



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ 9^ο εξ.**

Πείραμα 1^ο: Ροή με Ελεύθερη Επιφάνεια

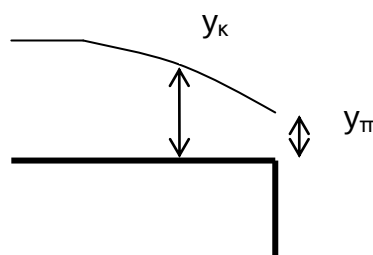
ΜΠΟΥΖΙΩΤΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

A/M: 01105031

A.) ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

A.1. Σκοπός της Εργαστηριακής Άσκησης

Σκοπός του πειράματος είναι ο προσδιορισμός των σχέσεων που συνδέουν τα βάθη ροής στην περιοχή ελεύθερης πτώσης. Ειδικότερα, προσδιορίζεται στην πειραματική διάταξη το κρίσιμο βάθος y_k για διάφορες τιμές της παροχής, και εν συνεχεία μετريέται το βάθος ροής y_π στην αιχμή της ελεύθερης πτώσης. Επίσης, προσδιορίζεται η θέση εμφάνισης του κρίσιμου βάθους ανάντη της ελεύθερης πτώσης. Κατόπιν, πραγματοποιείται επεξεργασία των δεδομένων και εξάγονται οι σχέσεις μεταξύ των δύο βαθών ροής, καθώς και η σχέση μεταξύ της απόστασης $y_k - y_\pi$ και του κρίσιμου βάθους.



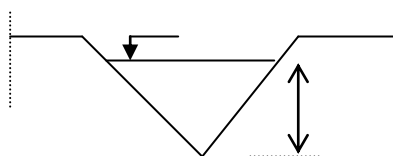
A.2. Θεωρητικά Στοιχεία – Χρησιμοποιούμενες Σχέσεις

A.2.1 Εύρεση της παροχής μέσω του τριγωνικού υπερχειλιστή

Η πειραματική διάταξη περιλαμβάνει συμμετρικό τριγωνικό υπερχειλιστή λεπτής στέψης. Η σχέση στάθμης-παροχής του υπερχειλιστή αυτού προκύπτει από τη θεωρία των ιδεατών ρευστών και του αστρόβιλου πεδίου:

$$Q = \frac{8}{15} \cdot c \cdot \sqrt{2g} \cdot \tan \theta \cdot z^{2.5} \quad (1)$$

, όπου θ , z τα γεωμετρικά στοιχεία του υπερχειλιστή (βλ. και σχετικό σκαρίφημα). Στη διάταξη ισχύει $2\theta = 30^\circ \Rightarrow \theta = 15^\circ$.



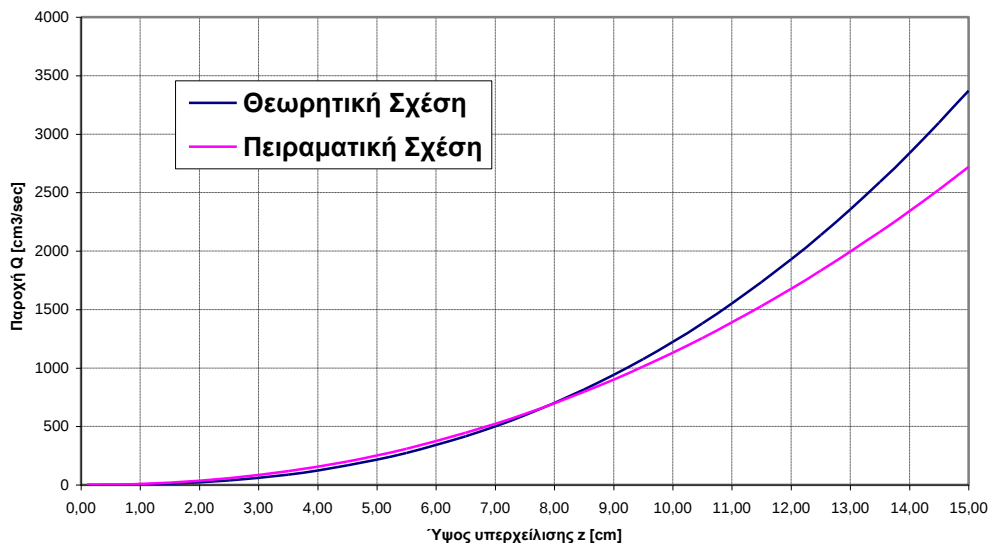
Λαμβάνοντας το συντελεστή c ίσο με 0,611 καταλήγουμε στη θεωρητική έκφραση για τον υπερχειλιστή της πειραματικής διάταξης:

$$Q \approx 3,868 \cdot z^{2,5} \quad (2)$$

Για τον υπερχειλιστή αυτό πειραματικά έχει προκύψει η εξής σχέση:

$$Q \approx 7,767 \cdot z^{2,1632} \quad (3)$$

Και στις δύο σχέσεις το ύψος υπερχείλισης z είναι σε cm ενώ η παροχή Q είναι σε cm^3/sec . Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα, οι δύο παραπάνω σχέσεις δεν παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις παρά μόνο σε μεγάλες τιμές του ύψους υπερχείλισης. Παρά ταύτα, επιλέγεται για λόγους ακρίβειας η σχέση (3) αντί της θεωρητικής σχέσης. Από τη σχέση αυτή θα υπολογισθούν οι τιμές της παροχής αφού μετρηθεί το ύψος υπερχείλισης.



