, B. Carmeliet, J.: *Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples*, *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 28 (2), 2004, pp. 107-159

- ²⁷ Lawson, T.V. & Penwarden, A.D.: The Effects of Wind on People in the Vicinity of Buildings, In: Proceedings 4th International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures, Cambridge University Press, Heathrow, 1975, pp. 605–622.
- ²⁸ Murakami, S., Uehara, K. and Deguchi, K.: Wind Effects on Pedestrians: New Criteria Based on Outdoor Observation of Over 2000 Persons, In: Cermak (ed.) Proceedings of the 5th International Conference on Wind Engineering, Fort Collins, Colorado, 1980, pp. 277–288.
- ²⁹ Bottema, M.: Wind Climate and Urban Geometry, Ph.D. Thesis, FAGO, Technical University of Eindhoven, 1993.
- ³⁰ Blocken, B. & Carmeliet, J.: Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples, *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 28 (2), 2004, pp. 107-159
- ³¹ Hunt, J.C.R., Poulton, E.C. & Mumford, J.C. : The Effects of Wind on People: New Criteria Based Upon Wind Tunnel Experiments, *Building and Environment*, 1976, 11: 15–28.
- ³² Matzarakis et al.: Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments – Basics of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology* 54, 2010, 131-139.
- ³³ http://en.wikipedia.org/wiki/File:Hukseflux_radiometer_sr11_photo.jpg
- ³⁴ <http://www.kippzonen.com>
- ³⁵ Thorsson et al.: Different methods for estimating the mean radiant temperature in the outdoor urban setting. *Int. J. Climatol*, 2007. 27(14):s1983–s1993.
- ³⁶ <http://www.esis.com.au/Monitor/TB1.jpg>
- ³⁷ ENVI-met webpage: www.envi-met.com
- ³⁸ Blocken, B., Carmeliet, J.: Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples, *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 28 (2), 2004, pp. 107-159
- ³⁹ ΚΑΠΕ 2004, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια», Έργο RURORS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), ISBN: 960-86907-2-2
- ⁴⁰ Oke T.R. : Boundary layer climates. University Press, Cambridge, 1987
- ⁴¹ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Αναλυτικές Τεχνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης.
- ⁴² Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Αναλυτικές Τεχνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης.
- ⁴³ ΥΠΕΧΩΔΕ «Προσωρινές Εθνικές Προδιαγραφές – ΠΕΤΕΠ 03-11-20-00, Εφαρμογές Ψυχρών Υλικών
- ⁴⁴ Theoni Karlessi*, Afroditi Synnefa, Niki Gaitani and Mattheos Santamouris, *Advances in the development of Cool Materials for the Built Environment*, 2010, Chapter Cool Pavements
- ⁴⁵ Theoni Karlessi*, Afroditi Synnefa, Niki Gaitani and Mattheos Santamouris, *Advances in the development of Cool Materials for the Built Environment*, 2010, Chapter Cool Pavements
- ⁴⁶ Theoni Karlessi and Mattheos Santamouris. *Advances in the development of Cool Materials for the Built Environment*, 2010, Chapter Research on Thermochromic and PCM doped infrared reflective coatings
- ⁴⁷ ΥΠΕΧΩΔΕ «Προσωρινές Εθνικές Προδιαγραφές – ΠΕΤΕΠ 03-11-30-00 Εφαρμογές φωτοκαταλυτικών υλικών», Έκδοση 1, Αθήνα, 2010
- ⁴⁸ ΚΑΠΕ 2004, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια», Έργο RURORS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), ISBN: 960-86907-2-2
- ⁴⁹ ΚΑΠΕ 2004, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια», Έργο RURORS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), ISBN: 960-86907-2-2
- ⁵⁰ ΚΑΠΕ 2004, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια», Έργο RURORS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), ISBN: 960-86907-2-2
- ⁵¹ Kramer και Kozlowski, *Physiology of trees.*, McGraw-Hill Book Co., 1960.
- ⁵² Robinette, G. O.: *Plants and their Environmental Functions*. Washington D.C: U.S., 1968.
- ⁵³ Shahidan M. F., & Mustafa, K. M. S.: Tropical Microclimate Indicators for The Malaysian Urban Landscape. Paper presented at the ASEAN Postgraduate Seminar in Built Environment, University of Malaya, Malaysia, 2005.
- ⁵⁴ Robinette, G. O.: *Plants and their Environmental Functions*. Washington D.C: U.S. Department of the Interior, 1968.
- ⁵⁵ Lechner: *Heating, cooling, lighting. Design methods for architects* A Wiley Interscience Publication, New York: Wiley, 1991.

- ⁵⁶ Shahidan M.F., Jones P. Plant Canopy Design in Modifying Urban Thermal Environment: Theory and Guidelines. PLEA 2008 – 25th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Dublin, 2008.
- ⁵⁷ Robinette, G. O.: Plants and their Environmental Functions. Washington D.C: U.S. Department of the Interior, 1968.
- ⁵⁸ Brown, R. D., & Gillespie, T. J. : Microclimate Landscape Design: Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency. New York: John Wiley & Sons, 1995.
