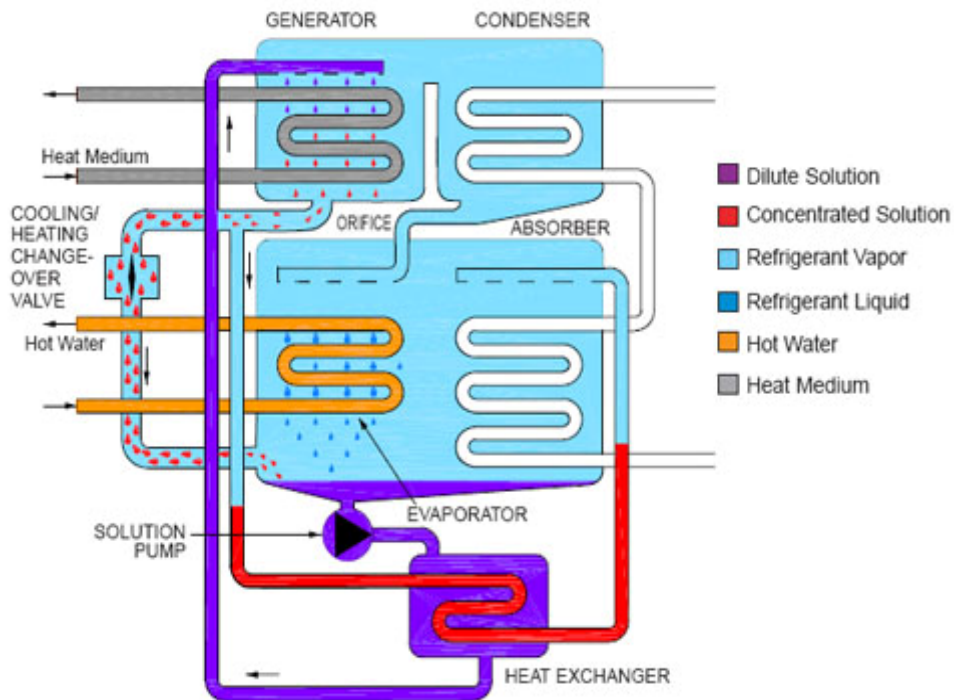




ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΜΕΛΕΤΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ (ΘΕΡΜΟ-ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ)
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ TRNSYS**



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ : ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΤΖΙΒΑΝΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ ,ΛΕΚΤΟΡΑΣ Ε.Μ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2009



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ :

**ΜΕΛΕΤΗ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ (ΘΕΡΜΟ-ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ)
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΜΕ
ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ TRNSYS**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ :

ΚΑΛΟΓΕΡΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:

ΤΖΙΒΑΝΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ , ΛΕΚΤΟΡΑΣ Ε.Μ.Π.

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ ΈΤΟΣ : 2008-2009

Στους
Βαγγέλη
Νίκο
Σοφία
Δήμητρα
Δημήτρη
Γιώργο
Γιάννη

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Χ. Τζιβανίδη , Λέκτορα της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του Ε.Μ.Π. , για την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια και άψογη συνεργασία που είχαμε κατά τη διάρκεια της εκπόνησης αυτής .

Καλογεράκης Κωνσταντίνος

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη ενός υβριδικού θερμοφωτοβολταϊκού συστήματος για ψύξη κτιρίων με απορρόφηση .

Αναλυτικότερα , τα σύγχρονα κτίρια απαιτούν μεγάλες μονάδες κλιματισμού για την ψύξη τους , δηλαδή την δημιουργία θερμικής άνεσεως στους χώρους τους . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μεγάλων ενεργειακών απαιτήσεων . Γεγονός που οδηγεί στην εύρεση εναλλακτικών συστημάτων για την δημιουργία θερμικής άνεσης στα κτίρια .

Με άλλα λόγια , προσπαθούμε να εκμεταλλευόμαστε την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια των ηλιακών συλλεκτών προκειμένου μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας του νερού, να μπορέσουμε να ενεργοποιήσουμε το σύστημα της απορρόφησης για την δημιουργία θερμικής άνεσεως στο κτίριο που προσομοιώνουμε. Κατά επέκταση να ελαχιστοποιήσουμε τις ανάγκες σε κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση φωτοβολταϊκών στοιχείων και να απαλείψουμε τις ανάγκες μας σε υγρά η αέρια καύσιμα .

Η λειτουργία του απορροφητή με χρήση θερμού νερού από ηλιακούς συλλέκτες αποτελεί καινούργια τεχνολογία , καθώς τα τελευταία χρόνια έχει επιτευχθεί σημαντική μείωση της θερμοκρασίας θερμού νερού που απαιτείται προκειμένου να τεθεί σε λειτουργία το σύστημα του απορροφητή . Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μπορεί να γίνει χρήση πλέον των ηλιακών συλλεκτών για παραγωγή θερμού νερού αντίστοιχης θερμοκρασίας .

Επίσης , πρέπει να αναφέρουμε πως ακόμη και σήμερα η παραγωγή θερμού νερού στους απορροφητές γίνεται συνήθως με χρήση καυστήρα αέριου ή πετρελαίου, γεγονός που καθιστά την τεχνολογία του απορροφητή οικονομικά ασύμφορη .

Στη παρούσα διπλωματική μελετήσαμε την δημιουργία θερμικής άνεση στους χώρους του κτιρίου μας κατά τους μήνες Μάιο, Ιούνιο , Ιούλιο ,Αύγουστο και Σεπτέμβριο σε ένα κτίριο . Η μελέτη έγινε με την χρήση του προγράμματος του TRNSYS . Κατά την προσπάθεια εκπόνησης της παραπάνω διπλωματικής εντοπίσαμε τα σημαντικότερα προβλήματα που δημιουργούνται στο σχεδιασμό ενός τέτοιου εγχειρήματος .

Πιο συγκεκριμένα η δομή της εργασίας είναι κατανομημένη σε 9 κεφάλαια .

Το **Κεφάλαιο 1** αναφέρεται στο πρόγραμμα της προσομοίωσης, TRNSYS που χρησιμοποιούμε προκειμένου να εκπονήσουμε την διπλωματική εργασία . Γίνεται αναφορά στον τρόπο λειτουργίας του , στα στοιχεία του και στα δεδομένα που περιλαμβάνονται από το πρόγραμμα .

Το **Κεφάλαιο 2** αναλύει σε βάθος της γενικές έννοιες της ψύξης και της θέρμανσης .

Το **Κεφάλαιο 3** αναφέρεται στον ψυκτικό κύκλο απορρόφησης . Αναλυτικότερα, γίνεται αναφορά στον τρόπο λειτουργίας του , στους τύπους απορρόφησης και στα περιφερειακά συστήματα που το στελεχώνουν .

Το **Κεφάλαιο 4** πραγματεύεται τον τρόπο λειτουργίας των Φωτοβολταϊκών στοιχείων και αναπτύσσονται οι βασικότερες τεχνολογίες Φωτοβολταϊκών στοιχείων.

Το **Κεφάλαιο 5** αναλύει θεωρητικά και παραστατικά την προσομοίωση του θερμικού ηλιακού συστήματος για ψύξη κτιρίων με απορρόφηση , με την βοήθεια του στούντιο προσομοίωσης TRNSYS .

Το **Κεφάλαιο 6** αναφέρεται στα αποτελέσματα της προσομοίωσης του θερμικού ηλιακού συστήματος για ψύξη κτιρίων με απορρόφηση . Δίνονται αναλυτικά οι παραδοχές που κάναμε , τα γραφήματα για τους μήνες που προσομοιώσαμε και γίνεται κα ανάλυση των αποτελεσμάτων που πήραμε από τα γραφήματα .

Στο **Κεφάλαιο 7** γίνεται αναφορά στις ενεργειακές απαιτήσεις του συστήματος και στον τρόπο που μπορούμε να καλύψουμε αυτήν την ανάγκη που έχουμε σε ηλεκτρική ενέργεια με χρήση του TRNSYS.

Το **Κεφάλαιο 8** μας δίνει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων του συστήματος της απορρόφησης , με χρήση γραφημάτων και σχετικών αναλύσεων αυτών για τους μήνες που προσομοιώθηκαν .

Το **Κεφάλαιο 9** αναφέρεται σε γενικότερους σχολιασμούς και συμπεράσματα ενώ προτείνονται και μελλοντικές διπλωματικές εργασίες που μπορούν να γίνουν αναπτύσσοντας το παραπάνω θέμα .

Παράρτημα : Επισυνάπτεται παράρτημα με την κάτοψη του κτιρίου σε σχέδιο AUTOCAD .

Ηλιακή Ενέργεια και Κτίρια

Η ενεργειακή κρίση των τελευταίων χρόνων , η αύξηση της τιμής του πετρελαίου με ταυτόχρονες προβλέψεις για εξάντληση των αποθεμάτων που υπάρχουν , έχουν θέσει με επιτακτικό τρόπο το πρόβλημα της αξιοποίησης και άλλων ενεργειακών πηγών .Είναι απαραίτητο λοιπόν να προσανατολιστούμε στην κατά τον δυνατό καλύτερη εκμετάλλευση της ενέργειας που είναι διάχυτη στο περιβάλλον και πρώτα από όλα της ηλιακής ενέργειας.

Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που παράγεται από τον ήλιο . Η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην εξωτερική πλευρά της γήινης ατμόσφαιρας ανέρχεται περίπου στα $1,395 \frac{KW}{m^2}$ στις 21^η Δεκεμβρίου που ο ήλιος είναι πλησιέστερα στη γη και σε $1,322 = \frac{KW}{m^2}$ στις 21^η Ιουνίου που ο ήλιος είναι στην μεγαλύτερη απόσταση από τη γη . Κατά την διάρκεια του έτους , η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας ποικίλει μεταξύ αυτών των δύο τιμών .

Η ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην επιφάνεια της γης είναι σημαντικά ελαττωμένη σε σχέση με τους προαναφερθέντες αριθμούς , γιατί ένα μεγάλο μέρος ανακλάται και επιστρέφει στο διάστημα ,ενώ ένα άλλο μέρος της απορροφάται από την ατμόσφαιρα .Η ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια της γης μετά από διαδοχικές ανακλάσεις δεν έχει συγκεκριμένη διεύθυνση και καλείται διάχυτη ακτινοβολία .

Η γη δέχεται από τον ήλιο την ενέργεια υπό μορφή ακτινοβολίας σε μικρά μήκη κύματος λ , έτσι ώστε το 94% της ενέργειας είναι κάτω από $\lambda=1,5\mu$ ($1\mu=1$ χιλιοστό του χιλιοστού) .Το 25% της ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο ανακλάται στα εξωτερικά στρώματα της ατμόσφαιρας . Το υπόλοιπο απορροφάται από την ατμόσφαιρα τη στεριά και τους ωκεανούς δημιουργώντας την καθημερινή θερμοκρασία , τους ανέμους , τα ωκεάνια ρεύματα , τα σύννεφα ,τη βροχή .Η ενέργεια δηλαδή του ήλιου μετατρέπεται σε θερμότητα σε μηχανική ενέργεια και πάλι σε θερμότητα .

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω το ποσό της ηλιακής ενέργειας που πέφτει στην γη είναι τεράστιο , ελάχιστο όμως από αυτό χρησιμοποιεί άμεσα ο άνθρωπος στο περιβάλλον του . Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η ενέργεια που πέφτει στην στέγη ενός μέσου σπιτιού είναι κατά 2 με 10 φορές μεγαλύτερη από της ενεργειακές ανάγκες του σπιτιού για θέρμανση και κλιματισμό .

Οδηγίες Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ενεργειακή Απόδοση των Κτιρίων

Η Ευρωπαϊκή ένωση λαμβάνοντας υπ' όψιν την αυξανόμενη ζήτηση σε ενέργεια και ταυτόχρονα την εξάντληση των πόρων οι οποίοι μας την παρέχουν , έχει δώσει τις κατευθυντήριες γραμμές στα κράτη μέλη μέσα από κατάλληλες οδηγίες για την εξοικονόμηση και βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων .

Αρχικά κρίνω σκόπιμο να δώσω τον ορισμό του όρου "ενεργειακή απόδοση κτιρίου" : είναι η ποσότητα ενέργειας που πράγματι καταναλώνεται ή εκτιμάται ότι ικανοποιεί τις διάφορες ανάγκες που συνδέονται με την συνήθη χρήση του κτιρίου , οι οποίες μπορούν να περιλαμβάνουν , μεταξύ άλλων , τη θέρμανση , την παραγωγή ζεστού νερού , την ψύξη , τον αερισμό και το φωτισμό . Η ποσότητα αυτή εκφράζεται με έναν ή περισσότερους αριθμητικούς δείκτες οι οποίοι έχουν υπολογισθεί λαμβάνοντας υπόψη τη μόνωση , τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης , το σχεδιασμό και τη θέση σε σχέση με κλιματολογικούς παράγοντες , την έκθεση στον ήλιο και την επίδραση των γειτονικών κατασκευών , την παραγωγή ενέργειας του ίδιου του κτιρίου και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή ζήτηση , στους οποίους περιλαμβάνονται και οι κλιματικές συνθήκες στο εσωτερικό του δωματίου .

Πιο αναλυτικά σύμφωνα με τις οδηγίες 2002/91/EK της 16^{ης} Δεκεμβρίου του 2002 και 2006/32/EK της 5^{ης} Απριλίου του 2006 , αναφέρεται μεταξύ άλλων ότι ο τομέας της κατοικίας και ο τριτογενής τομέας , το μεγαλύτερο μέρος των οποίων είναι κτίρια που μας αφορά στην παρούσα μελέτη , αντιπροσωπεύει περισσότερο από 40% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην κοινότητα που αναπτύσσεται , τάση που προκαλείται να αύξηση την ενεργειακή του κατανάλωση και κατά συνέπεια τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα .

Σύμφωνα με το Κεφάλαιο II της οδηγίας 2006/32/EK και το άρθρο 4 όπου αναφέρονται οι στόχοι εξοικονόμησης ενέργειας , τα κράτη μέλη θεσπίζουν και προσπαθούν να επιτύχουν εθνικό ενδεικτικό στόχο εξοικονόμησης ενέργειας 9% για το ένατο έτος εφαρμογής της παρούσας οδηγίας , με τη βοήθεια ενεργειακών υπηρεσιών και άλλων μέτρων βελτίωση ενεργειακής απόδοσης . Σε αυτά τα μέτρα αναφέρει τα υβριδικά θερμικά Φωτοβολταϊκά συστήματα για ψύξη κτιρίων με μονάδες απορρόφησης Βρωμιούχου –Λιθίου .

Την χρήση του παραπάνω υβριδικού συστήματος θα προσπαθήσουμε να προσομοιώσουμε παρακάτω κάνοντας χρήση του λογισμικού του TRNSYS .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο TRNSYS SIMULATION STUDIO

1.1. Εισαγωγή στο TRNSYS.....	9
1.1.1. Στούντιο Προσομοίωσης (Simulation Studio).....	9
1.1.2. Παράθυρα στο Στούντιο Προσομοίωσης.....	10
1.1.3. Proforma	11
1.1.4. Πίνακας Σύνταξης (Assembly Panel).....	12
1.1.5. Μετακίνηση Στοιχείων και Συνδέσεων	12
1.1.6. Επιλογές στοιχείων	13
1.1.6.1. Διαγραφή στοιχείων	13
1.1.6.2. Διπλασιασμός ή αντιγραφή στοιχείων	13
1.1.6.3. Εργαλειοθήκη άμεσης πρόσβασης	13
1.1.6.4. Λήψη Πληροφοριών.....	13
1.1.6.5. Αλλαγή Κατηγορίας Στοιχείων.....	13
1.1.7. Δημιουργία συνδέσεων	14
1.1.8. Δημιουργία Macro-Στοιχείου	14
1.1.9. Κλείδωμα και Ξεκλείδωμα Στοιχείων.....	14
1.1.10. Πρόσβαση στις Καρτέλες Ελέγχου της Προσομοίωσης	15
1.1.11. Παραγωγή μόνο του Αρχείου Εισόδου.....	15
1.1.12. Εκτέλεση Προσομοίωσης	16
1.1.13. Πρόσβαση στο Αρχείο Καταλόγου (*.Ist) μέσω Διαχειρίστη Σφαλμάτων (Error Manager).....	16
1.1.14. Μεταβλητές	16
1.1.15. Συνδέσεις-Εξισώσεις	17
1.1.16. Μηχανή Προσομοίωσης TRNSYS	17
1.2. Γραφικό Περιβάλλον εισαγωγής Στοιχείων του Κτιρίου (TRNBuild).....	18
1.2.1. Γενική Περιγραφή.....	18
1.2.2. Επεξεργασία των Στοιχείων του Κτιρίου	18
1.2.3. Παράθυρα Μελέτης	18
1.2.4. Προσανατολισμοί	18
1.2.5. Ιδιότητες	19
1.2.6. Είσοδοι-Έξοδοι	19
1.2.7. Παράθυρο Επεξεργασίας Ζώνης	20
1.2.8. Είσοδοι των Απαιτούμενων Βασικών Δεδομένων	20
1.2.9. Δεδομένα Τοίχων και Παραθύρων	21
1.2.10. Δεδομένα Προαιρετικού Εξοπλισμού	22
1.2.10.1. Διείσδυση Αέρα	22
1.2.10.2. Αερισμός	22
1.2.10.3. Θέρμανση.....	22
1.2.10.4. Ψύξη.....	23
1.2.10.5. Εσωτερικά Φορτία.....	23
1.2.10.6. Θερμική Άνεση.....	24
1.2.11. Εφαρμογές TRNSED-TRNDIT.....	24

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΨΥΞΗΣ-ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

2.1. Θερμότητα-Εισαγωγή.....	25
2.2. Βασικές Έννοιες.....	26
2.2.1. Η Θερμότητα.....	26
2.2.2. Η Μετάδοση της Θερμότητας	26
2.2.3. Η Ψύξη	28
2.2.4. Η Θερμοκρασία.....	28
2.2.5. Κατάσταση των Σωμάτων.....	28
2.2.6. Η Πίεση	29
2.2.7. Ειδική Θερμοχωρητικότητα	29
2.2.8. Λανθάνουσα Θερμότητα Τήξης	30
2.2.9. Λανθάνουσα Θερμότητα Εξάτμισης	31

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

3.1. Ψυκτικός Κύκλος Απορρόφησης.....	32
3.2. Διάλυμα Νερού-Αμμωνίας	32
3.3. Διάλυμα Νερού-Βρωμιούχου Λιθίου.....	32
3.4. Κύκλοι Απορρόφησης	33
3.4.1. Κύκλος Απορρόφησης Νερού-Αμμωνίας	33
3.4.2. Κύκλος Απορρόφησης Βρωμιούχου Λιθίου Απλής Ενέργειας	34
3.4.3. Κύκλος Απορρόφησης Βρωμιούχου Λιθίου Διπλής Ενέργειας	35
3.4.4. Κύκλος Απορρόφησης Βρωμιούχου Λιθίου Τριπλής Ενέργειας.....	38
3.4.5. Επιδόσεις και Συγκρίσεις	39
3.5. Ρύθμιση Ψυκτικής Ικανότητας	40
3.6. Κρυσταλλοποίηση.....	41
3.7. Εξαέρωση μη Υγροποιημένων Ρευστών	41
3.8. Ιστορική Αναδρομή και Διάδοση των Μονάδων Απορρόφησης	42
3.9. Τύποι Ψυκτικών Μονάδων Απορρόφησης	43
3.9.1. Μονάδες Νερού Αμμωνίας με Καυστήρα Αερίου.....	44
3.9.2. Μονάδες Βρωμιούχου Λιθίου με Θερμό Νερό ή Ατμό.....	47
3.9.3. Μονάδες Βρωμιούχου Λιθίου με Καυστήρα.....	51
3.10. Περιφερειακά Συστήματα Απορροφητή	53
3.10.1. Υδροψυκτοι και Αερόψυκτοι Συμπυκνωτές	53
3.10.2. Οι Πύργοι Ψύξης του Νερού	53
3.10.3. Κατάταξη των Πύργων Ψύξης	57
3.10.4. Αερόψυκτοι Συμπυκνωτές	61
3.10.5. Ο Εξατμιστής	64
3.10.5.1. Βασικές Λύσεις	65
3.10.5.2. Εξατμιστής Άμεσης Εκτόνωσης	65
3.10.5.3. Εξατμιστές για Ψύξη Αέρα	65
3.10.5.4. Εξατμιστές Λείου Σωλήνα	66
3.10.5.5. Πτερυγωτοί Εξατμιστές.....	66
3.10.6. Εξατμιστές για Ψύξη Νερού	70
3.10.6.1. Εξατμιστής Δέσμης Σωλήνων	70
3.10.6.2. Εξατμιστής με Κασσιτεροκολλημένες Πλάκες	72
3.10.6.3. Εξατμιστής Πλημμυρισμένου Τύπου.....	73

3.11. Ανάλυση Θεωρίας.....	75
3.12. Διάγραμμα Πίεσης-Αντίστροφης Ενθαλπίας	78
3.13. Διάγραμμα Ενθαλπίας κατά Μάζα Σύσταση	81
3.14. Υπολογισμός Ψυκτικής Μονάδας Απορρόφησης	85
3.15. Ενεργειακή Ανάλυση Ψυκτικού Κύκλου Απορρόφησης	88
3.16. Ψυκτική Μονάδα Απορρόφησης με (LiBr/H ₂ O).....	89
3.17. Ψυκτική Μονάδα Απορρόφησης με (NH ₃ /H ₂ O).....	90

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1. Εξοικείωση με την Ορολογία.....	92
4.2. Ιστορική Αναδρομή.....	93
4.3. Αρχή Λειτουργίας	93
4.4. Δομή και Βασική θεωρία Ημιαγωγών	94
4.5. Ένωση p-n Δίοδος Ημιαγωγών	96
4.6. Φωτοβολταϊκά Φαινόμενα Ημιαγωγών	98
4.7. Παράγοντες Επίδρασης στην Απόδοση της Φ/Β Μετατροπής	99
4.8. Βασικότερες Τεχνολογίες Φ/Β	100
4.9. Άλλες Τεχνολογίες Παραγωγής Φ/Β Στοιχείων	101

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ .

5.1. Εισαγωγή.....	103
5.2. Σχεδιασμός του Κτιρίου στο Simulation Studio (10 Βήματα).....	104
5.3. Προσθήκη Παραμέτρων στο Κτίριο	115
5.4. Ανανέωση και Διείσδυση Αέρα	122
5.5. Ανάλυση της Προσομοίωσης του TRNSYS.....	123
5.5.1. Φάση 1 ^η → Πρωτεύον Κύκλωμα Θρ. Νερού-Κύκλωμα Ηλιακών...124	
5.5.2. Φάση 2 ^η → Δευτερεύον Κύκλωμα Θερμού Νερού – Κύκλωμα Απορροφητή.....	131
5.5.3. Φάση 3 ^η → Κύκλωμα Πύργου Ψύξης στον Απορροφητή.....	142
5.5.4. Φάση 4 ^η → Κύκλωμα Fan-Coil και Απορροφητή.....	145
5.5.5. Φάση 5 ^η → Κύκλωμα Fan-Coil και Building.....	147
5.5.6. Φάση 6 ^η → Έξοδος δεδομένων από το TRNSYS Studio.....	151
5.5.7. Φάση 7 ^η → Control Cards στο TRNSYS Simulation Studio	151

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ .

6.1. Παραδοχές	154
6.2. Αποτελέσματα προσομοίωσης	155
6.2.1. Εισαγωγή	155
6.2.2. Γραφήματα	157
6.3. Ανάλυση αποτελεσμάτων	192
6.4. Αποτελέσματα προσομοίωσης κατά την εκκίνηση της Προσομοίωσης ..	194
6.4.1.Γραφήματα	194
6.5.Ανάλυση αποτελεσμάτων	196

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

7.1. Κυκλοφορητές Νερού	197
7.2. Απορροφητής	199
7.3. Fan-Coil	200
7.4. Πρόσθετη Εξωτερική Παροχή Θερμότητας	201
7.5. Ανάλυση της Απαιτούμενης Παραγωγής Ενέργειας από τα Φ/Β.....	202
7.6.Χρήση Φ/Β Στοιχείων για κάλυψη της Απαιτούμενης Ενέργειας.....	206

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

8.1. Αποτελέσματα προσομοίωσης	208
8.1.1. Εισαγωγή	208
8.1.2. Γραφήματα	209
8.2. Ανάλυση αποτελεσμάτων	216

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

9.1. Εισαγωγή	217
9.2. Σχολιασμός – Συμπεράσματα	217
9.3. Ως μελλοντική εργασία προτείνεται	220

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο TRNSYS SIMULATION STUDIO

1.1.Εισαγωγή στο TRNSYS

Το TRNSYS είναι ένα ολοκληρωμένο και επεκτάσιμο περιβάλλον προσομοίωσης για την προσομοίωση μεταβαλλόμενων συστημάτων στο χρόνο , συμπεριλαμβανομένων και των πολυζωνικών κτιρίων (multi-zone buildings).Είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται παγκοσμίως από μηχανικούς και ερευνητές για την αξιολόγηση των νέων ενεργειακών συστημάτων για διάφορες χρήσεις , από ένα απλό σύστημα ψύξης μέχρι και τον σχεδιασμό και την προσομοίωση κτιρίων και του εξοπλισμού τους , συμπεριλαμβανομένων στρατηγικών ελέγχου , συμπεριφορά των κατοίκων και συστήματα εναλλακτικών πηγών ενέργειας και συνδυασμό τους .

Η μεγάλη επιτυχία του TRNSYS είναι το ότι ο πηγαίος κώδικας , δηλαδή ο πυρήνας του προγράμματος , καθώς και ο κώδικας των διαφόρων μοντέλων που περιλαμβάνει το TRNSYS δίνονται στο χρήστη , ο οποίος μπορεί να τροποποιήσει κατάλληλα έτσι ώστε να εξυπηρετούνται καλύτερα οι δικές του ανάγκες .

Επίσης , λόγω της αρχιτεκτονικής του προγράμματος , η οποία είναι βασισμένη σε αρχεία DLL , υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής νέων μοντέλων που μπορεί να κατασκευάσει ο ίδιος ο χρήστης χρησιμοποιώντας κοινές γλώσσες προγραμματισμού (C,C++,PASCAL,FORTRAN κ.α.). Παράλληλα , το TRNSYS μπορεί να συνδεθεί εύκολα με πολλές άλλες εφαρμογές για επεξεργασία πριν , μετά ή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης (π.χ.Microsoft Excel , Matlab κ.λ.π.) .

Οι εφαρμογές που περιλαμβάνονται στο TRNSYS είναι η ακόλουθη :

- Ηλιακά συστήματα
- Συστήματα ψύξης-θέρμανσης
- Συστήματα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
- Συμπαραγωγή ,Κυψέλες καυσίμου
- Και οτιδήποτε απαιτεί δυναμική προσομοίωση

Πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι οι εφαρμογές στο TRNSYS δημιουργούνται ενώνοντας γραφικά τα στοιχεία (components) στο στούντιο προσομοίωσης (Simulation Studio) .Κάθε τύπος στοιχείου περιγράφεται από ένα μαθηματικό μοντέλο στη μηχανή προσομοίωσης του TRNSYS τα οποία συνδέονται με το στούντιο προσομοίωσης μέσω των <<αιτήσεων>> (Proformas) .Η Proforma λειτουργεί σαν ένα <<μαύρο κουτί>> περιγραφής ενός στοιχείου που περιέχει τα εισαγόμενα και εξαγόμενα μεγέθη (inputs-outputs) ,τις μεταβλητές και τα λοιπά .Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται ως types .

1.1.1. Στούντιο Προσομοίωσης (Simulation Studio)

Το κεντρικό γραφικό περιβάλλον του TRNSYS αποτελεί το Στούντιο προσομοίωσης , στο οποίο μπορούμε να δημιουργήσουμε τις εφαρμογές <<ρίχνοντας >> με το ποντίκι (drag-drop) τα επιλεγόμενα στοιχεία στο παράθυρο εργασίας , συνδέοντας τα μεταξύ τους και καθορίζοντας μεταξύ τις προσομοίωσης .

Το στούντιο προσομοίωσης δημιουργεί το αρχείο με τα δεδομένα του προγράμματος προσομοίωσης του χρήστη (*.tpf) .Επίσης δημιουργεί αρχείο εισόδου , το οποίο είναι ένα αρχείο κειμένου που περιέχει όλες τις πληροφορίες τις προσομοίωσης .

Το στούντιο προσομοίωσης περιλαμβάνει επίσης έναν διαχειριστή των εξόδων του προγράμματος , με τον οποίο ο χρήστης μπορεί να καθορίσει ποιες μεταβλητές θα συμπεριληφθούν στις εξόδους , ποιες θα εκτυπωθούν και ποιες θα χρησιμοποιηθούν στα διαγράμματα .Τέλος περιλαμβάνει έναν καταγραφέα-διαχειριστή σφαλμάτων , ο οποίος επιτρέπει την λεπτομερή μελέτη των γεγονότων κατά την διάρκεια της προσομοίωσης .

Πολλές επιπρόσθετες εργασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσα από το στούντιο προσομοίωσης ,όπως η δημιουργία νέων υπολογιστικών μοντέλων προς εισαγωγή TRNSYS χρησιμοποιώντας την επιλογή 'Fortran wizard' καθώς επίσης η ανάγνωση των εξαγόμενων αρχείων , η επεξεργασία της περιγραφής ενός μοντέλου τροποποιώντας της παραμέτρους της εισόδου και της εξόδου του μοντέλου .

1.1.2. Παράθυρα στο Στούντιο Προσομοίωσης

Το κεντρικό παράθυρο (main window) είναι αυτό που βλέπει ο χρήστης όταν ανοίξει το στούντιο προσομοίωσης .Όπως συμβαίνει και σε άλλα προγράμματα των Microsoft Windows , το κεντρικό παράθυρο περιέχει pull-down επιλογές , διάφορες μπάρες εργαλείων (toolbars) και ένα ή περισσότερα ενεργά παράθυρα (active windows) . Στην αρχή το κεντρικό παράθυρο είναι άδειο .Όταν ο χρήστης δημιουργεί ένα καινούργια πρόγραμμα ή ανοίγει ένα που υπάρχει ήδη , εμφανίζεται στο κεντρικό παράθυρο ο πίνακας σύνταξης (assembly panel) ,ο οποίος περιγράφεται παρακάτω .

Επίσης , όλα τα υπόλοιπα απαραίτητα χαρακτηριστικά του Στούντιο Προσομοίωσης καθώς και τα άλλα εργαλεία του TRNSYS είναι προσβάσιμα από το κεντρικό παράθυρο εργασίας του στούντιο προσομοίωσης .Κάποια από αυτά τα χαρακτηριστικά στοιχεία (features) ανοίγουν ξεχωριστά προγράμματα , τα οποία αναδύονται σε δικά τους παράθυρα .

Ο πίνακας σύνταξης (Assembly panel window) είναι το παράθυρο στο οποίο ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει να τροποποιήσει και να 'τρέξει' τις εφαρμογές προσομοίωσης .

Ο Κατάλογος Άμεσης Πρόσβασης (Direct Access Menu) περιλαμβάνει όλα τα μοντέλα που είναι διαθέσιμα για την εκπόνηση των μελετών –εφαρμογών .Πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι οι όροι μοντέλο και στοιχείο(component) εκφράζουν ακριβώς το ίδιο πράγμα και χρησιμοποιούνται εναλλακτικά .Αυτοί οι όροι εκφράζουν ένα κομμάτι εξοπλισμού ή μια ενότητα που περιλαμβάνεται στο TRNSYS .Όπως έχουμε αναφέρει και προηγουμένως , τα μοντέλα που περιέχονται στον κατάλογο Άμεσης πρόσβασης χρησιμοποιούνται με την μέθοδο 'drag and drop' στην τρέχουσα μελέτη .

Η PROFORMA είναι μια πρότυπη μέθοδος για την τεκμηρίωση των μοντέλων .

1.1.3. PROFORMA

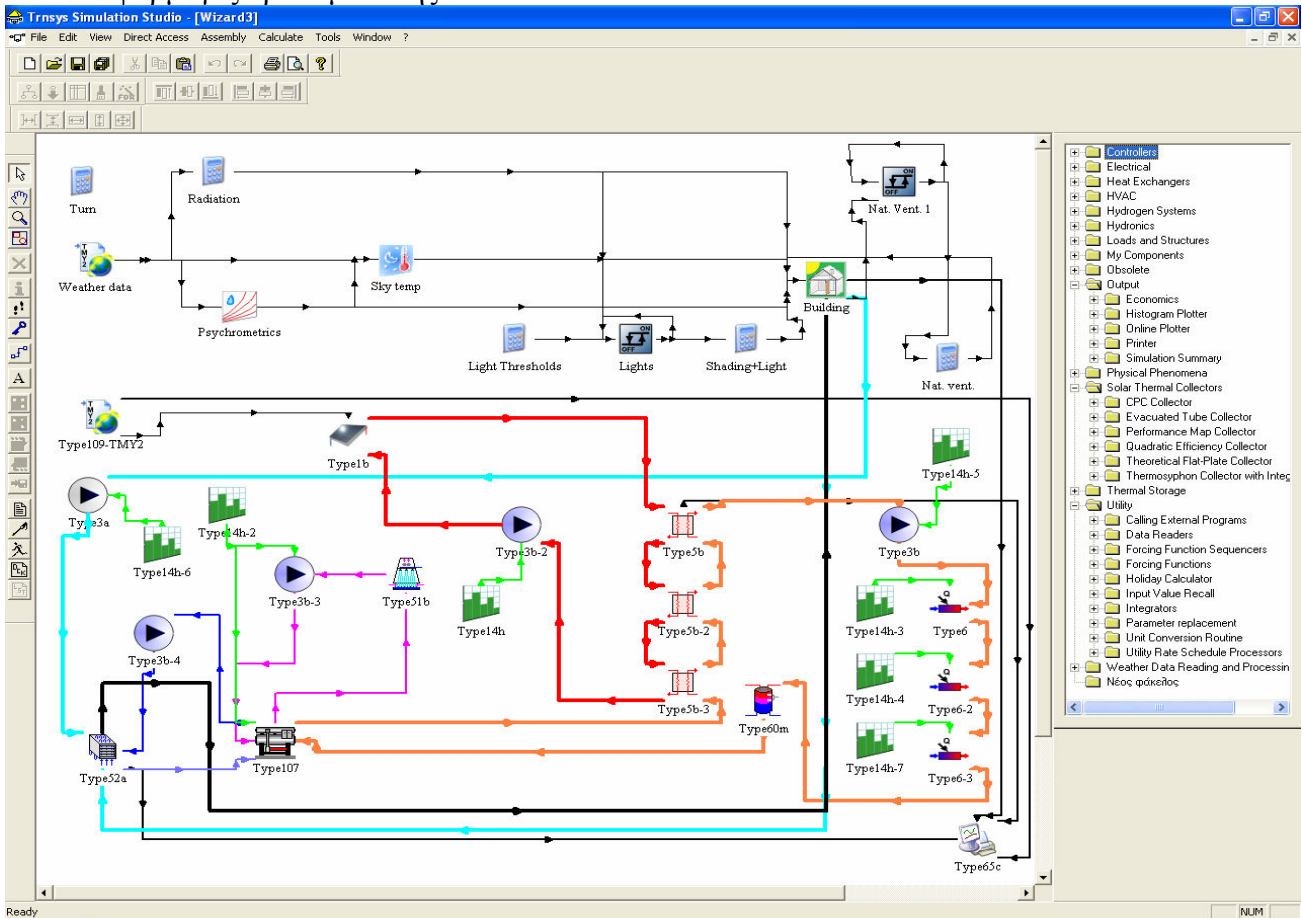
Όπως έχουμε αναφέρει παραπάνω , το αρχείο proforma (*.tmf- TRNSYS model file) είναι το πρότυπο τεκμηρίωσης των μοντέλων που χρησιμοποιούνται στο στούντιο προσομοίωσης . Όλα τα στοιχεία που δημιουργούνται ή προστίθενται στο στούντιο προσομοίωσης πρέπει να έχουν μία ολοκληρωμένη proforma έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μια εφαρμογή προσομοίωσης .

Τα αρχεία proforma στο στούντιο προσομοίωσης αποτελούνται από τέσσερις καρτέλες , οι οποίες περιέχουν όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται για να διευκολύνουν τη μεταφορά των πληροφοριών σχετικά με τα στοιχεία ,και επιτρέπουν στα μοντέλα να χρησιμοποιούνται στη σωστή διάταξη .Η πρώτη καρτέλα περιέχει γενικές πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία του στοιχείου .

Η δεύτερη καρτέλα περιέχει μια σύντομη περιγραφή και μια αναλυτική περιγραφή του μοντέλου .Η Τρίτη καρτέλα περιλαμβάνει μια αναλυτική περιγραφή της κάθε μεταβλητής (παράμετροι , είσοδοι, έξοδοι και παράγωγοι) η οποία είναι απαραίτητη για τον προσδιορισμό του μοντέλου καθώς και της σύνδεσης του με τα άλλα στοιχεία .Η τέταρτη και τελευταία καρτέλα περιέχει συνδέσεις και εργαλεία για την συνεργασία με τα αρχεία που σχετίζονται με το μοντέλο .Αυτό περιλαμβάνει πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα και σε άλλα αρχεία περιγραφής καθώς και την ικανότητα των εξωτερικών αρχείων με το μοντέλο .Τα αρχεία αυτά μπορούν να ανοιχτούν με το κατάλληλο πρόγραμμα .

1.1.4. Πίνακας Σύνταξης (Assembly Panel)

Όπως έχουμε αναφέρει και πιο πάνω ο Πίνακας σύνταξης είναι το παράθυρο στο οποίο ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει , να τροποποιήσει και να τρέξει τις εφαρμογές προσομοίωσης .



Εικόνα 1: Παράθυρο Πίνακα σύνταξης

Το κεντρικό μενού σύνταξης παρέχει πολλές χρήσιμες εντολές για την εργασία με τον πίνακα σύνταξης .Επιπρόσθετα ,η εργαλειοθήκη της μελέτης (project toolbar) περιλαμβάνει πολλά εικονίδια για τις απαραίτητες ενέργειες .Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή των ενεργειών που λαμβάνουν μέρος :

1.1.5.Μετακίνηση Στοιχείων και Συνδέσεων

Για την τοποθέτηση ενός μοντέλου /στοιχείου στον Πίνακα Σύνταξης ,πρέπει να επιλεγεί ένα στοιχείο από την Εργαλειοθήκη Άμεσης Πρόσβασης , η οποία έχει δενδροειδή μορφή .Στη συνέχεια ,κάνοντας κλικ στον πίνακα Σύνταξης τοποθετείται το στοιχείο που έχουμε επιλέξει για την συγκεκριμένη εφαρμογή .

Η σύνδεση των στοιχείων γίνεται με μια "σωλήνωση" ,η οποία συνδέει τις εξόδους και τις εισόδους των στοιχείων .Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να μετακινεί τη θέση των συνδέσεων με σκοπό να γίνεται ο Πίνακας σύνταξης ευκολότερος στην κατανόηση .

Επίσης , για να μπορεί ο χρήστης να δει τις παραμέτρους , τις εισόδους ,τις εξόδους ,τις παραγωγούς, τις ειδικές κάρτες και τα σχόλια που σχετίζονται με το συγκεκριμένο στοιχείο , πρέπει να κάνει δεξί κλικ στο εικονίδιο του μοντέλου και να πατήσει την επιλογή Μεταβλητές (Variables) .

1.1.6. Επιλογές Στοιχείων

1.1.6.1. Διαγραφή στοιχείων

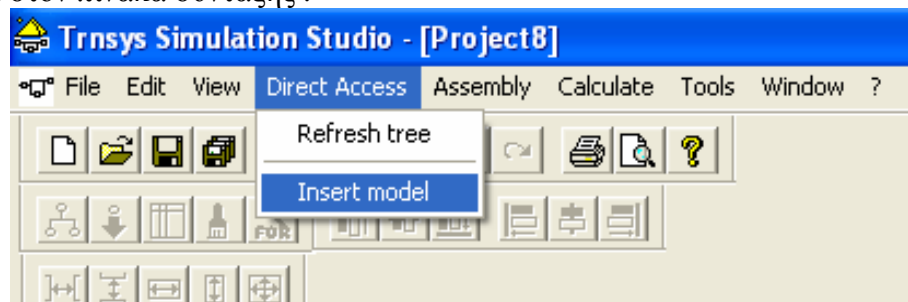
Ο χρήστης μπορεί να διαγράψει ένα στοιχείο ή μια σύνδεση μεταξύ δύο στοιχείων απλά κάνοντας αριστερό κλικ πάνω στο στοιχείο και πατώντας το DELETE .

1.1.6.2. Διπλασιασμός ή αντιγραφή στοιχείων

Η εντολή edit/copy στο μενού δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει ένα ακριβές αντίγραφο του στοιχείου στον πίνακα σύνταξης .Πρέπει να σημειώσουμε ότι το καινούργιο στοιχείο θα περιέχει τις ίδιες πληροφορίες που έχει εισάγει ο χρήστης στο πρότυπο μοντέλο .

1.1.6.3. Χρησιμοποίηση της εργαλειοθήκης άμεσης πρόσβασης

Η Εργαλειοθήκη Άμεσης Πρόσβασης (Direct Access Toolbar) επιτρέπει στον χρήστη να ανακτεί εύκολα και γρήγορα οποιοδήποτε από τα μοντέλα και να τα τοποθετεί στον πίνακα σύνταξης .



Εικόνα 2 : Παράθυρο εργαλειοθήκης άμεσης πρόσβασης

1.1.6.4. Λήψη Πληροφοριών (Πρόσβαση στην Proforma) .

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση στην Proforma του στοιχείου .Αρχικά , επιλέγουμε το στοιχείο και στη συνέχεια κάνουμε δεξί κλικ και επιλέγουμε το εικονίδιο "πληροφορίες " από την εργαλειοθήκη της εφαρμογής .

Η Proforma , όπως έχουμε αναφέρει και πιο πάνω , περιέχει μια ολοκληρωμένη περιγραφή του στοιχείου , από μια επισκόπηση του μοντέλου μέχρι και πλήρη περιγραφή όλων των παραμέτρων , εισόδων ,εξόδων και παραγωγών .

1.1.6.5 Αλλαγή Κατηγορίας Στοιχείων .

Κάθε στοιχείο είναι καταχωρημένο σε "κατηγορίες"(layers) στις οποίες εμφανίζονται και όλα τα στοιχεία της ίδιας κατηγορίας .Οποιοσδήποτε συνδυασμός κατηγοριών (layers) μπορεί να επιτευχθεί οποιαδήποτε στιγμή . Η αρχική ιδέα αφορά τα στοιχεία να είναι καταχωρημένα σε διαφορετικές κατηγορίες , με σκοπό την διευκόλυνση του χρήστη .Στο περιβάλλον TRNSYS υπάρχουν προκαθορισμένες κατηγορίες :

Μετεωρολογικά Δεδομένα , Κυκλοφορία Ύδατος , Κεντρικοί Αγωγοί , Κυκλοφορία Αέρα , Έξοδοι και Κείμενο (weather/data files , water loop , main ,air loop , outputs ,text) .

Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μετακινήσει ένα στοιχείο από μια κατηγορία σε μια άλλη .

1.1.7 Δημιουργία Συνδέσεων

Η εντολή assembly/Link Mode από το μενού επιτρέπει στο χρήστη τον προσδιορισμό της ροής πληροφοριών από το ένα στοιχείο σε ένα άλλο . Η κατεύθυνση της πληροφορίας είναι από το πρώτο στοιχείο προς το δεύτερο (οι εξόδοι του πρώτου είναι οι εισόδοι για το δεύτερο) .

Οι εξόδοι παρουσιάζονται σαν μια γραμμή που εξέρχεται από το πρώτο στοιχείο , ενώ οι εισόδοι σαν μια γραμμή που εισέρχονται στο δεύτερο.

1.1.8. Δημιουργία Macro-Στοιχείου (Macro Component)

Η ιδέα του macro επιτρέπει στον χρήστη να αντικαταστήσει επιλεγμένα στοιχεία και τις μεταξύ τους συνδέσεις με ένα macro-στοιχείο , το οποίο θα έχει :

- Σαν παραμέτρους , τις παραμέτρους όλων των στοιχείων που περιέχονται σε αυτό .
- Σαν εξόδους , τις εξόδους όλων των στοιχείων που περιέχονται σε αυτό
- Σαν εισόδους , τις μη συνδεδεμένες εισόδους όλων των στοιχείων που περιέχονται σε αυτό .
- Σαν μεταβλητές , τις μεταβλητές όλων των στοιχείων που περιέχονται σε αυτό
- Σαν εξωτερικά αρχεία , τα εξωτερικά αρχεία όλων των στοιχείων που περιέχονται σε αυτό .
- Σαν ειδικές κάρτες , τις ειδικές κάρτες όλων στοιχείων που περιέχονται σε αυτό .

Το macro-στοιχείο συμπεριφέρεται όπως και κάθε άλλο στοιχείο .Μπορεί να μετακινηθεί , να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία κάποιου άλλου macro-στοιχείου , να διαγραφεί κ.λ.π. .Για τη δημιουργία του macro-στοιχείου επιλέγουμε αρχικά όλα τα στοιχεία που θέλουμε να αντικαταστήσουμε ,και στη συνέχεια επιλέγουμε την εντολή Assembly/Create Macro από το μενού . Το πρόγραμμα αυτόματα αντικαθιστά τα επιλεγμένα στοιχεία με ένα macro-στοιχείο .

Με την εντολή Assembly /Explode Macro αντικαθιστούμε το macro-στοιχείο με τα στοιχεία και τις συνδέσεις που χρησιμοποιούνταν για τη δημιουργία του .Ουσιαστικά είναι η αντίστροφη ενέργεια αυτής που αναφέραμε πιο πάνω .Επίσης , μπορούμε να αποθηκεύσουμε το macro-στοιχείο για μελλοντική του χρήση .

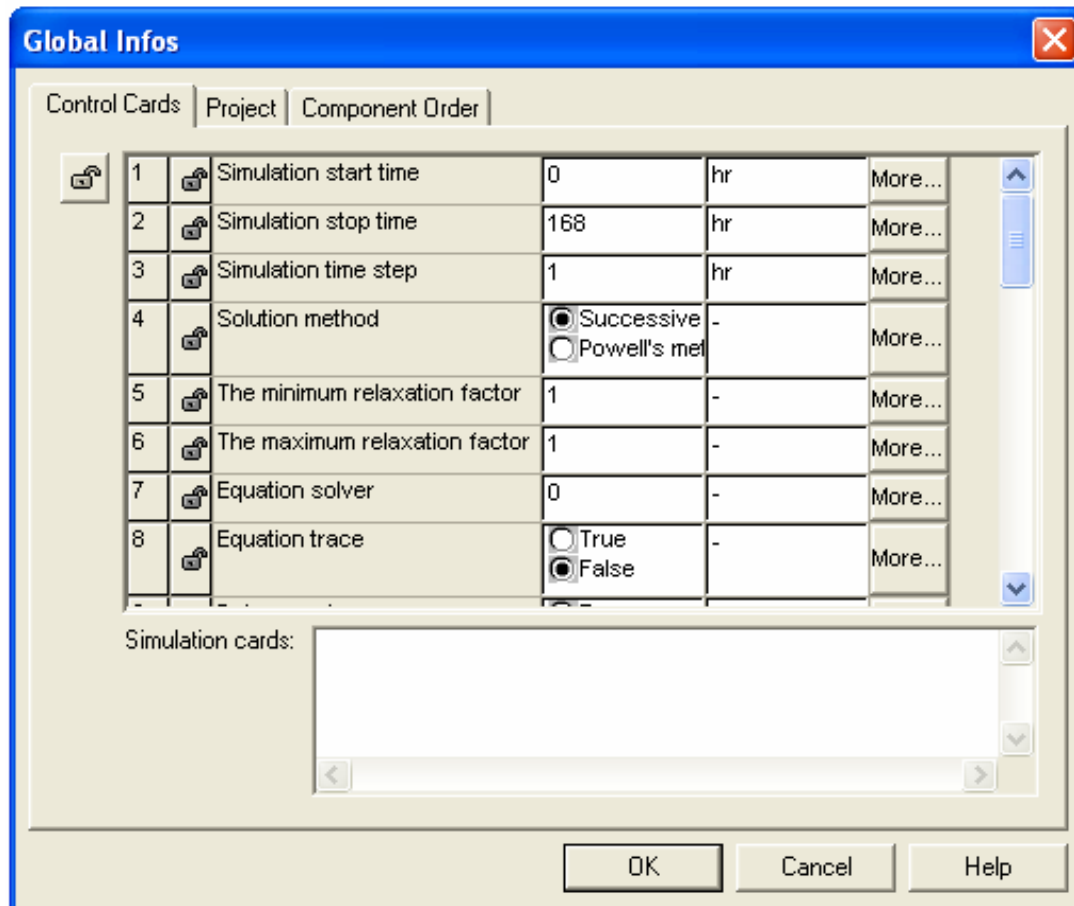
1.1.9. Κλείδωμα και Ξεκλείδωμα Στοιχείων

Μια πολύ σημαντική ενέργεια που αξίζει να αναφέρουμε είναι το κλείδωμα /ξεκλείδωμα των στοιχείων .Η εντολή assembly /Lock –Unlock επιτρέπει στον δημιουργό μιας μελέτης να ‘κλειδώσει’ συγκεκριμένα στοιχεία στον Πίνακα Σύνταξης . Τα κλειδωμένα στοιχεία δεν μπορούν να διαγραφούν ή να τροποποιηθούν.

1.1.10. Πρόσβαση στις Καρτέλες Ελέγχου της Προσομοίωσης

Η εντολή Assembly/Control Cards επιτρέπει στον χρήστη να προσδιορίσει τις καρτέλες ελέγχου που απαιτούνται από το πρόγραμμα TRNSYS .Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κλειδώσει και να ξεκλειδώσει οποιεσδήποτε από τις καρτέλες ελέγχου για μια προσομοίωση πατώντας το κατάλληλο εικονίδιο .

Όπως έχουμε πει και πιο πάνω οι κλειδωμένες κάρτες ελέγχουν και δεν μπορούν να τροποποιηθούν .Πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι οι κάρτες ελέγχου θα καταγράφονται στο αρχείο εισόδου του TRNSYS το οποίο καθορίζεται στο περιθώριο με την ετικέτα 'deck file name' .



Εικόνα 3: Καρτέλες ελέγχου (Control Cards)

1.1.11. Παραγωγή μόνο του Αρχείου Εισόδου (Generate Input File).

Με την εντολή Calculate/Create Input File ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δημιουργήσει μόνο το αρχείο εισόδου χωρίς να γίνει η προσομοίωση .Αυτή η δυνατότητα είναι πολύ χρήσιμη για τον χρήστη διότι μπορεί να ελέγξει εάν όλα τα στοιχεία είναι σωστά συνδεδεμένα μεταξύ τους , χωρίς να ξεκινήσει η προσομοίωση .

Επίσης , ο χρήστης έχει την δυνατότητα να έχει πρόσβαση στο αρχείο εισόδου . Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι αλλαγές που μπορεί να γίνουν από το χρήστη στο αρχείο εισόδου δεν προσομοιώνονται .

1.1.12. Εκτέλεση της Προσομοίωσης

Με την εντολή Calculate/Run simulation τίθεται σε εφαρμογή το πρόγραμμα προσομοίωσης TRNSYS για την τρέχουσα μελέτη .Εκτελώντας την παραπάνω εντολή αυτόματα διενεργούνται οι παρακάτω διαδικασίες :

- Η μελέτη αποθηκεύεται και γίνεται έλεγχος για λάθη ή παραλείψεις τις οποίες μπορεί να εντοπίσει το στούντιο προσομοίωσης
- Δημιουργείται το αρχείο εισόδου του TRNSYS .
- Εκτελείται η προσομοίωση με το καινούργιο αρχείο εισόδου

Μόλις τελειώσει η προσομοίωση , ο έλεγχος της μελέτης επιστρέφει στο Στούντιο Προσομοίωσης όπου μπορούν να αναλυθούν τα αποτελέσματα , να δημιουργηθούν γραφήματα ή να εκτελεστούν πρόσθετες προσομοιώσεις .Η ανάλυση των αποτελεσμάτων πρέπει να γίνεται με προσοχή διότι ούτε το TRNSYS ούτε το Στούντιο Προσομοίωσης διαγράφει αυτόματα τα αρχεία εξόδου και τα διαγράμματα όταν εκτελείται η προσομοίωση .

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα , εάν μια καινούργια προσομοίωση αποτύχει , οι έξοδοι καθώς και τα διαγράμματα να είναι από την προηγούμενη αποτυχημένη προσομοίωση .Ο χρήστης πρέπει πάντα να ελέγχει το αρχείο καταλόγου του TRNSYS (TRNSYS list file) για προειδοποιήσεις ή σφάλματα πριν την ανάλυση των αποτελεσμάτων .

1.1.13. Πρόσβαση στο Αρχείο Καταλόγου (*.Ist) μέσω Διαχειριστή Σφαλμάτων (Error Manager)

Με την εντολή Calculate/Open/List File επιτρέπεται στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στον διαχειριστή σφαλμάτων , ο οποίος αναλύει το αρχείο καταλόγων που δημιουργείται από το TRNSYS κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης .Ο διαχειριστής Σφαλμάτων περιέχει όλα τα παραγόμενα μηνύματα σφαλμάτων από το TRNSYS και είναι το πρώτο μέρος που πρέπει να ψάξουμε όταν η προσομοίωση αποτυγχάνει .

1.1.14. Μεταβλητές (Variables)

Ένα σημαντικό βήμα για την δημιουργία μιας μελέτης στο Στούντιο προσομοίωσης είναι ο καθορισμός των απαραίτητων μεταβλητών για κάθε μοντέλο-στοιχείο .Η πρόσβαση στο παράθυρο των μεταβλητών γίνεται κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο του επιθυμητού μοντέλου .οι παράμετροι , οι εισοδοι , οι έξοδοι και οι παράγωγοι είναι διαθέσιμες σε ένα παράθυρο με μορφή ετικετών .

Από τον χρήστη απαιτείται να προσδιορίσει όλες τις παραμέτρους , τις αρχικές τιμές για όλες τις εισόδους , καθώς και όσε παραγώγους χρειαστεί να παρουσιαστούν στο αρχικό μοντέλο .Πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι το παράθυρο των εξόδων είναι καθαρά για πληροφοριακούς λόγους.

Οποιαδήποτε παράλειψη προσδιορισμού κάποιας από τις παραπάνω πληροφορίες θα έχει σαν αποτέλεσμα η συγκεκριμένη πληροφορία να πάρει την προκαθορισμένη από το πρόγραμμα τιμή .

Οι διάφορες ετικέτες των μεταβλητών περιέχουν κάποια μοναδικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα ,όμως όλες μοιάζουν στην εμφάνιση και στον τρόπο λειτουργίας .Κάθε μεταβλητή περιέχει σημαντικές πληροφορίες οργανωμένες σε σειρές δεδομένων .

Κάθε σειρά Περιλαμβάνει :

- Τον αριθμό των εισόδων, των εξόδων και των παραμέτρων
- Ένα σύμβολο που δείχνει εάν η συγκεκριμένη μεταβλητή είναι κλειδωμένη ή ξεκλειδωτή .
- Την ονομασία της μεταβλητής .
- Ένα περιθώριο με την τρέχουσα τιμή της μεταβλητής .
- Την μονάδα μέτρησης της μεταβλητής .

1.1.15. Συνδέσεις (Connections)-Εξισώσεις (Equations)

Αφού ο προσδιορισμός των τιμών των παραμέτρων των στοιχείων έχει ολοκληρωθεί , είναι σημαντικό να καθοριστεί ο τρόπος με τον οποίο ρέουν οι πληροφορίες από το ένα στοιχείο στο άλλο . Στο στούντιο προσομοίωσης η ροή αυτή παρουσιάζεται σαν ένας σύνδεσμος μεταξύ των δύο στοιχείων .Ο χρήστης πρέπει να προσδιορίσει τις λεπτομέρειες της σύνδεσης μεταξύ των δύο στοιχείων χρησιμοποιώντας το παράθυρο των συνδέσεων (Connections Window) .

Το παράθυρο συνδέσεων αποτελείται από δύο καρτέλες (Classic,Table), κάθε μια από τις οποίες περιέχει δύο στήλες με μεταβλητές .Η πρώτη στήλη περιέχει τις εξόδους από το πρώτο στοιχείο ενώ η δεύτερη περιέχει τις εισόδους στο δεύτερο στοιχείο .Εάν κάποια είσοδος ενός στοιχείου μείνει ασύνδετη τότε θα λαμβάνει μια σταθερή τιμή η οποία είναι προκαθορισμένη .

Πρέπει να σημειώσουμε ότι στο TRNSYS οι εισοδοί μπορούν να συνδεθούν μόνο μια φορά ενώ οι έξοδοί παραπάνω .Δεξιά από τη στήλη των εισόδων υπάρχει μια άλλη στήλη η οποία περιέχει τις αρχικές τιμές για κάθε μεταβλητή , οι οποίες μπορούν να προσδιοριστούν από εδώ ή από το παράθυρο των μεταβλητών (Variables Window) . (σχήμα)

Για να δημιουργήσουμε μια σύνδεση κάνουμε κλικ σε μια ασύνδετη έξοδο (αριστερή στήλη) και στη συνέχεια επιλέγουμε με τον ίδιο τρόπο την επιθυμητή είσοδο (δεξιά στήλη) δημιουργώντας μια γραμμή η οποία ενώνει τις μεταβλητές.

Το TRNSYS επιτρέπει τη σύνδεση μεταβλητών του ίδιου μεγέθους (π.χ. θερμοκρασία με θερμοκρασία) .

Ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο του TRNSYS είναι η δυνατότητα δημιουργίας εξισώσεων μέσα στο αρχείο εισόδου , οι οποίες δεν βρίσκονται μέσα σε κάποιο μοντέλο .Οι εξισώσεις αυτές μπορεί να είναι συναρτήσεις των εξόδων κάποιων στοιχείων , αριθμητικές τιμές ή εξισώσεις που έχουν προκαθοριστεί .

Οι εξισώσεις αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εισοδοί σε κάποιο μοντέλο , σαν παράμετροι , αρχικές τιμές εισόδων ή παράγωγοι .

1.1.16. Μηχανή Προσομοίωσης του TRNSYS

Η μηχανή προσομοίωσης (TRNSYS Simulation Engine)είναι προγραμματισμένη σε Fortran και ο κώδικας της είναι διανεμημένος .Η μηχανή είναι συνταγμένη σε μια Windows Dynamic Link Library(DLL) , TRNDLL. Ο πυρήνας του TRNSYS διαβάζει όλες τις πληροφορίες στην προσομοίωση (ποία στοιχεία χρησιμοποιούνται και πως συνδέονται) στο αρχείο εισόδων ,γνωστό ως αρχείο deck(*.dck) .

Επίσης , ανοίγει πρόσθετα αρχεία εισόδων (π.χ. μετεωρολογικά δεδομένα και δημιουργεί αρχεία εξόδων) .

Η μηχανή προσομοίωσης καλείται από ένα εκτελέσιμο πρόγραμμα , το TRNexe , το οποίο θέτει σε εφαρμογή και το σχεδιαστή (online plotter) , ένα χρήσιμο εργαλείο το οποίο δίνει την δυνατότητα της παρατήρησης πολλών μεταβλητών εξόδου κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης .

1.2. Γραφικό περιβάλλον εισαγωγής Στοιχείων του Κτηρίου (TRNBuild)

1.2.1. Γενική Περιγραφή

Το TRNbuild είναι το πρόγραμμα εισαγωγής των δεδομένων ενός πολυζωνικού κτιρίου .Επιτρέπει στον χρήστη τον λεπτομερή καθορισμό όλων των κατασκευαστικών στοιχείων του κτιρίου , καθώς και ότι χρειάζεται για τον καθορισμό της θερμικής του συμπεριφοράς ,όπως οι οπτικές ιδιότητες των παραθύρων , το πρόγραμμα ψύξης και θέρμανσης που εφαρμόζεται στο κτίριο κ.λ.π. .

1.2.2. Επεξεργασία των Στοιχείων του Κτιρίου

Το μοντέλο του πολυζωνικού κτιρίου εμπλέκει πολλές παραμέτρους ώστε να έχει ένα τυπικό αρχείο περιγραφής όπως τα υπόλοιπα μοντέλα του TRNSYS .Έτσι κάθε κτίριο που δημιουργεί ο χρήστης έχει το δικό το ειδικό αρχείο περιγραφής με επέκταση .bui.

Ο καθορισμός των στοιχείων του κτιρίου γίνεται με δεξί κλικ στο εικονίδιο του κτηρίου επιλέγοντας "edit building" .Με τον τρόπο αυτό εκκινεί το πρόγραμμα TRNbuild και ανοίγει το αρχείο περιγραφής του κτιρίου .

1.2.3. Παράθυρο Μελέτης (Project Initialization Window)

Μέσω του TRNBuild καθορίζονται αρχικά οι γενικές παράμετροι του κτιρίου από την καρτέλα "Project" και οι θερμικές ζώνες . Στην καρτέλα "Project" ορίζονται :

1.2.4. Προσανατολισμοί(Orientation)

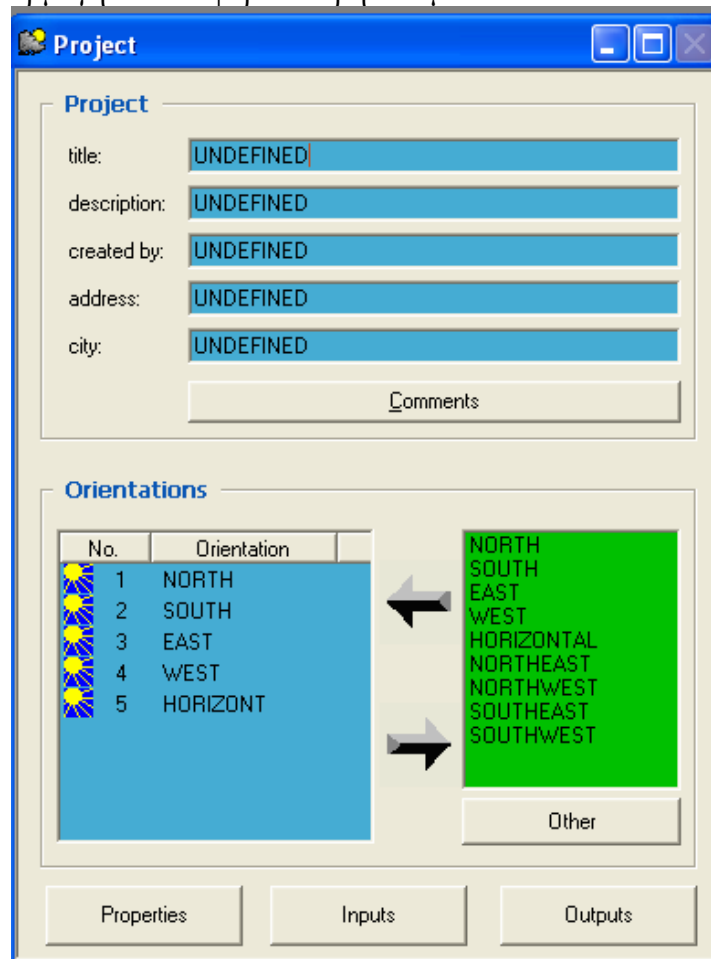
Όλοι οι πιθανοί προσανατολισμοί των εξωτερικών τοίχων πρέπει να προσδιορίζονται με μοναδικά ονόματα .Υπάρχει η δυνατότητα να επιλεγούν συνήθεις προσανατολισμοί που ήδη υπάρχουν , οι οποίοι παρουσιάζονται και στον πίνακα στο δεξί μέρος τις καρτέλας , ή να καθοριστούν νέοι δίνοντας ένα όνομα για τον προσανατολισμό και ορίζοντας νέες εισόδους στο μοντέλο για τον καθορισμό της ακτινοβολίας στον προσανατολισμό αυτό .

1.2.5. Ιδιότητες (Properties)

Οι ιδιότητες του κτιρίου περιλαμβάνουν τις τιμές σταθερών όπως αυτή του Stephan Boltzmann , την πυκνότητα του αέρα καθώς και τις τιμές συντελεστών για τον υπολογισμό της μεταφοράς θερμότητας .Οι συντελεστές είναι της μορφής :

$$A_{conv} = \text{const}(T_{surf} - T_{air})^{exp}$$

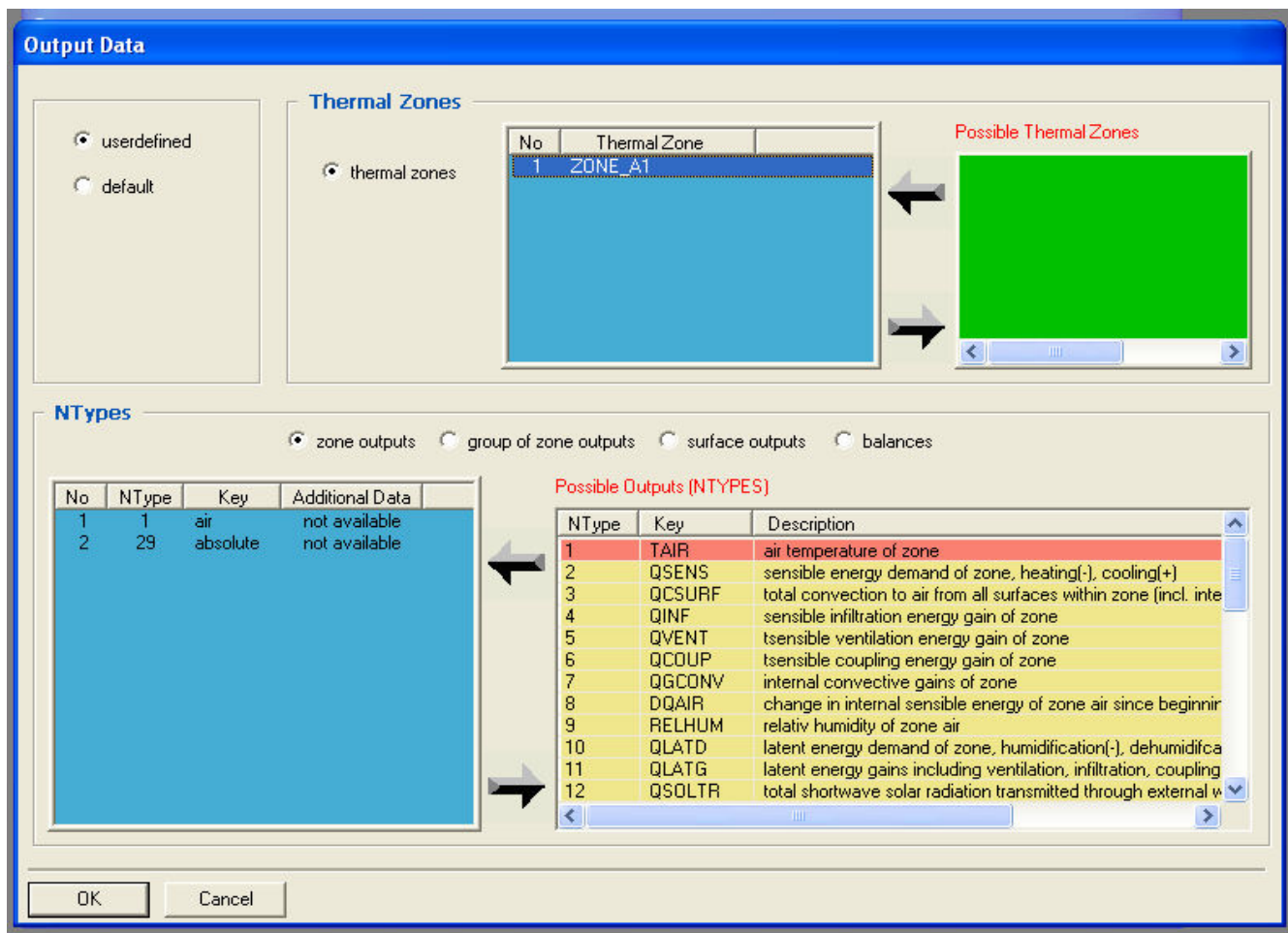
Και στην καρτέλα αυτή καθορίζονται οι συντελεστές const και exp για την καλύτερη προσαρμογή στα διάφορα θεωρητικά μοντέλα .



Εικόνα 4: Παράθυρο ιδιοτήτων της μελέτης

1.2.6. Είσοδοι-Εξοδοι (Inputs-Outputs)

Οι επιπλέον εισοδοι ορίζονται στην περίπτωση που επιθυμούμε τον καθορισμό της τιμής μιας μεταβλητής από άλλο μοντέλο που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση .Οι έξοδοι που μπορεί να έχει το μοντέλο του πολυζωνικού κτιρίου είναι πολλές και συγκεκριμένες και αφορούν κάθε ζώνη ξεχωριστά ,ή ένα σύνολο ζωνών , κάθε επιφάνεια ξεχωριστά ή το σύνολο των επιφανειών και τέλος ενεργειακά ισοζύγια σε επιφάνειες ή ζώνες μεμονωμένα ή στο σύνολό τους . (σχήμα)



Εικόνα 5 : Παράθυρων Εξόδων

1.2.7. Παράθυρο Επεξεργασίας της Ζώνης (Zone Window)

Το παράθυρο επεξεργασίας των ζωνών περιέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για την περιγραφή μιας θερμικής ζώνης του κτιρίου .Τα δεδομένα που περιγράφουν την κάθε ζώνη χωρίζονται σε 4 κύριες κατηγορίες :

- Βασικά δεδομένα (Regime data)
- Δεδομένα τοίχων
- Δεδομένα παραθύρων
- Δεδομένα προαιρετικού εξοπλισμού και προδιαγραφές λειτουργίας τα οποία περιλαμβάνουν δεδομένα διείσδυσης , Αερισμού ,ψύξης , θέρμανσης , φορτίων και άνεσης .

1.2.8. Είσοδοι των Απαιτούμενων Βασικών Δεδομένων .

Τα ακόλουθα δεδομένα εισάγονται στο τμήμα του παραθύρου ZONE με την ονομασία Regime data :

- Όγκος κτιρίου
- Ολική θερμική αγωγιμότητα του αέρα της κάθε ζώνης
- Αρχική θερμοκρασία του αέρα της ζώνης
- Αρχική σχετική υγρασία της ζώνης
- Μοντέλο υγρασίας (Humidity model)

1.2.9. Δεδομένα Τοίχων και Παραθύρων

Δεδομένα Τοίχων

Τα δεδομένα για τους τοίχους εισάγονται (σχήμα) στο αριστερό μέρος του παραθύρου .Συγκεκριμένα καθορίζονται οι διαστάσεις , η κατηγορία (εξωτερικός , εσωτερικός ,παρακείμενος σε άλλη ζώνη ή με οριακές συνθήκες) , ο προσανατολισμός των τοίχων και το είδος (τα υλικά) του τοίχου .Εκτός από τα παραπάνω πρέπει να οριστούν ο συντελεστής θέασης του τοίχου από τον ουρανό , ο συντελεστής κατανομής της εισερχόμενης ακτινοβολίας (geosurf) και τυχόν επιπρόσθετα φορτία του τοίχου .Το είδος του τοίχου μπορεί να επιλεγεί από τις βιβλιοθήκες που είναι στο TRNSYS ή να περιγραφεί από των χρήστη μέσω του διαχειριστή τοίχων στο άνω μέρος του κεντρικού παραθύρου .

Οι βιβλιοθήκες που παρέχει το TRNSYS περιλαμβάνουν :

- A) Την βασική βιβλιοθήκη , η οποία περιέχει συνηθισμένους τοίχους και οροφές ,
- B) Την γερμανική βιβλιοθήκη , με τοίχους κατασκευασμένους σύμφωνα με το Γερμανικό VDI2078 .
- Γ) Την Αμερικάνικη βιβλιοθήκη η οποία περιλαμβάνει 144 τοίχους κατασκευασμένους στα πρότυπα της ASHRAE .

Για τον προσδιορισμό ενός καινούργιου τοίχου εκτός από την εισαγωγή ενός μοναδικού ονόματος του τοίχου ,την ικανότητα του τοίχου για απορρόφηση ηλιακών ακτινών (οι οποίοι δίνονται σε πίνακα) , και τον συντελεστή μετάδοσης θερμότητας , ο χρήστης πρέπει να προσδιορίσει την κατασκευή του τοίχου .Η κατασκευή του τοίχου προσδιορίζεται από μια σειρά στρωμάτων από μέσα προς τα έξω .

Δεδομένα των Παραθύρων

Τα παράθυρα μπορούν να τοποθετηθούν σε εξωτερικούς τοίχους και σε τοίχους παρακείμενους σε άλλες ζώνες .Τα; δεδομένα εισάγονται στο δεξί μέρος του παραθύρου επεξεργασίας της ζώνης , από όπου καθορίζονται η θέση ,οι διαστάσεις ,το είδος των παραθύρων και ο μηχανισμός σκίασης .

Επίσης , καθορίζεται ο συντελεστής θέασης του παραθύρου από τον ουρανό ,τυχόν επιπρόσθετα φορτία και τέλος ο προσανατολισμός στην περίπτωση παρακείμενων σε άλλη ζώνη τοίχων ο οποίος μπορεί να είναι ο προσανατολισμός της πρόσθιας ή της οπίσθιας επιφάνειας του τοίχου .

Το είδος του παραθύρου επιλέγεται από τις παρεχόμενες βιβλιοθήκες του TRNSYS η καθορίζεται εκ νέου από το χρήστη .

Οι παρεχόμενες βιβλιοθήκες είναι :

A) Η γερμανική , η οποία περιλαμβάνει 14 συνηθισμένα παράθυρα κατασκευασμένα με τις γερμανικές προδιαγραφές , καθώς και παράθυρα με στοιχεία που πάρθηκαν από τις εταιρίες Pilkington,Saint Gobain ,Interpane και Luxguard .

B) Η αμερικάνικη , η οποία περιλαμβάνει παράθυρα με προδιαγραφές ASHRAE.

Η επιλογή της δημιουργίας ενός νέου παραθύρου πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή .Σε αντίθεση με τον προσδιορισμό νέων τοίχων ,οι ιδιότητες των παραθύρων που χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης δεν μπορούν να προσδιοριστούν πλήρως με το TRNBuild .Για τον πλήρη προσδιορισμό τους είναι απαραίτητο να εκχωρηθεί ένα πρόσθετο αρχείο ASCII(W4-LIB.DAT) το οποίο περιέχει συγκεκριμένες πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την προσομοίωση

1.2.10. Δεδομένα Προαιρετικού Εξοπλισμού

1.2.10.1. Διείσδυση Αέρα

Η ροή του αέρα από έξω προς τα μέσα στη ζώνη μπορεί να καθοριστεί από την διείσδυση (Infiltration) .Η επιλογή της διείσδυσης είναι προαιρετική και στην αρχική ρύθμιση είναι ανενεργή .Επιλέγεται κάνοντας κλικ στο εικονίδιο "Infiltration" στο άνω μέρος του παραθύρου επεξεργασίας της ζώνης .

Στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγεται μια προϋπάρχουσα μέθοδος ή δημιουργείται νέα .Για τον καθορισμό της μεθόδου απαιτείται ο ρυθμός εναλλαγών του αέρα , ο οποίος εισέρχεται με τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντος .

1.2.10.2. Αερισμός

Με τη μέθοδο αυτή μπορεί να καθοριστεί η εισροή του αέρα από οποιαδήποτε πηγή (π.χ. από ένα κλιματιστικό) .Ο προσδιορισμός της μεθόδου αερισμού είναι προαιρετικός και πραγματοποιείται κάνοντας κλικ στο εικονίδιο "Ventilation" στο άνω μέρος του παραθύρου .Μπορεί να επιλεγεί μια υπάρχουσα μέθοδος ή να οριστεί μια καινούργια .

Για τον ορισμό μιας μεθόδου αερισμού εισάγεται ο ρυθμός εναλλαγής αέρα , καθώς και η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία του εισερχομένου αέρα .

1.2.10.3. Θέρμανση

Η ενεργειακή απαίτηση μιας ζώνης σε θέρμανση εξαρτάται από την στρατηγική που θα επιλεγεί για την θέρμανση μιας ζώνης , η οποία καθορίζεται από τη μέθοδο που θα επιλέξει ο χρήστης .Αν ο εξοπλισμός της θέρμανσης μοντελοποιείται εξωτερικά του μοντέλου (type 56) τότε δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί η λειτουργία αυτή , αλλά να οριστούν είσοδοι στο μοντέλο 56 η θερμοκρασία η υγρασία και οι εναλλαγές του αέρα που υπολογίζονται από το μοντέλο του εξοπλισμού ή εναλλακτικά να οριστούν ως κέρδη της ζώνης η θερμοκρασία δια συναγωγής και ακτινοβολίας που παρέχεται από τον εξοπλισμό .Με τη μέθοδο θέρμανσης υπολογίζεται η απαιτούμενη ενέργεια στην περίπτωση ιδανικής λειτουργίας του εξοπλισμού .

Η επιλογή της μεθόδου θέρμανσης γίνεται κάνοντας κλικ στο εικονίδιο "Heating" στο άνω μέρος του παραθύρου επεξεργασίας της ζώνης .Στο παράθυρο που εμφανίζεται είτε επιλέγεται μια προϋπάρχουσα μέθοδος είτε δημιουργείται νέα επιλέγοντας "NEW" .

Στη δεύτερη περίπτωση ο χρήστης εισάγει την επιθυμητή θερμοκρασία του δωματίου κάτω από την οποία λειτουργεί η θέρμανση στη ζώνη , τη μέγιστη ισχύ που μπορεί να παραχθεί για θέρμανση μαζί με το ποσοστό αυτής που δίνεται με ακτινοβολία και τέλος αν επιθυμείται υγραποίηση του αέρα στη ζώνη .Στην περίπτωση που επιλεγεί η υγραποίηση του αέρα στη ζώνη .Στην περίπτωση που επιλεγεί η υγραποίηση του αέρα πρέπει να οριστεί η επιθυμητή σχετική υγρασία στη ζώνη .

Συνήθως στην πραγματικότητα η θέρμανση δεν λειτουργεί ασταμάτητα .Για να είναι η προσομοίωση πιο κοντά στην πραγματικότητα πρέπει να οριστεί ένα πρόγραμμα λειτουργίας .Αυτό ορίζεται έμμεσα θέτοντας χρονοδιάγραμμα της επιθυμητής θερμοκρασίας της ζώνης σε κάθε χρονική στιγμή .

1.2.10.4. Ψύξη

Όπως και στη θέρμανση δίνεται η επιλογή εισαγωγής μεθόδου ψύξης της ζώνης .Η μέθοδος ψύξης εισάγεται κάνοντας κλικ στο εικονίδιο "Cooling" στο άνω μέρος του παραθύρου επεξεργασίας της ζώνης και αφορά την ιδανική λειτουργία του εξοπλισμού .Όπως και πριν ,έτσι και τώρα επιλέγεται μια προϋπάρχουσα μέθοδος ψύξης ή καθορίζεται νέα .Σε κάθε μέθοδο καθορίζεται η θερμοκρασία της ζώνης πάνω από την οποία λειτουργεί ο εξοπλισμός για την ψύξη του χώρου , η μέγιστη παρεχόμενη ισχύς για την ψύξη και επιλέγεται αν γίνεται ή όχι αφύγρανση του αέρα καθώς και η επιθυμητή σχετική υγρασία του χώρου στην περίπτωση που έχουμε αφύγρανση .Ο ορισμός χρονοδιαγράμματος λειτουργίας της συσκευής ψύξης καθορίζεται και πάλι έμμεσα μέσω χρονοδιαγράμματος για την επιθυμητή θερμοκρασία στη ζώνη .

1.2.10.5. Εσωτερικά Φορτία

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα φορτία ατόμων, υπολογιστών , φωτισμού καθώς και κάθε άλλο φορτίο που ορίζεται από το χρήστη .Ο προσδιορισμός των φορτίων γίνεται κάνοντας κλικ στο εικονίδιο "Gains" στο άνω μέρος του παραθύρου .Το παράθυρο που εμφανίζεται είναι διαμορφωμένο έτσι ώστε να διευκολύνεται η εισαγωγή των φορτίων των ανθρώπων ,ηλεκτρονικών υπολογιστών και φωτισμού .

Για το φορτίο ανθρώπων δίνεται πίνακας για την εργασία που εκτελούν τα άτομα στο χώρο με βάση τις προδιαγραφές ISO 7730 ή VDI 2078 .Για τους υπολογιστές καθορίζεται από λίστα η ισχύς τους και το αν έχουν ή όχι έγχρωμη οθόνη .Τέλος , για τον τεχνικό φωτισμό επιλέγεται από λίστα η εγκατεστημένη ισχύς σε Watt/m² και το είδος του λαμπτήρα μαζί με το μέρος της ισχύος που μεταδίδεται στον αέρα μέσω συναγωγής .

Τα πεδίο "Scale" αναφέρεται στον αριθμό των ατόμων ή των ηλεκτρονικών υπολογιστών , ενώ στην περίπτωση του φωτισμού λαμβάνει τιμές 0 ή 1 ορίζοντας έτσι το πότε ανάβει και σβήνει ο φωτισμός .

Εναλλακτικά για τον φωτισμό μπορεί να οριστεί στρατηγική ελέγχου από το αντίστοιχο πεδίο "control strategy" .Τα υπόλοιπα εσωτερικά κέρδη της ζώνης καθορίζονται στο κάτω μέρος του παραθύρου κάνοντας κλικ στο εικονίδιο "add" .

Ο προσδιορισμός ενός κέρδους απαιτεί την εισαγωγή της ισχύος που μεταδίδεται στη ζώνη μέσω συναγωγής , ακτινοβολίας και της απόλυτης υγρασίας που παράγεται .

1.2.10.6. Θερμική άνεση

Η θερμική άνεση είναι προαιρετική και ορίζεται κάνοντας κλικ στο εικονίδιο "Comfort" στο άνω μέρος του παραθύρου. Στο παράθυρο που ανοίγει απαιτείται εισαγωγή του συντελεστή ένδυσης ανάλογα με την ένδυση των ατόμων στο χώρο, του μεταβολικού ρυθμού ανάλογα με την δραστηριότητα στο χώρο, του εξωτερικού έργου, το οποίο είναι συνήθως μηδέν και της σχετικής ταχύτητας του αέρα με τα άτομα στο χώρο.

Το μοντέλο βασίζεται στις προδιαγραφές ISO 7730 και στους πίνακες δίνονται οι τιμές του συντελεστή ένδυσης και για τον μεταβολικό ρυθμό.

Κατά τον ορισμό μιας από τις παραπάνω μεθόδους, ο καθορισμός της τιμής μιας μεταβλητής (εκτός αυτών που επιλέγονται από λίστες ή πίνακες που παρέχει το TRNSYS) μπορεί να γίνει είτε δίνοντας μια σταθερή τιμή στη μεταβλητή, είτε ορίζοντας να διαβάζεται η τιμή από μια είσοδο στο μοντέλο 56, είτε τέλος ορίζοντας ένα χρονοδιάγραμμα για τις τιμές που λαμβάνει η μεταβολή σε διάφορες χρονικές περιόδους.

1.2.11. Εφαρμογές TRNSED και TRNEdit

Το πρόγραμμα TRNEdit είναι ένας εξειδικευμένος επεξεργαστής, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροποποίηση των αρχείων εισόδου του TRNSYS. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αυτόνομων εφαρμογών οι οποίες είναι γνωστές ως TRNSED εφαρμογές.

Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να διανεμηθούν ελεύθερα μεταξύ των χρηστών που δεν έχουν άδεια χρήσης του TRNSYS με σκοπό να του παραχθεί ένα απλοποιημένο εργαλείο προσομοίωσης. Το πρόγραμμα TRNEdit παρέχεται με ένα κατάλληλο γραφικό περιβάλλον στο οποίο ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει το αρχείο εισόδου του TRNSYS εισάγοντας ειδικές εντολές ώστε να προστεθούν στο πρόγραμμα που κατασκευάζεται στοιχεία όπως πολλαπλά παράθυρα και ενεργές εικόνες.

Το περιβάλλον TRNEdit αποτελείται από δύο καρτέλες. Στην πρώτη φαίνεται ο κώδικας του αρχείου εισαγωγής και στην άλλη το γραφικό αποτέλεσμα που αποτελεί την TRNSED εφαρμογή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΨΥΞΗΣ-ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

2.1.Θερμότητα-Εισαγωγή

Ο κλιματισμός του περιβάλλοντος χώρου αποτελεί σήμερα ένα σύνθετο κλάδο που επηρεάζει και επηρεάζεται ,από βασικά χαρακτηριστικά της σύγχρονης ζωής .

Ο κλιματισμός του χώρου αφορά , σε μεγάλο μέρος , πολλές επιστήμες και σε αυτόν συναντώνται διαφορετικές εξειδικεύσεις που η μία συμπληρώνει την άλλη .

Η ξεπερασμένη ταύτιση του κλιματισμού με την απλή ικανοποίηση της θερμοϋγρομετρικής άνεσης του ανθρώπου έδωσε τη θέση της σε μια ποιο σύνθετη και διορατική αντίληψη ,η οποία ,όπως όλα τα σύνθετα φαινόμενα ,είναι δύσκολο να συνοψιστεί .

Ο κλιματισμός είναι μια σχέση συμβίωσης με την αρχιτεκτονική ,τη μετεωρολογία , την ενέργεια , την ακουστική , για να δημιουργήσει γύρω από τον άνθρωπο όχι μόνον τις κατάλληλες συνθήκες που να ικανοποιούν τις θερμοϋγρομετρικές του απαιτήσεις , αλλά και που να μπορούν να τον προδιαθέσουν σε ένα ενεργό ενδιαφέρον και σε μια άμεση συμμετοχή στο περιβάλλον και στην δυναμική του .

Σε αυτό το αποτέλεσμα , που μπορεί να εκφραστεί με το όνομα ψυχοφυσική ευεξία , συμβάλλουν με το συνδυασμό τους οι διάφορες επιστήμες .

Ο μελετητής των εγκαταστάσεων κλιματισμού σήμερα ,πρέπει να έχει συνείδηση του μεγαλύτερου εύρους του ρόλου του και της σημασίας του , να γνωρίζει να συμβιβάζει ανόμοιες και συχνά αντιφατικές απαιτήσεις , βλέποντας σε αυτές , όχι μόνο εμπόδια , αλλά και συντελεστές το ίδιο σημαντικούς για μια σφαιρική προσέγγιση της εργασίας .

Η σχεδιαστική δυναμικότητα της εγκατάστασης , για παράδειγμα , φαίνεται να επηρεάζεται από μια σειρά μεταβλητών , που εξαρτώνται από την πλευρά τους από παράγοντες εκ πρώτης όψεως μη συνδεδεμένους μεταξύ τους , όπως : οι προβλεπόμενες για τον κλιματιζόμενο χώρο θερμοϋγρομετρικές συνθήκες , τα χαρακτηριστικά του κτιρίου και του τρόπου με τον οποίο χρησιμοποιείται , σε συνδυασμό με τα τοπικά κλιματολογικά χαρακτηριστικά . Από την δική τους πλευρά , οι συνθήκες ρύπανσης της περιοχής επηρεάζουν το βαθμό πολυπλοκότητας και το κόστος εγκατάστασης .

Η επιθυμητή ηχητική στάθμη του κλιματιζόμενου χώρου επηρεάζει περαιτέρω την πολυπλοκότητά της , επιβαρύνοντας το κόστος .

Αρχιτεκτονική και κατασκευή του κτιρίου , τοπικό κλίμα , είδος και κόστος της ενέργειας , εάν μελετηθούν μαζί μπορούν να προσδιοριστούν λύσεις εγκαταστάσεων προσανατολισμένων σαφώς σε συστήματα ανάκτησης της θερμότητας .

Τα βασικά αρχικά δεδομένα μπορούν να συνοδεύονται από μια περαιτέρω σειρά ζητούμενων , των οποίων η σχετική σημασία διαφοροποιείται ανάλογα με τον προσδιορισμό της χρήσης του κτιρίου η της εγκατάστασης .

Τα ποία κοινά μπορεί να συνίστανται στο βαθμό αξιοπιστίας της λειτουργίας , στο αρχικό κόστος , στο κόστος χρήσης , στις συνθήκες λειτουργίας (πιθανή δυνατότητα ανταπόκρισης σε ακραίες καιρικές συνθήκες , συνεχούς λειτουργίας όλο το 24ωρο , παρουσία διαβρωτικής ή ισχυρά μολυσμένης ατμόσφαιρας) . Είναι σαφές , ότι αυτά τα ζητούμενα δεδομένα μπορούν να επηρεάσουν το συνολικό πλαίσιο της εγκατάστασης .

2.2. Βασικές Έννοιες

2.2.1. Η θερμότητα

Όλα τα σώματα αποτελούνται από μόρια , που βρίσκονται σε διαρκεί κίνηση . η θερμότητα δεν είναι άλλο από την κίνηση αυτών των μορίων .Προσδίδοντας θερμότητα σε ένα σώμα , αυξάνεται η μοριακή του διέγερση . Αφαιρώντας , αντίθετα θερμότητα , η μοριακή του διέγερση επιβραδύνεται , έως ότου τερματιστεί πλήρως στη θερμοκρασία του απόλυτος μηδενός (-273 °C) .

Σε αυτή την κατάσταση όλη η θερμότητα έχει αφαιρεθεί από το σώμα . Η θερμότητα στην φύση τείνει να ρέει από το σημείο όπου είναι παρούσα σε μεγαλύτερο βαθμό , προς το σημείο όπου είναι σε3 χαμηλότερο βαθμό .Αυτή είναι μια συνθήκη πολύ σημαντική γιατί προσδιορίζει αυτό που λέμε εμείς κρύο .

Πράγματι στη φύση δεν μπορούμε να μιλάμε για κρύο , αλλά μόνο για θερμότητα , που μπορεί να υπάρχει σε διάφορα επίπεδα . Είναι η αφαίρεση της θερμότητας που προσδιορίζει εκείνο το αποτέλεσμα που εμείς ονομάζουμε κρύο .

Μπορούμε να κάνουμε μια παρατήρηση : << όλες οι ψυκτικές επονομαζόμενες μηχανές δεν ‘‘παράγουν κρύο’’ , αλλά αφαιρούν θερμότητα από τα σώματα ή από τα ρευστά που πρέπει να επεξεργαστούν >> .

Η μονάδα μέτρησης της ποσότητας θερμότητας στο διεθνές Σύστημα (SI) είναι το joule (J) .

Η μονάδα μέτρησης της ισχύος και της ροής της θερμότητας είναι το watt(W) :

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/sec}$$

Ένα πολλαπλάσιο του είναι το kilowatt (kW) =1000W . Στο τεχνικό σύστημα η μονάδα μέτρησης της ποσότητας θερμότητας είναι η θερμίδα (cal) , στην οποία αντιστοιχεί η θερμίδα/ώρα (cal/h) σαν μονάδα μέτρησης της ισχύος και της ροής της θερμότητας .Ένα πολλαπλάσιο της θερμίδας είναι το kcal(=1000cal) .

$$1 \text{ kcal} = 4,186 \cdot 10^3 \text{ J} \text{ ή } 1 \text{ joule} = 0,239 \cdot 10^{-3} \text{ kcal}$$

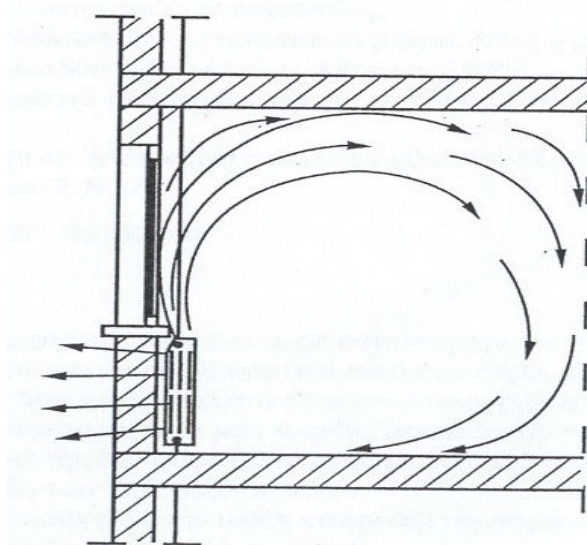
2.2.2. Η μετάδοση της θερμότητας

Η θερμότητα μεταδίδεται πάντα από ένα περισσότερο θερμό προς ένα λιγότερο θερμό σώμα. Δηλαδή , περνάει από ένα σώμα με υψηλότερη θερμοκρασία σε ένα με χαμηλότερη. Δεν συμβαίνει ποτε το αντίθετο . Η θερμότητα μπορεί να μεταδοθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους :

1.Με αγωγιμότητα . Είναι το βασικό σύστημα μετάδοσης της θερμότητας διαμέσου των στερεών . Τα μόρια του σώματος μεταδίδουν τη διέγερσή τους , θερμικής προέλευσης , από το θερμαινόμενο σημείο προς τα άλλα μέρη του σώματος . Ένα άμεσο παράδειγμα μπορούμε να έχουμε , θερμαίνοντας ένα άκρο ενός ανοιχτού μεταλλικού δακτυλίου : Η θερμότητα φθάνει αργά και στο άλλο άκρο .

2.Με μεταφορά . Είναι η τυπική μέθοδος μετάδοσης για τα ρευστά υγρά ή αέρια . εδώ είναι τα ίδια τα μόρια , σε κατάσταση θερμικής διέγερσης , που μετακινούνται διαμέσου του περιβάλλοντος στο οποίο είναι περιορισμένο το ρευστό . Για τον λόγο αυτό ομιλούμε για μεταφορικές κινήσεις του ρευστού , που επιτρέπουν μια ομοιόμορφη κατανομή ν της θερμότητας στο περιβάλλον . Ένα παράδειγμα δίνεται από ένα καλοριφέρ πάνω σε τοίχο που θερμαίνει τον αέρα που το περιβάλλει , ο θερμός αέρας τείνει να ανέβει προς την οροφή όπου , αφού ψύχεται , ξανακατεβαίνει βαθμιαία στο δάπεδο . είναι ακριβώς αυτές οι μεταφορικές κινήσεις του αέρα που ,

στην περίπτωσή μας , επιτρέπουν σε έναν άνθρωπο που βρίσκεται σε απόσταση από το καλοριφέρ να ζεσταθεί .(σχήμα 1)



Σχήμα 1. : Παράδειγμα μετάδοσης της θερμότητας με μεταφορά . Ο αέρας θερμαινόμενος από τα στοιχεία ενός fan-coil τοποθετημένο σε ένα τοίχο , μειώνει την πυκνότητά του και μετακινείται προς τα πάνω, όπου βαθμιαία ψύχεται για να κατέβει προς τον αντικρινό τοίχο. Στην πραγματικότητα το Καλοριφέρ εκπέμπει και μια ορισμένη ποσότητα θερμότητας με ακτινοβολία

3. Με ακτινοβολία .είναι η μορφή μετάδοσης της θερμότητας διαμέσου κυμάτων υπέρυθρου τύπου . Όλα τα σώματα με θερμοκρασία ανώτερη από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν υπέρυθη ακτινοβολία . Ένα κλασικό παράδειγμα δίνεται από τον ήλιο , που θερμαίνει τη γη διαμέσου του αστρικού κενού με ακτινοβολία . Αυτή η ακτινοβολία χρησιμοποιείται , για παράδειγμα ,για την θέρμανση νερού με τους ηλιακούς συλλέκτες .(σχήμα 2)



Σχήμα 2. : Η μετάδοση της θερμότητας από τον ήλιο με ακτινοβολία χρησιμοποιείται συνήθως από τους ηλιακούς συλλέκτες για τη θέρμανση του νερού .

2.2.3 Η Ψύξη

Μπορούμε να ορίσουμε το ψυκτικό φαινόμενο σαν μια μεταφορά θερμότητας από ένα μέρος όπου υπάρχει σε πλεόνασμα , σε ένα άλλο όπου μπορεί ελεύθερα να παροχετευτεί, χωρίς να προκαλέσει ζημιές ή προβλήματα .

Στο τεχνικό σύστημα χρησιμοποιείται , στην Ιταλία , η μονάδα ψυκτικής ισχύος frigoria/h (frig/h) που αντιστοιχεί στην cal/h , με την έννοια της αφαίρεσης θερμότητας .

2.2.4. Η Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία μπορεί να οριστεί σαν την στάθμη ή η ένταση θερμότητας ενός σώματος . Η θερμοκρασία , σαν έννοια , δεν μπορεί να δώσει την ποσότητα θερμότητας που περιέχεται στα σώματα : η θερμοκρασία αποτελεί μόνο μια ένδειξη της στάθμης ή της έντασης της θερμότητας .

Είναι σημαντικό να διευκρινίσουμε τη διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία και τη θερμότητα : μπορούμε να πούμε , ότι η θερμοκρασία δείχνει μόνο την ταχύτητα των μορίων που βρίσκονται σε κίνηση στο εσωτερικό των σωμάτων . Η θερμότητα , αντίθετα , συνίσταται στο φαινόμενο που είναι το άθροισμα της ταχύτητας όλων των μορίων , που αποτελούν το σώμα . Η θερμοκρασία στο SI μετριέται σε βαθμούς Κελσίου (C) .

Στο τεχνικό σύστημα μετριέται σε βαθμούς εκατονταβάθμιας κλίμακας (C) . Πρακτικά, οι δύο μονάδες ταυτίζονται . Συμβατικά δίνεται η τιμή των 0C στη θερμοκρασία τήξης του πάγου και των 100C στη θερμοκρασία βρασμού του νερού στην επιφάνεια της θάλασσας . Η θερμοδυναμική θερμοκρασία (απόλυτη) μετριέται σε Kelvin (K) .

Οι διαφορές θερμοκρασίας μπορούν να μετρηθούν ανεξαρτήτως σε Kelvin ή σε βαθμούς Κελσίου και διατηρούν την ίδια τιμή και στις δυο κλίμακες . Ανάμεσα στη θερμοκρασία που μετριέται σε βαθμούς Κελσίου και σε εκείνη σε Kelvin υπάρχει η ακόλουθη σχέση :

$$T = T_k - T_0$$

Όπου :

t= θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου

Tk= θερμοδυναμική θερμοκρασία σε Kelvin

T₀= 273,15K (εξ ορισμού)

2.2.5. Κατάσταση των Σωμάτων :στερεά ,υγρά, αέρια

Στη φύση η ύλη παρουσιάζεται σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις :τη στερεή κατάσταση , την υγρή και την αέρια . Ένα στερεό έχει δικό του σχήμα και όγκο , ένα υγρό έχει δικό του όγκο , αλλά αποκτά το σχήμα του δοχείου που το περιέχει , τέλος , ένα αέριο έχει το σχήμα και τον όγκο του δοχείου που το περιέχει . Το νερό είναι παρόν στη φύση και στις τρεις μορφές . Αυτό που προσδιορίζει τις διάφορες καταστάσεις της ύλης είναι η κινητική κατάσταση των μορίων . Σε ένα στερεό , τα μόρια κινούνται μέσα σε ελάχιστους χώρους , διατηρώντας όμως τις σχετικές τους θέσεις εξαιτίας της αμοιβαίας έλξης . Σε ένα υγρό , τα μόρια κινούνται σε ποίο ευρείς χώρους , διατηρώντας όμως πάντοτε μια ισχυρή αμοιβαία έλξη . Σε ένα αέριο , αντίθετα , υπόκεινται μόνο κατά ένα πολύ μικρό βαθμό σε αμοιβαία έλξη και τείνουν να διασκορπιστούν προς όλες τις κατευθύνσεις .

2.2.6. Η Πίεση

Η πίεση ορίζεται σαν την δύναμη που ασκείται σε στη μονάδα επιφάνειας .

Στο διεθνές σύστημα (SI) αυτή μετριέται σε Newton ανά τετραγωνικό μέτρο . Αυτή η μονάδα μέτρησης ονομάζεται Pascal , ενώ το πολλαπλάσιο του είναι kilopascal (kPa).

Στην πραγματικότητα , πρέπει να αποσαφηνιστεί , εάν πρόκειται για απόλυτα Pascal ή για μανομετρικά Pascal .

Στο τεχνικό σύστημα η πίεση μετριέται σε kg/cm^3 . Μετριέται επίσης σε χιλιοστά υδραργύρου (mm Hg) και σε χιλιοστά στήλης νερού (mm Σ.Ν.) .

$$1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar} = 7,5006 \cdot 10^{-3} \text{ mmHg} = 1,0197 \cdot 10^{-5} \text{ Kg/cm}^2$$

$$1 \text{ mmHg} = 133,32 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Kg/cm}^2 = 98.066,5 \text{ Pa}$$

Για παράδειγμα , η πίεση είναι η δύναμη που εξασκείται από ένα υγρό στα τοιχώματα του δοχείου που το περιέχει . Πίεση είναι επίσης η δύναμη που εξασκείται από ένα αέριο στα τοιχώματα ενός κυλίνδρου .

Πίεση είναι επίσης η δύναμη που εξασκείται από τα στρώματα αέρος , που βρίσκονται πάνω από εμάς , στις επιφάνειες που μας περιβάλλουν : αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση και , στην επιφάνεια της θαλάσσης , είναι ίση με 101,325 kPa .

Η πίεση έχει βαρύνουσα σημασία στην εξέλιξη των ψυκτικών κύκλων .

Η συμπεριφορά των ρευστών που χρησιμοποιούνται στην ψύξη επηρεάζεται σημαντικά από την πίεση και από τη θερμοκρασία , όπως θα δούμε στην συνέχεια .

Ειδική θερμοχωρητικότητα

Η ειδική θερμοχωρητικότητα ενός υλικού αποτελεί την ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για να ανεβάσει κατά 1 K στη θερμοκρασία 1 Kg του ίδιου υλικού . Στο (SI) μετριέται σε $\text{J}/(\text{kg K})$. Στο τεχνικό σύστημα η ειδική θερμοχωρητικότητα μετριέται σε $\text{kcal}/(\text{kg K})$. Στο (σχήμα 3) αναφέρονται οι ειδικές θερμότητες μερικών υλικών .

Υλικό	Ειδική Θερμοχωρητικότητα
Υδρογόνο	14,20
Οξυγόνο	0,913
Νερό	4,18
Αμμωνία υγρό	4,60
Αμμωνία αέριο	2,20

Σχήμα 3. : Ειδικές θερμότητες

2.2.8. Λανθάνουσα Θερμότητα Τήξης

Η λανθάνουσα θερμότητα τήξης μιας ουσίας αντιπροσωπεύει την αναγκαία ποσότητα θερμότητας για να προκληθεί μεταβολή φάσης, από τη στερεή στην υγρή κατάσταση, 1kg της ίδιας ουσίας, σε σταθερή θερμοκρασία.

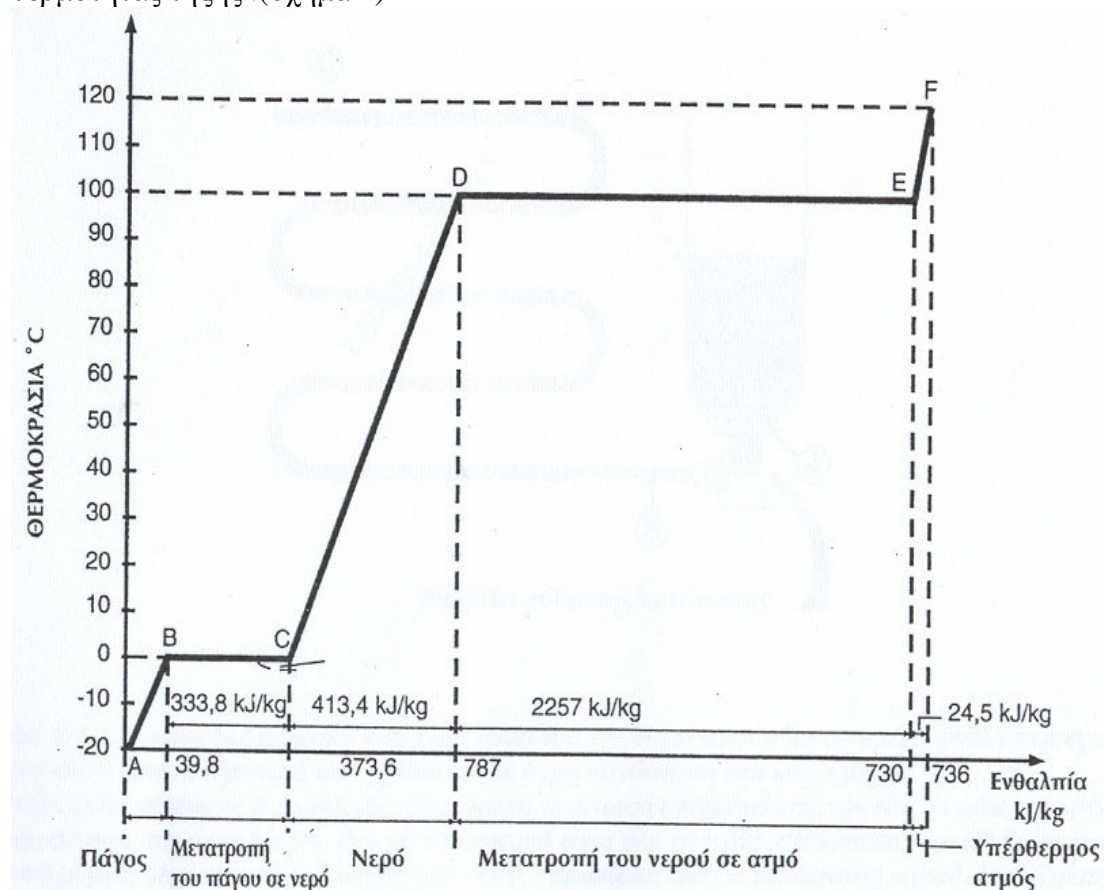
Στην περίπτωση του πάγου, για παράδειγμα, η λανθάνουσα θερμότητα τήξης είναι 333,8 kJ/kg (80 kcal/kg).

Κατά τη διάρκεια της τήξης θεωρείται ότι η θερμοκρασία παραμένει στους 0°C και η πίεση είναι ατμοσφαιρική.

Για να κάνουμε ένα πρακτικό παράδειγμα ας φανταστούμε ότι έχουμε 1 kg πάγου στη θερμοκρασία των -20 °C και ότι αρχίζουμε να θερμαίνουμε. Η θερμοκρασία του πάγου θα αυξηθεί σταδιακά με γραμμικό τρόπο έως τους 0°C.

