



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Σχεδιασμός και κατασκευή πειραματικής διάταξης για τη
μελέτη τοπικών απωλειών σε δίκτυο σωληνώσεων*

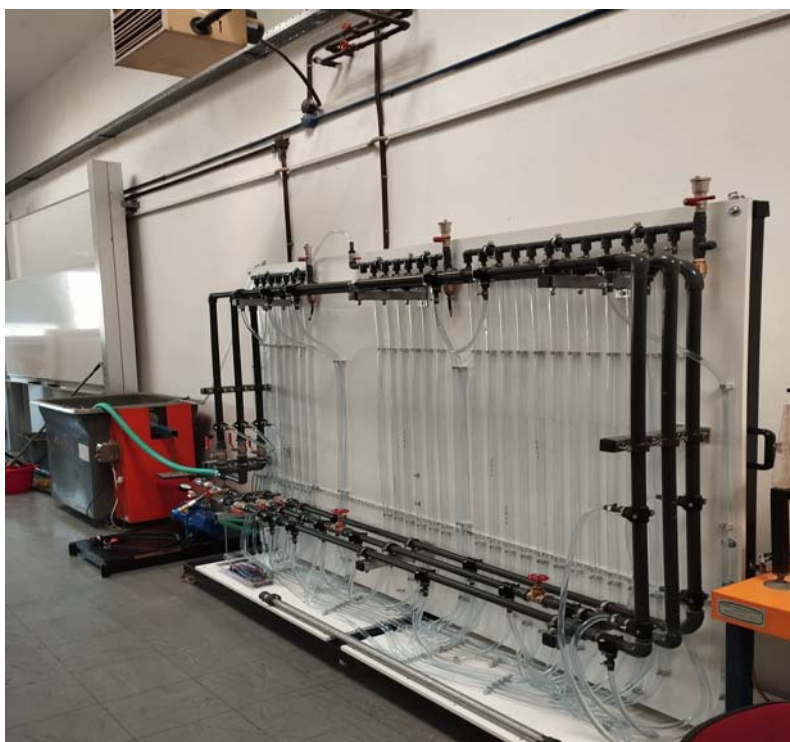
*Design and construction of an experimental setup for the
study of element losses in a pipeline network*

ΜΠΟΥΜΠΟΥΚΑΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ

A.M.: 272017180

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Δρ. Νίκας Κωνσταντίνος Στέφανος



ΑΘΗΝΑ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2024

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Κωνσταντίνος-Στέφανος Νίκας Καθηγητής Πα.Δ.Α. (επιβλέπων)	Ιωάννης Σιγάλας Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό Πα.Δ.Α.	Μιχαήλ Μέντζος Εργαστηριακό Τεχνικό Προσωπικό Πα.Δ.Α.
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Σπυρίδων Μπούμπουκας του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 272017180 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

Μπούμπουκας Σπυρίδων

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου κ. Νίκα Κωνσταντίνο-Στέφανο και κ. Σιγάλα Ιωάννη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν με την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, δίνοντας μου έτσι τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον θέμα. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου για τη συμπαράσταση και τη βοήθεια τους καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας μου.

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
Λέξεις κλειδιά	1
Abstract	2
Keywords.....	2
Κεφάλαιο 1 ^ο Εισαγωγή	3
1.1 Γενικά.....	3
1.2 Σκοπός και στόχοι της εργασίας.....	3
Κεφάλαιο 2 ^ο Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	5
2.1 Ιστορική αναδρομή - Εισαγωγή	5
2.2 Σύγχρονες έρευνες – Άρθρα – Εργασίες	9
2.2.1 Μέθοδος τεχνητών νευρωνικών δικτύων	9
2.2.2 Ροή σε αξονικά περιστρεφόμενους σωλήνες.....	10
2.2.3 Υδραυλικές απώλειες συσκευών ελέγχου ροής σε σωλήνες.....	11
2.2.4 Πειραματική διερεύνηση ροής ρευστού σε σύστημα οριζόντιων αγωγών διαφόρων γεωμετριών διατομής.....	11
2.2.5 Επίδραση γραμμικών απωλειών στην ανάλυση των δικτύων άρδευσης σε απαιτούμενη πίεση λειτουργίας.....	14
Κεφάλαιο 3 ^ο Θεωρητικό Υπόβαθρο	16
3.1 Βασικοί ορισμοί.....	16
3.2 Ιδιότητες των ρευστών	18
3.3 Τύποι ροών	19
3.4 Εξίσωση συνέχειας – Αρχή διατήρησης της μάζας	24
3.5 Εξίσωση ενέργειας - εξίσωση Bernoulli	24
3.6 Γραμμικές & τοπικές απώλειες	25
3.7 Σχήμα Moody	26
Κεφάλαιο 4 ^ο Μεθοδολογία	28
4.1 Σχεδιασμός της πειραματικής διάταξης.....	28
4.2 Κατασκευή της διάταξης	30
Κεφάλαιο 5 ^ο Ανάλυση και Αποτελέσματα	40
5.1 Έλεγχος σωστής λειτουργίας πριν τη λήψη των μετρήσεων	40
5.2 Περιγραφή των στοιχείων του κάθε κλάδου	41
5.3 Διαδικασία πειραματικού προσδιορισμού των απωλειών ροής.....	42
5.4 Αποτελέσματα πειράματος.....	44

Κεφάλαιο 6 ^ο Συμπεράσματα και Συστάσεις.....	48
6.1 Σύγκριση των αποτελεσμάτων με τη θεωρητική πρόβλεψη	48
6.2 Κυρία ευρήματα της εργασίας.....	51
6.3 Παρουσίαση συστάσεων για περαιτέρω έρευνα και βελτίωσης της διάταξης.....	51
6.4 Σημαντικότητα της εργασίας.....	52
Βιβλιογραφία – Αναφορές – Πηγές	53
Παράρτημα Α.....	55
Α.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά σωλήνων και εξαρτημάτων PVC	55
Α.1.1 Βάθος υποδοχής, συγκολλητικό μέσο και μήκος λοξοτομής	55
Α.1.2 Σωλήνες υπό πίεση με ψυχρό σύστημα χημικής συγκόλλησης (συγκόλληση με διαλύτη).....	56
Α.1.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά σωλήνων.....	56
Α.1.4 Διαστάσεις σωλήνων	57
Α.2 Εξαρτήματα	57
Α.2.1 Εξαρτήματα Συγκόλλησης Διαλύτη, Σειρά Metric	58
Α.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά εξαρτημάτων	58
Α.2.3 Διαστάσεις εξαρτημάτων.....	59
Α.2.4 Εγκατάσταση εξαρτημάτων.....	61
Α.3 Διαστάσεις εξαρτημάτων ISO-BSP PVC-U (μικτά εξαρτήματα)	62
Α.3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά εξαρτημάτων ISO-BSP PVC-U (μικτά εξαρτήματα).....	63
Α.3.2 Διαστάσεις εξαρτημάτων και μικτών εξαρτημάτων.....	64
Α.4 Εξαρτήματα BSP PVC-U (Εξαρτήματα με σπείρωμα).....	66
Α.4.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά εξαρτημάτων BSP PVC-U (Εξαρτήματα με σπείρωμα).....	67
Α.4.2 Διαστάσεις εξαρτημάτων BSP PVC-U (Εξαρτήματα με σπείρωμα)	68
Α.5 Άλλα εξαρτήματα και αναλώσιμα που χρησιμοποιήθηκαν	71
Α.6 Εγχειρίδια εμπορικών αντιπροσώπων των κατασκευαστών	75
Παράρτημα Β	99
Β.1 Συγκεντρωτικός Πίνακας Υποδειγματικών Υπολογισμών.....	99
Β.2 Υποδειγματικοί υπολογισμοί.....	103
Β.3 Κατασκευαστικά σχέδια & υπόμνημα της πειραματικής διάταξης.....	110

Περίληψη

Στις ροές σε κλειστούς αγωγούς που έχουν μεγάλο εύρος εφαρμογών, όπως για παράδειγμα βιομηχανικές, οικιακές εγκαταστάσεις και υποδομές, είναι απαραίτητη η γνώση των γραμμικών και τοπικών απωλειών ενέργειας. Έτσι θα έχουμε τη βέλτιστη ενεργειακή λειτουργία και αποδοτικότητα, των διαφόρων μηχανημάτων που θα συγκροτούν την εγκατάσταση.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε ο σχεδιασμός και η κατασκευή πειραματικής διάταξης υπολογισμού απωλειών ενέργειας νερού που ρέει σε κλειστούς αγωγούς. Υπάρχει η δυνατότητα διαφοροποίησης των συνθηκών ροής σε διαφορετικούς τύπους κλειστών αγωγών, οργάνων ελέγχου, συσκευών και εξαρτημάτων σύνδεσης αγωγών. Έτσι ώστε από τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας να παράγονται κρίσιμα, αλλά και χρήσιμα αποτελέσματα και εποικοδομητικά συμπεράσματα για τις ροές σε κλειστούς αγωγούς.

Η συγκεκριμένη πειραματική διάταξη βρίσκεται στο Εργαστήριο της Μηχανικής των Ρευστών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Επιπλέον, αναλύεται ο τρόπος κατασκευής της διάταξης, αναφέρονται οι τρόποι υπολογισμού των αποτελεσμάτων της, καθώς και τα σημαντικά συμπεράσματα που προκύπτουν.

Τέλος, τα πειραματικά αποτελέσματα οδηγούν και στον προσδιορισμό του συντελεστή απωλειών των στοιχείων της διάταξης και των εξαρτημάτων της.

Λέξεις κλειδιά

Γραμμικές απώλειες, τοπικές απώλειες, κλειστός αγωγός, τραχύτητα.

Abstract

In closed duct flows that have a wide range of applications, such as for example industrial, domestic installations and infrastructures, the knowledge of linear and local energy losses is necessary. So that we have the optimal energy function and efficiency of the various machines that will make up the installation.

In this thesis, the design and construction of an experimental device for calculating energy losses of water flowing in closed pipes was done. It is possible to vary the flow conditions in different types of closed pipelines, controls, devices and pipeline fittings. So that from the conduct of the experimental process critical, but also useful results and constructive conclusions about the flows in closed pipelines are extracted.

The specific experimental set-up is located in the Laboratory of Fluid Mechanics of the University of West Attica of Mechanical Engineering, for educational purposes.

In addition, the method of construction of the arrangement is analyzed, the methods of calculating its results are mentioned, as well as what are the important conclusions that arise.

Finally, the experimental results also lead to the determination of the loss factor of the components of the device and its components.

Keywords

Linear losses, local losses, closed duct, roughness.

Κεφάλαιο 1^ο Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η πρόοδος της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην ανάγκη για περισσότερες εφαρμογές με ροή ρευστών σε κλειστούς αγωγούς (είτε οχημάτων είτε εναέριων, θαλάσσιων και επίγειων μεταφορικών μέσων, είτε βιομηχανικών και οικιακών εγκαταστάσεων, κλπ.). Επιπλέον λόγω της αύξησης του πληθυσμού, το οποίο οδηγεί και σε αύξηση των ενεργειακών αναγκών, επειδή οι ενεργειακοί πόροι του πλανήτη είναι περιορισμένοι, οδηγούμαστε στην ανάγκη βελτιστοποίησης των ενεργειακών καταναλώσεων των εγκαταστάσεων.

Σχετικά με τη ελέτη της ενεργειακής απόδοσης μιας ροής σε κλειστούς αγωγούς έχει στρέψει το ενδιαφέρον των μηχανικών σε παγκόσμιο επίπεδο. Ως γνωστόν οι ροές σε κλειστούς αγωγούς πρακτικά παρουσιάζουν απώλειες ενέργειας, όπως και οποιαδήποτε ενεργειακή εγκατάσταση που δεν πρέπει να παραληφθεί.

Με βάση τα παραπάνω, κρίνεται αναγκαία η γνώση των παραμέτρων που προκαλούν απώλειες σε μία ροή, οι οποίες υπολογίζονται τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πειραματικό επίπεδο. Σήμερα με την εξέλιξη της τεχνολογίας και των Η/Υ, τα θεωρητικά μοντέλα υπολογισμών των απωλειών μιας ροής, γίνονται με επαρκή ακρίβεια. Το τελευταίο μας επιτρέπει τη μελέτη εξαιρετικά πολύπλοκων ροών σε κλειστούς αγωγούς, με σχετικά μικρό κόστος και με γρήγορα αποτελέσματα.

1.2 Σκοπός και στόχοι της εργασίας

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η κατασκευή μιας πειραματικής διάταξης εξαναγκασμένης ροής σε κλειστούς αγωγούς (ύπαρξη αντλίας).

Στόχος είναι η σύγκριση των θεωρητικών προσεγγίσεων με τα πειραματικά αποτελέσματα που λαμβάνονται από τη διάταξη. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζεται ο συντελεστής τριβής και ο τοπικός συντελεστής απωλειών. Στη διεθνή βιβλιογραφία το θέμα αυτό έχει μελετηθεί αρκετά από πολλούς μηχανικούς. Παρόλα αυτά η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία έρχεται να συμπληρώσει, καθώς και να επιβεβαιώσει τις έρευνες αυτές.

Κλειστούς αγωγούς μεταφοράς ρευστού (κυρίως νερού, υγρών και αέριων καυσίμων) συναντάμε πολύ συχνά και σε οικιακό πεδίο. Σε βιομηχανικά πεδία έχουμε και άλλα είδη ρευστών (λόγου χάριν ατμός, λάδι κλπ.). Η γνώση των απωλειών μιας ροής είναι κρίσιμη για την σταδιοδρομία νέων μηχανικών.

Ευρύτεροι σκοποί του προσδιορισμού της απόδοσης μίας ροής είναι η εξοικονόμηση ενέργειας κατ' επέκταση η συνεισφορά στη μείωση εκπομπών βλαβερών ρύπων. Η σωστή επιλογή των παραμέτρων που αναζητούνται σε αυτήν την εργασία, αυτό βοηθά ώστε να μην υπάρξει υπερδιαστασιολόγηση των εγκαταστάσεων.

Τρεις κλάδοι κλειστών αγωγών, κατασκευάστηκαν για να μπορέσουν οι φοιτητές να εκπαιδευτούν σε διαφορετικές περιπτώσεις υπολογισμού των απωλειών και να συγκρίνουν διάφορες παραμέτρους. Πιο συγκεκριμένα, να συγκρίνουν τις απώλειες ενέργειας μεταξύ διαφορετικών εξαρτημάτων ίδιου υλικού και αγωγούς διαφορετικού

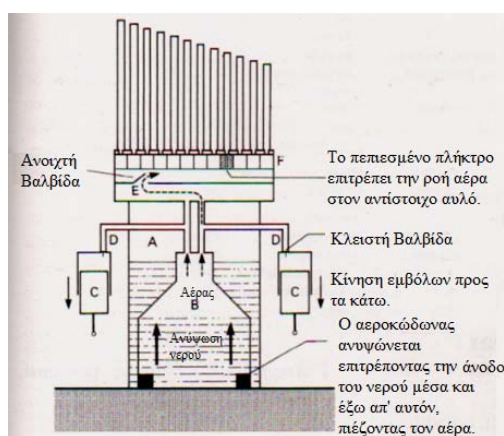
υλικού, αλλά και σωλήνες διαφορετικής διατομής. Επομένως, σ' αυτήν τη διάταξη οι φοιτητές θα μπορέσουν να συγκρίνουν, την επίδραση της τραχύτητας των σωλήνων και της διαφορετικής γεωμετρίας των εξαρτημάτων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, θα γίνει η περιγραφή του σχεδιασμού και των σταδίων της κατασκευής. Επιπλέον, θα γίνει και η αντίστοιχη ανάλυση που θα εκτελέσουν οι φοιτητές στη χρήση της διάταξης αυτής. Τέλος, δίνονται τα κατάλληλα συμπεράσματα.

Κεφάλαιο 2ο Θεωρητικό Υπόβαθρο

2.1 Ιστορική αναδρομή - Εισαγωγή

Η επιστήμη της μηχανικής των ρευστών ξεκίνησε από τον Αρχιμήδη το Συρακούσιο (287 – 212 π.Χ.) το 265 π.Χ. περίπου, ο οποίος δικαίως χαρακτηρίστηκε και ως ιδρυτής της υδροστατικής. Τα θέματα τα οποία εφήυρε μεταξύ άλλων ήταν, το πεδίο της στατικής, νόμος της ισορροπίας των ρευστών και ο νόμος του μοχλού. Η πιο διάσημη εφεύρεση ήταν η «Αρχή του Αρχιμήδη». Επιπλέον, κοντά στην εποχή του Αρχιμήδη, έχουμε και τον Κτησίβιο τον Αλεξανδρινό (285 – 222 π.Χ.), ο οποίος αντίστοιχα χαρακτηρίστηκε και ως πατέρας της «Πνευματικής». Ο Κτησίβιος έγινε γνωστός κυρίως για τις εφευρέσεις του, όπως το υδραυλικό ρολόι, τη διπλή χειροκίνητη αντλία πυρόσβεσης, τον υδραυλό (μουσικό όργανο που λειτουργούσε με τη πίεση του αέρα). Συγχρόνως, η ανάπτυξη της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας συντέλεσε στη δημιουργία μεγάλων και αποτελεσματικών υδραγωγείων, τα οποία αποδείχθηκε πως λειτουργούν μέχρι και σήμερα [1], [2].



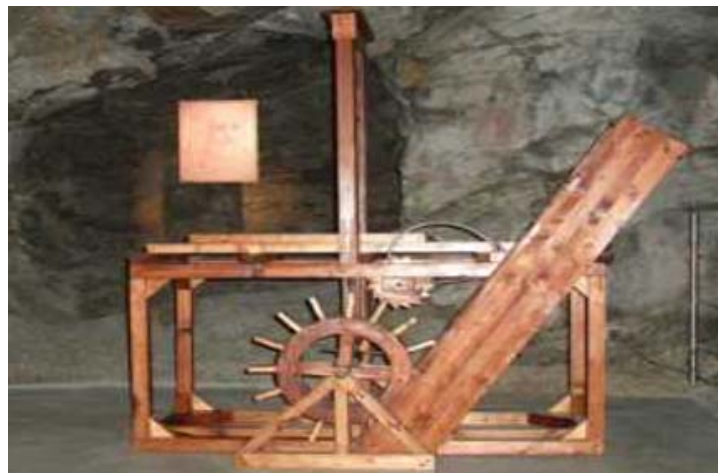
Σχήμα 2.1. Διάταξη της υδραυλις του Κτησίβιου [3]

Αρκετούς αιώνες αργότερα η επιστήμη της μηχανικής ρευστών φαίνεται να προχώρησε στη Χρυσή Εποχή του Ισλάμ. Ο πιο γνωστός μηχανικός εκείνης της εποχής ήταν ο Ισμαήλ Αλ Τζαζάρι (1136 - 1206), ο οποίος διακρίθηκε μεταξύ άλλων για το βιβλίο που έγραψε «Βιβλίο της γνώσης των ευφών μηχανισμών» το 1204. Στο βιβλίο αυτό σχεδίασε και περιέγραψε διάφορους μηχανισμούς όπως υδραυλικά ρολόγια, αντλίες, διάφορες αυτόματες συσκευές νερού και τσαγιού και γενικά διάφορες συσκευές βασισμένες στη ρευστομηχανική. Η πιο γνωστή του εφεύρεση ήταν η πρώτη προγραμματιζόμενη μηχανή μουσικού οργάνου, βασισμένη σε στοιχεία μηχανών και αρχές της ρευστομηχανικής [4].



Σχήμα 2.2. Η πρώτη προγραμματιζόμενη μηχανή μουσικού οργάνου [4]

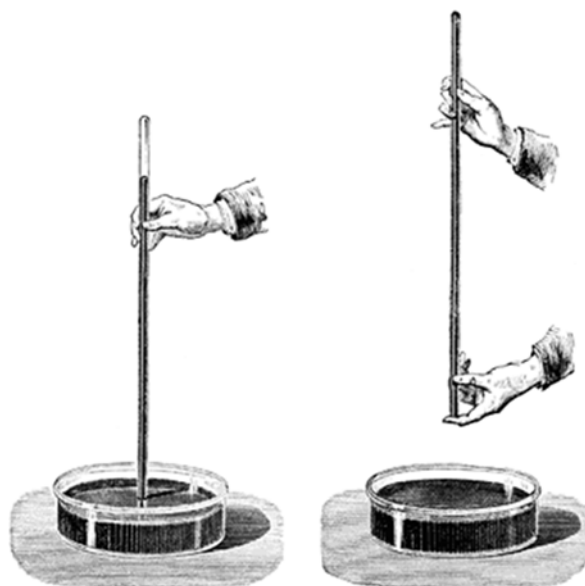
Όσον αφορά τη συνέχεια της προόδου της ρευστομηχανικής, τη σκυτάλη φαίνεται να πήρε η Ιταλική αναγέννηση με έναν από τους πιο γνωστούς μηχανικούς της εποχής Leonardo da Vinci. Στο κομμάτι της μηχανικής ρευστών ο Leonardo da Vinci συνείσφερε για τη μελέτη του σχετικά με την εξίσωση διατήρησης της μάζας για ασυμπίεστες και μονοδιάστατες ροές και πολλές ακόμα εφευρέσεις βασισμένες στη μηχανική ρευστών [1].



Σχήμα 2.3. Διάταξη του υδραυλικού κινητήρα του Leonardo da Vinci [5]

Μετά το Leonardo da Vinci, την περίοδο του 16^{ου} αιώνα, ο σημαντικότερος επιστήμονας που ασχολήθηκε με τη Μηχανική Ρευστών, ήταν ο Simon Stevin. Ο Simon Stevin ήταν Φλαμανδός επιστήμονας, γνωστός για το βιβλίο με τίτλο «Statics and Hydrostatics». Απέδειξε, ότι δύο δοχεία ίδιου εμβαδού βάσεως, τα οποία περιέχουν υγρό στο ίδιο ύψος, δέχονται την ίδια δύναμη ανεξάρτητα από του σχήματος στο οποίο βρίσκονται. Το τελευταίο είναι γνωστό και σαν «υδροστατικό παράδοξο». Η εποχή της πειραματικής μηχανικής ρευστών ξεκίνησε με τον Ιταλό διάσημο επιστήμονα του 17^{ου} αιώνα Evangelista Torricelli (1608 – 1647) γνωστός και ως «Πατέρας της Υδροδυναμικής». Ο Torricelli έγινε γνωστός για πολλά πειράματα,

όπως η απόδειξη ύπαρξης κενού, ο προσδιορισμός της εξίσωσης της ταχύτητας ενός πίδακα καθώς και πως η ταχύτητα εκροής ενός ρευστού από το στόμιο στο τοίχωμα μιας δεξαμενής, είναι ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας του ύψους από την ελεύθερη στάθμη. Στο Σχήμα 2.4 παρουσιάζεται η εφεύρεση του Torricelli για την απόδειξη της ύπαρξης του κενού [1].



Σχήμα 2.4. Σωλήνας Evangelista Torricelli [6]

Έπειτα, ως συνέχεια του έργου του Torricelli αναλαμβάνει ο Γάλλος επιστήμονας Blaise Pascal (1623 - 1662). Ο οποίος έγινε γνωστός για την εξέλιξη του βαρομέτρου και της υδραυλικής πρέσας, όπου στην τελευταία στηρίζεται και η «Αρχή του Pascal». Επιπλέον, βασιζόμενος στα πειράματα του Torricelli απέδειξε ότι η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται με το υψόμετρο.

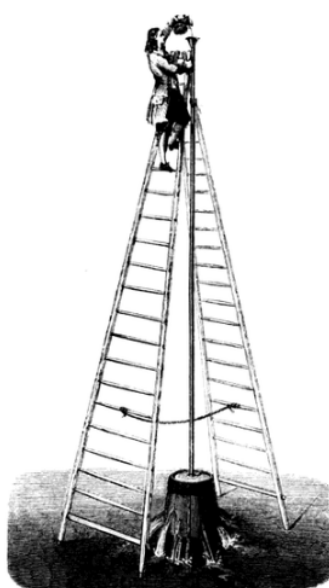
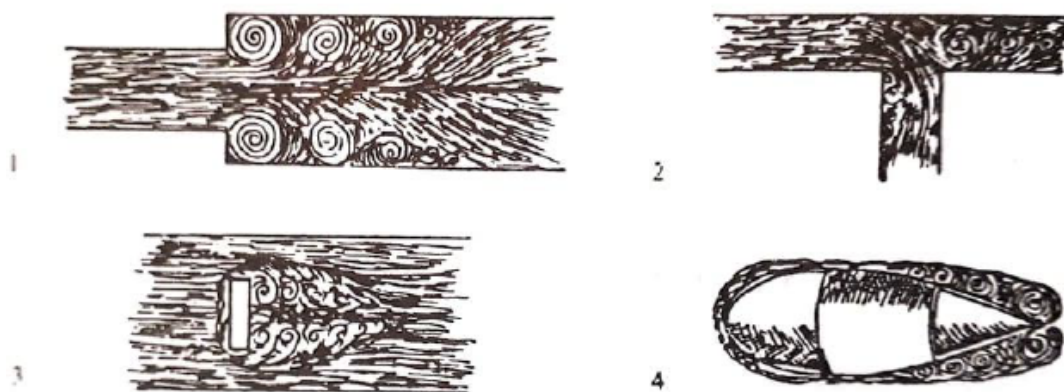


FIG. 45.—Hydrostatic paradox. Pascal's experiment.

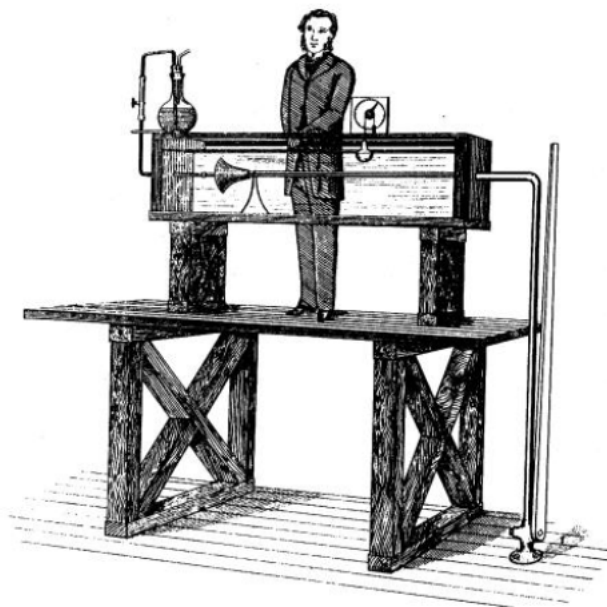
Σχήμα 2.5. Πείραμα απόδειξης μείωσης της ατμοσφαιρικής πίεσης με το υψόμετρο του Pascal [7]

Ο Isaac Newton αν και δεν ασχολήθηκε με τα ρευστά σε μεγάλο βαθμό, ωστόσο στα πειράματα του τα χρησιμοποιούσε σαν μέσο. Συγκεκριμένα σε ένα από τα βιβλία του διατυπώνει την έννοια του ιξώδους των υγρών, εκφράζοντας έτσι το νόμο των νευτώνειων ρευστών. Τον 18^ο αιώνα, ο Ελβετός επιστήμονας Johanan Bernoulli (1667 - 1748) μελέτησε πολλά προβλήματα υδροδυναμικής. Μέσα από το βιβλίο του «Hydraulica» αναφέρει τους νόμους ασυμπίεστης και μη συνεκτικής ροής. Στη συνέχεια ο γιος του Daniel Bernoulli (1700 – 1782) συνεχίζει το έργο του, με δημοσιεύσεις και μελέτες πάνω στην υδροδυναμική. Συγκεκριμένα αναζητούσε μία σχέση μεταξύ της πίεσης και της ταχύτητας για ροές σε αγωγούς, η οποία έγινε γνωστή και ως «Εξίσωση Bernoulli». Την ίδια εποχή με τους Bernoulli, ανέλαβε ο Ελβετός μαθηματικός Leonard Euler, ασχολήθηκε με την κινηματική των ρευστών, εξάγοντας τις εξισώσεις κίνησης μη συνεκτικής ροής, και την εξίσωση της συνέχειας που χρησιμοποιούνται μέχρι και σήμερα. Αργότερα το 19^ο αιώνα οι επιστήμονες Hagen και Poiseuille προσδιόρισαν την κατανομή της ταχύτητας σε ευθύγραμμο κυκλικής διατομής αγωγό, συνδέοντας την πτώση πίεσης με την παροχή. Σημαντική εφεύρεση τους ήταν το ιξωδόμετρο τριχοειδούς σωλήνα το 1846 [1].

Την κατηγοριοποίηση τους είδους της ροής που ανακάλυψε ο Leonardo da Vinci, διατύπωσε μαθηματικά ο Ιρλανδός επιστήμονας Osborne Reynolds. Αποδεικνύει πως ο λόγος δυνάμεων αδράνειας προς τις δυνάμεις συνεκτικότητας κρίνουν τη μετάβαση από στρωτή σε τυρβώδη ροή.



Σχήμα 2.6. Σκίτσα απεικόνισης ροής μέσα και γύρω από σώματα του Leonardo da Vinci [1]



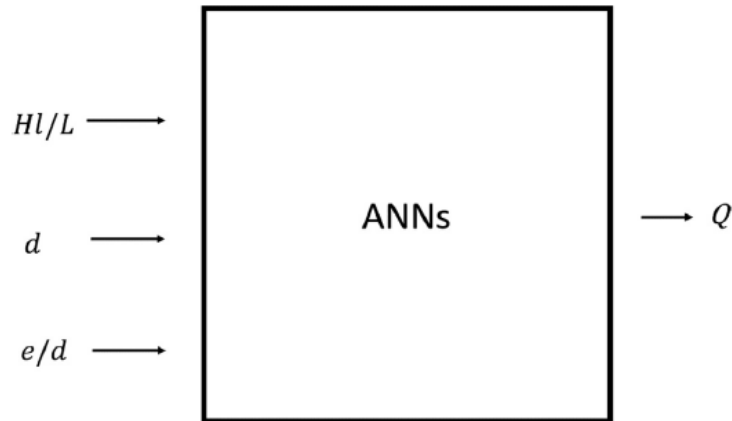
Σχήμα 2.7. Διάταξη πειράματος Osborne Reynolds [1]

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι οι εξισώσεις Navier – Stokes που προσδιορίστηκαν από τους επιστήμονες Louis Marie Henri Navier (Γαλλία: 1785 – 1836) και George Gabriel Stokes (Ιρλανδία: 1819 - 1903), δίνουν λύσεις για τις εξισώσεις μη μόνιμης ροής σε κλειστούς αγωγούς ορθογώνιας και κυκλικής διατομής, καθώς και σε ανοιχτά κανάλια [1].

2.2 Σύγχρονες έρευνες – Άρθρα – Εργασίες

2.2.1 Μέθοδος τεχνητών νευρωνικών δικτύων

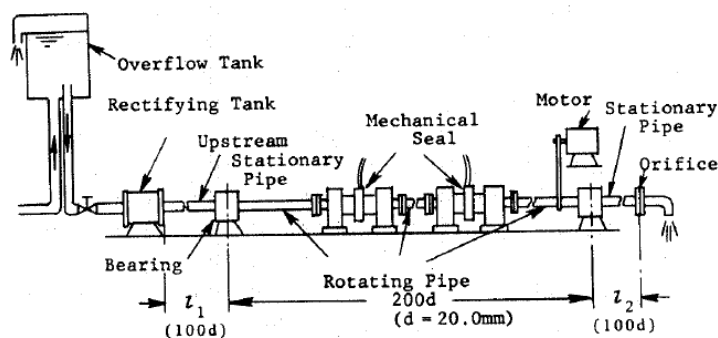
Ο Tawfik et. al. το 2021 στο άρθρο με τίτλο: «*Hydraulic solutions of pipeline systems using artificial neural networks*» έλυσε δύο προβλήματα ρευστομηχανικής ροής σε κλειστούς αγωγούς με τρεις και τέσσερις δεξαμενές, αντίστοιχα χωρίς την ύπαρξη μηχανής έργου με δύο τρόπους. Όμως, υπολόγισε και αντίστροφα το πρόβλημα, δηλαδή για γνωστές απώλειες να βρει τις αντίστοιχες παροχές. Ο πρώτος τρόπος υπολογισμού ήταν στο excel και ο δεύτερος με τη μέθοδο των τεχνητών νευρωνικών δικτύων ή αλλιώς ANNs κάνοντας χρήση του προγράμματος Matlab και EES (Engineering Equation Solver). Με παραμετροποίηση βασικών μεταβλητών της ροής, π.χ. η διάμετρος του αγωγού, οι απώλειες τριβής ανά μονάδα μήκους και η σχετική τραχύτητα, αποτύπωσε την επίδραση των ανωτέρω παραμέτρων στις απώλειες ενέργειας. Στο παρακάτω σχήμα «black box» φαίνεται ο τρόπος επίλυσης. [8]



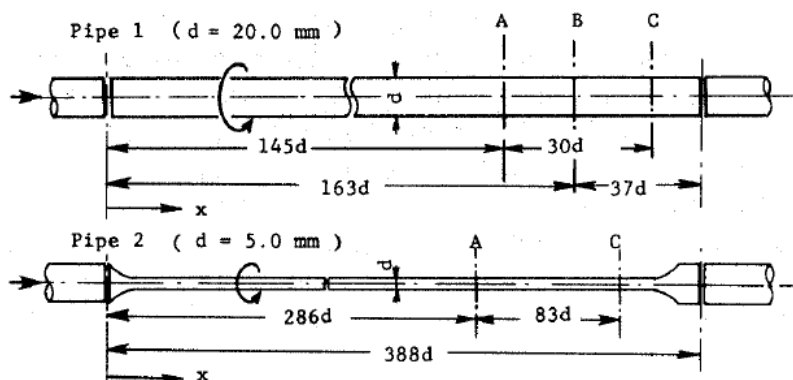
Σχήμα 2.8. Αρχικές και τελικές τιμές του κώδικα ANNs στο black box [8]

2.2.2 Ροή σε αξονικά περιστρεφόμενους σωλήνες

Οι Kikuyama et. al. στο άρθρο με τίτλο «*Flow in an axially rotating pipe*», το 1983 μελέτησαν το πως επιδρά η αξονική περιστροφή του σωλήνα στις απώλειες ροής και σε στρωτή και σε τυρβώδη ροή αντίστοιχα, επίσης με ειδική συστολή εξανάγκασαν την περίπτωση της τυρβώδους ροής να μεταβεί σε στρωτή. Αυτή η εξαναγκασμένη στρωτή ροή, ανακάλυψαν πως μειώνει τις απώλειες ροής. Η πειραματική διάταξη βρίσκεται στο Πολυτεχνείο της Ναγκόγια της Ιαπωνίας, η οποία απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα [9].



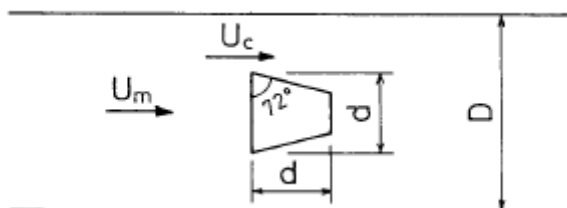
Σχήμα 2.9. Πειραματική διάταξη μελέτης αξονικά περιστρεφόμενου σωλήνα [9]



Σχήμα 2.10. Τύποι σωλήνων που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα [9]

2.2.3 Υδραυλικές απώλειες συσκευών ελέγχου ροής σε σωλήνες

Οι Igarashi et. al. στο άρθρο με τίτλο «Hydraulic losses of flow control devices in pipes», το 1994 μελέτησαν τις απώλειες της ροής σε συσκευή ελέγχου αποβολής της στροβιλότητας (vortex shedder). Η κεντρική ιδέα της μελέτης είναι να τοποθετηθεί ο μειωτήρας της στροβιλότητας, για μείωση του συντελεστή τοπικών απωλειών «K». Οι συσκευές στις οποίες εφαρμόστηκε είναι υδροφράκτης, βάνο πεταλούδας και σφαιρικός διακόπτης. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται ο μειωτήρας της στροβιλότητας [10].



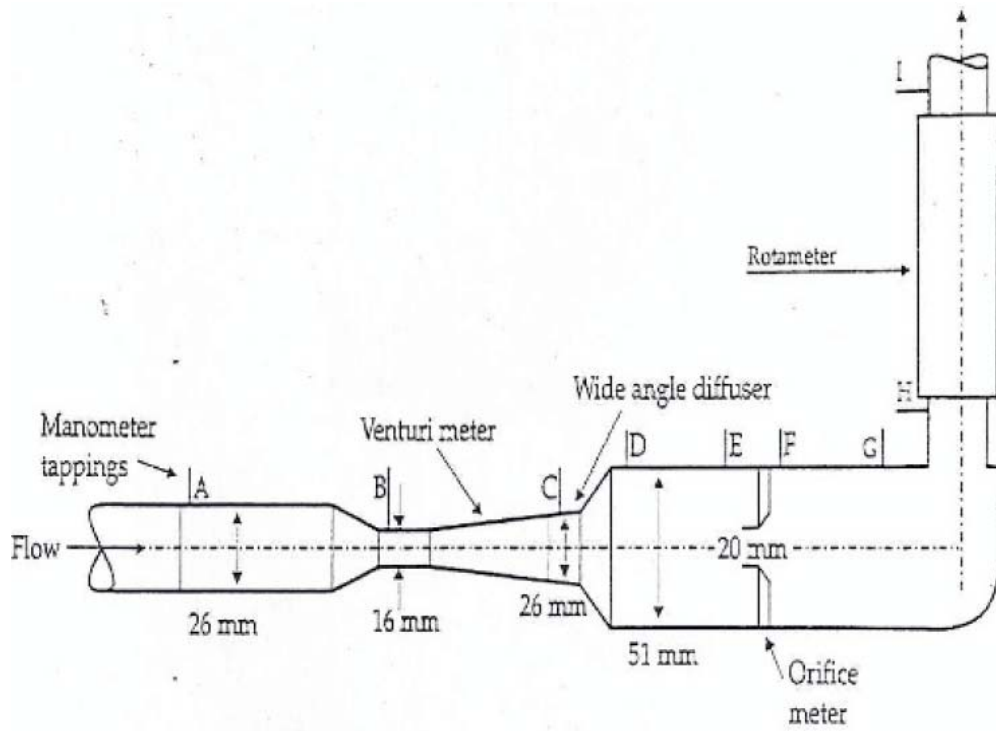
Σχήμα 2.11. Ροή με την επίδραση του μειωτήρα στροβιλότητας σε κυλινδρικό αγωγό [10]

2.2.4 Πειραματική διερεύνηση ροής ρευστού σε σύστημα οριζόντιων αγωγών διαφόρων γεωμετριών διατομής

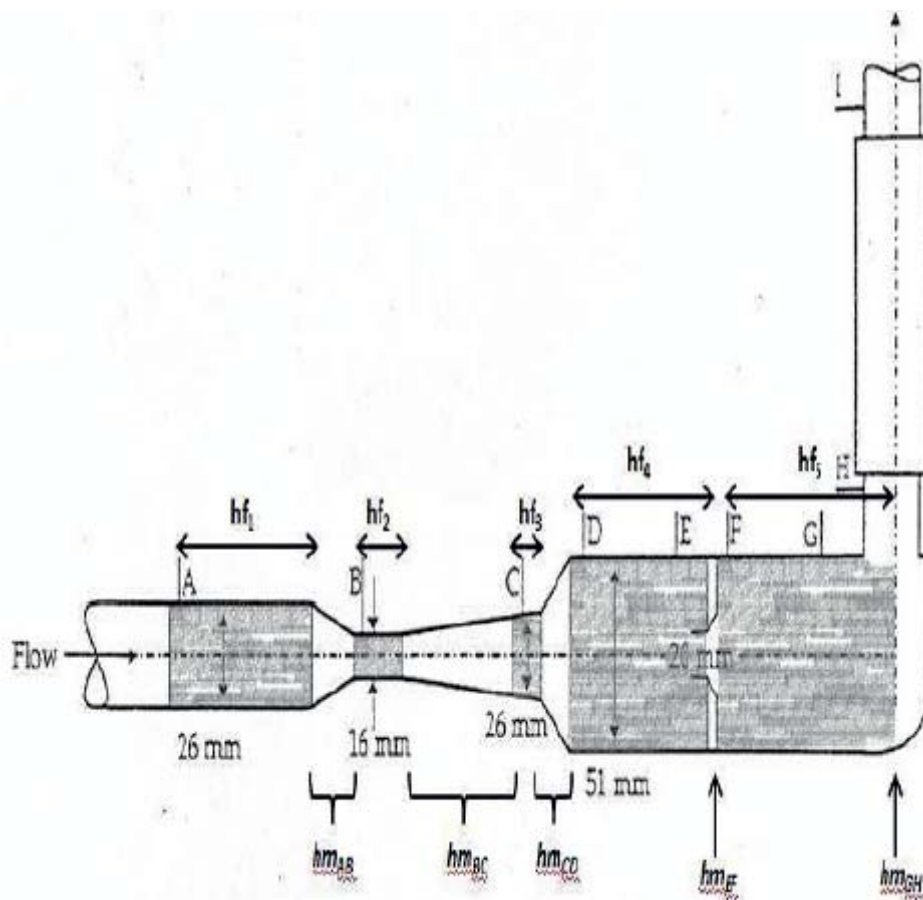
Οι Ε. Farsiroτου et al. στο άρθρο με τίτλο: «*Experimental investigation of fluid flow in horizontal pipes system of various cross-section geometries*», το 2014 μελέτησαν ασυμπίεστες ροές ρευστού σε σύστημα οριζόντιων αγωγών με αλλαγή διατομής κατά το μήκος αυτών. Η πειραματική διάταξη που εκτελέστηκε το πείραμα τους έλαβε χώρα στη σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλίας. Η παραπάνω διάταξη αποτελείται από οριζόντιο αγωγό, βαλβίδα σύρτη, αγωγό Venturi, διαστολικό ευρείας γωνίας, πλάκα στομίου (orifice plate), γωνία 90° και οπές λήψεις πίεσης (μανόμετρα στατικής πίεσης). Σκοπός ήταν ο υπολογισμός των απωλειών πίεσης της ροής της διάταξης για διάφορες τιμές της παροχής. Λόγω των αλλαγών της γεωμετρίας, είχαν τα μανόμετρα πίεσης στα σημεία που ήθελαν να διερευνήσουν. Στα παρακάτω σχήματα απεικονίζεται η πειραματική τους διάταξη [11].



