



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΟΜΟΣΤΑΤΙΚΗΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΜΕ ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΧΩΡΟΥ
ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΘΕΑΤΡΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ
(ΕΡΕΥΝΑ ΜΕΣΩ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ENVI-MET)**



**ΒΛΑΣΣΟΠΟΥΛΟΥ ΕΥΣΤΑΘΙΑ
ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΤΖΟΥΒΑΔΑΚΗΣ Ι., ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2016**

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Τζουβαδάκη Ιωάννη, για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα και την ουσιαστική του βοήθεια καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Αισθάνομαι επίσης την υποχρέωση να ευχαριστήσω το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο και τη Βιβλιοθήκη του για τη βοήθεια που μου παρείχε στη συλλογή στοιχείων και το δανεισμό σημαντικών άρθρων και βιβλίων.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου προς το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και τον κ. Λαγουβάρδο Κωνσταντίνο για την παραχώρηση πραγματικών μετεωρολογικών δεδομένων από το αρχείο, καθώς και στην κα. Ραλλού Κεντρίδη Προϊσταμένη Πρωτοκόλλου του Αττικό Μετρό για την αποστολή των σχεδίων του μετρό στην περιοχή της προσομοίωσης και τη διάθεσή της να βοηθήσει σε οποιοσδήποτε απορίες προέκυπταν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία εστιάζει στον 'πράσινο' σχεδιασμό των αστικών υπαίθριων χώρων και στην καθοριστική συμβολή τους στο αστικό μικροκλίμα και στις συνθήκες θερμικής άνεσης σε αυτούς και στα γειτονικά κτίρια. Γίνεται αναφορά στους παράγοντες που επηρεάζουν το αστικό μικροκλίμα και αναλύονται οι βασικές περιβαλλοντικές παράμετροι και τα μέσα του πράσινου σχεδιασμού. Επίσης, παρουσιάζεται ο ανασχεδιασμός ενός υπαίθριου χώρου που αποτελείται από 6 οικοδομικά τετράγωνα και βρίσκεται στην περιοχή του Πειραιά μέσω του λογισμικού ENVI-met. Προτείνεται η αναδιαμόρφωση του χώρου με την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των αρχών του πράσινου σχεδιασμού, καθώς και των κλιματολογικών στοιχείων, με σκοπό τη βελτίωση των συνθηκών άνεσης και του μικροκλίματος της περιοχής.

ABSTRACT

The subject of this thesis is to present the principles of bioclimatic design of the buildings and in particular, to highlight the contribution of planted surfaces, cool materials and road planting in configuring a more favorable urban microclimate. To achieve this goal, ENVI-met, a computational fluid dynamics software has been used, in an area of Piraeus, which extends to 52.8 acres. Five simulations were performed: the first one depicts the current situation and the following four ways to upgrade it. Real meteorological data from the nearby meteorological station of Palaio Faliro, which were provided by the National Observatory of Athens, have been used as input. The study used the technologies of green roofs, vertical gardens, cool roofs and the simple planting of open spaces. Thermal comfort levels and parameters that affect it, such as temperature, wind velocity and relative humidity were studied for the various situations.

ΕΚΤΕΝΗΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η παρουσίαση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων. Ειδικότερα, σκοπός είναι η ανάδειξη της συμβολής των φυτοκαλυμμένων επιφανειών και των ψυχρών υλικών στη διαμόρφωση ευνοϊκότερων συνθηκών άνεσης. Η εργασία περατώθηκε σε διάστημα 6 μηνών και περιλαμβάνει την παρουσίαση των περιβαλλοντικών παραμέτρων που καθορίζουν την κλιματική ποιότητα, την πρόταση τεχνολογιών βελτίωσης του αστικού μικροκλίματος, καθώς και την επίδρασή τους στη θερμική άνεση των πολιτών. Επίσης, παρουσιάζεται το λογισμικό ENVI-met, με το οποίο πραγματοποιήθηκε η βιοκλιματική μελέτη τμήματος αστικής περιοχής, και παρατίθεται συνοπτικό εγχειρίδιο χρήσης του. Τέλος, παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της μελέτης από την αξιολόγηση των οποίων εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα και προτάσεις.

Το αστικό μικροκλίμα καθορίζει τις συνθήκες θερμικής άνεσης και, συνακόλουθα, επηρεάζει θετικά ή αρνητικά όλες τις δραστηριότητες και τις συνθήκες διαβίωσης στον αστικό χώρο. Επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, μεταξύ των οποίων ο πολεοδομικός σχεδιασμός, η αρχιτεκτονική των κτιρίων και των κοινόχρηστων υπαίθριων χώρων και οι ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες που συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας και στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Στα πλαίσια της βελτίωσης της μικροκλιματικής ποιότητας, ο βιοκλιματικός σχεδιασμός, ειδικότερα, με την κατάλληλη διαμόρφωση του περιβάλλοντα χώρου των κτιρίων συνεισφέρει στη δημιουργία καλύτερων συνθηκών άνεσης στον αστικό ιστό. Η χρήση φυτεμένων δωμάτων και κάθετων φυτεύσεων, καθώς και η χρησιμοποίηση κατάλληλων υλικών βελτιώνουν την ποιότητα του αστικού μικροκλίματος και προσφέρουν πληθώρα περιβαλλοντικών οφελών.

Το ENVI-met είναι ένα τρισδιάστατο, μη υδροστατικό μοντέλο για την προσομοίωση, κυρίως μέσα στον αστικό ιστό, της αλληλεπίδρασης μεταξύ των διαφόρων επιφανειών, της βλάστησης και του αέρα. Επιτρέπει τη διερεύνηση της επίδρασης που ασκούν μικρής κλίμακας παρεμβάσεις στον αστικό ιστό, όπως, για παράδειγμα, η φύτευση δέντρων, η δημιουργία χώρων πρασίνου και η δημιουργία συγκροτημάτων κτιρίων στο αστικό μικροκλίμα. Η χωρική του ανάλυση επιτρέπει την προσομοίωση της παραπάνω αλληλεπίδρασης σε μικρή κλίμακα. Βασίζεται σε υπολογισμούς ρευστοδυναμικής, οι οποίοι χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους και αλγόριθμους για την επίλυση προβλημάτων ροής των ρευστών. Έχει σχεδιαστεί για την ανάλυση του μικροκλίματος και της ποιότητας του τοπικού αέρα. Είναι σε θέση να επιλύει σύνθετες τρισδιάστατες ροές υπολογίζοντας θερμοκρασιακές κατανομές, ποσοστά υγρασίας, ακτινοβολία μικρού και μεγάλου μήκους κύματος και συγκεντρώσεις αερίων και μικροσωματιδίων στον αέρα σε τοπική κλίμακα. Το λογισμικό έχει υψηλές απαιτήσεις από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας του υπολογιστή γι' αυτό οι προς προσομοίωση περιοχές και οι χρόνοι πρέπει να είναι περιορισμένοι. Για την καθοδήγηση του νέου χρήστη, γίνεται παρουσίαση ενός συνοπτικού οδηγού για το χειρισμό του προγράμματος ENVI-met, ώστε σε σύντομο χρονικό διάστημα, να είναι σε θέση να πραγματοποιήσει μία προσομοίωση.

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται στον περιβάλλοντα χώρο του Δημοτικού Θεάτρου Πειραιά, και αποτελείται από έξι οικοδομικά τετράγωνα και τους περιμετρικούς δρόμους, συνολικής έκτασης 52,8 στρεμμάτων. Για την αποτύπωση της γεωμετρίας, της δόμησης και της βλάστησης της περιοχής μελέτης, εκτός από επί τόπου επισκέψεις, χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι ηλεκτρονικοί τρισδιάστατοι ή δισδιάστατοι χάρτες, όπως Google Maps, Google Earth, Bing Maps κ.α. Τα μετεωρολογικά δεδομένα, που χρησιμοποιήθηκαν, παραχωρήθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και αναφέρονται στην 20η ημέρα του μήνα Ιουλίου του έτους 2015. Με τη χρήση του λογισμικού ENVI-met έκδοση 4 πραγματοποιήθηκε η

προσομοίωση του μικροκλίματος των έξι οικοδομικών τετραγώνων της περιοχής του Πειραιά. Κατά τη μελέτη, έγινε αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης της εν λόγω περιοχής και πρόταση παρεμβάσεων για ανάπτυξη και αναβάθμιση του χώρου με βάση βιοκλιματικά κριτήρια. Πραγματοποιήθηκε αναλυτική παρουσίαση της διαδικασίας και των αποτελεσμάτων των προσομοιώσεων των διάφορων παρεμβάσεων. Οι παρεμβάσεις αυτές αφορούν σε αύξηση της ανακλαστικότητας των στεγών και σε μερικά σημεία και του δαπέδου, φύτευση ταρατσών (φυτεμένα δώματα), προσόψεων (κάθετες φυτεύσεις) των κτιρίων της περιοχής μελέτης, καθώς και σε έναν συνδυασμό που περιλαμβάνει στέγες με υψηλή ανακλαστικότητα, φυτεμένες προσόψεις και φύτευση δέντρων και γρασιδιού στην περιοχή προσομοίωσης. Από την επεξεργασία και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων, με τη βοήθεια των προγραμμάτων Leonardo και Excel, προέκυψαν τα εξής: Οι μέγιστες βελτιώσεις που παρατηρούνται μεταξύ της αρχικής προσομοίωσης και της συνδυαστικής πρότασης είναι οι εξής :

- Μείωση της ταχύτητας του ανέμου έως και 0,6 m/s
- Μείωση της θερμοκρασίας έως και 0,46 βαθμούς
- Αύξηση της σχετικής υγρασίας έως και κατά 1,8%
- Βελτίωση της θερμικής άνεσης έως και κατά 3,5 βαθμούς τοπικά και έως και κατά 0,6 βαθμούς τις μεσημβρινές ώρες στους υπόλοιπους χώρους

Από τις μεμονωμένες παρεμβάσεις, η κάθετη φύτευση προσφέρει τη μεγαλύτερη βελτίωση της θερμικής άνεσης, ενώ η αυξημένη ανακλαστικότητα τη μεγαλύτερη μείωση της θερμοκρασίας.

Εικόνα εξωφύλλου: «κάθετο δάσος» σε κτίριο ύψους 117m στη Λωζάνη,
<http://www.protothema.gr/city-stories/article/525054/to-dasos-polukatoikia-tis-lozanis/>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ	14
1.1 αρχές σχεδιασμού και εφαρμογές	14
1.2 βιοκλιματική προσέγγιση στο σχεδιασμό των υπαίθριων χώρων	15
1.3 θερμική άνεση πεζών	17
1.3.1 Μέθοδος υπολογισμού	21
1.3.2 Επέκταση σε εξωτερικές συνθήκες	25
1.3.3 μέσα-εργαλεία του βιοκλιματικού σχεδιασμού	25
1.4 αστικό κλίμα και μικροκλίμα	27
1.5 το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας (UHI-Urban Heat Island)	28
1.6 τεχνικές βελτίωσης του αστικού μικροκλίματος	31
1.6.1 Αύξηση του αστικού πρασίνου	31
1.6.1.1 δενδροφύτευση στους υπαίθριους χώρους	31
1.6.1.2 φυτεμένα δώματα	32
1.6.1.3 πράσινες προσόψεις	38
1.6.2 Χρήση ψυχρών υλικών	48
1.6.2.1 ενεργειακό ισοζύγιο	48
1.6.2.2. Ιδιότητες ψυχρών υλικών	49
1.6.2.3 Πλεονεκτήματα “ψυχρής” στέγης	50
1.6.2.4 Συγκριση “ψυχρων” υλικών-βλαστησης	52
1.6.2.5 Κόστη εγκατάστασης, συντήρησης και αντικατάστασης	53
1.6.3 Μείωση της ανθρωπογενούς θερμότητας	55
1.6.4 Κατάλληλη διάταξη και χρήση των ελεύθερων χώρων	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	56
2.1 γενικά	56
2.2 περιγραφή του προγράμματος	59
2.2.1 περιγραφή της χρήσης κάθε εφαρμογής του ENVimet	61
2.2.1.1 EagleEye	61
2.2.1.2 Manage Database	62
2.2.1.3 Albero	62
2.2.1.4 SPACES	64
2.2.1.5 BIOMET	66
2.2.1.6 LEONARDO	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ- ENVIMET	73

3.1 στοιχεία περιοχής προσομοίωσης.....	73
3.1.1 Σχεδιασμός περιοχής προσομοίωσης στο spaces.....	73
3.1.2 εισαγωγή μετεωρολογικών και άλλων δεδομένων	78
3.2 προτάσεις βελτιώσεων	84
3.2.1 1 ^η βελτίωση (φυτεμένα δώματα)	84
3.2.2 2 ^η βελτίωση (φυτεμένες προσόψεις)	84
3.2.3. 3 ^η βελτίωση (αυξημένη ανακλαστικότητα σε στέγες και έδαφος)	85
3.2.4. 4 ^η συνολική βελτίωση	87
3.3 εξαγωγή αποτελεσμάτων (LEONARDO).....	88
3.3.1 Σύγκριση προσομοίωσης με αυξημένη ανακλαστικότητα με την αρχική	90
3.3.2 Σύγκριση προσομοίωσης με φυτεμένα δώματα με την αρχική	98
3.3.3 Σύγκριση προσομοίωσης με πράσινες προσόψεις με την αρχική	109
3.3.4 Σύγκριση συνολικής προσομοίωσης με την αρχική	114
3.3.5 συγκεντρωτικός πίνακας μεταβολών θερμοκρασίας και θερμικής άνεσης στις προτάσεις βελτίωσης σε συγκεκριμένα σημεία της περιοχής προσομοίωσης και σχόλια	122
3.3.5.1 πίνακας	122
3.3.5.2 σχόλια	127
3.3.6 οικονομική ανάλυση με τα ελάχιστα κόστη	131
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΣΥΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	132
4.1 στόχος της διπλωματικής εργασίας.....	132
4.2 Διαγράμματα από κάποια χαρακτηριστικά σημεία όπου έχουμε τοποθετήσει receptors	133
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	143
5.1 περιορισμοί κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας	143
5.2 προτάσεις	143
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	145

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1.1 φυλλοβόλα δέντρα προσφέρουν σκιά το καλοκαίρι και, αν επιλεγούν κατάλληλα μπορούν να ενισχύσουν το δροσισμό με εξατμισοδιαπνοή. Το χειμώνα επιτρέπουν τον ηλιασμό του χώρου [πηγή: (RUROS-2004)]

Εικόνα 1.2. δέντρα με πυκνά φυλλώματα μπορούν να λειτουργήσουν ως ανεμοφράγματα το χειμώνα όταν τοποθετούνται στην πλευρά του επικρατούντος ανέμου [πηγή: (RUROS-2004)]

Εικόνα 1.3 human energy balance
[πηγή: https://repository.asu.edu/attachments/135017/content/Rosheidat_asu_0010E_13958.pdf]

Εικόνα 1.4 άνεση στους υπαίθριους χώρους [πηγή: http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/2014/8.mikroklima-2012-13.pdf]

Εικόνα 1.5. θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος [πηγή: (Silva)]

Εικόνα 1.6. Γράφημα PMV-PPD [πηγή: https://www.researchgate.net/figure/229366830_fig1_Fig-1-The-Predicted-Percentage-of-Dissatisfied-PPD-persons-as-a-function-of-the]

Εικόνα 1.7. Κλίμακα PMV [πηγή: (ENVImet)]

Εικόνα 1.8. Μικροκλίμα υπαίθριων χώρων
[πηγή: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095513000539>]

Εικόνα 1.9. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας [πηγή: <http://www.eesa.gr/dat/C9208DA2/file.pdf>]

Εικόνα 1.10. Επιμέρους τμήματα φυτεμένου δώματος [Πηγή: Περιοδικό Κτίριο, Ιούνιος 2006]

Εικόνα 1.11. στρώσεις φυτεμένου δώματος [πηγή: www.egreen.gr]

Εικόνα 1.12. Τύποι φυτεμένου δώματος [Πηγή: www.egreen.gr]

Εικόνα 1.13. Οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας [πηγή:
https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%81%CE%B5%CE%BC%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%AF_%CE%BA%CE%AE%CF%80%CE%BF%CE%B9_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%92%CE%B1%CE%B2%CF%85%CE%BB%CF%8E%CE%BD%CE%B1%CF%82#/media/File:Hanging_Gardens_of_Babylon.jpg]

Εικόνας 1.14. αναρριχώμενα φυτά που χρησιμοποιούνται για φυτοκάλυψη επιφανειών [πηγή: (N.Ντούλας, 2015)]

Εικόνα 1.15. τρόπος προσκόλλησης των φυτών στους τοίχους [πηγή: (N.Ντούλας, 2015)]

Εικόνας 1.16. Κάθετος κήπος με συρμάτινο πλέγμα

Εικόνας 1.17. Κάθετος κήπος με σύστημα δίχτυ [πηγή: (E.Mendelsohn, 2011)]

Εικόνας 1.18. ζωντανοί τοίχοι [πηγή: <http://www.candianews.gr/2015/02/15/afti-ine-pio-omorfi-katheti-kipton-kosmo/>]

Εικόνα 1.19. ζωντανός τοίχος με ενότητες [πηγή: (N.Ντούλας, 2015)]

Εικόνα 1.20. Κάθετοι κήποι από ύφασμα (τσόχα) (Vegetated mat wall) [πηγή: (N.Ντούλας, 2015)]

Εικόνας 1.21. Κάθετοι κήποι από ύφασμα (τσόχα) (Vegetated mat wall) [πηγή: (N.Ντούλας, 2015)]

Εικόνας 1.22. τρόπος εγκατάστασης των καθέτων κήπων από γεωύφασμα [πηγή: (N.Ντούλας, 2015)]

Εικόνας 1.23. φυτά κατάλληλα για κάθετους κήπους [πηγή: (N.Ντούλας, 2015)]

Εικόνα 1.24. Μηχανισμός φυτικού τοίχου «Βιοφίλτρο»
[Πηγή: <http://www.flickr.com/photos/31652869@N00/278502906>]

Εικόνα 1.25. Παράδειγμα «Φυτικοί τοίχοι τοπίου».
[Πηγή: http://www.greenscreen.com/Resources/download_it/IntroductionGreenWalls.pdf]

Εικόνα 1.26. «Φυτικός τοίχος τοπίου», Ibiza [πηγή: <http://oikopress.gr/index.php/2012-09-24-13-17-36/47-2012-10-18-14-31-49>]

Εικόνα 1.27. Το μέσο ετήσιο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο της γης για την περίοδο 2000-2004 (Wm -2). Τα μεγάλα βέλη δείχνουν σχηματικά τη ροή της ενέργειας αναλογικά προς τη σημασία τους [πηγή: <http://ikee.lib.auth.gr/record/125701/files/%CE%91%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%9F%CE%A4%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%99%CE%9F%20%CE%A0%CE%91%CE%9D%CE%95%CE%A0%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%99%CE%9F%20%CE%98%CE%95%CE%A3%CE%A3%CE%91%CE%9B%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%97%CE%A3.pdf>]

Εικόνα 1.28. ροή θερμότητας
[πηγή: https://heatisland.lbl.gov/sites/all/files/front_slideshow/Global_Cool_Front.png]

Εικόνα 1.29. ανακλαστικότητα στεγών [πηγή: http://www.ktizontastomellon.gr/bibliothiki/Psyxres_orofes/ldiothtes.php]

Εικόνα 1.30. αναπαράσταση της επιφανειακής θερμοκρασίας που αναπτύσσουν διάφορα υλικά εκτεθημένα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας στην ηλιακή ακτινοβολία στις 21 Ιουνίου [πηγή: (Ανέλιξη)]

Εικόνα 2.1. βασική δομή μικροκλιματικού μοντέλου [πηγή: (ENVI-met)]

Εικόνα 2.2. χαρακτηριστικά που αναλύει το envi-met [πηγή: <http://ubm.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2012/3112/pdf/doc.pdf>]

Εικόνα 2.3. ENVI-met Headquarter, ENVI-met V4 [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Εικόνα 2.4. ENVI-met Headquarter, Data and Settings [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Εικόνα 2.5. ENVI-met Headquarter, System [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Εικόνα 2.6. ENVI-met, EagleEye v5.0 [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Εικόνα 2.7. ENVI-met, EagleEye v5.0 [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Εικόνα 2.8. ENVI-met, Albero [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Εικόνα 2.9. ENVI-met, SPACES, basic settings [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Εικόνα 2.10. ENVI-met, SPACES, individual segment [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Εικόνα 2.11. ENVI-met, SPACES, model inspector [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Εικόνα 2.12. ENVI-met, BIOMET V1.01 [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Εικόνα 2.13. ENVI-met, LEONARDO 2014 [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Εικόνα 2.14. βήματα για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων [πηγή: https://moodle.technion.ac.il/pluginfile.php/166455/course/section/62404/03_Cases.pdf]

Εικόνα 3.1. εισαγωγή αρχείου bitmap στο SPACES [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.2. αποτύπωση περιοχής προσομοίωσης στο SPACES [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.3. εισαγωγή αρχείου bitmap με την περιοχή του μετρό στο SPACES [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.4. εισαγωγή των βασικών πηγών ρύπανσης στο spaces [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.5. εισαγωγή ημερολογιακών στοιχείων στο ENVI-wizard [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.6. εισαγωγή μετεωρολογικών στοιχείων στο ENVI-wizard [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.7. εισαγωγή μετεωρολογικών στοιχείων στο ENVI-wizard [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

- Εικόνα 3.8. επιπλέον μετεωρολογικές ρυθμίσεις στο ENVlizard [πηγή: ENVlmet,προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.9. model timing στο ENVlizard [πηγή: ENVlmet, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.10. soils and plants στο ENVlizard [πηγή: ENVlmet, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.11. εισαγωγή πηγών ρύπων στο ENVlizard [πηγή: ENVlmet, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.12. εισαγωγή προσωπικών παραμέτρων στο BioMet [πηγή: ENVlmet, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.13. φυτεμένα δώματα [πηγή: ENVlmet, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.14. φυτεμένες προσόψεις [πηγή: ENVlmet, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.15. ιδιότητες υλικών [πηγή: ENVlmet, manage database, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.16. αυξημένο albedo [πηγή: ENVlmet, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.17. συνολική βελτίωση [πηγή: ENVlmet, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.18. συνολική βελτίωση 3D [πηγή: ENVlmet, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.19. στην 1η απεικονίζεται η ανακλαστικότητα του δαπέδου στην αρχική προσομοίωση και στη 2η στην προσομοίωση με αυξημένη ανακλαστικότητα [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.20. στην 1η απεικονίζεται η αρχική προσομοίωση και στη 2η η προσομοίωση με φυτεμένα δώματα [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.21. στην 1η απεικονίζεται η αρχική προσομοίωση και στη 2η η προσομοίωση με φυτεμένες προσόψεις [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.22. στην 1η απεικονίζεται η αρχική προσομοίωση και στη 2η η συνολικά βελτιωμένη προσομοίωση [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.23. στην 1η απεικονίζεται η ανακλαστικότητα στην αρχική προσομοίωση και στη 2η η ανακλαστικότητα στη συνολικά βελτιωμένη προσομοίωση [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.24. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.25. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.26. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.27. μεταβολή της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.28. αύξηση του PMV σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.29. μείωση του PMV σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.30. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.31. μεταβολή της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]
- Εικόνα 3.32. μεταβολή θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.55. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.56. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.57. μεταβολή της ειδικής υγρασίας σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.58. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.59. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.60. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.61. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.62. επιδείνωση της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.63. βελτίωση της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.64. μεταβολή της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας σε ύψος 2,00 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.65. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.66. μεταβολή της ειδικής υγρασίας σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.67. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.68. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 18:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.69. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 18:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.70. μεταβολή της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας σε ύψος 2,00 m για την ώρα 18:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.71. η περιοχή προσομοίωσης αριθμημένη σε συγκεκριμένα σημεία όπου υπολογίζονται οι μεταβολές θερμοκρασίας και θερμικής άνεσης [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Εικόνα 3.72. η περιοχή προσομοίωσης που απεικονίζει και τους receptors [πηγή: ENVImet, SPACES, προσωπική εργασία]

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 1.1 χαρακτηριστικά των 3 τύπων φυτεμένων δωματίων

Πίνακας 1.2. πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των 3 τύπων φυτεμένων δωματίων

Πίνακας 3.1. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΙΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Ευρετήριο γραφημάτων

Γράφημα 4.1. ταχύτητα ανέμου, στην περιοχή του receptor 3, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.2. θερμοκρασία του αέρα, στην περιοχή του receptor 3, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.3. σχετική υγρασία, στην περιοχή του receptor 3, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.4. μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία, στην περιοχή του receptor 3, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.5. θερμική άνεση, στην περιοχή του receptor 3, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.6. θερμοκρασία του αέρα , στην περιοχή του receptor 5, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.7. σχετική υγρασία , στην περιοχή του receptor 5, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.8. μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία , στην περιοχή του receptor 5, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.9. θερμική άνεση , στην περιοχή του receptor 5, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.10. ταχύτητα ανέμου , στην περιοχή του receptor 9, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.11. θερμοκρασία του αέρα , στην περιοχή του receptor 9, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.12. σχετική υγρασία , στην περιοχή του receptor 9, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.13. μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία , στην περιοχή του receptor 9, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.14. θερμική άνεση , στην περιοχή του receptor 9, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.15. ταχύτητα ανέμου , στην περιοχή του receptor 14, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.16. θερμοκρασία του αέρα , στην περιοχή του receptor 14, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.17. σχετική υγρασία , στην περιοχή του receptor 14, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.18. μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία , στην περιοχή του receptor 14, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Γράφημα 4.19. θερμική άνεση , στην περιοχή του receptor 14, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

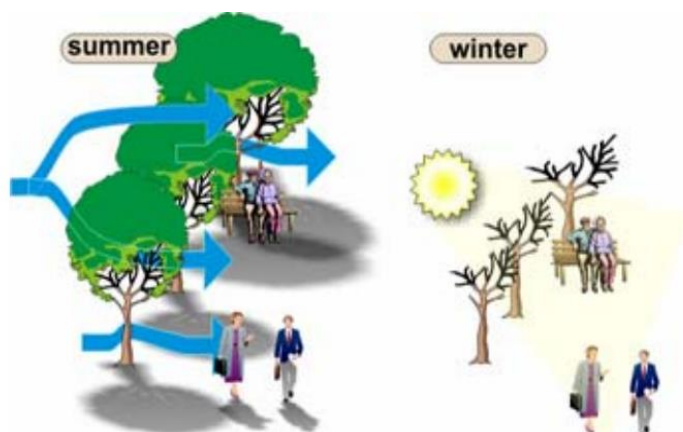
1.1 ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Η αναγέννηση του ενδιαφέροντος για την ποιότητα των αστικών ανοιχτών χώρων σχετίζεται με τις αυξανόμενες ανάγκες των ανθρώπων για αναβάθμιση της κοινωνικής τους ζωής, η οποία ενισχύεται από ένα άνετο φυσικό περιβάλλον. (RUROS-2004)

Αποτελεί κοινό τόπο ότι οι σύγχρονες πόλεις, αντιμετωπίζουν σοβαρά πολεοδομικά και περιβαλλοντικά προβλήματα, τα οποία σε συνδυασμό με το παγκόσμιο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής, εντείνουν την υποβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος και κατ' επέκταση την ποιότητα ζωής των κατοίκων. Θεωρείται επιτακτική η ανάγκη για στροφή στις καθαρές και ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, στην βιώσιμη ανάπτυξη των πόλεων και στον 'πράσινο' αστικό σχεδιασμό (Green Urban Design), ώστε να επιτευχθεί η περιβαλλοντική αναβάθμιση του δομημένου περιβάλλοντος.

Οι σύγχρονες πόλεις, χαρακτηρίζονται από την κυριαρχία του δομημένου περιβάλλοντος και μεγάλες πληθυσμιακές πυκνότητες, ενώ στην πλειονότητά τους οι υπαίθριοι χώροι είναι περιορισμένοι. Η ανεπαρκής παρουσία αυτών των χώρων στις πόλεις σε συνδυασμό με τα πολλαπλά περιβαλλοντικά προβλήματα που επικρατούν σε παγκόσμιο επίπεδο, τη μεγάλη συγκέντρωση ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και τη ραγδαία αύξηση των αυτοκινήτων, συνέβαλλαν στην εκτεταμένη ρύπανση του αστικού περιβάλλοντος και στην υποβάθμιση του αστικού τοπίου γενικότερα. Γεγονός που προβάλλει την περιβαλλοντική αποκατάσταση των πόλεων ως ένα ιδιαίτερα κρίσιμο ζήτημα (Μακροπούλου Μ. και Γοσποδίνη Α., 2010) και μια νέα πρόκληση του αστικού σχεδιασμού (Γοσποδίνη, 2009).

Οι υψηλές θερμοκρασίες που παρατηρούνται στο εσωτερικό των πόλεων αποτελεί ένα ιδιαίτερα σοβαρό πρόβλημα για την ποιότητα ζωής των κατοίκων τους, τις συνθήκες θερμικής άνεσης, την ενεργειακή κατανάλωση, τη δημόσια υγεία και τα αυξημένα επίπεδα ρύπων. Η υιοθέτηση και εφαρμογή των βιοκλιματικών αρχών και μεθόδων στο σχεδιασμό των αστικών υπαίθριων χώρων αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την βελτίωση του μικροκλίματος μιας περιοχής (Gaitani N. et al, 2011).



Εικόνα 1.1 φυλλοβόλα δέντρα προσφέρουν σκιά το καλοκαίρι και, αν επιλεγούν κατάλληλα μπορούν να ενισχύσουν το δροσισμό με εξατμισοδιαπνοή. Το χειμώνα επιτρέπουν τον ηλιασμό του χώρου [πηγή: (RUROS-2004)]



Εικόνα 1.2. δέντρα με πυκνά φυλλώματα μπορούν να λειτουργήσουν ως ανεμοφράγματα το χειμώνα όταν τοποθετούνται στην πλευρά του επικρατούντος ανέμου [πηγή: (RUROS-2004)]

1.2 ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΤΩΝ ΥΠΑΙΘΡΙΩΝ ΧΩΡΩΝ

Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός σε πολεοδομικό επίπεδο, προτείνει το σχεδιασμό ή την ανάπτυξη υποβαθμισμένων οικιστικών περιοχών με μια εναλλακτική προσέγγιση, της οποίας θεμελιώδης αρχή είναι αυτή που αξιοποιεί τα πλεονεκτήματα των φυσικών μηχανισμών θέρμανσης, ψύξης και φωτισμού, έτσι ώστε να βελτιώνονται οι τοπικές κλιματικές συνθήκες (Ανδρεαδάκη, 2006). (Μ.Μακροπούλου & Α.Γοσπονδίνη)

Η ανάπτυξη ενός υφιστάμενου ανοιχτού χώρου ή ο σχεδιασμός ενός νέου εξασφαλίζουν την ευκαιρία για βελτίωση των συνθηκών άνεσης στον υπαίθριο χώρο. Οι πιθανές λύσεις στα συγκεκριμένα προβλήματα που επιδέχεται ένας τέτοιος χώρος είναι απεριόριστες, ανάλογα με την τοπική μορφολογία, το κλίμα και την αισθητική φύση της σχεδιαστικής πρότασης. Ανεξάρτητα από την ποικιλία των λύσεων, υπάρχουν συγκεκριμένα θέματα τα οποία ο μελετητής θα πρέπει να λάβει υπόψη του ώστε να επιτύχει στην παροχή ενός ελκυστικού και άνετου περιβάλλοντος.

Το πρώτο θέμα που προκύπτει στη διαδικασία σχεδιασμού είναι το προφίλ της εποχιακής χρήσης του ανοιχτού χώρου. Με εξαίρεση την ακουστική άνεση, η οποία δεν επηρεάζεται από την εποχή του χρόνου, η οπτική και κυρίως η θερμική άνεση, απαιτούν διαφορετικές προσεγγίσεις, ώστε να επιτευχθεί ένα ήπιο και ευχάριστο περιβάλλον, σε σχέση με τις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες. (RUROS-2004)

Οι δύο βασικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες που διαμορφώνουν το χαρακτήρα του αστικού μικροκλίματος είναι: η ηλιακή ακτινοβολία, δηλαδή η διαθεσιμότητα ηλιασμού του συνόλου του δομημένου περιβάλλοντος και των υπαίθριων χώρων, και η ροή του ανέμου στο εσωτερικό της πόλης (Χρονόπουλος Δ., 2011). Η επίδραση των δύο αυτών παραγόντων διαφοροποιείται σε ετήσια βάση και επιδέχεται την ανάλογη αξιοποίησή τους.

Κατά τη χειμερινή περίοδο βασικός στόχος του σχεδιασμού είναι η προστασία του ανοιχτού χώρου από τους ψυχρούς ανέμους (ανεμοπροστασία), επιτρέποντας μόνο τον απαραίτητο αερισμό, και η δυνατότητα έκθεσής του στον ήλιο (ηλιασμός). Αντίστοιχα, στη θερινή περίοδο ο σχεδιασμός στοχεύει στην ελαχιστοποίηση της θερμικής προσόδου από την ηλιακή ακτινοβολία (ηλιοπροστασία), στη βελτιστοποίηση των μεθόδων φυσικού δροσισμού και αερισμού για την απαγωγή θερμότητας από τον ανοιχτό χώρο (RUROS-2004)

Προκύπτουν έτσι οι παρακάτω περιβαλλοντικές παράμετροι που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής κατά τον βιοκλιματικό σχεδιασμό τόσο των κτιρίων, όσο και των υπαίθριων χώρων: ηλιασμός, ανεμοπροστασία, ηλιοπροστασία, φυσικός δροσισμός και αερισμός.

Οι παράμετροι αυτές επηρεάζονται από τα κλιματολογικά δεδομένα, την γεωμετρία και την τοπογραφία ή μορφολογία του χώρου. Η γεωμετρία του χώρου είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά της διαμόρφωσης περιβάλλοντος, αφού καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τη σκίαση και τη ροή του ανέμου (Χαραλαμπίδης, 2009). Επίσης, η διάταξη του τεχνητού ή φυσικού περιβάλλοντος και η τοπογραφία της περιοχής καθορίζουν τον τρόπο ροής του ατμοσφαιρικού αέρα με αποτέλεσμα να διαμορφώνουν τόσο την ταχύτητα όσο και τη διεύθυνση του ανέμου (Oke 1981a; Uno et al. 1989; Mochiba et al. 2008; στο Χαραλαμπίδης, 2009).

Ειδικότερα για κάθε περιβαλλοντική παράμετρο έχουμε:

1. Ηλιασμός: Η ηλιακή πρόσβαση στους υπαίθριους χώρους διαφοροποιείται ανάλογα με τον προσανατολισμό του δρόμου και από τον λόγο του ύψους του κτιρίου προς την απόσταση από το απέναντι κτίριο, δηλαδή το πλάτος του δρόμου H/W [όπως άλλωστε προτάθηκε από τον Oke (Oke, 1987)]. Ο προσανατολισμός μιας επιφάνειας και η κλίση της ως προς το οριζόντιο επίπεδο, επηρεάζουν την ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, αλλά και την πιθανότητα σκιάσής της από τις παρακείμενες επιφάνειες, ενώ απαιτείται η γνώση της ημερήσιας τροχιάς του ήλιου στις διάφορες εποχές του έτους (Κ.Αξαρή, 2008)

2. Ηλιοπροστασία: Τη θερινή περίοδο, ιδιαίτερα στα νότια γεωγραφικά πλάτη, η σκίαση είναι καθοριστικός παράγοντας για τον έλεγχο της θερμοκρασίας και σημαντική παράμετρος οπτικής άνεσης (Ν.Χρυσομαλλίδου, 2004). Για το λόγο αυτό προβλέπεται η ηλιοπροστασία των υπαίθριων χώρων είτε με ποικιλία σκιάστρων είτε με βλάστηση, ανάλογα με την επιθυμητή μορφή σκιάς. Κατακόρυφα ή κεκλιμένα στοιχεία σκίασης όπως τοίχοι, πετάσματα ή θάμνοι είναι προτιμότερο να τοποθετούνται στη δυτική πλευρά του οικοπέδου, παίρνοντας υπόψη πιθανούς περιορισμούς που μια τέτοια κατασκευή μπορεί να δημιουργήσει στον αερισμό του υπαίθριου χώρου. Μια παρόμοια μορφή σκίασης μπορεί να επιτευχθεί με δέντρα, με το πλεονέκτημα του δροσισμού του αέρα, χωρίς να εμποδίζει την έκθεση στο χειμερινό ήλιο. Οριζόντια σκιάστρα, όπως πέργκολες, μπορούν να παρέχουν σκιά για περισσότερες ώρες την ημέρα και είναι χρήσιμα για τη σκίαση μονοπατιών και εν γένει, χώρων με επιμήκη διάταξη όπως πεζόδρομοι. Θα πρέπει όμως να κατασκευάζονται έτσι ώστε να αποφεύγεται ο εγκλωβισμός θερμού αέρα κάτω από την επιφάνεια του σκιάστρου. (RUROS-2004)

3. Ανεμοπροστασία: Η ροή του ανέμου στον αστικό ιστό εξαρτάται από τη γωνία πρόσπτωσης στο δρόμο και από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δρόμου (ύψος κτιρίων, πλάτος και μήκος δρόμου), τα οποία επιδρούν στις συνθήκες άνεσης μιας περιοχής και στη συγκέντρωση ρύπων (Κ.Αξαρή, 2008). Το χειμώνα βασικός στόχος αποτελεί η μείωση της έκθεσης στο ψυχρό χειμερινό άνεμο και η ανακοπή της ταχύτητας του ή εκτροπή της διεύθυνσής του (Ν.Χρυσομαλλίδου, 2004). Για το λόγο αυτό, στο σχεδιασμό του χώρου θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η κατεύθυνση των επικρατέστερων ανέμων, η πιθανή πύκνωση του αστικού ιστού, η χρήση κατάλληλης βλάστησης για ανεμοπροστασία, καθώς και άλλων στοιχείων όπως, πάνελ, πετάσματα, τοιχία. Η αποτελεσματικότητα των τεχνικών αυτών

καθορίζεται από το μέγεθος των ανεμοπροστατευτικών διατάξεων, τη θέση, τον προσανατολισμό, την διαπερατότητα και την εγγύτητα στην περιοχή (Κ.Αξαρή, 2008).

4. Αερισμός: Αντίθετα, τους θερινούς μήνες η κατεύθυνση των ανέμων (wind channeling) προς το χώρο, είναι ιδιαίτερα σημαντική για την απαγωγή της θερμότητας από τον υπαίθριο χώρο (Ν.Χρυσομαλλίδου, 2004). Στόχος είναι η εκμετάλλευση του ανέμου ή ακόμη και η δημιουργία κίνησης του αέρα για την επίτευξη δροσισμού (ανακατεύθυνση και όδευση ανέμων). Επιπλέον, καλύτερες συνθήκες αερισμού θα επιτευχθούν με κατάλληλη χωροθέτηση των κτιρίων (συσχέτιση ύψους και απόστασης) και τη συσχέτιση κτιριακών εμποδίων και ανοιχτών χώρων (εξασφάλιση μη τυρβώδους ροής αέρα) (ΚΑΠΕ, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής, 2002)

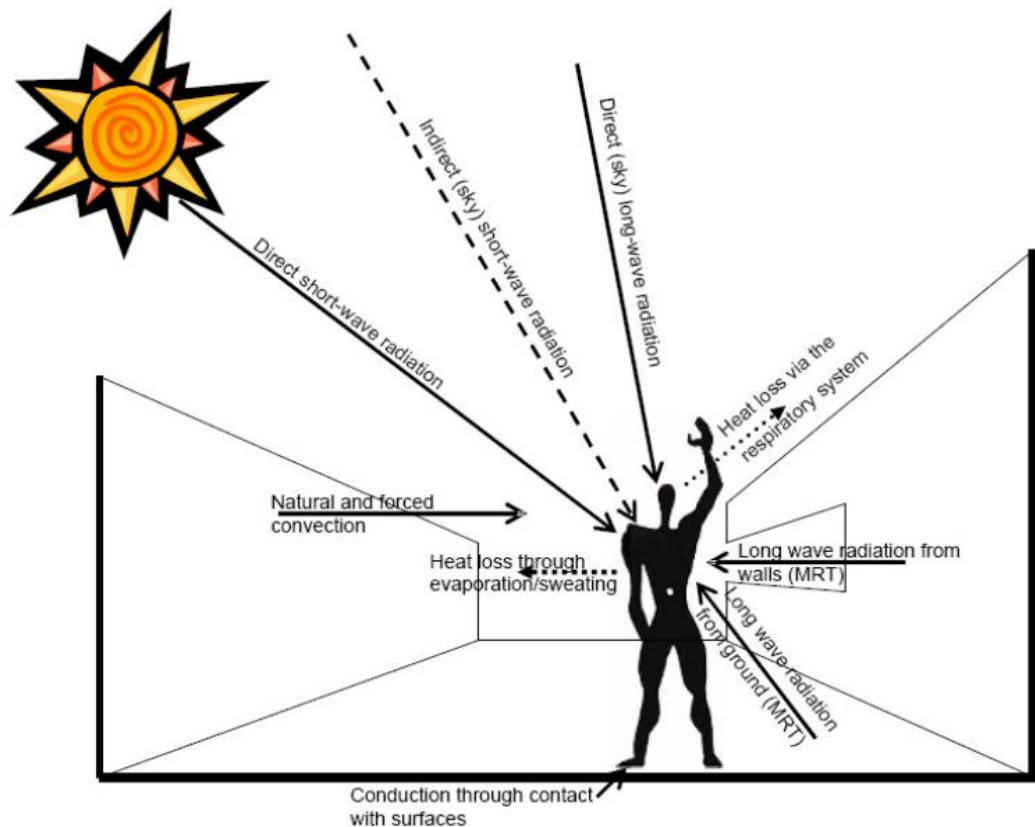
5. Φυσικός δροσισμός: Ο σχεδιασμός των αστικών υπαίθριων χώρων πρέπει να ικανοποιεί και τη συνθήκη για φυσικό δροσισμό, ο οποίος επιτυγχάνεται: α) με την εξάτμιση νερού (υδάτινες επιφάνειες, με βλάστηση μέσω της εξατμισοδιαπνοής), β) με απόρριψη της θερμότητας στην ατμόσφαιρα με ακτινοβολία στο νυχτερινό ουρανό (εξασφάλιση ανεμπόδιστης θέας των εξωτερικών επιφανειών στο ουρανό), γ) με απόρριψη θερμότητας από τις επιφάνειες στη γη με αγωγή (εναλλάκτες εδάφους-αέρα) (ΚΑΠΕ, Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής, 2002).

(Μ.Μακροπούλου & Α.Γοσπονδίνη)

1.3 ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΕΣΗ ΠΕΖΩΝ

Η μεγαλύτερη πηγή θερμότητας για έναν πεζό που περπατά ή στέκεται σε ένα αστικό περιβάλλον είναι η ακτινοβολία, κυρίως η άμεση, αν ο πεζός στέκεται κάτω από το φως του ήλιου. Όμως αν ο πεζός στέκεται σε μέρος με σκιά δημιουργηθείσα από κάποιο κτίριο ή δέντρο το οποίο ελαχιστοποιεί την επίδραση της άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας, η δεύτερη κύρια πηγή θερμότητας είναι η ακτινοβολία μεγάλου μήκους που εκλύεται από τα περιβάλλοντα υλικά (T_{mrt}).

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος λοιπόν που επηρεάζει τον πεζό μέσω θερμικής συναγωγής έχει μικρή επίδραση συγκριτικά με τις ακτινοβολίες. Συνεπώς ο κύριος στόχος για έναν αστικό σχεδιασμό με βιοκλιματικά χαρακτηριστικά πρέπει να είναι ο έλεγχος της ακτινοβολούμενης θερμότητας των υλικών των επιφανειών των κτιρίων (και κατακόρυφων και οριζόντιων) που επηρεάζει τους πεζούς.



Εικόνα 1.3 human energy balance

[πηγή: https://repository.asu.edu/attachments/135017/content/Rosheidat_asu_0010E_13958.pdf]

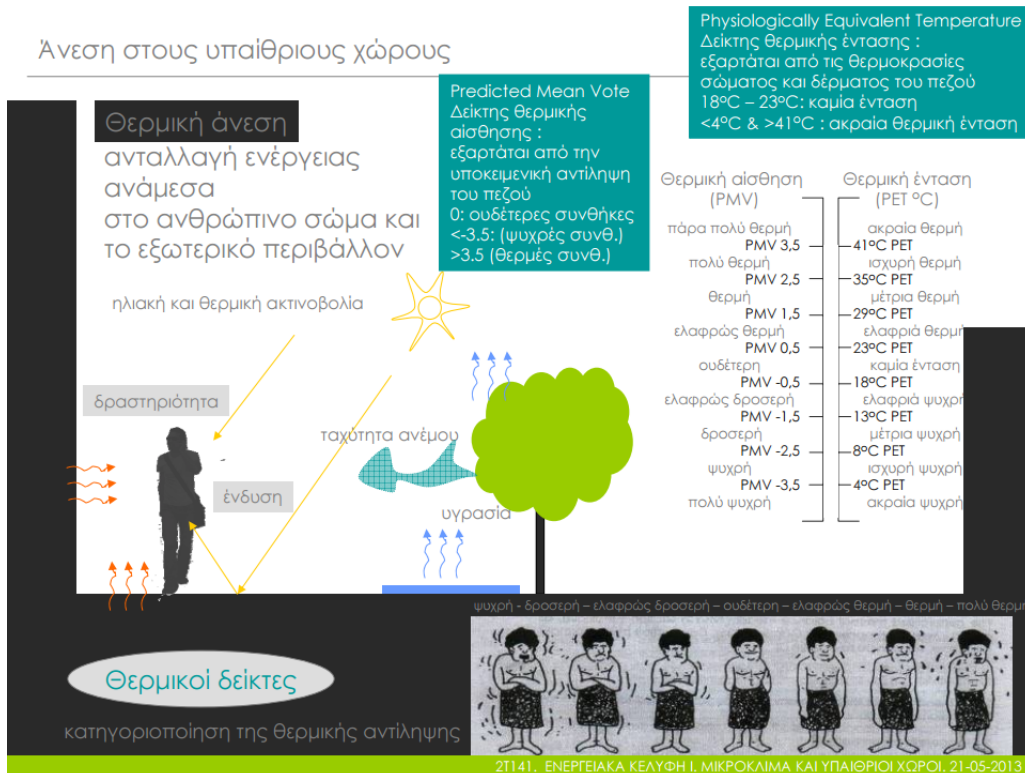
Παρόλο που η χρήση υλικών με μεγάλο albedo (υψηλή αντανακλαστικότητα) στις επιφάνειες μιας αστικής περιοχής μπορεί να ελαττώσει τη θερμοκρασία, η μείωση αυτή δεν είναι αρκετή για να αντισταθμίσει τα αυξημένα ακτινοβολούμενα φορτία. Συνεπώς υπάρχει περίπτωση να διακυβευτεί η θερμική άνεση των πεζών. Για την περιγραφή των συνεπειών της ακτινοβολίας χρησιμοποιείται, συνήθως, η παράμετρος της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας *Mean Radiant Temperature* (T_{MRT}) - ένας δείκτης αρκετά απλός στη σύλληψη, ο οποίος όμως έχει αρκετά μειονεκτήματα :

- Δυσκολία ποσοτικοποίησης του σε πολύπλοκο περιβάλλον
- Υπολογίζει μαζί τη συνδυασμένη επίπτωση της ακτινοβολίας μικρού μήκους (άμεσης, διάχυσης και ακτινοβολούμενης) και μεγάλου μήκους (από τον ουρανό και τις εδαφικές επιφάνειες)
- Δυσκολία στην ακριβή επί τόπου μέτρηση

Η ανάγκη για έναν δείκτη άνεσης κατάλληλο για τις εξωτερικές συνθήκες οδήγησε στην ανάπτυξη του δείκτη φυσιολογικής ισοδύναμης θερμοκρασίας *Physiological Equivalent Temperature* (*PET*) Horpe, 1999. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιήθηκε ευρέως για την ανάλυση των επιπτώσεων ενός μεταβαλλόμενου θερμικού περιβάλλοντος μέσω διαφορετικών παραλλαγών σχεδιασμού. Ο *PET* σε κάθε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο αντιστοιχεί στη θερμοκρασία του αέρα στην οποία η θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος διατηρείται έχοντας θερμοκρασία ίση με αυτή που επιβάλλεται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

(G.Mills, S.DiSabatino, E.Erell, & A.Martilli, 2014)

Άνεση στους υπαίθριους χώρους



εικόνα 1.4. Άνεση στους υπαίθριους χώρους [πηγή: http://www.digital-in.info/e-tomeas/images/stories/docs/2T1_41/2014/8.mikroklima-2012-13.pdf]

Μία άλλη μέθοδος υπολογισμού της θερμικής άνεσης είναι μέσω του δείκτη PMV.

Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε από τον Fanger (1972) και υιοθετήθηκε στο ISO Standard 7730, και είναι βασισμένη στον καθορισμό του δείκτη PMV (Predicted Mean Vote -> (Μέσος Αναμενόμενος Θερμικός Δείκτης) που υπολογίζεται με μία εξίσωση θερμικής ισορροπίας του ανθρώπινου σώματος, η οποία περιλαμβάνει εσωτερικές διεργασίες και ανταλλαγές θερμότητας με το περιβάλλον.

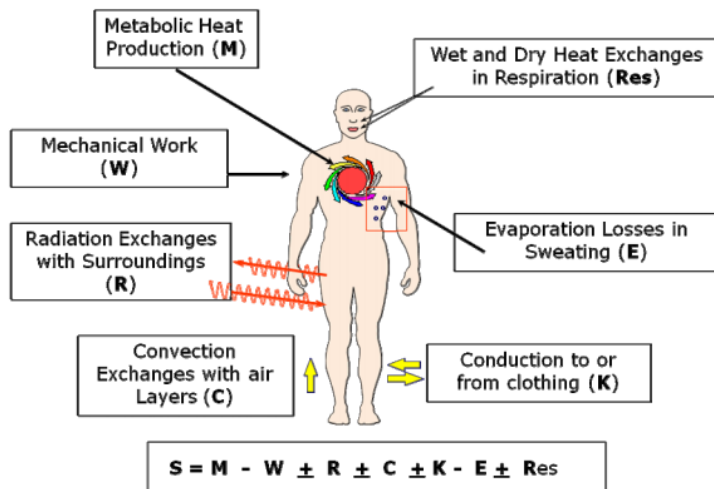


Figure 1 – Human Body Thermal Balance

Εικόνα 1.5. Θερμική ισορροπία του ανθρώπινου σώματος [πηγή: (Silva)]

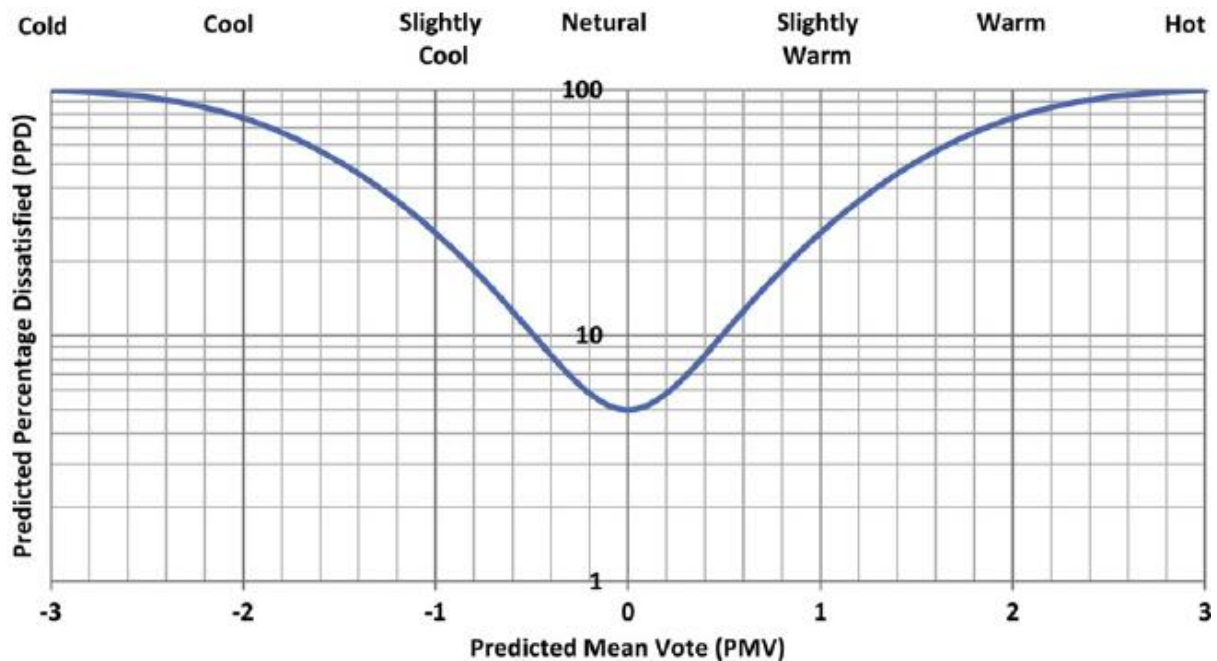
Ο άλλος δείκτης που προτείνεται στο ISO Standard 7730 είναι το PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) (προβλεπόμενο ποσοστό δυσαρεστημένων) που ποσοτικοποιεί το εκτιμώμενο ποσοστό των δυσαρεστημένων ανθρώπων σε ένα δεδομένο θερμικό περιβάλλον. (Silva)

Το μοντέλο PMV είναι πιθανόν το πιο γνωστό μοντέλο υπολογισμού της θερμικής άνεσης, ειδικά σε εσωτερικούς χώρους. Είναι βασισμένο στο μοντέλο του Fangers (1972) και συσχετίζει τη διαφορά της θερμότητας που παράγεται και απελευθερώνεται από το ανθρώπινο σώμα (ενεργειακή ισορροπία) με την υποκειμενική αντίληψη του πεζού-που εκφράζεται μέσω της ψήφου για τη θερμική άνεση κυμαινόμενη από -3(πολύ κρύο) μέχρι +3 (πολλή ζέστη), χρησιμοποιώντας μία καθαρά εμπειρική συνάρτηση. Το PMV αρχικά είχε αναπτυχθεί για εσωτερικές σταθερές καταστάσεις, αλλά επεκτείνοντας τα σχετικά με την ενεργειακή ροή μέρη του μοντέλου με την πρόσθεση της ηλιακής ακτινοβολίας και της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος, και επιτρέποντας ταχύτητες ανέμου μεγαλύτερες από αυτές που αναπτύσσονται σε έναν εσωτερικό χώρο, το PMV μπορεί να εφαρμοσθεί - με όρια- και σε εξωτερικές συνθήκες. Τα αυθεντικά PMV/PPD χρησιμοποιούν μία εμπειρική συνάρτηση για να συσχετίσουν την ενεργειακή ισορροπία του σώματος με την αίσθηση θερμότητας, και για αυτό μπορεί να συζητηθεί αν θα ήταν έγκυρο να επεκταθεί αυτό το μοντέλο πέρα από το αρχικό του περιεχόμενο ή όχι.

Επιπλέον, η θερμοκρασία του ρουχισμού, είναι η μοναδική παράμετρος του μοντέλου PMV που αντιδρά στις περιβαλλοντικές συνθήκες, αφού η θερμοκρασία του δέρματος εξαρτάται μόνο από τη δραστηριότητα του πεζού.

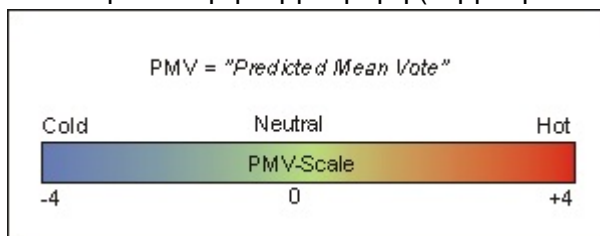
Το PMV είναι, όπως και οι περισσότεροι δείκτες θερμικής άνεσης, μία σταθερή τιμή. Αυτό σημαίνει ότι ο πεζός εκτιμάται πως εκτίθεται σε μία σταθερή κλιματική κατάσταση αρκετά μεγάλο διάστημα ώστε να σταθεροποιηθούν όλες οι διαδικασίες ανταλλαγής θερμότητας στο ανθρώπινο σώμα (αν είναι δυνατό). Κάτι τέτοιο είναι σχεδόν δεδομένο σε εσωτερικές συνθήκες, είναι όμως η εξαίρεση στο εξωτερικό περιβάλλον. Επομένως, το να είναι έγκυροι οι σταθεροί δείκτες σε ένα εξωτερικό περιβάλλον προϋποθέτει ότι τα άτομα απλά στέκονται στον εξωτερικό χώρο ή ότι βρίσκονται σε μεγάλα εσωθερμικά περιβάλλοντα όπου το μικροκλίμα παραμένει σταθερό ακόμα και εν κινήσει.

Πέρα από τον δείκτη PMV, το ENVI-met BioMet παρέχει τον συσχετιζόμενο δείκτη PPD, που αντιπροσωπεύει το ποσοστό των πεζών που θα δυσανασχετούσαν στις δεδομένες κλιματικές συνθήκες. Το PMV και το PPD έχουν γραμμική σχέση (μπορούν άμεσα να μετατραπούν το ένα στο άλλο). Έτσι τα διαγράμματα PPD έχουν την ίδια χωρική δομή με τα σχετιζόμενα διαγράμματα PMV, αλλά διαφορετικές τιμές.



εικόνα 1.6. Γράφημα PMV-PPD [πηγή: https://www.researchgate.net/figure/229366830_fig1_Fig-1-The-Predicted-Percentage-of-Dissatisfied-PPD-persons-as-a-function-of-the-]

Κανονικά, η κλίμακα του PMV ορίζεται μεταξύ -4 (πολύ κρύο) και +4 (πολλή ζέστη), όπου το 0 είναι η ουδέτερη θερμική τιμή (θερμική άνεση):



Εικόνα 1.7. Κλίμακα PMV [πηγή: (ENVImet)]

Αλλά καθώς ο δείκτης PMV είναι μία μαθηματική συνάρτηση του τοπικού κλίματος, στις περισσότερες εφαρμογές μπορούν να παρατηρηθούν τιμές μεγαλύτερες ή μικρότερες από τα [+4], [-4] αντίστοιχα, παρόλο που αυτές οι τιμές είναι έξω από τα όρια της αυθεντικής κλίμακας των πειραματικών δεδομένων του Fanger.

1.3.1 Μέθοδος υπολογισμού

Η βασική εξίσωση του PMV για όλες τις περιπτώσεις, εσωτερικές και εξωτερικές, δίνεται από:

$$PMV = [0.028 + 0.303 \cdot \exp(-0.036 \cdot M/A_{Du})] \cdot (H/A_{Du} - E_d - E_{sw} - E_{re} - L - R - C)$$

Απαιτούμενα εισαγόμενα δεδομένα

- Μετεωρολογικές μεταβλητές, που εκτιμάται ότι ορίζονται όλες στο βιομετεωρολογικό ύψος αναφοράς (1,6m) ή στο επόμενο κοντινότερο ύψος:

- Θερμοκρασία αέρα T_a
- Μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία T_{mrt}
- Πίεση υδρατμών e
- Τοπική ταχύτητα του ανέμου u
- **Προσωπικές ρυθμίσεις, ανθρώπινο σώμα**
 - Μόνωση από την ενδυμασία I_{clo}
 - M : μηχανική παραγωγή ενέργειας από το σώμα
 - η : μηχανικός παράγοντας δραστηριότητας (0 το περισσότερο διάστημα)

Το άτομο αναφοράς για τους δείκτες PMV/PPD, είναι πάντα 35 χρονών, άντρας, με ύψος 1,75m και μάζα 75kg. Αυτές οι θεωρήσεις δεν μπορούν να μεταβληθούν στους υπολογισμούς των PMV/PPD.

Όροι της εξίσωσης του PMV

Σταθεροί όροι

- **0.028+0.303 · (...):**

Εμπειρικές σταθερές που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της ενεργειακής ισορροπίας του σώματος στην κλίμακα του PMV.

Σωματική παραγωγή ενέργειας

- **M/A_{Du}** : Σωματική μηχανική παραγωγή ενέργειας (ρυθμός μεταβολισμού), σε Watt ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m^2)

Συνολική σωματική παραγωγή ενέργειας, ανηγμένη σε $1 m^2$ δέρματος. Η μηχανική παραγωγή ενέργειας εξαρτάται από τη δραστηριότητα του ατόμου.