Σε αυτό το σημείο όση θερμότητα και αν χορηγηθεί, η θερμοκρασία δεν θα αυξηθεί μέχρι να λιώσει όλος ο πάγος και να μετατραπεί σε νερό.

Όλη η θερμότητα που χορηγήθηκε θα χρησιμοποιηθεί για να λειώσει τον πάγο, χωρίς να του αυξήσει τη θερμοκρασία: αυτή αποτελεί δηλαδή τη λανθάνουσα θερμότητας τήξης. (σχήμα 4)



Σχήμα 4. : Αλλαγές της κατάστασης του νερού σε συνάρτηση με τη θερμότητα που του χορηγείται.

Από το σημείο A στο σημείο B έχουμε μια γραμμική αύξηση της θερμοκρασίας του πάγου, από -20°C έως 0°C. Αντίθετα, από το σημείο B ως το σημείο C δεν υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας.

Σε αυτή τη φάση γίνεται η μετατροπή του πάγου σε νερό .

Μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε την ποσότητα θερμότητας που απαιτείται , για να θερμάνουμε 1 Kg πάγου από τους -20°C στους 0°C , με τον τύπο που ακολούθει :

$$Q = Cs \Delta t , \text{ όπου :}$$

Q = απαιτούμενη ποσότητα θερμότητας

Cs = ειδική θερμοχωρητικότητα του πάγου (μέση τιμή μεταξύ -20°C και 0°C)

Δt = διαφορά θερμοκρασίας

$$Q = 1,99 \times 20 = 39,8 \text{ kJ/kg} = 10 \text{ kcal/kg}$$

Αυτή τη τιμή αντιστοιχεί στην εικόνα (σχήμα 4) με το σημείο Β . Το σημείο C αντιστοιχεί στο άθροισμά της με τη λανθάνουσα θερμότητα τήξης του πάγου :

$$\text{Στο SI : } 39,8 + 333,8 = 373,6 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Στο T.Σ. : } 10 + 80 = 90 \text{ Kcal/kg}$$

2.2.9. Λανθάνουσα Θερμότητας Εξάτμισης

Η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης μιας ουσίας αντιπροσωπεύει την ποσότητα θερμότητας που απαιτείται για να προκληθεί η μεταβολή φάσης 1 Kg της ίδιας ουσίας από την κορεσμένη υγρή κατάσταση στην κατάσταση ατμού .

Στο SI η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης μετριέται σε J/kg . Στο ST μετριέται σε kcal/kg . Στην περίπτωση του νερού αυτή είναι ίση με 2257 kJ/kg (540 kcal/kg) .

Μια ουσία για περάσει από την υγρή κατάσταση στην κατάσταση ατμού πρέπει να απορροφήσει θερμότητα , Αυτή η θερμότητα μπορεί , για τους σκοπούς μας , να αφαιρεθεί από το περιβάλλον , που με τον τρόπο αυτόν ψύχεται .

Επιστρέφουμε στο 1kg πάγου , της προηγούμενης παραγράφου , που έλιωσε σε νερό . Αν συνεχίσουμε να θερμαίνουμε το νερό αυτό θα αυξήσει γραμμικά τη θερμοκρασία του από τους 0° στους 100°C . Αφού φτάσει τους 100°C , το νερό θα αρχίσει να βράζει , αλλά όσο και να θερμανθεί , ακόμη δεν θα αύξηση την θερμοκρασία του .

Η θερμότητα που θα χορηγηθεί θα προκαλέσει αντίθετα την εξάτμιση του νερού , σε σταθερή θερμοκρασία και ατμοσφαιρική πίεση . Αυτή η ποσότητα αποτελεί την λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης .

Στο (σχήμα 4) στο τμήμα C-D γίνεται η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού από 0°C σε 100°C (θερμοκρασία βρασμού του νερού) . Στο τμήμα D-E , γίνεται αντίθετα η αλλαγή κατάστασης του νερού από υγρό σε ατμό .

Κάθε περαιτέρω ποσότητα θερμότητας που θα χορηγούνταν στον ατμό θα προκαλούσε μια υπερθέρμανση , με ανύψωση της θερμοκρασίας ,, όπως φαίνεται στο τμήμα E-F .

Η θερμοκρασία βρασμού ενός υγρού λέγεται επίσης θερμοκρασία κορεσμού . Ένα ρευστό βρίσκεται στην υγρή κορεσμένη κατάσταση ,όταν σε μια δεδομένη πίεση , βρίσκεται στη θερμοκρασία βρασμού .

Ονομάζεται υγρός κορεσμένος ατμός , ο ατμός που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια ενός υγρού , όταν αυτό βρίσκεται στη θερμοκρασία βρασμού του . Αντίθετα , ονομάζεται ξηρός κορεσμένος ατμός (όχι υπέρθερμος) χωρίς την παρουσία υγρού ,όπως μπορεί να έχουμε , για παράδειγμα , σε ένα δοχείο . Πρόκειται για πολύ απλοποιημένους ορισμούς , αλλά χρήσιμους για την κατανόηση των κυρίων εννοιών .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο ΨΥΚΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

3.1. Ο Ψυκτικός Κύκλος Απορρόφησης

Ο ψυκτικός κύκλος απορρόφησης επινοήθηκε στο δεύτερο ήμισυ του 18^{ου} αιώνα , δηλαδή , πολύ πριν από τον κύκλο συμπίεσης . Αν και υπήρξαν πρακτικές εφαρμογές πριν από αυτές των μηχανημάτων συμπίεσης , για διάφορους λόγους οι ψυκτικές μονάδες απορρόφησης άρχισαν να διαδίδονται μόνο μετά το 1950 .

Ο κύκλος βασίζεται στη χρήση δύο διαφορετικών διαλυμάτων : νερό-αμμωνία , που γενικά χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις χαμηλής ισχύος και νερό –βρωμιούχο λίθιο για όλο το φάσμα ισχύων . Και τα δύο διαλύματα δεν προξενούν ζημίες στο περιβάλλον ούτε στο όζον της στρατόσφαιρας .

Ο κύκλος απορρόφησης χρησιμοποιεί για τη λειτουργία του θερμότητα που παρέχεται από το εξωτερικό και για το λόγο αυτό τα μηχανήματα είναι κατά βάση στατικά , αν εξαιρεθούν μερικές αντλίες και ,για όσες είναι αερόψυκτες , οι αεριστήρες . Όπως στον ψυκτικό κύκλο συμπίεσης , έτσι και στον κύκλο απορρόφησης υπάρχει ένα ψυκτικό που αφαιρεί θερμότητα από ένα σημείο και την παροχετεύει σε κάποιο άλλο , αλλά αυτό δεν κυκλοφορεί εξαιτίας της λειτουργίας κάποιου συμπιεστή , αλλά λόγω της θερμότητας που χορηγείται από το εξωτερικό περιβάλλον .

Στη θέση του συμπιεστή υπάρχουν δύο όργανα : ο απορροφητής και η γεννήτρια ή βραστήρας του διαλύματος . Ο τελευταίος , για την λειτουργία του απαιτεί θερμότητα που μπορεί να χορηγηθεί με τη μορφή υπέρθερμου νερού , ατμού ή από καυστήρα αερίου . Όπως αναφέρθηκε , ο ψυκτικός κύκλος απορρόφησης κατασκευάζεται με δύο διαφορετικά συστήματα ανάλογα με το διάλυμα .

3.2. Διάλυμα Νερού-Αμμωνίας .

Το ψυκτικό αποτελείται από την αμμωνία , το απορροφητικό από αμμωνία σε υδατικό διάλυμα . Οι ψυκτικές μηχανές που λειτουργούν με νερό-αμμωνία έχουν ατμοσφαιρικό καυστήρα αερίου , μικρής ισχύος . Στο παρελθόν , και ακόμη και σήμερα , είχαν κατασκευαστεί οικιακά ψυγεία βασιζόμενα σε αυτή την αρχή , των οποίων η τροφοδοσία ήταν με κηροζίνη .

3.3. Διάλυμα Νερού-Βρωμιούχου Λιθίου .

Το ψυκτικό αποτελείται από το νερό , το απορροφητικό από βρωμιούχο λίθιο σε υδατικό διάλυμα . Οι μηχανές που λειτουργούν με νερό –βρωμιούχο λίθιο , μεσαίας και μεγάλης ισχύος , μπορούν να είναι απλής ή διπλής ενέργειας . Η θερμότητα χορηγείται με μορφή υπέρθερμου νερού ,ατμού ή από καυστήρα αερίου .

Είναι γνωστή η τοξικότητα της αμμωνίας (NH_3) και αυτό οδηγεί στην εξωτερική εγκατάσταση των μηχανημάτων απορρόφησης που την χρησιμοποιούν. Χρησιμοποιείται σε διάλυμα 65-84% κατά βάρος . Το βρωμιούχο λίθιο (LiBr) είναι ένα απορροφητικό άλας που παρουσιάζει μεγάλη συγγένεια με τον υδρατμό και χρησιμοποιείται σε συγκεντρώσεις 60-64% κατά βάρος . Δεν είναι τοξικό , αλλά ερεθίζει το δέρμα και τα μάτια και ιδιαίτερα , σε περίπτωση τυχαίας επαφής , είναι αναγκαίο να γίνει αμέσως πλύση με νερό .

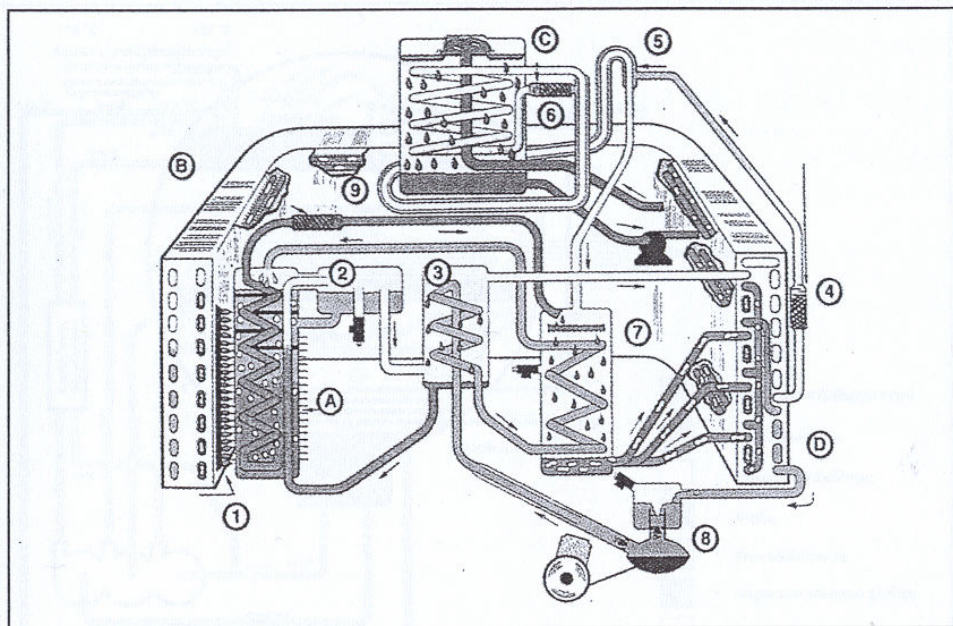
Στη χρήση , επιβραδύνεται με νιτρικό λίθιο σε αναλογία 0,4% για να περιοριστούν τα διαβρωτικά αποτελέσματα όταν υπάρχει αέρας στο κύκλωμα .

3.4. Κύκλοι Απορρόφησης

3.4.1. Κύκλος Απορρόφησης με Νερό-Αμμωνία

Ο κύκλος που περιγράφεται , βρίσκει εφαρμογή σε μια σειρά μηχανών που βρίσκονται σήμερα στην αγορά .Το λειτουργικό διάγραμμα του κύκλου φαίνεται στο (σχήμα 5) . Ο κύκλος αρχίζει στη γεννήτρια , όπου το διάλυμα νερό –αμμωνία θερμαίνεται εξαιτίας της θερμικής ενέργειας που χορηγείται από έναν καυστήρα μεθανίου ή GPL (υγροποιημένα πετρελαϊκά αέρια) έως την θερμοκρασία βρασμού , σε μία πίεση που κυμαίνεται από 14 έως 24 bar .

Παράγεται ατμός σε υψηλή συγκέντρωση αμμωνίας και απομένει ένα υγρό διάλυμα χαμηλής συγκέντρωσης αμμωνίας και απομένει ένα υγρό διάλυμα χαμηλής συγκέντρωσης αμμωνίας (αραιό διάλυμα) .



A - Γεννήτρια	1 - Καυστήρας	7 - Εναλλάκτης διαλυμάτων και/ή προαπορροφητής	Πλούσιο διάλυμα
B - Συμπυκνωτής	2 - Θάλαμος εξίσωσης	8 - Αντλία διαλύματος	Φτωχό διάλυμα
C - Εξατμιστής	3 - Ανορθωτής	9 - Μειωτήρας πίεσης του διαλύματος	Ψυκτικός ατμός
D - Απορροφητής	4 - Μειωτήρας πίεσης στο συμπυκνωτή		Ψυκτικό υγρό
	5 - Εναλλάκτης θερμότητας ανάμεσα σε υγρό και ψυκτικό ατμό		Ψυγμένο νερό
	6 - Μειωτήρας πίεσης στον εξατμιστή		

Σχήμα 5. : Ψυκτικός κύκλος απορρόφησης με διάλυμα νερού-αμμωνίας για ψυκτική μονάδα μικρής ισχύος, με καυστήρα αερίου .

Στο σημείο αυτό , ο ατμός φθάνει τον ανορθωτή όπου παραχωρεί το νερό που περιέχει . Ο ατμός της αμμωνίας , που είναι θερμός σε υψηλή πίεση , εγκαταλείπει το ανορθωτή και εισέρχεται στο συμπυκνωτή όπου ψύχεται από τους αεριστήρες και συμπυκνώνεται περνώντας στην υγρή κατάσταση . Η υγρή αμμωνία διασχίζει ένα ελασματοειδές όργανο όπου υφίσταται εκτόνωση και πτώση πίεσης .

Υποψύχεται μέσα σε έναν εναλλάκτη θερμότητας και , περνώντας από ένα δεύτερο ελασματοειδές όργανο , φθάνει σε μια πίεση 2,7έως 4 bar και σε μια θερμοκρασία μικρότερη των 3°C . Σε αυτές τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης , η

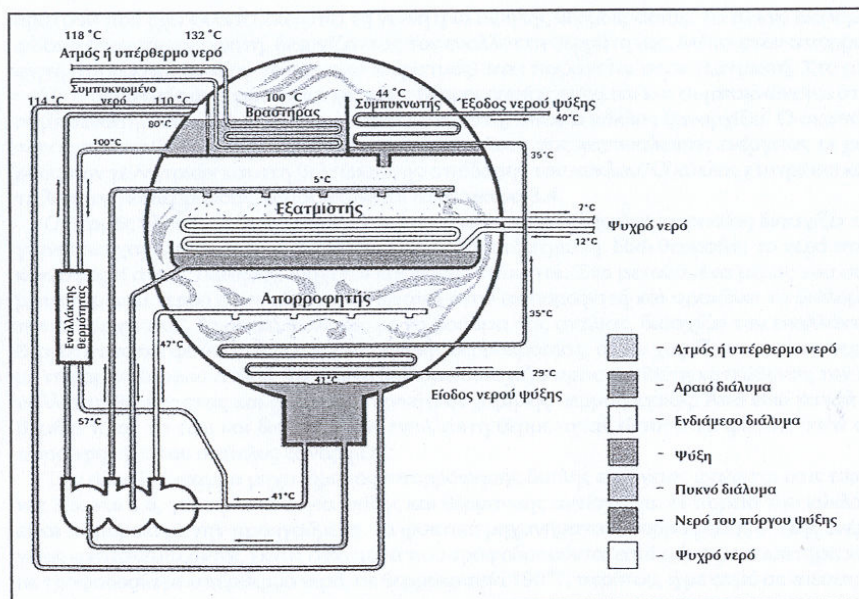
αμμωνία μπαίνει στον εξατμιστή , όπου αφαιρεί τη θερμότητα από το νερό που προέρχεται από την εγκατάσταση , ψύχοντάς το .

Η θερμότητα που αφαιρείται προκαλεί βρασμό της αμμωνίας και το σχηματισμό ψυχρού ατμού σε χαμηλή πίεση . Ο ατμός βγαίνει από τον εξατμιστή και υπερθερμαίνεται , περνώντας μέσα από ένα εναλλάκτη θερμότητας εξαιτίας της θερμικής συναλλαγής με την αμμωνία που βρίσκεται σε κατάσταση θερμού υγρού και που προέρχεται από τον συμπυκνωτή .

Ο υπέρθερμος ατμός μπαίνει στον προαπορροφητή , όπου ξαναενώνεται με το αραιό διάλυμα που προέρχεται από την γεννήτρια . Αυτή η διαδικασία παράγει θερμότητα που πρέπει να διατεθεί , για αυτό το διάλυμα που βγαίνει , ψύχεται σε μια περιοχή της μονάδας θερμικής συναλλαγής από τους αεριστήρες . Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία απορρόφησης , το υγρό διάλυμα με υψηλή συγκέντρωση αμμωνίας (πλούσιο διάλυμα) επαναφέρεται στην αρχική πίεση του κύκλου από τη δράση μιας αντλίας με μεμβράνη . Κατόπιν προθερμαίνεται στον ανορθωτή και στον προαπορροφητή και ,τέλος , επιστρέφει στη γεννήτρια όπου ο κύκλος ξαναρχίζει .

3.4.2. Ο κύκλος Απορρόφησης με Βρωμιούχο Λίθιο Απλής Ενέργειας

Ο κύκλος απορρόφησης με βρωμιούχο λίθιο λαμβάνει χώρα με πιέσεις κατώτερες από την ατμοσφαιρική και για αυτό το μηχάνημα λειτουργεί χωρίς φορτίο , αντίθετα από ότι συμβαίνει στον κύκλο νερού – αμμωνίας .Για την περιγραφή του κύκλου αναφερόμαστε στο διάγραμμα ενός μηχανήματος με μονό περίβλημα που υπάρχει στην αγορά .(σχήμα 6) και στην περίπτωση αυτή , ο κύκλος αρχίζει στη γεννήτρια ή βραστήρα που τροφοδοτείται από ατμό σε πίεση έως 1,5 atm ή με υπέρθερμο νερό έως 150°C . Το απεσταγμένο νερό (ψυκτικό) του διαλύματος εξατμίζεται και διαχωρίζεται από το βρωμιούχο λίθιο (απορροφητικό) προκαλώντας έτσι αύξηση της συγκέντρωσης . Ο υδρατμός μπαίνει στο συμπυκνωτή , στον οποίο υπάρχουν σωλήνες που διαρρέονται από νερό ψύξης , το οποίο προέρχεται από ένα πύργο ψύξης . γεννήτρια και συμπυκνωτής αποτελούν την περιοχή υψηλής πίεσης του κυκλώματος (πάντως κατώτερη κατά 0,1bar από την ατμοσφαιρική πίεση) .



Σχήμα 6. : Κύκλος απορρόφησης απλής ενέργειας με διάλυμα βρωμιούχου λιθίου-νερού για ψυκτική μονάδα μεγάλης ισχύος που τροφοδοτείται από θερμό νερό ή ατμό.

Ερχόμενος σε επαφή με τους σωλήνες του συμπυκνωτή ο υδρατμός συμπυκνώνεται και το νερό που παράγεται περνάει στο κάτω μέρος του μηχανήματος μέσω στομιών και ψεκάζεται στους σωλήνες του εξατμιστή . Αυτό αφαιρεί τη θερμότητα από το νερό που προέρχεται από τα σημεία χρήσης και εξατμίζεται περνώντας σε κατάσταση ψυχρού ατμού . Ο εξατμιστής και ο απορροφητής αποτελούν την περιοχή χαμηλής πίεσης του κυκλώματος (0,01 bar απόλυτη) .

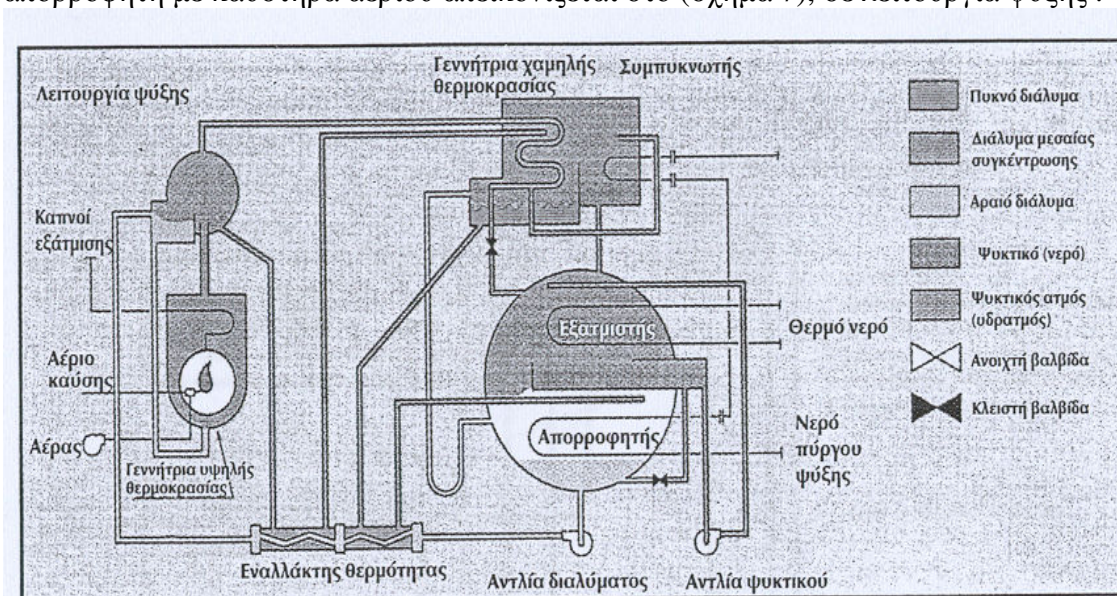
Η πίεση στον εξατμιστή αντιστοιχεί σε μια θερμοκρασία κορεσμού ίση με 4,5°C περίπου . Ο υδρατμός περνάει από τον εξατμιστή στον απορροφητή , στο κάτω μέρος του μηχανήματος , εξαιτίας της διαφοράς πίεσης . Στον εξατμιστή το ενδιάμεσο διάλυμα του βρωμιούχου λιθίου ψεκάζεται στη δέσμη των σωλήνων για να αυξήσει την ικανότητα απορρόφησης του υδρατμού . Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας παράγεται θερμότητα που αφαιρείται από το νερό που προέρχεται από τον πύργο ψύξης . το αραιό διάλυμα του βρωμιούχου λιθίου που παράγεται , εναποτίθεται στον πυθμένα του μηχανήματος και από εδώ επαναφέρεται στη γεννήτρια , με σκοπό τη διατήρηση του κύκλου , περνώντας από ένα εναλλάκτη θερμότητας .

3.4.3.Κύκλος Απορρόφησης με Βρωμιούχο Λίθιο Διπλής Ενέργειας

Το πλεονέκτημα του κύκλου διπλής ενέργειας συνίσταται , κυρίως , στη μεγαλύτερη θερμική απόδοση που μεταφράζεται σε μικρότερη κατανάλωση ατμού ή υπέρθερμου ατμού . Για τον σκοπό αυτό το κύκλωμα των μηχανημάτων διπλής ενεργείας διαθέτει δύο γεννήτριες και δύο εναλλάκτες θερμότητας του διαλύματος . Υπάρχει μια γεννήτρια υψηλής πίεσης και μιας χαμηλής πίεσης (όροι σχετικοί , γιατί η λειτουργία γίνεται πάντοτε σε πίεση χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική) .

Με τον ίδιο τρόπο υπάρχει ένας εναλλάκτης θερμότητας σε υψηλή θερμοκρασία και ένας σε χαμηλή .

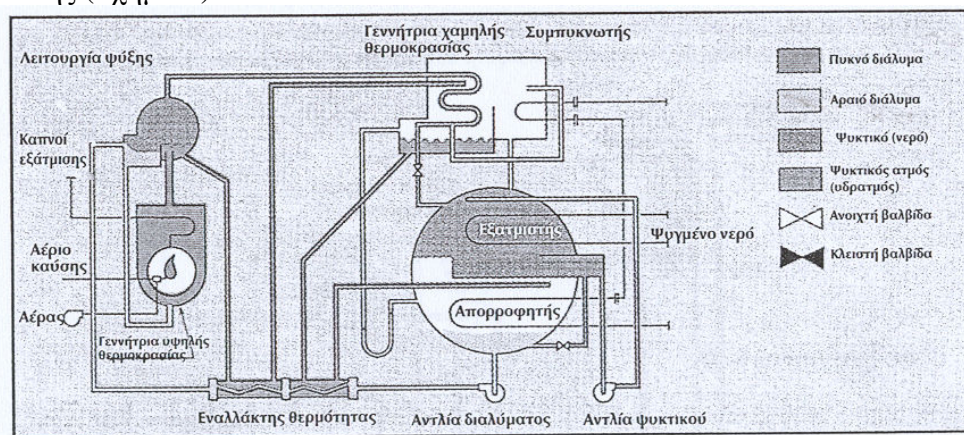
Ένας κύκλος απορρόφησης διπλής ενέργειας , που βρίσκει εφαρμογή σε ένα απορροφητή με καυστήρα αερίου απεικονίζεται στο (σχήμα 7), σε λειτουργία ψύξης .



Σχήμα 7. : Κύκλος απορρόφησης διπλής ενέργειας με διάλυμα βρωμιούχου λιθίου νερού για ψυκτική μονάδα μεγάλης ισχύος με καυστήρα αερίου .Το διάγραμμα δείχνει τη λειτουργία ψύξης .

Το ψυκτικό νερό εξατμίζεται μέσα στον εξατμιστή , εξαιτίας της χαμηλής πίεσης που υπάρχει εκεί και ψύχει το νερό που κυκλοφορεί και που προέρχεται από την εγκατάσταση .Ο υδρατμός μεταφέρεται στον απορροφητή και απορροφάται από το διάλυμα , αραιώνοντάς το . Το αραιωμένο διάλυμα , με τη βοήθεια της αντλίας , διασχίζει τον εναλλάκτη θερμότητας και αυξάνει την θερμοκρασία του . Από εδώ φθάνει στη γεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας όπου εξαιτίας της θερμότητας που παράγεται από τον καυστήρα , συγκεντρώνεται σε μια ενδιάμεση τιμή (διάλυμα μέσης συγκέντρωσης) . Διασχίζει ξανά τον εναλλάκτη θερμότητας , προς αντίθετη κατεύθυνση , και φθάνει στη γεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας , όπου υφίσταται μια περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης (πυκνό διάλυμα) , εξαιτίας του θερμού υδρατμού που έχει φθάσει εκεί από την γεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας .

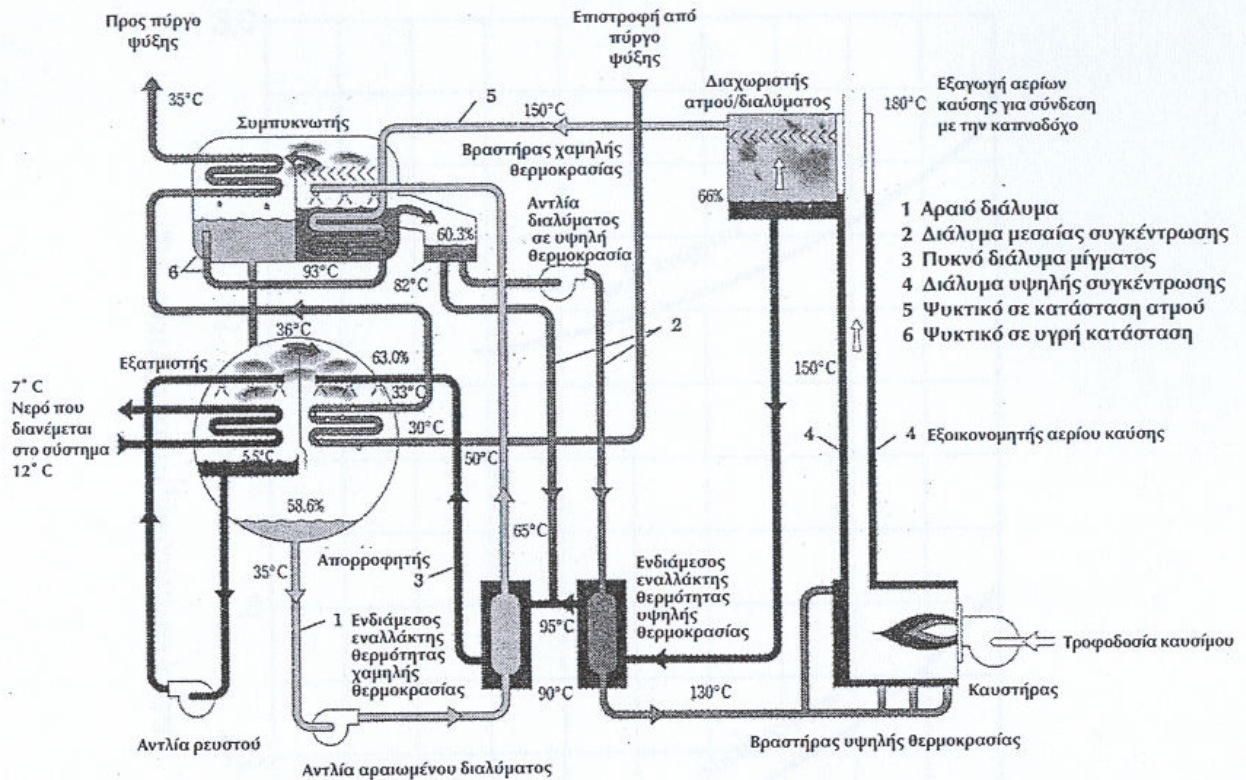
Το πυκνό διάλυμα φθάνει στον απορροφητή , διασχίζοντας τον εναλλάκτη θερμότητας . Μέσα στον απορροφητή απορροφά εκ νέου το ψυκτικό (υδρατμός) που παράγεται στον εξατμιστή . Στο μεταξύ , ο υδρατμός στη γεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας ψύχεται και συμπυκνώνεται στο συμπυκνωτή . Από εδώ επιστρέφει στον εξατμιστή , όπου ο κύκλος ξαναρχίζει . Ο σκοπός των εναλλακτών θερμότητας συνίσταται στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας εκ μέρους των γεννητριών και στη βελτίωση της απόδοσης του κύκλου .Ο κύκλος επιτρέπει και τη λειτουργία της θέρμανσης (σχήμα 8)



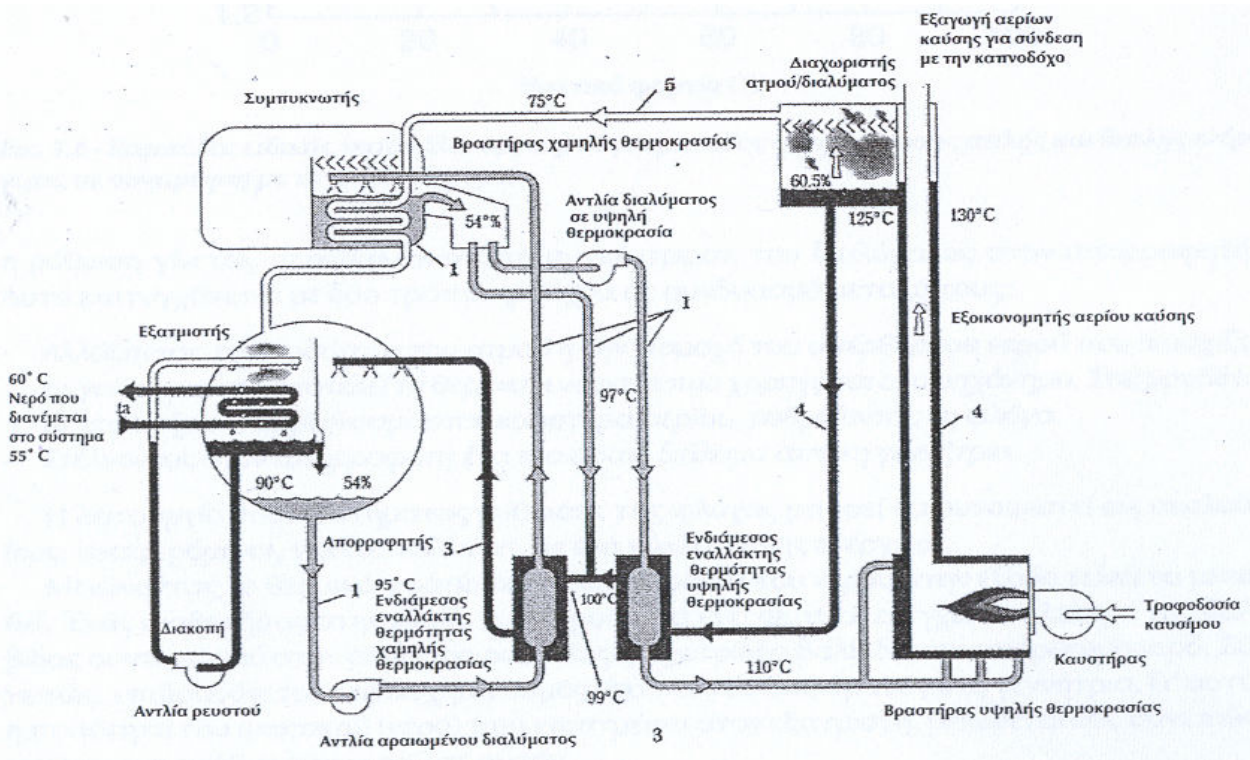
Σχήμα 8. : Κύκλος όπως στην προηγούμενη εικόνα , αλλά για λειτουργία θέρμανσης .

Ο θερμός υδρατμός που παράγεται στη γεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας διασχίζει τη γεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας και φθάνει στον εξατμιστή . Εδώ θερμαίνει το νερό που κυκλοφορεί στους σωλήνες , ψύχεται και συμπυκνώνεται . Στο μεταξύ , ένα μέρος του συμπυκνωμένου νερού στον εξατμιστή φθάνει στον απορροφητή και αραιώνει το διάλυμα που υπάρχει εκεί . Το αραιό διάλυμα , με τη βοήθεια της αντλίας , διασχίζει τον εναλλάκτη θερμότητας και φθάνει στην γεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας , όπου χωρίζεται από το νερό με τη μορφή θερμού ατμού . Το πυκνό διάλυμα διασχίζει με αντίθετη κατεύθυνση τον εναλλάκτη θερμότητας και φθάνει τη γεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας . Από εδώ κατόπιν βγαίνει προς τα έξω και διασχίζει τον εναλλάκτη θερμότητας ώσπου να φθάσει στον απορροφητή , όπου ο κύκλος ξαναρχίζει .

Ένα άλλο διάγραμμα μηχανήματος απορρόφησης διπλής ενέργειας φαίνεται στο (σχήματα 9-10) για τη λειτουργία ψύξης και θέρμανσης .Η πορεία του ψυκτικού είναι παρόμοια με προηγουμένως . Τα ψυκτικά μηχανήματα απορρόφησης διπλής ενέργειας κατασκευάζονται , εκτός από αυτά που τροφοδοτούνται από αέριο με καυστήρα και με τροφοδοσία με υπέρθερμο νερό , σε θερμοκρασία 190°C περίπου , ή με ατμό σε πιέσεις 8 atm περίπου .



Σχήμα 9. : Κύκλος απορρόφησης διπλής ενέργειας με διάλυμα βρωμιούχου λιθίου –νερού , σε λειτουργία ψύξης , για ψυκτική μονάδα μεγάλης ισχύος που τροφοδοτείται από αέριο με καυστήρα .

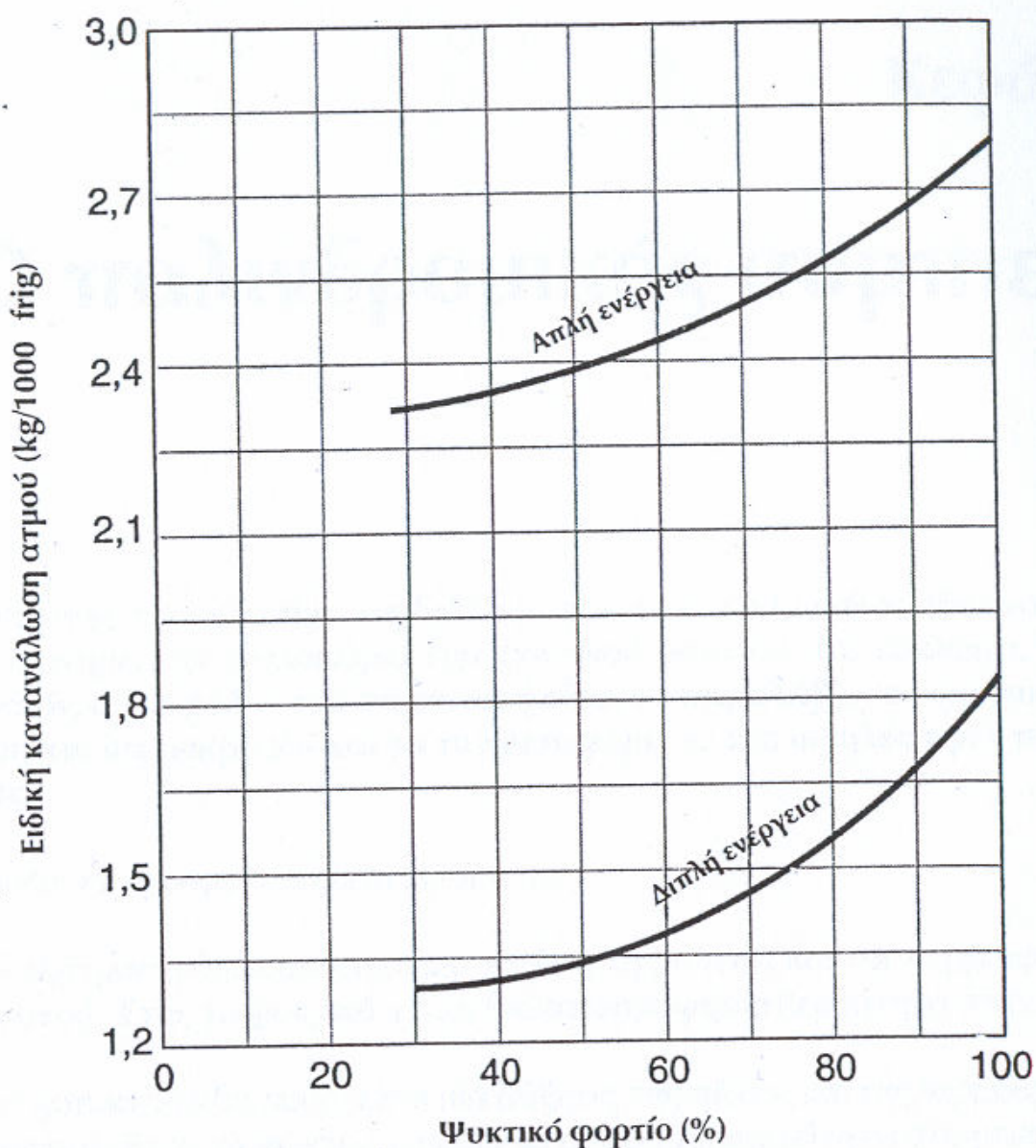


Σχήμα 10. : Κύκλος απορρόφησης διπλής ενέργειας με διάλυμα βρωμιούχου λιθίου – νερού , σε λειτουργία θέρμανσης , για θερμική μονάδα μεγάλης ισχύος που τροφοδοτείται από αέριο με καυστήρα .

3.4.4. Κύκλος Απορρόφησης με Βρωμιούχο Λίθιο Τριπλής Ενέργειας

Βρίσκεται στο στάδιο ανάπτυξης ένα σύστημα απορρόφησης τριπλής ενέργειας εκ μέρους της Trane και της GaxResearch Institute of Chicago . Αυτό θα πρέπει να επιτρέψει την επίτευξη ακόμη πιο υψηλών COP , γύρω στο 1,5 . Η βιομηχανική παραγωγή θα πρέπει να αρχίσει το 1996-1997. Το σύστημα τριπλής ενεργείας , του οποίου παρουσιάζεται στο (σχήμα 11) , αποτελείται ουσιαστικά από δύο μονάδες απλής ενέργειας εν σειρά . Η πρώτη μεγαλύτερης ικανότητας , γύρω στα 60 % του συνόλου , λειτουργεί σε φυσιολογικές θερμοκρασίες ενώ η δεύτερη σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες , γύρω στους 230 °C .

Η θερμότητα που διατίθεται σε 95°C περίπου από τον κύκλο υψηλής θερμοκρασίας , τροφοδοτεί τον κύκλο χαμηλής θερμοκρασίας . Και οι δύο κύκλοι παράγουν νερό στους 7 °C για χρήσεις ψύξης . Το μηχάνημα προβλέπει την τροφοδοσία από αέριο με καυστήρα .

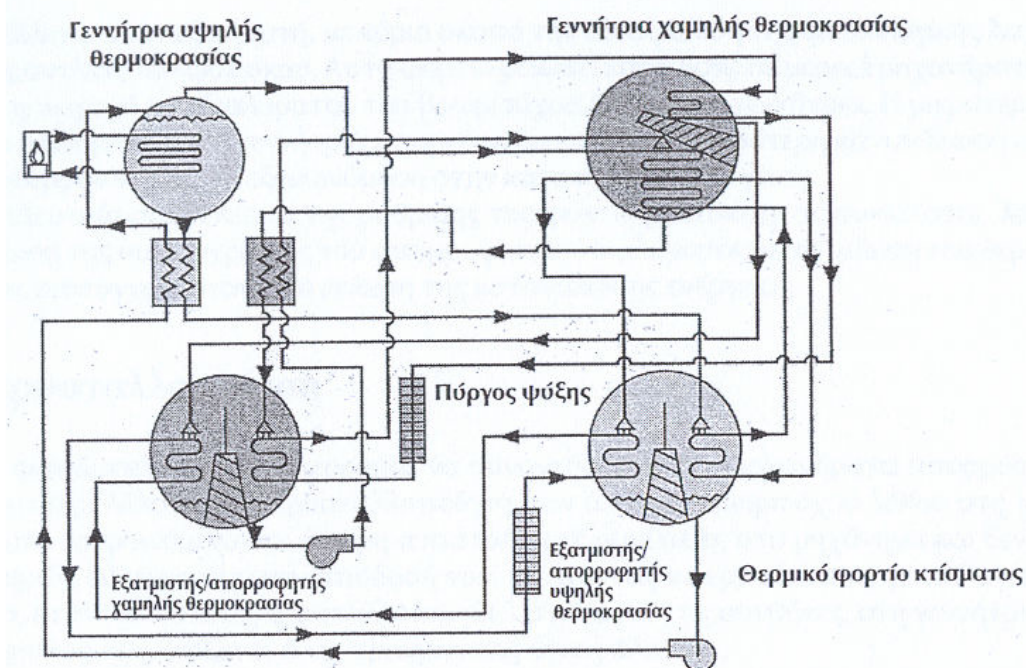


Σχήμα 11. : Καμπύλες ειδικής κατανάλωσης ατμού για μονάδες απορρόφησης απλής και διπλής ενέργειας σε συνάρτηση με το ψυκτικό φορτίο .

3.4.5. Επιδόσεις και Συγκρίσεις

Τα μηχανήματα με βρωμιούχο λίθιο απλής ενέργειας παρουσιάζουν ειδική κατανάλωση ατμού γύρω στα 2,7-2,8 Kg για παραγωγή 1000 ψυκτικών θερμίδων (1,163 kW) . Το COP αυτών των μηχανημάτων , σαν σχέση ανάμεσα στην ψυκτική ισχύ που αποδίδεται και στην θερμική ισχύ που απορροφάται είναι 0,65-0,69 . Τα μηχανήματα διπλής ενέργειας παρουσιάζουν εξοικονόμηση ενέργειας αισθητά μεγαλύτερη . Η ειδική κατανάλωση μειώνεται στο 1,7-1,8kg ατμού για παραγωγή 1000 ψυκτικών θερμίδων (1,163kW). Το COP φθάνει μια τιμή ανάμεσα στο 0,99 και 1,18 . Στο (σχήμα 12) φαίνονται οι καμπύλες της ειδικής κατανάλωσης ατμού για τους δύο τύπους μηχανημάτων σε συνάρτηση με το ποσοστό της ψυκτικής φορτίου .

Στον κύκλο απορρόφησης με βρωμιούχο λίθιο , το ψυκτικό νερό συμπυκνώνεται δύο φορές : πρώτα στον απορροφητή και κατόπιν στον συμπυκνωτή . Αυτό αυξάνει την ποσότητα θερμότητας προς διάθεση για κάθε ψυκτική θερμίδα που παράγεται ως προς τα ψυκτικά μηχανήματα συμπίεσης . Στ μηχανήματα απλής ενέργειας , η ποσότητα της θερμότητας προς διάθεση διαμέσου του πύργου ψύξης προκύπτει γύρω στα 2,5 kW για κάθε kW που παράγεται , σχεδόν διπλή από αυτή που απαιτείται από τις ψυκτικές μονάδες συμπίεσης , που είναι γύρω στο 1,25 kW για κάθε kW που παράγεται .



Σχήμα 12. : Κύκλωμα μηχανήματος απορρόφησης τριπλής ενέργειας με βρωμιούχο λίθιο –νερό , σε στάδιο πρωτότυπου , που τροφοδοτείται από αέριο με καυστήρα .

Η μεγαλύτερη απόδοση των μηχανημάτων διπλής ενέργειας συμβάλλει στον περιορισμό της ποσότητας της θερμότητας προς διάθεση , που είναι γύρω στα 2,05kW για κάθε kW που παράγεται . Παρ'όλα αυτά , τα μηχανήματα απορρόφησης αποδέχονται μια διαφορά θερμοκρασίας νερού του πύργου ψύξης 10°C , διπλάσια από εκείνη των μονάδων συμπίεσης που είναι 5°C , με αποτέλεσμα , ο πύργος ψύξης για ένα μηχανήματα απορρόφησης να είναι μεγαλύτερος μόνο κατά 30% ως προς εκείνον των μηχανημάτων συμπίεσης ίσης ψυκτικής ικανότητας . Η παροχή νερού συμπύκνωσης για ένα μηχανήματα απορρόφησης κυμαίνεται από 230 έως 300 λίτρα για κάθε kW που παράγεται .

3.5. Ρύθμισή της Ψυκτικής Ικανότητας

Η ρύθμιση της ψυκτικής ικανότητας γίνεται αναγκαία για να ακολουθήσουν οι μεταβολές των θερμικών φορτίων σε κλιματιζόμενο περιβάλλον . Στα μηχανήματα απορρόφησης η ρύθμιση γίνεται , μεταβάλλοντας τη συγκέντρωση του διαλύματος στον απορροφητή . Αυτό επιτυγχάνεται με δύο τρόπους , συχνά σε συνδυασμό μεταξύ τους :

-Αλλάζοντας την ποσότητα του ατμού ή την παροχή του υπέρθερμου νερού που διασχίζει τη γεννήτρια και αποτελεί τη θερμική ενέργεια που χορηγείται στο μηχανήμα . Στις μονάδες με καυστήρα επεμβαίνουμε στον καυστήρα αερίου , ρυθμίζοντας τη φλόγα .

-Στέλνοντας στον απορροφητή ένα πιο αραιό διάλυμα από τη γεννήτρια .

Η λειτουργία του συστήματος ρύθμισης της φλόγας μπορεί να συνοψιστεί ως ακολούθως , αναφερόμενοι , για διευκόλυνση , σε ένα κύκλο απλής ενέργειας .

Μειώνοντας το θερμικό φορτίο και η θερμοκρασία του νερού στην έξοδο τείνει να μειωθεί .

Ένας αισθητήρας στην έξοδο του νερού που έχει ψυχθεί , ελέγχει το κλείσιμο της βαλβίδας συντονισμού στον ατμό τροφοδοσίας ή την τρίοδο βαλβίδα στον υπέρθερμο νερό . Συνεπώς , επιβραδύνεται ο ανασχηματισμός του πυκνού6 διαλύματος στη γεννήτρια . Γι'αυτό , η ποσότητα του ψυκτικού (νερό) που επιστρέφει στον εξατμιστή , μειώνεται και , συνεπώς , μειώνεται η στάθμη του νερού σε αυτόν .

Αν η στάθμη αυτή πέσει κάτω από ένα ορισμένο όριο , ένα μέρος του αραιού διαλύματος αποστέλλεται στον εξατμιστή , με κύριο σκοπό την εξασφάλιση της φυσιολογικής λειτουργίας της αντλίας του ψυκτικού . Αν το φορτίο μειωθεί κατά 50 % , σε μερικά μηχανήματα μειώνεται η παροχή του διαλύματος του βρωμιούχου λιθίου στη γεννήτρια .

Η μικρότερη ποσότητα διαλύματος στη γεννήτρια μπορεί να θερμανθεί με μικρότερη κατανάλωση ατμού με εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας .

Το τελευταίο αποτέλεσμα της ρύθμισης της ψυκτικής ικανότητας συνίσταται , λοιπόν , στη μείωση της συγκέντρωσης του απορροφητικού διαλύματος με τη μείωση του θερμικού φορτίου , επιτυγχάνοντας έτσι μείωση της κατανάλωσης ενέργειας .

3.6. Η Κρυσταλλοποίηση

Ένα φαινόμενο το οποίο μπορούμε να συναντήσουμε στα μηχανήματα απορρόφησης με βρωμιούχο λίθιο είναι η κρυσταλλοποίηση των αλάτων βρωμιούχου λιθίου στη γεννήτρια .

Αυτό το φαινόμενο δεν έχει μη αναστρέψιμες συνέπειες στο μηχανήμα και δεν προκαλεί ζημιές , αλλά μειώνει την απόδοσή του , φτάνοντας να εμποδίσει τη φυσιολογική λειτουργία, όταν όλο το άλας κρυσταλλοποιηθεί

Η κρυσταλλοποίηση μπορεί να προξενηθεί από διάφορες αιτίες :

- απώλεια κενού
- θερμοκρασία νερού συμπύκνωσης πολύ χαμηλή
- ξαφνική και παρατεταμένη παύση της λειτουργίας του μηχανήματος λόγω διακοπής ρεύματος .
- συνθήκες λειτουργίας σε υπερφόρτωση
- διεισδύσεις μη υγροποιούμενων ρευστών στο κύκλωμα , σε ποσότητες μεγαλύτερες από τις ικανότητες εξαέρωσης
- στάση της λειτουργίας του μηχανήματος χωρίς να συνεχιστεί η διαδικασία αραίωσης του διαλύματος του βρωμιούχου λιθίου στον απορροφητή
- λανθασμένες ποσότητες ψυκτικού (νερού) και διαλύματος στο κύκλωμα του μηχανήματος .

Για να αποφευχθεί ο κίνδυνος της κρυσταλλοποίησης στα καινούργια μηχανήματα απορρόφησης , εφαρμόζονται κατάλληλοι μηχανισμοί και διατάξεις ασφαλείας .

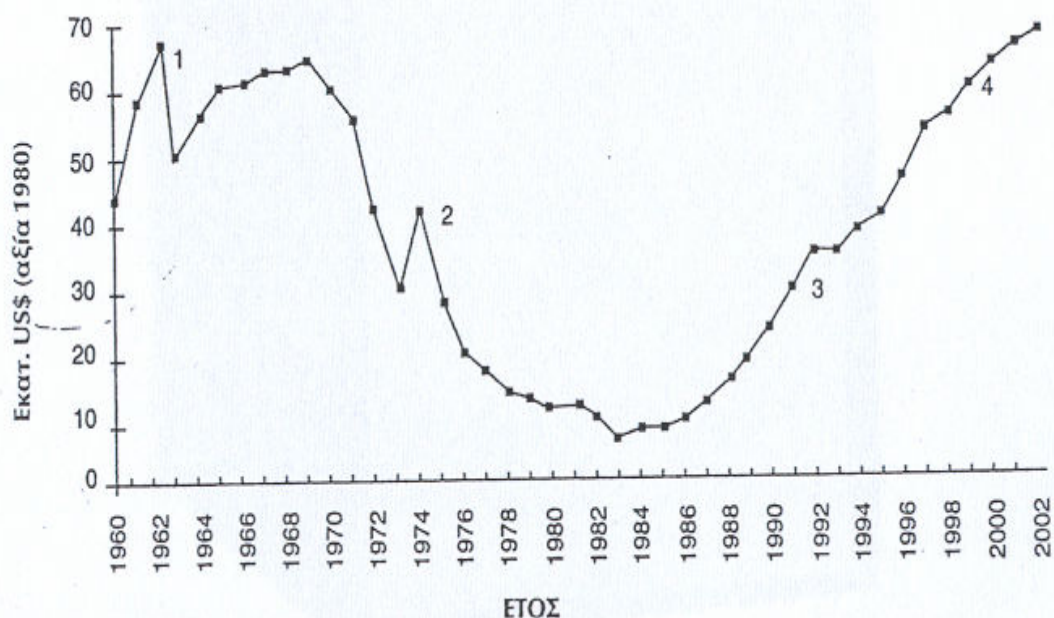
3.7. Εξαέρωση των μη Υγροποιούμενων Ρευστών

Τα μηχανήματα απορρόφησης με βρωμιούχο λίθιο λειτουργούν σε πολύ προωθημένες συνθήκες κενού και είναι αναπόφευκτη η διείσδυση αέρα στο εσωτερικό του μηχανήματος . Αυτό πρέπει να αφαιρεθεί , κυρίως , για δύο αιτίες : μειώνει την απόδοση του κύκλου και αποτελεί απειλή διάβρωσης , λόγω του οξυγόνου που περιέχει και που προσβάλλει χαλκό και σίδηρο .

Είναι αναγκαίο για αυτό , να γίνεται μια εξαέρωση των μη υγροποιούμενων ρευστών από το μηχανήμα . Οι λύσεις που προτείνονται για αυτό το σκοπό διαφέρουν ανάλογα με τα μοντέλα και τους κατασκευαστές .

3.8. Ιστορική Αναδρομή και Διάδοση των Μονάδων Απορρόφησης

Η διάδοση των ψυκτικών μονάδων απορρόφησης τα τελευταία χρόνια είχε πολλές εναλλαγές που οφείλονται σε μερικούς οικονομικούς και τεχνικούς παράγοντες . Είναι για αυτό ενδιαφέρον να εξετάσουμε σύντομα την ιστορία . Οι μονάδες απορρόφησης αφού αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά γύρω στο 1945 για εφαρμογές κλιματισμού του αέρα , είχαν μια σταδιακή περίοδο ανάπτυξης και τελειοποίησης που διήρκεσε μέχρι τη δεκαετία του '60 .Την εποχή εκείνη η προσφορά στην αγορά αφορούσε δύο κατηγορίες προϊόντων : μονάδες νερού – αμμωνίας με άμεση φλόγωση μικρής ισχύος , έως 17 kW , για οικιακές και εμπορικές χρήσεις και μονάδες με βρωμιούχο λίθιο , απλής ενέργειας , μεσαίας και μεγάλης ικανότητας , τροφοδοτούμενες με υπέρθερμο νερό ή ατμό . Από τη δεκαετία του 60 και μετά η αγορά των μονάδων απορρόφησης μεγάλης ικανότητας υφίσταται σημαντικές μεταβολές . Στο (σχήμα 13) φαίνεται η πορεία των πωλήσεων αυτών των μηχανημάτων από το 1960 με πρόβλεψη έως 2002 . Μπορούν να εντοπιστούν 4 διαφορετικές περιόδους που επηρέασαν την δυναμική του .



Σχήμα 13. : Πορεία της αγοράς των ψυκτικών μονάδων απορρόφησης από το 1960 έως 2002 . Εντοπίζονται οι τέσσερις σημαντικότερες περιόδους που αποτέλεσαν σταθμό για αυτά τα μηχανήματα .

Πρώτη περίοδος 1960-’65

Οικονομικοί παράγοντες ευνοούσαν τις μονάδες απορρόφησης : εκείνα τα χρόνια το κόστος του πετρελαίου και του ατμού ήταν χαμηλό .

Επίσης , η απόδοση των ψυκτικών μονάδων συμπίεσης ήταν χαμηλότερη κατά 10-30% από τις σημερινές μονάδες . Οι δύο αυτές συνθήκες ευνοούσαν τη ζήτηση των μονάδων απορρόφησης .

Δεύτερη περίοδος 1970-’85

Αρχίζει η πτώση των μονάδων απορρόφησης λόγω ποικίλων αιτιών , αλλά κυρίως από το εμπάργκο πετρελαίου της δεκαετίας του ’70 . Είχαν επίσης παρουσιαστεί προβλήματα αξιοπιστίας των μηχανημάτων , εξαιτίας κυρίως της αποκρυστάλλωσης και το κόστος συντήρησης ήταν υψηλό . Ταυτόχρονα είχε αυξηθεί και το κόστος παραγωγής . Το ελάχιστο των πωλήσεων των μηχανημάτων απορρόφησης ήταν το 1983 , όταν προβλεπόταν η εξαφάνισή τους από την αγορά .

Τρίτη περίοδος 1987-’93

Αρχίζει μια βαθμιαία ανάκαμψη που οφείλεται πάντα σε διάφορες αιτίες . Υπάρχει αύξηση κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος , και ταυτόχρονη μείωση της διαθεσιμότητάς του , ενώ υπάρχει αφθονία φυσικού αερίου .Από την πλευρά τους οι εταιρίες διανομής αερίου αρχίζουν μια πολιτική κινήτρων για την θερινή κατανάλωση προσφέροντας ιδιαίτερα τιμολόγια και κεφάλαια για την εγκατάσταση συσκευής απορρόφησης .Εν το μεταξύ τα μηχανήματα υπέστησαν σημαντικές βελτιώσεις και αύξησαν την απόδοσή τους χάρη στη δημιουργία συστημάτων διπλής ενέργειας .

Η ανάπτυξη μηχανημάτων άμεσης φλόγωσης , τροφοδοτούμενων με αέριο , αποτέλεσε ένα περαιτέρω κίνητρο . Σε αυτά προστίθεται η εμφάνιση των προβλημάτων των ψυκτικών ρευστών (CFC) που ευνοεί τη χρήση λύσεων με βρωμιούχο λίθιο , που είναι αβλαβές στο περιβάλλον .

Τέταρτη περίοδος 1994-2008

Προβλέπεται μια συνεχής αύξηση της αγοράς αυτών των μηχανημάτων για τους παρακάτω λόγους . Θα υπάρξει μείωση της διαθεσιμότητας ηλεκτρικής ενέργειας που θα επηρεάσει αρνητικά τα ψυκτικά μηχανήματα συμπίεσης με ηλεκτρικούς κινητήρες.

Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας θα αυξηθεί συνεπώς περισσότερο από εκείνο του αερίου . Και τέλος , οι εταιρίες διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας και του αερίου θα προωθήσουν νέες πολιτικές κινήτρων για τη χρήση μηχανημάτων απορρόφησης με άμεση φλόγωση και χρήση αερίου . Η κατανομή της αγοράς των μηχανημάτων απορρόφησης μεγάλης ισχύος , πάνω από 350 kW , αλλάζει πολύ από χώρα σε χώρα . Στην Ιαπωνία κυριαρχούν στην αγορά με ένα ποσοστό 85% περίπου ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες αντιπροσωπεύουν ακόμα ένα μικρό ποσοστό της αγοράς από 10-15 % . Στην Ευρώπη θα πρέπει να υπάρχει μια κατάσταση ανάλογη με εκείνη της Αμερικής .

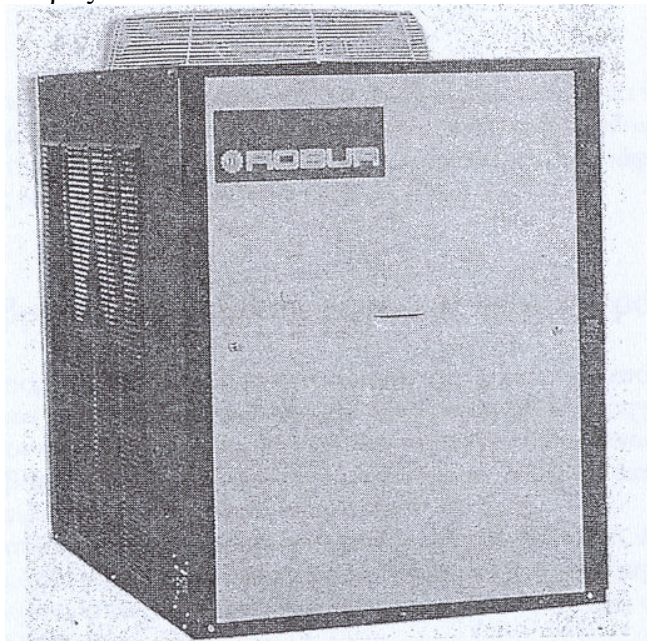
Για τα επόμενα χρόνια η αγορά των μηχανημάτων απορρόφησης στις δυτικές χώρες , πρόκειται πιθανότατα να παραμείνει ένα μικρό κομμάτι εκείνης των κλασικών ψυκτικών μονάδων συμπίεσης .

3.9. Τύποι Ψυκτικών Μονάδων Απορρόφησης

Η λειτουργία των ψυκτικών μονάδων απορρόφησης βασίζεται στις αρχές που περιγράψαμε προηγουμένως .Παρακάτω αναλύουμε τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες των πιο αντιπροσωπευτικών τύπων μηχανημάτων που βρίσκονται σήμερα στην αγορά .

3.9.1. Μονάδες Νερού – Αμμωνίας με Καυστήρα Αερίου

Αυτές οι μονάδες είναι αερόψυκτες και εγκαθίστανται στο εξωτερικό . κατασκευάζονται σε δύο μοντέλα : για απλή ψύξη και για ψύξη και θέρμανση . Οι μονάδες για απλή ψύξη κατασκευάζονται με ονομαστική ψυκτική ισχύ από 10-17 kW. Μια χαρακτηριστική μονάδα φαίνεται στο (σχήμα 14) . Είναι παραλληλεπίπεδου σχήματος και η αναρρόφηση του εξωτερικού αέρα γίνεται από τις τρεις πλευρές ενώ η εκτόνωση γίνεται προς τα πάνω .



Σχήμα 14. : Ψυκτική αερόψυκτη μονάδα απορρόφησης νερού αμμωνίας μικρής ισχύος , τροφοδοτούμενη με αέριο .

Περισσότερες μονάδες μπορούν να συναρμολογηθούν στην ίδια βάση με κοινές υδραυλικές και ηλεκτρικές συνδέσεις για να προσφέρουν ηλεκτρική ισχύ έως 90 kW περίπου (σχήμα 15)



Σχήμα 15. : Ομάδα συναρμολογούμενων στην ίδια βάση ψυκτικών μονάδων που τροφοδοτούνται με αέριο και είναι υδραυλικά και ηλεκτρικά συνδεδεμένες μεταξύ τους με τρόπο ώστε να λειτουργούν σαν πακέτο .

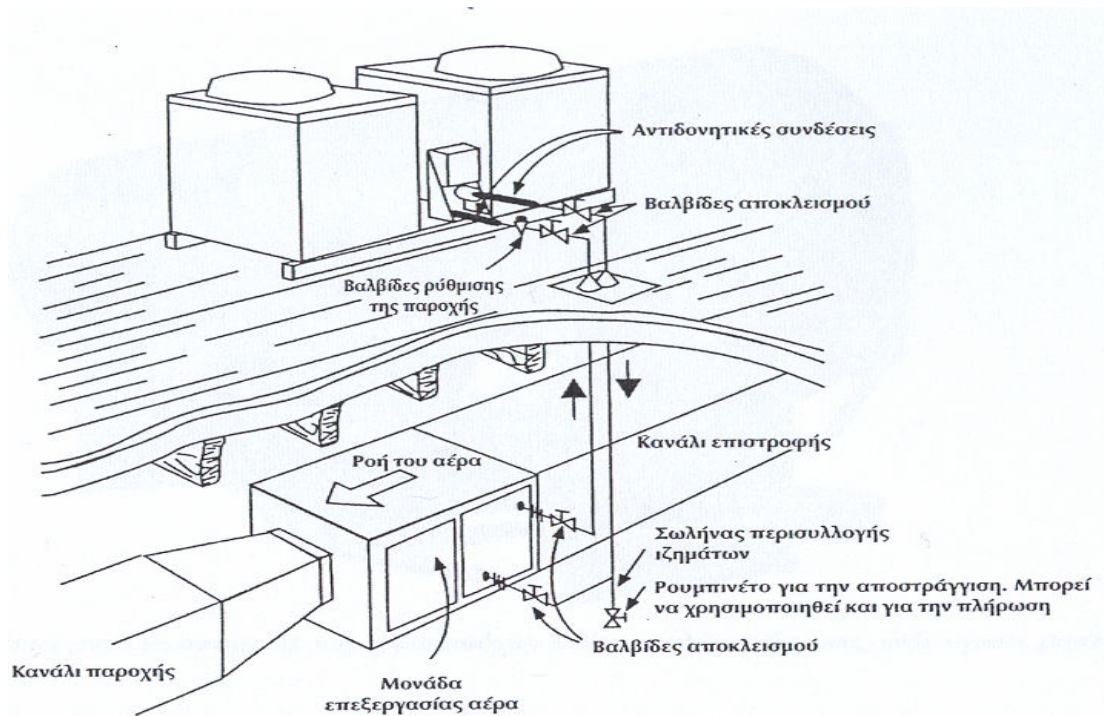
Τα μηχανήματα διαθέτουν μια μονάδα συμπίκνωσης και απορρόφησης τύπου δέσμης σε χαλύβδινο σωλήνα και περὺγια αλουμινίου σε σχήμα U , με διαστάσεις που να εξασφαλίζουν τη συμπίκνωση με εξωτερικές θερμοκρασίες έως 40 °C . Η μονάδα περιέχει όλα τα απαραίτητα "εξαρτήματα" : Τον καυστήρα , τον εξατμιστή , τον εναλλάκτη θερμότητας και τις αντλίες του διαλύματος και του ψυγμένου νερού . Ο ελικοειδής ανεμιστήρας είναι τοποθετημένος στο πάνω μέρος της μονάδας .

Ο καυστήρας είναι ατμοσφαιρικός με μεθάνιο ή GPL και η παραγωγή των καπνών γίνεται με την αναρρόφηση του ανεμιστήρα . Ο εξατμιστής είναι ανοιχτού τύπου σε σερπαντίνα από ανοξείδωτο χάλυβα με σπιδάλ που βρέχεται με καταιονισμό μέσα σε μια λεκάνη με πλαστικό υλικό με μονωτική επένδυση πολυουραιθάνης . Ο ανοιχτός εξατμιστής περιορίζει το κάθετο ύψος ανάμεσα στο εγκατεστημένο στο έδαφος μηχανήμα και την μονάδα επεξεργασίας πάνω από αυτό σε μια μέγιστη διαφορά 7,6 μέτρων .

Η μονάδες ψύξης και θέρμανσης είναι εφοδιασμένες ,εκτός από τα προαναφερθέντα , με ένα τμήμα θέρμανσης . Η παραγωγή ψυγμένου και θερμού νερού δεν μπορεί να είναι ταυτόχρονη , για αυτό τα μηχανήματα έχουνε δύο υδραυλικές παροχές .Και αυτές οι μονάδες παράγονται σε μεγέθη με ονομαστική ψυκτική ισχύ από 10 έως 17 kW και ισχύ θέρμανσης από 26-39 kW . Οι ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας είναι οι συνήθειες του κλιματισμού : εξωτερικός αέρας 35 °C ψυγμένο νερό στην έξοδο στους 7,2 °C με $\Delta t=5,5$ °C . Για την θέρμανση η θερμοκρασία του νερού στην έξοδο είναι 80 °C και του νερού επιστροφής 66 ή 68°C , ανάλογα με τα μοντέλα .

Το COP αυτών των μηχανημάτων είναι περίπου 0,5 υπολογιζόμενο , με την κατώτερη θερμογόνο δύναμη (Hu) του αερίου . Πρόσφατα αναπτύχθηκαν νέα μοντέλα με βελτιωμένες επιδόσεις και COP που μπορούν να φτάσουνε το 0,62 . Αυτό έγινε εφικτό με την επανεξέταση μερικών εξαρτημάτων θερμικής συναλλαγής του μηχανήματος διατηρώντας αμετάβλητο το χαρακτηριστικό κύκλο λειτουργίας . Εκτός από τις αερόψυκτες μονάδες τελειοποιήθηκαν υδρόψυκτες μονάδες ισχύος 17 kW περίπου και τιμές COP έως και 0,65 . Αυτές μπορούν να διαθέσουν ταυτόχρονα θερμό και ψυγμένο νερό . Το θερμό νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ολικά ή μερικά για θέρμανση ενώ το πλεόνασμα πρέπει να ψύχεται σε ένα πύργο ψύξης .

Οι ψυκτικές μονάδες απορρόφησης που περιγράφηκαν μπορούν να τροφοδοτήσουν μικρές και μεσαίες μονάδες επεξεργασίας , εγκαταστάσεις θερμαντικών σωμάτων και άλλα . Ένα χαρακτηριστικό σχέδιο σύνδεσης ανάμεσα σε μια μονάδα απορρόφησης και μονάδα επεξεργασίας του αέρα φαίνεται (σχήμα16) .

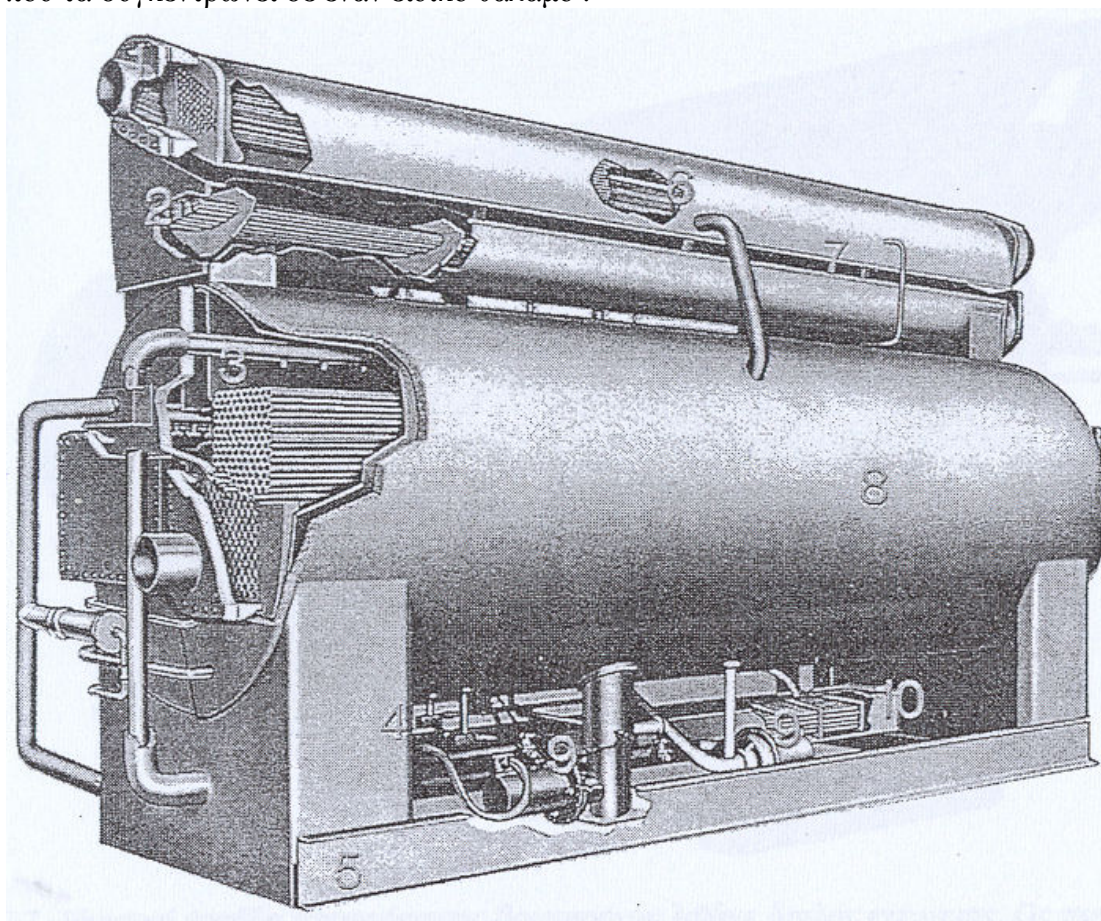


Σχήμα 16. : Απλουστευτικό σχεδιάγραμμα σύνδεσης ανάμεσα σε δύο ψυκτικές μονάδες απορρόφησης αερίου και μια κοινή μονάδα επεξεργασίας αέρα .

3.9.2. Μονάδες Βρωμιούχου Λιθίου- Νερού με Θερμό Νερό ή Ατμό

Οι μονάδες απορρόφησης απλής ενέργειας εμφανίστηκαν στο εμπόριο το 1945 με ένα μοντέλο δύο όγκων που κατασκευαζόταν από την Carrier . Αυτό το μηχάνημα είχε ένα κάτω περίβλημα , που περιείχε τον απορροφητή και τον εξατμιστή . Πάνω από αυτό υπήρχε το δεύτερο περίβλημα που ήταν μικρότερο , και περιείχε την γεννήτρια και τον συμπυκνωτή . Αυτή η κατασκευαστική τεχνική διατηρήθηκε μέχρι σήμερα .

Μια μονάδα απλής ενέργειας δύο όγκων φαίνεται (σχήμα 17) . Δύο αντλίες , μια για το ψυκτικό και η άλλη για το διάλυμα , αποτελούν τα μόνα κινητά μέρη του μηχανήματος . η εκτόνωση των μη συμπυκνώσιμων γίνεται με ένα στατικό σύστημα που τα συγκεντρώνει σε έναν ειδικό θάλαμο .



Σχήμα 17. : Ψυκτική μονάδα απορρόφηση βρωμιούχου λιθίου –νερού , απλής ενέργειας , δύο όγκων , μεγάλης ικανότητας , στην οποία φαίνονται τα βασικά εξαρτήματα.

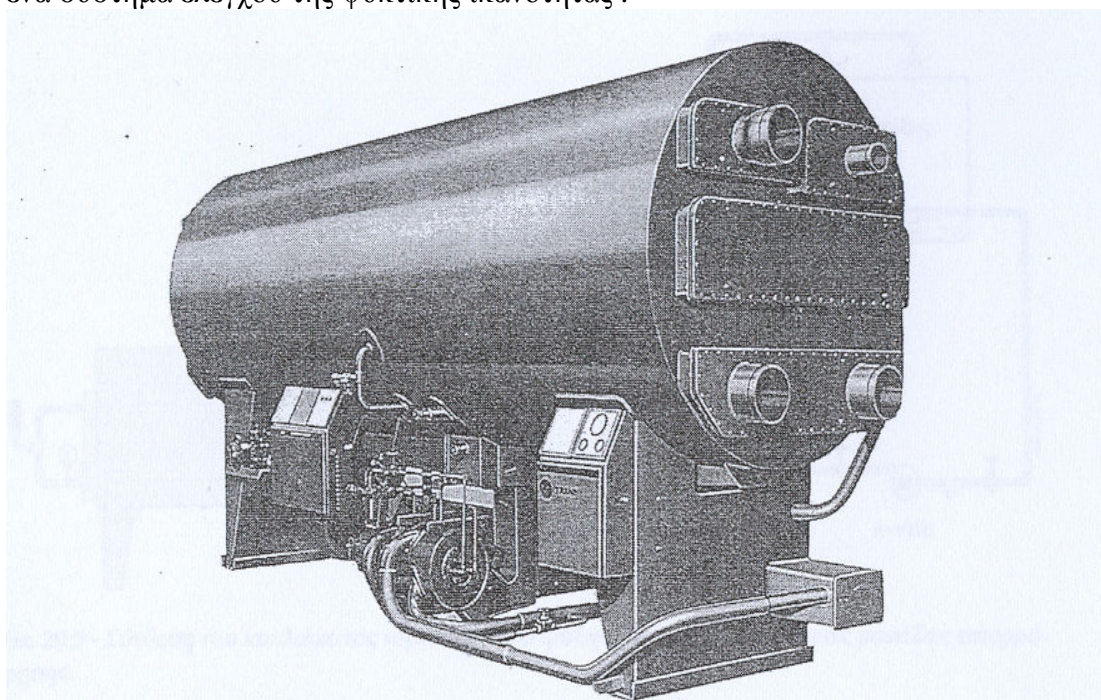
1).Συμπυκνωτής και δεξαμενές νερού για την υδραυλική σύνδεση 2) Γεννήτρια 3)εξατμιστής με σειρά ακροφυσίων για τον ψεκασμό του νερού πάνω από την δέσμη σωλήνων 4) διάταξη ρύθμισης της συγκέντρωσης του διαλύματος 5) βάση μηχανήματος 6) Διαχωριστές σταγονιδίων που εμποδίζουν την μεταφορά υγρού από την γεννήτρια στον συμπυκνωτή 7) Εσωτερικός χώρος που απομονώνει την γεννήτρια από τον συμπυκνωτή 8)Μονωμένο περίβλημα του εξατμιστή και του απορροφητή 9) Ερμητικές αντλίες του ψυκτικού και του διαλύματος 10)Εναλλάκτης θερμότητας ανάμεσα σε φτωχό και πλούσιο διάλυμα .

Ανάμεσα στους άλλους εξοπλισμούς υπάρχει ένα σύστημα ασφαλείας για την υπερβολική αύξηση της συγκέντρωσης του διαλύματος και για τον κίνδυνο κρυστάλλωσης των αλάτων του βρωμιούχου λιθίου .

Το σύστημα εμποδίζει επίσης την πιθανή υπερβολική αραίωση του διαλύματος . Είναι επίσης σε θέση να διατηρήσει τη σταθερή λειτουργία του μηχανήματος και με μειωμένες θερμοκρασίες εισερχόμενου νερού ψύξης έως και 15 °C.

Άλλες διατάξεις αποτελούνται από το σύστημα ελέγχου τις ψυκτικής ικανότητας με μερικά φορτία και από το γενικό σύστημα ελέγχου του μηχανήματος . αυτό που διαφοροποιεί κυρίως τα μηχανήματα των διαφόρων κατασκευαστών είναι η τεχνολογία των λύσεων που εφαρμόζονται .

Το 1955 η Trane εισήγαγε ένα μοντέλο ενός όγκου του οποίου μια πρόσφατη κατασκευή φαίνεται στο (σχήμα 18) . Αυτό το μηχάνημα εκτελεί την εκτόνωση των μη συμπυκνώσιμων από μια ειδική αντλία . Διαθέτει και αυτή σύστημα ασφαλείας που εμποδίζει την αύξηση της συγκέντρωσης για να προληφθεί η κρυστάλλωση και ένα σύστημα ελέγχου της ψυκτικής ικανότητας .



Σχήμα 18.: Ψυκτική μονάδα απορρόφησης βρωμιούχου λιθίου , απλής ενέργειας , ενός όγκου , μεγάλης ικανότητας .

Η ονομαστική ψυκτική ισχύς αυτών των μηχανημάτων κυμαίνεται από 300 kW έως άνω των 5000kW .

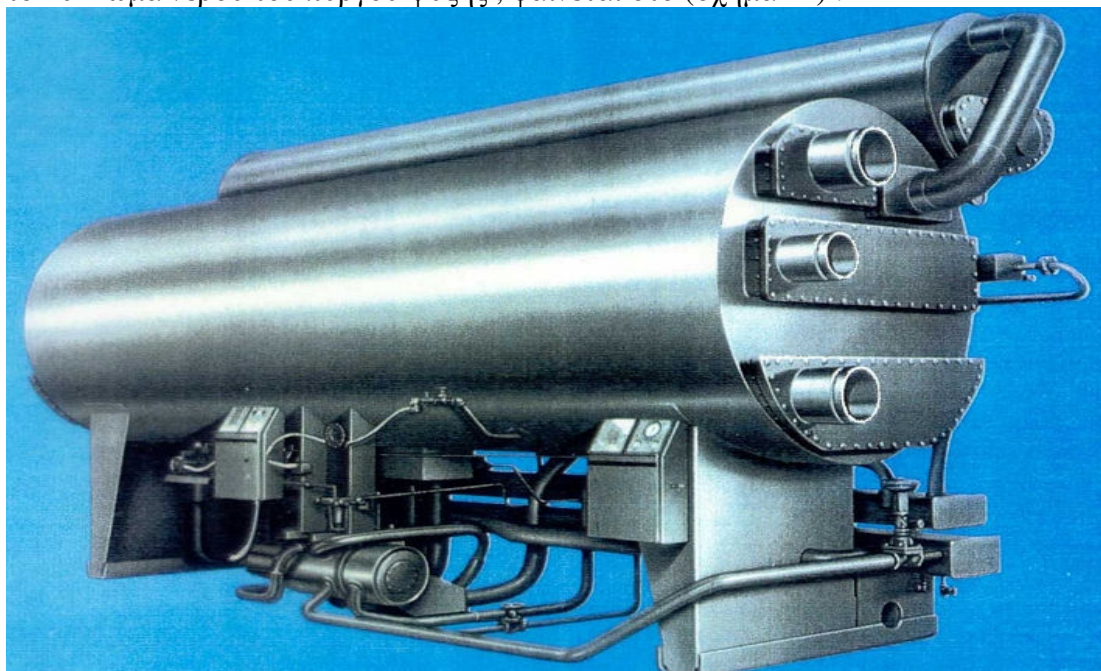
Η τυπικές συνθήκες λειτουργίας επιτυγχάνονται με μια πίεση του διαθέσιμου στην γεννήτρια ατμού ίση με 100 kra περίπου , μια θερμοκρασία εισερχόμενου στον συμπυκνωτή νερού 32 °C περίπου , μια θερμοκρασία του ψυγμένου νερού στην έξοδο 7 °C, με μια διαφορά Δt περίπου 5 °C .Το COP αυτών των μηχανημάτων είναι περίπου 0,65-0,69 . Η κατανάλωση ατμού είναι 2,7 – 2,8 kg για κάθε 1000 frig (1,163 kW) που παράγονται . Η απαραίτητη παροχή νερού για την ψύξη του συμπυκνωτή κυμαίνεται από 230 έως 300 λίτρα για κάθε kW που παράγεται .

Τα μηχανήματα απορρόφησης διπλής ενέργειας ακολουθούν την γενική διάταξη εκείνων απλής ενέργειας με επιπλέον την παρουσία μια γεννήτριας υψηλής θερμοκρασίας τοποθετημένη σε ένα χωριστό περίβλημα και δύο εναλλάκτες θερμότητας του διαλύματος . Οι σωλήνες του απορροφητή , εξατμιστή , συμπυκνωτή και γεννήτριας χαμηλής θερμοκρασίας είναι χάλκινοι .

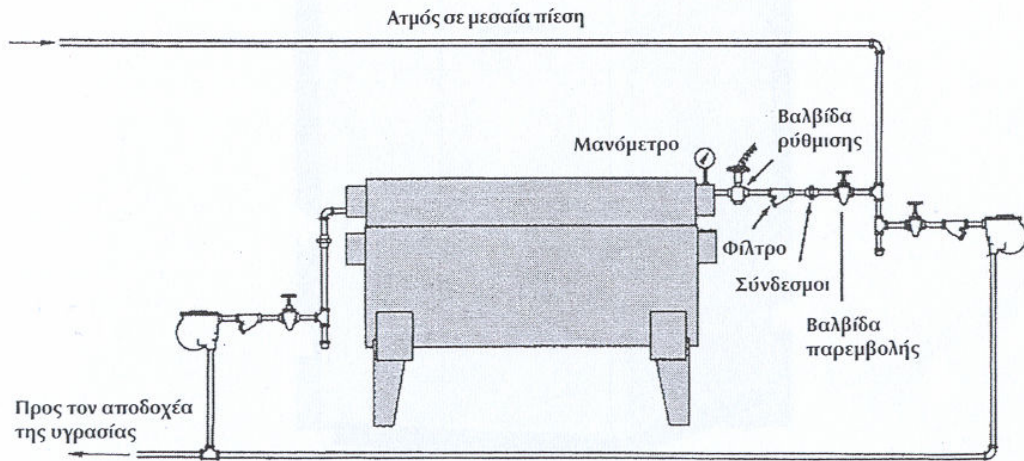
Για λόγους αντοχής στην διάβρωση οι σωλήνες της γεννήτριας υψηλής θερμοκρασίας είναι από χαλκονικέλιο . Για τον ίδιο λόγο μερικοί κατασκευαστές κατασκευάζουν από χαλκονικέλιο και τους σωλήνες της γεννήτριας χαμηλής θερμοκρασίας . Οι τροφοδοσία των μηχανημάτων διπλής ενέργειας υψηλότερες θερμοκρασίες υπερθέρμανσης και μεγαλύτερες πιέσεις ατμού από ότι τα μηχανήματα απλής ενέργειας . Για την υπερθέρμανση η αναγκαία αύξηση της θερμοκρασίας είναι 50 °C περίπου και για αυτό απαιτείται μια θερμοκρασία τροφοδοσίας 170-180 °C περίπου .

Η τροφοδοσία με ατμό απαιτεί μία πίεση στη γεννήτρια 800 kpa περίπου . Το COP των μηχανημάτων διπλής ενέργειας είναι 0,99-1,18 περίπου και η ειδική κατανάλωση ατμού παραμένει από 1,7 έως 1,8 kg για κάθε 1000 frig που παράγονται (1,163 kW) . Η αναγκαία παροχή νερού ψύξης είναι 290 λίτρα περίπου για κάθε kW που παράγεται οι θερμοκρασίες του νερού συμπύκνωσης και του ψυγμένου νερού είναι αντίστοιχες με αυτές που είδη αναφέρθηκαν για τα μηχανήματα απλής ενέργειας . Στα μηχανήματα διπλής ενέργειας σ είναι κρίσιμη η χρήση αναστολέων για να εμποδιστεί η διάβρωση και να περιοριστεί ο σχηματισμός υδρογόνου στο εσωτερικό περισσότερο από ότι στα μηχανήματα απλής ενέργειας .

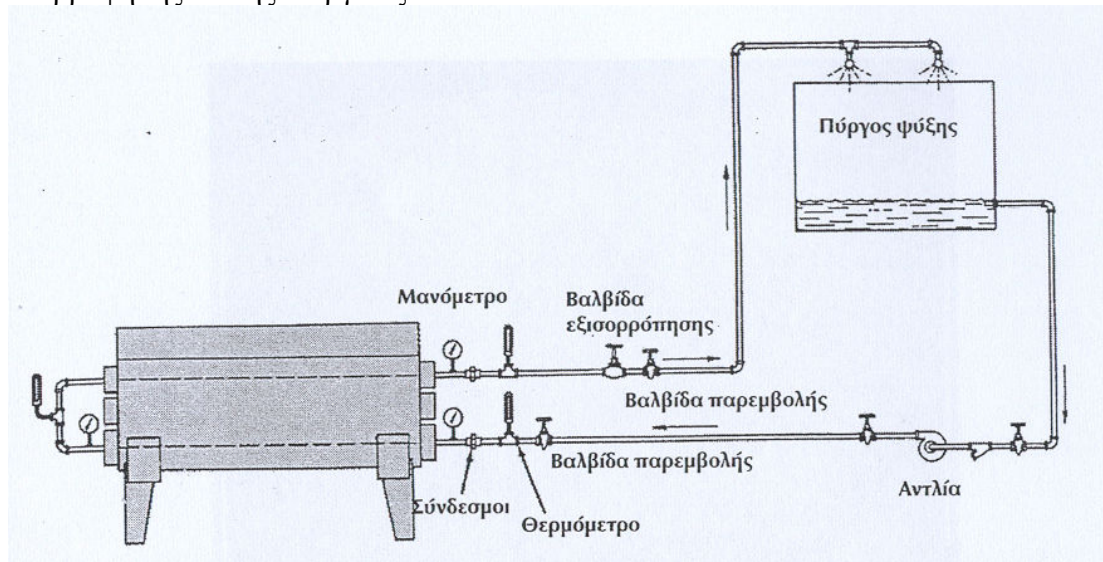
Η ισχύς αυτών των μηχανημάτων κυμαίνονται από 300 έως ανω των 5000kW , ανάλογα με τους κατασκευαστές . Στο (σχήμα 19) φαίνεται μια μονάδα διπλής ενέργειας μεγάλης ισχύος οι συνδέσεις του ατμού και του νερού ψύξης του συμπυκνωτή για τα μηχανήματα απορρόφησης δεν προξενούν επιπλοκές . Απλουστευτικά , στο (σχήμα 20) απεικονίζεται οι τυπική σύνδεση της γραμμής του ατμού σε ένα μηχανήματα διπλής ενέργειας . Ένα παράδειγμα υδραυλικής σύνδεσης για το κύκλωμα νερού του πύργου ψύξης , φαίνεται στο (σχήμα 21) .



Σχήμα 19. :Ψυκτική μονάδα απορρόφησης βρωμιούχου λιθίου ,διπλής ενέργειας .Ως προς το μηχανήματα απλής ενέργειας της προηγούμενης εικόνας φαίνεται ο δεύτερος όγκος επάνω , που περιέχει την γεννήτρια υψηλής πίεσης .



Σχήμα 20. : Σύνδεση της γραμμής τροφοδοσίας ατμού σε ψυκτική μονάδα αναρρόφησης διπλής ενέργειας .



Σχήμα 21. : Σύνδεση του κυκλώματος νερού πύργου ψύξης του συμπυκνωτή μιας μονάδας απορρόφησης .

3.9.3. Μονάδες Βρωμιούχου Λιθίου με Καυστήρα

Τα μηχανήματα βρωμιούχου λιθίου άμεσης φλόγωσης αποτελούν μια πρόσφατη καινοτομία και κατασκευάζονται με την αρχή της διπλής ενέργειας . Χρησιμοποιείται η ίδια τεχνολογία που περιγράφηκε παραπάνω . Στην πράξη , το μηχανήμα περιλαμβάνει έναν καυστήρα αερίου , πετρελαίου ή κηροζίνης και το κύκλωμα είναι κατασκευασμένο με τρόπο ώστε να μπορεί να εκτελέσει και κύκλο χειμερινής θέρμανσης . Η περιγραφή των δύο κύκλων θέρμανσης γίνεται όπως αναφέραμε προηγουμένως . Οι ψυκτικές ισχύς αυτής της κατηγορίας μηχανημάτων κυμαίνονται από 100 έως 4000 kW . Η ισχύς θέρμανσης κυμαίνεται από 90 έως 3500 kW . Το COP , στον κύκλο ψύξης , υπολογιζόμενο με την κατώτερη θερμογόνο δύναμη (Hu) του αερίου είναι 1,08 -1,14 περίπου . Η απόδοση του κύκλου ψύξης κυμαίνεται από 88 έως 93% , με αναφορά πάντα στην κατώτερη θερμογόνο δύναμη του αερίου .

Η θερμοκρασία του ψυγμένου νερού και του νερού ψύξης του συμπυκνωτή είναι του ίδιου μεγέθους με εκείνη των μηχανημάτων με τροφοδοσία ατμού . Αντίθετα , στον κύκλο θέρμανσης , η θερμοκρασία του θερμού νερού στην έξοδο είναι 60 °C με μια διαφορά θερμοκρασίας 5 °C περίπου . Ένα μηχανήμα απορρόφησης διπλής ενέργειας τροφοδοτούμενο με αέριο , με άμεση φλόγωση φαίνεται στο (σχήμα22) . Ο καυστήρας αερίου με τον οποίο είναι συνήθως εφοδιασμένα αυτά τα μηχανήματα μπορεί να είναι με σταθερό αριθμό σταδίων ρύθμισης ή με συνεχή ρύθμιση , με τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται στις μεταβολές των απαιτήσεων του θερμικού φορτίου .

Η προανάμειξη αποτελεί και αρκετά πρόσφατη για την μείωση της εκπομπής των ρύπων . η ρύθμιση εκείνη τείνει να γίνεται με μικροεπεξεργαστές με σκοπό την μέγιστη βελτίωση της λειτουργίας του κύκλου και την αύξηση της απόδοσης .

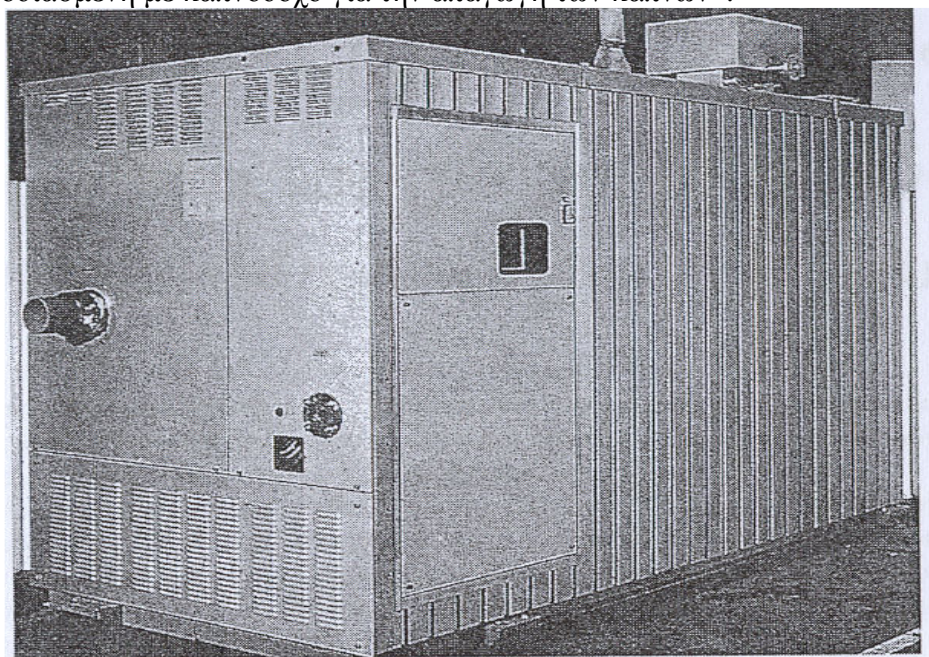


Σχήμα 22. : Ψυκτική μονάδα απορρόφησης βρωμιούχου λιθίου μεγάλης ισχύος , διπλής ενέργειας τροφοδοτούμενη με αέριο .

Αυτά τα μηχανήματα προορίζονται για εγκατάσταση στο εσωτερικό και εκτός από τις υδραυλικές και ηλεκτρικές συνδέσεις απαιτούν σύνδεση και με καπνοδόχο . Μερικά μοντέλα , στην χαμηλότερη κατηγορία ισχύος , προορίζονται για εγκατάσταση στο εξωτερικό και , στην περίπτωση αυτή , διαθέτουν ήδη μια ειδική καπνοδόχο για την απαγωγή των καπνών (σχήμα23) . Μερικοί κατασκευαστές για τα μηχανήματα μεγαλύτερης ισχύος προσφέρουν προαιρετικά ειδικά περιβλήματα που επιτρέπουν την εγκατάσταση στο εξωτερικό και είναι εφοδιασμένα με καπνοδόχο .Μια τέτοια κατασκευή φαίνεται στο (σχήμα24) .



Σχήμα 23. : Θερμοψυκτική μονάδα βρωμιούχου λιθίου μεσαίας-μεγάλης ισχύος , διπλής ενέργειας , τροφοδοτούμενη με αέριο για εγκατάσταση στο εξωτερικό χώρο και εφοδιασμένη με καπνοδόχο για την απαγωγή των καπνών .



Σχήμα 24. : Περιβλήμα που επιτρέπει την εγκατάσταση στο εξωτερικό θερμοψυκτικών μονάδων αερίου άμεσης φλόγωσης .

Γενικά αυτά τα μηχανήματα έχουν όγκους και βάρη αισθητά μεγαλύτερα από τα μηχανήματα συμπίεσης με ηλεκτρικούς κινητήρες και αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη από τα προκαταρκτικά στάδια της μελέτης .

Ενδεικτικά τα μηχανήματα με καυστήρα μεσαίας και μεγάλης ικανότητας έχουν ειδική μάζα που κυμαίνεται από 13 έως 16 kg για κάθε προσφερόμενο ψυκτικό kW .Ο καταλαμβανόμενος χώρος εκτιμάται από 0,01 έως 0,013 τ.μ. για κάθε ψυκτικό kW που προσφέρεται .

3.10. Περιφερειακά Συστήματα Απορροφητή

3.10.1. Οι Υδρόψυκτοι (με πύργο ψύξης) και οι Αερόψυκτοι Συμπυκνωτές

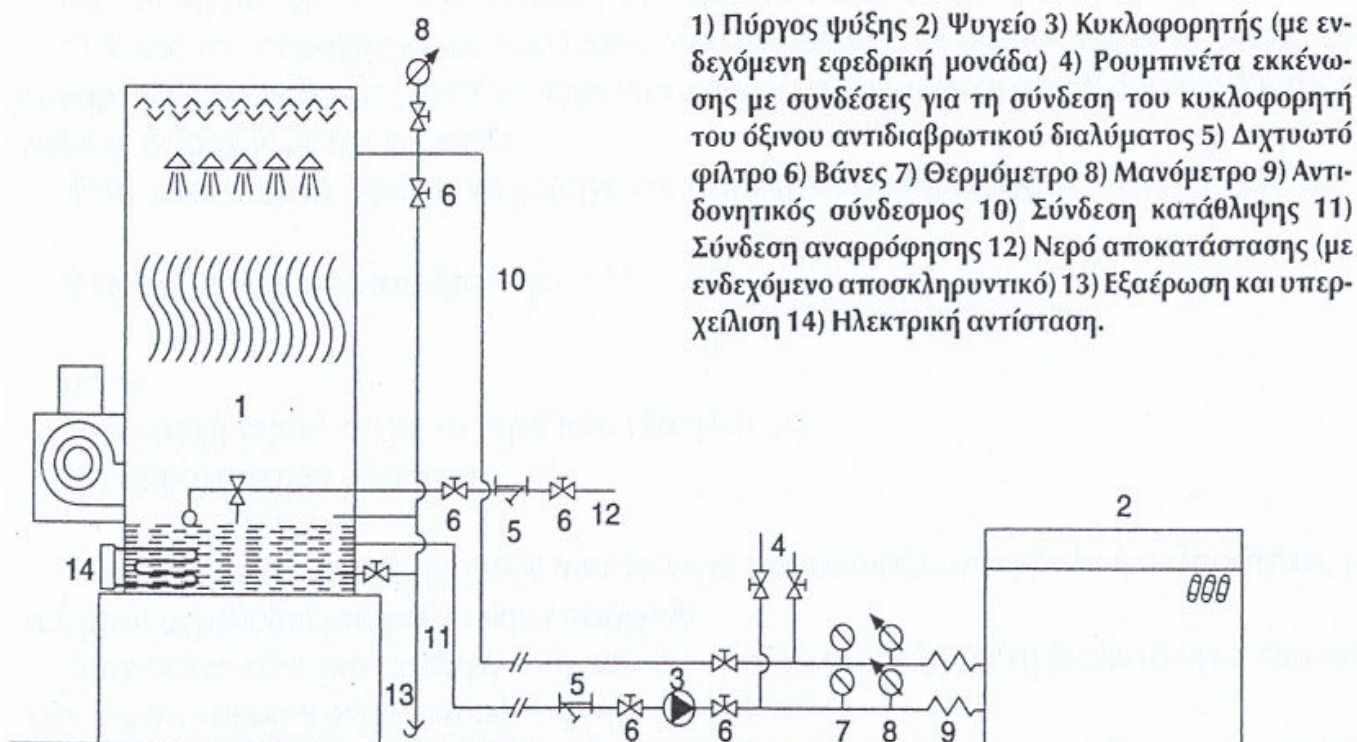
Η θερμότητα που αφαιρείται από την εγκατάσταση κλιματισμού με τον εξατμιστή μεταφέρεται στον συμπυκνωτή . Στα μηχανήματα συμπίεσης η θερμότητα αυτή είναι αυξημένη κατά το θερμικό ισοδύναμο του έργου συμπίεσης .

Στα μηχανήματα απορρόφησης η αύξηση οφείλεται στη θερμότητα που συγκεντρώνεται στον απορροφητή . Και στις δύο περιπτώσεις , η θερμότητα που διατίθεται στο συμπυκνωτή πρέπει να αφαιρείται συνεχώς για να επιτραπεί η ομαλή λειτουργία του ψυκτικού κύκλου .

3.10.2. Οι Πύργοι Ψύξης του Νερού

Οι πύργοι ψύξης αποτελούν σήμερα την πιο ευρέως αποδεκτή λύση για την ψύξη του νερού στην έξοδο από τους συμπυκνωτές , για εφαρμογές κλιματισμού αλλά και για βιομηχανική χρήση .

Το σχεδιάγραμμα της αρχής λειτουργίας ενός πύργου ψύξης φαίνεται στο (σχήμα 25) για μεσαίες εφαρμογές κλιματισμού αέρα .



Σχήμα 25. : Λειτουργικό σχεδιάγραμμα ενός πύργου ψύξης νερού συνδεδεμένου με μια ψυκτική μονάδα κλιματισμού μεσαίας – μικρής ισχύος .

Το θερμό νερό που πρέπει να ψυχθεί, που προέρχεται από τον συμπυκνωτή, αντλείται προς μια σειρά ακροφυσίων ψεκασμού που είναι τοποθετημένα στο επάνω μέρος του πύργου. Τα ακροφύσια (μπέκ) ψεκάζουν το νερό σε όλη την εσωτερική επιφάνεια του πύργου. Κατά την πτώση προς τον πυθμένα το νερό συναντά ένα ρεύμα εξωτερικού αέρα με αντίθετη κατεύθυνση που εμφυσάτε από έναν ανεμιστήρα.

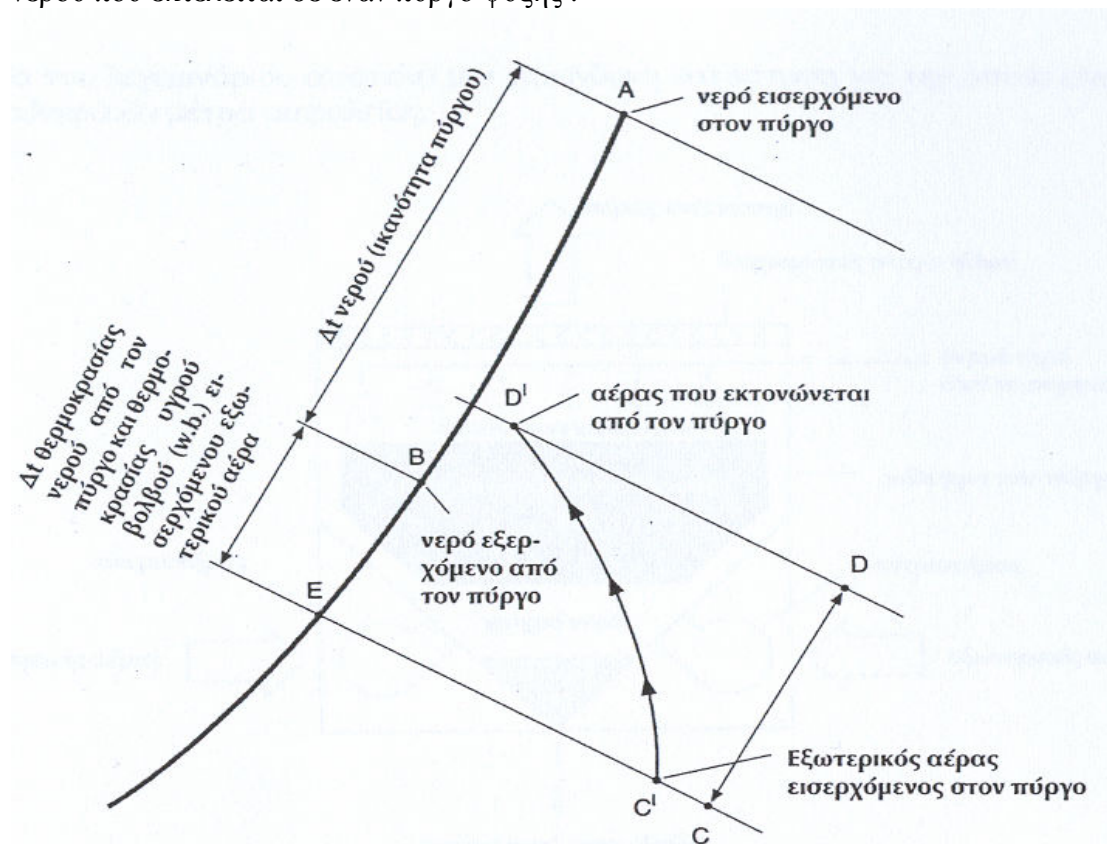
Η πίεση του ατμού του αέρα είναι μικρότερη από εκείνη του νερού, για αυτό ένα μικρό ποσοστό του νερού εξατμίζεται.

Η λανθάνουσα θερμότητα που είναι αναγκαία για αυτήν την εξάτμιση αφαιρείται από το υπόλοιπο νερό που, με τον τρόπο αυτό ψύχεται. Το νερό που ψύχεται περισυλλέγεται στον πυθμένα του πύργου, από όπου στέλνεται εκ νέου προς τον συμπυκνωτή.

Από θεωρητικής πλευράς η ελάχιστη θερμοκρασία που μπορεί να επιτευχθεί για το νερό στην έξοδο από τον πύργο θα μπορούσε να συμπίπτει με τη θερμοκρασία υγρού βολβού του εξωτερικού αέρα. Στην πράξη, διατηρείται σε μια τιμή ανώτερη των 4-5 °C.

Η διαφορά θερμοκρασίας (Δt) ανάμεσα στην είσοδο και την έξοδο του νερού ψύξης του συμπυκνωτή από τον πύργο είναι 5-6 °C για εφαρμογές με μηχανήματα παλινδρομικού ή φυγοκεντρικού τύπου. Σε περίπτωση εφαρμογής με μηχανήματα απορρόφησης το Δt ανέρχεται σε 10-11 °C.

Είναι κοινή πρακτική των κατασκευαστών να δηλώνουν τις ονομαστικές ισχύς ψύξης των πύργων για θερμοκρασία υγρού βολβού και εξωτερικού αέρα 25,5 °C, με θερμοκρασία του νερού στην έξοδο από τον πύργο 29,5 °C και στην είσοδο 35 °C. Στο ψυχομετρικό διάγραμμα (σχήμα 26) είναι χαραγμένη η διαδικασία ψύξης του νερού που εκτελείται σε έναν πύργο ψύξης.



Σχήμα 26. : Διαδικασία ψύξης του νερού στο εσωτερικό ενός πύργου στο ψυχομετρικό διάγραμμα.

