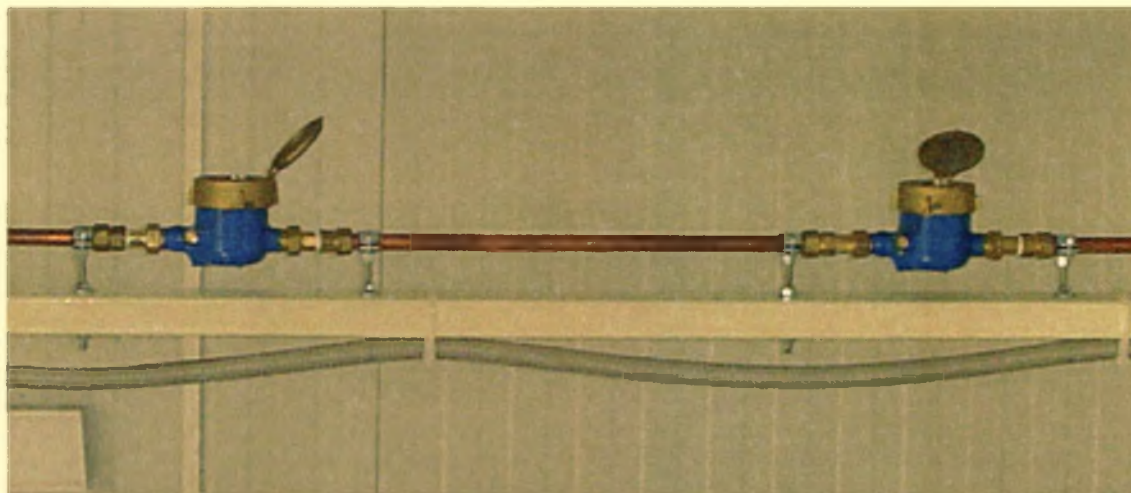




**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ**  
**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ**



**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ**  
**ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ**  
**ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΩΝ Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β**

υπό  
**ΓΕΩΡΓΙΟΥ Μ. ΣΤΑΚΙΑΔΗ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:** ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ  
Επ. Καθηγητής

**ΒΟΛΟΣ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2006**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ  
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 4885/1  
Ημερ. Εισ.: 05-10-2007  
Δωρεά: Συγγραφέα  
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΠΜ  
2006  
ΣΤΑ

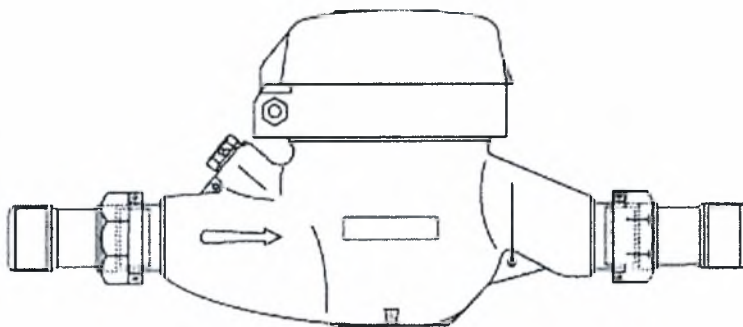
## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς την υποστήριξη του καθηγητή μου **Παπανικολάου Παναγιώτη** τον οποίο και ευχαριστώ θερμά. Οι επιστημονικές του συμβουλές και γενικά η όλη επίβλεψη του πάνω στη διπλωματική μου εργασία, ήταν καταλυτικής σημασίας για τη διεκπεραίωση της.

Ευχαριστώ τους υπεύθυνους στη **Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Μείζονος Βόλου (ΔΕΥΑΜΒ)** για την παραχώρηση των υδρομετρητών, χωρίς τους οποίους δεν θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η παρούσα διπλωματική εργασία. Ιδιαίτερα, ευχαριστώ τον κ. **Φαφούτη Χρυσόστομο**, Πολιτικό Μηχανικό της ΔΕΥΑΜΒ για τη συμβολή του στην επιτυχή ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Ευχαριστώ τον κ. **Ηλία Παπά** για την τεχνική υποστήριξη που μου παρείχε στο εργαστήριο κατά το στάδιο της κατασκευής της πειραματικής διάταξης, η οποία υπήρξε υπέρ το δέον πολύτιμη.

Τέλος, ευχαριστώ τον κ. **Νικήτα Μυλόπουλο**, Επ. Καθηγητή και τον κ. **Βασίλη Κανακούδη**, Λέκτορα του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, για τα θετικά τους σχόλια και τη συμμετοχή τους στην Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή.



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε μια σειρά πειραμάτων με σκοπό την αξιοπιστία των από 10-ετίας σε χρήση οικιακών υδρομέτρων και αυτών νέας τεχνολογίας, που χρησιμοποιούνται στην ευρύτερη περιοχή του Βόλου. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Υδρομηχανικής και Περιβαλλοντικής Τεχνικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 90 υδρομετρητές, τριάντα (30) από τους οποίους ήταν νέου τύπου και αχρησιμοποίητοι, τριάντα (30) παλαιού τύπου και από 10-ετίας σε χρήση στο δίκτυο και τριάντα (30) επίσης παλαιού τύπου και από 5-ετίας σε χρήση στο δίκτυο ύδρευσης της Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν με μια ειδικά διαμορφωμένη διάταξη, όπου εμετρούντο οι παροχές που καταγράφονται σε πέντε (5) υδρομετρητές κάθε φορά. Η πραγματική παροχή μετράτο ογκομετρικά στις μικρές παροχές, ενώ στις μεγαλύτερες με διάταξη τριγωνικού υπερχειλιστή ορθής γωνίας.

Οι μετρήσεις έγιναν για παροχές που κυμάνθηκαν ανάμεσα σε 0.018 και 0.207 l/sec (65 – 750 l/hr) περίπου, τυπικές οικιακές παροχές. Σε κάθε σειρά πειραμάτων (με υδρομετρητές νέου τύπου, 5-ετίας και 10-ετίας), καλύφθηκε η παραπάνω περιοχή παροχών λειτουργίας. Η ανάλυση των ομογενοποιημένων πειραματικών μετρήσεων έδειξε ότι οι αχρησιμοποίητοι υδρομετρητές καταγράφουν μεγαλύτερες παροχές από τις πραγματικές, όταν η παροχή που διέρχεται υπερβαίνει τα 4l/min. Για μικρότερες παροχές, όλοι οι υδρομετρητές υποεκτιμούν την παροχή νερού.

Η αδιαστατοποιημένη διαφορά ανάμεσα στη μετρημένη και πραγματική παροχή με την πραγματική παροχή, είναι αύξουσα συνάρτηση της παροχής για όλες τις κατηγορίες υδρομετρητών. Η αδιαστατοποιημένη τυπική απόκλιση με την πραγματική παροχή είναι φθίνουσα σαν συνάρτηση της παροχής, ενώ ασυμπτωτικά τείνει προς μία σταθερή τιμή για παροχές που υπερβαίνουν τα 8l/min. Είναι δε μεγαλύτερη, ανάλογα με την παλαιότητα των υδρομετρητών. Από τα ιστογράμματα των αποκλίσεων της μετρημένης από την πραγματική παροχή, παρουσιάζουν το μέγιστο στην περιοχή μεταξύ +2.50 έως +5 %, πράγμα που σημαίνει ότι ο μέσος υδρομετρητής καταγράφει παροχές μεγαλύτερες από τις πραγματικές περί τα 2.5 – 5%.

Τέλος, για τον προσδιορισμό των στατιστικών χαρακτηριστικών των υδρομετρητών, καθώς και της εκτίμησης του διαστήματος εμπιστοσύνης της μέσης μετρημένης τιμής, δείξαμε ότι το δείγμα τριάντα υδρομετρητών επαρκεί, με βάση τη μονιμότητα  $1^{ns}$  και  $2^{ns}$  ροπής σαν συνάρτηση του μεγέθους του.

## ABSTRACT

In the present thesis, we have implemented a series of experiments, to test the reliability of household water meters that are in use for the past ten years, and new technology unused ones, in the major area of the city of Volos. The experiments were performed at the Hydromechanics and Environmental Engineering Laboratory, of the University of Thessaly. We have used a total of 90 water meters, thirty (30) of which were brand new and unused, thirty (30) that have been used for the past 10 years and thirty (30) that have been used for the past 5 years, by the Major Volos Area Water Authority. The experiments were performed in a specially designed apparatus, where five (5) water meters could be measured at a time. The actual flow rates have been measured volumetrically for the lower discharges, and with a triangular 90° sharp crested weir for the higher ones.

Measurements were made for discharges in the range of approximately 0.018 to 0.207 l/sec (65 – 750 l/hr). In each series of runs (new water meters, 5 and 10 years in use water meters), we have covered the above range of flow rates. Analysis of homogeneous data, has shown that the unused water meters recorded higher flow rates than the actual ones, for discharges greater than 4l/min. For lower flow rates they have underestimated them.

The normalized difference in the discharge between the actual and the measured ones, by the actual discharge, is an increasing function of the discharge for all three categories of water meters. The normalized standard deviation by the actual discharge, is decreasing as a function of the discharge, with an asymptotic limiting value for discharges that exceeded 8l/min. The deviation between real and measured discharge histograms, have a maximum in the regime between +2.5 and +5.0%, that means in the average a water meter records flow rates 2.5 to 5% higher, from the real ones.

Finally, to determine the statistical characteristics for the population of water meters, as well as the confidence limits of the mean measured discharge, we have shown that measurements in a sample of 30 water meters is adequate, based on the stationarity of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> moments, as functions of the number of water meters used.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	1
1.1	Γενικά - υδρομετρητές.....	1
1.2	Τύποι οικιακών υδρομετρητών. ....	1
1.3	Αρχή λειτουργίας των ταχυμετρικών υδρομετρητών .....	2
1.4	Χαρακτηριστικά λειτουργίας οικιακών υδρομετρτών .....	2
1.5	Σκοπός της παρούσας εργασίας.....	9
2.	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ .....	10
2.1	Πειραματική διάταξη.....	10
2.2	Ρύθμιση τριγωνικού υπερχειλιστή.....	15
2.3	Πειραματικές μετρήσεις .....	17
2.4	Περιγραφή ενός τυπικού πειράματος .....	18
3.	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	21
3.1	Ομογενοποίηση δεδομένων.....	21
3.2	Κριτήριο απόρριψης δεδομένων .....	22
3.3	Σύγκριση μετρημένων και πραγματικών παροχών .....	26
3.4	Εκτίμηση της μέσης τιμής και του διαστήματος εμπιστοσύνης.....	30
3.5	Αδιαστατοποίηση των δεδομένων.....	34
3.6	Ιστόγραμμα μετρημένων παροχών.....	39
3.7	Αξιοπιστία μεγέθους δείγματος υδρομετρητών .....	40
4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ .....	42
5.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	43



## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1 Γενικά – υδρομετρητές**

Οι υδρομετρητές (water meters) είναι αθροιστικές συσκευές μέτρησης όγκου νερού. Ανήκουν στη γενικότερη κατηγορία των μετρητών ροής (flow meters) και χρησιμοποιούνται από την εκάστοτε εταιρία ύδρευσης μιας περιοχής για τον υπολογισμό και την καταγραφή της ποσότητας του νερού που καταναλώνεται από κάθε χρήστη του δικτύου, με τη χρέωσή του ανάλογα με την κατανάλωση νερού και την τιμή μονάδας.

Ο τύπος του υδρομετρητή εξαρτάται από την χρήση για την οποία προορίζεται. Έτσι, υπάρχουν οι οικιακοί και οι βιομηχανικοί υδρομετρητές. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζονται μόνο οι οικιακοί υδρομετρητές. Η χρησιμοποίησή τους στα δίκτυα ύδρευσης ξεκίνησε στα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα και ταυτόχρονα με τη δημιουργία των δικτύων, καθώς υπάρχει η ανάγκη χρέωσης του κάθε χρήστη ανάλογα με το τι καταναλώνει. Στην περιοχή του Βόλου εγκαταστάθηκαν για πρώτη φορά υδρομετρητές στα μέσα της δεκαετίας του 1950.

Ο συνολικός αριθμός των υδρομετρητών της ΕΥΔΑΠ ανέρχεται σε 1.600.000 περίπου.

### **1.2 Τύποι οικιακών υδρομετρητών**

Οι οικιακοί υδρομετρητές διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με τον μηχανισμό που μετρούν τον όγκο του νερού. Τους ταχυμετρικούς (turbine water meters) και τους ογκομετρικούς (volumetric water meters). Οι ταχυμετρικοί υδρομετρητές διακρίνονται με τη σειρά τους σε : (1) υδρομετρητές πολλαπλής ριπής (multi-jet meters) και (2) απλής ριπής (single-jet meters). Οι μετρητές απλής ριπής είναι περισσότερο κατάλληλοι για τη μέτρηση της κατανάλωσης νερού χαμηλών παροχών

Τέλος οι ταχυμετρικοί υδρομετρητές πολλαπλής ριπής διακρίνονται σε (1) υδρομετρητές υγρού τύπου (wet dial) (για νερό δεδομένης μέγιστης θερμοκρασίας) και (2) ξηρού τύπου (dry dial).

Οι οικιακοί υδρομετρητές σε σχέση με τη σύνδεσή τους στο δίκτυο διακρίνονται σε υδρομετρητές οριζόντιας παροχής (συνήθης περίπτωση) και σε υδρομετρητές κατακόρυφης ανερχόμενης ή κατερχόμενης παροχής. Ο τρόπος κατασκευής και συναρμολόγησης τους γίνεται σύμφωνα με τα DIN ISO 4064 και DIN 19684. Επίσης, οι πολλαπλής ριπής υδρομετρητές τελευταίου τύπου διαθέτουν διάταξη παλμικής καταγραφής της παροχής (pulse output meters)

Οι υδρομετρητές που μας παρέιχε η ΔΕΥΑΜΒ και χρησιμοποιήσαμε με σκοπό τη μέτρηση της αξιοπιστίας τους, ήταν κατασκευασμένοι από τρεις εταιρείες, Zenner, Triton και Pireus Brass Manufacturing Co. S.A.

### 1.3 Αρχή λειτουργίας των ταχυμετρικών υδρομετρητών

Ο τρόπος λειτουργίας των οικιακών ταχυμετρικών υδρομετρητών είναι σχετικά απλός. Καθώς διέρχεται το νερό μέσα από τον υδρομετρητή, περιστρέφει μια φτερωτή (impeller) η οποία βρίσκεται σ' έναν χώρο συγκεκριμένου όγκου και διαχωρίζει το εισερχόμενο νερό από το τμήμα εξόδου. Η φτερωτή (impeller), είναι συνδεδεμένη μέσω άξονα με σύστημα γραναζιών πάνω στα οποία είναι προσαρμοσμένοι οι δείκτες του υδρομετρητή. Ο αριθμός των περιστροφών του δίσκου είναι ανάλογος της ποσότητας του νερού που διέρχεται απ' αυτόν.

Μέχρι πριν από λίγα χρόνια οι υδρομετρητές ήταν ογκομετρικού τύπου. Σήμερα, χρησιμοποιούνται αποκλειστικά υδρομετρητές ταχυμετρικού τύπου πολλαπλής ριπής με ακρίβεια μέτρησης 2% στην κανονική περιοχή λειτουργίας.

Υποχρέωση των εταιρειών ύδρευσης είναι να παρέχουν νερό με πίεση από 1 έως 12 bar στη θέση του υδρομετρητή, σύμφωνα με τον κανονισμό ύδρευσης, έτσι ώστε στο σημείο όπου θα γίνει χρήση να υπάρχει δεδομένη ελάχιστη πίεση τέτοια που να λειτουργούν και συνδεδεμένες συσκευές (πλυντήρια, κλπ). Η βέλτιστη επιδιωκόμενη πίεση είναι 6 bar.

### 1.4 Χαρακτηριστικά λειτουργίας οικιακών υδρομετρητών

Τα κύρια χαρακτηριστικά ενός οικιακού υδρομετρητή συνοψίζονται παρακάτω και είναι τα ακόλουθα:

**Ονομαστική παροχή  $Q_n$ :** Ορίζεται ως το ήμισυ της μέγιστης παροχής  $Q_{max}$ . Εκφράζεται σε κυβικά μέτρα την ώρα και χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του τύπου του υδρομετρητή. Ένας υδρομετρητής αναμένεται να λειτουργήσει με ικανοποιητικό τρόπο υπό φυσιολογικές συνθήκες χρήσης, στην περιοχή της ονομαστικής του παροχής  $Q_n$ .

**Ελάχιστη παροχή  $Q_{min}$ :** Είναι η χαμηλότερη παροχή για την οποία οι ενδείξεις του υδρομετρητή αναμένεται να βρίσκονται εντός των ορίων του μέγιστου επιτρεπτού σφάλματος

**Μέγιστη παροχή  $Q_{max}$ :** Είναι η υψηλότερη παροχή για την οποία ο υδρομετρητής αναμένεται να λειτουργεί με ικανοποιητικό τρόπο για μικρό χρονικό διάστημα χωρίς να αντιμετωπίζει πρόβλημα.

**Μεταβατική παροχή  $Q_i$ :** Είναι η ελάχιστη παροχή για την οποία το μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα του υδρομετρητή δεν υπερβάλλεται.

Στον Πίνακα 1.1 φαίνονται οι χαρακτηριστικές παροχές για τις τρεις κατηγορίες (βλ. επόμενες παραγράφους) οικιακών υδρομετρητών.

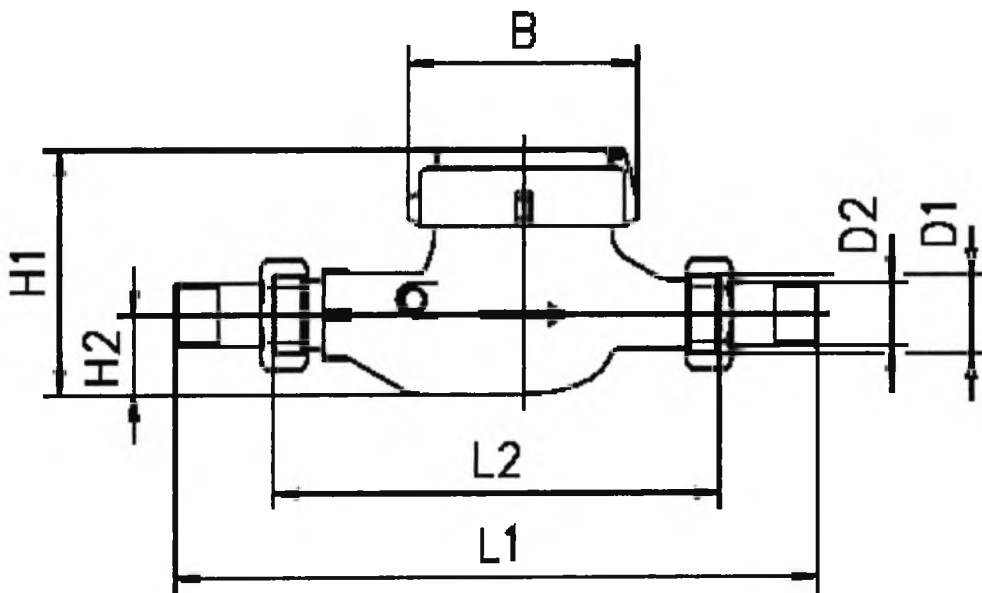


Range	$Q_n$ in $m^3/h$	Class A			Class B		Class C		Nominal diameter DN
		$Q_{max} = 2 \times Q_n$ in $m^3/h$	$Q_{min} = 0.04 \times Q_n$ in $l/h$	$Q_t = 0.1 \times Q_n$ in $l/h$	$Q_{min} = 0.02 \times Q_n$ in $l/h$	$Q_t = 0.08 \times Q_n$ in $l/h$	$Q_{min} = 0.01 \times Q_n$ in $l/h$	$Q_t = 0.015 \times Q_n$ in $l/h$	
$Q_n < 15m^3/h$	1.5	3	60	150	30	120	15	22.5	15
	2.5	5	100	250	50	200	25	37.5	20
	3.5	7	140	350	70	280	35	52.5	25
	6	12	240	600	120	480	60	90	32
	10	20	400	1000	200	800	100	150	40

**Πίνακας 1.1** Τιμές χαρακτηριστικών μεγεθών των υδρομετρητών πολλαπλής ριπής για κρύο νερό, με ονομαστικές παροχές μικρότερες των  $15 m^3/h$

### Τεχνικά χαρακτηριστικά

Διαστάσεις υδρομετρητών. Η διάσταση του υδρομετρητή καθορίζεται είτε από τις διαστάσεις του σπειρώματος σύνδεσης, είτε από την ονομαστική διάμετρο της φλάντζας. Για τον καθορισμό της διάστασης του υδρομετρητή υπάρχει ένα αντίστοιχο σετ γενικότερων διαστάσεων. Οι διαστάσεις του υδρομετρητή συνδέονται γενικώς με την ονομαστική παροχή του, όπως καθορίζεται στο παρακάτω Σχήμα 1.1.



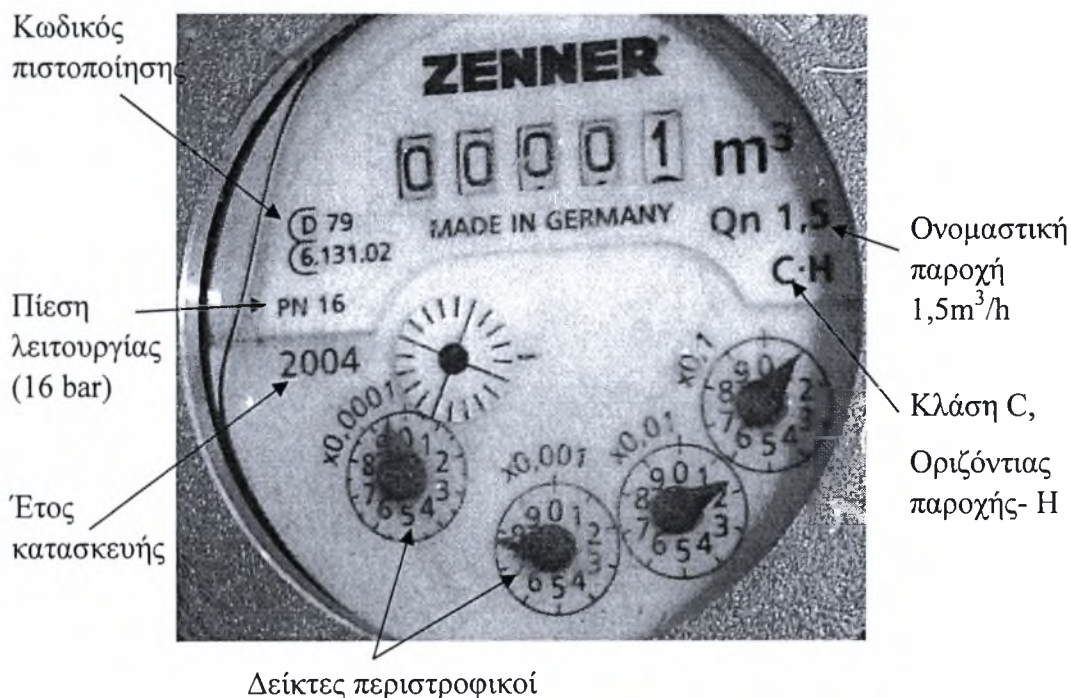
**Σχήμα 1.1** Χαρακτηριστικές διαστάσεις υδρομετρητή οριζόντιας παροχής

Οι διαστάσεις του παραπάνω σχήματος αντιστοιχούν στα εξής μεγέθη:

- D1 διάμετρος σπειρώματος σύνδεσης
- D2 διάμετρος ρακόρ
- L1, L2 ολικά μήκη
- H1, H2 ύψη
- B πλάτος

Επιτρέπεται ωστόσο να υιοθετηθεί μια διάσταση του υδρομετρητή ένα βήμα μικρότερη ή ένα βήμα μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των πινάκων του κατασκευαστή, με δεδομένο ότι πληρούνται οι μετρολογικές απαιτήσεις. Σε αυτή την περίπτωση ο υδρομετρητής πρέπει να καθοριστεί όχι μόνο από την αριθμητική τιμή της ονομαστικής παροχής, αλλά και από την ονομαστική διάμετρο των συνδέσεων (ρακόρ). Τα ρακόρ πρέπει να είναι τα ίδια τόσο στην είσοδο όσο και στην έξοδο του νερού.

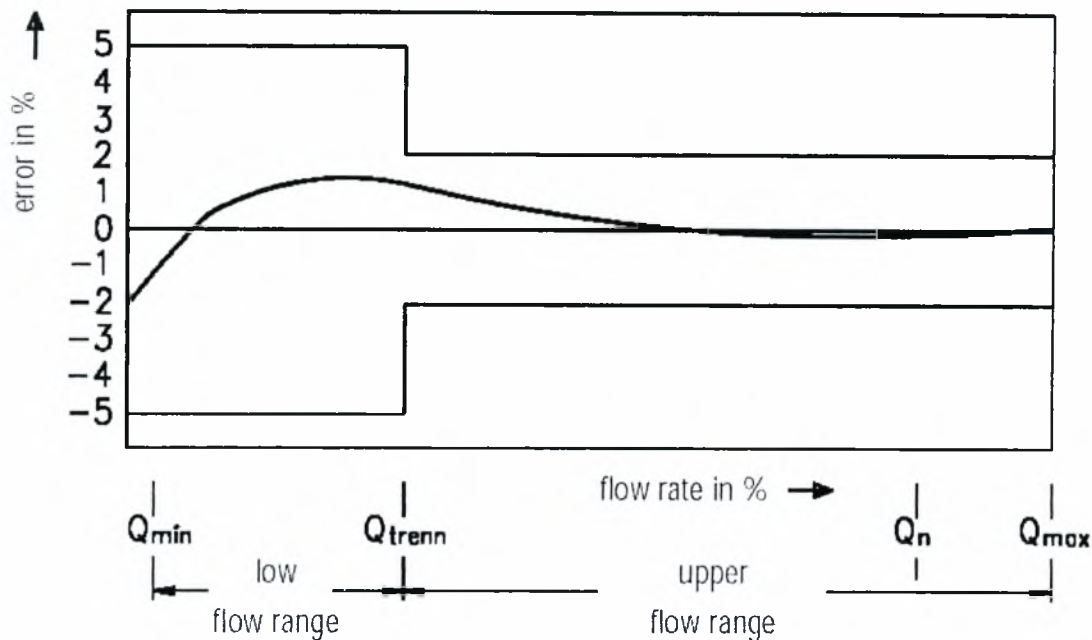
### Μηχανισμός ενδείξεων



**Φωτο 1.1** Επιφάνεια ενδείξεων νέου υδρομετρητή που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα.

### Μετρολογικά χαρακτηριστικά

Τα μέγιστα επιτρεπτά σφάλματα ενός οικιακού υδρομετρητή φαίνονται στο Σχήμα 1.2. Το μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα στη ζώνη χαμηλής παροχής για  $Q_{\min} \leq Q \leq Q_t$  είναι  $\pm 5\%$ . Το μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα στη ζώνη υψηλής παροχής για  $Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$  είναι  $\pm 2\%$ .



Σχήμα 1.2 Διάγραμμα σφαλμάτων σαν συνάρτηση του ποσοστού παροχής.

### Μετρολογικές κλάσεις

Οι υδρομετρητές χωρίζονται σε τρεις μετρολογικές κλάσεις A B C σύμφωνα με τις τιμές των  $Q_{min}$  και  $Q_t$  όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Η κλάση στην οποία ανήκει ο κάθε υδρομετρητής προσδιορίζει την ακρίβειά του στις χαμηλές παροχές. Αυτοί που ανήκουν στην κλάση C καταγράφουν με μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτούς της κλάσης B, οι οποίοι διαθέτουν μεγαλύτερη ακρίβεια από υδρομετρητές κλάσης A.

Επομένως η χρήση ανώτερης κλάσης υδρομετρητή, δίνει τη δυνατότητα καταγραφής μικρότερων παροχών για δεδομένο μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα.

