
Βιοκλιματικές κατευθύνσεις δημόσιων υπαίθριων χώρων: κατευθύνσεις, οφέλη, τεχνικές λύσεις

ΔΗΜΟΥΔΗ Αργυρώ

Επίκ. Καθηγήτρια

Εργαστ. Περιβαλλοντικού και Ενεργειακού Σχεδιασμού

Πόλεων και Οικισμών

Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Περιεχόμενα

- Χαρακτηριστικά αστικών υπαίθριων χώρων
- Φαινόμενο θερμικής νησίδας
- Συνέπειες κλιματικής αλλαγής
- Τεχνικές και στρατηγικές βιοκλιματικών αναπλάσεων
 - Υλικά
 - Αστικό πράσινο
 - Υδάτινες επιφάνειες
 - Σκίαση
- Αξιολόγηση μικροκλίματος
 - Μετρήσεις
 - Προσομοιώσεις

Χαρακτηριστικά αστικών χώρων

Περίπου το 75% του πληθυσμού της Ευρώπης κατοικεί σε πόλεις. Το ¼ του αστικού πληθυσμού ζει σε πόλεις με περισσότερους από 250.000 κατοίκους; οι υπόλοιποι κατοικούν σε μικρότερου πληθυσμού πόλεις.



3.5 δισεκ.

Ο αριθμός των ανθρώπων που ζουν σε αστικά κέντρα το 2010

50 %

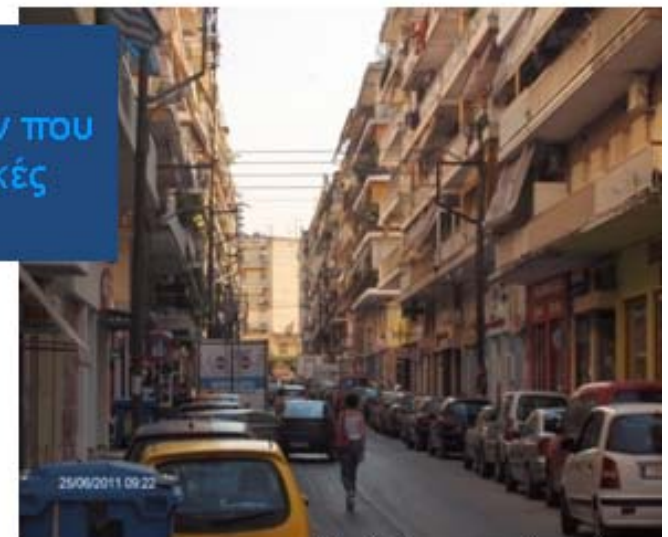
Το ποσοστό των ανθρώπων που ζουν σε πόλεις το 2010

6.5 δισεκ.

Ο αριθμός των ανθρώπων που εκτιμάται να ζουν σε αστικές περιοχές το 2050



(WBCSD, 2010)

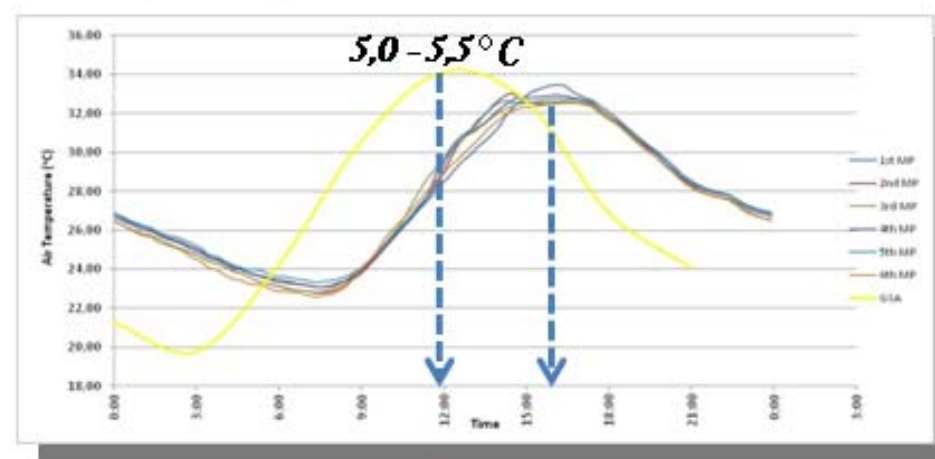
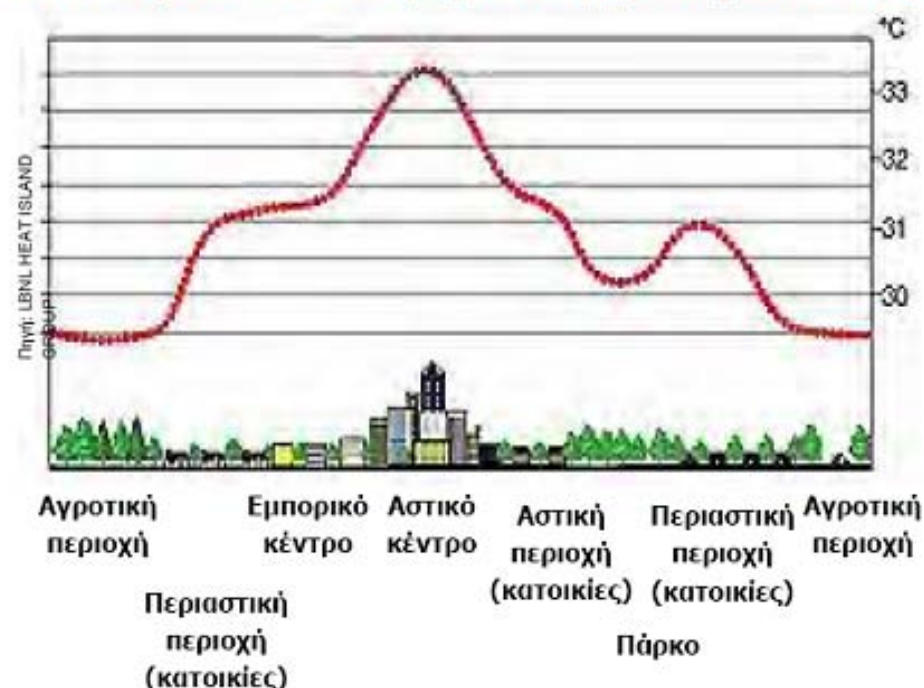


