

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ**

ΤΙΤΛΟΣ : ΜΕΛΕΤΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ  
ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΛΛΕΚΤΗ

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :**

**Σ.Ν.ΚΑΠΛΑΝΗΣ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

**ΑΝΔΡΟΥΤΣΟΣ ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ**

**ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ 2005**



Εισαγωγή .....4

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 :**

### **Γενικά περί ενδοδαπέδιας θέρμανσης**

1.1 Γενικές πληροφορίες για το ενδοδαπέδιο σύστημα .....5

1.2 Περιγραφή ενδοδαπέδιου συστήματος θέρμανσης .....6

1.3 Ενδοδαπέδια θέρμανση και χρήση ηλιακής ενέργειας

1.3.1 Γενικά περί σχεδίων και εφαρμογών ηλιακής ενέργειας στην κάλυψη ενεργειακών απωλειών.....9

1.3.2 Χρήση ηλιακού συλλέκτη για την κάλυψη θερμικών φορτίων.....13

1.4 Σύγκριση κόστους μεταξύ κλασικής και ενδοδαπέδιας θέρμανσης.....15

1.5 Σύγκριση ενδοδαπέδιας θέρμανσης με συμβατική (χρήση θερμαντικών σωμάτων).....19

1.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά του ενδοδαπέδιου.....23

1.7 Αρχή λειτουργίας του ενδοδαπέδιου συστήματος θέρμανσης.....32

1.8 Βασικά στοιχεία ενδοδαπέδιου συστήματος.....33

1.9 Τρόπος λειτουργίας του ενδοδαπέδιου συστήματος.....35

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 :

**Βασικές πληροφορίες για την δομή του κτιριακού ομοιώματος καθώς και υπολογισμός θερμικών απωλειών αυτού και θερμικού κέρδους από τον συλλέκτη**

2.1	Υπολογισμός θερμικών απωλειών	
2.1.1	Υπολογισμός συντελεστή της ολικής θερμοπερατότητας του Νότιου τοίχου .....	37
2.1.2	Υπολογισμός συντελεστή της ολικής θερμοπερατότητας του Βόριου τοίχου .....	38
2.1.3	Υπολογισμός συντελεστή της ολικής θερμοπερατότητας του Ανατολικού και Δυτικού τοίχου.....	40
2.1.4	Υπολογισμός συντελεστή της ολικής θερμοπερατότητας της οροφής .....	42
2.1.5	Υπολογισμός συντελεστή της ολικής θερμοπερατότητας του δαπέδου.....	42
2.2	Δομή και προσανατολισμός του κτιριακού ομοιώματος δοκιμών	
2.2.1.	Προσανατολισμός.....	50
2.2.2.	Γεωμετρία.....	50
2.2.3.	Κέλυφος.....	50
2.2.4.	Εσωτερική διαμόρφωση.....	51
2.3	Κύρια στοιχεία της θερμάνσεως δαπέδου.....	51
2.4	Στοιχεία μόνωσης και αγωγιμότητας.....	52
2.5	Θερμικό κέρδος από ηλιακή ενέργεια.....	53

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 :

**Υπολογισμός της θερμότητας που δίνεται στον χώρο με την χρήση του ενδοδαπέδιου συστήματος.**

3.1	Ενεργειακό ισοζύγιο.....	65
-----	--------------------------	----

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 :

**Περιγραφή του κτιριακού ομοιώματος και εύρεση θερμικών απωλειών με άλλη μέθοδο.**

4.1 Περίπτωση μελέτης ενός κτιριακού ομοιώματος δοκιμών (test cell)...71

4.2 Εύρεση των θερμικών απωλειών με άλλη μέθοδο.....75

Βιβλιογραφία .....78

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι .....79**

## Εισαγωγή

Η εγκατάσταση ενός οποιοδήποτε συστήματος θέρμανσης πέρα από τεχνικό, είναι και ένα οικονομικό γεγονός. Ειδικά κατά την εγκατάσταση ενός ηλιακού συστήματος θέρμανσης που κατά κανόνα είναι ακριβότερο από ένα συμβατικό, τουλάχιστον ως αρχική επένδυση, πρέπει να γίνουν ορισμένοι βασικοί υπολογισμοί που θα αποδείξουν την ορθότητα της επένδυσης από οικονομικής σκοπιάς.

Το πρώτο ερώτημα που τίθεται αφορά στο επιπλέον κόστος του ηλιακού συστήματος σε σχέση με το συμβατικό, ερώτημα που γεννά και το αμέσως επόμενο:

Σε πόσο χρόνο θα αποπληρωθεί η εγκατάσταση από το όφελος που θα υπάρξει με την εξοικονόμηση ενέργειας γιατί από οικονομικής σκοπιάς το ηλιακό σύστημα δεν είναι παρά μια επένδυση σήμερα για να μειωθούν οι λογαριασμοί αύριο.

Ο χρόνος αποπληρωμής είναι μια μεταβλητή που ο ακριβής υπολογισμός της προϋποθέτει την εκτίμηση της τιμής των άλλων μεταβλητών στο μέλλον, μεταξύ των οποίων και η τιμή των καυσίμων.

Η εξέλιξη της τιμής των ανταγωνιστών της ηλιακής ενέργειας που είναι κυρίως το πετρέλαιο θέρμανσης και η ηλεκτρική ενέργεια είναι μη προβλέψιμη. Αυτό έστρεψε το ενδιαφέρον στις ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η θέρμανση δαπέδου παρουσίασε τα τελευταία χρόνια μία ραγδαία ανάπτυξη. Σε αντίθεση με την συμβατική θέρμανση, η θέρμανση δαπέδου δίνει μία γλυκειά, ομοιόμορφη θέρμανση σε ολόκληρο το δάπεδο και προσφέρει έτσι μία αυξημένη αίσθηση θερμικής άνεσης.

Επειδή όλο το δάπεδο είναι θερμό, δημιουργείται η αίσθηση ότι ο χώρος είναι πιο ζεστός από την πραγματικότητα. Η μείωση για τον λόγο αυτό, κατά 1-2°C της θερμοκρασίας χώρου επηρεάζει πολύ την κατανάλωση ενέργειας σε ποσοστό που υπερβαίνει το 12%.

Επίσης στην θέρμανση δαπέδου χρησιμοποιείται νερό χαμηλής θερμοκρασίας και έτσι οι απώλειες στο λέβητα και στο δίκτυο μειώνονται. Αυτό σε συνδυασμό με τις βελτιωμένες μονώσεις δημιουργεί πρόσθετη μείωση της κατανάλωσης καυσίμου.

Επιπλέον, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας νερού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές μορφές ενέργειας π.χ. ηλιακή, γεωθερμική, ενέργεια θερμών αποβλήτων. Το γεγονός ότι οι εσωτερικοί χώροι είναι ελεύθεροι από οποιοδήποτε θερμαντικό σώμα, δίνει την δυνατότητα πολλών αρχιτεκτονικών λύσεων.

Ιδανική είναι η θέρμανση δαπέδου σε χώρους με έντονη κίνηση, όπως νηπιαγωγεία, σχολεία, ή αίθουσες άθλησης. Βιομηχανικοί χώροι και κτίρια γραφείων ταιριάζουν επίσης απόλυτα με την θέρμανση δαπέδου.

Να τονίσουμε, ότι η θέρμανση δαπέδου είναι ιδανική για την αναπαλαίωση ιστορικών μνημείων, εκκλησιών και μουσείων. Εξωτερικοί χώροι, όπως αυλές, ράμπες, στάδια μπορούν με την θέρμανση δαπέδου να διατηρούνται το χειμώνα χωρίς χιόνι ή πάγο.

Ιδιαίτερα στις κατασκευές κατοικιών παρατηρείται σημαντική αύξηση των εγκαταστάσεων θέρμανσης δαπέδου, μία τάση που οφείλεται στην οικονομική λειτουργία του συστήματος, αλλά και στην μεγάλη άνεση που προσφέρει.

Επίσης θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι με την χρήση της ενδοδαπέδιας θέρμανσης έχουμε και ακόμα τα εξής πλεονεκτήματα:

- Δεν ξηραίνει την ατμόσφαιρα επειδή λειτουργεί με χαμηλές θερμοκρασίες.
- Δεν απανθρακώνει τη σκόνη του αέρα και οι τοίχοι δεν μαυρίζουν.

- Λειτουργεί οικονομικά γιατί δεν υπερθερμαίνει την οροφή των χώρων.
- Είναι σύστημα θέρμανσης με ακτινοβολία και προσφέρει περισσότερη άνεση
- Δέχεται οποιαδήποτε επικάλυψη της επιφάνειας του δαπέδου (μάρμαρο, πλακάκι, πλαστικό δάπεδο, ξύλο, μοκέτα).
- Ηχομονώνει τα δάπεδα.
- Διαρκεί περισσότερο από 50 χρόνια γιατί δεν οξειδώνεται
- Πανεύκολη και γρήγορη εγκατάσταση

## 1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

Η λειτουργία του ενδοδαπέδιου συστήματος θέρμανσης βασίζεται στην μεταφορά θερμού νερού διαμέσου σωλήνων μεταφέροντας θερμότητα στο δάπεδο διάμεσου αγωγής. Έτσι το δάπεδο θερμαίνεται λειτουργώντας κατά αυτόν τρόπο σαν ένα μεγάλο θερμαντικό σώμα το οποίο μεταφέρει θερμότητα στον χώρο ζεσταίνοντας τον αέρα που έρχεται σε επαφή με τις θερμαινόμενες επιφάνειες (δάπεδο). Η θερμοκρασία του αέρα ανέρχεται γρήγορα στα επιθυμητά πλαίσια και σύντομα αποκτάται η αίσθηση ανέσεως. Προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην διάταξη των σωληνώσεων. Η απόσταση τοποθέτησεως των σωλήνων  $D$ , είναι και αυτό ένα πολύ σημαντικό μέγεθος για την όλη μελέτη του ενδοδαπέδιου συστήματος τόσο από θερμικής όσο και από ροικής απόψεως. Βρίσκεται σε άμεση σχέση με την τιμή της μέσης θερμοκρασίας του θερμού νερού σε κάθε θερμοκύκλωμα, αφού είναι δυνατόν να αποδοθεί το ίδιο πόσον θερμότητας με πυκνό δίκτυο και χαμηλή θερμοκρασία νερού, όπως και με αραιό δίκτυο και υψηλή θερμοκρασία νερού.

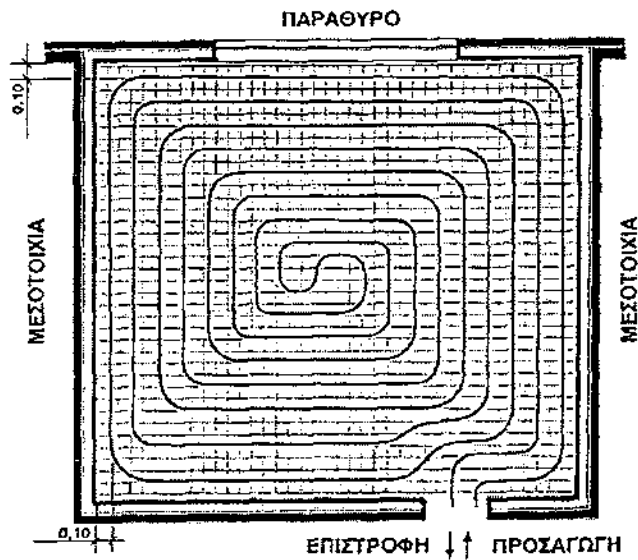
Ένα πυκνό δίκτυο είναι επιθυμητό γιατί εξασφαλίζεται περισσότερο μια θερμοκρασιακή ομοιομορφία σε κάθε στάθμη δαπέδου, συνεπάγεται όμως σημαντική δαπάνη σε μήκος σωλήνων και σημαντική αύξηση των αντιστάσεων ροής.

Η υπέρμετρη αύξηση του μήκους των σωλήνων δημιουργεί επομένως τόσο προβλήματα κόστους, όσο και λειτουργικά, ώστε, όπως σε όλα σχεδόν τα τεχνικά προβλήματα, η άριστη λύση να συνδέεται με το "μέτρο" και την ακρίβεια των υπολογισμών και όχι με τη σπατάλη στην ποσότητα.

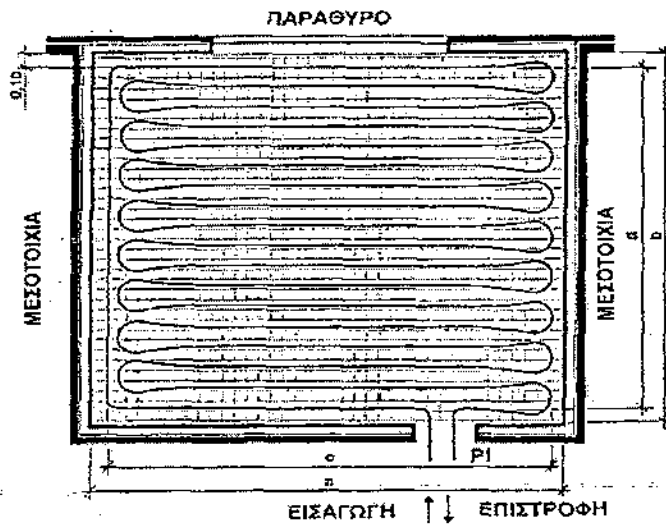
Η τοποθέτηση των σωλήνων στα δάπεδα αποτελεί αντικείμενο επίπονης μελέτης και μετρήσεων για τους σοβαρούς κατασκευαστές, οι οποίοι ακολουθούν συγκεκριμένο σκεπτικό όσο και πρακτικούς κανόνες κατά τη σχεδίαση των δικτύων.

Μια αρχή π.χ είναι ότι πλέον "επικίνδυνα" σημεία (αυξημένες θερμικές απώλειες), τροφοδοτούνται πρώτα (γιατί το νερό προσαγωγής έχει υψηλότερη θερμοκρασία) και με πυκνότερο δίκτυο. Εάν αντιθέτως ένας χώρος σωλήνων προσαγωγής και επιστροφής, ώστε να επιτυγχάνεται ομοιόμορφα και στην θερμοκρασία της επιφάνειας του δαπέδου.

Στα παρακάτω σχήματα δίνονται διάφορες διατάξεις σωληνώσεων

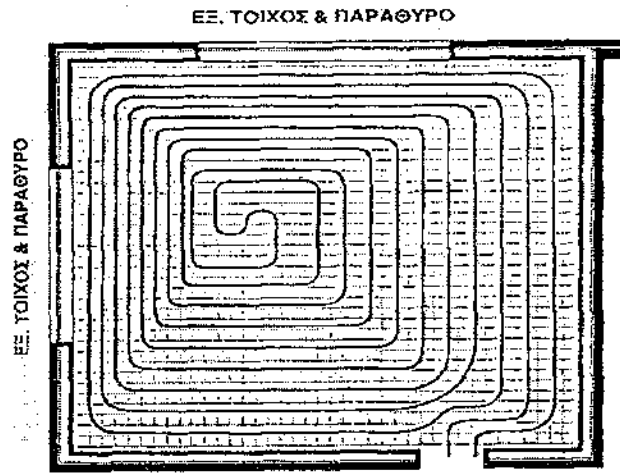


Εικόνα 1: Ομοιόμορφη σωλήνωση

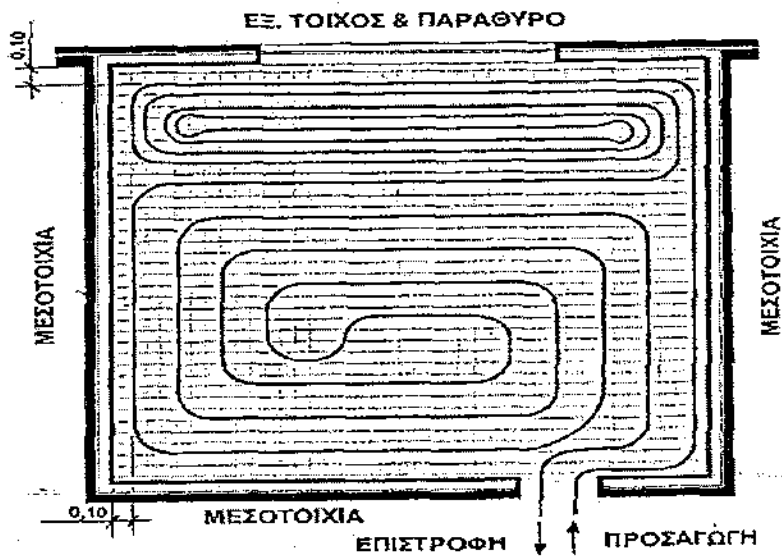


Εικόνα 2: Σωλήνωση με αυξημένη παροχή θερμικής ενέργειας στην περιοχή κοντά στο παράθυρο και μειωμένη όσο προχωρούμε στο εσωτερικό





Εικόνα 3: Σωλήνωση κατάλληλη για την αντιμετώπιση αυξημένων θερμικών απωλειών στον εξωτερικούς τοίχους και τα παράθυρα γωνιακού χώρου



Εικόνα 4: Ισχυρή θερμική ενίσχυση στην περιοχή κοντά στον τοίχο και το παράθυρο

### 1.3 ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

1.3.1 Γενικά περί σχεδίων και εφαρμογών ηλιακής ενέργειας στην κάλυψη ενεργειακών απωλειών.

ΗΛΙΑΚΟΣ ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ

ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ  
ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ



Εικόνα 5: Μοντέλο ηλιακής οικίας με ενδοδαπέδια θέρμανση και ηλιακό συλλέκτη

1. Η ηλιακή ακτινοβολία χρησιμοποιείται εκτεταμένα στη χώρα μας για παραγωγή ζεστού νερού και γενικότερα για την κάλυψη θερμικών φορτίων.

Ωστόσο, η ανάγκη κάλυψης θερμικών φορτίων για την θέρμανση χώρων είναι άμεση, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας, αειφόρου ανάπτυξης και καθαρού περιβάλλοντος.

Μάλιστα, η αναγκαία τεχνολογία είναι γνωστή και απαιτεί απλώς καινοτόμους σχεδιασμούς.

Τα οφέλη είναι:

- α) οικονομία στη δαπάνη θέρμανσης
- β) οικονομία στη καύσιμη ύλη (1500-2000 Ιτ/έτος/κατοικία)
- γ) εξοικονόμηση ενέργειας και συμβατικών ενεργειακών πόρων, χρημάτων και συναλλάγματος σε ατομικό και εθνικό επίπεδο,
- δ) βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος καθώς η εκπομπή CO<sub>2</sub> από συστήματα ηλιακής ενέργειας είναι μηδενική

Απαιτείται κατά συνέπεια, ένας καινοτόμος ενεργειακός σχεδιασμός για τα κτήρια, στον οποίο θα πρέπει να προχωρήσει ο μηχανικός, για την κάλυψη των θερμικών φορτίων του κάθε χώρου .

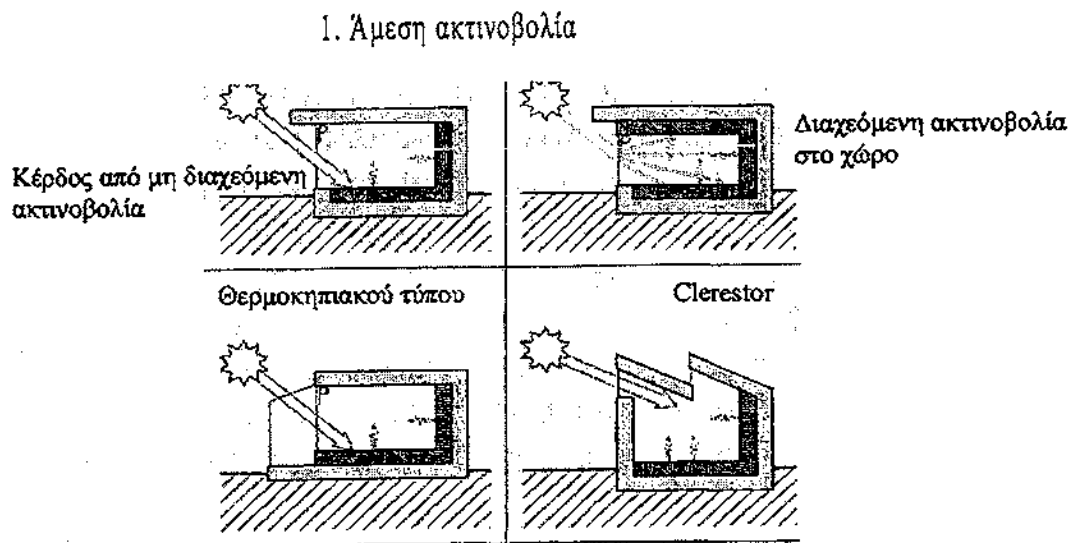
Στα πλαίσια αυτά είναι απαραίτητο να διαστασιολογήσουμε το σύστημα ηλιακών συλλεκτών και της PV γεννήτριας για να καλύψουμε αποτελεσματικά τα φορτία θέρμανσης και ζεστού νερού.

