



## **ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ: «ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ»**

**ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΦΥΣΙΚΟΥ  
ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ ΣΕ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΤΙΡΙΟ ΣΧΟΛΕΙΟΥ**

**ΣΠΥΡΙΔΑΚΗ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ-ΕΙΡΗΝΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΠΑΜΑΝΩΛΗΣ Ν.**

**ΧΑΝΙΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2013**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	4
1.2 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	5

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2.2 ΣΤΟΧΟΙ ΦΥΣΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ.....	7
2.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ.....	8

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΗΣ Ή ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗΣ

#### ΕΙΣΡΟΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

3.1 ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	9
3.1.1. ΣΚΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ.....	9
3.1.2. ΕΙΔΙΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ.....	13
3.1.2 ΣΚΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟ ΒΛΑΣΤΗΣΗ.....	14
3.1.3 ΣΚΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟ ΓΕΙΤΟΝΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ.....	17
3.1.4 ΣΚΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΓΚΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ.....	17
3.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ.....	17
3.2.1 ΨΥΧΡΑ ΥΛΙΚΑ.....	17
3.2.2 ΦΡΑΓΜΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	19
3.2.3 ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ.....	22
3.1.3 ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ.....	24

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΠΛΕΟΝΑΖΟΥΣΑΣ 25

#### ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ

4.1 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	26
4.1.1 ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	30
4.1.2 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ.....	31
4.2 ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ.....	36

4.3 ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....	40
4.4 ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	42
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>	<b>45</b>
5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	45
5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ECOTECT	50
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....</b>	<b>64</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b>	<b>79</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ.....</b>	<b>80</b>

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση των τεχνικών του φυσικού δροσισμού καθώς και η διερεύνηση επανορθωτικών μέτρων για την αποκατάσταση του φυσικού δροσισμού σε υφιστάμενο κτίριο σχολείου στην περιοχή του Ρεθύμνου (15<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου). Το κτίριο παρουσιάζει πρόβλημα υπερθέρμανσης κατά τους θερμούς μήνες, με αποτέλεσμα οι χώροι να μην είναι βιώσιμοι για τους χρήστες τις ώρες λειτουργίας του σχολείου κατά την περίοδο αυτή.

Για το σκοπό αυτό έγινε αρχικά βιβλιογραφική ανασκόπηση όσον αφορά τις τεχνικές του φυσικού δροσισμού, στόχος του οποίου είναι η εκμετάλλευση και ο έλεγχος των φυσικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο κτίριο και στο περιβάλλον. Έτσι επιτυγχάνεται η μείωση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους και η δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης για τους χρήστες. Οι τεχνικές φυσικού δροσισμού που παρουσιάζονται μπορεί να έχουν είτε χαρακτήρα πρόληψης της υπερθέρμανσης της κατασκευής, είτε απομάκρυνσης της πλεονάζουσας θερμότητας από αυτήν.

Στη συνέχεια έγινε ανάλυση και παρουσίαση του κτιρίου και των κλιματολογικών δεδομένων της περιοχής στην οποία βρίσκεται. Η ανάλυση έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού Ecotect το οποίο προσφέρει δυνατότητα τρισδιάστατης σχεδίασης καθώς και ηλιακής και θερμικής ανάλυσης του κτιρίου. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης από την υφιστάμενη κατάσταση του κτιρίου, χρησιμοποιήθηκαν για την διαμόρφωση λύσεων και την καλύτερη δυνατή αντιμετώπιση του προβλήματος.

Απώτερος στόχος της εργασίας είναι η ανάδειξη της σημασίας της ενσωμάτωσης τεχνικών φυσικού δροσισμού καθώς και άλλων βιοκλιματικών στρατηγικών, κατά τη φάση σχεδιασμού ενός κτιρίου. Οι στρατηγικές αυτές θα οδηγήσουν στη δημιουργία κατασκευών που θα εξασφαλίζουν συνθήκες θερμικής άνεσης για τους χρήστες προσαρμοζόμενες στο περιβάλλον και στο τοπικό κλίμα, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών σε θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων, και στην προστασία του περιβάλλοντος.

## 1.2 ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία είναι δομημένη σε επτά κεφάλαια των οποίων το περιεχόμενο παρουσιάζεται συνοπτικά παρακάτω:

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:** Αναφέρεται ο σκοπός της εργασίας και γίνεται μια εισαγωγή του θέματος.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:** Γίνεται παρουσίαση της έννοιας του φυσικού δροσισμού και των στόχων του .

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:** Παρουσιάζονται οι τεχνικές φυσικού δροσισμού οι οποίες περιλαμβάνουν τις τεχνικές παρεμπόδισης ή επιβράδυνσης εισχώρησης της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:** Παρουσιάζονται οι τεχνικές φυσικού δροσισμού οι οποίες περιλαμβάνουν τις τεχνικές απομάκρυνσης της πλεονάζουσας θερμότητας από το κτίριο.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:** Γίνεται παρουσίαση της υφιστάμενης κατάστασης και ανάλυση του κτιρίου της περίπτωσης μελέτης.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6:** Παρουσιάζονται αναλυτικά οι επεμβάσεις για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7:** Τέλος παρατίθενται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΦΥΣΙΚΟΣ ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη της διαδικασίας δροσίσμου των κτιρίων, έχει περάσει από διάφορα στάδια κατά τη διάρκεια των χρόνων, ξεκινώντας από απλές διαισθητικές εφαρμογές των τεχνικών φυσικής ψύξης (όπως η σκίαση, οι τεχνικές ψύξης μέσω εξατμικής, κυκλοφορίας του αέρα για την ενίσχυση της αίσθησης άνεσης κτλ.), έως στα μηχανικά συστήματα ψύξης, γνωστά ως κλιματιστικά, με βάση κύκλους μηχανικής ψύξης.[4]

Η λειτουργία όμως των κλιματιστικών συσκευών έχει δημιουργήσει μία σειρά σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων. Τα προβλήματα αυτά αφορούν πρωτίστως τη μεγάλη κατανάλωση ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία τους, και τη συνεπαγόμενη κατανάλωση των ορυκτών πόρων, καθώς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εκπομπών CO<sub>2</sub> που απελευθερώνονται κατά την καύση τους για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα ακόμα ζήτημα που προκύπτει είναι οι εκπομπές χλωροφθορανθράκων (CFH) που διαρρέουν από τους συμπιεστές κατά τη χρήση των κλιματιστικών, και καταστρέφουν το στρώμα του όζοντος στη στρατόσφαιρα επιτρέποντας περισσότερη υπεριώδη ακτινοβολία να φτάσει στην επιφάνεια της γης. [4]

Εκτός από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, σημαντικά είναι και τα θέματα που σχετίζονται με την ποιότητα του αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων, κατά τη χρήση των κλιματιστικών. Πρόσφατες συγκριτικές μελέτες για την ποιότητα του αέρα σε κλιματιζόμενα και φυσικά αεριζόμενα κτίρια γραφείων έδειξαν ότι οι ενδείξεις για ασθένειες ήταν υψηλότερες στα κλιματιζόμενα κτίρια. Γενικότερα αυξημένο είναι το ενδιαφέρον για την υγεία των ενοίκων καθώς και η δυσaráεσκια και τα παράπονα για έλλειψη άνεσης σε χώρους όπου λειτουργούν κλιματιστικές συσκευές.[3]

Έπειτα από τις παραπάνω διαπιστώσεις επιχειρείται στα πλαίσια του βιοκλιματικού σχεδιασμού, η αποκατάσταση του φυσικού δροσίσμου και των συστημάτων παθητικής ψύξης των κτιρίων, όροι οι οποίοι περιλαμβάνουν τις διαδικασίες και τις τεχνικές ψύξης που απαντώνται στη φύση χωρίς τη χρήση μηχανολογικών συστημάτων και την εισροή ενέργειας, με σκοπό:[4, 3]

- τη μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ή τουλάχιστον τη σταθεροποίηση της σε περιόδους αιχμής-καύσωνα.

- τον περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα.
- τον περιορισμό των εκπομπών χλωροφθοροανθράκων που προκύπτουν από τη διαρκώς αυξανόμενη χρήση κλιματιστικών.
- τη διασφάλιση συνθηκών θερμικής άνεσης στα κτίρια τους καλοκαιρινούς μήνες

Στην πραγματικότητα, φαίνεται ότι υπήρξε απλά μία επιστροφή στη χρησιμοποίηση αρκετών γνωστών τεχνικών και διαδικασιών, οι οποίες χρησιμοποιούνταν από τις πρώιμες περιόδους του πολιτισμού μας (ενδεικτικό παράδειγμα αποτελούν οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην παραδοσιακή αρχιτεκτονική), με τις αρχές της παθητικής ψύξης να παραμένουν οι ίδιες, ενισχυμένες όμως από τη διαθέσιμη τεχνογνωσία με στόχο τα βέλτιστα αποτελέσματα.[4]

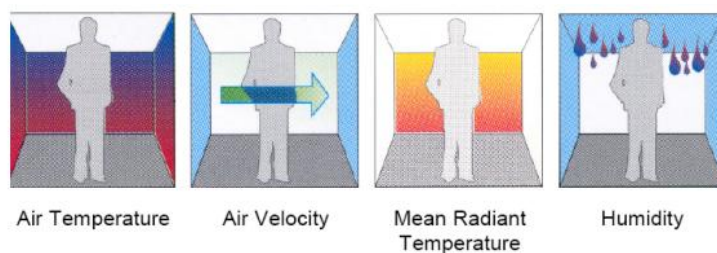
## 2.2 ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Ο φυσικός ή παθητικός δροσισμός βασίζεται στην εκμετάλλευση ή/και στον έλεγχο των φυσικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο κτίριο και το περιβάλλον με στόχο τη μείωση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους και τη βελτίωση των λοιπών περιβαλλοντικών παραμέτρων, με σκοπό τη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης.[10]

### Συγκεκριμένα στόχοι του φυσικού ή παθητικού δροσισμού αποτελούν:

- η **αποτροπή της υπερθέρμανσης του κτιρίου** με τον περιορισμό των θερμικών προσόδων σε αυτό
- η **διοχέτευση της πλεονάζουσας θερμότητας** από τον εσωτερικό χώρο **στο περιβάλλον**
- η **ρύθμιση συνθηκών για αύξηση ορίων θερμικής άνεσης**

Ως **θερμική άνεση**, ορίζεται η κατάσταση εκείνη κατά την οποία ο εγκέφαλος εκφράζει ικανοποίηση όσον αφορά στο θερμικό περιβάλλον.

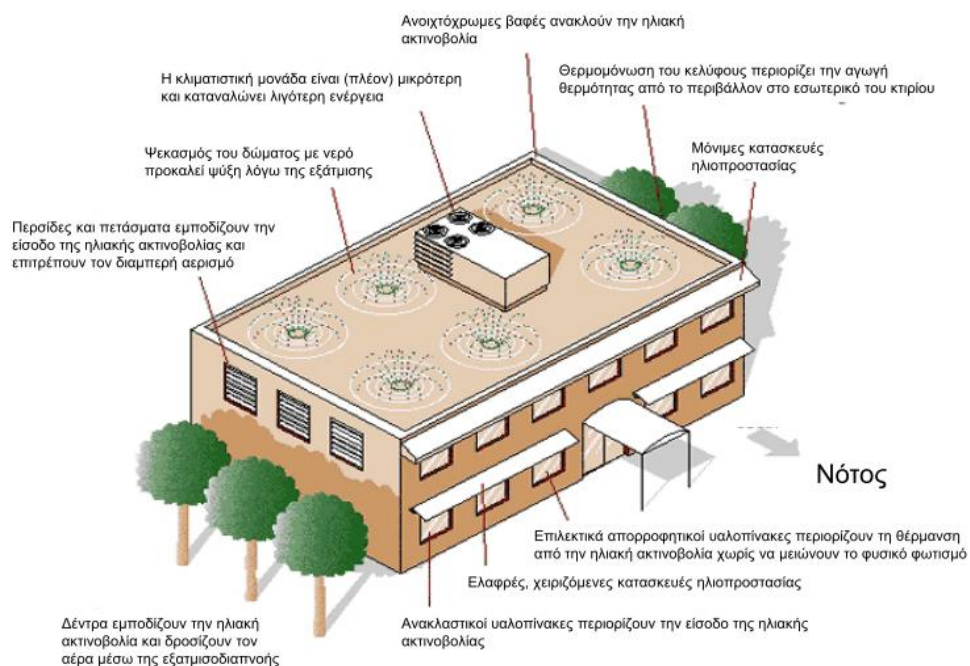


Εικ.1 : Παράμετροι θερμικής άνεσης [7]

Οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται η θερμική άνεση μπορεί να είναι εξωτερικές (η θερμοκρασία του αέρα, η ταχύτητα του αέρα εσωτερικού χώρου, η μέση θερμοκρασία ακτινοβολίας των εσωτερικών επιφανειών, η σχετική υγρασία), καθώς και προσωπικές παράμετροι (ο μεταβολισμός, η ένδυση, η θερμοκρασία του δέρματος. [6]

### 2.3 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΔΡΟΣΙΣΜΟΥ

Όπως προκύπτει από τους στόχους του φυσικού δροσίσμου οι τεχνικές διαχωρίζονται σε δύο κατευθύνσεις : α) τις τεχνικές παρεμπόδισης ή επιβράδυνσης εισροής της θερμότητας στο εσωτερικό του κτιρίου , οι οποίες έχουν σκοπό την πρόληψη της υπερθέρμανσης του κτιρίου και β) τις τεχνικές απομάκρυνσης της πλεονάζουσας θερμότητας από το κτίριο, οι οποίες έχουν σκοπό την αντιμετώπιση προβλημάτων υπερθέρμανσης του εσωτερικού χώρου στα κτίρια.



Εικ.2 : Τεχνικές Φυσικού δροσίσμου [11]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΗΣ Ή ΕΠΙΒΡΑΔΥΝΣΗΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

### 3.1 ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Ο αποδοτικότερος τρόπος ηλιοπροστασίας ενός κτιρίου είναι ο σκιασμός των ανοιγμάτων και του κελύφους κατά τις ώρες και τις εποχές του χρόνου που η ηλιακή ακτινοβολία το θερμαίνει ανεπιθύμητα. Ηλιοπροστασία μπορεί επίσης να επιτευχθεί και μέσω άλλων διατάξεων και τεχνολογιών, οι οποίες αποτρέπουν ή μειώνουν την εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας στο κτίριο (π.χ ειδικά κρύσταλλα υαλοπινάκων κτλ.). [2]

#### 3.1.1 ΣΚΙΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

Ιδιαίτερα σημαντικά είναι τα ηλιακά κέρδη που προκύπτουν από τα παράθυρα ενός κτιρίου, κατά το πέρασμα της θερμογόνου ηλιακής ακτινοβολίας, και επομένως χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή κατά τη μελέτη ηλιοπροστασίας, η οποία πρέπει να περιλαμβάνει την επαρκή σκίαση αυτών κατά το θέρος, χωρίς όμως να περιορίζει το ηλιακό θερμικό κέρδος κατά το χειμώνα λαμβάνοντας επίσης υπόψη τις ανάγκες σε φυσικό φωτισμό. [7].

Η ηλιοπροστασία των ανοιγμάτων και η επιλογή του κατάλληλου συστήματος σκίασης, σε μορφή, μέγεθος και θέση, είναι συνάρτηση του προσανατολισμού της όψης. Απαραίτητη επομένως για το σχεδιασμό των στοιχείων ηλιοπροστασίας είναι η γνώση της θέσης του ήλιου, δηλαδή το ύψος και το αζιμούθιο, στο ζητούμενο χρονικό διάστημα και εποχή, στοιχεία τα οποία δίνουν με ευκολία και σχετική ακρίβεια, τα ηλιακά διαγράμματα που αναφέρονται στο γεωγραφικό πλάτος του τόπου που εξετάζεται, [2]

Τα βασικά κριτήρια για την επιλογή του καταλληλότερου συστήματος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων είναι: [1]

- ο προσανατολισμός της όψης
- η χρήση του χώρου (κατοικία, σχολείο, εργασιακός χώρος), και το ωράριο της λειτουργίας του.

- η μορφή των ανοιγμάτων - ανοίγματα συνεχόμενα ή διακοπτόμενα από τοίχους.
- η αισθητική του κτιρίου.
- ο παράγων οικονομία, ως αρχική επένδυση και ως κόστος λειτουργίας του κτιρίου.

## ΕΙΔΗ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ

Ο σκιασμός των ανοιγμάτων μπορεί να επιτευχθεί με **εσωτερικές ή εξωτερικές** διατάξεις σκιάστρων, τα οποία μπορεί να είναι **κινητά ή σταθερά**.

- **ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ/ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ**

Προκειμένου να αποφευχθεί η διείσδυση του ήλιου και η συνεπαγόμενη υπερθέρμανση του χώρου είναι απαραίτητη η σκίαση των ανοιγμάτων από την **εξωτερική** πλευρά του υαλοστασίου. Η προστασία με σκίαστρα στο **εσωτερικό** των υαλοστασίων (π.χ. κουρτίνες, βενετικά στόρια, περσίδες, εσωτερικά παντζούρια, κουρτίνες, κ.λπ.) ή ανάμεσα στους υαλοπίνακες (π.χ. περσίδες) προσφέρει μεν μείωση της θάμβωσης από το έντονο ηλιακό φως, δεν απαλλάσσει όμως το χώρο από την υπερθέρμανση. Για λόγους τεχνικούς ή οικονομικούς μπορεί να είναι προτιμότερα εσωτερικά σκίαστρα, ή και συνδυασμός εξωτερικής σταθερής σκίασης με εσωτερική.[1]

- **ΣΤΑΘΕΡΑ/ΚΙΝΗΤΑ ΣΚΙΑΣΤΡΑ**

Όσον αφορά τα σταθερά και κινητά σκίαστρα και την αποτελεσματικότητα αυτών συμπεραίνεται ότι: **τα σταθερά προστεγάσματα** ή σκίαστρα, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό, παρουσιάζουν **προβλήματα ως προς την αποτελεσματικότητά** τους. Για παράδειγμα, η πλήρης ηλιοπροστασία τον Αύγουστο είναι απολύτως επιθυμητή για την αποφυγή της υπερθέρμανσης, όμως ταυτόχρονα διακόπτεται ο ηλιασμός και το μήνα Απρίλιο, λόγω της ίδιας φαινόμενης τροχιάς του ηλίου, όταν η ηλιακή ακτινοβολία είναι ευεργετική και αναγκαία. Αντιθέτως η **κινητή** εξωτερική ηλιοπροστασία παρουσιάζει **πλεονεκτήματα, λόγω ευελιξίας και της δυνατότητας ρύθμισης** από τους ενοίκους, ανάλογα με τις ανάγκες τους. Ο έλεγχος τους μπορεί να είναι χειροκίνητος ή μηχανοκίνητος. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι η αποδοτικότητα των κινητών σκιάστρων

εξαρτάται και από την ορθή χρήση τους από τους ενοίκους. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι τα κινητά σκίαστρα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και το χειμώνα αυξάνοντας τη θερμομόνωση.[1,11]



Εικ. 4 : Τέντες για εξωτερική σκίαση [7]



Εικ. 3: Εσωτερικά ενετικά στόρια [7]

**Παραδείγματα κινητών σκίαστρων**, αποτελούν τα ενετικά στόρια, κατά προτίμηση κινούμενα πάνω σε οδηγούς, για εξασφάλιση καλής λειτουργίας και μεγαλύτερου χρόνου ζωής. Συνιστώνται για νότιους, ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς τοποθετημένα εσωτερικά και είναι αποτελεσματικότερα όταν είναι τοποθετημένα εξωτερικά.[11]

Οι τέντες επίσης μπορούν να περιορίσουν το θερμικό κέρδος μέχρι 65%, στις νότιες όψεις, ενώ για ανατολικούς και δυτικούς προσανατολισμούς το ποσοστό αγγίζει το 80%. Η αποδοτικότητα τους εξαρτάται από τα υλικά, την ηλικία και τη φθορά από τις καιρικές συνθήκες. [11]



Εικ.5:Al Azhar Mosque,Cairo[11]

Ένας άλλο είδος κινητών σκιάστρων είναι τα ειδικά διάτρητα ρολά. Πρόκειται για διάτρητα ηλιοπροστατευτικά ρολά, τα οποία τοποθετούνται εσωτερικά ή εξωτερικά, κατάλληλα για όλους τους προσανατολισμούς, και μπορούν να μειώσουν την εισερχόμενη ακτινοβολία έως και 70-80% . Το ύφασμα τους αποτελείται από ίνες γυαλιού, πλαστικού ή αλουμινίου, σε αραιή λεπτή ύφανση. Σημαντικό είναι επίσης ότι συμβάλλουν στη μείωση της θάμβωσης, ενώ επιτρέπουν μερική θέα προς το εξωτερικό περιβάλλον .[3,11]

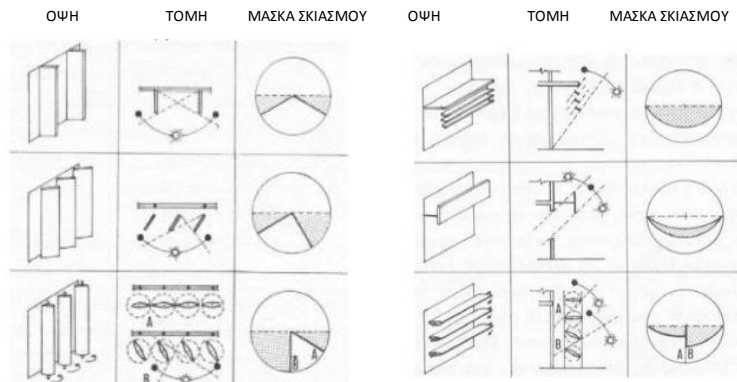
**Σημαντικό ρόλο στην απόδοση του ηλιοπροστατευτικού συστήματος παίζει και το υλικό κατασκευής.** Σκιάστρα κατασκευασμένα με υλικά με μεγάλη θερμοχωρητικότητα, όπως το σκυρόδεμα, αποθηκεύουν θερμότητα την οποία ακτινοβολούν και ενώ εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο χώρο, τελικά δεν αποτρέπουν την υπερθέρμανση του κτιρίου. [3,]

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται για την αποφυγή του εγκλωβισμού του θερμού αέρα κάτω από τα σκιάστρα, όπως συμβαίνει σε συμπαγείς προεξοχές, προβόλους, μαρκίζες κ.λ.π., γιατί η συσσωρευμένη πρόσθετη θερμότητα επηρεάζει το εσωτερικό του κτιρίου. Επομένως συνιστώνται κατασκευές που επιτρέπουν την ανεμπόδιστη απομάκρυνση του θερμού αέρα από το κτίριο όπως είναι τα διάτρητα σκιάστρα –μεταλλικά, ξύλινα ή και συμπαγή με κενό/σχισμή ανάμεσα στο κτίριο και στον πρόβολο-, τα οποία δεν εγκλωβίζουν τον θερμό αέρα. [2,3]

### **ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΙΔΟΣ ΣΚΙΑΣΤΡΟΥ**

Όσον αφορά τον προσανατολισμό των ανοιγμάτων και το είδος του σκιάστρου, από μελέτες έχει προκύψει ότι: [1]

α) **για το νότιο προσανατολισμό**, τα πιο κατάλληλα στοιχεία σκίασης είναι τα **οριζόντια, σταθερά ή κινητά**, λόγω της υψηλής τροχιάς του ήλιου τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο. Το κρίσιμο σημείο είναι το πλάτος της προεξοχής -προβόλου ή περσίδων- από το κτίριο, έτσι ώστε το μεν καλοκαίρι να διασφαλίζεται πλήρης σκιασμός των ανοιγμάτων, ενώ το χειμώνα, αντίστροφα, να επιτρέπεται η διείσδυση του ήλιου μέσα στο χώρο.

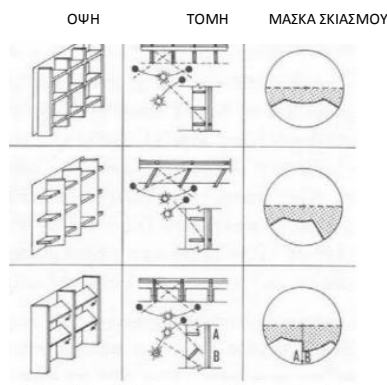


Εικ. 6 : Μορφές οριζόντιων σκιάστρων σταθερών ή κινητών, για νότια όψη [1]

Εικ. 7: Μορφές περσίδων για ανατολική και δυτική όψη [1]

β) για τον ανατολικό και δυτικό προσανατολισμό, η σκίαση των ανοιγμάτων με κατακόρυφες περσίδες, κάθετες στην όψη ή υπό κλίση, είναι πιο αποτελεσματική, γιατί ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, κοντά στον ορίζοντα, η σταθερή όμως σκίαση παρεμποδίζει και τον ηλιασμό του χώρου το χειμώνα. Για το λόγο αυτό η κινητή ηλιοπροστασία είναι προτιμότερη.

γ) για προσανατολισμό νοτιανατολικό και νοτιοδυτικό, τα ηλιοπροστατευτικά στοιχεία, για να είναι αποτελεσματικά, πρέπει να είναι συνδυασμός οριζόντιων και κατακόρυφων περσίδων, υπό μορφή εσχάρας . Η διάταξη αυτή των περσίδων καθορίζεται από το ύψος και το αζιμούθιο του ήλιου, για τους μήνες του καλοκαιριού.



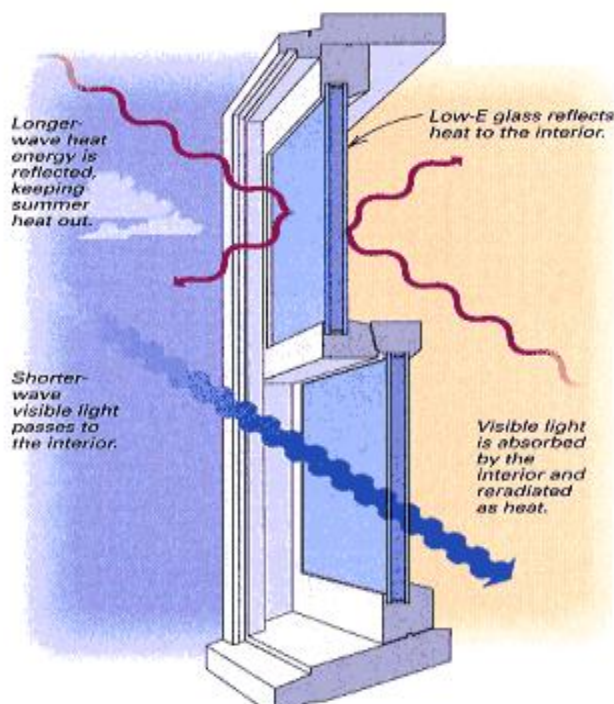
Εικ. 8: Μορφές περσίδων για νοτιανατολική και νοτιοδυτική όψη [1]

### 3.1.2. ΕΙΔΙΚΟΙ ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΕΣ

Ένας άλλος τρόπος ηλιοπροστασίας των ανοιγμάτων των κτιρίων είναι η χρήση ειδικών υαλοπινάκων. Υπάρχουν διάφορα είδη τέτοιων υαλοπινάκων: έγχρωμοι, απορροφητικοί, ανακλαστικοί, ημιδιαφανείς, επιλεκτικοί, ηλεκτροχρωμικοί κ.ά. Τα κρύσταλλα των ειδικών

υαλοπινάκων, διαφοροποιούνται από τα κοινά ως προς τα θερμικά και τα φωτομετρικά τους χαρακτηριστικά και συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας. Διακρίνονται σε : [12]

α) **Απορροφητικά**: Περιορίζουν την διαπερατότητα της ακτινοβολίας διαμέσου του παραθύρου και αυξάνουν, μετά την απορρόφηση, την επανεκπομπή προς το εξωτερικό. Πλεονέκτημα τους είναι το ότι δε δημιουργούν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου.



Εικ. 9: Τα κρύσταλλα χαμηλής εκπομπής αντανακλούν τη θερμική ενέργεια, ενώ επιτρέπουν τη διέλευση του ορατού φωτός. Έτσι το καλοκαίρι αποφεύγεται η υπερθέρμανση του χώρου, ενώ το χειμώνα η ηλιακή ορατή ακτινοβολία που σχηματίζει χαμηλότερη γωνία, εισέρχεται στο εσωτερικό και απορροφάται ως θερμότητα [14]

β) **Τα ανακλαστικά**: Καλύπτονται από λεπτή στρώση οξειδίου μετάλλου που είναι έντονα ανακλαστικό. Συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών, αλλά μπορεί να προκαλέσουν θάμβωση στον περιβάλλοντα χώρο και στα γύρω κτίρια. **Οι δύο αυτοί τύποι τζαμιών συστήνονται κυρίως για δυτικά/ανατολικά παράθυρα.**

γ) **Κρύσταλλα χαμηλής εκπομπής (low-e)**: Τα κρύσταλλα αυτά, είναι σχεδόν αδιαπέραστα από την υπέρυθρη ακτινοβολία (θερμική ακτινοβολία προερχόμενη κυρίως από γειτονικά κτίρια). Όπως είναι γνωστό λιγότερη από τη μισή ακτινοβολία του ήλιου είναι ορατή. Ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος από την ορατή είναι η

υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία γίνεται αισθητή ως θερμότητα, ενώ ακτινοβολία μικρότερου μήκους κύματος είναι η υπεριώδης.

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε ένα παράθυρο, ορατό φως, θερμότητα και υπεριώδης ακτινοβολία αντανακλώνται, απορροφώνται, ή εκπέμπονται στο εσωτερικό του κτιρίου.

Με την τοποθέτηση κρυστάλλων χαμηλής εκπομπής, σε θερμά κλίματα, αντανακλάται η θερμή ακτινοβολία μεγάλου κύματος, αλλά επιτρέπεται η διέλευση της ορατής ακτινοβολίας. Αντίθετα, σε ψυχρά κλίματα αντανακλάται η θερμή ακτινοβολία μεγάλου κύματος προς το εσωτερικό του κτιρίου, με ταυτόχρονη, επίσης, διέλευση της ορατής ακτινοβολίας. Η μικρότερου κύματος ορατή ακτινοβολία απορροφάται έπειτα από το πάτωμα, τους τοίχους και τα έπιπλα και επανεκπέμπεται ως θερμή ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος, που τα ανακλαστικά κρύσταλλα κρατούν στο εσωτερικό. **Συνεπώς, τα κρύσταλλα αυτά λειτουργούν αποδοτικότερα, όταν σε θερμά κλίματα τοποθετηθούν στην εξωτερική επιφάνεια ενός παραθύρου και στα ψυχρά στην εσωτερική.**

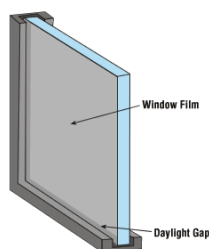
**δ) Έγχρωμοι υαλοπίνακες**, οι οποίοι με τη βοήθεια χημικής επεξεργασίας παρουσιάζουν χαμηλή θερμοπερατότητα, αλλά και μειωμένη φωτοδιαπερατότητα και συνιστώνται για τη μείωση των ηλιακών κερδών ενός χώρου. Κρύσταλλα πράσινης ή μπλε απόχρωσης, που είναι σχεδόν αδιαπέραστα στην υπέρυθρη ακτινοβολία, θα παρέχουν αισθητικό αποτέλεσμα και μείωση των ηλιακών κερδών κατά 30-50%.

**ε) Φωτοχρωμικά, θερμοχρωμικά και ηλεκτροχρωμικά κρύσταλλα**, τα οποία τροποποιούν τις ακτίνες του ήλιου, καθώς αυτές εισέρχονται. Τα πρώτα, είναι κρύσταλλα στα οποία οι οπτικές ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσό της προσπίπτουσας σε αυτά ηλιακής ακτινοβολίας. Τα θερμοχρωμικά, με την αύξηση της θερμοκρασίας μεταβάλλονται από διαφανή σε γαλακτόχρωμα, ενώ στα ηλεκτροχρωμικά τα οπτικά χαρακτηριστικά και η διαπερατότητα μεταβάλλονται με τη διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος.

