



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ
ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΣΕ ΑΝΟΙΧΤΟ ΑΓΩΓΟ**



Διπλωματική εργασία

Αριστοτέλης Μαυρομάτης

Επιβλέπων καθηγητής: Γεώργιος Χριστοδούλου

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2011

1)ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1) Περιεχόμενα	1
2) Πρόλογος	2
3) Ευχαριστίες	3
4) Περίληψη	4
5) Abstract	6
6) Εισαγωγή-Ανασκόπηση	11
7) Καλιμπράρισμα Νέου Μανομέτρου	19
8) Διαδικασία Εκτέλεσης Πειραμάτων	24
9) Πειραματικά Αποτελέσματα	40
10) Αδιαστατοποίηση Παραμέτρων	59
11) Σύγκριση Αποτελεσμάτων Με Παλαιότερα Πειράματα	68
12) Συμπεράσματα	72
13) Βιβλιογραφία	74
Παράρτημα	77

2)ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Πειραματική προσομοίωση βλάστησης σε ανοιχτό αγωγό» επιχειρείται η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της στάθμης του ανοιχτού αγωγού και της παροχής στον αγωγό μέσα από πείραμα με διατάξεις που αντιστοιχούν σε διάφορες περιπτώσεις πυκνότητας βλάστησης αλλά και για διάφορες κλίσεις του αγωγού. Στόχος είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων για την επιρροή της πυκνότητας βλάστησης στην στάθμη του ανοιχτού αγωγού δηλαδή την επιρροή της επιπλέον τραχύτητας που προσθέτει η βλάστηση στην παροχαρακτηριστικότητα του αγωγού αυτού καθώς και σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων με παλιότερα πειραματικά αποτελέσματα. Έτσι έγιναν πειράματα με όλους τις δυνατούς συνδυασμούς πυκνοτήτων και κλίσεων του αγωγού τόσα όσα κρίθηκαν αναγκαία για την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων. Στα πλαίσια των πειραμάτων έγινε χρήση παροχομέτρου υπερήχων (TransportTM Model PT868) για το οποίο γίνεται εκτενής περιγραφή των τμημάτων και της λειτουργίας του. Ακολούθως έγινε η γραφική και αριθμητική επεξεργασία των πειραμάτων μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Τέλος, ακολούθησε η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων καθώς μέσα από την επεξεργασία φανερώθηκε η επιρροή της πυκνότητας βλάστησης στην στάθμη του ανοιχτού αγωγού ενώ με την σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων με τα παλιότερα πειραματικά αποτελέσματα επετεύχθη μια συσχέτισή τους.

3)ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος της Σχολής Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και τον καθηγητή κ. Γιώργο Χριστοδούλου για την δυνατότητα που μου έδωσαν να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο αντικείμενο στα πλαίσια της διπλωματικής μου εργασίας. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους τεχνικούς εργαστηρίου κ. Μανόλη Λασηθιωτάκη και κ. Γιάννη Πατσέλη για την βοήθεια τους δίχως την οποία δεν θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν τα πειράματα αλλά και για την συνεργασία και την συνέπεια τους παρόλο το φόρτο εργασίας τους σε άλλα μοντέλα του εργαστηρίου για τα οποία ήταν υπεύθυνοι. Γενικότερα, οφείλω να ευχαριστήσω όλους όσους άμεσα ή έμμεσα με βοήθησαν κατά την διάρκεια της ενασχόλησης μου με αυτήν τη διπλωματική εργασία.

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την συνεχή υποστήριξη και βοήθεια τους προκειμένου να ολοκληρώσω τις μεταπτυχιακές μου σπουδές.

4)ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ της στάθμης του ανοιχτού αγωγού και της παροχής στον αγωγό μέσα από πείραμα με διατάξεις που αντιστοιχούν σε διάφορες περιπτώσεις πυκνότητας βλάστησης αλλά και για διάφορες κλίσεις του αγωγού. Αρχικά, έγινε καλιμπράρισμα του νέου μανομέτρου που είχε τοποθετηθεί στο εργαστήριο για το κυρίως πείραμα. Σε πρώτη φάση έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων του παλαιού μανομέτρου και του παροχομέτρου των υπερήχων το οποίο ήταν τοποθετημένο στο σιδερένιο κομμάτι του αγωγού παροχής νερού. Έπειτα έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων του νέου μανομέτρου και του παροχομέτρου των υπερήχων το οποίο ήταν τοποθετημένο στο κομμάτι του αγωγού παροχής νερού από PVC και επιπλέον των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από την μέτρηση της στάθμης νερού στο χείλος του ορθογωνικού καναλιού για τις ίδιες παροχές για να είναι συγκρίσιμα με τα προηγούμενα αποτελέσματα. Έτσι από τα κοινά τους διαγράμματα προκύπτει ο θεωρητικός τύπος του νέου μανομέτρου.

Ακολούθως, περιγράφεται η διαδικασία εκτέλεσης πειραμάτων. Σε πρώτο στάδιο, γίνεται η περιγραφή της πειραματικής συσκευής η οποία είναι μια εργαστηριακή ορθογωνική διώρυγα-κανάλι συνολικού μήκους 17 m με την δεξαμενή και πλάτους 0,5 m, κατασκευασμένο από Plexiglas ενώ η δεξαμενή είναι σιδερένια με περίπου το ίδιο πλάτος. Έπειτα περιγράφονται οι σειρές πειραμάτων όπου η προσομοίωση της βλάστησης έγινε με άκαμπτες ράβδους από Plexiglas τοποθετημένες σε ένα επιπλέον πυθμένα πάχους 1 cm περίπου πάνω στον πυθμένα του καναλιού. Ο πυθμένας αυτός είναι και αυτός από Plexiglas συνολικού μήκους 8 m και πλάτους όσο το κανάλι δηλαδή 0,5 m και χωρίστηκε σε 4 κομμάτια και στον οποίο έγιναν όλες οι τρύπες όλων των περιπτώσεων των πυκνοτήτων των ράβδων εξ αρχής και τοποθετήθηκε περί τα 3 m από το χείλος του καναλιού. Έγιναν 3 σειρές μετρήσεων που κάθε μια αντιστοιχεί σε μια κλίση του καναλιού. Οι κλίσεις που επιλεχθήκαν είναι 0,1 %, 0,2% και 1%, οι δυο πρώτες είναι υποκρίσιμες και η τελευταία υπερκρίσιμη καθώς η κρίσιμη κλίση κυμαίνεται από 0,33-0,38 % για το συγκεκριμένο κανάλι και για το εύρος των παροχών του πειράματος. Για κάθε κλίση έγιναν 3 σειρές μετρήσεων που κάθε μια αντιστοιχεί σε μια πυκνότητα ράβδων, οι οποίες είναι 100 stems/m², 187 stems/m² και 400 stems/m². Στην εκτέλεση των πειραμάτων, για τις επιλεγμένες παροχές, γινόταν μέτρηση του βάθους νερού σε 21

θέσεις στο κανάλι συμπεριλαμβανομένης της θέσης στο χείλος. Οι περισσότερες (15) βέβαια ήταν πάνω στον επιπρόσθετο πυθμένα για να μπορέσει να προσδιοριστεί το ομοιόμορφο βάθος από το οποίο προκύπτει ο συντελεστής Manning (n') που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη βλάστηση. Σαν παρατήρηση μπορεί να ειπωθεί ότι στην υποκρίσιμη κλίση η προσαρμογή της ροής στον επιπρόσθετο πυθμένα γίνεται με ομαλό τρόπο ενώ στην υπερκρίσιμη κλίση δεν συμβαίνει αυτό ενώ δημιουργείται υδραυλικό άλμα και παρατηρήθηκε ότι με την αύξηση της κλίσης του καναλιού τα βάθη μειώνονται ενώ με την αύξηση της πυκνότητας των ράβδων τα βάθη αυξάνονται γιατί δρουν σαν εμπόδια στην ροή και τα δυο όμως είναι αναμενόμενα. Στην συνέχεια γίνεται παρουσίαση των πειραματικών αποτελεσμάτων σε πίνακες και διαγράμματα ανά περίπτωση ενώ υπάρχουν και τα κοινά τους διαγράμματα για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Επίσης, για την γενίκευση των πειραματικών αποτελεσμάτων έγινε αδιαστατοποίηση κάποιων παραμέτρων που παρουσιάζονται σε πίνακες και κοινά διαγράμματα. Σαν τελικό στάδιο στην εργασία αυτή, έγινε η σύγκριση της με παλαιότερες οι οποίες ήταν παραπλήσιες και ήταν εφικτή η σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων τους για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι (α) με την αύξηση της παροχής και συνεπακόλουθα του βάθους ροής, ο συντελεστής Manning n' μειώνεται γιατί η βλάστηση έχει όλο και μικρότερη επίδραση στην ροή, (β) για σταθερή κλίση αύξηση της πυκνότητας οδηγεί σε αύξηση του συντελεστή n' , (γ) για σταθερή πυκνότητα αύξηση της κλίσης οδηγεί σε αύξηση του συντελεστή n' . Για τα αδιαστατοποιημένα αποτελέσματα, γενικά, για σταθερή πυκνότητα όσο αυξάνεται η κλίση τόσο μειώνονται τα N' . Τα ίδια ισχύουν και για τα διαγράμματα $1/f^{1/2} - \log Y_k$. Για τα διαγράμματα με σταθερή κλίση ισχύει πάλι ότι με την αύξηση των αδιαστατοποιημένων Y_k παρατηρείται αύξηση των αδιαστατοποιημένων N' . Τέλος, από την σύγκριση με την εργασία των Carollo et al (2002) προκύπτει το συμπέρασμα ότι υπάρχει μια ομοιότητα μεταξύ των αποτελεσμάτων ενώ από την εργασία της Ε. Κωστίδου (2010) μπορεί να ειπωθεί ότι γενικά αύξηση της κλίσης οδηγεί σε αύξηση του συντελεστή Manning n' , αλλά για σταθερή πυκνότητα, αυτή η αύξηση είναι μικρή από ένα σημείο και μετά.

5)ABSTRACT

In this MSc thesis the relationship between the water level of open channel and discharge in the channel was investigated through experiment with provisions similar to several cases of vegetation density and for various inclinations of the channel. Initially, calibration took place for the new gauge which was placed in the laboratory for the main experiment. In the first phase we compared the results of the old gauge and the ultrasonic flow meter which was placed on the iron segment of water supply pipe. Then we compared the results of new gauge and the ultrasonic flow meter which was placed on the PVC segment of the water supply pipe and also the results obtained by measuring the water level at the edge of the rectangular channel for the same discharges to be comparable with previous results. So from their common diagrams the theoretical formula of the new gauge was chosen:

$$Q=2,2887(\Delta H)^{0,5}$$

as it is shown in the following diagram:

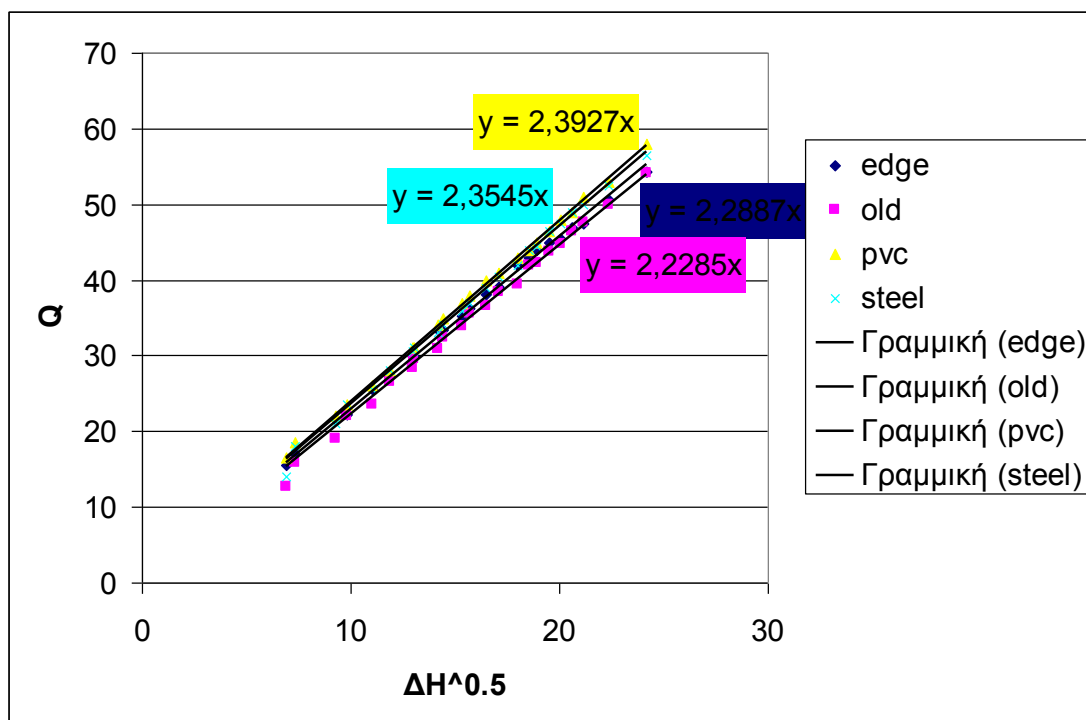


Diagram 1: All formulas of the new gauge for all cases

Next, we describe the procedure for performing experiments. First, experimental model is described which is a rectangular laboratory channel of total length 17 m till the tank and width 0,5 m, made of Plexiglas, while the tank is made of steel with about the same width. After, we describe the series of experiments where the vegetation was simulated by rigid Plexiglas rods mounted on an extra bed of

approximately 1 cm thickness above the bottom of the channel. The bottom, made of Plexiglas, with total length 8 m and width as the channel that is 0,5 m, was divided into 4 pieces where were all the holes for all the cases of densities of rods from the outset and was placed approximately 3 m from the edge of the channel. There were 3 sets of measurements each corresponding to a different slope of the channel. The gradients chosen are 0.1%, 0.2% and 1%, the first two are subcritical and the last is supercritical, since the critical slope ranges from 0.33 to 0.38% for the channel and the range of discharges of the experiment. For each slope 3 sets of measurements were conducted each corresponding to a density of rods, which are 100 stems/m², 187 stems/m² and 400 stems/m². In carrying out the experiments for the selected discharges the depth of water was measured at 21 locations in the channel including its position on the edge. Most of them (15) were on the extra bed in order to establish a uniform depth which shows the Manning coefficient (n) corresponding to specific vegetation. As an observation can be said that in the subcritical cases, adjustment of the flow in the extra bed is in a smooth manner but in supercritical slope is not; in that case hydraulic jump is created and it is observed that by increasing the slope of the channel, depths are reduced while increasing the rod density, depths are increased because they act as barriers to flow, but both are expected. Then there is a presentation of experimental results in tables and charts corresponding to each case and their common diagrams for deducting conclusions. In conclusion we can say that (a) by increasing the discharge and therefore the depth of flow, the coefficient of Manning n was reduced because it has less and less effect on flow, (b) for a certain slope increasing the density increases the coefficient n and (c) for constant density increasing the slope increases the coefficient n , as it is shown in the following diagrams:

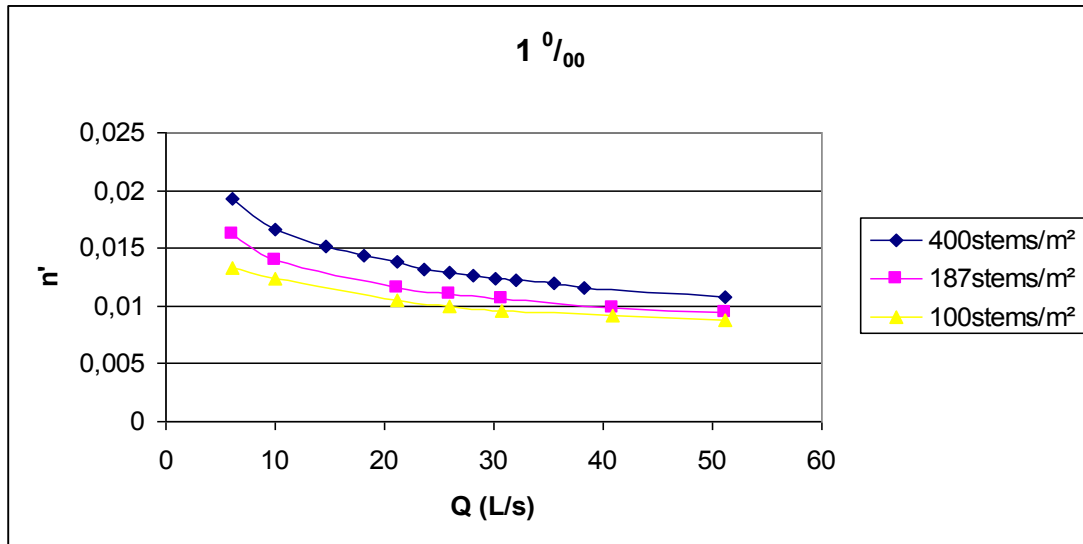


Diagram 2: n (s/m1/3) - Q (L/s) for a certain slope 0.1%

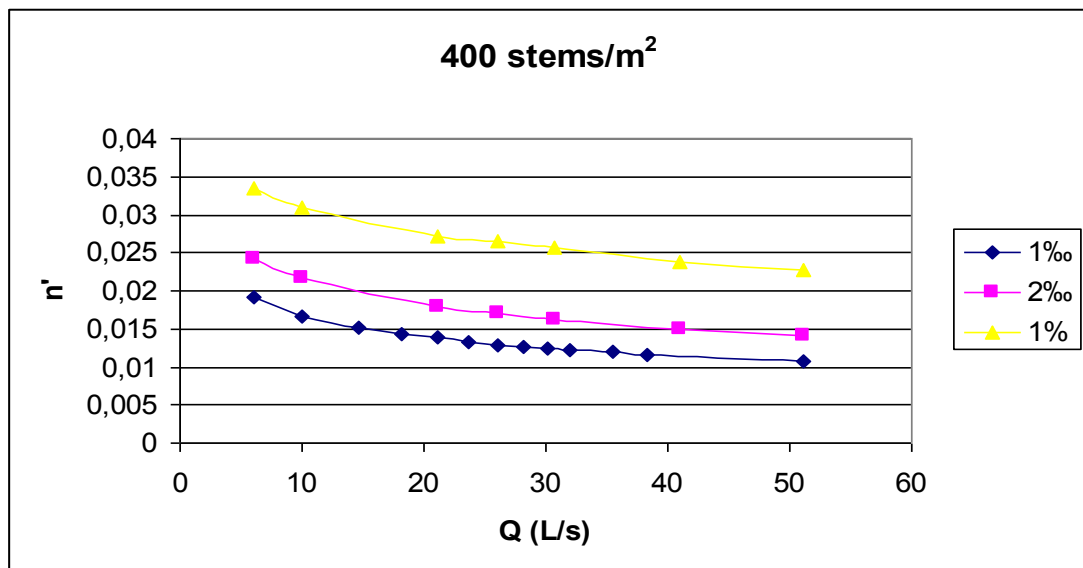


Diagram 3: n (s/m1/3) - Q (L/s) for constant density 400 stems/m²

Also, for the generalization of experimental results the dimensionless parameters were calculated which are presented in tables and common diagrams. For dimensionless results, in general, for constant density increasing slope reduces N . The same goes for diagrams $1 / f^{1/2} - \log Y_k$. For graphs with constant slope it is again observed that with increasing dimensionless Y_k increase the dimensionless N increase, as it is shown in the following diagram:

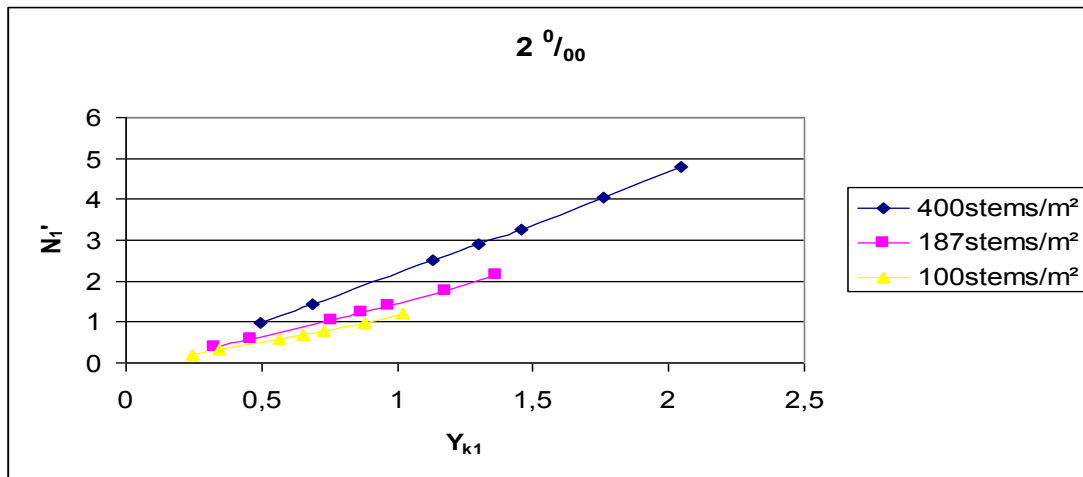


Diagram 4: N_1' – Y_{k1} for constant slope 0.2%

As a final step in this thesis, the results were compared with earlier studies which were very similar and it was possible to compare experimental results to draw conclusions. By comparing with the Carollo et al (2002) thesis it was concluded that there is a similarity between the results while with the Kostidou (2010) thesis may be said that generally increasing the slope increases the coefficient of Manning n' ; but for constant density, this increase is negligible after some point. The diagrams with comparison of the thesis follow:

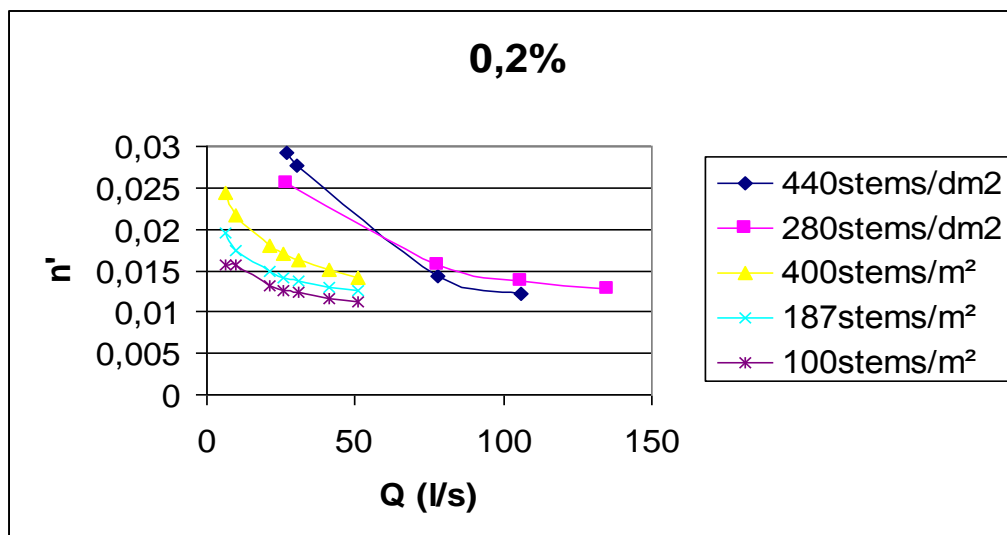


Diagram 5: Comparison between Carollo et al (2002) and present thesis for slope 0.2%

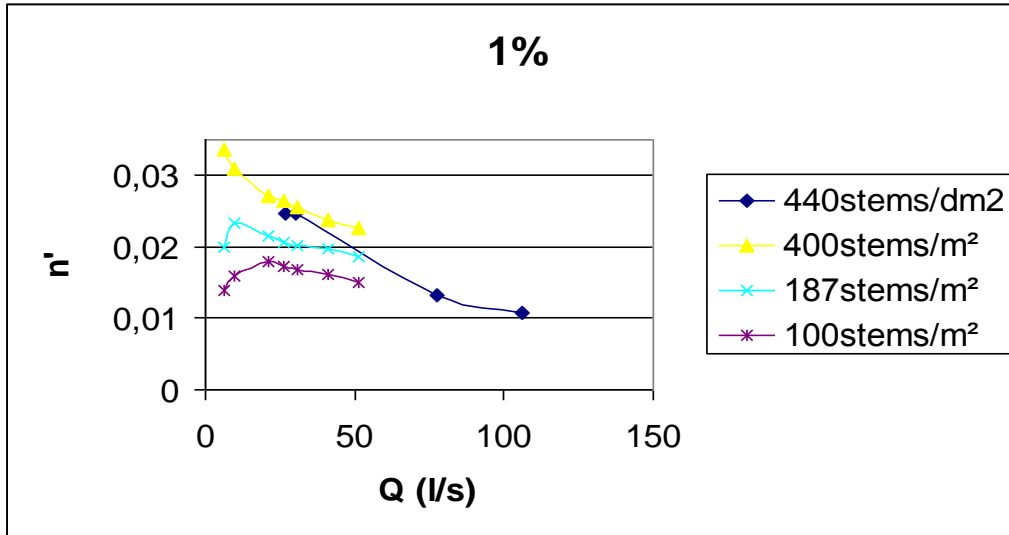


Diagram 6: Comparison between Carollo et al (2002) and present thesis for slope 0.2%

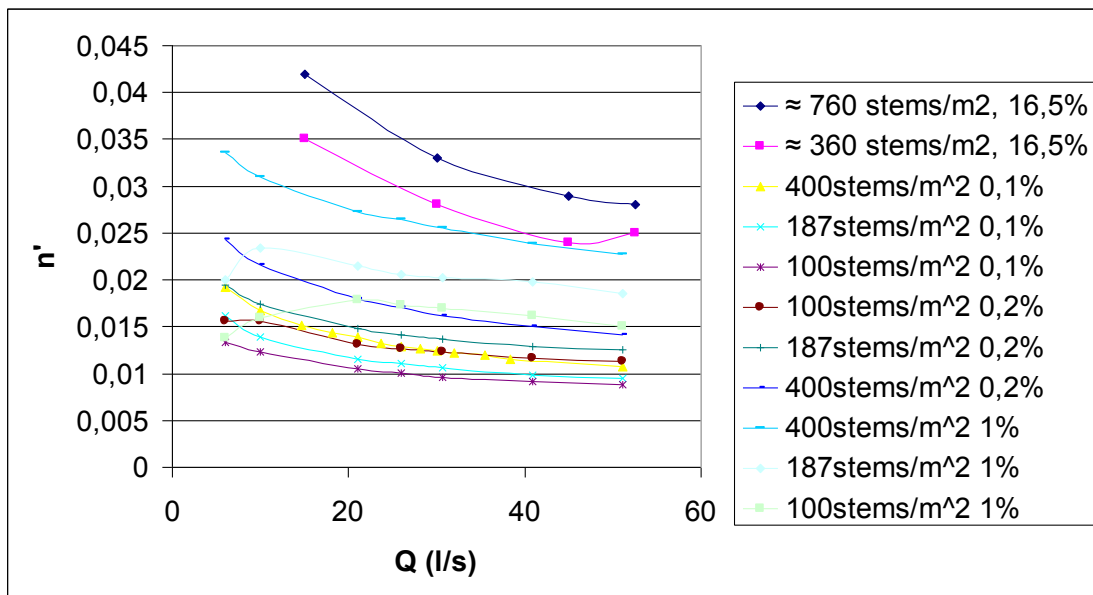


Diagram 7: Comparison between Kostidou (2010) and present thesis for all cases

6)ΕΙΣΑΓΩΓΗ-ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Βλάστηση στην κοίτη και στις όχθες είναι συνηθισμένη σε μικρά ρυάκια και έχει σημαντικές φυσικές, βιολογικές και βιοφυσικές λειτουργίες. Αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ροής και της βλάστησης είναι πολύπλοκες και εξαρτώνται από περιβαλλοντικούς παράγοντες και χαρακτηριστικά των φυτών όπως μέση ταχύτητα ροής, τύρβη, μορφολογία καναλιού, θερμοκρασία νερού, μορφολογία φυτού, ηλικία και μέγεθος, και χωρική κατανομή επιφανειών βλάστησης (π.χ., Yen 2002). Η γνώση των αλληλεπιδράσεων ροής-βλάστησης είναι σημαντική τόσο για μηχανικές (π.χ. εκτιμήσεις επιπέδου πλημμυρών) όσο και για οικολογικές (π.χ. αποκατάσταση ρεύματος) εφαρμογές. Οι συνθήκες ροής επηρεάζουν το ρόλο των φυτών καθώς αναστέλλουν τα φίλτρα ιζημάτων, τα βυθίσματα νερού για διαλυμένα θρεπτικά συστατικά και προσμίξεις, και το ενδιαίτημα για τον άλλο βιόκοσμο του ρυακιού. Αντιστρόφως, η δομή και η αφθονία της βλάστησης επηρεάζει το βάθος ροής, την μετάδοση πλημμύρας, την ικανότητα μεταφοράς ιζήματος, και άλλες υδραυλικές και υδρολογικές παραμέτρους.

Μια επισκόπηση των πρόσφατων ερευνών για την υδραυλική αντίσταση σε κανάλια με βλάστηση δείχνει ότι ένα μεγάλο εύρος από θεωρητικές και εννοιολογικές προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται. Υπάρχει μια γενική συμφωνία ότι συντελεστές αντίστασης όπως ο Manning n , ο Chezy C , και ο Darcy-Weisbach f εξαρτώνται από παραμέτρους της ροής (π.χ. αριθμό Reynolds, αριθμό Froude, ανομοιομορφία/αστάθεια, σχετική βύθιση), υλικό πυθμένα (π.χ. αντιπροσωπευτικό μέγεθος σωματιδίου, συντελεστής διακύμανσης μεγεθών σωματιδίου), μορφή πυθμένα (π.χ. απόκρημνη), μορφή καναλιού (π.χ. ελικοειδές), και γεωμετρία βλάστησης (π.χ. δείκτη διακλάδωσης), ευκαμψία/δυσκαμψία (π.χ. ο λόγος του συντελεστή της δυσκαμψίας των φυτών με την διατμητική τάση πυθμένα), πυκνότητα επιφάνειας/όγκου και κατανομή επιφανειών βλάστησης (π.χ. σχετική έκταση του πυθμένα που καλύπτεται από βλάστηση). Η ποσοτική μορφή αυτής της εξάρτησης είναι ένα μακροχρόνιο πρόβλημα στην υδραυλική έρευνα και παραμένει ασαφής μέχρι και σήμερα.

Παρά τους περιορισμούς της εξίσωσης Manning, είναι αυτή που χρησιμοποιείται συχνότατα από τους επαγγελματίες μηχανικούς σε όλο τον κόσμο. Αυτή η εξίσωση έχει τύπο:

$$V=(1/n) R^{2/3} J^{1/2} \quad (1),$$

όπου V η ταχύτητα ροής, R η υδραυλική ακτίνα, J η κλίση του αγωγού και n ο συντελεστής Manning που περιγράφει ουσιαστικά την τραχύτητα της επιφάνειας.

Ο σχεδιασμός, η μελέτη, η λειτουργία των έργων υδάτινων πόρων συχνά απαιτούν γνώση του βάθους ροής σε ένα συγκεκριμένο κανάλι ως συνάρτηση της παροχής, όπως επίσης και της γεωμετρίας του καναλιού, τις κλίσεις και των συνοριακών συνθηκών.

Σε περιοχές όπου η ροή γίνεται εν μέσω βλάστησης, το βάθος καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το είδος της υπάρχουσας βλάστησης. Παραδείγματα όπου η βλάστηση παίζει σημαντικό ρόλο είναι:

- α) ποτάμια με πλατιές και με υπερβολική βλάστηση πλημμυρικές περιοχές.
- β) τάφροι αποστράγγισης στην άκρη των δρόμων με πυκνή ψηλή βλάστηση
- γ) κανάλια βουλωμένα με υδρόβια ζιζάνια.

Η επιτυχία στην εύρεση μαθηματικών μοντέλων για την περιγραφή της μονοδιάστατης ροής σε ελεύθερη επιφάνεια εξαρτάται μεταξύ άλλων από την ακριβή εκτίμηση της αντίστασης της ροής σε ανοικτούς αγωγούς με διάφορα χαρακτηριστικά τραχύτητας και διάφορες κλίσεις. Για παράδειγμα στην εφαρμογή της εξίσωσης St Venant για τον υπολογισμό τέτοιων ροών, και ιδίως ρηχών ροών πάνω από τραχείες επιφάνειες κατά την διάρκεια ή μετά από βροχόπτωση, ένα μεγάλο λάθος στην εκτίμηση του συντελεστή τριβής μπορεί να οδηγήσει σε μη ρεαλιστικές λύσεις. Οι μελέτες εστίαζαν στην έρευνα της αντίστασης στη ροή σε τέτοιους αγωγούς, ωστόσο δεν είχε σημειωθεί ικανοποιητική πρόοδος. Λόγω του αυξανόμενου ενδιαφέροντος στην εύρεση μαθηματικού μοντέλου της επιφανειακής απορροής και στερεοπαροχής από έναν υδροκρίτη, ο οποίος μπορεί να αποτελείται από επιφάνειες ποικίλης βλάστησης, ήταν αναγκαίο να επαναπροσδιοριστούν και επανεκτιμηθούν οι μέθοδοι και οι τύποι υπολογισμού της αντίστασης στη ροή σε τέτοιους αγωγούς.

Τα υδρόβια φυτά είναι σημαντικά συστατικά πολλών υδατικών συστημάτων. Η αλληλεπίδραση μεταξύ ροής και βλάστησης είναι πολυσύνθετη και εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες και τα χαρακτηριστικά της βλάστησης, όπως η ευκαμψία των φυτών, το μέγεθος και η πυκνότητα της βλάστησης. Επομένως, η αντίσταση της βλάστησης στη ροή είναι πολύ σημαντική και στα διάφορα έργα αλλά και σε οικολογικές εφαρμογές. Τα υδροδυναμικά χαρακτηριστικά ροής σε ανοικτούς αγωγούς με εύκαμπτη βλάστηση έχουν μόλις πρόσφατα αρχίσει να διερευνώνται.

Σε παλαιότερες έρευνες, οι Stephan & Guthunodt (2002) διενέργησαν μετρήσεις ταχύτητας πάνω από εύκαμπτη βλάστηση με ADV (ταχύμετρο με υπερήχους) για να καθορίσουν τη σχέση μεταξύ της τραχύτητας και του παραμορφωμένου ύψους της βλάστησης. Η ανάλυση των μετρήσεων ταχύτητας δείχνει ότι η μετατόπιση από το μηδενικό επίπεδο του λογαριθμικού νόμου συσχετίζεται με το παραμορφωμένο ύψος του φυτού. Ο Velasco et al (2003) διερεύνησε την υδρομηχανική αλληλεπίδραση μεταξύ της ροής και της εύκαμπτης βλάστησης με χρήση ADV και βρήκε μερικές ενδιαφέρουσες σχέσεις του πεδίου ροής και της τοπικής παραμόρφωσης των φυτών. Ο Carollo et al (2005) έδειξε ότι η εφαρμογή της μεθόδου του Kouwen (1969) δίνει μία συστηματική υπερεκτίμηση της αντίστασης της ροής σε ροή με φυσική εύκαμπτη βλάστηση. Αυτή η υπερεκτίμηση αυξάνει με την αύξηση της πυκνότητας βλάστησης. Ο Righetti (2008) διερεύνησε τη μέση ροή και τη δομή της τύρβης σε ροή σε ανοιχτούς αγωγούς με εύκαμπτη βλάστηση χρησιμοποιώντας 3-D ADV. Έκανε μεθόδους μέσου όρου του χρόνου και μέσου όρου διαστήματος και αποκάλυψε πως η μέση ταχύτητα, η πυκνότητα βλάστησης και ευκαμψία του φυτού είναι οι βασικές παράμετροι για τη δημιουργία ενός στρώματος ανάμειξης κοντά στα κορυφή της βλάστησης. Πρόσφατα, ο Ohamoto και ο Nezu (2009) διενέργησαν ταυτόχρονες μετρήσεις της τύρβης και της κίνησης της βλάστησης σε ανοιχτούς αγωγούς με εύκαμπτη βλάστηση, χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό τεχνικών PIV και PTV. Εξέτασαν την αλληλεπίδραση μεταξύ του πεδίου ταχύτητας και της κίνησης της βλάστησης και έπειτα μια μέσης φάσης δομή τύρβης αναλύθηκε με βάση την κίνηση της βλάστησης.

Αυτές οι ροές σε ανοιχτούς αγωγούς εν μέσω βλάστησης αποτέλεσαν αντικείμενο έρευνας εδώ και πολλά χρόνια. Ωστόσο, σε τέτοιες περιπτώσεις ροής σε ανοιχτούς αγωγούς με βλάστηση, τόσο η γεωμετρία της βλάστησης (σχήμα, μέγεθος, ευκαμψία, πυκνότητα) όσο και τα χαρακτηριστικά της τύρβης επηρεάζουν την δύναμη αντίστασης (τριβή) σημαντικά.

Ο σχεδιασμός ανοικτών αγωγών βασίζεται σε συντελεστές αντίστασης που προέκυψαν από δεδομένα πεδίου και από αποτελέσματα εργαστηριακών διωρύγων και πειράματα ειδικών καναλιών. Η τιμή του συντελεστή Manning (n) ορίζεται για τις περισσότερες επενδύσεις αγωγών. Ο Ree και ο Palmer (1949) παρουσιάζουν ένα εκτεταμένο σύνολο καμπυλών σχεδιασμού για αγωγούς με βλάστηση που βρίσκονται συχνά στις Η.Π.Α. Τα αποτελέσματά τους συνοψίζονται και από τον Chow (1959). Από πειράματα που διεξήχθησαν από τους ερευνητές βρέθηκε ότι στους πλατιούς

αγωγούς που έχουν τεχνητή εύκαμπτη τραχύτητα προσκολλημένη στον πυθμένα, τον n είναι κυρίως συνάρτηση της σχετικής τραχύτητας y_n/k όπου y_n το φυσικό βάθος και k το παραμορφωμένο ύψος τραχύτητας δηλαδή το λυγισμένο ύψους της βλάστησης. Η εύκαμπτη τραχύτητα που χρησιμοποιείται σε αυτά τα πειράματα προκύπτει με την προσκόλληση επιπέδων ταινιών στυρόλης στον πυθμένα του καναλιού. Επειδή η αναπαράσταση του n ως συνάρτηση του γινομένου $U \cdot R$ (όπου U η μέση ταχύτητα και R η υδραυλική ακτίνα) δεν ήταν ικανοποιητική. Αυτό οδήγησε τους ερευνητές στην προσπάθεια πιο αποτελεσματικής προσέγγισης του υπολογισμού της αντίστασης της ροής σε αγωγούς με βλάστηση.

Εκτεταμένη βιβλιογραφία για τη στερεά δύσκαμπτη τραχύτητα είναι διαθέσιμη. Αναμένεται ότι οι περισσότερες παράμετροι που επηρεάζουν την αντίσταση στην ροή σε αγωγούς με δύσκαμπτη τραχύτητα θα υπάρχουν και στην περίπτωση αγωγών με εύκαμπτη τραχύτητα όπως στο γρασίδι και άλλη βλάστηση.

Ο Rouse (1965) κατέληξε στο ότι μια έγκυρη βάση για την ανάλυση πλατιών αγωγών όπως και κυκλικών σωλήνων παρέχεται από τους ημιλογαριθμικούς νόμους κατανομής ταχύτητας. Φαίνεται να υπάρχει γενική ομοφωνία ότι η αντίσταση στην ροή σε ανοιχτούς αγωγούς με ποικίλους τύπους στοιχείων άκαμπτης τραχύτητας είναι συνάρτηση λογαριθμική της συγκέντρωσης στοιχείων τραχύτητας ή του ισοδύναμου μεγέθους κόκκου άμμου k_s . Ωστόσο όπως υποδεικνύει ο Blench (1961) η λογαριθμική συνάρτηση αντίστασης στην ροή σε ανοιχτούς αγωγούς μπορεί να ληφθεί υπόψη μόνο ως μία ημιεμπειρική σχέση, λόγω της υπόθεσης λογαριθμικής κατανομής της ταχύτητας.

Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι σε πολλές εφαρμογές η υπόθεση της ταχύτητας ολίσθησης σε ένα όριο της ροής (u_B) δίνει μια καλή αναπαράσταση των προφίλ ταχύτητας. Έτσι για παράδειγμα στην περίπτωση της ροής πάνω από ένα πορώδες διαπερατό εμπόδιο ο Beavers και Joseph (1967) θεωρούν ότι η ταχύτητα ολίσθησης σε μία επιφάνεια επαφής είναι ανάλογη της εφαπτομένης ταχύτητας έξω από το διαπερατό εμπόδιο. Ο Englund (1964) εισάγει μία θεωρητική ταχύτητα ολίσθησης σε πακτωμένες επιφάνειες επαφής ώστε ένα σταθερό ιξώδες να μπορεί να υποτεθεί για τον υπολογισμό των αυτοδιατηρούμενων δυσδιάστατων οριακών στρωμάτων.

Τα αναδυόμενα φυτά είναι κοινό στοιχείο των φυσικών και τεχνικών υδροτόπων, βάλτων και παραθαλάσσιων ζωνών. Η παρουσία βλάστησης επηρεάζει διάφορες διαδικασίες στο περιβάλλον τόσο σε βιολογικό όσο και σε υδραυλικό

επίπεδο (Nepf 1999). Πολλοί ερευνητές μελέτησαν την επίδραση της βλάστησης στην δομή της ροής, στην διασπορά και στην διάχυση σε τέτοια συστήματα. Η Nepf (1999) δημιούργησε ένα μοντέλο πρόβλεψης της οριζόντιας διάχυσης σε αναδυόμενη βλάστηση θεωρώντας ότι η διάχυση προκύπτει από δύο παράγοντες : την τυρβώδη διάχυση και την μηχανική διάχυση. Σε αραιές συστοιχίες βλάστησης, η τυρβώδης διάχυση έχει πιο σημαντικό ρόλο στη πλευρική μίξη, ενώ η μηχανική διάχυση είναι κυρίαρχη σε πυκνές συστοιχίες βλάστησης.

Οι διαφορετικές τιμές της πυκνότητας των μίσχων βλάστησης ανάλογα με το βάθος διερευνήθηκε αρχικά από τους Lightbody και Nepf(2006 a). Υπολόγισαν ένα προφίλ για την ταχύτητα το οποίο βασίστηκε στη ποικιλία μίσχων βλάστησης ανάλογα με το βάθος. Οι Lightbody και Nepf (2006 β) απέδειξαν ότι η κάθετη ανομοιογένεια των μίσχων μπορεί να αυξήσει την διαμήκη διασπορά μακριά από το σημείο της πηγής, όπου διατμητική διασπορά δημιουργείται. Έκαναν πειράματα στο πεδίο των μικρών αριθμών Reynolds και για την μόνιμη και την μη μόνιμη ροή.

Η βλάστηση επηρεάζει ποτάμιες διεργασίες και είναι το κλειδί στην τρέχουσα διαχείριση του ποταμού και την υδραυλική του ποταμού. Οι πρόοδοι στην κατανόηση της συμπεριφορά της ροής πάνω από βλάστηση μας επιτρέπουν να βελτίωση τόσο της γνώσης του προφίλ της ταχύτητας ροής και την αντίσταση της ροής και τον σχεδιασμό καναλιών με βλάστηση (Tsujimoto 1999).

Η βλάστηση είναι εύκαμπτη σε διάφορους βαθμούς, και διαφέρει από θέση σε θέση στη ροή. Στα κανάλια με βλάστηση, το βάθος ροής και η φύση της βλάστησης ως υδραυλική τραχύτητα μπορεί να διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό. Το βάθος της ροής μπορεί να είναι τέτοιο ώστε να είναι μικρότερο ή ίσο με (μεγάλης κλίμακας τραχύτητα), ή μεγαλύτερο από (μικρής κλίμακας τραχύτητα) το ύψος βλάστησης. Η διαδικασία είναι δυναμική, λόγω των χρονικών μεταβολών στην τραχύτητα λόγω της φυσικής ανάπτυξης της βλάστησης, των εφαρμογών διαχείρισης, και της δυναμικής ανταπόκρισης της βλάστησης στη ροή. Με άλλα λόγια, η ροή σε ένα κανάλι με βλάστηση είναι ουσιαστικά ένα πρόβλημα κινητού ορίου δεδομένου ότι τα στοιχεία τραχύτητας είναι παραμορφωμένα από το ροή εντός του καναλιού.

Ο Palmer (1945) προσδιόρισε τρεις συνθήκες ροής που θα μπορούσε να βιώνει η βλάστηση:

1. Χαμηλές ροές, με τη ροή που διέρχεται από μίσχους και φύλλα χωρίς να τα κάμπει και να τα κατακλύζει

2. Ενδιάμεσες ροές, που παράγουν πλήρη καταβύθιση της βλάστησης και ταχείες αλλαγές της αντίστασης ροής με αλλαγές της παροχής. Βλάστηση είναι λυγισμένη και οριζοντιωμένη προς την κατεύθυνση του πυθμένα και

3. Υψηλές ροές, αναγκάζει τη βλάστηση σε μια πρηνή ή σχεδόν πρηνή θέση. Κάποια κίνηση των βλαστών και των φύλλων μπορεί να συμβαίνει αλλά τα αποτελέσματα είναι αμελητέα. Συνθήκες χαμηλής ροής παρουσιάζουν ενδιαφέρον για την μελέτη της δια ξηράς ροής.

Υψηλές ροές έχουν ενδιαφέρον μόνο σπάνια λόγω των περιορισμών της σταθερότητας, ενώ το μεγαλύτερο μέρος των ροών σχεδιασμού για κανάλια με βλάστηση εμπίπτουν στον ορισμό του Palmer στις ενδιάμεσες ροές. Οι περισσότερες από τις προηγούμενες μελέτες εστιάζουν με ιδιαίτερη προσοχή στην αντίσταση ροής. Λόγω της πολύπλοκης φύσης του συστήματος ροής και της ποικιλίας των συνθηκών που παρουσιάζονται με τη ροή ανοικτού αγωγού μέσω βλάστησης, ένα αναλυτικό μοντέλο ροής που βασίζεται εξ ολοκλήρου σε θεωρητικά παράγωγα είναι δύσκολο να αναπτυχθεί. Γι' αυτό το λόγο, η δουλειά που έγινε στο παρελθόν ήταν εμπειρική ή ημιεμπειρική στη φύση. Ο εμπειρικά παραγόμενος τύπος του Manning παραμένει η πλέον χρησιμοποιούμενη εξίσωση ομοιόμορφης ροής ανοικτού αγωγού, αλλά ο συντελεστής αντίστασης είναι δύσκολο να εκτιμηθεί με ακρίβεια. Μια εργασία στη μελέτη της ομοιόμορφης τυρβώδους ροής σε αγωγό με βλάστηση είναι να συμπεράνουμε θεωρητικά το νόμο αντίστασης της ροής με την ένταξη μιας γνωστής κατανομής ταχύτητας κατά την τομή. Προφίλ ταχύτητας που μετρήθηκαν από τον Eastgate (1966, 1969) πάνω από πυθμένες με γρασίδι Kikuyu έδειξαν ότι η τοπική ταχύτητα u ποικίλλει ανάλογα με το λογάριθμο της απόστασης y από τον πυθμένα του καναλιού.

Ο Gourlay (1970) ανέλυσε πάλι μερικά από τα δεδομένα του Eastgate το (1966, 1969) για κλίση καναλιού που κυμαίνεται από 0,005 ως 0,07 και απέδειξε ότι για κλίσεις κάτω από 0,05, τρία στρώματα μπορούν να διακριθούν στα πειραματικά προφίλ ταχύτητας: 1) ένα στρώμα με σχεδόν σταθερή χαμηλή ταχύτητα μέσα στο γρασίδι κοντά στο πυθμένα στον οποίο η ταχύτητα μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη προς τη διατμητική ταχύτητα u^* 2) ένα στρώμα με ραγδαία αυξανόμενη ταχύτητα στα ανώτερα τμήματα των στοιχείων βλάστησης 3) ένα στρώμα με λιγότερο ραγδαία αυξανόμενη ταχύτητα πάνω από το χορτάρι. Για κλίσεις μεγαλύτερες από 0,05, τα

στρώματα (2) και (3) συγχωνεύονται, καθώς και τα προφίλ παρουσιάζουν μια εμφάνιση δύο στρωμάτων.

Οι Kouwen et al. (1969) παρουσίασαν προφίλ ταχύτητας που παρατηρήθηκαν σε μια εργαστηριακή διώρυγα στην οποία τεχνητή εύκαμπτη βλάστηση (ταινίες στυρολίου) τοποθετήθηκε και διαπίστωσαν ότι το λογαριθμικό προφίλ ταχύτητας αντιπροσωπεύει επαρκώς τις συνθήκες ροής πάνω από ένα εύκαμπτο πλαστικό κάλυμμα.

Από θεωρητική άποψη, το λογαριθμικό προφίλ ταχύτητας εφαρμόζεται πάνω από μια απόσταση αναφοράς ($y < k_v$), η οποία θα ήταν το επίπεδο όπου το κατώτερο στρώμα με σταθερή ταχύτητα ταιριάζει με το στρώμα διάτμησης πάνω από αυτό. Ωστόσο, αυτό το επίπεδο αναφοράς θα μπορούσε να βρίσκεται εντός του στρώματος βλάστησης ή στο επάνω μέρος της βλάστησης ανάλογα με το καθεστώς ροής (κάθετο, κυματοειδές, πρηνές). Λόγω των προβλημάτων μέτρησης, αξιόπιστες μετρήσεις ταχύτητας ροής μέσα από την περιοχή στο όριο βλάστησης είναι κάπως περιορισμένες. Για τις πρακτικές εφαρμογές οι Kouwen και Unny (1973) πρότειναν ένα επίπεδο αναφοράς ίσο με το λυγισμένο ύψος βλάστησης.

Ο Temple (1986) πρότεινε κατανομή ταχύτητας δύο στρωμάτων: για τιμές y μικρότερο από το λυγισμένο ύψος βλάστησης k_v , η ταχύτητα διαμέσου της βλάστησης είναι υποθετικά σταθερή και εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά βλάστησης και την κλίση της ενέργειας, για $y > k_v$, το προφίλ ταχύτητας εξαρτάται από τη μεταφορά ορμής υπό τη μορφή της τυρβώδης διάτμησης. Στην τελευταία αυτή περίπτωση, ο Temple (1986) έλαβε ένα γενικευμένο προφίλ ταχύτητας χρησιμοποιώντας την προσέγγιση με το μήκος ανάμειξης του Prandtl και με την παραδοχή ότι το μήκος ανάμειξης είναι ανάλογο με το $y - k_v$.

Πρόσφατα, οι Ikeda και Kanazawa (1996) μέτρησαν την κατά μήκος συνιστώσα της ταχύτητα μιας ροής ανοικτού καναλιού πάνω σε εύκαμπτη βλάστηση με τη χρήση ενός δύο συνιστωσών ταχυμέτρου Laser-Doppler. Παρατήρησαν ότι το προσωρινό μέσο προφίλ ταχύτητας έχει ένα σημείο καμπής, κοντά στην κορυφή του στρώματος βλάστησης, και παρατήρησαν επίσης ότι η κατά μήκος συνιστώσα της έντασης τύρβης U και η διατμητική τάση t έχουν τη μέγιστη τιμή στη κορυφή του στρώματος βλάστησης και μειώνονται προς την ελεύθερη επιφάνεια και τον πυθμένα.

Στην συνέχεια ακολουθούν εικόνες με παραδείγματα ποταμών που επηρεάζονται από την βλάστηση:



Εικόνα 1: Ποτάμι με έντονα στοιχεία βλάστησης
(Πηγή:http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d0/Torrensriver_athelstone.JPG/180px-Torrensriver_athelstone.JPG)



Εικόνα 2: Ρυάκι με βλάστηση στις όχθες
(Πηγή:http://www.bae.ncsu.edu/programs/extension/wqg/srp/images/shawnee_haw_07_jul.jpg)



Εικόνα 3: Ποταμός με έντονη βλάστηση σε όλο το πλάτος
(Πηγή:<http://sofia.usgs.gov/publications/ofr/99-187/airb.jpg>)

7)ΚΑΛΙΜΠΡΑΡΙΣΜΑ ΝΕΟΥ ΜΑΝΟΜΕΤΡΟΥ

Πριν το κυρίως πείραμα, έγινε το καλιμπράρισμα του καινούργιου μανομέτρου που τοποθετήθηκε στο εργαστήριο. Για να γίνει αυτό, έγινε χρήση του παλαιού μανομέτρου αλλά και ενός παροχόμετρου υπερήχων (Transport™ Model PT868) της Panametrics. Η αναλυτική περιγραφή του παροχόμετρου και των λειτουργιών που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας παρουσιάζονται στο παράρτημα αυτής της εργασίας.

Αρχικά, έγινε μια σύγκριση του παλαιού μανομέτρου με το παροχόμετρο υπερήχων. Έτσι το Transport παροχόμετρο τοποθετήθηκε στον σιδερένιο αγωγό του εργαστηρίου, στον οποίον είναι συνδεδεμένο το παλαιό μανόμετρο για να προσδιορίζει την παροχή, σε σημείο που είναι μακριά από στροφές του αγωγού. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, σημαντικά μεγέθη για το Transport παροχόμετρο είναι η εξωτερική διάμετρος του αγωγού (350mm) και το πάχος του (5,2mm) με τα οποία προσδιορίστηκε το διάστημα (spacing) μεταξύ πομπού και δέκτη και ήταν 312,4 mm. Το παλαιό μανόμετρο έχει θεωρητικό τύπο:

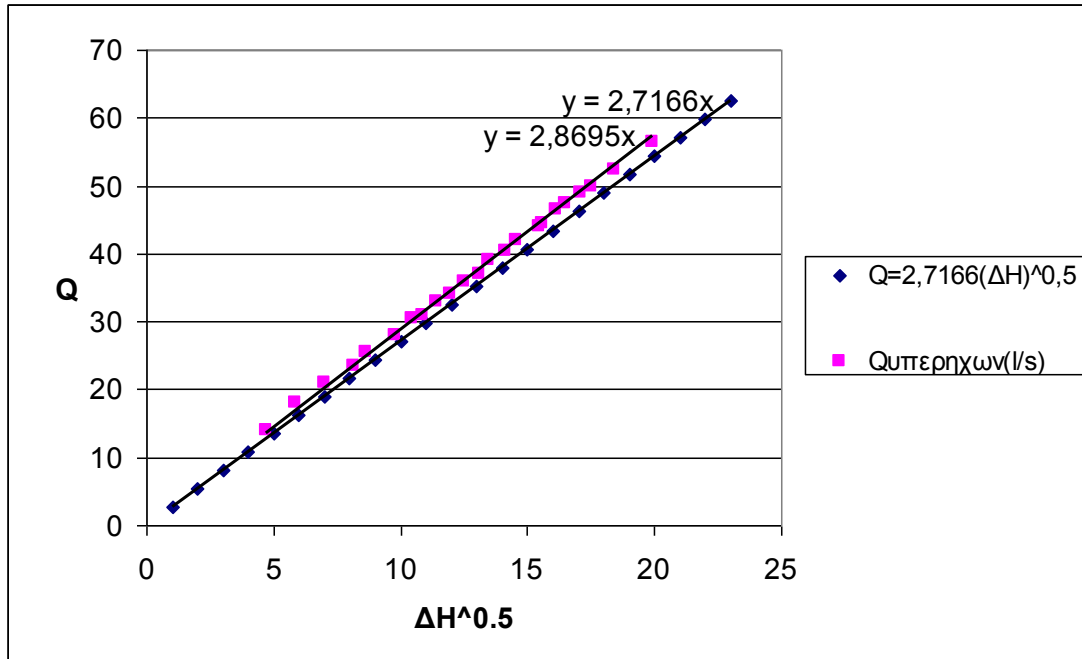
$$Q=2,7166(\Delta H)^{0,5} \quad (2)$$

(Q σε l/s και ΔH σε mm) με τον οποίο προσδιορίζει την παροχή αφού μετρηθεί το ΔH (διαφορά σταθμών του υγρού στο μανόμετρο). Ακολουθεί ο πίνακας αποτελεσμάτων και το κοινό τους διάγραμμα:

Πίνακας 1: Αποτελέσματα σύγκρισης παλαιού μανομέτρου με παροχόμετρο υπερήχων

$(\Delta H)^{0,5}$	ΔH (mm)	Qυπερηχων(l/s)	$(\Delta H)^{0,5}$	ΔH (mm)	Q(l/s)
4,690416	22	14	1	1	2,7166
5,87367	34,5	18	2	4	5,4332
7	49	21	3	9	8,1498
8,660254	75	25,5	4	16	10,8664
10,44031	109	30,5	5	25	13,583
11,40175	130	33	6	36	16,2996
12,49	156	36	7	49	19,0162
13,49074	182	39	8	64	21,7328
14,52584	211	42	9	81	24,4494
15,58846	243	44,5	10	100	27,166
16,46208	271	47,5	11	121	29,8826
17,52142	307	50	12	144	32,5992
19,94994	398	56,5	13	169	35,3158
18,41195	339	52,5	14	196	38,0324
17,08801	292	49	15	225	40,749
16,12452	260	46,5	16	256	43,4656

15,45962	239	44	17	289	46,1822
14,14214	200	40,5	18	324	48,8988
13,0767	171	37	19	361	51,6154
11,95826	143	34	20	400	54,332
10,86278	118	31	21	441	57,0486
9,797959	96	28	22	484	59,7652
8,124038	66	23,5	23	529	62,4818



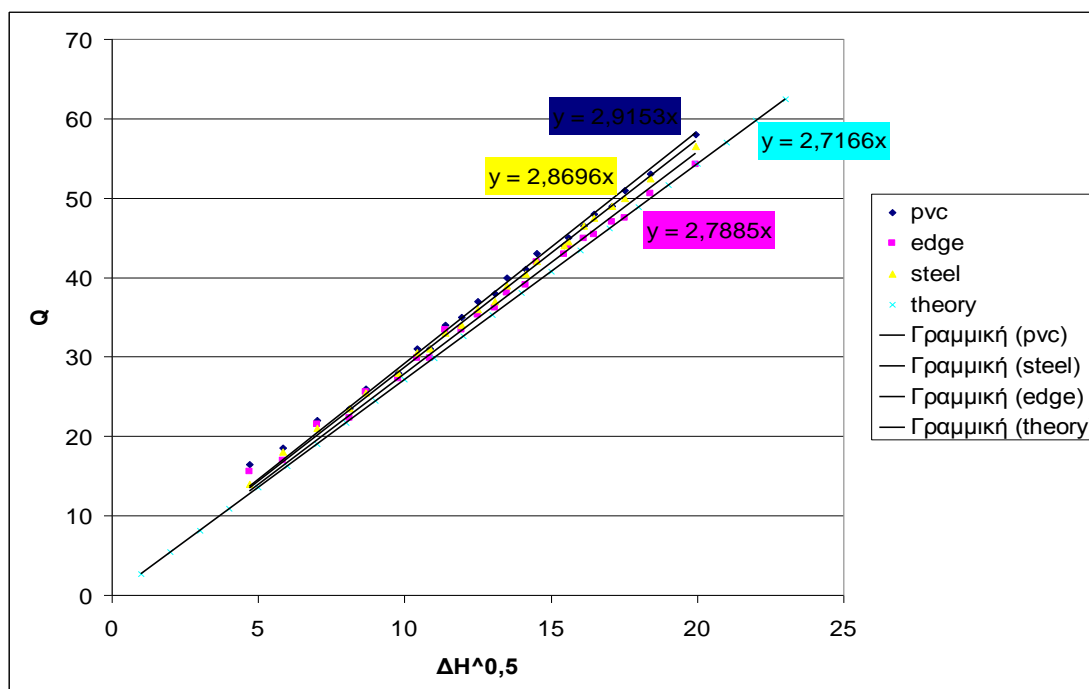
Διάγραμμα 1: Κοινό διάγραμμα αποτελεσμάτων σύγκρισης παλαιού μανομέτρου με παροχόμετρο υπερήχων

Παρατηρούμε ότι υπάρχει μια απόκλιση μεταξύ τους, πράγμα λογικό αν λάβουμε υπόψη τις αβεβαιότητες κατά τον προγραμματισμό των παραγόντων του Transport παροχομέτρου αλλά και τις αλλοιώσεις που έχουν συμβεί στο σύστημα μανομέτρου και αγωγού παροχής του εργαστηρίου λόγω της παλαιότητας του. Η επιλογή των παροχών ήταν τυχαία.

Επαναλάβαμε την διαδικασία για τις ίδιες παροχές αλλά τοποθετώντας το Transport παροχόμετρο στον αγωγό από PVC (ουσιαστικά είναι ο ίδιος αγωγός νερού του εργαστηρίου ο οποίος από ένα σημείο και μετά παύει να είναι σιδερένιος και είναι από PVC), για να είναι συγκρίσιμα με τα προηγούμενα αποτελέσματα και επιπλέον μετρήθηκε το βάθος του νερού στο χείλος του ορθογωνικού καναλιού το οποίο είναι 0,715 του κρισίμου βάθους (y_k) και από το οποίο προκύπτει η παροχή σύμφωνα με τον τύπο:

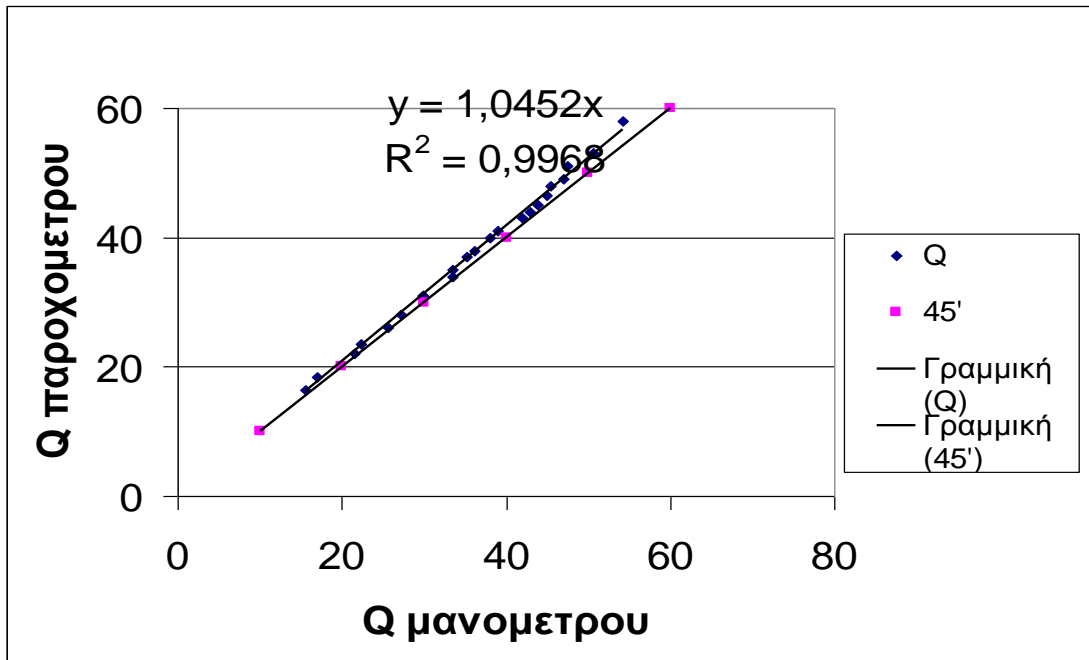
$$y_k = (Q^2 / (b^2 g))^{1/3} \quad (3)$$

σαν τρίτος τρόπος προσδιορισμού της. Εδώ, η εξωτερική διάμετρος του αγωγού είναι 355mm και το πάχος του 8mm με τα οποία προσδιορίστηκε το διάστημα (spacing) μεταξύ πομπού και δέκτη ίσο με 155,4 mm. Ακολουθεί το κοινό τους διάγραμμα:

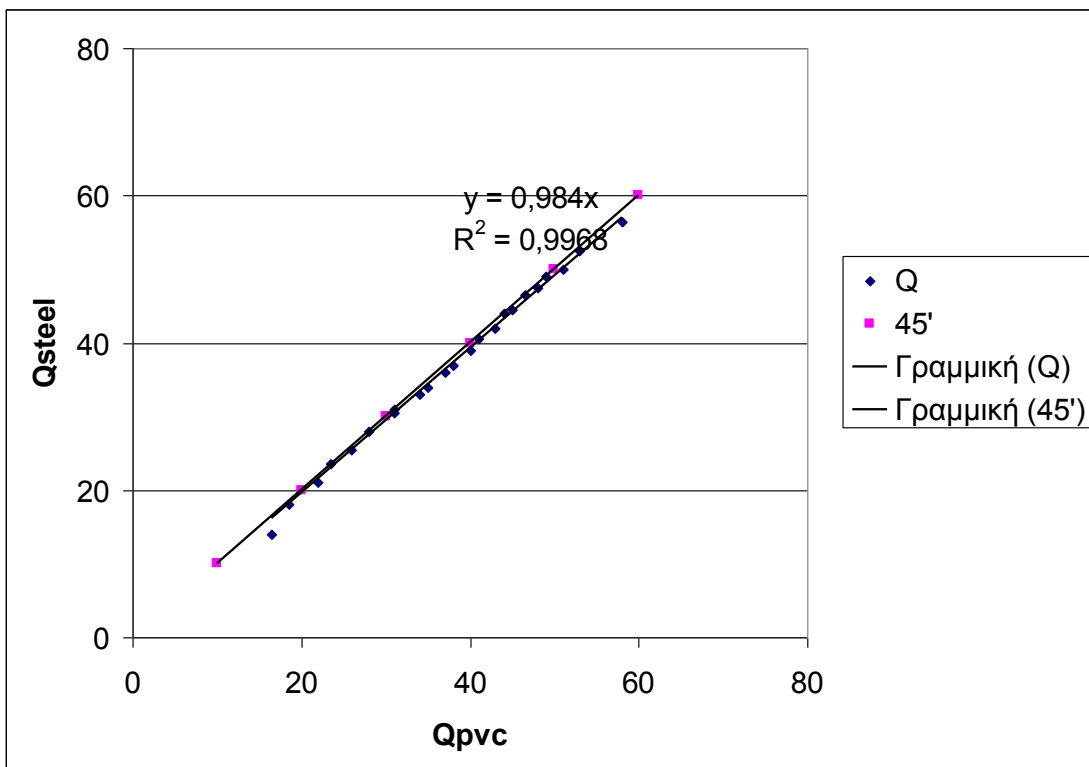


Διάγραμμα 2: Κοινό διάγραμμα αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει από όλα τα είδη παροχομέτρων για τα ΔHold

Στο διάγραμμα 2 έχουμε όλα τα είδη παροχών αλλά για τα ΔHold δηλαδή για τα ΔH του παλαιού μανομέτρου. Στα διαγράμματα 3 και 4 γίνεται σύγκριση μεταξύ του παροχομέτρου υπερήχων και του μανομέτρου και μεταξύ παροχομέτρου υπερήχων στο σιδερένιο αγωγό και στον αγωγό από PVC. Στο πρώτο φαίνεται ότι το παροχόμετρο υπερήχων υπερεκτιμά τις παροχές σε σχέση με το μανόμετρο και στο δεύτερο ότι υπερεκτιμά τις παροχές στον αγωγό από PVC σε σχέση με το σιδερένιο αγωγό. Στην ιδανική κατάσταση, θα έπρεπε οι γραμμές να συμπίπτουν με την διχοτόμο της ορθής γωνίας, αλλά λόγω των αβεβαιοτήτων που προαναφέρθηκαν δεν συμβαίνει αυτό.



Διάγραμμα 3: Σύγκριση παροχομέτρου υπερήχων και μανομέτρου



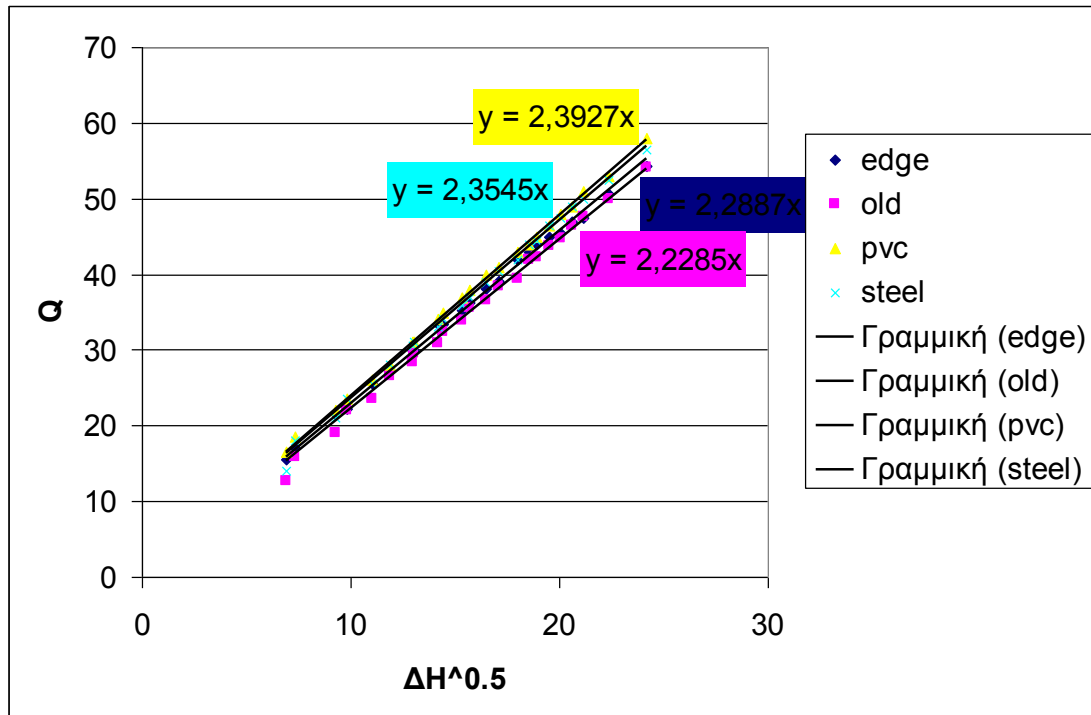
Διάγραμμα 4: Σύγκριση παροχομέτρου υπερήχων στο σιδερένιο αγωγό και στον αγωγό από PVC

Σκοπός μας είναι το διάγραμμα 5 που ακολουθεί και το οποίο είναι ανάλογο του διαγράμματος 2 αλλά αντί για τα ΔΗ του παλαιού έχει τα ΔΗ του νέου

μανομέτρου. Από αυτό θα επιλέξουμε τον θεωρητικό τύπο της παροχής στο νέο μανόμετρο. Αυτός είναι ο:

$$Q=2,2887(\Delta H)^{0,5} \quad (4)$$

και η επιλογή του έγινε γιατί είναι μια ενδιάμεση ευθεία και είναι πιο κοντά στην πραγματικότητα. Αυτή η ευθεία έχει προκύψει από τις παροχές που προσδιορίστηκαν από τα κρίσιμα βάθη νερού στο χείλος (edge) του καναλιού.



Διάγραμμα 5: Κοινό διάγραμμα αποτελεσμάτων που έχουν προκύψει από όλα τα είδη παροχομέτρων για τα ΔH_{new}

8) ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ



Εικόνα 4: Πειραματική συσκευή

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η πειραματική συσκευή, δηλαδή η εργαστηριακή ορθογωνική διώρυγα-κανάλι όπου πραγματοποιήθηκε το κυρίως πείραμα της εργασίας αυτής. Στην αρχή του καναλιού υπάρχει δεξαμενή για την εισαγωγή του νερού από τον αγωγό του εργαστηρίου η οποία επειδή η συσκευή είναι καινούργια δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμα και της λείπει ένα θυρόφραγμα στην επαφή με το κανάλι. Αυτό όμως δεν ήταν εμπόδιο για την εκτέλεση του πειράματος. Το κανάλι μαζί με την δεξαμενή έχει συνολικό μήκος 17 m και πλάτος 0,5 m και είναι κατασκευασμένο από Plexiglas ενώ η δεξαμενή είναι σιδερένια με περίπου το ίδιο πλάτος. Στο χείλος του καναλιού έχει τοποθετηθεί σταθμήμετρο από το οποίο μετράται το βάθος νερού στο σημείο αυτό που χρησιμοποιήθηκε και προηγουμένως για τον υπολογισμό της παροχής σαν τρίτος τρόπος στο καλιμπράρισμα του νέου μανομέτρου. Το νερό χύνεται σε δεξαμενή όπως φαίνεται στην εικόνα για να

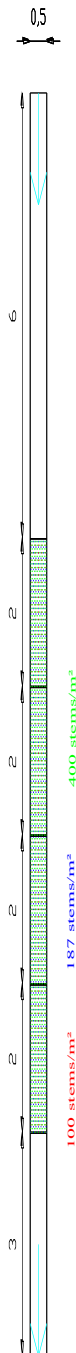
καταλήξει στην υπόγεια δεξαμενή του εργαστηρίου όπου συγκεντρώνονται όλα τα νερά του και με αντλίες ανακυκλοφορούν. Τέλος, κάτω από τον πυθμένα του καναλιού όπως διακρίνεται και στην εικόνα 4 υπάρχει μηχανισμός που επιτρέπει στο κανάλι να αλλάζει κλίση.

ΣΕΙΡΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

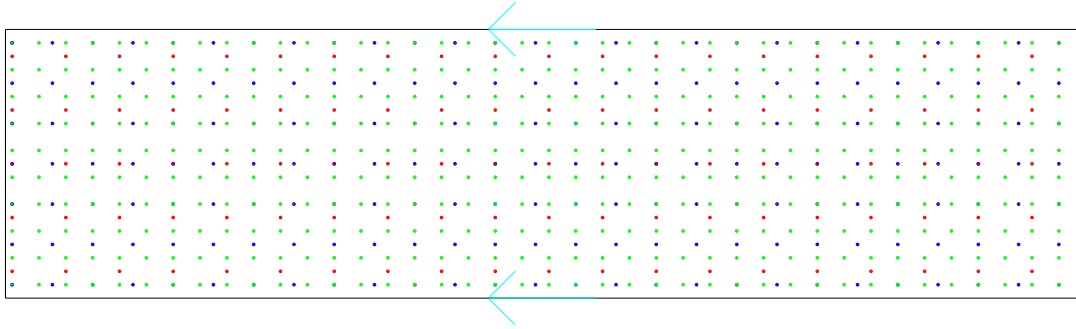
Η προσομοίωση της βλάστησης έγινε με άκαμπτες ράβδους από Plexiglas τοποθετημένες σε ένα επιπλέον πυθμένα πάχους 1 cm περίπου πάνω στον πυθμένα του καναλιού. Ο πυθμένας αυτός είναι και αυτός από Plexiglas, έγινε παραγγελία και κατασκευάστηκε εκτός σχολής καθώς έπρεπε να γίνουν οι τρύπες όπου θα τοποθετούνται οι ράβδοι σε συγκεκριμένες θέσεις όπως σχεδιάστηκε και αυτό απαιτούσε μεγάλη ακρίβεια που δεν μπορούσαν να προσφέρουν τα μηχανήματα του εργαστηρίου. Συγκεκριμένα, ο επιπρόσθετος πυθμένας έχει συνολικό μήκος 8 m και πλάτος όσο το κανάλι δηλαδή 0,5 m και χωρίστηκε σε 4 κομμάτια των 2 m για να είναι πιο εύκολα διαχωρίσιμος κατά την κατασκευή του αλλά και από τους ανθρώπους του εργαστηρίου. Επιπλέον, έπρεπε να γίνουν όλες οι τρύπες όλων των περιπτώσεων των πυκνοτήτων των ράβδων εξ αρχής διότι δεν υπήρχε δυνατότητα μετακίνησης του πυθμένα μετά την τοποθέτηση και την προσκόλλησή του στον πυθμένα του καναλιού. Η τοποθέτηση του έγινε περί τα 3 m από το χείλος του καναλιού και αυτό για να μην επηρεάζεται από την ελεύθερη πτώση του νερού και την καμπύλη M2 που δημιουργείται ενώ η συγκόλληση του έγινε με σιλικόνη. Επίσης είναι αρκετά μακριά και από την δεξαμενή εισαγωγής νερού ώστε να προλαβαίνει η ροή να σταθεροποιηθεί από τους κυματισμούς που δημιουργούνται κατά την εισαγωγή του νερού μέχρι να φτάσει τον επιπρόσθετο πυθμένα. Οι ράβδοι έχουν διάμετρο 5 mm και ύψος πάνω από τον επιπρόσθετο πυθμένα 4 cm.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, έγιναν 3 σειρές μετρήσεων που κάθε μια αντιστοιχεί σε μια κλίση του καναλιού. Οι κλίσεις που επιλεχθήκαν είναι 0,1 %, 0,2% και 1%, οι δυο πρώτες είναι υποκρίσιμες και η τελευταία υπερκρίσιμη, καθώς η κρίσιμη κλίση κυμαίνεται από 0,33-0,38 % για το συγκεκριμένο κανάλι και για το εύρος των παροχών του πειράματος. Για κάθε κλίση έγιναν 3 σειρές μετρήσεων που κάθε μια αντιστοιχεί σε μια πυκνότητα ράβδων, οι οποίες είναι 100 stems/m², 187 stems/m² και 400 stems/m². Από την υπάρχουσα βιβλιογραφία μπορεί να ειπωθεί ότι οι επιλεγμένες πυκνότητες είναι ενδιάμεσες πυκνότητες καθώς κατά το παρελθόν

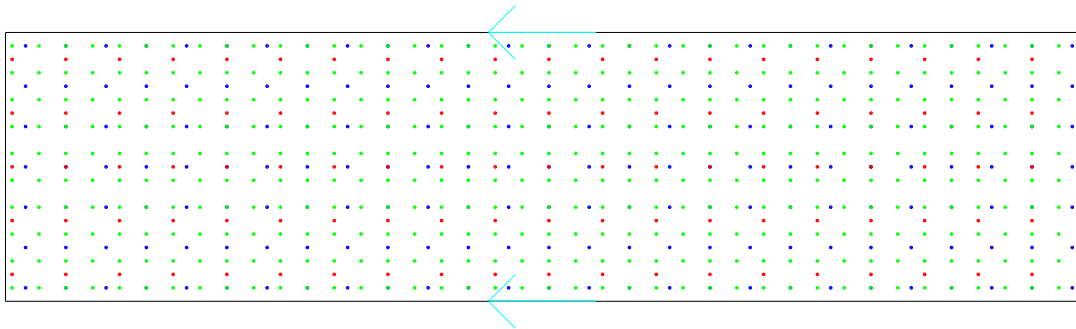
έχουν γίνει πειράματα με πυκνότητες μικρότερες από 100 stems/m² ενώ σε άλλα πειράματα έχουν φτάσει και σε υψηλές πυκνότητες μέχρι και 1000-2000 stems/m². Η τοποθέτηση των ράβδων έγινε κατά ομοιόμορφο τρόπο έτσι ώστε κάθε ράβδος να ισαπέχει από τις γειτονικές ράβδους. Έτσι στην μικρότερη πυκνότητα οι ράβδοι απέχουν μεταξύ τους 10 cm, στην ενδιάμεση 7 cm και στην μεγαλύτερη 5 cm. Στην συνέχεια ακολουθούν σχήματα που κάνουν τα παραπάνω πιο παραστατικά.