Προϋπόθεση βέβαια η εκτίμηση των φορτίων αυτών ανά ημέρα ή ανά μήνα .

Μια σχετικά αποτελεσματική μέθοδος για την διαστασιολόγηση του συστήματος ηλιακών συλλεκτών είναι αυτή της f-chart τόσο για θερμικά φορτία, όσο και για ηλεκτρικά φορτία.

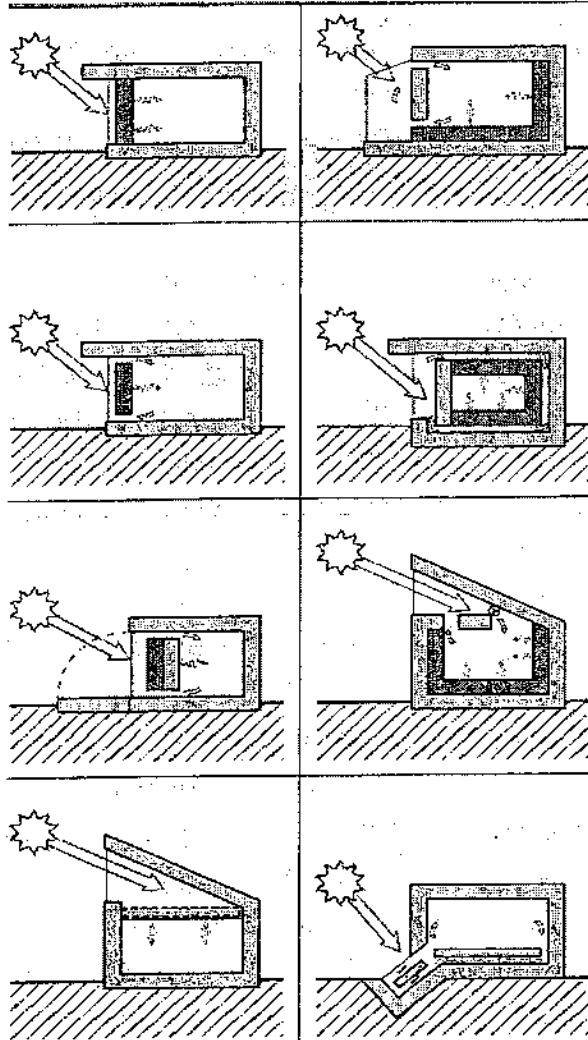
2. Η αρχιτεκτονική μίας κατοικίας, στα πλαίσια εξοικονόμησης ενέργειας, θα πρέπει να είναι κατάλληλη ώστε να εκμεταλλεύεται την ηλιακή ενέργεια, χωρίς να μειώνεται η θερμική άνεση (επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας σε περιβάλλον ευφορίας) στο χώρο.

Ο στόχος αυτός μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση στοιχείων παθητικής ηλιακής τεχνολογίας, εικόνες 6 και 7 , και βιοκλιματικής σχεδίασης χωρίς να μειώνεται η άνεση στον χώρο .



Εικόνα 6: Κέλυφος κτηρίου για εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας στην κάλυψη των θερμικών αναγκών του

## 2. Έμμεση ακτινοβολία



Εικόνα 7 : Παρουσιάζονται διάφορες μορφές κελύφων με σκοπό την έμμεση θέρμανση των κτιρίων από ηλιακή ακτινοβολία

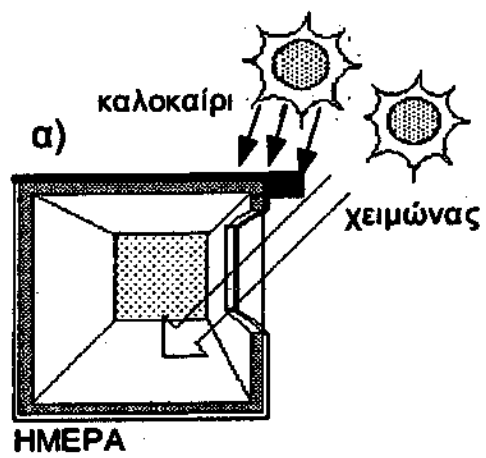
Με τεχνικές που στηρίζονται στις αρχές της ηλιακής παθητικής τεχνολογίας δίδεται η δυνατότητα στον μηχανικό να μειώσει τις ενεργειακές ανάγκες μιας κατοικίας, σε ό,τι αφορά στα θερμικά φορτία.

• Τα θερμικά φορτία μπορούν εύκολα να μειωθούν μέσω:

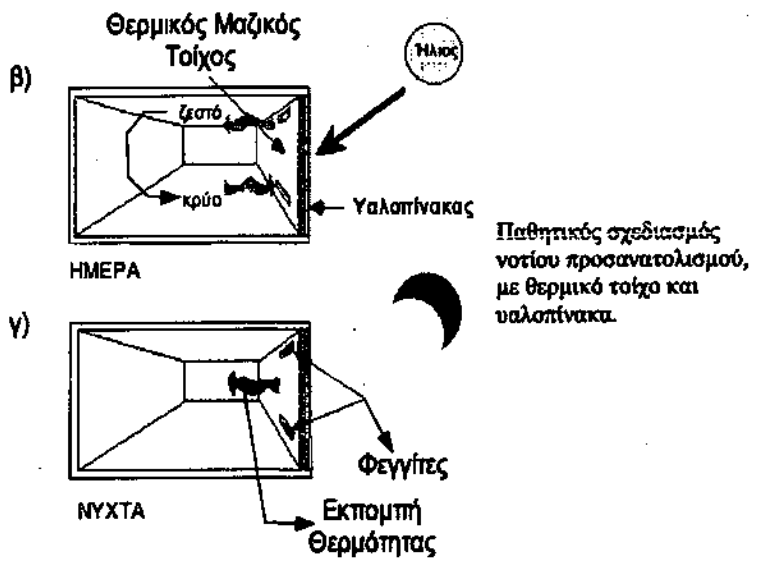
α) Καλής θερμομόνωσης,

β) Σχέδια κελύφους κτηρίου με ορθολογικό προσανατολισμό

γ) Κατάλληλης χωροταξικής διαμόρφωσης του κελύφους του κτηρίου, με κατάλληλα ανοίγματα και χρήση ανάλογα με τον προσανατολισμό του χώρου, όπως δείχνουν τα σχήματα α, β, γ στη συνέχεια.



Εικόνα 8: Νότιο άνοιγμα μεγάλης σχετικά επιφάνειας που επιτρέπει την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια της , τον χειμώνα. αντίθετα , κατά το θέρος , λόγω και του σχεδιασμού που βλέπουμε , αποτρέπεται η άμεση ηλιακή ακτινοβολία να εισέλθει στο εσωτερικό χώρο του κτηρίου



Εικόνα 9: Λειτουργία τοίχου Trombe κατά την ημέρα και την νύχτα.

Εν κατακλείδι είναι δυνατή με τις ανωτέρω περιγραφικές σχεδιάσεις ή και επεμβάσεις, η μείωση ακόμα και στο 1/3 των θερμικών αναγκών (των φορτίων) του κτηρίου. Έτσι προσφέρεται επιπλέον θερμική ενέργεια που φθάνει έως και για την πλήρη κάλυψη.

### 1.3.2 Χρήση ηλιακού συλλέκτη για την κάλυψη θερμικών φορτίων.

Για να επιτύχουμε μια πρόσθετη προσφορά θερμικής ενέργειας ώστε να καλυφθούν πλήρως ή όσο το δυνατόν περισσότερο τα θερμικά φορτία, θα πρέπει να γίνουν παρεμβάσεις στο κέλυφος του κτηρίου, έτσι ώστε να ενσωματωθούν (και όχι να γίνει απλή τοποθέτηση) ηλιακοί συλλέκτες που θα παρέχουν θερμική ενέργεια για τις ανάγκες ζεστού νερού και θέρμανσης του χώρου.

Οι ηλιακοί συλλέκτες τοποθετούνται πολλές φορές στις στέγες, ως πρόσθετα σώματα, προεξέχοντας, με αποτέλεσμα να έχουμε μείωση της καλαισθησίας του κτηρίου ενώ θα μπορούσαμε να έχουμε εξ αρχής ενσωμάτωση στη στέγη και στην πρόσοψη.

Ακόμα αντί να τοποθετούνται σε στέγες δύναται να τοποθετούνται κάθετα στις προσόψεις με προσανατολισμό στον Νότο με τα ακόλουθα πλεονεκτήματα.

α) Εξοικονόμηση χώρου,

β) Καλαισθησία έναντι των τοποθετήσεων επί της στέγης,

γ) Εύκολη επισκευή στο σύστημα των ηλιακών συλλεκτών, χωρίς το φόβο ατυχημάτων και μικρόκαταστροφών,

δ) Καλή απόδοση του συστήματος θερμικών ηλιακών συλλεκτών κατά τον χειμώνα

ε) Να απευθύνονται σε αρχές σχεδίασης και κατασκευή ηλιακών οικιών.

Συνήθως, απαιτείται να έχουν οι ηλιακοί συλλέκτες μεγάλη απόδοση κατά τον Χειμώνα.

Αν οι συλλέκτες τοποθετηθούν κατακόρυφα επί ενός τοίχου και βλέπουν στον Νοτιά, τότε εξασφαλίζεται η απαίτηση αυτή.

Αυτό συμβαίνει γιατί ο μέσος μηνιαίος συντελεστής μετατροπής  $K$ , της ηλιακής ακτινοβολίας από το οριζόντιο στο κατακόρυφο, έχει υψηλές τιμές κατά τους χειμερινούς μήνες, όπως δείχνει ο Πίνακας IV (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι).

Ειδικότερα, οι τιμές της ηλιακής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο ανά μήνα για τις διάφορες κλιματολογικές ζώνες της χώρας δίνονται στους Πίνακες V και VI (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι).

#### 1.4 Σύγκριση κόστους μεταξύ κλασσικής και ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Η παρακάτω οικονομοτεχνική μελέτη έγινε το έτος 2000

Θεωρούμε εξοχική κατοικία μεζονέτα 200 m<sup>2</sup> (2 επίπεδα), καλά μονωμένη στην περιοχή της βόρειας Κρήτης, με τα εξής στοιχεία:

- Θερμικές απώλειες κατοικίας για κλασσική θέρμανση: 30 kW.
- Θερμικές απώλειες κατοικίας για ενδοδαπέδια θέρμανση: 20 kW.

Οι απώλειες κατοικίας για ενδοδαπέδια θέρμανση είναι μικρότερες από τις απώλειες που θα είχαμε αν κάναμε χρήση κλασσικής θέρμανσης διότι στην ενδοδαπέδια θέρμανση γίνεται χρήση μονώσεως στο δάπεδο με σκοπό την αποφυγή διαφυγής θερμότητας προς τα κάτω πράγμα που θα είχε ως αποτέλεσμα την μειωμένη απόδοση του ενδοδαπέδιου συστήματος. Έτσι κατά αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η ελάχιστη ύπαρξη απωλειών του δαπέδου στο ενδοδαπέδιο σύστημα .

- Ψυκτικό φορτίο κατοικίας : 17 kW.
- Ψυκτικό φορτίο κατοικίας για ενδοδαπέδια ψύξη: 10 kW.
- Όγκος κατοικίας 600 m<sup>3</sup>.

1<sup>η</sup> Περίπτωση: Κλασσική θέρμανση με σώματα και λεβητοστάσιο, ψύξη με διαιρούμενες κλιματιστικές μονάδες (split units).- Υλικά και εργασία

1. Κόστος λεβητοστασίου( λέβητας 45 kW) : 3521,64€
2. Κόστος κεντρικών στηλών: 586,94 €
3. Κόστος σωμάτων και διακοπών (14 σώματα, 2.5 kW το καθένα): 2494,5€.
4. Κόστος υλικών μονοσωληνίου: 528.25€.
5. Κόστος τσιμεντοκονίας 3 cm : 880.4€.
6. Κόστος split units για ψύξη (8 τέμ. των 9000 btu/h): 8\*821.7= 6573.73€.

**ΣΥΝΟΛΟ : 14585.5€.**



2<sup>η</sup> Περίπτωση: Ενδοδαπέδια θέρμανση με λεβητοστάσιο και ενδοδαπέδια ψύξη με ψύκτη. Υλικά και εργασία

2.1 Κόστος λεβητοστασίου (λέβητας 35 kW): 2934.7€.

2.2 Κόστος κατάκορφων στηλών: 586.94€.

2.3 Κόστος ενδοδαπέδιας εγκατάστασης : 6309.6€.

2.4 Κόστος ψύκτη 17 kW (65000 btu/h): 5869.4€.

ΣΥΝΟΛΟ: 15700.66€.

Σύγκριση του συστήματος κλασσικής θέρμανσης με σώματα και λεβητοστάσιο, ψύξη με διαιρούμενες κλιματιστικές μονάδες με το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης με λεβητοστάσιο και ενδοδαπέδια ψύξη με ψύκτη από ενεργειακής άποψης.

Συγκρίνοντας τις παραπάνω περιπτώσεις βλέπουμε μία διαφορά τιμής 1115.2€ δηλαδή περίπου 8% φθηνότερο.

Από άποψη ενεργείας χρησιμοποιώντας το σύστημα θέρμανσης με λεβητοστάσιο και ενδοδαπέδια ψύξη με ψύκτη βλέπουμε ότι υπάρχει ένα ενεργειακό κέρδος από την ψύξη περίπου 40% σε ηλεκτρικό ρεύμα (kWh), και εξοικονόμηση καυσίμου περίπου 25% από την χρήση της θέρμανσης.

Έτσι, συγκρίνοντας τα 2 συστήματα, σε χρονικό ορίζοντα 3 περίπου ετών, βλέπουμε ότι το ποσό των 1115.2€. θα έχει αποσβεστεί και από εκεί και πέρα το ενδοδαπέδιο σύστημα αποδεικνύεται πιο οικονομικό.

3<sup>η</sup> Περίπτωση: Κλασσική θέρμανση . ψύξη με fan-coils και αντλία θερμότητας.- Υλικά και εργασία

1. Κόστος αντλίας θερμότητας 30 kW θερμ./17 kW ψύξη: 4695.5€.

2. Κόστος κεντρικών στηλών: 586.9€.

3. Κόστος fan coils και διακοπών (14 fan coils, 2.5 kW το καθένα):  
3374.9€.

4. Κόστος υλικών μονοσωληνίου: 528.25€.

5. Κόστος τσιμεντοκονίας 3 cm : 880.4€.

ΣΥΝΟΛΟ: 10066.03€

4<sup>η</sup> Περίπτωση: Ενδοδαπέδια θέρμανση-ψύξη με αντλία θερμότητας. Υλικά και εργασία

4.1 Κόστος αντλίας θερμότητας 20 kW θερμ./ 10 kW ψύξη: 3815.11€

4.2 Κόστος κατάκορφων στηλών :886.94€

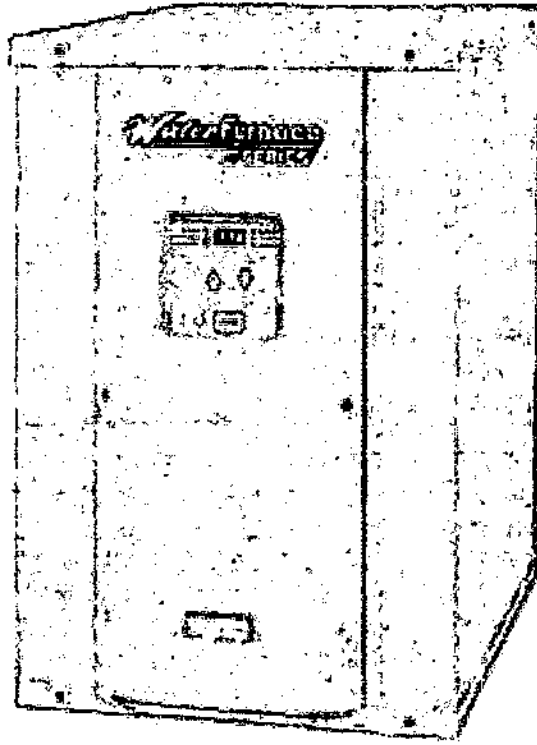
4.3 Κόστος ενδοδαπέδιας εγκατάστασης : 6309.6€.

ΣΥΝΟΛΟ: 10711.66€

Σύγκριση του συστήματος κλασσικής θέρμανσης . ψύξη με fan-coils και αντλία θερμότητας με το σύστημα ενδοδαπέδια θέρμανσης-ψύξης με αντλία θερμότητας.

Συγκρίνοντας τις παραπάνω περιπτώσεις βλέπουμε μία διαφορά τιμής 645.6€, δηλαδή περίπου 6% φθηνότερο. Από άποψη ενεργείας χρησιμοποιώντας το σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης - ψύξης με αντλία θερμότητας βλέπουμε ότι υπάρχει ένα ενεργειακό κέρδος περίπου 35% σε ηλεκτρικό ρεύμα (kWh). Έτσι, συγκρίνοντας τα 2 συστήματα, σε χρονικό ορίζοντα 2 περίπου ετών, βλέπουμε ότι το ποσό των 645.6€. θα έχει αποσβεστεί και από εκεί και πέρα το ενδοδαπέδιο σύστημα αποδεικνύεται πιο οικονομικό.

## ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ..



### ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ:

#### Απόδοση λειτουργίας

1. Οικολογικό ψυκτικό υγρό R-410A.
2. Προαιρετικός θερμαντήρας παράγει ζεστό νερό χρήσης με τεράστια οικονομία ενώ παράλληλα βελτιώνει την απόδοση του συστήματος.
3. Μεγάλη σταθερότητα, βαλβίδα εκτόνωσης διπλής κατεύθυνσης παρέχει ανώτερη λειτουργία.
4. Αποδοτικός συμπιεστής τεχνολογίας scroll λειτουργεί σχεδόν αθόρυβα.
5. Υπερδιαστασιολογήμενος ομοαξονικός σωλήνας στον εναλλάκτη νερού-ψυκτικού υγρού αυξάνει την απόδοση.

#### Προσαρμοστικότητα

1. Σχεδιασμένη να λειτουργεί με θερμοκρασία εισόδου νερού φορτίου από  $-1^{\circ}\text{C}$  έως  $55^{\circ}\text{C}$ .
2. Ελάχιστη παροχή νερού εισόδου από 1.6 L/min /kW ανοικτό κύκλωμα ( $10^{\circ}\text{C min. EWT}$ ).
3. Επιλογή αποκλειστικά θέρμανσης, αποκλειστικά ψύξης ή συνδυασμού (heat pump).
4. Η σειρά είναι προσχεδιασμένη ώστε να είναι δυνατή η παράλληλη λειτουργία των μονάδων για την κάλυψη οποιασδήποτε ανάγκης όσο

μεγάλη και αν είναι. Οι μονάδες ρυθμίζονται σε κατάσταση λήψης εντολών από την πρώτη μονάδα που αναλαμβάνει τις ρυθμίσεις λειτουργίας (master/slave controls).

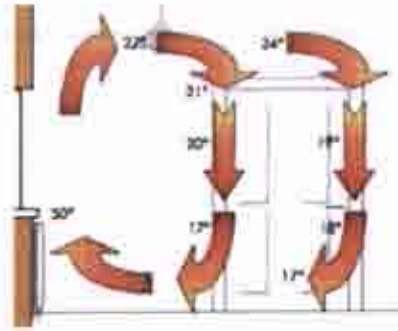
5. Συμπαγής κατασκευή επιτρέπει την εγκατάσταση σε περιορισμένο χώρο.
6. Ευελιξία στις θέσεις συνδέσεων (μπροστά ή πίσω)
7. Και ο πίνακας ελέγχου είναι αντιστρέψιμος.