Στην καμπύλη κορεσμού εντοπίζεται η διαφορά της θερμοκρασίας (Δt) που υφίσταται το νερό ανάμεσα στην είσοδο και την έξοδο από τον πύργο (AB) . Εντοπίζονται επίσης οι συνθήκες υγρού βολβού του εισερχόμενου και εξερχόμενου από τον πύργο αέρα και η διαφορά ενθαλπίας ανάμεσα στον αέρα εισόδου και εξόδου (CD) . Στην καμπύλη κορεσμού εντοπίζεται ένα τμήμα που αντιστοιχεί στη διαφορά ανάμεσα στη θερμοκρασία του νερού στην έξοδο από τον πύργο (B) και τη θερμοκρασία με υγρό βολβό του εισερχόμενου εξωτερικού αέρα (E) . Όπως είπαμε η ψύξη του νερού μέσα στον πύργο οφείλεται κυρίως στην εξάτμιση ενός μέρους του νερού .

Η εξάτμιση γίνεται με τη συμβολή μιας ορισμένης ποσότητας λανθάνουσα θερμότητας που αφαιρείται από το υπόλοιπο νερό και προκαλεί την πτώση θερμοκρασίας . Φυσικά δεν απουσιάζει μια κάποια μεταφορά ωφέλιμης θερμότητας ανάμεσα στο νερό και τον εξωτερικό αέρα , αλλά η επιρροή της στο συνολικό ισολογισμό είναι περιορισμένη .

Η διαδικασία μεταφοράς της θερμότητας ανάμεσα στο νερό και τον αέρα βασίζεται κυρίως στην ενθαλπία του αέρα και η ενθαλπία εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία υγρού βολβού .

Έτσι εξηγείται η κοινή παρατήρηση ότι η θερμοκρασία του νερού στην έξοδο από τον πύργο είναι ανεξάρτητη από τη θερμοκρασία ξηρού βολβού του εισερχόμενου αέρα .

Η απόδοση ενός πύργου ψύξης επηρεάζεται από όλους εκείνους τους παράγοντες που καθορίζουν τη διαδικασία εξάτμισης του νερού .

Οι πιο χαρακτηριστική είναι η εξής :

- 1) ταχύτητα του αέρα μέσα στον πύργο
- 2) διεύθυνση της ροής του αέρα ως προς την ροή του νερού
- 3) επιφάνεια εξάτμισης του νερού ανά μονάδα παροχής αέρα
- 4) διαφορά πίεσης ατμού ανάμεσα στον αέρα και το νερό .

Ένα σημαντικό πρόβλημα όλων των πύργων είναι ο σχηματισμός αλάτων στη λεκάνη περισυλλογής , τους σωλήνες και τις εσωτερικές επιφάνειες των εναλλακτών , εξαιτίας της αύξησης της συγκέντρωσης των ορυκτών αλάτων , που βρίσκονται συνήθως διαλυμένα στο νερό , μετά από την εξάτμιση του τελευταίου .

Το πρόβλημα μπορεί να ξεπεραστεί προβλέποντας ένα συνεχή καθαρισμό του νερού , με μια παροχή αναπλήρωσης που θα συμπληρώνει το σύνολο του νερού που εξατμίστηκε και που εκτονώθηκε .

Με τον τρόπο αυτό η συγκέντρωση των ορυκτών αλάτων μπορεί να ελεγχθεί .

Ο όγκος της παροχής νερού αραίωσης (που αντιστοιχεί με εκείνον της εκτόνωσης) είναι συνάρτηση της σκληρότητας του νερού και μπορεί να κυμαίνεται από 0,3% έως 4% της συνολικής παροχής σε κυκλοφορία .

Έτσι , στον πύργο , πρέπει να χορηγείται παροχή αναπλήρωσης :

$$V(\text{παροχή νερού αναπλήρωσης}) = V_E + V_D$$

Όπου : V_E παροχή νερού ίση με το νερό που εξατμίστηκε

V_D παροχή νερού αραίωσης

Παρόλα αυτά στις περιοχές όπου το νερό παρουσιάζει υπερβολική σκληρότητα , αυτές μόνο οι μέθοδοι μπορεί να μην επαρκούν .

Απαιτείται τότε μια επεξεργασία του νερού που θα αυξήσει τη διαλυτότητα των αλάτων και θα καθυστερήσει επομένως την εναπόθεση .

Άλλα προβλήματα μπορεί να προέλθουν από το σχηματισμό πρασινίλας που απαιτούν περαιτέρω ειδικές επεξεργασίες .

Ο πιθανός σχηματισμός βακτηριακών εστιών που μπορεί να προξενήσουν τη γνωστή ασθένεια του λεγεωνάριου αποτελεί μια επικίνδυνη κατάσταση για την οποία είναι αναγκαίο να ληφθούν μέτρα ασφαλείας .

3.10.3. Κατάταξη των Πύργων Ψύξης

Οι πύργοι ψύξης μπορούν να καταταχθούν με βάση το σύστημα που χρησιμοποιούν για την κυκλοφορία του αέρα στο εσωτερικό τους .

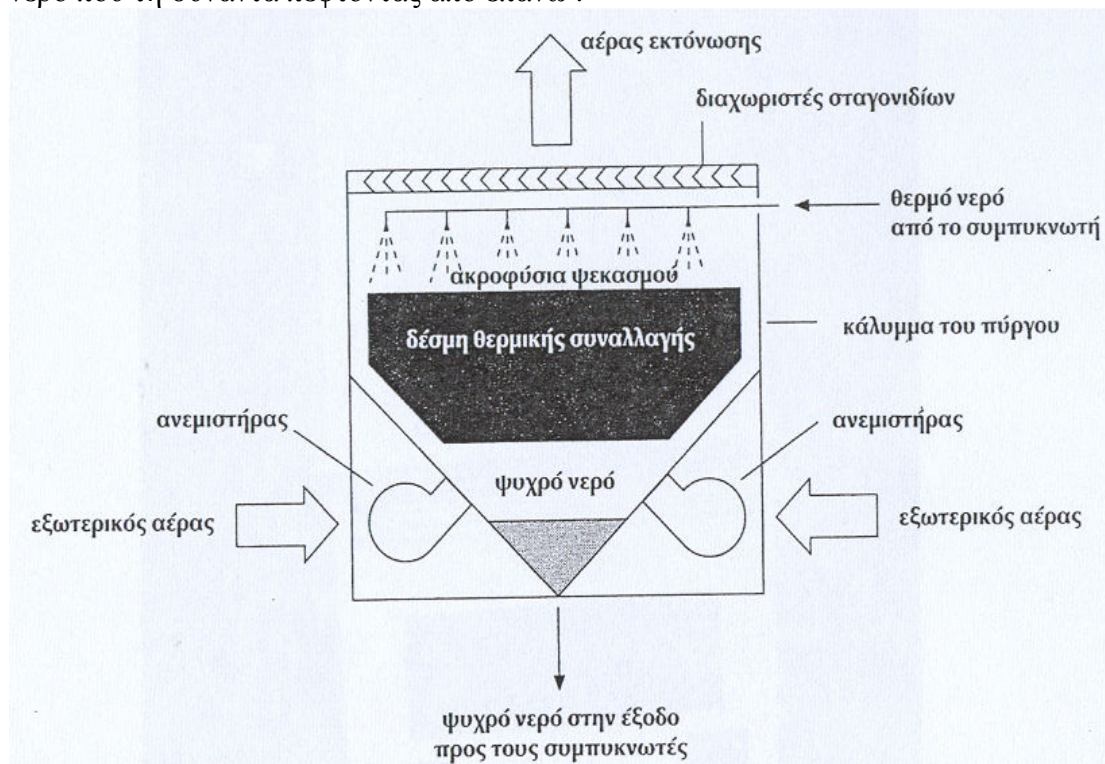
Υπάρχουν πύργοι φυσικής και τεχνητής κυκλοφορίας . Οι τελευταία μπορούν να είναι με κυκλοφορία εμφυσόμενου ή αναρροφούμενου αέρα .

Στους πύργους φυσικής κυκλοφορίας το θερμό νερό που προέρχεται από τους συμπυκνωτές ψεκάζεται και διανέμεται από το επάνω μέρος . Ο αέρας ανέρχεται τον πύργο λόγω μεταφορικών κινήσεων και του φαινομένου της καπνοδόχου (διαφορά πίεσης) συναντώντας το νερό με αντίθετη κατεύθυνση .

Συχνά , για να αυξηθεί η επιφάνεια εξάτμισης του νερού , τοποθετούνται μέσα στους πύργους ειδικές "δέσμες εξάτμισης" από πλαστικό , ξύλο ή μέταλλο ,πάνω στις οποίες το νερό που πέφτει από επάνω υφίσταται μια περαιτέρω εκνέφωση μειώνοντας την ταχύτητα πτώσης του προς τον πυθμένα .

Οι πύργοι φυσικής κυκλοφορίας , εξαιτίας των μειωμένων ταχυτήτων του αέρα , έχουν μεγάλες διαστάσεις . Χρησιμοποιούνται όπου υπάρχουν μεγάλες θερμικές ισχύς προς διάθεση , κυρίως σε βιομηχανικές εφαρμογές .

Οι πύργοι τεχνητής κυκλοφορίας του αέρα είναι που χρησιμοποιούνται περισσότερο σήμερα για κοινές εφαρμογές κλιματισμού .Στο (σχήμα 27) φαίνεται το σχεδιάγραμμα ενός πύργου μέσα στον οποίο ο αέρας εμφυσάτε από ειδικούς φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες . Η δέσμη εξάτμισης στο εσωτερικό, κατασκευάζεται με έναν ειδικό τρόπο που επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλης επιφάνειας εξάτμισης για το νερό που τη συναντά πέφτοντας από επάνω .



Σχήμα 27. : Σχεδιάγραμμα λειτουργίας ενός πύργου ψύξης του νερού με εμφύσηση αέρα από φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες

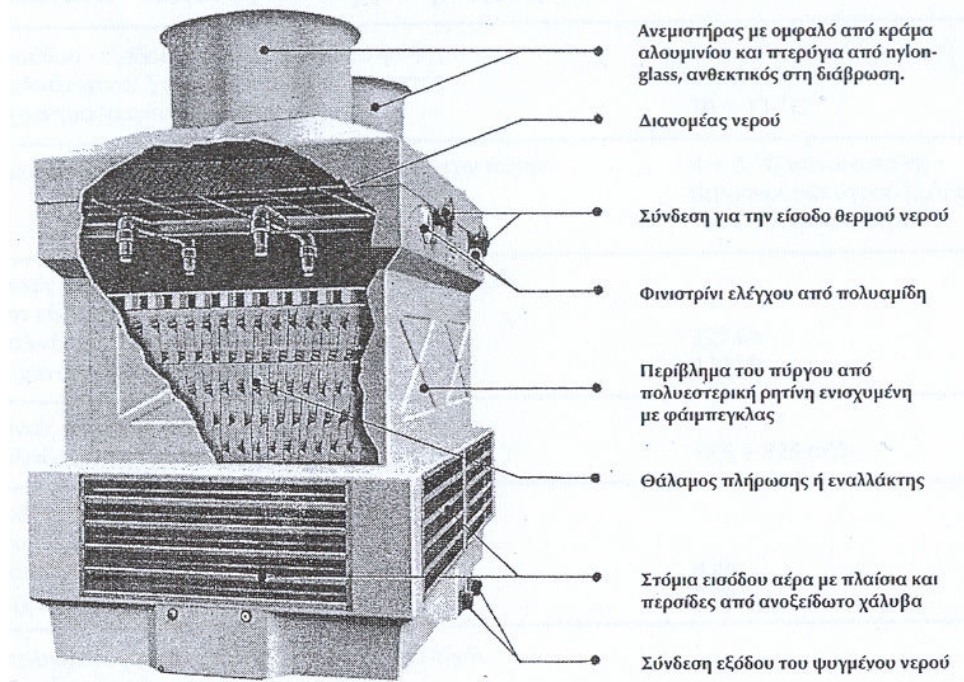
Στο επάνω μέρος του πύργου τοποθετούνται διαχωριστές σταγονιδίων που συγκρατούν τα σταγονίδια νερού που διαφορετικά θα σύρονταν στο εξωτερικό από τον αέρα εκτόνωσης. Στο (σχήμα 28) φαίνεται ένας πραγματικός πύργος ψύξης αυτού του τύπου.



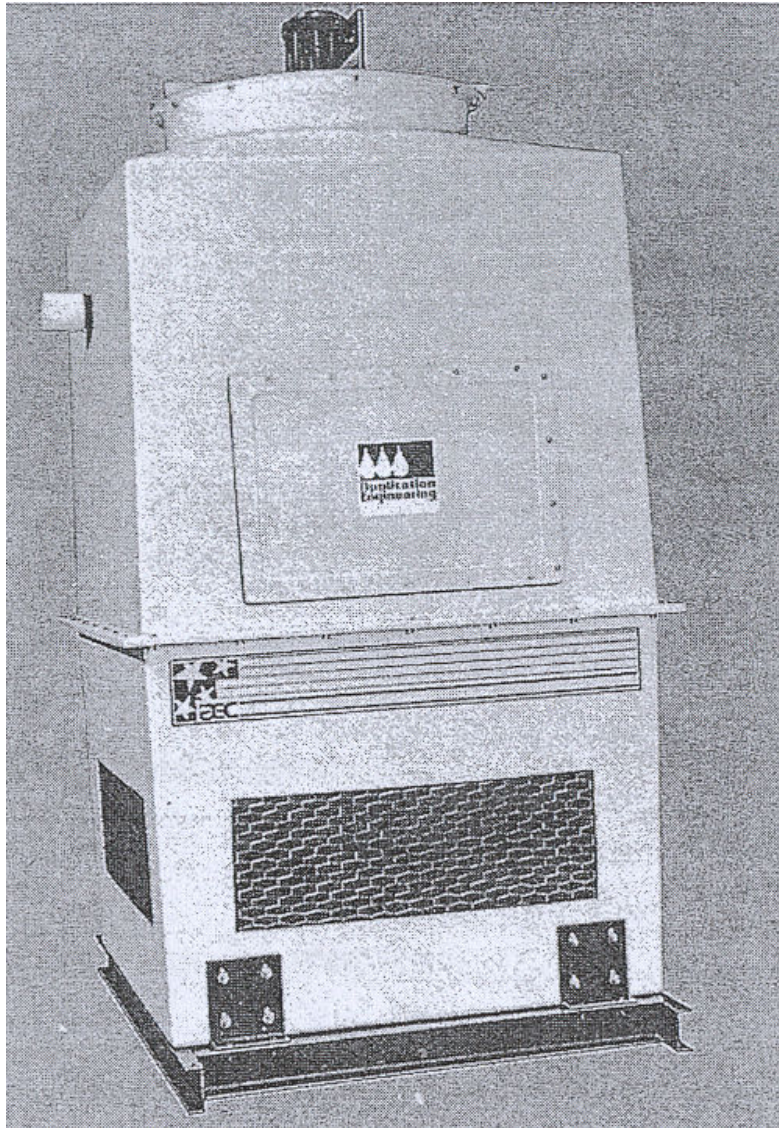
Σχήμα 28. : Τυπικός πύργος ψύξης τεχνητής κυκλοφορίας του αέρα, που εμφυσάται από φυγοκεντρικούς ανεμιστήρες.

Οι πύργοι στους οποίους η κυκλοφορία γίνεται με αναρρόφηση έχουν συνήθως δομή κόλουρου κώνου ή πολυγωνική. Ο ανεμιστήρας, ελικοειδούς τύπου, τοποθετείται στην κορυφή του πύργου και αναρροφά τον αέρα από κάτω.

Στο (σχήμα 29) απεικονίζεται η τομή ενός τέτοιου πύργου, ενώ στο (σχήμα 30) απεικονίζεται ένα μοντέλο μικρής ικανότητας.



Σχήμα 29.: Τομή ενός πύργου ψύξης τεχνητής κυκλοφορίας με αναρρόφηση.



Σχήμα 30. : Πύργος ψύξης μικρής ικανότητας με τεχνητή κυκλοφορία αναροφούμενου αέρα εφοδιασμένος με ελικοειδή ανεμιστήρα .

Το νερό διανέμεται , πάνω από τη δέσμη εξάτμισης , από ένα δίκτυο ακροφυσίων , με περιστρεφόμενους διανομείς που κινούνται από την ίδια πίεση του νερού .

Οι πύργοι ψύξης εγκαθίστανται συνήθως στο εξωτερικό ,στις σκεπές ή στο έδαφος .

Στους τύπους τεχνητής κυκλοφορίας του αέρα η παρουσία των ανεμιστήρων μπορεί να προκαλέσει προβλήματα θορύβου που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή του τύπου εγκατάστασης .

Οι κύριοι παράμετροι για την επιλογή του χώρου εγκατάστασης ενός πύργου είναι οι εξής :

- 1) Απαραίτητη διαθεσιμότητα χώρου για τον αέρα αναρρόφησης και εκτόνωσης . Κάθε εμπόδιο μειώνει την παροχή του αέρα και ελαττώνει επομένως την ισχύ του πύργου .
- 2) Ο θόρυβος που παράγεται από τον πύργο δεν πρέπει να προκαλεί ενόχληση στις γύρω κατοικημένες περιοχές .Άρα ή απομακρύνεται αρκετά ο πύργος από τις κατοικημένες περιοχές ή δημιουργούνται γύρω του κατασκευές ικανές να μειώσουν το θόρυβο που παράγεται .
- 3) Ο αέρας που εκτονώνεται από τον πύργο δεν πρέπει να συμπυκνώνεται σε κοντινές επιφάνειες (τοιίχους ,κλπ) .Για αυτό η ροή του αέρα που εκτονώνεται πρέπει να έχει απόσταση από κάθε επιφάνεια , έτσι ώστε να μην δημιουργείται συμπύκνωση .
- 4) Ο πύργος πρέπει να εγκαθίσταται μακριά από πηγές θερμότητας και από πηγές καπνού ή από αέρα με ρύπους .

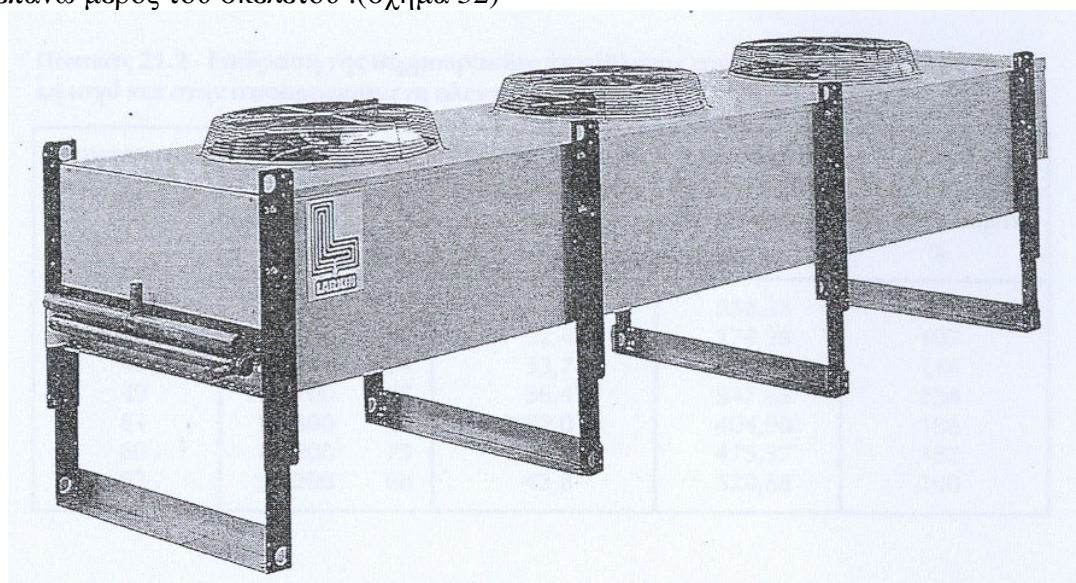
Τέλος στο (σχήμα 31) δίνονται οι γενικές επιδόσεις λειτουργίας των πύργων ψύξης .

Δt εισόδου - εξόδου νερού στον πύργο ψύξης - παλινδρομικοί ή φυγοκεντρικοί συμπιεστές - μηχανήματα απορρόφησης	5 ÷ 6 °C 10 ÷ 11 °C
θερμοκρασία ψυχρού νερού στην έξοδο από τον πύργο	4 ÷ 5 °C πάνω από τη θερμοκρασία υγρού βολβού του εξωτερικού αέρα
τυπικές παροχές νερού στον πύργο ανά 1000 frig/h (στον εξατμιστή) - παλινδρομικοί ή φυγοκεντρικοί συμπιεστές - μηχανήματα απορρόφησης	227 l/h 270 l/h
τυπικές παροχές αέρα ανά 1000 kcal/h (παλινδρομικοί ή φυγοκεντρικοί συμπιεστές)	175 ÷ 225 m ³ /h
ποσότητα νερού αναπλήρωσης ανά 1000 frig/h (στον εξατμιστή) - παλινδρομικοί ή φυγοκεντρικοί συμπιεστές - μηχανήματα απορρόφησης	4 l/h 8 l/h
κατειλημμένος χώρος σε κάτοψη ανά 1000 frig/h (στον εξατμιστή) - παλινδρομικοί ή φυγοκεντρικοί συμπιεστές - μηχανήματα απορρόφησης	0,35 m ² 0,50 m ²

3.10.4. Οι Αερόψυκτοι Συμπυκνωτές

Οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές απομακρυσμένης εγκατάστασης , δηλαδή σε απόσταση από το μηχάνημα με το οποίο πρέπει να λειτουργήσουν , είναι στη γενική τους διάταξη σχετικά απλοί .

Μία ή περισσότερες μονάδες , συνήθως τύπου δέσμης , με περισσότερες σειρές σωλήνων , τοποθετούνται μεταξύ τους σε οριζόντια θέση ή σε V προς το κάτω μέρος του σκελετού τους .ένας ή περισσότεροι ελικοειδείς ανεμιστήρες τοποθετούνται στο επάνω μέρος του σκελετού .(σχήμα 32)



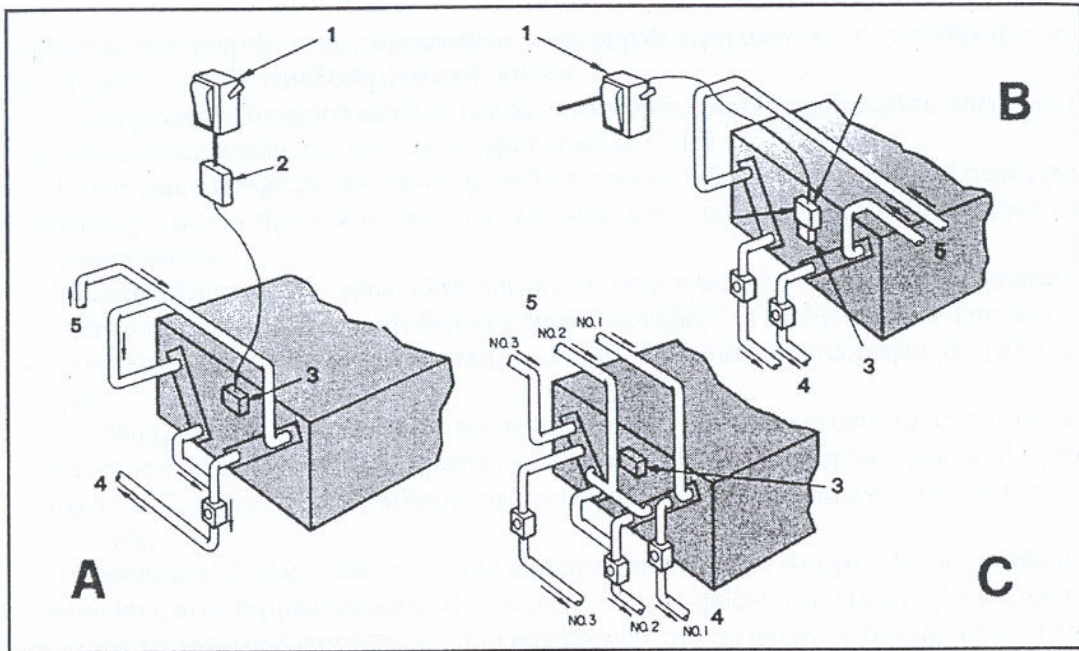
Σχήμα 32. : Αερόψυκτος συμπυκνωτής με οριζόντια μονάδα εφοδιασμένος με ελικοειδής ανεμιστήρες .

Ο αέρας αναρροφάται από κάτω , διασχίζει τις μονάδες και εκτονώνεται προς τα επάνω .Μια λύση εξίσου αποτελεσματική συνίσταται στην κατακόρυφη τοποθέτηση των μονάδων , κατά μήκος των δύο μεγαλύτερων πλευρών .

Οι ανεμιστήρες είναι πάντα τοποθετημένοι στο επάνω μέρος της συσκευής .

Με τον τρόπο αυτό ο αέρας που διασχίζει τις μονάδες των συμπυκνωτών δεν θερμαίνεται από τους ηλεκτρικούς κινητήρες των ανεμιστήρων .

Συχνά οι μονάδες αυτές μπορούν να συνδεθούν με δύο ή περισσότερα κυκλώματα με τρόπο , ώστε να διατίθενται περισσότερα ψυκτικά κυκλώματα για διάφορες εφαρμογές (σχήμα 33) .



Σχήμα 33. : Διάφορες κατασκευές κυκλωμάτων που μπορούν να επιτευχθούν από ένα αερόψυκτο συμπυκνωτή .

A) Οι επιφάνειες των μονάδων εκμεταλλεύονται πλήρως για ένα μόνο ψυκτικό κύκλωμα .

B) Διατίθενται δύο χωριστά ψυκτικά κυκλώματα . Κάθε ένα εκμεταλλεύεται το 50% της συνολικής επιφάνειας των μονάδων .

C) Διατίθενται τρία χωριστά ψυκτικά κυκλώματα. Οι επιφάνειες των μονάδων είναι με ποικίλους τρόπους χωρισμένες σε κάθε κύκλωμα .1) διακόπτης με ασφάλειες 2) επαφές 3) βάση ακροδεκτών 4) γραμμές υγρού προς τον εξατμιστή 5) γραμμές του ψυκτικού ατμού από το συμπιεστή .

Πριν εξετάσουμε από κοντά τις πρακτικές και λειτουργικές πλευρές των αερόψυκτων συμπυκνωτών είναι σκόπιμο να αναλύσω τις επιδόσεις τους .

Αυτές οι συσκευές εργάζονται με υψηλότερες θερμοκρασίες συμπύκνωσης από ότι οι υδρόψυκτοι συμπυκνωτές .

Οι θερμοκρασίες συμπύκνωσης καθορίζονται συνήθως 10-20 °C πάνω από τη θερμοκρασία ξηρού βολβού του εξωτερικού αέρα .

Επιτυγχάνονται έτσι θερμοκρασίες συμπύκνωσης που κυμαίνονται από 42 °C έως 55 °C και άνω .

Ο αέρας στην έξοδο από το συμπυκνωτή διατηρείται σε μια θερμοκρασία κατά 3-5,5 °C χαμηλότερη από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης .

Σε θερμοκρασίες συμπύκνωσης αυτού του μεγέθους η κατανάλωση ενέργειας , που οφείλεται στον κινητήρα του συμπυκνωτή ,είναι μεγαλύτερη από εκείνη των υδρόψυκτων συστημάτων για ίση απόδοση ψυκτικής ισχύος .

Για να μειωθεί η διαφορά αυτή , οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές εφοδιάζονται συχνά με ένα κύκλωμα υπόψυξης του ψυκτικού υγρού (σχήμα 34) .

θερμοκρασία συμπύκνωσης	42 ÷ 55 °C (10-20°C πάνω από τη θερμοκρασία ξηρού βολ- βού εξωτερικού αέρα)
θερμοκρασία αέρα στην έξοδο	3 ÷ 6 °C κάτω από τη θερμοκρασία συμπύκνωσης
παροχή αέρα ανά 1000 kcal/h προς διάθεση	300 ÷ 700 m ³ /h
απορροφούμενη ισχύς από τους ανεμιστήρες ανά 10000 kcal/h	0,3 ÷ 0,7 CV
συντελεστές θερμικής απόδοσης (θερμοκρασία αναρρόφησης του ψυκτικού +5 °C)	
- συμπιεστής ανοιχτός (θερμοκρασία συμπύκνωσης 42 °C)	1,20
- ημιερμητικός/ερμητικός συμπιεστής (θερμοκρασία συμπύκνωσης 48 °C)	1,32
αύξηση της απόδοσης του συστήματος για κάθε °C υπόψυξης	~ 1%

Σχήμα 34. : Επιδόσεις των αερόψυκτων συμπυκνωτών .

Το κύκλωμα υπόψυξης αποτελείται από μια επιπλέον δέσμη σωλήνων από αυτές που είναι αναγκαίες για την συμπύκνωση του ψυκτικού , και επομένως επιφέρει μια αύξηση του αρχικού κόστους .

Τα αποτελέσματά του όμως είναι σημαντικά από πλευράς οικονομικού ισολογισμού . Εκτιμάται πράγματι ότι για κάθε θερμοκρασιακή μονάδα (°C) υπόψυξης του ψυκτικού υγρού αυξάνεται η ψυκτική ισχύς του συμπιεστή κατά 1% , για ίση απορροφούμενη ηλεκτρική ισχύ .

Συνήθως σήμερα οι αερόψυκτοι συμπυκνωτές που παράγονται από τους καλύτερους κατασκευαστές διαθέτουν κύκλωμα υπόψυξης για την υπόψυξη του ψυκτικού υγρού κατά 5-10 °C με επακόλουθη αύξηση της αποδιδόμενης ψυκτικής ισχύος της εγκατάστασης 5-10% .

Ο έλεγχος της θερμοκρασίας συμπύκνωσης

Είναι ουσιαστικό , για τη σωστή λειτουργία του ψυκτικού κυκλώματος , η θερμοκρασία και η πίεση συμπύκνωσης να διατηρούνται μέσα σε καθορισμένα όρια . Όπως είδαμε , οι υπερβολικές θερμοκρασίες είναι αιτία μείωσης της αποδιδόμενης ισχύος και αύξησης της κατανάλωσης , καθώς επίσης πρόκλησης υπερφόρτωσης του κινητήρα του συμπιεστή .

Από την άλλη πλευρά , θερμοκρασίες συμπύκνωσης υπερβολικά χαμηλές προκαλούν μη ικανοποιητικές τιμές διαφοράς πίεσης για την σωστή λειτουργία των θερμοστατικών βαλβίδων .

Αυτό μπορεί να προκαλέσει τη διέλευση ανεπαρκούς ποσότητας ψυκτικού στον εξατμιστή , μειώνοντας την ψυκτική ικανότητα , προκαλώντας σχηματισμό πάγου και σταμάτημα της εγκατάστασης με την ενεργοποίηση του πιεζοστάτη χαμηλής πίεσης .

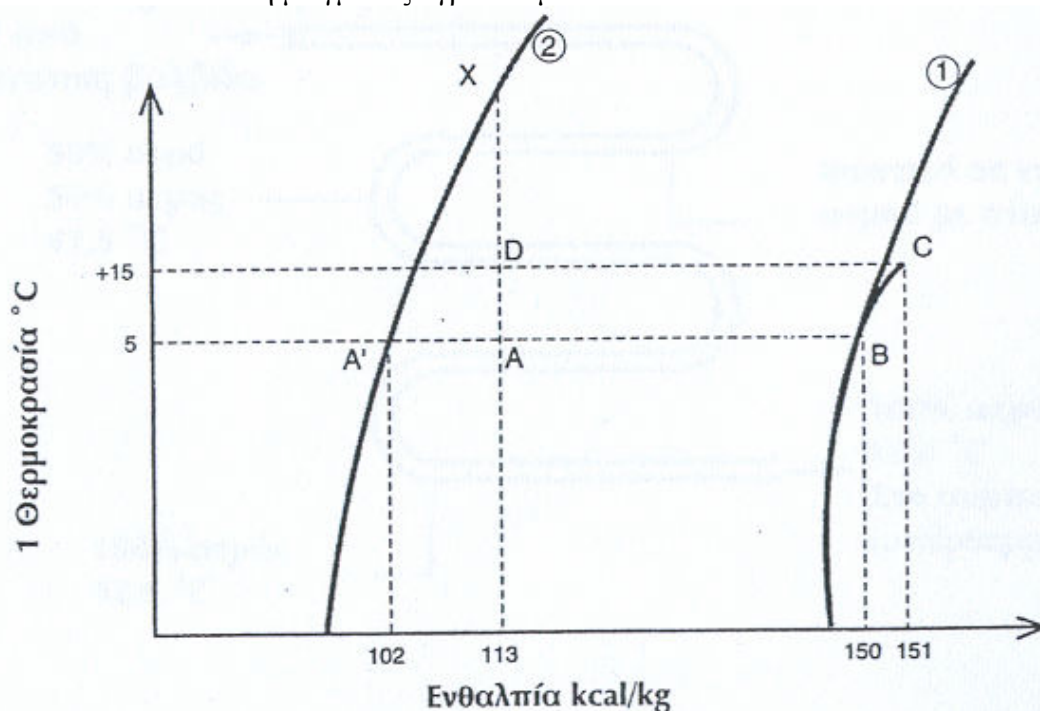
3.10.5. Ο Εξατμιστής (ατμοποιητής)

Ο εξατμιστής εκτελεί την λειτουργία αφαίρεσης της ανεπιθύμητης θερμότητας από το προς επεξεργασία ρευστό (αέρας ή νερό) για να την μεταφέρει στο ψυκτικό κύκλωμα.

Ο εξατμιστής αποτελεί για αυτό την πόρτα , μέσω της οποίας αφαιρείται το περίσσειμα θερμότητας από τον αέρα του περιβάλλοντος ή από το νερό προς ψύξη . Θέλουμε να επαναλάβουμε αυτό που ήδη αναφέραμε προηγουμένως : η ψύξη ενός ρευστού γίνεται στην πραγματικότητα με μια αφαίρεση θερμότητας , που πραγματοποιείται στον εξατμιστή .

Το ψυκτικό ρευστό φτάνει στον εξατμιστή από τον συμπυκνωτή σε κατάσταση υπόψυκτου υγρού. Περνώντας από την διάταξη ρύθμισης , λόγω της διαφοράς πίεσης που υπάρχει ανάμεσα στον συμπυκνωτή και των εξατμιστή , ένα μικρό μέρος υγρού εξατμίζεται έτσι ψύχοντας το υπόλοιπο υγρό . Το ψυκτικό υγρό , δε μειωμένη θερμοκρασία εισέρχεται έτσι στον εξατμιστή όπου , λόγω της μειωμένης πίεσης που υπάρχει εκεί και της υψηλής πίεσης του γύρω ρευστού εξατμίζεται με συνέπεια την αφαίρεση θερμότητας από το ρευστό προς επεξεργασία .

Το διάγραμμα αυτής της διαδικασίας απεικονίζεται στο (σχήμα 35). Όπως φαίνεται , είναι ένα συνηθισμένο διάγραμμα θερμοκρασίας – ενθαλπίας . Η περιοχή δεξιά της καμπύλης 1 αντιπροσωπεύει τις συνθήκες του ψυκτικού σε κατάσταση ατμού , η περιοχή αριστερά της καμπύλης 2 αντιπροσωπεύει τις συνθήκες του ψυκτικού σε κατάσταση μείγματος υγρού-ατμού .



Σχήμα 35. : Διάγραμμα ενθαλπίας –θερμοκρασίας εξάτμισης στο οποίο απεικονίζεται η πορεία διαδικασίας εξάτμισης του ψυκτικού R-22 .

Και σε αυτό το παράδειγμα όπως για τον συμπυκνωτή αναφερόμαστε σε ψυκτικό R-22

3.10.5.1.Βασικές λύσεις :

Δύο είναι οι βασικές κατασκευαστικές λύσεις στον σχεδιασμό των εξατμιστών :

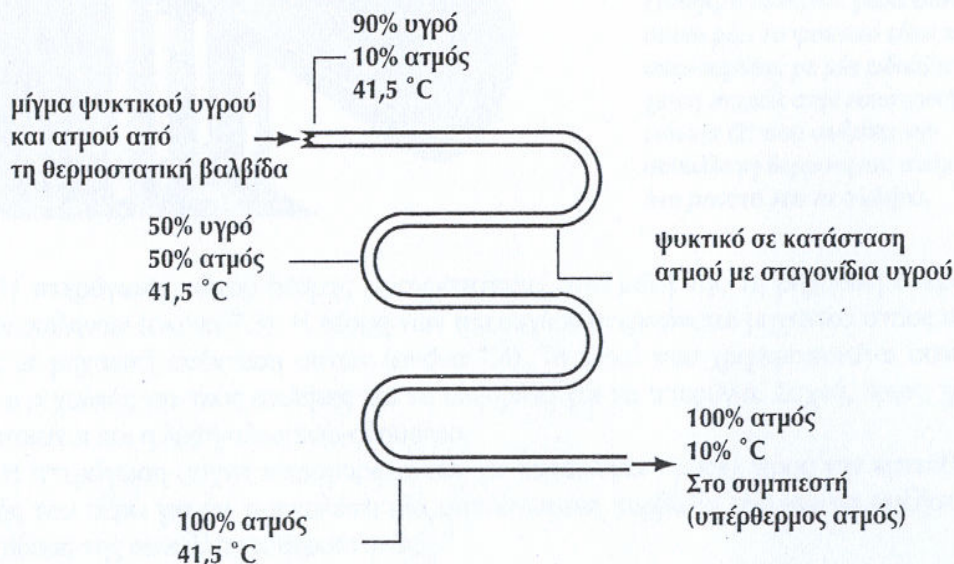
A) εξατμιστές άμεσης εκτόνωσης και

B) πλημμυρισμένοι (κατακλυζόμενοι) εξατμιστές .

Οι εξατμιστές άμεσης εκτόνωσης χρησιμοποιούνται κυρίως στα αυτόνομα μηχανήματα κλιματισμού στις ψυκτικές μονάδες νερού στα οικιακά ψυγεία και στους καταψύκτες . Οι πλημμυρισμένοι εξατμιστές χρησιμοποιούνται στις ψυκτικές μονάδες νερού μεσαίας και μεγάλης ισχύος και στον βιομηχανικό τομέα .

3.10.5.2. Ο εξατμιστής Άμεσης Εκτόνωσης :

Στην ποίο απλή του μορφή ο εξατμιστής άμεσης εκτόνωσης αποτελείται από ένα συνεχή σωλήνα από την μια άκρη του οποίου εισέρχεται το ψυκτικό υγρό , περνώντας μέσα από μια διάταξη ρύθμισης . Από το άλλο άκρο του σωλήνα το ψυκτικό βγαίνει σε κατάσταση ατμού (σχήμα 36) . Σε αυτό τον τύπο εξατμιστή δεν γίνεται καμία ανακύκλωση υγρού η ατμού . Δεν υπάρχει ούτε διαχωριστική γραμμή ανάμεσα στο υγρό και τον ατμό σε κανένα σημείο του εξατμιστή .



Σχήμα 36. : Στοιχειώδες σχεδιάγραμμα ενός εξατμιστή άμεσης εκτόνωσης στο οποίο απεικονίζεται η πορεία εξάτμισης του ψυκτικού .

Πράγματι , στο εσωτερικό του υπάρχει ένα μίγμα με διαφορετικές σε κάθε σημείο συγκεντρώσεις υγρού και ατμού. Πρακτικά από την μέγιστη συγκέντρωση υγρού , στο σημείο ακριβώς μετά από την διάταξη ρύθμισης μεταβάλλεται σε καθαρό ατμό στο σημείο εξόδου . Από κατασκευαστικής πλευράς , οι εξατμιστές άμεσης εκτόνωσης παρουσιάζουν διάφορες λύσεις ανάλογα με το ρευστό προς ψύξη , διακρίνονται σε εξατμιστές ψύξης αέρα ή ψύξης νερού .

3.10.5.3.Εξατμιστές για Ψύξη του Αέρα :

Οι εξατμιστές για την ψύξη αέρα είναι δύο τύπων : λείου σωλήνα και πτερυγωτού σωλήνα . Η συμπεριφορά του ψυκτικού στο εσωτερικό τους δεν αλλάζει : εκτελείται όπως περιγράφηκε παραπάνω .

3.10.5.4. Οι εξατμιστές Λείου Σωλήνα :

Οι εξατμιστές λείου σωλήνα συνήθως χρησιμοποιούνται για εφαρμογές ψύξης . Μπορούν να καθαριστούν και να αποψυχθούν εύκολα και αυτό απλοποιεί την συντήρησή τους .Οι εξατμιστές λείου σωλήνα κατασκευάζονται και σε μοντέλα με περισσότερα κυκλώματα . Δυο συλλέκτες , ο ένας στην είσοδο , ο άλλος στην έξοδο , εκτελούν την διανομή και την περισυλλογή του ψυκτικού προς και από τα διάφορα εξαρτήματα του κυκλώματος .

Το πλεονέκτημα αυτής της λύσης συνίσταται στην μείωση του αριθμού των διατάξεων ρύθμισης του ψυκτικού . Ο εξατμιστής λείου σωλήνα με περισσότερα ψυκτικά κυκλώματα είναι ικανός να λειτουργήσει και σαν πλημμυρισμένος εξατμιστής . Στην περίπτωση αυτή η χρήση του προβλέπεται σε ψυκτικές αποθήκες ή βυθιζόμενος για την ψύξη άλμης .

3.10.5.5.Πτερυγωτοί εξατμιστές :

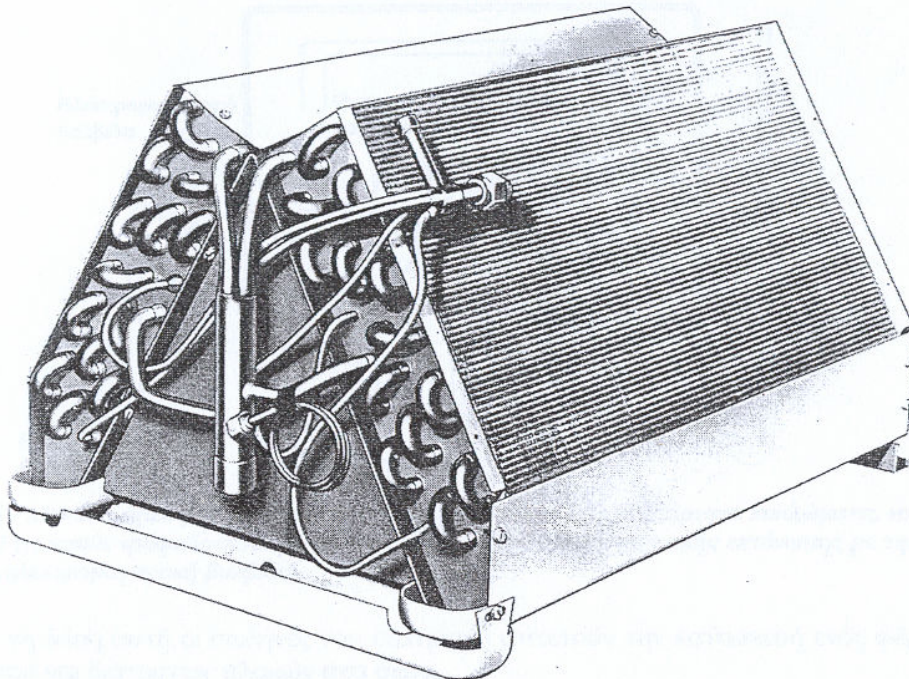
Ο πτερυγωτός εξατμιστής είναι ίσως ο πιο γνωστός από τους εγκατεστημένους . Αποτελείται από ένα ή περισσότερα κυκλώματα σωλήνων στα οποία εφαρμόζονται πτερύγια για να αυξηθεί η επιφάνεια συναλλαγής θερμότητας .

Οι κατασκευαστικές λύσεις που συνήθως εφαρμόζονται είναι δύο :

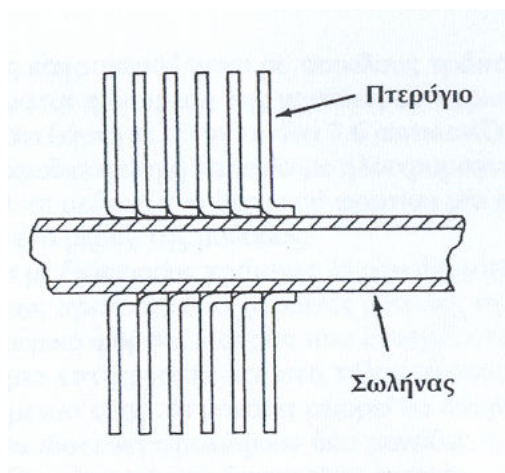
A) πτερύγωση τύπου δέσμης και

B) ελικοειδής συνεχής πτερύγωση .

Η πτερύγωση τύπου δέσμης πραγματοποιείται από μόνη της τη μηχανική στερέωση των σωλήνων (σχήμα 37) . Η δέσμη των πτερυγίων στερεώνεται μηχανικά στους σωλήνες με μηχανική επέκταση αυτών (σχήμα 38) . Το υλικό που χρησιμοποιείται συνήθως είναι ο χαλκός για τους σωλήνες και το αλουμίνιο για τα πτερύγια . Συχνά , όμως , χρησιμοποιείται και η λύση αλουμίνιο – αλουμίνιο .



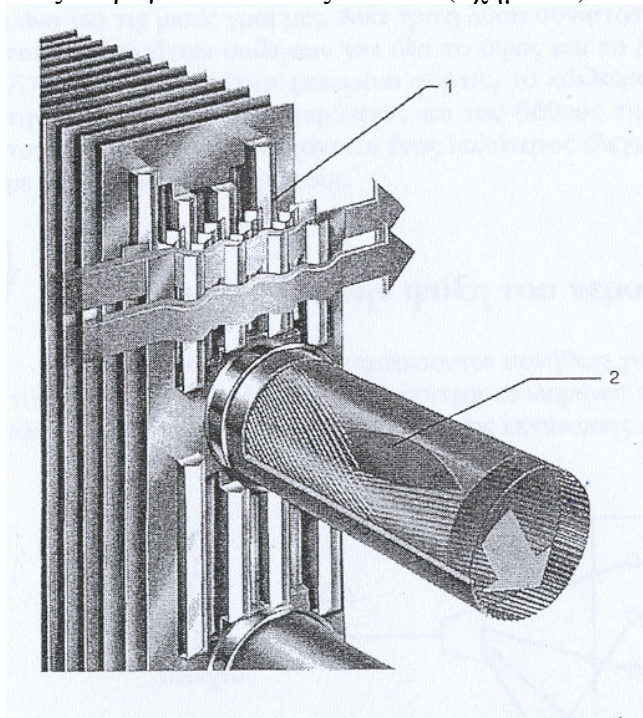
Σχήμα 37. : Μονάδα άμεσης εκτόνωσης μικρής χωρητικότητας , τύπου V για μονάδα κλιματισμού .



Σχήμα 38. : Τομή πτερυγωτού σωλήνα . Η σύνδεση των πτερυγίων εκτός του ότι επιτρέπει τη μηχανική στερέωση , επιτρέπει και τη διατήρηση των επιθυμητών αποστάσεων .

Η πτερύγωση συχνά παραμορφώνεται με κατάλληλα προφίλ προς την κατεύθυνση ροής του αέρα για να προκαλέσει μια υπολογισμένη τυρβώδη ροή και να αύξειση την απόδοση της συναλλαγής θερμότητας .

Μια λεπτομέρεια ενός πτερυγίου απεικονίζεται στο (σχήμα 39) .

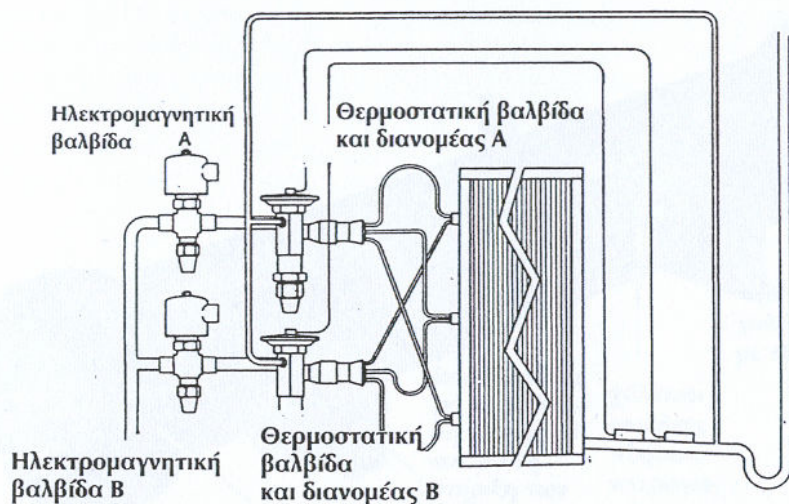


Σχήμα 39. : Λεπτομέρεια της παραμόρφωσης της πτερύγωσης σε μια μονάδα δέσμης άμεσης εκτόνωσης .

Οι ελικοειδής συνεχής πτερύγωση επιτυγχάνεται τυλίγοντας γύρω από τον σωλήνα μια λωρίδα κατάλληλου υλικού , αλουμίνιο ή χαλκό , με τρόπο που να δημιουργηθεί μια ομοιόμορφα κατανομημένη πτερύγωση . Με τη λύση αυτή οι σωλήνες του εξατμιστή απαιτούν την κατασκευή ενός φέροντα σκελετού και διάτρητων πλακών στα άκρα .

Στη χρήση , συνήθως , οι μονάδες εξάτμισης τύπου 'δέσμης τοποθετούνται στις αυτόνομες μονάδες κλιματισμού . αντίθετα , οι μονάδες με ελικοειδή πτερύγωση χρησιμοποιούνται στις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας του αέρα οι εξατμιστές πτερυγωτού τύπου συνήθως εξυπηρετούνται από ανεμιστήρες για την εξαναγκασμένη κυκλοφορία του αέρα ανάμεσα τους . Με τον τρόπο αυτό , επιτυγχάνεται η μεταφορά μεγαλύτερης ποσότητας θερμότητας για κάθε γραμμική μονάδα σωλήνα .

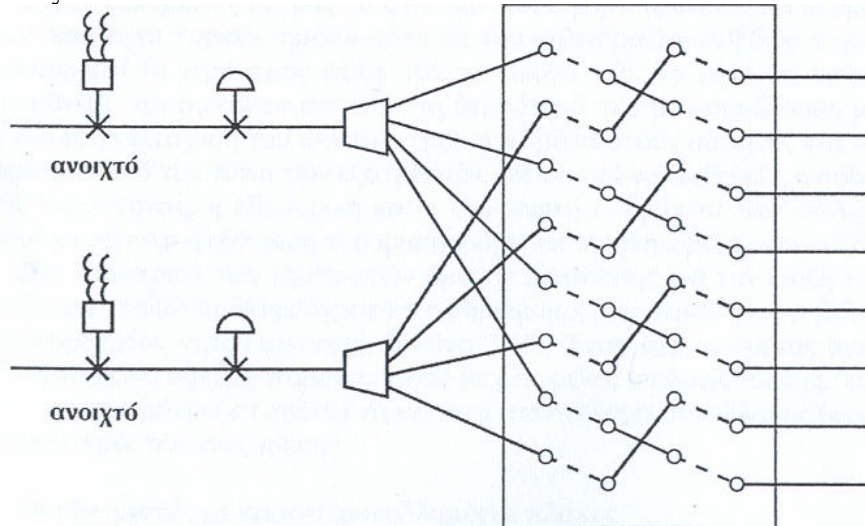
Οι πτερυγωτές μονάδες άμεσης εκτόνωσης κατασκευάζονται με ποικίλους τρόπους . Πέρα από μια ορισμένη χωρητικότητα προτιμάται η διαίρεση της μονάδας σε περισσότερα τμήματα που το καθένα τροφοδοτείται ανεξάρτητα . Στο (σχήμα 40) απεικονίζεται μια μονάδα με δύο ξεχωριστές τροφοδοσίες , εφοδιασμένη η καθεμία με ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα διακοπής του ψυκτικού υγρού . Με τη μείωση του θερμικού φορτίου μια από τις δύο βαλβίδες κλείνει και έτσι μένει ενεργό μόνο ένα μέρος της μονάδας .



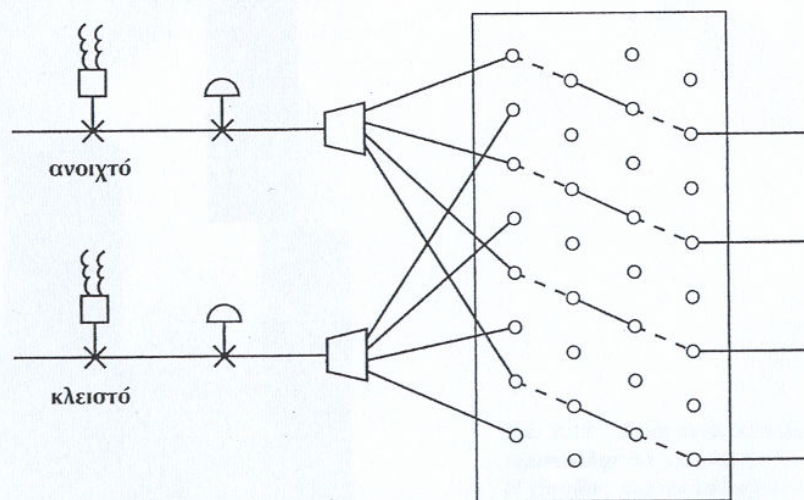
Σχήμα 40. : Μονάδα άμεσης εκτόνωσης που αποτελείται από δύο ανεξάρτητα κυκλώματα , το καθένα από τα οποία τροφοδοτείται από τη δική του βαλβίδα θερμοστατικής εκτόνωσης με την αντίστοιχη ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα .

Η υποδιαίρεση της μονάδας μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους . Η μονάδα μπορεί να διαιρεθεί στα μισά του ύψους δημιουργώντας πρακτικά δυο χωριστές μονάδες την μία πάνω από την άλλη . Με τον τρόπο αυτόν , με μερικό φορτίο , ο αέρας που διασχίζει το μη ενεργό μέρος της μονάδας δεν υφίσταται καμία επεξεργασία και στο τέλος προκύπτει ένα μίγμα επεξεργασμένου και μη επεξεργασμένου αέρα . Η μονάδα μπορεί να διαιρεθεί και κατά μήκος σε όλο το ύψος της με τρόπον ώστε να προκύψουν δύο μονάδες , η μία απέναντι από την άλλη . Με μερικό φορτίο , όλη η επιφάνεια διατηρείται ενεργός , αλλά μόνο για τις μισές γραμμές .

Μια Τρίτη λύση συνίσταται στην κατασκευή δύο ανεξάρτητων κυκλωμάτων σωλήνων για όλο το ύψος και το βάθος της μονάδος (σχήμα 41) .Στη λειτουργία με μειωμένο φορτίο , το κύκλωμα που έχει μείνει ενεργό επιτρέπει την κάλυψη όλης της επιφάνειας και του βάθους της μονάδος (σχήμα 42) .Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται ένας καλύτερος έλεγχος της υγρασίας του αέρα από ότι με τους άλλους δύο τρόπους .



Σχήμα 41. : Σχεδιάγραμμα κυκλωμάτων ανεξάρτητων σωλήνων που αναπτύσσονται σε όλο το ύψος και το βάθος της μονάδας . Σχηματικά παρουσιάζεται η λειτουργία με πλήρες φορτίο και με τα δύο κυκλώματα ενεργοποιημένα .



Εικ. 7.8 - Μονάδα ίδια με εκείνη της προηγούμενης εικόνας στη λειτουργία με μερικό φορτίο με ένα μόνο ενεργό κύκλωμα. Αυτό αναπτύσσεται σε όλο το ύψος και το βάθος της μονάδας.

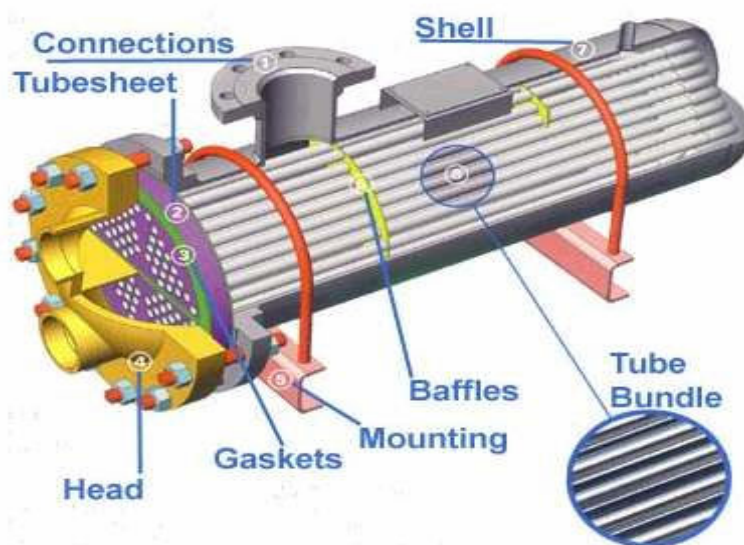
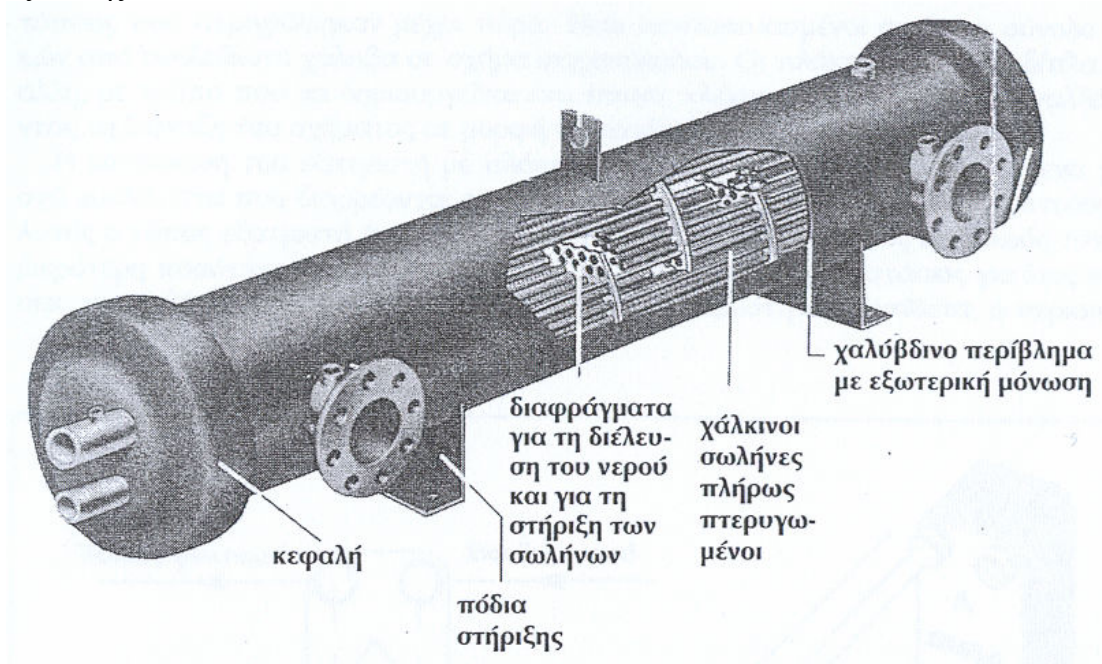
Σχήμα 42. : Μονάδα ίδια με εκείνη της προηγούμενης εικόνας στη λειτουργία με μερικό φορτίο με ένα μόνο ενεργό κύκλωμα .Αυτό αναπτύσσεται σε όλο το ύψος και το βάθος της μονάδας .

3.10.6. Οι Εξατμιστές για την Ψύξη του Νερού

3.10.6.1. Οι Εξατμιστές Δέσμης Σωλήνων

Στους εξατμιστές δέσμης το ψυκτικό κυκλοφορεί μέσα σε μια δέσμη χάλκινων σωλήνων που είναι τοποθετημένη μέσα σε ένα κυλινδρικό χαλύβδινο περίβλημα στο οποίο κυκλοφορεί το νερό προς ψύξη .(σχήμα 43) Το νερό , σε επαφή με την ψυχρή επιφάνεια των σωλήνων , αποδίδει την θερμότητα του με επακόλουθη μείωση της θερμοκρασίας .

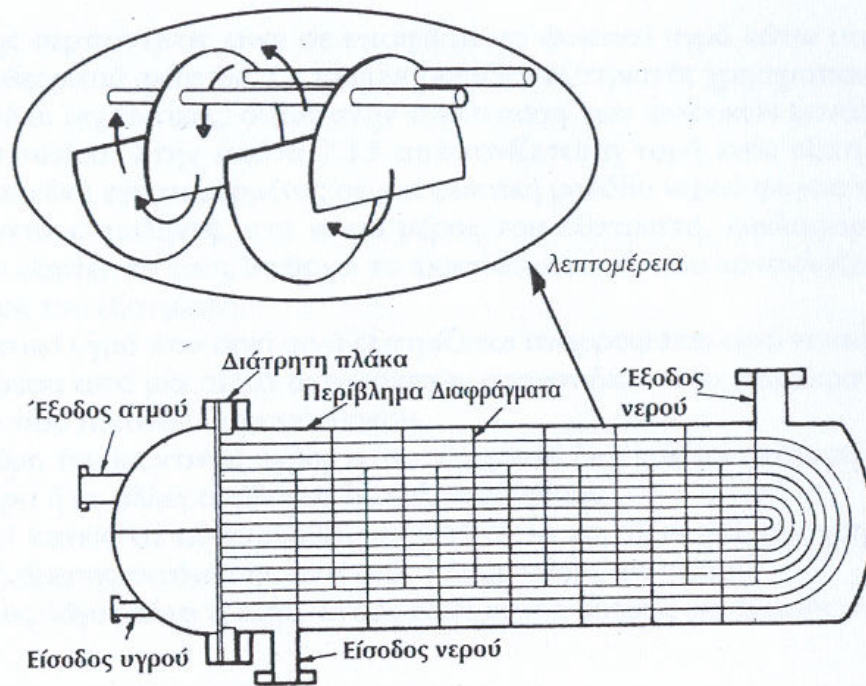
Η εξάτμιση του ψυκτικού ρευστού μέσα στους σωλήνες γίνεται όπως περιγράφηκε για αυτόν των τύπων εξατμιστών . Με σκοπό να αυξηθεί η απόδοση της συναλλαγής θερμότητας , η εξωτερική και η εσωτερική επιφάνεια των σωλήνων , μέσα στους οποίους γίνεται η εξάτμιση του ψυκτικού , είναι πτερυγωμένη μέσω εξέλασης .



Σχήμα 43. : Κλασικός εξατμιστής δέσμης σωλήνων άμεσης εκτόνωσης για την ψύξη του νερού .

Στο εσωτερικό των εξατμιστών άμεσης εκτόνωσης για την ψύξη του νερού τοποθετούνται κατάλληλα διαφράγματα στις διαδρομές του νερού για να βελτιωθεί η συναλλαγή θερμότητας νερού-ψυκτικού(σχήμα 44).

Ένας περιορισμένος αριθμός διαφραγμάτων επιτρέπει ψηλές παροχές νερού με μειωμένες πτώσεις πίεσης .Ένας μεγάλος αριθμός διαφραγμάτων επιτρέπει το μέγιστο αποτέλεσμα συναλλαγής θερμότητας , αλλά με μεγαλύτερες πτώσεις πίεσης .

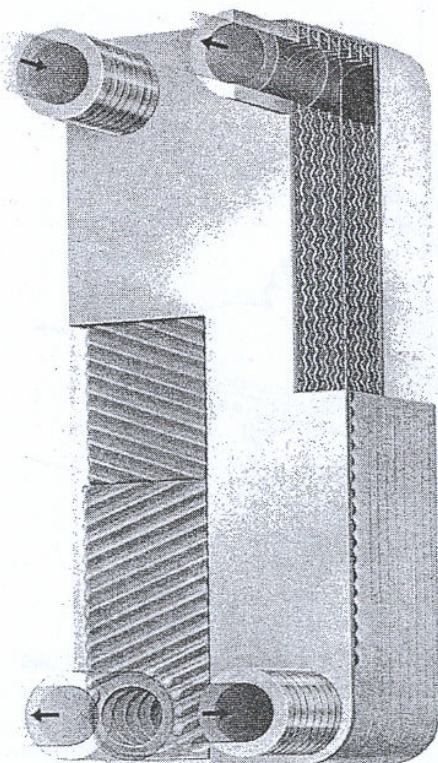


Σχήμα 44. : Εξατμιστής άμεσης εκτόνωσης για την ψύξη του νερού . Παρατηρούμε τη σειρά διαφραγμάτων , όπως φαίνεται και στη λεπτομέρεια , που αναγκάζει το νερό σε μια σειρά από ζιγκ-ζαγκ για να αυξηθεί η απόδοση της συναλλαγής θερμότητας .

3.10.6.2. Οι Εξατμιστές με Κασσιτεροκολλημένες Πλάκες

Οι εξατμιστές με κασσιτεροκολλημένες πλάκες αναπτύχθηκαν τα τελευταία χρόνια και παρουσιάζουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που τους διαφοροποιούν από τους τύπους που περιγράφηκαν μέχρι τώρα . Είναι κατασκευασμένοι από ένα σύνολο πλακών από ανοξείδωτο χάλυβα σε σχήμα ψαροκόκαλου .

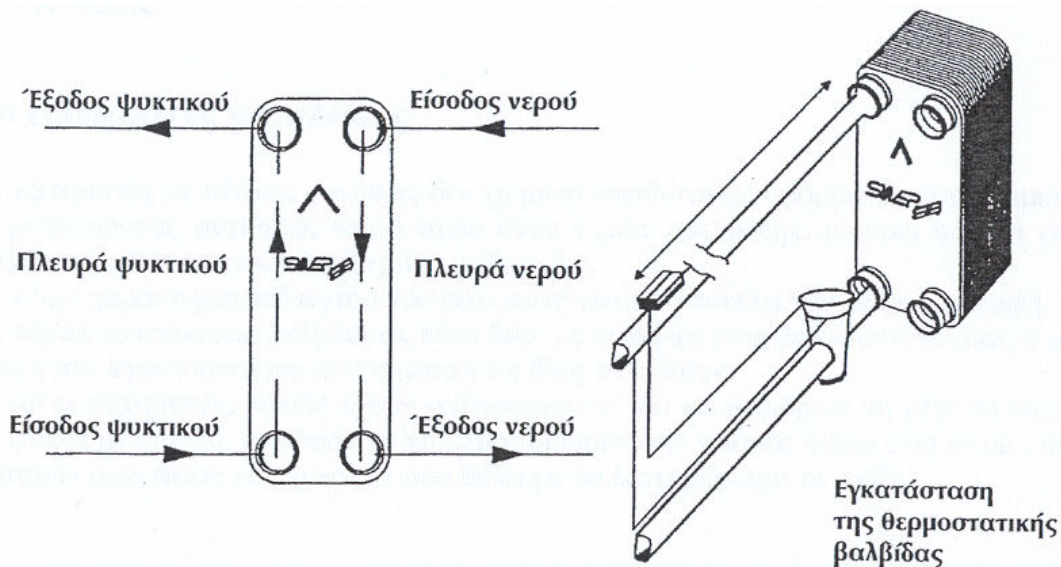
Οι πλάκες είναι η μια δίπλα στην άλλη , με τρόπο που να δημιουργείται ένα πυκνό πλέγμα σημείων επαφής εναλλάσσοντας τη διάταξη του σχήματος σε μορφή ψαροκόκαλου (σχήμα 45) .



Σχήμα 45. : Τομή ενός εξατμιστή με κασσιτεροκολλημένες πλάκες . Η είσοδος του ψυκτικού γίνεται από κάτω και η έξοδος από επάνω . Το νερό προς ψύξη εισέρχεται από πάνω και βγαίνει από κάτω .

Η κατασκευή του εξατμιστή με πλάκες αποτελείται από δυο εναλλασσόμενα χωριστά κυκλώματα που διαρρέονται από το ψυκτικό και το ρευστό με αντίθετη κατεύθυνση .Αυτός ο τύπος εξατμιστή έχει μερικά πλεονεκτήματα ως προς τους κλασικούς τύπους : μικρότερη ποσότητα απαιτούμενου ψυκτικού και μικρότερες διαστάσεις για ίσες επιδόσεις , μικρό βάρος και υψηλή απόδοση συναλλαγής θερμότητας .

Αντίθετα, ο περιορισμένος όγκος νερού απαιτεί πάντα την χρήση ενός εξωτερικού δοχείου συγκέντρωσης του νερού που έχει ψυχθεί για την προστασία του συμπιεστή . Η εγκατάσταση αυτών των εξατμιστών είναι πάντα κατακόρυφη . Στο (σχήμα 46) απεικονίζονται δύο σχεδιαγράμματα σύνδεσης .Με την ίδια αρχή κατασκευάζονται συμπυκνωτές με πλάκες για μηχανήματα κλιματισμού του αέρα .



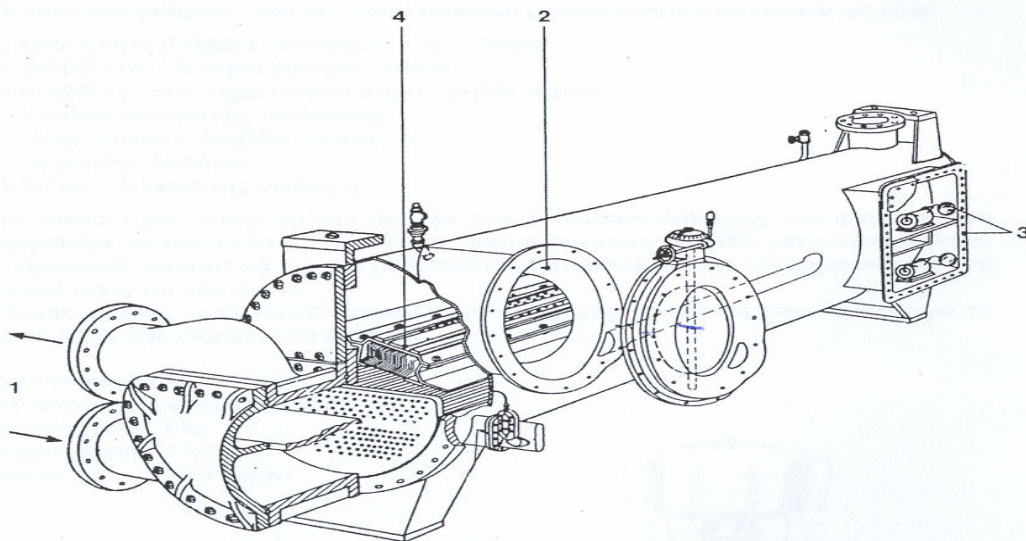
Σχήμα 46. : Απλοποιημένα σχεδιαγράμματα σύνδεσης ενός εξατμιστή με κασιτεροκολλημένες πλάκες .

3.10.6.3. Οι Εξατμιστές Πλημμυρισμένου Τύπου (κατακλυζόμενοι)

Το βασικό χαρακτηριστικό των πλημμυρισμένων εξατμιστών είναι ότι σε αυτούς υπάρχει πάντα ένας συγκεκριμένο επίπεδο οριοθέτησης ανάμεσα στο ψυκτικό σε υγρή κατάσταση και σε κατάσταση ατμού .

Στους πλημμυρισμένους εξατμιστές ελέγχοντας την στάθμη του υγρού και ανακυκλώνοντας το μη εξατμισμένο υγρό , υπάρχει πάντα η βεβαιότητα , ότι όλη η εσωτερική επιφάνεια της σερπαντίνας είναι σε επαφή με το ψυκτικό υγρό κάτω από οποιοδήποτε συνθήκες θερμικού φορτίου .

Η πλημμυρισμένη εξατμιστές χρησιμοποιούνται εκεί όπου η ισχείς είναι σημαντικές , όπως στην περίπτωση των ψυκτικών μονάδων νερού φυγοκεντρικού τύπου .Στο (σχήμα 47) απεικονίζεται η τομή ενός εξατμιστή αυτού του τύπου που είναι εγκατεστημένος σε μια ψυκτική μονάδα νερού φυγοκεντρικού τύπου .



Σχήμα 47. : Πλημμυρισμένος εξατμιστής που χρησιμοποιείται σε ψυκτικές μονάδες .

Μέσα στους σωλήνες , στο κάτω μέρος του εξατμιστή , κυκλοφορεί το νερό προς ψύξη . Στο εξωτερικό τους υπάρχει το ψυκτικό ρευστό , που κατακλύζει κυριολεκτικά το κάτω μέρος του εξατμιστή .

Το ψυκτικό υγρό που σιγά σιγά εξατμίζεται αναρροφάται από τον συμπιεστή ,περνώντας ανάμεσα από μια σειρά διαχωριστών σταγονιδίων που παρακρατούν τα σταγονίδια υγρού που πιθανόν παρασύρθηκαν .

Η στάθμη του ψυκτικού υγρού στον εξατμιστή διατηρείται σταθερή από μια βαλβίδα με πλωτήρα η με άλλες ανάλογες διατάξεις ρύθμισης .

Μπορεί κανείς να αναρωτηθεί , ποιο είναι το κριτήριο για την χρησιμοποίηση ενός εξατμιστή άμεσης εκτόνωσης αντί ενός πλημμυρισμένου τύπου .

Ο κύριος λόγος είναι ο εξής . Στους εξατμιστές άμεσης εκτόνωσης το ψυκτικό κυκλοφορεί στο εσωτερικό των σωλήνων(χρήση παλινδρομικών συμπιεστών) .

Αντίθετα στους πλημμυρισμένους εξατμιστές το ψυκτικό ρευστό δεν κυκλοφορεί στο εσωτερικό των σωλήνων , αλλά στο εξωτερικό, με αποτέλεσμα η πτώση πίεσης να είναι αισθητά μειωμένες (χρήση φυγοκεντρικών συμπιεστών).

3.11.Ανάλυση Θεωρίας

Η ψύξη με συμπίεση ατμών ανήκει στην κατηγορία της ψύξης δύο θερμοκρασιών , του ατμοποιητή και του συμπυκνωτή .Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις ψύξης τριών θερμοκρασιών .Στην περίπτωση αυτή ανήκει η ψύξη με απορρόφηση(Absorption).

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί διμερές εργαζόμενο μείγμα , το καθαυτό ψυκτικό μέσο και το μέσο απορρόφησης .Στο (σχήμα 48) δίνονται μερικά διμερή μείγματα που χρησιμοποιούνται σε ψυκτικές εγκαταστάσεις απορρόφησης .

Μέσο απορρόφησης	Ψυκτικό μέσο
Διάλυμα (LiBr/H ₂ O)	H ₂ O
H ₂ O	NH ₃
LiBr	NH ₃
Γλυκερίνη	NH ₃
H ₂ O	CH ₃ OH
H ₂ SO ₄	H ₂ O

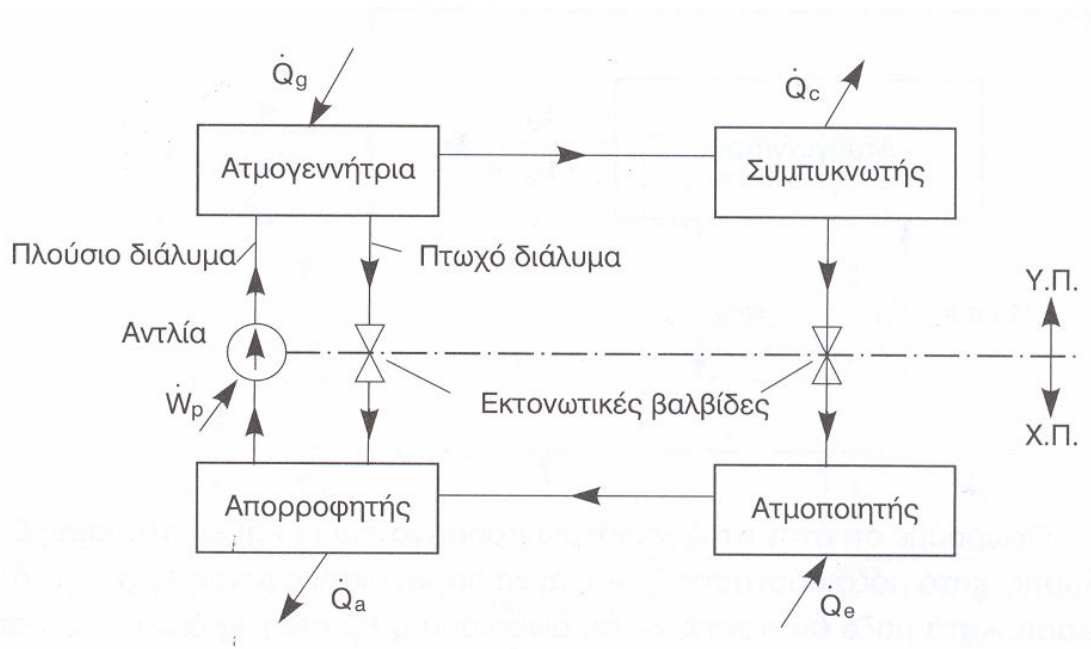
Σχήμα 48. : Διμερή μείγματα μονάδων απορρόφησης .

Στην πράξη συνήθως χρησιμοποιείται το μίγμα (LiBr/H₂O) σε κλιματιστικές εγκαταστάσεις και το μίγμα (NH₃/H₂O) σε βιομηχανική ψύξη .Και τούτο διότι στην περίπτωση του μείγματος (LiBr/H₂O) το ψυκτικό μέσο είναι νερό ,το οποίο στερεοποιείται στους 0°C και επομένως οι εγκαταστάσεις αυτές δεν εργάζονται ποτέ σε θερμοκρασίες κάτω από 4 °C , ενώ στην περίπτωση του μείγματος (NH₃/H₂O) το ψυκτικό μέσο είναι η αμμωνία και οι εγκαταστάσεις αυτές επιτρέπουν την παραγωγή ψυκτικής ισχύος μέχρι -70 °C με μονοβάθμια εγκατάσταση , πράγμα αδύνατο να επιτευχθεί με μονοβάθμια εγκατάσταση συμπίεσης ατμών , λόγω του απαιτούμενου μεγάλου λόγου συμπίεσης .

Στις εγκαταστάσεις αυτές λόγω του φαινομένου της απορρόφησης , το ατμοποιηθέν ψυκτικό μέσο στον ατμοποιητή απορροφάται από το μέσο απορρόφησης στη χαμηλή πίεση διατηρούμενο στην υγρή φάση και όχι στην ατμώδη : έτσι έχουμε μεταφορά του διαλύματος από την χαμηλή στην υψηλή πίεση με την βοήθεια μηχανικής αντλίας η κατάλληλης θερμοσιφωνικής αντλίας . Στην πρώτη περίπτωση η απαιτούμενη μηχανική ενέργεια είναι μηδαμινή σε σχέση με την ενέργεια του μηχανικού συμπιεστή στις ψυκτικές εγκαταστάσεις συμπίεσης ατμών . Στην δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιείται αδρανές αέριο π.χ.(H₂) και δεν απαιτείται μηχανική ενέργεια .

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ψυκτικών μονάδων απορρόφησης είναι ότι για την λειτουργία τους απαιτείται θερμική ενέργεια (καύση αερίων ή υγρών καυσίμων , γεωθερμία ,θερμικά απόβλητα βιομηχανιών ή ηλιακή ενέργεια) και ελάχιστη ή καθόλου μηχανική ενέργεια .

Στο (σχήμα 49) παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής μια απλής ψυκτικής εγκατάστασης απορρόφησης .



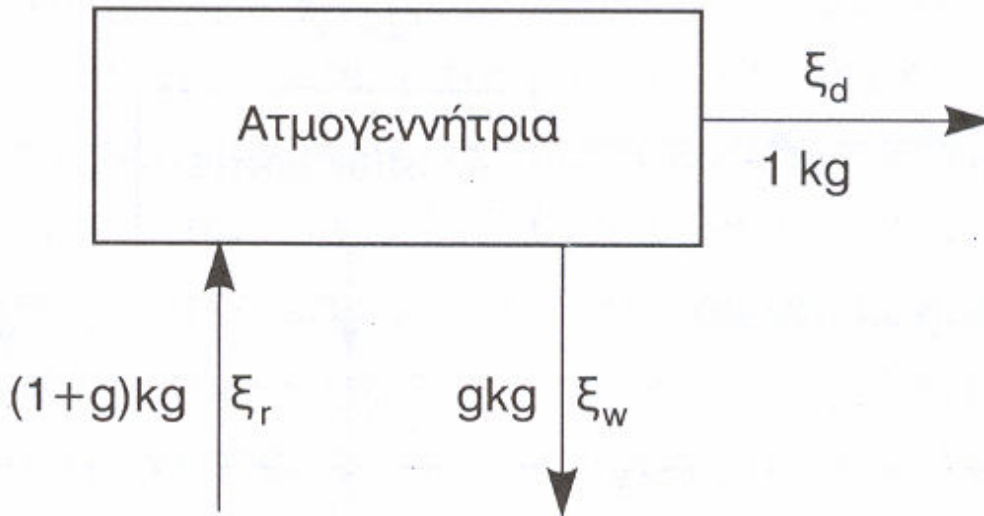
Σχήμα 49. : Διάγραμμα ροής ψυκτικής εγκατάστασης απορρόφησης

Στην ατμογεννήτρια προσδίδεται θερμική ενέργεια \dot{Q}_g που ατμοποιεί μερικώς την πλούσια διάλυση του διμερούς μείγματος. Προϊόν της μερικής ατμοποίησης είναι αφενός ατμός και αφετέρου το υπόλοιπο διάλυμα το οποίο παραμένει και το οποίο περιέχει λιγότερη ποσότητα ψυκτικού μέσου καλείται πτωχή διάλυση σε ψυκτικό μέσο.

Η πτωχή διάλυση μέσω της εκτονωτικής βαλβίδας (πτώση πίεσης) καταλήγει στον απορροφητή. ο παραγόμενος ατμός στην ατμογεννήτρια οδηγείται στην συνέχεια στο συμπυκνωτή όπου συμπυκνώνεται αποβάλλοντας θερμότητα \dot{Q}_c . Το συμπύκνωμα καταλήγει μέσω της δεύτερης εκτονωτικής βαλβίδας στον ατμοποιητή όπου με την απορρόφηση της θερμότητας από το περιβάλλον ατμοποιείται και παράγει την ψυκτική ισχύ \dot{Q}_e .

Ο ατμός χαμηλής πίεσης που παράγεται στον ατμοποιητή οδεύει στη συνέχεια στον απορροφητή όπου και απορροφάται από την πτωχή διάλυση. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή πλούσιας διάλυσης η οποία με την βοήθεια της αντλίας καταθλίβεται στην ατμογεννήτρια. Η διεργασία απορρόφησης είναι μια διεργασία αποβολής θερμότητας \dot{Q}_a προς το περιβάλλον.

Επειδή η απορρόφηση του ψυκτικού μέσου αυξάνει με τη μείωση της θερμοκρασίας στον απορροφητή, θα πρέπει να διατηρείται αυτή σε χαμηλά επίπεδα. Ένα χαρακτηριστικό μέγεθος είναι η ανά μονάδα μάζας παραγόμενη ατμώδης φάση στην ατμογεννήτρια, ανηγμένη πτωχή διάλυση g . Υπολογίζεται με ισολογισμό μάζας στην ατμογεννήτρια (σχήμα 50).



Σχήμα 50. : Ισολογισμός μάζας στην ατμογεννήτρια .

Θεωρούμε ότι στην ατμογεννήτρια προσάγονται $(1+g)$ Kg πλούσιας διάλυσης , κατά μάζα σύστασης ξ_r .Από αυτά παράγονται αφενός 1Kg ατμώδης φάση , κατά μάζα σύστασης ξ_d και αφετέρου g Kg πτωχής διάλυσης , κατά μάζα σύστασης ξ_w (οι κατά μάζα συστάσεως αφορούν το ψυκτικό μέσο) .

Από την αρχή διατήρησης της μάζας προκύπτει ότι :

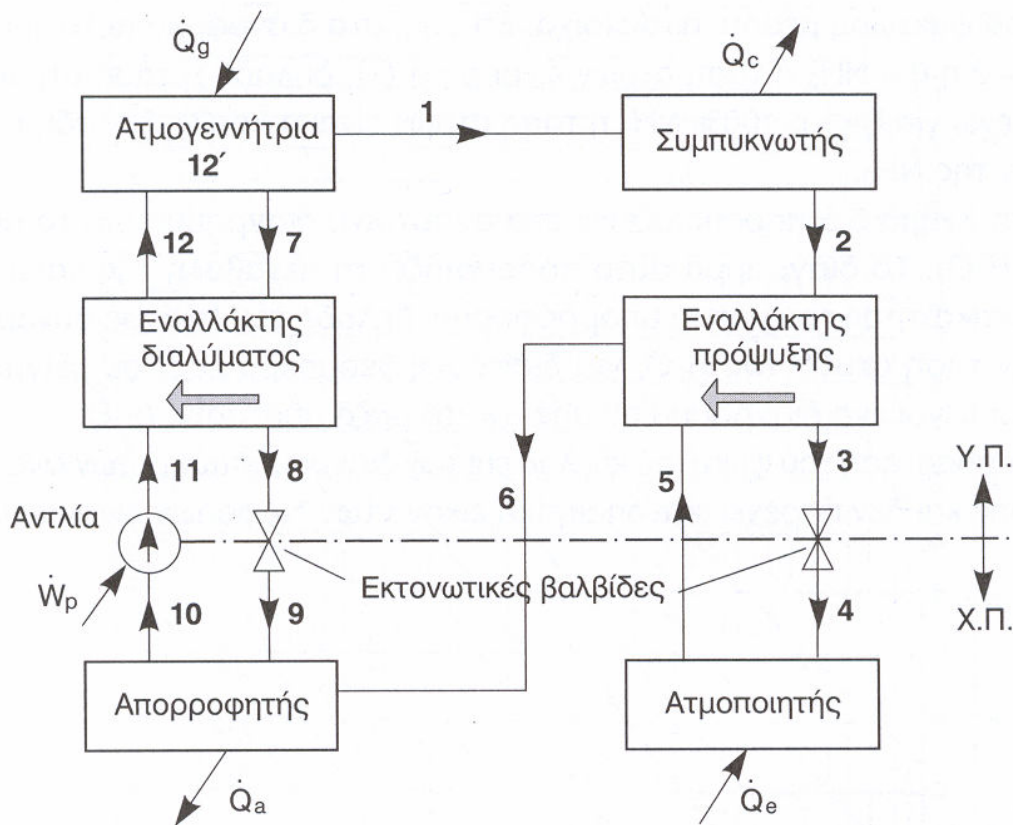
$$(1 + g)\xi_r = 1\xi_d + g\xi_w \quad \text{ή} \quad g = \frac{\xi_d - \xi_r}{\xi_r - \xi_w}$$

Το μέγεθος $(\xi_r - \xi_w)$ αναφέρεται ως εύρος ατμοποίησης , εξαρτάται από τη θερμοκρασία της ατμογεννήτριας και θα πρέπει να έχει τιμές :

- 1)10-25% για $(\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O})$
- 2)4-6% για $(\text{LiBr}/\text{H}_2\text{O})$

Μια πραγματική ψυκτική μονάδα απορρόφησης περιλαμβάνει επίσης έναν εναλλάκτη θερμότητας , ο οποίος μεταφέρει θερμότητα από τη θερμή πτωχή διάλυση προς την ψυχρότερη πλούσια διάλυση (εναλλάκτης διαλύματος) και πολλές φορές έναν άλλο εναλλάκτη θερμότητας , ο οποίος μεταφέρει θερμότητα από το θερμό συμπύκνωμα προς το ψυχρότερο ατμό , που προέρχεται από τον ατμοποιητή (εναλλάκτης πρόψυξης) .

Η διάταξη αυτής της εγκατάστασης φαίνεται στο (σχήμα 51) .Να σημειωθεί ότι στην περίπτωση της ψυκτικής εγκατάστασης απορρόφησης $(\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O})$ το συγκρότημα της ατμογεννήτριας περιλαμβάνει αναβελτιωτή και διαχωριστή , ώστε η ατμώδης φάση που οδεύει τελικά προς τον συμπυκνωτή να έχει όσον το δυνατό μεγαλύτερη κατά μάζα σύσταση σε NH_3 .



Σχήμα 51.: Διάγραμμα ροής ψυκτικής εγκατάστασης απορρόφησης .

Ο θερμοδυναμικός κύκλος ψυκτικών εγκαταστάσεων απορρόφησης είναι αρκετά πολυπλοκότερος από εκείνων των ψυκτικών εγκαταστάσεων συμπίεσης ατμών λόγω της ύπαρξης διμερών μιγμάτων. Έτσι, ο προσδιορισμός των διαφόρων καταστάσεων ισορροπίας προϋποθέτει και τη γνώση της σύστασης του διμερούς μίγματος.

Η θερμοδυναμική παράσταση του ψυκτικού κύκλου απορρόφησης γίνεται συνήθως με την βοήθεια δύο διαγραμμάτων: Πίεσης –αντίστροφης θερμοκρασίας ($p-1/T$) και Ενθαλπίας –κατά μάζα σύσταση ($h-\xi$).

3.12. Διάγραμμα Πίεσης-Αντίστροφης Ενθαλπίας

Ένα από τα διαγράμματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των ψυκτικών κύκλων απορρόφησης ($\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$), είναι το διάγραμμα πίεσης – αντίστροφης θερμοκρασίας ($p-1/T$), (σχήμα 52).

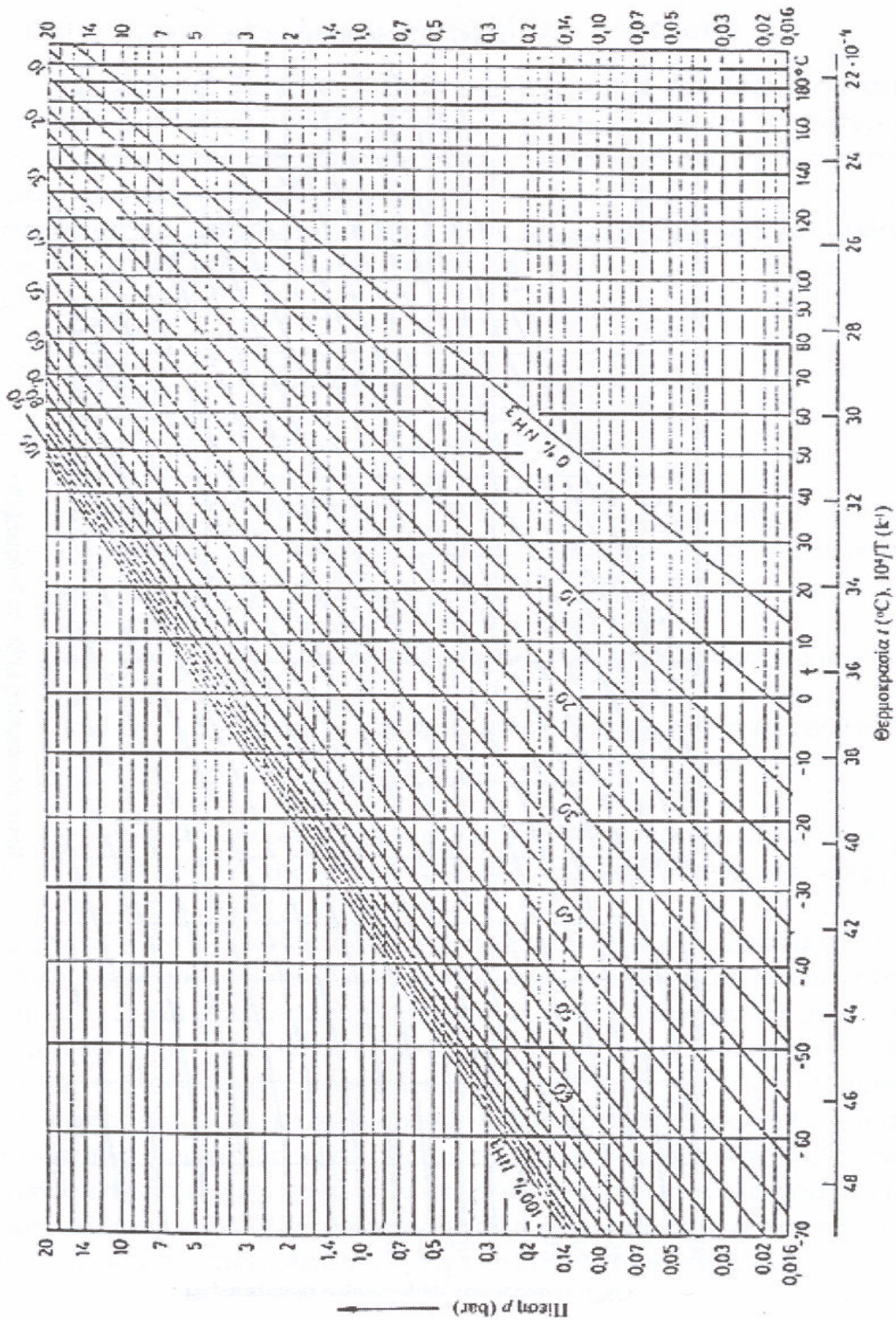
Σε αυτό το διάγραμμα υπάρχει μια δέσμη ευθειών που αντιστοιχούν στην τάση ατμών διαφόρων κατά μάζα περιεκτικότητας ξ του ψυκτικού μέσου (κατά μάζα περιεκτικότητα της πτητικής συνιστώσας του διμερούς μείγματος). Σύμφωνα με τον νόμο του Raoult η τάση ατμών του μείγματος δίνεται από την σχέση:

$p=(1-\xi)p_1(T)+\xi p_2(T)$, με $0 \leq \xi \leq 1$ και $p_1(T)$, $p_2(T)$ οι τάσεις ατμών των αμιγών συστατικών του μείγματος, δηλαδή του απορροφητή και του ψυκτικού μέσου, αντίστοιχα.

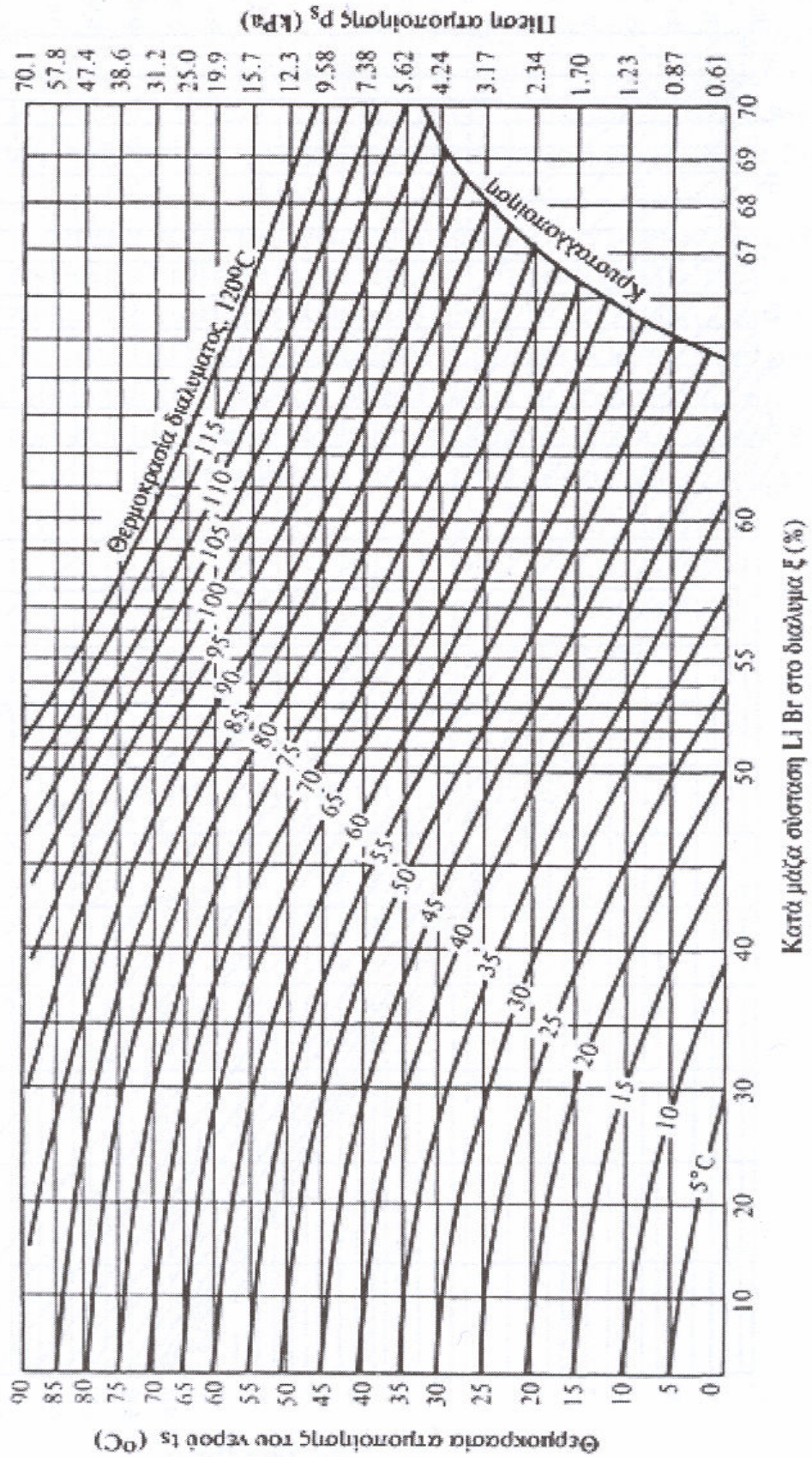
Επίσης, στο διάγραμμα αυτό φαίνεται για $\xi =0$ ή 0% NH_3 η τάση ατμών είναι $p=p_1(T)$, δηλαδή η τάση ατμών του H_2O , ενώ για $\xi=1$ ή 100% NH_3 η τάση ατμών είναι $p=p_2(T)$, δηλαδή η τάση ατμών της NH_3 .

Στο (σχήμα 53) παρουσιάζεται ένα αντίστοιχο διάγραμμα για το μείγμα (LiBr/H₂O) . Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει τη μεταβολή κατά μάζας περιεκτικότητας του μέσου απορρόφησης, δηλαδή LiBr, σε συνάρτηση με την τάση ατμών του H₂O, για διάφορες θερμοκρασίες του μείγματος, δηλαδή είναι ένα διάγραμμα πίεσης –κατά μάζα σύστασης (p-ξ).

Η παράσταση του ψυκτικού κύκλου επί των διαγραμμάτων είναι στοιχειώδης και δεν περιέχει ικανοποιητική εικόνα των διεργασιών .



Σχήμα 52. : Διάγραμμα (p-1/T) του μείγματος (NH₃/H₂O)



Σχήμα 53. : Διάγραμμα (p-ξ) του μείγματος (LiBr/H₂O)

3.13. Διάγραμμα Ενθαλπίας – κατά Μάζα Σύστασης .

Ένα επίσης χρήσιμο διάγραμμα για τον υπολογισμό των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων μιας ψυκτικής μονάδας απορρόφησης είναι και το διάγραμμα ενθαλπίας – κατά μάζα σύστασης του ψυκτικού μέσου (πτητική συνιστώσα του μείγματος)(h-ξ) .

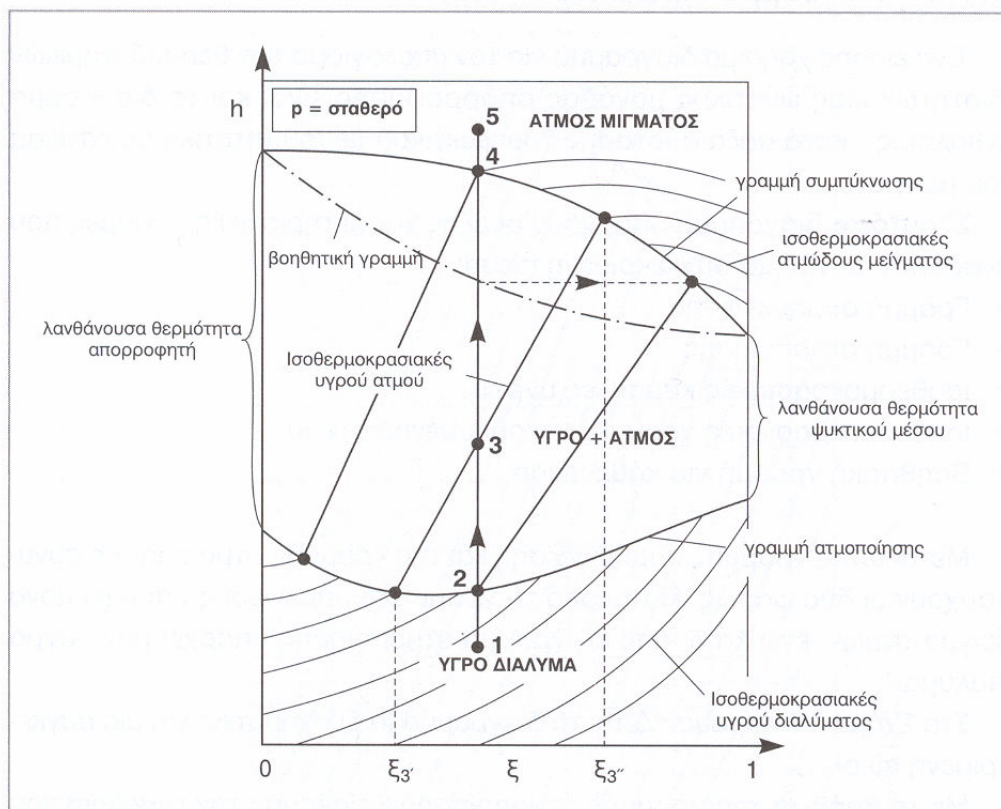
Σε αυτό το διάγραμμα υπάρχουν οι εξής χαρακτηριστικές γραμμές που αναφέρονται για μια συγκεκριμένη πίεση :

- 1)Γραμμή συμπύκνωσης
- 2)Γραμμή ατμοποίησης
- 3)Ισοθερμοκρασιακές καμπύλες υγρού
- 4)Ισοθερμοκρασιακές γραμμές κορεσμένου ατμού
- 5)Βοηθητική γραμμή για κάθε πίεση

Μεταξύ της γραμμής συμπύκνωσης και της γραμμής ατμοποίησης συνυπάρχουν οι δύο φάσεις .Πάνω από τη γραμμή συμπύκνωσης υπάρχει μόνο μείγμα ατμών , ενώ κάτω από την γραμμή ατμοποίησης υπάρχει μόνο υγρό διάλυμα .

Στο (σχήμα 54) παρουσιάζεται το διάγραμμα (h-ξ) σχηματικά για μια συγκεκριμένη πίεση .

Σχήμα 5.6 Διάγραμμα (h-ξ) διμερούς μείγματος για σταθερή πίεση



Σχήμα 54. : Διάγραμμα (h-ξ) διμερούς μείγματος για σταθερή πίεση .

Με τη βοήθεια της γραμμής ατμοποίησης βρίσκουμε την ενθαλπία του διαλύματος , όταν αρχίζει να ατμοποιείται , σε συνάρτηση με την κατά μάζα σύσταση

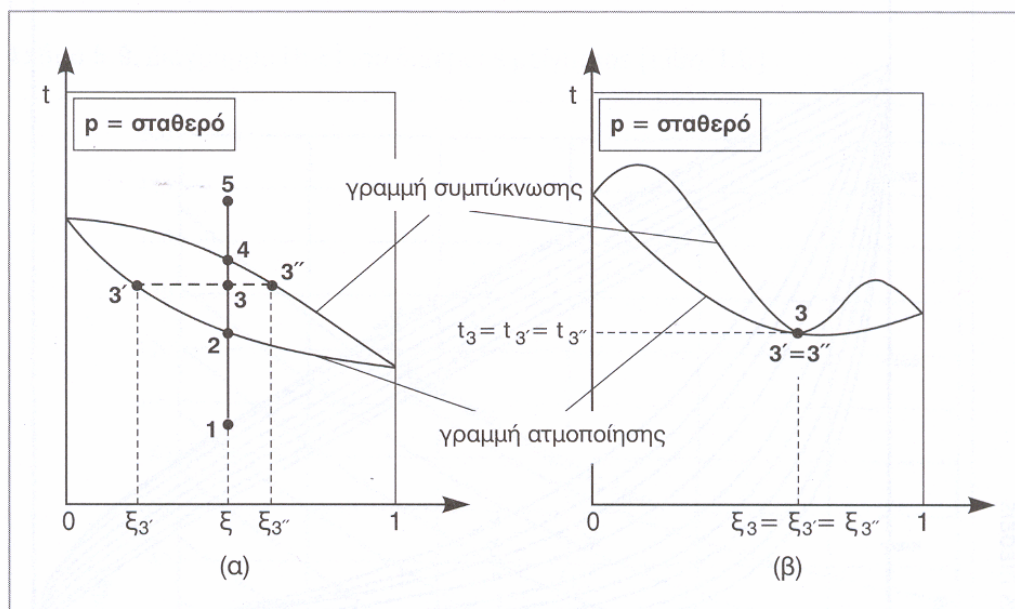
Με την γραμμή συμπύκνωσης βρίσκουμε την ενθαλπία των ατμών του μείγματος , όταν αρχίζουν να συμπυκνώνονται , δηλαδή όταν είναι κεκορεσμένοι , σε συνάρτηση με την κατά μάζα σύσταση .

Το διμερές διάλυμα ξεκινάει από υπόψυκτο υγρό , κατάσταση (1), και θερμαινόμενο φθάνει στην κατάσταση κορεσμένου υγρού , κατάσταση (2). Από το σημείο (2) και μετά η θέρμανση του μείγματος οδηγεί σε ατμοποίηση όλο και μεγαλύτερης ποσότητας υγρού ,φθάνοντας γενικά σε μια κατάσταση (3) διφασικού ετερογενούς υγρού μείγματος .

Στο σημείο (3) το σύστημα αποτελείται από υγρό κεκορεσμένο μείγμα κατά μάζα σύσταση $\xi_{3'}$ της πτητικής συνιστώσας . Συνεχίζοντας τη θέρμανση , το μείγμα ατμοποιείται στο σύνολό του μέχρι την κατάσταση κορεσμού (4) . Μετά το τέλος της ατμοποίησης η προσδιδόμενη θερμότητα προκαλεί υπερθέρμανση του ατμού κατάσταση (5) .

Οι ισοθερμοκρασιακές της περιοχής συνύπαρξης των δύο φάσεων είτε δίνονται στο διάγραμμα είτε χαράσσονται μέσω βοηθητικών καμπυλών για κάθε πίεση .

