



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ»

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΙΩΑΝΝΗΣ Β. ΣΟΥΛΗΣ

ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΔΑΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΤΟΥ ΤΕΜΕΝΟΥΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΕΔΙΑΔΑ ΤΗΣ ΔΡΑΜΑΣ

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΦΙΝΔΑΝΗΣ 1288

Ξάνθη 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας είναι η διεξαγωγή μίας αναγνωριστικής μελέτης για τον σχεδιασμό ενός εξωτερικού υδραγωγείου που θα μεταφέρει νερό από το φράγμα του Τεμένους προς την πεδιάδα της Δράμας. Το νερό που θα καταλήγει στην πεδιάδα της Δράμας θα χρησιμοποιηθεί για άρδευση των γεωτεμαχίων της περιοχής. Επίσης, έμφαση δόθηκε στην χρήση Η/Υ κατά την διάρκεια του σχεδιασμού και στην προσομοίωση του υδραγωγείου με εμπορικά λογισμικά. Το συγκεκριμένο υδραγωγείο θα συνεισφέρει σημαντικά στην ανάπτυξη της αγροτικής παραγωγής στην περιοχή της Δράμας και επομένως στην οικονομική ανάπτυξη.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Ιωάννη Β. Σούλη για την πολύτιμη βοήθεια του κατά την διάρκεια της εκπόνησης αυτής της εργασίας όπως και τους γονείς μου για την συνεχή υποστήριξη τους.

Αυτή η σελίδα έμεινε επίτηδες κενή

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία διαρθρώνεται σε εννιά κεφάλαια στα οποία παρουσιάζονται η χρήση των βασικών αρχών της Μηχανικής των Ρευστών, τα λογισμικά που θα χρησιμοποιηθούν για τον σχεδιασμό του δικτύου, το προς σχεδιασμό δίκτυο, τα τμήματα του και τέλος ορισμένα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Ειδικότερα, στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται ορισμένες γενικότητες σχετικά με τα υδραγωγεία μεταφοράς ύδατος και παρουσιάζεται η ανάγκη για την χρήση Η/Υ με σκοπό την προσομοίωση υδραυλικών ροών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναπτύσσονται οι βασικές αρχές της φυσικής που διέπει την κίνηση των ρευστών. Επίσης, παρουσιάζεται μέρος της θεωρίας της υδραυλικής κλειστών και ανοικτών αγωγών το οποίο θα φανεί ωφέλιμο για την κατανόηση των επόμενων κεφαλαίων.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται λόγος για το υδραυλικό δίκτυο το οποίο θα μελετήσουμε στην παρούσα εργασία ενώ ταυτόχρονα γίνεται μία εισαγωγή στα διάφορα τμήματα του, στην παροχή σχεδιασμού και στα υλικά των σωληνώσεων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μία σύντομη παρουσίαση στον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η συλλογή των τοπογραφικών δεδομένων που είναι απαραίτητα για τον σχεδιασμό του δικτύου. Επιπλέον, δίνονται ορισμένες γενικότητες για τα λογισμικά WaterCad και HEC-RAS που θα χρησιμοποιηθούν κατά τον σχεδιασμό του δικτύου. Τέλος, αναπτύσσεται η μέθοδος για την δημιουργία μοντέλων στο περιβάλλον των λογισμικών αυτών.

Έπειτα, από το πέμπτο μέχρι το όγδοο κεφάλαιο, παρουσιάζονται οι προτεινόμενες λύσεις για τα τέσσερα τμήματα του υδραγωγείου. Σε κάθε κεφάλαιο δίνεται η διαδρομή που ακολουθεί το αντίστοιχο τμήμα του υδραγωγείου και το προφίλ της ροής για διαφορετικά σενάρια.

Τέλος, στο ένατο κεφάλαιο, συνοψίζονται τα συμπεράσματα και τα σημαντικότερα σημεία της παρούσας εργασίας ενώ αναπτύσσονται σημεία στα οποία μπορεί να γίνει περεταίρω έρευνα.

Αυτή η σελίδα έμεινε επίτηδες κενή

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Κλειστοί και ανοικτοί αγωγοί.....	9
2.1 Εισαγωγή.....	9
2.2 Αρχή διατήρησης της ορμής και της ενέργειας	9
2.3 Αρχή διατήρησης της μάζας	11
2.4 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά αγωγών	12
2.5 Πιεζομετρική γραμμή και γραμμή ενέργειας.....	14
2.6 Είδη ροών σε αγωγούς	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Το υπό σχεδιασμό δίκτυο.....	19
3.1 Εισαγωγή.....	19
3.2 Τμήματα του υδραγωγείου.....	20
3.3 Παροχή σχεδιασμού και διαστασιολόγηση.....	21
3.4 Υλικά των σωληνώσεων	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Συλλογή δεδομένων και προσομοίωση.....	25
4.1 Εισαγωγή.....	25
4.2 Συλλογή τοπογραφικών δεδομένων	25
4.3 Σχεδιασμός μηκοτομών.....	27
4.4 Εισαγωγή δεδομένων στο WaterCad	29
4.5 Δημιουργία μοντέλου στο WaterCad.....	30
4.6 Τρέξιμο μοντέλου στο WaterCad και αποτελέσματα	35
4.7 Εισαγωγή δεδομένων στο HEC-RAS	39
4.8 Τρέξιμο μοντέλου στο HEC-RAS και αποτελέσματα	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Πρώτο τμήμα του υδραγωγείου	49
5.1 Εισαγωγή.....	49
5.2 Αρχικός σχεδιασμός.....	49
5.3 Τελικός σχεδιασμός	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Δεύτερο τμήμα του υδραγωγείου.....	61
6.1 Εισαγωγή.....	61
6.2 Σχεδιασμός αγωγού.....	61
6.3 Σχεδιασμός αντλιοστασίου	64
6.4 Αποτελέσματα.....	66

6.5 Αντιπληγματική προστασία	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Τρίτο τμήμα του υδραγωγείου	71
7.1 Εισαγωγή.....	71
7.2 Αρχικός σχεδιασμός	71
7.3 Τελικός σχεδιασμός	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Τέταρτο τμήμα του υδραγωγείου.....	85
8.1 Εισαγωγή.....	85
8.2 Σχεδιασμός	85
8.3 Αποτελέσματα για την παροχή σχεδιασμού	89
8.4 Αποτελέσματα για ακραία τιμή της παροχής.....	97
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 Συμπεράσματα	105
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	107
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	109

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή

Το νερό είναι ένα από τα βασικότερα στοιχεία της ζωής. Τα πρώτα κύτταρα ξεκίνησαν να αναπτύσσονται εντός των ωκεανών του πλανήτη μας και αφού σχημάτισαν πολυκύτταρους οργανισμούς εξαπλώθηκαν στην στεριά. Από τότε όλοι οργανισμοί συμπεριλαμβανόμενου και του ανθρώπου έχουν ανάγκη από νερό για να ζήσουν το οποίο βρίσκουν ελεύθερο στην φύση. Ο άνθρωπος χρησιμοποιώντας τις γνώσεις και την ευφυΐα του κατάφερε να εκμεταλλευτεί τους φυσικούς υδατικούς πόρους και να χτίσει υδραγωγεία ώστε να μεταφέρει νερό σε μακρινές αποστάσεις.