A.2.2 Εύρεση κρίσιμου βάθους σε αγωγό ορθογωνικής διατομής

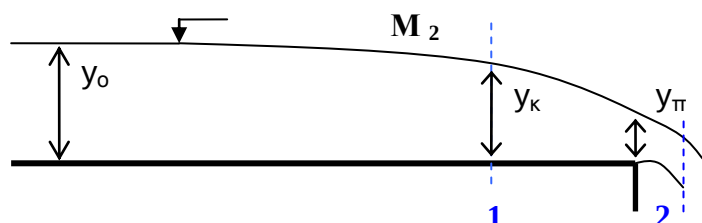
Η διάταξη περιέχει οριζόντιο αγωγό ορθογωνικής διατομής. Η θεωρία κρίσιμου βάθους στην περίπτωση ορθογωνικής διατομής είναι απλή και καταλήγει στον απ'ευθείας υπολογισμό του βάσει της παροχής Q και της γεωμετρίας του αγωγού (εσωτερικό πλάτος b). Το κρίσιμο βάθος ισούται με:

$$y_{\kappa} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}} \quad (4)$$

Συνεπώς η εύρεση της παροχής Q (όπως αναλύθηκε προηγουμένως) για όλες τις περιπτώσεις ροής οδηγεί στον προσδιορισμό του y_k .

A.2.3 Ελεύθερη πτώση στο πέρας οριζόντιου αγωγού – Βάθη ροής

Στην πειραματική διάταξη η ροή πραγματοποιείται σε αγωγό ορθογωνικής διατομής, με πρακτικά οριζόντια κλίση, ο οποίος καταλήγει σε ελεύθερη πτώση. Μακριά από την περιοχή της ελεύθερης πτώσης η ροή θεωρείται ότι είναι ομοιόμορφη, με υποκρίσιμο βάθος, και συνεπώς ακολουθεί την καμπύλη M_2 (αν υποτεθεί πολύ μικρή κλίση διάφορη του μηδενός) ή H_2 (για μηδενική κατά μήκος κλίση).



Με την παραδοχή της παράλληλης ροής, και συνεπώς της υδροστατικής κατανομής των πιέσεων στην περιοχή της ελεύθερης πτώσης, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι εμφανίζεται το κρίσιμο βάθος y_k ακριβώς στην αιχμή της ελεύθερης πτώσης. Αυτή η απλουστευμένη θεώρηση μπορεί μόνο μακροσκοπικά να γίνει δεκτή, διότι η καμπύλωση της ελεύθερης επιφάνειας τοπικά είναι σημαντική και διότι η φλέβα έχει περιμετρική επαφή με την ατμόσφαιρα, όπου $p=p_{atm}=0$. Κατά συνέπεια, δεν ισχύει η παραδοχή της υδροστατικής κατανομής των πιέσεων, και απαιτείται προσεκτικότερη αντιμετώπιση του φαινομένου.

Εφαρμόζοντας την εξίσωση ποσότητας κίνησης σε όγκο αναφοράς μεταξύ διατομής παράλληλης ροής (1) κατάντη της ελεύθερης πτώσης και μίας διατομής πλήρους συστολής (2) της φλέβας (βλ. και παραπάνω σχήμα) καταλήγουμε στη σχέση:

$$y_2 / y_1 = 2F_1^2 / (1 + 2F_1^2) \quad (5)$$

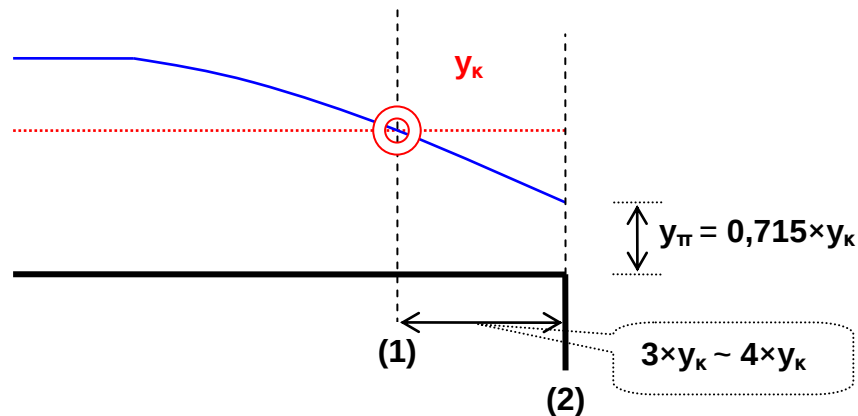
Στην περίπτωση που επιλεγεί κατάλληλα η διατομή 1 ώστε να συμπίπτει με τη θέση εμφάνισης του κρίσιμου βάθους τότε $y_1=y_k$, $F_1=1$, άρα η σχέση (4) γίνεται $y_2 = (2/3) \cdot y_k$. Προφανώς το βάθος ροής στην αιχμή της ελεύθερης πτώσης κυμαίνεται στο διάστημα:

$$y_1 < y_\pi < y_2 \Rightarrow \frac{2}{3} y_k < y_\pi < y_k$$

Εκτεταμένη πειραματική έρευνα (H.Rouse) κατέληξε στην εξής σχέση για το βάθος ροής στην αιχμή της ελεύθερης πτώσης:

$$y_{\pi} = 0,715 \cdot y_{\kappa} \quad (6)$$

Η απόσταση μεταξύ του χείλους πτώσης και της θέσης στην οποία εμφανίζεται το κρίσιμο βάθος βρέθηκε πειραματικά ίση με $3 - 4 \cdot y_{\kappa}$.



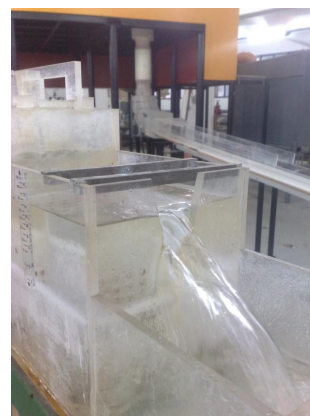
B.) ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

B.1. Περιγραφή της Πειραματικής Διάταξης



Εικόνα 1: Η διάταξη του πειράματος. Διακρίνονται από αριστερά προς τα δεξιά η δεξαμενή εισόδου, ο οριζόντιος αγωγός που καταλήγει στην ελεύθερη πτώση, η δεξαμενή που φέρει τον τριγωνικό υπερχειλιστή καθώς και η τελική δεξαμενή εκροής που καταλήγει στον ογκομετρικό κύλινδρο.

Η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε αποτελείται από δύο δεξαμενές, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους με οριζόντιο αγωγό ορθογωνικής διατομής, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από plexiglas. Ο αγωγός έχει εσωτερικό πλάτος 4 cm, βάθος 10 cm, και μήκος 82 cm. Η σύνδεση του αγωγού με την ανάντη δεξαμενή γίνεται με τεταρτοκυλινδρική συναρμογή, ενώ κατάντη ο αγωγός καταλήγει σε ελεύθερη πτώση. Η κατάντη δεξαμενή καταλήγει σε τριγωνικό υπερχειλιστή λεπτής στέψης, γωνίας $2\theta = 30^\circ \Rightarrow \theta = 15^\circ$. Μετά την υπερχείλιση, η ροή καταλήγει σε κυλινδρικό ογκομετρικό δοχείο διαμέτρου $d=35 \text{ cm}^2$. Η διάταξη επίσης περιλαμβάνει δικλείδα ρύθμισης της παροχής.



Εικόνες 2.α, 2.β, 2.γ (από αριστερά προς τα δεξιά): Η δεξαμενή εισόδου, η τεταρτοκυλινδρική συναρμογή μεταξύ της δεξαμενής αυτής και του αγωγού, και ο τριγωνικός υπερχειλιστής λεπτής στέψης (διακρίνεται η μεταλλική θέση έδρασης του σταθμημέτρου).



Εικόνες 3α 3.β (από αριστερά προς τα δεξιά): Ο οριζόντιος αγωγός που καταλήγει στην ελεύθερη πτώση, και η δεξαμενή υπερχειλίσσης (διακρίνεται η δεύτερη δεξαμενή εξόδου καθώς και το ογκομετρικό δοχείο).

Σε διάφορες διατομές του αγωγού υπάρχουν θέσεις για τοποθέτηση κατακόρυφων θυροφραγμάτων με δυνατότητα ολίσθησης-μεταβλητού ανοίγματος. Η τοποθέτησή τους επιτρέπει τη μελέτη διαφόρων περιπτώσεων ροής, καθώς και τη δημιουργία υδραυλικού άλματος κατά μήκος του αγωγού. Επίσης περιλαμβάνονται θέσεις τοποθέτησης του μετακινούμενου σταθμημέτρου (στην αιχμή της ελεύθερης πτώσης, καθώς και αμέσως ανάντη του τριγωνικού υπερχειλιστή, ώστε να μπορεί να μετρηθεί το ύψος υπερχειλίσσης z).