- **H/A_{Du}** : εσωτερική ενέργεια που απομένει

Η παραγόμενη ενέργεια που δε χρησιμοποιείται από μηχανική δραστηριότητα: $H/A_{Du} = M/A_{Du} \cdot (1 - \eta)$, όπου η ο παράγοντας μηχανικής δραστηριότητας.

(A_{Du} = εμβαδό της επιφάνειας του δέρματος).

Ιδρώτας/ ανταλλαγή υδρατμών

- **E_a** : διάδοση υδρατμού στο δέρμα

Ποσότητα υδρατμών που διαδίδεται κατ' ευθείαν μέσα στο δέρμα
 $E_d=0.305 \cdot (57.3-0,07 \cdot H/A_{Du}-e)$, όπου e : πίεση υδρατμών στον αέρα σε [hPa]

- E_{sw} : εξάτμιση του ιδρώτα από το δέρμα

Δροσιστική επίδραση του ιδρώτα που εξατμίζεται από το δέρμα:

$$E_{sw}=0.42 \cdot (H/A_{Du}-58)$$

Ανταλλαγή ενέργειας μέσω της αναπνοής

- E_{re} : ποσότητα λανθάνουσας θερμότητας που αποβάλλεται μέσω της αναπνοής.

Η ενέργεια που αποβάλλεται, υγραποιώντας τον αέρα στο αναπνευστικό σύστημα. $E_{re}=0.0017 \cdot M/A_{Du} \cdot (58.7-e)$

- L : αισθητή ανταλλαγή θερμότητας μέσω της αναπνοής

Η ενέργεια που αποβάλλεται ή αποκτάται άμεσα μέσω της ανταλλαγής θερμότητας με τον εισπνεόμενο/εκπνεόμενο αέρα μέσα στο σώμα

$$L=0.0014 \cdot M/A_{Du} \cdot (34-t_a)$$

όπου t_a : η θερμοκρασία του αέρα σε βαθμούς C

Ανταλλαγή ενέργειας στην επιφάνεια του σώματος (ρούχα)

- R : ισορροπία ακτινοβολούμενης ενέργειας του σώματος (ρούχα)

Στο μοντέλο PMV υποτίθεται πως το άτομο είναι ντυμένο με λίγα ή περισσότερα ρούχα. Ως αποτέλεσμα, οι ενεργειακές αλληλεπιδράσεις μεταξύ της επιφάνειας του σώματος και του περιβάλλοντος θεωρείται ότι λαμβάνουν χώρα μόνο στις επιφάνειες των ρούχων.

Καθαρή ανταλλαγή μεγάλου μήκους θερμότητας με το περιβάλλον,

$$R=3.95 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot (T_{cl}^4 - T_{mrt}^4)$$

- f_{cl} : αυξητικός συντελεστής της επιφάνειας του σώματος λόγω του στρώματος ενδυμασίας με $f_{cl}=1.0+I_{cl} \cdot 0.15$, όπου
 I_{cl} : θερμομόνωση της ενδυμασίας σε [clo].
- T_{cl} η θερμοκρασία της επιφάνειας του στρώματος των ρούχων σε [K]

- T_{mrt} είναι η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία του περιβάλλοντος σε [K].

- **C**: ανταλλαγή ενέργειας μέσω συναγωγής

Η θερμότητα που ανταλλάσσεται απ' ευθείας με τον περιβάλλοντα αέρα μέσω τυρβώδους συναγωγής: $C=f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl}-t_i)$

- h_c : τυρβώδης μεταφορά θερμότητας, σταθερή για θερμότητα μεταξύ των ρούχων και του αέρα

$$h_c = \max(2.05 \cdot (t_{cl}-t_a), 12.1 \cdot W^{1/2})$$

Εδώ, το W είναι η σχετική ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια του σώματος. Στο BioMet, υποθέτουμε ότι για εξωτερικές συνθήκες $W = \max(u(x,y,z), v_p)$ όπου $u(x,y,z)$ η τοπική ταχύτητα του ανέμου και v_p η ταχύτητα που κινείται το άτομο.

Κύριες μεταβλητές: θερμοκρασία δέρματος και ρούχων

Όπως αναφέρθηκε και πριν, στο μοντέλο PMV, η θερμοκρασία των ρούχων είναι η μοναδική παράμετρος της εξίσωσης της ενεργειακής ισορροπίας που αλληλεπιδρά με το περιβάλλον. Έτσι, η μέση θερμοκρασία του δέρματος εξαρτάται μόνο από το επίπεδο δραστηριότητας του ατόμου.

- t_{sk} : μέση θερμοκρασία του δέρματος σε [°C]

Η μέση θερμοκρασία του δέρματος υπολογίζεται μέσω της απλής εξίσωσης :
 $t_{sk} = 35.7 - 0.0275 \cdot H / A_{Du}$.

- t_{cl} : μέση θερμοκρασία των ρούχων σε [°C]

Η θερμοκρασία των ρούχων υπολογίζεται με βάση τη θερμοκρασία του δέρματος και των ρούχων θερμότητας και ακτινοβολούμενης ενέργειας στην επιφάνεια των ρούχων: $t_{cl} = t_s - 0.155 \cdot I_{cl} \cdot (R+C)$

Αριθμητική λύση

Η επίλυση της εξίσωσης του είναι απλή, αρκεί να είναι γνωστές και να οριστούν οι μετεωρολογικοί παράγοντες και οι προσωπικές ρυθμίσεις. Ο μόνος μη γραμμικός όρος της εξίσωσης είναι η εκτίμηση της θερμοκρασίας των ρούχων T_{cl} αφού το R και το C εξαρτώνται από το T_{cl} , ενώ το ίδιο το T_{cl} ορίζεται χρησιμοποιώντας και το R και το C . Λόγω αυτής της αλληλεξάρτησης πρέπει να επιλυθεί επαναληπτικά, όπου επαναλαμβάνουμε έως ότου η T_{cl} ικανοποιεί τη σχέση $0 = R(T_{cl}) + C(T_{cl})$. Μόλις αυτή η

θερμοκρασία της ενδυμασίας επιτευχθεί, όλοι οι υπόλοιποι όροι μπορούν να υπολογιστούν και έτσι να εκτιμηθεί το PMV.

1.3.2 Επέκταση σε εξωτερικές συνθήκες

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα μοντέλα PMV/PPD, όπως δημιουργήθηκαν από τον Fanger (1972), σχεδιάστηκαν για εσωτερικές εφαρμογές. Αυτό επηρεάζει δύο θεμελιώδεις διαστάσεις του μοντέλου PMV: το σχεδιασμό των εξισώσεων και τη μετάβαση από μονάδες ενεργειακής ισορροπίας σε δείκτες θερμικής άνεσης.

Αρχικά, το να χρησιμοποιηθεί η θερμοκρασία της επιφάνειας των ρούχων ως μοναδική ευαίσθητη μεταβλητή του περιβάλλοντος μπορεί να είναι αποδεκτό υπό τις συνθήκες ενός γραφείου (εσωτερικού χώρου), όπου δεν επιδρά το άμεσο φως του ηλίου και η επίδραση του εξωτερικού αέρα είναι αμελητέα. Σε ένα εξωτερικό περιβάλλον, όμως, σε θερμά κλίματα, μέρη του ανθρώπινου σώματος δεν καλύπτονται από ρούχα αλλά εκτίθενται στο εξωτερικό περιβάλλον με μεταβαλλόμενα ακτινοβολούμενα φορτία και μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμου. Σε αυτά τα σημεία του σώματος, η θερμοκρασία του δέρματος θα είναι σημαντικά διαφορετική από τις τιμές που εκτιμήθηκαν στις παραπάνω εξισώσεις.

Δεύτερον, η εξίσωση του PMV συσχετίζει φυσικές τιμές (ενεργειακή ισορροπία) με μία εκτίμηση άνεσης. Αυτό έχει επιτευχθεί μέσω δοκιμών, χρησιμοποιώντας εθελοντές σε διάφορα κλίματα. Η έκταση του PMV ελέγχθηκε μόνο στις τιμές -4 με +4, οπότε οι εθελοντές ούτε κρύωναν ούτε ζεσταίνονταν υπερβολικά.

Από επιστημονικής απόψεως, η μετατροπή από μία ενεργειακή ισορροπία σε μία ψήφο άνεσης, βασιζόμενοι σε μία εμπειρική μελέτη είναι έγκυρη μόνο εντός της κλίμακας της αυθεντικής μελέτης. Η εφαρμογή της εξίσωσης του PMV σε εξωτερικές συνθήκες το καλοκαίρι με μεγάλες θερμοκρασίες μπορεί εύκολα να εξάγει τιμές μεγαλύτερες του +4 (πάνω από +8). Ενώ αριθμητικά είναι σωστό αυτό το αποτέλεσμα, παραβιάζει την κλίμακα του αυθεντικού συστήματος PMV.

Παρά τα προβλήματα αυτά, ο δείκτης PMV στην "εξωτερική έκδοση" μπορεί να συμπυκνώσει τις επιπτώσεις της θερμοκρασίας του αέρα, της ακτινοβολίας, της υγρασίας και του ανέμου στην ενεργειακή ισορροπία του ανθρώπου σε μία τιμή, μέσω του συνδυασμού του βαθμού επιρροής του κάθε στοιχείου στη θερμική άνεση.

Κάθε τιμή του PMV μικρότερη από το -3 ή μεγαλύτερη από το +3 αντιστοιχεί σε συνθήκες δυσφορίας και ενόχλησης.

(ENVImet)

1.3.3 ΜΕΣΑ - ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΥ 'ΒΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ' ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.

Η βιοκλιματική προσέγγιση στο σχεδιασμό των υπαίθριων χώρων προϋποθέτει αφενός τη διερεύνηση των παραπάνω περιβαλλοντικών παραμέτρων, αφετέρου την ολοένα και πιο αποτελεσματική αξιοποίησή τους. Προς την κατεύθυνση αυτή συμβάλλουν μια σειρά από τεχνικές και μέσα που αποσκοπούν στη βελτίωση του μικροκλίματος των αστικών χώρων. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις σημαντικότερες από αυτές:

1. Ιδιότητες Εξωτερικών Επιφανειών και Δομικών Υλικών: Τα υλικά του αστικού περιβάλλοντος, περιλαμβανομένων και των υλικών των κτιρίων, των συστημάτων σκίασης, της βλάστησης, παίζουν ένα σημαντικό ρόλο τροποποιώντας το μικροκλίμα και τις συνθήκες

θερμικής άνεσης. Οι επιφανειακές τους θερμοκρασίες επηρεάζουν τη θερμική ισορροπία και άνεση μέσω των ανταλλαγών ακτινοβολίας, οι οποίες είναι κυρίαρχες σε ένα περιβάλλον όχι καλά αεριζόμενο, συχνότερη συνθήκη σε αστικούς χώρους στο επίπεδο των πεζών. Ανοιχτά χρώματα και ανακλαστικές επιφάνειες μπορεί να αποτρέψουν την υπερθέρμανση των επιφανειών, αλλά μπορεί να δημιουργήσουν θάμβωση και ανάκλαση της θερμότητας προς τους χρήστες του χώρου και τις επιφάνειες των γύρω κτιρίων. Αντιθέτως, σκουρόχρωμες επιφάνειες μπορεί να υπερθερμανθούν, όταν εκτεθούν στην ηλιακή ακτινοβολία. Η επικάλυψη επιφανειών με βλάστηση όχι μόνο εμποδίζει τις ανακλάσεις, αλλά και συνεισφέρει στο δροσισμό του αέρα μέσω εξατμισοδιαπνοής. (RUROS-2004)

Παραδοσιακά οι αρχιτέκτονες υπαίθριων χώρων επιλέγουν τα υλικά βάσει των διαφορετικών τεχνικών απαιτήσεων για τις τοπικές ανάγκες ή χρήσεις και τη νομοθεσία από πλευράς οπτικής αντίληψης, ασφάλειας, υγιεινής, ανθεκτικότητας στο χρόνο, κόστους, κλπ. Οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις συνήθως δεν λαμβάνονται υπόψη. Έτσι, για τη βελτίωση της θερμικής άνεσης και την προώθηση ανάλογων λύσεων, είναι απαραίτητη η συσχέτιση των βασικών τεχνικών απαιτήσεων με τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις. (RUROS-2004)

2. Υδάτινες Επιφάνειες: Οι υδάτινες επιφάνειες και τα στοιχεία νερού, όπως λεπτά στρώματα τρεχούμενου νερού, καταρράκτες, λίμνες ή σιντριβάνια, βελτιώνουν το μικροκλίμα των υπαίθριων χώρων, κατά τις θερμές κυρίως περιόδους, καθώς συνεισφέρουν στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, διαμέσου του μηχανισμού της εξάτμισης (εξατμιστικός δροσισμός) (Αξαρχή Κ., 2009). Επιπρόσθετα, το νερό διαθέτει υψηλή θερμοχωρητικότητα και χαμηλή ανακλαστικότητα, γεγονός που επιτρέπει την απορρόφηση και αποθήκευση θερμότητας χωρίς να αυξάνεται σημαντικά η επιφανειακή του θερμοκρασία (De la Flor F. and Dominguez S., 2004).

3. Βλάστηση:

Το πράσινο αποτελεί ίσως το σημαντικότερο παράγοντα βελτίωσης των μικροκλιματικών συνθηκών μιας περιοχής, ενώ συμβάλλει στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας ενός περιβάλλοντος και βελτιώνει την αισθητική, το θόρυβο και το φωτισμό των χώρων (Σ.Καρανίκα & Ι.Κοσμόπουλος, 2008).

Οι κυριότερες λειτουργίες της βλάστησης στους υπαίθριους χώρους, συνοψίζονται παρακάτω:

- Επιδρά στην ποιότητα του αέρα: Βοηθά στην ανανέωση του οξυγόνου, στην κυκλοφορία του αέρα στα χαμηλά στρώματα και στη συγκράτηση των αστικών ρύπων (Σ.Καρανίκα & Ι.Κοσμόπουλος, 2008).

- Συμβάλλει στον έλεγχο της ηλιακής ακτινοβολίας, στο σκιασμό και τη μείωση της θερμοκρασίας: Μελέτες έχουν αποδείξει τη συσχέτιση του πρασίνου με τη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα (T.Susca, S.R.Gaffin, & Dell'Oso, 2011). Η μείωση αυτή οφείλεται στη μεγάλη ικανότητα απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας από τα φυτά, καθώς και στο φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής (F.Sanchez & S.Alvarez, 2004). Επιπλέον, το σχήμα και η πυκνότητα του φυλλώματος των δέντρων καθορίζουν και τη δυνατότητα σκίασης που προσφέρουν.

- Χρησιμεύει ως μέσο για τη ρύθμιση της ροής του αέρα, την παρεμπόδιση ή την εκτροπή του, καθώς τα δέντρα μειώνουν την ταχύτητα του ανέμου και δημιουργούν προστατευτικές ζώνες.

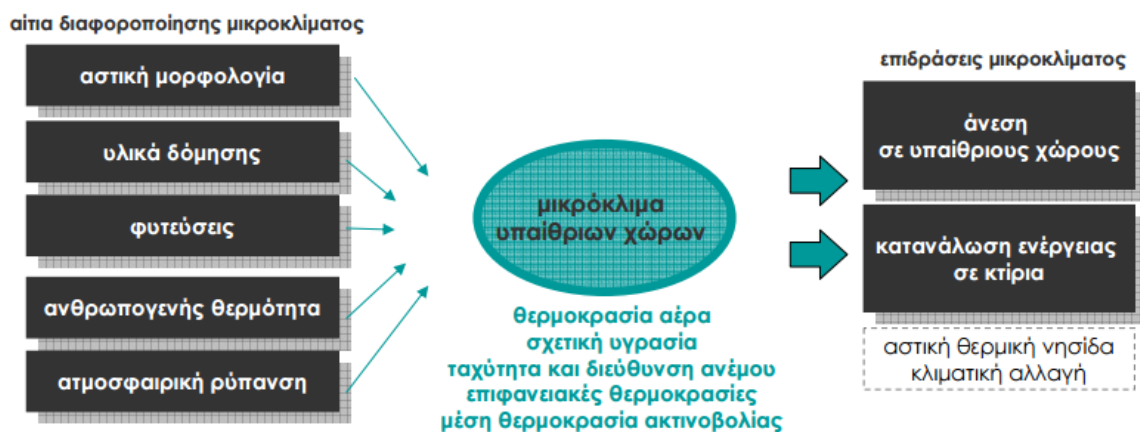
- Επιδρά στην ηχορρόπανση: Η βλάστηση μπορεί να μειώσει σημαντικά το θόρυβο (έως και 50 %) μέσω της ανάκλασης και απορρόφησης των ηχητικών κυμάτων.

- Επιδρά στις συνθήκες φωτισμού: Περιορίζει την ένταση και τη διάχυση του φωτός, ενώ μπλοκάρει το ηλιακό ή τεχνητό φως, μειώνοντας τη θάμβωση που μπορεί να δημιουργείται από τα διάφορα δομικά υλικά. (Σ.Καρανίκα & Ι.Κοσμόπουλος, 2008)

4. ΑΠΕ: Η αξιοποίηση των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) αποτελεί σήμερα απαραίτητη προϋπόθεση για τη βελτίωση των περιβαλλοντικών συνθηκών μιας πόλης. Οι ΑΠΕ συνδυάζουν δύο βασικά χαρακτηριστικά: είναι φιλικές προς το περιβάλλον και ταυτόχρονα είναι ανεξάντλητες. Στη μικροκλίμακα των υπαίθριων χώρων, υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησής τους, όπως με την χρήση φωτοβολταϊκών δαπέδων ή την ενσωμάτωση φωτοβολταϊκών πάνελ σε στέγαστρα, πέργκολες και άλλα στοιχεία αστικού εξοπλισμού.

(Μ.Μακροπούλου & Α.Γοσπονδίνη)

1.4 ΑΣΤΙΚΟ ΚΛΙΜΑ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ



Εικόνα 1.8. Μικροκλίμα υπαίθριων χώρων

[πηγή:<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095513000539>]

Στο εσωτερικό μιας αστικής περιοχής, συχνά εντοπίζονται διαφοροποιήσεις στο κλίμα από τόπο σε τόπο σε απόσταση ακόμη και μερικών χιλιομέτρων, διαμορφώνοντας έτσι ένα μικρής κλίμακας πρότυπο του κλίματος, το λεγόμενο "μικροκλίμα" (Santamouris M. and Asimakopoulos D. στο Gaitani N. et al, 2005). Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν το μικροκλίμα είναι: η τοπογραφία, το ανάγλυφο του εδάφους, οι επιφάνειες εδαφοκάλυψης και η αστική μορφολογία (Oke T. R. στο Gaitani N. et al, 2007).

Όταν αναφερόμαστε στην «αστική μορφολογία» εννοούμε απλώς την τρισδιάστατη μορφή μιας ομάδας κτιρίων και των χώρων που αυτά δημιουργούν. Ο βασικός λόγος αυτού του τρόπου θεώρησης της αστικής μορφής είναι ότι επιτρέπει στους μελετητές να κατανοήσουν τις επιπτώσεις του στρατηγικού σχεδιασμού, χωρίς να «χαθούν» σε ερωτήσεις σχετικά με τις λεπτομέρειες του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού. Η αστική μορφολογία είναι πρωταρχικής σημασίας για το υπαίθριο μικροκλίμα.

Για την περιγραφή της αστικής μορφολογίας χρησιμοποιούμε μια ποικιλία περιγραφών της μορφής που επιτρέπουν τη συσχέτισή της με την περιβαλλοντική απόδοση. Για παράδειγμα, μπορούμε να συζητήσουμε την επίδραση της γεωμετρίας του κτιρίου στο ηλιακό φως, στον άνεμο ή στο θόρυβο μέσα στους ανοιχτούς χώρους. (RUROS-2004).

Γενικά, το μοναδικό μικροκλίμα της κάθε πόλης είναι αποτέλεσμα του πολυσύνθετου δομημένου περιβάλλοντος, της ποσότητας του πρασίνου και της ανθρώπινης

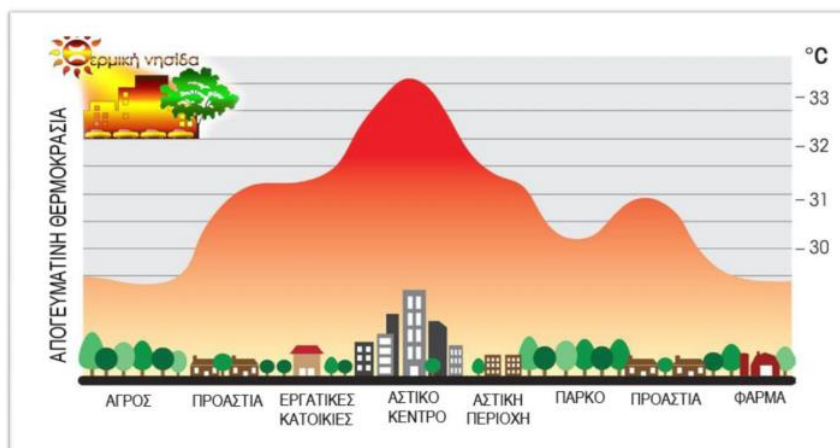
δραστηριότητας. Όλα αυτά, δημιουργούν μια θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στις αστικές και τις περιαστικές περιοχές (Oke στο Smith C. and Levermore G., 2008).

Σήμερα, παρατηρείται κυρίως η διαμόρφωση αρκετά υψηλότερων θερμοκρασιών στα αστικά κέντρα σε σχέση με τις περιαστικές περιοχές και την ύπαιθρο, δημιουργώντας το λεγόμενο φαινόμενο της "αστικής θερμικής νησίδας" (Oke στο Vu et al, 1998).

Ο μετριασμός, του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας αποτελεί ένα στοιχείο κλειδί για την επίτευξη της βιωσιμότητας των πόλεων και μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα από τη βελτίωση του αστικού μικροκλίματος, επεμβαίνοντας δηλαδή τόσο στο κτιριακό απόθεμα των πόλεων όσο και στους υπαίθριους χώρους τους.

(Μ.Μακροπούλου & Α.Γοσπονδίνη)

1.5 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΙΔΑΣ (UHI-Urban Heat Island)



Εικόνα 1.9. Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας [πηγή: <http://www.eesa.gr/dat/C9208DA2/file.pdf>]

Η Αστική Θερμική Νησίδα είναι το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα και των επιφανειών στο εσωτερικό των πόλεων σε σχέση με τις αντίστοιχες θερμοκρασίες στα περίχωρα των πόλεων. Η θερμική νησίδα είναι παρούσα σε κάθε πόλη και είναι η πλέον κλιματική ένδειξη της αστικοποίησης (Mihalakakou G., et al., 2004). Αποτελεί κυρίαρχο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής παγκοσμίως.

Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες του ατμοσφαιρικού αέρα και των επιφανειών του αστικού ιστού. Ο ατμοσφαιρικός αέρας «παγιδεύεται» στον αστικό ιστό στο επίπεδο των κτιρίων φθάνοντας μέχρι και τους 10 °C διαφοράς από τον ατμοσφαιρικό αέρα στα περίχωρα. Ο αέρας πάνω από το επίπεδο της πόλης επηρεάζεται λιγότερο με αποτέλεσμα να έχει χαμηλότερη θερμοκρασία και να παρουσιάζεται το φαινόμενο της θερμοκρασιακής αντιστροφής, όπου το στρώμα θερμότερου αέρα βρίσκεται κάτω από το στρώμα ψυχρότερου αέρα.

Η παρατηρούμενη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ αστικής και μη δομημένης περιοχής παρουσιάζει ημερήσια διακύμανση. Η μέγιστη τιμή της διαφοράς αυτής σημειώνεται λίγες ώρες μετά τη δύση του ηλίου, γεγονός το οποίο αποδίδεται στον βραδύτερο και πιο ομοιόμορφο ρυθμό ψύξης του αστικού χώρου συγκριτικά με την ελεύθερη δόμησης περιοχή. (Hage, 1975). Αυτό συμβαίνει καθώς η θερμότητα που απορροφάται από τα κτίρια, τους δρόμους και τις άλλες κατασκευές μιας αστικής περιοχής στη διάρκεια της ημέρας, επανεκπέμπονται το βράδυ, δημιουργώντας υψηλές θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ της αστικής και της γειτονικής αγροτικής περιοχής (Χέλμης και Παπαϊωάννου, 2001). Στη

συνέχεια, κατά τη διάρκεια της νύχτας, η αστική και η μη δομημένη περιοχή ψύχονται με τον ίδιο ρυθμό και συνεπώς η μεταξύ τους διαφορά παραμένει σταθερή ή μειώνεται ελαφρά. Μετά την ανατολή του ηλίου η αδόμητη περιοχή θερμαίνεται ταχύτερα, συγκριτικά με τη δομημένη, με αποτέλεσμα η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ τους να αμβλύνεται (Hage, 1975).

Παράγοντες που προκαλούν το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας : (ΑΛΕΞΑΝΔΡΗ, 2010)

1. οπτικές και θερμικές ιδιότητες των υλικών (ανακλαστικότητα, ικανότητα εκπομπής, θερμοχωρητικότητα)

- Η **ανακλαστικότητα** μιας επιφάνειας προσδιορίζει την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στην επιφάνεια και ανακλάται από εκείνη. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της ανακλαστικότητας, τόσο χαμηλότερη ενέργεια απορροφάται από το υλικό. Γενικά, οι αστικές επιφάνειες τείνουν να έχουν χαμηλότερες τιμές ανακλαστικότητας, σε σχέση με τις φυτεμένες περιαστικές επιφάνειες, απορροφώντας έτσι μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας. Με αυτό τον τρόπο οι επιφανειακές θερμοκρασίες που εκτίθενται στην ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να έχουν μεγαλύτερες τιμές από τη θερμοκρασία αέρα, ακόμα και κατά 30°-40°C. Η θερμοκρασία του αέρα αυξάνει από τη θερμότητα που ανταλλάσσεται με συναγωγή από αυτές τις επιφάνειες. Η ανακλαστικότητα των αστικών επιφανειών είναι, λοιπόν, ένας πολύ σημαντικός παράγοντας για την αύξηση της ζήτησης ενέργειας για ψύξη στις αστικές περιοχές.
- Η **ικανότητα εκπομπής** καθορίζει την ακτινοβολία μεγάλου μήκους (θερμική ακτινοβολία) που εκπέμπει ένα σώμα σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Όσο πιο μεγάλη είναι η ικανότητα εκπομπής του σώματος, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας εκπέμπει. Είναι, λοιπόν, σημαντική για την ανακατανομή της θερμότητας μέσα στο σύστημα του δομημένου περιβάλλοντος, καθώς και για τις ανταλλαγές θερμότητας από ακτινοβολία με τον ουρανό. Ο ρόλος της ικανότητας εκπομπής στον σχηματισμό της θερμικής νήσου εξαρτάται από την αστική γεωμετρία και τον συντελεστή θέασης των αστικών επιφανειών από τον ουρανό. Ωστόσο, οι Grimmond et al. προσομοίωσαν την επίδραση των οπτικών και θερμικών χαρακτηριστικών των υλικών, που ευθύνονται για το φαινόμενο θερμικής νήσου και διαπίστωσαν ότι ο ρόλος της ικανότητας εκπομπής είναι δευτερεύων. Καθώς η ικανότητα εκπομπής αυξήθηκε από 0.85 σε 1.00 υπήρχε μικρή αύξηση της έντασης θερμικής νήσου, της τάξης των 0.4K, κατά τη διάρκεια της νύχτας, για πολύ στενά αστικά φαράγγια. Για φαράγγια με μεγαλύτερους συντελεστές θέασης, πρακτικά δεν παρατηρήθηκαν αλλαγές.
- Η **θερμοχωρητικότητα** είναι η ικανότητα του σώματος να αποθηκεύει θερμότητα. Οι αστικές κατασκευές έχουν την τάση να έχουν υψηλή θερμοχωρητικότητα. Αντιθέτως, η θερμοχωρητικότητα των φυτών είναι σχεδόν αμελητέα, όπως επίσης και η μάζα τους. Λόγω της μεγάλης θερμοχωρητικότητας των δομικών υλικών, η ενέργεια που λαμβάνεται από τις αστικές επιφάνειες αρχικά αποθηκεύεται και εκλύεται αργότερα, όταν η περιβάλλουσα θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την επιφανειακή, δηλαδή κατά τη διάρκεια της νύχτας, αυξάνοντας έτσι τη νυχτερινή θερμοκρασία αέρα. Το αποτέλεσμα αυτών των υψηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι ότι μειώνεται η επίδραση του φυσικού νυχτερινού δροσισμού των κτιρίων, καθώς αυτός εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία και τη ροή του

περιβάλλοντος αέρα που κυκλοφορεί στο κτίριο κατά τη διάρκεια της νύχτας. (Mumonic, Wilton & Hong, 2009). Με αυτό τον τρόπο επιβραδύνεται ο νυχτερινός δροσισμός των επιφανειών και σε ακραίες καταστάσεις εμποδίζεται εντελώς. Σε πυκνές αστικές γεωμετρίες, με περιορισμένη βλάστηση και σκίαση, αυτό το φαινόμενο είναι αρκετά συχνό τη θερινή περίοδο.

2. **έλλειψη υλικών που διαπνέουν (φυτά και πορώδη υλικά)** Στην περιαστική ζώνη κατά τη διάρκεια της ημέρας η απορροφούμενη ηλιακή ενέργεια στο επίπεδο του εδάφους προκαλεί εξάτμιση του νερού του χώματος και της φύτευσης προκαλώντας μείωση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα. Στην πόλη, η έλλειψη πρασίνου και η πληθώρα των αδιάβροχων επιφανειών προκαλεί μείωση του δροσισμού από εξάτμιση και συμβάλλει στις υψηλές ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες.
3. **η γεωμετρία μιας περιοχής με βλάστηση και η μορφολογία μιας αστικής περιοχής είναι εντελώς διαφορετικές, με άμεσο αποτέλεσμα στην ταχύτητα και ροή του ανέμου, καθώς και στο σκιασμό των επιφανειών.**
4. **ανθρώπινες δραστηριότητες στις πόλεις, οι οποίες ευθύνονται για ανθρωπογενή παραγωγή θερμότητας (μεταφορές, βιομηχανία, θέρμανση νερού και χώρου, ψύξη χώρου κλπ), καθώς και ατμοσφαιρική ρύπανση, η οποία επηρεάζει τη νέφωση στις πόλεις.**

- Η ανθρωπογενής θερμότητα είναι η θερμότητα που παράγεται από ανθρώπινες δραστηριότητες στις αστικές περιοχές. Είναι ένας αρκετά σημαντικός παράγοντας στον σχηματισμό της θερμικής νήσου, όταν τόσο η χρήση ενέργειας ανά κεφαλή, όσο και η πυκνότητα του πληθυσμού είναι μεγάλες. Σε περιοχές μεγάλης πυκνότητας, η ανθρωπογενής θερμότητα μπορεί να είναι ίση ή και μεγαλύτερη από τη χειμερινή ηλιακή ακτινοβολία, ακόμα κι από τη θερινή ηλιακή ακτινοβολία, σε περίπτωση έντονης χρήσης κλιματιστικών.

Συμφωνα με μελέτη των Harrison και McGoldrick για τις ανθρωπογενείς ροές θερμότητας (μεταφορές, βιομηχανία, υπηρεσίες και νοικοκυριά) στη Μεγάλη Βρετανία, παρατηρήθηκαν 300πλάσιες τιμές ανθρωπογενούς παραγωγής θερμότητας στο κέντρο του Λονδίνου συγκριτικά με υπαίθριες περιοχές της Μ.Βρετανίας και επιπλέον παρατηρήθηκε πως στο κέντρο του Λονδίνου (διάμετρος 5 km) η ανθρωπογενής ροή θερμότητας ξεπερνά τη φυσική ροή θερμότητας για κάθε μήνα του χρόνου.

Ο Oke επίσης συνέκρινε τη θερινή ανθρωπογενή θερμότητα, από όλες τις πηγές σε ορισμένες πόλεις, με την καθαρή ακτινοβολία (μικρού και μεγάλου μήκους) από τον ουρανό. Παρατήρησε ότι η ανθρωπογενής θερμότητα μπορεί να είναι της ίδιας τάξης μεγέθους ή και μεγαλύτερη από την καθαρή ακτινοβολία από τον ουρανό. Μετεωρολογικές προσομοιώσεις έδειξαν ότι η ανθρωπογενής θερμότητα σε μεγάλο αστικό κέντρο μπορεί να ευθύνεται για αύξηση της αστικής θερμοκρασίας κατά 2-3°C τόσο τη μέρα, όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Ο συνδυασμός αυτών των παραγόντων καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο η θερμότητα απορροφάται, αποθηκεύεται, εκλύεται και διανέμεται στο αστικό περιβάλλον, με κύριο αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας στις πόλεις.

Το φαινόμενο αυξάνεται με τα χρόνια και γίνεται πιο έντονο όσο μεγαλώνει ο αστικός ιστός. (Gartland L., 2008)

Η ένταση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας ποικίλει μεταξύ 1 και 10 βαθμών Κελσίου και εξαρτάται από : (M.Santamouris, 2001)

- μετεωρολογικούς παράγοντες, όπως η κάλυψη από τα σύννεφα, η υγρασία και η ταχύτητα του αέρα.
- πολλά χαρακτηριστικά της αστικής δόμησης, όπως το μέγεθος των πόλεων, η πυκνότητα των οικοδομημένων περιοχών και ο λόγος των υψων των κτιρίων προς τις αποστάσεις μεταξύ τους (H/W)

Στην Αθήνα, μετά από πολυετείς μετρήσεις διαπιστώθηκε ότι η μέγιστη ένταση των θερμικών νησίδων φθάνει σε τιμές κοντά στους 10°C ενώ ο αντίκτυπος του φαινομένου στην κατανάλωση ενέργειας από τα κτίρια είναι εξαιρετικά σοβαρός.

Παραταύτα το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας έχει κάποια θετικά αποτελέσματα. Σύμφωνα με έρευνα που διεξήχθη στο Λονδίνο, η απαιτούμενη ενέργεια για ψύξη των κτιρίων της πόλης είναι κατά 25% αυξημένη σε σχέση με τα κτίρια στην περιαστική ζώνη, ενώ η απαιτούμενη ενέργεια για θέρμανση είναι 22% μειωμένη. (Watkins R., Palmer J., Kolokotroni M., Littlefair P., 2002) Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, εξαιτίας της υψηλής θερμοχωρητικότητας των υλικών του αστικού ιστού, οι θερμοκρασίες ειδικά κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι πιο ήπιες με αποτέλεσμα την καθυστερημένη εκπομπή της συσσωρευμένης θερμότητας και τη μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση για θέρμανση.

(Α.Ζησοπούλου & Μ.Κάζδαγλης, 2011)

1.6 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΑΣΤΙΚΟΥ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ

Όλες οι τεχνικές βελτίωσης του αστικού μικροκλίματος εντάσσονται σε ένα συνολικό βιοκλιματικό αστικό σχεδιασμό που περιλαμβάνει την κλίμακα του κτιρίου, του οικοδομικού τετραγώνου ή και τη ίδιας της πόλης. Οι τεχνικές αυτές αφορούν:

- Αύξηση του αστικού πρασίνου.
- Χρήση ψυχρών υλικών.
- Μείωση της ανθρωπογενούς θερμότητας.
- Χρήση ψυχρών πηγών για την απόρριψη της πλεονάζουσας θερμότητας.
- Κατάλληλη διάταξη και χρήση των ελεύθερων χώρων με χρήση σκίασης, αερισμού κλπ.

(Χ.Τσαγδής)

1.6.1 Αύξηση του αστικού πρασίνου

1.6.1.1 ΔΕΝΔΡΟΦΥΤΕΥΣΗ ΣΤΟΥΣ ΥΠΑΙΘΡΙΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ

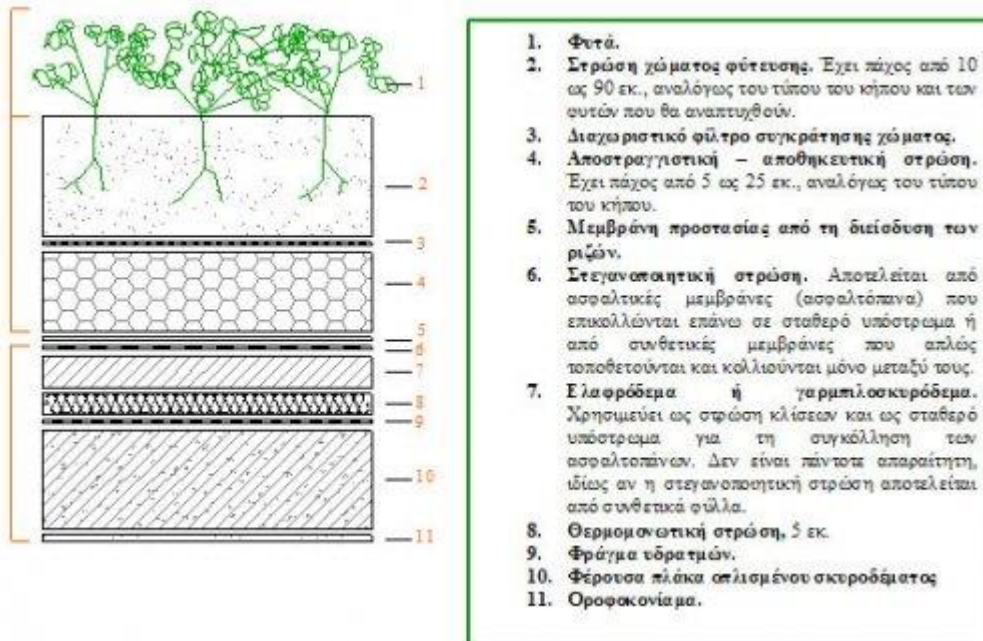
Οι δύο βασικές επιδράσεις της βλάστησης είναι η σκίαση της ακτινοβολίας χαμηλού μήκους κύματος (η πλειοψηφία των φυλλοβόλων δέντρων έχουν πολύ χαμηλή διαπερατότητα στην ολική ηλιακή ακτινοβολία το καλοκαίρι, 2-5%) και η διατήρηση της επιφανειακής θερμοκρασίας των φυλλωμάτων κοντά την θερμοκρασία του αέρα, που σημαίνει 20-35 °C χαμηλότερα από τις επιφανειακές θερμοκρασίες των υλικών που χρησιμοποιούνται συνήθως, όπως ασφαλτος, πλάκες σκυροδέματος, κ.ά. Ως αποτέλεσμα, η θερμοκρασία σφαίρας (globe temperature) κάτω από ένα μεγάλο δέντρο είναι συνήθως 15-20 °C χαμηλότερη από τη θερμοκρασία της ίδιας περιοχής ασκίασης. Η επίδραση της βλάστησης στο μικροκλίμα εξαρτάται και από την

ανάπτυξη των φυτών. Ώριμα δέντρα έχουν θερμοκρασία φυλλωμάτων λίγο χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα, ενώ νεαρά δέντρα και πέργκολες έχουν θερμοκρασία φυλλωμάτων λίγο υψηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα. (RUROS-2004)

1.6.1.2 ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

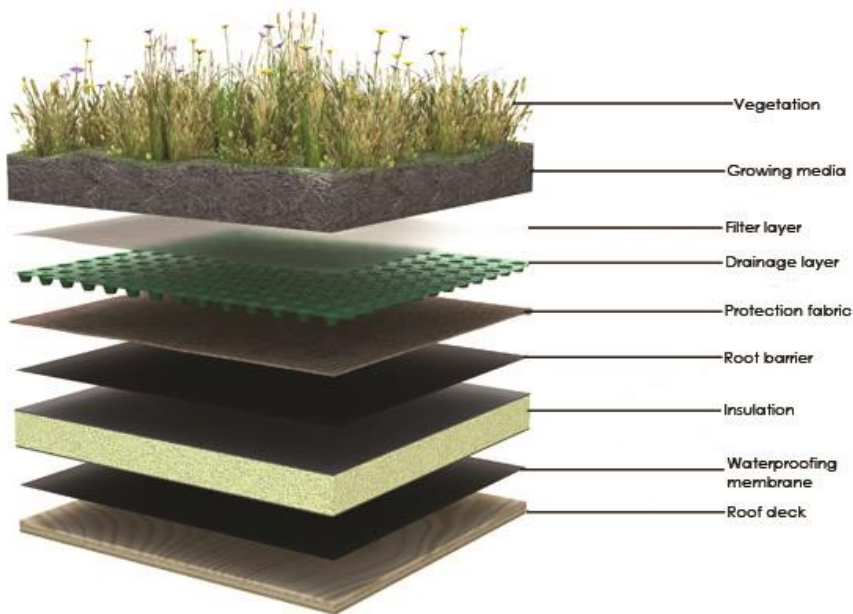
Ως φυτοκαλυμμένο δώμα ή κήπος σε δώμα, μπορεί να χαρακτηριστεί κάθε κήπος, μεταξύ του οποίου και του εδάφους υπάρχει ένα κτίριο ή μια δομική κατασκευή. Στον ορισμό αυτό περιλαμβάνονται κήποι σε οποιαδήποτε στάθμη από το φυσικό έδαφος. Το φυτεμένο δώμα αναπτύσσεται σε ελεγχόμενες συνθήκες και συμπεριφέρεται σαν οποιαδήποτε άλλη βλάστηση στο έδαφος. Τα φυτεμένα δώματα είναι επίσης γνωστά ως πράσινες στέγες, οικολογικές στέγες, πράσινες οροφές, ταρατσόκηποι, οροφώκηποι, green roofs κ.α.

Ένα φυτεμένο δώμα αποτελείται από τρία επιμέρους τμήματα. Το δομικό τμήμα, το οποίο αποτελεί το υπόβαθρο της κατασκευής, το κηπευτικό τμήμα το οποίο είναι ουσιαστικά ο κήπος της στέγης και το φυτικό τμήμα το οποίο περιλαμβάνει τα φυτά. Τα τρία αυτά τμήματα μπορεί να είναι ανεξάρτητα και να αποτελούνται από τελείως διαφορετικά υλικά και σύσταση, στην ουσία όμως εξαρτώνται άμεσα το ένα από το άλλο.



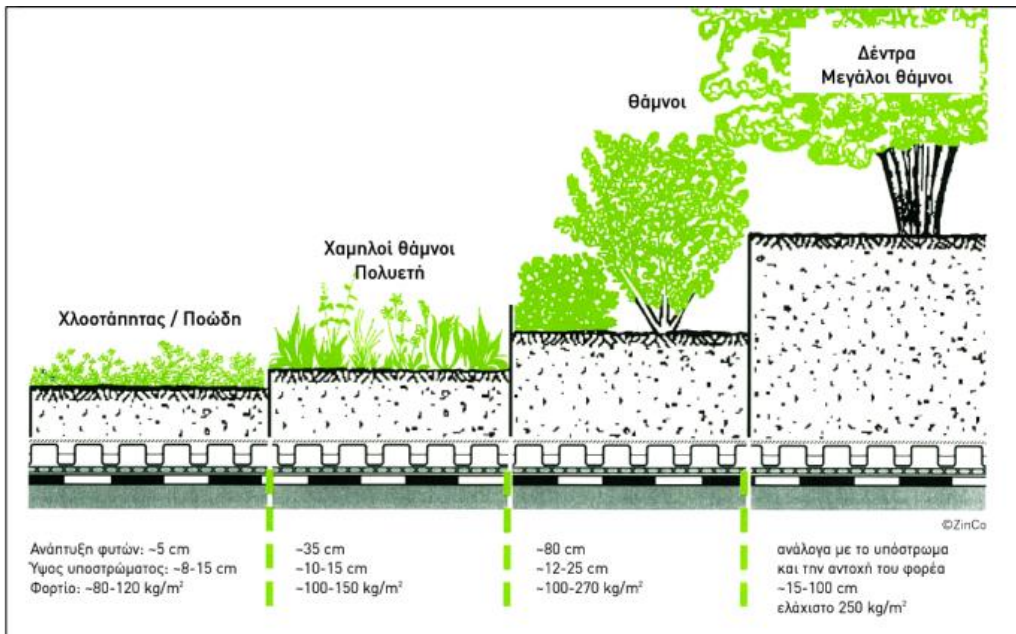
Εικόνα 1.10. Επιμέρους τμήματα φυτεμένου δώματος [Πηγή: Περιοδικό Κτίριο, Ιούνιος 2006]

(Μ.Μιχαλάκη, 2009)



Εικόνα 1.11. στρώσεις φυτεμένου δώματος [πηγή: www.egreen.gr]

Διακρίνονται 3 τύποι φυτεμένου δώματος



Εικόνα 1.12. Τύποι φυτεμένου δώματος [Πηγή: www.egreen.gr]

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΤΡΙΩΝ ΤΥΠΩΝ ΦΥΤΕΜΕΝΩΝ ΔΩΜΑΤΩΝ :

	Εκτατικός τύπος (σε οποιαδήποτε οροφή με κλίση έως και 45°)	Ημιεντατικός τύπος	Εντατικός τύπος (απαραίτητη επόνηση στατικής μελέτης)
συντήρηση	Χαμηλή	περιοδική	Υψηλή
οικογένειες φυτών	Εδαφική κάλυψη, γρασίδι	Εδαφική κάλυψη, γρασίδι, θάμνοι	Γκαζόν ή θάμνοι και δέντρα
Είδη φυτών	Εδαφική κάλυψη, γρασίδι, γκαζόν, αγριολούλουδα	αναρριχόμενα, κάκτοι, θάμνοι	Φοίνικες, διακοσμητικά δέντρα
ποικιλομορφία	Μικρή	μεγαλύτερη	Μεγάλη
Ύψος υποστρώματος	80-150 mm	100-250 mm	250-1000mm, βαθύ έδαφος
Μέσο βάρος	80-120 kg/m ²	100-270 kg/m ²	>270 kg/m ²
κόστος	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλό
χρήση	Στρώμα για οικολογική προστασία	Σχεδιασμένη πράσινη στέγη	Πάρκο, όπως κήπος, σχεδιασμένος κυρίως με αισθητικά κριτήρια
Απαραίτητη προσβασιμότητα	Οχι	περιοδικά	Ναι
άρδευση	Λίγη ή καθόλου	Λίγη	Σύστημα άρδευσης, λίπανση

Πίνακας 1.1 χαρακτηριστικά των 3 τύπων φυτεμένων δωμάτων

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του κάθε τύπου:

	Εκτατικός τύπος	Ημιεντατικός τύπος	Εντατικός τύπος
πλεονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Ελαφριά κατασκευή, συνήθως δεν απαιτείται ενίσχυση της στέγης • Κατάλληλος για μεγάλες περιοχές • Κατάλληλος για οροφές με κλίση απο 0° έως 45°. Σε κλίσεις άνω των 20° είναι απαραίτητη η πρόσθετη χρήση κυφελών ή στοιχείων συγκράτησης του υποστρώματος • Δε χρειάζεται συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής • Συχνά δεν έχει ανάγκη άρδευσης και ειδικών συστημάτων αποστράγγισης • Δε χρειάζεται τεχνική ειδίκευση • Κατάλληλος για έργα αναβάθμισης • Αυθόρμητη ανάπτυξη του γρασιδιού • Σχετικά φθηνός • Έχει πιο φυσική εμφάνιση • Είναι ευκολότερο να απαιτείται ως συνθήκη για έγκριση σχεδίων 	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγαλύτερη ποικιλία φυτών και οικοτόπων • Καλές μονωτικές ιδιότητες • Μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση και κατακράτηση του νερού της βροχής • Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μεμβράνης 	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγαλύτερη ποικιλία φυτών και οικοτόπων • Καλές μονωτικές ιδιότητες • Δυνατότητα προσομοίωσης κήπου με πανίδα • Μπορεί να γίνει πολύ ελκυστικός οπτικά • Προσβάσιμος, με ποικίλες χρήσεις (αναψυχή, καλλιέργεια σπόρων, ανοιχτός χώρος • Μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση και κατακράτηση του νερού της βροχής • Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μεμβράνης
μειονεκτήματα	<ul style="list-style-type: none"> • Χαμηλότερη ενεργειακή απόδοση και κατακράτηση του νερού της βροχής • Περιορισμένη επιλογή φυτών • Δεν υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης, συνήθως, για αναψυχή ή άλλες χρήσεις • Μη ελκυστικός για κάποιους, ειδικά το χειμώνα 	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγαλύτερα φορτία στη στέγη • Μεγαλύτερα κόστη συντήρησης 	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγαλύτερα φορτία στη στέγη • Ανάγκη για άρδευση, λίπανση και στεγανωτικά συστήματα, που απαιτούν ενέργεια, νερό, υλικά • Μεγαλύτερο κόστος κατασκευής και συντήρησης • Πολύπλοκα συστήματα, ανάγκη εξειδίκευσης

Πίνακας 1.2. πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των 3 τύπων φυτεμένων δωμάτων

Πλεονεκτήματα χρήσης φυτεμένων δωματίων



Για τον ιδιοκτήτη του κτιρίου:

- Επέκταση του χρόνου ζωής της στέγης μέχρι και κατά 60 χρόνια
- Θερμομόνωση (Μείωση κόστους για κλιματισμό και θέρμανση)
- Εργαλείο διαχείρισης του νερού της βροχής
- Αύξηση της αξίας της ιδιοκτησίας
- Πιθανές απολαβές από το δήμο

Για το περιβάλλον:

- Μείωση της σπατάλης του νερού της βροχής : Ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα της αστικοποίησης αποτελεί η διαχείριση των όμβριων υδάτων. Οι σκληρές επιφάνειες των πόλεων δεν έχουν την ικανότητα συγκράτησης του νερού των βροχοπτώσεων, με αποτέλεσμα το 5% του νερού να εισέρχεται σε ρηχούς και βαθείς υδροφόρους ορίζοντες, το 15% να εξατμίζεται μέσω της βλάστησης και το υπόλοιπο 75% να αποτελεί το νερό της απορροής (Scholz-Barth, 2001). Έτσι, η ύπαρξη επαρκούς διαπερατού εδάφους στο δομημένο περιβάλλον είναι ύψιστης σημασίας, ώστε να εμποδιστούν φαινόμενα πλημμυρών λόγω ραγδαίων καταιγίδων. Τα φυτεμένα δώματα μπορούν να συμβάλουν δραστικά στη διαχείριση των όμβριων υδάτων. Το ποσοστό κατακράτησης του νερού της βροχόπτωσης διαφέρει ανάλογα με την κατασκευή. Βαριά μέταλλα και στοιχεία που μεταφέρονται με τη βροχή απορροφώνται από τα δώματα, φιλτράρονται και μειώνεται έτσι η κατεύθυνση τους στον υδροφόρο ορίζοντα. Το νερό που συγκρατούν τελικά εξατμίζεται ή απορροφάται από τη βλάστηση, χωρίς να επιφορτίζει τα συστήματα επεξεργασίας των αστικών λυμάτων. Έτσι, εξασφαλίζεται η μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης και του κόστους διαχείρισης λυμάτων.
- Μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας : Το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας αναφέρεται στη διαφορά των θερμοκρασιών μεταξύ των αστικών κέντρων και των γύρω περιοχών και οφείλεται, εκτός των άλλων, στην ύπαρξη σκληρών επιφανειών στις πόλεις και την ανυπαρξία βλάστησης. Οι πράσινες στέγες, συνεισφέρουν στη μείωση του φαινομένου της θερμικής νησίδας, που κάνει αόρητη την κυκλοφορία στην πόλη τους καλοκαιρινούς μήνες. Οι θερμοκρασίες που παρατηρούνται σε οροφές κτιρίων που καλύπτονται με σκληρά υλικά, είναι δραματικά μεγαλύτερες από αυτές που καλύπτονται με φυτεμένο δώμα. Εμπειρισιακή μελέτη του Εθνικού Συμβουλίου Ερευνών του Καναδά (NRC) απέδειξε ότι σε μια καλοκαιρινή μέρα στην Ottawa με ατμοσφαιρική θερμοκρασία 35 °C, η θερμοκρασία στην επιφάνεια

της στέγης ενός συμβατικού κτιρίου φτάνει στους 65 °C, ενώ σε ένα κτίριο με πράσινη στέγη δεν ανεβαίνει περισσότερο από 25-30 °C. Η ίδια έρευνα διαπίστωσε ότι το εύρος της διακύμανσης της θερμοκρασίας στη στέγη ενός συμβατικού κτιρίου φτάνει στους 45 °C, ενώ σε ένα κτίριο με φυτεμένη στέγη μόλις τους 6 °C. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η ανάγκη για ψυκτικά φορτία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και κατ'επέκταση μειώνεται το φαινόμενο της θερμικής νησίδας. Τα φυτά με την ανακλαστική τους ικανότητα και με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, της εξάτμισης και της διαπνοής, μπορούν να απορροφήσουν μεγάλες ποσότητες ηλιακής ακτινοβολίας εξατμίζοντας υγρασία από τα φύλλα, δημιουργώντας έτσι ευνοϊκότερες συνθήκες. Ένα κλιματολογικό μοντέλο στο Toronto του Καναδά προβλέπει ότι αν εφαρμοστούν πράσινα δώματα στο 10% των στεγών της πόλης η ατμοσφαιρική θερμοκρασία θα μειωθεί ως και 2.8 °C (L.Gartland, 2008).

- Βελτίωση της ποιότητας του αέρα : Οι πράσινες στέγες όπως απέδειξε δημοσιευθείσα έρευνα του Κρατικού Πανεπιστημίου του Michigan, σε ενδεχόμενη ευρεία χρήση τους, θα μπορούσαν να συμβάλουν στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Αποδείχθηκε ότι η φύτευση των στεγών μιας αστικής περιοχής με πληθυσμό ενός εκατομμυρίου ισοδυναμεί με τον περιορισμό του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται από 10.000 μεσαία αυτοκίνητα τύπου SUV. Επιπλέον, η ίδια έρευνα, εξετάζοντας 13 φυτεμένα δώματα, διαπίστωσε ότι οι πράσινες στέγες μπορούν να κατακρατήσουν περισσότερους από 55.000 τόνους άνθρακα, καθώς τα φυτά λειτουργούν σαν φίλτρο ενάντια στη μόλυνση, αξιοποιώντας τα αιωρούμενα σωματίδια για την ανάπτυξη τους (Θ.Φέτση, 2012). Παράλληλα έρευνα που έγινε στην Washington έδειξε ότι 58 μετρικοί τόνοι ατμοσφαιρικών ρύπων θα μπορούσαν να απορροφηθούν αν όλες οι στέγες της πόλης μετατρέπονταν σε πράσινες. Στο Chicago και το Detroit αντίστοιχη έρευνα έδειξε ότι καλύπτοντας το 20% των δωματίων με πράσινες στέγες η μείωση του NO₂ ήταν 806 έως 2769 μετρικούς τόνους ανάλογα με το είδος του φυτού. (J.Yang, Q.Yu, & P.Gong, 2008)
- Μείωση ηχορρύπανσης : ο συνδυασμός του χώματος, των φυτών και των παγιδευμένων στρωμάτων του αέρα λειτουργούν ως φίλτρο απομόνωσης του ήχου. Ο ήχος μειώνεται καθώς τα ηχητικά κύματα απορροφώνται από τα φυτά ή εκτρέπονται όταν έρχονται σε επαφή με αυτά προς διαφορετική κατεύθυνση. Έρευνα έδειξε ότι υπόστρωμα πάχους 12 cm μπορεί να μειώσει τον ήχο κατά 40 dB, ενώ πάχος 20 cm κατά 46 dB.
- Μείωση των ενεργειακών απαιτήσεων
- Βελτίωση της αισθητικής
- Παροχή πράσινων χώρων
- Θερμική άνεση των πεζών
- Αποτροπή της υπερχείλιση των αγωγών διάθεσης υγρών αποβλήτων
- Παρέχουν οικότοπο για την πανίδα : Διαφορετικοί τύποι φυτεμένων δωματίων μπορούν να αποτελέσουν καταφύγιο για διαφορετικά είδη ανάλογα με το είδος της βλάστησης. Ιδιαίτερα τα εκτατικού τύπου φυτεμένα δώματα, που δεν είναι προσβάσιμα από το κοινό, μπορούν να προσφέρουν ήσυχη κατοικία για πουλιά, μικροοργανισμούς και έντομα. (Θ.Φέτση, 2012)

1.6.1.3 ΠΡΑΣΙΝΕΣ ΠΡΟΣΟΨΕΙΣ

Ο πράσινος τοίχος είναι ένα κατακόρυφο τμήμα ενός κτιρίου καλυμμένο με φυτά που βελτιώνει την ποιότητα του περιβάλλοντος αέρα, ενώ ταυτόχρονα παρέχει αισθητικά όμορφο αποτέλεσμα.

Διαχωρίζονται σε 2 βασικές κατηγορίες:

- 1) Πράσινες προσόψεις (green facades)
- 2) Ζωντανοί τοίχοι (living walls)

1) Πράσινες προσόψεις (green facades)

Οι πράσινες προσόψεις είναι ο τύπος εκείνος φυτοκάλυψης των προσόψεων των κτιρίων με τη χρήση αναρριχώμενων φυτών η κρεμοκλαδών εδαφοκαλυπτικών φυτών τα οποία εγκαθίστανται με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτουν μία επιφάνεια με ειδικά σχεδιασμένες υποστηρικτικές δομές. Έχοντας τις ρίζες τους στη βάση αυτών των δομών, ή στο έδαφος, ή ενδιάμεσα στους τοίχους σε ειδικές γλάστρες ή ακόμα και στη στέγη, τα φυτά αυτά χρειάζονται κατά κανόνα 3-5 χρόνια για να επιτευχθεί πλήρης κάλυψη της πρόσοψης. Οι πράσινες προσόψεις μπορούν να αγκυρωθούν σε υπάρχοντες τοίχους ή να κατασκευαστούν ως αυτόνομες δομές.

Η εγκατάσταση βλάστησης στις προσόψεις των κτιρίων ήταν μια κοινή πρακτική για πολλούς αιώνες για διατροφικούς, περιβαλλοντικούς και αισθητικούς λόγους (κρεμαστοί κήποι Βαβυλώνας).



Εικόνα 1.13. Οι κρεμαστοί κήποι της Βαβυλώνας [πηγή:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CF%81%CE%B5%CE%BC%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%AF_%CE%BA%CE%AE%CF%80%CE%BF%CE%B9_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%92%CE%B1%CE%B2%CF%85%CE%BB%CF%8E%CE%BD%CE%B1%CF%82#/media/File:Hanging_Gardens_of_Babylon.jpg]

Τα είδη αναρριχώμενων φυτών τα οποία παραδοσιακά χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες για την φυτοκάλυψη επιφανειών είναι: ο Κισσός (*Hedera helix*), ο Παρθενόκισσος, (*Parthenocissus tricuspidata*), το Αμπέλι (*Vitis vinifera*) και η Γλιτσίνια (*Wisteria sinensis*).



Εικόνες 1.14. αναρριχώμενα φυτά που χρησιμοποιούνται για φυτοκάλυψη επιφανειών [πηγή: (N.Ντούλας, 2015)]

Η εγκατάσταση των φυτών μπορεί να γίνει:

- στη βάση της επιφάνειας που θέλουμε να καλύψουμε σε φυσικό έδαφος ή φυτοδοχεία
- σε φυτοδοχεία το οποία είναι τοποθετημένα σε διαφορετικά επίπεδα επί της επιφάνειας που θέλουμε να καλύψουμε
- στο άνω τμήμα της επιφάνειας για την περίπτωση κρεμοκλαδών φυτών

Τα αναρριχώμενα φυτά χρησιμοποιούνται κατά κόρον στη δημιουργία πράσινων τοίχων. Η δομή των ριζών τους, τους επιτρέπει να προσκολλώνται απ'ευθείας στους τοίχους, καλύπτοντας ολόκληρες επιφάνειες π.χ. *Parthenocissus tricuspidata*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Bignonia capensis*, *Hedera helix*.

Απαιτείται προσοχή όμως, καθώς είναι "επιθετικά" φυτά και μπορούν να προκαλέσουν ζημιές σε ακατάλληλους τοίχους ή να δημιουργήσουν δυσκολίες αν το κτίριο χρειαστεί συντήρηση και συνεπώς την απομάκρυνσή τους.