Πηγή: Προσωπικό αρχείο

Φαινόμενο θερμικής νησίδας

Οι αστικές περιοχές, και ιδιαίτερα στο πυκνοδομημένο κέντρο τους, παρουσιάζουν ψηλότερη θερμοκρασία από τις περιαστικές και αγροτικές περιοχές. (**φαινόμενο της θερμικής νησίδας**).

- Θερμοκρασιακή διαφορά έως και 10 K έχει παρατηρηθεί, ανάλογα με την περιοχή.
- Το φαινόμενο αυτό δεν είναι χαρακτηριστικό μόνο των μεγάλων αστικών κέντρων αλλά παρατηρείται και στις μικρές αστικές πόλεις.
- Το φαινόμενο της θερμικής νησίδας είναι πιο έντονο κατά τη διάρκεια της νύκτας όταν τα κτίρια και ο ατμοσφαιρικός αέρας παραμένει θερμός, προκαλώντας θερμική δυσφορία στους ανθρώπους.



3-4 hrs

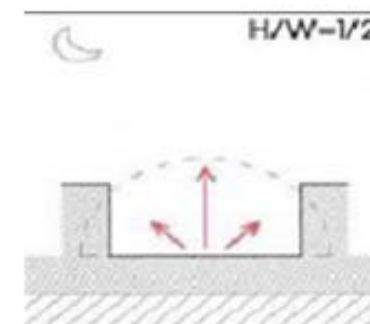
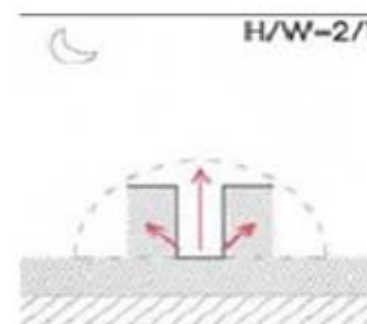
Σέρρες

Φαινόμενο θερμικής νησίδας – Αίτια

Θερμικές ιδιότητες υλικών στις αστικές περιοχές. Συγκέντρωση τεχνητών υλικών – αυξημένη ηλιακή απορροφητικότητα και χαμηλή ανακλαστικότητα - και μειωμένη επιφάνεια βλάστησης.



Μορφολογία – Αστική χαράδρα
Αύξηση της πυκνότητας στις αστικές περιοχές, με κτίρια διαφορετικού ύψους παγιδεύουν τη θερμότητα μέσα στο αστικό περιβάλλον με αποτέλεσμα χαμηλό ρυθμό ψύξης με ακτινοβολία προς τον ουρανό.



Μείωση χώρων εξάτμισης

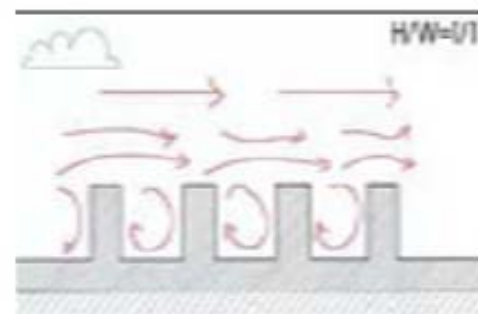
Μείωση χώρων πρασίνου και υδάτινων επιφανειών έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη αισθητή θερμότητα και μειωμένη λανθάνουσα θερμότητα.



Φαινόμενο θερμικής νησίδας – Αίτια

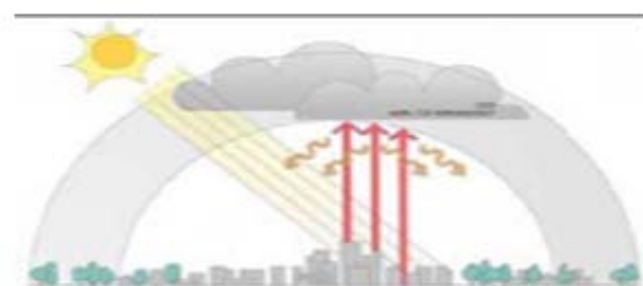
Τροποποίηση της ανεμοροής μέσα στα αστικά κέντρα

Οι δρόμοι με ψηλά κτίρια (αστική χαράδρα) εμποδίζουν τη ροή του αέρα, εμποδίζοντας κατά αυτό τον τρόπο την απομάκρυνση θερμότητας από τις επιφάνειες.