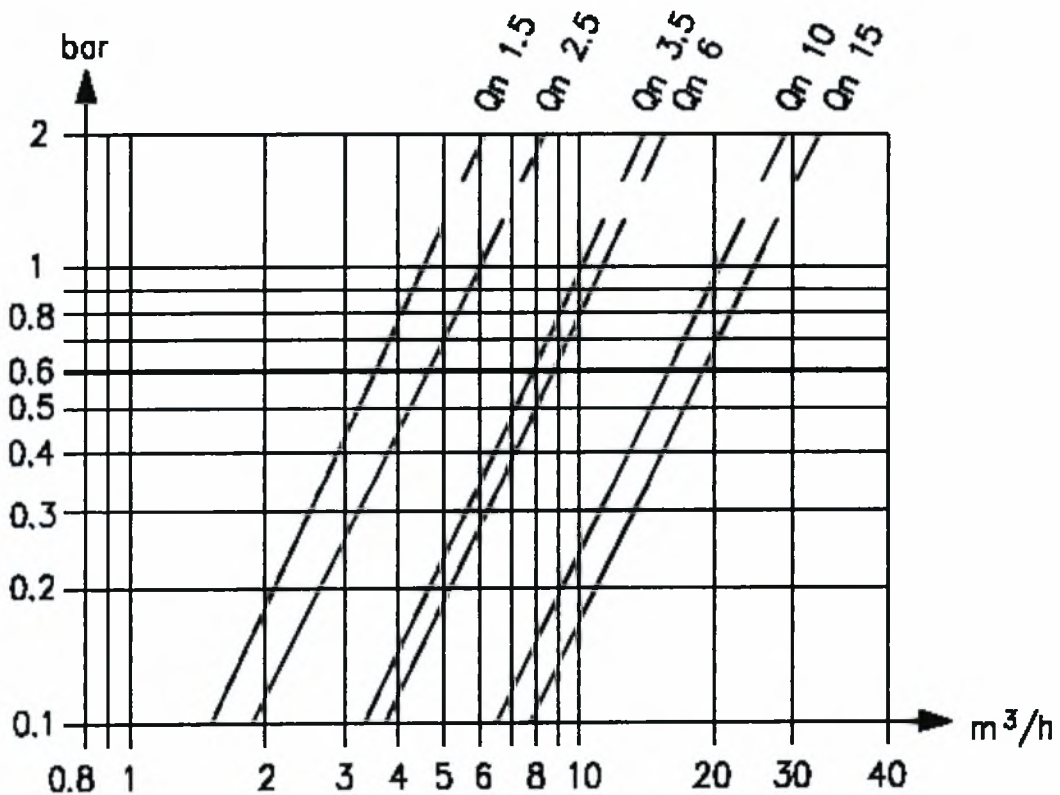
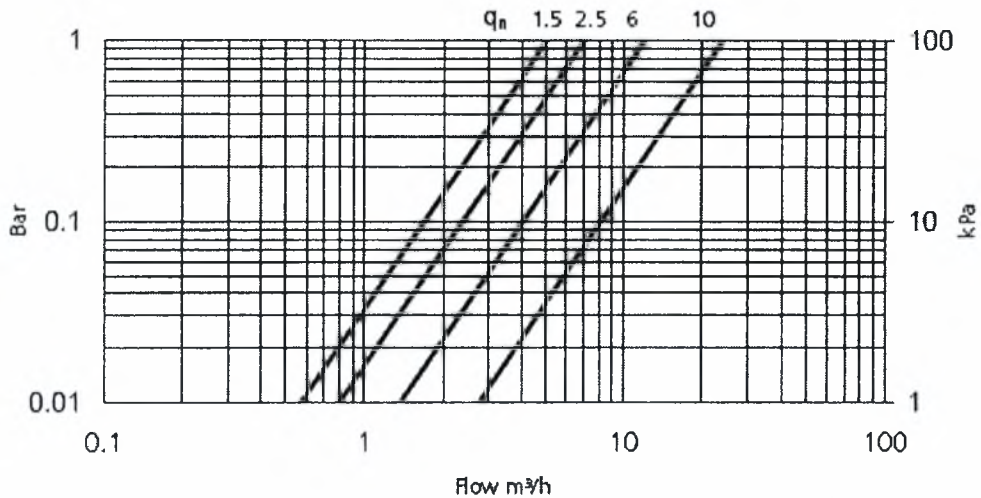
ΚΛΑΣΕΙΣ		$Q_n$	
		$< 15 \text{ m}^3/\text{h}$	$> 15 \text{ m}^3/\text{h}$
Κλάση A	$Q_{min} =$	$0.04 Q_n$	$0.08 Q_n$
	$Q_t =$	$0.10 Q_n$	$0.30 Q_n$
Κλάση B	$Q_{min} =$	$0.02 Q_n$	$0.03 Q_n$
	$Q_t =$	$0.08 Q_n$	$0.20 Q_n$
Κλάση C	$Q_{min} =$	$0.01 Q_n$	$0.006 Q_n$
	$Q_t =$	$0.015 Q_n$	$0.015 Q_n$

Πίνακας 1.2 Κλάσεις υδρομετρητών

## Απώλεια πίεσης

Βάσει των αποτελεσμάτων από μετρήσεις που έχουν γίνει, οι υδρομετρητές χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες, για κάθε μια από τις οποίες η απώλεια πίεσης αντιστοιχεί σε μια από τις παρακάτω μέγιστες τιμές, 1, 0.5, 0.3, ή 0.1 bar στο εύρος της παροχής λειτουργίας.

### Head loss graph

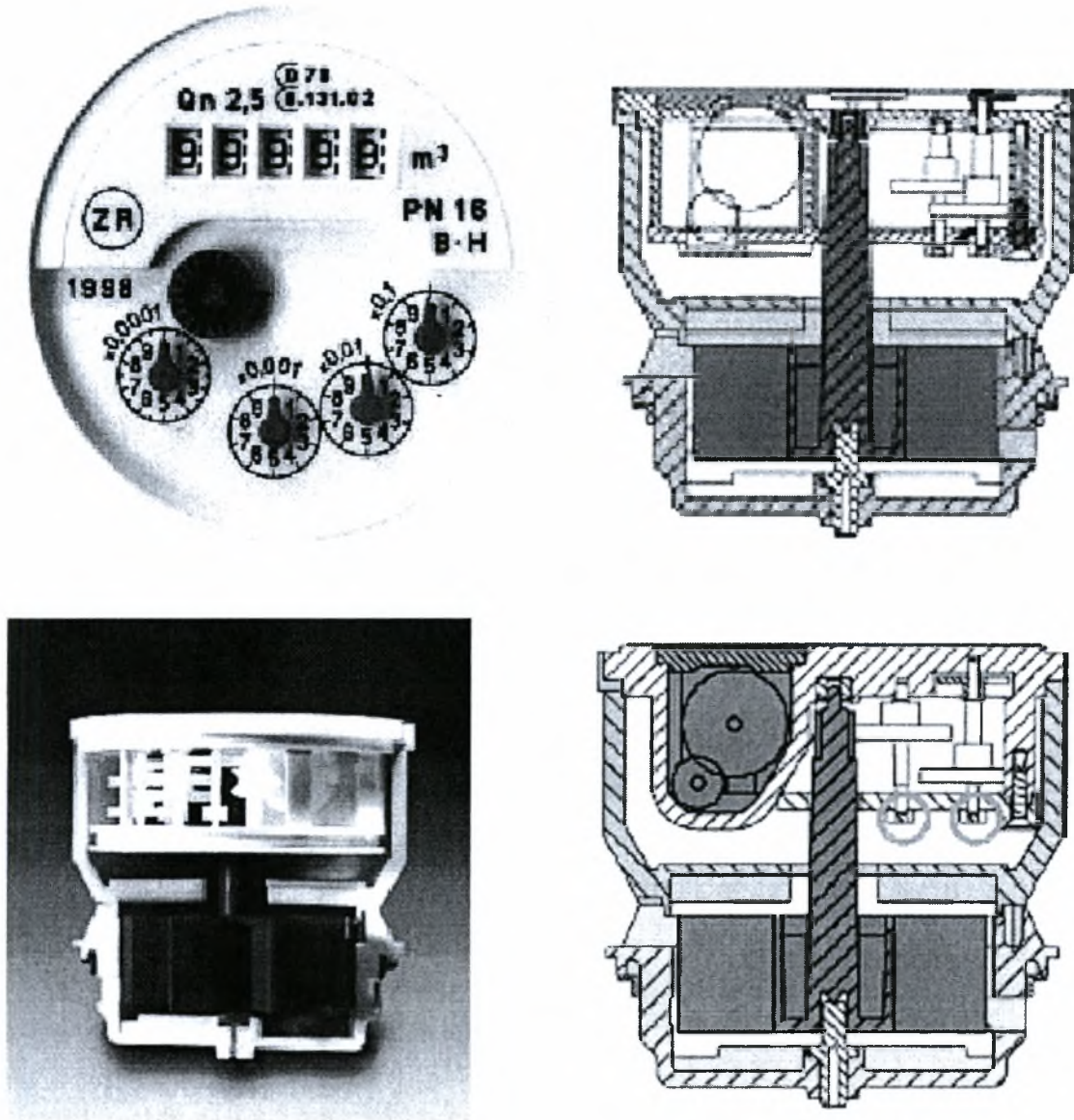


**Σχήμα 1.3** Πίεση σε bar σαν συνάρτηση της παροχής σε  $m^3/h$  για υδρομετρητές διαφορετικής ονομαστικής παροχής. Άνω γράφημα για πιέσεις 0.01-1 bar, κάτω γράφημα γράφημα για πιέσεις 0.1-2 bar.



### Υδρομετρητής πολλαπλής ριπής υγρού τύπου

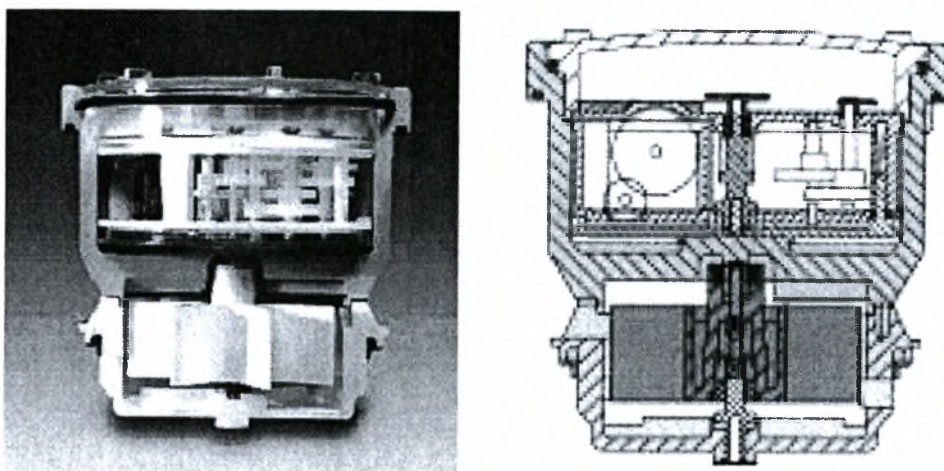
Είναι ο υδρομετρητής στον οποίο οι δίσκοι και ολόκληρος ο μηχανισμός των ενδείξεων βρίσκεται μέσα στο νερό. Στο Σχήμα 1.4 παρατίθεται η εικόνα και μιά τομή ενός υδρομετρητή υγρού τύπου.



Σχήμα 1.4 Υδρομετρητής πολλαπλής ριπής υγρού τύπου.

### Υδρομετρητής πολλαπλής ριπής ξηρού τύπου

Είναι ο υδρομετρητής στον οποίο οι δίσκοι και ολόκληρος ο μηχανισμός των ενδείξεων είναι στεγανοί. Στο Σχήμα 1.5 παρατίθεται η εικόνα και μιά τομή ενός υδρομετρητή ξηρού τύπου.



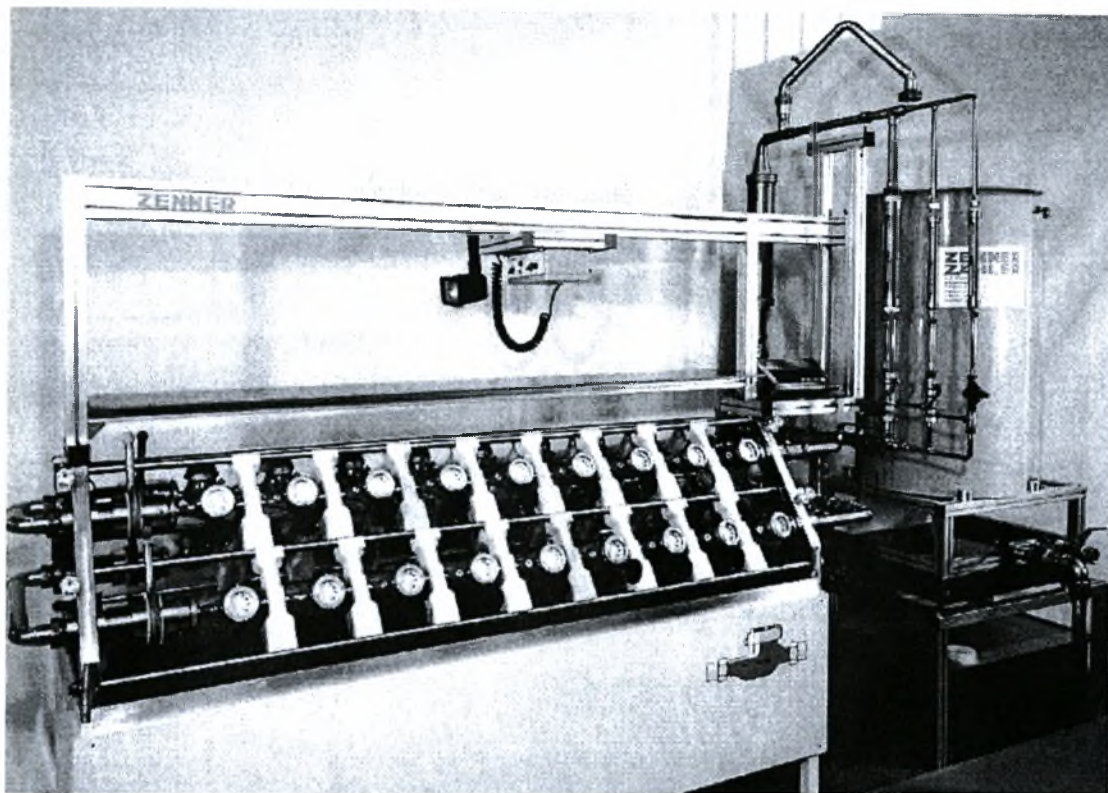
**Σχήμα 1.5** Υδρομετρητής πολλαπλής ριπής ξηρού τύπου.

Το μοναδικό Εργαστήριο Κατασκευής και Δοκιμής Υδρομέτρων στην Ελλάδα είναι αυτό της ΕΥΔΑΠ που βρίσκεται στον Τεχνικό Τομέα του Πειραιά. Το εργαστήριο υδρομετρητών της ΕΥΔΑΠ δραστηριοποιείται στην παραγωγή υδρομετρητών και στο χώρο των μετρήσεων οργάνων καταγραφής όγκου και παροχής. Παρέχει υπηρεσίες τόσο σε θέματα διαπίστευσης των υδρομετρητών κυρίως, όσο και σε θέματα προδιαγραφών, αξιολόγησης και συντήρησης υδρομετρητών και εξοπλισμού μετρήσεων. Το Νοέμβριο 2002 διαπιστεύθηκε από το ΕΣΥΔ (αρ.108) και το DKD (DKD-K-32401) ως Εργαστήριο Διακριβώσεων μετρητικών οργάνων όγκου και παροχής σύμφωνα με το πρότυπο ISO/IEC 17025, αποκτώντας έτσι επίσημη αναγνώριση της αξιοπιστίας των μετρήσεων που διεξάγει. Αποτελεί το μοναδικό διαπιστευμένο εργαστήριο του είδους του στον ελλαδικό χώρο, διαθέτοντας σύγχρονο μετρητικό εξοπλισμό. Η διαπίστευσή του αποτέλεσε την πρώτη επιτυχημένη κοινή συνδιαπίστευση εργαστηρίου μετρήσεων από το ΕΣΥΔ και ξένο φορέα (DKD). Η χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η μέθοδος της ζύγισης. Αφορά στη μέθοδο μέτρησης ροής υγρού σε κλειστά δίκτυα μέσω της μέτρησης μάζας υγρού, η οποία συλλέγεται σε δεξαμενή ζύγισης σε γνωστό χρονικό διάστημα. Ως υγρό διακρίβωσης χρησιμοποιούμε το ψυχρό πόσιμο νερό. Τα εύρη και οι αβεβαιότητες μέτρησης αναγράφονται στο Πεδίο Εφαρμογής της Διαπίστευσης (Scope of Accreditation), το οποίο (για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%) καλύπτει τα εξής:

- (A) Εύρος μετρήσεων παροχής: 15000-20000 l/h.  
Βέλτιστη αβεβαιότητα μέτρησης: 0,15%.
- (B) Εύρος μετρήσεων όγκου: 2-575 l.  
Βέλτιστη αβεβαιότητα μέτρησης: 0,10%

Από πρόσφατες πληροφορίες επισημαίνουμε ότι αντίστοιχο εργαστήριο διαθέτει ή θα διαθέτει σύντομα και η ΔΕΥΑΘ. Στη φωτογραφία που ακολουθεί φαίνεται το αντίστοιχο εργαστήριο της εταιρείας ZENNER.





**Φωτο 1.2** Διάταξη πολλαπλής δοκιμής υδρομετρητών σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα της εταιρείας ZENNER.

### 1.5 Σκοπός της παρούσας εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η διερεύνηση της αξιοπιστίας των οικιακών υδρομετρητών που χρησιμοποιούνται η πρόκειται να χρησιμοποιηθούν από τη Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β., στο δίκτυο ύδρευσης της ευρύτερης περιοχής του Βόλου. Συγκεκριμένα, πρόκειται να εξετάσουμε κατά πόσο οι παροχές τις οποίες καταγράφουν οι παραπάνω υδρομετρητές, διαφέρουν από τις πραγματικές παροχές που καταναλώνονται. Επίσης, ενδιαφέρον παρουσιάζει και η σύγκριση, όσον αφορά στην ακρίβεια των μετρήσεων, μεταξύ υδρομετρητών παλαιού τύπου που χρησιμοποιούνται εδώ και μερικά χρόνια στο δίκτυο του Βόλου, και αυτών νέας τεχνολογίας που εγκαθιστά σήμερα η Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β.

Για το σκοπό αυτό, εκπονήθηκαν τρεις σειρές μετρήσεων σε 90 υδρομετρητές. Η πρώτη σειρά μετρήσεων έγινε σε 30 αχρησιμοποίητους υδρομετρητές νέου τύπου, η δεύτερη σειρά μετρήσεων έγινε σε 30 παλαιότερου τύπου υδρομετρητές και από 10-ετίας σε χρήση στο δίκτυο, ενώ η τρίτη σειρά, έγινε σε 30 παλαιότερους υδρομετρητές από 5-ετίας εγκατεστημένους στο δίκτυο της ΔΕΥΑΜΒ. Μετρήθηκαν οι πραγματικές παροχές για διαφορετικές ταχύτητες ροής στις σωληνώσεις, έτσι ώστε να γίνει σύγκριση των μετρημένων παροχών με αυτές που καταγράφουν οι υδρομετρητές.

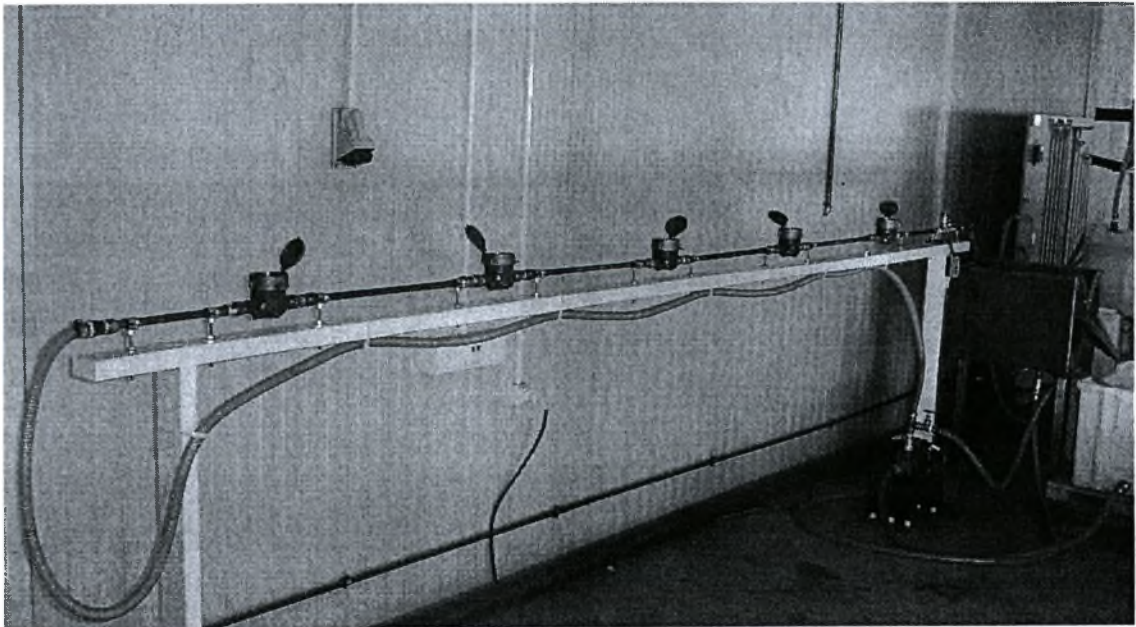
## 2. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

### 2.1 Πειραματική διάταξη

Για τον έλεγχο των υδρομετρητών κατασκευάσαμε μια διάταξη τέτοια που να μπορούμε να ελέγξουμε περισσότερους του ενός υδρομετρητές σε κάθε πείραμα. Συγκεκριμένα, με τη διάταξη που θα περιγράψουμε παρακάτω, ελέγχαμε πέντε (5) υδρομετρητές κάθε φορά. Η πειραματική διάταξη αποτελείται από τα εξής:

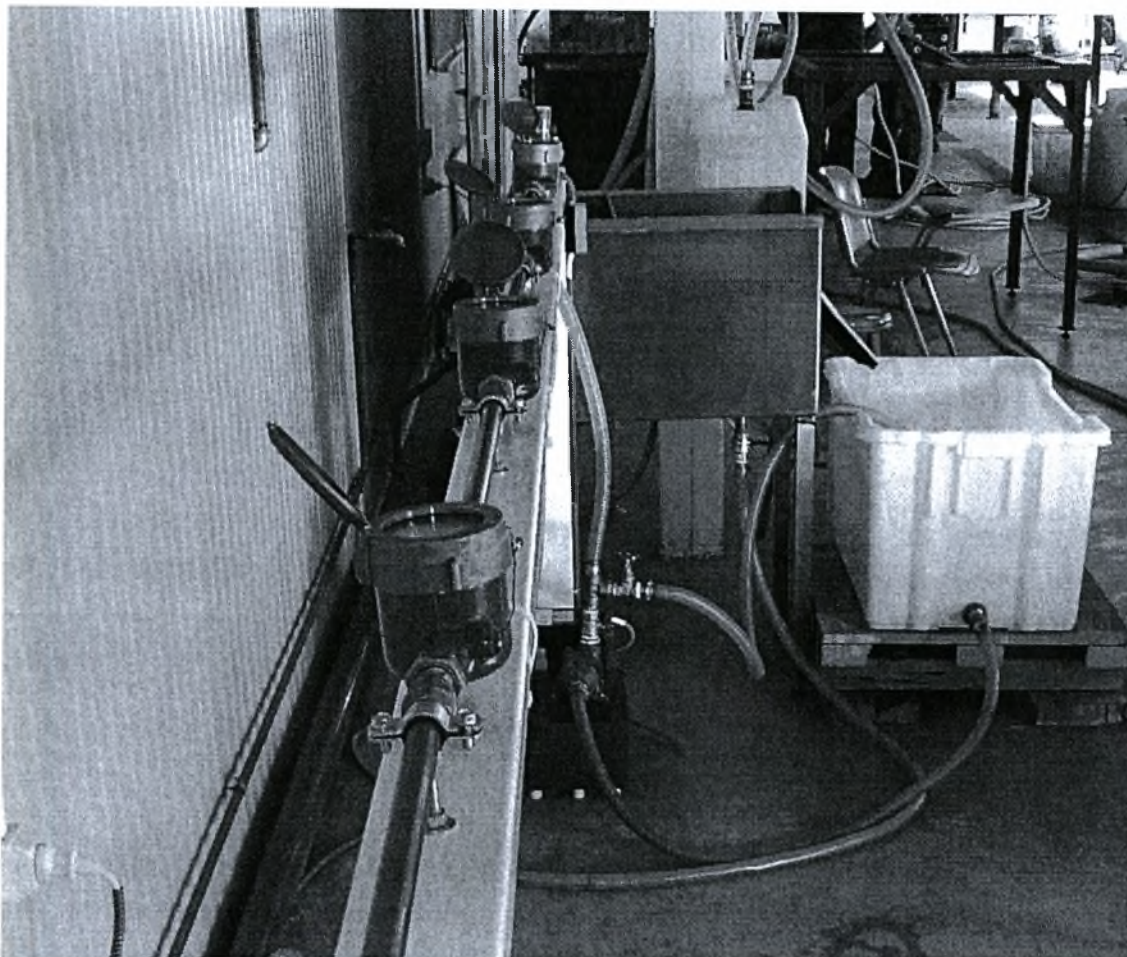
1. Ειδικά διαμορφωμένη μεταλλική βάση, πάνω στην οποία στηρίζεται διάταξη χαλύβδινων σωληνώσεων (διατομής  $\frac{1}{2}$ '' και συγκεκριμένου μήκους), στην οποία συνδέονται μεταξύ τους 5 υδρόμετρα σε σειρά.
2. Ανοξειδωτη ορθογωνική δεξαμενή με διάταξη τριγωνικού υπερχειλιστή γωνίας  $90^\circ$ , για τη μέτρηση των μεγαλύτερων παροχών. Στη μια πλευρά της έχει εγκατασταθεί πιεζομετρικός διαφανής σωλήνας για τη μέτρηση της στάθμης του νερού στη δεξαμενή.
3. Αντλία τροφοδοσίας της διάταξης των υδρομετρητών.
4. Δεξαμενή τροφοδοσίας νερού, από την οποία αντλείται και στην οποία καταλήγει το νερό που τροφοδοτεί τη διάταξη των υδρομετρητών.
5. Βάνα ακριβείας για τη ρύθμιση της παροχής και μια σφαιρική βάνα.

Παράλληλα, για τη μέτρηση των μικρότερων παροχών χρησιμοποιήθηκαν δύο γυάλινοι ογκομετρικοί σωλήνες και ένα χρονόμετρο. Στις φωτογραφίες των Σχημάτων 2.1 και 2.2, καθώς και στο παρακάτω σκαρίφημα του Σχήματος 2.3 φαίνεται ολόκληρη η πειραματική διάταξη.



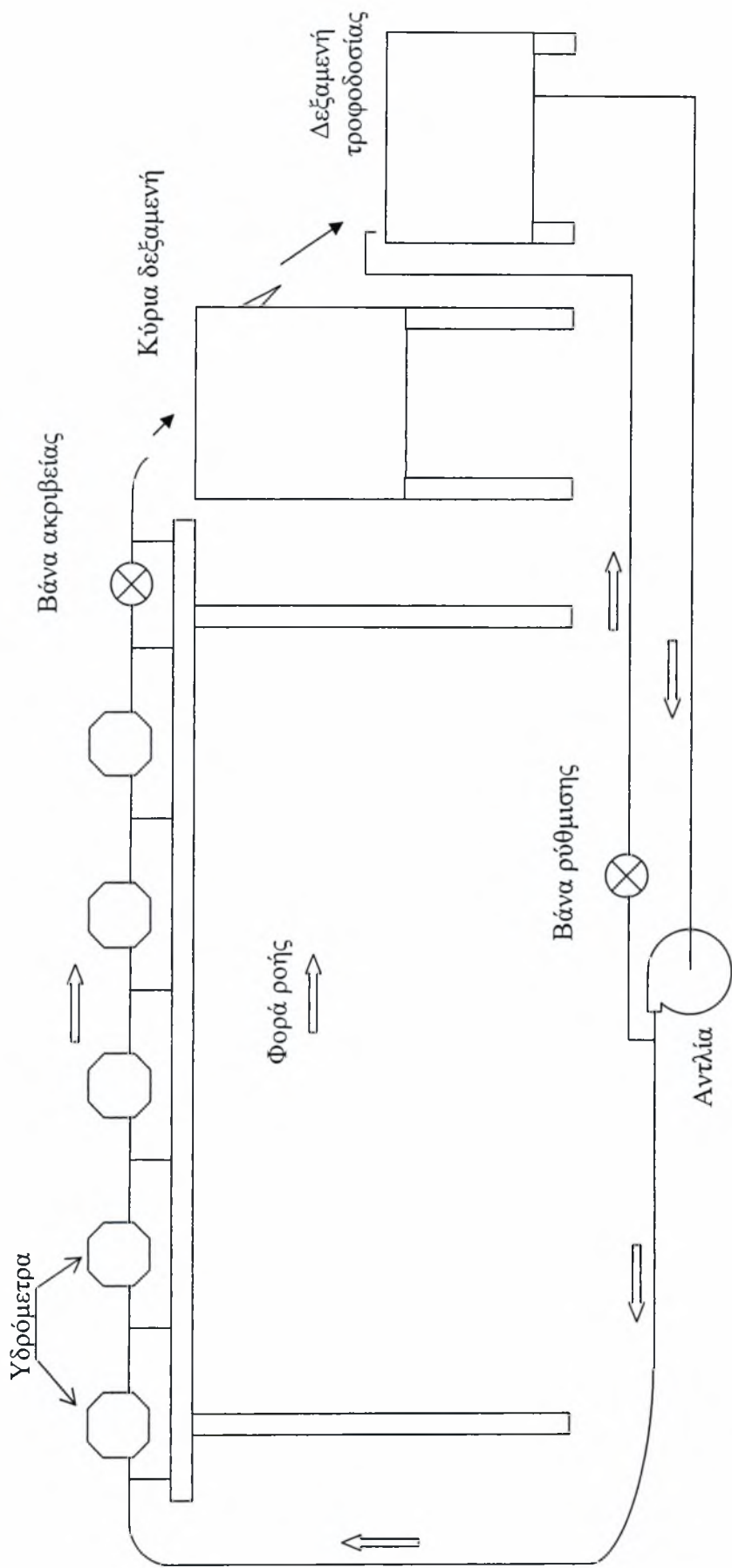
Σχήμα 2.1 Φωτογραφία πειραματικής διάταξης.