Στις μέρες μας υδραγωγεία χρησιμοποιούνται κυρίως για υδροδοτήσεις πόλεων και για αρδευτικούς σκοπούς. Η λειτουργία τους βασίζεται στις αρχές της ρευστομηχανικής, δηλαδή του κλάδου της φυσικής που μελετά την κίνηση των ρευστών. Η κίνηση των ρευστών σε αρκετές περιπτώσεις είναι περίπλοκη και ως εκ τούτου για την διεξαγωγή αποτελεσμάτων πραγματοποιούνται απλουστευτικές παραδοχές οι οποίες είναι πιθανό να αλλοιώνουν εν τέλει τα αποτελέσματα. Άλλωστε ο σχεδιασμός ενός υδραγωγείου είναι αναγκαίο να ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα. Γι' αυτό τον λόγο επίσης αναγκαία είναι η χρήση Η/Υ για την προσομοίωση των υδραυλικών δικτύων.

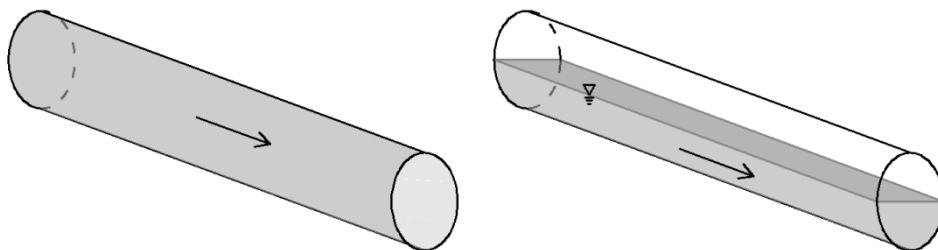
Στην παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία γίνεται μία αναγνωριστική μελέτη ενός υδραγωγείου μεταφοράς ύδατος από το φράγμα που πρόκειται να δημιουργηθεί στο Τέμενος προς την πεδιάδα της Δράμας. Ο σχεδιασμός πραγματοποιήθηκε με την χρήση προγραμμάτων προσομοίωσης υδραυλικών δικτύων. Ειδικότερα, για την προσομοίωση κλειστών αγωγών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό WaterCad της Bentley ενώ για την προσομοίωση ανοικτών αγωγών έγινε χρήση του λογισμικού HEC-RAS του Αμερικάνικου υπουργείου Αμύνης. Υπολογίστηκαν οι παροχές για διαφορετικούς σχεδιασμούς αλλά και έγινε έλεγχος για τυχόν προβλήματα στους σχεδιασμούς αυτούς, όπως π.χ. η ανάπτυξη αρνητικών πιέσεων.

Αυτή η σελίδα έμεινε επίτηδες κενή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Κλειστοί και ανοικτοί αγωγοί

2.1 Εισαγωγή

Στην μελέτη για την μεταφορά ύδατος από το φράγμα του Τεμένους προς την πεδιάδα της Δράμας χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις κλειστοί αγωγοί και ένας ανοικτός αγωγός. Συνεπώς, είναι σημαντικό στο παρόν κεφάλαιο να παρουσιασθούν οι βασικές θεωρητικές έννοιες και τις εξισώσεις που διέπουν τους κλειστούς και ανοικτούς αγωγούς. Καταρχήν πρέπει να ορισθούν αυτά τα δύο είδη αγωγών. Ως κλειστοί χαρακτηρίζονται οι αγωγοί εντός των οποίων η ροή δεν εμφανίζει ελεύθερη επιφάνεια. Αντίθετα, ως ανοικτοί χαρακτηρίζονται οι αγωγοί εντός των οποίων η ροή πραγματοποιείται με ελεύθερη επιφάνεια εκτεθειμένη στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 2.1: Στα δεξιά ένας ανοικτός αγωγός και στα αριστερά ένας κλειστός αγωγός.

2.2 Αρχή διατήρησης της ορμής και της ενέργειας

Καθώς το υπό μεταφορά ρευστό είναι το νερό, το ιξώδες του δημιουργεί τύρβη και ως εκ τούτου θα μελετηθούν αποκλειστικά τυρβώδεις ροές. Ως εκ τούτου, η ανάλυση θα γίνει χρησιμοποιώντας την αρχή διατήρησης της ενέργειας και όχι την αρχή διατήρησης της ορμής η οποία εκφράζεται από τις εξισώσεις Navier-Stokes. Οι εξισώσεις Navier-Stokes για Νευτώνεια ρευστά όπως το νερό γράφονται σε διανυσματική μορφή ως εξής (Σούλης, 2004):

$$\rho \frac{D\vec{V}}{Dt} = -\nabla p + \rho \vec{g} + \mu \nabla^2 \vec{V} \quad (2-1)$$

όπου ρ η πυκνότητα του ρευστού, p το πεδίο πίεσεως, μ το δυναμικό ιξώδες, $\vec{g}$ η ένταση της βαρύτητας και $\vec{V}$ το πεδίο ταχύτητας. Παρατηρείται ότι οι εξισώσεις αυτές έχουν δύσκολη μορφή διότι είναι μερικές διαφορικές εξισώσεις δεύτερης τάξεως.

Έπειτα, η αρχή διατηρήσεως της ενέργειας για ιδανικές ροές εκφράζεται από την εξίσωση Bernoulli η οποία εάν εφαρμοστεί για τα σημεία 1 και 2 σε ιδανική μορφή, Σχήμα 2.1, γράφεται

$$\frac{p_1}{\rho g} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (2-2)$$

Η παραπάνω εξίσωση συνοπτικά γράφεται,

$$H_1 = H_2 \quad (2-3)$$

όπου H_1 και H_2 είναι οι τιμές του ολικού φορτίου στα σημεία 1 και 2 αντίστοιχα. Το ολικό φορτίο είναι άθροισμα τριών όρων: του φορτίου πίεσεως $p/\rho g$, του φορτίου θέσης z και του φορτίου ταχύτητας $V^2/2g$. Ο όρος $(p/\rho g + z)$ καλείται πιεζομετρικό φορτίο.

Στην πράξη οι ροές που παρουσιάζουν ενδιαφέρον έχουν μη μηδενικό ιξώδες και ως εκ τούτου τροποποιείται η Εξ. (2-3) προσθέτοντας έναν επιπλέον όρο. Έτσι γίνεται,

$$H_1 = H_2 + h_f \quad (2-4)$$

Οι γραμμικές απώλειες φορτίου h_f της ροής κατά την κίνηση της από το σημείο 1 προς το σημείο 2 εκφράζουν την μηχανική ενέργεια ανά μονάδα βάρους ρευστού που μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια εξαιτίας των τριβών του ρευστού. Οι απώλειες φορτίου υπολογίζονται από ημι-εμπειρικές σχέσεις. Στους κλειστούς αγωγούς συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις Darcy-Weisbach και Hazen-Williams. Στους ανοικτούς αγωγούς συνήθως χρησιμοποιούνται οι εξισώσεις του Manning και του Chezy. Οι παραπάνω εξισώσεις με την σειρά που αναφέρθηκαν είναι οι εξής (Giles, 1962):

$$S_f = f \frac{V^2}{2gD} \quad \text{Darcy-Weisbach} \quad (2-5)$$

$$Q = 0.2785CD^{2.63}S_f^{0.54} \quad \text{Hazen-Williams} \quad (2-6)$$

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} \sqrt{S_f} \quad \text{Manning} \quad (2-7)$$

$$V = C \sqrt{RS_f} \quad \text{Chezy} \quad (2-8)$$

όπου S_f η κλίση τριβής, V η ταχύτητα της ροής και Q η παροχή. Η κλίση τριβής συνδέεται με τις γραμμικές απώλειες φορτίου h_f με την σχέση

$$h_f = S_f L \quad (2-9)$$

όπου L η απόσταση μεταξύ των σημείων 1 και 2.