## Ποιότητα κατασκευής

1. Ατσάλινο περίβλημα βαρέως τύπου με ειδική βαφή για μακροχρόνια αντοχή.
2. Όλες οι κολλήσεις χαλκού του κλειστού κυκλώματος ψυκτικού έγιναν σε περιβάλλον αζώτου.
3. Όλες οι μονάδες εκκενώθηκαν σε λιγότερο από 150 microns πριν την τοποθέτηση του ψυκτικού.
4. Όλες οι ενώσεις έχουν ελεγχθεί με τεστ ηλίου για να εξασφαλιστεί διαφυγή μικρότερη από 7g το χρόνο.
5. Ο εναλλάκτης του εξατμιστή, οι σωληνώσεις του ψυκτικού, το κύκλωμα του θερμαντήρα ζεστού νερού και όλες οι σωληνώσεις είναι τέλεια μονωμένα για την αποφυγή προβλημάτων συμπύκνωσης σε χαμηλές θερμοκρασίες.
6. Στοιχεία μείωσης του θορύβου: μονωμένος συμπιεστής και υψηλής πυκνότητας ηχοπροστατευτική επένδυση.
7. Διατάξεις ασφαλείας όπως έλεγχος υψηλής και χαμηλής πίεσης ψυκτικού για την προστασία του συμπιεστή και διακόπτης υψηλής θερμοκρασίας του κυκλοφορητή του ζεστού νερού χρήσης

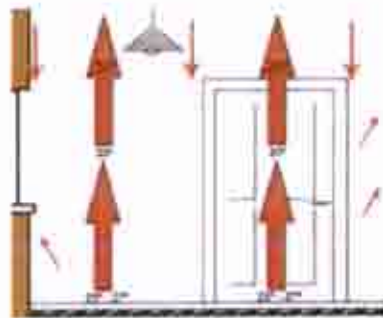
## 1.5 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΑΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ (ΧΡΗΣΗ ΘΕΡΜΑΝΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ)

Η ενδοδαπέδια θέρμανση αποτελεί ένα διαφορετικό είδος απόδοσης θερμότητας στον χώρο από αυτό που μπορεί να χρησιμοποιείτε ήδη. Κατά την λειτουργία του θερμαντικού-σώματος λόγω ακτινοβολίας θερμαίνεται ο αέρας στους 50°C. Το πρόβλημα με αυτό είναι ότι ο καυτός αέρας αυξάνεται και η θερμότητα συσσωρεύεται στο ανώτερο μέρος του χώρου. Έτσι η θερμοκρασία σε ύψος 1.6 m από το δάπεδο που βρίσκεται το κεφάλι η θερμοκρασία είναι 24°C, ενώ στο δάπεδο η θερμοκρασία είναι περίπου 17 °C. Βλέπε εικόνα 10.



Εικόνα 10: Θέρμανση με κοινά θερμαντικά σώματα

Αντίθετα, η αρχή λειτουργίας του ενδοδαπέδιου συστήματος βασίζεται στην ικανότητα που έχει το δάπεδο ως ένα τεράστιο θερμαντικό σώμα με μεγάλη θερμοχωρητικότητα να ακτινοβολεί ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις του χώρου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη ροή ζεστού νερού σε χαμηλή θερμοκρασία κάτω από το τελικό δάπεδο. Έτσι, η θερμοκρασία στο δάπεδο είναι 25-28 °C, ενώ σε ύψος 1.6 m η θερμοκρασία είναι 18 °C. Κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται ιδανική κατανομή θερμοκρασίας για το ανθρώπινο σώμα. Βλέπε εικόνα 11



Εικόνα 11: Θέρμανση με την χρήση ενδοδαπέδιας θέρμανσης

Στα δυο παρακάτω σχήματα γίνεται σύγκριση των ρευμάτων αέρα που δημιουργεί 'κοινό' θερμαντικό σώμα (εικόνα 12) και θέρμανση δαπέδου (εικόνα 13). Το κοινό θερμαντικό σώμα θερμαίνει κυρίως τον χώρο κοντά στην οροφή, ενώ στον χώρο παραμονής των ανθρώπων κυριαρχούν

ψυχρά ρεύματα αέρα. Αντίθετα στη θέρμανση δαπέδου το σώμα των ανθρώπων που βρίσκονται στον χώρο θερμαίνεται ικανοποιητικά και μόνο η κεφαλή βρίσκεται σε (δροσερότερο) περιβάλλον, πράγμα εξαιρετικά ευχάριστο και υγιεινό.



Εικόνα 12: Κίνηση ρευμάτων αέρα με την χρήση κοινού θερμαντικού σώματος



Εικόνα 13: Κίνηση ρευμάτων αέρα με την χρήση ενδοδαπέδιου συστήματος

Στα δυο παρακάτω σχήματα μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι κοντά στο δάπεδο η θερμοκρασία που επιτυγχάνει ένα κοινό θερμαντικό σώμα μπορεί να είναι  $17^{\circ}\text{C}$  και στο ύψος της κεφαλής  $22^{\circ}\text{C}$ , (βλέπε σχήμα 14) σε αντίθεση με το υποδαπέδιο που προσεγγίζει στους  $25^{\circ}\text{C}$  κοντά στο δάπεδο και τους  $19^{\circ}\text{C}$  στο ύψος της κεφαλής. (Βλέπε σχήμα 15)

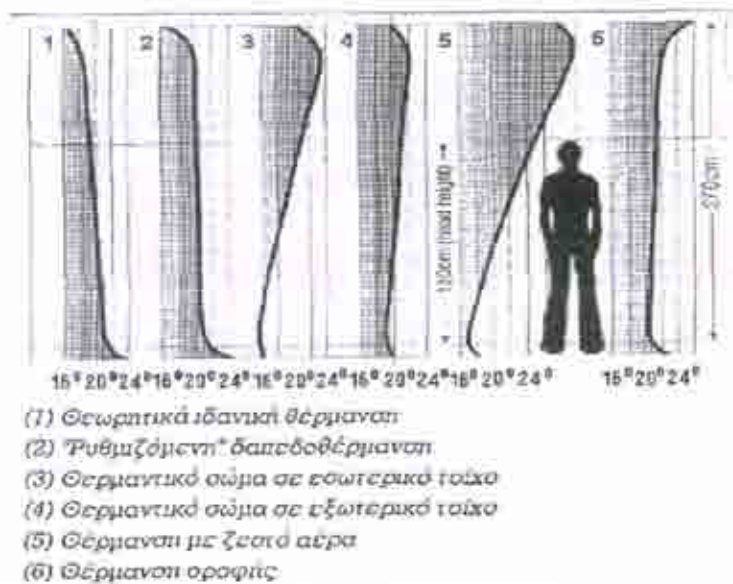


Εικόνα 14

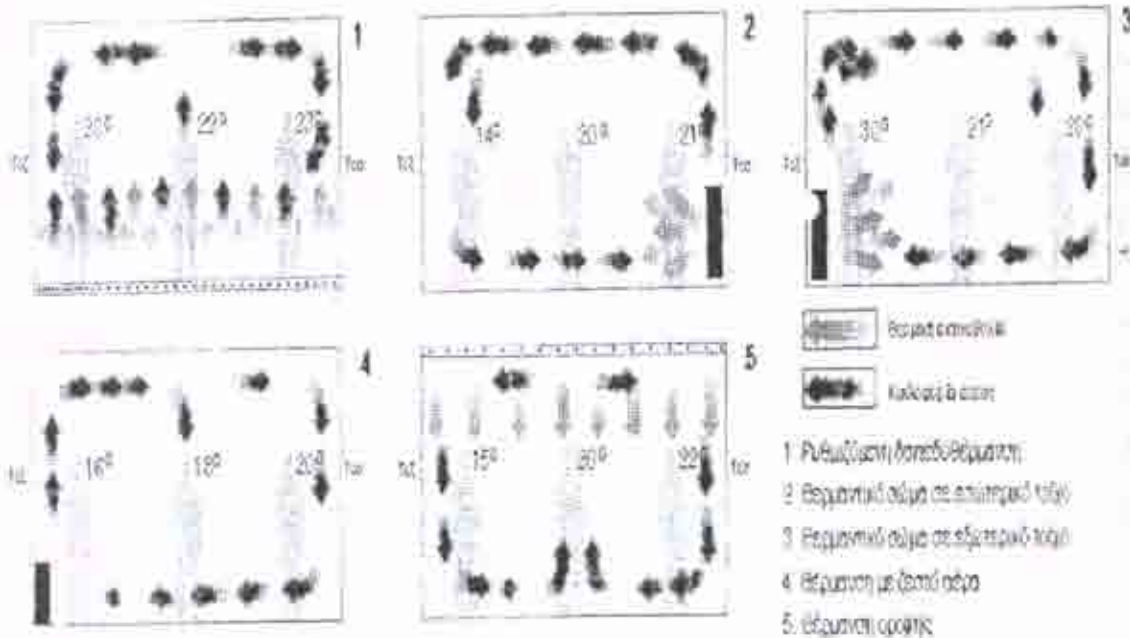


Εικόνα 15

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε κάποια διαγράμματα κατακόρυφης κατανομής θερμοκρασιών για την σύγκριση διαφόρων συστημάτων θέρμανσης.

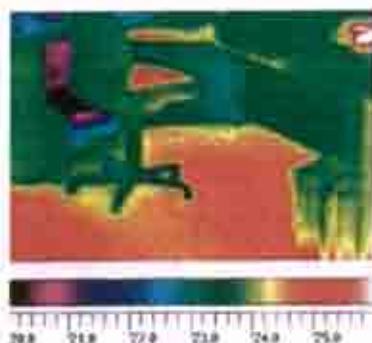


Εικόνα 16: Κατακόρυφη κατανομή θερμοκρασίας για κάθε μορφή θέρμανσης



Εικόνα 17: Σχεδιαστική παρουσίαση της ροής της θερμότητας του αέρα σε κατακόρυφη τομή χώρου, ανάλογα με το σύστημα θέρμανσης και τη θέση του Τεξ (εξωτερικών τοίχων) και Τεο (εσωτερικών τοίχων).

Στην πιο κάτω θερμική φωτογραφία φαίνεται πώς μεταδίδει θερμότητα το δάπεδο ενός γραφείου που βρίσκεται σε θερμοκρασία 25 βαθμών Κελσίου.



Εικόνα 18: Μετάδοση της θερμότητας από το δάπεδο όταν γίνεται χρήση ενδοδαπέδιας θέρμανσης

## 1.6 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΤΟΥ ΕΝΔΟΔΑΠΕΔΙΟΥ

### **ΚΤΙΡΙΟ**

Η πλάκα beton του κτιρίου θα πρέπει να είναι επαρκώς στερεή, επίπεδη, στεγνή και προπάντων καθαρή. Έτσι μόνο τοποθετείται απρόσκοπτα η μονωτική πλάκα του συστήματος. Μεγάλες ανωμαλίες οι αμέλειες πρέπει να διευθετηθούν πριν την τοποθέτηση τους ενώ πρέπει να έχουν τελειώσει οι απαραίτητοι σοβάδες (DIN 18560).

### **ΥΓΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ**

Αν στην οικοδομή δεν έχει προβλεφθεί μόνωση για την υγρασία του εδάφους (π.χ. φύλλο PE 0.2mm) πρέπει να αποφασισθεί η αντιμετώπιση της με τον μηχανικό της κατασκευής.



## **ΠΕΡΙΜΕΤΡΙΚΗ ΜΟΝΩΤΙΚΗ ΤΑΙΝΙΑ**

Η ταινία αυτή πρέπει να τοποθετηθεί χωρίς κενό σε όλους τους τοίχους της οικοδομής και σε όλα τα μέρη που εφάπτονται του θερμομπετόν (κάσες, πόρτες, κολώνες, τζάκια κλπ). Τα καρφιά στήριξης τοποθετούνται κάτω του επικολλημένου φύλλου ΡΕ για να αποφευχθούν οι ηχητικές γέφυρες. Το άνω τμήμα της ταινίας που θα περισσέψει μπορεί να αποκοπεί εφόσον τοποθετηθεί το τελικό δάπεδο (πλακάκι ξύλο κλπ). Τα κενά που θα απομείνουν συμπληρώνονται από κάποιο ελαστικό υλικό (σιλικόνη κλπ).



**Εικόνα 19:** Τοποθέτηση μονωτικής ταινίας

## **ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΜΟΝΩΤΙΚΩΝ ΠΛΑΚΩΝ**

Η μονωτική πλάκα τοποθετείται κατευθείαν στην πλάκα της οικοδομής πάνω στο μπετόν ή πάνω σε οποιαδήποτε στρώση προστασίας έχει προηγηθεί. Η αρχή γίνεται από την άνω δεξιά πλευρά του χώρου και με βοήθεια προσανατολισμού το Α συνδέουμε πλάκα με πλάκα μέχρι να καλύψουμε την επιφάνεια του θερμαινόμενου χώρου. Από τις ακριανές πλάκες αφαιρούμε την πατούρα σύνδεσης για καλύτερη επαφή με τον κάθετο τοίχο. Τμήματα που κόβονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε νέα αρχή στρώσης. Το κόψιμο των πλακών γίνεται με απλό μαχαίρι ή πριόνι. Οι έξι χελιδονοουρές και οι αντίστοιχες χελιδονοφωλιές εξασφαλίζουν την σωστή συναρμογή των μονωτικών πλακών.



Εικόνα 20 : Μονωτική πλάκα



Εικόνα 21 : Μονωτική πλάκα



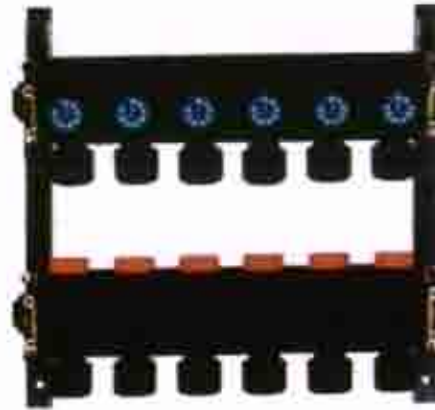
Εικόνα 22 : Μονωτική πλάκα

### **ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΛΛΕΚΤΗ**

Κοντά στον συλλέκτη υπάρχει φυσιολογική συσσώρευση σωλήνων και επίσης στο χώρο που βρίσκεται ο συλλέκτης η στρώση των σωλήνων είναι συνήθως πιο πυκνή (πιο μεγάλη απόδοση), οπότε απαιτείται μείωση της θέρμανσης τουλάχιστον τοπικά για να αποφευχθεί υπερθέρμανση του δαπέδου ( $\text{max.}=290^{\circ}\text{C}$ ). Εκεί τοποθετείται πρόσθετη μόνωση σωλήνα (σπιράλ κλπ).



Εικόνα 23 : Συλλέκτης



Εικόνα 24 : Συλλέκτης



Εικόνα 25 : Παρουσίαση συλλέκτη και η σύνδεση του με της σωλήνωσης του ενδοδαπέδιου συστήματος

## **ΣΥΛΛΕΚΤΗΣ**

Από τον συλλέκτη ξεκινά η στρώση του σωλήνα πάνω στην μονωτική πλάκα. Το φύλλο PE της περιμετρικής ταινίας καλύπτει την πλάκα και τον σωλήνα που περνά στα ακριανά τμήματα. Προσοχή χρειάζεται ώστε πριν την τοποθέτηση του σωλήνα να ορισθούν οι απαραίτητοι αρμοί διαστολής σε συμφωνία με τον τεχνίτη του θερμομοπετόν και τον ιδιοκτήτη του κτιρίου.

## **ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΣΩΛΗΝΑ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**

Η τοποθέτηση του σωλήνα απαιτεί την μέγιστη προσοχή του εγκαταστάτη. Ακόμα και στην αποθήκευση του πρέπει να προστατεύεται από ήλιο, λάδι, λίπη, χρώματα και άλλες ουσίες. Η αποσυσκευασία του σωλήνα γίνεται ελάχιστα πριν τη τοποθέτηση του η οποία δεν απαιτεί καμία ιδιαίτερη προεπεξεργασία. Η απευθείας στρώση του σωλήνα θέρμανσης επιτυγχάνεται με την χρήση της ανέμης ,ενώ δεν πρέπει να ξεπερνιούνται οι ακόλουθες ακτίνες καμπυλότητας του σωλήνα: Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος έως  $0^{\circ}\text{C} = 5\text{x}$  διάμετρο σωλήνα Κάτω των  $0^{\circ}\text{C}=8\text{x}$  διάμετρο του σωλήνα. Ξεκινώντας από τις επιστροφές του συλλέκτη διασχίζουμε τους χώρους που παρεμβάλλονται έως τον χώρο που θέλουμε να θερμάνουμε και εκεί διαστρώνουμε τον σωλήνα σύμφωνα με την μελέτη των θερμικών κυκλωμάτων. Η τοποθέτηση του σωλήνα εντός των ειδικών στηρίξεων γίνεται με απλό πάτημα του σωλήνα χωρίς να τραυματίζεται η άνω άκρη της στήριξης γι' αυτό επιβάλλεται η χρήση ελαφρών αθλητικών υποδημάτων. Σωλήνες ή τμήματα αυτών που έχουν φθαρεί πρέπει να αντικαθίστανται αμέσως.

Ο σωλήνας θέρμανσης δεν κολλά ούτε συγκολλάται. Αν γίνει φθορά σωλήνα κατά την στρώση, ή και μετά του θερμομοπετόν εφόσον δεν υπάρχει δυνατότητα αλλαγής σωλήνα γίνεται χρήση ειδικών συνδέσμων που συνδέουν τα δύο τμήματα σωλήνα που προέκυψαν από την αφαίρεση της ζημιάς και εφόσον έχει γίνει καλός καθαρισμός των άκρων. Το συγκεκριμένο σημείο πρέπει να είναι επισκέψιμο και προσιτό σε κάθε έλεγχο που θα απαιτηθεί, γι' αυτό δεν καλύπτεται πλήρως από θερμομοπετόν αλλά τοποθετείται πάνω από αυτό ειδικό σχαράκι. Οι σύνδεσμοι αυτοί μπαίνουν μόνο σε ευθεία τμήματα.



Εικόνα 26 : Ενδοδαπέδιο σύστημα πριν από την επικάλυψη του με βετον το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του κτιριακού ομοιώματος δοκιμών



Εικόνα 27 : Παρουσίαση της κατανομής των σωλήνων του ενδοδαπέδιου συστήματος το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του κτιριακού ομοιώματος δοκιμών



Εικόνα 28 : Μέρη από τα οποία αποτελείται ένας σωλήνας ενδοδαπέδιας θέρμανσης

## **ΑΡΜΟΙ ΔΙΑΣΤΟΛΗΣ ΔΑΠΕΔΟΥ**

Οι αρμοί διαστολής είναι απαραίτητοι ανάλογα με το είδος του θερμομετόν που στρώνεται και απορροφούν τις κινήσεις των υλικών λόγω των θερμοκρασιακών μεταβολών ώστε να αποφευχθούν οι ρωγμές. Διαχωρίζονται σε αρμούς κύριους, περιμετρικούς και επιφανειακούς. Υπό κανονικές συνθήκες το θερμομετόν μπορεί να είναι 30m<sup>2</sup> με ανώτατο μήκος πλευρών 6m (DIN 4109 φύλλο 4) και σχέση μήκους πλάτους 2:1. Σε μεγάλες επιφάνειες επιβάλλονται οι αρμοί διαστολής και εκτός αυτού πρέπει να ακολουθούν το DIN 18650 περί κολυμπητού μετόν. Στους αρμούς διαστολής δίνεται προσοχή ώστε να μην βρίσκονται πάνω από θερμικά κυκλώματα αλλά ο διαχωρισμός των θερμικών κυκλωμάτων, των θερμαινόμενων χώρων, και οι διαχωρισμοί των επιφανειών από τους αρμούς να συμπίπτουν. Επίσης σε τμήματα αρμών πάνω από σωλήνα (προσαγωγή και επιστροφή) πρέπει να προβλεφθεί τοποθέτηση σωλήνα προστασίας και μόνωσης (σπирάλ 20cm) στο σωλήνα θέρμανσης. Όλοι οι αρμοί διαστολής, που συμπίπτουν με τους αρμούς των τελικών δαπέδων (πλακάκι, παρκέ κλπ) ανεξάρτητα αν είναι θερμαινόμενα ή όχι απαιτούν συντήρηση ή επαναγόμωση με ελαστικά υλικά σιλικόνη κλπ. Η οποιαδήποτε αλλαγή στους αρμούς δεν οφείλεται στην θερμομόνωση αλλά στις ανεξάρτητες από το χρόνο αλλαγές της εσωτερικής τάσης του θερμομετόν.

## **ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ**

Μετά την τοποθέτηση των σωλήνων και πριν την επικάλυψη τους με το θερμομετόν πρέπει να γίνει υδραυλική δοκιμή του δικτύου αφού γίνει και

καλός εξαερισμός. Η πίεση ελέγχου είναι 6 έως 10 bar τουλάχιστον για 24 ώρες. Πριν την τοποθέτηση του θερμομετόν ελέγχουμε όλες τις συνδέσεις. Αν η εξωτερική θερμοκρασία πέσει κάτω των 0°C πρέπει να χρησιμοποιηθεί αντιπηκτική πρόσμιξη.