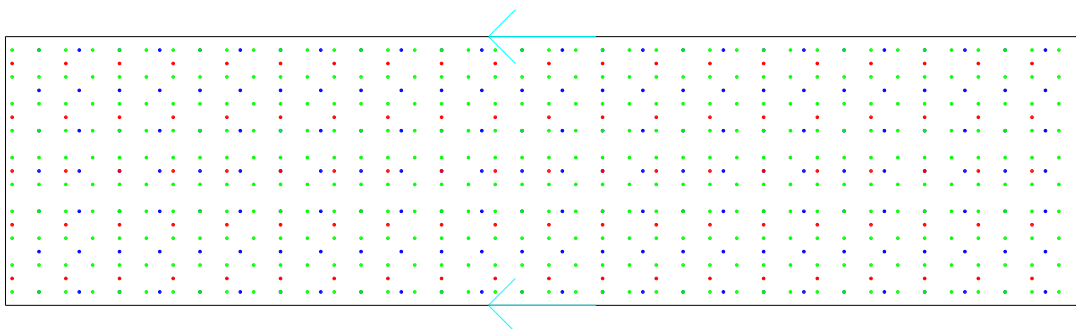
Σχήμα 1:Κάτοψη καναλιού με τον επιπρόσθετο πυθμένα



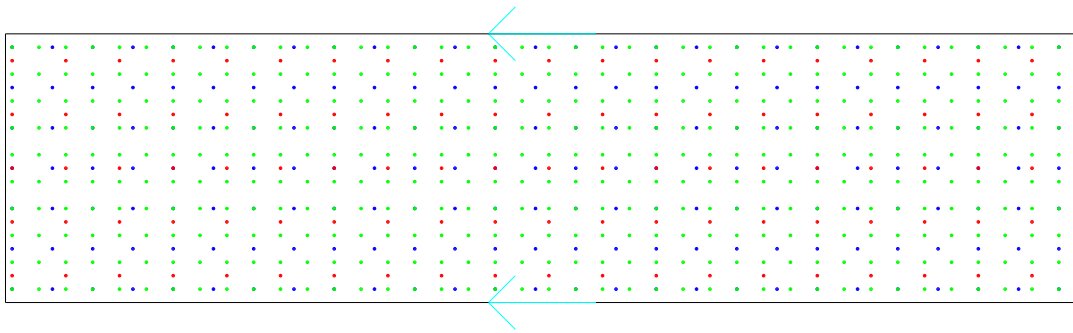
κομμάτι 1



κομμάτι 2

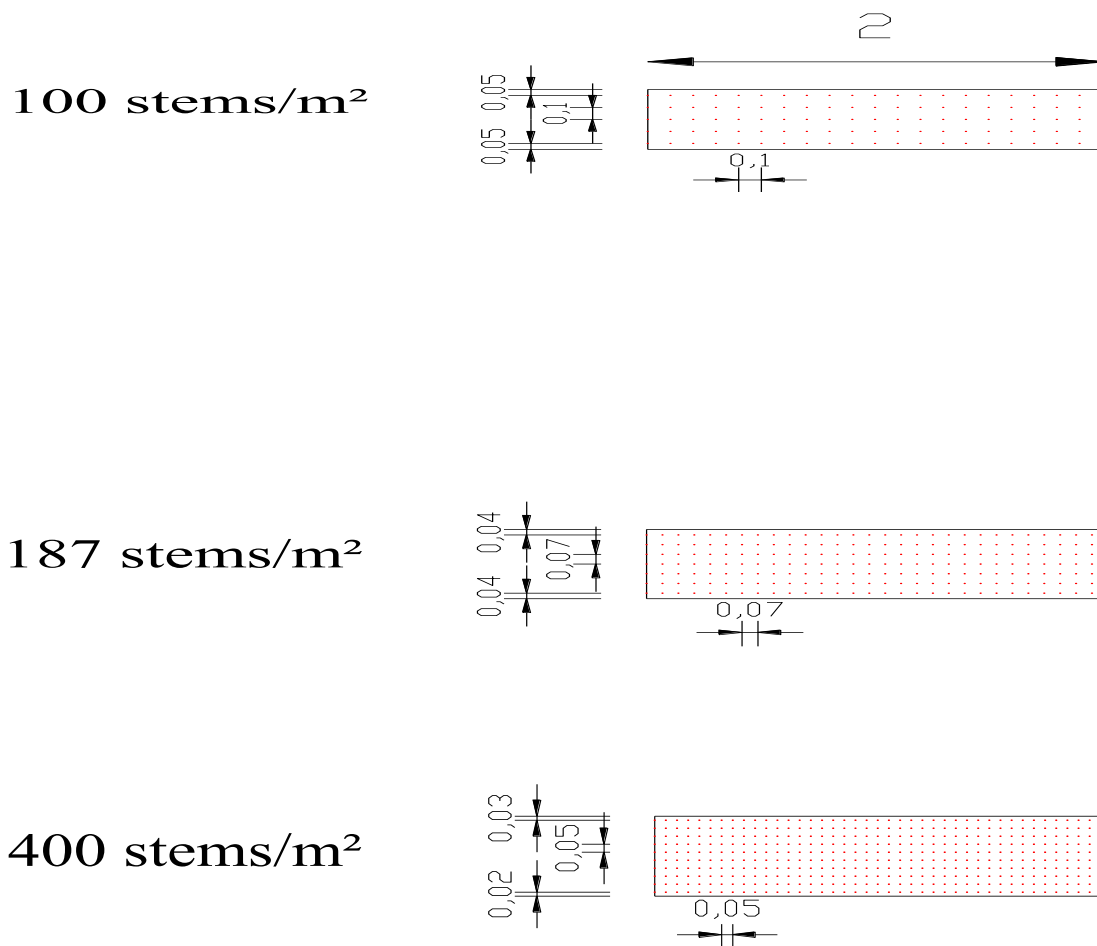


κομμάτι 3



κομμάτι 4

Σχήμα 2: Λεπτομέρεια κάτοψης (κομμάτια πυθμένα με όλες τις πιθανές θέσεις των ράβδων)



Σχήμα 3: Τοποθέτηση ράβδων σε κάθε περίπτωση πυκνότητας

ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Αφού διευθετήθηκαν τα παραπάνω, ξεκίνησαν τα πειράματα. Η πρώτη περίπτωση που εξετάστηκε για κλίση 0,1% και πυκνότητα 400 stems/m² ήταν διερευνητική και έγιναν περισσότερες μετρήσεις από όσες χρειαζόνταν για να καταλήξουμε στα αναγκαία βήματα που χρειάζεται κάθε περίπτωση. Παρόλο αυτά, η διαδικασία ήταν ίδια δηλαδή για τις επιλεγμένες παροχές οι οποίες επιτυγχάνονταν με ρύθμιση των δικλίδων ώστε το νέο μανόμετρο να έχει συγκεκριμένα ΔΗ, γινόταν μέτρηση του βάθους νερού σε 21 θέσεις στο κανάλι συμπεριλαμβανομένης της θέσης στο χείλος. Οι περισσότερες (15) βέβαια ήταν πάνω στον επιπρόσθετο πυθμένα για να μπορέσει να προσδιοριστεί το ομοιόμορφο βάθος από το οποίο προκύπτει ο συντελεστής Manning (n') που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη βλάστηση. Παρατηρήθηκε ότι αρκετά ανάντη πάνω στον πυθμένα αυτό γίνεται σταθεροποίηση του βάθους ροής για αρκετή απόσταση και για αυτό το λόγο επιλέχτηκε αυτό σαν το ομοιόμορφο βάθος για την συγκεκριμένη περίπτωση βλάστησης. Εδώ πρέπει να αναφέρουμε ότι η μέτρηση του βάθους έγινε με κανόνα στην αριστερή πλευρά του καναλιού κατά την ροή στην εξωτερική πλευρά του Plexiglas. Επειδή η στάθμη δεν ήταν εντελώς σταθερή είτε λόγω της ροής είτε λόγω κυματισμών αλλά και της αβεβαιότητας που εισάγει ο ίδιος ο παρατηρητής, η ακρίβεια των μετρήσεων του βάθους ήταν ±2-3 mm. Επιπλέον κατά την ανάγνωση του βάθους λήφθηκαν υπόψη τα τριχοειδή φαινόμενα. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι υπήρχε μια κάποια διαφοροποίηση του βάθους κατά το πλάτος του καναλιού στις επιλεγμένες θέσεις που σε ορισμένες περιπτώσεις, κυρίως στην υπερκρίσιμη κλίση, ήταν έντονη. Το βάθος στο χείλος μετρήθηκε με σταθμήμετρο στο μέσον του καναλιού. Στη συνέχεια ακολουθούν πίνακες που δείχνουν τις επιλεγμένες παροχές και τις θέσεις των μετρήσεων βάθους έχοντας σαν αρχή 0 το χείλος του καναλιού.

Πίνακας 2: Επιλεγμένες παροχές

ΔH _{new} (mm)	Q (L/s)
7	6,055331026
19	9,976212012
85	21,1007714
129	25,99463506
180	30,70613268
320	40,94151024
499	51,1256853

Πίνακας 3: Θέσεις μετρήσεων βάθους

Απόσταση(cm)	Αθροιστική(cm)
0	0
121,1	121,1
120,4	241,5
66,9	308,4
50	358,4
60	418,4
50	468,4
70	538,4
50	588,4
60	648,4
50	698,4
70	768,4
50	818,4
50	868,4
60	928,4
50	978,4
50	1028,4
60	1088,4
43	1131,4
130,2	1261,6
120,4	1382
121	1503

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στην αρχή του πειράματος έγινε απόπειρα μετρήσεων για μηδενική κλίση του καναλιού. Όμως εγκαταλείφθηκε η προσπάθεια γιατί η καμπύλη H2 που δημιουργείται λόγω της ελεύθερης πτώσης επηρέαζε τα βάθη πάνω από τον επιπρόσθετο πυθμένα και έτσι δεν θα καταλήγαμε σε πραγματικά συμπεράσματα.

Γενικά, μπορεί να ειπωθεί ότι στην υποκρίσιμη κλίση η προσαρμογή της ροής στον επιπρόσθετο πυθμένα γίνεται με ομαλό τρόπο ενώ στην υπερκρίσιμη κλίση δεν συμβαίνει αυτό ενώ δημιουργείται υδραυλικό άλμα. Κατά την έξοδο στον κανονικό πυθμένα η ελεύθερη επιφάνεια τείνει να πάρει την μορφή καμπύλης M2 χωρίς να καταλήγει σε κρίσιμο βάθος, και αυτό ισχύει και στην υποκρίσιμη και στην υπερκρίσιμη κλίση. Στο χείλος του καναλιού και για την υποκρίσιμη κλίση δημιουργείται κανονική καμπύλη M2 ενώ στην υπερκρίσιμη κλίση δημιουργείται καμπύλη S3.

Τέλος, παρατηρήθηκε ότι με την αύξηση της κλίσης του καναλιού τα βάθη μειώνονται ενώ με την αύξηση της πυκνότητας των ράβδων τα βάθη αυξάνονται γιατί

δρουν σαν εμπόδια στην ροή και τα δυο όμως είναι αναμενόμενα. Στην συνέχεια ακολουθούν εικόνες που παρουσιάζουν τα παραπάνω πιο παραστατικά σε στιγμιότυπα του πειράματος για επιλεγμένες κλίσεις, παροχές και πυκνότητες.



Εικόνα 5: Κλίση 1%, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μικρή παροχή (1)



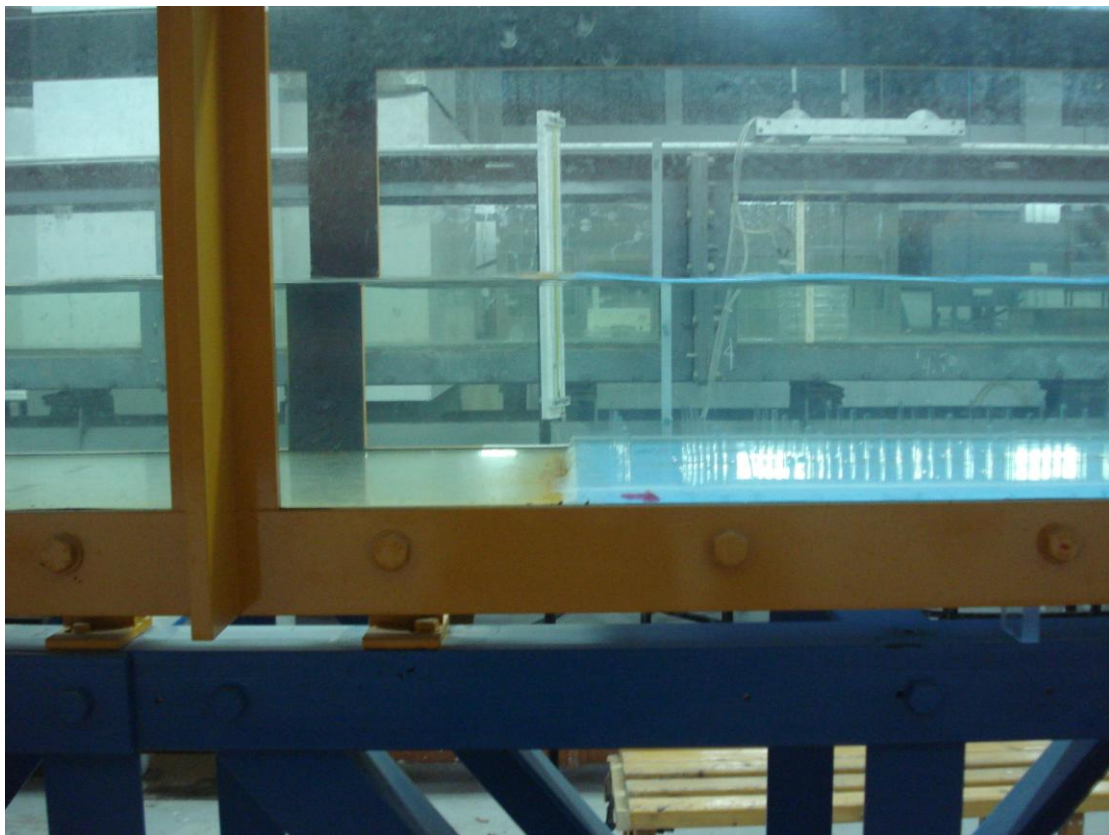
Εικόνα 6: Κλίση 1‰, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μικρή παροχή (2)



Εικόνα 7: Κλίση 1‰, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μικρή παροχή (3)



Εικόνα 8: Κλίση 1‰, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μικρή παροχή (4)



Εικόνα 9: Κλίση 1‰, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μεγάλη παροχή (1)



Εικόνα 10: Κλίση 1‰, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μεγάλη παροχή (2)



Εικόνα 11: Κλίση 1‰, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μεγάλη παροχή (3)



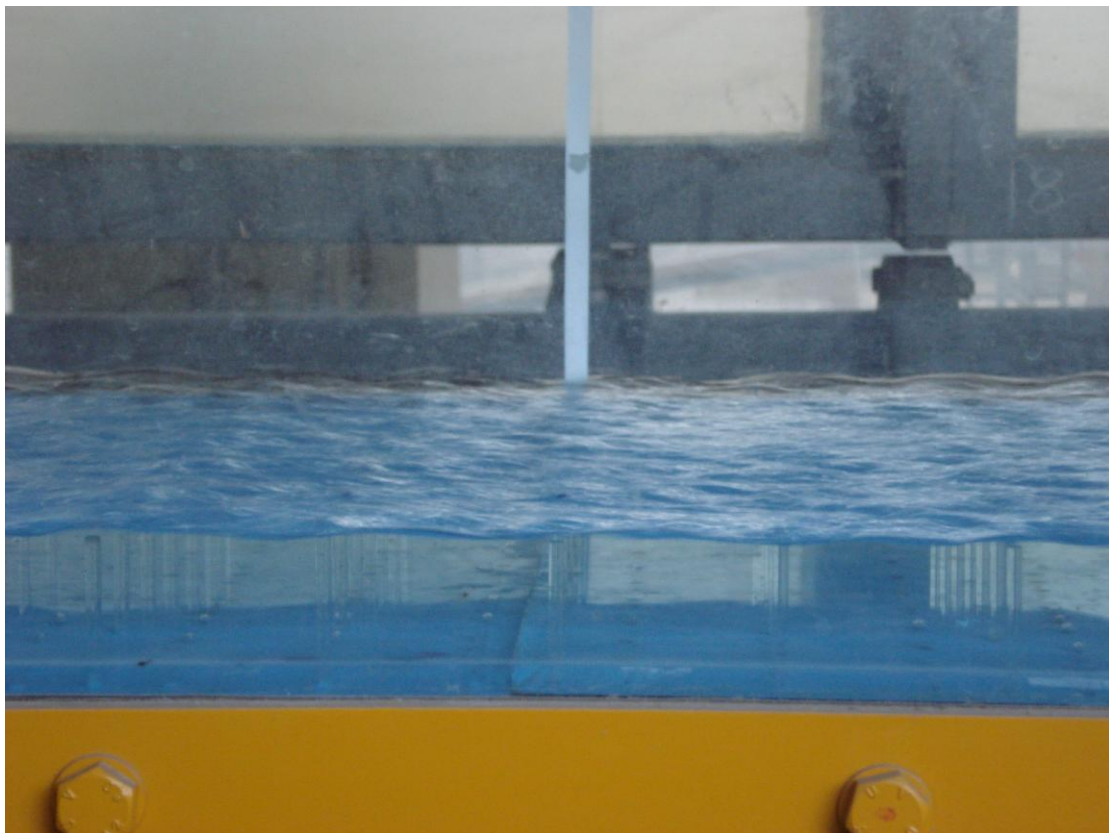
Εικόνα 12: Κλίση 1‰, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μεγάλη παροχή (4)



Εικόνα 13: Κλίση 1‰, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μικρή παροχή (1)



Εικόνα 14: Κλίση 1%, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μικρή παροχή (2)



Εικόνα 15: Κλίση 1%, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μικρή παροχή (3)



Εικόνα 16: Κλίση 1%, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μικρή παροχή (4)



Εικόνα 17: Κλίση 1%, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μικρή παροχή (5)



Εικόνα 18: Κλίση 1%, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μεγάλη παροχή (1)



Εικόνα 19: Κλίση 1%, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μεγάλη παροχή (2)



Εικόνα 20: Κλίση 1%, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μεγάλη παροχή (3)



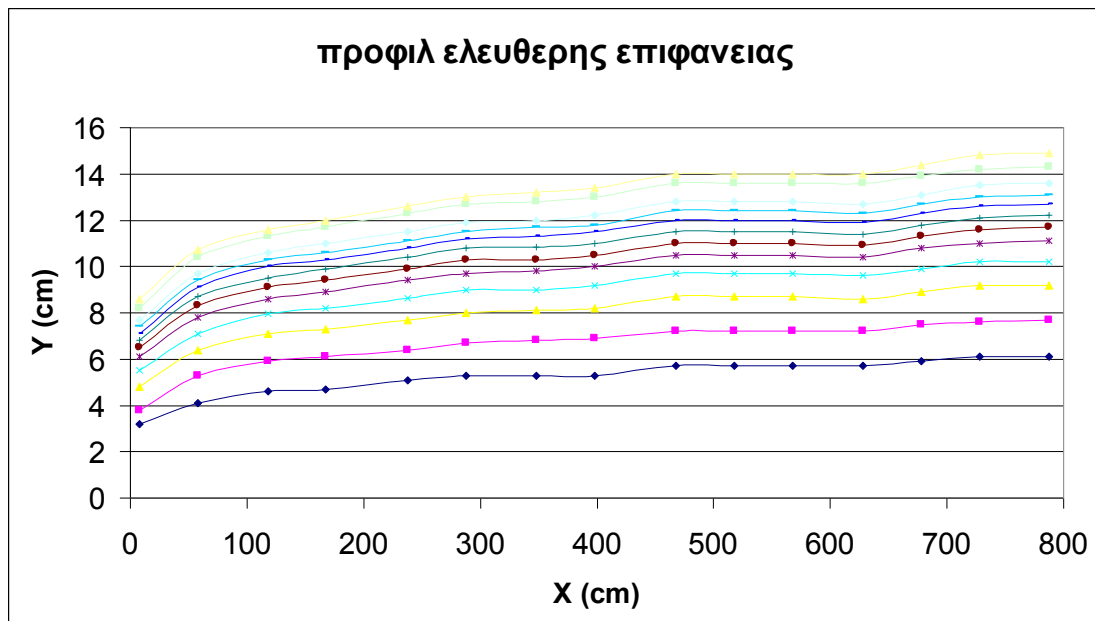
Εικόνα 21: Κλίση 1%, Πυκνότητα 187 stems/m², Σχετικά μεγάλη παροχή (4)

9) ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Παρακάτω θα ακολουθήσουν τα πειραματικά αποτελέσματα σε πίνακες και διαγράμματα ανά περίπτωση. Κρίσιμο σημείο είναι ο προσδιορισμός του ομοιόμορφου βάθους Y_0 (cm) που προκύπτει εμπειρικά από το κομμάτι του επιπρόσθετου πυθμένα στο οποίο σταθεροποιείται η ελεύθερη επιφάνεια για αρκετό μήκος. Θα προηγείται ο πίνακας με τα βάθη νερού στις επιλεγμένες θέσεις και κάθε στήλη του αντιστοιχεί σε μια από τις επιλεγμένες παροχές ξεκινώντας από την μικρότερη προς την μεγαλύτερη. Μετά θα ακολουθεί το αντίστοιχο διάγραμμα. Εν συνεχεία θα είναι ο πίνακας επεξεργασίας των αποτελεσμάτων και ο προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' για την βλάστηση από την εξίσωση (1) σε $s/m^{1/3}$ και το αντίστοιχο διάγραμμά του. Στην πρώτη περίπτωση υπάρχει μια διαφοροποίηση στα παραπάνω επειδή ήταν διερευνητική όπως προείπαμε. Τέλος, υπάρχουν και τα κοινά τους διαγράμματα για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Πίνακας 4: Βάθη νερού στις επιλεγμένες θέσεις για τις παροχές που αντιστοιχούν στα ΔH_{new} και είναι κατά σειρά 7mm, 19mm, 41mm, 63mm, 85mm, 107mm, 129mm, 151mm, 173mm, 195mm, 241mm, 284mm

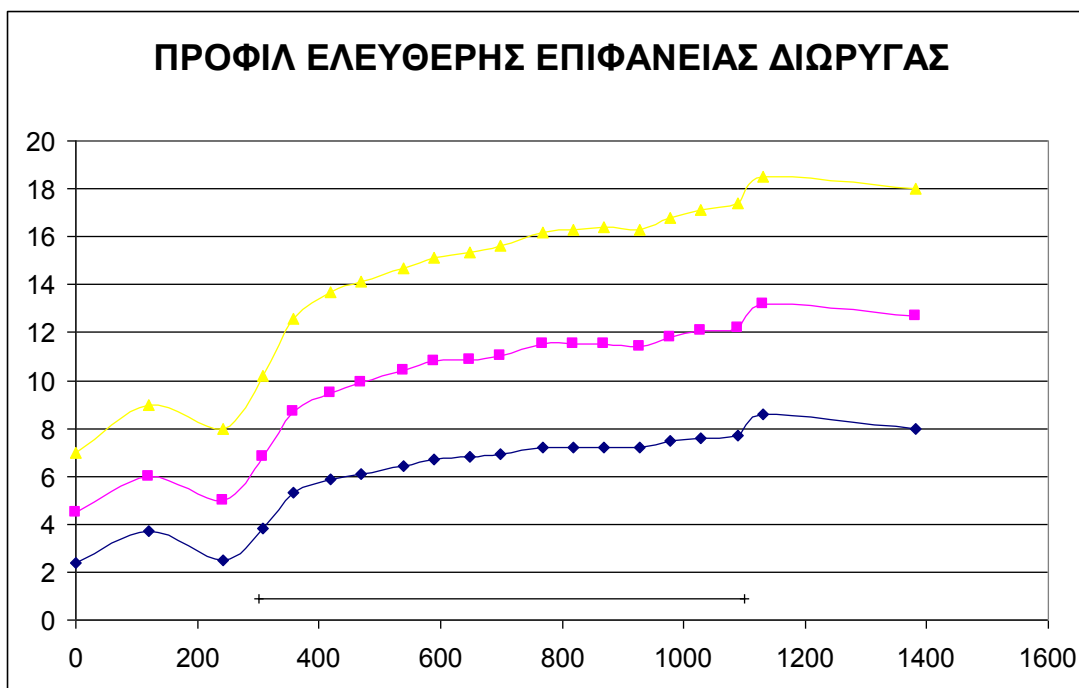
1‰	400 stems/m ²													
Απόσ(cm)	Αθρ(cm)	Y (cm)	Y (cm)	Y (cm)	Y (cm)	Y (cm)	Y (cm)	Y (cm)	Y (cm)	Y (cm)	Y (cm)	Y (cm)	Y (cm)	Y (cm)
7,7	7,7	3,2	3,8	4,8	5,5	6,1	6,5	6,8	7,1	7,4	7,7	8,2	8,6	
50	57,7	4,1	5,3	6,4	7,1	7,8	8,3	8,7	9,1	9,4	9,7	10,4	10,7	
60	117,7	4,6	5,9	7,1	7,95	8,6	9,1	9,5	10	10,3	10,6	11,3	11,6	
50	167,7	4,7	6,1	7,3	8,2	8,9	9,4	9,9	10,3	10,6	11	11,7	12	
70	237,7	5,1	6,4	7,7	8,65	9,4	9,9	10,4	10,8	11,1	11,5	12,3	12,6	
50	287,7	5,3	6,7	8	9	9,7	10,3	10,8	11,2	11,5	11,9	12,7	13	
60	347,7	5,3	6,8	8,1	9	9,8	10,3	10,85	11,3	11,7	12	12,8	13,2	
50	397,7	5,3	6,9	8,2	9,2	10	10,5	11	11,5	11,8	12,2	13	13,4	
70	467,7	5,7	7,2	8,7	9,7	10,5	11	11,5	12	12,4	12,8	13,6	14	
50	517,7	5,7	7,2	8,7	9,7	10,5	11	11,5	12	12,4	12,8	13,6	14	
50	567,7	5,7	7,2	8,7	9,7	10,5	11	11,5	12	12,4	12,8	13,6	14	
60	627,7	5,7	7,2	8,6	9,6	10,4	10,9	11,4	11,9	12,3	12,7	13,6	14	
50	677,7	5,9	7,5	8,9	9,9	10,8	11,3	11,8	12,3	12,7	13,1	13,9	14,4	
50	727,7	6,1	7,6	9,2	10,2	11	11,6	12,1	12,6	13	13,5	14,2	14,8	
60	787,7	6,1	7,7	9,2	10,2	11,1	11,7	12,2	12,7	13,1	13,6	14,3	14,9	



Διάγραμμα 6: Προφίλ ελεύθερης επιφάνειας πάνω από τον επιπρόσθετο πυθμένα για κλίση 1‰ και πυκνότητα 400 stems/m²

Πίνακας 4: Βάθη νερού στις επιλεγμένες θέσεις για τις παροχές που αντιστοιχούν στα ΔΗnew και είναι κατά σειρά 19mm, 141mm, 499mm

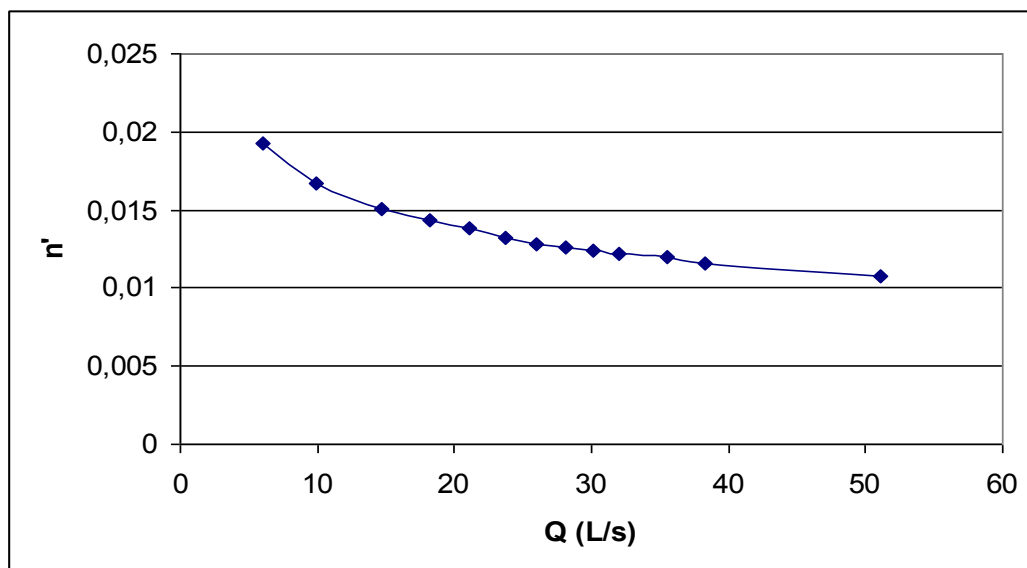
1‰	400 stems/m ²			
Απόσ(см)	Αθρ(см)	Υ (cm)	Υ (cm)	Υ (cm)
0	0	2,4	4,5	7
121,1	121,1	3,7	6	9
120,4	241,5	2,5	5	8
66,9	308,4	3,8	6,8	10,2
50	358,4	5,3	8,7	12,6
60	418,4	5,9	9,5	13,7
50	468,4	6,1	9,9	14,1
70	538,4	6,4	10,4	14,7
50	588,4	6,7	10,8	15,1
60	648,4	6,8	10,85	15,35
50	698,4	6,9	11	15,6
70	768,4	7,2	11,5	16,2
50	818,4	7,2	11,5	16,3
50	868,4	7,2	11,5	16,4
60	928,4	7,2	11,4	16,3
50	978,4	7,5	11,8	16,8
50	1028,4	7,6	12,1	17,1
60	1088,4	7,7	12,2	17,4
43	1131,4	8,6	13,2	18,5
250,6	1382	8	12,7	18
121	1503			



Διάγραμμα 7: Προφίλ ελεύθερης επιφάνειας πάνω από το κανάλι για κλίση 1% και πυκνότητα 400 stems/m² για τις παροχές του πίνακα 5 (με ευθεία γραμμή συμβολίζεται ο επιπρόσθετος πυθμένας)

Πίνακας 5: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) για κλίση 1% και πυκνότητα 400 stems/m²

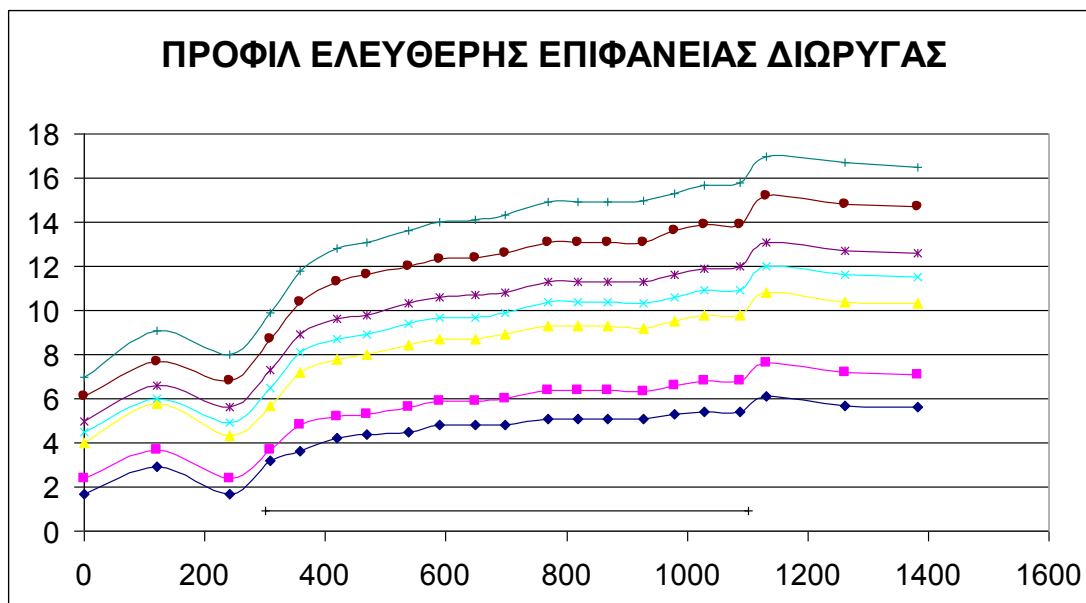
ΔH _{new} (mm)	Q (L/s)	Υ'ο(cm)	Q (m ³ /s)	Υ'ο (m)	n'
7	6,0553	5,7	0,0060553	0,057	0,019223
19	9,9762	7,2	0,0099762	0,072	0,016683
41	14,655	8,7	0,0146548	0,087	0,015103
63	18,166	9,7	0,018166	0,097	0,014324
85	21,101	10,5	0,0211008	0,105	0,013861
107	23,674	11	0,0236745	0,11	0,013226
129	25,995	11,5	0,0259946	0,115	0,012853
151	28,124	12	0,028124	0,12	0,012638
173	30,103	12,4	0,0301031	0,124	0,012381
195	31,96	12,8	0,03196	0,128	0,012209
241	35,53	13,6	0,0355302	0,136	0,011981
280	38,297	14	0,0382973	0,14	0,011586
499	51,126	16,3	0,0511257	0,163	0,010764



Διάγραμμα 8: Διάγραμμά n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για κλίση 1‰ και πυκνότητα 400 stems/m²

Πίνακας 6: Βάθη νερού στις επιλεγμένες θέσεις για κάθε παροχή του πίνακα 2 από την μικρότερη στην μεγαλύτερη για συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

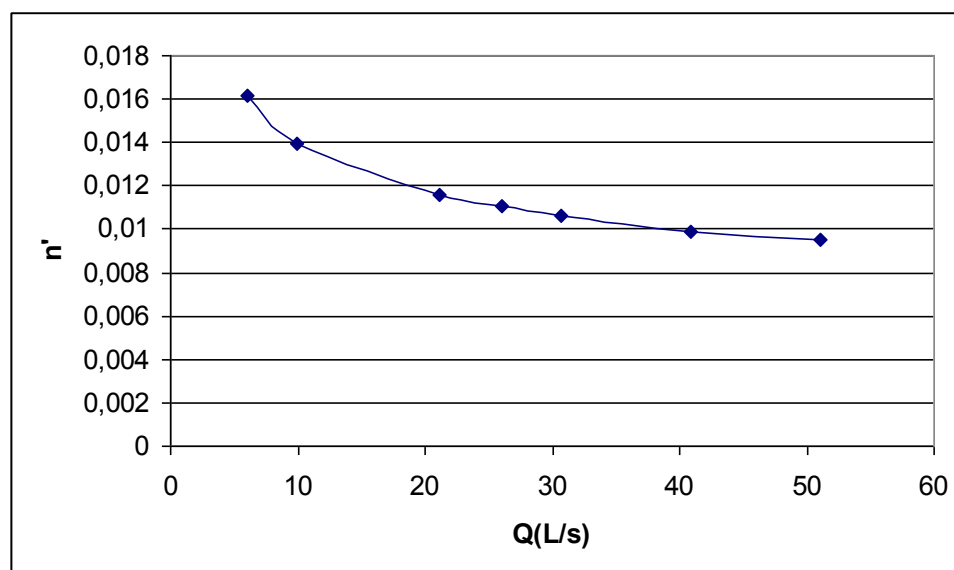
1‰	187stems/m ²	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ
Απόσ(cm)	Αθρ(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	Υ (cm)
0	0	1,7	2,4	4	4,5	5	6,1	7
121,1	121,1	2,9	3,7	5,8	6	6,6	7,7	9,1
120,4	241,5	1,7	2,4	4,3	4,9	5,6	6,8	8
66,9	308,4	3,2	3,7	5,7	6,5	7,3	8,7	9,9
50	358,4	3,6	4,8	7,2	8,1	8,9	10,4	11,8
60	418,4	4,2	5,2	7,8	8,7	9,6	11,3	12,8
50	468,4	4,4	5,3	8	8,9	9,8	11,6	13,1
70	538,4	4,5	5,6	8,45	9,4	10,3	12	13,6
50	588,4	4,8	5,9	8,7	9,7	10,6	12,3	14
60	648,4	4,8	5,9	8,7	9,7	10,7	12,4	14,1
50	698,4	4,8	6	8,9	9,9	10,8	12,6	14,3
70	768,4	5,1	6,4	9,3	10,4	11,3	13,1	14,9
50	818,4	5,1	6,4	9,3	10,4	11,3	13,1	14,9
50	868,4	5,1	6,4	9,3	10,4	11,3	13,1	14,9
60	928,4	5,1	6,3	9,2	10,3	11,3	13,1	15
50	978,4	5,3	6,6	9,5	10,6	11,6	13,6	15,3
50	1028,4	5,4	6,8	9,8	10,9	11,9	13,9	15,7
60	1088,4	5,4	6,8	9,8	10,9	12	13,9	15,8
43	1131,4	6,1	7,6	10,8	12	13,1	15,2	17
130,2	1261,6	5,7	7,2	10,4	11,6	12,7	14,8	16,7
120,4	1382	5,6	7,1	10,3	11,5	12,6	14,7	16,5
121	1503							



Διάγραμμα 9: Προφίλ ελεύθερης επιφάνειας πάνω από το κανάλι για κλίση 1‰ και πυκνότητα 187 stems/m² (με ευθεία γραμμή συμβολίζεται ο επιπρόσθετος πυθμένας)

Πίνακας 7: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) για κλίση 1‰ και πυκνότητα 187 stems/m²

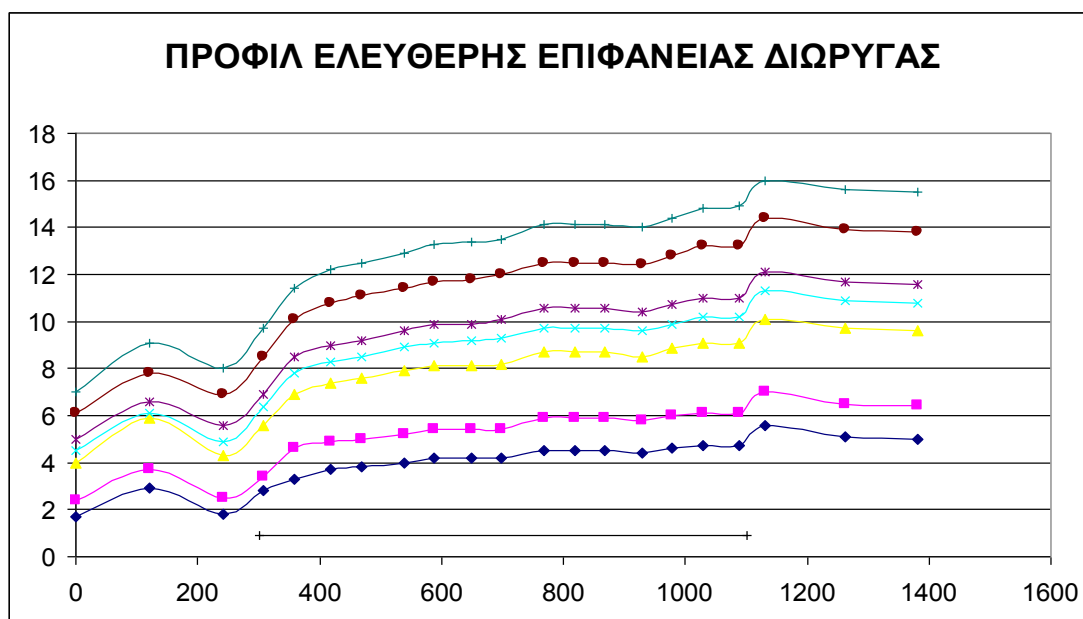
ΔH_{new} (mm)	Q (L/s)	$Y'o$ (cm)	Q (m ³ /s)	$Y'o$ (m)	n'
7	6,05533103	5,1	0,0061	0,051	0,0162
19	9,97621201	6,4	0,01	0,064	0,0139
85	21,1007714	9,3	0,0211	0,093	0,0116
129	25,9946351	10,4	0,026	0,104	0,0111
180	30,7061327	11,3	0,0307	0,113	0,0106
320	40,9415102	13,1	0,0409	0,131	0,0099
499	51,1256853	14,9	0,0511	0,149	0,0095



Διάγραμμα 10: Διάγραμμά n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s)) για κλίση 1‰ και πυκνότητα 187 stems/m²

Πίνακας 8: Βάθη νερού στις επιλεγμένες θέσεις για κάθε παροχή του πίνακα 2 από την μικρότερη στην μεγαλύτερη για συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