Εικόνα 1.15. τρόπος προσκόλλησης των φυτών στους τοίχους [πηγή: (N.Ντούλας, 2015)]

Τεχνολογικές καινοτομίες στην Ευρώπη και τη Νότιο Αμερική, οδήγησαν στην ανάπτυξη νέων ειδών πέργκολας, δύσκαμπτων πάνελ και καλωδιακών συστημάτων , για την υποστήριξη των αναρριχώμενων, κρατώντας τα μακριά από τοίχους και άλλες κτιριακές επιφάνειες. (N.Ντούλας, 2015)

Τα δύο συστήματα πράσινων προσόψεων που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη διατήρηση των αναρριχώμενων σε απόσταση από τους τοίχους είναι :

«Modular trellis panel system» (Κάθετος κήπος με συρμάτινο πλέγμα)

Το δομικό στοιχείο αυτού του συστήματος είναι ένα άκαμπτο, ελαφρύ, τρισδιάστατο πλαίσιο κατασκευασμένο από γαλβανισμένο και συγκολλημένο χαλύβδινο σύρμα που υποστηρίζει φυτά τόσο στην επιφάνεια, όσο και στο εσωτερικό του πλαισίου. Το σύστημα αυτό έχει σχεδιαστεί για να κρατήσει μια πράσινη πρόσοψη μακριά από την επιφάνεια του τοίχου ενός κτιρίου. Τα πάνελ είναι ανακυκλώσιμα και μπορούν να ενωθούν μεταξύ τους, ώστε να καλύπτουν μεγάλες περιοχές ή να δημιουργήσουν σχήματα και καμπύλες. Επειδή είναι άκαμπτα, μπορούν να εκτείνονται μεταξύ κατασκευών και να χρησιμοποιηθούν για αυτόνομους πράσινους τοίχους.



Εικόνες 1.16. Κάθετος κήπος με συρμάτινο πλέγμα

«Cable wire – rope net system» (Κάθετος κήπος με σύστημα δίχτυ)

Σε αυτό το σύστημα χρησιμοποιούνται καλώδια και/ ή δίκτυο συρμάτων. Τα καλώδια χρησιμοποιούνται σε πράσινες προσόψεις που έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν ταχέως αναπτυσσόμενα αναρριχώμενα φυτά με πυκνό φύλλωμα. Το δίκτυο συρμάτων χρησιμοποιείται σε βραδέως αναπτυσσόμενα φυτά που χρειάζονται πρόσθετη στήριξη σε μικρότερα διαστήματα. Επίσης, είναι πιο ευέλικτα με μεγαλύτερες δυνατότητες σχεδιασμού από τα καλώδια. Τα δύο αυτά συστήματα χρησιμοποιούν υψηλής αντοχής χάλυβα, αγκυρώσεις και συμπληρωματικό εξοπλισμό. Με τη χρήση ευέλικτων οριζόντιων και κάθετων συρματόσχοινων μπορούν να κατασκευαστούν διάφορα μεγέθη και σχέδια.



Stainless Steel Wire (Source: <http://www.s3l.co.uk>)



Cable and wire-Rope Net System, (source: <http://www.intechopen.com>)



Εικόνες 1.17. Κάθετος κήπος με σύστημα δίχτυ [πηγή: (E.Mendelsohn, 2011)]

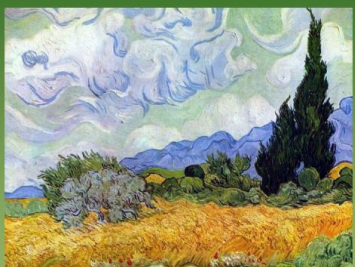
(E.Mendelsohn, 2011)

2) Ζωντανοί τοίχοι (living walls)

Τα συστήματα των «ζωντανών τοίχων» αποτελούνται από πάνελ με βλάστηση, κάθετες ενότητες ή φυτεμένες επιφάνειες που εφαρμόζονται κάθετα σε διαρθρωτικό τοίχο ή πλαίσιο. Τα πάνελ αυτά μπορεί να είναι κατασκευασμένα από πλαστικό, διογκωμένη πολυστερίνη, συνθετικό ύφασμα, πηλό, μέταλλο ή σκυρόδεμα και να υποστηρίζουν μια μεγάλη ποσότητα και ποικιλία φυτικών ειδών (π.χ. ένα πλούσιο μείγμα από εδαφοκαλυπτικά φυτά, φτέρες, χαμηλούς θάμνους, πολυετή λουλούδια και βρώσιμα φυτά). Λόγω της ποικιλομορφίας και της πυκνότητας των φυτών που ζουν στους τοίχους, οι τοίχοι διαβίωσης έχουν συνήθως ανάγκη πιο εντατικής συντήρησης συγκριτικά με τις πράσινες προσόψεις, παρέχουν όμως τη δυνατότητα δημιουργίας περίτεχνων σχεδίων με εντυπωσιακά αποτελέσματα.



NATIONAL GALLERY OF LONDON, Trafalgar Sq (2011)



Wheat Field with Cypresses (Vincent Van Gogh, 1889)

περίπου 22 m²

26 διαφορετικά είδη, πάνω από 8000 φυτά

Διαχωρίζονται σε κάθετους κήπους:

- Εξωτερικών επιφανειών
- Εσωτερικών επιφανειών



Εικ. 3.16 Παράδειγμα εξωτερικού κατακόρυφου κήπου στην Αγγλία
[Πηγή: <http://www.buzzfeed.com>]

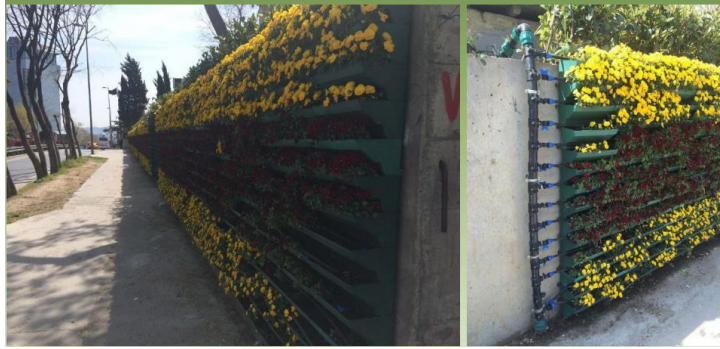


Εικ.3.17 Παράδειγμα εσωτερικού κήπου στο Σύνδεο της Αυστραλίας
[Πηγή: www.gsky.com]

Εικόνες 1.18. ζωντανοί τοίχοι [πηγή: [http://www.candianews.gr/2015/02/15/afti-ine-pio-omorfi-kathi-kipi-ston-kosmo/](http://www.candianews.gr/2015/02/15/afti-ine-pio-omorfi-katheti-kipi-ston-kosmo/)]

Βάσει του τρόπου καλλιέργειας των φυτών στον κάθετο κήπο μπορούν να διακριθούν σε:

- Συστήματα κάθετων κήπων με υπόστρωμα ανάπτυξης (modular living wall), («Ζωντανός τοίχος με ενότητες»)



Εικόνα 1.19. ζωντανός τοίχος με ενότητες [πηγή: (Ν.Ντούλας, 2015)]

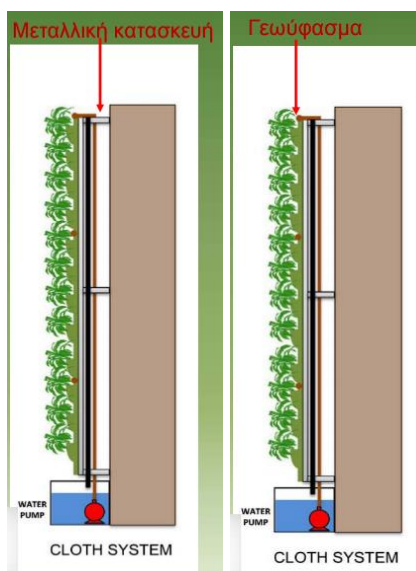
ο κάθετος κήπος αποτελείται από ορθογώνια κουτιά τα οποία εμπεριέχουν υπόστρωμα ανάπτυξης και φυτά. Ο τύπος του υποστρώματος ανάπτυξης προσαρμόζεται στο είδος του φυτού και στις ανάγκες του. Οι περισσότερες από τις διατροφικές απαιτήσεις των φυτών καλύπτονται από τα καλλιεργητικά μέσα που διαθέτουν οι ενότητες. Η άρδευση παρέχεται σε διάφορα επίπεδα κατά μήκος του τοίχου και το νερό κινείται με τη βοήθεια της βαρύτητας μέσα στο καλλιεργητικό μέσο. Σε αυτούς τους τύπους κάθετων κήπων, συνήθως, οι ενότητες είναι προφυτεμένες (ανάπτυξη σε φυτωριακές μονάδες) προσφέροντας ένα πράσινο αποτέλεσμα κατά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης (ταχύτερη εγκατάσταση του κάθετου κήπου)

- Υδροπονικά συστήματα καθέτων κήπων (συστήματα όπου δεν χρησιμοποιείται καθόλου χώμα αλλά μόνο νερό εμπλουτισμένο με τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά).

πετροβάμβακας



Εικόνα 1.20. Κάθετοι κήποι από ύφασμα (τσόχα) (Vegetated mat wall) [πηγή: (Ν.Ντούλας, 2015)]



Εικόνες 1.21. Κάθετοι κήποι από ύφασμα (τσόχα) (Vegetated mat wall) [πηγή: (N.Ντούλας, 2015)]

Αναπτύχθηκαν από το Γάλλο Βοτανολόγο Patrick Blanc και αποτελούν ένα υδροπονικό σύστημα το οποίο επιτρέπει την επιφυτική ανάπτυξη βλάστησης.

Το σύστημα αποτελείται από:

- μια μεταλλική κατασκευή η οποία στερεώνεται πάνω στον τοίχο του κτιρίου και πάνω στην οποία αναπτύσσεται ο κάθετος κήπος
- μεμβράνη προστασίας από την υγρασία
- δύο στρώσεις γεωύφασμα

Τα φυτά εγκαθίστανται σε τσέπες στο γεωύφασμα (rockets) κατανεμημένες σε όλη την επιφάνεια



Εικόνες 1.22. τρόπος εγκατάστασης των καθέτων κήπων από γεωύφασμα [πηγή: (N.Ντούλας, 2015)]

Ο κάθετος κήπος αρδεύεται από την κορυφή του με κάποιο θρεπτικό διάλυμα μέσω σταλακτών.

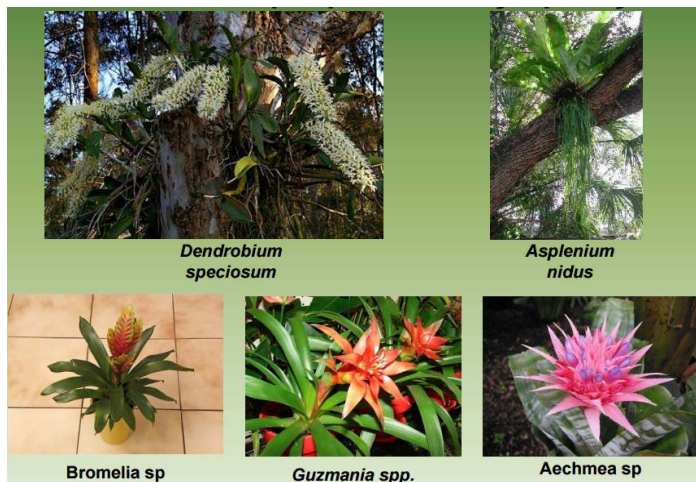
Σημαντικό μειονέκτημα: Σε περίπτωση βλάβης του αρδευτικού συστήματος ο κήπος μπορεί να ξεραθεί σε λίγες ώρες.

Φυτά κατάλληλα για κάθετους κήπους:

Οι κάθετοι κήποι (living walls) είναι μια σχετικά καινούργια τεχνολογία εγκατάστασης φυτών σε προσόψεις κτιρίων και συνεπώς δεν υπάρχουν ολοκληρωμένες βάσεις δεδομένων με φυτά

κατάλληλα για αυτούς. Η επιλογή των φυτών γίνεται βάσει των ιδιαίτερων μικροκλιματικών συνθηκών του σημείου τοποθέτησής τους και της διαθεσιμότητας των τοπικών φυτωρίων. Ενδεικτικά αναφέρονται:





Εικόνες 1.23. φυτά κατάλληλα για κάθετους κήπους [πηγή: (Ν.Ντούλας, 2015)]

(Ν.Ντούλας, 2015)

Άλλοι τύποι “ζωντανών” τοίχων είναι:

«Τοίχος βιοφίλτρο» (Biowall)

Ο φυτικός τοίχος «βιοφίλτρο» είναι ένας «ενεργός τοίχος» που στην ουσία αποτελεί μέρος της υποδομής ενός κτιρίου και έχει σχεδιαστεί για να φιλτράρει τον αέρα στους εσωτερικούς χώρους και να ρυθμίζει τη θερμότητα. Διαθέτει ένα υδροπονικό σύστημα, που τροφοδοτείται με νερό, πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, το οποίο επαναχρησιμοποιείται με τη βοήθεια ενός συλλέκτη που βρίσκεται στο πάνω μέρος του τοίχου και μίας υδρορροής στην οποία συγκεντρώνεται το νερό και βρίσκεται στο κάτω μέρος του συστήματος του φυτικού τοίχου. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται μεταξύ των δύο στρώσεων συνθετικού υφάσματος. Οι στρώσεις αυτές υποστηρίζουν την πυκνή μάζα των ριζών και ευνοούν την ανάπτυξη κάποιων μικροβίων ρίζας, τα οποία έχουν την ιδιότητα να αφαιρούν τις αερομεταφερόμενες πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), ενώ το φύλλωμα των φυτών απορροφά το μονοξειδίο και διοξείδιο του άνθρακα. Οι φυσικές διεργασίες που συντελούνται στα φυτά παράγουν φρέσκο, δροσερό αέρα, ο οποίος μεταφέρεται δια μέσω ενός συστήματος αερισμού που τοποθετείται εντός του τοίχου και μέσω ενός ανεμιστήρα διανέμεται εντός όλου του κτιρίου. Παραλλαγή αυτού του συστήματος μπορεί να εφαρμοστεί και στις πράσινες προσόψεις.



Εικόνα 1.24. Μηχανισμός φυτικού τοίχου «Βιοφίλτρο»
[Πηγή:<http://www.flickr.com/photos/31652869@N00/278502906>]

«Φυτικοί τοίχοι τοπίου» (Landscape walls)

Αυτοί οι τοίχοι είναι μία εξέλιξη των αναχωμάτων και ένα στρατηγικό εργαλείο για τη «ζωντανή αρχιτεκτονική». Οι φυτικοί τοίχοι τοπίου έχουν συνήθως κλίση σε αντίθεση με τους κατακόρυφους φυτικούς τοίχους. Πρωταρχική τους λειτουργία αποτελεί η μείωση του θορύβου και η σταθεροποίηση της κλίσης του εδάφους. Συνήθως είναι δομημένοι από στοιβαγμένα υλικά, αποτελούμενα από πλαστικό ή σκυρόδεμα και διαθέτουν χώρο για το καλλιεργητικό μέσο και το φυτικό υλικό.



Εικόνα 1.25. Παράδειγμα «Φυτικοί τοίχοι τοπίου».

[Πηγή: http://www.greenscreen.com/Resources/download_it/IntroductionGreenWalls.pdf]

(Γ.Μουντρίχας)

Ο πιο εντυπωσιακός τοίχος τοπίου είναι αυτός που δημιουργήθηκε στην Ίμπιζα με σκοπό να αποτελέσει ένα «φράγμα ήχου» μεταξύ των υπαίθριων κέντρων διασκέδασης και των κατοικιών. Τα φυτά μεγαλώνοντας απορροφούν ήχους και κραδασμούς.



Εικόνα 1.26. «Φυτικός τοίχος τοπίου», Ibiza [πηγή: <http://oikopress.gr/index.php/2012-09-24-13-17-36/47-2012-10-18-14-31-49>]

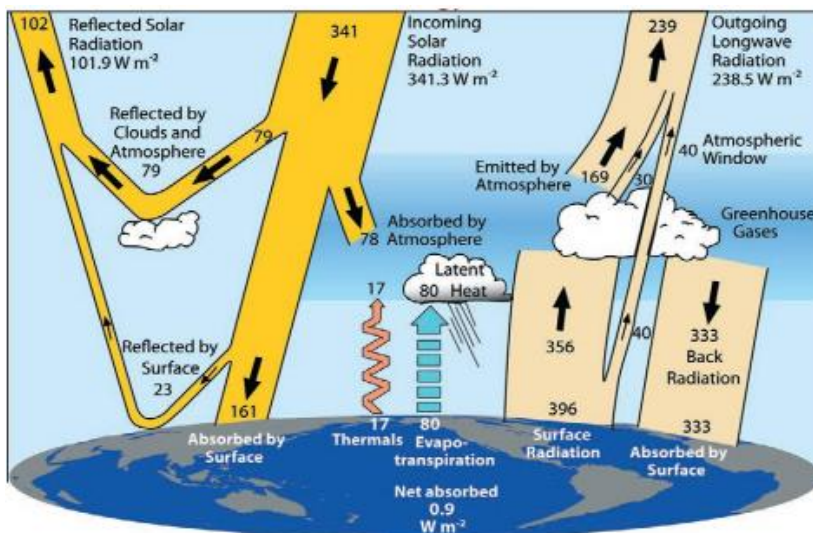
Οφέλη από τη φυτοκάλυψη προσώπων κτιρίων

- Εξοικονόμηση νερού : 40-50% με έξυπνα συστήματα άρδευσης
- Εξοικονόμηση ενέργειας : 30-40% μέσω της επίδρασης δροσισμού μέσα στα κτίρια
- Αύξηση χλωρίδας και πανίδας εντός των ορίων της πόλης
- Προώθηση της βιοποικιλότητας

- Αναβάθμιση της αξίας του ακινήτου
- Μείωση επιπέδων θορύβου στα κτίρια
- Βελτίωση της ποιότητας του αέρα: Οι πράσινοι τοίχοι εμποδίζουν τη μετακίνηση των μορίων σκόνης και ρύπων κατά μήκος των πλευρών ενός κτιρίου, φιλτράροντας τον αέρα. Ένα μεγάλο ποσοστό των σωματιδίων της ατμόσφαιρας δεσμεύεται από το φύλλωμα των φυτών, λειτουργώντας με τον τρόπο αυτό ως φίλτρο συγκράτησης πολλών επιβλαβών συστατικών του αέρα. Παράλληλα, χημικές ουσίες, όπως η φορμαλδεΐδη και το μονοξείδιο του άνθρακα μπορούν να απομακρυνθούν από τους εσωτερικούς χώρους μέσω των φύλλων. Έτσι δημιουργείται ένα καθαρότερο, πιο αναζωογονητικό περιβάλλον που μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της υγείας και αύξηση της παραγωγικότητας των κατοίκων/εργαζομένων.
- Απορρόφηση βρόχινου νερού : συνεισφέρουν στη μείωση των πλημμυρικών φαινομένων, καθώς σε έντονες βροχοπτώσεις με ισχυρούς ανέμους η βροχή έχει οριζόντιο προσανατολισμό.
- Καινούριο επαγγελματικό πεδίο με ευκαιρίες απασχόλησης.

1.6.2 Χρήση ψυχρών υλικών

1.6.2.1 ενεργειακό ισοζύγιο



Εικόνα 1.27. Το μέσο ετήσιο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο της γης για την περίοδο 2000-2004 (Wm^{-2}). Τα μεγάλα βέλη δείχνουν σχηματικά τη ροή της ενέργειας αναλογικά προς τη σημασία τους [πηγή: <http://ikee.lib.auth.gr/record/125701/files/%CE%91%CE%A1%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%9F%CE%A4%CE%95%CE%9B%CE%95%CE%99%CE%9F%20%CE%A0%CE%91%CE%9D%CE%95%CE%A0%CE%99%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%99%CE%9F%20%CE%98%CE%95%CE%A3%CE%A3%CE%91%CE%9B%CE%9F%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%97%CE%A3.pdf>]

Η ηλιακή ενέργεια υπό τη μορφή της ορατής και της υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας (μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία), απορροφάται μερικώς και μερικώς ανακλάται από την ατμόσφαιρα και την επιφάνεια της γης. Η ενέργεια που απορροφάται από την επιφάνεια της γης, μετατρέπεται από αισθητή σε λανθάνουσα (εξάτμιση του ύδατος από τη γήινη επιφάνεια στην ατμόσφαιρα) και επανεκπέμπεται στην ατμόσφαιρα υπό μορφή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος (υπέρυθρη ακτινοβολία). Από αυτή την εκπομπή κάποιο ποσοστό της ακτινοβολίας χάνεται άμεσα στο διάστημα. Το υπόλοιπο ποσοστό απορροφάται από τα αέρια

θερμοκηπίου -μεθάνιο (CH₄), υποξείδιο του αζώτου (N₂O), υδρατμοί (H₂O) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Ορισμένη από αυτή την ακτινοβολία που απορροφήθηκε από τα αέρια, μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία επανεκπεμπόμενη στρέφεται πάλι προς τη γη, με αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της.

Αυτή η διαδικασία αποτελεί ένα φυσικό φαινόμενο. Το πρόβλημα εντοπίζεται όταν τα αέρια αυτά του θερμοκηπίου αυξάνονται σε μεγάλο βαθμό (από εκπομπές κλιματιστικών, ρύπους από τη βιομηχανία και τα αυτοκίνητα κ.α) δημιουργώντας ένα παχύ στρώμα που απορροφά πολύ μεγαλύτερα ποσοστά υπέρυθρης ακτινοβολίας, επανεκπέμποντας έτσι αφύσικα μεγαλύτερη θερμότητα στη γη. (eclass)

1.6.2.2. Ιδιότητες ψυχρών υλικών

Ψυχρά υλικά χαρακτηρίζονται υλικά λευκά ή έγχρωμα, τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν τόσο στο κέλυφος του κτιρίου, όσο και σε άλλες επιφάνειες του αστικού δομημένου περιβάλλοντος (π.χ. σε χώρους στάθμευσης, πεζοδρόμια) για τη μείωση της αναπτυσσόμενης επ' αυτών θερμοκρασίας. Τα ψυχρά υλικά χαρακτηρίζονται από υψηλή ανακλαστικότητα στην ηλιακή ακτινοβολία (προσπίπτουσα προς ανακλώμενη ακτινοβολία > 80 %) και από υψηλό συντελεστή εκπομπής θερμικής (υπέρυθρης) ακτινοβολίας (εκλύουν γρηγορότερα τα ποσά θερμότητας που έχουν απορροφήσει). Με την εφαρμογή τους εξασφαλίζονται χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες συγκριτικά με άλλα υλικά επιστρώσεων. (ΠΕΤΕΠ, 2000)

Υλικά με μεγάλη ανακλαστικότητα, ανοιχτόχρωμα και λεία, όπως το λευκό μάρμαρο, ανακλούν το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχονται, διατηρώντας έτσι σχετικά χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες. Αντίθετα, υλικά με μικρή ανακλαστικότητα, σκουρόχρωμα και αδρά, όπως η άσφαλτος, απορροφούν το μεγαλύτερο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας, που προσπίπτει πάνω τους, αυξάνοντας έτσι πολύ τη θερμοκρασία της μάζας και της επιφάνειάς τους.

Ως ανακλαστικότητα μιας επιφάνειας (**SR** ή **albedo**) ορίζεται η ικανότητά της να εκτρέπει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία, η οποία περιλαμβάνει την υπέρυθη, την υπεριώδη και την ακτινοβολία στο ορατό φάσμα. Η υψηλή ηλιακή ανάκλαση είναι η πιο σημαντική ιδιότητα μιας ψυχρής επιφάνειας. Ο συντελεστής εκπομπής (E) είναι η παράμετρος με την οποία προσδιορίζεται η ικανότητα ενός υλικού να αποβάλλει ποσά θερμότητας υπό μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας (ακτινοβολία μεγάλου μήκους). Η θερμική εκπομπή είναι η δεύτερη πιο σημαντική ιδιότητα μιας ψυχρής επιφάνειας. Τα χαρακτηριστικά αυτά των ψυχρών υλικών που προαναφέρθηκαν εκφράζονται σε τιμές με εύρος από 0 έως 1 ή από 0% έως 100% σε μορφή ποσοστού. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή τους, τόσο ψυχρότερη είναι η επιφάνεια και κατ' επέκταση τόσο μικρότερη είναι η επιφανειακή θερμοκρασία που αναπτύσσεται σ' αυτήν. Οι επιφανειακές θερμοκρασίες των ψυχρών υλικών συνήθως δεν ξεπερνούν τους 50ο C, ενώ για συνήθη δομικά υλικά οι επιφανειακές θερμοκρασίες τη θερινή περίοδο μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. επίστρωση δωματίων με μαύρου χρώματος στεγανοποιητικά φύλλα) να φτάσουν και τους 90ο C. Η τιμή της ανακλαστικότητας και του συντελεστή εκπομπής των υλικών εξαρτάται από την απόχρωση των υλικών, καθώς όσο πιο ανοιχτή είναι η απόχρωση τους τόσο μεγαλύτερη είναι η ανακλαστικότητά τους.

(Χ.Τσαγδής)

1.6.2.3 Πλεονεκτήματα “ψυχρής” στέγης

Για τους ιδιοκτήτες κτιρίων

- Μείωση της απαιτούμενης ενέργειας για κλιματισμό:

Οι ψυχρές στέγες βελτιώνουν τις συνθήκες στο εσωτερικό των κτιρίων με φυσικό τρόπο, διατηρώντας χαμηλές θερμοκρασίες χωρίς την ανάγκη χρήσης κλιματισμού.

- Αυξημένη διάρκεια ζωής της στέγης:

Οι ψυχρές στέγες ξεπερνούν κατά πολύ τις συμβατικές ως προς τη διάρκεια ζωής λόγω μειωμένης θερμικής καταπόνησης των υλικών της και απαιτούν πολύ λιγότερη συντήρηση και επισκευές.

- Βελτίωση της θερμικής άνεσης μέσα στο κτίριο

Για την κοινότητα

- Συμβολή στη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου:

Λόγω της υψηλής ανακλαστικότητας της επιφάνειας, απορροφάται μικρότερο ποσοστό υπεριώδους ακτινοβολίας με συνεπεία να μειώνεται η υπέρυθρη ακτινοβολία που επανεκπέμπεται και απορροφάται από τα αέρια του θερμοκηπίου τα οποία με τη σειρά τους την επανεκπέμπουν με μορφή θερμότητας στην ατμόσφαιρα. Έτσι μειώνεται η εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου. (eclass) Ακόμα, λόγω του ότι το εσωτερικό των κτιρίων παραμένει δροσερό, μειώνεται η απαιτούμενη ενέργεια για κλιματισμό και συνεπώς οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Οι ψυχρές στέγες αντανακλούν μέχρι και το 90% της ηλιακής θερμότητας και μειώνουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας της στέγης κατά μέχρι και 38°C, μειώνοντας έτσι τη θερμότητα που μεταφέρεται μέσα στο κτίριο. Το πρόγραμμα “ENERGY STAR” (πρόγραμμα των ΗΠΑ), προσδιόρισε υλικά για στέγες με υψηλή ανακλαστικότητα που μπορούν να προκαλέσουν εξοικονόμηση ενέργειας των κτιρίων κατά μέχρι και 50%. Για ένα κτίριο 185m² αυτό σημαίνει περίπου 20 τόνους μείωση στις εκπομπές άνθρακα το χρόνο.

- Συμβολή στη μετρίαση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας

(coolroofcouncil)

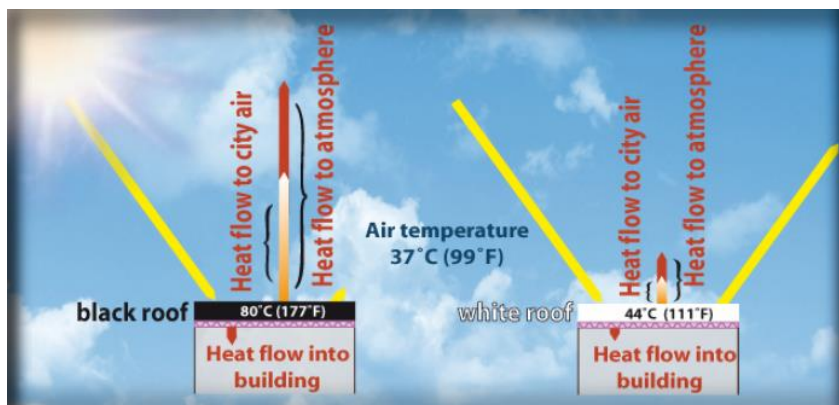
Κόστος θέρμανσης

Το χειμώνα, το κόστος για θέρμανση μπορεί να είναι λίγο μεγαλύτερο, αλλά η διαφορά είναι ασήμαντη αν συγκριθεί με την εξοικονόμηση του καλοκαιριού. Αυτό συμβαίνει επειδή:

- Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ο ήλιος κινείται πολύ πιο χαμηλά και η έντασή του είναι πολύ μικρότερη. (η παθητική ηλιακή θέρμανση αυτήν την περίοδο του χρόνου, συνήθως προκύπτει από τις ακτίδες ηλίου που εισέρχονται μέσω των παραθύρων).
- Ο ήλιος καλύπτεται από σύννεφα με πολύ μεγαλύτερη συχνότητα από ότι το καλοκαίρι
- Η διάρκεια της ηλιοφάνειας το χειμώνα είναι μικρότερη (μικρότερη μέρα)

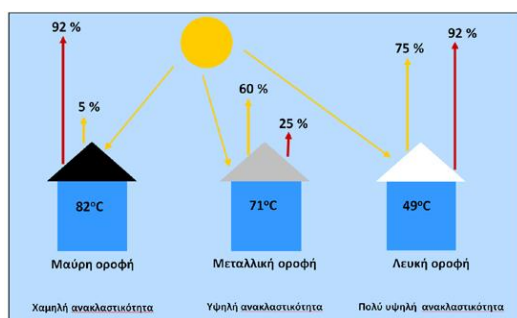
Σε μελέτη προσομοίωσης στην περιοχή της Αθήνας, τη θερινή περίοδο, διαπιστώθηκε ότι αύξηση της ανακλαστικότητας της επιφάνειας της πόλης κατά 40%, επιφέρει μείωση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, στα 2 m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, κατά 0,5 έως 1,5 οC, ενώ η αύξηση της ανακλαστικότητας κατά 65 %, μπορεί να μειώσει τη θερμοκρασία του αέρα στο ίδιο ύψος κατά 1,0 έως 2,2 οC. (Synnefa et al, 2008)

(G.Mills, S.DiSabatino, E.Erell, & A.Martilli, 2014)



Εικόνα 1.28. ροή θερμότητας [πηγή:

https://heatisland.lbl.gov/sites/all/files/front_slideshow/Global_Cool_Front.png]



Εικόνα 1.29. ανακλαστικότητα στεγών [πηγή:

http://www.ktizontastomellon.gr/bibliothiki/Psyxres_orofes/ldiothtes.php]

Υλικά με υψηλότερο albedo οδηγούν σε χαμηλότερη θερμοκρασία του αέρα και χαμηλότερη ακτινοβολούμενη θερμότητα στο περιβάλλον του κτιρίου (μειωμένη εκπομπή μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας). Ταυτόχρονα, όμως, ένα υψηλότερο albedo προκαλεί την ανάκλαση περισσότερης εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (μικρού μήκους) πίσω στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα μια υψηλότερη ακτινοβολούμενη θερμοκρασία στο χώρο.

Όσο μεγαλύτερη είναι η ανάκλαση των επιφανειών τόσο λιγότερη ακτινοβολία απορροφάται από αυτές και τόσο περισσότερη ανακλάται στο δρόμο-και απορροφάται από τους ανθρώπους που στέκονται/περπατάνε εκεί. Οι αρνητικές επιπτώσεις της υψηλότερης ακτινοβολούμενης ενέργειας στη θερμική άνεση υπερνικούν κατά πολύ τις θετικές επιπτώσεις των πιο ψυχρών επιφανειών και συνεπώς και των χαμηλότερων θερμοκρασιών κοντά στις προσόψεις. Συνεπώς η καθαρή επίπτωση του αυξημένου albedo στις αστικές επιφάνειες μπορεί να είναι η θερμική επιβάρυνση των πεζών - αντί της προσδοκώμενης βελτίωσης της θερμικής άνεσης. Το γεγονός αυτό συχνά το αγνοούν μελετητές οι οποίοι απλά συγκεντρώνονται στη θερμοκρασία του αέρα και καταλήγουν να συνιστούν τη χρήση επιφανειών με υψηλή ανακλαστικότητα ως ένα μέτρο για να μετριάσουν την επιρροή του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας. Η λύση της μείωσης της θερμοκρασίας του αέρα κατά αρκετούς βαθμούς σίγουρα δεν είναι η χειρότερη-μπορεί όμως να μην είναι και η καλύτερη, ειδικά σε περιοχές όπου ο κόσμος περπατάει στο δρόμο.

Όσον αφορά την ενεργειακή ισορροπία μέσα στα κτίρια και τη θερμική άνεση των ανθρώπων μέσα σε αυτά, τα δεδομένα είναι ακριβώς τα αντίθετα : ένα υψηλότερο albedo σημαίνει ότι οι επιφάνειες απορροφούν λιγότερη ενέργεια, οπότε το εσωτερικό των κτιρίων παραμένει δροσερό και χρειάζεται λιγότερη ενέργεια για την ψύξη του. Αυτό σημαίνει ότι οι αρχιτέκτονες και οι πολιτικοί μηχανικοί πρέπει να βρουν τη “χρυσή τομή” μεταξύ της εξοικονόμησης

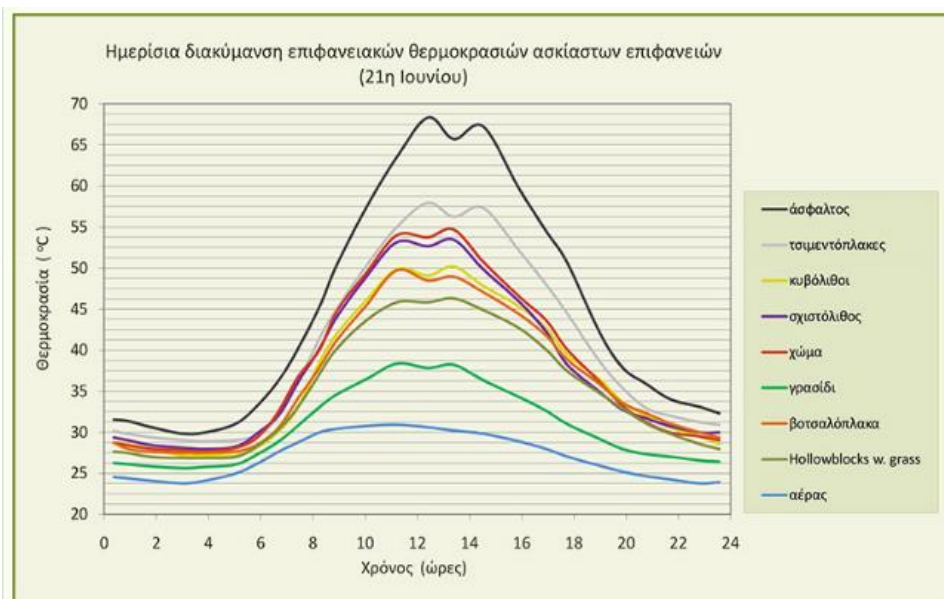
ενέργειας μέσα στα κτίρια και της θερμικής άνεσης των ατόμων στο περιβάλλον ανάμεσα στα κτίρια. Τα ίδια ισχύουν και για το albedo των επιφανειών του εδάφους. Ένα υψηλότερο albedo της επιφάνειας οδηγεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία της και επίσης και σε χαμηλότερη θερμοκρασία του αέρα μέχρι και σε 1,8m πάνω από το έδαφος. Αλλά και πάλι, η θετική επίδραση δεν αντικατοπτρίζεται στη θερμική άνεση (PET) αφού την ίδια στιγμή αυξάνεται και η ποσότητα της ακτινοβολίας που δέχεται ένας άνθρωπος που στέκεται στο δρόμο. (S.Huttner)

Αυτό δεν πρέπει οπωσδήποτε να εκλαμβάνεται ως αντίρρηση στην εφαρμογή υλικών με υψηλό albedo γενικά στις αστικές περιοχές. Αρκετές μελέτες έχουν αποδείξει ότι το υψηλό albedo στις επιφάνειες εξοικονομεί ενέργεια στα κτίρια, μειώνει το όζον στην ατμόσφαιρα και συνεισφέρει στη μετρίαση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Έτσι η εφαρμογή τέτοιων υλικών σε στέγες κτιρίων επιφέρει μόνο κέρδος, ενώ η εφαρμογή τους σε πεζοδρόμια ή τοίχους κτιρίων κοντά σε πεζοδρομους μπορεί να μην έχει τα επιθυμητά αποτελέσματα.

1.6.2.4 Συγκριση “ψυχρων” υλικών-βλάστησης

Οι ανοιχτόχρωμες επιφάνειες έχουν μεγάλη ανακλαστικότητα, όμως αν και αναπτύσσουν χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες από τις σκουρόχρωμες, δημιουργούν στο επίπεδο ζωής, ιδιαίτερα το καλοκαίρι, ένα οπτικά και θερμικά δυσάρεστο περιβάλλον. Οι χρήστες του χώρου δέχονται πάνω τους άμεσα τις ανακλάσεις της ηλιακής ακτινοβολίας. Το λευκό χρώμα σίγουρα δεν είναι η καλύτερη στρατηγική ψύξης ενός υπαίθριου χώρου, καθώς δημιουργεί μεγάλη οπτική και θερμική δυσφορία.

Οι ανοιχτόχρωμες επιφάνειες αναπτύσσουν μικρότερες επιφανειακές θερμοκρασίες από τις σκουρόχρωμες, αλλά και πάλι συσσωρεύουν θερμότητα. Είναι συνήθως θερμότερες από τις επιφάνειες βλάστησης.



Εικόνα 1.30. αναπαράσταση της επιφανειακής θερμοκρασίας που αναπτύσσουν διάφορα υλικά εκτεθημένα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας στην ηλιακή ακτινοβολία στις 21 Ιουνίου [πηγή: (Ανέλιξη)]

Η βλάστηση είναι η μοναδική ύλη που έχει μικρή ανακλαστικότητα (τιμές από 0,05 – 0,30) και ταυτόχρονα αναπτύσσει χαμηλότερες επιφανειακές θερμοκρασίες από τα περισσότερα δομικά υλικά. Η επιφανειακή της θερμοκρασία δεν απέχει πολύ από τη θερμοκρασία του αέρα,

συνήθως όχι περισσότερο από 4–5 °C, κατά τις πολύ θερμές ώρες της μέρας, συνεπώς δε θερμαίνει ιδιαίτερα τον αέρα. Μπορεί να είναι κατά 20-35 °C χαμηλότερη από τα περισσότερα δομικά υλικά του αστικού περιβάλλοντος.

Η επίδραση των επιφανειών με βλάστηση στη θερμοκρασία του αέρα, είναι πάντοτε καλύτερη σε σχέση με τις άλλες επιφάνειες. Το χειμώνα η βλάστηση διατηρεί τη θερμοκρασία του αέρα υψηλότερη, ενώ το καλοκαίρι χαμηλότερη, καθόλη τη διάρκεια της ημέρας. (Lin, Ho & Wuang, 2007) (Ανέλιξη)

Οι πράσινες στέγες ποικίλουν σε μέγεθος, βάρος και βλάστηση, αλλά όλες δημιουργούν σκιά στη στέγη και την προστατεύουν από το νερό, τις ζημιές από την υπεριώδη ακτινοβολία (UV), τις θερμικές συστολές και διαστολές και τη δημιουργία τρυπών. Η βλάστηση και το χώμα δροσιίζουν την επιφάνεια της στέγης και τον περιβάλλοντα αέρα με 2 βασικούς τρόπους:

1. Προσδίδουν πρόσθετη μόνωση και θερμική μάζα στη στέγη, πράγμα που μειώνει τη μεταφορά θερμότητας στον εσωτερικό χώρο.
2. Η εξατμισοδιαπνοή μετατρέπει την αισθητή θερμότητα σε λανθάνουσα.

Παρόλα αυτά θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ έτσι μειώνεται η θερμοκρασία του αέρα στην πόλη, οι παγκόσμιες θερμοκρασίες δεν επηρεάζονται.

(J.C.Semenza.et.al, 1996)

Κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης καλοκαιρινής ημέρας όμως, οι παράγοντες αυτοί βελτιώνουν την άνεση μέσα σε κτίρια χωρίς κλιματισμό. Μειώνοντας τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, μειώνεται η εκπομπή αέριων ρύπων και αερίων του θερμοκηπίου από τους ηλεκτροπαραγωγικούς σταθμούς, πράγμα που συντελεί στη μετρίαση του φαινομένου του θερμοκηπίου και βελτιώνει την ποιότητα του αέρα στα αστικά κέντρα

Αντίθετα με τις λευκές και μαύρες στέγες, οι πράσινες στέγες μπορούν να συνεισφέρουν σε ένα σχέδιο διαχείρισης του νερού της βροχής σε ένα κτίριο. Τις βροχερές μέρες, οι πράσινες στέγες μπορούν να μειώσουν την απορροή κατά μέχρι και 65%. Τα φυτεμένα δώματα εκτακτικού τύπου ανακόπτουν και συγκρατούν τα πρώτα 1–2 cm (0.5–0.8 in) της βροχόπτωσης, εμποδίζοντας την απορροή. Επιπλέον, οι πράσινες στέγες δημιουργούν φυσικούς οικοτόπους, μειώνουν την ηχορρύπανση και αυξάνουν τις αξίες των ακινήτων.

1.6.2.5 Κόστη εγκατάστασης, συντήρησης και αντικατάστασης

• Λευκή στέγη

Ενώ προσφέρουν πολλά οφέλη, οι “ψυχρές” στέγες δεν προσδίδουν επιπρόσθετο κόστος όταν εμπεριέχονται στο σχέδιο μιας νέας κατασκευής ή μιας ανακαίνισης. Κάποιες κατηγορίες ψυχρών στεγών δεν απαιτούν επιπλέον χρήματα- για παράδειγμα πιο ανοιχτόχρωμα κεραμίδια σε μια σκεπή. Άλλες επιλογές, όπως η προσθήκη ψυχρής επικάλυψης σε μία ήδη χτισμένη στέγη, μπορεί να ανεβάσουν το κόστος, αλλά όχι σημαντικά-λαμβάνοντας υπ’ όψιν ότι το επιπρόσθετο αυτό κόστος αντισταθμίζεται γρήγορα από μικρότερους λογαριασμούς ρεύματος και άλλα οφέλη όπως η επέκταση της διάρκειας ζωής της στέγης. (coolroofcouncil)

Εκτιμάται πως η πρώτη εγκατάσταση λευκής και μαύρης στέγης κοστίζει περίπου €20/m².

Η διάρκεια ζωής όλων των τύπων σκεπών περιορίζεται από 3 βασικούς φυσικούς παράγοντες:

- Πάγος
- Υπεριώδης ακτινοβολία (UV)
- Καθημερινή θερμική συστολή και διαστολή

Οι 2 τελευταίοι παράγοντες υποδηλώνουν πως οι λευκές στέγες έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής από τις μαύρες.

Κοστος συντήρησης (διαρροές, τρύπες κλπ): €0.20/m²/έτος

Διάρκεια ζωής: 20 χρόνια

Πράσινη στέγη

Οι πράσινες στέγες είναι ακριβότερες στην εγκατάσταση. Η φθηνότερη κατηγορία φυτεμένου δώματος (εκτατικού τύπου) κοστίζει γύρω στα €50/m², ενώ ένα φυτεμένο δώμα εντατικού τύπου κοστίζει πολύ περισσότερο..

Το κόστος αντικατάστασης εκτιμάται στο 1/3 του κόστους εγκατάστασης λόγω του ότι κάποια συστατικά του μπορούν να περισωθούν.

Το ετήσιο κόστος συντήρησης ενός εκτατικού τύπου φυτεμένου δώματος, συμπεριλαμβανομένου του κόστους μόνωσης, είναι €2/m², δηλαδή 10 φορές υψηλότερο από το αντίστοιχο για τις λευκές στέγες. Το μεγαλύτερο κόστος συντήρησης απαιτείται κατά τα 2 πρώτα έτη όπου αναπτύσσονται τα φυτά, και είναι πολύ σημαντική περίοδος για την εξασφάλιση της μακροπρόθεσμης επιτυχίας του έργου. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, απαιτούνται τουλάχιστον 3 επισκέψεις το χρόνο. Μετά τα 2 αυτά χρόνια, η απαίτηση συντήρησης μειώνεται ελαφρώς.

40 χρόνια διάρκεια ζωής τουλάχιστον

Συμπερασματικά η επιλογή ανάμεσα σε λευκή και πράσινη στέγη θα πρέπει να βασίζεται σε περιβαλλοντικούς και οικολογικούς παράγοντες. Αν το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί τη βασική ανησυχία, θα πρέπει να προτιμηθούν οι λευκές στέγες που είναι 3 φορές περίπου πιο αποτελεσματικές στο δροσισμό του πλανήτη. Αν όμως ενδιαφερόμαστε κυρίως για το τοπικό περιβάλλον, οι πράσινες στέγες είναι η σωστή επιλογή. (J.Sproul.et.al, 2014)

Συνιστάται η επιλογή των υλικών να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη την απόδοσή τους κατά τα κυριότερα χρονικά διαστήματα χρήσης του υπαίθριου χώρου (την ημέρα ή το βράδυ, το χειμώνα ή το καλοκαίρι), καθώς και την επίδραση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών στον ηλιασμό και σκιασμό των επιφανειών, τη θέαση του ουρανού και τη δυνατότητα αποβολής θερμότητας, τη ροή του ανέμου και την επάρκεια αερισμού. Όσον αφορά στα ανακλαστικά υλικά, πρέπει να σημειωθεί ότι, **ενώ έχουν αδιαμφισβήτητα θετική επίδραση όταν χρησιμοποιούνται σε δώματα, στέγες ή ακόμη και κατακόρυφες επιφάνειες κτιρίων, η τοποθέτησή τους σε εκτενή και εκτεθειμένα δάπεδα ανοικτών χώρων απαιτεί προσοχή, διότι μπορεί να πολλαπλασιάσει την ανακλώμενη ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στους πεζούς και να προκαλέσει δυσφορία.** Η χρήση διαπερατών από το νερό υλικών και η διαμόρφωση βατών δαπέδων με φυσικό έδαφος (πατημένο χώμα, άμμο, χαλίκι) είναι ευεργετική για το αστικό μικρόκλιμα και τις συνθήκες άνεσης των πεζών στις περισσότερες, αν όχι σε όλες, τις περιπτώσεις ανοικτών χώρων. Η εκμετάλλευση της υγρασίας του εδάφους και της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του χώματος επιτρέπει τοπική βελτίωση στο μικρόκλιμα μεμονωμένων χώρων, ενώ η δυνατότητα απορρόφησης νερού από το έδαφος είναι ευεργετική για το σύνολο του αστικού περιβάλλοντος. Σε κάθε περίπτωση, ο συνδυασμός των κατάλληλων υλικών με συστήματα σκίασης ή ροής νερού μπορεί να ενισχύσει την αποτελεσματικότητά τους στη βελτίωση των θερμικών συνθηκών. Η διαμόρφωση ποικίλων θερμικών συνθηκών στο αστικό περιβάλλον μέσω των υλικών και άλλων στοιχείων, ώστε να καλύπτονται οι ανάγκες και οι απαιτήσεις διαφορετικών ανθρώπων, σε διαφορετικές ώρες της ημέρας και διαφορετικές εποχές του έτους, είναι ένας από τους καταλληλότερους τρόπους ενίσχυσης της χρήσης των υπαίθριων χώρων στις πόλεις. (Α.Χατζηδημητρίου, 2012)

1.6.3 Μείωση της ανθρωπογενούς θερμότητας

Εν μέρει καλύπτεται από τα 2 παραπάνω, μέσω της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου που επιτυγχάνεται με τις παραπάνω μεθόδους. Προφανώς απαιτούνται πολλά ακόμα μέτρα όπως η ελάττωση της χρήσης ΙΧ μέσω της ενθάρρυνσης για χρήση ποδηλάτων και μέσων μαζικής μεταφοράς, κ.ά.

1.6.4 Κατάλληλη διάταξη και χρήση των ελεύθερων χώρων με χρήση σκίασης, αερισμού και λοιπά

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

2.1 γενικά

Το ENVI -met V4 είναι ένα ολιστικό τρισδιάστατο μη υδροστατικό μοντέλο για την προσομοίωση της αλληλεπίδρασης επιφάνειας- φυτών-αέρα. Πολύ συχνά χρησιμοποιείται για την προσομοίωση αστικών περιβαλλόντων και την εκτίμηση των επιπτώσεων του πράσινου σε αυτά. Είναι σχεδιασμένο για μικροκλίμακα με ανάλυση που επιτρέπει την ανάλυση των αλληλεπιδράσεων μικρής κλίμακας μεταξύ των επιμέρους κτιρίων, επιφανειών και φυτών .

Οι υπολογισμοί που κάνει το πρόγραμμα περιλαμβάνουν:

- Μικρού και μεγάλου μήκους ακτινοβολίες με σεβασμό στη σκίαση, την αντανάκλαση και την εκ νέου ακτινοβολία από τα κτίρια και την βλάστηση.
- Διαπνοή , εξάτμιση και αισθητή ροή θερμότητας από τη βλάστηση στον αέρα , συμπεριλαμβανομένης της πλήρους προσομοίωσης όλων των φυσικών παραμέτρων των φυτών (π.χ. ρυθμός φωτοσύνθεσης).
- Δυναμικός υπολογισμός της θερμοκρασίας των επιφανειών και των τοίχων για κάθε πρόσοψη και κάθε είδος στέγης των κτιρίων, υποστηρίζοντας μέχρι και 3 διαφορετικά στρώματα υλικών και 7 σημεία υπολογισμού στους τοίχους και τις στέγες.
- Ανταλλαγή νερού και θερμότητας στο εδαφικό προφίλ.
- Τρισδιάστατη αναπαράσταση της βλάστησης.
- Διασπορά των αερίων ρύπων και σωματιδίων συμπεριλαμβανομένης της καθίζησης των σωματιδίων σε φύλλα και επιφάνειες. Το μοντέλο υποστηρίζει μικροσωματίδια, αδρανή αέρια και οξείδια του αζώτου.
- Υπολογισμός των βιομετεωρολογικών δεικτών : Mean Radiant Temperature (μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία) , PMV / PPD (Predicted Mean Vote)/(Predicted Percentage of Dissatisfied), PET (Physiological equivalent temperature) ή UTCI (Universal Thermal Climate Index).

Στα νέα χαρακτηριστικά που έχει η τελευταία έκδοση V4 του envi-met περιλαμβάνονται:

- Πλήρως τρισδιάστατη γεωμετρία μοντέλου, επιτρέποντας το σχεδιασμό περίπλοκων περιβαλλόντων.
- Σε κάθε τοίχο και στέγη μπορούν να τοποθετηθούν ξεχωριστά υλικά (set individual segment).
- Βελτιωμένες μέθοδοι υπολογισμού για όλες τις μεταβλητές της ατμόσφαιρας.
- Τρισδιάστατη βλάστηση με τρισδιάστατα μοντέλα ριζών που αλληλεπιδρούν με το νερό του εδάφους.
- Το βάθος του εδαφικού προφίλ αυξήθηκε στα -5m.
- Η ανταλλαγή θερμότητας μέσα στο έδαφος είναι πλήρως τρισδιάστατη πλέον σε όλα τα στρώματα επιτρέποντας την προσομοίωση της πλευρικής ροής θερμότητας.
- Οι προσόψεις και οι στέγες μπορούν να αποτελούνται από μέχρι και 3 διαφορετικά στρώματα υλικών.

Το μοντέλο Envi-met, όπως ισχυρίζεται ο ίδιος ο δημιουργός του μοντέλου Michael Bruse, έχει ως στόχο να παρουσιάσει την ανοδική ή καθοδική τάση της θερμοκρασίας στην περιοχή μελέτης μετά από αλλαγές και παρεμβάσεις που μπορεί να γίνουν σε μία αρχική κατάσταση. Αυτό είναι πιο σημαντικό από την ακριβή διαπίστωση της θερμοκρασίας σε °C. Η μοντελοποίηση συμβαίνει σε "ιδανικές" ημέρες χωρίς την παράμετρο τυχαίων περιστατικών

αλλά με τις μέσες τιμές της περιόδου που μελετάται. Ως μοντέλο δεν έχει σκοπό να αναπαραστήσει μια μεμονωμένη ημέρα με ειδικές συνθήκες αλλά να κατανοήσει τη δυναμική του συγκεκριμένου αστικού περιβάλλοντος.

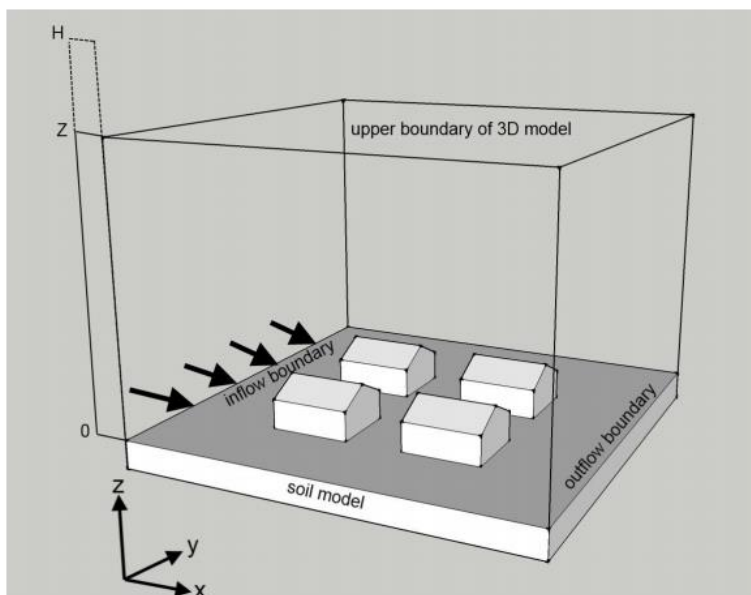
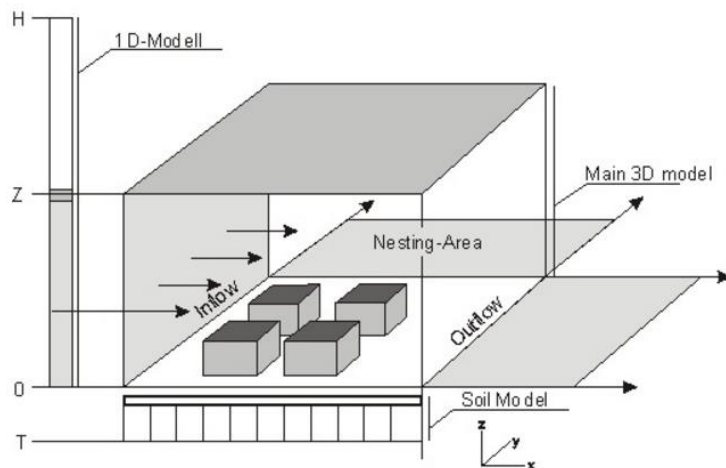


Figure 2: Schematic of basic model layout

Εικόνα 2.1. βασική δομή μικροκλιματικού μοντέλου [πηγή: (ENVImet)]

Στην Εικόνα φαίνεται η βασική δομή ενός μικροκλιματικού μοντέλου όπως το ENVImet. Η δομή αυτή δεν αφορά μόνο στο εν λόγω μοντέλο αλλά χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα τρισδιάστατα αριθμητικά μοντέλα. Είναι σχεδιασμένο στις 3 διαστάσεις του χώρου με τις δύο οριζόντιες (x και y) και τη μία κατακόρυφη (z). Στο εσωτερικό του μπορούν να τοποθετηθούν τα τυπικά στοιχεία που αντιπροσωπεύουν την περιοχή ενδιαφέροντος όπως κτίρια, βλάστηση και διάφορα είδη επιφανειών. Για να γίνει χρήση ενός αριθμητικού μοντέλου, η περιοχή ενδιαφέροντος θα πρέπει να αναχθεί σε μια εσχάρα κελιών (grid cells). Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των κελιών, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Απ' την άλλη, κάνοντας τα κελιά μικρά, συνεπάγεται ότι απαιτούνται περισσότερα από αυτά για να καλύψουν την εκάστοτε περιοχή. Σε κάθε προσομοίωση απαιτείται ένας συμβιβασμός μεταξύ

της ακρίβειας και της ανάλυσης του μοντέλου, στοιχεία που επηρεάζονται άμεσα από τον αριθμό των κελιών.

Ως εμπειρικός κανόνας, αναφέρεται ότι φτάνοντας τα 250 x 250 x 30 κελιά (ή οποιοδήποτε άλλο συνδυασμό), το μοντέλο μπορεί να θεωρηθεί μεγάλο και θα απαιτηθεί αρκετός χρόνος επεξεργασίας (CPU) για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων.

Λόγω των περιορισμών που θέτουν οι επεξεργαστές και η διαθέσιμη μνήμη των κοινών Η/Υ, χρησιμοποιούνται διάφορες στρατηγικές ώστε να καλυφθούν όσο το δυνατόν μεγαλύτερες περιοχές με τα λιγότερα δυνατά κελιά. Μια τέτοια στρατηγική αποτελεί η χρήση ενός πρόσθετου, μονοδιάστατου μοντέλου, 1D-Model. Για να επιτευχθεί μια ακριβής προσομοίωση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στο οριακό στρώμα (το κατώτερο στρώμα της τροπόσφαιρας το οποίο επηρεάζεται άμεσα από την παρουσία του εδάφους μέσω της τυρβώδους ροής θερμότητας) είναι αναγκαίο να επεκταθεί το μοντέλο μέχρι το ύψος των 2500m. Καθώς δεν είναι δυνατή (αλλά ούτε και απαραίτητη) αυτή η επέκταση του τρισδιάστατου (3D) μοντέλου, υπάρχει ένα μοντέλο (1D) μίας διάστασης (της z), το οποίο αναλαμβάνει τον υπολογισμό από την κορυφή του 3D μοντέλου (που είναι συνήθως μεταξύ 50m και 200m) μέχρι το συνολικό ύψος των 2500m. Επιπλέον, το μονοδιάστατο μοντέλο παρέχει το κατακόρυφο προφίλ όλων των μεταβλητών για το όριο εισροής (Inflow Boundary) του 3D μοντέλου. Το τελευταίο ορίζεται ως το όριο στην προσήνεμη πλευρά του μοντέλου.

Nesting area: Η περιοχή ένθεσης (nesting area) ή δευτερεύουσα περιοχή αποτελείται από ζώνες κελιών που περιβάλλουν τον πυρήνα του 3D μοντέλου. Η χρήση της επιτρέπει να μετακινηθούν τα σύνορα του μοντέλου μακριά από τον πυρήνα χωρίς να σπαταληθούν κελιά υπολογισμού στον κύριο σχεδιασμό.

Soil Model: το εδαφικό μοντέλο (Soil Model) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της μεταφοράς θερμότητας από τις επιφάνειες στην εδαφική μάζα και αντιστρόφως. Επίσης, το υδρολογικό κομμάτι του εδαφικού μοντέλου παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το διαθέσιμο νερό στο εσωτερικό του εδάφους. Οι πληροφορίες αυτές απαιτούνται για την εκτίμηση της μέγιστης διαπνοής της βλάστησης και του διαθέσιμου νερού στην επιφάνεια του εδάφους. Το μοντέλο φτάνει σε βάθος 5m, όπου οι τιμές της θερμοκρασίας και της υγρασίας θεωρούνται σταθερές κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Συνολικό ύψος μοντέλου

Η σωστή επιλογή του ύψους του μοντέλου είναι καθοριστικής σημασίας για μία επιτυχημένη προσομοίωση.

Οι οριζόντιες διαστάσεις του μοντέλου είναι εμφανείς :το μήκος και το πλάτος της περιοχής που μας ενδιαφέρει. Αντίθετα η κατακόρυφη διάσταση δεν είναι προφανής και -αν δεν επιλεγεί σωστά- μπορεί να προκαλέσει τεράστια προβλήματα.

Το ύψος του 3D μοντέλου προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του αριθμού των κατακόρυφων κελιών επί τη διάστασή τους (για σταθερή διάσταση των κελιών- $\Delta z \rightarrow$ equidistant).

Αν στην περιοχή προσομοίωσης το υψηλότερο κτίριο είναι 30m και θέσουμε 20 κελιά των 2m συνεπάγεται ότι η κορυφή του 3D μοντέλου θα είναι στα 40m. Εκ πρώτης όψεως φαίνονται αρκετά τα 40m, όμως το πάνω όριο του μοντέλου λειτουργεί ως σύνορο στις διαδικασίες της προσομοίωσης. Αυτό σημαίνει ότι η ροή του ανέμου θα πρέπει να συμπιεστεί στα 10m μεταξύ της κορυφής των κτιρίων και του άνω ορίου του μοντέλου, πράγμα που θα οδηγούσε σε φαινόμενα αεροχειμάρρου, που δεν έχουν καμία σχέση με την πραγματικότητα.