**Σχήμα 2.2** Φωτογραφία πειραματικής διάταξης.

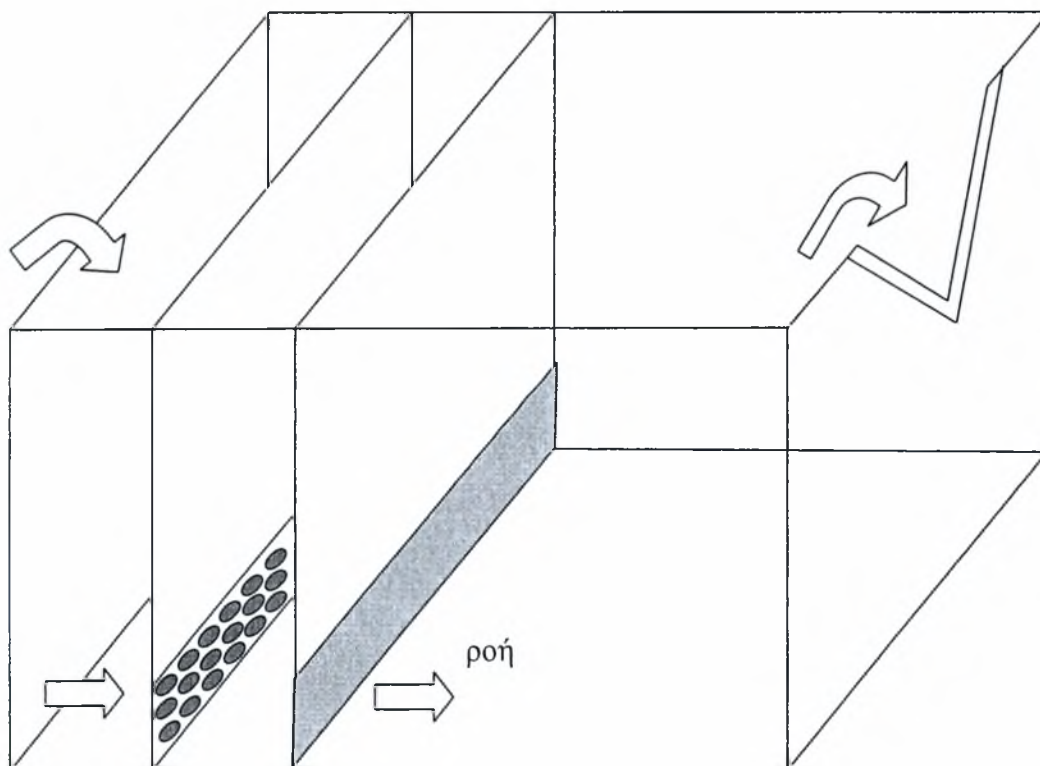
**Διάταξη υδρομετρητών.** Η διάταξη πάνω στην οποία προσαρμόζονται οι εκάστοτε υδρομετρητές, αποτελείται από μια μεταλλική κοιλοδοκό διατομής 8cm X 6cm και μήκους 4.21m, με δύο κατακόρυφα στηρίγματα πακτωμένα στο δάπεδο του εργαστηρίου. Η δοκός αυτή λειτουργεί σαν βάση, πάνω στην οποία στηρίζεται η διάταξη των υδρομετρητών και σωληνώσεων σύνδεσης. Τα τμήματα των σωληνώσεων είναι στερεωμένα πάνω στη δοκό βάσης με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να αντικατασταθούν εύκολα από μεγαλύτερα ή μικρότερα τμήματα, πάνω στα οποία προσαρμόζονται με ρακόρ, οι προς μέτρηση διαφορετικού μήκους υδρομετρητές. Σημειώνεται ότι εάν εξαιρέσουμε τους νέους υδρομετρητές που όλοι ήταν ίδιοι, οι παλαιότεροι διέφεραν μεταξύ τους, ανάλογα με την παρτίδα που είχε παραγγελθεί. Η όλη διάταξη συνδέεται στο άκρο εισόδου με την αντλία, με ένα εύκαμπτο πλαστικό σωλήνα, ενώ το άκρο εξόδου βυθίζεται στη δεξαμενή υπερχειλίσης. Στο άκρο εξόδου προσαρμόστηκε βάνα ακριβείας με βερνιέρο για τη ρύθμιση της παροχής των υδρομετρητών. Τα τμήματα των σωληνώσεων μεταξύ των υδρομετρητών, έχουν επαρκές μήκος, είκοσι (20) τουλάχιστον διαμέτρων, έτσι ώστε να αποφεύγονται στροβιλισμοί από τα αυξημένα επίπεδα τύρβης, πριν από την είσοδο του νερού στον επόμενο υδρομετρητή. Στη φωτογραφία του Σχήματος 3 φαίνονται δύο διαδοχικοί υδρομετρητές με τα στηρίγματά τους, το μεταξύ τους σωλήνα και τα ρακόρ τοποθέτησης.



**Σχήμα 2.3** Σχηματικό διάγραμμα της πειραματικής διάταξης.

**Ορθογωνική δεξαμενή με τριγωνικό υπερχειλιστή.** Η εν λόγω δεξαμενή έχει οριζόντια ορθογωνική διατομή 60cm X 40cm και βάθος 40cm και είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα πάχους 2mm. Στηρίζεται σε τέσσερα μεταλλικά πόδια τα οποία στη βάση τους επιδέχονται μικρορουθμίσεις για την εξασφάλιση της επιθυμητής οριζοντίωσης. Στην πλευρά εξόδου της δεξαμενής έχει προσαρμοστεί τριγωνικός υπερχειλιστής ορθής γωνίας, σε ύψος 30cm από τον πυθμένα. Ο υπερχειλιστής είναι κατασκευασμένος από δύο φύλλα μπρούτζου πάχους 5mm, ενώ το χείλος του είναι κομμένο με φάλτσο υπό γωνία 45° και έχει πάχος 2mm.

Μέσα στη δεξαμενή έχουν προσαρμοστεί δύο ειδικά μεταλλικά διαχωριστικά, παράλληλα προς το επίπεδο του υπερχειλιστή και κάθετα στη φορά της ροής, τα οποία χωρίζουν τη δεξαμενή σε τρία τμήματα, έτσι ώστε να εξομαλύνεται η ροή, και η ελεύθερη επιφάνεια στο τμήμα εξόδου του υπερχειλιστή να είναι ήρεμη με την απουσία φαινομένων τύρβης. Για το σκοπό αυτό, το πρώτο διαχωριστικό, είναι διάτρητο στη βάση του και μέχρι ύψος 10 cm από τον πυθμένα της δεξαμενής, με ποσοστό κενών περίπου 65%. Το δεύτερο διαχωριστικό είναι όμοιο με το πρώτο, με κενό ύψους 10cm από τον πυθμένα. Τα διαχωριστικά αυτά είναι τοποθετημένα σε απόσταση 10cm από την πίσω πλευρά της δεξαμενής το πρώτο και 10cm το δεύτερο από το πρώτο. Η πλευρά της δεξαμενής, στην οποία είναι τοποθετημένος ο υπερχειλιστής, απέχει από το δεύτερο διαχωριστικό 40 cm. Έτσι, χωρίζεται η δεξαμενή μας σε τρία τμήματα, από τα οποία, στο πρώτο εισέρχεται το νερό και περνώντας από το πρώτο στο δεύτερο και από το δεύτερο στο τρίτο, η ροή εξομαλύνεται πριν φτάσει στον υπερχειλιστή. Το βάθος ροής στη δεξαμενή κυμαίνεται, ανάλογα με την παροχή, από 30 έως 32.6cm. Σκαρίφημα της δεξαμενής φαίνεται στο Σχήμα 2.4.



**Σχήμα 2.4** Δεξαμενή παροχομέτρησης με τριγωνικό υπερχειλιστή γωνίας 90°.



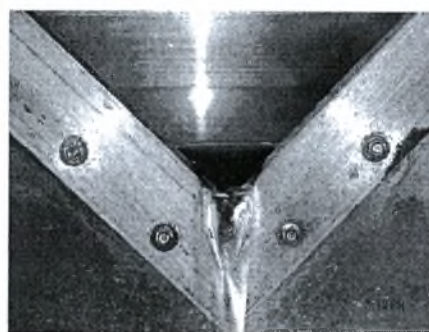
Στην πλευρά της δεξαμενής που είναι κάθετη στον υπερχειλιστή (παράλληλη στη διεύθυνση της ροής), έχει διανοιχτεί οπή στο τμήμα εξόδου σε απόσταση 20cm από τον πυθμένα και 10cm από το δεύτερο διαχωριστικό, στην οποία έχει προσαρμοστεί πιεζόμετρο μέτρησης της στάθμης του νερού. Τέλος, στη βάση της κύριας δεξαμενής μας, υπάρχει σύστημα εκκένωσης για τη διευκόλυνση του αδειάσματος της. Στα Σχήματα 2.5(α), (β) και (γ) φαίνονται η κάτοψη της δεξαμενής με τα δύο χωρίσματα, ο υπερχειλιστής σε λειτουργία και το πιεζόμετρο στάθμης στο πλάι της δεξαμενής υπερχειλίσσης. Παρατηρούμε ότι η επιφάνεια του νερού στο τμήμα εξόδου πριν τον υπερχειλιστή είναι αδιατάρακτη. Στο παρακάτω σκαρίφημα φαίνεται η διάταξη των δυο μεταλλικών διαχωριστικών μέσα στη δεξαμενή καθώς και η θέση του υπερχειλιστή.



(α)



(β)



(γ)

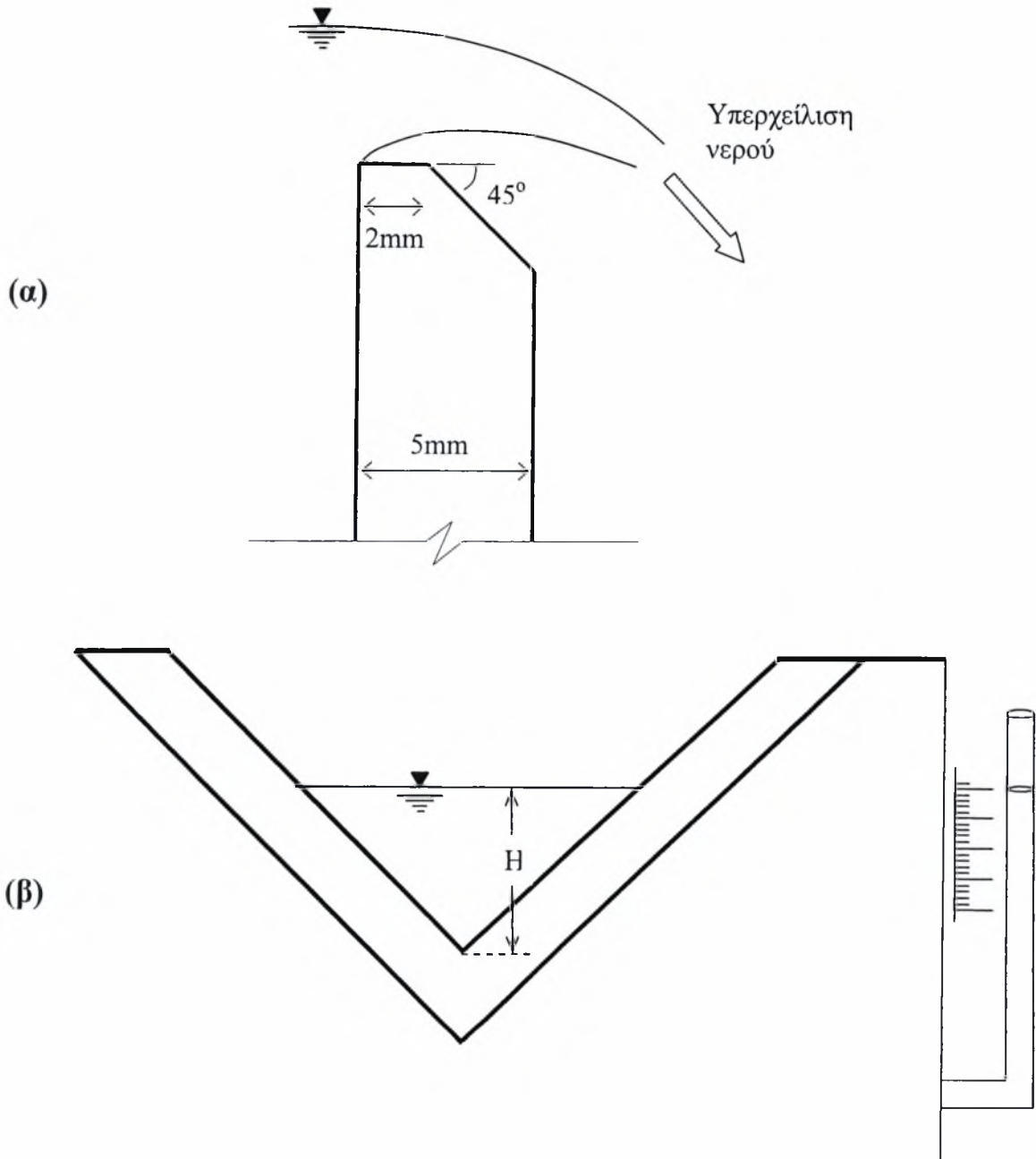
**Σχήμα 2.5** (α) Κάτοψη δεξαμενής παροχομέτρησης, (β) πιεζόμετρο στάθμης και (γ) τριγωνικός υπερχειλιστής γωνίας 90° σε λειτουργία.

**Διάταξη τροφοδοσίας των υδρομέτρων.** Το νερό που υπερχειλίζει, πέφτει στη δεξαμενή αποθήκευσης – άντλησης. Στη βάση της δεξαμενής αυτής (Σχήμα 2.2) έχει διανοιχτεί οπή από όπου το νερό αντλείται και στέλνεται, το μεγαλύτερο μέρος του, στο άκρο εισόδου της διάταξης των υδρομετρητών, ενώ ένα μικρό ποσοστό του επιστρέφει κατευθείαν στη δεξαμενή άντλησης, μέσω διάταξης by pass στην έξοδο της αντλίας (Σχήμα 2.2). Η διακλάδωση αυτή του νερού στην έξοδο της αντλίας, έγινε με σκοπό να μην καίγεται ο ηλεκτρικός κινητήρας όταν, για την ανάγκη των μετρήσεων, έπρεπε να διακόπτεται η παροχή του νερού από τους υδρομετρητές χωρίς να σταματάει η λειτουργία της αντλίας, ώστε να καταγραφούν οι αρχικές και οι τελικές ενδείξεις των υδρομετρητών για κάθε παροχή λειτουργίας. Το ποσοστό του νερού που επιστρέφει στη δεξαμενή άντλησης μέσω του by pass ρυθμιζόταν με μια σφαιρική βάνα και παρέμεινε σταθερό σε όλες τις πειραματικές μετρήσεις.



## 2.2 Ρύθμιση τριγωνικού υπερχειλιστή

Για τη μέτρηση των μεγαλύτερων παροχών χρησιμοποιήθηκε ο τριγωνικός υπερχειλιστής γωνίας  $90^\circ$ , όπως φαίνεται στο παρακάτω σκαρίφημα.



**Σχήμα 2.6** (α) Λεπτομέρεια χείλους υπερχειλιστή, (β) υπερχειλιστής και πιεζόμετρο στάθμης.

Πέρα από ογκομετρικά δηλαδή, η πραγματική παροχή υπολογίστηκε και αναλυτικά ως συνάρτηση του ύψους της στάθμης του νερού στην κύρια δεξιαμενή και συγκεκριμένα στο σημείο υπερχείλισης, για τριγωνικό υπερχειλιστή γωνίας  $90^\circ$  βάσει του παρακάτω τύπου. Ο τύπος της παροχής που χρησιμοποιήθηκε έχει προκύψει εμπειρικά και είναι:

$$Q = C_d \frac{8}{15} \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \sqrt{2g} H^{5/2}$$

όπου  $\theta$  η γωνία του υπερχειλιστή, άρα εν προκειμένω  $\theta = 90^\circ$ ,  $H$  το ύψος της στάθμης του νερού και  $C_d$  ο συντελεστής συστολής του τριγωνικού υπερχειλιστή, ο οποίος υπολογίζεται από το αντίστοιχο διάγραμμα, συναρτήσει του  $H$ , για  $\theta=90^\circ$ .

Η πειραματική συσχέτιση μεταξύ σταθμών – παροχών καταλήγει στην καμπύλη στάθμης – παροχής. Τα δεδομένα για την κατασκευή του διαγράμματος στάθμης – παροχής που παρατίθενται παρακάτω, έχουν μετρηθεί και υπολογιστεί από την 2<sup>η</sup> πεντάδα των υδρομετρητών 10ετίας, από τις σχέσεις

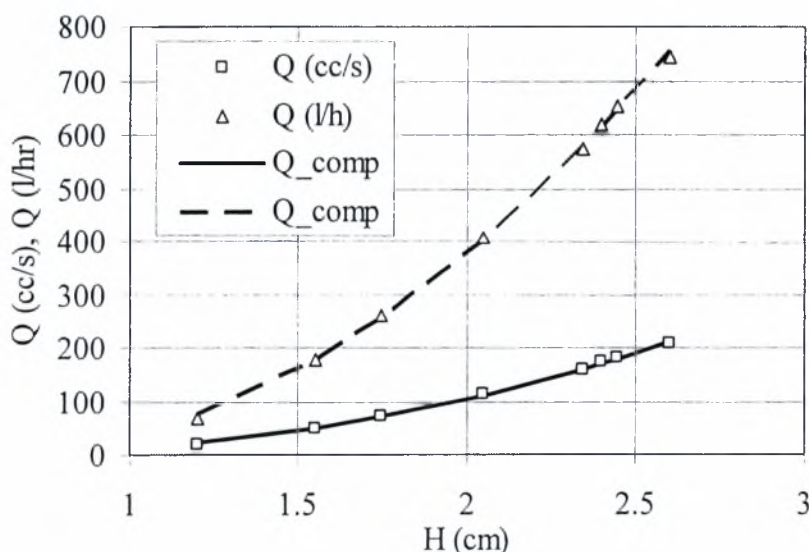
$$Q = 20.245H^{5/2} - 11.031 \text{ (cm}^3/\text{s)}$$

και

$$Q = 72.882H^{5/2} - 39.712 \text{ (l/hr)}.$$

H (cm)	Q (cc/s)	Q (l/hr)
1.20	19	68.4
1.55	49	176.4
1.75	72	259.2
2.05	113	406.8
2.35	159	572.4
2.40	172	619.2
2.45	181	651.6
2.60	206	741.6

**Πίνακας 2.1** Μετρήσεις παροχής σαν συνάρτηση της στάθμης της δεξαμενής  $H$ .



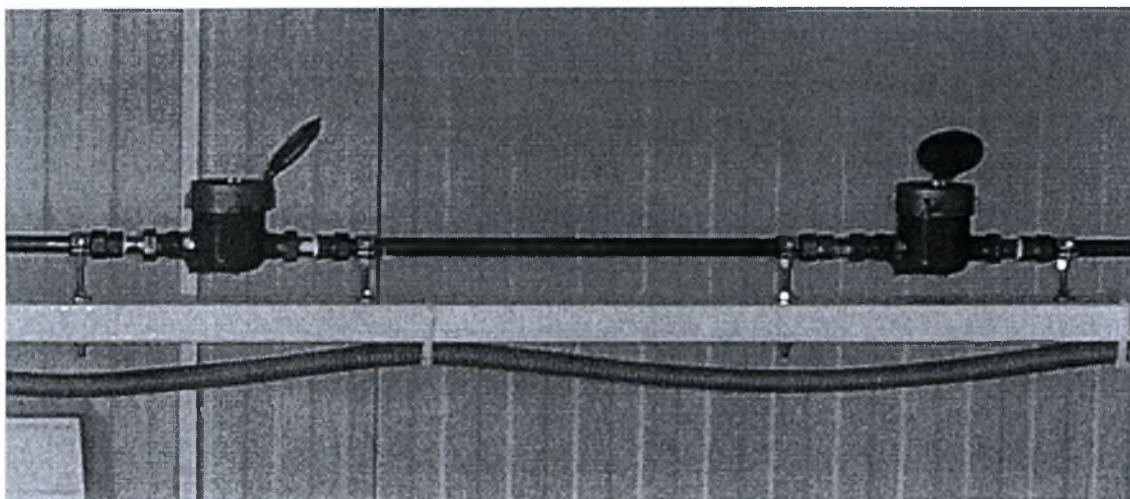
**Σχήμα 2.7** Παροχή  $Q$  ( $\text{cm}^3/\text{sec}$ ) και ( $\text{l/hr}$ ) σαν συνάρτηση του ύψους της στάθμης υπερχειλίσης  $H$  (cm).

### 2.3 Πειραματικές μετρήσεις

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας προγραμματίστηκαν να γίνουν τρεις σειρές μετρήσεων σε 30 υδρομετρητές η κάθε μια. Από τις μετρήσεις αυτές θα διερευνηθεί η αξιοπιστία των οικιακών υδρομετρητών συγκεκριμένης ηλικίας που χρησιμοποιεί η Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β. στο δίκτυο του Βόλου. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη σειρά, οι υδρομετρητές που μετρήθηκαν ήταν νέου τύπου και δεν είχαν έως τότε χρησιμοποιηθεί στο δίκτυο, στη δεύτερη σειρά, οι υδρομετρητές ήταν παλαιού τύπου και χρησιμοποιούνταν στο δίκτυο από 10-ετίας, ενώ στην τρίτη σειρά, τα υδρόμετρα ήταν επίσης παλαιού τύπου και χρησιμοποιούνταν στο δίκτυο από 5-ετίας.

Ο αριθμός των υδρομετρητών από τα οποία αποτελείται η κάθε σειρά, επιλέχθηκε να είναι 30, έτσι ώστε να έχουμε ένα επαρκές δείγμα για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Η κάθε σειρά των 30 υδρομετρητών χωρίστηκε σε έξι πεντάδες, κατά τυχαίο τρόπο, καθώς στη διάταξή μας μπορούσαν να τοποθετηθούν έως 5 υδρομετρητές σε σειρά.

Για την κατασκευή της πειραματικής μας διάταξης, ακολουθήθηκε αναλυτικά η παρακάτω διαδικασία. Αρχικά κατασκευάστηκε η βάση πάνω στην οποία θα στηριζόταν η διάταξη των 5 υδρομετρητών, και στερεώθηκε κατάλληλα στο δάπεδο του εργαστηρίου. Έπειτα, και αφού είχε γίνει η παραλαβή των υδρομετρητών από τη Δ.Ε.Υ.Α.Μ.Β, κόπηκαν τα τμήματα των χαλύβδινων σωληνώσεων διαμέτρου μισής ίντσας (0.5") με τα οποία θα ενώνονταν οι υδρομετρητές μεταξύ τους αλλά και με την αντλία, μέσω πλαστικού σωλήνα, από τη μια μεριά και με την κύρια δεξαμενή από την άλλη, με ελεύθερο άκρο. Στο σχήμα 2.8 φαίνεται η διάταξη δύο διαδοχικών υδρομετρητών με τα στηρίγματα και τις σωληνώσεις τους.



**Σχήμα 2.8** Διάταξη στήριξης και σωληνώσης των υδρομετρητών.

Κατόπιν έγινε παραγγελία για την κατασκευή της κύριας δεξαμενής με τριγωνικό υπερχειλιστή σε εταιρία που διέθετε τον κατάλληλο εξοπλισμό, καθώς οι απαιτήσεις για ακρίβεια στις διαστάσεις, ήταν αυξημένες. Τέλος αποκτήθηκε αντλία ισχύος 370Watt, τόση ώστε το εύρος των παροχών που θα μας δίνει να καλύπτει το εύρος των παροχών με τις οποίες λειτουργεί το δίκτυο ύδρευσης. Πιο συγκεκριμένα, οι παροχές

που χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση των υδρομετρητών κυμάνθηκαν από 0.018 l/sec έως 0.209 l/sec.

Οι παροχές αυτές, για την ευκολία των πειραματικών μετρήσεων, προέκυψαν από πλήρεις περιστροφές της βάνας ακριβείας. Έτσι, για παράδειγμα ανοίγοντας τη βάνα από τελείως κλειστή 1 ακριβώς στροφή, προέκυψε η πρώτη (και μικρότερη) παροχή μέτρησης. Η δεύτερη παροχή προέκυψε από δυο ακριβώς περιστροφές και ομοίως για τις υπόλοιπες (3<sup>η</sup>, 4<sup>η</sup>, 5<sup>η</sup>, 6<sup>η</sup>, 7<sup>η</sup>, 8<sup>η</sup>) με εξαίρεση την 8<sup>η</sup> στην οποία αντιστοιχούν 8.55 στροφές της βάνας καθώς σε αυτές τις στροφές η βάνα ήταν τελείως ανοιχτή. Στις παροχές που προέκυπταν για τις παραπάνω στροφές στη βάνα, παρατηρήθηκαν μικρές διαφοροποιήσεις από 5-άδα σε 5-άδα υδρομετρητών και για το λόγο αυτό, ήταν απαραίτητο να γίνει μια ‘ομογενοποίηση’ των παροχών μέτρησης για όλους τους υδρομετρητές.

Η διάταξη των υδρομετρητών-σωληνώσεων σχεδιάστηκε έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται εύκολα και γρήγορα η σύνδεση και αποσύνδεση των υδρομέτρων σε αυτή.

#### 2.4 Περιγραφή ενός τυπικού πειράματος

Στην αρχή του κάθε πειράματος για τη μέτρηση μιας πεντάδας υδρομετρητών, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: Αφού τοποθετηθούν οι προς μέτρηση υδρομετρητές στη διάταξη μας, αρχικά ρυθμίζεται η βάνα ακριβείας για την 1<sup>η</sup> παροχή μέτρησης (περιστρέφοντας την μία στροφή από την τελείως κλειστή θέση). Η στάθμη του νερού στην κύρια δεξαμενή βρίσκεται σχεδόν στο όριο υπερχειλίσης, ενώ η δευτερεύουσα δεξαμενή από την οποία γίνεται και η άντληση, περιέχει επαρκή ποσότητα νερού. Θέτουμε σε λειτουργία την αντλία, η οποία στέλνει το νερό από τη δευτερεύουσα δεξαμενή, μέσω της διάταξης των υδρομέτρων στην κύρια δεξαμενή η οποία σιγά-σιγά υπερχειλίζει. Το νερό ανακυκλώνεται πέφτοντας πάλι στη δευτερεύουσα δεξαμενή και μετά από ένα μικρό χρονικό διάστημα σταθεροποιείται η στάθμη υπερχειλίσης σε ένα συγκεκριμένο ύψος, με αποτέλεσμα και τη σταθεροποίηση της παροχής υπερχειλίσης και γενικότερα της παροχής που διέρχεται από τα υδρόμετρα.

Αφού σταθεροποιηθεί η ροή μετράμε την παροχή που υπερχειλίζει, είτε ογκομετρικά, με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού σωλήνα και χρονομέτρου, είτε την υπολογίζουμε από τη στάθμη της δεξαμενής υπερχειλίσης για μεγαλύτερες παροχές. Η παροχή αυτή καταγράφεται ως πραγματική παροχή ( $Q_{ind}$ ) και τη χρησιμοποιούμε ως μέτρο σύγκρισης με τις παροχές που θα μετρήσουν οι υδρομετρητές. Στη συνέχεια, και ενώ η διάταξή μας λειτουργεί με σταθερή παροχή, κλείνουμε τη σφαιρική βάνα η οποία βρίσκεται αμέσως μετά τη διάταξη των υδρομέτρων. Έτσι, χωρίς να σταματήσουμε την αντλία, μηδενίζουμε την παροχή του νερού στα υδρόμετρα, η οποία για να μην ‘καεί’ η αντλία, ανακυκλώνεται μέσω ‘by pass’ στη δευτερεύουσα δεξαμενή. Σημειώνουμε τις ενδείξεις των σταματημένων υδρομέτρων και στη συνέχεια ανοίγουμε και απότομα τη σφαιρική βάνα, ενώ ταυτόχρονα ξεκινάμε το χρονόμετρο. Μετά την πάροδο πέντε λεπτών κλείνουμε πάλι τη βάνα και ταυτόχρονα σταματάμε το χρονόμετρο.

Καταγράφουμε τις νέες ενδείξεις των υδρομετρητών και αφαιρώντας από αυτές, τις αρχικές ενδείξεις προκύπτει ο όγκος του νερού που κατέγραψε ο κάθε υδρομετρητής



για διάρκεια πέντε λεπτών και συνεπώς η παροχή που μέτρησε ο κάθε υδρομετρητής. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις υπόλοιπες παροχές.

Η ακρίβεια της ένδειξης δεν ήταν ίδια σε όλους τους τύπους υδρομετρητών που ελέγχθηκαν. Οι καινούριου τύπου και ορισμένοι από τους παλαιότερους (μάρκας Zenner) είχαν ακρίβεια  $20 \text{ cm}^3$ , ενώ οι υπόλοιποι παλαιού τύπου είχαν ακρίβεια  $200 \text{ cm}^3$ .