Σχήμα 2.12. Πειραματικός εξοπλισμός μέτρησης απωλειών πίεσης του ΤΕΙ Θεσσαλίας [11]



Σχήμα 2.13. Σχηματική αναπαράσταση του πειραματικού εξοπλισμού [11]

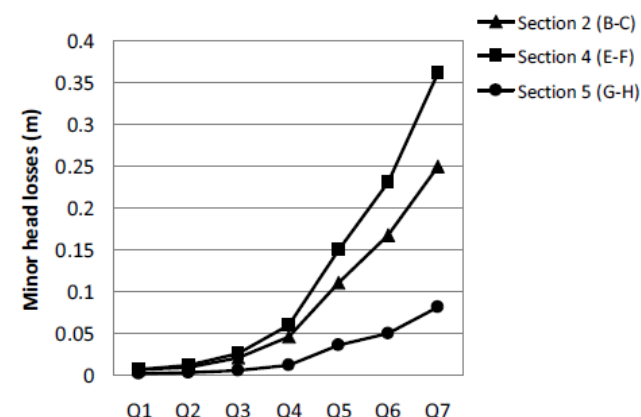


Σχήμα 2.14. Σημεία αναφοράς για τον προσδιορισμό των απωλειών πίεσης [11]

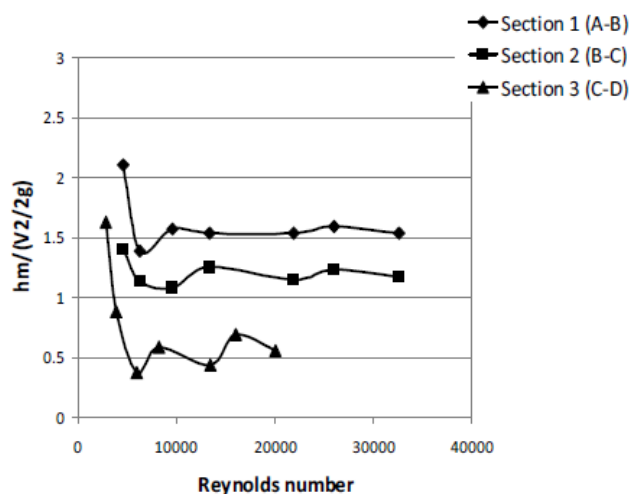
Στα αποτελέσματα τους βρέθηκε πως οι τοπικές απώλειες πίεσης αυξάνονται με το τετράγωνο της παροχής (Q_1 η μικρότερη και Q_7 η μεγαλύτερη), το οποίο ήταν αναμενόμενο βάσει της θεωρίας. Στα παρακάτω διαγράμματα απεικονίζεται ακριβώς αυτό το συμπέρασμα. Επιπλέον, δημιούργησαν και ένα διάγραμμα αδιάστατων τοπικών απωλειών συναρτήσει του αριθμού Reynolds (βλ. Σχήμα 2.16), στο οποίο φαίνεται η σταθεροποίηση των αδιάστατων απωλειών στην περίπτωση της τυρβώδους ροής [11].

Να σημειωθεί εδώ πως οι κλάδοι χωρίζονται ως εξής:

- A-B: Κλάδος οριζόντιου σωλήνα με συστολικό στο τέλος του κλάδου
- B-C: Κλάδος αγωγού Venturi
- C-D: Κλάδος διαστολικού
- D-E: Κλάδος οριζόντιου σωλήνα πριν την orifice plate
- E-F: Κλάδος πλάκας στομίου (orifice plate)
- F-G: Κλάδος οριζόντιου σωλήνα μετά την orifice plate
- G-H: Κλάδος καμπύλης γωνίας 90°



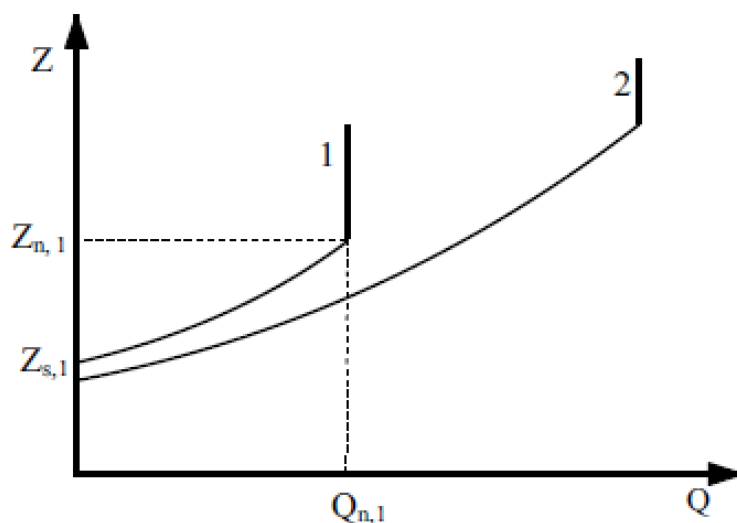
Σχήμα 2.15. Τοπικές απώλειες συναρτήσει των παροχών σε l/s (οριζόντιος άξονας) ανά περίπτωση κλάδων [11]



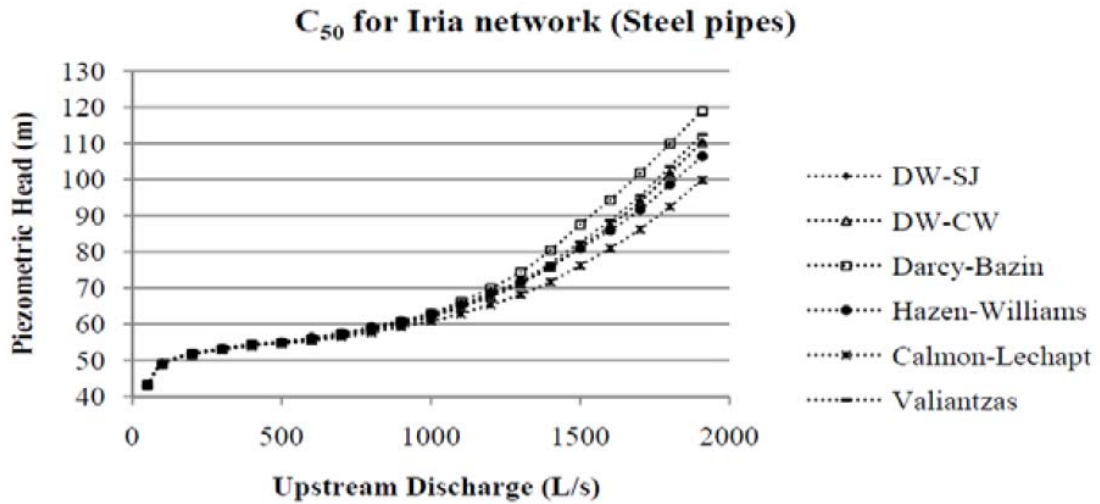
Σχήμα 2.16. Αδιάστατες τοπικές απώλειες συναρτήσει του αριθμού Reynolds [11]

2.2.5 Επίδραση γραμμικών απωλειών στην ανάλυση των δικτύων άρδευσης σε απαιτούμενη πίεση λειτουργίας

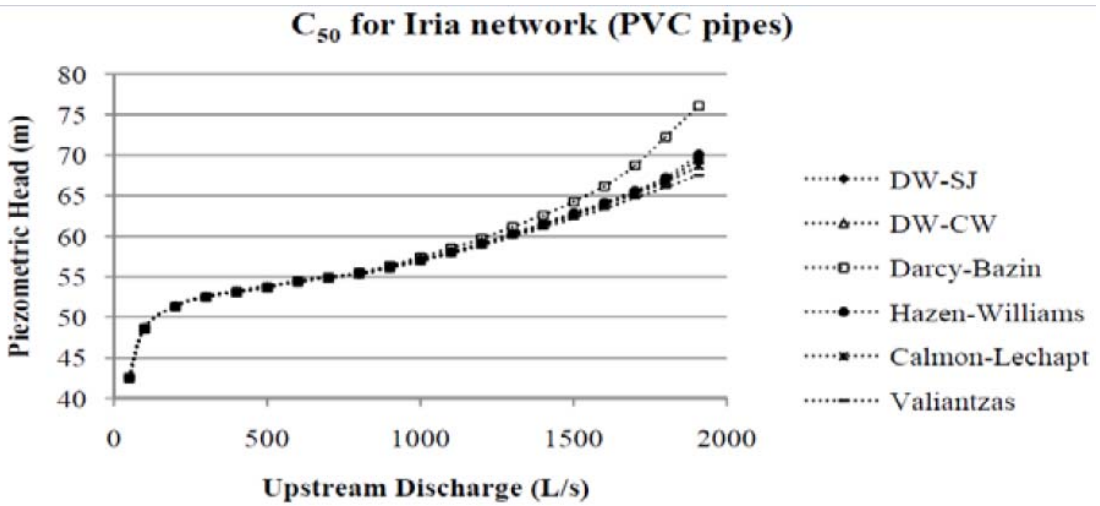
Οι Α. Steforoulou and Ν. Derkas στο άρθρο με τίτλο «*The effect of head losses evaluation on the analysis of pressurized irrigation networks operating on-demand*», το 2012 μελέτησαν δύο εγκατεστημένα ελληνικά συστήματα άρδευσης. Σκοπός τους ήταν η επίδραση των γραμμικών απωλειών στον προσδιορισμό των Χαρακτηριστικών Καμπυλών για την απαιτούμενη πίεση λειτουργίας. Προσδιόρισαν το συντελεστή τριβής με τρεις τρόπους, με την εξίσωση των Darcy – Weisbach, την αντίστοιχη των Colebrook – White και πειραματικά. Ενώ τις γραμμικές απώλειες τις υπολόγισαν με έξι τρόπους (βλ. Σχήμα 2.18). Οι υπολογισμοί που έκαναν βασίστηκαν στο πρόγραμμα ICARE software και σύγκριναν τις τιμές τραχύτητας που δίνει η βιβλιογραφία (για αγωγούς PVC και χάλυβα) με αυτά που υπολόγισαν. Τα αποτελέσματά τους, μετά από στατιστική ανάλυση είχαν μικρή απόκλιση σε σχέση με αυτήν της βιβλιογραφίας. Σύμφωνα με τους συγγραφείς κάτω της τάξεως του 0.206% σφάλμα για τους χαλύβδινους αγωγούς χρησιμοποιώντας την εξίσωση Darcy-Weisbach. Συμπεραίνουν πως η ανάλυσή τους είχε μεγάλη ακρίβεια. Γραφικά αποτύπωσαν τα ακόλουθα διαγράμματα [12]:



Σχήμα 2.17. Χαρακτηριστικές καμπύλες σωληνογραμμής αρδευτικών δικτύων [12]



Σχήμα 2.18. Γραμμικές απώλειες σε χαλύβδινο αγωγό σε άνοιγμα των ακροφυσίων στο 50% (C_{50}) [12]

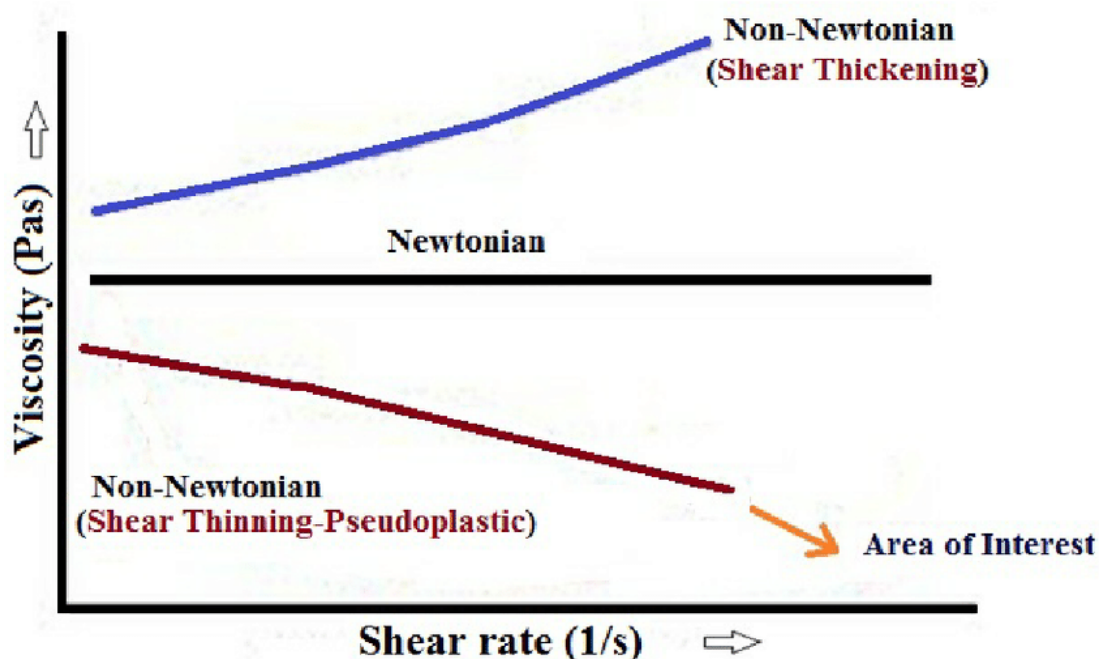


Σχήμα 2.19. Γραμμικές απώλειες σε αγωγό PVC σε άνοιγμα των ακροφυσίων στο 50% (C_{50}) [12]

Κεφάλαιο 3^ο Θεωρητικό Υπόβαθρο

3.1 Βασικοί ορισμοί

Ρευστό ορίζεται κάθε σώμα, το οποίο υπό διατμητική τάση, όσο μικρή κι αν είναι αυτή, δεν μπορεί να παραμείνει σε κατάσταση στατικής ισορροπίας. Δηλαδή, υπό την επίδραση μιας εφαπτομενικής δύναμης τα σώματα αυτά αλλάζουν σχήμα. Γενικά, στα ρευστά συμπεριλαμβάνονται τα υγρά και τα αέρια. Τα ρευστά διακρίνονται σε Νευτώνεια και μη Νευτώνεια. Στα Νευτώνεια, η σχέση μεταξύ διατμητικής τάσης και ταχύτητας παραμόρφωσης είναι γραμμική, σε αντίθεση με τα μη Νευτώνεια, όπου η σχέση μεταξύ του μέτρου της επιβαλλόμενης διατμητικής τάσης και της ταχύτητας παραμόρφωσης δεν είναι γραμμική όπως αποτυπώνεται στο Σχήμα 3.1 [13], [14].



Σχήμα 3.1. Ιξώδες συναρτήσει της ταχύτητας παραμόρφωσης σε νευτώνεια και μη νευτώνεια ρευστά. [15]

Τα ρευστά με βάση τις μεταβολές των φυσικών ιδιοτήτων μπορούν να ταξινομηθούν και σε συμπίεστα αλλά και ασυμπίεστα. Δηλαδή, κάτω από συνθήκες στατικής ισορροπίας μερικά ρευστά παρουσιάζουν ελάχιστη μεταβολή της πυκνότητας ακόμη και υπό την επίδραση υψηλών πιέσεων, τα ρευστά αυτά ορίζονται ως ασυμπίεστα. Συνεπώς, ασυμπίεστα καλούνται τα ρευστά, τα οποία διατηρούν σταθερή την πυκνότητα τους, ανεξάρτητα από την πίεση. Αντιθέτως, στα συμπίεστα ρευστά η πυκνότητα μεταβάλλεται συναρτήσει της πίεσης. Πρακτικά, δεν υπάρχει ρευστό απόλυτα ασυμπίεστο, διότι όλα τα ρευστά μεταβάλλουν την πυκνότητα τους συναρτήσει της πίεσης. Παρατηρείται ότι στα υγρά η πυκνότητα μεταβάλλεται ελάχιστα σε συνάρτηση με την πίεση, οπότε αυτή η πολύ μικρή συμπίεστικότητα των υγρών, οδηγεί και στην παραδοχή πως τα υγρά είναι ασυμπίεστα. Από την άλλη, στα αέρια αυτή η παραδοχή δεν μπορεί να γίνει, διότι η πυκνότητα μεταβάλλεται έντονα σε συνάρτηση με την πίεση [14].

Γραμμές ροής. Ορίζονται οι καμπύλες γραμμές στις οποίες οι ταχύτητες είναι εφαπτόμενες για συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Δηλαδή οι γραμμές ροής αποτελούν ένα στιγμιότυπο της ροής του πεδίου. Σε μόνιμο πεδίο ροής (ανεξάρτητη του χρόνου) οι γραμμές ροής είναι ίδιες κάθε χρονική στιγμή. Αντιθέτως σε μη μόνιμο πεδίο ροής αυτές αλλάζουν. Επιπλέον, εξ' ορισμού δύο γραμμές ροής δεν μπορούν να τέμνονται για την ίδια χρονική στιγμή, εκτός αν η ταχύτητα της ροής είναι μηδενική [16], [24].

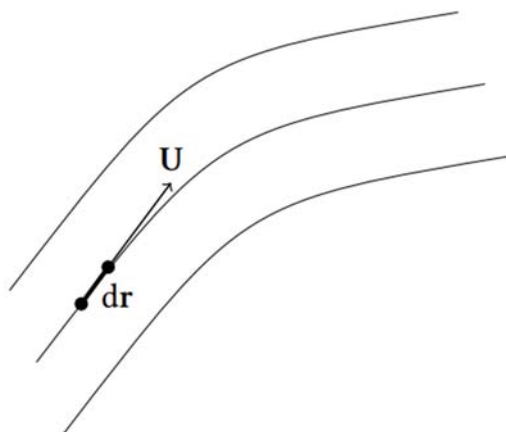
Οι εξισώσεις των γραμμών ροής δίνονται από την ακόλουθη σχέση:

$$\frac{dx}{u_x} = \frac{dy}{u_y} = \frac{dz}{u_z} \quad (1)$$

όπου:

x, y, z : Οι άξονες των τριών διαστάσεων

u_x, u_y, u_z : Συνιστώσες ταχυτήτων στους άξονες x, y, z



Σχήμα 3.2. Γραμμές ροής [16]

Ροϊκή Συνάρτηση. Ορίζεται ως η συνεχής συνάρτηση που περιγράφει την εξίσωση οποιαδήποτε γραμμής ροής για μία διδιάστατη και ασυμπίεστη ροή. Η ροϊκή συνάρτηση δίνεται από τις ακόλουθες διαφορικές εξισώσεις:

$$u_x = \frac{\partial \Psi}{\partial y} \quad (2) \quad \text{και} \quad u_y = -\frac{\partial \Psi}{\partial x} \quad (3)$$

όπου:

Ψ : Η ροϊκή συνάρτηση (η οποία είναι συναρτήσεσι του x, y)

u_x, u_y : Συνιστώσες ταχυτήτων στους άξονες x, y .

Επιπλέον, η ροϊκή συνάρτηση μπορεί να συσχετιστεί με την ογκομετρική παροχή του ρευστού. Η εξίσωση που συσχετίζει την ογκομετρική παροχή με τη ροϊκή συνάρτηση είναι εξής [16], [24]:

$$\dot{V}_{AB} = b \cdot |\Psi_B - \Psi_A| \quad (4)$$

όπου:

\dot{V}_{AB} : Η ογκομετρική παροχή που διέρχεται από δύο επιλεγμένα σημεία

Ψ_A, Ψ_B : Η ροϊκή συνάρτηση στα σημεία A (x_A, y_A) και B (x_B, y_B)

b: Βάθος της ροής.

3.2 Ιδιότητες των ρευστών

Κάθε χαρακτηριστικό που περιγράφει την κατάσταση ενός σώματος ονομάζεται ιδιότητα αυτού. Οι πιο γνωστές ιδιότητες των ρευστών είναι η πίεση, η θερμοκρασία, ο όγκος και η μάζα. Βέβαια, υπάρχουν και αρκετές ακόμα ιδιότητες που περιγράφουν την κατάσταση του ρευστού, όπως το ιξώδες, η πίεση τάσης ατμών, κλπ. Οι ιδιότητες χωρίζονται σε εντατικές και εκτατικές, όπου οι εντατικές είναι ανεξάρτητες της μάζας του συστήματος, σε αντίθεση με τις εκτατικές όπου οι τιμές των οποίων εξαρτώνται από το μέγεθος ή την έκταση του συστήματος. Εκτατικές ιδιότητες ανά μονάδα μάζας ονομάζονται ειδικές ιδιότητες [13].

Πίεση ή Ορθή Τάση – Διατμητική Τάση. Πίεση ορίζεται η εντατική ιδιότητα ενός ρευστού σε ηρεμία και είναι το πηλίκο της στοιχειώδους δύναμης dF προς την στοιχειώδη επιφάνεια dA στην οποία επιδρά. Η πίεση μπορεί να είναι ορθή ή διατμητική τάση. Στα ρευστά όμως, ως πίεση γενικά αναφερόμαστε στην ορθή τάση. Η πίεση δύναται να μεταβάλλεται σε συνάρτηση των τεσσάρων διαστάσεων, δηλαδή των τριών διαστάσεων του χώρου και της διάστασης του χρόνου. Μονάδα μέτρησης της πίεσης είναι το 1 Pa ή 1 N/m² στο S.I., επειδή σαν μονάδα μέτρησης είναι σχετικά μικρή χρησιμοποιούμε συχνά μονάδες όπως το 1 bar = 10⁵ Pa, ή τη 1 atm = 1,013·10⁵ Pa.

Ορθή τάση p ορίζεται η πίεση που προκαλείται από μία δύναμη F κάθετη στη μελετώμενη επιφάνεια A . Η ορθή τάση ή πίεση δίνεται από την ακόλουθη σχέση [17], [19]:

$$p = \frac{F}{A} \quad (5)$$

Διατμητική τάση ορίζεται η πίεση που προκαλείται από μία δύναμη T που εφάπτεται στη μελετώμενη επιφάνεια A , δηλαδή το πηλίκο της εφαπτόμενης δύναμης προς την επιφάνεια που ασκείται η δύναμη αυτή. Τέτοιες δυνάμεις εμφανίζονται κατά την επαφή του ρέοντος ρευστού με κάποιο άλλο σώμα (δυνάμεις τριβής ή διάτμησης ή οπισθέλκουσας). Η διατμητική τάση δίνεται από την ακόλουθη σχέση [17]:

$$\tau = \frac{T}{A} \quad (6)$$

Θερμοκρασία. Ορίζεται η εντατική ιδιότητα ενός σώματος που μετρά τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων του ρευστού. Σε συνδυασμό με την πίεση καθορίζει την κατάσταση του ρευστού. Επηρεάζει και πολλές άλλες ιδιότητες των ρευστών (πυκνότητα, ιξώδες, τάση ατμών κλπ). Η θερμοκρασία στο S.I. μετριέται σε K [18].

Ιξώδες. Ορίζεται η ιδιότητα του ρευστού που χαρακτηρίζει την αντίσταση στη ροή. Το φαινόμενο του ιξώδους επηρεάζει την απώλεια ενέργειας, τη δύναμη διάτμησης, το διαχωρισμό της ροής καθώς και άλλες παραμέτρους. Το ιξώδες χωρίζεται σε μοριακό «μ» και κινηματικό «ν». Η σχέση που συνδέει το μοριακό με το κινηματικό είναι $\mu = \nu \cdot \rho$ (7), όπου ρ η πυκνότητα του ρευστού [17].

Για τα νευτώνεια ρευστά η σχέση του μοριακού ιξώδους με τη διατμητική τάση είναι γραμμική και δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy} \quad (8)$$

Με τον όρο $\frac{du}{dy}$, ορίζουμε το ρυθμό διάτμησης ή ρυθμός παραμόρφωσης υπό την επίδραση διατμητικής τάσης. Το μοριακό ιξώδες μετριέται στο S.I. σε μονάδες Pa·s ενώ το κινηματικό ιξώδες αντίστοιχα σε μονάδες m²/s [14].

Πυκνότητα. Σε ένα ομογενές στοιχείο του ρευστού (χωρίς προσμίξεις) πυκνότητα ορίζεται το πηλίκο της στοιχειώδους μάζας dm προς τον αντίστοιχο στοιχειώδη όγκο dV . Αν όλο το ρευστό θεωρηθεί ομογενές (ίδια σύνθεση παντού) τότε προκύπτει η σχέση (9) [19]:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (9)$$

Η πυκνότητα εξ' ορισμού είναι συνάρτηση της πίεσης και της θερμοκρασίας. Για πολύ μικρές μεταβολές της πυκνότητας συναρτήσει της πίεσης τα ρευστά θεωρούνται ασυμπίεστα. Όπως και με την πίεση έτσι και η πυκνότητα δύναται να μεταβάλλεται και σε συνάρτηση των τεσσάρων διαστάσεων, δηλαδή τρεις του χώρου και μία του χρόνου [19].

Ειδικό βάρος. Ειδικό βάρος « γ » ενός ρευστού καλείται το γινόμενο της πυκνότητας « ρ » με την επιτάχυνση της βαρύτητας « g ». Επιπλέον, ορίζεται και ως το βάρος της μάζας « m » σε βαρυτικό πεδίο έντασης « g ». Για το ειδικό βάρος ισχύει η σχέση (10) [19]:

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (10)$$

3.3 Τύποι ροών

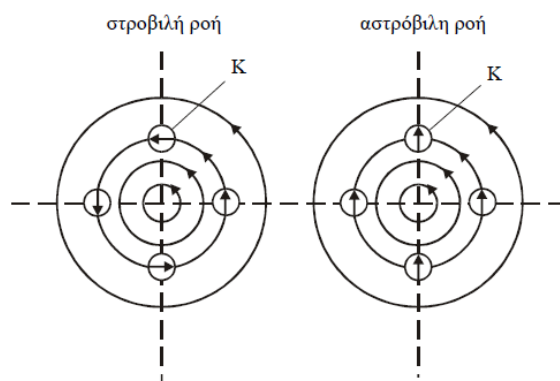
Ο κάθε τύπος ροής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και μάλιστα αρκετοί τύποι ροών μπορούν να συνυπάρχουν, π.χ. συνεκτική και ασυμπίεστη ροή. Οι τύποι ροών χωρίζονται ως προς τη μεταβολή της πυκνότητας του ρευστού (ασυμπίεστη και συμπίεστη), ως προς την ιδιοπεριστροφή των στοιχείων της ροής (αστρόβιλη και στροβιλή), ως προς την ύπαρξη ιξώδους (μη συνεκτική και συνεκτική), ως προς την εξάρτηση του χρόνου (μόνιμη και μη μόνιμη), ως προς την ομοιομορφία (ομοιόμορφη και ανομοιόμορφη), ως προς την εξάρτηση της ταχύτητας πάνω στους άξονες αναφοράς (μονοδιάστατη, δισδιάστατη και τρισδιάστατη), ως προς το λόγο

των αδρανειακών δυνάμεων και των δυνάμεων τριβής (στρωτή και τυρβώδης). Παρακάτω αναλύονται οι τύποι ροών [16], [24].

Ασυμπίεστη & συμπίεστη ροή. Ασυμπίεστη ροή ρευστού ορίζεται η ροή κατά την οποία οι μεταβολές της πυκνότητας σε όλη την έκταση του πεδίου της είναι αμελητέες. Σε αντίθετη περίπτωση έχουμε συμπίεστη ροή. Ένα εμπειρικό κριτήριο που χρησιμοποιείται για τη συμπίεστικότητα της ροής είναι ο αριθμός Mach (λόγος ταχυτήτων ροής προς την αντίστοιχη ταχύτητα ήχου σε συγκεκριμένη στατική θερμοκρασία). Αν ο αριθμός Mach είναι μικρότερος από 0.3 η ροή θεωρείται ασυμπίεστη, διαφορετικά θεωρείται συμπίεστη. Ένας εναλλακτικός τρόπος να ξεκαθαριστεί η συμπίεστικότητα της ροής είναι μέσω της κινηματικής, όπου θα πρέπει να ικανοποιείται η ακόλουθη διαφορική εξίσωση σε τρισδιάστατη ροή [16], [24]:

$$\frac{\partial u_x}{\partial x} + \frac{\partial u_y}{\partial y} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0 \quad (11)$$

Αστρόβιλη & στροβιλή ροή. Μία ροή είναι αστρόβιλη, όταν κανένα ροϊκό στοιχείο δεν περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του (ιδιοπεριστροφή), δηλαδή η γωνιακή ταχύτητα κάθε στοιχείου της ροής είναι μηδέν. Αυτό δεν σημαίνει ότι μία αστρόβιλη ροή, δεν επιτρέπει την περιστροφή γύρω από κάποιον άλλον άξονα. [20]



Σχήμα 3.3. Στοιχείο ρευστού σε στροβιλή και αστρόβιλη ροή [20]

Ως κριτήριο αστρόβιλης ροής δίνεται η ακόλουθη εξίσωση:

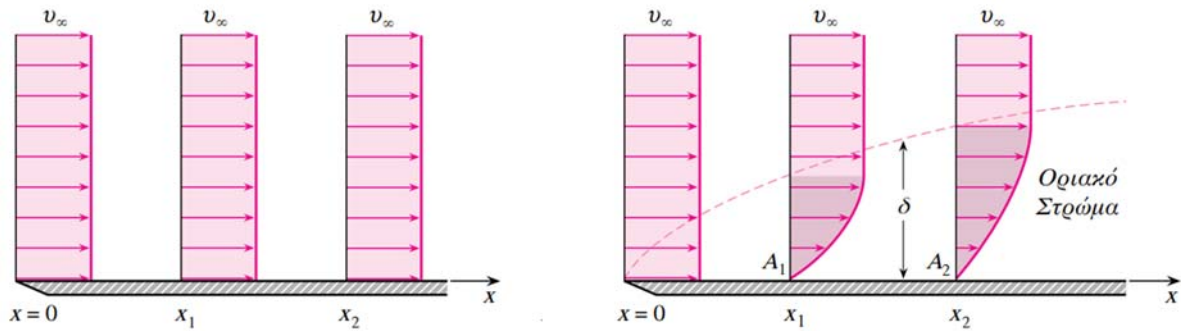
$$\omega = \frac{1}{2} \cdot \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ u_x & u_y & u_z \end{bmatrix} = 0 \quad (12)$$

Εναλλακτικά ορίζουμε το συντελεστή στροβιλότητας, οποίος για αστρόβιλη ροή θα πρέπει να ικανοποιεί την ακόλουθη διαφορική εξίσωση:

$$\zeta = \left[\vec{i} \cdot \left(\frac{\partial u_z}{\partial y} - \frac{\partial u_y}{\partial z} \right) - \vec{j} \cdot \left(\frac{\partial u_z}{\partial x} - \frac{\partial u_x}{\partial z} \right) + \vec{k} \cdot \left(\frac{\partial u_y}{\partial x} - \frac{\partial u_x}{\partial y} \right) \right] = 0 \quad (13)$$

Οι παραπάνω εξισώσεις, ισχύουν για καρτεσιανά πεδία ροής. Σε κυλινδρικές, και σφαιρικές συντεταγμένες, οι παραπάνω εξισώσεις έχουν πιο περίπλοκες μορφές [14], [20].

Μη συνεκτική & συνεκτική ροή. Μη συνεκτική ή άτριβη χαρακτηρίζεται η ροή στην οποία το ιξώδες της είναι μηδενικό. Τα ρευστά αυτής της κατηγορίας είναι ιδανικά. Επειδή στην πράξη όλα τα ρευστά έχουν μη μηδενικό ιξώδες, η έννοια της μη συνεκτικής ροής είναι ιδεατή. Η επίλυση των προβλημάτων μη συνεκτικής ροής, εκτός του ότι είναι πιο εύκολη, οδηγεί και στην πλήρη κατανόηση της ροής των πραγματικών ρευστών. Συμπεραίνεται εύκολα πως στην άτριβη ροή δεν υπάρχουν ιξώδεις τάσεις (διατμητικές). Αυτό απεικονίζεται άρτια και στο ακόλουθο σχήμα [16], [24]:



Σχήμα 3.4. Σύγκριση μη συνεκτικής (α) και συνεκτικής ροής (β) [16]

Για τις μη συνεκτικές ροές μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι εξισώσεις Euler, αντί του δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα, οι οποίες για κάθε άξονα (με κατακόρυφο άξονα το z) χωρίζονται σε:

$$\text{Άξονας } x: \rho \cdot \left(\frac{\partial u_x}{\partial t} + u_x \cdot \frac{\partial u_x}{\partial x} + u_y \cdot \frac{\partial u_x}{\partial y} + u_z \cdot \frac{\partial u_x}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x} \quad (14\alpha)$$

$$\text{Άξονας } y: \rho \cdot \left(\frac{\partial u_y}{\partial t} + u_x \cdot \frac{\partial u_y}{\partial x} + u_y \cdot \frac{\partial u_y}{\partial y} + u_z \cdot \frac{\partial u_y}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial y} \quad (14\beta)$$

$$\text{Άξονας } z: \rho \cdot \left(\frac{\partial u_z}{\partial t} + u_x \cdot \frac{\partial u_z}{\partial x} + u_y \cdot \frac{\partial u_z}{\partial y} + u_z \cdot \frac{\partial u_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} - \rho \cdot g \quad (14\gamma)$$

όπου:

ρ : πυκνότητα ρευστού

g : επιτάχυνση της βαρύτητας

p : κατανομή πίεσης συναρτήσει των t (χρόνος) και των θέσεων στους άξονες x, y, z .

Στην περίπτωση της ιξώδους ροής (ροή πραγματικών ρευστών), επηρεάζεται πάρα πολύ από την επαφή με ένα στερεό σώμα όπως φαίνεται και στο Σχήμα 3.4. Κατά την επαφή του ρευστού με το στερεό (σημείο $x = 0$) επικρατεί η συνθήκη «μη ολίσθησης», δηλαδή το στοιχείο της ροής σε εκείνο το σημείο αποκτά ακαριαία την ταχύτητα του στερεού σώματος. Πέρα από τη συνθήκη μη ολίσθησης, επικρατεί και η συνθήκη «μη διείσδυσης», όπου τα στοιχεία της ροής δεν διαπερνούν τα όρια των στερεών σωμάτων. Κοντά στα όρια του τοιχώματος και όσο αναπτύσσεται η ροή, παρατηρείται και η ανάπτυξη οριακού στρώματος (επιρροή των ιξωδών τάσεων σε

πραγματική ροή). Τα στοιχεία της ροής που βρίσκονται εντός του οριακού στρώματος έχουν χαμηλότερη ταχύτητα με τα αντίστοιχα εκτός αυτού [16], [24].

Μόνιμη & μη μόνιμη ροή. Μόνιμη ροή ορίζεται η ροή κατά την οποία όλες οι μεταβλητές του πεδίου ροής σε όλη του την έκταση παραμένουν σταθερές με το χρόνο. Αντιθέτως αν έστω και μία μεταβλητή εξαρτάται από το χρόνο, τότε ορίζεται ως μη μόνιμη. Δηλαδή, αν ορίσουμε τυχαία μεταβλητή της ροής Ω , η μόνιμη ροή θα πρέπει να μην παραβιάζει το ακόλουθο κριτήριο μερικής παραγωγού [16], [24]:

$$\frac{\partial \Omega(x, y, z)}{\partial t} = 0 \quad (15)$$

όπου: x, y, z οι τρεις άξονες του χώρου.

Αν η μεταβλητή Ω εκφράζει ταχύτητα, η παραπάνω συνθήκη θα πρέπει να είναι σταθερή ως μέτρο, ως διεύθυνση και ως φορά του διανύσματος της ταχύτητας.

Ομοιόμορφη & ανομοιόμορφη ροή. Ομοιόμορφη ονομάζεται η ροή στην οποία το μέτρο και η διεύθυνση του διανύσματος της ταχύτητας είναι σταθερά κατά το μήκος οποιαδήποτε γραμμής ροής και γενικότερα του πεδίου ροής. Επομένως, οι γραμμές ροής των πεδίων ομοιόμορφης ροής είναι ευθείες γραμμές, παράλληλες μεταξύ τους. Σε περίπτωση που έχουμε καμπύλες γραμμές ροής, προκύπτει μεταβολή της διεύθυνσης της ταχύτητας, άρα δεν έχουμε ομοιόμορφη ροή.

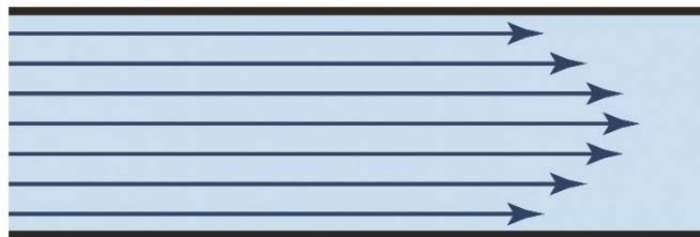
Ανομοιόμορφη ονομάζεται η ροή στην οποία και το μέτρο και η διεύθυνση του διανύσματος της ταχύτητας δεν είναι σταθερά κατά το μήκος των γραμμών ροής [16], [24].

Μονοδιάστατη – Διδιάστατη – Τριδιάστατη ροή. Μονοδιάστατη ονομάζεται η ροή κατά την οποία η ταχύτητα του ρευστού μεταβάλλεται προς έναν και μόνον άξονα (λόγου χάριν τον άξονα x). Υπάρχει περίπτωση να μεταβάλλεται και με το χρόνο.

Δισδιάστατη ονομάζεται η ροή κατά την οποία η ταχύτητα του ρευστού μεταβάλλεται προς δύο άξονες. Ομοίως μπορεί να μεταβάλλεται και με το χρόνο.

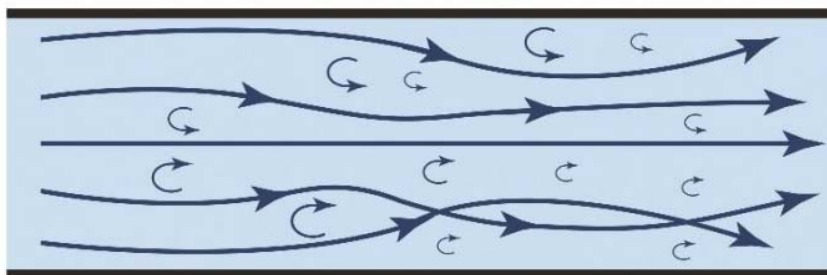
Τρισδιάστατη ονομάζεται η ροή κατά την οποία η ταχύτητα του ρευστού μεταβάλλεται προς τρεις άξονες. Ομοίως μπορεί να μεταβάλλεται και με το χρόνο [16], [24].

Στρωτή ροή. Ορίζεται η ιξώδης ροή κατά την οποία τα σωματίδια του ρευστού κινούνται ομαλά και κατά στρώματα. Σε κάθε στρώμα η κατανομή της ταχύτητας είναι ομοιόμορφη σ' όλη την έκταση της εγκάρσιας διατομής του στρώματος, συνεπώς, δεν υπάρχει συνιστώσα ταχύτητας κατά τη διεύθυνση την κάθετη προς τη φορά κίνησης του ρευστού [16], [24].



Σχήμα 3.5. Αποτύπωση στρωτής ροής [21]

Τυρβώδης ροή. Ορίζεται η ιξώδης ροή κατά την οποία τα σωματίδια του ρευστού κινούνται σε ακανόνιστες τροχιές προς όλες τις κατευθύνσεις κατά εντελώς τυχαίο τρόπο. Η ροή αυτή δεν είναι μόνιμη και είναι υψηλής διάχυσης (αυξημένες διατμητικές τάσεις με τα στερεά τοιχώματα) [16], [24].



Σχήμα 3.6. Αποτύπωση τυρβώδης ροής [21]

Μεταβατική ροή. Η μεταβατική ροή (transitional flow) είναι το στάδιο ανάμεσα στη στρωτή και την τυρβώδη ροή [16].

Αριθμός Reynolds. Το αν η ροή ενός ρευστού σε κλειστό κυλινδρικό αγωγό είναι στρωτή ή τυρβώδης, καθορίζεται, από τον αδιάστατο αριθμό Reynolds (λόγος δυνάμεων αδράνειας προς δυνάμεων συνεκτικότητας) [16]:

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} \quad (16)$$

όπου:

V : η ταχύτητα του υγρού,

d : η διάμετρος του σωλήνα και ν το κινηματικό ιξώδες.

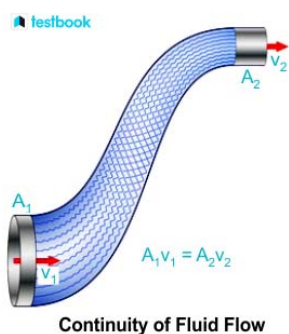
Για τιμές του αριθμού Reynolds μικρότερες του 2000 ($Re < 2000$), η ροή είναι στρωτή. Ακολουθεί μια κρίσιμη περιοχή στην οποία η ροή μετατρέπεται σταδιακά σε τυρβώδη ($2000 < Re < 4000$ περίπου). Για μεγαλύτερες τιμές του Re ($Re > 4000$) η ροή είναι τυρβώδης [14], [19].