Όμως όπως είναι προφανές, το μοντέλο κάπου πρέπει να τελειώνει..όμως το όριο θα πρέπει να είναι αρκετά πάνω από την κορυφή του υψηλότερου κτιρίου έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθούν τέτοιου είδους τεχνητά φαινόμενα.

Έτσι έχει προκύψει ως εμπειρικός κανόνας, το συνολικό ύψος του μοντέλου να είναι τουλάχιστον διπλάσιο από το υψηλότερο κτίριο της περιοχής προσομοίωσης, και τουλάχιστον 30m.

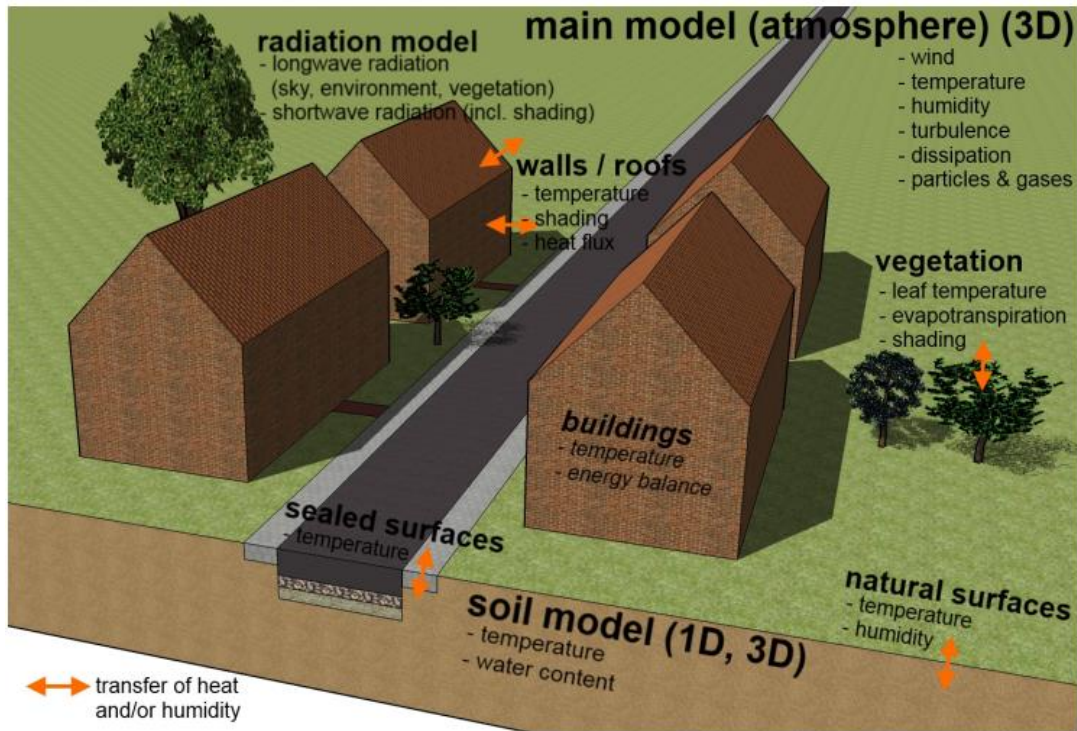
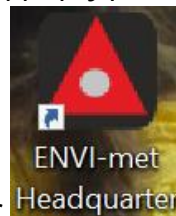


Figure 3: Schematic of the sub models of ENVI-met.

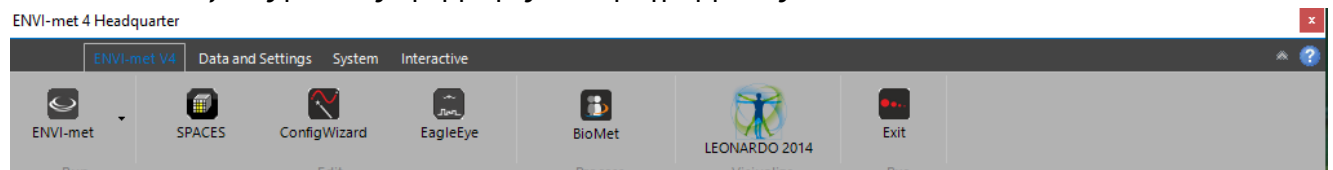
Εικόνα 2.2. χαρακτηριστικά που αναλύει το envi-met [πηγή: <http://ubm.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2012/3112/pdf/doc.pdf>]

2.2 περιγραφή του προγράμματος

Το envi-met δεν αποτελείται από μία “μεγάλη” εφαρμογή που εκτελεί όλη τη δουλειά. Είναι ένας συνδυασμός από πολλές αυτόνομες εφαρμογές για κάθε στάδιο της προσομοίωσης.



Πατώντας το εικονίδιο ENVI-met Headquarter ανοίγει το επόμενο παράθυρο το οποίο απεικονίζει τις βασικές εφαρμογές του προγράμματος.

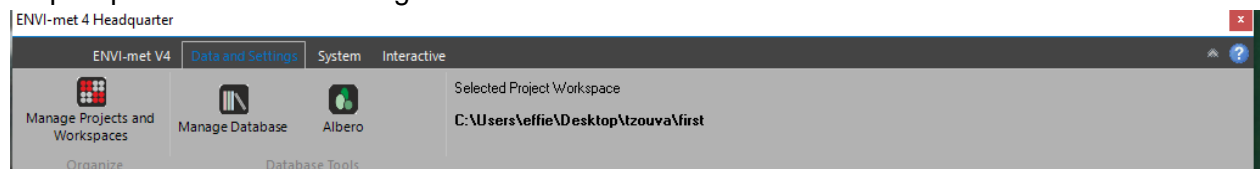


Εικόνα 2.3. ENVI-met Headquarter, ENVI-met V4 [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Στην καρτέλα ENVI-met V4:

- Το πρώτο εικονίδιο είναι το envi-met core. Αφού δοθούν όλα τα δεδομένα μέσω αυτού δίνεται η εντολή να “τρέξει” το πρόγραμμα.
- Το δεύτερο είναι το spaces στο οποίο γίνεται ο σχεδιασμός της περιοχής που μελετάται, είναι δηλαδή το αρχείο εισαγωγής της περιοχής (area input file).
- Το τρίτο εικονίδιο (configWizard) χρησιμοποιείται για να δοθούν τα στοιχεία της προσομοίωσης, όπως μετεωρολογικά χαρακτηριστικά, ώρα έναρξης της προσομοίωσης κλπ.
- Το τέταρτο εικονίδιο (EagleEye) είναι μία βοηθητική εφαρμογή η οποία χρησιμοποιεί το google earth και δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να περιορίσει ακριβώς τα όρια της περιοχής που προσομοιάζει και να αποθηκεύσει μία (αερο)φωτογραφία αυτής της περιοχής (bitmap) την οποία θα χρησιμοποιήσει ως “οδηγό” (παρασκηνιακή εικόνα) στο spaces για το σχεδιασμό κτιρίων, φυτών κλπ
- Το πέμπτο εικονίδιο (BioMet) είναι μία εφαρμογή που χρησιμεύει όταν το πρόγραμμα έχει τρέξει και έχει βγάλει δεδομένα (output files). Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της θερμικής άνεσης του χρήστη μέσω θερμικών δεικτών.
- Το έκτο εικονίδιο (Leonardo 2014) είναι η κύρια εφαρμογή απεικόνισης των αποτελεσμάτων που εξάγει το πρόγραμμα. Αναλύει τα αποτελέσματα και δημιουργεί δισδιάστατους και τρισδιάστατους χάρτες.

Στην καρτέλα Data and Settings:



Εικόνα 2.4. ENVI-met Headquarter, Data and Settings [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

- Το πρώτο εικονίδιο (manage projects and workspaces) χρησιμεύει στην ταξινόμηση των projects. Δίνεται ονομασία σε αυτά καθώς και στους φακέλους μέσα στους οποίους βρίσκονται.
- Το δεύτερο (manage database) χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ή την τροποποίηση της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιείται στην απεικόνιση του μοντέλου. Περιέχει τύπους εδαφους, φυτών, πηγών εκπομπής ρύπων, υλικών κá.
- Το τρίτο (albero) είναι μια εφαρμογή για τη δημιουργία και την τροποποίηση τρισδιάστατων φυτών.

Η καρτέλα system δείχνει την έκδοση του προγράμματος που χρησιμοποιείται (V4.0 Beta II)

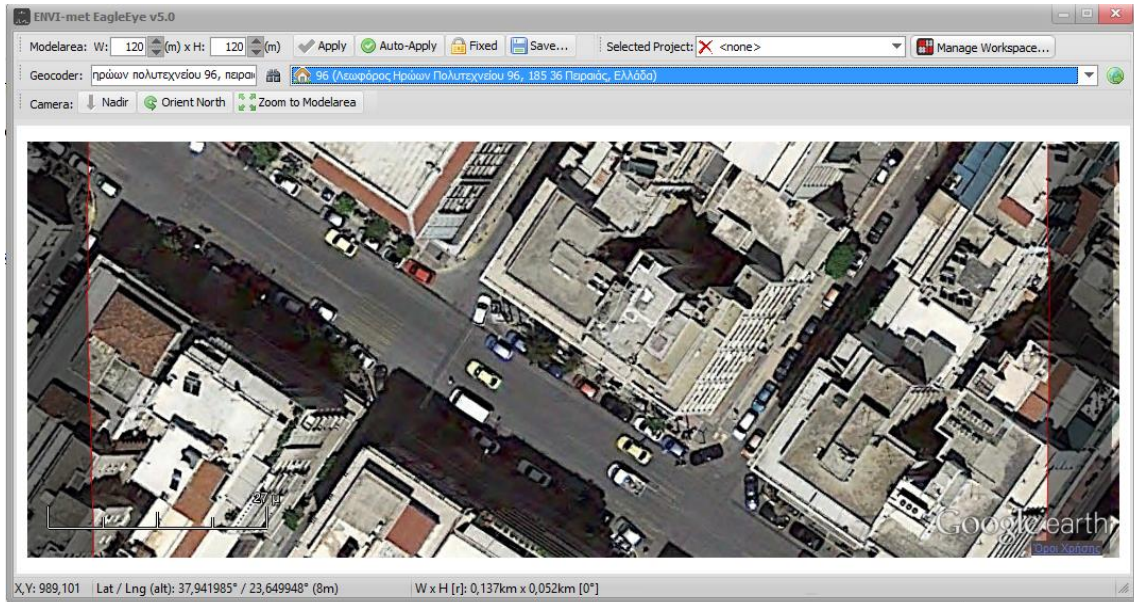


Εικόνα 2.5. ENVI-met Headquarter, System [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

(envimet)

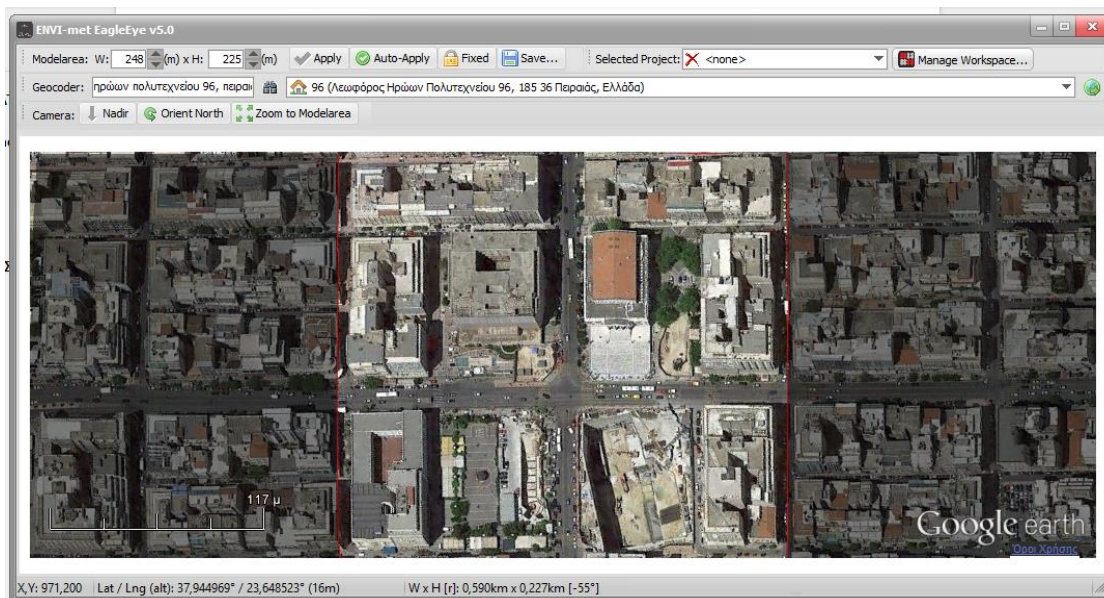
2.2.1 περιγραφή της χρήσης κάθε εφαρμογής του ENVI-met

2.2.1.1 EagleEye



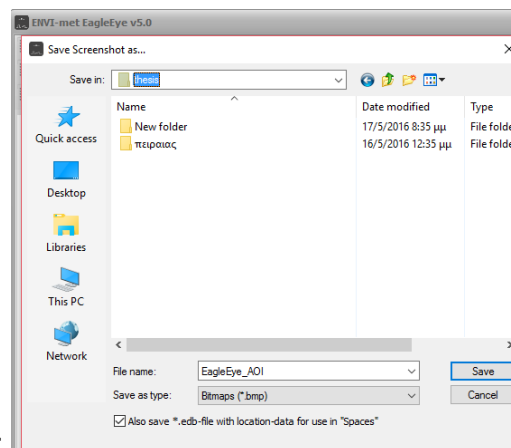
Εικόνα 2.6. ENVI-met, EagleEye v5.0 [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Στο geocoder πληκτρολογούμε μία διεύθυνση στην περιοχή που μας ενδιαφέρει πατάμε enter και έπειτα την πράσινη σφαίρα δεξιά και εμφανίζεται στον χάρτη. Πατώντας zoom to model area μας εμφανίζει μία οριοθετημένη περιοχή, την οποία διευρύνουμε ή περιορίζουμε ανάλογα με το μέγεθος της περιοχής που προσομοιάζουμε μεταβάλλοντας τις τιμές των W και H και πατώντας apply. Με το ποντίκι μετακινούμε το χάρτη ώστε να τοποθετήσουμε την περιοχή προσομοίωσης μέσα στο ορθογώνιο και με πατημένο Ctrl και σέρνοντας το ποντίκι περιστρέφουμε την περιοχή. Κάθε φορά πατάμε zoom to model area μέχρι να φτάσουμε ακριβώς στα όρια της περιοχής που επιθυμούμε.



Εικόνα 2.7. ENVI-met, EagleEye v5.0 [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Στο κάτω μέρος βλέπουμε πόσα τετραγωνικά χιλιόμετρα είναι η περιοχή προσομοίωσης και πόσες μοίρες έχει στραφεί σε σχέση με το Βορρά.



Πατάμε save και στο παράθυρο που εμφανίζεται:

Επιλέγουμε και το κουτί έτσι ώστε να αποθηκευτεί και ω αρχείο που θα χρησιμοποιηθεί στο spaces.

2.2.1.2 Manage Database

Αποτελεί τη βάση δεδομένων και περιέχει τύπους εδάφους, φυτών, πηγών εκπομπής ρύπων, υλικών κá. Τη χρησιμοποιούμε αν θέλουμε να δούμε τα χαρακτηριστικά κάποιου εδάφους ή κάποιου φυτού κλπ, και μπορούμε να την επεκτείνουμε χρησιμοποιώντας το user database. Για πηγές εκπομπής ρύπων δεν υπάρχει βάση δεδομένων- στο sources υπάρχει μόνο πηγή νερού (water fountain 4m) οπότε θα πρέπει να δημιουργηθεί. Λόγω έλλειψης του προγράμματος (συγκεκριμένα μόνο για το sources) έπρεπε να δημιουργηθεί φάκελος "sys.userdata" μέσα στο φάκελο "ENVI-met4" που βρίσκεται στον Local disk C, ώστε εκεί να αποθηκεύονται τα δεδομένα του user database.

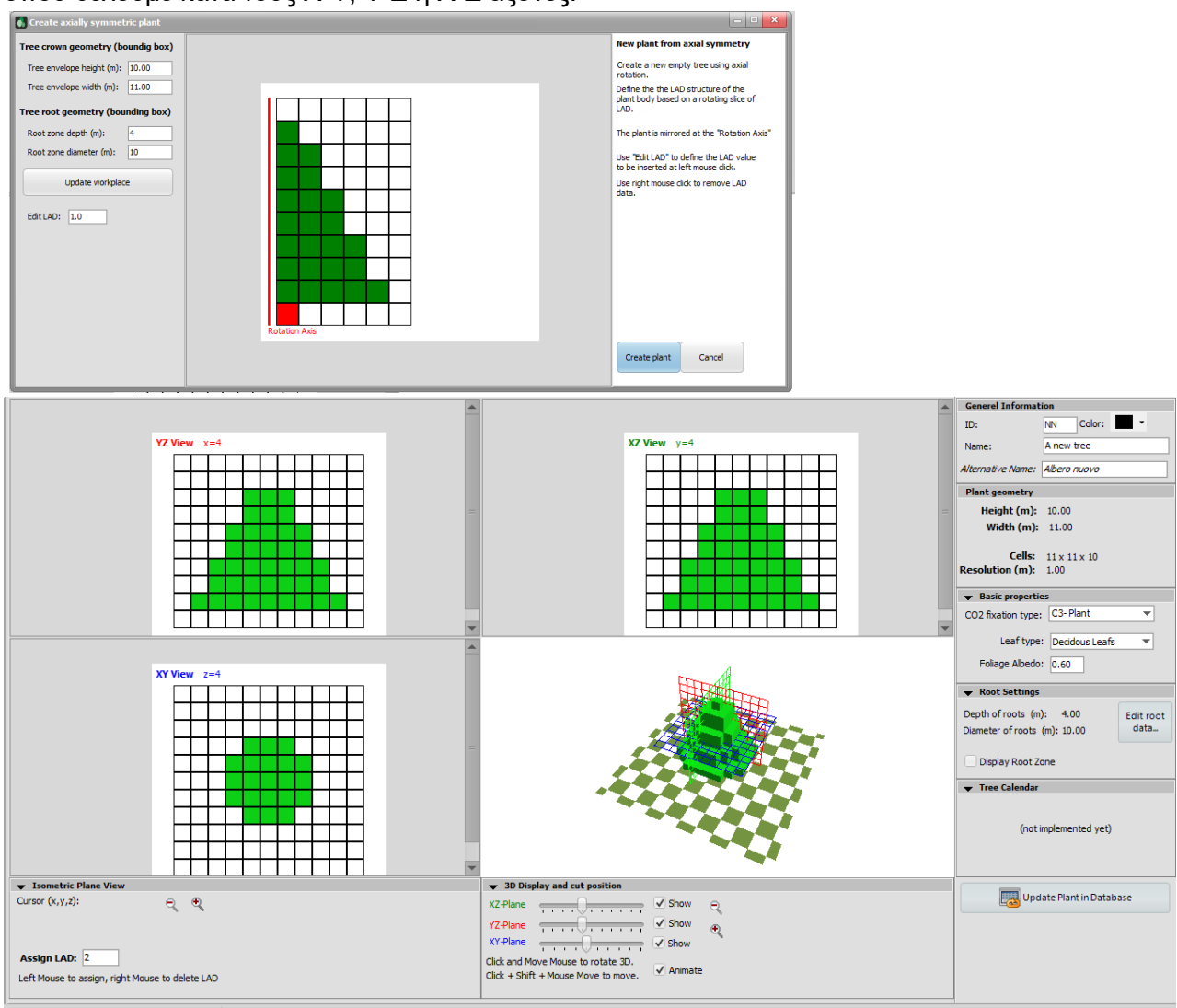
2.2.1.3 Albero

Για κάθε τρισδιάστατο φυτό της βάσης δεδομένων μπορούμε να δούμε το ύψος, το πλάτος στέμματος, το albedo (ανακλαστικότητα) και την πυκνότητα (LAD) του φυλλώματος, το βάθος

και τη διάμετρο των ριζών, καθώς και το αν είναι τύπου C3 ή C4 (συμβολίζει το πώς διαχειρίζεται το διοξείδιο του άνθρακα). Πατώντας δεξί κλικ σε κάποιο δέντρο και new plant αποθηκεύουμε ένα αντίγραφο αυτού του φυτού στη user database και τροποποιούμε τα χαρακτηριστικά του (modify plant->scale a new tree) επιλέγοντας να διατηρήσουμε ή όχι τις αναλογίες μεταξύ ύψους και πλάτους στέμματος και βάθους-διαμέτρου ριζών, ώστε να δημιουργήσουμε το φυτό που επιθυμούμε. Σε διαφορετική περίπτωση υπάρχει η δυνατότητα να κατασκευάσουμε το μοντέλο ενός δέντρου εξ' ολοκλήρου πατώντας δεξί κλικ στο user 3D Plants -> new plant -> add rotation plant και προσδιορίζουμε όλα του τα χαρακτηριστικά. Τέλος κάνουμε update database (το ID του κάθε φυτού αποτελείται από 2 χαρακτήρες - κεφαλαία λατινικά γράμματα και/ή αριθμούς- και είναι ξεχωριστό για κάθε φυτό)

Στην πρώτη εικόνα βλέπουμε πώς σχεδιάζουμε το δέντρο. Έχουμε έναν άξονα που συμβολίζει το κέντρο του δέντρου και σχεδιάζουμε μία κατακόρυφη τομή του στο κέντρο από τη μία μόνο πλευρά. Η άλλη καθρεφτίζεται.

Στη δεύτερη εικόνα βλέπουμε κάτω δεξιά το τρισδιάστατο δέντρο, πλέον, το οποίο περιστρέφεται. Από κάτω στο 3d display and cut position μπορούμε να δημιουργήσουμε τομές όπου θέλουμε κατά τους X-Y, Y-Z ή X-Z άξονες.



Εικόνα 2.8. ENVI-met, Albero [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

2.2.1.4 SPACES

- Ανοίγουμε το spaces
- Πατάμε το basic settings, new area και εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο

Εικόνα 2.9. ENVI-met, SPACES, basic settings [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Στη θέση αυτή εισάγεται μία σειρά πληροφοριών και δεδομένων που αφορούν στο μοντέλο προσομοίωσης και στην περιοχή ενδιαφέροντος. Συγκεκριμένα:

- Καθορίζεται ο αριθμός των υπολογιστικών κελιών του κυρίως μοντέλου, κατά τις διευθύνσεις x, y και z (x-Grids, y-Grids, z-Grids).
- Καθορίζεται το πλήθος των ζωνών που περιβάλλουν το κυρίως μοντέλο (περιοχή ένθεσης), απομακρύνοντάς το από τα όρια του υπολογιστικού πεδίου (Nr of nesting grids).
- Καθορίζεται το προφίλ του εδάφους στην περιοχή των δευτερευόντων κελιών (Soil profiled for nesting grids).
- Εισάγονται οι διαστάσεις των υπολογιστικών κελιών dx, dy και dz. Οι διαστάσεις αυτές είναι κοινές για όλα τα κελιά και δεν υπάρχει δυνατότητα πύκνωσης του πλέγματος (Size of grid cell in meter).
- Επιλέγεται το είδος των υπολογιστικών κελιών, όσον αφορά την κατακόρυφη διάσταση (Method of vertical grid generation). Υπάρχει η επιλογή κελιών ίδιου και σταθερού ύψους (equidistant) και η επιλογή τηλεσκοπικών κελιών (telescoping). Για το δεύτερο είδος κελιών ορίζεται ένας συντελεστής, ο οποίος καθορίζει την επί τοις εκατό ποσοστιαία αύξηση του ύψους ενός κελιού, σε σχέση με το αμέσως προηγούμενό του (Telescoping factor %). Ακόμη, υπάρχει η δυνατότητα ορισμού ενός συγκεκριμένου ύψους, μετά το οποίο θα αρχίσει η δημιουργία τηλεσκοπικών κελιών (Start telescoping after height (m)).
- Καθορίζεται η γωνία περιστροφής του μοντέλου, σε σχέση με το Βορρά (Model rotation out of grid north).

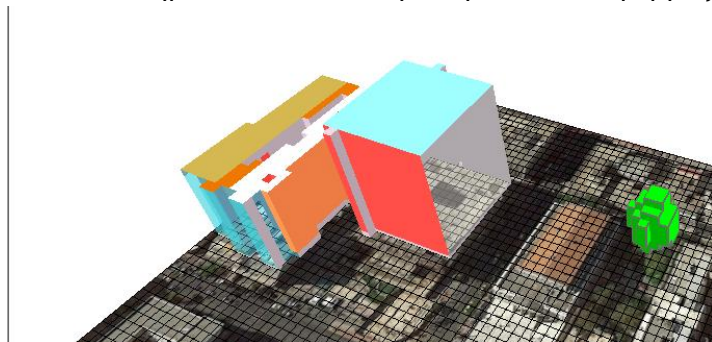
- Εισάγεται η γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης. Επιπλέον, το πρόγραμμα περιέχει μία λίστα από πόλεις, στις οποίες αυτομάτως γίνεται ανάθεση του γεωγραφικού τους μήκους και πλάτους (Location on earth)

Κάνουμε τις όποιες αλλαγές και πατάμε apply changes και create new area.

- Στην καρτέλα digitize επιλέγουμε select bitmap και βρίσκουμε το αρχείο της περιοχής (φωτογραφία) που αποθηκεύσαμε από το eagle eye. Έτσι μπορούμε να σχεδιάσουμε το μοντέλο εύκολα πάνω στη φωτογραφία της περιοχής.
- Στην καρτέλα project εμφανίζονται όλα τα στοιχεία σχεδίασης.
 - ★ Επιλέγοντας το “buildings”, στο top of buildings or facade elements βάζουμε το ύψος του κτιρίου (από τη στάθμη εδάφους) και με αριστερό κλικ το εφαρμόζουμε στην περιοχή που θέλουμε. Αν χρειαστεί να σβήσουμε, θέτουμε το top of building=0. Αντίστοιχα και στο bottom of building, αν θέλουμε για παράδειγμα να σχεδιάσουμε μία στέγη, βάζουμε το ύψος του κάτω μέρους της. Πάντα το bottom πρέπει να έχει μικρότερη τιμή από το top.
 - ★ Επιλέγοντας το “soil and surface” βρίσκουμε τον τύπο εδάφους που χρειαζόμαστε (άσφαλτος, πεζοδρόμιο από τσιμέντο, αμμώδες κ.ά) και το εφαρμόζουμε στο μοντέλο.
 - ★ Επιλέγοντας το “vegetation” εντοπίζουμε τα δέντρα που χρειαζόμαστε, τρισδιάστατα κατά κύριο λόγο (3D plants), αλλά και μονοδιάστατα (simple plants) για μικρούς θάμνους και γρασίδι και τα τοποθετούμε στο μοντέλο με αριστερό κλικ. Με δεξί αφαιρούμε όποιο φυτό έχουμε τοποθετήσει λάθος.
 - ★ Επιλέγοντας το receptors τοποθετούμε υποδοχείς (αισθητήρες) για τη μέτρηση των δεδομένων σε προκαθορισμένες θέσεις που παρουσιάζουν ενδιαφέρον κατά το μελετητή.
 - ★ Επιλέγοντας το sources τοποθετούμε στο μοντέλο τις πηγές ρύπων.
 - ★ Επιλέγοντας το DEM μπορούμε να σχεδιάσουμε ανάγλυφο έδαφος (αν η περιοχή προσομοίωσης δεν είναι επίπεδη)

Αφού ορίσαμε όλα τα στοιχεία στο μοντέλο, το μετατρέπουμε σε λεπτομερές σχέδιο (convert to detailed design) και επομένως σε τρισδιάστατο.

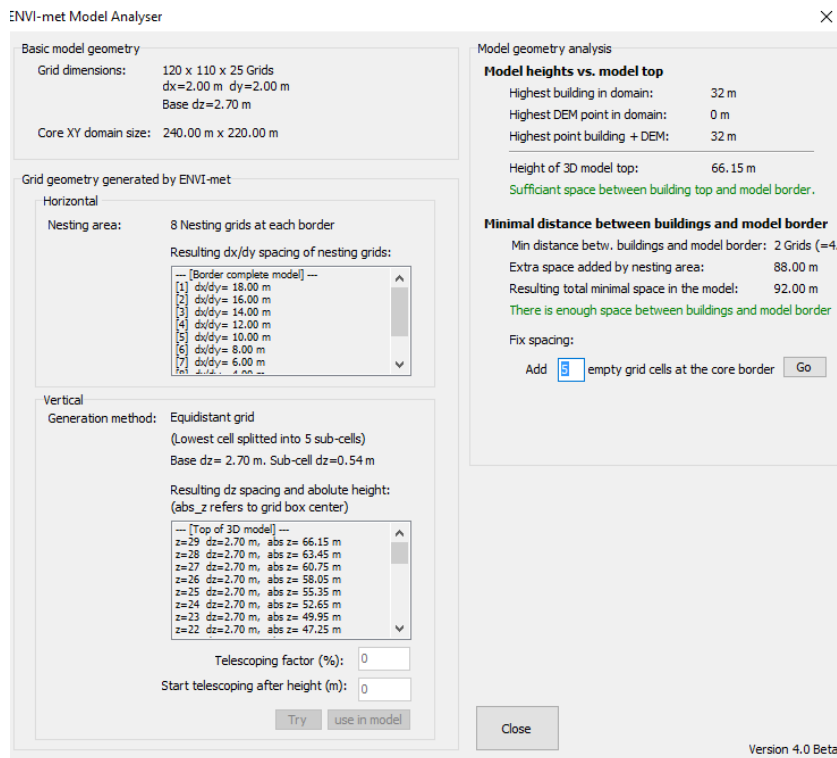
- Στην καρτέλα 3D Model πατάμε open 3D View και έχουμε την τρισδιάστατη απεικόνιση του μοντέλου. Με πατημένο control και μετακίνηση του ποντικιού μπορούμε να το περιστρέψουμε και με πατημένο το shift μπορούμε να το μετακινήσουμε στις 2 διαστάσεις. Τώρα μπορούμε να ορίσουμε ξεχωριστά υλικά για κάθε πρόσοψη ή κάθε στέγη. Πατώντας set individual segment, επιλέγουμε το υλικό στο walls/roof και με πατημένο το shift και αριστερό κλικ το εφαρμόζουμε στην επιφάνεια.



Εικόνα 2.10. ENVI-met, SPACES, individual segment [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

όπως βλέπουμε, σε κάθε επιφάνεια του ίδιου κτιρίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά υλικά.

➤ Στην καρτέλα tools στο model inspector



Εικόνα 2.11. ENVI-met, SPACES, model inspector [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

προσέχουμε να είναι επικυρωμένο (πράσινο) ότι υπάρχει αρκετός χώρος ανάμεσα στα κτίρια και τα όρια του τρισδιάστατου μοντέλου (καθ' ύψος και κατά μήκος/πλάτος)

Εφόσον έχουμε έτοιμο λοιπόν το σχέδιο, στην καρτέλα project πατάμε save model as και αποθηκεύουμε το αρχείο spaces.

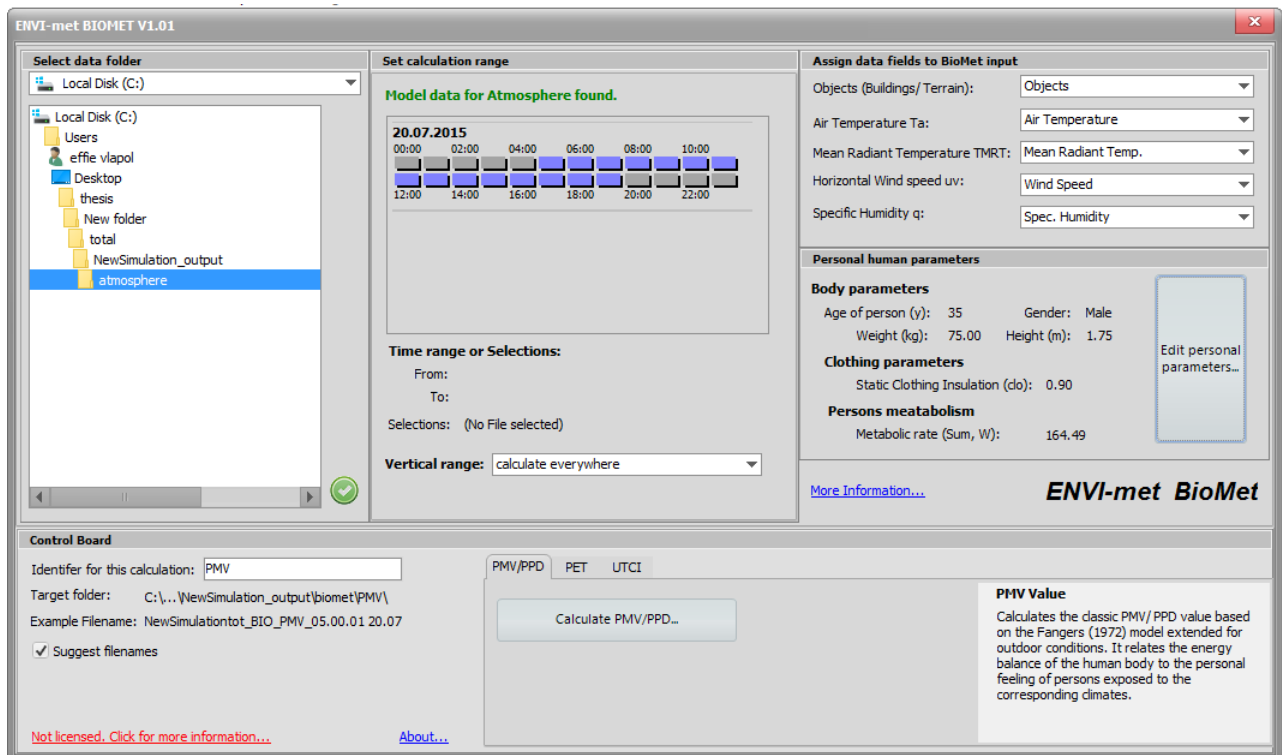
2.2.1.5 BIOMET

Το BioMet είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται μετά την εξαγωγή των αποτελεσμάτων του Envi-met, και υπολογίζει διαφορετικούς δείκτες θερμικής άνεσης. Για να επιτευχθεί αυτό, προφανώς απαιτούνται κάποια εξαγόμενα δεδομένα από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης και πιο συγκεκριμένα τα αποτελέσματα που αφορούν την ατμόσφαιρα (atmosphere output files (`_AT_`)).

Το BioMet βασικά συνοψίζει την επίδραση των 4 κύριων ατμοσφαιρικών μεταβλητών - θερμοκρασία του αέρα, ακτινοβολούμενη θερμοκρασία, ταχύτητα ανέμου και υγρασία- στην ανθρώπινη θερμική αίσθηση. Η ποιότητα ή η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων του BioMet εξαρτάται εξ'ολοκλήρου από την ποιότητα και την αξιοπιστία των παρεχόμενων δεδομένων. Με άλλα λόγια : αν η προσομοίωση έχει εξάγει μη ρεαλιστικά αποτελέσματα, τότε και το BioMet θα δώσει μη ρεαλιστικές τιμές.

Πώς χρησιμοποιείται:

Ανοίγουμε το BioMet και εμφανίζεται το ακόλουθο παράθυρο:



Εικόνα 2.12. ENVI-met, BIOMET V1.01 [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

- 1) **Folder Selection:** Επιλέγουμε τον φάκελο της ατμόσφαιρας από τα output files
- 2) **Set the calculation range:**

- Time range or selection: ορίζουμε για ποιες ώρες της προσομοίωσης θέλουμε να υπολογίσει τους δείκτες θερμικής άνεσης το BioMet. Οι ώρες που έχουμε δεδομένα (έχουν υπολογιστεί από το Envi-met είναι χρωματισμένες μπλε, ενώ αυτές για τις οποίες δεν έχουμε δεδομένα είναι γκρι. Πατώντας δεξί κλικ πάνω σε μία ώρα της προσομοίωσης και επιλέγοντας “set time series to whole range” επιλέγει όλες τις ώρες της προσομοίωσης, ενώ επιλέγοντας “set time series start to...” και “set time series end to...” υπολογίζει τους θερμικούς δείκτες από αυτή την ώρα και μέχρι αυτή την ώρα αντίστοιχα. Το clear time series, καταργεί κάθε επιλογή ωρών που έχουμε κάνει.
- Vertical range: ο υπολογισμός βιομετεωρολογικών δεικτών για κάθε ώρα μίας μέρας μπορεί να είναι πολύ χρονοβόρος. Από προεπιλογή, το ENVI-met υπολογίζει τους δείκτες για κάθε κελί που αντιστοιχεί στο αρχείο της ατμόσφαιρας _AT_. Παρ’ όλα αυτά, επειδή οι δείκτες του BioMet έχουν νόημα κατά βάση εκεί που οι άνθρωποι στέκονται ή περπατάνε, δεν υπάρχει λόγος να υπολογίζεται το PMV για παράδειγμα στα 60m πάνω από το έδαφος στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Επομένως μπορούμε να περιορίσουμε το κατακόρυφο εύρος του υπολογισμού με 3 επιλογές:
 - Calculate everywhere: κανένας περιορισμός
 - Calculate up to.. : υπολογίζει από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι ένα δοσμένο ύψος (το οποίο δίνουμε από κάτω)
 - Calculate only at.. : υπολογίζει μόνο στο ύψος που επιλέγουμε.

- 3) **assign data fields to BioMet input:** για τον υπολογισμό των δεικτών του BioMet, το πρόγραμμα πρέπει να γνωρίζει 5 πληροφορίες για κάθε κελί:

- Την τυπολογία (ελεύθερο κελί, κτίριο, έδαφος...)

- Τη θερμοκρασία του αέρα T_a
- Τη μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία $T_{MR,T}$
- Την οριζόντια ταχύτητα του ανέμου u_v
- Τη σχετική υγρασία q

Εφόσον έχουμε εισάγει τον φάκελο output της ατμόσφαιρας όμως δε χρειάζεται να κάνουμε τίποτα.

4) personal human parameters: από προεπιλογή, το άτομο για το οποίο εξετάζεται η θερμική άνεση είναι άντρας 35 χρονών, 75kg με 1,75m ύψος, που η ενδυμασία του είναι ανοιξιάτικη ($clo=0,9$) και περπατάει με ταχύτητα 1,21m/sec (εμπεριέχεται στον υπολογισμό του μεταβολισμού του).

Αν πατήσουμε edit personal parameters μπορούμε να μεταβάλουμε τις παραμέτρους αυτές.

Οι προσωπικές ρυθμίσεις όμως δεν επηρεάζουν όλες όλους τους δείκτες:

Το PMV/PPD συγκεκριμένα αναφέρεται πάντα σε άντρα 35 χρονών αλλά αντιδρά στις ενδυματικές παραμέτρους και στο μεταβολισμό.

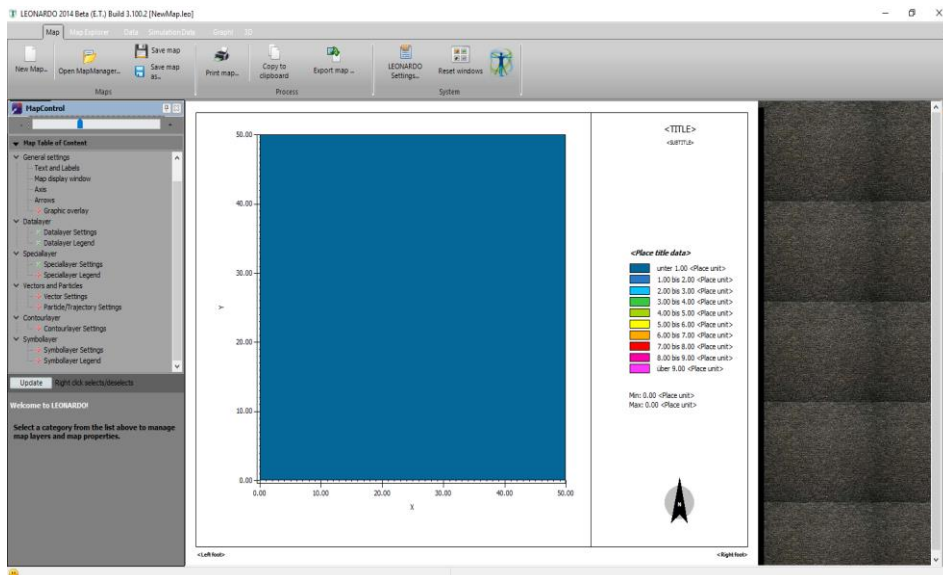
5) control board: επιλέγουμε ποιον δείκτη θέλουμε να υπολογίσουμε (στη δωρεάν έκδοση έχουμε τη δυνατότητα να υπολογίσουμε μόνο τον PMV/PPD και πατάμε calculate).

Όταν ο υπολογισμός τελειώσει βρίσκουμε μέσα στο φάκελο output και έναν φάκελο BIOMET μέσα στον οποίο είναι τα αρχεία PMV, ένα για κάθε υπολογισμένη ώρα. Τα εμφανίζουμε, όπως και τα υπόλοιπα, χρησιμοποιώντας το LEONARDO.

2.2.1.6 LEONARDO

Οπτικοποίηση αποτελεσμάτων (Leonardo)

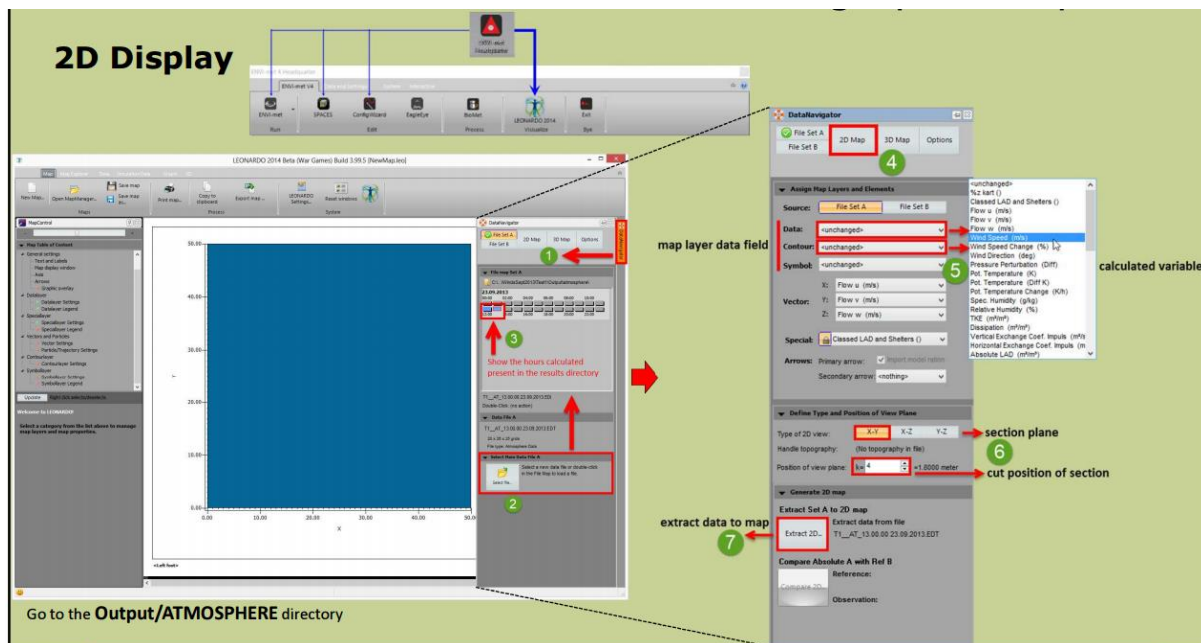
-ανοίγοντας το υποπρόγραμμα Leonardo εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο:



Εικόνα 2.13. ENVI-met, LEONARDO 2014 [πηγή: <http://www.envi-met.com>]

Αριστερά στο map control μπορούμε να εστιάσουμε (zoom) όσο επιθυμούμε μετακινώντας την μπάρα και κάτω δεξιά φαίνεται η θέση του βορρά.

Βήματα για την οπτικοποίηση:



Εικόνα 2.14. βήματα για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων [πηγή:

https://moodle.technion.ac.il/pluginfile.php/166455/course/section/62404/03_Cases.pdf]

1. Καρτέλα Simulation data -> show data navigator και εμφανίζεται το παράθυρο στα δεξιά
2. Έχοντας επιλεγμένο το file set A πατάμε το select file, επιλέγουμε το αρχείο output που έχει δημιουργηθεί στο φάκελό μας μετά το τέλος του “τρέξιματος” του προγράμματος και από εκεί επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε να οπτικοποιήσουμε. Έστω ότι μας ενδιαφέρει η ταχύτητα του ανέμου στις 12 το μεσημέρι στο ύψος που επηρεάζει το άτομο άμεσα (1,80 μέτρα): στο φάκελο output εντοπίζουμε το φάκελο atmosphere και επιλέγουμε το αρχείο που αντιστοιχεί στις 12:00 και πατάμε open.
3. Στο File map set A κάθε ορθογώνιο που εμφανίζεται αντιστοιχεί σε μία ώρα της ημέρας και αυτό που αντιστοιχεί στις 12:00 εμφανίζεται επιλεγμένο. (αν θέλουμε στο ίδιο αρχείο να επιλέξουμε άλλη ώρα κάνουμε διπλό κλικ στο ορθογώνιο που αντιστοιχεί στην ώρα που επιθυμούμε)
4. α) Πατάμε **2D Map** για απεικόνιση σε 2 διαστάσεις
5.
 - Στο Data επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε να οπτικοποιήσουμε - στην περίπτωσή μας την ταχύτητα του αέρα (wind speed m/s)
 - Στο contour επιλέγουμε κάποιο στοιχείο αν θέλουμε να οπτικοποιήσουμε τις ισουφείς του
 - το symbol συνήθως δεν το μεταβάλλουμε
 - Στο vector βρίσκουμε τα διανυσματικά μεγέθη όπως η ροή του αέρα κατά τις διευθύνσεις x, y, z
6.
 - Στο type of 2D view προσδιορίζουμε ποιες 2 διαστάσεις θα μας απεικονίσει το leonardo (συνήθως X-Y)

- Στο position of view plane βάζουμε το ύψος στο οποίο αντιστοιχούν τα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, βάζουμε $k=3(1.89m)$ αν μας ενδιαφέρει οι τιμές να αντιστοιχούν περίπου στο ύψος των πεζών, ή 0 αν μας ενδιαφέρουν οι τιμές στο έδαφος κλπ.

7. Πατάμε extract 2D για να γίνει η απεικόνιση των στοιχείων στο χάρτη

Από εδώ ασχολούμαστε αποκλειστικά με το map table of content (αριστερά στην οθόνη)

- General settings -> εδώ βρίσκονται τα γενικά χαρακτηριστικά του χάρτη όπως ονόματα αξόνων, ετικέτες, χρώμα απεικόνισης βέλων κλπ (δεν απαιτείται αλλαγή)
- datalayer-> ενεργοποιούμε τα datalayer settings και legend πατώντας δεξί κλικ (από κόκκινη κουκίδα - όταν είναι απενεργοποιημένα- γίνεται πράσινο x) Στο legend μπορούμε να μεταβάλουμε τον τρόπο με τον οποίο χρωματίζεται ο χάρτης μέσω του color mapping, να αλλάξουμε τις μονάδες του data (εμείς έχουμε wind speed σε m/s) και τον αριθμό των δεκαδικών ψηφίων που εμφανίζονται, κ.ά.
- speciallayer-> ενεργοποιούμε το speciallayer settings (με δεξί κλικ) και στο special layer sets προσδιορίζουμε με τι χρώμα θέλουμε να απεικονίζεται το κάθε αντικείμενο (κτίρια, βλάστηση, έδαφος, πηγές ρύπων κλπ. Το Leonardo παρέχει μία προεπιλογή



πατώντας ENVI-met defaults . Ενεργοποιώντας και το speciallayer legend, τα speciallayer sets εμφανίζονται και δίπλα στο χάρτη ως υπόμνημα.

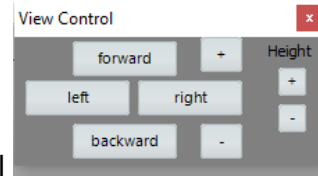
- Vectors and particles-> ενεργοποιούμε το vector settings και βλέπουμε ότι εμφανίζονται στο χάρτη βέλη που δείχνουν τη ροή του ανέμου. Για να αλλάξουμε το μέγεθος των βελών, το χρώμα τους, την πυκνότητά τους κ.ά χρησιμοποιούμε το vector display
- Contourlayer -> ενεργοποιούμε το contourlayer settings και εμφανίζονται ισουψείς

4. β) πατάμε **3D Map** για απεικόνιση σε 3 διαστάσεις

5.

- Στο Data επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε να οπτικοποιήσουμε - στην περίπτωση μας την ταχύτητα του αέρα (wind speed m/s)
- Στο ISO-3D επιλέγουμε κάποιο στοιχείο αν θέλουμε να οπτικοποιήσουμε τις ισουψείς του
- Στο vector βρίσκουμε τα διανυσματικά μεγέθη όπως η ροή του αέρα κατά τις διευθύνσεις x, y, z

6. Extract 3D



Πάνω δεξιά εμφανίζεται ένα μικρό παράθυρο view control

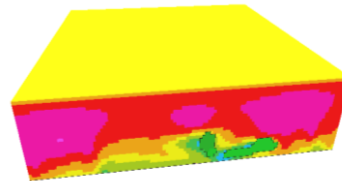
Με το οποίο μπορούμε να μετακινηθούμε στον τρισδιάστατο χώρο που απεικονίσαμε.

Επίσης έχοντας πατημένο το πλήκτρο Ctrl και μετακινώντας το ποντίκι, περιστρέφουμε το μοντέλο μας και περιηγούμαστε σε αυτό.

Έχοντας πατημένο το πλήκτρο Shift και μετακινώντας το ποντίκι λειτουργεί ως "pan" δηλαδή μετακινούμε το μοντέλο στις 2 διαστάσεις.

Στο map table of content:

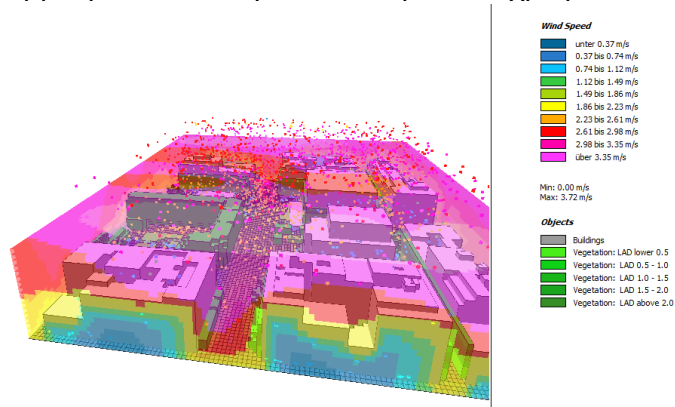
- Datalayer 3D -> ενεργοποιούμε το datalayer 3D legend και εμφανίζονται οι τιμές του data (στην περίπτωση μας οι τιμές της ταχύτητας του αέρα) στο υπόμνημα. Ενεργοποιώντας και το datalayer 3D settings εμφανίζεται η ταχύτητα του αέρα και



μέσα στο χάρτη. Αρχικά φαίνεται ως ένα κουτί . Κάνοντας μεγέθυνση, όμως και διορθώνοντας το ύψος θέασης, ή διαφορετικά μειώνοντας το transparency στο drawing options for data volumes στο datalayer 3D, μπορούμε να παρατηρήσουμε το data μας μέσα σε κάθε σημείο του μοντέλου.

- ❖ Αν θέλουμε τις περιοχές όπου το data μας έχει συγκεκριμένες τιμές (πχ wind speed 0 -1m/s) στο data selection methods επιλέγουμε το κουτί filter by data value, βάζουμε τις τιμές που θέλουμε και πατάμε update.
- ❖ Αν θέλουμε σε μία συγκεκριμένη περιοχή (του 3D μοντέλου) όλες τις τιμές που παίρνει το data μας επιλέγουμε το filter by location και προσδιορίζουμε την περιοχή ενδιαφέροντος.
- ❖ Αν θέλουμε το data να εμφανίζεται πιο διακριτικά (με διαφάνεια) ή σε μικρότερο βαθμό, μεταβάλλουμε τις μπάρες στο drawing options for data volumes.
- Speciallayer 3D -> ενεργοποιούμε το speciallayer 3D settings και ,όπως και στο 2D, μπορώ να χρησιμοποιήσω το ENVI-met defaults.
- Vectorlayer 3D-> ενεργοποιούμε το vector 3D settings και το particle/trajectory 3D settings. Στο animation πατώντας play εμφανίζεται η ροή του ανέμου εφόσον έχουμε vector x,y,z -> flow u,v,w. Στο particle style and color μπορούμε απεικονίσουμε τη ροή με μεγαλύτερα σωματίδια τα οποία μπορούμε και να χρωματίσουμε με βάση τις τιμές του data (δηλαδή εδώ κάθε σωματίδιο στο χώρο να έχει το χρώμα που αντιστοιχεί στην ταχύτητα του ανέμου στο σημείο εκείνο ή αν ως data είχαμε πχ τη

θερμοκρασία του αέρα, θα έπαιρναν τα χρώματα που θα αντιστοιχούσαν σε αυτή)



- Facadelayer 3D -> αν έχουμε διαφορετικά υλικά στις προσόψεις ή στις οροφές των κτιρίων απεικονίζει τα υλικά αυτά

Και στις 2 περιπτώσεις χαρτών (2D και 3D Map) μπορούμε να κάνουμε σύγκριση ανάμεσα σε διαφορετικές ώρες προσομοίωσης του ίδιου μοντέλου, ή και ανάμεσα σε 2 διαφορετικά μοντέλα, χρησιμοποιώντας και στις δύο περιπτώσεις το file set B στο data navigator. Στο options καθορίζουμε αν η διαφορά θέλουμε να φαίνεται σε απόλυτη τιμή ή % και ποιο από τα A και B αποτελεί το μοντέλο αναφοράς έναντι του άλλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ- ENVIMET

3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

3.1.1 Σχεδιασμός περιοχής προσομοίωσης στο spaces

Για τα στοιχεία της περιοχής εκτός από το google earth, google maps (street view), eagle eye έγιναν και επί τόπου παρατηρήσεις στους δρόμους της περιοχής για τα είδη των δέντρων και των επιφανειών εδάφους. Επιπλέον, καθώς θα κατασκευαστεί σταθμός μετρό στην περιοχή, έπειτα από επικοινωνία με μηχανικούς του αττικό μετρό, δόθηκαν τα σχέδια της περιοχής μετά την κατασκευή του μετρό, τα οποία και χρησιμοποιήθηκαν ως υφιστάμενη κατάσταση.

- Για την αποτύπωση της περιοχής μελέτης, μήκους 237 m και πλάτους 217 m, δημιουργήθηκε ένα κύριο πλέγμα με:
- 120 κελιά κατα τον άξονα x με διάσταση $dx=2m$
 - 110 κελιά κατα τον άξονα y με διάσταση $dy=2m$
 - 25 κελιά κατά τον άξονα z με διάσταση $dz=2,7m$

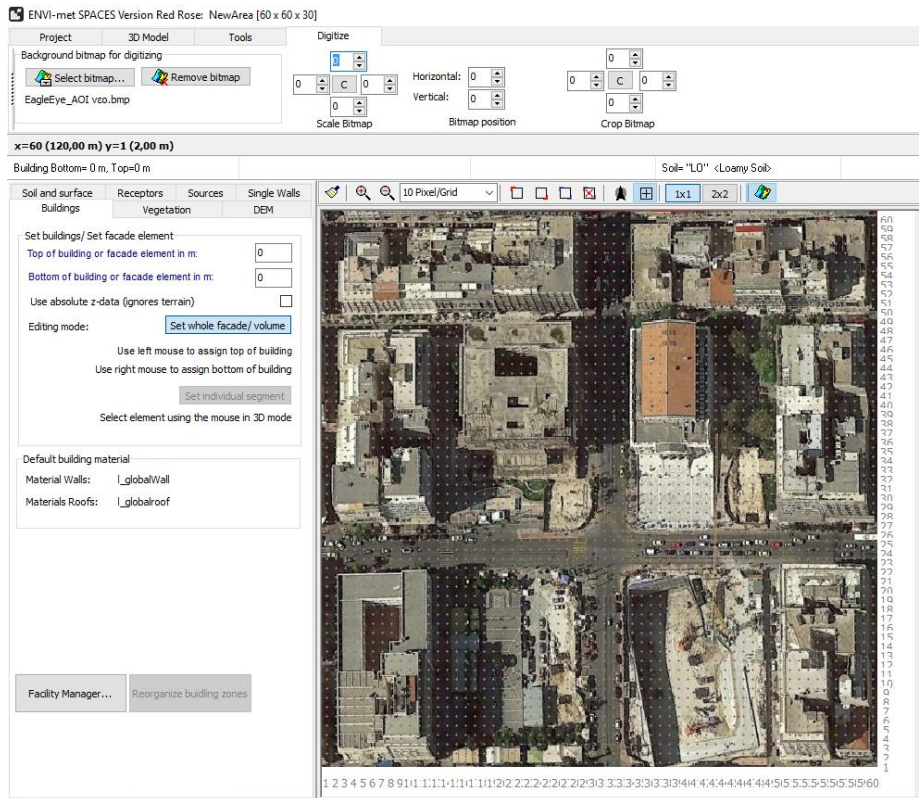
Περιμετρικά του κυρίου πλέγματος τέθηκαν 8 κελιά, προς κάθε πλευρά, υπό τη μορφή επάλληλων πλεγμάτων (nesting grids), προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή θέση των ορίων του υπολογιστικού πεδίου και να μην επηρεαστεί η ροή του αέρα από την ύπαρξη των υπό προσομοίωση στοιχείων. Επίσης, στα πεδία «Soil A» και «Soil B» έγινε ανάθεση τιμμεντένιων πλακών πεζοδρομίου, Pavement (Concrete), επειδή η ευρύτερη περιοχή γύρω από τα τέσσερα οικοδομικά τετράγωνα είναι δομημένη.

Κατά τον άξονα z επιλέχθηκαν κελιά σταθερού ύψους (equidistant), 25 στον αριθμό, με διάσταση 2.70 μέτρα το ένα και συνολικό ύψος 67,5m. Ο αριθμός και το ύψος των κελιών έγινε με βάση τον κανόνα ότι το συνολικό ύψος του μοντέλου πρέπει να είναι διπλάσιο ή παραπάνω από το ψηλότερο κτίριο στο μοντέλο. Τα ψηλότερα κτίρια στην περιοχή του Δημοτικού Θεάτρου είναι 32m από τη στάθμη του εδάφους. Το μοντέλο έχει λοιπόν συνολικό ύψος 67,5m, δηλαδή λίγο παραπάνω από το διπλάσιο του ύψους των κτιρίων της περιοχής ($32*2=64m < 67,5m$).

Επειδή η περιοχή μελέτης δεν ήταν προσανατολισμένη προς το Βορρά, το μοντέλο περιστράφηκε με φορά αντίθετη των δεικτών του ρολογιού κατά 55° , ώστε να προσομοιωθούν με ακρίβεια οι συνθήκες ηλιασμού και ροής του ανέμου. Τέλος, στη συγκεκριμένη έκδοση του προγράμματος είναι καταχωρημένη η πόλη της Αθήνας, έτσι το λογισμικό χρησιμοποιεί, αυτόματα, τις αντίστοιχες γεωγραφικές συντεταγμένες.