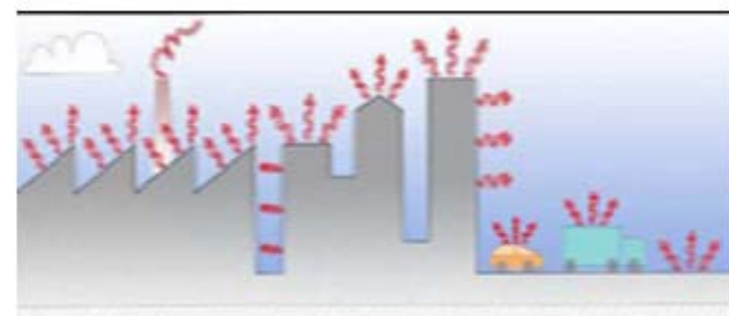
Φαινόμενο θερμοκηπίου

Η ατμοσφαιρική μόλυνση στα αστικά κέντρα δημιουργεί ένα στρώμα το οποίο εμποδίζει τη νυκτερινή αποβολή θερμότητας προς τον ουρανό και ταυτόχρονα συντελεί σε αύξηση της εισερχόμενης θερμικής ακτινοβολίας από επαναακτινοβολία από τα μολυσμένα στρώματα.



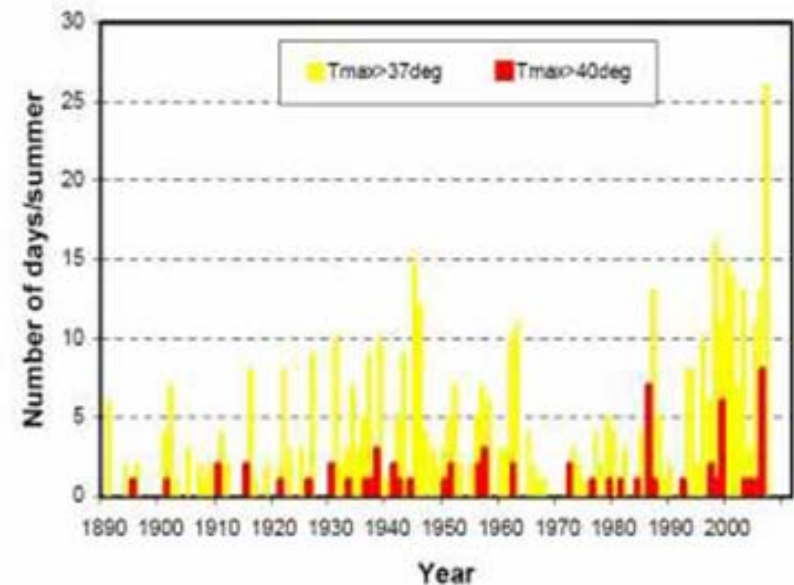
Ανθρωπογενής θερμότητα

Από την καύση (π.χ. συστήματα θέρμανσης, οχήματα, βιομηχανία), αποβαλλόμενη θερμότητα (π.χ. συστήματα κλιματισμού).



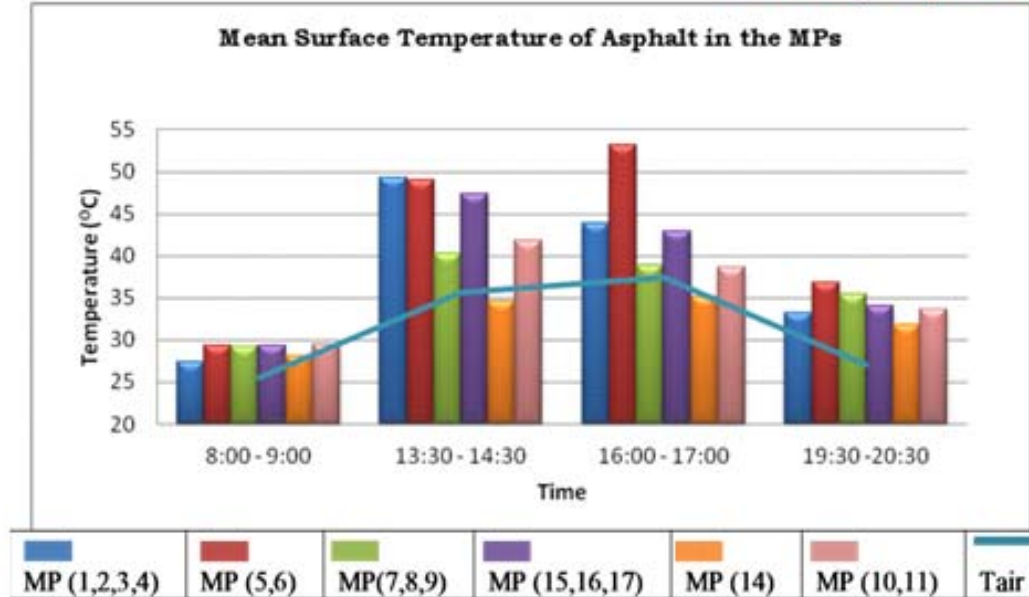
Συνέπειες κλιματικής αλλαγής

Αυξάνεται συνεχώς και διαχρονικά ο αριθμός των ωρών στο έτος όπου η θερμοκρασία του αέρα στα αστικά κέντρα είναι μεγαλύτερη των 37°C και 40°C , δημιουργώντας σημαντικά προβλήματα άνεσης στους ανθρώπους αλλά και αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας.