Αναπτυγμένη – αναπτυσσόμενη ροή. Αναπτυγμένη ορίζεται η ροή κατά την οποία τα οριακά στρώματα που δημιουργούνται σε κλειστό αγωγό τέμνονται στο σημείο συνάντησης. Αναπτυσσόμενη ροή ορίζεται η ροή κατά την οποία ακόμα τα οριακά στρώματα δεν φτάσανε ακόμα το σημείο συνάντησης τους. Αν η ροή έχει περάσει ένα συγκεκριμένο μήκος (μήκος εισόδου) θεωρείται πλήρως αναπτυγμένη [24].

Στην παρούσα εργασία λαμβάνουμε υπόψη πως η ροή μας είναι ασυμπίεστη (επειδή το ρευστό που χρησιμοποιείται είναι το νερό), συνεκτική (εφόσον υπολογίζουμε απώλειες ενέργειας), μονοδιάστατη (θεώρηση πλήρους ανεπτυγμένης ροής).

3.4 Εξίσωση συνέχειας – Αρχή διατήρησης της μάζας

Η εξίσωση συνέχειας γνωστή και ως αρχή διατήρησης της μάζας, περιγράφει τη διατήρηση της μάζας σε κλειστό σύστημα, αλλά και τη διατήρηση της παροχής μάζας (ρυθμός μεταβολής μάζας συναρτήσει του χρόνου) σε ανοιχτό σύστημα. Ως σύστημα στην υδροδυναμική θεωρείται ένας ορισμένος όγκος ελέγχου, όπου πρόκειται για ανοιχτό σύστημα. Σε παραδοχή ασυμπίεστου ρευστού η ογκομετρική παροχή (γινόμενο της διατομής και της μέσης ταχύτητας ροής) παραμένει σταθερή, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, η μείωση της διατομής επιφέρει αύξηση της ταχύτητας [15].



Σχήμα 3.7. Η αρχή της συνέχειας των ρευστών [23]

3.5 Εξίσωση ενέργειας - εξίσωση Bernoulli

Η εξίσωση Bernoulli ή αλλιώς εξίσωση ενέργειας, βασίζεται στην αρχή διατήρησης της ενέργειας των ρευστών.

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2 + \rho \cdot g \cdot y_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2 + \rho \cdot g \cdot y_2 + p_{\text{απωλειών}} \quad (17)$$

όπου

p : στατική πίεση ρευστού

ρ : πυκνότητα ρευστού

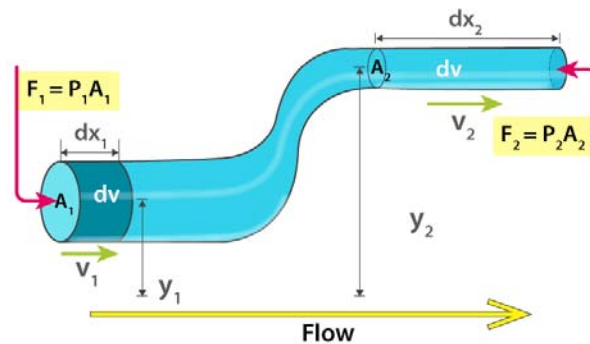
v : ταχύτητα ρευστού

g : επιτάχυνση της βαρύτητας

y : σημειακή θέση (ύψος)

$p_{\text{απωλειών}}$: πίεση απωλειών λόγω τριβής

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η αρχή διατήρησης της ενέργειας σε αγωγό, και ουσιαστικά πως προκύπτει η εξίσωση Bernoulli [26].



Σχήμα 3.8. Η αρχή διατήρησης της ενέργειας στη ροή των ρευστών [26]

Να σημειωθεί πως το θεώρημα Bernoulli, μελετά ιδανικές (χωρίς απώλειες) και ασυμπίεστες ροές. Η μορφή που μελετά τις απώλειες ονομάζεται εξίσωση ενέργειας. Οι απώλειες αυτές χωρίζονται σε γραμμικές (κύριες απώλειες) και τοπικές (δευτερεύουσες απώλειες).

3.6 Γραμμικές & τοπικές απώλειες

Ο Henry Darcy (1803-1858) ήταν ένας Γάλλος μηχανικός, ο οποίος το 1857 πραγματοποιώντας πειράματα ροής σε σωλήνες, μελέτησε για πρώτη φορά την επίδραση της τραχύτητας των σωλήνων στη ροή.

Εάν θεωρήσουμε ότι η ροή που γίνεται στο όγκο ελέγχου του σωλήνα, ο οποίος έχει μήκος Δx και περιορίζεται από τις διατομές 1 και 2. Ο άξονας του σωλήνα λαμβάνεται κατά τη διεύθυνση της ροής x και σχηματίζει γωνία φ με την οριζόντια διεύθυνση. Η ροή μπορεί να γίνεται εξαιτίας της διαφοράς πίεσης $\Delta p = p_1 - p_2$ (18) ή και της διαφοράς στάθμης $\Delta z = z_1 - z_2$ (19) μεταξύ των διατομών 1 και 2. Έτσι για ένα μήκος αγωγού L , σύμφωνα με τους Darcy και Weisbach οι γραμμικές απώλειες (εκφρασμένες σε ύψος πίεσης) λόγω τριβής, δίνονται από την παρακάτω σχέση:

$$\Delta h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (20)$$

Δh_f : γραμμικές απώλειες (m)

f : αδιάστατος συντελεστής τριβής

L και D : μήκος και διάμετρος του αγωγού (m)

V : ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/sec)

Οι τοπικές απώλειες (ή αλλιώς δευτερεύουσες) υπολογίζονται από την εμπειρική εξίσωση ως:

$$\Delta h_K = K \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (21)$$

Δh_K : τοπικές απώλειες (m)

K : αδιάστατος συντελεστής τοπικών απωλειών

Συνεπώς οι συνολικές απώλειες συναρτήσει της παροχής δίνεται από την εξίσωση (για αγωγούς κυκλικής διατομής):

$$\Delta h_{losses} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + K \frac{V^2}{2g} = \left(\frac{8 \cdot f \cdot L}{\pi^2 \cdot D^5 \cdot g} + \frac{8 \cdot K}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot g} \right) \cdot Q^2 \quad (22)$$

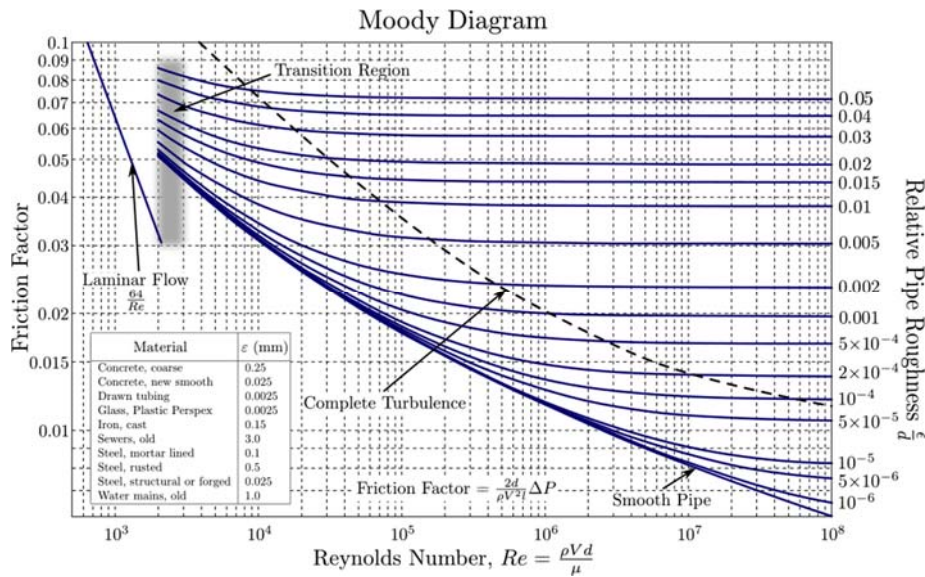
Ο συντελεστής τοπικών απωλειών K εξαρτάται από το είδος του στοιχείου (ή αλλιώς εξαρτήματα σωλήνων) που «εμποδίζει» τη ροή κατά τη διέλευση της. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν οι θεωρητικές τιμές του K για τα περισσότερα των στοιχείων, που χρησιμοποιούνται είτε για βιομηχανική είτε για οικιακή χρήση. Στην παρούσα εργασία ο στόχος είναι η σύγκριση των θεωρητικών τιμών K με τα αντίστοιχα πειραματικά. Συγκεκριμένα, για στοιχεία όπως καμπύλες και γωνίες αλλαγής κατεύθυνσης, σφαιρικές, συρταρωτές βάνες, απότομες συστολές και διαστολές διατομής. Για αρκετά εξαρτήματα δεν δίνονται οι βιβλιογραφικές τιμές του K , αυτό διότι θεωρείται περίπλοκη η γεωμετρία της ροής εντός του στοιχείου, συνεπώς αυτά τα στοιχεία θα υπολογιστούν μόνο πειραματικά [22].

Η εξίσωση Darcy-Weisbach ονομάστηκε έτσι, επειδή την πρότεινε ο Γερμανός καθηγητής Julius Weisbach (1945), ο οποίος δημοσίευσε το πρώτο σύγχρονο βιβλίο υδροδυναμικής. Να σημειωθεί πως για την εφαρμογή της εξίσωσης των Darcy – Weisbach, η ροή θα πρέπει να είναι μόνιμη και πλήρως ανεπτυγμένη [24].

3.7 Σχήμα Moody

Το 1944 ο Lewis Ferry Moody αποτύπωσε σε ένα αδιάστατο σχήμα την εξάρτηση του συντελεστή τριβής (f) με τον αριθμό Reynolds (Re) από πειραματικές μετρήσεις του Johann Nikuradse και άλλες πηγές όπως η ανάλυση περίπου 10000 πειραμάτων του Reginald JS Pigott. Δημιουργήθηκε έτσι το Διάγραμμα του Moody με τη βοήθεια τριών αδιάστατων ποσοτήτων δηλαδή το f , το Re και το λόγο της τραχύτητας του αγωγού προς την εσωτερική του διάμετρο $\frac{\epsilon}{D}$. Τα παραπάνω εφαρμόστηκαν για αγωγούς διαφορετικής τραχύτητας έτσι ώστε να καλύπτουν το εύρος τραχυτήτων που είχαν οι αγωγοί που κατασκευάζονταν ώστε να υπάρχει πρακτικό ενδιαφέρον κατά τη χρήση του. Με αυτό μπορεί να υπολογιστεί άμεσα ο f με αρκετά ικανοποιητική ακρίβεια. Δύναται να αποδώσει αποτελέσματα του f για ροές σε κυκλική ή μη κυκλική διατομή σε κλειστούς ή ανοιχτούς αγωγούς για στρωτή ή τυρβώδη και πλήρως ανεπτυγμένη ροή. Να σημειωθεί ότι το Σχήμα Moody για τιμές αριθμού $Re > 4000$ απεικονίζεται ικανοποιητικά από την εξίσωση του Colebrook. Επίσης μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι για σταθερή τιμή του αριθμού Re η αύξηση της τραχύτητας αποδίδει αύξηση του f και αντίθετα. Η καμπύλη του συντελεστή f ως προς των αριθμό

Re για λόγο $\frac{\epsilon}{D} \approx 0$ χαρακτηρίζει του υδραυλικά λείους αγωγούς. Η διακεκομμένη γραμμή του διαγράμματος Moody είναι το όριο της περιοχής της πλήρους ανεπτυγμένης τυρβώδους ροής μετά τα στάδια της στρωτής και της μεταβατικής κατάστασης σε τυρβώδη ροή. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι η γήρανση ενός αγωγού συνήθως μεταβάλλει το συντελεστή τριβής σε σχέση με ένα νέο αγωγό και αυτό οφείλεται σε διάφορους μηχανισμούς που αλλάζουν την τραχύτητα του αγωγού [22], [25], [27]:



Σχήμα 3.9. Σχήμα Moody [27]

Οι σωλήνες στο εμπόριο χαρακτηρίζονται από την ονομαστική διάμετρο DN, την ονομαστική πίεση PN (Pressure Nominal) το πάχος του τοιχώματός τους (b) και το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένοι. Το πάχος του τοιχώματος των σωλήνων υποδηλώνεται με έναν αριθμό σειράς (N) ή συντομογραφία λέξεων που υποδηλώνει κατηγορία πάχους τοιχώματος. Το υλικό αλλά και η μέθοδος κατασκευής τους καθορίζει την τραχύτητά τους. Η ονομαστική διάμετρος DN (Diameter Nominal), ανάλογα με το μέγεθος ή το υλικό κατασκευής, είναι η κατά προσέγγιση (είτε εσωτερική είτε εξωτερική) εγκάρσια διάμετρος τους σε mm. Ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, οι σωλήνες εμπορίου ονομάζονται χαλυβδοσωλήνες ή σιδηροσωλήνες, χαλκοσωλήνες, μολυβδοσωλήνες ή πλαστικοί σωλήνες (π.χ. PVC) κλπ. Οι σωλήνες εμπορίου συνοδεύονται πάντα από παραστατικά έγγραφα όπως πιστοποιητικά συμμόρφωσης, τυποποίηση, σήμα καταλληλότητας, προδιαγραφές κατασκευής, κλπ. [24], [25].

Κεφάλαιο 4^ο Μεθοδολογία

4.1 Σχεδιασμός της πειραματικής διάταξης

Η πειραματική διάταξη έχει ως σκοπό τη διεξαγωγή σχετικών πειραμάτων για το προσδιορισμό του ύψους γραμμικών (με υπολογισμό του συντελεστή τριβής « f ») και τοπικών απωλειών (με προσδιορισμό του συντελεστή τοπικών απωλειών « K ») σε υδραυλικές σωληνώσεις. Η εξολοκλήρου πειραματική διάταξη θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην προπτυχιακή εκπαίδευση φοιτητών και στις εργαστηριακές ασκήσεις του Εργαστηρίου Μηχανικής των Ρευστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν επιλέχθηκαν τα αντίστοιχα όργανα (μανόμετρα, παροχόμετρα, κλπ.) με το οικονομικότερο δυνατό κόστος.



Σχήμα 4.1. Φάση προκατασκευής της πειραματικής διάταξης.

Η κατασκευή της πειραματικής διάταξης, όπως φαίνεται στη παραπάνω Σχήμα 4.1, αποτελείται από τρία (3) ξεχωριστά υδραυλικά κυκλώματα (κλάδους). Κάθε ένα από τα τρία κυκλώματα περιλαμβάνει κάποιον αριθμό εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή σωληνογραμμών. Όλες οι σωληνογραμμές είναι κατασκευασμένες από PVC σωλήνες κυκλικής διατομής (Παράρτημα Α).

Ο πειραματικός εξοπλισμός αποτελείται από αντλία, δεξαμενή νερού, μανόμετρα, παροχόμετρα, σωλήνες, λήψεις στατικής πίεσης, συστολές, διαστολές, βαλβίδες, συνδέσμους, καμπύλες 90° και γωνίες 90°. Κατάντη της αντλίας τοποθετείται μια αντεπίστροφη βαλβίδα ώστε να προσαρμόσει κατάλληλα τη ροή του νερού στην

κατάθλιψη της αντλίας, αφενός για να μην έχουμε επιστροφή του νερού προς την αντλία, αφετέρου για την πλήρωση του δικτύου.

Το συνολικό ύψος της εγκατάστασης είναι 2.05 μέτρα και το συνολικό πλάτος είναι 4.55 μέτρα. Το υψηλότερο επίπεδο της διάταξης είναι εύκολα προσβάσιμο. Το επιλεγμένο υγρό για τα πειράματα είναι το νερό, το οποίο όπως προαναφέρθηκε θεωρείται ως ασυμπίεστο. Κάθε κλάδος αναλύεται ως εξής:

Ο κλάδος Α αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα PVC-U (Στοιχεία) μήκους 0.80 m το καθένα:

- Στοιχείο 1: Αγωγός PVC Φ32 Μήκους 0.80 m, $d_{εσωτ.} = 0.0272$ m
- Στοιχείο 2: Αγωγός PVC Φ32 Μήκους 0.80 m με καμπύλη 90° (με $r = 2D$)
- Στοιχείο 3: Αγωγός PVC Φ32 Μήκους 0.80 m με καμπύλη 90° (με $r = 2D$)
- Στοιχείο 4: Αγωγός PVC Φ32 Μήκους 0.80 m με καμπύλη 90° (με $r = 2D$)

Ο κλάδος Β αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα PVC-U (Στοιχεία) :

- Στοιχείο 1: Globe Valve 1" Ορειχάλκινη Βάνα
- Στοιχείο 2: Αγωγός PVC Φ32 Μήκους = 0.775 m, $d_{εσωτ.} = 0.0272$ m
- Στοιχείο 3: Gate Valve 1" Ορειχάλκινη Βάνα (Συρτη)
- Στοιχείο 4: Αγωγός PVC Φ32 Μήκους 0.80 m με γωνία 90°

Ο κλάδος Γ αποτελείται από τα παρακάτω τμήματα PVC-U (Στοιχεία) :

- Στοιχείο 1: Λυόμενος Σύνδεσμος (Ρακόρ) Φ32
- Αγωγός PVC Φ32 Μήκους 0.80m, $d_{εσωτ.} = 0.0272$ m
- Στοιχείο 3: Αγωγός PVC Φ32 Μήκους 0.80 m με ρακόρ και γωνία 90°
- Στοιχείο 4: Αγωγός PVC Φ32 Μήκους 0.80 m με γωνία 90°
- Στοιχείο 5: Απότομη Διαστολή Φ32 x Φ40
- Στοιχείο 6: Αγωγός PVC Φ40 μήκους 0.80 m, $d_{εσωτ.} = 0.0340$ m
- Στοιχείο 7: Απότομη Συστολή Φ40 x Φ32

Ο κλάδος Γ εναλλακτικά μετατρέπεται σε ένα νέο κλάδο Γ που ως στόχο έχει να υπολογιστούν η γραμμικές απώλειες σε Γαλβανιζέ Χαλυβδοσωλήνα 1" μήκους 1.48 m τύπου EN 10255 ISO medium αυτό επιτυγχάνεται αποσυναρμολογώντας το στοιχείο 1 και μέρος του στοιχείου 2 του κλάδου Γ με PVC-U στοιχεία (από λυόμενους συνδέσμους ρακόρ Φ32, που έχουν προβλεφθεί για το σκοπό αυτό), και στη θέση αυτών τοποθετείται ο ευθύγραμμος χαλύβδινος και γαλβανισμένος σωλήνας 1". Έτσι ώστε να έχουμε τη δυνατότητα να υπολογίσουμε γραμμικές απώλειες σε διαφορετικό υλικό, με σημαντικά διαφορετική τιμή τραχύτητας. Έτσι ο γαλβανισμένος σωλήνας αποτελεί το μοναδικού ενδιαφέροντος στοιχείο του νέου κλάδου Γ. (Παράρτημα Α)

4.2 Κατασκευή της διάταξης

Αρχικά έγινε σχεδιασμός μιας πειραματικής διάταξης για τη διεξαγωγή βασικών πειραμάτων μηχανικής των ρευστών. Η διαδικασία σχεδιασμού ξεκίνησε με την επιλογή των εφαρμογών που επρόκειτο να ληφθούν υπόψη σε αυτή τη μελέτη. Έτσι, ως βασικό θέμα μελέτης επιλέχθηκε η παρατήρηση και η καταγραφή των υδραυλικών απωλειών ροής μέσω σωλήνων. Οι βασικοί «μηχανισμοί» υδραυλικών απωλειών όπως οι απώλειες λόγω τριβής, οι απώλειες σε καμπύλες, βαλβίδες και διακλαδώσεις συμπεριλήφθηκαν στο σχεδιασμό της πειραματικής διάταξης.

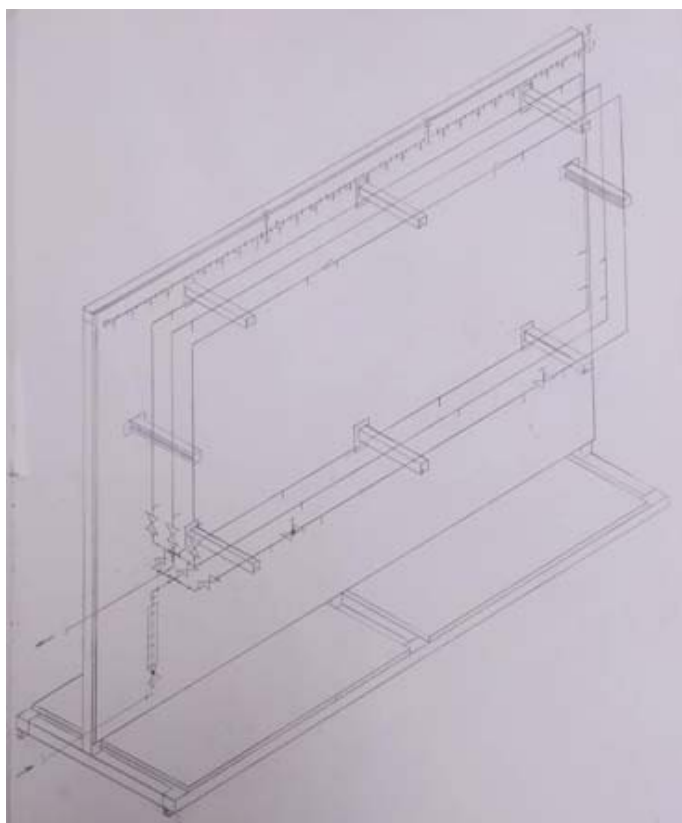
Στη συνέχεια ακολουθείται μία μεθοδική πορεία εργασίας βασισμένη στις αρχές του μηχανολογικού σχεδιασμού. Ξεκινώντας με τη μορφή απλού ελεύθερου σχεδίου, ένα στάδιο σχέδιο-μελέτης όπου γινόταν η “διασάφηση του προβλήματος”. Συγκεντρώνοντας πληροφορίες της φυσικής του προβλήματος και των υλικών, όπου θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για μία τέτοια κατασκευή. Κάποιες φορές αναθεωρήθηκαν διάφορα σενάρια λύσεων με σκοπό τη βέλτιστη λύση. Αναγνωρίζοντας τις απαιτήσεις και τις επιθυμίες των εμπλεκομένων της εργασίας αυτής. Παράλληλα με μία οικονομική και κατασκευαστικών δυνατοτήτων έρευνα, προέκυψε το επικρατέστερο σενάριο, το οποίο και προτάθηκε στους αρμόδιους του εργαστηρίου [28].

Στο σενάριο (βλ. Σχήμα 4.2) αυτό έγιναν απαραίτητες και αναγκαίες διορθώσεις-συμπληρώσεις που αναφέρονται παρακάτω.

Αφού επιλέχθηκαν τα πειράματα που επρόκειτο να διεξαχθούν, σχεδιάστηκε η κατάλληλη με το καθορισμό τελικών διαστάσεων και την επιλογή κύριων εξαρτημάτων – συσκευών. Αυτά περιλαμβάνουν τα εξής: την αντλία, τις διαστάσεις, το είδος σωλήνων, τη δεξαμενή νερού που μας παρέχει η σχολή, τα παροχόμετρα, τα μανόμετρα καθώς και το πλήθος και τις θέσεις λήψεων στατικής πίεσης.

Η τελική λύση που προέκυψε σε μεγάλο ποσοστό επιλέχθηκε στην κατασκευή, δημιουργώντας κατασκευαστικά σχέδια αλλά και μία πιο εμπειριστατωμένη έρευνα υλικών και διαφόρων άλλων παραγόντων. Όμως κατασκευαστικά ζητήματα αλλά και εργονομίας της ίδιας της διάταξης δημιούργησαν την ανάγκη για κάποιες τελικές διορθώσεις - αλλαγές έως και τη φάση έναρξης των δοκίμων αφού δηλαδή ήταν σχεδόν ολοκληρωμένη η κατασκευή.

Η κατασκευή έγινε σε φάσεις με την προμήθεια των ανάλογων υλικών για την κάθε μία ξεχωριστά.



Σχήμα 4.2. Σκαρίφημα πειραματικής διάταξης στη φάση της επικρατέστερης λύσης.

Οι κύριες φάσεις αυτές ήταν:

Η φάση της προκατασκευής με το χαλύβδινο σκελετό από στραντζαριστό προφίλ διατομής 50 x 50 x 2 mm, και την τοποθέτηση σε αυτόν ξύλου MDF πάχους 1,5 mm. Ωστε αυτά να δημιουργούν το ταμπλό της διάταξης και ικανά ως σύμμεικτη κατασκευή να στηρίζουν τις σωληνώσεις, τα όργανα, τα διάφορα εξαρτήματα, και το ίδιο βάρος αυτής της κατασκευής. Για τη δυνατότητα κίνησης τοποθετήθηκαν έξι τροχοί (βαρέως τύπου) στη βάση του μεταλλικού πλαισίου. Τα στραντζαριστά προφίλ κόπηκαν στις καθορισμένες διαστάσεις του σχεδίου και συγκολλήθηκαν με τη μέθοδο ηλεκτροδίου.

Η τοποθέτηση των βαμμένων MDF στο μεταλλικό σκελετό έγινε χρησιμοποιώντας κοχλίες με πεπλατυσμένη κεφαλή για λόγους ασφαλείας από τραυματισμούς για το χρήστη και για αντοχή σε πίεση επιφανείας. Δημιουργώντας οπές στο μεταλλικό σκελετό σε συγκεκριμένες θέσεις και στη συνέχεια με σύσφιξη των τεμαχίων MDF στο μεταλλικό σκελετό με τη σύσφιξη των κοχλιών στηρίχθηκαν τα φύλλα MDF στο χαλύβδινο σκελετό.

Η δεύτερη φάση περιλαμβάνει αρχικά χάραξη στο τοποθετημένο MDF της διάταξης ορισμένων σημείων, κέντρων, για την τοποθέτηση μεταλλικών γαλβανισμένων στηριγμάτων τύπου προβόλου. Τα οποία κατασκευάστηκαν και επιμεταλλώθηκαν με ψυχρό γαλβανισμό στα σημεία των συγκολλήσεων. Σε αυτά τοποθετήθηκαν

στηρίγματα συγκράτησης σωλήνων βαρέως τύπου με λάστιχο, έτσι ώστε να συγκρατούνται οι σωλήνες και την αποφυγή δημιουργίας ρήγματος απ' αυτά.

Επιπλέον, καθορίστηκαν τα πειράματα που θα πραγματοποιούνταν και επιλέχθηκαν τα υλικά του σωλήνα. Δεδομένου ότι ο PVC σωλήνας είναι ευρέως χρησιμοποιούμενο υλικό σε αρκετές υδραυλικές εφαρμογές, χρησιμοποιήθηκε έως υλικό σωληνώσεων στη διάταξη που τελικά υλοποιήθηκε. Στη συνέχεια εφόσον με τα παραπάνω ήταν ήδη καθορισμένοι οι νοητοί άξονες της όδευσης των σωληνογραμμών, άρχισε η κατασκευή των κλάδων με πλαστικούς PVC-U σωλήνες, εξαρτήματα και όργανα για την κατασκευή τους, όπου ακολουθήθηκαν μέθοδοι και προδιαγραφές που ζητήθηκαν και δόθηκαν από τους προμηθευτές των συγκεκριμένων προϊόντων (Παράρτημα Α).

Η τρίτη φάση περιλαμβάνει τη μεταφορά της διάταξης και την εγκατάστασή αυτής στο εργαστήριο Μηχανικής Ρευστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Το εργαστήριο είναι πλήρως εξοπλισμένο με μια πληθώρα εργαλείων και μηχανημάτων και πειραματικών διατάξεων για την εξυπηρέτηση των χρηστών του, καλύπτοντας ποικίλους κλάδους μηχανολογικών αναγκών.

Για τις ανάγκες της μεταφοράς κρίθηκε αναγκαίο η τοποθέτηση μεταλλικών κρίκων ώστε είτε να αναρτάται όλη η προκατασκευή της διάταξης από αυτούς, είτε από αυτούς να δεθεί με ασφάλεια. Επιπλέον χρειάστηκε ειδικό μεταφορικό μέσο για τη διακίνηση της. Για την εγκατάσταση της διάταξης στο εργαστήριο διατέθηκε μέρος του εξοπλισμού της εγκατάστασης, όπως η δεξαμενή της διάταξης η οποία διαθέτει και μηχανικό εξοπλισμό μέτρησης της παροχής και έναν ηλεκτρικό διακόπτη ασφαλείας. **Ο διακόπτης αυτός θα πρέπει να συνδεθεί με την αντλία που εγκαταστήσαμε από ηλεκτρολόγο εγκαταστάσεων, ώστε να πληρούνται οι προδιαγραφές εγκατάστασης. Αυτό επισημαίνεται διότι η αντλία που είναι εγκατεστημένη συνδέθηκε απλά για τις ανάγκες των πειραματικών μετρήσεων αυτής της εργασίας.**

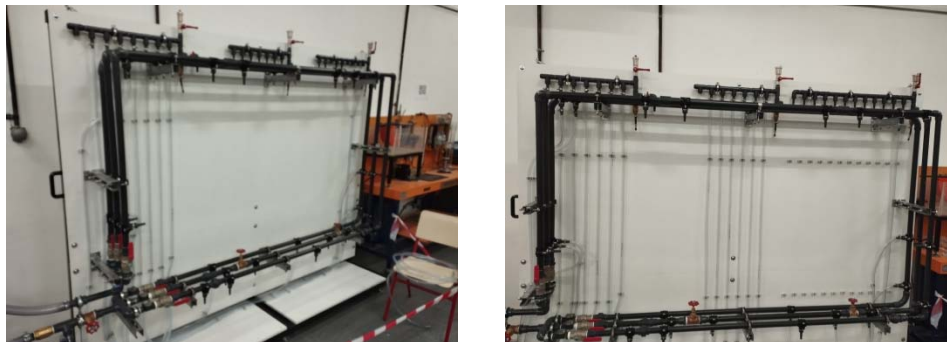
Επίσης δόθηκε η δυνατότητα πρόσβασης στον εξοπλισμό εργαλείων του εργαστηρίου και πολλά από αυτά τα χρησιμοποιήθηκαν όπως σπειροτόμος διάνοιξης σπειρωμάτων BSPT στο γαλβανισμένο χαλυβδοσωλήνα 1", ειδικά σφυριά, κλειδιά και μετρητικά όργανα.

Οι υπόλοιπες εργασίες που εκτελέστηκαν εντός του εργαστηρίου ήταν η τοποθέτηση των πιεζομετρικών σωλήνων στο ταμπλό της διάταξης. Αρχικά έγινε η κατασκευή βάσης έδρασης και σύνδεσης της αντλίας με τη διάταξη με εύκαμπτους πλαστικούς σωλήνες. Έπειτα η κατασκευή ειδικής διάταξης (ως ένα υποσύστημα) που εξυπηρετεί:

- την κατεύθυνση της ροής
- τον έλεγχο και τη μέτρηση της πίεσης και της παροχής κατά τη λειτουργία
- την εκκένωση των σωληνογραμμών από νερό της διάταξης
- την ασφάλεια έναντι υπερπίεσης κατά τη λειτουργία
- τον έλεγχο αντοχής και στεγανότητας πριν τη λειτουργία της.

Επίσης έγινε και η τοποθέτηση της οριζόντιου άξονα αναφοράς για τη μέτρηση της στάθμης του νερού στους πιεζομετρικούς σωλήνες (από προφίλ αλουμινίου στο ταμπλό της διάταξης)

Ακολουθεί φωτογραφικό υλικό αυτής της φάσης:

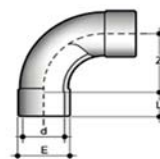
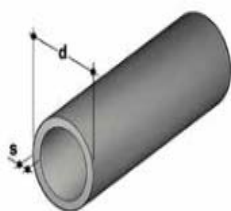


Σχήμα 4.3. Μεταφορά και εγκατάσταση της πειραματικής διάταξης στο Εργαστήριο Μηχανικής των Ρευστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

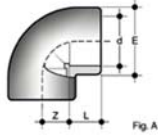
Παρακάτω γίνεται μία σύντομη αναφορά στα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των σωληνογραμμών της διάταξης, για τα οποία αναλυτικά στοιχεία δίνονται στο Παράρτημα Α.

Η διάταξη κατασκευάστηκε από πλαστική σωλήνα PVC-U (άκαμπτο χλωριούχο πολυβινύλιο-μη πλαστικοποιημένο) πίεσεως 16 atm, διαμέτρου $\Phi 32$ και $\Phi 40$, ή και τμήματος γαλβανισμένου χαλυβδοσωλήνα 1" μήκους = 1.48 m, τύπου EN 10255 ISO medium. Οι PVC-U και ο γαλβανισμένος χαλυβδοσωλήνας 1" επιλέχθηκαν μεταξύ άλλων και λόγω της εύκολης κατεργασίας τους ενώ παράλληλα ικανοποιούσαν τις απαιτήσεις αντοχής (στην επιθυμητή πίεση λειτουργίας) και οικονομίας. Άλλα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν για τη συνδεσμολογία είναι:

- καμπύλες,
- γωνίες
- σφαιρικοί διακόπτες (globe valve)
- απλοί σφαιρικοί διακόπτες
- βαλβίδες τύπου σύρτη (gate valve)
- μαστοί εξάγωνοι
- σύνδεσμοι ρακόρ
- συστολές
- πώματα



Σχήμα 4.4. Σωλήνας PVC-U Φ32 [38]



Σχήμα 4.6. GIV Γωνία 90° [38]



Σχήμα 4.8. Αλφαδολάστιχο 12 mm - 1/2" [33]



Σχήμα 4.10. Βαλβίδα σύρτη ορειχάλκινη 1" (Gate Valve) [35]

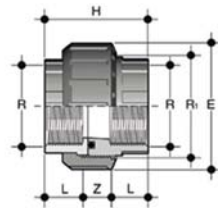
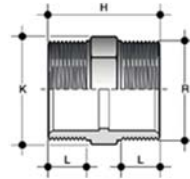
Σχήμα 4.5. SIV Κάμψη μεγάλης ακτίνας 90° (R=2d) [38]



Σχήμα 4.7. Απλός σφαιρικός διακόπτης [32]

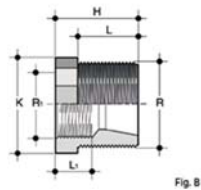


Σχήμα 4.9. Σφαιρικός διακόπτης (Globe Valve) [34]

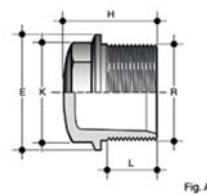


Σχήμα 4.11. NFV Μαστός [38]

Σχήμα 4.12. BFV Ένωση (λύομενος σύνδεσμος ή ρακόρ) [38]



Σχήμα 4.13. RFV Συστολή (Αμερικής) [38]



Σχήμα 4.14. PFV Πόμα με αρσενικό σπείρωμα BSP [38]

Μετρητές παροχής

Μια βασική παράμετρος για την πειραματική διάταξη είναι η μέτρηση της παροχής που διέρχεται από αυτή. Χρησιμοποιήθηκαν 4 ίδια παροχόμετρα, για κάθε κύκλωμα στο δίκτυο σωλήνων διαμέτρου $\frac{3}{4}$ " (τα τρία από αυτά) και ένα στη κατάθλιψη της αντλίας το οποίο επιβεβαιώνει και την ένδειξη των άλλων τριών το οποίο και για το σκοπό αυτό τοποθετήθηκε εκ των υστέρων. Τα παροχόμετρα είναι αναλογικά με οθόνη ψηφιακής ένδειξης, που αναγράφεται η τιμή της διερχόμενης παροχής. Και τα τέσσερα παροχόμετρα, είναι με σπείρωμα τύπου BSP θηλυκό από το ένα άκρο και αρσενικό από το άλλο.



Σχήμα 4.15. Παροχόμετρο WFM [36]

Μέτρηση της πίεσης

Η μέτρηση της πίεσης μέσα στον αγωγό πραγματοποιείται με τη χρήση μανομέτρων. Οι απαιτήσεις για τις πιέσεις λειτουργίας δεν ήταν υψηλές και τα μανόμετρα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τύπου πιεζομετρικού εύκαμπτου και διάφανου σωλήνα (αλφαδολάστιχο) σχήματος U, εσωτερικής διαμέτρου 12 mm και ένα μανόμετρο ελέγχου τύπου Bourdon για μετρήσεις μέχρι έξι (6) bar.

Αρχικά επιλέχθηκε το σημείο εγκατάστασης των λήψεων στατικής πίεσης (υδροληψίες) και εκεί ανοίχθηκε η οπή στην οποία θα συνδεθούν, διαμέτρου 1 mm κάθετα στο τοίχωμα του σωλήνα. Η επιλογή της διαμέτρου της οπής αυτής, έγινε δοκιμαστικά ακλουθώντας όμως αναφορά της βιβλιογραφίας ώστε να είναι εντός ενός εύρους τιμής εντός του οποίου μειώνεται ο κίνδυνος διαταραχής της ροής στην περιοχή της οπής το οποίο δύναται να αποδώσει τη μέτρηση με σφάλμα [24].

Έτσι τοποθετήθηκε ένα εξάρτημα υδροληψίας, το οποίο τοποθετείται στην περίμετρο του σωλήνα στο σημείο της οπής για στεγανοποίηση (διαθέτοντας και O-ring). Από αυτές τις οπές λαμβάνουμε την στατική πίεση του νερού, διότι μέσω της οπής αυτής και του εξαρτήματος υδροληψίας, το νερό διέρχεται στον πιεζομετρικό σωλήνα, στον οποίον είναι συνδεδεμένο. Λόγω της διαφοράς της εκάστοτε τοπικής πίεσης που επικρατεί στον αγωγό και της ατμοσφαιρικής (ή διαφορετικής ρυθμιζόμενης πίεσης) στο άλλο σκέλος του σχήματος U. Το δεύτερο σκέλος αυτό καταλήγει είτε στην ατμόσφαιρα είτε σε δοχείο (συλλέκτες πιεζομετρικών σωλήνων) με αέρα υπό διαφορετική πίεση της ατμοσφαιρικής, την οποία την εφαρμόζουμε (χωρίς να χρειάζεται να την μετρήσουμε), από τις διατάξεις των συλλεκτών των πιεζομετρικών σωλήνων. Αυτό γίνεται για να ρυθμίζουμε το εύρος της διαφοράς στάθμης στους πιεζομετρικούς σωλήνες, εισάγοντας αέρα με μία απλή, μηχανική αντλία αέρα μέσω μιας αντεπίστροφης βαλβίδας $\frac{1}{2}$ " με κατάλληλο υποδοχέα σε αυτήν.

Δηλαδή να κατεβάσουμε όλες τις στάθμες πίεσης του κλάδου ισόποσα εισάγοντας αέρα, άρα ασκώντας πίεση ή μειώνοντας αέρα από το αυτόματο εξαεριστικό του συλλέκτη (άρα μειώνοντας την πίεση έως την πίεση της ατμόσφαιρας) ανεβάζοντας έτσι τις στάθμες.



Σχήμα 4.26. Αναλογικό μανόμετρο Φ63 [37]



Σχήμα 4.37. Υδροληψία (σέλα ή κολάρο), 505-UFM PN10 PP 10 atm [38]

Συνδέσεις εξαρτημάτων

Ιδιαίτερη προσοχή και μέριμνα δόθηκε στη φάση του σχεδιασμού αλλά και κατά τη συναρμολόγηση των σωλήνων για τη δημιουργία των τριών κυκλωμάτων. Ιδανικά θα πρέπει να είναι δυνατή και εύκολη η μελλοντική δυνατότητα μετατροπών και μετακινήσεων των επιμέρους εξαρτημάτων, για αυτό χρησιμοποιήθηκαν λυόμενα και βιδωτά εξαρτήματα ώστε να αποφευχθούν οι κολλήσεις μεταξύ όλων των υλικών. Ιδιαίτερη προσοχή επίσης δόθηκε στην προετοιμασία των επιφανειών του υλικού, στις οποίες μέσα θα εισέλθει και θα απλωθεί η κόλλα, ώστε οι επιφάνειες που θα κολληθούν να εφάπτονται πλήρως και να μην αφήνουν κενά μεταξύ τους. Η κόλλα που χρησιμοποιήθηκε είναι ειδική κόλλα για σωλήνες PVC-U και συνοδεύεται με τον αντίστοιχο καθαριστικό διαλύτη. Η κόλληση είναι μια εύκολη διαδικασία, αλλά απαιτείται προσοχή και σωστή προετοιμασία των υλικών που πρόκειται να κολληθούν, για να επιτευχθεί μια πιο αποτελεσματική κόλληση. Αρχικά οι επιφάνειες που θα κολληθούν πρέπει να εφάπτονται πλήρως και να μην αφήνουν κενά μεταξύ τους. Αν οι επαπτόμενες επιφάνειες δεν ταιριάζουν ή αφήνουν κενά, υπάρχει κίνδυνος θραύσης ή αστοχίας της κόλλησης.

Η αντλία της πειραματικής διάταξης

Ηλεκτρική αντλία νερού επιφανείας της εταιρείας Alpha Plus, κατάλληλη για χρήση με καθαρό νερό και υγρά που η σύστασή τους δεν τη διαβρώνει. Έχει σχεδιαστεί για να αντλεί νερό ακόμη και σε περιπτώσεις όπου υπάρχει αέρας, δίνοντας καλή ροή νερού σε μέσο μανομετρικό ύψος και προτείνεται για οικιακές και μικρές χρήσεις άρδευσης, όπως και για διανομή νερού.