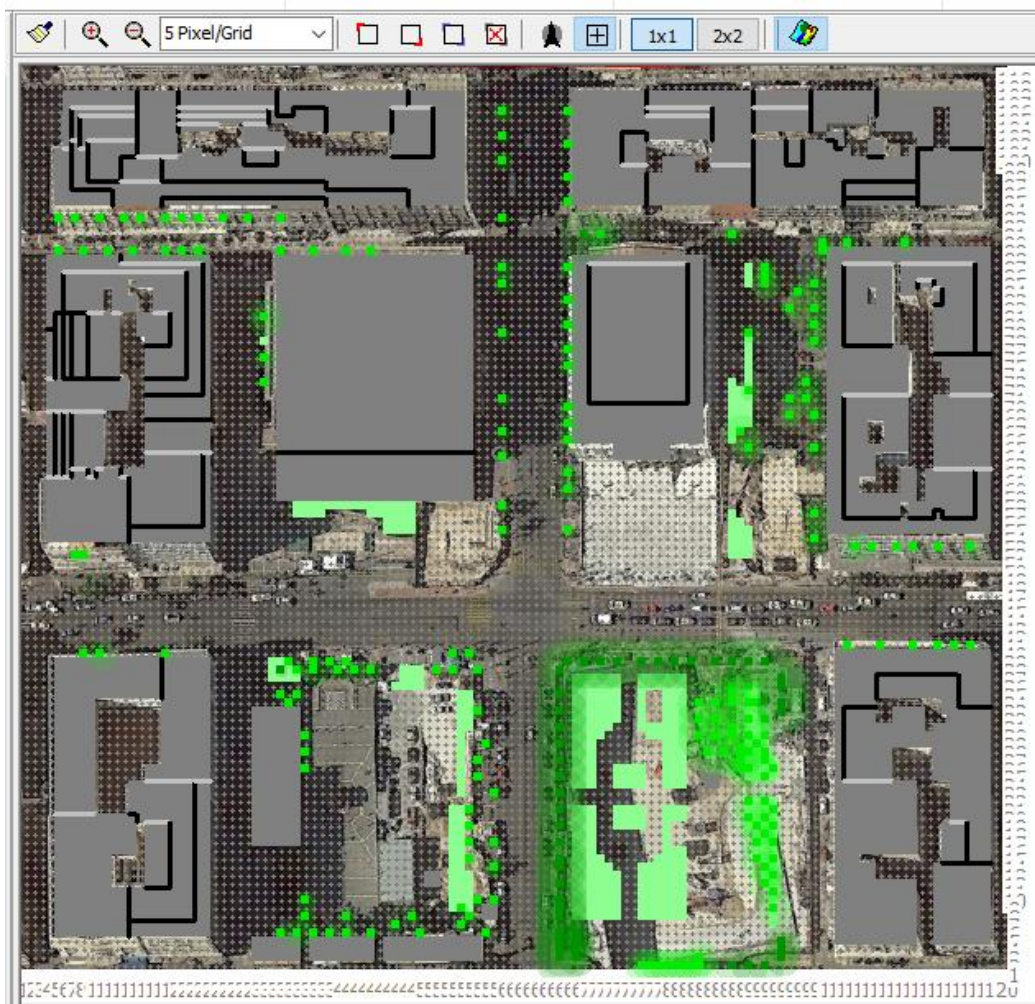
Πατώντας digitize-> select bitmap επιλέγουμε την περιοχή της προσομοίωσης που δημιουργήσαμε στο eagle eye και έτσι έχουμε μία βάση για τη σχεδίαση του μοντέλου.

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

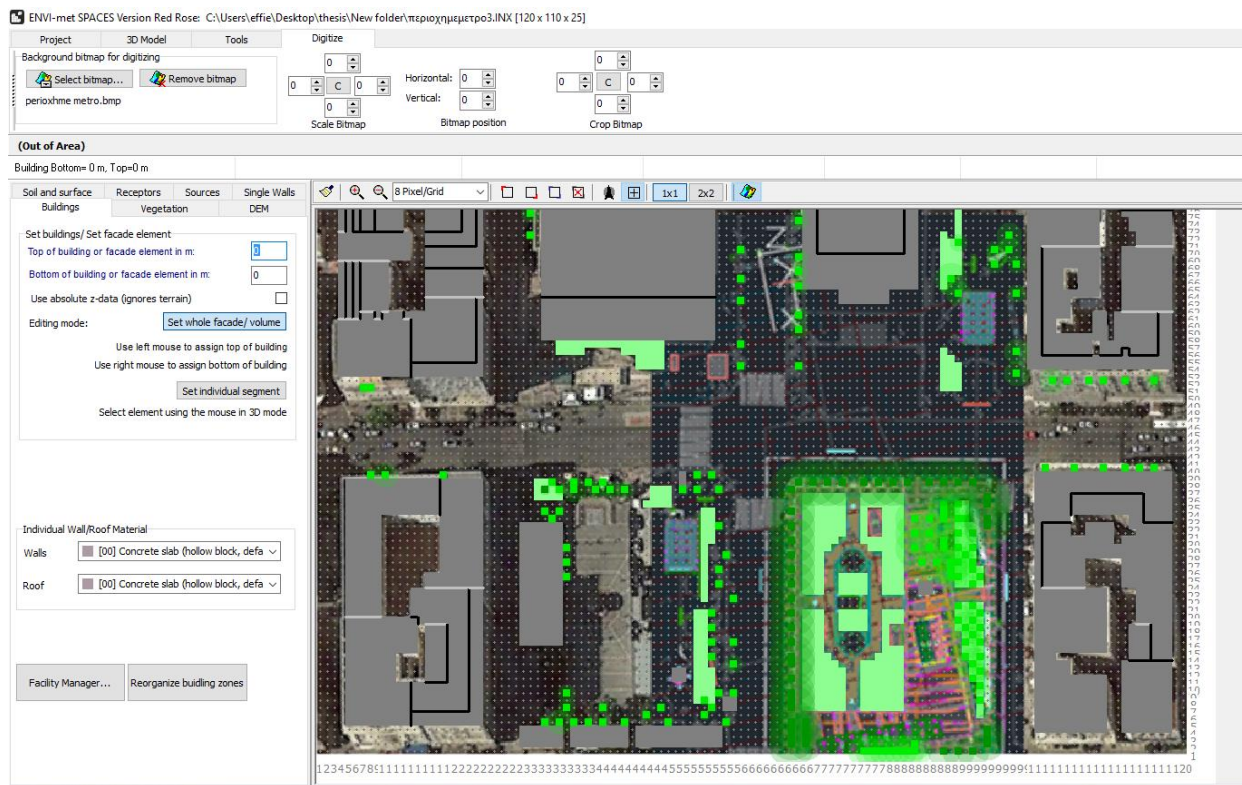


Εικόνα 3.1. εισαγωγή αρχείου bitmap στο SPACES [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

Τοποθετούμε τα κτίρια, τα εδαφικά προφίλ, τα φυτά, τις πηγές, και τα σημεία αναφοράς (receptors), όπως περιγράφηκε προηγουμένως. Τα φυτά της περιοχής κατά κύριο λόγο υπήρχαν στη βάση δεδομένων των τρισδιάστατων φυτών του ENVI-met. Χρησιμοποιήσαμε λεύκες (*Populus Alba*), νερατζιές (*Citrus x Aurantium*), φτελιές (*Ulmus X Hollandica*), ψευδοακακίες (*Robinia Pseudoacacia*), λίγουστρο (θάμνος) (*Privet*), κουτσουπιές (*Cercis Siliquastrum*), σφενδάμους (*Acer Negundo*), ελιές (*Olea Europaea*), πλάτανους (*Platanus X Acerifolia*), και κατασκευάστηκε στο Albergo βραχυχίτωνας (*brachychiton acerifolius*). Επίσης χρησιμοποιήθηκε γρασίδι (*grass*).



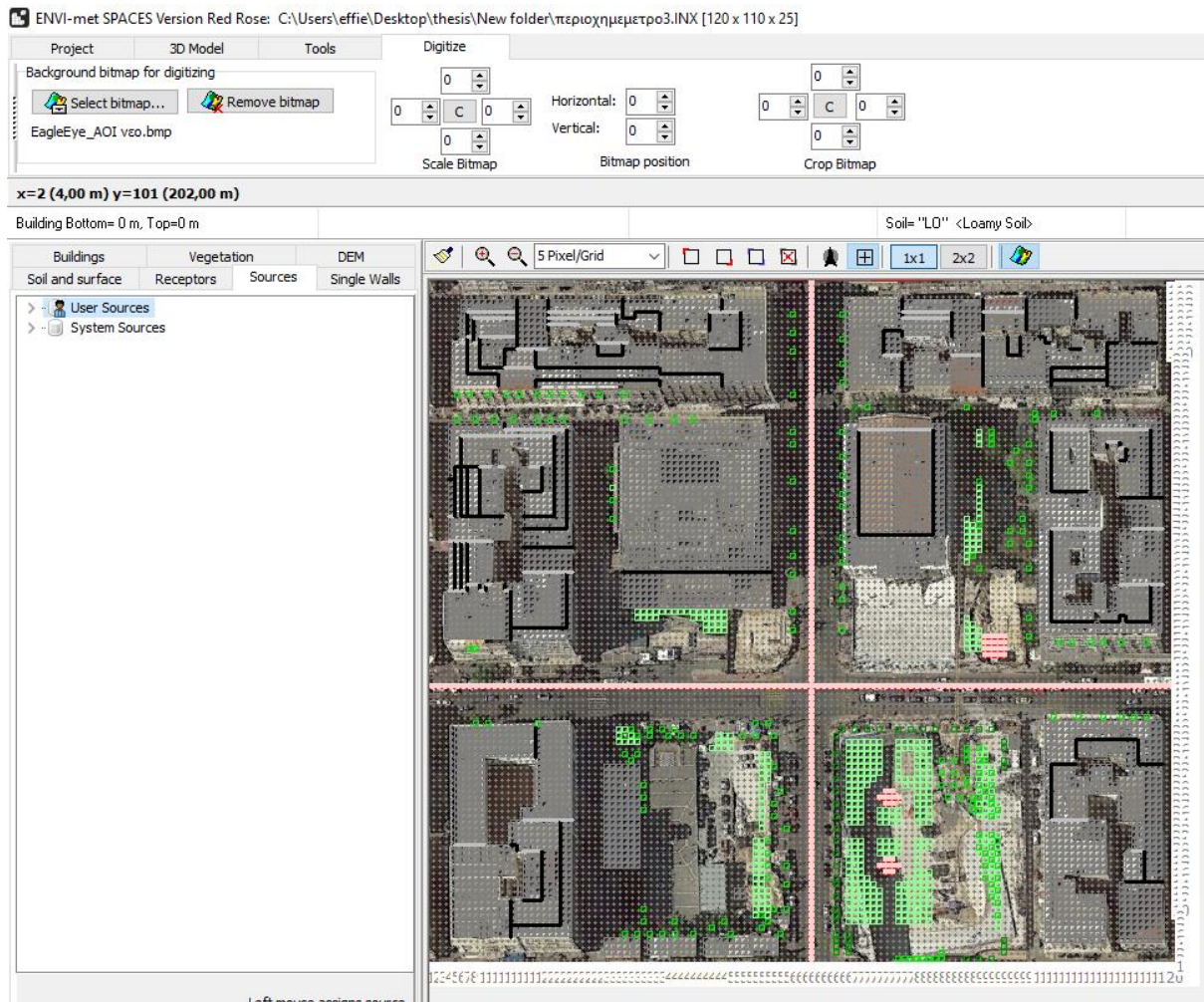
Εικόνα 3.2. αποτύπωση περιοχής προσομίωσης στο SPACES [πηγή: ENVImet,προσωπική εργασία]



Εικόνα 3.3. εισαγωγή αρχείου bitmap με την περιοχή του μετρό στο SPACES [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

Εδώ φαίνεται η λεπτομέρεια της περιοχής όπου θα κατασκευαστεί ο σταθμός του μετρο. Στο αρχικό bitmap του eagle eye έχουμε ενσωματώσει το σχέδιο της περιοχής μετά την κατασκευή του μετρό, ώστε να έχουμε εικόνα για το που θα τοποθετηθούν τα δέντρα, τα ασανσέρ, οι σκάλες καθόδου/ανόδου στο μετρό, ο εξαερισμός κά.

Επιλέγοντας την καρτέλα sources μπορούμε να δούμε και τις πηγές που τοποθετήσαμε: δύο γραμμικές πηγές ρύπων κατά μήκος των 2 βασικών οδών της περιοχής (Λεωφόρος Ηρώων Πολυτεχνείου και Λεωφόρος Βασιλέως Γεωργίου Α), και 3 πηγές νερού (συντριβάνια).



Εικόνα 3.4. εισαγωγή των βασικών πηγών ρύπανσης στο spaces [πηγή: ENVI-met,προσωπική εργασία]

Convert to detailed design -> open 3Dview και βλέπουμε πώς είναι στις 3 διαστάσεις η προσομοίωση. Μέσω του set individual segment βάλαμε κεραμίδια στη στέγη του δημοτικού θεάτρου.

Δεδομένου ότι, στην Ελλάδα η θερμότερη περίοδος εντοπίζεται στο τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου, επιλέχθηκε η 20η ημέρα του μήνα Ιουλίου του έτους 2015 για να πραγματοποιηθεί η μελέτη, αφού πρώτα διαπιστώθηκε ότι τη μέρα αυτή δεν είχαν λάβει χώρα ακραία καιρικά φαινόμενα για την εποχή αυτή, που θα έδιναν αποκλίσεις στις τιμές των κλιματικών μεγεθών στο πρόγραμμα προσομοίωσης. Για τον προσδιορισμό των μετεωρολογικών συνθηκών, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό στο Παλαιό Φάληρο, ο οποίος βρίσκεται σε απόσταση 6 km από την περιοχή μελέτης. Ο σταθμός αυτός είναι ιδιοκτησία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, φιλοξενείται στο 1ο γυμνάσιο Παλαιού Φαλήρου και βρίσκεται σε υψόμετρο 25 m.

Τα δεδομένα αφορούν σε ωριαίες τιμές της θερμοκρασίας (°C), σχετικής υγρασίας (%), ταχύτητας του ανέμου (m/s) και διεύθυνσής του, για την 20/07/2015 και για τη χρονική διάρκεια των προσομοιώσεων.

3.1.2 εισαγωγή μετεωρολογικών και άλλων δεδομένων

- ❖ Φτιάχνουμε φάκελο για το workspace
- ❖ Στο data and settings->manage projects and workspaces επιλέγουμε select workspace (ή change workspace αν έχουμε ήδη ένα και φτιάχνουμε επόμενο) και εκεί επιλέγουμε το φάκελο στον οποίο θα στεγάσουμε το workspace. Πατάμε create new project, δίνουμε ονόματα στο project και τον φάκελο μέσα στο φάκελο του workspace, πατάμε apply changes και done.
- ❖ Στο ENVI-met V4 ->configWizard -> select your project to work with επιλεγουμε το project μας και παταμε new.
- ❖ Στο select area input file θα επιλεξουμε select file και θα βρούμε το αρχείο του spaces.
- ❖ Θα πατησουμε next και στο names and folders θα ονομάσουμε τις προσομοιώσεις

❖ time and date

NewSimulation.SIM - ENVIwizard

Time and Date, Output
Define date and length of simulation and output options

Start and duration of model run

Start Date (DD.MM.YYYY): 20.07.2015

Start Time (HH:MM:SS): 04:00:00

Total Simulation Time (h): 16

Output settings

Output interval for files

Receptors and buildings (min): 60

All other files (min): 60 Include Nesting cells in output files

Edit as text... www.envi-met.com < Back Next >

Εικόνα 3.5. εισαγωγή ημερολογιακών στοιχείων στο ENVIwizard [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

Ως ημέρα προσομοίωσης της περιοχής ορίστηκε η 20ή Ιουλίου 2015, μία από τις θερμότερες μέρες του χρόνου, χωρίς ακραία καιρικά φαινόμενα.

Ως ώρα έναρξης ορίστηκε 04:00πμ, ώστε το μοντέλο να έχει τον απαραίτητο χρόνο για να μπορέσει να ακολουθήσει τις ατμοσφαιρικές συνθήκες χωρίς να επηρεάζεται από τις συνθήκες

εκκίνησης της προσομοίωσης. (οι 2 πρώτες ώρες του simulation μπορεί να είναι αναξιόπιστες..οπότε αν θέλουμε αποτελέσματα για τις 6 το πρωί βαζουμε να ξεκινήσει στις 4.)

Ο συνολικός χρόνος προσομοίωσης ορίστηκε σε 16 ώρες. Ο χρόνος που απαιτείται για να υπάρχει σύγκλιση των προσομοιώσεων με τις πραγματικές συνθήκες είναι 6 ώρες. Ο χρόνος αυτός είναι αρκετός για να λάβουμε αξιόπιστα αποτελέσματα για τις μεσημβρινές ώρες και για τις συνθήκες καθ' όλη την διάρκεια της μέρας μετά τις 06.00πμ. Επίσης να σημειωθεί ότι όσο πιο πολλές ώρες προσομοιώνει το μοντέλο, τόσο πιο βαρύ γίνεται υπολογιστικά.

Τα δεδομένα αποθηκεύονταν κάθε 60 min, μιας και οι τιμές των δεδομένων που είχαμε από το μετεωρολογικό σταθμό ήταν ωριαίες.

❖ meteorology: basic settings

NewSimulation.SIM - ENVIwizard

Meteorology: Basic settings
Define the basic meteorological framework for your simulation

Initial meteorological conditions

Wind uvw
Wind speed measured in 10 m height (m/s): 2.0
Wind direction (deg): 45 (0= from North... 180= from South...)
Roughness length at measurement site: 0.1

Temperature T
Initial temperature of atmosphere (K): 304.78 = 31.63 °C (Calculated when forcing is used)

Humidity q
Specific humidity at model top (2500 m, g/kg): 7.0
Relative humidity in 2m (%): 30

Edit as text... www.envi-met.com < Back Next >

Εικόνα 3.6. εισαγωγή μετεωρολογικών στοιχείων στο ENVIwizard [πηγή: ENVImet,προσωπική εργασία]

Η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 10 m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους τέθηκε ίση με 2 m/s. Η διεύθυνση του ανέμου ορίστηκε ως Βορειοανατολική (NE) : 45°

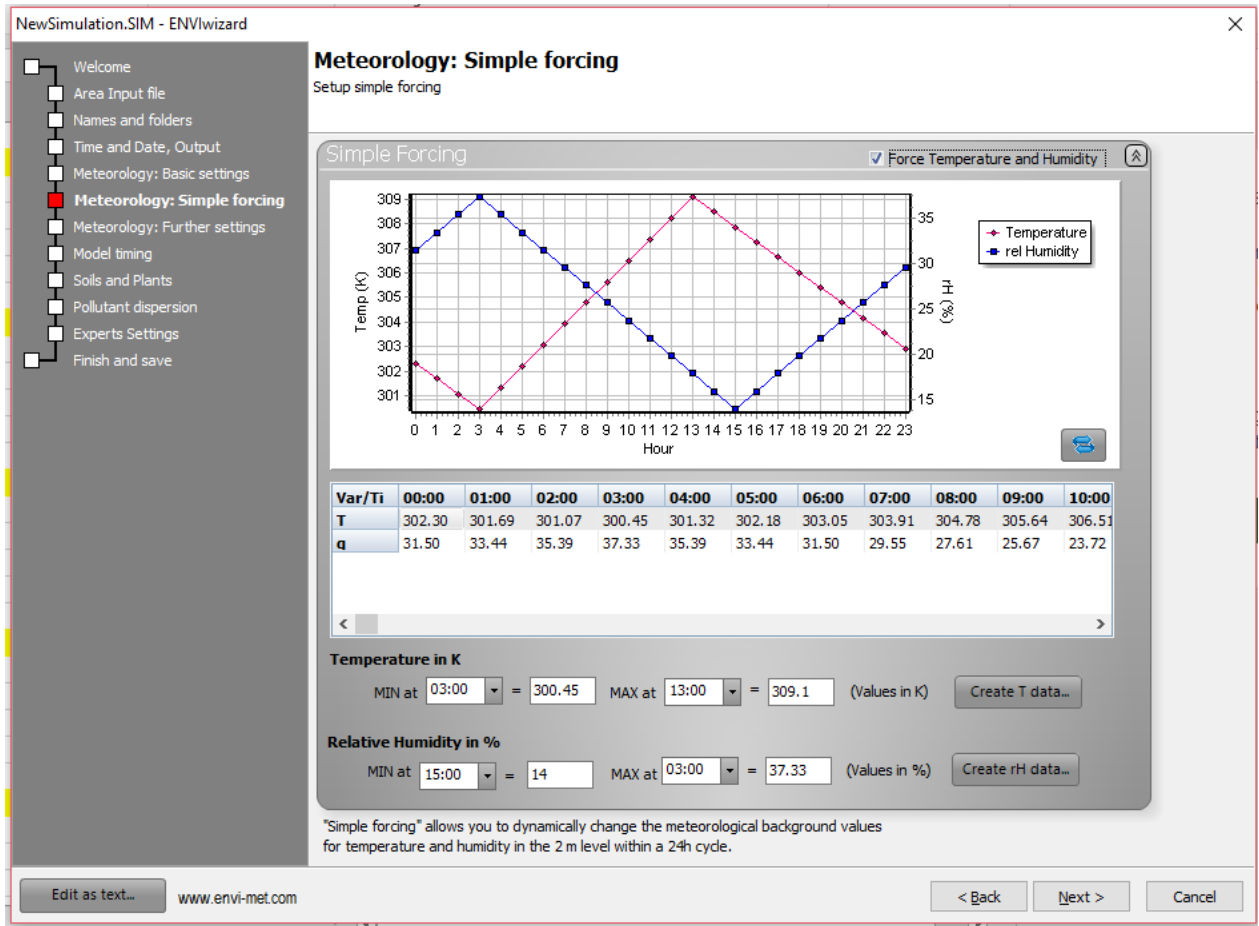
Για την τραχύτητα του εδάφους χρησιμοποιήθηκε η τιμή 0.1 m, που αντιστοιχεί σε συνθήκες εδάφους με μικρές ανωμαλίες.

Ως αρχική θερμοκρασία ορίστηκαν οι 31.50 °C ($273.15 + 31.50 = 304.65$ K). (Μ.Ο. των ωριαίων μέσων θερμοκρασιών)

Στην ειδική υγρασία στην κορυφή του μοντέλου δόθηκε η τιμή 7 g Water/kg air.

Η σχετική υγρασία σε ύψος 2 m από το έδαφος τέθηκε ίση με 30 %.

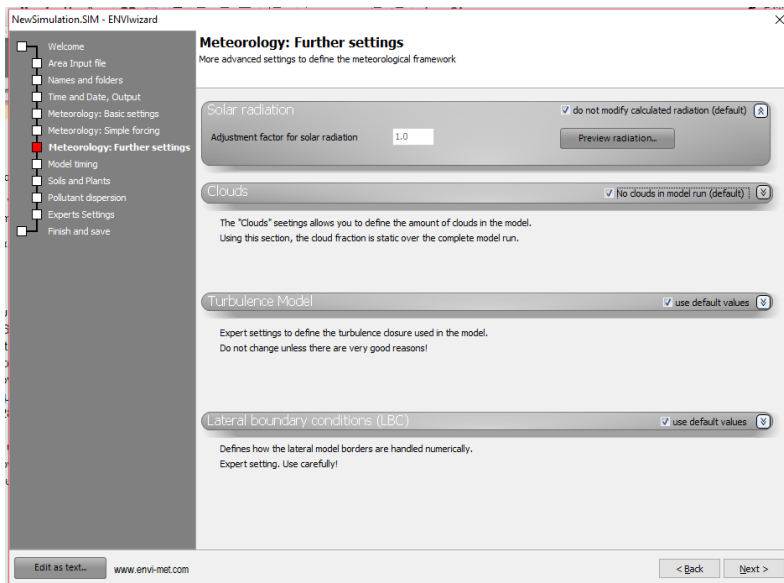
❖ meteorology: simple forcing



Εικόνα 3.7. εισαγωγή μετεωρολογικών στοιχείων στο ENVIwizard [πηγή: ENVImet,προσωπική εργασία]

❖ meteorology: further settings

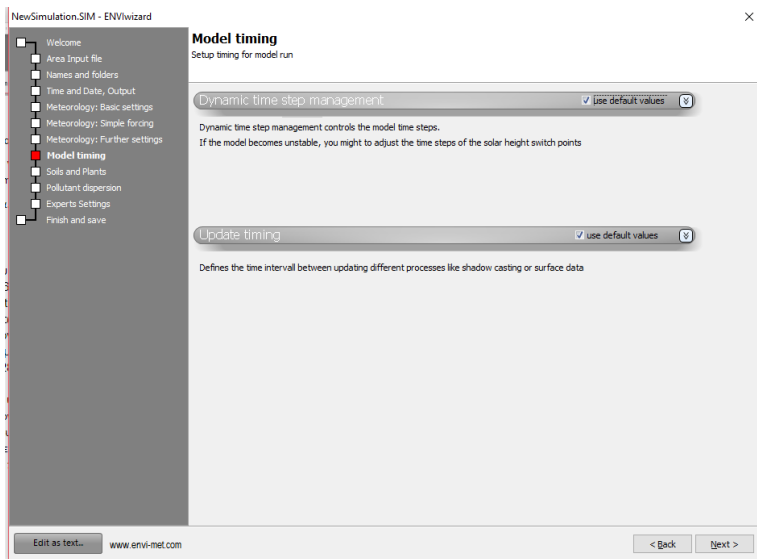
Τα αφήνω όλα ως έχουν



Εικόνα 3.8. επιπλέον μετεωρολογικές ρυθμίσεις στο ENVIwizard [πηγή: ENVImet, προσωπική εργασία]

❖ model timing

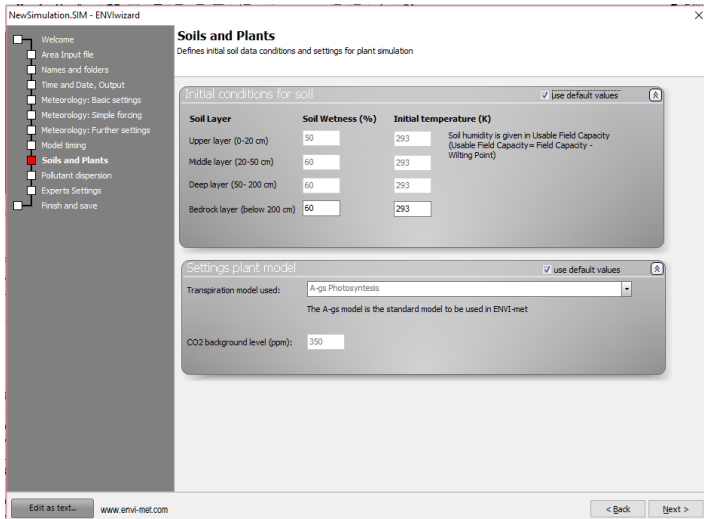
Τα αφηνω επίσης ως έχουν



Εικόνα 3.9. model timing στο ENVIwizard [πηγή: ENVImet, προσωπική εργασία]

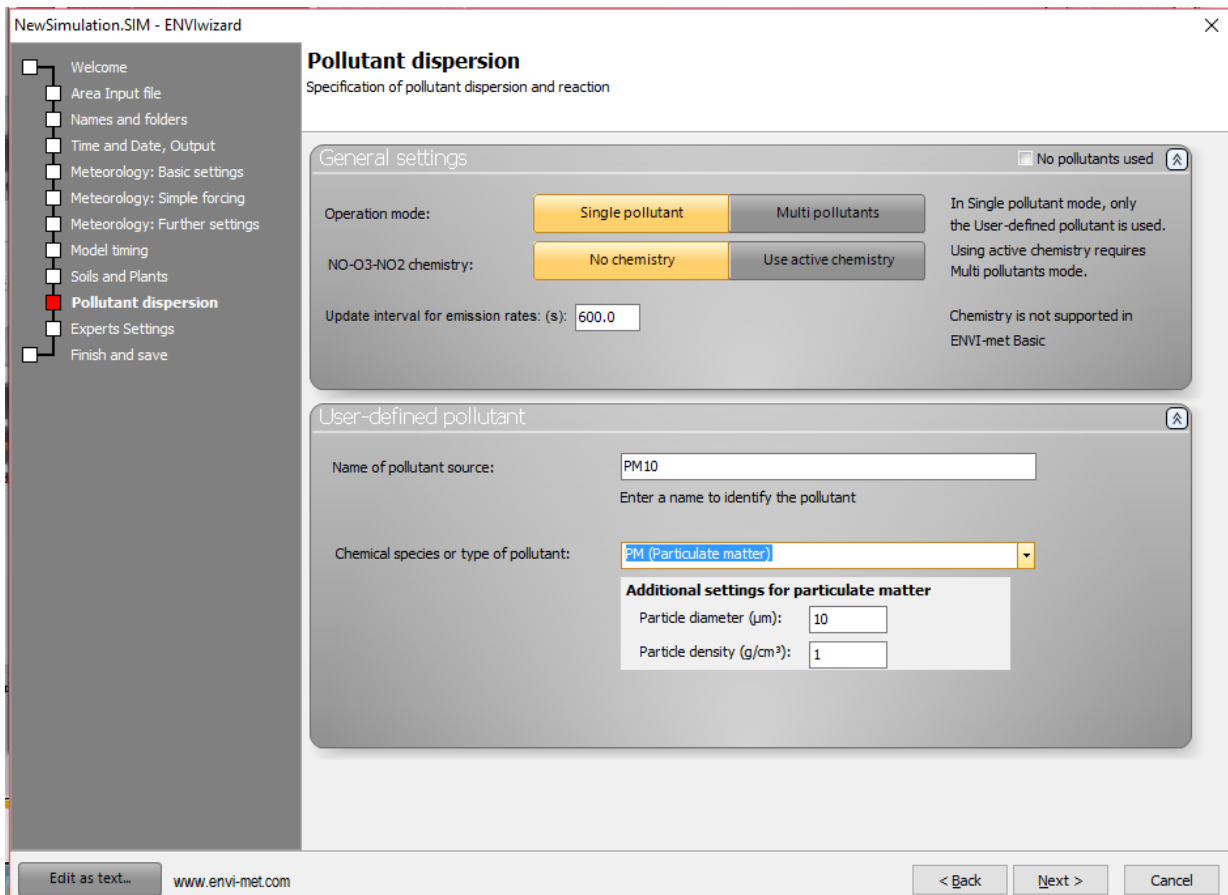
❖ soils and plants

Δεν μεταβάλω κάτι



Εικόνα 3.10. soils and plants στο ENVIwizard [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

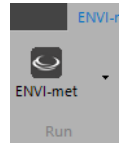
❖ pollutant dispersion



Εικόνα 3.11. εισαγωγή πηγών ρύπων στο ENVIwizard [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

❖ Finish&save

Και κλείνουμε το παράθυρο



- ❖ Στο **ENVI-met V4** -> στο 1ο εικονίδιο πατώντας το βελάκι επιλέξαμε τις διαστάσεις 150x150x35
- ❖ Όταν το ENVI-met τελειώσει την επεξεργασία, μέσα στο φάκελο του project βρίσκουμε έναν νέο φάκελο με όνομα new simulation output. Μέσα σε αυτόν τον φάκελο είναι όλα τα δεδομένα που έχει εξάγει το πρόγραμμα, τα οποία μπορούμε να εξάγουμε χρησιμοποιώντας το leonardo.
- ❖ Για να οπτικοποιήσουμε και δείκτες θερμικής άνεσης πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το BioMet, όπως αναλύθηκε νωρίτερα. Λόγω της καλοκαιρινής περιόδου, μεταβάλλουμε την τιμή της παραμέτρου ενδυμασίας (η οποία από προεπιλογή είναι 0.9 και αντιστοιχεί σε ανοιξιάνικη/φθινοπωρινή ενδυμασία) σε 0.36 που αντιστοιχεί στην πιο καλοκαιρινή ενδυμασία.

The screenshot shows a dialog box titled "Set personal parameters" with a close button (X) in the top right corner. The dialog is divided into two main sections: "Set personal human parameters" on the left and "Set human parameters" on the right.

Set personal human parameters

- Body parameters**
 - Age of person (y): 35
 - Gender: Male (dropdown menu)
 - Weight (kg): 75.00
 - Height (m): 1.75
- Clothing parameters**
 - Static Clothing Insulation (clo): 0.36
- Body metabolism**
 - Basal Rate (W): 84.49
 - Work Metabolism (W): 80.00 (with a refresh icon)
 - Calculate from walking speed (m/s): 1.21
- Sum metabolic work (W): 164.49**

Set human parameters

Define body, clothing and activity properties for the person to be analysed by BioMet.

Impact of person properties differs between the individual biomet indicators.

Reset human parameters to default values

Reset settings to a "Standard Human" according to ISO 7730

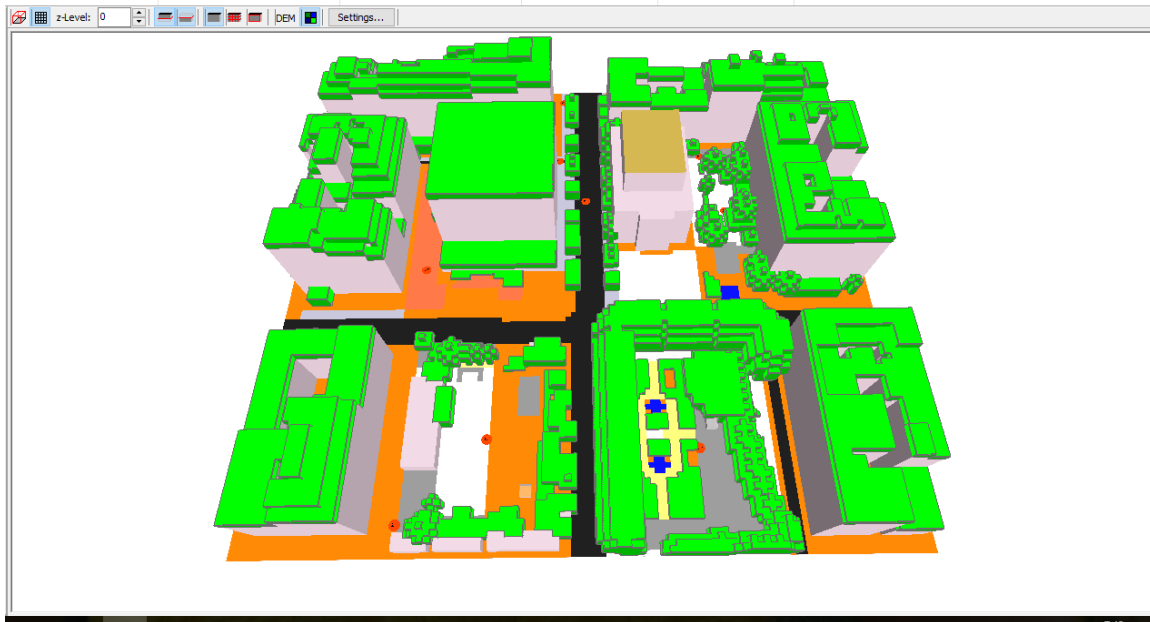
OK Cancel

Εικόνα 3.12. εισαγωγή προσωπικών παραμέτρων στο BioMet [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

3.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ

3.2.1 1Η ΒΕΛΤΙΩΣΗ (ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ)

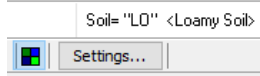
Στις στέγες όλων των κτιρίων (πέραν του Δημοτικού θεάτρου) τοποθετήσαμε γρασίδι (φύτευση εκτατικού τύπου)



Εικόνα 3.13. φυτεμένα δώματα [πηγή: ENVImet, προσωπική εργασία]

Τα χρώματα στο έδαφος απεικονίζουν το κάθε είδος επιφάνειας εδάφους : άσφαλτος, σκυρόδεμα ανοιχτόχρωμο/σκουρόχρωμο, γρανίτης, κυβόλιθοι, επιφάνειες νερού κά. Για την

απεικόνισή τους πατάμε αυτό το εικονίδιο:

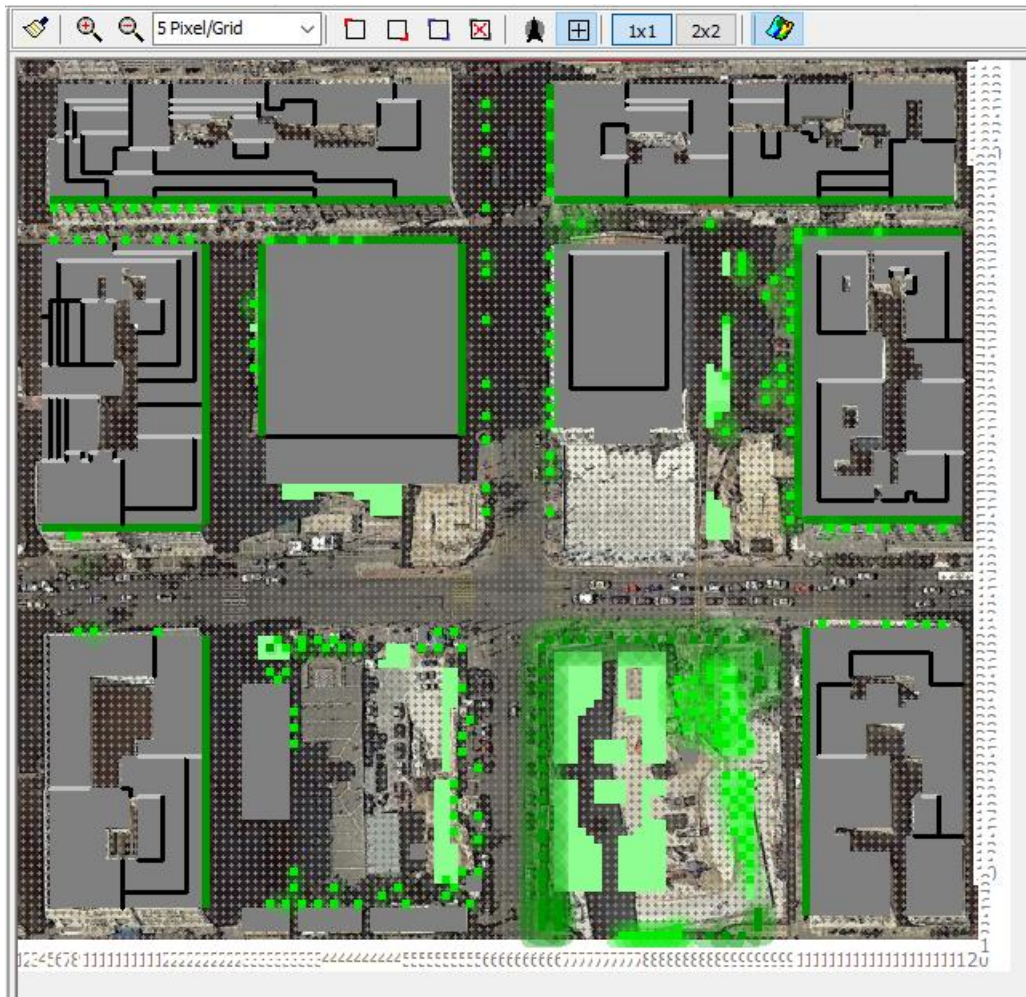


3.2.2 2Η ΒΕΛΤΙΩΣΗ (ΦΥΤΕΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΟΨΕΙΣ)

Φυσικά , η φυτοκάλυψη και των τεσσάρων προσόψεων κάθε κτιρίου θα είχε τα καλύτερα αποτελέσματα, κάτι τέτοιο όμως δε θα ήταν οικονομικά “λογικό”, τουλάχιστον στην παρούσα κατάσταση. Οπότε επιλέχθηκε οι πράσινοι τοίχοι να δημιουργηθούν στις πλευρές που είναι πιο εμφανείς από τον πολύ κόσμο, σε αυτές που “επικοινωνούν” με πεζόδρομους και στις νοτιοδυτικές πλευρές των κτιρίων, καθώς αυτές υπερθερμαίνονται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού δημιουργώντας δυσφορία στους κατοίκους.

Στο κτίριο του Δημοτικού θεάτρου, λόγω του ότι είναι νεοκλασσικό κτίριο, δε θα παρέμβουμε στις προσόψεις του.

Το ENVImet δεν έχει συγκεκριμένη δυνατότητα για δημιουργία φυτεμένων προσόψεων, δίνει όμως τη δυνατότητα να προσομοιαστούν αρκετά καλά με την τοποθέτηση δέντρων ακριβώς δίπλα στους τοίχους των κτιρίων. Τα δέντρα αυτά επιλέγουμε να μην έχουν μεγάλο πλάτος κορυφής γιατί θέλουμε να προσομοιάζονται ως αναρριχομενα.

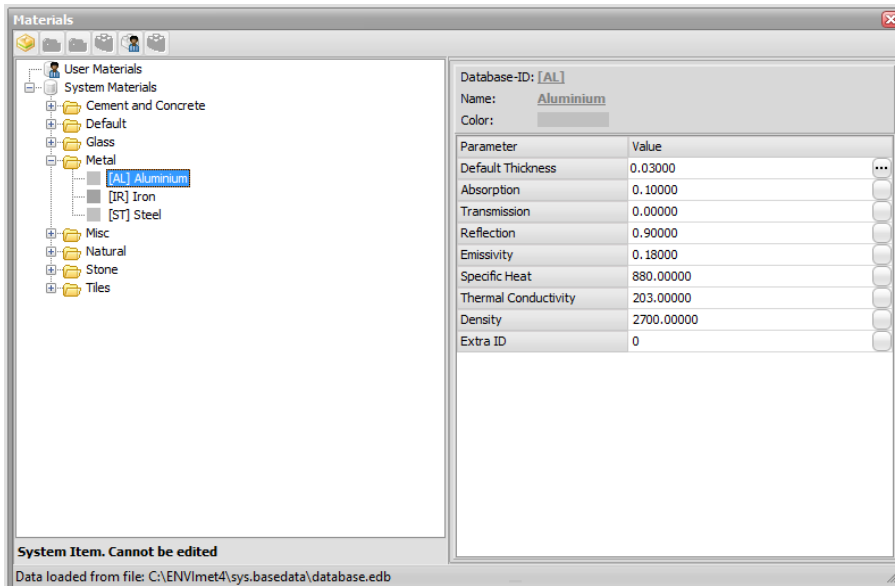


Εικόνα 3.14. φυτεμένες προσόψεις [πηγή: ENVImet, προσωπική εργασία]

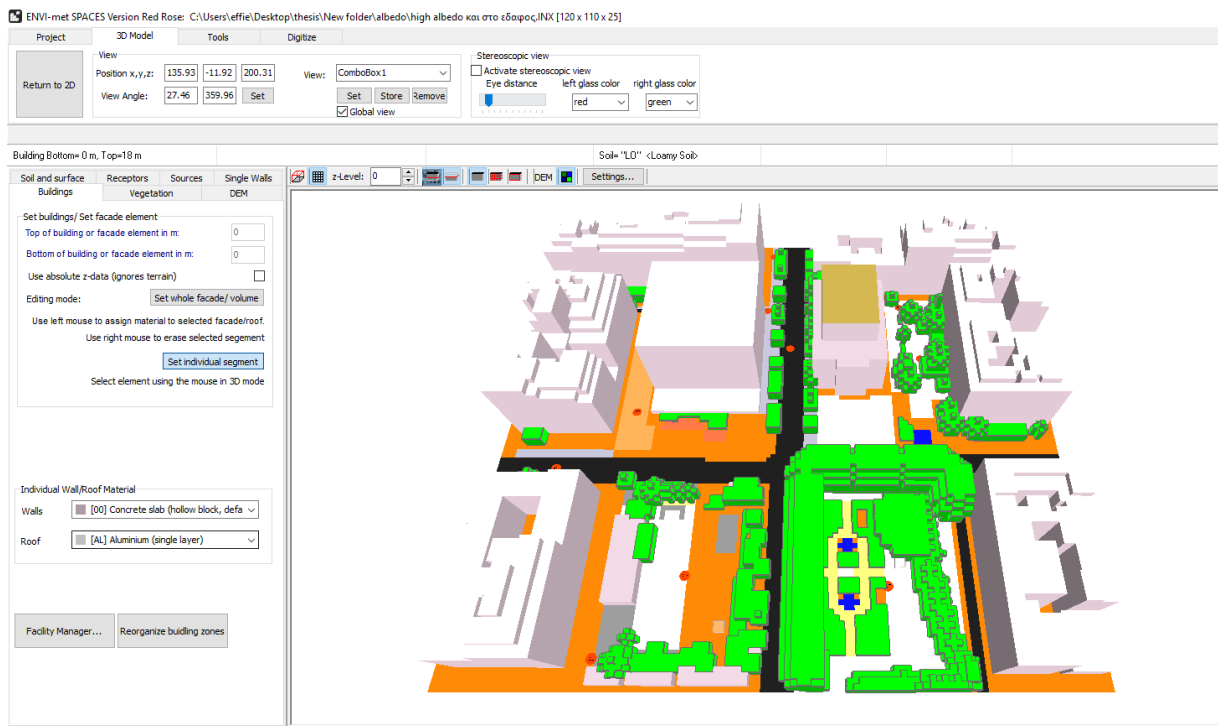
3.2.3. 3Η ΒΕΛΤΙΩΣΗ (ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΣΤΕΓΕΣ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΣ)

Με βάση προηγούμενο κεφάλαιο η τοποθέτηση υλικών με υψηλό albedo στα δώματα μόνο θετικά αποτελέσματα μπορεί να φέρει, ενώ σε μεγάλες επιφάνειες εδάφους μπορεί να δημιουργήσει αρνητικές επιπτώσεις. Έτσι αυτή η προσομοίωση έγινε για τη διαπίστωση αυτού.

Τοποθετήσαμε υλικά με υψηλό albedo σε όλα τα δώματα των κτιρίων (πέραν του Δημοτικού θεάτρου ξανά προφανώς) χρησιμοποιώντας το “set individual segment” και roof material->aluminium που έχει μεγάλο συντελεστή ανακλαστικότητας (reflection=0,9) και μικρή απορροφητικότητα (absorption=0,1), καθώς και στον πεζόδρομο δεξιά από το δημοτικό θέατρο, και στην περιοχή του σταθμού του μετρό όπου από albedo 0,5 που είχαμε στην αρχική προσομοίωση στον πεζόδρομο δίπλα στο δημοτικό θέατρο και στην πλατεία του μετρό, τοποθετήσαμε δάπεδο με albedo 0,8 (terre battue-smashed brick και concrete pavement light αντίστοιχα).



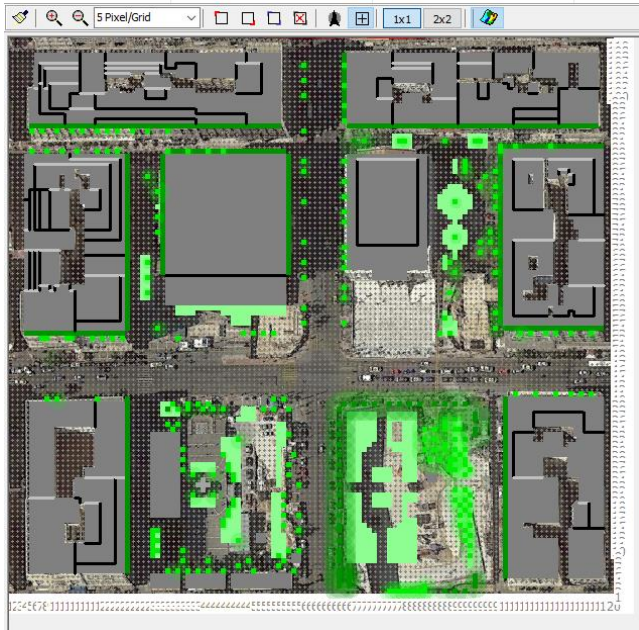
Εικόνα 3.15. ιδιότητες υλικών [πηγή: ENVI-met, manage database, προσωπική εργασία]



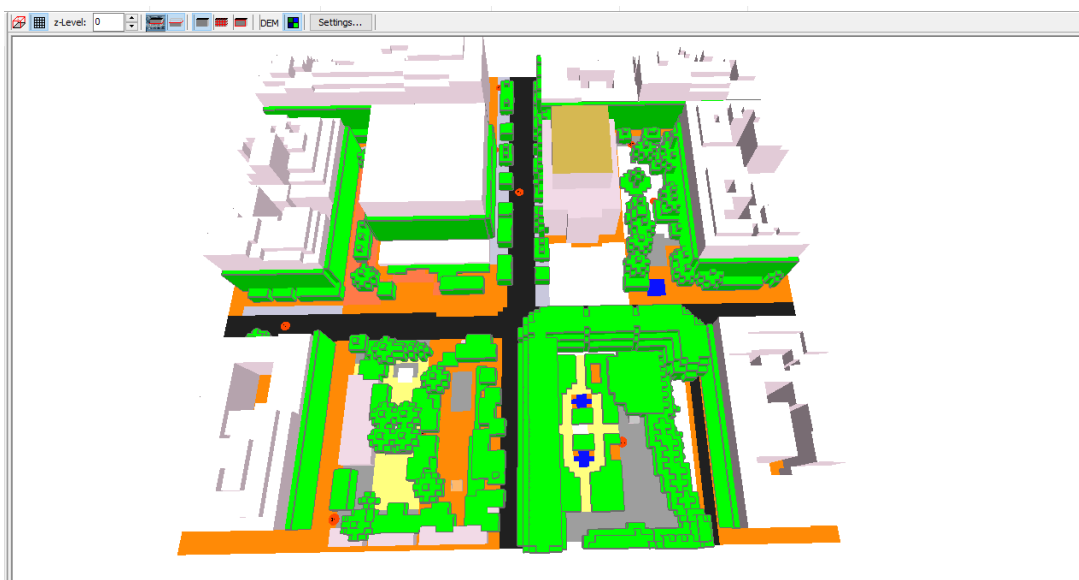
Εικόνα 3.16. αυξημένο albedo [πηγή: ENVI-met, προσωπική εργασία]

3.2.4. 4Η ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ

Η συνολική βελτίωση περιλαμβάνει φυτεμένες προσόψεις στη νοτιοδυτική κυρίως πλευρά και δευτερευόντως στη νοτιοανατολική, και αυξημένο albedo στις οροφές των κτιρίων. Επιπλέον έχουμε φυτεύσει παρτέρια στον πεζόδρομο δίπλα στο μέγαρο και δέντρα, όπως επίσης και στον πεζόδρομο δίπλα στο δημοτικό θέατρο. Στην πλατεία Κοραή έχουμε βάλει αρκετό γκαζόν και 4 δέντρα. Επίσης έχουμε θέσει στο αριστερό τμήμα της πλατείας Κοραή επιφάνεια δαπέδου με μικρότερη ανακλαστικότητα από την αρχική- πράγμα που αρνητικές επιπτώσεις έφερε και στη θερμοκρασία και στη θερμική άνεση, όπως θα δούμε.



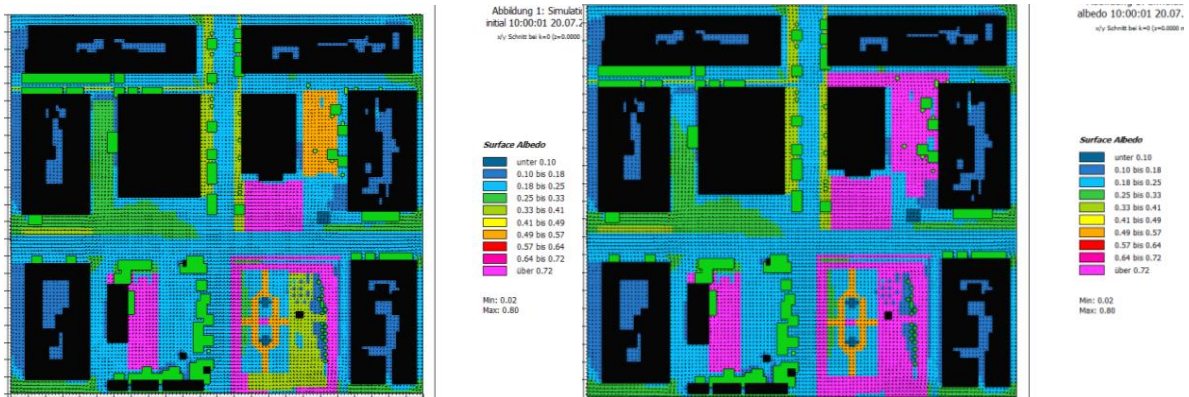
Εικόνα 3.17. συνολική βελτίωση [πηγή: ENVImet, προσωπική εργασία]



Εικόνα 3.18. συνολική βελτίωση 3D [πηγή: ENVImet, προσωπική εργασία]

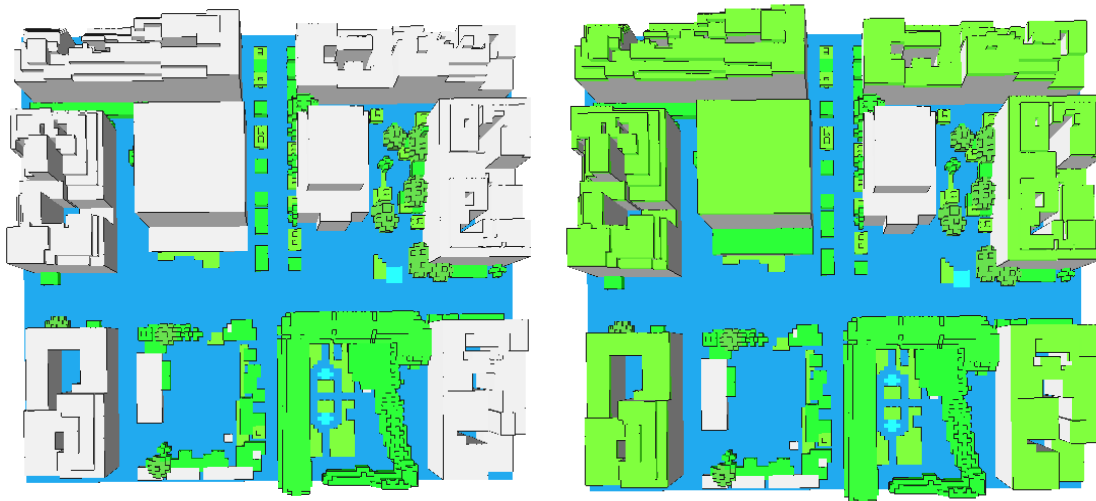
3.3 ΕΞΑΓΩΓΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ (LEONARDO)

1) προσομοίωση με αυξημένη ανακλαστικότητα



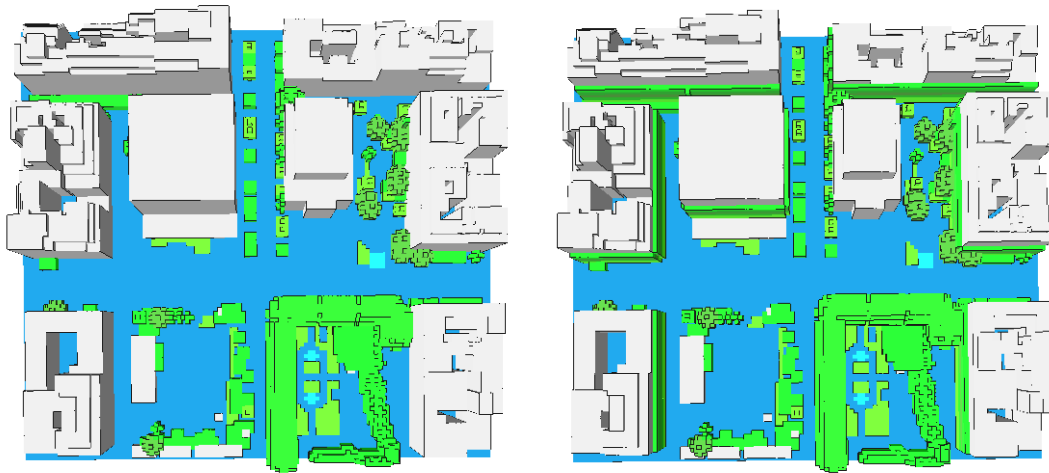
Εικόνα 3.19. στην 1^η απεικονίζεται η ανακλαστικότητα του δαπέδου στην αρχική προσομοίωση και στη 2^η στην προσομοίωση με αυξημένη ανακλαστικότητα [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

2) προσομοίωση με φυτεμένα δώματα



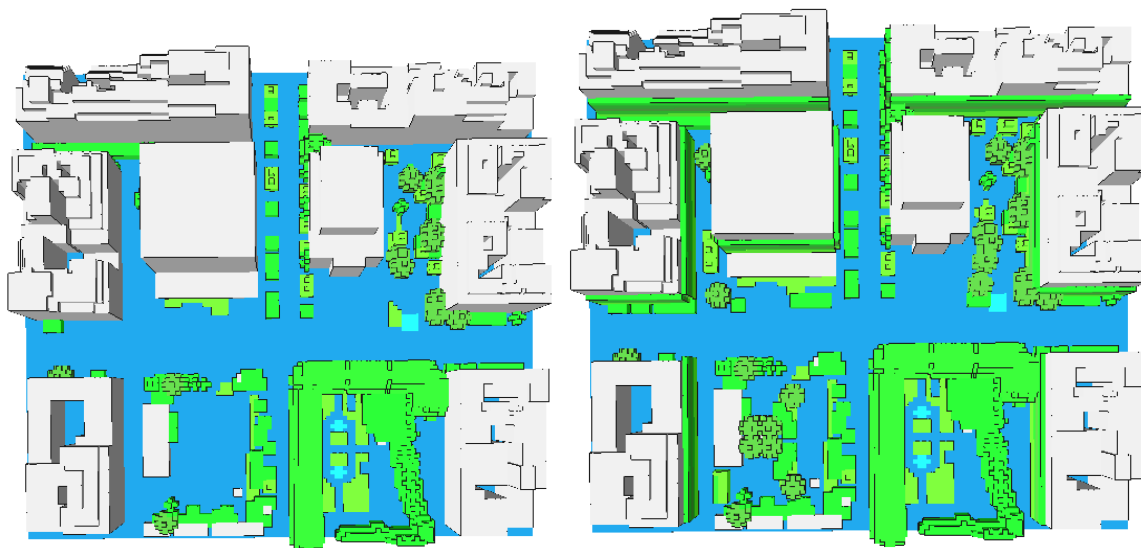
Εικόνα 3.20. στην 1^η απεικονίζεται η αρχική προσομοίωση και στη 2^η η προσομοίωση με φυτεμένα δώματα [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

3) προσομοίωση με πράσινες προσόψεις

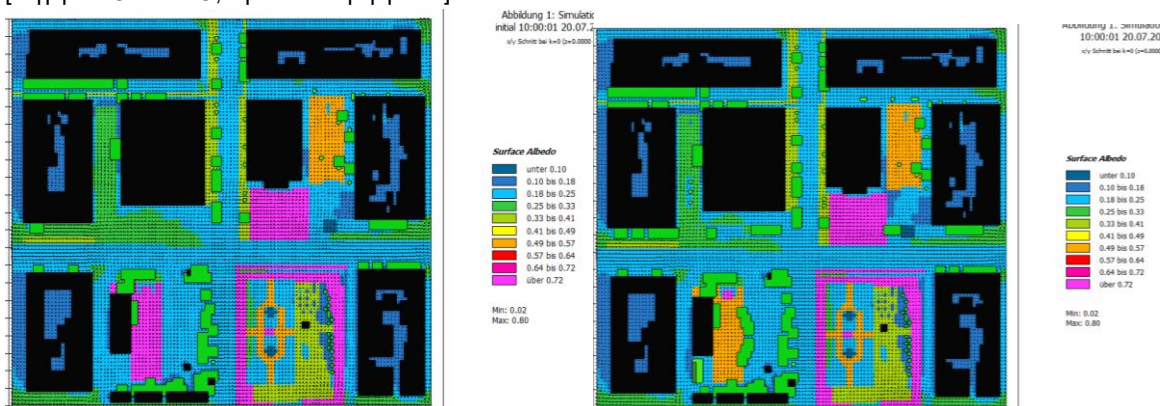


Εικόνα 3.21. στην 1^η απεικονίζεται η αρχική προσομοίωση και στη 2^η η προσομοίωση με φυτεμένες προσόψεις [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

4) Συνολικά βελτιωμένη προσομοίωση



Εικόνα 3.22. στην 1^η απεικονίζεται η αρχική προσομοίωση και στη 2^η η συνολικά βελτιωμένη προσομοίωση [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]



Εικόνα 3.23. στην 1^η απεικονίζεται η ανακλαστικότητα στην αρχική προσομοίωση και στη 2^η η ανακλαστικότητα στη συνολικά βελτιωμένη προσομοίωση [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

3.3.1 Σύγκριση προσομοίωσης με αυξημένη ανακλαστικότητα (albedo) με την αρχική (initial)

[οι τιμές είναι η διαφορά albedo-initial]

8:00

Θερμοκρασία αέρα

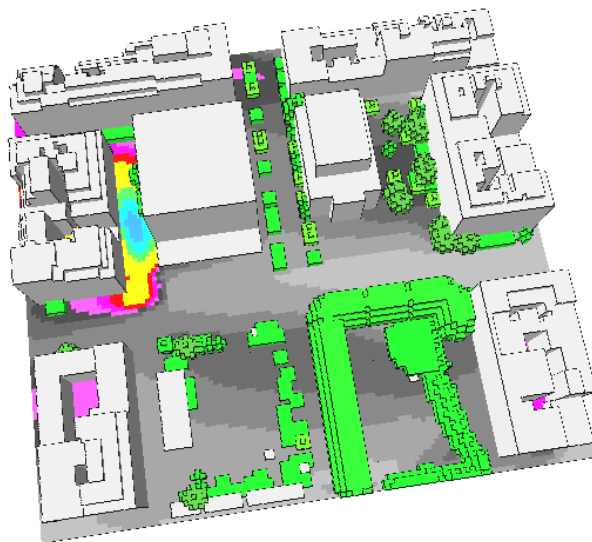
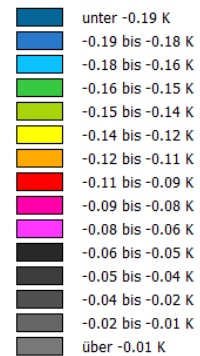


Abbildung 1: Vergleich Simulation albedo 08:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 08:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Air Temperature



Min: -0.21 K
Max: 0.01 K

Εικόνα 3.24. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Γενική μείωση και μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας στο στενό δίπλα στο μέγαρο μέχρι και κατά 0,19 βαθμούς.