Ένα άλλο διάγραμμα , που συνδυάζεται με το διάγραμμα (h,ξ) εμφανίζεται στο (σχήμα 55) με άξονες τη θερμοκρασία και την κατά μάζα σύσταση (t,ξ) για διάφορες πιέσεις , εδώ αναφέρεται σε μια σταθερή πίεση p .

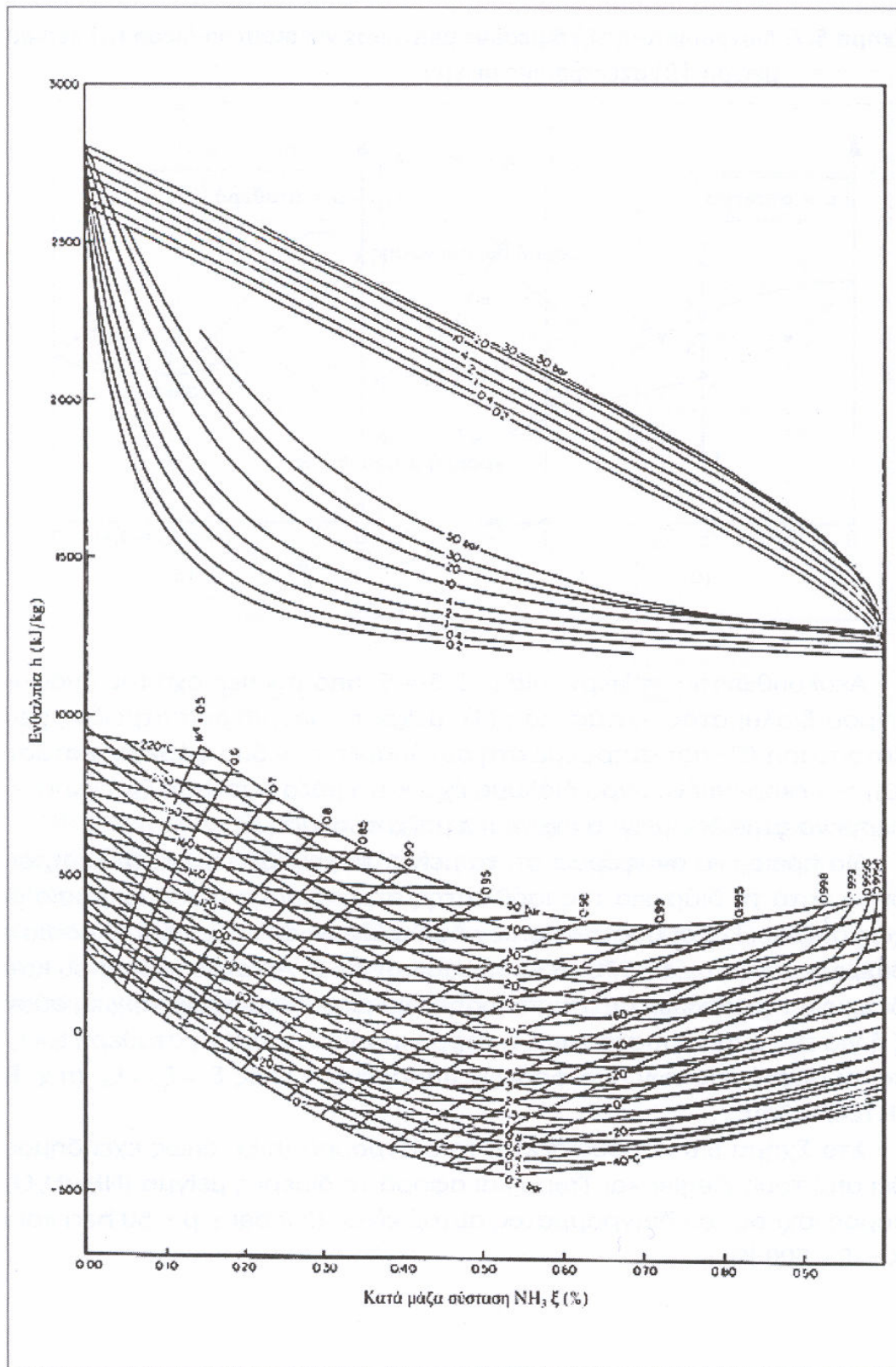


Σχήμα 55. : Διάγραμμα (t-ξ) διμερούς μείγματος για σταθερή πίεση (α) ζεοτροπικό μείγμα ,(β) αζεοτροπικό μείγμα .

Ακολουθώντας τη διεργασία (1-2-3-4-5) από την περιοχή του υπόψυκτου υγρού διαλύματος , κατάσταση (1) , μέχρι το υπέρθερμο ατμώδες μείγμα , κατάσταση (5) , παρατηρούμε στη συνύπαρξη των δύο φάσεων , κατάσταση (3) , το κορεσμένο υγρό διάλυμα έχει κατά μάζα σύσταση ξ_{3} , ενώ το κεκορεσμένο ατμώδες μείγμα έχει κατά μάζα σύσταση $\xi_{3'}$.

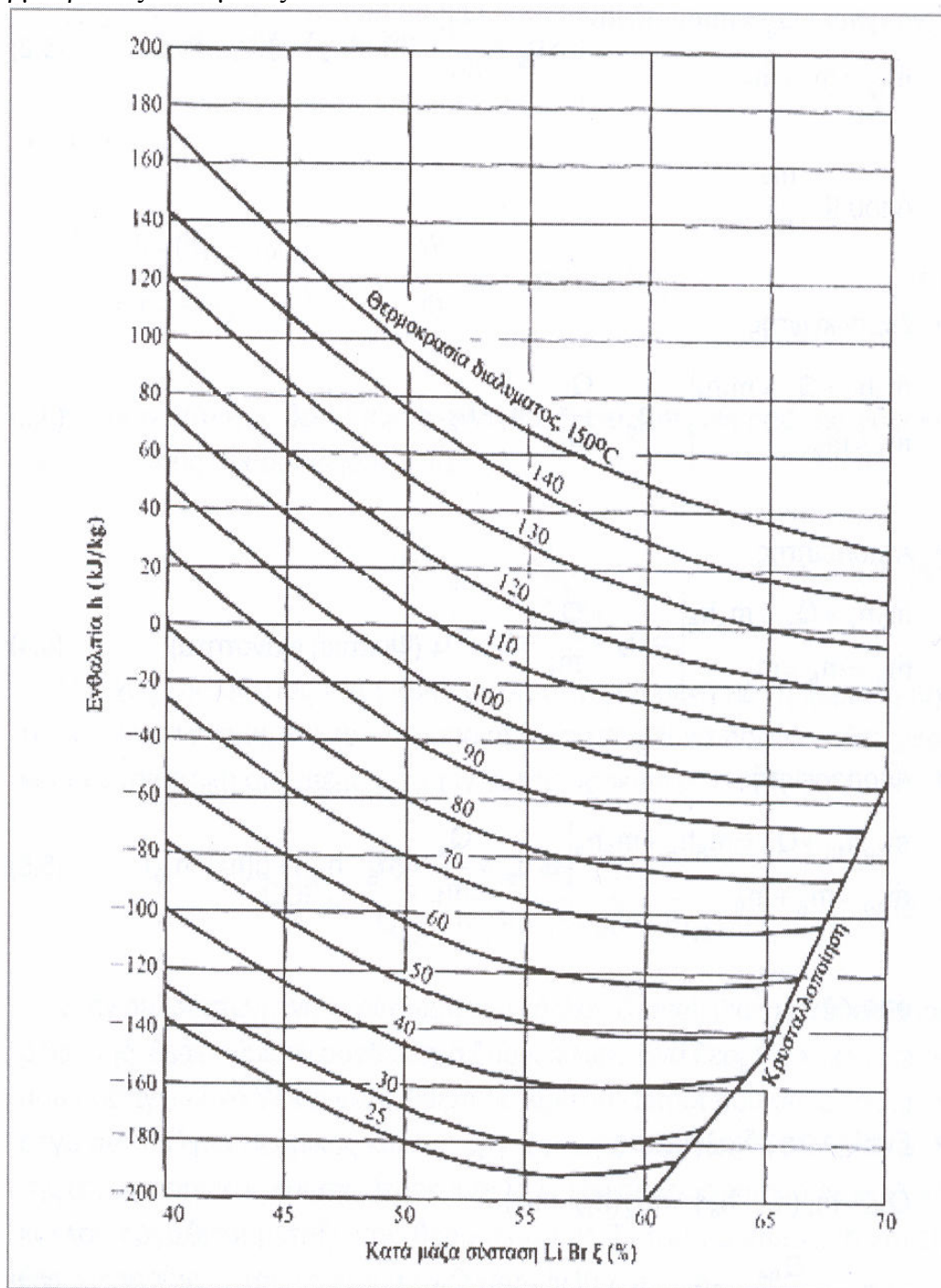
Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα μείγματα χωρίζονται σε : α) Ζεοτροπικά , όπου κατά τη διάρκεια της ισόθλιπτης ατμοποίησης η θερμοκρασία συνεχώς αυξάνει και οι συστάσεις των δύο φάσεων σε κάθε θερμοκρασία είναι διαφορετικές (π.χ. R407C/125/134a) και β) Αζεοτροπικά ,όπου κατά τη διάρκεια της ισόθλιπτης ατμοποίησης , για μια καθορισμένη αρχική σύσταση ξ ή για ένα εύρος συστάσεων , η θερμοκρασία παραμένει σταθερή $t_3=t_3'=t_3''$ και οι συστάσεις των δύο φάσεων παραμένουν ίδιες $\xi_3=\xi_3'=\xi_3''$ (π.χ. R507/R124/134a) .

Στο (σχήμα 56) παρουσιάζεται το διάγραμμα (h-ξ) , όπως έχει δημοσιευθεί από τους Ziegler και Trepp και αφορά το διμερές μείγμα (NH₃/H₂O) .Το εύρος ισχύος του διαγράμματος αυτού είναι : (0,2bar ≤ p ≤ 50bar) και (230K ≤ T ≤ 500K) .



Σχήμα 56. : Διάγραμμα (h-ξ) του διμερούς μείγματος (NH₃/H₂O) για διάφορες πιέσεις

Σχετικό είναι το (σχήμα 57) που αφορά το μείγμα (LiBr/H₂O), για διάφορες θερμοκρασίες διαλύματος .



Σχήμα 57. : Διάγραμμα (h-ξ) του διμερούς μείγματος (LiBr/H₂O)

3.14. Υπολογισμός Ψυκτικής Μονάδας Απορρόφησης

Ο υπολογισμός μιας ψυκτικής μονάδας απορρόφησης γίνεται με βάση την αρχή διατήρησης της μάζας και της ενέργειας σε κάθε συσκευή που συμμετέχει στη λειτουργία της εν λόγω εγκατάστασης. Σύμφωνα με το διάγραμμα ροής της εγκατάστασης που φαίνεται στο (σχήμα 51), προκύπτει :

- Ατμογεννήτρια

$$\left. \begin{aligned} \dot{m}_{12}h_{12} + \dot{Q}_g &= \dot{m}_1h_1 + \dot{m}_7h_7 \\ \dot{m}_{12} &= \dot{m}_1 + \dot{m}_7 \end{aligned} \right| \Rightarrow q_g = \frac{\dot{Q}_g}{\dot{m}_1} = (h_1 - h_{12}) + g(h_7 - h_{12})$$

$$\text{όπου } g = \frac{\dot{m}_7}{\dot{m}_1}$$

- Συμπυκνωτής

$$\left. \begin{aligned} \dot{m}_2h_2 + \dot{Q}_c &= \dot{m}_1h_1 \\ \dot{m}_1 &= \dot{m}_2 \end{aligned} \right| \Rightarrow q_c = \frac{\dot{Q}_c}{\dot{m}_1} = h_1 - h_2$$

- Ατμοποιητής

$$\left. \begin{aligned} \dot{m}_4h_4 + \dot{Q}_e &= \dot{m}_5h_5 \\ \dot{m}_4 &= \dot{m}_5 = \dot{m}_1 \end{aligned} \right| \Rightarrow q_e = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{m}_1} = h_5 - h_4 \text{ (ψυκτική ικανότητα)}$$

- Απορροφητής

$$\left. \begin{aligned} \dot{m}_{10}h_{10} + \dot{Q}_a &= \dot{m}_6h_6 + \dot{m}_9h_9 \\ \dot{m}_{10} &= \dot{m}_6 + \dot{m}_9 \end{aligned} \right| \Rightarrow q_a = \frac{\dot{Q}_a}{\dot{m}_1} = (h_6 - h_{10}) + g(h_9 - h_{10})$$

$$\text{όπου } g = \frac{\dot{m}_9}{\dot{m}_6}$$

- Εναλλάκτης διαλύματος

$$\dot{Q}_{he} = \dot{m}_7(h_7 - h_8) = \dot{m}_{12}(h_{12} - h_{11}) \Rightarrow q_{he} = \frac{\dot{Q}_{he}}{\dot{m}_1} = g(h_7 - h_8) = (1 - g)(h_{12} - h_{11})$$

- Εναλλάκτης πρόψυξης

$$\dot{Q}_{pc} = \dot{m}_2(h_2 - h_3) = \dot{m}_5(h_6 - h_5) \Rightarrow q_{pc} = \frac{\dot{Q}_{pc}}{\dot{m}_1} = h_2 - h_3 = h_6 - h_5$$

- Αντλία

$$\left. \begin{aligned} \dot{W}_p &= \dot{m}_{10}(h_{11} + h_{10}) \\ \dot{m}_{10} &= \dot{m}_6 + \dot{m}_9 \end{aligned} \right| \Rightarrow w_g = \frac{\dot{W}_p}{\dot{m}_1} = (1 + g)(h_{11} - h_{10})$$

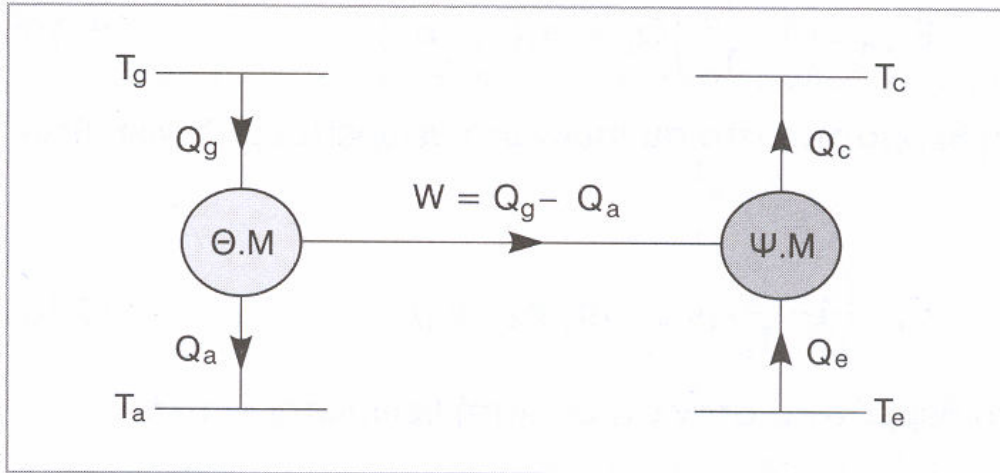
Κατόπιν αυτών , ο θεωρητικός συντελεστής συμπεριφοράς της ψυκτικής εγκατάστασης απορρόφησης είναι :

$$COP_{th} = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_g + \dot{W}_p}$$

Η ισχύς της αντλίας είναι πολύ μικρή συγκρινόμενη με τη θερμική ισχύ της ατμογεννήτριας και του ατμοποιητή και μπορεί να παραλειφθεί χωρίς καμία ουσιαστική συνέπεια .Κατόπιν αυτού προκύπτει :

$$COP_{th} = \frac{\dot{Q}_e}{\dot{Q}_g} = \frac{h_5 - h_4}{(h_1 - h_{12}) + g(h_7 - h_{12})}$$

Στην απλουστευμένη περίπτωση του κύκλου Carnot , μιας μονάδας απορρόφησης , θεωρούμε το συνδυασμό δύο κύκλων .Ένα θερμικό κύκλο Carnot που παράγει έργο W και ενός ψυκτικού κύκλου Carnot που απορροφάει έργο από αυτό . Ο μεν θερμικός κύκλος εργάζεται μεταξύ των θερμοκρασιών T_g της ατμογεννήτριας και της θερμοκρασίας T_a του απορροφητή , ο δε ψυκτικός κύκλος εργάζεται μεταξύ της θερμοκρασίας T_c του συμπυκνωτή και της θερμοκρασίας T_e του ατμοποιητή (σχήμα 58) .



Σχήμα 58. : Σχηματική διάταξη ψυκτικού κύκλου απορρόφησης

Από το Α' θερμοδυναμικό νόμο για κυκλικές διεργασίες λαμβάνουμε αντίστοιχα για τη θερμική και ψυκτική μηχανή :

$$\oint \delta Q = \oint \delta W$$

$$Q_g - Q_a = W - W_p \quad (\alpha)$$

$$Q_e - Q_c = -W$$

Από το Β θερμοδυναμικό νόμο και για αντιστρεπτές διεργασίες λαμβάνουμε για τις δύο μηχανές ,αντίστοιχα :

$$\oint \frac{\delta Q}{T} = \oint dS = 0$$

$$\frac{Q_g}{T_g} - \frac{Q_a}{T_a} = 0 \quad (\beta)$$

$$\frac{Q_e}{T_e} - \frac{Q_c}{T_c} = 0$$

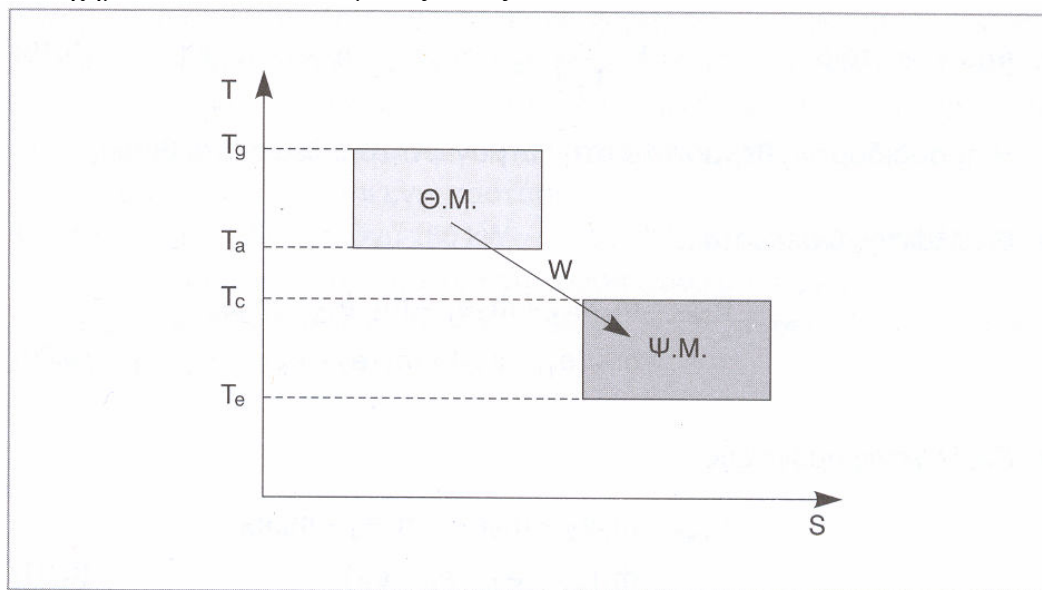
Διαιρώντας αφενός την πρώτη εξίσωση (α) με τη θερμοκρασία T_a και αφετέρου τη δεύτερη εξίσωση με T_c και συνδυάζοντας στη συνέχεια τις προκύπτουσες εξισώσεις με τις εξισώσεις (β) λαμβάνουμε :

$$\frac{Q_e}{Q_g} = \frac{T_g - T_a}{T_g} \cdot \frac{T_e}{T_c - T_e} \quad (\gamma)$$

Η εξίσωση (γ) αποτελεί και το συντελεστή συμπεριφοράς του ψυκτικού κύκλου απορρόφησης που ακολουθεί τον κύκλο Carnot .

$$COP_C = \frac{T_g - T_a}{T_g} \cdot \frac{T_e}{T_c - T_e}$$

Στο (σχήμα 58) οι δύο κύκλοι Carnot εκτελούνται σε αντίθετες φορές και επειδή δεν απαιτείται μηχανικό έργο , θα πρέπει τα εμβαδά των δύο κύκλων στο διάγραμμα (T-s) στο (σχήμα 59) να είναι ίσα μεταξύ τους .



Σχήμα 59. : Διάγραμμα (T-s) ψυκτικού κύκλου απορρόφησης που ακολουθεί τον κύκλο Carnot .

3.15. Ενεργειακή Ανάλυση Ψυκτικού Κύκλου Απορρόφησης

Λαμβάνοντας υπόψη το (σχήμα 51) και την εξίσωση (γ) που αφορά το ισοζύγιο ενέργειας ανοικτού συστήματος με σταθεροποιημένη ροή, μπορούμε να υπολογίσουμε την καταστροφή της ενέργειας για κάθε συσκευή που εμπεριέχεται στην εν λόγω ψυκτική εγκατάσταση:

- Συμπυκνωτής
$$\dot{E}_{con} = \dot{Q}_c \left(1 - \frac{T_o}{T_c}\right) + \dot{m}_1(e_1 - e_2)$$

Η απορριπτόμενη θερμότητα στο συμπυκνωτή θεωρείται μηδενική θεωρώντας $T_c = T_o$.

- Ατμοποιητής
$$\dot{E}_e = \dot{Q}_e \left(1 - \frac{T_o}{T_c}\right) + \dot{m}_1(e_4 - e_5)$$

Η απορροφούμενη θερμότητα στον ατμοποιητή θεωρείται θετική.

- Απορροφητής
$$\dot{E}_a = \dot{m}_1 e_6 - \dot{m}_7 e_9 - \dot{m}_{12} e_{10}$$

Η απορριπτόμενη θερμότητα στον απορροφητή θεωρείται μηδενική θεωρώντας $T_a = T_o$.

- Αντλία
$$\dot{E}_p = \dot{m}_{12}(e_{10} - e_{11}) - \dot{W}_p$$

Το προσφερόμενο έργο στην αντλία θεωρείται αρνητικό.

- Ατμογεννήτρια
$$\dot{E}_g = \dot{Q}_g \left(1 - \frac{T_o}{T_g}\right) + \dot{m}_{12} e_{12} - \dot{m}_1 e_1 - \dot{m}_7 e_7$$

Η προσδιδόμενη θερμότητα στην ατμογεννήτρια θεωρείται θετική.

- Εναλλάκτης διαλύματος

$$\dot{E}_{hes} = \dot{m}_{11} e_{11} + \dot{m}_7 e_7 - \dot{m}_{12} e_{12} - \dot{m}_8 e_8 = \dot{m}_{12}(e_{11} - e_{12}) + \dot{m}_7(e_7 - e_8)$$

- Εναλλάκτης πρόψυξης

$$\dot{E}_{hep} = \dot{m}_2 e_2 + \dot{m}_5 e_5 - \dot{m}_3 e_3 - \dot{m}_6 e_6 = \dot{m}_1(e_2 - e_3 + e_5 - e_6)$$

Επομένως, η συνολική καταστροφή της ενέργειας στον ψυκτικό κύκλο είναι το άθροισμα της καταστροφής της ενέργειας σε κάθε επιμέρους συσκευή:

$$\dot{E}_{tot} = \dot{E}_{con} + \dot{E}_e + \dot{E}_a + \dot{E}_p + \dot{E}_g + \dot{E}_{hes} + \dot{E}_{hep}$$

Η καταστροφή της ενέργειας στις εκτονωτικές βαλβίδες είναι αμελητέα.

Η δε ενεργειακή απόδοση του κύκλου εκφράζεται με το λόγο:

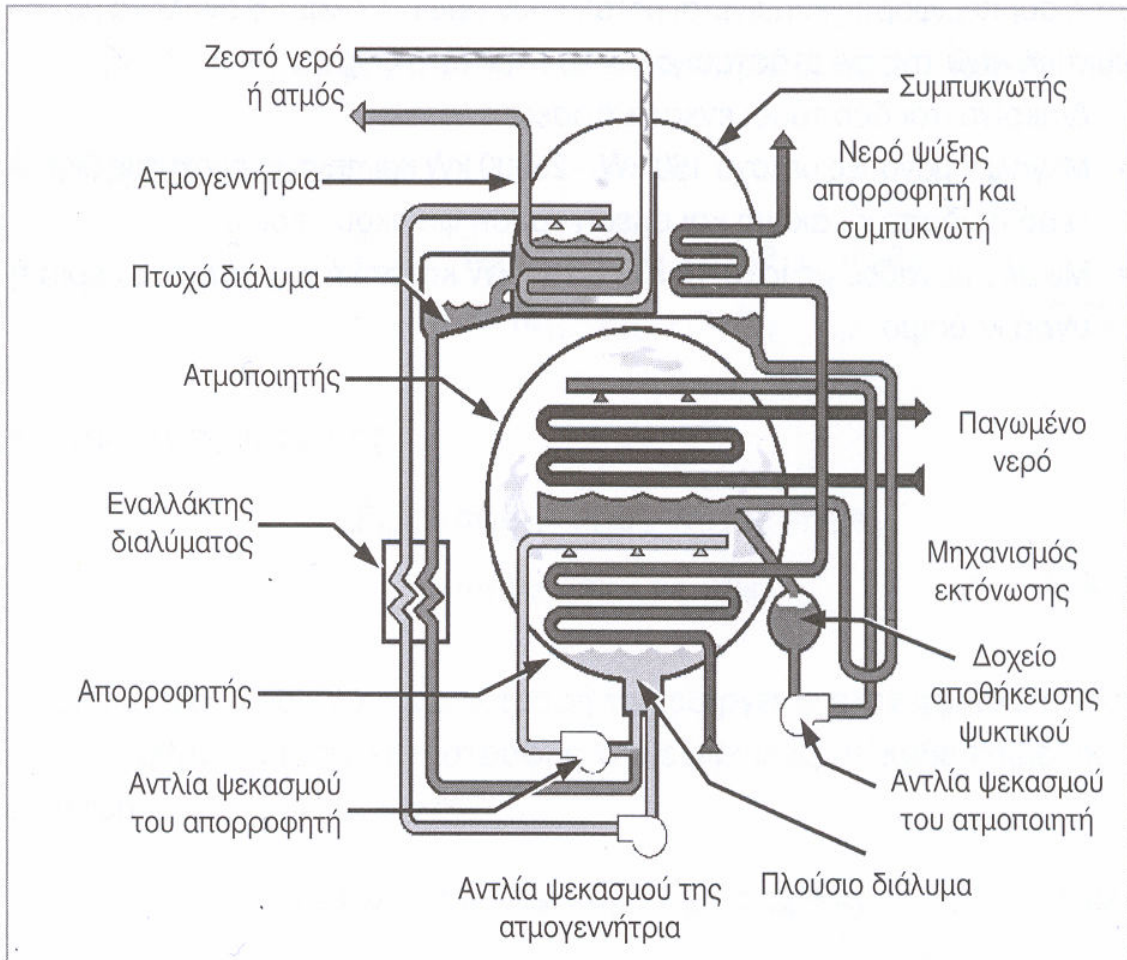
$$\varepsilon = \frac{\left(1 - \frac{T_o}{T_e}\right) \dot{Q}_e}{\left(1 - \frac{T_o}{T_g}\right) \dot{Q}_g + \dot{W}_p}$$

Τα μεταφερόμενα ποσά θερμότητας καθώς και το έργο της αντλίας που προσδίδονται παραπάνω, πάντα με τη μορφή ρυθμών. Διαφέρει επομένως εννοιολογικά από τον αντίστοιχο COP και είναι μικρότερος από αυτόν.

3.16. Ψυκτική Μονάδα Απορρόφησης με (LiBr/H₂O)

Λόγω του θερμοκρασιακού περιορισμού των 4°C στις μονάδες απορρόφησης με (LiBr/H₂O) , όπως αναφέρθηκε παραπάνω ,οι εγκαταστάσεις του είδους αυτού χρησιμοποιούνται αποκλειστικά στον κλιματισμό .Ο συντελεστής συμπεριφοράς κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,7 και 1,6 ανάλογα με την ψυκτική ισχύ της εγκατάστασης και το εκάστοτε φορτίο .

Στο (σχήμα 60) φαίνεται ο κύκλος λειτουργίας του ψυκτικού κύκλου απορρόφησης .

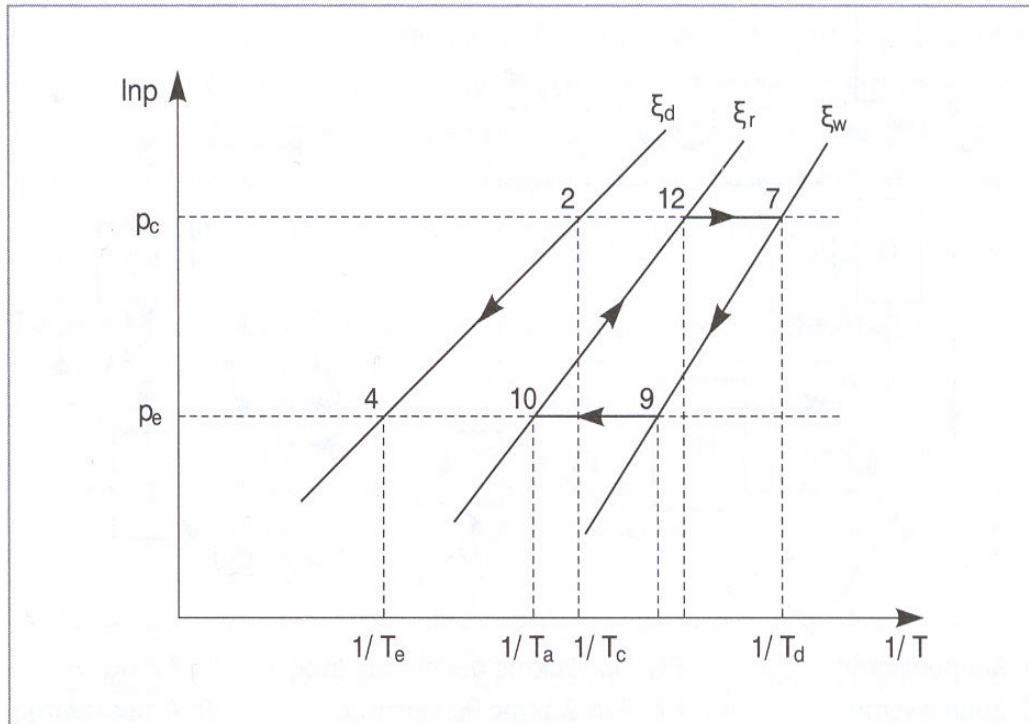


Σχήμα 60. : Διάγραμμα ροής ψυκτικής μονάδας απορρόφησης δύο κελυφών με (LiBr/H₂O) της εταιρίας TRANE .

3.17. Ψυκτική Μονάδα Απορρόφησης με (NH₃/H₂O)

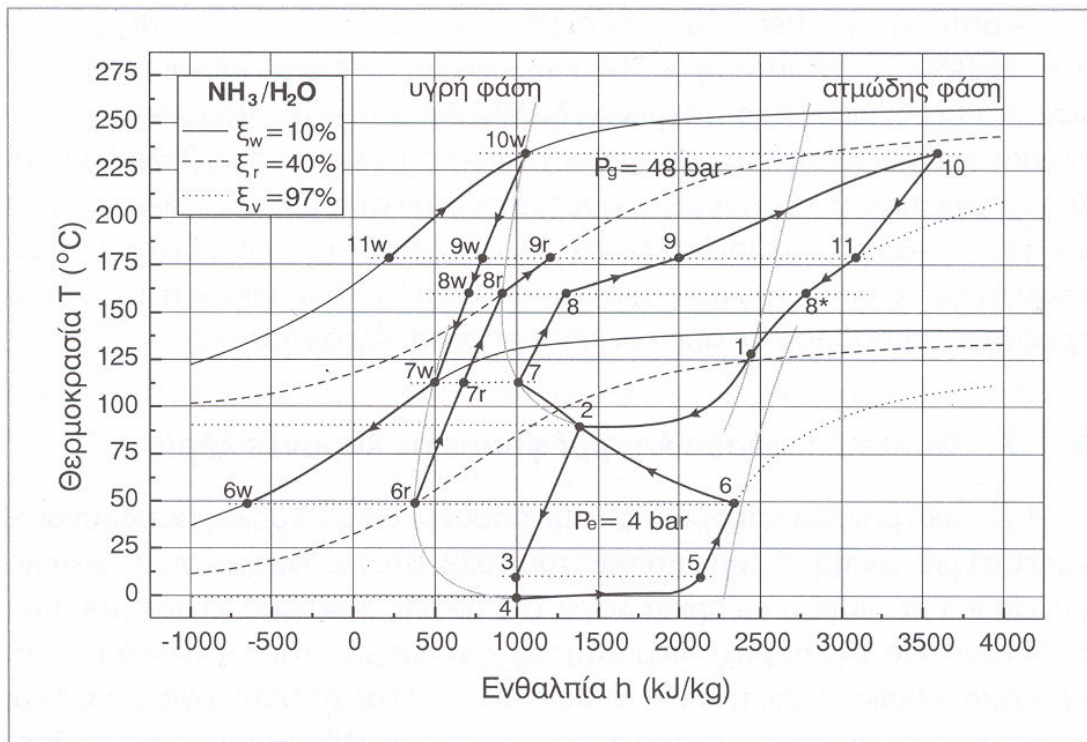
Οι ψυκτικές μονάδες απορρόφησης με διάλυμα (NH₃/H₂O) είναι ψυκτικές μονάδες μεγάλης ισχύος και χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις, μια και έχουν δυνατότητα επίτευξης πολύ χαμηλών θερμοκρασιών που φθάνουν μέχρι και τους -70°C.

Μια υποτυπώδης απεικόνιση του ψυκτικού κύκλου απορρόφησης με διάλυμα (NH₃/H₂O) παρουσιάζεται στο παρακάτω διάγραμμα (p,1/T) (σχήμα 61).

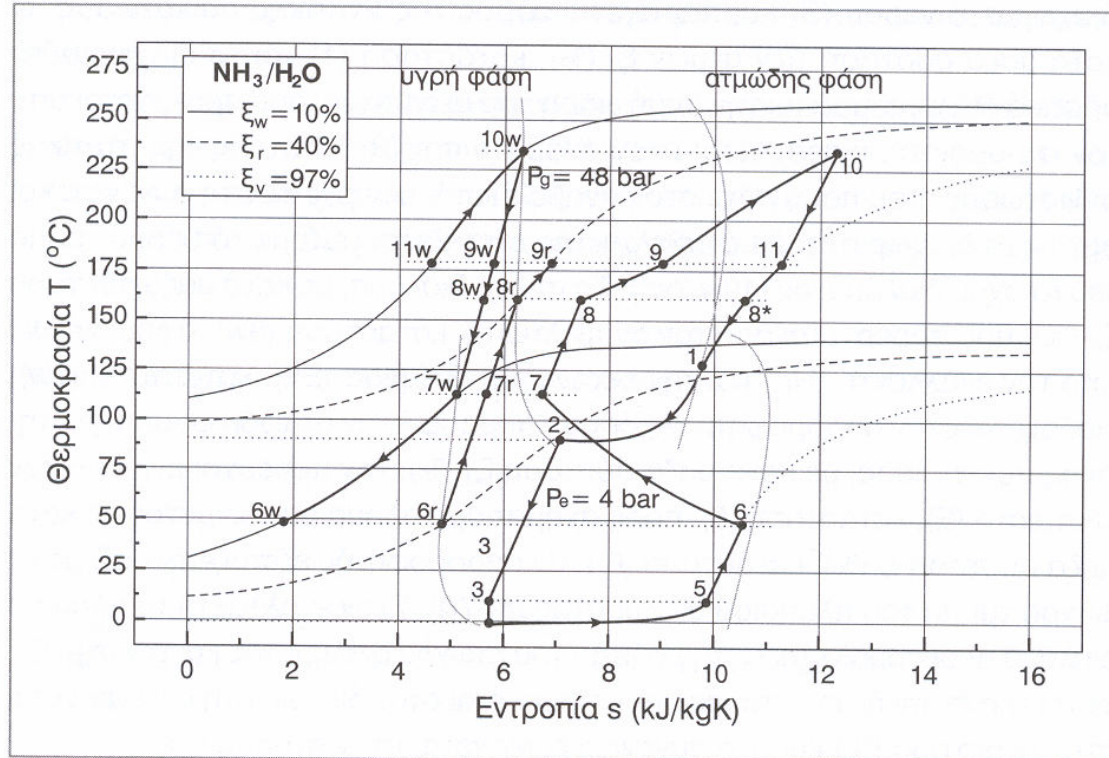


Σχήμα 61. : Διάγραμμα (p-1/T) του μείγματος (NH₃/H₂O)

Τα τελευταία χρόνια έχουν δημοσιευθεί και διαγράμματα θερμοκρασίας – ενθαλπίας (t-h) και θερμοκρασίας –εντροπίας (t-s) για κύκλους απορρόφησης (NH₃/H₂O) (σχήμα 62-σχήμα 63) από τους καθηγητές Δ.Κουρεμένο και Ε.Ρογδάκη .



Σχήμα 62. : Διάγραμμα (t-h) Ψυκτικού κύκλου απορρόφησης (NH₃/H₂O)



Σχήμα 63. : Διάγραμμα (t-s) Ψυκτικού κύκλου απορρόφησης (NH₃/H₂O)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1. Εξοικείωση με την Ορολογία

Φωτοβολταϊκό φαινόμενο: ονομάζεται η άμεση μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση (photovoltaic-PV) .

Φωτοβολταϊκό στοιχείο : Η ηλεκτρονική διάταξη που παράγει ηλεκτρική ενέργεια όταν δέχεται ακτινοβολία .Λέγεται ακόμη φωτοβολταϊκό κύτταρο η φωτοβολταϊκή κυψέλη (PV-cell) ή φωτοστοιχείο .

Φωτοβολταϊκό πλαίσιο : Ένα σύνολο φωτοβολταϊκών πλαισίων που είναι ηλεκτρονικά συνδεδεμένα .Αποτελεί σημαντική μονάδα της φωτοβολταϊκής γεννήτριας (PV-module) .

Φωτοβολταϊκή συστοιχία : Μια ομάδα από φωτοβολταϊκά πλαίσια με ηλεκτρική αλληλοσύνδεση ,τοποθετημένα συνήθως σε κοινή κατασκευή στήριξης (PV-array) .

Φωτοβολταϊκή γεννήτρια : Το τμήμα μιας φωτοβολταϊκής εγκατάστασης που αποτελείται από φωτοβολταϊκά στοιχεία και παράγει συνεχές ρεύμα (PV-generator) .

Αντιστροφέας (inverter) : Ηλεκτρονική συσκευή που μετατρέπει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο .

4.2. Ιστορική Αναδρομή

Είναι ιδιαίτερα φανερό πως σήμερα γίνεται μια ιδιαίτερη προσπάθεια στον τομέα των Φωτοβολταϊκών και των διάφορων τεχνολογιών υποστήριξής τους .

Το **φωτοβολταϊκό φαινόμενο** ανακαλύφθηκε από τον Γάλλο Φυσικό Alexandre Edmond Becquerel το 1839 , ο οποίος ανακάλυψε ότι μπορεί να παραχθεί ηλεκτρικό ρεύμα όταν συγκεκριμένες κατασκευές εκτεθούν στο φως. Οι Αμερικάνοι Adams και Day το 1876 χρησιμοποιώντας έναν κρύσταλλο σεληνίου είχαν κάνει επίδειξη αυτού του φαινομένου. Η απόδοση σε αυτή την περίπτωση ήταν μόνο 1%. Το 1905 ο Albert Einstein διατύπωσε την εξήγηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου (υπόθεση του φωτονίου). Το 1949 οι Αμερικάνοι Shockley, Bardeen και Brattain ανακάλυψαν το τρανζίστορ διευκρινίζοντας τη φυσική των p και n ενώσεων των ημιαγωγικών υλικών. Το πρώτο φωτοβολταϊκό κύτταρο με απόδοση κοντά στο 6% κατασκευάστηκε το 1956 , ενώ αργότερα κατασκευάστηκε το φωτοβολταϊκό κύτταρο από πυρίτιο , το οποίο λειτουργούσε με απόδοση του 10%.

Η γρήγορη ανάπτυξη της τεχνολογίας στην εξερεύνηση του διαστήματος διάνοιξε εξαιρετικές προοπτικές για την χρήση φωτοβολταϊκών κυττάρων. Το 1958, 108 ηλιακά κύτταρα είχαν σταλεί στο διάστημα για δοκιμή. Η σύνδεση σε σειρά άρχισε αργότερα σε μικρότερο αριθμό. Το 1970 η ετήσια παραγωγή φωτοβολταϊκών πλαισίων για διαστημικές εφαρμογές ήταν 500 m². Η επίγεια χρήση ξεκίνησε στα μέσα της δεκαετίας του '70, παίρνοντας δυναμική από την πετρελαϊκή κρίση του 1973-74 και δίνοντας ερεθίσματα για την εκπόνηση πληθώρας ερευνητικών μελετών.

Η προσπάθεια της επιστημονικής κοινότητας ήταν να μειωθεί το κόστος των φωτοβολταϊκών πλαισίων, με την εύρεση νέων φθηνότερων υλικών.

Σήμερα τα φωτοβολταϊκά έχουν γίνει κομμάτι της καθημερινής μας ζωής. Το φάσμα των εφαρμογών τους κυμαίνεται από μικρής κλίμακας συστήματα σε ρολόγια και υπολογιστές τσέπης , μέχρι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος και ισχύος. Η απόδοση τους κυμαίνεται από 12% ως 18% σε συγκεκριμένες συνθήκες αναφοράς.

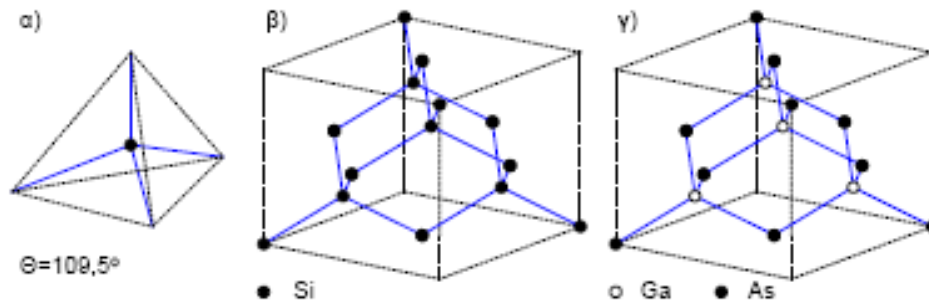
4.3. Η Αρχή Λειτουργίας

Ένα φωτοβολταϊκό κύτταρο από πυρίτιο είναι κατασκευασμένο από μία ειδική ημιαγωγική δίοδο (φωτοδίοδο), στην οποία παρατηρούμε μια ροή ηλεκτρικών φορέων όταν αυτό δεχθεί φως. Όταν το φως χτυπήσει το κύτταρο , τότε τα φωτόνια απορροφούνται από τα ηλεκτρόνια του πυριτίου. Η ενέργεια των φωτονίων διεγείρει τα ηλεκτρόνια σε μια υψηλότερη ενεργειακή στάθμη , οπότε αυτά κινούνται αφήνοντας πίσω τους μία οπή. Έτσι λοιπόν τα απορροφούμενα φωτόνια δημιουργούν ζεύγη ηλεκτρονίων – οπών.

Το ηλεκτρικό πεδίο διαχωρίζει τα ηλεκτρόνια από τις οπές και η διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται κυμαίνεται μεταξύ 0.5-0.6 Volts. Η ύπαρξη των ηλεκτρικών φορέων και της διαφοράς δυναμικού δημιουργούν ένα ρεύμα το οποίο μπορεί να διαρρέει ένα εξωτερικό κλειστό κύκλωμα.

4.4. Δομή και Βασική Θεωρία Ημιαγωγών

Οι φωτοβολταϊκές κυψέλες κατασκευάζονται από ημιαγωγούς που αποτελούν σώματα με ενδιάμεση ηλεκτρική αγωγιμότητα, μεταξύ αγωγών (μέταλλα) και μονωτών (πολυμερή, κεραμικά υλικά). Οι κυριότεροι ημιαγωγοί είναι τετρασθενή στοιχεία, όπως το πυρίτιο (Si) και το γερμάνιο (Ge) ή ακόμα και χημικές ενώσεις με τετραεδρική δομή (εικόνα 1), όπως το αρσενιούχο γάλλιο και το θειούχο κάδμιο.

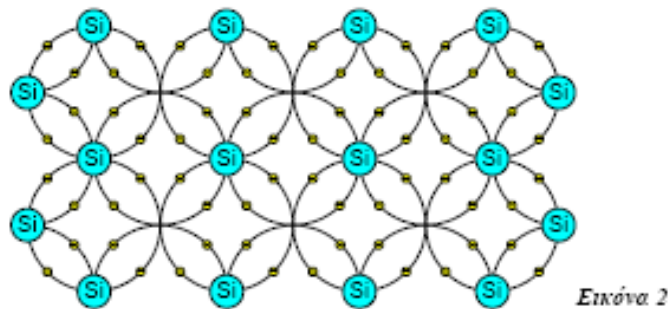


α) Η κρυσταλλική δομή των κυριότερων ημιαγωγών είναι τετραεδρική, δηλαδή τα γειτονικά άτομα βρίσκονται σε θέσεις του κρυσταλλικού πλέγματος που αντιστοιχούν στο κέντρο και στις κορυφές ενός κανονικού τετραέδρου.

β) Στους στοιχειακούς αγωγούς (π.χ. Si) όλα τα άτομα του πλέγματος είναι ίδια.

γ) Στις ημιαγώγιμες χημικές ενώσεις (π.χ. Si) τα άτομα που βρίσκονται σε γειτονικές θέσεις είναι διαφορετικά.

Συγκεκριμένα το πυρίτιο αποτελεί τον πιο διαδεδομένο τύπο ημιαγωγού στοιχείου, καθώς η χρήση του έχει επικρατήσει σχεδόν στο σύνολο των ηλεκτρονικών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων και των φωτοβολταϊκών. Όπως φαίνεται από την επίπεδη απεικόνιση του πλέγματος του πυριτίου (εικόνα 2), κάθε άτομο πυριτίου είναι ενωμένο με 4 γειτονικά άτομα με ομοιοπολικούς δεσμούς. (Στο πλέγμα τα ηλεκτρόνια σθένους αλλάζουν συνεχώς θέσεις μεταξύ τους κινούμενα από και προς τους γειτονικούς δεσμούς του Si.)



Επομένως όλα τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων πυριτίου είναι δεσμευμένα στους ομοιοπολικούς δεσμούς, με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν ελεύθεροι φορείς του ηλεκτρικού ρεύματος και το σώμα να μη διαθέτει ηλεκτρική αγωγιμότητα. Αυτό συμβαίνει όμως μόνο στην περίπτωση που ο ημιαγωγός βρίσκεται στη θεμελιώδη ενεργειακή κατάσταση, δηλαδή στην κατάσταση εκείνη όπου το ενεργειακό του περιεχόμενο είναι πολύ χαμηλό (θερμοκρασιακή περιοχή απολύτου μηδενός). Στην κατάσταση αυτή οι ημιαγωγοί συμπεριφέρονται σαν μονωτές.

Όταν όμως οι ημιαγωγοί απορροφήσουν κάποιο ποσό ενέργειας, μέσω θερμότητας ή ακτινοβολίας, τότε διαταράσσονται οι ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ ατόμων πυριτίου. Έτσι σε συνηθισμένες θερμοκρασίες περιβάλλοντος, η θερμική ενέργεια που παρέχεται στο σώμα και κατανέμεται στα άτομά του προκαλεί την απελευθέρωση πολλών ηλεκτρονίων από τους ομοιοπολικούς δεσμούς.

Αναλυτικότερα, η συνεχής ανακατανομή της θερμικής ενέργειας από το ένα άτομο στο άλλο, είναι δυνατό να προκαλέσει, στιγμιαία και σε τυχαίες θέσεις, τη διέγερση δεσμευμένων ηλεκτρονίων (στην κρυσταλλική δομή του πυριτίου), με αποτέλεσμα αυτά να απελευθερωθούν και να αρχίσουν να κινούνται ελεύθερα.

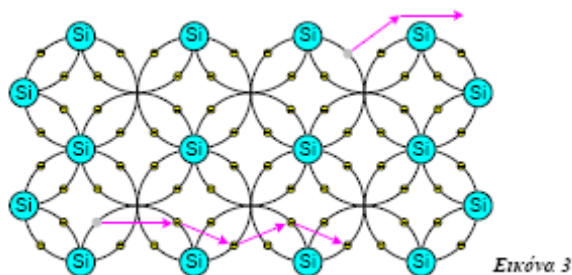
Τα ελεύθερα αυτά ηλεκτρόνια απομακρύνονται από την περιοχή του δεσμού τους, χάρη στην κινητική ενέργεια που απέκτησαν από τη θερμότητα. Κατά συνέπεια ο ημιαγωγός διαθέτει πλέον ευκίνητους φορείς ηλεκτρισμού, οι οποίοι και του προσδίδουν αξιόλογη ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η το ποσό της ελάχιστης απαιτούμενης ενέργειας για την απελευθέρωση ενός ηλεκτρονίου σθένους από το δεσμό στον οποίο ανήκει είναι συγκεκριμένο και ισούται με το ενεργειακό διάκενο E_g του ημιαγωγού. Ως ενεργειακό διάκενο ορίζεται η ενεργειακή διαφορά μεταξύ των εξής δυο ζωνών:

- της ζώνης αγωγιμότητας η οποία περικλείει τις ενέργειες των ελεύθερων ηλεκτρονίων που είναι υπεύθυνες για την ύπαρξη ηλεκτρικού ρεύματος στον ημιαγωγό, και
- της ζώνης σθένους, η οποία και περικλείει τις διάφορες ενεργειακές στάθμες των ατόμων των ημιαγωγικών στοιχείων.

Η απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από κάποιο δεσμό δεν συνεπάγεται την καταστροφή του κρυσταλλικού πλέγματος (όπως φαίνεται και στην εικόνα 3), καθώς τα άτομα των οποίων έσπασε ο δεσμός εξακολουθούν να συνδέονται με τα γειτονικά τους άτομα με τρεις άθικτους δεσμούς καθώς και μεταξύ τους με έναν ατελή δεσμό ενός ηλεκτρονίου.

Οι τρεις και ο ήμισυ δεσμός είναι ικανοί να συγκρατήσουν σε συνοχή τον κρύσταλλο και μετά την απελευθέρωση του ηλεκτρονίου. Άλλωστε έχει αποδειχθεί ότι το πλήθος των ελεύθερων ηλεκτρονίων, δηλαδή το πλήθος των διασπασμένων δεσμών των σωμάτων που μας ενδιαφέρουν, είναι ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνόλου των δεσμών των ατόμων του κρυσταλλικού πλέγματος.



Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια (e) περιφέρονται άτακτα στο κρυσταλλικό σώμα, ανάμεσα στα άτομα και τους δεσμούς τους. Αυτό συμβαίνει για όσο χρονικό διάστημα διατηρούν την αυξημένη τους ενέργεια. Όταν η ενέργεια τους μειωθεί σημαντικά, δεσμεύονται στην κενή θέση κάποιου ατελούς δεσμού, που μπορεί να συναντήσουν στον δρόμο τους και παύουν να είναι ελεύθερα.

Ο ατελής δεσμός στον οποίο θα επιστρέψουν τα ηλεκτρόνια δεν είναι απαραίτητο να αντιστοιχεί σε εκείνον από τον οποίο έφυγαν. Όσο χρονικό διάστημα τα ηλεκτρόνια αυτά είναι ελεύθερα, συμβάλλουν στην αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του σώματος, για αυτό και ονομάζονται ηλεκτρόνια αγωγιμότητας.

Οι κενές ηλεκτρονικές θέσεις των χημικών δεσμών, που ονομάζονται οπές (h), λειτουργούν σαν παγίδες δέσμευσης για όσα ηλεκτρόνια έχουν χαμηλό ενεργειακό περιεχόμενο. Αλλά ακόμη και αν δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια στην περιοχή γύρω από την οπή, δεν σημαίνει ότι η κενή θέση μένει αμετακίνητη, καθώς μπορεί να προσελκύσει κάποιο ηλεκτρόνιο σθένους γειτονικού δεσμού.

Τότε το ηλεκτρόνιο αυτό αποδεσμεύεται από τον δεσμό που άνηκε, δημιουργώντας ταυτόχρονα μια κενή θέση, και συμπληρώνει την κενή θέση της γειτονικής οπής (εικόνα 3).

Η μετατόπιση της οπής μπορεί να εξακολουθεί να πραγματοποιείται, εκτός εάν κάποια στιγμή δεσμευθεί από αυτή ένα ελεύθερο ηλεκτρόνιο. Τότε η οπή εξαφανίζεται, και ο ομοιοπολικός δεσμός γίνεται πλήρης.

Οι οπές διαγράφουν και αυτές μια άτακτη κίνηση στο σώμα, από ένα δεσμό στον άλλο, αφού είναι τυχαία η κατεύθυνση από την οποία θα έρθει το γειτονικό ηλεκτρόνιο που θα συμπληρώνει τον ατελή δεσμό. Όταν όμως επιβάλλεται εξωτερικό πεδίο, το ηλεκτρόνιο θα προσέλθει από την κατεύθυνση που ευνοείται ενεργειακά. Τότε η κίνηση των οπών είναι προσανατολισμένη και αντίθετη αυτής των ηλεκτρονίων που κατευθύνονται προς υψηλότερα δυναμικά.

Παρατηρούμε δηλαδή ότι στους ημιαγωγούς εκδηλώνονται δύο μηχανισμοί: η απελευθέρωση των ηλεκτρονίων από τους δεσμούς, με ταυτόχρονη δέσμευση ελεύθερων ηλεκτρονίων στις οπές. Η συγκέντρωση (πλήθος φορέων ανά μονάδα όγκου) των ελεύθερων ηλεκτρονίων ή των οπών ενός ημιαγωγού παραμένει αμετάβλητη και εξαρτάται μόνο από το υλικό και την θερμοκρασία του. Όσο ασθενέστεροι είναι οι δεσμοί μέσα στο υλικό και όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία του, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η συγκέντρωση των φορέων του, δηλαδή των ηλεκτρονίων και των οπών του.

4.5. Ένωση p-n - Δίοδος Ημιαγωγών

Όπως προαναφέρθηκε, χαρακτηριστική ιδιότητα των ημιαγωγών ενός στοιχείου είναι η εξίσωση της συγκέντρωσης των ελεύθερων ηλεκτρονίων (e) και της συγκέντρωσης των οπών (h).

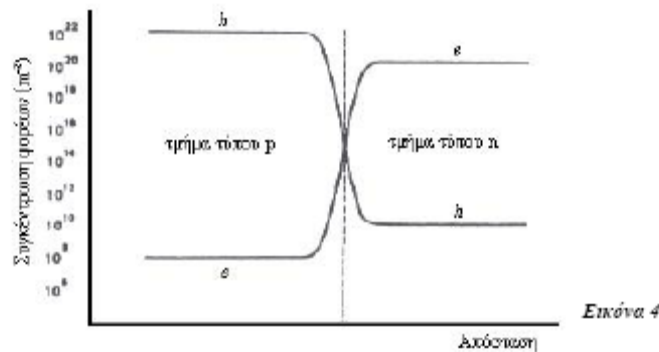
Όμως σε ημιαγωγούς προσμίξεων η συγκέντρωση του ενός είδους φορέων (φορείς πλειονότητας) είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερη από αυτήν του άλλου είδους (φορείς μειονότητας), με αποτέλεσμα η συμβολή των φορέων μειονότητας στην αγωγιμότητα, συνήθως, να θεωρείται αμελητέα. Όταν οι φορείς πλειονότητας είναι ηλεκτρόνια τότε ο ημιαγωγός χαρακτηρίζεται ως τύπου “n”. Αντίθετα, όταν οι φορείς πλειονότητας είναι οπές τότε ο ημιαγωγός χαρακτηρίζεται ως τύπου “p”.

Ο θεμέλιος λίθος όλων των ημιαγωγών διατάξεων είναι η ένωση p-n. Αυτή η ένωση σχηματίζεται όταν έρθουν σε επαφή ένα τεμάχιο ημιαγωγικού τύπου p με ένα τεμάχιο ημιαγωγικού τύπου n. Εκείνη τη χρονική στιγμή, ένα μέρος από τις οπές του

τεμαχίου τύπου p διαχέεται προς το τεμάχιο τύπου n, όπου οι οπές είναι λιγότερες και συγχρόνως ένα μέρος από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια του τεμαχίου n διαχέεται προς το τεμάχιο τύπου p, όπου τα ελεύθερα ηλεκτρόνια είναι λιγότερα. Η ανάμιξη αυτή των φορέων και η αύξηση της συγκέντρωσης των φορέων μειονότητας στις περιοχές

κοντά στη διαχωριστική επιφάνεια των τεμαχίων τύπου p και n, ανατρέπουν την αρχική κατάσταση.

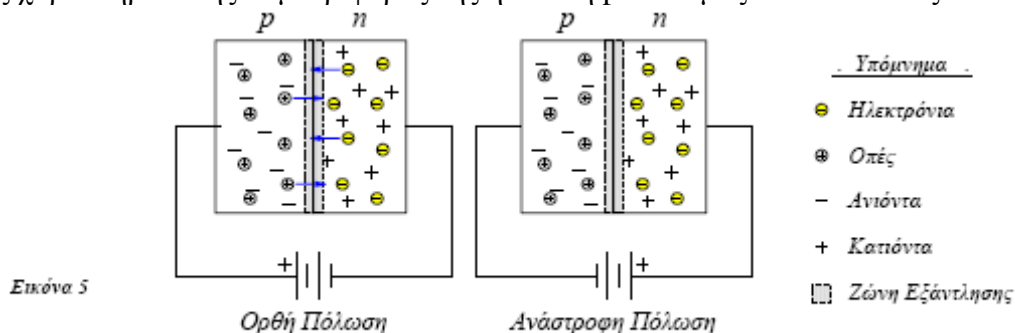
Η περιοχή μεταξύ του ημιαγωγού τύπου p και του ημιαγωγού τύπου n, καλείται ζώνη εξάντλησης. Η ζώνη αυτή αποτελεί την δίοδο διέλευσης των οπών και των ηλεκτρονίων από τον ένα ημιαγωγό στον άλλο. Μετά από ένα χρονικό διάστημα και αφού έχουν ολοκληρωθεί οι αντίστοιχες μετατοπίσεις (ροές) φορέων, επέρχεται μια κατάσταση ισορροπίας όπου οι συγκεντρώσεις των οπών και των ηλεκτρονίων έχουν σταθεροποιηθεί όπως φαίνεται στην εικόνα 4.



Σε αντίθεση με τους ευκίνητους φορές των ημιαγωγών (ελεύθερα ηλεκτρόνια και οπές) που τείνουν να διαχέονται προς τις περιοχές με τη μικρότερη συγκέντρωσή τους, η συγκέντρωση των αρνητικών ιόντων στα οποία μετατράπηκαν οι αποδέκτες του τμήματος τύπου p και η συγκέντρωση των θετικών ιόντων στα οποία μετατράπηκαν οι δότες στο τμήμα τύπου n, παραμένουν αμετάβλητες, αφού τα ιόντα μένουν ακίνητα στο σώμα.

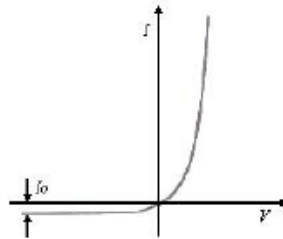
Έτσι το υλικό χάνει τοπικά την ηλεκτρική του ουδετερότητα και οι πλευρές της ένωσης φορτίζονται με αντίθετα ηλεκτρικά φορτία, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται μια διαφορά δυναμικού (συνήθως 0.6-0.8 Volts), της οποίας το ηλεκτροστατικό πεδίο εμποδίζει την παραπέρα διάχυση των φορέων προς το απέναντι τμήμα της ένωσης.

Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι ότι η ένωση p-n, παρουσιάζει εντελώς διαφορετική συμπεριφορά στην ροή του ηλεκτρικού ρεύματος, ανάλογα με την φορά αυτού και άρα ανάλογα με την τάση που της επιβάλλεται εξωτερικά. Εξαιτίας αυτής της χαρακτηριστικής συμπεριφοράς της η ένωση p-n ονομάζεται και δίοδος.



Υπάρχουν δύο τρόποι επιβολής τάσεως σε μια ένωση p-n (δίοδο). Όταν εφαρμόσουμε τον θετικό πόλο της πηγής στον ημιαγωγό τύπου p και τον αρνητικό στον ημιαγωγό τύπου n, τότε η δίοδος είναι ορθά πολωμένη, οπότε και συμπεριφέρεται σαν κλειστός διακόπτης, ενώ όταν ο θετικός πόλος της πηγής εφαρμοστεί στον ημιαγωγό τύπου n και ο αρνητικός στον p ημιαγωγό, τότε η δίοδος όντας ανάστροφα πολωμένη λειτουργεί σαν ανοιχτός διακόπτης (εικόνα 5).

Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, αποτελούν διόδους που λειτουργούν σε συνθήκες ορθής πόλωσης. Στην εικόνα 6 φαίνεται η χαρακτηριστική καμπύλη μιας διόδου p-n.



Εικόνα 6

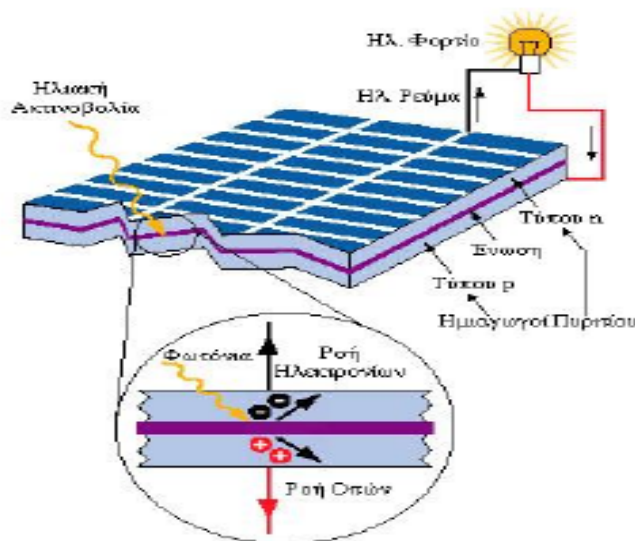
4.6. Φωτοβολταϊκά Φαινόμενα Ημιαγωγών

Όπως προαναφέρθηκε, τα φωτοβολταϊκά κύτταρα αποτελούν διόδους ημιαγωγικών ενώσεων τύπου p-n με τη μορφή επίπεδης πλάκας. Κάθε φωτόνιο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας με ενέργεια ίση ή μεγαλύτερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, έχει την δυνατότητα να απορροφηθεί σε ένα χημικό δεσμό και να ελευθερώσει ένα ηλεκτρόνιο. Όσο διαρκεί η ακτινοβολία, δημιουργείται περίσσια φορέων (ελεύθερων ηλεκτρονίων και οπών).

Οι φορείς αυτοί, καθώς κυκλοφορούν στο στερεό (και εφόσον δεν επανασυνδεθούν με φορείς αντίθετου προσήμου) δέχονται την επίδραση του ενσωματωμένου ηλεκτροστατικού πεδίου της ένωσης p-n. Εξαιτίας αυτού τα ελεύθερα ηλεκτρόνια εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου n και οι οπές εκτρέπονται προς το τμήμα τύπου p, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες των δύο τμημάτων της διόδου.

Αν στους ακροδέκτες αυτούς συνδεθεί κατάλληλο ηλεκτρικό φορτίο παρατηρείται ροή ηλεκτρικού ρεύματος και ισχύος από τη φωτοβολταϊκή διάταξη προς το φορτίο.

Συμπερασματικά η όλη διάταξη αποτελεί μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος που διατηρείται για όσο χρονικό διάστημα διαρκεί η πρόσπτωση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του φωτοβολταϊκού κύτταρου.



Εικόνα 7

Η εκδήλωση της διαφοράς δυναμικού ανάμεσα στους δύο ακροδέκτες της παραπάνω διάταξης, η οποία αντιστοιχεί σε ορθή πόλωση της διόδου, ονομάζεται φωτοβολταϊκό φαινόμενο, ο μηχανισμός εκδήλωσης του οποίου παρουσιάζεται σχηματικά στην εικόνα 7. Στην πρακτική εκμετάλλευση του φαινομένου αυτού, στηρίζεται η λειτουργία του συνόλου των φωτοβολταϊκών διατάξεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

4.7. Παράγοντες Επίδρασης στην Απόδοση της Φ/Β Μετατροπής

Στα φωτοβολταϊκά στοιχεία δεν είναι η δυνατή η μετατροπή ολόκληρης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια. Ένα μέρος αυτής ανακλάται πάνω στην επιφάνεια του στοιχείου και διαχέεται πάλι προς το περιβάλλον. Από την ακτινοβολία που διεισδύει στον ημιαγωγό, εκείνη η ποσότητα η οποία αποτελείται από φωτόνια, των οποίων η ενέργεια είναι μικρότερη από το ενεργειακό διάκενο του ημιαγωγού, δεν μπορεί να απορροφηθεί.

Για τα φωτόνια αυτά ο ημιαγωγός συμπεριφέρεται σαν διαφανές σώμα. Έτσι η ακτινοβολία αυτή περνά το ημιαγωγικό υλικό του στοιχείου και απορροφάται στο μεταλλικό ηλεκτρόδιο, που βρίσκεται στο πίσω μέρος της κυψέλης, με αποτέλεσμα να το θερμαίνει. Αλλά και από την ακτινοβολία που τελικά απορροφά ο ημιαγωγός, μόνο εκείνο το μέρος των φωτονίων των οποίων το ενεργειακό περιεχόμενο είναι ταυτόσημο με αυτό του διακένου, μας βοηθά.

Το υπόλοιπο δεν χάνεται, αλλά μεταφέρεται με την μορφή της κινητικής ενέργειας στο ηλεκτρόνιο το οποίο ελευθερώθηκε από τον δεσμό και τελικά και αυτό μετατρέπεται σε θερμότητα. Όμως η ανάπτυξη μεγάλης θερμοκρασίας στο εσωτερικό των φωτοβολταϊκών στοιχείων, οδηγεί σε μείωση της απόδοσης του συστήματος. Έχει αποδειχτεί ότι η ροή της ακτινοβολίας στο εσωτερικό των κυψελών ακολουθεί εκθετική μορφή σε σχέση με την απόσταση που διανύει αυτή μέσα στην κυψέλη, γεγονός που συνδέεται με την επίδραση του πάχους των ημιαγωγικών τμημάτων.

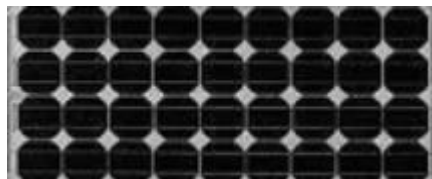
Όταν ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο δέχεται ακτινοβολία, διεγείρεται παράγοντας ηλεκτρικό ρεύμα, το οποίο καλείτε φωτόρευμα I_{ph} και του οποίου η τιμή θα είναι ανάλογη προς τα ενεργά φωτόνια που απορροφά το στοιχείο. Το φωτόρευμα είναι ανάλογο της φασματικής απόκρισης ως συνάρτηση του μήκους κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, γεγονός που αποδεικνύει την εξάρτηση της απόδοσης του φωτοβολταϊκού στοιχείου, από την ποιότητα της ηλιακής ακτινοβολίας.

4.8. Βασικότερες Τεχνολογίες Φ/Β .

Οι βασικότερες τεχνολογίες παραγωγής φωτοβολταϊκών στοιχείων που κυρίως χρησιμοποιούνται σήμερα είναι οι ακόλουθες:

◆ Μονοκρυσταλλικού πυριτίου

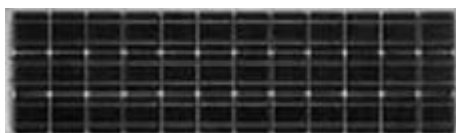
Είναι τα πιο διαδεδομένα στην αγορά και κατασκευάζονται σε κυλίνδρους ανεπτυγμένου πυριτίου. Οι κύλινδροι αυτοί κόβονται σε λεπτές φέτες , γνωστές ως wafers , με πάχος μόλις 200μm.Ο βαθμός απόδοσης τους στα εργαστήρια φθάνει το 24% , ενώ στο εμπόριο αγγίζει το 15%.



Φωτοβολταϊκή γεννήτρια μονοκρυσταλλικού πυριτίου

◆ Πολυκρυσταλλικού πυριτίου

Κατασκευάζονται από χυτό πυρίτιο .Έχουν βαθμό απόδοσης γύρω στο 15%. Τα φωτοβολταϊκά στοιχεία γαλλίου - αρσενίου διακρίνονται για τον υψηλό βαθμό απόδοσης τους, γι' αυτό χρησιμοποιούνται κατά κόρον στις διαστημικές εφαρμογές και στα συστήματα εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας. Η απόδοσή τους αγγίζει το 25%, όταν δέχονται την άμεση ηλιακή ακτινοβολία και στο 28% όταν δέχονται και την διάχυτη ακτινοβολία. Σε ερευνητικό στάδιο ο βαθμός απόδοσης των φωτοβολταϊκών στοιχείων GaAs έχει ξεπεράσει το 30%.



Φωτοβολταϊκή γεννήτρια πολυκρυσταλλικού πυριτίου

◆ Άμορφου πυριτίου (a-Si)

Τα φωτοβολταϊκά αυτά στοιχεία κατασκευάζονται από άμορφο πυρίτιο. Διακρίνονται από την πολύ μικρή κατανάλωση πυριτίου κατά την κατασκευή τους, ενώ ευκολότερες είναι και οι κατασκευαστικές διαδικασίες με αποτέλεσμα το κόστος τους να είναι πολύ μικρότερο.

Το κυριότερο μειονέκτημα τους είναι η πολύ χαμηλή τους απόδοση που δεν ξεπερνά το 10%. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε ηλιακά ρολόγια και σε αριθμητικούς υπολογιστές. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η χρήση της τεχνολογίας άμορφου πυριτίου σε μεγάλα κτήρια , γνωστά και ως Κτηριακά Ολοκληρωμένα φ/β στοιχεία (BIPVs - Building Integrated Photovoltaics), όπου αντικαθιστούν τα τζάμια (μετά από επεξεργασία για την αύξηση της διαφάνειας τους) συμβάλλοντας έτσι στην τροφοδοσία ηλεκτρικής ενέργειας στο κτήριο.



Φωτοβολταϊκές γεννήτριες a-Si και κτήρια με ενσωματωμένα BIPVs

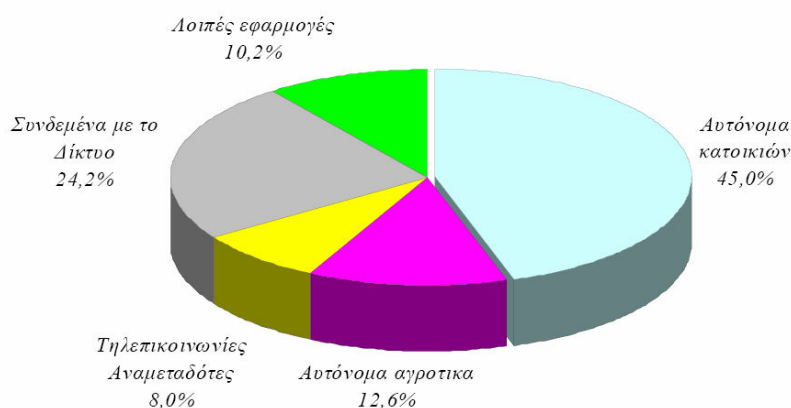
4.9. Άλλες Τεχνολογίες Παραγωγής Φ/Β Στοιχείων

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του έτους 2002 ποσοστό πάνω από 80% της συνολικής παραγωγής αφορά την τεχνολογία κρυσταλλικού πυριτίου, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό αφορά άλλες τεχνολογίες άμορφου πυριτίου και λεπτού στρώματος. Τα ποσοστά συμμετοχής κάθε τεχνολογίας επί της συνολικής παραγωγής των φωτοβολταϊκών γεννητριών αναφέρονται στον ακόλουθο πίνακα.

Τεχνολογία	%
Συγκεντρωτικοί Συλλέκτες Κρυσταλλικού Πυριτίου	0.10
Ribbon	3.48
Καδμίου-Τελλουρίου (CdTe)	0.39
Χαλκού-Ινδίου-Δισεληνίου (CIS)	0.18
Πυρίτιο σε υπόστρωμα χαμηλού κόστους	0.26
A-Si σε υπόστρωμα Cz	4.61
Σύνολο	9

Σήμερα στην Ελλάδα παρόλο το άριστο Ηλιακό Δυναμικό, ελλείπει κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου και πολιτικών στήριξης της ηλεκτροπαραγωγής στον βιομηχανικό αλλά και οικιακό τομέα, η κατάσταση παραμένει απελπιστικά στάσιμη. Έτσι, η ελληνική αγορά φ/β παραμένει μικρή και περιθωριακή και η χώρα μας έχει εγκαταστήσει μόλις το 0,1% των συνολικών Φ/Β συστημάτων παγκοσμίως.

Μερίδια αγοράς Φ/Β συστημάτων στην Ελλάδα



Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της φωτοβολταϊκής μετατροπής της ηλιακής ακτινοβολίας

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Ανεξάντλητη πηγή ενέργειας και ελεύθερα διαθέσιμη
- Αφθονία πρώτης ύλης για κατασκευή Φ/Β στοιχείων
- Τα Φ/Β στοιχεία έχουν σχεδόν απεριόριστη διάρκεια ζωής
- Δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη και επομένως δεν υφίσταται ανάγκη επίβλεψης και συντήρησης
- Ανεξαρτησία από καύσιμα και μεγάλα δίκτυα διανομής
- Απλότητα και ασφάλεια λειτουργίας
- Δεν ρυπαίνεται το περιβάλλον, δεν προκαλείται θορύβος, δεν δημιουργούνται άχρηστα παραπροϊόντα
- Κατάλληλη για κάλυψη μικρών φορτίων σε απομακρυσμένες περιοχές
- Μεγάλη αναλογία ισχύος προς βάρος (~100W/kg), που είναι σημαντική ιδιότητα για τις διαστημικές εφαρμογές.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Μεγάλο κόστος παρασκευής των Φ/Β στοιχείων (απαγορευτικό για εφαρμογές μεγάλης ισχύος)
- Ετεροχρονισμός μεταξύ παραγωγής και ζήτησης ενέργειας (απαίτηση για ενδιάμεση αποθήκευση μέρους της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας - πρόσθετη δαπάνη)
- Κάλυψη μεγάλης επιφάνειας εδάφους για τοποθέτηση του Φ/Β συστήματος λόγω της χαμηλής έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

5.1.Εισαγωγή :

Στο κεφάλαιο αυτό θα προχωρήσουμε στην αριθμητική προσομοίωση του θερμικού ηλιακού συστήματος για ψύξη κτιρίων με απορρόφηση . Για την προσομοίωση χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα προσομοίωσης TRNSYS 16 .Βασιζόμενοι σε μετεωρολογικά δεδομένα τα οποία μετρήθηκαν στην περιοχή της Αθήνας από την 15^η Μαΐου έως την 15^η Σεπτεμβρίου .Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλύσουμε την συνδεσμολογία των διαφόρων στοιχείων με σκοπό την αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας της ηλιακής ακτινοβολίας και κατά επέκταση της θερμότητας με σκοπό την ψύξη ενός κτιρίου μέσω του συστήματος απορρόφησης , έχοντας ως σκοπό την όσον τον δυνατόν μείωση της κατανάλωσης της ενέργειας .

Τα χαρακτηριστικά του κτηρίου και ο τρόπος εισαγωγής TRNSYS περιγράφονται αναλυτικά στην ενότητα **σχεδιασμός του δωματίου στο simulation studio** . Ενώ η όλη συνδεσμολογία των στοιχείων για την ορθή λειτουργία της προσομοίωσης μας περιγράφεται στην ενότητα **συνδεσμολογία στοιχείων και ανάλυση παραμέτρων** .

5.2. Σχεδιασμός του Κτιρίου στο Simulation Studio

Αρχικά θα παρουσιάσουμε σύντομα της διαστάσεις του κτιρίου που θα εξετάσουμε καθώς και κάποιες παραμέτρους αυτών .

Διαστάσεις κτιρίου:

Πλάτος 30 m

Βάθος 30m

Ύψος 3m

Με συνολικό όγκο 2700m³

Διαστάσεις παραθύρων

Ανατολικά :40m²

Δυτικά :40m²

Βόρεια :40m²

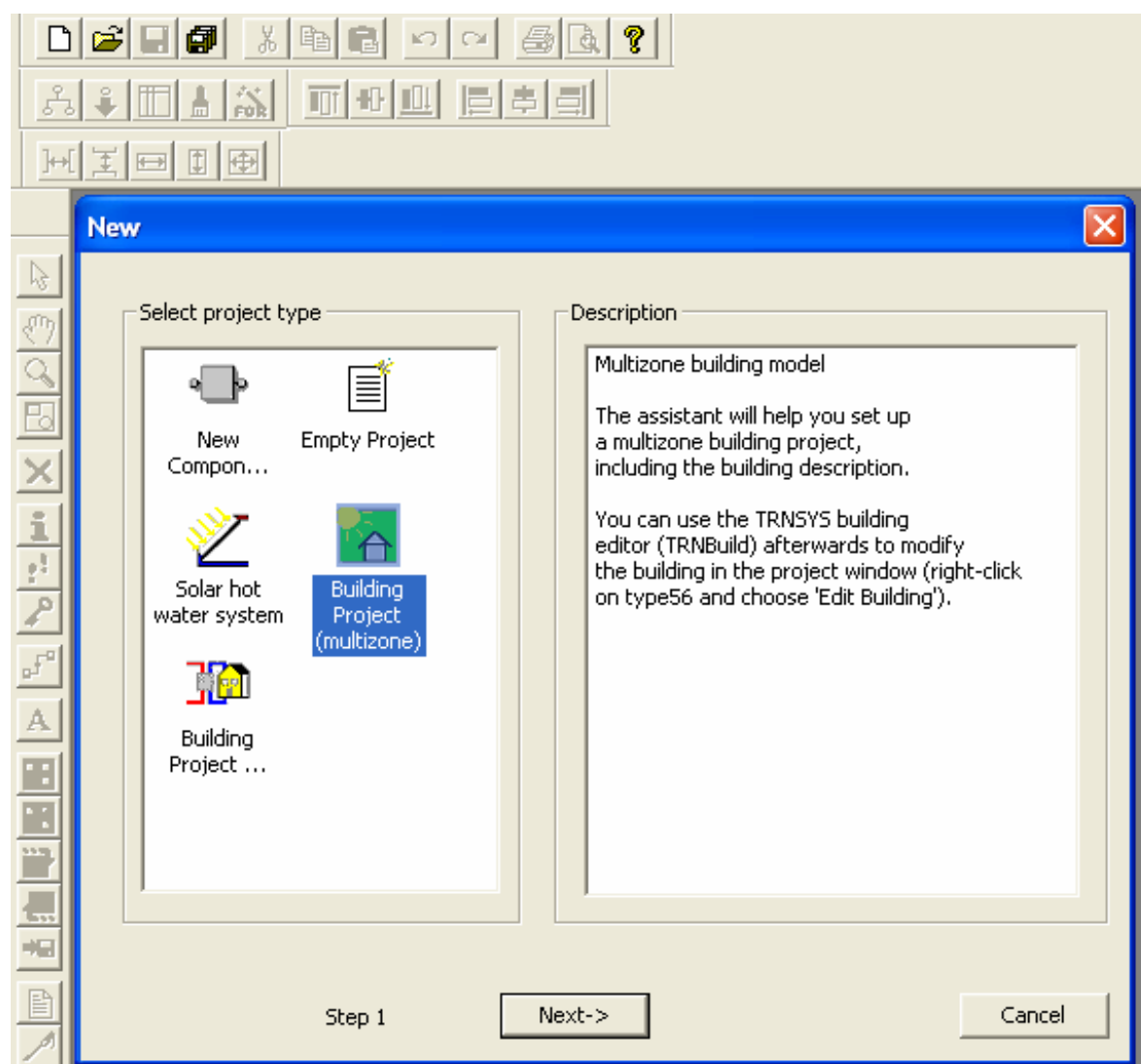
Νότια :40m²

Ποσοστό σκίασης των παραθύρων : 80%

Στο κτήριο που θα εφαρμόσουμε την παρακάτω διαδικασία της εφαρμογής προσομοίωσης του TRNSYS πρέπει να τονίσουμε πως τα ηλιακά που μας παράγουν την απαιτούμενη θερμότητα για την λειτουργία του μηχανήματος απορρόφησης βρίσκονται τοποθετημένα στην οροφή του κτηρίου με αποτέλεσμα να μειώνεται σημαντικά το ποσό θερμότητας που μεταφέρεται από την οροφή του κτηρίου στον εσωτερικό και αντίστροφα ,και συγκεκριμένα μειώνεται από 0.233 W/m²K σε 0.108 W/m²K .

Βήμα 1^ο

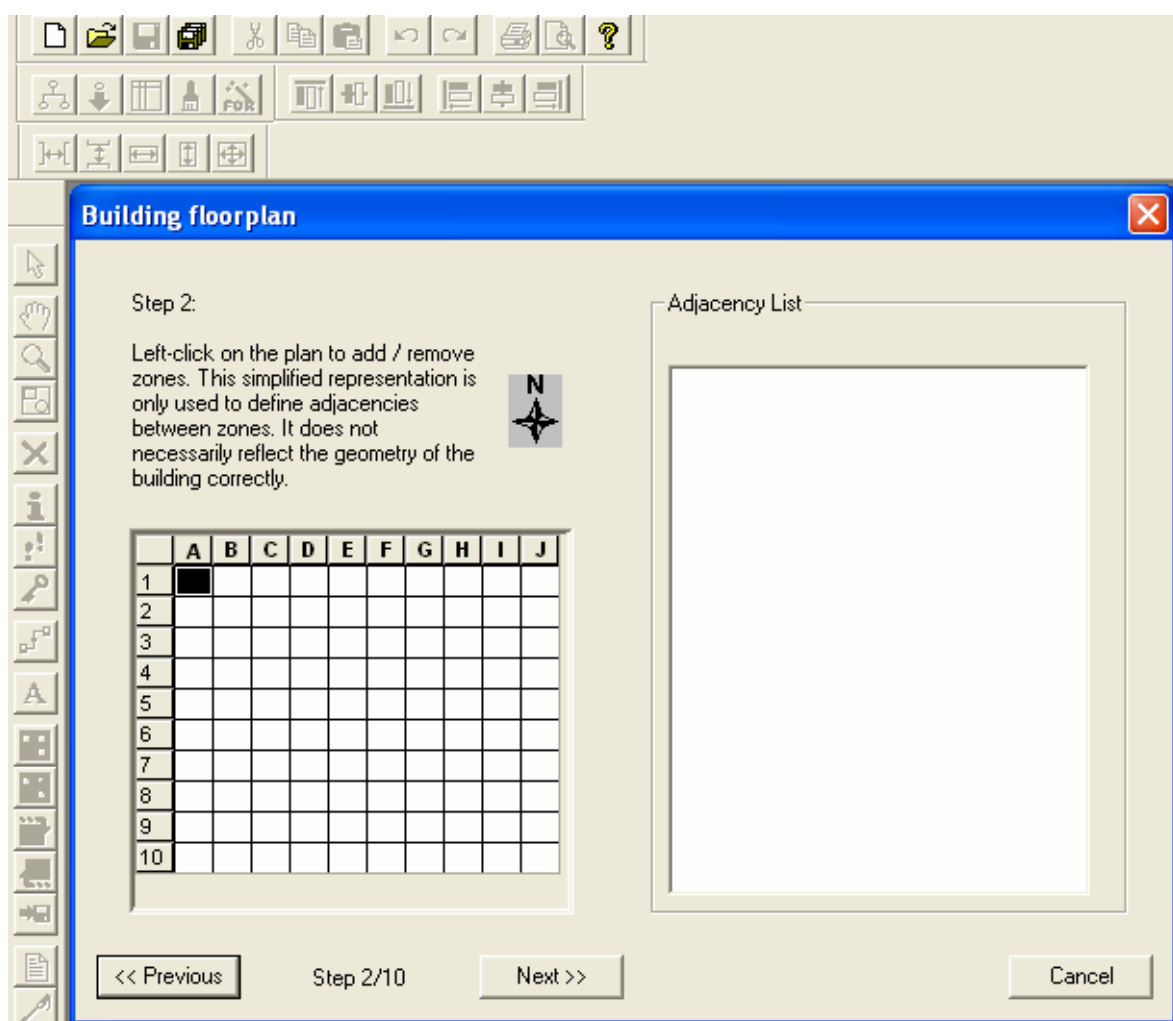
Ανοίγουμε το TRNSYS STUDIO και επιλέγουμε να δημιουργήσουμε ένα καινούργιο Building Project .



Εικόνα 1 : Βήμα 1 στο simulation studio του TRNSYS

Όπως παρατηρούμε στην εικόνα 1 , η περιγραφή δίπλα από το Select project type μας επισημαίνει ότι η διαδικασία εισαγωγής δεδομένων από το Building project θα γίνει ακολουθώντας κάποια βήματα από το πρόγραμμα .Επίσης μας ενημερώνει ότι μπορούμε να ανατρέξουμε οποιαδήποτε στιγμή επιθυμούμε για να τροποποιήσουμε τα αρχικά δεδομένα μας στο πρόγραμμα TRNBuild .Το οποίο γίνεται αφού τρέξουμε τα 10 βήματα της διαδικασίας και έπειτα κάνοντας edit building μέσα από το simulation studio .

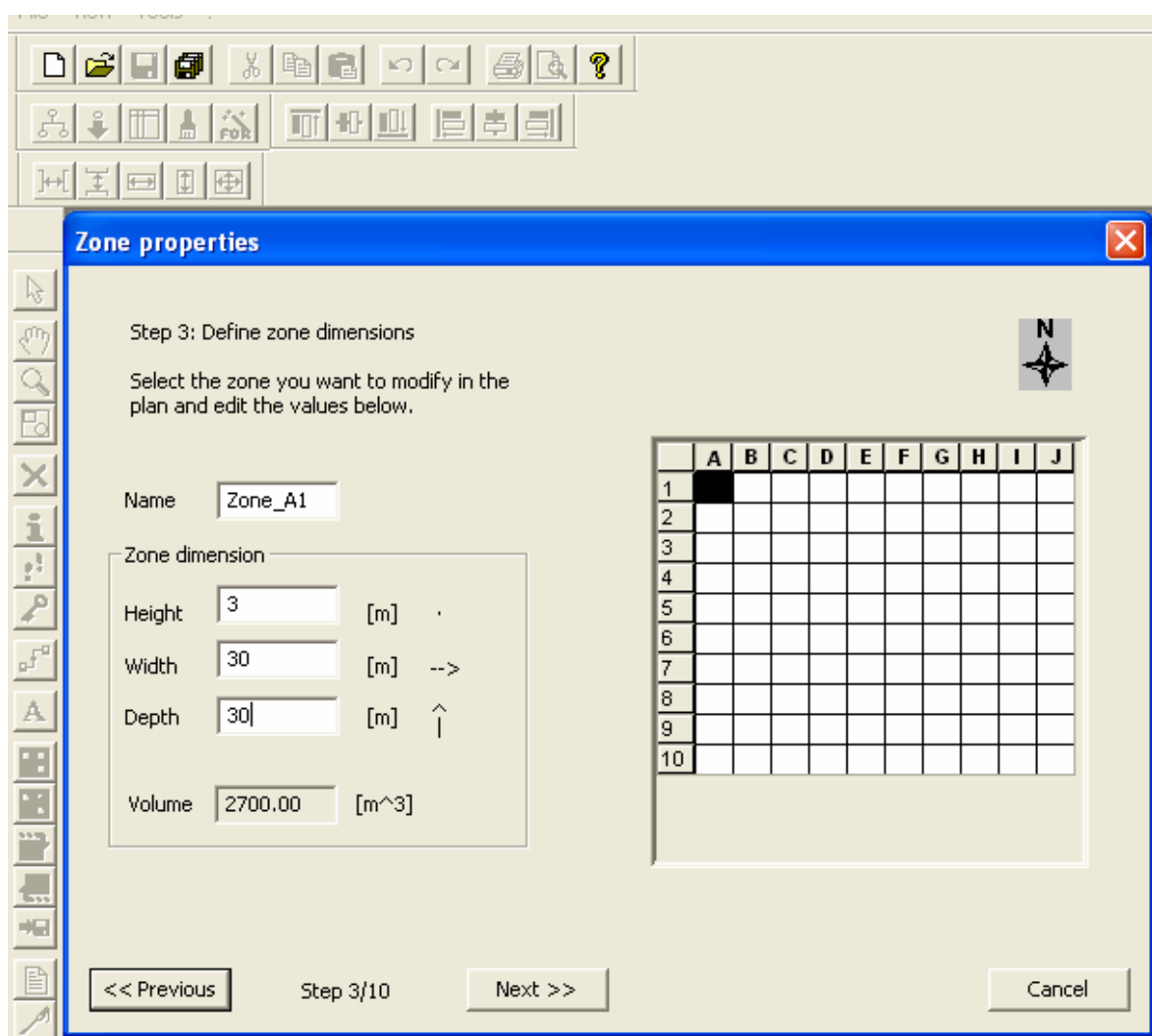
Βήμα 2^ο :



Εικόνα 2 : Βήμα 2 στο simulation studio του TRNSYS

Σε αυτό το βήμα καθορίζουμε τις ζώνες του κτιρίου που επιθυμούμε να κατασκευάσουμε, στην περίπτωση μας πρόκειται για ένα απλό μονοκόμματο κτήριο οπότε επιλέγουμε την ζώνη A1. Αν θέλαμε ένα πιο πολύπλοκο κτήριο με πολλά ξεχωριστά γραφεία, χώρους, τοίχους και διαδρόμους θα επιλέγαμε περισσότερες ζώνες και ουσιαστικά θα μιλάγαμε για ένα πολυζωνικό κτήριο με πολλές παραμέτρους, γεγονός που θα οδηγούσε σε περισσότερα μαύρα κουτάκια και μεγαλύτερη πολυπλοκότητα στην εισαγωγή δεδομένων.

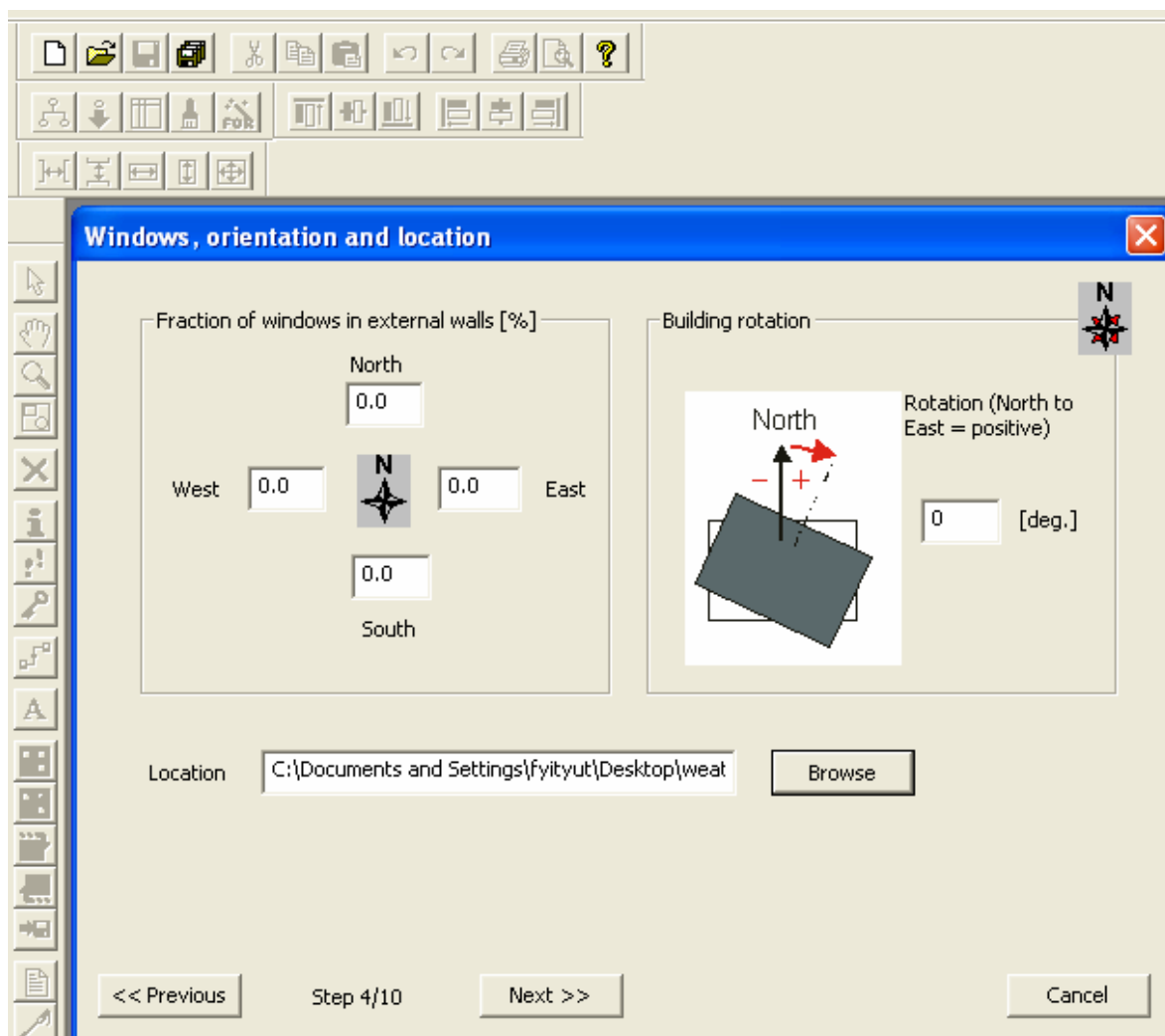
Βήμα 3^ο :



Εικόνα 3 : Βήμα 3 στο simulation studio του TRNSYS

Σε αυτό το σημείο εισάγουμε τα δεδομένα που έχουμε για τις διαστάσεις του κτηρίου. Για να γίνει αυτό επιλέγουμε την ζώνη που επιθυμούμε στην περίπτωση μας την ζώνη (Zone_A1) στον τετραγωνισμένο πίνακα και εισάγουμε στην συνέχεια στα αριστερά τις διαστάσεις της ζώνης που επιλέξαμε (Πλάτος 30m, Βάθος 30m, και Ύψος 3m) και το πρόγραμμα μας υπολογίζει αυτόματα τον όγκο του κτηρίου που στην περίπτωση μας είναι 2700m³.

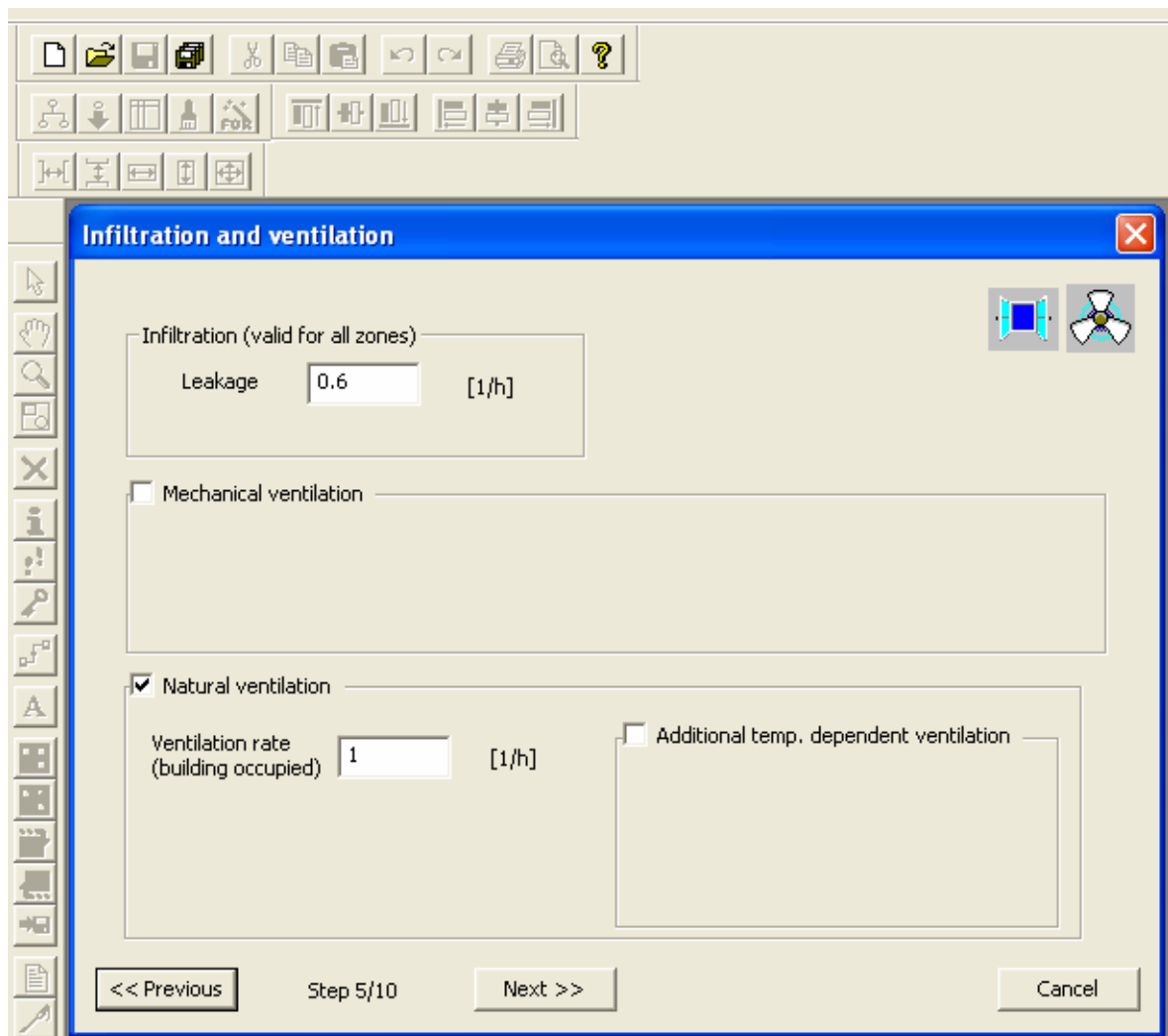
Βήμα 4^ο :



Εικόνα 4 : Βήμα 4 στο simulation studio του TRNSYS

Σε αυτό το βήμα επιλέγουμε το ποσοστό των παραθύρων που είναι τοποθετημένα στις τέσσερις πλευρές του κτηρίου όπου στην περίπτωση μας είναι 44% σε κάθε πλευρά που συνεπάγεται σε 40 m² σε κάθε πλευρά . Επίσης σε αυτό το βήμα επιλέγουμε την κατεύθυνση του κτηρίου που στην περίπτωση μας είναι 0^ο μοίρες και ακόμα στο τμήμα Location εισάγουμε τα μετεωρολογικά δεδομένα μας και κατά επέκταση και την θέση όπου τοποθετούμε το κτίριο στον χώρο . Τα μετεωρολογικά δεδομένα αναφέρονται στην περιοχή της Αθήνας και το αρχείο έχει την ονομασία που ATHIhour.tm2 .

Βήμα 5^ο :



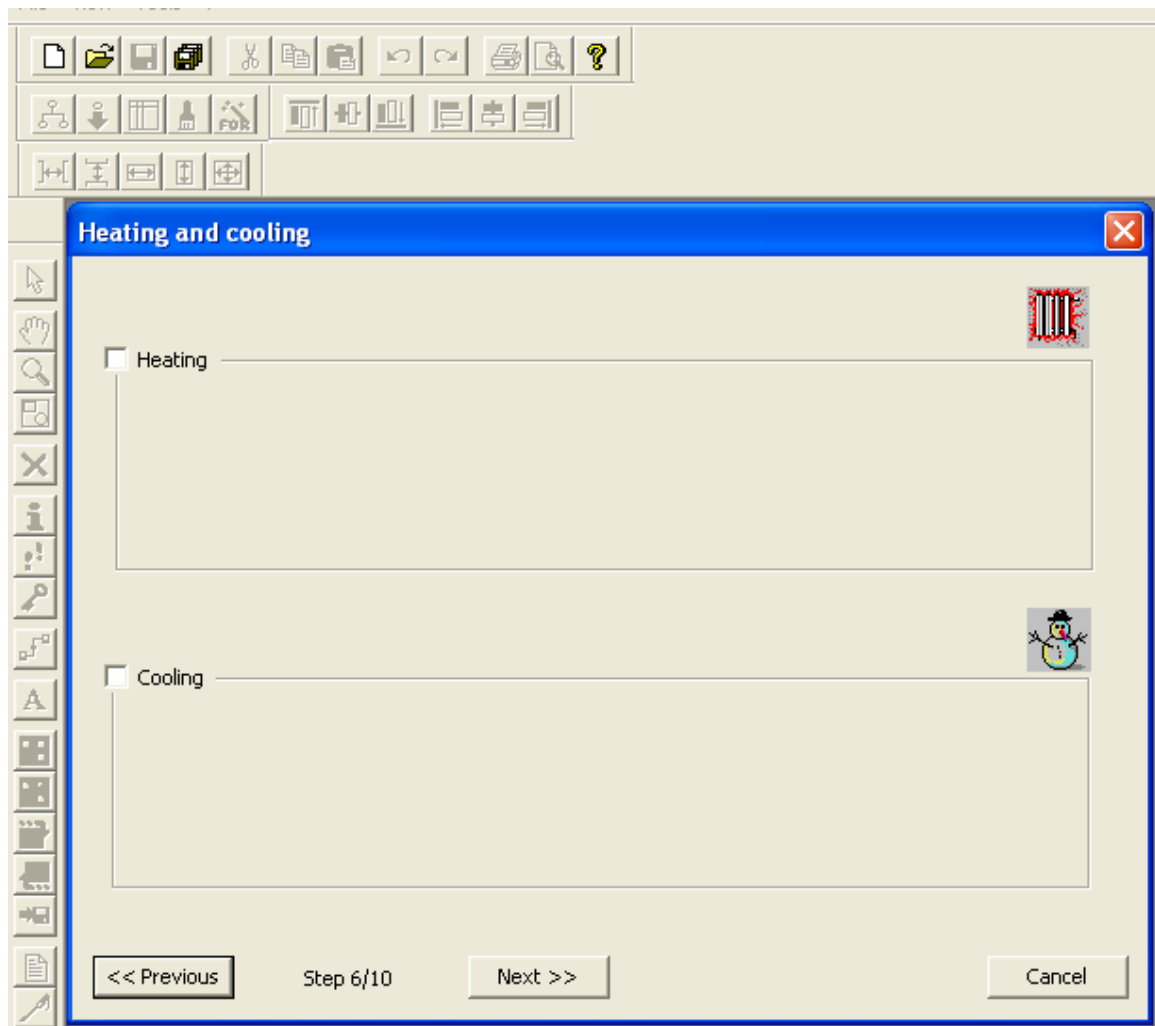
Εικόνα 5 : Βήμα 5 στο simulation studio του TRNSYS

Σε αυτό το βήμα καθορίζεται αν υπάρχει διαρροή αέρα , όπου από διάφορους πίνακες βρήκα ότι είναι περίπου 0,6 εναλλαγές στο κτήριο μας .

Ακόμη σε αυτό το βήμα μπορούμε να βάλουμε και μηχανικό αερισμό μέσα στο κτήριο . Τον μηχανικό αερισμό θα τον χρησιμοποιήσουμε αργότερα καθώς είναι ο μόνος τρόπος που μας επιτρέπει να εισάγουμε τον ψύξη που παράγεται από το μηχανήμα απορρόφησης μέσα στο κτήριο και την οποία διαδικασία θα την δείξουμε αργότερα μετά τα 10 βήματα της παραπάνω διαδικασίας .

Επίσης μπορούμε να καθορίσουμε και κάποιο φυσικό αερισμό του κτηρίου .

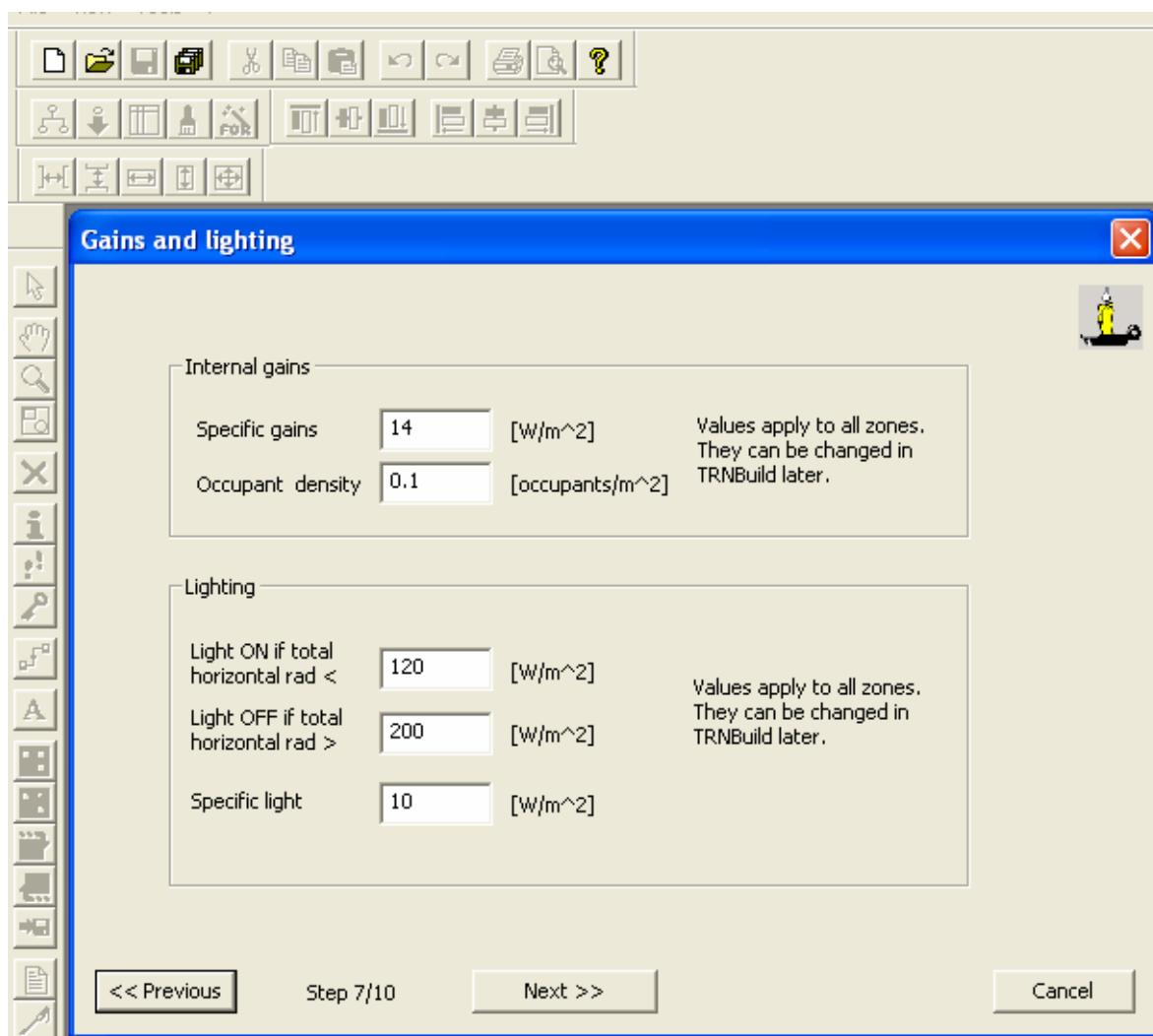
Βήμα 6° :



Εικόνα 6 : Βήμα 6 στο simulation studio του TRNSYS

Σε αυτό το βήμα επιλέγουμε αν θέλουμε κάποια ψύξη η θέρμανση του κτηρίου ή οποία θα διατηρήσει την θερμοκρασία του κτηρίου σε επιθυμητά όριο .Εμείς δεν επιλέγουμε καμιά από τις παραπάνω διαδικασίες καθώς αφενός επιθυμούμε να ψύξουμε οι ίδιοι το κτίριο και αφετέρου δεν θέλουμε θέρμανση καθώς το όλο project αναφέρεται σε καλοκαιρινούς μήνες και όπως είναι κατανοητό δεν απαιτείται θέρμανση .

