

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στον τομέα θερμότητας από τον Ιούλιο 2010 μέχρι τον Σεπτέμβριο 2012, υπό την επίβλεψη της λέκτορος του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Ε. Μ. Π. κ. Κορωνάκης Ειρήνης από την προπτυχιακή φοιτήτρια Ντεμίρη Διαμάντω, με σκοπό την απόκτηση του διπλώματος του Μηχανολόγου Μηχανικού από το Ε.Μ.Π. Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της απόδοσης υφιστάμενης πειραματικής μονάδας απορρόφησης τύπου BCT-16.

Η διπλωματική αποτελείται από δυο μέρη:

Στο πρώτο μέρος, που αποτελείται από δύο κεφάλαια γίνεται μια θεωρητική περιγραφή της μεθόδου κλιματισμού με απορρόφηση και την θεωρητική λειτουργία της μονάδος BCT-16.

Στο δεύτερο μέρος, που αποτελείται από δυο κεφάλαια υπάρχουν οι πειραματικές μετρήσεις της εγκατάστασης καθώς και οι μέθοδοι υπολογισμού του συντελεστή συμπεριφοράς της μονάδας (COP), μαζί με τα απαραίτητα διαγράμματα και συμπεράσματα.

Επιθυμώ να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στην επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα Ειρήνη Κορωνάκη, τόσο για την εμπιστοσύνη την οποία επέδειξε προς το πρόσωπο μου με την ανάθεση της παρούσας διπλωματικής όσο και για την δυνατότητα που μου έδωσε να ασχοληθώ με αυτό το πολύ ενδιαφέρον αντικείμενο. Η άψογη συνεργασία και η υποδειγματική καθοδήγηση της στην εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής ήταν πολύτιμες.

Αθήνα, Οκτώβριος 2012

Διαμάντω Π. Ντεμίρη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κλιματισμός με χρήση Φυσικού Αερίου ως πηγή ενέργειας είναι μια τεχνολογία γνωστή και σε χρήση τα τελευταία 60 χρόνια, κυρίως στην άλλη όχθη του Ατλαντικού. Μετά από μια πρόσκαιρη διακοπή της χρήσης της μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1960 - κυρίως λόγω του τότε χαμηλού κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας - έρχεται ξανά στο προσκήνιο, αναβαθμισμένα τεχνολογικά. Με την Ελλάδα να μπαίνει δυναμικά στον ενεργειακό χάρτη της Ευρώπης και την αυξημένη - αν όχι επιτακτική - ανάγκη της ανθρωπότητας να στραφεί σε πιο καθαρές και αποδοτικές μορφές τεχνολογίας, ο κλιματισμός με Φυσικό Αέριο έρχεται να τονώσει τις προσδοκίες μας για εξοικονόμηση και ορθολογική διαχείριση των φυσικών πόρων.[1]

Η απορρόφηση είναι η διαδικασία κατά την οποία γίνεται έκλυση θερμότητας και συγκράτηση της υγρασίας από τα συστατικά τα οποία αποκαλούνται αφυγραντήρες. Οι αφυγραντήρες φέρουν υλικά που έχουν τη δυνατότητα να ελκύουν και να συγκρατούν άλλα αέρια ή υγρά, τα οποία έχουν μια ιδιαίτερη σχέση με το νερό. Κατά τη διάρκεια της απορρόφησης ο αφυγραντήρας υποβάλλεται σε μια χημική αλλαγή καθώς παίρνει την υγρασία, όπως για παράδειγμα το επιτραπέζιο αλάτι, το οποίο αλλάζει από στερεό σε υγρό καθώς απορροφά την υγρασία. Αυτή η χαρακτηριστική σύνδεση των αφυγραντήρων με την υγρασία τους καθιστά πολύ χρήσιμους, ιδιαίτερα σε διαδικασίες που χρειάζεται χημικός διαχωρισμός. [2]

Τα συστήματα ψύξης με απορρόφηση είναι βασισμένα στην ανάπτυξη και εμπειρία της βιομηχανικής ψύξης από τα πρώτα χρόνια της εμφάνισής της, ειδικά για την παραγωγή πάγου. Από την αρχή, αυτή η ανάπτυξη έχει συνδεθεί με περιόδους υψηλών τιμών ενέργειας. Πρόσφατα εντούτοις, έχει υπάρξει μια μεγάλη αναβίωση ενδιαφέροντος για αυτή την τεχνολογία όχι μόνο λόγω της ανόδου στις τιμές ενέργειας αλλά κυρίως λόγω της κοινωνικής και επιστημονικής συνειδητοποίησης για περιβαλλοντική υποβάθμιση.[3]

Τα συστήματα απορρόφησης είναι παρόμοια με τη συμπίεση του ατμού στον κλιματισμό αλλά διαφέρουν στο στάδιο διατήρησης σταθερής πίεσης. Γενικά μια απορροφητική ουσία στη χαμηλή πίεση απορροφά μια ψυκτική ουσία. Οι πιο συνηθισμένοι συνδυασμοί ρευστών είναι το λίθιο-βρώμιο-νερό (LiBr-H₂O) όπου ο υδρατμός είναι η ψυκτική ουσία και συστήματα αμμωνίας-νερού (NH₃-H₂O) όπου η αμμωνία είναι η ψυκτική ουσία. [3]

Οι ψύκτες απορρόφησης αποτελούν συστήματα για τη ψύξη και τη θέρμανση των χώρων μέσα στα κτίρια υψηλής περιβαλλοντικής σημασίας. Οι περισσότερες από τις σημερινές τεχνολογίες θέρμανσης και ψύξης για τα κτίρια δεν έχουν σχεδιαστεί για να χρησιμοποιούν την απορριφθείσα θερμότητα. Μελέτες που έχουν γίνει για το σχεδιασμό της πρόσδοσης θερμότητας – οδηγούμενη από ψύκτες απορρόφησης είναι πολύ περιορισμένες οπότε υπάρχει δυσκολία στην προετοιμασία, την εφαρμογή και την ανάλυση απόδοσης προγραμμάτων προσομοίωσης για ένα BCHP (Building Cooling Heating and Power system) σύστημα. [4]

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ.....	8
1.1 Γενικά.....	9
1.2 Τεχνολογία ψυκτών απορρόφησης υγρού τύπου.....	12
1.3 Ανάλυση κύκλου απορρόφησης.....	13
1.4 Εργαζόμενα ρευστά στην ψύξη απορρόφησης.....	15
1.5 Συνθήκες λειτουργίας της ψύξης απορρόφησης.....	19
1.6 Τροποποιήσεις στον κύκλο απορρόφησης του ψύκτη.....	20
1.7 Θεωρητική προσέγγιση κύκλου LiBr/H ₂ O.....	22
1.8 Συγκριση μεθόδου NH ₃ /H ₂ O με LiBr/H ₂ O.....	26
1.9 Διβάθμια ψυκτική μονάδα απορρόφησης.....	27
1.10 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα διβάθμιας ψυκτικής Μονάδας απορρόφησης.....	28
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	30
2.1 Περιγραφή εγκατάστασης φυσικού αερίου.....	31
2.1.1 Δίκτυα Σωληνώσεων.....	31
2.1.2 Συσκευές αερίου.....	31
2.1.3 Υπολογισμός δικτύων.....	32
2.1.4 Καπναγωγοί – καπνοδόχοι.....	32
2.1.5 Πυροπροστασία.....	32
2.1.6 Καθοδική προστασία.....	32

2.2 Περιγραφή εγκατάστασης νερού.....	33
2.3 Περιγραφή λέβητα αερίου.....	36
2.3.1 Διαστάσεις λέβητα αερίου.....	36
2.3.2 Δομή λέβητα αερίου.....	37
2.3.3 Ηλεκτρική καλωδίωση λέβητα αερίου.....	38
2.3.4 Λειτουργία λέβητα αερίου.....	39
2.3.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά λέβητα αερίου.....	41
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ BCT-16.....	44
3.1 Γενικά.....	45
3.2 Ατμοποιητής και αντλία ψυχόμενου νερού.....	50
3.2.1 Απορροφητής και αντλία διαλύματος.....	51
3.2.2 Ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας.....	52
3.2.3 Ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας.....	54
3.2.4 Συμπυκνωτής.....	54
3.2.5 Εναλλάκτες θερμότητας.....	55
3.2.6 Πύργος ψύξης.....	55
3.2.7 Σύστημα υποπίεσης.....	57
3.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας BCT-16.....	58
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ (Μέρος Β).....	62
4.1 Γενικά.....	63
4.2 Έναρξη λειτουργίας ψυκτικής μονάδας απορρόφησης BCT-16.....	63

4.2.1 Έναρξη λειτουργίας εγκατάστασης.....	63
4.2.2 Έναρξη λειτουργίας λέβητα αερίου.....	63
4.2.3 Βασικά σύμβολα BCT-16.....	64
4.2.4 Έναρξη και τρόπος λειτουργίας BCT-16.....	64
4.2.5 Τερματισμός λειτουργίας ψυκτικής μονάδας απορρόφησης.....	65
4.3 Πειραματικές μετρήσεις και διαγράμματα.....	66
4.3.1 Μετρήσεις στοιχείων BCT-16.....	67
4.3.2 Μετρήσεις δικτύου λέβητα – BCT-16.....	74
4.3.3 Μετρήσεις δικτύου φυσικού αερίου.....	79
4.4 Σύγκριση θεωρητικού και πειραματικού Συντελεστή συμπεριφοράς (COP).....	80
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	81
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	84
7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	86
Παράρτημα Α-Κατατεθειμένη Μελέτη φυσικού αερίου.....	87
Παράρτημα Β-Λειτουργία χειριστηρίου BCT.....	104

ΕΙΚΟΝΕΣ – ΠΙΝΑΚΕΣ - ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

Εικόνα 1.1 :	Ψυκτικός κύκλος αερίου.....	10
Εικόνα 1.2 :	Βασικός κύκλος συμπίεσης ψυκτικού ατμού.....	13
Εικόνα 1.3 :	Βασικός κύκλος απορρόφησης LiBr.....	14
Εικόνα 1.4 :	Αρχή λειτουργίας ενός ψύκτη απορρόφησης LiBr/H ₂ O.....	16
Εικόνα 1.5 :	Διάγραμμα ψυκτικής μονάδας NH ₃ /H ₂ O.....	18
Εικόνα 1.6 :	Διάγραμμα ψύκτη παράλληλης ροής.....	21
Εικόνα 1.7 :	Διάγραμμα ψύκτη ροής σε σειρά.....	21
Εικόνα 1.8 :	Διάγραμμα ψυκτικής μονάδας LiBr/H ₂ O.....	23
Εικόνα 1.9 :	Σχηματική παράσταση στοιχειώδους ψυκτικής διάταξης απορρόφησης LiBr/H ₂ O.....	24
Εικόνα 1.10 :	Παράσταση των μεταβολών του διαλύματος LiBr/H ₂ O μιας διατάξεως απορρόφησης....	25
Εικόνα 1.11 :	Διβάθμιος ψύκτης που θερμαίνεται με ατμό.....	27
Εικόνα 2.1 :	Πραγματική απεικόνιση κυκλώματος νερού.....	33
Εικόνα 2.2 :	Βάνα ροής στο κύκλωμα νερού.....	34
Εικόνα 2.3 :	Μανόμετρο για μέτρηση πίεσης στο κύκλωμα νερού.....	34
Εικόνα 2.4 :	Δοχείο υπερπλήρωσης.....	35
Εικόνα 2.5 :	Διαστάσεις λέβητα αερίου.....	36
Εικόνα 2.6 :	Δομή λέβητα αερίου.....	37
Εικόνα 2.7 :	Ηλεκτρική καλωδίωση λέβητα αερίου.....	38
Εικόνα 2.8 :	Χαρακτηριστική καμπύλη κυκλοφορητή.....	40
Πίνακας 2.1 :	Χαρακτηριστικές τιμές δοχείου διαστολής.....	40
Εικόνα 2.9:	Τεχνικά χαρακτηριστικά λέβητα αερίου.....	41
Εικόνα 2.10:	Τεχνικά χαρακτηριστικά λέβητα αερίου συνέχεια.....	42
Εικόνα 2.11:	Λέβητας αερίου εγκατάστασης εσωτερικά.....	42
Εικόνα 2.12:	Λέβητας αερίου εγκατάστασης.....	43
Εικόνα 3.1 :	Ψύκτης απορρόφησης BCT-16.....	45
Εικόνα 3.2 :	Ψύκτης απορρόφησης BCT-16 εσωτερικά.....	46
Εικόνα 3.3 :	Σχηματικό διάγραμμα ροής ψύκτη απορρόφησης BCT-16.....	47
Εικόνα 3.4 :	Μονογραμμικό διάγραμμα ροής ψύκτη απορρόφησης.....	50
Εικόνα 3.5 :	Ατμοποιητής ψύκτη.....	51
Εικόνα 3.6 :	Ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας.....	53
Εικόνα 3.7 :	Συνδέσεις πύργου ψύξης.....	56
Εικόνα 4.1 :	Μονογραμμικό διάγραμμα εγκατάστασης.....	66
Πίνακας 4.1 :	Μετρήσεις για BCT-16.....	67
Πίνακας 4.2 :	Μετρήσεις δικτύου λέβητα αερίου.....	74
Πίνακας 4.3 :	Μετρήσεις δικτύου φυσικού αερίου.....	79
Υποπίνακας 4.1 :	Μετρήσεις A/C inlet-output.....	68
Υποπίνακας 4.2 :	Μετρήσεις HTG Temp.-Exhaust Temp.....	70
Υποπίνακας 4.3 :	Μετρήσεις θερμοκρασίας νερού εξόδου A/C- Θερμοκρασία εξατμίσεως.....	72

Υποπίνακας 4.4 :	Διαφορά θερμοκρασίας LiBr-θερμοκρασία εξατμίσεως.....	75
Υποπίνακας 4.5 :	Διαφορά θερμοκρασίας νερού εισόδου-εξόδου.....	76
Υποπίνακας 4.6 :	Υπολογισμός COP.....	77
Γράφημα 4.1 :	Διακυμάνσεις θερμοκρασιών εισόδου-εξόδου νερού.....	69
Γράφημα 4.2 :	Θερμοκρασία LiBr-Θερμοκρασία εξάτμισης.....	71
Γράφημα 4.3 :	Θερμοκρασία εξόδου νερού A/C- Θερμοκρασία εξατμίσεως.....	73
Γράφημα 4.4 :	COP-Θερμοκρασία LiBr	78
Εικόνα Α.1 :	Αξονομετρικό διάγραμμα μελέτης φυσικού αερίου.....	103
Εικόνα Β.1 :	Χειριστήριο BCT-16.....	104

1. ΨΥΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΚΥΚΛΟΥ ΜΕ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ

1.1 Γενικά

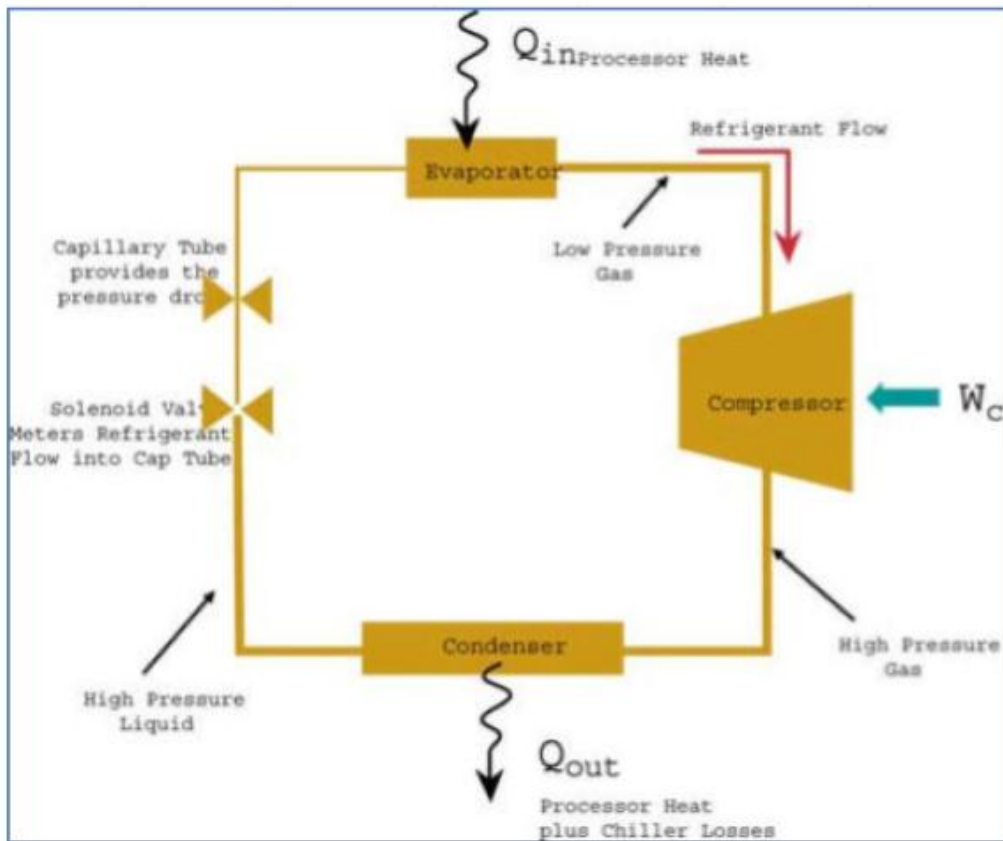
Κλιματισμό μπορούμε να έχουμε με πολλούς τρόπους. Η πλειοψηφία αυτών έχει έμμεση ή άμεση προέλευση τον ήλιο όπως τα ορυκτά καύσιμα. Ο όρος «ηλιακός κλιματισμός» περιορίζεται συνήθως σε εφαρμογές όπου η ηλιακή ακτινοβολία είναι ο άμεσος παράγοντας κλιματισμού.

Οι δυο βασικές κατηγορίες είναι τα **ηλεκτρικά συστήματα** και τα **θερμικά συστήματα**. Σύμφωνα με τον Henning τα θερμικά συστήματα χωρίζονται σε θερμομηχανικά και σε συστήματα μετατροπής θερμότητας. Οι θερμομηχανικές διαδικασίες είναι πολύ πειραματικές. Ένα παράδειγμα τέτοιας διαδικασίας είναι ο συμπιεστής Rankine, όπου έχουμε ψύξη με συμβατικό τρόπο μέσω ενός συμπιεστή. Αυτός ο συμπιεστής αντί να λειτουργεί με ηλεκτρισμό ή έναν εναλλασσόμενο κινητήρα λειτουργεί μέσω ενός κύκλου Rankine με χρήση ατμού σε πίεση από ηλιακούς συλλέκτες. Αυτές οι τεχνολογίες προφανώς δεν ενδείκνυνται για εκτεταμένη χρήση.

Τα συστήματα μετατροπής θερμότητας χωρίζονται σε **ανοιχτού** και **κλειστού** κύκλου. Στον κλειστό κύκλο γίνεται χρήση υγρού ή στερεού μέσου απορρόφησης, αν το μέσο απορρόφησης είναι υγρό, τότε το ψυκτικό μέσο υφίσταται αραίωση και μετακινείται από διάφορα διαχωριστικά (απορρόφηση). Αν το μέσο απορρόφησης είναι σε στερεά μορφή τότε δεν μπορεί να μετακινηθεί και ο κλιματιζόμενος χώρος θα υπόκειται σε θέρμανση και ψύξη με σκοπό να απορροφήσει το ψυκτικό μέσο και να αναπαραχθεί (προσρόφηση).

Η απορρόφηση και η προσρόφηση ως διαδικασίες κλιματισμού έχουν μεγάλες δυνατότητες για να χρησιμοποιηθούν τόσο σε καινούρια κτίρια αλλά και σε ήδη υπάρχοντα καθώς το μέσο που χρησιμοποιείται για τον κλιματισμό είναι το νερό, συμβατό με την πλειοψηφία των ήδη χρησιμοποιούμενων κλιματιστικών.

Ο συμβατικός κλιματισμός είναι η πιο κοινή μέθοδος κλιματισμού και μπορεί να συναντηθεί σε ψυγεία, οικιακές και εμπορικές μονάδες κλιματισμού καθώς και σε βιομηχανικό εξοπλισμό ψύξης. Η εικόνα παρακάτω περιγράφει ένα ψυκτικό κύκλο αερίου. Το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται σε χαμηλή θερμοκρασία στον ατμοποιητή. Αυτή η διαδικασία απαιτεί θερμότητα η οποία απορροφάται από τον ατμοποιητή παράγοντας έτσι το κρύο. Έπειτα το εξατμισμένο ψυκτικό μέσο συμπιέζεται από χαμηλή θερμοκρασία και πίεση στον ατμοποιητή σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση στον συμπυκνωτή. Η αντίστροφη διαδικασία από ότι στον ατμοποιητή λαμβάνει μέρος και το ψυκτικό μέσο συμπυκνώνεται εκλύοντας θερμότητα. Μια βαλβίδα διαστολής κλείνει τον κύκλο επιφέροντας μια πτώση πίεσης στο ψυκτικό τέτοια ώστε να επανέλθει στην πίεση που έχει ο ατμοποιητής.



Εικόνα 1.1 : Ψυκτικός κύκλος αερίου

Ο συμπιεστής παίρνει συνήθως ισχύ από έναν ηλεκτροκινητήρα, αλλά σε ψύκτες μεγάλης ισχύος μερικές φορές γίνεται χρήση μηχανών εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ). Η αναλογία μεταξύ αποδιδόμενης ισχύος (Q_c) και καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ισχύος ($P_{\eta\lambda}$) λέγεται «συντελεστής συμπεριφοράς» (COP) και αποτελεί το μέτρο της απόδοσης του συστήματος:

$$COP = \frac{Q_c}{P_{el}}$$

Ο COP εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Οι πιο σημαντικοί όμως είναι:

- Ο σχεδιασμός των διαφόρων στοιχείων σε σχέση με τον ψύκτη (π.χ. πόσο καλά μονωμένοι είναι ο ατμοποιητής και ο συμπυκνωτής, περιορίζοντας έτσι τις θερμικές απώλειες)
- Η ικανότητα ανταλλαγής θερμότητας του συμπυκνωτή και του ατμοποιητή.
- Η απόδοση του συμπιεστή.

Ένας τρόπος για να βελτιωθεί ο COP του ψύκτη είναι να μειωθεί η θερμοκρασία του μέσου που λαμβάνει την πλεονάζουσα θερμότητα από τον συμπυκνωτή, αυξάνοντας έτσι τον ρυθμό μεταφοράς θερμότητας στον συμπυκνωτή. [5]

Ο κλιματισμός με τη μέθοδο της απορρόφησης, έχει αποδειχτεί ότι είναι οικονομικά βιώσιμος, όταν υπάρχει μια φτηνή πηγή ενέργειας, στο εύρος των θερμοκρασιών από 100–200°C. Επίσης, μηχανές απορρόφησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αναγεννητές, σε τυπικά κλιματιστικά μηχανήματα, με παράγωγη ψυχρού αέρα. Έρευνες σε συστήματα που χρησιμοποιούν τη μέθοδο της απορρόφησης, στηριζόμενα σε επίπεδους ηλιακούς συλλέκτες, για οικιακή χρήση, έχουν ως στόχο τη βελτίωση της προσαρμογής αυτών των τύπων. Επιστήμονες, χρησιμοποιώντας το συνδυασμό νερού βρωμιούχου λιθίου, αναζήτησαν το βέλτιστο ψυκτικό μέσο, ανάμεσα σε αρκετά υποψήφια.

Ο μέγιστος COP του ψυκτικού κύκλου για τη χαμηλότερη θερμοκρασία λειτουργίας των συλλεκτών επιτυγχάνεται με τη χρήση του συνδυασμού νερού–βρωμιούχου λιθίου. Έχουν μελετηθεί και άλλα ψυκτικά μέσα, αλλά χωρίς να έχουν παρατηρηθεί ουσιαστικά πρακτικά αποτελέσματα. Τα συστήματα απορρόφησης χωρίζονται σε υγρού τύπου και στερεού τύπου.

Ο ψύκτης απορρόφησης είναι ένα μηχανήμα που, δίνοντάς του θερμότητα, παράγει ψυχόμενο νερό για την ψύξη και τον εξαερισμό χώρων. Ελάχιστη ή καθόλου μηχανική ενέργεια καταναλώνεται σε έναν ψύκτη απορρόφησης. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα είδη εργαζομένων μέσων, όπως αέρια και υγρά, σε μεγάλη κλίμακα θερμοκρασιών άνω της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Ο ψύκτης πρέπει επίσης να αποβάλλει ένα μέρος θερμότητας ίσο με αυτό που του δίνουμε για να λειτουργήσει και επιπλέον άλλο ένα μέρος που απορροφήθηκε για να παραχθεί το ψυχόμενο νερό. Η τεχνολογία ψύξης απορρόφησης με αμμωνία-νερό (NH₃-H₂O) χρησιμοποιείται για περισσότερα από 150 χρόνια. Ως ψυκτικό μέσο, η αμμωνία έχει μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα και πολύ καλά χαρακτηριστικά μεταφοράς θερμότητας, αλλά η τοξικότητά της έχει περιορίσει την χρήση της σε αυτήν την τεχνολογία.

Από το 1945 η χρήση ψυκτών απορρόφησης νερού-LiBr εξαπλώθηκε. Η τάση αυτή έφτασε στην κορυφή της τη δεκαετία του 1960 και μετά ελαττώθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1970. Η τεχνολογία αυτή ξαναήρθε στο προσκήνιο στην Ασία, λόγω της ραγδαίας αύξησης της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας περιορίσε την εφαρμογή ψυκτών με συμπίεση ατμού που χρησιμοποιούσαν για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα τελευταία χρόνια, ψύκτες απορρόφησης νερού-LiBr έχουν διαδοθεί ευρέως σε μεγάλα εμπορικά κτίρια συνδυασμένοι με εξελιγμένο εξοπλισμό παραγωγής ενέργειας και σε μεμονωμένα σπίτια χρησιμοποιώντας απευθείας ορυκτά καύσιμα ή άλλες πηγές θερμότητας. Η ψυκτική ικανότητα των ψυκτών μπορεί να ποικίλει από μεγαλύτερη των 1000 ψυκτικών τόνων (3,561.5kW) έως μόλις 4,5 ψυκτικούς τόνους (16kW). [6]

1.2 Τεχνολογία ψυκτών απορρόφησης υγρού τύπου

Τα κριτήρια ταξινόμησης των ψυκτικών μονάδων απορρόφησης $H_2O-LiBr$ είναι ο τρόπος θέρμανσης της κύριας ατμογεννήτριας και το αν η μονάδα έχει μια ή περισσότερες ατμογεννήτριες.

Έτσι διακρίνονται σε :

- α) **Έμμεσης Θέρμανσης** (indirect fired) ψυκτικές μονάδες, όπου η τροφοδότηση της ατμογεννήτριας γίνεται από ένα boiler με ατμό ή ζεστό νερό και
- β) **Άμεσης Θέρμανσης** (direct fired) ψύκτες, όπου η θέρμανση της ατμογεννήτριας γίνεται απευθείας μέσω της καύσης υγρών ή κυρίως αερίων καυσίμων.

Ανάλογα με το πόσες βαθμίδες έχουν οι ψύκτες απορρόφησης μπορούμε να τις χωρίσουμε σε :

- α) **Μονοβάθμιες** (single-stage) εγκαταστάσεις εάν έχουν μια ατμογεννήτρια και σε
- β) **Πολυβάθμιες** (multi-stage) εγκαταστάσεις εάν έχουν μια κύρια (primary) και μια ή περισσότερες δευτερεύουσες ατμογεννήτριες (secondary).

Όλες οι εμπορικώς διατιθέμενες ψυκτικές μονάδες άμεσης θέρμανσης είναι διβάθμιες (two-stage machines).

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι στις ψυκτικές μονάδες $H_2O-LiBr$ χρησιμοποιούνται υδρόψυκτοι συμπυκνωτές (παρουσία πύργων ψύξης) σε αντίθεση με τους ψύκτες NH_3-H_2O που έχουν αερόψυκτους συμπυκνωτές (air-cooled condensers).

Οι διατάξεις αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως για την ψύξη νερού κλιματιστικών εγκαταστάσεων. Λόγω της χρησιμοποίησης του νερού ως ψυκτικού μέσου στις διατάξεις αυτές η θεοκρασία παραγωγής ψυκτικής ισχύος δεν κατέρχεται συνήθως κάτω των $+4^{\circ}C$.

Οι διατάξεις απορρόφησης αυτού του είδους κατασκευάζονται σε δυο τύπους μεγάλης και μικρής ψυκτικής ισχύος. Οι μεγάλης ισχύος μονάδες κατασκευάζονται για ψυκτική ισχύ από 100 μέχρι 1500 ψυκτικούς τόνους (R.T) δηλ. από 0.35 μέχρι 5.3 MW και οι μικρές για ισχύ από 3 έως 25 R.T δηλ. από 0.01 έως 0.088 MW.

Οι διατάξεις μεγάλης ισχύος διακρίνονται από κατασκευαστικής πλευράς σε μονάδες **δυο κελύφων** (double effect) και μονάδες **ενός κελύφους**. Στην πρώτη περίπτωση το επάνω κέλυφος περικλείει την ατμογεννήτρια και τον συμπυκνωτή (υψηλή πίεση) και το κάτω τον απορροφητή και το στοιχείο ατμοποίησης (χαμηλή πίεση). Παρά την χρήση των όρων χαμηλή και υψηλή πίεση δεν πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι ολόκληρη η μονάδα λειτουργεί υπό κενό και ότι στο επάνω κέλυφος επικρατεί πίεση περίπου 0.1ata και στο κάτω 0.01ata. Για τον λόγο αυτό οι μονάδες αυτές είναι ευαίσθητες στην παρουσία αδρανών αερίων, τα οποία ελαττώνουν το αναγκαίο κενό και γι'αυτό εφοδιάζονται πάντα με διάταξη εξαέρωσης.

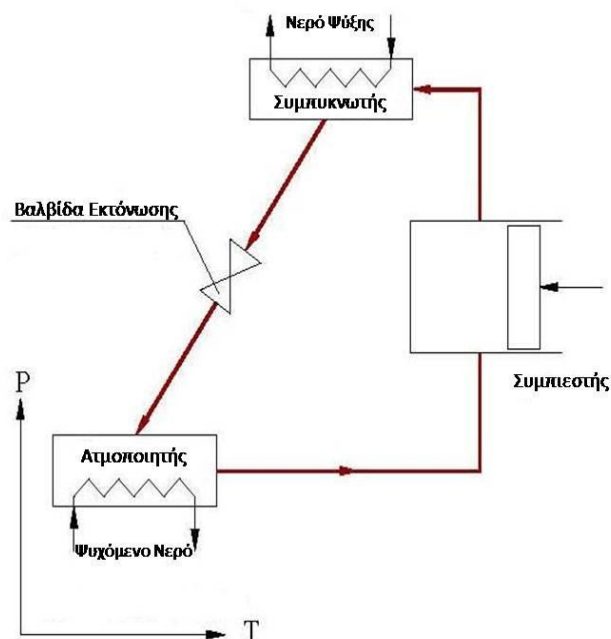
Για ευχερέστερη σύγκριση και για μονοσήμαντο καθορισμό της ψυκτικής ισχύος αυτών των ψυκτικών διατάξεων έχουν γίνει αποδεκτές ως ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας αυτών (ASHRAE) τα παρακάτω:

- 1) Θερμοκρασία εξόδου νερού από τον ψύκτη $6.7^{\circ}C$ (44 F)
- 2) Θερμοκρασιακή διαφορά ψυχομένου νερού $5.5^{\circ}C$ (10 F)
- 3) Θερμοκρασία εισόδου νερού στον πύργο ψύξης $29.4^{\circ}C$ (85 F).

Είναι σημαντικό η θερμοκρασία αυτή να κυμαίνεται μεταξύ $23.9^{\circ}C$ και $29.4^{\circ}C$ ώστε να αποφεύγονται προβλήματα κρυστάλλωσης του ψυκτικού μέσου. [7]

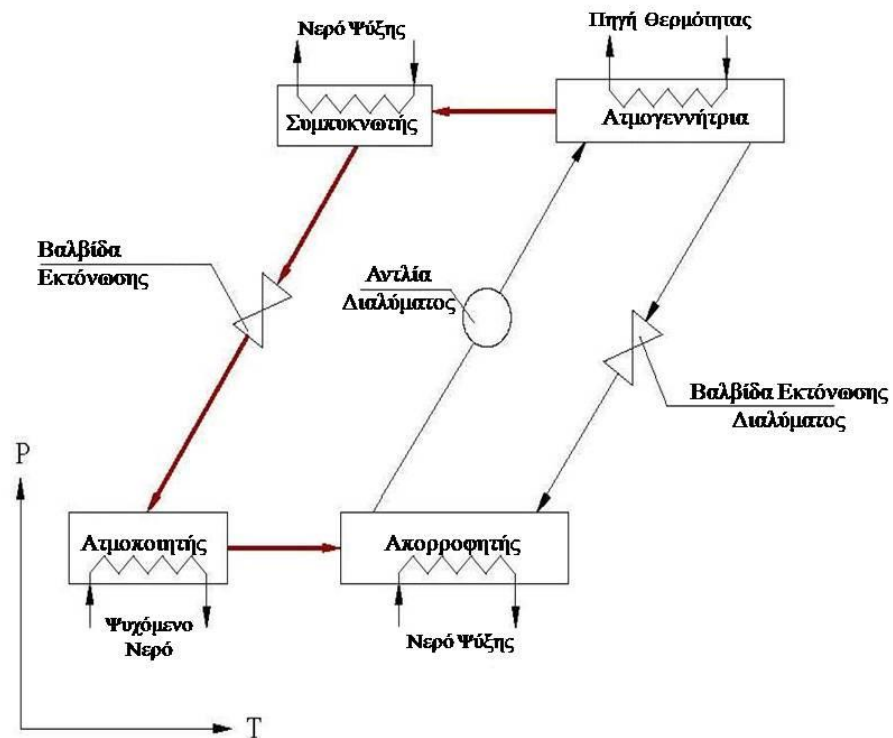
1.3 Ανάλυση κύκλου απορρόφησης

Ο συμπυκνωτής παράγει ψυχόμενο νερό αφαιρώντας θερμότητα από αυτό και μεταφέροντάς την σε ένα ψυκτικό μέσο που ατμοποιείται. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στις παρακάτω εικόνες για ένα συμβατικό ψύκτη συμπίεσης ατμού και για ένα ψύκτη απορρόφησης. Και στους δύο, το ψυκτικό υγρό ρέει στον ατμοποιητή, ατμοποιείται σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία, και απορροφά θερμότητα από το ψυχόμενο νερό που ρέει σε σωλήνα μέσα στον ατμοποιητή. Στη διαδικασία συμπίεσης ατμού, ο ατμός ψύξης συμπιέζεται και συμπυκνώνεται σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία, μεταφέροντας θερμότητα στο νερό ψύξης ή στον περιβάλλοντα χώρο του συμπυκνωτή. Το ψυκτικό μέσο, συμπυκνωμένο σε υψηλή πίεση, επιστρέφει έπειτα μέσω της βαλβίδας εκτόνωσης στον ατμοποιητή σε χαμηλή πίεση, για να απορροφήσει ξανά θερμότητα από την ροή του ψυχόμενου νερού.



Εικόνα 1.2 : Βασικός κύκλος συμπίεσης ψυκτικού ατμού [4]

Στη διαδικασία απορρόφησης, ο υδρατμός που παράγεται στον ατμοποιητή απορροφάται σε χαμηλή πίεση μέσα σε ένα διάλυμα απορρόφησης στον απορροφητή. Καθώς ο υδρατμός του ψυκτικού μέσου απορροφάται, απελευθερώνεται θερμότητα. Αυτή η θερμότητα αφαιρείται από το νερό ψύξης που ρέει μέσα στον απορροφητή. Το διάλυμα απορρόφησης αντλείται τότε στην ατμογεννήτρια, όπου ο υδρατμός ψυκτικού μέσου άγεται από το φτωχό διάλυμα με την πρόσδοση θερμότητας σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Ο υδρατμός ψυκτικού μέσου συμπυκνώνεται σε μεγάλη πίεση και θερμοκρασία με την αφαίρεση της θερμότητας στο περιβάλλον ή στο νερό ψύξης. Το υγρό, πλέον, ψυκτικό μέσο επιστρέφει στον ατμοποιητή μέσω της βαλβίδας εκτόνωσης.