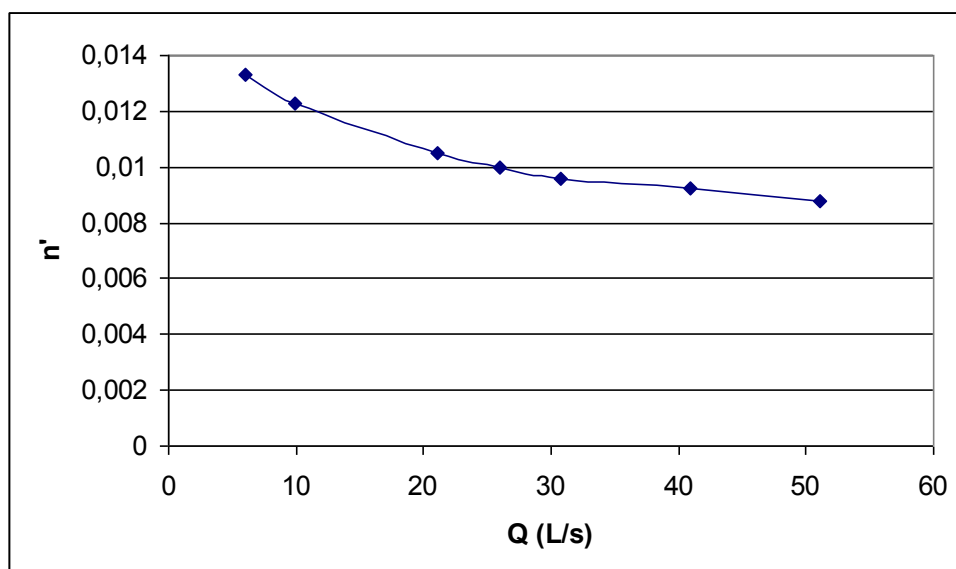
1‰	100stems/m ²	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ
Απόσ(cm)	Αθρ(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
0	0	1,7	2,4	4	4,5	5	6,1	7
121,1	121,1	2,9	3,7	5,9	6,1	6,6	7,8	9,1
120,4	241,5	1,8	2,5	4,3	4,9	5,6	6,9	8
66,9	308,4	2,8	3,4	5,6	6,35	6,9	8,5	9,7
50	358,4	3,3	4,6	6,9	7,8	8,5	10,1	11,4
60	418,4	3,7	4,9	7,4	8,3	9	10,8	12,2
50	468,4	3,8	5	7,6	8,5	9,2	11,1	12,5
70	538,4	4	5,2	7,9	8,9	9,6	11,4	12,9
50	588,4	4,2	5,4	8,1	9,1	9,9	11,7	13,3
60	648,4	4,2	5,4	8,1	9,2	9,9	11,8	13,4
50	698,4	4,2	5,4	8,2	9,3	10,1	12	13,5
70	768,4	4,5	5,9	8,7	9,7	10,55	12,5	14,1
50	818,4	4,5	5,9	8,7	9,7	10,55	12,5	14,1
50	868,4	4,5	5,9	8,7	9,7	10,55	12,5	14,1
60	928,4	4,4	5,8	8,5	9,6	10,4	12,4	14
50	978,4	4,6	6	8,85	9,9	10,75	12,8	14,4
50	1028,4	4,7	6,1	9,1	10,2	11	13,2	14,8
60	1088,4	4,7	6,1	9,1	10,2	11	13,2	14,9
43	1131,4	5,6	7	10,1	11,3	12,1	14,4	16
130,2	1261,6	5,1	6,5	9,7	10,9	11,7	13,9	15,6
120,4	1382	5	6,4	9,6	10,8	11,6	13,8	15,5
121	1503							



Διάγραμμα 11: Προφίλ ελεύθερης επιφάνειας πάνω από το κανάλι για κλίση 1‰ και πυκνότητα 100 stems/m² (με ευθεία γραμμή συμβολίζεται ο επιπρόσθετος πυθμένας)

Πίνακας 9: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) για κλίση 1‰ και πυκνότητα 100 stems/m²

ΔH_{new} (mm)	Q (L/s)	Υ'ο(cm)	Q (m ³ /s)	Υ'ο (m)	n'
7	6,05533103	4,5	0,0061	0,045	0,0133
19	9,97621201	5,9	0,01	0,059	0,0123
85	21,1007714	8,7	0,0211	0,087	0,0105
129	25,9946351	9,7	0,026	0,097	0,01
180	30,7061327	10,55	0,0307	0,1055	0,0096
320	40,9415102	12,5	0,0409	0,125	0,0092
499	51,1256853	14,1	0,0511	0,141	0,0088

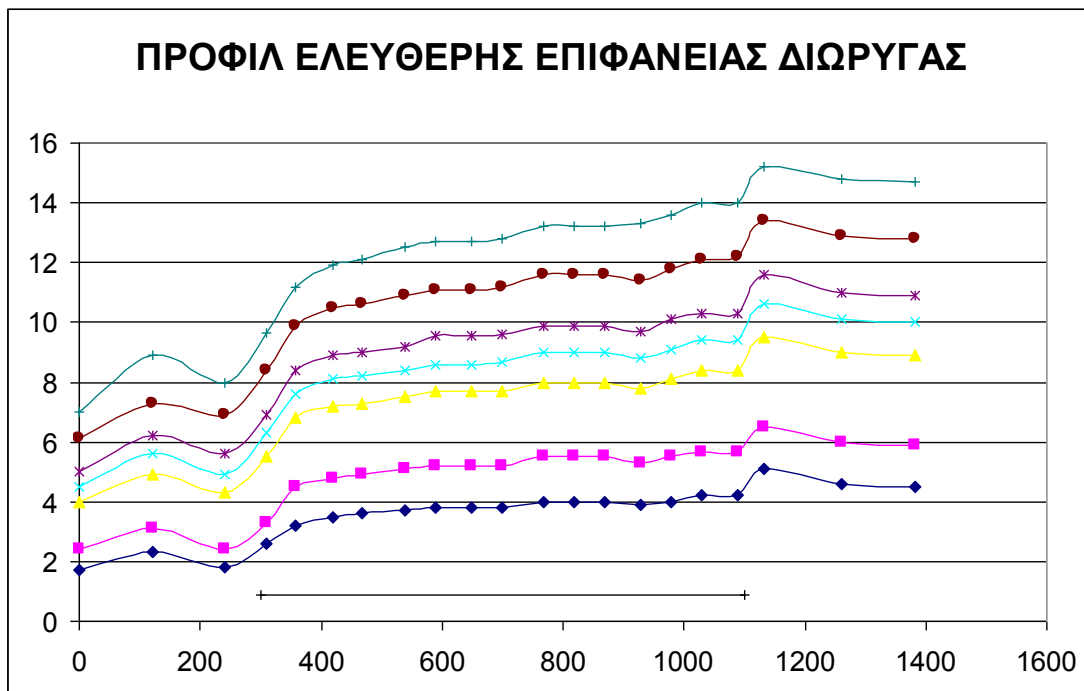


Διάγραμμα 12: Διάγραμμά n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για κλίση 1‰ και πυκνότητα 100 stems/m²

Πίνακας 10: Βάθη νερού στις επιλεγμένες θέσεις για κάθε παροχή του πίνακα 2 από την μικρότερη στην μεγαλύτερη για συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

2‰		100stems/m ²						
Απόσ(cm)	Αθρ(cm)	Υ (cm)	Υ (cm)	Υ (cm)	Υ (cm)	Υ (cm)	Υ (cm)	Υ (cm)
0	0	1,7	2,4	4	4,5	5	6,1	7
121,1	121,1	2,3	3,1	4,9	5,6	6,2	7,3	8,9
120,4	241,5	1,8	2,4	4,3	4,9	5,6	6,9	8
66,9	308,4	2,6	3,3	5,5	6,3	6,9	8,4	9,65
50	358,4	3,2	4,5	6,8	7,6	8,4	9,9	11,2
60	418,4	3,5	4,8	7,2	8,1	8,9	10,5	11,9
50	468,4	3,6	4,9	7,3	8,2	9	10,6	12,1
70	538,4	3,7	5,1	7,5	8,4	9,2	10,9	12,5
50	588,4	3,8	5,2	7,7	8,6	9,55	11,1	12,7
60	648,4	3,8	5,2	7,7	8,6	9,55	11,1	12,7

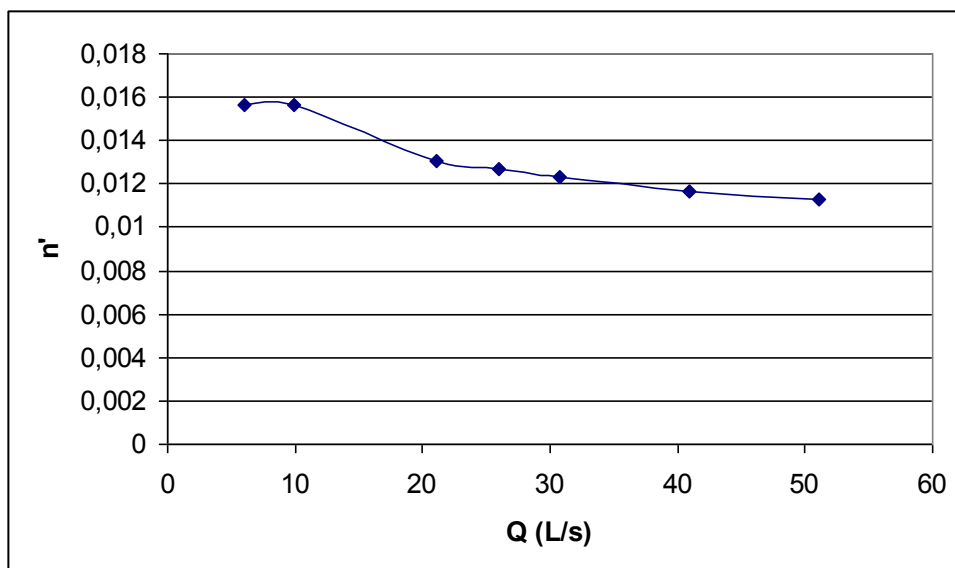
50	698,4	3,8	5,2	7,7	8,65	9,6	11,2	12,8
70	768,4	4	5,5	8	9	9,9	11,6	13,2
50	818,4	4	5,5	8	9	9,9	11,6	13,2
50	868,4	4	5,5	8	9	9,9	11,6	13,2
60	928,4	3,9	5,3	7,8	8,8	9,7	11,4	13,3
50	978,4	4	5,5	8,1	9,1	10,1	11,8	13,6
50	1028,4	4,2	5,65	8,4	9,4	10,3	12,1	14
60	1088,4	4,2	5,65	8,4	9,4	10,3	12,2	14
43	1131,4	5,1	6,5	9,5	10,6	11,6	13,4	15,2
130,2	1261,6	4,6	6	9	10,1	11	12,9	14,8
120,4	1382	4,5	5,9	8,9	10	10,9	12,8	14,7
121	1503							



Διάγραμμα 13: Προφίλ ελεύθερης επιφάνειας πάνω από το κανάλι για κλίση 2‰ και πυκνότητα 100 stems/m² (με ευθεία γραμμή συμβολίζεται ο επιπρόσθετος πυθμένας)

Πίνακας 11: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) για κλίση 2‰ και πυκνότητα 100 stems/m²

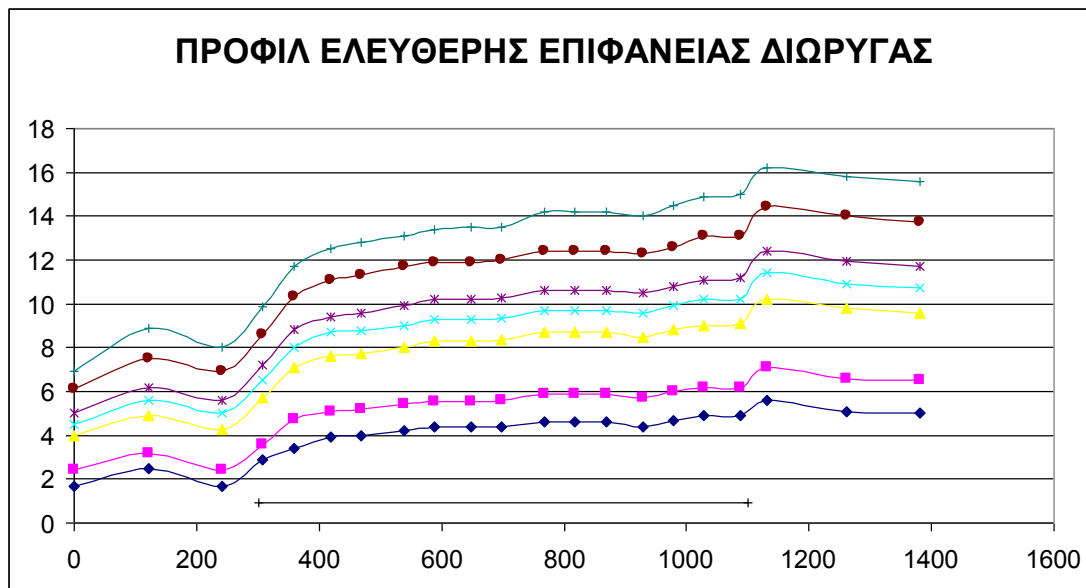
ΔH _{new} (mm)	Q (L/s)	Υ'ο(cm)	Q (m ³ /s)	Υ'ο (m)	n'
7	6,05533103	4	0,0061	0,04	0,0156
19	9,97621201	5,5	0,01	0,055	0,0156
85	21,1007714	8	0,0211	0,08	0,0131
129	25,9946351	9	0,026	0,09	0,0127
180	30,7061327	9,9	0,0307	0,099	0,0124
320	40,9415102	11,6	0,0409	0,116	0,0117
499	51,1256853	13,2	0,0511	0,132	0,0113



Διάγραμμα 14: Διάγραμμά n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για κλίση 2‰ και πυκνότητα 100 stems/m²

Πίνακας 12: Βάθη νερού στις επιλεγμένες θέσεις για κάθε παροχή του πίνακα 2 από την μικρότερη στην μεγαλύτερη για συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

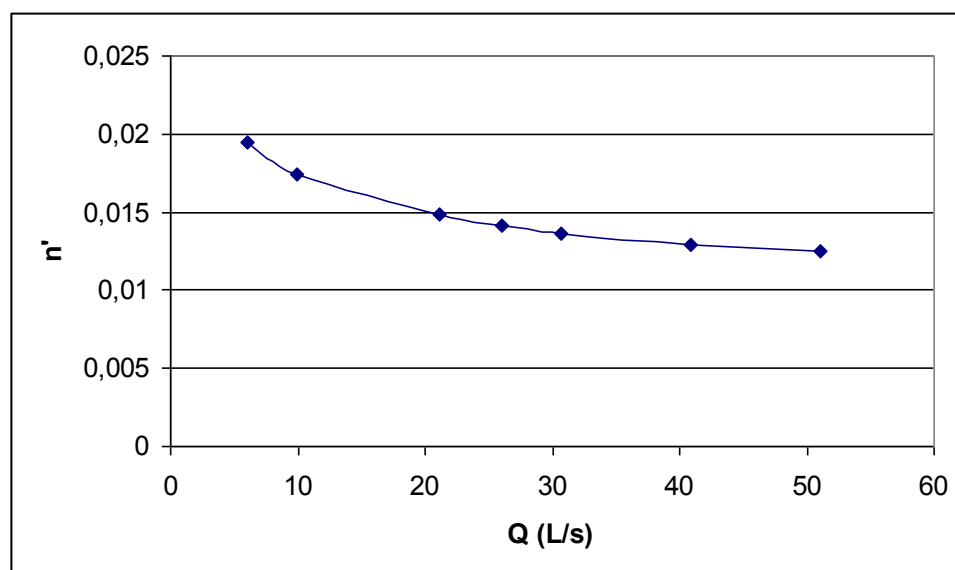
2‰	187stems/m ²	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Απόσ(cm)	Αθρ(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
0	0	1,7	2,4	4	4,5	5	6,1	6,9
121,1	121,1	2,5	3,2	4,9	5,6	6,2	7,5	8,9
120,4	241,5	1,7	2,4	4,25	5	5,6	6,9	8
66,9	308,4	2,9	3,6	5,7	6,5	7,2	8,6	9,85
50	358,4	3,4	4,75	7,1	8	8,8	10,3	11,7
60	418,4	3,9	5,1	7,6	8,7	9,4	11,1	12,5
50	468,4	4	5,2	7,75	8,75	9,6	11,3	12,8
70	538,4	4,2	5,4	8	9	9,9	11,7	13,1
50	588,4	4,4	5,55	8,3	9,3	10,2	11,9	13,4
60	648,4	4,4	5,55	8,3	9,3	10,2	11,9	13,5
50	698,4	4,4	5,6	8,35	9,35	10,25	12	13,5
70	768,4	4,6	5,9	8,7	9,7	10,6	12,4	14,2
50	818,4	4,6	5,9	8,7	9,7	10,6	12,4	14,2
50	868,4	4,6	5,9	8,7	9,7	10,6	12,4	14,2
60	928,4	4,4	5,7	8,5	9,6	10,5	12,3	14
50	978,4	4,7	6	8,8	9,9	10,8	12,6	14,5
50	1028,4	4,9	6,2	9	10,2	11,1	13,1	14,9
60	1088,4	4,9	6,2	9,1	10,2	11,2	13,1	15
43	1131,4	5,6	7,1	10,2	11,4	12,4	14,4	16,2
130,2	1261,6	5,1	6,6	9,8	10,9	11,95	14	15,8
120,4	1382	5	6,5	9,6	10,75	11,7	13,75	15,6
121	1503							



Διάγραμμα 15: Προφίλ ελεύθερης επιφάνειας πάνω από το κανάλι για κλίση 2‰ και πυκνότητα 187 stems/m² (με ευθεία γραμμή συμβολίζεται ο επιπρόσθετος πυθμένας)

Πίνακας 13: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) για κλίση 2‰ και πυκνότητα 187 stems/m²

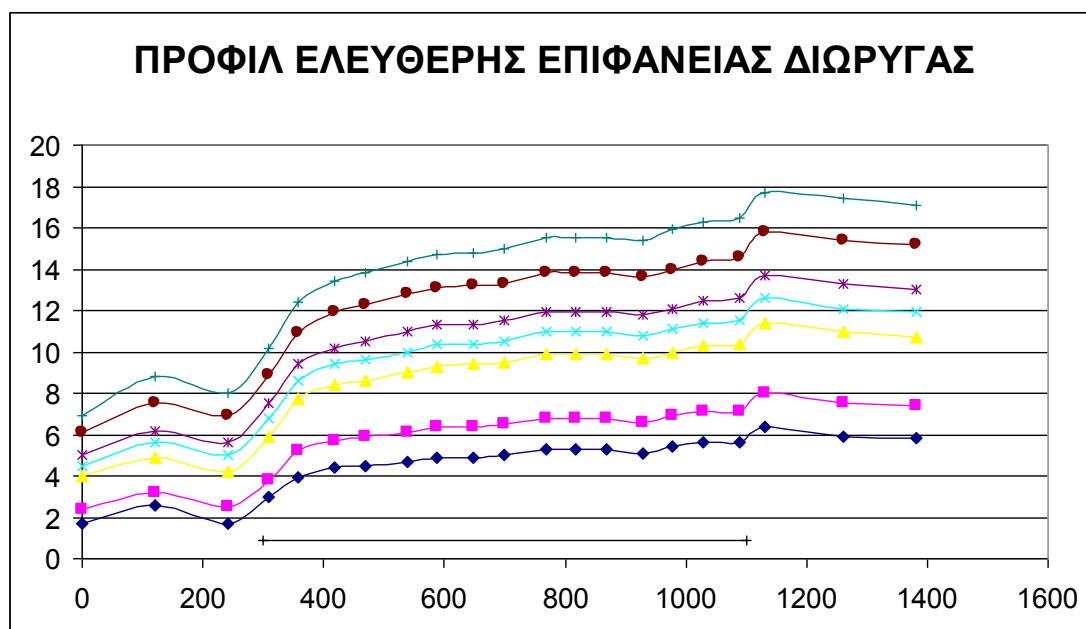
ΔH _{new} (mm)	Q (L/s)	Y'ο(cm)	Q (m ³ /s)	Y'ο (m)	n'
7	6,05533103	4,6	0,0061	0,046	0,0195
19	9,97621201	5,9	0,01	0,059	0,0174
85	21,1007714	8,7	0,0211	0,087	0,0148
129	25,9946351	9,7	0,026	0,097	0,0142
180	30,7061327	10,6	0,0307	0,106	0,0137
320	40,9415102	12,4	0,0409	0,124	0,0129
499	51,1256853	14,2	0,0511	0,142	0,0125



Διάγραμμα 16: Διάγραμμά n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για κλίση 2‰ και πυκνότητα 187 stems/m²

Πίνακας 14: Βάθη νερού στις επιλεγμένες θέσεις για κάθε παροχή του πίνακα 2 από την μικρότερη στην μεγαλύτερη για συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

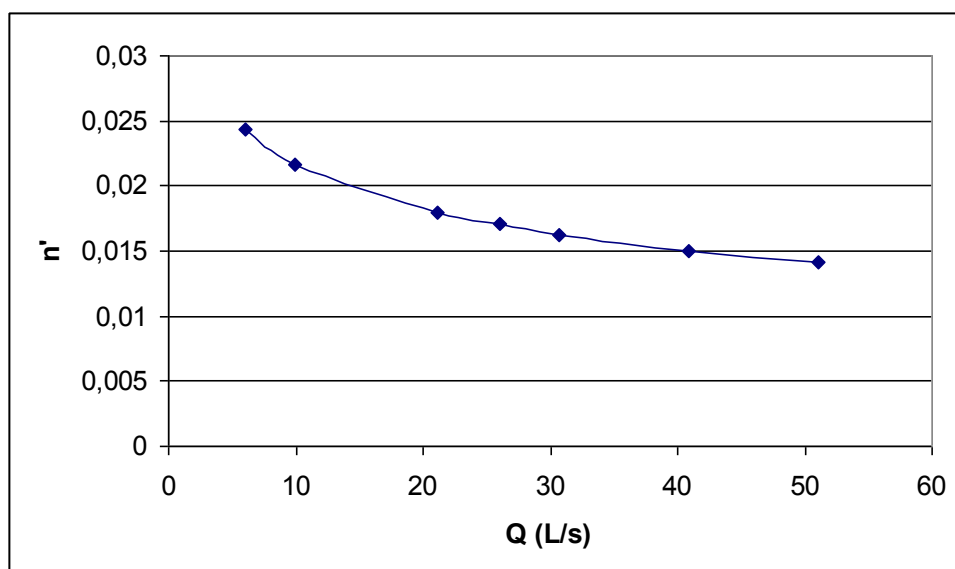
2‰	400stems/m ²	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ
Απόσ(cm)	Αθρ(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
0	0	1,7	2,4	4	4,5	5	6,1	6,9
121,1	121,1	2,6	3,2	4,9	5,6	6,2	7,5	8,8
120,4	241,5	1,7	2,5	4,2	5	5,6	6,9	8
66,9	308,4	3	3,8	5,9	6,8	7,5	8,9	10,2
50	358,4	3,9	5,2	7,7	8,6	9,4	10,9	12,4
60	418,4	4,4	5,7	8,4	9,4	10,2	11,9	13,4
50	468,4	4,5	5,9	8,6	9,6	10,5	12,3	13,8
70	538,4	4,7	6,1	9	10	11	12,8	14,4
50	588,4	4,9	6,4	9,3	10,4	11,3	13,1	14,7
60	648,4	4,9	6,4	9,4	10,4	11,35	13,2	14,8
50	698,4	5	6,5	9,5	10,5	11,5	13,3	15
70	768,4	5,3	6,8	9,9	11	11,9	13,8	15,5
50	818,4	5,3	6,8	9,9	11	11,9	13,8	15,5
50	868,4	5,3	6,8	9,9	11	11,9	13,8	15,5
60	928,4	5,1	6,6	9,7	10,8	11,8	13,65	15,4
50	978,4	5,4	6,9	10	11,1	12,1	14	15,9
50	1028,4	5,6	7,1	10,3	11,4	12,5	14,4	16,3
60	1088,4	5,6	7,1	10,4	11,5	12,6	14,6	16,5
43	1131,4	6,4	8	11,4	12,6	13,7	15,8	17,7
130,2	1261,6	5,9	7,5	11	12,1	13,3	15,4	17,4
120,4	1382	5,8	7,4	10,7	11,9	13	15,2	17,1
121	1503							



Διάγραμμα 17: Προφίλ ελεύθερης επιφάνειας πάνω από το κανάλι για κλίση 2‰ και πυκνότητα 400 stems/m² (με ευθεία γραμμή συμβολίζεται ο επιπρόσθετος πυθμένας)

Πίνακας 15: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) για κλίση 2% και πυκνότητα 400 stems/m²

ΔH_{new} (mm)	Q (L/s)	Υ'ο(cm)	Q (m ³ /s)	Υ'ο (m)	n'
7	6,05533103	5,3	0,0061	0,053	0,0243
19	9,97621201	6,8	0,01	0,068	0,0216
85	21,1007714	9,9	0,0211	0,099	0,018
129	25,9946351	11	0,026	0,11	0,017
180	30,7061327	11,9	0,0307	0,119	0,0162
320	40,9415102	13,8	0,0409	0,138	0,015
499	51,1256853	15,5	0,0511	0,155	0,0142

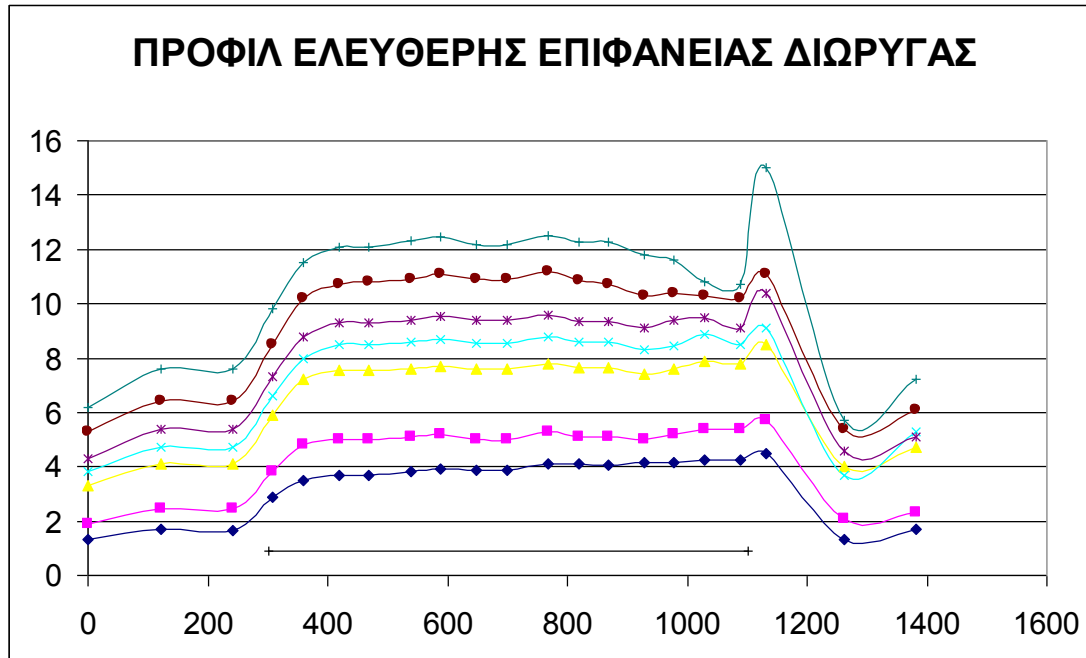


Διάγραμμα 18: Διάγραμμά n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για κλίση 2% και πυκνότητα 400 stems/m²

Πίνακας 16: Βάθη νερού στις επιλεγμένες θέσεις για κάθε παροχή του πίνακα 2 από την μικρότερη στην μεγαλύτερη για συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

1% 400stems/m ²		Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ
Απόσ(cm)	Αθρ(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
0	0	1,3	1,9	3,3	3,8	4,3	5,3	6,2
121,1	121,1	1,7	2,45	4,1	4,7	5,4	6,4	7,6
120,4	241,5	1,65	2,45	4,1	4,7	5,4	6,4	7,6
66,9	308,4	2,9	3,8	5,9	6,6	7,3	8,5	9,8
50	358,4	3,5	4,8	7,2	8	8,8	10,2	11,5
60	418,4	3,7	5	7,55	8,5	9,3	10,7	12,1
50	468,4	3,7	5	7,55	8,5	9,3	10,8	12,1
70	538,4	3,8	5,1	7,6	8,6	9,4	10,9	12,3
50	588,4	3,9	5,2	7,7	8,7	9,55	11,1	12,45
60	648,4	3,85	5	7,6	8,55	9,4	10,9	12,2
50	698,4	3,85	5	7,6	8,55	9,4	10,9	12,2
70	768,4	4,1	5,3	7,8	8,8	9,6	11,2	12,5
50	818,4	4,1	5,1	7,65	8,6	9,35	10,85	12,25
50	868,4	4,05	5,1	7,65	8,6	9,35	10,7	12,25
60	928,4	4,15	5	7,4	8,3	9,1	10,3	11,8
50	978,4	4,15	5,2	7,6	8,45	9,4	10,4	11,6
50	1028,4	4,25	5,4	7,9	8,85	9,5	10,3	10,8

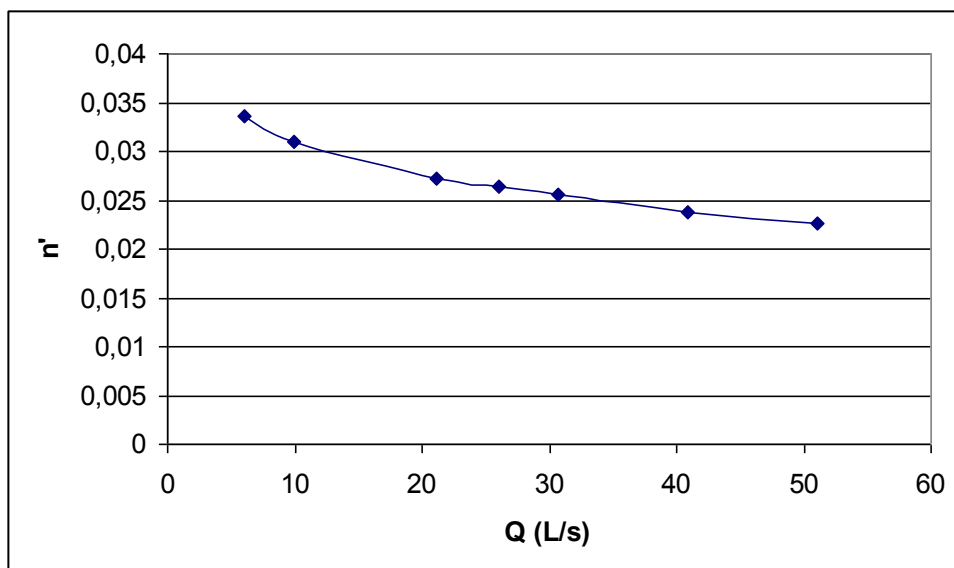
60	1088,4	4,25	5,4	7,8	8,5	9,1	10,2	10,7
43	1131,4	4,5	5,7	8,5	9,1	10,4	11,1	15
130,2	1261,6	1,3	2,1	4	3,7	4,6	5,4	5,7
120,4	1382	1,7	2,3	4,7	5,3	5,1	6,1	7,2
121	1503							



Διάγραμμα 19: Προφίλ ελεύθερης επιφάνειας πάνω από το κανάλι για κλίση 1% και πυκνότητα 400 stems/m² (με ευθεία γραμμή συμβολίζεται ο επιπρόσθετος πυθμένας)

Πίνακας 17: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) για κλίση 1% και πυκνότητα 400 stems/m²

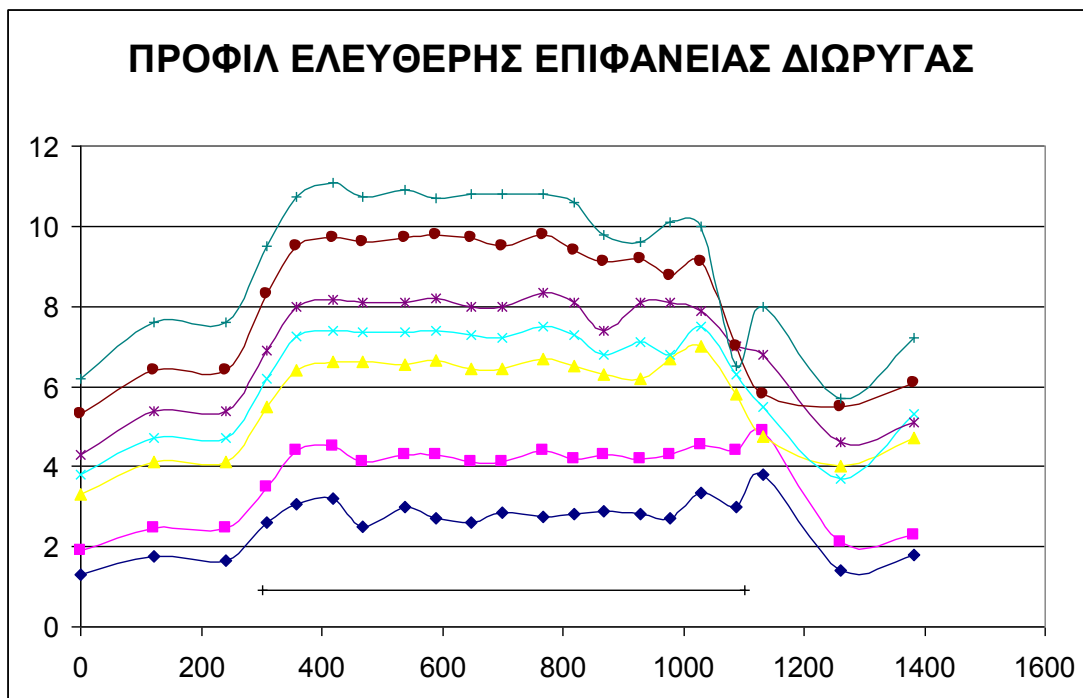
ΔH_{new} (mm)	Q (L/s)	$Y'o$ (cm)	Q (m ³ /s)	$Y'o$ (m)	n'
7	6,05533103	3,8944	0,0061	0,0389	0,0335
19	9,97621201	5,0889	0,01	0,0509	0,031
85	21,1007714	7,6333	0,0211	0,0763	0,0273
129	25,9946351	8,6	0,026	0,086	0,0265
180	30,7061327	9,4056	0,0307	0,0941	0,0256
320	40,9415102	10,894	0,0409	0,1089	0,0238
499	51,1256853	12,261	0,0511	0,1226	0,0227



Διάγραμμα 20: Διάγραμμά n^2 (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για κλίση 1% και πυκνότητα 400 stems/m²

Πίνακας 18: Βάθη νερού στις επιλεγμένες θέσεις για κάθε παροχή του πίνακα 2 από την μικρότερη στην μεγαλύτερη για συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

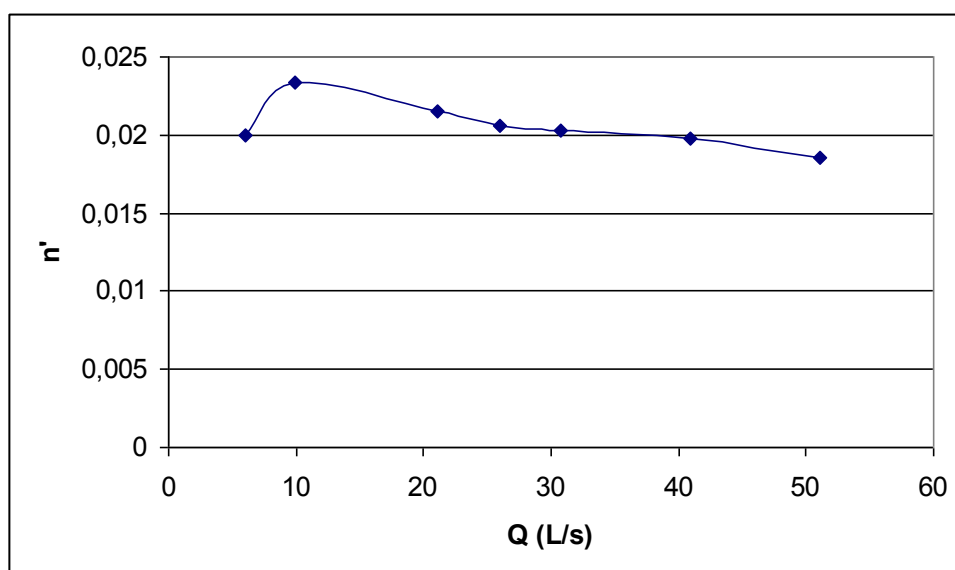
1%	187stems/m ²	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ	Υ
Απόσ(cm)	Αθρ(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
0	0	1,3	1,9	3,3	3,8	4,3	5,3	6,2
121,1	121,1	1,75	2,45	4,1	4,7	5,4	6,4	7,6
120,4	241,5	1,65	2,45	4,1	4,7	5,4	6,4	7,6
66,9	308,4	2,6	3,5	5,5	6,2	6,9	8,3	9,5
50	358,4	3,05	4,4	6,4	7,25	8	9,5	10,75
60	418,4	3,2	4,5	6,6	7,4	8,15	9,7	11,1
50	468,4	2,5	4,1	6,6	7,35	8,1	9,6	10,75
70	538,4	3	4,3	6,55	7,35	8,1	9,7	10,9
50	588,4	2,7	4,3	6,65	7,4	8,2	9,8	10,7
60	648,4	2,6	4,1	6,45	7,3	8	9,7	10,8
50	698,4	2,85	4,1	6,45	7,2	8	9,5	10,8
70	768,4	2,75	4,4	6,7	7,5	8,35	9,8	10,8
50	818,4	2,8	4,2	6,5	7,3	8,1	9,4	10,6
50	868,4	2,9	4,3	6,3	6,8	7,4	9,1	9,8
60	928,4	2,8	4,2	6,2	7,1	8,1	9,2	9,6
50	978,4	2,7	4,3	6,7	6,8	8,1	8,75	10,1
50	1028,4	3,35	4,55	7	7,5	7,9	9,1	10
60	1088,4	3	4,4	5,8	6,3	7	7	6,5
43	1131,4	3,8	4,9	4,75	5,5	6,8	5,8	8
130,2	1261,6	1,4	2,1	4	3,7	4,6	5,5	5,7
120,4	1382	1,8	2,3	4,7	5,3	5,1	6,1	7,2
121	1503							



Διάγραμμα 21: Προφίλ ελεύθερης επιφάνειας πάνω από το κανάλι για κλίση 1% και πυκνότητα 187 stems/m² (με ευθεία γραμμή συμβολίζεται ο επιπρόσθετος πυθμένας)

Πίνακας 19: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) για κλίση 1% και πυκνότητα 187 stems/m²

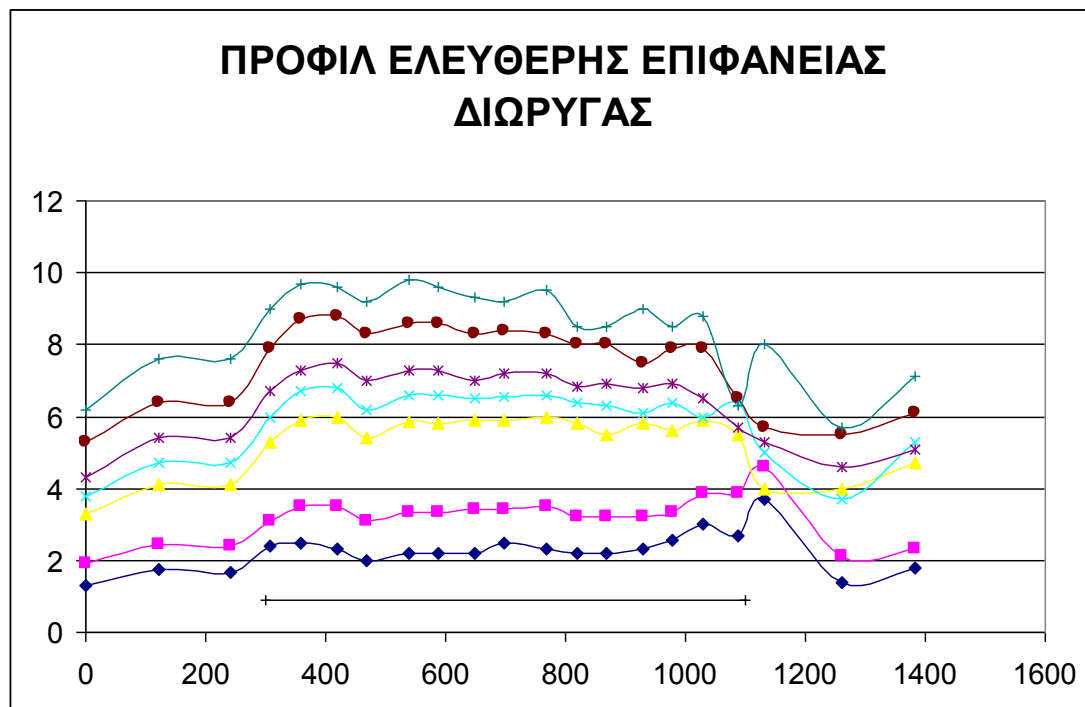
ΔH _{new} (mm)	Q (L/s)	Υ'ο(cm)	Q (m ³ /s)	Υ'ο (m)	n'
7	6,05533103	2,811	0,0061	0,0281	0,02
19	9,97621201	4,256	0,01	0,0426	0,0234
85	21,1007714	6,533	0,0211	0,0653	0,0215
129	25,9946351	7,289	0,026	0,0729	0,0206
180	30,7061327	8,044	0,0307	0,0804	0,0203
320	40,9415102	9,589	0,0409	0,0959	0,0198
499	51,1256853	10,69	0,0511	0,1069	0,0186



Διάγραμμα 22: Διάγραμμά n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για κλίση 1% και πυκνότητα 187 stems/m²

Πίνακας 20: Βάθη νερού στις επιλεγμένες θέσεις για κάθε παροχή του πίνακα 2 από την μικρότερη στην μεγαλύτερη για συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

