

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ



Τμήμα: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή Εργασία

**Πειραματική μελέτη της ροής υγρού μέσα σε υδροσκελετό
επίπεδου ηλιακού συλλέκτη ,με συνδυασμό μη παρεμβατικών
μεθόδων**

**ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΜΑΥΡΑΕΙΔΟΠΟΥΛΟΣ
ΑΜ:04050**

Επιβλέπων : Χατζηαποστόλου Αντώνιος
Καθηγητής

Αθήνα, Ιούλιος 2019

Περίληψη

Αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι η μελέτη της ροής ρευστού σε υδροσκελετό επίπεδου ηλιακού συλλέκτη με σκοπό την κατανόηση των μηχανισμών που καθορίζουν την κατανομή της ροής στους σωλήνες μικρής διαμέτρου και απώτερο στόχο την εξάλειψη της ανομοιομορφίας της ροής μέσα σε αυτούς. Έγιναν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις των παροχών ρευστού στους σωλήνες με την χρήση ροομέτρων πλωτήρα και μη-παρεμβατικών μεθόδων μέτρησης : ενός συστήματος μέτρησης ταχύτητας / παροχής με την χρήση υπερήχων και συστήματος θερμικής κάμερας σε πειράματα με θερμαινόμενο νερό για επιβεβαίωση. Τα συμπεράσματα της μελέτης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την σχεδίαση βελτιωμένων υδροσκελετών επίπεδου ηλιακού συλλέκτη.

SUMMARY

The purpose of this work is to study the flow of fluid in a hydrostatic planar solar collector in order to understand the mechanisms that determine the distribution of the flow in the small diameter pipes and ultimately to eliminate the flow diffusion within them.

Repeated measurements of fluid flow rates in tubes using float flow meters and non-intrusive measurement methods were performed : with an ultrasound system / volume of liquid system using and thermal camera system for that purpose we use heated water confirmation. The study's conclusions can be that to design improved planar solar collectors.

Περιεχόμενα

	<u>Σελίδα</u>
Εισαγωγή	4
Γενικά εισαγωγικά στοιχεία.....	5
1. Μέθοδοι εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας και ανάλυση ηλιακών συλλεκτών	
Ηλιακή ενέργεια και τρόποι εκμετάλλευσης της.....	6
Οι Ηλιακοί θερμοσίφωνες	
Η ιστορία του ηλιακού θερμοσίφωνα	11
Αρχή Λειτουργίας Ηλιακού Θερμοσίφωνα	11
Ηλιακός Θερμοσίφωνα σαν Οικολογική Συσκευή	12
Είδη Ηλιακών Θερμοσιφώνων.....	12
Μέρη Ηλιακού θερμοσίφωνα	13
Ηλιακοί Συλλέκτες	16
Δεξαμενή Αποθήκευσης	18
Τεχνικές απαιτήσεις ηλιακών συστημάτων	18
Οδηγίες συντήρησης	19

2. Εισαγωγή για μέθοδο μέτρησης- Ανάλυση Πειραματικής Διάταξης

Σελίδα

Ροή και κύριοι τομείς μέτρησης ροής.....	20
Μετρητές Ταχύτητας που Διακόπτουν την Ροή	21
Σωλήνας Pitot	21
Μετρητής ροής μεταβλητής διατομής	21
Συσκευές φαινομένου στένωσης (Μέθοδοι).....	24
Σύγχρονες συσκευές μέτρησης ροής	24
Μετρητής ροής με υπερήχους (Ultrasonic flow meters)	26
Βασικά των Ροόμετρων με υπερήχους	26
Ανάλυση ροόμετρων Doppler	27
Περιγραφή πειραματικής διάταξης.....	30

3. Εισαγωγή για μέθοδο μέτρησης

Λειτουργία οργάνου.....	40
Μέθοδος πραγματοποίησης μετρήσεων	42

4. Διεξαγωγή Πειραματικής Διαδικασίας

Διεξαγωγή Πειράματος-Περιγραφή Πειραματικών Μετρήσεων	47
---	----

Σελίδα

Προετοιμασία εγκατάστασης, Προκαταρκτικές Ενέργειες	47
Ενέργειες κατά το πείραμα. Χρήση συστήματος μονής σωλήνωσης	48
Κύριο Πείραμα.....	50
Πειραματικές μετρήσεις.....	51
Διόρθωση πειραματικών μετρήσεων και επεξήγηση.....	53
Επανάληψη πειράματος	55
5.Θερμοκάμερα.....	64
6.Συμπεράσματα	70
7. Μελλοντική επέκταση.....	76
Βιβλιογραφία.....	77

Εισαγωγή

Όπως γνωρίζουμε το νερό και οποιοδήποτε ρευστό όταν βρίσκεται μέσα σε ένα σύστημα (για παράδειγμα σωληνώσεων) έχει την τάση να επιλέγει τον ευκολότερο δρόμο ώστε να φτάσει στον προορισμό του.

Στην εν λόγω πτυχιακή σκοπός μας είναι να μελετήσουμε την πορεία που θα ακολουθήσει το ρευστό μέσα στο σύστημα (στην δική μας περίπτωση υδροσκελετό επίπεδου ηλιακού συλλέκτη), καθώς και έρευνα πάνω στο θέμα των συλλεκτών έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη απόδοση από το σύστημα.

Με την βοήθεια του εξοπλισμού που μας παρέχει το τμήμα κατορθώσαμε να πάρουμε μετρήσεις, (οι οποίες ήταν 2 ειδών με απλό παροχόμετρο και με όργανο μετρήσεις υπερήχων) να βγάλουμε αποτελέσματα και συγκρίνοντας τα με άλλες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε άλλα εκπαιδευτικά ή επιστημονικά ιδρύματα στο παρελθόν να επαληθεύσουμε τα όσα είναι γνωστά έως και σήμερα.

Επίσης μας δόθηκε η δυνατότητα να πειραματιστούμε σε ένα ικανοποιητικό φάσμα όσο αναφορά της ταχύτητας που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και τα όργανα που μας έδιναν τα αριθμητικά αποτελέσματα. Για πρώτη φορά, λόγω δυσκολιών που παρουσιάστηκαν στην πορεία της μελέτης αναγκαστήκαμε να επινοήσουμε μεθόδους-πατέντες έτσι ώστε να φτάσουμε σε έγκυρα αποτελέσματα.

Εφόσον φτάσαμε σε ικανοποιητικά αποτελέσματα, ψάξαμε να βρούμε τρόπους με τους οποίους θα είχαμε ακόμα μικρότερη απόκλιση (για παράδειγμα αν μειώναμε το κενό μεταξύ των σωληνώσεων). Υπάρχουν πολλές προτεινόμενες λύσεις ή μέθοδοι για το εν λόγω θέμα που αναπτύσσονται λεπτομερέστερα σε παρακάτω κεφάλαιο.

Τέλος, παρακάτω βλέπετε τα κεφάλαια στα οποία επεκτείνετε η πτυχιακή εργασία:

- **Κεφάλαιο 1⁰**: Μέθοδοι εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας και ανάλυση ηλιακών συλλεκτών.
- **Κεφάλαιο 2⁰**: Μέθοδοι μέτρησης ρευστών και συγκεκριμένα ροόμετρα υπερήχων. Επίσης γίνεται αναλυτική περιγραφή της πειραματικής διάταξης καθώς και των μερών της.
- **Κεφάλαιο 3⁰**: Πραγματοποίηση μετρήσεων. Ειδικότερα ανάλυση του ροομέτρου που χρησιμοποιήθηκε για την επίτευξη των μετρήσεων καθώς και μερικά από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του.
- **Κεφάλαιο 4⁰** : Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζετε η πειραματική διαδικασία (διεξαγωγή) και οι μετρήσεις που πάρθηκαν.
- **Κεφάλαιο 5** :Παρουσιάζονται η μετρήσεις με θερμοκάμερα
- **Κεφάλαιο 7⁰**: Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά σε πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις που μπορούν να γίνουν στην εν λόγω πτυχιακή.

ηλιακά συστήματα και τα φωτοβολταϊκά συστήματα . Τα παθητικά και τα ενεργητικά ηλιακά συστήματα εκμεταλλεύονται τη θερμότητα που εκπέμπεται μέσω της ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ τα φωτοβολταϊκά συστήματα στηρίζονται στη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρικό ρεύμα μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.

Πολλές πιθανές χρήσεις της ηλιακής θερμικής ενέργειας έχουν ερευνηθεί στην Ευρώπη τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Οι πιο διαδεδομένες και επιτυχημένες εφαρμογές σήμερα περιγράφονται παρακάτω:

Ζεστό νερό οικιακής χρήσης

Τα περισσότερα εγκατεστημένα τετραγωνικά μέτρα συλλεκτών στην Ευρώπη χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης. Ένα τυπικό σύστημα για μία μονοκατοικία στην βόρεια Ευρώπη έχει συλλεκτική επιφάνεια 3 έως 6 m² στην στέγη και χρησιμοποιεί αντλία για την κυκλοφορία του νερού μεταξύ του συλλέκτη και του εναλλάκτη θερμότητας στο δοχείο αποθήκευσης. Συστήματα στην νότια Ευρώπη είναι μικρότερα, από 2 έως 4m² σε επιφάνεια, δεν έχουν αντλία αλλά αντιθέτως χρησιμοποιούν την θερμοσιφωνική μέθοδο της φυσικής κυκλοφορίας. Τα περισσότερα ηλιακά συστήματα οικιακής χρήσης στην Ευρώπη έχουν επίσης συμβατικό σύστημα θέρμανσης πετρελαίου, γκαζιού, στερεών καυσίμων ή ηλεκτρικού για συμπληρωματικό.

Ηλιακά συστήματα θέρμανσης νερού έχουν εγκατασταθεί σε πολυάριθμα μεγάλα έργα όπως ξενοδοχεία, νοσοκομεία και συγκροτήματα οικιών. Οι δυσκολίες στον σχεδιασμό τους, στην μέγιστη εκμετάλλευση τους, στην παρακολούθηση τους και στο μάρκετινγκ μεγάλων συστημάτων έχουν σε γενικές γραμμές λυθεί και υπάρχει σημαντική ανάπτυξη της αγοράς στον τομέα αυτό.[2]

Θέρμανση χώρου

Ενεργητική ηλιακή θέρμανση χώρου χρησιμοποιείται ως βοηθητική στο συμβατικό σύστημα θέρμανσης όταν υπάρχει μακρά περίοδος θερμάνσεως. Συνδυασμένα συστήματα θέρμανσης νερού και χώρου είναι συνηθισμένα στην Αυστρία και στην Γερμανία. Τα περισσότερα από αυτά χρησιμοποιούν νερό ή υγρό με βάση το νερό για την μεταφορά θερμότητας και μονωμένη δεξαμενή νερού για την αποθήκευση της θερμότητας. Ορισμένες εταιρίες έχουν σχεδιάσει ειδικές δεξαμενές νερού που βοηθούν την στρωμάτωση του νερού, δηλαδή το νερό είναι πιο ζεστό στο πάνω μέρος της δεξαμενής και προοδευτικά ψυχρότερο προς το κάτω μέρος. Αυτό βελτιώνει την απόδοση.

Μερικά συστήματα χρησιμοποιούν αέρα για ρευστό μεταφοράς θερμότητας. Συλλέκτες ζεστού αέρα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε συνδυασμό με συστήματα ζεστού αέρα για διαδρόμους, εργοστάσια και κτίρια χαμηλής ενέργειας.[2]

Τηλεθέρμανση

Από το 1979, πολυάριθμα εργοστάσια τηλεθέρμανσης στην Δανία, Σουηδία και Γερμανία έχουν διευρυνθεί με ηλιακούς συλλέκτες. Ειδικά σχεδιασμένοι επίπεδοι συλλέκτες σχετικά μεγάλης επιφάνειας έχουν δημιουργηθεί για αυτές τις εφαρμογές. Οι συλλέκτες χρησιμοποιούνται για την προθέρμανση του νερού πριν μπει στο συμβατικό μπόιλερ. Ένα εργοστάσιο έχει συνήθως μεταξύ 1,000 έως 8,000 μ² συλλέκτες, καλύπτοντας περίπου 5-15% των συνολικών ετήσιων αναγκών του εργοστασίου σε θέρμανση. Έτσι ακόμη και το καλοκαίρι υπάρχει πλήρης ζήτηση

της παραγόμενης θερμότητας των ηλιακών συλλεκτών. Στα συστήματα που έχουν εποχιακή αποθήκευση η ηλιακή συμβολή μπορεί να φτάσει έως και 90%. [3]

Πισίνες



Σχήμα 1.3: Συλλέκτης τοποθετημένος σε στέγη σπιτιού για θέρμανση πισίνας.

Απλοί χωρίς κάλυμμα συλλέκτες χρησιμοποιούνται πάνω από 20 χρόνια για πισίνες. Ένα τυπικό σύστημα αποτελείται από έναν μαύρο πλαστικό απορροφητή τοποθετημένο σε στέγη (βλέπε παραπάνω εικόνα) ή στο έδαφος δίπλα στην πισίνα και συνδεδεμένο με το κύκλωμα καθαρισμού του νερού της πισίνας. Ένα τέτοιο σύστημα ανεβάζει την θερμοκρασία της πισίνας λίγους κρίσιμους βαθμούς με χαμηλό κόστος και η αξιοπιστία καθώς και τα οικονομικά οφέλη του συστήματος έχουν αποδειχθεί. Χιλιάδες πισίνες στην Ευρώπη κυρίως στην Γερμανία, Αυστρία, Γαλλία, Ελβετία και Ολλανδία έχουν τέτοιο σύστημα.

Γεωργία

Η ξήρανση τροφίμων είναι από τις αρχαιότερες εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας. Η τεχνολογία είναι πολύ απλή και φτηνή και τα περισσότερα συστήματα κατασκευάζονται από τους ίδιους τους γεωργούς. Μια δευτερεύουσα αεροστεγής στέγη μπορεί να τοποθετηθεί κάτω από την στέγη του στάβλου ή άλλου κτηρίου. Ο αέρας στον χώρο της «ηλιακής στέγης» που έχει δημιουργηθεί θερμαίνεται από τις ακτίνες του ήλιου που πέφτουν στην πρωτεύουσα στέγη και έτσι μπορούν να ξηραίνονται άχυρα, φρούτα και λαχανικά καθώς και άλλα αγροτικά προϊόντα. Τέτοια συστήματα είναι συνηθισμένα στην Σκανδιναβία και Ελβετία και γίνονται όλο και πιο δημοφιλή στην νότια Ευρώπη. Λόγω όμως της φύσης της τεχνολογίας αυτής, λεπτομερή στατιστικά στοιχεία δεν υπάρχουν.

[3]

Βιομηχανία

Βιομηχανικές επεξεργασίες απαιτούν μεγάλο φάσμα θερμοκρασιών. Ενώ πολλοί τύποι ηλιακών συλλεκτών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή χαμηλής θερμοκρασίας, οι σωλήνες κενού και ορισμένοι υψηλών επιδόσεων επίπεδοι συλλέκτες μπορούν αποδοτικά να παράγουν θερμοκρασίες 100°C και άνω.

Ηλιακός κλιματισμός – ψύξη

Η ψύξη είναι από τις ευνότερες εφαρμογές της ηλιακής ενέργειας, αφού όταν χρειάζεται περισσότερο η δροσιά συμπίπτει με την ύπαρξη λιακάδας. Για παράδειγμα, τα περισσότερα κλιματιζόμενα κτίρια έχουν το μεγαλύτερο φόρτο ψύξης τις ηλιόλουστες καλοκαιρινές ημέρες.

Έχουν γίνει πρόσφατες εξελίξεις σ' αυτόν τον τομέα με ηλιακά συστήματα κλιματισμού-ψύξης εγκατεστημένα σε κτίρια όπως ξενοδοχεία. Ένα τυπικό σύστημα χρησιμοποιεί τις ψηλές θερμοκρασίες που παράγουν επίπεδοι συλλέκτες υψηλών αποδόσεων ή σωλήνες κενού για να κινήσουν μία αντλία απορρόφησης θερμότητας. Αν και δεν είναι πολύ διαδεδομένη ακόμα, ο ηλιακός κλιματισμός- ψύξη έχει μεγάλες δυνατότητες στο μέλλον.

Εφαρμογές υψηλών θερμοκρασιών

Ηλιακό θερμικό εργοστάσιο ηλεκτρισμού μπορεί να παράγει ηλεκτρικό ρεύμα με την εστίαση των ακτινών του ήλιου για την παραγωγή υψηλών θερμοκρασιών. Εννέα τέτοιες εγκαταστάσεις χρησιμοποιώντας 2.5 εκατομμύρια m² Γερμανικής κατασκευής παραβολικούς καθρέφτες, έχουν λειτουργήσει αξιόπιστα για 10 χρόνια στην Καλιφόρνια. Κατάλληλες τοποθεσίες για τέτοιες εγκαταστάσεις στην Ευρώπη περιορίζονται κυρίως στην νότια Ευρώπη λόγω της ανάγκης εκτεταμένων περιόδων άμεσης ηλιακής ακτινοβολίας. Υπάρχει σημαντική εγκατάσταση μετρήσεων για ηλιακές θερμικές εφαρμογές υψηλών θερμοκρασιών στην Αλμέρια της νότιας Ισπανίας.[4]

Μία συνηθισμένη εσφαλμένη εντύπωση για την ηλιακή ενέργεια είναι η αντίληψη ότι είναι καλή για την νότια Ευρώπη αλλά δεν θα λειτουργήσει στην βόρεια Ευρώπη. Ωστόσο οι ένα εκατομμύριο και πάνω Σκανδιναβοί, Ολλανδοί και Γερμανοί που χρησιμοποιούν ηλιακά θερμικά συστήματα θα διαφωνούσαν. Τα τελευταία χρόνια η αγορά των ηλιακών συστημάτων στην βόρεια Ευρώπη έχει αναπτυχθεί ραγδαία. Πωλήσεις ηλιακών συλλεκτών σε χώρες της ΕΕ που συνορεύουν την Βαλτική θάλασσα ξεπέρασαν τα 400,000 τετραγωνικά μέτρα το 1996, διπλάσιες πωλήσεις από αυτές στις Μεσογειακές χώρες της ΕΕ.[4]

Η εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας έχει πάρα πολλά θετικά στοιχεία, επιγραμματικά μερικά από αυτά είναι:

- Περιβαλλοντολογική συνείδηση
- Εξοικονόμηση των εξαντλήσιμων ενεργειακών πόρων
- Άνεση
- Ενεργειακή αυτονομία
- Μειωμένη εξάρτηση λόγω ελλείψεις καυσίμων ή διακοπές στην παροχή τους
- Ασφάλεια έναντι μελλοντικών αυξήσεων των τιμών στα καύσιμα
- Χαμηλότερους λογαριασμούς ενέργειας

- Αυξημένη αξία της κατοικίας κατά την μεταπώληση

Η ηλιακή ενέργεια θα υπάρχει για πάντα χωρίς να μολύνει καθόλου την ατμόσφαιρα της γης.[3]

Οι Ηλιακοί θερμοσίφωνες



Σχήμα 1.4: Ο ηλιακός θερμοσίφωνας και τα μέρη του.

Ο **ηλιακός θερμοσίφωνας** είναι ένα ενεργητικό ηλιακό σύστημα που ζεσταίνει νερό χρησιμοποιώντας την ηλιακή ακτινοβολία. Χρησιμοποιείται ευρύτατα στις χώρες που έχουν μεγάλη ηλιοφάνεια, όπως για παράδειγμα στις χώρες της Μεσογείου και στην Κύπρο.

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι η απλούστερη και η γνωστότερη ηλιακή συσκευή. Κατά την λειτουργία του γίνεται εκμετάλλευση δυο φυσικών φαινομένων. Με την αρχή του θερμοσίφωνα επιτυγχάνεται η κυκλοφορία του νερού με φυσικό τρόπο χωρίς μηχανικά μέρη (αντλίες κλπ.) ενώ η θέρμανση του νερού γίνεται με την εκμετάλλευση του φαινομένου του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στους συλλέκτες του. Επίσης υπάρχει και δεύτερος τρόπος κυκλοφορίας του νερού, με την βοήθεια κυκλοφορητή (π.χ αντλίας). Ο τρόπος αυτός είναι γνωστός με την ονομασία εξαναγκασμένης ροής και είναι αυτός που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των μετρήσεων του πειράματος.

[3]

Η ιστορία του ηλιακού θερμοσίφωνα

Ο ηλιακός θερμοσίφοντας εμφανίστηκε στην Καλιфорνία γύρω στο 1880, αλλά μπήκε σε εφαρμογή για πρώτη φορά απ' τον Κλάρενς Κέμπ το 1891. Μετά την πρώτη του εφαρμογή άρχισε να χρησιμοποιείται αλλά ατόνησε λόγω της χρήσης του πετρελαίου και του εξηλεκτρισμού. Βέβαια κατά την πετρελαϊκή κρίση της δεκαετίας του '70 και ιδιαίτερα τη δεκαετία του '80 άρχισε να χρησιμοποιείται ευρύτατα στις χώρες με ηλιοφάνεια.