#### **ΕΙΔΙΚΕΣ MEMBRANES ΥΑΛΟΠΙΝΑΚΩΝ**

Εκτός από τους ειδικούς υαλοπίνακες υπάρχουν και ειδικές ηλιοπροστατευτικές μεμβράνες (φίλμ) οι οποίες μπορούν να τοποθετηθούν στην εξωτερική ή εσωτερική πλευρά του

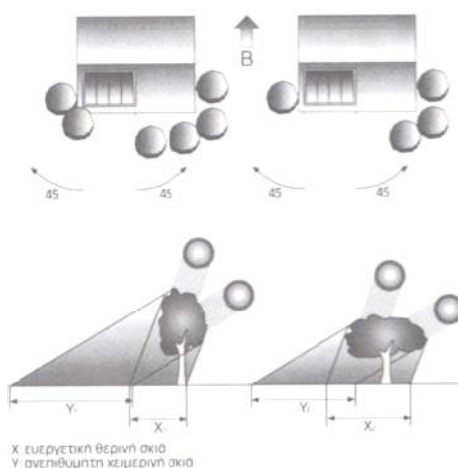
τζαμιού. Οι μεμβράνες έχουν συνήθως έχουν ανακλαστικά ιδιότητες και αποτελούν αρκετά οικονομική λύση. Μειονέκτημα των μεμβρανών αποτελεί συνήθως η μειωμένη φωτοδιαπερατότητα.



Εικ. 10: Ηλιοπροστατευτικές μεμβράνες

### 3.1.2 ΣΚΙΑΣΗ ΑΠΟ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Ο σκιασμός ολόκληρου του κτιρίου μπορεί να επιτευχθεί –υπό την προϋπόθεση ότι πρόκειται για χαμηλό κτίριο- με την τοποθέτηση φυλλοβόλων δέντρων και βλάστησης σε θέσεις κατάλληλες ώστε να διακόπτεται ο ηλιασμός τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ παράλληλα απορροφώντας τη θερμότητα, μειώνουν την εξωτερική θερμοκρασία . [1]



Εικ.11 :Σκίαση με δέντρα. Το ύψος του δέντρου και η ερριμμένη σκιά του [1]

Για τον ανατολικό, δυτικό και νότιο προσανατολισμό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην τοποθέτηση βλάστησης. Τα φυλλοβόλα δέντρα αποτελούν ικανοποιητική λύση, αφού το χειμώνα, όταν τα κλαδιά είναι γυμνά, επιτρέπουν την ακτινοβολία του ήλιου να διέλθει από



τα υαλοστάσια, ενώ το καλοκαίρι την εμποδίζουν, όπως είναι επιθυμητό. Καλό είναι να επιλέγονται δέντρα με πυκνό φύλλωμα και λίγα κλαδιά, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή σκίαση το καλοκαίρι και η ελάχιστη το χειμώνα. Αειθαλή δέντρα συνιστώνται για αρκετά υγρά και ορισμένες φορές για ζεστά κλίματα. Αξιοσημείωτο είναι ότι ένα γυμνό δέντρο παρεμποδίζει τις ακτίνες του ήλιου περίπου κατά 20-40%. Σε θερμές περιοχές, ένα σπίτι που η σκεπή του σκιάζεται μπορεί να είναι κατά 6-12° C πιο δροσερό από ένα ασκίαστο. Αρκετά καλαίσθητη είναι επίσης η λύση της πέργκολας, προσκείμενης σε μια πλευρά του κτιρίου. Αποτελέσματα από έρευνες στις ΗΠΑ δείχνουν ότι με την φύτευση ενός δέντρου ανά σπίτι, η εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη κυμαίνεται μεταξύ του 12%-24%. [3,7].

### 3.1.3 ΣΚΙΑΣΗ ΑΠΟ ΓΕΙΤΟΝΙΚΑ ΚΤΙΡΙΑ

Πέρα από τη βλάστηση του περιβάλλοντος χώρου, στα κτίρια δημιουργείται συχνά σκιά από γειτονικές κατασκευές ή από την τοπογραφική διαμόρφωση της περιοχής. Το φαινόμενο αυτό συναντάται κυρίως σε θερμά και ξηρά κλίματα, όπου οι πόλεις, σχεδιάζονται και χτίζονται σε πολύ συμπαγή μορφή, με στενούς δρόμους, ώστε τα κτίρια να σκιάζονται σε κάποιο ποσοστό. Γενικά η τοπογραφική διαμόρφωση μιας θέσης μπορεί να δημιουργεί σκιά, η οποία επηρεάζεται από την τροχιά του ήλιου, τον προσανατολισμό του και την κλίση του εδάφους . [3,7]

### 3.1.4 ΣΚΙΑΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΓΚΟΠΛΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

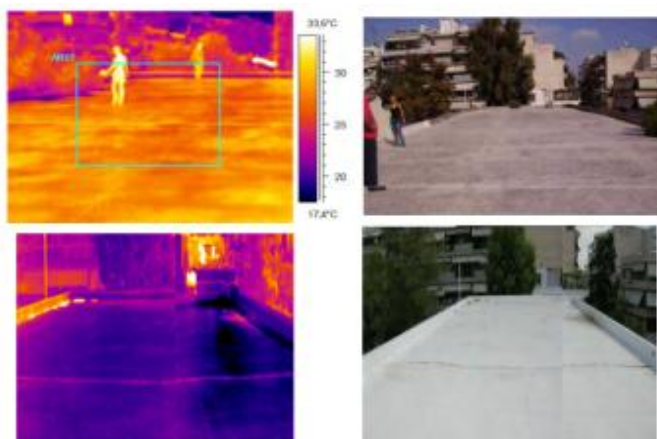
Η κατάλληλη ογκοπλαστική διαμόρφωση των κτιρίων μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία σκιαζόμενων τμημάτων στις όψεις. Τέτοιες περιπτώσεις αποτελούν οι διαμορφώσεις εξωτερικών αυλών, στοών, προεξοχών, διατάξεων σε σχήμα Γ ή Π, σαχνισιών κτλ. [1, 8, 23]

## 3.2 ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

### 3.2.1. ΨΥΧΡΑ ΥΛΙΚΑ

Σαν ψυχρά υλικά χαρακτηρίζονται αυτά που έχουν **υψηλή ανακλαστικότητα** στην ηλιακή ακτινοβολία (>75%) και αντίστοιχα **υψηλό συντελεστή εκπομπής της** υπέρυθρης

ακτινοβολίας (80%) ιδιότητα αρκετά σημαντική αφού όσο πιο ψηλός είναι ο συντελεστής τόσο πιο γρήγορα εκλύεται το ποσό της θερμότητας που έχουν απορροφήσει. Πρόκειται για **υλικά επιστρώσεων** για τις επιφάνειες του κελύφους (όπως επικαλύψεις, μεμβράνες, κλπ.) που λόγω των ιδιοτήτων τους τις διατηρούν δροσερές. Έτσι η εφαρμογή τους εξασφαλίζει σημαντικά πιο χαμηλές επιφανειακές θερμοκρασίες συγκριτικά με άλλα υλικά επιστρώσεων.[24]



Εικ. 12: Υπέρυθρη και ορατή απεικόνιση οροφής σε σχολείο στην Καισαριανή, που δείχνει τη διαφορά θερμοκρασίας πριν και μετά την εφαρμογή του ψυχρού υλικού [20]

Η εφαρμογή των ψυχρών υλικών είναι ιδιαίτερα σημαντική για στις επιφάνειες των δωματίων, οι οποίες δέχονται την περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία σε σχέση με τις υπόλοιπες εξωτερικές επιφάνειες του κελύφους. Αποτελεσματική λύση για τα δώματα αποτελεί και η επικάλυψή τους με ανακλαστική επιφάνεια, όπως για παράδειγμα η επίστρωση με φύλλο αλουμινίου, ή ανακλαστικά εξωτερικά επιχρίσματα.[1,12,]

Η εφαρμογή ψυχρών υλικών μπορεί να γίνει σε νεόδμητα ή παλαιότερης κατασκευής κτίρια, και αποτελεί μια παρέμβαση οικονομικά προσιτή και εύκολη στην εφαρμογή που οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας για ψύξη, προσφέρει καλύτερες συνθήκες θερμικής άνεσης, ενώ ταυτόχρονα προστατεύει το περιβάλλον. [24]

### **ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΑ ΕΞΩΤΕΡΙΚΑ ΕΠΙΧΡΙΣΜΑΤΑ**

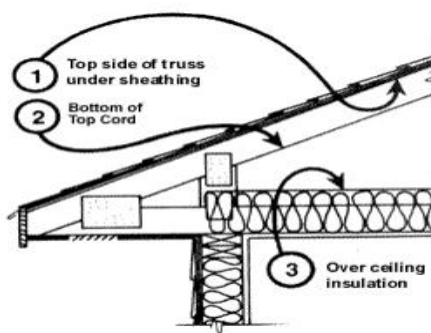
Το χρώμα και η υφή των εξωτερικών επιφανειών του κελύφους καθορίζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από τους τοίχους και την οροφή, καθώς και την ποσότητα της θερμότητας που αποβάλλεται το βράδυ προς την ατμόσφαιρα, ρυθμίζοντας έτσι τη θερμοκρασία της εξωτερικής επιφάνειας του κτιρίου και κατ' επέκταση τη διακύμανση της εσωτερικής θερμοκρασίας. [1]

Οι σκουρόχρωμοι εξωτερικοί τοίχοι απορροφούν το 70-90% της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, με συνέπεια την αποθήκευση θερμότητας, η οποία τελικά μεταδίδεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Αντίθετα, οι ανοιχτόχρωμοι τοίχοι ανακλούν μεγαλύτερο ποσοστό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, μειώνοντας τη μετάδοση θερμότητας μέσω των επιφανειών στους εσωτερικούς χώρους. Η θερμοκρασία μιας επιφάνειας με σκούρο χρώμα μπορεί να φτάσει μέχρι και 40° C υψηλότερα από μια ανοικτού χρώματος επιφάνεια. Η μείωση του απαραίτητου ψυκτικού φορτίου μπορεί να φτάσει το 25%, βάφοντας τις σκουρόχρωμες επιφάνειες των εξωτερικών όψεων ή του δώματος, με ανοικτά χρώματα. [3,5,23]

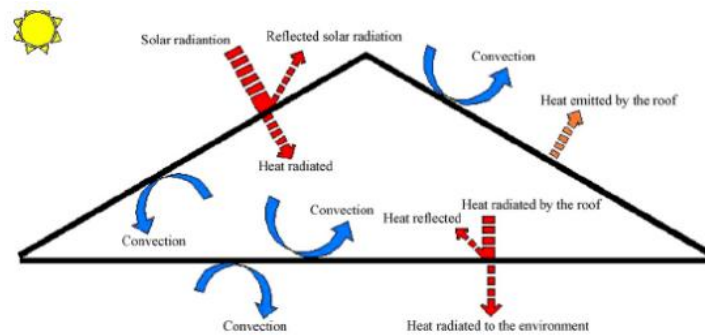
Δεδομένου ότι η αλλαγή χρώματος δεν συνεπάγεται υψηλό κόστος, πρόκειται για μια αρκετά αποτελεσματική επέμβαση. Αξιοσημείωτο είναι επίσης, ότι οι επιφάνειες ανοικτού χρώματος έχουν και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

### 3.2.2 ΦΡΑΓΜΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Όταν η ηλιακή ακτινοβολία προσπίπτει σε μια στέγη, μέρος της απορροφάται και θερμαίνει τα δομικά στοιχεία της στέγης, ένα άλλο μέρος της ακτινοβολείται προς το εξωτερικό περιβάλλον και ένα άλλο μέρος της μεταφέρεται ως θερμότητα, με συναγωγή και ακτινοβολία προς τον εσωτερικό χώρο. [16]



Εικ. 13: Θέσεις στις οποίες μπορεί να τοποθετηθεί ένα φράγμα ακτινοβολίας [18]



Ε1 Εικ. 14: Μετάδοση θερμότητας προς τη στέγη του κτιρίου [18]

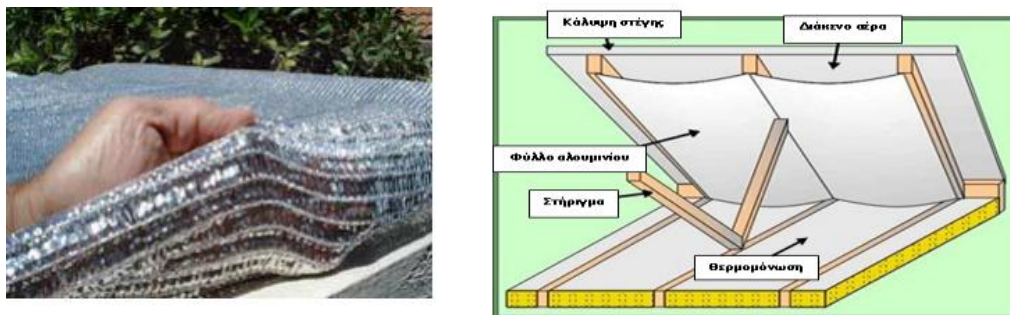
Το φράγμα ακτινοβολίας τοποθετείται στα κτίρια, στη στέγη, προκειμένου να μειώσει τα θερμικά κέρδη το καλοκαίρι και τις απώλειες το χειμώνα, περιορίζοντας έτσι τις ανάγκες σε ψυκτικά και θερμικά φορτία αντίστοιχα. Πρόκειται για λεπτά φύλλα που κατασκευάζονται από υψηλά ανακλαστικά υλικά, συνήθως από αλουμίνιο στη μία ή και στις δύο πλευρές τους. Τα φύλλα αυτά πέρα από μεγάλη **ανακλαστικότητα**, **έχουν και υψηλό συντελεστή εκπομπής**<sup>1</sup>, με αποτέλεσμα να διαπερνώνται από ελάχιστα μόνον ποσοστά ακτινοβολίας. Λειτουργεί αποδοτικότερα όταν τοποθετείται έτσι ώστε να «βλέπει» το εξωτερικό περιβάλλον. Ωστόσο, μπορεί να τοποθετηθεί και κάτω από τη στέγη, στη σοφίτα, στο διάκενο δηλαδή, που υπάρχει αέρας μεταξύ της στέγης και του ταβανιού του τελευταίου ορόφου, ή κατευθείαν κάτω από τη στέγη. Λόγω της ανακλαστικότητάς του, μπορεί να ανακλάσει προς τη στέγη μεγάλο πόσο της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από αυτήν προς τα κάτω, ενώ η χαμηλή εκπομπή της κάτω πλευράς του, που έρχεται σε επαφή με το ταβάνι του κάτω ορόφου, εμποδίζει τη ροή θερμότητας προς τα δωμάτια [16].



Εικ. 15: Φράγμα ακτινοβολίας[11]

<sup>1</sup>Ο συντελεστής εκπομπής δείχνει την ικανότητα ενός υλικού να εκπέμπει την ακτινοβολία που έχει απορροφήσει [16]

Ένα από τα πλεονεκτήματα του είναι ότι μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε κτίριο βιομηχανικής, εμπορικής ή οικιστικής χρήσης. **Στις κατοικίες μπορεί να τοποθετηθεί στις στέγες, ακολουθώντας την κλίση τους ή οριζόντια στα δώματα.** Σύμφωνα με έρευνες, τα φύλλα που τοποθετούνται οριζόντια έχουν 5% καλύτερη απόδοση από αυτά που τοποθετούνται κάτω από κεκλιμένες στέγες [16].



Εικ. 16: Φράγμα ακτινοβολίας [18]

Το σύστημα παρέχει θερμική προστασία κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, διότι η θερμική ακτινοβολία που απορροφάται από τη στέγη δεν εισέρχεται στον εσωτερικό χώρο, αλλά το μεγαλύτερο τμήμα της ανακλάται μακριά από τον κατειλημμένο χώρο του κτιρίου. Τα φράγματα ακτινοβολίας συνιστώνται κυρίως για τμήματα των ελαφρών κτιρίων σε θερμά και υγρά κλίματα, όπου είναι δύσκολο να παρασχεθεί προστασία από τη θερμότητα. Αποδίδουν ιδιαίτερα σε χώρους όπου υπάρχει ροή θερμότητας προς τα κάτω, όπως σε μια σοφίτα κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Εάν στη σοφίτα τοποθετηθεί απλό ανακλαστικό φύλλο, μπορούμε να πετύχουμε μεγάλη μείωση της μετάδοσης θερμότητας. Προσοχή χρειάζεται η συνδυασμένη χρήση και μόνωσης, διότι το χειμώνα η ροή θερμότητας αντιστρέφεται και υπάρχει περίπτωση συμπύκνωσης. Για το λόγο αυτό, εξελεγμένα φράγματα ακτινοβολίας επιτρέπουν τους υδρατμούς του νερού να τα διαπερνούν. Διαφορετικά, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, οι υδρατμοί που έρχονται από τον κάτω όροφο, είναι δυνατόν να συμπυκνωθούν ή ακόμα και να παγώσουν στην κάτω επιφάνεια του φράγματος που βρίσκονται στο «πάτωμα» της σοφίτας [16,23].

### 3.2.3 ΦΥΤΕΜΕΝΑ ΔΩΜΑΤΑ

Οι πράσινες στέγες συμβάλλουν αποτελεσματικά στη βελτίωση του μικροκλίματος, και προστατεύουν την περισσότερη επιβαρυμένη επιφάνεια του κτιρίου από τον ήλιο, το δώμα, λόγω του ότι τη θερινή περίοδο, έχουν την ιδιότητα να ανακλούν 20-30% της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο δώμα και απορροφούν το υπόλοιπο τμήμα της στην επιφάνεια των φύλλων των φυτών, επομένως μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα στο άμεσο περιβάλλον. Επίσης βελτιώνουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας, καθαρίζοντας τον αέρα από ρύπους και παρέχοντας οξυγόνο, μειώνουν την ηχορύπανση, τη σκόνη και το νέφος. Το φυτεμένο δώμα αποτελεί ένα πολύπλοκο θερμικό σύστημα που έχει σημαντικές θερμομονωτικές ιδιότητες για το καλοκαίρι, αλλά και για το χειμώνα. Επίσης το χώμα, λόγω της θερμοχωρητικότητας του, επιβραδύνει τη ροή θερμότητας προς το εσωτερικό του κτιρίου. Το φυτεμένο δώμα αποτελεί, άρα, μέσο θερμικής μόνωσης του κτιρίου, λόγω των υλικών που το αποτελούν (χώμα ικανού πάχους και αέρας που εγκλωβίζεται μεταξύ των φυλλωμάτων των φυτών). [23,15]



Εικ.17 : Φυτεμένο δώμα [14]

Φύτευση μπορεί να γίνει πάνω σε δώματα και κεκλιμένες στέγες από μπετόν ή και πάνω σε ξύλινες κεκλιμένες στέγες, ακόμη και όταν οι κλίσεις είναι μεγάλες, διότι το ριζικό σύστημα των φυτών λειτουργεί ως οπλισμός στη μάζα του χώματος και το συγκρατεί αποτελεσματικά ακόμη και σε περιπτώσεις μεγάλης κακοκαιρίας [3, 12,].

Η εφαρμογή τους σε κλίμακα γειτονιάς έχει πολλαπλά ευεργετικά αποτελέσματα, όπως περιορισμό του φαινομένου της Θερμικής Νησίδας<sup>2</sup> στο κέντρο της πόλης (μείωση των επιφανειακών θερμοκρασιών και της θερμοκρασίας αέρα) και σημαντική μείωση της παραγόμενης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα το οποίο και απορροφούν. [23]

Για το ελλαδικό κλίμα, η θερμοκρασία του αέρα πάνω από ένα φυτεμένο δώμα μπορεί να είναι κατά 17oC χαμηλότερη τον Ιούλιο (μέσος όρος), σε σχέση με τη θερμοκρασία του αέρα πάνω από ένα συμβατικό δώμα από τσιμεντένιες πλάκες. [23]

Οι φυτεμένες στέγες χωρίζονται σε τρεις βασικούς τύπους [8] :

- **Εκτατικός Τύπος:** Το σύστημα αποτελείται από πολυεπίπεδη διαστρωμάτωση υλικών με ελαφρύ υπόστρωμα ανάπτυξης των φυτών ύψους έως 20 εκατοστών. Το φορτίο του συστήματος είναι μικρό (περίπου 120 kg/m<sup>2</sup> –κορεσμένο-) και το ριζικό σύστημα των φυτών επιφανειακό. Επιλέγονται φυτά ανθεκτικά στην ξηρασία, ώστε να μην απαιτείται πολύ συχνός ποτισμός, αλλά και φυτά ανθεκτικά στον άνεμο και στο ψύχος. Εκτατικός τύπος φυτεμένου δώματος μπορεί να εφαρμοσθεί σε κλίσεις μέχρι και 33%.
- **Ημιεντατικός Τύπος:** Είναι το σύστημα που αποτελείται από υπόστρωμα ύψους μέχρι 25 εκατοστών και περιλαμβάνει φυτική κάλυψη με χλοοτάπητα, θάμνοι, ή φυτά εδαφοκάλυψης. Το φορτίο κυμαίνεται στα 100-270 kg/m<sup>2</sup> και σχέση με τον προηγούμενο τύπο, συγκρατεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού.

**Εντατικός Τύπος:** Πρόκειται για φύτευση με θάμνους, ποικιλία φυτών, ακόμη και δέντρα, πράγμα που σημαίνει ότι το φορτίο είναι μεγαλύτερο των 300 kg/m<sup>2</sup> . Ο τύπος αυτός φυτεμένης στέγης απαιτεί τακτική συντήρηση και παρουσιάζει την μορφή ολοκληρωμένου κήπου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την κατασκευή των φυτεμένων δωματίων απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην διάστρωση των αναγκαίων διαδοχικών στρώσεων.

### 3.1.3 ΑΕΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΕΣΟΥ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

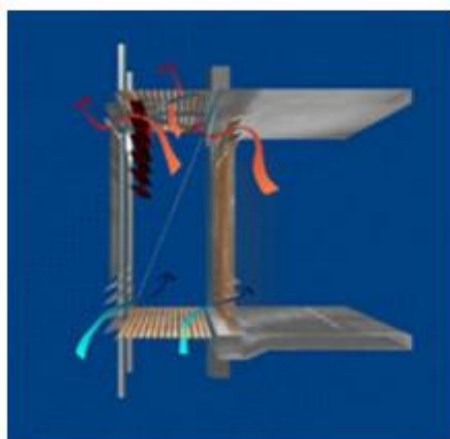
Ο φυσικός αερισμός μπορεί να επιτευχθεί και εξωτερικά του κτιρίου ή και διαμέσου του κελύφους του, συμβάλλοντας έτσι στην απομάκρυνση της θερμότητας από το κτιριακό κέλυφος (π.χ αεριζόμενο κέλυφος, διπλό κέλυφος ). [20]

<sup>2</sup>Το φαινόμενο της θερμικής Νησίδας είναι το φαινόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό των πόλεων, σε σχέση με τα περίχωρα, κατά τη διάρκεια μιας ζεστής καλοκαιρινής περιόδου, που οφείλεται στην αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας στις αστικές επιφάνειες, όπως είναι τα κτίρια και οι δρόμοι στη διάρκεια της ημέρας.



### ΑΕΡΙΖΟΜΕΝΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

Πρόκειται για κατασκευή διπλού στρώματος δομικών υλικών, είτε στην οροφή είτε στις προσόψεις του κτιρίου, μέσα στο οποίο κυκλοφορεί αέρας που έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό περιβάλλον. Λόγω διαφοράς πυκνότητας, δημιουργείται ροή στο διάκενο, και **απάγεται ο θερμός αέρας**. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το αεριζόμενο κέλυφος συνεισφέρει στη σκίαση του περιβλήματος και, συνεπώς, **στη θερμική προστασία του κτιρίου, αλλά και στη μεταφορά θερμότητας από το περίβλημα στο εξωτερικό περιβάλλον, μέσω του αέρα που κυκλοφορεί στο διάκενο**. Κατά τους χειμερινούς μήνες, ο αέρας που κυκλοφορεί στο κέλυφος είναι χαμηλότερης ταχύτητας του εξωτερικού, οπότε μέσω του διπλού κελύφους, οι θερμικές απώλειες προς το εξωτερικό περιβάλλον περιορίζονται, αυξάνεται δηλαδή η θερμομονωτική ικανότητα του κελύφους. Πρέπει ωστόσο, να είναι θερμομονωμένο το εσωτερικό τμήμα του αεριζόμενου κελύφους. Με την χρήση αεριζόμενων δομικών στοιχείων αποτρέπονται φαινόμενα συμπύκνωσης υδρατμών μέσα στην τοιχοποιία (ή την οροφή) και τις επικαλύψεις, ενώ προστατεύονται τα δομικά υλικά του κτιρίου. Εφαρμόζεται κυρίως σε κτήρια μεσαίου ύψους και μεγάλου πλάτους. [12, 13]



Εικ. 18: Φυσική κυκλοφορία του αέρα –θερμού, δροσερού- στο ενδιάμεσο κενό της διπλής επιδερμίδας [8]

### ΔΙΠΛΟ ΚΕΛΥΦΟΣ

Το διπλό κέλυφος(ή διπλή επιδερμίδα) αποτελεί μια νέα τεχνική, η οποία εφαρμόζεται σε κτίρια κατασκευασμένα από γυαλί. Χρησιμοποιείται είτε για την ανανέωση του εσωτερικού αέρα είτε για την απαγωγή της θερμότητας από το εσωτερικό του κτιρίου. Η διπλή



επιδερμίδα αποτελείται από δύο γυάλινες επιφάνειες με ενδιάμεσο κενό, στο οποίο κινείται αέρας.

Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi, όπως και η ηλιακή καμινάδα. Για την ενεργειακή απόδοση του συστήματος είναι αναγκαία η ύπαρξη θυρίδων στην βάση του ανοίγματος για την είσοδο φρέσκου αέρα και στην κορυφή του για την απαγωγή του ζεστού αέρα. [23]



Εικ 19. : Κτίριο γραφείων στη Λυών, Renzo Piano [7]

Πρέπει, ωστόσο, να τονιστεί ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή για την σκίαση του εσωτερικού χώρου, προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα θάμβωσης ή απευθείας πρόσπτωσης του ήλιου σε επιφάνειες που χρησιμοποιούνται από τους εργαζόμενους (κτίρια γραφείων). Προς τούτο επιβάλλεται η πρόβλεψη σκιάστρων/περσίδων στο κενό, ανάμεσα στις δυο γυάλινες επιφάνειες, σε επαφή με την εσωτερική παρειά του γυαλιού.[23]

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΠΛΕΟΝΑΖΟΥΣΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ**

### **4.1 ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ**

Ο φυσικός αερισμός αποτελεί τη βασικότερη τεχνική απομάκρυνσης της θερμότητας από το κτίριο τους θερμούς μήνες και μπορεί να εξοικονομήσει μεγάλα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας. Από μετρήσεις, ενεργειακές καταγραφές και προσομοιώσεις σε κατοικίες στην Ελλάδα, προκύπτει μείωση της τάξης του 75 με 100% του ψυκτικού φορτίου λόγω του αερισμού (εφόσον εφαρμόζεται επαρκής ηλιοπροστασία στα κτίρια), γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υποκαταστήσει ένα κλιματιστικό σύστημα, καθώς δημιουργούνται συνθήκες θερμικής άνεσης μέσα στους χώρους. [20]

**Μέσω του φυσικού αερισμού επιτυγχάνεται:** [8,20]

**α) η απομάκρυνση της θερμότητας από το κτίριο** προς το εξωτερικό περιβάλλον, όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες το επιτρέπουν

**β) η απομάκρυνση της θερμότητας από τα δομικά στοιχεία** του κτιρίου, όταν αυτά αποτελούνται από επαρκή θερμική μάζα

**γ) η απομάκρυνση της θερμότητας από το ανθρώπινο σώμα**, με αποτέλεσμα την αύξηση του επιπέδου θερμικής άνεσης ενός χώρου, ακόμα και σε σχετικά ψηλές θερμοκρασίες

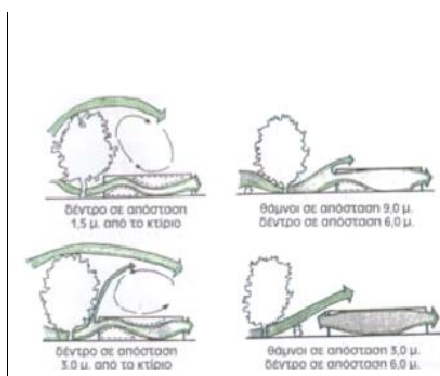
**Η κίνηση του αέρα μέσα στο κτίριο προκαλείται από δύο κύριες αιτίες:** [1]

1. Από την **κατεύθυνση του πνέοντος ανέμου και τη διαφορά πιέσεων** που δημιουργούνται στο κέλυφος του κτιρίου. Οι πλευρές του κτιρίου που είναι αντιμέτωπες με το άνεμο δέχονται υψηλές πιέσεις, ενώ οι πίσω απάνεμες πλευρές βρίσκονται σε ζώνη χαμηλής πίεσης, με αποτέλεσμα να δημιουργείται «σκιά ανέμου».
2. **Από θερμοκρασιακές διαφορές** που δημιουργούνται στις εξωτερικές επιφάνειες του, αλλά και στο εσωτερικό του. Ο αέρας που θερμαίνεται καθίσταται πιο ελαφρύς και μεταφέρεται προς τα επάνω. Το κενό που δημιουργείται έρχεται να καλύψει αέρας βαρύτερος και πιο ψυχρός και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται δημιουργώντας μια διαρκή ροή αέρα και φυσικό αερισμό, μέσω εναλλαγής του αέρα.

**Οι παράμετροι που επηρεάζουν το φυσικό αερισμό στο εσωτερικό των κτιρίων είναι:**

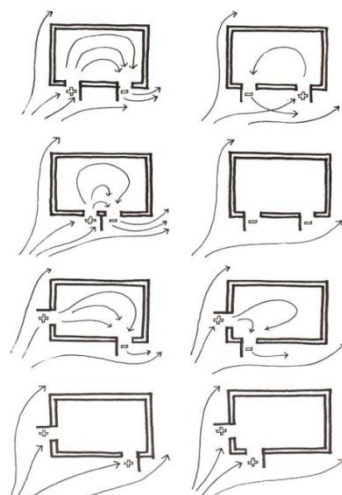
1. Οι εξωτερικές συνθήκες και κυρίως η κατεύθυνση των δροσερών ανέμων στην περιοχή.

Οι εξωτερικές κλιματικές συνθήκες , κυρίως η κατεύθυνση του ανέμου επηρεάζουν το φυσικό αερισμό του κτιρίου το καλοκαίρι. Οι δροσεροί άνεμοι –αύρες έχουν συνήθως νότια ή νοτιοανατολική κατεύθυνση –εξαρτάται βεβαίως και από το ανάγλυφο του περιβάλλοντος χώρου. [1]



**Εικ. 20:** Η θέση των δέντρων ή/και των θάμνων καθορίζει την κατεύθυνση και τη ροή των ανέμων

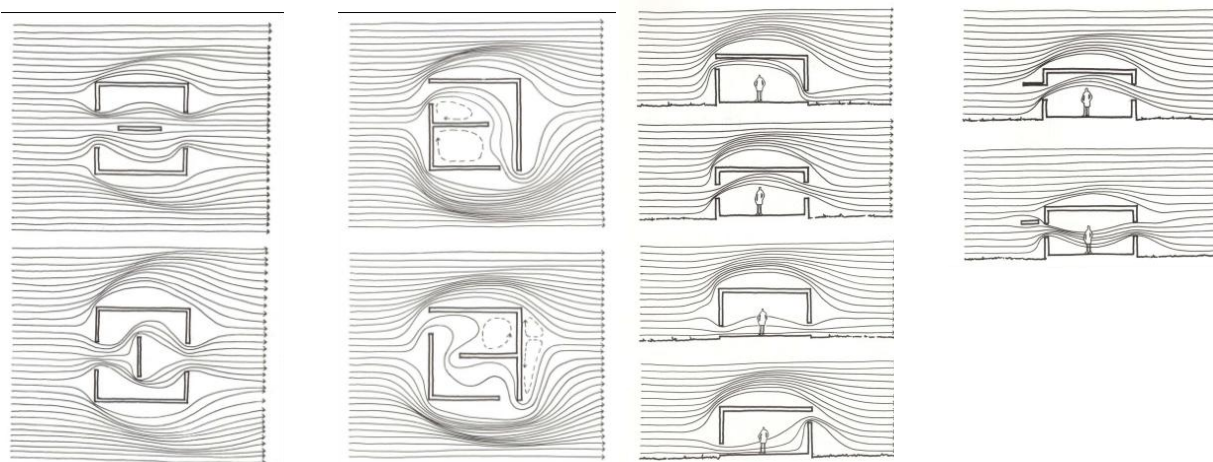
**Για την αξιοποίηση των δροσερών ανέμων** χρησιμοποιείται και η βλάστηση, όταν επιδιώκεται διείσδυση τους μέσα από το κτίριο. Η χρήση δέντρων ή θάμνων σε κατάλληλη απόσταση από το κτίριο διευκολύνει ή όχι τη διέλευση του δροσερού ανέμου μέσα στο κτίριο. Επίσης η χρησιμοποίηση κατασκευών στον εξωτερικό χώρο, τοίχων ή προεξοχών του ίδιου του κτιρίου μπορεί να βοηθήσει στη διείσδυση του δροσερού αέρα στον εσωτερικό χώρο, αρκεί η επιλογή της θέσης αυτών των στοιχείων να είναι η κατάλληλη.[1]



Εικ.21: : Ο ρόλος των εξωτερικών στοιχείων του κτιρίου στην κατεύθυνση και τη ροή του ανέμου.[11]

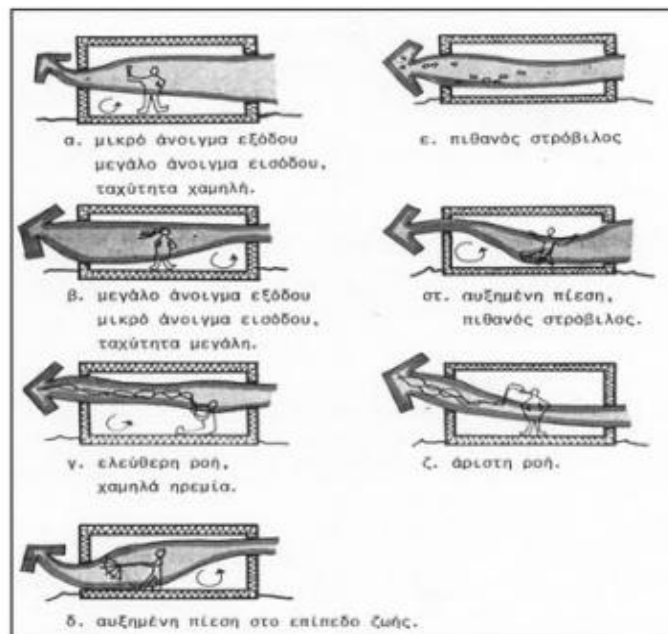
## 2. Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων

Η θέση και το μέγεθος των ανοιγμάτων σε σχέση με την κατεύθυνση του ανέμου αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για τη διασφάλιση επαρκούς φυσικού αερισμού στον εσωτερικό χώρο. Ως γενική κατεύθυνση ισχύει η τοποθέτηση ανοιγμάτων σε περισσότερους από έναν τοίχους και μάλιστα αντιμέτωπους, έτσι ώστε να δημιουργείται αερισμός σε όλο το χώρο. Καλύτερες συνθήκες αερισμού και συνεπώς φυσικής ψύξης επιτυγχάνονται όταν η ροή του αέρα ακολουθεί κίνηση μεταβαλλόμενη μέσα στο χώρο, γιατί έτσι έχουμε αφενός μια πιο ομοιόμορφη κατανομή του ρεύματος του αέρα και αφετέρου δροσισμό όλου του χώρου ζωής .