### **ΘΕΡΜΟΜΠΕΤΟΝ**

Το ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης επιδέχεται οποιοδήποτε είδος κολυμπητού Βετον εκτός αυτών που έχουν βάση πισσάσφαλτο και αυτά που είναι ειδικά για πλακίδια επίστρωσης. Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι προδιαγραφές DIN και οι αντίστοιχοι κανόνες. Η εγκατάσταση πρέπει να βρίσκεται υπό πίεση την ώρα της διάστρωσης του θερμομετόν.



**Εικόνα 29 :** Επίστρωση του ενδοδαπέδιου συστήματος με θερμομετόν



**Εικόνα 30:** Παρουσίαση του ενδοδαπέδιου συστήματος το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του κτιριακού ομοιόματος δοκιμών μετά την επίστρωση του με βετον

## **ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ ΘΕΡΜΟΜΠΕΤΟΝ**

Η επίτευξη ιδανικής αγωγιμότητας του θερμομπετόν επιτυγχάνεται με την τέλεια προσαρμογή του μπετόν πάνω στο σώμα του σωλήνα. Σ' αυτά βοηθά πολύ η πρόσμιξη του βελτιωτικού ρευστού Estrolith H. Οι οδηγίες χρήσεως αναγράφονται πάνω στην συσκευασία.

## **ΕΝΑΡΞΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ**

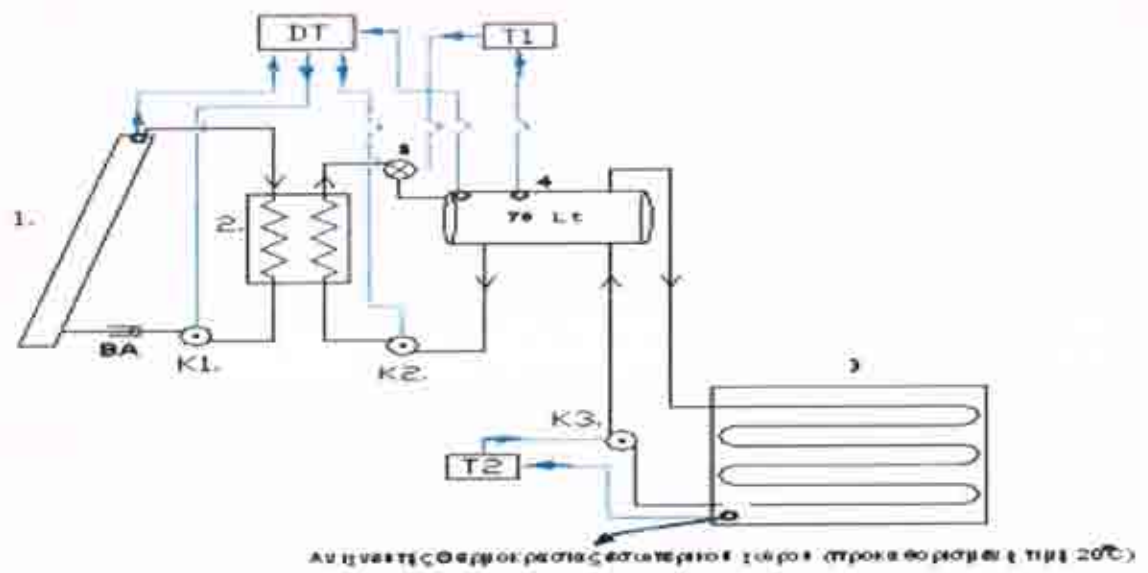
Το θερμομπετόν θερμαίνεται 21 μέρες μετά την τοποθέτηση του. Η διαδικασία αυτή γίνεται αργά ανά  $5^{\circ}\text{K}$  την ημέρα έως μέγιστο  $50^{\circ}\text{C}$  ώστε να επιτευχθεί άριστη αφύγρανση του θερμομπετόν. Οι τελικές επιφάνειες τοποθετούνται 28 μέρες μετά την τοποθέτηση του θερμομπετόν. Η επιφανειακή θερμοκρασία δεν πρέπει να ξεπερνά τους  $18^{\circ}\text{C}$ .

## **ΔΑΠΕΔΑ**

Για την ενδοδαπέδια θέρμανση προσφέρονται καλύτερα τα δάπεδα που παρουσιάζουν μικρή αντίσταση θερμοδιαφυγής, π.χ. επιφάνειες από φυσική ή τεχνητή πέτρα, πλακάκια, πλάκες κλπ. Δύναται να τοποθετηθούν τεχνητά δάπεδα ή άλλα αρκεί να μην έχουν αντίσταση θερμοδιαφυγής μεγαλύτερη των  $0.15\text{m}^2\text{K/W}$ . Υπάρχουν δε και δάπεδα τα οποία δεν συνδυάζονται με την ενδοδαπέδια θέρμανση



## 1.7 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ



Εικόνα 31 : Κύκλωμα ηλιακού συλλέκτη, δεξαμενής αποθήκευσης και παραγωγής ζεστού νερού σε ενδοδαπέδιο

## 1.8 Βασικά στοιχεία ενδοδαπέδιου συστήματος



Εικόνα 32 : Βασικά μέρη ενός συλλέκτη

(1) Ηλιακός συλλέκτης

(2) Εναλλάκτης θερμότητας



Εικόνα 33 : Εναλλάκτης θερμότητας

(3) Ενδοδαπέδιο σύστημα

(4) Δεξαμενή ζεστού νερού (boiler) 70 LT



Εικόνα 34 : Τομή δεξαμενής ζεστού νερού

(5) Διακόπτης παροχής ζεστού νερού στη δεξαμενή

(DT) Διαφορικός θερμοστάτης



Εικόνα 35: Διαφορικός θερμοστάτης

(T1) ΚΑΙ (T2) Θερμοστάτες

(K1) , (K2) , (K3) Κυκλοφορητες

B.A Βαλβίδα αντεπιστροφής

### 1.9) Τρόπος λειτουργίας του ενδοδαπέδιου συστήματος

Το boiler περιέχει νερό το οποίο θερμαίνεται από ηλιακό συλλέκτη, διαμέσου ενός εναλλάκτη θερμότητας. Ο εναλλάκτης θερμότητας είναι ένα μεταλλικό πλαίσιο από το οποίο περνάνε οι σωλήνες του νερού από τον ηλιακό συλλέκτη από την μια πλευρά ενώ από την άλλη περνάνε οι σωλήνες του νερού από το boiler. Το νερό των σωληνών του ηλιακού συλλέκτη είναι σε μεγάλη θερμοκρασία με αποτέλεσμα την άνοδο της θερμοκρασίας του εναλλάκτη και την θέρμανση του νερού των σωληνών που περνά από την άλλη πλευρά και οδηγείται στο boiler. Για να έχουμε διατήρηση της επιθυμητή θερμοκρασίας στο boiler έχουμε εισαγωγή σε αυτό ζεστού νερού από τον εναλλάκτη και επιστροφή του κρύου με την βοήθεια του κυκλοφορητή κ2 σε αυτόν. Το νερό του συλλέκτη αφού περάσει από τον εναλλάκτη θερμότητας και αποδώσει θερμότητα επιστρέφει ξανά σε αυτόν με την βοήθεια του κυκλοφορητή κ1 για να αποκτήσει πάλι για να ξαναζεσταθεί .Ο διαφορικός θερμοστάτης με την βοήθεια δύο θερμοζευγών προσδιορίζει τις θερμοκρασίες από δύο σημεία όπου στην περίπτωση μας είναι η θερμοκρασία νερού στην έξοδο του Ηλιακού Συλλέκτη και θερμοκρασία νερού στην δεξαμενή ζεστού νερού. Όταν η διαφορά της θερμοκρασίας των σημείων αυτών ξεπεράσει κάποια προκαθορισμένη τιμή, τότε έχουμε σήμα στην έξοδο του οργάνου (έλεγχος ηλεκτροβάνας). Όταν η θερμοκρασία στην δεξαμενή ζεστού νερού ξεπεράσει τους 50°C ο θερμοστάτης T1 δίνει εντολή στον διακόπτη S να κλείσει, ενώ σύγχρονος αρχίζει να αναμιγνύεται το νερό το boiler με νερό από το δίκτυο ώστε να πετύχουμε τέτοια θερμοκρασία νερού που φτάνοντας στο ενδοδαπέδιο η τιμή της να είναι 35-45°C. Στην περίπτωση που οι καιρικές συνθήκες είναι τέτοιες (συννεφιά, χαμηλά επίπεδα ηλιοφάνειας, χαμηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας) έτσι ώστε οι ηλιακοί συλλέκτες να μην παρέχουν ικανοποιητική ποσότητα θερμικής ενέργειας τότε το σύστημα αποθήκευσης αποτελούμενο από περισσότερες από μία δεξαμενές μας δίνει την λύση διατηρώντας την αποτελεσματικότητα του συστήματος για θέρμανση με ηλιακούς συλλέκτες.Υπεύθυνος για την τροφοδοσία του ενδοδαπέδιου με ζεστό νερό όταν η θερμοκρασία του χώρου πέσει κάτω από τους 20°C είναι ο θερμοστάτης T2 ο οποίος βρίσκεται τοποθετημένος μέσα στον χώρο που

θέλουμε να θερμάνουμε. Το νερό του boiler αφού περάσει από τις σωληνώσεις του ενδοδαπέδιου συστήματος επιστρέφει πάλι σε αυτό με την βοήθεια του κυκλοφορητή κ3. Τέλος για ασφάλεια του συστήματος γίνεται χρήση βαλβίδας αντεπιστροφής που έχει σκοπό την αποφυγή την αντιστροφή ροής του νερού στο κύκλωμα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

#### 2.1.1 Υπολογισμός συντελεστή της ολικής θερμοπερατότητας του Νότιου τοίχου

Ο Νότιος τοίχος αποτελείται από τρία μέρη .εξωτερικά έχουμε ξύλο πάχους 0,016m με συντελεστή αγωγιμότητας  $k= 0,14 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  ,ενδιάμεσα μόνωση Dow πάχους 0,03m με συντελεστή αγωγιμότητας  $k=0,041 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  και εσωτερικά ξύλο πάχους 0,008m με συντελεστή αγωγιμότητας  $k= 0,14 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ .Επίσης αποτελείται από μια πόρτα διαστάσεων  $0,58*0,59\text{m}^2$  και ένα παράθυρο διαστάσεων  $0,285*0,285 \text{ m}^2$  .



Εικόνα 36: Νότιος τοίχος

$$1/h_{ολ\tau\omega\iota\chi\omicron\upsilon} = 1/h_{εξ} + 1/h_{ες} + \Delta X_1/K_{ξ\upsilon\lambda\omicron\upsilon} + \Delta X_2/K_{ξ\upsilon\lambda\omicron\upsilon} + \Delta X_{μ\omicron\nu\omega\iota\sigma\eta\varsigma}/K_{μ\omicron\nu\omega\iota\sigma\eta\varsigma} + \Delta X_{αε\rho\alpha}/K_{αε\rho\alpha} \Rightarrow$$

$$1/h_{ολ\tau\omega\iota\chi\omicron\upsilon} = 0,075 + 0,2 + (0,016/0,14) + (0,008/0,14) + (0,03/0,041) + (0,01/30,87 \cdot 10^{-3})$$

$$1/h_{ολ\tau\omega\iota\chi\omicron\upsilon} = 0,075 + 0,2 + 0,1143 + 0,0571 + 0,7317 + 0,3239 = 1,502 \text{ (m}^2\cdot\text{k)/w}$$

$$U_{\tau\omega\iota\chi\omicron\upsilon} = (1/h_{ολ\tau\omega\iota\chi\omicron\upsilon})^{-1} = 0,6657 \text{ w/(m}^2\cdot\text{k)}$$

$$U_{\tau\omega\iota\chi\omicron\upsilon} \cdot A_{\tau\omega\iota\chi\omicron\upsilon} = 1,19399 \text{ w/k}$$

$$U_{\tauζαμ} = 2,8 \text{ w/(m}^2\cdot\text{k)} \text{ (διπλό τζάμι με ξύλινο πλαίσιο 10 \% και προφυλαγμένο)}$$

$$U_{\tauζαμ} \cdot A_{\tauζαμ} = 2,8 \cdot (0,285 \cdot 0,285) = 0,2274 \text{ w/k}$$

$$U'_{\tauζαμ} = 6,3 \text{ w/(m}^2\cdot\text{k)} \text{ (μονό τζάμι σε ξύλινο πλαίσιο 10\% και εκτεθειμένο)}$$

$$U'_{\tauζαμ} \cdot A'_{\tauζαμ} = 6,3 \cdot (0,712 \cdot 1,237) = 5,5487 \text{ w/k}$$

$$U_{\pi\omicron\rho\tau\alpha\varsigma} = 3,49 \text{ w/(m}^2\cdot\text{k)} \text{ (θύρα εξωτερική ξύλινη)}$$

$$U_{\pi\omicron\rho\tau\alpha\varsigma} \cdot A_{\pi\omicron\rho\tau\alpha\varsigma} = 3,49 \cdot (0,58 \cdot 0,89) = 1,8015 \text{ w/k}$$

$$(U \cdot A)_{ολ\ \nu\omicron\tau\iota\upsilon\ \tau\omega\iota\chi\omicron\upsilon} = U_{\tau\omega\iota\chi\omicron\upsilon} \cdot A_{\tau\omega\iota\chi\omicron\upsilon} + U_{\tauζαμ} \cdot A_{\tauζαμ} + U'_{\tauζαμ} \cdot A'_{\tauζαμ} + U_{\pi\omicron\rho\tau\alpha\varsigma} \cdot A_{\pi\omicron\rho\tau\alpha\varsigma} = 1,19399 + 0,2274 + 5,5487 + 1,8015 = 9,1 \text{ w/k}$$

### 2.1.2 Υπολογισμός συντελεστή της ολικής θερμοπερατότητας του Βόρειου τοίχου

Ο Βόρειος τοίχος αποτελείται από τρία μέρη .εξωτερικά έχουμε ξύλο πάχους 0,016m με συντελεστή αγωγιμότητας  $k = 0,14 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  ,ενδιάμεσα μόνωση Dow πάχους 0,03m με συντελεστή αγωγιμότητας  $k = 0,041 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  και εσωτερικά ξύλο πάχους 0,008m με συντελεστή αγωγιμότητας  $k = 0,14 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ .



Εικόνα 37: Βόρειος τοίχος.

$$1/h_{ολ} = 1/h_{εσωτ} + 1/h_{εξωτ} + \Delta X_{1ξύλου}/K_{ξύλου} + \Delta X_{αέρα}/K_{αέρα} + \Delta X_{2ξύλου}/K_{ξύλου} + \Delta X_{φενιζ}/K_{φενιζ} \Rightarrow$$

$$1/h_{ολικό} = 1,781 + 0,06m/[30,87 \cdot 10^{-3} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})] = 1,55 (\text{m}^2 \cdot \text{k})/\text{W}$$

$$U_{τοιχου} = 1/1,55 = 0,645 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$$

$$U_{τοιχου} \cdot A_{τοιχου} = 0,645 \cdot (1,82 \cdot 1,455) = 0,645 \cdot 2,648 \text{ W}/\text{K} = 1,70796 \text{ W}/\text{K}$$



### 2.1.3 Υπολογισμός συντελεστή της ολικής θερμοπερατότητας του Ανατολικού και Δυτικού τοίχου

Ο Ανατολικός καθώς και ο Δυτικός τοίχος αποτελούνται από τρία μέρη .εξωτερικά έχουν ξύλο πάχους 0,016m με συντελεστή αγωγιμότητας  $k= 0,14 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  ,ενδιάμεσα μόνωση Dow πάχους 0,03m με συντελεστή αγωγιμότητας  $k=0,041 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$  και εσωτερικά ξύλο πάχους 0,008m με συντελεστή αγωγιμότητας  $k= 0,14 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$ .Επίσης έχει ο κάθε τοίχος από ένα παράθυρο διαστάσεων  $0,285 \times 0,285 \text{m}^2$ .



Εικόνα 38: Ανατολικός - Δυτικός τοίχος

$$1/h_{\text{ολ}_\tau} = 1/h_{\text{εξ}} + 1/h_{\text{εξ}} + \Delta X_1/K_{\text{ξυλου}} + \Delta X_2/K_{\text{ξυλου}} + \Delta X_{\text{μονωσης}}/K_{\text{μονωσης}} \Rightarrow$$

$$1/h_{\text{ολ}_\tau} = 0,075 + 0,2 + (0,016/0,14) + (0,008/0,14) + (0,03/0,041) \\ = 1,1781 (\text{m}^2 \cdot \text{k})/\text{w}$$

$$U_{\tau} = (1/h_{\text{ολ}_\tau})^{-1} = 0,8488 \text{ w}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})$$

$$U_{\tau} \cdot A_{\tau} = 0,8488 \cdot 1,721 = 1,46078 \text{ w/k}$$

Για να βρω το εμβαδόν του τοίχου το χωρίζω σε τρία μέρη :

- Το εμβαδόν του τριγώνου είναι :

$$E_1 = (1/2) \cdot \beta \cdot \nu = (1/2) \cdot 0,875 \cdot 0,505 = 0,221 \text{ m}^2$$

- Το εμβαδόν του μικρού ορθογωνίου είναι:

$$E_2 = \beta \cdot \nu = 0,215 \cdot 0,715 = 0,154 \text{ m}^2$$

- Το εμβαδόν του μεγάλου ορθογωνίου είναι:

$$E_3 = \beta \cdot \nu = 1,09 \cdot 1,235 = 1,346 \text{ m}^2$$

$$A_{\tau} = E_{\text{ολ}} = E_1 + E_2 + E_3 = 0,221 + 0,154 + 1,346 = 1,721 \text{ m}^2$$

$$U_{\tau} \cdot A_{\tau} = 0,8488 \cdot 1,721 \text{ w}/(\text{m}^2 \cdot \text{k}) \cdot \text{m}^2 = 1,46 \text{ W/K}$$

$$U_{\tau_{\text{αμιού}}} = 6,3 \text{ w}/(\text{m}^2 \cdot \text{k}) \text{ (μονό τζάμι, ξύλινο πλαίσιο 10%, εκτεθειμένο)}$$

$$U_{\tau_{\text{αμιού}}} \cdot A_{\tau_{\text{αμιού}}} = 6,3 \cdot (0,285 \cdot 0,285) = 6,3 \cdot 0,081225 \text{ w}/(\text{m}^2 \cdot \text{k}) \cdot \text{m}^2 = 0,51171 \text{ W/K}$$

$$(U \cdot A)_{\text{ολικό}} = U_{\tau} \cdot A_{\tau} + U_{\tau_{\text{αμιού}}} \cdot A_{\tau_{\text{αμιού}}} = 1,46 + 0,51171 = 1,97171 \text{ W/K}$$

### 2.1.4 Υπολογισμός συντελεστή της ολικής θερμοπερατότητας για την οροφή

Η οροφή αποτελείται από ένα ηλιακό συλλέκτη διαστάσεων  $0,66 * 0,93\text{m}^2$  και ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο διαστάσεων  $0,74*0,93\text{m}^2$  τα οποία αποτελούνται από τζαμί πάχους  $1\text{mm}$  με συντελεστή αγωγιμότητας  $\kappa=8,9*10^{-4}\text{ W/m}^*\text{K}$ , σωλήνες  $\text{cu}$  διαμέτρου  $0,02\text{m}$  με συντελεστή αγωγιμότητας  $\kappa=30,87*10^{-3}\text{ W/m}^*\text{K}$  και πλαίσιο πάχους  $0,02\text{m}$  με συντελεστή αγωγιμότητας  $\kappa=0,041\text{ W/m}^*\text{K}$  κάτω από αυτά βρίσκεται μόνωση πάχους  $0,001\text{m}$  με συντελεστή αγωγιμότητας  $\kappa=1,406\text{ W/m}^*\text{K}$

$$1/h_{\text{ολικό}}=1/h_{\text{εσωτ}}+1/h_{\text{εξωτ}}+\Delta X_{\text{τζαμί}}/K_{\text{τζαμί}}+\Delta X_{\text{αέρα}}/K_{\text{αέρα}}+\Delta X_{\text{cu}}/K_{\text{cu}}+\Delta X_{\text{φενίξ}}/K_{\text{φενίξ}}+\Delta X_{\text{πλαίσιο}}/K_{\text{πλαίσιο}} \Rightarrow$$

$$1/h_{\text{ολικό}}=0,075\text{ (m}^2*\text{k)/W}+0,2\text{ (m}^2*\text{k)/W}+[0,002/(0,242/273)]\text{ (m}^2*\text{k)/W}+0,02/(30,87*10^{-3})\text{ (m}^2*\text{k)/W}+(0,001/1,406)\text{ (m}^2*\text{k)/W}+(0,02/0,041)\text{ (m}^2*\text{k)/W}=0,075\text{ (m}^2*\text{k)/W}+0,2\text{ (m}^2*\text{k)/W}+2,256\text{ (m}^2*\text{k)/W}+0,648\text{ (m}^2*\text{k)/W}+0,0007\text{ (m}^2*\text{k)/W}+0,488\text{ (m}^2*\text{k)/W} \Rightarrow$$

$$1/h_{\text{ολικό}}=3,668\text{ (m}^2*\text{k)/W}+(0,002/203,89)\text{ (m}^2*\text{k)/W}=3,668\text{ (m}^2*\text{k)/W}+9,81*10^{-7}$$

$$U=h_{\text{ολ}}=0,273\text{ W/(m}^2*\text{k)}$$

$$U_{\text{σολ.1}} * A_{\text{σολ.1}}=0,273\text{ W/(m}^2*\text{k)}*(0,66*0,93)\text{ m}^2=0,168\text{ W/K}$$

$$U_{\text{σολ.2}} * A_{\text{σολ.2}}=0,273\text{ W/(m}^2*\text{k)}*(0,74*0,93)\text{ m}^2=0,188\text{ W/K}$$

$$\text{ΑΡΑ } U_{\text{οροφής}} * A_{\text{οροφής}}=U_{\text{σολ.1}} * A_{\text{σολ.1}}+U_{\text{σολ.2}} * A_{\text{σολ.2}}=(0,168+0,188)\text{ W/K}=0,356\text{ W/K}$$