Εικόνες 4.α, 4.β: Μετρήσεις της στάθμης στην αιχμή της ελεύθερης πτώσης και στην περιοχή του τριγωνικού υπερχειλιστή

Τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν στην εργαστηριακή άσκηση είναι:

- Μετακινούμενο σταθμήμετρο με βερνιέρο, με ακρίβεια μετρήσεων έως 0,01 cm. Χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του βάθους ροής στην περιοχή της ελεύθερης πτώσης αλλά και του ύψους

υπερχείλισης στον τριγωνικό υπερχειλιστή. Σημειώνεται ότι το όργανο είναι ρυθμισμένο με βάση το κατώτατο σημείο του υπερχειλιστή, οπότε δεν χρειάζονται προσθαφαιρέσεις αποστάσεων και είναι δυνατός ο απευθείας προσδιορισμός του ύψους υπερχείλισης.



Εικόνα 5: Σταθμηόμετρο με βερνιέρο

- Ογκομετρικό δοχείο διαμέτρου $d=35 \text{ cm}^2$, που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της παροχής.

B.2. Πειραματική Διαδικασία

Η πειραματική διαδικασία συνίσταται στα εξής βήματα:

1.) Μέτρηση του ύψους υπερχείλισης z στον τριγωνικό υπερχειλιστή με χρήση του σταθμημέτρου, για διάφορες τιμές της παροχής Q . Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα σφάλματος παρατηρητή, εκτελέστηκαν δύο μετρήσεις και ελήφθη ο μέσος όρος αυτών ως τελική τιμή. Σε περίπτωση μεγάλης απόκλισης μεταξύ των τιμών, πραγματοποιήθηκε και τρίτη μέτρηση. Στη συνέχεια μέσω της σχέσης :

$$Q \simeq 7,767 \cdot z^{2,1632} \quad (3)$$

προσδιορίστηκαν οι τιμές της παροχής. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε για μεγάλο εύρος τιμών της παροχής (από μικρές παροχές $\sim 110 \text{ cm}^3/\text{sec}$, έως μεγάλες παροχές $\sim 650 \text{ cm}^3/\text{sec}$).

2.) Προσδιορισμός του κρίσιμου βάθους του αγωγού με χρήση της

σχέσης:

$$y_{\kappa} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}} \quad (4)$$

3.) Μέτρηση του βάθους ροής στην αιχμή της ελεύθερης πτώσης y_{π} με χρήση του σταθμημέτρου για κάθε μία από τις παραπάνω παροχές.

4.) Ρύθμιση του σταθμημέτρου στην τιμή του κρίσιμου βάθους y_c για κάθε μία από τις ως άνω παροχές. Εύρεση της θέσης ανάντη της αιχμής της ελεύθερης πτώσης όπου παρατηρείται το κρίσιμο βάθος αυτό και μέτρηση της αντίστοιχης απόστασης x .

Γ.) ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Γ.1. Πίνακας Μετρήσεων

Το σύνολο των μετρήσεων παρατίθεται στον παρακάτω πίνακα. Σε κάθε μέτρηση υπολογίζονται οι λόγοι y_{π}/y_{κ} και η x/y_{κ} , όπου x η απόσταση μεταξύ y_{κ} και y_{π} . Παρατίθενται επίσης και οι μέσοι όροι αυτών των λόγων ως ένα πρώτο μέτρο χονδρικής εκτίμησης των τελικών τιμών που θα προκύψουν. Οι τελικές τιμές υπολογίζονται ακριβέστερα με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, όπως φαίνεται και στα παρακάτω διαγράμματα.

α/α	z	Μέση Τιμή z	Παροχή Q	γ _κ	γ _π	Απόσταση γ _κ -γ _π	Λόγος γ _π /γ _κ	Λόγος x-γ _κ	
	[cm]	[cm]	[cm ³ /sec]	[cm]	[cm]	[cm]	[-]	[-]	
1	3,47	3,475	114,933	0,944	0,79	2,10	0,837	2,225	
	3,48								
2	4,37	4,365	188,221	1,312	0,98	3,35	0,747	2,553	
	4,36								
3	5,22	5,210	276,005	1,693	1,25	3,30	0,738	1,949	
	5,34								
	5,20								
4	6,00	5,990	373,236	2,070	1,58	4,90	0,763	2,367	
	5,98								
5	6,65	6,660	469,454	2,412	1,73	5,60	0,717	2,322	
	6,67								
6	7,33	7,325	576,773	2,767	2,08	5,90	0,752	2,132	
	7,28								
	7,32								
7	7,79	7,775	656,170	3,016	2,46	5,10	0,816	1,691	
	7,76								
						Σx _i	*	0,767	2,177
						Σx _j	**	0,744	2,265

Πίνακας 1: Οι μετρήσεις και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας τους. Επεξηγήσεις:

1. Τιμή της παροχής για την οποία παρατηρήθηκε οριακή ύπαρξη ελεύθερης φλέβας

2. Αποτελέσματα με μεγάλη απόκλιση από τα προηγούμενα λόγω επιρροής της βυθισμένης φλέβας.