Με τα σημερινά δεδομένα στην Κύπρο αναλογεί ένας ηλιακός θερμοσίφοντας για κάθε πέντε κατοίκους, ενώ στο Ισραήλ η χρήση τους είναι υποχρεωτική στις καινούργιες οικοδομές. Σε πολλές άλλες χώρες η χρήση τους επιδοτείται. Στην Ελλάδα η διάδοση των ηλιακών συσκευών είναι πολύ εντυπωσιακή: το πρώτο μοντέλο λανσαρίστηκε το 1974, το 1980 υπήρχαν εγκατεστημένα περίπου εκατόν πενήντα χιλιάδες τετραγωνικά μέτρα συλλεκτών και το 2004 περίπου τρία εκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα συλλεκτών. Μέρος της επιτυχίας αυτής των ηλιακών θερμοσίφωνων στην Ελλάδα οφείλεται στα φορολογικά κίνητρα που είχε θεσπίσει το Ελληνικό κράτος. Σήμερα οι ηλιακοί θερμοσίφωνες χρησιμοποιούνται από περισσότερους από ένα εκατομμύριο καταναλωτές. Μέχρι και τα τελευταία χρόνια, η Ελλάδα ήταν απ' τις κύριες κατασκευάστριες χώρες ηλιακών θερμοσίφωνων.[3]

Αρχή Λειτουργίας Ηλιακού Θερμοσίφωνα

Ο ηλιακός θερμοσίφοντας κατά την λειτουργία του εκμεταλλεύεται το φυσικό φαινόμενο της ροής των ρευστών λόγω διαφοράς θερμοκρασίας (διαφοράς πυκνότητας), γνωστό και σαν αρχή του θερμοσίφωνα. Έτσι πετυχαίνετε με φυσικό τρόπο χωρίς κυκλοφορητή (αντλία) συνεχής ροή του θερμαινόμενου μέσου, από το θερμότερο σημείο (ηλιακοί συλλέκτες) προς το ψυχρότερο (δεξαμενή νερού), μέχρις ότου τα δύο σημεία να αποκτήσουν παρόμοιες θερμοκρασίες.

Για να είναι αυτό δυνατό πρέπει το ψυχρότερο σημείο να είναι ψηλότερα από το θερμότερο σημείο και για τον λόγο αυτό σε όλους τους ηλιακούς θερμοσίφωνες η δεξαμενή αποθήκευσης είναι πάντα ψηλότερα από τους ηλιακούς συλλέκτες. Η συνολική απόδοση του ηλιακού θερμοσίφωνα εξαρτάται κι απ' τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τη νεφοκάλυψη και την αποτελεσματικότητα της θερμικής μόνωσης του συστήματος.

[3]

Ηλιακός Θερμοσίφωνας σαν Οικολογική Συσκευή

Ο ηλιακός θερμοσίφωνας είναι μια απ' τις «καθαρότερες» και πιο αποδοτικές συσκευές που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Στη διάρκεια ζωής του ο ηλιακός θερμοσίφωνας εξοικονομεί περίπου δυο χιλιάδες ευρώ απ' τους λογαριασμούς ρεύματος σε τιμές 2005, ενώ αποφεύγεται η έκλυση περίπου τριάντα τόνων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Κάθε ντους με νερό από ηλιακό θερμοσίφωνα ισοδυναμεί με τρία κιλά διοξειδίου του άνθρακα λιγότερα στην ατμόσφαιρα.



Περιβαλλοντικά οφέλη

Μια μικρή αναφορά στα περιβαλλοντικά οφέλη που απορρέουν από την χρήση των ενεργητικών ηλιακών συστημάτων δείχνει ότι επιτυγχάνουμε τα εξής :

- Εξοικονόμηση καυσίμων που ισοδυναμεί με 50-70 kg πετρελαίου / τμ. Ηλιακού συλλέκτη ανά έτος.
- Μείωση εκπομπών CO₂ άνω των 750 kg / τμ. ηλιακού συλλέκτη ανά έτος (όταν υποκαθιστούμε ηλεκτρικό ρεύμα).
- Μείωση εκπομπών CO₂ άνω των 250 kg / τμ. Ηλιακού συλλέκτη ανά έτος (όταν υποκαθιστούμε πετρέλαιο).

Είδη Ηλιακών Θερμοσιφώνων

Διακρίνουμε δύο είδη ηλιακών θερμοσιφώνων ανάλογα με το κύκλωμα κυκλοφορίας του θερμαινόμενου μέσου:

- Ανοικτού κυκλώματος: απευθείας θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο είναι το ίδιο το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε).
- Κλειστού κυκλώματος: έμμεση θέρμανση του νερού χρήσης (το θερμαινόμενο μέσο κυκλοφορεί σε ιδιαίτερο κύκλωμα το οποίο θερμαίνει το νερό που θα χρησιμοποιήσουμε χωρίς να γίνεται ανάμιξή τους, μέσω εναλλάκτη θερμότητας).

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες ανοικτού κυκλώματος είναι απλούστεροι και φθηνότεροι, έχουν όμως προβλήματα σε χαμηλές θερμοκρασίες γιατί δεν μπορούμε να τους προσθέσουμε αντιψυκτικά μίγματα (το θερμαινόμενο μέσο είναι το ίδιο το νερό χρήσης). Στους ηλιακούς θερμοσίφωνες κλειστού κυκλώματος μπορεί το θερμαινόμενο μέσο να είναι και άλλο ρευστό. Αν είναι μόνο νερό, έχει αντιψυκτικά και αντιδιαβρωτικά πρόσθετα για προστασία της συσκευής.

Επίσης μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε τους ηλιακούς θερμοσίφωνες ανάλογα με τον αριθμό ενεργειακών πηγών που μπορούν να εκμεταλλευτούν σε:

- Διπλής ενέργειας: Ο θερμοσίφωνα λειτουργεί εκμεταλλεύμενος είτε την ηλιακή ενέργεια είτε το ηλεκτρικό ρεύμα (π.χ. κατά την διάρκεια συννεφιάς οπότε η ηλιακή ενέργεια δεν είναι αρκετή για να ζεστάνει το νερό). Για τον σκοπό αυτό, υπάρχει ηλεκτρική αντίσταση τοποθετημένη εντός του τμήματος αποθήκευσης.
- Τριπλής ενέργειας: Λειτουργεί όπως ο ηλιακός θερμοσίφωνα διπλής ενέργειας αλλά έχει επιπλέον μια είσοδο για να εκμεταλλευτεί ως θερμαντικό μέσο το ζεστό νερό του καλοριφέρ που παράγεται από τον λέβητα κεντρικής θέρμανσης. Προϋπόθεση για την εγκατάσταση ηλιακού θερμοσίφωνα τριπλής ενέργειας είναι να υπάρχει η κατάλληλη υποδομή στο οίκημα υπό την μορφή ξεχωριστών σωληνώσεων (ανά διαμέρισμα εάν πρόκειται για πολυκατοικία) που να συνδέουν το λεβητοστάσιο με τον χώρο εγκατάστασης του ηλιακού θερμοσίφωνα (ταράτσα ή σκεπή).[4]

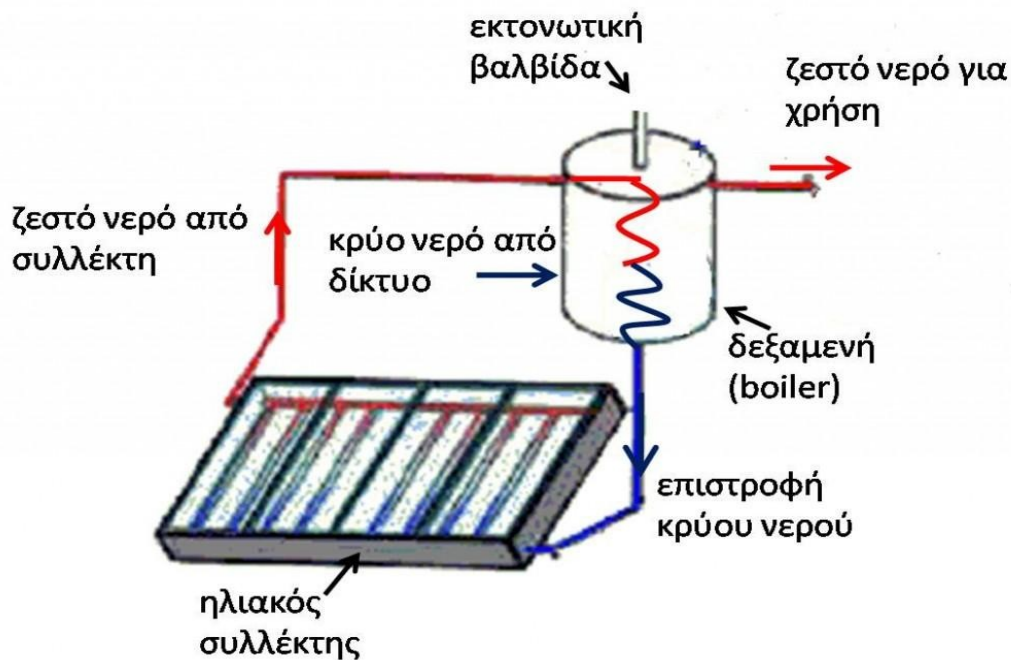
Μέρη Ηλιακού θερμοσίφωνα

Οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, ανεξάρτητα από το είδος τους, αποτελούνται από δύο βασικά μέρη:

- Το τμήμα συλλογής (οι ηλιακοί συλλέκτες, η επιφάνεια απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας)
- Το τμήμα αποθήκευσης (η δεξαμενή αποθήκευσης του νερού)

Τα δύο αυτά μέρη είναι συναρμολογημένα μαζί και συνδέονται με σωληνώσεις, αλλά σε μεγαλύτερα συστήματα μπορούν να είναι και χωριστά και να χρησιμοποιούνται αντλίες για την κυκλοφορία του θερμαινόμενου μέσου, ειδικά όταν το τμήμα αποθήκευσης δεν βρίσκεται στον ίδιο χώρο με το τμήμα συλλογής. Το τμήμα αποθήκευσης διαθέτει και ηλεκτρική αντίσταση με θερμοστάτη, για να μπορεί να παράγεται ζεστό νερό και σε άσχημες καιρικές συνθήκες. Οι ακριβότεροι ηλιακοί θερμοσίφωνες διαθέτουν και κάποια λίγα εξαρτήματα ελέγχου όπως βαλβίδα υπερπίεσης ή αυτόματα εξαεριστικά.

Συστήματα φυσικής κυκλοφορίας (θερμοσιφωνικά): Στη χώρα μας ο ηλιακός θερμοσίφωνα φυσικής κυκλοφορίας είναι η πιο διαδεδομένη συσκευή εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας για παραγωγή ζεστού νερού οικιακής χρήσης. Παρακάτω βλέπετε την πορεία του νερού εντός του συστήματος καθώς και τα μέρη από τα οποία εξαρτάται (φυσικής κυκλοφορίας).



Σχήμα 1.5: Απλό σύστημα φυσικής κυκλοφορίας ή αλλιώς θερμοσιφωνητικό.

Συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας (Κεντρικά): Τα συστήματα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας χρησιμοποιούν ηλεκτρικές αντλίες, βαλβίδες και συστήματα ελέγχου για να κυκλοφορήσουν το ρευστό μεταφοράς θερμότητας μέσα στους συλλέκτες.

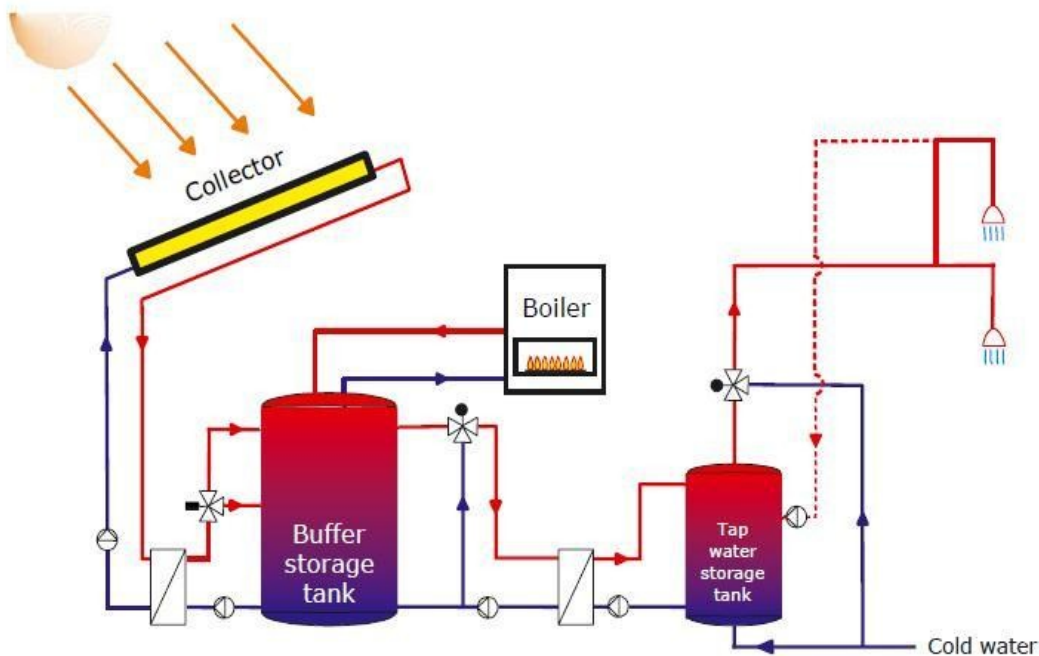
Όπως φαίνεται και στο σχέδιο, το κλειστό κύκλωμα των συλλεκτών είναι συνδεδεμένο με τον εναλλάκτη του boiler, με σωληνώσεις, συσκευές και όργανα απαραίτητα για τη σωστή λειτουργία του συστήματος. Αν η θερμοκρασία του νερού στους συλλέκτες είναι μεγαλύτερη από αυτήν του νερού στο boiler, αρχίζει να λειτουργεί ο κυκλοφορητής του κυκλώματος συλλεκτών – boiler εντολοδοτούμενος από ένα διαφορικό θερμοστάτη. Όταν η θερμοκρασία του νερού στους συλλέκτες είναι μικρότερη από αυτή στο boiler, τότε ο κυκλοφορητής δεν λειτουργεί.

Όταν ο κυκλοφορητής δεν λειτουργεί αναστρέφεται η ροή του κλειστού κυκλώματος και θερμές μάζες νερού φεύγουν από το boiler προς τους συλλέκτες όπου ακτινοβολούν προς το περιβάλλον την θερμότητα που μεταφέρουν και επιστρέφουν στο boiler με χαμηλή θερμοκρασία. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το θερμό νερό είναι ελαφρύτερο από το κρύο. Για να αποφευχθεί το δυσάρεστο αυτό φαινόμενο που έχει σαν αποτέλεσμα κατά τις νυκτερινές κυρίως ώρες, να κρύνει το ζεστό νερό που έχει αποθηκευτεί στο boiler είναι απαραίτητη η τοποθέτηση στο κύκλωμα μιας βαλβίδας αντεπιστροφής ή μιας ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας νερού η οποία θα ανοίγει μαζί με τον κυκλοφορητή.

Στο κλειστό κύκλωμα συλλεκτών πρέπει να συνδεθούν απαραίτητα αυτόματος πλήρωσης, βαλβίδα ασφαλείας, αυτόματο εξαεριστικό δικτύου στο υψηλότερο σημείο και δοχείο διαστολής. Το κύκλωμα των ηλιακών συλλεκτών μπορεί να είναι και ανοικτού τύπου, με ανοικτό δοχείο διαστολής και φλοτεροδιακόπτη.

[3]

**Buffer storage tank and storage tank loading system
with backup heating into the buffer storage tank**



Σχήμα 1.6: Σύστημα εξαναγκασμένης κυκλοφορίας με ρυθμιστικό στην δεξαμενή αποθήκευσης.

Βέβαια στη περίπτωση αυτή θα έχουμε όλα τα αρνητικά των ανοικτών συστημάτων. Αν ο διαφορικός θερμοστάτης διαπιστώσει ότι η θερμοκρασία των ηλιακών συλλεκτών είναι κάτω από 4°C , τότε εντολοδοτεί το κυκλοφορητή του κυκλώματος boiler - συλλεκτών, να εκκινήσει προς διατήρηση της θερμοκρασίας των συλλεκτών στο επίπεδο των $4 - 6^{\circ}\text{C}$ για λόγους αντιπαγετικής προστασίας. Στο παρακάτω σχήμα βλέπετε ένα τέτοιο σύστημα

Ηλιακοί Συλλέκτες



Σχήμα 1.7 : Απεικόνιση ηλιακού συλλέκτη σε σκεπή κατοικίας.

Το κυριότερο μέρος ενός ηλιακού θερμοσίφωνα είναι οι ηλιακοί συλλέκτες (ή καθρέπτες). Θεωρείτε η πλέον διαδεδομένη συσκευή εκμετάλλευσης της ηλιακής ακτινοβολίας. Στην ουσία είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας ο οποίος μετατρέπει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε θερμότητα. Ο συλλέκτης αυτός περιλαμβάνει μια μαύρη, συνήθως επίπεδη μεταλλική επιφάνεια, η οποία απορροφά την ακτινοβολία και θερμαίνεται.

Αυτή αποτελείται από τέσσερα μέρη:

- Την πλάκα συλλογής της ακτινοβολίας
- Τους σωλήνες ροής του νερού
- Την κάλυψη (κρύσταλλο) της πλάκας απορρόφησης και
- Το θερμικά μονωμένο πλαίσιο πάνω στο οποίο στερεώνονται τα υπόλοιπα εξαρτήματα.

Λειτουργία ηλιακών συλλεκτών

Η λειτουργία των συλλεκτών του ηλιακού θερμοσίφωνα βασίζεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου που αναπτύσσεται στο χώρο ανάμεσα στην πλάκα απορρόφησης και τη γυάλινη επικάλυψη. Καταρχήν η ηλιακή ακτινοβολία πέφτει στην (συνήθως μαύρη) απορροφητική πλάκα, ανεβάζοντας της θερμοκρασία της. Η πλάκα με τη σειρά της εκπέμπει μεγάλους μήκους κύματος ακτινοβολία (θερμική ακτινοβολία) για την οποία το τζάμι που καλύπτει την πλάκα είναι σχεδόν αδιαφανές. Έτσι η μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (η ζέστη) παγιδεύεται ανάμεσα στην πλάκα και το τζάμι, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η απόδοση όσον αφορά τη θέρμανση του νερού (που κυκλοφορεί σε σωλήνες που είναι σ' επαφή με την πλάκα στο πίσω μέρος της ή ενσωματωμένοι σ' αυτή).

Οι κρίσιμοι παράγοντες για την καλή απόδοση του συστήματος είναι η μεγάλη απορροφητικότητα της πλάκας στην ηλιακή ακτινοβολία, ο μικρός συντελεστής εκπομπής της πλάκας στη μεγάλη μήκους κύματος ακτινοβολία και η μεγάλη αδιαφάνεια του κρυστάλλου για τη δεύτερη. Τα υλικά που προσφέρουν την καλύτερη σχέση απόδοσης-τιμής είναι γυαλί και επιφάνεια από αλουμίνιο ή χαλκό, χρωματισμένη μαύρη.[3]

Απόδοση, Απώλειες και Κατανομή Ροής σε Ηλιακούς Συλλέκτες

Η απόδοση των ηλιακών συλλεκτών είναι συναφής με την κατανομή του ρευστού μέσα από τις παράλληλες σωληνώσεις ανύψωσης. Μια ομοιόμορφη κατανομή της ροής οδηγεί στην μέγιστη απόδοση. Οι Jones και Lior (1994) και οι Wang και Wu (1990) παρουσίασαν μετρήσεις συστοιχίες ηλιακών συλλεκτών με στρωτή ροή, που έδειξαν μεγάλες αποκλίσεις από ομοιόμορφα κατανεμημένα απορρίψεις. Η κατανομή της ροής η οποία βρέθηκε από Jones και Lior (1994) δεν ταιριάζει με τα αποτελέσματα των Wang και Wu (1990).

Στην περίπτωση των Wang και Wu ένα σύστημα πολλαπλών συλλεκτών με παράλληλες συνδέσεις αναλύθηκαν, ενώ στην περίπτωση των Jones και Lior, χρησιμοποιήθηκε ένας μονός συλλέκτης. Η περίπτωση Wang και Wu μπορεί να ερμηνευθεί ως ένας ενιαίος συλλέκτης όπου ο αριθμός των μετώπων πρέπει να πολλαπλασιάζετε με τον αριθμό των συλλεκτών. Η φυσική εξήγηση για αυτά τα διαφορετικά είδη της διανομής ροής ήταν ακόμα ανοιχτή.

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να εξηγήσει την ευαισθησία της κατανομή της ροής προς τις παραμέτρους σχεδιασμού συλλέκτη με ιδιαίτερη έμφαση στις ζημίες πίεσης διασταύρωσης και τις συνεχείς ενεργειακές απώλειες λόγω των τριβών.

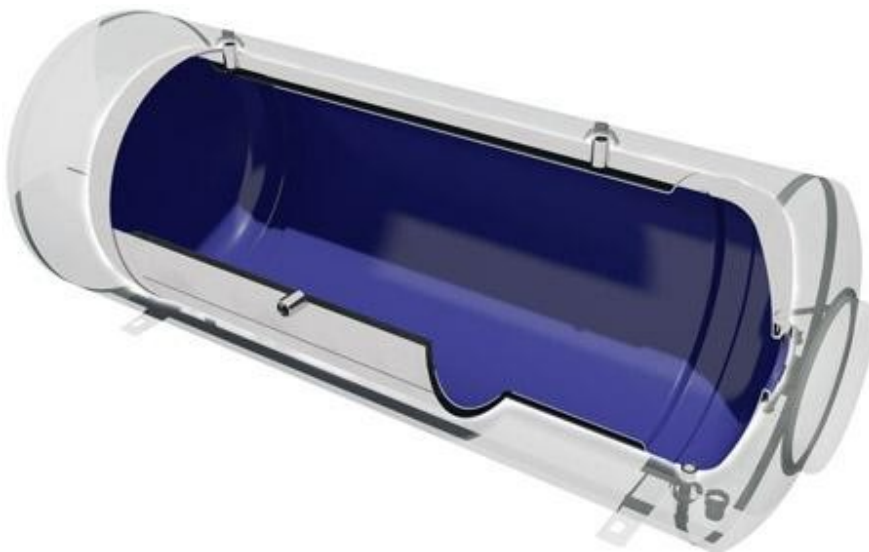
Η σχέση των παραμέτρων αυτών είναι υπεύθυνη για την εξέλιξη των διαφόρων διανομών ροής σε ένα τέτοιο σύστημα συλλέκτη (Bajura, 1971; Bajura και Jones, 1976). Όλα τα αποτελέσματα της άνωσης που οφείλονται σε διαφορές θερμοκρασίας δεν λαμβάνονται υπόψη σε αυτή τη μελέτη.