PMV

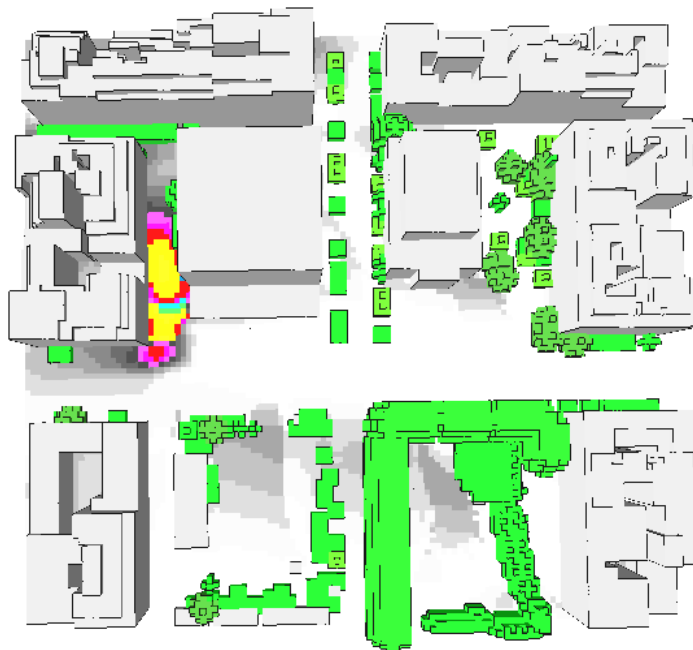
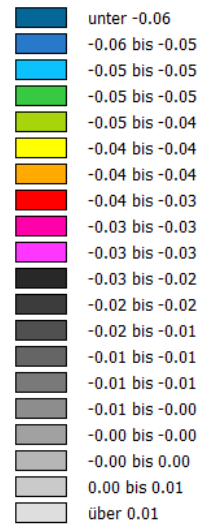


Abbildung 1: Vergleich
Simulation albedo 08:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 08:00:01 20.07.2015

<SUBTITLE>

absoluter Unterschied PMV



Min: -0.06
Max: 0.01

Εικόνα 3.25. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

12:00

θερμοκρασία

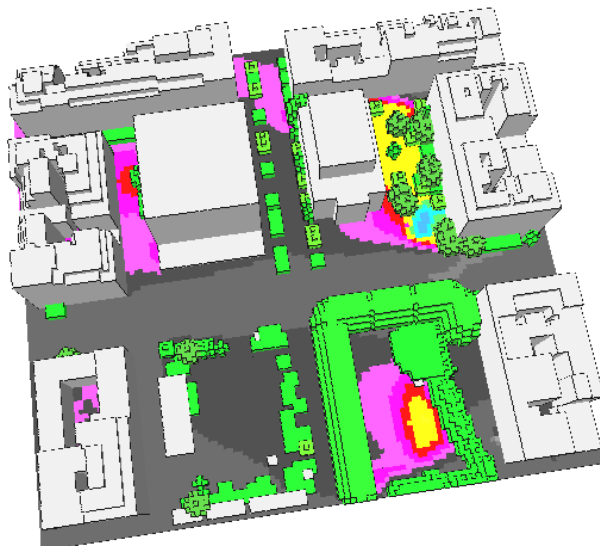
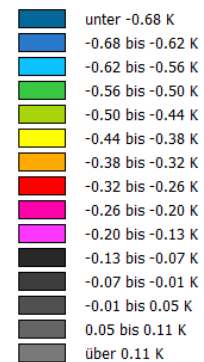


Abbildung 1: Vergleich
Simulation albedo 12:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 12:00:01 20.07.2015

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Air Temperature



Min: -0.74 K
Max: 0.17 K

Εικόνα 3.26. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Μειωμένη θερμοκρασία παντού. (τα γκρι είναι αρνητικά), ειδικά ανάμεσα στα κτίρια, αλλά κυρίως στα μέρη όπου τοποθετήσαμε δάπεδο με υψηλή ανακλαστικότητα (περιοχή του μετρό και περιοχή δίπλα στο δημοτικό θέατρο).

Γενικά με το αυξημένο albedo στις στέγες αλλά και στο δάπεδο της πλατείας του μετρό και στον πεζόδρομο δίπλα στο δημοτικό θέατρο παρατηρούμε μείωση της θερμοκρασίας κατά 0,02-0,13 γενικά, ενώ συγκεκριμένα στα μέρη όπου αλλάξαμε το albedo των δαπέδων έχουμε αρκετά μεγαλύτερη μείωση της θερμοκρασίας κατά 0,26-0,44. Να σημειωθεί ότι και στον πεζόδρομο δίπλα στο μέγαρο παρατηρείται αρκετά μεγάλη μείωση (0,13-0,32).

Tmrt

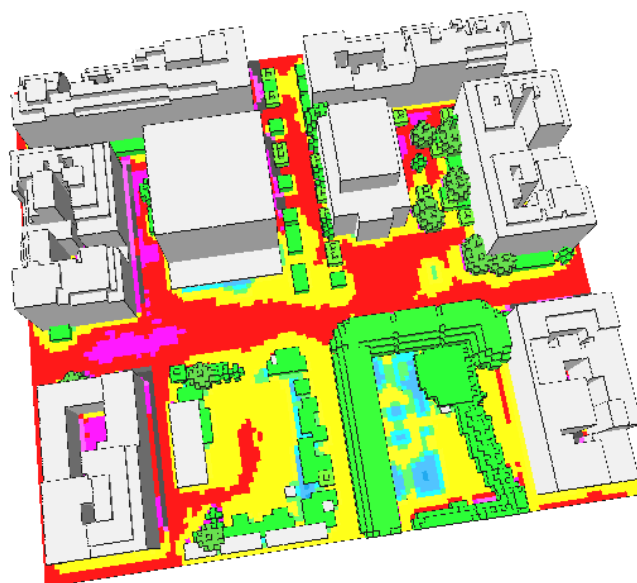


Abbildung 1: Vergleich Simulation albedo 12:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 12:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Mean Radiant Temp.

■	unter 0.35 K
■	0.35 bis 0.38 K
■	0.38 bis 0.40 K
■	0.40 bis 0.43 K
■	0.43 bis 0.45 K
■	0.45 bis 0.48 K
■	0.48 bis 0.50 K
■	0.50 bis 0.53 K
■	0.53 bis 0.55 K
■	0.55 bis 0.58 K
■	0.58 bis 0.60 K
■	0.60 bis 0.63 K
■	0.63 bis 0.65 K
■	0.65 bis 0.68 K
■	über 0.68 K

Min: 0.33 K
Max: 0.70 K

Εικόνα 3.27. μεταβολή της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Αντίθετα η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία βλέπουμε ότι αυξάνεται παντού με ιδιαίτερη αύξηση γύρω από τα κτίρια.

PMV

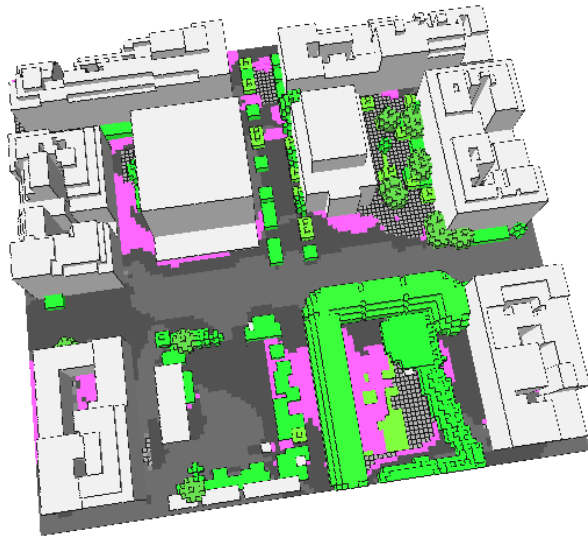


Abbildung 1: Vergleich
Simulation albedo 12:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 12:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied PMV

Dark Blue	unter -0.18
Blue	-0.18 bis -0.16
Cyan	-0.16 bis -0.13
Green	-0.13 bis -0.11
Light Green	-0.11 bis -0.09
Yellow	-0.09 bis -0.07
Orange	-0.07 bis -0.05
Red	-0.05 bis -0.02
Pink	-0.02 bis -0.00
Light Pink	-0.00 bis 0.02
Black	0.02 bis 0.04
Dark Grey	0.04 bis 0.07
Grey	0.07 bis 0.09
Light Grey	0.09 bis 0.11
Dark Grey	über 0.11

Min: -0.20
Max: 0.13

Εικόνα 3.28. αύξηση του PMV σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]



Abbildung 1: Vergleich
Simulation albedo 12:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 12:00:01 20.07.2015
<SUBTITLE>

absoluter Unterschied PMV

Dark Blue	unter -0.18
Blue	-0.18 bis -0.17
Cyan	-0.17 bis -0.15
Green	-0.15 bis -0.13
Light Green	-0.13 bis -0.12
Yellow	-0.12 bis -0.10
Orange	-0.10 bis -0.08
Red	-0.08 bis -0.07
Pink	-0.07 bis -0.05
Light Pink	-0.05 bis -0.03
Black	-0.03 bis -0.02
Dark Grey	-0.02 bis -0.00
Grey	-0.00 bis 0.02
Light Grey	0.02 bis 0.03
Dark Grey	0.03 bis 0.05
Grey	0.05 bis 0.07
Light Grey	0.07 bis 0.08
Dark Grey	0.08 bis 0.10
Light Grey	0.10 bis 0.12
Dark Grey	über 0.12

Min: -0.20
Max: 0.13

Εικόνα 3.29. μείωση του PMV σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Αύξηση του PMV μέχρι και 0,07 βαθμούς, αλλά όχι στους στενούς πεζοδρόμους γύρω από το μέγαρο όπου παραμένει σταθερό. Στις περιοχές όπου έχουμε δάπεδο με υψηλότερο albedo το PMV μειώνεται μέχρι και κατά -0,12 βαθμούς.

Σύμφωνα με αυτά που έχουμε αναφέρει στα προηγούμενα κεφάλαια, θα αναμέναμε να μην βελτιωθεί η θερμική άνεση στα σημεία όπου τοποθετήσαμε δάπεδο με υψηλότερη ανακλαστικότητα, καθώς αυτό ενώ συντελεί στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, προκαλεί την ανάκλαση περισσότερης εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (μικρού μήκους) πίσω στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα μια υψηλότερη ακτινοβολούμενη θερμοκρασία στο χώρο, άρα και δυσφορία στο χρήστη.

Το ότι η κλίμακα του PMV απευθύνεται στην πραγματικότητα σε εσωτερικούς χώρους και το ότι κανονικά κυμαίνεται από -4 έως +4, ίσως δικαιολογεί την απόκλιση του αποτελέσματος από τη θεωρία.

15:00

Θερμοκρασία αέρα

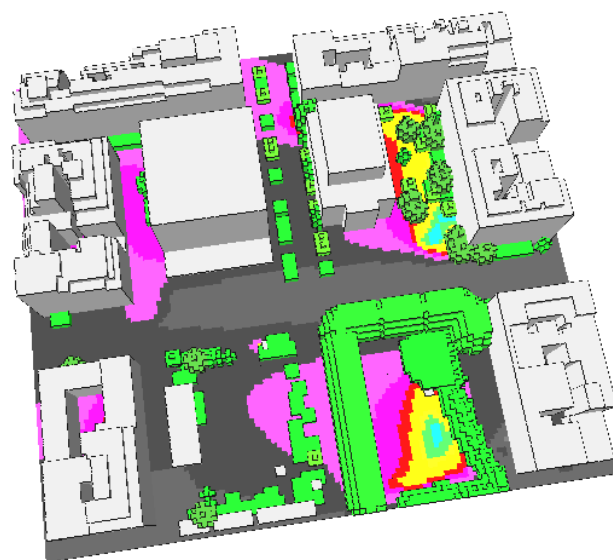
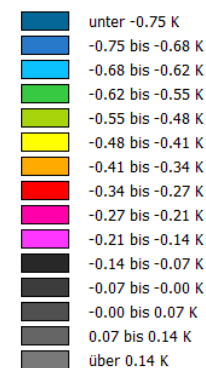


Abbildung 1: Vergleich
Simulation albedo 15:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 15:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Air Temperature



Min: -0.82 K
Max: 0.20 K

Εικόνα 3.30. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Μειωμένη θερμοκρασία παντού, περισσότερο στο στενό δίπλα στο μέγαρο (μέχρι 0,27 βαθμούς) και ακόμα πιο πολύ στις περιοχές με αυξημένη ανακλαστικότητα δαπέδου (μέχρι και 0,68 βαθμούς).

Tmrt

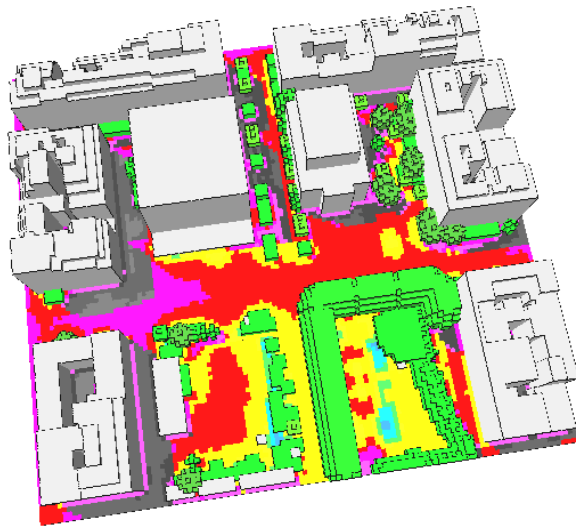
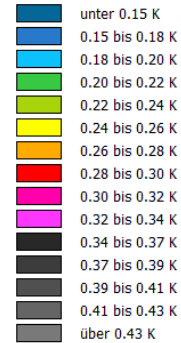


Abbildung 1: Vergleich
Simulation albedo 15:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 15:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Mean Radiant Temp.



Min: 0.13 K
Max: 0.45 K

Εικόνα 3.31. μεταβολή της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Παρατηρούμε αυξημένη μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία με τη χρήση υλικών με υψηλό albedo, κυρίως γύρω από τα κτίρια, λόγω της ανάκλασης της ηλιακής ακτινοβολίας από τις ψυχρές στέγες.

PMV

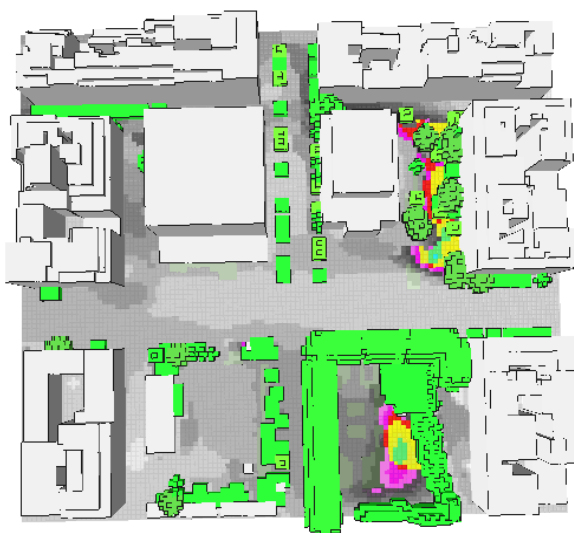
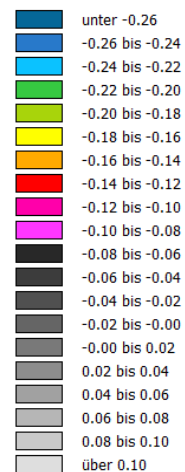


Abbildung 1: Vergleich
Simulation albedo 15:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 15:00:01 20.07.2015
<SUBTITLE>

absoluter Unterschied PMV



Min: -0.28
Max: 0.12

Εικόνα 3.32. μεταβολή θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Μείωση PMV έως 0,2 βαθμούς, όπου έχουμε τοποθετήσει δάπεδο με υψηλό albedo, και σε όλη την υπόλοιπη περιοχή η διαφορά στο PMV κυμαίνεται από -0,04 έως 0,04 βαθμούς, δηλαδή πρακτικά μένει σταθερό.

18:00

Θερμοκρασία αέρα

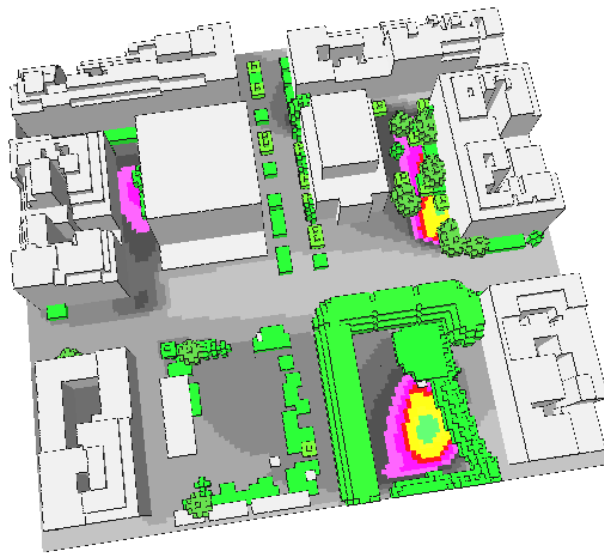
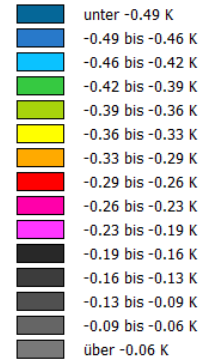


Abbildung 1: Vergleich
Simulation albedo 18:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 18:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Air Temperature



Min: -0.52 K
Max: -0.03 K

Εικόνα 3.33. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 18:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Παρατηρούμε μειωμένη θερμοκρασία γενικά.

PMV

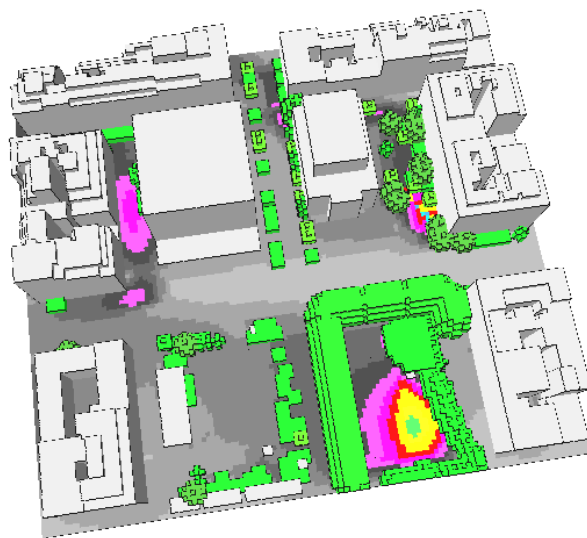


Abbildung 1: Vergleich
Simulation albedo 18:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 18:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied PMV

Dark Blue	unter -0.14
Blue	-0.14 bis -0.13
Light Blue	-0.13 bis -0.12
Cyan	-0.12 bis -0.11
Green	-0.11 bis -0.10
Yellow-Green	-0.10 bis -0.09
Yellow	-0.09 bis -0.09
Orange	-0.09 bis -0.08
Red	-0.08 bis -0.07
Pink	-0.07 bis -0.06
Light Grey	-0.06 bis -0.05
Dark Grey	-0.05 bis -0.04
Medium Grey	-0.04 bis -0.03
Lightest Grey	-0.03 bis -0.03
Black	über -0.03

Min: -0.15
Max: -0.02

Εικόνα 3.34. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 18:00, στην προσομοίωση albedo σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Γενικά με την τοποθέτηση υλικών με υψηλή ανακλαστικότητα παρατηρούμε μία γενική μείωση της θερμοκρασίας γύρω στους 0,4 βαθμούς ως επί το πλείστον και μία ακόμα μεγαλύτερη μείωση στους στενούς δρόμους και εκεί όπου έχουμε δάπεδα με υψηλότερο albedo. Αντίθετα όμως η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία αυξάνεται κατά μέχρι και 0,5 βαθμούς, κυρίως γύρω από τα κτίρια. Παρατηρούμε όμως πως βελτιώνεται η θερμική άνεση στις περιοχές όπου τοποθετήσαμε πλάκες με υψηλή ανακλαστικότητα στο δάπεδο, πράγμα μη αναμενόμενο, καθώς σύμφωνα με μελέτες, όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, η υψηλή ανακλαστικότητα στο δάπεδο ενώ συνεισφέρει στη μείωση της θερμοκρασίας, προκαλεί την ανάκλαση περισσότερης εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (μικρού μήκους) πίσω στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα μια υψηλότερη ακτινοβολούμενη θερμοκρασία στο χώρο και συνεπώς επιδείνωση της θερμικής άνεσης των πεζών. Ενώ λοιπόν η υψηλότερη ακτινοβολούμενη θερμοκρασία όντως προκύπτει ως αποτέλεσμα, δεν συμβαίνει το ίδιο και με τον δείκτη PMV.

3.3.2 Σύγκριση προσομοίωσης με φυτεμένα δώματα (green roof) με την αρχική (initial)

[οι τιμές είναι η διαφορά green roof-initial]

8:00

Θερμοκρασία αέρα

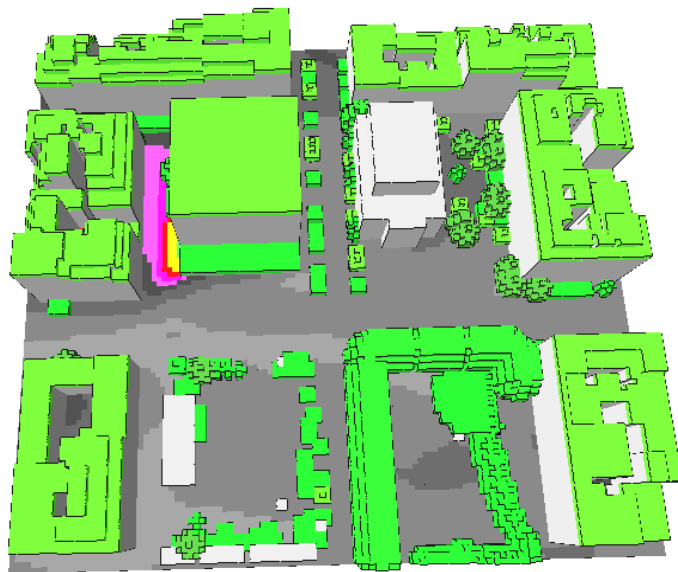
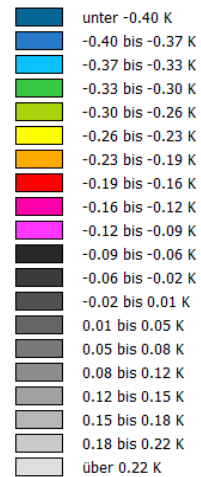


Abbildung 1: Vergleich
Simulation greenroof 08:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 08:00:01 20.07.2015

<SUBTITLE>

**absoluter Unterschied Air
Temperature**

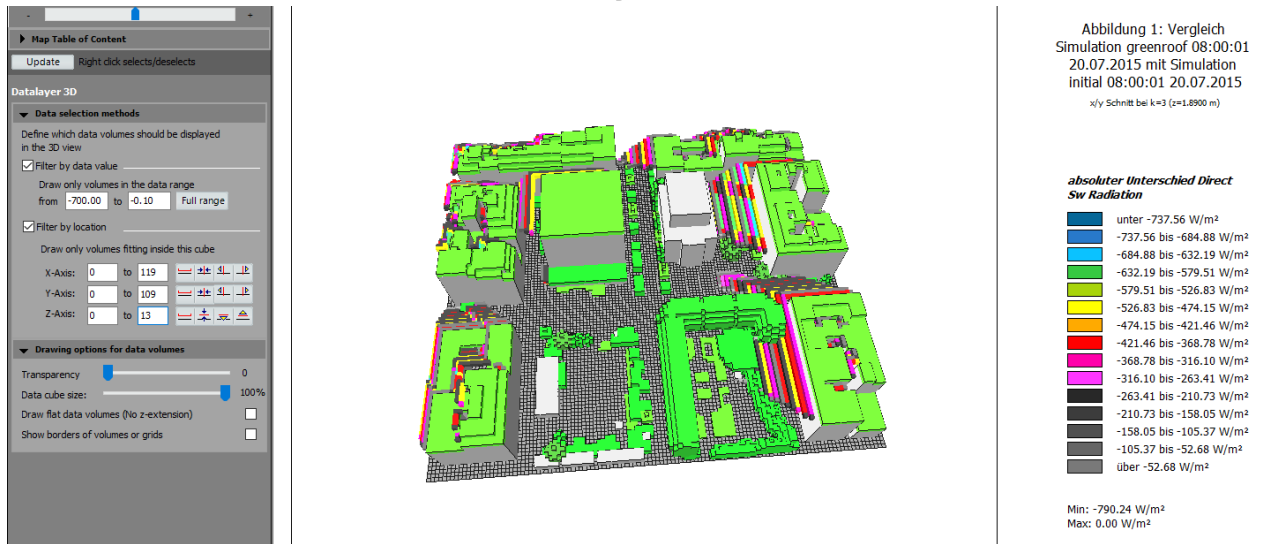


Min: -0.43 K
Max: 0.25 K

Εικόνα 3.35. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

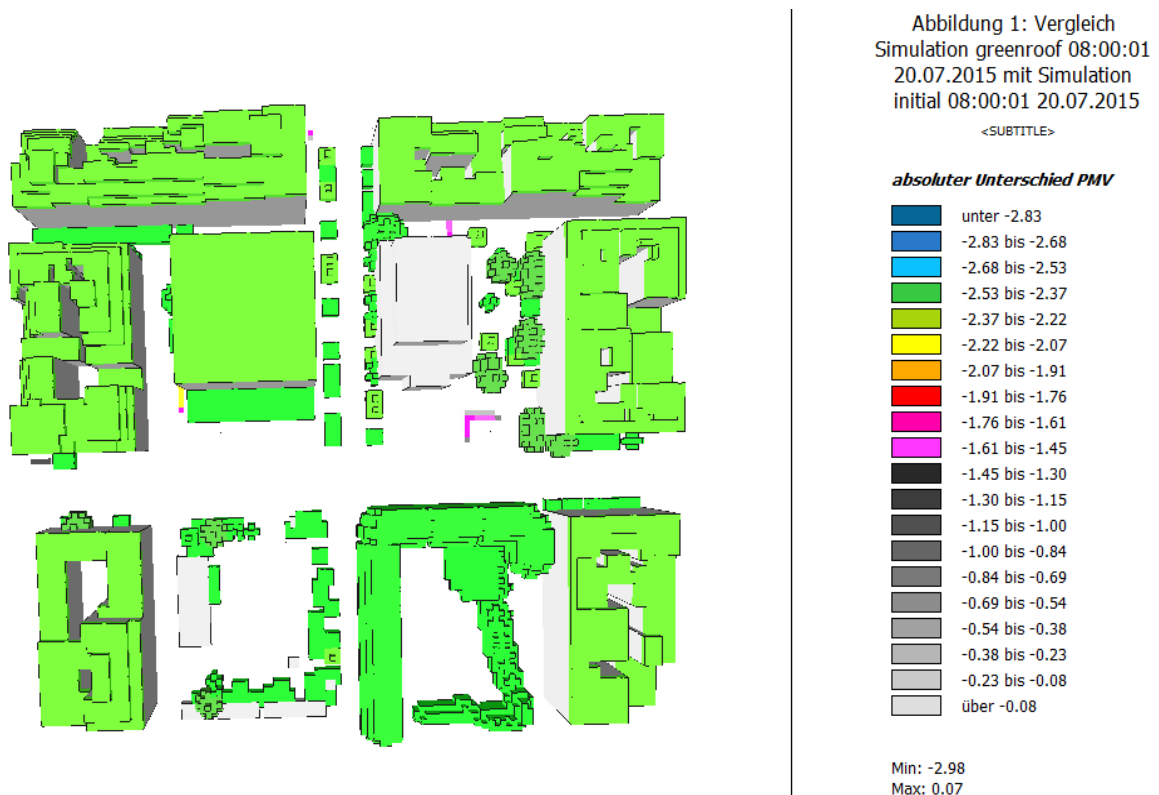
Μείωση της θερμοκρασίας έως 0,26 βαθμούς στο στενό δίπλα στο μέγαρο και σταθερή σχετικά σε όλη την υπόλοιπη περιοχή.

Ηλιακή ακτινοβολία μικρού μήκους



Εικόνα 3.36. μεταβολή της απ' ευθείας ηλιακής ακτινοβολίας από ύψος 13.00 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

PMV



Εικόνα 3.37. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Αύξηση του PMV έως 0,02 βαθμούς στην πλατεία Κοραή, την περιοχή του μετρό και στο δεξί μέρος του πεζοδρόμου δίπλα στο δημοτικό θέατρο και μείωση έως 0,15 βαθμούς δίπλα στο μέγαρο και έως 0,05 σε όλη την υπόλοιπη περιοχή.

12:00

Θερμοκρασία αέρα

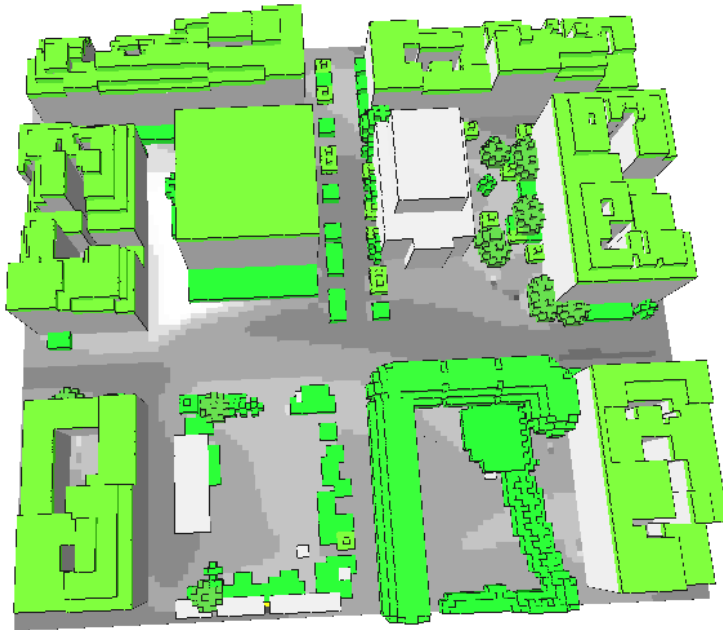
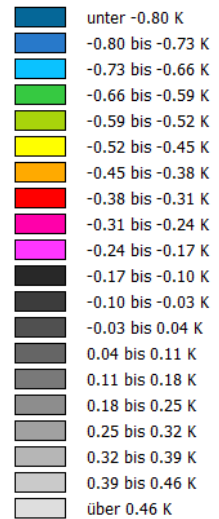


Abbildung 1: Vergleich Simulation greenroof 12:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 12:00:01 20.07.2015

<SUBTITLE>

absoluter Unterschied Air Temperature



Min: -0.87 K
Max: 0.53 K

Εικόνα 3.38. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Αύξηση της θερμοκρασίας έως 0,15 βαθμούς σε γενικές γραμμές και μία ιδιαίτερη αύξηση κατά 0,2-0,5 βαθμούς στο στενό δίπλα στο μέγαρο.

Ηλιακή ακτινοβολία

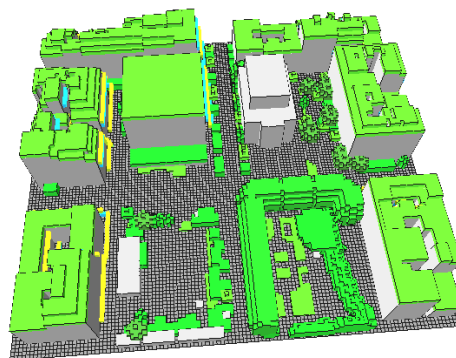
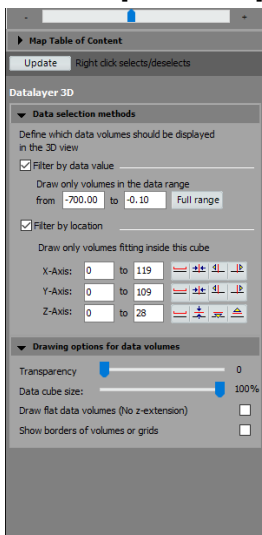
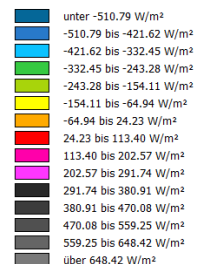


Abbildung 1: Vergleich Simulation greenroof 12:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 12:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Direct Sw Radiation



Min: -599.95 W/m²
Max: 737.59 W/m²

Εικόνα 3.39. μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας από ύψος 13.00 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

PMV



Εικόνα 3.40. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Αύξηση του PMV κατά μέχρι 0,12 βαθμούς στην αριστερή εικόνα και μείωση κατά 0,5 πίσω από το μέγαρο.

15:00

Θερμοκρασία αέρα

Γενική αύξηση της θερμοκρασίας κατά μέχρι 0,2 βαθμούς και μία αρκετά μεγάλη αύξηση κατά έως και 0,4 βαθμούς στο στενό δίπλα στο μέγαρο, ενώ παρατηρούμε μείωση της θερμοκρασίας κυρίως έως και 0,1 βαθμό στα παρακάτω σημεία



Εικόνα 3.41. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Ηλιακή ακτινοβολία

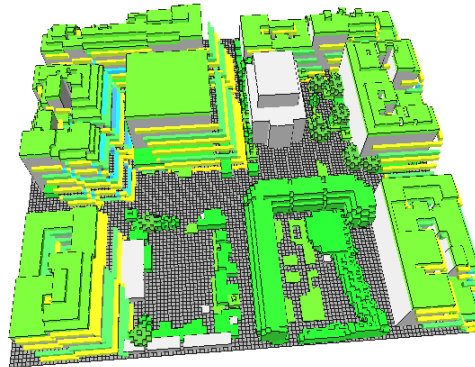
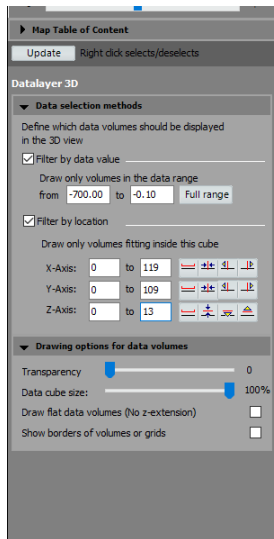
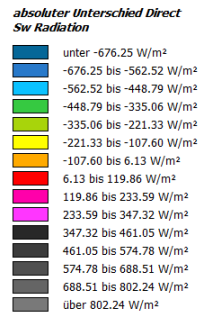


Abbildung 1: Vergleich Simulation greenroof 15:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 15:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)



Min: -789.98 W/m²
Max: 915.97 W/m²

Εικόνα 3.42. μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας από ύψος 13.00 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

PMV

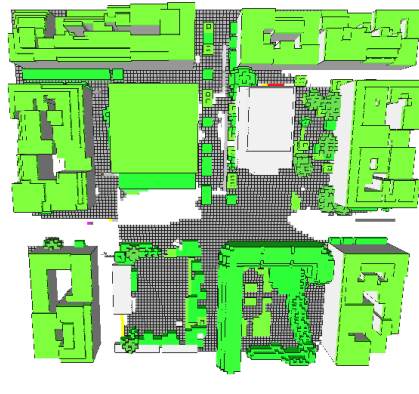
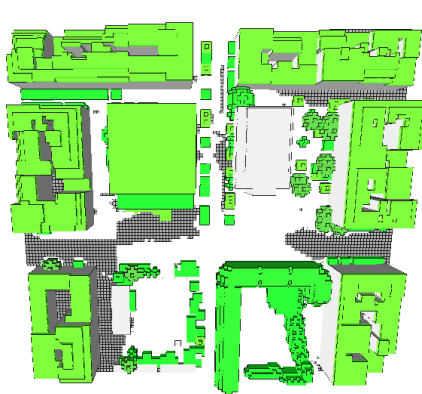
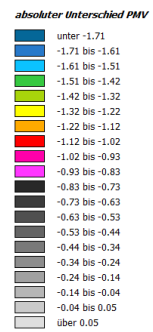


Abbildung 1: Vergleich Simulation greenroof 15:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 15:00:01 20.07.2015
<SUBTITLE>



Min: -1.81
Max: 0.15

Εικόνα 3.43. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Αύξηση του PMV έως 0,1 βαθμούς στην αριστερή εικόνα και μείωση κατά 0,08 βαθμούς σε γενικές γραμμές στη δεξιά εικόνα.

18:00

Θερμοκρασία αέρα

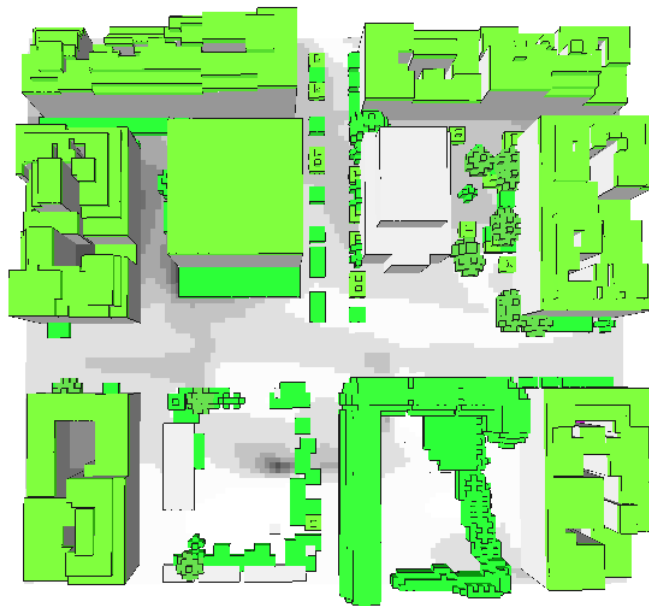
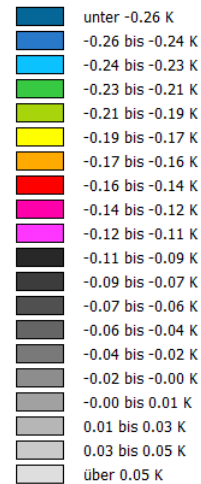


Abbildung 1: Vergleich
Simulation greenroof 18:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 18:00:01 20.07.2015

<SUBTITLE>

**absoluter Unterschied Air
Temperature**



Min: -0.28 K
Max: 0.06 K

Εικόνα 3.44. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 18:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Μείωση της θερμοκρασίας έως 0,08 βαθμούς στο στενό δίπλα στο μέγαρο και έως 0,04 βαθμούς δίπλα στο δημοτικό θέατρο, ενώ παρατηρούμε μία μικρή αύξηση της θερμοκρασίας έως 0,2 βαθμούς στην πλατεία Κοραή και την πλατεία του μετρό. Κατά τα άλλα η θερμοκρασία διατηρείται πρακτικά σταθερή.

Ηλιακή ακτινοβολία

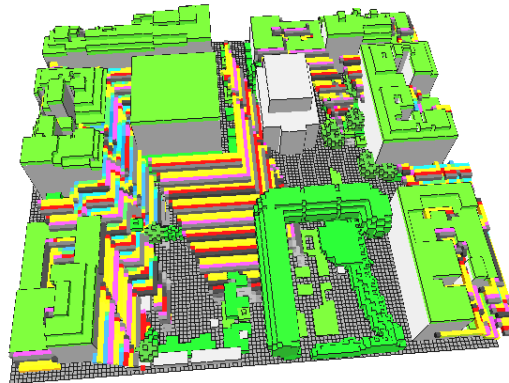
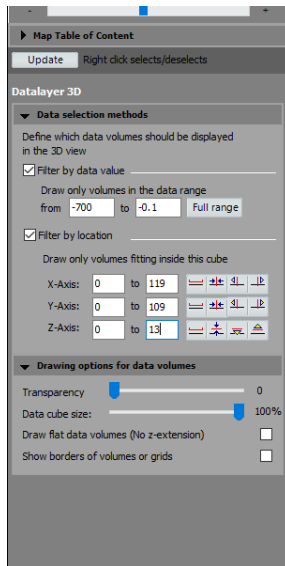
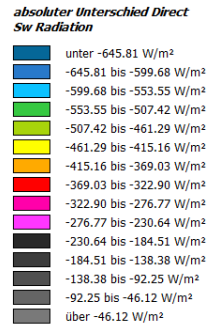


Abbildung 1: Vergleich Simulation greenroof 18:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 18:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.890 m)



Min: -691.94 W/m²
Max: 0.01 W/m²

Εικόνα 3.45. μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας από ύψος 13.00 m για την ώρα 18:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

PMV

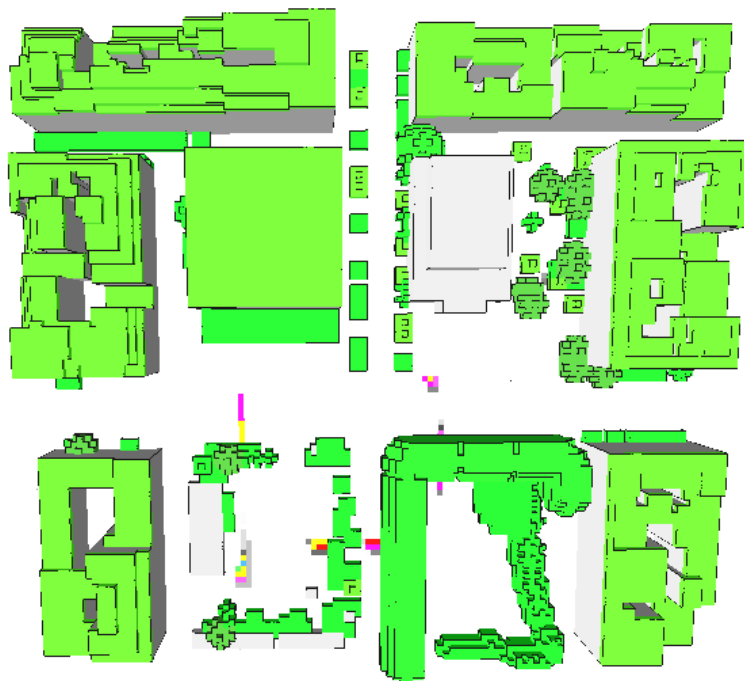
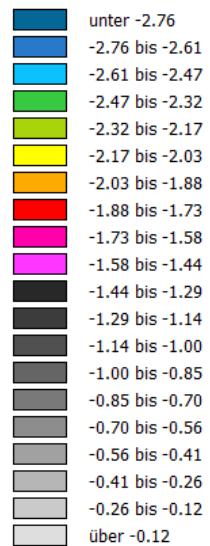


Abbildung 1: Vergleich Simulation greenroof 18:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 18:00:01 20.07.2015

<SUBTITLE>

absoluter Unterschied PMV



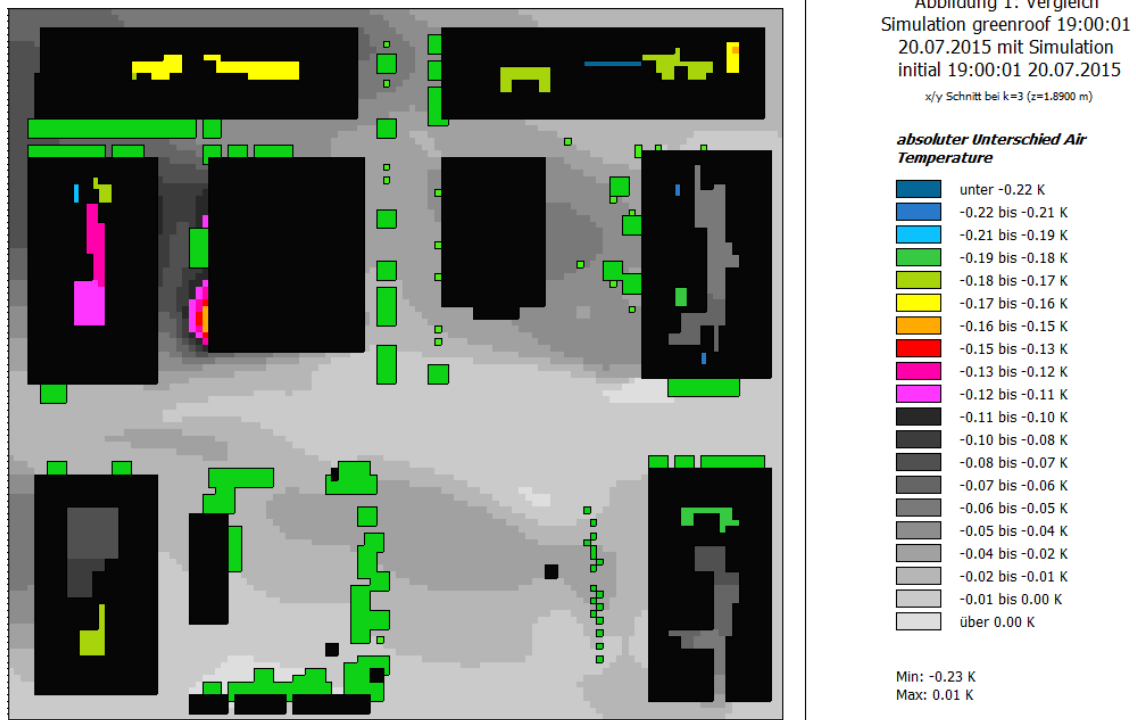
Min: -2.91
Max: 0.03

Εικόνα 3.46. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 18:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Το PMV διατηρείται σταθερό.

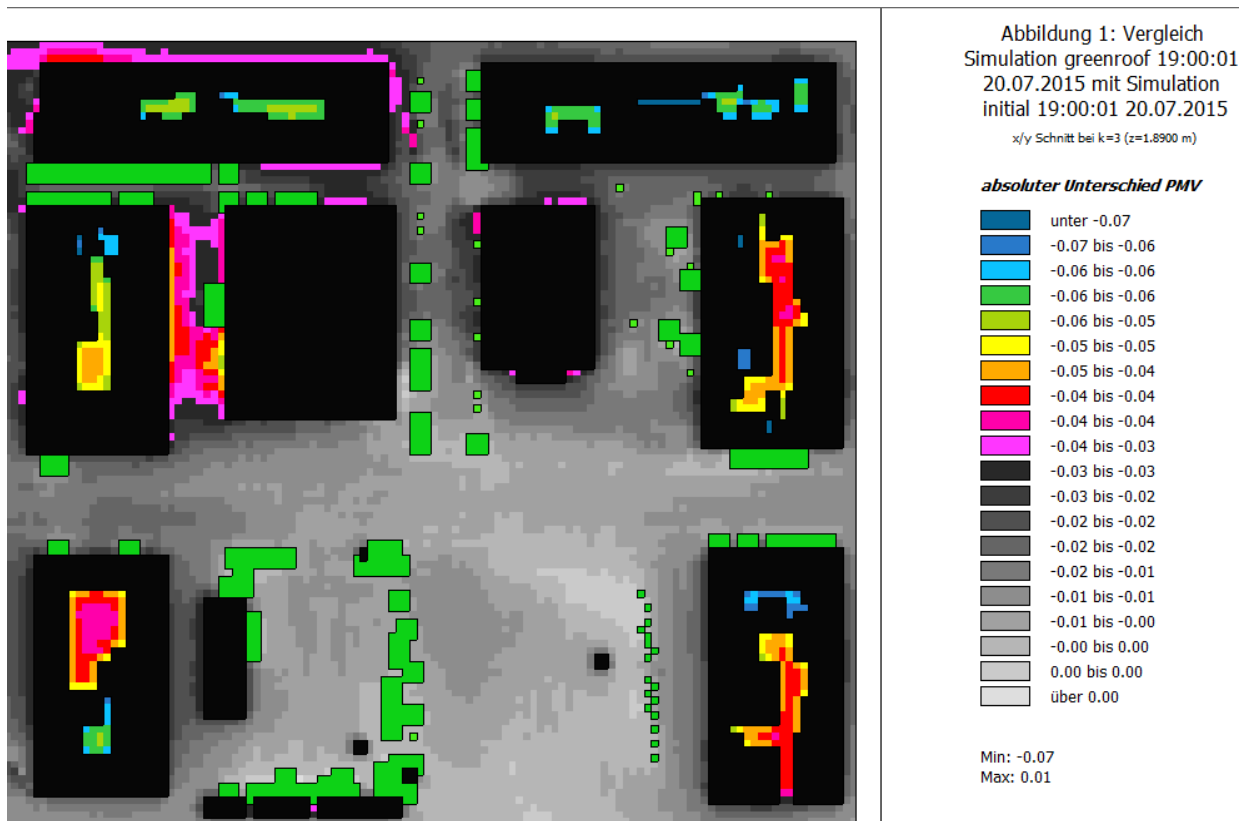
19:00

Θερμοκρασία αέρα



Εικόνα 3.47. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 2.00 m για την ώρα 19:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Θερμοκρασία μειωμένη έως και 0,17 βαθμούς, ενώ γενικά είναι παντού μειωμένη, και ιδιαίτερα γύρω από τα κτίρια και στους ακάλυπτους χώρους.



Εικόνα 3.48. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 2.00 m για την ώρα 19:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Παρατηρούμε πως στις 7 το απόγευμα η θερμική άνεση είναι βελτιωμένη παντού και κυρίως γύρω από τα κτίρια καθώς και στους ακάλυπτους χώρους τους.(διαφορά έως και 0,06 βαθμούς.

Άρα ενώ τις μεσημβρινές ώρες τα φυτεμένα δώματα προκαλούν την αύξηση της θερμοκρασίας γύρω τους, τις βραδινές και πρωινές ώρες βοηθούν στη σημαντική μείωση της θερμοκρασίας, ειδικά στους στενούς δρόμους και στους ακάλυπτους.

Στο ύψος των ταρατσών, η ταχύτητα του ανέμου παρουσιάζει μία σημαντική μείωση λόγω της επίδρασης της βλάστησης. Λόγω εφαρμογής εκτατικού τύπου βλάστησης στις στέγες, σκιά προσφέρεται μόνο τις πολύ πρωινές ή απογευματινές ώρες δηλαδή κατά την ανατολή και τη δύση του ηλίου, οπότε παρατηρούνται και μειωμένες τιμές θερμοκρασίας, σε αντίθεση με τις μεσημβρινές ώρες. Για αυτόν το λόγο απεικονίζεται και η απ'ευθείας ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει σε κάποιο ύψος (direct sw radiation) σε μία σύγκριση της αρχικής προσομοίωσης με αυτή των φυτεμένων ταρατσών. Θα παρατηρήσουμε πως τις πρωινές και τις απογευματινές ώρες, λόγω της κλίσης του ηλίου, δημιουργείται σκιά μέσω των πράσινων στεγών με συνέπεια τη μείωση της απ'ευθείας ακτινοβολίας, σε αντίθεση με τις μεσημερινές ώρες.

Στις επόμενες εικόνες βλέπουμε πως πάνω από τις πράσινες στέγες η ταχύτητα του ανέμου είναι αρκετά μειωμένη σε σχέση με την αρχική προσομοίωση καθόλη τη διάρκεια της ημέρας.

8:00

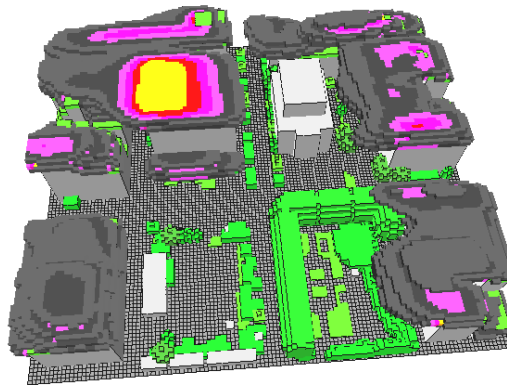
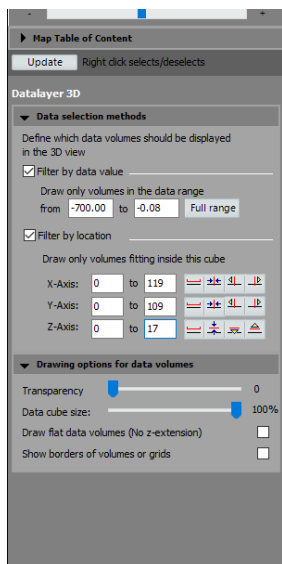
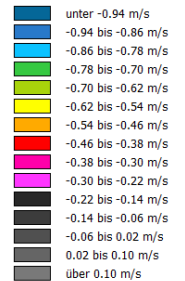


Abbildung 1: Vergleich Simulation greenroof 08:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 08:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Wind Speed



Min: -1.02 m/s
Max: 0.17 m/s

Εικόνα 3.49. μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου σε ύψος 17.00 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

12:00

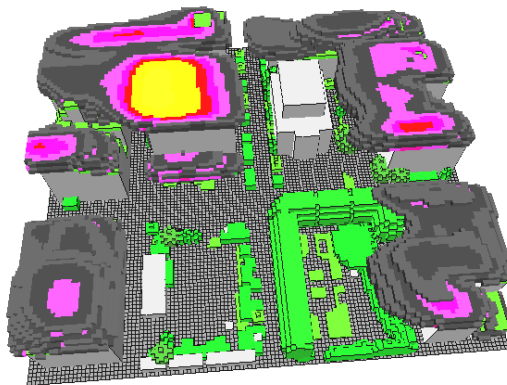
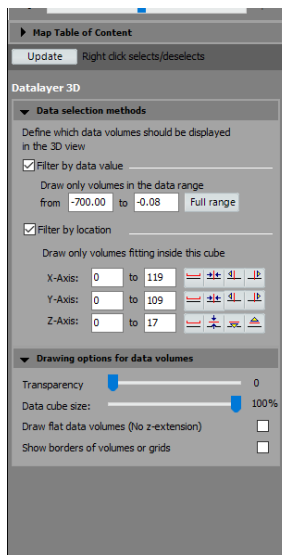
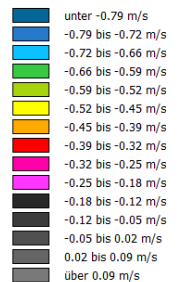


Abbildung 1: Vergleich Simulation greenroof 12:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 12:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Wind Speed



Min: -0.86 m/s
Max: 0.15 m/s

Εικόνα 3.50. μεταβολή της ταχύτητας του ανέμου σε ύψος 17.00 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση green roof σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Η μέγιστη μείωση στην ταχύτητα του ανέμου ανέρχεται στα 0,6m/s πάνω από τα κτίρια με φυτεμένες στέγες- όπως παρατηρούμε και πάνω από τη χαμηλή στέγη στο μέγαρο.

Συνεπώς η προσομοίωση με τα φυτεμένα δώματα (εκτατικού τύπου) κατά τις μεσημερινές - πιο ζεστές- ώρες της ημέρας δείχνει πως η βλάστηση στις στέγες δεν βελτιώνει τη θερμική άνεση, ούτε τη θερμοκρασία στο επίπεδο των πεζών. Παρ' όλα αυτά παρατηρήθηκαν αρκετά καλύτερες συνθήκες με την προσθήκη βλάστησης στις στέγες κατά τις απογευματινές και πολύ πρωινές ώρες. Αυτό σημαίνει πως ενισχύθηκε ο φυσικός δροσισμός, πράγμα που συντελεί στην εξασθένιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

Βέβαια τα αποτελέσματα κατά τις μεσημβρινές ώρες δεν είναι τα αναμενόμενα, καθώς όπως είδαμε σε προηγούμενα κεφάλαια έρευνες έχουν δείξει πως τα φυτεμένα δώματα βελτιώνουν τις συνθήκες άνεσης και τη θερμοκρασία. Ίσως η εφαρμογή τους στον περιορισμένο αυτό χώρο να μην επέτρεψε την εξαγωγή ορθών αποτελεσμάτων ή ακόμα παράγοντες όπως η ένταση του ανέμου, η υγρασία, ο τρόπος δόμησης να επιφέρουν τέτοιου είδους αποτελέσματα.

Σε κάθε περίπτωση μία φύτευση εντατικού τύπου σίγουρα θα επέφερε καλύτερα αποτελέσματα και να αναφερθεί πως η φύτευση των δωματίων δεν επηρεάζει τόσο δραστικά τη θερμοκρασία του αέρα στο επίπεδο ζωής της πόλης.

3.3.3 Σύγκριση προσομοίωσης με πράσινες προσόψεις (green facades) με την αρχική (initial) [οι τιμές είναι η διαφορά green facades-initial]

8:00

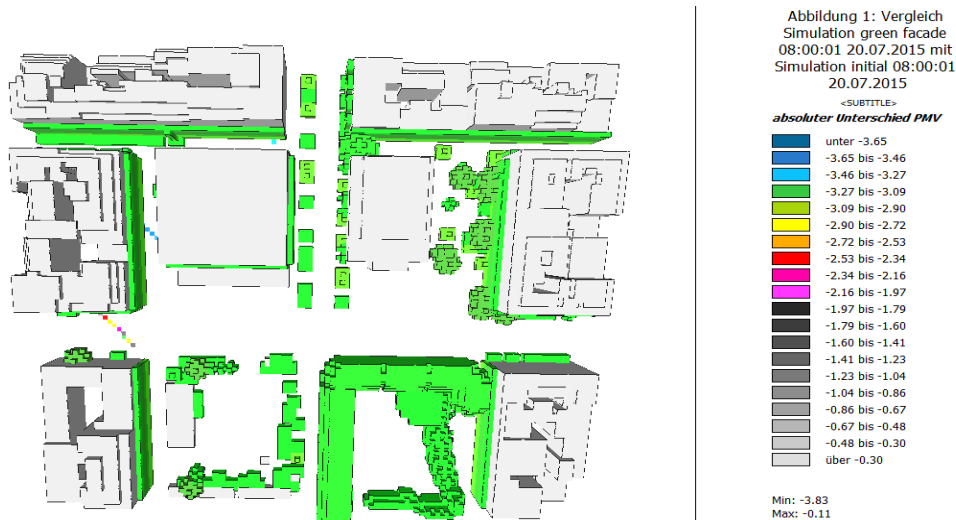
Θερμοκρασία αέρα



Εικόνα 3.51. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Μείωση της θερμοκρασίας κατά 0,1 βαθμούς γενικά και συγκεκριμένα κοντά στις πράσινες προσόψεις γύρω στους 0,4 βαθμούς και στο άνω μέρος του στενού δίπλα στο μέγαρο έχουμε μείωση της θερμοκρασίας μέχρι και κατά 1,1 βαθμούς.

PMV



Εικόνα 3.52. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Μείωση PMV παντού έως και 0,3 βαθμούς.

12:00

Θερμοκρασία αέρα



Εικόνα 3.53. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Μείωση κατά 0,05 βαθμούς γενικά, ενώ στο άνω μέρος του στενού δίπλα στο μέγαρο έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας έως και 0,3 βαθμούς, λόγω της αύξησης της ειδικής υγρασίας.

