

**ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ  
ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΗΣ ΔΙΩΡΥΓΑΣ ΔΧΧ  
ΤΟΥ ΚΑΤΩ ΑΧΕΛΩΟΥ**



**ΑΘΗΝΑ 1999**

# **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ**

## **2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ**

## **3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

**3.1. Περιγραφή της μεθόδου των υδρομετρήσεων**

**3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων**

**3.3 Συμπεράσματα**

## **4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΑΡΟΧΩΝ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΕΣΕΩΝ**

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ - ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Η προσαγωγός διώρυγα ΔΧΧ ξεκινά από τη δεξιά υδροληψία του έργου της εξόδου της Σήραγγας Λυσιμαχίας και αρδεύει τους ΤΟΕΒ Νεοχωρίου και Κατοχής καθώς και τμήμα του ΤΟΕΒ Λεσινίου, συνολικής έκτασης 79.2 km<sup>2</sup> σύμφωνα με στοιχεία του 1996 (Ζαρρής κ.ά., 1998). Κατά τη χειμερινή περίοδο η διώρυγα χρησιμεύει για την αποχέτευση των πλημμυρικών απορροών της κοιλάδας του Αγρινίου. Η διώρυγα είναι κατασκευασμένη από άοπλο σκυρόδεμα, τραπεζοειδής στο μεγαλύτερο τμήμα της με κλίση πρανών 2:3, ενώ η αρχική διατομή της κοντά στην υδροληψία έχει επιφάνεια 25 m<sup>2</sup> και παροχετευτικότητα 30 m<sup>3</sup>/s. Η υδροληψία της ΔΧΧ αποτελείται από οκτώ θυροφράγματα διαφόρων ανοιγμάτων, από τα οποία πέντε σειράς CC1 πλάτους 2.5 m και παροχετευτικότητας 5 m<sup>3</sup>/s, δύο σειράς CC1 πλάτους 1.0 m και παροχετευτικότητας 2 m<sup>3</sup>/s, και ένα σειράς CC1 πλάτους 0.5 m και παροχετευτικότητας 1 m<sup>3</sup>/s (ΕΤΜΕ, 1961). Η διώρυγα παρουσιάζει έντονα προβλήματα διάβρωσης της επένδυσης λόγω της κατασκευής της πάνω σε εδάφη με έντονη την παρουσία γύψου. Η αποσάθρωση της γύψου από τις διαρροές της διώρυγας προκάλεσε την καταστροφή της επένδυσης της διώρυγας σε εκτεταμένα τμήματα της. Το μήκος του διαβρωμένου τμήματος της διώρυγας εκτιμάται σε περίπου 4 km.

Οι στόχοι της μέτρησης των παροχών στη διώρυγα ΔΧΧ είναι (α) η εκτίμηση των απωλειών του αρδευτικού νερού της διώρυγας, ώστε να εκτιμηθεί αντικειμενικά η υπάρχουσα κατάσταση και να διερευνηθεί η σκοπιμότητα και η οικονομικότητα αντιμετώπισης τους και (β) η εκτίμηση της παροχετευτικής ικανότητας της διώρυγας όπως έχει διαμορφωθεί σήμερα

## 2. ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Πραγματοποιήθηκαν δύο επισκέψεις στη περιοχή, εκ των οποίων η πρώτη ήταν διερευνητική, ενώ η δεύτερη είχε στόχο τη λεπτομερή μέτρηση των παροχών της διώρυγας.

Κατά την πρώτη επίσκεψη (πραγματοποιήθηκε στις 15/3/1999), εντοπίστηκαν οι θέσεις που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν υδρομετρήσεις, και έγιναν οι απαραίτητες συνεννοήσεις με τους υπευθύνους λειτουργίας της Διώρυγας ΔΧΧ (ΓΟΕΒ Αχελώου, ΔΕΒ Ν. Αιτωλοακαρνανίας), των οποίων η συνεργασία αναγνωρίζεται. Η επίσκεψη αυτή έγινε με σκοπό την εξασφάλιση των απαραίτητων υδραυλικών συνθηκών που απαιτούνται για την αξιοπιστία των υδρομετρήσεων, όπως αυτές αναφέρονται στο κείμενο της πρότασης. Οι θέσεις αυτές είναι πέντε και φαίνονται στο Χάρτη 1, ενώ στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται για κάθε θέση, το είδος της διατομής και η χιλιομετρική απόσταση από την κεφαλή της Διώρυγας ΔΧΧ (δεξιά υδροληψία στο έργο εξόδου της Σήραγγας Λυσιμαχίας).

Πίνακας 2.1 Θέσεις υδρομετρήσεων

Θέση	Διατομή	Χιλιομετρική θέση (km)
A	Ορθογωνική	3.59
B	Τραπεζοειδής	9.22
Γ	Τραπεζοειδής	7.05
Δ	Ορθογωνική	7.93
E	Τραπεζοειδής	4.65

Στην πρώτη επίσκεψη επίσης έγιναν ορισμένες τοπογραφικές εργασίες καθώς και διερευνητικές υδρομετρήσεις σε δύο θέσεις ανάντη και κατόντη του τμήματος που διερευνάται για τυχόν απώλειες (θέσεις B και Γ όπως αυτές συμβολίζονται στο Χάρτη 1). Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η μέτρηση της ταχύτητας της ροής σε δύο σημεία της κεντρικής κατακορύφου κάθε διατομής με τη χρήση ηλεκτρονικού μιλίσκου, και στη συνέχεια ο υπολογισμός της παροχής με βάση τα χαρακτηριστικά της διατομής, τα οποία μετρήθηκαν *in situ*.

Η μέτρηση των ταχυτήτων έγινε στο 0.2 και στο 0.8 του βάθους ροής της κεντρικής κατακορύφου των διατομών. Με αυτές τις μετρήσεις η παροχή στην ανάντη διατομή (Διατομή Γ) εκτιμήθηκε ίση με  $12.09 \text{ m}^3/\text{s}$ , ενώ η παροχή στην κατόντη διατομή (Διατομή B) εκτιμήθηκε ίση με  $11.99 \text{ m}^3/\text{s}$ . Οι μετρήσεις αυτές, αν και είναι παραπλήσιες των τελικών, αποτελούν μόνο ένδειξη καθώς δεν μετρήθηκε αναλυτικά το πεδίο ταχυτήτων και δεν υπάρχει εκτίμηση σφάλματος.

Οι διερευνητικές υδρομετρήσεις έδειξαν ότι δεν υπάρχουν σημαντικές απώλειες μεταξύ των δύο θέσεων και για το σκοπό αυτό αποφασίστηκε να πραγματοποιηθούν λεπτομερέστερες υδρομετρήσεις και στις πέντε θέσεις και με πληρέστερη μεθοδολογία (μέτρηση της ταχύτητας σε περισσότερες από μία κατακορύφους).