Για να ληφθούν τα αποτελέσματα αυτά, τα πειράματα διεξήχθησαν σε ένα μοντέλο *perspex* πλήρους μεγέθους ενός κατά συρροή παράγεται συλλέκτης με 10 σωλήνες ανύψωσης. LDV (laser-Doppler-ροομετρία)-μετρήσεις έγιναν για να καθοριστούν οι μέγιστες ταχύτητες ροής και κατά συνέπεια την απαλλαγή σε κάθε σωλήνα ανύψωσης. Σε ένα δεύτερο στάδιο, λεπτομερείς μετρήσεις πίεσης έγιναν για να αξιολογηθούν συντελεστές απωλειών πίεσης σε σχέση με τον αριθμό Reynolds. Οι μετρήσεις για την αξιολόγηση αυτής της σχέσης δίνουν τα δεδομένα που απαιτούνται για τον προσδιορισμό αναλυτικό τον προσδιορισμό την κατανομή της ροής για τα διάφορες γεωμετρίες συλλέκτη, όπως είναι οι ρυθμίσεις που διερευνώνται από τους Τζόουνς και Lior (1994) ή Wang και Wu (1990), με την επίλυση της εξίσωσης ενέργειας για κάθε σωλήνα ανύψωσης που συνδέονται με την εξίσωση συνέχειας.

Μια παραμετρική προσέγγιση για την πρόβλεψη την κατανομή της ροής χωρίς πραγματοποίηση υπολογισμού δίκτυο σωληνώσεων έχει αναπτυχθεί.

Δεξαμενή Αποθήκευσης

Η δεξαμενή αποθήκευσης του νερού χρήσης έχει χωρητικότητα που κυμαίνεται από 100 έως 200 λίτρα για συνήθεις οικιακές εφαρμογές. Η χωρητικότητά της είναι συνάρτηση της συλλεκτικής επιφάνειας που διαθέτει. Είναι συνήθως χαλύβδινη, με εσωτερική επίστρωση για προστασία από την διάβρωση. Η επίστρωση αυτή είναι συνήθως από ειδικά πλαστικά ή εποξειδικά χρώματα ή εμαγιέ (υαλόκραμα). Εναλλακτικά και για ακριβότερα συστήματα η δεξαμενή αποθήκευσης μπορεί να είναι χάλκινη ή ανοξείδωτη. Εξωτερικά έχει πολύ καλή μόνωση συνήθως από πολυουρεθάνη ή υαλοβάμβακα.



Σχήμα 1.8: Εσωτερική απεικόνιση δεξαμενής αποθήκευσης νερού.

Συνήθως έχει ενσωματωμένη κάποια ηλεκτρική αντίσταση. Στα συστήματα κλειστού κυκλώματος έχει επιπλέον ενσωματωμένο εναλλάκτη (σερπαντίνα) για την κυκλοφορία του θερμαινόμενου μέσου ή σε πιο ακριβά συστήματα είναι διπλών τοιχωμάτων (ανάμεσα στα δύο τοιχώματα κυκλοφορεί το θερμαινόμενο μέσο).

Τεχνικές απαιτήσεις ηλιακών συστημάτων

- Ωφέλιμος χώρος για τους συλλέκτες. Το κτίριο πρέπει να έχει ωφέλιμο χώρο για την εγκατάσταση της απαιτούμενης επιφάνειας συλλεκτών. Αυτός πρέπει να είναι σε μια περιοχή, η οποία δεν σκιάζεται κατά τη διάρκεια της ημέρας. Ο χώρος αυτός μπορεί να βρίσκεται είτε σε οροφή του κτιρίου ή σε κάποιο άλλο ανοιχτό χώρο.
- Ωφέλιμος χώρος για τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Το κτίριο πρέπει να έχει διαθέσιμο ωφέλιμο χώρο για τον εξοπλισμό (αντλίες, εναλλάκτες θερμότητας, και δεξαμενές αποθήκευσης) ο οποίος πρέπει να είναι προστατευμένος από τις κλιματικές

συνθήκες. Αυτός μπορεί να είναι η στο υπάρχον λεβητοστάσιο ή σε κάποιον άλλο κλειστό χώρο.

- Υδραυλικές συνδέσεις: Οι συλλέκτες, οι δεξαμενές αποθήκευσης, η παροχή κρύου νερού και το δίκτυο ζεστού νερού πρέπει να συνδεθούν υδραυλικά.. Οι σωληνώσεις μεταξύ αυτών των εξαρτημάτων πρέπει να είναι επισκέψιμες σε περίπτωση βλάβης.
- Ηλεκτρικές συνδέσεις: Ο γενικός πίνακας του κτιρίου πρέπει να αντέχει πρόσθετα φορτία τα οποία όμως είναι μικρά για την περίπτωση των ηλιακών συστημάτων.

Οδηγίες συντήρησης

Είναι σκόπιμο να πραγματοποιείτε επιθεώρηση στο ηλιακό σύστημα μία φορά το τρίμηνο. Οι ηλιακοί συλλέκτες πρέπει να επιθεωρούνται για τυχόν διαρροές από τα ρακόρ των σωληνώσεων ραγίσματα των υαλοπινάκων, βλάβες των αυτόματων ανακουφιστικών βαλβίδων, γήρανση των πλαστικών υλικών και για συμπλήρωση του υγρού μεταφοράς θερμότητας αν απαιτείται. Το υδραυλικό σύστημα πρέπει επίσης να επιθεωρείται. Θα πρέπει να ελέγχετε και η αντίσταση εάν υπάρχει. Επιπλέον τα ανόδια στη δεξαμενή αποθήκευσης κρίνεται σκόπιμο να επιθεωρούνται και να αλλάζονται όταν φθείρονται.

Συνοπτικά σε αυτό το κεφάλαιο έγινε μια πρώτη παρουσίαση της εκμετάλλευσης ηλιακής ενέργειας σε διάφορους τομείς από τον άνθρωπο καθώς και ανάλυση των θερμοσιφωνικών συστημάτων. Μιλήσαμε για τους συλλέκτες, από πού προήλθαν, που αποσκοπούν και πόσο έχει εξελιχτεί η τεχνολογία τους με το πέρασμα του χρόνου.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα υπάρξει η δυνατότητα ανάλυσης των συσκευών-οργάνων μέτρησης ροής ή αλλιώς ροόμετρα. Διάφορα είδη ροόμετρων που χρησιμοποιούνται σήμερα από επιστήμονες και όχι μόνο. Τέλος γίνετε λεπτομερείς ανάλυσης της πειραματικής διάταξης και των μερών της.

Κεφάλαιο 2^ο :Εισαγωγή για μέθοδο μέτρησης- Ανάλυση Πειραματικής Διάταξης

Ροή και κύριοι τομείς μέτρησης ροής

Ροή ονομάζεται η συνεχής κίνηση ενός ρευστού. Συμβαίνει με πολλές μορφές, για παράδειγμα ο αέρας που εισέρχεται και εξέρχεται από τους πνεύμονες μας όταν αναπνέουμε. Για να γίνει κατανοητή η φύση της ροής θα πρέπει να την πολιτικοποιήσουμε και να την μετρήσουμε με τα κατάλληλα όργανα.

Επειδή η φύση της ροής είναι περίπλοκη ,θα εξετάσουμε μια απλή μορφή της σαν αυτήν που πραγματοποιήθηκε κατά το πέρας των μετρήσεων, αυτή αντιπροσωπεύετε από τις γραμμές ροής (streamlines). Θεωρούμε ένα μέρος του τμήματος του κυλινδρικού σωλήνα. Θεωρώντας ότι το ρευστό ρέει στρωτά και ότι δεν υπάρχει αέρας στο σωλήνα , μπορούμε να πολιτικοποιήσουμε τη ροή με βάση τον όγκο, τη μάζα ή την ταχύτητα του ρευστού. Ο ογκομετρικός ρυθμός ροής (volumetric flow rate) ισούται με το ποσό του ρευστού που περνάει από ένα σημείο σε κάποιο

καθορισμένο χρόνο και εκφράζεται, για παράδειγμα σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο. Η ταχύτητα του ρευστού ισούται με την απόσταση που διανύει το ρευστό σε κάποιο καθορισμένο χρόνο και μετριέται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο.

Εάν έχουμε αρκετές πληροφορίες, μπορούμε να προσδιορίσουμε την παραπάνω παράμετρο μέσω κάποιας άλλης. Για παράδειγμα εάν γνωρίζουμε την ταχύτητα (u) και την ακτίνα R , μπορούμε να υπολογίσουμε τον ογκομετρικό ρυθμό ροής. Μετρήσεις ροής μπορούμε να πραγματοποιήσουμε σε υγρά, αέρια και κάποιες φορές σε κάποια στερεά, όταν κινούνται έχοντας βασικά χαρακτηριστικά των ρευστών.

Μετρητές Ταχύτητας που Διακόπτουν την Ροή

Οι παρακάτω μετρητές επιτρέπουν τη μέτρηση της ταχύτητας ροής ενός ρευστού σε κάποιο συγκεκριμένο σημείο ενός σωλήνα ή αγωγού:

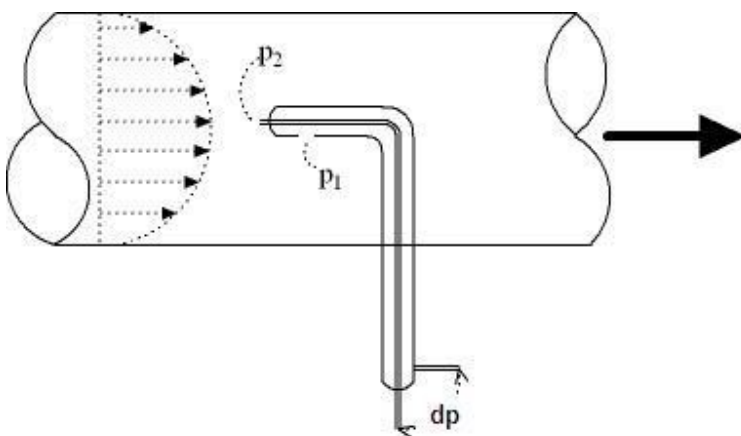
- Σωλήνας Pitot
- Μετρητής ροής μεταβλητής διατομής

Σωλήνας Pitot

Ο σωλήνας Pitot (Pitot static tube) ονομάστηκε έτσι προς τιμήν του εφευρέτη του, Henri Pitot και αποτελείται από ένα σωλήνα, όπου ρέει ένα ρευστό.

Χρησιμοποιεί μετρητές πίεσης, οι οποίοι αναγράφουν τη συνολική πίεση και τη στατική πίεση και μετρά από αυτές την ταχύτητα του ρευστού. Η στατική πίεση είναι η πίεση σε ένα κινούμενο ρευστό που δεν επηρεάζεται από την κίνηση του ρευστού.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η μορφή του σωλήνα Pitot που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ταχύτητας ενός υγρού, που ρέει μέσα σε σωλήνα.

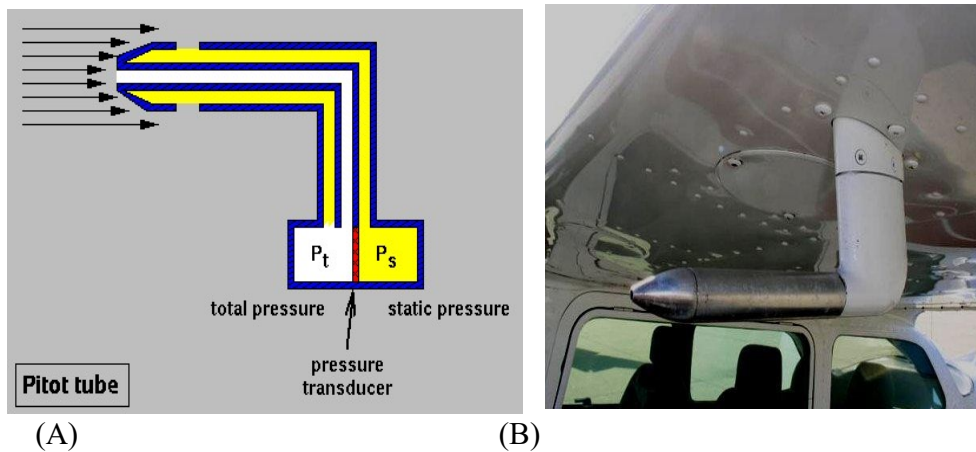


Σχήμα 2.1: Αναπαράσταση σωλήνα Pitot μέσα σε σωλήνα που ρέει ρευστό.

Ο μετρητής της συνολικής πίεσης του σωλήνα Pitot τίθεται απέναντι στη ροή και μετρά τη συνολική πίεση που ασκεί αυτή. Στο σχήμα παραπάνω, ο ακροδέκτης αυτός ευρίσκεται μέσα σε ένα σωλήνα που τοποθετείται στο κέντρο του σωλήνα ροής και έχει καμφθεί, έτσι ώστε το άκρο του να ευρίσκεται ‘κόντρα’ στη ροή.

Ο ακροδέκτης στατικής πίεσης τοποθετείται στο τοίχωμα του σωλήνα ροής και το ανοικτό του άκρο ενώνεται με απόλυτα λείο τρόπο με το τοίχωμα, έτσι ώστε να μη διαταράσσει τη ροή.

Ο σωλήνας Pitot μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της ταχύτητας ροής υγρών και αερίων και παρέχει καλή ακρίβεια. Μπορεί να μετρά χαμηλές αλλά και υπερηχητικές ταχύτητες. Μια γνωστή εφαρμογή του σωλήνα Pitot είναι ο υπολογισμός της ταχύτητας στα αεροσκάφη(βλέπε εικόνα και σχήμα παρακάτω), όπου διαβιβάζει τη διαφορά πίεσης σε ένα σωλήνα Bourdon, ο οποίος είναι βαθμονομημένος σε μονάδες ταχύτητας.



Σχήμα 2.2 : (A) απλοποιημένο σχεδιάγραμμα ενός pitotstatic tube. Συνδυασμός δηλ. στατικής και δυναμικής πίεσεως. (B) σωλήνας pitot σε αεροσκάφος Cessna.

Μετρητής ροής μεταβλητής διατομής

Η τυπική μορφή ενός μετρητή ροής μεταβλητής διατομής (variable flow meter) εικονίζεται παρακάτω (βλέπε εικόνα 1).



Σχήμα 2.3: Μετρητής ροής μεταβλητής διατομής

Αποτελείται από ένα σωλήνα κωνικής διατομής που στο εσωτερικό του περιέχει ένα ελαφρό σώμα (πού ενεργεί ως πλωτήρας). Ο μετρητής συνδέεται σε κατακόρυφη θέση στο σωλήνα ροής που περιέχει το ρευστό προς μέτρηση (εν γένει ο προσανατολισμός του σωλήνα ροής που περιέχει το ρευστό προς μέτρηση (εν γένει ο προσανατολισμός του σωλήνα ροής δεν πρέπει να είναι κατακόρυφος, αλλά μόνον του μετρητή).

Το ρευστό ρέει από κάτω προς τα επάνω στο μετρητή και έτσι δημιουργεί μια διαφορά πίεσης που ασκεί μια δύναμη προς τα επάνω τον πλωτήρα και τον αναγκάζει να αιωρηθεί. Για να διατηρείται ο σωλήνας στο κέντρο του κωνικού σωλήνα, μπορεί να έχει πτερύγια ώστε να περιστρέφεται ή να τον διαπερνά μια κατακόρυφη ράβδος, στερεωμένη στον άξονα συμμετρίας του κωνικού σωλήνα.

Όταν η ροή είναι σταθερή, ο πλωτήρας παραμένει σε κάποιο σταθερό ύψος όταν η δύναμη προς τα επάνω ισούται με το βάρος του (δηλαδή όταν η δύναμη προς τα επάνω και το βάρος ευρίσκονται σε ισορροπία). Το ύψος του πλωτήρα στον κωνικό σωλήνα είναι ανάλογο του ρυθμού της ροής και έτσι ο τελευταίος διαβάζεται από μια κατάλληλα βαθμονομημένη κλίμακα στο τοίχωμα του κωνικού σωλήνα.

Οι μετρητές ροής μεταβλητής διατομής χρησιμοποιούνται για να μετρούν τη ροή υγρών και αερίων. Υπάρχουν αρκετές μορφές κωνικών σωλήνων και πλωτήρων, ανάλογα με το είδος του ρευστού και την περιοχή ταχυτήτων που πρέπει να μετρηθεί.

Οι μετρητές ροής μεταβλητής διατομής απαιτούν μικρή ρύθμιση και συντήρηση, αλλά η ακρίβεια τους μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από τις μεταβολές θερμοκρασίας του ρευστού που μετρούν. Επιπλέον η ικανότητα του χρήστη να διαβάσει σωστά την ένδειξη που αντιστοιχεί στο ύψος του πλωτήρα εισάγει ανακρίβεια στις μετρήσεις, ειδικά όταν η ροή δεν παραμένει σταθερή για αρκετό χρονικό διάστημα.

Συσκευές φαινόμενου στένωσης (Μέθοδοι)

Στο φαινόμενο στένωσης (constriction effect) στηρίζονται πολλά είδη συσκευών που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ταχύτητας ή του ογκομετρικού ρυθμού ροής ενός ρευστού.

Όταν σε ένα σωλήνα ροής υπάρχει μία στένωση, η ταχύτητα ροής του ρευστού αυξάνει. Η μέγιστη ταχύτητα ροής προκύπτει στο σημείο της μεγαλύτερης στένωσης, δηλαδή της μικρότερης διατομής.

Καθώς αυξάνει η ταχύτητα του ρευστού στο σωλήνα, η πίεση στο σημείο εκείνο μειώνεται. Θεωρώντας ότι το ρευστό είναι ασυμπίεστο, η διαφορά πίεσης πριν από τη στένωση εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- Την αρχική ταχύτητα του ρευστού
- Το εμβαδόν διατομής του σωλήνα πριν από τη στένωση
- Το εμβαδόν διατομής του σωλήνα ακριβώς στη στένωση

Εάν γνωρίζουμε τις διαστάσεις του σωλήνα πριν από τη στένωση και ακριβώς στη στένωση και εάν μπορούμε να μετρήσουμε τη διαφορά πίεσης, μπορούμε τότε να υπολογίσουμε την ταχύτητα και τον ογκομετρικό ρυθμό ροής.

Υπάρχουν πολλές μορφές μετρήσεων ροής στένωσης. Όταν υπάρχει ροή σε κλειστά κανάλια, όπως σε αγωγούς, οι πιο συνηθισμένες και απλές μέθοδοι που εκμεταλλεύονται αυτό το φαινόμενο είναι :

- Ο σωλήνας Venturi
- Η μέθοδος κάθετου στομίου εκροής
- Η μέθοδος ακροφυσίου
- Το ακροφύσιο Venturi
- Ενσωματωμένα ροόμετρα που χρησιμοποιούν υπέρηχους

Σύγχρονες συσκευές μέτρησης ροής

Οι πρώτες συσκευές μέτρησης ροής εμπόδιζαν σε κάποιο βαθμό τη ροή που μετρούν. Για τον παραπάνω λόγο έχουν επινοηθεί συσκευές που δεν έρχονται σε επαφή με το ρευστό και επομένως δεν εμποδίζουν τη ροή.

Οι συσκευές μέτρησής ροής αυτού του είδους τείνουν να χρησιμοποιούν ηλεκτρονικές μεθόδους για να ανιχνεύουν τη ροή, είναι εν γένει πιο ακριβείς από τις τεχνικές που παρεμβάλλονται στη ροή, αλλά είναι συνήθως πιο περίπλοκες και επομένως μεγαλύτερης ακρίβειας. Σήμερα υπάρχουν διαφορές μορφές συσκευών μέτρησης που δεν εμποδίζουν τη ροή. Οι δύο βασικότερες μορφές είναι :

- Ο ηλεκτρομαγνητικός μετρητής ροής (βλέπε εικόνα 2)



Εικόνα 2.4: Ηλεκτρομαγνητικός μετρητής ροής (ηλεκτρικά αγώγιμων υγρών)

- Ο μετρητής ροής με υπερήχους (Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των μετρήσεων, εικόνα 3)



Εικόνα 2.5: Μετρητής ροής με υπερήχους (συγκεκριμένα, για ομογενή υγρά)

Μετρητής ροής με υπερήχους (Ultrasonic flow meters)

Ο μετρητής αποτελείται από έναν πομπό υπερηχητικών σημάτων, έναν ανακλαστήρα και έναν ανιχνευτή που είναι τοποθετημένος σε κάποια συγκεκριμένη απόσταση από τον πομπό, κατά μήκος του σωλήνα. Ο πομπός παράγει έναν υπερηχητικό παλμό, ο οποίος ανακλάται πάνω στον ανακλαστήρα και φθάνει στο δέκτη. Εάν η ροή είναι μηδέν, τότε ο χρόνος που απαιτείται για να φθάσει ο παλμός από τον πομπό στον δέκτη καθορίζεται αποκλειστικά από την απόσταση πομπού-ανακλαστήρα-δέκτη καθώς και από την ταχύτητα με την οποία διαδίδεται ο υπέρηχος στο ρευστό. Εντούτοις, εάν το ρευστό κινείται με κατεύθυνση από τον πομπό προς τον δέκτη, τότε ο υπέρηχος θα ταξιδέψει πιο γρήγορα και ο απαιτούμενος χρόνος είναι μικρότερος. Αντίστροφα, εάν το ρευστό κινείται με κατεύθυνση από το δέκτη προς τον πομπό, τότε ο απαιτούμενος χρόνος για να φθάσει στον ανιχνευτή είναι μεγαλύτερος.