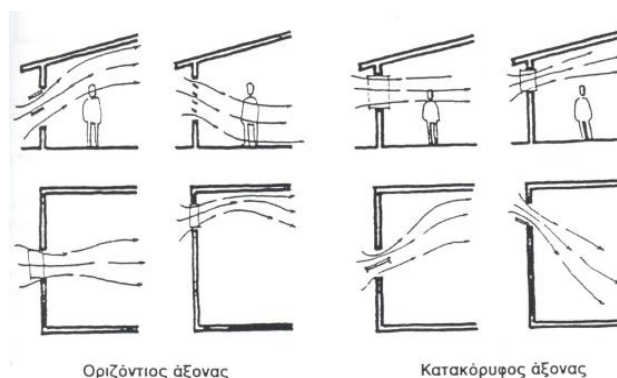
Εικ. 22: Η ροή του αέρα στον εσωτερικό χώρο [11]

Επίσης η διάταξη των εσωτερικών τοίχων μπορεί να συμβάλλει στην αλλαγή κατεύθυνσης του ρεύματος του αέρα μέσα στο χώρο αρκεί να μη δημιουργούνται μεγάλες ταχύτητες με κίνδυνο να παρασύρονται χαρτιά.



Εικ.23: Διαφορετικές θέσεις ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα και αντίστοιχη διανομή της ροής του στο χώρο. [1]

Σε σχέση με το μέγεθος των ανοιγμάτων εισόδου και εξόδου του αέρα, έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί έχουν καταλήξει ότι τα μεγέθη εισόδου κα εξόδου πρέπει να είναι περίπου τα ίδια , αρκεί η θέση τους στην τομή να μη βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο. Δηλαδή όταν το άνοιγμα είναι σχετικά ψηλά ή το αντίστροφο, έτσι εξασφαλίσει δροσιά στο επίπεδο ζωής σε ύψος 1.50 μ. περίπου από το δάπεδο.[1]



Εικ.24: Ροή του αέρα [11]

### 3. Η χρήση του κτιρίου και η δραστηριότητα των ενοίκων

Καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες σε φυσικό αερισμό. Για παράδειγμα για ένα καθιστικό ή καλύτερη κατανομή κίνησης του αέρα σε όλα τα σημεία του χώρου είναι περίπου στο ύψος 0'70-1.50 εκ., δηλαδή στο επίπεδο ζωής. Για χώρους γραφείων εφόσον συγκεντρώνονται πολλά άτομα, ο φυσικός αερισμός πρέπει να εξασφαλίζει περίπου δυο εναλλαγές αέρα ανά ώρα, ενώ το βράδυ ο αριθμός των εναλλαγών πρέπει να αυξάνεται στις οκτώ περίπου, έτσι ώστε να δροσίζεται ο χώρος και τα δομικά στοιχεία της κατασκευής, προκειμένου να αντέξουν την επόμενη ημέρα στις υψηλές θερμοκρασίες του περιβάλλοντος. [1]

Κρίσιμο ζήτημα είναι επίσης η ταχύτητα του αέρα, ιδιαίτερα για εργασιακούς χώρους. Για ζεστό κλίμα και υγρό, η ταχύτητα πρέπει να είναι κοντά στο 1,5 m/sec για να ικανοποιούνται οι συνθήκες θερμικής άνεσης στο εσωτερικό χώρο. [1]

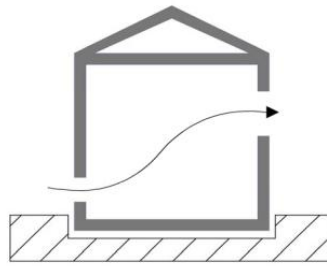
Γενικώς σε περιοχές με μεγάλη εξωτερική θερμοκρασία το καλοκαίρι, είναι προτιμότερο να γίνεται ο αερισμός του χώρου την ημέρα στο ελάχιστο δυνατό, μόνο για την ανανέωσή του και την απομάκρυνση των οσμών. Αντίθετα τη νύχτα επιβάλλεται ο φυσικός αερισμός για την απομάκρυνση της πρόσθετης θερμότητας και την ψύξη των υλικών κατασκευής. [1]

### Ο φυσικός αερισμός, ανάλογα με τον τρόπο που επιτυγχάνεται μπορεί να είναι: [20]

1. **Διαμπερής**, διαμέσου παραθύρων και άλλων ανοιγμάτων
2. **Κατακόρυφος** (φαινόμενο φυσικού ελκυσμού, μέσω κατακόρυφων ανοιγμάτων, καμινάδων ή πύργων αερισμού)
3. **Κατακόρυφος ενισχυμένος** από ηλιακή καμινάδα

#### 4.1.1 ΔΙΑΜΠΕΡΗΣ ΦΥΣΙΚΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

Διαμπερής αερισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλο σχεδιασμό των ανοιγμάτων στο κέλυφος και στις εσωτερικές τοιχοποιίες. Θυρίδες στο άνω και κάτω τμήμα των διαχωριστικών εσωτερικών τοίχων επιτρέπουν την κίνηση του αέρα στους εσωτερικούς χώρους και την απομάκρυνση της συσσωρευμένης θερμικής ενέργειας. [20]



Εικ.25 : Διαμπερής αερισμός [8]

Ο διαμπερής αερισμός επηρεάζεται από την εξωτερική και εσωτερική διαρρύθμιση του κτιρίου σε σχέση με τους επικρατούντες ανέμους. Η θέση του κτιρίου σε σχέση με τον πολεοδομικό ιστό, και εν γένει εξωτερικά εμπόδια διευκολύνουν ή ενισχύουν την είσοδο του αέρα μέσα στο κτίριο. Πλευρικοί τοίχοι προσαρτημένοι στα ανοίγματα (ανεμοπτερύγια) μπορούν να εκτρέψουν τον άνεμο εσωτερικά στο κτίριο, ενισχύοντας έτσι τη δυνατότητα φυσικού αερισμού [5,20]

Για βελτίωση του διαμπερή αερισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανεμοθράυστες, για να εντείνουν τις διαφορές πίεσης. Οι θαμνοφράκτες για παράδειγμα μπορούν να επιτρέψουν μια απαλή αύρα να φιλτράρεται μέσα από το φύλλωμα, ενώ ένας κτιστός ανεμοφράκτης δημιουργεί μια ήσυχη, προστατευμένη ζώνη πίσω του. Διάκενα στους ανεμοθράυστες, ανοίγματα μεταξύ των κτιρίων ή μεταξύ του εδάφους και ενός στεγάστρου από δέντρα μπορούν να δημιουργήσουν διαύλους ανέμου, αυξάνοντας κατά 20% περίπου τις ταχύτητες του ανέμου [3,12]

Ως βέλτιστη διεύθυνση ανέμου ως προς τα ανοίγματα εισόδου θεωρείται αυτή που σχηματίζει γωνία  $45^{\circ}$ . Η ταχύτητα του αέρα είναι μέγιστη, όταν τα ανοίγματα εισόδου του αέρα είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα εξόδου του και μάλιστα για καλύτερη διανομή του, όταν τα ανοίγματα αυτά είναι διαγώνια αντίθετα το ένα από το άλλο, το άνοιγμα εισόδου χαμηλότερα και το άνοιγμα εξόδου υψηλότερα. Ο νυχτερινός διαμπερής αερισμός είναι ιδιαίτερα αποδοτικός, τις καλοκαιρινές μέρες, κατά τις οποίες ο ημερήσιος αερισμός δεν είναι δυνατός. Ο κρύος αέρας, κυκλοφορώντας μέσα στο χώρο, απάγει τη θερμότητα που είναι αποθηκευμένη στη θερμική μάζα του κτιρίου και έτσι την επόμενη μέρα, το κτίριο βρίσκεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία. Για την αύξηση της απόδοσης του νυχτερινού αερισμού, συνίσταται η τοποθέτηση ανεμιστήρων οροφής που αυξάνουν την ταχύτητα του. Μελέτη σε κτίρια γραφείων της Αθήνας έχει δείξει ότι με την εφαρμογή του αερισμού κατά

τη διάρκεια της νύχτας, μπορεί να επιτευχθεί μείωση κατά 30% στις ανάγκες για ψυκτικά φορτία για τον κλιματισμό των χώρων. [1]

Η χρήση μονόπλευρου αερισμού, δηλαδή ανοιγμάτων μόνο από τη μία πλευρά δε συνίσταται λόγω κακής κυκλοφορίας του αέρα. [1]

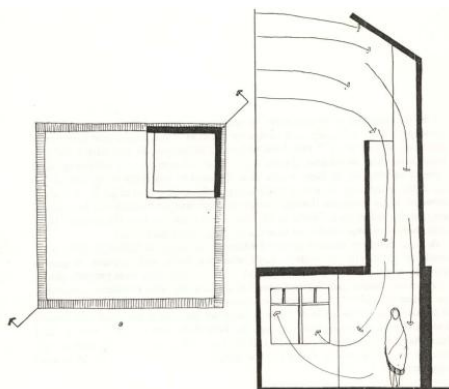
#### 4.1.2 ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

##### Φαινόμενο καμινάδας (φυσικός ελκυσμός)

Το φαινόμενο της καμινάδας λειτουργεί αξιοποιώντας το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού, καθώς ο θερμός αέρας κινείται προς τα επάνω και έτσι δημιουργείται ρεύμα στο εσωτερικό των χώρων, μεταφέροντας τη θερμότητα εκτός του κτιρίου. **Ο θερμός αέρας ανέρχεται και διαφεύγει προς τα έξω από την κορυφή και ο φρέσκος ψυχρός θα εισέλθει διαμέσου των ανοιγμάτων στη βάση.**

Δύο κύριες μορφές του φαινομένου της καμινάδας αποτελούν: **η καμινάδα/πύργος αερισμού και η ηλιακή καμινάδα.** [20]

- Καμινάδα/Πύργος αερισμού

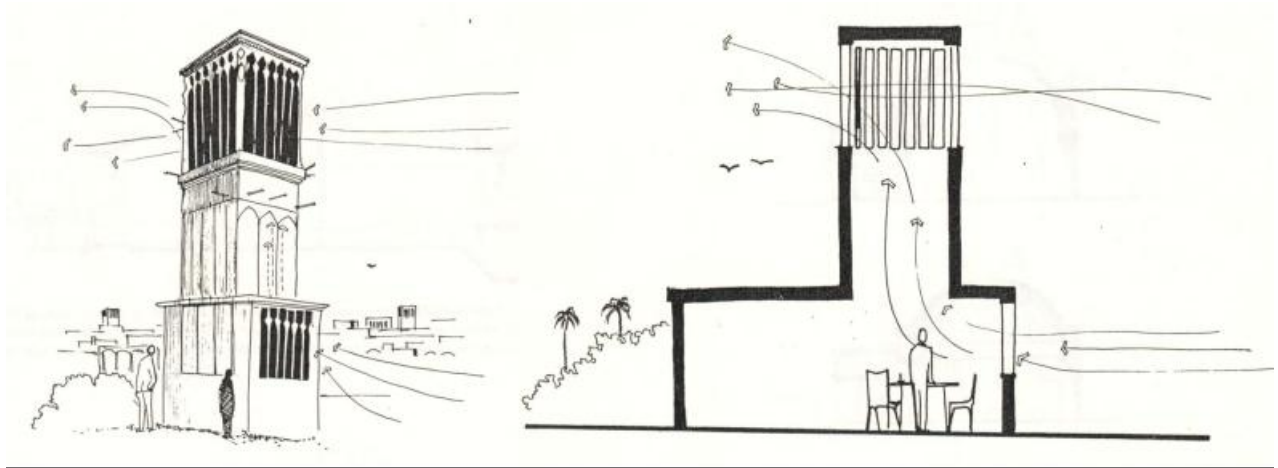


Εικ. 26: Σύστημα φυσικού αερισμού [11]

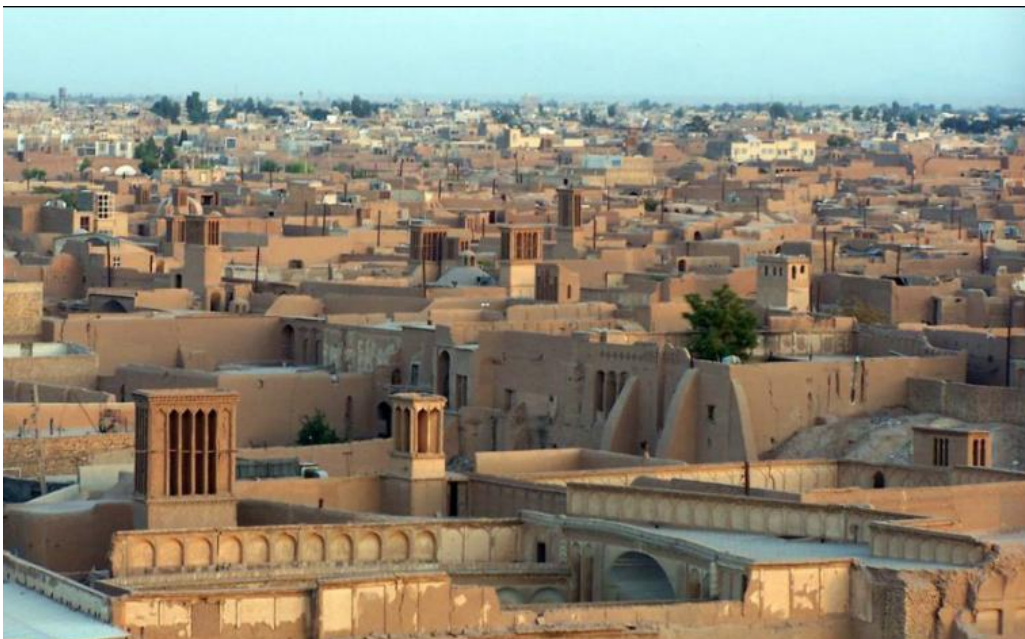
Η λειτουργία της καμινάδας/πύργου αερισμού γίνεται σε συνδυασμό με κατάλληλα ανοίγματα του κτιρίου. Το στόμιο εισόδου βρίσκεται στην προσήνεμο πλευρά, παγιδεύει τον άνεμο και τον οδηγεί προς τα κάτω. Ο αέρας βγαίνει από ένα απάνεμο άνοιγμα. Η καμινάδα αερισμού λειτουργεί αποτελεσματικά με τον άνεμο, αρκεί να έχει τον κατάλληλο προσανατολισμό. Όταν δεν υπάρχει έντονο ρεύμα αέρα γύρω από το κτίριο, το σύστημα μπορεί να λειτουργεί με ανεμιστήρα (υβριδικός αερισμός), ο οποίος ενσωματώνεται στο



υψηλότερο τμήμα της καμινάδας, εξασφαλίζοντας συνεχή εναλλαγή του εσωτερικού αέρα. Καμινάδες αερισμού μπορεί να είναι κατάλληλα διαμορφωμένα κλιμακοστάσια ή και εσωτερικά αίθρια ή φωταγωγοί των κτιρίων. [3,20]



Εικ. 27 : Πύργος Αερισμού[11]



Εικ. 28 : Yard, Iran[11]

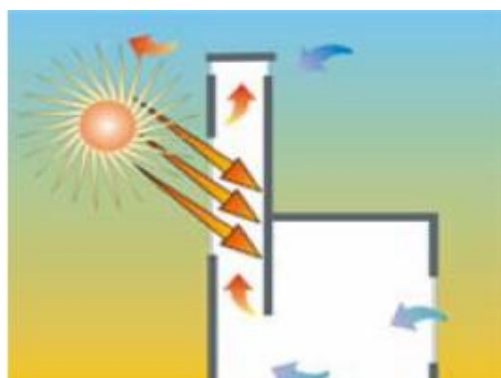


Εικ.29: Queen's Building De Montfort University Leicester, England[11]

## ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΣ ΑΕΡΙΣΜΟΣ

### Ηλιακή Καμινάδα

Η λειτουργία της βασίζεται στο φαινόμενο Venturi<sup>3</sup>. Ο αέρας υποχρεώνεται να κινηθεί από ένα περιορισμένο τμήμα του κτιρίου, όπου η ταχύτητα αυξάνεται και μειώνεται ανάλογα η πίεση του. Η μειωμένη αυτή πίεση δημιουργεί ένα ρεύμα αέρα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να οδηγήσει το θερμό αέρα έξω από το κτίριο.



Εικ.30 : Ηλιακή καμινάδα

<sup>3</sup>Το φαινόμενο Venturi το συναντάμε σε κλειστό αγωγό είτε σε υγρά είτε σε αέρια και λέει ότι με τη μείωση της διατομής αυξάνεται η ταχύτητα, μειώνεται η παροχή και η πίεση [8]

Η ηλιακή καμινάδα συμβάλλει επομένως αποτελεσματικά στον αερισμό και στην απομάκρυνση της υγρασίας από τους εσωτερικούς χώρους, καθώς μέσω της υψηλής θερμοκρασίας του αέρα που προκύπτει μέσα στην καμινάδα, ενισχύεται σημαντικά το φαινόμενο του φυσικού ελκυσμού και συνεπώς της ανανέωσης του αέρα μέσα στους χώρους. [12]

Η συνηθισμένη κατασκευή είναι μια προεξέχουσα από το κέλυφος του κτιρίου κατασκευή, της οποίας η μια πλευρά νότια, ανατολική ή δυτική είναι γυάλινη με περσίδες στο άνω μέρος. Μπορεί επίσης να είναι μία ορθογωνική διατομή, προσαρτημένη στην εξωτερική πλευρά του τοίχου, που συνδέεται με τον εσωτερικό χώρο με άνοιγμα/θυρίδα. Στο ανώτατο σημείο της καμινάδας τοποθετείται θυρίδα αερισμού προς το εξωτερικό περιβάλλον, επιτρέποντας τη συνεχή κίνηση του αέρα. Ανάλογα με τη λειτουργία της, για νυκτερινό ή ημερήσιο αερισμό, επιλέγεται ελαφροβαρής ή με μεγάλη θερμική μάζα κατασκευή, αντίστοιχα. Η εξωτερική πλευρά της ηλιακής καμινάδας μπορεί να έχει θερμική μάζα απευθείας εκτεθειμένη στον ήλιο, θερμική μάζα καλυμμένη με γυάλινη εξωτερική επιφάνεια, και θερμική μάζα στην εσωτερική παρειά της καμινάδας ή κάποια ελαφροβαρή κατασκευή, ή μεταλλική επιφάνεια, κ.ά. [21]

Τα πλεονεκτήματα από την χρήση της ηλιακής καμινάδας είναι ότι δεν εξαρτάται από τον άνεμο και έτσι μπορεί να εφαρμοσθεί σε καλοκαιρινές ζεστές μέρες με άπνοια, οπότε και χρειάζεται περισσότερο ο αερισμός. Επιπροσθέτως, η κίνηση του αέρα είναι σχετικά σταθερή και ελεγχόμενη σε σχέση με τις διακυμάνσεις ενός ανέμου [3, 19,21]

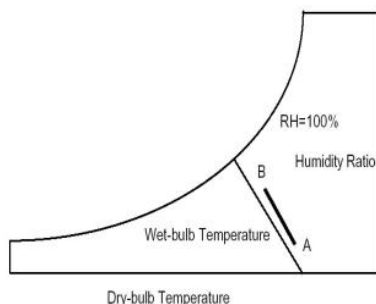


Εικ.31 :ΗλιακέςΚαμινάδες,Building Research Establishment.Garston, UK[11]

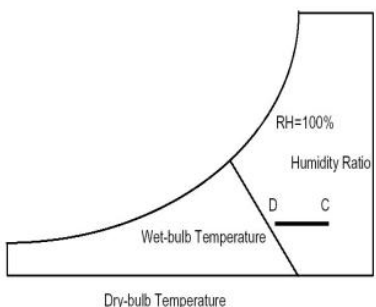
## 4.2 ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΜΕΣΩ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ

Για να αλλάξει κατάσταση το νερό και από υγρό να μετατραπεί σε ατμό, απαιτείται ένα ορισμένο ποσό θερμότητας, που ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης. Για να συμβεί αυτό είναι απαραίτητο η πίεση ατμών του νερού (που είναι σε μορφή σταγονιδίων ή βρεγμένης επιφάνειας) να είναι υψηλότερη από τη μερική πίεση των υδρατμών στην παρακείμενη ατμόσφαιρα. Όταν η απορρόφηση θερμότητας, για να επιτελεσθεί αυτή η αλλαγή φάσης, γίνεται από θερμό αέρα, εμφανίζεται πτώση της θερμοκρασίας του αέρα, **με παράλληλη αύξηση των επιπέδων υγρασίας του**. [14, 21]

Στην περίπτωση αυτή, έχουμε **άμεσο εξατμιστικό δροσίμο** (Διάγραμμα 18), σε αντίθεση με το **έμμεσο εξατμιστικό δροσίμο** (Διάγραμμα 19), που συμβαίνει όταν η εξάτμιση συνοδεύεται από μείωση της θερμοκρασίας του γειτονικού αέρα, **χωρίς όμως να αυξηθεί η περιεχόμενη υγρασία σε αυτόν**. Η τελευταία περίπτωση απαντάται όταν η εξάτμιση του νερού γίνει πάνω σε μια επιφάνεια ή μέσα σε ένα σωλήνα. [4,21]



**Διάγραμμα 1:** Άμεσος δροσίμος από εξάτμιση. Ο αέρας που πρόκειται να ψυχθεί βρίσκεται αρχικά στο σημείο A, ενώ λόγω της άμεσης εξάτμισης ψύχεται και φτάνει στο σημείο B. Η διαδικασία γίνεται με παράλληλη αύξηση της υγρασίας του. [4]

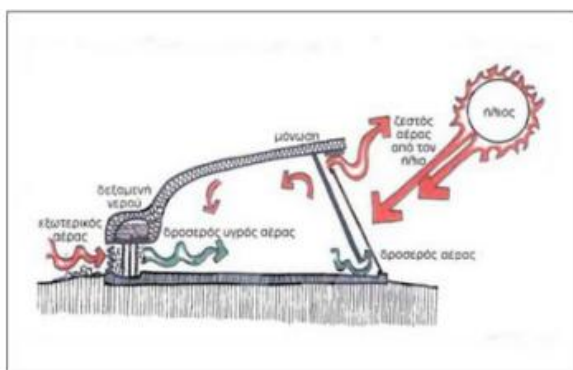


**Διάγραμμα 2:** Έμμεσος δροσίμος από εξάτμιση. Ο αέρας που πρόκειται να ψυχθεί βρίσκεται στο σημείο C, ενώ λόγω της έμμεσης εξάτμισης ψύχεται και φθάνει στο σημείο D. Η διαδικασία γίνεται υπό σταθερό λόγο υγρασίας. Δηλαδή, η θερμοκρασία του αέρα μειώνεται, αλλά παραμένει σταθερός ο λόγος υγρασίας (δηλαδή ο λόγος μάζας των υδρατμών προς τη μάζα ξηρού αέρα) [4]

Η ψύξη από εξάτμιση είναι δυνατόν να μεγιστοποιηθεί με την αύξηση της επιφάνειας επαφής του αέρα με το νερό, αλλά και με τη σχετική κίνηση του αέρα και του νερού. [4,21]

Η άμεση ψύξη από εξάτμιση, επειδή αυξάνει την υγρασία των εσωτερικών χώρων, πρέπει να συνδυάζεται από ικανοποιητικό ρυθμό ανανέωσης του αέρα, για αποφυγή συμπύκνωσης και ανάπτυξης μούχλας. Τα συστήματα άμεσης εξατμιστικής ψύξης περιλαμβάνουν τη χρήση βλάστησης για εξατμισοδιαπνοή (καθώς η αποβολή νερού από τα φύλλα με τη μορφή υδρατμών γίνεται με τη βοήθεια θερμότητας που αντλείται από τον αέρα περιβάλλοντος, καθώς και σιντριβάνια, κρήνες, πισίνες, υδάτινους πίδακες, σε εξωτερικούς χώρους κοντά στα κτίρια, αλλά και σε εσωτερικές αυλές και αίθρια, ώστε να ψύχουν τον αέρα που θα εισέλθει στο κτίριο. Μερικά συστήματα βασίζονται στη χρήση πύργων στους οποίους ψεκάζεται νερό. Ο εξωτερικός αέρας εισέρχεται στον πύργο, ψύχεται λόγω εξάτμισης (του ψεκαζόμενου νερού) και κατόπιν μεταφέρεται στο κτίριο. [8,4,21]

Η χρήση μικρών δεξαμενών νερού σε κατάλληλες θέσεις, έτσι ώστε ο ζεστός εξωτερικός αέρας που διέρχεται επάνω από το νερό και προκαλεί εξάτμιση, μπορεί να συνδυαστεί με την κατασκευή ηλιακής καμινάδας, για την επιτάχυνση του φυσικού αερισμού (Εικ. 33). [1]



Εικόνα 5.28 Φυσικός αερισμός μέσω εξάτμισης νερού και χρήση ηλιακής καμινάδας για την επιτάχυνση του αερισμού

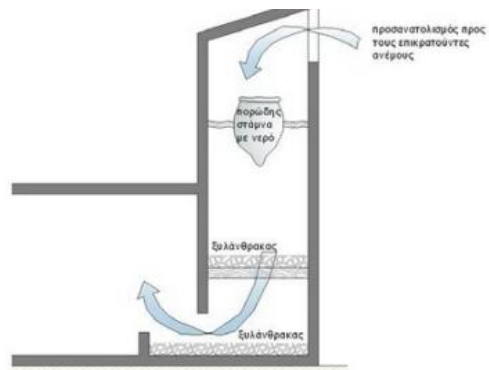
Εικ. 32 : Φυσικός αερισμός μέσω εξάτμισης νερού και χρήση ηλιακής καμινάδας για επιτάχυνση αερισμού [1]

Σε κτίρια παραδοσιακά ο τρόπος φυσικού δροσισμού συνδύαζε την ροή του ζεστού αέρα επάνω από νησίδες νερού, πριν την είσοδό του να στο κτίριο [1,8,20]

Τεχνικές έμμεσου εξατμιστικού δροσισμού είναι οι ανοιχτές λίμνες οροφής και ο ψεκασμός των δωματίων με νερό. Επιπλέον, υπάρχουν και υβριδικές (μηχανικές) ψυκτικές μονάδες εξάτμισης (άμεσης, έμμεσης ή συνδυασμένης εξάτμισης) [3, 5,25].



Ο δροσισμός από εξάτμιση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υγρά κλίματα όπου ο αέρας είναι κοντά στην κατάσταση κορεσμού.