Η δεύτερη επίσκεψη πραγματοποιήθηκε στις 11/5/1999 και έγιναν υδρομετρήσεις και στις πέντε προεπιλεγμένες θέσεις της διώρυγας. Κατά τη διάρκεια των υδρομετρήσεων δεν είχαν διενεργηθεί ακόμα οι τοπογραφικές εργασίες για την αποτύπωση των διατομών εν ξηρώ. Η επιφάνεια των διατομών για τον υπολογισμό των διερχόμενων παροχών μετρήθηκαν επί τόπου και γενικά συμφωνούν με την εκ των υστέρων αποτύπωση, όπως αυτή παρουσιάζεται στο αντίστοιχο τεύχος. Οι υδρομετρήσεις, δεν θα ήταν δυνατό να αναβληθούν μέχρι την τοπογραφική αποτύπωση (που διενεργήθηκε αργότερα), επειδή οι απολήψεις αρδευτικού νερού στα ενδιάμεσα τμήματα θα ήταν τέτοιες που θα αλλοίωναν τα

συμπεράσματα των μετρήσεων και επομένως έγιναν λίγο πριν την έναρξη της αρδευτικής περιόδου. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκτέλεση των υδρομετρήσεων, τα αποτελέσματα των μετρήσεων και τα συμπεράσματα, περιγράφονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο. Ακόμη στο Παράρτημα Α παρατίθενται οι αναλυτικοί Πίνακες των μετρήσεων σε κάθε θέση, ενώ στο Παράρτημα Β παρουσιάζεται η διαδικασία για την εκτίμηση της ακρίβειας των μετρήσεων. Τέλος στο Παράρτημα Γ παρατίθενται φωτογραφίες των πέντε θέσεων.

### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### 3.1. Περιγραφή της μεθόδου των υδρομετρήσεων

Οι υδρομετρήσεις αποσκοπούσαν στη μέτρηση της διερχόμενης παροχής στην αρδευτική διώρυγα ΔΧΧ του Κάτω Αχελώου, σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις της διώρυγας, ώστε να διερευνηθεί η πιθανότητα απωλειών κατά μήκος αυτής και να εντοπισθούν κατά το δυνατόν οι περιοχές όπου εμφανίζονται απώλειες. Κατά τη διενέργεια των υδρομετρήσεων ελέγχθηκε το συγκεκριμένο τμήμα της διώρυγας για τυχόν απολήψεις αρδευτικού νερού από αντλιοστάσια ή από μεμονωμένους καλλιεργητές και δεν υπήρχαν απολήψεις άξιες λόγου.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε είναι η μέτρηση της ταχύτητας της ροής σε καθορισμένα σημεία των διατομών με τη βοήθεια μιλίσκων και στη συνέχεια ο υπολογισμός της διερχόμενης από τη διατομή παροχής. Συγκεκριμένα ακολουθήθηκε η αριθμητική μέθοδος που προβλέπεται στην παράγραφο 8.2.2.1 της Προδιαγραφής ISO 748-1979 (E) «Liquid flow measurement in open channels - Velocity-area method», κατά την οποία η διατομή θεωρείται ότι αποτελείται από ένα αριθμό τμημάτων, κάθε ένα από τα οποία ορίζεται από δύο κατακόρυφες. Εάν  $V_1$  και  $V_2$  είναι οι μέσες ταχύτητες της πρώτης και της δεύτερης κατακορύφου αντίστοιχα,  $d_1$  και  $d_2$  είναι τα αντίστοιχα ολικά βάθη ροής και  $b$  η οριζόντια απόσταση μεταξύ των κατακορύφων, η παροχή του τμήματος,  $q$ , δίνεται από τη σχέση:

$$q = \left( \frac{V_1 + V_2}{2} \right) \left( \frac{d_1 + d_2}{2} \right) b$$

Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε τμήμα και η συνολική παροχή της διατομής,  $Q$ , προκύπτει ως άθροισμα των παροχών όλων των τμημάτων. Η παροχή των δύο ακραίων τμημάτων μεταξύ των πρηνών και της πρώτης και τελευταίας κατακορύφου υπολογίζεται επίσης από την παραπάνω εξίσωση, με την υπόθεση ότι η ταχύτητα και το βάθος ροής στα πρηνή είναι μηδέν.

Οι μετρήσεις των ταχυτήτων έγιναν σε δύο σημεία επί όλων των κατακορύφων, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην παράγραφο 8.1.4.2 της παραπάνω αναφερόμενης

Προδιαγραφής ISO 748-1979 (E), που βρίσκονται σε βάθη 0,2 και 0,8 του βάθους ροής της κατακορύφου. Ο μέσος όρος των δύο αυτών ταχυτήτων λαμβάνεται ως μέση ταχύτητα της κατακορύφου. Στην περίπτωση που η μέτρηση γίνεται σε ένα σημείο αυτό βρίσκεται στο 0,6 του βάθους ροής της κατακορύφου.

Για τη μέτρηση των ταχυτήτων χρησιμοποιήθηκαν δύο μηχανικοί μιλίσκοι. Όπως είναι γνωστό, η μέτρηση της ταχύτητας με τη χρήση μιλίσκου βασίζεται στη μέτρηση της συχνότητας περιστροφής της φτερωτής του μιλίσκου και στον υπολογισμό της ταχύτητας σύμφωνα με τη χαρακτηριστική εξίσωσή του, η οποία δίνεται από τη γενική σχέση:

$$V = \alpha n + \beta$$

όπου:

$V$  η μετρούμενη σημειακή ταχύτητα σε m/s

$n$  ο αριθμός των στροφών ανά δευτερόλεπτο της φτερωτής.

$\alpha, \beta$  παράμετροι που δίνονται από τον κατασκευαστή του οργάνου και μπορεί να πάρουν διαφορετικές τιμές για διαφορετικό εύρος μεταβολής του  $n$

Την ημέρα των μετρήσεων, 11-5-1999, και καθ' όλη τη χρονική τους διάρκεια, δεν έγιναν χειρισμοί στα θυροφράγματα υδροληψίας της ΔΧΧ, δηλαδή η παροχή παρέμεινε σταθερή και η ροή μόνιμη. Η διαπίστωση της μονιμότητας της ροής έγινε και τη μέτρηση του βάθους ροής σε όλες τις διατομές της διώρυγας όπου έγιναν μετρήσεις. Τα βάθη ροής μετρήθηκαν πριν από την έναρξη και μετά το πέρας των υδρομετρήσεων και βρέθηκαν αμετάβλητα. Πριν από τη μέτρηση των ταχυτήτων προηγήθηκε, σε κάθε διατομή, η μέτρηση των διαστάσεων των διατομών.

Οι θέσεις των υδρομετρήσεων καθορίστηκαν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να περιλαμβάνεται μεταξύ της πρώτης και της τελευταίας διατομής όλο το τμήμα της διώρυγας στο οποίο πιθανολογείται διαρροή. Σε όλες τις θέσεις υπάρχουν γεφυρώσεις της διώρυγας. Οι θέσεις αυτές παρουσιάζονται στο Χάρτη 1.

Οι διαστάσεις των διατομών, στις θέσεις όπου πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις, και τα σημεία στα οποία έγιναν οι μετρήσεις των ταχυτήτων δίνονται στην επόμενη παράγραφο. Στα σχετικά σχήματα με  $y_1$  και  $y_2$  συμβολίζονται οι οριζόντιες στάθμες που έγιναν οι μετρήσεις, ενώ με τα γράμματα  $\alpha, \mu$  και  $\delta$  συμβολίζονται οι κατακόρυφες, που οριοθετούν τα επί μέρους τμήματα της διατομής, αριστερά, στον άξονα και δεξιά αντίστοιχα. Οι τομές αυτών των δύο οικογενειών γραμμών είναι τα σημεία μέτρησης των ταχυτήτων.