Βήμα 7^ο :

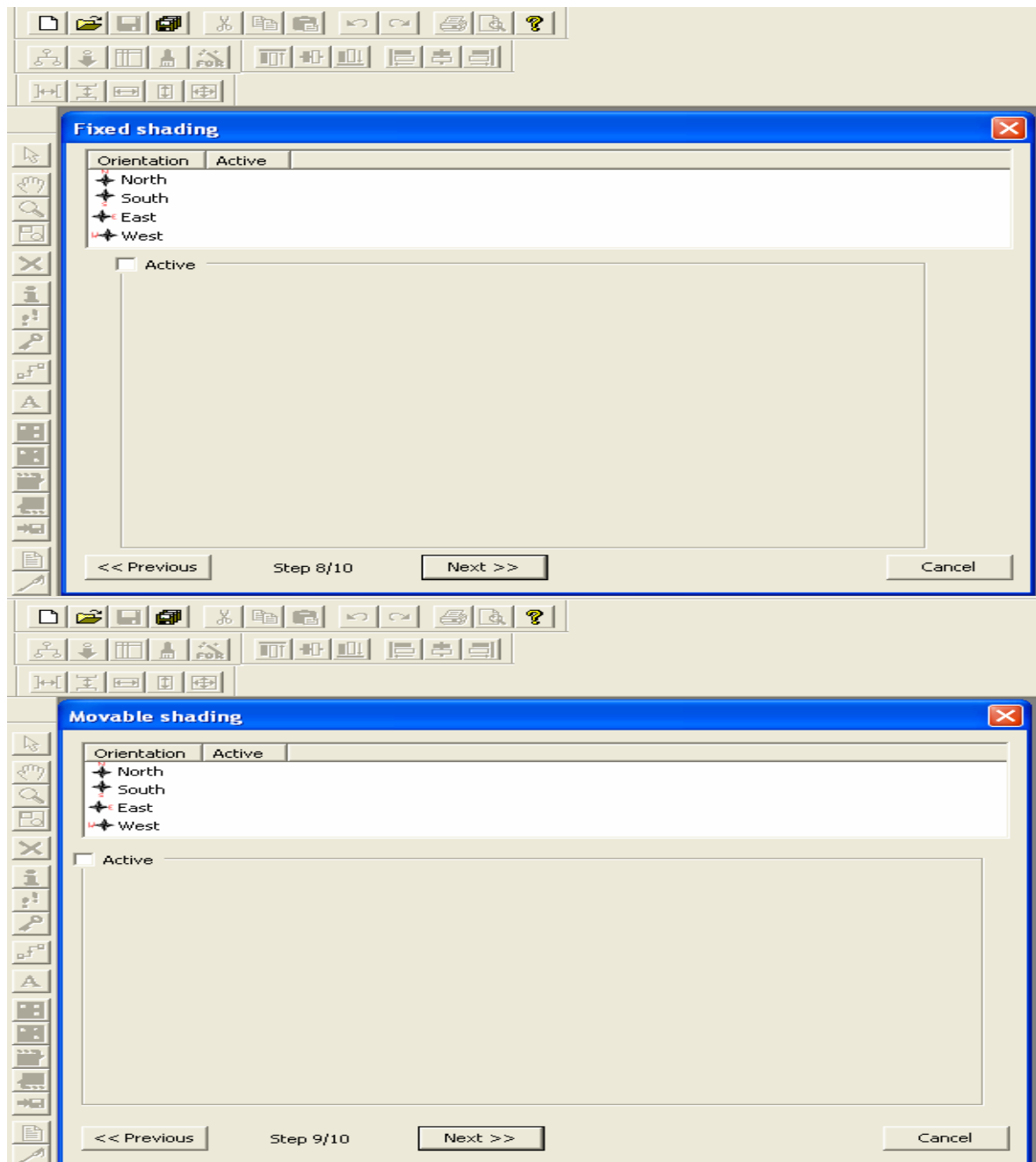


Εικόνα 7 : Βήμα 7 στο simulation studio του TRNSYS

Σε αυτό το βήμα καθορίζουμε τα εσωτερικά κέρδη από την ύπαρξη ατόμων στο κτήριο καθώς και τη και την λειτουργία φωτισμού . Επειδή θέλουμε να έχουμε μια όσο το δυνατόν γίνεται πιο ρεαλιστική εικόνα από την προσομοίωση μας ,έχουμε εισάγει τιμές για τα εσωτερικά κέρδη ,όπως αυτές παρουσιάζονται στην παραπάνω εικόνα . Για τα φώτα η λειτουργία τους ρυθμίζεται σε σχέση με την ηλιακή ακτινοβολία οριζοντίου επιπέδου , όπως παρουσιάζεται στην παραπάνω εικόνα .

Πρέπει να τονίσουμε ότι αργότερα θα επέμβουμε πάνω στα εσωτερικά κέρδη αφού τελειώσουμε με τα 10 βήματα τις διαδικασίας για να εισαγούμε τον πραγματικό αριθμό των ατόμων που απασχολούνται στο κτήριο καθώς και να εισάγουμε σε πραγματικά νούμερα τις υπόλοιπες συσκευές που προσθέτουν θερμότητα στο κτήριο .

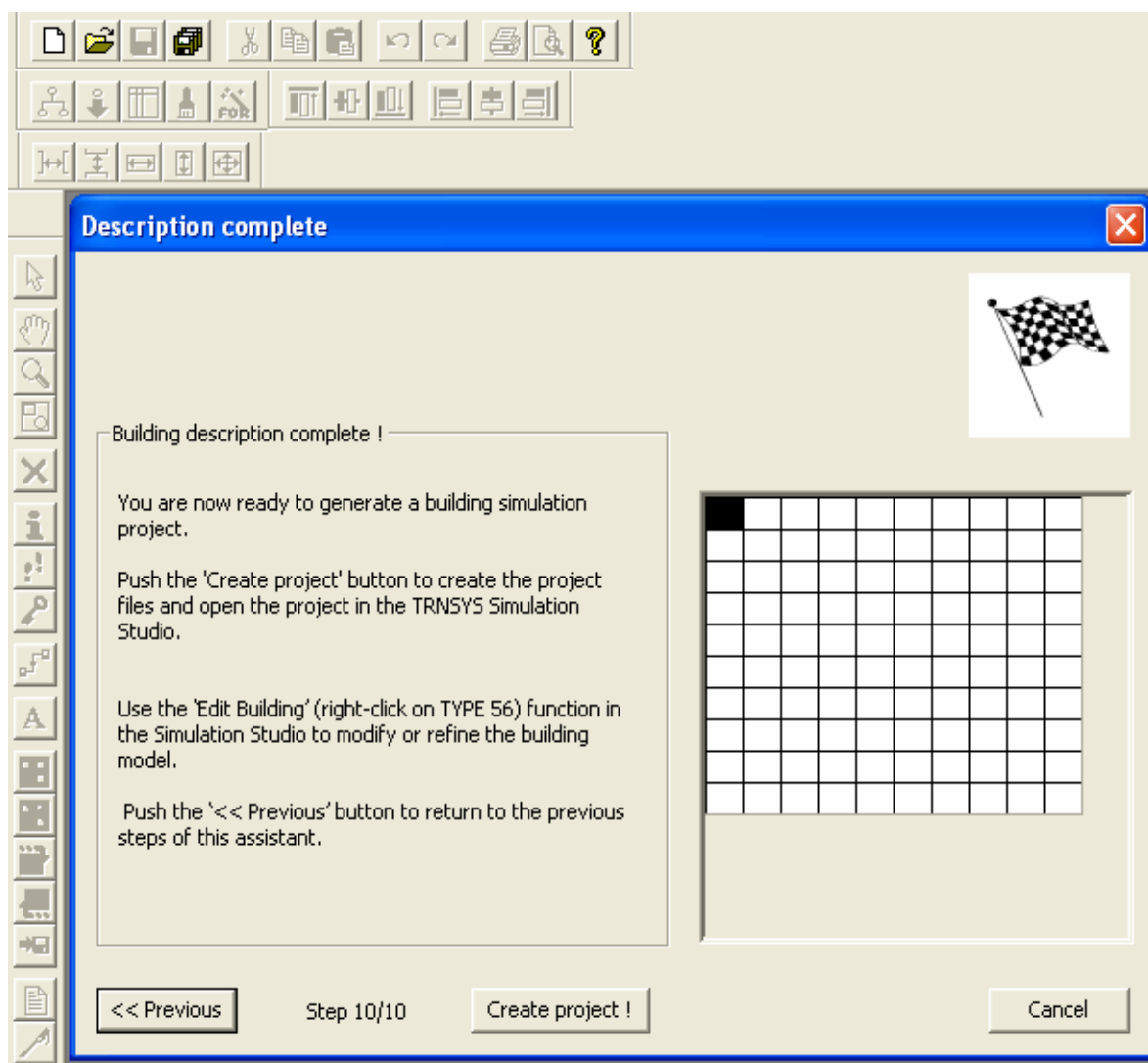
Βήμα 8^ο και Βήμα 9^ο :



Εικόνα 8 και 9 : Βήμα 8 και 9 στο simulation studio του TRNSYS

Αυτά τα βήματα αναφέρονται στην σκίαση του κηρίου . Εμείς θέλουμε μόνο σκίαση στα παράθυρα όπου και θα την τοποθετήσουμε αργότερα και η οποία θα είναι ίση με 80% .

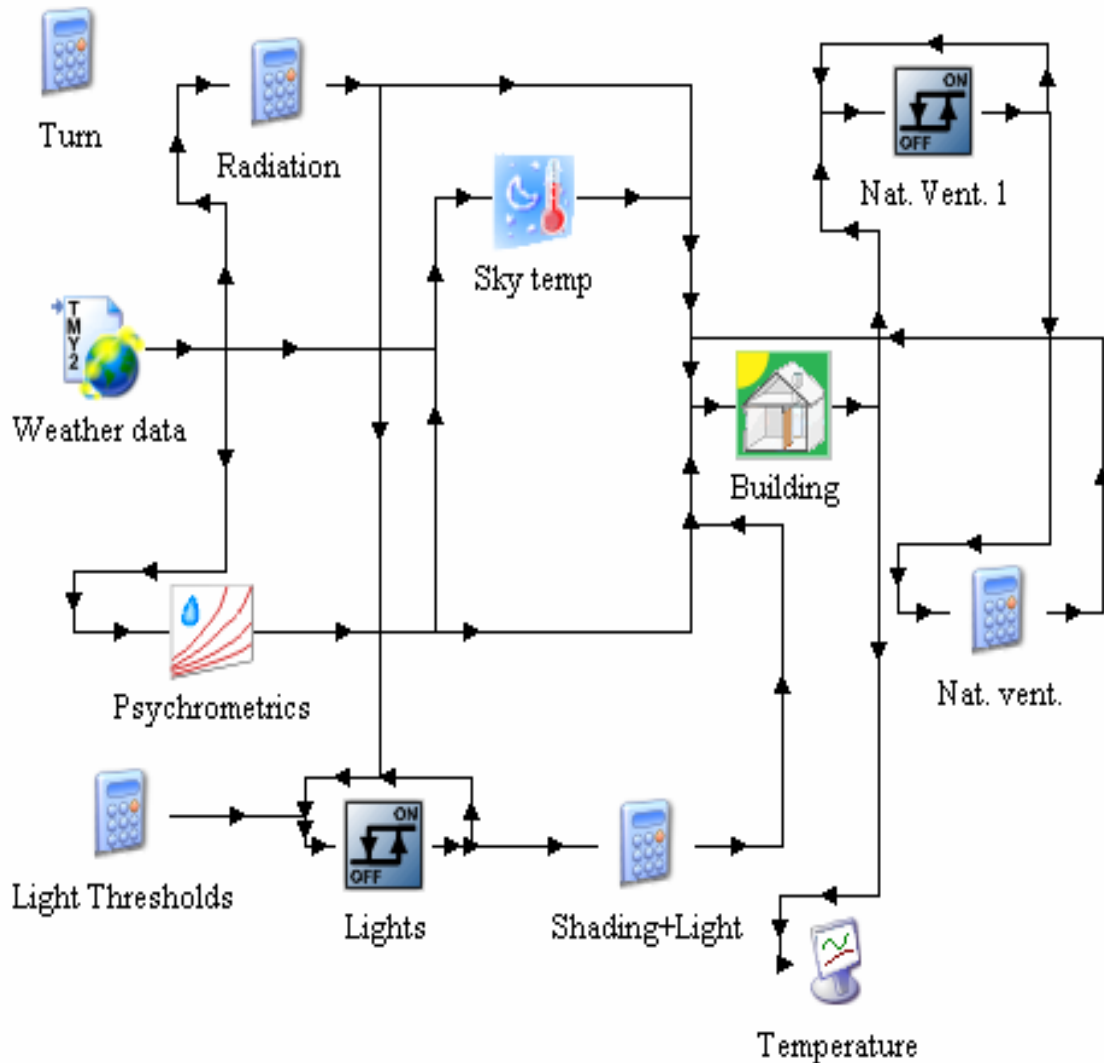
Βήμα 10^ο :



Εικόνα 10 : Βήμα 10 στο simulation studio του TRNSYS

Έχοντας φτάσει στο βήμα 10 έχουμε καθορίσει όλες τις απαραίτητες παραμέτρους για το κτίριο για να λειτουργήσει . Επιλέγοντας Create project μεταφερόμαστε στο Simulation Studio του TRNSYS και είμαστε έτοιμοι να επεμβούμε στα υπόλοιπα στοιχεία που αφορούν το κτήριο μας και ακόμα να δημιουργήσουμε τα κατάλληλα (input) για να εισάγουμε την ψύξη του απορροφητή .

Αφού πατήσαμε το Create project εμφανίζεται ένα πρόγραμμα με συνδεσμολογία έτοιμο για τρέξιμο που έχει την παρακάτω μορφή .



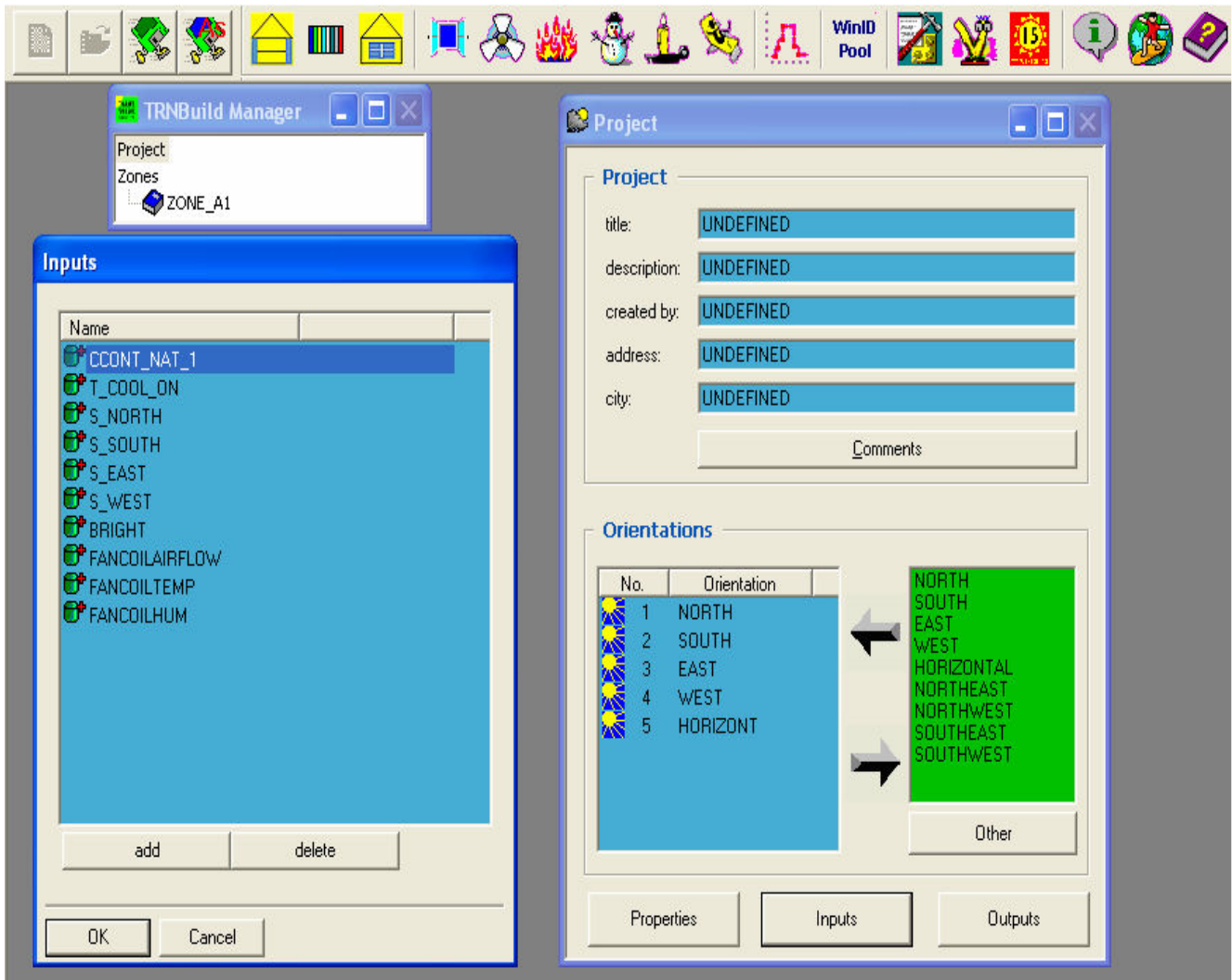
Εικόνα 11 : Μορφή του simulation studio

Στην συνέχεια επιλέγουμε το εικονίδιο που γράφει Building και κάνοντας αριστερό κλικ πάνω του με το ποντίκι εμφανίζεται μια σειρά εργασιών από τις οποίες επιλέγουμε αυτή που γράφει Edit Building για να επεμβούμε ξανά στο κτίριο .

5.3. Προσθήκη Παραμέτρων στο Κτίριο

Εισαγωγή εξωτερικών παραμέτρων

Αφού κάνουμε Edit building εισαγόμαστε ουσιαστικά στο TRNBuild .

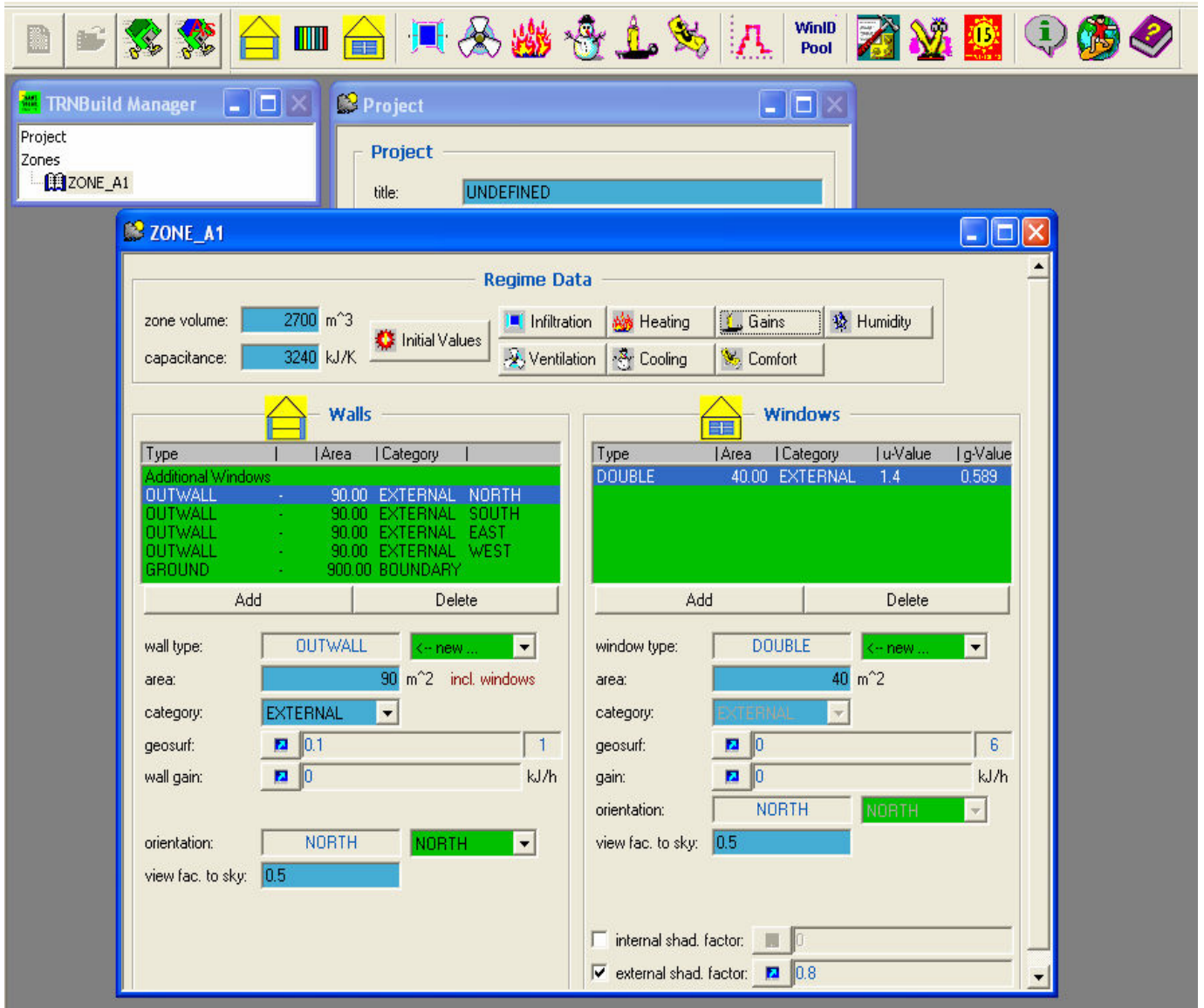


Εικόνα 12: Προσθήκη νέων εισόδων

Μετά την εισαγωγή μας στο TRNBuild εμφανίζεται το TRNBuild Manager και το project . Πάνω στο project επιλέγουμε το κουμπί που λέει Inputs και εμφανίζεται ένα νέο εικονίδιο με όλα τα inputs και εκεί δίνουμε τις εξής τρεις εισόδους στο κτήριο (FANCOILAIRFLOW) , (FANCOILTEMP) και (FANCOILHUM) δηλαδή παροχή ,θερμοκρασία και υγρασία αέρα .

Και αντίστοιχα στα outputs θα βγάλουμε εκτός από την θερμοκρασία του δωματίου και αντίστοιχα του αέρα που εκ των προτέρων μας δίνεται και την απόλυτη υγρασία του αέρα .Όσον αφορά την παροχή του αέρα θα την καθορίσουμε από τον μηχανικό αερισμό εξωτερικά .

Εισαγωγή δεδομένων παράθυρα και σκίαση



Εικόνα 13: Εισαγωγή δεδομένων παράθυρα και σκίαση

Για να επέμβουμε στα χαρακτηριστικά των παραθύρων επιλέγουμε στο TRNBuild Manager το ZONE_A1 και ανοίγει το παραθυρο που βλέπουμε παραπάνω.

Εδώ επεμβαίνουμε στα τεχνικά χαρακτηριστικά των παραθύρων στις διαστάσεις και στην εξωτερική σκίαση στον βόρειο τοίχο.

Window type : DOUBLE

AREA : 40 m²

External shad factor : 0.8

Αυτό πρέπει να γίνει και στους τέσσερις τοίχους .

Εισαγωγή εσωτερικών κερδών

Gains [Zone: ZONE_A1]

Persons

off on

degree of activity: ISO 7730 Table VDI 2078 Table

Standing, light work or working slowly

scale: 76

Computer

off on

computer type: 230 W PC with colour mon

scale: 40

Artificial Lighting

off on

related floor area: 900 m²

total heat gain: 5 W/m²

convective part: 0 %

control strategy: 1

scale: 1

Other Gains

Type	Scale	Geo Position
PER_SP	S: 25*USE	
LIGHT_SP	S: 25*LIGHT	
GAIN_SP	S: 25*USE	

Add Delete

gain type: PER_SP <-- new ...

scale: S: 25*USE

OK Cancel

Εικόνα 14: Εισαγωγή εσωτερικών κερδών

Από την εικόνα 13 επιλέγουμε από το REGIME DATA το εικονίδιο που γράφει gains και αναφέρεται στα εσωτερικά κέρδη .

Εσωτερικά κέρδη από άτομα : Θεωρούμε ότι τα άτομα που εργάζονται σύμφωνα με το μοντέλο 5 του ISO7730 . (Εικόνα 15)

Εσωτερικά κέρδη από υπολογιστές : Θεωρούμε ότι χρησιμοποιούνται 40 υπολογιστές . (Εικόνες 16)

Εσωτερικά κέρδη από τεχνητό φωτισμό : Εμείς απλά επεμβαίνουμε στην αναφερόμενη επιφάνεια η οποία και είναι 900m²

Rates of Heat Gain from Occupants of Conditioned Spaces - ISO 7730

No.	Degree of Activity	Typical Application	Total Heat Adjusted		Sensible Heat		Latent Heat	
			Watts	Btu/h	Watts	Btu/h	Watts	Btu/h
<input type="radio"/> 01	Seated at rest	Theatre, Movie	100	350	60	210	40	140
<input type="radio"/> 02	Seated, very light writing	Office, Hotels, Apts	120	420	65	230	55	190
<input type="radio"/> 03	Seated, eating	Restaurant	170	580	75	255	95	325
<input type="radio"/> 04	Seated, light work, typing	Office, Hotels, Apts	150	510	75	255	75	255
<input checked="" type="radio"/> 05	Standing, light work or working slowly	Retail Store, Bank	185	640	90	315	95	325
<input type="radio"/> 06	light bench work	Factory	230	780	100	345	130	435
<input type="radio"/> 07	walking 1,3 m/s (3 mph) light machine work	Factory	305	1040	100	345	205	695
<input type="radio"/> 08	Bowling	Bowling Alley	280	960	100	345	180	615
<input type="radio"/> 09	moderate dancing	Dance Hall	375	1280	120	405	255	875
<input type="radio"/> 10	Heavy work, lifting Heavy machine work	Factory	470	1600	165	565	300	1035
<input type="radio"/> 11	Heavy work, athletics	Gymnasium	525	1800	185	635	340	1165

OK Cancel

Εικόνα 15: Τύπος δουλειάς εργαζομένων

Computer

computer type scale

off on

230 W PC with colour mor 40

50 W Printer

80 W Terminal

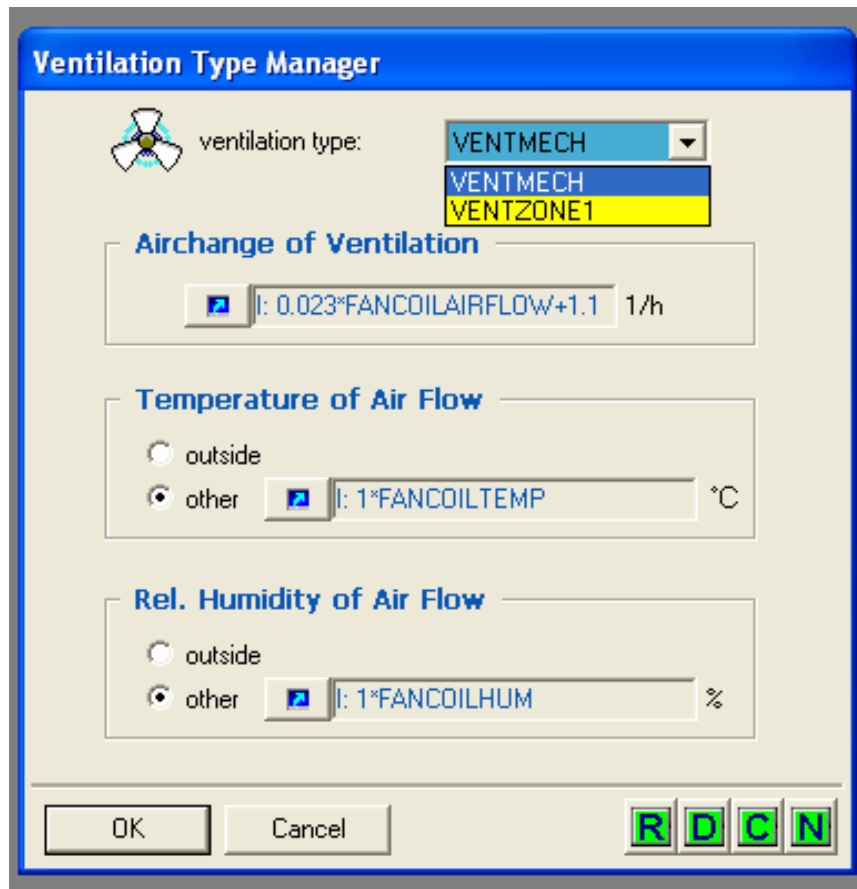
140 W PC with monitor

230 W PC with colour monitor

area: 900 m²

Εικόνα 16: Τύπος υπολογιστών και αριθμός

Εισαγωγή δεδομένων στο Ventilation Type Manager



Εικόνα 17: Εισαγωγή δεδομένων στο Ventilation Type Manager

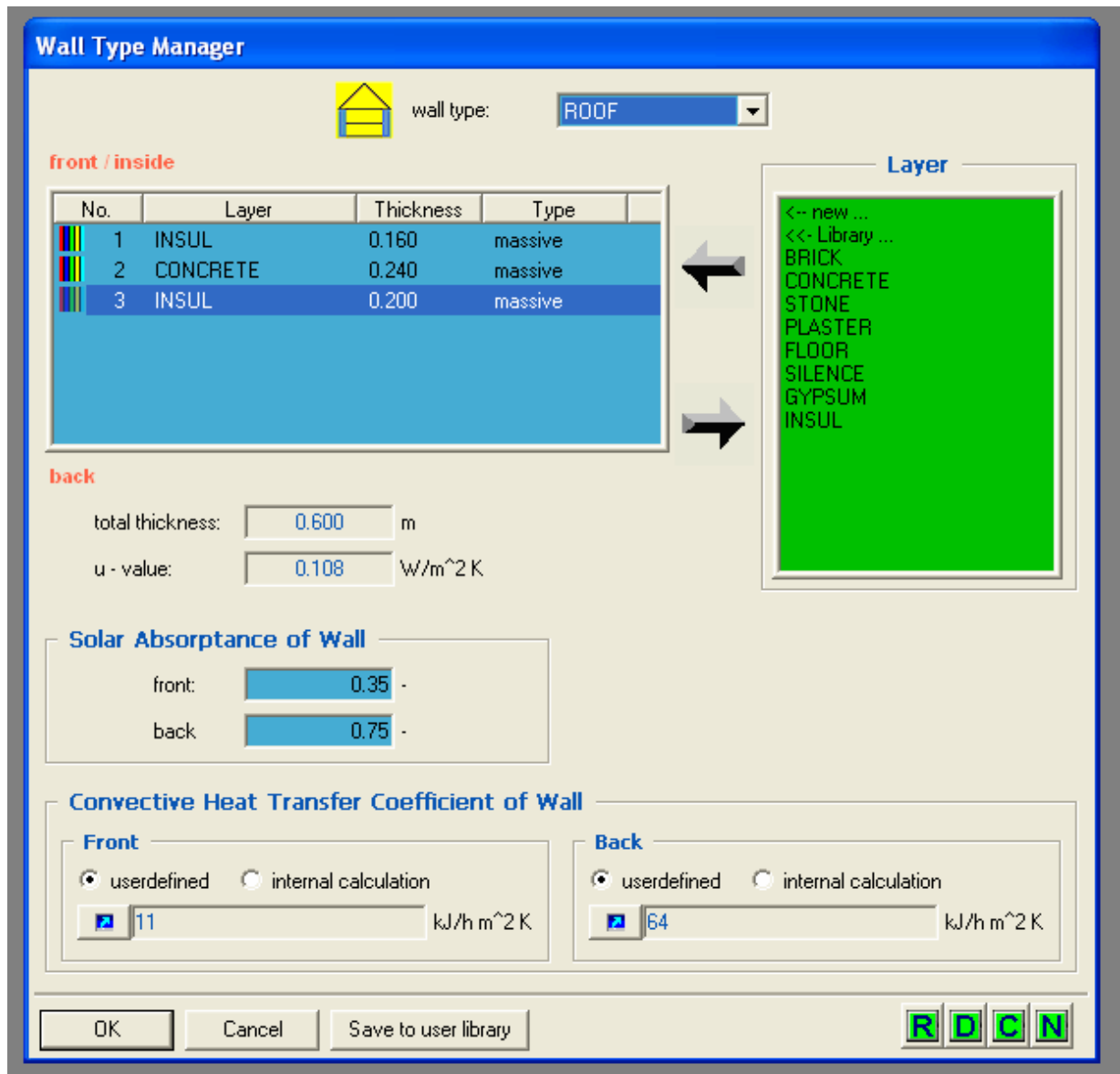
Αφού επιλέξουμε Ventilation Type Manager επιλέγουμε στο ventilation type το VENTMECH και επεμβαίνουμε επάνω του εισάγοντας τα δεδομένα που δώσαμε ως (inputs) στο κτήριο .

Airchange of Ventilation : Επιλέγουμε 0.023 (έχει προκύψει λόγω των διαφορετικών μονάδων μεταξύ της εξαγωγής του αέρα από το FANCOIL και της εισαγωγής αέρα στο κτήριο) επί το FANCOILAIRFLOW και 1.1 εσωτερική εναλλαγή του αέρα στον χώρο .

Temperature of air flow : Επιλέγουμε το (other) και εισάγουμε ως δεδομένο την θερμοκρασία εξαγωγής του αέρα από το FANCOIL την επονομαζόμενη και ως FANCOILTEMP .

Rel. Humidity of Air Flow : Επιλέγουμε το (other) και εισάγουμε ως δεδομένο την υγρασία εξαγωγής του αέρα από το FANCOIL την επονομαζόμενη και ως FANCOILHUM .

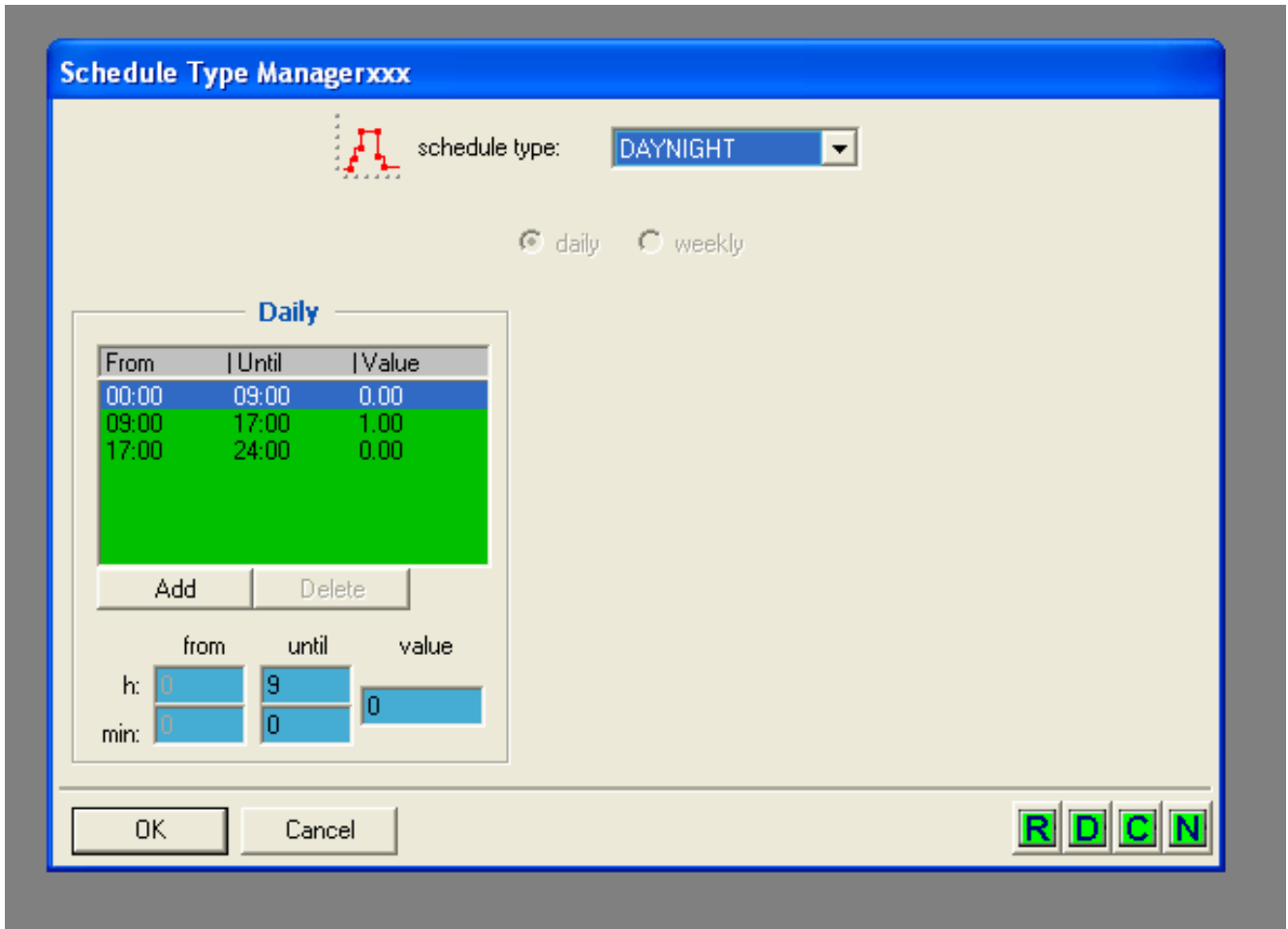
Εισαγωγή επιπλέον σκίασης στην οροφή



Εικόνα 18: Εισαγωγή επιπλέον σκίασης στην οροφή

Επιλέγουμε το Wall Type Manager : Η επιπλέον σκίαση προκύπτει από την εισαγωγή των ηλιακών πινάκων και το λοιπόν εξαρτημάτων του απορροφητή στην οροφή του κτιρίου .Από διάφορες μελέτες που βρήκα στο site του TRNSYS η μεταφορά θερμότητας μειώνεται σημαντικά και γίνεται ίση με $0.108 \text{ W/m}^2\text{K}$ και αυτό μπορούμε να το θέσουμε στο κτίριο μας μέσω του Wall Type Manager προσθέτοντας επιπλέον μόνωση 0.200 m .

Εισαγωγή χρόνου λειτουργίας των διάφορων παραμέτρων



Εικόνα 19: Εισαγωγή χρόνου λειτουργίας των διάφορων παραμέτρων

Για να μπορέσουμε να ορίσουμε τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου χρησιμοποιούμε το Schedule Type Managerxxx όπου επηρεάζουμε τις ώρες λειτουργίας του κτηρίου μεταξύ της 9 το πρωί έως της 5 το απόγευμα ,δηλαδή στις ώρες αυτές εσωκλείουμε ένα πλήρες οχτάωρο λειτουργίας του κτιρίου .

5.4. Ανανέωση και Διείδυση Αέρα

Ανανέωση του αέρος χώρου είναι η ηθελημένη προσαγωγή αέρος εξωτερικού περιβάλλοντος στον κλιματιζόμενο χώρο ,αμέσως ή μέσω της κλιματιστικής συσκευής , ενώ η διείδυση είναι η είσοδος του εξωτερικού αέρα από τα διάκενα των θυρών και παραθύρων ή κατά το άνοιγμα των θυρών .Εάν η επικρατούσα υπερπίεση στον κλιματιζόμενο χώρο είναι επαρκής ώστε να αντισταθμίσει την πίεση του εξωτερικού ανέμου στα διάκενα των κουφωμάτων ,τότε η διείδυση αέρος μηδενίζεται .

Οι απαιτήσεις ανανέωσης αέρος ποικίλουν ανάλογα με την περίπτωση ,όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα .

Χρήση	Κάπνισμα	Προτεινόμενη L/sec per person	Ελάχιστη L/sec per person	Ελαχιστή L/sec per m ²
Meeting room	Very Heavy	24	14	6.25
Office-General	Some	7	5	1.25
Office-Private	None	12	7	1.25
Office-Private	Considerable	14	12	1.25
Toilets-WC	---	---	---	10

Εύρεση των Εναλλαγών αέρα στο κτήριο

1) Βρίσκουμε τον αέρα που περικλείεται από το κτήριο :

- Διαστάσεις κτηρίου : $30 \cdot 30 \cdot 3 = 2700m^3$
- Διαστάσεις εξωτερικών τοίχων : $2,7 \cdot 30 \cdot 0,3 \cdot 4 = 97,2m^3$
- Διαστάσεις εσωτερικών τοίχων (Εσωτερικών χωρισμάτων και WC):
 $1,7 \cdot (14 + 24 + 10 + 10) \cdot 0,3 + 15 \cdot 2,7 \cdot 0,3 = 41,7m^3$
- Διαστάσεις Οροφής : $30 \cdot 30 \cdot 0,3 = 270m^3$

Άρα αέρας που περικλείεται από τον χώρο είναι :

$$2700 - 97,2 - 41,7 - 270 \approx 2300m^3$$

2) Βρίσκουμε ξεχωριστά τις απαιτήσεις L/sec σε κάθε τμήμα του κτηρίου :

$$\text{Meeting room} : 6,25 \frac{L}{\text{sec}} \cdot 25m^2 = 160 \frac{L}{\text{sec}}$$

$$\text{Office general} : 7 \frac{L}{\text{sec}} \cdot 61 \text{ persons} = 427 \frac{L}{\text{sec}}$$

$$\text{Office Private} : 14 \frac{L}{\text{sec}} \cdot 3 \text{ persons} = 42 \frac{L}{\text{sec}}$$

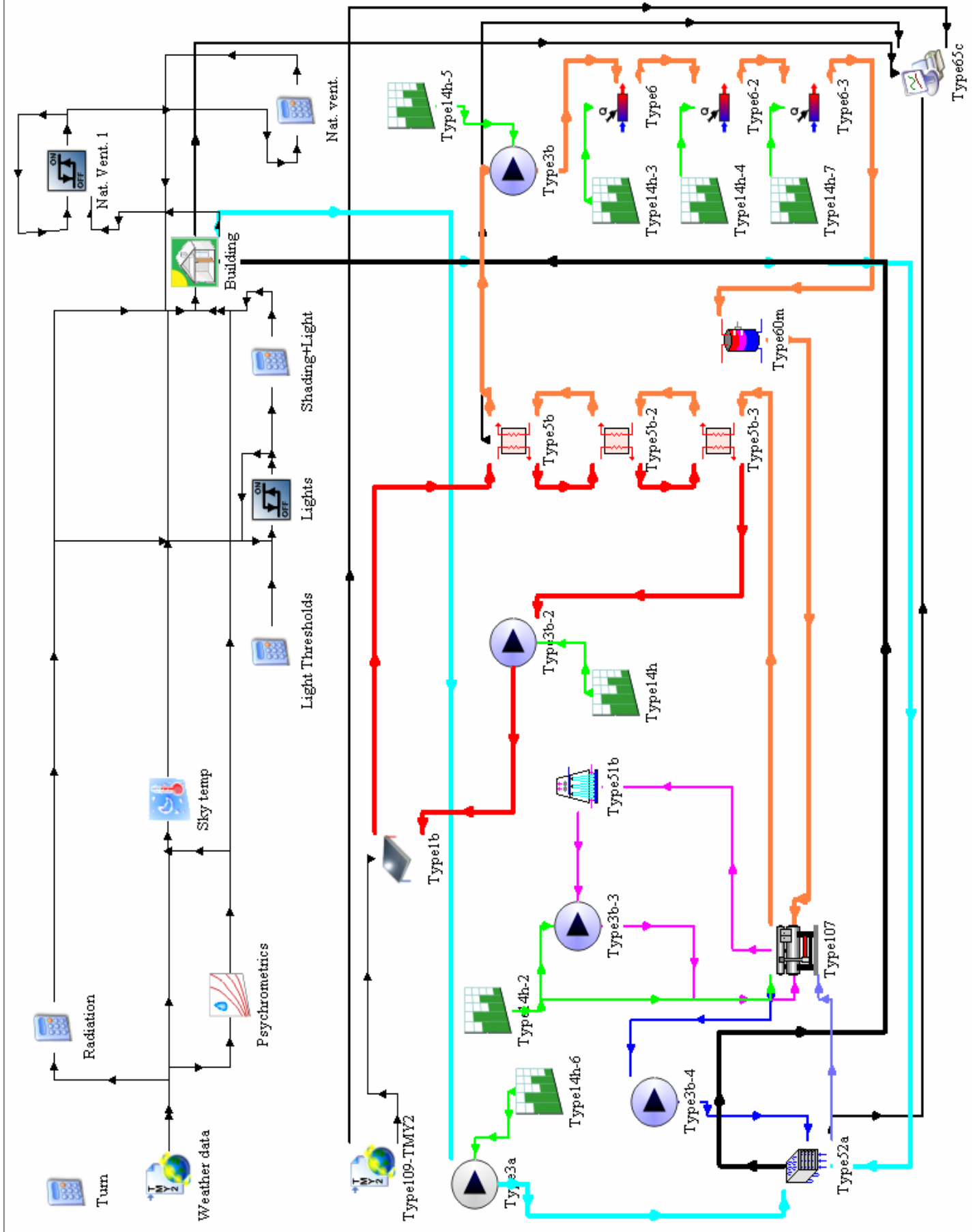
$$\text{WC} : 10 \frac{L}{\text{sec}} \cdot 50m^2 = 500 \frac{L}{\text{sec}}$$

$$\text{Άρα η συνολική παροχή αέρα που χρειαζόμαστε είναι : } 1129 \frac{L}{\text{sec}} = 4064 \frac{m^3}{\text{hr}}$$

Για να το μετατρέψουμε σε εναλλαγές αέρα διαιρούμε το ποσό αυτό με τα κυβικά

$$\text{μέτρα αέρα που βρήκαμε στο κτήριο : } 4064 \frac{m^3}{\text{hr}} \div 2300m^3 \approx \mathbf{1,8 \text{ εναλλαγές / hr}}$$

5.5. Ανάλυση της Προσομοίωσης του TRNSYS



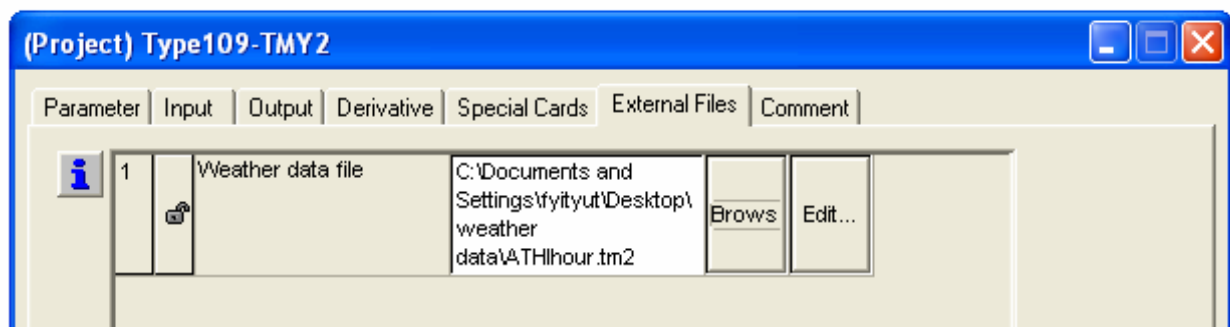
Εφόσον αναπτύξαμε την μορφή του κτηρίου μας συνεχίζουμε αναλύοντας το κύκλωμα κλιματισμού που γίνεται με την μέθοδο της απορρόφησης χρησιμοποιώντας ως κύριο πηγή θερμού νερού τα ηλιακά panel .

Παρακάτω θα αναπτύξουμε αναλυτικά την συνδεσμολογία του προγράμματος του TRNSYS τα στοιχεία που το αποτελούν και τις διάφορες παραμέτρους .

5.5.1.Φάση 1^η- Πρωτεύων Κύκλωμα Θερμού Νερού-Κύκλωμα Ηλιακών



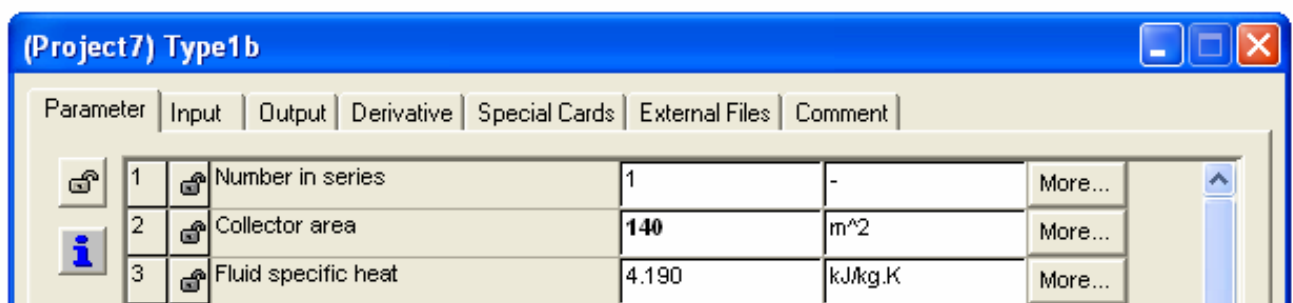
Type109-TMY2: Σε αυτό το type συνδέουμε ως external files τα μετεωρολογικά δεδομένα :



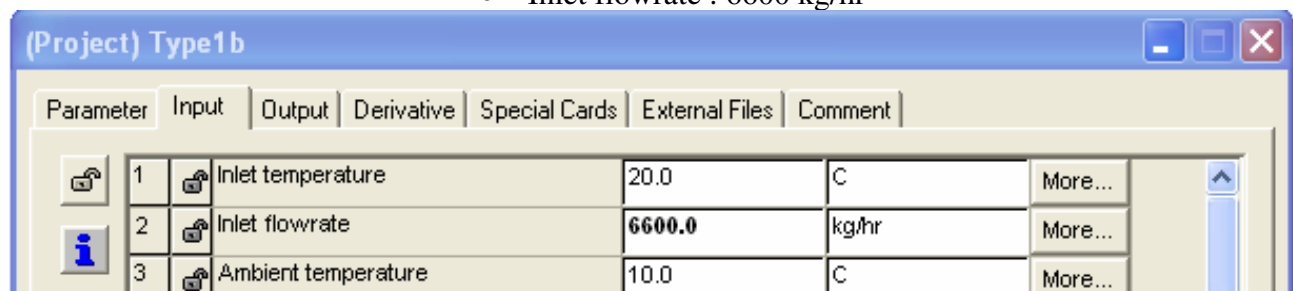
Type1b : Σε αυτό το type έχουμε επιλέξει τον τύπο των ηλιακών που θα χρησιμοποιήσουμε και κάνοντας διπλό κλικ πάνω του ανοίγει μια καρτέλα όπου εμείς μπορούμε να επηρεάσουμε κάποια στοιχεία του .

Σε αυτό το type επηρεάζουμε :

- Collector area : 140 m²



- Inlet flowrate : 6600 kg/hr



Συνδεσμολογία των στοιχείων τους :

Classic Table

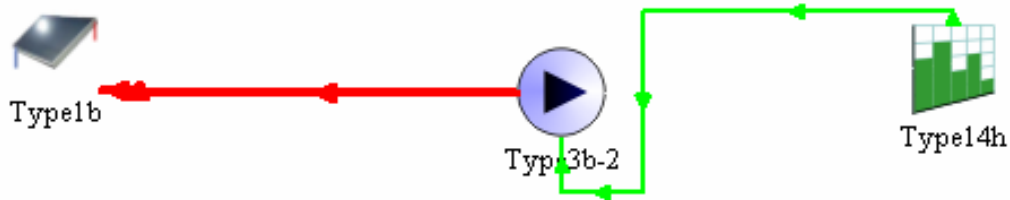
Select variable filter : All

Variable Name	Value
Inlet temperature	20.0
Inlet flowrate	6600.0
Ambient temperature	10.0
Incident radiation	0.
Total horizontal radiation	0.0
Horizontal diffuse radiation	0.0
Ground reflectance	0.2
Incidence angle	45.0
Collector slope	0.

Variables from TMY2 component:

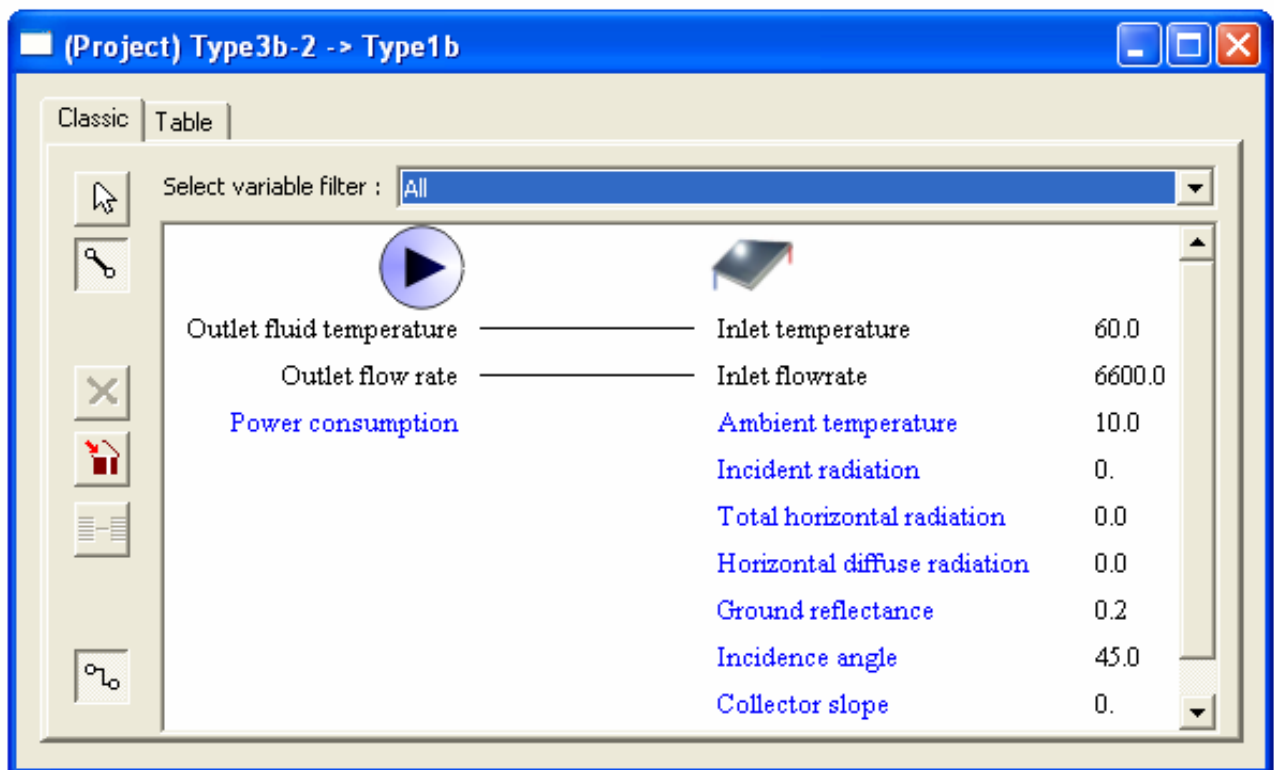
- Ambient temperature
- relative humidity
- wind velocity
- wind direction
- Atmospheric pressure
- userdefined data 2
- userdefined data 3
- userdefined data 4
- extraterrestrial radiation on horizontal
- solar zenith angle
- solar azimuth angle
- total radiation on horizontal
- beam radiation on horizontal
- sky diffuse radiation on horizontal
- ground reflected diffuse radiation on horizontal
- angle of incidence on horizontal surface
- slope of horizontal surface
- total radiation on tilted surface
- beam radiation on tilted surface
- sky diffuse radiation on tilted surface
- ground reflected diffuse radiation on tilted surface
- angle of incidence for tilted surface
- slope of tilted surface

Αφού έχουμε σύνδεση τα μετεωρολογικά μας δεδομένα με τα ηλιακά μας panel στην συνέχεια ξεκινάμε να φτιάξουμε το κλειστό κύκλωμα των ηλιακών .



Συνδέουμε μια αντλία(Type3b) με τα ηλιακά για να γίνεται η μεταφορά του θερμού νερού και χρησιμοποιούμε και το type14h για να περιορίσουμε στις ώρες που θέλουμε την χρήση της αντλίας .

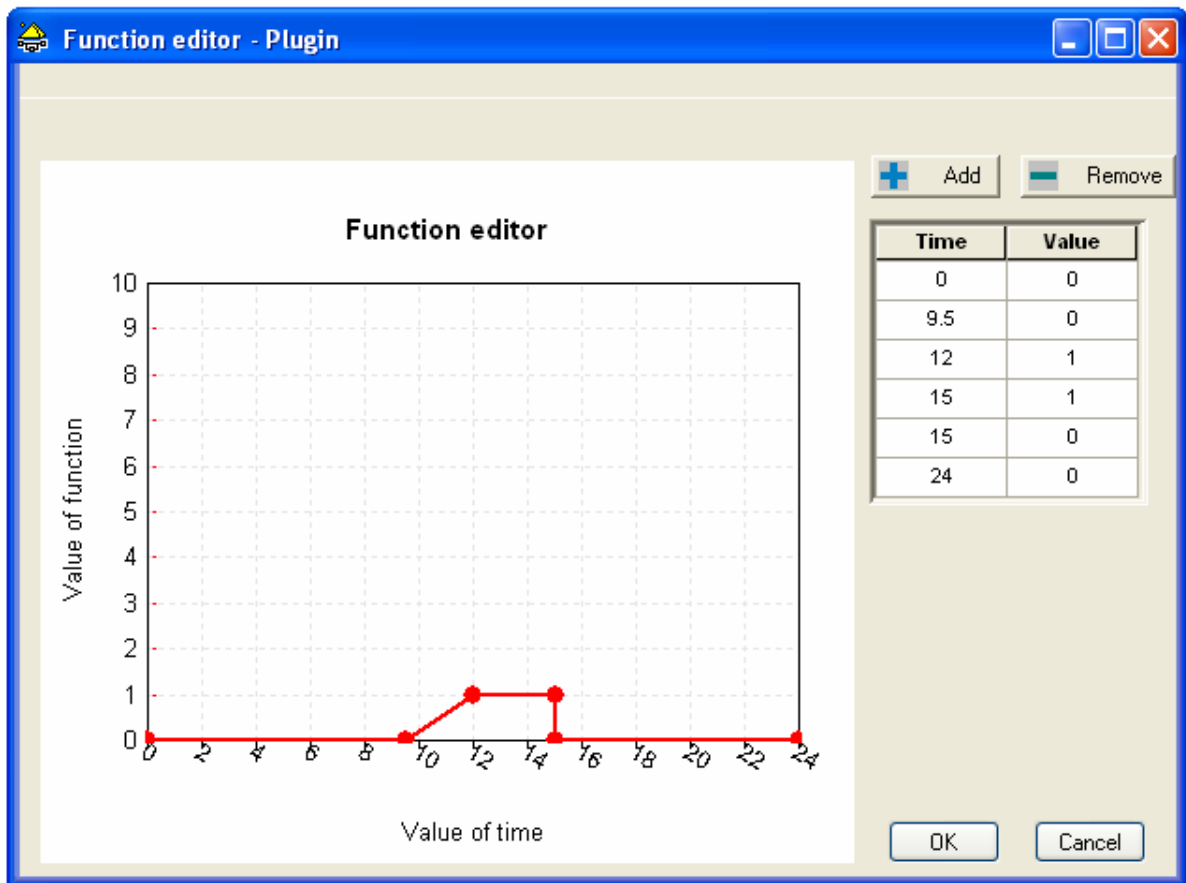
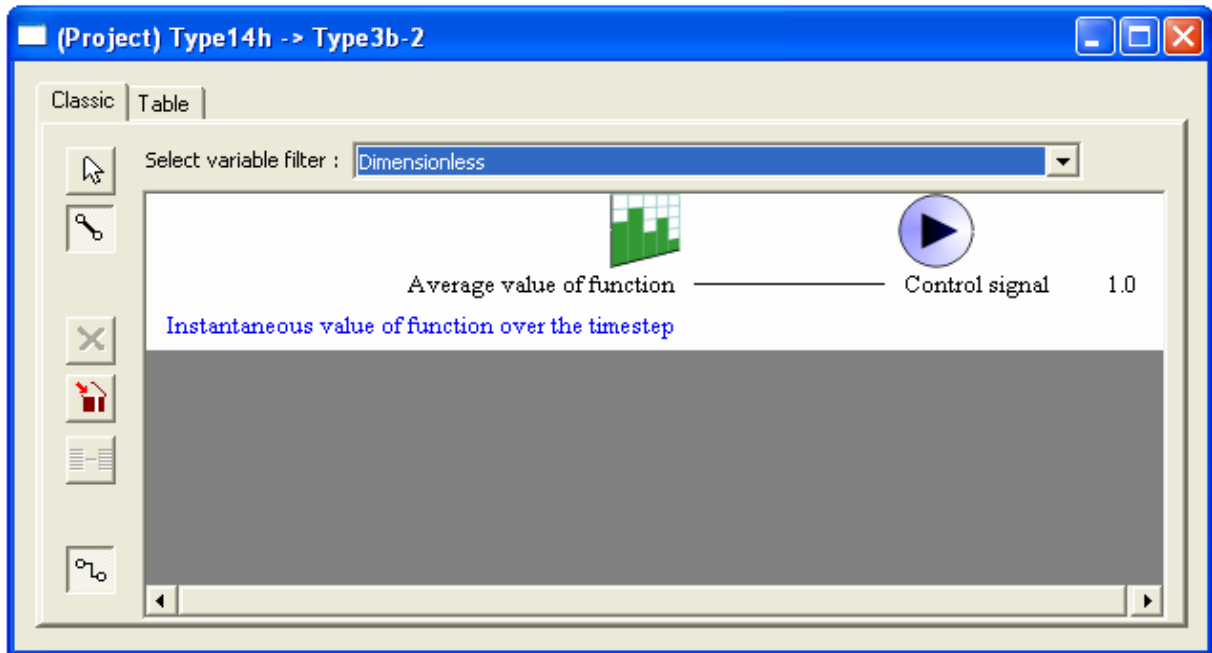
Συνδεσμολογία Αντλίας-Ηλιακών



Επιπλέον κάνοντας διπλό κλικ πάνω στο εικονίδιο της αντλίας επηρεάζουμε πάνω στην καρτέλα που εμφανίζεται τα παρακάτω :

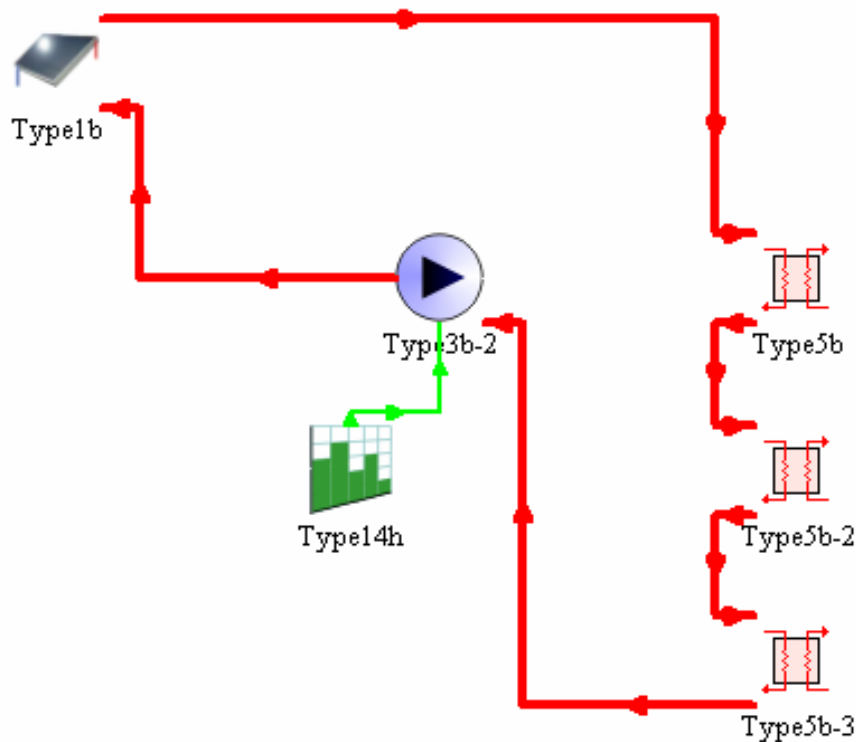
- Maximum flow rate : 6600 kg/hr
- Inlet mass flow rate : 6600 kg/hr

Συνδεσμολογία αντλίας-Forcing Function και ώρες λειτουργίας της



Όπου όπως παρατηρούμε το κύκλωμα των ηλιακών ξεκινά την λειτουργία τους στις 9.5 το πρωί και σταματάει της 3 το μεσημέρι .

Ολοκλήρωση του Πρωτεύοντος Κυκλώματος Θερμού Νερού



Χρησιμοποιούμε τρεις εναλλάκτες Counter Flow στους οποίους αλλάζουμε τα εξής στοιχεία .

Type5b :

- Hot side flow rate : 6600 kg/hr
- Cold side flow rate : 6600 kg/hr
- Overall heat transfer coefficient of exchanger : 3750 kJ/hr.K

Type5b-2 :

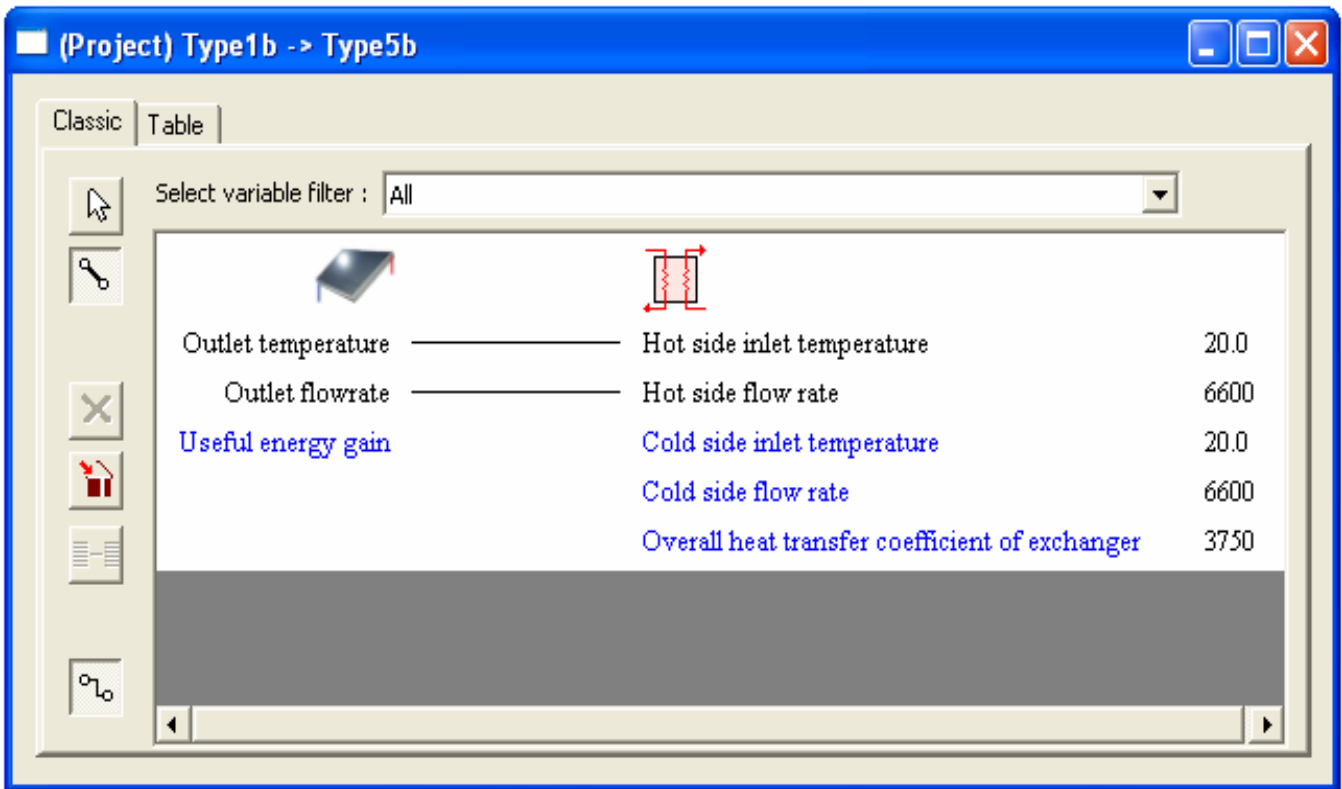
- Hot side flow rate : 6600 kg/hr
- Cold side flow rate : 6600 kg/hr
- Overall heat transfer coefficient of exchanger : 3500 kJ/hr.K

Type5b-3 :

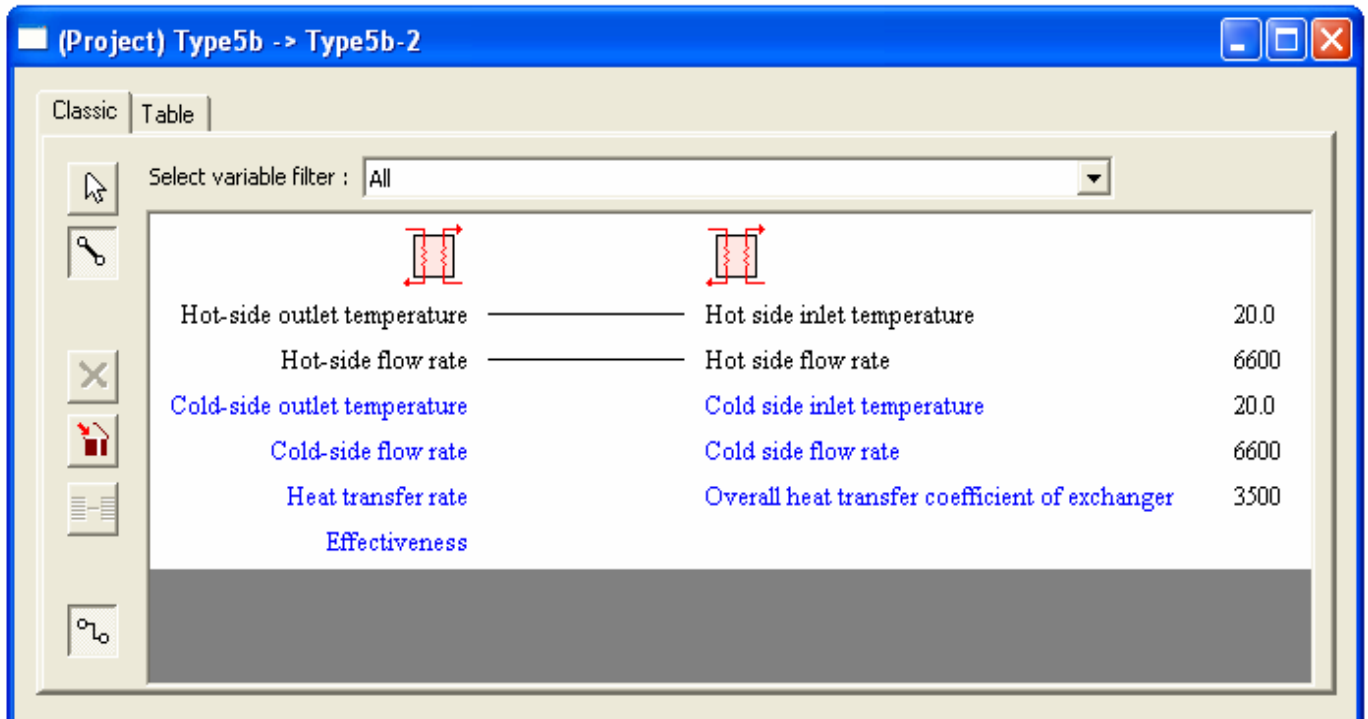
- Hot side flow rate : 6600 kg/hr
- Cold side flow rate : 6600 kg/hr
- Overall heat transfer coefficient of exchanger : 3000 kJ/hr.K

Όπως παρατηρείται η μετάδοση της θερμότητας του κάθε εναλλάκτη θερμότητας διαφέρει αυτό γίνεται καθώς στο Type3b-3 έχουμε χαμηλή θερμοκρασία νερού από το δευτερεύον κύκλωμα καθώς και χαμηλή θερμοκρασία εξόδου του δευτερεύοντος κυκλώματος , ενώ αντίθετα στο Type5b έχουμε υψηλή θερμοκρασία εισόδου από το πρωτεύον κύκλωμα και θέλουμε και υψηλή θερμοκρασία εξόδου στο δευτερεύον κύκλωμα έτσι επιθυμούμε η εναλλαγή θερμότητας να είναι μεγαλύτερη σε αυτό το TYPE .

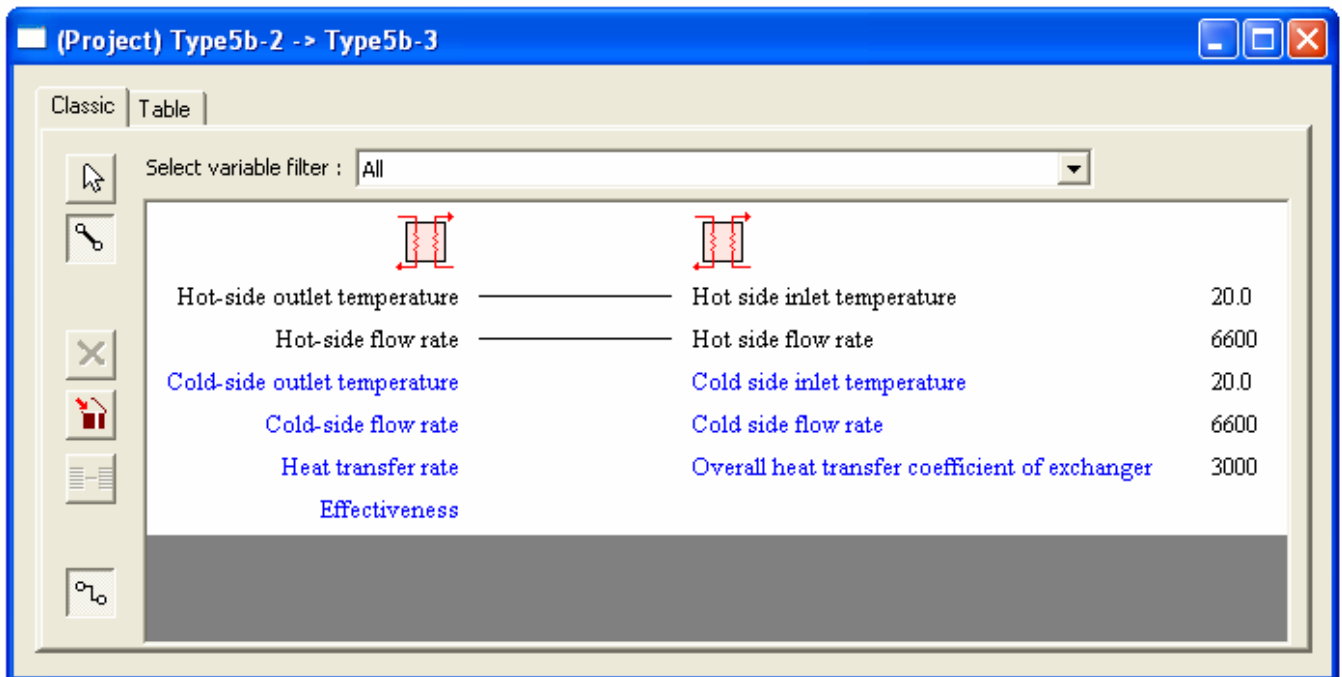
Συνδεσμολογία :
Type1b → Type5b



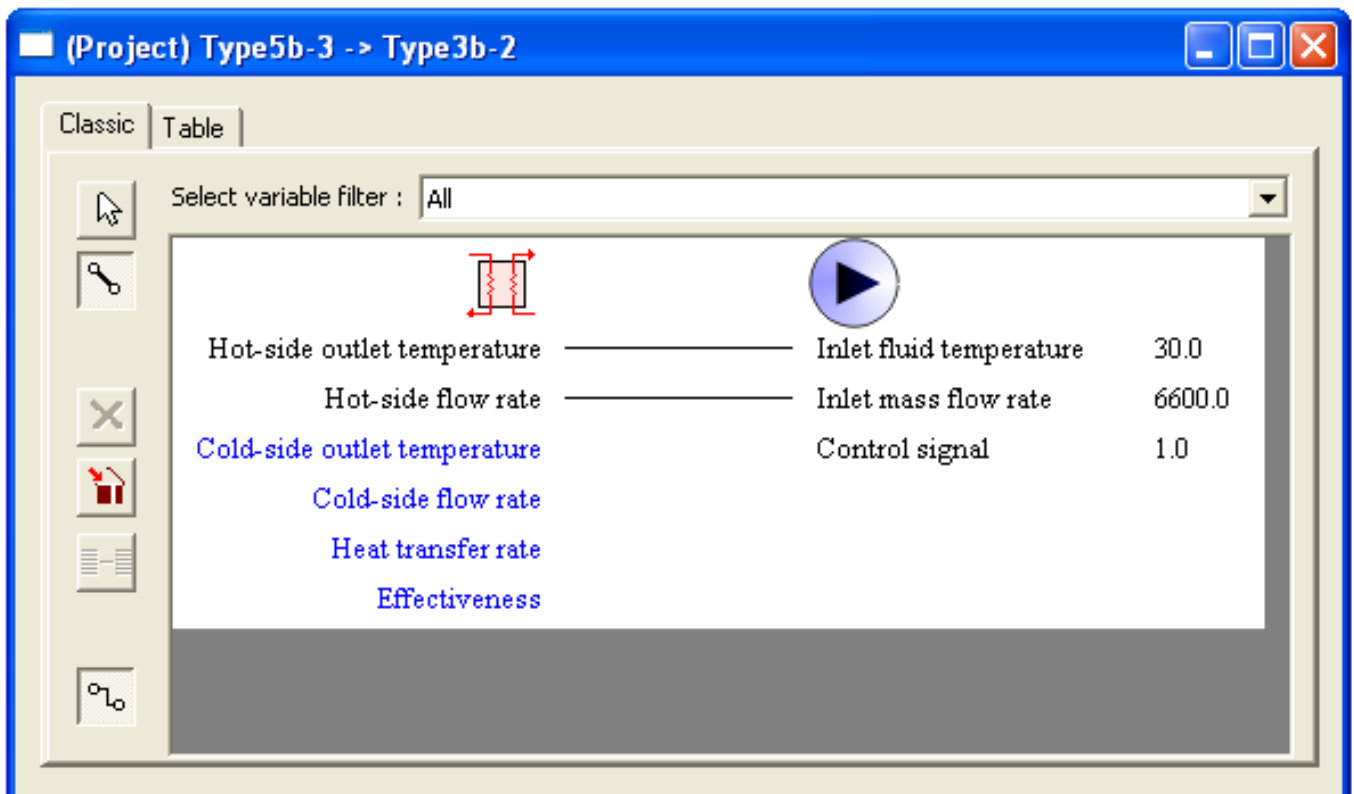
Type5b → Type5b-2



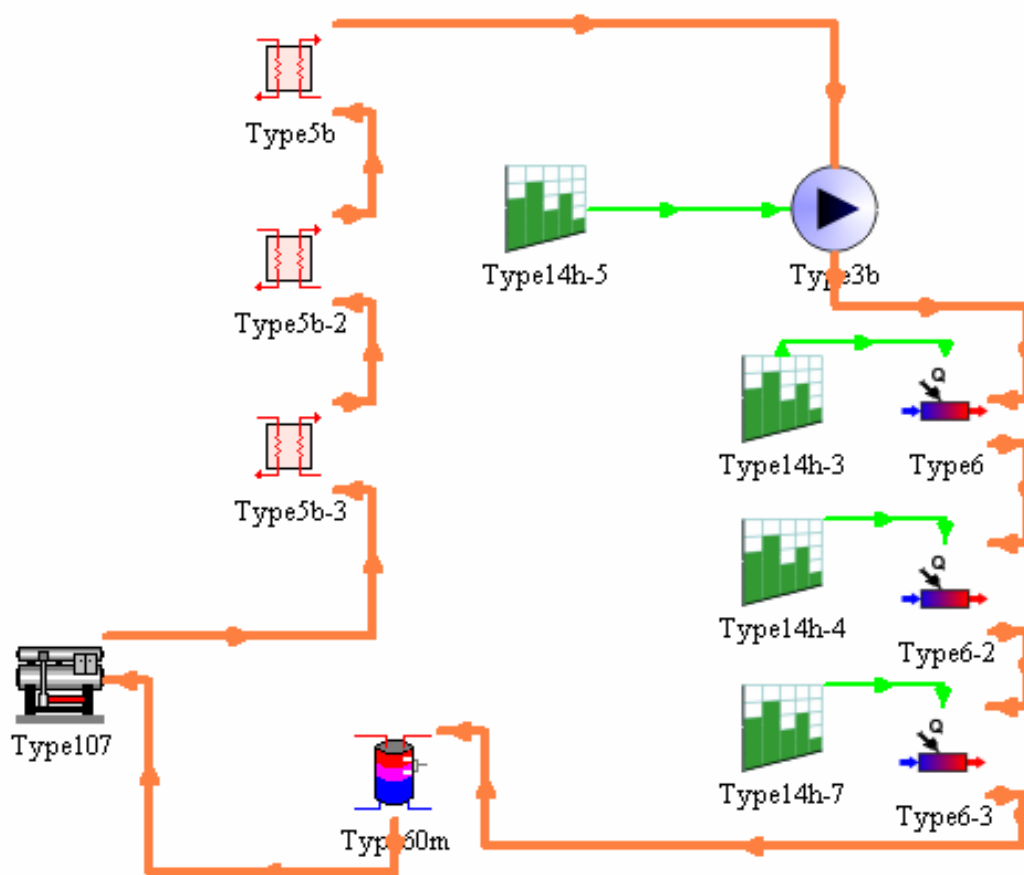
Type5b-2 → Type5b-3



Type5b-3 → Type3b-2



5.5.2.Φάση 2^η- Δευτερεύον Κύκλωμα Θερμού Νερού-Κύκλωμα Απορροφητή



Οι εναλλάκτες θερμότητας είναι οι ίδιοι όπως αναλύσαμε και προηγουμένως .

Σε αυτό το κύκλωμα χρησιμοποιούμε μια αντλία (Type3b) όπου με την χρήση του Control Function (Type14h-5) καθορίζουμε τις ώρες λειτουργίας του δευτερεύοντος κυκλώματος .

Επίσης, χρησιμοποιούμε τρεις πρόσθετες παροχές θερμότητας (Auxiliary Heaters) , δηλαδή Type6, Type6-2 και Type6-3 με αντίστοιχες ώρες λειτουργίας Type14h-3, Type14h-4 και Type14h-7 αντίστοιχα .

Επίσης , χρησιμοποιούμε το Type60m που ουσιαστικά είναι η αποθήκη θερμού νερού του δευτερεύοντος κυκλώματος και έχει ως σκοπό να εξομαλύνει της έντονες διακυμάνσεις του της θερμοκρασίας του δευτερεύοντος κυκλώματος .

Τέλος , εισάγεται και το type 107 που είναι ο απορροφητής δηλαδή το εργαλείο που θα μας δώσει την απαιτούμενη ψύξη .

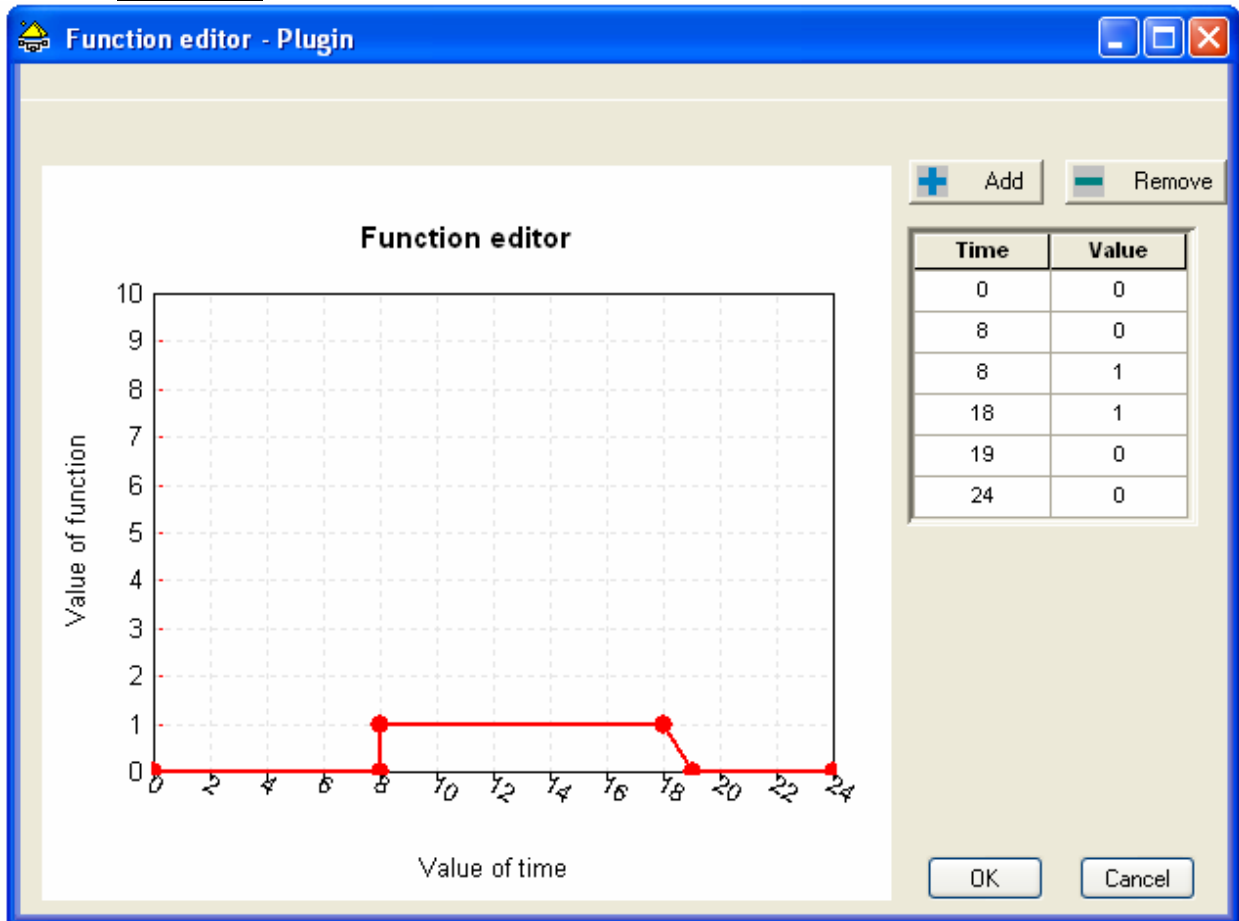
Πρέπει να τονίσουμε πως το Control Function της αντλίας (Type14h-5) είναι αυτό που ουσιαστικά καθορίζει τις ώρες λειτουργίας του όλου συστήματος τα υπόλοιπα Control Function αποτελούν επιπλέον παραμέτρους του δευτερεύοντος κυκλώματος .

Παράμετροι που αλλάζουν στα παραπάνω Type :

Type3b

- Maximum flow rate : 6600 kg/hr
- Inlet mass flow rate : 6600 kg/hr

Type14h-5



Type6

- Maximum heating rate : 0,6 KW
- Fluid mass flow rate : 6600 kg/hr
- Set point temperature : 99°C

Type6-2

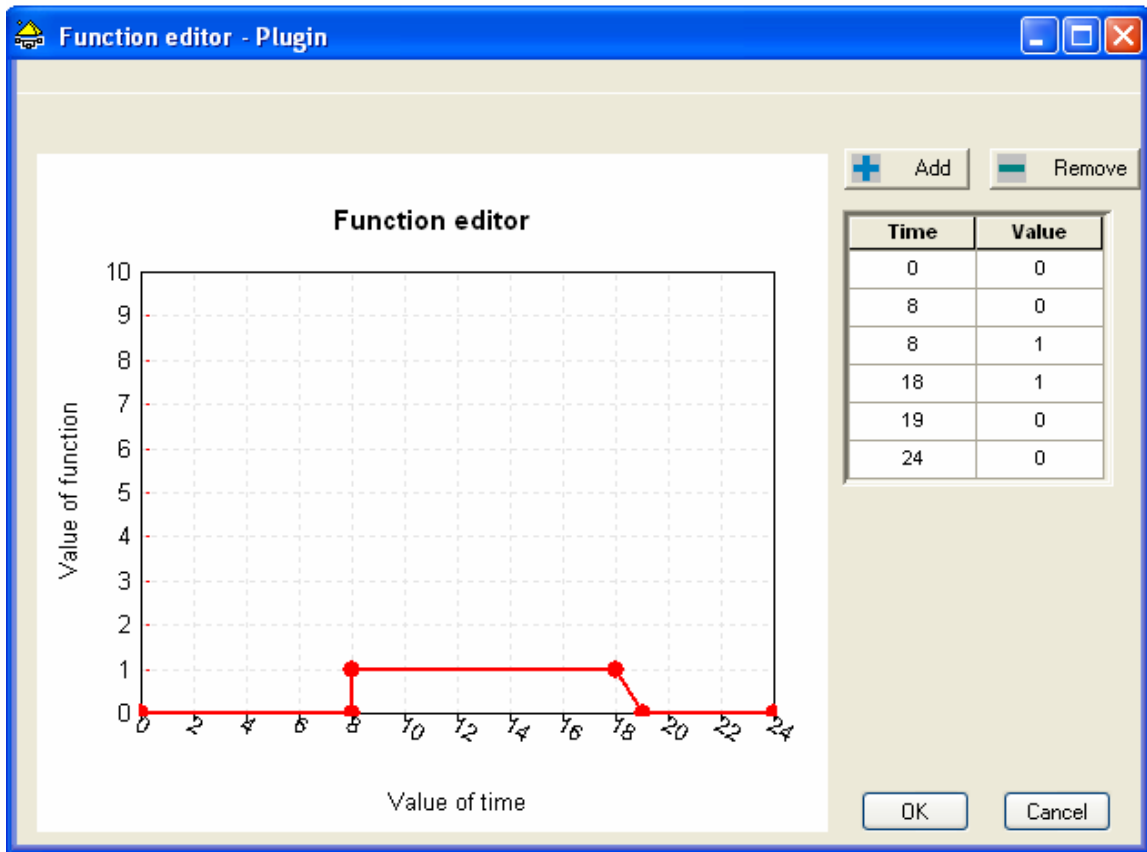
- Maximum heating rate : 3,0 KW
- Fluid mass flow rate : 6600 kg/hr
- Set point temperature : 97,6°C

Επιλέγουμε Set point temperature : 97,6°C για να αποφύγουμε όσον το δυνατόν γίνεται τυχόν ατμοποιήσεις στο πρωτεύον κύκλωμα των ηλιακών κατά την έναρξη λειτουργίας του συστήματος καθώς η εξωτερική παροχή θερμότητας είναι αρκετά μεγάλη .

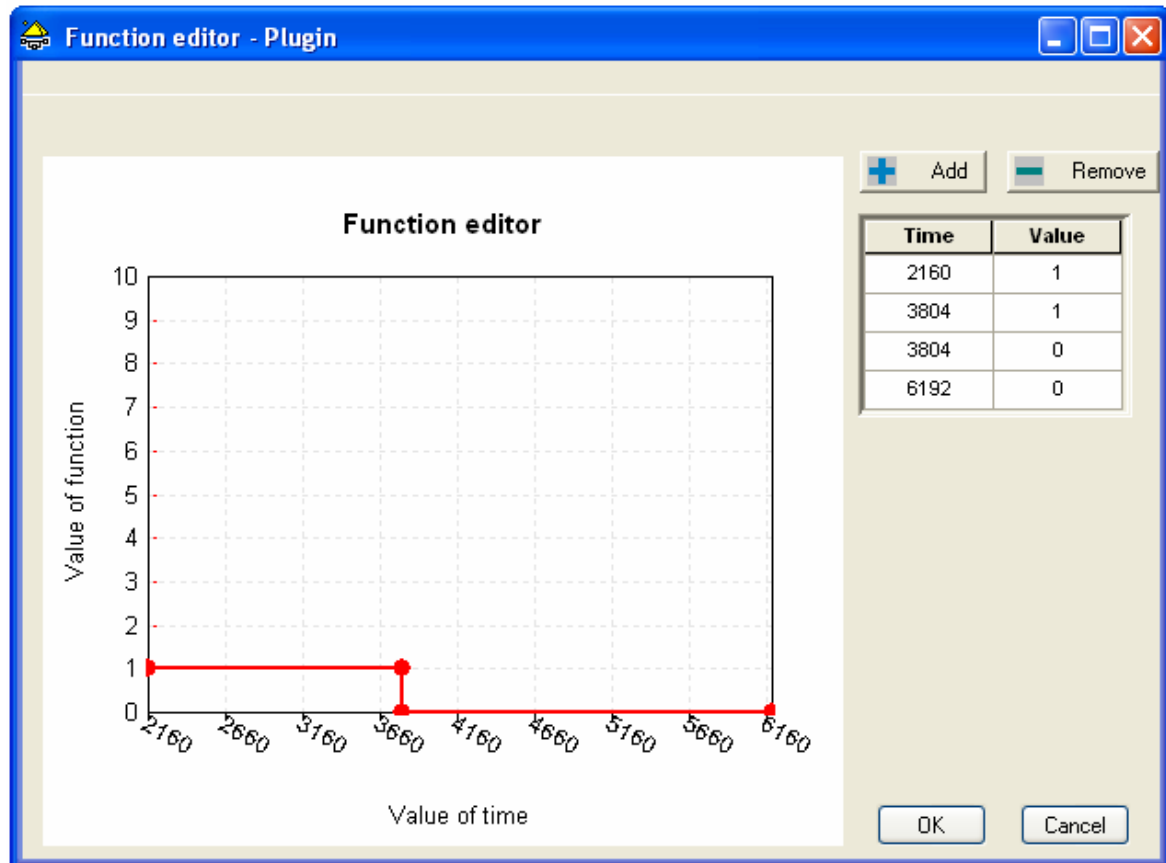
Type6-3

- Maximum heating rate : 0,7 KW
- Fluid mass flow rate : 6600 kg/hr
- Set point temperature : 99°C

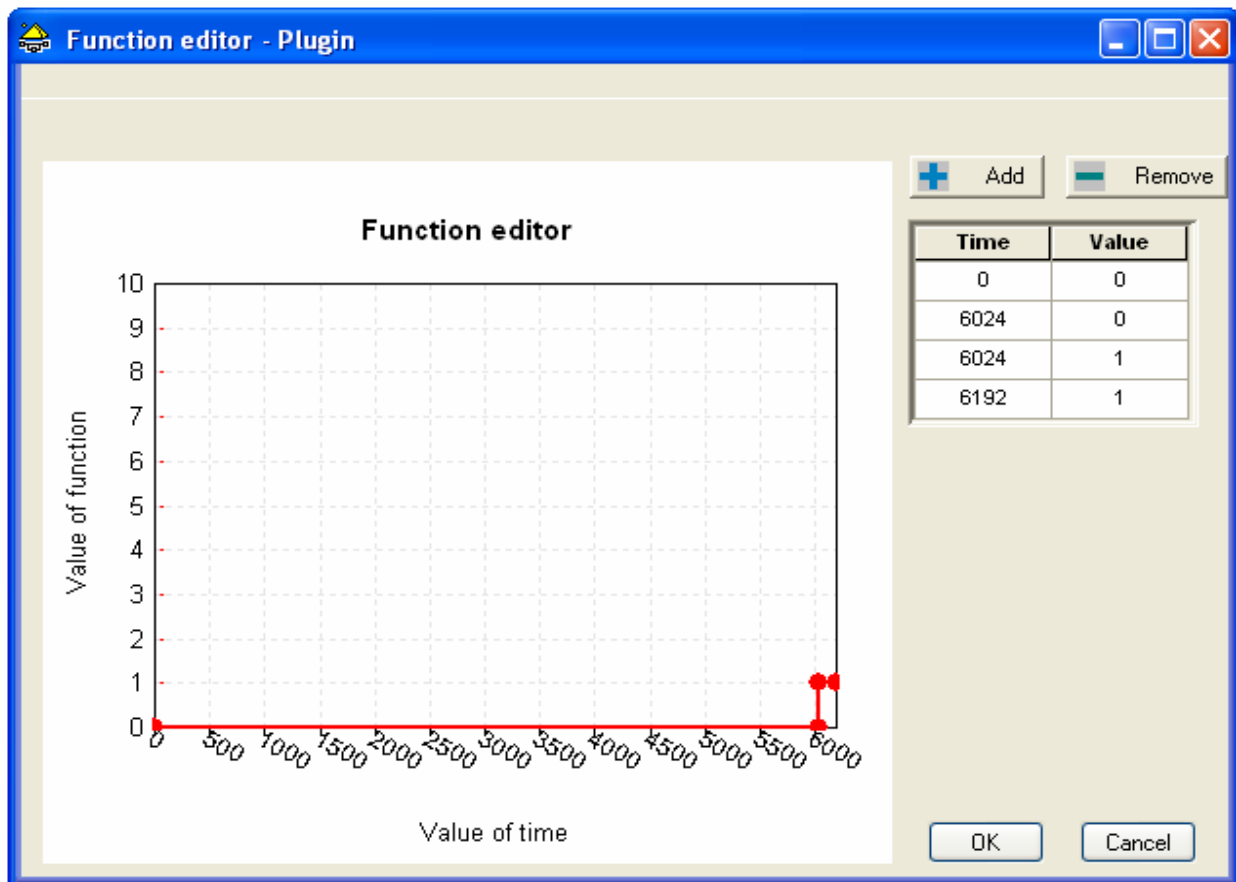
Type14h-3



Type14h-4



Type14h-7



Τα Type14h-3, Type14h-4 και Type14h-7 μας δείχνουν πότε έχουμε προσθήκη εξωτερικής θερμότητας με 0,6 kW, 3,0kW και 0,7 kW αντίστοιχα .

Το Type14h-3, λειτουργεί σε όλους τους μήνες της προσομοίωσης με περιορισμό στην 24hr λειτουργία .

Το Type14h-4 , λειτουργεί από την 1^η Απριλίου(2160hr) έως την 15^η Ιουνίου(3804hr) και αυτό γιατί έχουμε πρόβλημα να φτάσουμε στους 93°C που απαιτούνται για την λειτουργία του απορροφητή .

Το Type14h-7 λειτουργεί από την 8^η Σεπτεμβρίου(6024hr) έως την 15^η Σεπτεμβρίου (6192hr) και αυτό γιατί έχουμε πρόβλημα να φτάσουμε στους 93°C που απαιτούνται για την λειτουργία του απορροφητή .

Type60m

- Tank volume : 30 m³
- Flow rate at inlet 1 : 6600 kg/hr

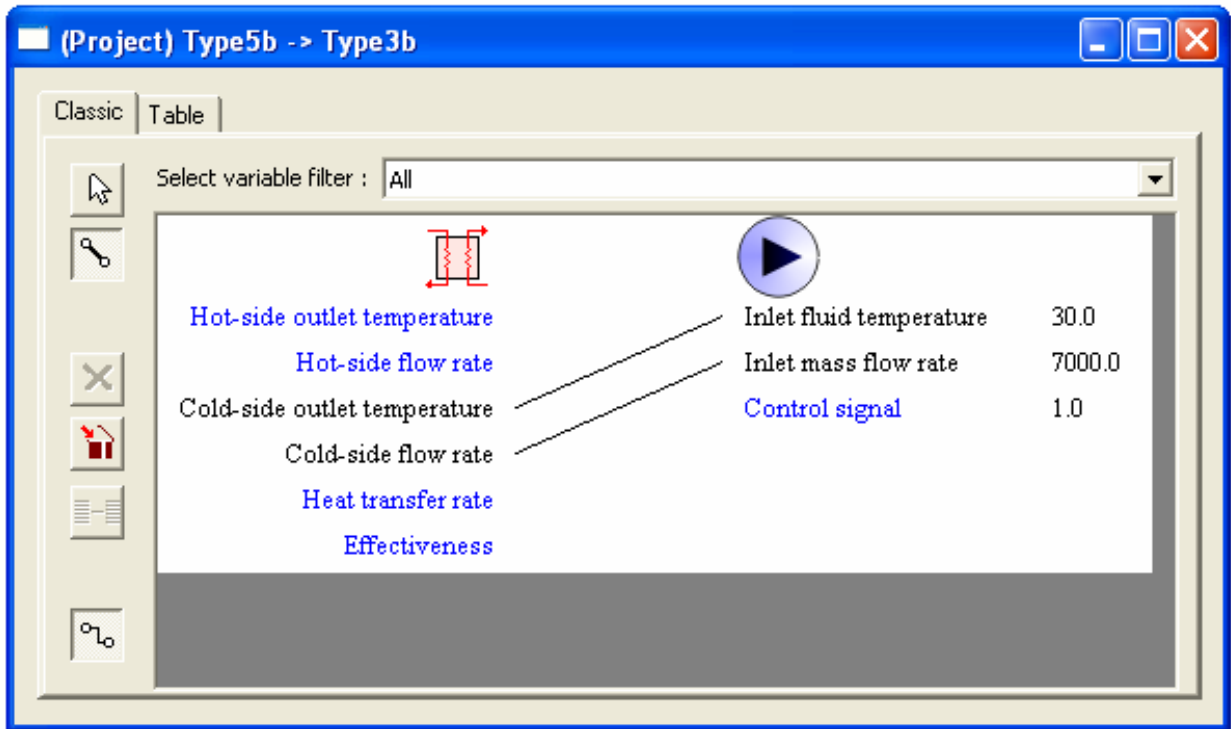
Type107

- Rated capacity : 166000 BTU/hr
- Auxiliary electrical power : 1 kW
- Chilled water inlet temperature : 12,5°C
- Chilled water flow rate : 6600 kg/hr
- Cooling water inlet temperature : 31°C
- Cooling water flow rate : 22000 kg/hr
- Hot water inlet temperature : 93°C
- Hot water flow rate : 6600 kg/hr
- CHW set point : 11 °C
- Rated C.O.P. : 0,7

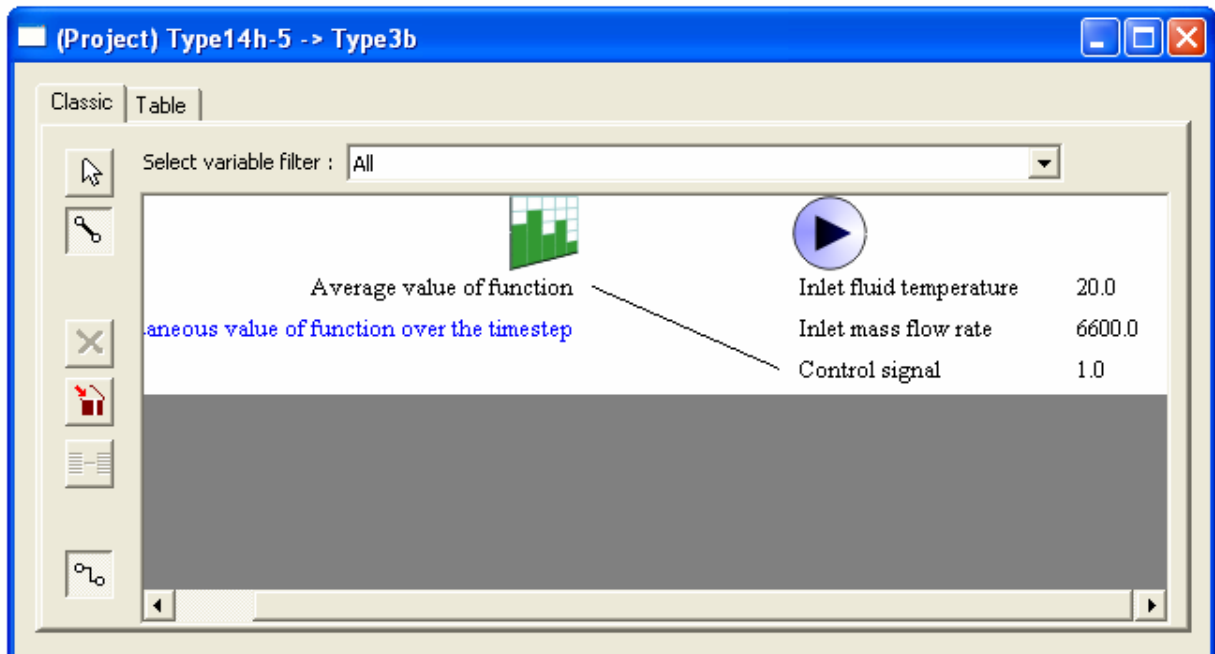
Τα δεδομένα προέρχονται από τον απορροφητή από την εταιρία :

yazaki-solar-HVAC
και πιο συγκεκριμένα είναι ο απορροφητής **SC10** .