Εικόνα 1.3 : Βασικός κύκλος απορρόφησης LiBr [4]

Ο βασικός κύκλος ψύκτη απορρόφησης που φαίνεται στην παραπάνω εικόνα είναι παρόμοιος με τον παραδοσιακό κύκλο ψύξης υδρατμού με συμπίεση στα εξής :

- ο υδρατμός ψυκτικού μέσου συμπυκνώνεται σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία, αποβάλλοντας θερμότητα στον περιβάλλοντα χώρο.
- ο υδρατμός ψυκτικού μέσου ατμοποιείται σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία, απορροφώντας θερμότητα από την ροή του ψυχόμενου νερού.

και διαφέρει στα εξής :

- η κυκλοφορία μέσω αντλίας του διαλύματος απορρόφησης αντικαθιστά τη συμπίεση του ατμού ψύξης. Η ενέργεια και το έργο που χρειάζεται η αντλία είναι σημαντικά λιγότερα από αυτά που χρειάζεται ο συμπιεστής.
- η θερμότητα πρέπει να παρέχεται στην ατμογεννήτρια ώστε να απελευθερώσει τον υδρατμό του ψυκτικού μέσου σε μεγάλη πίεση για τη συμπύκνωση.

Από άποψη θερμοδυναμικής, ο ψύκτης συμπίεσης ατμού είναι μία αντλία θερμότητας, που χρησιμοποιεί μηχανική ενέργεια και έργο για να μεταφέρει θερμότητα από χαμηλή σε υψηλή θερμοκρασία. Ο ψύκτης απορρόφησης είναι το ισοδύναμο μίας μηχανής θερμότητας-απορροφά θερμότητα σε υψηλή θερμοκρασία, απορρίπτει θερμότητα σε χαμηλότερη θερμοκρασία, παράγοντας έργο - που κινεί μία αντλία θερμότητας.

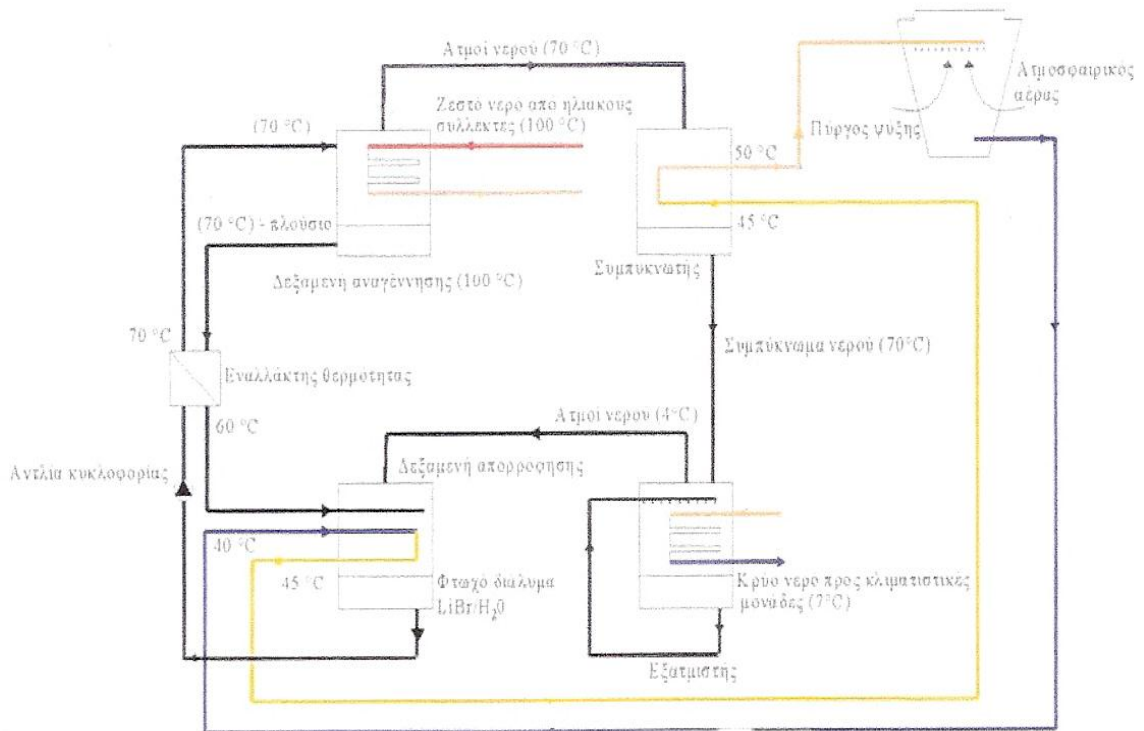
1.4 Εργαζόμενα ρευστά στην ψύξη απορρόφησης

Οι ψύκτες απορρόφησης χρησιμοποιούν ζεύγη δυο ουσιών. Ένα ψυκτικό μέσο και έναν απορροφητή. Συνήθως λειτουργούν με μείγμα απορροφητικού/ψυκτικού (H_2O/NH_3) ή σε ορισμένες περιπτώσεις χλωριούχου ασβεστίου και νερού. Ένας άλλος τρόπος ψύξης με τη μέθοδο της απορρόφησης, είναι η χρήση $LiBr/H_2O$, όπου το νερό είναι το ψυκτικό μέσο και το $LiBr$ είναι ο απορροφητής. Εκτός από τα αναφερόμενα κλασσικά ζεύγη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οργανικές ενώσεις, όταν οι θερμοκρασίες δεν είναι υψηλές, όπου θα προκαλούνταν καταστροφική σύνθεση. [7]

Η αποτελεσματικότητα ενός κύκλου απορρόφησης εξαρτάται από τις δυο ουσίες που αποτελούν το ψυκτικό και το απορροφητικό μέσο. Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά αυτών των δυο ουσιών είναι τα εξής :

- Η απουσία απορροφητή στερεού τύπου
- Ένα ψυκτικό που θα είναι περισσότερο πτητικό από τον απορροφητή, ώστε να διαχωρίζεται εύκολα από το απορροφητικό μέσο.
- Ένα απορροφητικό μέσο που δεν θα έχει συγγένεια με το ψυκτικό.
- Υψηλού βαθμού χημική θερμότητα για μακροχρόνια λειτουργία.
- Ένα ψυκτικό που θα έχει μεγάλη λανθάνουσα θερμότητα.
- Μικρό βαθμό διάβρωσης και καθόλου τοξικότητα για λόγους ασφαλείας. [7]

Το νερό (στους $70^{\circ}C$) εισέρχεται στον ατμοποιητή (Εικόνα 4), όπου προσλαμβάνει θερμότητα και ατμοποιείται. Ο υδρατμός (στους $4^{\circ}C$) φεύγοντας από τον ατμοποιητή μπαίνει στον απορροφητή, όπου διαλύεται και αντιδρά με το $LiBr$, για να σχηματίσει το $LiBr/H_2O$. Αυτή η εξώθερμη αντίδραση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας. Η ποσότητα του νερού που μπορεί να διαλυθεί στο $LiBr$, είναι αντιστρόφως ανάλογη της τιμής της θερμοκρασίας. Επομένως, είναι αναγκαίο να μειώσουμε τη θερμοκρασία του απορροφητή, ώστε να διατηρήσουμε την θερμοκρασία στο πιο χαμηλό επίπεδο. Έτσι θα μεγιστοποιηθεί το ποσοστό του νερού που θα διαλυθεί στο $LiBr$.



Εικόνα 1.4 : Αρχή λειτουργίας ενός ψύκτη απορρόφησης (LiBr/H₂O) [7]

Το φτωχό διάλυμα στη συνέχεια αντλείται προς μεγαλύτερη πίεση και εισάγεται (στους 70°C) στον αναγεννητή, όπου προσλαμβάνει θερμότητα (στους 100°C) και έτσι το νερό διαχωρίζεται ατμοποιούμενο. Το ατμοποιούμενο νερό εισέρχεται (στους 70°C) στον συμπυκνωτή, όπου και συμπυκνώνεται λόγω του νερού ψύξης (στους 45°C), για να επιστέψει ως συμπύκνωμα (στους 70°C) στον ατμοποιητή και έτσι να κλείσει το κύκλωμα υδρατμών του κύκλου απορρόφησης. Με την επιστροφή του πλούσιου διαλύματος στον απορροφητή, διαμέσου ενός εναλλάκτη θερμότητας, ολοκληρώνεται το κύκλωμα διαλύματος του κύκλου απορρόφησης. [7]

Συγκριτικά, η ψύξη με απορρόφηση έχει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα, έναντι των συστημάτων που συμπιέζουν τον ατμό. Η άντληση ενός υγρού απαιτεί πολύ λιγότερο έργο, από την περίπτωση που ο ατμός απαιτεί στις ίδιες πιέσεις. Το έργο είναι περίπου το 1% της θερμότητας του αναγεννητή και μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο. [7]

Από την άλλη πλευρά, αυτά τα συστήματα έχουν ορισμένα μειονεκτήματα : είναι αρκετά πολύπλοκα, ογκώδη και ακριβά. Οικονομικά ανταγωνιστικά είναι μόνο όταν υπάρχει φθηνή ενέργεια. Γενικά, χρησιμοποιούνται σε χημικές μηχανές ενώ η συντήρηση αυτών των συστημάτων είναι δύσκολη, επειδή δεν είναι ευρέως διαδεδομένα. Η απόφαση για την τοποθέτηση ενός τέτοιου συστήματος συνήθως λαμβάνεται μόνο όταν το κόστος της παρεχόμενης θερμότητας είναι πολύ μικρό, συγκριτικά με το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας. [6]

Ο ψύκτης απορρόφησης απαιτεί δύο εργαζόμενα ρευστά, ένα ψυκτικό μέσο και ένα διάλυμα απορρόφησης. Σε ένα ψύκτη απορρόφησης νερού-LiBr, το νερό είναι το ψυκτικό μέσο και το νερό-LiBr είναι το διάλυμα απορρόφησης. Στον κύκλο ψύκτη απορρόφησης το νερό (ψυκτικό μέσο) υποβάλλεται σε αλλαγή φάσης στον

συμπυκνωτή και τον ατμοποιητή. Το διάλυμα απορρόφησης υποβάλλεται σε αλλαγή της συγκέντρωσής του στον απορροφητή και τον ατμοποιητή.

Το νερό είναι ένα πολύ καλό ψυκτικό μέσο λόγω της υψηλής λανθάνουσας θερμότητας του. Η ψύξη του όμως περιορίζεται σε θερμοκρασίες άνω των 0°C λόγω πήξης. Το διάλυμα απορρόφησης, βρωμιούχο λίθιο, είναι αμετάβλητο. Έτσι, η φάση του ατμού στον ψύκτη απορρόφησης είναι πάντα H₂O. Το διάλυμα απορρόφησης, νερού-LiBr, έχει χαμηλή πίεση ατμών στην θερμοκρασία του απορροφητή και υψηλή πίεση ατμών στην θερμοκρασία της ατμογεννήτριας, διευκολύνοντας τον σχεδιασμό και την λειτουργία του ψύκτη. Το πλεονέκτημα του συνδυασμού νερού-LiBr περιλαμβάνει την σταθερότητα, ασφάλεια, και υψηλό δείκτη μεταβλητότητας. Η χρήση του δεν επιβαρύνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Η μέθοδος αυτή σε αντίθεση με τις κλασσικές ψυκτικές διατάξεις μηχανικής συμπίεσης χρησιμοποιεί δυο εργαζόμενα μέσα. Αυτά είναι το καθ' αυτό ψυκτικό μέσο (refrigerant) και το μέσο απορρόφησης (absorbent). Δυο κλασσικά ζεύγη παρομοίων μέσων είναι:

- α) Αμμωνία-Νερό (NH₃/H₂O)
- β) Νερό-Διάλυμα Βρωμιούχου Λιθίου (H₂O/LiBr)

Στην πρώτη περίπτωση το ψυκτικό μέσο είναι η αμμωνία και το μέσο απορρόφησης το νερό. Στην δεύτερη περίπτωση ψυκτικό μέσο είναι το νερό και μέσο απορροφήσεως το διάλυμα βρωμιούχου λιθίου.

Οι ψυκτικές διατάξεις με απορρόφηση χρησιμοποιούν για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος το φαινόμενο της ατμοποίησης και επομένως για να έχουμε συνεχή λειτουργία με επαναχρησιμοποίηση του ψυκτικού μέσου απαιτείται να γίνει χρήση και της αντιστοίχου συμπύκνωσης. Η διαφορά των διατάξεων απορρόφησης έναντι των κλασσικών διατάξεων με συμπίεση ατμού έγκειται στην μη χρήση συμπιεστή ατμού ψυκτικού μέσου οιαδήποτε είδους. Για την μεταφορά του ψυκτικού μέσου από την χαμηλή πίεση ατμοποίησης στην υψηλή πίεση συμπύκνωσης γίνεται χρήση του φαινομένου της απορρόφησης. Λόγω της απορρόφησης αυτής του ατμοποιηθέντος ψυκτικού μέσου από το μέσο απορρόφησης έχουμε στην χαμηλή πίεση υγρό διάλυμα και όχι ατμό, το οποίο πρέπει να μεταφερθεί στην υψηλή πίεση. Η μεταφορά αυτή γίνεται είτε με την βοήθεια μηχανικής αντλίας είτε με χρήση κατάλληλης θερμοσιφωνικής αντλίας.

Στην δεύτερη περίπτωση που εφαρμόζεται στις ψυκτικές διατάξεις απορρόφησης με αδρανές αέριο δεν απαιτείται ουδεμία μηχανική ενέργεια. Αυτό συνεπάγεται την πλήρη έλλειψη κινουμένων μελών στις διατάξεις αυτές που τις καθιστά τελείως αθόρυβες κατά την λειτουργία τους. Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται μηχανική αντλία στις διατάξεις με απορρόφηση η απαιτούμενη μηχανική ενέργεια είναι μηδαμινή σε σύγκριση προς την αντίστοιχη των ψυκτικών εγκαταστάσεων με μηχανικό συμπιεστή ατμού.

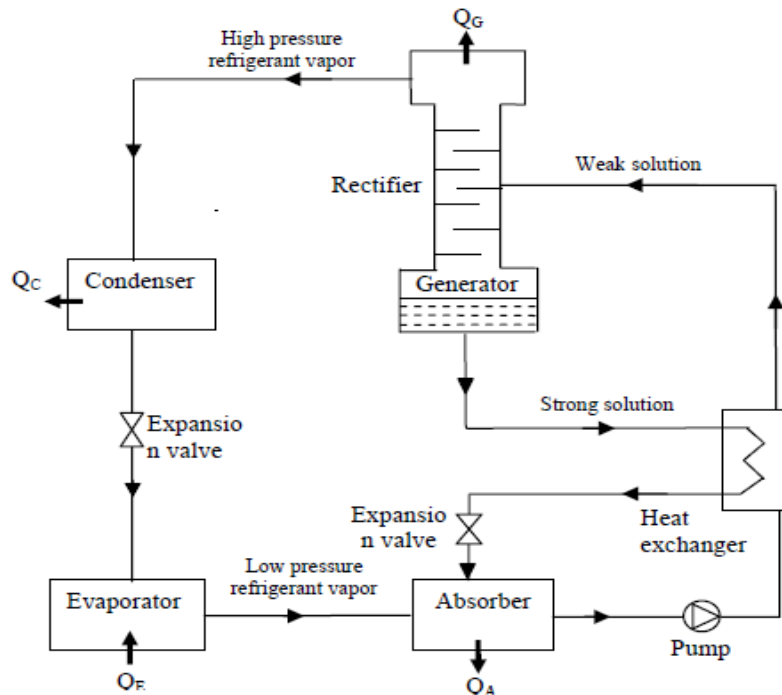
Χαρακτηριστικό γνώρισμα των ψυκτικών διατάξεων με απορρόφηση είναι ότι απαιτούν ελάχιστη ή καθόλου μηχανική ενέργεια και ότι παράγουν την ψυκτική ισχύ μόνο με χρήση θερμικής ενέργειας. Η θερμική ενέργεια απαιτείται για τον εκ νέου διαχωρισμό του ψυκτικού μέσου από το μέσο απορρόφησης στην υψηλή πίεση όπου βρίσκονται. Ο διαχωρισμός αυτός επιτυγχάνεται με βρασμό και κλασματική απόσταξη. Η θερμική ενέργεια που προσδίδεται προέρχεται είτε από υδρατμό είτε από καύση φυσικού αερίου ή υγρών καυσίμων. Εάν η πρόσδοση γίνεται από υδρατμό (steam fired absorption unit) τότε η θερμοκρασία στην οποία διατίθεται η θερμότητα είναι καθορισμένη από την πίεση του παρεχόμενου ατμού.

Στην περίπτωση που η θερμότητα προέρχεται από καύση αερίου (gas fired absorption unit), ο περιορισμός αυτός δεν ισχύει και η θερμοκρασία διαθέσεως της θερμότητας είναι αρκετά υψηλή. Είναι αξιοσημείωτο ότι όσο υψηλότερη θερμοκρασία έχει η θερμότητα που προσδίδεται για την λειτουργία της ψυκτικής διάταξης με απορρόφηση, τόσο χαμηλότερη θερμοκρασία ατμοποίησης δύναται να επιτευχθεί. [8]

Ψυκτικός Κύκλος NH₃-H₂O.

Εγκαταστάσεις απορροφήσεως του είδους αυτού κατασκευάζονται σε μεγάλη διαφόρων ψυκτικών ισχύων που καλύπτουν όλη την κλίμακα από λίγες εκατοντάδες Watt μέχρι 2 και 3 MW. Οι μεγάλες εγκαταστάσεις ευρίσκουν εφαρμογή κυρίως σε χημικές βιομηχανίες και ιδιαίτερα σε διυλιστήρια υγρών καυσίμων.

Με μονοβάθμιες μονάδες του είδους αυτού παράγεται ψυκτική ισχύς στους 45°C ή ακόμα και στους -75°C. Την θερμοκρασία αυτή ουδεμία μονοβάθμια διάταξη συμπίεσης ατμού μπορεί να πλησιάσει λόγω του εξαιρετικά μεγάλου λόγου συμπίεσης που απαιτείται. Περαιτέρω εξέταση αυτών των διατάξεων ξεφεύγει από τα όρια της παρούσας εργασίας. [8]



Εικόνα 1.5 : Διάγραμμα ψυκτικής μονάδας αμμωνίας-νερού[9]

1.5 Συνθήκες λειτουργίας της ψύξης απορρόφησης

Η επιλογή του ψυκτικού μέσου και του διαλύματος απορρόφησης, νερό-LiBr, μαζί με τον προσδιορισμό της θερμοκρασίας εξόδου του ψυχόμενου νερού και της θερμοκρασίας εισόδου του νερού ψύξης καθορίζει τις θερμοκρασίες και τις πιέσεις λειτουργίας στον ατμοποιητή, απορροφητή, ατμογεννήτρια και συμπυκνωτή του ψύκτη απορρόφησης LiBr. Έτσι:

- Στον ατμοποιητή, απαιτείται χαμηλή θερμοκρασία και πίεση λειτουργίας για την ατμοποίηση του ψυκτικού μέσου ώστε να απορροφήσει θερμότητα από το ψυχόμενο νερό.
- Στον απορροφητή, η θερμοκρασία του νερού ψύξης καθορίζει τη σύσταση του διαλύματος απορρόφησης έτσι ώστε να απορροφήσει τον υδρατμό του ψυκτικού μέσου, όπως απαιτείται, στην πίεση που καθορίζεται από τον ατμοποιητή.
- Στην ατμογεννήτρια, η πίεση είναι ίδια με αυτή του συμπυκνωτή. Μία αυξημένη τιμή χρειάζεται για την συμπύκνωση του ψυκτικού υδρατμού στη θερμοκρασία του πύργου ψύξης. Η θερμοκρασία στον απορροφητή είναι εκείνη που απαιτείται για να ατμοποιηθεί το ψυκτικό μέσο από το διάλυμα απορρόφησης.

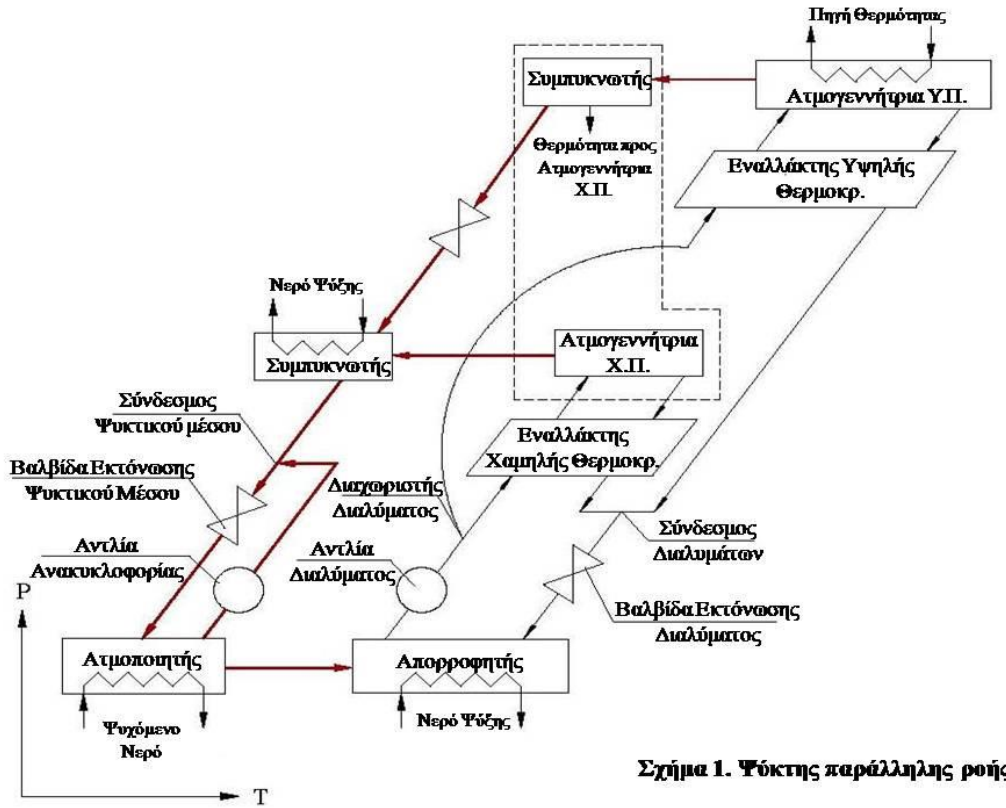
Η χαμηλή πίεση λειτουργίας στον ατμοποιητή και τον απορροφητή απαιτεί μεγάλο όγκο εξοπλισμού και ένα ειδικό μέσο για τη μείωση της απώλειας της πίεσης στη ροή του ψυκτικού υδρατμού. Η εμπόδιση διαρροής του αέρα στον ατμοποιητή και τον απορροφητή είναι ένα από τα κύρια ζητήματα στη λειτουργία του ψύκτη απορρόφησης. Μία ειδική συσκευή καθαρισμού αφαιρεί τον αέρα και άλλα αέρια, και μία εξωτερική αντλία εκκένωσης χρησιμοποιείται περιοδικά για τη διατήρηση της χαμηλής πίεσης λειτουργίας. Η υψηλή πίεση λειτουργίας στην ατμογεννήτρια και το συμπυκνωτή απαιτεί τη χρήση εξοπλισμού με βαριά τοιχώματα και μία αντλία για να διανέμει το διάλυμα απορρόφησης από τον απορροφητή χαμηλής πίεσης στην ατμογεννήτρια υψηλής πίεσης. Η κρυσταλλοποίηση, η κατακάθιση του LiBr από το διάλυμα απορρόφησης σε υψηλές συγκεντρώσεις και χαμηλές θερμοκρασίες, μπορεί να μπλοκάρει την ροή του διαλύματος και να προκαλέσει τη διακοπή του ψύκτη. Συνήθως, είναι απαραίτητοι κάποιοι διακόπτες για την εμπόδιση της κρυσταλλοποίησης. [10]

1.6 Τροποποιήσεις στον κύκλο απορρόφησης του ψύκτη

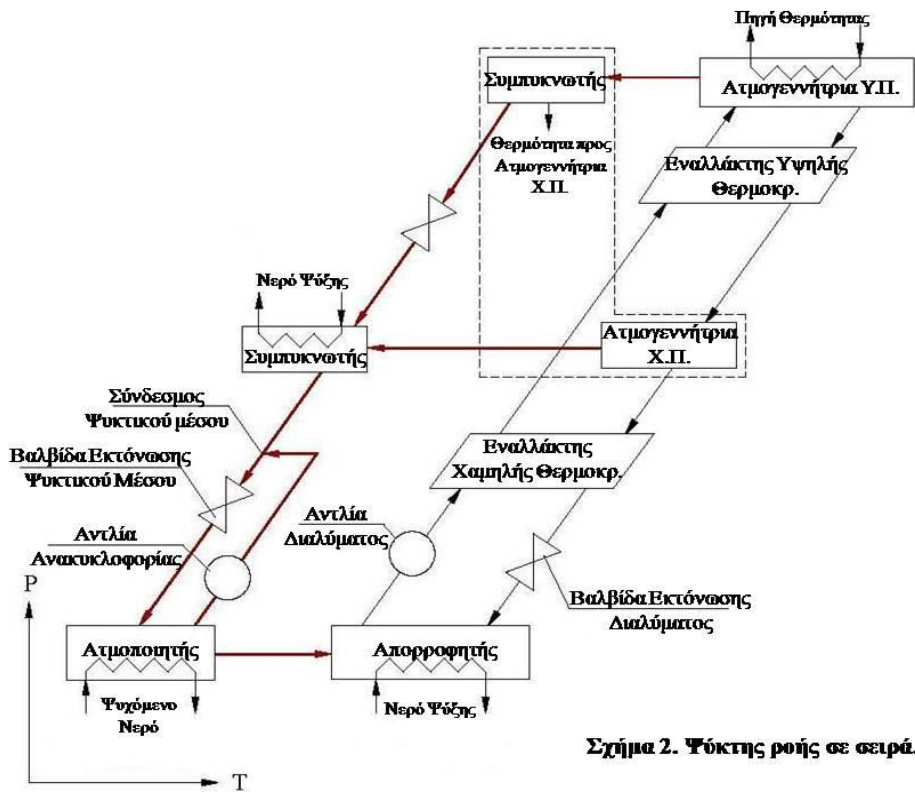
Αρκετές τροποποιήσεις μπορούν να γίνουν στο βασικό κύκλο απορρόφησης του ψύκτη για να μειωθεί η θερμότητα που απαιτείται για να λειτουργήσει ο ψύκτης και για να μειωθεί η έκταση της επιφάνειας μεταφοράς θερμότητας που είναι ενσωματωμένη στη μηχανή.

- Συναλλαγή θερμότητας με αντιρροή μπορεί να γίνει μεταξύ των δύο ροών διαλύματος συνδέοντας τον χαμηλής θερμοκρασίας απορροφητή με την υψηλής θερμοκρασίας ατμογεννήτρια. Αυτή η συναλλαγή μπορεί να μειώσει σημαντικά τις ποσότητες θερμότητας που εμπλέκονται στη λειτουργία και των δύο-λιγότερη θερμότητα θα χρειάζεται να προσφέρεται στην ατμογεννήτρια και λιγότερη θερμότητα θα χρειάζεται να αφαιρείται από τον απορροφητή.
- Ο υδρατμός του ψυκτικού μέσου που εξέρχεται από την ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ατμοποίηση ίσης ποσότητας ψυκτικού μέσου από το αραιό διάλυμα σε μία δεύτερη ατμογεννήτρια που λειτουργεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία και πίεση. Με τη χρήση αυτής της δεύτερης ατμογεννήτριας μειώνεται η απαίτηση θερμότητας του ψύκτη απορρόφησης κατά ένα παράγοντα που προσεγγίζει το 2.
- Μεταφορά θερμότητας μεταξύ του εξατμιζόμενου ψυκτικού μέσου και του ψυχόμενου νερού στον ατμοποιητή μπορεί να διευκολυνθεί επανακυκλοφορώντας το ψυκτικό υγρό πάνω στην επιφάνεια μεταφοράς θερμότητας, μειώνοντας τη θερμοκρασιακή διαφορά και την περιοχή μεταφοράς θερμότητας.

Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα ροής που απεικονίζουν αυτούς τους ψύκτες απορρόφησης. Η ροή του φτωχού διαλύματος από τον απορροφητή στις δύο ατμογεννήτριες μπορεί να είναι είτε παράλληλη είτε σε σειρά. Σε μια διάταξη παράλληλης ροής, το αραιό διάλυμα από τον απορροφητή αντλείται και στην ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας και στην ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας παράλληλα όπως φαίνεται στην Εικόνα 6. Τα πλούσια διαλύματα και από τις δύο ατμογεννήτριες συνδυάζονται και επιστρέφουν στον απορροφητή. Σε μια διάταξη ροής σε σειρά, το διάλυμα από τον απορροφητή αντλείται πρώτα στην ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης και το μερικώς πλούσιο διάλυμα έπειτα ρέει στην ατμογεννήτρια χαμηλής πίεσης και θερμοκρασίας όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.7. Μια διάταξη παράλληλης ροής έχει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι μιας διάταξης ροής σε σειρά. Το φτωχό διάλυμα που ρέει στο κάθε εναλλάκτη θερμότητας είναι μόνο το μισό από εκείνο στη διάταξη ροής σε σειρά. Γενικά, η παράλληλη διάταξη απαιτεί μια χαμηλότερη θερμότητα εισόδου απ' ό,τι η διάταξη σε σειρά. [10]



Εικόνα 1.6 : Διάγραμμα ψύκτη παράλληλης ροής [10]



Εικόνα 1.7 : Διαγραμμα ψυκτη για ποι σε σειρά [10]

1.7 Θεωρητική προσέγγιση ψυκτικού κύκλου LiBr/H₂O

Αρχή Λειτουργίας Στοιχειώδους Ψυκτικής Διάταξης H₂O-LiBr.

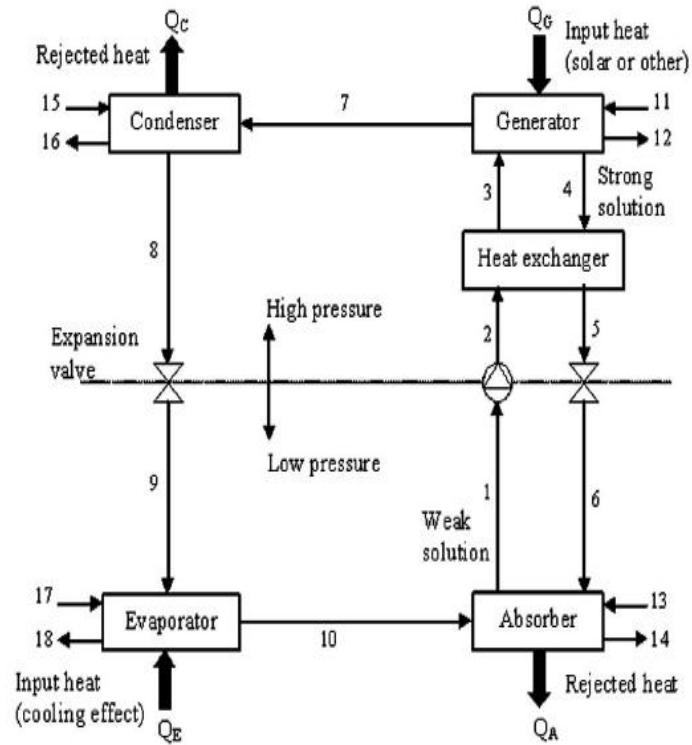
Η αρχή λειτουργίας των διατάξεων αυτών απεικονίζεται στην Εικόνα 1.8. Στην ατμογεννήτρια προσδίδεται έξωθεν η θερμική ενέργεια $Q_{Γ}$, που ατμοποιεί το ασθενές μέσο απορρόφησης το οποίο έχει προωθηθεί στην ατμογεννήτρια με την βοήθεια της αντλίας διαλύματος. Η ατμοποίηση έχει ως αποτέλεσμα τον πλήρη διαχωρισμό του διμερούς μίγματος και την παραγωγή υδρατμών που οδεύουν προς τον συμπυκνωτή.

Η σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο διμερών μιγμάτων είναι η ακόλουθη: Στην περίπτωση του ζεύγους NH₃-H₂O το μέσο απορρόφησης (H₂O) έχει ίδια τάση ατμών και στην ατμογεννήτρια παράγεται μίγμα ατμών αμμωνίας και νερού, το οποίο απαιτεί αναβελτίωση για την παροχή προς τον συμπυκνωτή σχετικά αμιγούς ατμού ψυκτικού μέσου. Αντίθετα το μίγμα νερό-δ/μα LiBr χρησιμοποιεί ως μέσο απορρόφησης άλας (LiBr), το οποίο στερείται ίδιας τάσης ατμών και έτσι στην ατμογεννήτρια παράγεται άμεσα μόνο ατμός ψυκτικού μέσου (υδρατμός) χωρίς να απαιτείται ουδεμία αναβελτίωση.

Κατόπιν το ισχυρό μέσο απορρόφησης (LiBr) απομακρύνεται από την ατμογεννήτρια και μέσω της στραγγαλιστικής βαλβίδας επιστρέφει στον απορροφητή. Ο υδρατμός οδηγείται στον συμπυκνωτή όπου συμπυκνείται αποβάλλοντας την θερμότητα συμπύκνωσης. Το συμπύκνωμα πηγαίνει προς το τμήμα της εγκατάστασης με την χαμηλή πίεση μέσω δεύτερης βαλβίδας στραγγαλισμού και στην συνέχεια παράγει δι'ατμοποίησής του στον ατμοποιητή την ψυκτική ισχύ. Τέλος ο ατμός χαμηλής πίεσης που παράγεται στο στοιχείο ατμοποίησης ρέει προς τον απορροφητή όπου και απορροφάται από το ισχυρό μέσο απορρόφησης. Προϊόν της απορρόφησης αυτής είναι το ασθενές μέσο απορρόφησης το οποίο με την αντλία διαλύματος καταθλίβεται εκ νέου προς την ατμογεννήτρια.

Η θερμοκρασία παραγωγής ψυκτικής ισχύος εξαρτάται από την πίεση που επικρατεί στον ατμοποιητή. Περαιτέρω όμως η πίεση αυτή εξαρτάται από την σύνθεση του ισχυρού μέσου απορρόφησης στον απορροφητή καθώς και από την θερμοκρασία στον απορροφητή. Για να υπάρξει απορρόφηση των υδρατμών από το δ/μα άλατος LiBr πρέπει η πίεση ατμοποίησης να είναι μεγαλύτερη από την μερική πίεση των υδρατμών που βρίσκονται πάνω από το δ/μα LiBr στον απορροφητή.