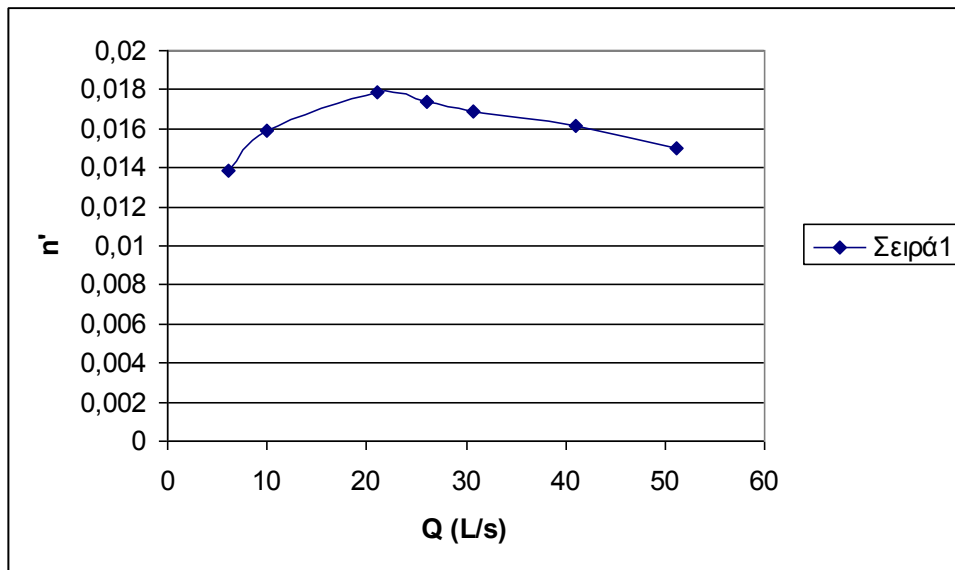
1%	100stems/m ²	Υ (cm)	Υ (cm)	Υ (cm)	Υ (cm)	Υ (cm)	Υ (cm)	Υ (cm)
Απόσ(cm)	Αθρ(cm)							
0	0	1,3	1,9	3,3	3,8	4,3	5,3	6,2
121,1	121,1	1,75	2,45	4,1	4,7	5,4	6,4	7,6
120,4	241,5	1,65	2,4	4,1	4,7	5,4	6,4	7,6
66,9	308,4	2,4	3,1	5,3	6	6,7	7,9	9
50	358,4	2,5	3,5	5,9	6,7	7,3	8,7	9,7
60	418,4	2,3	3,5	6	6,8	7,5	8,8	9,6
50	468,4	2	3,1	5,4	6,2	7	8,3	9,2
70	538,4	2,2	3,35	5,85	6,6	7,3	8,6	9,8
50	588,4	2,2	3,35	5,8	6,6	7,3	8,6	9,6
60	648,4	2,2	3,4	5,9	6,5	7	8,3	9,3
50	698,4	2,5	3,4	5,9	6,55	7,2	8,4	9,2
70	768,4	2,3	3,5	6	6,6	7,2	8,3	9,5
50	818,4	2,2	3,2	5,8	6,4	6,85	8	8,5
50	868,4	2,2	3,2	5,5	6,3	6,9	8	8,5
60	928,4	2,3	3,2	5,8	6,1	6,8	7,5	9
50	978,4	2,55	3,35	5,6	6,4	6,9	7,9	8,5
50	1028,4	3	3,85	5,9	6	6,5	7,9	8,8
60	1088,4	2,7	3,85	5,5	6,4	5,7	6,5	6,3
43	1131,4	3,7	4,6	4	5	5,3	5,7	8
130,2	1261,6	1,4	2,1	4	3,7	4,6	5,5	5,7
120,4	1382	1,8	2,3	4,7	5,3	5,1	6,1	7,1
121	1503							



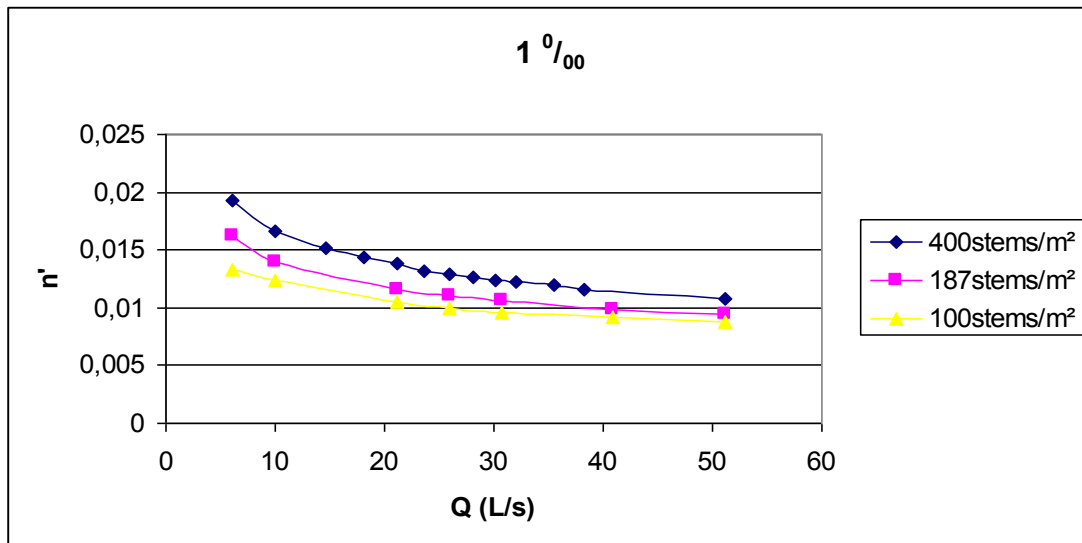
Διάγραμμα 23: Προφίλ ελεύθερης επιφάνειας πάνω από το κανάλι για κλίση 1% και πυκνότητα 100 stems/m² (με ευθεία γραμμή συμβολίζεται ο επιπρόσθετος πυθμένας)

Πίνακας 21: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) για κλίση 1% και πυκνότητα 100 stems/m²

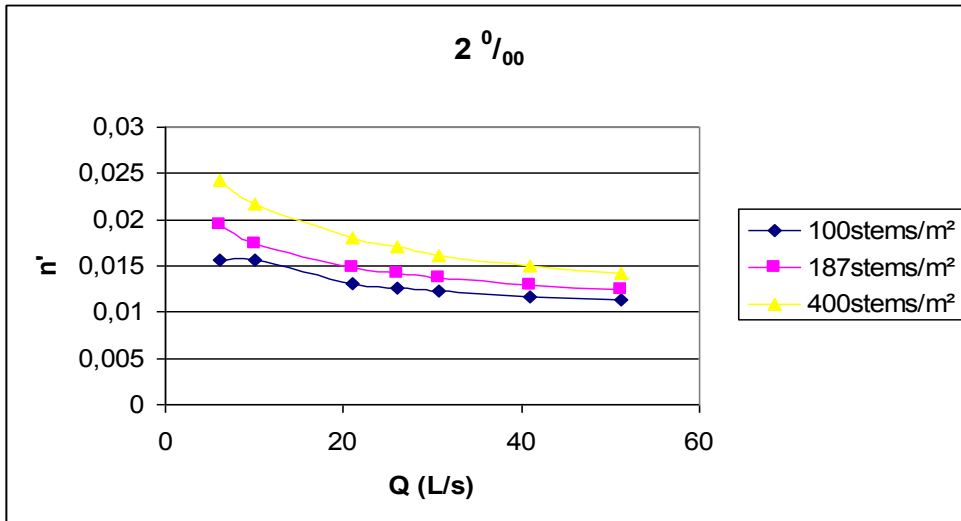
ΔH_{new} (mm)	Q (L/s)	Υ'ο(cm)	Q (m ³ /s)	Υ'ο (m)	n'
7	6,05533103	2,2333	0,0061	0,0223	0,0138
19	9,97621201	3,3333	0,01	0,0333	0,0159
85	21,1007714	5,7944	0,0211	0,0579	0,0179
129	25,9946351	6,5056	0,026	0,0651	0,0173
180	30,7061327	7,1389	0,0307	0,0714	0,0169
320	40,9415102	8,3667	0,0409	0,0837	0,0161
499	51,1256853	9,2444	0,0511	0,0924	0,015



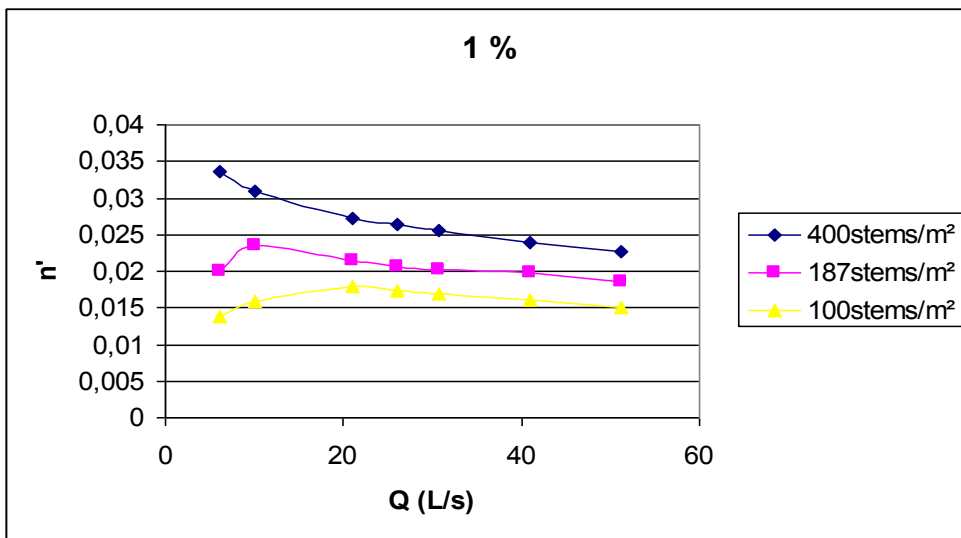
Διάγραμμα 24: Διάγραμμά n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για κλίση 1% και πυκνότητα 100 stems/m²



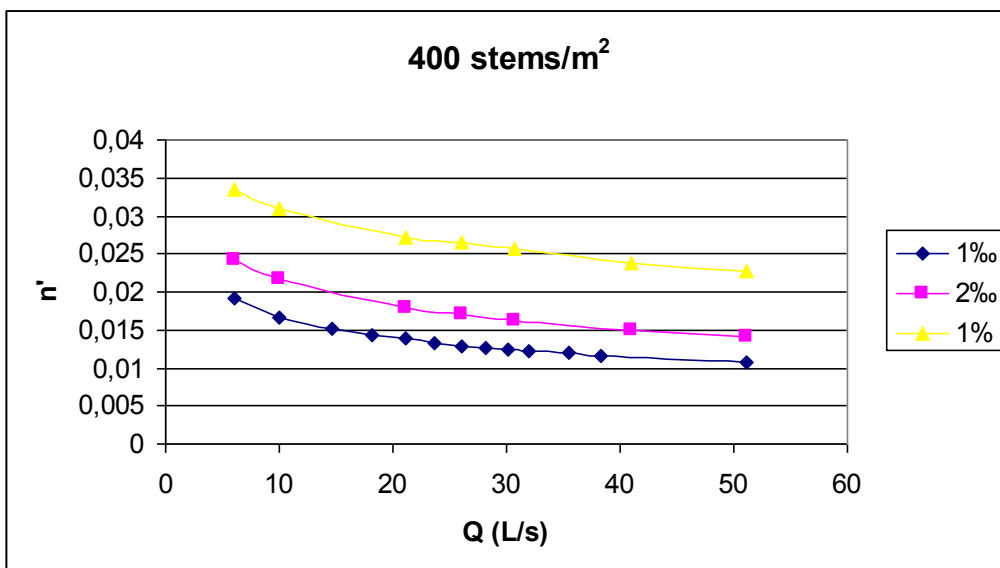
Διάγραμμα 25: Κοινό διάγραμμά n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για σταθερή κλίση



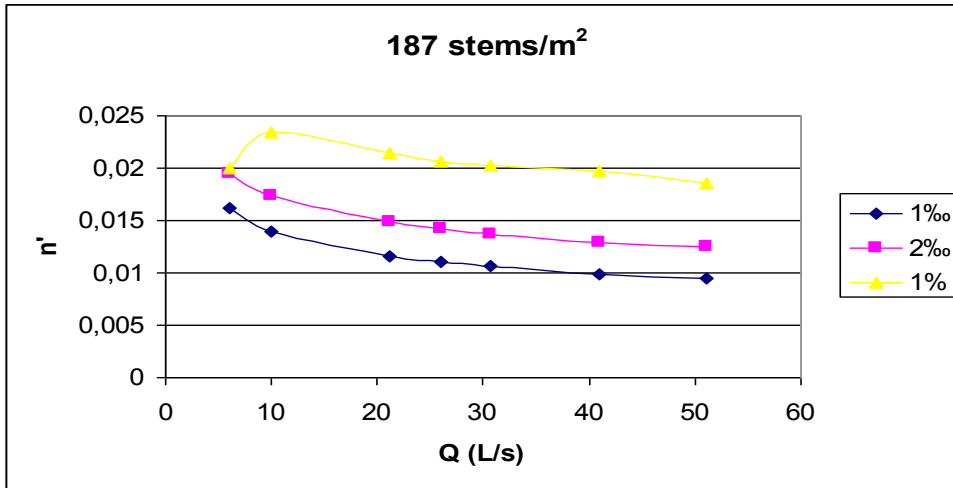
Διάγραμμα 26: Κοινό διάγραμμα $n'(s/m^{1/3}) - Q (L/s)$ για σταθερή κλίση



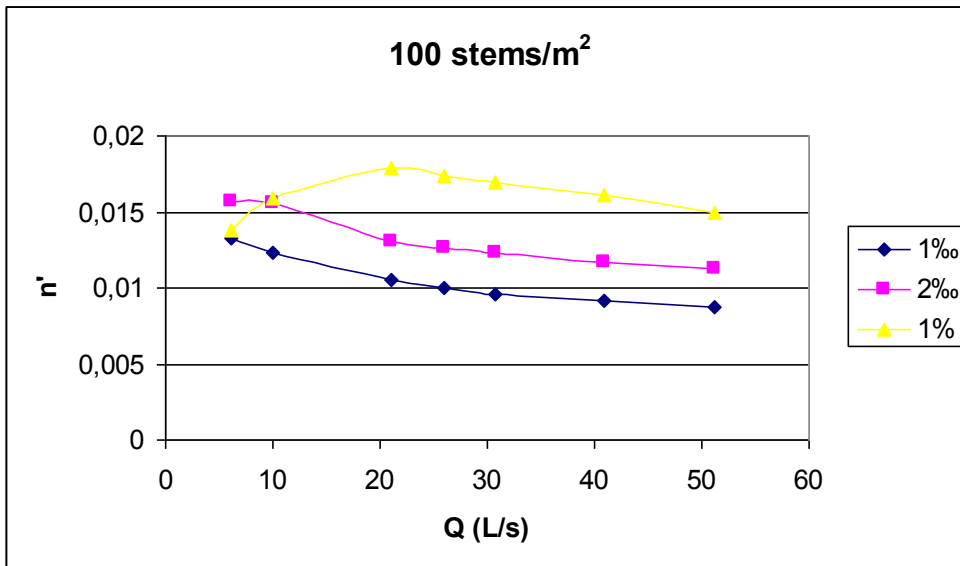
Διάγραμμα 27: Κοινό διάγραμμα $n'(s/m^{1/3}) - Q (L/s)$ για σταθερή κλίση



Διάγραμμα 28: Κοινό διάγραμμα $n'(s/m^{1/3}) - Q (L/s)$ για σταθερή πυκνότητα



Διάγραμμα 29: Κοινό διάγραμμά n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για σταθερή πυκνότητα



Διάγραμμα 30: Κοινό διάγραμμά n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για σταθερή πυκνότητα

10) ΑΔΙΑΣΤΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Για την γενίκευση των πειραματικών αποτελεσμάτων έγινε αδιαστατοποίηση κάποιων παραμέτρων. Για να γίνει αυτό, δημιουργήθηκαν δυο μεγέθη εμβαδού, το γινόμενο της οριζόντιας με την εγκάρσια απόστασης δυο ράβδων ($s \cdot w$ (m^2)) και του εμβαδού της προβολής μιας ράβδου σε ένα κάθετο επίπεδο στον πυθμένα επί το πλήθος των ράβδων (E_s (m^2)). Έτσι επιλέχτηκε να αδιαστατοποιηθεί ο συντελεστής Manning n με 2 τρόπους σύμφωνα με τους τύπους:

$$N'_1 = n \cdot q / ((s \cdot w)^{5/6} J^{1/2}) \quad (5)$$

$$\text{και } N'_2 = n \cdot q / (E_s^{5/6} J^{1/2}) \quad (6).$$

Επίσης επιλέχτηκε να αδιαστατοποιηθεί το κρίσιμο βάθος που προκύπτει από την εξίσωση (3) και εμπεριέχει την παροχή. Αυτό έγινε με 3 τρόπους σύμφωνα με τους τύπους:

$$Y_{k1} = y_k / (s \cdot w)^{1/2} \quad (7),$$

$$Y_{k2} = y_k / E_s^{1/2} \quad (8)$$

ενώ ο τρίτος έγινε με το h δηλαδή το ύψος των ράβδων πάνω από τον πυθμένα: y_k / h το οποίο είναι σταθερό σε κάθε περίπτωση. Επιπλέον υπολογίστηκε ο αδιάστατος συντελεστής τριβής f των Darcy-Weisbach από την εξίσωση που τον συνδέει με το συντελεστή Manning:

$$1/f^{1/2} = R^{1/6} / (n \cdot (8g)^{1/2}) \quad (9)$$

και έγιναν τα διαγράμματα του $1/f^{1/2}$ με τα Y_k τα οποία είχαν λογαριθμική σχέση και έτσι τελικά τα διαγράμματα του $1/f^{1/2}$ έγιναν με τα $\log Y_k$ για να μετατραπούν σε γραμμικά. Όλα αυτά έγιναν για κάθε περίπτωση κλίσης πυθμένα και πυκνότητας ράβδων δηλαδή έγιναν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί των παραμέτρων. Στην συνέχεια ακολουθούν οι πίνακες των αδιαστατοποιημένων παραμέτρων και επιλεγμένα κοινά διαγράμματα αυτών.

Πίνακας 22: Αδιαστατοποιημένοι παράμετροι

1‰	400stems/m ²								
Y_{k1}	$\log Y_{k1}$	Y_{k2}	$\log Y_{k2}$	y_k/h	$\log y_k/h$	N'_1	N'_2	f	$1/f^{0.5}$
0,4927	-0,3074	0,0871	-1,06	0,6159	-0,211	1,085	0,0604	0,081	3,5203
0,6873	-0,1629	0,1215	-0,915	0,8591	-0,066	1,551	0,0864	0,057	4,1838
0,8881	-0,0515	0,157	-0,804	1,1102	0,0454	2,063	0,1149	0,045	4,7337
1,0249	0,01067	0,1812	-0,742	1,2811	0,1076	2,425	0,135	0,039	5,0576
1,1325	0,05403	0,2002	-0,699	1,4156	0,1509	2,726	0,1518	0,036	5,2761
1,2228	0,08735	0,2162	-0,665	1,5285	0,1843	2,918	0,1625	0,032	5,5593
1,3014	0,11442	0,2301	-0,638	1,6268	0,2113	3,114	0,1734	0,03	5,7499

1,3716	0,13721	0,2425	-0,615	1,7144	0,2341	3,313	0,1845	0,029	5,8761
1,4352	0,1569	0,2537	-0,596	1,794	0,2538	3,474	0,1934	0,028	6,02
1,4936	0,17423	0,264	-0,578	1,867	0,2711	3,637	0,2025	0,027	6,1266
1,6028	0,20489	0,2833	-0,548	2,0036	0,3018	3,967	0,2209	0,025	6,2844
1,685	0,22661	0,2979	-0,526	2,1063	0,3235	4,135	0,2303	0,024	6,5191
2,0429	0,31025	0,3611	-0,442	2,5537	0,4072	5,129	0,2856	0,02	7,1287

Πίνακας 23: Αδιαστατοποιημένοι παράμετροι

1‰		187stems/m ²					
Y _{K1}	logY _{K1}	Y _{K2}	logY _{K2}	N' ₁	N' ₂	f	1/f ^{0,5}
0,3285	-0,4835	0,1274	-0,8949	0,465	0,096	0,059	4,1186
0,4582	-0,3390	0,1777	-0,7503	0,659	0,136	0,041	4,9299
0,755	-0,1221	0,2928	-0,5334	1,159	0,239	0,026	6,2216
0,8676	-0,0617	0,3365	-0,4730	1,367	0,282	0,023	6,5844
0,9695	-0,0134	0,376	-0,4248	1,544	0,318	0,021	6,9541
1,1745	0,0698	0,4555	-0,3415	1,913	0,395	0,017	7,6103
1,362	0,1342	0,5282	-0,2772	2,299	0,474	0,016	8,0173

Πίνακας 24: Αδιαστατοποιημένοι παράμετροι

1‰		100stems/m ²					
Y _{K1}	logY _{K1}	Y _{K2}	logY _{K2}	N' ₁	N' ₂	f	1/f ^{0,5}
0,2464	-0,608	0,1742	-0,759	0,237	0,133	0,0413	4,9194
0,3436	-0,464	0,243	-0,614	0,36	0,202	0,0328	5,5252
0,5662	-0,247	0,4004	-0,398	0,65	0,365	0,0215	6,8158
0,6507	-0,187	0,4601	-0,337	0,764	0,429	0,0191	7,2372
0,7271	-0,138	0,5142	-0,289	0,865	0,485	0,0172	7,6286
0,8809	-0,055	0,6229	-0,206	1,107	0,621	0,0152	8,1002
1,0215	0,009	0,7223	-0,141	1,316	0,738	0,0135	8,6214

Πίνακας 25: Αδιαστατοποιημένοι παράμετροι

2‰		100stems/m ²					
Y _{K1}	logY _{K1}	Y _{K2}	logY _{K2}	N' ₁	N' ₂	f	1/f ^{0,5}
0,2464	-0,608	0,1742	-0,759	0,197	0,11	0,059	4,1154
0,3436	-0,464	0,243	-0,614	0,323	0,181	0,054	4,3126
0,5662	-0,247	0,4004	-0,398	0,573	0,322	0,034	5,4086
0,6507	-0,187	0,4601	-0,337	0,683	0,384	0,031	5,6679
0,7271	-0,138	0,5142	-0,289	0,787	0,442	0,029	5,8796
0,8809	-0,055	0,6229	-0,206	0,993	0,557	0,025	6,3297
1,0215	0,009	0,7223	-0,141	1,197	0,672	0,023	6,6524

Πίνακας 26: Αδιαστατοποιημένοι παράμετροι

2‰		187stems/m ²					
Y _{K1}	logY _{K1}	Y _{K2}	logY _{K2}	N' ₁	N' ₂	f	1/f ^{0,5}
0,3285	-0,484	0,1274	-0,895	0,396	0,082	0,088	3,3714
0,4582	-0,339	0,1777	-0,750	0,582	0,12	0,066	3,9069
0,755	-0,122	0,2928	-0,533	1,049	0,216	0,043	4,8195
0,8676	-0,062	0,3365	-0,473	1,234	0,254	0,038	5,1175
0,9695	-0,013	0,376	-0,425	1,406	0,29	0,035	5,3599

1,1745	0,070	0,4555	-0,342	1,767	0,364	0,03	5,7894
1,362	0,134	0,5282	-0,277	2,147	0,443	0,027	6,0397

Πίνακας 27: Αδιαστατοποιημένοι παράμετροι

2‰		400stems/m ²					
Y _{K1}	logY _{K1}	Y _{K2}	logY _{K2}	N' ₁	N' ₂	f	1/f ^{0,5}
0,4927	-0,307	0,0871	-1,060	0,969	0,054	0,131	2,7581
0,6873	-0,163	0,1215	-0,915	1,422	0,079	0,097	3,2032
1,1325	0,054	0,2002	-0,699	2,499	0,139	0,061	4,0404
1,3014	0,114	0,2301	-0,638	2,918	0,162	0,054	4,3163
1,4543	0,163	0,2571	-0,590	3,273	0,182	0,048	4,5876
1,7617	0,246	0,3114	-0,507	4,051	0,226	0,04	5,0226
2,0429	0,310	0,3611	-0,442	4,778	0,266	0,035	5,3831

Πίνακας 28: Αδιαστατοποιημένοι παράμετροι

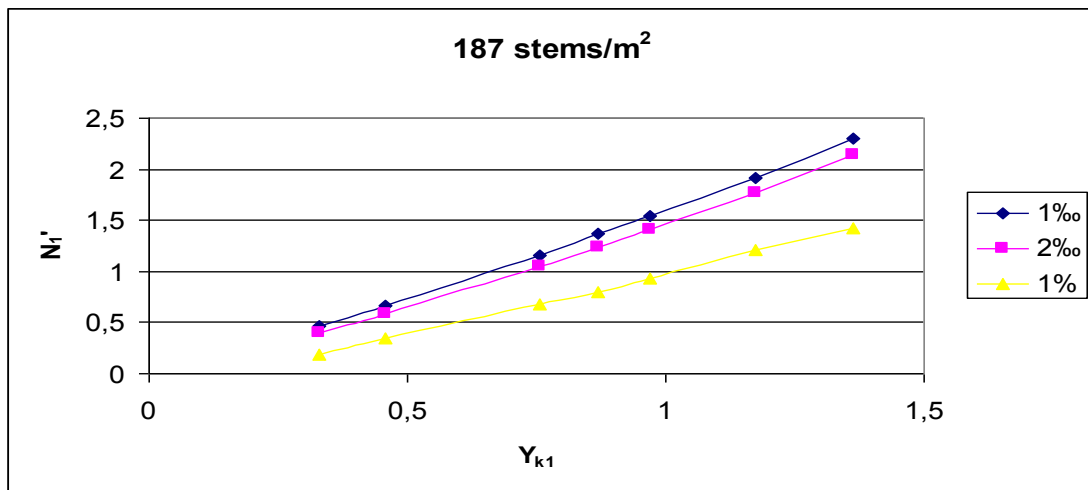
1%		400stems/m ²					
Y _{K1}	logY _{K1}	Y _{K2}	logY _{K2}	N' ₁	N' ₂	f	1/f ^{0,5}
0,493	-0,307	0,0871	-1,060	0,599	0,033	0,273	1,9123
0,687	-0,163	0,1215	-0,915	0,91	0,051	0,216	2,1524
1,132	0,054	0,2002	-0,699	1,695	0,094	0,15	2,5807
1,301	0,114	0,2301	-0,638	2,027	0,113	0,137	2,6977
1,454	0,163	0,2571	-0,590	2,317	0,129	0,126	2,8193
1,762	0,246	0,3114	-0,507	2,877	0,16	0,105	3,08
2,043	0,310	0,3611	-0,442	3,418	0,19	0,093	3,2821

Πίνακας 29: Αδιαστατοποιημένοι παράμετροι

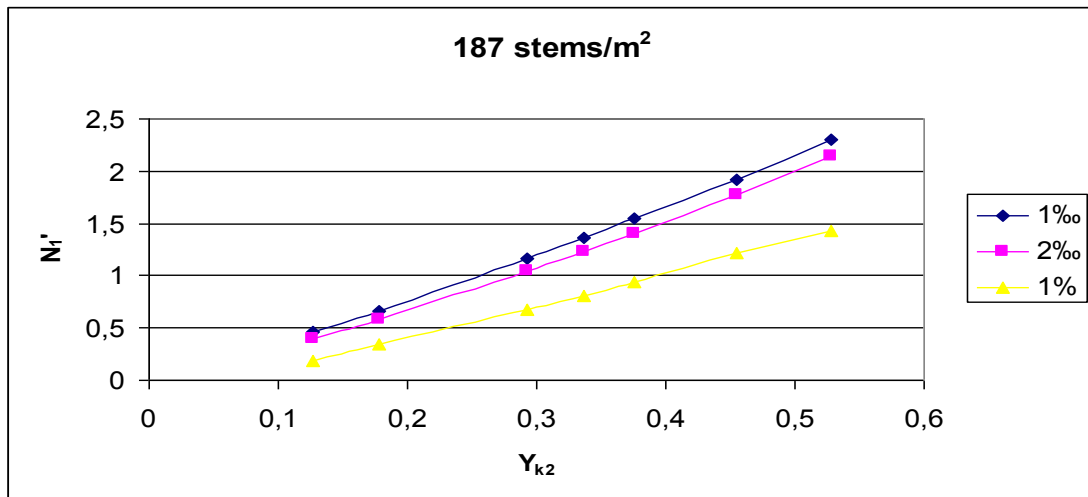
1%		187stems/m ²							
Y _{K1}	logY _{K1}	Y _{K2}	logY _{K2}	y _K /h	logy _K /h	N' ₁	N' ₂	f	1/f ^{0,5}
0,3285	-0,484	0,1274	-0,895	0,616	-0,211	0,181	0,037	0,1069	3,0592
0,4582	-0,339	0,1777	-0,750	0,859	-0,066	0,35	0,072	0,1298	2,7753
0,755	-0,122	0,2928	-0,533	1,416	0,151	0,681	0,14	0,0974	3,2038
0,8676	-0,062	0,3365	-0,473	1,627	0,211	0,804	0,166	0,0871	3,3892
0,9695	-0,013	0,376	-0,425	1,818	0,26	0,933	0,192	0,082	3,4931
1,1745	0,070	0,4555	-0,342	2,202	0,343	1,213	0,25	0,0746	3,6615
1,362	0,134	0,5282	-0,277	2,554	0,407	1,425	0,294	0,0643	3,9435

Πίνακας 30: Αδιαστατοποιημένοι παράμετροι

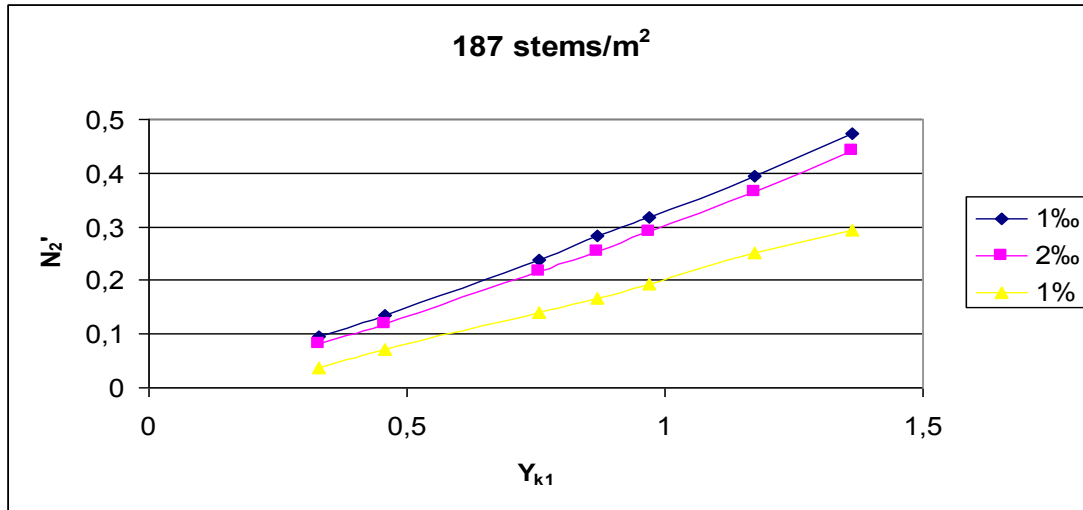
1%		100stems/m ²							
Y _{K1}	logY _{K1}	Y _{K2}	logY _{K2}	y _K /h	logy _K /h	N' ₁	N' ₂	f	1/f ^{0,5}
0,2464	-0,608	0,1742	-0,759	0,6159	-0,211	0,078	0,044	0,055	4,275
0,3436	-0,464	0,243	-0,614	0,8591	-0,066	0,147	0,083	0,064	3,9398
0,5662	-0,247	0,4004	-0,398	1,4156	0,1509	0,35	0,197	0,07	3,7905
0,6507	-0,187	0,4601	-0,337	1,6268	0,2113	0,419	0,235	0,063	3,9704
0,7271	-0,138	0,5142	-0,289	1,8178	0,2596	0,482	0,271	0,059	4,1207
0,8809	-0,055	0,6229	-0,206	2,2021	0,3428	0,613	0,344	0,051	4,4124
1,0215	0,009	0,7223	-0,141	2,5537	0,4072	0,711	0,399	0,043	4,8061



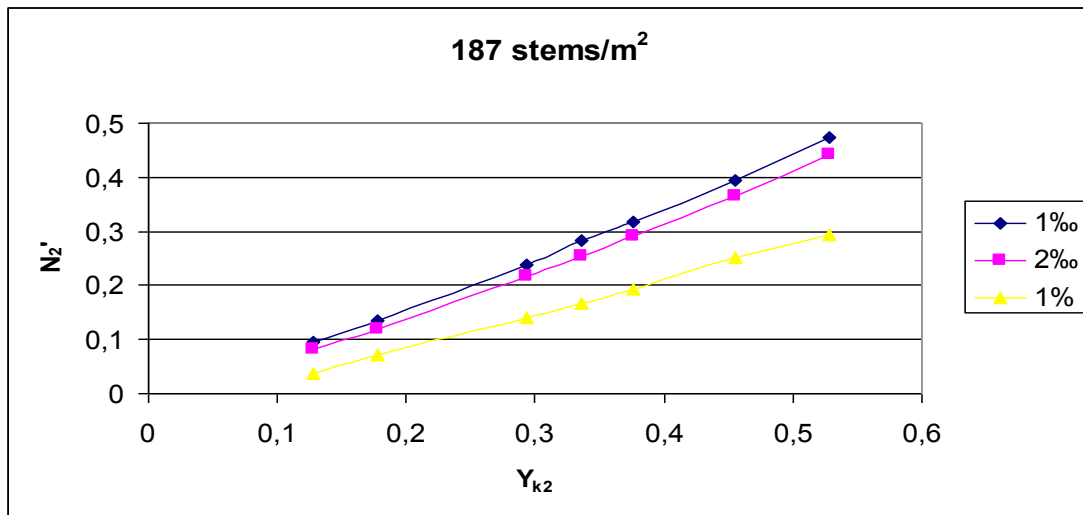
Διάγραμμα 31: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων N_1' - Y_{k1} για σταθερή πυκνότητα



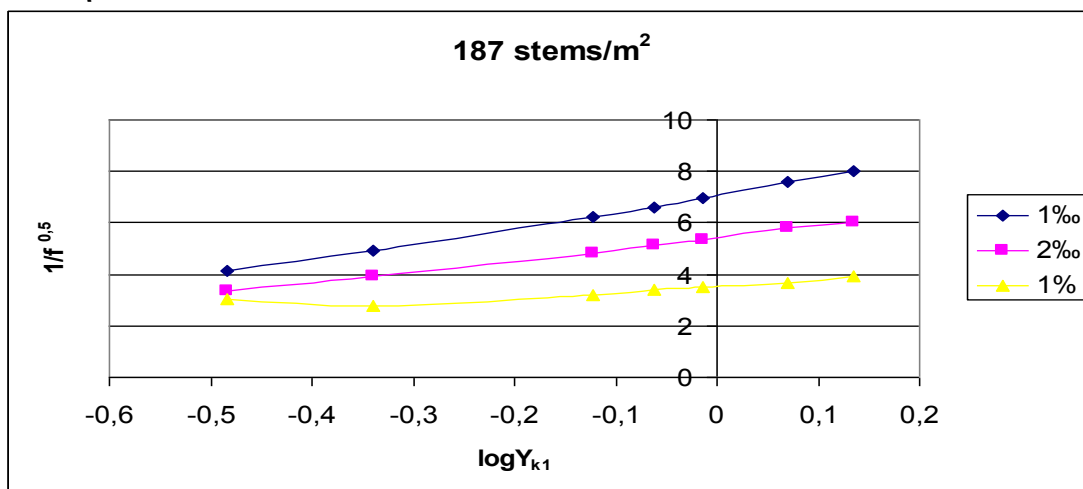
Διάγραμμα 32: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων N_1' - Y_{k2} για σταθερή πυκνότητα



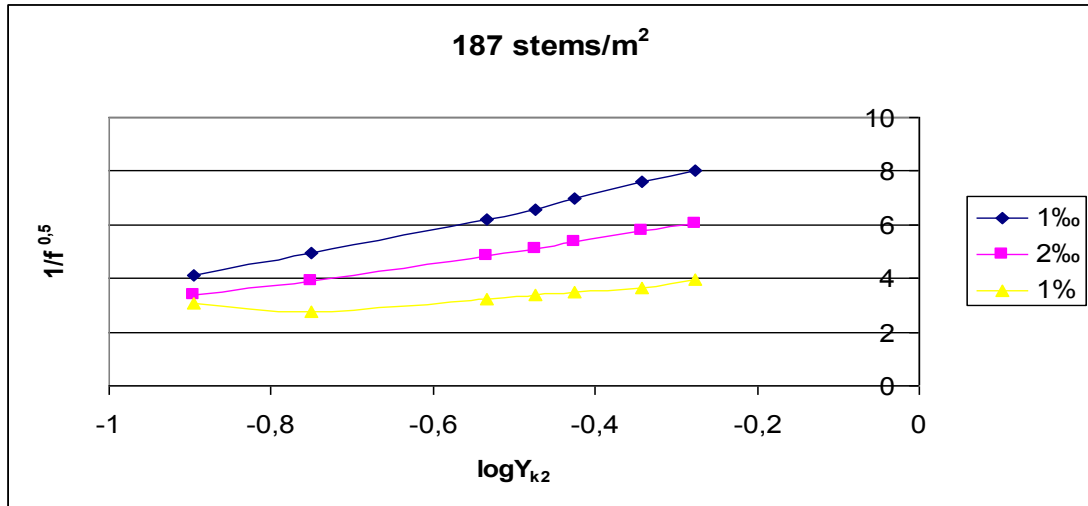
Διάγραμμα 33: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων N_2' – Y_{k1} για σταθερή πυκνότητα



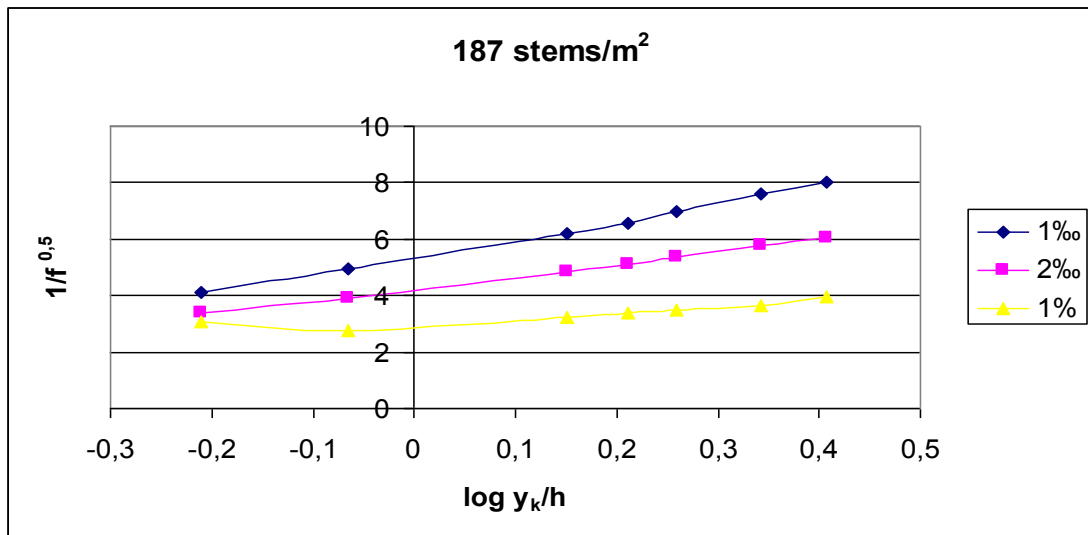
Διάγραμμα 34: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων N_2' – Y_{k2} για σταθερή πυκνότητα