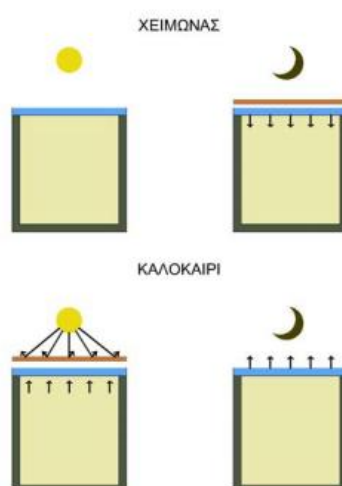
Εικ. 33 : Φυσικός αερισμός μέσω εξάτμισης νερού και χρήση ηλιακής καμινάδας για επιτάχυνση αερισμού [1]



Εικ 35. : Ψεκάσμος στέγης για εξατμιστικό δροσισμό[11]

### Οροφή νερού-Ηλιακή λίμνη

Πρόκειται για πλαστικούς σκουρόχρωμους σάκους, που δεν διαπερνούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία, περιέχουν νερό και τοποθετούνται στην οροφή του κτιρίου. Η «ηλιακή λίμνη», έχει βάθος περίπου 5 εκατοστά και για καλύτερη απόδοση επιλέγεται εξαιρετικά αγωγίμο υλικό για το δώμα πάνω στο οποίο θα κατασκευασθεί. Το καλοκαίρι, την ημέρα, η οροφή νερού καλύπτεται με το μονωτικό κάλυμμα για να αποφευχθεί το ανεπιθύμητο ηλιακό κέρδος, ενώ κατά τις νυχτερινές ώρες, απορροφάει τη θερμότητα του εσωτερικού χώρου και την αποβάλλει είτε με ακτινοβολία προς τον ουρανό, είτε μέσω φυσικής συναγωγής με τον εξωτερικό αέρα, με την προϋπόθεση να έχει αφαιρεθεί η εξωτερική μόνωση. Το χειμώνα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, το νερό απορροφάει και αποθηκεύει θερμότητα. Κατά τις νυχτερινές ώρες, η οροφή νερού καλύπτεται-προστατεύεται με εξωτερική μόνωση και η αποθηκευμένη θερμότητα ακτινοβολείται προς τον εσωτερικό χώρο. [8,14,20]



Εικ. 36 : Λειτουργία ηλιακής λίμνης το χειμώνα και το καλοκαίρι [7]

Το σύστημα αυτό είναι περισσότερο αποδοτικό σε περιοχές χαμηλής υγρασίας, με καλοκαιρινές νύχτες δίχως σύννεφα. Σε θερμά και ήπια κλίματα με χαμηλό ποσοστό κατακρημνίσεων, η κατασκευή αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί απευθείας ως ταβάνι του κτιρίου, επιτυγχάνοντας έτσι απευθείας θέρμανση ή ψύξη του χώρου. Επίσης μπορεί να ψύξει ένα κτίριο λόγω εξάτμισης του νερού. Σε ψυχρότερα κλίματα, όπου οι χιονοπτώσεις είναι συχνές, το σύστημα αποδίδει αν τοποθετηθεί στη σοφίτα, κάτω από την κεκλιμένη στέγη, σε συνδυασμό με υαλοστάσιο νοτίου προσανατολισμού, ώστε να υπάρχει μέγιστο

ηλιακό κέρδος και επιπροσθέτως αν η οροφή βαφεί ή επενδυθεί με ανακλαστικά χρώματα και υλικά .[4,20]

Στα πλεονεκτήματα της ηλιακής λίμνης συγκαταλέγεται το γεγονός ότι όλα τα δωμάτια του χώρου κάτω από την οροφή νερού λαμβάνουν θερμότητα από ακτινοβολία, ανεξάρτητα από τον προσανατολισμό τους. Μειονεκτήματα αυτού του συστήματος είναι το αυξημένο κόστος της κατασκευής, οι στατικές επιβαρύνσεις του κτιρίου, καθώς επίσης και η μειονεκτική διαστρωμάτωση του νερού κατά τη διάρκεια του χειμώνα. [19]

Για τις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδας αυτό το σύστημα δεν είναι αρκετά αποδοτικό σαν παθητικό ηλιακό σύστημα θέρμανσης. [20]

#### 4.3 ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Για να γίνει μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία, πρέπει να υπάρχουν δύο παρακείμενες μάζες, οι οποίες να έχουν διαφορετική θερμοκρασία. Το θερμότερο στοιχείο ακτινοβολεί θερμότητα προς το ψυχρότερο. Αν το ψυχρότερο στοιχείο έχει σταθερή θερμοκρασία, το άλλο στοιχείο θα ψυχθεί τόσο ώστε να φτάσει σε κατάσταση ισορροπίας προς το ψυχρότερο. [20,25,8]

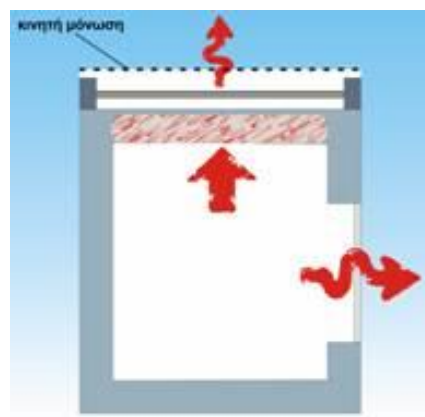
Ο νυχτερινός θόλος, ακόμα και κατά την καλοκαιρινή περίοδο είναι σταθερά ψυχρός, όταν είναι καθαρός, χωρίς σύννεφα. Επομένως, κάθε κτιριακό στοιχείο που αντικρίζει τον ουρανό ανταλλάσσει θερμότητα με αυτόν. Για να υπάρχει σημαντική ροή θερμότητας, θα πρέπει οι διαφορές θερμοκρασίας να είναι τουλάχιστον 7°C. Με βάση αυτή την αρχή, ένα σημαντικό ποσό της θερμότητας που έχει συλλεχθεί σε μία μάζα νερού ή σε ένα κτίριο κατά τη διάρκεια της μέρας θα ακτινοβοληθεί προς τον ουρανό, τις νυχτερινές ώρες, σε καλό καιρό. Κατά αυτόν τον τρόπο, στο τέλος της νύχτας έχει επιτευχθεί ψύξη του νερού ή του κτιρίου. [20,14]

Οι αδιαφανείς κτιριακές επιφάνειες θα πρέπει να έχουν μεγάλη ανακλαστικότητα στην περιοχή της ακτινοβολίας μικρού κύματος, ώστε να ανακλούν την ανεπιθύμητη ηλιακή ακτινοβολία, αλλά ταυτόχρονα να έχουν μέγιστη ικανότητα εκπομπής της ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος, ώστε να υποβοηθούν τη διαδικασία ακτινοβολίας θερμότητας από το κτίριο προς τον ουρανό. Σε υγρά κλίματα, η επίδραση της ακτινοβολίας θερμότητας



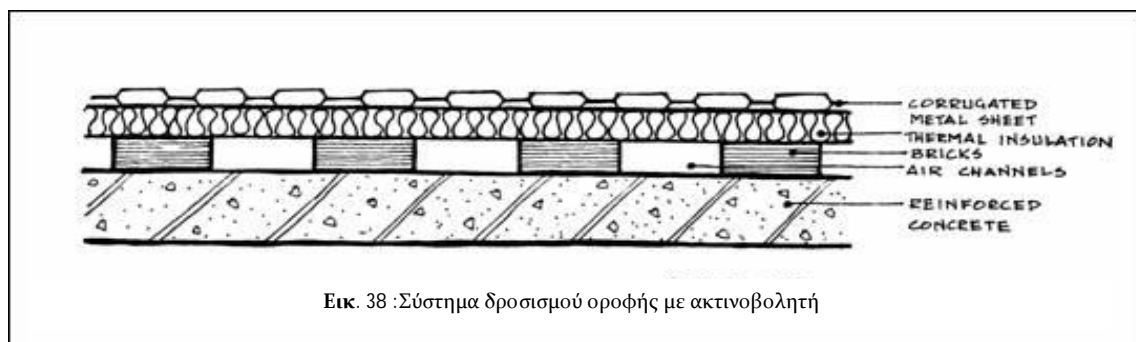
δεν είναι τόσο έντονη, διότι ο υγρός αέρας είναι λιγότερο διαπερατός από την υπέρυθρη ακτινοβολία (μεγάλου μήκους κύματος), απ' ότι ο ξηρός αέρας. Η νυχτερινή ακτινοβολία από κατακόρυφες επιφάνειες είναι περιορισμένη, γι' αυτό το λόγο γίνεται καλύτερη χρήση του φαινομένου στις οροφές των κτιρίων. Τα συνηθέστερα συστήματα νυκτερινής ακτινοβολίας είναι ο μεταλλικός ακτινοβολητής τοποθετημένος στην οροφή του κτιρίου και η λίμνη οροφής.[ 8, 24, 20]

### Μεταλλικός ακτινοβολητής



Εικ.37 :Μεταλλικός ακτινοβολητής [17]

Το σύστημα του μεταλλικού ακτινοβολητή, αποτελείται από μεταλλική, αυλακωτή, διπλή πλάκα τοποθετημένη εξωτερικά της οροφής του κτιρίου, η οποία ακτινοβολεί προς τον ουρανό μεγάλα ποσά θερμότητας, κατά τις νυχτερινές ώρες. Μπορούν να προστεθούν πτερύγια για να μεγιστοποιηθεί η μετάδοση θερμότητας από τον εσωτερικό αέρα προς το δροσιστικό στοιχείο. Η εξωτερική του επιφάνεια είναι ανακλαστική, ενώ στην εσωτερική πλευρά τοποθετείται θερμομονωτικό υλικό. Μέσα από το σύστημα του ακτινοβολητή διέρχεται θερμός αέρας από το κτίριο, ψύχεται κατά την επαφή του με την ψυχρή εξωτερική πλευρά του ακτινοβολητή και επαναδιοχετεύεται στο εσωτερικό του κτιρίου. Σε περιοχές με έντονα ρεύματα αέρα, το σύστημα καλύπτεται με φύλλο πολυαιθυλενίου, που είναι διαπερατό από την υπέρυθρη ακτινοβολία. Το πολυαιθυλένιο επιτρέπει την εκπομπή της θερμικής ακτινοβολίας, ενώ περιορίζει την επαφή της ψυχρής επιφάνειας του ακτινοβολητή με το θερμότερο αέρα του περιβάλλοντος και συνεπώς περιορίζει την αύξηση της θερμοκρασίας στον ακτινοβολητή [3,14,20].



#### 4.4 ΔΡΟΣΙΣΜΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Πρόκειται για αξιοποίηση της χαμηλής θερμοκρασίας του εδάφους σε σχέση με τον αέρα περιβάλλοντος κατά τους θερμούς μήνες. Ενώ σε πολλά σημεία μιας χώρας μπορεί να υπάρχουν ισχυρές διακυμάνσεις στη θερμοκρασία αναλόγως της εποχής, από καύσωνα τοκαλοκαίρι σε θερμοκρασίες υπό του μηδενός τον χειμώνα, μερικά μόλις μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης το έδαφος παραμένει σε μια σχετικά σταθερή θερμοκρασία. Σε εξάρτηση από το γεωγραφικό πλάτος, οι θερμοκρασίες εδάφους κυμαίνονται από 10°C έως 21°C, για τον ελλαδικό χώρο. Αυτή η θερμοκρασία εδάφους είναι θερμότερη από τον αέρα πάνω από το έδαφος κατά τη διάρκεια του χειμώνα και ψυχρότερη από τον αέρα το καλοκαίρι. Η εκμετάλλευση αυτής της ιδιότητας του εδάφους μπορεί αν γίνει με δύο τρόπους: είτε με διάχυση θερμότητας προς το έδαφος με αγωγή, είτε με μεταφορά. [4,19]



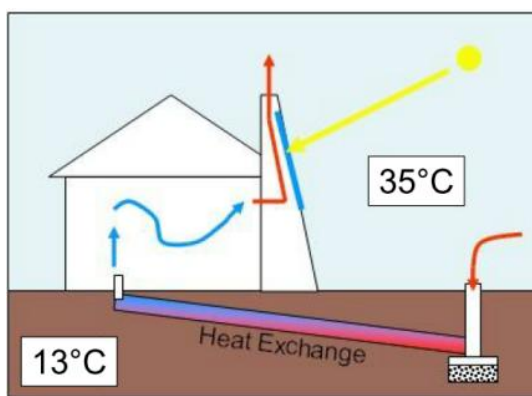
Εικ.39 : Υπόσκαφα κτίρια [16]

Στην πρώτη περίπτωση, μέρος του περιβλήματος του κτιρίου πρέπει να βρίσκεται σε άμεση επαφή με το εδαφικό υλικό. Η κατασκευή υπόσκαφων ή ημιυπόσκαφων κτιρίων, εφόσον το επιτρέπουν οι τοπογραφικές συνθήκες, συνεισφέρει σημαντικά στη μείωση του ψυκτικού τους φορτίου. Με αυτόν τον τρόπο, σε θερμά και ξηρά κλίματα, αποβάλλεται θερμότητα

από το εσωτερικό προς το έδαφος. Για να εφαρμοσθεί αυτή η μέθοδος, τα τμήματα του περιβλήματος κάτω από το έδαφος δε θα πρέπει να μονώνονται, αλλά συνίσταται να υδρομονώνονται για να αποφεύγονται προβλήματα από την υγρασία στις επιφάνειες τους. Ωστόσο, σε κλίματα με ψυχρούς χειμώνες συνιστάται η θερμομόνωση του κτιριακού κελύφους, ώστε να μειώνονται οι θερμικές απώλειες προς το έδαφος.[19]

Στη δεύτερη περίπτωση γίνεται χρήση υπεδάφιου συστήματος εναλλακτών, που σκοπό έχει να ψυχθεί ο αέρας για τον αερισμό του κτιρίου πριν εισέλθει στο κτίριο με τη διέλευση του μέσα από υπόγειους αγωγούς (μπορεί να είναι μεταλλικοί ή από PVC, τοποθετημένοι σε βάθος 1-3 μ., αφού πρώτα αναρροφηθεί από ανεμιστήρες. [19]

Εκτός από το καλοκαίρι, το σύστημα λειτουργεί και το χειμώνα, συμβάλλοντας στην προθέρμανση του ψυχρού εξωτερικού αέρα, καθώς το έδαφος είναι το χειμώνα θερμότερο από τον εξωτερικό αέρα [3, 4, 19].



Εικ. 40 : Υπεδάφιο σύστημα αγωγών (εναλλάκτες εδάφους-αέρα)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

### 5.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

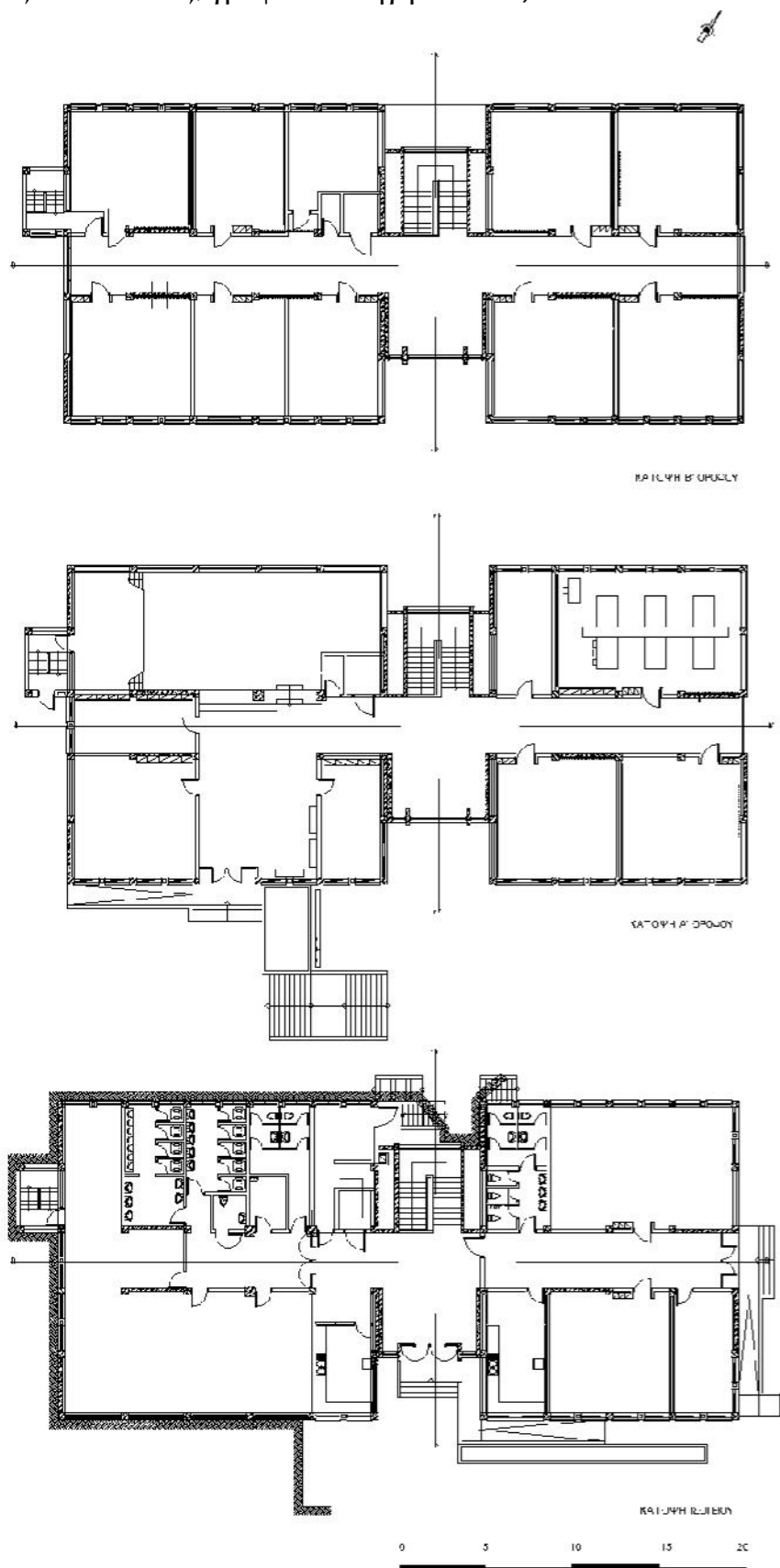
Το προς μελέτη κτίριο σχολείου βρίσκεται στην περιοχή της πόλης του Ρεθύμνου (με γεωγραφικό πλάτος 35deg 24min και μήκος 24deg 24min). Σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής υπηρεσίας οι πιο ζεστοί μήνες στην περιοχή είναι από τον Ιούνιο έως και τον Σεπτέμβρη. Τους μήνες αυτούς οι άνεμοι πνέουν κυρίως Βόρειοι. Αναλυτικότερα παρουσιάζονται στοιχεία στους παρακάτω πίνακες για τα έτη 2011 και 2012.

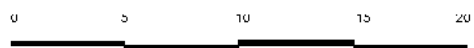
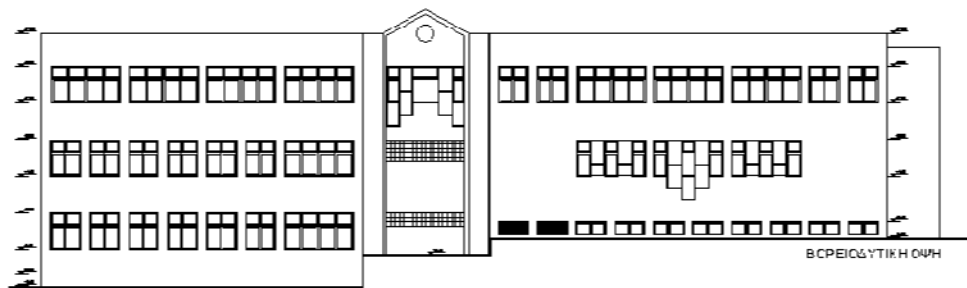
2012					
ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΑΕΡΑ οC			ΑΝΕΜΟΙ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	
	ΜΕΓΑΛ.	ΜΙΚΡ.	Μ.Ο.	Μ.Ο. (m/s)	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ
ΙΑΝ	13.5	8.9	11.3	14.8	B
ΦΕΒ	14.2	8.9	11.6	13.7	NA
ΜΑΡ	16.5	11.0	13.7	9.6	B
ΑΠΡ	21.8	14.9	18.1	13.5	NA
ΜΑΙ	23.3	17.7	20.4	8.5	NA
ΙΟΥΝ	26.9	22.0	24.4	6.7	B
ΙΟΥΛ	30.8	24.9	27.7	9.0	Δ-ΒΔ
ΑΥΓ	30.0	25.1	27.6	9.6	B
ΣΕΠΤ	27.6	22.2	24.7	9.7	B
ΟΚΤ	25.7	20.2	22.7	11.9	N-NA
ΝΟΕ	21.5	16.8	19.0	13.5	B
ΔΕΚ	17.1	12.3	14.7	15.0	N-NA

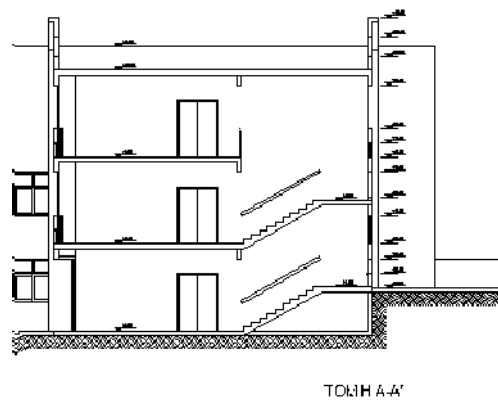
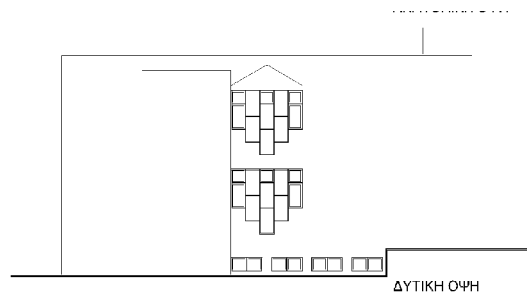
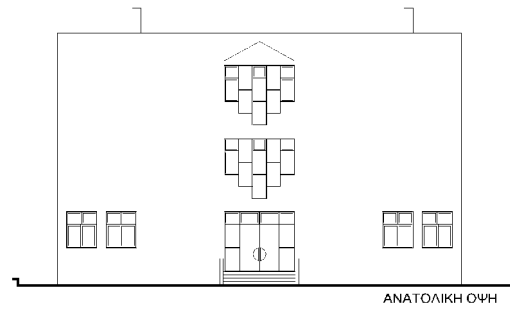
2011					
ΜΗΝΑΣ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΑΕΡΑ οC			ΑΝΕΜΟΙ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	
	ΜΕΓΑΛ.	ΜΙΚΡ.	Μ.Ο.	Μ.Ο. (m/s)	ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ
ΙΑΝ	12.9	8.1	10.5	12.6	B
ΦΕΒ	13.5	7.9	10.7	13.9	NA
ΜΑΡ	15.8	10.6	13.2	10.1	ΒΔ
ΑΠΡ	20.7	13.6	17.2	12.3	B
ΜΑΙ	22.5	16.8	19.7	7.9	NA
ΙΟΥΝ	25.7	21.2	23.1	7.3	ΒΔ
ΙΟΥΛ	29.0	23.7	26.3	6.1	B
ΑΥΓ	27.8	23.5	25.7	7.5	B
ΣΕΠΤ	26.8	22.3	24.5	7.5	ΒΔ
ΟΚΤ	21.0	16.6	18.7	9.5	NA
ΝΟΕ	16.4	13.0	14.7	9.5	ΒΔ
ΔΕΚ	16.8	12.0	14.2	12.3	NA

Το κτίριο έχει απόκλιση από τον άξονα Βορρά-Νότου κατά 54°. Διαμορφώνεται σε 3 επίπεδα. Τμήμα του ισογείου είναι υπόσκαφο. Το κάθε επίπεδο αποτελείται από ένα

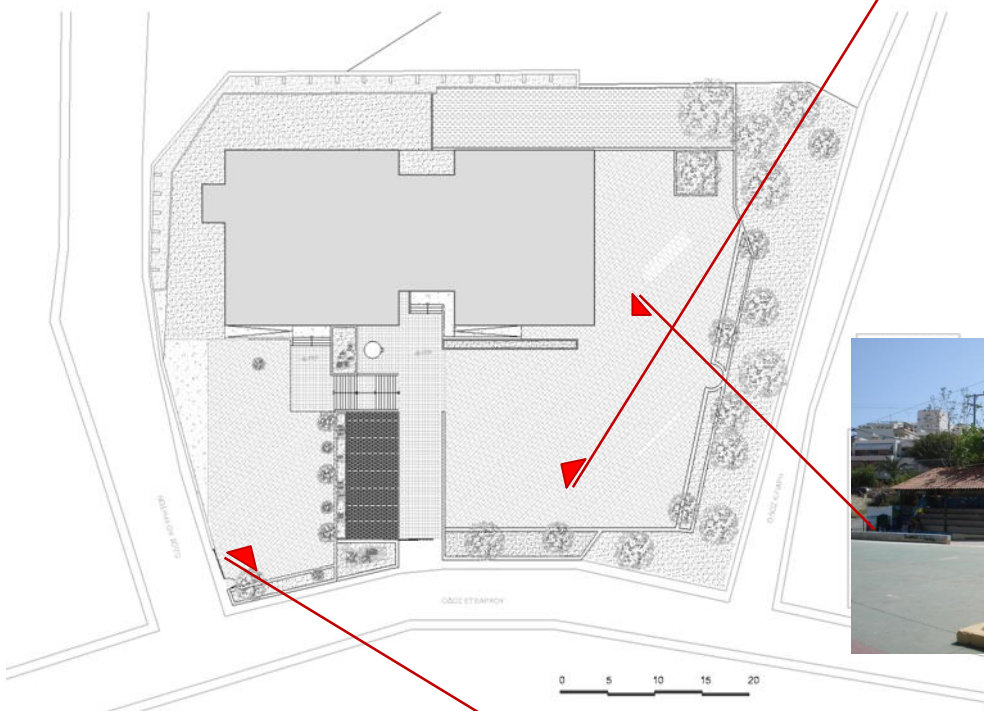
διάδρομο που διατρέχει κατά μήκος το επίπεδο, ενώ εκατέρωθεν υπάρχουν οι διάφορες αίθουσες (αίθουσες διδασκαλίας, γραφεία καθηγητών κτλ.).







## ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ





Το κτίριο διαθέτει αρκετά ανοίγματα κυρίως στη ΝΑ και ΒΔ πλευρά, από τα οποία εισέρχεται κυρίως η ηλιακή ακτινοβολία καθώς επίσης γίνεται και ο αερισμός των αιθουσών. Παρ' όλα αυτά παρατηρείται ότι λόγω της εσωτερικής διάταξης του κτιρίου εμποδίζεται ο διαμπερής αερισμός του.

Ο περιβάλλον χώρος αποτελείται κυρίως από μαλακά δάπεδα, ενώ υπάρχει κάποια φύτευση νότια και ανατολικά του οικοπέδου.

Παρατηρείται επίσης ότι το κτίριο δεν επηρεάζεται από τις γειτονικές κατασκευές ούτε και από τον περιβάλλοντα χώρο, όσον αφορά στο σκιασμό του.

Το κτίριο παρουσιάζει πρόβλημα υπερθέρμανσης από τον τελευταίο μήνα της άνοιξης έως και τον πρώτο μήνα του φθινοπώρου, με αποτέλεσμα οι χώροι να μην είναι βιώσιμοι για τους χρήστες τις ώρες λειτουργίας του σχολείου (8:00 -16:00).

Για την εξεύρεση λύσεων και τη βελτίωση των συνθηκών φυσικού δροσισμού, γίνεται ανάλυση του κτιρίου όπως παρουσιάζεται παρακάτω.

## 5.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ECOTECT

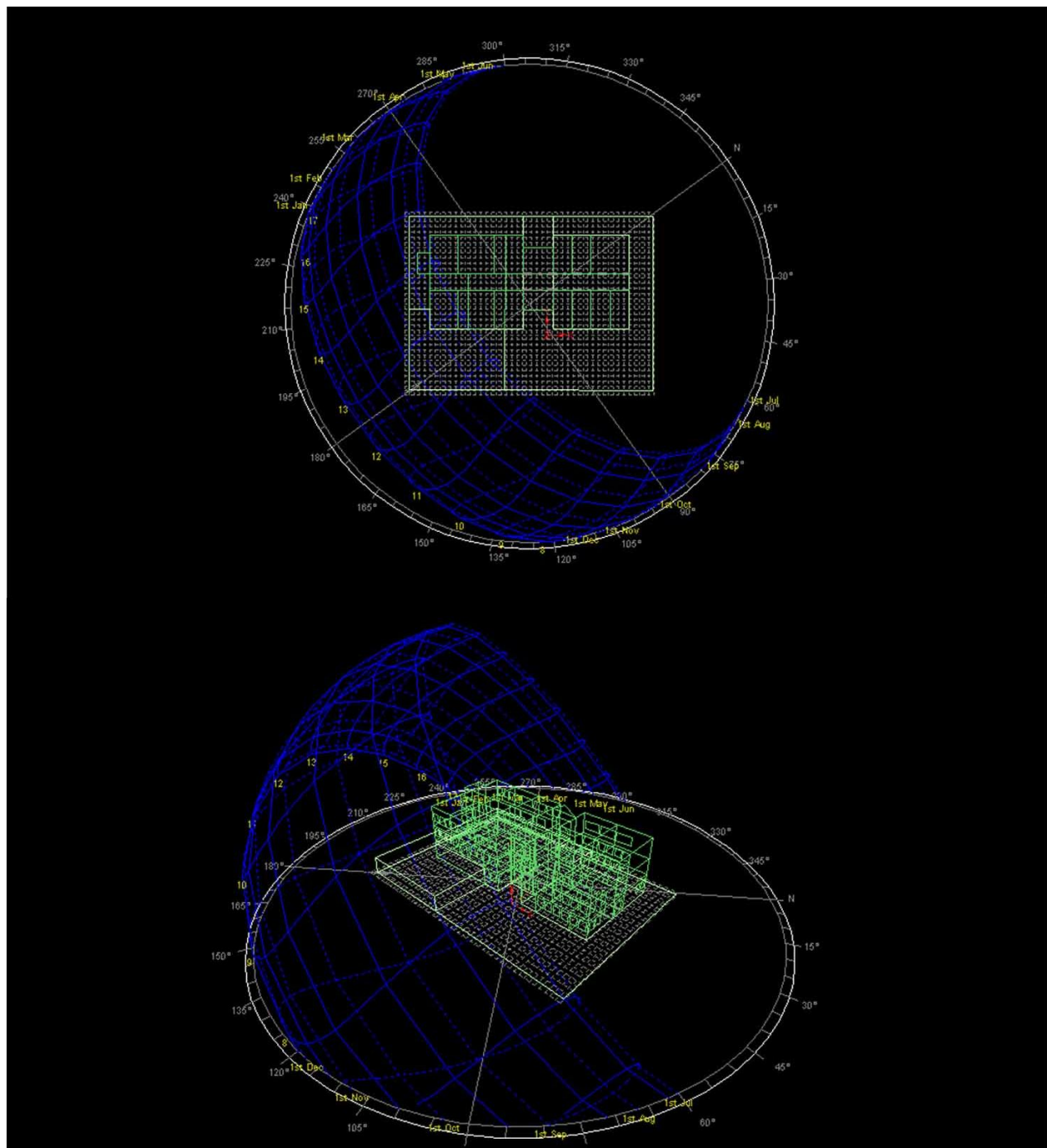
Για την καλύτερη μελέτη του κτιρίου γίνεται ανάλυση μέσα από το πρόγραμμα Ecotect. Το Ecotect αποτελεί λογισμικό το οποίο προσφέρει τρισδιάστατο περιβάλλον σχεδίασης, καθώς και δυνατότητα εισαγωγής κλιματικών δεδομένων και υλικών κατασκευής, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα ανάλυσης ηλιασμού, θερμικής και ακουστικής ανάλυσης καθώς και μελέτης φωτισμού, αποτελώντας εργαλείο κυρίως υπολογισμού κατά το σχεδιασμό κτιρίων.

Όσον αφορά στο προς μελέτη κτίριο σχολείου, με τη χρήση του λογισμικού Ecotect, εξετάστηκε ο ηλιασμός. Μέσω της ηλιακής ανάλυσης (solar analysis ) παρουσιάζεται η θέση του ήλιου σε σχέση με το κτίριο , η διείσδυση της ηλιακής ακτινοβολίας και η σκίαση που προκαλείται.

Ακολουθούν διαγράμματα που αφορούν την πορεία του ήλιου σε σχέση με το κτίριο καθώς και την εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας σε αυτό, αντιπροσωπευτικές ημέρες της περιόδου που εξετάζουμε, και κρίσιμες ώρες εντός του ωραρίου λειτουργίας του σχολείου.

## ΠΟΡΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΙΟΥ, ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ

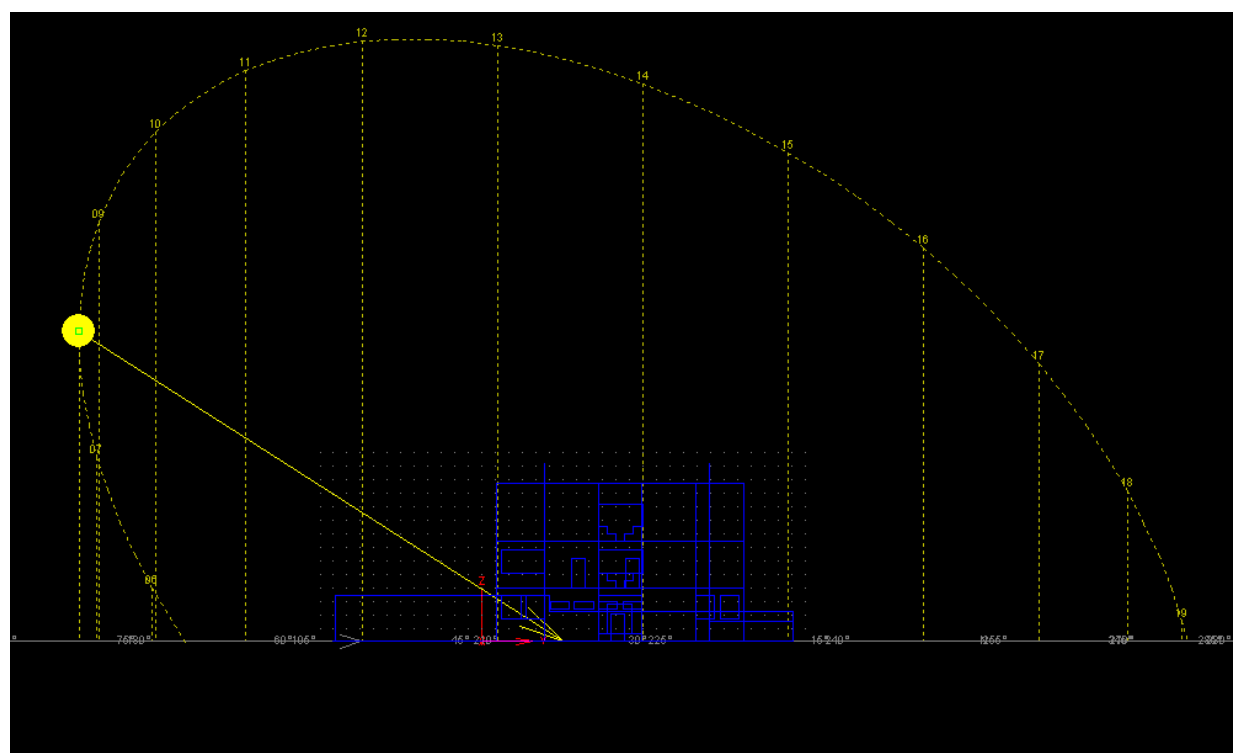
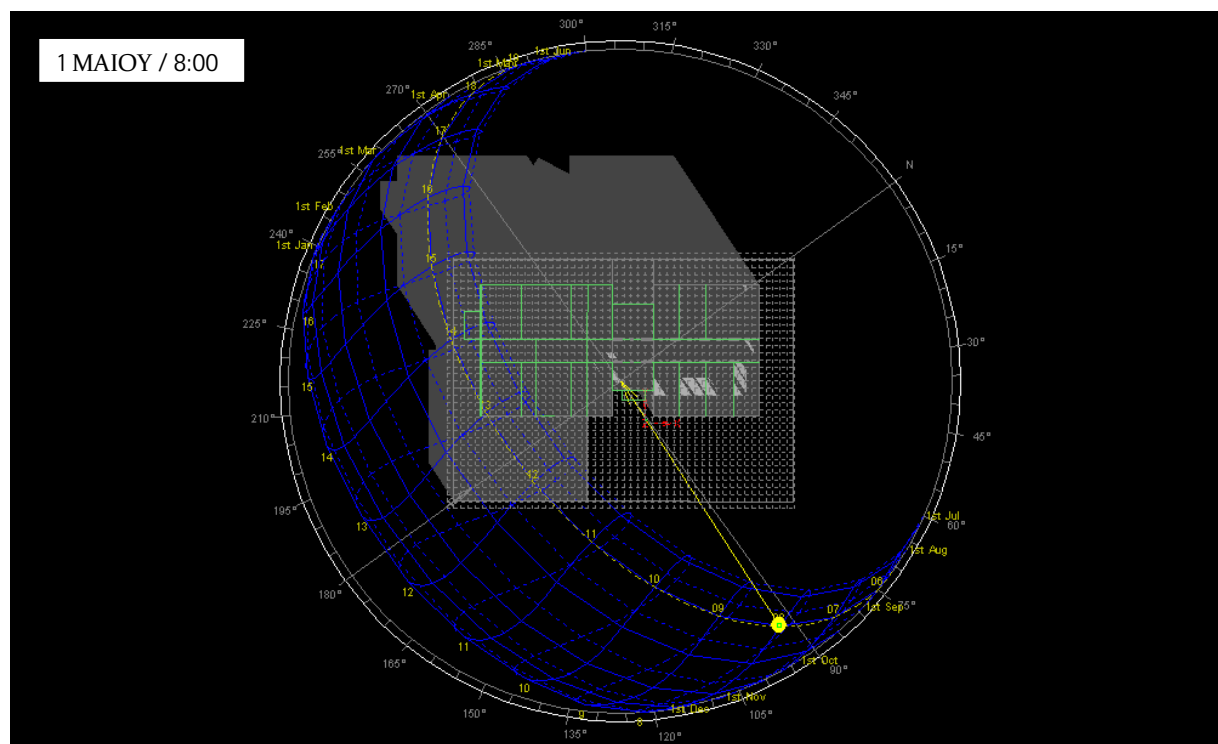
Παρακάτω απεικονίζονται οι πορείες του ήλιου ανά μήνα και ώρα της ημέρας (μπλε γραμμές), σε κάτοψη και προοπτική απεικόνιση



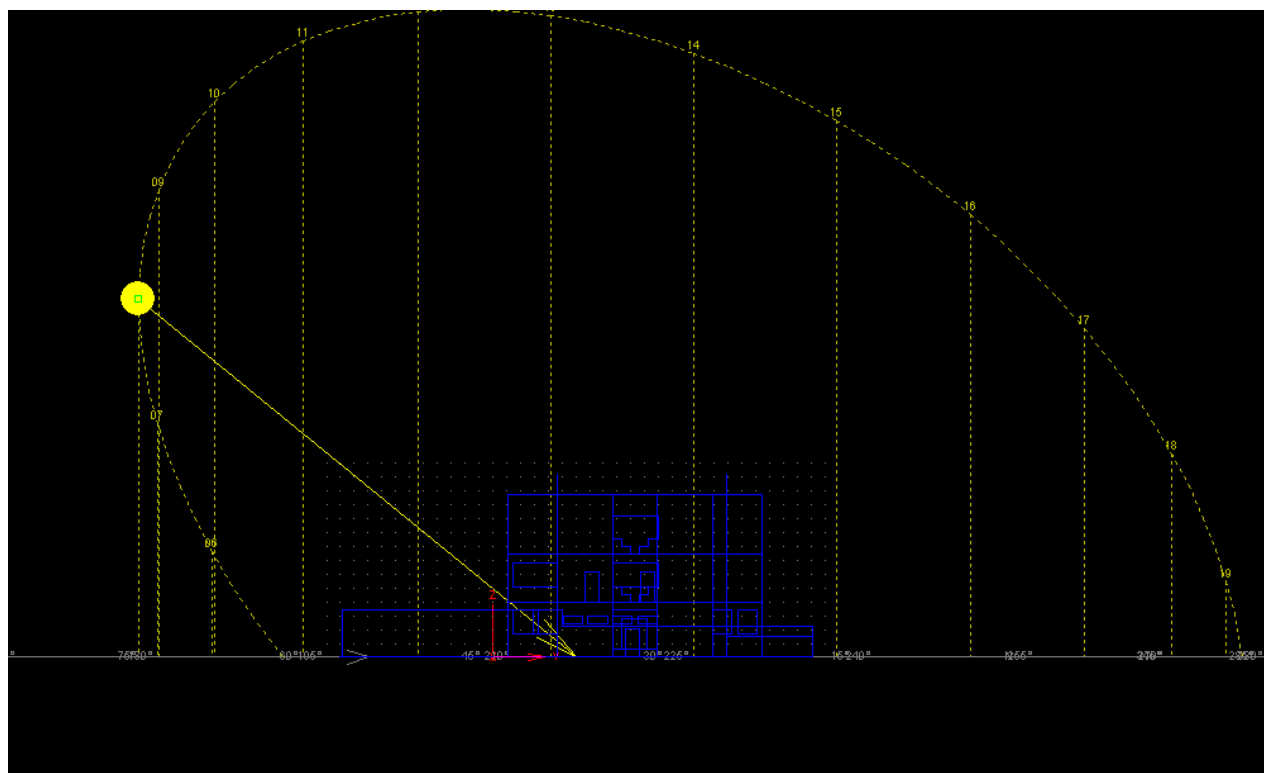
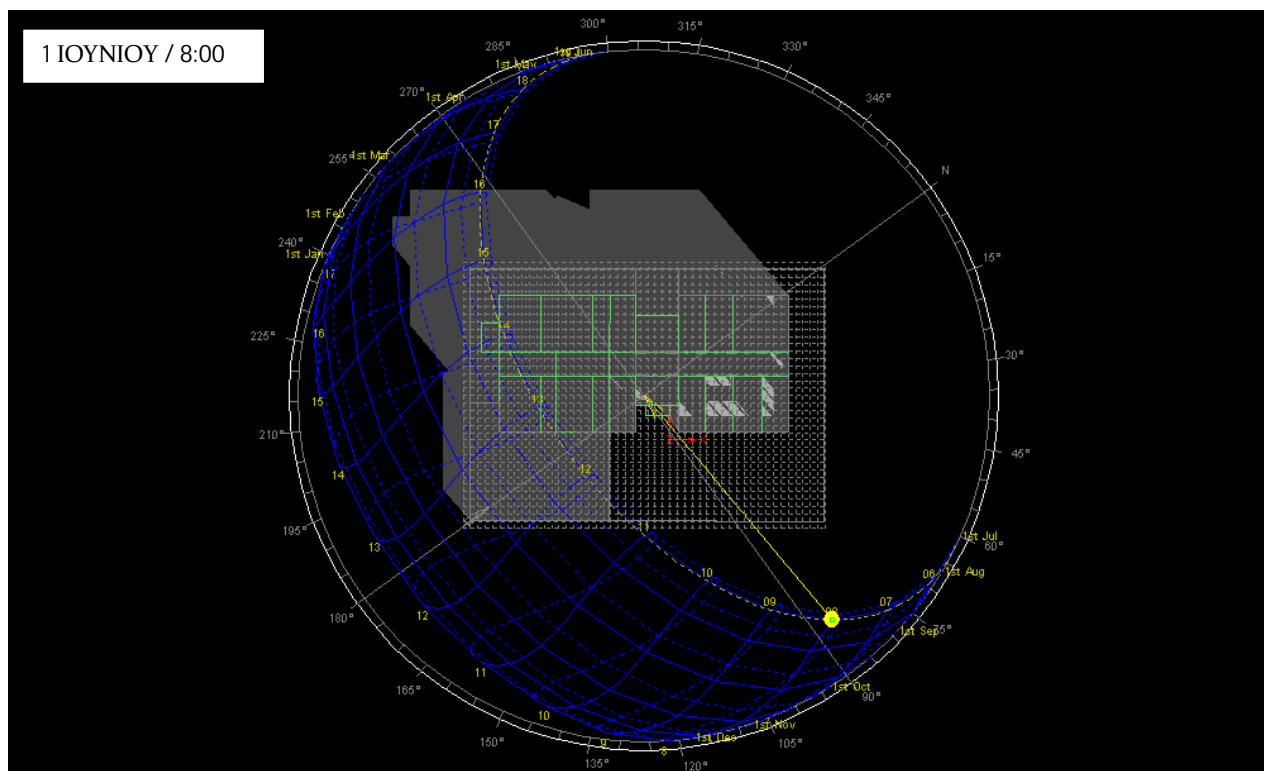
Διάγραμμα 3: Πορεία ήλιου ανά μήνα και ώρα

### Διείσδυση ήλιου από τη νοτιοανατολική πλευρά του κτιρίου

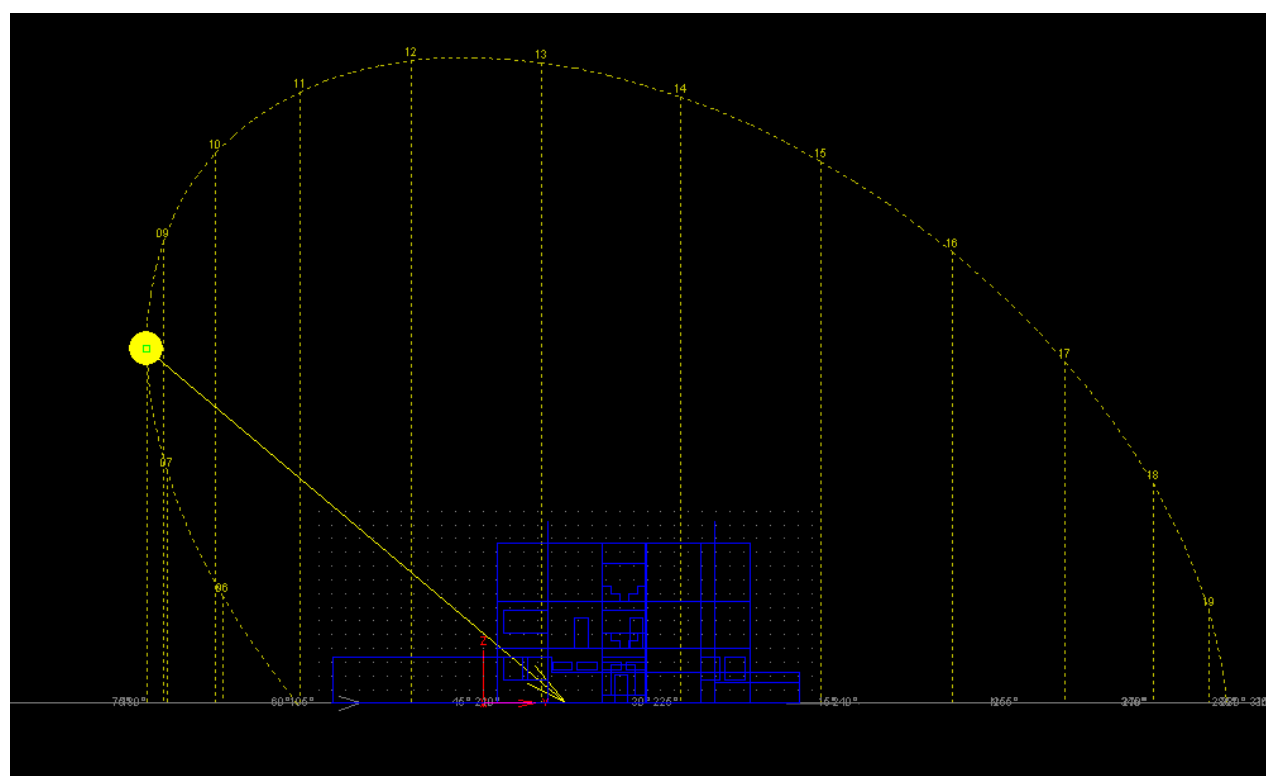
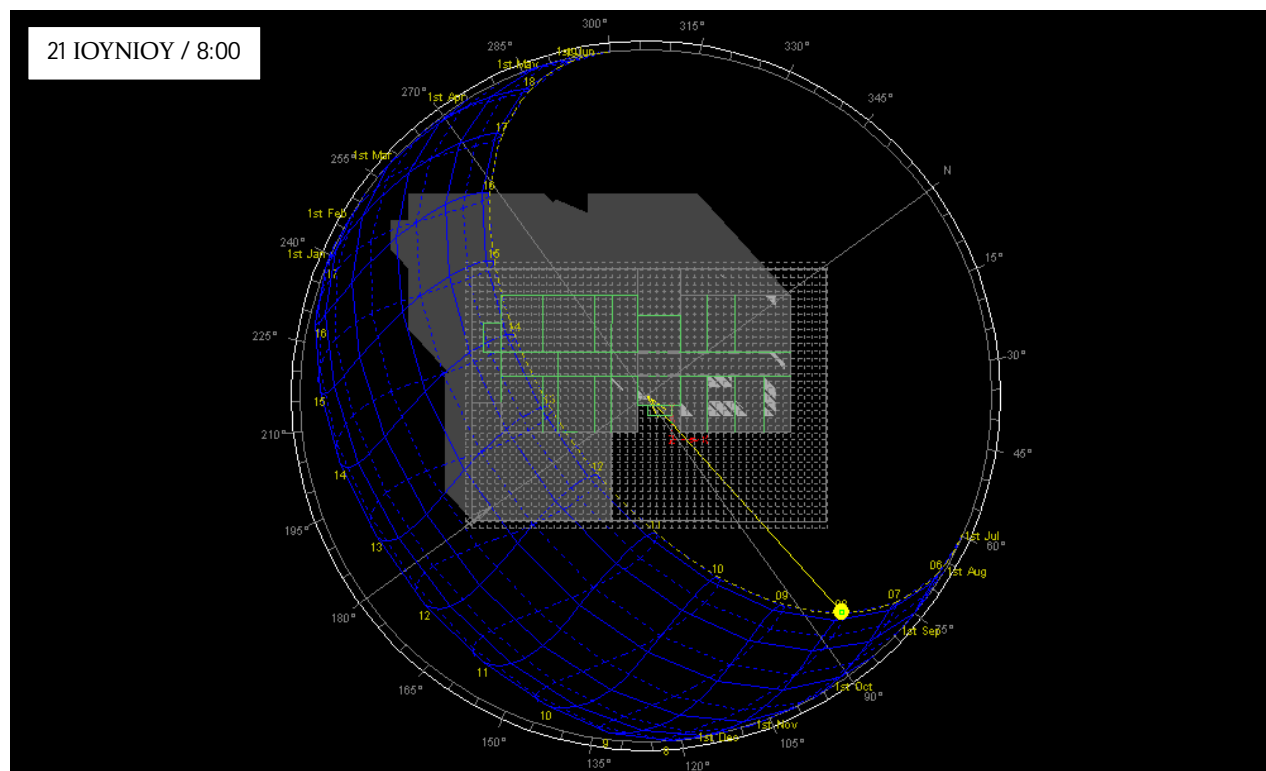
Παρακάτω εξετάζεται η εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τη νοτιοανατολική πλευρά του κτιρίου. Παρουσιάζονται διαγράμματα όπου φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο εισχωρεί η ηλιακή ακτινοβολία στο κτίριο, στις 8:00 η ώρα που ξεκινά η λειτουργία του σχολείου, κατά τους θερμούς μήνες.



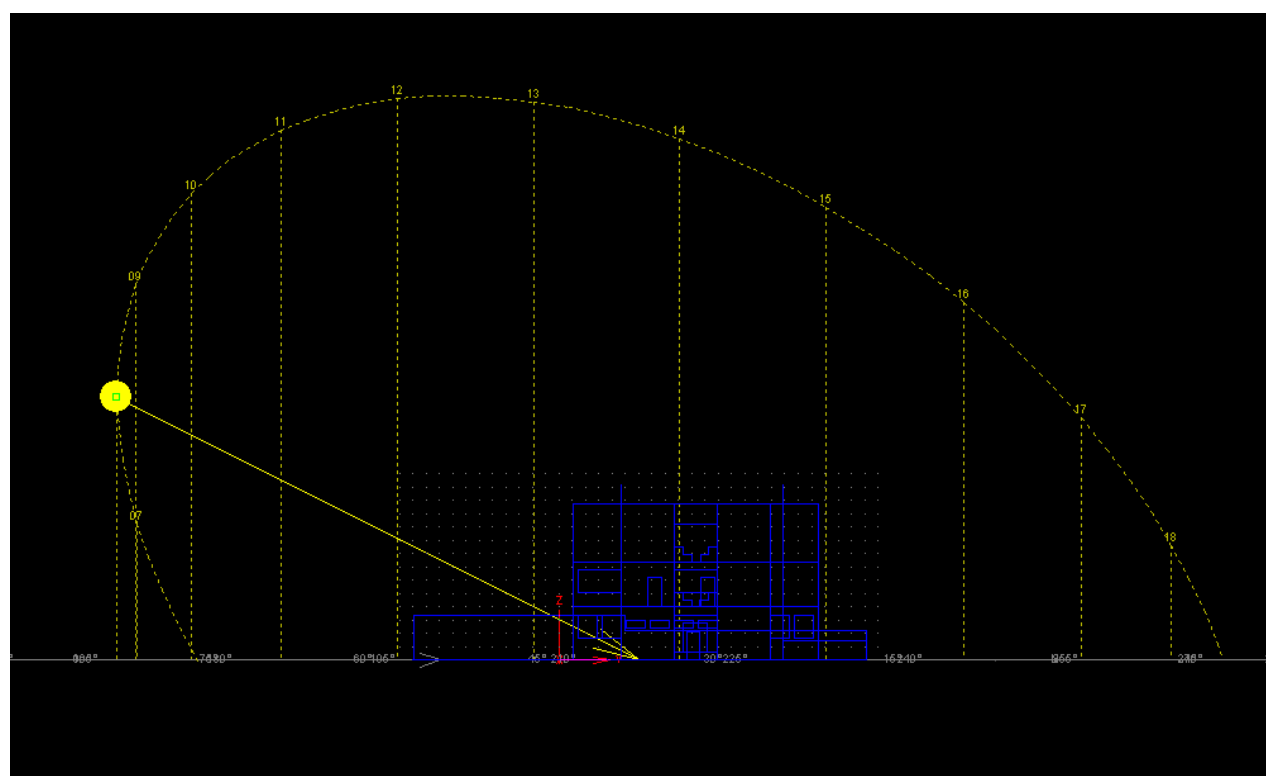
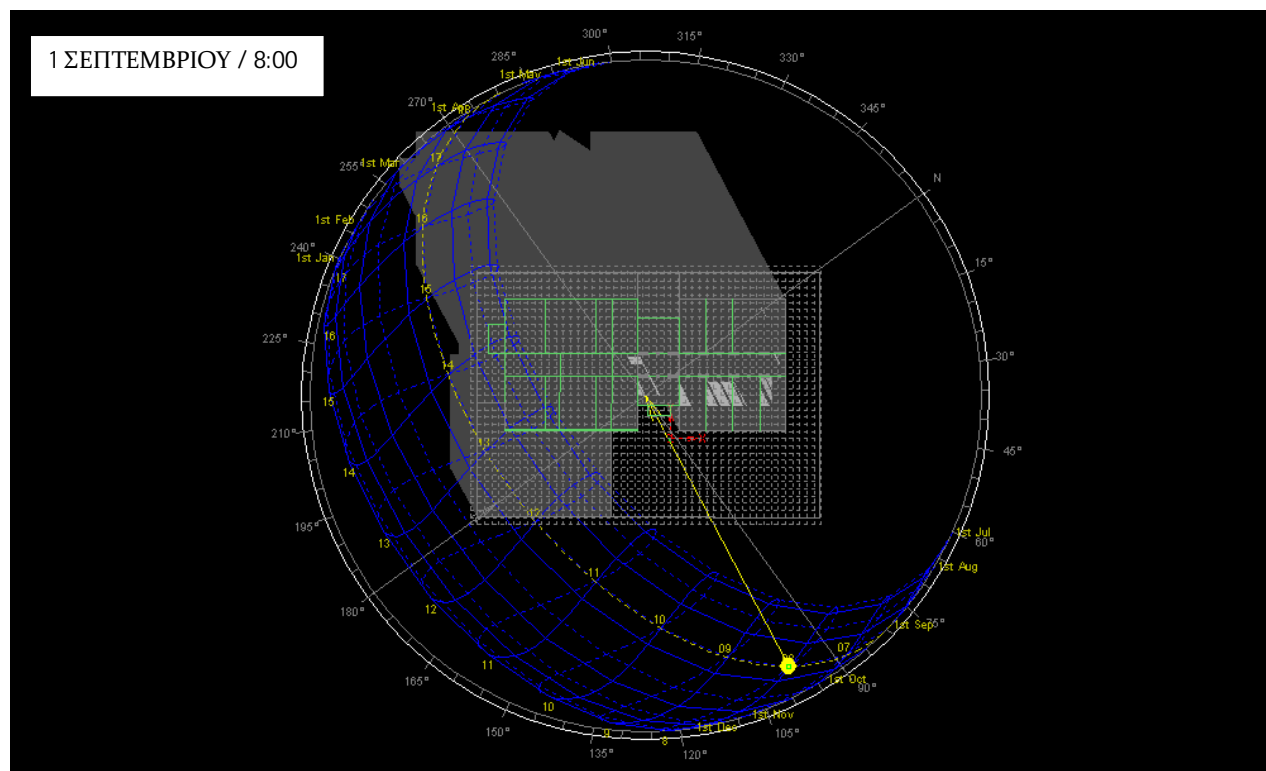
Διάγραμμα 4,5 :Θέση του ήλιου την 1<sup>η</sup> Μαΐου ,8:00



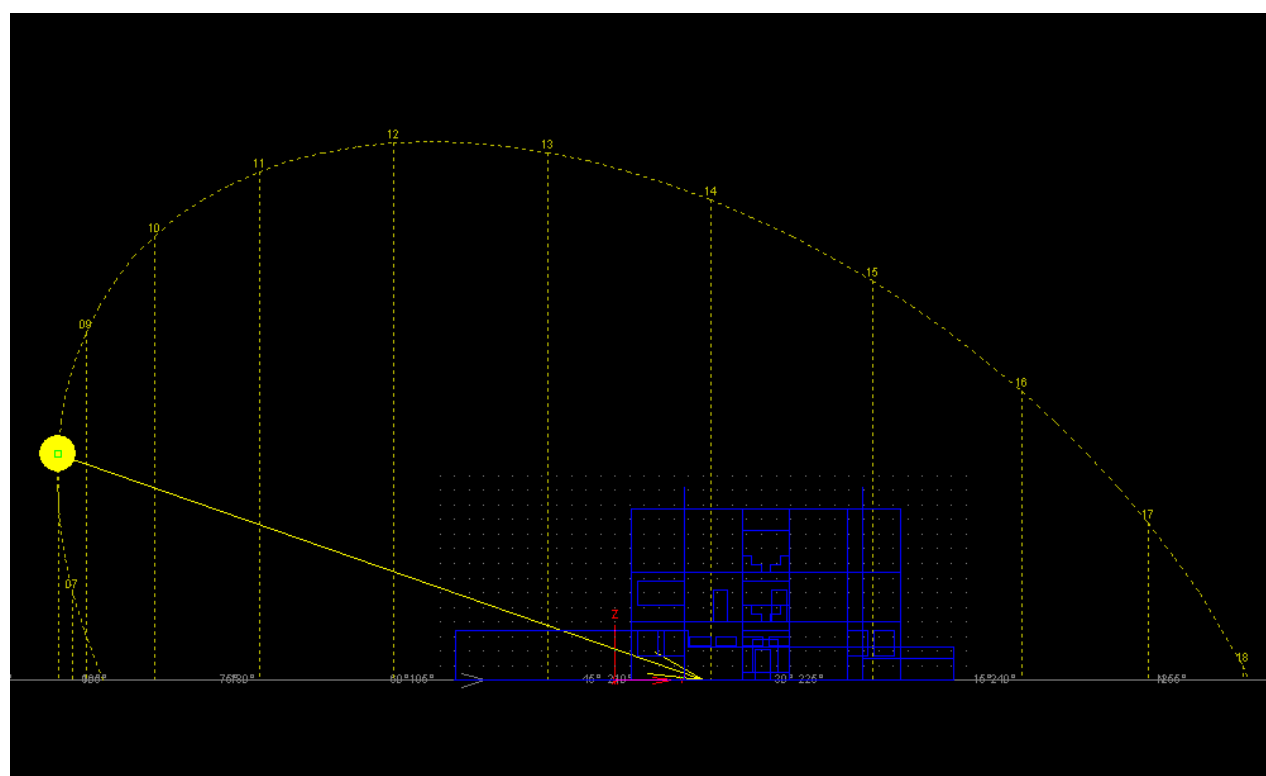
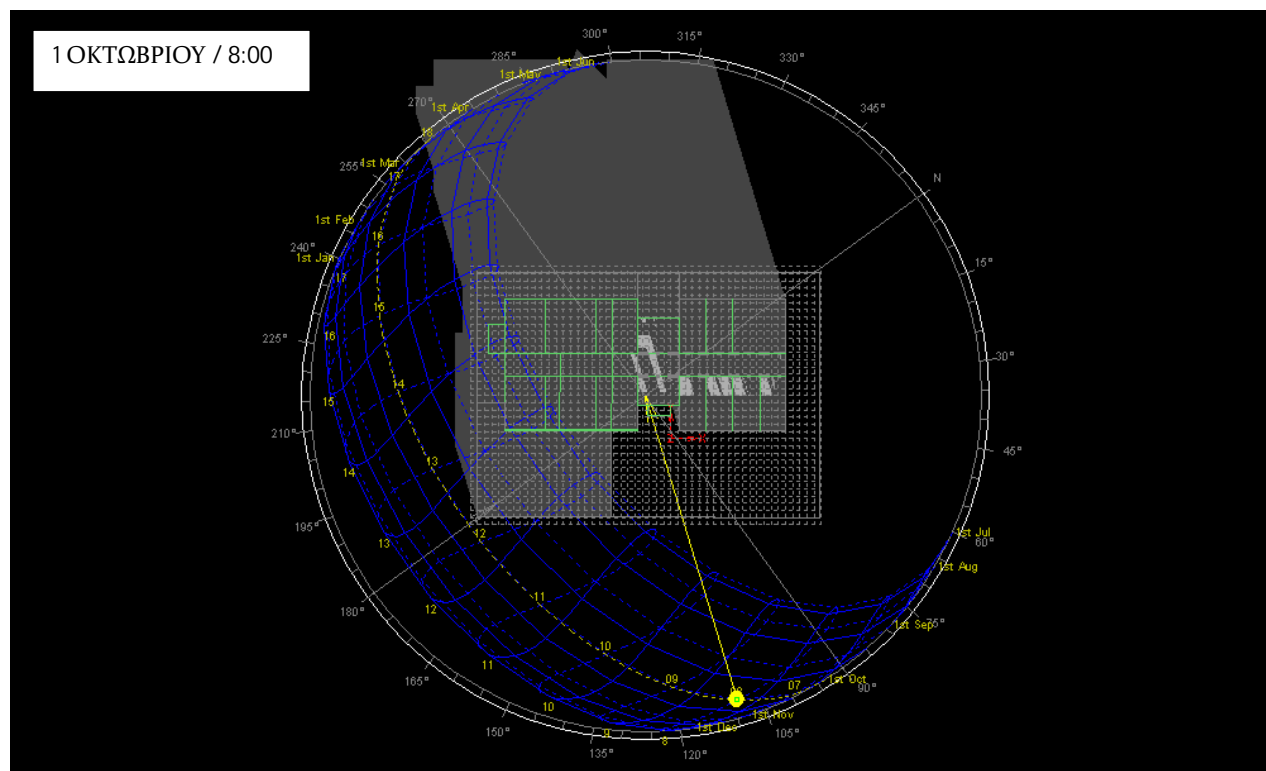
Διάγραμμα 6,7: Θέση ήλιου την 1<sup>η</sup> Ιουνίου ,8:00



Διάγραμμα 8,9: Θέση ήλιου την 21<sup>η</sup> Ιουνίου ,8:00



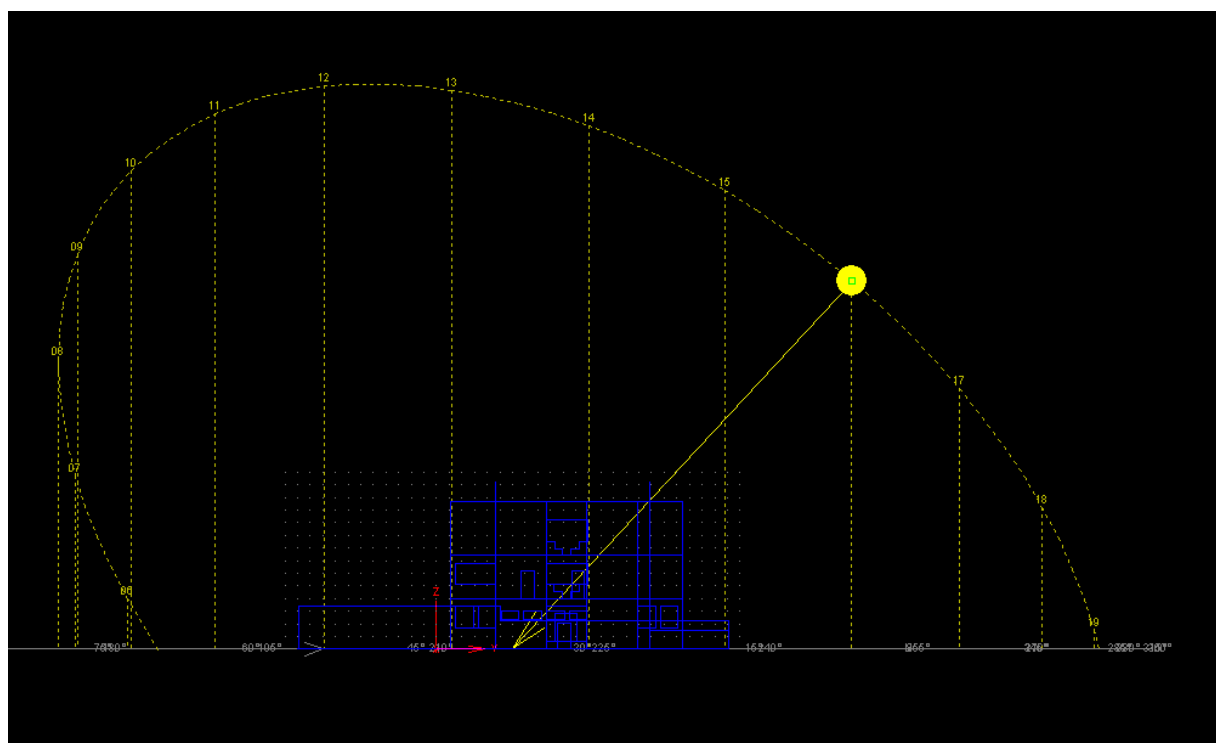
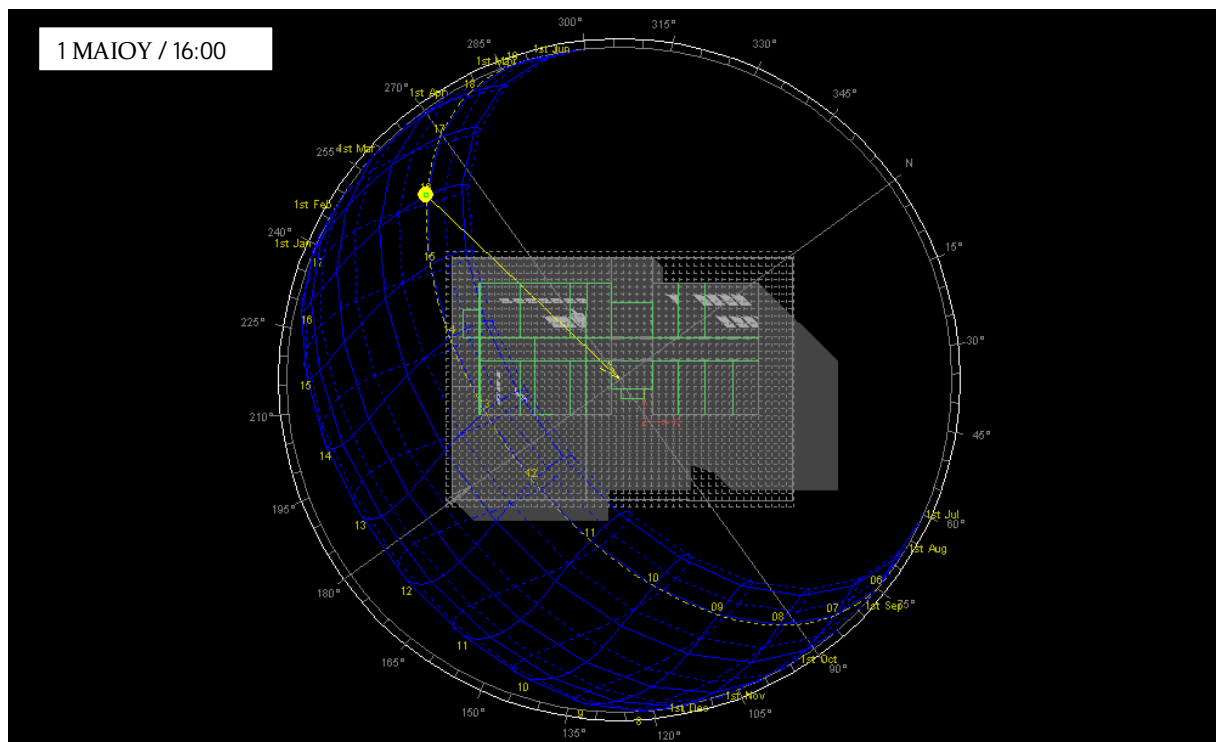
Διάγραμμα 10,11: Θέση ήλιου την 1<sup>η</sup> Σεπτεμβρίου ,8:00