Μια πραγματική ψυκτική εγκατάσταση απορρόφησης με εργαζόμενο ζεύγος H₂O-LiBr εκτός από τα στοιχεία που απεικονίζονται στην εικ.1.9 περιλαμβάνει και έναν εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος μεταφέρει θερμότητα από το θερμό ισχυρό μέσο απορρόφησης προς το ασθενές που οδεύει προς την ατμογεννήτρια. Επίσης περιλαμβάνει και έναν δεύτερο εναλλάκτη θερμότητας μεταξύ του θερμού συμπυκνώματος και του ψυχρού ατμού που εξέρχεται από τον ατμοποιητή. Ο δεύτερος αυτός εναλλάκτης λέγεται Εναλλάκτης Πρόψυξης. [8]



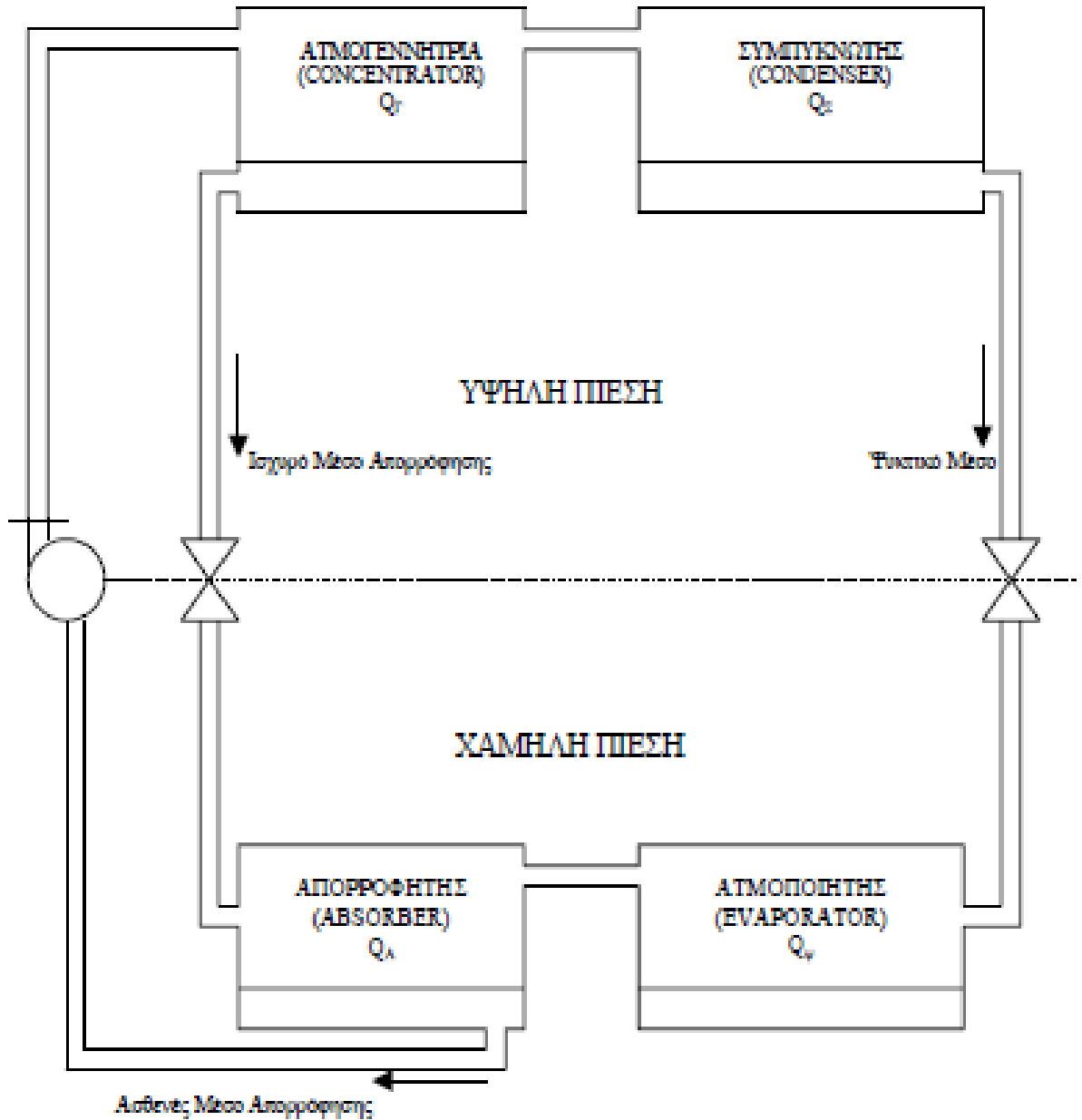
Εικόνα 1.8 : Διάγραμμα ψυκτικής μονάδας LiBr-νερού [9]

Θερμοδυναμική Απεικόνιση Ψυκτικού Κύκλου $H_2O - LiBr$.

Η παράσταση των μεταβολών του διαλύματος γίνεται συνήθως σε διάγραμμα με άξονες την κατά μάζα συγκέντρωση και την πίεση. Ένα παράδειγμα παρόμοιου διαγράμματος δίνεται στην εικ 1.10. Η μεταβολή ab απεικονίζει την θέρμανση του ασθενούς μέσου απορρόφησης στον εναλλάκτη θερμότητας. Η περαιτέρω θέρμανση από το σημείο b μέχρι την «υψηλή» πίεση γίνεται εντός της ατμογεννήτριας, όπου στην συνέχεια έχουμε την παραγωγή ατμού ψυκτικού μέσου κατά μήκος της ισόθλιπτης μέχρι το σημείο c . Η ψύξη του ισχυρού μέσου απορρόφησης παρίσταται δια της μεταβολής cd και η ακολουθούσα απορρόφηση δια της μεταβολής da .

Οι μεταβολές αυτές λαμβάνουν χώρα μεταξύ διαλυμάτων συγκέντρωσης 61% και 65%. Από την εικ.1.10 είναι εμφανές ότι το σημείο d βρίσκεται κοντά στην οριακή γραφή κρυστάλλωσης του δ/τος LiBr και πρέπει να ληφθεί μέριμνα για την αποφυγή αυτής. Η εμφάνιση κρυστάλλων οι οποίοι προκαλούν ακόμα και διακοπή λειτουργίας είναι ένα από τα προβλήματα των διατάξεων αυτών.

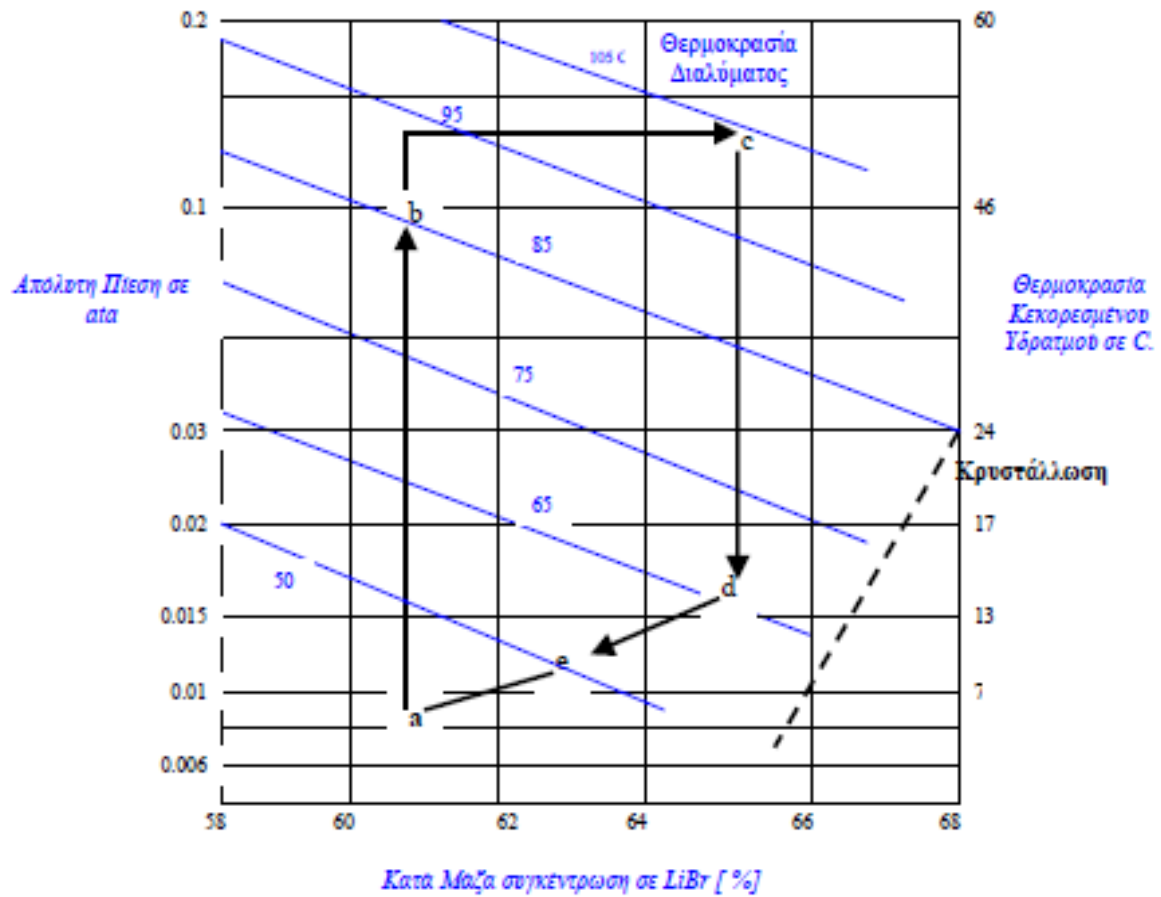
Τέλος για μεγαλύτερη ασφάλεια λειτουργίας χρησιμοποιείται ανάμιξη του ισχυρού μέσου απορρόφησης, που προέρχεται από την ατμογεννήτρια με διάλυμα από τον απορροφητή προ της εισόδου αυτού στον απορροφητή. Είναι προφανές ότι η ανάμιξη εδώ επιτρέπει την χρήση μεγαλύτερης συγκεντρώσεως για το ισχυρό μέσο απορρόφησης παρά το ότι η πίεση ατμοποίησης παραμένει εξ ίσου χαμηλή όπως και προηγουμένως. [8]



Εικόνα 1.9 : Σχηματική παράσταση στοιχειώδους ψυκτικής διάταξης απορρόφησης νερού – LiBr.

* Κατά ASHRAE :

- Ασθενές Μέσο Απορρόφησης = $\Delta/\mu\alpha$ το οποίο απορρόφησε ατμό ψυκτικού μέσου στον απορροφητή και δεν έχει μεγάλη ικανότητα περαιτέρω απορρόφησης
- Ισχυρό Μέσο Απορρόφησης = $\Delta/\mu\alpha$ που απέδωσε στην ατμογεννήτρια ατμό ψυκτικού μέσου και έτσι αποκτά αυξημένη ικανότητα απορρόφησης ατμού ψυκτικού μέσου εκ νέου. [8]



Εικόνα 1.10 : Παράσταση των μεταβολών του δ/τος LiBr μιας διατάξεως απορρόφησης νερού – δ/τος LiBr.

1.8 Σύγκριση μεθόδου $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ με $\text{LiBr}/\text{H}_2\text{O}$

Συγκρίνοντας έναν απλό ψυκτικό κύκλο με έναν κύκλο απορρόφησης η βασική ιδέα είναι να αποφύγουμε το έργο συμπίεσης. Αυτό το πετυχαίνουμε με το κατάλληλο ζευγάρι που χρησιμοποιούμε ως εργαζόμενο μέσο. Ένας ψύκτης απορρόφησης είναι μια μηχανή η οποία οδηγείται από τη θερμότητα, παράγει κρύο νερό και έτσι έχουμε κυκλοφορία ψυχρού αέρα. Μικρή ή καθόλου μηχανική ενέργεια καταναλώνεται σε ένα ψύκτη απορρόφησης και μικρή ή καθόλου ηλεκτρική ενέργεια απαιτείται. [3]

Στο σύστημα $\text{LiBr}-\text{H}_2\text{O}$ το νερό είναι το ψυκτικό μέσο. Η διατήρηση σταθερής πίεσης πετυχαίνεται με την υγροποίηση του ψυκτικού μέσου στον απορροφητή στη φάση της απορρόφησης. Συνεπώς, η λύση είναι να αποκτήσουμε υψηλή πίεση με μια κοινή αντλία υγρού. Επιπλέον, η θερμότητα στην ηλεκτρογεννήτρια χρησιμοποιείται για να χωρίσει το ψυκτικό μέσο το οποίο έχει χαμηλό σημείο βρασμού. Καυτών τον τρόπο ο ψυχρός ατμός συμπιέζεται χωρίς να χρειάζονται μεγάλα ποσά μηχανικής ενέργειας όπου ένα σύστημα κλιματισμού απαιτεί. [3]

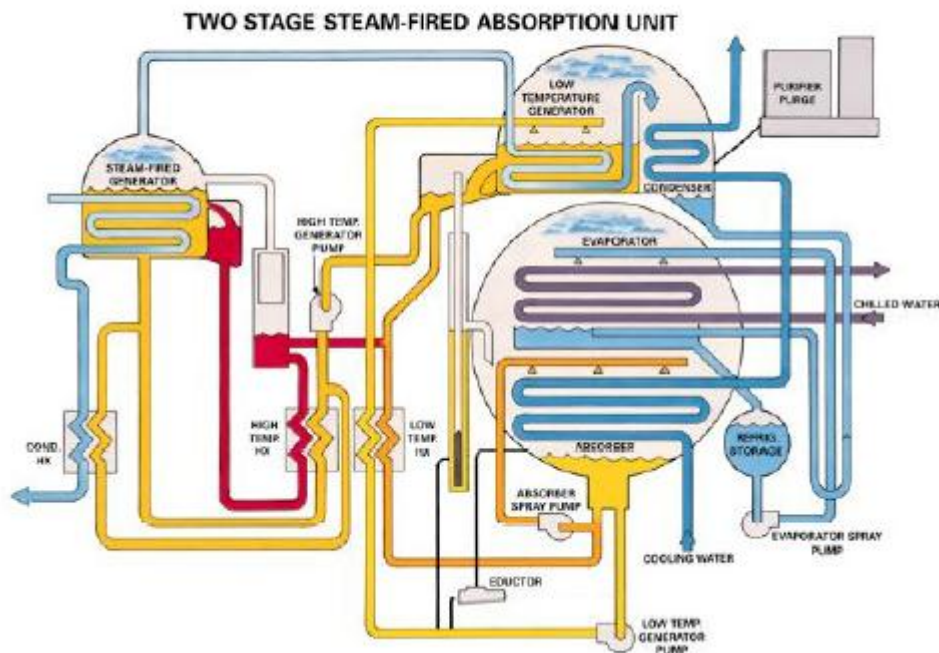
Το σύστημα $\text{NH}_3-\text{H}_2\text{O}$ είναι πιο πολύπλοκο από αυτό του $\text{LiBr}-\text{H}_2\text{O}$ και έτσι χρειάζεται μια διορθωτική στήλη που να εξασφαλίζει ότι το ατμοποιημένο νερό δεν θα εισέρχεται στον ατμοποιητή όπου μπορεί να ψυχτεί. Το σύστημα $\text{NH}_3-\text{H}_2\text{O}$ απαιτεί θερμοκρασίες ηλεκτρογεννήτριας από 125°C έως 170°C με έναν απορροφητή ψυχρού αέρα και έναν συμπυκνωτή με φάσμα θερμοκρασιών από 80 έως 120°C όταν το νερό χρησιμοποιείται ως εργαζόμενο μέσο. Αυτές οι θερμοκρασίες δεν μπορούν να συγκρατηθούν με επίπεδους συλλέκτες. Ο συντελεστής συμπεριφοράς (COP) ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της ψυκτικής ικανότητας προς το τεχνικό έργο (θερμότητα εισαγωγής) κυμαίνεται μεταξύ $0.6-0.7$. [3]

Στο σύστημα $\text{LiBr}-\text{H}_2\text{O}$ το νερό χρησιμοποιείται ως ψυκτικό μέσο στον απορροφητή και στον συμπυκνωτή και έχει υψηλότερο συντελεστή συμπεριφοράς από το σύστημα αμμωνίας-νερού. Ο COP του συστήματος είναι μεταξύ 0.6 και 0.8 . [11] Ένα πλεονέκτημα του συστήματος $\text{LiBr}-\text{H}_2\text{O}$ είναι ότι ο ατμοποιητής δεν μπορεί να λειτουργήσει σε θερμοκρασίες που είναι χαμηλότερες από 5°C εκτός και αν το ψυκτικό μέσο είναι υδρατμός. Στο εμπόριο οι ψύκτες απορρόφησης είναι διαθέσιμοι για εφαρμογές κλιματισμού και συνήθως λειτουργούν με τη λύση του λιθίου-βρωμίου στο νερό και χρησιμοποιούν ατμό ή ζεστό νερό σαν πηγή θερμότητας. Στην αγορά υπάρχουν δυο τύποι ψυκτών ο ένας απλού τύπου και ο άλλος διπλού τύπου. [3]

1.9 Διβάθμια ψυκτική μονάδα απορρόφησης

Οι διβάθμιοι ψύκτες συνήθως τροφοδοτούνται με ατμό πίεσης 100 psig (6.9 bar) και καταναλώνουν περίπου 10 lb/h ατμό για κάθε παραγόμενο RT (1.3 Kgr/h ατμό για κάθε KW ψυκτικής ισχύος). Η πίεση του ατμού μπορεί να κυμανθεί από 144 psig (9.94 bar) μέχρι 60 psig (4.14 bar).

Είναι προφανές ότι όσο χαμηλότερη είναι η πίεση του ατμού τροφοδοσίας του ψύκτη τόσο μεγαλύτερη είναι η πτώση της παραγόμενης ψυκτικής ισχύος και του συντελεστή συμπεριφοράς. Στην Εικόνα 1.11 εικονίζεται ένας διβάθμιος ψύκτης που θερμαίνεται με ατμό. [12]



Εικόνα 1.11 : Διβάθμιος ψύκτης που θερμαίνεται με ατμό [12]

1.10 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα διβάθμιας ψυκτικής μονάδας απορρόφησης

Πλεονεκτήματα ψυκτών απορρόφησης.

- Έχουν ελάχιστη ηλεκτρική κατανάλωση σε αντίθεση με τους συμβατικούς ψύκτες συμπίεσης που έχουν αυξημένες απαιτήσεις ηλεκτρικής ισχύος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ψύκτες απορρόφησης να εμφανίζουν σημαντικά ενεργειακά πλεονεκτήματα κυρίως όταν τροφοδοτούνται από απορριπτόμενη θερμότητα.
- Οι ψυκτικές μονάδες απορρόφησης που τροφοδοτούνται με ατμό ή θερμό νερό μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μονάδες τρι-παραγωγής (παραγωγή ηλεκτρικής, θερμικής και ψυκτικής ισχύος). Έτσι προσφέρουν την δυνατότητα σημαντικής αύξησης του συνολικού βαθμού απόδοσης της μονάδας συμπαραγωγής. Με άλλα λόγια αυτές οι μονάδες συνεισφέρουν τα μέγιστα σε οποιαδήποτε προσπάθεια εξοικονόμησης ενέργειας, μειώνοντας παράλληλα το συνολικό κόστος λειτουργίας.
- Οι ψύκτες απορρόφησης είναι φιλικότεροι προς το περιβάλλον σε σχέση με τους ηλεκτρικούς ψύκτες. Συγκεκριμένα αφού η αρχή λειτουργίας τους δεν στηρίζεται στην χρήση κανενός είδους συμβατικού ψυκτικού μέσου (CFCs, HCFCs και HFCs), έχουν μηδενική επίδραση στην καταστροφή του όζοντος: ODP=0 (Ozone Depletion Potential) και μικρή συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ειδικά οι ψύκτες που τροφοδοτούνται με ατμό ή θερμό νερό έχουν αρκετά μικρότερο GWP (Global Potential Warming-Ολικό Δυναμικό Υπερθέρμανσης του πλανήτη) από τους ψύκτες που έχουν ως καύσιμο αέριο (gas-fired chillers) και εκπέμπουν CO₂, αν και η καύση αερίου και ειδικά φυσικού αερίου θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον αφού δεν παράγονται SO₂, SO, αιθάλη και στερεά σωματίδια, ρύποι ιδιαίτερα ζημιογόνοι για τον ανθρώπινο παράγοντα.
- Οι ψύκτες άμεσης θέρμανσης έχουν την δυνατότητα χρησιμοποίησης διαφόρων καυσίμων (Diesel θέρμανσης, φυσικό αέριο, LPG, βιοαέριο κ.α.). Το γεγονός αυτό καθιστά ιδανική την εγκατάσταση τέτοιων μονάδων για την παραγωγή ψυκτικής ισχύος σε απομακρυσμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει επαρκής ηλεκτρική ισχύς για τους παραδοσιακούς ηλεκτρικούς ψύκτες. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κτίρια με ήδη επιβαρυσμένη εγκατεστημένη ηλεκτρική εγκατάσταση από άλλες ενεργοβόρες διεργασίες. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι, πολλοί από τους καυστήρες που συνοδεύουν τις μηχανές απορρόφησης είναι διπλού καυσίμου (dual fuel) και μπορούν να τροφοδοτηθούν είτε με φυσικό αέριο είτε με πετρέλαιο. Αυτή η ευελιξία είναι ιδιαίτερα ελκυστική σε εφαρμογές όπου το πετρέλαιο είναι εύκολα διαθέσιμο π.χ. απομακρυσμένες περιοχές.
- Οι ψυκτικές εγκαταστάσεις απορρόφησης έχουν ελάχιστα κινούμενα μέρη (αντλίες ανακυκλοφορίας ψυκτικού μέσου/απορροφητή). Για παράδειγμα ένας ψύκτης απορρόφησης 500 RT έχει 3 αντλίες που καταναλώνουν περίπου 5 hp (3.7 KW) ανά ώρα. Επομένως έχουν μεγάλο μηχανικό βαθμό απόδοσης, μικρές απαιτήσεις εποπτείας και συντήρησης και υψηλή αξιοπιστία.

- Τέλος παρουσιάζουν χαμηλά επίπεδα θορύβου και κραδασμών. Ένας ψύκτης απορρόφησης ακούγεται όπως ένας ιδίου μεγέθους λέβητας με θορύβους σπηλαίωσης. Οπότε λόγω ανυπαρξίας ταλαντώσεων και θορύβου δεν απαιτείται απομόνωση των κραδασμών και ηχομόνωση του χώρου εγκατάστασης της ψυκτικής μηχανής.

Μειονεκτήματα ψυκτών απορρόφησης.

- Έχουν χαμηλό συντελεστή συμπεριφοράς (COP) σε σχέση με τους ηλεκτρικούς ψύκτες: Ψύκτης Απορρόφησης COP=0.73-1.23. Συμβατικός Ψύκτης COP=2.37.
- Οι ψύκτες απορρόφησης αποβάλλουν μεγαλύτερο ποσό θερμότητας προς το περιβάλλον από ότι οι συμβατικές μονάδες ψύξης. Αυτό αποδεικνύεται ως εξής :
 1. Η θερμική ισχύς που παρέχεται μέσω του ατμού στην ατμογεννήτρια του ψύκτη απορρόφησης είναι : $Q_{\text{ατμού}}=Q_{\psi}/\text{COP}$ όπου Q_{ψ} είναι η παραγόμενη ψυκτική ισχύς και COP είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς της ψυκτικής μονάδας.
 2. Η θερμότητα συμπύκνωσης που απορρίπτεται στο περιβάλλον μέσω του πύργου ψύξης είναι : $Q_{\Sigma}=Q_{\text{ατμού}}+Q_{\psi}$. Οπότε αντικαθιστώντας στην 2η σχέση το $Q_{\text{ατμού}}$ από την 1η σχέση προκύπτει ότι : $Q_{\Sigma} = Q_{\psi}*[1+(1/\text{COP})]$
 3. Άρα για τις ανωτέρω τιμές του COP στους ψύκτες απορρόφησης, το απορριπτόμενο ποσό θερμότητας είναι από 1.8 έως 2.5 φορές μεγαλύτερο από την παραγόμενη ψυκτική ισχύ. Αντίθετα στους συμβατικούς ψύκτες το ποσό θερμότητας που απορρίπτεται στο περιβάλλον είναι 30%-40% μεγαλύτερο από την ψυκτική ισχύ. Επομένως απαιτείται η εγκατάσταση μεγαλύτερων πύργων ψύξης στις εγκαταστάσεις με απορρόφηση.
- Έχουν σημαντικά μεγαλύτερο μέγεθος σε σχέση με τις κλασικές ψυκτικές διατάξεις. Ένας ψύκτης απορρόφησης καταλαμβάνει 50% μεγαλύτερη επιφάνεια από ότι ένας ηλεκτρικός ψύκτης ίδιας ισχύος, με αποτέλεσμα την κάλυψη μεγάλου μέρους του μηχανοστασίου.
- Τέλος έχουν μεγαλύτερο κόστος αγοράς και εγκατάστασης ανά KW σε σχέση με τους συμβατικούς ψύκτες συμπίεσης. [12]

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

2.1 Περιγραφή εγκατάστασης φυσικού αερίου

Αντικείμενο της έκθεσης αυτής είναι η σχεδίαση της εγκατάστασης του φυσικού αερίου. Η εγκατάσταση των δικτύων έχει μελετηθεί σύμφωνα με τον κανονισμό εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου για μέση πίεση λειτουργίας και περιλαμβάνει:

- α) 1 μετρητής αερίου της ΕΠΑ Αττικής
- β) Ανεξάρτητο δίκτυο σωληνώσεων που ξεκινά από τον μετρητή και καταλήγει στα σημεία λήψεων.
- γ) Ανεξάρτητο δίκτυο, που ξεκινά από τον κοινόχρηστο μετρητή και καταλήγει στο λέβητα .
- δ) Διατάξεις αερισμού και καμινάδων για τις προβλεπόμενες συσκευές.

2.1.1 Δίκτυα σωληνώσεων

- α) Για την κατασκευή των δικτύων
 - Χρησιμοποιείται Χαλυβδοσωλήνας μεσαίου τύπου σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10217-1-2 ή ΕΛΟΤ EN 10216-1-2(χωρίς ραφή) .
 - Οι συνδέσεις των σωληνώσεων γίνονται με σπείρωμα σύμφωνα με το πρότυπο EN 10266-1.
 - Τα στεγανοποιητικά του σπειρώματος (αν υπάρχει) θα είναι σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 751-1-2-3.
 - Τα εξαρτήματα των σωληνώσεων είναι σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10242 ή ΕΛΟΤ EN 10241.

β) Τα δίκτυα φυσικού αερίου απέχουν από τα δίκτυα ύδρευσης τουλάχιστον 5cm και από τα ηλεκτρικά δίκτυα 10cm. Επίσης, τα δίκτυα γειώνονται κατάλληλα.

γ) Τα δίκτυα είναι ορατά και εγκαθίστανται σύμφωνα με τις υποδείξεις του κανονισμού εσωτερικών εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1bar (ΦΕΚ963/Β 15-07-03)

δ) Στην αρχή κάθε δικτύου, καθώς και σε κάθε σημείο λήψης, εγκαθίστανται διακόπτες, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 331.

2.1.2 Συσκευές αερίου

α) Οι συσκευές αερίου που είναι:

Είδος	Πλήθος	Τύπος	Ισχύς(KW)
Λέβητας επιτ.& ταχυθερμ.24 kW	1	C32	24.0
Ψυκτική μονάδα απορρόφησης 16 kW	1	B11	16.0

β) Οι συσκευές αερίου συνδέονται με το δίκτυο σταθερά που μπορούν να συνδεθούν και με εύκαμπτο σύνδεσμο κατά DIN 3383 ή DIN 3384

2.1.3 Υπολογισμός δικτύων

α) Η πίεση λειτουργίας του δικτύου είναι **20mbar*** και η συνολική πτώση πίεσης σε λειτουργία λόγω τριβών δεν θα υπερβαίνει τα **300mbar**.

Η μέγιστη ταχύτητα ροής του αερίου εντός των σωληνώσεων δεν θα υπερβαίνει τα 6m/sec.

β) Οι διατομές και τα μήκη των σωληνώσεων των δικτύων, φαίνονται στα σχέδια και αιτιολογούνται στους συνημμένους υπολογισμούς.

γ) Στα σχέδια σημειώνονται επίσης η θέση και το είδος του λοιπού εξοπλισμού του δικτύου

* για πίεση λειτουργίας > 50mbar χρειάζεται κατ' αρχήν έγκριση από την ΕΠΑ ΑΤΤΙΚΗΣ

2.1.4 Καπναγωγοί-καπνοδόχοι

α) Η καμινάδα του λέβητα παρέχεται από τον κατασκευαστή και μονώνεται όπου απαιτείται.

β) Οι θέσεις των καπναγωγών και των καπνοδόχων των συσκευών, όπου απαιτούνται για την απαγωγή των καυσαερίων, καθώς και οι διαστάσεις τους φαίνονται στα σχέδια.

γ) Οι αγωγοί των καυσαερίων θα πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 20cm από τα ανοίγματα του κτιρίου

2.1.5 Πυροπροστασία

Για την μελέτη εσωτερικής εγκατάστασης φυσικού αερίου ελήφθησαν υπ' όψιν τα στοιχεία και οι περιορισμοί της μελέτης πυροπροστασίας του κτιρίου.

2.1.6 Καθοδική προστασία

Λόγω μη ύπαρξης υπόγειας όδευσης μεγαλύτερης των 20μέτρων δεν απαιτείται σχετική μελέτη καθοδικής προστασίας.

2.2 Περιγραφή εγκατάστασης νερού

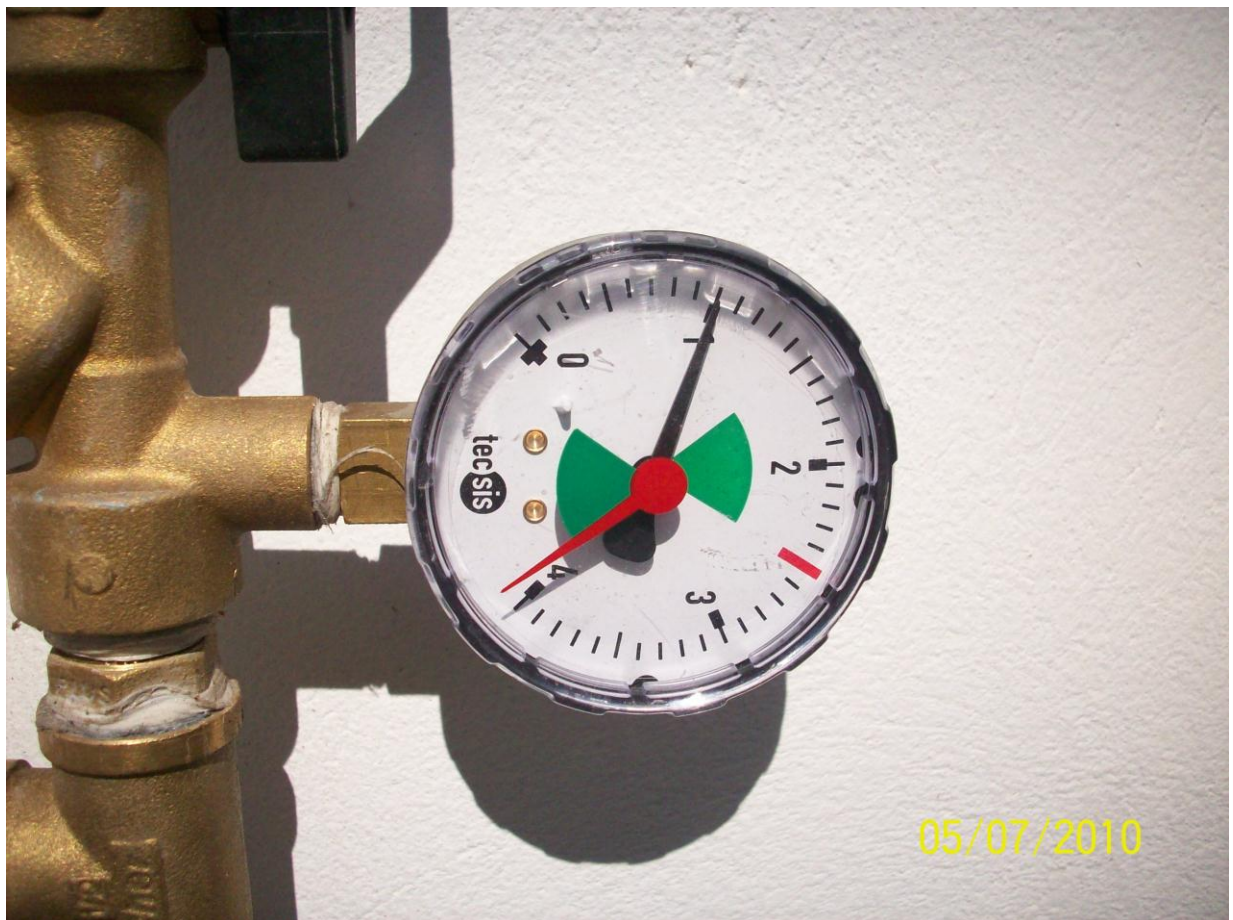
Από την κεντρική παροχή του κτιρίου Ζ ενώνεται σωλήνας νερού που φτάνει στην ταράτσα του κτιρίου Ζ στον πρώτο όροφο. Η σωλήνα τρέχει περίπου 3 μετρά από το έδαφος στο μέτωπο του τοίχου της ταράτσας φτάνοντας στη ψυκτική μονάδα. Στη σωλήνωση παρεμβάλλονται δυο βάνες σε σειρά, ένα μανόμετρο και ένα δοχείο υπερπλήρωσης σε περίπτωση μεγάλης παροχής νερού στους σωλήνες. Το υλικό της σωλήνωσης είναι από ρnc μαύρου χρώματος με επικάλυψη για προστασία. Όλα τα παραπάνω φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί με την πραγματική απεικόνιση του κυκλώματος του νερού.



Εικόνα 2.1 : Πραγματική απεικόνιση κυκλώματος νερού.



Εικόνα 2.2 : Βάνα ροής στο κύκλωμα του νερού.



Εικόνα 2.3 : Μανόμετρο για μέτρηση πίεσης στο κύκλωμα του νερού.



Εικόνα 2.4 : Δοχείο υπερπλήρωσης.

2.3 Περιγραφή λέβητα αερίου

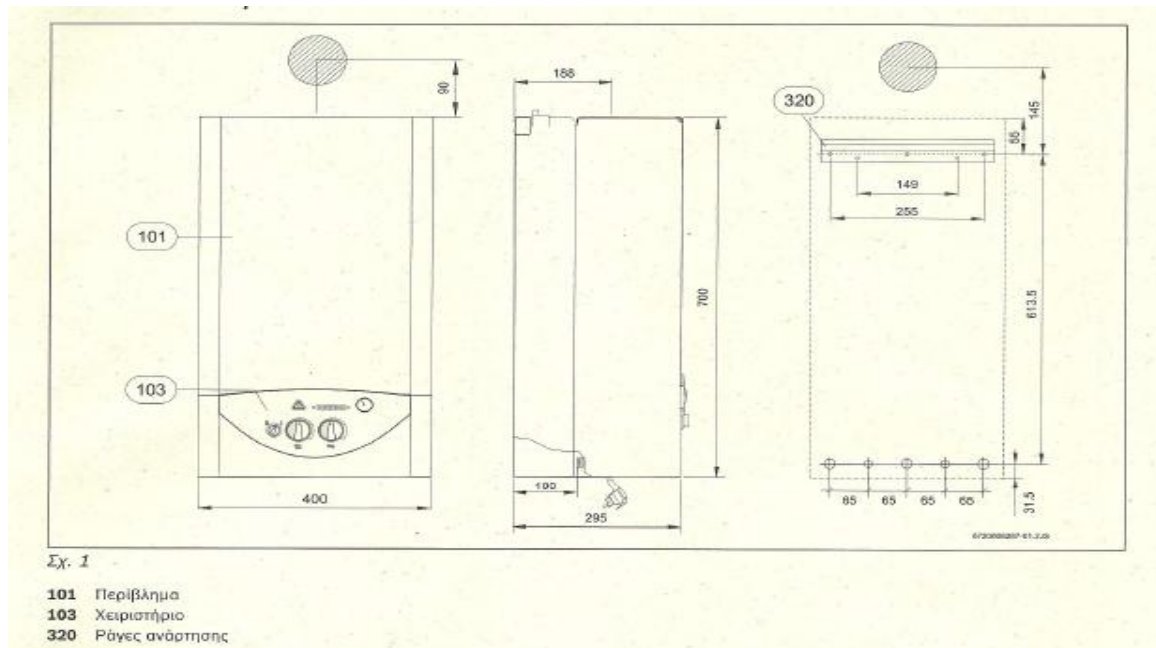
Η συσκευή αυτή ανταποκρίνεται στις ισχύουσες διατάξεις των Ευρωπαϊκών Οδηγιών 90/396/ΕΟΚ, 92/42/ΕΟΚ, 89/336 ΕΟΚ και στο κατασκευαστικό πρότυπο που περιγράφεται στο πιστοποιητικό δοκιμής των κατασκευαστικών προτύπων της ΕΕ.