Χαρακτηριστικά αντλίας

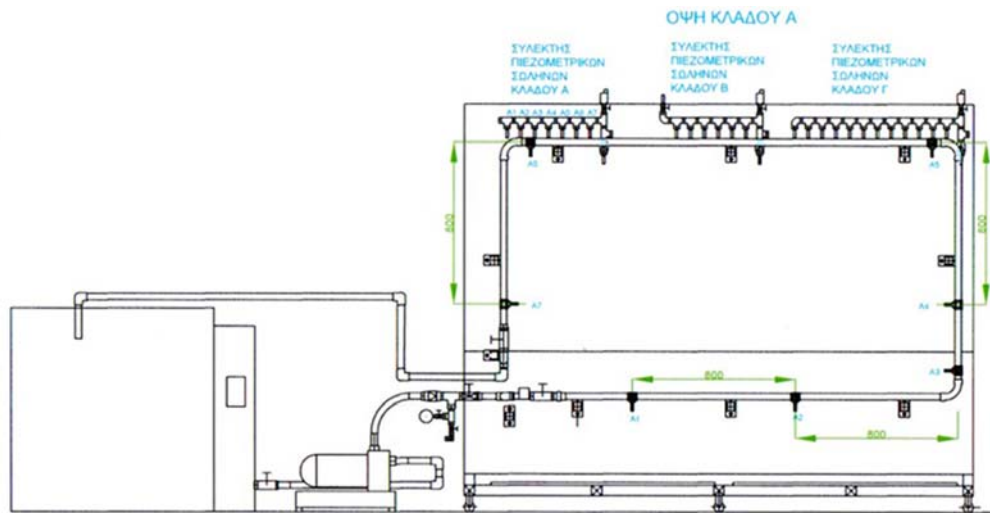
- Η αντλία θα πρέπει να εγκατασταθεί σε κλειστό περιβάλλον ή τουλάχιστον να προστατεύεται από δυσμενείς καιρικές συνθήκες.
- Μανομετρικό Ύψος 55 m
- Παροχή 55 m³/h
- Ισχύς 1,5 hp
- Τροφοδοσία Ηλεκτρική
- Τοποθέτηση Οριζόντια
- Αυτόματης Αναρρόφησης
- Τάση Μονοφασική



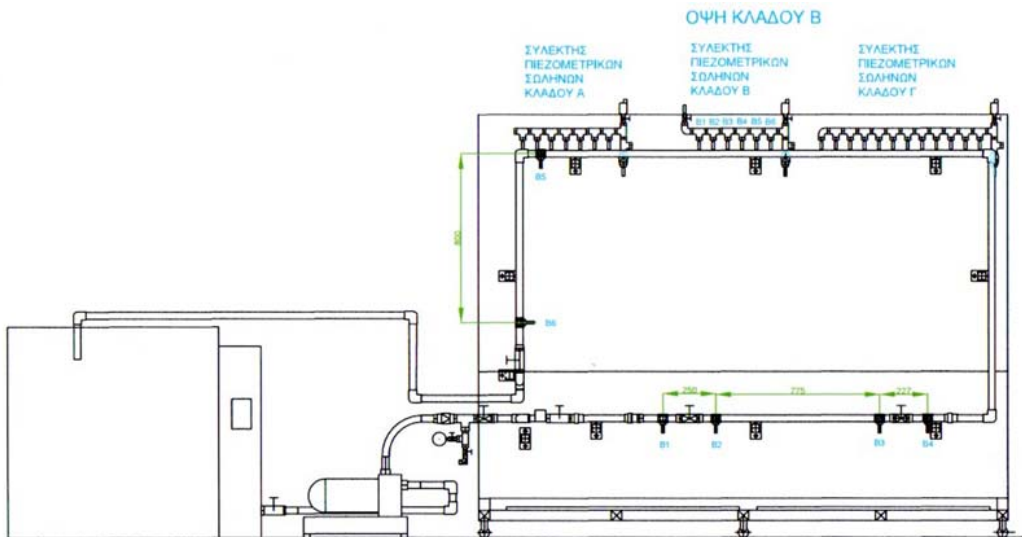
Σχήμα 4.48. Αντλία [39]

Παρουσίαση κατασκευαστικών σχεδίων

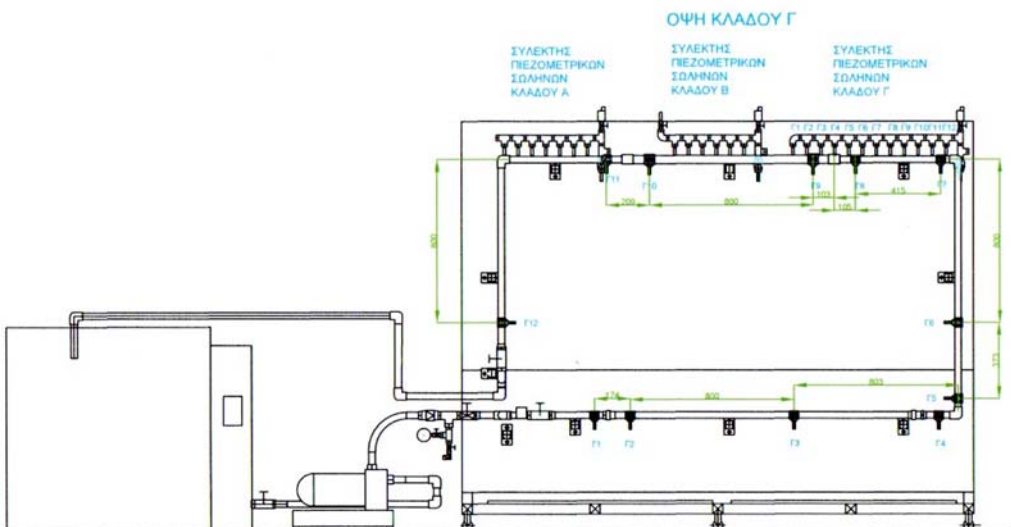
Παρακάτω ακολουθούν οι όψεις από τα κατασκευαστικά σχέδια της διάταξης, (χωρίς να συμπεριλαμβάνονται σε αυτές, για λόγους απλότητας οι πιεζομετρικοί σωλήνες) και υπάρχουν μόνο οι βασικές διαστάσεις που αφορούν την πειραματική διαδικασία. Τα σχέδια Όψη Κλάδου Α – Όψη Κλάδου Β και Όψη Κλάδου Γ, αποτυπώνουν αντίστοιχα τη διάταξη των στοιχείων του κάθε κλάδου. Δηλαδή περιέχουν το καθένα τις υδροληψίες για τη μέτρηση του κάθε στοιχείου που ανήκουν σε αυτό και σε ποια θέση στον αντίστοιχο συλλέκτη του κλάδου καταλήγουν. Επίσης υπάρχουν όργανα, εξαρτήματα και διατάξεις «ειδικού σκοπού» ή υποσυστήματα (οι οποίες αναλύονται και ονομάζονται στο υπόμνημα). Τα παρακάτω σχέδια και υπόμνημα αυτών απεικονίζονται και στο παράρτημα σε μεγαλύτερη κλίμακα.



Σχήμα 4.19. Κλάδος Α πειραματικής διάταξης.



Σχήμα 4.20. Κλάδος Β πειραματικής διάταξης.



Σχήμα 4.21. Κλάδος Γ πειραματικής διάταξης.



Σχήμα 4.22. Διάταξη ελέγχου.



Σχήμα 4.23. Διάταξη συλλέκτη πιεζομετρικών σωλήνων.

Κεφάλαιο 5^ο Ανάλυση και Αποτελέσματα

5.1 Έλεγχος σωστής λειτουργίας πριν τη λήψη των μετρήσεων

Με την έναρξη της διαδικασίας των πειραματικών μετρήσεων, αρχικά λαμβάνουμε μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού, το οποίο πρέπει να βρίσκεται σε στάθμη περίπου 40cm από τον πυθμένα της δεξαμενής (αλλιώς πρέπει γίνεται πλήρωση της δεξαμενής) και πριν τις βίδες όπου στερεώνεται το μεταλλικό κάλυμμα της δεξαμενής για λόγους στεγανότητας. Για τις μετρήσεις που παρουσιάζονται και αφορούν όλους τους κλάδους της διάταξης. Αρχικά πριν ξεκινήσει η λειτουργία της αντλίας ελέγχθηκαν τα εξής:

- η θερμοκρασία T του νερού στη δεξαμενή ήταν $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Με βάση τη θερμοκρασία αυτή υπολογίσαμε την πυκνότητα του νερού ρ από πίνακες σε $\rho = 998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ και το δυναμικό ιξώδες $\mu = 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m}\cdot\text{s}}$.
- η στάθμη των πιεζομετρικών σωλήνων της διάταξης. (πρέπει οι στάθμες να είναι ισοϋψείς ως προς την οριζόντια γραμμή αναφοράς)
- οπτικός έλεγχος για ύπαρξη φυσαλίδων εγκλωβισμένου αέρα στους διαφανούς πιεζομετρικούς σωλήνες.

Ελέγξαμε την κατάσταση όλων των σφαιρικών διακοπών ροής όλων των κλάδων, των βαλβίδων (globe valve) και σύρτη (gate valve) και φροντίσαμε να είναι πλήρως ανοιχτές. Επίσης ανοίξαμε και τους σφαιρικούς διακόπτες όλων των συλλεκτών (κλάδων Α Β και Γ) τον πιεζομετρικών σωλήνων που βρίσκονται ακριβώς πριν τα αυτόματα εξαεριστικά. Παρακολούθησαμε στο σημείο αυτό αν τα υψόμετρα των ελευθέρων σταθμών των πιεζομετρικών σωλήνων μεταβάλλονται από τη θέση ηρεμίας που είχαμε ελέγξει προηγουμένως. Επίσης αν και πάλι ευθυγραμμίζονται όλα σε ένα κοινό ύψος ως προς την οριζόντια γραμμή αναφοράς.

Σε αυτή τη φάση κάνοντας ένα τελικό έλεγχο για πιθανές διαρροές, λαμβάνοντας και μέτρα προστασίας από ηλεκτροπληξία, ξεκινήσαμε την αντλία. Έτσι το νερό της δεξαμενής πέρασε από όλους τους κλάδους του συστήματος και επέστρεψε στη δεξαμενή. Με ανοιχτά τα αυτόματα εξαεριστικά ώστε να φύγουν τυχόν εγκλωβισμένες φυσαλίδες αέρα από σημεία των σωλήνων που δεν φαίνονται και έχοντας θέσει σε λειτουργία τους τέσσερις ψηφιακούς υδρομετρητές (παροχόμετρα) πατώντας το κίτρινο κουμπί τους στη λειτουργία μέτρησης της παροχής όπου εμφανίζονται στην οθόνη η ένδειξη L/min. Έτσι λοιπόν θέσαμε σε λειτουργία την αντλία και παρατηρήσαμε ότι το νερό επιστρέφει στη δεξαμενή κανονικά. Επιπλέον βεβαιωθήκαμε ότι δεν είχαμε διαρροή και ότι μεταβάλλονταν οι στάθμες στους πιεζομετρικούς σωλήνες. Κλείσαμε όλα τα αυτόματα εξαεριστικά (και τα τρία) και έτσι βεβαιωθήκαμε για την απομάκρυνση εγκλωβισμένου αέρα. Σε αυτή τη φάση κλείσαμε τους τέσσερις σφαιρικούς διακόπτες 1” (με κόκκινο χερούλι) των δύο κλάδων που δεν μετρήσαμε και ανοίξαμε τους δύο των κλάδων που μετρήσαμε. Για τη μέτρηση των άλλων δύο κλάδων στη συνέχεια έγιναν οι αντίστοιχοι χειρισμοί.

Σημείωση: Η ύπαρξη εγκλωβισμένου αέρα (με τη μορφή φυσαλίδων) σε κάποιο σημείο θα μας δώσει λανθασμένες μετρήσεις.

5.2 Περιγραφή των στοιχείων του κάθε κλάδου

Σε αυτή την παράγραφο θα κάνουμε περιγραφή των στοιχείων του κάθε κλάδου της διάταξης, δηλαδή των στοιχείων (τμημάτων σωληνογραμμής ή εξαρτημάτων) που με τις υδροληψίες (λήψεις) που έχουν τοποθετηθεί σε κατάλληλες θέσεις, θα υπολογίσουμε τη διαφορά πίεσης που δημιουργεί το κάθε στοιχείο.

A Κλάδος

Όπως φαίνεται και από το σχέδιο της όψης του κλάδου. Έχει συνολικά 7 λήψεις (λήψη A₁ έως λήψη A₇), από τις οποίες αναχωρούν οι διαφανείς πιεζομετρικοί σωλήνες εσωτερικής διαμέτρου 12 mm. Έπειτα, οδεύοντας αρχικά προς το πάτωμα της διάταξης (ξύλινη επίπεδη επιφάνεια MDF), όπου και στηρίζονται. Στη συνέχεια καταλήγουν στο συλλέκτη αυτών (συλλέκτης πιεζομετρικών σωλήνων κλάδου A), δημιουργώντας ένα ανισοϋψές σχήμα Π.

Οι δύο πρώτες λήψεις A₁ και A₂ Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της διαφοράς πίεσης δύο στοιχείων του στοιχείου 1 και του στοιχείου 2.

Η λήψη A₁ αποδίδει την πίεση που επικρατεί ως στάθμη νερού στον πιεζομετρικό σωλήνα στην αρχή (κατά την κατεύθυνση της ροής) του στοιχείου 1 (θέση 0 mm), το οποίο είναι Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 και η λήψη A₂ την πίεση που επικρατεί στο τέλος του σωλήνα (θέση 800 mm). Αυτό είναι και αρχή του στοιχείου 2 (θέση 0mm), το οποίο είναι Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 με καμπύλη 90°. Έτσι από τη Λήψη A₂ αποδίδεται και η πίεση που επικρατεί αρχή του στοιχείου 2.

Η λήψη A₃ αποδίδει την πίεση που επικρατεί μετά τη καμπύλη 90° του στοιχείου 2.

Η λήψη A₄ αποδίδει την πίεση που επικρατεί στην αρχή του στοιχείου 3, το οποίο είναι Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 με καμπύλη 90°. Και η λήψη A₅ αποδίδει την πίεση που επικρατεί στο τέλος του στοιχείου 3 δηλαδή μετά την καμπύλη 90 μοιρών του στοιχείου 3. Η λήψη A₆ αποδίδει την πίεση που επικρατεί στην αρχή του στοιχείου 4, το οποίο είναι Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 με καμπύλη 90°. Σημείωση: Η λήψη A₇ αποδίδει την πίεση που επικρατεί στο τέλος του στοιχείου 4 αλλά δύναται να αποδώσει και τις συνολικές απώλειες πίεσης όλου του κλάδου A σε συσχέτιση με τη λήψη A₁.

B Κλάδος

Οι δύο πρώτες λήψεις B₁ και B₂ χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της διαφοράς πίεσης δύο στοιχείων του στοιχείου 1 και του στοιχείου 2. Η λήψη B₁ αποδίδει την πίεση που επικρατεί ως στάθμη νερού στον πιεζομετρικό σωλήνα στην αρχή (κατά την κατεύθυνση της ροής) του στοιχείου 1, το οποίο είναι Globe Valve 1" ορειχάλκινη Βάνα. Η λήψη B₂ την πίεση που επικρατεί στο τέλος της βάνας και είναι και αρχή του στοιχείου 2 (θέση 0 mm), το οποίο είναι Οριζόντιος Αγωγός PVC μήκους 775 mm Φ32. Έτσι από τη λήψη B₂ αποδίδεται και η πίεση που επικρατεί στην αρχή του στοιχείου 2. Η λήψη B₃ αποδίδει την πίεση που επικρατεί στο τέλος του στοιχείου 2 (θέση 775 mm) και την πίεση στην αρχή του στοιχείου 3, το οποίο είναι Gate Valve 1" Ορειχάλκινη Βάνα (Συρτη). Η λήψη B₄ αποδίδει την πίεση που επικρατεί στο τέλος του στοιχείου 3. Η λήψη B₅ αποδίδει την πίεση που επικρατεί

στην αρχή του στοιχείου 4, το οποίο είναι Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 PVC με γωνία 90°. Σημείωση: Η λήψη B₆ αποδίδει την πίεση που επικρατεί στο τέλος του στοιχείου 4 αλλά δύναται να αποδώσει και τις συνολικές απώλειες πίεσης όλου του κλάδου B σε συσχέτιση με τη λήψη B₁

Γ Κλάδος

Οι λήψεις Γ₂ και Γ₃ χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της διαφοράς πίεσης δύο στοιχείων, του στοιχείου 1 και του στοιχείου 2. Η λήψη Γ₂ αποδίδει την πίεση, που επικρατεί ως στάθμη νερού στον πιεζομετρικό σωλήνα στην αρχή (κατά την κατεύθυνση της ροής) του στοιχείου 1 (θέση 0 mm). Αυτό είναι Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 και η λήψη Γ₃ την πίεση που επικρατεί στο τέλος του αγωγού Φ32 (θέση 0 mm). Η λήψη Γ₄ αποδίδει την πίεση, που επικρατεί ως στάθμη νερού στον πιεζομετρικό σωλήνα στην αρχή (κατά την κατεύθυνση της ροής) του στοιχείου 2. Αυτό είναι ΓΩΝΙΑ Φ32 και η λήψη Γ₅ την πίεση που επικρατεί στο τέλος της γωνίας Φ32. Η λήψη Γ₆ αποδίδει την πίεση που επικρατεί στην αρχή του στοιχείου 3, το οποίο είναι Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 με γωνία 90°. Η λήψη Γ₇ αποδίδει την πίεση που επικρατεί στο τέλος του στοιχείου 3.

Σημειώσεις

- 1) Οι λήψεις Γ₁ και Γ₄ χρησιμοποιούνται και για τη μέτρηση απώλειας πίεσης ευθύγραμμου χαλυβδοσωλήνα 1” γαλβανιζέ, όταν το στοιχείο 2 και μέρος του στοιχείου 3 αποσυναρμολογηθούν από τον κλάδο Γ, μεταξύ των δύο ρακόρ Φ32 (το ένα μετά τη λήψη Γ₁ και το άλλο πριν τη λήψη Γ₄) και στην κενή θέση τοποθετείται ο χαλυβδοσωλήνας.
- 2) Προαιρετικά έχουν τοποθετηθεί στον κλάδο Γ και οι λήψεις Γ₈, Γ₉, Γ₁₀, και Γ₁₁ έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα διερεύνησης απότομης διαστολής Φ32 x Φ40 και απότομης συστολής Φ40 x Φ32.
- 3) Η λήψη Γ₁₂ δύναται να αποδώσει τις συνολικές απώλειες πίεσης όλου του κλάδου Γ σε συσχέτιση με τη λήψη Γ₁.

5.3 Διαδικασία πειραματικού προσδιορισμού των απωλειών ροής

Εκκινείτε η αντλία της διάταξης έχοντας ανοίξει του δύο αντίστοιχους διακόπτες του μετρούμενου κλάδου και τη ρυθμιστική βάνα Globe Valve που βρίσκεται στη διάταξη ελέγχου παροχής πίεσης - υπερπίεσης. Ρυθμίζεται και καταγράφεται στον πίνακα μετρήσεων, η επιθυμητή μετρούμενη παροχή κλείνοντας την ορειχάλκινη ρυθμιστική βάνα τύπου Globe Valve, προοδευτικά και με προσοχή. Έτσι ρυθμίζουμε την παροχή από τον κεντρικό υδρομετρητή για τον κλάδο που μετράμε και θέλουμε να σταθεροποιήσουμε. Σημειώνεται πως θα πρέπει να έχουμε κλείσει εντελώς τους τέσσερις σφαιρικούς διακόπτες των δυο άλλων κλάδων (των μη μετρούμενων). Ακολουθεί η διαδικασία λήψης μετρήσεων:

- Πρώτα περιμένουμε να σταθεροποιηθούν οι ενδείξεις της στάθμης που μας ενδιαφέρουν (για την επιλεχθείσα παροχή), δηλαδή του κλάδου που έχουμε

επιλέξει να μετρήσουμε γραμμικές και τοπικές απώλειες (μία διαδικασία που διαρκεί περίπου 2 λεπτά).

- Ελέγχουμε μέσα σε αυτό το διάστημα το ύψος κάποιας στάθμης ενός πιεζομετρικού σωλήνα από τη γραμμή αναφοράς με κανόνα ή μέτρο.
- Αφού διαπιστώσουμε ότι δεν υπάρχουν υψομετρικές μεταβολές της στάθμης αυτής, τότε και μόνο τότε μπορούμε να αρχίσουμε να λαμβάνουμε το ύψος της στάθμης του κάθε πιεζομετρικού σωλήνα του κλάδου που μετράμε.
- Η τιμή του ύψους καταγράφεται στον πίνακα μετρήσεων.

Αυτή η σειρά μετρήσεων, η οποία θα καταγράψουμε είναι και η σειρά μετρήσεων στατικής πίεσης σε m στήλης νερού για τη επιλεγθείσα παροχή. Έτσι καταγράφουμε την τιμή της παροχής και την κάθε στάθμη συμπληρώνοντας τις μετρήσεις στο κατάλληλο πεδίο του πίνακα.

Πρέπει να τηρηθούν τα εξής:

- Πρέπει να δοθεί προσοχή στο φαινόμενο υπερχείλισης στο συλλέκτη πιεζομετρικών σωλήνων του κλάδου (κυρίως σε μεγάλες παροχές με μέγιστη τα 40 lt/min). Για να εμποδιστεί το φαινόμενο, θα πρέπει να εφαρμοστεί πίεση (μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής) μέσω αντλίας αέρα από την κατάλληλη διάταξη του συλλέκτη του πιεζομετρικού σωλήνα.
- Η εκτίμηση του παρατηρητή για την ανάγνωση της τιμής της στάθμης θα πρέπει να γίνει από θέση όπου να παρατηρεί τη μέτρηση κάθετα και όχι υπό γωνία.

Σημείωση: Αν θέλουμε να μειώσουμε και άλλο την επιλεγθείσα παροχή τότε κλείνουμε επιπλέον τη ρυθμιστική βαλβίδα Globe Valve 1” (ορειχάλκινη) που βρίσκεται στη διάταξη ελέγχου παροχής πίεσης - υπερπίεσης προοδευτικά και με ιδιαίτερη προσοχή στη ρύθμιση της παροχής του κεντρικού υδρομετρητή για τον κλάδο που μετράμε και θέλουμε να σταθεροποιήσουμε. **Η ελάχιστη παροχή επιτυγχάνεται όταν το αναλογικό μανόμετρο τύπου bourdon, το οποίο βρίσκεται στην ίδια διάταξη και πολύ κοντά στη ρυθμιστική βαλβίδα ώστε να μην υπερβεί τα 4 bar.** Διότι σε αυτή την περίπτωση η διάταξη ενδέχεται να παρουσιάσει αστοχίες οι οποίες μπορούν να δημιουργήσουν ανεπιθύμητες καταστάσεις όπως θραύση των σωληνώσεων μέχρι τραυματισμό του χρήστη. Βέβαια υπάρχει και ασφαλιστική βαλβίδα έναντι υπερπίεσης (στα 4 bar).

Έτσι φτάνουμε στη σειρά μετρήσεων της επιθυμητής παροχής. Αφού έχουμε καταγράψει όλες τις πιέσεις εκφρασμένες σε στάθμες ύδατος ως προς άξονα αναφοράς (με μία αφαίρεση μεταξύ του υψομέτρου της στάθμης στην αρχή του στοιχείου από το υψόμετρο της στάθμης στο τέλος του στοιχείου), ώστε να έχουμε τη διαφορά πίεσης (ΔH) που δημιουργεί το στοιχείο εκφρασμένη σε m στήλης νερού. Από κει και πέρα εφαρμόζοντας τις κατάλληλες σχέσεις της μηχανικής των ρευστών ανάλογα με το υπό εξέταση στοιχείο, ώστε να έχουμε πειραματικά δεδομένα για την εκτίμηση των απωλειών πίεσης που δημιουργεί το κάθε στοιχείο στην επιλεγθείσα παροχή. Έτσι φτάνουμε στον προσδιορισμό κατάλληλου συντελεστή K , όπου

χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της τοπικής απώλειας κάποιου εξαρτήματος και στον προσδιορισμό ενός πειραματικού συντελεστή τριβής f κατάλληλο για τον προσδιορισμό της πειραματικής γραμμικής απώλειας που δημιουργεί ο σωλήνας.

5.4 Αποτελέσματα πειράματος

Αφού ακολουθήθηκαν οι απαραίτητες διαδικασίες που αναφέρθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο, έγινε μία δοκιμή λήψης μετρήσεων σε κάθε κλάδο με ίδια παροχή (για τα στοιχεία που επιλέχθηκαν να αναλυθούν). Στους ακόλουθους πίνακες αποτυπώνονται τα αποτελέσματα των απωλειών ροής του κάθε κλάδου (για το κάθε στοιχείο) για παροχή **40 lt/min**

Πίνακας 5.1. Σταθερές παράμετροι του πειράματος

Παράμετρος	Συμβολισμός	Τιμή (Μονάδες Μέτρησης)
Θερμοκρασία νερού	T	20 (°C)
Πυκνότητα νερού	ρ	998 (kg/m ³)
Δυναμικό ιξώδες νερού	μ	1·10 ⁻³ (kg/m·s)
Ρυθμιζόμενη παροχή	Q	40 (lt/min)
Μέση ταχύτητα ροής	v	1.15 (m/s)
Θεωρητικός συντελεστής τριβής κατά Colebrook	$f_{\text{θεωρ.}}$	0.0108 (-)

Πίνακας 5.2. Πειραματικές μετρήσεις διαφοράς ύψους πίεσης των στοιχείων κλάδου A

Στοιχείο 1 Αγωγός PVC μήκους 800 (mm) Ø32			Στοιχείο 2 Αγωγός PVC μήκους 800 (mm) Ø32 με καμπύλη 90°			Στοιχείο 3 Αγωγός PVC μήκους 800 (mm) Ø32 με καμπύλη 90°			Στοιχείο 4 Αγωγός PVC μήκους 800 (mm) Ø32 με καμπύλη 90°		
A ₁ (m)	A ₂ (m)	ΔH (m)	A ₂ (m)	A ₃ (m)	ΔH (m)	A ₄ (m)	A ₅ (m)	ΔH (m)	A ₆ (m)	A ₇ (m)	ΔH (m)
0.700	0.680	0.020	0.680	0.625	0.055	0.571	0.518	0.053	0.393	0.338	0.055
0.703	0.683	0.020	0.683	0.630	0.053	0.572	0.516	0.056	0.390	0.339	0.051
0.695	0.676	0.019	0.676	0.622	0.054	0.570	0.515	0.055	0.395	0.337	0.058

Πίνακας 5.3. Πειραματικές μετρήσεις διαφοράς ύψους πίεσης των στοιχείων κλάδου Β

Στοιχείο 1 <i>Globe Valve 1'' ορειχάλκινη</i>			Στοιχείο 2 <i>Αγωγός PVC μήκους 775 (mm) Ø32</i>			Στοιχείο 3 <i>Gate Valve 1'' ορειχάλκινη</i>			Στοιχείο 4 <i>Αγωγός PVC μήκους 800 (mm) Ø32 με γωνία 90°</i>		
B ₁ (m)	B ₂ (m)	ΔΗ (m)	B ₂ (m)	B ₃ (m)	ΔΗ (m)	B ₄ (m)	B ₅ (m)	ΔΗ (m)	B ₆ (m)	B ₇ (m)	ΔΗ (m)
1.100	0.130	0.970	0.130	0.110	0.020	0.110	0.090	0.020	0.075	0.004	0.071
1.106	0.132	0.974	0.132	0.113	0.019	0.113	0.095	0.018	0.073	0.003	0.070
1.098	0.123	0.975	0.123	0.104	0.019	0.104	0.091	0.013	0.077	0.001	0.076

Πίνακας 5.4. Πειραματικές μετρήσεις διαφοράς ύψους πίεσης των στοιχείων κλάδου Γ

Στοιχείο 1 <i>Αγωγός PVC μήκους 800 (mm) Ø32</i>			Στοιχείο 2 <i>Γωνία 90°</i>			Στοιχείο 3 <i>Αγωγός PVC μήκους 800 (mm) Ø32 με γωνία 90°</i>		
Γ ₂ (m)	Γ ₃ (m)	ΔΗ (m)	Γ ₄ (m)	Γ ₅ (m)	ΔΗ (m)	Γ ₆ (m)	Γ ₇ (m)	ΔΗ (m)
0.693	0.673	0.020	0.585	0.535	0.050	0.516	0.446	0.070
0.698	0.679	0.019	0.580	0.531	0.049	0.513	0.443	0.070
0.690	0.670	0.020	0.590	0.539	0.051	0.519	0.448	0.071

Πίνακας 5.5. Πειραματικά αποτελέσματα συντελεστών τοπικών & γραμμικών απωλειών των στοιχείων του κλάδου Α

Γραμμικές Απώλειες Στοιχείο 1 <i>Αγωγός PVC μήκους 800 (mm) Ø32</i>		Τοπικές Απώλειες Στοιχείο 2 <i>Καμπύλη 90°</i>		Τοπικές Απώλειες Στοιχείο 3 <i>Καμπύλη 90°</i>		Τοπικές Απώλειες Στοιχείο 4 <i>Καμπύλη 90°</i>	
ΔΗ (m)	f _{πειρ.}	ΔΗ (m)	Κ _{πειρ.}	ΔΗ (m)	Κ _{πειρ.}	ΔΗ (m)	Κ _{πειρ.}
0.020	0.0101	0.0350	0.5212	0.0330	0.4914	0.0350	0.5212
0.020	0.0101	0.0330	0.4914	0.0360	0.5360	0.0310	0.4616
0.019	0.0096	0.0350	0.5212	0.0360	0.5360	0.0390	0.5807
-	-	Μέσος Συντελεστής	0.511	Μέσος Συντελεστής	0.5212	Μέσος Συντελεστής	0.5212

Πίνακας 5.6. Πειραματικά αποτελέσματα συντελεστών τοπικών & γραμμικών απωλειών των στοιχείων του κλάδου Β

Στοιχείο 1 <i>Globe Valve 1'' ορειχάλκινη</i>		Στοιχείο 2 <i>Αγωγός PVC μήκους 775 (mm) Ø32</i>		Στοιχείο 3 <i>Gate Valve 1'' ορειχάλκινη</i>		Στοιχείο 4 <i>Αγωγός PVC μήκους 800 (mm) Ø32 με γωνία 90°</i>	
ΔΗ (m)	Κ_{πειρ}	ΔΗ (m)	f_{πειρ}	ΔΗ (m)	Κ_{πειρ}	ΔΗ (m)	Κ_{πειρ}
0.97000	14.443	0.020	0.0105	0.020	0.298	0.051	0.759
0.97400	14.503	0.019	0.0099	0.018	0.268	0.051	0.759
0.97500	14.518	0.019	0.0099	0.013	0.194	0.057	0.849
Μέσος Συντελεστής	14.488	-	-	Μέσος Συντελεστής	0.253	Μέσος Συντελεστής	0.789

Πίνακας 5.7. Πειραματικά αποτελέσματα συντελεστών τοπικών & γραμμικών απωλειών των στοιχείων του κλάδου Γ

Στοιχείο 1 <i>Αγωγός PVC μήκους 800 (mm) Ø32</i>		Στοιχείο 2 <i>Γωνία 90°</i>		Στοιχείο 3 <i>Αγωγός PVC μήκους 800 (mm) Ø32 με γωνία 90°</i>	
ΔΗ (m)	f_{πειρ.}	ΔΗ (m)	Κ_{πειρ.}	ΔΗ (m)	Κ_{πειρ.}
0.0200	0.0101	0.0500	0.7445	0.0500	0.744503
0.0190	0.0096	0.0490	0.7296	0.0510	0.759393
0.0200	0.0101	0.0510	0.7594	0.0510	0.759393
-	-	Μέσος Συντελεστής	0.7445	Μέσος Συντελεστής	0.7544

Πίνακας 5.8. Θεωρητικές τιμές συντελεστών τοπικών απωλειών των στοιχείων του κλάδου Γ [29], [30], [14], [31].

Στοιχείο	Θεωρητικές τιμές Συντελεστών f_{θεορ.} και Κ_{θεορ.}
Αγωγός PVC μήκους = 0,8 m	f _{θεορ.} = 0.0108
Καμπύλη 90° (Εξαρτώμενη από διάμετρο αγωγού, ακτίνα καμπυλότητας και συντελεστή τριβής f)	K _{θεορ.} = 0.509
Globe Valve 1'' (ορειχάλκινη)	K _{θεορ.} = 5 έως 15
Gate Valve 1'' (ορειχάλκινη)	K _{θεορ.} = 0.20
Γωνίες 90°	K _{θεορ.} = 1.20

Πίνακας 5.9. Απόκλιση θεωρητικών και πειραματικών τιμών.

Στοιχείο	Θεωρητικές τιμές Συντελεστών $f_{\text{θεωρ.}}$ και $K_{\text{θεωρ.}}$	Μέσες πειραματικές τιμές Συντελεστών $f_{\text{πειρ.}}$ και $K_{\text{πειρ.}}$	Απόκλιση Πειραματικής από τη Θεωρητική Τιμή
Αγωγός PVC μήκους = 0,8 (m)	$f_{\text{θεωρ.}} = 0.0108$	$f_{\text{πειρ.}} = 0.0101$	6.48%
Καμπύλη 90° (Εξαρτώμενη από διάμετρο αγωγού, ακτίνα καμπυλότητας και συντελεστή τριβής f)	$K_{\text{θεωρ.}} = 0.509$	$K_{\text{πειρ.}} = 0.511$	0.39%
Globe Valve 1'' (ορειχάλκινη)	$K_{\text{θεωρ.}} = 5 \text{ έως } 15$	$K_{\text{πειρ.}} = 14.488$	0%
Gate Valve 1'' (ορειχάλκινη)	$K_{\text{θεωρ.}} = 0.20$	$K_{\text{πειρ.}} = 0.253$	20.94%
Γωνίες 90°	$K_{\text{θεωρ.}} = 1.20$	$K_{\text{πειρ.}} = 0.7445$	34.25%

Κεφάλαιο 6^ο Συμπεράσματα και Συστάσεις

6.1 Σύγκριση των αποτελεσμάτων με τη θεωρητική πρόβλεψη

Παρακάτω ακολουθεί μια σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα θεωρητικά, τα οποία προκύπτουν είτε από πίνακες της βιβλιογραφίας, είτε από εξισώσεις.

A Κλάδος

Για το στοιχείο 1 του κλάδου A το οποίο είναι ευθύγραμμος οριζόντιος αγωγός Φ32 και μήκους 800 mm, μεταξύ των λήψεων μέτρησης της πίεσης στην αρχή και στο τέλος αυτού A₁ και A₂ αντίστοιχα. Υπολογίστηκε πειραματικά η μέση τιμή της υψομετρικής διαφοράς, δηλαδή οι γραμμικές απώλειες εκφρασμένες σε ύψος στήλης νερού κατά μέση τιμή για συγκεκριμένη τιμή παροχής $\overline{\Delta H}_{\text{πειραματικό}} = 0.00196$ m ενώ αντίστοιχη θεωρητική τιμή υπολογίστηκε $\Delta H_{\text{θεωρητικό}} = 0.0021$ m.

Την παραπάνω διαφορά την αποδίδουμε κυρίως σε σφάλματα ορθής ανάγνωσης της ένδειξης της στάθμης στους πιεζομετρικούς σωλήνες, όμως και σε μία αυξομείωση της στάθμης της τάξης του ± 3 mm. Πιθανόν λόγω μη σταθερότητας στις στροφές της αντλίας, κατά όμοιο τρόπο παρατηρήθηκε και απόκλιση μεταξύ του πειραματικού συντελεστή τριβής $f_{\text{πειρ.}} = 0.0101$ με την αντίστοιχη θεωρητική τιμή $f_{\text{θεωρ.}} = 0.0108$.

Για τα στοιχεία 2, 3 και 4 του κλάδου A συγκεντρωτικά τα οποία είναι αγωγός Φ32 μήκους 800 mm έως των άξονα της καμπύλης (με $r = 2D$), η οποία συμπεριλαμβάνεται στα στοιχεία 2, 3 και 4 παρατηρούμε ότι εμφανίζονται αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα μεταξύ των πειραματικών τιμών της επιλεγμένης παροχής και των αντίστοιχων θεωρητικών τιμών όπως αυτές υπολογίζονται από ειδική σχέση της βιβλιογραφίας ($K = 0.106 \cdot (\frac{r}{D})^{-2.5} + 2000 \cdot f^{2.2}$, με $\frac{r}{D} = 0.58$) [29].

Έτσι οι συγκρίσεις παρουσιάζονται παρακάτω:

- 1) Μέσος πειραματικός συντελεστής τοπικής απώλειας καμπύλης 90°, $\bar{K}_1 = 0.5112$
- 2) Μέσος πειραματικός συντελεστής τοπικής απώλειας καμπύλης 90°, $\bar{K}_2 = 0.5212$
- 3) Μέσος πειραματικός συντελεστής τοπικής απώλειας καμπύλης 90°, $\bar{K}_3 = 0.5212$
- 4) Τιμή θεωρητικού συντελεστή τοπικής απώλειας καμπύλης 90°, $K = 0.509$

Με μέγιστη ποσοστιαία απόκλιση (μεταξύ των πειραματικών και των θεωρητικών τιμών)

$$\sigma_{\max} = \frac{0.5212 - 0.509}{0.509} \cdot 100 = 2.4 \% \text{ και ελάχιστη ποσοστιαία (απόκλιση μεταξύ των πειραματικών και των θεωρητικών τιμών) } \sigma_{\min} = \frac{0.5112 - 0.509}{0.509} \cdot 100 = 0.4 \%$$

B Κλάδος

Για το στοιχείο 1 του κλάδου B το οποίο είναι Globe Valve ορειχάλκινη 1" με κοχλιωτές σύνδεσης (θηλυκές) στα άκρα της. Υπολογίστηκε ο μέσος πειραματικός

συντελεστής $\bar{K}_{πειρ.} = 14.488$, η αντίστοιχη θεωρητική τιμή από τη βιβλιογραφία κυμαίνεται σε ένα εύρος από $K_{θεωρ.} = 5$ έως 15 [30].

Έτσι από τη σύγκριση των δύο παραπάνω τιμών (για τη θεωρητική και την πειραματική) παρατηρούμε ότι η πειραματική προσέγγιση βρίσκεται εντός του εύρους τιμών για τη θεωρητική τιμή του συντελεστή τοπικών απωλειών K που αναφέρεται στη βιβλιογραφία.

Για το στοιχείο 2 του κλάδου B το οποίο είναι ευθύγραμμος οριζόντιος αγωγός $\Phi 32$ και μήκους 775 mm μεταξύ των λήψεων μέτρησης της πίεσης στην αρχή και στο τέλος αυτού B_2 και B_3 αντίστοιχα. Υπολογίστηκε πειραματικά, η μέση τιμή της υψομετρικής διαφοράς, δηλαδή οι γραμμικές απώλειες εκφρασμένες σε ύψος στήλης νερού κατά μέση τιμή στην επιλεγμένη παροχή $\bar{\Delta H}_{πειρ.} = 0.0193 m$, ενώ η αντίστοιχη θεωρητική τιμή υπολογίστηκε $\Delta H_{θεωρ.} = 0.021 m$.

Η παραπάνω διαφορά οφείλεται κυρίως σε σφάλματα ορθής ανάγνωσης της ένδειξης της στάθμης στους πιεζομετρικούς σωλήνες και σε μία αυξομείωση της στάθμης της τάξης του ± 3 mm, λόγω μη σταθερότητας στις στροφές της αντλίας, κατά όμοιο τρόπο παρατηρήθηκε και σημαντική απόκλιση μεταξύ του μέσου πειραματικού συντελεστή τριβής $f_{πειρ.} = 0.0104$, με την αντίστοιχη θεωρητική τιμή $f_{θεωρ.} = 0.0108$.

Για το στοιχείο 3 του κλάδου B το οποίο είναι μία βαλβίδα σύρτη (gate valve) ορειχάλκινη 1" με κοχλιωτές σύνδεσης (θηλυκές) στα άκρα της υπολογίστηκε ο μέσος πειραματικός συντελεστής $\bar{K}_{πειρ.} = 0.253$. Η αντίστοιχη θεωρητική τιμή από τη βιβλιογραφία κυμαίνεται σε ένα εύρος από $K_{θεωρ.} = 0.2$ [14].

Έτσι από τη σύγκριση των δύο παραπάνω τιμών (για τη θεωρητική και την πειραματική) παρατηρούμε ότι η πειραματική προσέγγιση αγγίζει και μάλιστα ξεπερνάει λίγο το ανώτατο όριο συντελεστή τοπικών απωλειών K που αναφέρεται στη βιβλιογραφία.