Διάγραμμα 12,13: Θέση ήλιου την 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου ,8:00

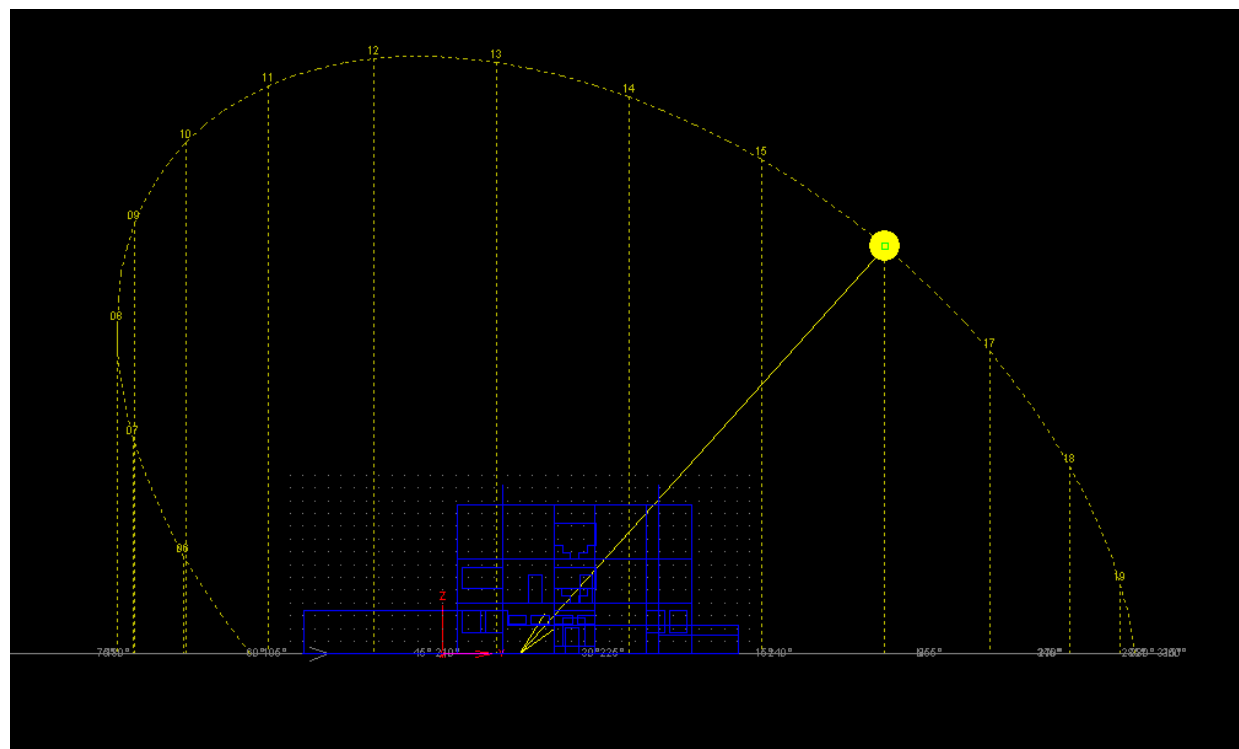
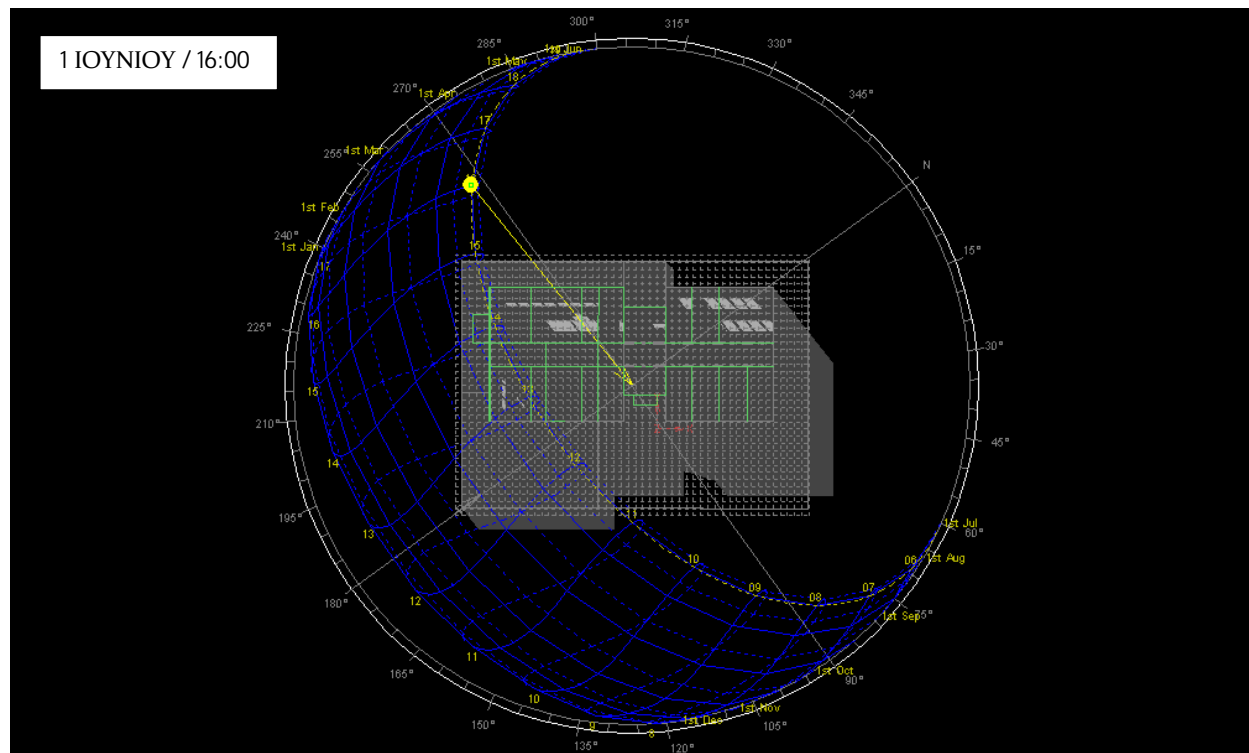
### Διείσδυση ήλιου από τη βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου

Παρακάτω εξετάζεται η εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας από τη βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου. Παρουσιάζονται διαγράμματα όπου φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο εισχωρεί η ηλιακή ακτινοβολία στο κτίριο, στις 16:00 η ώρα που τελειώνει η λειτουργία του σχολείου, κατά τους θερμούς μήνες.

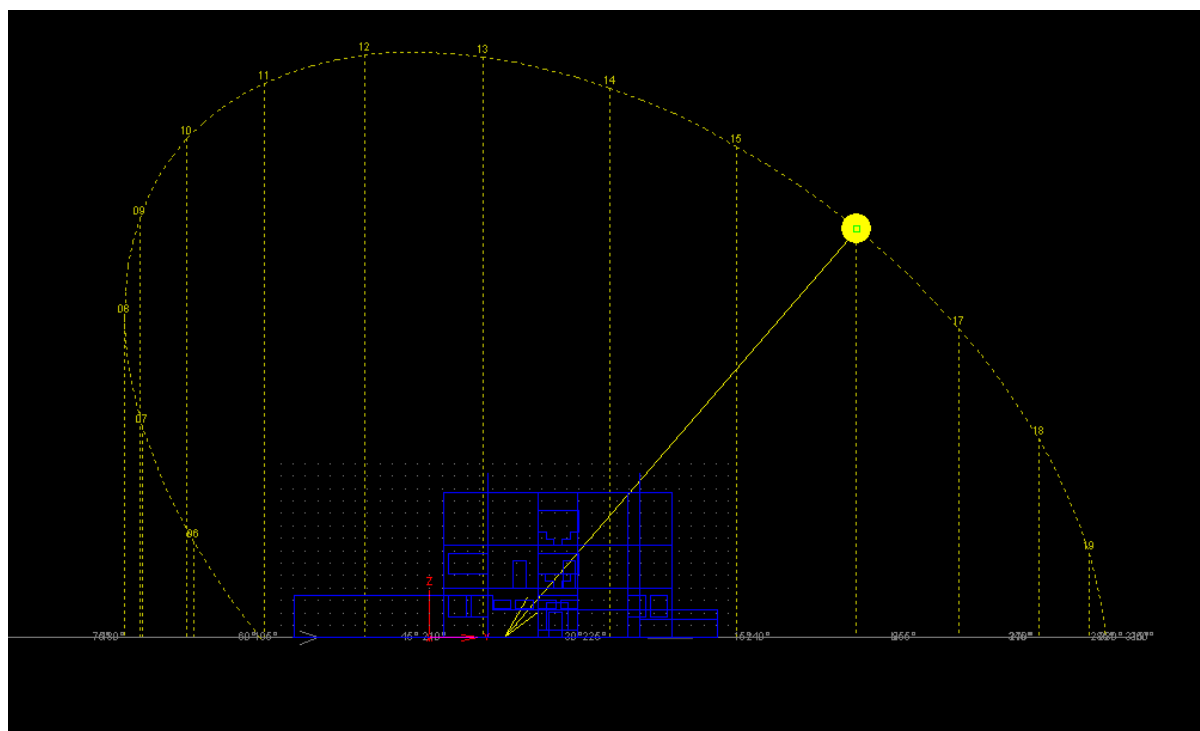
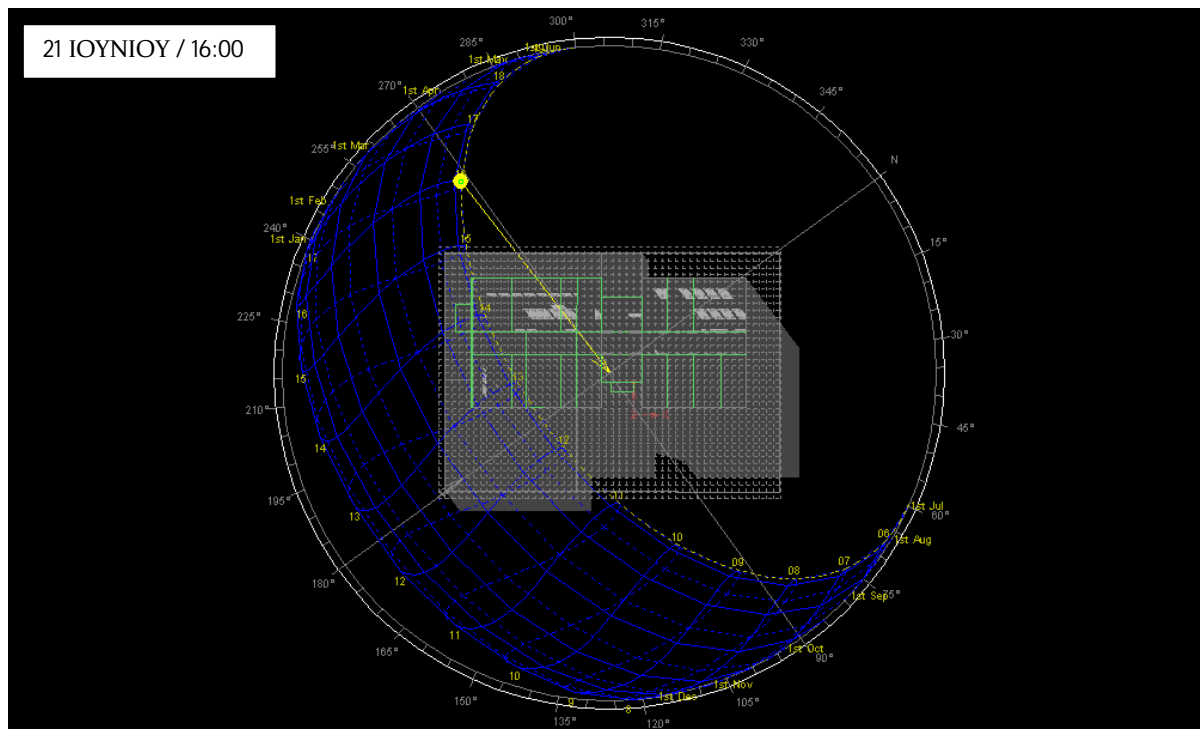


Διάγραμμα 14,15: Θέση ήλιου την 1<sup>η</sup> Μαΐου ,16:00

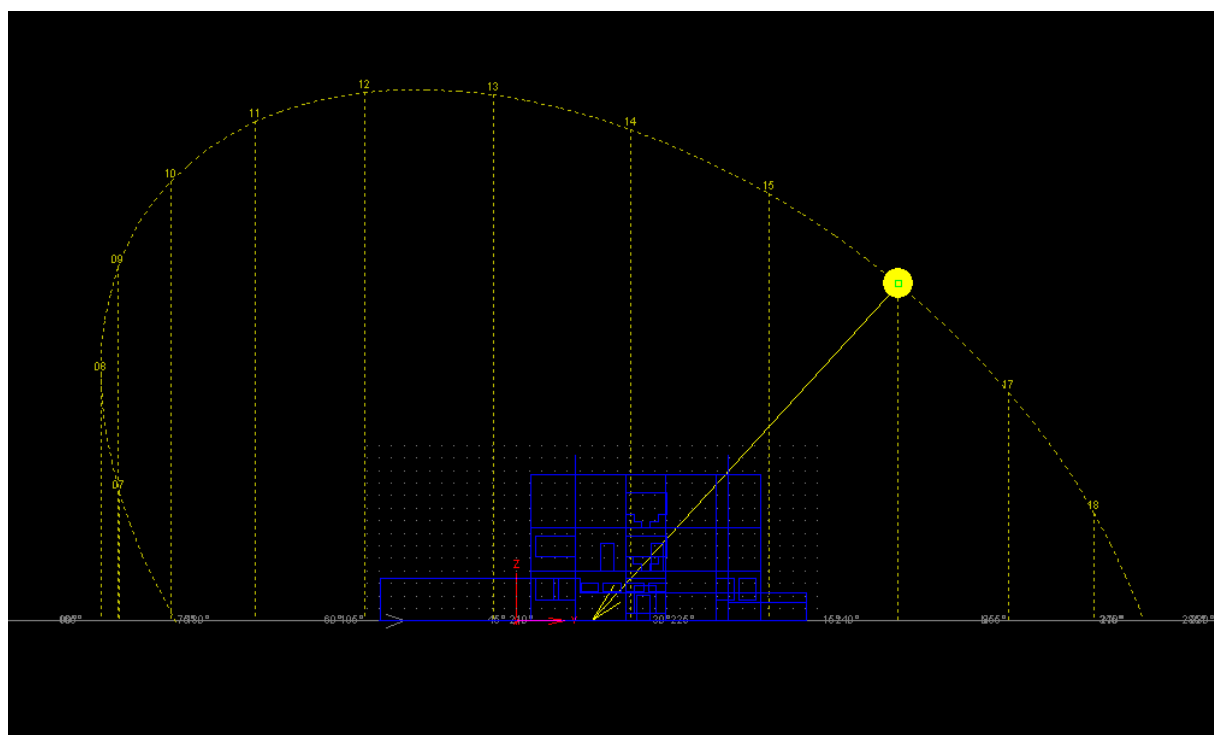
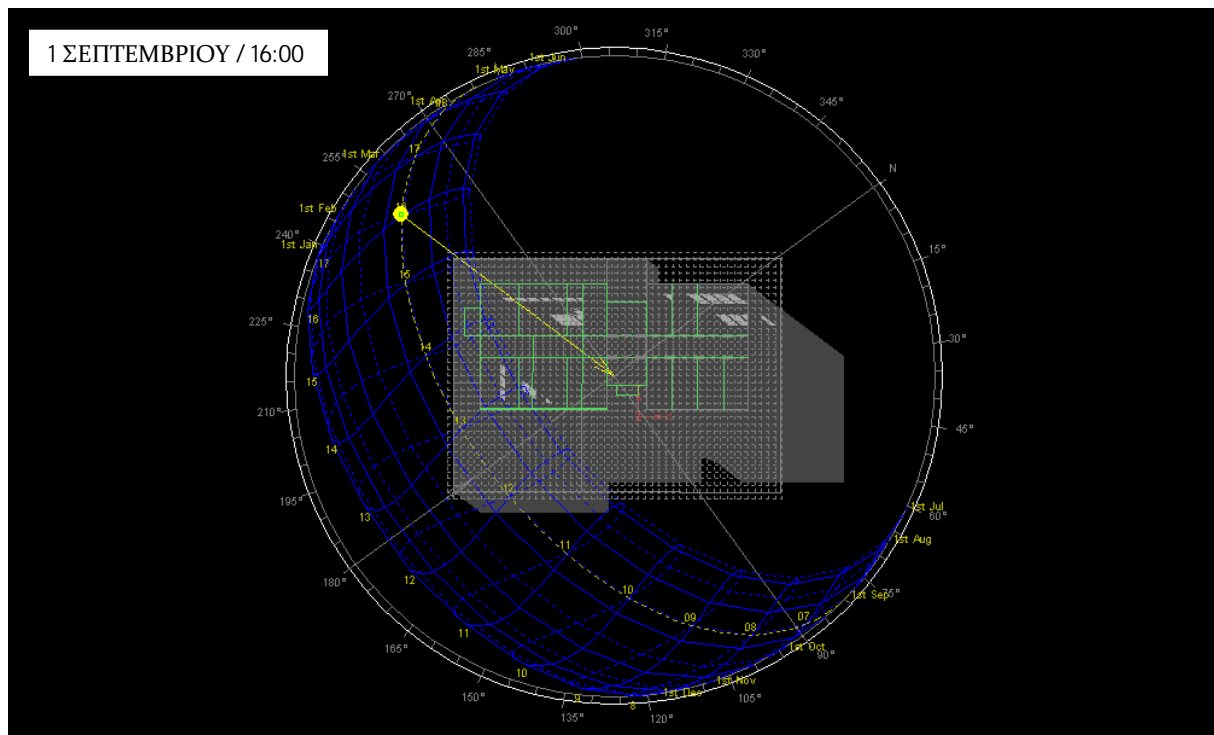




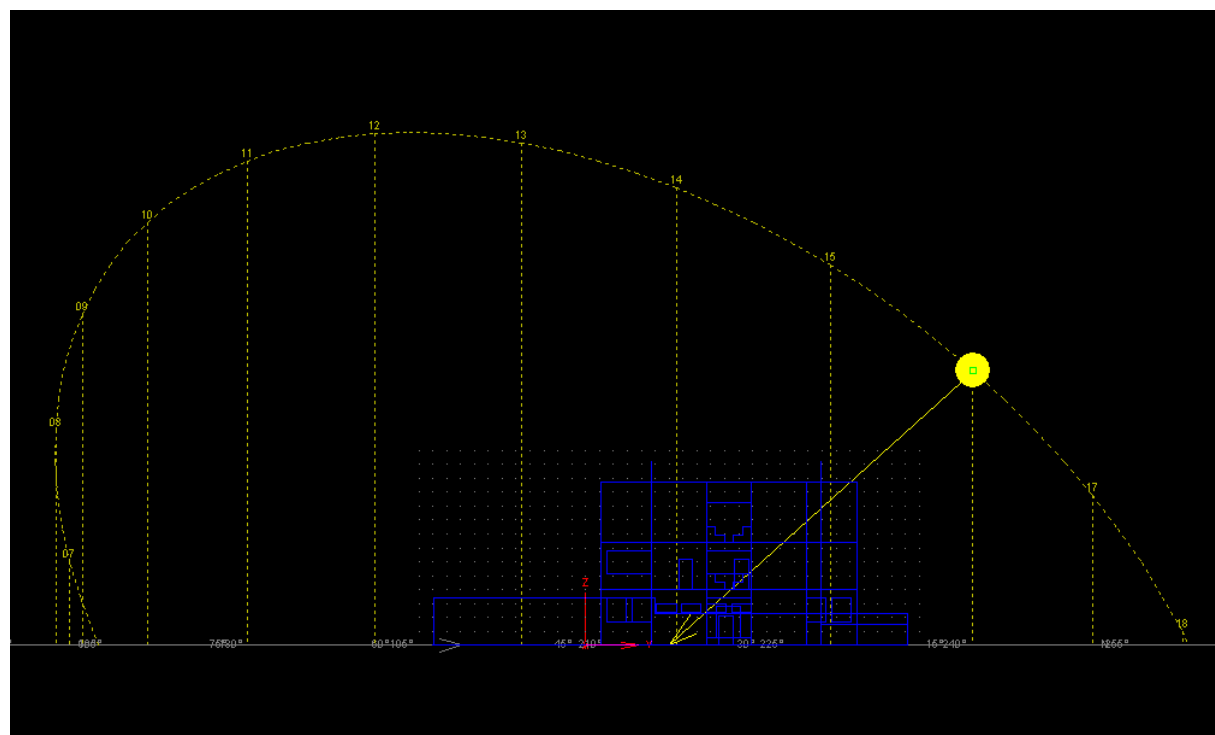
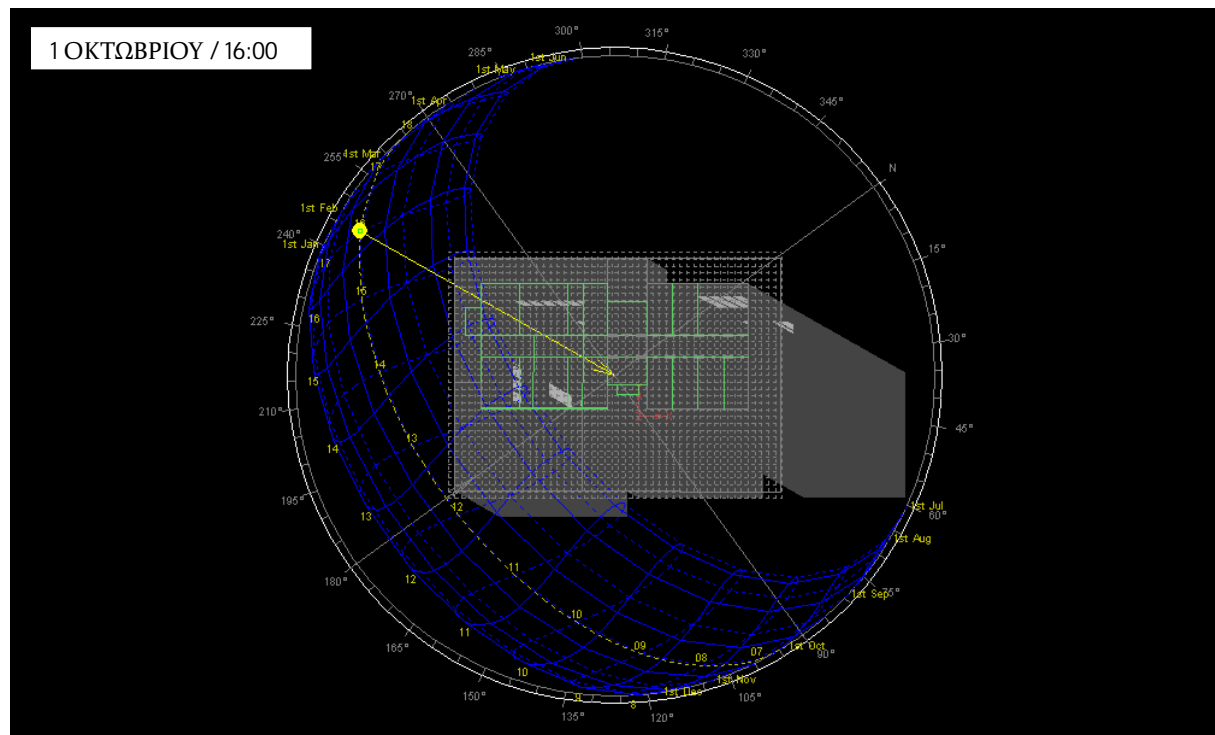
Διάγραμμα 14,15: Θέση ήλιου την 1<sup>η</sup> Ιουνίου ,16:00



Διάγραμμα 14,15: Θέση ήλιου την 21<sup>η</sup> Ιουνίου , 16:00



Διάγραμμα 14,15: Θέση ήλιου την 1<sup>η</sup> Μαΐου ,16:00



Διάγραμμα 14,15: Θέση ήλιου την 1<sup>η</sup> Οκτωβρίου ,16:00

Όπως παρατηρούμε από τα παραπάνω διαγράμματα το κτίριο επιβαρύνεται περισσότερο από τα ανοίγματα της ΝΑ πλευράς, καθώς η πλευρά αυτή δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία τις περισσότερες από τις ώρες λειτουργίας του σχολείου (8:00 -12:00) . Σημαντική είναι και η επιβάρυνση που δέχεται το κτίριο και από τα ανοίγματα της ΒΔ πλευράς, η οποία όμως δέχεται την ηλιακή ακτινοβολία λιγότερες ώρες (14:00 – 16:00) στο σύνολο των ωρών λειτουργίας του σχολείου. Επιβάρυνση δέχονται και οι κάθετες επιφάνειες, ενώ αξίζει να σημειώσουμε ότι το δώμα επιβαρύνεται περισσότερο καθώς είναι η μοναδική επιφάνεια η οποία δέχεται καθόλη τη διάρκεια της ημέρας την ηλιακή ακτινοβολία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ ΣΤΟ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟ ΚΤΙΡΙΟ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία αναλυτική περιγραφή των προτεινόμενων επεμβάσεων για τη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης του σχολείου κατά τη διάρκεια λειτουργίας του τους θερμούς μήνες. Οι επεμβάσεις που προτείνονται βασίστηκαν στα αποτελέσματα της ανάλυσης του κτιρίου και εντάσσονται στις τεχνικές του φυσικού δροσισμού. Επίσης αξιολογήθηκαν μέσω του προγράμματος Ecotec τενώ παράλληλα παρουσιάζεται και το κοστολόγιο των επεμβάσεων με βάση τα σημερινά οικονομικά δεδομένα.

Συνοπτικά οι επεμβάσεις που μελετήθηκαν είναι οι εξής:

- Ηλιοπροστασία του κτιρίου:  
Σκιασμός των ανοιγμάτων  
Τοποθέτηση ηλιοπροστατευτικών μεμβρανών στους υαλοπίνακες
- Ενίσχυση της θερμικής προστασίας του κελύφους  
Επικάλυψη του δώματος με ψυχρό υλικό
- Βελτίωση των συνθηκών αερισμού του σχολείου:  
Αντικατάσταση των μη ανοιγόμενων παραθύρων με ανοιγόμενα.  
Διάνοιξη οπών στις εσωτερικές τοιχοποιίες.
- Βελτίωση του μικροκλίματος  
Ενίσχυση της φύτευσης στον περιβάλλοντα χώρο του σχολείου

### ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΗ ΕΙΣΡΟΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΚΤΙΡΙΟ

#### ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΗΛΙΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ

##### ▪ ΣΚΙΑΣΜΟΣ ΑΝΟΙΓΜΑΤΩΝ

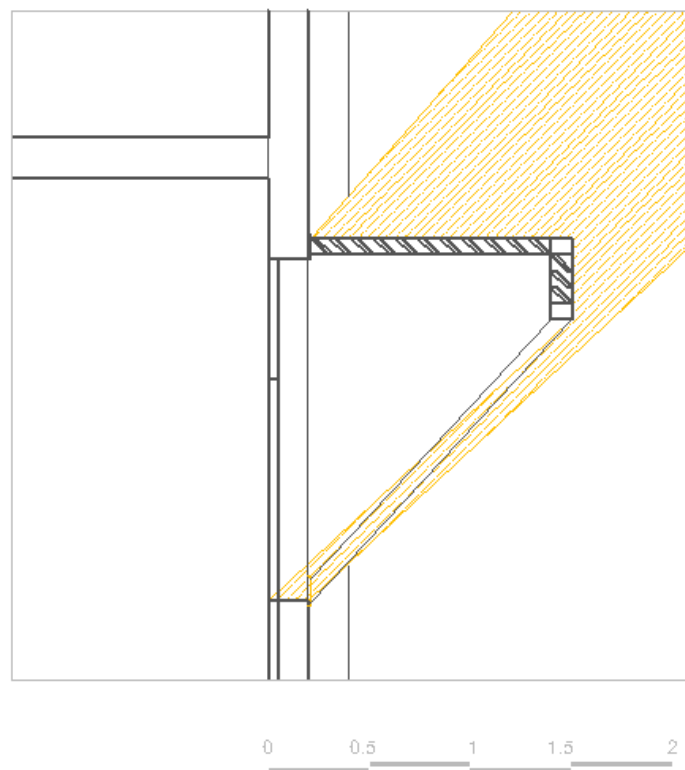
Όπως διαπιστώθηκε από την ανάλυση το κτίριο επιβαρύνεται ιδιαίτερα από τα ανοίγματα της ΝΑ και ΒΔ πλευράς από όπου εισχωρεί η ηλιακή ακτινοβολία. Τα μέτρα που έχουν ληφθεί (τοποθέτηση κουρτινών σε όλα τα παράθυρα) για την ηλιοπροστασία των

ανοιγμάτων κρίνονται ανεπαρκή. Μελετήθηκε επομένως η τοποθέτηση σκιάστρων στα ανοίγματα της ΝΑ και ΒΔ, όπου βρίσκονται και οι αίθουσες διδασκαλίας. Για το σχεδιασμό των σκιάστρων λήφθηκαν υπόψη τα δεδομένα που προέκυψαν από το λογισμικό Ecotect για τη θέση του ήλιου και την κατεύθυνση των ηλιακών ακτινών σε σχέση με το κτίριο ,τους μήνες και της ώρες (ωράριο λειτουργίας του σχολείου 8-16:00 ) που θέλουμε να πετύχουμε τη σκίαση των ανοιγμάτων.

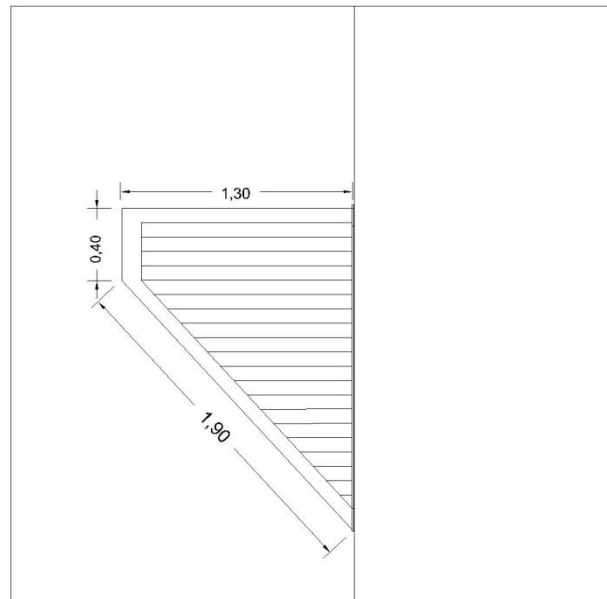
Τα σκιάστρα που προτείνονται είναι σταθερά εξωτερικά, αποτελούμενα από μεταλλικό πλαίσιο και περσίδες αλουμινίου ανοιχτού χρώματος. Επιλέχθηκαν σκιάστρα με περσίδες, οι οποίες να εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να εισέρχεται στο κτίριο ενώ παράλληλα να επιτρέπουν το φως να μπαίνει ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες.