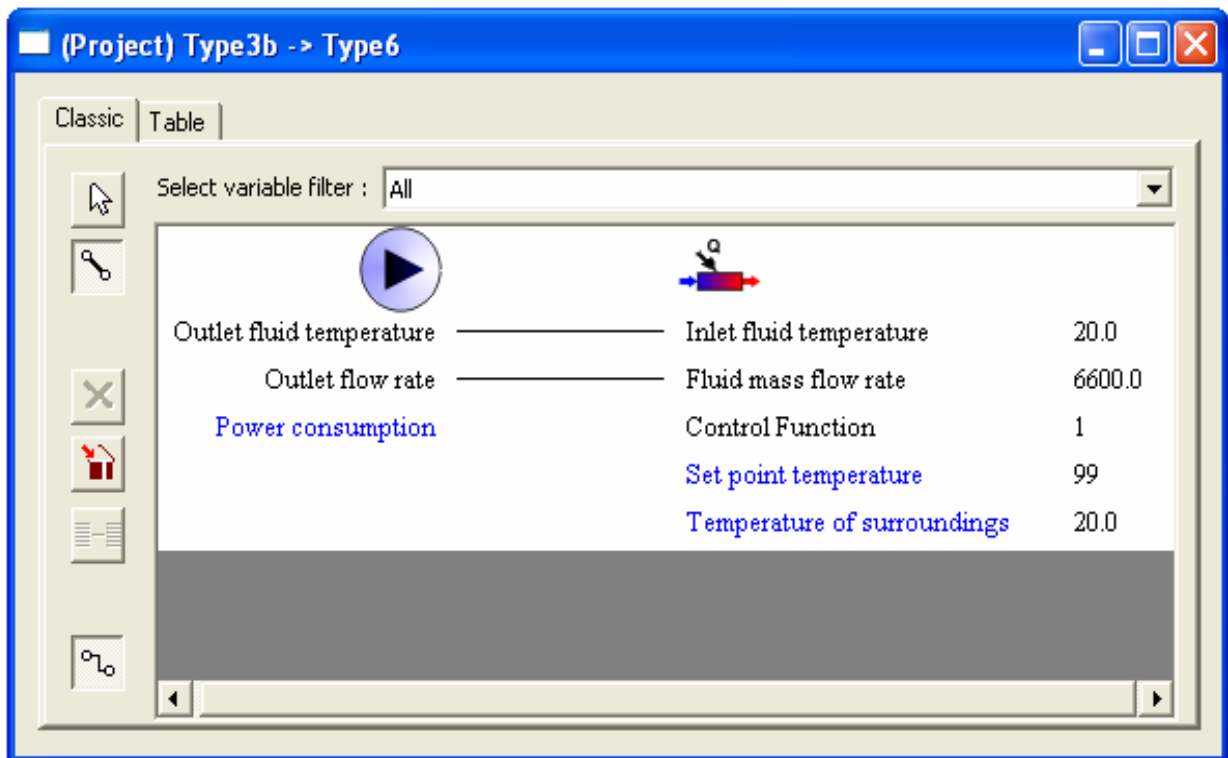
Συνδεσμολογία
Type5b → Type3b



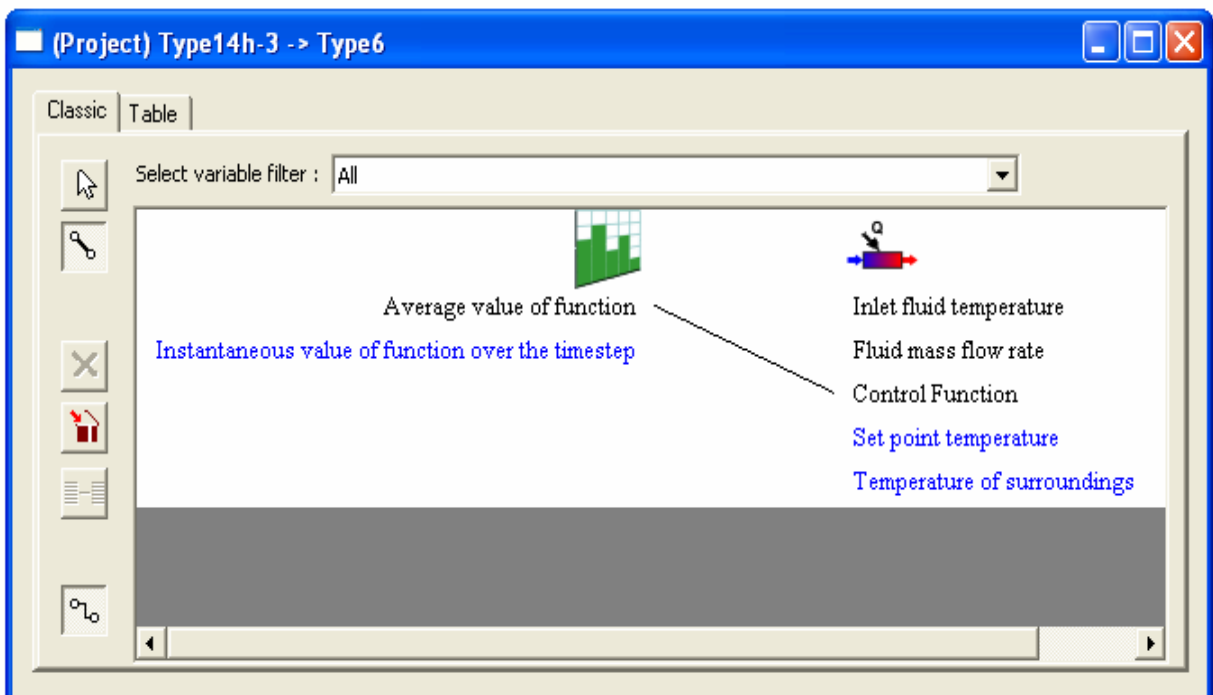
Type14h-5 → Type3b



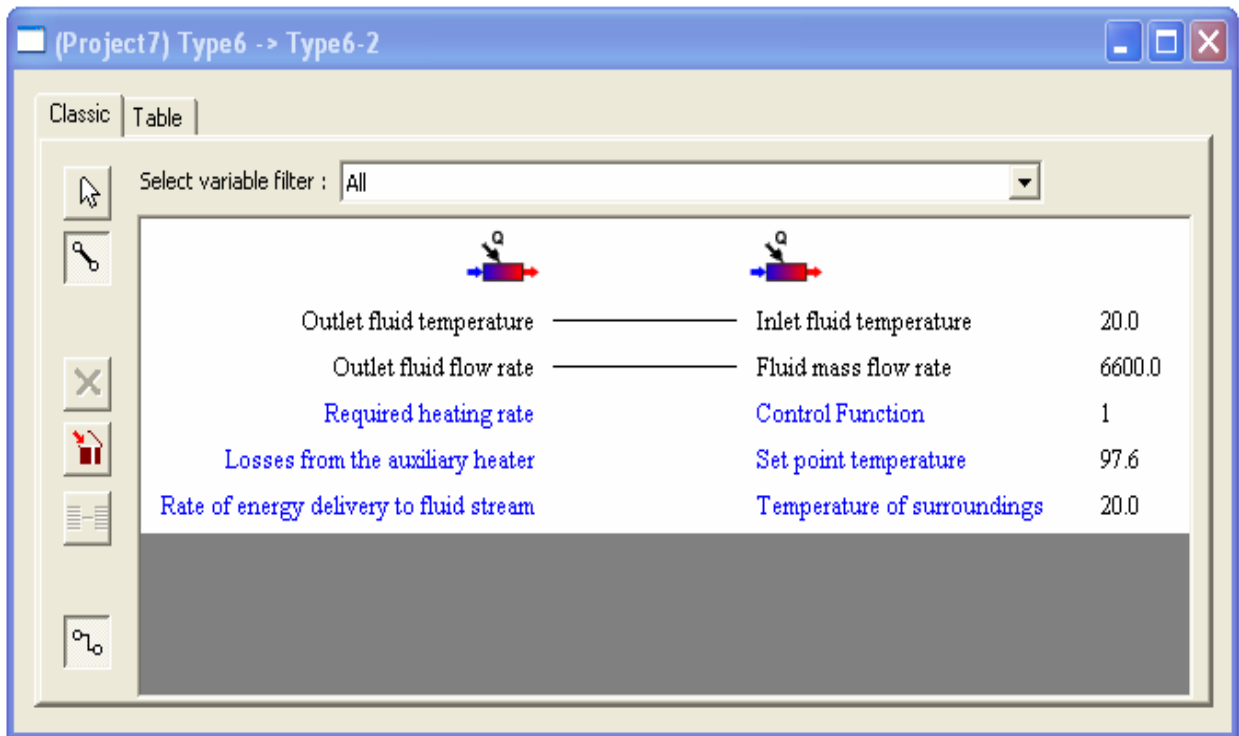
Type3b → Type6



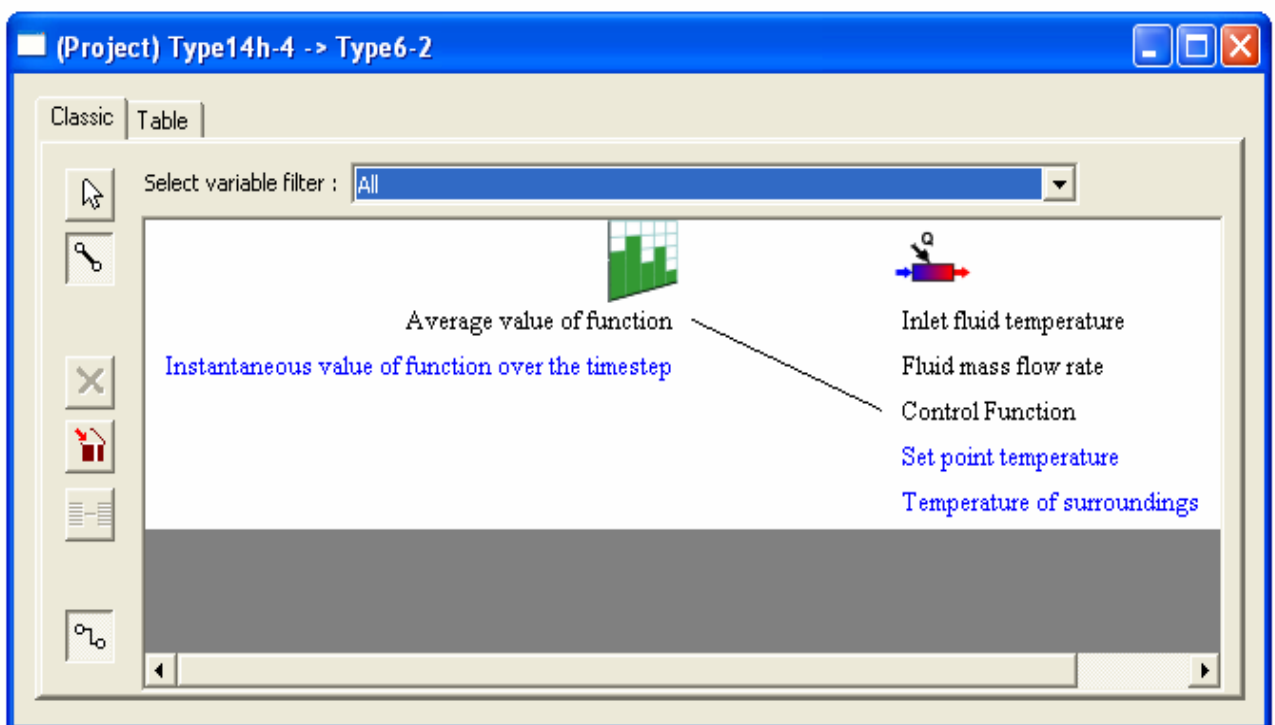
Type14h-3 → Type6



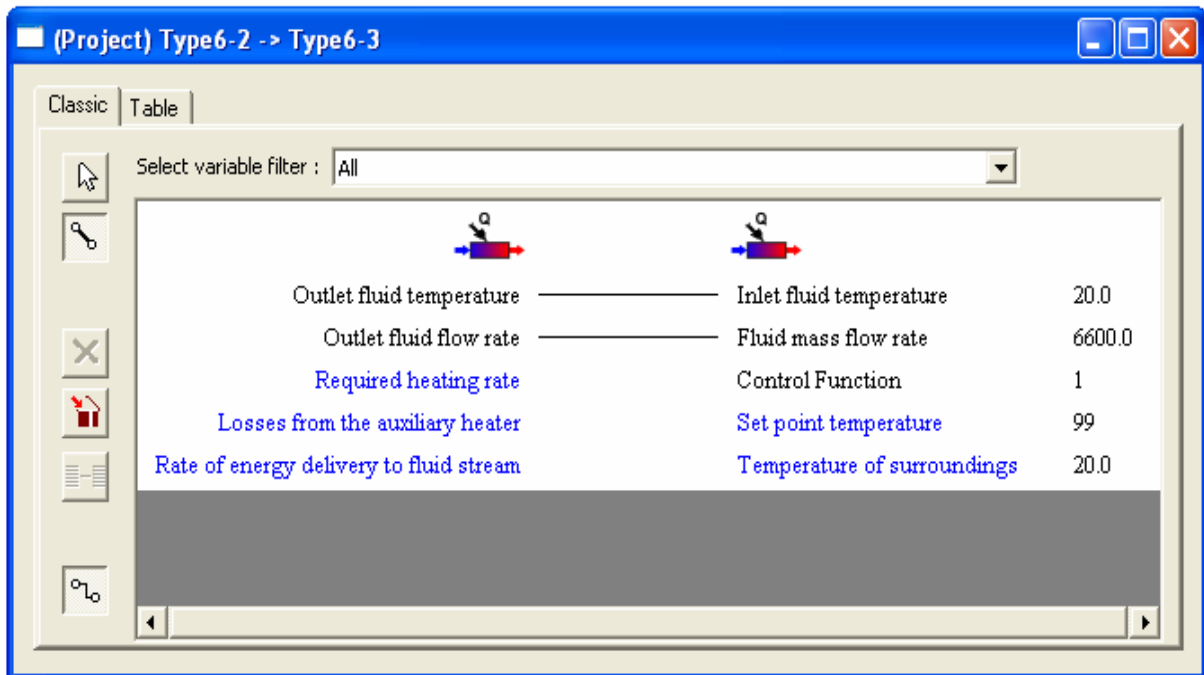
Type6 → Type6-2



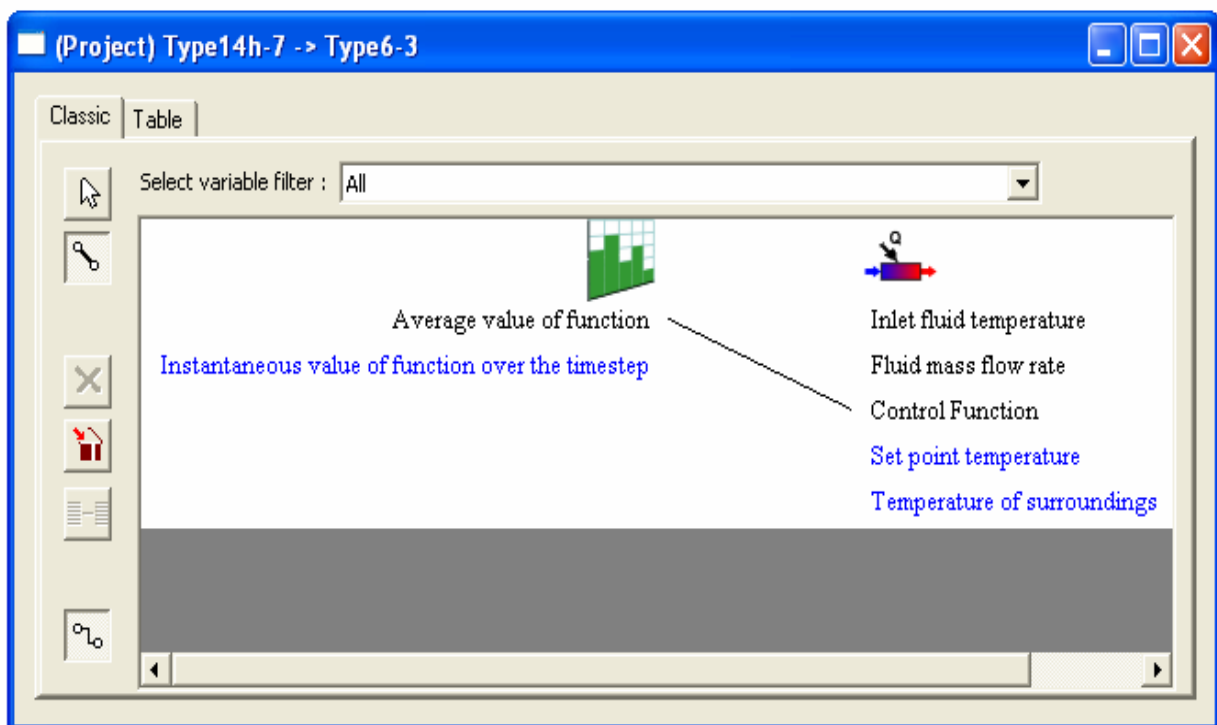
Type14h-4 → Type6-2



Type6-2 → Type6-3



Type14h-7 → Type6-3



Type6-3 → Type60m

(Project) Type6-3 -> Type60m

Classic Table

Select variable filter : All

Outlet fluid temperature	Flow rate at inlet 1	6600
Outlet fluid flow rate	Flow rate at outlet 1	-2
Required heating rate	Not used (flow inlet 2)	-1
Losses from the auxiliary heater	Not used (flow outlet 2)	-1
Rate of energy delivery to fluid stream	Temperature at inlet 1	20.0
	Not used (temp inlet 2)	20.0
	Environment temperature	22.0
	Control signal for element 1	1.0

Type60m → Type107

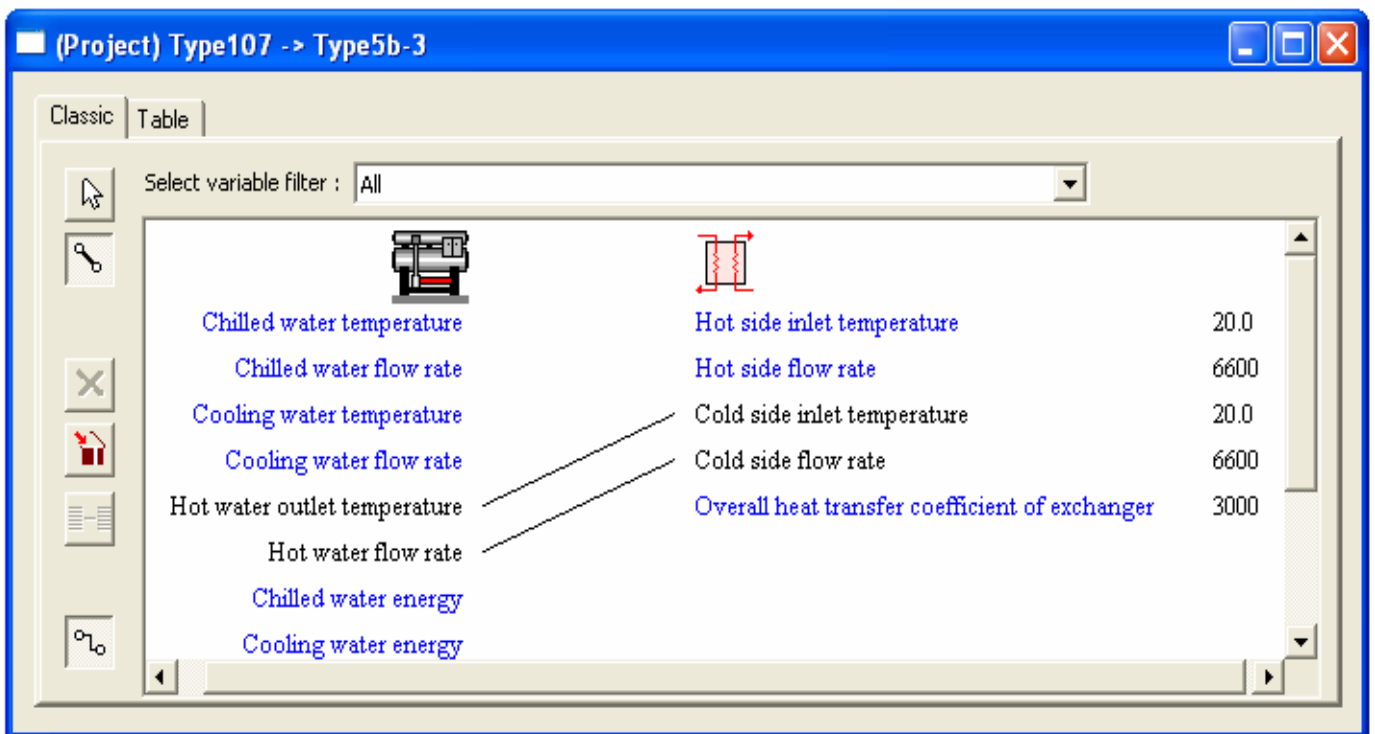
(Project) Type60m -> Type107

Classic Table

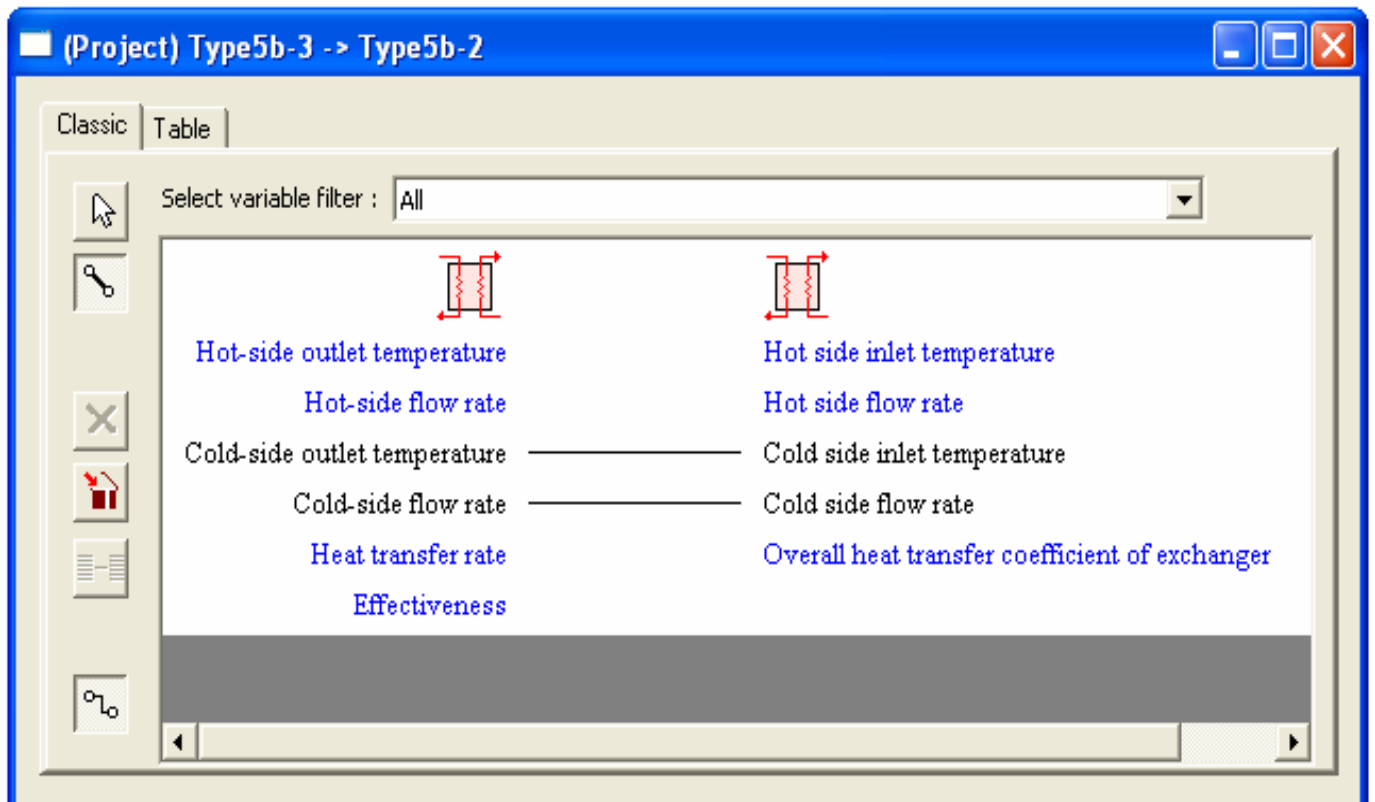
Select variable filter : All

Flowrate at inlet 1	Chilled water inlet temperature	12.5
Flowrate at outlet 1	Chilled water flow rate	6600.0
Not used (inlet 2 flow)	Cooling water inlet temperature	31.0
Not used (outlet 2 flow)	Cooling water flow rate	22000
Temperature of outlet flow 1	Hot water inlet temperature	93
Not used (temp flow 2)	Hot water flow rate	6600.0
Thermal losses	CHW set point	11
Energy supplied by inlet 1	Chiller control signal	1.0

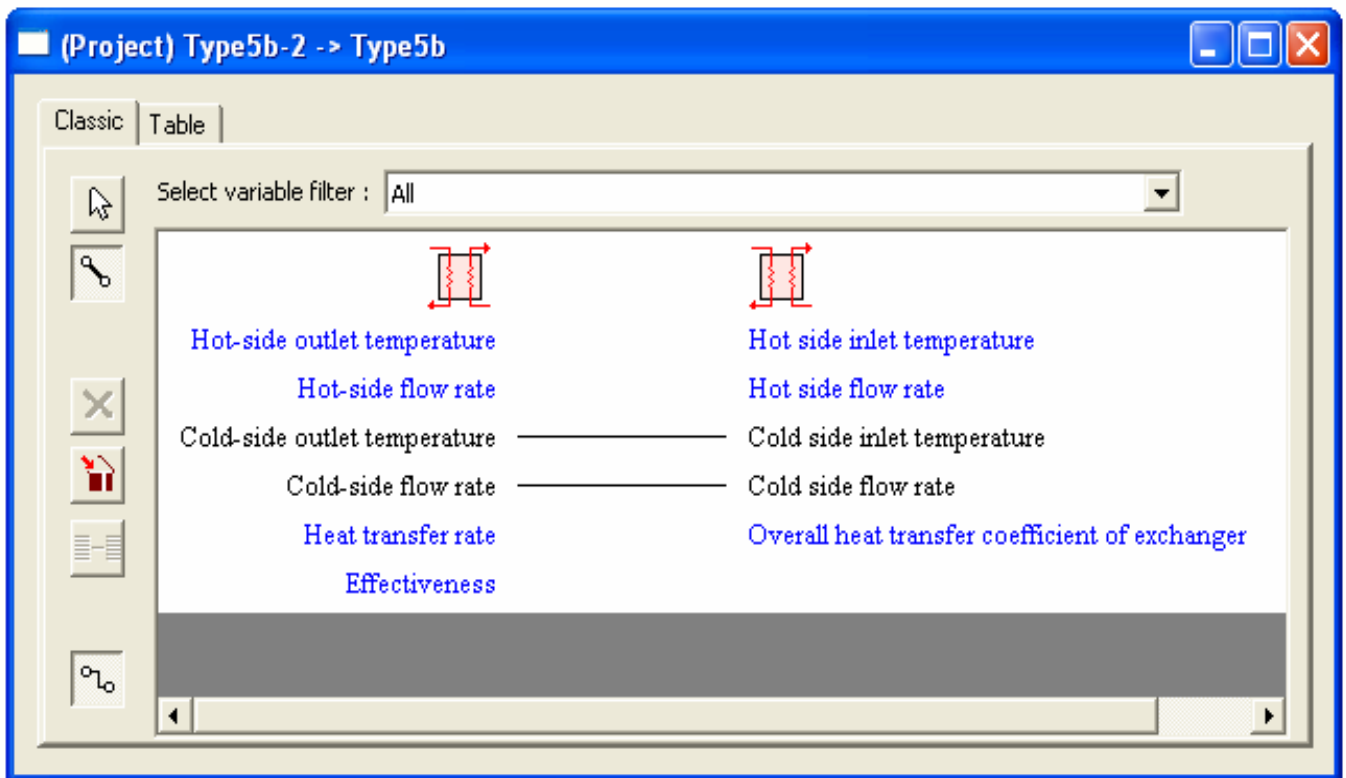
Type107 → Type5b-3



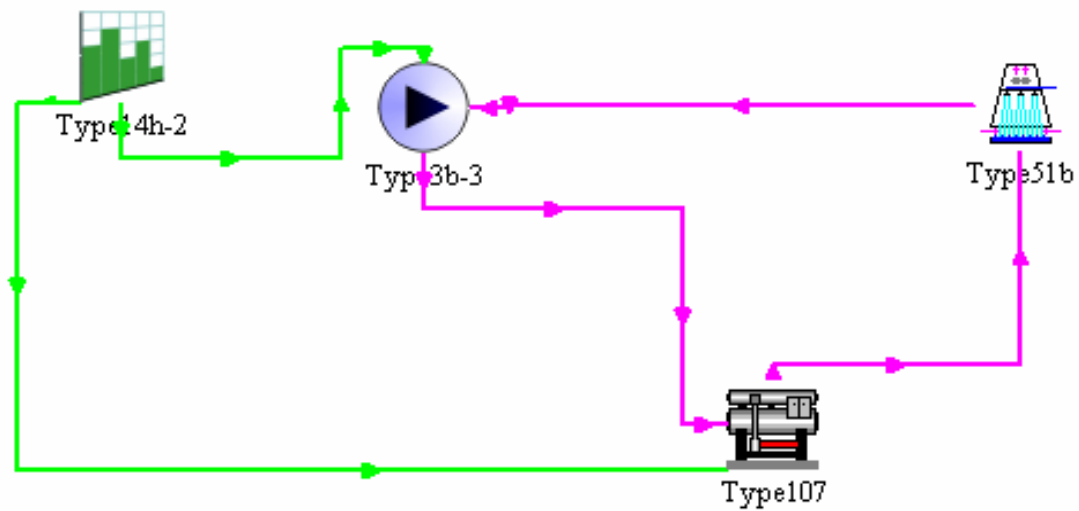
Type5b-3 → Type5b-2



Type5b-2 → Type5b



5.5.3.Φάση 3^η- Κύκλωμα Πύργου Ψύξης στον Απορροφητή



Παράμετροι που αλλάζουν στα παραπάνω Type :

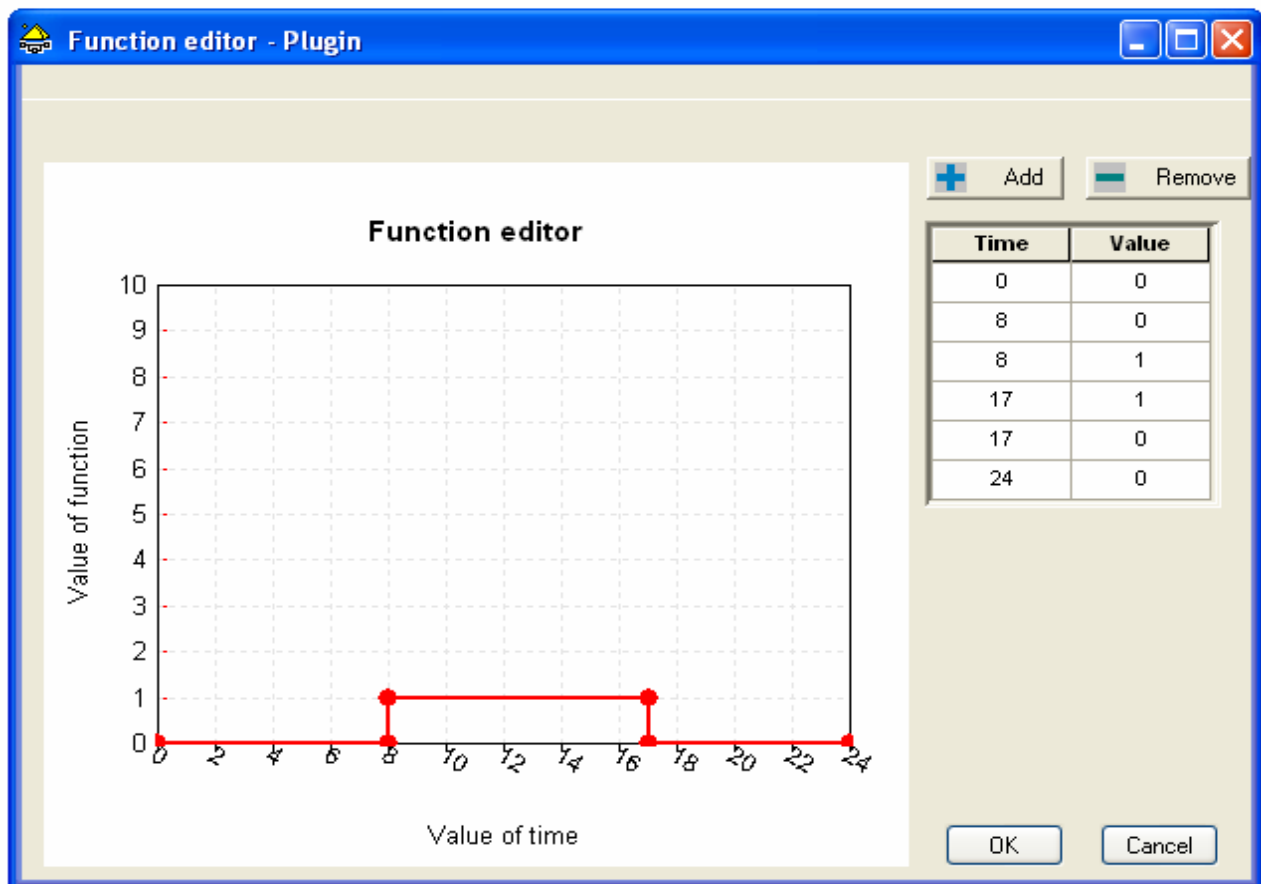
Type3b-3

- Maximum flow rate : 22000 kg/hr
- Inlet mass flow rate : 22000 kg/hr
- Inlet fluid temperature : 31°C

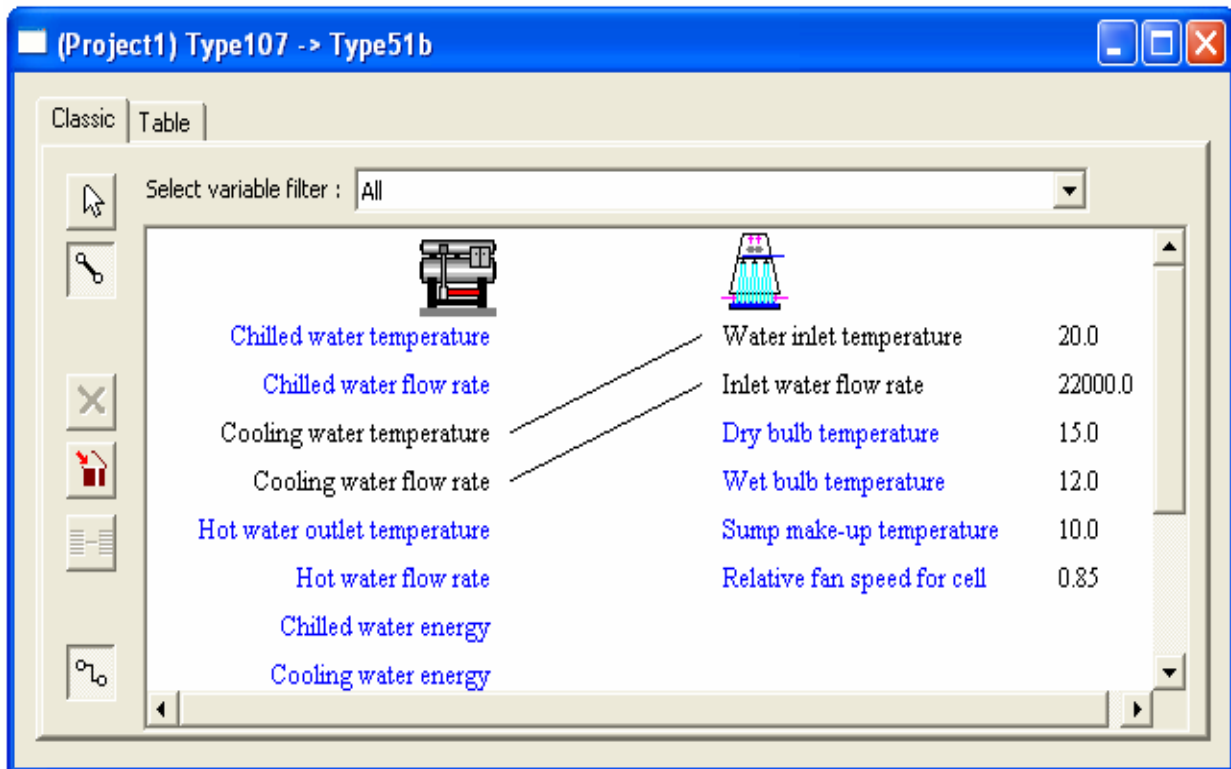
Type51b

- Inlet water flow rate : 22000 kg/hr

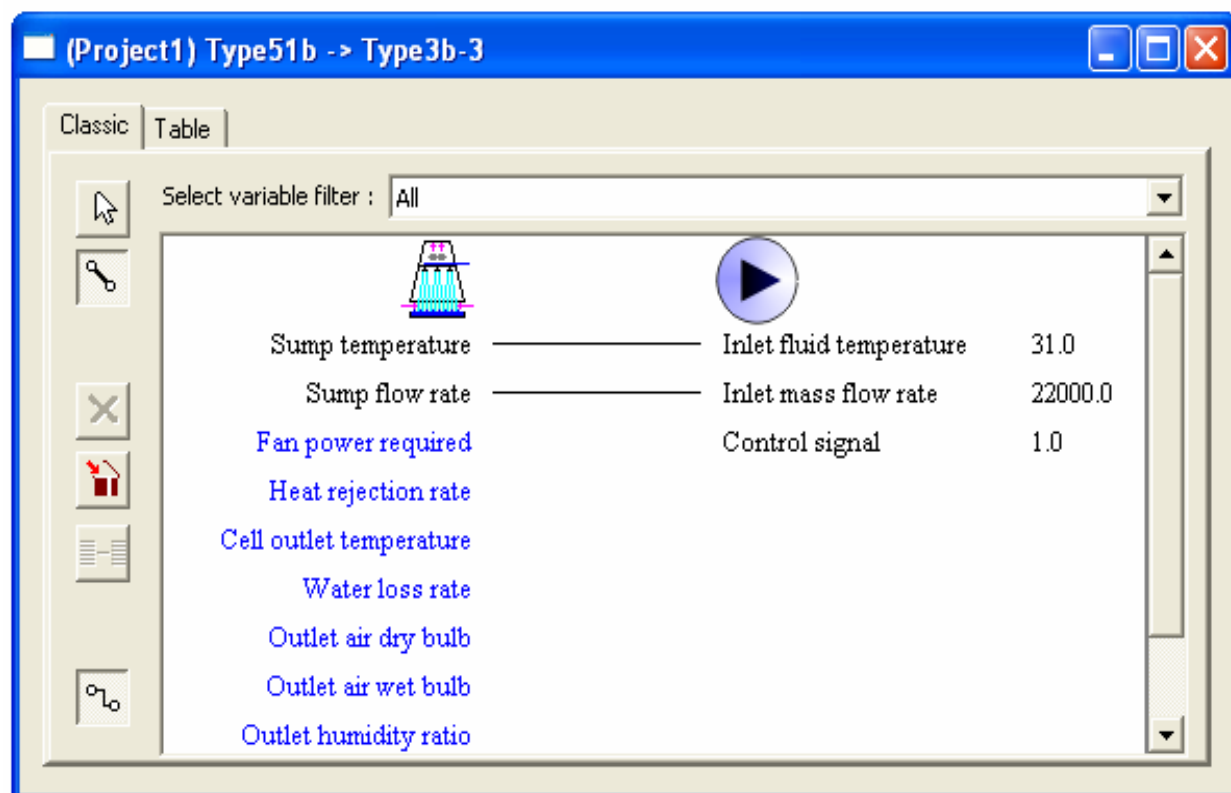
Type14h-2



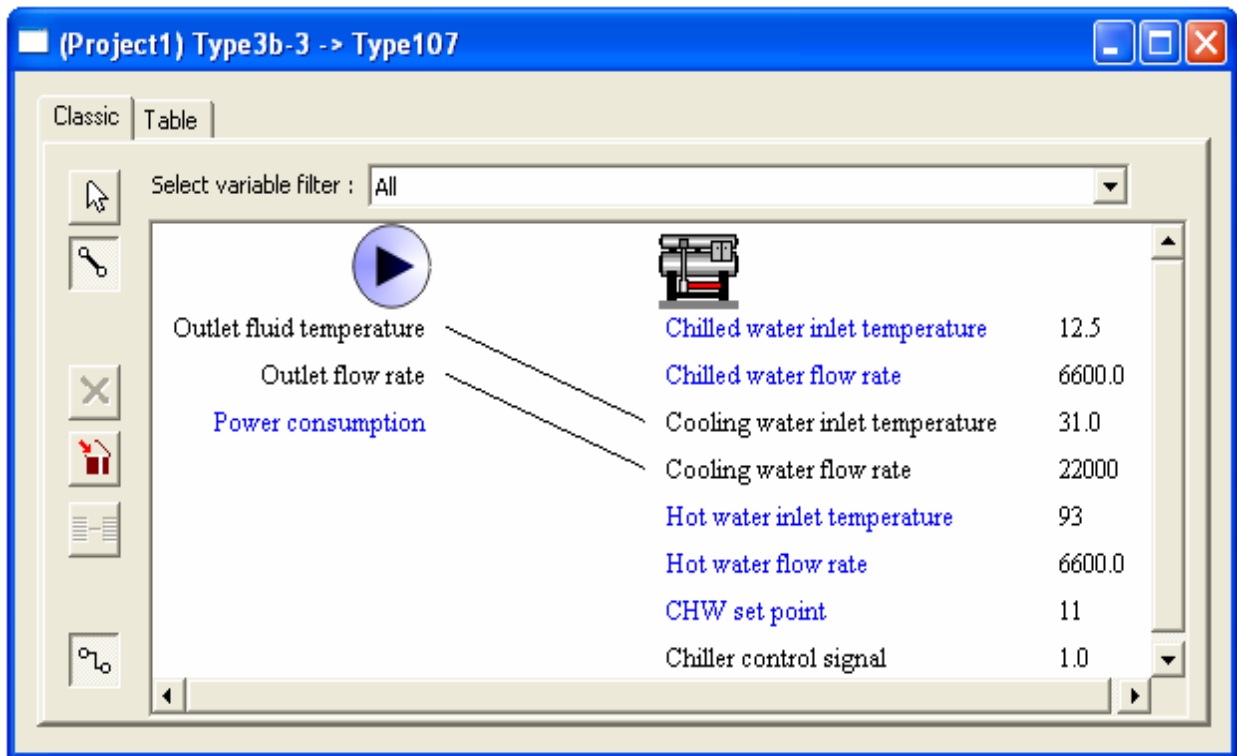
Συνδεσμολογία
Type107 → Type51b



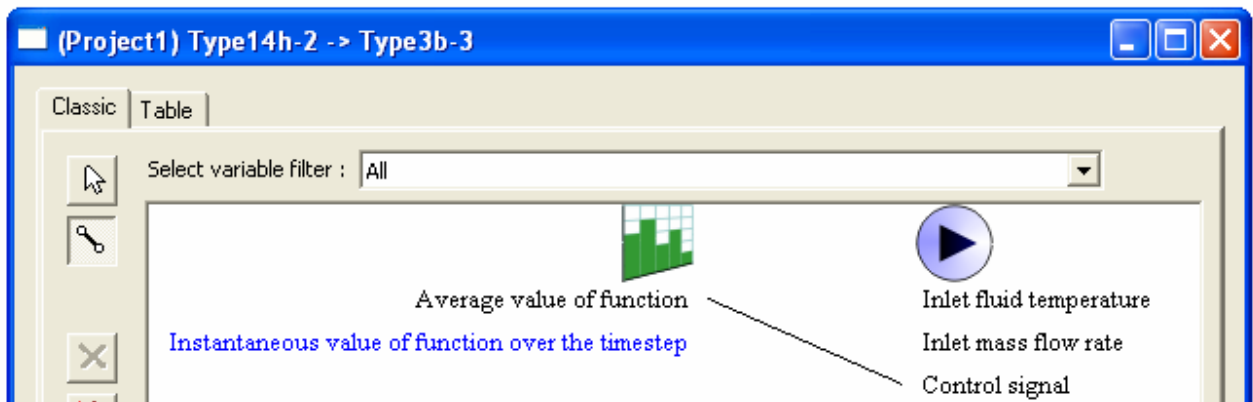
Type51b → Type3b-3



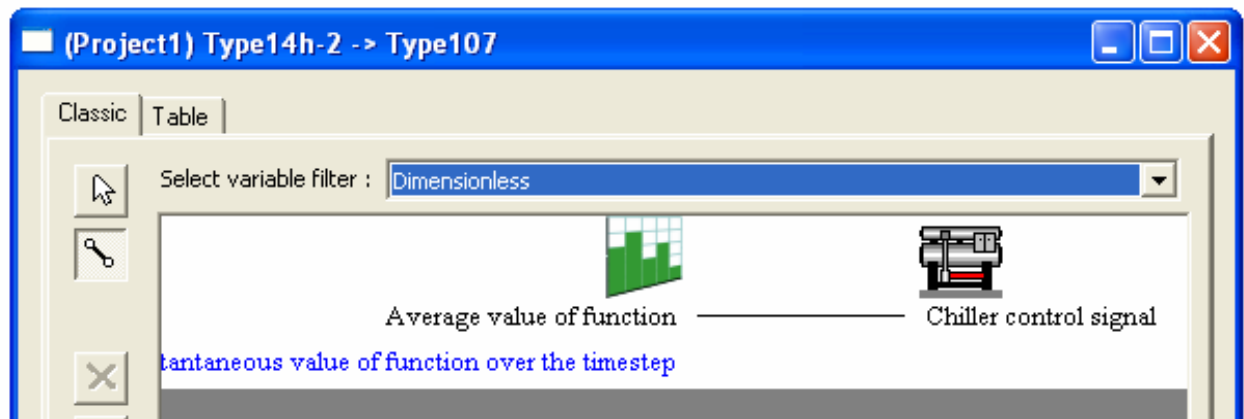
Type3b-3 → Type107



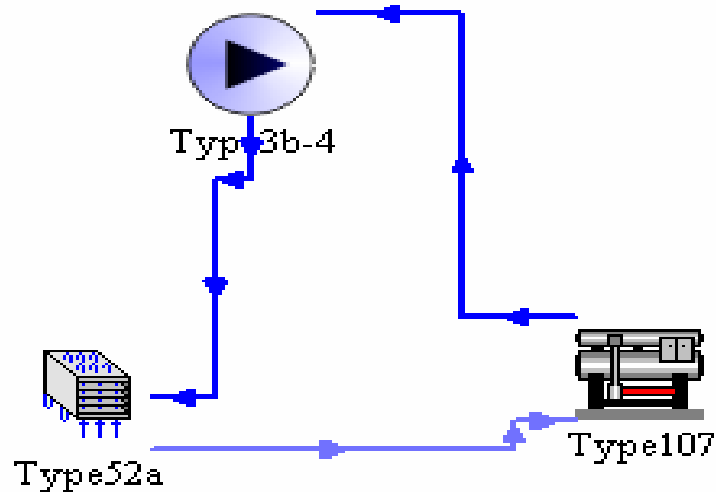
Type14h-2 → Type3b-3



Type14h-2 → Type107



5.5.4.Φάση 4^η- Κύκλωμα Fan-Coil και Απορροφητή



Παράμετροι που αλλάζουν στα παραπάνω Type :

Type3b-3

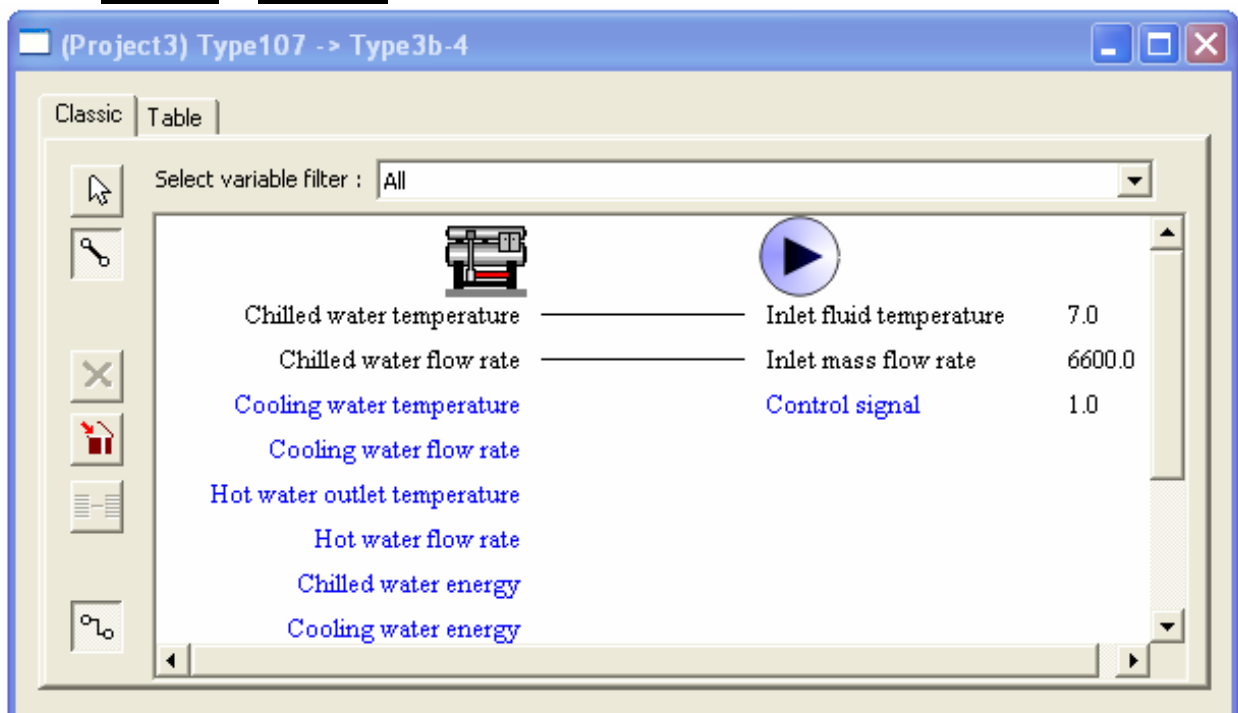
- Maximum flow rate : 6600 kg/hr
- Inlet mass flow rate : 6600 kg/hr
- Inlet fluid temperature : 7°C

Type52a

- Flow rate of air : 12000 kg/hr
- Inlet water temperature : 7°C
- Flow rate of water :6600 kg/hr

Συνδεσμολογία

Type107 → Type3b-4



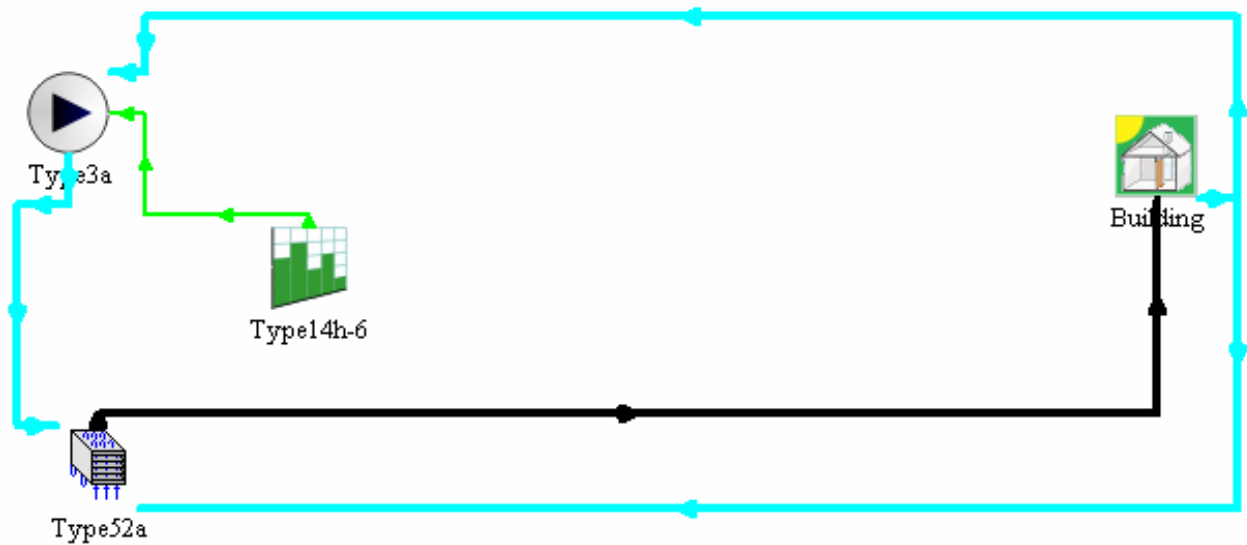
Type3b-4 → Type52a

Source Variable	Target Variable	Value
Outlet fluid temperature	Inlet dry-bulb temperature	22.0
Outlet flow rate	Air inlet humidity ratio	0.0
Power consumption	Flow rate of air	12000
	Inlet water temperature	7
	Flow rate of water	6600.0

Type52a → Type107

Source Variable	Target Variable	Value
Outlet air temperature	Chilled water inlet temperature	12.5
Outlet air humidity ratio	Chilled water flow rate	6600.0
Air flow rate	Cooling water inlet temperature	31.0
Outlet water temperature	Cooling water flow rate	22000
Water flow rate	Hot water inlet temperature	93
Total cooling rate	Hot water flow rate	6600.0
Sensible cooling rate	CHW set point	11
Latent cooling rate	Chiller control signal	1.0

5.5.5.Φάση 5^η- Κύκλωμα Fan-Coil και Building

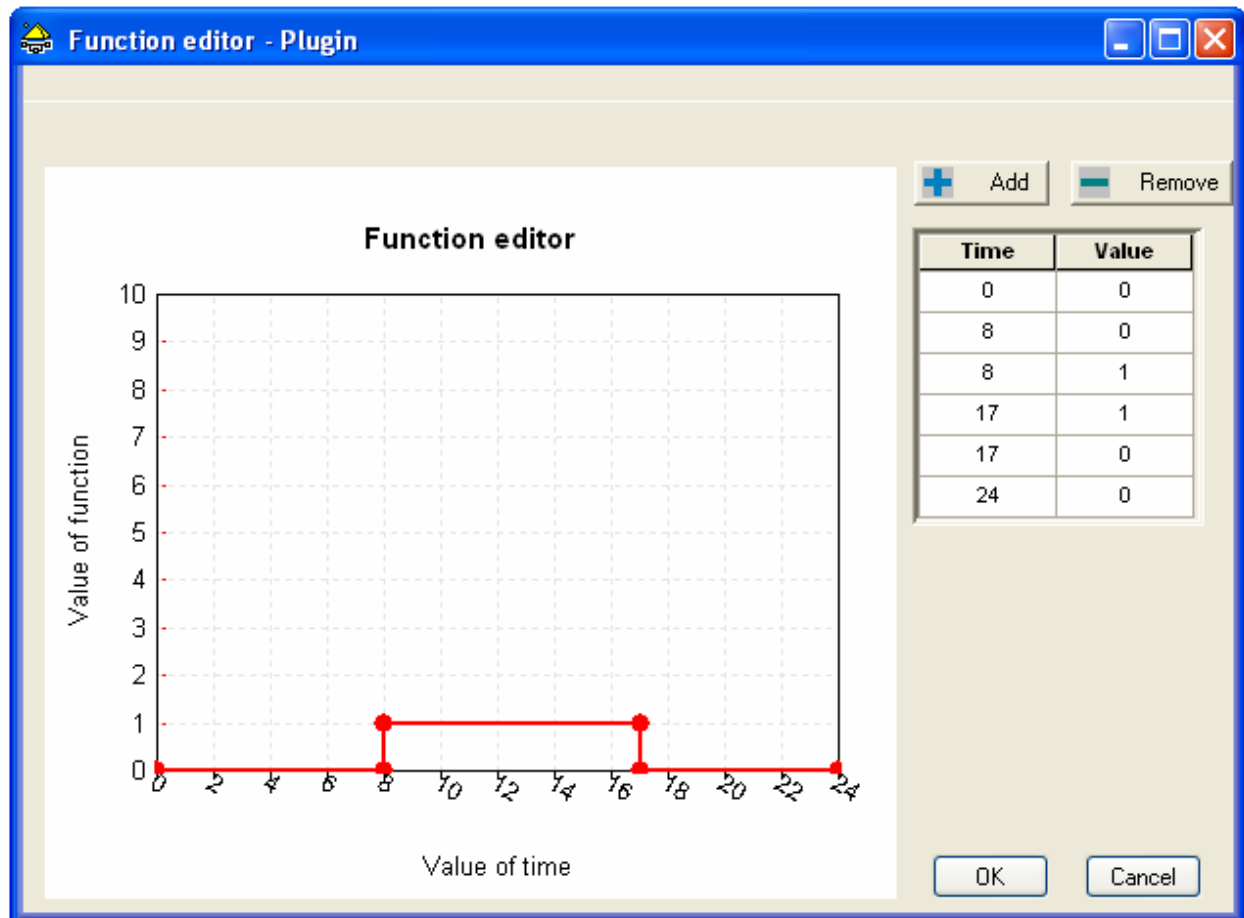


Παράμετροι που αλλάζουν στα παραπάνω Type :

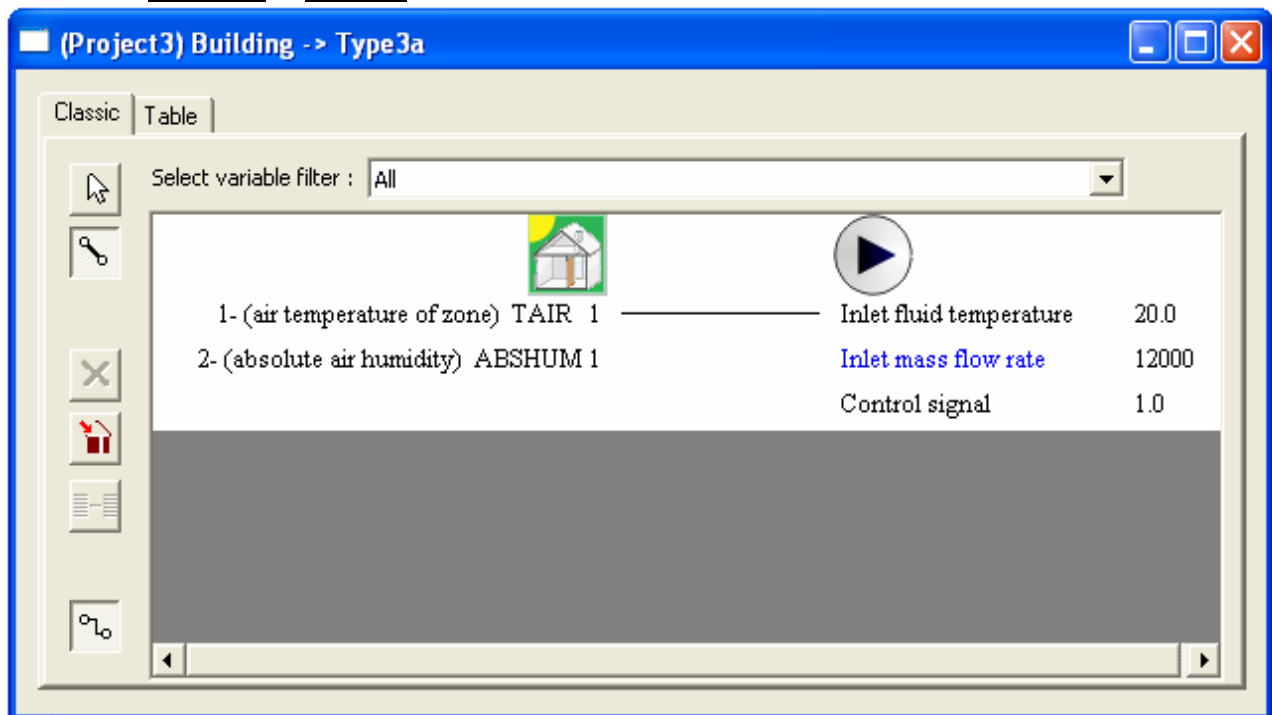
Type3a

- Maximum flow rate : 12000 kg/hr
- Inlet mass flow rate : 12000 kg/hr

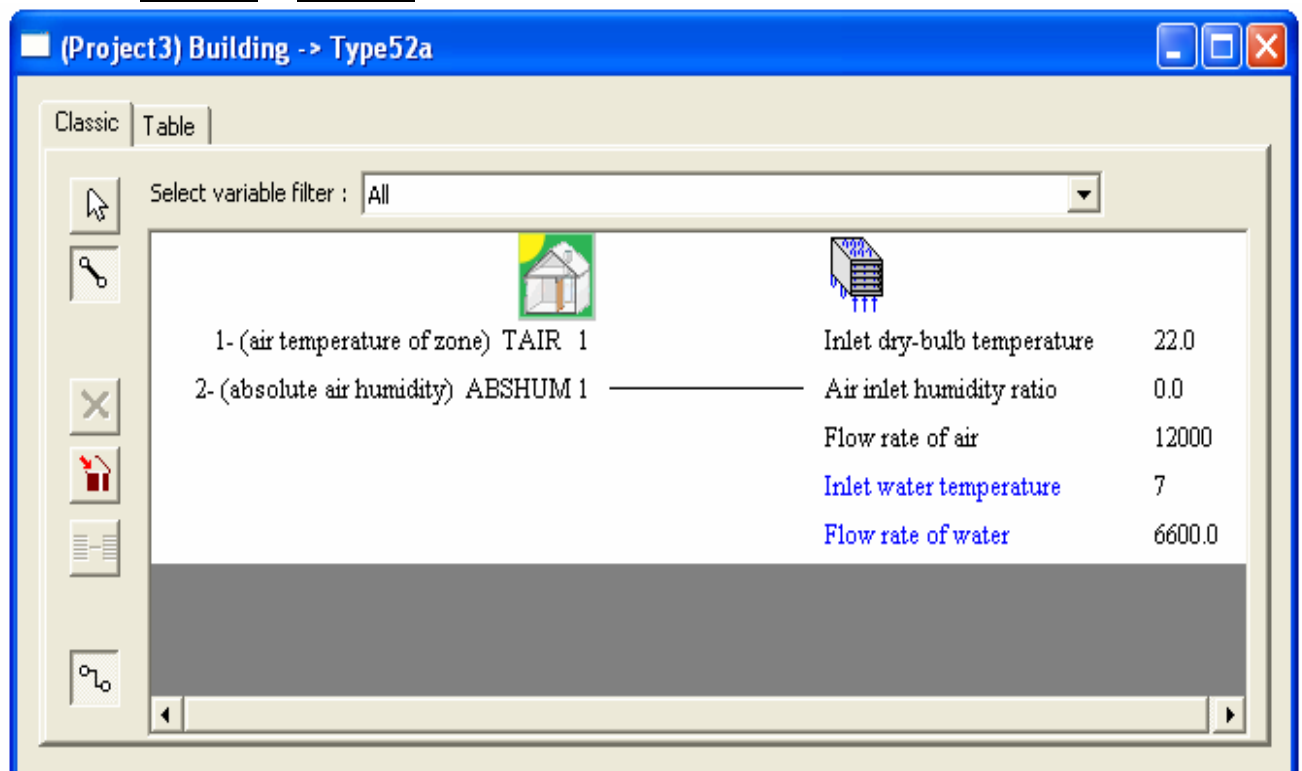
Type14h-6



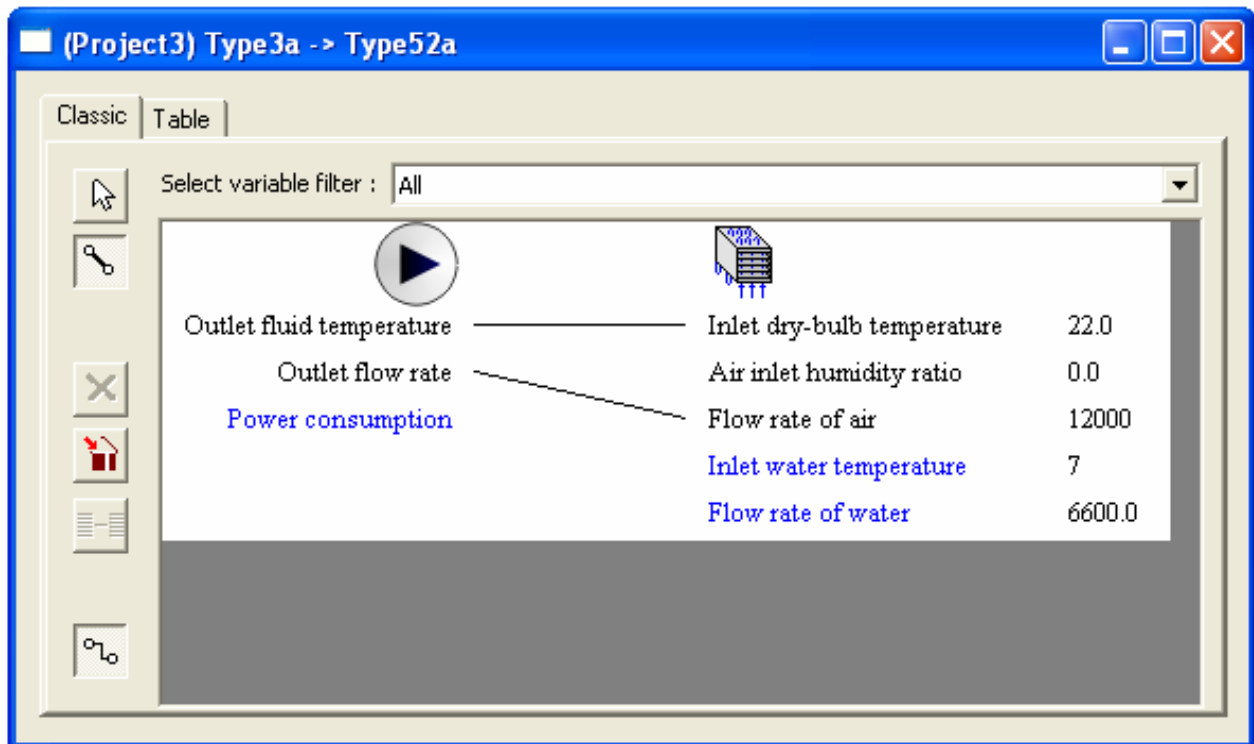
Συνδεσμολογία
Building → Type3a



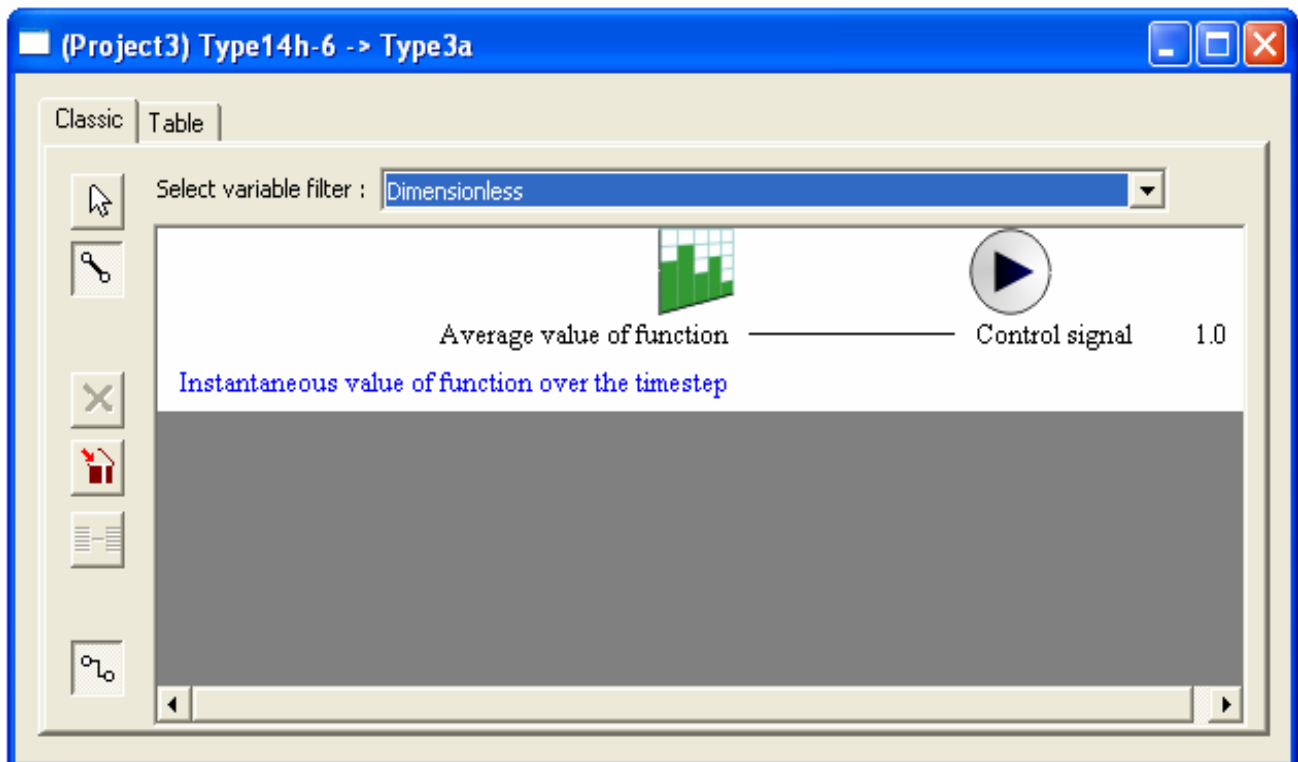
Building → Type52a



Type3a → Type52a



Type14h-6 → Type3a



Type52a → Building



Outlet air temperature	1- TAMB (AMBIENT TEMPERATURE)
Outlet air humidity ratio	2- ARELHUM (RELATIVE AMBIENT HUMIDITY)
Air flow rate	3- TSKY (FIKTIVE SKY TEMPERATURE)
Outlet water temperature	4- ITNORTH (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION NORTH)
Water flow rate	5- ITSOUTH (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)
Total cooling rate	6- ITEAST (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION EAST)
Sensible cooling rate	7- ITWEST (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION WEST)
Latent cooling rate	8- ITHORIZONT (INCIDENT RADIATION FOR ORIENTATION HORIZONT)
Dry coil fraction	9- IBNORTH (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION NORTH)
	10- IBSOUTH (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION SOUTH)
	11- IBEAST (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION EAST)
	12- IBWEST (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION WEST)
	13- IBHORIZONT (INCIDENT BEAM RADIATION FOR ORIENTATION HORIZON'
	14- AINORTH (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION NORTH)
	15- AISOUTH (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION SOUTH)
	16- AIEAST (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION EAST)
	17- AIWEST (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION WEST)
	18- AIHORIZONT (ANGLE OF INCIDENCE FOR ORIENTATION HORIZONT)
	19- CCONT_NAT_ (INPUT)
	20- T_COOL_ON (INPUT)
	21- S_NORTH (INPUT)
	22- S_SOUTH (INPUT)
	23- S_EAST (INPUT)
	24- S_WEST (INPUT)
	25- BRIGHT (INPUT)
	26- FANCOILAIR (INPUT)
	27- FANCOILTEM (INPUT)
	28- FANCOILHUM (INPUT)

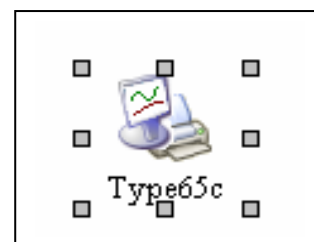
5.5.6.Φάση 6^η- Εξοδος δεδομένων από το TRNSYS Studio

Σε αυτή την φάση χρειαζομαστε το :

- Online Plotter With File\No Units\Type65c

Παράμετροι που αλλάζουν στο παραπάνω Type :

- Nb. of left-axis variables :6
- Left axis maximum: 125
- Nb. of right-axis variables : 0
- Right axis maximum : 125
- Left axis variable-1 : **H-outlet**
- Left axis variable-2 : **C-outlet**
- Left axis variable-3 :-----
- Left axis variable-4 : **Fan-Out-Temp**
- Left axis variable-5 : **Amb-Temp**
- Left axis variable-6 : **Bui-Temp**

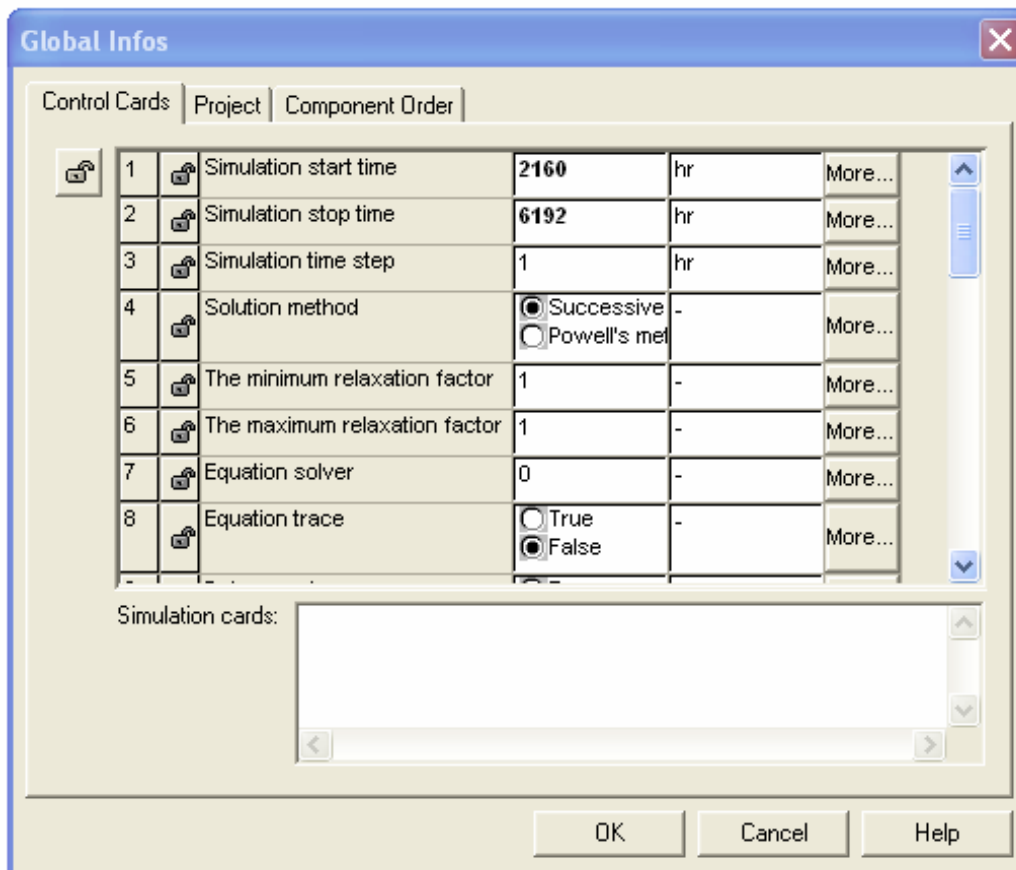


5.5.7.Φάση 7^η- Control Cards στο Trnsys Simulation Studio

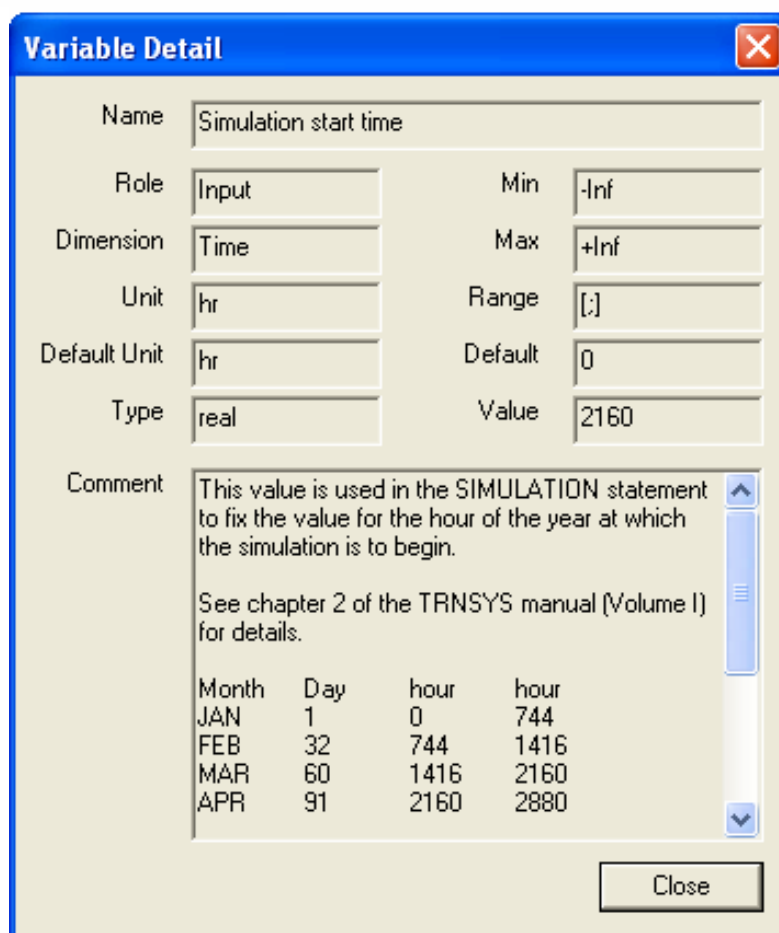
Αφού έχουμε κάνει όλα τα παραπάνω και τα έχουμε ενώσει σε ένα ενιαίο πρόγραμμα προσομοίωσης πατάμε την επιλογή Control Cards με σκοπό να ορίσουμε τις ώρες λειτουργίας της προσομοίωσης μας .

- Simulation start time : 2160 hr(1^η Απριλίου)
- Simulation stop time : 6192 hr(15^η Σεπτεμβρίου)

Μήνας	Μέρα	Ωρα	Ωρα
Ιανουάριος	1	0	744
Φεβρουάριος	32	744	1416
Μάρτιος	60	1416	2160
Απρίλιος	91	2160	2880
Μάιος	121	2880	3624
Ιούνιος	152	3624	4344
Ιούλιος	182	4344	5088
Αύγουστος	213	5088	5832
Σεπτέμβριος	244	5832	6552
Οκτώβριος	274	6552	7296
Νοέμβριος	305	7296	8016
Δεκέμβριος	335	8016	8760



Simulation Start Time



Simulation
Stop Time

Variable Detail ✖

Name	Simulation stop time		
Role	Input	Min	-Inf
Dimension	Time	Max	+Inf
Unit	hr	Range	[.]
Default Unit	hr	Default	168
Type	real	Value	6192

Comment

This value is used in the SIMULATION statement to fix the value for the hour of the year at which the simulation is to end.

See chapter 2 of the TRNSYS manual (Volume I) for details.

Month	Day	hour	hour
JAN	1	0	744
FEB	32	744	1416
MAR	60	1416	2160
APR	91	2160	2880

Close

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΙΚΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΨΥΞΗ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

6.1. Παραδοχές Προσομοίωσης

Λόγω της πολυπλοκότητας του θέματος που προσπαθούμε να προσεγγίσουμε στην προσομοίωσή μας θα χρησιμοποιήσουμε κάποιες παραδοχές . Αυτές έχουν ως αποτέλεσμα να υπάρχει μια μικρή απόκλιση από τη ρεαλιστική εικόνα του κτιρίου που μελετάμε .

Ωστόσο αυτό δεν μας εμποδίζει να εξάγουμε ουσιαστικά συμπεράσματα για τη λειτουργία του συστήματος της απορρόφησης .

1^η Παραδοχή

Όπως είδαμε παραπάνω στα Control Cards του στούντιο προσομοίωσης έχουμε βάλει ότι η προσομοίωση μας ξεκινάει της 2160 ώρες δηλαδή την 1^η Απριλίου ενώ εμείς προσομοιώνουμε από τις 3240 ώρες ,δηλαδή την 15^η Μαΐου και μετά , αυτό γίνεται γιατί θέλουμε να ανεβεί η θερμοκρασία στο δευτερεύον κλειστό κύκλωμα πάνω από τους 93 °C για να εκκίνησει ο απορροφητής .

2^η Παραδοχή

Όπως είδαμε παραπάνω στα Control Cards του στούντιο προσομοίωσης έχουμε βάλει ότι η προσομοίωση μας ξεκινάει της 2160 ώρες δηλαδή την 1^η Απριλίου και σταματάει στις 6192 ώρες δηλαδή την 15^η Σεπτεμβρίου , όμως το σύστημα της ψύξης ,δηλαδή της απορρόφησης πρέπει να εκκινήσει στις 3240 ώρες δηλαδή την 15^η Μαΐου .

Με άλλα λόγια έχουμε βάλει το σύστημα της απορρόφησης να ξεκινάει την 1^η Απριλίου για τεχνικούς λόγους χρήσης του προγράμματος TRNSYS και επομένως μπορεί να χρησιμοποιούμε κατά την εκκίνηση λίγο μεγαλύτερη προσθήκη ενέργειας από αυτή που πραγματικά χρειάζεται το σύστημα για να εκκινήσει , δηλαδή να προσεγγιστεί η θερμοκρασία των 93°C και πάνω που απαιτείται για να εκκινήσει το σύστημα της απορρόφησης .

3^η Παραδοχή

Στο δευτερεύον κύκλωμα ζεστού νερού έχουμε χρησιμοποιήσει τρεις πρόσθετες παροχές ενέργειας , ενώ ουσιαστικά αυτές οι τρεις πρόσθετες παροχές θερμότητας μπορούν να προσομοιωθούν από μια μεγάλη , όπως και θα γινόταν στην πραγματικότητα .

Όμως λόγω των καταμερισμό των εργασιών που πρέπει να κάνουμε με αυτές της παροχές θερμότητας αποτελεί μονόδρομο η χρήση τριών διαφορετικών type που το καθένα θα δίνει την δική του θερμότητα σε συγκεκριμένα διάστημα μέσα στο χρόνο της προσομοίωσης .

4^η Παραδοχή

Στο πρωτεύον κύκλωμα των ηλιακών παρατηρείται σε συγκεκριμένες μέρες η θερμοκρασία του νερού των ηλιακών στην έξοδο τους να περνάει πάνω από τους 100 °C και συγκεκριμένα μέχρι 100,7 °C . Σε αυτή την περίπτωση δεν μπορούμε να επέμβουμε άλλο στο στούντιο προσομοίωσης αφού τα όρια έχουν μικρύνει αρκετά αυτό που μπορούμε να πούμε είναι πως κατά την εγκατάσταση του κυκλώματος των ηλιακών μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ένα δοχείο διαστολής υπό πίεση που θα κάνει απαγορευτική την ατμοποίηση του νερού , να υπενθυμίσω πως οι κυκλοφοριτές που χρησιμοποιήσαμε μπορούν να λειτουργού και κάτω από πίεση εφόσον αυτή δεν ξεπερνά τα 10 bar .

Ακόμα κάτι άλλο που θα μπορούσε να γίνει είναι να χρησιμοποιήσουμε κάποιο ποσοστό αντιπηκτικού που να έχει τις ιδιότητες του νερού , δηλαδή θερμική αγωγιμότητα και περίπου ίδια πυκνότητα , αλλά μεγαλύτερη θερμοκρασία ατμοποίησης σε πίεση περιβάλλοντος .

6.2. Αποτελέσματα Προσομοίωσης

6.2.1. Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν από το στούντιο προσομοίωσης για τον κλιματισμό του κτιρίου με χρήση του συστήματος της απορρόφησης .

Στα παρακάτω διαγράμματα εμφανίζονται 5 μεταβλητές :

- 1) Hot-Outlet , θερμοκρασία εξόδου του κυκλώματος των ηλιακών .
- 2) Cold-Outlet , θερμοκρασία στην δεξαμενή .
- 3) Fan-Out-Temp , θερμοκρασία εξόδου αέρα των Fan-Coil .
- 4) Ambient-Temp , θερμοκρασία περιβάλλοντος .
- 5) Building-Temp , θερμοκρασία κτιρίου .

Τα διαγράμματα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον μήνα που προσομοιώνουμε .

- 1) Αυτά που περιέχουν τις μεταβλητές 1 και 2 , δηλαδή σε Hot-Outlet και σε Cold-Outlet .
 - 1.1. Μηνιαία δεδομένα
 - 1.2. Δεδομένα μέσης ημέρας του αντίστοιχου μήνα .
- 2) Αυτά που περιέχουν τις μεταβλητές 3,4 και 5 , δηλαδή σε Fan-Out-Temp, σε Ambient-Temp και σε Building-Temp .
 - 2.1. Μηνιαία δεδομένα
 - 2.2. Μηνιαία δεδομένα χωρίς την χρήση του απορροφητή
 - 2.2. Δεδομένα μέσης ημέρας του αντίστοιχου μήνα .
- 3) Αυτά που περιέχουν όλες τις μεταβλητές
 - 3.2. Δεδομένα μέσης ημέρας του αντίστοιχου μήνα .
 - 3.3. Δεδομένα μέσης ημέρας του αντίστοιχου μήνα χωρίς την χρήση του απορροφητή .

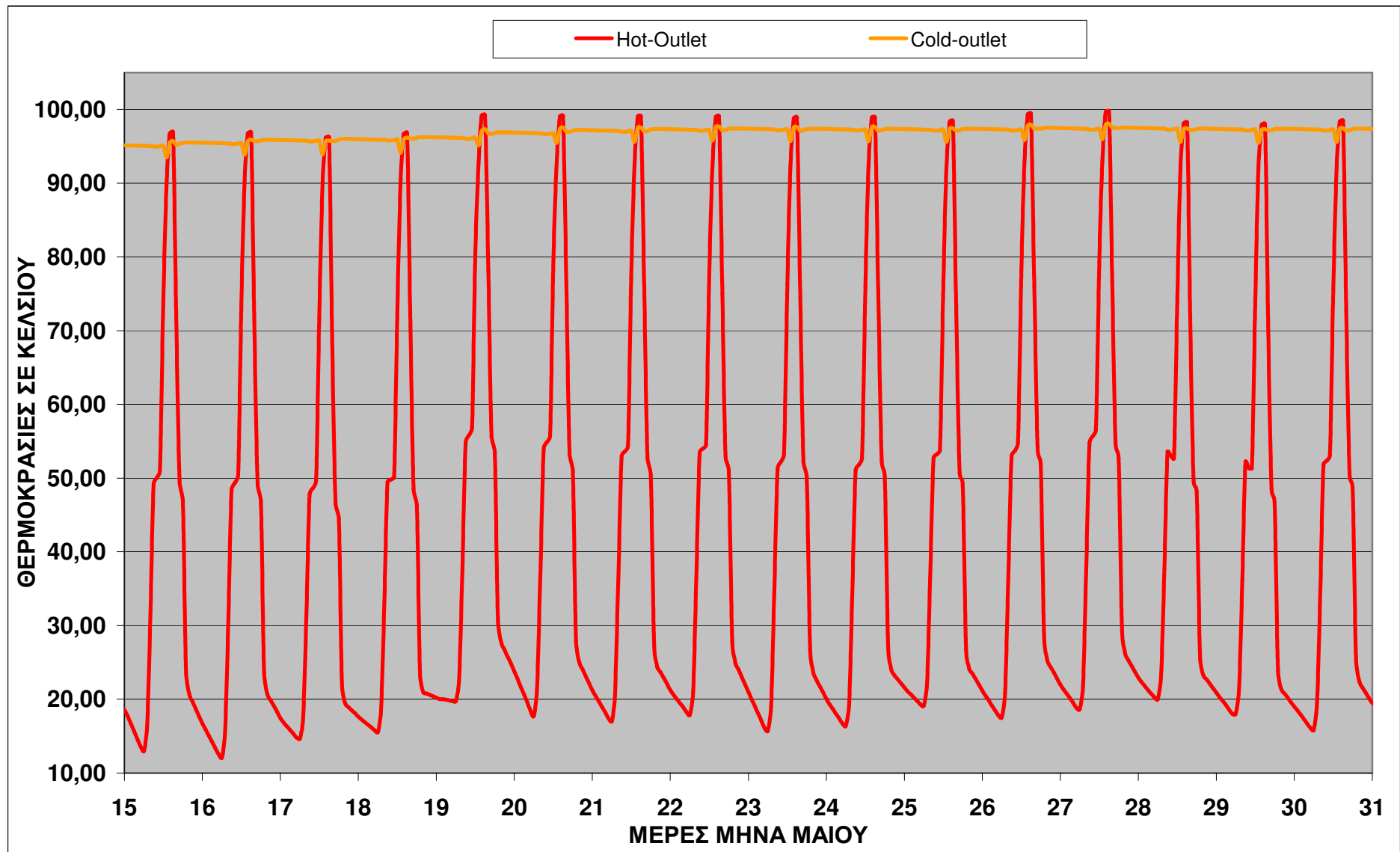
Δηλαδή για κάθε μήνα που προσομοιώνουμε δημιουργούμε 7 διαγράμματα, για να γίνονται κατανοητά τα αποτελέσματα της προσομοίωσης

Ακόμη υπάρχουν τα δεδομένα της μέσης ημέρας κάθε μήνα που αναγράφουν το χρόνο σε ώρες για μια συγκεκριμένη ημέρα .Από αυτά τα διαγράμματα έχουμε μια πιο λεπτομερή εικόνα για την λειτουργία του συστήματος .

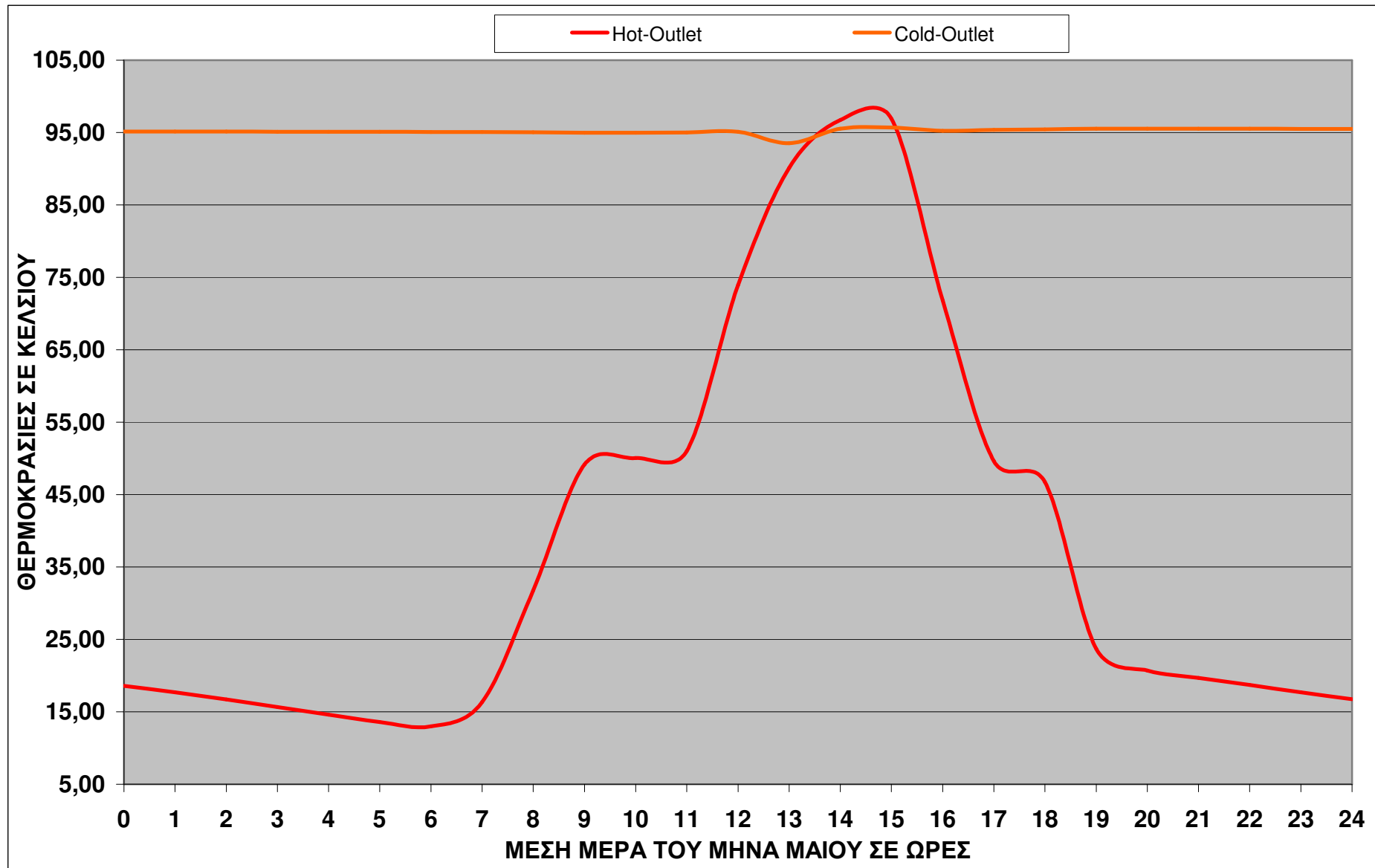
Οι μήνες που προσομοιώνονται :

1. 15-31 Μαΐου , μέση μέρα του μήνα 15 Μαΐου .
2. 1-30 Ιουνίου , μέση μέρα του μήνα 11 Ιουνίου .
3. 1-31 Ιουλίου , μέση μέρα του μήνα 17 Ιουλίου .
4. 1-31 Αύγουστος , μέση μέρα του μήνα 16 Αυγούστου .
5. 1-15 Σεπτεμβρίου , μέση μέρα του μήνα 14 Σεπτεμβρίου .

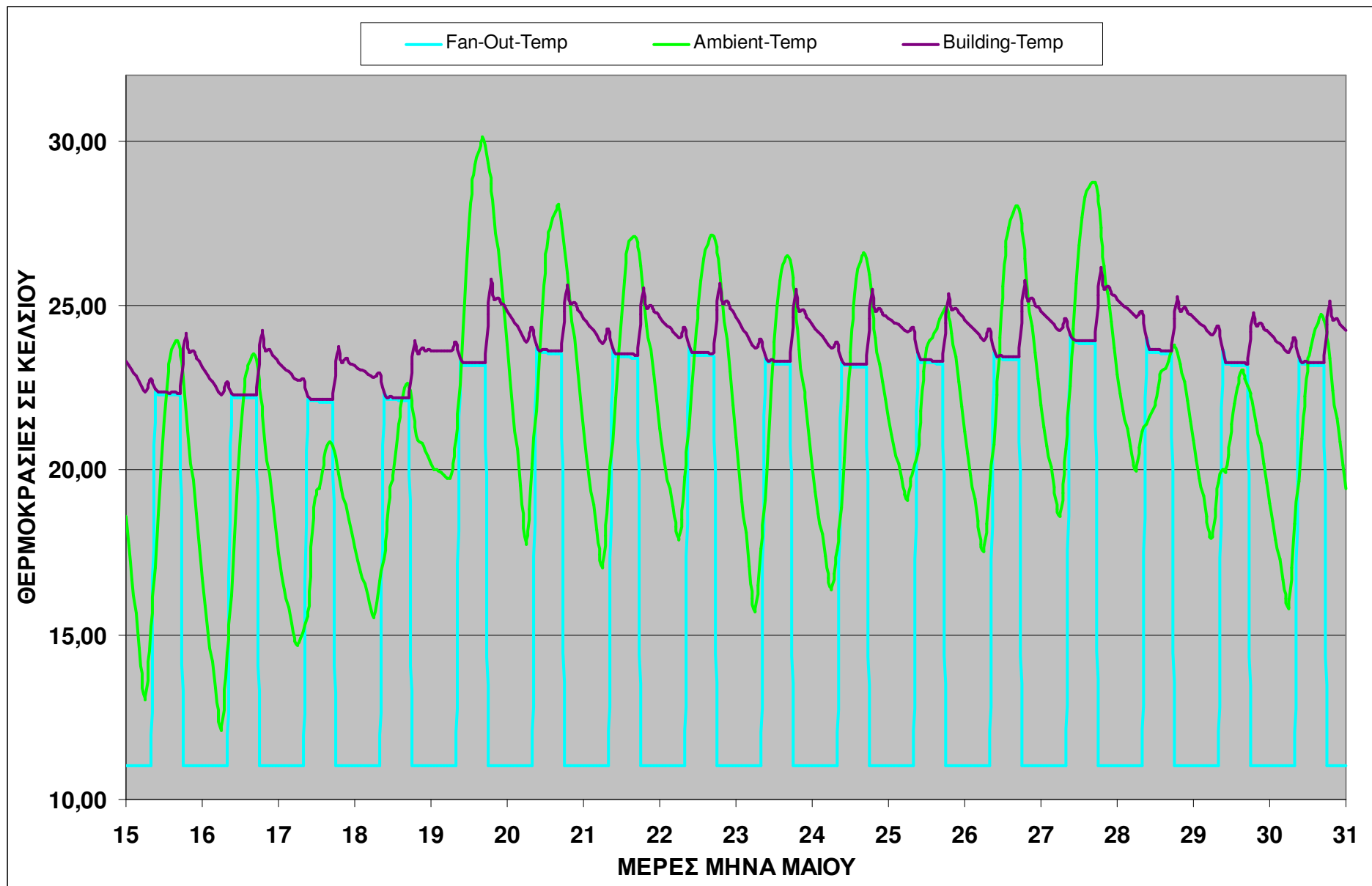
6.2.2. Γραφήματα
15 ΜΕ 31 ΜΑΙΟΥ



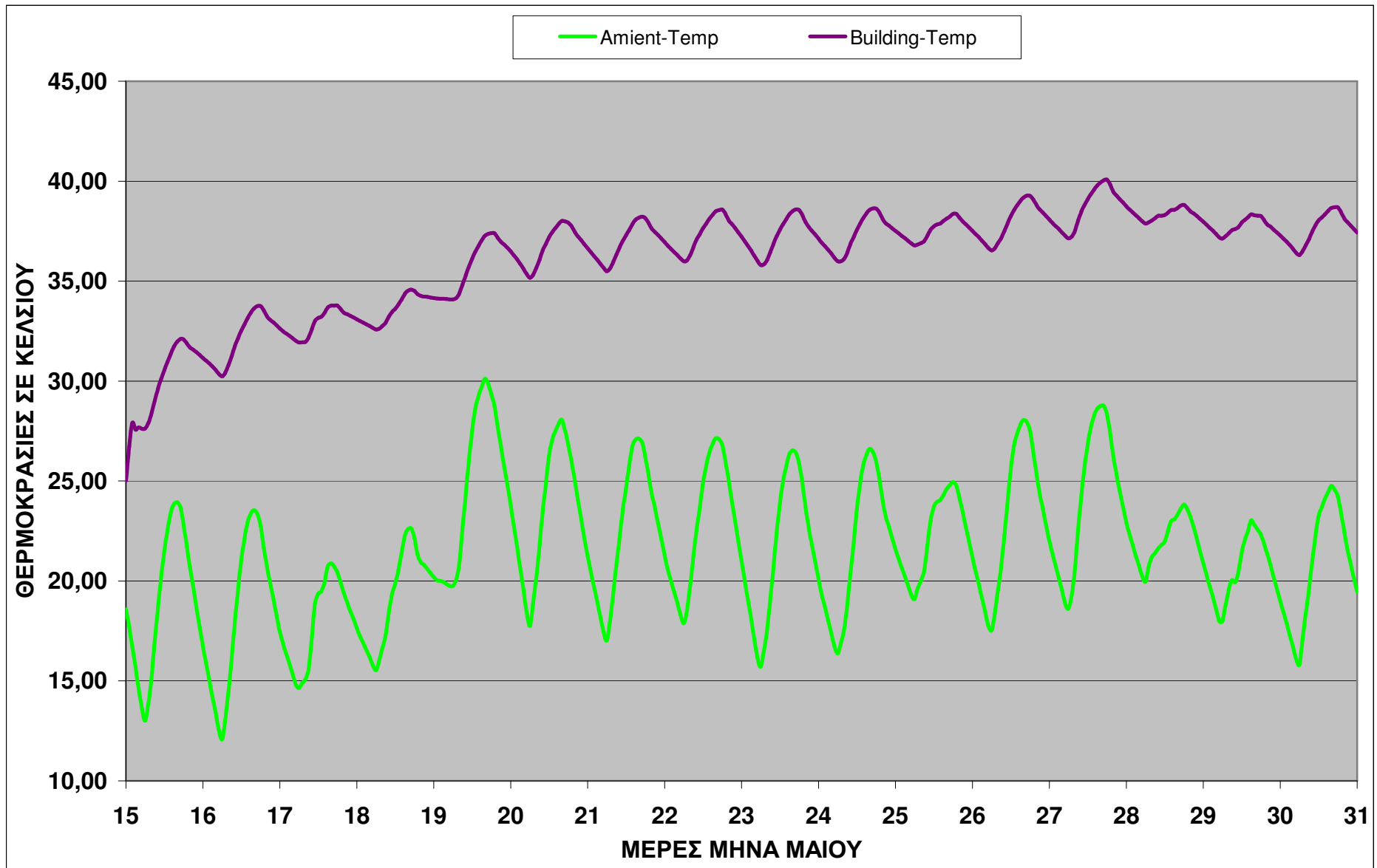
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος από την 15^η έως 31^η Μαΐου.



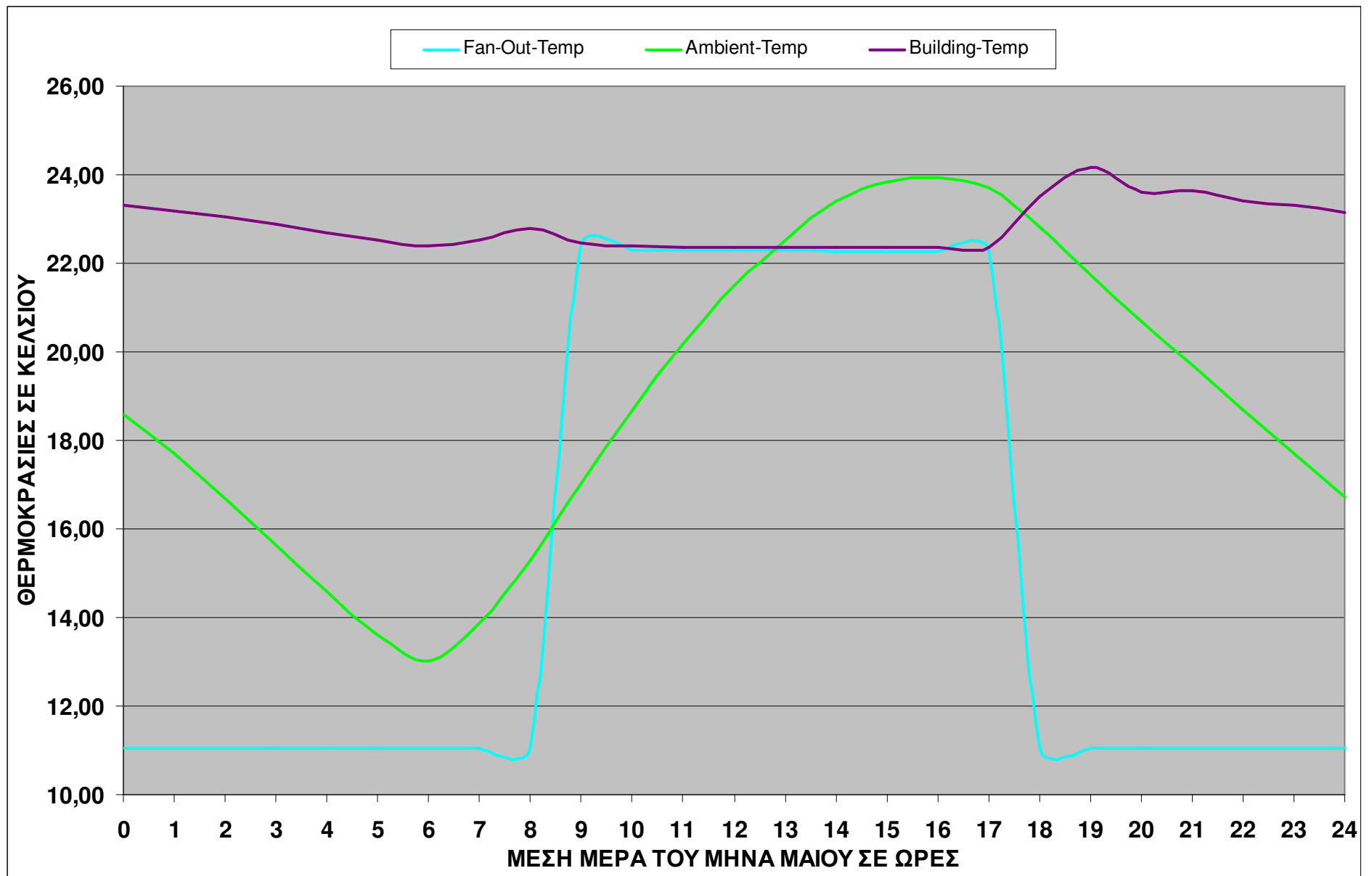
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος την μέση μέρα του μήνα Μαΐου ,δηλαδή την 15^η Μαΐου .