### 3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων δίνονται συνοπτικά στον Πίνακα 3.1 που ακολουθεί. Στον Πίνακα αυτό αναφέρονται, για κάθε θέση μέτρησης, η ώρα διεξαγωγής της μέτρησης, το βάθος ροής στον αγωγό, ο αριθμός των κατακορύφων επιπέδων όπου έγιναν οι μετρήσεις, η μετρηθείσα παροχή σε  $m^3/s$  και η ακρίβεια της μέτρησης σε  $m^3/s$  και %.

**Πίνακας 3.1:** Αποτελέσματα μετρήσεων

Θέση	Ωρα	Είδος Διατομής	Βάθος ροής	Πλήθος κατακορύφων	Παροχή	Ακρίβεια	
--	--	--	(m)	--	( $m^3/s$ )	( $m^3/s$ )	(%)
A	09:15	Ορθογωνική	2.54	7	12.08	$\pm 0.47$	$\pm 4.0$
E	15:30	Τραπεζοειδής	2.55	9	12.08	$\pm 0.34$	$\pm 3.0$
Γ	13:00	Τραπεζοειδής	2.71	9	12.11	$\pm 0.35$	$\pm 3.0$
Δ	14:30	Ορθογωνική	3.49	5	12.68	$\pm 0.53$	$\pm 4.5$
B	11:10	Τραπεζοειδής	2.69	9	12.10	$\pm 0.34$	$\pm 3.00$

### 3.3 Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω εκτεθέντα προκύπτει ως συμπέρασμα, μετά από τις υδρομετρήσεις που έγιναν, ότι δεν υπάρχουν απώλειες αρδευτικού νερού, ή είναι ασήμαντες, κατά μήκος της διώρυγας ΔΧΧ, στο τμήμα που διερευνήθηκε, και για βάθη ροής που αντιστοιχούν σε παροχές μέχρι  $12.00 m^3/s$ .

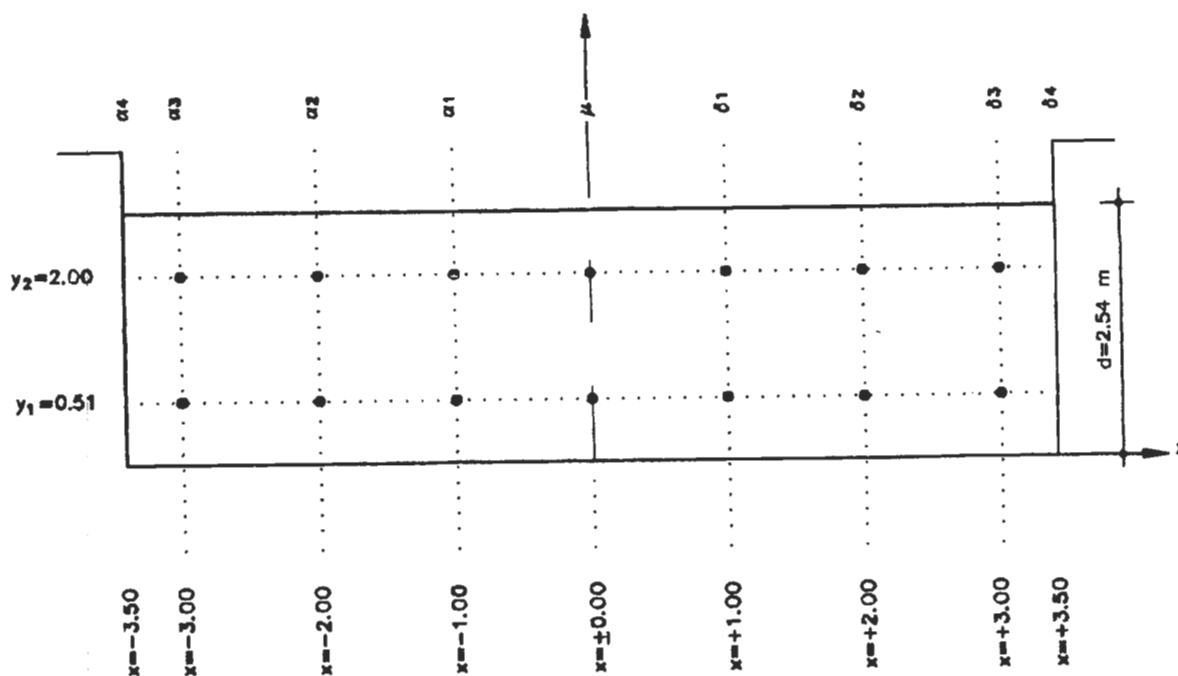
## 4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΕΤΜΕ, *Οριστική μελέτη εξόδου Σήραγγας Λυσιμαχίας*, ΥΠΔΕ, Αθήνα, 1961
- Ζαρρής Δ., Ε. Ρόζος και Δ. Σακελλαριάδης, *Περιγραφή υδατικών Συστημάτων, Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων της Στερεάς Ελλάδας – Φάση Γ*, Τεύχος 36, ΕΜΠ, Αθήνα, 1998

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α**  
**ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΑΡΟΧΩΝ**

**ΘΕΣΗ Α****Διατομή:** Ορθογωνική**Σημειώσεις:** Συναρμογή κάτω από γέφυρα**Παρατηρήσεις:** Σε απόσταση 3.59 km από κεφαλή διώρυγας ΔΧΧ