Πηγή: Σανταμούρης 2011

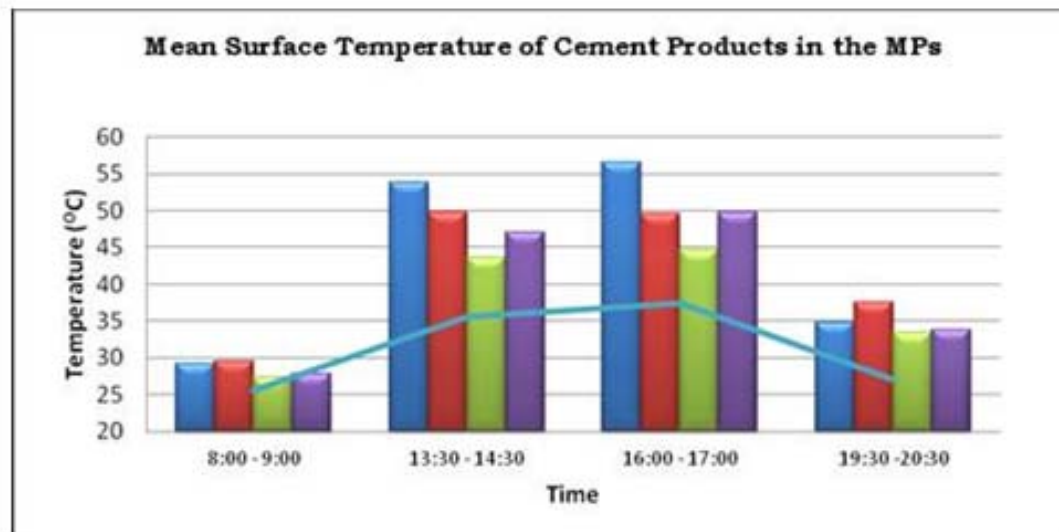
Μετρήσεις υλικών εξωτερικών χώρων



• Η θερμοκρασία της ασφάλτου T_{asph} είναι υψηλότερη της θερμοκρασίας αέρα και παραμένει ψηλότερη ακόμη και υπό σκιασμό το απόγευμα κατά περίπου 1°C έως 12°C .

• Η T_{asph} ξεπερνά τους 45°C κατά τις μεσημεριανές ώρες και μπορεί να ξεπεράσει και τους 50°C και 55°C .

Ασφαλτός



• Η θερμοκρασία στις πλάκες πεζοδρομίου (ανοιक्तό γκρι, γκρι, ώχρα σκουρόχρωμη, κεραμιδί) είναι πάντα ψηλότερη από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος ακόμη και τις απογευματινές ώρες - έως και 5°C .

• Η θερμοκρασία στις γκρι πλάκες είναι πάντα ψηλότερη από τους υπόλοιπους χρωματισμούς και μπορεί να πλησιάσει περίπου ίδια θερμοκρασία με την ασφαλτο, μέχρι και 55°C .

Πλάκες πεζοδρομίου

Τεχνικές και στρατηγικές βιοκλιματικών αναπλάσεων υπαίθριων χώρων

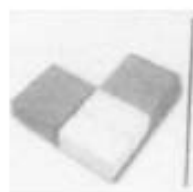
- ☐ Χρήση κατάλληλων υλικών (ψυχρά, θερμοχρωμικά, φωτοκαταλυτικά, πορώδη)
- ☐ Αύξηση του αστικού πρασίνου
- ☐ Αύξηση υδάτινων επιφανειών
- ☐ Σκιασμός εξωτερικών χώρων
- ☐ Κατάλληλη διάταξη και χρήση των ελεύθερων χώρων με σκίαση και αερισμό
- ☐ Μείωση της Ανθρωπογενούς Θερμότητας
- ☐ Χρήση αποδεκτών για την απόρριψη της πλεονάζουσας θερμότητας.

Υλικά

Ψυχρά υλικά



Πλάκες πεζοδρομίου



Κυβόλιθοι

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή των συντελεστών τόσο **‘πιο ψυχρή’** είναι μια επιφάνεια.



Πηγή: ΚΑΠΕ, 2011

Δείκτες και τιμές προσδιορισμού ψυχρών υλικών

Συντελεστής	Σύμβολο	Όρια
Ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (total solar reflectance)	SR	≥ 0.65
Συντελεστής εκπομπής υπέρυθρης ακτινοβολίας (infrared emittance)	ε	≥ 0.85

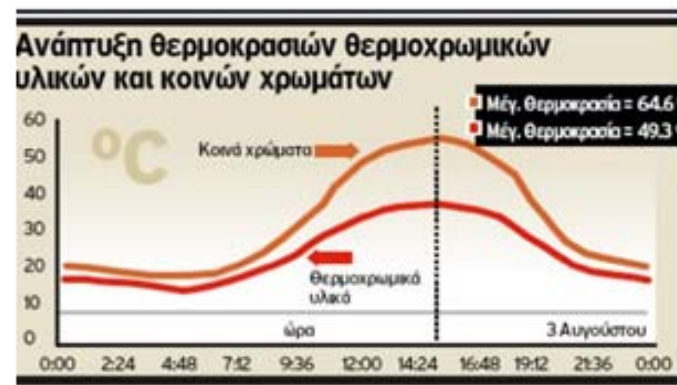
Νέα γενιά ψυχρών υλικών: Υλικά αλλαγής φάσης ενσωματωμένα με τεχνικές νανοτεχνολογίας στα επιχρίσματα.