Από την έρευνα αγοράς που έγινε προκύπτει ότι το κόστος για την κατασκευή και τοποθέτηση των σκιάστρων που περιγράφονται, ανέρχεται περίπου στα 30.135 €

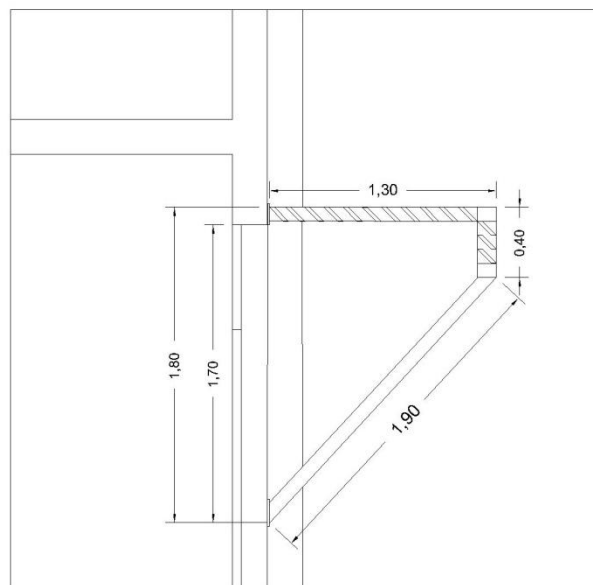
#### **Μορφή σκιάστρων για την βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου**



Εικ.42: Πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας στο σκιάστρο της βορειοδυτικής πλευράς

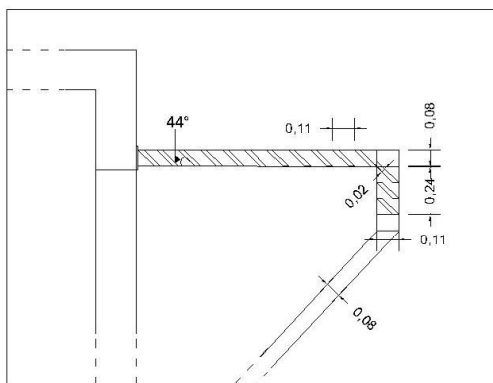


ΣΧ. 1 : ΔΥΤΙΚΗ ΟΨΗ ΣΚΙΑΣΤΡΟΥ ΒΔ ΠΛΕΥΡΑΣ

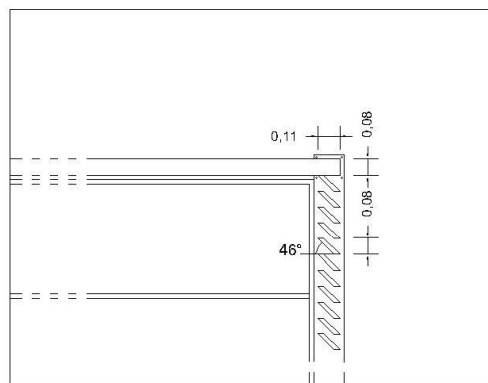


ΣΧ. 2 : ΤΟΜΗ Α-Α





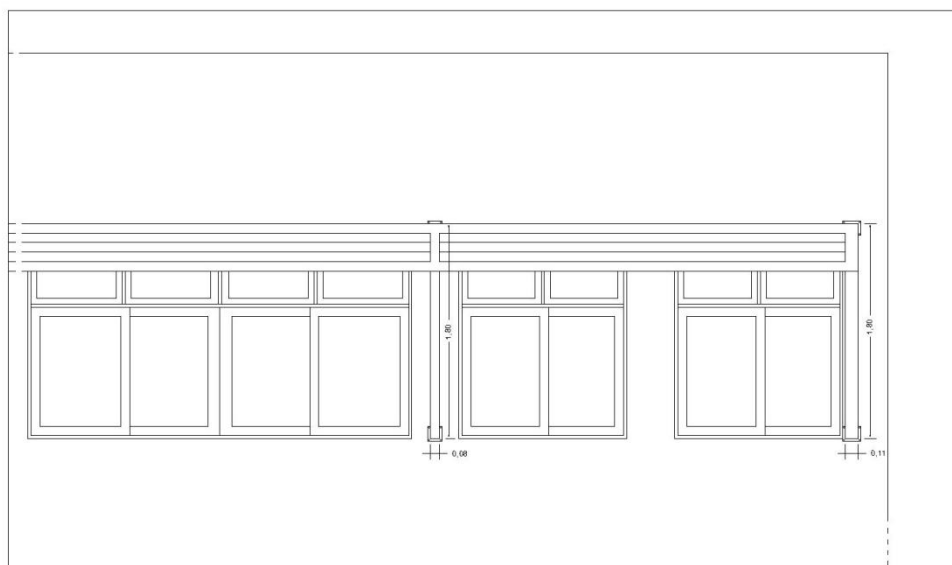
ΣΧ. 3: ΤΜΗΜΑ ΤΟΜΗΣ Α-Α



ΣΧ. 4: ΤΜΗΜΑ ΤΟΜΗΣ Β-Β'

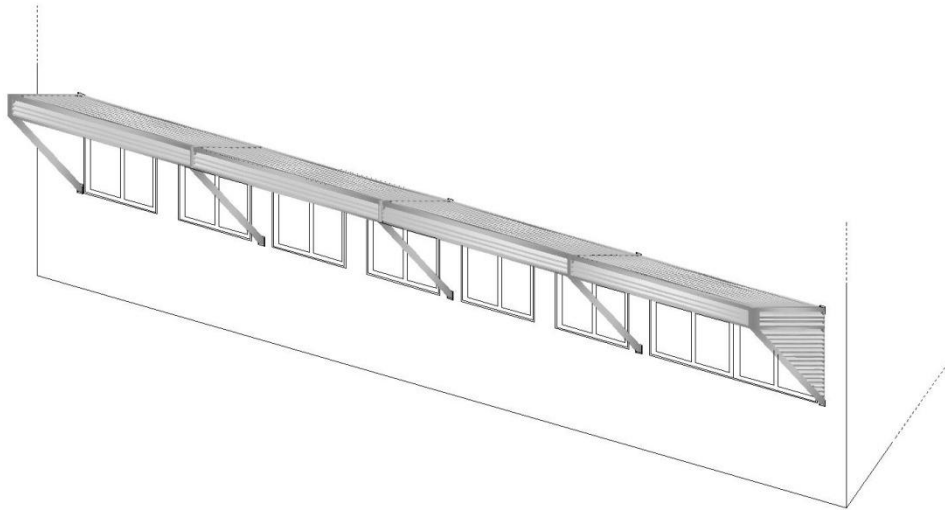


ΣΧ. 5: ΤΜΗΜΑ ΚΑΤΟΨΗΣ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ ΒΔ ΠΕΛΥΡΑΣ



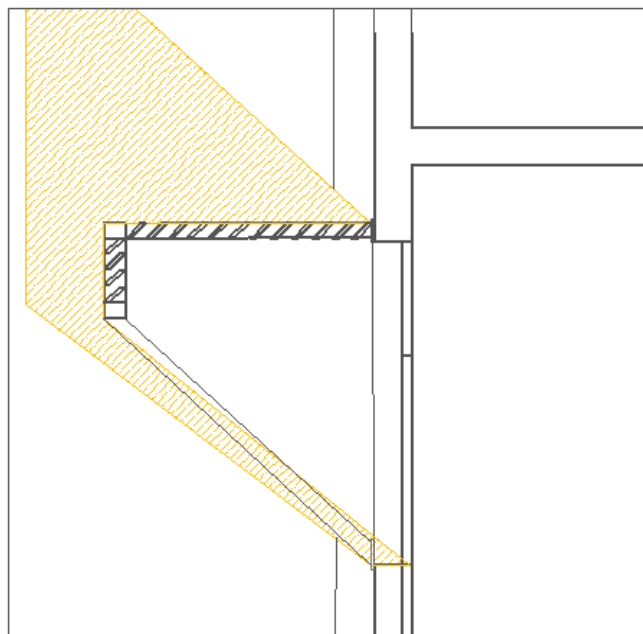
ΣΧ. 6: ΤΜΗΜΑ ΟΨΗΣ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ ΒΔ ΠΛΕΥΡΑΣ



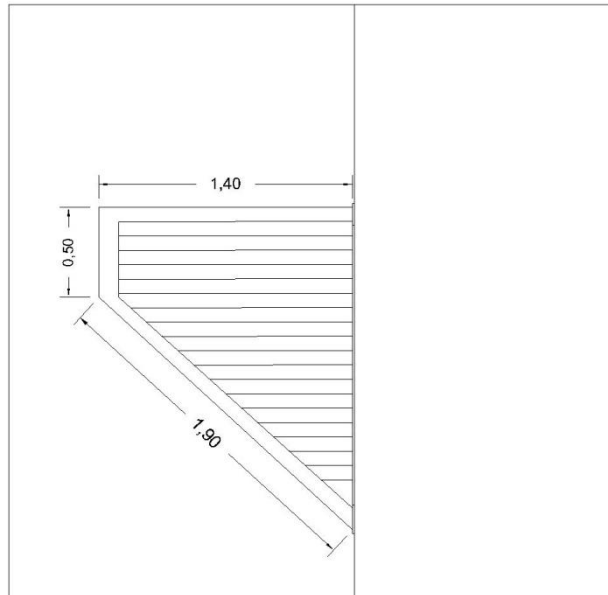


Εικ. 42 : Αξονομετρικό σχέδιο τμήματος σκιάστρων βορειοδυτικής πλευράς

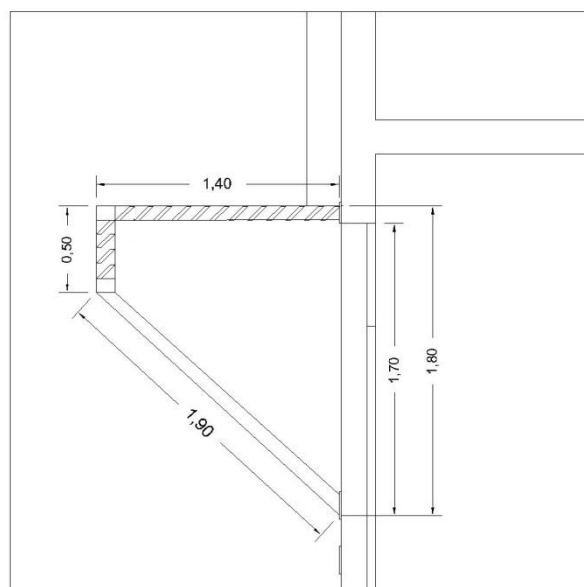
### Μορφή σκιάστρων για τη νοτιοανατολική πλευρά του κτιρίου



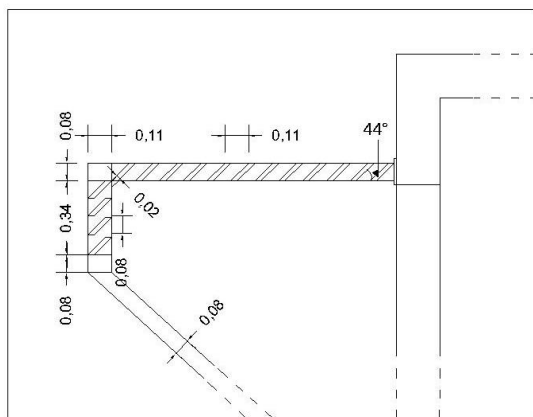
Εικ.44: Πρόσπτωση ηλιακής ακτινοβολίας στο σκίαστρο της νοτιοανατολικής πλευράς



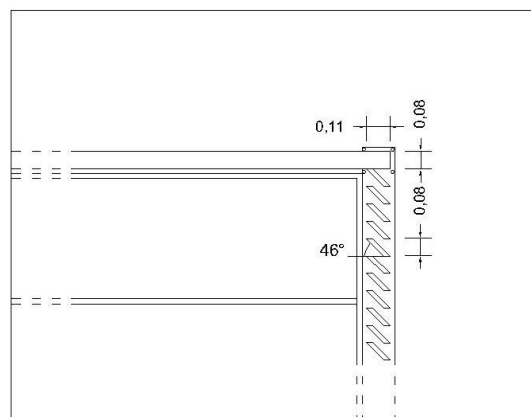
ΣΧ. 7: ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΟΨΗ ΣΚΙΑΣΤΡΟΥ ΝΑ ΠΛΕΥΡΑΣ



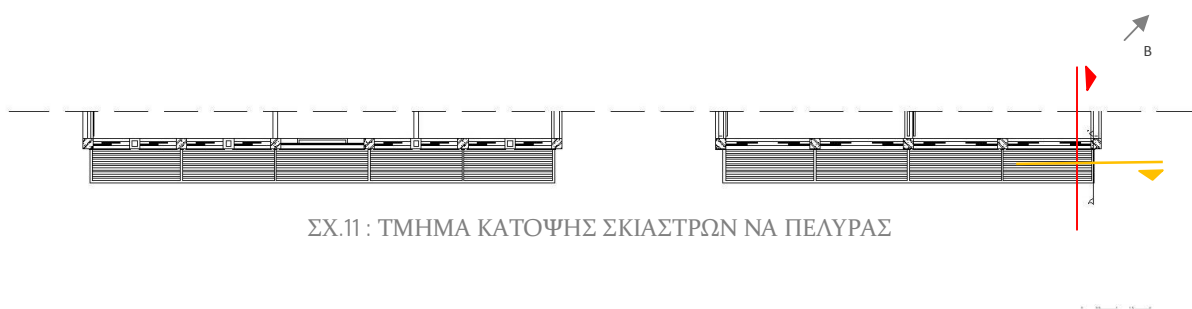
ΣΧ. 8: ΤΟΜΗ Α-Α



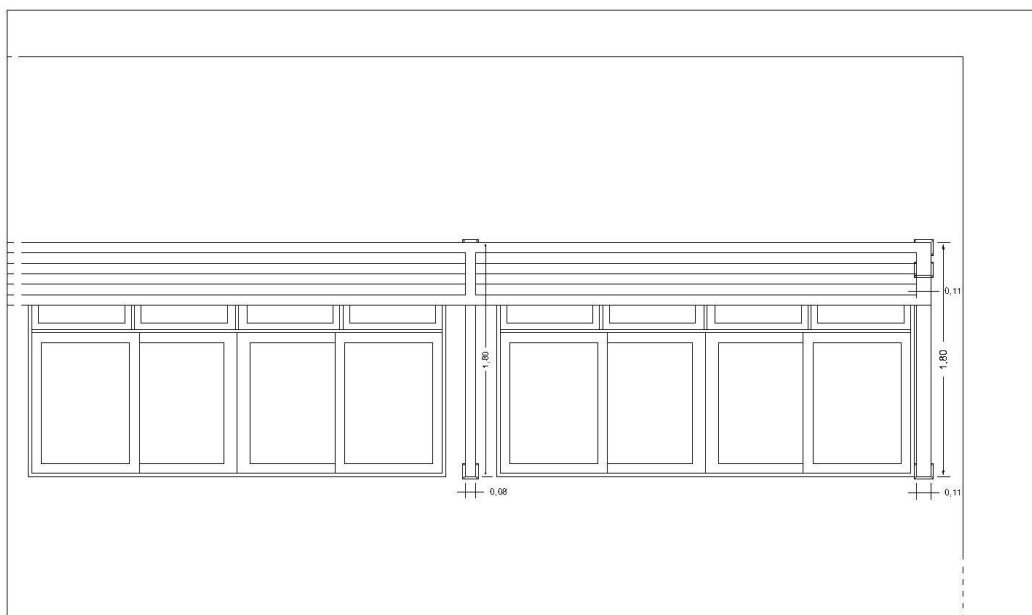
ΣΧ. 9 ΤΜΗΜΑ ΤΟΜΗΣ Α-Α



ΣΧ. 10: ΤΜΗΜΑ ΤΟΜΗΣ Β-Β'

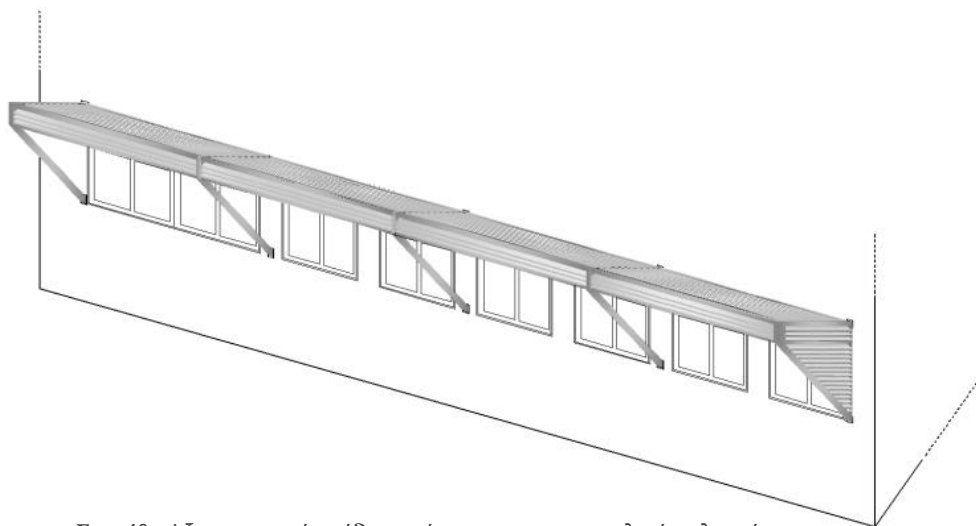


ΣΧ.11: ΤΜΗΜΑ ΚΑΤΟΨΗΣ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ ΝΑ ΠΕΛΥΡΑΣ

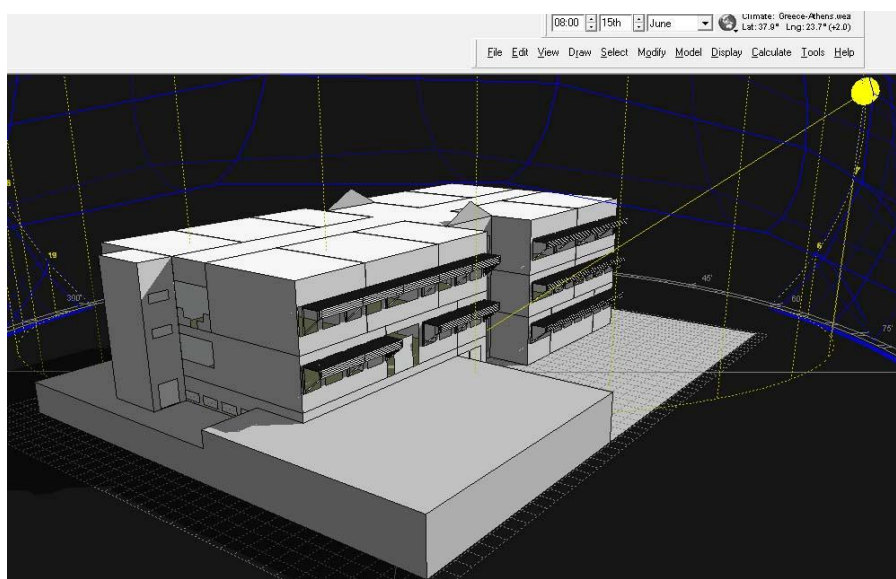


ΣΧ 12: ΤΜΗΜΑ ΟΨΗΣ ΣΚΙΑΣΤΡΩΝ ΝΑ ΠΛΕΥΡΑΣ

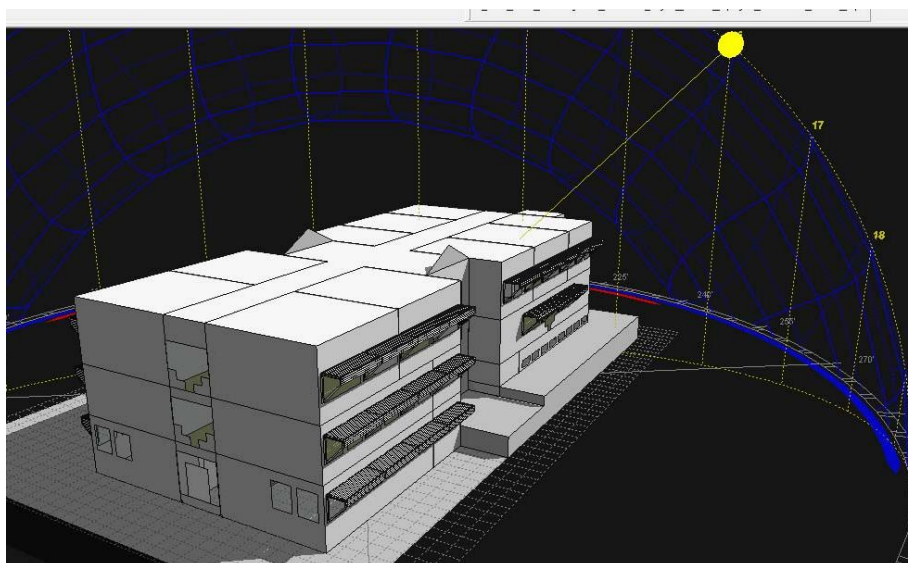




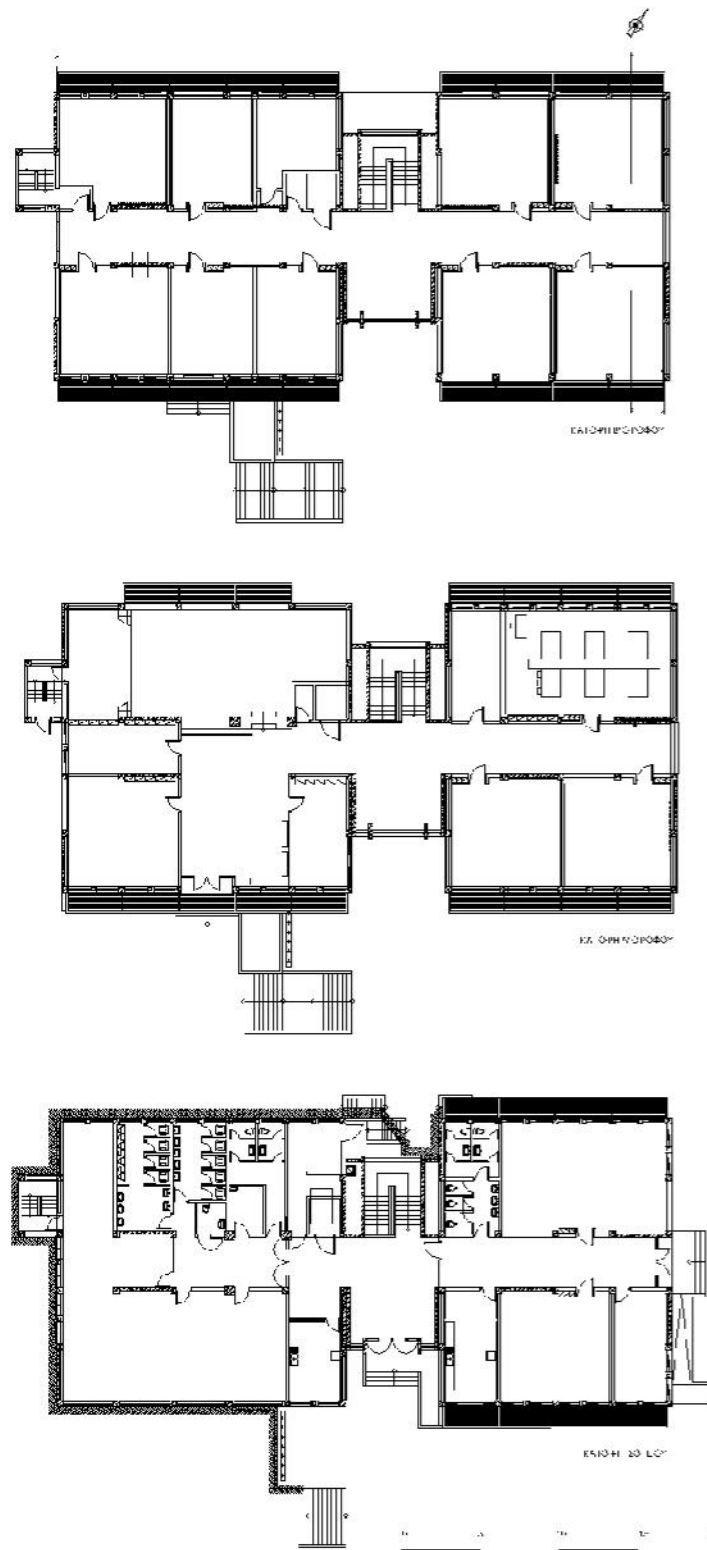
Εικ. 43 : Αξονομετρικό σχέδιο σκιάστρων νοτιοανατολικής πλευράς



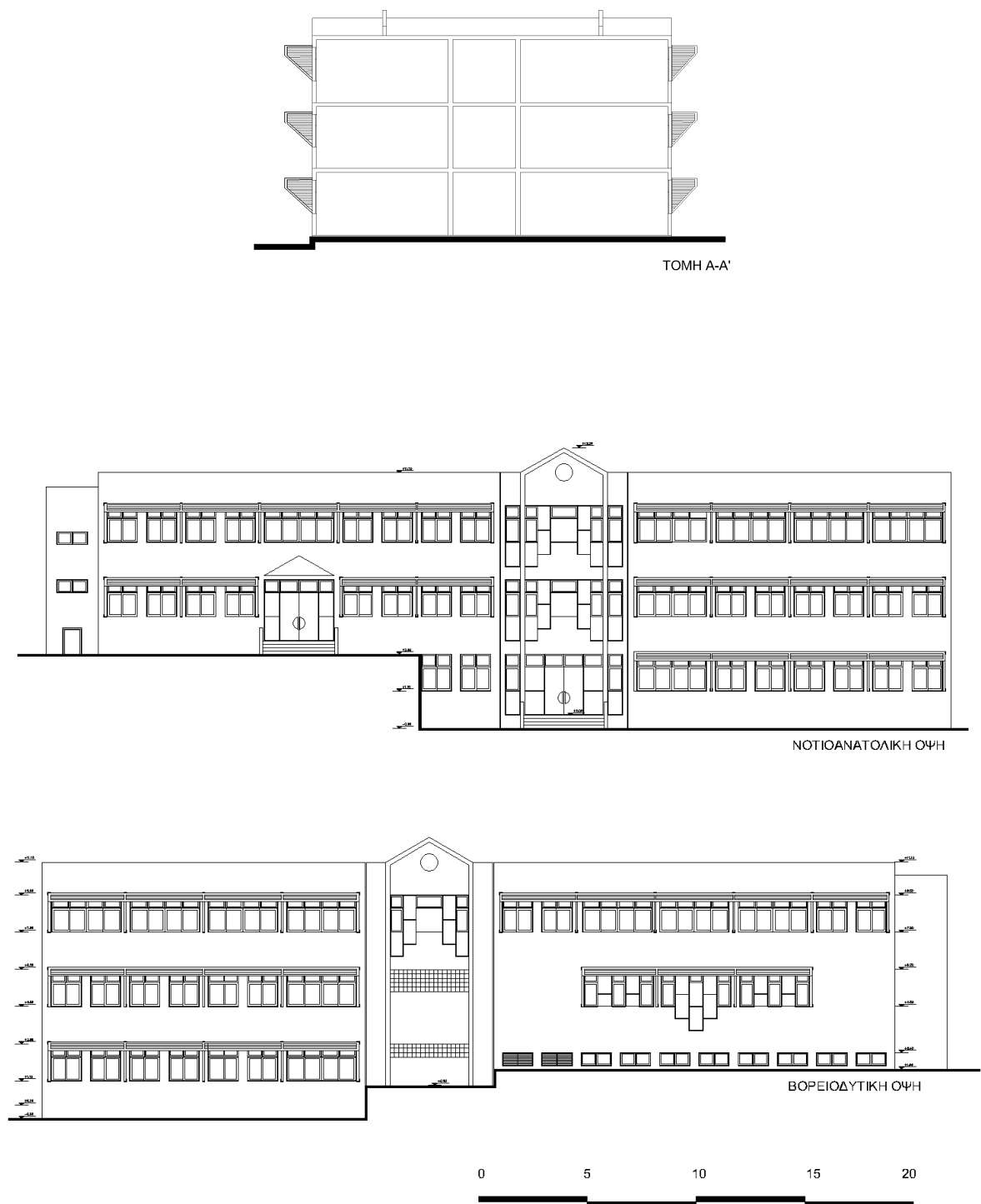
Εικ. 44 : Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου από την νοτιοανατολική πλευρά μέσω του Ecotect, μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων, την 15<sup>η</sup> Ιουνίου στις 8:00



Εικ. 45 : Τρισδιάστατη απεικόνιση του κτιρίου από την από βορειοδυτική πλευρά μέσω του Ecotect, μετά την τοποθέτηση των σκιάστρων, την 15<sup>η</sup> Ιουνίου στις 16:00



ΣΧ.13: ΚΑΤΟΨΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

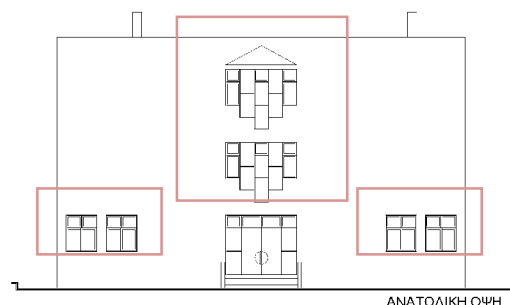
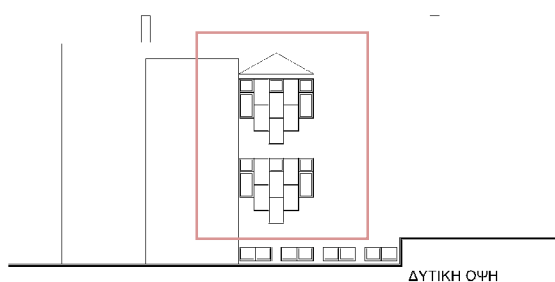


ΣΧ.13: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΤΟΜΗ ΚΑΙ ΟΨΕΙΣ ΚΤΙΡΙΟΥ

### ▪ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ

Τα ανοίγματα των πλαϊνών όψεων καθώς και των ανοιγμάτων του τμήματος της νοτιοανατολικής όψης που βρίσκεται σε υποχώρηση, επιβαρύνονται λιγότερο από την ηλιακή ακτινοβολία λόγω της θέσης τους. Για την ηλιοπροστασία των συγκεκριμένων ανοιγμάτων προτείνεται η τοποθέτηση ειδικών μεμβρανών στους υαλοπίνακες.

Το κόστος για την τοποθέτηση τέτοιου είδους μεμβρανών μπορεί να κυμαίνεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης μεμβράνης (π.χ. συντελεστή ανακλαστικότητας, διαπερατότητα ορατού φωτός κτλ) που θα επιλεγεί. Σύμφωνα με την έρευνα αγοράς που έγινε το κόστος αναμένεται στα 22-35 € / m<sup>2</sup>. Για την κάλυψη 54 m<sup>2</sup> που αντιστοιχούν στους υαλοπίνακες των συγκεκριμένων ανοιγμάτων το κόστος ανέρχεται στα 1188-1890 €.





## ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΚΕΛΥΦΟΥΣ

### ▪ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗ ΔΩΜΑΤΟΣ ΜΕ ΨΥΧΡΑ ΥΛΙΚΑ

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρατηρήθηκε ότι το δώμα του κτιρίου επιβαρύνεται καθόλη τη διάρκεια της ημέρας από την ηλιακή ακτινοβολία. Διαπιστώθηκε δε, ότι δεν υπάρχει καμία προστασία στην επιφάνεια του δώματος, όπου είναι εμφανές το μπετόν (βλ. εικ.47). Προτείνεται επομένως η επικάλυψη του δώματος με ψυχρό υλικό, συγκεκριμένα ψυχρή βαφή, με μεγάλο συντελεστή ανακλαστικότητας στην ηλιακή ακτινοβολία καθώς και μεγάλο συντελεστή εκπομπής (υλικό με τουλάχιστον 0.87 συντελεστή ανακλαστικότητας και 0.8 συντελεστή εκπομπής της ηλιακής ακτινοβολίας<sup>4</sup>). Στο εμπόριο κυκλοφορούν τέτοιου είδους υλικά τα οποία παράλληλα έχουν και κάποιες θερμομονωτικές ιδιότητες. Από την έρευνα αγοράς που έγινε υπολογίζεται το κόστος μιας τέτοιας εφαρμογής με τα σημερινά οικονομικά δεδομένα στα 5-7 €/m<sup>2</sup>. Επομένως για την επικάλυψη του δώματος με επιφάνεια 693.91 m<sup>2</sup> το κόστος ανέρχεται περίπου στα 3.470 έως 4857 €.