Το είδος της συσκευής είναι C 32 και περιλαμβάνει :

- Τη συσκευή
- Ενδείξεις θερμοκρασίας, λειτουργίας καύσης και βλαβών
- Ατμοσφαιρικός καυστήρας για φυσικό αέριο
- Ηλεκτρονική έναυση
- Κυκλοφορητής με αυτόματο εξαεριστικό
- Δοχείο διαστολής
- Αισθητήρας και ρυθμιστής ποσότητας νερού
- Μανόμετρο
- Διατάξεις ασφαλείας
- Επιτήρηση φλόγας (επιτήρηση ιονισμού)
- Βαλβίδα ασφαλείας (υπερπίεση στο κύκλωμα θέρμανσης)
- Οριακός θερμοστάτης ασφαλείας
- Ηλεκτρική σύνδεση : 230V, 50Hz

2.3.1 Διαστάσεις λέβητα αερίου

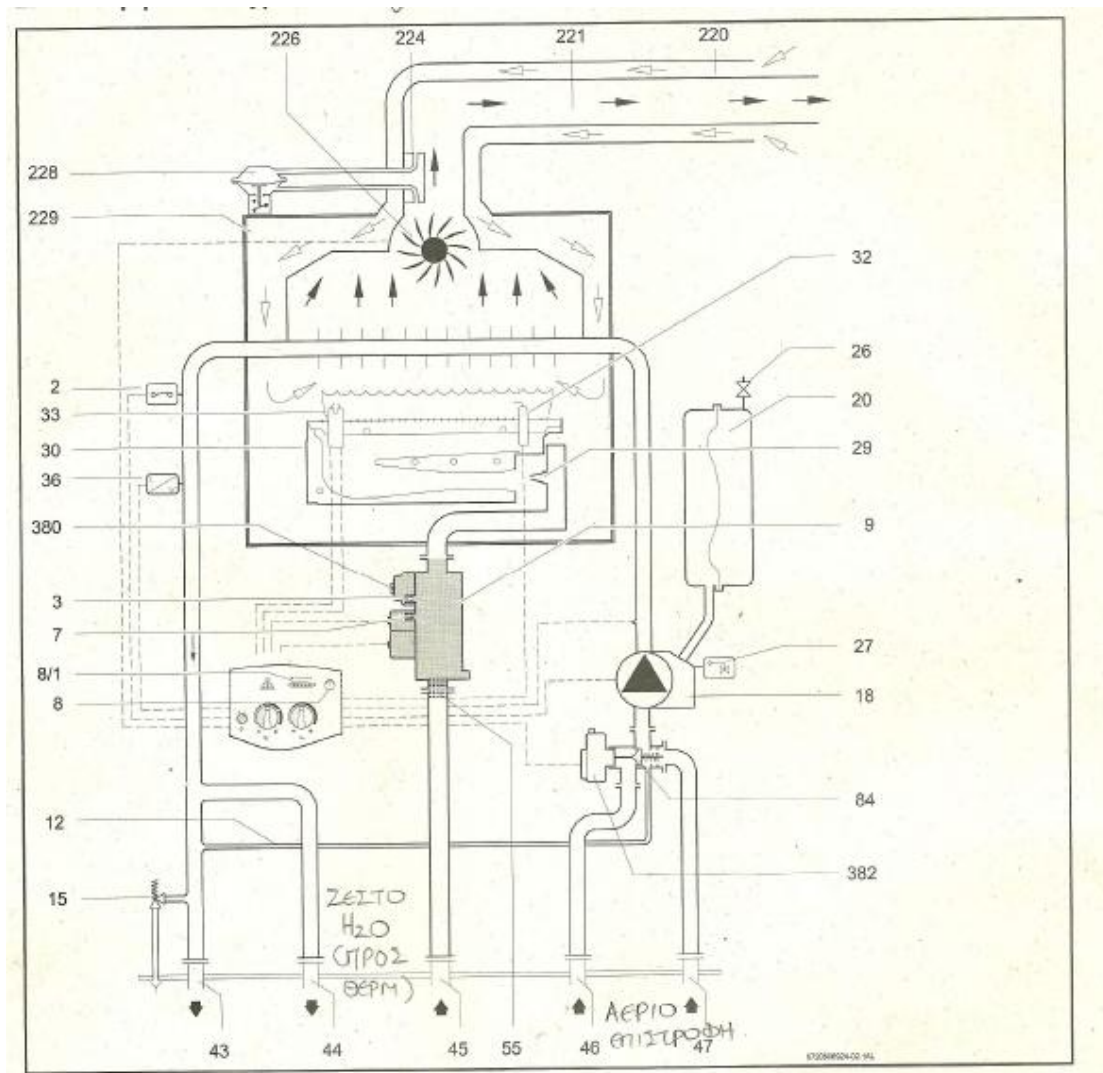
Οι διαστάσεις της συσκευής είναι :



Εικόνα 2.5 : Διαστάσεις λέβητα αερίου.

2.3.2 Δομή λέβητα αερίου

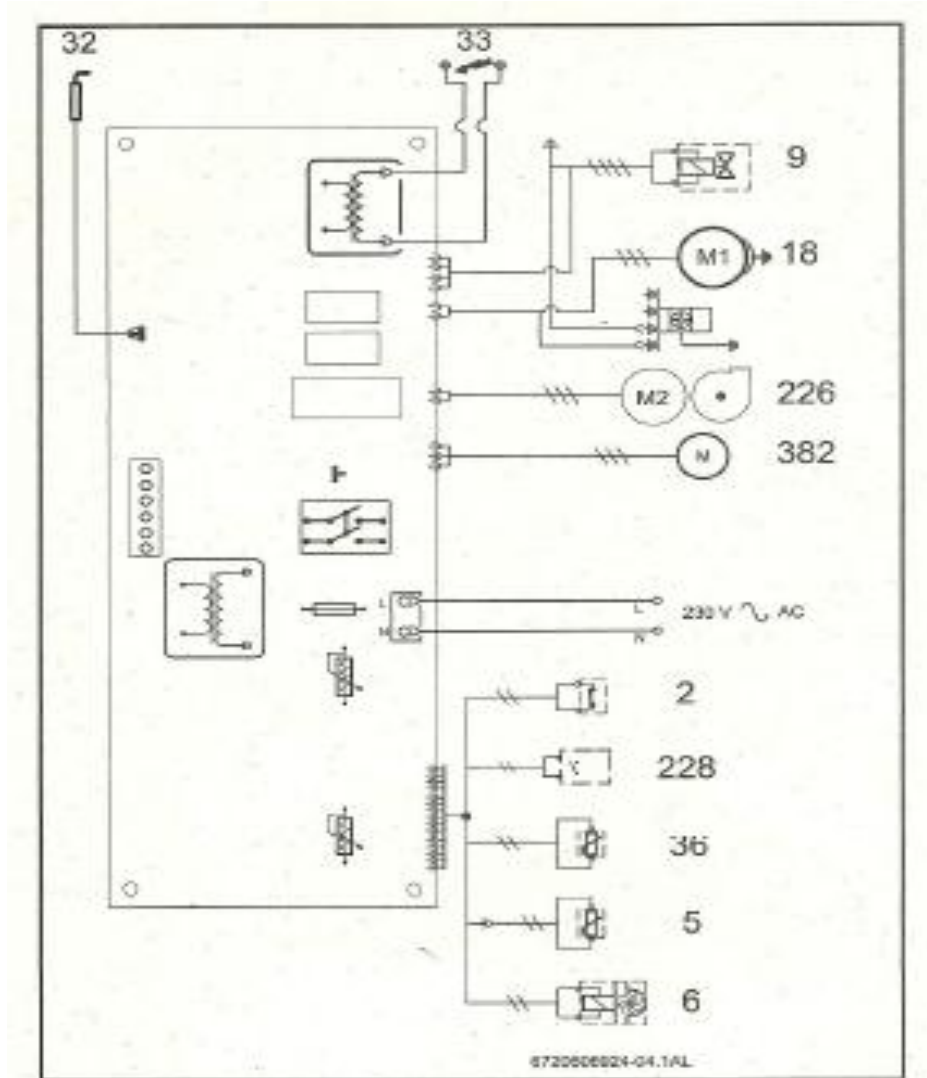
Η δομή του εξεταζόμενου λέβητα φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικόνα 2.6 : Δομή λέβητα αερίου.

2.3.3 Ηλεκτρική καλωδίωση λέβητα αερίου

Η ηλεκτρική καλωδίωση είναι :



- 2 Οριακός θερμοστάτης ασφαλείας
- 5 Αισθητήρας θερμοκρασίας ζεστού νερού χρήσης
- 6 Αισθητήρας ροής νερού
- 9 Οπλισμός αερίου
- 18 Κυκλοφορητής
- 32 Ηλεκτρόδιο επιτήρησης
- 33 Ηλεκτρόδιο έναυσης
- 36 Αισθητήρας θερμοκρασίας θέρμανσης (NTC)
- 226 Ανεμιστήρας
- 228 Διακόπτης διαφοράς πίεσης
- 382 Κινητήρας για την τρίοδη βαλβίδα μεταγωγής

Εικόνα 2.7 : Ηλεκτρική καλωδίωση λέβητα αερίου.

2.3.4 Λειτουργία λέβητα αερίου

Όταν ζητηθεί θέρμανση από το θερμοστάτη του λέβητα :

- Ξεκινά ο κυκλοφορητής (18)
- Ανοίγει ο οπλισμός αερίου (9)
- Η τρίοδη βαλβίδα μεταγωγής (84) ανοίγει την επιστροφή θέρμανσης (47)

Μόλις ανοίξει ο οπλισμός αερίου (9) η πλακέτα ενεργοποιεί τη διάταξη ανάφλεξης :

- Στα δυο ηλεκτρόδια (33) δημιουργείται ένας σπινθήρας ανάφλεξης υψηλής τάσης, ο οποίος αναφλέγει το μίγμα αέρος – αερίου.
- Ένα ηλεκτρόδιο ιονισμού (32) αναλαμβάνει την επιτήρηση φλόγας.

Η διακοπή λειτουργίας σε περίπτωση υπέρβασης του χρόνου ασφαλείας.

Αν εντός χρόνου ασφαλείας 10 δευτερόλεπτων δεν σχηματιστεί φλόγα, ακολουθεί μια δεύτερη δοκιμή ανάφλεξης. Αν αποτύχει και αυτή η δοκιμή, διακόπτεται η λειτουργία για λόγους ασφαλείας. Η πλακέτα ελέγχει τη θερμοκρασία προσαγωγής δια μέσου αισθητήρα NTC (36). Σε περίπτωση πολύ υψηλής θερμοκρασίας ο οριακός θερμοστάτης ασφαλείας διακόπτει τη λειτουργία για λόγους ασφαλείας.

Για το ζεστό νερό χρήσης στη συγκεκριμένη συσκευή ο αισθητήρας ροής νερού (6) στέλνει ένα σήμα στην πλακέτα. Το σήμα έχει σαν αποτέλεσμα :

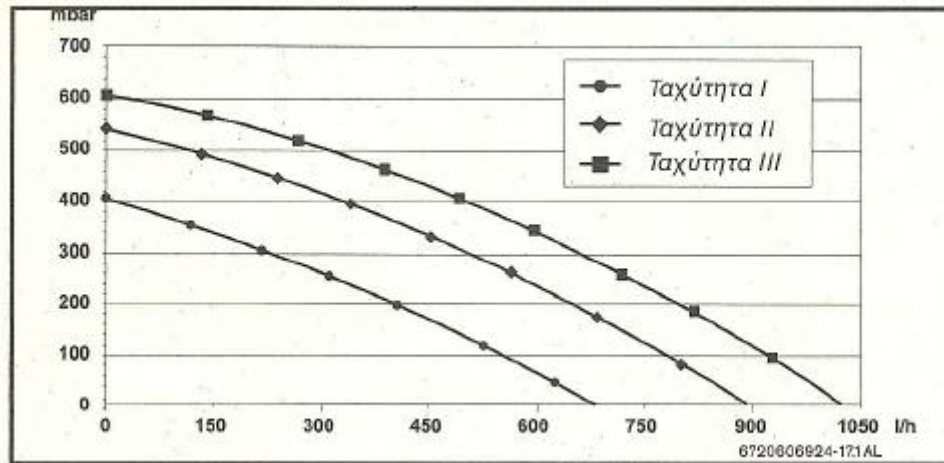
- Την ανάφλεξη του καυστήρα.
- Τη θέση σε λειτουργία του κυκλοφορητή (18)
- Η τρίοδη βαλβίδα μεταγωγής (84) φράζει το κύκλωμα θέρμανσης.

Η πλακέτα επιτηρεί τη θερμοκρασία του νερού δια μέσου του αισθητήρα NTC (5) και ρυθμίζει την ισχύ του καυστήρα ανάλογα με τις εκάστοτες ανάγκες. Όταν ο αισθητήρας θερμοκρασίας στον κυκλοφορητή αναγνωρίσει μια πολύ χαμηλή θερμοκρασία :

- Ξεκινά ο κυκλοφορητής (18)
- Ο καυστήρας ανάβει
- Η τρίοδη βαλβίδα μεταγωγής (382) φράζει το κύκλωμα θέρμανσης και γεμίζει τον κυκλοφορητή με ζεστό νερό.

Ο κυκλοφορητής, όταν στη συσκευή δεν έχει συνδεθεί θερμοστάτης, θερμοστάτης χώρου ή χρονοδιακόπτης, ξεκινά μόλις η συσκευή τεθεί στη λειτουργία θέρμανσης. Όταν υπάρχει θερμοστάτης χώρου ή χρονοδιακόπτης ο κυκλοφορητής ξεκινά όταν :

- Η θερμοκρασία χώρου είναι πιο χαμηλή από εκείνη που έχει ρυθμιστεί στο θερμοστάτη
- Η συσκευή έχει τεθεί σε λειτουργία και η θερμοκρασία χώρου είναι πιο χαμηλή από εκείνη που έχει ρυθμιστεί στο θερμοστάτη
- Η συσκευή βρίσκεται στη λειτουργία μείωσης και η θερμοκρασία είναι πιο χαμηλή από τη θερμοκρασία μείωσης. [13]



Εικόνα 2.8 : Χαρακτηριστική καμπύλη κυκλοφορητή.

Τέλος, η συσκευή διαθέτει ένα δοχείο διαστολής με χωρητικότητα 6λίτρα και πίεση πλήρωσης 0,75bar, το οποίο εξουδετερώνει τις αυξήσεις της πίεσης που προκαλούνται από τις αντίστοιχες αυξήσεις της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της συσκευής. Υπό μέγιστη θερμοκρασία προσαγωγής ζεστού νερού 90°C καθορίζεται ο μέγιστος όγκος νερού της εγκατάστασης με βάση τη μέγιστη πίεση της εγκατάστασης θέρμανσης. [13]

Μέγιστη πίεση (bar)	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Όγκος νερού (lt)	150	143	135	127	119	111

Πίνακας 2.1 : Χαρακτηριστικές τιμές δοχείου διαστολής.

2.3.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά λέβητα αερίου

	Μονάδα	OS/OW 24-1 AE ..
Ισχύς		
Ζεστό νερό		
- Ονομαστική θερμική ισχύς	kW	7,0 - 24,0
- Ονομαστική θερμική φόρτιση		8,4 - 26,5
Θέρμανση		
- Ονομαστική θερμική ισχύς	kW	10,0 - 24,0
- Ονομαστική θερμική φόρτιση		11,9 - 26,5
Βαθμοί απόδοσης		
Βαθμός απόδοσης W-Eta σε 100% ονομαστική ισχύ	%	92,2
Βαθμός απόδοσης W-Eta σε 30% ονομαστική ισχύ	%	88,8
Κατανάλωση		
Φυσικό αέριο H ($H_{\text{UB}} = 9,5 \text{ kWh/m}^3$)	m^3/h	2,8
Υγραέριο H ($H_{\text{U}} = 12,8 \text{ kWh/kg}$)	kg/h	2,0
Επιτρεπτή τιμή πίεσης για σύνδεση αερίου		
Φυσικό αέριο H	mbar	17 - 25
Υγραέριο	mbar	28 - 37
Δοχείο διαστολής		
Πίεση δοχείου	bar	0,75
Συνολικός όγκος	l	6
Χαρακτηριστικά καυσαερίων		
Μάζα καυσαερίων	kg/h	57
Θερμοκρασία καυσαερίων (μέτρηση στην έξοδο του λέβητα)	$^{\circ}\text{C}$	205
Θερμοκρασία καυσαερίων (μέτρηση στην έξοδο καπναγωγού 4 m)	$^{\circ}\text{C}$	140
Θέρμανση		
Θερμοκρασία	$^{\circ}\text{C}$	45 - 80
Μέγιστη πίεση	bar	3
Ονομαστικός όγκος νερού σε $\Delta t = 20 \text{ K}$, 18 kW	l/h	800
Ελάχιστο ύψος στάθμης παραχής στον ονομαστικό όγκο νερού	bar	0,2
Παραγωγή ζεσταυ νερού (OW ..)		
Θερμοκρασία	$^{\circ}\text{C}$	40 - 60
μέγιστη πίεση νερού	bar	10
μέγιστη παραχή νερού	l/min	10
Μέγιστη ροή νερού για 60 $^{\circ}\text{C}$ (10 $^{\circ}\text{C}$ θερμοκρασία εισόδου)	l/min	8,6

Εικόνα 2.9 : Τεχνικά χαρακτηριστικά λέβητα αερίου.

	Μονάδα	OS/OW 24-1 ΑΕ ..
Ελάχιστη πίεση νερού	bar	0,35
Ειδική ροή νερού (D) για $\Delta t = 30K$, σύμφωνα με την EN625 ¹⁾	l/min	11,8
Γενικά		
Διαστάσεις (H x B x T)	mm	700 x 400 x 295
Βάρος, χωρίς συσκευασία	kg	33,3
ηλεκτρική τάση	VAC	230
συχνότητα	Hz	50
κατανάλωση	W	130
Κατηγορία προστασίας	IP	X4D
ελέγχθηκε σύμφωνα με τον κανονισμό	EN	483

Εικόνα 2.10 : Τεχνικά χαρακτηριστικά λέβητα αερίου συνέχεια.



Εικόνα 2.11 : Λέβητας αερίου εγκατάστασης – εσωτερικά.



Εικόνα 2.12 : Λέβητας αερίου εγκατάστασης.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΨΥΚΤΙΚΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ ΒCΤ-16

3.1. Γενικά

Ο ψύκτης απορρόφησης που μελετάμε είναι ένας διβάθμιος, παράλληλης ροής ψύκτης που χρησιμοποιεί ως ψυκτικό μέσο νερό και ως διάλυμα βρωμιούχο λίθιο (LiBr), ενώ η θερμότητα που είναι αναγκαία για τη λειτουργία του παρέχεται από ένα καυστήρα φυσικού αερίου. Ο ψύκτης παράγεται από την εταιρία Broad Co. και έχει ψυκτική ικανότητα 16kW.

Στις εικόνες φαίνεται ο ψύκτης απορρόφησης που έχει εγκατασταθεί από το Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Θερμοδυναμικής του ΕΜΠ.

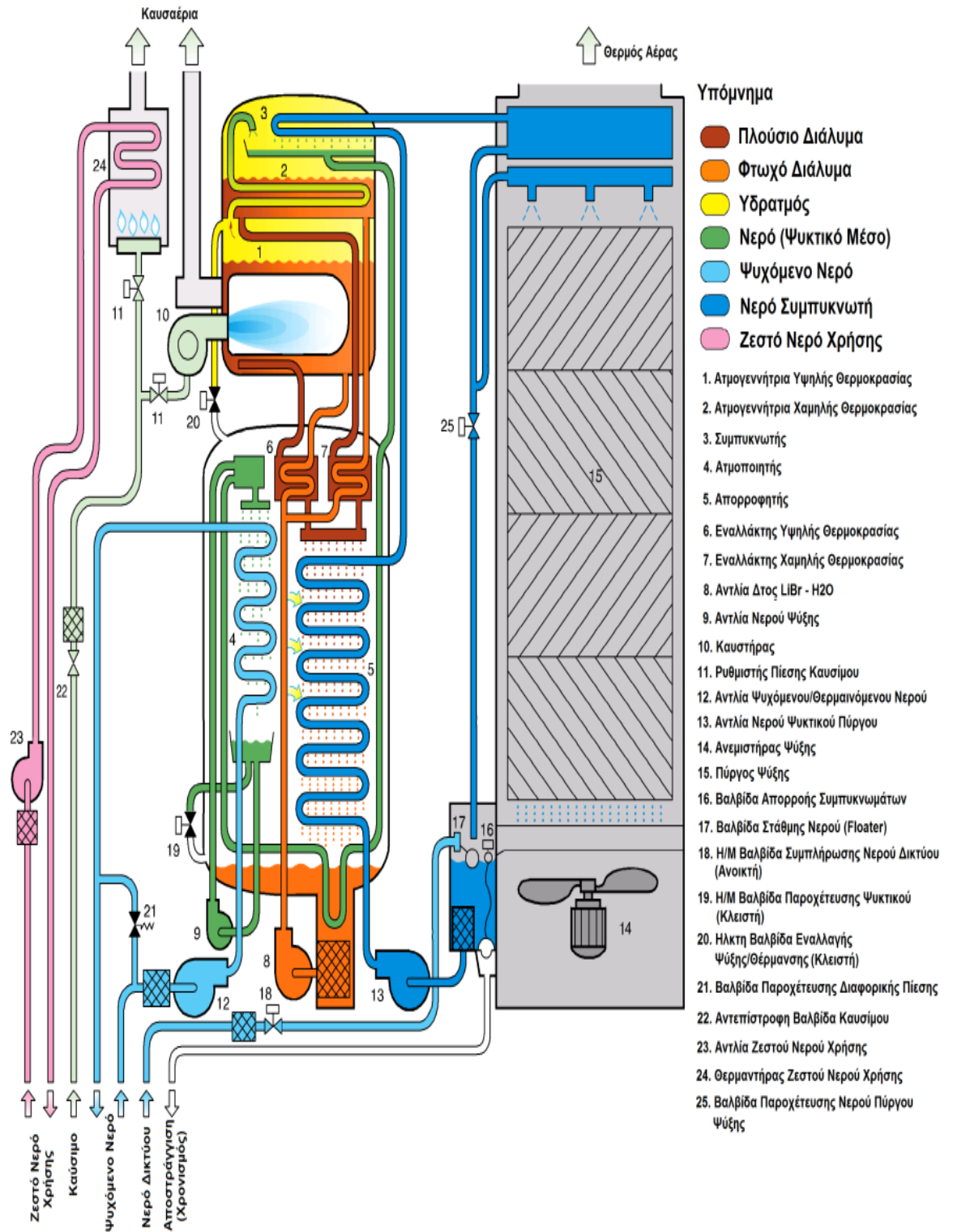


Εικόνα 3.1 : Ψύκτης απορρόφησης BCT-16



Εικόνα 3.2 : Ψυκτής απορροφησης BCT-16 - Εσωτερικά

Η παροχή του ψυχόμενου νερού και η επιστροφή του, η παροχή καυσίμου, η παροχή ρεύματος και το νερό του δικτύου συνδέονται με τον ψύκτη κάτω αριστερά. Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται το σχηματικό διάγραμμα ροής του ψύκτη καθώς και το αντίστοιχο μονογραμμικό διάγραμμα ροής του.



Εικόνα 3.3: Σχηματικό διάγραμμα ροής ψύκτη απορρόφησης BCT-16.

Ο ψύκτης απορρόφησης της εικόνας 3.3 αποτελείται από 5 κύρια και 3 δευτερεύοντα στοιχεία μεταφοράς θερμότητας, 3 αντλίες, τον πύργο ψύξης, τον καυστήρα, ένα θερμαντήρα ζεστού νερού χρήσης, μία συσκευή αυτόματης απαγωγής αερίων, συμπυκνωμάτων και τις υπόλοιπες αναγκαίες βαλβίδες και στοιχεία σωληνώσεων. Πιο συγκεκριμένα, τα 5 κύρια στοιχεία είναι :

- ο ατμοποιητής, ένας εναλλάκτης θερμότητας δύο φάσεων με αντιρροή
- ο απορροφητής, ένας εναλλάκτης θερμότητας και μάζας δύο φάσεων με αντιρροή
- η ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας, ένας διφασικός εναλλάκτης θερμότητας
- η ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας, ένας διφασικός εναλλάκτης θερμότητας
- ο συμπυκνωτής, ένας εναλλάκτης θερμότητας αντιρροής

Τα τρία δευτερεύοντα στοιχεία είναι :

- ο εναλλάκτης υψηλής θερμοκρασίας, ένας μονοφασικός εναλλάκτης θερμότητας με αντιρροή
- ο εναλλάκτης χαμηλής θερμοκρασίας, ένας μονοφασικός εναλλάκτης θερμότητας με αντιρροή
- ο εναλλάκτης παράκαμψης του ψυκτικού μέσου, ένας μονοφασικός εναλλάκτης θερμότητας

Οι τρεις αντλίες είναι :

- η αντλία διαλύματος, μία μεταβλητής ταχύτητας αντλία
- η αντλία ψυχόμενου νερού, μία σταθερής ταχύτητας αντλία
- η αντλία νερού ψύξης, μία σταθερής ταχύτητας αντλία

Ο πύργος ψύξης περιλαμβάνει :

- την κατακόρυφη στήλη αντιρροής με πλάκες, ένας διφασικός εναλλάκτης θερμότητας και μάζας
- την αντλία νερού ψυκτικού πύργου, σταθερής ταχύτητας
- τον ανεμιστήρα ψύξης, τριών ταχυτήτων

Ο θερμαντήρας ζεστού νερού χρήσης περιλαμβάνει:

- την αντλία ζεστού νερού
- το ρυθμιστή πίεσης καυσίμου

Τα υπόλοιπα αναγκαία μέρη περιλαμβάνουν:

- τον καυστήρα φυσικού αερίου
- τη συσκευή αυτόματης απαγωγής αερίων
- τις αναγκαίες βαλβίδες, ακροφύσια ψεκασμού και στοιχεία σωληνώσεων.

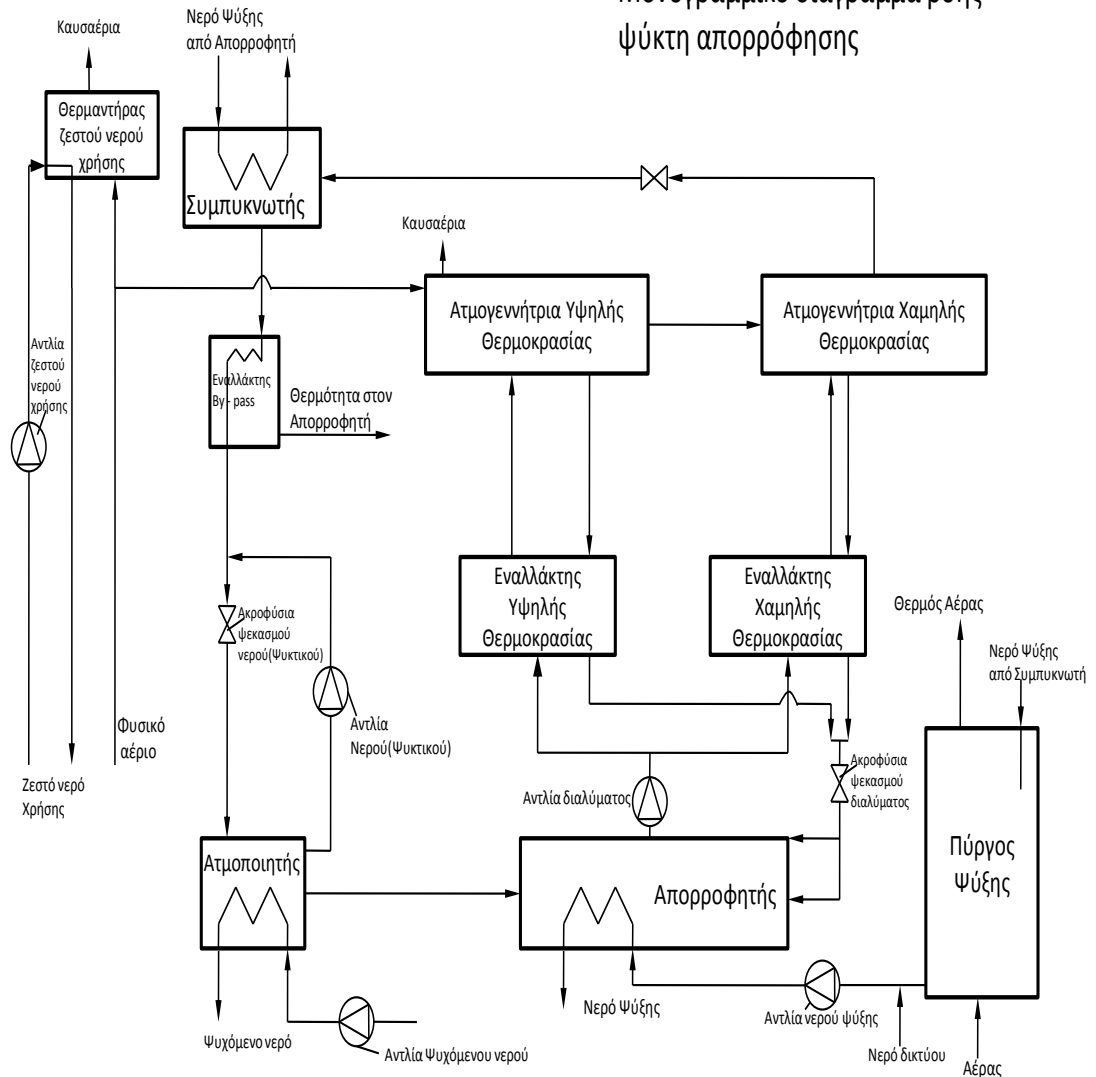
Κατά τη λειτουργία του ψύκτη, το ψυκτικό μέσο (νερό) απορροφά, με την ατμοποίηση του σε χαμηλή πίεση και θερμοκρασία, θερμότητα από το νερό που θέλουμε να ψύξουμε. Καθώς το ψυκτικό μέσο ατμοποιείται, εισέρχεται στον απορροφητή, όπου εκεί ψεκάζεται με πλούσιο διάλυμα LiBr-παράγεται έτσι το φτωχό (πιο αραιό) διάλυμα LiBr και απελευθερώνεται θερμότητα η οποία δεσμεύεται από το νερό ψύξης. Το φτωχό τώρα διάλυμα LiBr, μέσω μιας αντλίας διαλύματος οδηγείται, αφού διαχωριστεί σε δύο ίσα περίπου ρεύματα και προθερμανθεί στους εναλλάκτες υψηλής και χαμηλής θερμοκρασίας, στις αντίστοιχες ατμογεννήτριες. Εκεί, έχοντας υψηλή πίεση, προσδίδουμε στο φτωχό διάλυμα και θερμότητα, μέσω του καυστήρα φυσικού αερίου, και έτσι διαχωρίζεται ο υδρατμός από το LiBr και οδηγείται στο συμπυκνωτή σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία.

Το πλούσιο πλέον διάλυμα LiBr οδηγείται και πάλι στον απορροφητή σε χαμηλή πίεση, αφού περάσει από τους εναλλάκτες θερμότητας και εκτονωθεί στη βαλβίδα διαλύματος. Από την άλλη μεριά ο υδρατμός υγροποιείται στο συμπυκνωτή προσδίδοντας θερμότητα στο νερό ψύξης. Από εκεί θα οδηγηθεί ξανά στον ατμοποιητή σε χαμηλή πίεση, αφού εκτονωθεί στη βαλβίδα εκτόνωσης του ψυκτικού μέσου και προθερμάνει και το φτωχό διάλυμα LiBr μέσω ενός by pass εναλλάκτη θερμότητας. Στον ατμοποιητή θα ψεκαστεί πάνω στο κύκλωμα του ψυχόμενου νερού, μέσω ακροφυσίων, ώστε να απορροφήσει θερμότητα και να ατμοποιηθεί. Το μέρος του ψυκτικού μέσου που δεν θα προλάβει να ατμοποιηθεί, θα συλλεχθεί και θα ξαναοδηγηθεί, μέσω της αντλίας ψυκτικού μέσου, πάλι στα ακροφύσια. Το νερό ψύξης μετά την έξοδό του από το συμπυκνωτή θα οδηγηθεί στον πύργο ψύξης, ώστε να ελαττωθεί η θερμοκρασία του απελευθερώνοντας θερμότητα στο περιβάλλον, και από εκεί, μέσω της αντλίας του συμπυκνώματος, να επανακυκλοφορήσει στον απορροφητή.

Παράλληλα με το κύκλωμα ψύξης του νερού ο συγκεκριμένος ψύκτης έχει τη δυνατότητα να παράγει και ζεστό νερό χρήσης. Γι' αυτό το λόγο διαθέτει ένα ξεχωριστό κύκλωμα, στο οποίο μέσω μιας αντλίας κυκλοφορεί το ζεστό νερό χρήσης. Καίγοντας ένα μέρος καυσίμου μπορούμε να διατηρούμε το νερό στη θερμοκρασία που θέλουμε.

Το κύριο μέρος του ψύκτη αποτελείται από δύο αεροστεγή σφραγισμένα δοχεία: το πάνω δοχείο υψηλής πίεσης και το κάτω χαμηλής πίεσης. Το πάνω δοχείο περιλαμβάνει την ατμογεννήτρια υψηλής πίεσης, την ατμογεννήτρια χαμηλής πίεσης και το συμπυκνωτή. Το κάτω δοχείο περιλαμβάνει τον απορροφητή, τον ατμοποιητή, τον εναλλάκτη παράκαμψης, τον εναλλάκτη υψηλής θερμοκρασίας και τον εναλλάκτη χαμηλής θερμοκρασίας. Η ροή του διαλύματος, του ψυκτικού μέσου και του νερού ψύξης γίνεται με σωλήνες που διεισδύουν από το ένα δοχείο στο άλλο. Το κενό στο κάτω δοχείο ελέγχεται από μια συσκευή αυτόματης εκκαθάρισης αερίων και μια μηχανική αντλία κενού ξεχωριστή από τον ψύκτη. Το ψυχόμενο νερό και το νερό ψύξης κυκλοφορούν με τη βοήθεια μιας αντλίας ψυχόμενου νερού και μιας αντλίας συμπυκνώματος αντίστοιχα. Η ενσωμάτωση του πύργου ψύξης επιτρέπει την εγκατάσταση του ψύκτη εκεί όπου το νερό ψύξης μπορεί να μην είναι διαθέσιμο. [10]

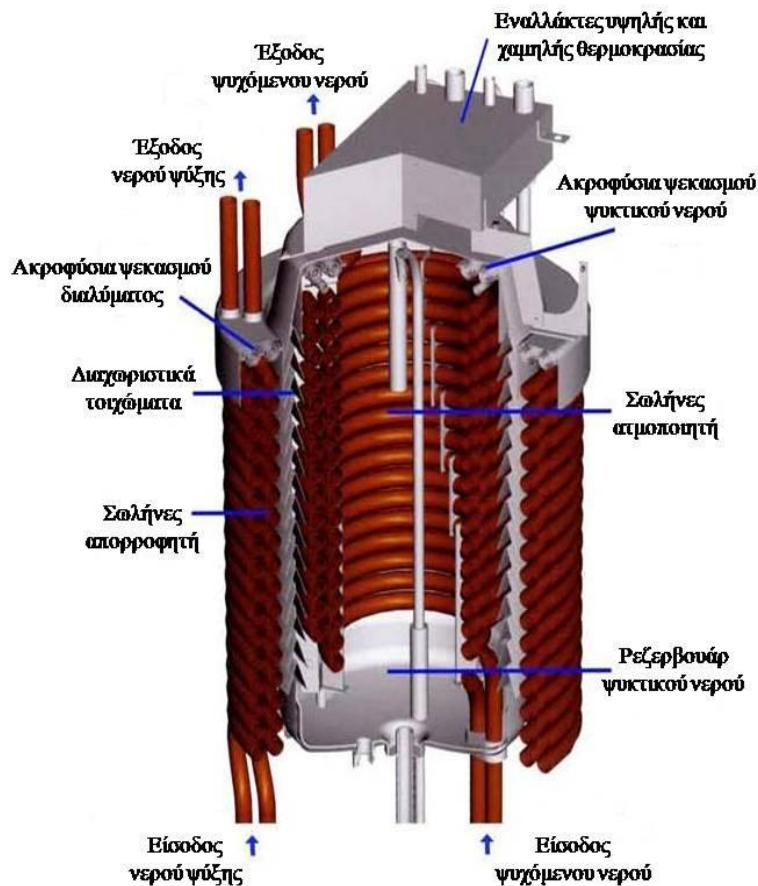
Μονογραμμικό διάγραμμα ροής ψύκτη απορρόφησης



Εικόνα 3.4 : Μονογραμμικό διαγραμμα ροής ψυκτη απορροφησης.