Υλικά

Θερμοχρωμικά υλικά

Αλλάζουν χρώμα ανάλογα με τη θερμοκρασία:

- το *καλοκαίρι* γίνονται ανοιχτόχρωμα > υψηλή ανακλαστικότητα
- το *χειμώνα* γίνονται έγχρωμα > υψηλή απορροφητικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία



Πηγή: Karlessi, Santamouris, 2010

Φωτοκαταλυτικά υλικά

Τα ψυχρά φωτοκαταλυτικά υλικά βασίζονται στην ενσωμάτωση τιτανίας (TiO_2) υπό μορφή νανοσωματιδίων είτε στο τσιμέντο κατά την παραγωγή του ή ως πρόσθετο στα κονιάματα ή χρώμα.

Η τιτανία υπό συνθήκες φωτισμού δρα ως καταλύτης και δημιουργεί τη χημική διαδικασία οξειδωσης και αποσύνθεσης των οργανικών και ανόργανων ουσιών (ρύποι ή μικροοργανισμοί).



Υλικά

Υδατοδιαπερατά υλικά



Πορώδες υδατοδιαπερατό σκυρόδεμα ¹



Κυβόλιθοι με αρμούς απορροής ¹

¹ www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/beltiosi-astikou.../ulika



Χωμάτινο σταθεροποιημένο δάπεδο
(πατημένο χώμα)



Κυβόλιθοι με γρασίδι ¹

Αστικό πράσινο

- ❑ Αστικά πάρκα – δίκτυο πράσινων χώρων
- ❑ Δενδροφύτευση κατά μήκος των δρόμων
- ❑ Πράσινοι χώροι στάθμευσης
- ❑ Φυτεμένα δώματα
- ❑ Τεχνικές κατακόρυφης ενσωμάτωσης πράσινων στοιχείων



Πηγή: Προσωπικό αρχείο



Αστικό πράσινο

- ❑ Τροποποιεί σημαντικά το **μικροκλίμα** :

Με το μηχανισμό της εξατμισιοδιαπνοής λειτουργεί ως '**φυσικό κλιματιστικό**': απορροφά θερμότητα από τον αέρα για την ενεργοποίηση του μηχανισμού και αποβάλλει νερό από τα φύλλα, υπό μορφή υγρασίας, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο τη θερμοκρασία του αέρα και αυξάνοντας τη σχετική υγρασία.



Πηγή: Προσωπικό αρχείο

- ❑ Δημιουργεί σκιασμό
- ❑ Ελέγχει τη ροή και ταχύτητα του ανέμου με ανάσχεση, εκτροπή, κατεύθυνση.
- ❑ Καθαρίζει τον αέρα με μηχανικό τρόπο συγκρατώντας στο φύλλωμα τη σκόνη
- ❑ Αναβαθμίζει αισθητικά την περιοχή
- ❑ Συμβάλλει θετικά στη ψυχολογία και υγεία των κατοίκων
- ❑ Συμβάλλει στην πρόληψη της διάβρωσης των εδαφών και στη ρύθμιση της ροής των ομβρίων υδάτων
- ❑ Προσφέρει ηχοπροστασία

ΥΔΑΤΙΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ

Τα υδάτινα στοιχεία μπορεί να είναι :

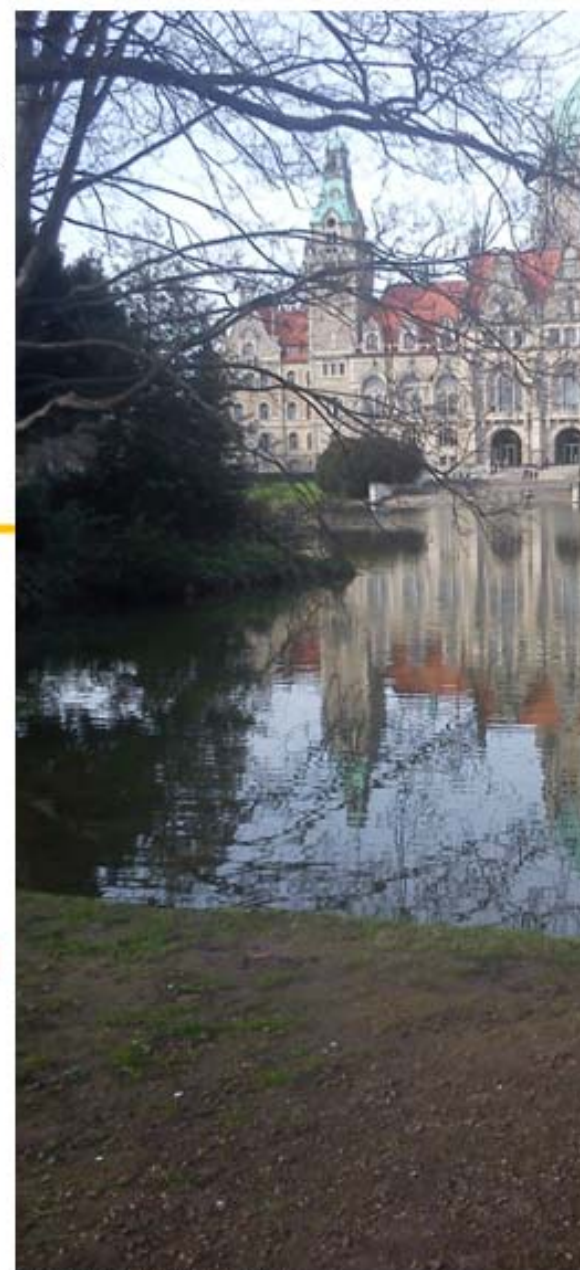
- ❑ οριζόντιες επιφάνειες νερού (λίμνη, ρυάκι, κλπ)
- ❑ κατακόρυφα υδάτινα στοιχεία (συντριβάνι, καταρράκτες, νερότοιχος, κλπ)
- ❑ συστήματα τεχνητής ομίχλης