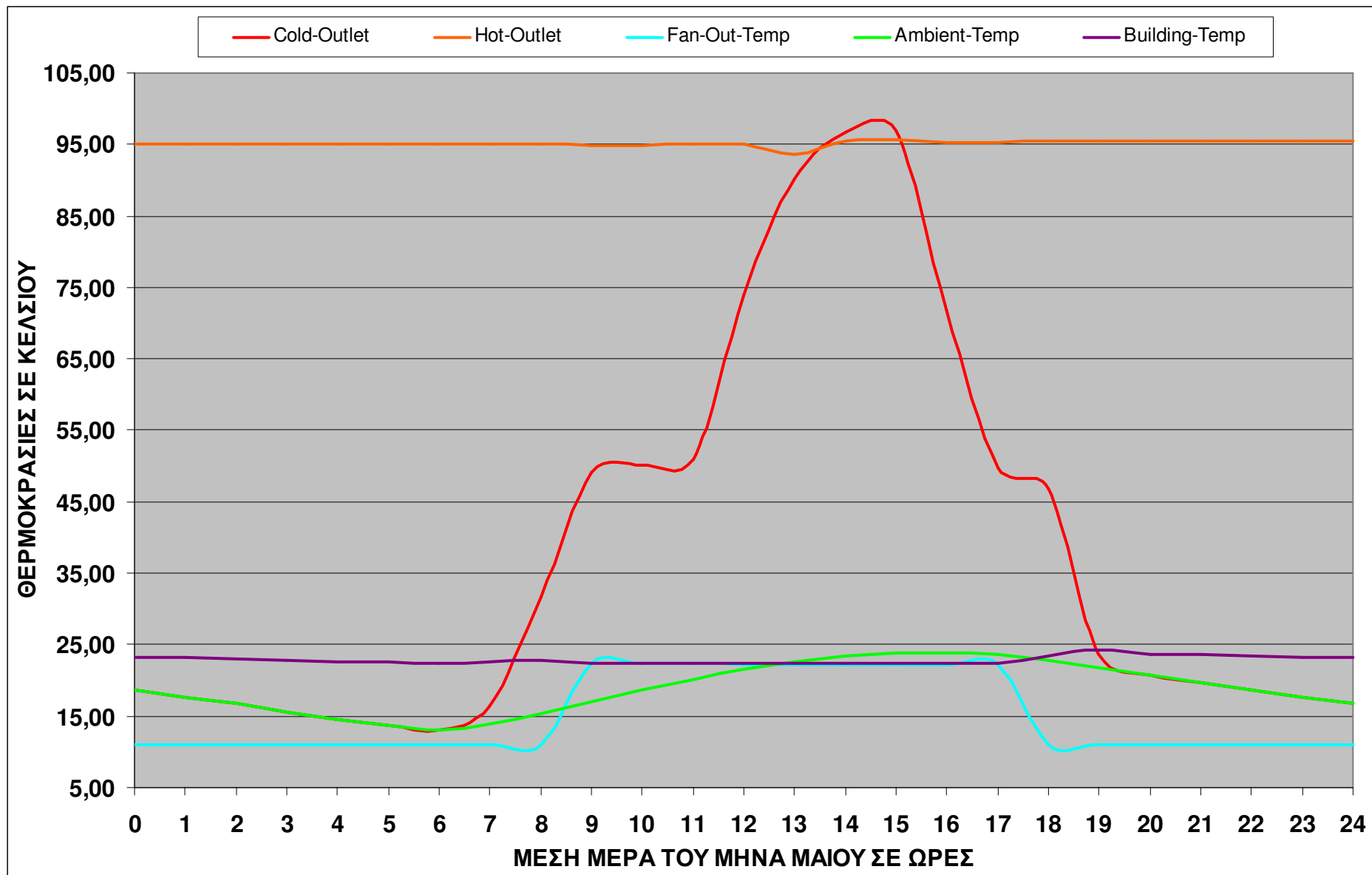
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος, του αέρα εξόδου από το Fan-Coil και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή από την 15^η έως 31^η Μαΐου.



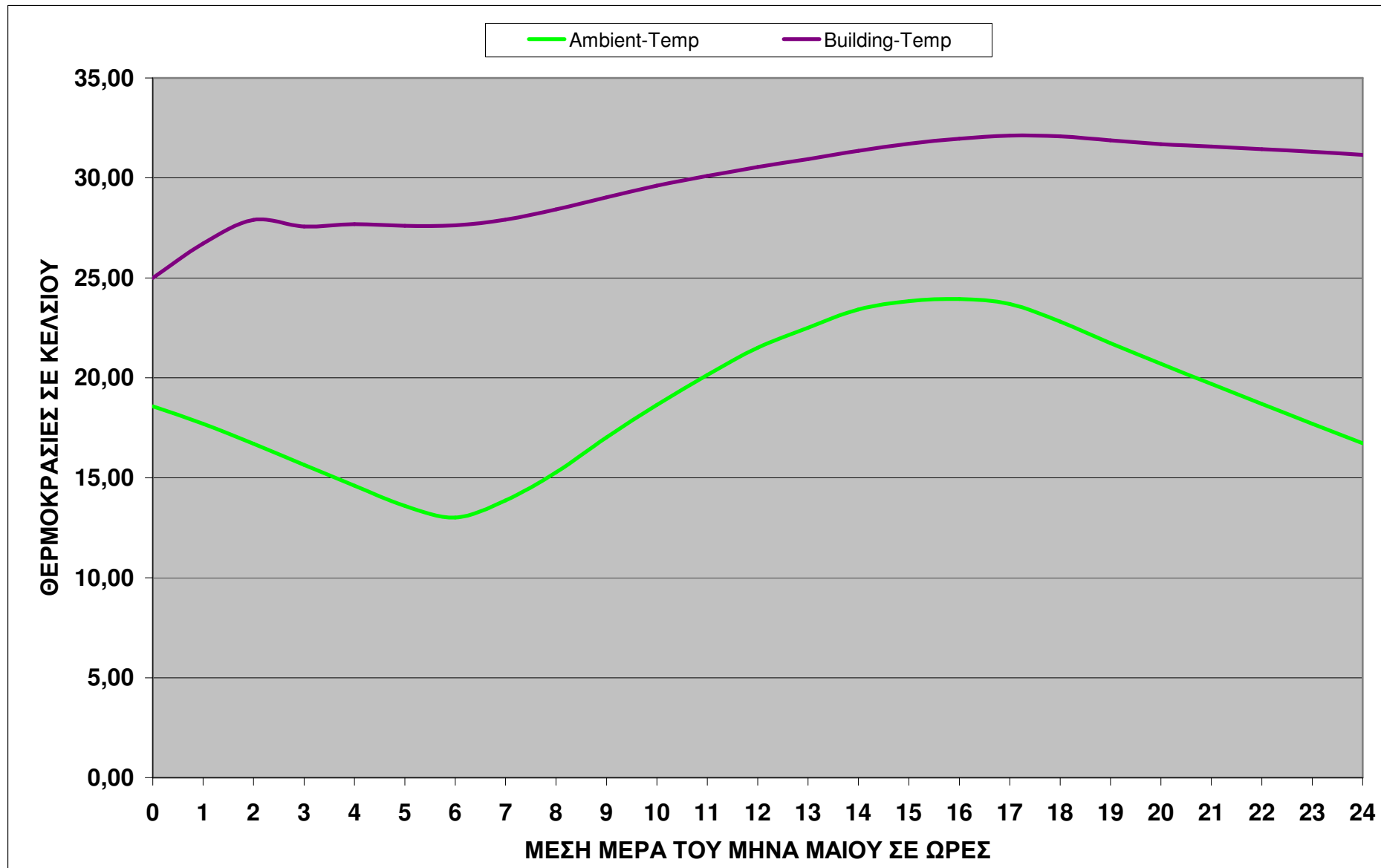
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας του κτιρίου χωρίς χρήση του συστήματος του απορροφητή από την 15^η έως 31^η Μαΐου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Μαΐου ,δηλαδή την 15^η Μαΐου .

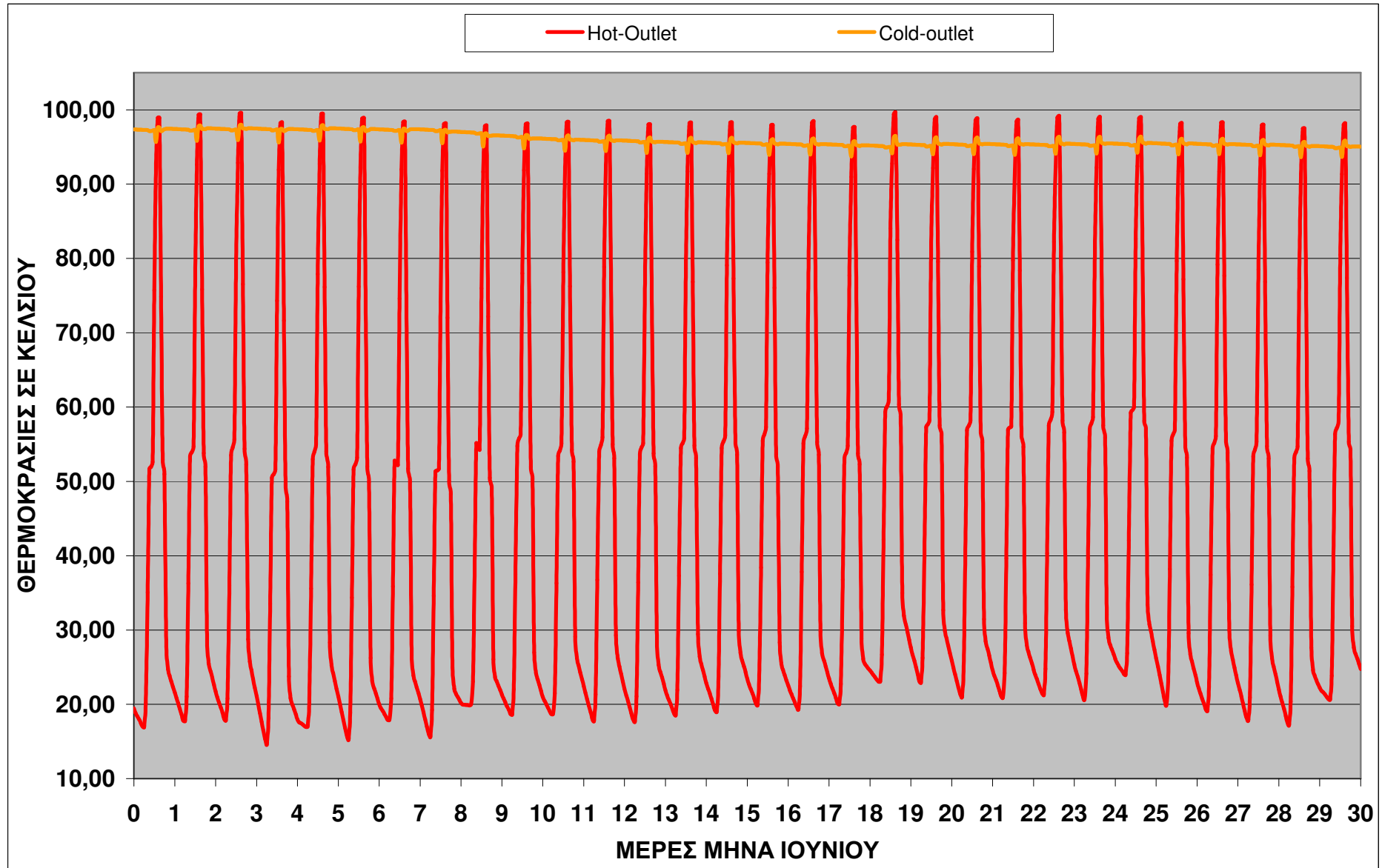


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil , του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών, της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Μαΐου ,δηλαδή την 15^η Μαΐου .

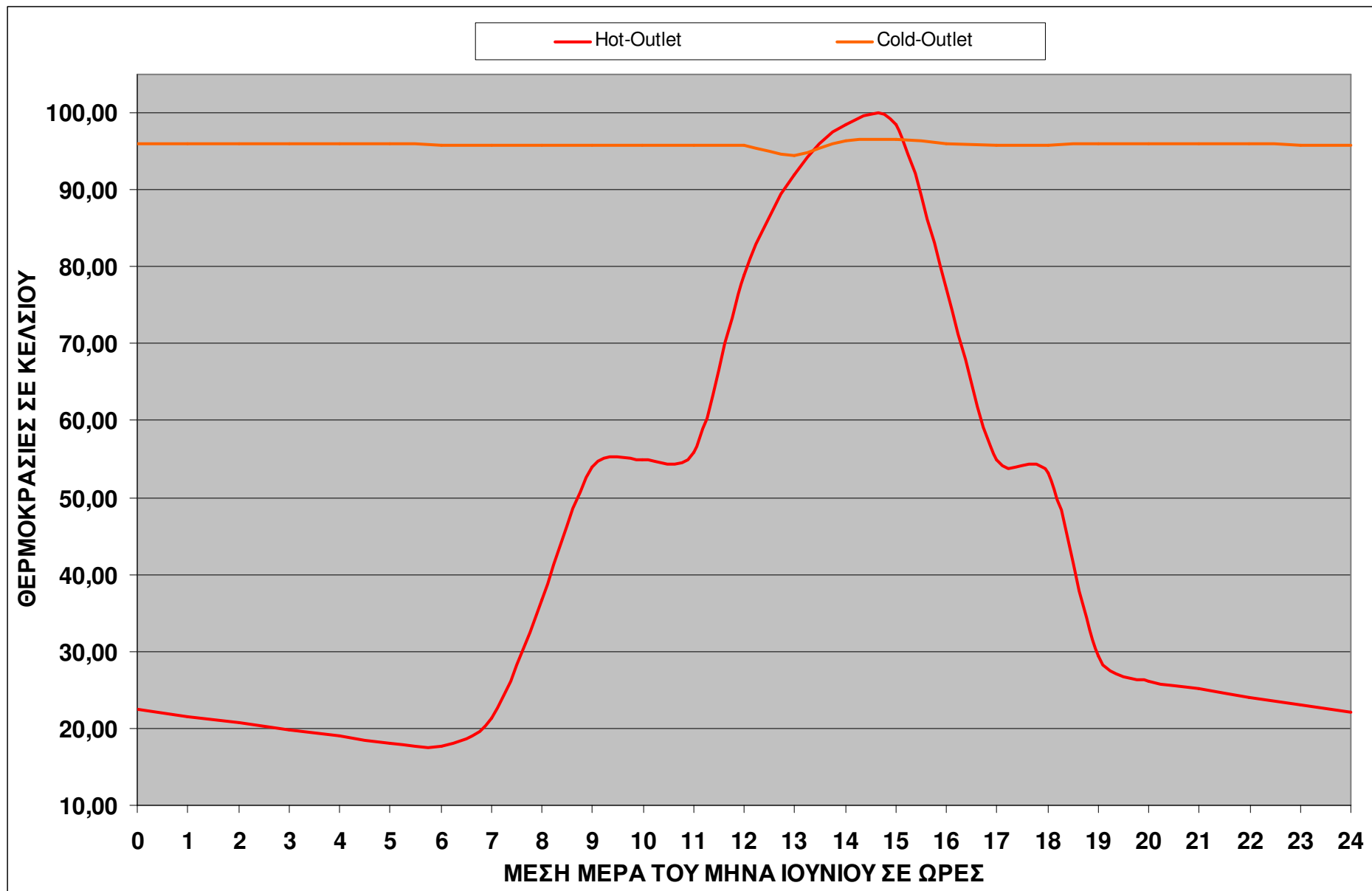


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας του κτιρίου χωρίς χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Μαΐου ,δηλαδή την 15^η Μαΐου .

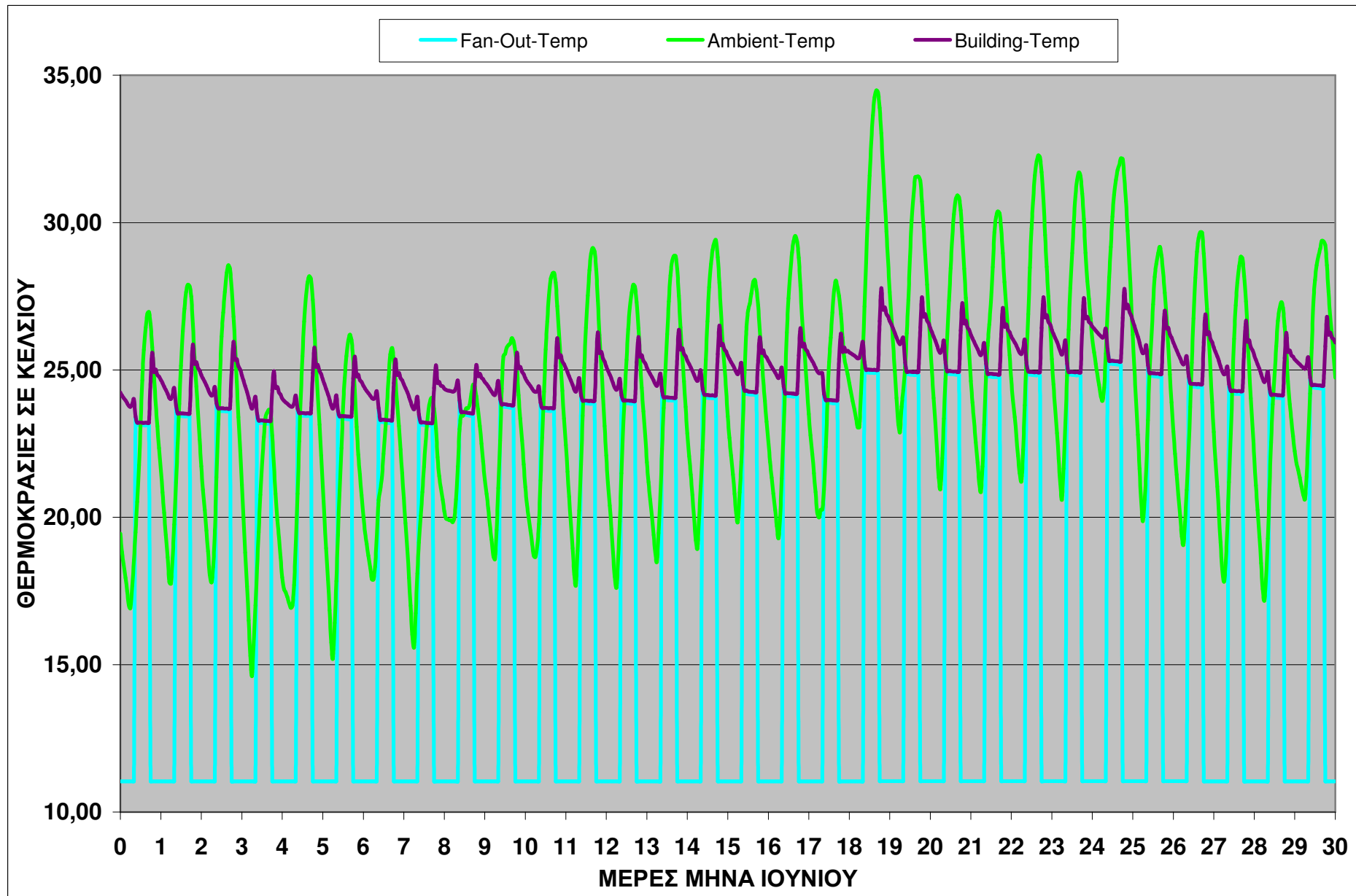
1-30 ΙΟΥΝΙΟΥ



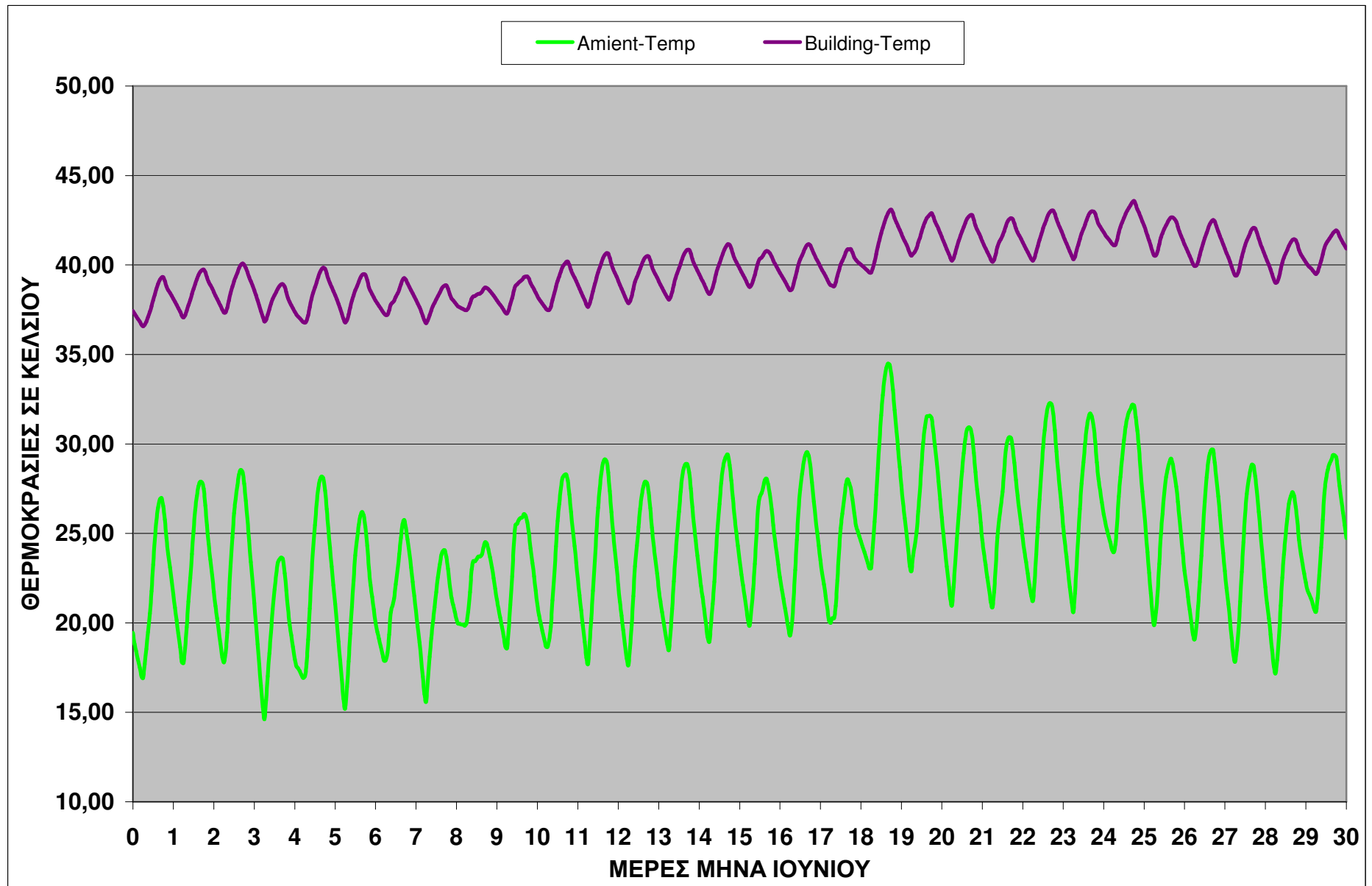
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος από την 1^η έως 30^η Ιουνίου .



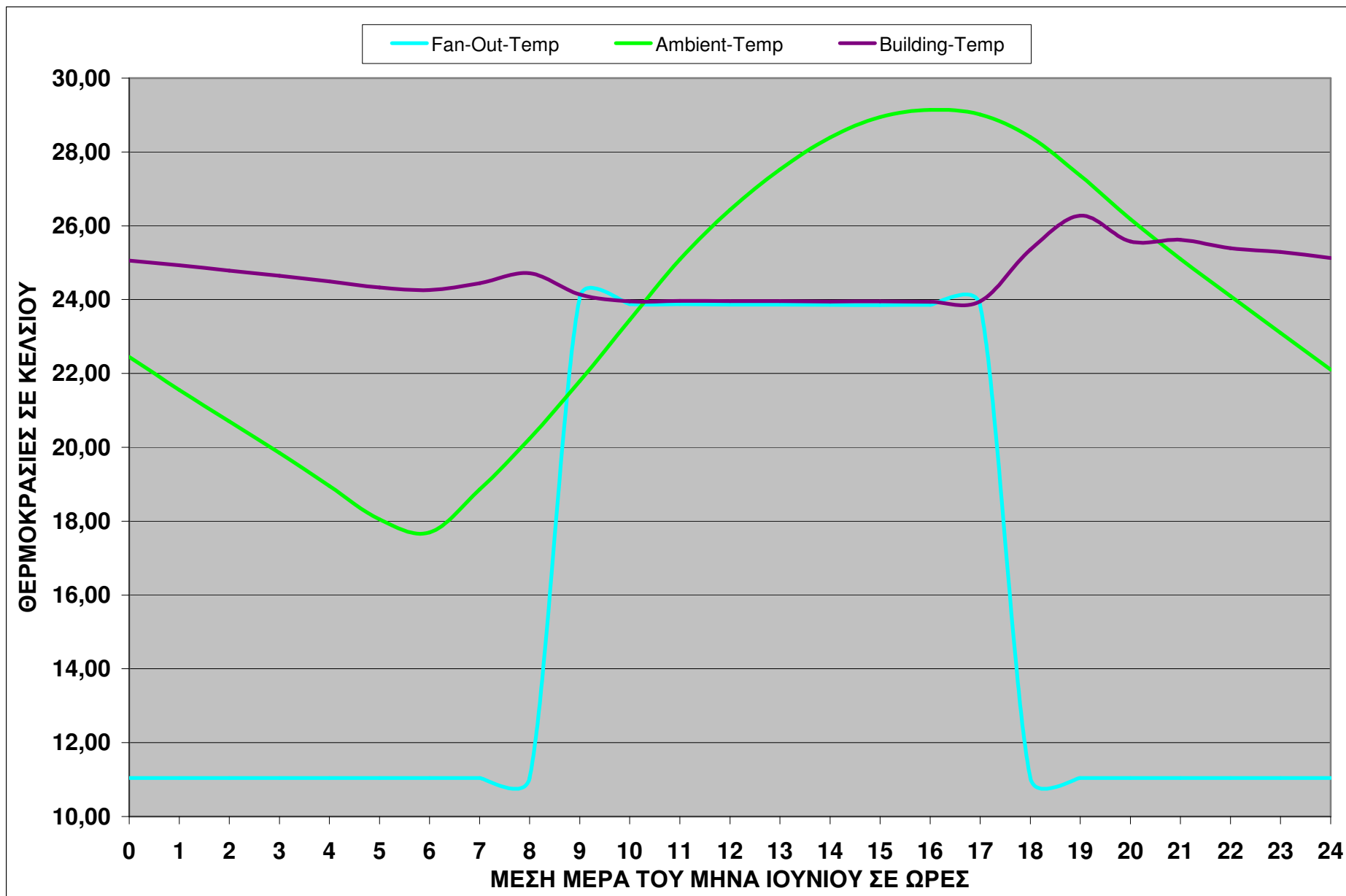
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος την μέση μέρα του μήνα Ιουνίου ,δηλαδή την 11^η Ιουνίου .



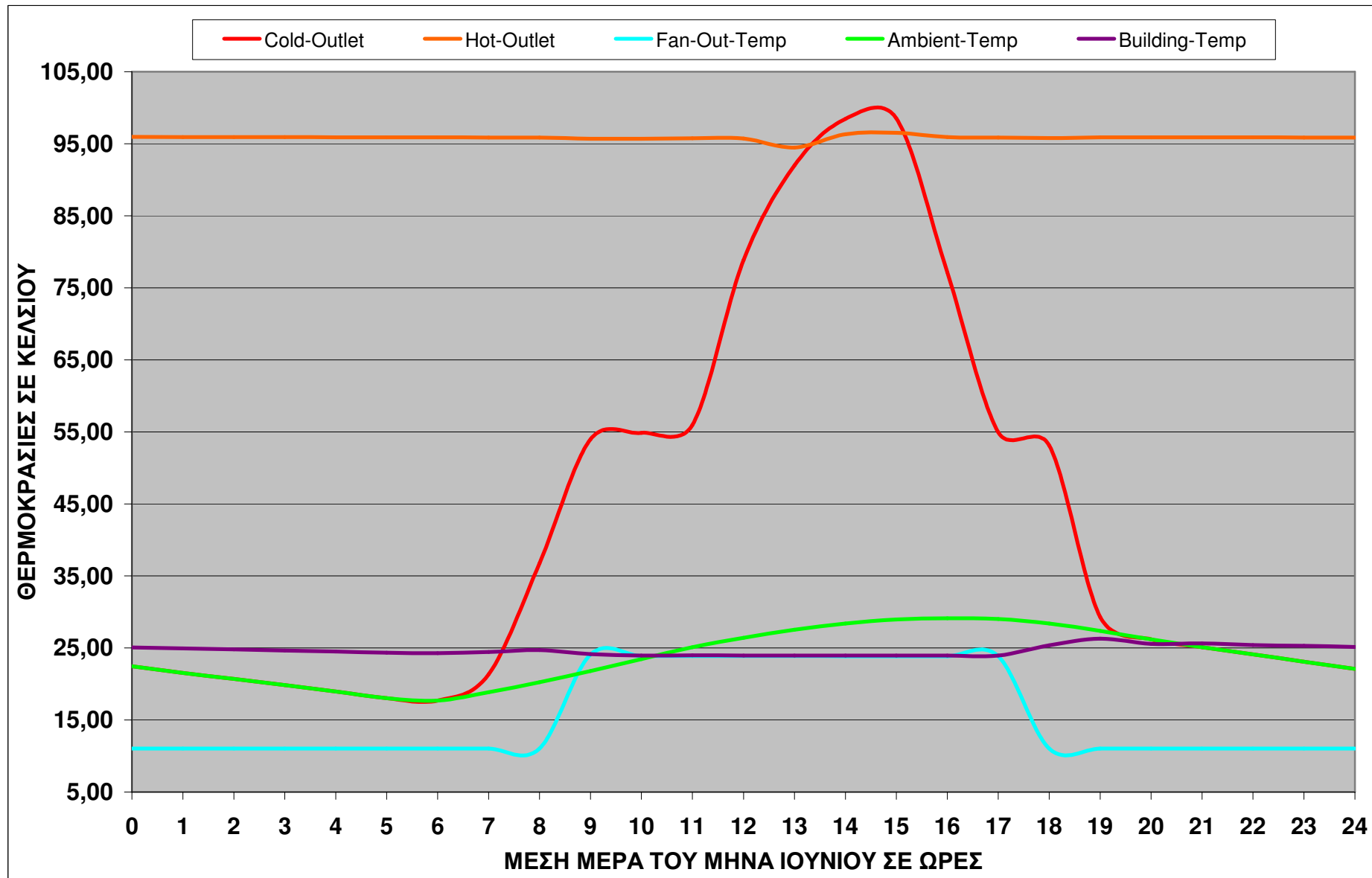
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή από την 1^η έως 30^η Ιουνίου.



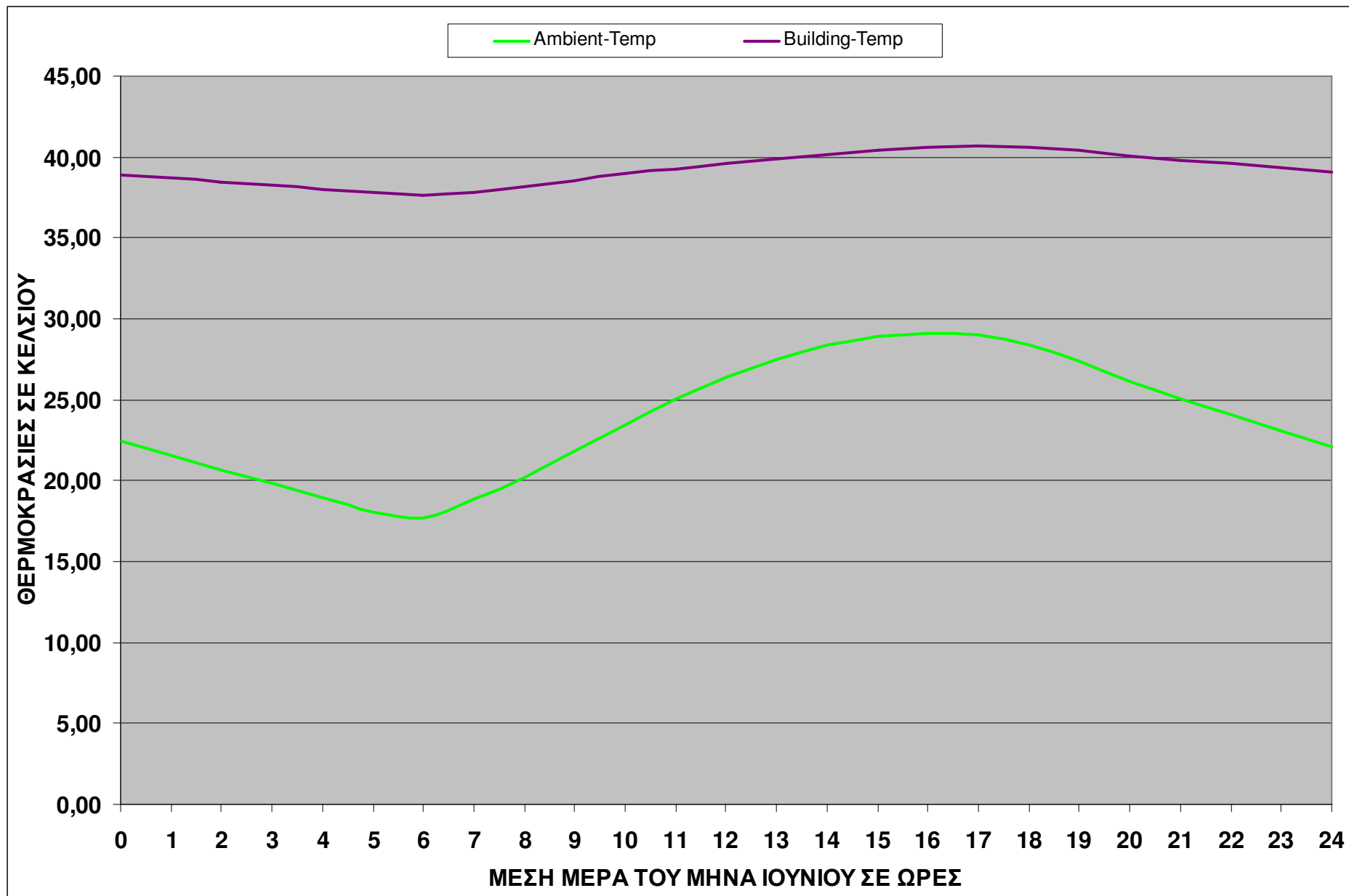
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας του κτιρίου χωρίς χρήση του συστήματος του απορροφητή από την 1^η έως 30^η Ιουνίου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Ιουνίου ,δηλαδή την 11^η Ιουνίου .

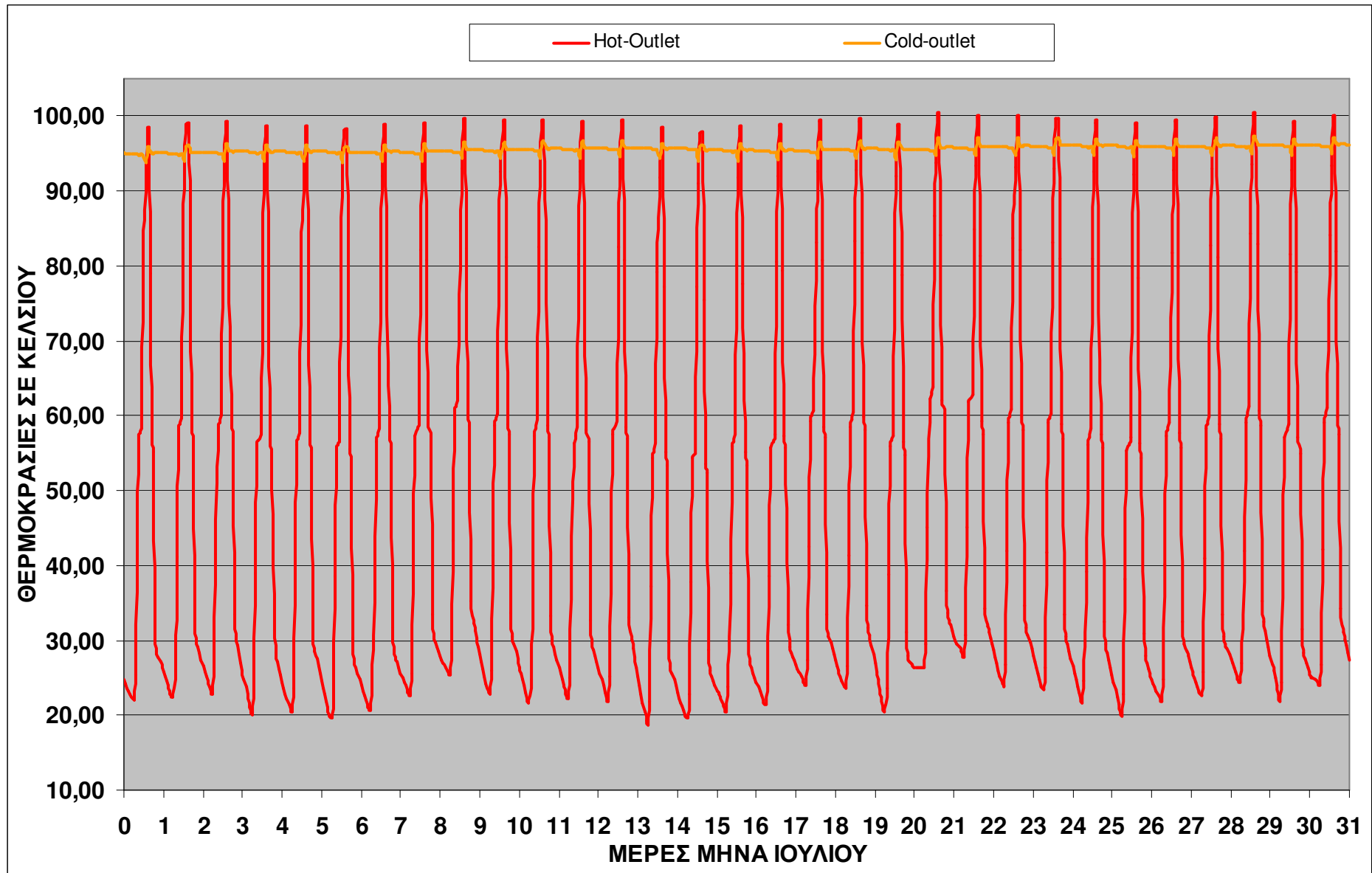


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil , του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών, της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Ιουνίου ,δηλαδή την 11^η Ιουνίου .

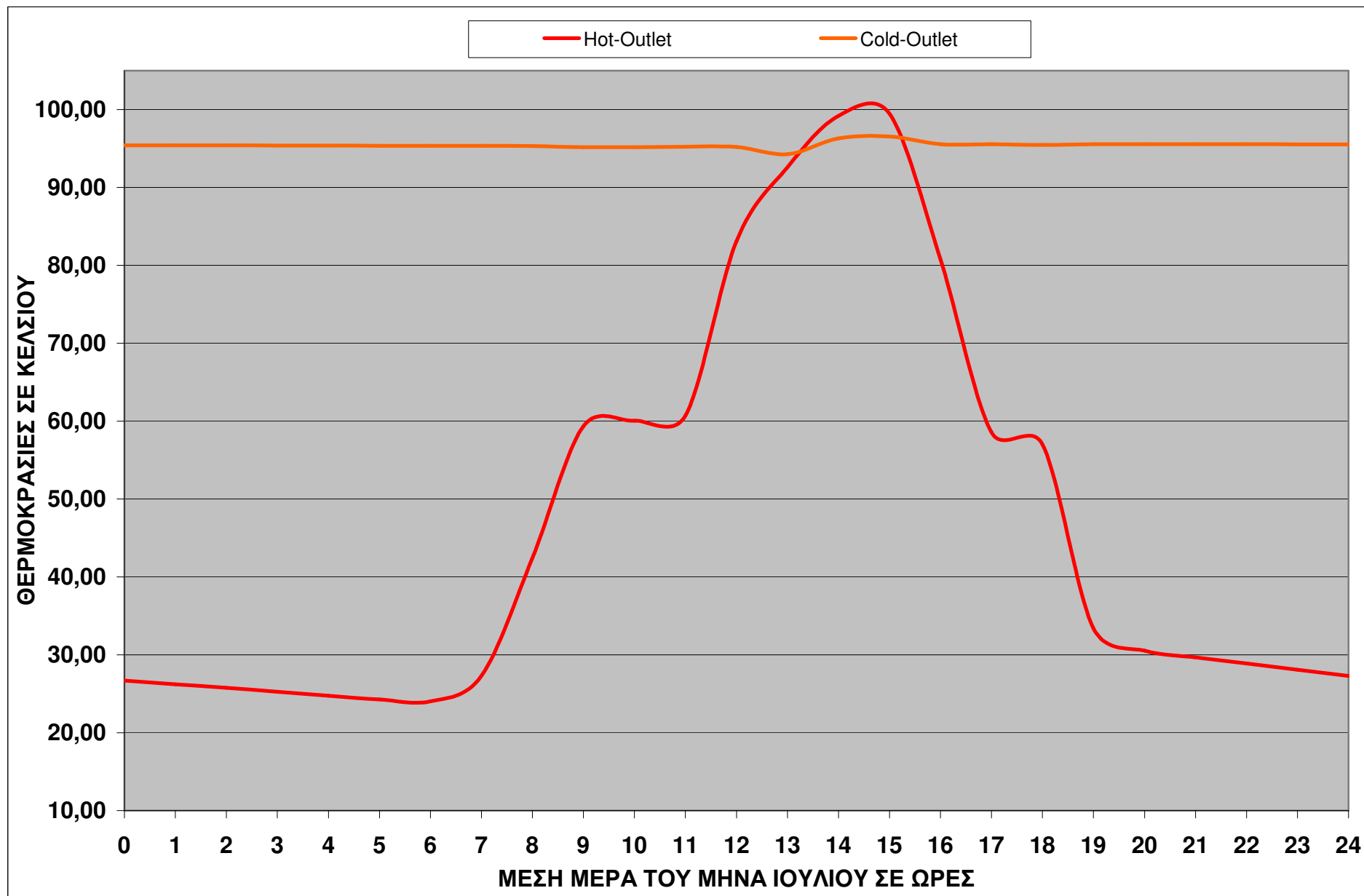


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας του κτιρίου χωρίς χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Ιουνίου ,δηλαδή την 11^η Ιουνίου .

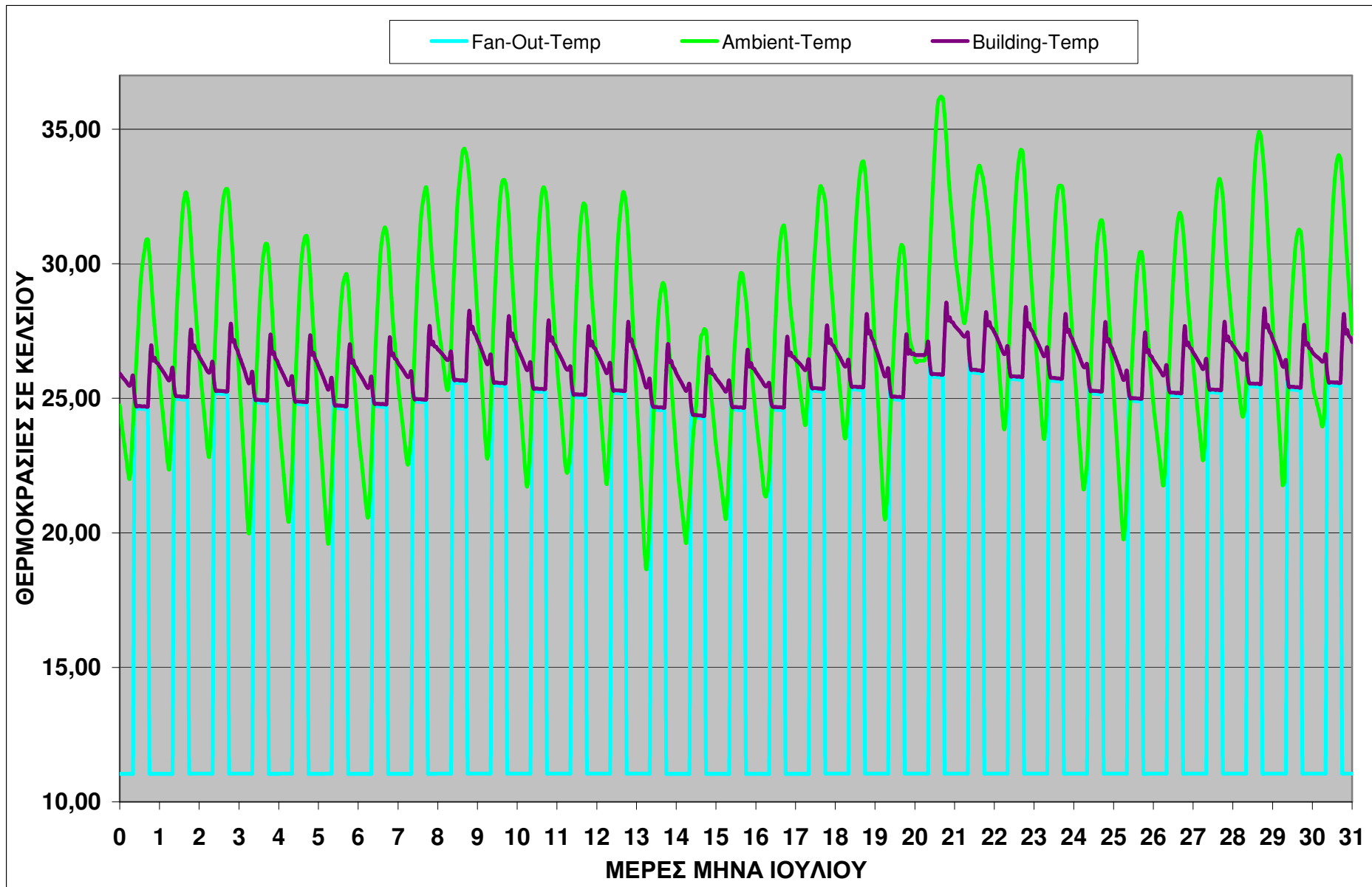
1-31 ΙΟΥΛΙΟΥ



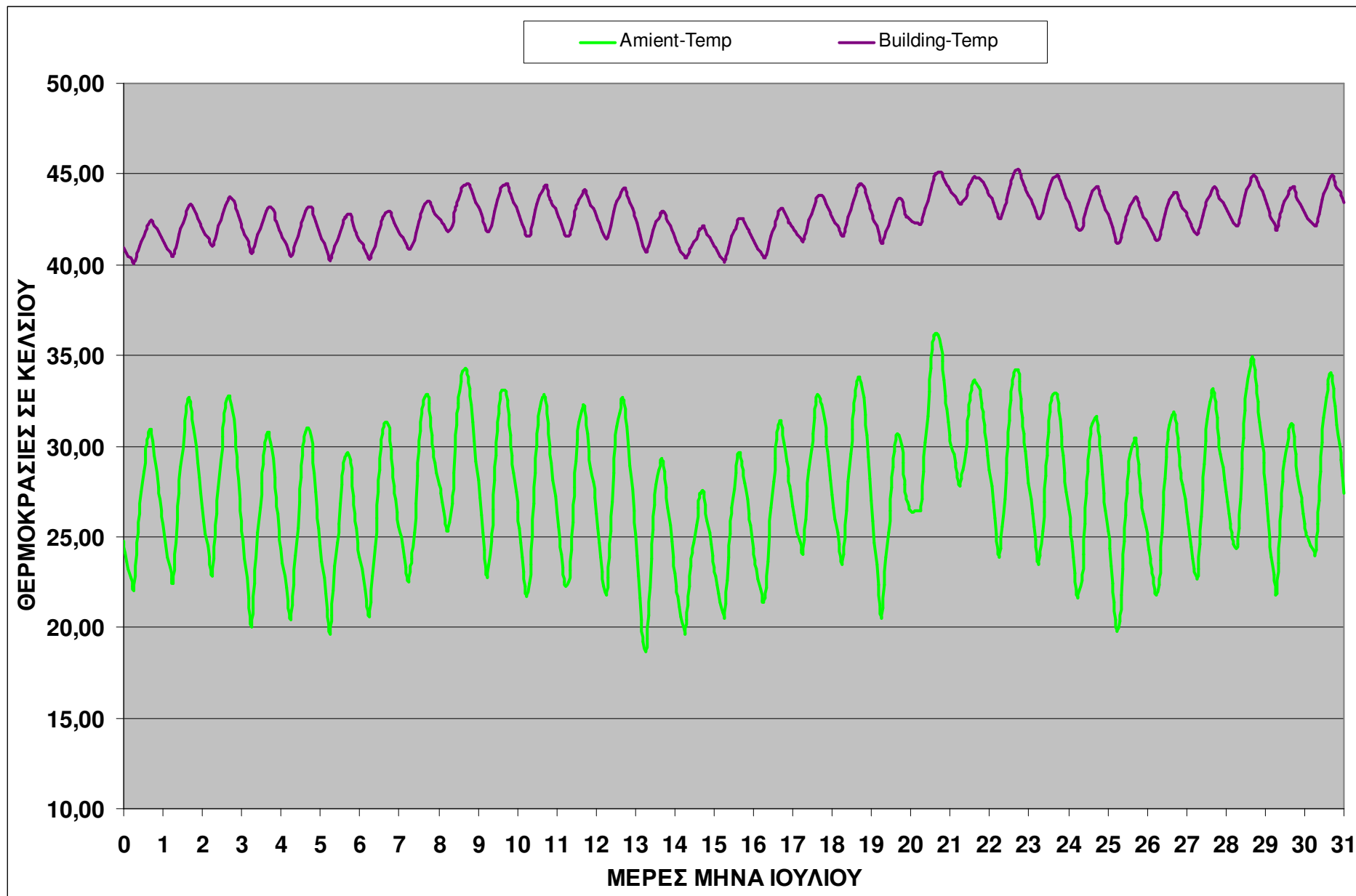
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος από την 1^η έως 31^η Ιουλίου.



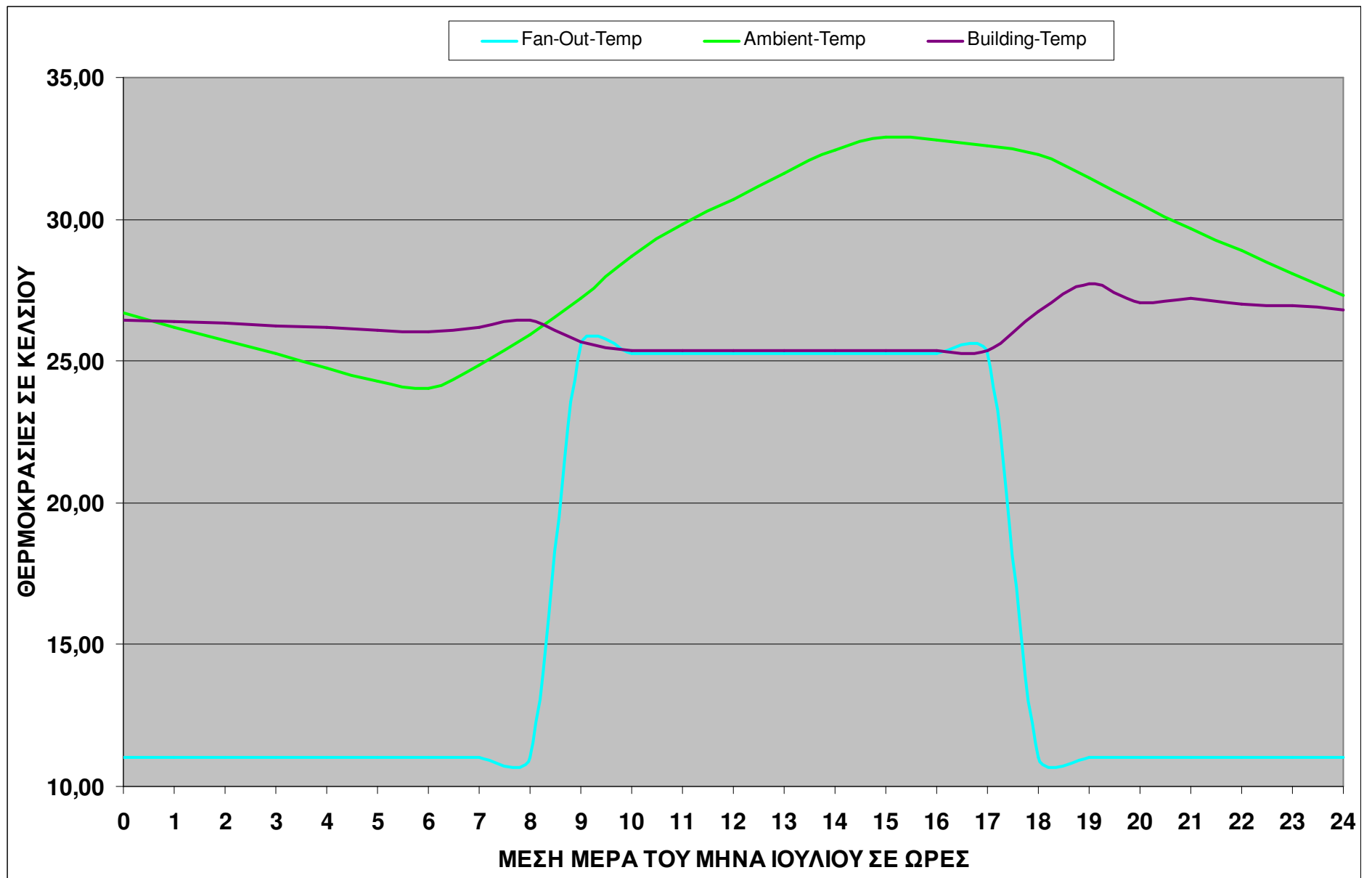
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος την μέση μέρα του μήνα Ιουλίου ,δηλαδή την 17^η Ιουλίου .



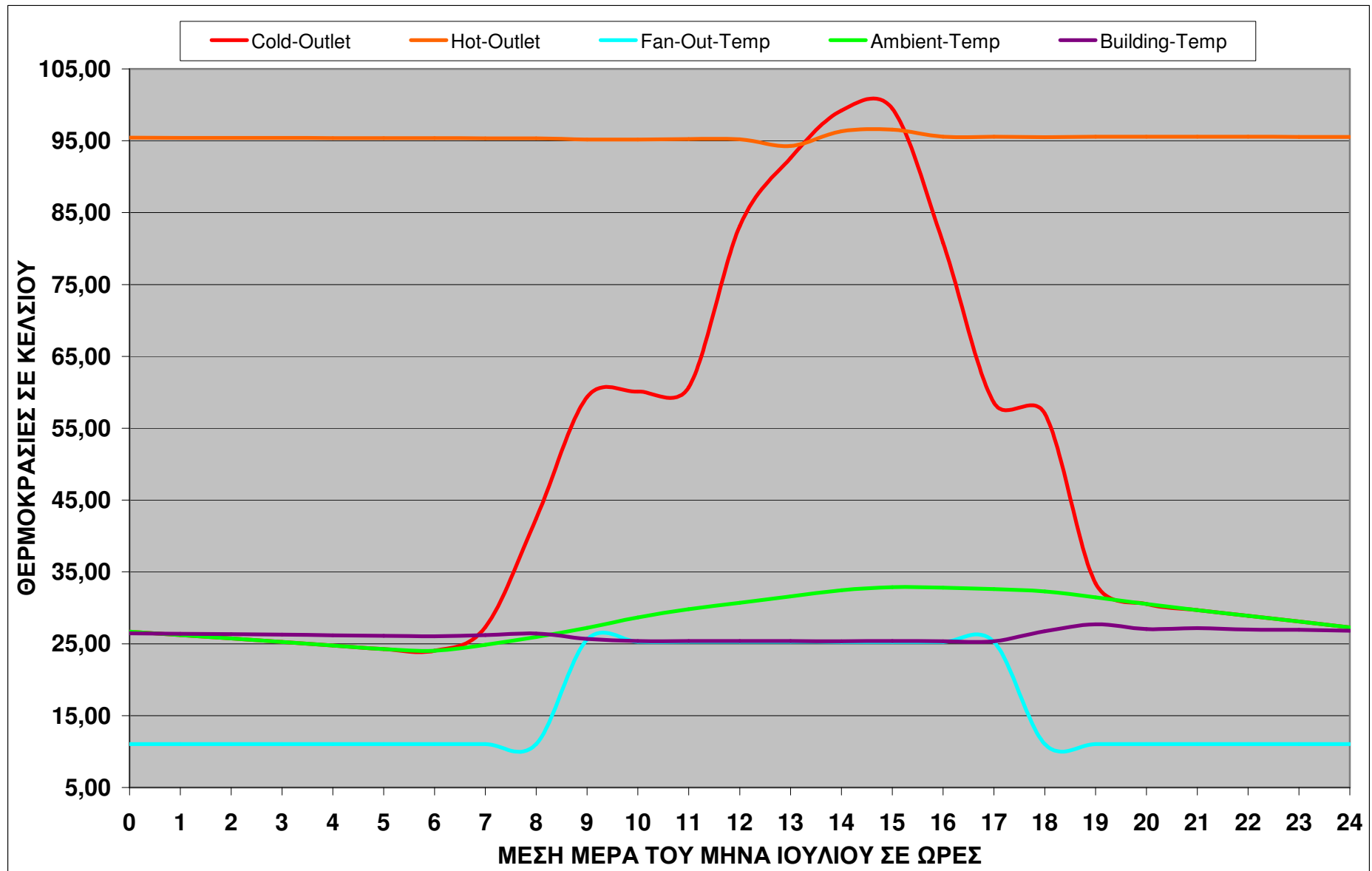
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή από την 1^η έως 31^η Ιουλίου.



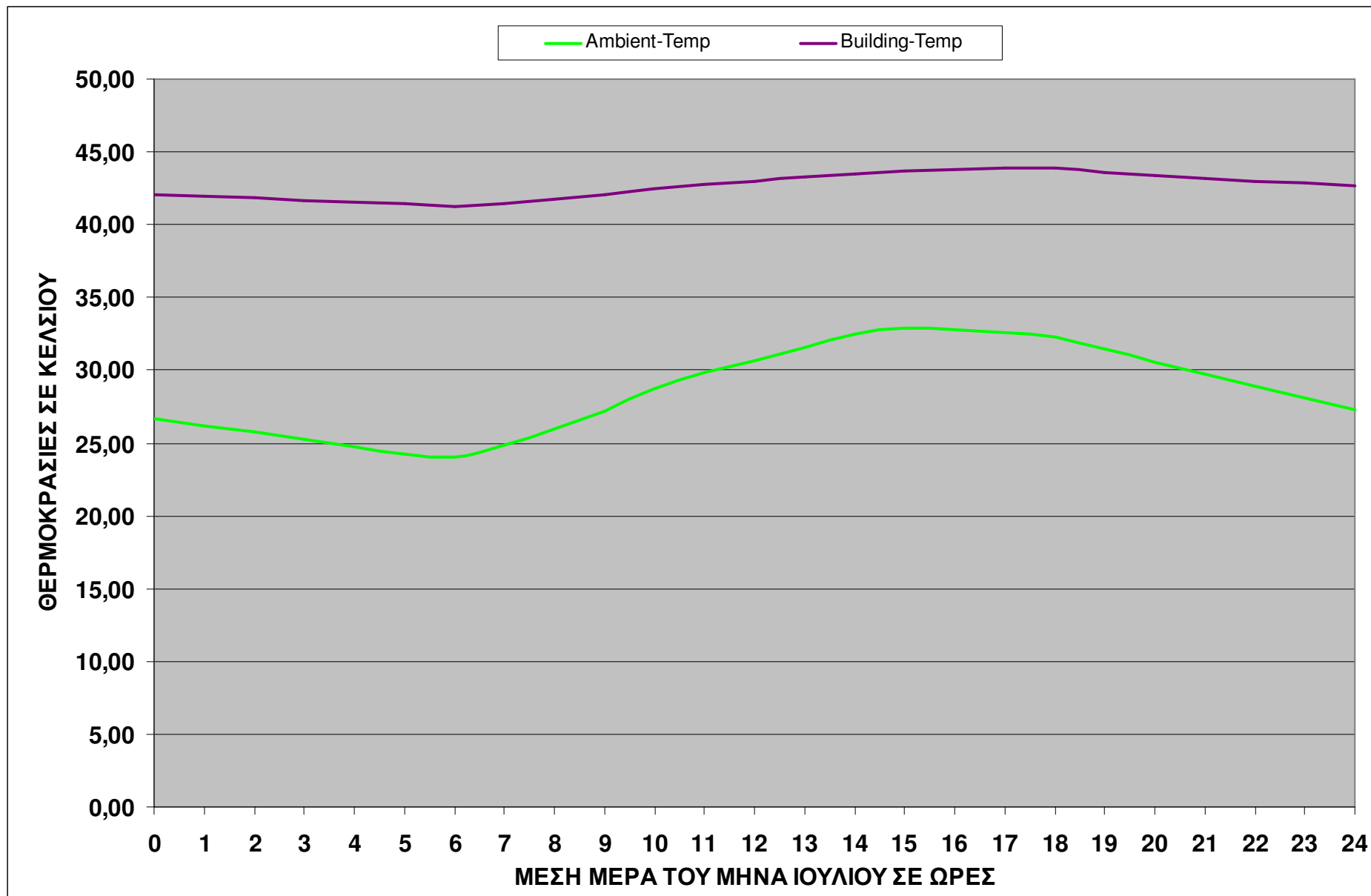
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας του κτιρίου χωρίς χρήση του συστήματος του απορροφητή από την 1^η έως 31^η Ιουλίου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Ιουλίου ,δηλαδή την 17^η Ιουλίου .

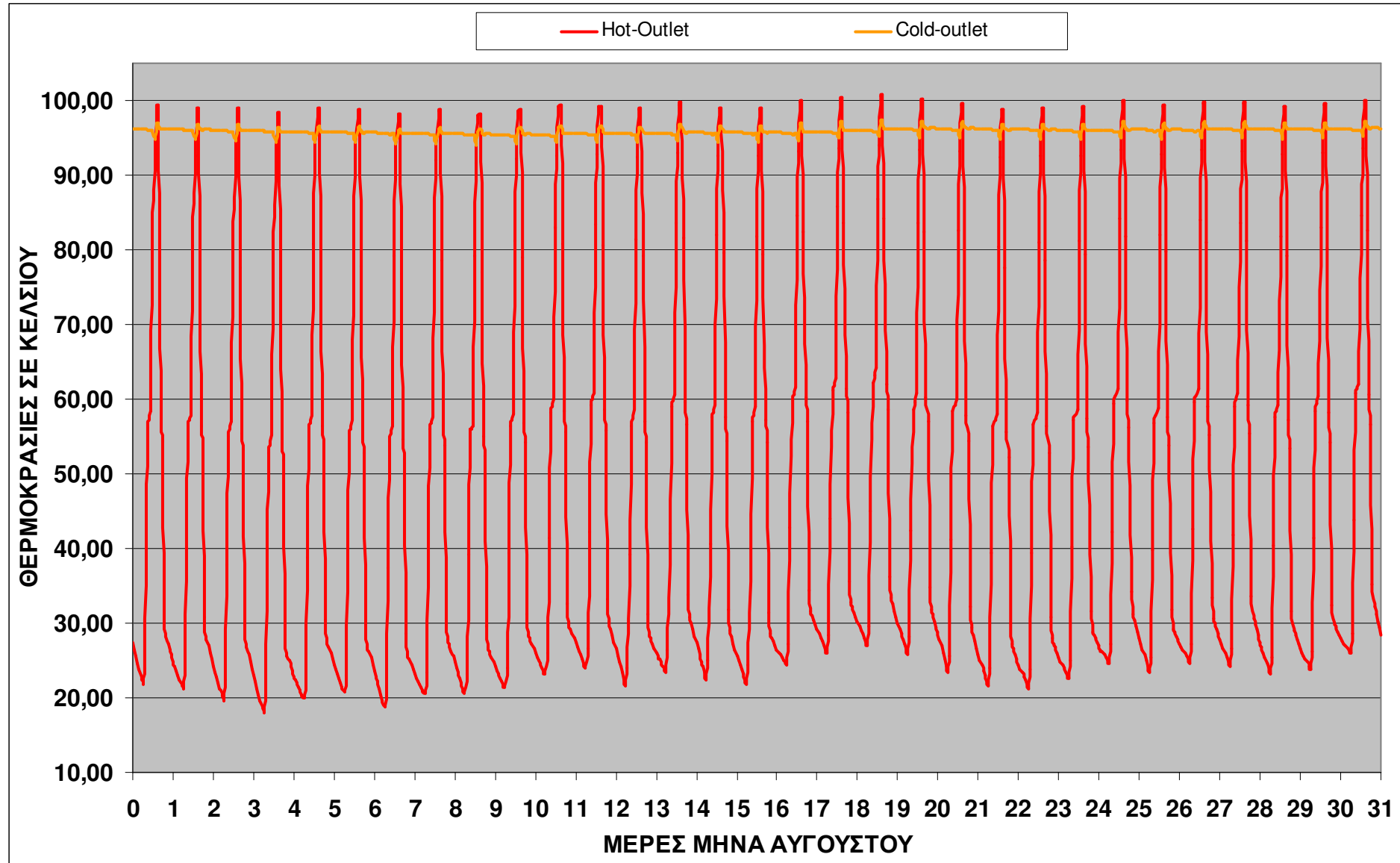


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil , του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών, της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Ιουλίου ,δηλαδή την 17^η Ιουλίου.

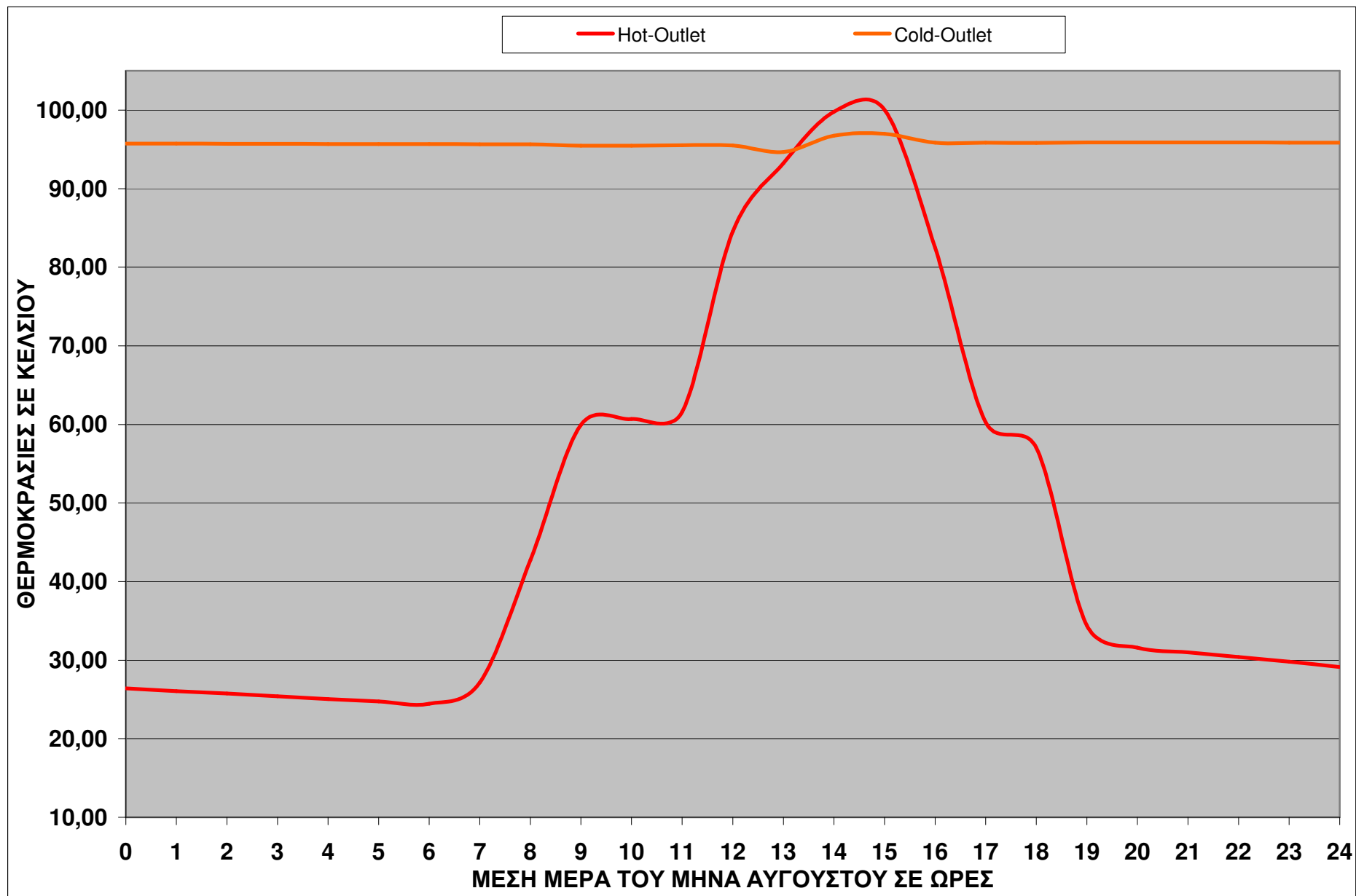


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας του κτιρίου χωρίς χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Ιουλίου ,δηλαδή την 17^η Ιουλίου .

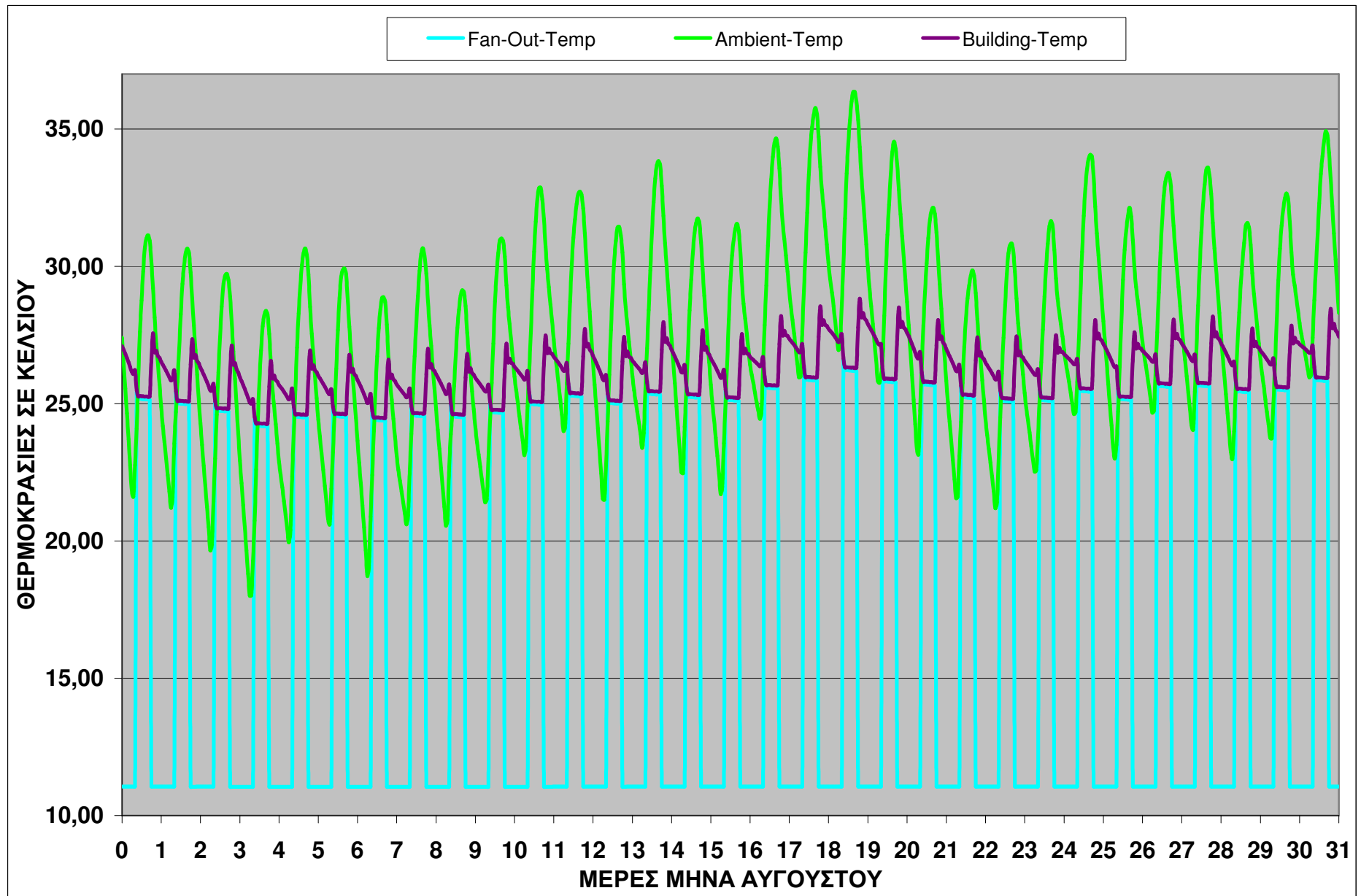
1-31 ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ



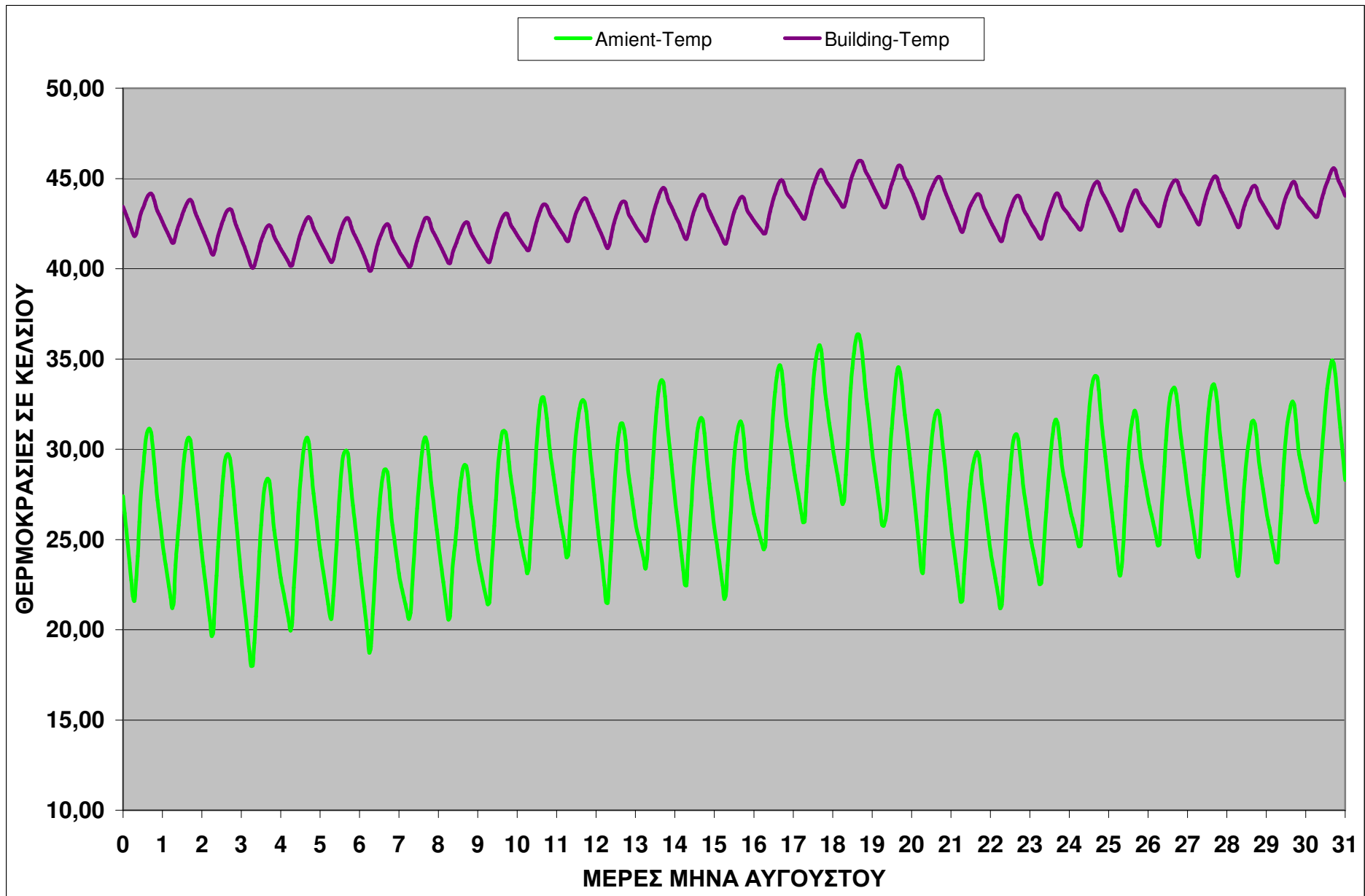
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος από την 1^η έως 31^η Αυγούστου.



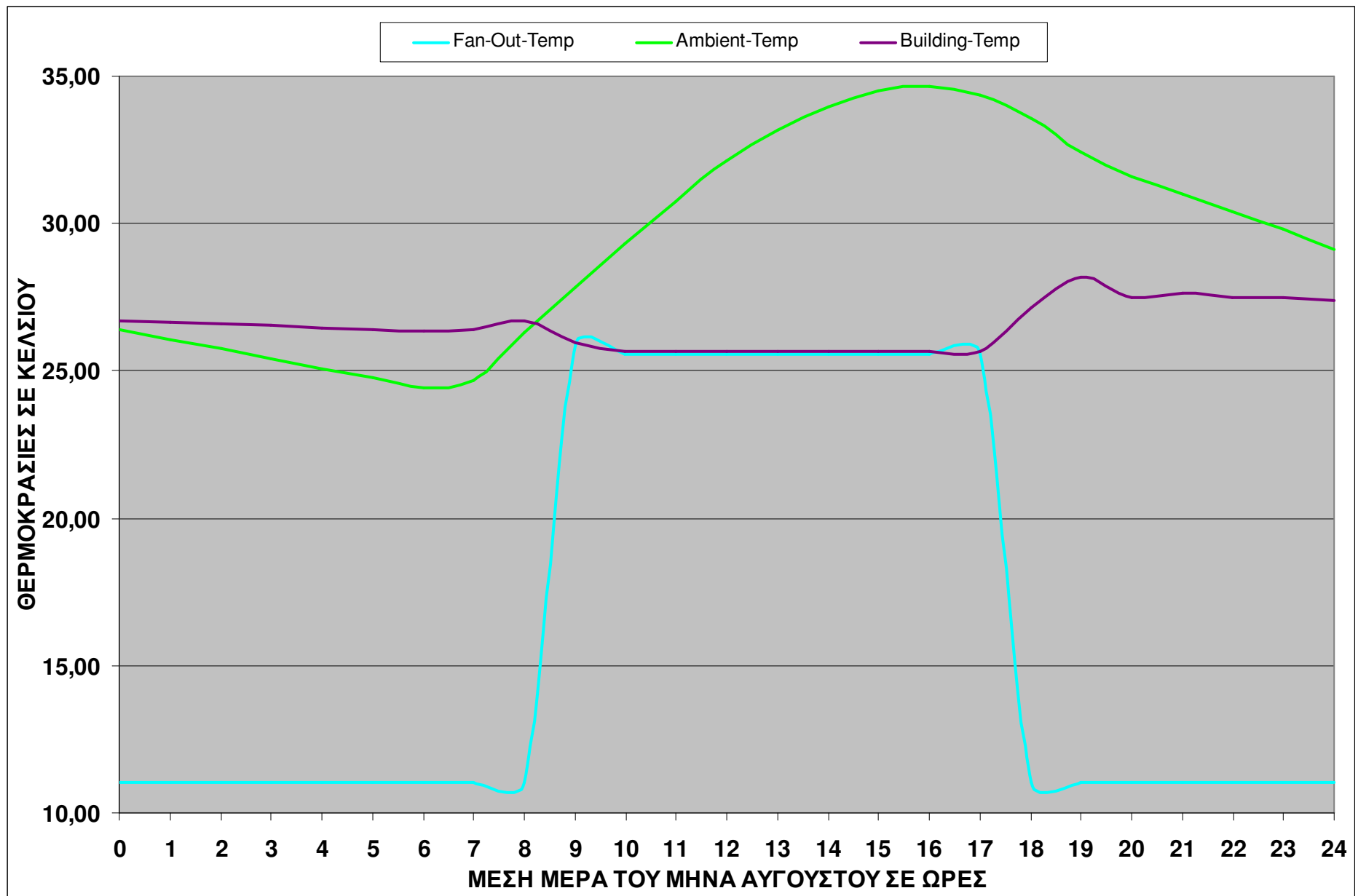
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος την μέση μέρα του μήνα Αυγούστου ,δηλαδή την 16^η Μαΐου .



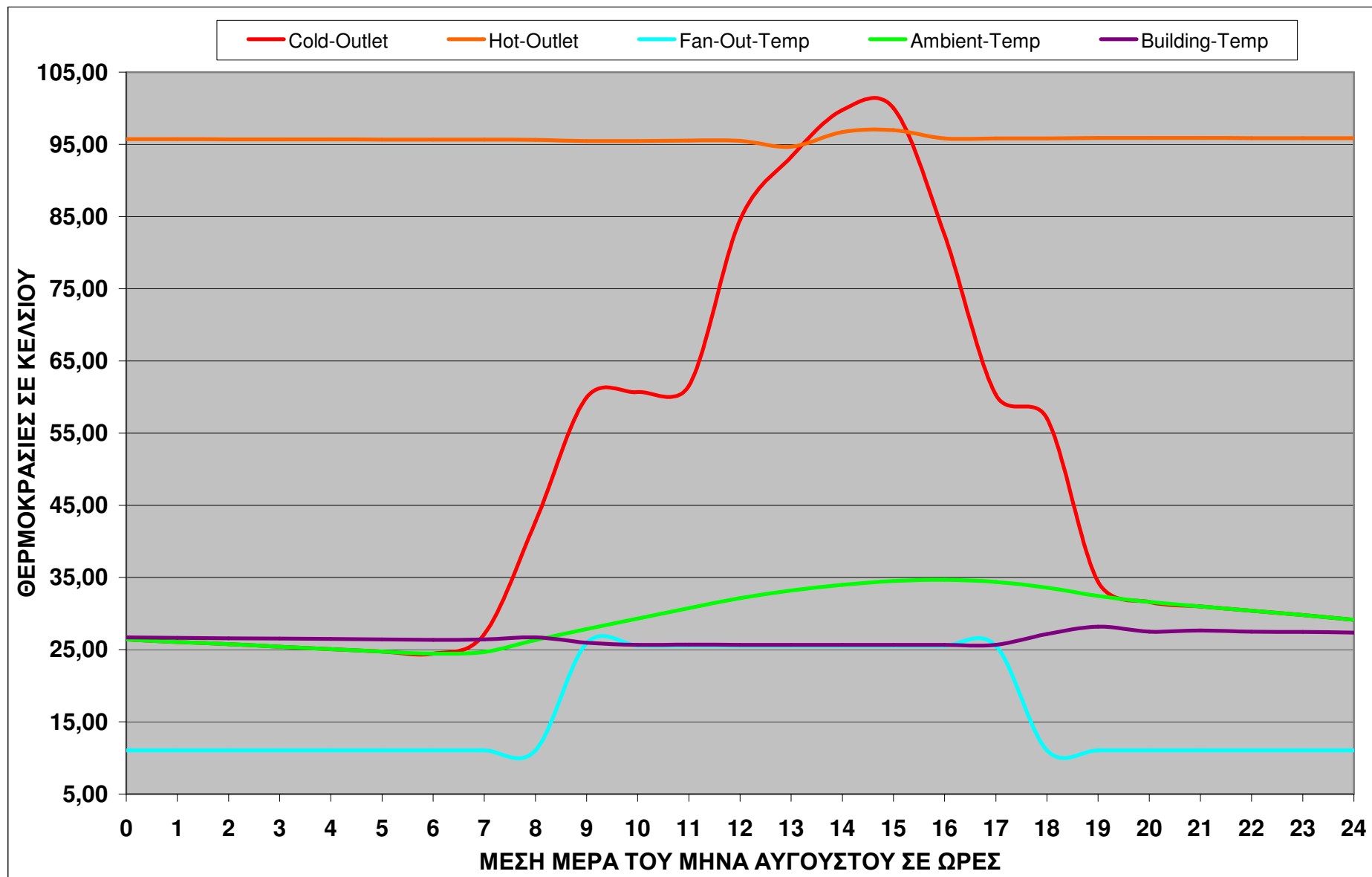
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή από την 1^η έως 31^η Αυγούστου.



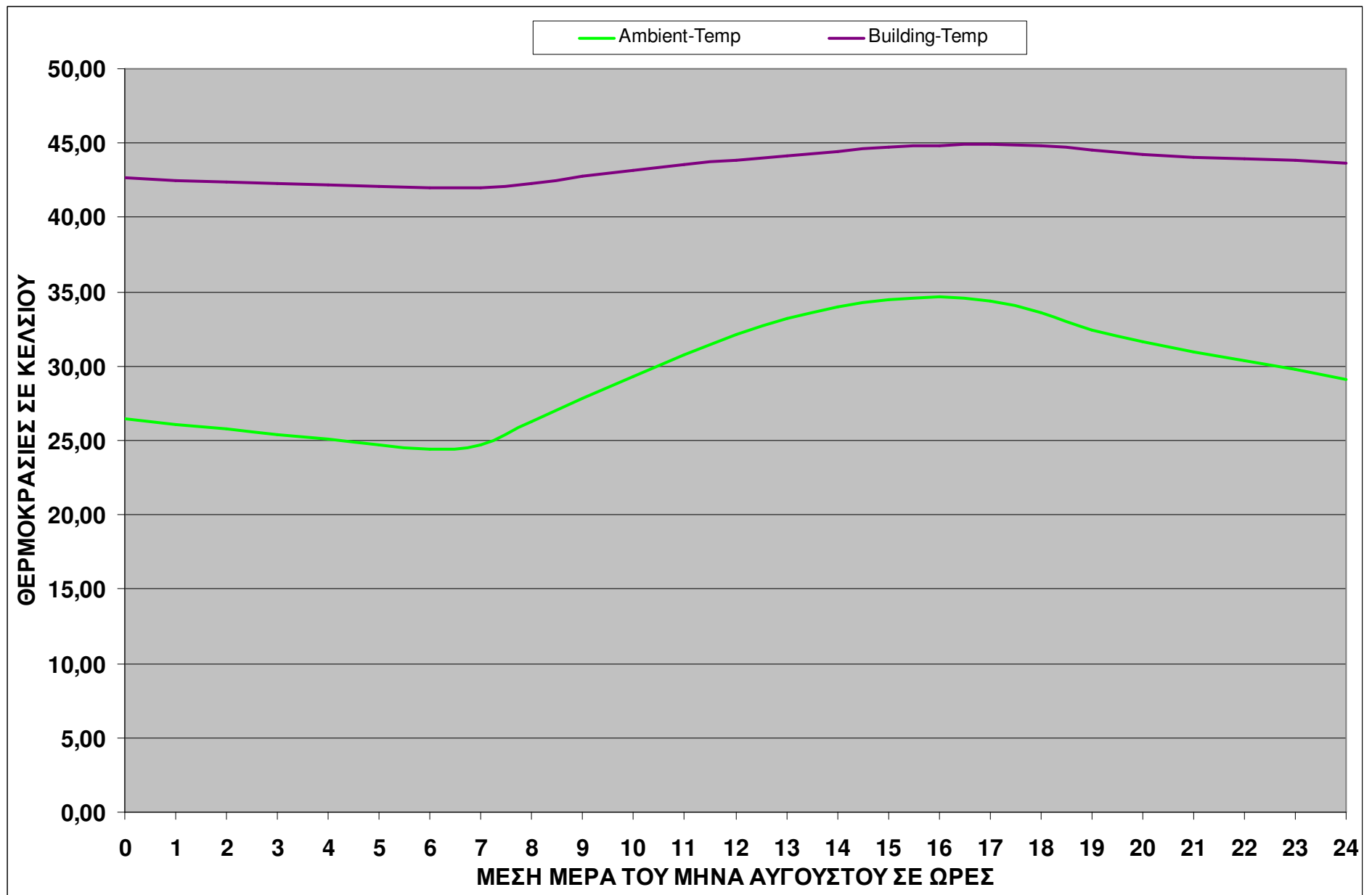
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας του κτιρίου χωρίς χρήση του συστήματος του απορροφητή από την 1^η έως 31^η Αυγούστου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Αυγούστου ,δηλαδή την 16^η Αυγούστου .

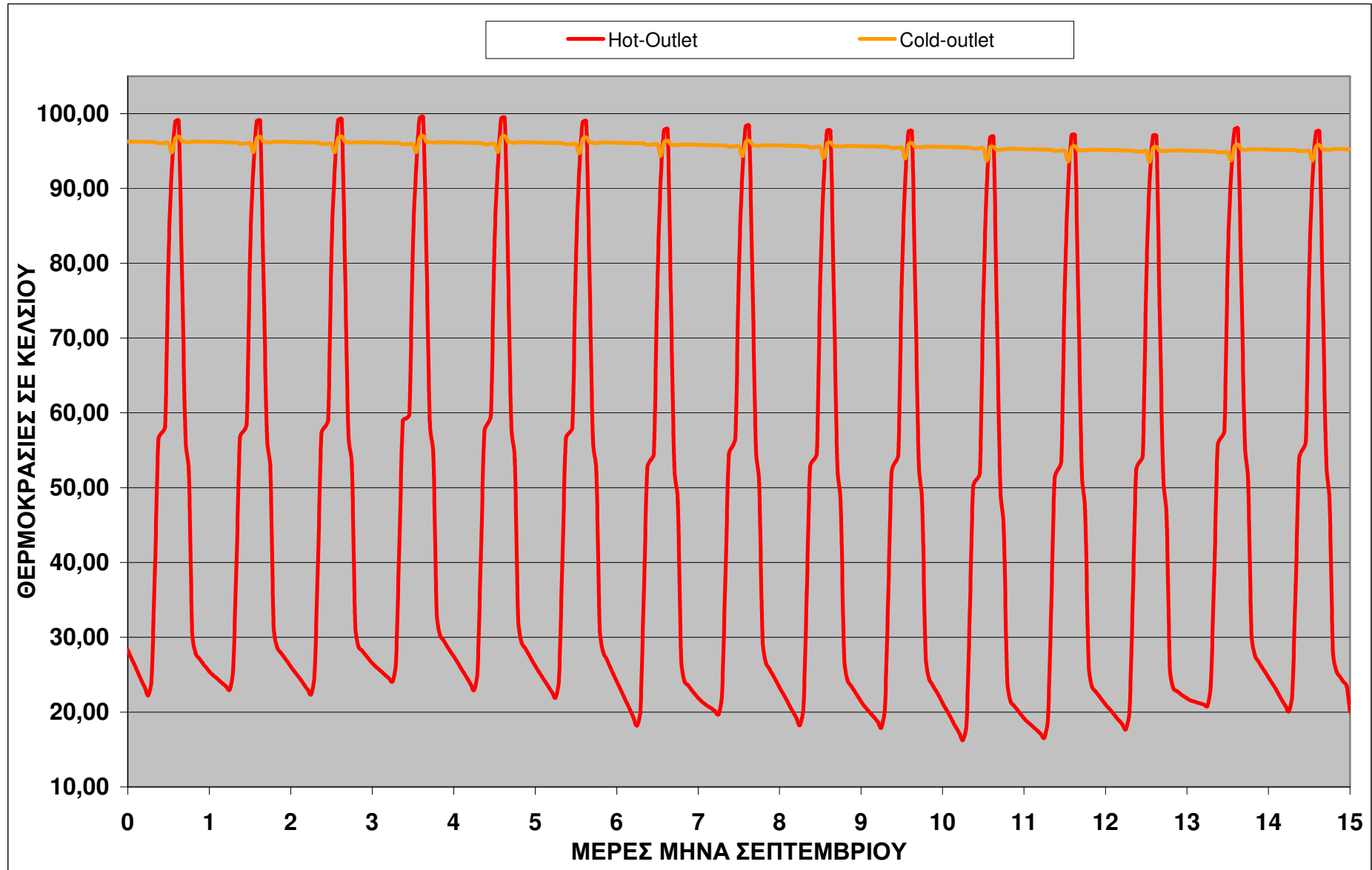


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil , του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών, της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Αυγούστου ,δηλαδή την 16^η Αυγούστου .

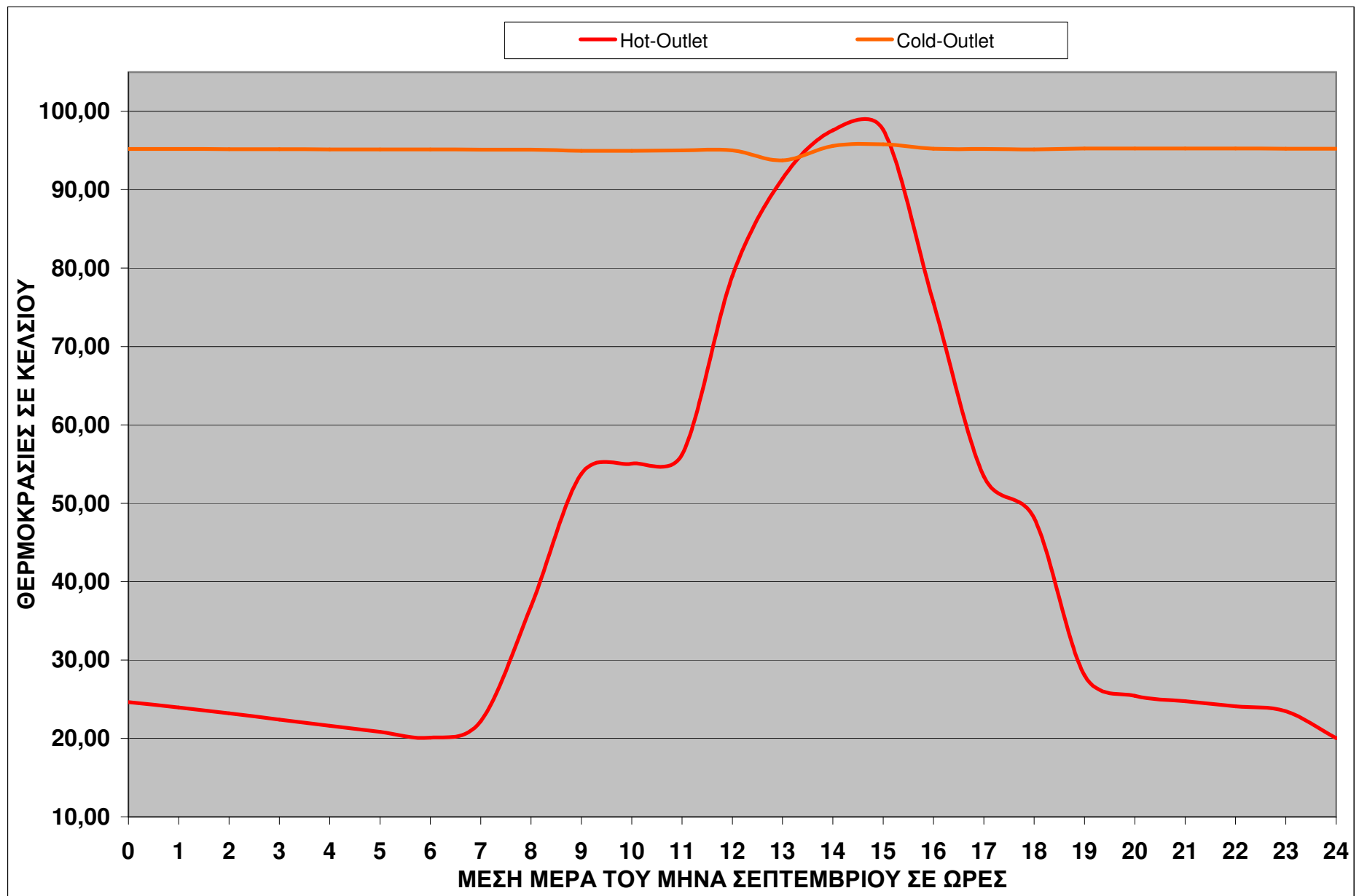


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας του κτιρίου χωρίς χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Αυγούστου ,δηλαδή την 16^η Αυγούστου .

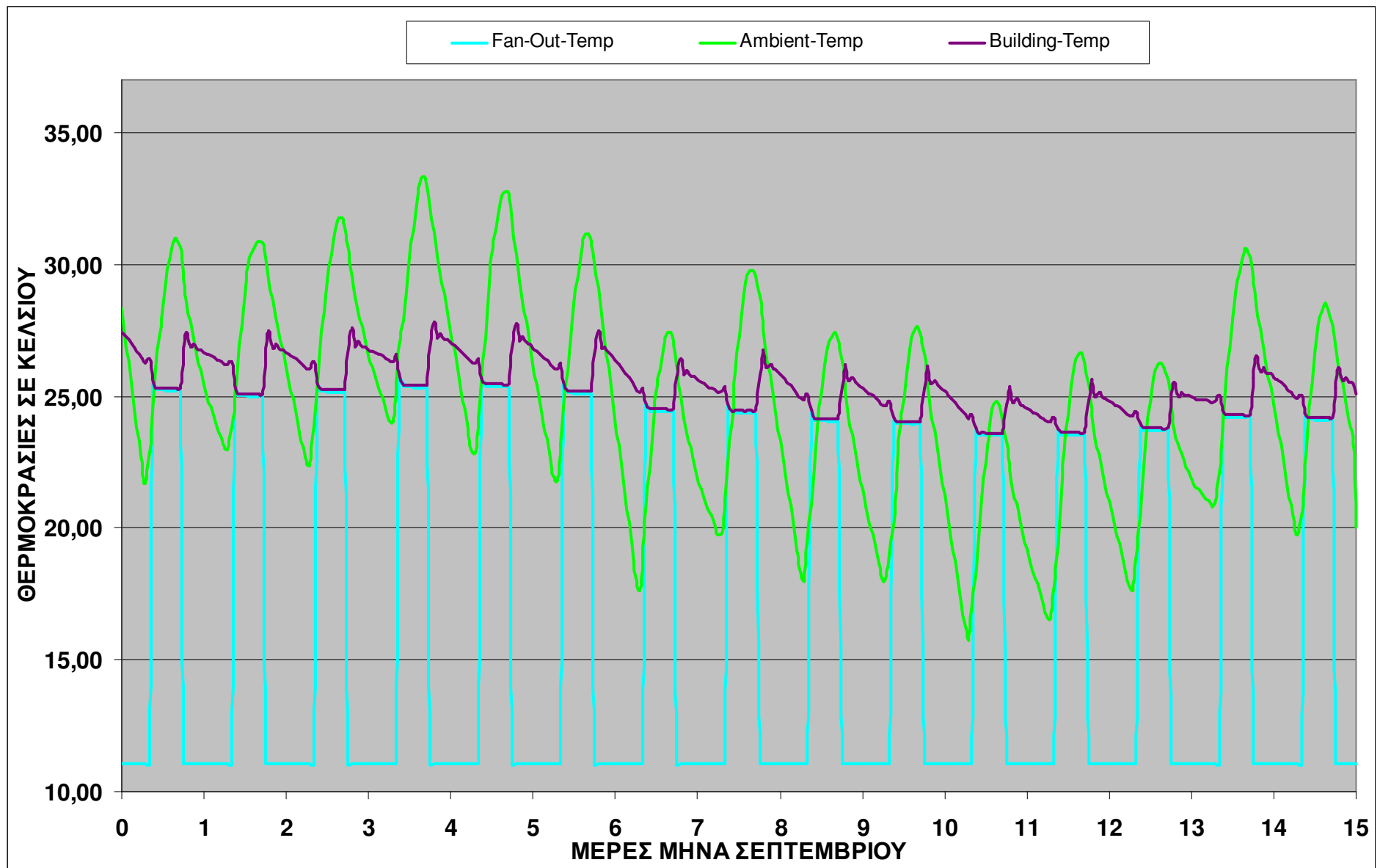
1-15 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ



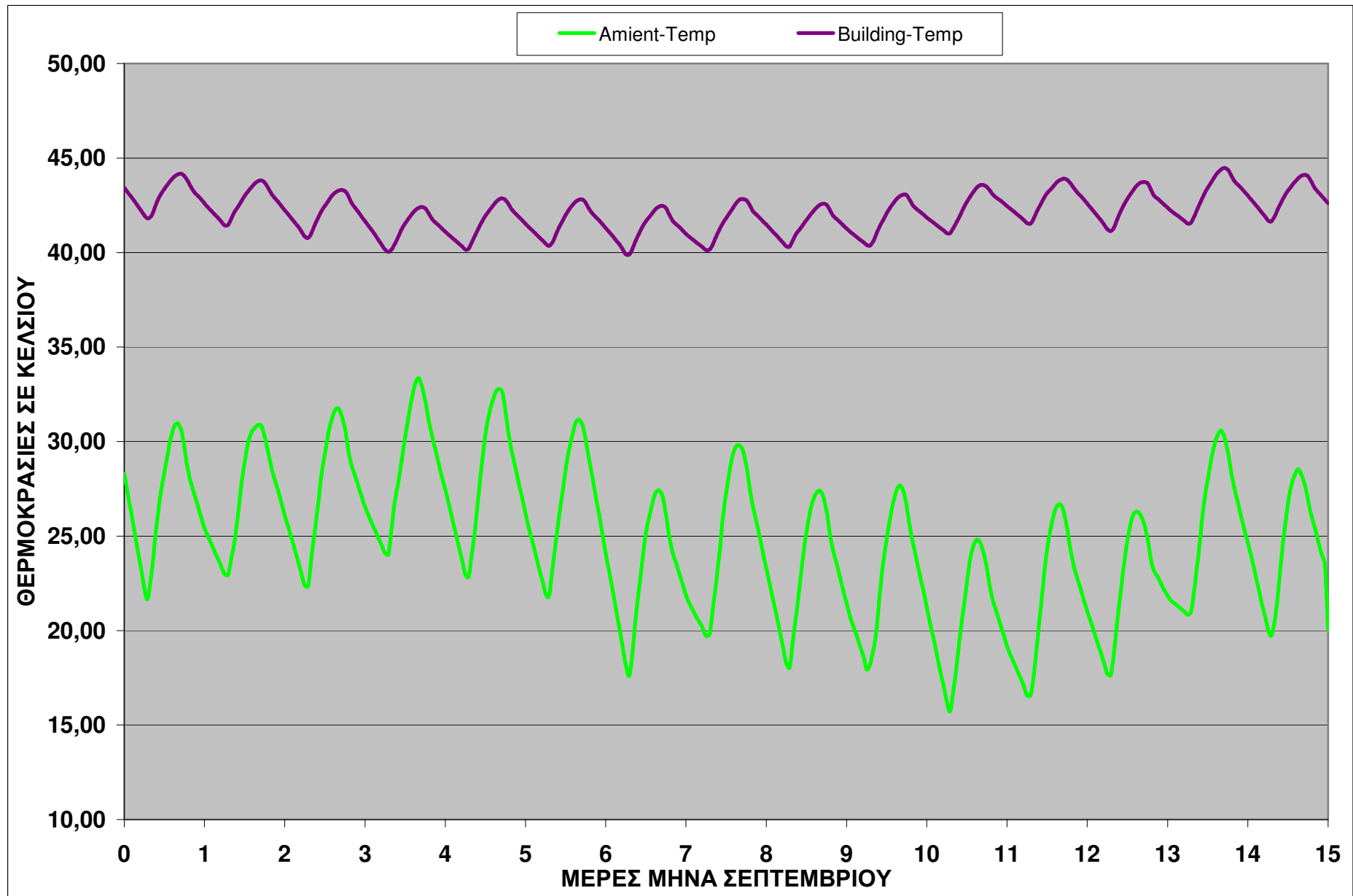
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος από την 1^η έως 15^η Σεπτεμβρίου .



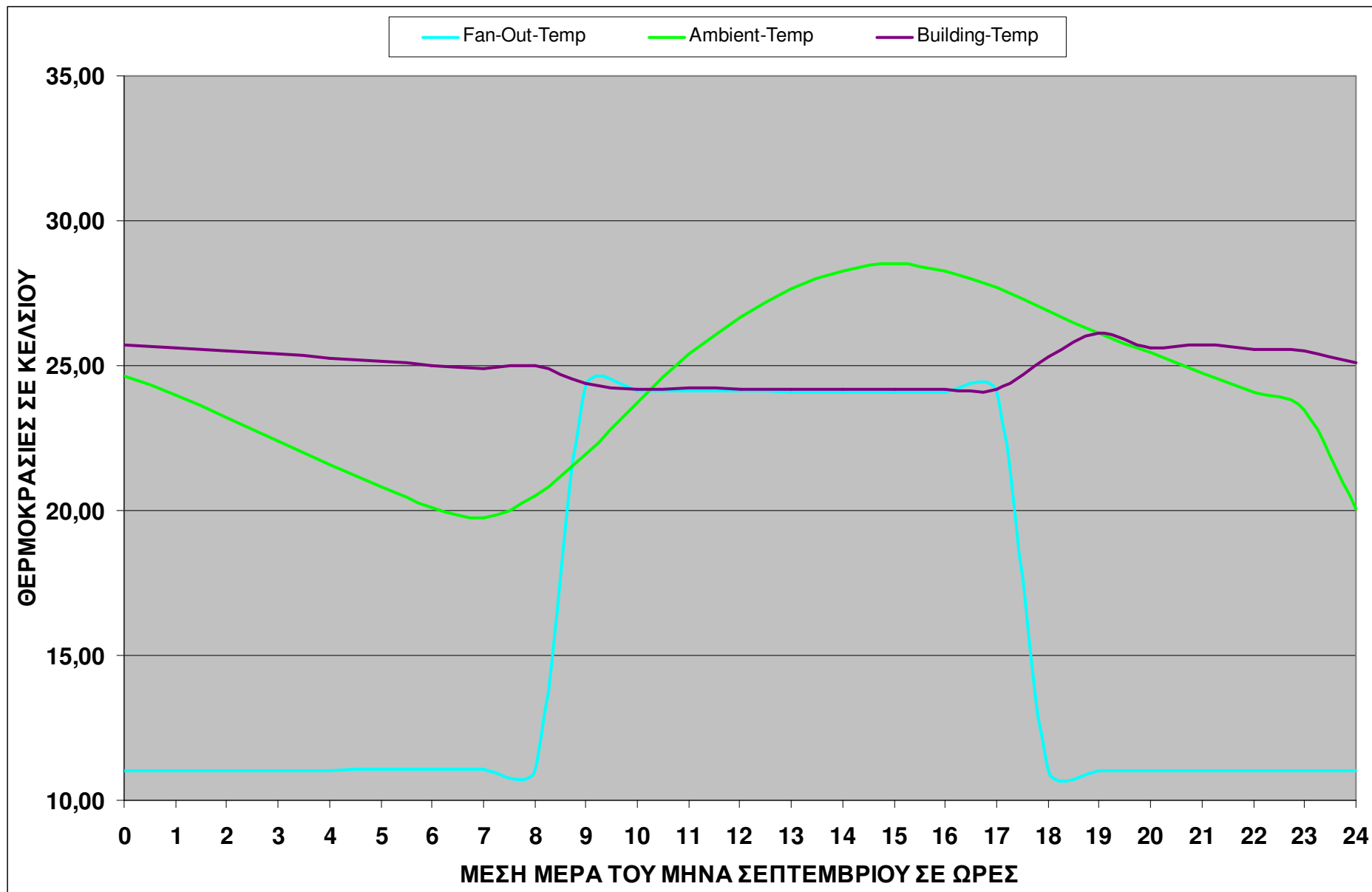
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος την μέση μέρα του μήνα Σεπτεμβρίου ,δηλαδή την 14^η Σεπτεμβρίου .