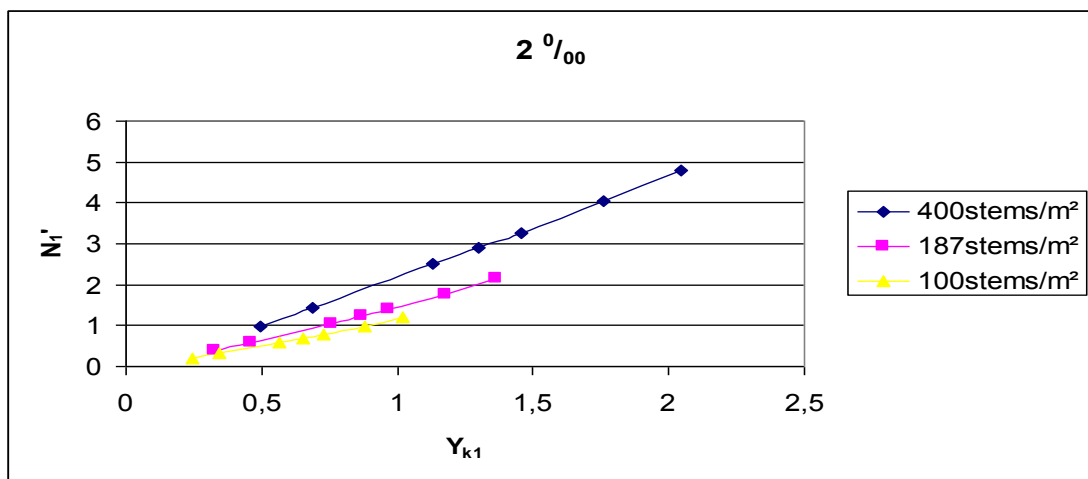
Διάγραμμα 35: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων f – Y_{k1} για σταθερή πυκνότητα



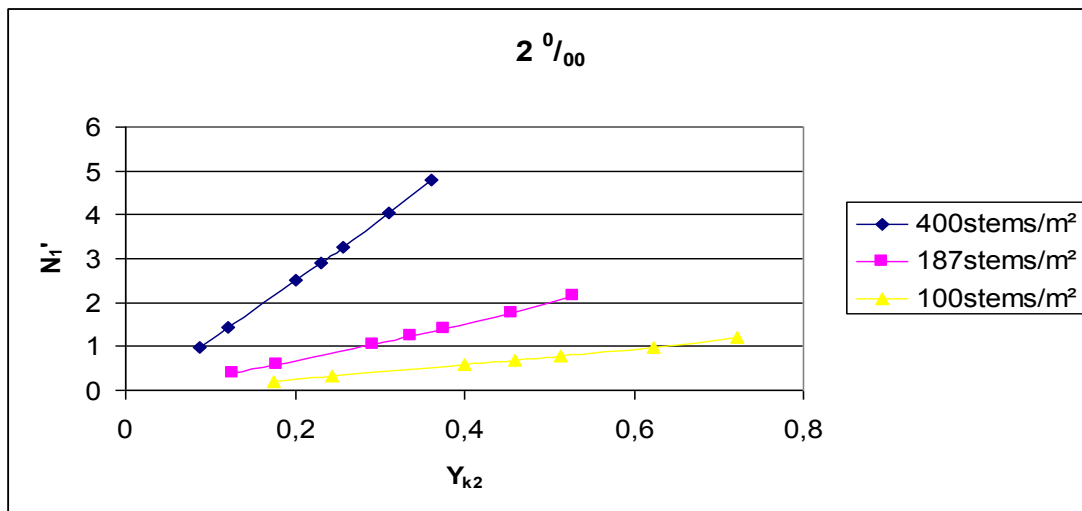
Διάγραμμα 36: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $f - Y_{k2}$ για σταθερή πυκνότητα



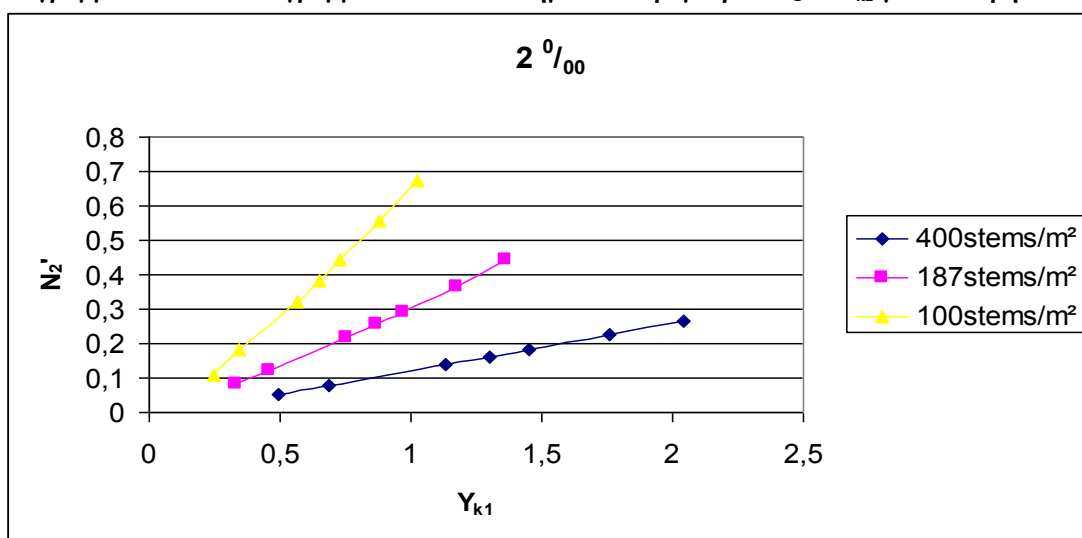
Διάγραμμα 37: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $f - y_k/h$ για σταθερή πυκνότητα



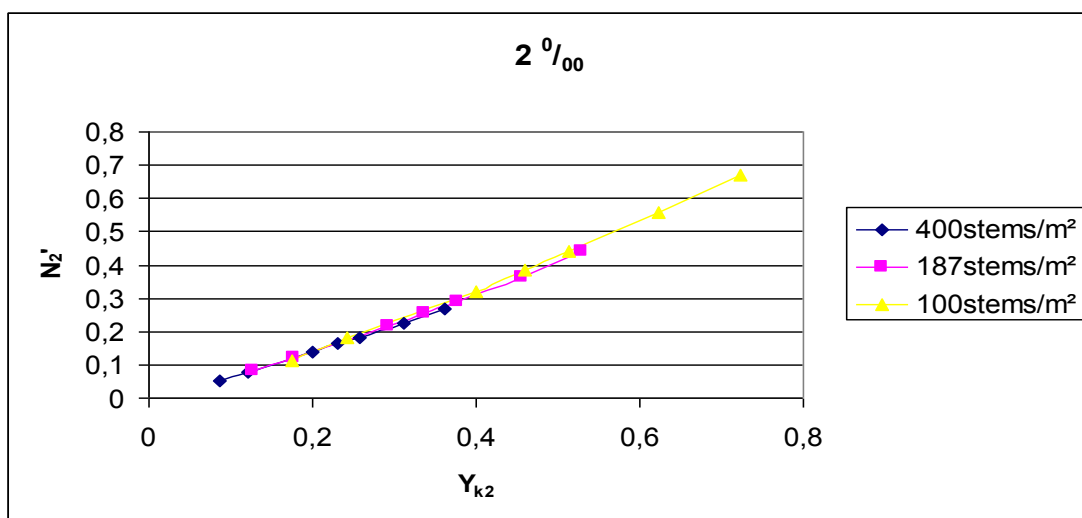
Διάγραμμα 38: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $N_1' - Y_{k1}$ για σταθερή κλίση



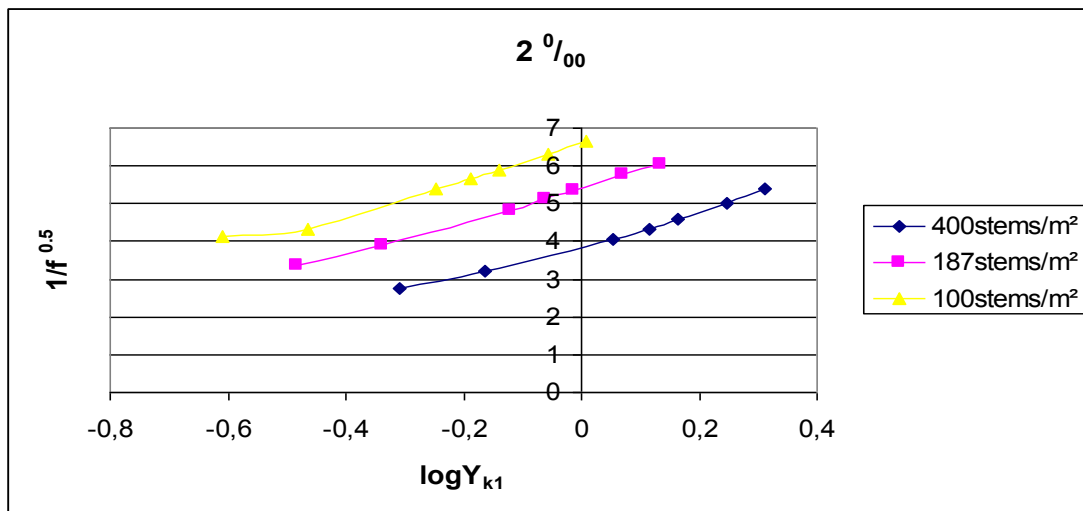
Διάγραμμα 39: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $N_1' - Y_{k2}$ για σταθερή κλίση



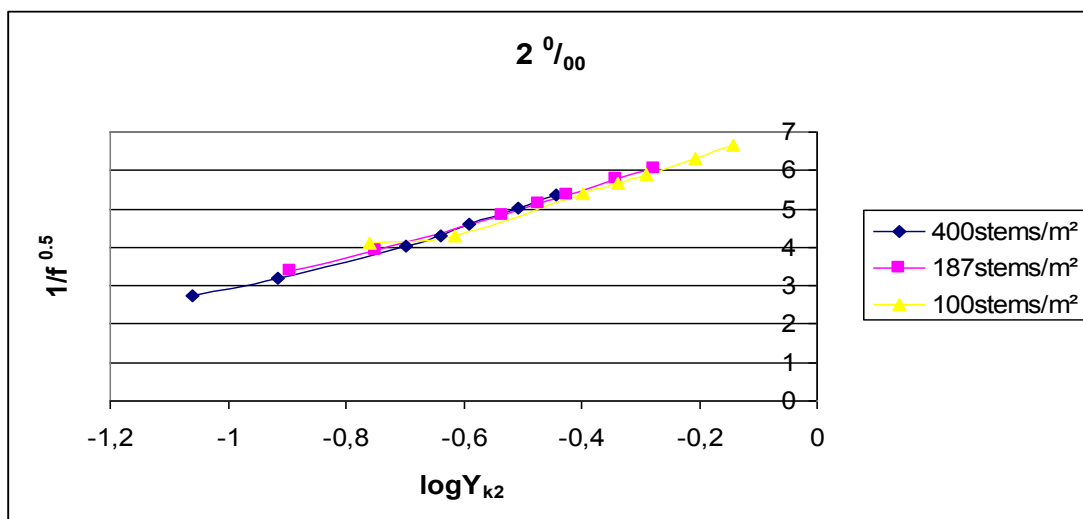
Διάγραμμα 40: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $N_2' - Y_{k1}$ για σταθερή κλίση



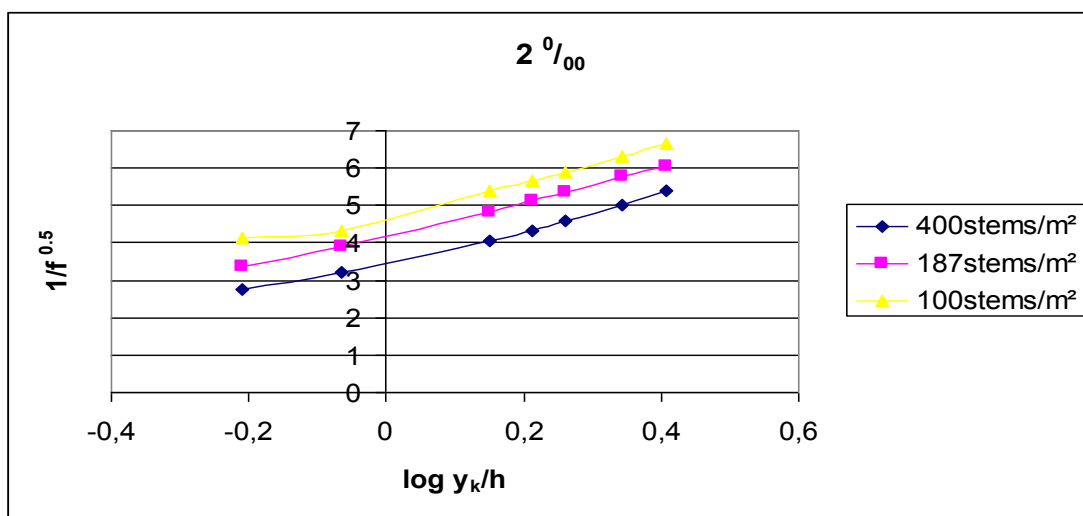
Διάγραμμα 41: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $N_2' - Y_{k2}$ για σταθερή κλίση



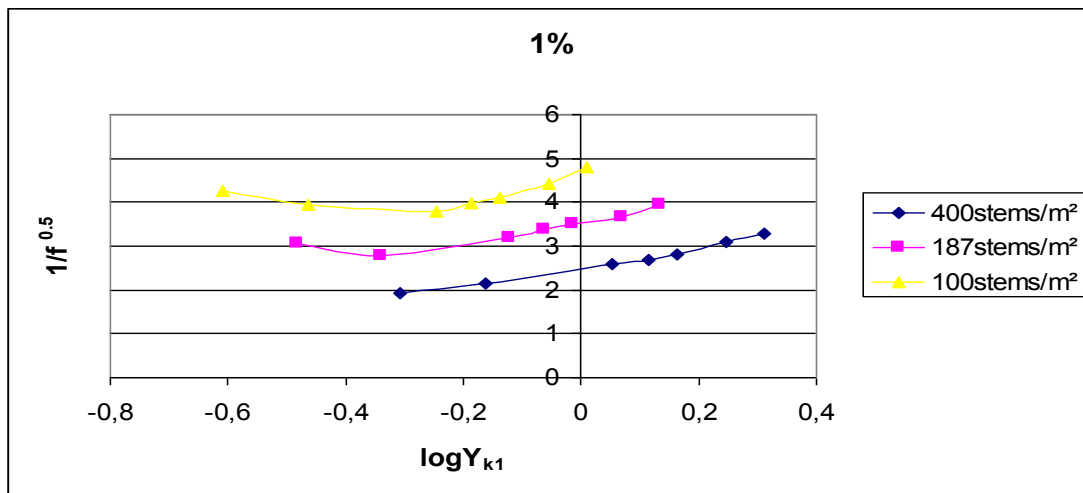
Διάγραμμα 42: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $f - Y_{k1}$ για σταθερή κλίση



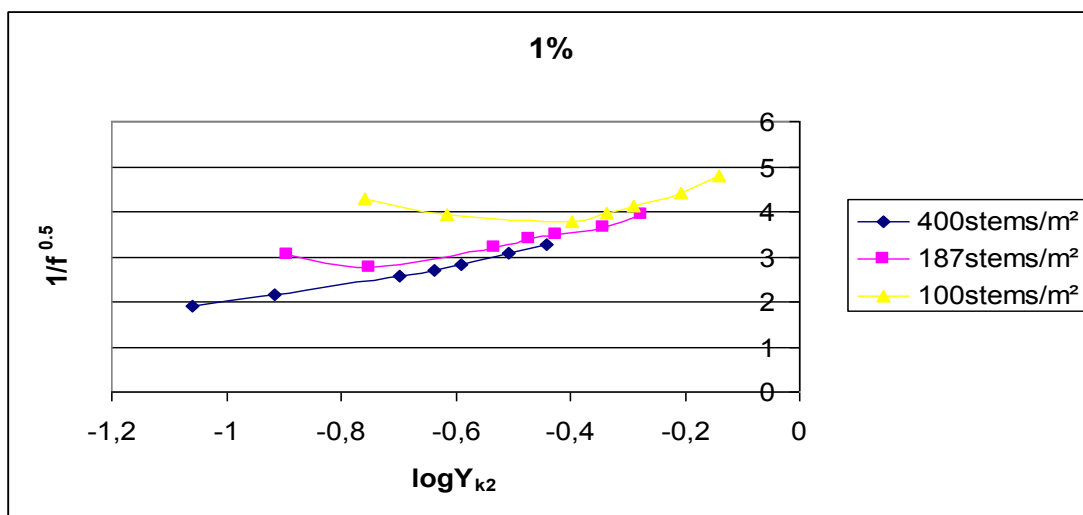
Διάγραμμα 43: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $f - Y_{k2}$ για σταθερή κλίση



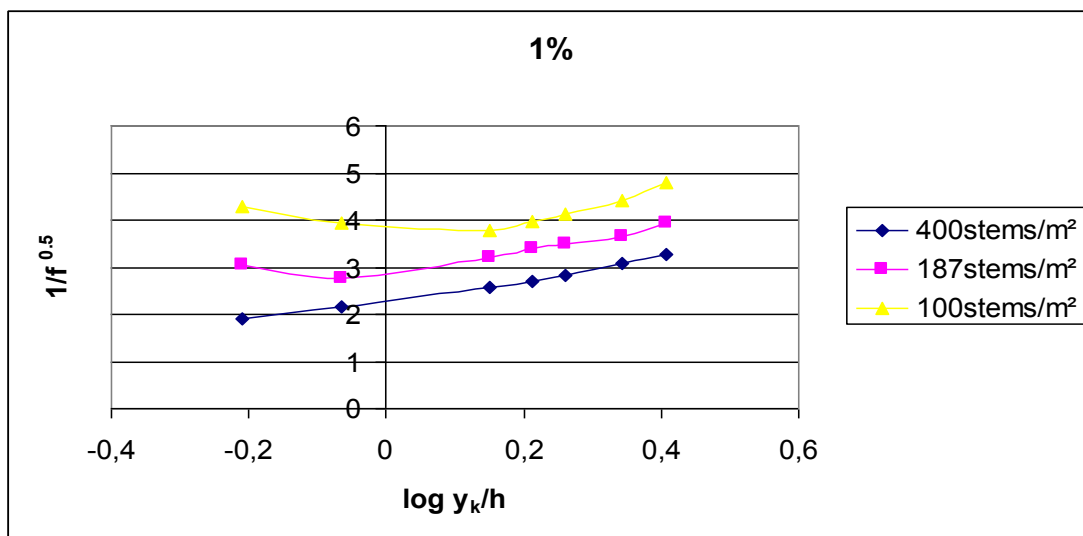
Διάγραμμα 44: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $f - y_k/h$ για σταθερή κλίση



Διάγραμμα 45: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $f - Y_{\kappa 1}$ για σταθερή κλίση



Διάγραμμα 46: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $f - Y_{\kappa 2}$ για σταθερή κλίση



Διάγραμμα 47: Κοινό διάγραμμα αδιαστατοποιημένων παραμέτρων $f - y_k/h$ για σταθερή κλίση

11)ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Σαν τελικό στάδιο στην εργασία αυτή, έγινε η σύγκριση της με παλαιότερο πείραμα. Επιλέχθηκε το πείραμα που έγινε στα πλαίσια της εργασίας των Carollo et al (2002). Η επιλογή αυτή έγινε γιατί το πείραμα έγινε σε παραπλήσια πειραματική συσκευή, για παραπλήσιες παροχές και για της ίδιες κλίσεις πυθμένα παρόλο που αντί για άκαμπτες ράβδους είχε εύκαμπτη πραγματική βλάστηση σε μεγαλύτερες πυκνότητες. Βέβαια σκοπός αυτού του πειράματος ήταν η διερεύνηση του πεδίου ροής και πιο συγκεκριμένα των προφίλ της ταχύτητας σε κανάλι με βλάστηση αλλά τα αποτελέσματα τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υπολογιστεί το δικό τους n' και να συγκριθεί με αυτό της παρούσας εργασίας. Παρακάτω γίνεται παράθεση των πειραματικών τους αποτελεσμάτων σε πίνακα, των πινάκων επεξεργασίας αυτών και των κοινών διαγραμμάτων με τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας.

Table: Characteristic Data of Experimental Runs						
Run	h (cm)	s (%)	Q (l/s)	Hu (cm)	δ (stems/dm ²)	ku (cm)
1	11,9	1	37,1	11	310	4,8
2	13,5	1	30,1	20	440	8
3	14,6	0,2	30,1	20	440	8
4	14	0,2	26,9	20	440	8,2
5	12,5	1	26,9	20	440	7,7
6	17,8	0,2	77,6	20	440	7
7	16,8	1	77,6	20	440	6,6
8	19,9	0,2	105,9	20	440	6,3
9	18,3	1	105,9	20	440	5,9
10	12,8	0,2	26,9	11,5	280	7
11	19	0,2	77,6	11,5	280	5,4
12	21,7	0,2	105,9	11,5	280	4,9
13	24,5	0,2	135	11,5	280	4,7
14	27,2	0,2	170,8	11,5	280	4,5
15	27,7	0,2	188,7	5,9	337	3,8
16	27,2	0,2	189,2	3,5	337	3,1

Πίνακας 31: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) από τα αποτελέσματα των Carollo et al (2002) για την συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

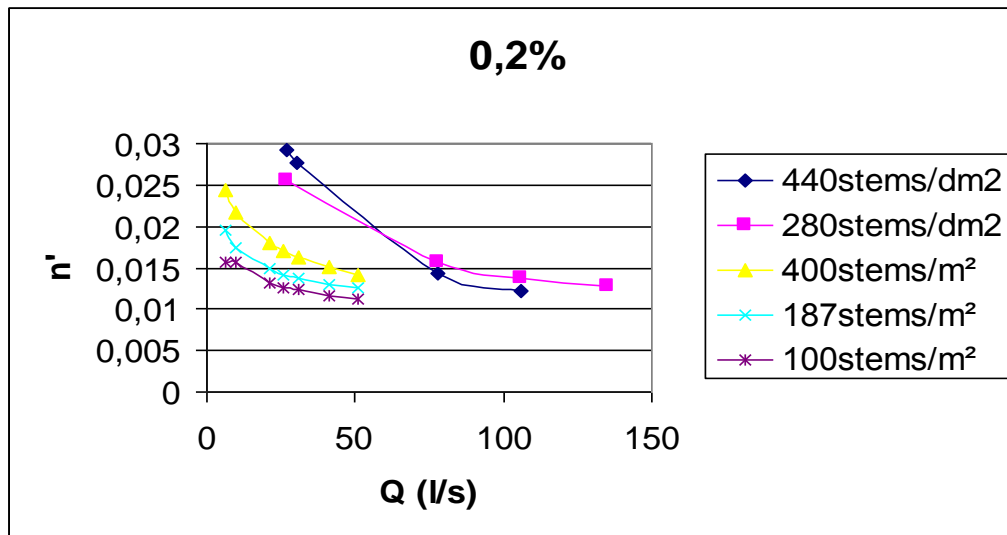
0,20%	440stems/dm ²				
Q (l/s)	Y'o (cm)	Q (m ³ /s)	y_k (m)	Y'o (m)	n' (s/m ^{1/3})
26,9	14	0,0269	0,058953693	0,14	0,029167984
30,1	14,6	0,0301	0,063540968	0,146	0,027704189
77,6	17,8	0,0776	0,119467739	0,178	0,014276884
105,9	19,9	0,1059	0,146985154	0,199	0,012242569

Πίνακας 32: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) από τα αποτελέσματα των Carollo et al (2002) για την συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

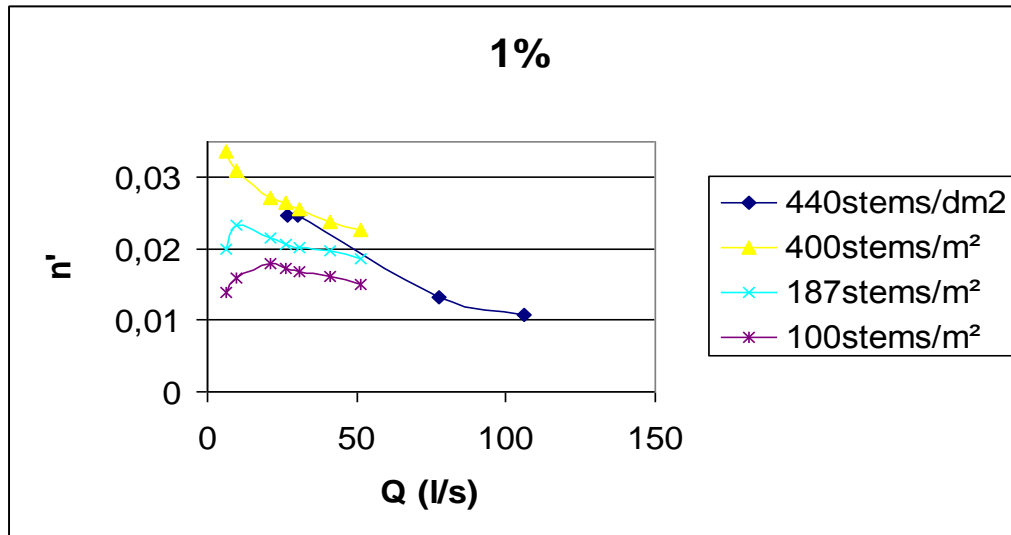
0,20%		280stems/dm ²			
Q (l/s)	Y'o (cm)	Q (m ³ /s)	y _κ (m)	Y'o (m)	n' (s/m ^{1/3})
26,9	12,8	0,0269	0,058953693	0,128	0,02558874
77,6	19	0,0776	0,119467739	0,19	0,015655874
105,9	21,7	0,1059	0,146985154	0,217	0,013813073
135	24,5	0,135	0,172808596	0,245	0,012806362

Πίνακας 33: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n' από την εξίσωση (1) από τα αποτελέσματα των Carollo et al (2002) για την συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

1,00%		440stems/dm ²			
Q (l/s)	Y'o (cm)	Q (m ³ /s)	y _κ (m)	Y'o (m)	n' (s/m ^{1/3})
26,9	12,5	0,0269	0,058954	0,125	0,024713
30,1	13,5	0,0301	0,063541	0,135	0,024722
77,6	16,8	0,0776	0,119468	0,168	0,013149
105,9	18,3	0,1059	0,146985	0,183	0,01088



Διάγραμμα 48: Κοινό διάγραμμα n' (s/m^{1/3}) - Q (L/s) για κλίση 0,2% των καμπύλων της παρούσας εργασίας και αυτής των Carollo et al (2002) (οι 2 πρώτες πυκνότητες, σε stems/dm²)



Διάγραμμα 49: Κοινό διάγραμμα $n^{\prime}(s/m^{1/3}) - Q (L/s)$ για κλίση 1% των καμπύλων της παρούσας εργασίας και αυτής των Carollo et al (2002) (η πρώτη πυκνότητα, σε stems/dm²)

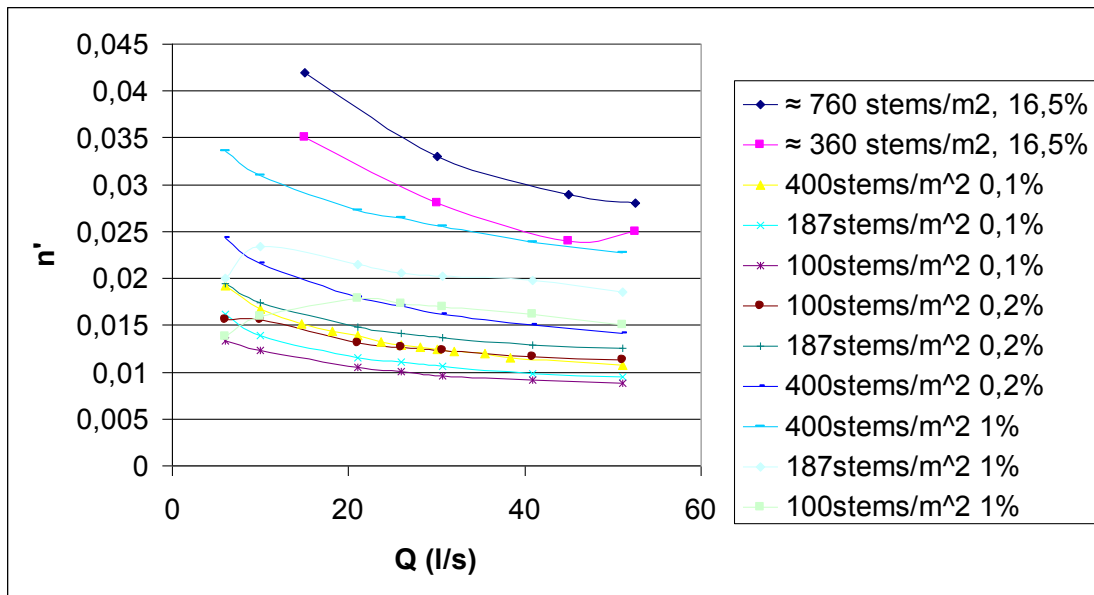
Τέλος, έγινε σύγκριση και με την διπλωματική εργασία της Κωστίδου (2010) στην οποία έγινε χρήση άκαμπτων ράβδων ίδιων με αυτών της παρούσας εργασίας σε ορθογωνικό αγωγό καθαρού πλάτους 0,5 m αλλά με μεγάλη κλίση 16,5%. Σε σχέση με την πυκνότητα, υπήρχε μια πυκνή διάταξη ($\approx 760 \text{ stems/m}^2$) και μια αραιή διάταξη ($\approx 360 \text{ stems/m}^2$). Παρακάτω γίνεται παράθεση των πειραματικών της αποτελεσμάτων σε πίνακα και κοινών διαγραμμάτων με αποτελέσματα όλων των περιπτώσεων της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 34: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n^{\prime} από την εξίσωση (1) από τα αποτελέσματα της Κωστίδου (2010) για την συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

		ΠΥΚΝΗ ΔΙΑΤΑΞΗ $\approx 760 \text{ stems/m}^2, 16,5\%$					
Q(l/s)	Q(m ³ /s)	y(m)	E(m ²)	Π(m)	R(m)	Jo	n
15	0,015	0,055	0,01362	0,35898	0,03795	0,165	0,042
30	0,03	0,075	0,01863	0,39904	0,04669	0,165	0,033
45	0,045	0,09	0,02257	0,43057	0,05242	0,165	0,029
52,5	0,0525	0,1	0,0251	0,45078	0,05568	0,165	0,028

Πίνακας 35: Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n^{\prime} από την εξίσωση (1) από τα αποτελέσματα της Κωστίδου (2010) για την συγκεκριμένη περίπτωση κλίσης και πυκνότητας

		ΑΡΑΙΗ ΔΙΑΤΑΞΗ $\approx 360 \text{ stems/m}^2, 16,5\%$					
Q(m ³ /s)	y(m)	E(m ²)	Π(m)	R(m)	Jo	n	
0,015	0,048	0,01205	0,34643	0,03479	0,165	0,035	
0,03	0,067	0,01676	0,38405	0,04363	0,165	0,028	
0,045	0,081	0,02022	0,41179	0,04911	0,165	0,024	
0,0525	0,091	0,02276	0,43208	0,05268	0,165	0,025	



Διάγραμμα 50: Κοινό διάγραμμα $n'(s/m^{1/3}) - Q (L/s)$ για κάθε κλίση και πυκνότητα των καμπύλων της παρούσας εργασίας και αυτών της Κωστίδου (2010) (οι 2 πρώτες πυκνότητες, σε stems/m²)

12)ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σαν γενικό συμπέρασμα, μπορούμε να πούμε ότι με την αύξηση της παροχής και συνεπακόλουθα του βάθους ροής, ο συντελεστής Manning n μειώνεται γιατί η βλάστηση έχει όλο και μικρότερη επίδραση στην ροή. Από τα διαγράμματα 25, 26 και 27 συμπεραίνουμε ότι για σταθερή κλίση, αύξηση της πυκνότητας οδηγεί σε αύξηση του συντελεστή Manning n . Στο διάγραμμα 27 παρατηρούμε ότι στις μικρές παροχές ο συντελεστής Manning n μειώνεται αντί να αυξάνεται. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί αν υποθεθεί ότι δημιουργούνται κατά μήκος ροές ανάμεσα στις ράβδους. Από τα διαγράμματα 28,29 και 30 συμπεραίνουμε ότι για σταθερή πυκνότητα, αύξηση της κλίσης οδηγεί σε αύξηση του συντελεστή Manning n . Επίσης συμπεραίνουμε ότι όσο πιο αραιή είναι η διάταξη, τόσο ενισχύεται το προηγούμενο φαινόμενο για τις μικρές παροχές.

Για τα αδιαστατοποιημένα αποτελέσματα, έγινε παράθεση διαγραμμάτων μόνο για μια πυκνότητα καθώς ήταν όμοια για τις υπόλοιπες (διαγράμματα 31-37). Ένα πρώτο συμπέρασμα είναι ότι με την αύξηση των αδιαστατοποιημένων Y_k παρατηρείται αύξηση των αδιαστατοποιημένων N . Γενικά, για σταθερή πυκνότητα όσο αυξάνεται η κλίση τόσο μειώνονται τα N . Τα ίδια ισχύουν και για τα διαγράμματα $1/f^{1/2} - \log Y_k$. Για τα διαγράμματα με σταθερή κλίση ισχύει πάλι ότι με την αύξηση των αδιαστατοποιημένων Y_k παρατηρείται αύξηση των αδιαστατοποιημένων N . Από τα διαγράμματα 38 και 39 συμπεραίνεται ότι η αύξηση της πυκνότητας οδηγεί σε αύξηση των N , το αντίθετο συμβαίνει στο διάγραμμα 40 ενώ στο διάγραμμα 41 φαίνεται να ταυτίζονται οι καμπυλες για όλες τις πυκνότητες. Στο διάγραμμα 42, αύξηση της πυκνότητας οδηγεί σε μείωση του $1/f^{1/2}$ όπως και στο διάγραμμα 44 ενώ στο διάγραμμα 43 φαίνεται να ταυτίζονται οι ευθείες για όλες τις πυκνότητες. Τα διαγράμματα 45,46 και 47 που ακολουθούν παρουσιάζουν μια μικρή διαφοροποίηση η οποία οφείλεται στο φαινόμενο που αναφέρθηκε παραπάνω για τις μικρές παροχές, ενώ τα υπόλοιπα είναι όμοια.

Τέλος, από την σύγκριση με την εργασία των Carollo et al (2002) προκύπτει το συμπέρασμα ότι υπάρχει μια ομοιότητα μεταξύ των αποτελεσμάτων, στην υποκρίσιμη κλίση υπάρχει μια απόσταση από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας που δικαιολογείται από την διάφορα πυκνότητας (διάγραμμα 48) ενώ οι καμπύλες τους είναι πολύ κοντά ενώ τέμνονται κιάλας και αυτό οδηγεί στο

συμπέρασμα ότι ίσως για σταθερή κλίση από ένα σημείο και μετά επιπλέον αύξηση της πυκνότητας μικρή επίδραση έχει στο n^* . Στην υπερκρίσιμη κλίση (διάγραμμα 49), ισχύουν τα ίδια με την διάφορα ότι τα αποτελέσματα και των 2 εργασιών είναι πολύ κοντά που σημαίνει ότι το προαναφερόμενο σημείο έχει κατέβει όσον αφορά την πυκνότητα. Από την σύγκριση με την εργασία της Ε. Κωστίδου (2010) διερευνάται η επίδραση της κλίσης (διάγραμμα 50). Σαν συμπέρασμα μπορεί να ειπωθεί ότι γενικά αύξηση της κλίσης οδηγεί σε αύξηση του συντελεστή Manning n^* αλλά για σταθερή πυκνότητα, αυτή η αύξηση είναι μικρή από ένα σημείο και μετά.

Κλείνοντας προτείνεται επέκταση του πειράματος και όσον αφορά τις κλίσεις και όσον αφορά τις πυκνότητες αλλά και το είδος της πυκνότητας (άλλος τύπος εμποδίου ή και κανονική βλάστηση κλπ.) για μελλοντική έρευνα.

13)Βιβλιογραφία

- N. Kouwen, T. E. Unny, H. M. Hill (1969), Flow retardance in vegetated channels, JOURNAL OF THE IRRIGATION AND DRAINAGE DIVISION, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 95 (2) 329-343
- V. Nikora, S. Larned, N. Nikora, K. Debnath, G. Cooper and M. Reid (2008), Hydraulic Resistance due to Aquatic Vegetation in Small Streams: Field Study, JOURNAL OF HYDRAULIC ENGINEERING, 134 (9) 1326-1332
- S. Petryk, G. Bosmajian (1975), Analysis of flow through vegetation, JOURNAL OF THE HYDRAULICS DIVISION, HY7 (7) 871-884
- C. Chen (1976), Flow resistance in broad shallow grassed channels, JOURNAL OF THE HYDRAULICS DIVISION, HY3 (3) 307-322
- T. Okamoto, I. Nezu (2010), Resistance and turbulence structure in open-channel flows with flexible vegetations, ENVIRONMENTAL HYDRAULICS-Christodoulou and Stamou (eds), 215-220
- S. Ghazvinizadeh, M. Jamali (2010), Effects of depth variation of vegetation density on vertical mixing, ENVIRONMENTAL HYDRAULICS-Christodoulou and Stamou (eds), 247-252
- F. G. Carollo, V. Ferro, and D. Termini (2005), Flow Resistance Law in Channels with Flexible Submerged Vegetation, JOURNAL OF HYDRAULIC ENGINEERING, 131 (7) 554-564
- F. G. Carollo, V. Ferro, and D. Termini (2002), Flow Velocity Measurements in Vegetated Channels, JOURNAL OF HYDRAULIC ENGINEERING, 128 (7) 664-673
- Y. Tanino and H. M. Nepf (2008), Laboratory Investigation of Mean Drag in a Random Array of Rigid, Emergent Cylinders, JOURNAL OF HYDRAULIC ENGINEERING, 134 (1) 34-41
- B. C. Yen (2002), Open channel flow resistance, JOURNAL OF HYDRAULIC ENGINEERING, 128 (1) 20-39
- U. Stephan and D. Gutkcht (2002), Hydraulic resistance of submerged flexible vegetation, JOURNAL OF HYDROLOGY, 269 27-43
- T. Okamoto, I. Nezu (2009), Turbulence structure and «Monami» phenomena in flexible vegetated open-channel flows, JOURNAL OF HYDRAULIC RES., 47 798-810

- M. Righetti (2008), Flow analysis in a channel with flexible vegetation using double-averaging method, ACTA GEOPHYSICA., 56 801-823
- D. Velasco, A. Bateman, J. Redondo and V. Demedina (2003), An open channel flow experimental and theoretical study of resistance and turbulent characterization over flexible vegetated linings, FLOW TURBULENCE AND COMBUSTION, 70 69-88
- A. F. Lightbody and H. M. Nepf (2006a), Prediction of velocity profiles and longitudinal dispersion in emergent salt marsh vegetation, LIMNOLOGY OCEANOGRAPHY, 51 (1) 218-228
- A. F. Lightbody and H. M. Nepf (2006b), Prediction of near-field shear dispersion, ENVIRONMENTAL FLUID MECHANICS, 6 477-489
- H. M. Nepf (1999), Drag, turbulence, and diffusion in flow through emergent vegetation, WATER RESOURCE RESEARCH, 35 479-489
- G. S. Beavers and D. D. Joseph (1967), Boundary conditions at a naturally permeable wall, JOURNAL OF FLUID MECHANICS, 30 (1) 197-207
- V. T. Chow (1959), Open channel hydraulics, McGRAW-HILL BOOK COMPANY Inc.
- F. Engelund (1964), A practical approach to self-preserving turbulent flows, ACTA POLYTECHNICA SCANDINAVIA, CIVIL ENGINEERING AND BUILDING CONSTRUCTION SERIES No 27 , Copenhagen, 23 pp
- W. O. Ree and V. J. Palmer (1949), Flow of water in channels protected by vegetative linings, U.S. DEPT. OF AGRICULTURE, 2 115pp
- H. Rouse (1965), Critical analysis of open channel resistance, JOURNAL OF THE HYDRAULICS DIVISION, ASCE, 91 HY4 (7) 1-25
- T. Tsujimoto (1999), Fluvial processes in streams with vegetation, JOURNAL OF HYDRAULICS RES., 37 (6) 789–803
- V. J. Palmer (1945), A method for designing vegetated waterways, AGRICULTURE ENGINEERING, 26 (12) 516–520
- W. I. Eastgate (1966), Vegetated stabilization of grassed waterways and dam bywashes, Unpublished thesis, Univ. of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia
- W. I. Eastgate (1969), Vegetated stabilization of grassed waterways and dam bywashes, Water Research Foundation of Australia, 16
- M. R. Gourlay (1970), Discussion of ‘Flow resistance in vegetated channels’ by N. Kouwen, T. E. Unny, and H. M. Hill, JOURNAL OF THE IRRIGATION AND

DRAINAGE DIVISION, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 96 (3) 351–357

- N. Kouwen and T. E. Unny (1973), Flexible roughness in open channels, JOURNAL OF THE HYDRAULICS DIVISION, American Society of Civil Engineers, 99 (5) 713–728

- D. M. Temple (1986), Velocity distribution coefficients for grass-lined channels, JOURNAL OF THE HYDRAULICS ENGINEERING, 112 (3) 193–205

- S. Ikeda and M. Kanazawa (1996) Three-dimensional organized vortices above flexible water plants, JOURNAL OF THE HYDRAULICS ENGINEERING, 122 (11) 634–640

- E. Κωστίδου (2010), Πειραματική διερεύνηση ροής σε ανοικτό αγωγό με μεγάλα στοιχεία τραχύτητας, Διπλωματική εργασία, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Ε.Μ.Π.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Το TransportTM Model PT868 είναι ένα παροχόμετρο διέλευσης χρόνου το οποίο έχει όλα τα χαρακτηριστικά ενός πλήρους μεγέθους παροχομέτρου συν χαρακτηριστικά που δεν ήταν ποτέ πριν διαθέσιμα, με τα πλεονεκτήματα ενός φορητού παροχομέτρου.