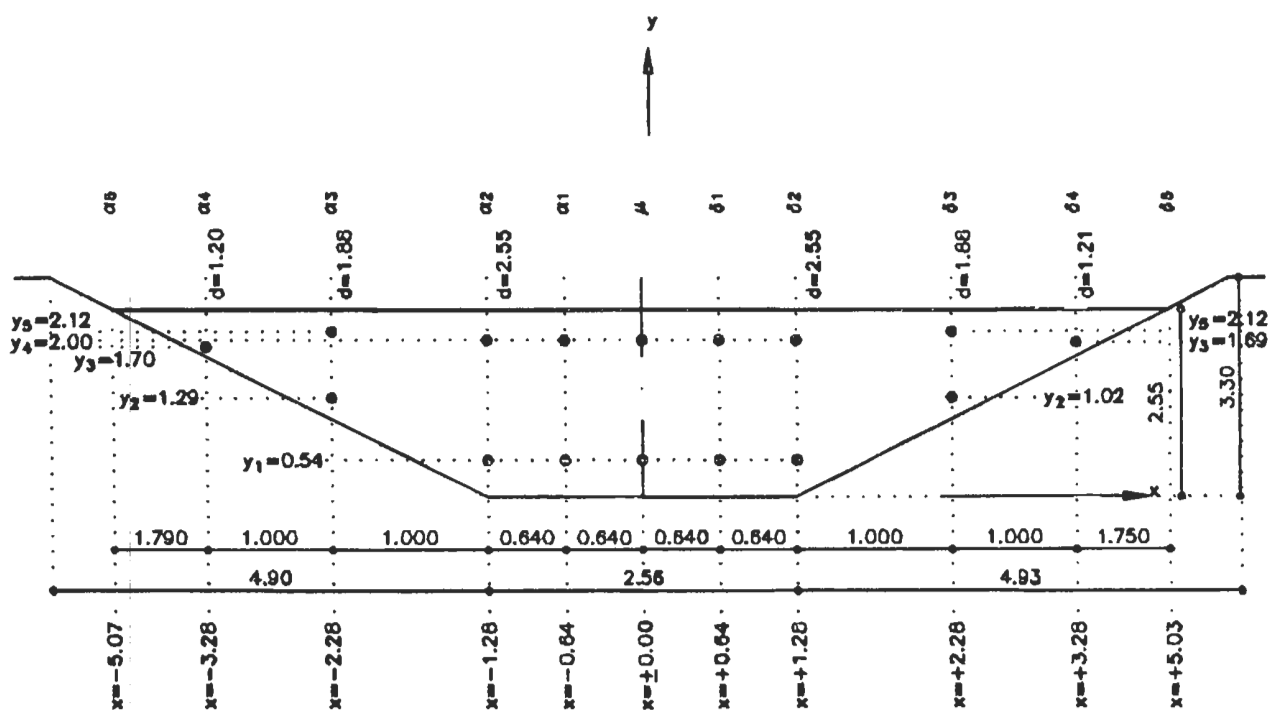
Σημείο	x	y	Μυλί- σκος	V (m/s)	μ. ο. V	$\frac{V_1+V_2}{2}$	d (m)	$\frac{d_1+d_2}{2}$	b (m)	q (m <sup>3</sup> /s)
α4-y1	-3.50	0.51	-	0			2.54			
α4-y2	-3.50	2.00	-	0	0		2.54			
α3-y1	-3.00	0.51	(495)	0.53			2.54			
α3-y2	-3.00	2.00	(542)	0.70	0.62	0.31	2.54	2.54	0.50	0.39
α2-y1	-2.00	0.51	(495)	0.57			2.54			
α2-y2	-2.00	2.00	(542)	0.79	0.68	0.65	2.54	2.54	1.00	1.65
α1-y1	-1.00	0.51	(495)	0.72			2.54			
α1-y2	-1.00	2.00	(542)	0.87	0.80	0.74	2.54	2.54	1.00	1.87
μ-y1	0	0.51	(495)	0.76			2.54			
μ-y2	0	2.00	(542)	0.93	0.85	0.82	2.54	2.54	1.00	2.09
δ1-y1	+1.00	0.51	(495)	0.68			2.54			
δ1-y2	+1.00	2.00	(542)	0.89	0.78	0.82	2.54	2.54	1.00	2.08
δ2-y1	+2.00	0.51	(495)	0.59			2.54			
δ2-y2	+2.00	2.00	(542)	0.81	0.70	0.75	2.54	2.54	1.00	1.89
δ3-y1	+3.00	0.51	(495)	0.56			2.54			
δ3-y2	+3.00	2.00	(542)	0.72	0.64	0.67	2.54	2.54	1.00	1.71
δ4-y1	+3.50	0.51	-	0			2.54			0.41
δ4-y2	+3.50	2.00	-	0	0	0.32	2.54	2.54	0.50	0.41
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ Q (m<sup>3</sup>/s)</b>										<b>12.08</b>

**Σκαρίφημα διατομής:**



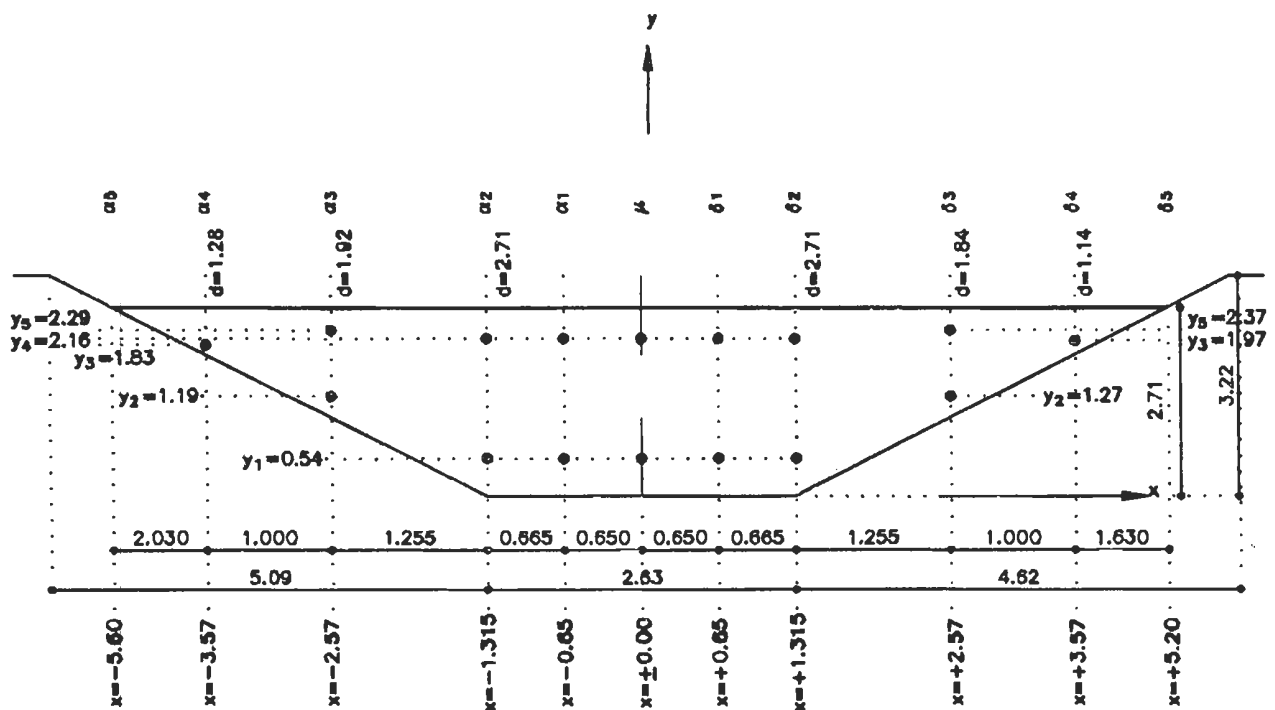
**ΘΕΣΗ Ε****Διατομή:** Τραπεζοειδής**Σημειώσεις:****Παρατηρήσεις:** Σε απόσταση 4.65 km από κεφαλή διώρυγας ΔΧΧ