- ⁵⁹ <http://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/bioklimatikos-schediasmos-t-o-t-e-e>
- ⁶⁰ <http://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/bioklimatikos-schediasmos-t-o-t-e-e>
- ⁶⁶ Τσαλικίδης Γ.Α.: Σύγχρονοι Ελληνικοί Κήποι, Γαρταγάνης, Θεσσαλονίκη, 1987.
- ⁶⁷ <http://sites.google.com/site/wildwaterwall/eliaka-spitia/bioklimatikos-schediasmos-t-o-t-e-e>
- ⁶⁸ R.H.S., Plants for places: Dorling Kindersley, London, 2001.
- ⁶⁹ Hopper, Leonard J.: Landscape Architectural Graphic Standards, New York: John Wiley & Sons, Inc, 2007.
- ⁷⁰ R.H.S., Plants for places, Dorling Kindersley, London, 2001.
- ⁶⁶ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Αναλυτικές Τεχνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης.
- ⁶⁷ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2010, Αναλυτικές Τεχνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης.
- ⁶⁸ ΚΑΠΕ 2004, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια», Έργο RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), ISBN: 960-86907-2-2.
- ⁶⁹ ΚΑΠΕ 2004, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια», Έργο RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), ISBN: 960-86907-2-2.
- ⁷⁰ ΚΑΠΕ 2004, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια», Έργο RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), ISBN: 960-86907-2-2.
- ⁷¹ ΚΑΠΕ 2004, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια», Έργο RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), ISBN: 960-86907-2-2.
- ⁷² ΚΑΠΕ 2004, «Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων με βιοκλιματικά κριτήρια», Έργο RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), ISBN: 960-86907-2-2.
- ⁷³ Τσελέπης Σ., «Φωτοβολταϊκά στα κτήρια» στο ΚΑΠΕ, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, 2002.
- ⁷⁴ Τσελέπης Σ., «Φωτοβολταϊκά στα κτήρια» στο ΚΑΠΕ, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, 2002.
- ⁷⁵ Τσελέπης Σ., «Φωτοβολταϊκά στα κτήρια» στο ΚΑΠΕ, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, 2002.
- ⁷⁶ <http://www.onyx-solar.com/>
- ⁷⁷ <http://www.lottolab.org/products-solarpavingstones.asp>
- ⁷⁸ Αποστολίδου Γ.: «Συστήματα αξιοποίησης του εδάφους για θέρμανση-ψύξη κτηρίων», Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2010.
- ⁷⁹ N. Fintikakis, N. Gaitani, M. Santamouris, M. Assimakopoulos, D.N. Assimakopoulos, M. Fintikaki, G. Albanis, K. Papadimitriou, E. Chryssochoides, K. Katopodi, P. Doulas, Bioclimatic design of open public spaces in the historic center of Tirana, Albania, SUSTAINABLE CITIES & SOCIETY, Volume 1, Issue 1, 2011, Pages 54-62
- ⁸⁰ Αποστολίδου Γ.: «Συστήματα αξιοποίησης του εδάφους για θέρμανση-ψύξη κτηρίων», Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2010.
- ⁸¹ Αποστολίδου Γ.: «Συστήματα αξιοποίησης του εδάφους για θέρμανση-ψύξη κτηρίων», Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2010.
- ⁸² N. Fintikakis, N. Gaitani, M. Santamouris, M. Assimakopoulos, D.N. Assimakopoulos, M. Fintikaki, G. Albanis, K. Papadimitriou, E. Chryssochoides, K. Katopodi, P. Doulas, Bioclimatic design of open public spaces in the historic center of Tirana, Albania, SUSTAINABLE CITIES & SOCIETY, Volume 1, Issue 1, 2011, Pages 54-62
- ⁸³ BRIDGE 2009, Model Selection Report (<http://www.bridge-project.eu>)
- ⁸⁴ BRIDGE 2009, Model Selection Report (<http://www.bridge-project.eu>)
- ⁸⁵ BRIDGE 2009, Model Selection Report (<http://www.bridge-project.eu>)
- ⁸⁶ BRIDGE 2009, Model Selection Report (<http://www.bridge-project.eu>)
- ⁸⁷ BRIDGE 2009, Model Selection Report (<http://www.bridge-project.eu>)
- ⁸⁸ http://gfs.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page
- ⁸⁹ http://gfs.sourceforge.net/wiki/index.php/Main_Page

-
- ⁹⁰ Matzarakis et al.: Modelling the thermal bioclimate in urban areas with the RayMan Model. PLEA 2006, Vol. II, 2006, 449-453.
- ⁹¹ Matzarakis et al.: Modelling the thermal bioclimate in urban areas with the RayMan Model. PLEA 2006, Vol. II, 2006, 449-453.
- ⁹² Matzarakis et al.: Modelling the thermal bioclimate in urban areas with the RayMan Model. PLEA 2006, Vol. II, 2006, 449-453.
- ⁹³ Matzarakis et al.: Modelling the thermal bioclimate in urban areas with the RayMan Model. PLEA 2006, Vol. II, 2006, 449-453.