### 2.1.5 Υπολογισμός συντελεστή της ολικής θερμοπερατότητας για το δάπεδο

Έστω το πάχος που έχουν τα πλακάκια είναι  $0,5\text{ cm}$ , το περλομπετόν έχει πάχος  $9\text{ cm}$  και το πάχος του γαρμπιλοσκυροδέματος είναι  $3,5\text{ cm}$ .

$$U_g=(2*\lambda_g*B)/(1/2*b*\pi)*\text{artanh}*((1/2*b)/(1/2*b+1/2*N))$$

$$\text{ΟΠΟΥ } B=\exp[(1/2*b)/L]$$

$$B=\exp[(1/2*1,09)/1,455]=\exp(0,545/1,455)=\exp(0,375)=1,455\text{ m}^{-2}$$

ΤΟ  $\lambda_g$  κυμαίνεται μεταξύ  $0,7$  ΚΑΙ  $2,1\text{ W/(m}^*\text{k)}$

$$U_g=[(2*1,4*1,455)/(1/2*1,09*3,14)*\text{artanh}((1/2*1,09)/(1/2*1,09+1/2*0,0054))]$$

$$U_g = (4.074/1.71) * \operatorname{artanh} * [(0.545)/(0.458+9.259)] = 2.382 * \operatorname{artanh} * (0.545/9.717) = 2.382 * \operatorname{artanh} * (0.056)$$

$$\operatorname{artanh}(x) = \tanh^{-1} x = \log((1+x)/(1-x))/2$$

$$\operatorname{artanh}(0.056) = \log((1+0.0056)/(1-0.0056))/2 = \log(1.056/0.944)/2 = 1.1186/2$$

$$\operatorname{artanh}(0.0056) = 0.559$$

$$\text{APA } U_g = 2,382 * \operatorname{artanh}(0.0056) = 2.382 * 0.559 = 1.3315 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{k})$$

$$A_{\delta\alpha\pi\epsilon\delta\omicron\upsilon} = 1,58 \text{ m}^2$$

$$\text{APA } U_g * A_{\delta\alpha\pi\epsilon\delta\omicron\upsilon} = 1,3315 \text{ W}/(\text{m}^2 * \text{k}) * 1,58 \text{ m}^2 = 2,104 \text{ W/K}$$

Υπολογισμός ολικού συντελεστή θερμοπερατότητας ( $U * A$ )

$$(U * A)_{\text{ολικό}} = (U * A)_{\text{ΒΟΡΕΙΟΥ ΤΟΙΧΟΥ}} + (U * A)_{\text{ΝΟΤΙΟΥ ΤΟΙΧΟΥ}} + (U * A)_{\text{ΔΥΤΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ}} + (U * A)_{\text{ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΤΟΙΧΟΥ}} + (U * A)_{\text{ΟΡΟΦΗΣ}} + (U * A)_{\text{ΔΑΠΕΔΟΥ}} \Rightarrow$$

$$(U * A)_{\text{ολικό}} = (9,1 + 1,70796 + 1,8015 + 1,97171 + 1,97171 + 0,356 + 2,104) \text{ W/K} = 19,02 \text{ W/K}$$

Υπολογισμός ολικών θερμικών απωλειών χώρου

Οι θερμικές απώλειες του χώρου θα υπολογιστούν σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

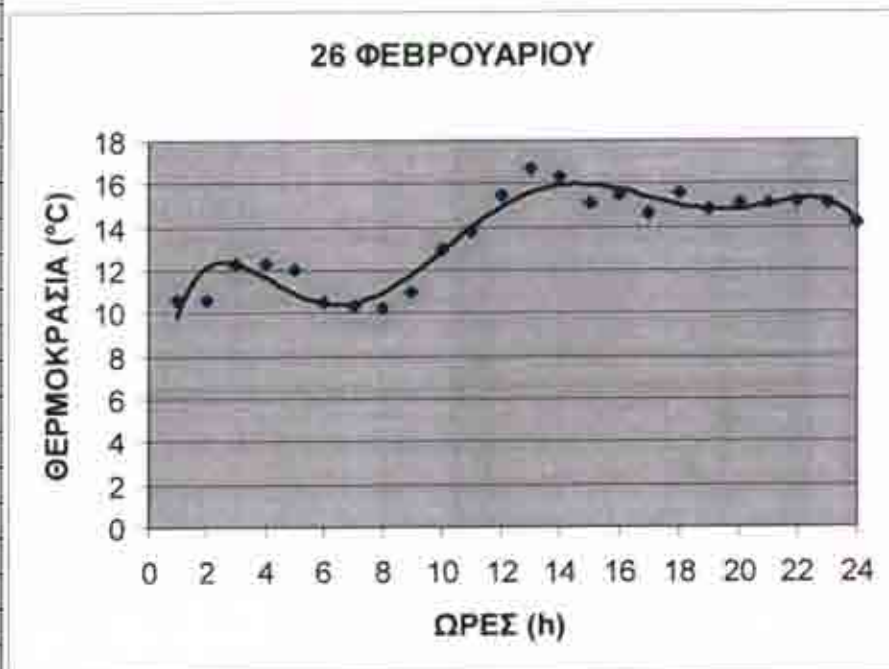
$$Q_L = (U * A)_{\text{ολικό}} * (T_x - T_a) * \Delta t$$

Όπου  $T_x$  είναι η επιθυμητή θερμοκρασία χώρου ( $20^\circ\text{C}$ ) και  $T_a$  είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Πίνακας Ι: Μεταβολή  
Θερμοκρασίας ανά ώρα

ΩΡΕΣ(h)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°c)
1	10,6
2	10,6
3	12,3
4	12,3
5	12
6	10,5
7	10,3
8	10,2
9	11
10	12,9
11	13,8
12	15,5
13	16,7
14	16,3
15	15,1
16	15,5
17	14,6
18	15,6
19	14,8
20	15,1
21	15,1
22	15,2
23	15,1
24	14,2

Στο παρακάτω γράφημα έχουμε  
τη μεταβολή της θερμοκρασίας  
συναρτήση της ώρας για 26.2.05

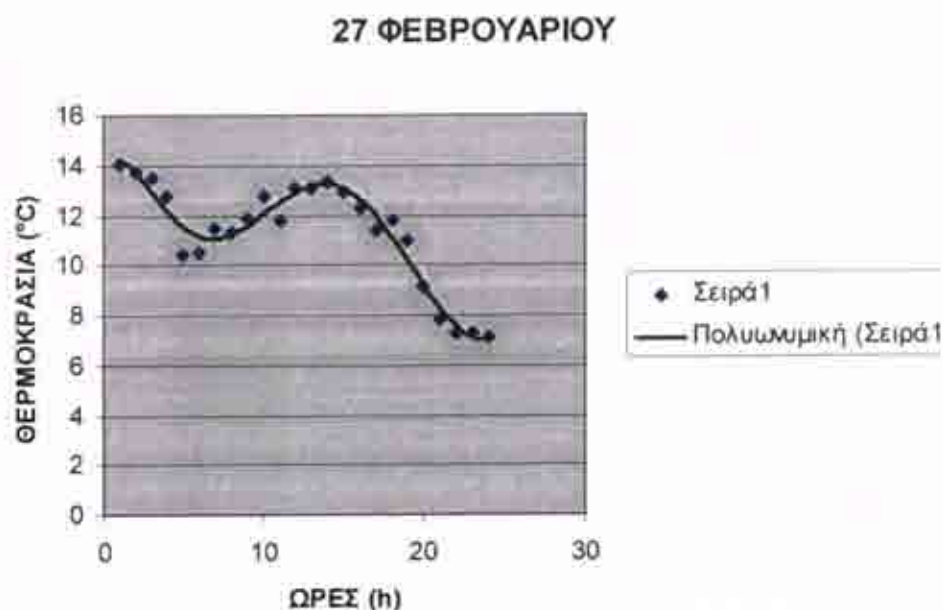


Προσοχή : Πρόκειται περί της Αληθούς Ηλιακής Ωρας και όχι του συμβατικού ρολογιού

Πίνακας 2: Μεταβολή  
Θερμοκρασίας ανά ώρα

Στο παρακάτω γράφημα έχουμε  
τη μεταβολή της θερμοκρασίας  
συναρτήση της ώρας για 27.2.05

ΩΡΕΣ (h)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ (°C)
1	14,1
2	13,7
3	13,5
4	12,8
5	10,4
6	10,5
7	11,5
8	11,3
9	11,9
10	12,8
11	11,8
12	13,1
13	13,1
14	13,3
15	12,9
16	12,3
17	11,4
18	11,8
19	11
20	9,1
21	7,8
22	7,3
23	7,3
24	7,1

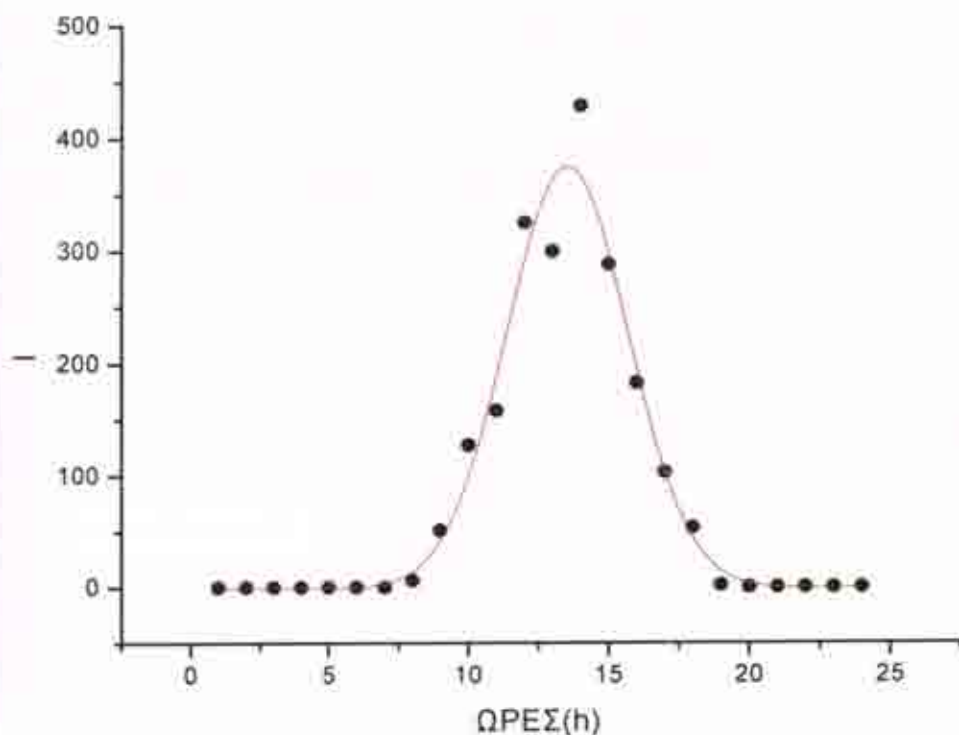


Προσοχή: Πρόκειται περί της Αληθούς Ηλιακής Ωρας και όχι του συμβατικού ρολογιού

Πίνακας 3:  
Μεταβολή έντασης  
ηλιακής ακτινοβολίας  
ανά ώρα

Στο παρακάτω γράφημα έχουμε την μεταβολή της ακτινοβολίας που πέφτει στο οριζόντιο επίπεδο ανά ώρα.

ΩΡΕΣ (h)	$I_h$ (w/m <sup>2</sup> )
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0,1
6	0
7	0,1
8	6
9	50,8
10	127,1
11	157,8
12	325,2
13	299,5
14	428,8
15	287,8
16	182,3
17	102,8
18	53,1
19	1,9
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0

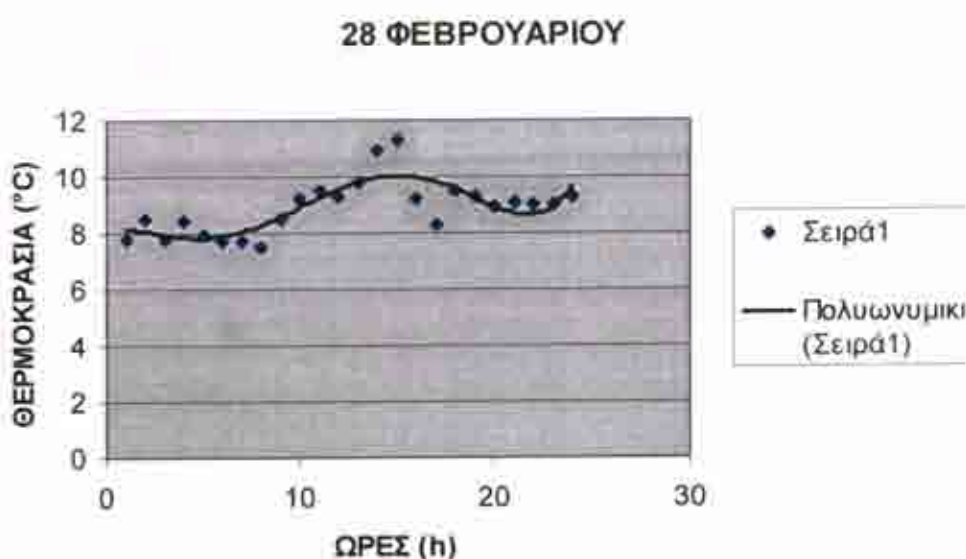


Προσοχή: Πρόκειται περί της Αληθινούς Ηλιακής Ωρας και όχι του συμβατικού ρολογιού

Πίνακας 4: Μεταβολή  
Θερμοκρασίας ανά ώρα

Στο παρακάτω γράφημα έχουμε  
τη μεταβολή της θερμοκρασίας  
συναρτήση της ώρας για 28.2.05

ΩΡΕΣ (h)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
1	7,8
2	8,5
3	7,8
4	8,4
5	7,9
6	7,7
7	7,7
8	7,5
9	8,5
10	9,2
11	9,5
12	9,3
13	9,8
14	10,9
15	11,3
16	9,2
17	8,3
18	9,5
19	9,3
20	8,9
21	9,1
22	9
23	9
24	9,3



Προσοχή: Πρόκειται περί της Αληθινούς Ηλιακής Ωρας και όχι του συμβατικού ρολογιού

- Για να μπορεί το σύστημα να αντεπεξέρθει στις δυσμενέστερες συνθήκες το καταλληλότερο θα ήταν να κάνουμε την γραφική παράσταση θερμοκρασιών-ωρών για τα τελευταία 10 έτη για την συγκεκριμένη ημέρα (27<sup>η</sup> Φεβρουαρίου για την Πάτρα). Κανονικά θα έπρεπε να επιλεχτεί η καμπύλη η οποία σχηματίζεται από τις χαμηλότερες θερμοκρασίες για τις αντίστοιχες ώρες. Για λόγους απλούστευσης εμείς πήραμε τις θερμοκρασίες των αντίστοιχων ωρών για την 27<sup>η</sup> Φεβρουαρίου του 2005.

$$Q_L = (19,02 \text{ W/K}) * (20 - 11,3) \text{ } ^\circ\text{C} * = (19,02 \text{ W/K}) * (8,7\text{K}) = 165,474 \text{ W}$$



2<sup>ος</sup> τρόπος: Υπολογισμός των απωλειών της θερμότητας ανά ώρα

$$Q_L = (U \cdot A)_{\text{ΟΛΙΚΟ}} \cdot (T_X - T_a) \cdot \Delta t$$

Από τις 24:00 μέχρι τις 1:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L1} = 19,02 \cdot (20 - 14,1) \cdot 1 = 112,218 \text{ wh}$$

Από τις 1:00 μέχρι τις 2:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L2} = 19,02 \cdot (20 - 13,9) \cdot 1 = 116,022 \text{ wh}$$

Από τις 2:00 μέχρι τις 3:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L3} = 19,02 \cdot (20 - 13,6) \cdot 1 = 121,728 \text{ wh}$$

Από τις 3:00 μέχρι τις 4:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L4} = 19,02 \cdot (20 - 13,2) \cdot 1 = 129,336 \text{ wh}$$

Από τις 4:00 μέχρι τις 5:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L5} = 19,02 \cdot (20 - 11,6) \cdot 1 = 159,768 \text{ wh}$$

Από τις 5:00 μέχρι τις 6:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L6} = 19,02 \cdot (20 - 10,5) \cdot 1 = 180,69 \text{ wh}$$

Από τις 6:00 μέχρι τις 7:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L7} = 19,02 \cdot (20 - 11) \cdot 1 = 171,18 \text{ wh}$$

Από τις 7:00 μέχρι τις 8:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L8} = 19,02 \cdot (20 - 11,4) \cdot 1 = 165,12 \text{ wh}$$

Από τις 8:00 μέχρι τις 9:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L9} = 19,02 \cdot (20 - 11,6) \cdot 1 = 159,768 \text{ wh}$$

Από τις 9:00 μέχρι τις 10:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L10}=19,02*(20-12.3)*1=146.454wh$$

Από τις 10:00 μέχρι τις 11:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L11}=19,02*(20-12.3)*1=146.454wh$$

Από τις 11:00 μέχρι τις 12:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L12}=19,02*(20-12.5)*1 =142.65wh$$

Από τις 12:00 μέχρι τις 13:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L13}=19,02*(20-13.1)*1=131.238wh$$

Από τις 13:00 μέχρι τις 14:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L14}=19,02*(20-13.2)*1=129.336wh$$

Από τις 14:00 μέχρι τις 15:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L15}=19,02*(20-13.1)*1=131.238wh$$

Από τις 15:00 μέχρι τις 16:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L16}=19,02*(20-12.6)*1=140.748wh$$

Από τις 16:00 μέχρι τις 17:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L17}=19,02*(20-11.9)*1=154.062wh$$

Από τις 17:00 μέχρι τις 18:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L18}=19,02*(20-11.6)*1=159.768wh$$

Από τις 18:00 μέχρι τις 19:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L19}=19,02*(20-11.4)*1=163.572wh$$

Από τις 19:00 μέχρι τις 20:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L20}=19,02*(20-10)*1=190.2wh$$

Από τις 20:00 μέχρι τις 21:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L21}=19,02*(20-8.4)*1=220.632wh$$

Από τις 21:00 μέχρι τις 22:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L22}=19,02*(20-7.5)*1=237.75wh$$

Από τις 22:00 μέχρι τις 23:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L23}=19,02*(20-7.3)*1=241.554$$

Από τις 23:00 μέχρι τις 24:00 η θερμότητα που χάνεται ανά ώρα ισούται με:

$$Q_{L24}=19,02*(20-7.2)*1=243.456$$

Επομένως η ολική θερμότητα που χάνεται ανά ώρα είναι  $(Q_{L1}+ Q_{L2}+ \dots + Q_{L24})/24=3895,176/124$

$$\text{Άρα } Q_{\text{ολικο}}=3895,176 wh/ 24h=162.3w$$

## 2. 2. 1. ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ

Η πρόσοψη του σπιτιού κοιτάει προς τον Νότο.

## 2. 2. 2. ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ

Το πρότυπο ηλιακό σπίτι που έχουμε προς μελέτη είναι ορθογωνίου σχήματος διαστάσεων 1,4 X 1,0 X 1,3 τετρ.μέτρα με μια κεκλιμένη στέγη 30°.