Μια εναλλακτική μέθοδος για τη μέτρηση του ρυθμού ροής βασίζεται στο φαινόμενο Doppler. Τα ροόμετρα Doppler πήραν την ονομασία τους από τον Αυστριακό φυσικό και μαθηματικό Christian Johann Doppler (1803-1853), ο οποίος το 1842 προέβλεψε ότι οι συχνότητες των ηχητικών κυμάτων που λαμβάνονται, εξαρτώνται από την κίνηση της πηγής ή του παρατηρητή ως προς το μεταδιδόμενο μέσο. Στην περίπτωση των μετρήσεων που βασίζονται στο φαινόμενο Doppler, η αύξηση του ρυθμού ροής του ρευστού προκαλεί αύξηση του φαινομένου ύψους του υπερηχητικού σήματος που εκπέμπει ο πομπός. Η μέτρηση της αλλαγής της συχνότητας που προκύπτει επιτρέπει τον υπολογισμό του ρυθμού ροής.

Οι μετρητές ροής που χρησιμοποιούν υπέρηχους είναι μεν ακριβοί αλλά έχουν μεγάλη ακρίβεια και σταθερότητα, χρησιμοποιούνται σε πολλές περιπτώσεις και έχουν την δυνατότητα να μετρούν τη ροή με συνεχή τρόπο και προς τις δύο κατευθύνσεις. Είναι φορητοί και δεν εμποδίζουν την ροή. Το μοναδικό μειονέκτημα όσο αναφορά τους μετρητές είναι ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση αερίων.[5]

Βασικά των Ροόμετρων με υπερήχους

Τα ροόμετρα υπερήχων (ultrasonic), εμφανίστηκαν στις αρχές της δεκαετίας του 70 και μέχρι σήμερα θεωρούνται τα πλέον αξιόπιστα όργανα μέτρησης ροής, έχοντας μεγάλη ευρύτητα γραμμικότητα και ευαισθησία. Τα ροόμετρα αυτού του τύπου τοποθετούνται στο εξωτερικό μέρος του σωλήνα. Τα κύματα των υπερήχων των οργάνων αυτών έχουν την δυνατότητα να διαπερνούν τα τοιχώματα των σωλήνων χωρίς να παρεμβάλουν την ροή του ρευστού. Παρακάτω βλέπουμε μία τυπική μορφή ροόμετρου με υπέρηχους και πώς αυτό τοποθετείτε-εφαρμόζει πάνω σε σωλήνα.



Σχήμα 2.6: Τυπική μορφή ροόμετρου με την μέθοδο υπερήχων

Με το πέρας των χρόνων τα ροόμετρα με υπερήχους, έχουν επωφεληθεί από τις τεχνολογικές προόδους της ηλεκτρονικής. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι μέτρησης με υπερήχους. Η πρώτη τεχνολογία είναι αυτή που χρησιμοποιεί τα ροόμετρα χρόνου μετάδοσης και η δεύτερη τις συσκευές μεταβολής Doppler. Οι δύο αυτοί τύποι των ροόμετρων με υπερήχους, παρουσιάζουν σχεδίαση με κολάρο-σφιγκτήρα πάνω στο σωλήνα (clamp-on), με σύστημα μετατροπέα, που ανιχνεύει την ταχύτητα ροής από το εξωτερικό μέρος του σωλήνα.

Για να ανιχνεύσουν την ροή μέσα από ένα σωλήνα, τα ροόμετρα με υπερήχους χρησιμοποιούν ηχητικά κύματα ή δονήσεις, με συχνότητα μεγαλύτερη των 20 kHz. Ανάλογα με τον τύπο του ροόμετρου, χρησιμοποιούν είτε έφυγρους, είτε μη έφυγρους μετατροπείς πάνω στην περίμετρο του σωλήνα για να συζεύξουν την υπερηχητική ενέργεια με ρευστό μέσα στον σωλήνα.

Ανάλυση ροόμετρων Doppler

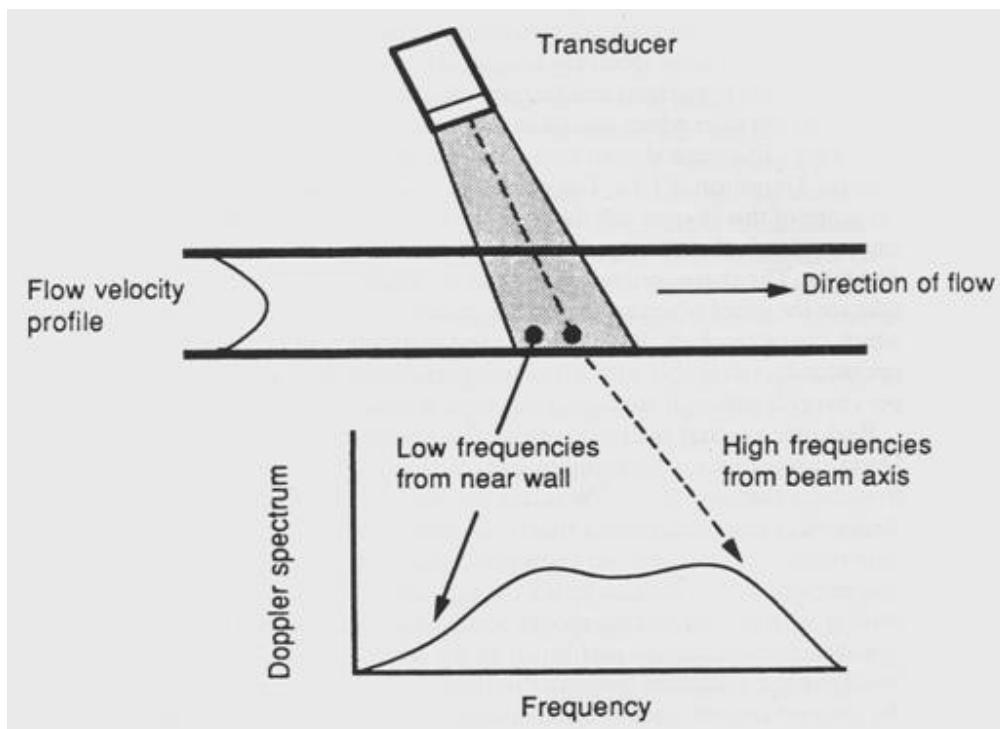
Όπως αναφερθήκαμε προηγουμένως, τα ροόμετρα Doppler πήραν την ονομασία τους από τον αυστριακό φυσικό και μαθηματικό Christian Johann Doppler (1803-1853), ο οποίος το 1842 προέβλεψε ότι οι συχνότητες των ηχητικών σημάτων που λαμβάνονται, εξαρτώνται από την κίνηση της πηγής ή του παρατηρητή ως προς το μεταδιδόμενο μέσο. Η αρχή λειτουργίας των ροόμετρων αυτών, προκειμένου να γίνει μέτρηση της ροής μέσα σε ένα σωλήνα, γίνεται μέσω ενός μετατροπέα ο οποίος μεταδίδει μια δέσμη υπερήχων συχνότητας περίπου ~ 0.5 MHz. Η μεταδιδόμενη συχνότητα είναι γραμμικά μεταβαλλόμενη, λόγω της ανάκλασης από σωματίδια και φυσαλίδες που βρίσκονται στο ρευστό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μεταβολή συχνότητας μεταξύ του πομπού και του δέκτη και συσχετίζεται με την ταχύτητα ροής.

Η περιεκτικότητα του ρευστού από αντανακλαστικά υλικά όπως για παράδειγμα στερεά σωματίδια ή φυσαλίδες είναι επιθυμητή. Η δημιουργία αυτών των φυσαλίδων είναι γνωστή και ως σπηλαίωση. Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται σε περιπτώσεις γρήγορης κίνησης του υγρού και στα σημεία που υπάρχει πολύ μικρή πίεση, όταν η θερμοκρασία του δεν μεταβάλλεται αισθητά. Η κίνηση των υλικών αυτών αλλάζει την συχνότητα της δέσμης του μετατροπέα λήπτη, ανακλώμενη σε 1 sec. Ένα αναλογικό ή ψηφιακό σήμα μπορεί να αναπτυχθεί ανάλογο της ταχύτητας ροής μέσα στον σωλήνα όταν η μεταβολή της συχνότητας είναι γραμμικά ανάλογη της ταχύτητας της ροής των υλικών.

Το φαινόμενο Doppler, εμφανίζεται όταν ένα περιοδεύον κύμα ανακλάται από ένα κινούμενο σώμα και κατά συνέπεια υφίσταται μια μεταβολή στην συχνότητα του, που σχετίζεται με την σχετική ταχύτητα του κύματος αλλά και του σώματος. Μια δέσμη υπερήχων μεταδίδεται υπό γωνία μέσα στο υγρό, θα ανακλαστεί από φυσαλίδες μέσα στο ρευστό, σε ένα αισθητήρα λήψης με διαφορετική συχνότητα. Έτσι η μεταβολή Doppler υπολογίζεται από ηλεκτρονικά μέσα στα οποία συγκρίνονται μεταδιδόμενα και ανακλώμενα μέσα.

Η μεταβολή Doppler είναι ανάλογη της ταχύτητας. Ηλεκτρονικές διατάξεις κυκλωμάτων χρησιμοποιούνται για να συνυπολογίσουν τις σταθερές υγρού και σωλήνα, προτού δημιουργήσουν ένα αναλογικό σήμα. Το εύρος κύματος των ανακλώμενων σημάτων εξαρτάται από τον αριθμό των σωματιδίων που εμφανίζονται στην ροή. Λαμβάνεται ένα φάσμα συχνοτήτων, που μεταφράζεται σε μια συλλογή ανιχνεύσιμης ροής. Από αυτές τις ταχύτητες ροής γίνεται η εξαγωγή του μέσου όρου και αποδίδουν την εμφανιζόμενη ταχύτητα ροής. Η διαβάθμιση της ακρίβειας ενός ροόμετρου Doppler είναι για αυτόν τον λόγο πάντα περιορισμένη.

Στο σύστημα ενός μετατροπέα υπάρχει επίσης μια μεγάλη ποσότητα σύζευξης του σήματος μεταξύ των στοιχείων που μεταδίδονται και λαμβάνονται μέσα από την κοινή δομή της στέγασης. ο σήμα τείνει να περάσει την πολύ αδύνατη ανάκλαση Doppler, κάνοντας την ανίχνευση του δύσκολη, εκτός από τις περιπτώσεις όπου το υγρό είναι πάρα πολύ γεμάτο με ανακλώμενα υλικά (σωματίδια ή φυσαλίδες). Σε σωλήνες μεγάλης διαμέτρου, αυτοί οι παράγοντες μπορούν να δώσουν αύξηση σε μεγάλα σφάλματα.



Σχήμα 2.7: Απεικόνιση εντοπισμού συχνότητας ρευστού που κινείται μέσα σε σωλήνα.

Προκειμένου να ελαχιστοποιήσουμε αυτή την παρουσία ροής και το σφάλμα ηχητικής αγωγιμότητας, ορισμένοι κατασκευαστές έχουν ακολουθήσει την μέθοδο των δύο μετατροπέων χρησιμοποιώντας ξεχωριστά στοιχεία μετάδοσης και λήψης. Αυτό μετριάξει το πρόβλημα, εφόσον επιτρέπει η περισσότερη ενέργεια που λαμβάνεται να προέρχεται από την ζώνη ανάκλασης.

Αυτό μετριάξει την σχετικά σταθερή παρουσία της ροής ,στο κέντρο του σωλήνα, αφού εναντιώνεται στην υψηλά ευμετάβλητη ταχύτητα ροής κοντά στο τοίχωμα του σωλήνα. Σε αντιπαράθεση με αυτό το πλεονέκτημα, το σύστημα των δύο μετατροπέων είναι ικανό να λειτουργήσει σε πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις ανακλώσιμων σωματιδίων, από ότι ο συνηθισμένος μετρητής Doppler με ένα μετατροπέα.

Ακόμα θα υπάρχει σύζευξη του υπερηχητικού σήματος μέσα από τον σωλήνα με αυτή την ρύθμιση, αλλά η επίδραση θα είναι κατά πολύ μικρότερη.

Ένας μετρητής τύπου Doppler, περιλαμβάνει και τον μετατροπέα μετάδοσης (πομπός) και τον μετατροπέα λήψης (δέκτης) στην ίδια περίπτωση, που είναι προσαρτημένοι στην μια πλευρά του σωλήνα. Οι ανακλαστές στο ρευστό επιστρέφουν τα σήματα του πομπού στον δέκτη με μια μεταβολή συχνότητας ανάλογη της ταχύτητας ροής, όπως και στην περίπτωση που οι δύο μετατροπείς είναι εγκατεστημένοι ξεχωριστά, σε αντίθετες πλευρές πάνω στον σωλήνα.

Η επίδραση των ροόμετρων Doppler, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο στην μέτρηση ροής υγρών, που περιέχουν σωματίδια και φυσαλίδες. Κανονικά, μόνο ένα μέρος της ροής κοντά στον μετατροπέα και κοντά στον σωλήνα παρακολουθείται.

Η ζώνη ανάκλασης είναι σε μια περιοχή ευμετάβλητων ταχυτήτων. Η έξοδος ακόμη θα αλλάζει με αλλαγές στην ηχητική αγωγιμότητα του υγρού.

2.3 Περιγραφή πειραματικής διάταξης

Για την πραγματοποίηση του πειράματος, χρησιμοποιήθηκε μία διάταξη η οποία είχε αρχικός κατασκευαστεί για την πειραματική μελέτη της ροής υγρού μέσα σε υδροσκελετό επίπεδου ηλιακού συλλέκτη. Η διάταξη αυτή (όπως βλέπετε στην εικόνα), αποτελούσε πτυχιακή εργασία ενός συμφοιτητή και απαρτίζεται από τα εξής στοιχεία:

1) Δεξαμενή Νερού

Το νερό που χρησιμοποιείται για την διεξαγωγή των πειραμάτων αποθηκεύεται στην παρακάτω δεξαμενή από όπου και αντλείται κατά την εκκίνηση και λειτουργία της εγκατάστασης από την αντλία που είναι εγκατεστημένη πάνω από αυτήν.



Σχήμα 2.8: Δεξαμενή νερού ή αλλιώς θερμοσίφωνα πίεσης.

Αυτή είναι η μοναδική χρήση της δεξαμενής. Είναι τοποθετημένη στο κάτω μέρος της πειραματικής διάταξης λόγω μεγέθους.

2) Αντλία Παροχής Νερού

Η αντλία που χρησιμοποιήθηκε στην διάταξη είναι αυτή που απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα. Το μοντέλο ονομάζεται Salmson NXL-NYL.



Σχήμα 2.9: Αντλία παροχής νερού συνδεδεμένη σε κύκλωμα.

Η συγκεκριμένη αντλία διαθέτει 3 σκάλες ταχύτητας παροχής και τα χαρακτηριστικά της είναι τα παρακάτω:

Ατομική θέρμανση - 50Hz κλιματισμού

Οι ρυθμοί ροής έως: 4 m³ / h

Μέγιστο μέχρι: 6 m

Εφαρμογές: Ταχεία κυκλοφορία ζεστού-κρύου νερού στα ανοιχτά ή κλειστά θέρμανσης ή κλιματισμού κυκλώματα:

- Μονοκατοικίες
- Θερμοκήπια
- Νέες εγκαταστάσεις, παλαιές (ανακαινίσεις), επεκτάσεις

3) Παροχόμετρα

Η διάταξη διαθέτει 2 παροχόμετρα, από τα οποία το 1^ο είχε κλίμακα από 0 μέχρι 2 L/min και το 2^ο από 0 έως 6 L/min. Τα παροχόμετρα αυτά ονομάζονται μετρητές ροής μεταβλητής διατομής και αποτελούνται από ένα σωλήνα κωνικής διατομής το οποίο εμπεριέχει έναν πλωτήρα μέτρησης και συνδέεται σε κατακόρυφη θέση στο σωλήνα ροής που περιέχει το ρευστό προς μέτρηση. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το παροχόμετρο και πώς αυτό τοποθετείται στην εγκατάσταση.

Σχήμα 2.10: Παροχόμετρο τύπου μπίλιας που επηρεάζει την ροή.



Το μανόμετρο συνδέεται σε κατακόρυφη θέση στο σωλήνα ροής του ρευστού, από όπου το ρευστό εισέρχεται στο κάτω μέρος του μετρητή και έτσι δημιουργεί μια διαφορά πίεσης που αναγκάζει τον πλωτήρα να ανυψωθεί. Όταν η ροή είναι σταθερή, ο πλωτήρας παραμένει σε σταθερό ύψος όταν η δύναμη προς τα επάνω ισούται με το βάρος του.

Για τα παροχόμετρα αυτά είναι σημαντικό να διαβάζετε σωστά η ένδειξη τους από τον χρήστη, αφού η πραγματική ένδειξη είναι αυτή στο πάνω μέρος του πλωτήρα

4)Μανόμετρα Πίεσης

Η εγκατάσταση διαθέτει 2 μανόμετρα πίεσης από τα οποία το ένα χρησιμοποιήθηκε καθ'ολη τη διάρκεια των πειραματικών μετρήσεων για την ένδειξη της πίεσης στο εσωτερικό του υδροσκελέτου του ηλιακού συλλέκτη καθώς και όλης της εγκατάστασης. Για την διεξαγωγή του πειράματος ήταν απαραίτητο η πίεση μέσα στις σωληνώσεις να παραμένει σταθερή. Για αυτόν τον λόγο έπρεπε κατακτά διαστήματα να κάνουμε εξαέρωση μέσω βαλβίδας (ανακουφιστική).



Σχήμα 2.11: Μανόμετρο πίεσης

Το 1^ο μανόμετρο συνδέθηκε στο πάνω μέρος της εγκατάστασης και συγκεκριμένα πάνω από το παροχόμετρο έτσι ώστε να μπορούμε να ελέγχουμε οποιαδήποτε στιγμή ταυτόχρονα πίεση και παροχή. Επίσης ήταν άμεσα συνδεδεμένο με μια ανακουφιστική βαλβίδα, για τον λόγο που προαναφέραμε παραπάνω. Το 2^ο μανόμετρο ευρίσκεται συνδεδεμένο με τον μηχανισμό πλήρωσης νερού, έτσι ώστε κατά την πλήρωση τού συστήματος ο χρήστης να μπορεί να δίνει την επιθυμητή πίεση.

5) Ανακουφιστική Βαλβίδα

Η βαλβίδα είναι άμεσα συνδεδεμένη με το μανόμετρο πίεσης και βρίσκεται στο πάνω μέρος της διάταξης. Χρησιμοποιήθηκε για την εξαέρωση του συστήματος από τον αέρα που εισέρχεται κατά την πλήρωση του συστήματος με νερό. Αυτό είναι απαραίτητο γιατί διαφορετικά θα υπήρχε κίνδυνος σπληαίωσης, όπως επίσης και λανθασμένη ένδειξη παροχής στο όργανο. Όλα αυτά γιατί ο αέρας εσωτερικά της σωλήνωσης δεν επιτρέπει την άνοδο της πίεσης στο επιθυμητό επίπεδο (2Bar για τις ανάγκες των μετρήσεων μας), αλλά και λόγω παρεμπόδισης των υπέρηχων μεταξύ των ακροδεκτών της συσκευής.



Σχήμα 2.12: Ανακουφιστική βαλβίδα έτσι όπως αυτή είναι τοποθετημένη στην εγκατάσταση.

Η εξαέρωση έγινε χειροκίνητα (από το πάνω μέρος της βαλβίδας) και όχι μέσω κάποιου αυτοματισμού. Έτσι υπήρξε πλήρης έλεγχος της εγκατάστασης. Επίσης σε περίπτωση βλάβης μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα και να αντικατασταθεί.

6)Μηχανισμός Πλήρωσης Νερού

Επειδή δεν βρέθηκε κάποιος έτοιμος εξοπλισμός-μηχανισμός για την πλήρωση νερού, προχωρήσαμε στην δημιουργία ιδιοκατασκευής από απλά υλικά-αντικείμενα. Ο μηχανισμός αποτελείται από ένα δοχείο(στο οποίο αποθηκεύεται το νερό) καθώς επίσης και από μια χειροκίνητη αντλία για την διοχέτευση νερού στο σύστημα. Σε αυτό βρίσκεται συνδεδεμένο το 2^ο μανόμετρο που επιτρέπει από τον χρήστη να βλέπει το επίπεδο της πίεσης κατά την πλήρωση. Μετά την πλήρωση η παροχή έκλεινε με χρήση της βαλβίδας ώστε να μην επηρεάζει την εγκατάσταση κατά τη λειτουργία.



Σχήμα 2.13: Μηχανισμός πλήρωσης νερού που φέρει μανόμετρο και βαλβίδα.

7)Ελαστικοί Σωλήνες

Η χρήση ελαστικών σωληνώσεων επέτρεπαν την αλλαγή μεταξύ των διατάξεων αφού ήταν αναγκαία η αλλαγή για δοκιμές ακρίβειας του οργάνου, όπως και δοκιμές πάνω σε διαφορετικά είδη σωληνώσεων. Η ένωση τους με την εγκατάσταση γινόταν με την χρήση ταχυσύνδεσμων που επέτρεπαν την απλή αλλαγή μεταξύ των διατάξεων μέσω απλής διαδικασίας σύνδεσης και καλού σφιξίματος μεταξύ των ενώσεων για αποφυγή διαρροών που οδηγούν σε μείωση της πίεσης αλλά και στην είσοδο αέρα στο σύστημα.