3.2 Ατμοποιητής και Αντλία ψυχόμενου νερού

Ο ατμοποιητής του ψύκτη που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, βρίσκεται στο κάτω δοχείο. Η συστοιχία σωλήνων του ατμοποιητή περιλαμβάνει δύο παράλληλους σωλήνες που περιτυλίσσονται 18 φορές από κάτω προς τα πάνω στο δοχείο. Το ψυκτικό νερό διανέμεται εξίσου στους σωλήνες μέσα στο δοχείο από ακροφύσια που ψεκάζουν νερό από το συμπυκνωτή. Το νερό το οποίο δεν εξατμίστηκε στο πρώτο πέρασμα μαζεύεται στον ψυκτικό δίσκο στη βάση του ατμοποιητή και ανακυκλοφορεί από την αντλία ψυκτικού νερού. Το ψυκτικό νερό ατμοποιείται στον ατμοποιητή σε χαμηλή πίεση, περίπου 0.8-1.0kPa, και χαμηλή θερμοκρασία, περίπου 3-4°C. Η ατμοποίηση απορροφά θερμότητα από το ψυχόμενο νερό που ρέει μέσα στο τύλιγμα του ατμοποιητή ψύχοντας την ροή από τους 14°C στους 7°C.



Εικόνα 3.5 : Ατμοποιητής ψύκτη.

Η καύση του φυσικού αερίου στην ατμογεννήτρια έχει προσαρμοστεί για να διατηρεί μια σταθερή στάθμη στο δίσκο του ρεζερβουάρ του ψυκτικού νερού-χαμηλή στάθμη απαιτεί αύξηση του φυσικού αερίου για να παρέχει περισσότερο ψυκτικό. [10]

3.2.1 Απορροφητής και Αντλία Διαλύματος

Ο απορροφητής, που φαίνεται στις προηγούμενες εικόνες, διατηρεί τη χαμηλή πίεση λειτουργίας που απαιτείται στον ατμοποιητή. Αποτελείται από δύο σωλήνες που περιτυλίσσονται από κάτω προς τα πάνω στο δοχείο. Το τύλιγμα περικυκλώνει τον ατμοποιητή αλλά είναι διαχωρισμένο από αυτόν με ένα διαχωριστή Chevron για να εμποδίσει την μεταφορά του ψυκτικού υγρού. Πλούσιο διάλυμα νερού-LiBr διανέμεται εξίσου στους σωλήνες στο τύλιγμα του απορροφητή από ακροφύσια που ψεκάζουν διάλυμα από τις δύο ατμογεννήτριες, αφού έχει ψυχθεί στους εναλλάκτες θερμότητας υψηλής και χαμηλής θερμοκρασίας. Ο ψυκτικός υδρατμός από τον ατμοποιητή διαπερνάει τον Chevron διαχωριστή, εισέρχεται στον απορροφητή και απορροφάται στο διάλυμα νερού-LiBr που ρέει με $5\text{ m}^3/\text{h}$ στο τύλιγμα. Η θερμότητα που απελευθερώνεται από την προσρόφηση του ψυκτικού στο διάλυμα μεταφέρεται στο νερό του συμπυκνωτή (πύργου ψύξης) που ρέει στους σωλήνες του τυλίγματος,

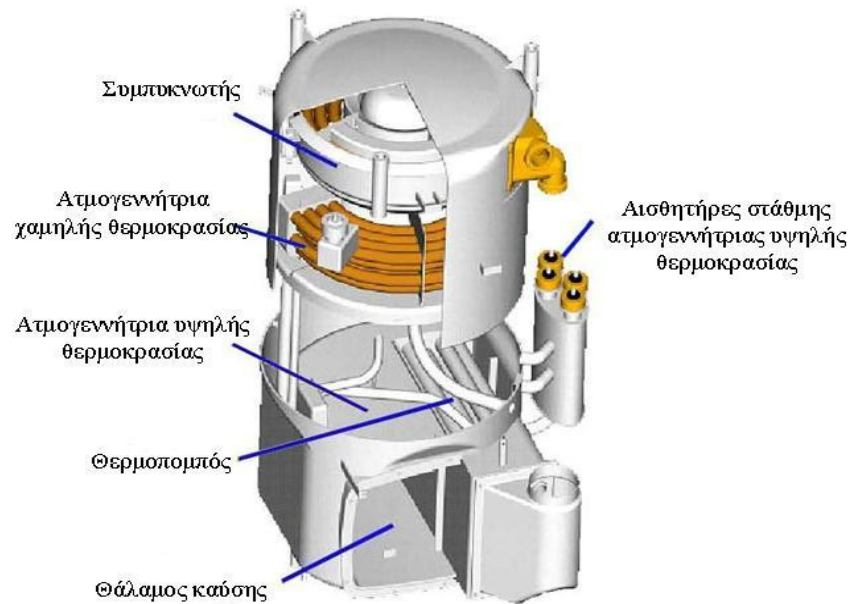
αυξάνοντας την θερμοκρασία του κατά 30°C. Το νερό του συμπυκνωτή οδηγείται στον συμπυκνωτή και έπειτα στον πύργο ψύξης του ψύκτη όπου η απορροφημένη θερμότητα απορρίπτεται στο περιβάλλον με ατμοποίηση.

Το πλούσιο διάλυμα γίνεται φτωχό απορροφώντας τον ψυκτικό υδρατμό. Το φτωχό διάλυμα συλλέγεται στο ρεζερβουάρ διαλύματος στον πυθμένα του δοχείου και οδηγείται εν παραλλήλω, μέσω της αντλίας διαλύματος, στην ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας και χαμηλής θερμοκρασίας με πίεση περίπου 10kPa και 100kPa αντίστοιχα. [10]

3.2.2 Ατμογεννήτρια Υψηλής Θερμοκρασίας

Το διάλυμα νερού-LiBr, που γίνεται φτωχό όταν απορροφά τον ψυκτικό υδρατμό, οδηγείται, μέσω αντλίας, εν παραλλήλω στην ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας και στην ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας. Σε κάθε ατμογεννήτρια, ο ψυκτικός υδρατμός που προστίθεται στο διάλυμα στον απορροφητή, αφαιρείται με ατμοποίηση σε υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Περίπου ίσες ποσότητες του διαλύματος οδηγούνται σε κάθε ατμογεννήτρια, η οποία ελέγχεται από μια συσκευή περιορισμού της ροής μέσα στον σωλήνα μετά την αντλία διαλύματος. Στον καυστήρα της ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιείται φυσικό αέριο για να εξατμίσει τον ψυκτικό υδρατμό από το διάλυμα. Η θερμοκρασία και η πίεση του ψυκτικού υδρατμού που παράγεται στην ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας είναι αρκετά υψηλή για να παράγει μία περίπου ίση ποσότητα ψυκτικού υδρατμού από το διάλυμα στην ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας που λειτουργεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία και πίεση. Αυτό καθιστά τον κύκλο απορρόφησης μία διβάθμια διαδικασία. Η παραγωγή επιπλέον ψυκτικού από μια δοθείσα είσοδο θερμότητας βελτιώνει αισθητά την απόδοση του κύκλου.

Ο σχεδιασμός της ατμογεννήτριας υψηλής θερμοκρασίας διαφέρει ανάλογα με το μέσο θέρμανσης, αέριο ή υγρό, και στην θερμοκρασία. Πολλές μορφές της θερμικής ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας για την λειτουργία του ψύκτη, όπως ο ατμός, ζεστό νερό, καυσαέριο, φυσικό αέριο, πετρέλαιο, και υγροποιημένο αέριο. [10]



Εικόνα 3.6 : Ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας.

Η ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας όπως και η ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας χρησιμοποιούν υδρατμό ως μέσο θερμότητας-έχουν παρόμοιες λειτουργίες και δομή. Η διαδικασία μεταφοράς της θερμότητας περιλαμβάνει συμπύκνωση μέσα στους σωλήνες και βρασμό στην εξωτερική επιφάνειά τους. Η διαμόρφωση του πάνω δοχείου του ψύκτη απορρόφησης φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Το κυρίως μέρος της ατμογεννήτριας υψηλής θερμοκρασίας είναι ο καυστήρας που βρίσκεται στο χαμηλότερο επίπεδο του πάνω δοχείου. Το φτωχό διάλυμα οδηγείται μέσω αντλίας από το κάτω μέρος της δεξαμενής μέσα στην ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας, και το πλούσιο διάλυμα εξέρχεται από την ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας από το κάτω μέρος της δεξαμενής και αυτό, αλλά από πιο απόμακρο σημείο. Η έντονη μίξη, αποτέλεσμα του βρασμού μέσα στην ατμογεννήτρια, ελαχιστοποιεί τις διαφορές στην συγκέντρωση στην ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας. Ενώ εμπλέκεται μεταφορά μάζας όσο το νερό διαχέεται και ατμοποιείται από την διεπαφή του διαλύματος-υδρατμού, η έντονη μίξη ελαχιστοποιεί την αντίσταση της μεταφοράς της μάζας. Συνεπώς, η ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας λειτουργεί ως ένας διαφασικός ανακομιστής θερμότητας καλής μίξης.

Σε συνθήκες σχεδιασμού η ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας απαιτεί παροχή φυσικού αερίου σε πίεση 0.7mPa-η μέγιστη πίεση είναι 0.9mPa και η μέγιστη παροχή 1.5kg/h. Μία υψηλή πίεση, τυπικά σε πίεση κορεσμένου ατμού 100kPa διατηρείται στην ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας, για να παρέχει θερμοκρασία συμπύκνωσης περίπου 100°C. [10]

3.2.3 Ατμογεννήτρια Χαμηλής Θερμοκρασίας

Η ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας είναι ένας τμηματικός θάλαμος σωλήνων με 14 παράλληλους σωλήνες που περιτυλίσσονται μία φορά. Υδρατμός από την ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας εισέρχεται από την μια μεριά του κάθε παράλληλου σωλήνα, και το συμπύκνωμα εξέρχεται από την άλλη μεριά των σωλήνων και εισέρχεται στον συμπυκνωτή. Η μια μεριά του κάθε σωλήνα συνδέεται με την ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας και η άλλη με τον συμπυκνωτή. Το ψυκτικό νερό και ο υδρατμός από την ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας περνάει μέσα από τους σωλήνες της ατμογεννήτριας χαμηλής θερμοκρασίας και μεταφέρει την θερμότητα του συμπυκνώματος στο διάλυμα που περιβάλλει τον θάλαμο σωλήνων. Το φτωχό διάλυμα εισέρχεται στην ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας από την κορυφή - το πλούσιο διάλυμα εξέρχεται από το κάτω μέρος. Ο υδρατμός ψυκτικού εξατμίζεται και το φτωχό διάλυμα γίνεται πλούσιο. Παρόμοια με την ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας, η διαδικασία βρασμού στην ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας είναι έντονη- το διάλυμα γεμίζει φυσαλίδες. Η συγκέντρωση του διαλύματος στην ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας είναι επομένως σχεδόν ομοιόμορφη κοντά στις τιμές εξόδου, και η μεταφορά μάζας δεν είναι μια περιορισμένη διαδικασία. Όπως η ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας, έτσι και η ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας λειτουργεί ως ένας διασπαστικός ανακομιστής θερμότητας καλής-μίξης.

Η ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας έχει χαμηλότερη θερμοκρασία και πίεση βρασμού από την ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας. Σε συνθήκες σχεδιασμού, μία μέτρια πίεση, τυπικά σε μία πίεση κορεσμένου ατμού των 10kPa, παρέχει θερμοκρασία ατμοποίησης περίπου 45°C. Η ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας δεν έχει έλεγχο στάθμης διαλύματος όπως η ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας, αλλά η μέγιστη στάθμη διαλύματος μετριέται στην ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας ώστε να αποφευχθεί η κρυσταλλοποίηση στον εναλλάκτη θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας. [10]

3.2.4 Συμπυκνωτής

Ο συμπυκνωτής και η ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας βρίσκονται στο ίδιο δοχείο με την ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας, και λειτουργούν στην ίδια ενδιάμεση πίεση. Το συμπύκνωμα από την ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας εισέρχεται στον συμπυκνωτή που λειτουργεί σε ενδιάμεση πίεση. Ο συμπυκνωτής συμπυκνώνει και τον υδρατμό που παράγεται από το συμπύκνωμα και τον υδρατμό που προέρχεται από την ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας, μεταφέροντας θερμότητα στο νερό του συμπυκνωτή που ρέει μέσα στο τύλιγμα του συμπυκνωτή. Αυτό το συμπύκνωμα επιστρέφει στον ατμοποιητή.

Ο συμπυκνωτής είναι ένας σπειροειδής χάλκινων σωλήνων θάλαμος με τρεις παράλληλους σωλήνες που περιτυλίσσονται τρεις φορές από κάτω προς τα πάνω. Το νερό του συμπυκνωτή που ρέει από τον απορροφητή εισέρχεται στον συμπυκνωτή από κάτω και εξέρχεται από τον συμπυκνωτή από την κορυφή. Το υγρό που δημιουργήθηκε από την συμπύκνωση του υδρατμού σαν μία μεμβράνη στην επιφάνεια του (θαλάμου σωλήνων) στάζει σε ένα ταψί αποστράγγισης, το οποίο

διαχωρίζει τον συμπυκνωτή από την ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας. Ο συμπυκνωτής λειτουργεί σαν ένας διαφασικός εναλλάκτης θερμότητας αντιρροής. [10]

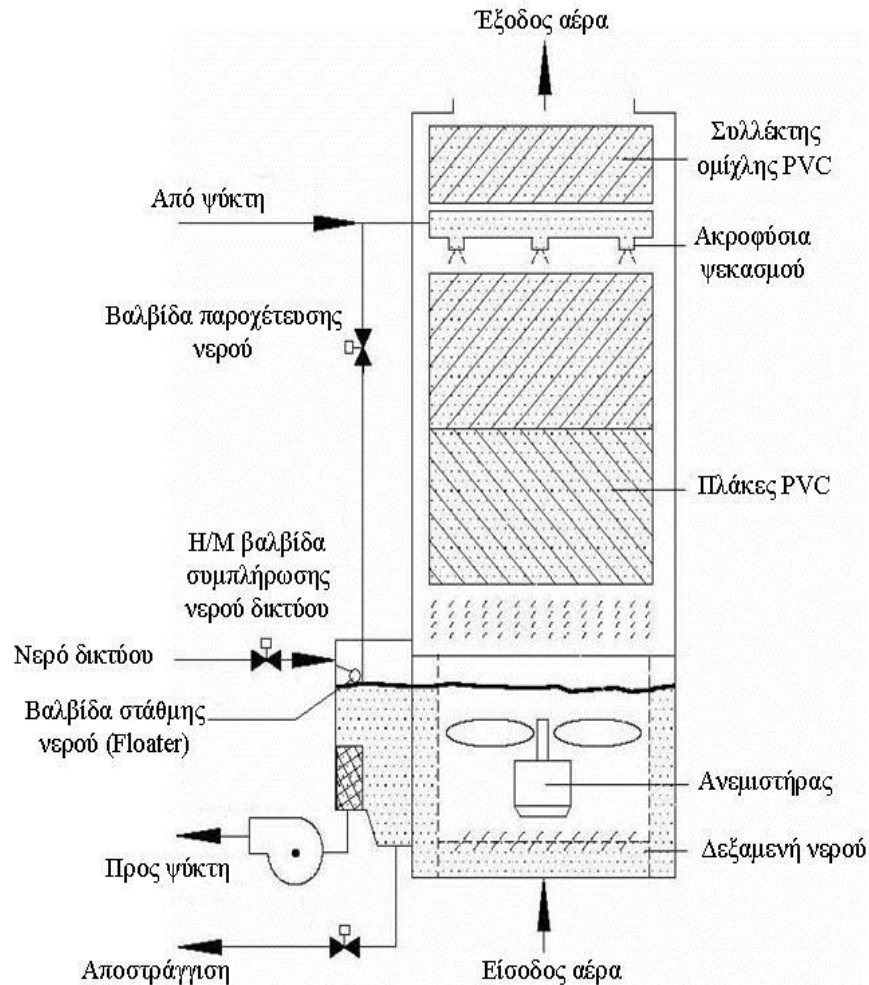
3.2.5 Εναλλάκτες Θερμότητας

Είναι τα μικρότερα στοιχεία μεταφοράς θερμότητας στον ψύκτη που χρησιμοποιούνται για να ανακτήσουν θερμική ενέργεια μέσω ανταλλαγής θερμότητας ανάμεσα στα ρεύματα ψυκτικού νερού και διαλύματος. Οι εναλλάκτες θερμότητας είναι μονοφασικοί εναλλάκτες αντιρροής που ανακτούν θερμότητα από ένα θερμό ρεύμα ρευστού και την παραδίδουν στο ψυχρό ρεύμα ρευστού. Ο ένας είναι ο εναλλάκτης θερμότητας υψηλής θερμοκρασίας και ο άλλος είναι ο εναλλάκτης θερμότητας χαμηλής θερμοκρασίας. Μειώνουν τις απαιτήσεις θερμότητας των ατμογεννητριών και την ψυκτική απαίτηση του απορροφητή. Στον ψύκτη η θερμοκρασία του συμπυκνώματος που εξέρχεται από την ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας είναι αρκετά υψηλή για να χρησιμοποιηθεί ώστε να προθερμάνει το φτωχό διάλυμα από τον εναλλάκτη χαμηλής θερμοκρασίας πριν εισέρθει στην ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας. Ένας εναλλάκτης θερμότητας ανάμεσα στο ψυκτικό νερό που εξέρχεται από τον συμπυκνωτή και το διάλυμα (που βρίσκεται στον πυθμένα του απορροφητή), που ονομάζεται **by-pass** εναλλάκτης θερμότητας, αυξάνει την ψύξη στον ατμοποιητή. Η Broad τον έχει ορίσει ως αγκώνας-εναλλάκτης θερμότητας. Σε αυτόν, το υγρό ψυκτικό που έχει συμπυκνωθεί στον συμπυκνωτή απελευθερώνει μία μικρή ποσότητα θερμότητας στο φτωχό διάλυμα στον απορροφητή. [10]

3.2.6 Πύργος Ψύξης

Ο πύργος ψύξης χρησιμοποιείται ευρέως για να αποβάλλει την θερμότητα από ένα σύστημα ψύξης με νερό στο περιβάλλον. Ο συγκεκριμένος ψύκτης απορρόφησης **Broad** έχει ενσωματωμένο πύργο ψύξης, που φαίνεται στην επόμενη εικόνα. Ο συμπαγής σχεδιασμός του διευκολύνει την εγκατάσταση και την λειτουργία του ψύκτη. Το νερό του συμπυκνωτή στον ψύκτη ρέει σε σειρά μέσω του απορροφητή, τον συμπυκνωτή, και έπειτα μέσω του πύργου ψύξης. Αυτός ο τρόπος προβλέπει σε μία ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας στον απορροφητή, που απαιτείται για να επιτύχουμε μία χαμηλή θερμοκρασία ψυχόμενου νερού-η μεγάλη ροή στον απορροφητή και τον συμπυκνωτή προβλέπει σε υψηλούς συντελεστές μεταφοράς θερμότητας αυτών των εξαρτημάτων. Το νερό ανακυκλοφορίας του συμπυκνωτή ρέει προς τα κάτω στις κατακόρυφες πλάκες και έρχεται σε επαφή με αέρα περιβάλλοντος αντιρροής.

Ατμοποίηση ενός μικρού μέρους του νερού που ρέει προς τα κάτω στον πύργο ψύξης, μειώνει την θερμοκρασία του-νερό δικτύου προστίθεται στον πύργο ψύξης αντικαθιστώντας το νερό που ατμοποιήθηκε. Η θερμοκρασία του αέρα επίσης μειώνεται, αλλά η υγρασία αυξάνεται αισθητά. Συνεπώς, ο πύργος ψύξης λειτουργεί σαν ένας διαφασικός εναλλάκτης θερμότητας και μάζας αντιρροής. [10]



Εικόνα 3.7 : Συνδέσεις πύργου ψύξης.

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, ο πύργος ψύξης που είναι συνδεδεμένος στον ψύκτη περιλαμβάνει ακροφύσια που ψεκάζουν, κατακόρυφες PVC πλάκες, ένα PVC συλλέκτη ομίχλης, μία δεξαμενή νερού του συμπυκνωτή, μία αντλία νερού του συμπυκνωτή, μία βαλβίδα παροχέτευσης νερού του πύργου ψύξης, ανεμιστήρα ψύξης, την βαλβίδα στάθμης του νερού (floater) και την βαλβίδα απορροής συμπυκνωμάτων. Τα κυρίως εξαρτήματα του πύργου ψύξης είναι οι κατακόρυφες PVC πλάκες (ένα μέσο μεταφοράς θερμότητας και μάζας), οι οποίες αυξάνουν την επαφή επιφανείας του νερού/αέρα αλλά και την διάρκεια της επαφής. Αυτές είναι κατανομημένες με εναλλασσόμενες μπάρες εγκατεστημένες κάτω από τα ακροφύσια εκεί από όπου περνάει ο αέρας. Σε συνθήκες σχεδιασμού, το νερό του πύργου ψύξης διανέμεται από την κορυφή του πύργου μέσω των ακροφυσίων σε θερμοκρασία των 35.5°C . Η ταχύτητα του ανεμιστήρα του πύργου ψύξης μεταβάλλεται ώστε να διατηρήσει την παροχή του νερού του πύργου ψύξης στους 30°C . [10]

3.2.7 Σύστημα υποπίεσης (κενού)

Ο ατμοποιητής και ο απορροφητής βρίσκονται σε πίεση σημαντικά χαμηλότερη από την ατμοσφαιρική και έτσι αέρας μπορεί να διαρρεύσει μέσα στον ψύκτη απορρόφησης. Επίσης διάβρωση μπορεί να προκύψει στον ψύκτη, παράγοντας ένα άλλο ασυμπύκνωτο αέριο, το υδρογόνο (H_2). Ο αέρας και άλλα ασυμπύκνωτα αέρια στον ατμοποιητή και τον απορροφητή μπορούν να μειώσουν σοβαρά το ποσοστό της διαδικασίας μεταφοράς θερμότητας και μάζας εκεί και συνεπώς να μειώσουν τη συνολική ψυκτική ικανότητα του ψύκτη. Ένα κατάλληλο μέσο για την αφαίρεση των μη συμπυκνώσιμων αερίων είναι απαραίτητο για τη λειτουργία των ψυκτών απορρόφησης μικρής κλίμακας.

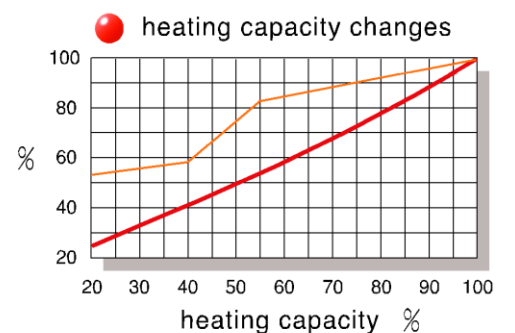
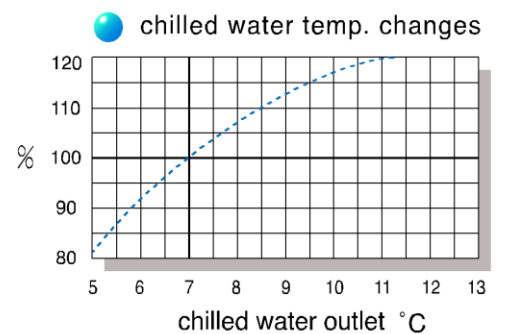
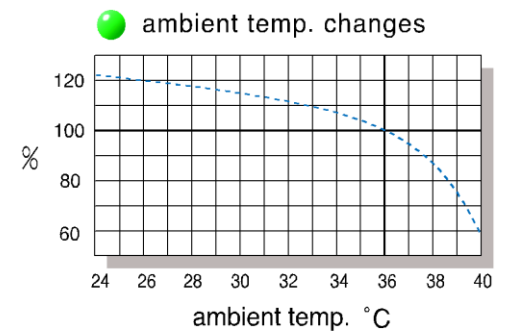
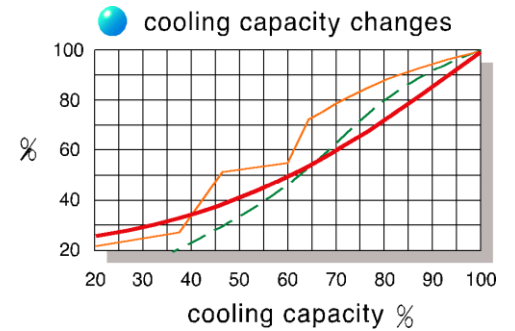
Ο ψύκτης έχει εφοδιαστεί με μια αυτόματη συσκευή απαλλαγής αερίων για να αφαιρούνται συνεχώς τα μη συμπυκνώσιμα αέρια από τον απορροφητή και τον ατμοποιητή και να διατηρείται η απαραίτητη χαμηλή πίεση. Η χαμηλή πίεση μπορεί να διατηρείται μέσω της αυτόματης συσκευής απαλλαγής αερίων ή και από περιοδική μηχανική αφαίρεση με εκκένωση. Το πλεονέκτημα από τη χρήση της αυτόματης συσκευής απαλλαγής αερίων είναι ότι τα μη συμπυκνώσιμα αέρια αφαιρούνται συνεχώς από τον ατμό του ψυκτικού μέσου, έτσι ώστε η πίεση στο δοχείο του απορροφητή και του ατμοποιητή να παραμένει σταθερή μέχρι ο θάλαμος αποθήκευσης να γεμίσει. Τα μη συμπυκνώσιμα αέρια που παράγονται στο πάνω δοχείο (στην ατμογεννήτρια υψηλής θερμοκρασίας και στην ατμογεννήτρια χαμηλής θερμοκρασίας) είναι δύσκολο να αφαιρεθούν με την αυτόματη συσκευή απαλλαγής αερίων. Ακόμη και αν εγκατασταθεί μια αυτόματη μονάδα απαλλαγής για το σκοπό αυτό, μηχανική αφαίρεση με εκκένωση ακόμη απαιτείται για να εξαλειφθούν τα μη συμπυκνώσιμα αέρια από το θάλαμο αποθήκευσης και το πάνω δοχείο. [10]

3.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά μονάδας BCT-16

Model		BCT16	BCT23	BCT70	BCT115
cooling capacity	kW	16	23	70	115
	HP (HP)	7	10	30	50
heating capacity	kW	16	23	70	115
	10 ⁴ kcal/h	1.4	2	6	10
hot water capacity	kW	7.7	7.7	39	39
	10 ⁴ kcal/h	0.66	0.66	3.35	3.35
chilled/heating water					
chilled water O/I temp.		7/14	7/14	7/14	7/14
heating water O/I temp		57/50	57/50	57/50	57/50
flowrate	m ³ /h	2.0	2.9	8.6	14.3
external head	mH ₂ O	8	8	11	12
hot water (primary water)					
outlet/inlet temp.	°C	80/60	80/60	80/60	80/60
flowrate	m ³ /h	0.33	0.33	1.68	1.68
fuel consumption (full Load)					
cooling natural gas	m ³ /h	1.5	2.2	6.7	11.2
diesel oil	kg/h	1.24	1.82	5.54	9.26
heating natural gas	m ³ /h	1.8	2.6	7.8	13.0
diesel oil	kg/h	1.49	2.15	6.45	10.75
hot water natural gas	m ³ /h	0.9	0.9	4.3	4.3
diesel oil	kg/h	/	/	4.14	4.14
electricity & water (full)					
electricity (cooling)	kW	1.00	1.45	3.95	5.78
electricity (heating)	kW	0.40	0.68	1.70	2.34
electricity (hot water)		0.14	0.14	0.50	0.50
water (cooling)	m ³ /h	0.04	0.06	0.18	0.30
noise	dB(A) dB(A)	62	63	65	65
shipping weight	kg	440	520	1500	2480
chilled/heating water	L	7	10	32	48

Notes:

1. Fuels: NG, LPG, TOWN GAS, DIESEL, please specify it in a purchase order. Natural gas heating value is calculated as 8,600kcal/Nm³, and diesel oil heating value as 10,400kcal/kg (Oil cannot be used for hot water burner of BCT16,BCT23).
2. Climate for rated cooling operation: outdoor dry bulb temp. 36°C,relative humidity 50%.
Adaptive to climates: summer outdoor dry bulb temp.≤45, winter outdoor dry bulb temp.≥-30.
3. Pressure limit permitted for chilled/heating/hot water: 40mH₂O,0.4MPa.
4. Lowest permitted outlet temperature for chilled water: 5°C; highest permitted outlet temperature for hot water: 90.
5. Hot water can only be used after being secondary heat exchange. That's why it is called primary heating water.
6. Power for BCT16/BCT23: 1 phase, 220V/50Hz; BCT70/BCT115: 3 phases, 380V/50Hz. Special requirements (voltage & frequency) are subject to BROAD final approval.



cooling capacity - - - - -
 fuel consumption ————
 electricity consumption ————
 water consumption - - - - -

Performance Data of Indoor Unit

Type	Model	Cooling capacity (HP)	Cooling capacity kW		Heating capacity kW	Fan power W (3 speed)	Noise dB(A)	Wt . kg	Dimensions L×W×H mm	Pipe connecting inlet/outlet mm	Condensed water pipe mm	Water volume L
			7/14°C	7/12°C								
Wall-mounted	B08	0.8	1.6	2.0	3.0	35/30/26	37/34/31	10	705×184×250	Φ12	Φ15	0.79
	B12	1.2	2.2	2.7	4.1	40/34/30	38/33/30	11	884×165×358	Φ12	Φ15	0.82
Floor standing	G15	1.5	2.9	3.6	5.4	80/69/56	44/41/35	27	380×190×1550	Φ12	Φ15	1.11
	G24	2.4	4.3	5.4	8.1	100/85/70	45/42/39	42	610×340×1800	Φ15	Φ15	1.52
Ceiling mounted cassette	F15	1.5	2.9	3.6	5.4	70/60/50	42/40/37	25	650×650×270	Φ12	Φ15	1.06
	F24	2.4	4.3	5.4	8.1	120/100/80	43/41/39	38	960×960×300	Φ15	Φ15	1.37
Long ceiling mounted cassette	C24	2.4	4.3	5.4	8.1	80/68/56	42/31/25	43	1312×640×420	Φ15	Φ15	1.60
	C40	4.0	7.2	9.0	13.5	145/120/95	45/34/26	60	1752×640×420	Φ22	Φ22	2.33
Vertical cabinet	L12	1.2	2.2	2.7	4.1	40/35/30	35/26/23	26	1100×230×630	Φ12	Φ15	1.02
	L24	2.4	4.3	5.4	8.1	80/68/56	42/31/25	33	1350×230×630	Φ15	Φ15	1.60
	L40	4.0	7.2	9.0	13.5	145/120/95	45/34/26	51	1900×230×630	Φ22	Φ22	2.33
Horizontal	N12	1.2	2.2	2.7	4.1	40/35/30	35/26/23	22	950×510×327	Φ12	Φ15	1.02
	N15	1.5	2.9	3.6	5.4	50/45/36	39/32/25	25	1050×510×327	Φ12	Φ15	1.17
	N20	2.0	3.6	4.5	6.8	65/58/46	41/32/25	27	1200×510×382	Φ22	Φ15	1.36
	N24	2.4	4.3	5.4	8.1	75/67/55	42/31/25	29	1350×510×382	Φ22	Φ15	1.60
	N32	3.2	5.8	7.2	9.0	110/92/78	44/35/25	37	1670×510×382	Φ22	Φ22	2.10
	N40	4.0	7.2	9.0	13.5	130/105/95	45/34/25	46	1850×510×382	Φ22	Φ22	2.33

Note: Special orders can be placed whenever fan coils and air handling units of 25kW~500kW cooling capacity are required.

Hot Water Tank Specification

Model	Capacity L	Weight kg	Installation Type	Dimensions mm		External copper tube mm	
				length	diameter	hot water / makeup water	primary heating water / drain
R50	50	75	vertical, horizontal, wall-mounted type	730	Φ460	Φ12	Φ12
R100	100	140	Vertical, horizontal, wall-mounted type	1245	Φ460	Φ12	Φ12
R200	200	270	Vertical, horizontal	1245	Φ620	Φ15	Φ15
R300	300	390	Vertical, horizontal	1715	Φ620	Φ15	Φ15
R500	500	720	Vertical, horizontal	1715	Φ800	Φ28	Φ22
R1000	1000	1400	Vertical, horizontal	2000	Φ1040	Φ42	Φ35
R2000	2000	2700	Vertical, horizontal	3790	Φ1040	Φ76	Φ35
R4000	4000	5000	Vertical, horizontal	4060	Φ1340	Φ89	Φ35

Anti-freeze Specification (100L)

Adaptable temp. (°C)	-2	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40
99% glycol (kg)	4	12	19	27	34	38	43	48	52
Water (L)	95	87	80	72	65	61	56	51	48
Water soluble additive (kg)	1 (BROAD supply)								
Alcohol soluble additive (g)	20 (BROAD supply)								
Density (20°C)± 0.002 kg/L	1.011	1.021	1.027	1.039	1.049	1.056	1.062	1.070	1.076
PH	9~11.5								

BCT Outdoor Unit Model Selection Recommendation Table

Building function	residence, hotel, office where not much people reside in or visit				school, hospital, shopping mall, restaurant, cinema and hotel lobby where many people reside in or visit					
Construction area (m ²)	150~250	300~350	400~500	600~700	300~350	400~500	600~700	800~1000	1200~1500	
Outdoor Unit Model	Proposal 1 Low load	BCT16	BCT23	BCT16×2	BCT16 BCT23	BCT23×2	BCT70	BCT23 BCT70	BCT115	BCT70×2
	Proposal 2 Middle load	BCT23	BCT16×2	BCT16 BCT23	BCT23×2	BCT70	BCT23 BCT70	BCT115	BCT70×2	BCT70 BCT115
	Proposal 3 High load			BCT23×2	BCT70	BCT23 BCT70	BCT115	BCT70×2	BCT70 BCT115	BCT115× 2

Indoor Unit Load Selection Recommendation Table

Application	Family study room, bedroom, hotel guest room					Family dining room, living room, sickroom, office					Classroom, gymnasium, shopping mall, restaurant, theater, hotel lobby						
Construction area (m ²)	≤12	13~16	17~24	25~32	33~40	≤16	17~22	23~30	30~38	39~50	50~70	80~90	100~120	130~150	160~200	220~300	
Cooling capacity	Proposal 1 low load	1.6	1.6	1.6	2.2	2.9	1.6	2.2	2.9	4.3	2.2×2	4.3×2	4.3×3	4.3×4	4.3×6	7.2×4	7.2×6
	Proposal 2 Middle load		2.2	2.2	2.9	4.3	2.2	2.9	2.2×2	2.9×2	2.9×2	4.3×3	4.3×5	7.2×4	7.2×5	7.2×6	7.2×8
	Proposal 3 High load			2.9	4.3	2.9×2	2.9	4.3	2.9×2	4.3×2	4.3×2	7.2×3	7.2×4	7.2×5	7.2×6	7.2×8	7.2×11

Hot Water Tank Capacity Selection Recommendation Table

Application	Shower room	Bath room	washing room for family living room	Family kitchen	Public kitchen-basin	Public kitchen-dish washer	Laundry	Small beauty salon	Large beauty salon	Small public toilet	Big public toilet
Proposal 1	50L	100L	30L	30L	200L	300L	1000L	500L	1000L	300L	500L
Proposal 2	100L	200L	50L	50L	300L	500L	2000L	1000L	2000L	500L	1000L

Expansion Water Tank Capacity Estimating Table

Outdoor unit model / quantity	BCT16/ 1 unit	BCT23/ 1 unit	BCT16/ 2 units	BCT23/ 2 units	BCT70/ 1 unit	BCT115/ 2 units
Indoor unit quantity / hot water tank quantity	7/3	10/4	12/5	18/6	30/20	100/50
Short piping (less than 5m from outdoor unit to building)	A/C W. 4L / hot W. 2L	A/C W. 8L/ hot W. 2L	A/C W. 15L/ hot W. 4L	A/C W. 15L/ hot W. 8L	A/C W. 30L/ hot W. 15L	A/C W. 100L/ hot W. 30L
Long piping (less than 20m from outdoor unit to building)	A/C W. 8L/ hot W. 2L	A/C W. 15L/ hot W. 4L	A/C W. 15L/ hot W. 8L	A/C W. 30L/ hot W. 15L	A/C W. 30L/ hot W. 15L	A/C W. 100L/ hot W. 30L

ΜΕΡΟΣ Β

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1 Γενικά

Στο Μέρος Β της διπλωματικής εργασίας ασχοληθήκαμε με την επεξεργασία των πειραματικών μετρήσεων της εγκατάστασης, την κατασκευή των απαραίτητων διαγραμμάτων και τέλος στην καταγραφή των εξαγόμενων συμπεράσματος από αυτές προσπαθώντας να καθορίσουμε τον βέλτιστο συντελεστή συμπεριφοράς της μονάδας.