## 2. 2. 3. ΚΕΛΥΦΟΣ

Το μοντέλο ηλιακής οικίας είναι κατασκευασμένο από ξύλο. Η εξωτερική επιφάνεια του ξύλου έχει πάχος 1.6cm και τα εσωτερικά 0.8cm. Μια μόνωση 3cm έρχεται μεταξύ τους όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 39 : Τα μέρη από τα οποία αποτελείται ο τοίχος του κτιριακού ομοιώματος δοκιμών.

Ακόμα αποτελείται από τρία παράθυρα διαστάσεως  $(28,5*28,5)$   $\text{cm}^2$  και πάχους 5 mm ,μία πόρτα διατάσεων  $(89*58)$   $\text{cm}^2$  και μια επιφάνεια τζαμιού που βρίσκεται στην πρόσοψη του σπιτιού που είναι διαστάσεων  $(71,2*123,7)$   $\text{cm}^2$  και πάχους 5 mm .

#### 2. 2. 4. ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Το μοντέλο ηλιακής οικίας αποτελείται από ένα ενιαίο χώρο διαστάσεων  $145,5*127,3(\text{cm}^2)$

### 2.3 ΚΥΡΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΕΩΣ ΔΑΠΕΔΟΥ

Η επιτυχία των υποδαπέδιων συστημάτων θερμάνσεως βασίζεται σε μια σειρά προϋποθέσεων, οι οποίες κυρίως σχετίζονται με την καλή συνεργασία των στοιχείων που τα συναποτελούν και τη σχολαστική τήρηση βασικών κατασκευαστικών κανόνων, με σεβασμό στις ιδιομορφίες των συνεργαζομένων στοιχείων και υλικών. Αυτός είναι ο λόγος που η εγκατάσταση δαπεδοθερμάνσεως ανατίθεται συνήθως σε πεπειραμένο κατασκευαστή, εξειδικευμένο στη χρήση των προϊόντων δεδομένης εταιρείας.

Οι αντιπρόσωποι των μεγάλων οίκων του εξωτερικού, σε κάθε ευκαιρία τονίζουν ότι πρέπει να τηρούνται σχολαστικά οι οδηγίες τους και σε καμία περίπτωση δεν πρέπει σε μια εγκατάσταση να χρησιμοποιούνται στοιχεία διαφορετικών κατασκευαστών. Όσο και αν ο υπερτονισμός της παραπάνω

αρχής εμπεριέχει αυτονόητη εμπορική σκοπιμότητα, υπάρχουν σοβαροί λόγοι που απαγορεύουν τους πειραματισμούς και την ανάμειξη στοιχείων διαφόρων προελεύσεων.

Μια τυπική εγκατάσταση δαπεδοθερμάνσεως περιλαμβάνει την πηγή παραγωγής του ζεστού νερού, το σύστημα προσαρμογής του νερού στις θερμικές ανάγκες του υποδαπέδιου δικτύου σωληνώσεων, το σύστημα προώθησής του νερού (εξαναγκασμένη κυκλοφορία), το κεντρικό δίκτυο διανομής, το υποδαπέδιο (ή κατ' άλλους ενδοδαπέδιο) δίκτυο σωληνώσεων, τα συστήματα ρυθμίσεων, αυτοματισμού και εξοικονομήσεως ενέργειας.

Με ιδιαίτερη επιμέλεια και προσοχή εξετάζεται πάντοτε η κατασκευαστική διαδικασία και ό,τι άλλο σχετίζεται με την τοποθέτηση και εξασφάλιση της καλής λειτουργίας των ενδοδαπέδιων σωληνώσεων.

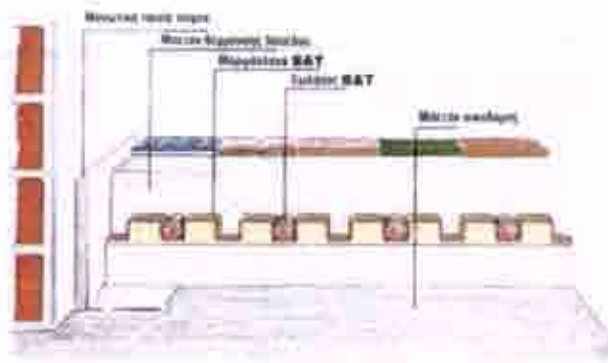
Στη φέρουσα δομική κατασκευή (πλάκα από σκυρόδεμα) τοποθετούνται διαδοχικά:

- A. Ισχυρή μόνωση
- B. Φράγμα υδρατμών
- Γ. Δομικό πλέγμα
- Δ. Στηρίγματα των υδροφόρων σωλήνων
- E. Σωλήνες ζεστού νερού
- Στ.Κολυμβητό δάπεδο κατάλληλης συνθέσεως, και
- Z. Η τελική επικάλυψη του δαπέδου

Στην παραπάνω διαδοχή μικρές διαφορές παρατηρούνται από κατασκευαστή σε κατασκευαστή.

## 2.4 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΟΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ

- α. Μονωτικό υλικό 30mm κατ' ελάχιστον (K-25)
- β. Υγρομονωτικό φύλλο 0,2mm
- γ. Πλέγμα στερέωσης γαλβανιζέ 10\*10mm, πάχους 3mm
- δ. Θερμοπετόν 5-7cm
- ε. Τελικό δάπεδο



Εικόνα 40: Απεικόνιση των μερών ενός θερμαινόμενου δαπέδου

## 2.5. ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΑΠΟ ΗΛΙΑΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η ωφέλιμη θερμική ισχύς που αποδίδει ο συλλέκτης είναι:

$$Q_u = A_c * F_R * [I_T * (\tau\alpha) - U_L * (T_i - T_a)]$$

Όπου:

$A_c$ : είναι η επιφάνεια του συλλέκτη ( $0.92 * 1.30 = 1.196 \text{ m}^2$ )

$I_T$ : (άμεση+διάχυτη)=ολική ακτινοβολία στον συλλέκτη

$T_a$ : είναι η θερμοκρασία περιβάλλοντος

$F_R$ : Ο διορθωτικός συντελεστής θερμικής απολαβής:

$T_i$ : Είναι η θερμοκρασία εισόδου του ζεστού νερού ( $51^\circ\text{C}$ )

$U_L$ : Ολικός συντελεστής απωλειών

$(\tau\alpha)$ : Ο συντελεστής περάτωσης του γυαλιού είναι  $\tau=0,9$  και ο συντελεστής επιφάνειας  $\alpha=0,9$  άρα  $(\tau\alpha)=0,9*0,9=0,81$

Η επιφάνεια του συλλέκτη έχει συντελεστή ολικής θερμοπερατότητας  $U_L=5\text{W/m}^2\text{K}$  και φέρει χάλκινους σωλήνες με εσωτερική διάμετρο  $D$  ίση με 1 cm και πάχος  $t=0.05$  cm. Οι σωλήνες ευρίσκονται σε αγωγήμη επαφή με λαμαρίνα πάχους 0.05 cm και απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $L$  ίση με 15 cm.

Ο συντελεστής μετάδοσης θερμότητας από το νερό στους σωλήνες έστω ότι είναι  $1500\text{W/m}^2\text{°C}$ , ενώ ο συντελεστής διαπερατότητας ( $\tau$ ) του καλύμματος είναι 0,9 και ο συντελεστής απορροφητικότητας ( $\alpha$ ) της μαύρης επιφάνειας είναι 0,9.

Ο συλλέκτης έχει μήκος 1,3 m και πλάτος 0,92 m. Η θερμοκρασία εισόδου ζεστού νερού είναι  $51\text{°C}$ , ενώ η παροχή του νερού είναι ίση με  $\dot{m}'=0,02$  Kg/sec.

Η ολική ηλιακή ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο  $I_h$  δίνεται στον πίνακα 3 ενώ η θερμοκρασία του περιβάλλοντος  $T_a$  από τον πίνακα 2. Υποθέτουμε ότι η διάχυτη ακτινοβολία είναι τι 25% της ολικής ακτινοβολίας στο οριζόντιο επίπεδο και ότι οι οπτικές ιδιότητες  $\tau$  και  $\alpha$  είναι ανεξάρτητες της γωνίας πρόσπτωσης  $(\tau\alpha)=(\tau)*(\alpha)=(0,9)*(0,9)=0,81$

Η ένταση ολικής ακτινοβολίας που προσπίπτει στο συλλέκτη  $I_T$  γράφεται και ως:

$$I_T=I_{T,b}+I_{T,d}$$

Πού είναι το άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης ακτινοβολίας.

$I_b$  : η άμεση ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο

$I_d$  : η διάχυτη ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο

Στο επίπεδο του συλλέκτη η ολική ακτινοβολία ισούται με:

$$I_T= I_{T,b}+I_{T,d}=I_b*R_b+I_d*((1+\cos\beta)/2) \text{ και με βάση τα δεδομένα του προβλήματος}$$

$$I_T=0,75*I_b*R_b+0.25*I_b*((1+\cos90^\circ)/2)$$

Δεδομένα:

$$\varphi=38,2^\circ \text{ για την Πάτρα}$$

$$\delta=23,45*\sin((360(284+n)/360))$$

$$\text{Αύξων αριθμός ημέρας } n=57$$

$$\delta = 23,45 * \sin((360(284+57)/360)) = -7,63^\circ$$

Το  $R_b$  υπολογίζεται για κάθε ώρα της ημέρας από την σχέση:

$$R_b = [\sin(\varphi - \beta) * \sin\delta + \cos(\varphi - \beta) * \cos\delta * \cos\omega] / [\sin\varphi * \sin\delta + \cos\varphi * \cos\delta * \cos\omega]$$

Η ωριαία γωνία  $\omega$  ισούται με  $15^\circ$  για κάθε ώρα μετά το ηλιακό μεσημέρι και  $-15^\circ$  για κάθε ώρα πριν το ηλιακό μεσημέρι.

**7:00-8:00 π.μ**

Η ωριαία γωνία ισούται με  $-75^\circ$

$$R_b = [\sin(\varphi - \beta) * \sin\delta + \cos(\varphi - \beta) * \cos\delta * \cos\omega] / [\sin\varphi * \sin\delta + \cos\varphi * \cos\delta * \cos\omega]$$

$$R_b = [\sin(38,2-90) * \sin(-7,63) + \cos(38,2-90) * \cos(-7,63) * \cos(75)] / [\sin(38,2) * \sin(-7,43) + \cos(38,2) * \cos(-7,63) * \cos(-75)]$$

$$R_b = [(-0,785) * (-0,138) + 0,6184 * 0,991 * 0,259] / [0,6184 * (0,1328) + 0,789 * 0,991 * 0,259]$$

$$R_b = (0,1042 + 0,1587) / (-0,082 + 0,2025) = 2,18$$

$$I_{T,b} = 0,75 * I_n * R_b = 0,75 * 6 * 2,18 = 9,81 \text{ W/m}^2$$

$$I_{T,d} = 0,25 * I_n * ((1 + \cos 90) / 2) = 0,75 * 6 * 0,5 = 0,75 \text{ W/m}^2$$

$$I_T = I_{T,b} + I_{T,d} = (9,81 + 0,75) \text{ W/m}^2 = 10,56 \text{ W/m}^2$$

**8:00-9:00 π.μ**

Η ωριαία γωνία ισούται με  $-60^\circ$

$$R_b = [\sin(\varphi - \beta) * \sin\delta + \cos(\varphi - \beta) * \cos\delta * \cos\omega] / [\sin\varphi * \sin\delta + \cos\varphi * \cos\delta * \cos\omega]$$



$$R_b = [\sin(38,2-90) \cdot \sin(-7,63) + \cos(38,2-90) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(5\sqrt{60})] / [\sin(38,2) \cdot \sin(-7,43) + \cos(38,2) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(-60)]$$

$$R_b = [(-0,785) \cdot (-0,138) + 0,6184 \cdot 0,991 \cdot 0,5] / [0,6184 \cdot (0,1328) + 0,789 \cdot 0,991 \cdot 0,5]$$

$$R_b = (0,1042 + 0,3064) / (-0,082 + 0,391) = 1.329$$

$$I_{T,b} = 0.75 \cdot I_n \cdot R_b = 0.75 \cdot 50.8 \cdot 1.329 = 50.26 \text{ W/m}^2$$

$$I_{T,d} = 0.25 \cdot I_n \cdot ((1 + \cos 90) / 2) = 0.75 \cdot 50.8 \cdot 0.5 = 6.35 \text{ W/m}^2$$

$$I_T = I_{T,b} + I_{T,d} = (50.26 + 6.35) \text{ W/m}^2 = 56.61 \text{ W/m}^2$$

### 9:00-10:00 π.μ

Η ωριαία γωνία ισούται με  $-45^\circ$

$$R_b = [\sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta + \cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega] / [\sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega]$$

$$R_b = [\sin(38,2-90) \cdot \sin(-7,63) + \cos(38,2-90) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(45)] / [\sin(38,2) \cdot \sin(-7,43) + \cos(38,2) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(-45)]$$

$$R_b = [(-0,785) \cdot (-0,138) + 0,6184 \cdot 0,991 \cdot 0,707] / [0,6184 \cdot (0,1328) + 0,789 \cdot 0,991 \cdot 0,707]$$

$$R_b = (0,1042 + 0,433) / (-0,082 + 0,433) = 1.143$$

$$I_{T,b} = 0.75 \cdot I_n \cdot R_b = 0.75 \cdot 127,1 \cdot 1.143 = 108,95 \text{ W/m}^2$$

$$I_{T,d} = 0.25 \cdot I_n \cdot ((1 + \cos 90) / 2) = 0.75 \cdot 127,1 \cdot 0.5 = 10,09 \text{ W/m}^2$$

$$I_T = I_{T,b} + I_{T,d} = (108,95 + 10,09) \text{ W/m}^2 = 129,1 \text{ W/m}^2$$

**10:00-11:00 π.μ**

Η ωριαία γωνία ισούται με  $-30^\circ$

$$R_b = [\sin(\varphi - \beta) \cdot \sin\delta + \cos(\varphi - \beta) \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega] / [\sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega]$$

$$R_b = [\sin(38,2-90) \cdot \sin(-7,63) + \cos(38,2-90) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(-30)] / [\sin(38,2) \cdot \sin(-7,43) + \cos(38,2) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(-30)]$$

$$R_b = [(-0,785) \cdot 0,138 + 0,6184 \cdot 0,991 \cdot 0,866] / [0,6184 \cdot (0,1328) + 0,789 \cdot 0,991 \cdot 0,866]$$

$$R_b = (0,1042 + 0,5307) / (-0,082 + 0,677) = 1,06$$

$$I_{T,b} = 0,75 \cdot I_n \cdot R_b = 0,75 \cdot 157,8 \cdot 1,06 = 125,41 \text{ W/m}^2$$

$$I_{T,d} = 0,25 \cdot I_n \cdot ((1 + \cos 90) / 2) = 0,75 \cdot 127,1 \cdot 0,5 = 19,725 \text{ W/m}^2$$

$$I_T = I_{T,b} + I_{T,d} = (125,41 + 19,725) \text{ W/m}^2 = 145,1315 \text{ W/m}^2$$

**11:00-12:00 π.μ**

Η ωριαία γωνία ισούται με  $-15^\circ$

$$R_b = [\sin(\varphi - \beta) \cdot \sin\delta + \cos(\varphi - \beta) \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega] / [\sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega]$$

$$R_b = [\sin(38,2-90) \cdot \sin(-7,63) + \cos(38,2-90) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(-15)] / [\sin(38,2) \cdot \sin(-7,43) + \cos(38,2) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(-15)]$$

$$R_b = [(-0,785) \cdot 0,138 + 0,6184 \cdot 0,991 \cdot 0,966] / [0,6184 \cdot (0,1328) + 0,789 \cdot 0,991 \cdot 0,966]$$

$$R_b = (0,1042 + 0,592) / (-0,082 + 0,755) = 1.034$$

$$I_{T,b} = 0.75 * I_n * R_b = 0.75 * 325,2 * 1.034 = 252,3 \text{ W/m}^2$$

$$I_{T,d} = 0.25 * I_n * ((1 + \cos 90) / 2) = 0.75 * 325,2 * 0.5 = 40,65 \text{ W/m}^2$$

$$I_T = I_{T,b} + I_{T,d} = (252,3 + 40,65) \text{ W/m}^2 = 292,95 \text{ W/m}^2$$

**12:00-13:00 μ.μ**

Η ωριαία γωνία ισούται με  $0^\circ$

$$R_b = [\sin(\varphi - \beta) * \sin \delta + \cos(\varphi - \beta) * \cos \delta * \cos \omega] / [\sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos \omega]$$

$$R_b = [\sin(38,2 - 90) * \sin(-7,63) + \cos(38,2 - 90) * \cos(-7,63) * \cos(0)] / [\sin(38,2) * \sin(-7,43) + \cos(38,2) * \cos(-7,63) * \cos(0)]$$

$$R_b = [(-0,785) * 0,138 + 0,6184 * 0,991 * 1] / [0,6184 * (0,1328) + 0,789 * 0,991 * 1]$$

$$R_b = (0,1042 + 0,6128) / (-0,082 + 0,782) = 1.0243$$

$$I_{T,b} = 0.75 * I_n * R_b = 0.75 * 299,5 * 1.0243 = 230 \text{ W/m}^2$$

$$I_{T,d} = 0.25 * I_n * ((1 + \cos 90) / 2) = 0.75 * 299,5 * 0.5 = 37,437 \text{ W/m}^2$$

$$I_T = I_{T,b} + I_{T,d} = (230 + 37,437) \text{ W/m}^2 = 267,437 \text{ W/m}^2$$

### 13:00-14:00 μ.μ

Η ωριαία γωνία ισούται με  $15^\circ$

$$R_b = [\sin(\varphi - \beta) \cdot \sin\delta + \cos(\varphi - \beta) \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega] / [\sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega]$$

$$R_b = [\sin(38,2-90) \cdot \sin(-7,63) + \cos(38,2-90) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(15)] / [\sin(38,2) \cdot \sin(-7,43) + \cos(38,2) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(15)]$$

$$R_b = [(-0,785) \cdot 0,138 + 0,6184 \cdot 0,991 \cdot 0,966] / [0,6184 \cdot (0,1328) + 0,789 \cdot 0,991 \cdot 0,966]$$

$$R_b = (0,1042 + 0,592) / (-0,082 + 0,755) = 1,035$$

$$I_{T,b} = 0,75 \cdot I_n \cdot R_b = 0,75 \cdot 428,8 \cdot 1,035 = 332,85 \text{ W/m}^2$$

$$I_{T,d} = 0,25 \cdot I_n \cdot ((1 + \cos 90) / 2) = 0,75 \cdot 428,8 \cdot 0,5 = 53,6 \text{ W/m}^2$$

$$I_T = I_{T,b} + I_{T,d} = (332,85 + 53,6) \text{ W/m}^2 = 386,45 \text{ W/m}^2$$