Για το στοιχείο 4 του κλάδου B το οποίο είναι αγωγός $\Phi 32$ με γωνία 90° , μήκους 800 mm έως τον άξονα της γωνίας, το οποίο συμπεριλαμβάνεται στο στοιχείο 4, παρατηρούμε ότι εμφανίζονται αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα μεταξύ των μέσων πειραματικών τιμών του εύρους των παροχών και των μέσων αντίστοιχων θεωρητικών τιμών της βιβλιογραφίας. Έτσι οι συγκρίσεις παρουσιάζονται παρακάτω:

Μέση τιμή πειραματικού συντελεστή απωλειών γωνίας 90° , $\bar{K}_{3,πειρ.} = 0.789$

Και η τιμή τοπικού θεωρητικού συντελεστή απωλειών γωνίας 90° , $K_{3,θεωρ.} = 1.2$ [31]. Με ποσοστιαία απόκλιση (μεταξύ των πειραματικών και των θεωρητικών τιμών)

$$\sigma = \frac{1.2 - 0.789}{1.2} \cdot 100 = 34.25 \%$$

Γ Κλάδος

Για το στοιχείο 1 του κλάδου Γ το οποίο είναι ευθύγραμμος οριζόντιος αγωγός Φ32 και μήκους 800 mm μεταξύ των λήψεων μέτρησης της πίεσης στην αρχή και στο τέλος αυτού Γ₂ και Γ₃ αντίστοιχα. Υπολογίστηκε πειραματικά η μέση τιμή της υψομετρικής διαφοράς, δηλαδή η γραμμικές απώλειες εκφρασμένες σε ύψος στήλης νερού κατά μέση τιμή στο εύρος μετρήσεων των παροχών $\Delta H_{πειρ.} = 0.020 \text{ m}$ ενώ η αντίστοιχη θεωρητική τιμή υπολογίστηκε $\Delta H_{θεωρ.} = 0.021 \text{ m}$.

Η παραπάνω διαφορά οφείλεται κυρίως σε σφάλματα ορθής ανάγνωσης της ένδειξης της στάθμης στους πιεζομετρικούς σωλήνες και σε μία αυξομείωση της στάθμης της τάξης του $\pm 3 \text{ mm}$. Πιθανόν λόγω μη σταθερότητας στις στροφές της αντλίας κατά όμοιο τρόπο παρατηρήθηκε και απόκλιση μεταξύ του μέσου πειραματικού συντελεστή τριβής $f_{πειρ.} = 0.0101$ με την αντίστοιχη θεωρητική τιμή $f_{θεωρ.} = 0.0108$.

Για το στοιχείο 2 του κλάδου Γ το οποίο είναι γωνία 90^0 μεταξύ των λήψεων μέτρησης της πίεσης στην αρχή και στο τέλος αυτού Γ₄ και Γ₅ αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι εμφανίζονται λιγότερο ικανοποιητικά αποτελέσματα μεταξύ των μέσων πειραματικών τιμών της επιλεγμένης παροχής και των μέσων αντίστοιχων θεωρητικών τιμών της βιβλιογραφίας έτσι οι συγκρίσεις παρουσιάζονται παρακάτω:

Μέση τιμή πειραματικού συντελεστή απωλειών γωνίας 90^0 $\bar{K}_{πειρ.} = 0.7445$

Και η τιμή τοπικού θεωρητικού συντελεστή απωλειών γωνίας 90^0 $K_{θεωρ.} = 1.2$. [31]

Με ποσοστιαία απόκλιση (μεταξύ των πειραματικών και των θεωρητικών τιμών)

$$\sigma = \frac{1.2 - 0.7445}{1.2} \cdot 100 = 37.96 \%$$

Για το στοιχείο 3 του κλάδου Γ το οποίο είναι αγωγός Φ32 με γωνία 90^0 μήκους 800 mm έως των άξονα της γωνίας το οποίο συμπεριλαμβάνεται στο στοιχείο 3 παρατηρούμε ότι εμφανίζονται αρκετά ικανοποιητικά αποτελέσματα μεταξύ των μέσων πειραματικών τιμών της επιλεγμένης παροχής και των μέσων αντίστοιχων θεωρητικών τιμών της βιβλιογραφίας. Έτσι οι συγκρίσεις παρουσιάζονται παρακάτω:

Μέση τιμή τοπικής πειραματικής απώλειας γωνίας 90^0 $\bar{K}_{πειρ.} = 0.75443$

και μέση τιμή τοπική θεωρητικής απώλειας γωνίας 90^0 $K_{θεωρ.} = 1.2$ [31].

Με ποσοστιαία απόκλιση (μεταξύ των πειραματικών και των θεωρητικών τιμών)

$$\sigma = \frac{1.2 - 0.75443}{1.2} \cdot 100 = 37.13 \%$$

6.2 Κυρία ευρήματα της εργασίας

Από τη διεξαγωγή της πειραματικής διαδικασίας στη διάταξη για τον προσδιορισμό των γραμμικών και τοπικών απωλειών, στοιχείων των κλάδων της διάταξης και αναλύοντας τα αποτελέσματα. Καταλήγουμε ότι καταφέραμε να προσεγγίσουμε τις θεωρητικές τιμές του συντελεστή K των διαφορετικών εξαρτημάτων που τοποθετήθηκαν στη διάταξη και αυτό δείχνει αρχικά μία αξιοπιστία για τη διάταξη.

Επίσης για το συντελεστή τριβής f πειραματικά προσεγγίσαμε τη θεωρητική τιμή με αρκετά καλή ακρίβεια, καθώς τα αποτελέσματα αυτά αποδόθηκαν από τρεις (3) ίδιες τιμές παροχής.

Θα μπορούσαμε να δεχτούμε και καλή αξιοπιστία, καθώς τα αποτελέσματα μπορούν να θεωρηθούν αποδεκτά, ώστε οι φοιτητές να μπορούν να εξοικειωθούν στη διάταξη για την κατανόηση των μηχανισμών απωλειών ενέργειας στις σωληνώσεις.

Φυσικά στα αποτελέσματα παρατηρούμε διαφορές από τις θεωρητικές τιμές, τις οποίες τις αποδίδουμε στα παρακάτω:

- Ευαισθησία της μέτρησης η οποία επηρεάζεται από τις μεταβολές των στροφών της αντλίας.
- Αποκλίσεις της τιμής της παροχής που λαμβάνουμε από το ψηφιακό μανόμετρο καθώς έχει μία κατασκευαστική απόκλιση $\pm 5\%$.
- Σφάλματα που οφείλονται στη λήψη της στατικής πίεσης και εξαρτώνται από τη γεωμετρία της οπής των λήψεων και των διαταραχών των ροϊκών γραμμών σε αυτό το σημείο.
- Σφάλματα που σχετίζονται με δυνάμεις συνοχής και συνάφειας, οι οποίες διαμορφώνουν την ελεύθερη στάθμη στους πιεζομετρικούς σωλήνες.
- Σε ένα μικρό οριζόντιο τμήμα αγωγού, κατασκευαστικά αναγκαίο για την τοποθέτηση των λήψεων εκατέρωθεν της βαλβίδας.
- Σε σφάλμα ανάγνωσης της στάθμης του νερού στους πιεζομετρικούς σωλήνες από τον παρατηρητή.
- Λοιπά σφάλματα τα οποία δεν προσδιορίσαμε.

6.3 Παρουσίαση συστάσεων για περαιτέρω έρευνα και βελτίωσης της διάταξης

Η διάταξη έχει τη δυνατότητα για περαιτέρω έρευνα σε γραμμικές και τοπικές απώλειες, αφού προβλέφθηκε χώρος και λυόμενο τμήμα στη διάταξη για τη δοκιμή άλλων στοιχείων. Έτσι επειδή υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία υδραυλικών εξαρτημάτων και ως προς το υλικό, αλλά και ως προς τη γεωμετρία μπορούν να ερευνηθούν και άλλα στοιχεία.

Επίσης, συνιστάται η συλλογή των δεδομένων όλων των δοκίμων που θα εκτελεστούν στη διάταξη, ώστε να είναι αξιοποιήσιμα για στατιστική ανάλυση που σε βάθος χρόνου θα προσδώσει την αξιοπιστία της.

Προτείνεται επίσης για μελλοντική διερεύνηση με διαμόρφωση κλάδων από διαφορετικά υλικά σωλήνων υψηλότερης ακριβείας συσκευών και οργάνων.

Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα να γίνει μελέτη για τροποποίηση της διάταξης, ώστε να εκτελείται η δοκιμή σε παράλληλη λειτουργία κυκλοφορίας. Επίσης, να γίνει μελέτη αυτοματοποίησης της διάταξης ως προς την ένδειξη και την καταγραφή του σήματος και απομακρυσμένη εποπτεία (με χρήση αισθητήρων), καθώς και καταγραφή δεδομένων σε Η/Υ.

6.4 Σημαντικότητα της εργασίας

Από την παρούσα εργασία αποκομίζουμε τη γνώση για μεθοδευμένες διαδικασίες στο μηχανολογικό σχεδιασμό για το σύνολο της εγκατάστασης, σε όλες τις φάσεις. Από τη διαμόρφωση της δομής και της λειτουργικότητας της έως και το τελικό προϊόν. Ένα πλήθος δεδομένων και προϋποθέσεων που πολλές φορές αλληλοσυγκρούονται και έπρεπε να οργανωθεί με το βέλτιστο τρόπο για την πραγματοποίηση της κατασκευής, να συνδυάζει γνωστές τεχνολογίες και αρχές λειτουργίας, ώστε να προσαρμόζεται εύκολα στους σκοπούς της.

Η εγκατάσταση έπρεπε να εξυπηρετήσει μία διαδικασία όπου θα πρέπει να συμβαίνουν τα εξής:

- Η υδραυλική ενέργεια που προσδίδεται στο σύστημα από μία αντλία, μέσω της ύλης (νερό) και από ειδικές διαμορφώσεις, να μας δείξει το ισχύον φαινόμενο μεταφοράς του ρευστού.
- Να λαμβάνεται σήμα (πίεση), το οποίο να μετράται άμεσα και αυτό να αξιοποιείται ως μέτρηση,
- Τελικά μετά από επεξεργασία αυτής να λαμβάνουμε τα αποτελέσματα - ζητούμενα που θέσαμε, τα οποία μάλιστα να είναι αξιοποιήσιμα για να εξυπηρετούν τους σκοπούς και στόχους της εγκατάστασης.

Από την έρευνα των συσκευών, οργάνων και εξαρτημάτων που χρειάστηκε να χρησιμοποιήσουμε για την υλοποίηση της εγκατάστασης, προέκυψε τελικά μία εμβάθυνση γνώσεων σε εφαρμογές αυτού του τύπου.

Ο υπολογισμός των γραμμικών και τοπικών απωλειών σε δίκτυα σωληνώσεων, εξασφαλίζει εξοικονόμηση ενέργειας, άρα μικρότερο κόστος λειτουργίας σε εγκαταστάσεις. Επίσης αποδίδει πιο ακριβείς υπολογισμούς για τις συνολικές απώλειες πίεσης, με αποτέλεσμα να μπορούμε να προϋπολογίσουμε την απαιτούμενη πίεση εισόδου, σε συσκευές, μηχανήματα και γενικότερα εγκαταστάσεις που θέτουν επιτρεπόμενα όρια σε ρευστομηχανικά μεγέθη.

Βιβλιογραφία – Αναφορές – Πηγές

- [1] Σιούτη, Σ. (2020), *Διπλωματική: Ιστορικά Πειράματα στα Ρευστά*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα: Apothesis.
- [2] <https://el.wikipedia.org>
- [3] <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>
- [4] <https://www.baytalfann.com>
- [5] <https://docplayer.gr>
- [6] <https://physiclessons.blogspot.com>
- [7] <https://ms.wikipedia.org>
- [8] Ahmed M. T. et. al., (2022), *Hydraulic solutions of pipeline systems using artificial neural networks*. University of Cairo, Faculty of Engineering, Irrigation and Hydraulics Department, Egypt: Ain Shams Engineering Journal.
- [9] Koji K. et. al., (1983), *Flow in an axially rotating pipe*. University of Nagoya, Japan: Bulletin of the JSME vol.26.
- [10] Igarashi T. et. al., (1995), *Hydraulic losses of flow control devices in pipes*. National Defense Academy of Yokosuka, Department of Mechanical Engineering, Japan: JSME International Journal vol.59.
- [11] Farsirotou E. et. al., (2014). *Experimental investigation of fluid flow in horizontal pipes system of various cross-section geometries*. Technical Educational Institute of Thessaly, Department of Civil Engineering of Larissa, Greece: EDP Sciences.
- [12] Stefopoulou A. et. al., (2012), *The effect of head losses evaluation on the analysis of pressurized irrigation networks operating on-demand*. Agricultural University of Athens, Greece: Water Utility Journal 3.
- [13] Cimbala J. M., et. al., *Μηχανική Ρευστών Θεωρία και Εφαρμογές 3^η Έκδοση*. Αθήνα: Fountas
- [14] Κορωνάκης Π. (2009), *Μηχανική Ρευστών 3^η Έκδοση*. Αθήνα: ΙΩΝ
- [15] https://www.researchgate.net/figure/Typical-rheogram-of-Newtonian-and-non-Newtonian-fluids_fig2_269279685
- [16] <https://www.esofia.net>
- [17] Elger F. D., et. al. (2019), *Μηχανική Ρευστών για Μηχανικούς 12^η Έκδοση*. Αθήνα: Τζιόλας
- [18] <https://el.wikipedia.org>
- [19] Παπανίκας Γ. Δ. (2010), *Εφαρμοσμένη Ρευστομηχανική 4^η Έκδοση*. Αθήνα: Φ. Παπανίκας & ΣΙΑ Ο.Ε., Media Guru
- [20] <https://eclass.upatras.gr>

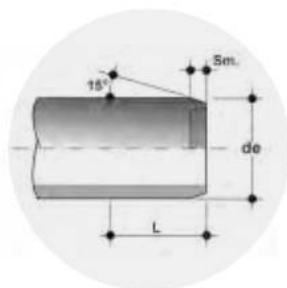
- [21] <https://eclass.upatras.gr>
- [22] Παπαϊωάννου Α. Θ. (1998), *Μηχανική των Ρευστών Τόμος II*, Αθήνα: Δ. Μαυρομάτη
- [23] <https://testbook.com>
- [24] Παπαϊωάννου Α. Θ. (2020), *Μηχανική των Ρευστών Τόμος 3^η Έκδοση*, Αθήνα: Σόφια
- [25] Σγούρδου, Γ. (2020), *Διπλωματική: Υπολογισμός του συντελεστή τριβής τυρβώδους ροής σε κλειστούς αγωγούς*. Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα.
- [26] <https://byjus.com/physics/bernoullis-principle/>
- [27] <https://upload.wikimedia.org>
- [28] Κωνσταντίνος Ι. Στεργίου, *Σχεδιασμός των κατασκευών*. Αθήνα: Εκδόσεις Σύγχρονη εκδοτική, 2004
- [29] Περικλής Κορωνάκης, *Εργαστηριακή Ρευστομηχανική 3^η έκδοση*. Αθήνα: ΙΩΝ
- [30] <https://eclass.hmu.gr>
- [31] Νικόλαος Παντζάλης, *Μηχανική των Ρευστών*. Β' έκδοση. Αθήνα: Εκδόσεις Ίδρυμα Ευγενίδου, 2017
- [32] <https://panshop.gr>
- [33] <https://www.skroutz.gr/s/46596910/24269-Alfadolasticho-Alouminiou-100ek.html>
- [34] <https://www.chryssafidis.com>
- [35] <https://www.skroutz.gr/s/47988923/Cimberio-CIM-50-1-2-Vana-Diakoptis-Eytheia.html>
- [36] <https://palaplast.gr>
- [37] <https://www.o-m.gr/el-gr/manometro-nerou-f63-0-6-bar1-4>
- [38] <https://www.aliaxis>.
- [39] <https://www.skroutz.gr/s/17929950/Plus-JM15-Ilektriki-Antlia-Epifaneias-me-Aytomati-Anarrofisi-1-5hp-Monofasiki-230-105.html>

Παράρτημα Α

Σε αυτό το παράρτημα μεταξύ άλλων υπάρχουν πληροφορίες από σχήματα, πίνακες, έντυπα και περιγραφές που αφορούν τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες των στοιχείων που αποτελείται η πειραματική διάταξη, όπως δόθηκαν από τούς εμπορικούς αντιπροσώπους των κατασκευαστικών εταιρειών.

Α.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά σωλήνων και εξαρτημάτων PVC

Α.1.1 Βάθος υποδοχής, συγκολλητικό μέσο και μήκος λοξοτομής



Socket depth, cement and chamfer length

External diameter		Cementing length L (mm)		Chamfer Sm (mm)
Metric series de (mm)	BS series (Inches)	Metric series	BS series	
16	3/8"	14	14,5	
20	1/2"	16	16,5	1,5
25	3/4"	18,5	19,5	3
32	1"	22	22,5	3
40	1" 1/4	26	27	3
50	1" 1/2	31	30	3
63	2"	37,5	36	5
75	2" 1/2	43,5	43,5	5
90	3"	51	50,5	5
110	4"	61	63	5
125	-	68,5	-	5
140	5"	76	76	5
160	6"	86	90	5
180	-	96	-	5+6
200	-	106	-	5+6
225	8"	118,5	115,5	5+6
250	-	131	-	5+6
280	10"	146	142,5	5+6
315	12"	163,5	168	5+6

Βασικές ιδιότητες υλικών

Θερμική αντίσταση

Εύρος λειτουργίας 0 - 60 °C (βλέπε καμπύλες παλινδρόμησης πίεσης/θερμοκρασίας).

Χαμηλή τραχύτητα επιφάνειας

- Υψηλοί συντελεστές ροής (εξαιρετικά λεία εσωτερικά τοιχώματα).
- Σταθερή πτώση πίεσης με την πάροδο του χρόνου.
- Χαμηλός κίνδυνος ακινητοποίησης λόγω απολέπισης.
- Μειωμένη μεταφορά υλικού στο μεταφερόμενο ρευστό.

Αντίσταση σε χημική διάβρωση

Καλή χημική αντοχή για τη μεταφορά οξέων και αλκαλίων, παραφίνης υδρογονανθράκων και αλατούχων διαλυμάτων.

Αντοχή στην τριβή

Εξαιρετικά χαμηλό κόστος λειτουργίας λόγω της μεγάλης διάρκειας ζωής του.

Μονωτικό

-Μη αγώγιμο (ανοσία στη γαλβανική διάβρωση).

-Χωρίς προβλήματα συμπίκνωσης.

-Ελάχιστη απώλεια θερμότητας.

Γραμμικός συντελεστής θερμικής διαστολής

Μειωμένη ανάγκη για στηρίγματα και αρμούς διαστολής, με αποτέλεσμα σημαντικά πλεονεκτήματα όσον αφορά το σχεδιασμό της εγκατάστασης.

Εύκολη συναρμογή (υποδοχές συγκόλλησης με διαλύτη)

Μειωμένο κόστος εγκατάστασης χάρη στη «συγκόλληση με διαλύτη» που πραγματοποιείται με τη χρήση κατάλληλου σταθεροποιητή διαλύτη.

Αντοχή σε πυρκαγιά

Καλή αντοχή στην καύση και λόγω της παρουσίας αυτοσβενόμενου χλωρίου.

Υψηλή μηχανική αντοχή

Το PVC-U ικανοποιεί την ανάγκη παροχής επαρκούς μηχανικής αντοχής και συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις του σχεδιασμού βιομηχανικών εγκαταστάσεων.

A.1.2 Σωλήνες υπό πίεση με ψυχρό σύστημα χημικής συγκόλλησης (συγκόλληση με διαλύτη)

Τεχνικές προδιαγραφές

-Εύρος μεγέθους: $d 16 \div d 315$ (mm)

-Ονομαστική πίεση:

- PN16 με νερό στους 20° C
- PN10 με νερό στους 20° C

-Εύρος θερμοκρασίας λειτουργίας: $0 \text{ }^{\circ}\text{C} \div 60 \text{ }^{\circ}\text{C}$

-Πρότυπα σύνδεσης:

Συγκόλληση με διαλύτη: EN ISO 15493, EN ISO 1452, DIN 8061/62

-Πρότυπα αναφοράς:

- Κριτήρια κατασκευής: EN ISO 15493, EN ISO 1452, DIN 8061/62
- Μέθοδοι και απαιτήσεις δοκιμής: EN ISO 15493, EN ISO 1452, DIN 8061/62
- Κριτήρια εγκατάστασης: DVS 2204, DVS 2221, UNI 11242 EN ISO 1452, DIN 8061/62

-Υλικό: PVC-U σκούρο γκρι RAL 7011

A.1.3 Τεχνικά χαρακτηριστικά σωλήνων

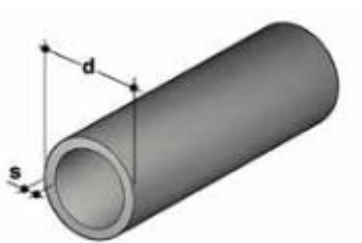
-Μεταβολή της πίεσης συναρτήσει της θερμοκρασίας:

Για νερό και μη επικίνδυνα υγρά για τα οποία το υλικό έχει ταξινομηθεί ως ανθεκτικό στα χημικά (προσδόκιμο ζωής 25 χρόνια). Σε άλλες περιπτώσεις απαιτείται μείωση της ονομαστικής πίεσης PN



A.1.4 Διαστάσεις σωλήνων

Σωλήνας πίεσης σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO 1452, σκούρο γκρι RAL 7011, τυπικό μήκος 5 m



D	S mm	kg/m	PN 16 SDR 11 - SDR 13,6 - SDR 17 CODE
32	2.4	0.351	PIPEV13032
40	3.0	0.539	PIPEV13040

A.2 Εξαρτήματα

Σειρά εξαρτημάτων σχεδιασμένα για εξαρτήματα συγκέντρωσης διαλυτών, Σειρά Metric που μεταφέρει υγρά υπό πίεση με σύστημα χημικής ένωσης ψυχρής

συγκόλλησης (συγκόλληση διαλύτη) με χρήση κατάλληλου συγκολλητικού διαλύτη και καθαριστικού αστάρι.

A.2.1 Εξαρτήματα Συγκόλλησης Διαλύτη, Σειρά Metric

Τεχνικές προδιαγραφές:

-Εύρος μεγεθών: d 12 ÷ d 500 (mm)

- Ονομαστική πίεση: PN 16 με νερό στους 20 °C

- Εύρος θερμοκρασίας: 0 °C ÷ 60 °C.

-Πρότυπα ζεύξης

- Συγκόλληση με διαλύτη: ISO 727, EN ISO 15493, DIN 8063, EN ISO 1452, ASTM D 2467, JIS K 6743, BS 4346-1.
- Μπορεί να συζευχθεί σε σωλήνες σύμφωνα με ISO 161-1, EN ISO 1452, EN ISO 15493, DIN 8062, ASTM D1785, JIS K6741, BS 3505-3506
- Σύστημα φλάντζας: DIN 2501, EN 1092-1

-Πρότυπα αναφοράς

- Κριτήρια κατασκευής: EN ISO 1452, EN 1092-1
- Μέθοδοι δοκιμής και απαιτήσεις: EN ISO 1452, EN ISO 15493
- Κριτήρια εγκατάστασης: DVS 2204, DVS 2221, UNI 11242

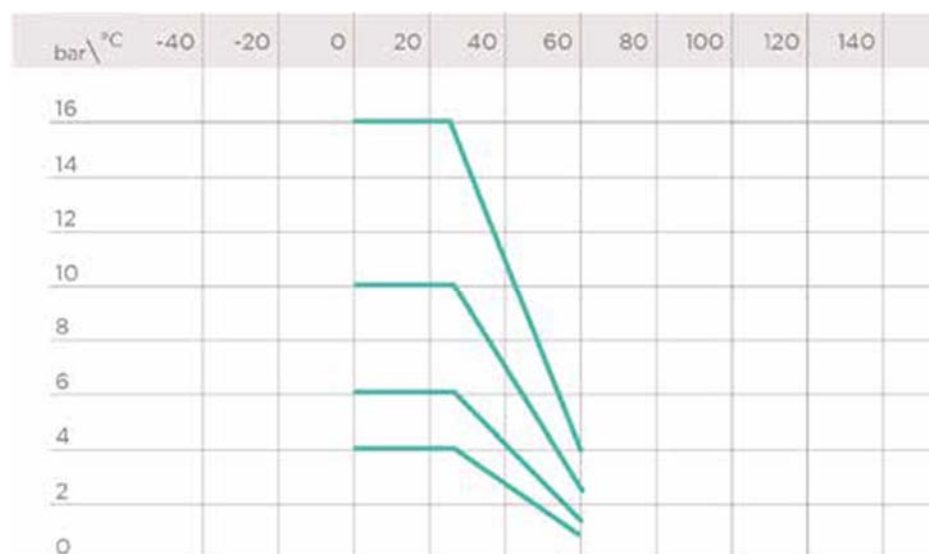
-Υλικό τοποθέτησης: PVC-U Grey RAL 7011

-Υλικό στεγανοποίησης EPDM, FKM

A.2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά εξαρτημάτων

Μεταβολή της πίεσης ανάλογα με τη θερμοκρασία

Για νερό και μη επικίνδυνα υγρά για τα οποία το υλικό ταξινομείται ως *ανθεκτικό στα χημικά* (προσδόκιμο ζωής 25 χρόνων). Σε άλλες περιπτώσεις, απαιτείται μείωση της ονομαστικής πίεσης PN.



Οι ονομαστικές πιέσεις είναι οι εξής:

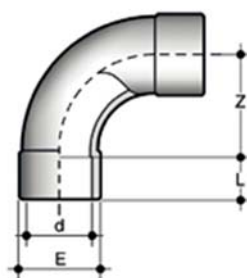
- εξαρτήματα συγκόλλησης με διαλύτη από d12 έως d225 PN 16 από d250 έως d315 PN 10
- εξαρτήματα προσαρμογέα από d 16 έως d 110 PN 16
- εξαρτήματα με σπείρωμα από R 3/8" έως R 4" έως PN 16.

Pe (bar)	1 h	1000 h	50 years
10	6,72	5,12	4
16	4,2	3,2	2,5

A.2.3 Διαστάσεις εξαρτημάτων

1) SIV

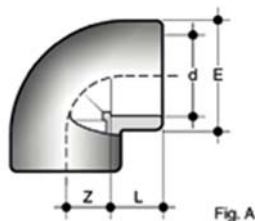
Κάμπυλη μεγάλης ακτίνας 90° (R=2d) με υποδοχές συγκόλλησης διαλύτη



D	PN	E	L	Z	g	Code
32	16	41	22	65,5	100	SIV032

2) GIV

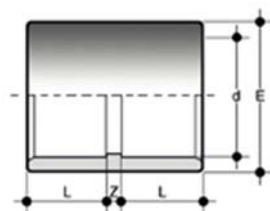
Γωνία 90° με υποδοχές συγκόλλησης διαλύτη



d	PN	E	L	Z	g	Code
32	16	40	22	19	50	GIV032

3) MIV

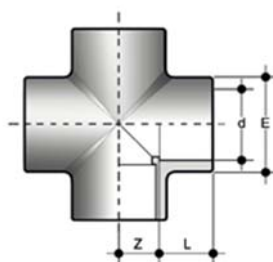
Διπλή υποδοχή συγκόλλησης διαλύτη (σύνδεσμος)



d	PN	E	L	Z	g	Code
40	16	50	26	3	55	MIV040

4) XIV

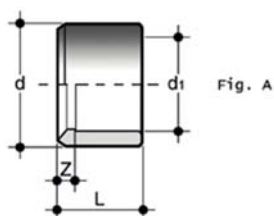
Σταυρός 90° με υποδοχές συγκόλλησης διαλύτη



d	PN	E	L	Z	g	Code
32	16	43	22	18	105	XIV032

5) DIV

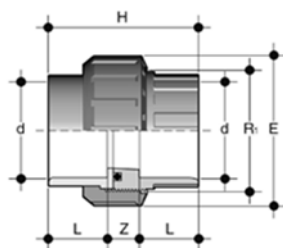
Αναγωγικός δακτύλιος (συστολή δαχτυλίδι) με στόμιο συγκόλλησης διαλύτη (d) και υποδοχή συγκόλλησης με διαλύτη (d_1 μειωμένο)



d x d ₁	PN	L	Z	g	Code
40 x 32	16	26	4	17	DIV040032

6) BIV

Ένωση (λυόμενος σύνδεσμος ή ρακόρ) με υποδοχή συγκόλλησης διαλύτη, O-Ring σε EPDM ή FKM



d	R1	PN	E	H	L	Z	g	Code
32	1"1/2	16	58	57	22	13	85	BIV032E

A.2.4 Εγκατάσταση εξαρτημάτων

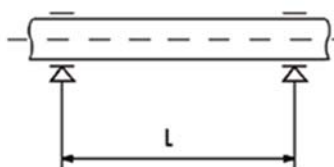
Τοποθέτηση κλιπ σωλήνων

Η εγκατάσταση συστημάτων θερμοπλαστικών σωλήνων απαιτεί τη χρήση κλιπ στήριξης για να αποτρέψτε την κάμψη και τις προκύπτουσες μηχανικές καταπονήσεις.

Η απόσταση μεταξύ των κλιπ εξαρτάται από το υλικό του σωλήνα, το SDR, τη θερμοκρασία της επιφάνειας και την πυκνότητα του μεταφερόμενου ρευστού.

Πριν εγκαταστήσετε τα κλιπ, ελέγξτε τις αποστάσεις που αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα, όπως παρέχονται σύμφωνα με τις οδηγίες DVS 2210-01 για σωλήνες νερού.

Υποστηρικτικοί σωλήνες PVC-U που μεταφέρουν υγρά πυκνότητας 1 g/cm³ (νερό και άλλα υγρά ίσης έντασης).



Για σωλήνες PN 16

d mm	< 20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
16	950	900	850	750	600
20	1100	1050	1000	900	700

Για σωλήνες PN 16

d mm	< 20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
32	1350	1300	1250	1100	900
40	1450	1400	1350	1250	1000

Σημείωση:

Υποστήριξη σε σωλήνες PVC-U που μεταφέρουν υγρά με πυκνότητα διαφορετική από 1 g/cm³. Εάν το υγρό που μεταφέρεται έχει πυκνότητα διαφορετική από 1 g/cm³, η απόσταση L στον πίνακα πρέπει να πολλαπλασιαστεί με τους συντελεστές του παρακάτω πίνακα.

Πυκνότητα υγρού σε g/cm ³	Συντελεστής υποστήριξης
1,25	0,96
1,50	0,92
< 0,01	1.42 για SDR 21 / S10 / PN10 1.30 για SDR 13.6 / S6.3 / PN16 1.20 για SDR 11 / S5 / PN20

A.3 Διαστάσεις εξαρτημάτων ISO-BSP PVC-U (μικτά εξαρτήματα)

Εξαρτήματα προσαρμογέα Σειρά εξαρτημάτων σχεδιασμένα για μεταφορά υγρών υπό πίεση με σπείρωμα και συγκόλληση με διαλύτη ψυχρή συστήματα χημικών αρμών (διαλύτης συγκόλληση) με χρήση κατάλληλου τσιμέντου διαλύτη και καθαριστικό αστάρι.

Τεχνικές προδιαγραφές

- Εύρος μεγεθών: d 16 ÷ d 125 (mm): R 3/8" ÷ 4"

- Ονομαστική πίεση: PN 16 με νερό στους 20 °C

- Εύρος θερμοκρασίας: 0 °C ÷ 60 °C.

- Συγκόλληση με διαλύτη: ISO 727, EN ISO 15493, DIN 8063, EN ISO 1452, ASTM D 2467, JIS K 6743, BS 4346-1. Μπορεί να συζευχθεί σε σωλήνες σύμφωνα με ISO 161-1, EN ISO 1452, EN ISO 15493, DIN 8062, ASTM D1785, JIS K6741, BS 3505-3506
- Κοχλιοσύνδεση: UNI ISO 228-1, DIN 2999, BS 21, ISO 7, ASTM D 2464, JIS B 0203

-Πρότυπα αναφοράς

- Κριτήρια κατασκευής: EN ISO 1452, EN ISO 15493
- Μέθοδοι δοκιμής και απαιτήσεις: EN ISO 1452, EN ISO 15493

- Κριτήρια εγκατάστασης: DVS 2204, DVS 2221, UNI 11242

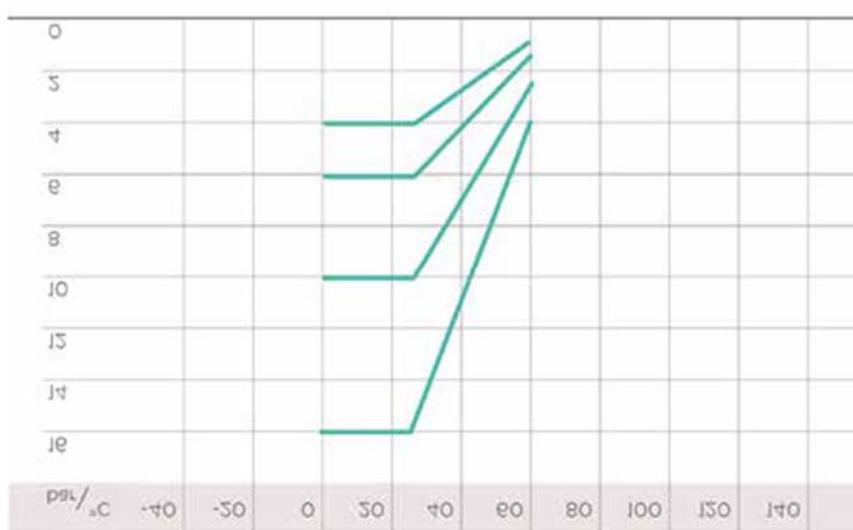
-Υλικό τοποθέτησης: PVC-U Grey RAL 7011

-Υλικό στεγανοποίησης: EPDM, FKM

A.3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά εξαρτημάτων ISO-BSP PVC-U (μικτά εξαρτήματα)

Μεταβολή της πίεσης ανάλογα με τη θερμοκρασία

Για νερό και μη επικίνδυνα υγρά για τα οποία το υλικό ταξινομείται ως ανθεκτικό στα χημικά (προσδόκιμο ζωής 25 χρόνων). Σε άλλες περιπτώσεις, απαιτείται μείωση της ονομαστικής πίεσης PN.



Παράγοντες ασφάλειας.

Η ονομαστική πίεση PN πρέπει να γίνει κατανοητή ως η τυπική πίεση χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό και την επιλογή των απαιτούμενου εξαρτημάτων. Για να μπορέσουν να συμμορφώνονται με τους παράγοντες ασφαλείας, η μέγιστη συνεχής πίεση λειτουργίας στους 20° C κατά τη μεταφορά νερού πρέπει να είναι ίδια με την ονομαστική πίεση. Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά.

Οι ονομαστικές πιέσεις είναι οι εξής:

- εξαρτήματα συγκόλλησης με διαλύτη
 - PN 10: από d 12 έως d 225
 - PN 16: από d 250 έως d 315
- εξαρτήματα προσαρμογέα PN 16: από d 16 έως d 110
- εξαρτήματα με σπείρωμα PN 16: από R 3/8" έως R 4" έως

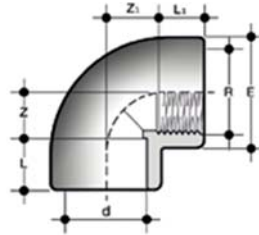
Pe (bar)	1 h	1000 h	50 years
10	6,72	5,12	4

16	4,2	3,2	2,5
----	-----	-----	-----

A.3.2 Διαστάσεις εξαρτημάτων και μικτών εξαρτημάτων

1) GIFV

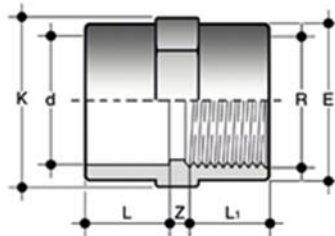
Γωνία 90° με υποδοχή συγκόλλησης διαλύτη και θηλυκό άκρο R με σπείρωμα BSP



d x R	PN	E	L	L1	Z	Z1	g	Code
32 x 1"	16	43	22	19,1	18	20,5	72	GIFV032100

2) MIFV

Διπλή υποδοχή με υποδοχή συγκόλλησης διαλύτη d και θηλυκό άκρο με σπείρωμα BSP.



d x R	PN	E	K	L	L1	Z	g	Code
32 x 1"	16	43	43	22	19.1	6	48	MIFV032100

3) DIFV

Διπλός προσαρμογέας με υποδοχή συγκόλλησης διαλύτη df, άκρο συγκόλλησης διαλύτη dm και θηλυκό με σπείρωμα BSP άκρο R

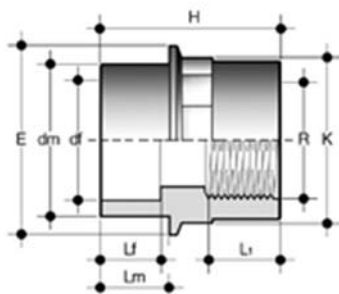
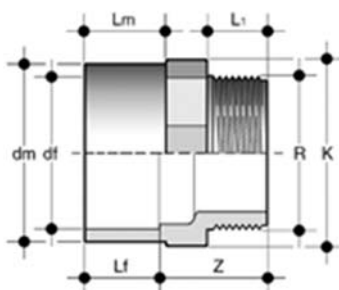


Fig. A

dm x df x R	PN	E	H	K	L1	Lf	Lm	g	Code
32 x 25 x 3/4"	16	40	49	35	16,3	19	22	26	DIFV032025034

4) KIFV

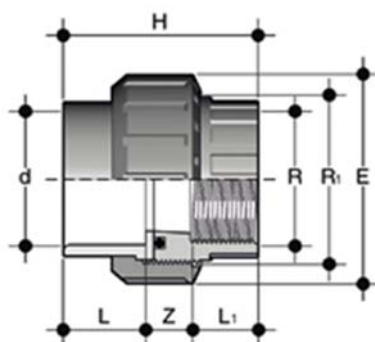
Διπλός προσαρμογέας με υποδοχή συγκόλλησης διαλύτη df, άκρο συγκόλλησης διαλύτη dm και αρσενικό με σπείρωμα BSP.



dm x df x R	PN	K	L1	Lm	Lf	Z	g	Code
40 x 32 x 1"	16	46	19,1	26	22	35	40	KIFV040032100

5) BIFV

Ένωση (λυόμενος σύνδεσμος ή ρακόρ) με υποδοχή d συγκόλλησης διαλύτη και θηλυκό άκρο R με σπείρωμα BSP με O-Ring σε EPDM



d x R	R1	PN	E	H	L	L1	Z	g	Code
32 x 1"	1"1/2	16	58	57	22	19,1	15,9	85	BIFV032100E

A.4 Εξαρτήματα BSP PVC-U (Εξαρτήματα με σπείρωμα)

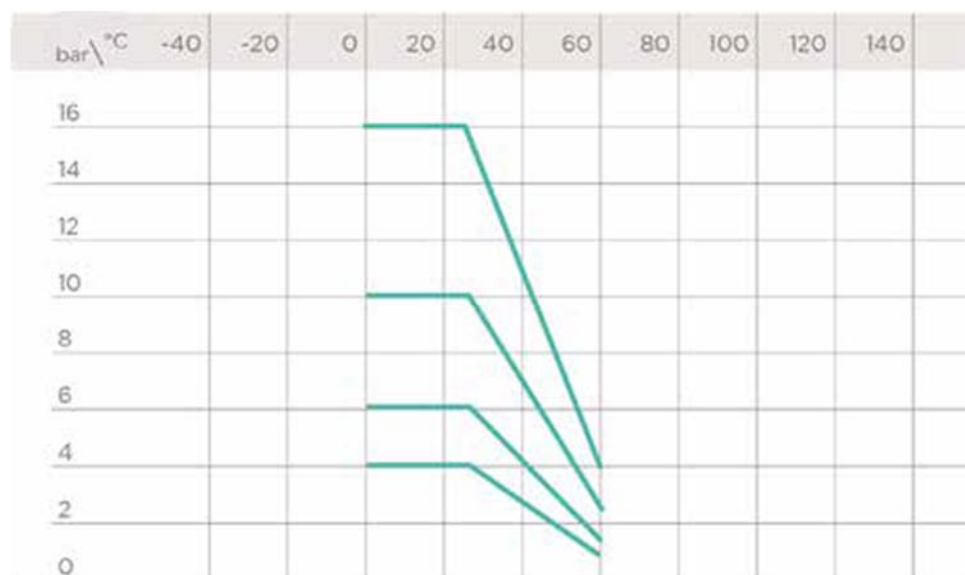
Τεχνικές προδιαγραφές

- Εύρος μεγεθών: R 3/8" ÷ 4"
- Ονομαστική πίεση: PN 16 με νερό στους 20 °C
- Εύρος θερμοκρασίας: 0 °C ÷ 60 °C.
- Πρότυπα ζεύξης
 - Κοχλιοσύνδεση: ISO 228-1, DIN 2999, ISO 7, BS 21, ASTM D 2464, JISB0203
 - Σύστημα φλάντζας: DIN 2501, EN 1092-1
- Πρότυπα αναφοράς
 - Κριτήρια κατασκευής: EN ISO 1452, EN 15493
 - Μέθοδοι δοκιμής και απαιτήσεις: EN ISO 1452, EN ISO 15493
- Υλικό τοποθέτησης: PVC-U Grey RAL 7011
- Υλικό στεγανοποίησης: EPDM, FKM

A.4.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά εξαρτημάτων BSP PVC-U (Εξαρτήματα με σπείρωμα)

Μεταβολή της πίεσης ανάλογα με τη θερμοκρασία

Για νερό και μη επικίνδυνα υγρά για τα οποία το υλικό ταξινομείται ως *ανθεκτικό στα χημικά* (προσδόκιμο ζωής 25 χρόνων). Σε άλλες περιπτώσεις, απαιτείται μείωση της ονομαστικής πίεσης PN.