4.2 Έναρξη λειτουργίας ψυκτικής μονάδας απορρόφησης BCT-16

Για την έναρξη λειτουργίας της εγκατάστασης ακολουθήθηκε μια συγκεκριμένη διαδικασία. Η ακολουθία των ενάρξεων ήταν προκαθορισμένη.

4.2.1 Τρόπος έναρξης λειτουργίας εγκατάστασης.

Για την εκκίνηση λειτουργίας της μονάδας θα έπρεπε αρχικά να ρυθμίσουμε τις πιέσεις. Παρατηρήσαμε ότι το μανόμετρο της εγκατάστασης γυρίζει μια φορά δεξιόστροφα μηδενίζει και στη συνέχεια λαμβάνεται η αντίστοιχη μέτρηση της πίεσης του λέβητα. (Σημαντικό είναι να τραβήξουμε από κάτω τη βαλβίδα εξαέρωσης ώστε να αρχίσει το μανόμετρο να έχει ένδειξη.) Αναμέναμε τη σταθεροποίηση της ένδειξης του μανομέτρου (πίεση) και στη συνέχεια ουσιαστικά ξεκινά η λειτουργία του BCT 16.

4.2.2 Έναρξη λειτουργίας λέβητα αερίου.

Θέσαμε σε λειτουργία το λέβητα πατώντας το button έναρξης λειτουργίας του. Αφού σταθεροποιηθεί η πίεση όπως αναφέρεται και παραπάνω αναλυτικά γίνεται η έναρξη λειτουργίας του λέβητα αερίου. Ρυθμίζουμε σε μια αρχική θερμοκρασία λειτουργίας περίπου στους 45°C. Αυτό γίνεται διότι η ονομαστική ισχύς του λέβητα (24KW) είναι μεγαλύτερη της ισχύος της μονάδας (16KW) με αποτέλεσμα να υπερκαλύπτει τον ψύκτη. Το φάσμα που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις ήταν από 45-60°C. Η μονάδα ξεκινά να αποδίδει περίπου στους 108°C. Προφανώς όταν ο λέβητας λειτουργούσε στο ήμισυ της ονομαστικής του ισχύος η κατανάλωση ήταν μειωμένη.

4.2.3 Βασικά σύμβολα BCT-16 :

T_s = προεπιλεγμένη τιμή στους 11 °C.

T_a = θερμοκρασία περιβάλλοντος (°C).

A/C water inlet = το νερό που έρχεται από το λέβητα

A/C water output = είναι το παγωμένο νερό που βγάζει ο λέβητας και δίνει στον εναλλάκτη. Επιθυμητή θερμοκρασία γύρω στους 11 βαθμούς κελσίου. Μέγιστη στους 16 βαθμούς κελσίου για ψύξη.

Cooling water inlet = είναι το νερό που βρίσκεται ήδη στον πύργο ψύξης.

HTG = High Temperature Generator.

HTG temperature = είναι η θερμοκρασία του βρωμιούχου λίθου

HTG level = δείχνει το επίπεδο που βρίσκεται το διάλυμα.

Refrigerator level = δείχνει το επίπεδο που βρίσκεται το παγωμένο νερό.

4.2.4 Έναρξη και τρόπος λειτουργίας BCT-16.

Από το χειριστήριο(οθόνη υγρών κρυστάλλων) που είναι ενσωματωμένη στο ψύκτη πατήσαμε το button έναρξης (ON), εν συνεχεία το button function A/C, select και καταγράφηκαν οι ενδείξεις. Για να λειτουργήσει ο ψύκτης πρέπει πρώτα να αρχίσει να λειτουργεί ο εσωτερικός του καυστήρας με το καύσιμο. Τις ενδείξεις λειτουργίας του καυστήρα τις λάβαμε από το χειριστήριο.

Βασική επισήμανση: Ο ψύκτης χρειάστηκε περί τα 15min ώστε να ξεκινήσει να παράγει έργο και να παρατηρήσουμε μεταβολή στη θερμοκρασία. Όταν ξεκίνησε η λειτουργία του λέβητα, ο ψύκτης είχε υψηλή θερμοκρασία νερού περίπου 80°C.

Στην επιλογή check παρουσιάζονται μετρήσεις όπως παράδειγμα a/c inlet, output, κτλ. που φαίνονται στις μετρήσεις. Το HTG είναι το βρωμιούχο λίθιο και η θερμοκρασία του πρέπει να ξεπεράσει τους 100–110°C για να αρχίσει να αποδίδει το μηχάνημα. Αυτό μπορεί να γίνει μόνο μέσω του καυστήρα. Το HTG level πρέπει να φτάσει περίπου στο C επίπεδο. Όλα τα επίπεδα ξεκινούν A, B, και σιγά σιγά το HTG level φτάνει στο C καθώς και το Refrigeration level γίνεται και αυτό C. Συνήθως ο ψύκτης λειτουργεί κανονικά όταν είναι σε κατάσταση C/C. Αναμέναμε περί τα 15min να ανέβει η θερμοκρασία στο διάλυμα του ψύκτη και εν συνεχεία ενεργοποιήσαμε τον λέβητα αερίου.

Το water inlet είναι το νερό που επιστρέφει στον ψύκτη δηλαδή το ζεστό νερό. Στόχος μας ήταν να αυξηθεί η θερμοκρασία του ζεστού νερού και να φτάσει στο επιθυμητό output (περίπου στους 11°C). Ρυθμίσαμε τη θερμοκρασία περιβάλλοντος T_a στους 33°C (λόγω καλοκαιριού).

HTG levels: A= όταν ξεκινά το μηχάνημα το διάλυμα είναι κάτω. B = αρχίζει η λειτουργία και το διάλυμα ξεκινά να ανεβαίνει. Το ίδιο συμβαίνει και για την ένδειξη C και D. Δηλαδή είναι μια ένδειξη για να καταλάβουμε που βρίσκεται το διάλυμα.

Refrigeration level είναι το αποσταγμένο νερό. Είναι χαμηλά και αρχίζει αργότερα να ανεβαίνει επίπεδα (B, C, D). Όταν το διάλυμα (HTG Temp.) φτάσει περίπου στη θερμοκρασία 130- 135°C το φορτίο είναι κανονικό και η μονάδα σταθεροποιείται και αρχίζει να αποδίδει ισχύ. Όλα τα παραπάνω ισχύουν μόνο όταν έχουμε σωστές συνθήκες κενού.

Δυστυχώς δεν διατίθενται στοιχεία ούτε από τον προμηθευτή, ούτε από τον κατασκευαστή όσον αφορά αναλογίες βρωμιούχου λιθίου και νερού. Σε περίπτωση βλάβης και επισκευής αφαιρούμε το νερό και έπειτα με βάση την ποσότητα που έχουμε αφαιρέσει συμπληρώνουμε.

Ο λέβητας με την μονάδα ψύξης λειτουργούν αντίστροφα. Δηλαδή όσο ο λέβητας έχει ένδειξη ότι θερμοκρασία πέφτει στον ψύκτη τόσο πιο πολύ δουλεύει για να την αυξήσει τη θερμοκρασία του νερού. Η ισχύς του λέβητα κυμαίνεται από 9kcal έως 21kcal. Αυτό ρυθμίζεται μόνο με τη θερμοκρασία του νερού.

Αν έχουμε τριχοειδής σωλήνες η επιθυμητή θερμοκρασία πρέπει να είναι περίπου στους 22°C. Για fan coils (μεγάλα κτίρια) γύρω στους 9-11°C. Η σύσταση του διαλύματος από τον κατασκευαστή είναι σταθερή και δεν πρέπει να αλλάζει. Ο κατασκευαστής το έχει επιλέξει έτσι ώστε κατά τη σωστή λειτουργία της μονάδας να έχουμε αποφυγή κρυσταλλοποιήσεων.

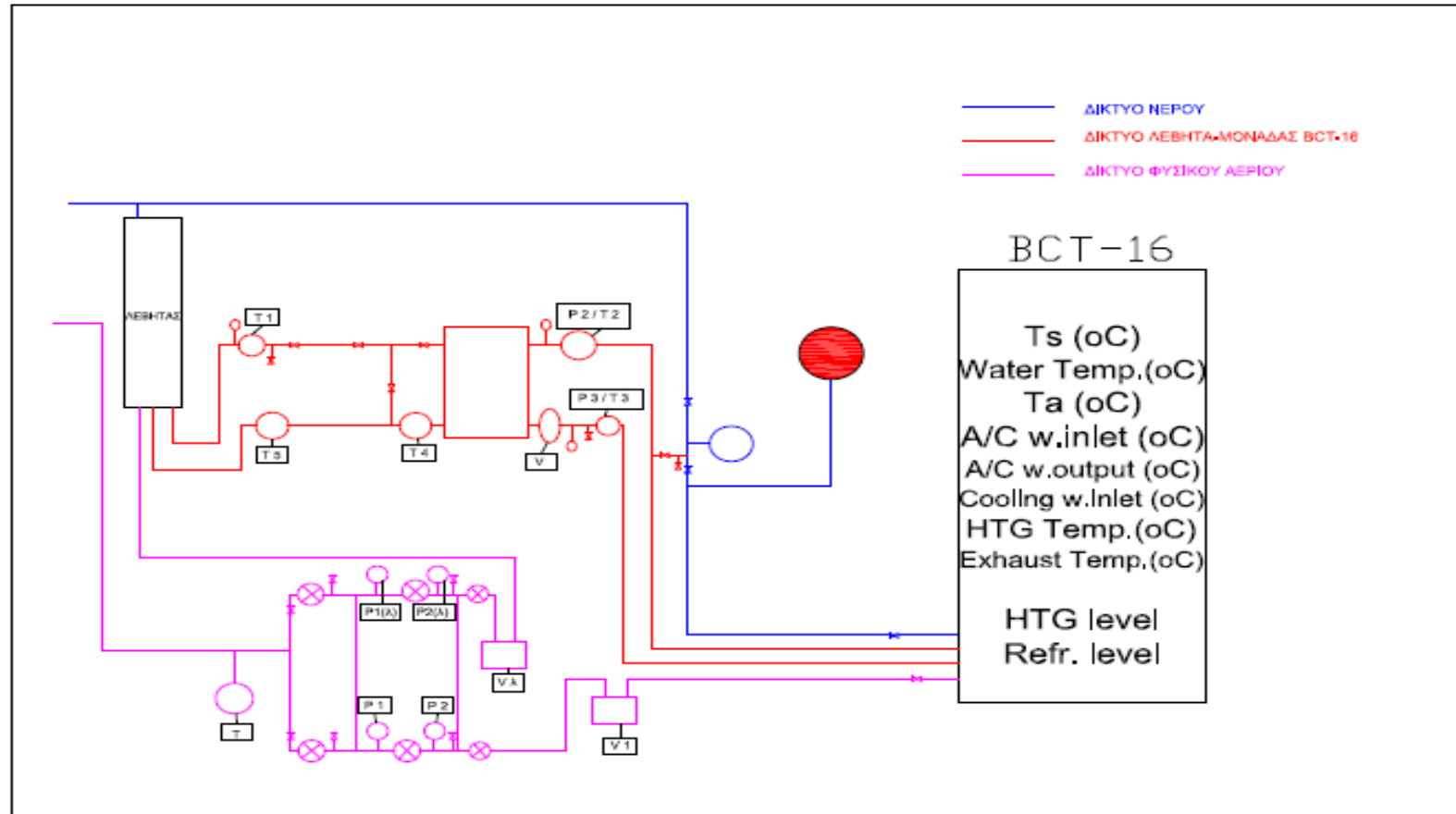
Σκοπός της πειραματικής διαδικασίας ήταν η λήψη μετρήσεων της θερμοκρασίας εξόδου του νερού (εργαζόμενο μέσο) από το λέβητα αερίου και ο υπολογισμός του COP της μονάδας. Οι προεπιλεγμένες επιλογές δεν πρέπει να πειράζονται καθόλου. Καλό θα είναι ο λέβητας να οδηγείται με ηλεκτρονικό τρόπο για επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας. Στην εγκατάσταση μας ο λέβητας ήταν αναλογικός. Ο κατασκευαστής προτείνει να υπάρχει θερμοκρασιακή διάφορα μεταξύ 6-7°C για έλεγχο καλής λειτουργίας της μονάδας, δηλαδή inlet – output ($\Delta T=6-7^\circ\text{C}$). Σε περίπτωση που υπάρχει απαίτηση για χαμηλό φορτίο δεν έχουμε ΔT . Κατεβάζοντας τη θερμοκρασία του λέβητα αρχίζει ο ψύκτης να υπερισχύει σιγά σιγά. Αν κατέβει η θερμοκρασία του λέβητα θα δούμε το φαινόμενο να εκτυλίσσεται ταχύτερα.

4.2.5 Τερματισμός λειτουργίας ψυκτικής μονάδας απορρόφησης

Για το τερματισμό λειτουργίας του συστήματος κλείσαμε αρχικά τη μονάδα, ενώ μετά από 15min κλείσαμε και το λέβητα αερίου. Όταν το διάλυμα φτάσει στη θερμοκρασία των 110°C τότε η μονάδα θα σταματήσει τη λειτουργία της, δηλαδή για χρονικό διάστημα περίπου 10min η μονάδα θα συνεχίσει να αποδίδει ψυκτική ισχύ με μικρότερο βαθμό απόδοσης καθώς το ΔT προοδευτικά θα αρχίσει να μειώνεται.

Προφανώς στη περίπτωση μεταβολής της παροχής (στραγγαλισμός) θα επηρεαστεί η απόδοση της μονάδας. Η συγκεκριμένη μονάδα εργάζεται με συγκεκριμένη παροχή που έχει δοθεί από τον κατασκευαστή.

4.3 Πειραματικές μετρήσεις και διαγράμματα αποτελεσμάτων



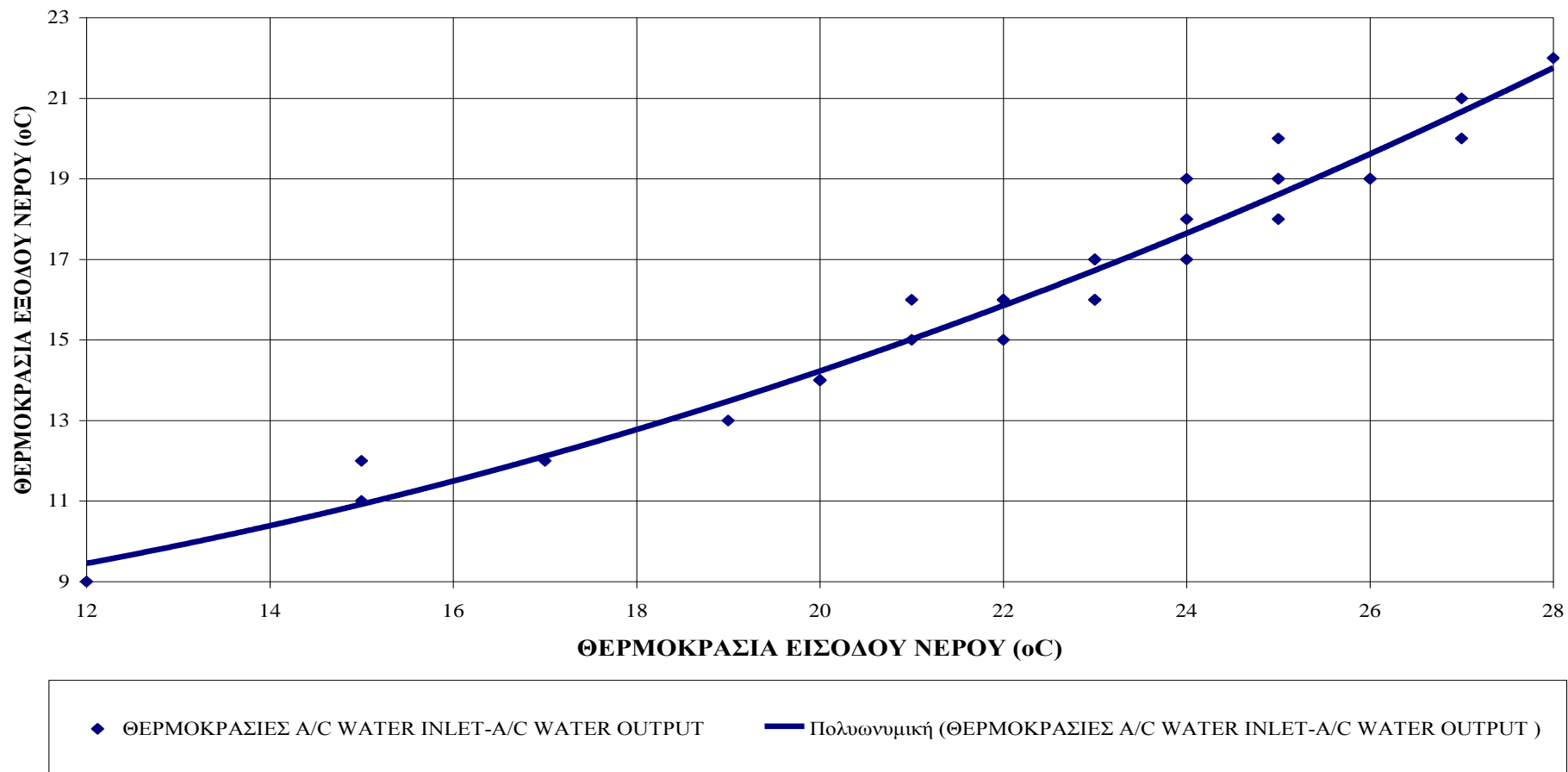
Εικόνα 4.1 : Μονογραμμικό διάγραμμα εγκατάστασης.

A/A	BCT-16 (ΣΤΟΙΧΕΙΑ)	Ts (°C)	W.T(°C)	Ta(°C)	A/C w.in.(°C)	A/C w.out(°C)	C. w. in.(°C)	HTG temp.(°C)	Exh.temp(°C)	HTG lev.	Refr.lev.
1	6/7/2010-1η-13.35	11	9	33	12	9	30	121	119	D	B
2	6/7/2010-2η-14.05	11	11	33	15	12	29	134	146	C	B
3	6/7/2010-3η-14.30	11	14	32	20	14	30	141	167	C	B
4	13/7/2010-1η-13.05	11	15	34	17	12	29	129	155	B	B
5	13/7/2010-2η-13.35	11	17	34	23	17	30	135	159	B	B
6	13/7/2010-3η-14.05	11	16	34	23	16	30	139	166	C	B
7	14/7/2010-1η-12.45	11	19	33	25	19	30	136	161	C	B
8	14/7/2010-2η-13.05	11	17	33	24	18	30	138	164	C	B
9	14/7/2010-3η-13.30	11	18	33	25	18	30	141	166	C	B
10	14/7/2010-4η-13.50	11	18	33	25	19	30	140	166	C	B
11	14/7/2010-5η-14.10	11	17	33	23	17	30	138	164	C	B
12	15/7/2010-1η-15.05	11	19	33	25	20	31	138	162	B	B
13	15/7/2010-2η-15.25	11	15	33	21	16	31	141	166	C	B
14	15/7/2010-3η-15.45	11	14	33	20	14	30	142	166	C	B
15	15/7/2010-4η-16.00	11	13	33	15	11	25	121	117	C	B
16	15/7/2010-5η-16.25	11	19	32	26	19	31	138	163	C	B
17	16/7/2010-1η-13.55	11	16	32	22	16	30	132	163	C	B
18	16/7/2010-2η-14.15	11	14	32	20	14	31	142	166	C	B
19	16/7/2010-3η-14.35	11	13	33	19	13	31	143	167	C	B
20	16/7/2010-4η-14.50	11	16	32	23	16	30	144	167	C	B
21	16/7/2010-5η-15.10	11	20	32	27	20	30	141	164	C	B
22	19/7/2010-1η-13.50	11	23	33	28	22	29	135	160	B	B
23	19/7/2010-2η-14.10	11	21	33	27	21	30	139	163	C	B
24	19/7/2010-3η-14.30	11	17	31	24	17	30	141	166	C	B
25	19/7/2010-4η-14.50	11	15	32	21	15	30	145	168	C	B
26	19/7/2010-5η-15.10	11	14	32	20	14	31	146	169	C	B
27	20/7/2010-1η-13.55	11	18	33	24	19	29	135	159	C	B
28	20/7/2010-2η-14.15	11	15	33	22	15	30	141	166	C	B
29	20/7/2010-3η-14.30	11	16	33	22	16	30	143	167	C	B
30	20/7/2010-4η-14.50	11	19	33	26	19	30	141	166	C	B

Πινάκας 4.1 : Μετρήσεις στοιχείων BCT-16

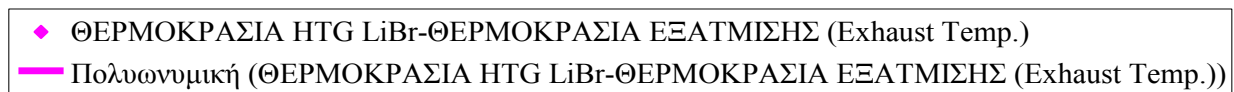
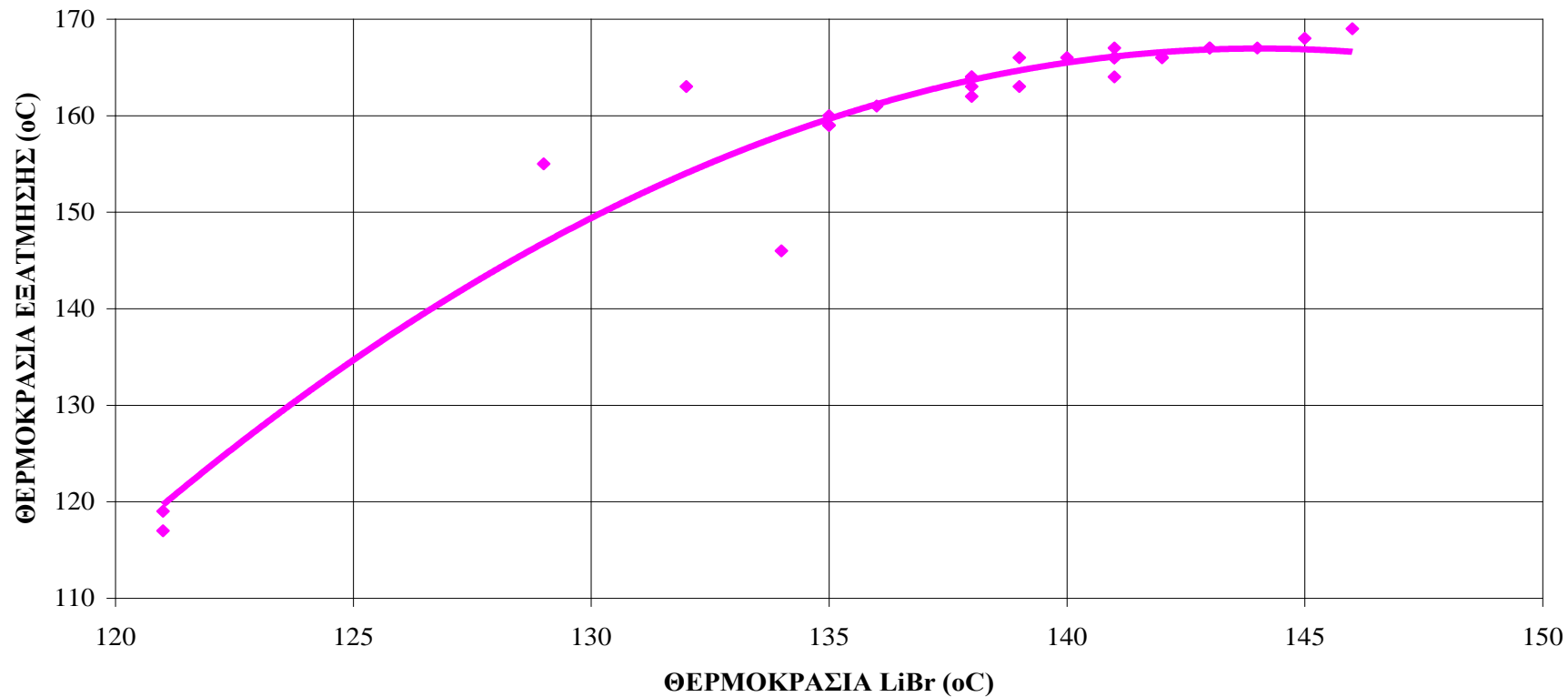
A/A	BCT-16 (ΣΤΟΙΧΕΙΑ)	A/C w.inlet(°C)	A/C w.output(°C)
1	6/7/2010-1η μετρηση-13.35	12	9
2	6/7/2010-2η μετρηση-14.05	15	12
3	6/7/2010-3η μετρηση-14.30	20	14
4	13/7/2010-1η μετρηση-13.05	17	12
5	13/7/2010-2η μετρηση-13.35	23	17
6	13/7/2010-3η μετρηση-14.05	23	16
7	14/7/2010-1η μετρηση-12.45	25	19
8	14/7/2010-2η μετρηση-13.05	24	18
9	14/7/2010-3η μετρηση-13.30	25	18
10	14/7/2010-4η μετρηση-13.50	25	19
11	14/7/2010-5η μετρηση-14.10	23	17
12	15/7/2010-1η μετρηση-15.05	25	20
13	15/7/2010-2η μετρηση-15.25	21	16
14	15/7/2010-3η μετρηση-15.45	20	14
15	15/7/2010-4η μετρηση-16.00	15	11
16	15/7/2010-5η μετρηση-16.25	26	19
17	16/7/2010-1η μετρηση-13.55	22	16
18	16/7/2010-2η μετρηση-14.15	20	14
19	16/7/2010-3η μετρηση-14.35	19	13
20	16/7/2010-4η μετρηση-14.50	23	16
21	16/7/2010-5η μετρηση-15.10	27	20
22	19/7/2010-1η μετρηση-13.50	28	22
23	19/7/2010-2η μετρηση-14.10	27	21
24	19/7/2010-3η μετρηση-14.30	24	17
25	19/7/2010-4η μετρηση-14.50	21	15
26	19/7/2010-5η μετρηση-15.10	20	14
27	20/7/2010-1η μετρηση-13.55	24	19
28	20/7/2010-2η μετρηση-14.15	22	15
29	20/7/2010-3η μετρηση-14.30	22	16
30	20/7/2010-4η μετρηση-14.50	26	19

Υποπίνακας 4.1 : Μετρήσεις A/C inlet-outlet

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΞΟΔΟΥ ΑΠΟ Α/Σ**Γράφημα 4.1 :** Διακυμάνσεις θερμοκρασιών εισόδου-εξόδου νερού Α/Σ

A/A	BCT-16 (ΣΤΟΙΧΕΙΑ)	HTG temp.(°C)	Exhaust temp(°C)
1	6/7/2010-1η μετρηση-13.35	121	119
2	6/7/2010-2η μετρηση-14.05	134	146
3	6/7/2010-3η μετρηση-14.30	141	167
4	13/7/2010-1η μετρηση-13.05	129	155
5	13/7/2010-2η μετρηση-13.35	135	159
6	13/7/2010-3η μετρηση-14.05	139	166
7	14/7/2010-1η μετρηση-12.45	136	161
8	14/7/2010-2η μετρηση-13.05	138	164
9	14/7/2010-3η μετρηση-13.30	141	166
10	14/7/2010-4η μετρηση-13.50	140	166
11	14/7/2010-5η μετρηση-14.10	138	164
12	15/7/2010-1η μετρηση-15.05	138	162
13	15/7/2010-2η μετρηση-15.25	141	166
14	15/7/2010-3η μετρηση-15.45	142	166
15	15/7/2010-4η μετρηση-16.00	121	117
16	15/7/2010-5η μετρηση-16.25	138	163
17	16/7/2010-1η μετρηση-13.55	132	163
18	16/7/2010-2η μετρηση-14.15	142	166
19	16/7/2010-3η μετρηση-14.35	143	167
20	16/7/2010-4η μετρηση-14.50	144	167
21	16/7/2010-5η μετρηση-15.10	141	164
22	19/7/2010-1η μετρηση-13.50	135	160
23	19/7/2010-2η μετρηση-14.10	139	163
24	19/7/2010-3η μετρηση-14.30	141	166
25	19/7/2010-4η μετρηση-14.50	145	168
26	19/7/2010-5η μετρηση-15.10	146	169
27	20/7/2010-1η μετρηση-13.55	135	159
28	20/7/2010-2η μετρηση-14.15	141	166
29	20/7/2010-3η μετρηση-14.30	143	167
30	20/7/2010-4η μετρηση-14.50	141	166

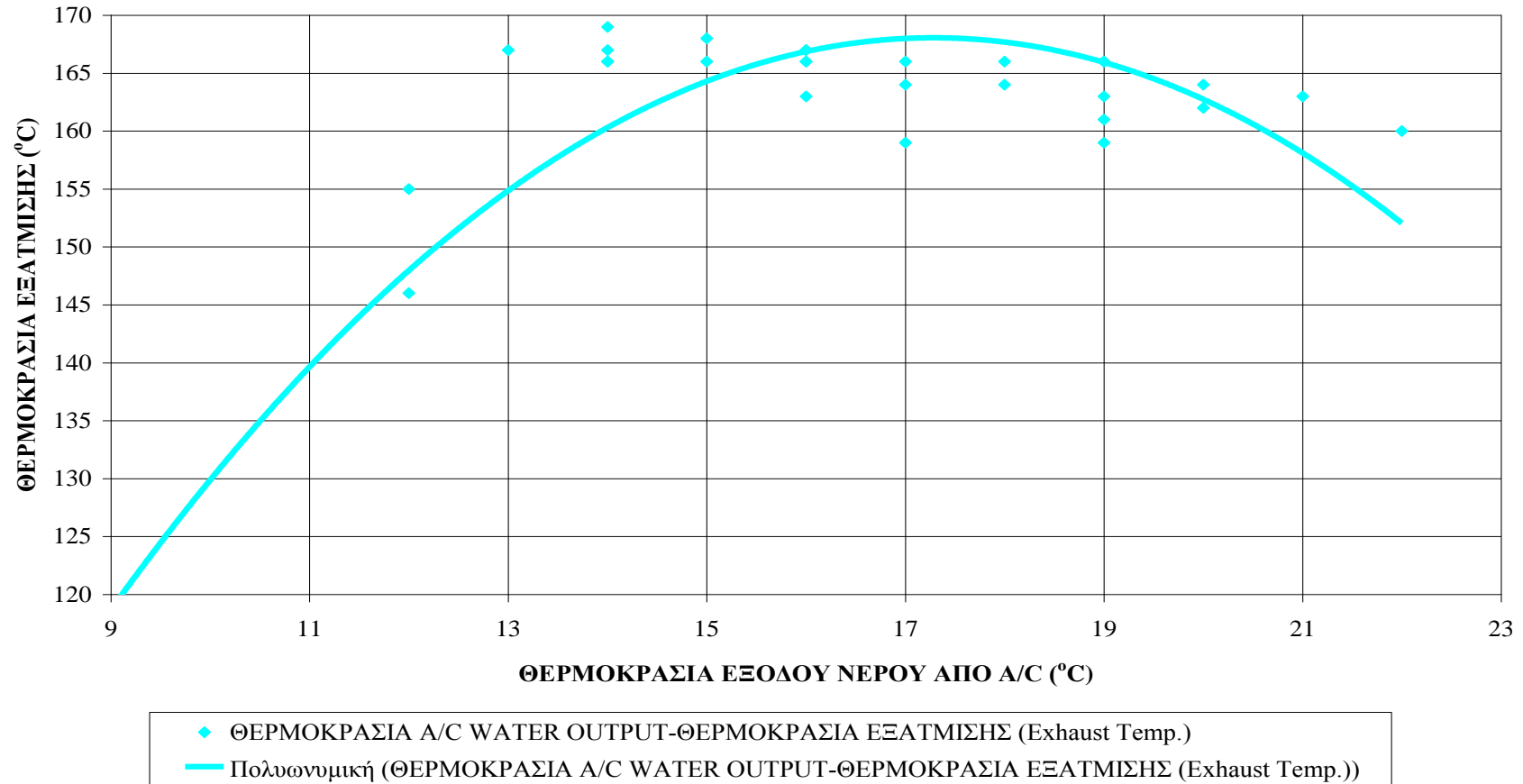
Υποπίνακας 4.2 : Μετρήσεις HTG Temperature – Exhaust Temperature

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ LiBr ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ

Γράφημα 4.2 : Θερμοκρασία LiBr – Θερμοκρασία εξάτμισης

A/A	BCT-16 (ΣΤΟΙΧΕΙΑ)	A/C w.output(°C)	Exhaust temp(°C)
1	6/7/2010-1η μετρηση-13.35	9	119
2	6/7/2010-2η μετρηση-14.05	12	146
3	6/7/2010-3η μετρηση-14.30	14	167
4	13/7/2010-1η μετρηση-13.05	12	155
5	13/7/2010-2η μετρηση-13.35	17	159
6	13/7/2010-3η μετρηση-14.05	16	166
7	14/7/2010-1η μετρηση-12.45	19	161
8	14/7/2010-2η μετρηση-13.05	18	164
9	14/7/2010-3η μετρηση-13.30	18	166
10	14/7/2010-4η μετρηση-13.50	19	166
11	14/7/2010-5η μετρηση-14.10	17	164
12	15/7/2010-1η μετρηση-15.05	20	162
13	15/7/2010-2η μετρηση-15.25	16	166
14	15/7/2010-3η μετρηση-15.45	14	166
15	15/7/2010-4η μετρηση-16.00	11	117
16	15/7/2010-5η μετρηση-16.25	19	163
17	16/7/2010-1η μετρηση-13.55	16	163
18	16/7/2010-2η μετρηση-14.15	14	166
19	16/7/2010-3η μετρηση-14.35	13	167
20	16/7/2010-4η μετρηση-14.50	16	167
21	16/7/2010-5η μετρηση-15.10	20	164
22	19/7/2010-1η μετρηση-13.50	22	160
23	19/7/2010-2η μετρηση-14.10	21	163
24	19/7/2010-3η μετρηση-14.30	17	166
25	19/7/2010-4η μετρηση-14.50	15	168
26	19/7/2010-5η μετρηση-15.10	14	169
27	20/7/2010-1η μετρηση-13.55	19	159
28	20/7/2010-2η μετρηση-14.15	15	166
29	20/7/2010-3η μετρηση-14.30	16	167
30	20/7/2010-4η μετρηση-14.50	19	166

Υποπίνακας 4.3 : Μετρήσεις θερμοκρασίας νερού εξόδου A/C – Θερμοκρασία εξάτμιση

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ ΕΞΟΔΟΥ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ

Γράφημα 4.3: Θερμοκρασία εξόδου νερού – θερμοκρασία εξατμίσεως

4.3.2 Μετρήσεις δικτύου λέβητα – BCT 16

A/A	ΔΙΚΤΥΟ ΛΕΒΗΤΑ - BCT 16	T1 (°C)	P2 (bar)	T2 (°C)	P3 (bar)	T3 (°C)	Q (m ³ /h)	T4 (°C)	T5 (°C)
1	6/7/2010-1η μετρηση-13.35	12	1,05	11	1,4	8	18233	8	8
2	6/7/2010-2η μετρηση-14.05	35	1,05	20	1,3	14	18905	26	26
3	6/7/2010-3η μετρηση-14.30	48	1,05	22	1,3	15	18979	20,5	21
4	13/7/2010-1η μετρηση-13.05	44	1,05	22	1,4	16	22139	21	22
5	13/7/2010-2η μετρηση-13.35	50	1,2	22	1,3	17,5	22845	23,5	24
6	13/7/2010-3η μετρηση-14.05	53	1,3	22	1,3	16	23800	23,5	24
7	14/7/2010-1η μετρηση-12.45	55	1,05	26	1,3	21	26580	26	26,5
8	14/7/2010-2η μετρηση-13.05	53	1,3	26	1,3	20	27175	24,5	25
9	14/7/2010-3η μετρηση-13.30	59	1,2	27	1,3	20	27817	26	26,5
10	14/7/2010-4η μετρηση-13.50	57	1,03	27	1,3	20	28475	25,5	26,5
11	14/7/2010-5η μετρηση-14.10	54	1,2	25	1,3	19,5	29105	24	25
12	15/7/2010-1η μετρηση-15.05	51	1,05	26	1,3	19	31857	24,5	25
13	15/7/2010-2η μετρηση-15.25	49	1,05	22	1,3	18,5	32370	22,5	23
14	15/7/2010-3η μετρηση-15.45	47	1,05	21	1,3	18	32955	21,5	22
15	15/7/2010-4η μετρηση-16.00	33	1,2	20	1,3	15	33260	16,5	17
16	15/7/2010-5η μετρηση-16.25	56	1,2	27	1,3	18	33940	26	27
17	16/7/2010-1η μετρηση-13.55	48	1	24	1,3	17	36797	22,5	23
18	16/7/2010-2η μετρηση-14.15	46	1,2	22	1,3	16	37335	20,5	21
19	16/7/2010-3η μετρηση-14.35	47	1,1	22	1,3	16	37856	20	21
20	16/7/2010-4η μετρηση-14.50	55	1,35	25	1,3	17	38068	24	25
21	16/7/2010-5η μετρηση-15.10	59	1,3	28	1,3	19	38995	27	27,5
22	19/7/2010-1η μετρηση-13.50	60	1	30	1,3	20	41490	29	30
23	19/7/2010-2η μετρηση-14.10	58	1,3	28	1,3	20	42055	27,5	28,5
24	19/7/2010-3η μετρηση-14.30	53	1,1	26	1,3	19	42645	24,5	25
25	19/7/2010-4η μετρηση-14.50	49	1,35	24	1,3	17	43315	22	23
26	19/7/2010-5η μετρηση-15.10	47	1,05	23	1,3	16	43890	21	22
27	20/7/2010-1η μετρηση-13.55	47	1	26	1,3	19	46140	24	25
28	20/7/2010-2η μετρηση-14.15	48	1,05	24	1,3	18	46640	22,5	23,5
29	20/7/2010-3η μετρηση-14.30	52	1,35	25	1,3	18	47170	23	24
30	20/7/2010-4η μετρηση-14.50	57	1,3	26	1,3	19	47870	26	27

Πίνακας 4.2 : Μετρήσεις δικτύου λέβητα αερίου.