Σχήμα 2.14: Ελαστικός σωλήνας μεγάλου μήκους .

Όπως προαναφέραμε για την σύνδεση όλων των ελαστικών σωληνώσεων χρησιμοποιήθηκαν ταχυσύνδεσμοι (ελαστικοί). Έτσι πετύχαμε ταυτόχρονα και να συνδεθούν οι σωληνώσεις χωρίς να πειραχτούν αλλά και δεν αντιμετωπίσαμε πρόβλημα διαρροής.

Παρακάτω βλέπετε έναν από τους ταχυσυνδέσμους που χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση των μετρήσεων πάνω στην εγκατάσταση.



Σχήμα 2.15: Ελαστικός ταχυσύνδεσμος

8)Σωληνώσεις

Χρησιμοποιήθηκαν 2 διαφορετικές σωληνώσεις για το πείραμα. Η μικρή σωλήνωση (βλέπε σχήμα 2.16), χρησιμοποιήθηκε καθαρά για δοκιμαστικούς λόγους, δηλαδή για παρατήρηση της ακρίβειας του ροόμετρου. Αποτελεί απλουστευμένη μορφή της διάταξης που χρησιμοποιήθηκε τελικώς για την πραγματοποίηση των μετρήσεων.



Σχήμα 2.16: Δοκιμαστική σωλήνα μικρότερου μήκους πάνω στη εγκατάσταση.

Η μεγάλη σωλήνωση διαθέτει 18 μικρές σωλήνες διαμέτρου 8 mm έκαστος , πάχους 0,45mm και 2 σωλήνες διαμέτρου 22 mm πάχους 0,45mm οι οποίες βρίσκονται στα 2 άκρα της διάταξης. Ο υδροσκελετός που φαίνεται παρακάτω(σχήμα 2) είναι τύπου απορροφητή με ευθύγραμμους σωλήνες (κάλυψη ολόκληρης της επιφάνειας) και ήταν αυτή που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις του πειράματος.

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε μια εκτενέστερη αναφορά σε διάφορους τύπους μετρητών ροής ρευστών, είτε αυτοί επηρεάζουν την ροή είτε όχι. Πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και πως. Αναφέρετε η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στην εν λόγω πτυχιακή και στην συνέχεια έγινε ανάλυση της εγκατάστασης. Δηλαδή από ποια μέρη απαρτίζετε και πως αυτά συνδέονται μεταξύ τους.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στους τρόπους που μπορεί κάποιος να χρησιμοποιήσει ώστε να πάρει μέτρησης σε σωληνώσεις οποιουδήποτε τύπου. Τέλος γίνετε αναφορά στο

μοναδικό κομμάτι-μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε αλλά δεν αναφερθήκαμε σε αυτό το κεφάλαιο. Αυτό είναι ο μετρητής ροής υπερήχων.



Σχήμα 2.17: Η πειραματική εγκατάσταση που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των μετρήσεων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Εισαγωγή για μέθοδο μέτρησης

Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για την πραγματοποίηση των μετρήσεων στην εγκατάσταση, είναι ένας μετρητής ροής υπερήχων (ultrasonic flowmeter, μοντέλο: KATflow 200). Το KATflow 200 είναι φορητό όργανο μέτρησης..



Σχήμα 3.1: Μετρητής ροής υπερήχων.

Ο μετρητής αποτελείται από τα εξής :

- Έναν πομπό υπερηχητικών σημάτων
- Ένα ανακλάστηκα
- Ένα ανιχνευτή(δεκτή)

Κάποια extra αντικείμενα πού φέρει το όργανο είναι :

- Ένα σφιγκτήρα για τους αισθητήρες (συνήθως ένα ή δύο ζευγάρια ανάλογα με τα μεγέθη των σωλήνων)
- Ένα καλώδιο επέκτασης για τους αισθητήρες
- Εξάρτημα επικόλλησης αισθητήρων

Λειτουργία οργάνου



Σχήμα 3.2: Βιομηχανική μέτρηση σε εργοστάσιο.

Το KATflow 200 χρησιμοποιεί τα υπερηχητικά σήματα για τη μέτρηση ροής και υιοθετεί την αποκαλούμενη διέλευση-χρονική μέθοδο.

Ο πομπός παράγει έναν υπερηχητικό παλμό, ο οποίος ανακλάται πάνω στον ανακλάστηρα και φθάνει πάνω στο δέκτη. Είναι πολύ σημαντικό, ο πομπός και ο δέκτης να είναι τοποθετημένοι κατά τη φορά του ρευστού, για τη λήψη σωστών μετρήσεων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αν το ρευστό κινείται με κατεύθυνση από τον πομπό προς τον δέκτη, τότε ο υπέρηχος θα ταξιδέψει πιο γρήγορα και επομένως ο απαιτούμενος χρόνος για να φτάσει στον ανιχνευτή είναι μικρότερος, ενώ αντίστροφα σε κατεύθυνση από τον δέκτη προς τον πομπό, ο απαιτούμενος χρόνος είναι μεγαλύτερος.

Η διαφορά των χρόνων μετάδοσης αντίθετα και προς την κατεύθυνση της ροής ($T_U - T_D$), που μετράτε πάνω στην ίδια τροχιά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογίσουμε την ταχύτητα ροής μέσα στον σωλήνα:

$$V = K(D/\sin 2\theta) [1/T_0 - \tau]^2 \Delta T \text{ Οπού:}$$

V: η ταχύτητα του ρευστού

K: σταθερά

D: διάμετρος του σωλήνα

θ : προσπίπτουσα γωνία των κυμάτων της ριπής υπέρηχων

T_0 : χρόνος μετάδοσης όταν η ροή είναι μηδέν

ΔT : $T_2 - T_1$

T_1 : χρόνος μετάδοσης των κυμάτων ριπής από τον ανάντη πομπό στον αντίθετα προς τη ροή (κατάντη) δέκτη

T_2 : χρόνος μετάδοσης των κυμάτων ριπής από τον κατάντη πομπό στον ανάντη δέκτη

τ : χρόνος μετάδοσης των κυμάτων ριπής μέσα από το τοίχωμα του σωλήνα και την επένδυση του.

Η εξίσωση αυτή δείχνει ότι η ταχύτητα του ρευστού είναι απευθείας ανάλογη με την μετρούμενη διαφορά μεταξύ των χρόνων μετάδοσης ανάντη και κατάντη της ροής. Επειδή το εμβαδόν διατομής του σωλήνα είναι γνωστό, το αποτέλεσμα αυτού του εμβαδού και της ταχύτητας ροής θα παρέχει μια μέτρηση της ογκομετρικής ροής.

Με αυτόν το μετρητή, σωματίδια ή φυσαλίδες αέρα μέσα στο ρεύμα ροής είναι ανεπιθύμητα, επειδή οι ποσότητες ανάκλασης τους, προκαλούν περισπασμό στην μετάδοση και λήψη των εφαρμοζόμενων υπερηχητικών παλμών, γεγονός που κάνει πάρα πολύ σημαντική την πολύ καλή εξαέρωση της εγκατάστασης.

Παρά το μεγάλο κόστος, οι μετρητές ροής υπέρηχων έχουν μεγάλη ακρίβεια και σταθερότητα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές περιπτώσεις υγρών και να μετρούν τη ροή με συνεχή τρόπο προς τις 2 κατευθύνσεις. Δεν εμποδίζουν τη ροή και είναι συχνά φορητοί. Εντούτοις, απαιτείται η ύπαρξη σωματιδίων συμπυκνωμένης ύλης στο ρευστό για να μπορούν οι τεχνικές να λειτουργήσουν με επιτυχία. Οι μετρητές ροής αυτοί δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περίπτωση αερίου.

Ως προς την τοποθέτηση των ακροδεκτών, χρησιμοποιείται η μέθοδος V, όπου οι 2 μετατροπείς τοποθετούνται στην ίδια πλευρά του σωλήνα, σε απόσταση περίπου μιας διαμέτρου ένας από τον άλλο. Η πλάκα σύνδεσης, που μπορεί να στερεωθεί πάνω στο σωλήνα, επιτρέπει να ολισθαίνουν οι μετατροπείς οριζόντια κατά μήκος του σωλήνα και να τοποθετούνται σε υπολογισμένη απόσταση ο ένας από τον άλλο. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι η πιο εύκολη σε χρήση καθώς η απόσταση μεταξύ των ακροδεκτών μπορεί να υπολογιστεί εύκολα και οι ακροδέκτες να τοποθετηθούν στη σωστή θέση.

Μέθοδος πραγματοποίησης μετρήσεων

Προτού γίνει μια μέτρηση σε μια σωλήνα, απαιτείται χρήση του βοηθητικού τζελ που παρέχεται μαζί με τη συσκευή, πάνω στους ακροδέκτες όπως και πάνω στο σημείο τοποθέτησης τους για να επιτευχθεί ακουστική επαφή μεταξύ των επιφανειών αλλά και για να αποφευχθεί η παρουσία αέρα ενδιάμεσα των επιφανειών ο οποίος αέρας οδηγεί σε ανάκλαση των υπέρηχων και μείωση της ακρίβειας των μετρήσεων.

Η σωστή επιλογή της θέσης αισθητήρων είναι κρίσιμη για την επίτευξη αξιόπιστων μετρήσεων με υψηλή ακρίβεια. Ο σωστός προσδιορισμός θέσης των μετατροπέων είναι ουσιαστικός για να μην υπάρξουν λάθη στις μετρήσεις. Λόγω της ποικιλίας των εφαρμογών και των διαφορετικών παραγόντων που επηρεάζουν τη μέτρηση, δεν μπορεί να υπάρξει καμία πρότυπη λύση για το προσδιορισμό θέσης των μετατροπέων.

Η σωστή θέση των μετατροπέων θα επηρεαστεί από τους ακόλουθους παράγοντες:

- διάμετρος, υλικό, επένδυση, πάχος τοίχων και γενικός όρος του σωλήνα,
- το μέσο που ρέει στο σωλήνα,
- και η παρουσία φυσαλίδων αερίου και στερεών μορίων στο μέσο.

Επίσης πρέπει να γίνει έλεγχος ότι η θερμοκρασία στην επιλεγμένη θέση είναι μέσα στη λειτουργούσα θερμοκρασία των μετατροπέων .

Ακουστική διάδοση :

Η ακουστική διάδοση δίνεται όταν είναι σε θέση να λάβει το flowmeter ικανοποιητικό σήμα από τους διαβιβασθέντες υπερηχητικούς σφυγμούς. Τα σήματα μειώνονται στο υλικό των σωλήνων, το μέσο και σε κάθε μια από τις διπροσωπίες και τις αντανάκλασεις. Εξωτερικά και εσωτερικά η διάβρωση σωλήνων, τα στερεά μόρια και το περιεχόμενο αερίου στο μέσο συμβάλλουν στη μείωση σημάτων.

Η μέτρηση της ροής ενός ρευστού μέσα σε μια σωλήνωση από τον μετρητή, γίνεται ως εξής:

Αρχικά, είναι απαραίτητο ο δεκτής και ο πομπός να στερεωθούν καλά πάνω στην σωλήνωση. Προτού να μπορέσουν να επικολληθούν οι αισθητήρες :

- η θέση πού θα εγκατασταθούν οι αισθητήρες πρέπει να έχει καθοριστεί,
- μια μέθοδος επικόλλησης αισθητήρων πρέπει να επιλεγεί,
- οι μπαταρίες του flowmeter πρέπει να φορτιστούν αρκετά,
- οι αισθητήρες πρέπει να συνδεθούν με τη συσκευή αποστολής σημάτων.

Ανάλογα με ποιο αισθητήρα η μέθοδος επικόλλησης χρησιμοποιείται (Β ή ζ-τρόπος), ο σφιγκτήρας στους αισθητήρες είτε επικολλιέται στην ίδια πλευρά του σωλήνα (αντανάκλαση Τρόπος) ή στις αντίθετες πλευρές του σωλήνα (διαγώνιος τρόπος). Παρακάτω αναλύεται ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκε:

Τρόπος αντανάκλασης:

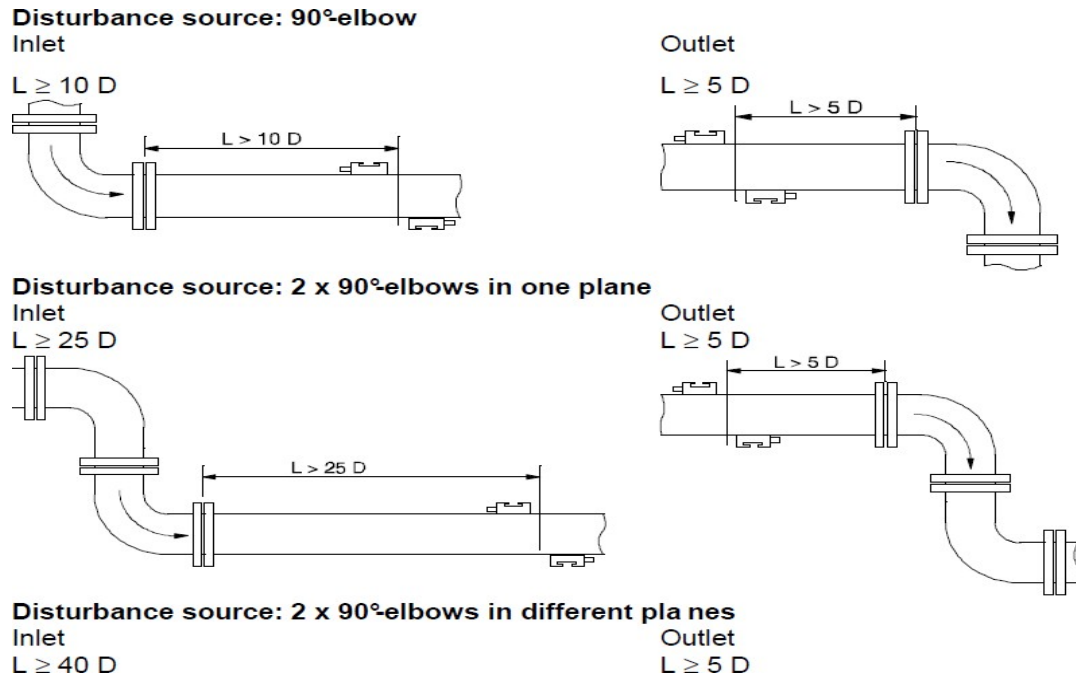
Ο πιο κοινός τρόπος διαμόρφωσης αισθητήρων είναι ο τρόπος αντανάκλασης, επίσης γνωστός ως β-τρόπος. Εδώ το υπερηχητικό σήμα περνάει δύο φορές μέσω του μέσου (2 περάσματα σημάτων). Ο τρόπος αντανάκλασης είναι ο πιο κατάλληλος τρόπος-μέθοδος έτσι ώστε να μπορεί η απόσταση χωρισμού μετατροπέων να μετρηθεί εύκολα και οι αισθητήρες να μπορούν να ευθυγραμμιστούν τέλεια. Αυτή η μέθοδος πρέπει να χρησιμοποιηθεί όποτε είναι δυνατόν.

Το όργανο αυτό είναι σχεδιασμένο για σωληνώσεις μεγάλης διαμέτρου και λόγω αυτού αντιμετωπίσαμε κάποια προβλήματα πάνω στη στερέωση των ακροδεκτών, αφού οι “αλυσίδες” που παρέχονται δεν ήταν επαρκής για τη μικρή διάμετρο σωλήνα που διαθέταμε.

Μέσω ιδιοκατασκευής, κατορθώσαμε την σταθερότητα των ακροδεκτών.

Μια σημαντική παράμετρος που αλλάζει ανάλογα με την καμπύλωση μιας σωλήνωσης είναι το μήκος τοποθέτησης των ακροδεκτών.

Σχήμα 3.3: Μέθοδοι τοποθέτησης των ακροδεκτών σε σωληνώσεις.



Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ της καμπύλης και των ακροδεκτών είναι απαραίτητη για την επίτευξη της μέγιστης δυνατής ακρίβειας. Ανάλογα με την μορφή της σωλήνωσης (ή τον τύπο), δίνεται από τον κατασκευαστή μια ελάχιστη αποδεκτή απόσταση.

Στη συνέχεια, μετά την εκκίνηση του λογισμικού, απαιτείται από τον χρήστη η εισαγωγή των παραμέτρων και συνθηκών του πειράματος. Οι παράμετροι είναι οι εξής: υλικό σωλήνωσης, εξωτερική διάμετρος, πάχος τοιχώματος, τύπος ρευστού, θερμοκρασία ρευστού, αριθμός περασμάτων και επιθυμητή μονάδα μέτρησης.

Είναι πολύ σημαντική η σωστή εισαγωγή των συνθηκών, αφού ακόμα και μικρές διαφορές από τις πραγματικές συνθήκες οδηγούν σε μείωση της ακρίβειας των τελικών αποτελεσμάτων.

Αφού τεθούν οι παράμετροι, το λογισμικό του μετρητή δίνει στον χρήστη την απαραίτητη απόσταση που πρέπει να έχουν μεταξύ τους ο πομπός και ο δέκτης για την ιδανική μεταφορά των υπέρηχων μεταξύ τους. Αντίστοιχα, στην οθόνη του οργάνου παρουσιάζονται 2 μπάρες, παράλληλα μεταξύ τους, οι οποίες (ανάλογα με το κατά πόσο ταυτίζονται) δείχνουν το επίπεδο ακρίβειας που μπορεί να επιτευχθεί.

[5]

Σε αυτό το κεφάλαιο έγινε λεπτομερείς ανάλυση του οργάνου που χρησιμοποιήθηκε για την επίτευξη αποτελεσμάτων. Όπως προαναφέρετε το όργανο παίρνει μετρήσεις με την βοήθεια του φαινομένου Doppler (υπερηχητικό σήμα). Βέβαια το όργανο είναι κατασκευασμένο για μεγαλύτερες σωληνώσεις και έτσι παρουσιάστηκαν προβλήματα (για παράδειγμα, πολλές φορές δεν πήραμε αποτέλεσμα). Επίσης αντιμετωπίσαμε πρόβλημα ως προς τον χειρισμό του οργάνου από την άποψη ότι κάποιες από τις πληροφορίες που δόθηκαν στο όργανο ήταν μεγαλύτερες από αυτές που θέλαμε λόγω της κλίμακας που κάλυπτε το όργανο.

Στο επόμενο κεφάλαιο εφόσον έχει γίνει ανάλυση της εργαστηριακής εγκατάστασης και του οργάνου μέτρησης παρουσιάζετε λεπτομερώς όλη η διαδικασία που ακολουθήθηκε από την πλήρωση του συστήματος και εξαέρωση έως τις μετρήσεις τα αποτελέσματα καθώς και μια αναφορά στο μηχανισμό που χρησιμοποιήθηκε ώστε να τοποθετηθούν σωστά οι ακροδέκτες πάνω στις σωληνώσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:Διεξάγωση Πειραματικής Διαδικασίας

Διεξαγωγή Πειράματος-Περιγραφή Πειραματικών Μετρήσεων

Προετοιμασία εγκατάστασης, Προκαταρκτικές Ενέργειες

Πριν ξεκινήσει η λειτουργία της εγκατάστασης, υπάρχουν ορισμένες ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν για να επιτύχουμε σωστή λειτουργία και να υπάρξει σωστή ροή του νερού στις σωληνώσεις. Όπως περιγράφηκε στο κεφάλαιο 2, το νερό εισέρχεται στο σύστημα μέσω ενός σωλήνα παροχής από το δίκτιο. Για να πετύχουμε σωστή κυκλοφορία του νερού στο σύστημα πρέπει να κάνουμε εξαέρωση του συστήματος, ώστε να μπορέσουμε να πάρουμε σωστές μετρήσεις και να μην δημιουργηθεί πρόβλημα σπληαίωσης στον κυκλοφορητή που θα ήταν καταστροφικό για αυτόν αν λειτουργούσε για μεγάλο διάστημα έτσι. Αυτή μπορέσαμε και την πετύχαμε με το να απομονώσουμε το μισό σύστημα και να κυκλοφορήσουμε το νερό σε αυτό ώστε ο αέρας να εγκλωβιστεί στο τελικό σημείο του συστήματος που βρίσκεται η εξαερωτική βαλβίδα και μέσω αυτής να φύγει στο περιβάλλον. Αυτή η απομόνωση έγινε με την βοήθεια βανών σε κατάλληλα σημεία πάνω στο σύστημα. Έπειτα κάνουμε το ίδιο κυκλοφορώντας το νερό στο υπόλοιπο μισό σύστημα για εξαερωθεί και αυτό. Στη συνέχεια θέτουμε τον κλυκλοφορητή σε λειτουργία και πάμε στα διάφανα παροχόμετρα και παρατηρούμε αν μαζί με το νερό κυκλοφορεί μαζί και αέρας αν όχι ήμαστε έτοιμοι να πάρουμε τις μετρήσεις μας, αν όμως δούμε κάποιες φυσαλίδες αέρα επαναλαμβάνουμε την προηγούμενη διαδικασία από την αρχή μέχρι να φύγουν όλες οι φυσαλίδες από μέσα.