Τέλος, να σημειωθεί ότι στα ειδικά τεμάχια ενός υδραυλικού δικτύου, όπως βαλβίδες και αλλαγές της διαμέτρου του αγωγού, παρουσιάζονται τοπικές απώλειες φορτίου $h_{f(L)}$ οι οποίες αποτελούν ένα ποσοστό του κινητικού φορτίου της ροής, δηλαδή,

$$h_{f(L)} = k \frac{V^2}{2g} \quad (2-10)$$

όπου k ένας συντελεστής που εξαρτάται από τις τοπικές εφαρμογές.

2.3 Αρχή διατηρήσεως της μάζας

Η διαφορική μορφή της αρχής διατήρησης της μάζας δίνεται από την εξίσωση,

$$\nabla \cdot (\rho \vec{V}) + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (2-11)$$

Στην περίπτωση που ενδιαφέρουν ροές ύδατος σε αγωγούς είναι απλούστερη η χρήση των ολοκληρωτικών μορφών της αρχής διατήρησης της μάζας. Καθώς το νερό σε μικρές ταχύτητες μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ασυμπίεστο ρευστό, η εξίσωση της συνέχειας για έναν σωλήνα γράφεται,

$$Q = \text{σταθερό} \quad (2-12)$$

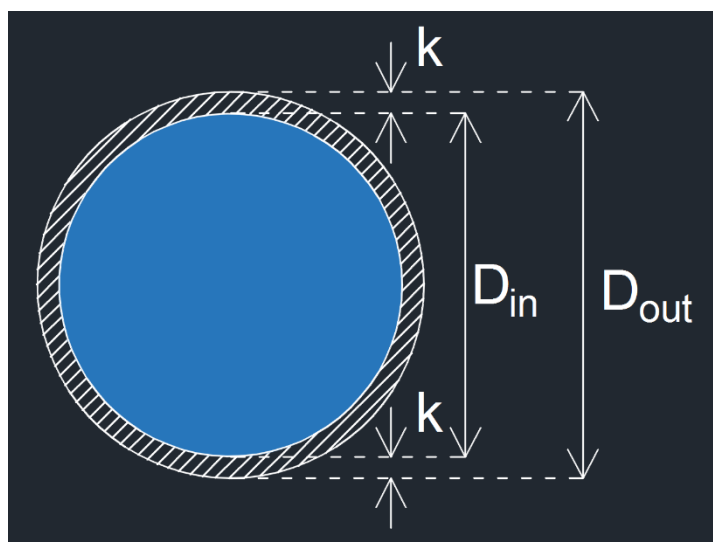
Δηλαδή, κάθε διατομή ενός σωλήνα στην μονάδα του χρόνου διαρρέεται από τον ίδιο όγκο ύδατος. Για έναν ανοικτό αγωγό η εξίσωση της συνέχειας γράφεται,

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (2-13)$$

Εάν η ροή στον ανοικτό αγωγό είναι μόνιμη, η Εξ. (2-13) εκφυλίζεται στην Εξ. (2-12) και ως εκ τούτου κάθε διατομή ενός ανοικτού αγωγού διαρρέεται από την ίδια ποσότητα ύδατος στην μονάδα του χρόνου.

2.4 Γεωμετρικά χαρακτηριστικά αγωγών

Η γεωμετρία των κλειστών αγωγών είναι πολύ απλή διότι στις περισσότερες μελέτες χρησιμοποιούνται σωλήνες σταθερής διαμέτρου. Ως εκ τούτου, η διατομή ενός σωλήνα περιγράφεται από την εσωτερική και εξωτερική διάμετρο του (Εικόνα 2.2).



Εικόνα 2.2 Η διατομή ενός σωλήνα.

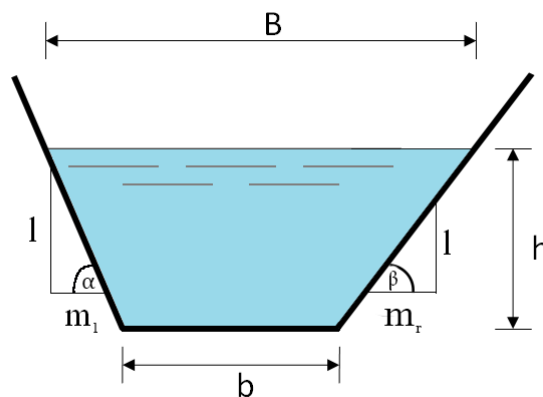
Στους υδραυλικούς υπολογισμούς εμπλέκεται η εσωτερική διάμετρος ενώ η εξωτερική διάμετρος καθορίζει την αντοχή του αγωγού σε ορθές τάσεις διότι σχετίζεται άμεσα με το πάχος k του σωλήνα. Συγκεκριμένα ισχύει η εξίσωση,

$$k = \frac{D_{ex} - D_{in}}{2} \quad (2-14)$$

Έπειτα, η περιγραφή της γεωμετρίας ενός ανοικτού αγωγού απαιτεί περισσότερες παραμέτρους. Οι παράμετροι αυτοί είναι: το πλάτος διατομής B , η βρεχόμενη περίμετρος P , η υδραυλική ακτίνα R και το βάθος ροής h . Ως πλάτος διατομής ορίζεται το πλάτος της ελεύθερης επιφάνειας του ύδατος σε μία διατομή. Ως βρεχόμενη περίμετρος P ορίζεται το μήκος του τοιχώματος του αγωγού που βρέχεται από το νερό. Έπειτα, ως υδραυλική ακτίνα R ορίζεται ο λόγος του εμβαδού της διατομής προς την βρεχόμενη περίμετρο, ήτοι,