* Εξαγωγή μέσου όρου ως ένα πρώτο μέσο χονδρικής εκτίμησης του αποτελέσματος. Περιλαμβάνονται όλες οι τιμές.

** Εξαγωγή μέσου όρου στον οποίο περιλαμβάνονται όλες οι τιμές εκτός της πρώτης (που έχει μειωμένη ακρίβεια λόγω μικρής τιμής της παροχής) και της τελευταίας (που έχει μειωμένη ακρίβεια λόγω επιρροής της βυθισμένης φλέβας).

Το εύρος των τιμών ξεκινάει από μικρές τιμές της παροχής (για τις οποίες η ακρίβεια των αποτελεσμάτων είναι μικρότερη) και καταλήγει σε μεγάλες τιμές παροχής, μέχρι του σημείου όπου παύει να υπάρχει ελεύθερη φλέβα. Ελήφθη και μία τελευταία μέτρηση υπό συνθήκες βυθισμένης φλέβας, με μειωμένη ακρίβεια αποτελεσμάτων.

Γ.2. Παροχομέτρηση με χρήση Ογκομετρικού Δοχείου

Κατά τη διάρκεια της τέταρτης μέτρησης (που αντιστοιχεί σε παροχή $Q_4=373,236 \text{ cm}^3/\text{sec}$, με υπολογισμό βάσει του ύψους υπερχειλίσης) έγινε παροχομέτρηση με τη βοήθεια του ογκομετρικού δοχείου, προκειμένου να ελεγχθεί ότι η διάταξη είναι καλώς ρυθμισμένη. Παρατηρήσαμε αύξηση 20 cm του ύψους του δοχείου μέσα σε 48,40 sec. Το εμβαδό της διατομής του ογκομετρικού δοχείου είναι:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 35^2}{4} \Rightarrow A = 962,113 \text{ cm}^2 \quad (\text{διάμετρος } d=35 \text{ cm})$$

Συνεπώς η παροχή είναι ίση με:

$$Q = \frac{\delta V}{\delta t} = \frac{962,113 \cdot 20}{48,4} \Rightarrow Q = 397,567 \text{ cm}^3 / \text{sec}$$

Συνεπώς το σφάλμα μεταξύ των δύο μεγεθών είναι:

$$c = |373,236 - 397,567| / 397,567 \Rightarrow c \approx 6,5\%$$

αρκούντως μικρό. Η σχέση στάθμης-παροχής (3) του υπερχειλιστή είναι έγκυρη και οδηγεί σε ακριβή αποτελέσματα.

Γ.3. Διερεύνηση των λόγων y_π/y_κ και x/y_κ (φεινά αποτελέσματα)

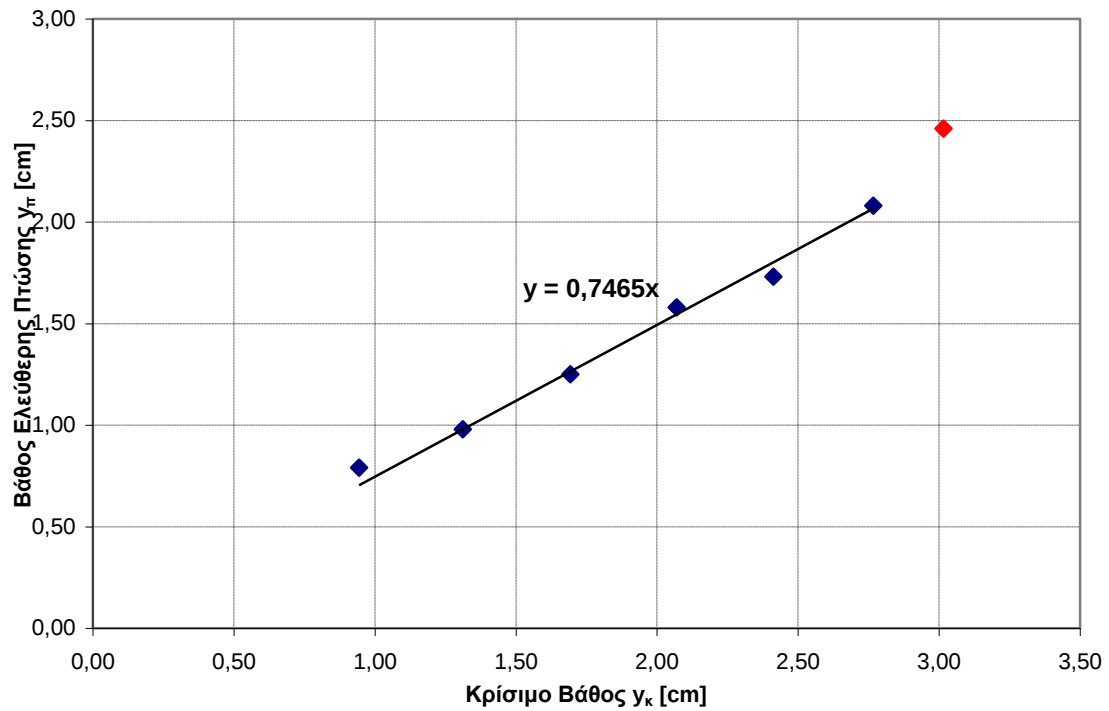
Βάσει των τιμών του κρίσιμου βάθους y_κ καθώς και του βάθους ροής στην αιχμή της ελεύθερης πτώσης y_π κατασκευάζεται διάγραμμα ώστε να εξαχθεί ο λόγος τους. Από τη διαδικασία εξαιρέθηκε η τελευταία μέτρηση, επειδή αντιστοιχούσε σε συνθήκες βυθισμένης φλέβας και το αποτέλεσμα της παρουσίαζε πολύ μεγάλη απόκλιση σε σχέση με το υπόλοιπο δείγμα. Στους άξονες τοποθετούνται τα δύο βάθη ροής, ενώ με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων χαράσσεται η ευθεία που τα συνδέει. Η κλίση της ευθείας μας δίνει την τιμή του λόγου τους, η οποία προκύπτει ίση με:

$$y_\pi / y_\kappa = 0,7465$$

Η τιμή βρίσκεται κοντά στο 0,715 της σχέσης (6).

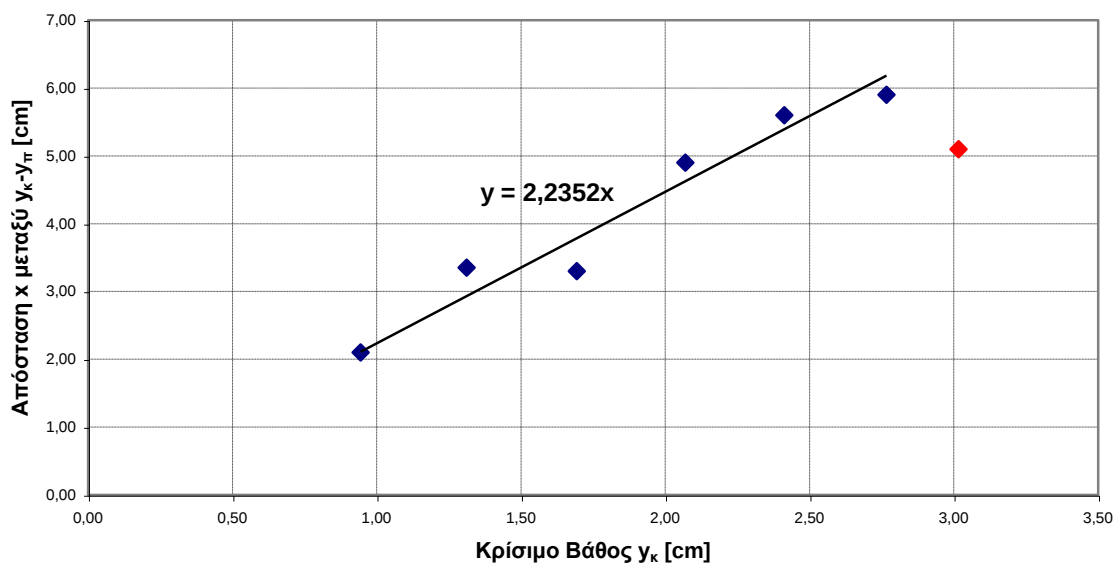
Το σφάλμα μεταξύ της τιμής που προέκυψε και της θεωρητικής είναι: $c = \frac{|0,7465 - 0,715|}{0,715} \Rightarrow c \approx 4,4\%$

Λόγος y_{π}/y_{κ}



Κατόπιν γίνεται παρόμοια διερεύνηση για το λόγο x/y_{κ} , όπου x η απόσταση μεταξύ των δύο βαθών ροής y_{κ} και y_{π} . Εξαιρείται πάλι η τελευταία μέτρηση.

Λόγος x/y_{κ}



Καταλήγουμε στην τιμή:

$$x / y_{\kappa} = 2,24$$

η οποία είναι αρκετά μικρότερη από τη $x=3-4 \cdot y_k$. Η απόκλιση αυτή οφείλεται στους εξής λόγους:

α.) Το εσωτερικό πλάτος του καναλιού είναι μικρό ($b=4$ cm) και δεν εξαλείφονται οι επιρροές λόγω του φαινομένου επιφανειακής τάσης στη στάθμη.