Παράγοντες ασφάλειας

Ο πίνακας αναφέρει τους παράγοντες ασφάλειας για κάθε κατηγορία πίεσης σε συνάρτηση με το χρόνο. Η ονομαστική πίεση PN, η οποία ορίζεται ως η τυπική πίεση, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό και την επιλογή των απαιτούμενων εξαρτημάτων. Για να μπορέσει να προσαρμόζεται με τους παράγοντες ασφαλείας, η μέγιστη πίεση συνεχούς λειτουργίας στους 20° C κατά τη μεταφορά νερού πρέπει να είναι ίδια με την ονομαστική πίεση, εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά.

Οι ονομαστικές πιέσεις είναι οι εξής:

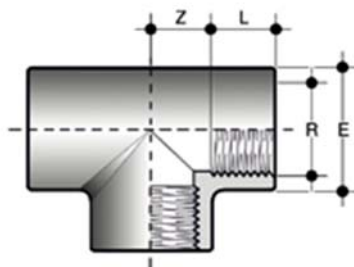
- εξαρτήματα συγκόλλησης με διαλύτη: από d 12 έως d 225 PN 16, από d 250 έως d 315 PN 10
- εξαρτήματα προσαρμογέα: από d 16 έως d 110 PN 16
- εξαρτήματα με σπείρωμα: από R 3/8" έως R 4" έως PN 16.

Pe (bar)	1 h	1000 h	50 years
10	6,72	5,12	4
16	4,2	3,2	2,5

A.4.2 Διαστάσεις εξαρτημάτων BSP PVC-U (Εξαρτήματα με σπείρωμα)

1) TFV

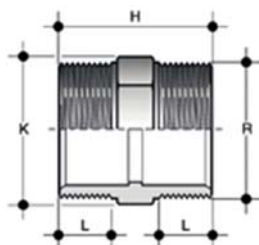
ΤΑΥ 90° με θηλυκά άκρα και σπείρωμα BSP



R	PN	E	L	Z	g	Code
1/2"	16	28,5	15	13	32	TFV012
1"	16	43	19,1	21,5	92	TFV100

2) NFV

Μαστός εξάγωνος με αρσενικά άκρα και σπείρωμα BSP



R	PN	E	H	K	L	g	Code
1/2"	16	28	42	24	15	10	NFV012
3/4"	16	34	44	30	16,3	20	NFV034
1"	16	40	50	36	19,1	30	NFV100

3) PFV

Πώμα με αρσενικό σπείρωμα BSP (Εικ. Α)

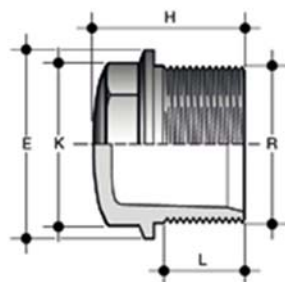
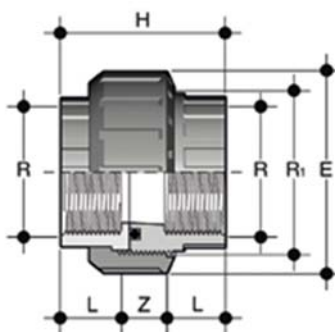


Fig. A

R	PN	E	H	K	L	g	Code
1/2"	16	28	26	23	15	8	PFV012

4) BFV

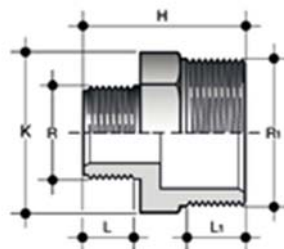
Ένωση (λυόμενος σύνδεσμος ή ρακόρ) με θηλυκά άκρα και σπείρωμα BSP, O-Ring σε EPDM ή FKM



R	R1	PN	E	H	L	Z	g	Code
1"	1" ¹ / ₂	16	58	57	19,10	18.8	85	BFV100E

5) NRFV

Συστολικός μαστός εξάγωνος με αρσενικά άκρα και σπείρωμα BSP



R1 x R	PN	H	K	L	L1	g	Code
1" x 3/4"	16	47	36	16,3	19,1	25	NRFV100034

6) RFV

Συστολή (Αμερικής) 3/4" x 1", 1/4" x 1/2", PN16, με αρσενικό άκρο και σπείρωμα BSP (R) και θηλυκό άκρο με σπείρωμα BSP (μειωμένο R1) (εικ. Β)

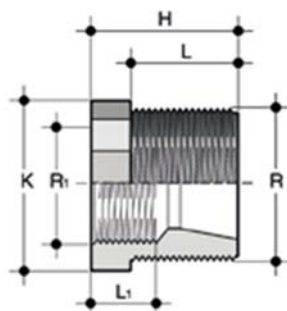


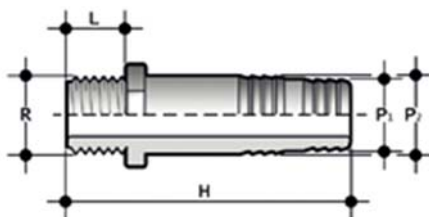
Fig. B

Σημείωση: Σε αυτό το προϊόν δεν δίνονται άλλες διαστάσεις.

7) Συστολή (Αμερικής) 3/4" x 1" γαλβανιζέ.

8) AFV

Ουρά - ροζούνι με αρσενικό άκρο και σπείρωμα BSP



R x P ₁ x P ₂	PN	H	L	g	Code
1/4" x 12 x 14	16	56	11	7	AFV014012014
1" x 30 x 32	16	97	19,1	45	AFV100030032

9) ΥΔΡΟΛΗΨΙΑ (Σέλα ή Κολλάρο) 505-UFM PN10 PP 10 atm 32 x 1/2", 40 x 1/2"



Σημείωση: σε αυτό το προϊόν δεν δίνονται άλλες διαστάσεις.

A.5 Άλλα εξαρτήματα και αναλώσιμα που χρησιμοποιήθηκαν

1) Κόλλα Tangit 500gr και Primer Tangit 500 gr



2) Ταινία Teflon 12mm x 10m



3) Στήριγμα σωλήνων με λάστιχο 1", 1 1/4"

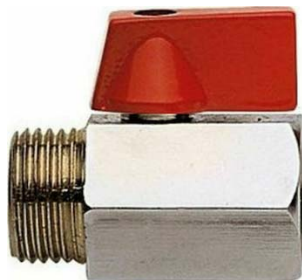


4) Πρόβολος στήριξης



5) Ντίζα, ροδέλες παξιμάδια M8

6) Διακόπτης - Κρουνός Μίνι Σφαιρικός 1/2" x 1/2" Αρσ.-Θηλ. Κόκκινος Hydrosfer



7) Σφαιρικός διακόπτης 1"



8) Αυτόματο εξαεριστικό 1/2"



9) Βαλβίδα αντεπιστροφής 1/2", 1"



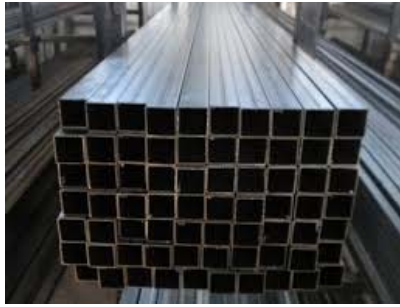
10) Αλφαιδολάστιχο 12mm - 1/2"



11) Φύλλο MDF 16mm



12) Προφίλ Σιδήρου (Στραντζαριστό) 50 x 50 x 2mm



13) Χρώματα για χρωματισμό επιφάνειας MDF

- Βελατούρα λευκή
- Ριπολίνη λευκή

14) Χρώματα για χρωματισμό επιφάνειας στραντζαριστών

- Μίνιο κόκκινο
- Λαδομπογιά μαύρη

15) Ατμοφράκτης ορειχάλκινος 1” (Globe Valve) CIM 75

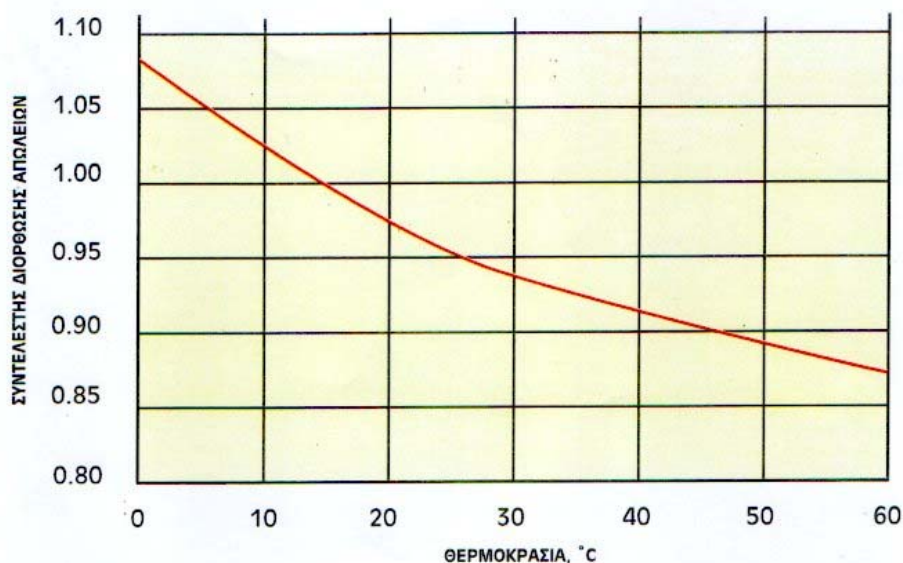


16) Βαλβίδα σύρτη ορειχάλκινη 1” (Gate Valve) CIM 50



Α.6 Εγχειρίδια εμπορικών αντιπροσώπων των κατασκευαστών

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΠΙΕΣΗΣ
(σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία)

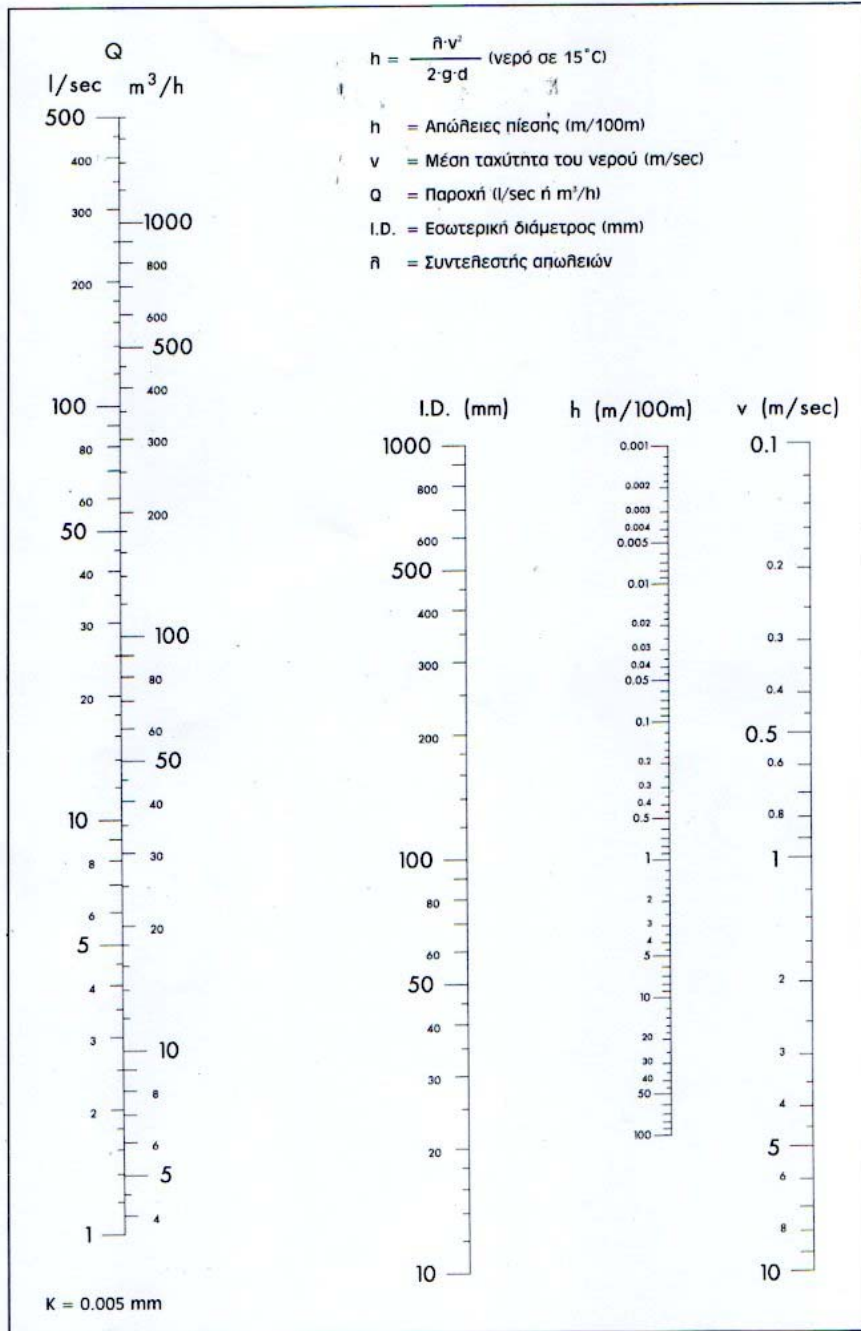


ΠΙΕΣΕΙΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC-U ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΧΡΗΣΕΩΣ

Επιτρεπόμενες πιέσεις συνεχούς λειτουργίας, ανάλογα με τις συνθήκες χρήσεως.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ °C	ΧΡΟΝΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	PN 4 Σειρά 2	PN 6 Σειρά 3	PN 10 Σειρά 4	PN 16 Σειρά 5	PN 25 Σειρά 6
20	1	4.8	7.2	12.0	19.2	30.0
	5	4.5	6.7	11.2	17.9	27.9
	10	4.3	6.5	10.8	17.3	27.0
	25	4.1	6.2	10.3	16.5	25.6
	50	4.0	6.0	10.0	16.0	25.0
30	1	3.9	5.8	9.7	15.5	24.3
	5	3.6	5.4	9.0	14.4	22.5
	10	3.5	5.3	8.8	14.1	21.9
	25	3.3	5.0	8.3	13.3	20.7
	50	3.2	4.8	8.0	12.8	20.1
40	1	3.0	4.6	7.6	12.2	19.1
	5	2.7	4.1	6.8	10.9	17.1
	10	2.6	4.0	6.6	10.6	16.6
	25	2.6	3.8	6.4	10.2	16.1
	50	2.5	3.8	6.3	10.1	15.8
50	2	2.1	3.2	5.3	8.5	13.2
	5	1.9	2.9	4.8	7.7	12.0
	10	1.8	2.7	4.5	7.2	11.2
	30	1.7	2.5	4.2	6.7	10.5
60	1	1.4	2.1	3.5	5.6	8.6
	5	1.2	1.8	3.0	4.8	7.3
	10	1.1	1.7	2.8	4.5	7.0
	30	1.0	1.5	2.5	4.0	6.3

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΠΙΕΣΗΣ ΣΩΛΗΝΩΝ PVC-U





VALVOLE DI RITEGNO

Check valve

Soupapes

7040

VALVOLA DI RITEGNO UNIVERSALE F/F, ISO 228, CON INSERTO IN OTTONE.

Universal check valve F/F, with brass inner disk.

Soupape universelle F/F, ISO 228 avec insert en laiton.



ACS

Codice	Code	Misura	Size	Dimensions	PN		
7040	015		1/2"		25	35	140
7040	020		3/4"		25	25	100
7040	025		1"		25	15	60
7040	032		1 1/4"		16	10	40
7040	040		1 1/2"		16	6	24
7040	050		2"		16	3	18
7040	065		2 1/2"		10	0	8
7040	080		3"		10	0	5
7040	100		4"		10	0	4

7050

VALVOLA DI RITEGNO SERIE PLANET, FILETTI F ISO 228, CON FILTRO ACCIAIO INOX.

Foot valve female ISO 228, with stainless steel filter, PLANET series.

Soupape série PLANET, filetage F ISO 228 avec filtre en acier inox.



ACS

Codice	Code	Misura	Size	Dimensions		
7050	015		1/2"		30	150
7050	020		3/4"		10	100
7050	025		1"		15	60
7050	032		1 1/4"		9	36
7050	040		1 1/2"		7	28
7050	050		2"		5	20
7050	065		2 1/2"		1	9
7050	080		3"		1	6
7050	100		4"		1	3

7000

VALVOLA DI RITEGNO UNIVERSALE F/F, ISO 228, IN OTTONE, CON INSERTO IN PLASTICA.

Universal check valve F/F, made of brass, with plastic disk.

Soupape universelle F/F, ISO 228 en laiton, avec insert in plastique.

PN 10



ACS

Codice	Code	Misura	Size	Dimensions		
7000	010		3/8"		-	-
7000	015		1/2"		50	200
7000	020		3/4"		30	120
7000	025		1"		20	80
7000	032		1 1/4"		15	60
7000	040		1 1/2"		12	48
7000	050		2"		6	24
7000	065		2 1/2"		1	9
7000	080		3"		1	8
7000	100		4"		1	6

7045

VALVOLA DI RITEGNO UNIVERSALE F/F, ISO 228, CON INSERTO IN OTTONE.

Universal check valve F/F, with brass inner disk.

Soupape universelle F/F, ISO 228 avec insert en laiton.

PN 10



ACS

Codice	Code	Misura	Size	Dimensions		
7045	015		1/2"		45	180
7045	020		3/4"		30	120
7045	025		1"		25	100
7045	032		1 1/4"		15	60
7045	040		1 1/2"		8	32
7045	050		2"		0	24

7110

FILTRO IN ACCIAIO INOX CON RACCORDO IN NYLON.

Stainless steel filter with nylon thread.

Filtre en acier inox avec raccord en nylon.

PN 10



Codice	Code	Misura	Size	Dimensions		
7110	010		3/8"		-	-
7110	015		1/2"		70	350
7110	020		3/4"		35	210
7110	025		1"		20	120
7110	032		1 1/4"		24	96
7110	040		1 1/2"		15	60
7110	050		2"		8	32
7110	065		2 1/2"		1	30
7110	080		3"		1	20
7110	100		4"		1	8

OPERATION - ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Install the water flow meter on where you need, such as faucet or pipes $\varnothing 16\text{mm} - \varnothing 20\text{mm}$
Press the button to check water flow information using 4 modes

Εγκαταστήστε το μετρητή ροής νερού στο σημείο που θέλετε, όπως βρύση ή σωλήνα $\varnothing 16\text{mm} - \varnothing 20\text{mm}$.
Πατήστε το πλήκτρο για να ελέγξετε τις πληροφορίες ροής νερού χρησιμοποιώντας 4 τρόπους

1. Four-MODE - Τρόποι Λειτουργίας

A. AUTO-MODE



First Press : Check real-time water flow rate
(Hold the button to switch to Gallons or Liters under flow mode)

Πρώτο Πάτημα: Ελέγξτε την παροχή του νερού σε πραγματικό χρόνο
(Κρατήστε πατημένο το κουμπί για εναλλαγή σε γαλιόνια ή λίτρα σε λειτουργία ροής)

B. FLOW-MODE



Second Press : Check real-time water consumption
(Hold the button for 3 seconds to reset water flow rate)

Δεύτερο Πάτημα: Ελέγξτε την κατανάλωση νερού σε πραγματικό χρόνο
(Κρατήστε πατημένο το κουμπί για 3 δευτερόλεπτα για μηδενίσετε την ένδειξη)

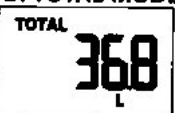
C. AVG-MODE



Third Press : Check average water consumption in last 7 days
(Hold the button for 3 seconds to reset the average water consumption data)

Τρίτο Πάτημα: Ελέγξτε τη μέση κατανάλωση νερού τις τελευταίες 7 ημέρες
(Κρατήστε πατημένο το κουμπί για 3 δευτερόλεπτα για να μηδενίσετε τα δεδομένα μέσης κατανάλωσης νερού)

D. TOTAL-MODE



Fourth Press : Check total water consumption
(Hold the button for 3 seconds to reset the total water consumption data)

Fourth Press: Ελέγξτε τη συνολική κατανάλωση νερού
(Κρατήστε πατημένο το κουμπί για 3 δευτερόλεπτα για να μηδενίσετε τα δεδομένα συνολικής κατανάλωσης νερού)

2. Sleep MODE - Κατάσταση Αδράνειας

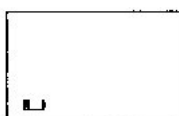
In any mode, if without any operation or no water flow for more than 1 minute, the LCD screen will enter into sleep mode. When the button is pressed or there is water flowing, it will wake up automatically

Εάν δεν υπάρχει καμία λειτουργία ή ροή νερού για περισσότερο από 1 λεπτό, ο μετρητής θα μπει σε κατάσταση αδράνειας. Όταν πατηθεί το κουμπί ή υπάρχει ροή νερού, ο μετρητής θα ενεργοποιηθεί αυτόματα

3. Low Battery Indication - Ένδειξη χαμηλής τάσης μπαταρίας

When the battery voltage is lower than 2.4V, the battery low power icon on the screen flashes with a frequency of 0.5 seconds.

Όταν η τάση της μπαταρίας είναι χαμηλότερη από 2.4V, το εικονίδιο χαμηλής ισχύος μπαταρίας στην οθόνη αναβοσβήνει με συχνότητα 0,5 δευτερολέπτων.



2400

TECHNICAL SPECIFICATION - ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Waterproof	IPX5	Αδιάβροχο
Working Flow Rate	20lt/h - 2,4m ³ /h	Εύρος Ροής Νερού
Maximum Flow	2400lt/h	Μέγιστη Ροή
Maximum Cumulative Flow	9999,9L or 9999,9GAL	Μέγιστη Αθροιστική Ροή
Measurement Tolerance	± 5%	Ανοχή Μέτρησης
Working Pressure	0,5 bar - 8,0 bar	Εύρος Πίεσης Λειτουργίας
Thread Type	BSP	Τύπος σπειρώματος
Battery Type	CR2032 (included)	Τύπος Μπαταρίας
Operating Voltage	DC3V	Τάση λειτουργίας
Low Alarm Voltage	≤ 2,4V	Χαμηλή Τάση (Alarm)
Standby Working Current	≤ 25uA	Τάση σε κατάσταση αδράνειας

WARNING - ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ

Under freezing temperatures, water flow meter should be removed from the faucet and stored indoors to avoid potential freezing damage.

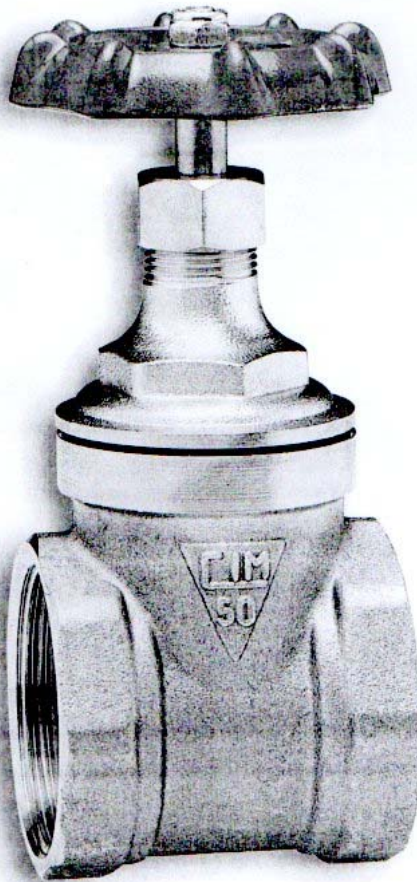
Σε θερμοκρασίες παγετού, ο μετρητής ροής νερού πρέπει να αφαιρείται από τη βρύση και να αποθηκεύεται σε εσωτερικούς χώρους για να αποφευχθεί πιθανή ζημιά ή σπάσιμο.

cim
50

**SARACINESCA TIPO COMPACT
IN OTTONE STAMPATO - PN 16**

**HOT FORGED GATE VALVE
COMPACT TYPE - PN 16**

**VANNE EN LAITON MATRICE
TYPE COMPACT - PN 16**



IMPIEGHI:

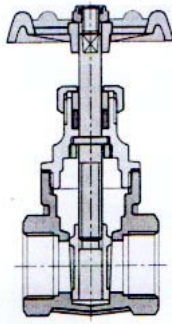
Le saracinesche CIM 50 sono fabbricate secondo le norme EN ISO 9002 e possono essere utilizzate nei più svariati settori dell'impiantistica ed in ogni applicazione industriale ed agricola: impianti di riscaldamento, idrici, igienico sanitari, aria compressa, reti di distribuzione vapore, olii, benzine, petrolio ed altri idrocarburi.

SERVICE RECOMMENDATIONS:

The CIM 50 gate valve is manufactured in accordance with EN ISO 9002 and can be used in a wide range of plants, in any industrial and agricultural application: heating plants, sanitary systems, plumbing services, waterworks, steam, gasoline networks, petroleum and other hydrocarbons.

UTILISATIONS:

Les vannes CIM 50 sont fabriquées selon les normes EN ISO 9002 et peuvent être utilisées dans les secteurs les plus variés des installations, installations industrielles et agricoles: de chauffage, circuits d'eau, sanitaire, air comprimé, réseaux de distribution, vapeur d'eau, huiles, essence, pétrole et autres hydrocarbures.

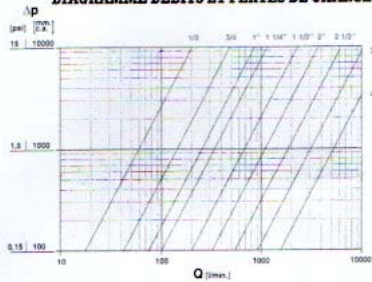


- Body Forged brass
- Bonnet Forged brass
- Stem Brass bar
- Wedge Forged brass
- Stem ring Brass bar
- Packing NA 1030 Gr.
- Gland nut Brass bar
- Gland packing AF 15/MA
- Nut Self locking type
- Handwheel Aluminium alloy

MATERIALI - CARATTERISTICHE:

Vitone filettato, asta fissa, disco monoblocco.
Corpo, vitone, disco: stampati a caldo da barra in ottone EN 12165 CW617N (CuZn40Pb2).
Asta e componenti in ottone: ricavati da barra trafilata in ottone EN 12164 CW614N.
Guarnizione: NA 1030 Gr. (esente da amianto) resistente ad una temperatura massima di 180°C.
Premistoppa: AF 15/MA fibra resistente al calore (esente da amianto), elastomeri, resine sintetiche e P.T.F.E. Temperatura massima 250°C.
Volantino: modello "CIM" depositato in lega di alluminio Al-Si 12, verniciato a fuoco con polvere epossidica, colore rosso RAL 3000, con indicazione "aperto-chiuso".
Pressioni di prova: corpo 25 bar (363 psi); sede 18 bar (261 psi).
Filettatura: cilindrica a norme ISO 228/1° G - BS 2779; americana NPT a norme ANSI B1.20.1.

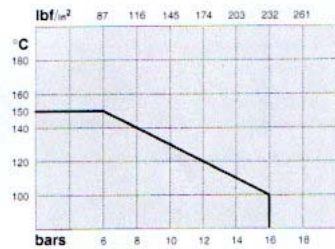
DIAGRAMMA PERDITE DI CARICO - FLOW AND PRESSURE DROP
DIAGRAMME DEBITS ET PERTES DE CHARGE



MATERIALS - MAIN FEATURES:

Screwed bonnet, non-rising stem, solid wedge disc.
Body, bonnet, wedge: hot forged brass EN 12165 CW617N.
Stem and metal components: machined from drawn brass bar EN 12164 CW614N.
Packing: NA 1030 Gr. (free of asbestos) is suitable to a maximum temperature of 180°C (356°F).
Gland packing: AF 15/MA heat resistant fibre, (free of asbestos), elastomers, synthetic resin and P.T.F.E. It is suitable to a maximum temperature of 250°C (482°F).
Handwheel: registered "CIM" model in hard duraluminium Al-Si 12, epoxy painted red RAL 3000, showing "on-off".
Hydrostatic test pressures: shell 25 bar (363 psi); seat 18 bar (261 psi).
Threading: parallel threads to ISO 228/1° G - BS 2779; american NPT threads to ANSI B1.20.1.

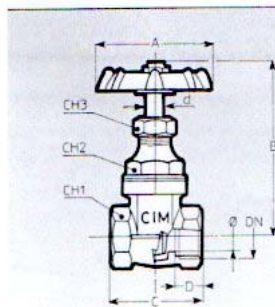
DIAGRAMMA PRESSIONE/TEMPERATURA - PRESSURE/TEMPERATURE RATINGS
DIAGRAMME PRESSION/TEMPERATURE



Temperatura ambiente / Cold service / Température ambiante:
 16 bar at -10 to 100°C - 232 lbf in² at 0 to 212°F
Vapore saturo / Saturated steam / Vapeur saturée:
 6 bar at 180°C - 87 lbf in² at 302°F

MATERIELS - CARACTERISTIQUES:

Chapeau fileté, tige non montante, simple opercule.
Corps, chapeau, opercule: matricés à chaud de barre en laiton EN 12165 CW617N (CuZn40Pb2).
Tige et composants en laiton: obtenus de barre étirée en laiton EN 12164 CW614N.
Joint: NA 1030 Gr (sans amiante) résistante à une température de 180°C max.
Bourrage: AF 15/MA fibre résistante à la chaleur (sans amiante), élastomères, résine synthétique et P.T.F.E. Température max. 250°C.
Volant: modèle "CIM" déposé, en alliage d'aluminium Al-Si 12, vernis au feu avec poudre époxydic, couleur rouge RAL 3000, avec indication "ouvert-fermé".
Pressions d'essai: corps 25 bars (363 psi); siège 18 bars (261 psi).
Filetage: cylindrique selon les normes ISO 228/1°G - BS 2779; américain NPT selon les normes ANSI B1.20.1.



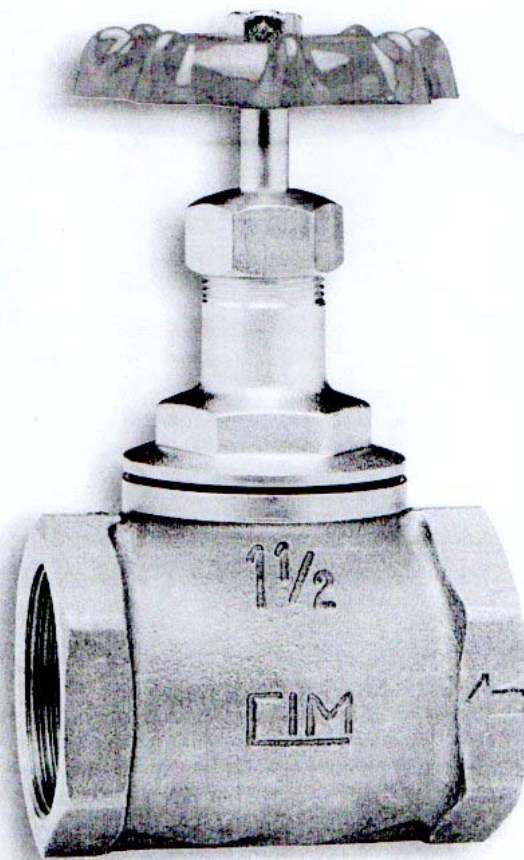
DN	1/2	3/4	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Ø mm.	14	17	23	28	33	48	58	68	88
Grms.	215	255	355	500	690	1100	2160	3010	5060
A	50	55	60	65	65	80	110	110	120
B	79	80	96	100	114	135	180	200	240
C	42	46	50	55	60	67	89	77	91
D	12	12	14	16	17	18	16	18	20
CH1	25	31	38	47	55	68	88	97	125
CH2	24	24	30	32	32	45	55	66	88
CH3	18	18	18	18	21	23	30	30	33
d	8	8	8	8	9	10	13	13	14

cim
75

**VALVOLA A GLOBO IN BRONZO
SEDE METALLICA - PN 16**

**BRONZE GLOBE VALVE
METAL TO METAL SEATING - PN 16**

**SOUPAPE D'ARRET EN BRONZE
SIEGE METALLIQUE - PN 16**



IMPIEGHI:

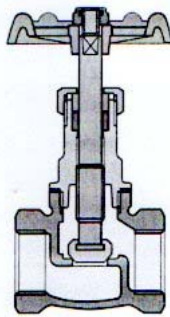
Le valvole globo filettate CIM 75 sono fabbricate secondo le norme BS 5154/B - PN 16 ed EN ISO 9002 e possono essere utilizzate nei più svariati settori dell'impiantistica ed in ogni applicazione industriale ed agricola: impianti di riscaldamento, idrici, igienico sanitari, aria compressa, reti di distribuzione vapore, olii, benzine, petrolio ed altri idrocarburi, dove è richiesta una regolazione.

SERVICE RECOMMENDATIONS:

The CIM 75 globe valve is manufactured in accordance with BS 5154/B - PN 16 and EN ISO 9002 and can be used in a wide range of plants, in any industrial and agricultural application: heating plants, sanitary systems, plumbing services, waterworks, steam, gasoline networks, petroleum and other hydrocarbons where fine regulation is required.

UTILISATIONS:

Les soupapes d'arrêt filettées CIM 75 sont fabriquées selon les normes BS 5154/B - PN 16 et EN ISO 9002 et peuvent être utilisées dans les secteurs les plus variés des installations, installations industrielles et agricoles: de chauffage, circuits d'eau, sanitaire, air comprimé, réseaux de distribution, vapeur d'eau, huiles, essence, pétrole et autres hydrocarbures où le réglage s'impose.

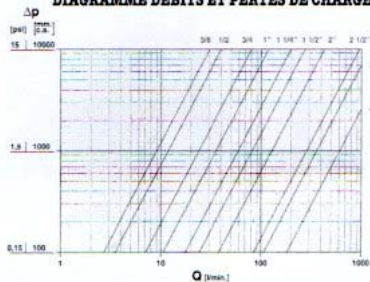


Body	Cast bronze
Bonnet	Forged brass
Stem	Brass bar
Gland nut	Brass bar
Gland	Brass bar
Gland packing	AF 15/MA
Packing	NA 1100
Disc stem ring	Brass bar
Disc	Brass bar
Nut	Self locking type
Handwheel	Aluminium alloy

MATERIALI - CARATTERISTICHE:

Vitone filettato, asta mobile.
Corpo: fuso in bronzo per colata in "Shell-Moulding". Bronzo a norme UNI 7013-8 - ISO 1338 (Cu86Sn5Zn5Pb5).
Vitone: stampato a caldo da barra in ottone EN 12166 CW617N (CuZn40Pb2).
Asta e componenti in ottone: ricavati da barra trafiletta in ottone EN 12164 CW614N.
Guarnizione: NA 1100 (esente da amianto) resistente ad una temperatura massima di 450°C.
Premistoppa: AF 15/MA fibra resistente al calore (esente da amianto), elastomeri, resine sintetiche e P.T.F.E. Temperatura massima 250°C.
Disco: stampato da barra in ottone EN 12166 CW617N. Il disco si solleva con l'asta ed è libero di ruotare.
Volantino: modello "CIM" depositato in lega di alluminio Al-Si 12, verniciato a fuoco con polvere epossidica, colore rosso RAL 3000, con indicazione "aperto-chiuso".
Pressioni di prova: corpo 25 bar (363 psi); sede 18 bar (261 psi).
Filettatura:
 - cilindrica a norme ISO 228/1°G - BS 2779;
 - su richiesta, disponibile anche con filettatura americana NPT a norme ANSI B1.20.1.

DIAGRAMMA PERDITE DI CARICO - FLOW AND PRESSURE DROP
DIAGRAMME DEBITS ET PERTES DE CHARGE



MATERIALS - MAIN FEATURES:

Screwed bonnet, rising stem.
Body: cast bronze to BS 1400 - LG2 (Cu86Sn5Zn5Pb5).
Bonnet: hot forged brass EN 12166 CW617N (CuZn40Pb2).
Stem and metal components: machined from drawn brass bar EN 12164 CW614N.
Packing: NA 1100 (free of asbestos) is suitable to a maximum temperature of 450°C (842°F).
Gland packing: AF 15/MA heat resistant fibre, (free of asbestos), elastomers, synthetic resin and P.T.F.E. It is suitable to a maximum temperature of 250°C (482°F).
Disc: machined from hot forged brass bar EN 12166 CW617N, that lifts with the spindle and is free to rotate.
Handwheel: registered "CIM" model in hard duraluminium Al-Si 12, epoxy painted red RAL 3000, showing "on-off".
Hydrostatic test pressures: shell 25 bar (363 psi); seat 18 bar (261 psi).
Threading:
 - parallel threads to ISO 228/1°G - BS 2779;
 - american NPT threads to ANSI B1.20.1 available on request.

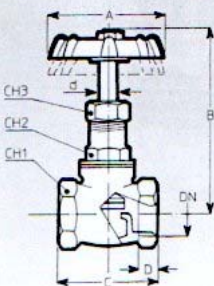
DIAGRAMMA PRESSIONE/TEMPERATURA - PRESSURE/TEMPERATURE RATINGS
DIAGRAMME PRESSION/TEMPERATURE



Temperatura ambiente / Cold service / Température ambiante:
 16 bar at -10 to 100°C - 232 lbf in² at 0 to 212°F
Vapore saturo / Saturated steam / Vapeur saturée:
 7 bar at 170°C - 102 lbf in² at 338°F

MATERIELS - CARACTERISTIQUES:

Chapeau fileté, tige montante.
Corps: coulé en bronze par moulage en "Shell-Moulding". Bronze selon les normes UNI 7013-8 - ISO 1338 (Cu86Sn5Zn5Pb5).
Chapeau: matrié à chaud de barre en laiton EN 12166 CW617N (CuZn40Pb2).
Tige et composants en laiton: obtenus de barre étirée en laiton EN 12164 CW614N.
Joint: NA 1100 (sans amiante) résistante à une température de 450°C max.
Bourrage: AF 15/MA fibre résistante à la chaleur (sans amiante), élastomères, résine synthétique et P.T.F.E. Température max 250°C.
Disque: matrié de barre en laiton EN 12166 CW617N. Le disque, s'élevant avec la tige, tourne librement.
Volant: modèle "CIM" déposé, en alliage d'aluminium Al-Si 12, vernis au feu avec poudre époxydique, couleur rouge RAL 3000, avec indication "ouvert-fermé".
Pressions d'essai: corps 25 bars (363 psi); siège 18 bars (261 psi).
Filetage:
 - cylindrique selon les normes ISO 228/1°G - BS 2779;
 - sur demande, avec filetage américain NPT selon les normes ANSI B1.20.1.



DN	3/8	1/2	3/4	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Grms.	225	295	420	640	950	1230	1890	4120	5270	10060
A	50	55	60	65	65	80	80	120	120	175
B	80	86	100	110	125	145	165	225	255	325
C	45	50	60	70	85	90	110	135	145	190
D	9	11	13	14	16	16	18	21	21	23
CH1	25	29	35	42	51	58	70	85	100	129
CH2	21	23	23	28	33	38	45	55	63	80
CH3	17	18	18	21	23	25	27	37	39	50
d	6	8	8	9	9	10	10	16	19	22

SERIE

TYPES

T14

VALVOLA A SFERA A PASSAGGIO TOTALE

Attacchi Femmina/Femmina

FULLWAY BALL VALVE

Female/Female Ends

ROBINET A BOISSEAU SPHERIQUE

A PASSAGE INTEGRAL

Manchons Femelle/Femelle

IMPIEGHI:

Le valvole a sfera CIM 14 sono fabbricate secondo le norme EN 29000 - ISO 9000 e possono essere utilizzate per: impianti idraulici domestici e commerciali, applicazioni industriali ed agricole, impianti di riscaldamento, idrici, igienico-sanitari, aria compressa, reti di distribuzione olii, benzine, vapore saturo, servizi di acqua calda, linee di condensa, petrolio e altri idrocarburi, generalmente con ogni fluido non corrosivo.



cim 14

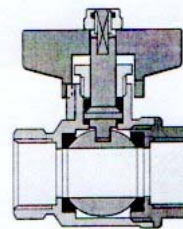
SERVICE

RECOMMENDATIONS:

The CIM 14 ball valve is manufactured in accordance with EN 29000 - ISO 9000 and can be used for: domestic and commercial plumbing, industrial applications, agricultural requirements and heating, sanitary, pneumatic systems, waterworks, oil pipelines, oil, gasoline networks, saturated steam or high temperature, hot water services, condensate lines and is suitable for petrol and other hydrocarbon services, generally with every non aggressive fluid.