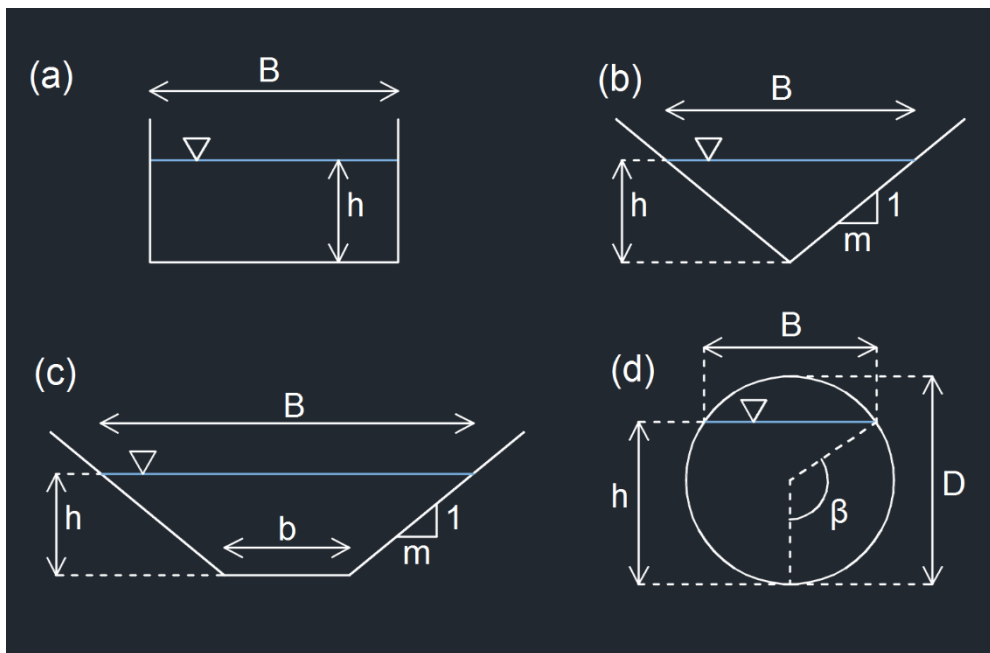
$$R = \frac{A}{P} \quad (2-15)$$

Τέλος, το βάθος ροής h είναι η κατακόρυφη απόσταση του χαμηλότερου σημείου της διατομής από την ελεύθερη επιφάνεια του ύδατος. Τα παραπάνω παρουσιάζονται στην Εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3 Οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν μία διατομή ενός ανοικτού αγωγού.

Η διατομή της Εικόνας 2.3 είναι μία γενική περίπτωση διατομής. Εάν οι κλίσεις των πρανών m_1 και m_2 είναι ίσες μεταξύ τους τότε η διατομή είναι τραπεζοειδής. Εάν επιπλέον ισχύει και $b=0$ τότε η διατομή είναι τριγωνικού σχήματος. Έπειτα, στην περίπτωση που $m_1=m_2=0$ η διατομή είναι ορθογωνική. Ένας αγωγός που έχει κάποια από τις παραπάνω διατομές ονομάζεται αγωγός ανοικτής διατομής διότι η συνάρτηση $B=B(h)$ είναι αύξουσα για κάθε τιμή του h . Εάν αυτή η συνθήκη δεν ισχύει, ο αγωγός χαρακτηρίζεται ως κλειστής διατομής. Σε αυτή την περίπτωση η συνάρτηση $B=B(h)$ δεν είναι αύξουσα για κάθε τιμή του h . Μία τέτοια περίπτωση αγωγού είναι ένας ανοικτός αγωγός με κυκλική διατομή, Εικόνα 2.4.



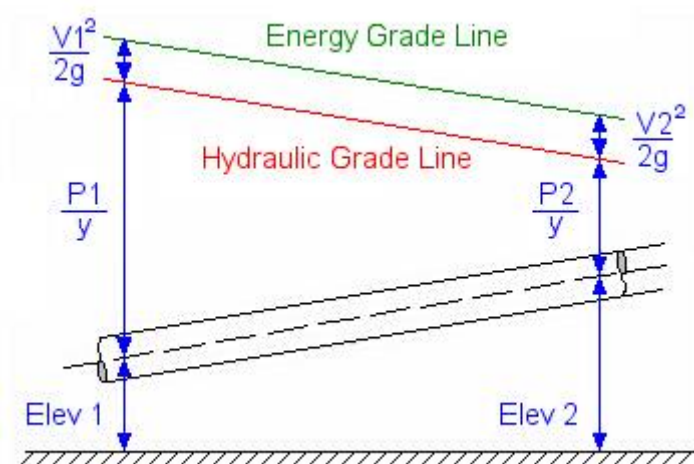
Εικόνα 2.4:(α) Ορθογωνική διατομή, (β) Τριγωνική διατομή, (γ) Τραπεζοειδής διατομή και (δ) Κυκλική διατομή.

2.5 Πιεζομετρική γραμμή και γραμμή ενέργειας

Ένας ποιοτικός αλλά σημαντικός τρόπος ανάλυσης των υδραυλικών αγωγών είναι η χρήση της γραμμής ενέργειας και της πιεζομετρικής γραμμής. Η γραμμή ενέργειας (ή γραμμή ολικού φορτίου) είναι η γραφική παράσταση του ολικού φορτίου H συναρτήσει της απόστασης από την αρχή του αγωγού. Ομοίως, η πιεζομετρική γραμμή είναι η γραφική παράσταση του πιεζομετρικού φορτίου $(z+p/\rho g)$ συναρτήσει της απόστασης από την αρχή του αγωγού. Η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της γραμμής ενέργειας και της πιεζομετρικής γραμμής σε μία διατομή είναι ίση με το φορτίο ταχύτητας $V^2/2g$ σε αυτή την διατομή.

Σε έναν κλειστό αγωγό σταθερής διαμέτρου, Εικόνα 2.5, η γραμμή ενέργειας και η πιεζομετρική γραμμή είναι παράλληλες διότι το φορτίο ταχύτητας είναι σταθερό κατά μήκος του αγωγού. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατόν να θεωρηθεί πως το φορτίο ταχύτητας είναι αμελητέο και ως εκ τούτου γίνεται η παραδοχή πως οι γραμμές αυτές ταυτίζονται. Στην Εικόνα 2.5 η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται πάνω από τον άξονα του σωλήνα. Έτσι, στην κατάσταση της Εικόνας 2.5 ο αγωγός έχει πίεση μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής (υπερπίεση). Αντίθετα, εάν η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται χαμηλότερα του άξονα του αγωγού, η πίεση εντός του αγωγού είναι χαμηλότερη

της ατμοσφαιρικής (υποπίεση). Ο σχεδιασμός που συνεπάγεται υποπίεσεις πρέπει να αποφεύγεται διότι αυξάνεται ο κίνδυνος σπηλαίωσης.

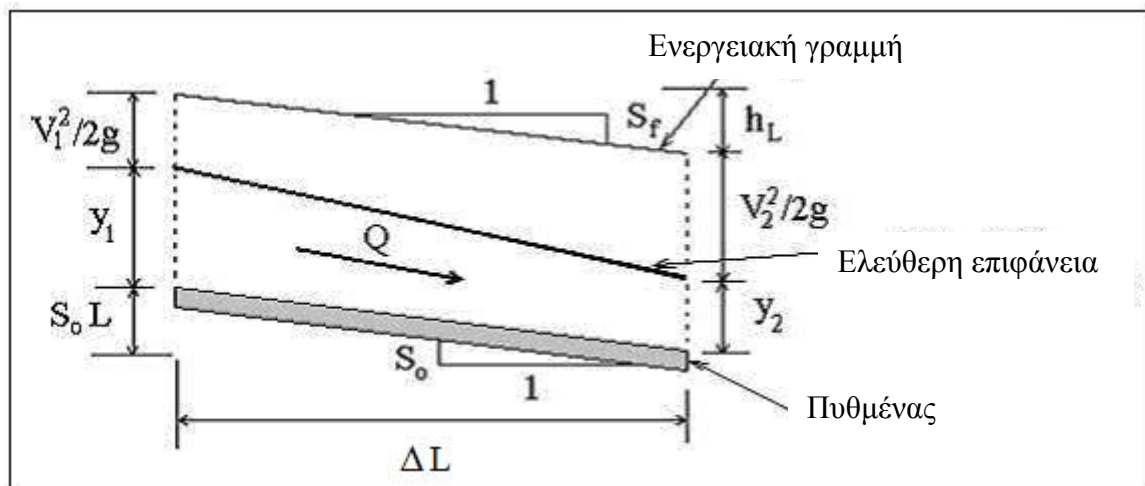


Εικόνα 2.5 Η γραμμή ενέργειας και η πιεζομετρική γραμμή σε έναν κλειστό αγωγό.