Οφέλη

- ❑ Τροποποιούν το μικροκλίμα της περιοχής, μειώνοντας τη θερμοκρασία του αέρα είτε με την εξάτμιση (λανθάνουσα θερμότητα) ή από την επαφή του θερμού αέρα με την επιφάνεια του νερού που είναι ψυχρότερη λόγω της θερμικής μάζας.

Υπό μέτρια ταχύτητα ανέμου, θερμοκρασία ξηρού και υγρού βολβού η ενέργεια που εκλύεται από 1 m^2 εκτεθειμένης επιφάνειας νερού είναι περίπου 200 W .

- ❑ Ψυχολογικό αποτέλεσμα, συμβάλλοντας θετικά στη ψυχολογία και διάθεση των ανθρώπων
- ❑ Προσφέρουν αισθητική αναβάθμιση της περιοχής



Πηγή: Προσωπικό αρχείο

Σκίαση

Η σκίαση αφορά στην παρεμπόδιση της πρόσπτωσης σε μια επιφάνεια της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας.

Επιτυγχάνεται με φυσικά και τεχνητά στοιχεία :

- ☐ δένδρα
- ☐ βλάστηση σε τεχνητά στοιχεία σκιασμού (π.χ. πέργκολες)
- ☐ αρχιτεκτονικές παρεμβάσεις όπως στέγαστρα, στοές, κλπ
- ☐ γεωμετρία των στοιχείων του αστικού ιστού (περιμετρικά κτίρια κλπ)
- ☐ ειδικά συστήματα σκίασης συμπαγή ή με περσίδες ή διάτρητα, σταθερά ή κινητά, τα οποία μπορεί να έχουν και άλλες χρήσεις (π.χ. ενσωματωμένα φωτοβολταϊκά στοιχεία).



Πηγή: ΚΑΠΕ,



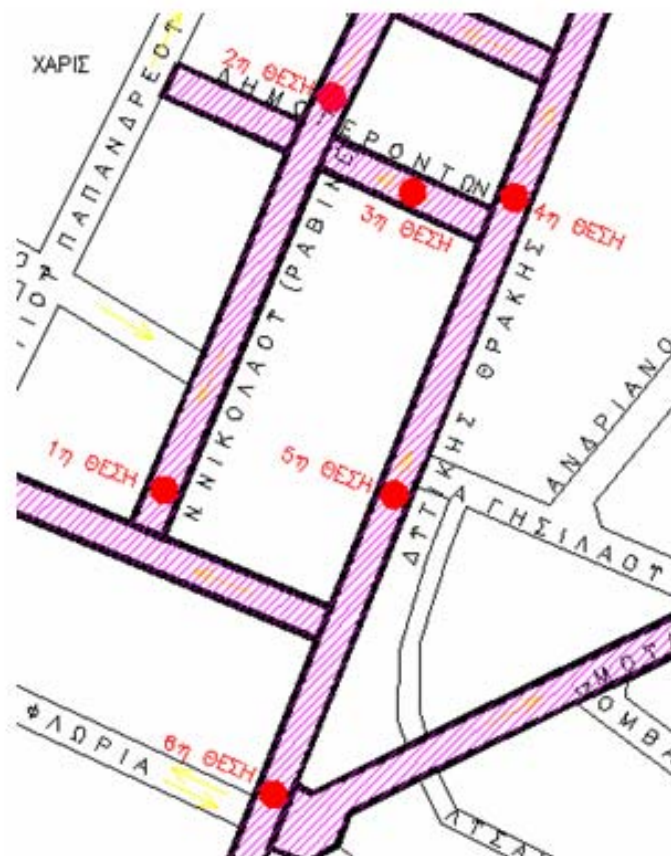
Πηγή: ΚΑΠΕ, 2011

Οφέλη

- Μείωση θερμοκρασιών επιφανειών και αέρα
- Βελτίωση συνθηκών θερμική άνεσης
- Βελτίωση οπτικής άνεσης