β.) Μικρό πλήθος μετρήσεων και επαναλήψεων στις μετρήσεις των σταθμών z και y_k .

γ.) Χαμηλή ακρίβεια του σταθμημέτρου.

Αξίζει να αναφερθεί ότι εάν ληφθεί υπόψη και η τελευταία τιμή (περίπτωση βυθισμένης φλέβας) η τιμή του λόγου γίνεται $x=2,05$, δηλαδή αποκλίνει ακόμη περισσότερο από την επιθυμητή.

Γ.4. Διερεύνηση του λόγου y_{π}/y_k (συνδυασμός αποτελεσμάτων)

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται για το σύνολο των μετρήσεων που εκπονήθηκαν στη φετινή και στην περσινή εργαστηριακή άσκηση. Συνολικά ελήφθησαν δεκαέξι μετρήσεις, οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

	Μέση Τιμή z	Παροχή Q	y_k	y_{π}	Απόσταση y_k-y_{π}	Λόγος y_{π}/y_k	Λόγος $x-y_k$
	[cm]	[cm ³ /sec]	[cm]	[cm]	[cm]	[-]	[-]
(2008-09)	3,92	148,75	1,12	0,76	4,30	0,68	3,84
	4,48	199,11	1,36	1,10	4,60	0,81	3,38
	5,01	253,05	1,60	1,15	4,30	0,72	2,69
	5,24	278,88	1,70	1,24	5,20	0,73	3,06
	5,29	284,67	1,73	1,25	5,60	0,72	3,24
	5,99	373,24	2,07	1,52	6,15	0,73	2,97
	6,04	379,33	2,09	1,64	6,30	0,78	3,01
	6,38	427,80	2,27	1,63	6,40	0,72	2,82
	6,53	449,86	2,34	1,68	6,10	0,72	2,61
(2009-10)	3,48	114,93	0,94	0,79	2,10	0,84	2,22
	4,37	188,22	1,31	0,98	3,35	0,75	2,55
	5,21	276,01	1,69	1,25	3,30	0,74	1,95
	5,99	373,24	2,07	1,58	4,90	0,76	2,37
	6,66	469,45	2,41	1,73	5,60	0,72	2,32
	7,33	576,77	2,77	2,08	5,90	0,75	2,13
	7,78	656,17	3,02	2,46	5,10	0,82	1,69

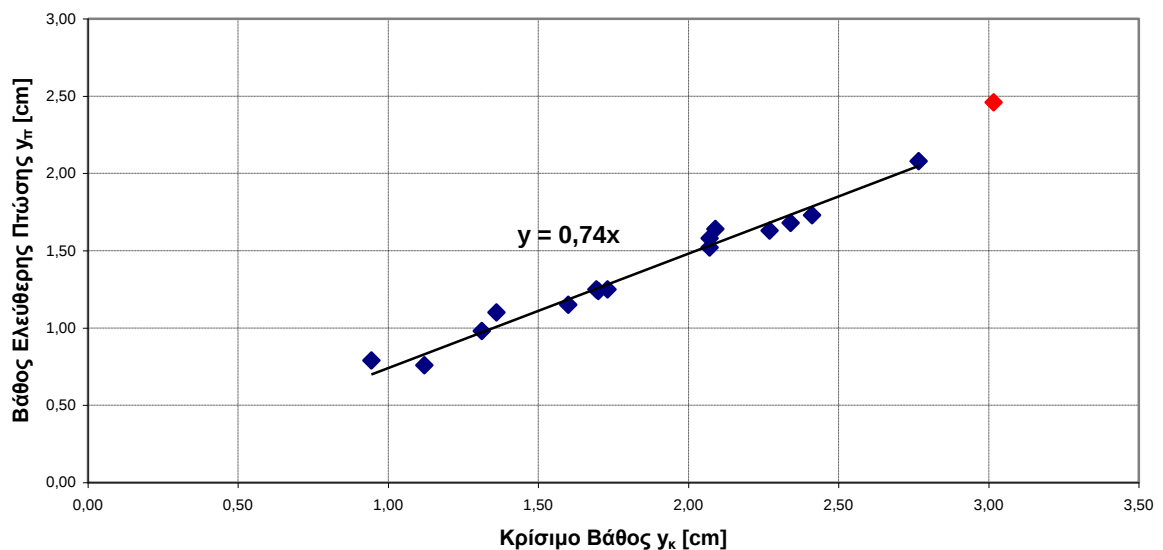
Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός Πίνακας Μετρήσεων για τις Εργαστηριακές Ασκήσεις των ακαδ.ετών 2008-09 και 2009-10.