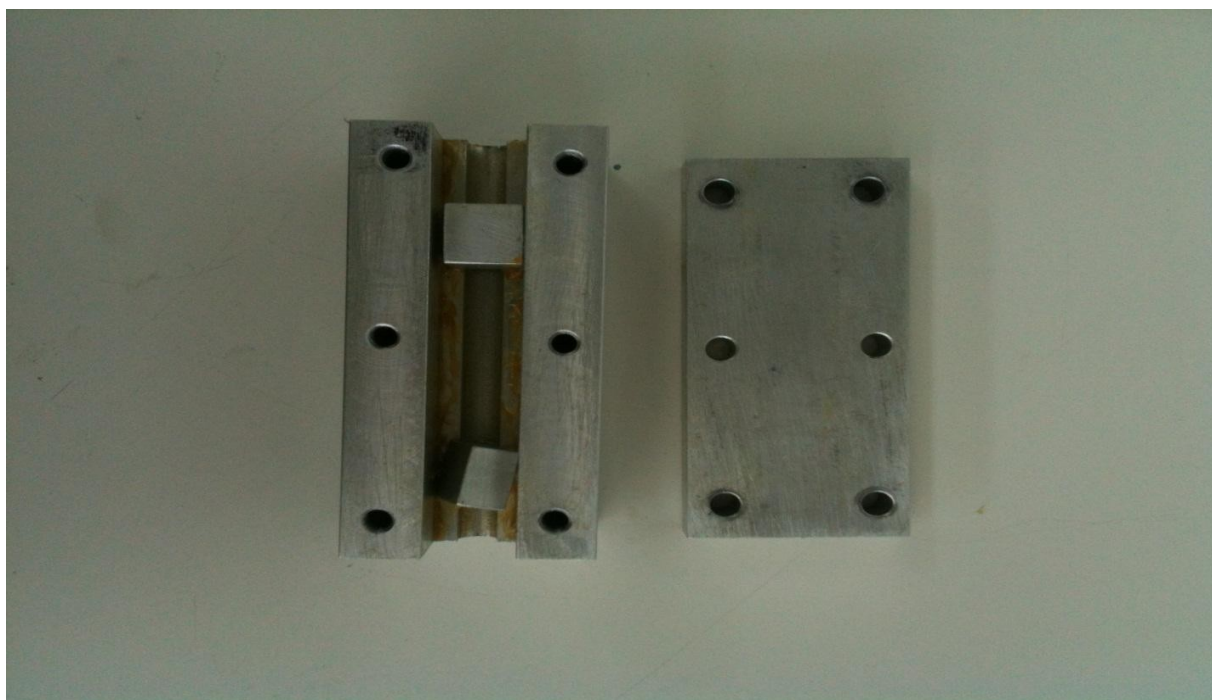
Η ολική εξαέρωση ήταν πολύ σημαντική, δεδομένου ότι η παρουσία αέρα στο σύστημα σήμαινε τη μη βέλτιστη λειτουργία του και παρεκκλίσεις στις μετρήσεις πάνω σε αυτό. Η παρουσία αέρα γινόταν αντιληπτή από τον ήχο που προκαλούσαν οι φυσαλίδες καθώς διέρχονταν από τη σωλήνωση αλλά και από την παρουσία τους στο διάφανο γυάλινο κάλυμμα του ρόμετρου.

Ενέργειες κατά το πείραμα. Χρήση συστήματος μονής σωλήνωσης.

Πριν μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε το πλήρες σύστημα σωληνώσεων, χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα δοκιμαστικής σωλήνωσης, για να διαπιστωθεί η ακρίβεια και καταλληλότητα του οργάνου μέτρησης στην χρήση της εγκατάστασης. Αφού προηγηθούν οι παραπάνω ενέργειες, η αντλία τίθεται σε λειτουργία σε όλες τις σκάλες λειτουργίας της. Για κάθε μια από αυτές εφαρμόζετε το τζέλ υπέρηχων στους ακροδέκτες της συσκευής αλλά και στο σημείο που εφάπτεται με τη σωλήνα.

Για καλύτερα αποτελέσματα αλλά και γιατί ο μηχανισμός που παρεχόταν μαζί με τη συσκευή δεν ήταν κατάλληλος για τη διάμετρο σωληνώσεων που χρησιμοποιήθηκε. Για αυτό προχωρήσαμε στη δημιουργία άλλης μιας ιδιοκατασκευής για να βεβαιώσουμε τη σταθερότητα του οργάνου πάνω στη σωλήνα. Η ιδιοκατασκευή αποτελείται από μια πλάκα υποδοχής των ακροδεκτών και μια πλάκα η οποία έκλεινε πάνω από τους ακροδέκτες.

Οι πλάκες αυτές επίσης διέθεταν 2 “αυλάκια”, ένα στρογγυλό για τη σωλήνωση και ένα ορθογώνιο για τους ακροδέκτες. Οι δύο μικροί κύβοι κατασκευάστηκαν ώστε το μεγεθός τους να είναι ίσο με την απαιτούμενη απόσταση μεταξύ των ακροδεκτών(αναλυτικότερα στο κεφάλαιο 3) και τοποθετούνταν ανάμεσα στους ακροδέκτες.



Σχήμα 4.1: Η άποψη της μεταλλικής ιδιοκατασκευής.

Όπως απεικονίζεται στο παραπάνω σχήμα, με χρήση Allen γίνεται σύσφιξη μεταξύ των 2 πλακών και με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνουμε τη σταθερότητα της συσκευής. Οι 2 εικόνες που παρουσιάζονται είναι για την πλάκα πριν και μετά τη σύσφιξη.



Σχήμα 4.2: Πλάγια όψη της συναρμολογημένης ιδιοκατασκευής.

Έπειτα από την τοποθέτηση των ακροδεκτών και σύσφιξη της πλάκας, ήταν δυνατή η εκκίνηση του πειράματος (όπως παρουσιάζεται στο κεφάλαιο 3). Η διαδικασία που απαιτείται είναι η ίδια ανεξαρτήτως του τύπου σωλήνωσης.

Αρχικά υπήρξαν πολλές δυσκολίες προτού γίνει δυνατόν να προχωρήσουμε στο επόμενο στάδιο του πειράματος, αφού στις αρχικές δοκιμές παρατηρήθηκαν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ των ενδείξεων του οργάνου οι οποίες οφείλονταν κυρίως σε λάθη τοποθέτησης του οργάνου. Μετά από κάποιες δοκιμές και εξακρίβωση της σωστής λειτουργίας του οργάνου πραγματοποιήθηκε το πείραμα.

Κύριο Πείραμα

Εφόσον γίνει η αλλαγή μεταξύ των σωληνώσεων, δηλαδή αφαιρώντας τη μικρή διάταξη (σχήμα 2.16, κεφάλαιο 2) και συνδέοντας το σύστημα των 18(σωληνώσεων), αφού προηγήθηκαν οι ενέργειες προετοιμασίας που αναφέρθηκαν παραπάνω, κατορθώσαμε να πάρουμε μετρήσεις πάνω στην εγκατάσταση. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής :

- Τοποθετούμε τους ακροδέκτες με βάση το manual του κατασκευαστή, δηλαδή στην σωστή απόσταση μεταξύ τους αλλά και ως προς τον σωλήνα.
- Στην συνέχεια εφαρμόζουμε το ειδικό τζέλ όπως στο προηγούμενο πείραμα και παίρνουμε μετρήσεις για καθεμιά από τις σωλήνες ξεχωριστά.
- Μετά το πέρας των μετρήσεων και αφού σημειωθούν τα αποτελέσματα, προχωράμε στο επόμενο σετ μετρήσεων για την δεύτερη σκάλα ροής και στη συνέχεια για την τρίτη ρύθμιση παροχής.
- Κάθε φορά που τελειώνει ένα set μετρήσεων, ελέγχουμε αρχικά εάν η πίεση του συστήματος βρίσκεται στις 2 ατμόσφαιρες, ελέγχοντας το μανόμετρο, ρυθμίζοντας τις βάνες που βρίσκονται μεταξύ της εξόδου και της εισόδου του νερού και πληρώνοντας το νερό καταλλήλως.

Οι μετρήσεις που καταγράφηκαν και παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο προέρχονται από τις τελικές δοκιμές που έγιναν μετά από την εξακρίβωση της ορθής λειτουργίας του συστήματος.

Πειραματικές μετρήσεις

Μετά το περάς του πειράματος, τα αποτελέσματα που καταγράφηκαν είχαν αποκλίσεις εν σύγκριση με τις πραγματικές τιμές. Για τα δυο σετ μετρήσεων που πήραμε, έχουμε ως αποτέλεσμα 2 πίνακες μετρήσεων, ένα πειραματικό και ένα πειραματικό διορθωμένο. Αυτό ήταν απαραίτητο λόγω του οργάνου μέτρησης που είχαμε στη διάθεση μας και θα εξηγηθεί παρακάτω.

	Κυκλοφορη- τής Θέση 3	Κυκλοφορη- τής Θέση 2	Κυκλοφορη- τής Θέση 1	Κυκλοφορητής Θέση 1 2l/min
	Κυκλ.3	Κυκλ.2	Κυκλ.1	Κυκλ.1 2l/min
1	19	17	12	
2	17	15	10	
3	19	17	12	
4	17,5	16	11	
5	18	16,7	12	
6	17,7	15,7	11	
7	19	17	12	
8	20	18	13	
9	19	16,5	11	
10	18	16,7	11	
11	21	19	12	
12	23	20	13,3	
13	25	22	15	
14	26	23	15	0
15	27	24	15	0
16	42,5	30	20	11
17	42	30	18	9
18	49	42	22	11

Πίνακας 4.1: Τιμές που πάρθηκαν από το πείραμα.

Οι παραπάνω μετρήσεις ήταν οι πρώτες που ελήφθησαν. Ο σωλήνας 1 είναι ο κοντινότερος σωλήνας στην είσοδο του νερού, ενώ ο 18^{ος} σωλήνας θεωρήθηκε ο κοντινότερος στην έξοδο.

Ο κυκλοφορητής της εγκατάστασης (όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2) μπορεί να ρυθμιστεί σε 3 θέσεις, όπου η θέση 1 δίνει τη μικρότερη παροχή, ενώ η 3 τη μεγαλύτερη. Συγκεκριμένα η θέση 1 αντιστοιχεί σε 4.5 l/min, η θέση 2 σε 6.4 και η θέση 3 σε 7.5.

Τα παραπάνω μεγέθη είναι τα πειραματικά μεγέθη, τα οποία καταγράφηκαν κατά το πείραμα, ενώ τα παρακάτω είναι τα μεγέθη που προκύπτουν μετά τη διόρθωση

	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ			
	Κυκλοφορη-τής Θέση 3	Κυκλοφορη- τής Θέση 2	Κυκλοφορη- τής Θέση 1	
	7,5l/min	6,4l/min	4,2l/min	
1	19,55	17,49	12,35	
2	17,49	15,43	10,29	
3	19,55	17,49	12,35	
4	18,00	16,46	11,32	
5	18,52	17,18	12,35	
6	18,21	16,15	11,32	
7	19,55	17,49	12,35	
8	20,58	18,52	13,37	
9	19,55	16,97	11,32	
10	18,52	17,18	11,32	
11	21,60	19,55	12,35	
12	23,66	20,58	13,68	
13	25,72	22,63	15,43	
14	26,75	23,66	15,43	
15	27,78	24,69	15,43	
16	43,72	30,86	20,58	
17	43,21	30,86	18,52	
18	50,41	43,21	22,63	

Πίνακας 4.2: Τιμές που πάρθηκαν από το πείραμα (διορθωμένες).

Να σημειωθεί εδώ ότι για τη χαμηλότερη ένδειξη του κυκλοφορητή στα 2 l/min το όργανο δεν μπορούσε να δώσει τιμή. Αυτό συνέβη γιατί η κανονική χρήση του οργάνου είναι για μεγαλύτερους τύπους σωληνώσεων και επομένως για μεγαλύτερες τιμές παροχής.

Διόρθωση πειραματικών μετρήσεων και επεξήγηση.

Ο λόγος για τον οποίο οι τιμές του 2^{ου} πίνακα είναι μεγαλύτερες κατά ένα μικρό ποσοστό είναι ο εξής:

Το πάχος των σωληνώσεων είναι 0.45mm Όμως, το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις, δεν μπορεί να λάβει τιμές κάτω από 0.5mm επειδή ήταν σχεδιασμένο για χρήση σε μεγαλύτερες σωληνώσεις. Το γεγονός αυτό αλλοιώνει τα αποτελέσματα που δίνονται από το όργανο, αφού αναγκαστικά η ταχύτητα υπολογίζεται βάση της εσωτερικής διαμέτρου. Θεωρώντας διάμετρο της σωλήνωσης μικρότερη απ' ότι είναι, δηλαδή 7mm αντί για 7.1.

Συγκεκριμένα η αλλαγή αυτή έχει ως εξής:

$$V = S \times V$$

$$\text{Οπού το } S = (\pi D^2)/4$$

Το $D_{\text{εσωτ}} = D_{\text{Εξ}} - 2 \times d$ είναι το σημείο στην εξίσωση όπου λαμβάνει χώρα η αλλαγή.

Το d που το όργανο λαμβάνει ως ελάχιστο είναι 0.5 ενώ το πραγματικό 0.45.

Έτσι έχουμε 2 $D_{\text{εσωτ}}$ που προκύπτουν Μετά από την εφαρμογή της κάθε διαμέτρου στην εξίσωση

$$D_{\text{Εξ}}=8\text{mm} \quad D_{\text{εσωτ}} = 8 - 2 \times 0.5 = 7\text{mm}$$

$$D_{\text{εσωτ}} = 8 - 2 \times 0.45 = 7.1\text{mm}$$

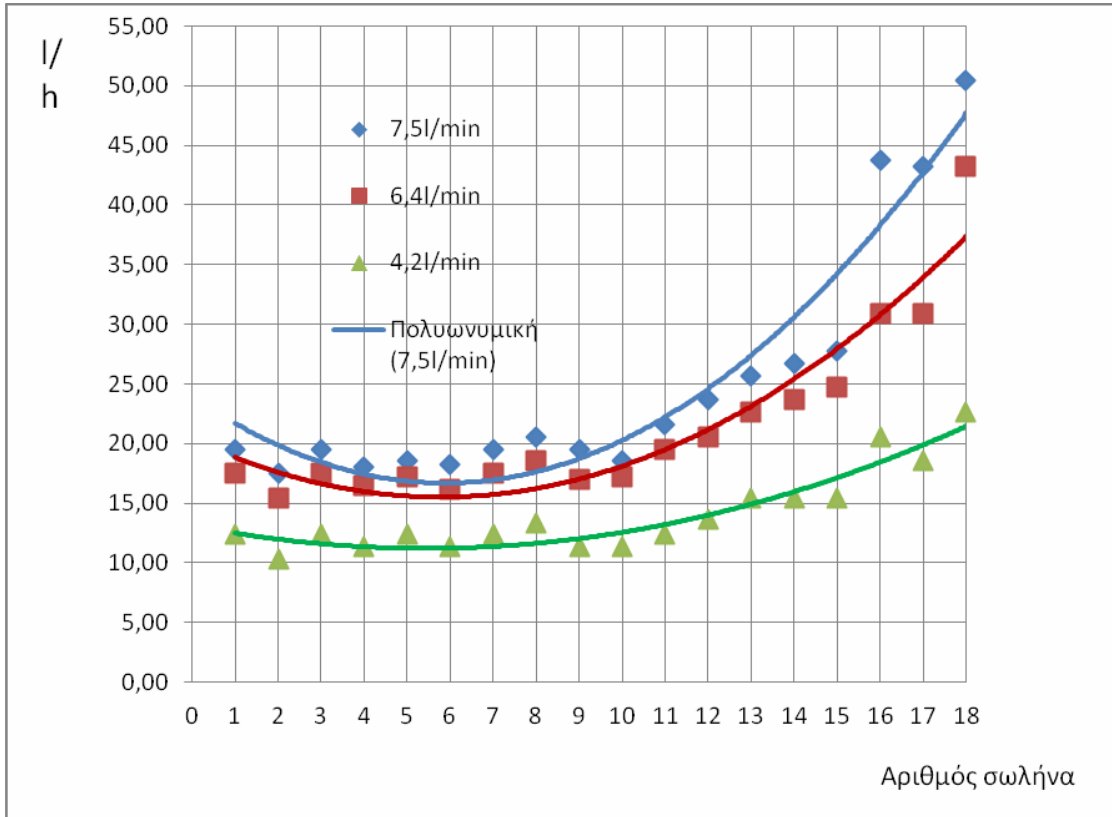
Για να βρεθούν οι πραγματικές τιμές, έπρεπε η κάθε τιμή του πίνακα 1 να πολλαπλασιαστεί με $(7.1^2/7^2)$ για να βρεθεί το πραγματικό μετρούμενο μέγεθος.

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα μας δείχνουν το ποσοστό σφάλματος μεταξύ των τιμών για κάθε θέση παροχής.

Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/h)	452,35	386,41	252,36
Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/min)	7,54	6,44	4,21
Μετρούμενη συνολική παροχή με νέο ροόμετρο (l/min)	7,70	6,75	4,30
Σφάλμα %	2,09	4,59	2,19

Πίνακας 4.3: Συνολικές παροχές (διορθωμένες), 2-5% τελικό σφάλμα προς την ίδια "πλευρά"

Οι καμπύλες που ακολουθούν δείχνουν τη συμπεριφορά του νερού σε όλες τις θέσεις του κυκλοφορητή. Με βάση αυτές μπορούμε να συμπεράνουμε ότι σε χαμηλότερες ροές, η ισοκατανομή του νερού είναι σταθερή εκτός των σωλήνων 15 και άνω, όμως με αύξηση της παροχής προκύπτει και αύξηση της διαφοράς στην παροχή μεταξύ των τελευταίων σωλήνων, με την παροχή στην 3η θέση του κύκλοφορητη να έχει Πόλυ μεγάλη άνοδο μετά τον 15ο σωλήνα.



Σχεδιάγραμμα 4.1: Γραφική απεικόνιση των παροχών στις 3 θέσεις της αντλίας.

Επανάληψη πειράματος

Εκτελέστηκε επανάληψη του πειράματος για επιβεβαίωση των προηγούμενων αποτελεσμάτων και για δοκιμή της επαναληψιμότητας. Το 2ο πείραμα έγινε κάτω από τις ίδιες συνθήκες και ρυθμίσεις με το 1ο και προέκυψαν οι παρακάτω μετρήσεις

	Κυκλοφορη- τής Θέση 3	Κυκλοφορη -τής Θέση 2	Κυκλοφορη -τής Θέση 1	Κυκλοφορητή ς Θέση 1 2l/min
	Κυκλ.3	Κυκλ.2	Κυκλ.1	Κυκλ.1 2l/min
1	19	18	14	
2	21	18	14	
3	20	17	12	
4	22	20	15	
5	18	16	12	
6	18	16	12	
7	18	16	11	
8	15	14	9	
9	19	16	10	
10	18	16	9	
11	18	16	10	
12	24	22	14	
13	24	21	12	
14	23	20	12	0
15	27	24	15	0
16	41	29	19	11
17	44	38	20	9
18	47	42	20	11

Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα 2^{ου} πειράματος.

Ομοίως με πριν αναγκαστικά έγινε διόρθωση των μετρήσεων λόγω του οργάνου και τα αποτελέσματα αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα.

	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ			
	Κυκλοφορη-τής Θέση 3	Κυκλοφορη- τής Θέση 2	Κυκλοφορη- τής Θέση 1	
	7,5l/min	6,4l/min	4,2l/min	
1	19,55	18,52	14,40	
2	21,60	18,52	14,40	
3	20,58	17,49	12,35	
4	22,63	20,58	15,43	
5	18,52	16,46	12,35	
6	18,52	16,46	12,35	
7	18,52	16,46	11,32	
8	15,43	14,40	9,26	
9	19,55	16,46	10,29	
10	18,52	16,46	9,26	
11	18,52	16,46	10,29	
12	24,69	22,63	14,40	
13	24,69	21,60	12,35	
14	23,66	20,58	12,35	
15	27,78	24,69	15,43	
16	42,18	29,83	19,55	
17	45,27	39,09	20,58	
18	48,35	43,21	20,58	

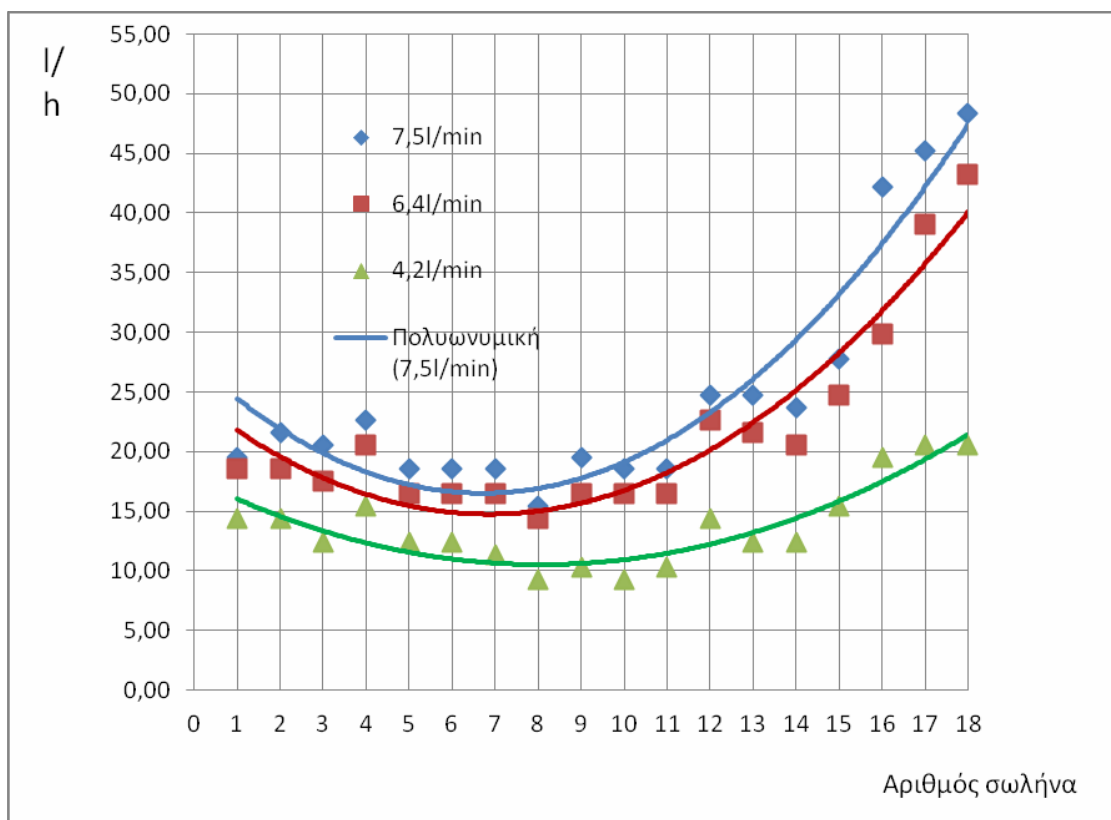
Πίνακας 4.5: Αποτελέσματα 2^{ου} πειράματος μετά την διόρθωση.