Για μεγαλύτερη ενίσχυση της θερμικής προστασίας του κτιρίου θα μπορούσαν να επικαλυφθούν με αντίστοιχο υλικό και οι κάθετες επιφάνειες του κελύφους. Σε αυτή την περίπτωση το επιπλέον κόστος για τις υπόλοιπες επιφάνειες, με συνολικά 791.82 m<sup>2</sup>, ανέρχεται στα 3951.1 έως 5542.74 €



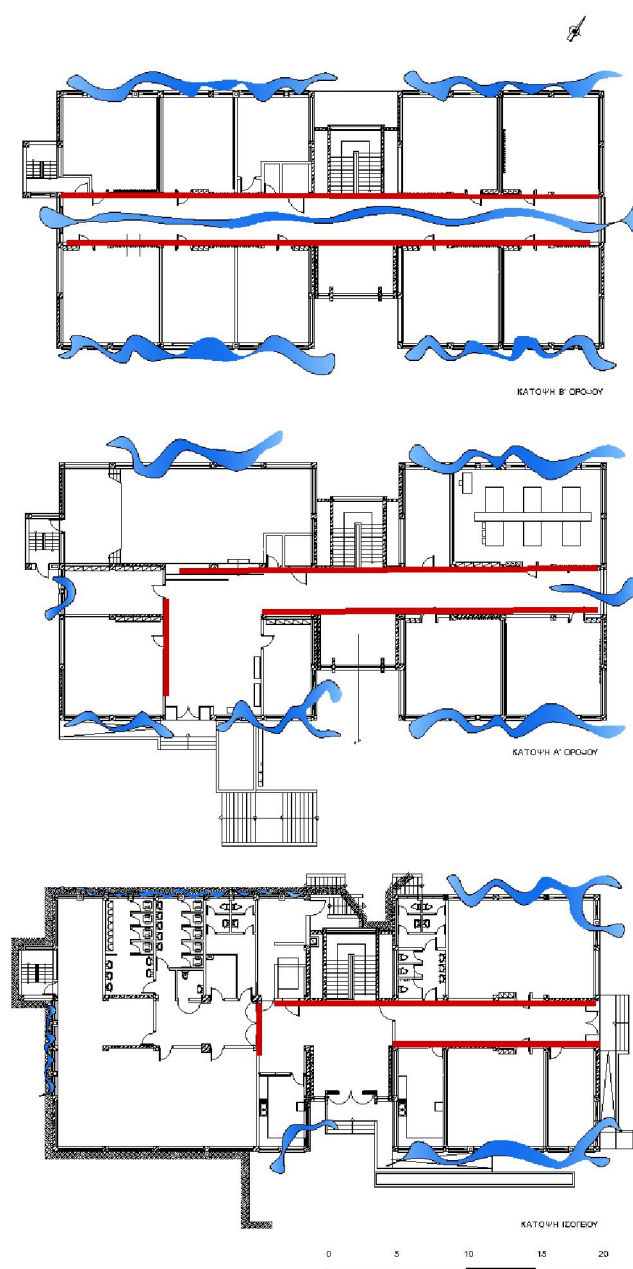
Εικ. 47 :Δώμα κτιρίου

<sup>4</sup>Συντελεστές σύμφωνα με το Άρθρο 8 της ΚΥΑ Δ6/Β/14826 του 2008 "Μέτρα για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης στο δημόσιο τομέα"

## ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΤΗΣ ΠΛΕΟΝΑΖΟΥΣΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΚΤΙΡΙΟ

- ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΕΡΙΣΜΟΥ

Ο αερισμός του κτιρίου κρίνεται ανεπαρκής. Ανοίγματα υπάρχουν κυρίως στη ΝΑ και ΒΔ πλευρά και παρότι καλύπτουν αντιμέτωπες πλευρές του κτιρίου η εσωτερική διάταξη των χώρων (ΝΑ και ΒΔ αίθουσες οι οποίες χωρίζονται από ένα διάδρομο) δεν δημιουργεί διαμπερή αερισμό (ιδιαίτερα σημαντικός για την ψύξη του κτιρίου τις νυχτερινές ώρες), όπως φαίνεται και στα παρακάτω διαγράμματα.



Διάγραμμα 18 : Αερισμός κτιρίου, υφιστάμενη κατάσταση

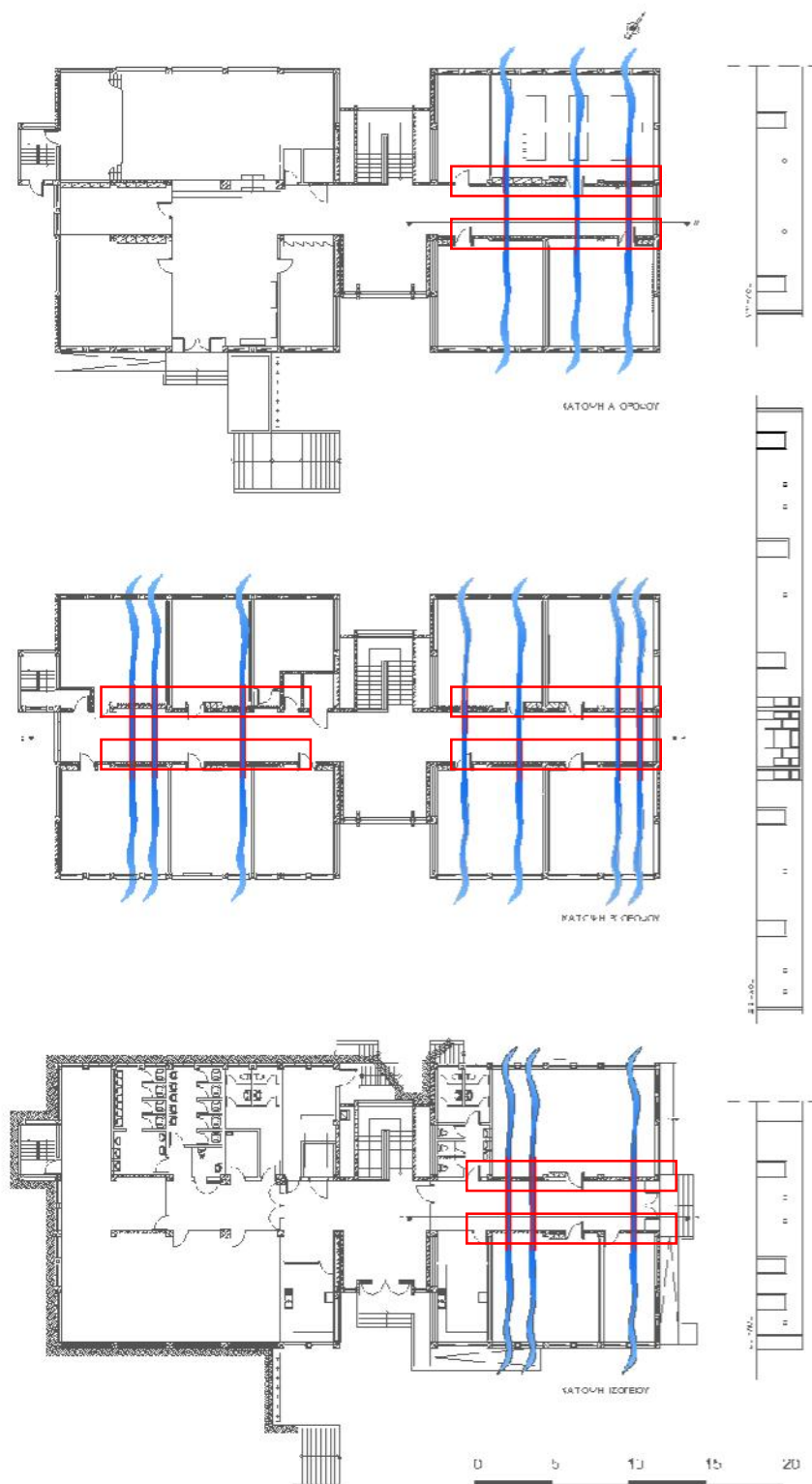
Αποτελεί επομένως σημαντικό ζήτημα η λήψη μέτρων για την ενίσχυση του φυσικού αερισμού ο οποίος θα απομακρύνει την πλεονάζουσα θερμότητα από το κτίριο και από το ανθρώπινο σώμα. Όπως έχει αναφερθεί για τους θερμούς μήνες είναι προτιμότερος ο αερισμός του χώρου την ημέρα στο ελάχιστο δυνατό (μόνο για την ανανέωσή του και την απομάκρυνση των οσμών) ενώ τη νύχτα επιβάλλεται ο φυσικός αερισμός για την απομάκρυνση της πρόσθετης θερμότητας και την ψύξη των υλικών κατασκευής

Για τη βελτίωση των συνθηκών αερισμού του σχολείου προτείνεται αντικατάσταση των μη ανοιγόμενων παραθύρων με ανοιγόμενα ή συρόμενα. Η αντικατάσταση αυτή προτείνεται να γίνει στα ανοίγματα των διαδρόμων του β' και γ' επίπεδου ώστε να βοηθηθεί ο διαμπερής αερισμός όπως φαίνεται και στα διαγράμματα που ακολουθούν.



**Διάγραμμα 19 :** Βελτίωση συνθηκών αερισμού, σημεία επέμβασης

Επίσης για τη βελτίωση των συνθηκών αερισμού στις αίθουσες διδασκαλίας προτείνεται η διάνοιξη οπών στις εσωτερικές τοιχοποιίες των αιθουσών, διαμέτρου 30 cm. Η διάνοιξη των οπών προτείνεται σε σημεία όπου θα διευκολύνουν τον διαμπερή αερισμό τόσο των αιθουσών όσο και του κτιρίου κατά την κατεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, όπως φαίνεται και στα διαγράμματα που ακολουθούν.



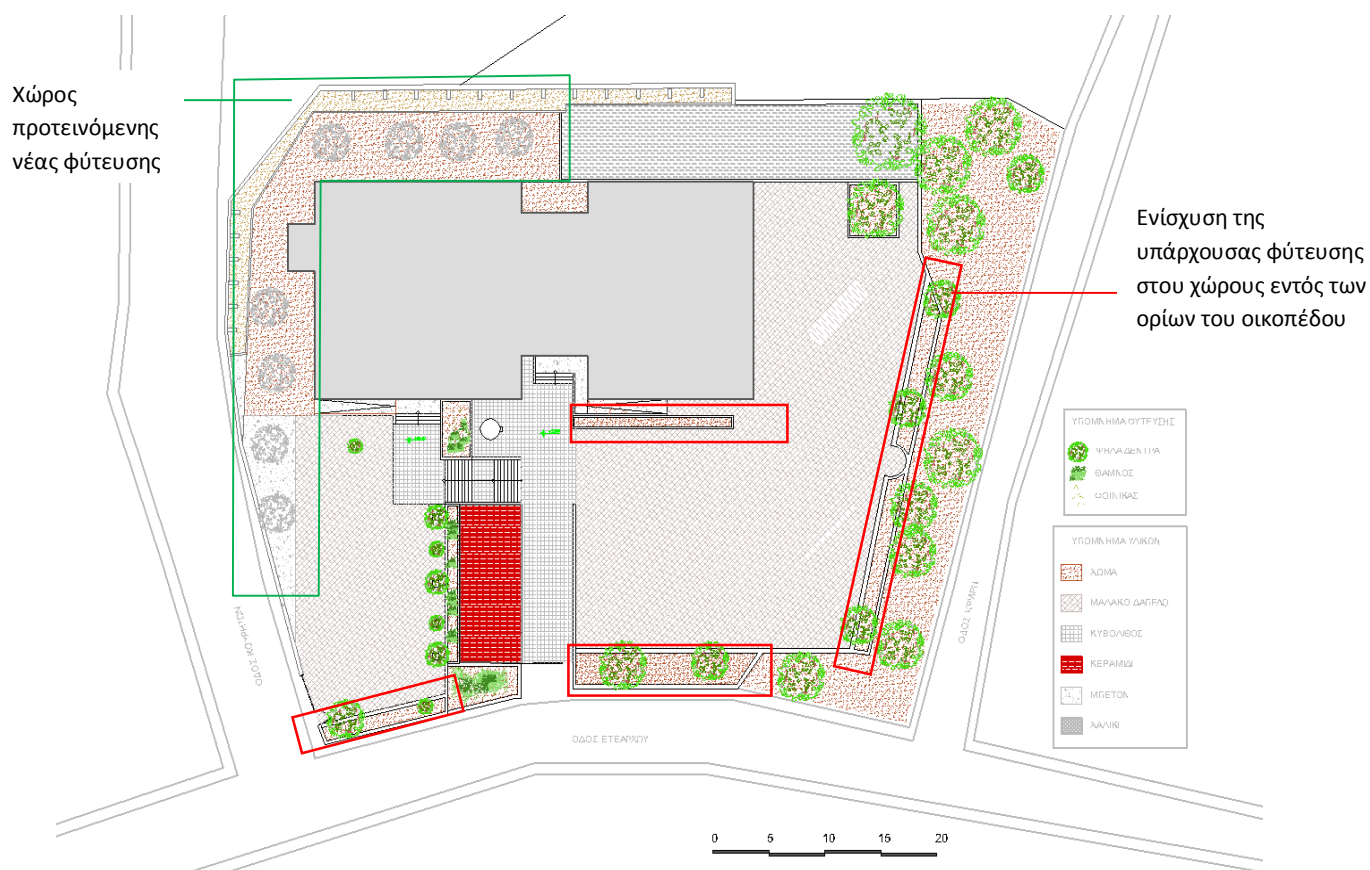
**Διάγραμμα 20 :** Βελτίωση συνθηκών αερισμού, σημεία διάνοιξης οπών (κατόψεις και σχηματικές τομές όπου φαίνονται οι επεμβάσεις)

## ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ

### • ΕΝΙΣΥΧΙΣΗ ΦΥΤΕΥΣΗΣ

Ο περιβάλλον χώρος του σχολείου καλύπτεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από μαλακά δάπεδα γηπέδων. Οι φυτεμένοι χώροι καλύπτουν αρκετά μικρή επιφάνεια. Σημαντική φυτεμένη επιφάνεια, υπάρχει από την ανατολική πλευρά προς την οδό Κριάρη, η οποία βρίσκεται εκτός των ορίων του οικοπέδου του σχολείου. Την υπάρχουσα φύτευση αποτελούν κυρίως χαμηλά δέντρα και θαμνοειδή φυτά.

Αξιολογώντας την υφιστάμενη κατάσταση προτείνεται η ενίσχυση της φύτευσης-κυρίως για την ενίσχυση του εξατμιστικού δροσισμού-στις περιοχές όπου υπάρχει κάποια φύτευση καθώς και η τοποθέτηση φύτευσης στις επιφάνειες που βρίσκονται στην ΝΔ πλευρά (οι οποίες τώρα καλύπτονται από πατημένο χώμα και μπετόν) όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα. Τα φυτά που θα τοποθετηθούν προτείνεται να είναι φυλλοβόλα δέντρα από στις ΝΔ επιφάνειες, ώστε το χειμώνα να μην εμποδίζεται η επιθυμητή ηλιακή ακτινοβολία προς το κτίριο. Στις επιφάνειες όπου ήδη υπάρχει φύτευση και βρίσκονται αρκετά μακριά από το κτίριο, προτείνεται η τοποθέτηση αιθαλών φυτών, ώστε να υπάρχει καθόλη τη διάρκεια του χρόνου η αίσθηση βλάστησης στον περιβάλλοντα χώρο.

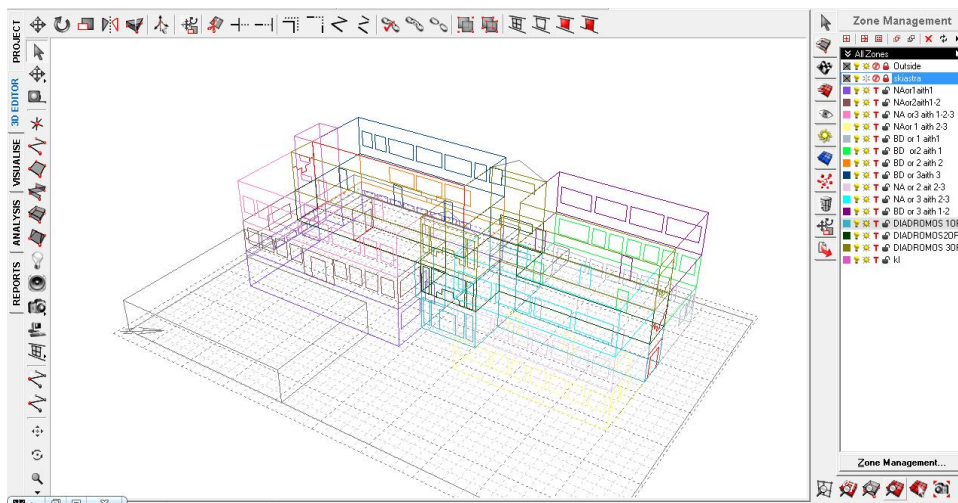


Διάγραμμα 21 : Τοπογραφικό διάγραμμα, σημεία επέμβασης

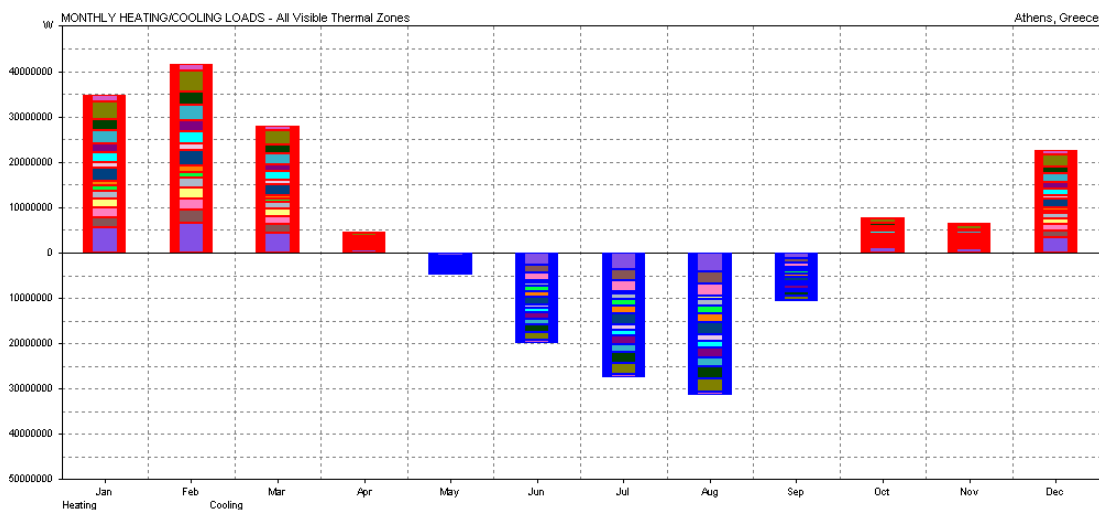


## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΩΝ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΣΤΗΚΑΝ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ECOTECT

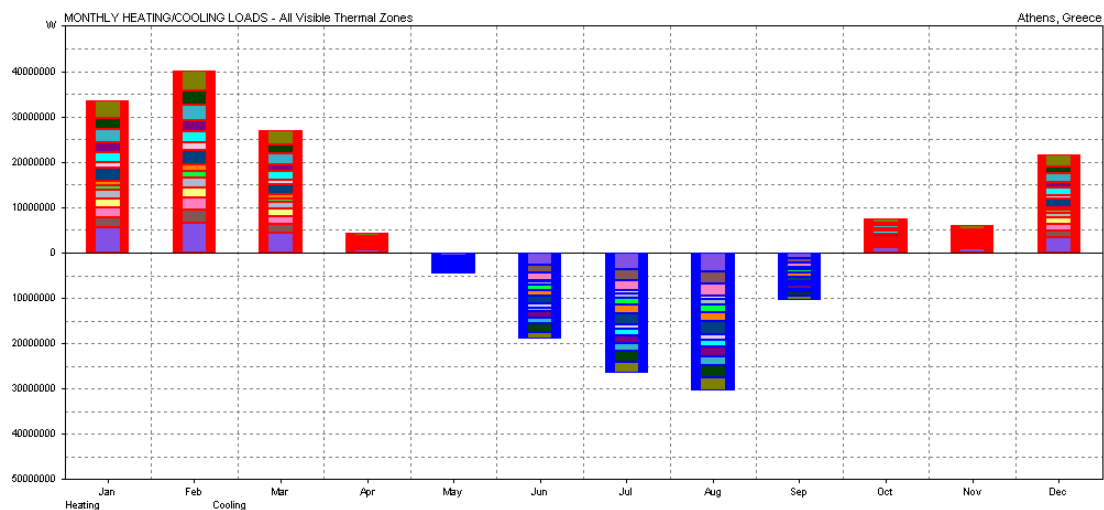
Αρχικά το κτίριο χωρίστηκε σε θερμικές ζώνες με βάση κυρίως τον προσανατολισμό και τη χρήση των χώρων, όπως φαίνεται παρακάτω.



Για την αξιολόγηση των μέτρων που εφαρμόστηκαν διεξήχθησαν διαγράμματα μηνιαίων φορτίων ψύξης-θέρμανσης που απαιτούνται ανά μήνα του χρόνου, πριν και μετά τις επεμβάσεις. Οι μπάρες που εμφανίζονται με κόκκινο χρώμα αφορούν τα φορτία που απαιτούνται για τη θέρμανση, ενώ αυτές που εμφανίζονται με μπλε χρώμα για την ψύξη των χώρων. Στα διαγράμματα αυτά εμφανίζεται σε κάθε μπάρα ο επιμερισμός του συνολικού μηνιαίου φορτίου στις θερμικές ζώνες. Με διαφορετικό χρώμα παρουσιάζεται το φορτίο που απαιτείται για την κάθε θερμική ζώνη.



Διάγραμμα 18: Μηνιαία φορτία ψύξης – θέρμανσης που απαιτούνται, πριν τις επεμβάσεις στο κτίριο.



**Διάγραμμα 19:** : Μηνιαία φορτία ψύξης – θέρμανσης που απαιτούνται, μετά τις επεμβάσεις στο κτίριο.

Παρατηρώντας τα συνολικά φορτία που απαιτούνται για ψύξη για κάθε ένα από τους θερμούς μήνες πριν τις επεμβάσεις και συγκρίνοντάς τα με αυτά που εμφανίζονται μετά την εφαρμογή των μέτρων, παρατηρούμε μείωση ιδιαίτερα για τους μήνες Ιούνιο έως Αύγουστο, και λιγότερη μείωση τους μήνες Μάιο και Σεπτέμβριο.

Επίσης παρατηρούμε ότι οι ζώνες που αφορούν τμήματα του κτιρίου που βρίσκονται στην ΝΑ πλευρά, απαιτούν μεγαλύτερα φορτία για την ψύξη των χώρων σε σχέση με αυτά που βρίσκονται στη ΒΔ πλευρά.

Για ακριβέστερη και περεταίρω αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων που εφαρμόστηκαν απαιτείται η χρήση άλλου λογισμικού περισσότερο εξειδικευμένου στην αξιολόγηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων, από ότι το λογισμικό Ecotect.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ– ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ο φυσικός δροσισμός αποσκοπεί στην εκμετάλλευση και τον έλεγχο των φυσικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο κτίριο και στο περιβάλλον με στόχο τη μείωση της θερμοκρασίας στους εσωτερικούς χώρους και τη δημιουργία συνθηκών θερμικής άνεσης για τους χρήστες. Οι τεχνικές φυσικού δροσισμού μπορεί να έχουν είτε χαρακτήρα πρόληψης της υπερθέρμανσης της κατασκευής, είτε απομάκρυνσης της πλεονάζουσας θερμότητας από αυτήν.

Οι τεχνικές πρόληψης επικεντρώνονται κυρίως στην ηλιοπροστασία του κτιρίου και στην θερμική προστασία του κελύφους. Από τις τεχνικές αυτές ιδιαίτερα σημαντικές είναι αυτές που αφορούν το σκιασμό των ανοιγμάτων. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητη η μελέτη όσον αφορά τον προσανατολισμό τους ώστε να επιλεγθεί το κατάλληλο σύστημα σκιασμού. Όπως διαπιστώθηκε προσφέρονται αρκετές επιλογές (κινητά, σταθερά σκίαστρα, ειδικοί υαλοπίνακες κτλ.) οι οποίες αυξάνονται καθώς εξελίσσεται η τεχνολογία. Όσον αφορά τις τεχνικές θερμικής προστασίας του κελύφους διαπιστώνουμε ότι ιδιαίτερα σημαντικές είναι οι μέθοδοι που αφορούν την προστασία του δώματος, το οποίο αποτελεί την περισσότερο εκτεθειμένη επιφάνεια στην ηλιακή ακτινοβολία. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η τεχνική του φυτεμένου δώματος η οποία εκτός από τη θερμική προστασία που προσφέρει στη κατασκευή βελτιώνει και τις συνθήκες του μικροκλίματος. Επίσης σημαντική και οικονομική λύση αποτελεί και η χρήση ψυχρών υλικών των οποίων η εφαρμογή είναι ιδιαίτερα εύκολη, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι τα χαρακτηριστικά και η απόδοση των υλικών αυτών βελτιώνονται διαρκώς λόγω της προόδου της τεχνολογίας.

Σχετικά με τις τεχνικές απομάκρυνσης της πλεονάζουσας θερμότητας από την κατασκευή, σημαντικό ρόλο παίζει ο αερισμός του κτιρίου. Για το λόγο αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη μελέτη όσον αφορά την τοποθέτηση των ανοιγμάτων στο κτίριο ώστε να επιτυγχάνεται ο καλύτερος δυνατός αερισμός. Επίσης σημαντικές, για την απομάκρυνση της θερμότητας είναι και οι μέθοδοι δροσισμού μέσω ψύξης, ακτινοβολίας, καθώς και μέσω του εδάφους, (πχ μεταλλικός ακτινοβολιτής, ηλιακή λίμνη, συστήματα ψεκασμού των δωματίων, συστήματα αγωγών στο έδαφος κτλ.)

Γενικότερα διαπιστώνουμε ότι ο φυσικός δροσισμός περιλαμβάνει τεχνικές τόσο για την πρόληψη όσο και την αντιμετώπιση της υπερθέρμανσης μιας κατασκευής. Οι τεχνικές αυτές ενσωματώνουν διάφορες τεχνολογίες προσφέροντας αρκετές επιλογές ως προς τα



συστήματα που μπορούν να εφαρμοστούν. Για την επιλογή των κατάλληλων συστημάτων φυσικού δροσισμού απαιτείται η ανάλυση του κτιρίου και των δεδομένων της περιοχής όπου βρίσκεται.

Όσον αφορά στο κτίριο της περίπτωσης μελέτης και την αποκατάσταση του φυσικού δροσισμού, προτείνονται λύσεις οι οποίες θεωρούνται αρκετά αποτελεσματικές και οικονομικές. Τα μέτρα αυτά κρίνεται ότι θα μπορέσουν να βελτιώσουν τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο κτίριο ενισχύοντας το φυσικό δροσισμό, αλλά όχι αποκαθιστώντας τον πλήρως. Οι επεμβάσεις εστιάζονται στην ενίσχυση της ηλιοπροστασία του κτιρίου (τοποθέτηση σκιάστρων και αντηλιακών μεμβρανών), της θερμικής προστασίας του κελύφους (επικάλυψη του δώματος), του φυσικού αερισμού (διάνοιξη οπών στους εσωτερικούς τοίχους και αντικατάσταση των μη ανοιγόμενων παραθύρων), καθώς και στη βελτίωση του μικροκλίματος (ενίσχυση της φύτευσης και του εξατμιστικού δροσισμού).

Σε συνέχεια των μέτρων που εξετάστηκαν προτείνεται η περαιτέρω διερεύνηση βιοκλιματικών επεμβάσεων στο κτίριο του σχολείου, όσον αφορά τη θέρμανση του κτιρίου.

Κλείνοντας αξίζει να σημειώσουμε τη σημασία της ενσωμάτωσης τεχνικών φυσικού δροσισμού καθώς και άλλων βιοκλιματικών στρατηγικών, από τη φάση του σχεδιασμού ενός κτιρίου. Παρόλα αυτά, εξίσου σημαντική είναι η λήψη επανορθωτικών μέτρων σε υφιστάμενα κτίρια, τα οποία θα συμβάλλουν στη βελτίωση των συνθηκών θερμικής άνεσης, καθώς και στην προστασία του περιβάλλοντος με την μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη και φωτισμό των κτιρίων.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ**

- [1] Ανδρεαδάκη Ε., «Βιοκλιματικός σχεδιασμός. Περιβάλλον και Βιωσιμότητα», εκδ. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2006
- [2] Πάνος Ι. Κοσμόπουλος, «Περιβαλλοντική κοινωνική ψυχολογία : η αντίληψη του χώρου », University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 2000
- [3] Κώστας Σ. Τσίππρας, Θέμης Σ. Τσίππρας. «Οικολογική αρχιτεκτονική : βιοκλιματική αρχιτεκτονική, οικολογική δόμηση, γεωβιολογία, εσωτέρα αρχιτεκτονική», Κέδρος , Αθήνα, 2005
- [4] M. Santamouris, D.N. Asimakopoulos, «Passive Cooling of Buildings», C.I.E.N.E, 1994
- [5] Μάλλιαρης - παιδεία για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, «Ενεργειακός Σχεδιασμός, Εισαγωγή για αρχιτέκτονες», 1994
- [6] Ηλίας Ευθυμίου, «Κτίριο και Περιβάλλον» , Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005
- [7] Αργυράκη Μαρία, Διπλωματική Εργασία: «Βιοκλιματικός Σχεδιασμός, Ηλιακά Παθητικά Συστήματα και άλλες τεχνικές εξοικονόμησης Ενέργειας στον Κτιριακό Τομέα», ΕΜΠ , Αθήνα, 2008
- [8] Αντωνοπούλου Σωτηρία, Πτυχιακή εργασία «Βιοκλιματική Αρχιτεκτονική και Βιώσιμη Ανάπτυξη, Μέθοδοι και παραδείγματα σε συγκεκριμένα κτίρια», Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, 2009
- [9] Κ. Ι. Κοντολέων, Δ. Κ. Μπίκας, «Επίδραση της Ηλιακής Ακτινοβολίας στα Χαρακτηριστικά της Θερμικής Αδράνειας Τοιχοποιιών», σημειώσεις Εργαστηρίου Οικοδομικής και Δομικής Φυσικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ.
- [10] Τζίκα Β., Μεταπτυχιακή εργασία : «Ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα κατοικιών στην αειφόρο δόμηση. Αξιολόγηση συνεισφοράς ηλιακών συλλεκτών σε συμβατικό σύστημα θέρμανσης σε μικρή ανεξάρτητη κατοικία στην Ελλάδα», Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο

Θεσσαλονίκης, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, 2009

[11] Παπαμανώλης Ν., «Παθητικά Συστήματα Δροσισμού», σημειώσεις μαθήματος Δομικής Φυσικής & Αρχές Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πολυτεχνείο Κρήτης.

### **ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΥΚΤΙΟ**

[12] ΚΑΠΕ- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑ ΕΞΗΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos.htm)

[13] Τζανακάκη ,«Συστήματα Παθητικού Δροσισμού», Τεχνική ημερίδα για ενεργειακούς επιθεωρητές: Εξοικονόμηση ενέργειας και ΑΠΕ στα κτίρια, ΚΑΠΕ

<http://www.enforce-eeen.eu/wp/gre/wp-content/uploads/2012/05/Tzanakaki-B-03.pdf>

[14] ΚΑΠΕ- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑ ΕΞΗΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_hlioprostasia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_hlioprostasia.htm)

[15] ΚΑΠΕ- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑ ΕΞΗΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_xrisi\\_yalopinakon.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_xrisi_yalopinakon.htm)

[16] ΚΑΠΕ- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑ ΕΞΗΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_aerizomeno\\_kelyfos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_aerizomeno_kelyfos.htm)

[17] ΚΑΠΕ- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑ ΕΞΗΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_thermomonosi.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_thermomonosi.htm)

[18] ΚΑΠΕ- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑ ΕΞΗΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_fytemeno\\_doma.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_fytemeno_doma.htm)

[19] ΚΑΠΕ- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/thermiki\\_prostasia\\_kelyfous\\_fragma.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/thermiki_prostasia_kelyfous_fragma.htm)

[20] ΚΑΠΕ- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑ ΕΞΗΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_psixi\\_edafous.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_psixi_edafous.htm)

[21] ΚΑΠΕ- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑ ΕΞΗΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_nyxterini\\_aktinobolia.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_nyxterini_aktinobolia.htm)

[22] ΚΑΠΕ- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑ ΕΞΗΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_exatmistikos\\_drosismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_exatmistikos_drosismos.htm)

[23] ΚΑΠΕ- ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑ ΕΞΗΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

[http://www.cres.gr/energy\\_saving/Ktiria/fysikos\\_drosismos\\_fysikos\\_aerismos.htm](http://www.cres.gr/energy_saving/Ktiria/fysikos_drosismos_fysikos_aerismos.htm)

[24] ] Ευγενία Α. Λαζάρη, «Βιοκλιματικός σχεδιασμός στην Ελλάδα, Ενεργειακή Απόδοση και Κατευθύνσεις Εφαρμογής», ΚΑΠΕ, Πικέρμι, Σεπτέμβριος 2002,

[http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate\\_brochure.pdf](http://www.cres.gr/kape/education/bioclimate_brochure.pdf)