Σε έναν ανοικτό αγωγό με μικρή κατά μήκος κλίση γίνεται η υπόθεση ότι η κατανομή της πίεσης εντός της ροής είναι υδροστατική. Άμεση συνέπεια αυτής της υποθέσεως είναι η ταύτιση της πιεζομετρικής γραμμής ενός ανοικτού αγωγού με την ελεύθερη επιφάνεια της ροής. Επιπλέον, σε έναν ανοικτό αγωγό το βάθος ροής σε μία διατομή ισούται με το φορτίο πίεσης, ήτοι

$$h = \frac{p}{\rho g} \quad (2-16)$$

Το βάθος ροής μπορεί να μεταβάλλεται κατά μήκος ενός ανοικτού αγωγού με αποτέλεσμα το φορτίο ταχύτητας να είναι διαφορετικό από διατομή σε διατομή. Άρα σε έναν ανοικτό αγωγό, η γραμμή ενέργειας δεν είναι υποχρεωτικά παράλληλη με την πιεζομετρική γραμμή (ελεύθερη επιφάνεια), Εικόνα 2.6.



Εικόνα 2.6 Η γραμμή ενέργειας και η πιεζομετρική γραμμή σε έναν ανοικτό αγωγό.

2.6 Είδη ροών σε αγωγούς

Οι ροές σε αγωγούς έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία προσδίδουν σε αυτές ορισμένες ιδιότητες. Ακριβώς για αυτό τον λόγο είναι ωφέλιμο να ταξινομηθούν τα είδη των διάφορων ροών που μπορεί να συναντήσει ένας υδραυλικός μηχανικός.

Ταξινόμηση βάσει του αριθμού Reynolds

Ο αριθμός Reynolds ορίζεται ως ο λόγος των δυνάμεων αδράνειας προς τις δυνάμεις συνεκτικότητας στο εσωτερικό μίας ροής. Ο αριθμός αυτός για ροή σε σωλήνες δίνεται από την σχέση,

$$Re = \frac{VD}{\nu} \quad (2-17)$$

όπου ν το κινηματικό ιξώδες, V η μέση ταχύτητα της ροής και D η διάμετρος του σωλήνα. Βάσει αυτού του αριθμού πραγματοποιείται ταξινόμηση των ροών σε στρωτές, μεταβατικές ή τυρβώδεις. Σε μία στρωτή ροή τα σωματίδια του ρευστού κινούνται παράλληλα μεταξύ τους σε στρώσεις διότι οι δυνάμεις συνεκτικότητας επικρατούν έναντι των δυνάμεων αδράνειας. Αντίθετα, σε μία τυρβώδη ροή τα σωματίδια του ρευστού κινούνται τυχαία και ακανόνιστα. Επίσης, οι δυνάμεις αδράνειας επικρατούν έναντι των δυνάμεων συνεκτικότητας. Στην μεταβατική ροή επικρατεί μία ενδιάμεση κατάσταση.

Εάν σε έναν κλειστό αγωγό ισχύει $Re < 2000.0$ η ροή είναι στρωτή. Αλλιώς αν $Re > 4000.0$ η ροή είναι τυρβώδης. Για ενδιάμεσες τιμές του αριθμού Re η ροή είναι μεταβατική. Έπειτα, η ροή σε έναν

ανοικτό αγωγό είναι στρωτή στην περίπτωση που $Re < 500.0$ ενώ είναι τυρβώδης όταν $Re > 12500.0$. Να σημειωθεί πως οι αριθμητικές τιμές που αναφέρονται δεν είναι απόλυτες και έχουν προκύψει από πειραματικά δεδομένα. Οι ροές που ενδιαφέρουν αφορούν νερό που είναι συνήθως τυρβώδεις λόγω του μικρού ιξώδους του.

Ταξινόμηση βάσει του αριθμού Froude

Ο αριθμός Froude ορίζεται μόνο για την περίπτωση ροών με ελεύθερη επιφάνεια και είναι ο λόγος της μέσης ταχύτητας V σε μία διατομή ενός αγωγού προς την ταχύτητα διάδοσης C μικρών επιφανειακών κυμάτων, ήτοι

$$Fr = \frac{V}{C} = \frac{V}{\sqrt{gy_h}} \quad (2-18)$$

όπου y_h το υδραυλικό βάθος στην διατομή ($y_h = A/B$). Στην περίπτωση που $Fr < 1$, τότε η ροή ονομάζεται υποκρίσιμη. Αντίθετα, εάν $Fr > 1$, η ροή ονομάζεται υπερκρίσιμη. Τέλος, εάν $Fr = 1$ η ροή χαρακτηρίζεται ως κρίσιμη και το βάθος ροής χαρακτηρίζεται ως κρίσιμο βάθος.

Εάν δημιουργηθεί μία επιφανειακή διαταραχή σε μία υποκρίσιμη ροή, αυτή θα μεταδοθεί και προς τα ανάντη και προς τα κατόντη. Όμως σε μία υπερκρίσιμη ροή, μία επιφανειακή διαταραχή μπορεί να μεταδοθεί μόνο προς τα κατόντη. Έτσι μία υποκρίσιμη ροή ελέγχεται από τα κατόντη ενώ μία υπερκρίσιμη από τα ανάντη.

Αυτή η σελίδα έμεινε επίτηδες κενή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Το υπό σχεδιασμό δίκτυο

3.1 Εισαγωγή

Ο σκοπός της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι μία αναγνωριστική μελέτη ενός υδραυλικού δικτύου το οποίο θα μεταφέρει νερό από τον ταμιευτήρα του φράγματος που πρόκειται να κατασκευαστεί στην περιοχή του Τεμένους παρά του ποταμού Νέστου προς την πεδιάδα της Δράμας. Η κατασκευή του φράγματος θα προκαλέσει την συσσώρευση των υδάτων του Νέστου με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός ταμιευτήρα ανάντη του. Συγκεκριμένα το φράγμα του Τεμένους θα δέχεται την εκροή των φραγμάτων του Θησαυρού και της Πλατανοβρύσης. Λόγω της τοπογραφίας της περιοχής δεν είναι δυνατόν η μεταφορά του ύδατος να πραγματοποιηθεί με έναν μοναδικό αγωγό είτε αυτός είναι ανοικτός είτε κλειστός. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός ενός συστήματος αγωγών-αντλιών-δεξαμενών ο οποίος θα εξασφαλίζει το ελάχιστο δυνατό κόστος αλλά και την ορθή λειτουργία του υδραυλικού δικτύου. Στην Εικόνα 3.1 παρουσιάζεται το σημείο όπου εκτιμάται πως θα τοποθετηθεί το φράγμα και το πέρας του υδραγωγείου. Το πέρας του υδραγωγείου τοποθετήθηκε έξω από το Δοξάτο της Περιφερειακής Ενότητας Δράμας.