Και τα συνολικά μεγέθη:

Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/h)	448,55	389,91	246,91
Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/min)	7,48	6,50	4,12
Μετρούμενη συνολική παροχή με νέο ροόμετρο (l/min)	7,70	6,75	4,30
Σφάλμα %	2,91	3,73	4,30

Πίνακας 4.6: Άθροισμα όλων των παροχών μετά την διόρθωση (2-5% τελικό σφάλμα προς την ίδια "πλευρά")

Εν σύγκριση με το προηγούμενο πείραμα μπορούμε να δούμε ότι η συνολική παροχή είναι χαμηλότερη κατά ένα μικρό ποσοστό. Επετεύχθη σημαντική μείωση του ποσοστού σφάλματος στη 2^η θέση του κυκλοφορητή αλλά και αύξηση για την θέση 3.



Σχεδιάγραμμα 4.2: Γραφική απεικόνιση των 3 θέσεων της αντλίας μετά τις διορθώσεις.

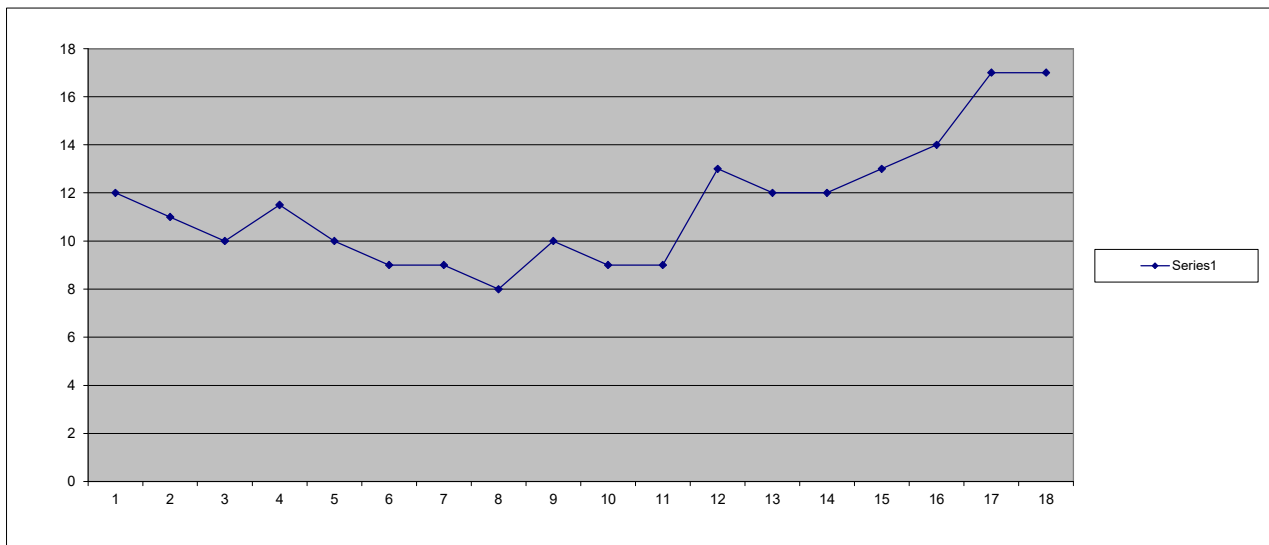
Οι καμπύλες που προέκυψαν παρουσιάζουν μια αρκετά μεγαλύτερη πτώση στις μεσαίες σωλήνες, κάτι που δεν παρατηρήθηκε στο 1^ο πείραμα, όμως η συμπεριφορά του νερού στο σύστημα είναι ίδια με πριν. Όπως και στο 1^ο πείραμα έτσι και εδώ το νερό αποφεύγει τις αρχικές σωληνώσεις και διέρχεται από τις τελευταίες. Το ποσοστιαίο σφάλμα είναι μεταξύ 2%-5% και για τις δυο περιπτώσεις. Επομένως, με το 2^ο πείραμα επιβεβαιώσαμε τη θεωρία γύρω από την κατανομή του νερού ανάμεσα στις σωληνώσεις και το ποσοστό της παροχής ανάλογα με τη θέση της σωλήνωσης σχετικά με την έξοδο του νερού

	Κυκλοφορητής θέση 2 με στραγγαλισμό	κυκλοφορητής θέση 2 χωρίς στραγγαλισμό	κυκλοφορητής θέση 3 χωρίς στραγγαλισμό	
σωλήνες	4,2 L/min	5,7L/min	6.4L/min 4.5 Bar	
1	12	L/h 17	L/h 19	L/h
2	11	L/h 15	L/h 18	L/h
3	10	L/h 15	L/h 15	L/h
4	11.5	L/h 16	L/h 15	L/h
5	10	L/h 14	L/h 17	L/h
6	9	L/h 13	L/h 18	L/h
7	9	L/h 12	L/h 15	L/h
8	8	L/h 10	L/h 18	L/h
9	10	L/h 15	L/h 15	L/h
10	9	L/h 13	L/h 14	L/h
11	9	L/h 14	L/h 15	L/h
12	13	L/h 18	L/h 20	L/h
13	12	L/h 17	L/h 16	L/h
14	12	L/h 17	L/h 17	L/h
15	13	L/h 20	L/h 20	L/h
16	14	L/h 22	L/h 25	L/h
17	17	L/h 27	L/h 24	L/h
18	17	L/h 26	L/h 38	L/h
	206.5	L/h 301	L/h 339	L/h

Πίνακας 4.7 Αποτελέσματα πειράματος

Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/h)	212.3	309.42	348.5
Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/min)	3.54	5.1	5.8
Μετρούμενη συνολική παροχή με νέο ροόμετρο (l/min)	4,2	5,7	6,4
Σφάλμα %	16	11	10

Πίνακας 4.8 Άθροισμα των παροχών από πίνακα 4.7 και σφάλματα



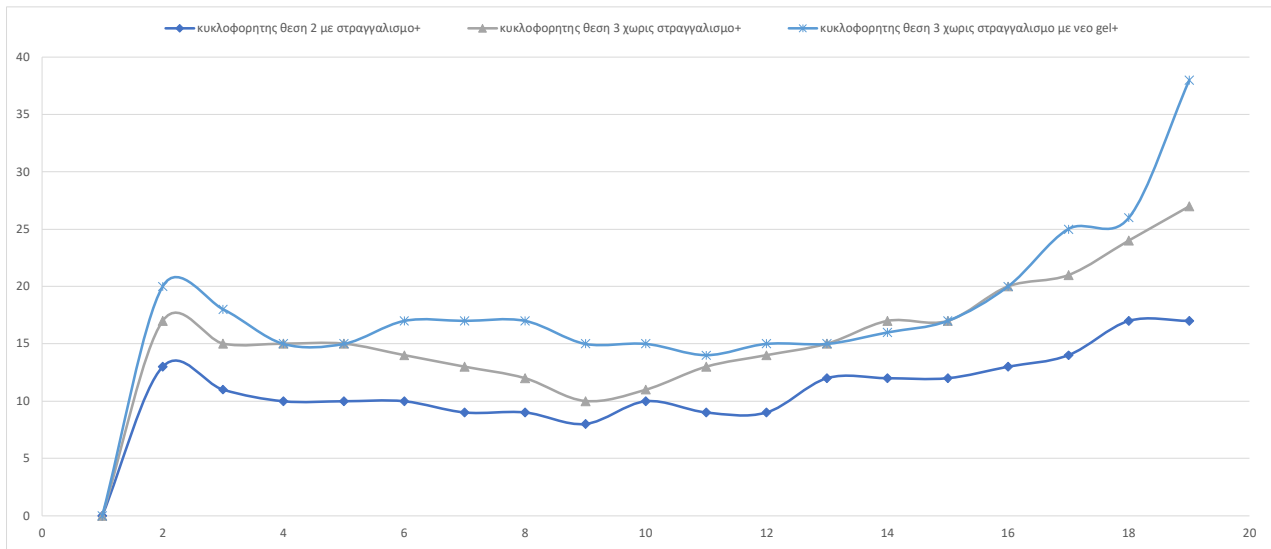
σχεδιάγραμμα 4.3: γραφική απεικόνιση παροχής

Σωλήνες	Κυκλοφορητής θέση 2 με στραγγαλισμό		Κυκλοφορητής θέση 2 χωρίς στραγγαλισμό		Κυκλοφορητής θέση 3 χωρίς στραγγαλισμό	
	4,3 L\min	L\h	5,7L\min	L\h	6.4L\min	4.5 Bar
1	13	L\h	17	L\h	20	L\h
2	11	L\h	15	L\h	18	L\h
3	10	L\h	15	L\h	15	L\h
4	10	L\h	15	L\h	15	L\h
5	10	L\h	14	L\h	17	L\h
6	9	L\h	13	L\h	17	L\h
7	9	L\h	12	L\h	17	L\h
8	8	L\h	10	L\h	15	L\h
9	10	L\h	11	L\h	15	L\h
10	9	L\h	13	L\h	14	L\h
11	9	L\h	14	L\h	15	L\h
12	12	L\h	15	L\h	15	L\h
13	12	L\h	17	L\h	16	L\h
14	12	L\h	17	L\h	17	L\h
15	13	L\h	20	L\h	20	L\h
16	14	L\h	21	L\h	25	L\h
17	17	L\h	24	L\h	26	L\h
18	17	L\h	27	L\h	38	L\h
ΣΥΝΟΛΟ	205	L\h	290	L\h	335	L\h

Πίνακας 4.9 Αποτελέσματα πειράματος

Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/h)	210	298.1	344.4
Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/min)	3.5	5	5.74
Μετρούμενη συνολική παροχή με νέο ροόμετρο (l/min)	4,2	5,7	6,4
Σφάλμα %	16.7	11.3	11

Πίνακας 4.10 Άθροισμα των παροχών από πίνακα 4.9 και σφάλμα



Σχεδιάγραμμα 4.4: Γραφική απεικόνιση της παροχής στο σύστημα

5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑ

Θερμογραφία είναι η παρατήρηση, μέτρηση και καταγραφή της θερμότητας και της ροής της. Όλα τα σώματα στη γη, με θερμοκρασία πάνω από το απόλυτο μηδέν εκπέμπουν θερμική ενέργεια στο υπέρυθρο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος.



Εικόνα 5.1 θερμοκάμερα

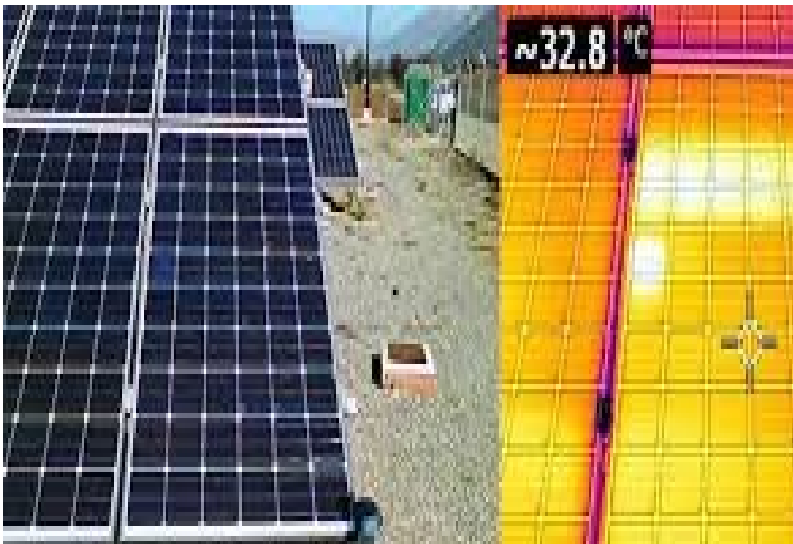
ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ

Ουσιαστικά οι κάμερες υπέρυθρων μετράνε την θερμοκρασία και μπορούν έτσι να «δουν» στο σκοτάδι. Οι υπέρυθρες κάμερες χρησιμοποιούν τις υπέρυθρες ακτινοβολίες ή τις υπέρυθρες ακτίνες για να λειτουργήσουν. Αρχικά χρησιμοποιούνταν πρωτίστως για στρατιωτικές και διαστημικές εφαρμογές, ωστόσο τα τελευταία χρόνια οι κλασικές ψηφιακές κάμερες έχουν ενσωματωθεί σε κινητά τηλέφωνα, ενώ οι αυτόνομες κάμερες υπέρυθρων έχουν εξελιχθεί και αυτές σε ψηφιακές και μάλιστα σε μικρές διαστάσεις, διευρύνοντας έτσι την γκάμα χρήσεών τους. Η υπέρυθρη ακτινοβολία ή υπέρυθρες ακτίνες είναι τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στο φάσμα τοποθετούνται ως μικρότερη συχνότητα στην προέκταση της κόκκινης ορατής ακτινοβολίας, εξ ου και το όνομα «υπέρυθρες» (υπό του ερυθρού). Το μήκος κύματός τους κυμαίνεται

από το 1 χιλιοστό έως τα 700 νανόμετρα, όπου ξεκινά το ορατό φάσμα. Συνήθως εκπέμπονται από όλα τα σώματα που έχουν κάποια θερμοκρασία. Τα σώματα με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία εκπέμπουν περισσότερες υπέρυθρες και αντίστροφα τα σώματα που απορροφούν περισσότερες υπέρυθρες αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με την ταλάντωση των σωματιδίων από τα οποία αποτελείται, η οποία αφορά τη θερμική ενέργεια του σώματος

ΜΟΡΦΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Η θερμική κάμερα χρησιμοποιεί τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπουν τα σώματα, ανιχνεύοντας θερμοκρασίες. Έτσι τις μετατρέπει σε χρώματα ώστε εμείς να έχουμε τη δυνατότητα να βλέπουμε πόσοθερμό ή πόσο ψυχρό είναι ένα σώμα



Εικόνα 5.2: πάνελ

ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΠΡΟΣΦΟΡΑ

Οι αυτόνομες κάμερες υπέρυθρων χρησιμοποιούνται σήμερα πράγματι για πολλές χρήσεις, όπως ο εντοπισμός αγνοουμένων ατόμων, για ιατρικές διαγνώσεις, ακόμα και για ελέγχους ποιότητας σε βιομηχανίες. Χρησιμοποιήθηκαν ευρέως κατά το ξέσπασμα του ιού SARS το 2003 αφού μπορούσαν να μετρήσουν την θερμοκρασία του σώματος των επιβατών στα αεροδρόμια. Χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης προκειμένου να αναγνωρίσουν ανθρώπους για

παράδειγμα μέσα σε παχύ στρώμα ομίχλης, καπνού, σε χιόνια ή σε ερείπια. Στην βιομηχανία μπορούν να εντοπίσουν σφάλματα σε κομμάτια σε κάποια γραμμή συναρμολόγησης. Με μια τέτοια κάμερα ο χρήστης θα μπορούσε να μετρήσει την θερμοκρασία του σώματός του χωρίς θερμομέτρο ή να διαπιστώσει αν κάποιος τον παρακολουθεί στα σκοτεινά, απλά χρησιμοποιώντας το κινητό του τηλέφωνο



Εικόνα 5.3:κινητό-θερμοκάμερα

Μια τέτοια συσκευή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για μυριάδες άλλες εφαρμογές. Για παράδειγμα θα μπορούσε να πραγματοποιήσει έγκαιρη διάγνωση κάποιων ασθενειών, να προειδοποιήσει έγκαιρα για μολύνσεις σε ζώα (ήδη χρησιμοποιούνται τέτοιες κάμερες στην

κτηνοτροφία), για τον εντοπισμό διαρροών γκαζιού σε μια πολυκατοικία, ακόμα και για τον εντοπισμό εκρηκτικών υλών από εντελώς άσχετους!

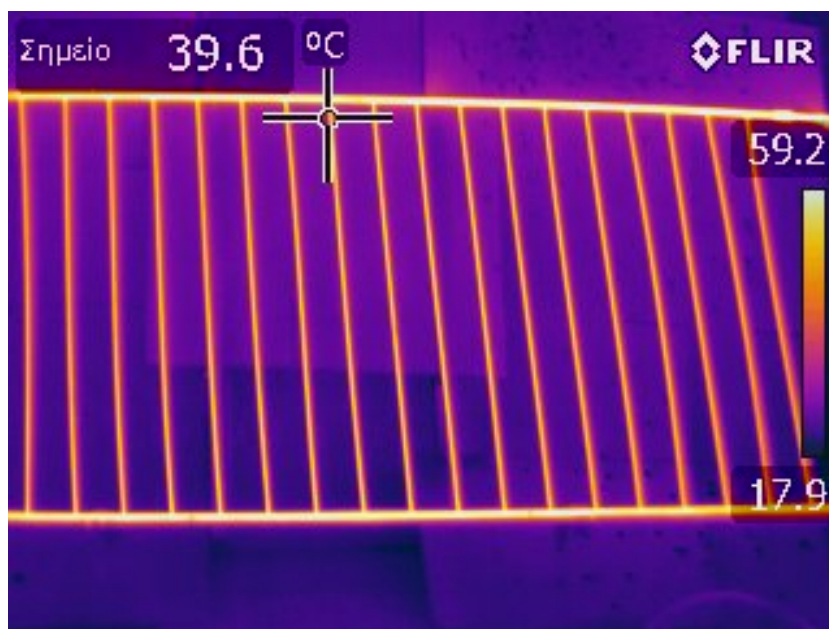
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΑΜΕΡΑΣ ΣΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΡΟΗΣ

Ένας από τους τρόπους που σκεφτήκαμε για να μελετήσουμε την ροή στο σύστημα μας ήταν να χρησιμοποιήσουμε θερμοκάμερα. Αρχικά θερμάναμε το νερό στον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα μέχρι κάποια επιθυμητή θερμοκρασία έπειτα θέσαμε τον κυκλοφορητή του συστήματος μας σε λειτουργία

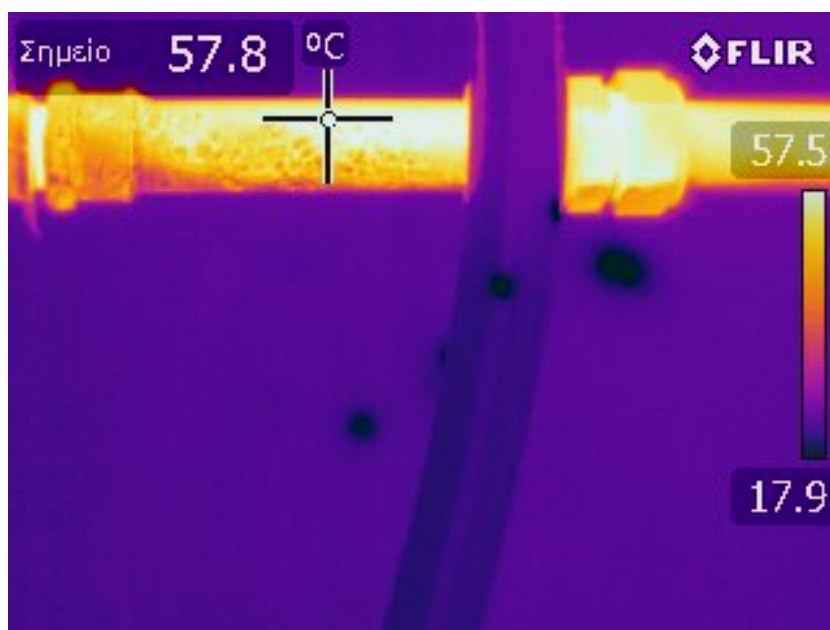
για να κυκλοφορήσει το νερό στην σκάλα του συστήματος μας και πήραμε κάποιες φωτογραφίες με την θερμοκάμερα. Το σκεπτικό ήταν ότι στους σωλήνες με την μικρότερη ροή νερού θα είχαμε



Εικόνα 5.4:σκάλα



Εικόνα 5.5: θερμαινόμενη σκάλα



Εικόνα 5.6: θερμαινόμενος σωλήνας



Εικόνα 5.7: θερμαινόμενος σωλήνας

μικρότερη θερμοκρασία ενώ στους τελευταίους σωλήνες δηλαδή σε αυτούς με την μεγαλύτερη ροή περιμέναμε να δούμε υψηλότερη θερμοκρασία από τους υπόλοιπους σωλήνες .Αλλά δεν πήραμε τις αναμενόμενες μετρήσεις ,η σκάλα έπιασε σταθερή θερμοκρασία και δεν είχε διαφορές ανάμεσα στους σωλήνες, αυτό πολύ πιθανόν να έγινε για τον λόγο ότι η θερμικές απώλειες στους σωλήνες ήταν πολύ μικρές. Ένας από τους τρόπους που θα μπορούσαμε να αυξήσουμε τις θερμικές απώλειες του συστήματος ήταν αν παίρναμε ξανά τις μετρήσεις μας τον χειμώνα με πολύ κρύο και κάποιους ανεμιστήρες να φυσούν πάνω στη σκάλα. Σε αυτήν τη περίπτωση η απώλειες θα αυξάνονταν κατά πολύ.