Ειδική υγρασία (gr υγρασίας/kg ξηρού αέρα)

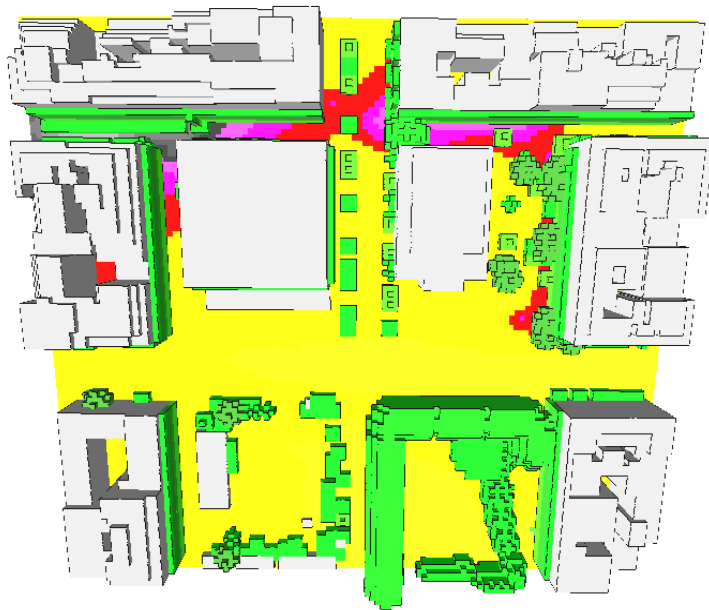
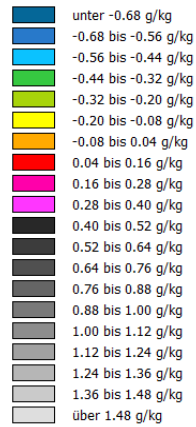


Abbildung 1: Vergleich
Simulation green facade
12:00:01 20.07.2015 mit
Simulation initial 12:00:01
20.07.2015

<SUBTITLE>

**absoluter Unterschied Spec.
Humidity**



Min: -0.80 g/kg
Max: 1.60 g/kg

Εικόνα 3.54. μεταβολή της ειδικής υγρασίας σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

PMV

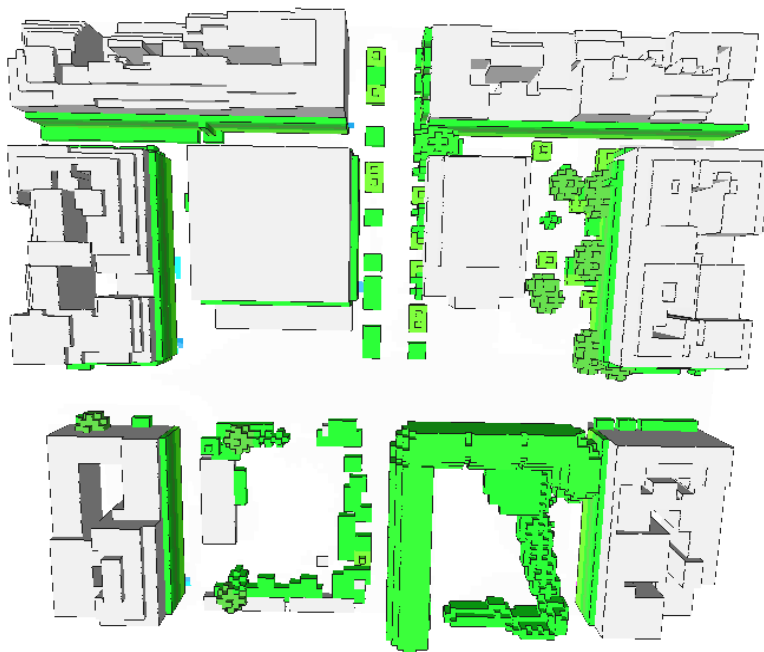
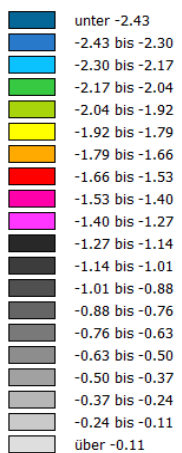


Abbildung 1: Vergleich
Simulation green facade
12:00:01 20.07.2015 mit
Simulation initial 12:00:01
20.07.2015

<SUBTITLE>

absoluter Unterschied PMV



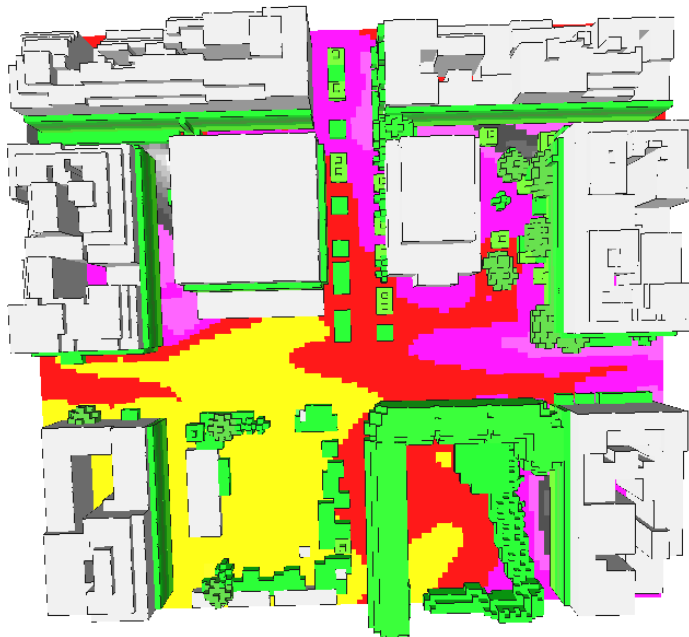
Min: -2.56
Max: 0.02

Εικόνα 3.55. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Βελτίωση του PMV παντού κατά 0,1 - 0,3 βαθμούς

15:00

Θερμοκρασία αέρα



Εικόνα 3.56. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Παρατηρούμε μείωση της θερμοκρασίας κατά 0 με 0,1 βαθμούς, ενώ έχουμε αύξηση (0,8 βαθμούς) στο πάνω μέρος του στενού δίπλα στο μέγαρο, όπου έχουμε και αυξημένη ειδική υγρασία.

Ειδική υγρασία



Abbildung 1: Vergleich Simulation green facade 15:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 15:00:01 20.07.2015

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Spec. Humidity

Blue	unter -0.47 g/kg
Dark Blue	-0.47 bis -0.38 g/kg
Light Blue	-0.38 bis -0.30 g/kg
Green	-0.30 bis -0.21 g/kg
Light Green	-0.21 bis -0.12 g/kg
Yellow	-0.12 bis -0.04 g/kg
Orange	-0.04 bis 0.05 g/kg
Red	0.05 bis 0.14 g/kg
Pink	0.14 bis 0.23 g/kg
Light Pink	0.23 bis 0.31 g/kg
Black	0.31 bis 0.40 g/kg
Dark Grey	0.40 bis 0.49 g/kg
Grey	0.49 bis 0.58 g/kg
Light Grey	0.58 bis 0.66 g/kg
Very Light Grey	0.66 bis 0.75 g/kg
White	0.75 bis 0.84 g/kg
Lightest Grey	0.84 bis 0.92 g/kg
Very Lightest Grey	0.92 bis 1.01 g/kg
White	1.01 bis 1.10 g/kg
Lightest White	über 1.10 g/kg

Min: -0.56 g/kg
Max: 1.19 g/kg

Εικόνα 3.57. μεταβολή της ειδικής υγρασίας σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

PMV



Abbildung 1: Vergleich
Simulation green facade
15:00:01 20.07.2015 mit
Simulation initial 15:00:01
20.07.2015

x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)
absoluter Unterschied PMV

unter -2.45
-2.45 bis -2.32
-2.32 bis -2.19
-2.19 bis -2.06
-2.06 bis -1.93
-1.93 bis -1.81
-1.81 bis -1.68
-1.68 bis -1.55
-1.55 bis -1.42
-1.42 bis -1.29
-1.29 bis -1.16
-1.16 bis -1.04
-1.04 bis -0.91
-0.91 bis -0.78
-0.78 bis -0.65
-0.65 bis -0.52
-0.52 bis -0.39
-0.39 bis -0.27
-0.27 bis -0.14
über -0.14

Min: -2.58
Max: -0.01

Εικόνα 3.58. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομίωση green facades σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Το PMV μειώνεται κατά 0,03-0,3 βαθμούς.

3.3.4 Σύγκριση συνολικής προσομοίωσης (total) με την αρχική (initial)

[οι τιμές είναι η διαφορά total-initial]

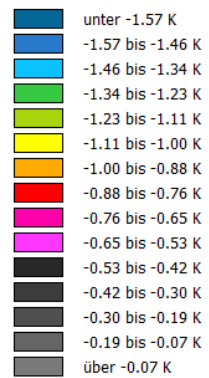
8:00

Θερμοκρασία αέρα



Abbildung 1: Vergleich Simulation total 08:00:01 20.07.2015 mit Simulation initial 08:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Air Temperature



Min: -1.69 K
Max: 0.05 K

Εικόνα 3.59. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Μειωμένη θερμοκρασία γενικά και ιδιαίτερα στο στενό δίπλα στο μέγαρο μέχρι και κατά 1,11 βαθμούς.

PMV

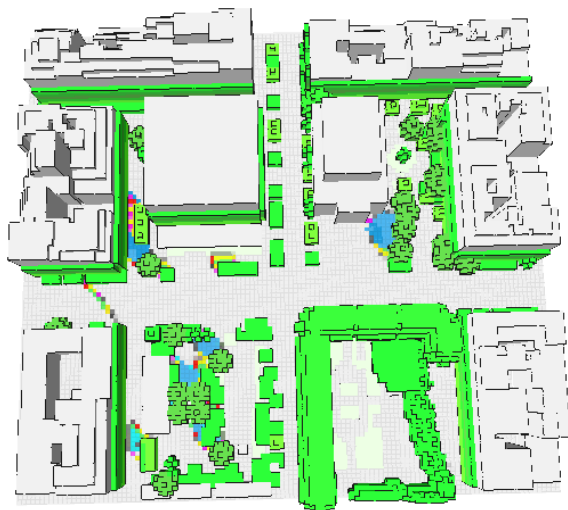
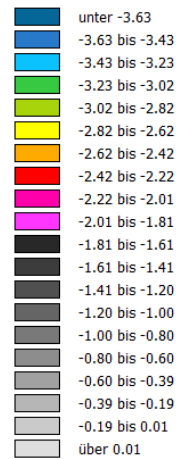


Abbildung 1: Vergleich
Simulation total 08:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 08:00:01 20.07.2015
<SUBTITLE>

absoluter Unterschied PMV



Min: -3.83
Max: 0.21

Εικόνα 3.60. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 8:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Μείωση του PMV μέχρι και κατά 3,5 βαθμούς.

12:00

Θερμοκρασία αέρα

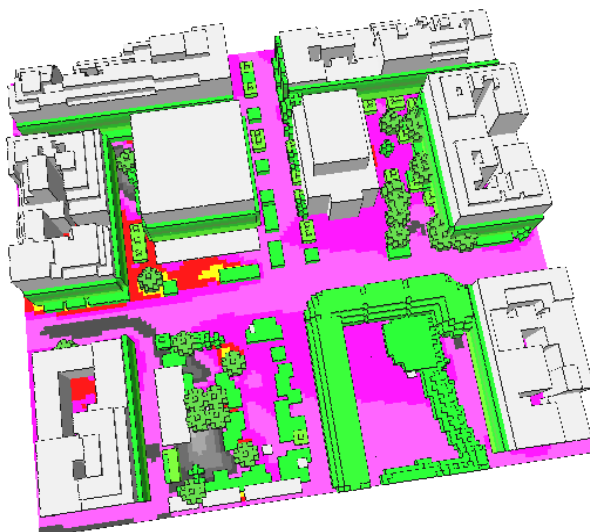
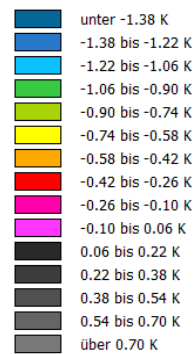


Abbildung 1: Vergleich
Simulation total 12:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 12:00:01 20.07.2015
x/y Schnitt bei k=3 (z=1.8900 m)

absoluter Unterschied Air Temperature

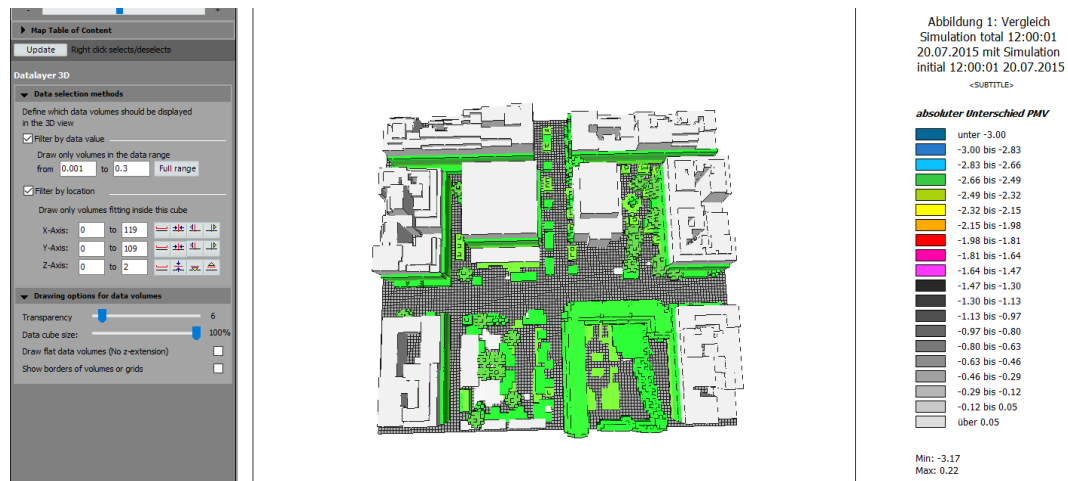


Min: -1.54 K
Max: 0.86 K

Εικόνα 3.61. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

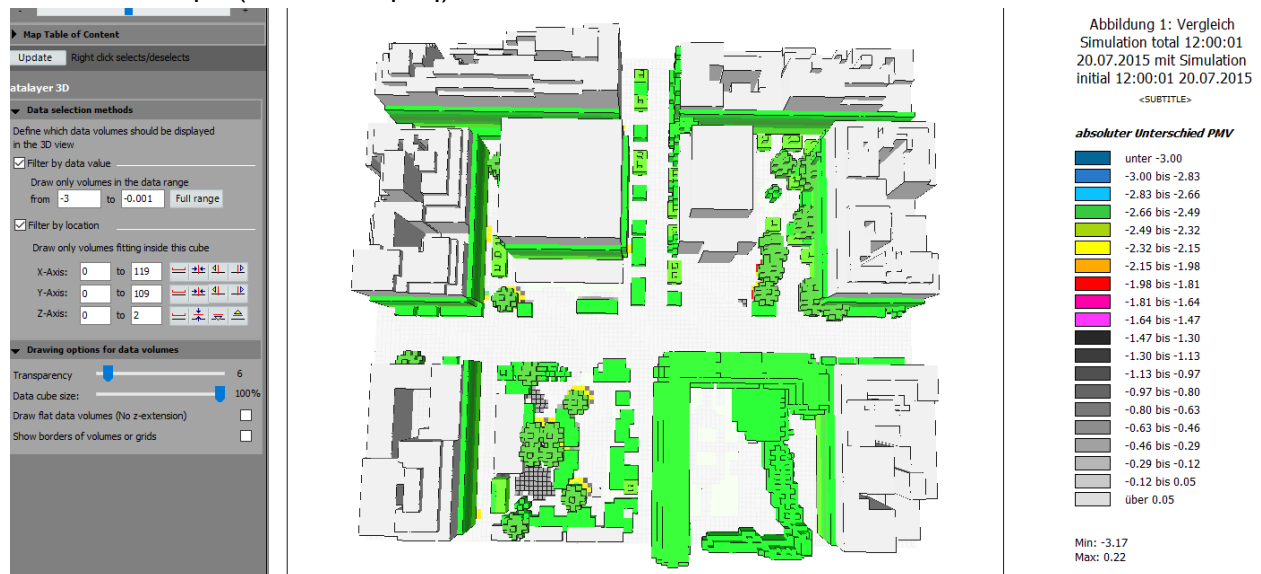
Παρατηρούμε ότι σε γενικές γραμμές η θερμοκρασία μειώνεται (μεχρι 0,26 βαθμούς) με μία μεγάλη μείωση (γύρω στους 0,6 βαθμούς) στον πεζόδρομο δίπλα στο μέγαρο καθώς και στο πεζοδρόμιο μπροστά του, αλλά και μία αρκετά μεγάλη αύξηση (γύρω στους 0,5 βαθμούς) στην πλατεία Κοραή όπου έχουμε θέσει δάπεδο με μικρότερη ανακλαστικότητα και όπου η ειδική υγρασία είναι αυξημένη και στο επάνω μέρος του πεζοδρόμου δίπλα στο μέγαρο, με επίσης αυξημένη ειδική υγρασία

PMV



Εικόνα 3.62. επιδείνωση της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

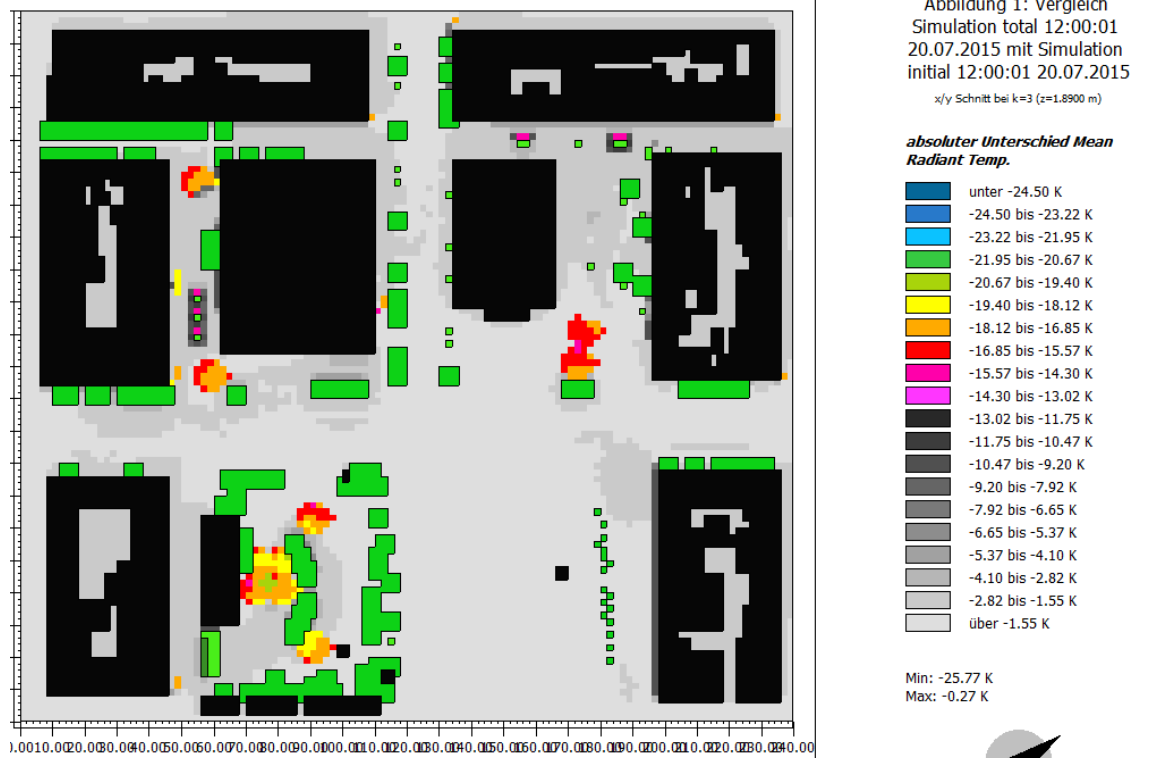
Αύξηση του PMV κατά μέχρι 0,2 βαθμούς εκεί όπου τοποθετήσαμε δάπεδο με μικρότερη ανακλαστικότητα (πλατεία Κοραή).



Εικόνα 3.63. βελτίωση της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Κατά τα άλλα έχουμε μία μείωση του PMV κατά μέχρι 0,3 βαθμούς σε γενικές γραμμές, ενώ στα μέρη όπου φυτεύθηκαν δέντρα η μείωση του PMV φτάνει και στους 2,3 βαθμούς.

Tmrt



Εικόνα 3.64. μεταβολή της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας σε ύψος 2,00 m για την ώρα 12:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Γενικά η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία είναι μειωμένη. Ειδικά στην πλατεία Κοραή και στους πεζοδρόμους με την πρόσθεση δέντρων έχουμε μεγαλύτερη μείωση στη μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία. Γύρω από τα κτίρια παρατηρούμε πως η βελτίωση που προκαλούν οι πράσινες προσόψεις στην ακτινοβολούμενη θερμοκρασία υπερτερεί της αρνητικής μεταβολής που προκαλούν οι ψυχρές στέγες, και έτσι έχουμε μείωση της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας.

15:00

Θερμοκρασία αέρα

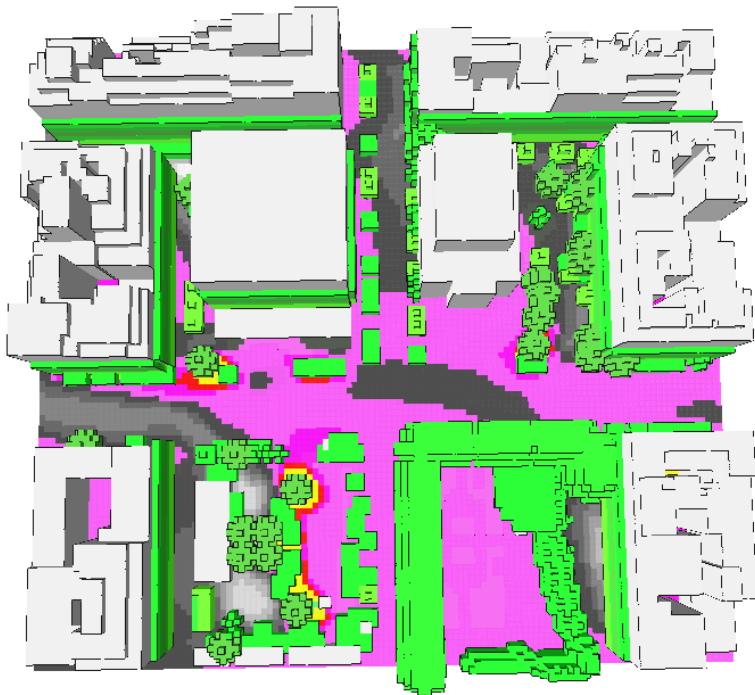
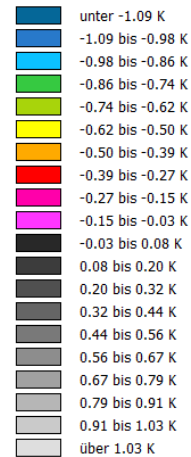


Abbildung 1: Vergleich
Simulation total 15:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 15:00:01 20.07.2015

<SUBTITLE>

absoluter Unterschied Air Temperature



Min: -1.21 K
Max: 1.14 K

Εικόνα 3.65. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Ειδική υγρασία

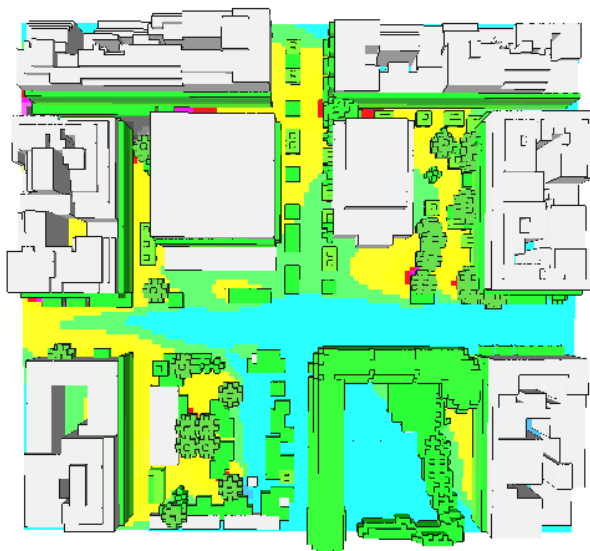
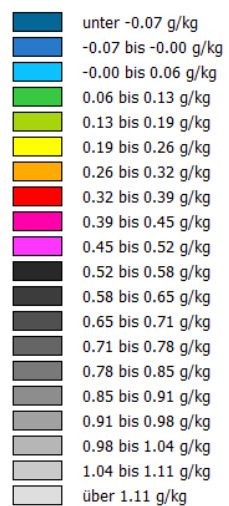


Abbildung 1: Vergleich
Simulation total 15:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 15:00:01 20.07.2015

x/y Schnitt bei k=3 (z=1,8900 m)

absoluter Unterschied Spec. Humidity

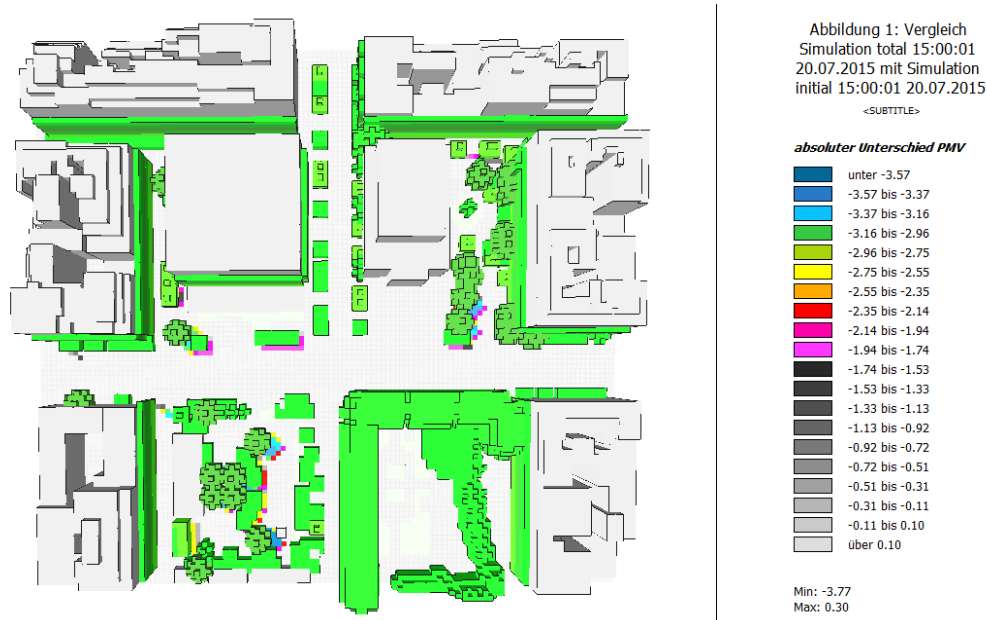


Min: -0.14 g/kg
Max: 1.17 g/kg

Εικόνα 3.66. μεταβολή της ειδικής υγρασίας σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Αύξηση θερμοκρασίας έως 0,7 βαθμούς στην πλατεία Κοραή λόγω αύξησης της υγρασίας και της ανακλαστικότητας δαπέδου και στο πάνω μέρος του στενού δίπλα στο μέγαρο, όπως επίσης και κατά 0,3 βαθμούς ανάμεσα στα δέντρα της πλατείας του μετρό και στην πράσινη πρόσοψη του διπλανού κτιρίου, καθώς και δίπλα στο κτίριο στα δεξιά του δημοτικού θεάτρου και στη λεωφόρο Βασ. Γεωργίου, λόγω αυξημένης ειδικής υγρασίας. Κατά τα άλλα παρατηρούμε μία γενική μείωση γύρω στους 0,15 βαθμούς και στις περιοχές όπου έχουν φυτευθεί δέντρα μείωση μέχρι και 0,7 βαθμούς.

PMV



Εικόνα 3.67. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 15:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Αύξηση του PMV κατά μέχρι 0,3 βαθμούς στην πλατεία Κοραή, μείωση κατά μέχρι 0,3 βαθμούς σε όλη την υπόλοιπη περιοχή και ιδιαίτερη μείωση κατά μέχρι και 3,5 βαθμούς στα μέρη όπου φυτεύσαμε.

18:00

Θερμοκρασία αέρα

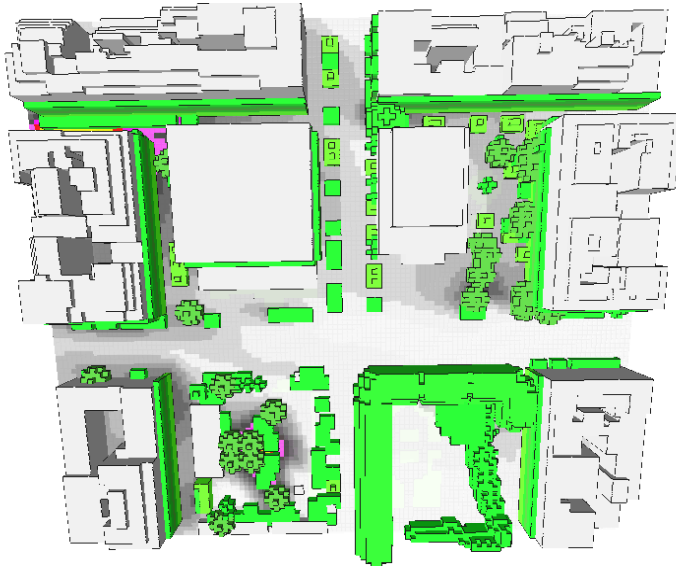
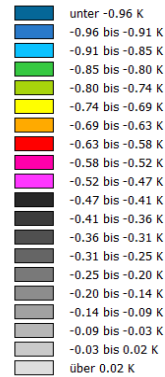


Abbildung 1: Vergleich
Simulation total 18:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 18:00:01 20.07.2015

<SUBTITLE>

absoluter Unterschied Air Temperature



Min: -1.02 K
Max: 0.08 K

Εικόνα 3.68. μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα σε ύψος 1,80 m για την ώρα 18:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Γενική συνολική μείωση της θερμοκρασίας σε όλη την περιοχή, περισσότερο κοντά στις πράσινες προσόψεις (μέχρι και 0,45 βαθμούς) και ιδιαίτερα στο πάνω μέρος του στενού δίπλα στο μέγαρο (μείωση μέχρι και κατά 0,7 βαθμούς) όπου κατά τις μεσημερινές ώρες παρατηρούσαμε αύξηση της θερμοκρασίας και στην πλατεία Κοραή όπου φυτεύσαμε δέντρα.

PMV

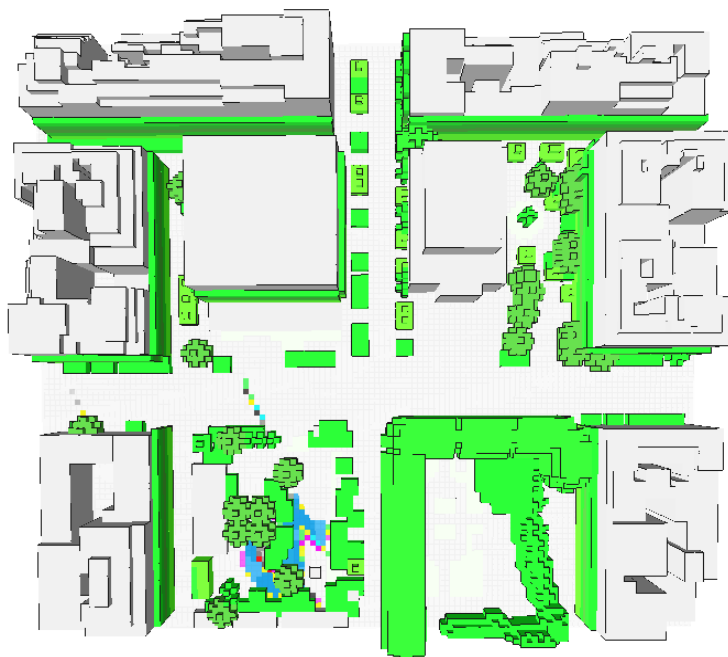
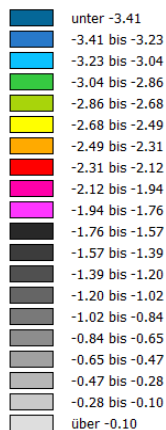


Abbildung 1: Vergleich
Simulation total 18:00:01
20.07.2015 mit Simulation
initial 18:00:01 20.07.2015

<SUBTITLE>

absoluter Unterschied PMV

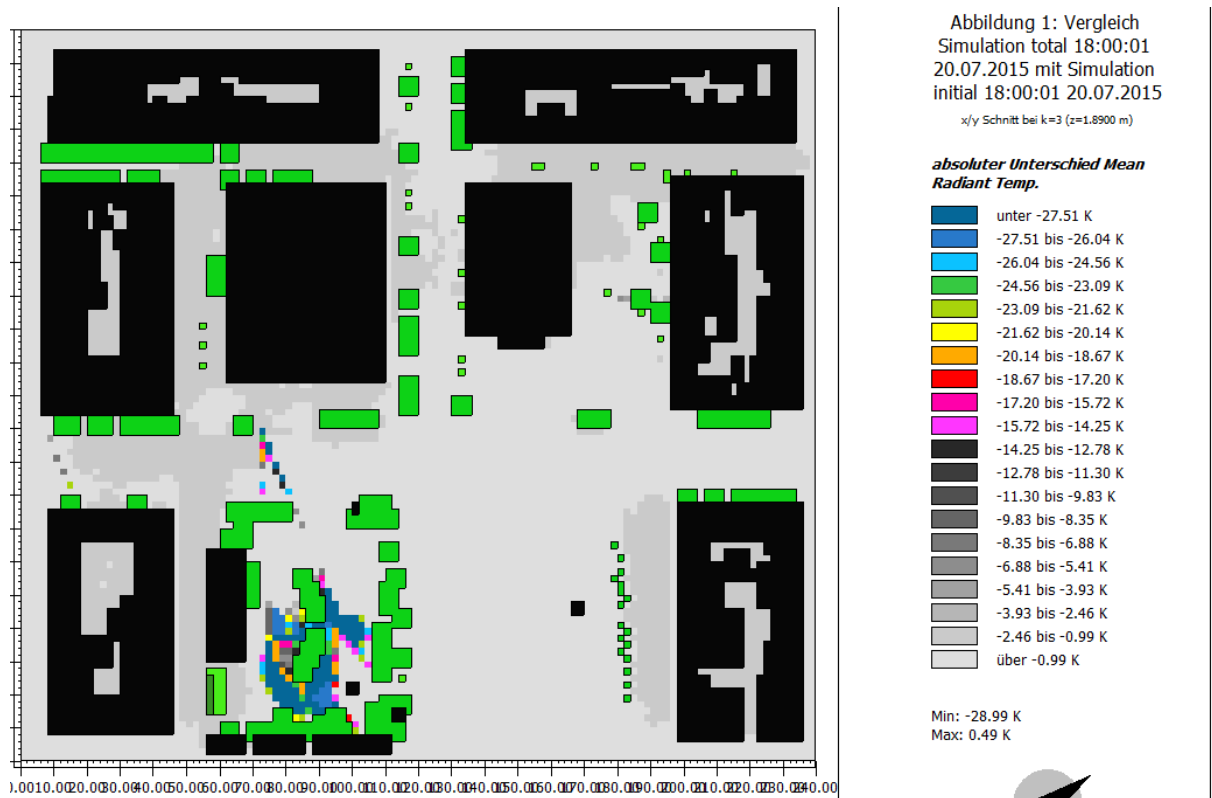


Min: -3.60
Max: 0.09

Εικόνα 3.69. μεταβολή της θερμικής άνεσης σε ύψος 1,80 m για την ώρα 18:00, στην προσομοίωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Ιδιαίτερη μείωση κατά μέχρι και 3,5 βαθμούς στην πλατεία Κοραή και γενική μείωση κατά μέχρι και 0,3 βαθμούς σε όλη την περιοχή.

Tmrt

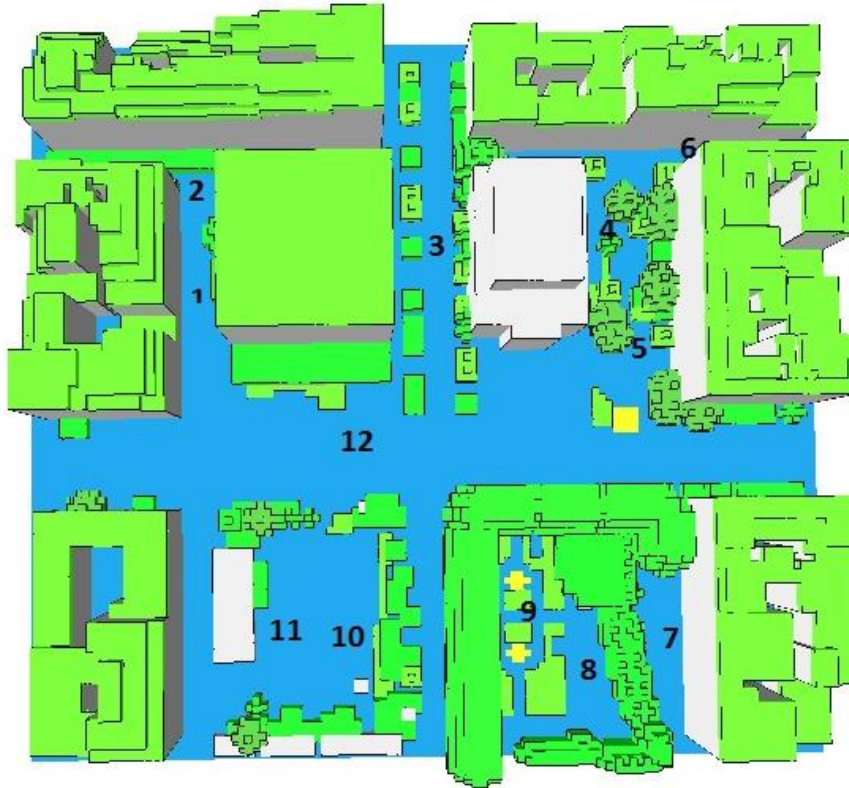


Εικόνα 3.70. μεταβολή της μέσης ακτινοβολούμενης θερμοκρασίας σε ύψος 2,00 m για την ώρα 18:00, στην προσομείωση total σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

Το απόγευμα παρατηρούμε στη μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία πως γενικά έχει μειωθεί με τη συνολική βελτίωση, αλλά στην πλατεία Κοραή έχει μειωθεί σημαντικά.

3.3.5 ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΙΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

3.3.5.1



Εικόνα 3.71. η περιοχή προσομοίωσης αριθμημένη σε συγκεκριμένα σημεία όπου υπολογίζονται οι μεταβολές θερμοκρασίας και θερμικής άνεσης [πηγή: LEONARDO, προσωπική εργασία]

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΙΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Μέγιστες μεταβολές **albedo-initial**, **green roof-initial**, **green facades-initial**, **total-initial** (αρνητικές τιμές συμβολίζουν μειωμένη θερμοκρασία ή pmv στην προσομοίωση με την αυξημένη ανακλαστικότητα σε σχέση με την αρχική).

			8:00	12:00	15:00	18:00
1	Θερμοκρασία	albedo	-0,19	-0,32	-0,27	-0,23
		Green roof	-0,26	+0,5	+0,4	-0,15
		Green facades	-0,4	-0,1	0	-0,2
		total	-0,65	-0,42	-0,27	-0,45
	PMV	Albedo	-0,05	0	-0,04	-0,07
		Green roof	-0,15	+0,12	+0,1	-0,03
		Green facades	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
		Total	-0,39	-0,3	-0,3	-0,3
2	Θερμοκρασία	Albedo	-0,11	-0,2	-0,21	-0,13
		Green roof	-0,12	+0,2	+0,4	-0,1
		Green facades	-1,1	+0,3	+0,8	-0,5
		Total	-1,11	+0,22	+0,67	-0,65
	PMV	Albedo	-0,02	0	-0,04	-0,04
		Green roof	-0,15	+0,12	+0,1	-0,03
		Green facades	-0,4	-0,1	+0,02	-0,3
		Total	-3,4	-2,3	-2,14	-0,3
3	Θερμοκρασία	Albedo	-0,04	-0,13	-0,14	-0,09
		Green roof	0	+0,04	0	-0,03
		Green facades	-0,1	0	+0,1	-0,1
		Total	-0,19	-0,1	-0,03	-0,25

	PMV	Albedo	0	+0,04	+0,04	-0,03
		Green roof	-0,05	0	+0,1	-0,02
		Green facades	-0,2	-0,3	-0,03	-0,3
		Total	-0,39	-0,3	-0,3	-0,3
4	Θερμοκρασία	Albedo	-0,06	-0,44	-0,34	-0,16
		Green roof	-0,06	+0,15	+0,2	-0,05
		Green facades	-0,09	0	-0,1	-0,05
		Total	-0,19	-0,26	-0,15	-0,14
	PMV	Albedo	0	-0,12	0	-0,04
		Green roof	-0,05	+0,12	+0,1	-0,02
		Green facades	-0,2	-0,1	-0,2	-0,3
		Total	-0,39	-0,3	-0,3	-0,3
5	Θερμοκρασία	Albedo	-0,04	-0,68	-0,68	-0,36
		Green roof	0	+0,15	+0,2	-0,03
		Green facades	-0,4	-0,04	-0,1	-0,15
		Total	-0,42	-0,1	-0,27	-0,45
	PMV	Albedo	0	-0,18	-0,24	-0,1
		Green roof	+0,02	+0,12	+0,1	-0,01
		Green facades	-0,2	-0,1	0	-0,1
		Total	-3,43	-2,3	-3,5	-0,3
6	Θερμοκρασία	Albedo	-0,02	-0,13	-0,21	-0,06

		Green roof	0	+0,04	-0,1	0
		Green facades	-0,3	-0,05	0	-0,3
		Total	-0,42	-0,26	-0,03	-0,31
	PMV	Albedo	0	0	0	-0,03
		Green roof	-0,05	-0,05	-0,08	-0,01
		Green facades	-0,3	-0,2	-0,2	-0,25
		Total	-0,39	-0,3	-0,3	-0,3
7	Θερμοκρασία	Albedo	-0,05	-0,13	-0,07	-0,09
		Green roof	0	+0,15	+0,2	0
		Green facades	-0,1	0	+0,31	-0,05
		Total	-0,19	-0,1	+0,56	-0,14
	PMV	Albedo	0	+0,04	0	-0,03
		Green roof	+0,02	+0,12	+0,1	0
		Green facades	-0,2	-0,15	-0,15	-0,3
		Total	-0,39	-0,3	-0,3	-0,3
8	Θερμοκρασία	Albedo	-0,05	-0,44	-0,68	-0,42
		Green roof	-0,06	+0,11	+0,2	0
		Green facades	-0,05	0	-0,05	-0,1
		Total	-0,07	-0,1	-0,15	-0,14
	PMV	Albedo	0	-0,12	-0,22	-0,12
		Green roof	+0,02	+0,12	+0,1	0

		Green facades	-0,2	-0,2	-0,15	-0,3
		Total	-0,39	-0,3	-0,3	-0,3
9	Θερμοκρασία	Albedo	-0,05	-0,2	-0,27	-0,16
		Green roof	0	+0,11	+0,2	0
		Green facades	-0,05	-0,03	-0,1	-0,05
		Total	-0,07	-0,26	-0,15	-0,14
	PMV	Albedo	-0,02	0	-0,02	-0,06
		Green roof	+0,02	+0,12	+0,1	0
		Green facades	-0,25	-0,2	-0,15	-0,3
		Total	-0,39	-0,3	-0,3	-0,3
10	Θερμοκρασία	Albedo	-0,05	-0,13	-0,21	-0,16
		Green roof	0	+0,15	+0,2	-0,04
		Green facades	-0,05	-0,1	0	-0,1
		Total	-0,07	-0,26	-0,62	-0,74
	PMV	Albedo	0	+0,04	0	-0,05
		Green roof	+0,02	+0,12	+0,1	0
		Green facades	-0,3	-0,1	-0,3	-0,3
		Total	-0,39	-2,3	-3,5	-3,5
11	Θερμοκρασία	Albedo	-0,05	-0,13	-0,14	-0,13
		Green roof	0	+0,11	+0,2	0
		Green facades	-0,2	0	0	-0,3

		Total	-0,3	+0,3	+0,67	-0,09
	PMV	Albedo	-0,02	+0,04	0	-0,04
		Green roof	+0,02	0	+0,1	0
		Green facades	-0,3	-0,4	-0,03	-0,3
		Total	-3,43	+0,2	+0,3	-3,5
12	Θερμοκρασία	Albedo	-0,02	-0,07	-0,07	-0,06
		Green roof	0	+0,04	-0,02	0
		Green facades	-0,1	-0,05	-0,05	-0,1
		Total	-0,19	-0,1	-0,15	-0,14
	PMV	Albedo	0	+0,05	+0,04	-0,03
		Green roof	-0,05	0	0	0
		Green facades	-0,3	-0,25	-0,03	-0,3
		Total	-0,39	-0,3	-0,3	-0,3

Πίνακας 3.1. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΑΝΕΣΗΣ ΣΤΙΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΣΕ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΑ ΣΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

3.3.5.2 ΣΧΟΛΙΑ :

- στο στενό πεζόδρομο δίπλα στο μέγαρο στο κάτω μέρος του στις 8 το πρωί έχουμε μείωση της θερμοκρασίας σε όλες τις προτάσεις βελτίωσης με μέγιστη τους 0,65 βαθμούς στην ολική βελτίωση, καθώς και βελτίωση της θερμικής άνεσης με μεγαλύτερη βελτίωση στην ολική πρόταση (0,39 βαθμοί). Στις 12 το μεσημέρι η μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας (0,42 βαθμοί) παρατηρείται στη συνολικά βελτιωμένη προσομοίωση, ενώ παρατηρείται και αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,5 βαθμούς μόνο στην προσομοίωση με τα φυτεμένα δώματα, όπου έχουμε και μεγαλύτερη δυσφορία κατά 0,12 βαθμούς. Η θερμική άνεση είναι βελτιωμένη στην ολική πρόταση καθώς και σε αυτή με τις φυτεμένες προσόψεις (0,3 βαθμοί). Στις 3 το μεσημέρι παρατηρούμε μείωση της θερμοκρασίας κατά 0,27 βαθμούς στην προσομοίωση με την αυξημένη ανακλαστικότητα και στην ολική, όπου παρατηρείται και μείωση της δυσφορίας κατά 0,04 και 0,3 βαθμούς αντίστοιχα, ενώ παρατηρείται αύξηση κατά 0,3-0,4 βαθμούς στην προσομοίωση με τα φυτεμένα δώματα, με ενίσχυση της δυσφορίας

κατά 0,1 βαθμούς, ενώ στις φυτεμένες προσόψεις η θερμοκρασία παραμένει σταθερή με βελτίωση της θερμικής άνεσης κατά 0,3 βαθμούς. Στο άνω μέρος του πεζοδρόμου στις 8 το πρωί η θερμοκρασία και η δυσφορία μειώνονται σε όλες τις προτάσεις με μέγιστη μείωση στην ολική και τις πράσινες προσόψεις κατά 1,11 βαθμούς θερμοκρασίας και έως 3,4 βαθμούς δυσφορίας στην ολική. Στις 12 το μεσημέρι παρατηρούμε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,25 βαθμούς κατά μέσο όρο σε όλες τις προτάσεις εκτός από αυτή με την αυξημένη ανακλαστικότητα όπου έχουμε μείωση της θερμοκρασίας κατά 0,2 βαθμούς. Ως προς τη θερμική άνεση παρατηρούμε μέγιστη βελτίωση κατά 2,3 βαθμούς στην ολική πρόταση και επιδείνωση κατά 0,12 βαθμούς στην προσομοίωση με τα φυτεμένα δώματα. Στις 3 το μεσημέρι έχουμε μείωση της θερμοκρασίας αποκλειστικά στην προσομοίωση με την αυξημένη ανακλαστικότητα (0,21 βαθμοί), ενώ παρατηρούμε μία μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,8 βαθμούς στην πρόταση με τις πράσινες προσόψεις και κατά 0,67 βαθμούς στην ολική πρόταση. Αύξηση της δυσφορίας παρατηρείται στην προσομοίωση με τα φυτεμένα δώματα (κατά 0,1 βαθμούς), ενώ μείωσή της κατά 2,14 βαθμούς έχουμε στην ολική πρόταση.

Άρα στον πεζόδρομο αυτόν μπορούμε να πούμε πως η ολική πρόταση είναι η καλύτερη σίγουρα με την έννοια της θερμικής άνεσης, καθώς τις μεσημβρινές ώρες έχουμε βελτίωσή της κατά 0,3 βαθμούς το ελάχιστο στο άνω μέρος και κατά 2,14 βαθμούς στο κάτω μέρος, όπου έχουμε φυτεύσει δέντρα. Ως προς τη θερμοκρασία τις μεσημβρινές ώρες στο κάτω μέρος έχουμε μείωση κατά τουλάχιστον 0,27 βαθμούς, ενώ στο άνω μέρος, ενώ έχουμε μεγάλη μείωση της θερμοκρασίας τις πρωινές και απογευματινές ώρες (έως και 1 βαθμό), τις μεσημβρινές ώρες έχουμε αύξηση έως και 0,67 βαθμούς, το οποίο όμως δεν εμποδίζει τη βελτίωση της θερμικής άνεσης όπως είδαμε.

- Στον πεζόδρομο δίπλα στο δημοτικό θέατρο, στο αριστερό μέρος παρατηρούμε μείωση της θερμοκρασίας έως 0,26 στην ολική προσομοίωση στις 12 το μεσημέρι. Στις 3 το μεσημέρι έχουμε μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας στην προσομοίωση με το αυξημένο albedo (0,34 βαθμούς), αλλά και μείωση 0,15 βαθμούς στην ολική πρόταση. Αντίθετα, αυτή την ώρα τα φυτεμένα δώματα προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,2 βαθμούς. Όσον αφορά τη θερμική άνεση είναι βελτιωμένη όλες τις ώρες κατά 0,3 βαθμούς στην ολική πρόταση, ενώ η μόνη πρόταση που προκαλεί επιπλέον δυσφορία είναι αυτή με τα φυτεμένα δώματα, κατά τις μεσημβρινές ώρες.
- Στο κάτω μέρος, παρατηρούμε μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας στην προσομοίωση με την αυξημένη ανακλαστικότητα στις 12 (0,68 βαθμούς), ενώ πάλι έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας στην προσομοίωση με τα φυτεμένα δώματα όλες τις μεσημβρινές ώρες και αύξηση και στην προσομοίωση με τις πράσινες προσόψεις κατά 0,21 βαθμούς στις 3 το μεσημέρι. Στην ολική προσομοίωση η θερμοκρασία είναι μειωμένη συνεχώς με μέγιστη μείωση τους 0,42 βαθμούς στις 8 το πρωί και κατά τις μεσημβρινές ώρες τους 0,26 βαθμούς. Η θερμική άνεση είναι φανερά βελτιωμένη στην ολική πρόταση, κατά έως και 3,5 βαθμούς, ενώ παρατηρούμε πως κατά τις μεσημβρινές ώρες τα φυτεμένα δώματα προκαλούν παραπάνω δυσφορία κατά 0,1 περίπου βαθμούς.
- Στο άνω μέρος, στις 12 η θερμοκρασία είναι μειωμένη κατά 0,26 βαθμούς στην ολική προσομοίωση, και λιγότερο στην προσομοίωση με τις πράσινες προσόψεις και στην albedo. Στις 3 παρατηρούμε μειωμένες ελαφρώς θερμοκρασίες. Ως προς τη θερμική

άνεση έχουμε βελτίωση κατά 0,3 βαθμούς στην ολική πρόταση σε όλες τις ώρες της μέρας που είναι και η μεγαλύτερη βελτίωση.

Άρα στον πεζόδρομο αυτό στην ολική πρόταση παρατηρούμε μείωση έως και 0,15 βαθμούς της θερμοκρασίας τις μεσημβρινές ώρες και βελτίωση της θερμικής άνεσης κατά έως και 0,3 βαθμούς γενικά και έως και 3,5 βαθμούς στο κάτω μέρος όπου έχουμε φυτεύσει δέντρα.

- **Στην πλατεία του μετρό**, στη δεξιά πλευρά παρατηρούμε ελαφρά μείωση της θερμοκρασίας και της δυσφορίας στις 12, με μέγιστη τους 0,1 βαθμούς θερμοκρασίας και 0,3 βαθμούς δυσφορίας στη συνολικά βελτιωμένη πρόταση, εκτός από την προσομοίωση με τα φυτεμένα δώματα όπου έχουμε αύξηση θερμοκρασίας κατά 0,15 βαθμούς και δυσφορίας κατά 0,12 βαθμούς. Στις 3 παρατηρούμε πως η θερμοκρασία αυξάνεται σε όλες τις προτάσεις πέρα από αυτή με την αυξημένη ανακλαστικότητα, καθώς στη συγκεκριμένη έχουμε αυξήσει και την ανακλαστικότητα του δαπέδου στην περιοχή. Αντίστοιχα αυξάνεται και το PMV, εκτός από την προσομοίωση με τις φυτεμένες προσόψεις και την ολική προσομοίωση στην οποία μειώνεται κατά 0,3 βαθμούς.
- **Στην υπόλοιπη περιοχή** έχουμε στις 12 μείωση της θερμοκρασίας και της δυσφορίας σε όλες τις προτάσεις με μέγιστες μεταβολές κατά 0,44 βαθμούς στη θερμοκρασία στην προσομοίωση albedo και 0,3 βαθμούς στη δυσφορία στην προσομοίωση total και αύξηση αποκλειστικά στην πρόταση με τις πράσινες στέγες κατά 0,12 βαθμούς και θερμοκρασίας και δυσφορίας. Στις 3 το μεσημέρι έχουμε μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας κατά 0,68 βαθμούς όσο πιο κοντά στη δεξιά πλευρά και έως 0,27 βαθμούς στα αριστερή, στην προσομοίωση με το αυξημένο albedo, ενώ στην ολική πρόταση έχουμε μείωση στη θερμοκρασία κατά 0,15 βαθμούς. Στην προσομοίωση με τις πράσινες προσόψεις παρατηρούμε πως η θερμοκρασία διατηρείται πρακτικά σταθερή, ενώ η θερμική άνεση βελτιώνεται έως και 0,15 βαθμούς. Το PMV είναι βελτιωμένο κατά 0,3 βαθμούς στην ολική πρόταση που είναι και η μέγιστη βελτίωση.

Άρα στην πλατεία του μετρό η ολική πρόταση είναι η καλύτερη τουλάχιστον ως προς τη θερμική άνεση καθώς έχουμε μείωση της δυσφορίας κατά 0,3 βαθμούς κατά κύριο λόγο, ενώ έχουμε και μείωση της θερμοκρασίας κατά 0,15 βαθμούς κατά μέσο όρο.

- **Στην πλατεία Κοραή** στη δεξιά πλευρά παρατηρούμε πως στις 12 το μεσημέρι έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας αποκλειστικά στην προσομοίωση με τις πράσινες στέγες κατά 0,15 βαθμούς, ενώ σε όλες τις υπόλοιπες προτάσεις έχουμε μείωση με μέγιστη κατά 0,26 βαθμούς στην ολική πρόταση. Η δυσφορία μειώνεται ιδιαίτερα στην ολική πρόταση κατά 2,3 βαθμούς, ενώ μειώνεται κατά 0,1 βαθμούς στην πρόταση με τις πράσινες προσόψεις και με το αυξημένο albedo και αυξάνεται κατά 0,12 βαθμούς στην πρόταση με τα φυτεμένα δώματα. Στις 3 το μεσημέρι έχουμε αύξηση της θερμοκρασίας στην προσομοίωση με τις πράσινες στέγες κατά 0,2 βαθμούς και στην προσομοίωση με τις πράσινες προσόψεις κατά 0,01 βαθμούς, ενώ έχουμε μέγιστη μείωση της θερμοκρασίας κατά 0,62 βαθμούς στην ολική προσομοίωση, κατά 0,21 βαθμούς στο αυξημένο albedo. Η θερμική άνεση είναι βελτιωμένη στην ολική πρόταση κατά 3,5 βαθμούς.
- **Στην αριστερή πλευρά** έχουμε μείωση της θερμοκρασίας στην προσομοίωση με την αυξημένη ανακλαστικότητα κατά 0,13 βαθμούς το μέγιστο στις 12 το μεσημέρι, ενώ παρατηρούμε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,67 βαθμούς το μέγιστο στην ολική πρόταση στις 3 το μεσημέρι καθώς έχουμε μειώσει σε εκείνη την περιοχή την

ανακλαστικότητα του δαπέδου. Ως προς το PMV παρατηρείται μείωση της δυσφορίας κατά 0,4 βαθμούς στην προσομοίωση με τις πράσινες προσόψεις στις 12, ενώ αύξηση της δυσφορίας κατά 0,2 με 0,3 βαθμούς στην ολική πρόταση. Παρόλα αυτά τις πρωινές και βραδινές ώρες η θερμική άνεση βελτιώνεται ιδιαίτερα στην ολική πρόταση, κατά 3,5 βαθμούς.

Άρα θα μπορούσαμε να πούμε πως αν δεν είχαμε μεταβάλει το δάπεδο (την ανακλαστικότητα ουσιαστικά), η ολική πρόταση θα ήταν σαφώς η καλύτερη. Βλέπουμε πως στη δεξιά πλευρά στις 12 έχουμε μείωση της θερμοκρασίας κατά 0,26 βαθμούς και της δυσφορίας κατά 2,3 βαθμούς, ενώ στις 3 μείωση της θερμοκρασίας κατά 0,62 βαθμούς και της δυσφορίας κατά 3,5 βαθμούς, αφού έχουμε φυτεύσει δέντρα. Στην αριστερή πλευρά οι αυξημένες τιμές θα ήταν πολύ μειωμένες, καθώς βλέπουμε επίσης πως τις πρωινές και απογευματινές ώρες η θερμική άνεση είναι σημαντικά βελτιωμένη-κατά 3,5 βαθμούς και η θερμοκρασία μειωμένη κατά 0,3 βαθμούς στις 8 το πρωί.

Γενικά παρατηρήσαμε μη αναμενόμενα αποτελέσματα στην προσομοίωση με φυτεμένα δώματα στις συνθήκες άνεσης και τη θερμοκρασία κατά τις μεσημβρινές ώρες που όπως αναφέραμε και νωρίτερα ίσως η εφαρμογή τους στον περιορισμένο αυτό χώρο να μην επέτρεψε την εξαγωγή ορθών αποτελεσμάτων ή ακόμα παράγοντες όπως η ένταση του ανέμου, η υγρασία, ο τρόπος δόμησης να επιφέρουν τέτοιου είδους αποτελέσματα. Επίσης μη αναμενόμενα αποτελέσματα παρατηρήσαμε στη θερμική άνεση μετά την τοποθέτηση υλικών με υψηλή ανακλαστικότητα στο δάπεδο καθώς αυτό ενώ συντελεί στη μείωση της θερμοκρασίας του αέρα, προκαλεί την ανάκλαση περισσότερης εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (μικρού μήκους) πίσω στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα μια υψηλότερη ακτινοβολούμενη θερμοκρασία στο χώρο, άρα και δυσφορία στο χρήστη, σύμφωνα με μελέτες.

Το ότι η κλίμακα του PMV απευθύνεται στην πραγματικότητα σε εσωτερικούς χώρους και το ότι κανονικά κυμαίνεται από -4 έως +4, ίσως δικαιολογεί την απόκλιση του αποτελέσματος από τη θεωρία.