Σημείο	x	y	Μυλί- σκος	V (m/s)	μ. ο. V	$\frac{V_1+V_2}{2}$	d (m)	$\frac{d_1+d_2}{2}$	b (m)	q (m <sup>3</sup> /s)
α5-γ6	-5.07	2.55	-	-	0		0			
α4-γ3	-3.28	1.70	(495)	0.71	0.71	0.36	1.20	0.60	1.79	0.38
α3-γ2	-2.28	1.02	(495)	0.74	0.80	0.76	1.88	1.54	1.00	1.17
α3-γ5	-2.28	2.12	(542)	0.86						
α2-γ1	-1.28	0.50	(495)	0.74	0.83	0.82	2.55	2.215	1.00	1.81
α2-γ4	-1.28	2.00	(542)	0.92						
α1-γ1	-0.64	0.50	(495)	0.79	0.87	0.85	2.55	2.55	0.64	1.39
α1-γ4	-0.64	2.00	(542)	0.94						
μ-γ1	0	0.50	(495)	0.77	0.85	0.86	2.55	2.55	0.64	1.40
μ-γ4	0	2.00	(542)	0.92						
δ1-γ1	+0.64	0.50	(495)	0.77	0.85	0.85	2.55	2.55	0.64	1.38
δ1-γ4	+0.64	2.00	(542)	0.93						
δ2-γ1	+1.28	0.50	(495)	0.70	0.80	0.82	2.55	2.55	0.64	1.34
δ2-γ4	+1.28	2.00	(542)	0.90						
δ3-γ2	+2.28	1.02	(495)	0.71	0.78	0.79	1.88	2.215	1.00	1.75
δ3-γ5	+2.28	2.12	(542)	0.85						
δ4-γ3	+3.28	1.69	(495)	0.66	0.66	0.72	1.21	1.545	1.00	1.11
δ5-γ6	+5.03	2.55	-	-						
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ Q (m<sup>3</sup>/s)</b>										<b>12.08</b>

**Σκαρίφημα διατομής:**

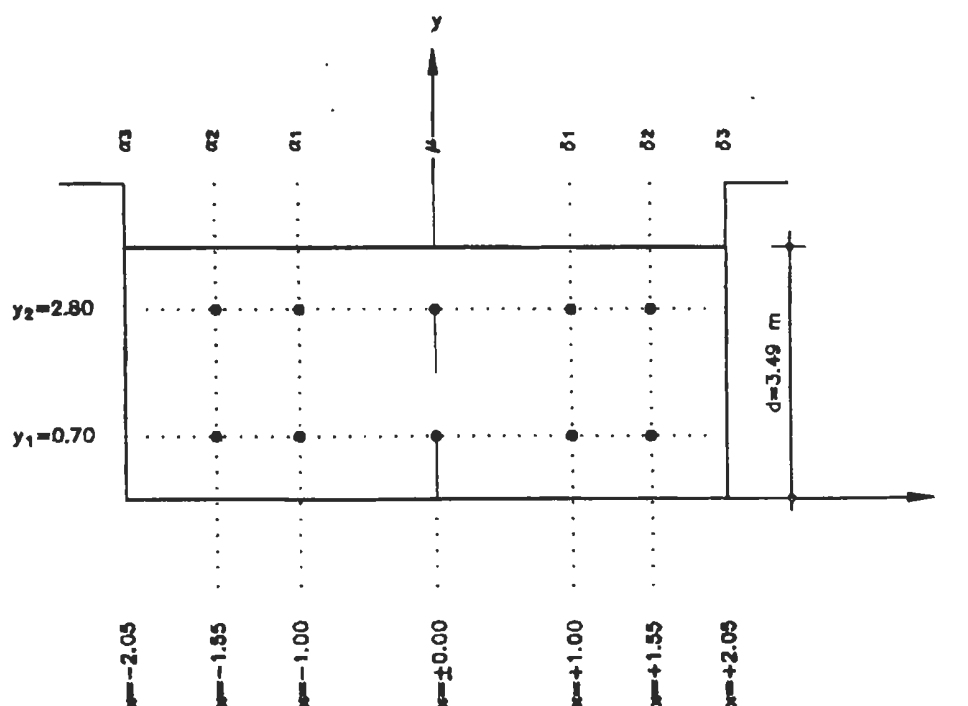
**ΘΕΣΗ Γ****Διατομή:** Τραπεζοειδής**Σημειώσεις:****Παρατηρήσεις:** Σε απόσταση 7.05 km από κεφαλή διώρυγας ΔΧΧ

Σημείο	x	y	Μυλί- σκος	V (m/s)	μ. ο. V	$\frac{V_1+V_2}{2}$	d (m)	$\frac{d_1+d_2}{2}$	b (m)	q (m <sup>3</sup> /s)
α5-γ6	-5.60	2.71	-	-	0		0			
α4-γ3	-3.57	1.83	(495)	0.81	0.81	0.40	1.28	0.64	2.03	0.52
α3-γ2	-2.57	1.19	(495)	0.81						
α3-γ5	-2.57	2.29	(542)	0.90	0.86	0.83	1.92	1.60	1.00	1.33
α2-γ1	-1.315	0.54	(495)	0.70						
α2-γ4	-1.315	2.16	(542)	0.84	0.77	0.81	2.71	2.315	1.255	2.36
α1-γ1	-0.65	0.54	(495)	0.71						1.36
α1-γ4	-0.65	2.16	(542)	0.78	0.75	0.76	2.71	2.71	0.665	
μ-γ1	0	0.54	(495)	0.75						1.31
μ-γ4	0	2.16	(542)	0.74	0.75	0.75	2.71	2.71	0.65	
δ1-γ1	+0.65	0.54	(495)	0.66						1.26
δ1-γ4	+0.65	2.16	(542)	0.70	0.68	0.71	2.71	2.71	0.65	
δ2-γ1	+1.315	0.54	(495)	0.63						1.19
δ2-γ4	+1.315	2.16	(542)	0.66	0.65	0.66	2.71	2.71	0.665	
δ3-γ2	+2.57	1.27	(495)	0.59						
δ3-γ5	+2.57	2.37	(542)	0.58	0.58	0.61	1.84	2.275	1.255	1.75
δ4-γ3	+3.57	1.97	(495)	0.47	0.47	0.53	1.14	1.49	1.00	0.78
δ5-γ6	+5.20	2.71	-	-	0	0.23	0	0.57	1.63	0.23
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ Q (m<sup>3</sup>/s)</b>										<b>12.11</b>