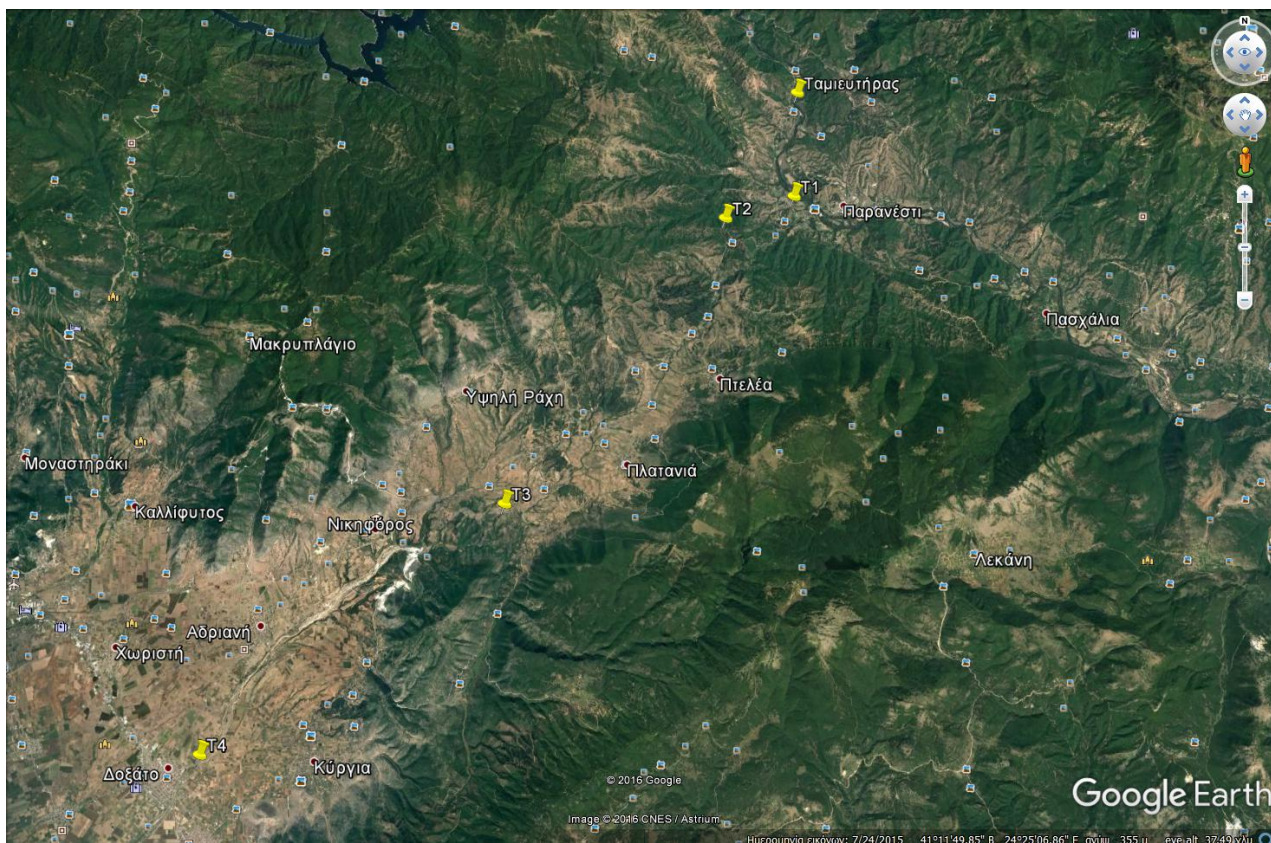


Εικόνα 3.1 Παρουσιάζεται η αρχή ταμιευτήρας Τεμένους και το τέλος του υδραγωγείου (κίτρινες σημειώσεις) περιοχή Δοξάτου. Επίσης, φαίνεται εποπτικά η τοπογραφία της περιοχής μελέτης.

3.2 Τμήματα του υδραγωγείου

Στην προηγούμενη παράγραφο αναφέρθηκε πως είναι αδύνατη η απευθείας μεταφορά του ύδατος από τον ταμιευτήρα προς το Δοξάτο Δράμας με έναν και μοναδικό αγωγό. Έτσι για την μεταφορά του ύδατος χρησιμοποιήθηκαν συνολικά τέσσερις (4) αγωγοί οι τρεις (3) εκ των οποίων είναι κλειστοί ενώ ο τελευταίος είναι ανοικτός. Οι δύο (2) από τους τρεις κλειστούς αγωγούς είναι βαρυτικοί ενώ ο άλλος είναι καταθλιπτικός.

Ο πρώτος βαρυτικός αγωγός μεταφέρει το νερό από τον ταμιευτήρα μέχρι την δεξαμενή T1 η οποία βρίσκεται στο Μεσοχώρι, Παρανεστίου Δράμας, Εικόνα 3.2. Το υψόμετρο της βάσης της δεξαμενής T1 βρίσκεται στα 134.0 m. Έπειτα από την δεξαμενή T1 ξεκινάει ο καταθλιπτικός αγωγός (δεύτερος) ο οποίος μεταφέρει το νερό στην δεξαμενή T2 που βρίσκεται σε υψόμετρο 349.0 m. Γίνεται κατανοητό ότι η μεταφορά του ύδατος δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί από την δεξαμενή T1 προς την δεξαμενή T2 χωρίς την χρήση αντλιοστασίου. Γι' αυτό τον λόγο σε μικρή απόσταση από την δεξαμενή T1 σχεδιάστηκε ένα αντλιοστάσιο το οποίο αποτελείται από δώδεκα (12) αντλίες και το οποίο παρέχει αρκετή ενέργεια στην ροή ώστε να μεταφερθεί προς την δεξαμενή T2. Έπειτα, από την δεξαμενή T2 ξεκινάει ένας κλειστός βαρυτικός αγωγός (τρίτος) ο οποίος καταλήγει στην δεξαμενή T3. Η δεξαμενή αυτή τοποθετήθηκε κοντά στον οικισμό Μικρολιβάδι και το υψόμετρο της βάσεως της είναι τα 295.0 m. Τέλος, από την δεξαμενή T3 ξεκινάει ένας ανοικτός αγωγός (τέταρτος) ο οποίος καταλήγει έξω από το Δοξάτο. Στο πέρας του ανοικτού αγωγού, το νερό συγκεντρώνεται στην δεξαμενή T4 με υψόμετρο βάσης 98 m όπου μπορεί πλέον να χρησιμοποιηθεί για αρδευτικούς σκοπούς. Η απόσταση μεταξύ του ταμιευτήρα του Τεμένους και της δεξαμενής T4 μετρημένη σε ευθεία γραμμή είναι ίση με 30.0 km. Το τελικό μήκος του υδραγωγείου ισούται με 35.4 km διότι δεν θα αποτελείται από μόνο μία ευθυγραμμία.



Εικόνα 3.2 Παρουσιάζονται τέσσερις δεξαμενές T1, T2, T3, T4 και ο ταμειυτήρας του Τεμένους.

3.3 Παροχή σχεδιασμού και διαστασιολόγηση

Ίσως η σημαντικότερη παράμετρος για τον σχεδιασμό ενός υδραυλικού δικτύου είναι η παροχή σχεδιασμού διότι βάσει αυτής την παραμέτρου γίνεται η διαστασιολόγηση όλων των επιμέρους τμημάτων του δικτύου. Επομένως, η επιλογή της παροχής σχεδιασμού επηρεάζει άμεσα το κόστος για την κατασκευή του δικτύου αλλά και το όφελος του υδραυλικού δικτύου.