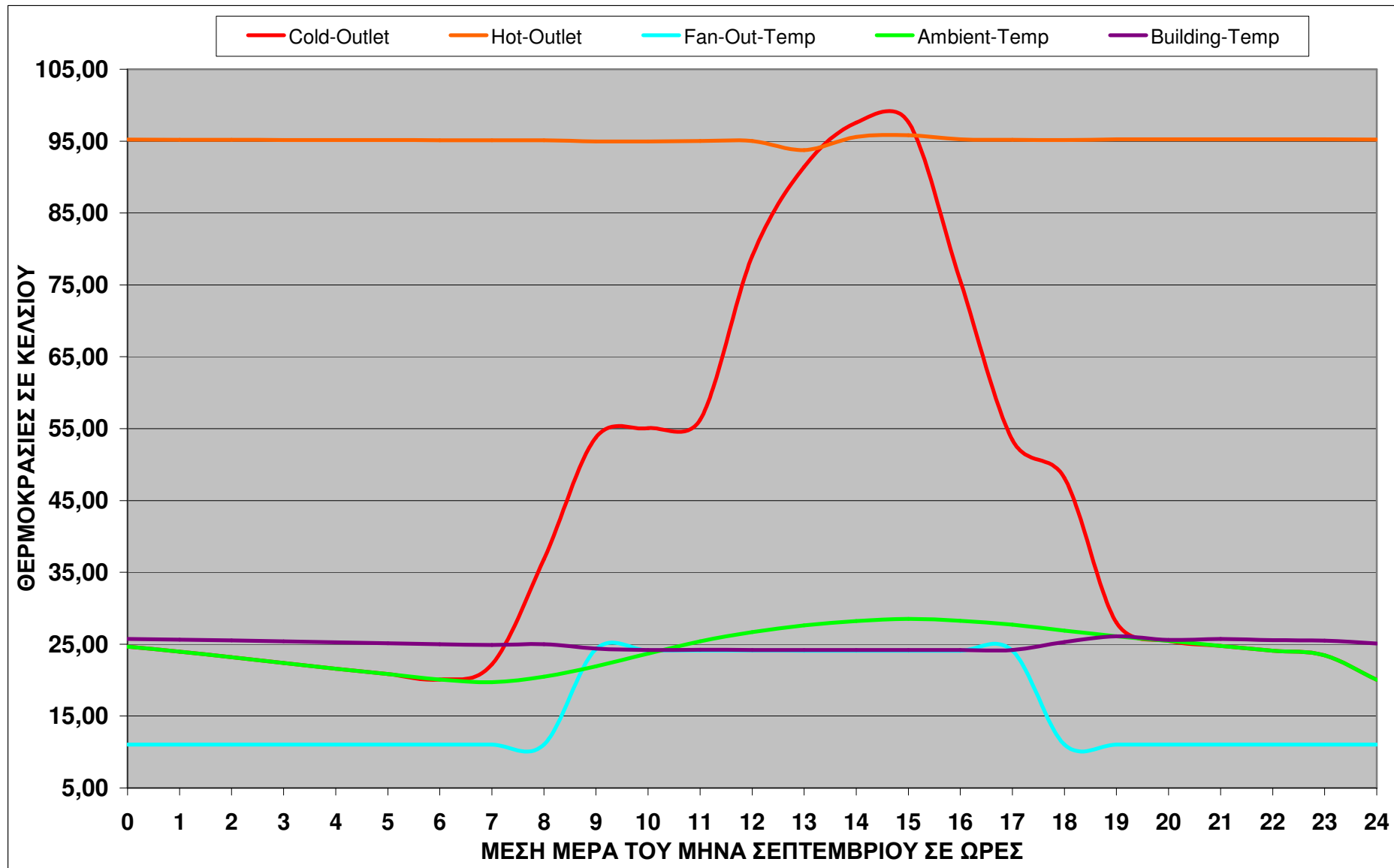
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος, του αέρα εξόδου από το Fan-Coil και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή από την 1^η έως 15^η Σεπτεμβρίου.



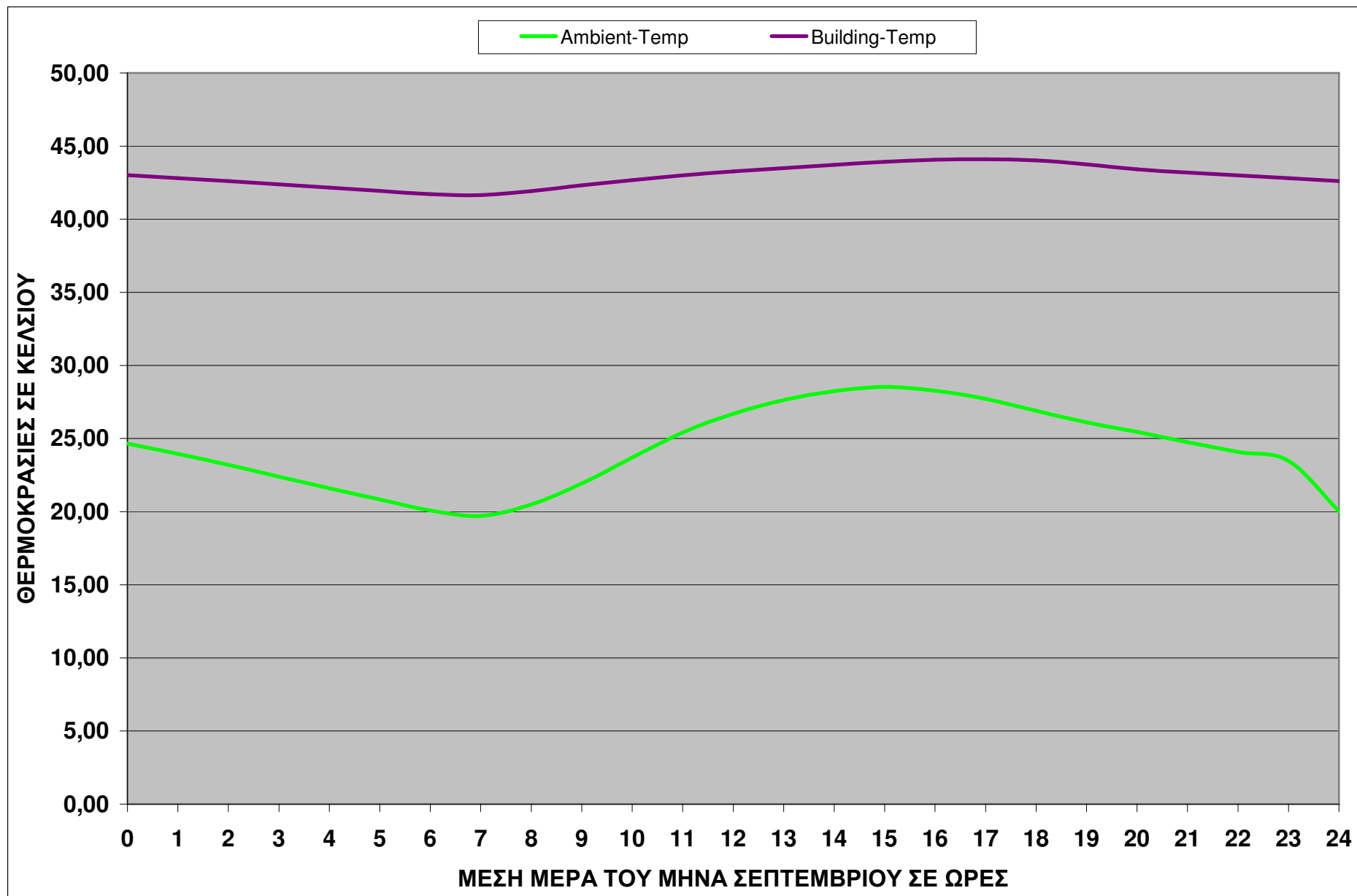
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας του κτιρίου χωρίς χρήση του συστήματος του απορροφητή από την 1^η έως 15^η Σεπτεμβρίου.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Σεπτεμβρίου ,δηλαδή την 14^η Σεπτεμβρίου .



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος ,του αέρα εξόδου από το Fan-Coil , του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών, της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος και της θερμοκρασίας του κτιρίου με χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Σεπτεμβρίου ,δηλαδή την 14^η Σεπτεμβρίου .



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: Θερμοκρασίες σε °C του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας του κτιρίου χωρίς χρήση του συστήματος του απορροφητή την μέση μέρα του μήνα Σεπτεμβρίου ,δηλαδή την 14^η Σεπτεμβρίου .

6.3. Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Διάγραμμα 1

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του διαγράμματος 1 για τους αντίστοιχους μήνες Μαΐου , Ιουνίου , Ιουλίου ,Αυγούστου και Σεπτεμβρίου παρατηρούμε πως δεν διαφέρουν πολύ αυτό οφείλεται στις παραμέτρους που έχουμε ορίσει στο Studio προσομοίωσης έτσι ώστε η θερμοκρασία των ηλιακών να μην ξεπερνά τους 100 °C (Hot-Outlet) και η θερμοκρασία της δεξαμενής (Cold-Outlet) από την οποία τροφοδοτείται ο απορροφητής με ζεστό νερό να μην πέφτει κάτω από τους 93°C .

Διάγραμμα 2

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του διαγράμματος 2 για τους αντίστοιχες μέσες μέρες των μηνών Μαΐου , Ιουνίου , Ιουλίου ,Αυγούστου και Σεπτεμβρίου παρατηρούμε πως δεν διαφέρουν πολύ αυτό οφείλεται στις παραμέτρους που έχουμε ορίσει στο Studio προσομοίωσης έτσι ώστε η θερμοκρασία των ηλιακών να μην ξεπερνά τους 100 °C (Hot-Outlet) και η θερμοκρασία της δεξαμενής (Cold-Outlet) από την οποία τροφοδοτείται ο απορροφητής με ζεστό νερό να μην πέφτει κάτω από τους 93°C .

Επίσης τώρα που μπορούμε να δούμε πιο αναλυτικά τι συμβαίνει κατά την διάρκεια της μέσης του αντίστοιχου μήνα βλέπουμε πως παρατηρείται μια μικρή πτώση της θερμοκρασίας της δεξαμενής που τροφοδοτεί με θερμό νερό τον απορροφητή μετά της 8:00 π.μ. αυτό συμβαίνει επειδή ο απορροφητής ξεκινάει να εργάζεται και η πτώση αυτή είναι ακόμη πιο έντονη κατά της 12:00 μ.μ. με 14:00 μ.μ. καθώς η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνει και ο απορροφητής απαιτεί καταναλώνει μεγαλύτερα ποσά θερμότητας για να πάρει τα φορτία του κτιρίου , ακόμα οι ηλιακοί συλλέκτες δεν έχουν φτάσει σε ικανοποιητική θερμοκρασία (Hot-Outlet) έτσι ώστε να μπορέσουν να αποδώσουν την αναγκαία ποσότητα ενέργειας .

Επίσης , μετά της 14:00 μ.μ. παρατηρούμε πως η θερμοκρασία της δεξαμενής (Cold-Outlet) ξανά αυξάνεται σταδιακά , αυτό συμβαίνει γιατί η θερμοκρασία των ηλιακών έχει ανέβει αρκετά και μπορεί να ανταποκριθεί στην απορρόφηση θερμότητας που ζητά ο απορροφητής για την ψύξη του κτιρίου .

Διάγραμμα 3

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του διαγράμματος 3 για τους αντίστοιχους μήνες Μαΐου , Ιουνίου , Ιουλίου ,Αυγούστου και Σεπτεμβρίου παρατηρούμε πως η θερμοκρασία του κτιρίου (Building-Temp) είναι άμεσα συνδεδεμένη με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Ambient-Temp) . Επίσης παρατηρούμε πως η θερμοκρασία του κτιρίου (Building-Temp) κυμαίνεται από 23 °C , που εμφανίζεται κατά τον μήνα Μάιο μέχρι 26,5 °C που εμφανίζεται κατά τον μήνα Αύγουστο .

Η θερμοκρασία των 23 °C , που εμφανίζεται κατά τον μήνα Μάιο είναι αποτέλεσμα που το δεχόμαστε καθώς ο απορροφητής εργάζεται συνεχώς και δεν του έχουμε θέσει να μην λειτουργεί κάτω από τους 25 °C. Αυτό όπως καταλαβαίνεται στην πραγματικότητα είναι πολύ εύκολο να αποφευχθεί αρκεί απλώς να μην περνάμε όλων τον εξωτερικό αέρα από το Fan-Coil λειτουργία που δεν μας δίνει το TRNSYS .

Διάγραμμα 4

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του διαγράμματος 4 για τους αντίστοιχους μήνες Μαΐου , Ιουνίου , Ιουλίου ,Αυγούστου και Σεπτεμβρίου παρατηρούμε πως η θερμοκρασία του κτιρίου (Building-Temp) χωρίς την χρήση του συστήματος του απορροφητή φτάνει σε πάρα πολύ υψηλά επίπεδα αυτό συμβαίνει λόγω της έντονης χρήσης του κτιρίου και στο ότι δεν υπάρχει κάποιος μηχανισμός να πάρει αυτά τα φορτία .

Διάγραμμα 5

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του διαγράμματος 5 για τους αντίστοιχες μέσες μέρες των μηνών Μαΐου , Ιουνίου , Ιουλίου ,Αυγούστου και Σεπτεμβρίου παρατηρούμε πως η θερμοκρασία του κτιρίου (Building-Temp) είναι άμεσα συνδεδεμένη με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Ambient-Temp) .

Επίσης , παρατηρούμε πως μετά της 8:00 π.μ. η θερμοκρασία του κτιρίου (Building-Temp) αυτό συμβαίνει καθώς εκείνά την λειτουργία του ο απορροφητής , αυτό συμβαίνει μέχρι της 10:00 π.μ. .Από την ώρα αυτή και μετά η θερμοκρασία του δωματίου παραμένει σχεδόν σταθερή μέχρι της 17:00 μ.μ. , αυτό οφείλεται σε πολλούς παράγοντες .Αφενός σταματάει να πέφτει η θερμοκρασία του κτιρίου καθώς ξεκινά και αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος , αφετέρου δεν αυξάνεται άλλο καθώς ταυτόχρονα αυξάνεται και η θερμοκρασία των ηλιακών που αποδίδουν ενέργεια στον απορροφητή .Με άλλα λόγια το όλο σύστημα είναι άμεσα επηρεαζόμενο από την ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στους ηλιακούς συλλέκτες και από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος .

Μετά της 17:00 μ.μ. παρουσιάζεται μια απότομη αύξηση της θερμοκρασίας του δωματίου που οφείλεται στην διακοπή της λειτουργίας του απορροφητή και αφετέρου την διακοπή της παροχή αέρα από το Fan-Coil στο κτίριο. Η θερμοκρασία συνεχίζει και αυξάνεται μέχρι της 20:00 μ.μ. που οφείλεται κατά κύριο λόγο στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος . Μετά της 20:00 μ.μ. η θερμοκρασία συνεχίζει και πέφτει συνέχεια καθώς ποια έχουμε νύχτα και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος έχει πέσει σημαντικά .

Διάγραμμα 6

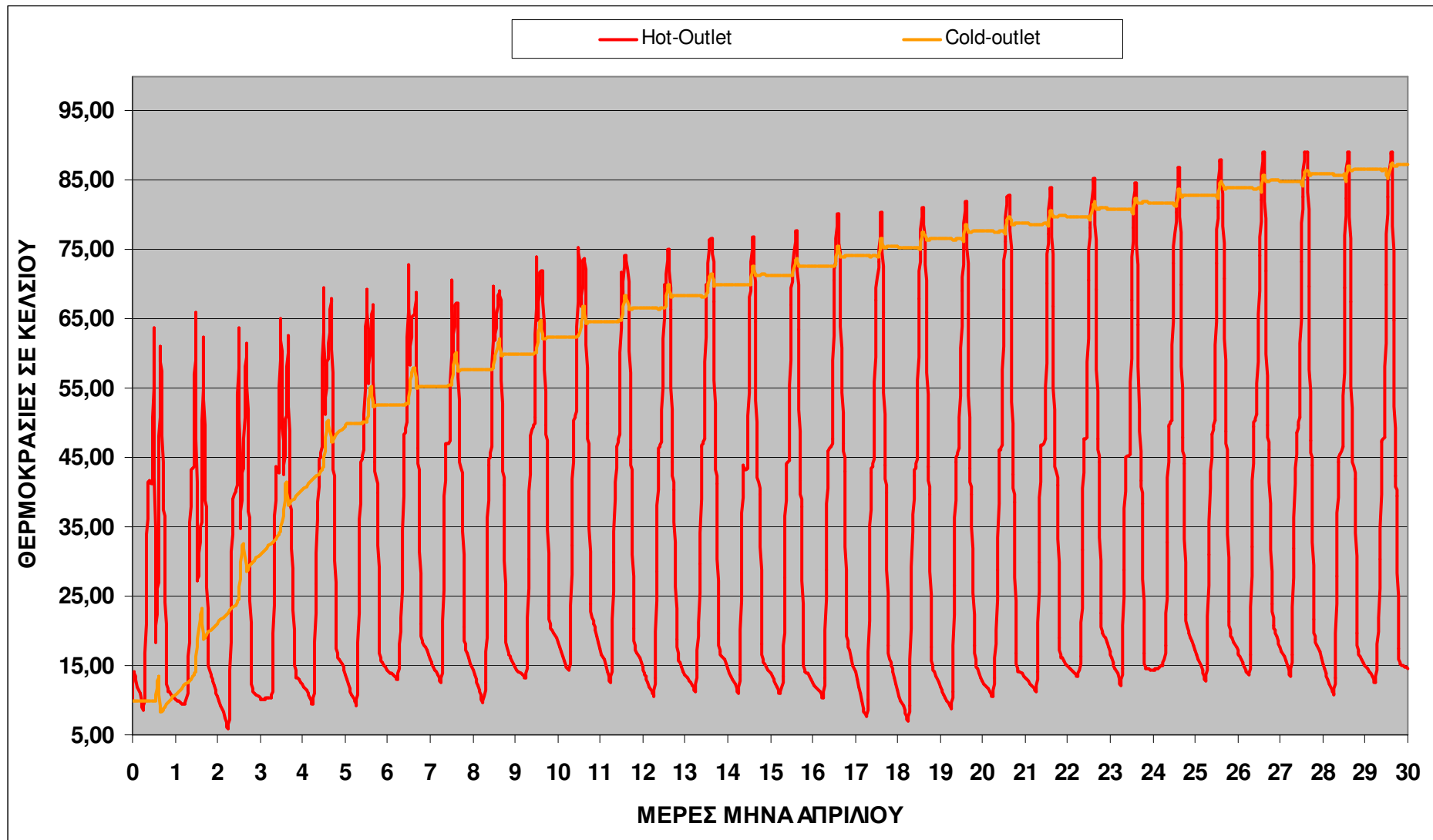
Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του διαγράμματος 6 για τους αντίστοιχες μέσες μέρες των μηνών Μαΐου , Ιουνίου , Ιουλίου ,Αυγούστου και Σεπτεμβρίου παρατηρούμε πιο συγκεντρωτικά ότι αναφέραμε για τα διαγράμματα 2 και 5 για τους αντίστοιχους μήνες .

Διάγραμμα 7

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του διαγράμματος 6 για τους αντίστοιχες μέσες μέρες των μηνών Μαΐου , Ιουνίου , Ιουλίου ,Αυγούστου και Σεπτεμβρίου παρατηρούμε πως η θερμοκρασία του κτιρίου (Building-Temp) χωρίς την χρήση του συστήματος του απορροφητή φτάνει σε πάρα πολύ υψηλά επίπεδα αυτό συμβαίνει λόγω της έντονης χρήσης του κτιρίου και στο ότι δεν υπάρχει κάποιος μηχανισμός να πάρει αυτά τα φορτία .

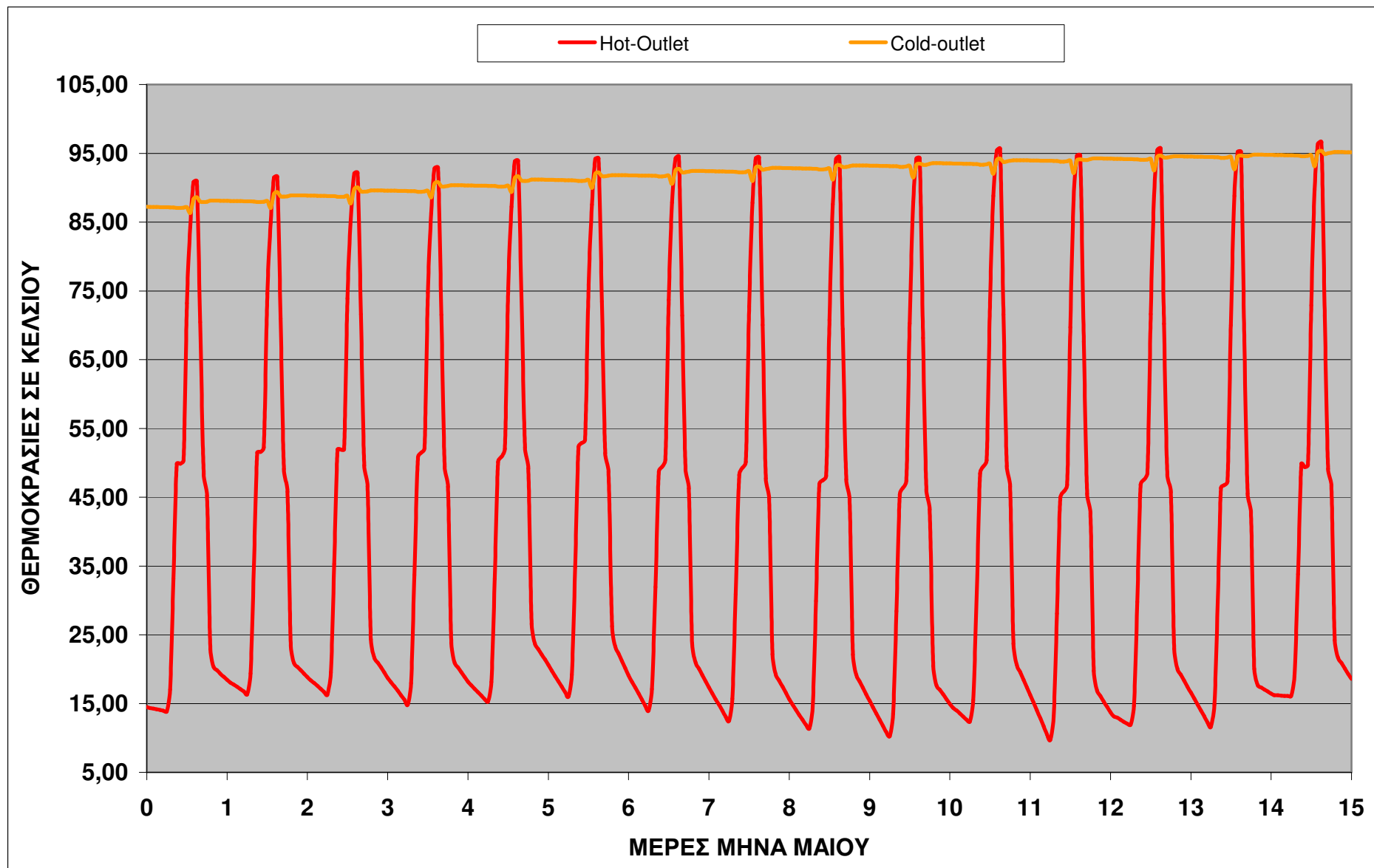
6.4.Αποτελέσματα Προσομοίωσης κατά την Εκκίνηση της Προσομοίωσης

6.4.1. Γραφήματα
1-30 ΑΠΡΙΛΙΟΥ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος από την 1^η έως 30^η Απριλίου.

1-15 ΜΑΪΟΥ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: Θερμοκρασίες σε °C του πρωτεύοντος κυκλώματος των ηλιακών και της δεξαμενής του δευτερεύοντος κυκλώματος από την 1^η έως 15^η Μαΐου.

6.5. Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Διάγραμμα 1

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του διαγράμματος 1 παρατηρούμε πως σταδιακά αυξάνεται η θερμοκρασία εξόδου του νερού των ηλιακών του πρωτεύοντος κυκλώματος και κατά επέκταση παρατηρούμε πως αυξάνεται και η θερμοκρασία του δευτερεύοντος κυκλώματος που ουσιαστικά παρέχει θερμό νερό στον απορροφητή για να λειτουργήσει . Όπως παρατηρούμε στο διάγραμμα 1 στις 30 Απριλίου η θερμοκρασία του δευτερεύοντος κυκλώματος δεν έχει ξεπεράσει ακόμα τους 93°C και επομένως ο απορροφητής δεν μπορεί να εκκινήσει .

Διάγραμμα 2

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του διαγράμματος 2 παρατηρούμε πως συνεχίζει σταδιακά να αυξάνεται η θερμοκρασία εξόδου του νερού των ηλιακών του πρωτεύοντος κυκλώματος και κατά επέκταση παρατηρούμε πως συνεχίζει να αυξάνεται και η θερμοκρασία του δευτερεύοντος κυκλώματος που ουσιαστικά παρέχει θερμό νερό στον απορροφητή για να λειτουργήσει . Όπως παρατηρούμε στο διάγραμμα 2 στις 15 Μαΐου η θερμοκρασία του δευτερεύοντος κυκλώματος έχει ξεπεράσει τους 93°C και επομένως ο απορροφητής μπορεί να εκκινήσει .

Με άλλα λόγια απαιτείται περίπου ενάμιση μήνας προετοιμασίας προτού ξεκινήσουμε των απορροφητή καθώς είναι δύσκολο τα ηλιακά να ανεβάσουν την θερμοκρασία του νερού από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος πάνω από τους 93°C .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

7.1. Κυκλοφορητές Νερού- Wilo

Τεχνικά βασικά χαρακτηριστικά

- Επιτρεπόμενο εύρος θερμοκρασίας -20°C έως $+130^{\circ}\text{C}$, στη βραχυχρόνια λειτουργία (2 ώρες) έως $+140^{\circ}\text{C}$
- Ηλεκτρική σύνδεση 1~230–240V, 50 Hz, με KDS3~400–415 V, 50 Hz
- Ηλεκτρική σύνδεση 3~230 240 V, 50 Hz
- Βαθμός προστασίας IP 44
- Ονομαστικό πλάτος Rp 1 1/4 έως DN 125
- Μέγιστη πίεση λειτουργίας: Βιδωτές αντλίες 10 bar. Φλαντζωτές αντλίες 6/10 bar ή 6 bar (ειδική κατασκευή: 10 bar ή 16 bar)

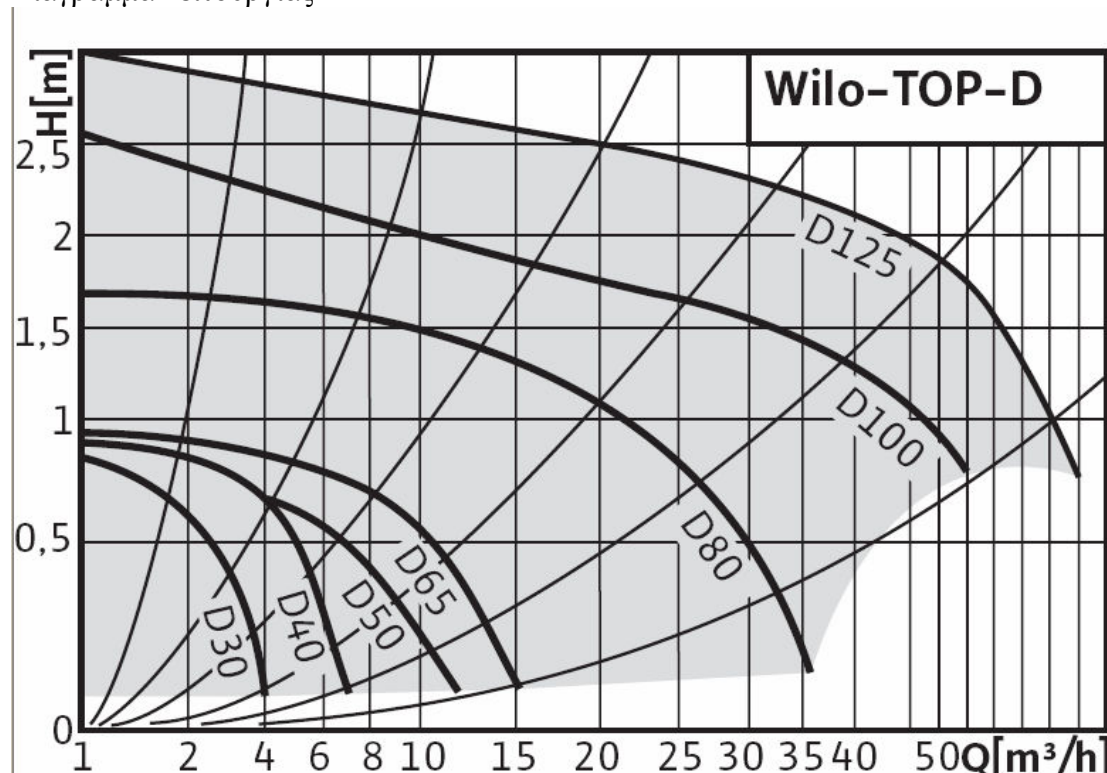
Εξοπλισμός

- Μοτέρ ανθεκτικό σε ρεύμα εμπλοκής ή πλήρης προστασία μοτέρ
- Κέλυφος αντλίας με επίστρωση KTL
- Μικτή φλάντζα PN 6/PN 10 (για DN 40 έως DN 65)
- Θερμομονωτικά κελύφη εργοστασιακά

Υλικά κατασκευής

- Κέλυφος αντλίας: Χυτοσίδηρος με επίστρωση KTL
- Πτερωτή: Συνθετικό υλικό
- Άξονας: Ανοξείδωτος χάλυβας
- Έδρανα: Άνθρακας, εμποτισμένος με μέταλλο

Διάγραμμα λειτουργίας

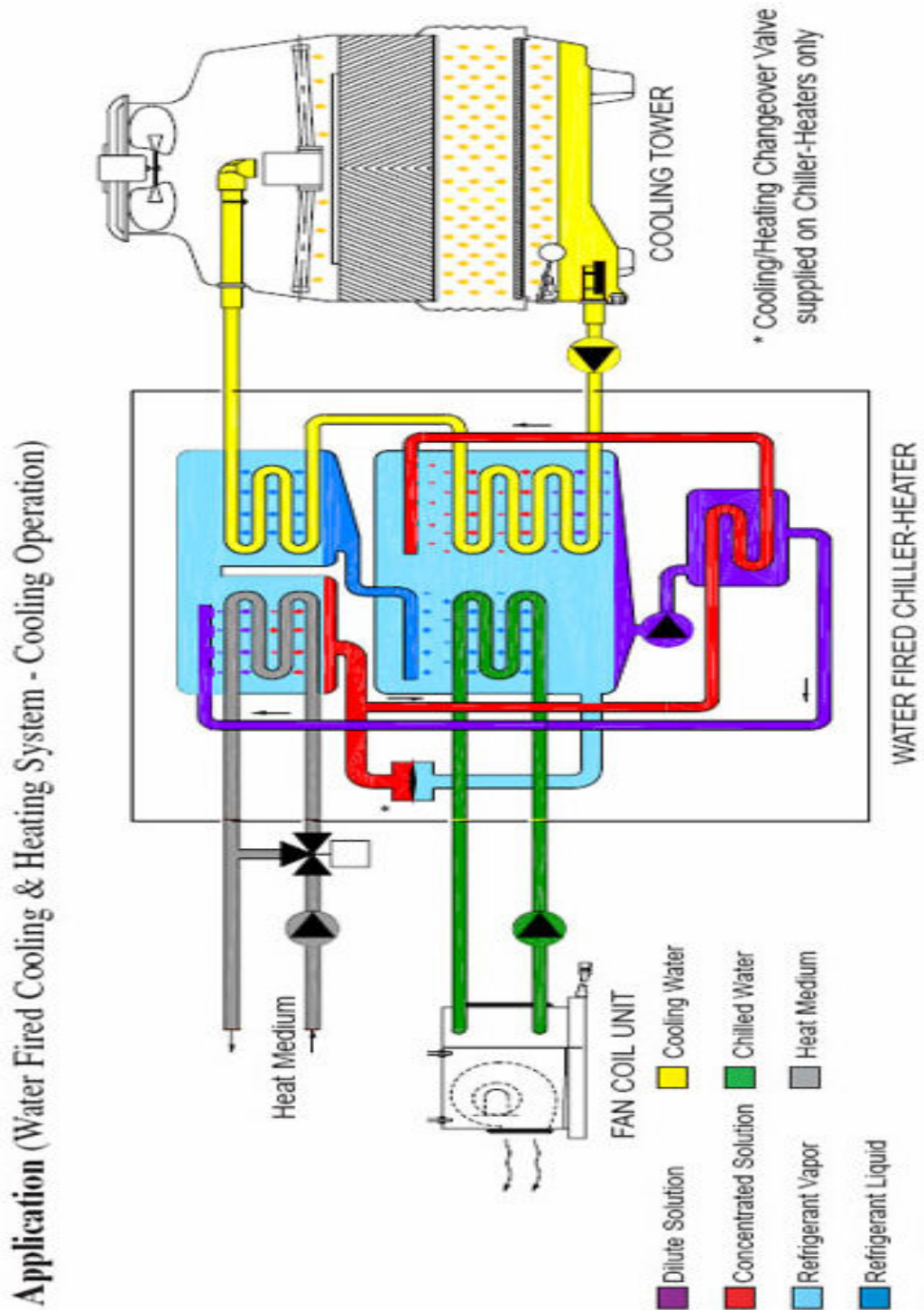


Εμείς θα χρησιμοποιήσουμε τον D100 με μέγιστη κατανάλωση ενέργειας 0,22 kW/hr.
Το σύστημα απορρόφησης απαιτεί 4^{ης} κυκλοφορητές και ο συγκεκριμένος υπερκαλύπτει τις ανάγκες του συστήματος .



7.2. Απορροφητής –Solar Panel Plus

Οι εσωτερικές ενεργειακές απαιτήσεις του απορροφητή είναι 0,26kW και του πύργου ψύξης 1 kW



7.3. Fan Coils- Δίκτυα Αεραγωγών

Οι εφαρμογές των συστημάτων ψύξης – θέρμανσης είναι :

A) Μέσω Fan Coils (τοπικών κλιματιστικών μονάδων) που εξασφαλίζουν την ψύξη – θέρμανση σε συνδυασμό με λέβητα και ψύκτη ή αντλία θερμότητας. Το σύστημα αυτό ενδείκνυται τόσο για κατοικίες όσο και για κτίρια επαγγελματικά, συνδυαζόμενο με συμπληρωματικές εφαρμογές αερισμού και εξαερισμού κ.λ.π.

Τα FCU είναι φανερού ή κρυφού τύπου ,δαπέδου ,τοίχου ,οροφής ή ψευδοροφής , δίνοντας λύσεις ακόμα και στις πιο δύσκολες περιπτώσεις .

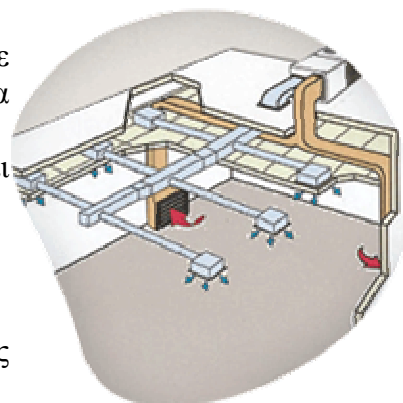
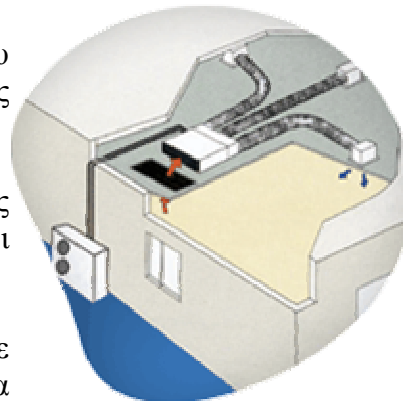
Οι ψύκτες (ή αντλίες θερμότητας) στα συστήματα αέρος – νερού μπορούν να καλύψουν από το μικρότερο μέχρι το μεγαλύτερο κτίριο.

B) Μέσω δικτύων αεραγωγών συνδεδεμένων με κεντρικές κλιματιστικές μονάδες που επίσης μπορούν να συνδυαστούν με λέβητα – ψύκτη ή αντλία θερμότητας αέρος – αέρος.

Ο κλιματισμός μέσω αεραγωγών κυρίως εφαρμόζεται σε κτίρια επαγγελματικής χρήσης και συνδυάζεται άριστα με τον αερισμό των χώρων.

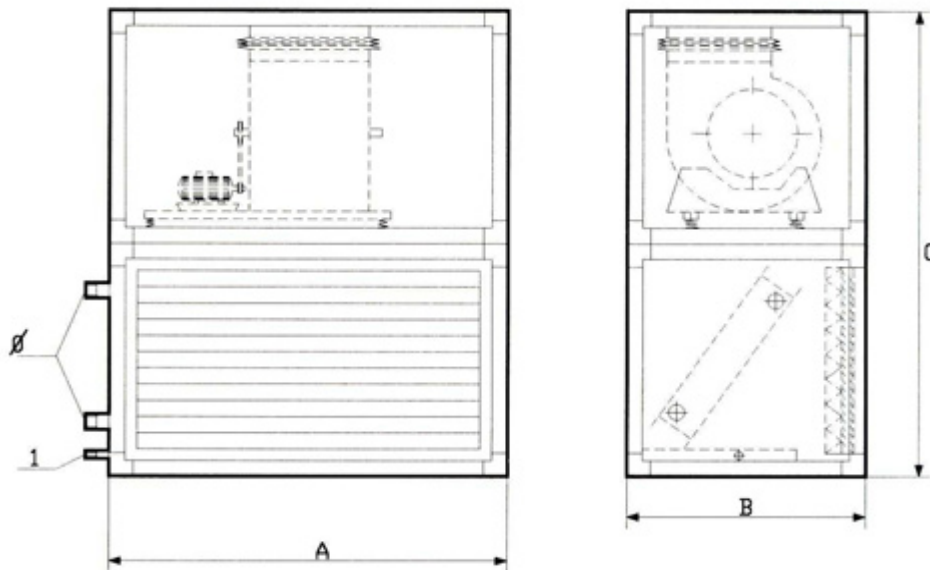
Υπάρχει η δυνατότητα : εφαρμογών αερισμού και εξαερισμού των χώρων με αντίστοιχες μονάδες

- Εξαερισμού (Fan Section)
- Προκλιματισμού νωπού αέρα
- Μίξης νωπού αέρα με τον αέρα ανακυκλοφορίας σε οποιαδήποτε αναλογία
- Ύγρανσης και αφύγρανσης και καθαρισμού του αέρα
- Τοποθέτησης εναλλακτών ανάκτησης θερμότητας για εξοικονόμηση ενέργειας
- Τοποθέτησης ειδικών φίλτρων για ιδιαίτερες απαιτήσεις
- Τοποθέτηση ηχοπαγίδων για μείωση του θορύβου του αέρα.
- Δημιουργίας συνθηκών αρνητικής πίεσης σε επιστημονικά εργαστήρια κλπ.
- Θέρμανσης επαγγελματικών χώρων ,θερμοκηπίων κλπ. με δίκτυο αεραγωγών και αερολέβητα



Fan coil τύπου ντουλάπας με δυνατότητα τοποθέτησης αεραγωγού

- Διαστάσεις



Διαστάσεις (mm)	
Βάθος (B)	1000
Πλάτος (A)	1500
Ύψος (μόνο ψύξη) (C)	2000
Ύψος (ψύξη-θέρμανση) (C)	2200

- Ονομαστική παροχή αέρα 2,77 (m³/sec)

$$\frac{12000 \frac{kg}{hr}}{1,204 \frac{kg}{m^3}} = 10000 \frac{m^3}{hr} = 2,77 \frac{m^3}{sec}$$

- Ονομαστική ισχύς κινητήρα με φ 400 είναι 5,5kW

7.4. Προσθετή εξωτερική παροχή θερμότητας

Επειδή στο σύστημά μας απαιτούμε η θερμοκρασία του νερού που εισάγεται στον απορροφητή να είναι μεγαλύτερη των 93°C πρέπει να δώσουμε μια πρόσθετη παροχή θερμικής ενέργειας της τάξης 3,6 kW που είναι η μέγιστη ενέργεια που απαιτείται και ζητείται κατά την εκκίνηση της έως μια ελάχιστη 0,6 kW που ζητείται σε όλη την διάρκεια της λειτουργίας του συστήματος .

Απαιτήσεις ενεργειας

- Κυκλοφορητές : 0,22 · 4 ≈ 1kW
- Απορροφητής 0,26kW και του πύργου ψύξης 1 kW
- Ονομαστική ισχύς κινητήρα του Fan coil είναι 5,5kW
- Πρόσθετη παροχή θερμικής ενέργειας της τάξης 3,6 kW

Σύνολο είναι 11,36kW απαιτούμενης ενέργειας

7.5. Ανάλυση της Απαιτούμενης Παραγωγής Ενέργειας από τα Φ/Β

Συνολική κατανάλωση ρεύματος

Πρωτεύον Κύκλωμα –Αντλία

Όπως φαίνεται και παραπάνω η αντλία εργάζεται κατά την διάρκεια :

2160 έως 6192 ώρες που αντιστοιχεί σε 168 μέρες

Δουλεύει από της → 9:30 π.μ. έως 12:00π.μ. στο 50% της ισχύος της και από της
12:00 π.μ. έως 15:00 μ.μ. στο 100% της ισχύος της .

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$\left. \begin{array}{l} 2,5hr \cdot 0,22KW \cdot 50\% \\ 3hr \cdot 0,22KW \cdot 100\% \end{array} \right\} = 0,935KWhr$$

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$0,935KWhr \cdot 168days = 157KWhr$$

Δευτερεύον Κύκλωμα –Αντλία

Όπως φαίνεται και παραπάνω η αντλία εργάζεται κατά την διάρκεια :

2160 έως 6192 ώρες που αντιστοιχεί σε 168 μέρες

Δουλεύει από της → 8:00 π.μ. έως 18:00μ.μ. στο 100% της ισχύος της και από της
18:00 μ.μ. έως 19:00 μ.μ. στο 50% της ισχύος της .

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$\left. \begin{array}{l} 10hr \cdot 0,22KW \cdot 100\% \\ 1hr \cdot 0,22KW \cdot 50\% \end{array} \right\} = 2,31KWhr$$

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$2,31KWhr \cdot 168days = 388KWhr$$

Κύκλωμα Πύργου Ψύξης –Αντλία

Όπως φαίνεται και παραπάνω η αντλία εργάζεται κατά την διάρκεια :

3240 έως 6192 ώρες που αντιστοιχεί σε 123 μέρες

Δουλεύει από της → 8:00 π.μ. έως 17:00μ.μ. στο 100% της ισχύος της

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$9hr \cdot 0,22KW \cdot 100\% \} = 1,98KWhr$$

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$1,98KWhr \cdot 123days = 243KWhr$$

Κύκλωμα Fan Coil–Αντλία

Όπως φαίνεται και παραπάνω η αντλία εργάζεται κατά την διάρκεια :

3240 έως 6192 ώρες που αντιστοιχεί σε 123 μέρες

Δουλεύει από της → 8:00 π.μ. έως 17:00μ.μ. στο 100% της ισχύος της και από της

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$9hr \cdot 0,22KW \cdot 100\% \} = 1,98KWhr$$

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$1,98KWhr \cdot 123days = 243KWhr$$

Απορροφητής

Όπως φαίνεται και παραπάνω ο απορροφητής εργάζεται κατά την διάρκεια :
3240 έως 6192 ώρες που αντιστοιχεί σε 123 μέρες
Δουλεύει από της → 8:00 π.μ. έως 17:00μ.μ. στο 100% της ισχύος του

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$9hr \cdot 0,26KW \cdot 100\% \} = 2,34KWhr$$

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$2,34KWhr \cdot 123days = 287,82KWhr$$

Πύργος Ψύξης

Όπως φαίνεται και παραπάνω ο πύργος ψύξης εργάζεται κατά την διάρκεια :
3240 έως 6192 ώρες που αντιστοιχεί σε 123 μέρες
Δουλεύει από της → 8:00 π.μ. έως 17:00μ.μ. στο 100% της ισχύος του

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$9hr \cdot 1KW \cdot 100\% \} = 9KWhr$$

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$9KWhr \cdot 123days = 1107KWhr$$

Ανεμιστήρας Fan-coil

Όπως φαίνεται και παραπάνω ο ανεμιστήρας εργάζεται κατά την διάρκεια :
3240 έως 6192 ώρες που αντιστοιχεί σε 123 μέρες
Δουλεύει από της → 8:00 π.μ. έως 17:00μ.μ. στο 100% της ισχύος του

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$9hr \cdot 5,5KW \cdot 100\% \} = 44,5KWhr$$

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$44,5KWhr \cdot 123days = 6088,5KWhr$$

Μόνιμη παροχή θερμότητας

Όπως φαίνεται και παραπάνω η πρόσθετη παροχή θερμότητας εισάγεται κατά την διάρκεια :

2160 έως 6192 ώρες που αντιστοιχεί σε 168 μέρες

Δουλεύει από της → 8:00 π.μ. έως 18:00π.μ. στο 100% της ισχύος της και από της
18:00 π.μ. έως 19:00 μ.μ. στο 50% της ισχύος της .

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$\left. \begin{array}{l} 10hr \cdot 0,6KW \cdot 100\% \\ 1hr \cdot 0,6KW \cdot 50\% \end{array} \right\} = 6,3KWhr$$

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$6,3KWhr \cdot 168days = 1058,4KWhr$$

Παροχή θερμότητας κατά την έναρξη λειτουργίας του συστήματος

Όπως φαίνεται και παραπάνω η πρόσθετη παροχή θερμότητας εισάγεται κατά την διάρκεια :

2160 έως 3804 ώρες που αντιστοιχεί σε 68,5 μέρες

Δουλεύει από της → 8:00 π.μ. έως 18:00π.μ. στο 100% της ισχύος της και από της 18:00 π.μ. έως 19:00 μ.μ. στο 50% της ισχύος της .

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$\left. \begin{array}{l} 10hr \cdot 3KW \cdot 100\% \\ 1hr \cdot 3KW \cdot 50\% \end{array} \right\} = 31,5KWhr$$

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$31,5KWhr \cdot 68,5days = 2157,75KWhr$$

Παροχή θερμότητας κατά την τέλος λειτουργίας του συστήματος

Όπως φαίνεται και παραπάνω η πρόσθετη παροχή θερμότητας εισάγεται κατά την διάρκεια :

6024 έως 6192 ώρες που αντιστοιχεί σε 7 μέρες

Δουλεύει από της → 8:00 π.μ. έως 18:00π.μ. στο 100% της ισχύος της και από της 18:00 π.μ. έως 19:00 μ.μ. στο 50% της ισχύος της .

Ημερήσια κατανάλωση ενέργειας :

$$\left. \begin{array}{l} 10hr \cdot 0,7KW \cdot 100\% \\ 1hr \cdot 0,7KW \cdot 50\% \end{array} \right\} = 7,35KWhr$$

Ετήσια κατανάλωση ενέργειας :

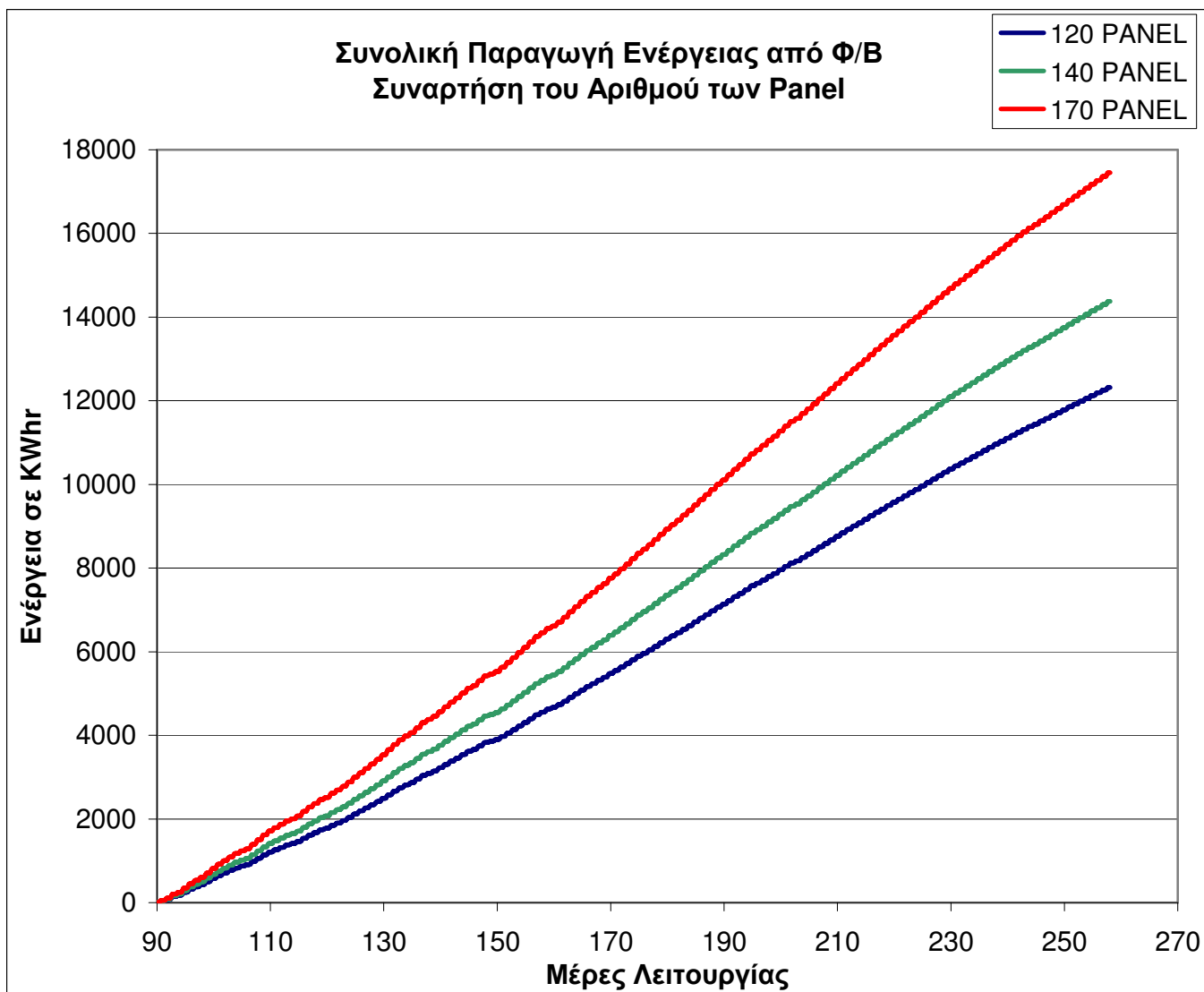
$$7,35KWh \cdot 7days = 51,45KWhr$$

Επομένως η ετήσια κατανάλωση ενέργεια ανέρχεται για το σύστημα του απορροφητή στις :

11781,92KWhr

Εμείς αφού κάναμε τους υπολογισμούς μας βρήκαμε πως για να παράγουμε αυτήν την ποσότητα της ενέργειας απαιτούνται πάνω από 120 panel Φ/B και πιο συγκεκριμένα η παραγόμενη ενέργεια για 120-140 και 170 panel Φ/B δίνονται παρακάτω :

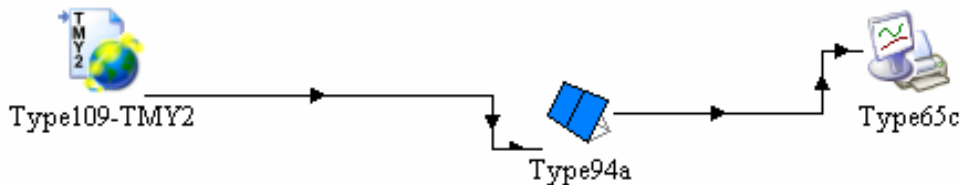
Αριθμός Panel	KWhr
120	12319,54
140	14372,50
170	17452,85



Τα Φ/Β λειτουργούν από την 1^η Απριλίου (2160 ώρες ή 90^η ημέρα) μέχρι την 15^η Σεπτεμβρίου (6192 ώρες ή 258^η ημέρα)

7.6. Χρήση Φωτοβολταϊκών Στοιχείων για κάλυψη της Απαιτούμενης Ενέργειας

Με χρήση του Simulation studio βρήκαμε πως με 120 panel μπορούμε να καλύψουμε σε μεγάλο βαθμό τις ανάγκες για ηλεκτρική ενέργεια , καθώς όπως γνωρίζουμε τα Φ/Β εμφανίζουν μεγάλη αστάθεια στις καιρικές αλλαγές και κατά την διάρκεια της ημέρας και επομένως δεν μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε απευθείας την ενέργεια που παράγουν αλλά αυτό που μπορεί να γίνει είναι να πουλήσουμε το ρεύμα που παράγουμε στην ΔΕΗ και εμείς απλά να καταναλώνουμε το ρεύμα του δικτύου .



Παράμετροι που αλλάζουν στα παραπάνω Type :

Type109-TMY2

- External Files –Weather Data

Type94a

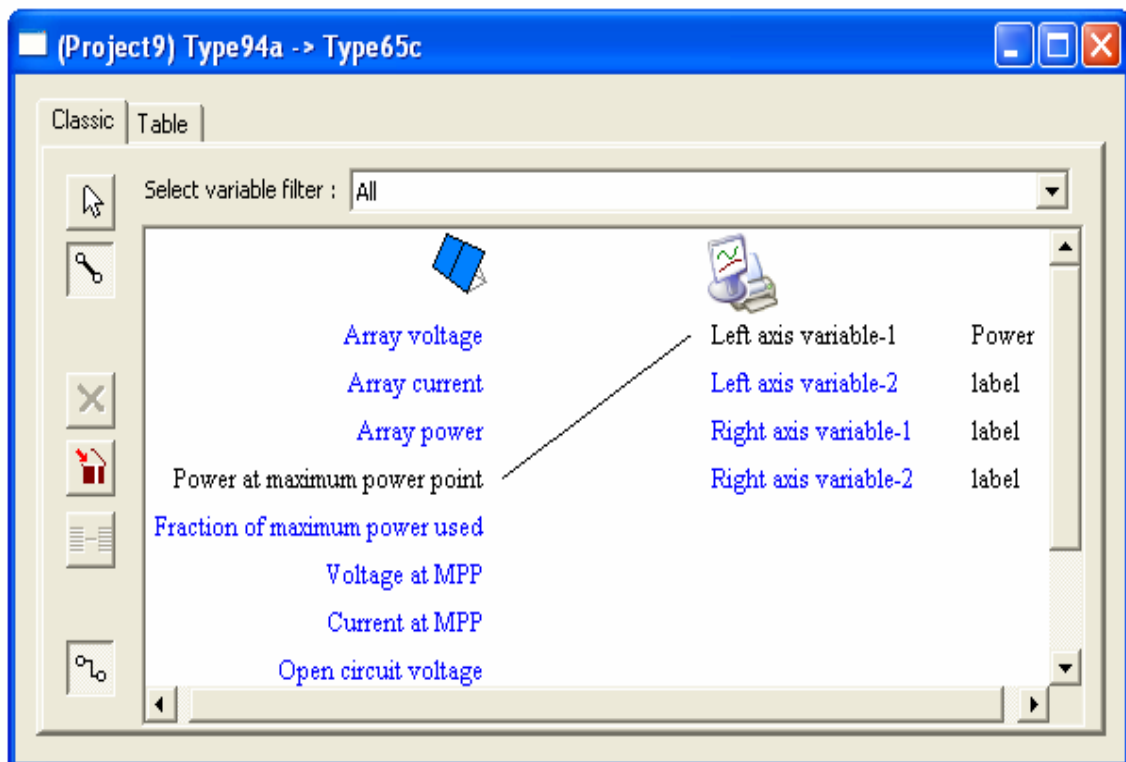
- Number of modules in series : 60
- Number of modules in parallel :2

Type65c

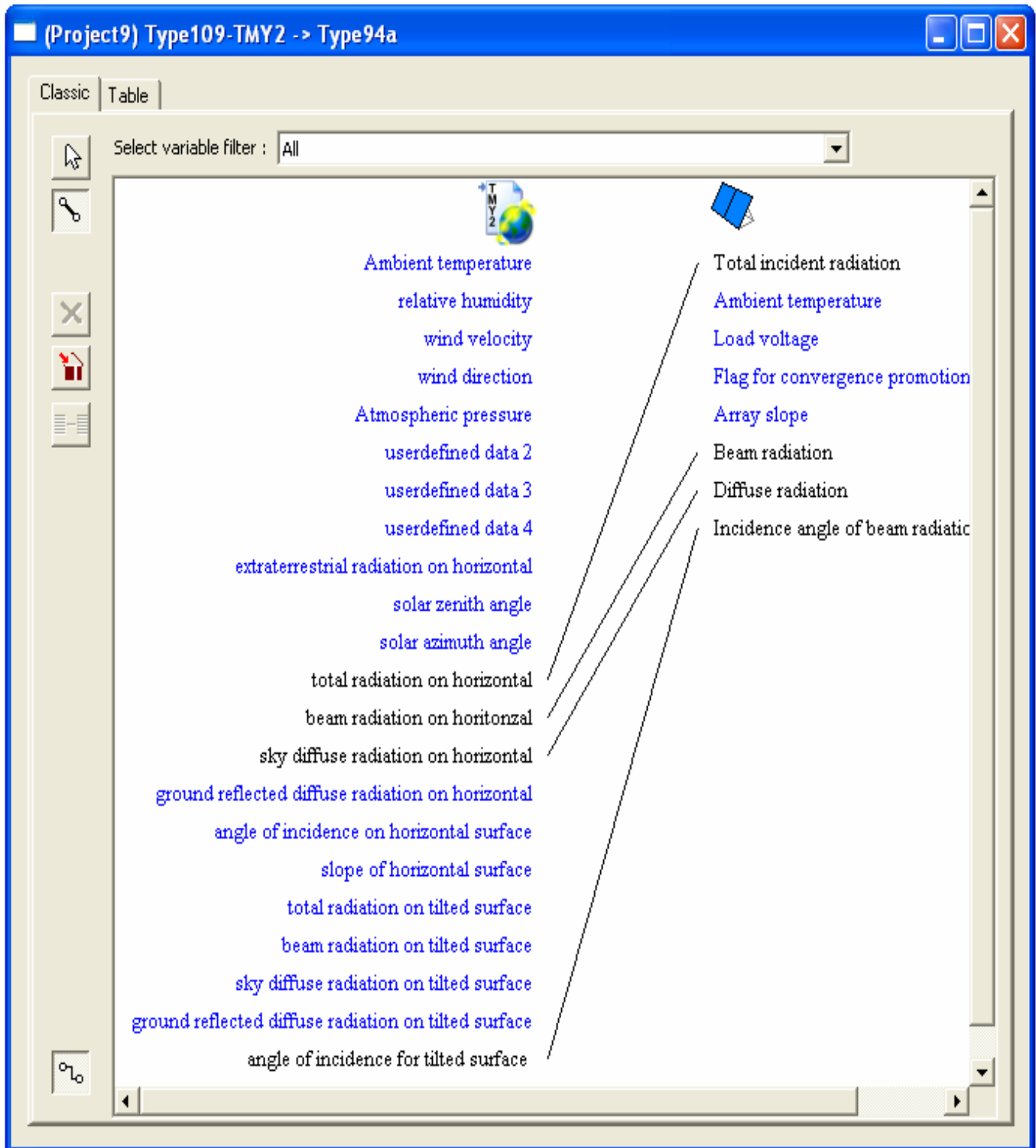
- Left axis maximum : 16000

Συνδεσμολογία

Type94a → Type65c



Type109-TMY2 → Type94a



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

8.1. Αποτελέσματα Προσομοίωσης

8.1.1. Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που εξάχθηκαν από το στούντιο προσομοίωσης για τις ενεργειακές απαιτήσεις του κτιρίου έτσι ώστε να μην απαιτείται εξωτερική πρόσδοση ηλεκτρικής ενέργειας για την χρήση του συστήματος της απορρόφησης .

Στα παρακάτω διαγράμματα εμφανίζεται ως μεταβλητή η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε KW(μέγιστη ισχύς) :

1. Την μέση μέρα του μήνα Αυγούστου , που είναι η 16^η Αυγούστου
2. Για όλη την διάρκεια λειτουργίας των Φ/B panel

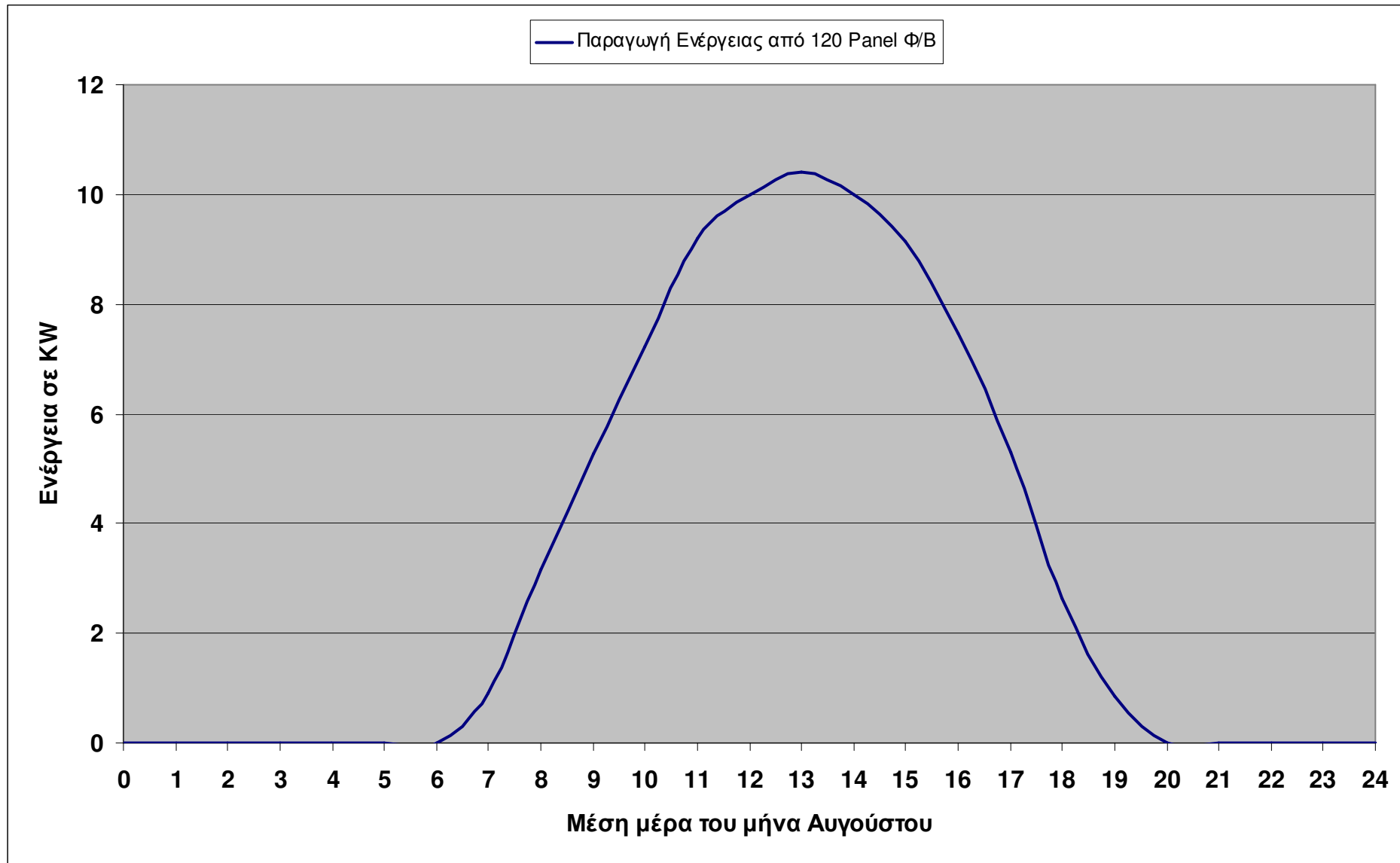
Οι μήνες που προσομοιώνονται :

6. 1-31 Απριλίου .
7. 1-31 Μαΐου.
8. 1-30 Ιουνίου.
9. 1-31 Ιουλίου.
10. 1-31 Αύγουστος , μέση μέρα του μήνα 16 Αυγούστου .
11. 1-15 Σεπτεμβρίου.

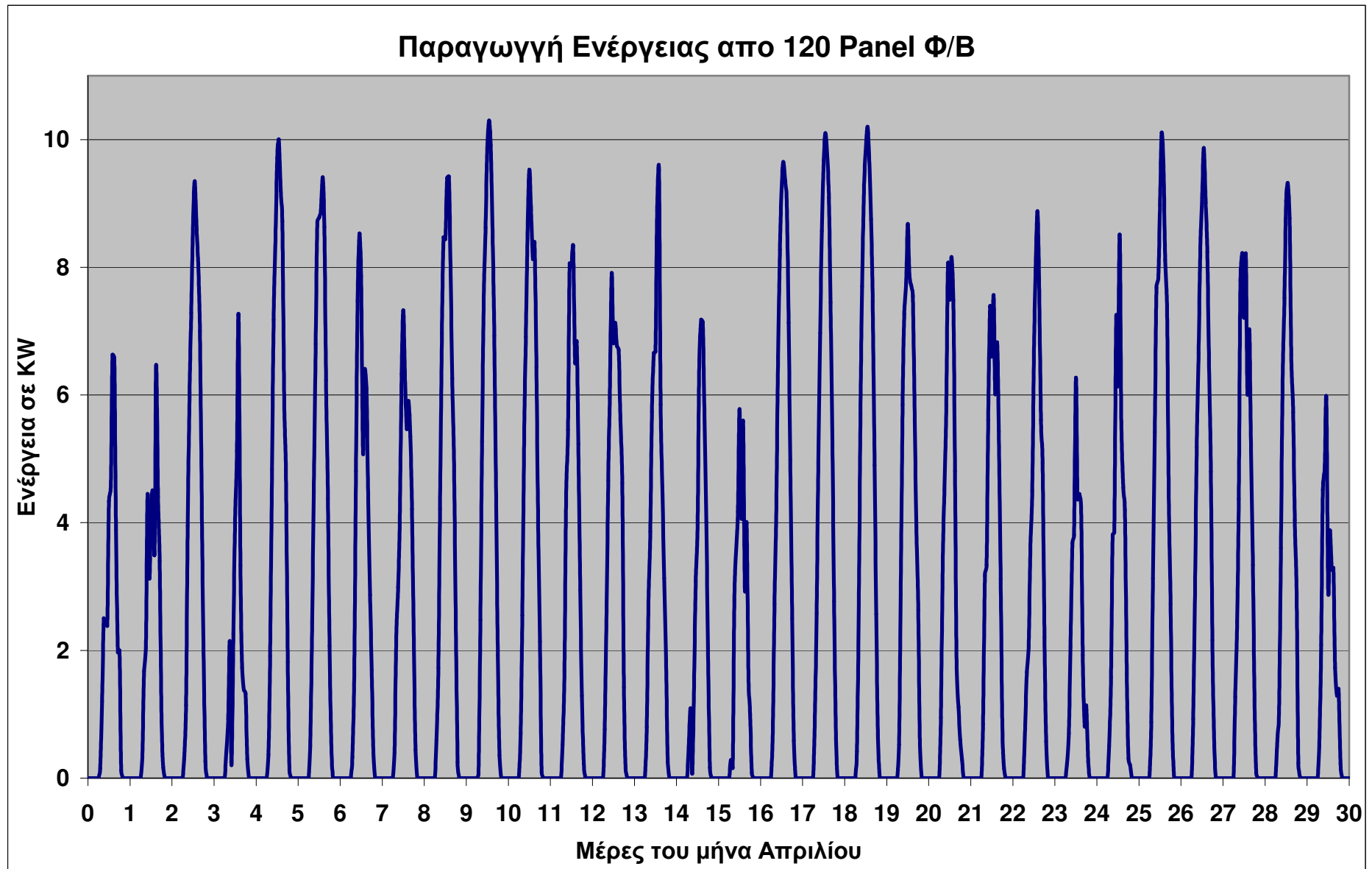
Οι μήνες που προσομοιώνονται είναι από την 1^η Απριλίου έως 15 Σεπτεμβρίου .

Θα μπορούσαμε να βγάλουμε και διαγράμματα μέσης μέρας και για τους άλλους μήνες που λειτουργούν τα Φ/B panel αλλά δεν είναι απαραίτητο καθώς στον μήνα Αύγουστο παρουσιάζεται η μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας από τα panel .

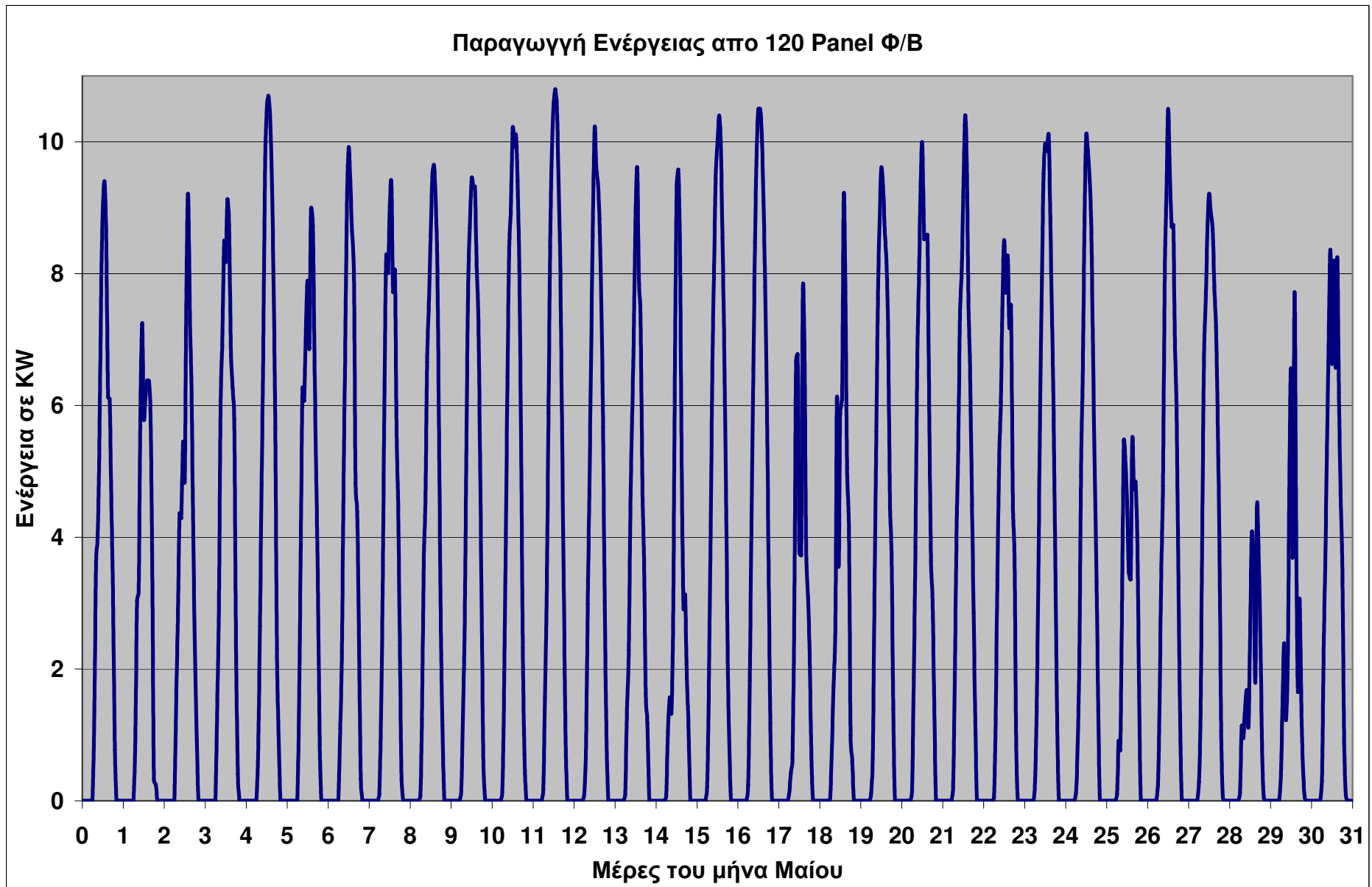
8.1.2. Γραφήματα



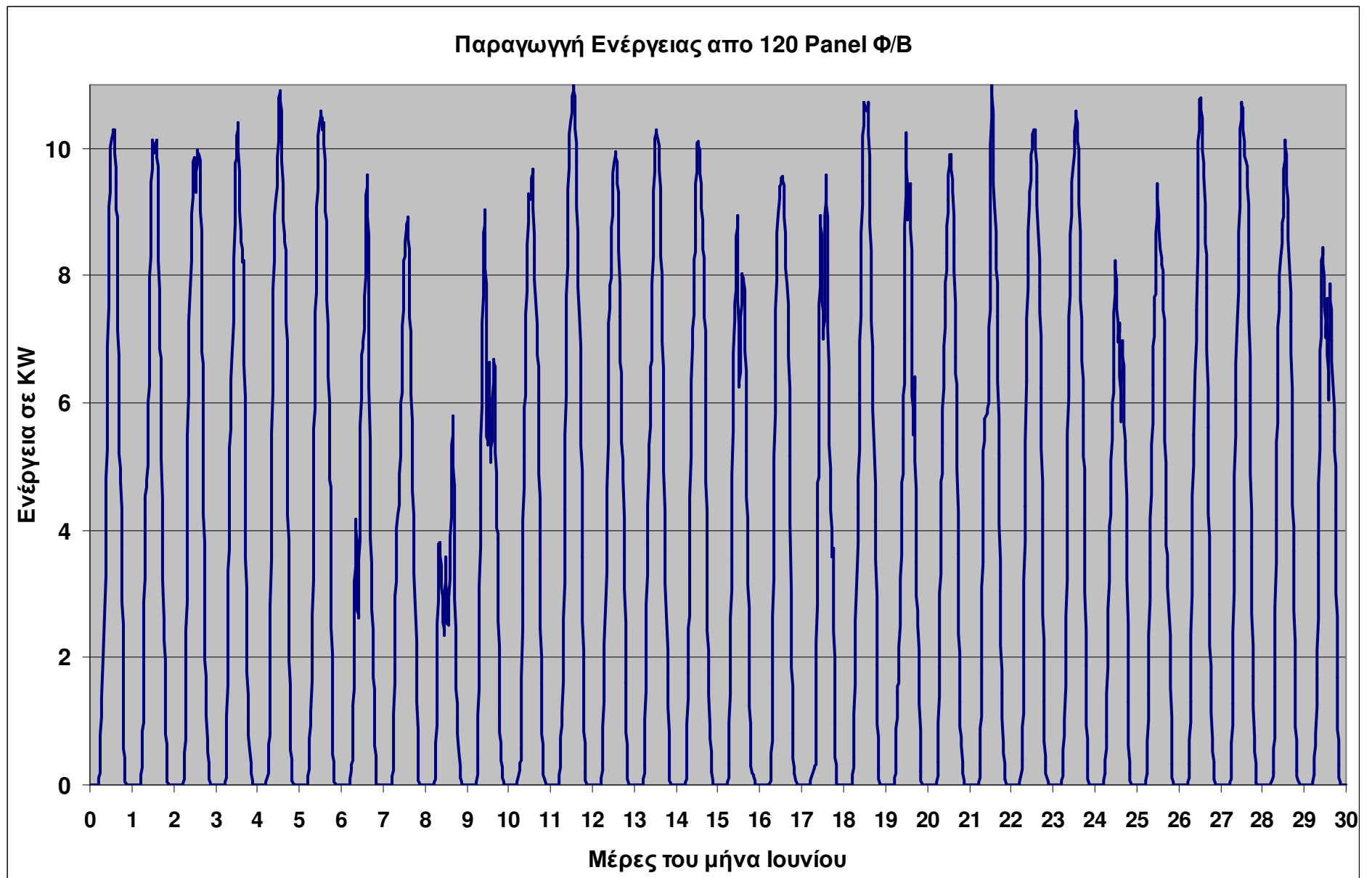
Διάγραμμα 1: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε KW(μέγιστη ισχύς) την μέση μέρα του μήνα Αυγούστου, που είναι η 16^η Αυγούστου



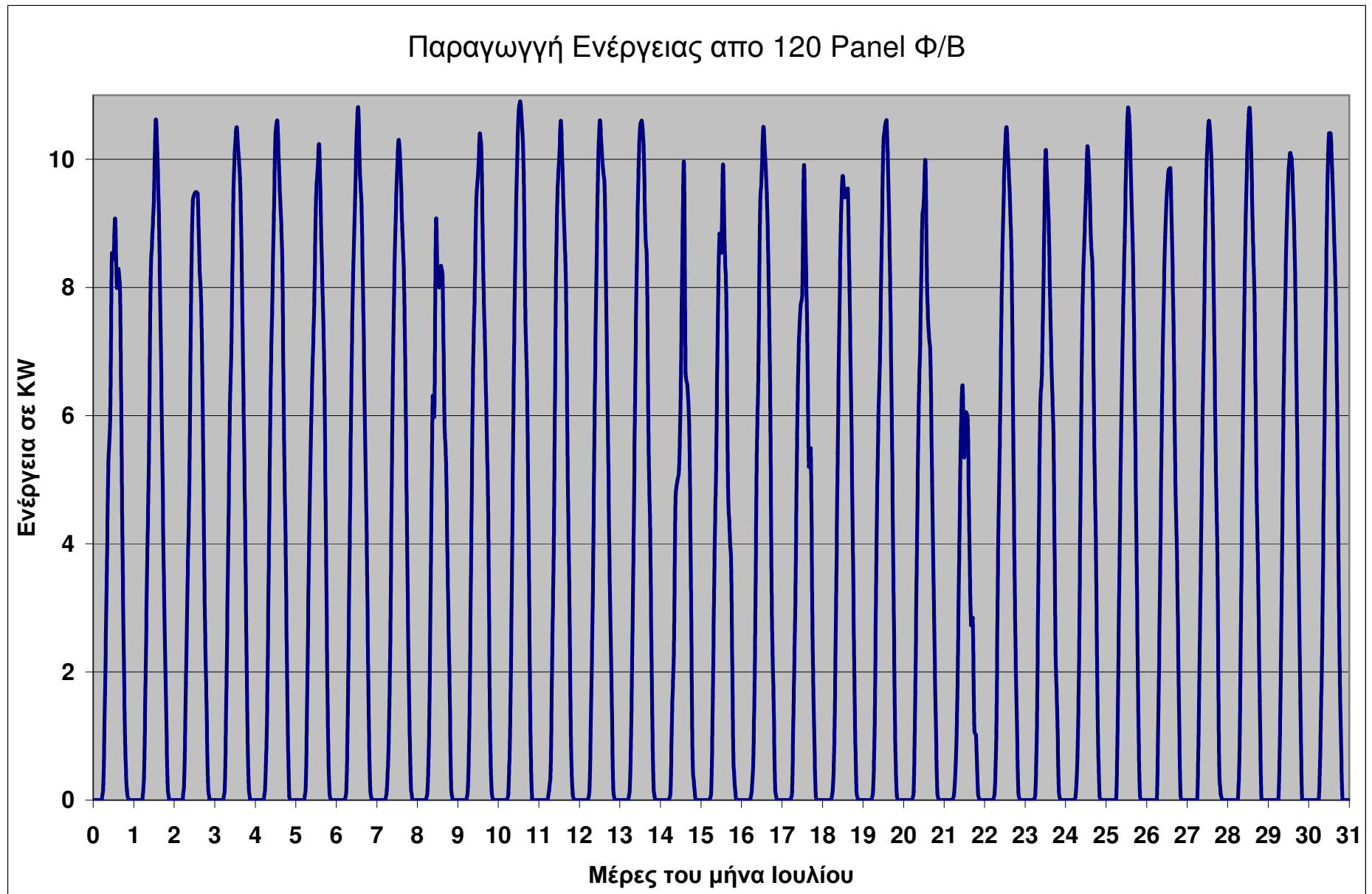
Διάγραμμα 2: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε KW(μέγιστη ισχύς) 1-31 Απριλίου .



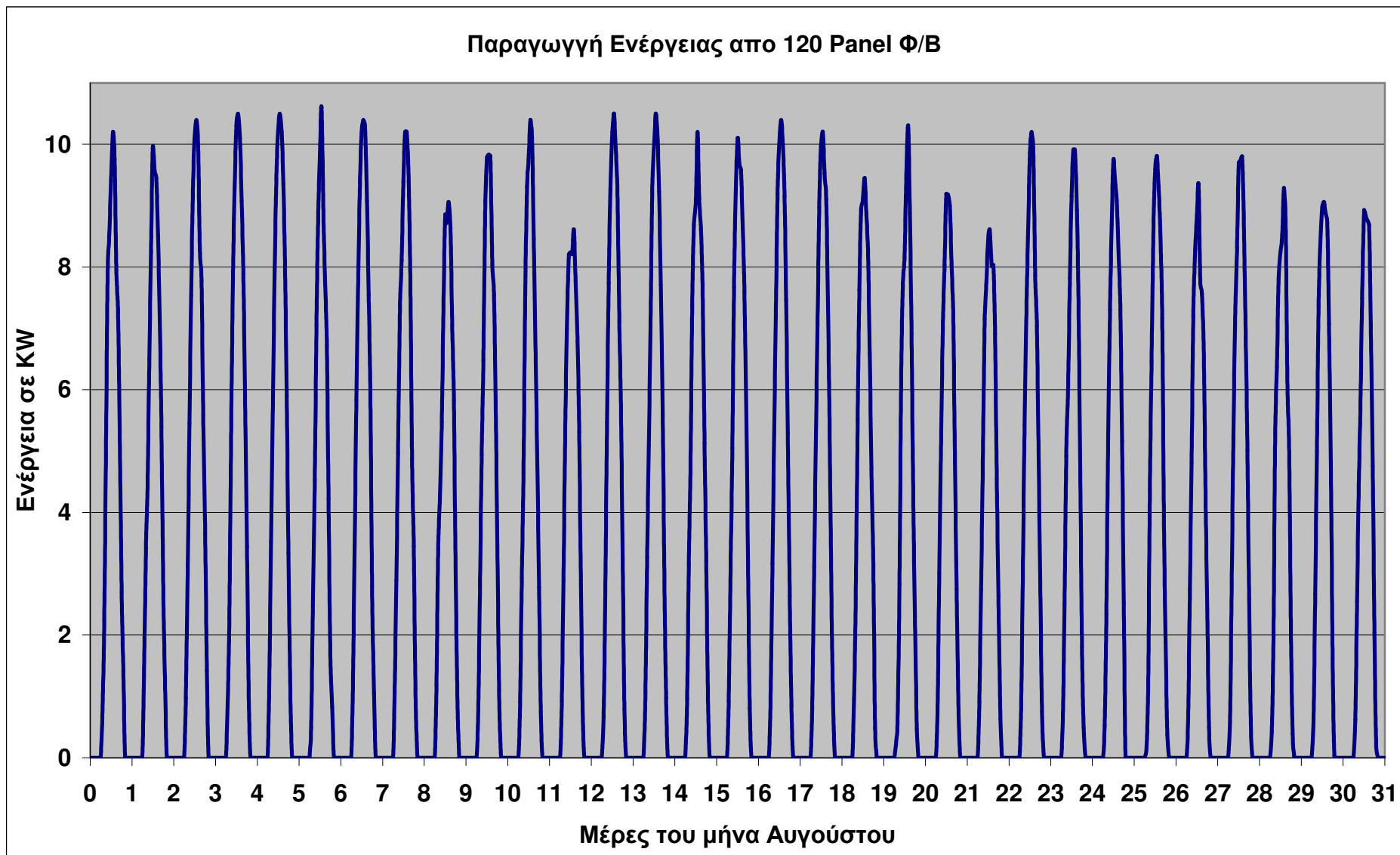
Διάγραμμα 3: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε KW(μέγιστη ισχύς) 1-31 Μαΐου .



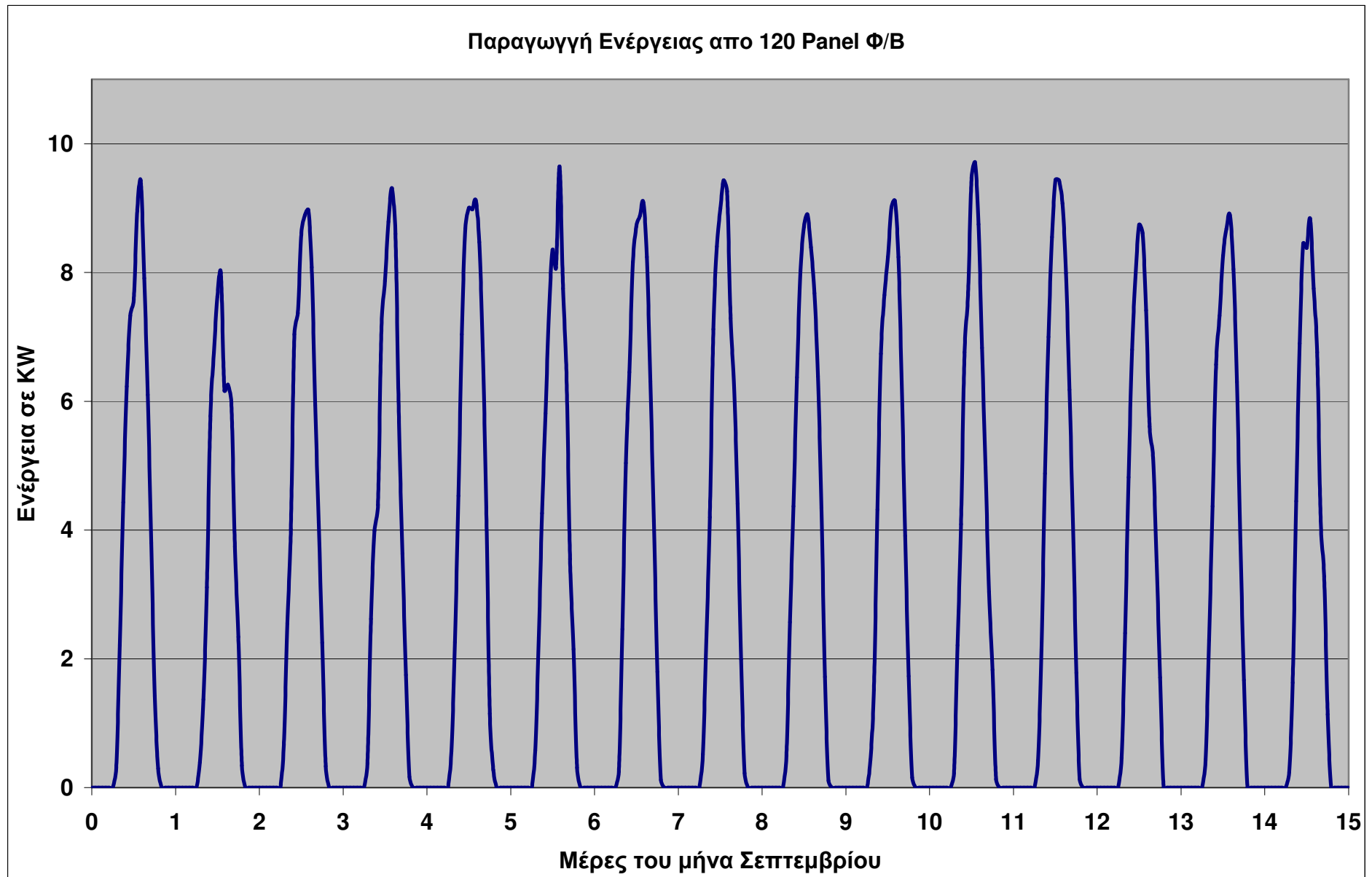
Διάγραμμα 4: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε KW(μέγιστη ισχύς) 1-30 Ιουνίου .



Διάγραμμα 5: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε KW(μέγιστη ισχύς) 1-31 Ιουλίου .



Διάγραμμα 6: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε KW(μέγιστη ισχύς) 1-31 Αυγούστου .



Διάγραμμα 7: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε KW(μέγιστη ισχύς) 1-31 Σεπτεμβρίου .

8.2. Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Διάγραμμα 1

Παρατηρώντας το διάγραμμα 1 για την μέση μέρα του μήνα Αυγούστου βλέπουμε πόσο επηρεάζεται η παραγωγή ενέργειας σε (KW) κατά την διάρκεια μιας μέρας .Συγκεκριμένα παρατηρούμε πως από 20:00 μ.μ. μέχρι της 6:00 π.μ. η παραγωγή ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία είναι μηδενική και μόνο της υπόλοιπες ώρες της ημέρας παράγουν ρεύμα . Γι αυτό είναι προτιμότερο το ρεύμα που παράγουν να το διαθέτουμε στην εκάστοτε εταιρία παραγωγής ενέργειας και εμείς να παίρνουμε από την ίδια όποτε χρειαζόμαστε τα KW που θέλουμε για την λειτουργία του συστήματος του απορροφητή .

Διαγράμματα 2-3-4-5-6-7

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα του διαγράμματος 2-3-4-5-6-7 για τους αντίστοιχους μήνες Απριλίου, Μαΐου , Ιουνίου , Ιουλίου ,Αυγούστου και Σεπτεμβρίου παρατηρούμε πως κυμαίνεται η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας για τα 120 φωτοβολταϊκά στοιχεία .

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

9.1. Εισαγωγή

Στην μελέτη που παρουσιάσαμε έγινε προσομοίωση ενός υβριδικού θερμοφωτοβολταϊκού συστήματος για ψύξη κτιρίου με απορρόφηση για τους μήνες Μαΐου ,Ιουνίου ,Ιουλίου ,Αυγούστου και Σεπτεμβρίου , για την περιοχή της Αθήνας με χρήση του προγράμματος του TRNSYS . Η διαδικασία εξαγωγής αποτελεσμάτων και γραφικών έγινε σε τρεις φάσεις .Στη πρώτη φάση σχεδιάσαμε και προσομοιώσαμε ένα κτίριο με τα θερμικά φορτία που υπάρχουν σε αυτό . Σε δεύτερη φάση πήραμε το κτίριο που ήδη προσομοιώσαμε και τοποθετήσαμε σε αυτό μια πρόσθετη παροχή αέρα με σκοπό την δημιουργία σε αυτό θερμικής άνεσης .Συγκεκριμένα για την ψύξη που απαιτείται χρησιμοποιήσαμε έναν απορροφητή που την θερμότητα που χρειάζεται για την λειτουργία του την δέχεται από τους ηλιακούς συλλέκτες . Σε τρίτη φάση παρουσιάσαμε την συνολική απαιτούμενη ενέργεια για την λειτουργία του συστήματος του απορροφητή και καταλήξαμε στον αριθμό των Φ/B panel που απαιτούνται για να παράγουν την συγκεκριμένη ενέργεια .

Τα παραπάνω έγιναν με σκοπό να δούμε την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας του απορροφητή με προσθήκη θερμικής ενέργειας κυρίως από ηλιακούς συλλέκτες και όχι εξολοκλήρου από παροχές θερμότητες που είναι ρυπογόνες και οικονομικά ασύμφορες (π.χ. καυστήρες),σε κτίρια με μεγάλο θερμικό φορτίο . Ακόμα μελετήσαμε πως επηρεάζεται η λειτουργία του απορροφητή από τις συνθήκες του περιβάλλοντος καθώς είναι εξαρτώμενος κυρίως από το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που προσπίπτει στους ηλιακούς συλλέκτες .

Με άλλα λόγια , από τις συσχετίσεις που πραγματοποιήθηκαν εξάγαμε συμπεράσματα για το πώς κάποια στοιχεία-εξαρτήματα που απαρτίζουν το συγκεκριμένο σύστημα απορρόφησης επηρεάζουν την συμπεριφορά του .

Βέβαια από την στιγμή που αναλύσαμε ένα τόσο πολύπλοκο θέμα ήταν αναγκαίο να ληφθούν κάποιες παραδοχές οι οποίες παρουσιάστηκαν παραπάνω .

9.2. Σχολιασμός-Συμπεράσματα

Τα βασικά συμπεράσματα που εξάγαμε από την προσομοίωση μας είναι τα παρακάτω:

1. Το σύστημα της απορρόφησης που έχει ως πηγή θερμότητας ηλιακούς συλλέκτες είναι δυνατόν να τεθεί σε λειτουργία εφόσον περάσει κάποιο χρονικό διάστημα έως ότου να φτάσει η θερμοκρασία του νερού που απαιτείται σε επιθυμητά επίπεδα , δηλαδή πάνω από 93°C για να μπορέσει να λειτουργήσει ο απορροφητής . Επομένως απαιτείται περίπου ένα διάστημα περίπου ενάμιση μήνα έτσι ώστε να ανεβεί η θερμοκρασία . Πρέπει να τονίσουμε πως η θερμοκρασία ανεβαίνει με αργούς ρυθμούς καθώς δεν αρκεί να φτάσει η θερμοκρασία στους 93 °C αλλά και η δεξαμενή τροφοδοσίας, που τροφοδοτεί τον απορροφητή να βρίσκεται στους 93 °C .Επίσης ,ο όγκος της δεξαμενής είναι αρκετά μεγάλος 30 m³ . Την δεξαμενή την επιλέξαμε τόσο μεγάλη καθώς επιθυμούμε αφού φτάσει στην θερμοκρασία των 93 °C να μην επηρεάζεται από στιγμιαίες μεταβολές του καιρού κατά την καλοκαιρινή περίοδο , π.χ. συννεφιά , δηλαδή τους μήνες που προσομοιώνουμε .

2. Επίσης όπως τώρα πια γίνεται κατανοητό χρησιμοποιούμε τις άλλες πρόσθετες παροχές ενέργειας όπως ήδη έχω προαναφέρει σε διάφορες χρονικές στιγμές , δηλαδή την προσθετή παροχή θερμότητας στο δευτερεύον κύκλωμα κατά την αρχή και κατά το τέλος της προσομοίωσης καθώς οι ηλιακοί συλλέκτες δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις του συστήματος .
3. Μεγάλη σημασία για την σωστή λειτουργία του όλου συστήματος είναι ο καθορισμός της διάρκειας λειτουργίας του όλου συστήματος . Αναφέρουμε στους ηλιακούς συλλέκτες που εμείς από αυτούς παίρνουμε την θερμότητα τους σε συγκεκριμένες ώρες της ημέρας καθώς η συνεχής λειτουργία τους δεν θα μπορούσε να φέρει ποτέ τα επιθυμητά αποτελέσματα για την λειτουργία του απορροφητή .
4. Επίσης μεγάλη σημασία παίζει και το θερμικό φορτίο του κτιρίου παρατήρησα κατά την διάρκεια της διπλωματικής μελέτης πως ένας σημαντικός παράγοντας για την δημιουργία θερμικής άνεσης σε ένα κτίριο είναι ο σωστός υπολογισμός όχι μόνο των εξωτερικών θερμοκρασιών του περιβάλλοντα χώρου αλλά και τα θερμικά φορτία που περικλείονται από το κτίριο , όπως άνθρωποι και ηλεκτρικές συσκευές .Όπως παρατηρήσαμε και στα διαγράμματα σε περίπτωση μη λειτουργίας του συστήματος κλιματισμού για το συγκεκριμένο κτίριο που προσομοιώσαμε θα ήταν αδύνατη η όποια εργασία μέσα σε αυτό καθώς οι θερμοκρασίες που δημιουργούνται μέσα σε αυτό είναι απαγορευτικές για την εργασία των ανθρώπων .
5. Θα ήθελα να τονίσω επιπλέον πως μεγάλης σημασίας για την δημιουργία της θερμικής άνεσης στο κτίριο είναι ο προσδιορισμός του χρόνου της ύπαρξης των θερμικών φορτίων μέσα σε αυτό . Σε περίπτωση που η ώρα λειτουργίας του κτιρίου επεκταθεί κατά μια ώρα το απόγευμα θα ήταν αδύνατο για τον συγκεκριμένο σύστημα απορροφητή να μπορέσει να παραλάβει το επιπρόσθετο αυτό φορτίο . Με άλλα λόγια μπορεί η θερμοκρασία του κτιρίου να έφτανε σε ακατάλληλα επίπεδα για την εργασία των ανθρώπων που δουλεύουν σε αυτό .
6. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία στην οροφή του κτιρίου με σκοπό την αυτονομία του συστήματος της απορρόφησης αποκαλύπτει μια νέα διάσταση στον σχεδιασμό αυτόνομων ενεργειακών κτιρίων . Βέβαια στην παρούσα διπλωματική απλά παρουσιάζονται τα φωτοβολταϊκά στοιχεία που απαιτούνται με την συγκεκριμένη διάρκεια λειτουργίας με σκοπό να καλυφθούν οι ανάγκες ενέργειας του συστήματος του απορροφητή . Θα ήταν αρκετά δύσκολο να χρησιμοποιούσαμε απευθείας την ενέργεια που παράγουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία για την κάλυψη των αναγκών του απορροφητή καθώς η παραγωγή ενέργειάς τους παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις κατά την διάρκεια της όλης λειτουργίας του συστήματος αλλά ταυτόχρονα έχει και τεράστιες ημερήσιες διακυμάνσεις και σε κάθε περίπτωση θα έκαναν το σύστημα μας πιο ασταθές κατά την λειτουργία του .

7. Αναλύοντας το παραπάνω συμπεράσματα , είναι προτιμότερο το ρεύμα που παράγουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία να το διαθέτουμε στην εκάστοτε εταιρία παραγωγής ενέργειας (ΔΕΗ) και εμείς να παίρνουμε από την ίδια όποτε χρειαζόμαστε τις KWhr που θέλουμε για την λειτουργία του συστήματος του απορροφητή χωρίς να μας ενδιαφέρουν οι τεράστιες διακυμάνσεις που παρουσιάζουν τα φωτοβολταϊκά στοιχεία ως προς την παραγωγή του ρεύματος .
8. Παρατηρούμε επίσης πως η θερμοκρασία του κτιρίου κυμαίνεται από 23 °C , που εμφανίζεται κατά τον μήνα Μάιο μέχρι 26,5 °C που εμφανίζεται κατά τον μήνα Αύγουστο . Η θερμοκρασία των 23 °C , που εμφανίζεται κατά τον μήνα Μάιο είναι αποτέλεσμα που το δεχόμαστε καθώς ο απορροφητής εργάζεται συνεχώς και δεν του έχουμε θέσει να μην λειτουργεί κάτω από τους 25 °C. Αυτό όπως καταλαβαίνεται στην πραγματικότητα είναι πολύ εύκολο να αποφευχθεί αρκεί απλώς να μην περνάμε όλων τον εξωτερικό αέρα από το Fan-Coil λειτουργία που δεν μας δίνει το TRNSYS καθώς το λογισμικό που κάνει αυτή την δουλειά λέγεται TRNFLOW και δεν το έχουμε .
9. Με άλλα λόγια η ορθότερη ρύθμιση του ανεμιστήρα που διοχετεύει τον παγωμένο αέρα στο κτίριο μας θα οδηγούσε σε καλύτερες θερμοκρασίες μικρότερες ή μεγαλύτερες ανάλογα την περίπτωση .
10. Η ύπαρξη των ηλιακών πάνελ και των φωτοβολταϊκών πάνελ καθώς και των άλλων στοιχείων που απαρτίζουν το σύστημά μας στην οροφή του κτιρίου μας δίνει μια πρόσθετη σκίαση που συνήθως ξεχνάτε να μετρηθεί αλλά όμως παίζει πολύ σημαντικό ρόλο καθώς μειώνεται η ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει στην οροφή του κτιρίου μας . Με άλλα λόγια τα διάφορα εξαρτήματα μας δίνουν μια πρόσθετη σκίαση .
11. Επίσης θα πρέπει να τονίσουμε πως για συνέχιση της θερμικής άνεσης στο κτίριο δεν πρέπει να τοποθετηθούν και άλλα πρόσθετα θερμικά φορτία από αυτά που ήδη υπάρχουν , δηλαδή αύξηση των θέσεων εργασίας , των ανθρώπων και των υπολογιστών αντίστοιχα , καθώς δεν έχουμε την δυνατότητα στο συγκεκριμένο σύστημα να παράγουμε άλλα ποσά θερμότητας .

9.3.Ως Μελλοντική Εργασία Προτείνεται :

1. Η μελέτη του αντιστοιχού υβριδικού θερμικού φωτοβολταϊκού συστήματος για θέρμανση κτιρίων με απορρόφηση .
2. Η μελέτη του αντιστοιχού υβριδικού θερμικού φωτοβολταϊκού συστήματος για ψύξη ή θέρμανση κτιρίων με απορρόφηση με μεγαλύτερη διάρκεια μέσα στην ημέρα .
3. Η μελέτη του αντιστοιχού υβριδικού θερμικού φωτοβολταϊκού συστήματος για ψύξη ή θέρμανση πολυζωνικών κτιρίων με απορρόφηση με πρόσθετη χρήση και του λογισμικού TRNFLOW
4. Η μείωση της πρόσθετης παροχής ενέργειας που απαιτείται για να φτάσει το κύκλωμα που παρέχει θερμό νερό στον απορροφητή στην απαιτούμενη θερμοκρασία .
5. Η ορθότερη ρύθμιση του ανεμιστήρα που διοχετεύει τον παγωμένο αέρα στο κτίριο μας θα οδηγούσε σε καλύτερες θερμοκρασίες μικρότερες ή μεγαλύτερες ανάλογα την περίπτωση με χρήση του εξειδικευμένου προγράμματος TRNFLOW .
6. Μελέτη για άμεση τροφοδοσία της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγουν των φωτοβολταϊκών πάνελ στο σύστημα του απορροφητή.
7. Εξέταση και άλλων παραμέτρων που συνεισφέρουν στην καλύτερη θερμική απόδοση του κτιρίου , όπως εξέταση των υλικών του κτιρίου , την μορφοποίηση του χώρου , την χρήση διαφορετικών τύπων υαλοπινάκων , την χρήση άλλου τύπου φωτοβολταϊκών τεχνολογιών , την χρήση άλλου τύπου απορρόφησης .
8. Βελτίωση της παραπάνω διπλωματικής με καλύτερη επιλογή παραδοχών και εισαγωγή περισσότερων λεπτομερειών .
9. Οικονομοτεχνική και Περιβαλλοντική μελέτη του όλου συστήματος λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας .

Σαν γενικότερο συμπέρασμα θα ήθελα να αναφέρω ότι είναι σημαντικό να γίνονται ενέργειες για τη μελέτη και κατασκευή βιοκλιματικών κτιρίων καθώς μπορούν να έχουν σημαντικά οφέλη , όχι μόνο στον άνθρωπο αλλά και στο περιβάλλον , αν όλες οι παράμετροι και τα δεδομένα ληφθούν σωστά ώστε να αναβαθμίσουν την ποιότητα των σημερινών ενεργοβόρων κτιρίων .

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1. Θερμικά και Ηλιακά Συστήματα , Αντωνόπουλος Κ.Α. ,2004**
- 2. Αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας στην κατασκευή κτιρίων , Wachberger Michael ,1988 .**
- 3. Θέρμανση- Κλιματισμός Β.Η.Σελλούντος Έ έκδοση 2002 .**
- 4. Κλιματισμός Antonio-Briganti – Τεχνοεκδοτική**
- 5. Η τεχνολογία της Ψύξης θεωρία & ασκήσεις , Γεώργιος Κ. Αλέξης , 2004 .**
- 6. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας , Αρθούρος Ζερβός ,2006**
- 7. Absorption Chillers and Heat Pumps , Reinhard,Radermacher, Keith E.,Herold, Sanford A.,Klein , 1996 .**
- 8. Εγκαταστάσεις κλιματισμού , Whitman, William C., Johnson, William M., Tomczyk, John A. , 1995 .**
- 9. Photovoltaics in Buildings : a design handbook for architects and engineers , Sick Friedrich , 1996 .**
- 10 . Φωτοβολταϊκά Συστήματα , Φραγκιαδάκης , 2006 .**
- 11. Εφαρμογές 2008-2009 , Κτίριο επιλογή στη δόμηση , 2008 .**
- 12. Solar Technologies For Buildings, Ursula,Eicker , 2003 .**
- 13. Solar – Assisted Air – Conditioning of Buildings , Springer-Verlag, Austria , 2003.**
- 14. Ηλιακή ενέργεια και αρχιτεκτονική , Τρουμπούνης Γιάννης .**

15. European Commission, Energy for the future : Renewable sources for Energy .
16. Τρυπαναγνοστόπουλος Ι. , Τσελέπης Σ. , Σουλιώτης Μ. , Tonui J.K. , Σχεδίαση και οικονομικά στοιχεία για υβριδικά φωτοβολταϊκά / θερμικά ηλιακά συστήματα , 2^ο Εθνικό Συνέδριο `` Η εφαρμογή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας –προοπτικές και προτεραιότητες προς το στόχο του 2010 `` , Αθήνα Φεβρουάριος 2005 .
17. Klein S.A. et al. , ``TRNSYS program manual `` , 2004
18. METEONORM Version 6.0 program manual , METEOTEST , Switzerland
19. <http://www.tsitsos.gr>
20. <http://www.solarpanelsplus.com>
21. <http://www.solarenergy.org>
22. <http://www.solarbuzz.com>
23. <http://www.sciencedirect.com>
24. <http://www.cae.wisc.edu>
25. <http://www.wisc.edu>
26. <http://www.ecogeek.org>
27. <http://www.wilo.gr>
28. <http://www.engineer.gr>
29. <http://www.biossol.gr>
30. <http://www.entropie.com>
31. <http://www.tess-inc.com>
32. <http://www.trnsys.com>
33. <http://www.renewableenergyworld.com>
34. <http://www.et.gr> (Εφημερίδα Κυβερνήσεως)