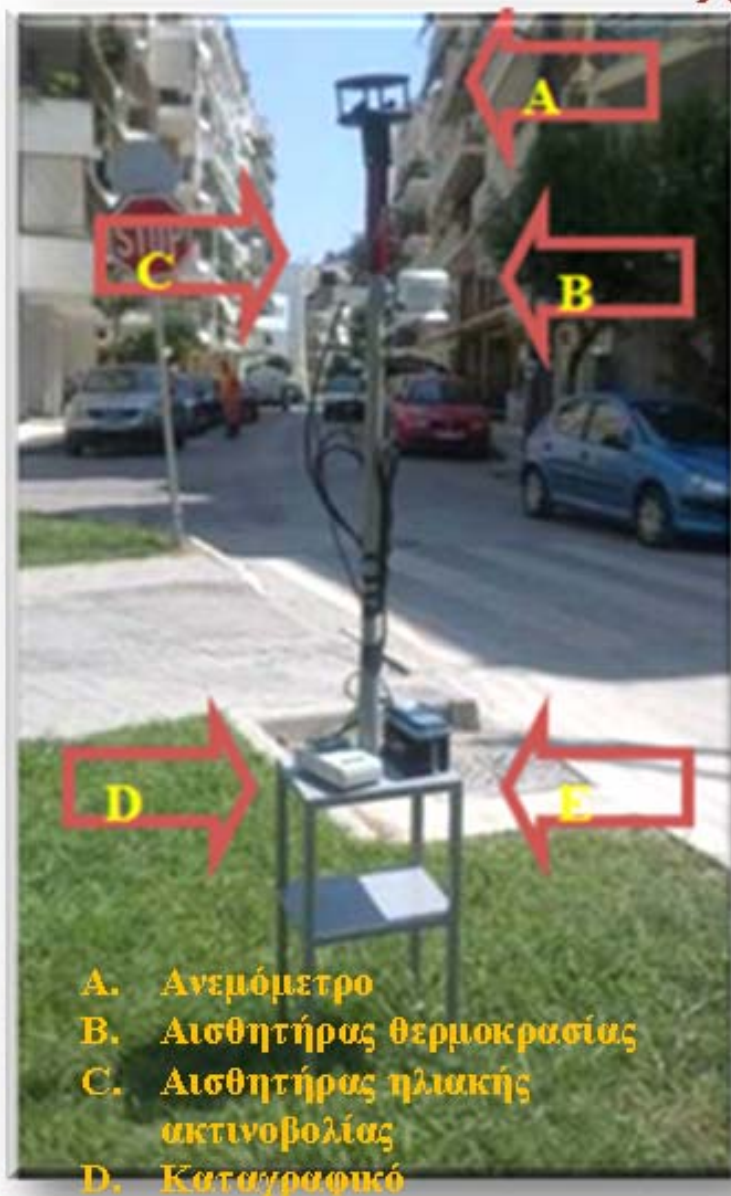
Αξιολόγηση μικροκλίματος

Αξιολόγηση μικροκλίματος – Μετρήσεις



- 6 σταθεροί σταθμοί μέτρησης θερμοκρασίας αέρα και υγρασίας και
- 1 αισθητήρας ταχύτητας ανέμου σε ύψος περίπου 4.5m.

Αξιολόγηση μικροκλίματος – Μετρήσεις



- A. Ανεμόμετρο
- B. Αισθητήρας θερμοκρασίας
- C. Αισθητήρας ηλιακής ακτινοβολίας
- D. Καταγραφικό

Κινητή μονάδα μέτρησης μικροκλιματικών συνθηκών
(ύψος περίπου 1.8 m).



WindSonic Ultrasonic Wind Sensor



HOB0 Pro V2 Temp/RH Data Logger



Outdoor Temperature sensor

Αξιολόγηση μικροκλίματος – Μετρήσεις



Θερμοκάμερα



Αισθητήρας θερμοκρασίας
επιφανειών - Επαφής



Θερμόμετρο υπέρυθρης ακτινοβολίας

Θερμοκρασία επιφανειών

Μέτρηση θερμοκρασίας
επιφανειών δομικών υλικών
:

- Ασφάλτου
- Πλάκες πεζοδρομίου
- Κατακόρυφα δομικά
στοιχεία σε ύψος 1.8 m



Αξιολόγηση μικροκλίματος – Προσομοιώσεις

Η προσομοίωση των θερμικών συνθηκών της υφιστάμενης κατάστασης και των προτεινόμενων επεμβάσεων στην περιοχή έγιναν με το αναλυτικό 3-διάστατο μοντέλο θερμοδυναμικής ANSYS CFX 13