Το παροχόμετρο μετράει υγρά μιας φάσης τα οποία είναι καλοί αγωγοί μεταφοράς του ήχου και πιθανόν να έχουν μια δεύτερη φάση παρούσα. Αυτό περιλαμβάνει καθαρά υγρά, νερό αποχετεύσεως, μερικούς πολτούς, μερικά μείγματα νερού/ λαδιού και υγρά με ένα μικρό ποσοστό από παρασυρόμενες φυσαλίδες αερίου. Το παροχόμετρο παρέχει γραμμική (4-20 mA ή 0-20 mA) αναλογική έξοδο των ταχυτήτων ροής ή της ογκομετρικής παροχής των εν λόγω υγρών, μετρώντας ταχύτητες από $\pm 0,03$ έως ± 12 m/s.

Το Transport παροχόμετρο παρέχει επίσης δυο 4-20 mA αναλογικές εισόδους προκειμένου να συνδέει πομπούς θερμοκρασίας για να μετράει την ενεργειακή ροή των υγρών. Η ενεργειακή ροή των υγρών μπορεί να υπολογιστεί για νερό, γλυκόλη και μείγματα νερού/ γλυκόλης.

Το παροχόμετρο έχει την ικανότητα αποθήκευσης δεδομένων έως και 20 διαφορετικών περιπτώσεων σε αρχεία τα οποία μπορούν να είναι προσβάσιμα αργότερα. Το Transport παροχόμετρο έχει ένα μενού με γνώμονα το πρόγραμμα του χρήστη το οποίο ρωτά όλες τις αναγκαίες ερωτήσεις ρυθμίσεων για μια συγκεκριμένη περίπτωση. Όποτε ολοκληρώνεται η απάντηση των αναγκαίων ερωτήσεων, απλά γίνεται η αποθήκευση των πληροφοριών σε ένα αρχείο.

Το παροχόμετρο αποθηκεύει αυτά τα αρχεία και αλλά δεδομένα σε μη άστατη μνήμη ακόμα κι αν είναι απενεργοποιημένο. Το παροχόμετρο από μόνο του λειτουργεί με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες (για 8 με 10 ώρες) ή με καλώδιο σε πρίζα.

Αυτό το μικρό και ελαφρύ παροχόμετρο παρουσιάζει τις μετρήσεις και σε αριθμητική και σε γραφική μορφή σε μια 64x128 pixel οθόνη. Το Transport παροχόμετρο έχει επίσης την ικανότητα να καταγράφει πάνω από 40000 σημεία δεδομένων ροής εσωτερικά.

Το Transport παροχόμετρο μεταδίδει ή να εκτυπώνει καταγεγραμμένα δεδομένα, καθώς επίσης δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και άλλα αποθηκευμένα δεδομένα, χρησιμοποιώντας τη θύρα επικοινωνιών RS232.

Για βοήθεια στον χρήστη, το Transport παροχόμετρο είναι πλήρως εξοπλισμένο με on-line βοήθεια η οποία είναι προσβάσιμη σε οποιαδήποτε στιγμή απλά με ένα πάτημα του κουμπιού Help. Το Transport παροχόμετρο έχει επίσης εσωτερικά διαγνωστικά και δυνατότητες αντιμετώπισης προβλημάτων για να βοηθήσει να απομονωθούν και επιλυθούν συχνά προβλήματα των κύτταρων μέτρησης παροχής και των αισθητήρων.

Το Transport παροχόμετρο λειτουργεί με όλα τα πρότυπα των Panametrics αισθητήρων – βρεχόμενοι, εξωτερικά προσκολλημένοι, υβριδικά και ρυθμιστικά στυλ καθώς επίσης με όλα τα πρότυπα των κύτταρων μέτρησης παροχής: αξονική πορεία, ζιγκζαγκ, κλίση διαμέτρου και στα μέσα της ακτίνας.

Το Transport παροχόμετρο έχει επίσης ενσωματωμένο μετρητή υπερήχων πάχους με την ικανότητα να προσδιορίσει το πάχος τοιχώματος του αγωγού όταν χρησιμοποιείται με προαιρετικό αισθητήρα πάχους.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το Transport είναι ένα μέρος από το σύστημα του παροχόμετρου. Το σύστημα του παροχόμετρου αποτελείται από δυο ουσιώδη υποσυστήματα: το κύτταρο μέτρησης παροχής και το ηλεκτρονικό πακέτο.

Κύτταρο μέτρησης παροχής

Το κύτταρο μέτρησης παροχής είναι εκείνο το μέρος του συστήματος όπου η εξέταση της ροής από υπερηχητικούς παλμούς λαμβάνει χώρα. Το κύτταρο μέτρησης παροχής αποτελείται από τον αγωγό του κυττάρου και τους αισθητήρες.

A. ΑΓΩΓΟΣ ΚΥΤΤΑΡΟΥ - Το κύτταρο μέτρησης παροχής μπορεί είτε να δημιουργηθεί στον υφιστάμενο αγωγό (για παράδειγμα, εισάγοντας βρεχόμενους αισθητήρες στον αγωγό ή προσκολλώντας μη βρεχόμενους αισθητήρες πάνω στον αγωγό), είτε να εισαχθεί ως υποκατάστατο τμήμα σωλήνα (κομμάτι καρούλι). Το κύτταρο μέτρησης παροχής πρέπει να παρέχει μηχανική υποστήριξη για τους αισθητήρες και να εξασφαλίζει σταθερές συνθήκες των υγρών για ακριβείς μετρήσεις της ροής.

- B. ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ – Οι αισθητήρες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε υπερηχητικούς παλμούς σε ένα κύκλο μετάδοσης, και μετατρέπουν τους υπερηχητικούς παλμούς πίσω σε ηλεκτρική ενέργεια σε ένα κύκλο λήψης. Με άλλα λόγια, δρουν σαν μεγάφωνα όταν μεταδίδουν σήμα και σαν μικρόφωνα όταν το λαμβάνουν. Στο Transport σύστημα, κάθε αισθητήρας δρα σαν δέκτης και πομπός αφού μια σειρά από υπερηχητικούς παλμούς στέλνονται εναλλάξ ανάντη και μετά κατάντη μέσω του κυττάρου μέτρησης παροχής.

Ηλεκτρονικό πακέτο

Το ηλεκτρονικό πακέτο αποτελείται από κυκλώματα που παράγουν, δέχονται και μετρούν τον χρόνο ταξιδιού των υπερηχητικών παλμών. Επίσης περιέχει ένα μικροϋπολογιστή που ελέγχει την λειτουργία και υπολογίζει παραμέτρους των μετρήσεων της ροής. Ειδικά κυκλώματα λειτουργίας ακολουθούν:

- A. ΓΕΝΝΗΤΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΣΗΜΑΤΟΣ - Η γεννήτρια εκπομπής σήματος, κάτω από τον έλεγχο του μικροϋπολογιστή και του κυκλώματος χρονομέτρησης, συνθέτει το σήμα που οδηγεί τον πομπό.
- B. ΠΟΜΠΟΣ - Ο πομπός ενισχύει το σήμα από την γεννήτρια εκπομπής σήματος σε ένα σήμα το οποίο οδηγεί τον αισθητήρα εκπομπής.
- C. ΔΕΚΤΗΣ - Ο δέκτης ενισχύει το λαμβανόμενο σήμα σε ένα επίπεδο κατάλληλο για το κύκλωμα Συλλογής Δεδομένων (Data Acquisition).
- D. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ - Το κύκλωμα Συλλογής Δεδομένων ψηφιοποιεί το λαμβανόμενο σήμα και το αποθηκεύει σε ένα buffer για επεξεργασία από τον μικροϋπολογιστή.
- E. ΚΥΚΛΩΜΑ ΧΡΟΝΟΜΕΤΡΗΣΗΣ - Το κύκλωμα χρονομέτρησης παράγει την συχνότητα του πομπού, λαμβάνει το χρονικό διάστημα, ελέγχει το κύκλωμα Συλλογής Δεδομένων και την κατεύθυνση της μετάδοσης.
- F. ΜΙΚΡΟΪΠΟΛΟΓΙΣΤΗΣ - Ο μικροϋπολογιστής ελέγχει την λειτουργία του Transport παροχομέτρου και υπολογίζει τις μετρήσεις της ροής που παράγονται από τα εκπεμπόμενα και τα ψηφιοποιημένα λαμβανόμενα σήματα. Επίσης, ο μικροϋπολογιστής ελέγχει συνέχεια για λάθη και επιτρέπει τη χρήση ενσωματωμένων διαγνωστικών για αντιμετώπιση προβλημάτων.
- G. ΕΙΣΟΔΟΙ/ΕΞΟΔΟΙ - Το κύκλωμα εισόδου/εξόδου επιτρέπει στο παροχόμετρο να υποδεικνύει την μετρημένη ροή με τον 4-20 mA ή 0-20 mA τρέχον βρόχο και την έξοδο σε έναν εκτυπωτή ή σε μια απομακρυσμένη συσκευή.

ΘΕΩΡΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Το Transport είναι ένα παροχόμετρο υπερήχων διέλευσης χρόνου βασισμένο στην ακόλουθη αρχή: όταν υπερηχητικοί παλμοί μεταδίδονται διαμέσου ενός κινούμενου υγρού, οι παλμοί που ταξιδεύουν στην ίδια κατεύθυνση όπως ρέει το υγρό (κατάντη), ταξιδεύουν ελαφρώς γρηγορότερα από τους παλμούς που ταξιδεύουν εναντία της ροής (ανάντη). Το Transport παροχόμετρο χρησιμοποιεί ποικίλες τεχνικές επεξεργασίας ψηφιακών σημάτων, περιλαμβάνοντας ετεροσυσχέτιση (cross correlation), για να προσδιορίσει χρόνους διέλευσης και τους χρησιμοποιεί για να υπολογίσει την ταχύτητα ροής.

ΑΡΧΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ

Πριν γίνουν οι μετρήσεις, το Transport παροχόμετρο πρέπει να προετοιμαστεί για λειτουργία. Αυτό περιλαμβάνει τις ακόλουθες διαδικασίες-ελέγχους:

- Πραγματοποίηση ηλεκτρικών συνδέσεων και συνδέσεων των αισθητήρων
- Φόρτιση ή και αντικατάσταση μπαταριών
- Ενεργοποίηση και απενεργοποίηση
- Χρήση της οθόνης και του πληκτρολόγιου
- Απόκτηση on-line βοήθειας
- Ρύθμιση της αντίθεσης της οθόνης και έντασης ήχου συναγερμού

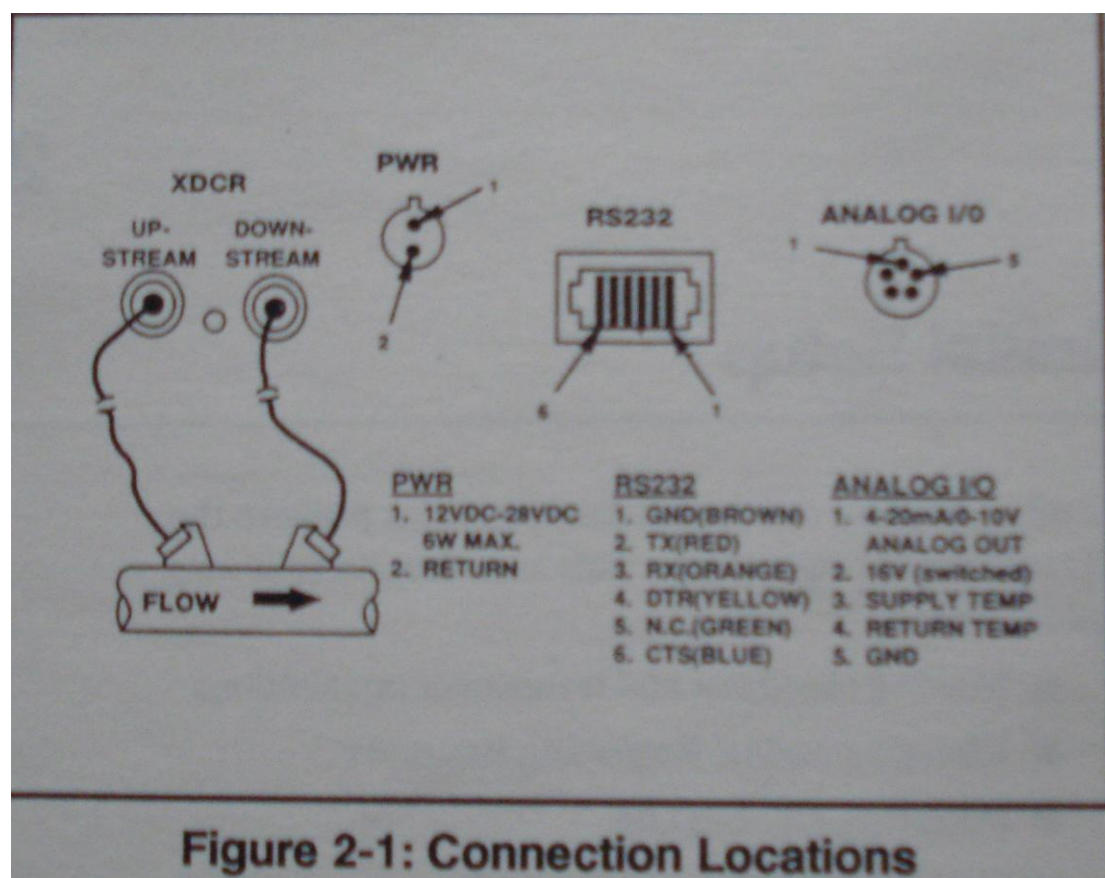
Πραγματοποίηση ηλεκτρικών συνδέσεων

Πριν γίνουν οι μετρήσεις με το Transport παροχόμετρο πρέπει να γίνουν όλες οι αναγκαίες συνδέσεις στην μονάδα. Αυτό το τμήμα περιγράφει πως συνδέονται τα ακόλουθα:

- Ενέργεια
- Αισθητήρες
- Αναλογικοί είσοδοι/έξοδοι
- RS232 θύρα επικοινωνιών

Πραγματοποίηση όλων των συνδέσεων στην κορυφή της μονάδας Transport όπως φαίνονται στο Figure 2-1. Σημειώνεται ότι χρειάζονται να γίνουν μόνο οι

κατάλληλες ενεργειακές συνδέσεις και συνδέσεις αισθητήρων. Όλες οι άλλες συνδέσεις δεν είναι αναγκαίες για την βασική λειτουργία.



Ενεργειακές συνδέσεις

Το Transport παροχόμετρο τροφοδοτείται είτε από μια 100-120/200-260 VAC ενότητα βύσματος τοίχου είτε από εσωτερικές 4 C-size NiCad υψηλής ενέργειας επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Όταν αγοραστεί το Transport παροχόμετρο, οι μπαταρίες δεν είναι φορτισμένες, επομένως, αν πρέπει να γίνουν απομακρυσμένες μετρήσεις με χρήση των μπαταριών πρέπει αυτές να φορτιστούν με τον τρόπο που θα περιγράφει πιο κάτω. Και στις δύο περιπτώσεις, πρέπει να συνδεθεί το καλώδιο τροφοδοσίας με το κατάλληλο τερματικό όπως φαίνεται στο Figure 2-1.

Συνδέσεις αισθητήρων

Τα καλώδια του αισθητήρα συνδέονται στο Transport παροχόμετρο με LEMO® συνδέσμους ομοαξονικού τύπου. Κάθε κωδικοποιημένο με χρώμα καλώδιο έχει μια ετικέτα που γράφει UPSTREAM (ανάντη) ή DOWNSTREAM (κατάντη). Οι

συνδέσεις των καλωδίου του αισθητήρα πραγματοποιούνται στην κορυφή του παροχομέτρου όπως φαίνεται στο Figure 2-1.

Αναλογικές συνδέσεις εισόδου/εξόδου

Το Transport παροχόμετρο παρέχει μια 4-20 mA ή 0-20 mA τρέχουσα έξοδο και δυο 4-20 mA αναλογικές εισόδους με μεταγωγής 16 V εφοδιασμό για βρόγχο που τροφοδοτεί πομπούς θερμοκρασίας. Η σύνδεση των εισόδων/εξόδων γίνεται με χρήση μιας LEMO® πολλαπλών ακίδων υποδοχής όπως φαίνεται στο Figure 2-1. Οι κωδικοί αριθμοί για την υποδοχή και ο κώδικας χρωμάτων για πρότυπες εισόδους/εξόδους όπως φαίνονται στο Table 2-1.

Table 2-1
Pin Connections for Analog Input/Outputs

Pin Number	Wire Color	Description
1	Black	4-20 mA/0-20 mA Analog Out
2	Red	16 V (switched)
3	White	Supply Temperature
4	Yellow	Return Temperature
5	Green	Ground

RS232 συνδέσεις επικοινωνιών

Η RS232 θύρα επικοινωνιών παρέχει μια σειριακή διασύνδεση προκειμένου να συνδεθεί ένας εκτυπωτής, ένα τερματικό, ένας υπολογιστής ή μια άλλη συσκευή παρακολούθησης. Το RS232 καλώδιο συνδέει το Transport παροχόμετρο με μια πρίζα τηλεφωνικού τύπου με 6 κωδικούς. Επίσης, γίνεται η σύνδεση του RS232 καλωδίου με την κατάλληλη θέση όπως φαίνεται στο Figure 2-1.

Η εταιρία Panametrics δίνει σαν εφόδια τα κατάλληλα καλώδια, εν τούτοις, αυτό δεν εγγυάται την συμβατότητα μεταξύ της συσκευής και του Transport. Για να επιβεβαιωθεί ότι μια συσκευή είναι συμβατή, γίνεται σύγκριση των πληροφοριών καλωδίωσης της σειριακής θύρας με τις πληροφορίες που δίνονται από το εγχειρίδιο

χειριστή για την σειριακή συσκευή. Αν υπάρχει πρόβλημα συμβατότητας καλωδίωσης, πρέπει να γίνει παραγγελία από το εργοστάσιο ενός ειδικού καλωδίου.

Φόρτιση ή και αντικατάσταση μπαταριών

Με την λήψη του Transport παροχομέτρου πρέπει αρχικά να φορτιστούν οι μπαταρίες. Όταν είναι πλήρως φορτισμένες, οι μπαταρίες παρέχουν 8 με 19 ώρες συνεχή λειτουργία.

Για την επαναφόρτιση των μπαταριών απλά συνδέεται το καλώδιο τροφοδοσίας AC στην πρίζα του ρεύματος όπως φαίνεται στο Figure 2-1. Όταν το Transport παροχόμετρο είναι συνδεδεμένο στην γραμμή τάσης, ο εσωτερικός φορτιστής της μπαταρίας αυτόματα επαναφορτίζει τις μπαταρίες ενώ ταυτόχρονα τροφοδοτεί το παροχόμετρο.

Η επαναφόρτιση διαρκεί μεταξύ 16 και 20 ώρες από την πλήρη εξάντληση. Το Transport παροχόμετρο δεν θα υπερφορτίσει τις μπαταρίες. Όταν οι μπαταρίες είναι χαμηλά σε ενέργεια ένα μήνυμα «LOW BATTERY» εμφανίζεται στην κορυφή της οθόνης. Τότε οι μπαταρίες πρέπει να επαναφορτιστούν αμέσως αλλιώς, το Transport παροχόμετρο θα εξαφανίσει ένα μήνυμα «VERY LOW BATTERY», θα κάνει μπιπ 10 φορές και αυτόματα θα απενεργοποιηθεί προκειμένου να διατηρήσει την υπόλοιπη ενέργεια της μπαταρίας. Αν συμβεί αυτό οι μπαταρίες πρέπει να επαναφορτιστούν αμέσως.

Αν για οποιοδήποτε λόγο χρειαστεί να αντικατασταθούν οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες, η αντικατάσταση πρέπει να γίνει με 4 C-size NiCad υψηλής ενέργειας επαναφορτιζόμενες μπαταρίες (Panametrics Part Number 200-044). Για την αντικατάσταση των μπαταριών, ανοίγεται το φάτνωμα που βρίσκεται στο πίσω μέρος της Transport μονάδας, αποσυνδέονται οι παλιές μπαταρίες και τοποθετούνται οι καινούργιες (βλέπε Figure 2-2).

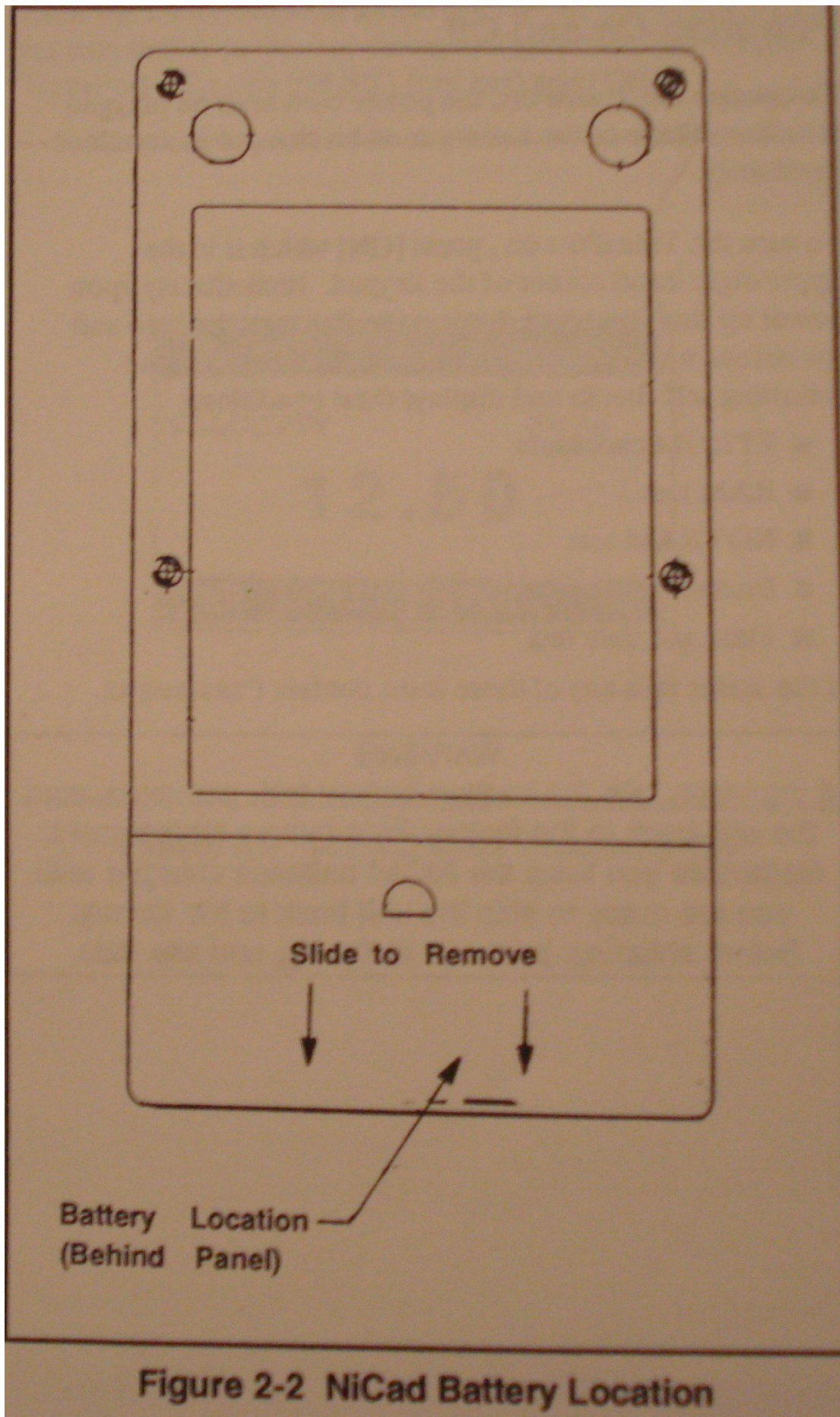


Figure 2-2 NiCad Battery Location

Ενεργοποίηση και απενεργοποίηση

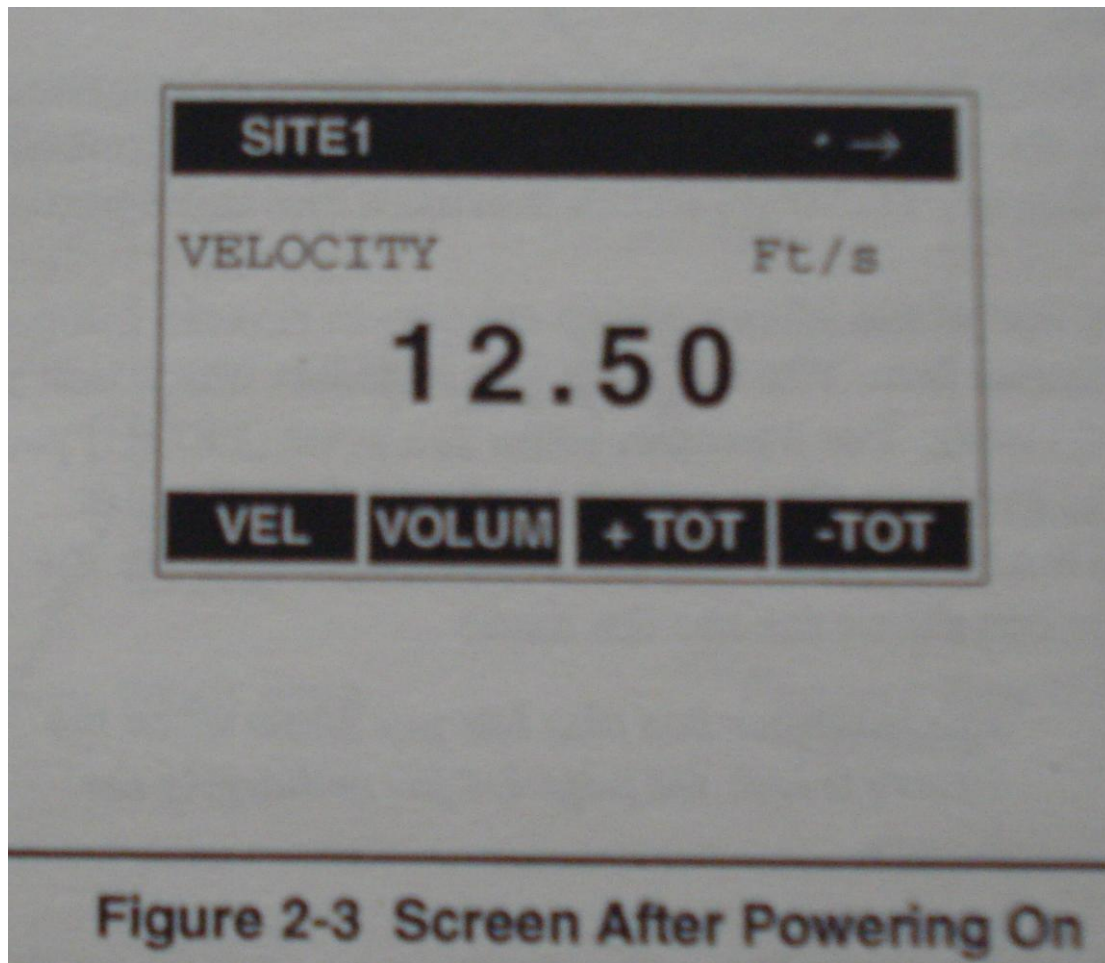
Για να λειτουργήσει το Transport παροχόμετρο, το καλώδιο τροφοδοσίας πρέπει να είναι συνδεδεμένο στην γραμμή τάσης ή οι μπαταρίες πρέπει να είναι φορτισμένες όπως έχει περιγραφεί προηγουμένως.

Για να ενεργοποιηθεί το Transport παροχόμετρο, πατάμε το κουμπί [ON] που είναι στην πάνω δεξιά γωνία του πληκτρολόγιου. Αμέσως μετά την ενεργοποίηση το Transport παροχόμετρο εμφανίζει το λογότυπο της Panametrics και την έκδοση λογισμικού. Το παροχόμετρο τότε εκτελεί τους ακόλουθους αυτοελέγχους και εμφανίζει τις καταστάσεις τους:

- EPROM checksum
- RAM test
- NOVRAM test
- Backup battery test
- Time and date test

Αν το παροχόμετρο αποτύχει σε οποιαδήποτε από αυτές τις δόκιμες, πρέπει να γίνει επικοινωνία με την εταιρία Panametrics. Μια επιπλέον προειδοποίηση είναι αν αποτύχει η δοκιμή Backup battery, η μονάδα πρέπει να σταλεί πίσω στο εργοστάσιο για αντικατάσταση της μπαταρίας. Μέχρι να σταλεί πίσω στο εργοστάσιο, πρέπει οι μπαταρίες να είναι συνεχεία φορτισμένες. Πριν την αποστολή, πρέπει να εκτυπωθούν όλα τα δεδομένα των καταγραφών και των περιπτώσεων.

Αφού το παροχόμετρο εκτελέσει όλους τους αυτοελέγχους, η οθόνη τότε εμφανίζεται παρόμοια με αυτήν που φαίνεται στο Figure 2-3. Για να απενεργοποιηθεί το Transport παροχόμετρο, πατάμε [SHIFT] (κόκκινο κουμπί) και [ON].



Χρήση της οθόνης και του πληκτρολόγιου

Τα βασικά χαρακτηριστικά για την λειτουργία του Transport παροχομέτρου είναι η οθόνη και το πληκτρολόγιο. Παρότι αυτά τα χαρακτηριστικά είναι συνήθη, υπάρχουν λεπτομέρειες για το καθένα που χρειάζονται εξήγηση.

Οθόνη

Η βασική λειτουργία της οθόνης είναι να εμφανίζει πληροφορίες προκειμένου να γίνονται οι μετρήσεις εύκολα και με ακρίβεια. Για να γίνει αυτό, η οθόνη του Transport παροχομέτρου χωρίζεται σε τρία τμήματα:

Η γραμμή στην κορυφή της οθόνης, η οποία εμφανίζεται σε βίντεο με αντίστροφη, είναι το indicator box (δείκτης). Το indicator box δείχνει ποια εργασία εκτελείται. Για παράδειγμα, όταν πατάμε [PROG] εισάγεται το μενού Program (πρόγραμμα) και το indicator box εμφανίζει την λέξη «PROGRAM». Όταν δεν εκτελείται κάποια εργασία το indicator box εμφανίζει το όνομα του αρχείου της

τρέχουσας περίπτωσης. Εδώ σημειώνεται ότι το indicator box σου επιτρέπει επίσης να γνωρίζεις πότε η μπαταρία είναι χαμηλή.

Μερικές φορές, το indicator box παρουσιάζει επίσης ένα από τα τρία σύμβολα. Το πιο συχνό είναι το δεξιό βέλος (βλέπε Figure 2-4). Αυτό το βέλος δείχνει ότι υπάρχουν περισσότερες επιλογές από τα πλήκτρα χαρακτηριστικών τα οποία είναι τα τέσσερα κουτιά στο κάτω μέρος της οθόνης. Το άλλο σύμβολο είναι ο αστερίσκος. Όταν ο αστερίσκος εμφανίζεται αυτό δείχνει ότι το Transport παροχόμετρο εκείνη τη στιγμή καταγράφει πληροφορίες. Το τρίτο σύμβολο είναι ή το «S» ή το «^SL» τα οποία δείχνουν την κατάσταση του [SHIFT] (κόκκινο κουμπί). Το «S» δείχνει ότι η λειτουργία shift είναι ενεργοποιημένη (με ένα πάτημα του κουμπιού) και το «^SL» δείχνει ότι η λειτουργία shift είναι κλειδωμένη. Το indicator box εμφανίζει επίσης και άλλα μηνύματα τα οποία αν χρειαστεί θα αναφερθούν.

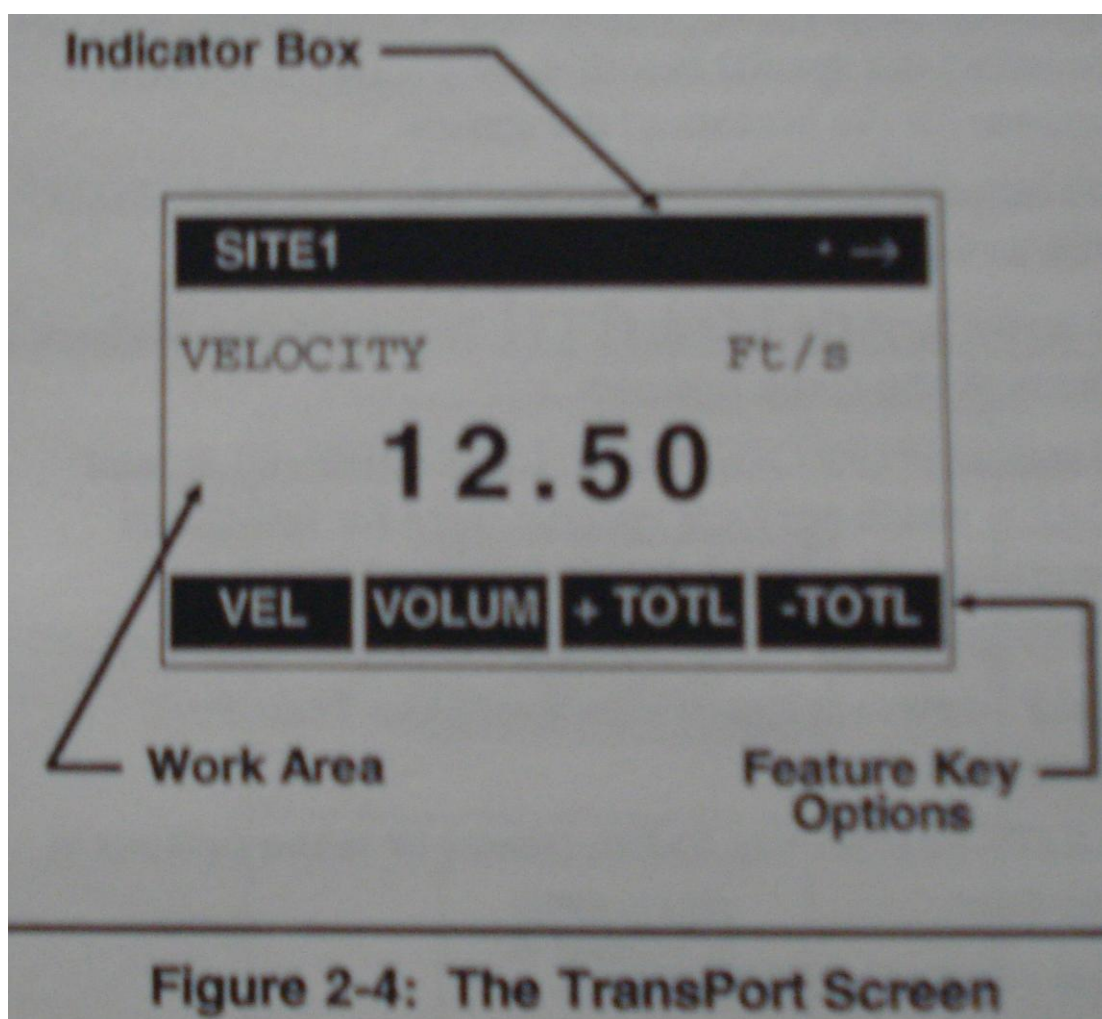


Figure 2-4: The TransPort Screen

Ένα άλλο τμήμα της οθόνης είναι στη μέση και λέγεται work area (περιοχή εργασίας), το οποίο παρουσιάζει τις μετρήσεις, τα γραφήματα, τα μενού προτροπών κλπ. Επιπλέον, αυτή η περιοχή εμφανίζει κωδικοποιημένα μηνύματα σφάλματος.

Το τελευταίο τμήμα είναι το κάτω μέρος της οθόνης που παρουσιάζονται οι επιλογές των τεσσάρων πλήκτρων χαρακτηριστικών. Τα τέσσερα πλήκτρα χαρακτηριστικών έχουν διαφορετική λειτουργία ανάλογα την εργασία που εκτελείται.

Πληκτρολόγιο

Το πληκτρολόγιο του Transport παροχομέτρου έχει 30 πλήκτρα και κάθε πλήκτρο έχει μια δεύτερη λειτουργία. Οι λειτουργίες για κάθε πλήκτρο είναι οι ακόλουθες (βλέπε Figure 2-5):

- 4 πλήκτρα χαρακτηριστικών ([F1],[F2],[F3],[F4])- τα οποία επιτρέπουν την επιλογή ειδικών λειτουργιών ή παραμέτρων που εμφανίζονται στο κάτω μέρος της οθόνης.
- 12 πλήκτρα αριθμών (από 0-9 περιλαμβάνοντας το – και την .)- τα οποία επιτρέπουν την εισαγωγή αριθμητικών δεδομένων.
- 4 πλήκτρα με βέλη ([←], [→], [↑], [↓])- τα οποία επιτρέπουν την κίνηση στο μενού επιλογών.
- 6 πλήκτρα δραστηριοτήτων (PROG, PRNT, LOG, DISP, CLR και CAL)- τα οποία εκτελούν ειδικές δραστηριότητες για την λειτουργία του παροχομέτρου. Η περιγραφή τους γίνεται πιο κάτω όπου χρειάζεται.
- ENT πλήκτρο- που εισάγει τις επιλεγμένες τιμές στην Transport μνήμη.
- EXIT πλήκτρο- που επιτρέπει την έξοδο από τα μενού ή το μενού επιλογών οποιαδήποτε στιγμή.
- ON πλήκτρο- που ενεργοποιεί την συσκευή.
- Shift πλήκτρο (κόκκινο πλήκτρο)- το οποίο επιτρέπει την χρήση της δεύτερης λειτουργίας κάθε πλήκτρου που περιγράφεται ακολούθως.

Καθένα από αυτά τα πλήκτρα έχει μια δεύτερη λειτουργία τυπωμένη με κόκκινο πάνω από το πλήκτρο. Για παράδειγμα, το OFF είναι η δεύτερη λειτουργία του [ON] πλήκτρου. Οι περισσότερες δεύτερες λειτουργίες χρησιμοποιούνται για την εισαγωγή γραμμάτων εντούτοις, υπάρχουν δυο πλήκτρα τα οποία έχουν ειδικές δεύτερες λειτουργίες:

- [SHIFT] [ENT]- εισάγει την on-line βοήθεια.

- [SHIFT] [DISP]- δρα σαν πλήκτρο κενού στην εισαγωγή αλφαριθμητικών πληροφοριών.

Για την εκτέλεση της λειτουργίας shift, πιέζουμε [SHIFT] (παρατηρείται ένα «S» να εμφανίζεται στο indicator box για να δείξει ότι το πλήκτρο shift είναι ενεργοποιημένο), και μετά το πλήκτρο. Όταν ένα πλήκτρο πατηθεί αφού ενεργοποιηθεί το shift, η λειτουργία shift ακυρώνεται. Όταν το πλήκτρο shift πατηθεί δυο φορές κλειδώνει και ένα «^SL» εμφανίζεται στο indicator box. Για να ξεκλειδωθεί το [SHIFT], το πατάμε για μια ακόμη φορά (το σύμβολο «^SL» εξαφανίζεται). Τα πλήκτρα με βέλη έχουν επίσης μια τρίτη λειτουργία που επιτρέπει την προσαρμογή της αντίθεσης της οθόνης και του ήχου έχοντας πατημένο ταυτόχρονα και συνεχόμενα το [ON].