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο έγινε η καταγραφή των πειραματικών δεδομένων για την τρίτη δάδα υδρομετρητών 10ετίας

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q = (F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q (l/min)
1	Y1	896.8	902.1	5.3	84	1.06	0.02	1.2
	Y2	151.8	156.6	4.8		0.96		
	Y3	1047.5	1052.8	5.3		1.06		
	Y4	599.4	604.5	5.1		1.02		
	Y5	1071.2	1076.9	5.7		1.14		
2	Y1	876.0	890.7	14.7	87.5	2.94	0.05	3
	Y2	131.3	146.1	14.8		2.96		
	Y3	1026.1	1041.3	15.2		3.04		
	Y4	578.7	593.2	14.5		2.90		
	Y5	1048.6	1064.5	15.9		3.18		
3	Y1	834.3	856.4	22.1	89.5	4.42	0.076	4.56
	Y2	1089.2	1111.5	22.3		4.46		
	Y3	983.2	1005.9	22.7		4.54		
	Y4	537.2	559.1	21.9		4.38		
	Y5	1003.3	1027.3	24.0		4.80		
4	Y1	763.4	799.9	36.5	93	7.30	0.125	7.5
	Y2	1016.7	1053.8	37.1		7.42		
	Y3	910.2	947.7	37.5		7.50		
	Y4	465.7	502.2	36.5		7.30		
	Y5	924.9	965.2	40.3		8.06		
5	Y1	667.0	713.6	46.6	95	9.32	0.16	9.6
	Y2	917.3	965.4	48.1		9.62		
	Y3	810.8	859.0	48.2		9.64		
	Y4	368.2	415.5	47.3		9.46		
	Y5	817.8	869.8	52.0		10.40		
6	Y1	547.7	597.8	50.1	95.5	10.02	0.174	10.44
	Y2	794.2	846.0	51.8		10.36		
	Y3	687.9	739.6	51.7		10.34		
	Y4	247.6	298.2	50.6		10.12		
	Y5	685.3	740.9	55.6		11.12		

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q = (F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q (l/min)
7	Y1	432.6	484.9	52.3	96	10.46	0.18	10.8
	Y2	675.4	729.7	54.3		10.86		
	Y3	569.5	623.2	53.7		10.74		
	Y4	131.2	184.2	53.0		10.60		
	Y5	557.8	615.8	58.0		11.60		
8.55	Y1	297.3	356.6	59.3	98	11.86	0.206	12.36
	Y2	534.9	596.7	61.8		12.36		
	Y3	429.6	490.8	61.2		12.24		
	Y4	993.9	1054.1	60.2		12.04		
	Y5	407.4	473.3	65.9		13.18		

**Πίνακας 2.2** Μετρήσεις παροχής που κατέγραψαν οι υδρομετρητές (7<sup>η</sup> στήλη) για διαφορετικές πραγματικές παροχές (8<sup>η</sup> και 9<sup>η</sup> στήλες). Στην 6<sup>η</sup> στήλη φαίνεται η στάθμη της δεξαμενής Η.

Η μετρημένη παροχή για κάθε ένα υδρόμετρο υπολογίστηκε με βάση τις ενδείξεις των αθροιστικών όγκων για  $t = 0$  και  $t = 5\text{min}$

$$Q = \frac{F_2 - F_1}{\Delta t},$$

όπου

$F_1$  αρχική ένδειξη (l)

$F_2$  τελική ένδειξη (l)

$\Delta t$  διάρκεια μέτρησης (5min).

Η θερμοκρασία του εργαστηρίου και συνεπώς του νερού κατά τη διάρκεια διεξαγωγής των μετρήσεων κυμαινόταν μεταξύ 15 και 20 °C. Η ακρίβεια στην ογκομέτρηση για την εκτίμηση της παροχής με ογκομετρικά δοχεία ήταν της τάξης των  $5\text{cm}^3/\text{l}$ .



### 3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Ομογενοποίηση δεδομένων

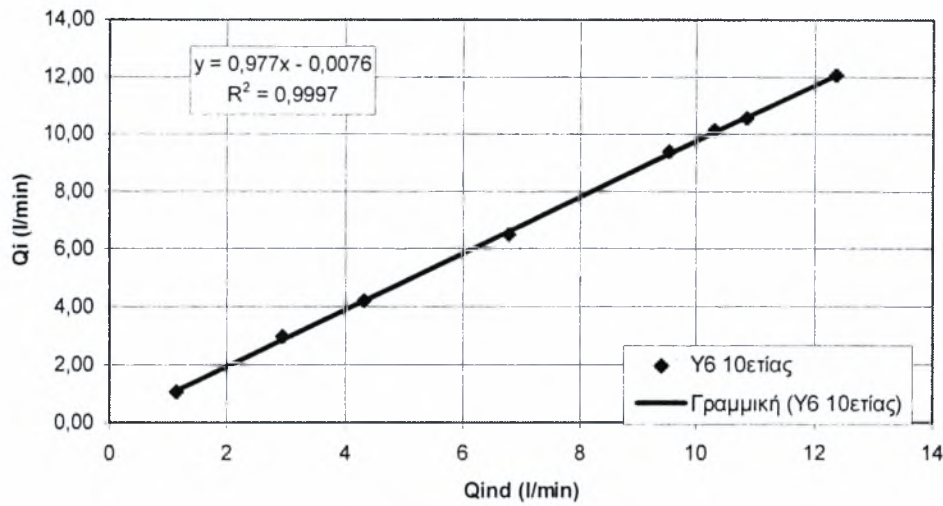
Στο προηγούμενο κεφάλαιο περιγράψαμε τη μεθοδολογία των μετρήσεων για τον προσδιορισμό της μετρημένης παροχής σαν συνάρτηση της πραγματικής, μέσα από τους υδρομετρητές. Όμως, οι παροχές λειτουργίας (ρυθμίζοντας τη βάνα ακριβείας σε συγκεκριμένες στροφές) δεν ήταν ίδιες για κάθε 5-άδα υδρομετρητών. Κρίθηκε επομένως απαραίτητη η ομογενοποίηση στις παροχές λειτουργίας για κάθε μια από τις 3 σειρές των υδρομετρητών. Για το λόγο αυτό, για κάθε υδρομετρητή εκτιμήθηκαν με τη μέθοδο της γραμμικής παρεμβολής, οι παροχές που θα εμετρούντο για τις αντίστοιχες τυποποιημένες (ομογενοποιημένες) πραγματικές παροχές και συγκεκριμένα για παροχές λειτουργίας ( $Q_{ind}$ ) 1.5, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 l/min.

Για παράδειγμα, για τον υδρομετρητή Υ6 από τη σειρά των υδρομετρητών 10ετίας, οι παροχές που μέτρησε ( $Q_i$ ) και οι αντίστοιχες πραγματικές παροχές λειτουργίας της διάταξης ( $Q_{ind}$ ), παρατίθενται στον Πίνακα 3.1 και σχηματικά στο Σχήμα 3.1.

Οι εκτιμημένες επομένως μετρημένες παροχές για τις πραγματικές παροχές που αναφέραμε παραπάνω φαίνονται στις δύο τελευταίες στήλες του Πίνακα 3.1. Έτσι δημιουργήθηκε ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τις νέες παροχές μέτρησης όλων των υδρομετρητών της σειράς και κατόπιν υπολογίστηκε η μέση τιμή ( $Q_m$ ) αυτών των μετρημένων παροχών για όλους τους υδρομετρητές της σειράς για κάθε μια από τις 12 παροχές λειτουργίας, καθώς επίσης η τυπική απόκλιση (STDEV), η μέγιστη παροχή ( $Q_{max}$ ) και η ελάχιστη παροχή ( $Q_{min}$ ). Στους Πίνακες 3.2, 3.3 και 3.4 φαίνονται οι ομογενοποιημένες παροχές που προέκυψαν για νέους υδρομετρητές, υδρομετρητές 10-ετίας και 5-ετίας αντίστοιχα.

Μετρημένες		Ομογενοποιημένες	
$Q_{ind}$ (l/min)	$Q_i$ (l/min)	$Q_{ind}$ (l/min)	$Q_i$ (l/min)
1.14	1.06	1.50	1.47
2.94	2.96	2.00	1.96
4.32	4.22	3.00	2.94
6.78	6.50	4.00	3.92
9.54	9.38	5.00	4.89
10.32	10.12	6.00	5.87
10.86	10.56	7.00	6.85
12.36	12.06	8.00	7.82
		9.00	8.80
		10.00	9.78
		11.00	10.75
		12.00	11.73

**Πίνακας 3.1** Μετρημένες παροχές  $Q_i$  και αντίστοιχες παροχές λειτουργίας  $Q_{ind}$  (l/min)



**Σχήμα 3.1** Παροχή  $Q_i$  (l/min) που μέτρησε ο υδρομετρητής Y6 της σειράς των υδρομετρητών 10ετίας, σαν συνάρτηση της πραγματικής παροχής  $Q_{ind}$  (l/min) και η εξίσωση της γραμμής τάσης με το συντ. συσχέτισης  $R^2$ .

### 3.2 Κριτήριο απόρριψης δεδομένων

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η τροποποιημένη μέθοδος  $\tau$  του Thompson, βάσει της οποίας σε δείγμα  $n$  δεδομένων μιας τυχαίας μεταβλητής με μέση τιμή  $\bar{x}$  και διασπορά  $s^2$ , οι ακραίες τιμές της, μέγιστες κι ελάχιστες, είναι ύποπτες. Η απόκλιση τους από τη μέση τιμή του δείγματος είναι:

$$\delta_i = |x_i - \bar{x}|, i=1,n.$$

Εάν  $\delta > \tau s$ , τότε τα δεδομένα απορρίπτονται. Οι τιμή του  $\tau$  προκύπτει ανάλογα με το πλήθος  $n$  των δεδομένων της μεταβλητής μας από τον αντίστοιχο πίνακα τιμών του  $\tau$  του Thompson (Wheeler & Ganji, 1996).

Εφαρμόζοντας λοιπόν το συγκεκριμένο κριτήριο απόρριψης δεδομένων, σχεδιάστηκε ένας νέος συγκεντρωτικός πίνακας, όμοιος με τον προηγούμενο με τη διαφορά ότι σε αυτόν έχουν αφαιρεθεί οι τιμές που απορρίφθηκαν. Επίσης, υπολογίστηκε εν νέου, και για τις 3 σειρές υδρομετρητών, η μέση τιμή ( $Q_m$ ) των μετρημένων παροχών, η τυπική τους απόκλιση (STDEV) καθώς επίσης και η μέγιστη ( $Q_{max}$ ) και η ελάχιστη ( $Q_{min}$ ) τιμή τους για κάθε μια από τις παροχές λειτουργίας.

Πραγματική παροχή (1 <sup>η</sup> σειρά) και μετρημένες παροχές κάθε υδρομετρητή (l/min)												
#	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.357	1.882	2.931	3.980	5.030	6.079	7.128	8.177	9.227	10.276	11.325	12.375
2	1.327	1.850	2.895	3.941	4.987	6.033	7.078	8.124	9.170	10.215	11.261	12.307
3	1.361	1.876	2.906	3.937	4.967	5.997	7.028	8.058	9.088	10.118	11.149	12.179
4	<b>1.091</b>	<b>1.631</b>	<b>2.710</b>	3.790	4.869	5.949	7.028	8.108	9.187	10.267	11.346	12.426
5	1.235	1.757	2.800	3.844	4.888	5.932	6.975	8.019	9.063	10.106	11.150	12.194
6	1.519	2.034	3.063	4.093	5.122	6.151	7.181	8.210	9.240	10.269	11.298	12.328
7	1.507	2.024	3.058	4.093	5.128	6.162	7.197	8.231	9.266	10.301	11.335	12.370
8	1.477	1.986	3.005	4.024	5.042	6.061	7.080	8.099	9.118	10.136	11.155	12.174
9	1.501	2.016	3.045	4.074	5.103	6.132	7.161	8.190	9.219	10.248	11.277	12.306
10	1.509	2.015	3.026	4.037	5.049	6.060	7.071	8.082	9.094	10.105	11.116	12.128
11	1.470	1.983	3.010	4.037	5.064	6.091	7.118	8.145	9.172	10.199	11.226	12.253
12	1.454	1.970	3.003	4.035	5.068	6.100	7.132	8.165	9.197	10.230	11.262	12.294
13	1.473	1.998	3.048	4.098	5.148	6.199	7.249	8.299	9.349	10.399	11.450	12.500
15	1.475	1.985	3.006	4.027	5.048	6.069	7.090	8.111	9.132	10.153	11.174	12.195
16	1.401	1.931	2.990	4.050	5.109	6.168	7.228	8.287	9.347	<b>10.406</b>	<b>11.465</b>	<b>12.525</b>
17	1.385	1.901	2.933	3.965	4.996	6.028	7.060	8.092	9.124	10.156	11.188	12.220
18	1.392	1.920	2.976	4.032	5.088	6.144	7.200	8.256	9.312	10.368	11.424	12.480
19	1.420	1.943	2.989	4.035	5.082	6.128	7.174	8.221	9.267	10.313	11.360	12.406
20	1.422	1.949	3.004	4.058	5.113	6.167	7.222	8.276	9.331	10.385	11.440	12.494
21	1.378	1.895	2.929	3.963	4.997	6.031	7.065	8.099	9.133	10.167	11.201	12.235
22	1.364	1.887	2.932	3.977	5.022	6.067	7.113	8.158	9.203	10.248	11.293	12.339
23	1.388	1.912	2.959	4.007	5.055	6.102	7.150	8.198	9.245	10.293	11.341	12.389
24	1.413	1.928	2.957	3.987	5.016	6.045	7.075	8.104	9.133	10.163	11.192	12.221
25	1.385	1.907	2.952	3.996	5.041	6.085	7.130	8.174	9.219	10.263	11.308	12.352
26	<b>0.806</b>	<b>1.352</b>	<b>2.445</b>	<b>3.539</b>	<b>4.632</b>	<b>5.725</b>	<b>6.818</b>	<b>7.911</b>	9.005	10.098	11.191	12.284
27	1.375	1.895	2.936	3.977	5.018	6.059	7.100	8.141	9.182	10.223	11.264	12.305
28	1.393	1.916	2.960	4.004	5.048	6.093	7.137	8.181	9.226	10.270	11.314	12.359
29	1.386	1.908	2.952	3.996	5.041	6.085	7.129	8.173	9.217	10.262	11.306	12.350
30	1.347	1.866	2.904	3.941	4.979	6.017	7.054	8.092	9.130	10.168	11.205	12.243
Q <sub>m</sub>	1.380	1.900	2.942	3.984	5.026	6.068	7.109	8.151	9.193	10.235	11.276	12.318
Q <sub>rms</sub>	0.140	0.134	0.121	0.109	0.099	0.091	0.086	0.084	0.085	0.089	0.096	0.106
Q <sub>min</sub>	0.806	1.352	2.445	3.539	4.632	5.725	6.818	7.911	9.005	10.098	11.116	12.128
Q <sub>max</sub>	1.519	2.034	3.063	4.098	5.148	6.199	7.249	8.299	9.349	10.406	11.465	12.525

**Πίνακας 3.2** Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των ομογενοποιημένων μετρημένων παροχών των νέων υδρομετρητών πριν το κριτήριο απόρριψης και η μέση τιμή  $Q_m$ , η τυπική απόκλιση  $Q_{rms}$ , η μέγιστη  $Q_{max}$  και η ελάχιστη τιμή  $Q_{min}$  για κάθε παροχή λειτουργίας σε l/min.

Σημείωση : Ο υδρομετρητής 14 κατέγραφε πολύ χαμηλές παροχές. Οι τονισμένες παροχές έχουν απορριφθεί βάσει του κριτηρίου απόρριψης (βλ. κεφ. 3.2).

Πραγματική παροχή (1 <sup>η</sup> σειρά) και μετρημένες παροχές κάθε υδρομετρητή (l/min)												
#	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	1,467	1,937	2,877	3,816	4,756	5,696	6,636	7,576	8,516	9,456	10,396	11,336
3	1,538	2,012	2,960	3,907	4,855	5,802	6,750	7,698	8,645	9,593	10,540	11,488
4	<b>1,768</b>	<b>2,299</b>	<b>3,361</b>	<b>4,424</b>	<b>5,486</b>	<b>6,549</b>	<b>7,611</b>	<b>8,673</b>	<b>9,736</b>	10,798	11,861	12,923
5	1,448	1,939	2,921	3,903	4,885	5,867	6,849	7,831	8,813	9,795	10,776	11,758
6	1,458	1,946	2,923	3,900	4,877	5,854	6,831	7,808	8,785	9,762	10,739	11,716
7	1,419	1,909	2,888	3,867	4,846	5,825	6,804	7,783	8,762	9,741	10,720	11,699
8	1,241	1,685	<b>2,572</b>	<b>3,459</b>	<b>4,347</b>	<b>5,234</b>	<b>6,122</b>	<b>7,009</b>	<b>7,896</b>	<b>8,784</b>	<b>9,671</b>	<b>10,559</b>
9	<b>0,860</b>	<b>1,404</b>	<b>2,493</b>	<b>3,583</b>	4,672	5,761	6,850	7,939	9,028	10,117	11,206	12,295
10	1,548	2,061	3,086	4,112	5,137	6,163	7,188	8,213	9,239	10,264	11,290	12,315
11	1,442	1,925	2,891	3,857	4,823	5,789	6,755	7,721	8,687	9,653	10,619	11,585
12	1,342	1,851	2,868	3,885	4,902	5,919	6,935	7,952	8,969	9,986	11,003	12,020
13	1,468	1,967	2,965	3,963	4,960	5,958	6,956	7,954	8,952	9,949	10,947	11,945
14	1,369	1,863	2,850	3,838	4,825	5,813	6,800	7,788	8,775	9,763	10,750	11,738
15	1,520	2,061	3,142	4,224	5,305	6,386	7,467	8,549	9,630	10,711	11,793	12,874
16	1,533	2,078	3,166	4,255	5,344	6,433	7,522	8,611	9,700	10,789	11,878	12,967
17	1,325	1,819	2,806	3,792	4,779	5,766	6,753	7,740	8,726	9,713	10,700	11,687
18	1,458	1,947	2,926	3,904	4,882	5,860	6,838	7,817	8,795	9,773	10,751	11,729
19	1,360	1,858	2,854	3,851	4,847	5,843	6,839	7,836	8,832	9,828	10,825	11,821
20	1,419	1,917	2,912	3,907	4,902	5,897	6,892	7,887	8,882	9,878	10,873	11,868
21	1,371	1,891	2,931	3,970	5,010	6,050	7,089	8,129	9,169	10,208	11,248	12,288
22	1,367	1,896	2,953	4,011	5,068	6,125	7,183	8,240	9,297	10,354	11,412	12,469
23	1,349	1,865	2,897	3,929	4,961	5,993	7,025	8,057	9,089	10,121	11,153	12,185
24	1,386	1,916	2,975	4,035	5,094	6,154	7,213	8,273	9,332	10,392	11,451	12,511
25	1,354	1,878	2,926	3,974	5,022	6,070	7,118	8,165	9,213	10,261	11,309	12,357
26	1,462	1,970	2,986	4,002	5,018	6,035	7,051	8,067	9,083	10,099	11,116	12,132
27	1,441	1,942	2,943	3,945	4,947	5,948	6,950	7,952	8,953	9,955	10,957	11,959
28	1,448	1,968	3,008	4,049	5,089	6,130	7,170	8,211	9,251	10,292	11,332	12,373
29	1,447	1,965	3,000	4,035	5,071	6,106	7,141	8,176	9,211	10,247	11,282	12,317
30	1,474	1,993	3,029	4,066	5,103	6,139	7,176	8,213	9,250	10,286	11,323	12,360
Q <sub>m</sub>	1,417	1,923	2,935	3,947	4,959	5,971	6,983	7,995	9,007	10,020	11,032	12,044
Q <sub>rms</sub>	0,143	0,144	0,158	0,183	0,215	0,252	0,292	0,334	0,377	0,420	0,465	0,510
Q <sub>min</sub>	0,860	1,404	2,493	3,459	4,347	5,234	6,122	7,009	7,896	8,784	9,671	10,559
Q <sub>max</sub>	1,768	2,299	3,361	4,424	5,486	6,549	7,611	8,673	9,736	10,798	11,878	12,967

**Πίνακας 3.3** Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των ομογενοποιημένων μετρημένων παροχών των υδρομετρητών 10-ετίας πριν το κριτήριο απόρριψης και η μέση τιμή Q<sub>m</sub>, η τυπική απόκλιση Q<sub>rms</sub>, η μέγιστη Q<sub>max</sub> και η ελάχιστη τιμή Q<sub>min</sub> για κάθε παροχή λειτουργίας σε l/min.

Σημείωση : Ο υδρομετρητής 1 δεν κατέγραφε καμία παροχή. Οι τονισμένες παροχές έχουν απορριφθεί βάσει του κριτηρίου απόρριψης (βλ. κεφ. 3.2).



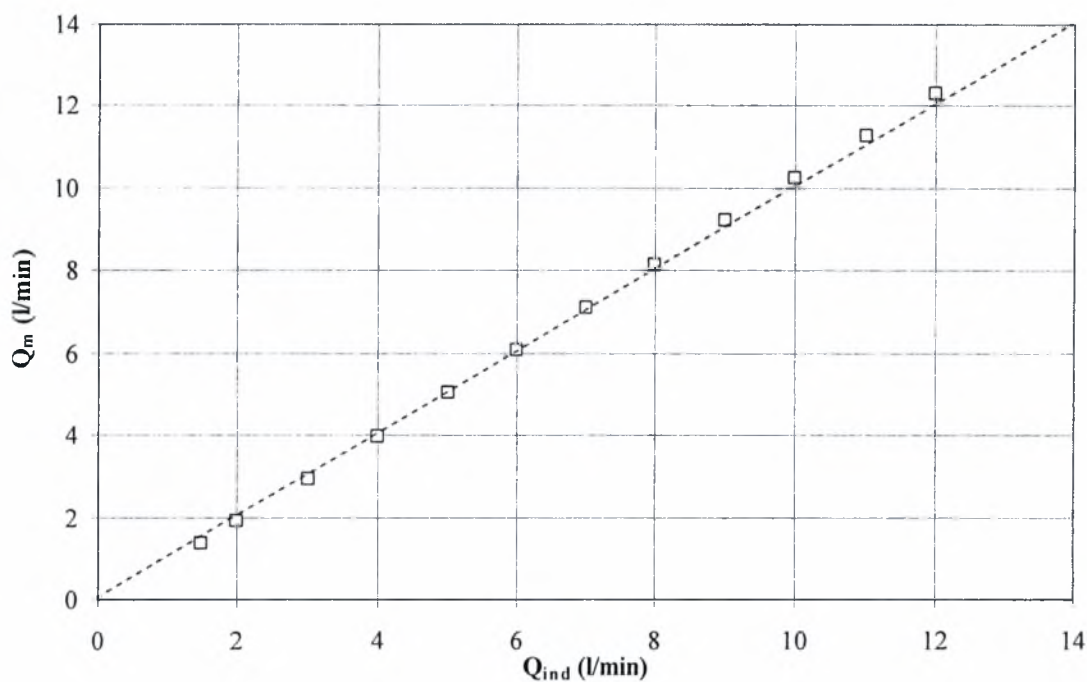
Πραγματική παροχή (1 <sup>η</sup> σειρά) και μετρημένες παροχές κάθε υδρομετρητή (l/min)												
#	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.430	1.936	2.948	3.960	4.972	5.984	6.996	8.008	9.020	10.031	11.043	12.055
2	1.432	1.941	2.960	3.978	4.997	6.016	7.034	8.053	9.071	10.090	11.109	12.127
3	1.441	1.945	2.954	3.964	4.973	5.982	6.991	8.000	9.010	10.019	11.028	12.037
4	1.440	1.949	2.967	3.985	5.003	6.021	7.039	8.057	9.075	10.093	11.111	12.129
5	1.500	2.011	3.032	4.053	5.074	6.095	7.116	8.137	9.158	10.179	11.200	12.221
6	1.566	2.063	3.058	4.053	5.048	6.043	7.038	8.033	9.028	10.023	11.018	12.013
7	1.519	2.015	3.008	4.001	4.993	5.986	6.979	7.972	8.964	9.957	10.950	11.942
8	1.529	2.025	3.018	4.010	5.002	5.994	6.986	7.978	8.970	9.962	10.954	11.946
9	1.540	2.045	3.054	4.062	5.071	6.080	7.088	8.097	9.106	10.114	11.123	12.132
10	1.241	<b>1.732</b>	<b>2.715</b>	<b>3.699</b>	<b>4.682</b>	<b>5.665</b>	<b>6.648</b>	<b>7.631</b>	<b>8.614</b>	<b>9.597</b>	<b>10.580</b>	<b>11.563</b>
11	1.254	1.736	<b>2.699</b>	<b>3.662</b>	<b>4.625</b>	<b>5.589</b>	<b>6.552</b>	<b>7.515</b>	<b>8.478</b>	<b>9.441</b>	<b>10.405</b>	<b>11.368</b>
12	1.336	1.828	2.813	3.797	4.781	5.766	6.750	7.735	8.719	9.703	10.688	11.672
13	1.394	1.914	2.953	3.991	5.030	6.069	7.107	8.146	9.185	10.223	11.262	12.301
14	1.488	1.996	3.014	4.032	5.049	6.067	7.084	8.102	9.120	10.137	11.155	12.172
15	<b>1.218</b>	<b>1.732</b>	2.759	3.786	4.813	5.840	6.866	7.893	8.920	9.947	10.974	12.001
16	1.273	1.772	2.770	3.768	4.766	5.764	6.762	7.760	8.758	9.756	10.754	11.752
17	1.385	1.889	2.895	3.902	4.908	5.915	6.922	7.928	8.935	9.941	10.948	11.955
18	1.370	1.879	2.896	3.914	4.931	5.948	6.965	7.983	9.000	10.017	11.035	12.052
19	1.341	1.854	2.881	3.907	4.934	5.960	6.987	8.013	9.040	10.066	11.093	12.119
20	1.430	1.936	2.948	3.960	4.972	5.984	6.996	8.008	9.020	10.031	11.043	12.055
21	1.432	1.941	2.960	3.978	4.997	6.016	7.034	8.053	9.071	10.090	11.109	12.127
22	1.441	1.945	2.954	3.964	4.973	5.982	6.991	8.000	9.010	10.019	11.028	12.037
23	1.440	1.949	2.967	3.985	5.003	6.021	7.039	8.057	9.075	10.093	11.111	12.129
24	1.500	2.011	3.032	4.053	5.074	6.095	7.116	8.137	9.158	10.179	11.200	12.221
25	1.553	2.051	3.047	4.042	5.038	6.033	7.029	8.024	9.020	10.015	11.011	12.006
Q <sub>m</sub>	1.420	1.924	2.932	3.940	4.948	5.956	6.965	7.973	8.981	9.989	10.997	12.005
Q <sub>rms</sub>	1.218	1.732	2.699	3.662	4.625	5.589	6.552	7.515	8.478	9.441	10.405	11.368
Q <sub>min</sub>	1.566	2.063	3.058	4.062	5.074	6.095	7.116	8.146	9.185	10.223	11.262	12.301
Q <sub>max</sub>	0.099	0.100	0.105	0.113	0.122	0.133	0.144	0.157	0.170	0.184	0.199	0.213

**Πίνακας 3.4** Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των ομογενοποιημένων μετρημένων παροχών των υδρομετρητών 5-ετίας πριν το κριτήριο απόρριψης και η μέση τιμή  $Q_m$ , η τυπική απόκλιση  $Q_{rms}$ , η μέγιστη  $Q_{max}$  και η ελάχιστη τιμή  $Q_{min}$  για κάθε παροχή λειτουργίας σε l/min.

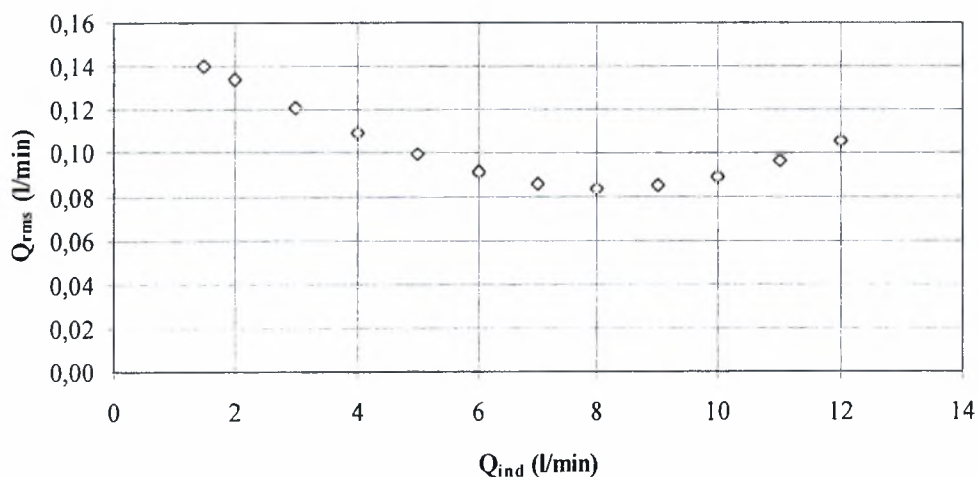
Σημείωση : Πέντε υδρομετρητές δεν κατέγραφαν καμία παροχή. Οι τονισμένες παροχές έχουν απορριφθεί βάσει του κριτηρίου απόρριψης (βλ. κεφ. 3.2).

### 3.3 Σύγκριση μετρημένων και πραγματικών παροχών.

Στα παρακάτω σχήματα, έχει σχεδιαστεί η μέση τιμή  $Q_m$ , η τυπική απόκλιση  $Q_{rms}$ , η μέγιστη  $Q_{max}$  και η ελάχιστη τιμή  $Q_{min}$  που προέκυψαν από τους παραπάνω πίνακες σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ .

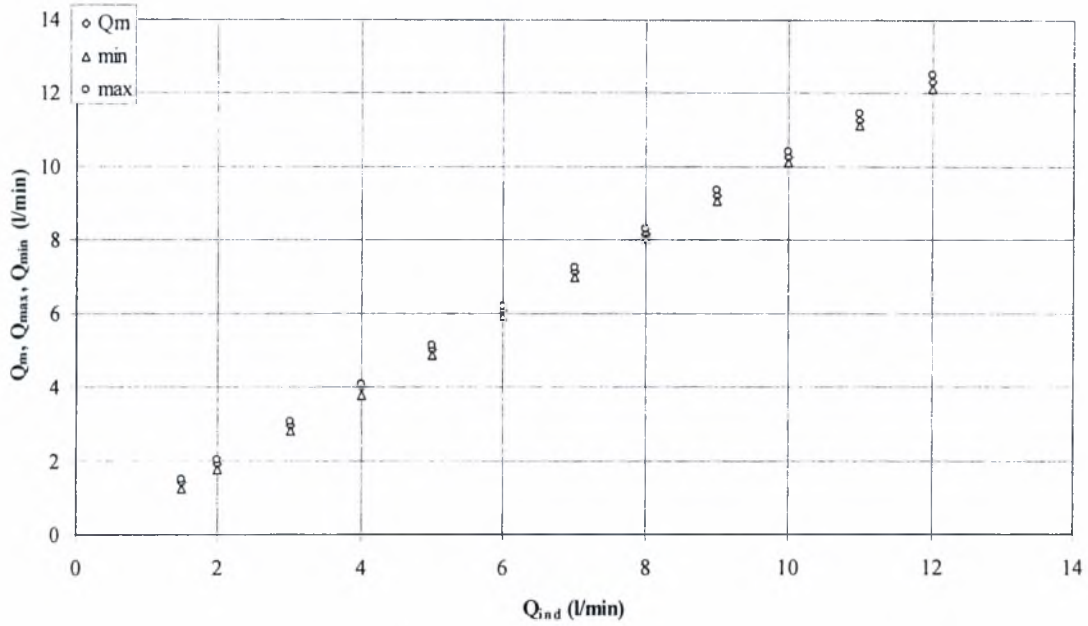


Σχήμα 3.2 Μέση παροχή  $Q_m$ (l/min) των νέων υδρομετρητών σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ (l/min).