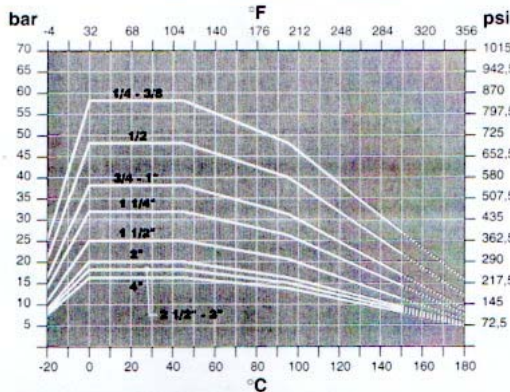
UTILISATIONS:

Les robinets à boisseau sphérique CIM 14 sont fabriqués selon les normes EN 29000 - ISO 9000 et peuvent être utilisés dans les secteurs les plus variés: installations hydrauliques domestiques et commerciales, de l'industrie, de l'agriculture, du chauffage, de l'eau sanitaire, air comprimé, réseaux de distribution huiles, essence, vapeur d'eau, eau chaude, lignes de condensation, pétrole et autres combustibles, ainsi que tout fluide non corrosif.



cim 314

DIAGRAMMA PRESSIONE/TEMPERATURA - PRESSURE/TEMPERATURE RATINGS
DIAGRAMME PRESSION/TEMPERATURE

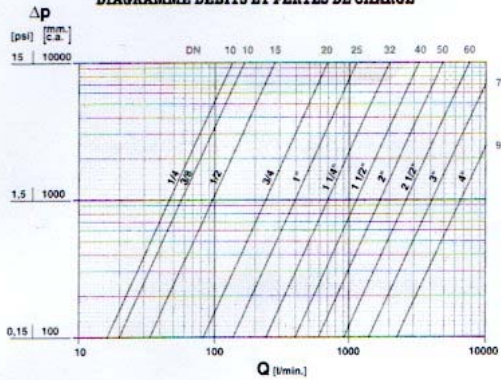


EN 29000
ISO 9000



Pressione di esercizio: limite di servizio da 58 bar a 16 bar.
Temperatura di esercizio: limite di servizio per fluidi da -20°C a 150°C.
Pressioni di prova: secondo ISO 5208 (1993).
Filettatura: STANDARD - femmina cilindrica a norme ISO 228/1°G. SU RICHIESTA - americana NPT a norme ANSI B1.20.1.
Materiali: CORPO: in ottone stampato CuZn40Pb2 e nichelato. SFERA: in ottone diamantata e cromata. MANIGLIA: in lega di alluminio Al-Si 12 verniciata rosso RAL 3000. GUARNIZIONI: anelli conici in P.T.F.E.
Sottovuoto: le valvole CIM 14 possono essere usate per aspirazione a 10⁻³ Torr.
KV: portata in m³/h alla perdita di pressione di 1 bar - ELEMENTO: acqua - TEMPERATURA: 15,5°C.
CM: coppia di manovra in Nm.
CS : coppia di spunto in Nm.
MT: momento torcente max. sull'asta in Nm.

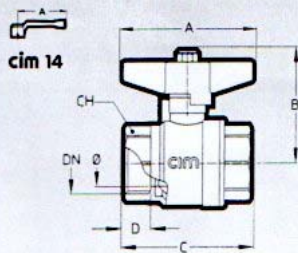
DIAGRAMMA PERDITE DI CARICO - FLOW AND PRESSURE DROP
DIAGRAMME DEBITS ET PERTES DE CHARGE



Maximum operating pressure: working limit at 58 bar to 16 bar.
Maximum operating temperature: working limit for fluids at -20°C to 150°C.
Test pressures: according to ISO 5208 (1993).
Threading: STANDARD - female parallel threads to ISO 228/1°G. ON REQUEST - american NPT threads ANSI B1.20.1.
Materials: BODY: hot pressed brass CuZn40Pb2, nickel plated. BALL: brass, machined to a micro-smooth finish, hard chromium plated. HANDLE: hard duraluminium alloy Al-Si 12 epoxy painted red RAL 3000. GASKETS: conical Rings in P.T.F.E.
Vacuum: the CIM 14 ball valves can be used for vacuum: 10⁻³ Torr.
KV: capacity in m³/h at pressure drop of 1 bar - ELEMENT: water - TEMPERATURE: 15,5°C.
CM: working torque in Nm.
CS : starting torque in Nm.
MT: max. torque on the stem in Nm.

Pression maximale d'utilisation: limite de service de 58 bar à 16 bar.
Température maximale d'utilisation: limite de service pour fluides de -20°C à 150°C.
Pressions d'essai: selon les normes ISO 5208 (1993).
Filetage: STANDARD - femelle cylindrique selon les normes ISO 228/1°G. SUR DEMANDE - NPT ANSI B1.20.1.
Matériels: CORPS: matriçé à chaud de barre en laiton CuZn40Pb2, nickelé. SPHERE: en laiton, rectifiée et chromée à épaisseur. LEVIER: alliage d'aluminium Al-Si 12, vernis rouge RAL 3000. JOINTS: bagues coniques en P.T.F.E.
Sous vide: les robinets CIM 14 peuvent être utilisés pour aspiration à 10⁻³ Torr.
KV: débit en m³/h avec un Δp de 1 bar - ELEMENT: eau - TEMPÉRATURE: 15,5°C.
CM: couple de manoeuvre en Nm.
CS : premier couple de manoeuvre en Nm.
MT: moment de torsion max. sur la tige en Nm.

	KV CM CS MT											
DN	1/4	3/8	1/2	3/4	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	
Ø mm.	10	10	15	20	25	32	40	50	60	72	94	
KV	8	10	17	41	68	123	198	290	460	748	1225	
CM	1	1	3	6	6	7	10	13	15	19	29	
CS	2	2	6	10	12	14	20	26	30	38	58	
MT	10	10	10	24	24	45	90	90	280	280	550	



DN	1/4	3/8	1/2	3/4	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Ø mm.	10	10	15	20	25	32	40	50	60	72	94
Grms.	115	120	200	330	480	785	1165	1660	3100	4250	7100
A cim 14	65	65	80	100	100	120	150	150	240	240	240
A cim 314	45	45	60	70	70	85	100	100	-	-	-
B	36	36	52	66	60	73	88	96	116	125	140
C	45	47	62	67	68	81	96	112	133	150	177
D	11,5	12,5	12,5	12,5	14	17	16	20	23	25	29
CH	18	20	25	31	38	47	64	66	82	98	123

cimaria ball valves



INITIAL TYPE TEST FINAL REPORT No. 30-9486

Product: Non-Alloy steel tubes suitable for welding and
threading, according to ČSN EN 10255+A1:2007

Type designation: see page 2

Customer: BORUSAN MANNESMANN BORU SAN. VE TIC. A.Ş.
Meclis-i Mebusan Cad. No: 103
Salipazari / Istanbul, Turkey

Manufacturer: BORUSAN MANNESMANN BORU SAN. VE TIC. A.Ş.
Meclis-i Mebusan Cad. No: 103

Factory: Salipazari / Istanbul, Turkey
Hisar Mahallesi Gensaz Meykii 16601 Gemlik-Bursa, Turkey

Person responsible: Ivana Moravcová

Date of report issue: 2011-04-29

Distribution list: 2x SZÚ, s. p.
1x customer

This report may be copied in its entirety without written consent of the Engineering Test Institute. Partial copies are subject to approval.

Αθήνα, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2017

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

ΠΡΟΪΟΝ: ΧΑΛΥΒΔΟΣΩΛΗΝΕΣ ERW

ΤΥΠΟΣ: SD / ΣΕΙΡΑ MEDIUM

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ: ½" – 4"

ΠΡΟΤΥΠΟ: ΕΛΟΤ EN 10255 – ΣΕΙΡΑ MEDIUM

ΑΝΟΧΕΣ: ΕΛΟΤ EN 10255 – ΣΕΙΡΑ MEDIUM

ΧΑΛΥΒΑΣ: S195T ΚΑΤΑ EN 10255

ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΑ: EN ΘΕΡΜΩ ΚΑΤΑ ΕΛΟΤ EN 10240 / A.1

ΣΠΕΙΡΩΜΑ: ΚΩΝΙΚΟ ΚΑΤΑ ΕΛΟΤ EN 10226-1

ΣΥΝΔΕΣΜΟΙ: ΜΟΥΦΕΣ ΚΑΤΑ ΕΛΟΤ EN 10241

ΔΟΚΙΜΕΣ: ΚΑΤΑ ΕΛΟΤ EN 10255

- ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ & ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΕ ΔΙΝΟΡΡΕΥΜΑΤΑ (EDDY CURRENT) ΚΑΤΑ ΕΛΟΤ EN 10246-1
- ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ
- ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΜΨΗΣ
- ΔΟΚΙΜΗ ΕΠΙΠΕΔΩΣΗΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΗΣ: BORUSAN MANNESMANN BORU SANAYI ve TICARET A.S.

ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ: Hisar Mah.Gemsaz Mevkii 16601 Gemlik , Bursa , TURKEY

ΠΙΣΤΟΠΟΙΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΓΙΑ ΑΡΧΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΤΥΠΟΥ: Strojirensky zkusebni ustav , s.p.
Hudcova 56b , ,621 00 Brno , Ceska republika
Engineering Test Institute public enterprise Hudcova 56b , ,621 00 Brno , Ceska republika

ΑΡΙΘΜΟΣ CE: J-30-20105-11

SVGW
Schweizerischer Verein des
Gas- und Wasserfaches
Grullstrasse 44
CH-8027 Zurich

Zertifizierungsstelle GAS
Schweizerischer Verein des
Gas- und Wasserfaches
Escherstrasse 10
CH-8603 Schwerzenbach



ZERTIFIKAT Nr. 11-024-6 SVGW

Antragsteller: ATUSA Deutschland GmbH, DE-40885 Ratingen
Hersteller: Berg Montana Fittings EAD, BG-3100 Montana

Gestützt auf das Prüf- und Zertifizierungsreglement der Technischen Prüfstelle Gas des SVGW sowie auf den Bericht Nr. 11-024-6 zertifiziert der SVGW folgende Serienprodukte:

Produkt: Diverse Verbindungen: Gewindefittings aus Temperguss
Stamm-Bezeichnung: Tempergussfittings "Ø"
Modelle/Typen: Tempergussfittings Designsymbol "A" nach EN 10242 3/8" bis 4" (DN 10 – 100)
(Nippel, Bögen, T-Stücke, Kreuzstücke, Reduktionen, Verschlusskappen usw.)
Prüfgrundlage: EN 10242 (03/95), EN 10242/A1 (06/99), EN 10242/A2 (06/03)
Zertifizierungsgrundlage: Baumusterprüfbericht, Nr. 16119 (11/08) des GWI, DE-Essen
Gültigkeit: bis zum 31.05.2016
Zertifiziert für:
- einen maximalen Betriebsdruck von 5 bar im Verteilnetz
- einen maximalen Betriebsdruck von 16 bar auf Anlagen
- Erdgas, Propan/Luft, Butan/Luft und Flüssiggase im gasförmigen Zustand
- Umgebungstemperaturen von -20° bis +120°C
Weitere Bestimmungen:
- Es wird empfohlen, auf Bauteilen Gewindeverbindungen nur bis zu einem max. Durchmesser von 2" auszuführen. Bei grösseren Durchmessern sind Flanschverbindungen einzusetzen.
- In geeigneten Werkstätten vormontierte und auf Dichtheit geprüfte Gewindeverbindungen sind bis zur Nennweite von 4" zulässig.

Der Auftraggeber ist somit berechtigt diese Produkte als SVGW-zertifiziert anzubieten und das SVGW-Konformitätszeichen zu verwenden (Publikation im Zertifizierungsverzeichnis Gas, Kap. 6.7)



akkreditiert nach:
SN EN 45011

Zürich, 20.07.2011

SCHWEIZERISCHER VEREIN DES GAS- UND WASSERFACHES

Leiter/Sachbearbeiter
Zertifizierungsstelle

Javier Fernandez

Stellvertreter
Zertifizierungsstelle

Franco Crescini



CERT

DIN-DVGW-Baumusterprüfzertifikat DIN-DVGW type examination certificate

NV-7641BT0506
Registrierungsnummer
registration number

Anwendungsbereich <i>field of application</i>	Produkte der Gas- und Wasserversorgung <i>products of gas and water supply</i>
Zertifikatinhaber <i>owner of certificate</i>	ATUSA Grupo Empresarial, S.A. Apartado de Correos Nr. 8, E-01200 Salvatierra (ALAVA)
Vertreiber <i>distributor</i>	BERG MONTANA FITTINGS AD Industrialna Zona, BG-3400 Montana
Produktart <i>product category</i>	Rohrverbinder und -verbindungen aus Metall: Tempergussfitting (7641)
Produktbezeichnung <i>product description</i>	Tempergussfittings für die Gas- und Trinkwasserinstallation, Design-Symbol "A"
Modell <i>model</i>	Tempergussfitting FI
Prüfberichte <i>test reports</i>	Kontrollprüfung Labor: 120005143-18 vom 23.03.2018 (MPM) Baumusterprüfung: 16119 vom 12.11.2008 (MPD)
Prüfgrundlagen <i>test basis</i>	DIN EN 10242 (01.03.1995) DIN EN 10242/A1 (01.06.1999) DIN EN 10242/A2 (01.06.2003)

Ablaufdatum / AZ 12.11.2023 / 18-0471-WNV
date of expiry / file no.

05.11.2018 GI A-1/2
Date, Bearbeiter, Blatt, Leiter der Zertifizierungsstelle
date, issued by, sheet, head of certification body

DVGW CERT GmbH ist von der DAKKS nach DIN EN ISO/IEC 17065:2013
akkreditierte Stelle für die Zertifizierung von Produkten der Energie- und
Wasserversorgung

DVGW CERT GmbH is an accredited body by DAKKS according to DIN EN
ISO/IEC 17065:2013 for certification of products for energy and water supply
industry

DAKKS
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-ZE-1602B-01-05

DVGW CERT GmbH
Zertifizierungsstelle
Josef-Wimmer-Str. 1-3
53123 Bonn
Tel. +49 228 91 88 - 888
Fax +49 228 91 88 - 993
www.dvgw-cert.com
info@dvgw-cert.com



Gafta energy



BULGARKONTROLA S.A.

CARGO & DAMAGE SURVEYS, LABORATORY ANALYSES,
CONFORMITY ASSESSMENT & TECHNICAL INSPECTIONS,
MANAGEMENT SYSTEMS

Head office: 42, Parchevich Str., 1000 Sofia, Bulgaria
Emergency mobile: +359 889 400 400, Tel.: +359 2 989 4070, Fax: +359 2 988 2354 980 5133
E-mail: sales@bulgarkontrola.bg, cert@bulgarkontrola.bg

CERTIFICATE OF CONFORMITY 14 - НСИСОССП- 985

In accordance with part III of Ordinance with the essential buildings' requirements and conformity assessment of construction products (State Gazette 106/2006) it has been stated that the construction products

GALVANIZED FITTINGS MADE BY WHITE HEART MALLEABLE CAST IRON
are designed for construction of piping supply systems of water for human consumption inside buildings, in range as per Supplement № 1 to this Certificate.

**PLACED ON THE MARKET BY
BERG MONTANA FITTINGS EAD**
"Industrialna Zona", Town of Montana 3400, Bulgaria

**MANUFACTURED BY COMPANY
BERG MONTANA FITTINGS EAD**
"Industrialna Zona", Town of Montana 3400, Bulgaria
are manufactured under the conditions of introduced by the manufacturer system for production control and are submitted by the manufacturer to ongoing testing of test specimens in accordance with a prescribed test plan.
The Conformity Assessment Directorate at Bulgarkontrola S.A. has performed initial type-testing, initial inspection of the production control and performs continuous surveillance, assessment and approval of the production control
This Certificate attests that all provisions concerning the conformity assessment of the construction product and the requirements of

**BDS EN 10242: 2003
BDS EN 10242: 2003/A1: 2003
BDS EN 10242: 2003/ A2: 2003
BDS EN 10242: 2003/AC: 2003**

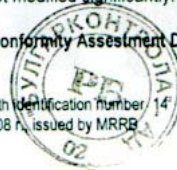
were applied and fulfilled and that the product conforms to all prescribed requirements.

This certificate is rescind the certificate No 14-НСИСОССП - 249 on 22/10/2008 and remains valid as long as the conditions laid down in the technical specification are fulfilled and the production conditions or the production control are not modified significantly.

Date: 12 /12/ 2011
Sofia

Director of Conformity Assessment Directorate
/ T.Lyubenova

BULGARKONTROLA S.A. - Sofia with identification number
Permit № ПСССП-14/24.01.2008 issued by МРРБ



©OC/CPD-10-5/01

стр. 1 / 2

www.bulgarkontrola.bg

Certificate BG96/7649



The management system of

**BERG MONTANA FITTINGS EAD
and ATUSA MONTANA
INTERNATIONAL EOOD**



Industriahna Zona, 3400 Montana, Bulgaria

has been assessed and certified as meeting the requirements of

ISO 9001:2015

For the following activities

Production of fittings made from white heart malleable cast iron and production of castings from white heart malleable cast iron and grey iron castings. Wholesale trade of valves and fittings.

This certificate is valid from 09 July 2020 until 08 July 2023 and remains valid subject to satisfactory surveillance audits.
Re certification audit due before: 20 May 2023
Issue 3. Certified since 09 July 1996

This is a multi-site certification
Additional site details are listed on the subsequent page
Multiple certificates have been issued for this scope
The main certificate is numbered BG96/7649

Authorized by

D. Markin, Managing Director

A. Arzina, Head of System Certification Body



SGS Bulgaria Ltd.
BG MEGAPARK, Office C, floor 6
1150, Tsarigradsko shosse Blvd., 1784 Sofia, Bulgaria
t +359 2 9 10 15, f +359 2 961 81 43, www.sgs.bg

Page 1 of 2



This document is issued by the Company subject to its General Conditions of Certification Services. It remains the property of SGS. It is not to be reproduced, copied, altered or used for any other purpose without the written consent of SGS. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is prohibited and wherever may be prosecuted to the fullest extent of the law.

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΧΡΗΣΤΗ

S

**ΑΝΤΛΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ-
ΠΙΕΣΤΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ**

I

P

**ΠΑΡΑΚΑΛΟΥΜΕ ΔΙΑΒΑΣΤΕ ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ ΑΥΤΟ ΤΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ
ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ**

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ

ΑΝΤΛΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ

Σας ευχαριστούμε που πραγματοποιήσατε μια αγορά προϊόντος PLUS. Παρακαλούμε διαβάστε προσεκτικά αυτό το εγχειρίδιο χρήσης και φυλάξτε το για τυχόν μελλοντική χρήση.

Το προϊόν που αγοράσατε είναι μια ηλεκτρική αντλία. Η χρήση του είναι να αντλεί νερό και άλλα παρεμφερή υγρά. Μετά το άνοιγμα της συσκευασίας παρακαλούμε σιγουρευτείτε ότι το προϊόν είναι πλήρες. Αν το προϊόν είναι κατεστραμμένο ή ελλειπές, παρακαλούμε επικοινωνήστε με τον προμηθευτή σας πριν από τη χρήση του.

Αν πρόκειται να μεταβιβάσετε το προϊόν σε άλλο άτομο, θα πρέπει οπωσδήποτε να συνοδευτεί με το παρόν εγχειρίδιο.

p l u s

2



ΟΔΗΓΙΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

1. Σιγουρευτείτε ότι όλες οι πρίζες έχουν γείωση.
2. Μην κρατάτε από το καλώδιο την αντλία όταν πρόκειται για μεταφορά ή τοποθέτηση.
3. Προσοχή. Η πίεση και η επαφή του καλωδίου με αιχμηρό αντικείμενο μπορεί να το φθείρει.
4. Σιγουρευτείτε ότι η παροχή του ρεύματος ταιριάζει με τις προδιαγραφές της αντλίας.
5. Προς αποφυγή καταστροφής της αντλίας, η εγκατάσταση και η τοποθέτηση ανταλλακτικών θα πρέπει να γίνεται από εξουσιοδοτημένο τεχνικό προσωπικό.
6. Οι ηλεκτρικές συνδέσεις μπορούν να εκτελεστούν από επαγγελματίες ηλεκτρολόγους. Παρακαλούμε να συμμορφωθείτε με τις υπάρχουσες κοινοτικές οδηγίες.
7. Η αντλία Plus θα πρέπει να συνδεθεί με αντιηλεκτροπληξιακό διακόπτη ασφαλείας.
8. Ελέγξτε την ηλεκτρική σύνδεση πριν τη λειτουργία. Αν το καλώδιο έχει φθαρεί, θα πρέπει να αντικατασταθεί από εξουσιοδοτημένο τεχνικό προσωπικό.
9. Απαγορεύεται η χρήση της αντλίας από ανηλίκους. Για την χρήση της αντλίας από άτομα με νοητική ή σωματική δυσλειτουργία απαιτείται η επίβλεψη ενήλικου που έχει διαβάσει και κατανοήσει το εγχειρίδιο χρήσης.
10. Αποθηκεύστε και φυλάξτε καθαρό το παρόν εγχειρίδιο για μελλοντική χρήση.
11. Η αντλία Plus μπορεί να συνδεθεί με αντικραδασμικό βύσμα, σύμφωνα με τις υπάρχουσες κοινοτικές οδηγίες.
12. Μην χρησιμοποιείτε τις αντλίες Plus όταν υπάρχει άνθρωπος σε επαφή με το νερό.
13. Για τον καθαρισμό και τη συντήρηση των αντλιών Plus, παρακαλούμε αποσυνδέστε πρώτα από την παροχή ρεύματος.
14. Προεκτάσεις ρεύματος και τα βύσματα θα πρέπει να είναι ανθεκτικά στην υγρασία (εξωτερικού χώρου) και πάντα τοποθετημένα μακριά από νερό.

⚠ ΠΡΟΣΟΧΗ

- Η ΜΗ ΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΟΔΗΓΙΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ, ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΠΙΦΕΡΕΙ ΚΙΝΔΥΝΟ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑ.

ΤΥΠΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΙ ΑΙΤΙΑ:

- Η ΜΗ ΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΟΔΗΓΙΩΝ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ, ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΕΠΙΦΕΡΕΙ ΚΙΝΔΥΝΟ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑ. ΜΗΝ ΕΠΙΣΚΕΥΑΖΕΤΕ ΤΟ ΚΑΛΩΔΙΟ ΠΑΡΟΧΗΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΑΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΦΘΟΡΑ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΚΑΛΩΔΙΟΥ Ή ΣΤΟ ΒΥΣΜΑ.

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΘΕΣΗ

Χρησιμοποιήστε τέσσερις (4) βίδες για να στερεώσετε την αντλία στη βάση του δαπέδου. Προστατεύστε την αντλία από την υγρασία, από τυχόν υπερχείλιση δεξαμενής (θα πρέπει να βρίσκεται σε υψηλότερο σημείο από την επιφάνεια του νερού) και από πτώση νερού.

ΑΝΤΛΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ / ΠΙΕΣΤΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ



Φροντίστε η εγκατάσταση της αντλίας να βρίσκεται σε καλά αεριζόμενο χώρο. Σε περίπτωση που η εγκατάσταση της αντλίας βρίσκεται σε κλειστό χώρο, φροντίστε να υπάρχει φρέατο αποχέτευσης.

Ελέγξτε προσεκτικά τον σωλήνα εισαγωγής. Φροντίστε να μην υπάρχει διαρροή.

⚠ ΚΙΝΔΥΝΟΣ

ΦΡΟΝΤΙΣΤΕ ΤΟ ΕΞΕΡΧΟΜΕΝΟ ΝΕΡΟ ΣΤΗΝ ΑΝΤΛΙΑ ΝΑ ΕΙΝΑΙ ΠΑΝΤΑ ΚΑΘΑΡΟ. ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΕΙΝΑΙ ΑΝΑΓΚΑΙΑ Η ΧΡΗΣΗ ΦΙΛΤΡΟΥ.

ΠΡΟΤΕΙΝΕΤΑΙ Η ΧΡΗΣΗ ΒΛΑΒΙΔΑΣ ΑΝΤΙΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΦΥΓΗ ΕΠΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΗΣ.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

ΣΥΝΔΕΣΗ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ

Συνδέστε την άκρη του σωλήνα στο κάθε ατόμιο της αντλίας και ασφαλίστε το με σφιγκτήρα. Οι συνδέσεις θα πρέπει να σφραγίζονται με μονωτικό υλικό (τσαλάν).

Όλες οι σωληνώσεις θα πρέπει να είναι ανθεκτικές στην υποπίεση.

Δεδομένου ότι όσο μεγαλώνει το μήκος των σωληνώσεων, πέφτει η παροχή νερού, φροντίστε να έχετε συνδέσει όσο το δυνατόν μικρότερο μήκος σωληνώσεων στην εγκατάσταση της αντλίας.

Φροντίστε ο σωλήνας αναρρόφησης να είναι εγκαταστημένος κάθετα, προς αποφυγή δημιουργίας φυσαλίδων αέρα στο εσωτερικό του.

Σιγουρευτείτε ότι υπάρχει πάντα αρκετή ποσότητα νερού στο σωλήνα εισόδου και ότι το τελείωμα του σωλήνα εισόδου θα πρέπει να είναι πάντα κάτω από την επιφάνεια του νερού.

Συστήνεται η χρήση εύκαμπτου σωλήνα για τη σύνδεση του ατομίου εξόδου προς το δίκτυο για την αποφυγή δημιουργίας κραδασμών.

Η αντλία είναι έτοιμη προς χρήση και μπορεί να συνδεθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο, μετά από όλα αυτά τα βήματα.

⚠ ΠΡΟΣΟΧΗ

ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΤΡΑΥΜΑΤΙΣΜΟΥ. ΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΑΝΤΕΧΕΙ ΤΙΣ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΕΙ Η ΑΝΤΛΙΑ. ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΘΡΑΥΣΗΣ Ή ΟΛΟΚΑΗΡΟΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ.

⚠ ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Η ΑΝΤΛΙΑ ΕΙΝΑΙ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΓΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΝΕΡΟΥ, ΟΠΩΣ ΤΟΥΛΕΤΕΣ, ΠΛΥΝΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΠΟΤΙΣΜΑ.

⚠ ΠΡΟΣΟΧΗ

ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑΣ. ΜΗΝ ΧΕΙΡΙΖΕΤΕ ΤΗΝ ΑΝΤΛΙΑ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΜΕ ΠΟΛΥ ΎΓΡΑΣΙΑ.



ΕΞΑΕΡΩΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ

1. Ξεβιδώστε την τάπα πλήρωσης νερού.
2. Γεμίστε τον θάλαμο της αντλίας με νερό.
3. Ξαναβιδώστε την τάπα πλήρωσης νερού χρησιμοποιώντας στεγανωτικό υλικό.
4. Αν θέλετε να συντομεύσετε τον χρόνο αναρρόφησης, θα πρέπει να γεμίσετε και τον σωλήνα αναρρόφησης με νερό.
5. Ανοίξτε την βάνα εξόδου για να επιτρέψετε την εξαέρωση της αντλίας.
6. Ανοίξτε τον διακόπτη λειτουργίας της αντλίας.
7. Μόλις δείτε νερό να εξέρχεται από την αντλία, κλείστε την αντλία σας.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

1. Πριν από οποιαδήποτε εργασία ή συντήρηση στην αντλία Plus, αποσυνδέστε το καλώδιο παροχής ρεύματος.
2. Η σωστή συντήρηση της αντλίας θα πρέπει να γίνεται ακολουθώντας πιστά τις οδηγίες. Αν το πρόβλημα παραμένει, θα πρέπει να επικοινωνήσετε με εξουσιοδοτημένο προσωπικό.
3. Χρησιμοποιείτε πάντα γνήσια ανταλλακτικά. Μόνο τα συγκεκριμένα εξαρτήματα είναι σχεδιασμένα και κατασκευασμένα για τη σωστή λειτουργία της αντλίας σας. Αν χρησιμοποιηθεί μη γνήσιο υλικό, η εγγύηση της αντλίας παύει να ισχύει καθώς η απόδοσή της μπορεί να διαφέρει από την αρχική της κατάσταση.

▲ ΠΡΟΣΟΧΗ

ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΠΡΟΚΛΗΣΗΣ ΒΛΑΒΗΣ ΣΤΗΝ ΑΝΤΛΙΑ. ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΕΜΙΣΕΤΕ ΤΟΝ ΘΑΛΑΜΟ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΜΕ ΝΕΡΟ. Η ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΟΝΙΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: ΟΛΕΣ ΟΙ ΦΛΑΝΤΖΕΣ ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΑΝΑΝΕΩΝΟΝΤΑΙ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΚΑΘΕ ΑΛΛΑΓΗ ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑΣ.

ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

Στις περισσότερες περιπτώσεις θα μπορέσετε να λύσετε τα όποια προβλήματα προκύψουν, χωρίς τη βοήθεια ειδικού. Πριν επικοινωνήσετε με τον τοπικό αντιπρόσωπο, συμβουλευτείτε τον παρακάτω πίνακα. Αυτό θα σας γλιτώσει από πολύ κόπο, χρόνο και πιθανά έξοδα.

Αν το πρόβλημα παραμένει, επικοινωνήστε με τον τοπικό σας αντιπρόσωπο.

Απαγορεύεται η περαιτέρω επέμβαση στο μηχάνημα από μη εξουσιοδοτημένο προσωπικό. Σε αυτή την περίπτωση, ακυρώνεται η εργοστασιακή εγγύηση και είστε υπεύθυνοι για το όποιο κόστος προκύψει.

ΑΝΤΛΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ / ΠΙΕΣΤΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ



ΠΡΟΒΛΗΜΑ	ΑΙΤΙΑ	ΕΠΙΛΥΣΗ
Η ΑΝΤΛΙΑ ΔΕΝ ΞΕΚΙΝΑΕΙ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΠΑΡΟΧΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ 2. ΥΠΕΡΘΕΡΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΨΗΛΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΥΓΡΟΥ. 3. ΦΡΑΓΜΕΝΗ ΕΙΣΩΔΟΣ 4. Η ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΔΕΝ ΑΝΤΕΧΕΙ ΤΗΝ ΑΝΤΛΙΑ. 5. ΑΠΟΤΥΧΙΑ ΕΚΦΩΝΗΣΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΑ. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΕΛΕΓΞΤΕ ΤΗ ΠΑΡΟΧΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ, ΤΟ ΒΥΣΜΑ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ. 2. ΕΙΓΟΥΡΕΥΤΕΙΤΕ ΟΤΙ Η ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΥΓΡΟΥ ΕΙΝΑΙ ΜΕΣΑ Η ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟ ΑΣΦΑΛΕΣ ΟΡΙΟ ΤΩΝ 40°C. 3. ΚΑΘΑΡΙΣΤΕ ΤΗΝ ΕΙΣΩΔΟ ΚΑΙ ΤΟ ΦΙΛΤΡΟ ΑΠΟ ΤΥΧΟΝ ΥΓΡΟΛΕΙΜΜΑΤΑ. 4. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΗΣΤΕ ΜΕ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΟ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟ ΓΙΑ ΑΛΛΑΓΗ ΤΟΥ ΑΣΦΑΛΕΣ ΟΡΙΑΚΟΤΗΤΗΣ ΣΕ ΕΝΑΝ ΙΣΧΥΡΟΤΕΡΟ. 5. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΗΣΤΕ ΜΕ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΟ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟ ΚΙΝΗΤΗΡΑ.
ΑΠΟΤΥΧΙΑ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΦΡΑΓΜΕΝΗ ΕΙΣΩΔΟΣ 2. ΕΠΚΛΩΒΙΣΜΕΝΟΣ ΑΕΡΑΣ ΣΤΟΝ ΦΑΛΛΑΚΟ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ Ή ΣΤΟΝ ΣΩΛΗΝΑ ΕΙΣΩΔΟΥ. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΚΑΘΑΡΙΣΤΕ ΤΗΝ ΕΙΣΩΔΟ ΚΑΙ ΤΟ ΦΙΛΤΡΟ ΑΠΟ ΤΥΧΟΝ ΥΓΡΟΛΕΙΜΜΑΤΑ. 2. ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΣΤΑ ΒΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΡΑΦΟΥ 5.1 ΓΙΑ ΑΕΡΙΣΜΟ ΚΑΙ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗ ΝΕΡΟΥ.
ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΗ ΠΤΩΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΤΟ ΜΗΚΟΣ Ή ΤΟ ΥΨΟΣ ΤΟΥ ΣΩΛΗΝΑ ΕΙΣΩΔΟΥ ΕΙΝΑΙ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΑ ΜΕΓΑΛΟ. 2. Ο ΣΩΛΗΝΑΣ ΕΙΣΩΔΟΥ ΕΧΕΙ ΜΙΚΡΗ ΔΙΑΤΟΜΗ. 3. Ο ΣΩΛΗΝΑΣ ΕΙΣΩΔΟΥ ΕΧΕΙ ΦΡΑΓΕΙ Ή ΕΧΕΙ ΛΥΓΙΣΕΙ. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΤΕ ΤΗΝ ΑΝΤΛΙΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΔΙΑΤΡΑΦΕΣ ΤΗΣ. 2. ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΤΕ ΣΩΛΗΝΑ ΕΙΣΩΔΟΥ ΟΜΟΙΟΥ Ή ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΑΠΟ ΤΟ ΣΤΟΜΙΟ. 3. ΕΛΕΓΞΤΕ, ΚΑΘΑΡΙΣΤΕ Ή ΑΛΛΑΞΤΕ ΤΟ ΣΩΛΗΝΑ ΕΙΣΩΔΟΥ.
ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΕΠΚΛΩΒΙΣΜΕΝΟΣ ΦΥΣΑΛΛΕΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΕΛΕΓΞΤΕ ΤΗ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΩΛΗΝΩΣΕΩΝ.



TECHNICAL
TECHNIK / ТЕХНИЧЕСКИЕ



320N

Food Quality Clear Braided Hose

Transparenter Geflechschlauch in Lebensmittelqualität
Пищевой оплетенно-напорный прозрачный шланг ПВХ



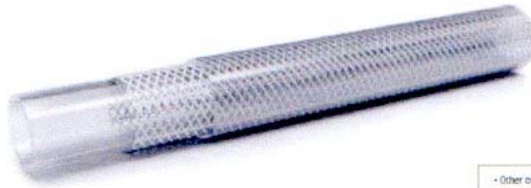
Temperature Range

Temperaturbereich
Температурный диапазон



Food Quality

Lebensmittelqualität
Для применения в пищевой промышленности

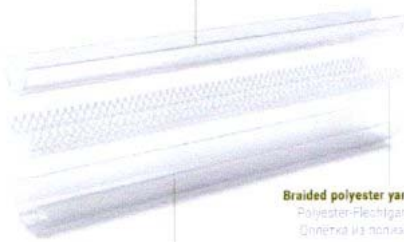


🇬🇧 This is a multipurpose hose used primarily for transfer of alimentary liquids.

🇩🇪 Es handelt sich um einen Mehrzweckschlauch, der vor allem für den Transport von Nahrungslüssigkeiten verwendet wird.

🇷🇺 Многофункциональный шланг, который используется преимущественно для переноса пищевых жидкостей.

Transparent, soft PVC inner layer
Transparente, weiche PVC-Innenschicht
Внутренний слой из прозрачного гибкого ПВХ



Braided polyester yarn reinforcement
Polyester-Flechtgarn-Verstärkung
Оплетка из полиэфирной нити

Transparent, soft PVC outer wall
Transparente, weiche PVC-Außenwand
Внешняя стенка из прозрачного гибкого ПВХ

- Other colors are available against MOQ
- Andere Farben sind gegen Mindestbestellmenge erhältlich
- В другом цвете возможен при соблюдении минимальной количества к заказу



code	inch	mm	mm	gr/m	bar	bar	m
V320N006	1/4	6	12,2	110	25	75	25/50/100
V320N008	5/16	8	14,2	140	25	75	25/50/100
V320N010	3/8	10	16	150	20	60	25/50/100
V320N013	1/2	13	19	180	13	40	25/50/100
V320N016	5/8	16	23	250	11	32	25/50/100
V320N019	3/4	19	26,6	320	10	30	25/50/100
V320N025	1	25	33	420	8	24	25/50/100
V320N032	1 1/4	32		650	7	22	25/50/100
V320N038	1 1/2	38		860	7	20	25/50
V320N051	2	51		1120	5	15	25/50

* Working and bursting pressure valid at 20°C / Betriebsdruck und Berstdruck gültig bei 20°C / Рабочее давление и разрывное давление, при 20°C

** Length tolerance +/- 5% / Längentoleranz +/- 5% / Допуск длины +/- 5%

*** Inner Diameter tolerance +/- 2% / Toleranz des inneren Durchmessers +/- 2% / Допуск внутреннего диаметра +/- 2%

Παράρτημα Β

Β.1 Συγκεντρωτικός Πίνακας Υποδειγματικών Υπολογισμών

ΚΥΚΛΩΜΑ	ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΕΙΣΩΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ		ΤΙΜΕΣ	
		ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ f	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ f ΚΑΤΑ COLEBROOK	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ f ΚΑΤΑ COLEBROOK
A	ΣΤΟΙΧΕΙΟ 1 Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32	$f_{\text{πειραματικό}} = \Delta H \cdot \frac{D \cdot 2 \cdot g}{L \cdot V^2} \Rightarrow f_{\text{πειραματικό}} =$ $0.020 \cdot \frac{0.0272 \cdot 2 \cdot 9.81}{0.8 \cdot 1.15^2}$ $\Rightarrow f_{\text{πειραματικό}} = 0.0101$	$f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7} \right) \right]^{-2}$ $\Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{0.0016}{3.7} \right) \right]^{-2}$ $\Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = 0.0108$	$f_{\text{πειραματικό}} = 0.0101$	$f_{\text{θεωρητικό}} = 0.0108$
A	ΣΤΟΙΧΕΙΟ 2 Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 με καμπύλη 90°	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ K $K_{1\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = \Delta H_{\text{καμπύλης}90^\circ} \cdot \frac{2 \cdot g}{V^2}$ \Rightarrow $K_{1\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = 0.0350 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$ $K_{1\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = 0.5212$	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ K $K_{1\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot f^{2.2} \Rightarrow$ $K_{1\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot 0.0108^{2.2}$ $\Rightarrow K_{1\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.5081$	$K_{1\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = 0.5212$	$K_{1\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.5081$
A	ΣΤΟΙΧΕΙΟ 3 Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 με καμπύλη 90°	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ K $K_{2\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = \Delta H_{\text{καμπύλης}90^\circ} \cdot \frac{2 \cdot g}{V^2}$ \Rightarrow $K_{2\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = 0.0350 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ K $K_{2\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot f^{2.2} \Rightarrow$ $K_{2\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot 0.0108^{2.2} \Rightarrow$	$K_{2\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = 0.5212$	$K_{2\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.5081$

		$K_{2\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = 0.5212$	$K_{2\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.5081$		
A	ΣΤΟΙΧΕΙΟ 4 Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 με καμπύλη 90°	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ Κ $K_{3\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = \Delta H_{\text{καμπύλης}90^\circ} \cdot \frac{2 \cdot g}{V^2}$ \Rightarrow $K_{3\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = 0.0350 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$ $K_{3\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = 0.5212$	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ Κ $K_{3\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot f^{2.2} \Rightarrow$ $K_{3\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot 0.0108^{2.2} \Rightarrow$ $K_{3\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.508$	$K_{3\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{πειραματικό}) = 0.5212$	$K_{3\text{καμπύλης}90^\circ} (\text{θεωρητικό}) = 0.508$
B	ΣΤΟΙΧΕΙΟ 1 Globe Valve 1" Ορειχάλκινη Βάνα	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ Κ $K_{1\text{GLOBEVALVE}1''} (\text{πειραματικό}) = \Delta H_{\text{GLOBEVALVE}1''} (\text{πειραματικό}) \cdot \frac{2 \cdot g}{V^2} \Rightarrow$ $K_{1\text{GLOBEVALVE}1''} (\text{πειραματικό}) = 0.970 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$ $K_{1\text{Globe Valve}1''} (\text{πειραματικό}) = 14.39$	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ Κ $K_{1\text{Globe Valve}1''} (\text{θεωρητικό}) = 5 \text{ έως } 15$	$K_{1\text{Globe Valve}1''} (\text{πειραματικό}) = 14.39$	$K_{1\text{Globe Valve}1''} (\text{θεωρητικό}) = 5 \text{ έως } 15$
	ΣΤΟΙΧΕΙΟ 2 Οριζόντιος Αγωγός PVC μήκους 775 mm Φ32	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ f $f_{\text{πειραματικό}} = \Delta H \cdot \frac{D \cdot 2 \cdot g}{L \cdot V^2} \Rightarrow f_{\text{πειραματικό}} = 0.020 \cdot \frac{0.0272 \cdot 2 \cdot 9.81}{0.775 \cdot 1.15^2} \Rightarrow f_{\text{πειραματικό}} = 0.0104$	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ f ΚΑΤΑ COLEBROOK $f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{\epsilon}{D} \right) \right]^{-2}$ $\Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{0.0016}{3.7} \right) \right]^{-2}$ $\Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = 0.0108$	$f_{\text{πειραματικό}} = 0.0104$	$f_{\text{θεωρητικό}} = 0.0238$