A/A	ΔΙΚΤΥΟ ΛΕΒΗΤΑ - BCT 16	HTG temp.(°C)	Exhaust temp(°C)	$\Delta T =$ (ExhaustTemp) - (HTG Temp.)	$\Delta T^*4,186$
1	6/7/2010-1η μετρηση-13.35	121	119	-2	-8,37
2	6/7/2010-2η μετρηση-14.05	134	146	12	50,23
3	6/7/2010-3η μετρηση-14.30	141	167	26	108,84
4	13/7/2010-1η μετρηση-13.05	129	155	26	108,84
5	13/7/2010-2η μετρηση-13.35	135	159	24	100,46
6	13/7/2010-3η μετρηση-14.05	139	166	27	113,02
7	14/7/2010-1η μετρηση-12.45	136	161	25	104,65
8	14/7/2010-2η μετρηση-13.05	138	164	26	108,84
9	14/7/2010-3η μετρηση-13.30	141	166	25	104,65
10	14/7/2010-4η μετρηση-13.50	140	166	26	108,84
11	14/7/2010-5η μετρηση-14.10	138	164	26	108,84
12	15/7/2010-1η μετρηση-15.05	138	162	24	100,46
13	15/7/2010-2η μετρηση-15.25	141	166	25	104,65
14	15/7/2010-3η μετρηση-15.45	142	166	24	100,46
15	15/7/2010-4η μετρηση-16.00	121	117	-4	-16,74
16	15/7/2010-5η μετρηση-16.25	138	163	25	104,65
17	16/7/2010-1η μετρηση-13.55	132	163	31	129,77
18	16/7/2010-2η μετρηση-14.15	142	166	24	100,46
19	16/7/2010-3η μετρηση-14.35	143	167	24	100,46
20	16/7/2010-4η μετρηση-14.50	144	167	23	96,28
21	16/7/2010-5η μετρηση-15.10	141	164	23	96,28
22	19/7/2010-1η μετρηση-13.50	135	160	25	104,65
23	19/7/2010-2η μετρηση-14.10	139	163	24	100,46
24	19/7/2010-3η μετρηση-14.30	141	166	25	104,65
25	19/7/2010-4η μετρηση-14.50	145	168	23	96,28
26	19/7/2010-5η μετρηση-15.10	146	169	23	96,28
27	20/7/2010-1η μετρηση-13.55	135	159	24	100,46
28	20/7/2010-2η μετρηση-14.15	141	166	25	104,65
29	20/7/2010-3η μετρηση-14.30	143	167	24	100,46
30	20/7/2010-4η μετρηση-14.50	141	166	25	104,65

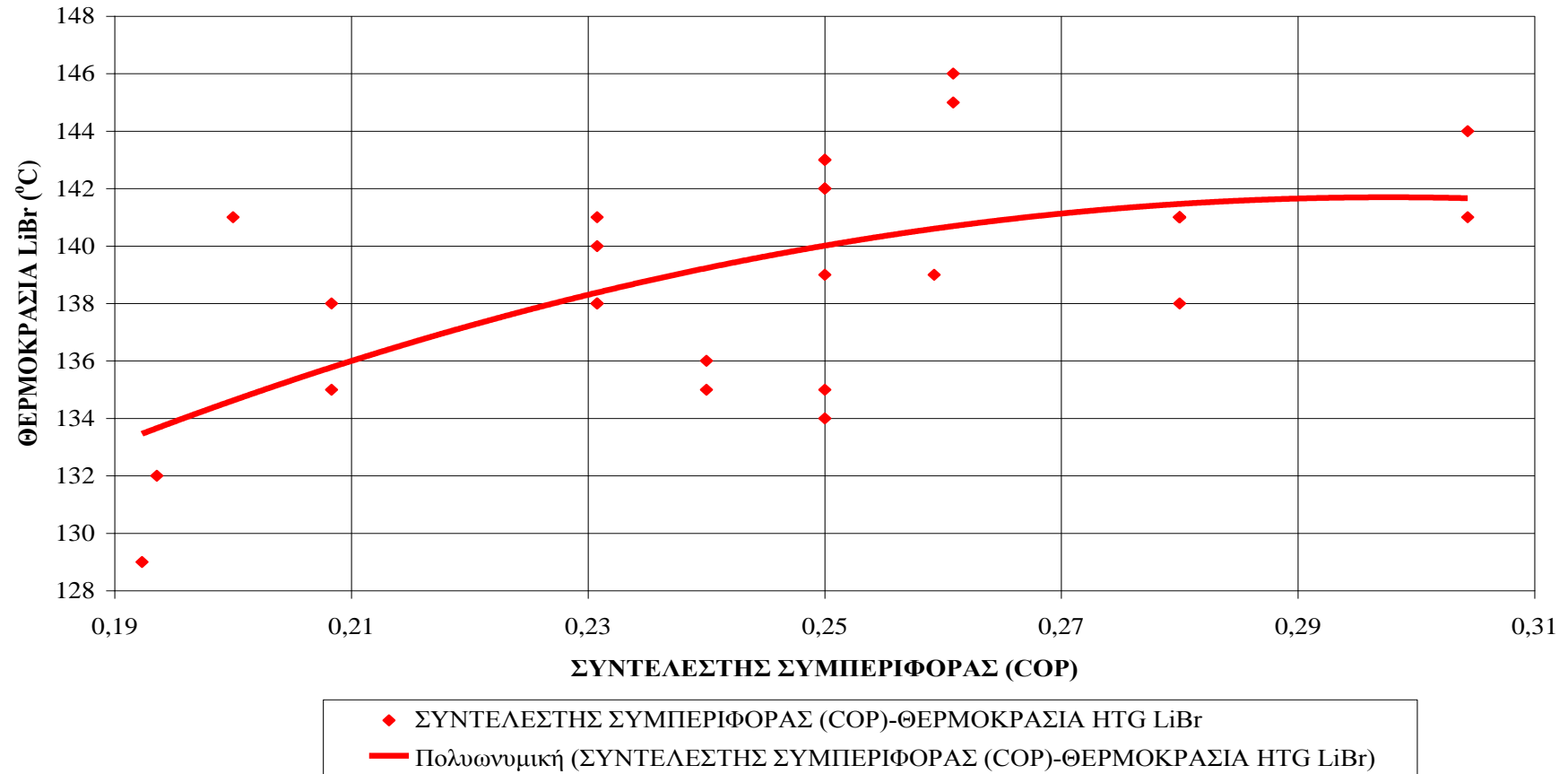
Υποπίνακας 4.4 : Διαφορά θερμοκρασίας LiBr – θερμοκρασίας εξατμίσεως

A/A	ΔΙΚΤΥΟ ΛΕΒΗΤΑ - BCT 16	A/C w.inlet(°C)	A/C w.output(°C)	$\Delta T = (A/C \text{ w.in}) - (A/C \text{ w.out})$	$\Delta T * 4,186$
1	6/7/2010-1η μετρηση-13.35	12	9	3	12,56
2	6/7/2010-2η μετρηση-14.05	15	12	3	12,56
3	6/7/2010-3η μετρηση-14.30	20	14	6	25,12
4	13/7/2010-1η μετρηση-13.05	17	12	5	20,93
5	13/7/2010-2η μετρηση-13.35	23	17	6	25,12
6	13/7/2010-3η μετρηση-14.05	23	16	7	29,30
7	14/7/2010-1η μετρηση-12.45	25	19	6	25,12
8	14/7/2010-2η μετρηση-13.05	24	18	6	25,12
9	14/7/2010-3η μετρηση-13.30	25	18	7	29,30
10	14/7/2010-4η μετρηση-13.50	25	19	6	25,12
11	14/7/2010-5η μετρηση-14.10	23	17	6	25,12
12	15/7/2010-1η μετρηση-15.05	25	20	5	20,93
13	15/7/2010-2η μετρηση-15.25	21	16	5	20,93
14	15/7/2010-3η μετρηση-15.45	20	14	6	25,12
15	15/7/2010-4η μετρηση-16.00	15	11	4	16,74
16	15/7/2010-5η μετρηση-16.25	26	19	7	29,30
17	16/7/2010-1η μετρηση-13.55	22	16	6	25,12
18	16/7/2010-2η μετρηση-14.15	20	14	6	25,12
19	16/7/2010-3η μετρηση-14.35	19	13	6	25,12
20	16/7/2010-4η μετρηση-14.50	23	16	7	29,30
21	16/7/2010-5η μετρηση-15.10	27	20	7	29,30
22	19/7/2010-1η μετρηση-13.50	28	22	6	25,12
23	19/7/2010-2η μετρηση-14.10	27	21	6	25,12
24	19/7/2010-3η μετρηση-14.30	24	17	7	29,30
25	19/7/2010-4η μετρηση-14.50	21	15	6	25,12
26	19/7/2010-5η μετρηση-15.10	20	14	6	25,12
27	20/7/2010-1η μετρηση-13.55	24	19	5	20,93
28	20/7/2010-2η μετρηση-14.15	22	15	7	29,30
29	20/7/2010-3η μετρηση-14.30	22	16	6	25,12
30	20/7/2010-4η μετρηση-14.50	26	19	7	29,30

Υποπίνακας 4.5 : Διαφορά θερμοκρασίας νερού εισόδου-εξόδου A/C

A/A	ΔΙΚΤΥΟ ΛΕΒΗΤΑ - BCT 16	$\Delta T =$ (ExhaustTemp) - (HTG Temp.)	$\Delta T =$ (A/C w.in) - (A/C w.out)	COP	HTG temp.(°C)
1	6/7/2010-1η μετρηση-13.35	-11,56	12,56	-	
2	6/7/2010-2η μετρηση-14.05	-10,56	12,56	0,25	134
3	6/7/2010-3η μετρηση-14.30	-22,12	25,12	0,23	141
4	13/7/2010-1η μετρηση-13.05	-16,93	20,93	0,19	129
5	13/7/2010-2η μετρηση-13.35	-20,12	25,12	0,25	135
6	13/7/2010-3η μετρηση-14.05	-23,30	29,30	0,26	139
7	14/7/2010-1η μετρηση-12.45	-18,12	25,12	0,24	136
8	14/7/2010-2η μετρηση-13.05	-17,12	25,12	0,23	138
9	14/7/2010-3η μετρηση-13.30	-20,30	29,30	0,28	141
10	14/7/2010-4η μετρηση-13.50	-15,12	25,12	0,23	140
11	14/7/2010-5η μετρηση-14.10	-14,12	25,12	0,23	138
12	15/7/2010-1η μετρηση-15.05	-8,93	20,93	0,21	138
13	15/7/2010-2η μετρηση-15.25	-7,93	20,93	0,20	141
14	15/7/2010-3η μετρηση-15.45	-11,12	25,12	0,25	142
15	15/7/2010-4η μετρηση-16.00	-1,74	16,74	-1,00	121
16	15/7/2010-5η μετρηση-16.25	-13,30	29,30	0,28	138
17	16/7/2010-1η μετρηση-13.55	-8,12	25,12	0,19	132
18	16/7/2010-2η μετρηση-14.15	-7,12	25,12	0,25	142
19	16/7/2010-3η μετρηση-14.35	-6,12	25,12	0,25	143
20	16/7/2010-4η μετρηση-14.50	-9,30	29,30	0,30	144
21	16/7/2010-5η μετρηση-15.10	-8,30	29,30	0,30	141
22	19/7/2010-1η μετρηση-13.50	-3,12	25,12	0,24	135
23	19/7/2010-2η μετρηση-14.10	-2,12	25,12	0,25	139
24	19/7/2010-3η μετρηση-14.30	-5,30	29,30	0,28	141
25	19/7/2010-4η μετρηση-14.50	-0,12	25,12	0,26	145
26	19/7/2010-5η μετρηση-15.10	0,88	25,12	0,26	146
27	20/7/2010-1η μετρηση-13.55	6,07	20,93	0,21	135
28	20/7/2010-2η μετρηση-14.15	-1,30	29,30	0,28	141
29	20/7/2010-3η μετρηση-14.30	3,88	25,12	0,25	143
30	20/7/2010-4η μετρηση-14.50	0,70	29,30	0,28	141

Υποπίνακας 4.6 : Υπολογισμός COP

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ (COP) ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ LiBr

Γράφημα 4.4 : COP – Θερμοκρασία LiBr

4.3.3 Μετρήσεις δικτύου φυσικού αερίου

A/A	ΔΙΚΤΥΟ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ	T (°C)	P1 (mbar)	P2 (mbar)	Q (m ³ /h)	P1(λ) (mbar)	P2(λ) (mbar)	Q(λ) (m ³ /h)
1	6/7/2010-1η μετρηση-13.35	34	310	17	36041	310	17	3435
2	6/7/2010-2η μετρηση-14.05	38	307	22,5	36360	310	16	3792
3	6/7/2010-3η μετρηση-14.30	36	300	22,5	37092	300	45,5	4587
4	13/7/2010-1η μετρηση-13.05	43	340	22	37660	338	16	4910
5	13/7/2010-2η μετρηση-13.35	42	328	22,5	38035	325	18	5250
6	13/7/2010-3η μετρηση-14.05	40	322	22,5	38860	320	16,5	6176
7	14/7/2010-1η μετρηση-12.45	40	327	21,5	39697	320	14	6925
8	14/7/2010-2η μετρηση-13.05	38	320	21,5	40200	310	14	7500
9	14/7/2010-3η μετρηση-13.30	36,5	310	22	40760	300	14	8175
10	14/7/2010-4η μετρηση-13.50	37	310	22	41320	300	14	8855
11	14/7/2010-5η μετρηση-14.10	36,5	305	22	41860	305	15	9482
12	15/7/2010-1η μετρηση-15.05	35	300	20,5	42645	300	15	10165
13	15/7/2010-2η μετρηση-15.25	35	300	20,5	43100	295	14	10660
14	15/7/2010-3η μετρηση-15.45	34	300	20,5	43600	290	15	11180
15	15/7/2010-4η μετρηση-16.00	35	300	21,5	43655	295	14	11325
16	15/7/2010-5η μετρηση-16.25	33	300	20,5	44245	295	14	12020
17	16/7/2010-1η μετρηση-13.55	35	300	21,5	45100	290	14,5	12730
18	16/7/2010-2η μετρηση-14.15	35	298	21,5	45560	293	14	13210
19	16/7/2010-3η μετρηση-14.35	35	300	22	46040	295	14	13725
20	16/7/2010-4η μετρηση-14.50	35	298	21,5	46490	293	14	14310
21	16/7/2010-5η μετρηση-15.10	35	300	21,5	46980	295	14	14950
22	19/7/2010-1η μετρηση-13.50	37	300	21,5	47650	298	17	15490
23	19/7/2010-2η μετρηση-14.10	36,5	300	21,5	48135	298	14,5	16045
24	19/7/2010-3η μετρηση-14.30	35,5	300	21	48645	292	14,5	16605
25	19/7/2010-4η μετρηση-14.50	35	300	21	49215	293	14,5	17220
26	19/7/2010-5η μετρηση-15.10	35	300	21	49710	292	14,5	17755
27	20/7/2010-1η μετρηση-13.55	37	300	20	50350	298	14,5	18290
28	20/7/2010-2η μετρηση-14.15	36,5	300	20,5	50780	298	14,5	18735
29	20/7/2010-3η μετρηση-14.30	36	300	20,5	51230	298	14	19250
30	20/7/2010-4η μετρηση-14.50	36	300	20	51705	298	14	19845

Πίνακας 4.3 : Μετρήσεις δικτύου φυσικού αερίου.

4.4 Σύγκριση θεωρητικού και πειραματικού COP (συντελεστής συμπεριφοράς)

Συντελεστής Συμπεριφοράς είναι η πιο χρήσιμη παράμετρος για τον προσδιορισμό της απόδοσης, ορίζεται δε ως ο λόγος του ψυκτικού αποτελέσματος προς απαιτούμενη ισχύ από το συμπιεστή.

$$\text{COP} = \frac{\text{ΨΥΚΤΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ (kW)}}{\text{ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΜΠΙΕΣΤΗ (kW)}}$$

Υψηλός συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς στο ψυκτικό συγκρότημα σημαίνει περισσότερη ψύξη για δεδομένη ισχύ λειτουργίας, δηλ. το σύστημα είναι πιο αποδοτικό. Ο συντελεστής (COP) δεν εκφράζεται επί τις εκατό και σπάνια είναι μικρότερος από 1. Για τις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές ο συντελεστής κυμαίνεται στην περιοχή του 2 (για συστήματα με θερμοκρασία εξάτμισης γύρω στους -40°C) και 5 (για συστήματα με θερμοκρασία εξάτμισης γύρω στους 0°C). Ο συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς μπορεί να μεταβάλλεται αισθητά αφού εξαρτάται άμεσα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και τις απαιτούμενες αλλαγές της παραγωγικής διαδικασίας. Ο ορισμός που δόθηκε πιο πάνω είναι από τους πιο διαδεδομένους για υπολογισμούς στην βιομηχανία. Οποσδήποτε όμως, δεν θεωρείται και η καλύτερη παράμετρος υπολογισμού για ένα ολοκληρωμένο ψυκτικό σύστημα. Η απαιτούμενη ενέργεια δεν είναι αυτή μόνο του συμπιεστή αλλά και του υπόλοιπου εξοπλισμού δηλ. των ανεμιστήρων και των αντλιών του εξατμιστή και του συμπυκνωτή. Έτσι, λοιπόν ορίζεται ο συντελεστής ψυκτικής συμπεριφοράς του συστήματος: [14]

$$\text{COP}_{\text{ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ}} = \frac{\text{ΨΥΚΤΙΚΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ (kW)}}{\text{ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΗ ΙΣΧΥΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (kW)}}$$

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως παρατηρούμε ο πειραματικός συντελεστής συμπεριφοράς διαφέρει κατά πολύ από τις θεωρητικές τιμές που μπορεί να έχει. Αυτό οφείλεται σε πολλούς παράγοντες αλλά κυριότερος παράγοντας είναι οι ενεργειακές απώλειες του συστήματος ψύξης.

Τα ψυκτικά συστήματα που λειτουργούν με απορρόφηση, καίγοντας συμβατικά καύσιμα, χάνουν ενέργεια από τα καυσαέρια και την κακή απόδοση του καυστήρα. Τα ψυκτικά συστήματα με εξατμιστές σωλήνων σε κέλυφος (**chillers**) που χρησιμοποιούν για την λειτουργία τους ηλεκτροκίνητους συμπιεστές έχουν απώλειες ενέργειας λόγω της χαμηλής απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα. Η θεωρητική απόδοση του κύκλου ψύξης μειώνεται από την κακή απόδοση του συμπιεστή που οφείλεται στις απώλειες τριβής, τα νεκρά διαστήματα λειτουργίας και τις διαρροές.

Όπως είναι ήδη γνωστό οι απώλειες ψύξης εκδηλώνονται μέσω ακτινοβολίας, αγωγής και μεταφοράς. Απώλειες μπορούν να εκδηλωθούν μόνο στους ατμοποιητές σωλήνων σε κέλυφος (**chillers**) αλλά και μεταξύ του ατμοποιητή και του σημείου του ψυχόμενου μέσου. Όταν η ψυκτική μονάδα έχει συγχρόνως το κρύο μέρος (π.χ. ατμοποιητής) και το ζεστό μέρος (π.χ. συμπυκνωτή), αυτές οι απώλειες μπορούν να συμβούν εξωτερικά και εσωτερικά μέσω των τοιχωμάτων ή από τη διαρροή του ψυκτικού μέσου από την υψηλή στην χαμηλή πίεση. Έτσι αυτές οι απώλειες συμβαίνουν πάντα σε συστήματα που λειτουργούν περιοδικά παρά σε συστήματα που βρίσκονται σε συνεχή λειτουργία.

Για την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των ψυκτικών απωλειών είναι προτιμότερο να γίνεται καταγραφή των περιόδων υψηλής ζήτησης (περίοδοι αιχμής) με συνεχείς μετρήσεις, καθώς επίσης πρέπει να καταγράφεται και η διάρκεια περιόδων μικρότερων φορτίων ώστε να καθιερωθούν και οι συνθήκες λειτουργίας του μερικού φορτίου. Για εφαρμογές μεγάλων ψυκτικών μονάδων θα ήταν απαραίτητο να ερχόμαστε σε επαφή με τον αντίστοιχο υπεύθυνο του ψυκτικού εξοπλισμού έτσι ώστε να προσδιοριστούν επ' ακριβώς οι απαιτούμενες συνθήκες λειτουργίας.

Τα κυριότερα **συμπεράσματα** που προκύπτουν για τη βελτιστοποίηση του συντελεστή συμπεριφοράς (COP) του συστήματος είναι :

1. Ψυχόμενη περιοχή

Πρέπει να καθορίζεται ο γεωμετρικός χώρος και η παραγωγική διαδικασία που η ψυκτική μονάδα εξυπηρετεί.

2. Περιγραφή του συστήματος

Πρέπει να σημειώνεται ο τύπος του συστήματος και να καταγράφεται αν υπάρχει σύστημα αποθήκευσης νερού.

3. Περιγραφή εξοπλισμού

Πρέπει να καταγράφεται η ηλικία και ο τύπος του εξοπλισμού και ο τύπος του καυσίμου/ισχύ. Επίσης, πρέπει να σημειώνονται οι τύποι του εξοπλισμού της απορριπτόμενης θερμότητας (πύργοι ψύξης, συμπυκνωτής κτλ)

4. Απαιτήσεις ψύξης

Πρέπει να προσδιορίζεται ο χρόνος, ημέρα/μήνας/έτος της απαιτούμενης ψύξης και να συγκρίνεται με τις πραγματικές ώρες λειτουργίας.

5. Λειτουργία και σειρά Chiller

Πρέπει να σημειώνεται αν οι ψύκτες κλιματισμού είναι συνδεδεμένοι σε σειρά ή παράλληλα, καθώς και ο χρόνος που μεμονωμένα ο ψύκτης ξεκινά και σταματά. Εάν υπάρχει χειροκίνητο ή αυτόματο σύστημα ελέγχου πρέπει να σημειώνεται.

6. Θερμοκρασίες εξάτμισης και συμπύκνωσης

Είναι ωφέλιμο να ελέγχονται τα σημεία αναφοράς και οι πραγματικές θερμοκρασίες που υπάρχουν στους ενσωματωμένους μετρητές στον ψυκτικό εξοπλισμό. Πρέπει να καθορίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες και επιθυμητές θερμοκρασίες της ψυκτικής διαδικασίας και να εξασφαλίζεται η διατήρησή τους.

7. Συσκευή απορριπτόμενης θερμότητας

Πρέπει να ελέγχεται η γενική κατάσταση του πύργου ψύξης, ψάχνοντας για ακάθαρτους εναλλάκτες θερμότητας. Ελέγχουμε την ποιότητα του νερού και την ποσότητα των χημικών του συστήματος. Εάν η ποιότητα του νερού είναι προβληματική χρειάζεται επιθεώρηση των αυλών του συμπυκνωτή και ο άμεσος καθαρισμός τους εάν απαιτείται.

8. Στάθμη ψυκτικού μέσου

Ελέγχεται η στάθμη του ψυκτικού μέσου. Εάν εντοπίζονται απώλειες τότε επιδιορθώνουμε τις διαρροές και αποφεύγουμε την συνεχή συμπλήρωση ψυκτικού υγρού.

9. Έλεγχος απόδοσης

Για να γίνεται ο έλεγχος της απόδοσης του συστήματος απαιτείται αναφορά στα σχετικά εγχειρίδια λειτουργίας και συντήρησης του εξοπλισμού.

10. Χρήση νερού πόλης

Πρέπει να εξετάζεται η δυνατότητα χρήσης νερού πόλης για ψύξη. Η διαδικασία αυτή θα πρέπει να προηγείται της έναρξης λειτουργίας της εγκατάστασης. Όταν υπάρχει η δυνατότητα εξετάζεται η θέση της κεντρικής παροχής σε σχέση με το απαιτούμενο ψυκτικό φορτίο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] http://www.managoudis.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=19:airconditioningwithnaturalgas&catid=2:naturalgas&Itemid=21&lang=el&showall=1

[2] - ASHRAE. Handbook of Fundamentals. Atlanta. 1989.

[3] - Recent Patents in Absorption Cooling Systems-Καλογήρου

[4] - An Absorption Chiller in a Micro BCHP Application

[5] - http://vivliothmyy.ee.auth.gr/1373/1/version_final.pdf

[6] – Τεχνολογίες παράγωγης ψύξης και κλιματισμού – Καταγιωργας Δ. και Συν/τες

[7] - <http://users.ntua.gr/rogdemma/Absorption%20Units.pdf>

[8] - <http://users.ntua.gr/rogdemma/Absorption%20Theory.pdf>

[9] - Recent Patents in Absorption Cooling Systems Sotiris Kalogirou*

[10] - An absorption chiller in a Micro BCHP application. Model based design and performance analysis-Hongxi Yin

[11] - Dorgan CB, Leight SP, Dorgan CE. Application guide for absorption cooling/refrigeration using recovered heat. American society of heating, Refrigerating and air conditioning engineers, Inc., 1995; 37(7): 31-37.

[12] - http://vivliothmyy.ee.auth.gr/1373/1/version_final.pdf

[13] – Οδηγίες εγκαταστασης και χρήσης λεβητα αεριου – JUNKERS ΟΜΙΛΟΣ BOSCH

[14] - http://www.cres.gr/kape/education/ODHGOS_PSIKISIS.pdf

[15] – Keith E. Herold, Reinhard Radermacher, Sanford A. Klein, 1996, Absorption Chillers and HeatPumps, CPC Press, Inc., Boca Raton, FL.

[16] – KLT – Κλιμαλεβητεχνικη Α.Ε

[17] – Broad Air Conditioning -BCT-16 Manual

[18] - Commercial Buildings Energy Consumption Survey,” Overview of Commercial Building Characteristics, Energy Information Administration, 2003.

[19] - Broad absorption chiller catalog for the US market, 2004.

[20] - Jin, Kaiwen, Broad Co., BCT16 Installation, Operation, and Maintenance Guides, 2004, Changsha, China.

[21] - Chen, Xiaoyong, Broad Co., BCT16 Commissioning Instruction and Explanation Notes, 2004, Changsha, China.

[22] - G. C. Vliet, M. B. Lawson, and R. A. Lithgow, "Water-Lithium Bromide Two-stage Absorption Cooling Cycle Analysis," ASHRAE Transaction, 88, Part1, 811-823, 1982

[23] - Shan K. Wang, Handbook of Air Conditioning and Refrigeration.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Εργοδότης : Ε.Μ.Π

Έργο : ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ
: ΓΙΑ ΨΥΚΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ BDT-16

Θέση : ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη αφορά την εγκατάσταση δικτύου καυσίμων αερίων. Η σύνταξη της μελέτης έγινε σύμφωνα με το ΦΕΚ 963/Β/15.07.03, "Κανονισμός εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1 bar". Επιπλέον, έχουν ληφθεί υπόψη και τα βοηθήματα:

- α) *Τεχνολογία εγκαταστάσεων και χρήσεων φυσικού αερίου, ΣΜΗΒΕ, 1999*
- β) *Τεχνικοί κανόνες για εγκαταστάσεις αερίου, ΣΜΗΒΕ, 1994*
- γ) *Installation de Gaz, Cahier les charges, DTU 61.1, 1972*
- δ) *DVGW-TRGI, Technische Regeln für Gas-Installationen 1979*
- ε) *Πρότυπα ΕΛΟΤ και DIN*

2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ

Ο προσδιορισμός των διαμέτρων των σωλήνων και κατ' αντιστοιχία των ονομαστικών διαμέτρων τους σε μια εγκατάσταση σωληνώσεων βασίζεται στην επίτευξη μιας πτώσης πίεσης μικρότερης από κάποιο δεδομένο όριο για καθορισμένη παροχή αερίου στην εγκατάσταση.

Στην περιοχή χαμηλών πιέσεων (πίεση λειτουργίας μέχρι 100 mbar) η πτώση πίεσης υπολογίζεται με επαρκή ακρίβεια με τις μαθηματικές σχέσεις για ασυμπίεστη ροή (σταθερής πυκνότητας και άρα σταθερού όγκου), επειδή η επιτρεπόμενη συνολική πτώση πίεσης είναι μικρή και το προκύπτον σφάλμα είναι αμελητέο. Για πίεση λειτουργίας μεγαλύτερη από 100 mbar) η πτώση πίεσης υπολογίζεται με τις σχέσεις για συμπιεστή ροή.

Στις εγκαταστάσεις σωληνώσεων με ονομαστική τιμή της πίεσης σύνδεσης των συσκευών αερίου 20,0 mbar για τη 2η οικογένεια αερίων, η μέγιστη επιτρεπόμενη συνολική πτώση πίεσης μετά το μετρητή αερίου είναι $\Delta p_{\text{επιτρ.}} = 1,3$ mbar.

Στις σωληνώσεις τροφοδοσίας με πίεση λειτουργίας μεγαλύτερη από 20 mbar, η συνολική πτώση πίεσης μετά το μετρητή αερίου δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 5% της πίεσης λειτουργίας.

3. ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Για τη διαστασιολόγηση του δικτύου σωληνώσεων σχεδιάστηκε σε κάτοψη και κατακόρυφη διάταξη, και έγινε ένα αζονομετρικό σχέδιο. Στα σχέδια σημειώθηκαν τα μήκη των τμημάτων του δικτύου. Από τα σχέδια αναγνωρίζεται η θέση και το είδος των οργάνων εξοπλισμού και των λοιπών στοιχείων μορφής καθώς δίνεται και η θέση, το είδος και η ισχύς των συσκευών.

Στη συνέχεια το δίκτυο διαιρείται σε επί μέρους τμήματα. Η διαίρεση γίνεται με βάση σημεία όπου μεταβάλλεται η παροχή όγκου αιχμής ή η ονομαστική διάμετρος του σωλήνα. Σ' αυτές τις θέσεις συναντάται κάποιο στοιχείο μορφής. Το στοιχείο μορφής στην αρχή προσμετράται στο θεωρούμενο τμήμα, ενώ το τελευταίο στοιχείο μορφής προσμετράται στο επόμενο επί μέρους τμήμα, με εξαίρεση τα στοιχεία T 90° - αντιστροφής και τα διπλά τόξα T 90° - αντιστροφής.

Για κάθε επί μέρους τμήμα προσδιορίζεται στη συνέχεια η παροχή όγκου αιχμής V_A , ξεκινώντας για ευκολία από τα σημεία σύνδεσης των συσκευών. Η διαστασιολόγηση του δικτύου με ονομαστική τιμή της πίεσης σύνδεσης των συσκευών αερίου 20,0 mbar γίνεται με την παραδοχή μέγιστης επιτρεπόμενης

συνολικής πτώσης πίεσης $\Delta p_{\text{επιτρ.}}=1,3 \text{ mbar}$. Η διαθέσιμη συνολική πτώσης πίεσης $\Delta p_{\text{επιτρ.}} =1,3 \text{ mbar}$ κατανέμεται, $0,8 \text{ mbar}$ στους κεντρικούς αγωγούς τροφοδοσίας και $0,5 \text{ mbar}$ στους κλάδους σύνδεσης των συσκευών.

Αν πρόκειται για απλό δίκτυο σωληνώσεων (τροφοδοσία μέχρι 4 συσκευές) ή για δίκτυο με αναλογικά μικρού μήκους κεντρικό κλάδο διανομής, τότε δεν απαιτείται η κατανομή της διαθέσιμης συνολικής πτώσης πίεσης στον κεντρικό κλάδο τροφοδοσίας και στους κλάδους σύνδεσης των συσκευών και ως μόνο κριτήριο χρησιμοποιείται η μη υπέρβαση των $1,3 \text{ mbar}$. Η διαστασιολόγηση του δικτύου με πίεση λειτουργίας μεγαλύτερη από 20 mbar γίνεται με μέγιστη επιτρεπόμενη συνολική πτώση πίεσης ίση με το 5% της πίεσης λειτουργίας. Η ταχύτητα του αερίου στους σωλήνες δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 6 m/s .