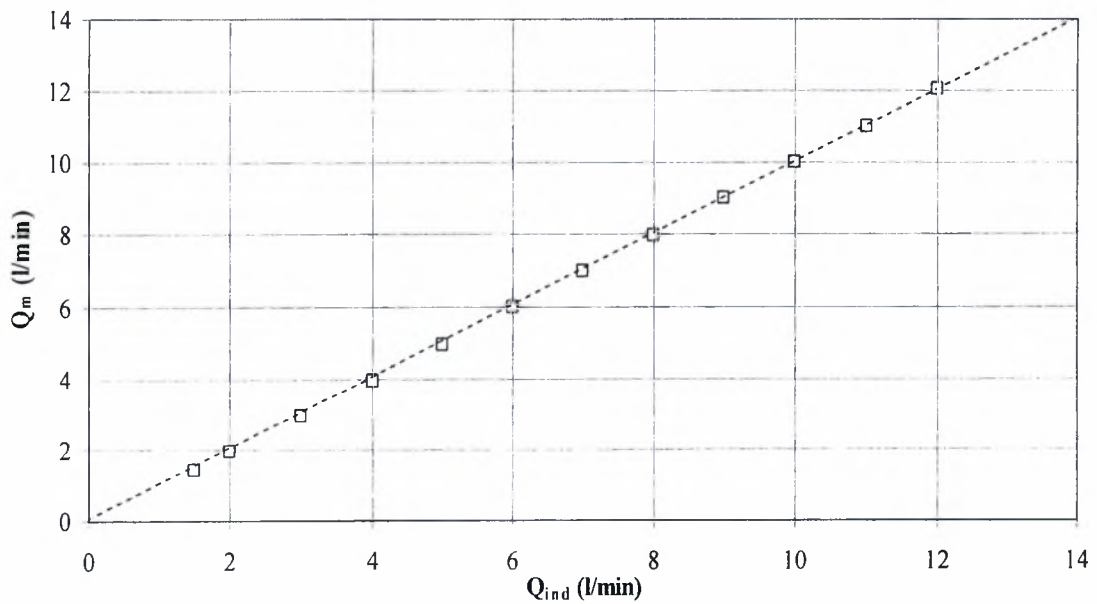


Σχήμα 3.3 Τυπική απόκλιση των μετρημένων παροχών  $Q_{rms}$ (l/min) των νέων υδρομετρητών σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ (l/min).

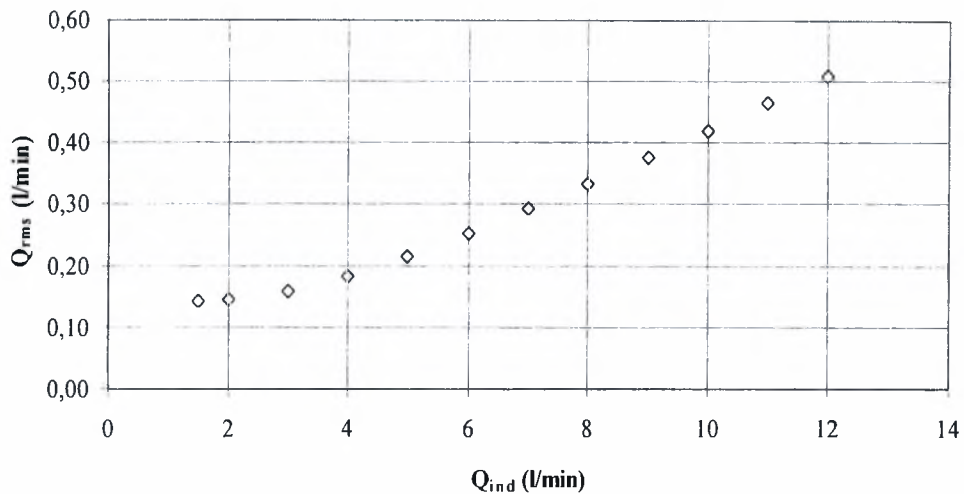




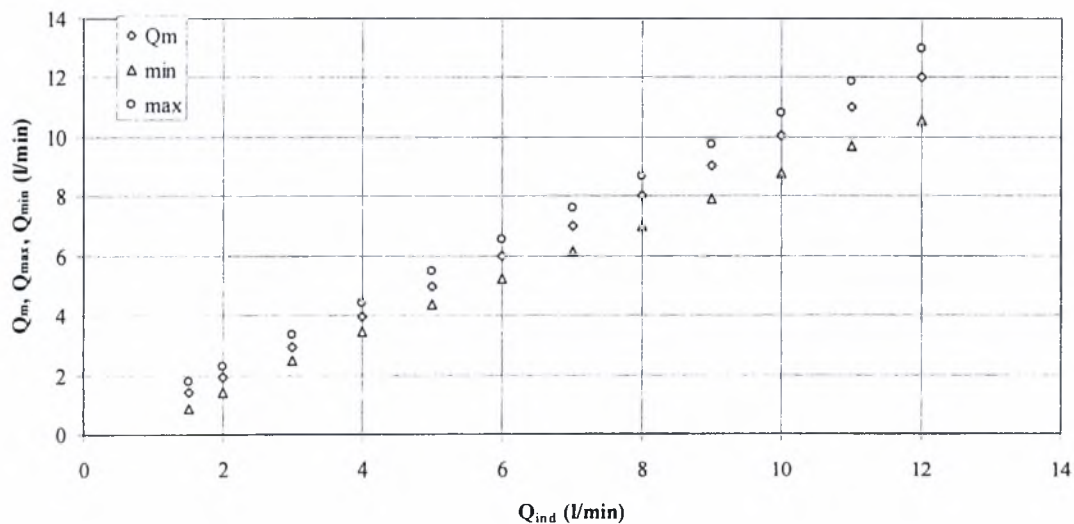
**Σχήμα 3.4** Μέση  $Q_m$ , Μέγιστη  $Q_{max}$  και Ελάχιστη  $Q_{min}$  παροχή σε (l/min) των νέων υδρομετρητών σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ (l/min).



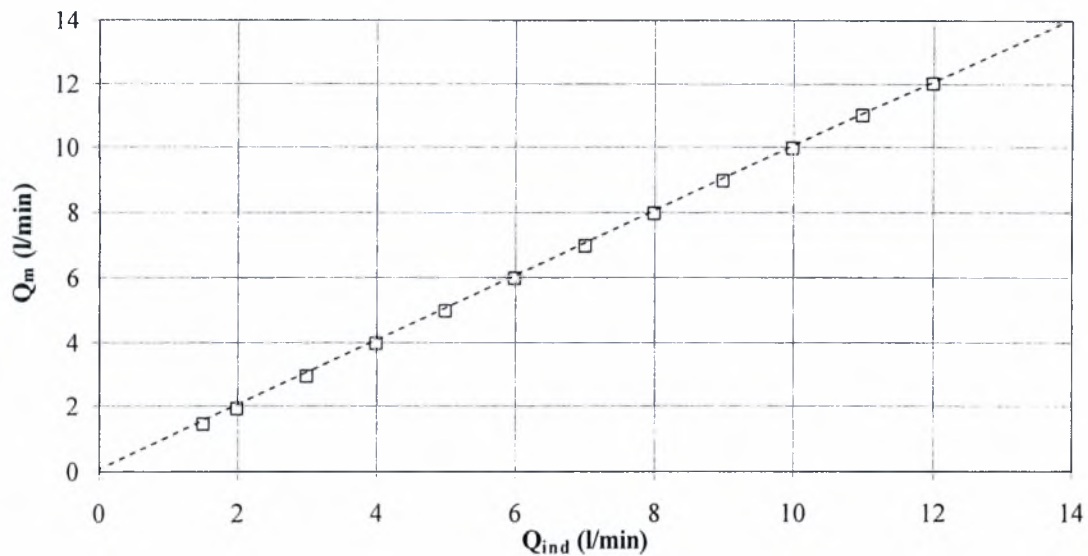
**Σχήμα 3.5** Μέση παροχή  $Q_m$ (l/min) των υδρομετρητών 10-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ (l/min).



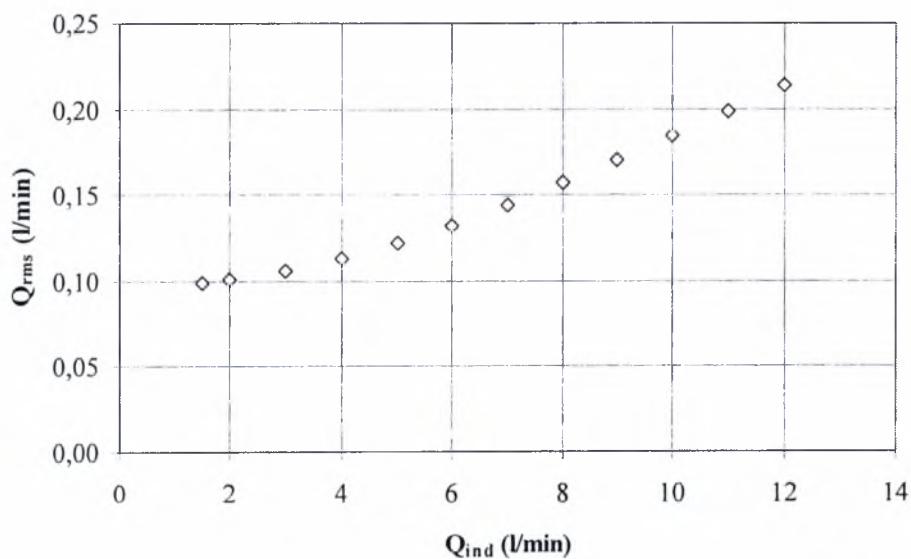
**Σχήμα 3.6** Τυπική απόκλιση των μετρημένων παροχών  $Q_{rms}$ (l/min) των υδρομετρητών 10-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ (l/min).



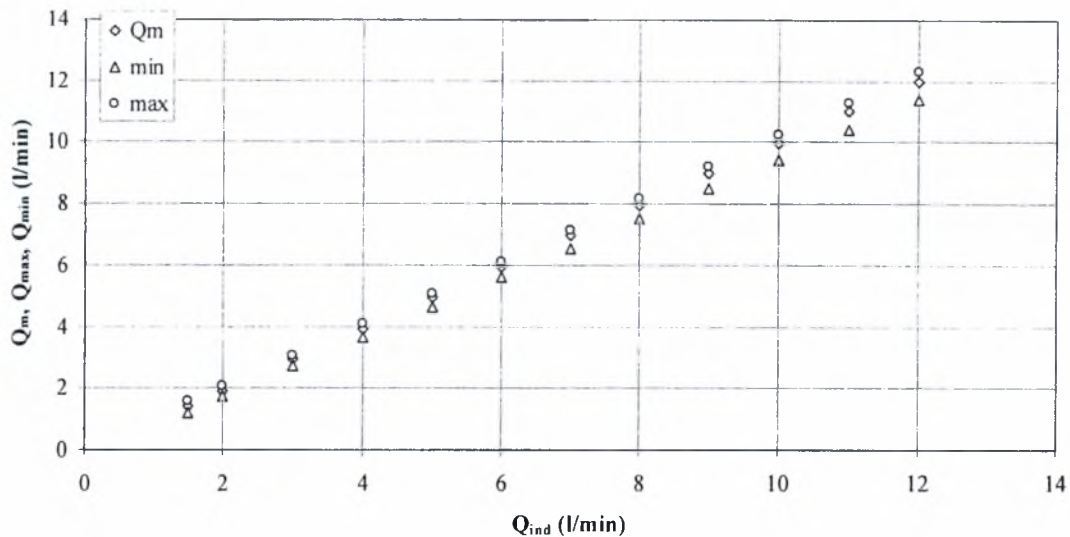
**Σχήμα 3.7** Μέση  $Q_m$ , Μέγιστη  $Q_{max}$  και Ελάχιστη  $Q_{min}$  παροχή σε (l/min) των υδρομετρητών 10-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ (l/min).



**Σχήμα 3.8** Μέση παροχή  $Q_m(l/min)$  των υδρομετρητών 5-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}(l/min)$ .



**Σχήμα 3.9** Τυπική απόκλιση των μετρημένων παροχών  $Q_{rms}(l/min)$  των υδρομετρητών 5-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}(l/min)$ .



**Σχήμα 3.10** Μέση  $Q_m$ , Μέγιστη  $Q_{max}$  και Ελάχιστη  $Q_{min}$  παροχή σε (l/min) των υδρομετρητών 5-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ (l/min).

Από τα σχήματα των μέσων παροχών, φαίνεται ότι οι μέσες τιμές των μετρημένων είναι πάρα πολύ κοντά με τις πραγματικές παροχές (οι τιμές είναι σχεδόν πάνω στη διακεκομμένη). Από τα σχήματα της τυπικής απόκλισης βλέπουμε ότι παρουσιάζεται ένα ελάχιστο για παροχή 8l/min στους νέους υδρομετρητές, ενώ η τυπική απόκλιση είναι αύξουσα συνάρτηση της παροχής στους υδρομετρητές 10-ετίας και 5-ετίας αντίστοιχα. Τα μέγιστα και ελάχιστα αποκλίνουν της μέσης τιμής ανάλογα με το χρόνο λειτουργίας των υδρομετρητών, δηλαδή οι μικρότερες αποκλίσεις εμφανίζονται στους καινούργιους και οι μεγαλύτερες στους υδρομετρητές της 10-ετίας.

### 3.4 Εκτίμηση της μέσης τιμής και του διαστήματος εμπιστοσύνης

Η μέση τιμή του πληθυσμού  $\mu$  σχετίζεται με τη μέση τιμή του δείγματός  $\bar{x}$  με τη σχέση:

$$\mu = \bar{x} \pm \delta \Leftrightarrow \bar{x} - \delta \leq \mu \leq \bar{x} + \delta$$

ενώ διάστημα εμπιστοσύνης της μέσης τιμής, ονομάζεται το διάστημα:

$$(\bar{x} - \delta, \bar{x} + \delta),$$

όπου  $\delta$  είναι η απόκλιση από τη μέση τιμή του πληθυσμού. Στην περίπτωσή μας, επειδή το πλήθος των υδρομετρητών από κάθε σειρά, μετά την εφαρμογή και του κριτηρίου απόρριψης, είναι μικρότερο του 30 ( $n < 30$ ) μπορεί να θεωρηθεί ότι το δείγμα είναι μικρό. Στην περίπτωση αυτή, η τυπική απόκλιση  $s$  του δείγματος δεν είναι σίγουρο ότι συμπίπτει με αυτή του πληθυσμού  $\sigma$ . Λόγω αβεβαιότητας στην τυπική απόκλιση χρησιμοποιούμε την κατανομή t-Student για την εκτίμηση του διαστήματος εμπιστοσύνης της μέσης τιμής



$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}},$$

όπου  $\bar{x}$  είναι ο μέσος όρος του δείγματος και  $s$  είναι η τυπική απόκλιση του δείγματος. Η συνάρτηση κατανομής είναι

$$f(t, \nu) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)\Gamma\left(1 + \frac{t^2}{\nu}\right)^{\nu+1/2} \sqrt{\nu\pi}},$$

όπου  $\nu$  παράμετρος που εκφράζει το βαθμό ελευθερίας, και

$$\Gamma(n) = \int_0^{\infty} t^{n-1} e^{-t} dt; \quad n > 0$$

Ιδιότητες της συνάρτησης  $\Gamma$ .

$$\begin{aligned} \Gamma(n+1) &= n\Gamma(n) \\ \Gamma(n+1) &= n!, \quad \text{εάν } n = 0, 1, 2, \dots \end{aligned}$$

όπου  $0! = 1$ .

Οι βαθμοί ελευθερίας  $\nu$  είναι ίσοι με τον αριθμό των ανεξάρτητων μετρήσεων μείον τον ελάχιστο αριθμό των μετρήσεων που απαιτούνται για τη (θεωρητική) εκτίμηση της στατιστικής παραμέτρου, (συνήθως  $\nu = n-1$ ).

Εάν  $\alpha$  είναι το επίπεδο σημαντικότητας και επομένως το επίπεδο εμπιστοσύνης είναι  $1-\alpha$ , τότε η πιθανότητα

$$P(-t_{\alpha/2} < t < t_{\alpha/2}) = 1 - \alpha.$$

Επομένως,

$$P\left(-t_{\alpha/2} \leq \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}} \leq t_{\alpha/2}\right) = P\left(\bar{x} - t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{x} + t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}\right) = 1 - \alpha, \quad \text{ή}$$

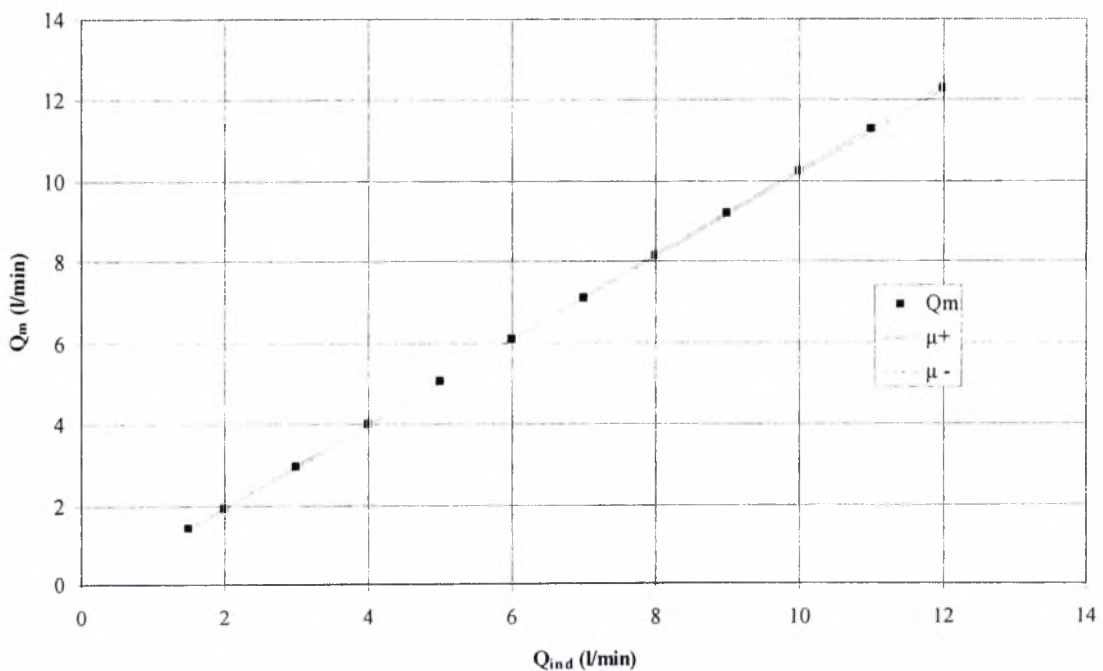
$$\mu = \bar{x} \pm t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}.$$

Στον Πίνακα 3.5 που ακολουθεί φαίνονται οι εκτιμήσεις του διαστήματος εμπιστοσύνης 98% και για τα τρία είδη υδρομετρητών ( $t = \pm 2.467$ ). Τα αντίστοιχα διαγράμματα της μέσης τιμής της παροχής για διάστημα εμπιστοσύνης 98% φαίνονται στα σχήματα 3.11, 3.12 και 3.13 για νέους υδρομετρητές, 10-ετίας και 5-ετίας αντίστοιχα. Από τα παρακάτω σχήματα παρατηρούμε ότι τα όρια εμπιστοσύνης αυξάνονται με την παλαιότητα των υδρομετρητών.

T = 0												
Q <sub>m</sub>	1.41	1.93	2.97	4.00	5.04	6.08	7.12	8.16	9.20	10.23	11.27	12.31
μ <sup>+</sup>	1.44	1.96	3.00	4.03	5.07	6.11	7.15	8.19	9.24	10.27	11.31	12.36
μ <sup>-</sup>	1.38	1.90	2.94	3.97	5.01	6.05	7.09	8.13	9.16	10.19	11.23	12.26
T = 10												
Q <sub>m</sub>	1.42	1.92	2.93	3.95	4.96	5.97	6.98	8.00	9.01	10.02	11.03	12.04
μ <sup>+</sup>	1.48	1.99	3.01	4.03	5.06	6.09	7.12	8.15	9.19	10.22	11.25	12.29
μ <sup>-</sup>	1.35	1.85	2.86	3.86	4.86	5.85	6.84	7.84	8.83	9.82	10.81	11.80
T = 5												
Q <sub>m</sub>	1.42	1.92	2.93	3.94	4.95	5.96	6.96	7.97	8.98	9.99	11.00	12.01
μ <sup>+</sup>	1.47	1.97	2.98	3.99	5.01	6.02	7.03	8.05	9.06	10.08	11.09	12.11
μ <sup>-</sup>	1.37	1.88	2.88	3.89	4.89	5.89	6.90	7.90	8.90	9.90	10.90	11.90

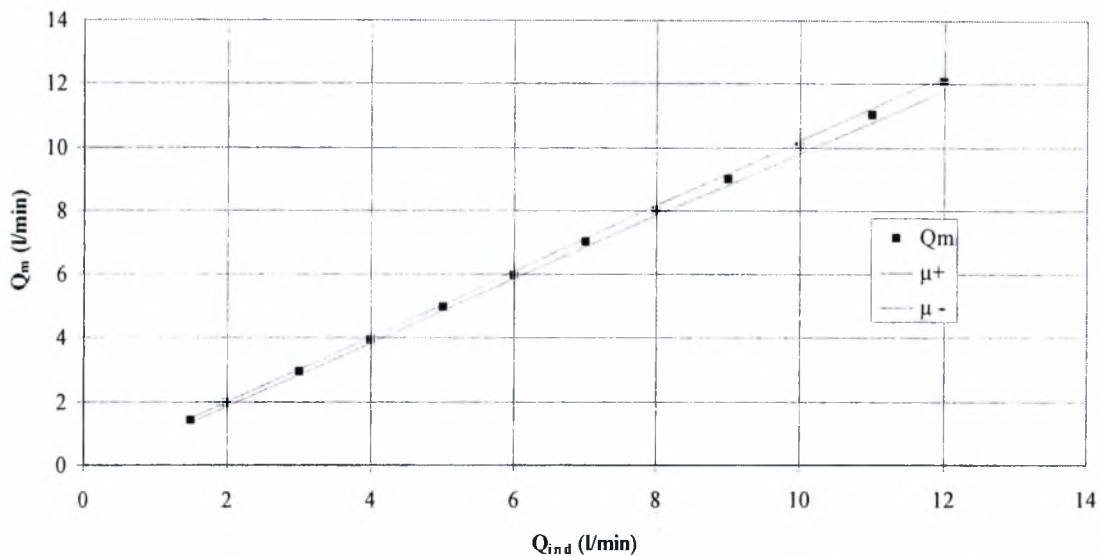
**Πίνακας 3.5** Διάστημα εμπιστοσύνης 98% της μέσης παροχής Q<sub>m</sub> (l/min) νέων υδρομετρητών, 10-ετίας και 5-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών Q<sub>ind</sub> (l/min).

**98% Διάστημα εμπιστοσύνης**



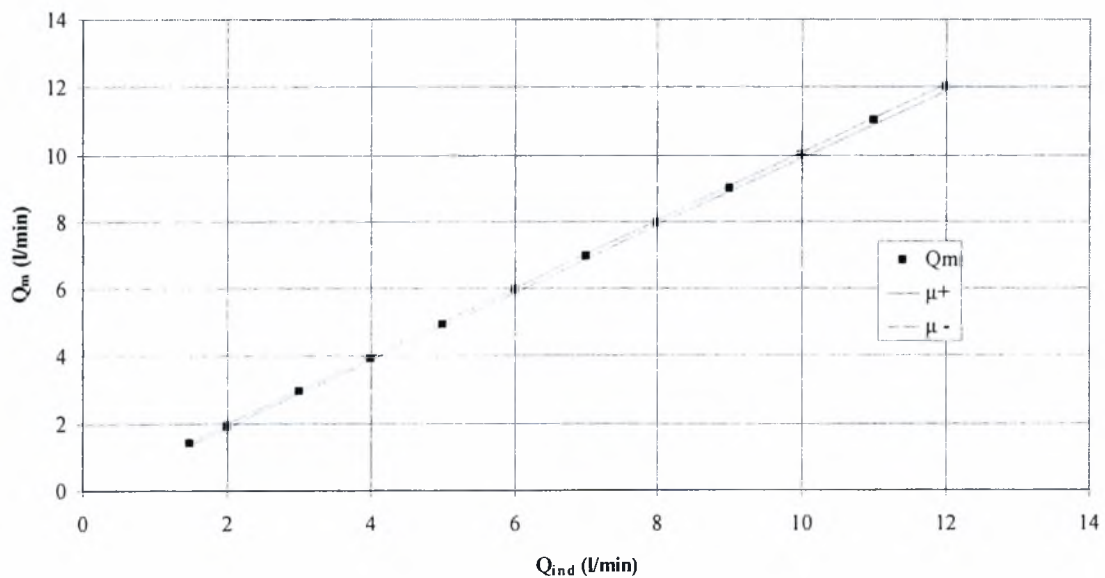
**Σχήμα 3.11** Διάστημα εμπιστοσύνης 98% της μέσης παροχής Q<sub>m</sub> (l/min) των νέων υδρομετρητών σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών Q<sub>ind</sub> (l/min).

### 98% Διάστημα εμπιστοσύνης



**Σχήμα 3.12** Διάστημα εμπιστοσύνης 98% της μέσης παροχής  $Q_m$  (l/min) των υδρομετρητών 10-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$  (l/min).

### 98% Διάστημα εμπιστοσύνης



**Σχήμα 3.13** Διάστημα εμπιστοσύνης 98% της μέσης παροχής  $Q_m$  (l/min) των υδρομετρητών 5-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$  (l/min).

### 3.5 Αδιαστατοποίηση των δεδομένων

Η αδιαστατοποίηση των ομογενοποιημένων δεδομένων μπορεί να δώσει την εικόνα των αποκλίσεων από τα πραγματικά δεδομένα πολύ καλύτερα απ' ό,τι τα δεδομένα παροχής, επειδή τα πάντα εκφράζονται σαν ποσοστά. Η αδιαστατοποίηση των επεξεργασμένων δεδομένων έγινε ως εξής. Από τη μέση παροχή καθώς επίσης και από τα μέγιστα και ελάχιστα των μετρήσεων, αφαιρέθηκε η πραγματική παροχή, ενώ στη συνέχεια η διαφορά διαιρέθηκε με την πραγματική παροχή. Κατ' αυτό τον τρόπο ένας μπορεί να συσχετίσει τις αποκλίσεις των μέσου, μέγιστου και ελάχιστου με τις πραγματικές μετρήσεις. Η τυπική απόκλιση διαιρέθηκε με την πραγματική παροχή. Δηλαδή, κατ' αυτό τον τρόπο καταλήξαμε στις παρακάτω αδιαστατοποιημένες σχέσεις

$$\frac{Q_m - Q_{ind}}{Q_{ind}}, \quad \frac{Q_{max} - Q_{ind}}{Q_{ind}}, \quad \frac{Q_{min} - Q_{ind}}{Q_{ind}} \quad \text{και} \quad \frac{Q_{rms}}{Q_{ind}}.$$

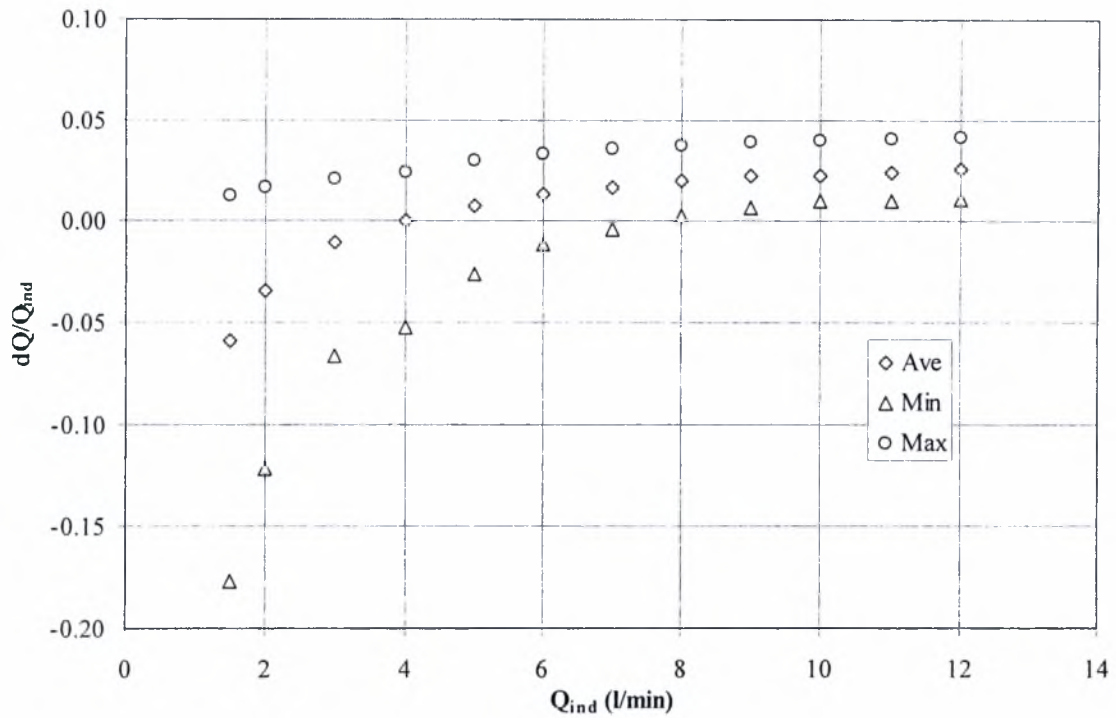
Στα διαγράμματα των Σχημάτων 3.14 – 3.19 που ακολουθούν, μπορούμε να δούμε τη μεταβολή των αδιαστατοποιημένων διαφορών και της τυπικής απόκλισης σαν συνάρτηση της πραγματικής παροχής.