**Σκαρίφημα διατομής:**

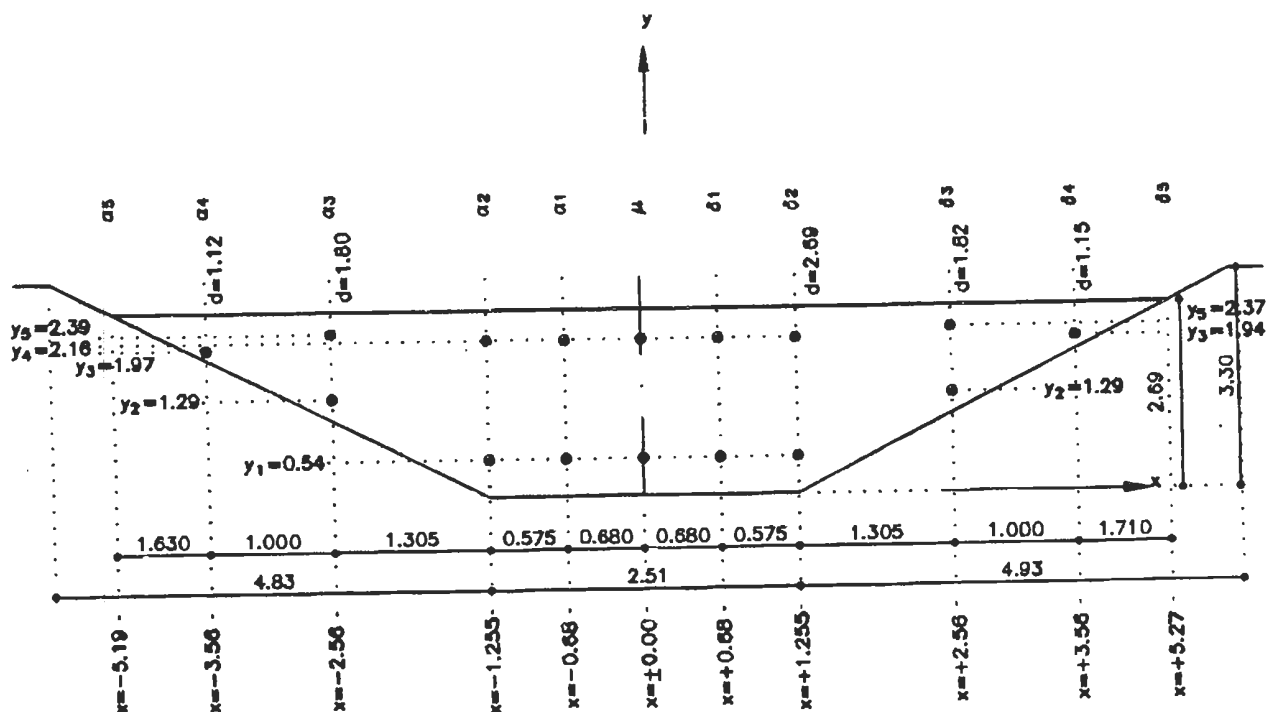
**ΘΕΣΗ Δ****Διατομή:** Ορθογωνική**Σημειώσεις:** Συναρμολή κάτω από γέφυρα**Παρατηρήσεις:** Σε απόσταση 7.93 km από κεφαλή διώρυγας ΔΧΧ

Σημείο	x	y	Μυλί- σκος	V (m/s)	μ. ο. V	$\frac{V_1+V_2}{2}$	d (m)	$\frac{d_1+d_2}{2}$	b (m)	q (m <sup>3</sup> /s)
α3-y1	-2.05	0.70	-	0			3.49			
α3-y2	-2.05	2.80	-	0	0		3.49			
α2-y1	-1.55	0.70	(495)	1.02			3.49			
α2-y2	-1.55	2.80	(542)	1.04	1.03	0.51	3.49	3.49	0.50	0.89
α1-y1	-1.00	0.70	(495)	1.02			3.49			
α1-y2	-1.00	2.80	(542)	1.05	1.03	1.03	3.49	3.49	0.55	1.98
μ-y1	0	0.70	(495)	1.08			3.49			
μ-y2	0	2.80	(542)	0.95	1.02	1.03	3.49	3.49	1.00	3.58
δ1-y1	+1.00	0.70	(495)	0.97			3.49			
δ1-y2	+1.00	2.80	(542)	0.99	0.98	1.00	3.49	3.49	1.00	3.49
δ2-y1	+1.55	0.70	(495)	0.96			3.49			
δ2-y2	+1.55	2.80	(542)	0.98	0.97	0.98	3.49	3.49	0.55	1.88
δ3-y1	+2.05	0.70	-	0			3.49			
δ3-y2	+2.05	2.80	-	0	0	0.49	3.49	3.49	0.50	0.86
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ Q (m<sup>3</sup>/s)</b>										<b>12.68</b>

**Σκαρίφημα διατομής:**

**ΘΕΣΗ Β****Διατομή:** Τραπεζοειδής**Σημειώσεις:****Παρατηρήσεις:** Σε απόσταση 9.22 km από κεφαλή διώρυγας ΔΧΧ

Σημείο	x	y	Μυλί- σκος	V (m/s)	μ. ο. V	$\frac{V_1+V_2}{2}$	d (m)	$\frac{d_1+d_2}{2}$	b (m)	q (m <sup>3</sup> /s)
α5-γ6	-5.19	2.69	-	-	0		0			
α4-γ3	-3.56	1.97	(495)	0.60	0.60	0.30	1.12	0.56	1.63	0.27
α3-γ2	-2.56	1.29	(495)	0.66						
α3-γ5	-2.56	2.39	(542)	0.70	0.68	0.64	1.80	1.46	1.00	0.93
α2-γ1	-1.255	0.54	(495)	0.64						
α2-γ4	-1.255	2.16	(542)	0.81	0.72	0.70	2.69	2.245	1.305	2.06
α1-γ1	-0.68	0.54	(495)	0.64						
α1-γ4	-0.68	2.16	(542)	0.86	0.75	0.74	2.69	2.69	0.575	1.14
μ-γ1	0	0.54	(495)	0.69						
μ-γ4	0	2.16	(542)	0.91	0.80	0.77	2.69	2.69	0.68	1.41
δ1-γ1	+0.68	0.54	(495)	0.71						
δ1-γ4	+0.68	2.16	(542)	0.90	0.80	0.80	2.69	2.69	0.68	1.47
δ2-γ1	+1.255	0.54	(495)	0.65						
δ2-γ4	+1.255	2.16	(542)	0.88	0.77	0.79	2.69	2.69	0.575	1.22
δ3-γ2	+2.56	1.27	(495)	0.68	0.74					
δ3-γ5	+2.56	2.37	(542)	0.80		0.75	1.82	2.255	1.305	2.22
δ4-γ3	+3.56	1.94	(495)	0.68	0.68	0.70	1.15	1.485	1.00	1.05
δ5-γ6	+5.27	2.69	-	-	0	0.34	0	0.575	1.71	0.33
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΟΧΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ Q (m<sup>3</sup>/s)</b>										<b>12.10</b>

**Σκαρίφημα διατομής:**

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

### ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ

Η εκτίμηση της ακρίβειας των μετρήσεων έγινε με δύο τρόπους, σύμφωνα με τα αναφερόμενα στην Παράγραφο 10 της Προδιαγραφής ISO 748-1979 (E) «Liquid flow measurement in open channels – Velocity - area method» και σύμφωνα με τις αρχές της θεωρίας σφαλμάτων.

Κατά τα αναφερόμενα στην παραπάνω Προδιαγραφή ISO 748-1979 (E), το ολικό σφάλμα μέτρησης της παροχής υπολογίζεται μετά την εκτίμηση του τυχαίου σφάλματος ( $X_1$ ) και του συστηματικού σφάλματος ( $X_2$ ), ως:

$$X_Q = \pm \sqrt{X_1^2 + X_2^2}$$

Το συστηματικό σφάλμα είναι το άθροισμα των συστηματικών σφαλμάτων των οργάνων μέτρησης του πλάτους, του βάθους και της ταχύτητας. Το τυχαίο σφάλμα είναι το άθροισμα των τυχαίων σφαλμάτων του πλάτους, του βάθους και της μέσης ταχύτητας. Το τυχαίο σφάλμα της μέσης ταχύτητας εξαρτάται από τον αριθμό των σημείων μέτρησης σε κάθε κατακόρυφη, από την ακρίβεια του οργάνου μέτρησης της ταχύτητας και από το πλήθος των κατακορύφων. Στην προκειμένη περίπτωση οι μετρήσεις στις διάφορες θέσεις της διώρυγας έγιναν σε 5 μέχρι 9 κατακόρυφες, η μέση ταχύτητα της ροής σε όλες τις διατομές είναι μεγαλύτερη από 0.65 m/s και η διάρκεια μέτρησης 30 s.