### 14:00-15:00 μ.μ

Η ωριαία γωνία ισούται με  $30^\circ$

$$R_b = [\sin(\varphi - \beta) \cdot \sin\delta + \cos(\varphi - \beta) \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega] / [\sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega]$$

$$R_b = [\sin(38,2-90) \cdot \sin(-7,63) + \cos(38,2-90) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(30)] / [\sin(38,2) \cdot \sin(-7,43) + \cos(38,2) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(30)]$$

$$R_b = [(-0,785) \cdot 0,138 + 0,6184 \cdot 0,991 \cdot 0,866] / [0,6184 \cdot (0,1328) + 0,789 \cdot 0,991 \cdot 0,866]$$

$$R_b = (0,1042 + 0,5307) / (-0,082 + 0,677) = 1,067$$

$$I_{T,b}=0.75 \cdot I_n \cdot R_b=0.75 \cdot 287,8 \cdot 1.067=230,3 \text{ W/m}^2$$

$$I_{T,d}=0.25 \cdot I_n \cdot ((1+\cos 90)/2)=0.75 \cdot 287,8 \cdot 0.5=53,6 \text{ W/m}^2$$

$$I_T=I_{T,b}+I_{T,d}=(332,85+53,6) \text{ W/m}^2=283,9 \text{ W/m}^2$$

### 15:00-16:00 μ.μ

Η ωριαία γωνία ισούται με  $45^\circ$

$$R_b=[\sin(\varphi-\beta) \cdot \sin\delta + \cos(\varphi-\beta) \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega] / [\sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega]$$

$$R_b=[\sin(38,2-90) \cdot \sin(-7,63) + \cos(38,2-90) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(45)] / [\sin(38,2) \cdot \sin(-7,43) + \cos(38,2) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(45)]$$

$$R_b=[(-0,785) \cdot 0,138 + 0,6184 \cdot 0,991 \cdot 0,707] / [0,6184 \cdot (0,1328) + 0,789 \cdot 0,991 \cdot 0,707]$$

$$R_b=(0,1042+0,433)/(-0,082+0,553)=1,14$$

$$I_{T,b}=0.75 \cdot I_n \cdot R_b=0.75 \cdot 182,3 \cdot 1.14=156 \text{ W/m}^2$$

$$I_{T,d}=0.25 \cdot I_n \cdot ((1+\cos 90)/2)=0.75 \cdot 182,3 \cdot 0.5=22,78 \text{ W/m}^2$$

$$I_T=I_{T,b}+I_{T,d}=(156+22,78) \text{ W/m}^2=283,9 \text{ W/m}^2$$

### 16:00-17:00 μ.μ

Η ωριαία γωνία ισούται με  $60^\circ$

$$R_b=[\sin(\varphi-\beta) \cdot \sin\delta + \cos(\varphi-\beta) \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega] / [\sin\varphi \cdot \sin\delta + \cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \cos\omega]$$

$$R_b=[\sin(38,2-90) \cdot \sin(-7,63) + \cos(38,2-90) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(60)] / [\sin(38,2) \cdot \sin(-7,43) + \cos(38,2) \cdot \cos(-7,63) \cdot \cos(60)]$$

$$R_b = [(-0,785) * 0,138 + 0,6184 * 0,991 * 0,5] / [0,6184 * (0,1328) + 0,789 * 0,991 * 0,5]$$

$$R_b = (0,1042 + 0,306) / (-0,082 + 0,391) = 1,327$$

$$I_{T,b} = 0,75 * I_n * R_b = 0,75 * 102,8 * 1,327 = 102,35 \text{ W/m}^2$$

$$I_{T,d} = 0,25 * I_n * ((1 + \cos 90) / 2) = 0,75 * 102,8 * 0,5 = 12,85 \text{ W/m}^2$$

$$I_T = I_{T,b} + I_{T,d} = (102,35 + 12,85) \text{ W/m}^2 = 115,2 \text{ W/m}^2$$

### 17:00-18:00 μ.μ

Η ωριαία γωνία ισούται με 75°

$$R_b = [\sin(\varphi - \beta) * \sin \delta + \cos(\varphi - \beta) * \cos \delta * \cos \omega] / [\sin \varphi * \sin \delta + \cos \varphi * \cos \delta * \cos \omega]$$

$$R_b = [\sin(38,2 - 90) * \sin(-7,63) + \cos(38,2 - 90) * \cos(-7,63) * \cos(75)] / [\sin(38,2) * \sin(-7,43) + \cos(38,2) * \cos(-7,63) * \cos(75)]$$

$$R_b = [(-0,785) * 0,138 + 0,6184 * 0,991 * 0,259] / [0,6184 * (0,1328) + 0,789 * 0,991 * 0,259]$$

$$R_b = (0,1042 + 0,159) / (-0,082 + 0,2025) = 2,184$$

$$I_{T,b} = 0,75 * I_n * R_b = 0,75 * 53,1 * 2,184 = 87 \text{ W/m}^2$$

$$I_{T,d} = 0,25 * I_n * ((1 + \cos 90) / 2) = 0,75 * 53,1 * 0,5 = 3,3187 \text{ W/m}^2$$

$$I_T = I_{T,b} + I_{T,d} = (87 + 3,3187) \text{ W/m}^2 = 90,3187 \text{ W/m}^2$$

Η απόδοση του πτερυγίου  $\eta_f$  δίνεται από την σχέση:

$$\eta_f = [(\tanh * m(L-D)) / 2] / [(m * (L-D)) / 2]$$

$$m = (U_o / kt)^{1/2} = (8/5 * 10^{-4} * 390)^{0,5} = 6,4$$

$$\text{Επομένως } n_f = [\tanh[6,4*(0,15-0,01)/2]]/[6,4*(0,15-0,01)/2] = 0,938$$

Ο παράγων απόδοσης του συλλέκτη  $F'$ , υπολογίζεται από την σχέση:

$$F' = (1/U_L)/L [ (1/(U_L * D + U_L * 2w * n_f) + 1/(h_{c,i} * \pi * D)) ]$$

$$F' = (1/5)/0,15 [ (1/5 * 0,001 + 5 * 0,14 * 0,938) + 1/(1500 * 3,14 * 0,01) ] = 0,93$$

Ο συντελεστής θερμικής απολαβής δίνεται από την σχέση:

$$F_R = [ ((m' * C_p) / A_c) / U_L ] / [ 1 - \exp(- (U_c * F') / (m' * C_p) / A_c) ]$$

$$F_R = [ ((0,2 * 4180) / 1,196) / 5 ] / [ 1 - \exp(- (5 * 0,93) / (6,4 * 4180) / 1,196) ] = 0,91$$

**7:00-8:00 π.μ**

Η ωφέλιμη θερμική ισχύ που αποδίδει ο συλλέκτης δίνεται από την σχέση:

$$Q_u = A_c * F_R * [ I_T * (\tau\alpha) - U_L * (T_i - T_a) ] = 1,196 * 0,9 * [ 10,56 * 0,81 - 5 * (51 - 11,3) ] = 0$$

**8:00-9:00 π.μ**

Η ωφέλιμη θερμική ισχύ που αποδίδει ο συλλέκτης δίνεται από την σχέση:

$$Q_u = A_c * F_R * [ I_T * (\tau\alpha) - U_L * (T_i - T_a) ] = 1,196 * 0,9 * [ 56,95 * 0,81 - 5 * (51 - 11,9) ] = 0$$

**9:00-10:00 π.μ**

Η ωφέλιμη θερμική ισχύ που αποδίδει ο συλλέκτης δίνεται από την σχέση:

$$Q_u = A_c * F_R * [ I_T * (\tau\alpha) - U_L * (T_i - T_a) ] = 1,196 * 0,9 * [ 119,04 * 0,81 - 5 * (51 - 12,8) ] = 0$$

**10:00-11:00 π.μ**

Η ωφέλιμη θερμική ισχύ που αποδίδει ο συλλέκτης δίνεται από την σχέση:

$$Q_u = A_c * F_R * [ I_T * (\tau\alpha) - U_L * (T_i - T_a) ] = 1,196 * 0,9 * [ 145,135 * 0,81 - 5 * (51 - 11,8) ] = 0$$

**11:00-12:00 π.μ**

**Η ωφέλιμη θερμική ισχύ που αποδίδει ο συλλέκτης δίνεται από την σχέση:**

$$Q_u = A_c \cdot F_R \cdot [I_T \cdot (\tau\alpha) - U_L \cdot (T_i - T_a)] = 1,196 \cdot 0,9 \cdot [293 \cdot 0,81 - 5 \cdot (51 - 13,1)] = 51,47 \text{ W}$$

Η απόδοση του συλλέκτη είναι:

$$\eta = Q_u / (A_c \cdot I_T) = 51,47 / (1,196 \cdot 325,2) = 0,132 = 13,2\%$$

**12:00-13:00 μ.μ**

**Η ωφέλιμη θερμική ισχύ που αποδίδει ο συλλέκτης δίνεται από την σχέση:**

$$Q_u = A_c \cdot F_R \cdot [I_T \cdot (\tau\alpha) - U_L \cdot (T_i - T_a)] = 1,196 \cdot 0,9 \cdot [267,47 \cdot 0,81 - 5 \cdot (51 - 13,1)] \Rightarrow \\ Q_u = 133,5 \text{ W}$$

Η απόδοση του συλλέκτη είναι:

$$\eta = Q_u / (A_c \cdot I_T) = 133,5 / (1,196 \cdot 299,5) = 0,3726 = 37,26 \%$$

**13:00-14:00 μ.μ**

**Η ωφέλιμη θερμική ισχύ που αποδίδει ο συλλέκτης δίνεται από την σχέση:**

$$Q_u = A_c \cdot F_R \cdot [I_T \cdot (\tau\alpha) - U_L \cdot (T_i - T_a)] = 1,196 \cdot 0,9 \cdot [386,45 \cdot 0,81 - 5 \cdot (51 - 13,3)] \Rightarrow \\ Q_u = 148,9 \text{ W}$$

Η απόδοση του συλλέκτη είναι:

$$\eta = Q_u / (A_c \cdot I_T) = 148,9 / (1,196 \cdot 428,8) = 0,289 = 28,9 \%$$

**14:00-15:00 μ.μ**

**Η ωφέλιμη θερμική ισχύ που αποδίδει ο συλλέκτης δίνεται από την σχέση:**

$$Q_u = A_c \cdot F_R \cdot [I_T \cdot (\tau\alpha) - U_L \cdot (T_i - T_a)] = 1,196 \cdot 0,9 \cdot [260,275 \cdot 0,81 - 5 \cdot (51 - 12,9)] \Rightarrow \\ Q_u = 22,1 \text{ W}$$



Η απόδοση του συλλέκτη είναι:

$$\eta = Q_u / (A_c \cdot I_T) = 22,1 / (1,196 \cdot 287,8) = 0,064 = 6,4 \%$$

**15:00-16:00 μ.μ**

Η ωφέλιμη θερμική ισχύ που αποδίδει ο συλλέκτης δίνεται από την σχέση:

$$Q_u = A_c \cdot F_R \cdot [I_T \cdot (\tau \alpha) - U_L \cdot (T_i - T_a)] = 1,196 \cdot 0,9 \cdot [178,78 \cdot 0,81 - 5 \cdot (51 - 12,3)] = 0$$

Πίνακας 5 : Τιμές των  $R_b, I_T, Q_u$  και  $\eta$ , όπως υπολογίσθηκαν ανά ωριαία χρονικά διαστήματα.

Ωρα Ημέρας (h)	$I_h$ (W/m <sup>2</sup> )	$R_b$	$I_{T,d}$ (W/m <sup>2</sup> )	$I_{T,b}$ (W/m <sup>2</sup> )	$I_T$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_u$ (W)	$T_a$ (°c)	N
7-8	6	2,18	0,75	9,81	10,56	0	11,3	-
8-9	50,8	1,329	6,35	50,6	56,95	0	11,9	-
9-10	127,1	1,143	10,09	108,95	119,04	0	12,8	-
10-11	157,8	1,06	19,725	125,45	145,2	0	11,8	-
11-12	325,2	1,034	40,65	252,3	292,95	51,47	13,1	13,2
12-13	299,5	1,0243	37,437	230	267,437	133,5	13,1	37,26
13-14	428,8	1,035	53,6	332,85	386,45	148,9	13,3	28,9
14-15	287,8	1,067	35,975	230,3	265,975	22,1	12,9	6,4
15-16	182,3	1,14	22,78	156	178,78	0	12,3	-
16-17	102,8	1,327	12,85	102,35	115,2	0	11,4	-
17-18	53,1	2,184	3,3187	87	90,3187	0	11,8	-
<b>Σύνολο</b>	<b>2021,2</b>	-	<b>243,5</b>	<b>1685,61</b>	<b>1929,11</b>	<b>356</b>	-	<b>21,44</b>

Επομένως η ωφέλιμη θερμική ισχύ που αποδίδει ο συλλέκτης για αυτή την μέρα είναι 356 W

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1. ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

ΠΡΕΠΕΙ  $Q_L$  ΠΕΡΙΠΟΥ ΙΣΟ ΜΕ  $Q_{\text{ενδοδαπέδιου}}$

Υπολογισμός της θερμότητας που δίνεται στον χώρο με την χρήση του ενδοδαπέδιου συστήματος.

Επειδή στο δάπεδο έχει γίνει χρήση μονώσεως κάτω από τους σωλήνες υποθέτουμε πως όλη η θερμότητα που δίδεται από το ζεστό νερό άγεται προς τα πάνω.

Με την χρήση του ενεργειακού ισοζυγίου έχουμε την εξής ισότητα:

$$S * K_{\text{ΤΣΙΜΕΝΤ}} * (T_N - T_S) = h_{\text{αέρα}} * A_{\text{ΔΑΠΕΔ}} * (T_S - 20)$$

Όπου: S: είναι ο συντελεστής σχήματος σε m

K: είναι ο συντελεστής αγωγιμότητας του τσιμέντου  
(0.64 W/m\*K)

$T_N$ : είναι η θερμοκρασία ζεστού νερού (40°C)

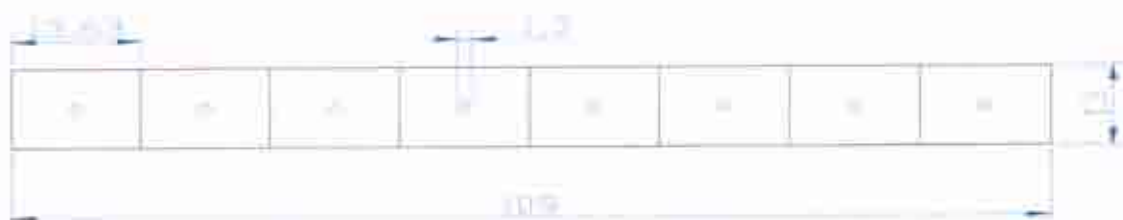
$T_S$ : είναι η θερμοκρασία στην επιφάνεια του δαπέδου

$h_{\text{αέρα}}$ : είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του αέρα  
10(W/m<sup>2</sup>\*K)

$A_{\text{δαπέδου}}$ : είναι το εμβαδόν του δαπέδου (1,586m<sup>2</sup>)

## Υπολογισμός του συντελεστή σχήματος

1<sup>ος</sup> Τρόπος: Με την αλγεβρική μέθοδο



Εικόνα 41: Τομή του ενδοδαπέδιου συστήματος του κτιριακού ομοιώματος δοκιμών

$$S = (2 * \pi * L) / \ln[b/r(0.637 - 1.781 * e^{-2.9 * a/b})]$$

Όπου:

b είναι το πάχος του δαπέδου (13 cm)

L είναι το μήκος του σωλήνα (1,455 m)

a είναι το μήκος του κάθε κομματιού που έχει χωριστεί το δάπεδο (13,625 cm)

r είναι η ακτίνα του σωλήνα (11 mm)

$$S = (2 * 3.14 * 1.455 \text{ m}) / \ln[0.13 \text{ m} / 0.011 \text{ m} (0.637 - 1.781 * e^{-2.9 * 0.13625 \text{ m} / 0.13 \text{ m}})]$$

$$S = 9.1374 / \ln[2.36(0.637 - 1.781 * e^{-3.04})]$$

$$S = 9.1374 / \ln[2.36 * (0.552)]$$

$$S = 9.1374 / \ln(1.303)$$

$$S = 34.48 \text{ m}$$

Θεωρούμε ότι δεν έχουμε απώλειες προς το κάτω μέρος του δαπέδου λόγω της μόνωσης αλλά και ούτε προς τις παράπλευρες επιφάνειες διότι όση θερμότητα άγεται από αυτές το ίδιο ποσό θερμότητας δίνεται σε αυτές από τα διπλανά

κομμάτια . Με εξαίρεση τα δύο ακριανά κομμάτια στις εξωτερικές πλευρικές τους επιφάνειες έχουμε απώλειες.

$$\text{Άρα } S_{ch}=(1/4)*S=8.6 \text{ m}$$

Οπότε:

$$S_{ολικό}=(x-2)*S_{ch}+2*2*S_{ch}=(x+2)* S_{ch}=(x+2)*8.6=8.6*x+17.2$$

Οι απώλειες του χώρου υπολογίζονται από την εξής σχέση:

$$Q_{\Delta\Gamma}=(UA)_b*(T_{room}-T_a) \quad (1)$$

$$Q_{\Delta\Gamma}=(19.02\text{W/K})*(20-11.3)^{\circ}\text{C}=(17.2\text{W/K})*(8.7\text{K})=164,474 \text{ W}$$

Οι απώλειες αυτές θα πρέπει να ισούνται με:

•ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΠΟΥ ΔΙΝΕΙ ΤΟ ΖΕΣΤΟ ΝΕΡΟ.

$$Q=h_{\text{ΝΕΡΟΥ}}*A_{\text{σωλήνα}}*(T_{\text{ΝΕΡΟΥ}}-T_{\text{σωλήνα}}) \quad (2)$$

$h_{\text{ΝΕΡΟΥ}}$  είναι ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας του νερού  
[300 W/(m<sup>2</sup>\*k) ]

$A_{\text{σωλήνα}}$  είναι η διατομή του σωλήνα ( $2*\pi*r*L= 0.12 \text{ m}$ )

•ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΠΟΥ ΔΙΝΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΔΑΠΕΔΟΥ :

$$Q=S_{\text{ΟΛΙΚΟ}}*K*(T_{\text{ΣΩΛΗΝΑ}}-T_{\text{ΔΑΠΕΔΟΥ}}) \quad (3)$$

$K$  είναι ο συντελεστής αγωγιμότητας του νερού (0,64 W/m\*K)

•ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ ΠΟΥ ΔΙΝΕΤΑΙ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ:

$$Q=h_{\text{ΑΕΡΑ}}*A_{\text{ΔΑΠΕΔΟΥ}}*(\Delta_{\text{ΔΑΠΕΔΟΥ}}-T_{\text{room}}) \quad (4)$$

Προσθέτοντας τις εξισώσεις (1),(2),(3),(4) προκύπτει η παρακάτω σχέση:

$$T_{\text{ΝΕΡΟΥ}}-T_a=Q*[(1/(h_{\text{ΝΕΡΟΥ}}*A_{\text{σωλήνα}}))+1/((x+2)* S_{ch}*K))+1/(h_{\text{ΑΕΡΑ}}*A_{\text{ΔΑΠΕΔΟΥ}}))+1/(UA)_b] \quad (5)\Rightarrow$$

$$40-11.3 = 165,47 * [(1/(300*0.12)) + (1/((17.2+8.6*X)*0.64))] + (1/(10*1.568)) + (1/19.01) \Rightarrow$$

$$28.7=165,47*[0.028+(1/(11+5.5*X))+0.0638+0.0526] \Rightarrow$$

$$0.173=0.1444+(1/(11+5.5*X)) \Rightarrow$$

$$0.0286=1/(11+5.5*X) \Rightarrow$$

$$0.3146+0,1573*X=1 \Rightarrow$$

$$0.1573*X=0.6854 \Rightarrow$$

$$X=4,36 \text{ (Αριθμός σωληνώσεων)}$$

2<sup>ος</sup> Τρόπος: Με τη μέθοδο του απείρου

$$S=(2*\pi*L)/\text{Ln}[(D/(\pi*r))*\sinh((2*\pi*r)/D)]$$

$$S=(2*3.14*1.455)/\text{Ln}[(2/3.14)*\sinh(\pi)]$$

$$\text{Sinh}(\pi)=(e^\pi - e^{-\pi})/2=(23,1-0,043)/2=11,52$$

$$S=9.42/\text{Ln}(7.33)=9.42/1.99=4.73 \text{ m}$$

Για αυτή την περίπτωση η εξίσωση (5) γίνεται :

$$T_{\text{ΝΕΡΟΥ}}-T_a=Q*[(1/(h_{\text{ΝΕΡΟΥ}}*A_{\text{σωληνα}}))+(1/(X*S_{\text{ch}}*K))+(1/(h_{\text{ΑΕΡΑ}}*A_{\text{ΔΑΠΕΔΟΥ}}))+(1/(UA)_b)] \Rightarrow$$

$$40-11.3 = 165,47 * [(1/(300*0.12)) + (1/(X*4.73*0.64)) + (1/(10*1.568)) + (1/17.2)] \Rightarrow$$