Από τα Σχήματα 3.14, 3.16 και 3.18, προκύπτει ότι οι αδιάστατες αποκλίσεις αυξάνουν με την παροχή, ενώ οι μεγαλύτερες σε ποσοστό αποκλίσεις για παροχές πάνω από 4l/min εμφανίζονται στους νέους υδρομετρητές, όπου καταγράφονται μεγαλύτερες από την πραγματική καταναλώσεις. Στις χαμηλότερες παροχές όλοι οι υδρομετρητές, παλαιότεροι και καινούριοι καταγράφουν μικρότερες από την πραγματική καταναλώσεις. Οι αποκλίσεις των μεγίστων και ελαχίστων στους υδρομετρητές 10-ετίας στις μικρές παροχές εκτείνονται μέχρι 20% και -40% αντίστοιχα, τιμές που απόλυτα είναι μεγαλύτερες απ' ό,τι στους νέους και τους υδρομετρητές 5-ετίας. Γενικότερα, οι σχετικές αποκλίσεις από τη μέση τιμή αυξάνονται με την ηλικία των υδρομετρητών και μειώνονται όταν αυξάνεται η πραγματική παροχή.

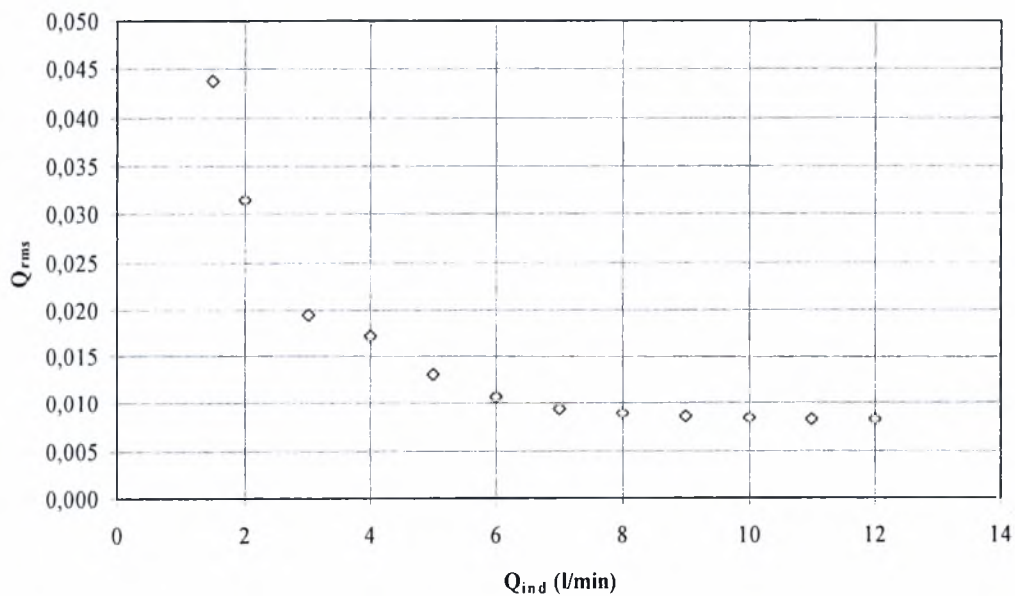
Η αδιαστατοποιημένη τυπική απόκλιση είναι φθίνουσα για όλα τα είδη υδρομετρητών (Σχήματα 3.15, 3.17 και 3.19).

Από τα συγκριτικά διαγράμματα των Σχημάτων 3.20 και 3.21 προκύπτει ότι η σχετική απόκλιση της μέσης παροχής ελατώνεται με το χρόνο λειτουργίας των υδρομετρητών ενώ η σχετική τυπική απόκλιση αυξάνεται.

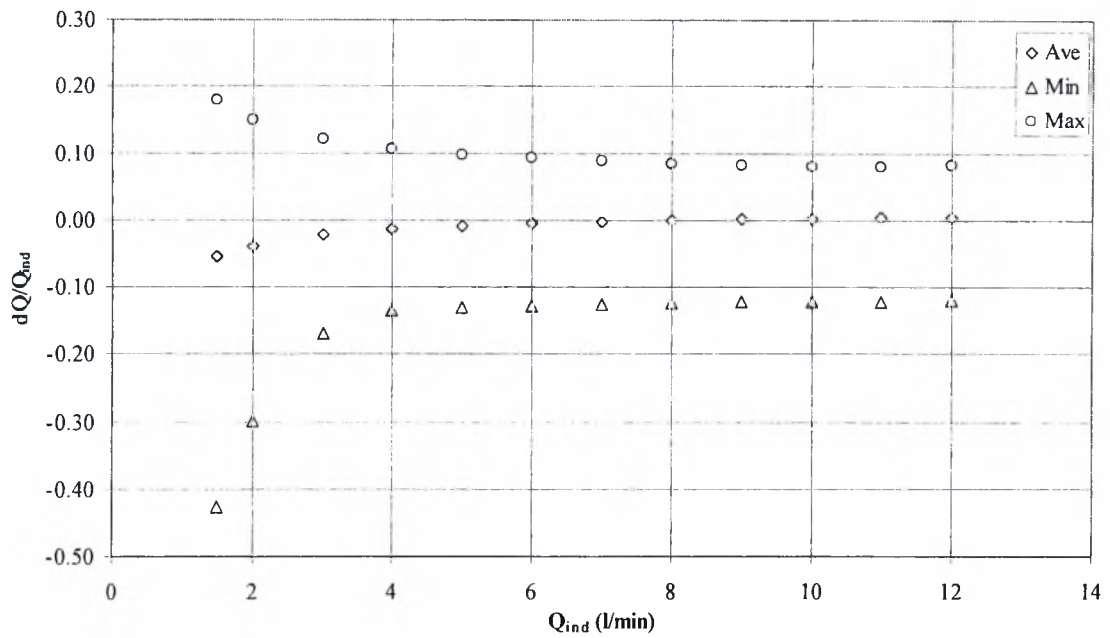




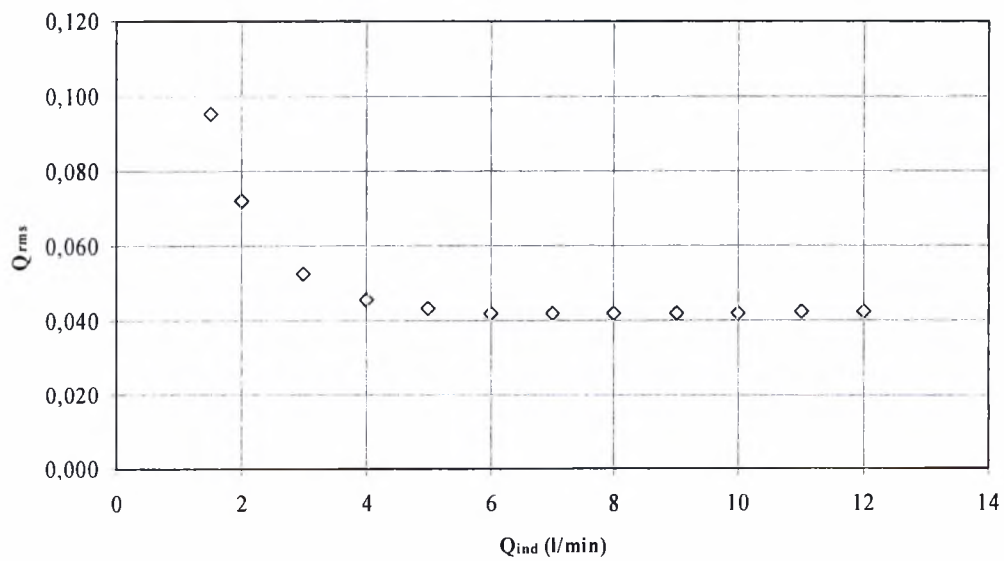
**Σχήμα 3.14** Αδιάστατοποιημένη μέση  $Q_m$ , μέγιστη  $Q_{max}$  και ελάχιστη  $Q_{min}$  παροχή των νέων υδρομετρητών σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$  (l/min).



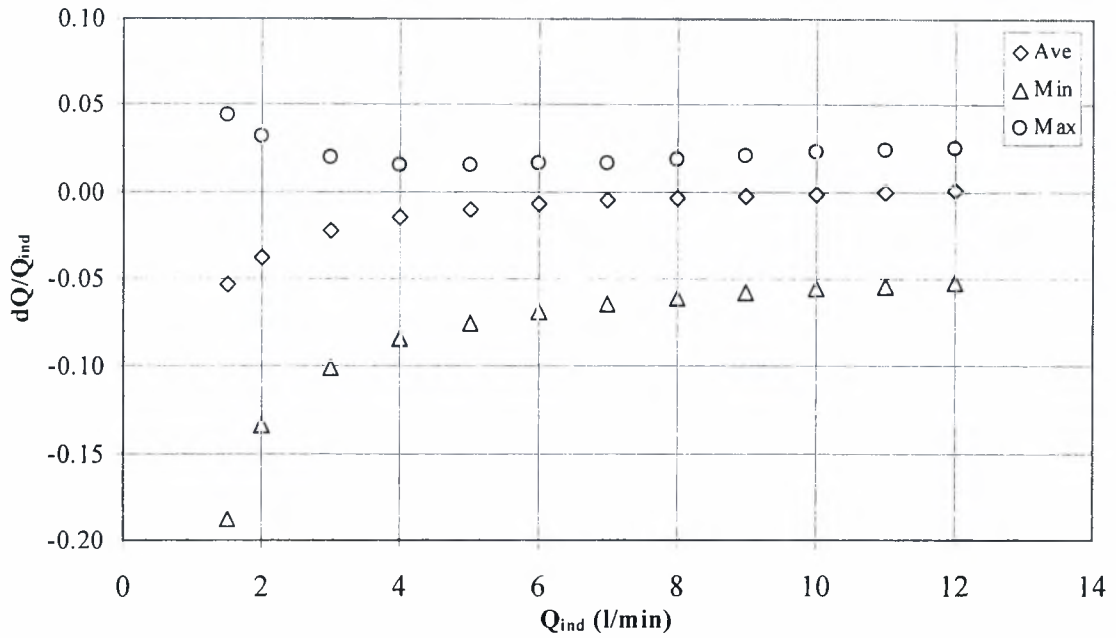
**Σχήμα 3.15** Αδιάστατοποιημένη τυπική απόκλιση  $Q_{rms}/Q_{ind}$  των νέων υδρομετρητών σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$  (l/min).



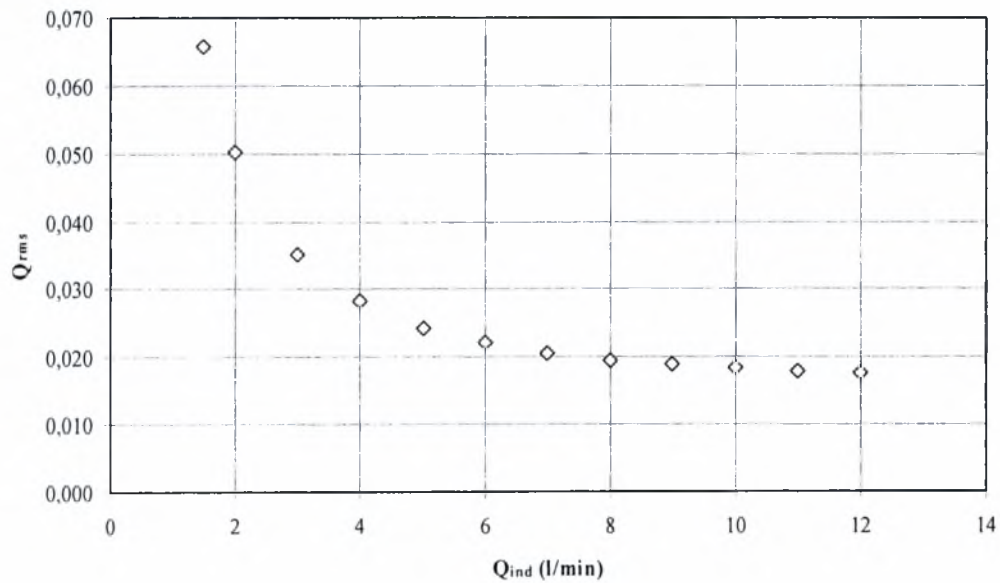
**Σχήμα 3.16** Αδιάστατοποιημένη μέση  $Q_m$ , μέγιστη  $Q_{max}$  και ελάχιστη  $Q_{min}$  παροχή των υδρομετρητών 10-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$  (l/min).



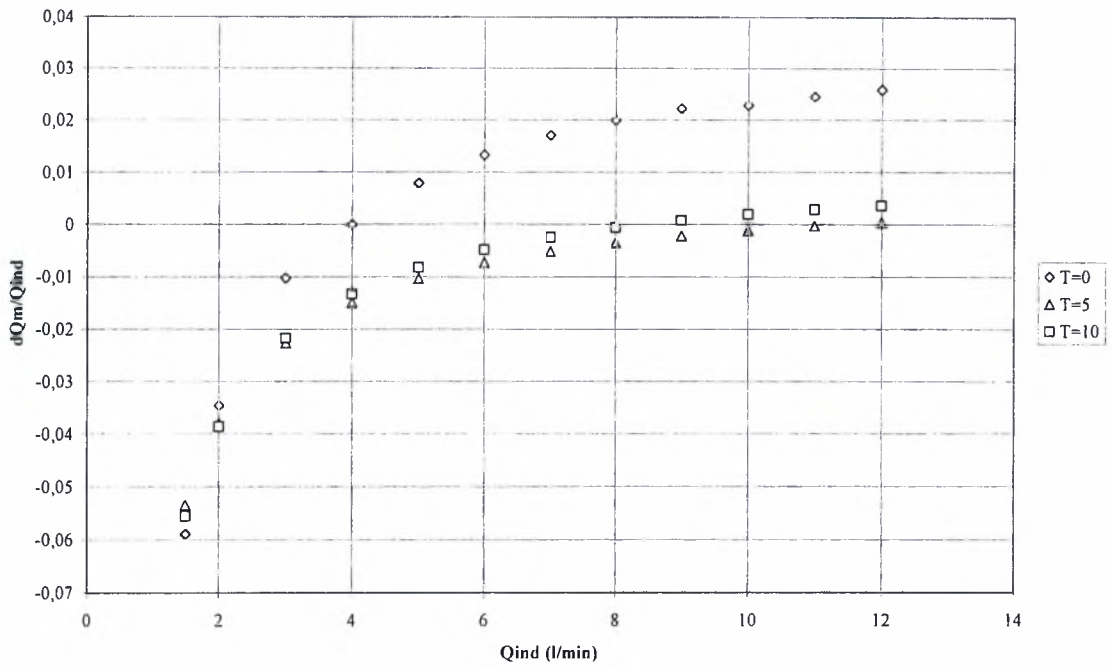
**Σχήμα 3.17** Αδιάστατοποιημένη τυπική απόκλιση  $Q_{rms}/Q_{ind}$  των υδρομετρητών 10-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$  (l/min).



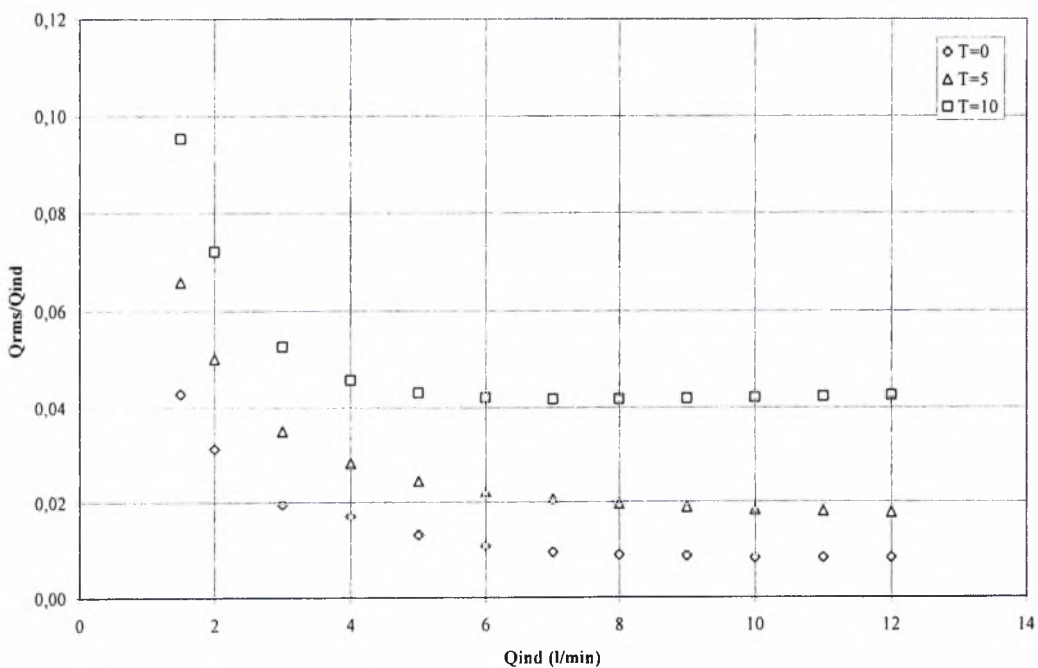
**Σχήμα 3.18** Αδιάστατοποιημένη μέση  $Q_m$ , μέγιστη  $Q_{max}$  και ελάχιστη  $Q_{min}$  παροχή των υδρομετρητών 5-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$  (l/min).



**Σχήμα 3.19** Αδιάστατοποιημένη τυπική απόκλιση  $Q_{rms}/Q_{ind}$  των υδρομετρητών 5-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$  (l/min).



**Σχήμα 3.20** Αδιάστατοποιημένη μέση παροχή  $dQ_m/Q_{ind}$  των νέων υδρομετρητών ( $T=0$ ), 5ετίας ( $T=5$ ) και 10ετίας ( $T=10$ ) σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ (l/min).

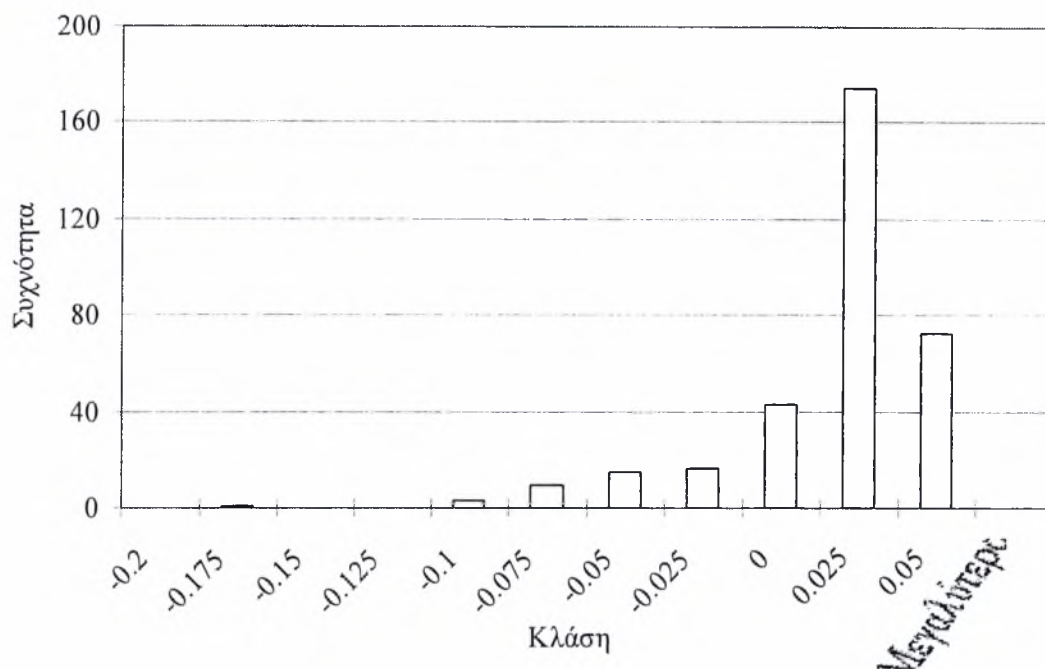


**Σχήμα 3.21** Αδιάστατοποιημένη τυπική απόκλιση  $Q_{rms}/Q_{ind}$  των νέων υδρομετρητών ( $T=0$ ), 5ετίας ( $T=5$ ) και 10ετίας ( $T=10$ ) σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ (l/min).

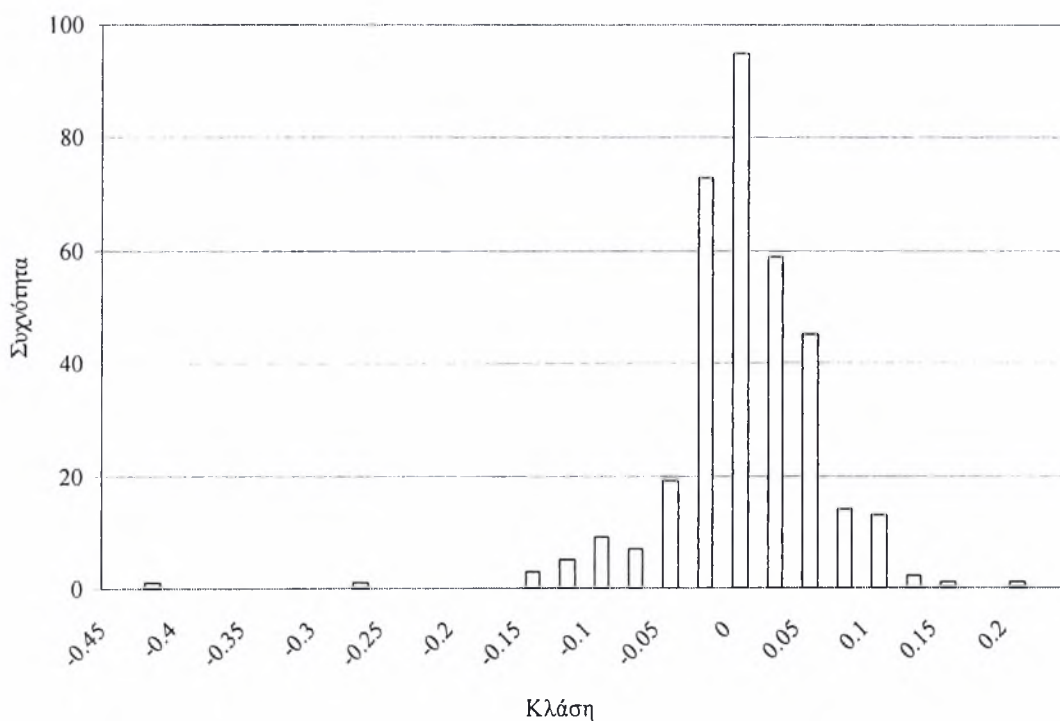


### 3.6 Ιστόγραμμα μετρημένων παροχών

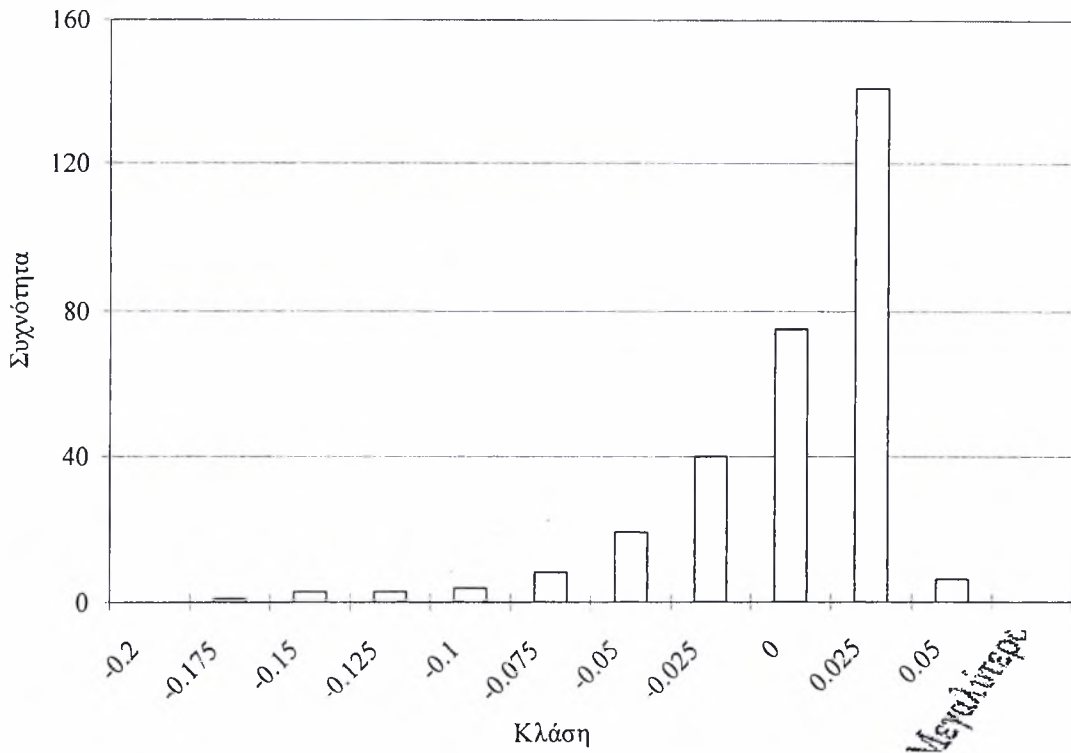
Στη συνέχεια οι αδιαστατοποιημένες παροχές χωρίστηκαν σε κλάσεις ανά 0.05 και κατασκευάστηκε ιστόγραμμα στο οποίο φαίνεται ο αριθμός των υδρομετρητών που αντιστοιχούν σε κάθε κλάση. Παρατηρούμε ότι οι περισσότεροι υδρομετρητές αποκλίνουν θετικά περίπου 2.5 έως 5% της πραγματικής τιμής της παροχής.



**Σχήμα 3.22** Σύνολο υδρομετρήσεων με τους νέους αχρησιμοποίητους υδρομετρητές για κάθε κλάση αδιαστατοποιημένων παροχών.



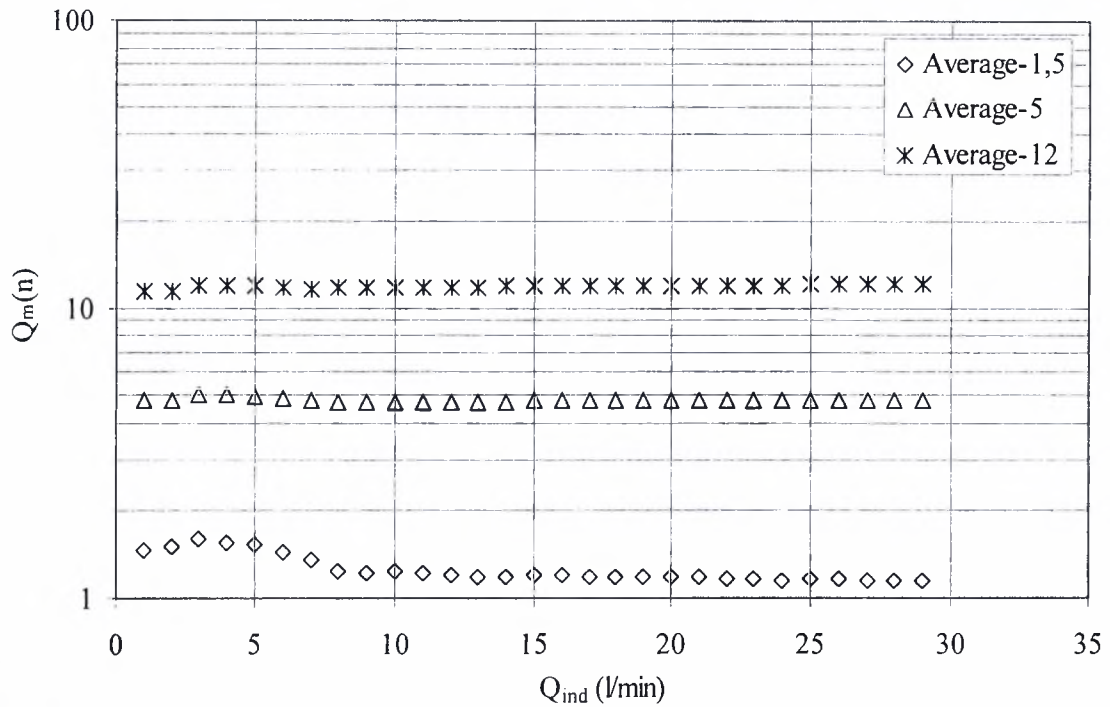
**Σχήμα 3.23** Σύνολο υδρομετρήσεων με υδρομετρητές 10-ετίας για κάθε κλάση αδιαστατοποιημένων παροχών.