Στο υπό σχεδιασμό δίκτυο η παροχή σχεδιασμού πρέπει να είναι ένα μέρος της παροχής του ποταμού Νέστου η οποία ανέρχεται στα $58.0 \text{ m}^3/\text{s}$ που είναι η μέση ετήσια παροχή. Έτσι, η τιμή της παροχής σχεδιασμού επιλέχθηκε ίση με $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ δηλαδή το 3.1 % της παροχής του Νέστου. Ο λόγος που δεν επιλέχθηκε μεγαλύτερη παροχή σχεδιασμού είναι ότι κάτι τέτοιο θα απαιτούσε διαμέτρους αγωγών μεγαλύτερες των 1000.0 mm, δηλαδή διαμέτρους που θα εκτόξευαν το κόστος του έργου. Βέβαια αυτό δεν είναι απαγορευτικό διότι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αγωγοί εν παραλλήλω.

Γενικά, η σχέση του κόστους ανά μήκος αγωγού δ με την εσωτερική διάμετρο D του αγωγού (Τζιμόπουλος, 1997) είναι,

$$\delta = a D^m \quad (3-1)$$

όπου a και m είναι δύο συντελεστές που προκύπτουν από την τεχνική της γραμμικής παλινδρόμησης. Παραδείγματος χάριν, για χαλυβδοσωλήνες και σωλήνες PVC ισχύουν κατ'αντιστοιχία οι σχέσεις,

$$\delta = 0.767 D^{1.161} \quad (3-2a)$$

$$\delta = 20777.46 D^{1.8585} \quad (3-2b)$$

όπου το δ μετριέται σε δραχμές/m και το D σε m. Η Εξ. (3-2a) προέκυψε με δεδομένα του 1969 ενώ η Εξ. (3-2b) με δεδομένα του 1980. Συνεπώς, είναι πιθανό οι Εξ. (3-2a) και (3-2b) να παρουσιάζουν απόκλιση από την σημερινή κατάσταση. Γίνεται επομένως κατανοητό ότι η σχέση διαμέτρου και κόστους είναι μη-γραμμική και ως εκ τούτου η σωστή επιλογή της διαμέτρου είναι απαραίτητη για τον ορθά οικονομικό σχεδιασμό. Το πόρισμα αυτό ενισχύεται λαμβάνοντας υπόψη ότι το υδραγωγείο θα έχει μήκος μεγαλύτερο των 30.0 km.

Ένα εργαλείο που κατευθύνει την διαστασιολόγηση των κλειστών αγωγών είναι ο τύπος του Bresse, ήτοι,

$$D = 15.5 \sqrt{Q} \quad (3-3)$$

όπου το D εισάγεται σε mm και το Q σε m^3/h . Η Εξ. (3-3) δίνει την διάμετρο D για μία δεδομένη παροχή Q υποθέτοντας ότι η ταχύτητα της ροής είναι 1.47 m/s. Εάν εφαρμοσθεί η Εξ. (3-3) για την παροχή σχεδιασμού λαμβάνεται ότι η διάμετρος των αγωγών, ώστε η μέση ταχύτητα της ροής να είναι 1.47 m/s, ισούται με 1247.7 mm. Η συγκεκριμένη τιμή της διαμέτρου είναι αρκετά μεγάλη οπότε επιλέγεται ως εσωτερική διάμετρος των σωλήνων τα 1000.0 mm με άμεση συνέπεια την αύξηση της ταχύτητας της ροής στα 2.3 m/s.

Έπειτα, η διαστασιολόγηση του ανοικτού αγωγού υλοποιείται υποθέτοντας ότι η ροή σε αυτόν είναι ομοιόμορφη. Επιπλέον, θεωρείται ότι ο αγωγός έχει ενιαία κατά μήκος κλίση ίση με 1.3 %. Η συγκεκριμένη τιμή της κλίσεως προκύπτει από τοπογραφικά δεδομένα: το μήκος του ανοικτού αγωγού είναι 14.8 km και η υψομετρική διαφορά μεταξύ της αρχής και του πέρατός του είναι 197.0 m και ως εκ τούτου $197m/14.8km=1.3$ %. Με βάση αυτά τα δεδομένα πρέπει να επιλεχθεί η

οικονομικότερη τραπεζοειδής διατομή, δηλαδή η διατομή που να ελαχιστοποιεί το κόστος εκσκαφών και επίστρωσης (Α. Δαμασκηνίδου-Γεωργιάδου, Ε. Σιδηρόπουλος, 1996). Μία τραπεζοειδής διατομή χαρακτηρίζεται ως οικονομική όταν ισχύουν οι σχέσεις

$$b = 2y / \sqrt{3} \quad (3-4a)$$

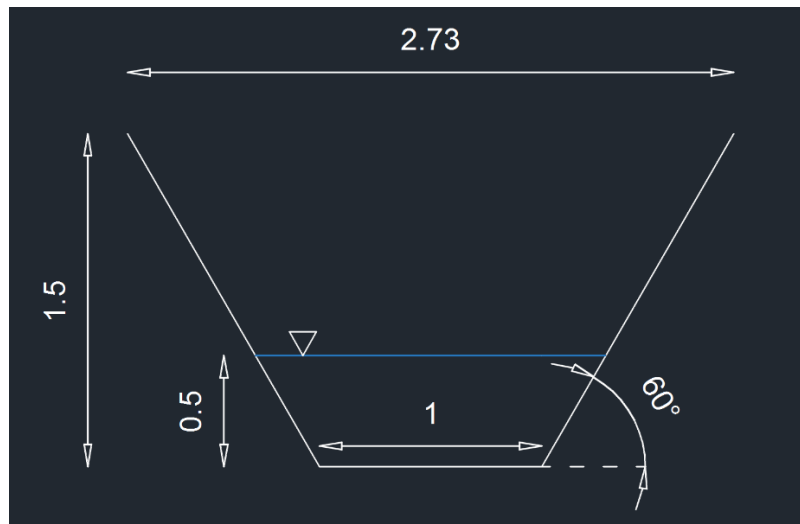
$$m = 1 / \sqrt{3} \quad (3-4b)$$

Για να υπολογιστεί το πλάτος του πυθμένα, γίνεται η υπόθεση ότι $y=y_0$. Το ομοιόμορφο βάθος δίνεται από την εξίσωση,

$$\frac{[(b + my_0)y_0]^{5/3}}{[b + 2y_0\sqrt{1+m^2}]^{2/3}} = \frac{nQ}{\sqrt{S_0}} \quad (3-5)$$

Λύνοντας το σύστημα των Εξ. (3-4a), (3-4b) και (3-5) για $n=0.018$, προκύπτει $b=0.69$ m. Για λόγους ασφαλείας εν τέλει επιλέγεται $b=1.0$ m. Έτσι, λύνεται εκ νέου η Εξ. (3-5) και λαμβάνεται $y_0=0.5$ m. Άρα, σε τμήματα του αγωγού που διατηρείται σταθερή κλίση για μεγάλο μήκος το βάθος ροής τείνει να γίνει ίσο με 0.5 m. Να σημειωθεί ότι το κρίσιμο βάθος ισούται με 0.61 m και ως εκ τούτου αναμένεται η ροή στον αγωγό να είναι υπερκρίσιμη.

Τέλος, το ύψος της διατομής λαμβάνεται ίσο με 1.5 m. Αυτό συμβαίνει διότι στο βάθος ροής που αναμένεται να έχει τιμή ίση με 0.5 m προστίθεται επιπλέον το ελεύθερο ύψος με τιμή 0.5 m και το ύψος του τέλους της επένδυσης που επίσης έχει τιμή ίση με 0.5 m. Το ελεύθερο ύψος είναι η απόσταση του χείλους του πρανούς από την ανώτατη στάθμη του ύδατος το οποίο αποσκοπεί στην αποφυγή της υπερχειλίσης λόγω κυματισμών. Έτσι η τελική διατομή του ανοικτού αγωγού παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.3.