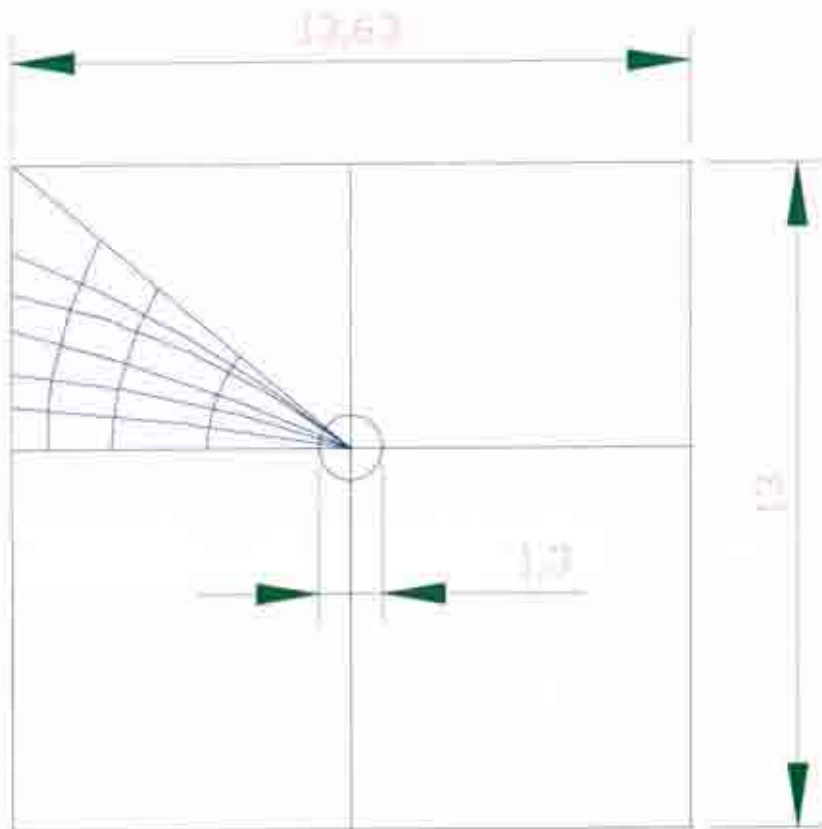
$$28.7=165,47*[0.028+(1/(3.027*X))+0.0638+0.0526] \Rightarrow$$

$$0.173=0.1444+0.33/X \Rightarrow$$

$$0,029=0.33/X \Rightarrow$$

$$X=11,37 \text{ (Αριθμός σωληνώσεων)}$$

3<sup>ος</sup> Τρόπος :Με την γραφική μέθοδο



Εικόνα 42 : Τομή ενός από τα κομμάτια που έχουμε χωρίσει το δάπεδο για την μελέτη

$$M=3*6=18$$

$$S=(M*L)/N$$

$$N=(13.625/2)-(0.13/2)=6.7475$$

$$S=(30*L)/6.7475$$

$$S=2.6*L*2=7.566 \text{ m}$$

Η εξίσωση (5) γίνεται:

$$T_{\text{ΝΕΡΟΥ}} - T_{\alpha} = Q * [(1 / (h_{\text{ΝΕΡΟΥ}} * A_{\text{σωληνα}})) + (1 / (x * S_{\text{ch}} * K)) + (1 / (h_{\text{ΑΕΡΑ}} * A_{\text{ΔΑΠΕΔΟΥ}})) + (1 / (UA)_b)] \Rightarrow$$

$$40 - 11,3 = 165,47 * [(1 / (300 * 0,12)) + (1 / (X * 7,566 * 0,64)) + (1 / (10 * 1,568)) + (1 / 17,2)] \Rightarrow$$

$$28,7 = 165,47 * [0,028 + (1 / (4,84 * X)) + 0,0638 + 0,0526] \Rightarrow$$

$$28,7 = 165,47 * [(1 / (4,84 * X)) + 0,1444] \Rightarrow$$

$$28,7 = 165,47 / (4,84 * X) + 23,89 \Rightarrow$$

$$4,81 = 34,19 / X \Rightarrow$$

$$X = 7,1 \text{ (Αριθμός σωληνώσεων)}$$

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Από τις παραπάνω μεθόδους εύρεσης του αριθμού των σωλήνων που απαιτούνται η ποίο προσεγγιστική είναι αυτή της γραφικής.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΝΟΣ ΚΤΙΡΙΑΚΟΥ ΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΔΟΚΙΜΩΝ (TEST CELL)

Το κτιριακό ομοίωμα δοκιμών εξομοιώνει ένα ενεργειακά αυτόνομο σπίτι. Ο στόχος είναι να μελετηθεί η θερμική απόδοση αυτού του στοιχείου δοκιμής στις διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Το κτιριακό ομοίωμα δοκιμών έχει τις διαστάσεις 1,4 X 1,0 X 1,3 τετρ.μέτρα με μια κεκλιμένη στέγη 30°.

Το ομοίωμα είναι κατασκευασμένο από ξύλο. Η εξωτερική επιφάνεια του ξύλου έχει πάχος 1.6cm και εσωτερικά 0.8cm. Μια μόνωση 3cm υπάρχει μεταξύ τους

Το κτιριακό ομοίωμα δοκιμών έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

#### 1. Δάπεδο :

Περιλαμβάνει ένα σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης που τροφοδοτείται είτε από α) τους εξωτερικούς ηλιακούς συσσωρευτές, , είτε β) από το θερμό νερό που παράγεται στην ενεργειακή στέγη.



Εικόνα 43 : Μορφή του δαπέδου που έχει χρησιμοποιηθεί στο κτιριακό ομοίωμα δοκιμών



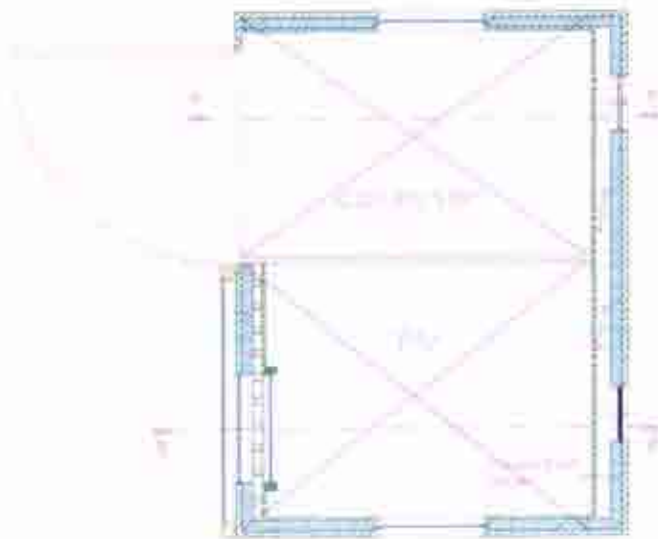
## 2. Στέγη:

Η στέγη είναι στραμμένη προς το νότο. Έχει  $30^\circ$  κλίση και αποτελείται από δύο μέρη:

1. Ένα PV που ενσωματώνεται επάνω στην στέγη του σπιτιού
2. Ένας επίπεδος ηλιακός συλλέκτης που είναι ειδικά σχεδιασμένος με σκοπό να είναι μέρος της στέγης. Αυτό σημαίνει ότι το PV και ο ηλιακός συλλέκτης δεν είναι τοποθετημένοι στην οροφή αλλά είναι τμήμα αυτής όπως έχουν σχεδιαστεί.

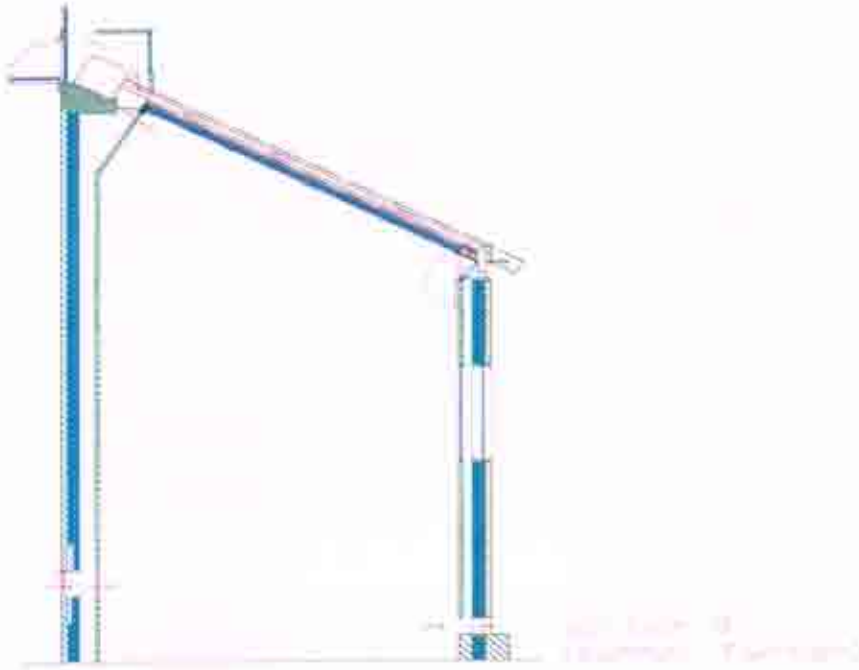
Τα παθητικά ηλιακά στοιχεία που ενσωματώνονται στο ηλιακό σχέδιο δοκιμής είναι:

1. Ο Νότιος τοίχος λειτουργεί ως ενεργειακή πρόσοψη, η οποία οδηγεί το θερμό αέρα στο σπίτι ή οδηγείται διαμέσων του εσωτερικού τοίχου θερμαίνοντας τον. Αποτελείται από κάθετα κανάλια μεταξύ της μόνωσης και της εσωτερικής επιφάνειας του ξύλου.

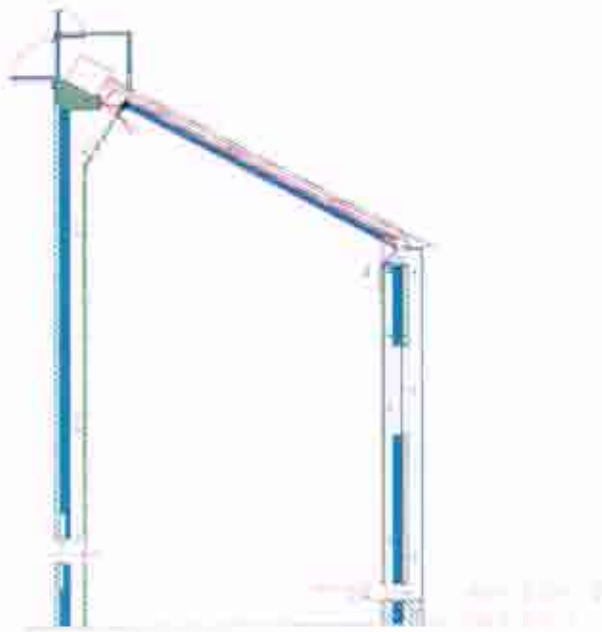


Εικόνα44 : Κάτοψη του κτιριακού ομοιώματος δοκιμών

2. Η σχεδίαση για το φυσικό εξαερισμό είτε χρησιμοποιεί την ηλιακή αρχή της καπνοδόχου ,είτε το φιλτράρισμα κατά την εξαγωγή του από τον Νότιο τοίχο , ενώ συγχρόνως ο δροσερός αέρας οδηγείται μέσα από το Βόρειο τοίχο με φυσικό τρόπο.



Εικόνα 45: Τρόπος λειτουργίας του κτιριακού ομοιώματος δοκιμών κατά το καλοκαίρι



Εικόνα 46: Τρόπος λειτουργίας του κτιριακού ομοιώματος δοκιμών κατά το χειμώνα

- Για να μετρήσουμε τις θερμοκρασίες εντός του σπιτιού, 5 θερμοζεύγη έχουν τοποθετηθεί στη ενδοδαπέδια θέρμανση. Η σύνδεση με καταγραφέα δεδομένων παρέχει τις ακριβείς θερμοκρασίες.
- Για να εξετάσουμε τα ενεργά ηλιακά στοιχεία που ενσωματώνονται στο κτιριακό ομοίωμα δοκιμών θα πρέπει να ξέρουμε ότι η μισή οροφή του σπιτιού έχει ενσωματωμένο ένα PV με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

US-42	
<b>ELECTRICAL RATING AT 1000W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, CELL TEMP. 25°C</b>	
Max power	42 Watt
Current max power	2.54 A
Voltage max power	16.5 V
Sort circuit current	3.17 A
Open circuit voltage	23.8 V
Model type	US-42
Max system voltage	600 V
Series fuse	6.0 A
Min. Blocking/Bypass diode	6.0 A
Field wiring	Copper only 10-18 AWG insulated for 90°C

Το PV παρέχει ισχύ σε καταναλωτές όπως ένα σύστημα φωτισμού, ένα ανεμιστήρα, μία μπαταρία, μία ηλεκτρική θερμάστρα και μια χαμηλής ισχύος αντλία νερού για να τεθεί σε κυκλοφορία το νερό μέσα στον θερμικό εναλλάκτη που είναι τοποθετημένος στην εσωτερική επάνω γωνία της οροφής. Επίσης το PV είναι σε θερμική επαφή με χάλκινους σωλήνες για να μεταφέρει θερμότητα στην διάταξη του ζεστού νερού. Διάφορα υγρά έχουν εξεταστεί με διάφορες αρχές λειτουργίας π.χ φρέον, νερό αλκοόλη και κ.λ.π.

## 4.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΠΟΥ ΕΧΟΥΜΕ ΒΡΕΙ ΤΟ ΘΕΡΜΙΚΟ ΚΕΡΔΟΣ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

$$Q_{\text{ενδοδαπέδιου}} = A_1 * \alpha_{\theta} * (T_{\delta} - T_X)$$

ΟΠΟΥ:

$A_1$  :Το εμβαδόν του δαπέδου (1.586 m<sup>2</sup>)

$\alpha_{\theta}$  :Ο συντελεστής θερμικής μεταβιβάσεως θερμότητας σε (W/m<sup>2</sup>K)

$T_{\delta}$  :Η θερμοκρασία του δαπέδου (°C)

Ο συντελεστής  $\alpha_{\theta}$  είναι άθροισμα του συντελεστή μεταδόσεως θερμότητας με μεταφορά ( $\alpha_{κ}$ ) και του συντελεστή μεταδόσεως θερμότητας με ακτινοβολία ( $\alpha_{s}$ ).

$$\alpha_{κ} = 2,7 \dots 3,3 * (T_{\delta} - T_X)^{0,25}$$

Οπότε

$$\alpha_{κ} = 3 * (T_{\delta} - 20^{\circ}\text{C})^{0,25} = 3 * (39 - 20)^{0,25} = 3 * 19^{0,25} = 6.263 \text{ W/m}^2 * \text{K}$$

και

$$\alpha_s = [[(T_{\delta}/100)^4 - (T_X/100)^4] / (T_{\delta} - T_X)] * c$$

$$\alpha_s = [[(39/100)^4 - (20/100)^4] / (39 - 20)] * 5 \text{ W/(m}^2 * \text{k}^2) = [[(39/100)^4 - (20/100)^4] / (39 - 20)] * 5 = [(0.0231 - 0.0016) / 19] * 5 = 5.658 * 10^{-3} \text{ W/m}^2 * \text{K}$$

Όπου  $c$  είναι ο συντελεστής ακτινοβολίας σε W/(m<sup>2</sup>\*k<sup>2</sup>)<sup>2</sup>

Για λευκά πλακάκια έχουμε  $c = 5 \text{ W/(m}^2 * \text{k}^2) ^2$

$$\text{Άρα } \alpha_{\theta} = \alpha_{\kappa} + \alpha_s = 6.263 + 5.658 \cdot 10^{-3} = 6.268 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Οπότε το σύνολο της ποσότητας  $Q$  που προάγεται στον χώρο θα είναι

$$Q_{\text{ενδοδαπέδιου}} = (1,09 \cdot 1,455) \text{m}^2 \cdot 6.268 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K} \cdot (39-20)^\circ\text{C} = 188.87 \text{W}$$

Για την γραφική μέθοδο έχουμε  $S=7.566 \text{ m}$

Με την χρήση του ενεργειακού ισοζυγίου έχουμε την εξής θερμότητα:

$$S \cdot K_{\text{ΤΣΙΜΕΝΤ}} \cdot (T_N - T_S) = h_{\text{αερα}} \cdot A_{\text{ΔΑΠΕΔ}} \cdot (T_S - 20) \Rightarrow$$

$$7.566 \text{ m} \cdot [0.64 \text{ w/(m} \cdot \text{K)}] \cdot (40 - T_S) \text{ K} = 10 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)} \cdot (1.568/8) \text{ m}^2 \cdot (T_S - 20)$$

$$\Rightarrow 4.842 \cdot (40 - T_S) = 1.96 \cdot (T_S - 20) \Rightarrow$$

$$2.47 \cdot (40 - T_S) = (T_S - 20) \Rightarrow$$

$$98.8 - 2.47 \cdot T_S = T_S - 20 \Rightarrow$$

$$T_S = 34.2^\circ\text{C}$$

$$\text{Επομένως } Q = h_{\text{αερα}} \cdot A_{\text{ΔΑΠΕΔ}} \cdot (T_S - 20) \Rightarrow$$

$$Q = 10 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)} \cdot (1.568/8) \text{ m}^2 \cdot (34.2 - 20) = 223 \text{ W}$$

Στην αλγεβρική μέθοδο βρήκαμε ότι  $S=8.62 \text{ m}$

$$S \cdot K_{\text{ΤΣΙΜΕΝΤ}} \cdot (T_N - T_S) = h_{\text{αερα}} \cdot A_{\text{ΔΑΠΕΔ}} \cdot (T_S - 20) \Rightarrow$$

$$8.62 \text{ m} \cdot [0.64 \text{ w/(m} \cdot \text{K)}] \cdot (40 - T_S) \text{ K} = 10 \text{ (W/m}^2 \cdot \text{K)} \cdot (1.568/8) \text{ m}^2 \cdot (T_S - 20)$$

$$\Rightarrow 5.5168 \cdot (40 - T_S) = 1.96 \cdot (T_S - 20) \Rightarrow$$

$$2.815 \cdot (40 - T_S) = (T_S - 20) \Rightarrow$$

$$112.6 - 2,815 * T_s = T_s - 20 \Rightarrow$$

$$T_s = 34.7^\circ\text{C}$$

Επομένως  $Q = h_{\text{αερα}} * A_{\text{ΔΑΠΕΔ}} * (T_s - 20) \Rightarrow$

$$Q = 10(\text{W/m}^2 * \text{K}) * (1.568/8) \text{ m}^2 * (34.7 - 20) = 230 \text{ W}$$

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

### Πίνακας IV

Μέσοι Μηνιαίοι Συντελεστές  $\bar{R}$ , για τις κλιματολογικές ζώνες (σχήμα 8) και για κλίση  $90^\circ$ .

	ΖΩΝΗ 1	ΖΩΝΗ 2	ΖΩΝΗ 3	ΖΩΝΗ 4	ΖΩΝΗ 5	ΖΩΝΗ 6
ΚΛΙΣΗ	$90^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$	$90^\circ$
Ι	1.42	1.49	1.53	1.44	1.41	1.49
Φ	1.10	1.13	1.15	1.11	1.12	1.15
Μ	0.80	0.81	0.83	0.82	0.83	0.85
Α	0.53	0.55	0.56	0.56	0.57	0.59
Μ	0.38	0.40	0.41	0.41	0.42	0.44
Ι	0.32	0.33	0.34	0.35	0.37	0.38
Ι	0.33	0.35	0.36	0.36	0.38	0.39
Α	0.45	0.46	0.48	0.48	0.49	0.51
Σ	0.70	0.71	0.72	0.72	0.74	0.75
Ο	1.06	1.06	1.08	1.07	1.08	1.10
Ν	1.42	1.46	1.45	1.40	1.46	1.48
Δ	1.56	1.56	1.60	1.54	1.57	1.67

### Πίνακας V

Ζώνη 1	Ζώνη 2	Ζώνη 3	Ζώνη 4	Ζώνη 5	Ζώνη 6
Ηράκλειο	Αθήνα	Αργοστόλι	Αρτα	Θεσ/νίκη	Ιωάννινα
Ρόδος	Καλαμάτα	Κόρινθος	Κέρκυρα	Καβάλα	Κομοτηνή
Σητεία	Νάξος	Μυτιλήνη	Λαμία	Κατερίνη	Σέρρες
Χανιά	Σάμος	Πάτρα	Λήμνος	Λάρισα	Φλώρινα
Ιεράπετρα	Σύρος	Χίος	Τρίπολη	Τρίκαλα	Ξάνθη

### Πίνακας VI

Μέσες μηνιαίες τιμές της Ηλιακής Ακτινοβολίας στο οριζόντιο στο επίπεδο της θάλασσας ανά ζώνη σε  $\text{MJ/m}^2$

ΖΩΝΗ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	Μ.Ο.	ΣΥΝΟΛΟ
1	230	277	439	558	706	770	817	760	598	421	284	220	507	6080
2	230	274	418	493	691	752	781	713	736	382	270	198	478	5738
3	220	259	400	493	648	754	781	713	526	367	241	187	468	5616
4	194	234	371	493	644	724	781	695	504	349	220	173	449	5384
5	169	223	360	493	644	680	727	670	486	328	220	162	430	5162
6	169	216	349	468	612	666	706	641	464	313	202	162	414	4968



## Βιβλιογραφία

1. Ηλιακή Ενέργεια : Συνιστώσες της ηλιακής ενέργειας

A . E . ΜΟΣΧΑΤΟΣ

2. Θέρμανση - Κλιματισμός

B. H . ΣΕΛΛΟΥΝΤΟΣ

3. Ήπιες Μορφές Ενέργειας : Ηλιακή Μηχανική

4. ROTEX GmbH – TEMPIA A.E

5. Heat and Mass Transfer

FRANK M. WHITE