Μιακόμη δυσκολία που αντιμετωπίσαμε με την θερμοκάμερα ήταν ότι η θερμοκάμερα είχε αδυναμία να λάβει θερμοκρασία από αντικείμενα με γυαλιστερές επιφάνειες .Για αυτόν το λόγο ήταν αδύνατο να πάρει μετρήσεις από τους χαλκοσωλήνες που ήταν κατασκευασμένη η σκάλα του ηλιακού. Για να αποφύγουμε αυτήν τη δυσκολία βάψαμε όλη τη σκάλα με ένα μαύρο ματ χρώμα. Μετά από αυτό οι μετρήσεις που πήραμε με την θερμοκαμερα ήταν ακριβείς.



Εικόνα 5.8:σκάλα βαμμένη με μαύρο ματ χρώμα

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

Συνοπτική ανακεφαλαίωση

Σύμφωνα με προηγούμενα κεφάλαια, σκοπός μας ήταν να επιβεβαιώσουμε την ιδιαιτερότητα της κίνησης ενός ρευστού σε ένα σύστημα όπως σε αυτό που χρησιμοποιήσαμε. Η συγκεκριμένη ιδιαιτερότητα είναι πολύ σημαντική ως προς τη λειτουργία παρόμοιων συστημάτων(π.χ. ηλιακών συλλεκτών), αφού επηρεάζουν αρνητικά το βαθμό απόδοσης τους με αυτή τη συμπεριφορά.

Η εγκατάσταση που χρησιμοποιήθηκε ήταν ένας υδροσκελετός ηλιακού συλλέκτη όπως παρουσιάστηκε στο κεφάλαιο 2, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε καθαρά για μελέτη της ροής, αλλά αντίστοιχα αποτελέσματα θα προέκυπταν σε μια κανονική εγκατάσταση.

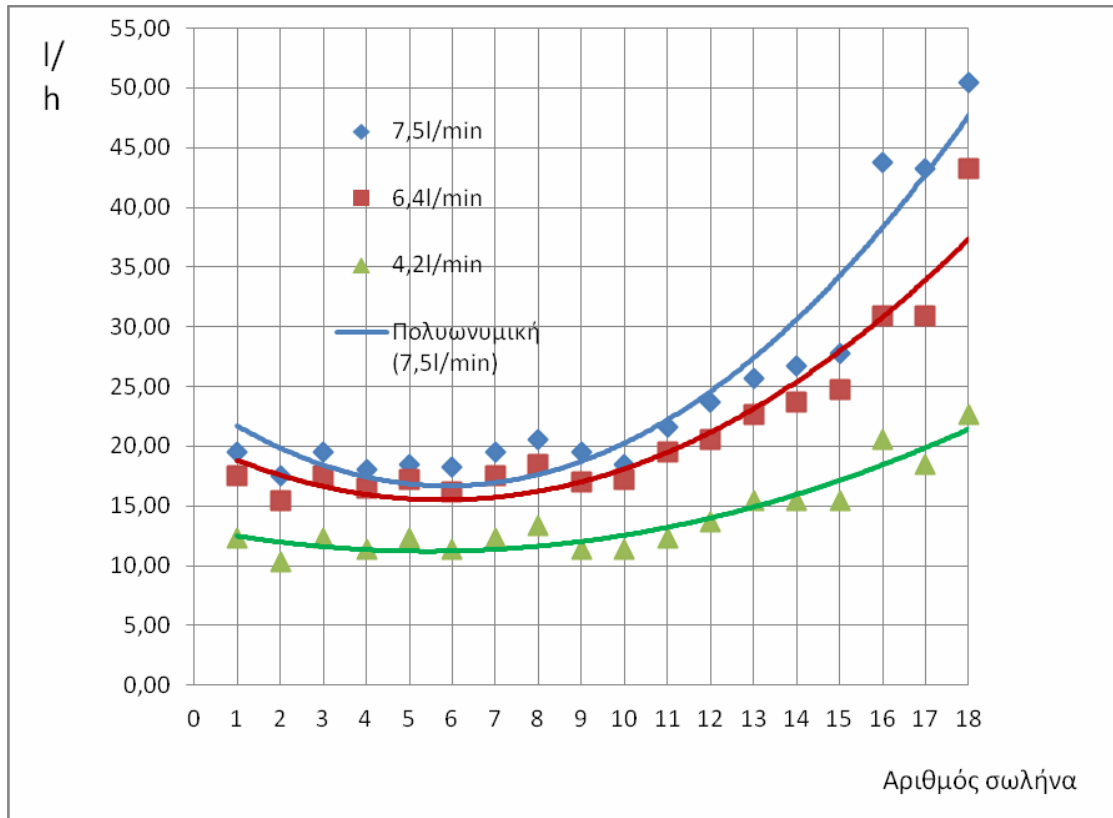
Το πείραμα έγινε 2 φορές, οπότε και στις 2 τα αποτελέσματα είχαν μια μικρή απόκλιση μεταξύ τους(τιμές ροής στις μεσαίες σωληνώσεις).

Ανάλυση πειραματικών μετρήσεων-Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που προέκυψαν από τις δύο επαναλήψεις του πειράματος που διεξήχθησαν, όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, παρατηρούμε ότι η συμπεριφορά του νερού ήταν η αναμενόμενη. Το υγρό κατά τη διαδρομή του στις σωληνώσεις της εγκατάστασης τείνει να προτιμά τις τελευταίες σωλήνες αφού αυτές είναι πιο κοντά στην έξοδο και επομένως αποτελούν την μικρότερη σε αντίσταση πορεία προς την έξοδο.

Να σημειωθεί εδώ ότι χρησιμοποιήθηκε μια 3^η σωλήνωση μετά τη 2^η επανάληψη του πειράματος η οποία εξωτερικά ήταν όμοια με τη σωλήνωση των 18, όμως το εσωτερικό των σωλήνων της ήταν σπειροειδές και όχι λείο όπως η αρχική. Δυστυχώς όμως, ήταν αδύνατον για το όργανο υπέρηχων να δώσει κάποιες τιμές από αυτή τη διάταξη, αφού το σπειροειδές εσωτερικό των σωληνώσεων για κάποιο λόγο είχε επίπτωση πάνω στους υπέρηχους κατά την αναπήδηση τους μεταξύ των ακροδεκτών, γεγονός που οδηγούσε στο μετρητή να δίνει τιμές κατά πολύ μικρότερες των πραγματικών. Αυτό το πρόβλημα δυστυχώς δεν ήταν δυνατόν να επιλυθεί, αφού προερχόταν από τη φύση της ίδιας της σωλήνωσης.

Ανάλυση Αποτελεσμάτων 1^{ης} διεξαγωγής πειράματος



Σχεδιάγραμμα 6.1: Γραφική απεικόνιση των παροχών στις 3 θέσεις της αντλίας.

Όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η απόκλιση μεταξύ των τιμών ανά τη σωλήνωση, αυξάνεται αναλόγως με την αύξηση της ροής. Στην περίπτωση του 1^{ου} πειράματος για την πρώτη ρύθμιση, οι διαφορές μεταξύ της 1^{ης} και της 18^{ης} τιμής είναι 12.35 - 22.36 l/h απόκλισης 44.7%, για τη δεύτερη ρύθμιση 17.49 - 42.12 με 58% ενώ για την 3^η ρύθμιση της αντλίας έχουμε 19.55 - 50.41 l/h δηλαδή 61%. Το παραπάνω γεγονός συμφωνεί και επιβεβαιώνει τη θεωρία πάνω στην οποία βασίστηκε το πείραμα.

Η συμπεριφορά αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του συντελεστή απόδοσης, αφού με αυτή τη πορεία το υγρό λαμβάνει λιγότερη θερμότητα, με το μεγαλύτερο ποσοστό του να διέρχεται από τις τελευταίες σωλήνες από ότι θα μπορούσε να λαμβάνει αν διερχόταν με καλύτερη κατανομή της ροής μεταξύ όλων των σωλήνων. Εφόσον το υγρό περνάει κατά την πλειονότητα του από ένα μικρό τμήμα των διαθέσιμων σωληνώσεων και λόγω της ταχύτητας με την οποία διέρχεται από τις σωληνώσεις αυτές, έχει ως αποτέλεσμα είναι η θερμότητα που θα μπορούσε να λαμβάνεται, να είναι κατά πολύ μικρότερη του βέλτιστου

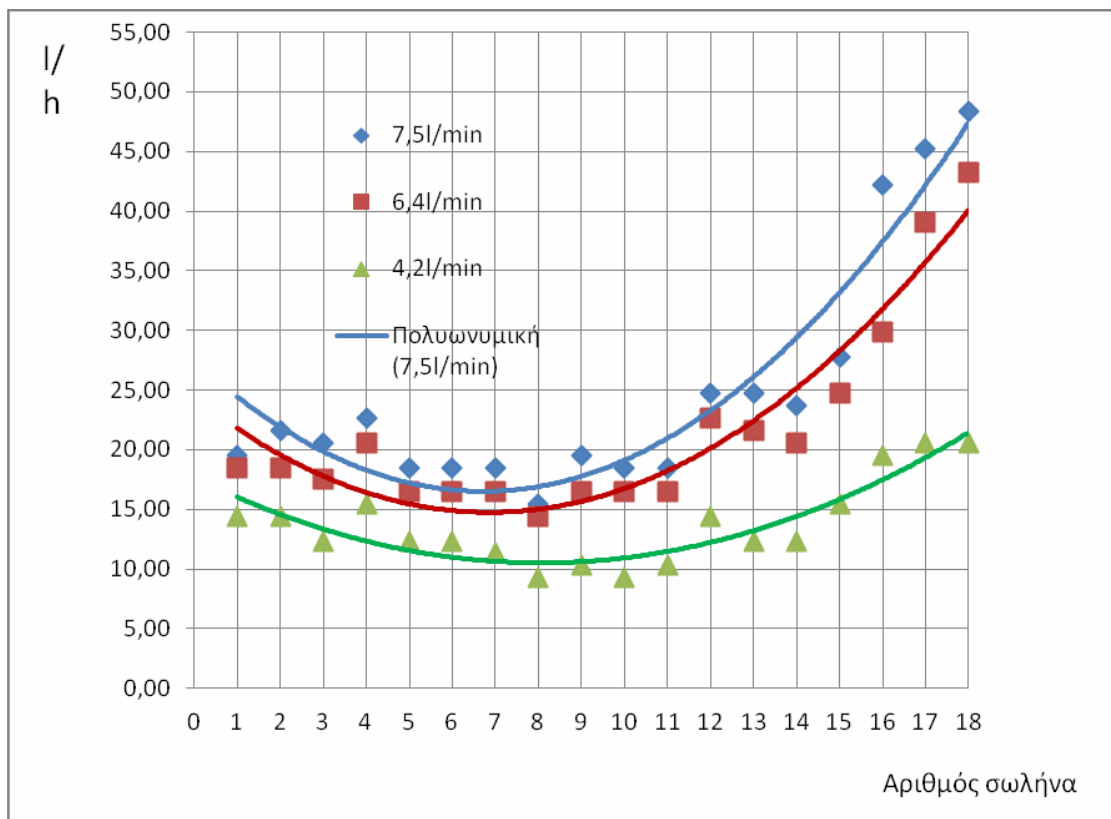
	Κυκλοφορη- τής Θέση 3	Κυκλοφορη- τής Θέση 2	Κυκλοφορη- τής Θέση 1	
	7,5l/min	6,4l/min	4,2l/min	
1	19,55	17,49	12,35	
2	17,49	15,43	10,29	
3	19,55	17,49	12,35	
4	18,00	16,46	11,32	
5	18,52	17,18	12,35	
6	18,21	16,15	11,32	
7	19,55	17,49	12,35	
8	20,58	18,52	13,37	
9	19,55	16,97	11,32	
10	18,52	17,18	11,32	
11	21,60	19,55	12,35	
12	23,66	20,58	13,68	
13	25,72	22,63	15,43	
14	26,75	23,66	15,43	
15	27,78	24,69	15,43	
16	43,72	30,86	20,58	
17	43,21	30,86	18,52	
18	50,41	43,21	22,63	
Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/h)	452,35	386,41	252,36	
Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/min)	7,54	6,44	4,21	
Μετρούμενη συνολική παροχή με νέο ροόμετρο (l/min)	7,70	6,75	4,30	
Σφάλμα %	2,09	4,59	2,19	

Πίνακας 6.1: Οι τιμές που πάρθηκαν από το πείραμα μετά την διόρθωση.

Με βάση τα παραπάνω και αφού δεν είμαστε σε θέση να διεξάγουμε το πείραμα σε χαμηλότερες τιμές ροής από αυτές της 1^{ης} ρύθμισης της αντλίας, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η απόκλιση θα είναι σε πολύ μικρότερα επίπεδα για ακόμα μικρότερες παροχές, γεγονός που μπορεί να εξετασθεί μελλοντικά.

Ανάλυση Αποτελεσμάτων 2^{ης} διεξαγωγής πειράματος

Εξετάζοντας και τις καμπύλες που προέρχονται από τις μετρήσεις του 2^{ου} πειράματος, καταλήγουμε στα ίδια συμπεράσματα.



Σχεδιάγραμμα 6.2: Γραφική απεικόνιση των 3 θέσεων της αντλίας μετά τις διορθώσεις.

Σε αυτό το πείραμα παρατηρήθηκε, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4 μειωμένη ροή για τις μεσαίες σωλήνες, το οποίο επίσης συνέβη στο 1^ο, αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό, αλλά η συμπεριφορά αυτή είναι πιο ενδεικτική από αυτή του 1^{ου} πειράματος αφού οι μεσαίες σωλήνες αποτελούν μη βέλτιστη δίοδο για το υγρό, λόγω της μεγαλύτερης αντίστασης που παρουσιάζουν λόγω της θέσης τους.

Για την 3^η ρύθμιση λειτουργίας, έχουμε 19.55 – 48.35 l/h, απόκλισης 59%, με την σωλήνα υπ αριθμόν 8 να έχει την χαμηλότερη τιμή με 15.43 l/h. Για τη 2^η σκάλα έχουμε 18.52-43.21 l/h που μας δίνει απόκλιση 57% και για την 1^η ρύθμιση 14.40 – 20.58 l/h, με απόκλιση 30%.

	Κυκλοφορη- τής Θέση 3	Κυκλοφορη- τής Θέση 2	Κυκλοφορη- τής Θέση 1	
	7,5l/min	6,4l/min	4,2l/min	
1	19,55	18,52	14,40	
2	21,60	18,52	14,40	
3	20,58	17,49	12,35	
4	22,63	20,58	15,43	
5	18,52	16,46	12,35	
6	18,52	16,46	12,35	
7	18,52	16,46	11,32	
8	15,43	14,40	9,26	
9	19,55	16,46	10,29	
10	18,52	16,46	9,26	
11	18,52	16,46	10,29	
12	24,69	22,63	14,40	
13	24,69	21,60	12,35	
14	23,66	20,58	12,35	
15	27,78	24,69	15,43	
16	42,18	29,83	19,55	
17	45,27	39,09	20,58	
18	48,35	43,21	20,58	
Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/h)	448,55	389,91	246,91	
Διορθωμένη συνολική Παροχή - άθροισμα των 18 σωλήνων (l/min)	7,48	6,50	4,12	
Μετρούμενη συνολική παροχή με νέο ροόμετρο (l/min)	7,70	6,75	4,30	
Σφάλμα %	2,91	3,73	4,30	

Πίνακας 6.2: Οι τιμές του 2^{ου} πειράματος μετά την διόρθωση.

Όπως μπορούμε να δούμε καλύτερα στον πίνακα, στη 2^η περίπτωση με την ίδια συνολική παροχή η κατανομή έχει μια βασική διαφορά που κάνει τα αποτελέσματα του 2^{ου} πειράματος πιο αντιπροσωπευτικά. Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, για όλες τις θέσεις λειτουργίας, οι αρχικές τιμές είναι μεγαλύτερες αυτών της πρώτης περίπτωσης, ενώ οι τιμές για τις μεσαίες σωλήνες είναι μικρότερες όπως εξηγήθηκε από το διάγραμμα.

Τελικά Συμπεράσματα

Επομένως, επαληθεύουμε τη θεωρία μας σχετικά με τη συμπεριφορά αυτή του ρευστού να επιλέγει τις διόδους μεταφοράς που προσφέρουν την ευκολότερη διαδρομή, δηλαδή πρώτα από την σωλήνα μεγαλύτερης διαμέτρου(22'') και έπειτα από τις μικρότερης(8''). Συμπεριφορά η οποία εμποδίζει συστήματα όπως η πειραματική μας διάταξη να φτάσουν στο βέλτιστο βαθμό λειτουργίας τους. Η εγκατάσταση που χρησιμοποιήθηκε όπως αναφέρθηκε προηγουμένως στο ίδιο κεφάλαιο είναι τυπική ενός συστήματος θέρμανσης νερού.

Ως συνέχιση της μελέτης, υπάρχουν ακόμα κάποια ενδεχόμενα που θα μπορούσαν να εξεταστούν, όπως για παράδειγμα η σπειροειδής σωλήνωση από την οποία δεν μπορέσαμε να λάβουμε κάποια αποτελέσματα αλλά και επέκταση των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν, με καταλληλότερο εξοπλισμό ή με αλλαγές στις διατάξεις

7. Μελλοντική Επέκταση

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των μεθόδων με τις οποίες μπορούμε να έχουμε ακόμα καλύτερα αποτελέσματα όσο αφορά την παροχή στο εσωτερικό ενός υδροσκελετού ηλιακού συλλέκτη, σε σχέση με τα συμπεράσματα στα οποία φτάσαμε με το πείραμα που διεξήχθη.

Όπως αναφέρθηκε στην αρχή του προηγούμενου κεφαλαίου, δεν ήταν δυνατόν να παρθεί κάποια μέτρηση από τη σπειροειδή σωλήνωση, λόγω της διαφοράς μεταξύ αυτής και της “κανονικής” διάταξης. Η απόκλιση που παρουσιάζόταν κατά τη μέτρηση της ροής οφείλεται είτε στη φύση της σωλήνωσης, είτε στο όργανο μέτρησης όπως έχει ήδη ειπωθεί.

Η μερική ακαταλληλότητα του οργάνου συγκεκριμένα, περιόριζε το πεδίο τιμών παροχής που μπορούσε να εξετασθεί καθώς όπως παρατηρήθηκε σε χαμηλότερες τιμές παροχής η κατανομή του ρευστού ήταν πολύ πιο ομαλή και πιθανότατα σε τιμές χαμηλότερες των 4.2 l/min που ήταν το δικό μας ελάχιστο δυνατό (βλέπε κεφάλαιο 4, σχεδιάγραμμα 4.1 & 4.2) για την πραγματοποίηση μετρήσεων, η κατανομή να είναι όντως η επιθυμητή. Δυστυχώς όμως ίσως μια τέτοια παροχή να μην είναι αρκετή για πιο απαιτητικά συστήματα ηλιακών συλλεκτών και πιθανών να είναι χρήσιμη μόνο για οικιακή χρήση.

Σύμφωνα με την παραπάνω δήλωση όμως, για να μπορέσει να εξετασθεί ένα τέτοιο πεδίο τιμών παροχής, είναι απαραίτητη η χρήση ενός οργάνου χωρίς τους περιορισμούς αυτού που χρησιμοποιήθηκε στο δικό μας πείραμα. Η χρήση ενός τέτοιου οργάνου επίσης θα επέτρεπε τη δοκιμή της σπειροειδούς σωλήνωσης.

Ένας άλλος τομέας που μπορεί να εξετασθεί είναι τροποποίηση της εσωτερικής διαμέτρου ορισμένων σωληνώσεων του συστήματος. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων και τη θεωρία πάνω στην κατανομή του ρευστού στο σύστημα σωληνώσεων, θα ήταν δυνατόν να εκμεταλλευθεί το γεγονός που εξετασθεί. Εφόσον το υγρό τείνει να προτιμά τις σωληνώσεις που βρίσκονται πιο κοντά στην έξοδο παρά αυτές κατά την είσοδο και στο μέσον της διαδρομής, το ποσοστό αυτό θα ήταν δυνατόν να αλλάξει μέσω επεξεργασίας των διαμέτρων.

Συγκεκριμένα, πραγματοποιώντας μείωση στις σωληνώσεις υπ’ αριθμών 15 και άνω και αύξηση στις 1 έως 15 (ίσως με μεγαλύτερη αύξηση στις σωληνές 5 έως 11) είναι δυνατόν να περιοριστεί το ποσοστό του ρευστού που θα διέρχεται από τις τελευταίες σωληνώσεις και κατά συνέπεια να αυξηθεί τη ροή στις υπόλοιπες. Η βελτιστοποίηση της ροής σε μια τέτοια περίπτωση απαιτεί κάποιες δοκιμές ως προς τα κατάλληλα μεγέθη των διαμέτρων, λόγω της διαφοράς των τιμών μεταξύ των αρχικών με των τελικών σωληνώσεων, καθώς και των μεσαίων εν σύγκριση με αυτών.

Αναφορές-Βιβλιογραφία

1. Weiss, W. (Editor), 2003, "Solar Heating Systems for Houses", IEA, James & James
2. Dr. S. Babalis and Dr. V. Belessiotis, 2008, "Determination of thermal performance of glazed liquid heating solar collectors", ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ (Test Report)
3. Αηδόνης, Α., Δρόσου, Β. και Μ. Καράγιωργας, "Θερμικά ηλιακά συστήματα <<COMBI>> για συνδυασμό θέρμανσης χώρων και ζεστού νερού χρήσης: Δυνατότητες και προοπτικές στην Ελληνική αγορά", ΚΑΠΕ
4. Δρόσου, Β., Καράγιωργας, Μ. και Ν. Στάμος, 2004, "Αξιολόγηση υπολογισμού θερμικών ηλιακών συστημάτων, ΚΑΠΕ λογισμικών
5. KATflow 200 (Operating Instructions) el.wikipedia.org