- ⁹⁴ Matzarakis et al: Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model, *International Journal of Biometeorology* 51, 2007, 323–334
- ⁹⁵ Matzarakis et al: Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model, *International Journal of Biometeorology* 51, 2007, 323–334
- ⁹⁶ Matzarakis et al.: Modelling the thermal bioclimate in urban areas with the RayMan Model. PLEA 2006, Vol. II, 2006, 449-453.
- ⁹⁷ Bruse, M., Fleer, H.: Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model, 1998. *Environ. Model. Softw.* 13:373–384
- ⁹⁸ Huttner, Bruse: Numerical modeling of the urban climate – a preview of ENVI-met 4.0, 7th International Conference on Urban Climate, 2009.
- ⁹⁹ Rosheidat et al.: Visualizing pedestrian comfort using ENVI-met, 3rd National Conference of IBPSA-USA, 2009.
- ¹⁰⁰ ENVI-met webpage: www.envi-met.com
- ¹⁰¹ Bruse, M.: Modelling and strategies for improved urban climates, 1999.
- ¹⁰² Emmanuel et al.: Urban shading – a design option for the tropics? A study in Colombo, Sri Lanka, *International Journal of Climatology*, 2007, 27: 1995-2004.
- ¹⁰³ Rizzo, G., Beccalia, M., and Nucarab, A.: Thermal Comfort. *Encyclopedia of Energy*, 2004, 55-64.
- ¹⁰⁴ Höppe, P.: The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment *International Journal of Biometeorology*, 1999, 43: 71-75.
- ¹⁰⁵ Fintikakis, N.b , Gaitani, N., Santamouris, M. , Assimakopoulos, M. , Assimakopoulos, D.N., Fintikaki, M. , Albanis, G., Papadimitriou, K., Chrysoschoides, E., Katopodi, K., Doumas, P.: Bioclimatic design of open public spaces in the historic centre of Tirana, Albania, *Sustainable Cities and Society*, 2011, 1, 54-62
- ¹⁰⁶ Matzarakis, A., H. Mayer, & M. G. Iziomon, Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *Int. J. Biometeorol*, 1999, 43, 76-84.
- ¹⁰⁷ Matzarakis, A., H. Mayer, & M. G. Iziomon, Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *Int. J. Biometeorol*, 1999, 43, 76-84.
- ¹⁰⁸ Matzarakis, A., H. Mayer, & M. G. Iziomon, Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *Int. J. Biometeorol*, 1999, 43, 76-84.
- ¹⁰⁹ Blocken, B. & Carmeliet, J. (2004) Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples, *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 28 (2), pp. 107-159 <http://jen.sagepub.com/content/28/2/107.full.pdf+html>
- ¹¹⁰ Blocken, B., Carmeliet, J. (2004) Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples, *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 28 (2), pp. 107-159
- ¹¹¹ Blocken, B. & Carmeliet, J. (2004) Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples, *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 28 (2), pp. 107-159 <http://jen.sagepub.com/content/28/2/107.full.pdf+html>
- ¹¹² Hunt, J.C.R., Poulton, E.C. & Mumford, J.C.: The Effects of Wind on People: New Criteria Based Upon Wind Tunnel Experiments, *Building and Environment*, 1976, 11: 15–28.
- ¹¹³ Blocken, B., Carmeliet, J.: Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples, *Journal of Thermal Envelope and Building Science* 28 (2), 2004, pp. 107-159
- ¹¹⁴ Zakšek K., Oštir K., Kokalj Ž., 2011. Sky-View Factor as a Relief Visualization Technique. *Remote Sensing* 3: 398-415.

-
- ¹¹⁵ Lindberg, F., Grimmond, C.S.B.: Continuous sky view factor maps from high resolution urban digital elevation models. *Climate Research*, 42, 2010, 177 – 183.
- ¹¹⁶ Yu, B., Liu, H., Wu, J., Lin, W. M., : Investigating impacts of urban morphology on spatio-temporal variations of solar radiation with airborne LIDAR data and a solar flux model: a case study of downtown Houston. *International Journal of Remote Sensing*, 30, 2009, 4359 – 4385.
- ¹¹⁷ Yu, B., Liu, H., Wu, J., Lin, W. M., : Investigating impacts of urban morphology on spatio-temporal variations of solar radiation with airborne LIDAR data and a solar flux model: a case study of downtown Houston. *International Journal of Remote Sensing*, 30, 2009, 4359 – 4385.
- ¹¹⁸ BRIDGE 2009, Model Selection Report (<http://www.bridge-project.eu>)
- ¹¹⁹ Yu, B., Liu, H., Wu, J., Lin, W. M., : Investigating impacts of urban morphology on spatio-temporal variations of solar radiation with airborne LIDAR data and a solar flux model: a case study of downtown Houston. *International Journal of Remote Sensing*, 30, 2009, 4359 – 4385.
- ¹²⁰ Yu, B., Liu, H., Wu, J., Lin, W. M., : Investigating impacts of urban morphology on spatio-temporal variations of solar radiation with airborne LIDAR data and a solar flux model: a case study of downtown Houston. *International Journal of Remote Sensing*, 30, 2009, 4359 – 4385.