Σύμφωνα με τις παραδοχές του παραρτήματος E της ως άνω Προδιαγραφής ISO 748-1979 (E), τα τυχαία και συστηματικά σφάλματα κάθε παραμέτρου που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι:

- τυχαία σφάλματα

1. σφάλμα πλάτους:  $\pm 0.01\%$
2. σφάλμα βάθους:  $\pm 0.80\%$
3. σφάλμα μέσης ταχύτητας:
  - 3.1. λόγω κατακορύφων:  $\pm 9.00\%$
  - 3.2. λόγω χρόνου μέτρησης:  $\pm 7.50\%$
  - 3.3. λόγω πλήθους σημείων  
σε κάθε κατακόρυφο:  $\pm 7.00\%$
  - 3.4. λόγω ακρίβειας οργάνου:  $\pm 2.00\%$

- συστηματικά σφάλματα

1. σφάλμα πλάτους:  $\pm 0.005\%$

2. σφάλμα βάθους:  $\pm 0.40\%$

3. σφάλμα ταχύτητας:  $\pm 0.40\%$

Το συνολικό τυχαίο σφάλμα στην εκτίμηση της παροχής προκύπτει:

$$X_1 = \pm \sqrt{9^2 + \frac{1}{9}(0,01^2 + 0,80^2 + 7,50^2 + 7,00^2 + 2,00^2)} = \pm 9,65\%$$

Το συνολικό συστηματικό σφάλμα στην εκτίμηση της παροχής υπολογίζεται σε:

$$X_2 = \pm \sqrt{0,005^2 + 0,40^2 + 0,40^2} = \pm 0,57\%$$

Άρα το συνολικό σφάλμα στην εκτίμηση της παροχής είναι:

$$X_Q = \pm \sqrt{9,65^2 + 0,57^2} = \pm 9,66\%$$

Η εκτίμηση αυτή του συνολικού σφάλματος κρίνεται υπερβολική. Αυτό είναι αναμενόμενο γιατί η μεθοδολογία αυτή αναφέρεται κυρίως σε φυσικούς αγωγούς μεγάλου πλάτους και έτσι τη μεγαλύτερη βαρύτητα την έχει ο αριθμός των κατακορύφων, στην περίπτωση μας σφάλμα  $\pm 9\%$ .

Επειδή η διακύμανση της ταχύτητας σε κάθε κατακόρυφη δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη, κρίνεται ότι το αντιστοιχούν σφάλμα  $\pm 9\%$  είναι υπερβολικό και για το λόγο αυτό γίνεται νέα εκτίμηση του σφάλματος βασισμένη στις αρχές της θεωρίας σφαλμάτων.

Η παροχή υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = \sum_{i=1}^n (V_i E_i)$$

όπου:

$V_i$  η μετρηθείσα ταχύτητα στο σημείο  $i$

$E_i$  η αντιστοιχούσα επιφάνεια στο σημείο  $i$

$n$  το πλήθος των σημείων όπου μετράται η ταχύτητα.

Επομένως το σφάλμα παροχής που μπορεί να προκύψει υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\Delta Q = \sum_{i=1}^n \frac{\partial(E_i V_i)}{\partial V_i} \Delta V_i + \sum_{i=1}^n \frac{\partial(E_i V_i)}{\partial E_i} \Delta E_i$$

όπου:

$\Delta Q$  το σφάλμα παροχής

$\Delta V_i$  το σφάλμα μέτρησης της ταχύτητας στο σημείο  $i$

$\Delta E_i$  το σφάλμα μέτρησης επιφάνειας

Παραγωγίζοντας την παραπάνω σχέση καταλήγουμε στην εξίσωση:

$$\Delta Q = \sum_{i=1}^n (E_i \Delta V_i) + \sum_{i=1}^n (V_i \Delta E_i)$$

Αν το σφάλμα  $\Delta E_i$  το προσεγγίσουμε με  $\Delta E/n$ , όπου  $\Delta E$  το συνολικό σφάλμα επιφανείας, προκύπτει η τελική σχέση:

$$\Delta Q = \sum_{i=1}^n (E_i \Delta V_i) + \frac{\Delta E}{n} \sum_{i=1}^n (V_i)$$

Στη σχέση αυτή το  $\Delta V_i$  είναι η μεγαλύτερη προκύπτουσα τιμή από τις διαφορές:  $(V_{\max} - V_m)$  ή  $(V_{\min} - V_m)$

και το  $\Delta E$  υπολογίζεται, για τραπεζοειδή διατομή, ως εξής:

$$E = bh + zh^2$$

οπότε:

$$\Delta E = \frac{\partial E}{\partial b} \Delta b + \frac{\partial E}{\partial h} \Delta h = h \Delta b + (b + 2zh) \Delta h$$

Στις παραπάνω εξισώσεις είναι:

$E$  η συνολική βρεχόμενη επιφάνεια της διατομής που γίνεται η μέτρηση

$b$  το πλάτος του πυθμένα της διατομής

$z$  η κλίση των πρανών

$h$  το βάθος ροής

$\Delta E$  το σφάλμα επιφανείας

$\Delta b$  το σφάλμα μέτρησης οριζοντίων μηκών

$\Delta h$  το σφάλμα μέτρησης κατακορύφων διαστάσεων

Στον Πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι υπολογισμοί του σφάλματος υπολογισμού των παροχών σε κάθε θέση.

Θέση	b	Z	h	$\Delta E$	n	E	$\Delta V$	$\Sigma V$	$\Delta Q$	Q	$\Delta Q/Q$
--	(m)	--	(m)	(m <sup>2</sup> )	--	(m <sup>2</sup> )	(m/s)	(m/s)	(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>3</sup> /s)	(%)
A	7.00	0	2.54	0.153	14	17.78	0.02	10.12	0.466	11.68	4.00
E	2.56	1.495	2.55	0.216	16	16.25	0.01	12.91	0.337	12.08	3.00
Γ	2.63	1.51	2.71	0.230	16	18.22	0.01	11.33	0.344	12.11	3.00
Δ	4.10	0	3.49	0.100	10	14.31	0.03	10.06	0.529	11.80	4.50
B	2.51	1.495	2.69	0.225	16	17.57	0.01	11.87	0.342	12.10	3.00

Η εκτίμηση του σφάλματος υπολογισμού της παροχής που βασίζεται στις αρχές της θεωρίας των σφαλμάτων θεωρείται πλέον αξιόπιστη και είναι αυτή που υιοθετείται.