3.3.6 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΤΑ ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΚΟΣΤΗ

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ALBEDO

Αλλαγή υλικού στέγης σε όλα τα κτίρια πέραν του δημοτικού θεάτρου

Συνολική επιφάνεια αλλαγής : 18.150 m²

Κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο : 20 €/m²

Συνολικό κόστος : 363.000 €

Διάρκεια ζωής : 20 χρόνια

Κοστος συντήρησης (διαρροές, τρύπες κλπ): €0.20/m²/έτος

Αλλαγή υλικού δαπέδου στον πεζόδρομο δίπλα στο δημοτικό θέατρο και στην πλατεία του μετρό

Συνολική επιφάνεια αλλαγής : 2230 m²

Κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο : 6,90€/m²

Συνολικό κόστος : 15.387 €

Ολικό κόστος βελτίωσης :378.387 €

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

Φύτευση εκτατικού τύπου στις στέγες όλων των κτιρίων πέραν του δημοτικού θεάτρου

Συνολική επιφάνεια φύτευσης : 18.150 m²

Κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο : από 40 €/m²

Συνολικό κόστος : 726.000 €

Κόστος συντήρησης : €/m²/έτος, αλλά μόνο τα 2 πρώτα έτη

Διάρκεια ζωής : τουλάχιστον 40 χρόνια

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΡΑΣΙΝΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Φύτευση στις νοτιοδυτικές κυρίως και νοτιοανατολικές δευτερευόντως πλευρές κτιρίων

Συνολική επιφάνεια φύτευσης : 14.800 m²

Κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο : περίπου 80 €/m²

Συνολικό κόστος : 1.184.000 €

Το κόστος συντήρησης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Κόστος πράσινων τοίχων + κόστος ψυχρών στεγών + κόστος φύτευσης στους πεζοδρόμους

Άρα >1.547.000 €

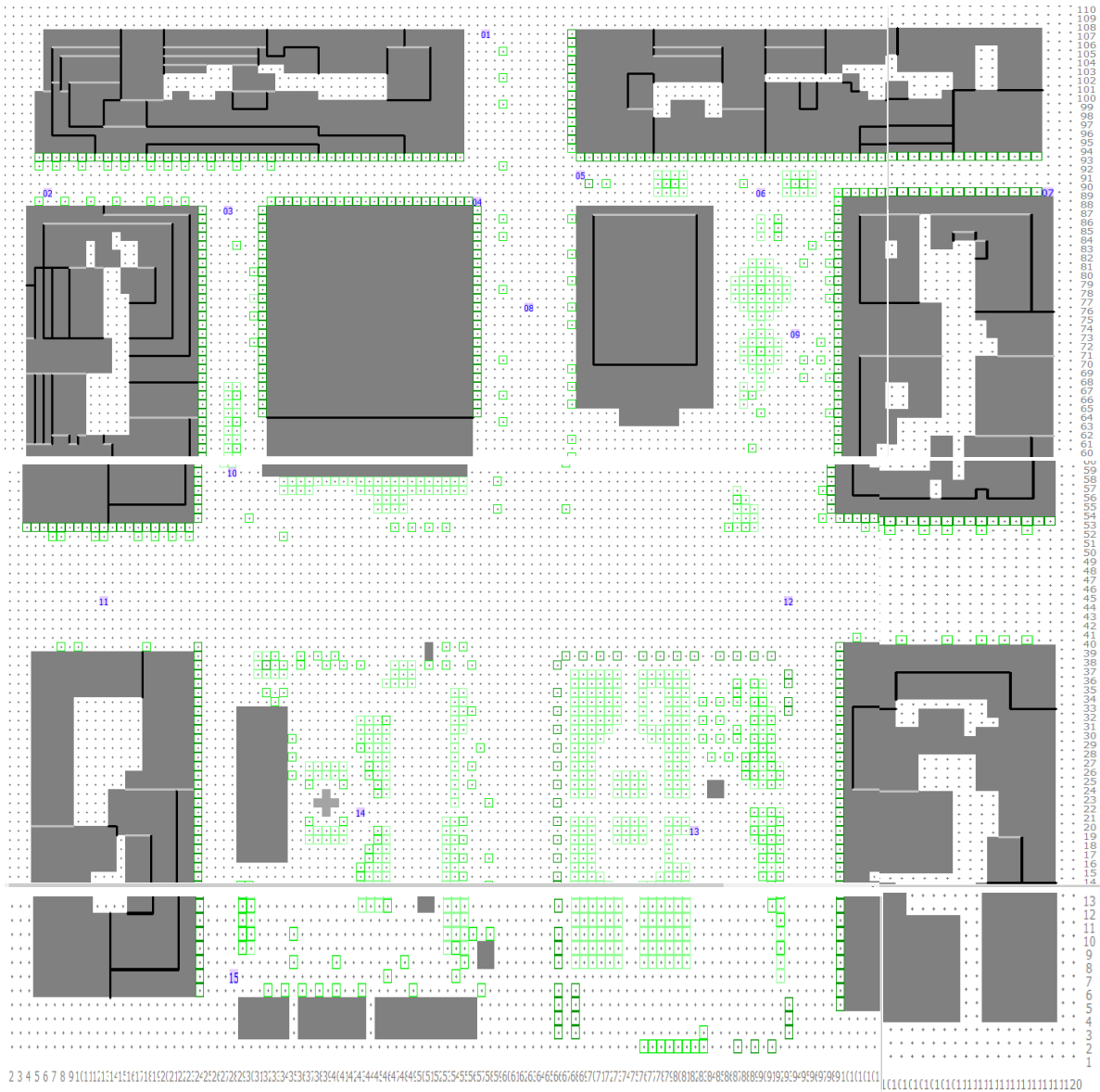
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΣΥΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η παρουσίαση των αρχών του βιοκλιματικού σχεδιασμού των κτιρίων και, ειδικότερα, η ανάδειξη της συμβολής των φυτοκαλυμμένων επιφανειών και της αξιοποίησης των ελεύθερων χώρων των κτιρίων στη διαμόρφωση ευνοϊκότερου μικροκλίματος. Για την επίτευξη του στόχου αυτού χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό υπολογιστικής ρευστομηχανικής, ENVI-met, στον περιβάλλοντα χώρο του Δημοτικού Θεάτρου Πειραιά, έκτασης 52,8 στρεμμάτων. Πραγματοποιήθηκαν πέντε προσομοιώσεις: η πρώτη απεικόνιζε την υφιστάμενη κατάσταση και οι ακόλουθες τέσσερις τρόπους ανάπλασής της. Στο πρόγραμμα εισήχθησαν πραγματικά μετεωρολογικά δεδομένα από τον κοντινό μετεωρολογικό σταθμό του Παλαιού Φαλήρου, τα οποία παραχωρήθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν οι τεχνολογίες των φυτεμένων δωματίων, των κάθετων κήπων, των δωματίων με υλικά υψηλής ανακλαστικότητας, αλλά και η απλή φύτευση των πεζοδρόμων και των πλατειών. Μελετήθηκαν τα επίπεδα θερμικής άνεσης για τις διάφορες καταστάσεις, καθώς και οι παράμετροι που τη διαμορφώνουν, όπως η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η ένταση του ανέμου και η σχετική υγρασία.

Τα βασικά συμπεράσματα που εξήχθησαν είναι:

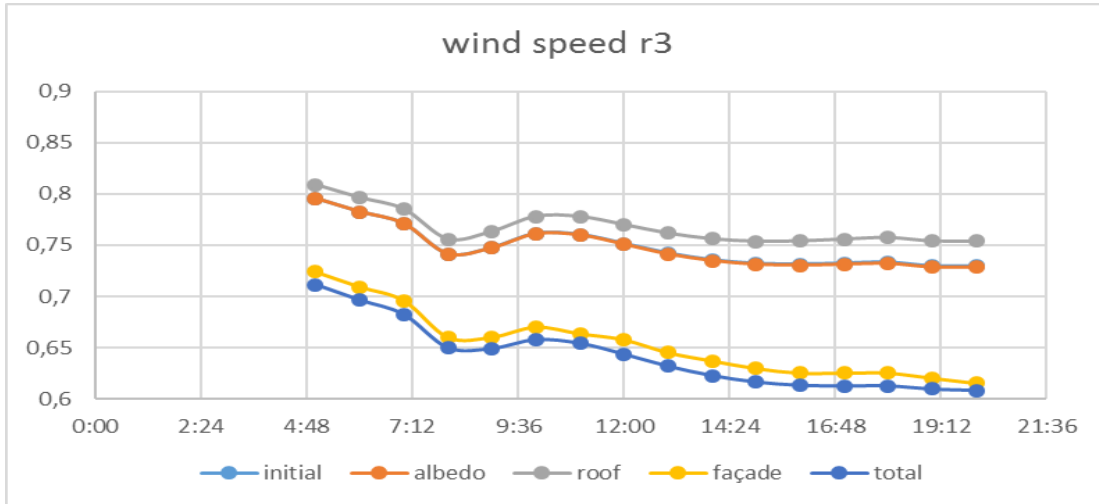
- Η αυξημένη ανακλαστικότητα στις στέγες των κτιρίων αλλά και στο δάπεδο μειώνουν σε αρκετά μεγάλο βαθμό τη θερμοκρασία, ενώ έχουν μικρή επίδραση στη θερμική άνεση (πιθανόν όσο αναλογεί στη χαμηλότερη θερμοκρασία που εμφανίζεται). Το κόστος εφαρμογής τους είναι αμελητέο σχετικά με τα οφέλη που προσδίδει.
- Οι φυτεμένες προσόψεις, αν και δεν συνεισφέρουν πολύ στη μείωση της θερμοκρασίας, βελτιώνουν σημαντικά τα επίπεδα θερμικής άνεσης στον αστικό χώρο. Το κόστος εφαρμογής τους είναι αρκετά μεγάλο, εξισορροπείται όμως σε μεγάλο βαθμό από τη θερμική άνεση και το αισθητικό αποτέλεσμα που προσφέρει.
- Η φύτευση δέντρων και γενικά το πράσινο στους αστικούς χώρους έχει αρκετά μεγάλη επίδραση στη μείωση της δυσφορίας αλλά και της θερμοκρασίας.

4.2 Διαγράμματα από κάποια χαρακτηριστικά σημεία όπου έχουμε τοποθετήσει receptors

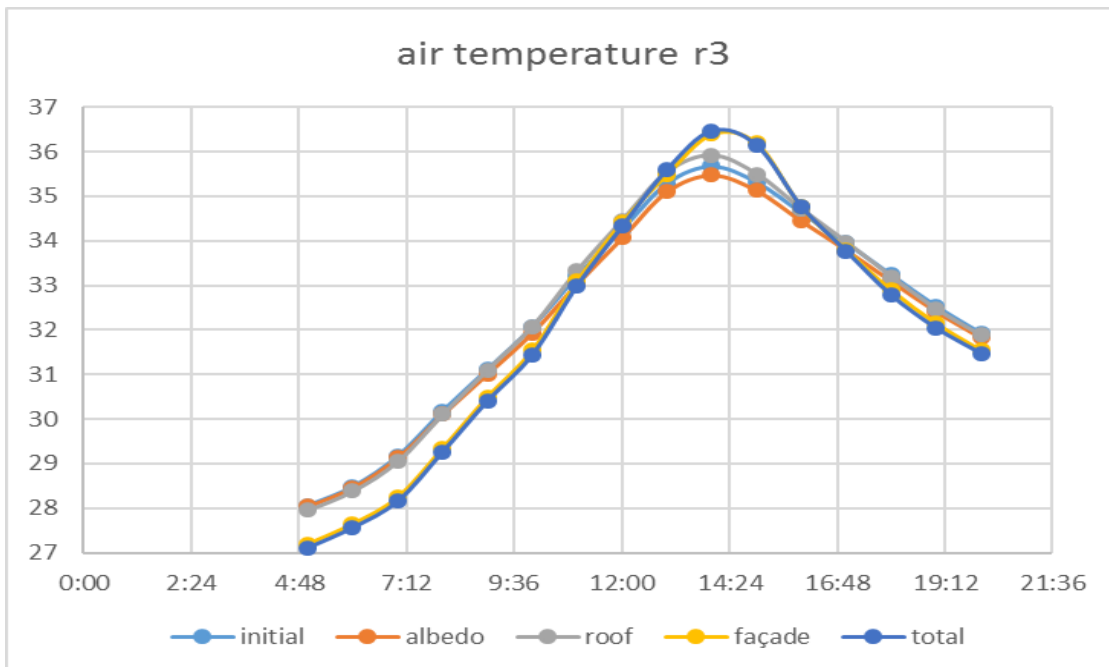


Εικόνα 3.72. η περιοχή προσομοίωσης που απεικονίζει και τους receptors [πηγή: ENVImet, SPACES, προσωπική εργασία]

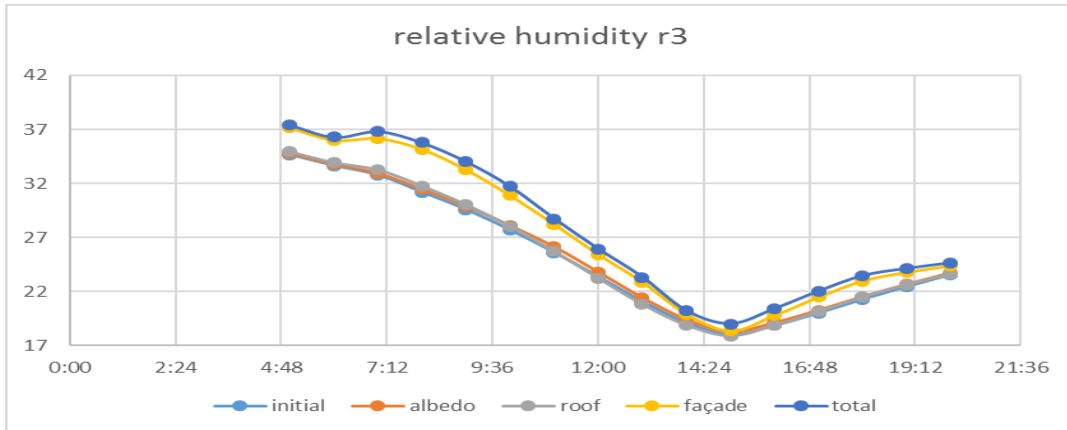
□ **R3 (σημείο σε στενό πεζόδρομο που περιβάλλεται από πράσινες προσόψεις)**



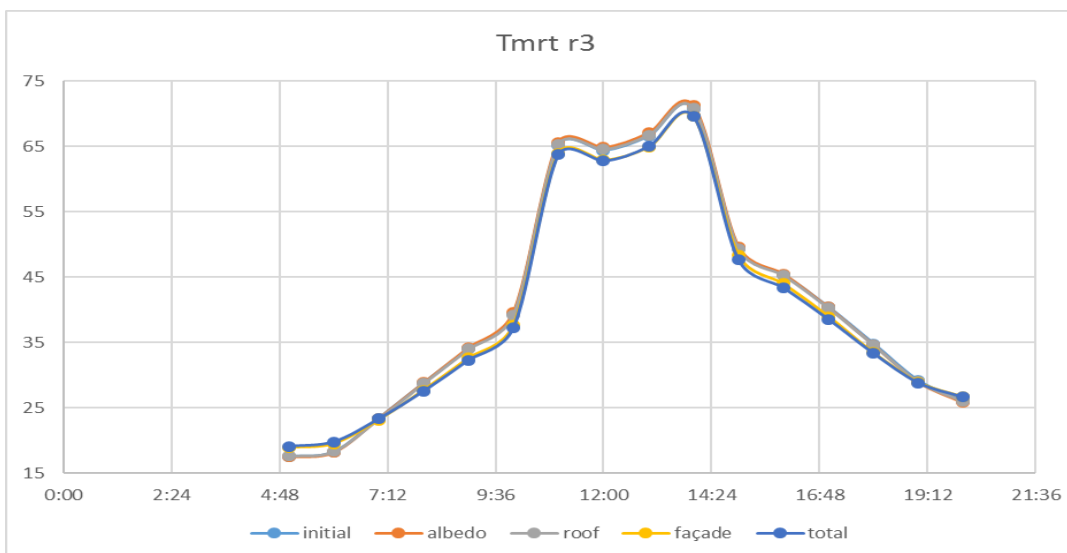
Γράφημα 4.1. ταχύτητα ανέμου , στην περιοχή του receptor 3, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



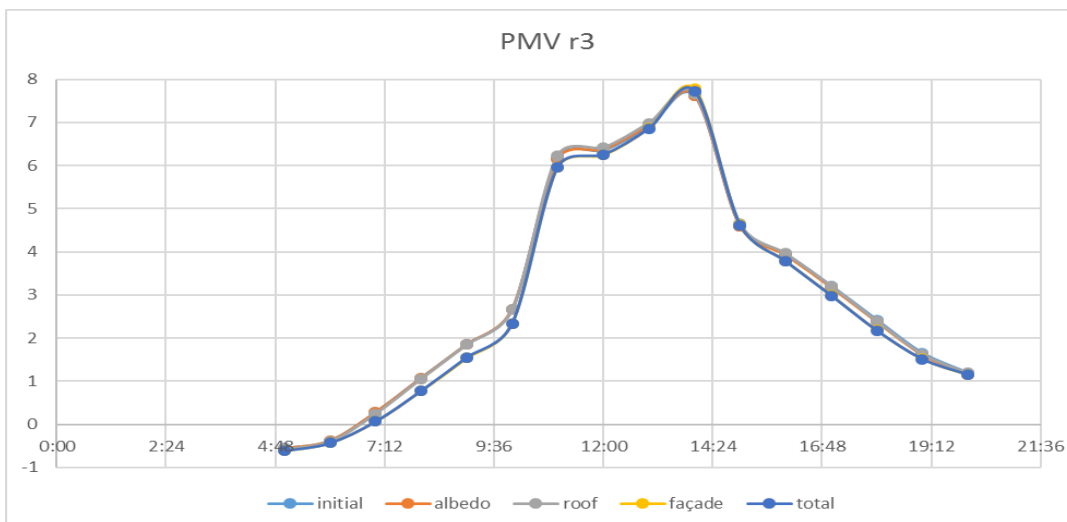
Γράφημα 4.2. θερμοκρασία του αέρα , στην περιοχή του receptor 3, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



Γράφημα 4.3. σχετική υγρασία , στην περιοχή του receptor 3, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



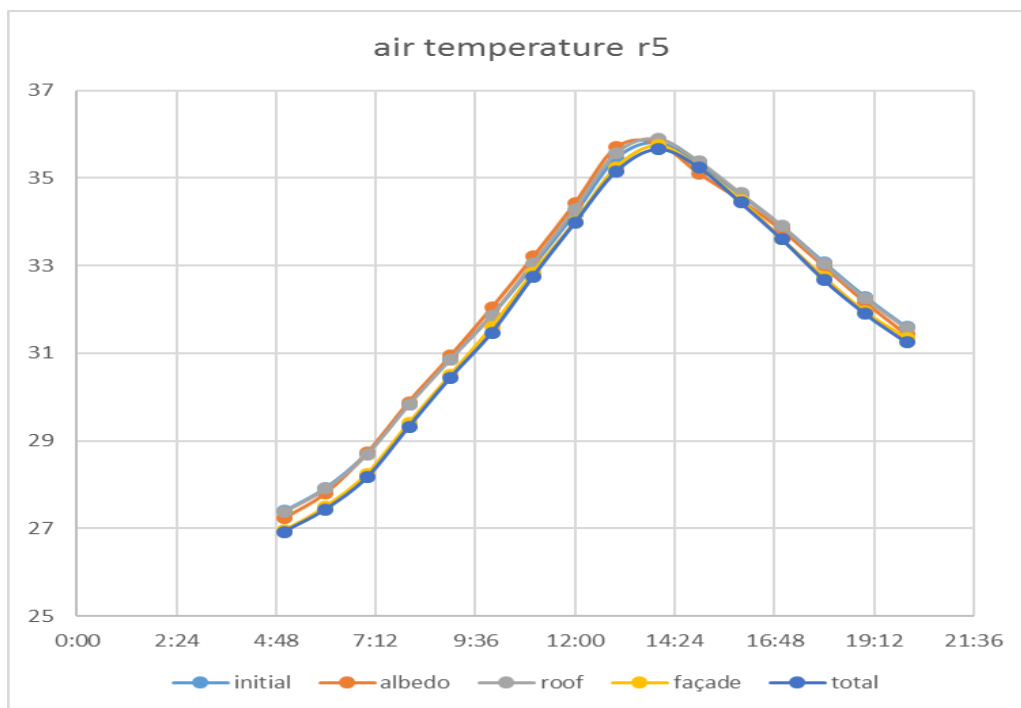
Γράφημα 4.4. μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία , στην περιοχή του receptor 3,σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



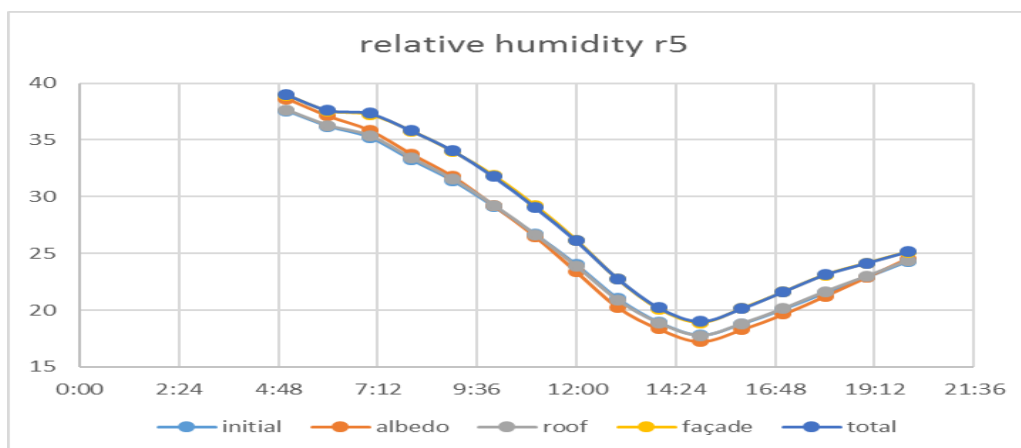
Γράφημα 4.5. θερμική άνεση , στην περιοχή του receptor 3, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Στο σημείο του R3 έχουμε ιδιαίτερες διαφορές στην ολική και στην προσομοίωση με τις πράσινες προσόψεις καθώς μειώνεται αισθητά η ταχύτητα του ανέμου. Η θερμοκρασία παρατηρούμε πως ενώ σε γενικές γραμμές είναι μειωμένη στις δύο αυτές προσομοιώσεις, κατά τις μεσημβρινές ώρες αυξάνεται. Η σχετική υγρασία είναι αυξημένη, εκτός από τις μεσημβρινές ώρες, ενώ η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία είναι σταθερά μειωμένη. Στη θερμική άνεση βλέπουμε μία αρκετά μεγάλη βελτίωση στην προσομοίωση total.

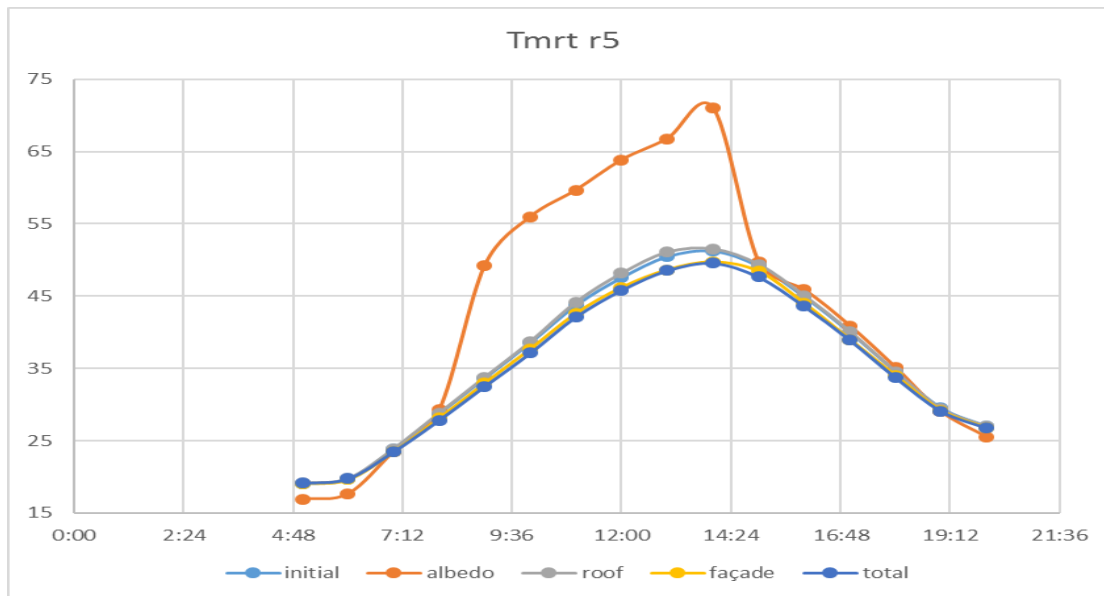
- **R5 (σημείο στον πεζόδρομο πίσω από το Δημοτικό Θέατρο όπου έχουμε και δάπεδο με αυξημένη ανακλαστικότητα στην προσομοίωση albedo και στο κτίριο έχουμε πράσινη πρόσοψη στις προσομοιώσεις total και facade)**



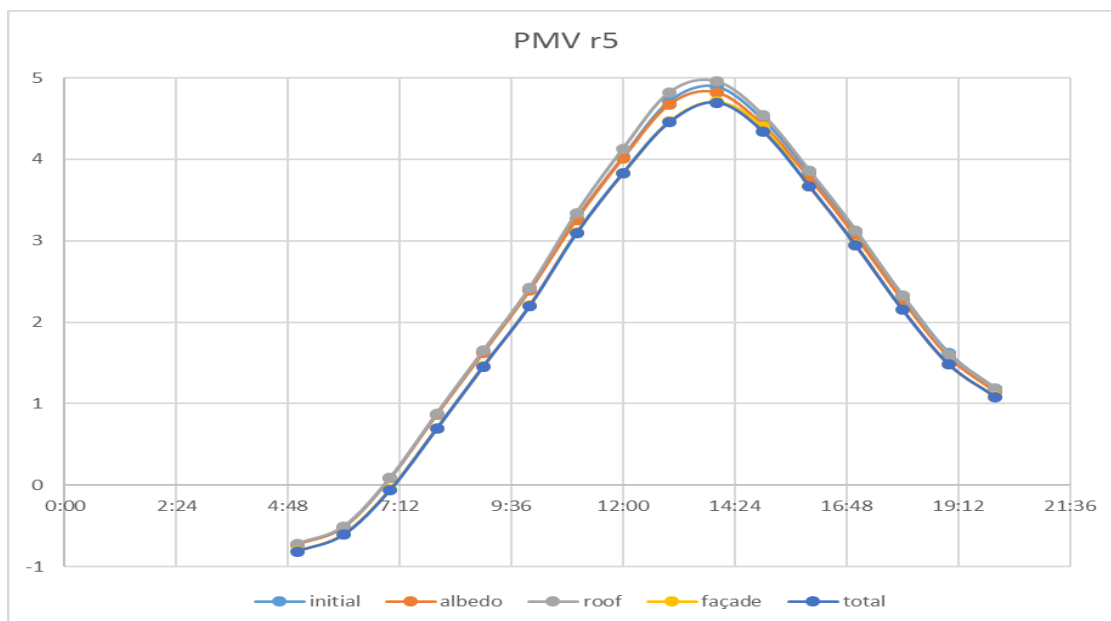
Γράφημα 4.6. θερμοκρασία του αέρα , στην περιοχή του receptor 5, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



Γράφημα 4.7. σχετική υγρασία , στην περιοχή του receptor 5, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



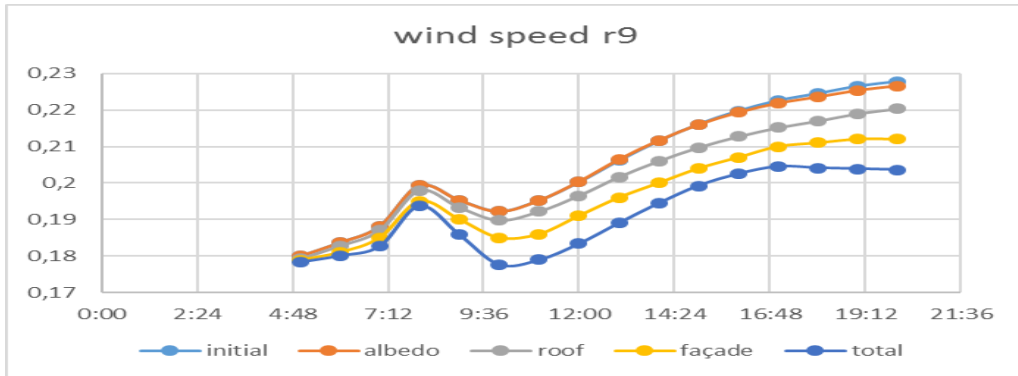
Γράφημα 4.8. μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία , στην περιοχή του receptor 5, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



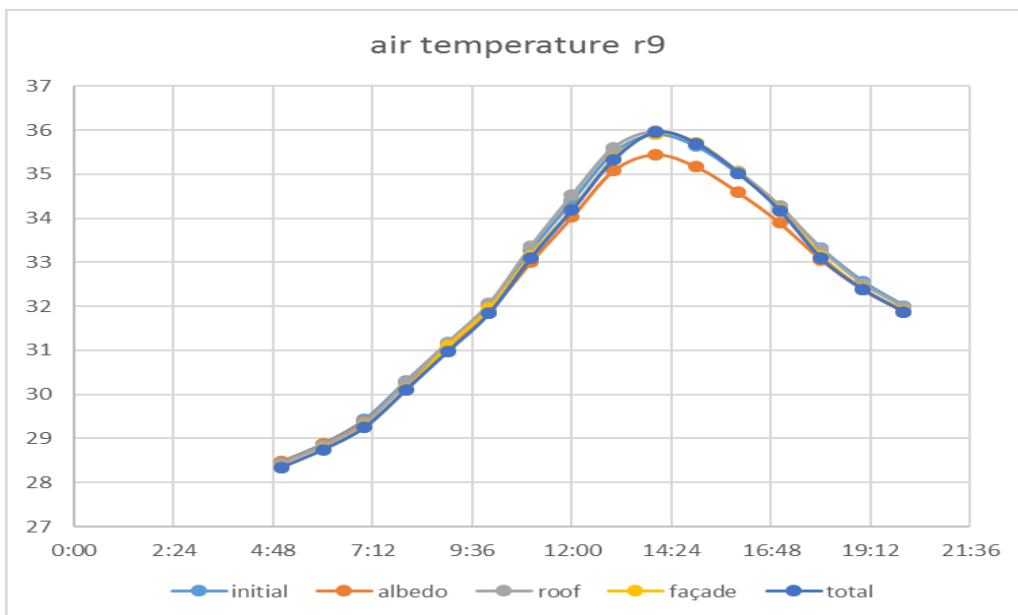
Γράφημα 4.9. θερμική άνεση , στην περιοχή του receptor 5, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Η θερμοκρασία είναι κάπως αυξημένη τις πρωινές ώρες (10:00-13:00), στην προσομοίωση albedo αλλά έπειτα μειώνεται, ενώ οι προσομοιώσεις με τις πράσινες προσόψεις παρουσιάζουν συνεχείς μειωμένες θερμοκρασίες και αυξημένες σχετικές υγρασίες. Η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία βλέπουμε ότι αυξάνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από τις 8μιση το πρωί μέχρι το απόγευμα στην προσομοίωση albedo, ενώ η total παρουσιάζει συνεχή μείωση. Παρ' όλα αυτά παρατηρούμε πως η θερμική άνεση στην προσομοίωση albedo δεν επιβαρύνεται, ενώ στην προσομοίωση total βελτιώνεται σημαντικά.

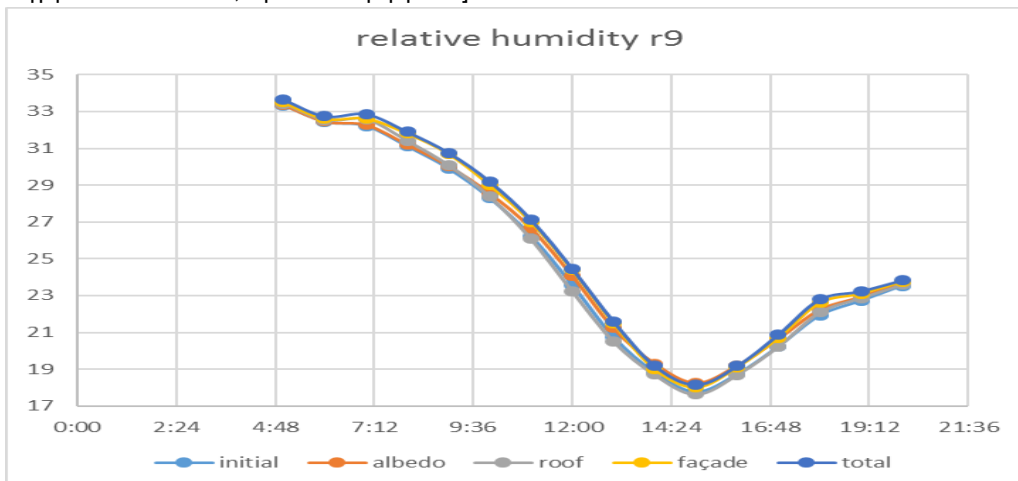
- R9 (σημείο δεξιά του Δημοτικού θεάτρου όπου στην προσομοίωση albedo έχουμε θέσει δάπεδο με υψηλότερη ανακλαστικότητα και στην προσομοίωση total έχουμε φυτεύσει επιπλέον δέντρα)



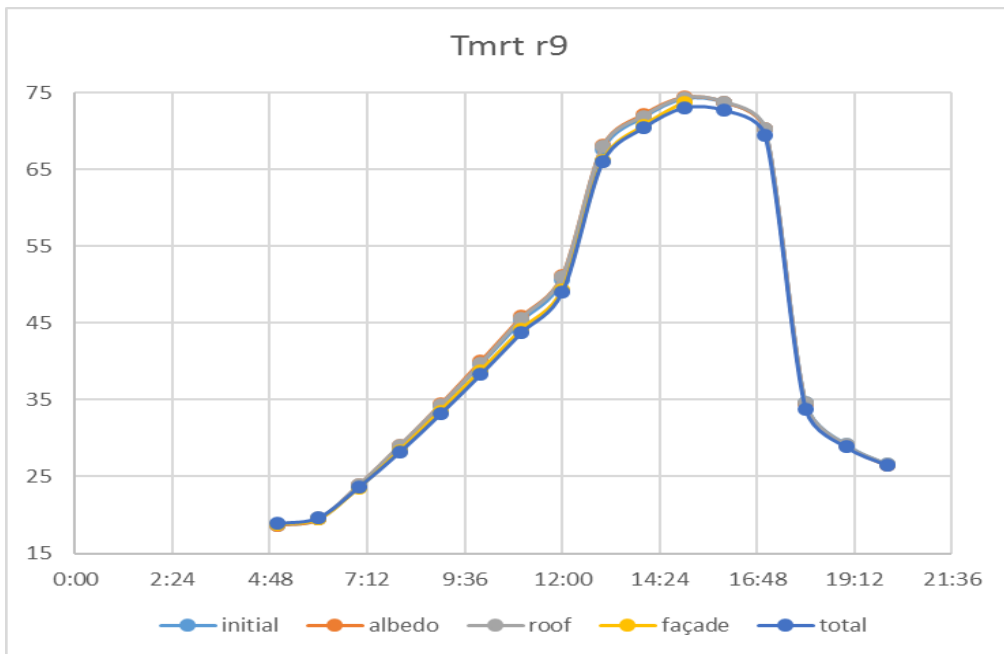
Γράφημα 4.10. ταχύτητα ανέμου , στην περιοχή του receptor 9, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



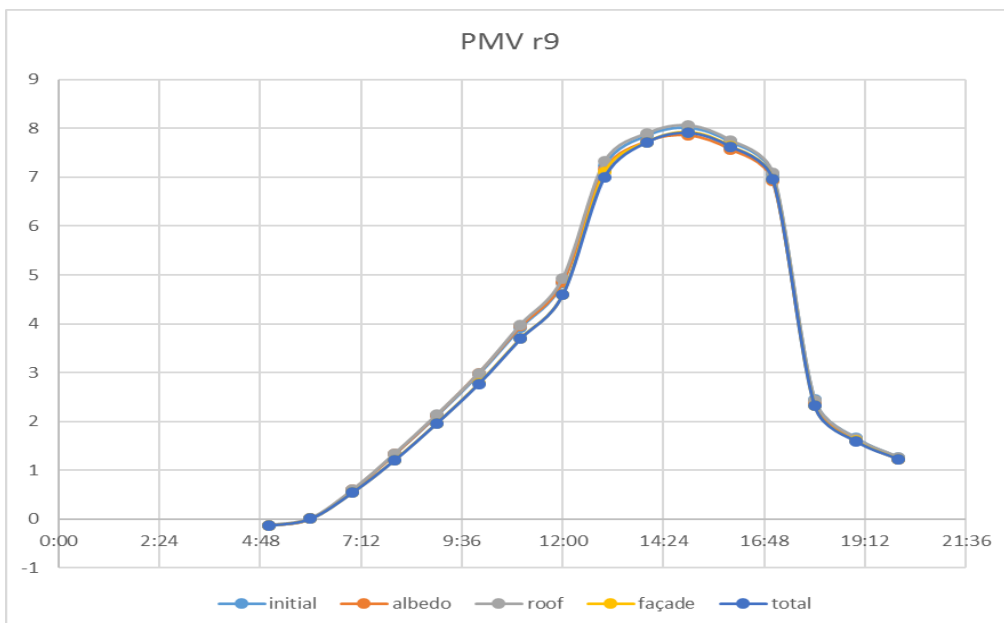
Γράφημα 4.11. θερμοκρασία του αέρα , στην περιοχή του receptor 9, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



Γράφημα 4.12. σχετική υγρασία , στην περιοχή του receptor 9, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



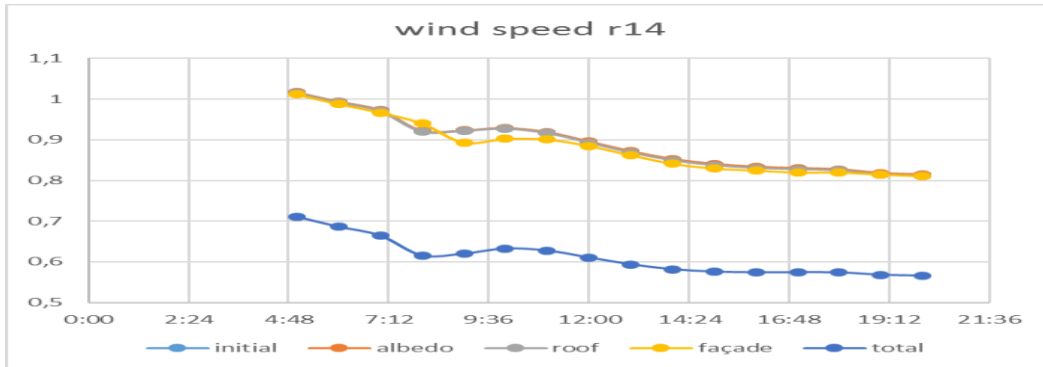
Γράφημα 4.13. μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία , στην περιοχή του receptor 9, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



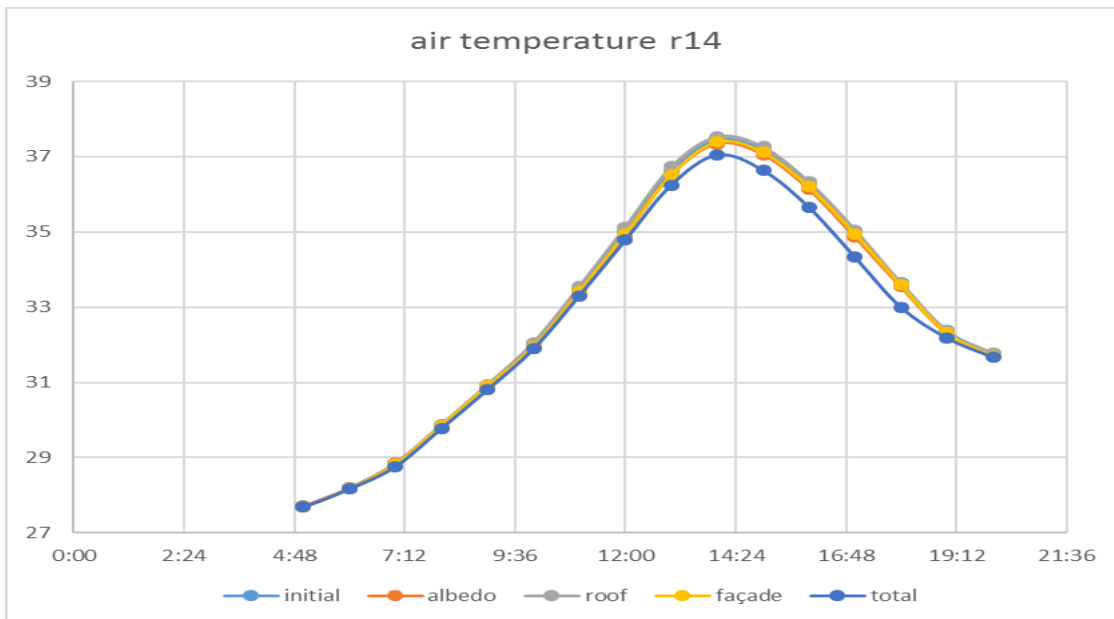
Γράφημα 4.14. θερμική άνεση , στην περιοχή του receptor 9, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Η θερμοκρασία είναι φανερά μειωμένη στην προσομοίωση albedo κατά τις μεσημβρινές ώρες, λόγω του δαπέδου με την υψηλή ανακλαστικότητα ενώ όλη την υπόλοιπη ημέρα είναι μειωμένη όπως και στην total. Η θερμική άνεση είναι βελτιωμένη στην συνολική πρόταση και κατά τις μεσημβρινές ώρες βελτιώνεται και με την αυξημένη ανακλαστικότητα. Η ταχύτητα του ανέμου είναι μειωμένη εκτός από την προσομοίωση albedo όπου παραμένει σταθερή. Η Tmrt είναι μειωμένη στην προσομοίωση total, όπου έχουμε και αυξημένη σχετική υγρασία, ενώ αυξάνεται στην προσομοίωση albedo λόγω του δαπέδου υψηλής ανακλαστικότητας.

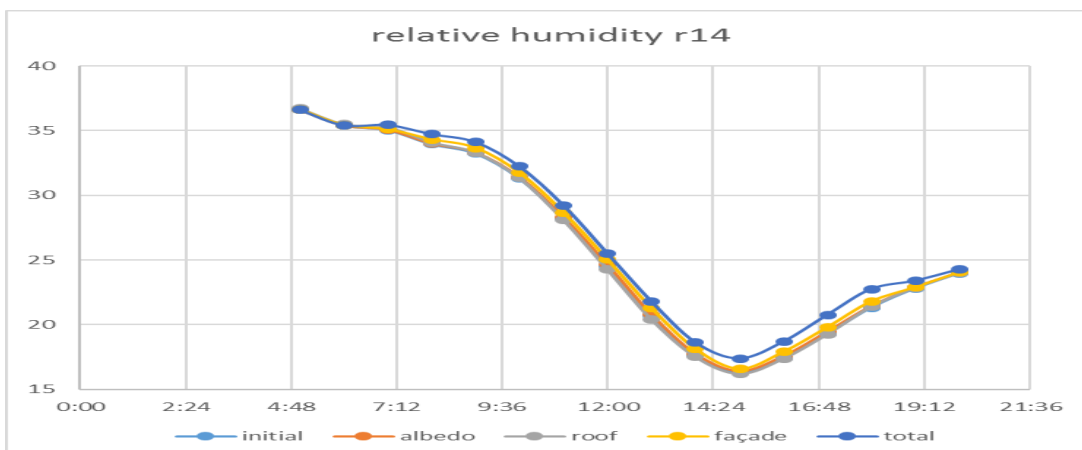
- R14 (σημείο στην πλατεία Κοραή όπου έχουμε φυτεύσει δέντρα και έχουμε βάλει πλάκες με χαμηλότερη ανακλαστικότητα στην total)



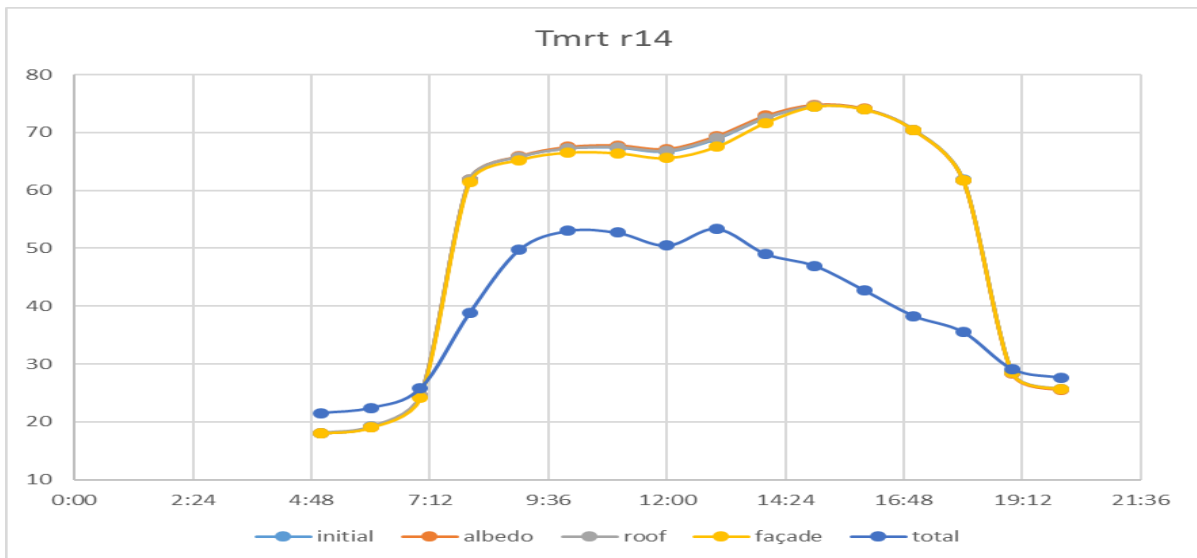
Γράφημα 4.15. ταχύτητα ανέμου , στην περιοχή του receptor 14, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



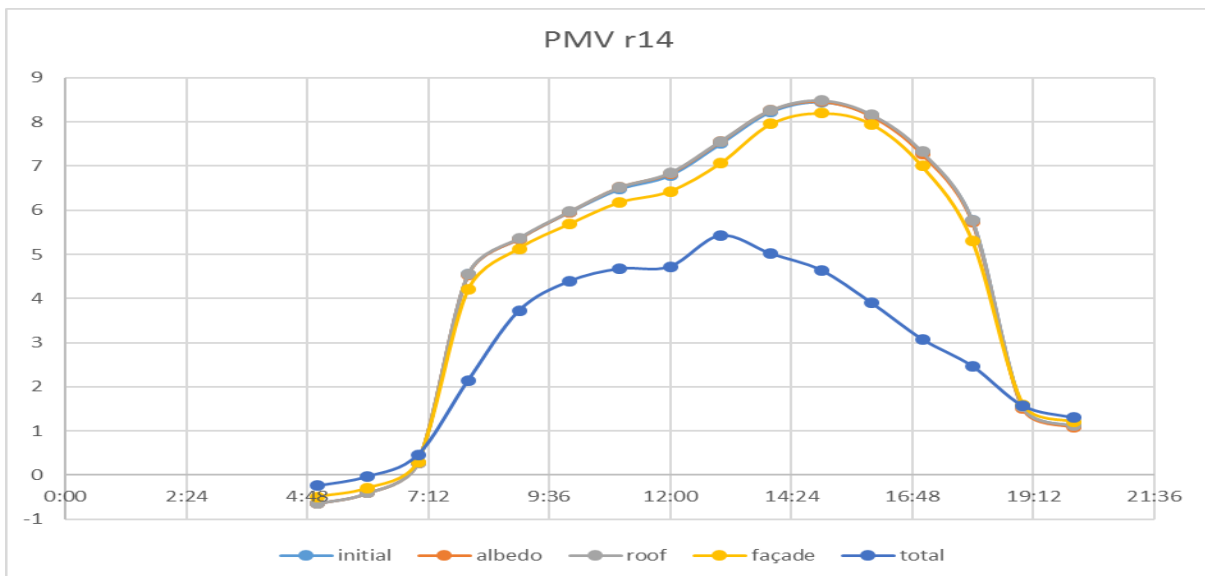
Γράφημα 4.16. θερμοκρασία του αέρα , στην περιοχή του receptor 14, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



Γράφημα 4.17. σχετική υγρασία , στην περιοχή του receptor 14, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



Γράφημα 4.18. μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία , στην περιοχή του receptor 14, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]



Γράφημα 4.19. θερμική άνεση , στην περιοχή του receptor 14, σε ύψος 2m στις 5 προσομοιώσεις [πηγή: Microsoft excel, προσωπική εργασία]

Η ταχύτητα του ανέμου είναι φανερά μειωμένη στην προσομοίωση total, η θερμοκρασία είναι επίσης αρκετά μειωμένη με αυξημένη σχετική υγρασία ειδικά τις μεσημβρινές ώρες, ενώ η μέση ακτινοβολούμενη θερμοκρασία είναι πολύ μειωμένη, όπως και ο δείκτης PMV πράγμα που δικαιολογείται από τη δενδροφύτευση.

Βλέπουμε λοιπόν πως ανά περιοχές η κάθε πρόταση βελτίωσης παρέχει λίγα ή περισσότερα οφέλη, η συνολική όμως προσομοίωση προσφέρει τα καλύτερα αποτελέσματα, ειδικά για τη θερμική άνεση.

Ο συνδυασμός επομένως στεγών με αυξημένη ανακλαστικότητα - με τα οφέλη που αυτό προσφέρει στην εξασθένηση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας καθώς και στη βελτίωση της θερμικής άνεσης στους εσωτερικούς χώρους με συνέπεια τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση (με χαμηλό κόστος) - με φυτεμένες προσόψεις -με όλα τα πλεονεκτήματα τους που έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο- και με τη δενδροφύτευση που αποτελεί τη σημαντικότερη ίσως βελτίωση αν ενδιαφερόμαστε για τη θερμική άνεση στις πλατείες των αστικών κέντρων, όπως φάνηκε και από τη μελέτη, είναι η καλύτερη πρόταση βελτίωσης.

Οι μέγιστες βελτιώσεις που παρατηρούνται μεταξύ της αρχικής προσομοίωσης και της συνολικής πρότασης είναι οι εξής :

- Μείωση της ταχύτητας του ανέμου έως και 0,6 m/s
- Μείωση της θερμοκρασίας έως και 0,46 βαθμούς
- Αύξηση της σχετικής υγρασίας έως και κατά 1,8%
- Βελτίωση της θερμικής άνεσης έως και κατά 3,5 βαθμούς τοπικά και έως και κατά 0,6 βαθμούς τις μεσημβρινές ώρες στους υπόλοιπους χώρους

Η βελτίωση των κλιματικών συνθηκών μιας περιοχής μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τη χρήση του βιοκλιματικού σχεδιασμού, που αφορά μια σειρά από ζητήματα όπως:

- τη δόμηση σε σχέση με το ανάγλυφο του εδάφους, τους προσανατολισμούς, την κυκλοφορία του αέρα στον αστικό ιστό και τα γενικότερα κλιματικά χαρακτηριστικά
- τους όρους δόμησης, την οικιστική πυκνότητα και τον πληθυσμό των προσανατολισμό των δρόμων και τη γεωμετρία του αστικού ιστού
- τα ύψη των κτιρίων σε σχέση με το πλάτος των δρόμων και των ελεύθερων χώρων την αναλογία δομημένων και αδόμητων επιφανειών
- τα υλικά των εξωτερικών επιφανειών των κτιρίων και των επιφανειών εδαφοκάλυψης των υπαίθριων χώρων
- την ποσότητα, την κατανομή και το είδος των χώρων πρασίνου μέσα στον αστικό ιστό
- τις εκπομπές των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων των κτιρίων
- τα κάθε είδους στοιχεία σκίασης
- την παρουσία του υγρού στοιχείου στον αστικό ιστό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

- ❖ Η μετάβαση του λογισμικού Envi-Met από την έκδοση 3.1 στην 4.0 περιόρισε το πλήθος των βιοκλιματικών δεικτών που μπορούσαν να προκύψουν από τις αναλύσεις και δημιούργησε προβλήματα συμβατότητας των αναλύσεων. (οι μόνοι δείκτες θερμικής άνεσης που μπορούν να προκύψουν με τη συμβατική άδεια χρήσης του προγράμματος είναι οι PMV-PPD)
- ❖ Δεν προβλέπεται σαφής τρόπος προσομοίωσης για κατακόρυφους κήπους και για όλους τους διαφορετικούς τύπους και τις διαφορετικές ιδιότητες που έχουν σε αυτή την έκδοση του Envi-Met V4. Ο μόνος τύπος κατακόρυφου κήπου που μπορεί να προσομοιωθεί είναι αυτός της έμμεσα στηριζόμενης πράσινης όψης, διότι δεν αποτελεί ακριβώς επιφάνεια του κτιρίου και φυτεύεται μπροστά του.
- ❖ Δεν υπάρχουν εγχειρίδια που να αφορούν τη χρήση του προγράμματος (τουλάχιστον πριν την ολοκλήρωση της έκδοσης) , επομένως αυτή καθίσταται αρκετά δύσκολη.
- ❖ Με την ολοκλήρωση της έκδοσης V4 (1η Ιουλίου 2016) περιορίστηκε και το μέγεθος των μοντέλων που μπορούν να προσομοιαστούν, ή τουλάχιστον η ακρίβεια των αποτελεσμάτων που προκύπτουν αν επιχειρηθεί η προσομοίωση μεγάλων μοντέλων (χρησιμοποιούνται λιγότερα κελιά για την κάλυψη της ίδιας περιοχής), καθώς πλέον η προσομοίωση με 150x150x35 κελιά που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την εργασία, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποκλειστικά στην έκδοση pro.
- ❖ Παρατηρήθηκε ιδιαίτερα ελλιπής Ελληνική βιβλιογραφία και ορολογία σχετική με τις πράσινες προσόψεις κυρίως, αλλά και με την αυξημένη ανακλαστικότητα των ταρασών.

5.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σε συνέχεια της παρούσας διπλωματικής εργασίας προτείνονται τα παρακάτω θέματα προς περαιτέρω διερεύνηση:

- Πραγματοποίηση των ανωτέρω προσομοιώσεων κάτω από τις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες, στην ίδια περιοχή και για την ίδια χρονική διάρκεια με άλλα μοντέλα υπολογιστικής ρευστομηχανικής (Radtherm, Fluent, Rayman), με σκοπό την πιο τεκμηριωμένη αξιολόγηση του λογισμικού ENVI-met και των αποτελεσμάτων της μελέτης.
- Εγκατάσταση βιοκλιματικών στοιχείων στα κτίρια της περιοχής μελέτης, όπως παθητικά και ενεργητικά συστήματα θέρμανσης, παθητικά συστήματα φυσικού δροσισμού, συστήματα φυσικού φωτισμού και αξιολόγηση της συμβολής τους στη εξοικονόμηση ενέργειας.
- Αξιολόγηση των χρησιμοποιηθέντων βιοκλιματικών δεικτών με τη συμπλήρωση ερωτηματολογίων από τους χρήστες της περιοχής. Επιλογή και επεξεργασία περισσότερων δεικτών θερμικής άνεσης, ώστε να βρεθεί ο καταλληλότερος για αυτήν την περιοχή.

- Διεύρυνση της περιοχής μελέτης για την καλύτερη μελέτη του πεδίου του ανέμου, καθώς και των άλλων κλιματικών παραμέτρων, ώστε να εξαχθούν περισσότερο ικανοποιητικά και πιο αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα.
- Επιλογή του κατάλληλου φυτικού υλικού με τη βοήθεια εξειδικευμένου γεωπόνου για τη καλύτερη αξιοποίηση των ευεργετικών για το κλίμα ιδιοτήτων των φυτών
- Εφαρμογή εντατικού τυπου φυτεμένων δωμαίων και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων συγκριτικά και με το αρκετά επιπλέον κόστος που αυτά απαιτούν
- Περαιτέρω έρευνα για τη συμβολή των δαπέδων με υψηλή ανακλαστικότητα στη θερμική άνεση (ίσως με άλλους δείκτες πέραν του PMV-PPD)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- coolroofcouncil. (n.d.). Ανάκτηση από <http://coolroofcouncil.eu/>
- E.Mendelsohn. (2011). *Green Walls Technology: Benefits and Design*. Ανάκτηση από http://www.slideshare.net/ElisaMendelsohn/green-walls-technology-benefits-and-design?next_slideshow=4
- eclass. (n.d.). *Μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία - Φαινόμενο*. Ανάκτηση από <http://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/PHYS206/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%A0%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%82%20-%20%CE%9C%CE%B5%CF%84%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1/%CE>
- envimet. (n.d.). Ανάκτηση από <http://www.model.envi-met.com/hg2e/doku.php?id=root:start>
- ENVImet. (n.d.). *ENVI_met. A holistic microclimate model*. Ανάκτηση από http://www.model.envi-met.com/hg2e/doku.php?id=apps:biomet_pmv
- F.Sanchez, & S.Alvarez. (2004). *Modelling microclimate in urban environments and assessing its influence on the performance of surrounding buildings, Energy and Buildings*.
- G.Mills, S.DiSabatino, E.Erell, & A.Martilli. (2014). *Effect of high-albedo materials on pedestrian heat stress in urban street canyons*. Ανάκτηση από <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212095513000539>
- J.C.Semenza.et.al. (1996). *Heat-related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago New England* . Ανάκτηση από Journal of Medicine.
- J.Sproul.et.al. (2014). *Energy and Buildings*. Ανάκτηση από <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778813007652>
- J.Yang, Q.Yu, & P.Gong. (2008). *Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. Atmospheric Environment 42: 7266–7273*.
- L.Gartland. (2008). *Heat islands: Understanding and Mitigating heat in urban areas*.London.
- M.Santamouris. (2001). *Energy and Climate in the Urban Built Environment*. Ανάκτηση από https://books.google.gr/books?id=zCLTFA7flmsC&printsec=frontcover&hl=el&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false
- Oke. (1987). *Boundary Layer Climates*.
- RUROS-2004. (n.d.). *Σχεδιασμός Υπαίθριων Αστικών Χώρων Με Βιοκλιματικά Κριτήρια, ΚΑΠΕ*. Ανάκτηση από http://www.cres.gr/kape/education/design_guidelines_el.pdf
- S.Huttner. (n.d.). *Further development and application of the 3D microclimate simulation ENVI-met*. Ανάκτηση από <http://ubm.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2012/3112/pdf/doc.pdf>
- Scholz-Barth, K. (2001). *Green Roofs: Stormwater Management from the Top Down. Environmental Design & Construction*.
- Silva, M. C. (n.d.). *SPREADSHEETS FOR THE CALCULATION OF THERMAL COMFORT INDICES*.
- T.Susca, S.R.Gaffin, & Dell'Osso. (2011). *Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs, Environmental Pollution* .
- A.Ζησοπούλου, & Μ.Κάζδαγλης. (2011). *Η Αντιμετώπιση του Φαινομένου της Θερμικής Νησίδας Μέσω του Στρατηγικού Σχεδιασμού της Βιώσιμης Ανάπτυξης του Ελληνικού*

- Αστικού Περιβάλλοντος. Ανάκτηση από*
http://arenep2011.conferences.gr/fileadmin/ARENEP/2011/content/presentations/ARENEP_2011_Zisopoulou.pdf
- A.Χατζηδημητρίου. (2012). *Υλικά επίστρωσης εξωτερικών δαπέδων και μικροκλίμα αστικών χώρων*. Ανάκτηση από <http://www.ktirio.gr/system/files/2012-07-79.pdf>
- ΑΛΕΞΑΝΔΡΗ, Ε. (2010). *ΜΕΤΡΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΝΗΣΟΥ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΦΥΤΕΥΣΗΣ ΔΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΨΕΩΝ*. Ανάκτηση από http://portal.tee.gr/portal/page/portal/PUBLICATIONS/BYMONTHLY_PUBLICATIONS/dimiania_2010/pub2/03.pdf
- Ανέλιξη. (n.d.). *Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ*. Ανάκτηση από <http://www.anelixi.org/oikologiki-arxitektoniki/beltiosi-astikou-klimatos/tropoioisi-mikroklimatos/ulika/>
- Γ.Μουντρίχας. (n.d.). *Συμβολή της φυτοκάλυψης στο μικροκλίμα κτιριακών συγκροτημάτων στον αστικό ιστό*.
- Θ.Φέτση. (2012). *Ο επαναπροσδιορισμός του αστικού πρασίνου στον αστικό ιστό. Η περίπτωση των φυτεμένων δωμάτων και κάθετων φυτεύσεων*.
- Κ.Αξαρή. (2008). *Η ποιότητα του αστικού περιβάλλοντος, το μικροκλίμα και οι συνθήκες άνεσης για το χρήστη της πόλης*.
- ΚΑΠΕ. (2002). *Βιοκλιματικός Σχεδιασμός στην Ελλάδα: Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής*. Ανάκτηση από http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate_brochure.pdf
- Μ.Μακροπούλου, & Α.Γοσπονδίνη. (n.d.). Ανάκτηση από (http://www.citybranding.gr/2013/06/blog-post_27.html)
- Μ.Μιχαλάκη. (2009). *Τα φυτεμένα δώματα και η συμβολή τους στον αστικό χώρο*. Ανάκτηση από <http://www.greekarchitects.gr/gr/%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%B1-%CE%B8%CE%B5%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1/%CF%84%CE%B1-%CF%86%CF%85%CF%84%CE%B5%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B1-%CE%B4%CF%8E%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B7-%CF%83%CF%85%CE%B>
- Ν.Ντούλας. (2015). *φυτοκάλυψη τοιχοποιίας κτιρίων*. Ανάκτηση από http://www.urbanbirooft.gr/images/pdf/PDF_Living%20Walls_Lemosos_Ntoulas_19-11-15.pdf
- Ν.Χρυσομαλλίδου. (2004). *Αειφόρος ανάπτυξη ελευθέρων χώρων σε αστικό περιβάλλον*.
- ΠΕΤΕΠ. (2000). *Εφαρμογές Ψυχρών Υλικών (cool materials)*. Ανάκτηση από <http://195.251.42.65/dev/images/uploads/LEGISLATION/%CE%A0%CE%95%CE%A4%CE%95%CE%A0/PSYHRA%20YLKA/03-11-20-00.pdf>
- Σ.Καρανίκα, & Ι.Κοσμόπουλος. (2008). *Ελεύθεροι Αστικοί Χώροι και Πράσινο*.
- Χ.Τσαγδής. (n.d.). *ενεργειακή αξιολόγηση τεχνικών ανάπλασης εξωτερικών δημόσιων χώρων*.