B					
B	<p>ΣΤΟΙΧΕΙΟ 3</p> <p>Gate Valve 1" Ορειχάλκινη Βάνα (Συρτη)</p>	<p>ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ K</p> $K_{2\text{GATEVALVE } 1''(\text{πειραματικό})} =$ $\Delta H_{\text{GATEVALVE } 1''(\text{πειραματικό})} \cdot \frac{2 \cdot g}{V^2} \Rightarrow$ $K_{2\text{GATEVALVE } 1''(\text{πειραματικό})} = 0.02 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$ $K_{2\text{GATEVALVE } 1''(\text{πειραματικό})} = 0.297$	<p>ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ K</p> $K_{2\text{GATEVALVE } 1''(\text{θεωρητικό})} = 0.2$	$K_{2\text{GATEVALVE } 1''(\text{πειραματικό})} = 0.745$	$K_{2\text{GATEVALVE } 1''(\text{θεωρητικό})} = 0.2$
B	<p>ΣΤΟΙΧΕΙΟ 4</p> <p>Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 με γωνία 90°</p>	<p>ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ K</p> $K_{3\text{Γωνίας } 90^\circ(\text{πειραματικό})} = \Delta H_{\text{Γωνίας } 90^\circ} \cdot \frac{2 \cdot g}{V^2} \Rightarrow$ $K_{3\text{Γωνίας } 90^\circ(\text{πειραματικό})} = 0.051 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2}$ $\Rightarrow K_{3\text{Γωνίας } 90^\circ(\text{πειραματικό})} = 0.759$	<p>ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ K</p> $K_{3\text{Γωνίας } 90^\circ(\text{θεωρητικό})} = 1.20$	$K_{3\text{Γωνίας } 90^\circ(\text{πειραματικό})} = 0.759$	$K_{3\text{Γωνίας } 90^\circ(\text{θεωρητικό})} = 1.20$
Γ	<p>ΣΤΟΙΧΕΙΟ 1</p> <p>Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32</p>	<p>ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ f</p> $f_{\text{πειραματικό}} = \Delta H \cdot \frac{D \cdot 2 \cdot g}{L \cdot V^2}$ $0.020 \cdot \frac{0.0272 \cdot 2 \cdot 9.81}{0.8 \cdot 1.15^2}$ $\Rightarrow f_{\text{πειραματικό}} = 0.0104$	<p>ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ f ΚΑΤΑ COLEBROOK</p> $f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{\epsilon}{3.7D} \right) \right]^{-2}$ $\Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{0.0016}{3.7 \cdot 0.0272} \right) \right]^{-2}$ $\Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = 0.0108$	$f_{\text{πειραματικό}} = 0.0104$	$f_{\text{θεωρητικό}} = 0.0238$

Γ	<p>ΣΤΟΙΧΕΙΟ 2</p> <p>Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 με γωνία 90°</p>	<p>ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ Κ</p> $K_{1\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\pi\epsilon\iota\rho\alpha\mu\alpha\tau\iota\kappa\acute{o})} = \Delta H_{\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ} \cdot \frac{2 \cdot g}{v^2} \Rightarrow$ $K_{1\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\pi\epsilon\iota\rho\alpha\mu\alpha\tau\iota\kappa\acute{o})} = 0.050 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$ $K_{1\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\pi\epsilon\iota\rho\alpha\mu\alpha\tau\iota\kappa\acute{o})} = 0.745$	<p>ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ Κ</p> $K_{1\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\theta\epsilon\omega\rho\eta\tau\iota\kappa\acute{o})} = 1.20$	$K_{1\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\pi\epsilon\iota\rho\alpha\mu\alpha\tau\iota\kappa\acute{o})} = 0.745$	$K_{1\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\theta\epsilon\omega\rho\eta\tau\iota\kappa\acute{o})} = 1.20$
Γ	<p>ΣΤΟΙΧΕΙΟ 3</p> <p>Αγωγός PVC μήκους 800 mm Φ32 με γωνία 90°</p>	<p>ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΤΙΜΗ Κ</p> $K_{2\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\pi\epsilon\iota\rho\alpha\mu\alpha\tau\iota\kappa\acute{o})} = \Delta H_{\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ} \cdot \frac{2 \cdot g}{v^2} \Rightarrow$ $K_{2\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\pi\epsilon\iota\rho\alpha\mu\alpha\tau\iota\kappa\acute{o})} = 0.050 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$ $K_{2\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\pi\epsilon\iota\rho\alpha\mu\alpha\tau\iota\kappa\acute{o})} = 0.745$	<p>ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΤΙΜΗ Κ</p> $K_{2\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\theta\epsilon\omega\rho\eta\tau\iota\kappa\acute{o})} = 1.20$	$K_{2\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\pi\epsilon\iota\rho\alpha\mu\alpha\tau\iota\kappa\acute{o})} = 0.745$	$K_{2\Gamma\omega\nu\acute{\iota}\alpha\varsigma\ 90^\circ\ (\theta\epsilon\omega\rho\eta\tau\iota\kappa\acute{o})} = 1.20$

B.2 Υποδειγματικοί υπολογισμοί

Αναλυτικά για τον κλάδο A

Ρυθμίστηκε παροχή $Q = 40 \text{ L/min} \cdot 10^{-3}/60 = 0.00067 \text{ m}^3/\text{s}$

Από την παροχή $Q = 0.00067 \text{ m}^3/\text{s}$ και με γνωστή την εσωτερική διάμετρο του σωλήνα υπολογίζουμε την ταχύτητα από τη σχέση

$$V = Q/A \Rightarrow V = \frac{0.00067 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{3.14 \cdot 0.0272^2 \text{ m}^2}{4}} = 1.15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Για όλα τα στοιχεία αρχικά υπολογίζουμε τις υψομετρικές διαφορές ΔH πειραματικό

Έτσι έχουμε :

Στοιχείο 1

ΔH πειραματικό = $A_1 - A_2 \Rightarrow \Delta H$ πειραματικό = $0.700 - 0.680 \Rightarrow \Delta H$ πειραματικό = 0.020 (m)

Υπολογίζουμε τον πειραματικό συντελεστή τριβής $f_{\text{πειραματικό}}$ από τη σχέση:

$$f_{\text{πειραματικό}} = \Delta H \cdot \frac{D \cdot 2 \cdot g}{L \cdot V^2} \Rightarrow f_{\text{πειραματικό}} = 0.020 \cdot \frac{0.0272 \cdot 2 \cdot 9.81}{0.8 \cdot 1.15^2} \Rightarrow$$

$$f_{\text{πειραματικό}} = 0.0101$$

Υπολογίζουμε τις αντίστοιχες θεωρητικές τιμές ξεκινώντας με τον υπολογισμό του αριθμού Re από τη σχέση

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu} \Rightarrow \text{Re} = \frac{1.15 \cdot 0.0272}{1 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \text{Re} = 31222.68$$

Υπολογίζουμε το θεωρητικό συντελεστή τριβής $f_{\text{θεωρητικό}}$ από τη σχέση:

$$f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.7} \right) \right]^{-2} \Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{\frac{0.0016}{27.2}}{3.7} \right) \right]^{-2} \Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = 0.0108$$

$$\Delta H_{\text{θεωρητικό}} = f_{\text{θεωρητικό}} \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g} \Rightarrow \Delta H_{\text{θεωρητικό}} = 0.0108 \cdot \frac{0.8 \cdot 1.15^2}{0.0272 \cdot 2 \cdot 9.81} \Rightarrow$$

$$\Delta H_{\text{θεωρητικό}} = 0.021 \text{ m}$$

Στοιχείο 2

$$\Delta H_{\text{πειραματικό}} = A_2 - A_3 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.680 - 0.625 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.055 \text{ m}$$

$$\Delta H_{\text{καμπύλης } 90^\circ} = \Delta H_{\text{πειραματικό (στοιχ. 2)}} - \Delta H_{\text{πειραματικό (στοιχ. 1)}} \Rightarrow$$

$$\Delta H_{\text{καμπύλης } 90^\circ} = 0.055 - 0.020 \Rightarrow \Delta H_{\text{καμπύλης } 90^\circ} = 0.035 \text{ m}$$

$$K_1_{\text{καμπύλης } 90^\circ (\text{πειραματικό})} = \Delta H_{\text{καμπύλης } 90^\circ} \cdot \frac{2 \cdot g}{v^2} \Rightarrow$$

$$K_1_{\text{καμπύλης } 90^\circ (\text{πειραματικό})} = 0.035 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$$

$$K_1_{\text{καμπύλης } 90^\circ (\text{πειραματικό})} = 0.52$$

$$K_1_{\text{καμπύλης } 90^\circ (\text{θεωρητικό})} = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot f^{2.2} \Rightarrow$$

$$K_1_{\text{καμπύλης } 90^\circ (\text{θεωρητικό})} = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot 0.0108^{2.2} \Rightarrow$$

$$K_1_{\text{καμπύλης } 90^\circ (\text{θεωρητικό})} = 0.508$$

Στοιχείο 3

$$\Delta H_{\text{πειραματικό}} = A_4 - A_5 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.571 - 0.518 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.053 \text{ m}$$

$$\Delta H_{\text{καμπύλης } 90^\circ} = \Delta H_{\text{πειραματικό (στοιχ. 3)}} - \Delta H_{\text{πειραματικό (στοιχ. 1)}} \Rightarrow$$

$$\Delta H_{\text{καμπύλης } 90^\circ} = 0.053 - 0.020 \Rightarrow \Delta H_{\text{καμπύλης } 90^\circ} = 0.033 \text{ m}$$

$$K_2_{\text{καμπύλης } 90^\circ (\text{πειραματικό})} = \Delta H_{\text{καμπύλης } 90^\circ} \cdot \frac{2 \cdot g}{v^2} \Rightarrow$$

$$K_2_{\text{καμπύλης } 90^\circ (\text{πειραματικό})} = 0.033 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$$

$$K_2_{\text{καμπύλης } 90^\circ (\text{πειραματικό})} = 0.489$$

$$K_2_{\text{καμπύλης } 90^\circ (\text{θεωρητικό})} = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot f^{2.2} \Rightarrow$$

$$K_2 \text{ καμπύλης } 90^\circ \text{ (θεωρητικό)} = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot 0.0108^{2.2} \Rightarrow$$

$$K_2 \text{ καμπύλης } 90^\circ \text{ (θεωρητικό)} = 0.508$$

Στοιχείο 4

$$\Delta H \text{ πειραματικό} = A_6 - A_7 \Rightarrow \Delta H \text{ πειραματικό} = 0.393 - 0.338 \Rightarrow \Delta H \text{ πειραματικό} = 0.055 \text{ m}$$

$$\Delta H \text{ καμπύλης } 90^\circ = \Delta H \text{ πειραματικό (στοιχ. 4)} - \Delta H \text{ πειραματικό (στοιχ. 1)} \Rightarrow$$

$$\Delta H \text{ καμπύλης } 90^\circ = 0.055 - 0.020 \Rightarrow \Delta H \text{ καμπύλης } 90^\circ = 0.035 \text{ m}$$

$$K_3 \text{ καμπύλης } 90^\circ \text{ (πειραματικό)} = \Delta H \text{ καμπύλης } 90^\circ \cdot \frac{2 \cdot g}{V^2} \Rightarrow$$

$$K_3 \text{ καμπύλης } 90^\circ \text{ (πειραματικό)} = 0.035 \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$$

$$K_3 \text{ καμπύλης } 90^\circ \text{ (πειραματικό)} = 0.52$$

$$K_3 \text{ καμπύλης } 90^\circ \text{ (θεωρητικό)} = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot f^{2.2} \Rightarrow$$

$$K_3 \text{ καμπύλης } 90^\circ \text{ (θεωρητικό)} = 0.106 \cdot 0.58^{-2.5} + 2000 \cdot 0.0108^{2.2} \Rightarrow$$

$$K_3 \text{ καμπύλης } 90^\circ \text{ (θεωρητικό)} = 0.508$$

Αναλυτικά για τον κλάδο Β

$$\text{Ρυθμίστηκε παροχή } Q = 40 \text{ L/min} \cdot 10^{-3} / 60 = 0.00067 \text{ m}^3/\text{s}$$

Από την παροχή $Q = 0.00067 \text{ m}^3/\text{s}$ και με γνωστή την εσωτερική διάμετρο του σωλήνα υπολογίζουμε την ταχύτητα από τη σχέση

$$V = Q/A \Rightarrow V = \frac{0.00067 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{3.14 \cdot 0.0272^2 \text{ m}^2}{4}} = 1.15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Για όλα τα στοιχεία αρχικά υπολογίζουμε τις υψομετρικές διαφορές ΔH πειραματικό

Έτσι έχουμε:

Στοιχείο 1

$$\Delta H_{\text{πειραματικό}} = B_1 - B_2 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 1.10 - 0.13 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.970 \text{ m}$$

$$K_1 \text{ Globe Valve 1'' (πειραματικό)} = \Delta H_{\text{Globe Valve 1'' (πειραματικό)}} \cdot \frac{2 \cdot g}{V^2} \Rightarrow$$

$$K_1 \text{ Globe Valve 1'' (πειραματικό)} = 0.970 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$$

$$K_1 \text{ Globe Valve 1'' (πειραματικό)} = 14.39$$

$$K_1 \text{ Globe Valve 1'' (θεωρητικό)} = 5 \text{ έως } 15$$

Στοιχείο 2

$$\Delta H_{\text{πειραματικό}} = B_2 - B_3 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.130 - 0.110 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.020 \text{ m}$$

Υπολογίζουμε τον πειραματικό συντελεστή τριβής $f_{\text{πειραματικό}} (0.775\text{m})$ από τη σχέση:

$$f_{\text{πειραματικό}} (0.775\text{m}) = \Delta H \cdot \frac{D \cdot 2 \cdot g}{L \cdot V^2} \Rightarrow f_{\text{πειραματικό}} (0.775\text{m}) = 0.020 \cdot \frac{0.0272 \cdot 2 \cdot 9.81}{0.775 \cdot 1.15^2} \Rightarrow$$

$$f_{\text{πειραματικό}} (0.775\text{m}) = 0.0104$$

Υπολογίζουμε τον πειραματικό συντελεστή τριβής $f_{\text{πειραματικό}} (0.800\text{m})$ από τη σχέση:

$$f_{\text{πειραματικό}} (0.800\text{m}) = \Delta H \cdot \frac{D \cdot 2 \cdot g}{L \cdot V^2} \Rightarrow f_{\text{πειραματικό}} (0.800\text{m}) = 0.020 \cdot \frac{0.0272 \cdot 2 \cdot 9.81}{0.800 \cdot 1.15^2} \Rightarrow$$

$$f_{\text{πειραματικό}} (0.800\text{m}) = 0.0100$$

Υπολογίζουμε τις αντίστοιχες θεωρητικές τιμές ξεκινώντας με των υπολογισμό του αριθμού Re από τη σχέση

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu} \Rightarrow \text{Re} = \frac{1.15 \cdot 0.0272}{1 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \text{Re} = 31222.68$$

Υπολογίζουμε τον πειραματικό συντελεστή τριβής $f_{\text{θεωρητικό}}$ από τη σχέση:

$$f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.7} \right) \right]^{-2} \Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{\frac{0.0016}{27.2}}{3.7} \right) \right]^{-2} \Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = 0.0108$$

$$\Delta H_{\text{θεωρητικό}} = f_{\text{θεωρητικό}} \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g} \Rightarrow \Delta H_{\text{θεωρητικό}} = 0.0108 \cdot \frac{0.775 \cdot 1.15^2}{0.0272 \cdot 2 \cdot 9.81} \Rightarrow$$

$$\Delta H_{\text{θεωρητικό}} = 0.021 \text{ (m)}$$

Στοιχείο 3

$$\Delta H_{\text{πειραματικό}} = B_3 - B_4 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.110 - 0.090 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.020 \text{ m}$$

$$K_2 \text{ Gate Valve 1"}(\text{πειραματικό}) = \Delta H_{\text{Globe Valve 1"}(\text{πειραματικό})} \cdot \frac{2 \cdot g}{V^2} \Rightarrow$$

$$K_2 \text{ Gate Valve 1"}(\text{πειραματικό}) = 0.020 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$$

$$K_2 \text{ Gate Valve 1"}(\text{πειραματικό}) = 0.297$$

$$K_2 \text{ Gate Valve 1"}(\text{θεωρητικό}) = 0.20$$

Στοιχείο 4

$$\Delta H_{\text{πειραματικό}} = B_5 - B_6 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.075 - 0.004 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.071 \text{ m}$$

$$\Delta H_{\text{Γωνίας } 90^\circ} = \Delta H_{\text{πειραματικό (στοιχ. 4)}} - \Delta H_{\text{πειραματικό (στοιχ. 2)}} \Rightarrow$$

$$\Delta H_{\text{Γωνίας } 90^\circ} = 0.071 - 0.020 \Rightarrow \Delta H_{\text{Γωνίας } 90^\circ} = 0.051 \text{ m}$$

$$K_3 \text{ Γωνίας } 90^\circ (\text{πειραματικό}) = \Delta H_{\text{Γωνίας } 90^\circ} \cdot \frac{2 \cdot g}{V^2} \Rightarrow$$

$$K_3 \text{ Γωνίας } 90^\circ (\text{πειραματικό}) = 0.051 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$$

$$K_3 \text{ Γωνίας } 90^\circ (\text{πειραματικό}) = 0.756$$

$$K_3 \text{ Γωνίας } 90^\circ (\text{θεωρητικό}) = 1.20$$

Αναλυτικά για τον κλάδο Γ

$$\text{Ρυθμίστηκε παροχή } Q = 40 \text{ L/min} \cdot 10^{-3} / 60 = 0.00067 \text{ m}^3/\text{s}$$

Από την παροχή $Q = 0.00067 \text{ m}^3/\text{s}$ και με γνωστή την εσωτερική διάμετρο του σωλήνα υπολογίζουμε την ταχύτητα από τη σχέση $V = Q/A \Rightarrow$

$$V = \frac{0.00067 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)}{\frac{3.14 \cdot 0.0272^2 (\text{m}^2)}{4}} = 1.15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Για όλα τα στοιχεία αρχικά υπολογίζουμε τις υψομετρικές διαφορές ΔH πειραματικό

Έτσι έχουμε:

Στοιχείο 1

$$\Delta H_{\text{πειραματικό}} = \Gamma_2 - \Gamma_3 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.693 - 0.673 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.020 \text{ m}$$

Υπολογίζουμε τον πειραματικό συντελεστή τριβής $f_{\text{πειραματικό}}$ από τη σχέση:

$$f_{\text{πειραματικό}} = \Delta H \cdot \frac{D \cdot 2 \cdot g}{L \cdot V^2} \Rightarrow f_{\text{πειραματικό}} = 0.020 \cdot \frac{0.0272 \cdot 2 \cdot 9.81}{0.8 \cdot 1.15^2} \Rightarrow f_{\text{πειραματικό}} = 0.0101$$

Υπολογίζουμε τις αντίστοιχες θεωρητικές τιμές ξεκινώντας με των υπολογισμό του αριθμού Re από τη σχέση

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu} \Rightarrow \text{Re} = \frac{1.15 \cdot 0.0272}{1 \cdot 10^{-6}} \Rightarrow \text{Re} = 31222.68$$

Υπολογίζουμε τον πειραματικό συντελεστή τριβής $f_{\text{θεωρητικό}}$ από τη σχέση:

$$f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7} \right) \right]^{-2} \Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{0.0016}{3.7} \right) \right]^{-2} \Rightarrow f_{\text{θεωρητικό}} = 0.0108$$

$$\Delta H_{\text{θεωρητικό}} = f_{\text{θεωρητικό}} \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g} \Rightarrow \Delta H_{\text{θεωρητικό}} = 0.0108 \cdot \frac{0.8 \cdot 1.15^2}{0.0272 \cdot 2 \cdot 9.81} \Rightarrow$$

$$\Delta H_{\text{θεωρητικό}} = 0.021 \text{ m}$$

Στοιχείο 2

$$\Delta H_{\text{πειραματικό}} = \Gamma_4 - \Gamma_5 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.585 - 0.535 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.050 \text{ m}$$

$$\Delta H_{\text{πειραματικό}} = \Delta H_{\text{Γωνίας } 90^\circ} = 0.050 \text{ m}$$

$$K_2 \text{ Γωνίας } 90^\circ \text{ (πειραματικό)} = \Delta H \text{ Γωνίας } 90^\circ \cdot \frac{2 \cdot g}{v^2} \Rightarrow$$

$$K_2 \text{ Γωνίας } 90^\circ \text{ (πειραματικό)} = 0.050 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$$

$$K_2 \text{ Γωνίας } 90^\circ \text{ (πειραματικό)} = 0.741$$

$$K_2 \text{ Γωνίας } 90^\circ \text{ (θεωρητικό)} = 1.2$$

Στοιχείο 3

$$\Delta H_{\text{πειραματικό}} = \Gamma_6 - \Gamma_7 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.516 - 0.446 \Rightarrow \Delta H_{\text{πειραματικό}} = 0.070 \text{ m}$$

$$\Delta H_{\text{Γωνίας } 90^\circ} = \Delta H_{\text{πειραματικό (στοιχ. 3)}} - \Delta H_{\text{πειραματικό (στοιχ. 1)}} \Rightarrow$$

$$\Delta H_{\text{Γωνίας } 90^\circ} = 0.070 - 0.020 \Rightarrow \Delta H_{\text{Γωνίας } 90^\circ} = 0.050 \text{ m}$$

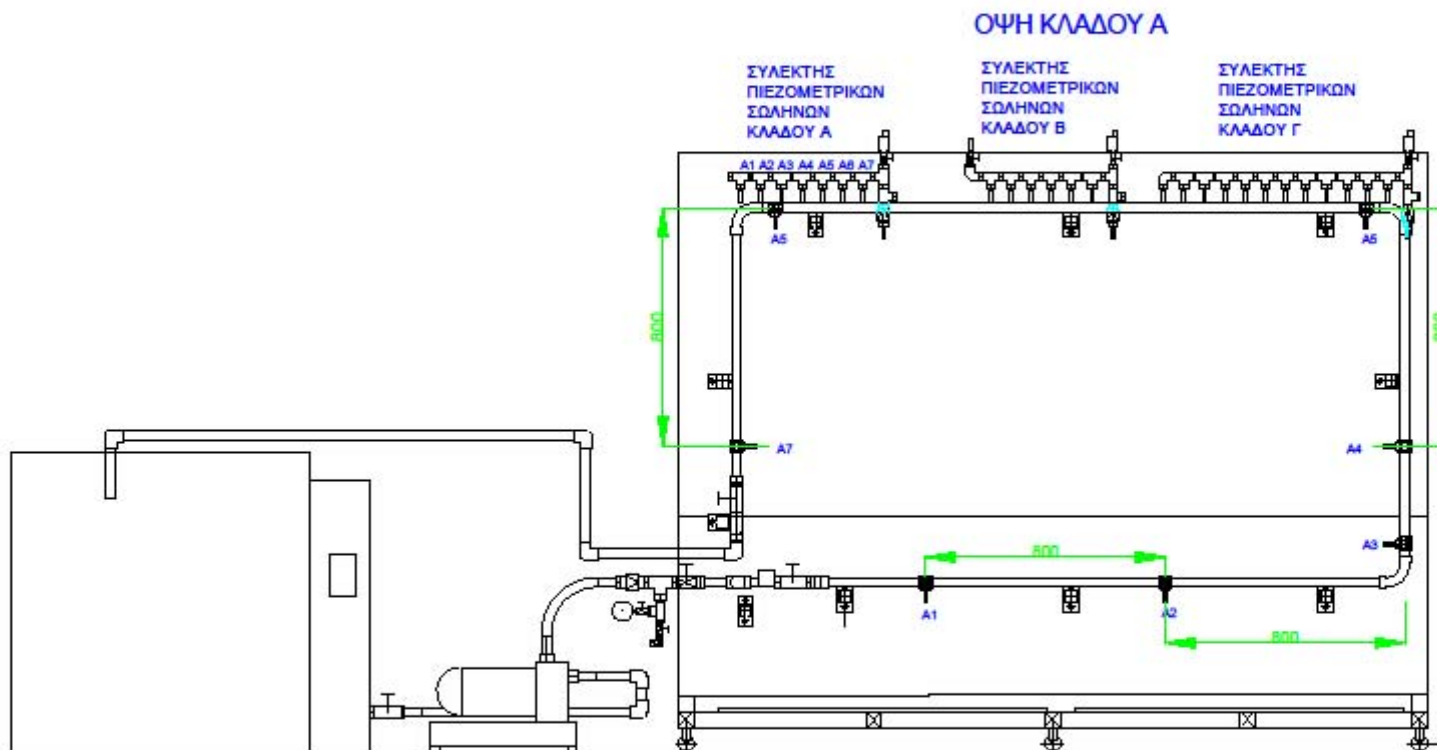
$$K_3 \text{ Γωνίας } 90^\circ \text{ (πειραματικό)} = \Delta H \text{ Γωνίας } 90^\circ \cdot \frac{2 \cdot g}{v^2} \Rightarrow$$

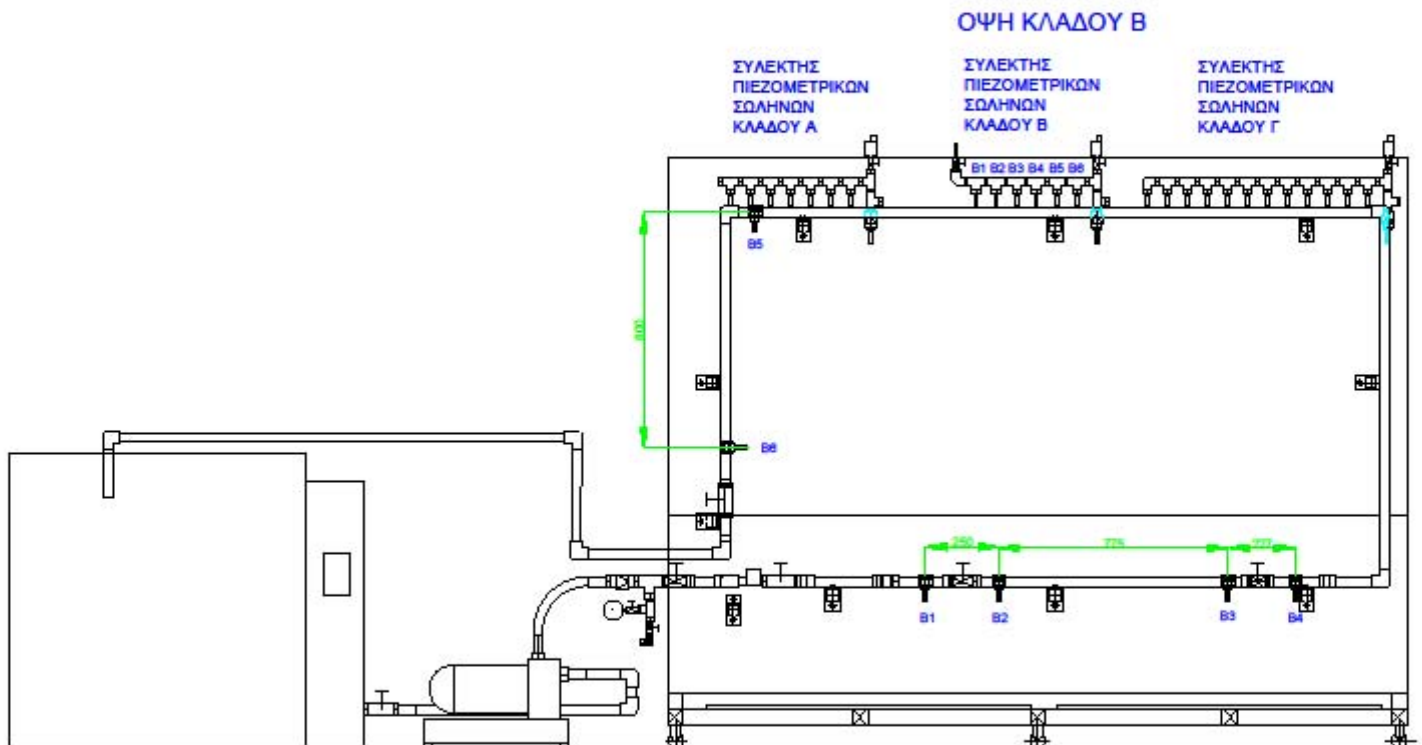
$$K_3 \text{ Γωνίας } 90^\circ \text{ (πειραματικό)} = 0.050 \cdot \frac{2 \cdot 9.81}{1.15^2} \Rightarrow$$

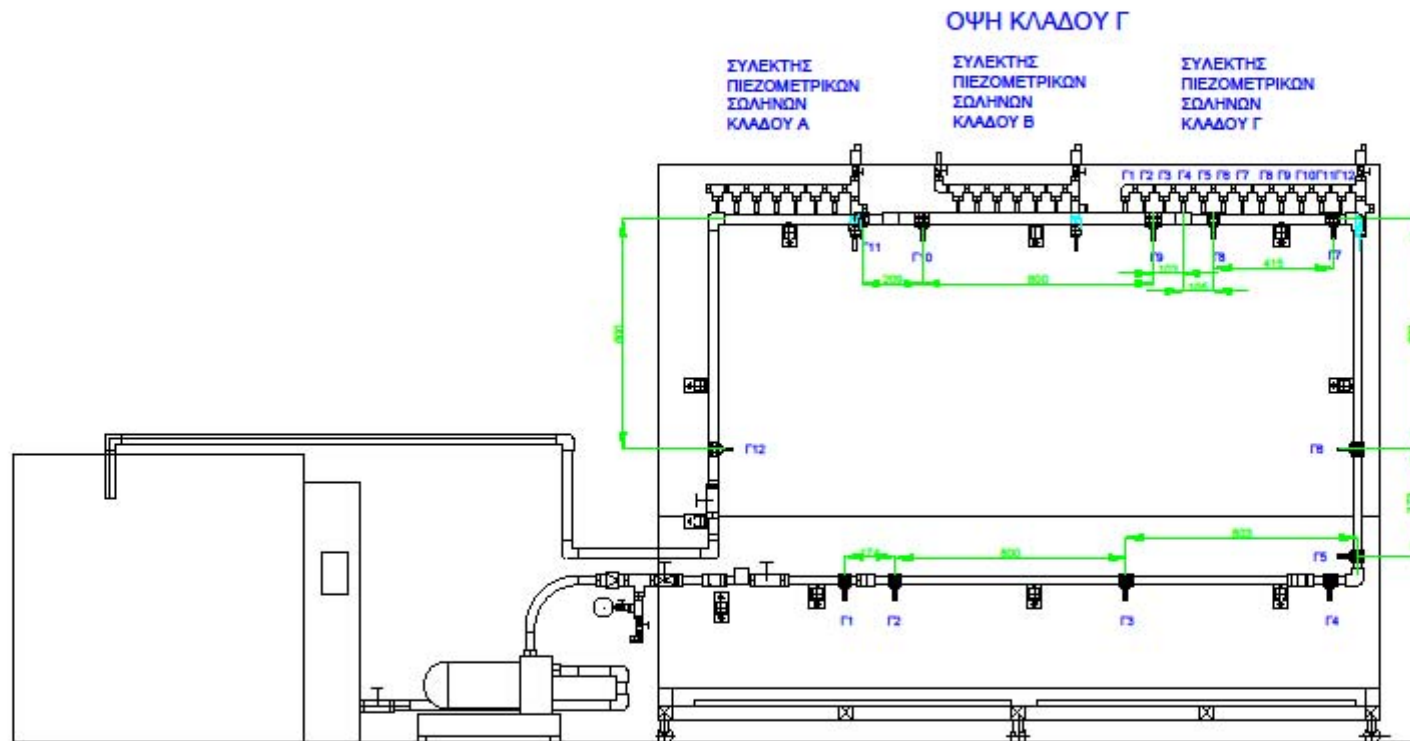
$$K_3 \text{ Γωνίας } 90^\circ \text{ (πειραματικό)} = 0.741$$

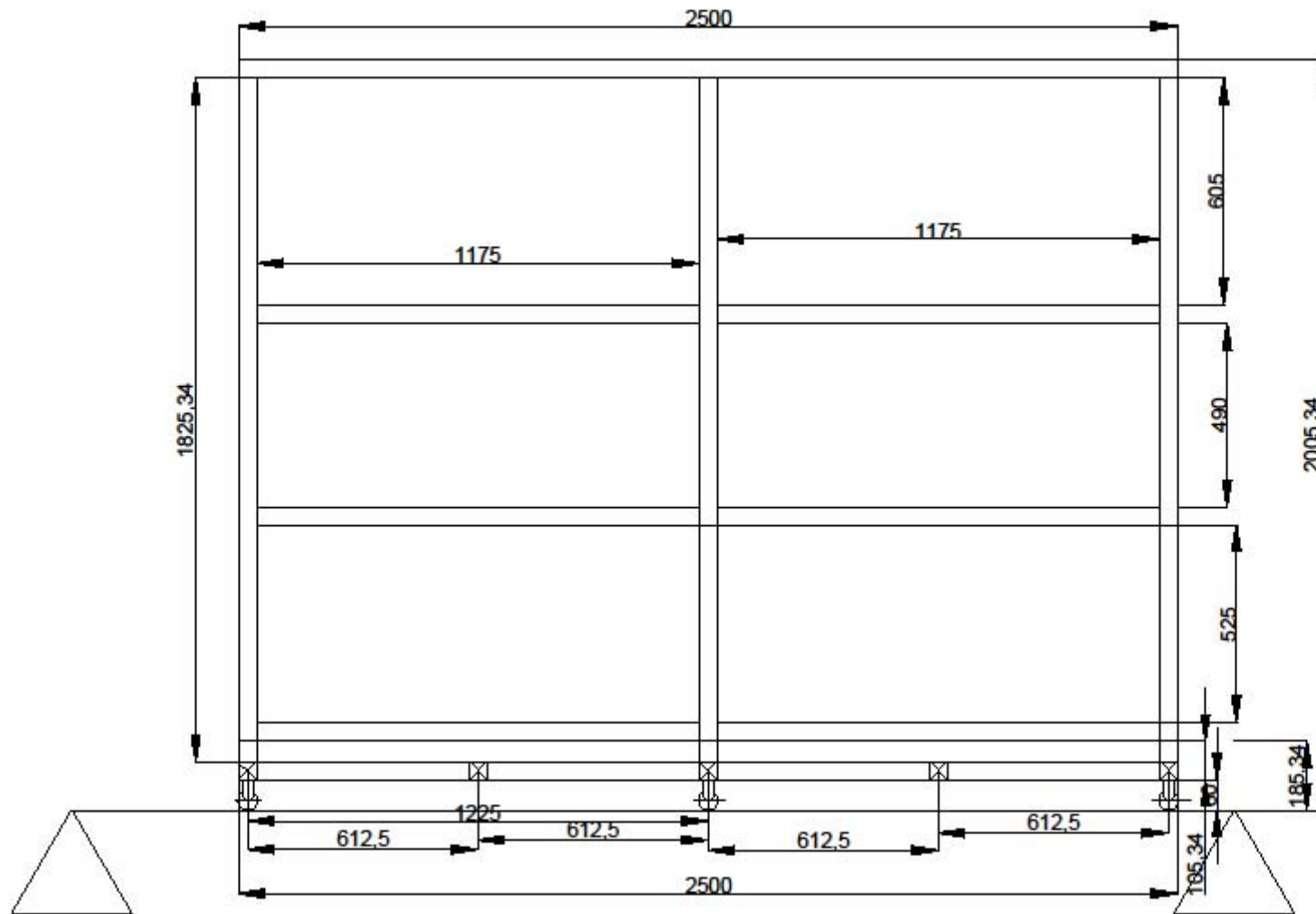
$$K_3 \text{ Γωνίας } 90^\circ \text{ (θεωρητικό)} = 1.2$$

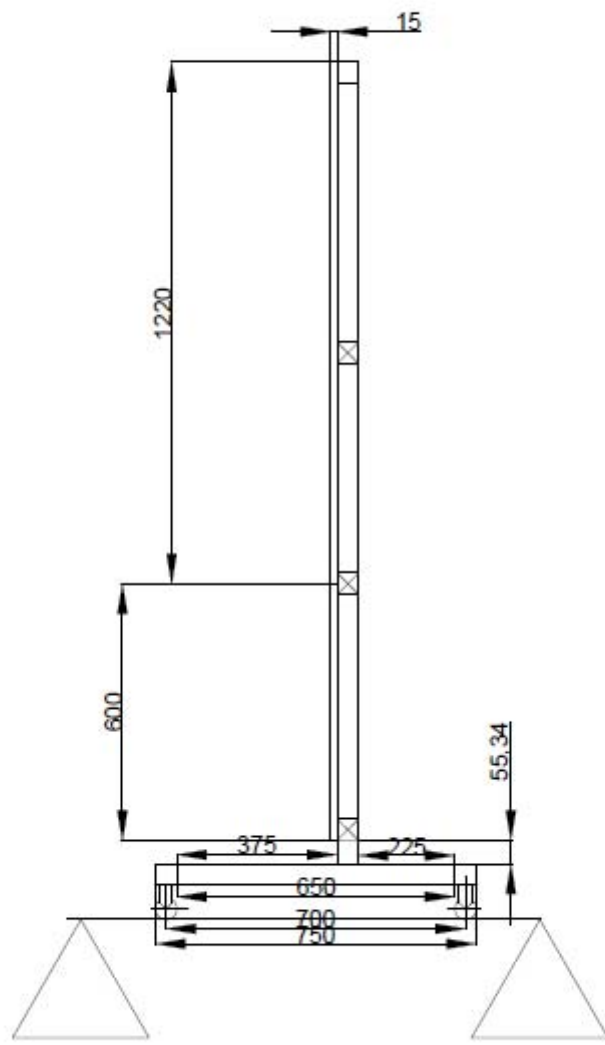
Β.3 Κατασκευαστικά σχέδια & υπόμνημα της πειραματικής διάταξης



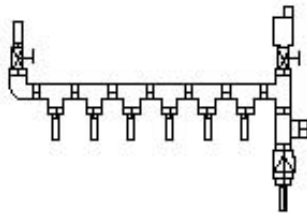








ΣΧΕΔΙΑ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΩΝ-ΥΠΟΜΝΗΜΑ
ΣΥΜΒΟΛΩΝ



ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΣΥΛΕΚΤΗ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ (ΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΚΑΙ ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΟΥ) ΤΩΝ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΩΛΗΝΩΝ ΕΝΟΣ ΚΛΑΔΟΥ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ Η ΚΑΙ ΑΥΞΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΜΕ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΤΗΝ ΕΠΙΘΥΜΗΤΗ ΥΨΟΜΕΤΡΙΚΗ ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΝΕΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΛΗΨΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ



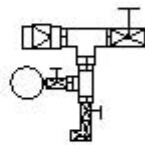
ΑΥΤΟΜΑΤΟ
ΕΞΑΕΡΙΣΤΙΚΟ
1/2"



ΑΓΛΟΣ ΣΦΑΙΡΙΚΟΣ
ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΤΥΠΟΥ MINI
1/2 "



ΒΑΛΒΙΔΑ
ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ 1/2"



ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΠΑΡΟΧΗΣ - ΠΙΕΣΗΣ - ΥΠΕΡΠΙΕΣΗΣ - ΕΚΕΝΩΣΗΣ-
ΔΟΚΙΜΩΝ ΑΝΤΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ



ΑΤΜΟΦΡΑΚΤΗΣ (GLOBE
VALVE) 1"



ΜΑΝΟΜΕΤΡΟ
ΒΟΥΡΔΟΝ 3/8"



ΓΩΝΙΑΚΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΕΚΕΝΩΣΗΣ ΕΝΑΝΤΙ
ΥΠΕΡΠΙΕΣΗΣ 1/2"



ΒΑΛΒΙΔΑ
ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ 1"



ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΗ ΑΝΤΛΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΣΤΗΝ ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΜΕ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΠΑΛΙ ΣΤΗΝ ΔΕΞΑΜΕΝΗ



ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΗΣ (ΠΑΡΟΧΟΜΕΤΡΟ)
ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΝΔΕΙΞΗΣ 3/4"



ΕΞΑΡΤΗΜΑ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ Φ32 Ή Φ40 ΣΥΝΔΕΔΕΜΕΝΟ ΑΜΕΣΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΚΟΥΣ ΣΩΛΗΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΗΣ ΤΟΠΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ ΑΥΤΟΥΣ



ΑΠΛΟΣ ΣΦΑΙΡΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ 1"



ΒΑΛΒΙΔΑ ΣΥΡΤΟΥ (GATE VALVE) 1"



ΚΑΜΠΥΛΗ Ή ΣΤΡΟΦΗ 90 ΜΟΙΡΩΝ PVC-U(ΑΚΤΙΝΑΣ ΚΑΜΠΥΛΟΤΗΤΑΣ 2 Χ D) ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ SIV



ΓΩΝΙΑ 90 ΜΟΙΡΩΝ PVC - U ΜΕ ΥΠΟΔΟΧΕΣ ΣΥΓΚΟΛΗΣΗΣ Ή ΚΩΧΛΙΟΣΥΝΔΕΣΗΣ Ή ΜΙΚΤΗ (ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΟΝΟΜΑΣΙΕΣ GIV Ή GFV Ή GIFV ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ)



ΣΤΑΥΡΟΣ Φ32 PVC - U ΜΕ ΥΠΟΔΟΧΕΣ ΣΥΓΚΟΛΗΤΕΣ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ XIV



ΔΙΠΛΟΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΑΣ Ή ΜΑΣΤΟΣ PVC - U Φ32 Χ 1" ΜΕ ΥΠΟΔΟΧΗ ΣΥΓΚΟΛΗΣΗΣ ΣΤΟ ΕΝΑ ΑΚΡΟ ΚΑΙ ΑΡΣΕΝΙΚΟ ΣΠΕΙΡΩΜΑ ΣΤΟ ΑΛΛΟ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ KIFV



ΛΥΟΜΕΝΟΣ ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ Ή ΡΑΚΟΡ PVC - U ΜΕ ΥΠΟΔΟΧΕΣ ΣΥΓΚΟΛΗΣΗΣ Ή ΚΩΧΛΙΟΣΥΝΔΕΣΗΣ Ή ΜΙΚΤΗΣ (ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΟΝΟΜΑΣΙΕΣ BIV Ή BVV Ή BIFV ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ)



ΤΑΥ 90 ΜΟΙΡΩΝ (ΔΙΑΚΛΑΔΩΣΗ) PVC - U ΜΕ ΘΗΛΥΚΑ ΑΚΡΑ ΜΕ ΣΠΕΙΡΩΜΑ 1" Ή 1/2 " ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ TFV



ΣΙΔΗΡΟΚΑΡΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΒΟΛΟΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΣΩΛΗΝΩΝ ΓΑΛΒΑΝΙΣΜΕΝΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