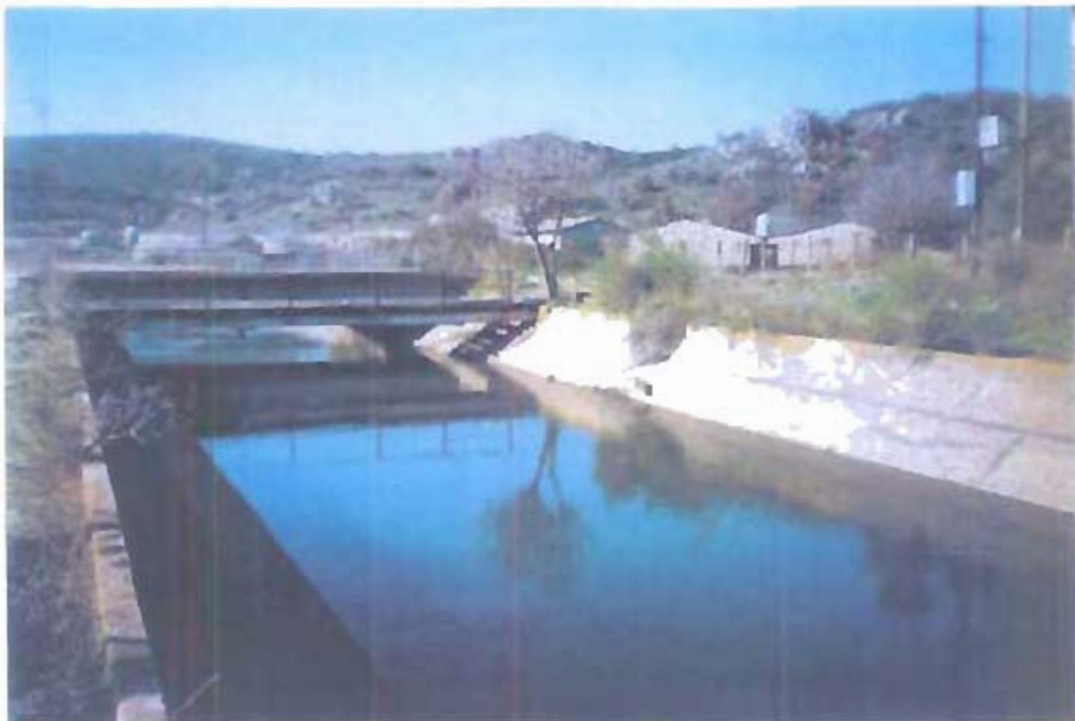


**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ**  
**ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΘΕΣΕΩΝ**

**ΘΕΣΗ Α**



**ΘΕΣΗ Β**



**ΘΕΣΗ Γ**



**ΘΕΣΗ Δ**



**ΘΕΣΗ Ε**



## **ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

**Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ**, Δρ. Μηχανικός, Επικ. Καθηγητής ΕΜΠ

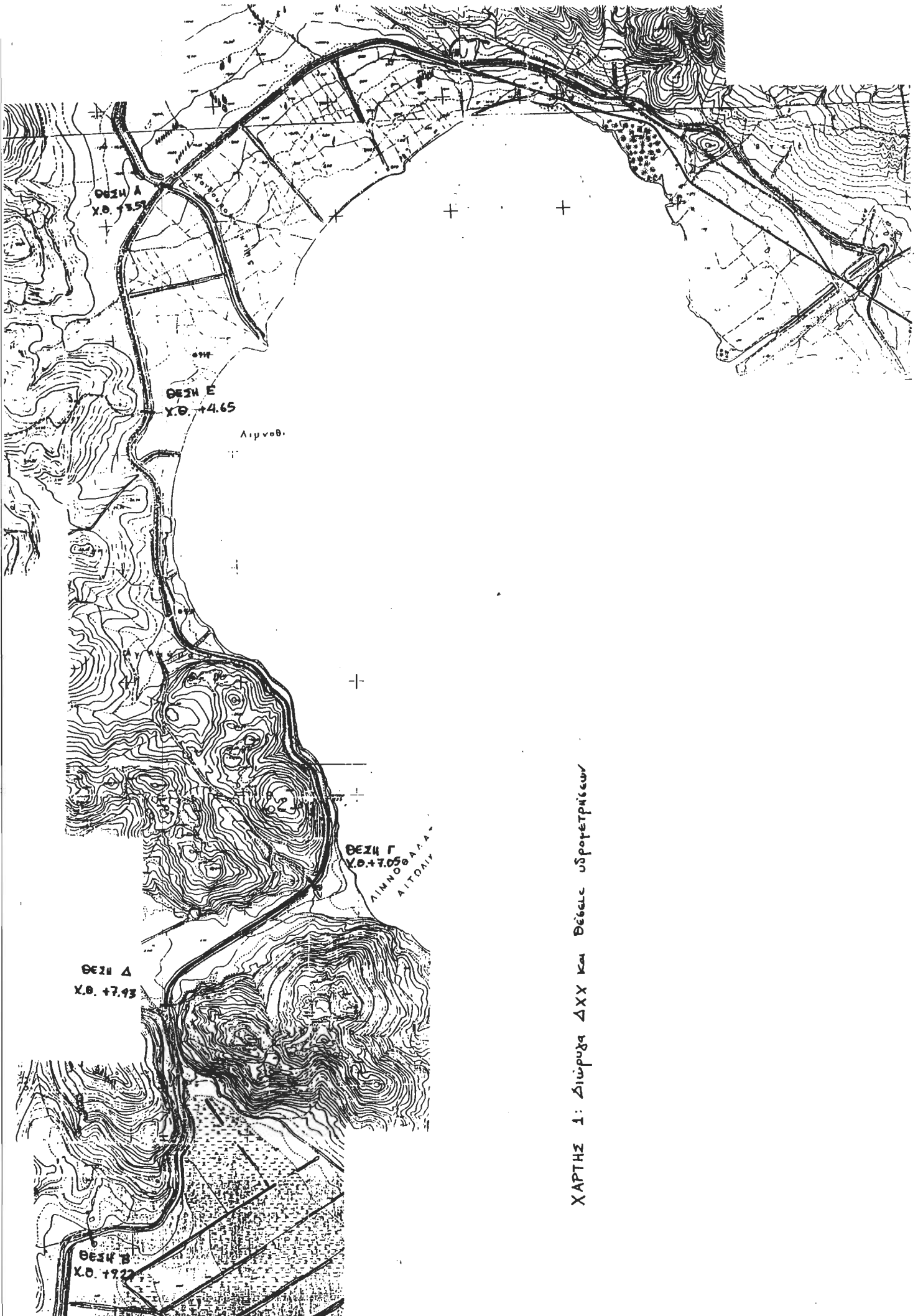
**Ν. ΜΑΜΑΣΗΣ**, Δρ. Μηχανικός ΕΜΠ

**Δ. ΖΑΡΡΗΣ**, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, Μ. Sc Υδρολογίας

**Ι. ΓΑΒΡΙΗΛΙΔΗΣ**, Πολιτικός Μηχανικός

**Τ. ΠΑΠΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ**, Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ

**Μ. ΛΑΣΗΘΙΩΤΑΚΗΣ**, Τεχνικός



ΧΑΡΤΗΣ 1: Διώρυγα ΔΧΧ και θέσεις υδρομετρήσεων