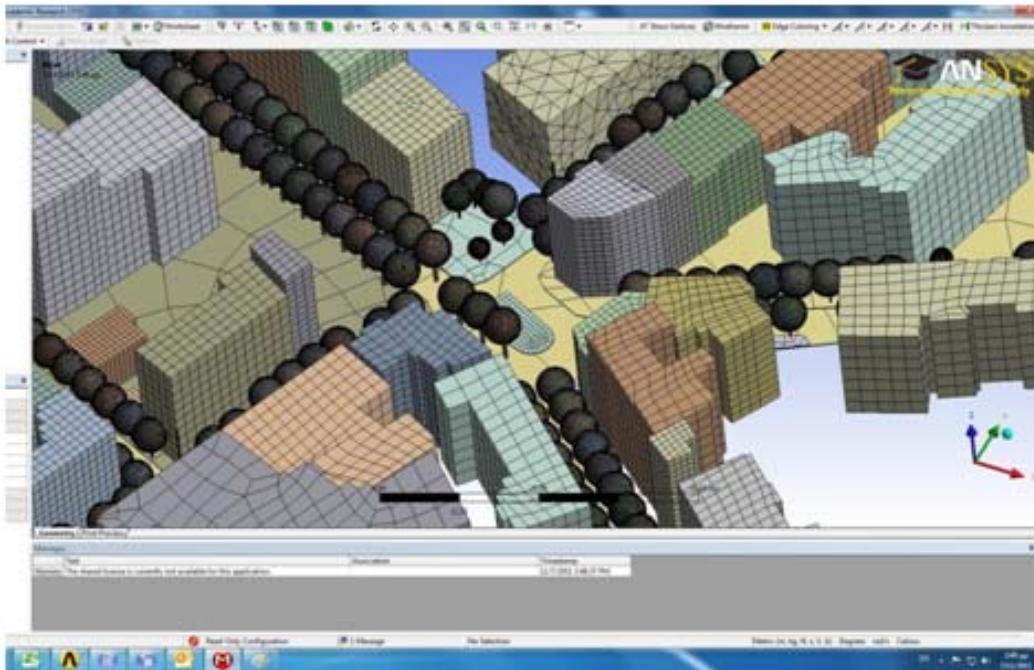
Περιοχή επιρροής του ρευστού:
 $1,000\text{m} * 800\text{m} * 80\text{m}$ (ύψος)

Διαστάσεις τυπικού στοιχείου στο γενικό πλέγμα : 5.0 m

Πύκνωση πλέγματος κοντά στις στερεές επιφάνειες: 0.1 έως 0.5 m .

Οι οριακές συνθήκες ορίστηκαν με βάση τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν (T_{air} , WS , WD , Ηλιακή ακτν., T_{surf}) στην περιοχή τη θερινή περίοδο του 2011.

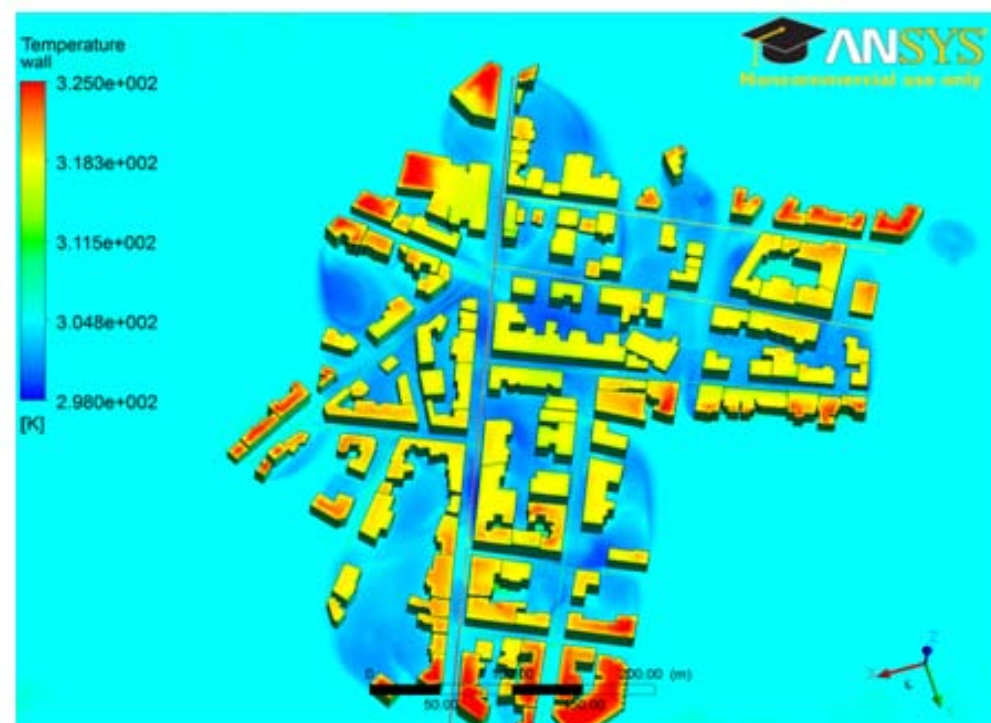
Ορίστηκε βήμα επίλυσης 5 δευτερόλεπτα και κριτήριο σύγκλισης τιμών (10^{-4} RMS of residuals)



Αποτελέσματα προσομοιώσεων



Απεικόνιση της θερμοκρασίας επιφανειών –
Υφιστάμενη κατάσταση



Απεικόνιση της θερμοκρασίας επιφανειών –
Προτεινόμενες επεμβάσεις

Αποτελέσματα προσομοιώσεων

- Μείωση της θερμοκρασίας αέρα το μεσημέρι της θερμότερης μέρας του έτους κατά 1.5°C .

- Οι βαθμώρες κλιματισμού (με βάση τους 26°C) μετά την παρέμβαση μειώνονται κατά 30.5%

- Μείωση της μέσης χωρικής θερμοκρασίας επιφανειών σε κάθε δρόμο για το μεσημέρι της θερμότερης ημέρας, πριν και μετά την επέμβαση κατά 6.5°C

- Η μέση θερμική άνεση για την τυπική θερμή ημέρα του καλοκαιριού, σε ύψος 1.80 m, προβλέπεται να βελτιωθεί στη περιοχή επέμβασης κατά 20%.

Ευχαριστώ