4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΟΓΚΟΥ ΑΙΧΜΗΣ V_A

Η παροχή όγκου αιχμής V_A προκύπτει σύμφωνα με την εξίσωση,

$$V_A = \sum V_{\Sigma \text{ME}} f_{\text{TME}} + \sum V_{\Sigma \text{ΘP}} f_{\text{TΘP}} + \sum V_{\Sigma \text{ΘX}} f_{\text{TΘX}} + \sum V_{\Sigma \text{ΘA}} f_{\text{TΘA}} + \sum V_{\Sigma \text{BX}} f_{\text{TBX}}$$

όπου

$V_{\Sigma \text{II}}$ οι τιμές σύνδεσης των συσκευών II,

f_{TII} οι συντελεστές ταυτοχρονισμού των συσκευών II,

ενώ οι επί μέρους δείκτες II σημαίνουν

ME: μαγειρική εστία (κουζίνες, βραστήρες, χύτρες, φούρνοι αερίου)

ΘP: θερμαντήρας νερού ροής (ταχυθερμοσίφωνες)

ΘX: θερμαντήρας χώρου ή θερμαντήρες νερού αποθήκευσης

ΘA: θερμαντήρας ανακυκλοφορίας, θερμαντήρας συνδυασμένης λειτουργίας ή λέβητας αερίου με $Q_n < 30 \text{ kW}$

BX: συσκευές αερίου χρησιμοποιούμενες στη βιοτεχνία ή τη βιομηχανία καθώς και σε κεντρικές εγκαταστάσεις παρασκευής θερμού νερού και θέρμανσης σε συνδυασμό με λέβητες αερίου με $Q_n > 30 \text{ kW}$

Η τιμή σύνδεσης προσδιορίζεται από την ονομαστική θερμική φόρτιση της συσκευής, η οποία δίνεται επάνω στην πινακίδα της συσκευής καθώς και στις οδηγίες εγκατάστασης της.

Η διάκριση των συσκευών αερίου για τις εφαρμογές της οικιακής χρήσης σε τέσσερα είδη έγινε με βάση τις μεγάλες διαφορές σε σχέση με τον ταυτοχρονισμό στη χρήση τους. Οι συντελεστές ταυτοχρονισμού για κάθε είδος συσκευών δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Αριθμός των συσκευών	Συντελεστές ταυτοχρονισμού ανηγμένοι στις συσκευές		
	f_{TME}	f_{TOP}	f_{TOX}
1	0,621	1,000	1,000
2	0,448	0,607	0,800
3	0,371	0,456	0,703
4	0,325	0,373	0,641
5	0,294	0,320	0,597
6	0,271	0,283	0,564
7	0,253	0,255	0,537
8	0,239	0,234	0,515
9	0,227	0,217	0,496
10 και άνω	0,217	0,202	0,480

Ο εκάστοτε συντελεστής ταυτοχρονισμού f_{TBX} για συσκευές που χρησιμοποιούνται στη βιοτεχνία ή βιομηχανία καθώς και σε κεντρικές εγκαταστάσεις παρασκευής θερμού νερού χρήσης και θέρμανσης (λέβητες αερίου με $P_n > 30$ kW) πρέπει να προσδιορίζεται λαμβάνοντας υπ' όψη τις συνθήκες χρήσης. Σε περίπτωση αμφιβολίας λαμβάνεται $f_{TBX} = 1,0$.

5. ΕΙΔΗ ΡΟΩΝ: ΣΤΡΩΤΗ ΚΑΙ ΤΥΡΒΩΔΗΣ ΡΟΗ

Οι ροές βασικά διακρίνονται σε δύο διαφορετικούς τύπους,

- τη στρωτή και
- την τυρβώδη.

Η ροή μέσα σε ένα σωλήνα είναι στρωτή, όταν ο αδιάστατος αριθμός Reynolds έχει τιμή μικρότερη από την κρίσιμη

$$Re = \frac{ud_i}{\nu} = \frac{ud_i\rho}{\eta} \leq 2300$$

όπου

- u η ταχύτητα του ρευστού,
- d_i η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα,
- ν το κινηματικό ιξώδες,
- ρ η πυκνότητα,
- η το δυναμικό ιξώδες του ρευστού ($\eta = \nu\rho$),

Για το πεδίο εφαρμογής του παρόντος κανονισμού μπορούν να ληφθούν

δυναμικό ιξώδες (σταθερό για όλο το πεδίο πιέσεων)

$$\eta = 11 \cdot 10^{-6} \text{ Pas}$$

κανονική πυκνότητα

$$\rho = 0,79 \text{ kg/m}^3$$

κινηματικό ιξώδες (για πίεση λειτουργίας μέχρι 100 mbar)

$$\nu = 14 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

6. ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ ΣΩΛΗΝΑ

Για πίεση λειτουργίας μέχρι 100 mbar, η πτώση πίεσης $\Delta p_{\tau\rho}$ λόγω τριβών μεταξύ δύο σημείων 1 και 2 ενός αγωγού σταθερής διατομής υπολογίζεται από τη σχέση,

$$\Delta p_{\tau\rho} = p_1 - p_2 = \xi \frac{l}{d_i} \cdot \frac{\rho u^2}{2}$$

όπου

$\Delta p_{\tau\rho}$	η πτώση πίεσης λόγω τριβών,
ξ	ο συντελεστής αντίστασης ροής,
d_i	η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα,
l	το μήκος του σωλήνα,
ρ	η πυκνότητα του αερίου,
u	η ταχύτητα ροής του αερίου,

Για συμπιεστή ροή (πίεση λειτουργίας από 100 mbar έως 1 bar), η πτώση πίεσης λόγω τριβών μεταξύ δύο σημείων 1 και 2 ενός αγωγού σταθερής διατομής υπολογίζεται από τη σχέση,

$$\frac{p_1^2 - p_2^2}{2p_1} = \xi \cdot \frac{l}{d_i} \cdot \frac{\rho_1}{2} \cdot u_1^2$$

όπου όλα τα μεγέθη μετρώνται στο Διεθνές Σύστημα SI, δηλαδή

p_1 και p_2	η πίεση αντίστοιχα στα σημεία 1 και 2
ξ	συντελεστής αντίστασης ροής
d_i	η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα
l	το μήκος του σωλήνα
ρ_1	η πυκνότητα του αερίου στο σημείο 1
u_1	η ταχύτητα ροής του αερίου στο σημείο 1

7. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΡΟΗΣ ξ

Για στρωτή ροή ο συντελεστής αντίστασης ροής ξ υπολογίζεται

$$\xi = \frac{64}{\text{Re}}$$

Για τυρβώδη ροή σε σωλήνα διακρίνονται τρεις υδραυλικά διαφορετικές καταστάσεις:

- ροή σε υδραυλικά λείο σωλήνα,
- ροή σε υδραυλικά τραχύ σωλήνα και
- μεταβατική περιοχή μεταξύ υδραυλικά λείου και υδραυλικά τραχέος σωλήνα.

Για ροή σε λείους σωλήνες ισχύει η εξίσωση,

$$\frac{1}{\sqrt{\xi}} = 2 \log \frac{\text{Re} \sqrt{\xi}}{2,51}$$

δηλαδή ο συντελεστής αντίστασης κατά τη ροή σε υδραυλικά λείο σωλήνα εξαρτάται τώρα μόνον από τον αριθμό Reynolds.

Για τραχείς σωλήνες ισχύει η εξίσωση,

$$\frac{1}{\sqrt{\xi}} = 2 \log \frac{3,71d_i}{K}$$

δηλαδή ο συντελεστής αντίστασης κατά τη ροή σε υδραυλικά τραχύ σωλήνα εξαρτάται τώρα μόνον από τη σχετική τραχύτητα.

Για ροή στη μεταβατική περιοχή ισχύει η εξίσωση των Prandtl-Colebrook,

$$\frac{1}{\sqrt{\xi}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\xi}} + \frac{K}{3,71d_i} \right)$$

δηλαδή ο συντελεστής αντίστασης εξαρτάται τόσο από τον αριθμό Reynolds, όσο και από τη σχετική τραχύτητα K/d_i .

Για τυρβώδη ροή μπορεί να χρησιμοποιηθεί γενικά με επαρκή ακρίβεια η απλούστερη εξίσωση των Colebrook-White

$$\xi = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{K}{3,7 \cdot d_i} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^2}$$

8. ΠΤΩΣΗ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ ΤΟΠΙΚΕΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΙΣ

Οι απώλειες πίεσης σε τοπικές αντιστάσεις Δp_T υπολογίζονται από τη σχέση,

$$\Delta p_T = \zeta \frac{\rho u^2}{2}$$

όπου

- Δp_T η πτώση πίεσης,
- ζ ο συντελεστής τοπικής αντίστασης,
- ρ η πυκνότητα του αερίου,
- u η ταχύτητα ροής του αερίου,

9. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Τα αποτελέσματα των υπολογισμών παρουσιάζονται σε πίνακα, οι στήλες του οποίου αντιστοιχούν στα ακόλουθα μεγέθη:

- 0) Τμήμα δικτύου
- 1) Μήκος τμήματος (m)
- 2) Είδος Συσκευής
- 3) Παροχή Συσκευής (m^3/h)
- 4) Παροχή Αιχμής (m^3/h)
- 5) Διάμετρος Σωλήνα (mm)
- 6) Ταχύτητα Αερίου (m/s)
- 7) Τύπος Εξαρτημάτων
- 8) Τριβή Εξαρτημάτων-Άνωσης (mbar)
- 9) Τριβή Τμήματος (mbar)
- 10) Ολική Τριβή Τμήματος (mbar)
- 11) Διατομή Καπναγωγού (cm^2)

Τμήμα δικτύου: συμβολίζεται με τους δύο ακραίους κόμβους του, παρεμβάλλοντας τελεία (.).

Είδος Συσκευής: α/α της συσκευής στην λίστα συσκευών, ή Σ-χ, όπου χ ο α/α Συστήματος (ομάδας) συσκευών, όπως αναλύεται στα Συστήματα Συσκευών στην συνέχεια.

Τύποι εξαρτημάτων: α/α του εξαρτήματος στην λίστα εξαρτημάτων, ή Ε-χ, όπου χ ο α/α Συστήματος (ομάδας) εξαρτημάτων, που αναλύεται.

Στοιχεία Δικτύου

Οικογένεια Αερίου	2η Οικογένεια Ομάδα Η
Τύπος Κύριου Σωλήνα	Χαλυβδοσωλήνας μεσαίου τύπου
Πρότυπο Κύριου Σωλήνα	ΕΛΟΤ EN10255
Τραχύτητα Κύριου Σωλήνα (μm)	500
Τύπος Δευτερεύοντος Σωλήνα	Πολυαιθυλένιο
Πρότυπο Δευτερεύοντος Σωλήνα	prEN 1555-1
Τραχύτητα Δευτερεύοντος Σωλήνα (μm)	15
Πίεση λειτουργίας (bar)	0.3
Θερμοκρασία Λειτουργίας (°C)	23
Γεωδαιτικό ύψος κτιρίου σε σχέση με το επίπεδο της θάλασσας	3
Δυσμενέστερος Κλάδος	1..14
Απαιτούμενη Πίεση (mbar)	5.417

ΟΝΟΜΑ ΥΠΟΔΟΧΕΑ	ΕΙΔΟΣ	ΤΥΠΟΣ	ΕΣ. ΔΙΑΜΕΤ.	Q	ΕΣ.ΔΙΑΜΕΤ.
46. Λεβ.επιτ. & ταχυθ. 24kW	ΘΡ	C32	13	2.4	13
47. Ψυκτική μον. Απορρόφησης 16 kW	ΘΡ	B11	13	2.4	13

Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-1

Τύπος Εξαρτήματος	Ποσότη.	Z	ΣΖ
Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία	1	0.70	0.70
Βαλβίδα (σφαιρική) διέλευσης	1	0.50	0.50
Συλλέκτης	1	4.00	4.00
Σύνδεση μετρητή >DN25	1	4.00	4.00

Συνολικό Z Εξαρτημάτων : 9.20

Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-2

Τύπος Εξαρτήματος	Ποσότη.	Z	ΣΖ
Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία	4	0.70	2.80

Συνολικό Z Εξαρτημάτων : 2.80

Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-3

Τύπος Εξαρτήματος	Ποσότη.	Z	ΣΖ
Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία	1	0.70	0.70
Στοιχείο T90, διαχωρ., διελου	1	0.30	0.30
Βαλβίδα (σφαιρική) διέλευσης	1	0.50	0.50

Συνολικό Z Εξαρτημάτων : 1.50

Σύστημα Εξαρτημάτων Καυσίμων Αερίων: E-4

Τύπος Εξαρτήματος Ποσότης Z ΣΖ

Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία 1 0.70 0.70
Βαλβίδα (σφαιρική) διέλευσης 1 0.50 0.50

Συνολικό Z Εξαρτημάτων : 1.20

α/α Τύπος Εξαρτήματος Z

3Αλλαγή διεύθυνσης με γωνία 0.70
4Στοιχείο T90, διαχωρ., διελου 0.30
19Βαλβίδα (σφαιρική) διέλευσης 0.50
23Συλλέκτης 4.00
24Σύνδεση μετρητή >DN25 4.00

Υπολογισμοί Σωληνώσεων Δικτύου Καυσίμων Αερίων

Τμήμα Δικτύου	Μήκος Σωλήνα m	Είδος Συσκευής	Παροχή Συσκευής m ³ /h	Παροχή Αιχμής m ³ /h	Είδος Σωλήνα	Διάμετρος Σωλήνα mm	Ταχύτητα Αερίου m/s	Τύποι Εξαρτημάτων	ΣΖ εξαρτημάτων	Οδευση Σωλήνα	Τριβές Εξαρτημάτων mbar	Τριβές Ανωσης mbar	Τριβές Σωληνών mbar	Ολική Τριβή mbar	Είδος Καπναγωγού	Διατομή Καπν. cm ²	Α/Α Καπνοδόχου
1.2	0.30		4.000	2.428	Κύρ.	1/2"	2.806	E-1	9.200		0.342		0.046	0.388			
2.3	2.60		4.000	2.428	Κύρ.	1/2"	2.806	3	0.700	1	0.026	-0.066	0.400	0.361			
3.4	11.70		4.000	2.428	Κύρ.	1/2"	2.806	E-2	2.800		0.104		1.801	1.906			
4.5	1.10		4.000	2.428	Κύρ.	1/2"	2.806	3	0.700	1	0.026	-0.028	0.169	0.168			
5.6	0.70		4.000	2.428	Κύρ.	1/2"	2.806	3	0.700		0.026		0.108	0.134			
6.7	1.00		4.000	2.428	Κύρ.	1/2"	2.806	3	0.700	1	0.026	-0.025	0.154	0.155			
7.8	8.30		4.000	2.428	Κύρ.	1/2"	2.806	3	0.700		0.026		1.278	1.304			
8.9	0.80		4.000	2.428	Κύρ.	1/2"	2.806	E-3	1.500	2	0.056	0.020	0.123	0.199			
9.10	0.70		2.000	2.000	Κύρ.	1/2"	2.311	3	0.700		0.018		0.075	0.093			
10.11	1.00	46	2.000	2.000	Κύρ.	1/2"	2.311	E-4	1.200	2	0.030	0.025	0.107	0.163			
9.12	2.80		2.000	2.000	Κύρ.	1/2"	2.311	3	0.700		0.018		0.300	0.318			
12.13	2.00		2.000	2.000	Κύρ.	1/2"	2.311	3	0.700	2	0.018	0.050	0.214	0.282			
13.14	1.60	47	2.000	2.000	Κύρ.	1/2"	2.311	E-4	1.200		0.030		0.171	0.202			

Τυποποιημένο φύλλο 1


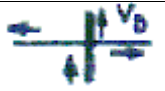
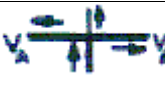

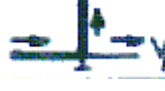
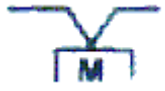






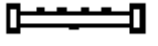
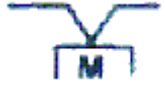
Προσδιορισμός των διαμέτρων σωλήνων

συνολική διαδρομή : Δρεπιτρ <= 15 mbar

είδος σωλήνων
2η οικογένεια
ΕΛΟΤ EN10255
prEN 1555-1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
			3x4							7x10						
T A	είδος αρ. συσκ	ΣΥΣΠΠ	fΠΠ	-	VA	I	DN	u	R	RI	Σζ	ΔρT	ΔH (1)	ΔρH	ΔρT A	έλεγχος ΣΔρT A <= Δρεπιτρ
	-	m ³ /h	-	m ³ /h	m ³ /h	m	-	m/s	mbar/ m	mbar	-	mbar	m	mbar	mbar	<=
1.2	ME: ΘP: 2 ΘX:	4.000	0.607	2.428	2.428	0.30	1/2"	2.806	0.153	0.046	9.200	0.342			0.388	<=

	ΘΑ:																	0.388< =15
	BX:																	
2.3	ME:																	
	ΘP: 2	4.000	0.607	2.428														
	ΘX:				2.428	2.60	1/2"	2.806	0.154	0.400	0.700	0.026	+2.60	-0.066	0.361			<=
	ΘΑ:																	
	BX:																	0.749< =15
3.4	ME:																	
	ΘP: 2	4.000	0.607	2.428														
	ΘX:				2.428	11.70	1/2"	2.806	0.154	1.801	2.800	0.104					1.906	<=
	ΘΑ:																	
	BX:																	2.655< =15
4.5	ME:																	
	ΘP: 2	4.000	0.607	2.428														
	ΘX:				2.428	1.10	1/2"	2.806	0.154	0.169	0.700	0.026	+1.10	-0.028	0.168			<=
	ΘΑ:																	
	BX:																	2.823< =15
5.6	ME:																	
	ΘP: 2	4.000	0.607	2.428														
	ΘX:				2.428	0.70	1/2"	2.806	0.154	0.108	0.700	0.026					0.134	<=
	ΘΑ:																	
	BX:																	2.957< =15
6.7	ME:																	
	ΘP: 2	4.000	0.607	2.428														
	ΘX:				2.428	1.00	1/2"	2.806	0.154	0.154	0.700	0.026	+1.00	-0.025	0.155			<=
	ΘΑ:																	
	BX:																	3.112< =15
7.8	ME:																	
	ΘP: 2	4.000	0.607	2.428														
	ΘX:				2.428	8.30	1/2"	2.806	0.154	1.278	0.700	0.026					1.304	<=
	ΘΑ:																	
	BX:																	4.416< =15
8.9	ME:																	
	ΘP: 2	4.000	0.607	2.428														
	ΘX:				2.428	0.80	1/2"	2.806	0.154	0.123	1.500	0.056	-0.80	0.020	0.199			<=
	ΘΑ:																	
	BX:																	4.615< =15
9.10	ME:																	
	ΘP: 1	2.000	1.000	2.000														
	ΘX:				2.000	0.70	1/2"	2.311	0.107	0.075	0.700	0.018					0.093	<=
	ΘΑ:																	
	BX:																	4.708< =15
10.11	ME:																	
	ΘP: 1	2.000	1.000	2.000														
	ΘX:				2.000	1.00	1/2"	2.311	0.107	0.107	1.200	0.030	-1.00	0.025	0.163			<=
	ΘΑ:																	
	BX:		1.000															4.871< =15
9.12	ME:																	
	ΘP: 1	2.000	1.000	2.000														
	ΘX:				2.000	2.80	1/2"	2.311	0.107	0.300	0.700	0.018					0.318	<=
	ΘΑ:																	
	BX:																	4.933< =15
12.13	ME:																	
	ΘP: 1	2.000	1.000	2.000														
	ΘX:				2.000	2.00	1/2"	2.311	0.107	0.214	0.700	0.018	-2.00	0.050	0.282			<=

11	Διπλό τόξο T αντιροή		$\zeta=1.3$									
12	Σταυρός 90, διαχωρ., διέλευση		$\zeta=1.3$									
13	Σταυρός 90, διαχωρ., κλάδος		$\zeta=2.0$									
14	Σταυρός 90, καθαρ. διαχ.διέλ.		$\zeta=0.5$									
15	Σταυρός 90, καθαρ. διαχ. κλαδ		$\zeta=2.0$									
16	Σύνδεση μετρητή DN25		$\zeta=2.0$									
17	Βαλβίδα (κωνική) διέλευσης		$\zeta=2.0$									
18	Βαλβίδα (κωνική) γωνιακή		$\zeta=5.0$									
19	Βαλβίδα (σφαιρική) διέλευσης		$\zeta=0.5$	1							1	
20	Βαλβίδα (σφαιρική) γωνιακή		$\zeta=1.3$									
21	Σύρτης		$\zeta=0.5$									
22	Βαλβίδα πυροπροστασίας		$\zeta=2.0$									
23	Συλλέκτης		$\zeta=4.0$	1								
24	Σύνδεση μετρητή >DN25		$\zeta=4.0$	1								
Σ.ζ. στα επιμέρους τμήματα				9.200	0.700	2.800	0.700	0.700	0.700	0.700	1.500	0.700

Υπολογισμοί Παροχών Αιχμής Δικτύου Καυσίμων Αερίων

Αριθμός συσκευών ΜΕ	Παροχή συσκευών ΜΕ	Συντ. ταυτο χρ. ΜΕ	Παροχή επί ταυτο χρ. ΜΕ	Αριθμός συσκευών ΘΡ	Παροχή συσκευών ΘΡ	Συντ. ταυτο χρ. ΘΡ	Παροχή επί ταυτο χρ. ΘΡ	Αριθμός συσκευών ΘΧ	Παροχή συσκευών ΘΧ	Συντ. ταυτο χρ. ΘΧ	Παροχή επί ταυτο χρ. ΘΧ	Αριθμός συσκευών ΘΑ	Παροχή συσκευών ΘΑ	Συντ. ταυτο χρ. ΘΑ	Παροχή επί ταυτο χρ. ΘΑ	Αριθμός συσκευών ΒΧ	Παροχή συσκευών ΒΧ	Συντ. ταυτο χρ. ΒΧ	Παροχή επί ταυτο χρ. ΒΧ	Παροχή Αιχμής m ³ /h		
				2	4.000	0.607	2.428														2.428	
				2	4.000	0.607	2.428															2.428
				2	4.000	0.607	2.428															2.428
				2	4.000	0.607	2.428															2.428
				2	4.000	0.607	2.428															2.428
				2	4.000	0.607	2.428															2.428
				2	4.000	0.607	2.428															2.428
				2	4.000	0.607	2.428															2.428
				1	2.000	1.000	2.000															2.000
				1	2.000	1.000	2.000												1.000			2.000
				1	2.000	1.000	2.000															2.000
				1	2.000	1.000	2.000															2.000
				1	2.000	1.000	2.000												1.000			2.000

Πτώσεις πιέσεων στους συνολικούς κλάδους DPκλ+DPτα (mbar)

Πτώση πίεσης στον κλάδο 1..11 : 4.871
Πτώση πίεσης στον κλάδο 1..14 : 5.417

Δυσμενέστερος κλάδος 1..14 : 5.417

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ**ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ < 1bar**

Α.Π / Ημερομηνία :

Κατηγορία Οικοδομής : Δημόσιο Κτίριο

Δ/ση Οικοδομής : ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΟΥΠΟΛΗ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

Μελετητής :

1. ΓΕΝΙΚΑ

Αντικείμενο της έκθεσης αυτής είναι η σχεδίαση της εγκατάστασης του φυσικού αερίου στη οικοδομή που αναφέρεται στην πρώτη σελίδα. Η εγκατάσταση των δικτύων έχει μελετηθεί σύμφωνα με τον κανονισμό εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1 bar – ΦΕΚ 963/Β/15-07-03 και περιλαμβάνει:

α) 1 μετρητές αερίου της ΕΠΑ Αττικής (ένας μετρητής για κάθε διαμέρισμα, και ένας κοινόχρηστος) που τοποθετούνται σε κοινόχρηστο χώρο στο επίπεδο του ισόγειου πλησίον της ρυμοτομικής γραμμής της κύριας όψης, σύμφωνα με τα σχέδια.

β) Ανεξάρτητο δίκτυο σωληνώσεων για κάθε ιδιοκτησία ξεκινά από τον μετρητή και καταλήγει στα σημεία λήψεων.

γ) Ανεξάρτητο δίκτυο, που ξεκινά από τον κοινόχρηστ μετρητή και καταλήγει στο λεβητοστάσιο, για την τροφοδοσία του λέβητα

δ) Διατάξεις αερισμού και καμινάδων για τις προβλεπόμενες συσκευές

2. ΔΙΚΤΥΑ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ

α) Για την κατασκευή των δικτύων

- **Χρησιμοποιείται Χαλυβδοσωλήνας μεσαίου τύπου σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10217-1-2 ή ΕΛΟΤ EN 10216-1-2(χωρίς ραφή)**
- **Οι συνδέσεις των σωληνώσεων γίνονται με σπείρωμα σύμφωνα με το πρότυπο EN 10266-1**
- **Τα στεγανοποιητικά του σπειρώματος (αν υπάρχει) θα είναι σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 751-1-2-3**
- **Τα εξαρτήματα των σωληνώσεων είναι σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10242 ή ΕΛΟΤ EN 10241**

β) Τα δίκτυα φυσικού αερίου απέχουν από τα δίκτυα ύδρευσης τουλάχιστον 5cm και από τα ηλεκτρικά δίκτυα 10cm. Επίσης, τα δίκτυα γειώνονται κατάλληλα , όπως φαίνεται στα σχέδια.

γ) Τα δίκτυα είναι ορατά και εγκαθίστανται σύμφωνα με τις υποδείξεις του κανονισμού εσωτερικών εγκαταστάσεων Φυσικού Αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1bar (ΦΕΚ963/Β 15-07-03)

δ) Στην αρχή κάθε δικτύου, καθώς και σε κάθε σημείο λήψης, εγκαθίστανται διακόπτες, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 331.

3. ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΕΡΙΟΥ

α) Οι συσκευές αερίου που προβλέπονται για τα διαμερίσματα και το λεβητοστάσιο είναι:

Είδος	Πλήθος	Τύπος	Ισχύς(KW)
Λέβητας επιτ.& ταχυθερμ.24 kW	1	C32	24.0
Ψυκτική μονάδα απορρόφησης 16 kW	1	B11	16.0

β) Οι συσκευές αερίου συνδέονται με το δίκτυο σταθερά εκτός από την κουζίνα και τον καυστήρα που μπορούν να συνδεθούν και με εύκαμπτο σύνδεσμο κατά DIN 3383 ή DIN 3384

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ

α) Η πίεση λειτουργίας του δικτύου είναι **20 mbar*** και η συνολική πτώση πίεσης σε λειτουργία λόγω τριβών δεν θα υπερβαίνει τα **1,3 mbar**.

Η μέγιστη ταχύτητα ροής του αερίου εντός των σωληνώσεων δεν θα υπερβαίνει τα 6m/sec

β) Οι διατομές και τα μήκη των σωληνώσεων των δικτύων, φαίνονται στα σχέδια και αιτιολογούνται στους συνημμένους υπολογισμούς.

δ) Στα σχέδια σημειώνονται επίσης η θέση και το είδος του λοιπού εξοπλισμού του δικτύου

* γι πίεση λειτουργίας > 50 mbar χρειάζεται κατ' αρχήν έγκριση από την ΕΠΑ ΑΤΤΙΚΗΣ

5. ΚΑΠΝΑΓΩΓΟΙ-ΚΑΠΝΟΔΟΧΟΙ

α) Η καμινάδα του λεβητοστασίου είναι κατασκευασμένη από προκατασκευασμένα λεία τεμάχια, όπως προκύπτει από τους υπολογισμούς, και μονώνεται όπου απαιτείται.

β) Οι θέσεις των καπναγωγών και των καπνοδόχων των συσκευών, όπου απαιτούνται για την απαγωγή των καυσαερίων, καθώς και οι διαστάσεις τους φαίνονται στα σχέδια.

γ) Οι αγωγοί των καυσαερίων θα πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 20cm από τα ανοίγματα του κτιρίου

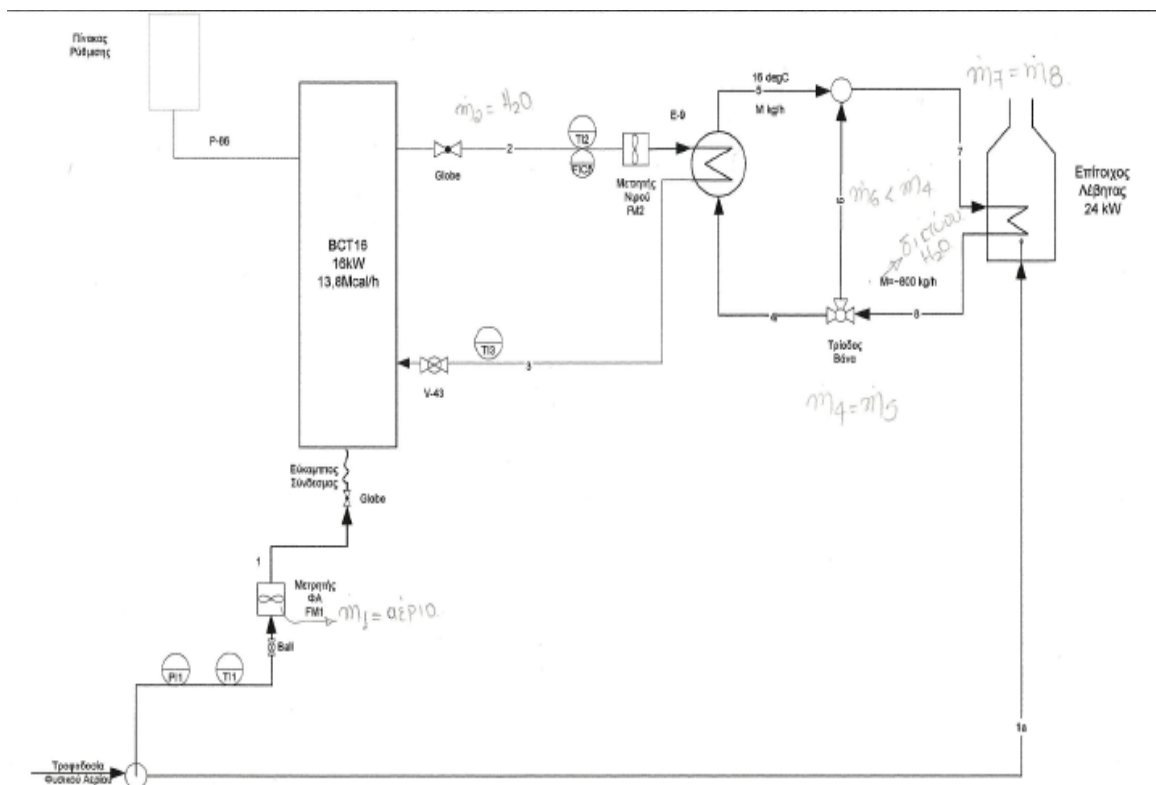
δ) Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται για κάθε όροφο οι προβλεπόμενες στην μελέτη καμινάδες και το πλήθος των συσκευών των οποίων οι καπναγωγοί καταλήγουν στην ίδια καμινάδα.

6. ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

Για την παραπάνω μελέτη εσωτερικής εγκατάστασης φυσικού αερίου ελήφθησαν υπ' όψιν τα στοιχεία και οι περιορισμοί της μελέτης πυροπροστασίας της οικοδομής.

7. ΚΑΘΟΔΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ

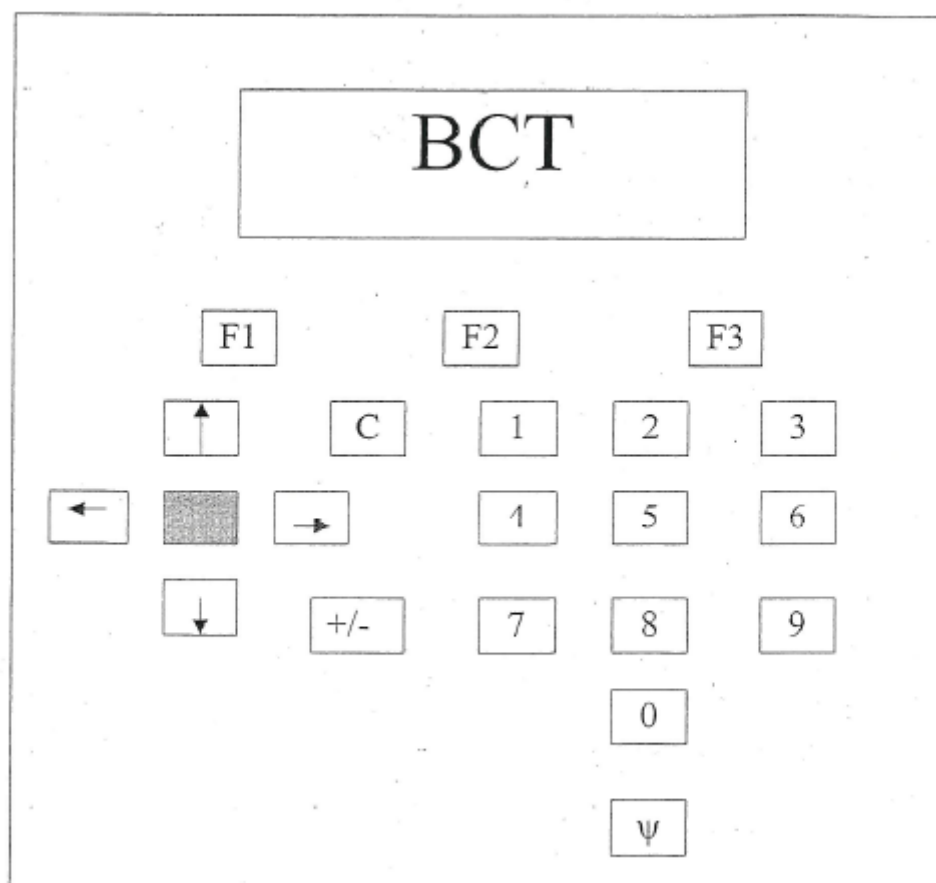
Λόγω μη υπάρξης υπόγειας όδευσης μεγαλύτερης των 20 μέτρων δεν απαιτείται σχετική μελέτη καθοδικής προστασίας.



Εικόνα Α.1. : Αξονομετρικό διάγραμμα μελέτης φυσικού αερίου

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΧΕΙΡΙΣΤΗΡΙΟΥ BCT.



Εικόνα Β.1 : Χειριστήριο BCT-16

Περίπτωση fault Νο1 (dilu)

Στον κεντρικό πίνακα τις μονάδες βλέπουμε τις παρακάτω ενδείξεις:

Timer
A/C
Indoor
Hot water
Expense
Set
Check
Others

Με τα βελάκια   πάμε στην θέση A/C. Πατάμε το κεντρικό πάνω κουμπί (F2).

Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη:

Cool auto dilu 8^o C 7^o C 31^o C

Με τα βελάκια   πάμε στη θέση dilu και πατάμε F2 μία φορά. Εμφανίζεται η ένδειξη On.

Η μονάδα ξεκινά να δουλεύει.

BCT

Περίπτωση fault No2 (flow switch ή C/H water off)

Στο κάτω αριστερά μέρος της οθόνης εμφανίζεται η ένδειξη:

Fault

Πατώντας το πάνω αριστερό κουμπί (F1) στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη:

Flow switch ή C/H water off

Πατάμε το κεντρικό επάνω κουμπί (F2) για να κάνουμε Reset.

1^η περίπτωση: Με την κίνηση αυτή σβήνει η ένδειξη Fault και το μηχάνημα ξεκινά να λειτουργεί κανονικά.

2^η περίπτωση: Η ένδειξη Fault παραμένει και το μηχάνημα εξακολουθεί να μην λειτουργεί.

Σ' αυτή την περίπτωση πατάμε το πάνω δεξί κουμπί (F3) για να μπούμε στη θέση BCT.

Στην οθόνη μας βλέπουμε να γράφει BCT. Πατάμε ταυτόχρονα τα τρία κουμπιά

← □ → Και στην οθόνη εμφανίζεται:

Please input the password

Πατάμε 9999 και μετά F2. Στην οθόνη εμφανίζονται οι ενδείξεις:

1. System information
2. Outdoor unit commissioning

Με το βελάκι ↑ ↓ πάμε στην δεύτερη ένδειξη (Outdoor unit commissioning) και πατάμε F2.

Στην οθόνη του μηχανήματος εμφανίζονται διάφορες ενδείξεις εκ των οποίων η μία είναι:

3

A/C water pump.

Επιλέγουμε αυτή την ένδειξη με τα βελάκια ↑ ↓ και πατάμε F2. Στην οθόνη εμφανίζεται:

A/C water pump off.

Ξαναπατάμε F2 μία φορά και η ένδειξη γίνεται:

A/C water pump on.

Στη συνέχεια ξεκινάμε τη διαδικασία του Reset

Πατώντας το πάνω αριστερό κουμπί (F1) στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη:

Flow switch ή C/H water off

Πατάμε το κεντρικό επάνω κουμπί (F2) για να κάνουμε Reset.