Figure 2-5 The TransPort

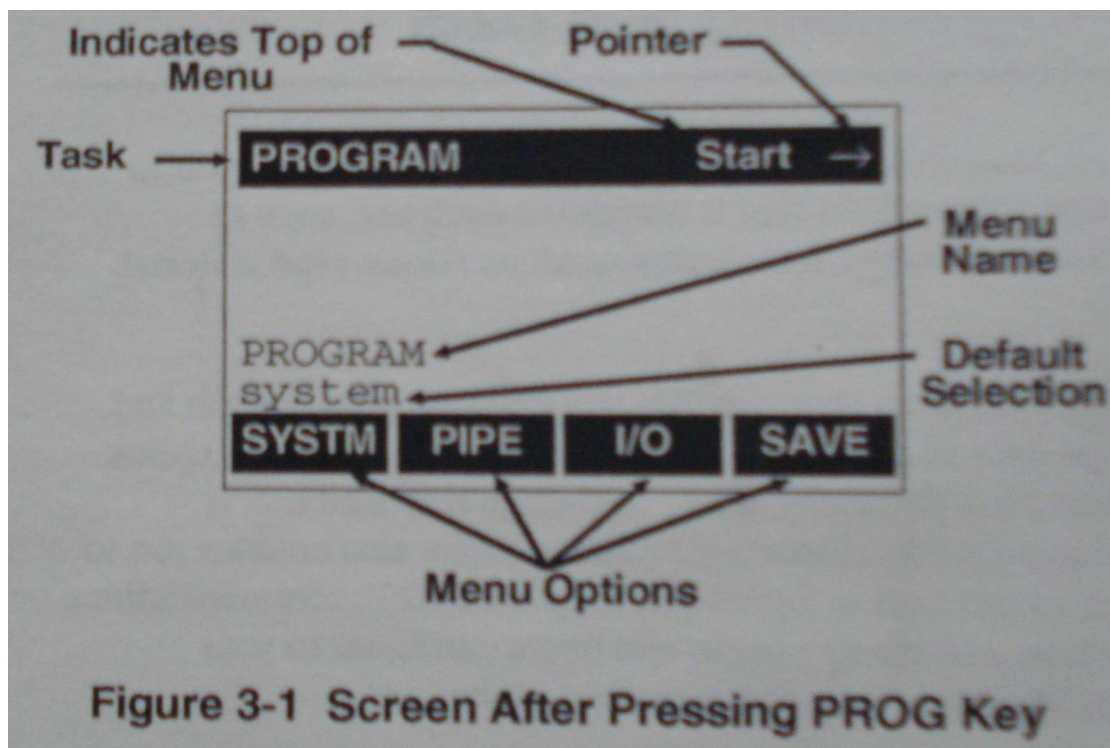
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΘΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Το Transport παροχόμετρο έχει ένα Μενού Προγραμμάτων το οποίο επιτρέπει την εισαγωγή πληροφοριών που είναι συγκεκριμένες για κάθε περίπτωση, όπως τύπους αισθητήρων, ρυθμίσεις εγκατάστασης, υλικό του αγωγού, κ.λ.π.

Το Transport παροχόμετρο απαιτεί την εισαγωγή μόνο των δεδομένων συστήματος και αγωγού για να κάνει μετρήσεις. Παρόλο που αυτό είναι ό,τι είναι απαραίτητο, το Transport Μενού Προγραμμάτων δίνει επίσης τη δυνατότητα ρύθμισης των αναλογικών εισόδων και εξόδων, RS232 συσκευή επικοινωνιών, και των ελέγχων και ορίων της κάθε εφαρμογής για να εντοπίζουν τα προβλήματα. Αφού εισαχθούν τα αναγκαία δεδομένα, μπορούν να αποθηκευτούν σε αρχεία και να ανακληθούν για μεταγενέστερη χρήση. Το Transport παροχόμετρο μπορεί να αποθηκεύσει μέχρι 20 σύνολα δεδομένων περιπτώσεων.

ΕΙΣΟΔΟΣ ΣΤΟ ΜΕΝΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Για την εισαγωγή στο Μενού Προγραμμάτων, χρησιμοποιείται το πλήκτρο [PROG] του πληκτρολόγιου. Η οθόνη εμφανίζεται όμοια με αυτή που φαίνεται στο Figure 3-1.

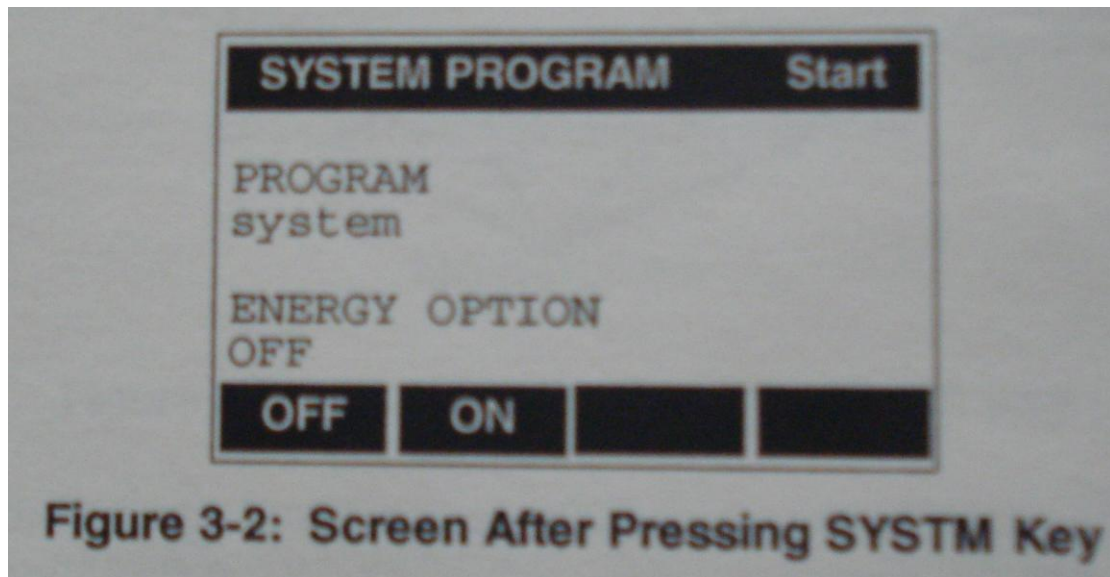


Το indicator box εμφανίζει τρία πράγματα: την δραστηριότητα που εκτελείται και η οποία είναι το PROGram, το «Start» που δείχνει ότι είμαστε στην αρχή του Μενού Προγραμμάτων, και ένα βέλος που δείχνει ότι υπάρχουν περισσότερες επιλογές. Χρησιμοποιώντας τα πλήκτρα [←] [→] βλέπουμε όλες τις επιλογές του μενού στο Μενού Προγραμμάτων. Οι επιλογές του μενού είναι οι ακόλουθες:

- SYSTeM- η οποία επιτρέπει την εισαγωγή της ώρας, της ημερομηνίας, των μονάδων μέτρησης και της επιλογής της ενέργειας για κάθε περίπτωση.
- PIPE- η οποία επιτρέπει την εισαγωγή της γεωμετρίας του αγωγού, του αισθητήρα και των πληροφοριών του υγρού.
- Input/Output- η οποία επιτρέπει την εισαγωγή δεδομένων για την ρύθμιση των αναλογικών εισόδων και εξόδων.
- SAVE- η οποία επιτρέπει την αποθήκευση δεδομένων για κάθε περίπτωση σε ένα αρχείο.
- RECaLL- η οποία επιτρέπει την ανάκληση ενός συγκεκριμένου αρχείου μιας περίπτωσης.
- COMMunication- η οποία επιτρέπει την επιλογή του ρυθμού baud και των bit διακοπής για μια συσκευή παρακολούθησης.
- SETUP- η οποία επιτρέπει την επιλογή των ορίων σήματος, του χρόνου απόκρισης και των δεκαδικών ψηφίων για κάθε περίπτωση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η πρώτη επιλογή στο Μενού Προγραμμάτων είναι η SYSTeM. Αυτή η επιλογή επιτρέπει την επιλογή και την εισαγωγή πληροφοριών που είναι παγκόσμιες για τη λειτουργία του Transport παροχομέτρου. Αυτές οι παράμετροι πρέπει να εισαχθούν για να γίνουν οι μετρήσεις της ροής. Για την εισαγωγή στην επιλογή SYSTeM, χρησιμοποιείται το πλήκτρο [F1]. Η οθόνη εμφανίζεται όμοια με αυτή που φαίνεται στο Figure 3-2. Το indicator box εμφανίζει ότι είμαστε στην αρχή της επιλογής SYSTeM.



Αφού γίνει η εισαγωγή σε αυτό το μενού, οι ακόλουθες εντολές/προτροπές εμφανίζονται:

- Επιλογή Ενέργειας
- Μήνυμα Περίπτωσης
- Μονάδες Συστήματος
- Μονάδες Παροχής
- Ογκομετρικές Μονάδες
- Μονάδες Ισχύος (για ενέργεια μόνο)
- Μονάδες Ενέργειας (για ενέργεια μόνο)
- Σύστημα Θέρμανσης ή Ψύξης (για ενέργεια μόνο)
- Ημερομηνία
- Ώρα

Για να εισαχθούν οι παράμετροι του συστήματος, ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα (για την τρέχουσα διπλωματική εργασία δεν έγιναν μετρήσεις ενέργειας όποτε θα γίνει μικρή αναφορά για τα αντίστοιχα βήματα που προσπεράστηκαν κατά τον προγραμματισμό):

Βήμα 1: Επιλογή της επιλογής ενέργειας

Η πρώτη προτροπή αφορά την επιλογή μέτρησης της ενέργειας. Με το πλήκτρο [F1] διαλέγουμε την δυνατότητα μη μέτρησης του ρυθμού ροής ενέργειας ενώ με το πλήκτρο [F2] διαλέγουμε την δυνατότητα μέτρησης του ρυθμού ροής ενέργειας.

Βήμα 2: Εισαγωγή μηνύματος περίπτωσης

Σε αυτή την προτροπή γίνεται η εισαγωγή ενός σύντομου μηνύματος για την συγκεκριμένη περίπτωση. Επειδή το Transport παροχόμετρο μπορεί να αποθηκεύσει μέχρι 20 σύνολα δεδομένων περιπτώσεων, αυτό μήνυμα παρέχει ένα μέρος για την εισαγωγή μιας περιγραφής μέχρι 21 χαρακτήρες για να γίνεται διάκριση μεταξύ των αρχείων. Για την εισαγωγή του μηνύματος, γίνεται χρήση των αλφαριθμητικών πλήκτρων και αμέσως μετά του πλήκτρου [ENT].

Βήμα 3: Επιλογή των μονάδων συστήματος

Αυτή η προτροπή αφορά την επιλογή μονάδων συστήματος η οποία καθορίζει αν το Transport παροχόμετρο θα εμφανίζει τις επακόλουθες παραμέτρους ή τις μετρήσεις ροής σε Αγγλικές ή μετρικές μονάδες. Με το πλήκτρο [F1] γίνεται επιλογή των Αγγλικών μονάδων και με το πλήκτρο [F2] γίνεται επιλογή των μετρικών μονάδων.

Βήμα 4: Επιλογή των μονάδων παροχής

Αυτή η προτροπή αφορά την επιλογή μονάδων παροχής. Με χρήση των πλήκτρων [←] [→] βλέπουμε όλες τις διαθέσιμες επιλογές μονάδων παροχής (Table 3-1) ενώ με το κατάλληλο πλήκτρο χαρακτηριστικών κάνουμε την επιλογή.

**Table 3-1
Volumetric Unit Options**

English Volumetric Units	Metric Volumetric Units
GAL/S - U.S. Gallons per Second	L/S - Liter per Second
GAL/M - U.S. Gallons per Minute	L/M - Liters per Minute
GAL/H - U.S. Gallons per Hour	L/H - Liters per Hour
MG/D - Millions of U.S. Gallons per Day	ML/D - Millions of Liters per Day
ft ³ /s - Cubic Feet per Second	m ³ /s - Cubic Meters per Second
ft ³ /m - Cubic Feet per Minute	m ³ /m - Cubic Meters per Minute
ft ³ /h - Cubic Feet per Hour	Mm ³ /h - Millions of Cubic Meters per Hour
Mft ³ /d - Millions of Cubic Feet per Day	Mm ³ /d - Millions of Cubic Meters per Day
BBL/S - Barrels per Second	BBL/S - Barrels per Second
BBL/M - Barrels per Minute	BBL/M - Barrels per Minute
BBL/H - Barrels per Hour	BBL/H - Barrels per Hour
MBBL/D - Millions of Barrels per Day	MBBL/D - Millions of Barrels per Day

Βήμα 5: Επιλογή των ογκομετρικών μονάδων

Αυτή η προτροπή αφορά την επιλογή των ογκομετρικών μονάδων. Με χρήση των πλήκτρων [←] [→] βλέπουμε όλες τις διαθέσιμες επιλογές ογκομετρικών μονάδων (Table 3-2) ενώ με το κατάλληλο πλήκτρο χαρακτηριστικών κάνουμε την επιλογή.

**Table 3-2:
Totalizer Units Options**

English Totalizer Units	Metric Totalizer Units
Gal - U.S. Gallons	L - Liters
MGAL - Mega U.S. gallons	ML - Megaliters
ft ³ - Cubic Feet	m ³ - Cubic Meters
Mft ³ - Mega Cubic Feet	Mm ³ - Mega Cubic Meters
BBL - Barrels	BBL - Barrels
MBBL - Megabarrels	MBBL - Megabarrels

Βήμα 6: Επιλογή των μονάδων ισχύος

Αν επιλέγει η δυνατότητα μέτρησης ενέργειας νωρίτερα, το Transport παροχόμετρο μας δίνει την προτροπή να διαλέξουμε μονάδες ισχύος. Στην περίπτωση αυτής της εργασίας αυτό το βήμα προσπερνάται.

Βήμα 7: Επιλογή των μονάδων ενέργειας

Αυτή η προτροπή αφορά την επιλογή μονάδων ενέργειας. Στην περίπτωση αυτής της εργασίας και αυτό το βήμα προσπερνάται.

Βήμα 8: Επιλογή συστήματος θέρμανσης ή ψύξης

Αυτή η προτροπή αφορά την επιλογή για το αν οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε σύστημα θέρμανσης ή ψύξης. Και αυτό το βήμα παραλείπεται στα πλαίσια αυτής της εργασίας.

Βήμα 9: Ρύθμιση της ημερομηνίας

Αυτή η προτροπή δίνει την δυνατότητα ρύθμισης της ημερομηνίας. Με το πλήκτρο [F1] γίνεται αποδοχή της τρέχουσας ημερομηνίας που εμφανίζεται και με το πλήκτρο [F2] γίνεται διόρθωση της ημερομηνίας με χρήση των κατάλληλων πλήκτρων χαρακτηριστικών.

Βήμα 10: Ρύθμιση της ώρας

Η τελευταία προτροπή στο μενού SYSTeM δίνει την δυνατότητα ρύθμισης της ώρας. Με το πλήκτρο [F1] γίνεται αποδοχή της τρέχουσας ώρας που εμφανίζεται και με το πλήκτρο [F2] γίνεται διόρθωση της ώρας με χρήση των κατάλληλων πλήκτρων χαρακτηριστικών.

Με αυτόν τον τρόπο ολοκληρώνεται η εισαγωγή των παραμέτρων συστήματος. Μετά από αυτό μπορεί να γίνει ένα από τα ακόλουθα:

- Με τα πλήκτρα [↑] [↓] επαληθεύονται ή αλλάζουν τα δεδομένα.
- Συνεχίζεται η εισαγωγή δεδομένων χρησιμοποιώντας άλλες επιλογές στο Μενού Προγραμμάτων.
- Αποθήκευση των εισαγόμενων παραμέτρων όπως θα περιγραφεί παρακάτω.
- Με το πλήκτρο [EXIT] μπορεί να ξεκινήσει η διαδικασία των μετρήσεων. Αν γίνει έξοδος χωρίς αποθήκευση, το Transport παροχόμετρο δίνει την ευκαιρία για αποθήκευση.

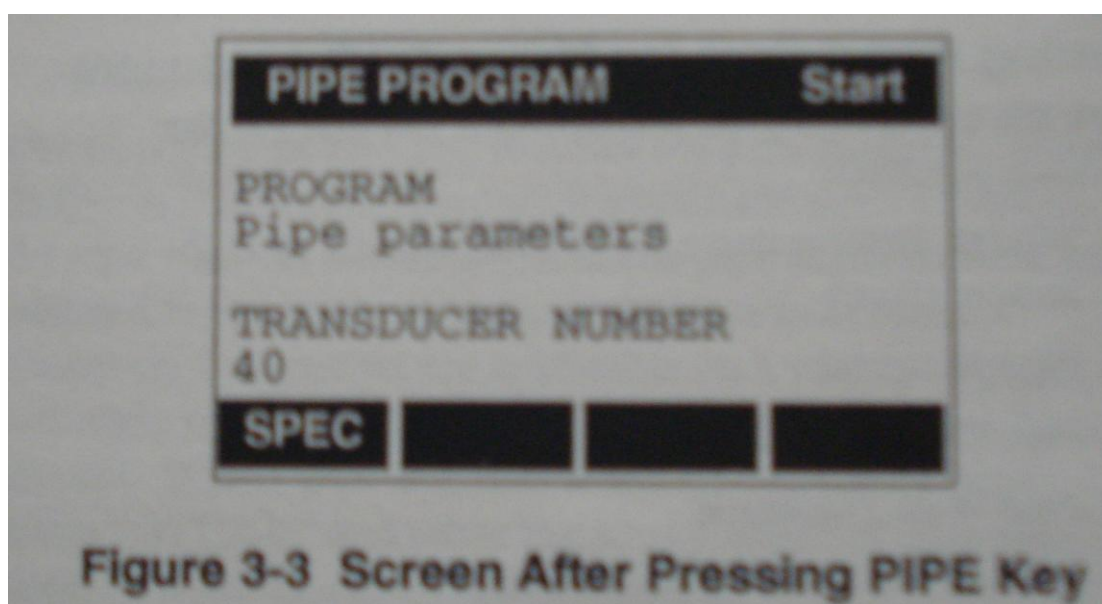
Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι αν γίνει έξοδος, θα πρέπει να έχει ήδη γίνει προγραμματισμός των παραμέτρων του αγωγού προκειμένου να γίνουν μετρήσεις της ροής.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΑΓΩΓΟΥ

Η δεύτερη επιλογή στο Μενού Προγραμμάτων είναι η PIPE η οποία επιτρέπει την εισαγωγή πληροφοριών για τα χαρακτηριστικά του αγωγού και του αισθητήρα.

Πρέπει να γίνει εισαγωγή αυτών των παραμέτρων προκειμένου να λειτουργήσει το Transport παροχόμετρο.

Η σειρά προτροπών που εμφανίζονται εξαρτάται από τον τύπο του αισθητήρα που χρησιμοποιείται. Η πρώτη προτροπή ζητά την εισαγωγή του αριθμού του αισθητήρα που είναι χαραγμένο στην κορυφή του αισθητήρα. Αυτός ο αριθμός δηλώνει τον τύπο του αισθητήρα: βρεχόμενο ή εξωτερικά προσκολλημένο (πρότυπο ή μέτριας/ υψηλής θερμοκρασίας). Με την εισαγωγή του αριθμού του αισθητήρα, το Transport παροχόμετρο αναγνωρίζει τον τύπο του αισθητήρα και προχωράει ζητώντας τις αναγκαίες πληροφορίες για τον αγωγό για αυτό τον τύπο αισθητήρα. Η εισαγωγή της επιλογής PIPE γίνεται με το πλήκτρο [F1]. Η οθόνη εμφανίζεται όμοια με αυτή που φαίνεται στο Figure 3-3. Το indicator box εμφανίζει ότι είμαστε στην αρχή της επιλογής PIPE. Με τα βήματα που ακολουθούν γίνεται ο προγραμματισμός.



Βήμα 1: Εισαγωγή του αριθμού του αισθητήρα

Οι αριθμοί του αισθητήρα διαιρούνται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- 1-3 που δείχνουν ότι ο αισθητήρας είναι τύπου Rayleigh-wave εξωτερικά προσκολλημένος
- 10-39 που δείχνουν ότι ο αισθητήρας είναι τύπου Shear wave εξωτερικά προσκολλημένος
- 40-74 που δείχνουν ότι είναι βρεχόμενος αισθητήρας

- 91-99 που δείχνουν ότι είναι αισθητήρας εφαρμογής, ειδικός και εξωτερικά προσκολλημένος
- 112-139 που δείχνουν ότι είναι αισθητήρας μέτριας και υψηλής θερμοκρασίας εξωτερικά προσκολλημένος

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι δεν είναι όλοι οι αριθμοί του αισθητήρα έγκυροι. Άκυροι αριθμοί αισθητήρα θα απορρίπτονται. Με χρήση των πλήκτρων με τα νούμερα εισάγεται ο αριθμός του αισθητήρα και μετά ακολουθεί η εντολή [ENT]. Στην περίπτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας, ο αριθμός του αισθητήρα είναι 30 δηλαδή είναι εξωτερικά προσκολλημένος όποτε η συνέχεια των βημάτων, σε αντίθεση με τον βρεχόμενο αισθητήρα, είναι η ακόλουθη.

Για τον εξωτερικά προσκολλημένο αισθητήρα εμφανίζονται οι ακόλουθες προτροπές:

- Είσοδος εύρους θερμοκρασίας (για μέτρια και υψηλή θερμοκρασία)
- Υλικό αγωγού
- Εξωτερική διάμετρος αγωγού
- Πάχος τοιχώματος αγωγού
- Επικάλυψη τοιχώματος εσωτερικά (υλικό και πάχος)
- Είδος υγρού
- Συντελεστής διόρθωσης Reynolds
- Συντελεστής βαθμονόμησης
- Αριθμός τραβέρσων
- Απόσταση αισθητήρων

Βήμα 2: Εισαγωγή εύρους θερμοκρασίας

Αν χρησιμοποιούνται αισθητήρες μέτριας προς υψηλής θερμοκρασίας, πρέπει να εισαχθεί το εύρος θερμοκρασίας. Αν όχι, αυτό το βήμα παραλείπεται και δίνεται συνέχεια στο επόμενο. Για να δοθούν απαντήσεις γίνεται χρήση των κατάλληλων πλήκτρων χαρακτηριστικών.

Βήμα 3: Εισαγωγή υλικού του αγωγού

Αυτή η προτροπή ζητά να εισαχθεί το υλικό του αγωγού. Αφού οι εξωτερικά προσκολλημένοι αισθητήρες στέλνουν τα υπερηχητικά τους σήματα διαμέσου του τοιχώματος του αγωγού, η ταχύτητα του ήχου στο υλικό του αγωγού πρέπει να συνυπολογίζεται για την απόκτηση ακριβών μετρήσεων ροής. Οι εξωτερικά

προσκολλημένοι αισθητήρες είναι εφαρμόσιμοι σε μια ποικιλία υλικών αγωγού, μόνο μερικά από τα οποία συγκαταλέγονται μεταξύ των επιλογών για αυτή τη προτροπή. Αν το υλικό του αγωγού δεν είναι μεταξύ των επιλογών αυτών, επιλέγεται το 'OTHER' και στη συνέχεια εισάγεται η ταχύτητα του ήχου στο υλικό αυτό του αγωγού. Με τα ακόλουθα βήματα εισάγεται το υλικό του αγωγού:

1. Με χρήση των πλήκτρων [←] [→] βλέπουμε όλες τις επιλογές υλικών του αγωγού. Ο πίνακας Table 3-3 έχει τα διαθέσιμα υλικά.
2. Με χρήση των κατάλληλων πλήκτρων χαρακτηριστικών επιλέγονται τα επιθυμητά υλικά.
3. Ανάλογα με την επιλογή του υλικού του αγωγού, το Transport παροχόμετρο μπορεί να ζητήσει επιπλέον πληροφορίες. Ο πίνακας Table 3-3 έχει μια ποικιλία υλικών που είναι διαθέσιμα. Αν απαιτείται, γίνεται χρήση των κατάλληλων πλήκτρων χαρακτηριστικών για να επιλέγουν τα επιθυμητά υλικά.

**Table 3-3:
Pipe Materials**

Pipe Material Category	Specific Material
Steel	Carbon Steel or Stainless Steel
Iron	Ductile Iron or Cast Iron
Cu - Copper	None
Al - Aluminum	None
Brass	None
CuNi - Copper/Nickel	70% Cu 30% Ni or 90% Cu 10% Ni
Glass	Pyrex, Flint, or Crown
Plastic	Nylon, Polyester, Polypropylene, PVC (CPVC), or Acrylic
Other*	Any material

Βήμα 4: Εισαγωγή εξωτερικής διαμέτρου αγωγού

Αυτή η προτροπή για εξωτερικά προσκολλημένους αισθητήρες ζητά να εισαχθεί η εξωτερική διάμετρος του αγωγού. Αν δεν είναι γνωστή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η on-line βοήθεια ή το εγχειρίδιο του Transport παροχομέτρου. Για μεγαλύτερη ακρίβεια, πρέπει να μετρηθεί η εξωτερική διάμετρος του αγωγού στη θέση που θα τοποθετηθούν οι αισθητήρες. Για να εισαχθεί η εξωτερική διάμετρος:

1. Γίνεται χρήση των κατάλληλων πλήκτρων χαρακτηριστικών για να επιλέγουν οι μονάδες.
2. Γίνεται χρήση των πλήκτρων με τους αριθμούς για να εισαχθεί η εξωτερική διάμετρος
3. Χρησιμοποιείται το πλήκτρο [ENT].

Βήμα 5: Εισαγωγή πάχους τοιχώματος αγωγού

Αυτή η προτροπή ζητά να εισαχθεί το πάχος τοιχώματος του αγωγού. Αν δεν είναι γνωστό με ακρίβεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η on-line βοήθεια ή το εγχειρίδιο του Transport παροχομέτρου. Για μεγαλύτερη ακρίβεια, μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας τον προαιρετικό εσωτερικό μετρητή υπερήχων πάχους (για λεπτομέρειες βλέπε εγχειρίδιο). Γίνεται χρήση των πλήκτρων με τους αριθμούς για να εισαχθεί το πάχος τοιχώματος του αγωγού και μετά το πλήκτρο [ENT].

Βήμα 6: Εισαγωγή επικάλυψης τοιχώματος εσωτερικά

Αυτή η προτροπή ζητά να εισαχθεί η επικάλυψη τοιχώματος του αγωγού εσωτερικά. Οι εξωτερικά προσκολλημένοι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μια ποικιλία επικαλύψεων αγωγού, εντούτοις, μόνο μερικές είναι μεταξύ των διαθέσιμων επιλογών. Αν δεν είναι σε αυτές, επιλέγεται το 'OTHER' και στη συνέχεια εισάγεται η ταχύτητα του ήχου στο υλικό αυτό της επικάλυψης. Αν δεν υπάρχει επικάλυψη, δίνεται απάντηση με το πλήκτρο [F1] και το Transport παροχόμετρο προχωράει στην επόμενη προτροπή. Αν υπάρχει επικάλυψη, για την εισαγωγή των πληροφοριών επικάλυψης ακολουθούνται τα βήματα:

1. Πλήκτρο [F2].
2. Η επόμενη προτροπή ζητά να επιλεγεί το υλικό της επικάλυψης με χρήση των κατάλληλων πλήκτρων χαρακτηριστικών.
3. Η επόμενη προτροπή ζητά να εισαχθεί το πάχος της επικάλυψης του αγωγού με χρήση των πλήκτρων με τους αριθμούς.

4. Πλήκτρο[ENT].

Βήμα 7: Εισαγωγή του είδους υγρού

Αυτή η προτροπή ζητά να εισαχθεί το είδος του υγρού. Μπορεί να επιλέγει ένα από τα ακόλουθα:

- νερό (κανονικό ή θαλάσσιο στους 25°C)
- νερό, μείγμα γλυκόλης (για την επιλογή ενέργειας μόνο)
- λιπαντικό λάδι ή πετρέλαιο αργό
- μεθανόλη
- αιθανόλη
- LN2
- φρέον
- άλλο

Γίνεται χρήση των κατάλληλων πλήκτρων χαρακτηριστικών για να επιλέγει το υγρό. Ανάλογα το υγρό που θα επιλέγει, το Transport παροχόμετρο μπορεί να ζητήσει επιπλέον πληροφορίες.

Βήμα 8: Εισαγωγή συντελεστή διόρθωσης Reynolds

Αυτή η προτροπή ζητά να ενεργοποιηθεί ή να απενεργοποιηθεί ο συντελεστής διόρθωσης Reynolds ο οποίος είναι ένας αριθμός βασισμένος στην κινηματική συνεκτικότητα και το ρυθμό ροής του υγρού. Γενικά, πρέπει να ενεργοποιηθεί μόνο όταν οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι σε διαμετρική πορεία. Αν ενεργοποιηθεί, πρέπει να εισαχθεί η κινηματική συνεκτικότητα του υγρού(ζητείται από το Transport παροχόμετρο). Για να απενεργοποιηθεί χρησιμοποιείται το πλήκτρο [F1].

Βήμα 9: Εισαγωγή συντελεστή βαθμονόμησης

Αυτή η προτροπή ζητά να εισαχθεί μια τιμή για τον συντελεστή βαθμονόμησης που χρησιμοποιείται σαν αναφορά για τα ηλεκτρονικά του παροχομέτρου για να εξασφαλιστούν ακριβείς αναγνώσεις. Γενικά, αν ενεργοποιηθεί ο συντελεστής διόρθωσης Reynolds, ο συντελεστής βαθμονόμησης πρέπει να οριστεί σε 1,00. Αλλιώς ένας τυπικός συντελεστής είναι μεταξύ του 0,90 και του 1,00. Με τα πλήκτρα αριθμών εισάγεται μια τιμή και μετά πιέζεται το πλήκτρο [ENT].

Βήμα 10: Εισαγωγή αριθμού τραβέρσων

Αυτή η προτροπή ζητά να εισαχθεί πόσες φορές το υπερηχητικό σήμα θα κάνει τραβέρσα στον αγωγό. Ο αριθμός αυτός προσδιορίζεται από παράγοντες όπως το μέγεθος του αγωγού, τις ιδιότητες της απορρόφησης του τοιχώματος του αγωγού και επιθυμητή ακρίβεια. Με χρήση των πλήκτρων [←] [→] βλέπουμε όλες τις επιλογές και με χρήση των κατάλληλων πλήκτρων χαρακτηριστικών ανταποκρινόμαστε.

Βήμα 11: Εμφάνιση απόστασης αισθητήρων

Η τελευταία προτροπή δείχνει την πραγματική απόσταση των αισθητήρων όπως υπολογιστική από τις πληροφορίες που εισήχθησαν στα προηγούμενα βήματα. Οι αισθητήρες τοποθετούνται στην απόσταση που δείχνει αυτό το βήμα.

Με αυτόν τον τρόπο ολοκληρώνεται η εισαγωγή των παραμέτρων αγωγού. Μετά από αυτό μπορεί να γίνει ένα από τα ακόλουθα:

- Με τα πλήκτρα [↑] [↓] επαληθεύονται ή αλλάζουν τα δεδομένα.
- Συνεχίζεται η εισαγωγή δεδομένων χρησιμοποιώντας άλλες επιλογές στο Μενού Προγραμμάτων.
- Αποθήκευση των εισαγόμενων παραμέτρων όπως θα περιγραφεί παρακάτω.
- Με το πλήκτρο [EXIT] μπορεί να ξεκινήσει η διαδικασία των μετρήσεων. Αν γίνει έξοδος χωρίς αποθήκευση, το Transport παροχόμετρο δίνει την ευκαιρία για αποθήκευση.

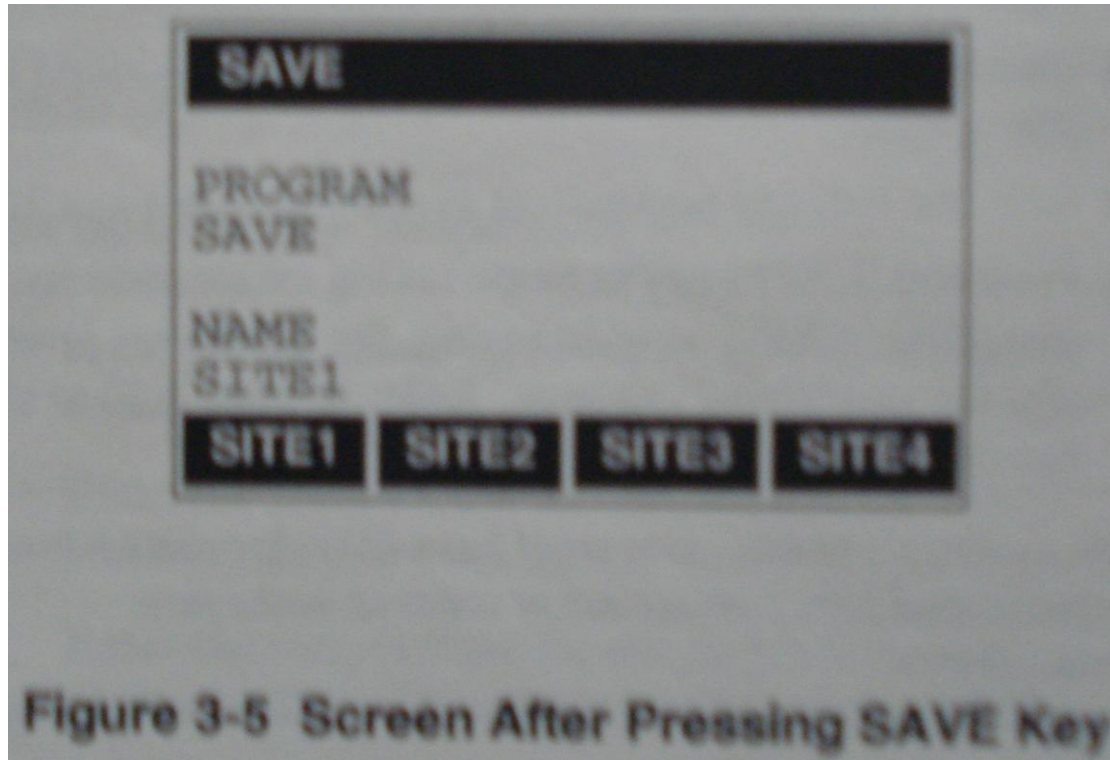
Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι αν γίνει έξοδος, θα πρέπει να έχει ήδη γίνει προγραμματισμός των παραμέτρων του συστήματος προκειμένου να γίνουν μετρήσεις της ροής.

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Τώρα που έχουν εισαχθεί όλα τα αναγκαία δεδομένα, μπορούν να αποθηκευτούν με βάση τα ακόλουθα βήματα:

1. Με χρήση του πλήκτρου [F4] γίνεται εισαγωγή στο μενού αποθήκευσης. Η οθόνη εμφανίζεται όμοια με αυτή που φαίνεται στο Figure 3-5.
2. Με χρήση των αλφαριθμητικών πλήκτρων εισάγεται ένα όνομα (μέχρι 5 χαρακτήρες) για κάθε περίπτωση.
3. Πιέζεται το πλήκτρο [ENT].

Έτσι ολοκληρώνεται ο προγραμματισμός του Transport παροχομέτρου για γρήγορες μετρήσεις ροής. Πιέζεται το πλήκτρο [EXIT] και το Transport παροχόμετρο αρχίζει την εμφάνιση των μετρήσεων.



ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Αφού ολοκληρωθεί ο προγραμματισμός του Transport παροχομέτρου, μπορούν να εμφανιστούν οι ακόλουθες μετρήσεις στην οθόνη:

- Ταχύτητα (Velocity)
- Παροχή (Volumetric)
- Forward Totals
- Reverse Totals

Αν μετριέται ενέργεια μπορούν να εμφανιστούν:

- Power
- Forward Energy
- Reverse Energy

Κάθε μια από τις παραπάνω μετρήσεις αντιστοιχεί σε ένα πλήκτρο χαρακτηριστικών. Με χρήση των πλήκτρων [←] [→] βλέπουμε όλες τις επιλογές και

με χρήση των κατάλληλων πλήκτρων χαρακτηριστικών γίνεται η επιθυμητή επιλογή. Η μέτρηση αυτόματα εμφανίζεται στην οθόνη σε μονάδες που επιλέχτηκαν προηγουμένως στο Μενού Προγραμμάτων.

ΑΝΑΚΛΗΣΗ ΑΡΧΕΙΩΝ

Η πέμπτη επιλογή στο Μενού Προγραμμάτων είναι η RECaLL η οποία επιτρέπει την ανάκτηση αρχείων που αποθηκεύτηκαν νωρίτερα. Για να εισαχθεί η επιλογή RECaLL, γίνεται χρήση των πλήκτρων [←] [→] μέχρι να εμφανιστεί στην οθόνη το 'RECLL' και τότε πιέζεται το [F1]. Η οθόνη εμφανίζεται όμοια με αυτή που φαίνεται στο Figure 3-6. Για ανάκτηση ενός αρχείου:

1. Όταν ένα αρχείο αποθηκευτεί, το Transport παροχόμετρο αντιστοιχίζει το αρχείο με ένα πλήκτρο χαρακτηριστικών. Τα αρχεία τοποθετούνται με χρονολογική σειρά. Με χρήση των πλήκτρων [←] [→] βλέπουμε όλα τα διαθέσιμα αρχεία.
2. Με χρήση του κατάλληλου πλήκτρου χαρακτηριστικών γίνεται η επιθυμητή επιλογή αρχείου.

Το Transport παροχόμετρο κάνει ανάκληση του αρχείου. Για έξοδο από το Μενού Προγραμμάτων πιέζεται το πλήκτρο [EXIT].

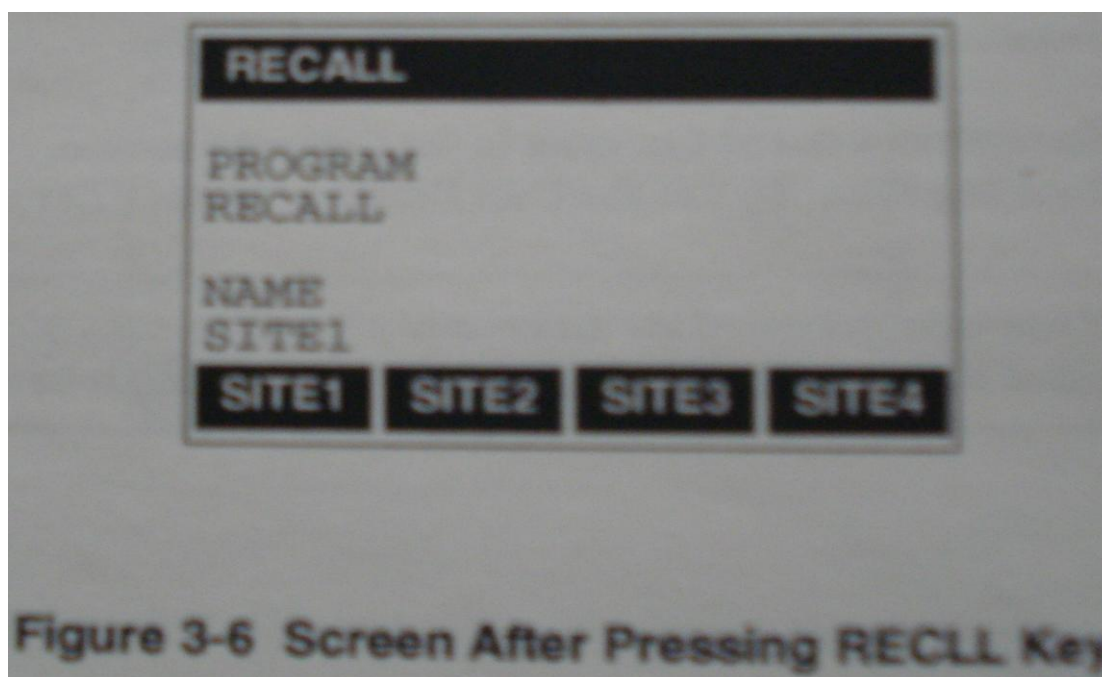


Figure 3-6 Screen After Pressing RECLL Key

Εδώ ολοκληρώνεται η λεπτομερής περιγραφή του Transport παροχομέτρου και του προγραμματισμού του ώστε να γίνονται μετρήσεις παροχής. Η περιγραφή αυτή περιείχε μόνο όσα χρειάστηκαν κατά την διεξαγωγή του συγκεκριμένου πειράματος. Το Transport παροχόμετρο έχει και πολλές άλλες δυνατότητες οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά στο εγχειρίδιο οδηγιών του.