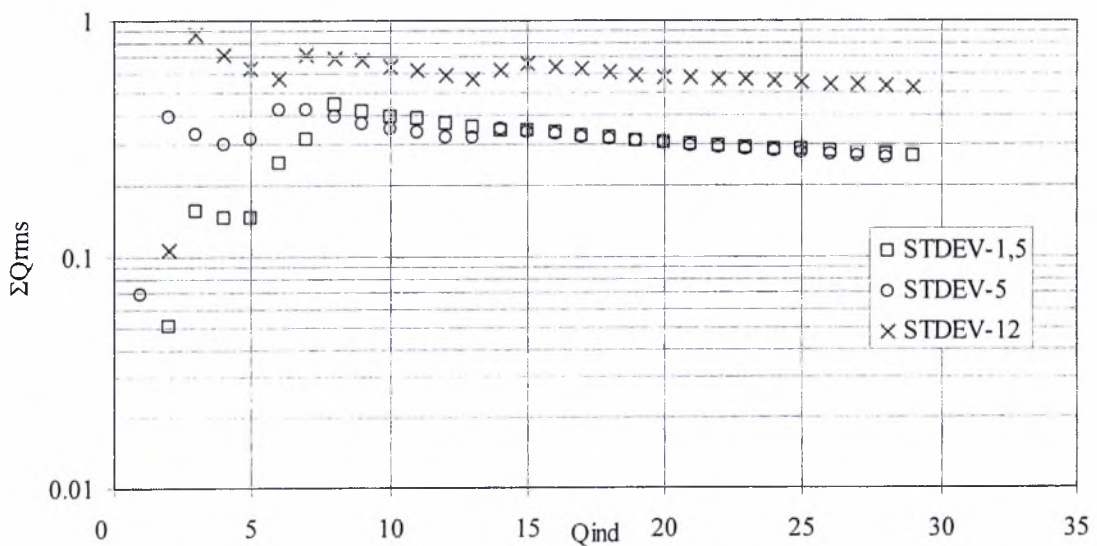
**Σχήμα 3.24** Σύνολο υδρομετρήσεων με υδρομετρητές 5-ετίας για κάθε κλάση αδιαστατοποιημένων παροχών.

### 3.7 Αξιοπιστία μεγέθους δείγματος υδρομετρητών

Τέλος στα παρακάτω διαγράμματα παρουσιάζεται η μέση μετρημένη παροχή και τυπική απόκλιση, σαν συνάρτηση του αριθμού του δείγματος. Δηλαδή, για  $n \geq 2 - 30$ , προσδιορίσαμε τα  $Q_m(n)$  και  $Q_{rms}(n)$  για μικρή, μέση και μεγάλη παροχή. Στα διαγράμματα των Σχημάτων 3.25 και 3.26 φαίνονται οι αθροιστικοί μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις αντίστοιχα για τρεις παροχές. Από τα διαγράμματα υδρομετρητών 10-ετίας προέκυψε ότι η μέση παροχή και η τυπική της απόκλιση σταθεροποιούνται όταν  $n \geq 20$ . Παρόμοια διαγράμματα προέκυψαν για νέους υδρομετρητές και αυτούς της 5-ετίας. Η επιλογή επομένως δείγματος 30 υδρομετρητών ανά κατηγορία αποδείχθηκε ότι είναι σωστή και το δείγμα επαρκές.



**Σχήμα 3.25** Μέση μετρημένη παροχή  $Q_m(n)$  σαν συνάρτηση του μεγέθους του δείγματος, για παροχές λειτουργίας 1.5, 5, και 12 l/min των υδρομετρητών 10-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ .



**Σχήμα 3.26** Τυπική απόκλιση των μετρημένων παροχών  $Q_{rms}(n)$  σαν συνάρτηση του μεγέθους του δείγματος, για παροχές λειτουργίας 1.5, 5, και 12 l/min των υδρομετρητών 10-ετίας σαν συνάρτηση των πραγματικών παροχών  $Q_{ind}$ .

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα κύρια συμπεράσματα που εξήχθησαν από την παρούσα πειραματική εργασία συνοψίζονται στα εξής:

1. Για την εκτίμηση των αποκλίσεων της μετρημένης παροχής, το δείγμα των υδρομετρητών που πρέπει να ελεγχθούν πρέπει να υπερβαίνει τους είκοσι (20).
2. Για πραγματικές παροχές μεταξύ 65 – 750 l/hr, η μέση απόκλιση της μετρημένης από την πραγματική παροχή, είναι θετική για παροχές μεγαλύτερες από 240 l/hr στους αχρησιμοποίητους υδρομετρητές, ενώ είναι οριακά αρνητική σε ολόκληρη την περιοχή για τους χρησιμοποιημένους 5-ετίας και 10-ετίας. Αυτό σημαίνει ότι στην περιοχή των παροχών που προαναφέραμε, οι υδρομετρητές σε χρήση γενικά τις υποετιμούν.
3. Η αδιαστατοποιημένη διαφορά ανάμεσα στη μετρημένη και πραγματική παροχή με την πραγματική παροχή, είναι αύξουσα συνάρτηση της παροχής για όλες τις κατηγορίες υδρομετρητών. Το μέσο σφάλμα μέτρησης της παροχής με νέους υδρομετρητές δεν υπερβαίνει το 2.5% στις μεγάλες παροχές, ενώ στις μικρές μπορεί να φθάσει στο -6%. Αυτό σημαίνει ότι, σε περίπτωση μικρών διαρροών (π.χ. καζανάκια που τρέχουν), η μετρημένη παροχή είναι μικρότερη από την πραγματική. Για τους συγκεκριμένους νέους υδρομετρητές, παροχές μέχρι 15 l/hr δεν πρέπει να μετρώνται με σφάλμα μεγαλύτερο από  $\pm 2\%$ , βάσει των προδιαγραφών, ενώ εμείς μετρήσαμε αποκλίσεις έως και  $\pm 6\%$  για μεγαλύτερες παροχές.
4. Η αδιαστατοποιημένη τυπική απόκλιση με την πραγματική παροχή, είναι φθίνουσα σαν συνάρτηση της παροχής, ενώ ασυμπτωτικά τείνει προς μία σταθερή τιμή για παροχές που υπερβαίνουν τα 8 l/min.
5. Από το ιστόγραμμα των αποκλίσεων για όλες τις μετρήσεις κάθε κατηγορίας υδρομετρητών, ο κύριος όγκος των τιμών στις αποκλίσεις βρίσκεται στο διάστημα μεταξύ 0 και 2.5%.

Δεδομένου ότι οι συνθήκες λειτουργίας των υδρομετρητών απείχαν από τις πραγματικές, δηλαδή η πίεση λειτουργίας της διάταξης δεν υπερέβη τα 5m ενώ στους οικιακούς υδρομετρητές είναι περί τα 40m, καθώς επίσης οι μετρημένες παροχές αφορούσαν μόνιμη ροή, καλό θα ήταν οι μετρήσεις να επαναληφθούν σε πραγματικές κατά το δυνατόν συνθήκες λειτουργίας. Επίσης, θα ήταν σκόπιμο να γίνουν μετρήσεις σε παλαιότερους υδρομετρητές, π.χ. 20-ετίας ή 30-ετίας, που πιθανά βρίσκονται σε χρήση στο δίκτυο της ΔΕΥΑΜΒ σήμερα.



## 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Δημητρίου Ι.Δ., Αθήνα 1992, *Πειραματική υδραυλική και υδραυλικές μετρήσεις*, εκδόσεις Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο
- Παπανικολάου, Π.Ν., 2002. *Σημειώσεις Πειραματικής Υδραυλικής*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Ang, A.H-S., and Tang, W.H., 1975. *Εφαρμογές πιθανοτήτων και στατιστικής στη μελέτη και προγραμματισμό τεχνικών έργων*. Μετάφραση, Επιμέλεια Δ. Παναγιωτακόπουλου, Εκδ. Οίκος Αδελφών Κυριακίδη Α.Ε., 520 σελ.
- Male, J.W., and Walski, T.M., 1991. *Water distribution systems*. Lewis Publishers Inc., 107 pp.
- International standard, ISO-4064/I-1977 (E), *Measurement of water flow in closed conduits—Meters for cold potable water – Part I: Specification*.
- Wheeler, A.J., and Ganji, A.R., 1996. *Introduction to engineering experimentation*. Prentice Hall, 417pp.
- Zenner, *Muli-jet meters and positive displacement meters*. Company publication, 20 pp.
- Zenner, *Test benches by Zenner*. Company publication, 4 pp.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Μετρήσεις παροχής που κατέγραψαν οι υδρομετρητές (7<sup>η</sup> στήλη) για διαφορετικές πραγματικές παροχές (8<sup>η</sup> και 9<sup>η</sup> στήλες). Στην 6<sup>η</sup> στήλη φαίνεται η στάθμη της δεξαμενής Η

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
2	Y1	716,6	729,9	13,3	86	2.660	0,045	2,700
	Y2	743,1	756,5	13,5		2.690		
	Y3	627,1	640,5	13,4		2.672		
	Y4	641,8	653,3	11,5		2.298		
	Y5	647,8	660,3	12,4		2.486		
3	Y1	757,7	778,9	21,2	89	4.246	0,0715	4,29
	Y2	784,2	805,4	21,2		4.236		
	Y3	668,2	689,1	20,8		4.162		
	Y4	683,0	703,9	20,9		4.178		
	Y5	687,3	708,1	20,8		4.168		
4	Y1	832,3	870,8	38,5	92,5	7.706	0,1239	7,435
	Y2	859,3	896,2	36,9		7.374		
	Y3	741,9	779,7	37,9		7.574		
	Y4	756,9	794,8	37,9		7.574		
	Y5	760,7	798,3	37,6		7.526		
5	Y1	945,8	994,6	48,8	95,5	9.754	0,1609	9,656
	Y2	970,5	1020,0	49,5		9.892		
	Y3	853,8	902,0	48,2		9.636		
	Y4	868,3	917,8	49,6		9.910		
	Y5	872,0	920,1	48,1		9.622		
6	Y1	145,9	199,2	53,3	96,5	10.656	0,176	10,56
	Y2	169,5	222,5	53,0		10.590		
	Y3	51,5	103,9	52,5		10.496		
	Y4	67,2	121,2	54,0		10.802		
	Y5	69,5	121,9	52,4		10.484		
7	Y1	357,6	414,1	56,5	97	11.294	0,182	10,92
	Y2	380,2	436,3	56,1		11.220		
	Y3	260,1	315,7	55,6		11.110		
	Y4	278,8	334,9	56,1		11.222		
	Y5	278,1	333,6	55,5		11.108		
8,55	Y1	529,9	594,0	64,1	98	12.816	0,204	12,24
	Y2	551,3	615,0	63,7		12.748		
	Y3	429,6	492,6	63,0		12.608		
	Y4	448,5	512,0	63,6		12.712		
	Y5	447,6	510,7	63,1		12.620		

**Πίνακας 1** Νέοι υδρομετρητές Y1-Y5

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y6	251,53	256,82	5,29	83	1,058	0,019	1,140
	Y7	250,22	255,57	5,35		1,070		
	Y8	271,25	276,5	5,25		1,050		
	Y9	511,18	516,47	5,29		1,058		
	Y10	258,16	263,49	5,33		1,066		
2	Y6	276,18	290,56	14,38	87	2,876	0,046	2,76
	Y7	275,06	289,58	14,52		2,904		
	Y8	295,58	309,77	14,19		2,838		
	Y9	535,73	550,04	14,31		2,862		
	Y10	282,83	297,18	14,35		2,870		
3	Y6	219,07	241,89	22,82	90	4,564	0,0745	4,47
	Y7	218,18	240,87	22,69		4,538		
	Y8	239,72	262,11	22,39		4,478		
	Y9	478,19	500,81	22,62		4,524		
	Y10	226,46	248,99	22,53		4,506		
4	Y6	422,8	459,75	36,95	93	7,390	0,12	7,2
	Y7	420,92	457,65	36,73		7,346		
	Y8	439,04	475,2	36,16		7,232		
	Y9	681,84	718,66	36,82		7,364		
	Y10	426,31	462,42	36,11		7,222		
5	Y6	549,1	598,74	49,64	95,5	9,928	0,159	9,54
	Y7	548,11	597,71	49,6		9,920		
	Y8	563,95	612,67	48,72		9,744		
	Y9	808	857,4	49,4		9,880		
	Y10	550,71	599,3	48,59		9,718		
6	Y6	716,54	770,22	53,68	96,5	10,736	0,172	10,32
	Y7	715,76	769,6	53,84		10,768		
	Y8	728,76	781,78	53,02		10,604		
	Y9	974,79	1028,38	53,59		10,718		
	Y10	714,9	767,68	52,78		10,556		
7	Y6	924,1	979,67	55,57	97	11,114	0,182	10,92
	Y7	924,28	980,13	55,85		11,170		
	Y8	934,11	989,07	54,96		10,992		
	Y9	182,18	237,72	55,54		11,108		
	Y10	919,46	974,25	54,79		10,958		
8,55	Y6	96,97	160,12	63,15	98	12,630	0,207	12,42
	Y7	98,2	161,81	63,61		12,722		
	Y8	105,38	168,01	62,63		12,526		
	Y9	354,85	417,95	63,1		12,620		
	Y10	90,03	152,41	62,38		12,476		

**Πίνακας 1 (συνέχεια)** Νέοι υδρομετρητές Y6-Y10

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y11	328,8	334,8	6,0	84,5	1,200	0,0205	1,230
	Y12	991,8	997,8	6,0		1,202		
	Y13	352,3	358,4	6,0		1,206		
	Y14	702,6	702,6	0,0		0,000		
	Y15	253,4	259,3	5,9		1,182		
2	Y11	574,4	588,8	14,4	87	2,874	0,049	2,94
	Y12	235,9	250,3	14,4		2,888		
	Y13	583,6	598,3	14,7		2,942		
	Y14	160,8	160,8	0,0		0,000		
	Y15	503,5	518,4	15,0		2,996		
3	Y11	635,9	658,3	22,4	89,5	4,490	0,074	4,44
	Y12	297,1	319,4	22,3		4,458		
	Y13	646,0	668,7	22,7		4,538		
	Y14	169,9	171,9	2,0		0,410		
	Y15	564,7	586,9	22,1		4,424		
4	Y11	712,2	748,9	36,8	93	7,350	0,119	7,14
	Y12	373,0	409,6	36,7		7,338		
	Y13	723,2	760,5	37,3		7,454		
	Y14	207,9	232,2	24,4		4,876		
	Y15	640,1	676,5	36,4		7,284		
5	Y11	830,7	878,0	47,3	95	9,462	0,154	9,24
	Y12	491,6	538,9	47,3		9,462		
	Y13	833,8	881,8	48,0		9,602		
	Y14	295,9	332,6	36,7		7,336		
	Y15	757,7	804,6	46,9		9,384		
6	Y11	935,1	986,9	51,8	96	10,368	0,168	10,08
	Y12	596,3	648,4	52,1		10,418		
	Y13	950,1	1003,1	52,9		10,584		
	Y14	378,8	421,4	42,6		8,528		
	Y15	861,5	912,9	51,4		10,274		
7	Y11	1099,0	1154,1	55,1	97	11,022	0,182	10,92
	Y12	761,0	816,3	55,3		11,064		
	Y13	117,7	174,0	56,3		11,262		
	Y14	516,3	562,9	46,6		9,310		
	Y15	1024,0	1078,6	54,6		10,92		
8,55	Y11	243,3	306,2	63,0	98,5	12,594	0,206	12,36
	Y12	906,0	969,2	63,3		12,654		
	Y13	265,2	329,5	64,3		12,868		
	Y14	641,7	697,4	55,7		11,138		
	Y15	167,8	231,1	63,3		12,658		

**Πίνακας 1 (συνέχεια)** Νέοι υδρομετρητές Y11-Y15



rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y16	303,3	309,2	5,9	84	1,178	0,02	1,200
	Y17	201,7	207,4	5,7		1,134		
	Y18	229,3	235,1	5,8		1,158		
	Y19	924,5	930,4	5,9		1,178		
	Y20	995,5	1001,4	5,8		1,168		
2	Y16	568,8	583,3	14,5	88	2,898	0,051	3,06
	Y17	484,3	498,5	14,2		2,840		
	Y18	497,5	512,0	14,5		2,890		
	Y19	185,9	200,4	14,5		2,906		
	Y20	262,1	276,7	14,6		2,926		
3	Y16	608,3	630,8	22,5	89,5	4,496	0,074	4,44
	Y17	523,0	545,1	22,1		4,414		
	Y18	536,8	559,2	22,4		4,470		
	Y19	235,4	257,8	22,5		4,490		
	Y20	201,7	224,3	22,5		4,506		
4	Y16	679,9	717,8	38,0	93	7,598	0,122	7,32
	Y17	593,3	630,6	37,3		7,466		
	Y18	608,0	645,9	37,9		7,572		
	Y19	306,5	344,3	37,8		7,558		
	Y20	373,4	411,5	38,1		7,618		
5	Y16	768,2	817,5	49,3	95	9,856	0,155	9,3
	Y17	679,9	728,2	48,2		9,644		
	Y18	696,1	745,3	49,2		9,842		
	Y19	384,2	433,0	48,8		9,762		
	Y20	461,8	511,1	49,3		9,852		
6	Y16	928,8	982,0	53,2	96	10,646	0,171	10,26
	Y17	836,9	888,9	52,0		10,394		
	Y18	856,5	909,6	53,2		10,630		
	Y19	553,3	606,1	52,8		10,554		
	Y20	622,3	675,5	53,2		10,644		
7	Y16	67,5	123,6	56,2	97	11,234	0,181	10,86
	Y17	972,2	1027,0	54,8		10,954		
	Y18	994,8	1050,8	56,0		11,196		
	Y19	680,8	736,5	55,6		11,126		
	Y20	760,8	816,8	56,0		11,202		
8,55	Y16	226,4	290,1	63,8	98	12,754	0,204	12,24
	Y17	127,0	189,0	62,0		12,402		
	Y18	153,0	216,3	63,4		12,672		
	Y19	848,3	911,4	63,1		12,626		
	Y20	919,0	982,4	63,4		12,686		

**Πίνακας 1 (συνέχεια)** Νέοι υδρομετρητές Y16-Y20

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y21	184,5	189,7	5,1	84	1,026	0,0195	1,170
	Y22	342,3	347,5	5,2		1,048		
	Y23	199,4	204,7	5,3		1,062		
	Y24	38,5	43,8	5,3		1,060		
	Y25	107,8	113,1	5,3		1,070		
2	Y21	288,9	302,8	13,8	88	2,768	0,052	3,12
	Y22	438,7	452,6	14,0		2,790		
	Y23	391,6	405,7	14,1		2,820		
	Y24	191,0	205,1	14,1		2,828		
	Y25	203,3	217,4	14,1		2,822		
3	Y21	336,0	359,0	23,0	89,5	4,594	0,075	4,5
	Y22	486,0	509,1	23,1		4,610		
	Y23	439,5	462,8	23,3		4,658		
	Y24	238,6	261,7	23,0		4,608		
	Y25	251,0	274,2	23,2		4,632		
4	Y21	433,3	471,6	38,3	93,5	7,656	0,122	7,32
	Y22	584,0	621,9	38,0		7,594		
	Y23	538,1	576,3	38,2		7,640		
	Y24	337,4	375,6	38,2		7,640		
	Y25	348,9	386,8	37,9		7,580		
5	Y21	547,4	595,7	48,3	95	9,654	0,154	9,24
	Y22	698,2	746,7	48,4		9,684		
	Y23	653,1	701,7	48,6		9,718		
	Y24	453,7	501,9	48,2		9,638		
	Y25	463,2	511,9	48,7		9,730		
6	Y21	729,8	782,3	52,4	96	10,482	0,172	10,32
	Y22	882,0	935,0	53,0		10,602		
	Y23	837,3	890,5	53,2		10,634		
	Y24	583,5	635,9	52,3		10,466		
	Y25	647,2	700,1	53,0		10,592		
7	Y21	874,0	928,9	54,9	97	10,972	0,183	10,98
	Y22	27,8	83,3	55,5		11,106		
	Y23	983,5	1039,2	55,7		11,134		
	Y24	727,5	782,3	54,8		10,960		
	Y25	792,9	848,4	55,5		11,096		
8,55	Y21	108,6	170,9	62,4	98,5	12,476	0,206	12,36
	Y22	265,5	328,5	63,1		12,610		
	Y23	221,9	285,4	63,4		12,688		
	Y24	962,1	1024,5	62,5		12,494		
	Y25	30,5	93,8	63,3		12,658		

**Πίνακας 1 (συνέχεια)** Νέοι υδρομετρητές Y21-Y25

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y26	47,6	49,6	2,0	84	0,396	0,019	1,140
	Y27	67,0	72,4	5,4		1,086		
	Y28	96,4	101,8	5,4		1,076		
	Y29	99,4	104,7	5,4		1,076		
	Y30	79,4	84,8	5,4		1,082		
2	Y26	233,3	241,8	8,5	86,5	1,708	0,041	2,46
	Y27	232,4	243,5	11,0		2,204		
	Y28	258,3	269,4	11,1		2,220		
	Y29	260,3	271,8	11,5		2,300		
	Y30	248,1	259,0	10,9		2,182		
3	Y26	274,9	294,8	19,9	89,5	3,978	0,072	4,32
	Y27	281,0	302,5	21,4		4,284		
	Y28	306,6	328,8	22,1		4,424		
	Y29	309,4	330,8	21,4		4,278		
	Y30	296,7	318,0	21,3		4,268		
4	Y26	376,8	413,0	36,2	93	7,246	0,123	7,38
	Y27	385,8	423,6	37,8		7,554		
	Y28	413,0	450,4	37,4		7,470		
	Y29	415,6	453,0	37,4		7,488		
	Y30	401,4	438,3	36,9		7,374		
5	Y26	504,4	552,4	48,0	95,5	9,596	0,153	9,18
	Y27	516,1	564,6	48,5		9,704		
	Y28	543,5	592,3	48,9		9,774		
	Y29	545,9	594,7	48,8		9,756		
	Y30	530,6	579,0	48,4		9,676		
6	Y26	628,8	681,1	52,3	96,5	10,458	0,173	10,38
	Y27	641,6	694,3	52,7		10,532		
	Y28	669,4	722,2	52,8		10,562		
	Y29	672,1	725,0	53,0		10,592		
	Y30	655,7	708,1	52,5		10,496		
7	Y26	775,2	830,3	55,1	97,5	11,020	0,184	11,04
	Y27	789,1	844,6	55,5		11,106		
	Y28	817,0	872,9	55,9		11,176		
	Y29	820,3	876,1	55,8		11,162		
	Y30	802,6	858,0	55,4		11,076		
8,55	Y26	978,2	1040,6	62,4	98,5	12,484	0,204	12,24
	Y27	993,3	1056,1	62,8		12,556		
	Y28	1022,5	1085,7	63,1		12,626		
	Y29	1025,5	1088,6	63,1		12,614		
	Y30	1006,1	1068,6	62,5		12,500		

Πίνακας 1 (συνέχεια) Νέοι υδρομετρητές Y26-Y30

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y1	-	-	-	84	0,000	0,0175	1,050
	Y2	583,1	588,1	5		1,000		
	Y3	881,5	886,6	5,1		1,020		
	Y4	909,7	915,6	5,9		1,180		
	Y5	1030,6	1035,1	4,5		0,900		
2	Y1	-	-	-	86,5	0,000	0,047	2,82
	Y2	561,7	577,4	15,7		2,617		
	Y3	859,3	875,7	16,4		2,733		
	Y4	884,6	903,2	18,6		3,100		
	Y5	1009,8	1025,9	16,1		2,683		
3	Y1	-	-	-	89,5	0,000	0,074	4,44
	Y2	523,2	548,8	25,6		4,267		
	Y3	819,9	846,2	26,3		4,383		
	Y4	840,2	870	29,8		4,967		
	Y5	970,3	996,8	26,5		4,417		
4	Y1	-	-	-	93	0,000	0,122	7,32
	Y2	462	497,1	35,1		7,020		
	Y3	757,4	793,3	35,9		7,180		
	Y4	769,6	810,1	40,5		8,100		
	Y5	906,9	943,4	36,5		7,300		
5	Y1	-	-	-	95,5	0,000	0,159	9,54
	Y2	383,8	429,6	45,8		9,160		
	Y3	678,2	724,3	46,1		9,220		
	Y4	680,2	732,3	52,1		10,420		
	Y5	826,1	873,3	47,2		9,440		
6	Y1	-	-	-	96,5	0,000	0,17	10,2
	Y2	300,1	348,8	48,7		9,740		
	Y3	593	642,6	49,6		9,920		
	Y4	584,6	640,3	55,7		11,140		
	Y5	739,4	790	50,6		10,120		
7	Y1	-	-	-	97,5	0,000	0,1814	10,884
	Y2	216,2	267,8	51,6		10,320		
	Y3	508,4	560,5	52,1		10,420		
	Y4	489,5	548,1	58,6		11,720		
	Y5	653,2	706,2	53		10,600		
8,55	Y1	-	-	-	98,5	0,000	0,206	12,36
	Y2	112,3	169,4	57,1		11,420		
	Y3	403	461	58		11,600		
	Y4	370,8	436	65,2		13,040		
	Y5	545,3	604,8	59,5		11,900		

Πίνακας 2 Υδρομετρητές 10-ετίας Y1-Y5

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y6	877,7	883	5,3	84	1,060	0,019	1,140
	Y7	702,2	707,7	5,5		1,100		
	Y8	137,1	141,2	4,1		0,820		
	Y9	378	378	0		0,000		
	Y10	809,4	815	5,6		1,120		
2	Y6	855,7	870,5	14,8	87,5	2,960	0,049	2,94
	Y7	680,8	695,1	14,3		2,860		
	Y8	119,2	132,2	13		2,600		
	Y9	364,1	377,3	13,2		2,640		
	Y10	786,1	801,6	15,5		3,100		
3	Y6	812	833,1	21,1	89,5	4,220	0,072	4,32
	Y7	638,1	658,8	20,7		4,140		
	Y8	1080,2	1099,3	19,1		3,820		
	Y9	322,6	343,6	21		4,200		
	Y10	740,2	762,3	22,1		4,420		
4	Y6	748,2	780,7	32,5	92,5	6,500	0,113	6,78
	Y7	575,2	607,3	32,1		6,420		
	Y8	1023,1	1052,3	29,2		5,840		
	Y9	257,8	291,3	33,5		6,700		
	Y10	672,6	707,1	34,5		6,900		
5	Y6	637,8	684,7	46,9	95,5	9,380	0,159	9,54
	Y7	465,3	512,6	47,3		9,460		
	Y8	923,8	966,1	42,3		8,460		
	Y9	143,6	192,7	49,1		9,820		
	Y10	556,4	606	49,6		9,920		
6	Y6	510,5	561,1	50,6	96	10,120	0,172	10,32
	Y7	338,4	389,1	50,7		10,140		
	Y8	809,2	854,8	45,6		9,120		
	Y9	1010,8	1063,8	53		10,600		
	Y10	422,3	475,6	53,3		10,660		
7	Y6	377,2	430	52,8	96,5	10,560	0,181	10,86
	Y7	205,1	257,8	52,7		10,540		
	Y8	689,3	736,7	47,4		9,480		
	Y9	872,7	927,1	54,4		10,880		
	Y10	282,2	337,8	55,6		11,120		
8,55	Y6	232,8	293,1	60,3	98	12,060	0,206	12,36
	Y7	1061,7	1121,6	59,9		11,980		
	Y8	559,5	613,7	54,2		10,840		
	Y9	723,3	785,4	62,1		12,420		
	Y10	130,7	193,6	62,9		12,580		

Πίνακας 2 (συνέχεια) Υδρομετρητές 10-ετίας Y6-Y10



rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	Q=(F2-F1)/Δt (l/min)	Q (l/s)	Q (l/min)
1	Y11	896.8	902.1	5.3	84	1.060	0.02	1.2
	Y12	151.8	156.6	4.8		0.960		
	Y13	1047.5	1052.8	5.3		1.060		
	Y14	599.4	604.5	5.1		1.020		
	Y15	1071.2	1076.9	5.7		1.140		
2	Y11	876.0	890.7	14.7	87.5	2.940	0.05	3
	Y12	131.3	1461	14.8		2.960		
	Y13	1026.1	1041.3	15.2		3.040		
	Y14	578.7	593.2	14.5		2.900		
	Y15	1048.6	1064.5	15.9		3.180		
3	Y11	834.3	856.4	22.1	89.5	4.420	0.076	4.56
	Y12	1089.2	1111.5	22.3		4.460		
	Y13	983.2	1005.9	22.7		4.540		
	Y14	537.2	559.1	21.9		4.380		
	Y15	1003.3	1027.3	24.0		4.800		
4	Y11	763.4	799.9	36.5	93	7.300	0.125	7.5
	Y12	1016.7	1053.8	37.1		7.420		
	Y13	910.2	947.7	37.5		7.500		
	Y14	465.7	502.2	36.5		7.300		
	Y15	924.9	965.2	40.3		8.060		
5	Y11	667.0	713.6	46.6	95	9.320	0.16	9.6
	Y12	917.3	965.4	48.1		9.620		
	Y13	810.8	859.0	48.2		9.640		
	Y14	368.2	415.5	47.3		9.460		
	Y15	817.8	869.8	52.0		10.400		
6	Y11	547.7	597.8	50.1	95.5	10.020	0.174	10.44
	Y12	794.2	846.0	51.8		10.360		
	Y13	687.9	739.6	51.7		10.340		
	Y14	247.6	298.2	50.6		10.120		
	Y15	685.3	740.9	55.6		11.120		
7	Y11	432.6	484.9	52.3	96	10.460	0.18	10.8
	Y12	675.4	729.7	54.3		10.860		
	Y13	569.5	623.2	53.7		10.740		
	Y14	131.2	184.2	53.0		10.600		
	Y15	557.8	615.8	58.0		11.600		
8.55	Y11	297.3	356.6	59.3	98	11.860	0.206	12.36
	Y12	534.9	596.7	61.8		12.360		
	Y13	429.6	490.8	61.2		12.240		
	Y14	993.9	1054.1	60.2		12.040		
	Y15	407.4	473.3	65.9		13.180		