Τα διαγράμματα των μεγεθών φαίνονται παρακάτω. Οι τιμές των λόγων που προκύπτουν είναι:

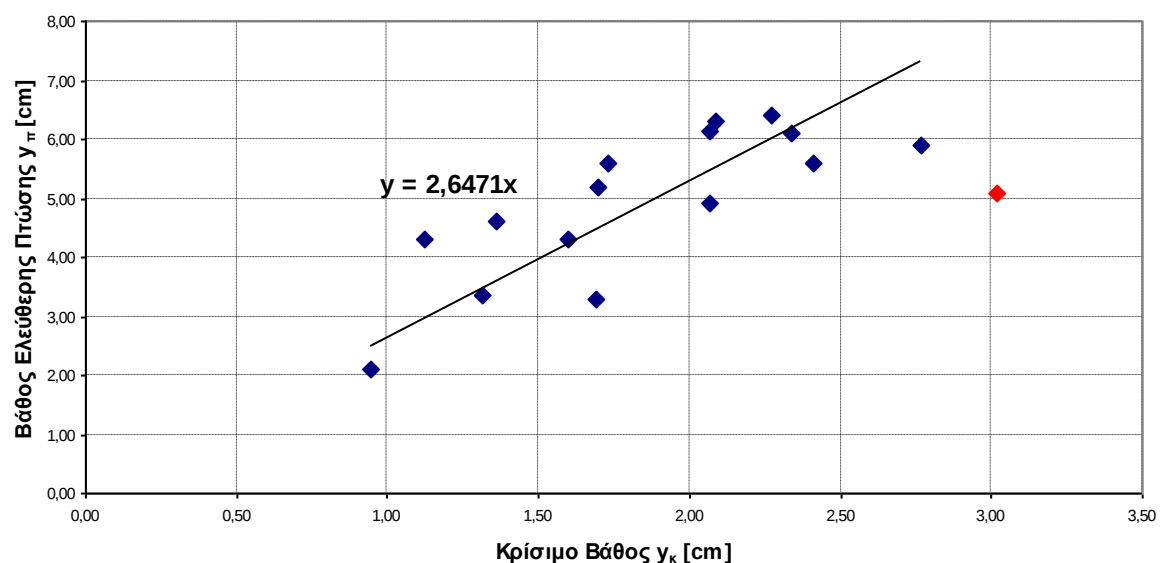
$$y_{\pi} = 0,74 \cdot y_{\kappa} \quad \text{και} \quad x = 2,65 \cdot y_{\kappa}$$

Αξίζει να αναφερθεί η μεγάλη διασπορά των τιμών στην περίπτωση του λόγου x/y_{κ} , η οποία οφείλεται στους λόγους που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Η γραμμή τάσης που προκύπτει έχει μικρό συντελεστή συσχέτισης, με τιμή $R^2=0,56$, όταν η αντίστοιχη τιμή του συντελεστή στο λόγο y_{π}/y_{κ} είναι $R^2=0,97$.

Λόγος y_{π}/y_{κ}



Λόγος x/y_{κ}



Δ.) ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Όπως προαναφέρθηκε, η εργαστηριακή άσκηση οδήγησε σε μία τιμή για το λόγο y_{π}/y_{κ} που βρίσκεται πολύ κοντά στην προτεινόμενη από τη βιβλιογραφία (με απόκλιση της τάξης των 3,5-4%). Αντίθετα, ο λόγος x/y_{κ} ήταν σαφώς μικρότερος του προτεινόμενου (απόκλιση ~11,4% από την ελάχιστη τιμή του εύρους). Οι πιθανές αιτίες της σημαντικής αυτής απόκλισης διερευνήθηκαν προηγουμένως.

Κάποιες προτάσεις για πιο ακριβή αποτελέσματα σε ενδεχόμενες μελλοντικές επαναλήψεις του πειράματος είναι οι εξής:

- α.) Διασφάλιση του συνόλου των συνθηκών που θεωρητικά πρέπει να ισχύουν ώστε να είναι εύλογη η σύγκριση των θεωρητικών τιμών των μεγεθών με αυτά που ευρέθησαν. Ειδικότερα, θα πρέπει να εξασφαλιστεί η ύπαρξη ελεύθερης φλέβας για όλες τις τιμές της διερχόμενης παροχής.
- β.) Αποφυγή πολύ μικρών και πολύ μεγάλων τιμών της παροχής. Οι πολύ μικρές παροχές οδηγούν σε ανακρίβεια λόγω των μικρών βαθών ροής στη διάταξη, ενώ στις μεγάλες τιμές η φλέβα βυθίζεται.
- γ.) Προσεκτική χρήση και ρύθμιση των σταθμημέτρων, προκειμένου να εξαλειφθούν τυχόν συστηματικά σφάλματα.
- δ.) Διεξαγωγή μεγάλου πλήθους μετρήσεων ώστε να εξαλειφθούν τυχαία σφάλματα.