**Πίνακας 2 (συνέχεια)** Υδρομετρητές 10-ετίας Y11-Y15

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y16	927,2	933,2	6,0	84	1,200	0,019	1,140
	Y17	439,6	444,8	5,2		1,040		
	Y18	1099,2	1104,8	5,6		1,128		
	Y19	375,2	380,2	5,0		1,000		
	Y20	382,8	388,4	5,6		1,120		
2	Y16	907,7	922,5	14,8	87,5	2,960	0,046	2,76
	Y17	422,2	435,3	13,1		2,620		
	Y18	1081,0	1094,8	13,8		2,768		
	Y19	357,9	371,3	13,4		2,680		
	Y20	364,8	378,5	13,7		2,740		
3	Y16	869,4	892,7	23,3	90	4,660	0,075	4,5
	Y17	388,2	409,0	20,8		4,160		
	Y18	1045,4	1066,9	21,6		4,312		
	Y19	322,8	344,1	21,3		4,260		
	Y20	329,5	350,9	21,4		4,280		
4	Y16	801,6	841,8	40,2	93	8,040	0,125	7,5
	Y17	327,8	363,7	35,9		7,180		
	Y18	983,6	1020,0	36,4		7,284		
	Y19	260,6	297,3	36,7		7,340		
	Y20	267,6	304,2	36,6		7,320		
5	Y16	698,4	750,6	52,2	95	10,440	0,162	9,72
	Y17	235,3	282,3	47,0		9,400		
	Y18	890,6	937,7	47,1		9,420		
	Y19	166,5	214,0	47,5		9,500		
	Y20	173,2	220,9	47,7		9,540		
6	Y16	592,6	649,0	56,4	96	11,280	0,173	10,38
	Y17	140,2	191,0	50,8		10,160		
	Y18	795,2	846,1	50,9		10,180		
	Y19	1070,3	1121,7	51,4		10,280		
	Y20	1076,6	1128,2	51,6		10,320		
7	Y16	466,2	525,5	59,3	96,5	11,860	0,183	10,98
	Y17	1026,6	1080,0	53,4		10,680		
	Y18	681,2	734,8	53,6		10,728		
	Y19	955,4	1009,6	54,2		10,840		
	Y20	961,0	1015,4	54,4		10,880		
8,55	Y16	336,4	403,6	67,2	98,5	13,440	0,207	12,42
	Y17	909,4	970,1	60,7		12,140		
	Y18	563,5	624,5	61,1		12,210		
	Y19	837,5	898,5	61,0		12,200		
	Y20	842,0	903,6	61,6		12,320		

**Πίνακας 2 (συνέχεια)** Υδρομετρητές 10-ετίας Y16-Y20

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y21	963,6	971,2	7,6	84	1,263	0,02	1,200
	Y22	501,9	509,5	7,6		1,263		
	Y23	563,6	571,0	7,4		1,233		
	Y24	413,1	420,6	7,5		1,257		
	Y25	732,0	739,4	7,4		1,240		
2	Y21	945,6	959,0	13,4	87	2,684	0,047	2,82
	Y22	483,8	497,3	13,5		2,696		
	Y23	545,8	559,1	13,3		2,664		
	Y24	394,8	408,4	13,6		2,722		
	Y25	714,1	727,4	13,3		2,658		
3	Y21	910,9	932,9	22,0	89,5	4,390	0,075	4,5
	Y22	448,8	471,0	22,2		4,440		
	Y23	511,5	533,2	21,7		4,348		
	Y24	359,5	381,9	22,4		4,476		
	Y25	679,4	701,4	22,0		4,408		
4	Y21	855,7	893,1	37,4	93	7,476	0,124	7,44
	Y22	392,9	430,8	37,8		7,568		
	Y23	456,7	493,8	37,1		7,410		
	Y24	303,2	341,3	38,1		7,624		
	Y25	623,9	661,5	37,6		7,522		
5	Y21	765,5	823,9	58,4	95	9,742	0,163	9,78
	Y22	301,4	360,8	59,4		9,895		
	Y23	367,4	425,3	57,9		9,648		
	Y24	211,2	270,8	59,6		9,933		
	Y25	533,1	592,0	58,9		9,823		
6	Y21	681,7	735,5	53,8	96	10,762	0,175	10,5
	Y22	216,4	270,9	54,6		10,912		
	Y23	284,4	337,7	53,2		10,646		
	Y24	125,9	180,7	54,8		10,950		
	Y25	448,7	502,8	54,1		10,824		
7	Y21	559,4	616,0	56,7	97	11,334	0,185	11,1
	Y22	1092,3	1149,8	57,5		11,494		
	Y23	1163,0	1219,3	56,3		11,268		
	Y24	1001,4	1059,1	57,7		11,536		
	Y25	325,7	382,6	57,0		11,392		
8,55	Y21	408,7	473,3	64,6	98,5	12,912	0,206	12,36
	Y22	939,4	1004,9	65,5		13,106		
	Y23	1013,5	1077,5	64,0		12,802		
	Y24	848,2	913,8	65,6		13,124		
	Y25	174,4	239,2	64,8		12,952		

**Πίνακας 2 (συνέχεια)** Υδρομετρητές 10-ετίας Y21-Y25

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y26	162,3	168,7	6,4	84,5	1,282	0,02	1,200
	Y27	229,4	235,8	6,4		1,278		
	Y28	1002,2	1008,5	6,3		1,266		
	Y29	161,4	167,9	6,4		1,290		
	Y30	1037,1	1043,6	6,5		1,296		
2	Y26	185,8	199,8	14,0	87,5	2,796	0,049	2,94
	Y27	252,8	266,6	13,8		2,758		
	Y28	1025,9	1040,0	14,1		2,818		
	Y29	185,2	199,3	14,1		2,816		
	Y30	1061,0	1075,2	14,2		2,846		
3	Y26	223,7	246,0	22,3	89,5	4,456	0,073	4,38
	Y27	290,1	311,9	21,8		4,362		
	Y28	1064,2	1086,8	22,5		4,502		
	Y29	223,4	245,8	22,4		4,480		
	Y30	1099,5	1122,1	22,6		4,518		
4	Y26	295,2	331,5	36,3	92,5	7,250	0,121	7,26
	Y27	360,2	396,0	35,8		7,156		
	Y28	136,7	173,6	36,9		7,380		
	Y29	295,2	331,6	36,5		7,294		
	Y30	172,0	208,8	36,8		7,362		
5	Y26	384,2	431,9	47,8	95	9,552	0,159	9,54
	Y27	447,8	494,8	47,1		9,416		
	Y28	227,3	275,9	48,6		9,728		
	Y29	384,8	433,1	48,3		9,662		
	Y30	262,4	311,0	48,6		9,728		
6	Y26	500,5	554,4	53,9	97	10,780	0,178	10,68
	Y27	562,6	615,9	53,3		10,652		
	Y28	346,0	401,0	55,0		11,006		
	Y29	502,9	557,8	54,9		10,986		
	Y30	380,9	435,9	55,0		10,994		
7	Y26	628,0	684,4	56,4	97,5	11,290	0,188	11,28
	Y27	688,5	744,0	55,5		11,104		
	Y28	476,0	533,5	57,5		11,504		
	Y29	632,7	690,1	57,4		11,488		
	Y30	510,8	568,3	57,5		11,502		
8,55	Y26	787,5	851,9	64,4	98,5	12,880	0,209	12,54
	Y27	845,4	908,9	63,5		12,700		
	Y28	638,3	704,0	65,7		13,136		
	Y29	794,9	860,2	65,3		13,068		
	Y30	673,2	738,8	65,6		13,122		

**Πίνακας 2 (συνέχεια)** Υδρομετρητές 10-ετίας Y26-Y30

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y1	219,1	225,1	5,9	85	1,188	0,021	1,260
	Y2	806,2	812,3	6,0		1,204		
	Y3	246,8	252,8	6,0		1,196		
	Y4	559,6	565,5	5,9		1,188		
	Y5	981,6	987,6	6,0		1,208		
2	Y1	257,3	271,8	14,4	87	2,884	0,049	2,94
	Y2	944,8	959,3	14,5		2,896		
	Y3	285,3	299,9	14,6		2,912		
	Y4	597,9	612,5	14,5		2,906		
	Y5	1020,8	1035,6	14,9		2,970		
3	Y1	297,5	318,9	21,3	89	4,266	0,072	4,32
	Y2	985,2	1006,6	21,4		4,286		
	Y3	325,8	347,2	21,4		4,286		
	Y4	638,5	660,0	21,6		4,310		
	Y5	1062,2	1084,1	21,9		4,390		
4	Y1	399,1	435,9	36,7	93	7,344	0,122	7,32
	Y2	1088,0	1124,7	36,8		7,356		
	Y3	428,0	464,6	36,6		7,328		
	Y4	741,2	778,0	36,9		7,370		
	Y5	167,0	204,6	37,6		7,520		
5	Y1	474,8	522,8	47,9	95	9,584	0,159	9,54
	Y2	163,9	212,0	48,1		9,616		
	Y3	503,5	551,2	47,7		9,530		
	Y4	817,3	865,5	48,2		9,638		
	Y5	244,3	292,9	48,7		9,736		
6	Y1	590,1	643,0	52,9	96	10,578	0,174	10,44
	Y2	279,9	333,1	53,3		10,658		
	Y3	618,1	670,8	52,6		10,526		
	Y4	933,3	986,6	53,3		10,662		
	Y5	361,2	414,9	53,6		10,728		
7	Y1	725,9	781,1	55,2	96,5	11,040	0,186	11,16
	Y2	416,7	472,2	55,5		11,102		
	Y3	753,4	808,2	54,9		10,976		
	Y4	1070,3	1125,9	55,6		11,120		
	Y5	509,0	564,9	55,9		11,178		
8,55	Y1	888,7	951,6	62,9	98,5	12,582	0,208	12,48
	Y2	580,5	643,9	63,4		12,678		
	Y3	915,0	978,4	63,3		12,664		
	Y4	234,1	297,3	63,2		12,644		
	Y5	663,5	727,2	63,6		12,726		

Πίνακας 3 Υδρομετρητές 5-ετίας Y1-Y5



rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y6	408,6	415,0	6,4	85	1,280	0,0215	1,290
	Y7	216,9	223,3	6,3		1,268		
	Y8	1030,1	1036,5	6,4		1,282		
	Y9	210,5	216,9	6,5		1,292		
	Y10	208,4	214,8	6,4		1,280		
2	Y6	425,2	440,8	15,6	87	3,116	0,05	3
	Y7	233,3	248,6	15,3		3,054		
	Y8	1046,6	1061,9	15,3		3,062		
	Y9	227,2	242,7	15,5		3,104		
	Y10	225,1	240,7	15,6		3,128		
3	Y6	454,1	476,4	22,3	89	4,468	0,072	4,32
	Y7	261,6	283,6	22,0		4,400		
	Y8	1074,9	1096,9	22,0		4,392		
	Y9	255,8	278,1	22,2		4,446		
	Y10	254,0	276,2	22,3		4,456		
4	Y6	526,0	560,4	34,4	92,5	6,870	0,115	6,9
	Y7	332,8	366,7	33,9		6,788		
	Y8	145,9	180,0	34,1		6,814		
	Y9	327,2	361,5	34,2		6,844		
	Y10	325,8	360,2	34,5		6,892		
5	Y6	626,5	671,1	44,6	94,5	8,916	0,149	8,94
	Y7	432,2	476,4	44,2		8,840		
	Y8	245,5	289,7	44,2		8,840		
	Y9	427,3	471,7	44,4		8,888		
	Y10	426,8	471,7	44,9		8,970		
6	Y6	739,9	792,1	52,2	96	10,440	0,173	10,38
	Y7	544,6	596,4	51,9		10,372		
	Y8	357,8	409,6	51,9		10,378		
	Y9	540,3	592,3	52,0		10,404		
	Y10	540,9	593,5	52,6		10,518		
7	Y6	851,9	907,8	55,9	96,5	11,180	0,186	11,16
	Y7	655,8	711,5	55,7		11,136		
	Y8	469,2	525,0	55,8		11,158		
	Y9	652,0	708,0	56,0		11,202		
	Y10	653,8	710,3	56,5		11,30		
8,55	Y6	963,3	1025,5	62,2	98,5	12,432	0,207	12,42
	Y7	766,6	828,4	61,8		12,366		
	Y8	580,2	641,9	61,8		12,352		
	Y9	763,5	825,7	62,2		12,446		
	Y10	766,4	829,4	63,0		12,596		

**Πίνακας 3 (συνέχεια)** Υδρομετρητές 5-ετίας Y6-Y10

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y11	1369,8	1374,9	5,1	85	1,020	0,021	1,260
	Y12	3156,0	3161,2	5,2		1,040		
	Y13	6718,6	6724,2	5,6		1,120		
	Y14	8341,7	8347,4	5,7		1,140		
	Y15	3183,2	3189,3	6,1		1,220		
2	Y11	392,8	404,6	11,8	86,5	2,360	0,044	2,64
	Y12	178,6	190,2	11,6		2,320		
	Y13	742,4	754,6	12,2		2,440		
	Y14	366,9	379,8	12,9		2,580		
	Y15	208,8	221,9	13,1		2,620		
3	Y11	426,3	446,2	19,9	88,5	3,980	0,07	4,2
	Y12	211,5	231,0	19,5		3,900		
	Y13	776,7	796,7	20,0		4,000		
	Y14	403,0	424,2	21,2		4,240		
	Y15	245,3	266,8	21,5		4,300		
4	Y11	487,5	522,2	34,7	93	6,940	0,122	7,32
	Y12	271,8	305,8	34,0		6,800		
	Y13	838,6	873,8	35,2		7,040		
	Y14	468,3	505,2	36,9		7,380		
	Y15	310,8	347,8	37,0		7,400		
5	Y11	576,1	620,9	44,8	95	8,960	0,158	9,48
	Y12	359,1	404,0	44,9		8,980		
	Y13	928,2	974,3	46,1		9,220		
	Y14	561,9	610,4	48,5		9,700		
	Y15	403,8	451,9	48,1		9,620		
6	Y11	672,4	721,9	49,5	96	9,900	0,174	10,44
	Y12	455,7	505,0	49,3		9,860		
	Y13	1027,6	1078,1	50,5		10,100		
	Y14	666,7	720,0	53,3		10,660		
	Y15	507,8	560,8	53,0		10,600		
7	Y11	792,9	845,0	52,1	96	10,420	0,182	10,92
	Y12	575,0	626,5	51,5		10,300		
	Y13	150,0	203,1	53,1		10,620		
	Y14	795,8	851,7	55,9		11,180		
	Y15	635,9	691,2	55,3		11,060		
8,55	Y11	933,1	994,0	60,9	98	12,180	0,206	12,36
	Y12	709,3	768,0	58,7		11,740		
	Y13	290,5	350,7	60,2		12,040		
	Y14	943,0	1006,5	63,5		12,700		
	Y15	781,9	844,5	62,6		12,520		

**Πίνακας 3 (συνέχεια)** Υδρομετρητές 5-ετίας Y11-Y15

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y16	680,3	685,5	5,2	85	1,040	0,021	1,260
	Y17	829,7	834,6	4,9		0,980		
	Y18	434,4	439,9	5,5		1,100		
	Y19	122,7	127,9	5,2		1,040		
	Y20	383,6	389,0	5,4		1,080		
2	Y16	704,3	715,2	10,9	86,5	2,180	0,042	2,52
	Y17	854,2	865,7	11,5		2,300		
	Y18	460,4	472,1	11,7		2,340		
	Y19	148,2	160,0	11,8		2,360		
	Y20	409,2	420,8	11,6		2,320		
3	Y16	741,9	762,1	20,2	89	4,040	0,0715	4,29
	Y17	892,9	913,3	20,4		4,080		
	Y18	500,3	521,7	21,4		4,280		
	Y19	188,1	209,5	21,4		4,280		
	Y20	448,8	470,0	21,2		4,240		
4	Y16	796,8	832,8	36,0	92,5	7,200	0,123	7,38
	Y17	947,4	983,1	35,7		7,140		
	Y18	556,6	593,3	36,7		7,340		
	Y19	244,4	281,7	37,3		7,460		
	Y20	505,1	542,2	37,1		7,420		
5	Y16	888,2	936,6	48,4	95	9,680	0,159	9,54
	Y17	1037,2	1084,3	47,1		9,420		
	Y18	649,2	697,1	47,9		9,580		
	Y19	337,5	385,7	48,2		9,640		
	Y20	598,7	647,3	48,6		9,720		
6	Y16	988,1	1040,7	52,6	96	10,520	0,174	10,44
	Y17	134,7	186,0	51,3		10,260		
	Y18	748,9	801,2	52,3		10,460		
	Y19	437,7	490,3	52,6		10,520		
	Y20	699,8	752,8	53,0		10,600		
7	Y16	106,4	161,5	55,1	96	11,020	0,185	11,1
	Y17	250,2	303,9	53,7		10,740		
	Y18	866,0	920,8	54,8		10,960		
	Y19	555,3	610,8	55,5		11,100		
	Y20	819,0	874,3	55,3		11,060		
8,55	Y16	230,2	291,0	60,8	98	12,160	0,205	12,3
	Y17	371,0	431,0	60,0		12,000		
	Y18	988,4	1049,2	60,8		12,160		
	Y19	679,1	740,1	61,0		12,200		
	Y20	943,6	1005,4	61,8		12,360		

**Πίνακας 3 (συνέχεια)** Υδρομετρητές 5-ετίας Y16-Y20

rev	#	F1	F2	F2-F1	H (mm)	$Q=(F2-F1)/\Delta t$ (l/min)	Q (l/s)	Q(l/min)
1	Y21	219,1	225,1	5,9	85	1,188	0,021	1,260
	Y22	806,2	812,3	6,0		1,204		
	Y23	246,8	252,8	6,0		1,196		
	Y24	559,6	565,5	5,9		1,188		
	Y25	981,6	987,6	6,0		1,208		
2	Y21	257,3	271,8	14,4	87	2,884	0,049	2,94
	Y22	944,8	959,3	14,5		2,896		
	Y23	285,3	299,9	14,6		2,912		
	Y24	597,9	612,5	14,5		2,906		
	Y25	1020,8	1035,6	14,9		2,970		
3	Y21	297,5	318,9	21,3	89	4,266	0,072	4,32
	Y22	985,2	1006,6	21,4		4,286		
	Y23	325,8	347,2	21,4		4,286		
	Y24	638,5	660,0	21,6		4,310		
	Y25	1062,2	1084,1	21,9		4,390		
4	Y21	399,1	435,9	36,7	93	7,344	0,122	7,32
	Y22	1088,0	1124,7	36,8		7,356		
	Y23	428,0	464,6	36,6		7,328		
	Y24	741,2	778,0	36,9		7,370		
	Y25	167,0	204,6	37,6		7,520		
5	Y21	474,8	522,8	47,9	95	9,584	0,159	9,54
	Y22	163,9	212,0	48,1		9,616		
	Y23	503,5	551,2	47,7		9,530		
	Y24	817,3	865,5	48,2		9,638		
	Y25	244,3	292,9	48,7		9,736		
6	Y21	590,1	643,0	52,9	96	10,578	0,174	10,44
	Y22	279,9	333,1	53,3		10,658		
	Y23	618,1	670,8	52,6		10,526		
	Y24	933,3	986,6	53,3		10,662		
	Y25	361,2	414,9	53,6		10,728		
7	Y21	725,9	781,1	55,2	96,5	11,040	0,186	11,16
	Y22	416,7	472,2	55,5		11,102		
	Y23	753,4	808,2	54,9		10,976		
	Y24	1070,3	1125,9	55,6		11,120		
	Y25	509,0	564,9	55,9		11,178		
8,55	Y21	888,7	951,6	62,9	98,5	12,582	0,208	12,48
	Y22	580,5	643,9	63,4		12,678		
	Y23	915,0	978,4	63,3		12,664		
	Y24	234,1	297,3	63,2		12,644		
	Y25	663,5	727,2	63,6		12,726		

Πίνακας 3 (συνέχεια) Υδρομετρητές 5-ετίας Y21-Y25



Νέοι υδρομετρητές

	Q ind	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
1	2,70	2,66	2,69	2,67	2,30	2,49
2	4,29	4,25	4,24	4,16	4,18	4,17
3	7,44	7,71	7,37	7,57	7,57	7,53
4	9,66	9,75	9,89	9,64	9,91	9,62
5	10,56	10,66	10,59	10,50	10,80	10,48
6	10,92	11,29	11,22	11,11	11,22	11,11
7	12,24	12,82	12,75	12,61	12,71	12,62

	Q ind	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
1	1,14	1,06	1,07	1,05	1,06	1,07
2	2,76	2,88	2,90	2,84	2,86	2,87
3	4,47	4,56	4,54	4,48	4,52	4,51
4	7,20	7,39	7,35	7,23	7,36	7,22
5	9,54	9,93	9,92	9,74	9,88	9,72
6	10,32	10,74	10,77	10,60	10,72	10,56
7	10,92	11,11	11,17	10,99	11,11	10,96
8	12,42	12,63	12,72	12,53	12,62	12,48

	Q ind	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15
1	1,23	1,20	1,20	1,21	0,00	1,18
2	2,94	2,87	2,89	2,94	0,00	3,00
3	4,44	4,49	4,46	4,54	0,41	4,42
4	7,14	7,35	7,34	7,45	4,88	7,28
5	9,24	9,46	9,46	9,60	7,34	9,38
6	10,08	10,37	10,42	10,58	8,53	10,27
7	10,92	11,02	11,06	11,26	9,31	10,92
8	12,36	12,59	12,65	12,87	11,14	12,66

	Q ind	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20
1	1,20	1,18	1,13	1,16	1,18	1,17
2	3,06	2,90	2,84	2,89	2,91	2,93
3	4,44	4,50	4,41	4,47	4,49	4,51
4	7,32	7,60	7,47	7,57	7,56	7,62
5	9,30	9,86	9,64	9,84	9,76	9,85
6	10,26	10,65	10,39	10,63	10,55	10,64
7	10,86	11,23	10,95	11,20	11,13	11,20
8	12,24	12,75	12,40	12,67	12,63	12,69

	Q ind	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
1	1,17	1,03	1,05	1,06	1,06	1,07
2	3,12	2,77	2,79	2,82	2,83	2,82
3	4,50	4,59	4,61	4,66	4,61	4,63
4	7,32	7,66	7,59	7,64	7,64	7,58
5	9,24	9,65	9,68	9,72	9,64	9,73
6	10,32	10,48	10,60	10,63	10,47	10,59
7	10,98	10,97	11,11	11,13	10,96	11,10
8	12,36	12,48	12,61	12,69	12,49	12,66

Πίνακας 4



	Q ind	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30
1	1,14	0,40	1,09	1,08	1,08	1,08
2	2,46	1,71	2,20	2,22	2,30	2,18
3	4,32	3,98	4,28	4,42	4,28	4,27
4	7,38	7,25	7,55	7,47	7,49	7,37
5	9,18	9,60	9,70	9,77	9,76	9,68
6	10,38	10,46	10,53	10,56	10,59	10,50
7	11,04	11,02	11,11	11,18	11,16	11,08
8	12,24	12,48	12,56	12,63	12,61	12,50

**Πίνακας 4 (συνέχεια)**

Υδρομετρητές 10-ετίας

	Q ind	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
1	1,05	0,00	1,00	1,02	1,18	0,90
2	2,82	0,00	2,62	2,73	3,10	2,68
3	4,44	0,00	4,27	4,38	4,97	4,42
4	7,32	0,00	7,02	7,18	8,10	7,30
5	9,54	0,00	9,16	9,22	10,42	9,44
6	10,20	0,00	9,74	9,92	11,14	10,12
7	10,88	0,00	10,32	10,42	11,72	10,60
8	12,36	0,00	11,42	11,60	13,04	11,90

	Q ind	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
1	1,14	1,06	1,10	0,82	0,00	1,12
2	2,94	2,96	2,86	2,60	2,64	3,10
3	4,32	4,22	4,14	3,82	4,20	4,42
4	6,78	6,50	6,42	5,84	6,70	6,90
5	9,54	9,38	9,46	8,46	9,82	9,92
6	10,32	10,12	10,14	9,12	10,60	10,66
7	10,86	10,56	10,54	9,48	10,88	11,12
8	12,36	12,06	11,98	10,84	12,42	12,58

	Q ind	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15
1	1,20	1,06	0,96	1,06	1,02	1,14
2	3,00	2,94	2,96	3,04	2,90	3,18
3	4,56	4,42	4,46	4,54	4,38	4,80
4	7,50	7,30	7,42	7,50	7,30	8,06
5	9,60	9,32	9,62	9,64	9,46	10,40
6	10,44	10,02	10,36	10,34	10,12	11,12
7	10,80	10,46	10,86	10,74	10,60	11,60
8	12,36	11,86	12,36	12,24	12,04	13,18

	Q ind	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20
1	1,14	1,20	1,04	1,13	1,00	1,12
2	2,76	2,96	2,62	2,77	2,68	2,74
3	4,50	4,66	4,16	4,31	4,26	4,28
4	7,50	8,04	7,18	7,28	7,34	7,32
5	9,72	10,44	9,40	9,42	9,50	9,54
6	10,38	11,28	10,16	10,18	10,28	10,32
7	10,98	11,86	10,68	10,73	10,84	10,88
8	12,42	13,44	12,14	12,21	12,20	12,32

**Πίνακας 5**

	Q ind	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
1	1,20	1,26	1,26	1,23	1,26	1,24
2	2,82	2,68	2,70	2,66	2,72	2,66
3	4,50	4,39	4,44	4,35	4,48	4,41
4	7,44	7,48	7,57	7,41	7,62	7,52
5	9,78	9,74	9,90	9,65	9,93	9,82
6	10,50	10,76	10,91	10,65	10,95	10,82
7	11,10	11,33	11,49	11,27	11,54	11,39
8	12,36	12,91	13,11	12,80	13,12	12,95

	Q ind	Y26	Y27	Y28	Y29	Y30
1	1,20	1,28	1,28	1,27	1,29	1,30
2	2,94	2,80	2,76	2,82	2,82	2,85
3	4,38	4,46	4,36	4,50	4,48	4,52
4	7,26	7,25	7,16	7,38	7,29	7,36
5	9,54	9,55	9,42	9,73	9,66	9,73
6	10,68	10,78	10,65	11,01	10,99	10,99
7	11,28	11,29	11,10	11,50	11,49	11,50
8	12,54	12,88	12,70	13,14	13,07	13,12

**Πίνακας 5 (συνέχεια)**

Υδρομετροπές 5-ετίας

	Q ind	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
1	1,26	1,19	1,20	1,20	1,19	1,21
2	2,94	2,88	2,90	2,91	2,91	2,97
3	4,32	4,27	4,29	4,29	4,31	4,39
4	7,32	7,34	7,36	7,33	7,37	7,52
5	9,54	9,58	9,62	9,53	9,64	9,74
6	10,44	10,58	10,66	10,53	10,66	10,73
7	11,16	11,04	11,10	10,98	11,12	11,18
8	12,48	12,58	12,68	12,66	12,64	12,73

	Q ind	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
1	1,29	1,28	1,27	1,28	1,29	1,28
2	3,00	3,12	3,05	3,06	3,10	3,13
3	4,32	4,47	4,40	4,39	4,45	4,46
4	6,90	6,87	6,79	6,81	6,84	6,89
5	8,94	8,92	8,84	8,84	8,89	8,97
6	10,38	10,44	10,37	10,38	10,40	10,52
7	11,16	11,18	11,14	11,16	11,20	11,30
8	12,42	12,43	12,37	12,35	12,45	12,60

**Πίνακας 6**

	Q ind	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15
1	1,26	1,02	1,04	1,12	1,14	1,22
2	2,64	2,36	2,32	2,44	2,58	2,62
3	4,20	3,98	3,90	4,00	4,24	4,30
4	7,32	6,94	6,80	7,04	7,38	7,40
5	9,48	8,96	8,98	9,22	9,70	9,62
6	10,44	9,90	9,86	10,10	10,66	10,60
7	10,92	10,42	10,30	10,62	11,18	11,06
8	12,36	12,18	11,74	12,04	12,70	12,52

	Q ind	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20
1	1,26	1,04	0,98	1,10	1,04	1,08
2	2,52	2,18	2,30	2,34	2,36	2,32
3	4,29	4,04	4,08	4,28	4,28	4,24
4	7,38	7,20	7,14	7,34	7,46	7,42
5	9,54	9,68	9,42	9,58	9,64	9,72
6	10,44	10,52	10,26	10,46	10,52	10,60
7	11,10	11,02	10,74	10,96	11,10	11,06
8	12,30	12,16	12,00	12,16	12,20	12,36

	Q ind	Y21	Y22	Y23	Y24	Y25
1	1,26	1,19	1,20	1,20	1,19	1,21
2	2,94	2,88	2,90	2,91	2,91	2,97
3	4,32	4,27	4,29	4,29	4,31	4,39
4	7,32	7,34	7,36	7,33	7,37	7,52
5	9,54	9,58	9,62	9,53	9,64	9,74
6	10,44	10,58	10,66	10,53	10,66	10,73
7	11,16	11,04	11,10	10,98	11,12	11,18
8	12,48	12,58	12,68	12,66	12,64	12,73

**Πίνακας 6 (συνέχεια)**



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000085935