Εικόνα 3.3 Η διατομή του ανοικτού αγωγού. Οι διαστάσεις είναι σε m.

3.4 Υλικά των σωληνώσεων

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τις σωληνώσεις ενός εξωτερικού υδραγωγείου είναι ο χάλυβας, ο όλκιμος χυτοσίδηρος, το χλωριωμένο πολυβινύλιο uPVC, το πολυαιθυλένιο 3^{ης} γενιάς και ο υαλοπλισμένος πολυεστέρας (Τσακίρης, 2010). Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί σκυρόδεμα ή προεντεταμένο σκυρόδεμα. Ένα υλικό που χρησιμοποιούταν παλιότερα ήταν το αμιαντοτσιμέντο το οποίο όμως εγκαταλείφθηκε διότι χαρακτηρίστηκε ως καρκινογόνο.

Κάθε είδους υλικό έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά και ως εκ τούτου η επιλογή του υλικού των σωλήνων ενός δικτύου πραγματοποιείται κατά περίπτωση. Παραδείγματος χάριν, το uPVC είναι ένα υλικό που χρησιμοποιείται ευρύτατα τα τελευταία χρόνια γιατί έχει μικρό βάρος, είναι ένα φθηνό υλικό και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής. Το μειονέκτημα του uPVC ότι δεν αντέχει μεγάλα ύψη πίεσεως και επομένως δεν είναι κατάλληλο για καταθλιπτικούς αγωγούς. Έτσι προτιμάται η εφαρμογή του σε βαρυτικούς αγωγούς. Αντίθετα, οι σωλήνες από όλκιμο χυτοσίδηρο έχουν πολύ μεγάλη μηχανική αντοχή και αντέχουν σε μεγάλες πιέσεις. Μειονεκτήματα τους όμως είναι το μεγάλο βάρος τους και το υψηλό κόστος τους.

Βάσει των παραπάνω, γίνεται κατανοητό ότι ο καταθλιπτικός αγωγός μεταξύ των δεξαμενών T1 και T2 είναι φτιαγμένος από όλκιμο χυτοσίδηρο για να αντέξει το μεγάλο ύψος πίεσεως και τυχόν υδραυλικά πλήγματα. Αντίθετα, οι βαρυτικοί αγωγοί που συνδέουν τον ταμιευτήρα με την δεξαμενή T1 και την δεξαμενή T2 με την δεξαμενή T3 είναι φτιαγμένοι από PVC για να μειωθεί το κόστος κατασκευής του έργου και διότι στους αγωγούς αυτούς δεν αναπτύσσονται μεγάλες πιέσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Συλλογή δεδομένων και προσομοίωση

4.1 Εισαγωγή

Για τον σχεδιασμό του δικτύου που παρουσιάστηκε στο 3^ο Κεφάλαιο είναι απαραίτητη η γνώση της τοπογραφίας της περιοχής μελέτης. Οι αγωγοί πρέπει να προσαρμοστούν πάνω στο τοπογραφικό υπόβαθρο της περιοχής και αυτό θέτει περιορισμούς αλλά και επηρεάζει την λειτουργία τους. Παραδείγματος χάριν, εάν ένας σωλήνας σε κάποιο σημείο του έχει υψόμετρο μεγαλύτερο από το αντίστοιχο υψόμετρο της πιεζομετρικής γραμμής, εμφανίζει υποπίεση σε αυτό το σημείο και αυξάνεται ο κίνδυνος να παρουσιαστεί έντονη διαταραχή της ροής και πιθανώς σπηλαίωση. Συνεπώς, σε υψώματα είναι πιθανό να εμφανιστούν ανεπιθύμητες υποπίεσεις. Ομοίως, η τοπογραφία επηρεάζει περισσότερο τον σχεδιασμό ενός ανοικτού αγωγού διότι πρέπει να είναι κατηφορικός και με σταθερή κατά τμήματα κλίση χωρίς ταυτόχρονα να απαιτούνται μεγάλες επιχώσεις και ορύγματα. Επίσης, η ταχύτητα του ύδατος στον αγωγό δεν πρέπει να λαμβάνει μεγάλες τιμές, μέχρι 6.0 m/s, διότι σε αυτή την περίπτωση ο ανοικτός αγωγός διαβρώνεται.

4.2 Συλλογή τοπογραφικών δεδομένων

Η συλλογή των τοπογραφικών δεδομένων γίνεται από το GoogleEarth. Τα χαρτογραφικά δεδομένα του GoogleEarth έχουν προέλθει από την υπέρθεση δορυφορικών εικόνων, αεροφωτογραφιών και δεδομένων GIS. Επιπλέον, μερικές περιοχές έχουν καλυφθεί από ορθοφωτογραφίες. Η ακρίβεια του GoogleEarth είναι της τάξεως των 2.0 m και για τα οριζοντιογραφικά και για τα υψομετρικά δεδομένα. Η ακρίβεια αυτή αν και μη-επαρκής για την μελέτη ενός εξωτερικού υδραγωγείου είναι αρκετή για την διεξαγωγή μίας αναγνωριστικής μελέτης. Επίσης, η ακρίβεια των εικόνων του GoogleEarth βελτιώνεται με το πέρασμα του χρόνου καθώς βελτιώνεται η ανάλυση των δορυφορικών εικόνων. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι το GoogleEarth χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές WGS84, δηλαδή το ίδιο ελλειψοειδές με το GPS.

Για να προχωρήσει κανείς στον σχεδιασμό των αγωγών πρέπει να υπάρξει αρχικά ένας κατάλογος με τις συντεταγμένες X και Y των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του εδάφους H. Για να δημιουργηθεί μία τέτοια λίστα ακολουθούνται τα εξής βήματα:

1. Ανοίγεται το GoogleEarth και εντοπίζεται η περιοχή μελέτης.
2. Δημιουργείται ένας φάκελος εντός της λίστας «μέρη» του GoogleEarth στον οποίο και δίνεται ένα χαρακτηριστικό όνομα πχ «Αγωγός 1».
3. Εντός αυτού του φακέλου εισάγονται τα σημεία που ορίζουν τον αγωγό με την χρήση του εργαλείου «Προσθήκη σήμανσης μέρους».
4. Όταν εκτελείται αυτή η εντολή εμφανίζεται στο κέντρο της οθόνης ένα σημείο το οποίο το μετακινείται ακριβώς πάνω στην κορυφή του αγωγού.
5. Δίνεται στο σημείο ονομασία και σημειώνεται το υψόμετρο του σε ένα αρχείο Excel. Το υψόμετρο του σημείου φαίνεται κάτω δεξιά της οθόνης.
6. Επαναλαμβάνονται τα βήματα 4 και 5 για κάθε σημείου του αγωγού.
7. Όταν τελειώσουν τα σημεία, με δεξιά κλικ στον φάκελο επιλέγεται το «Αποθήκευση μέρους ως...». Επιλέγεται το σημείο όπου θα αποθηκευθεί το αρχείο. Έπειτα, δίνεται μία χαρακτηριστική ονομασία και αποθηκεύεται ως kmz.
8. Εισάγεται η ιστοσελίδα <http://www.zonums.com/online/kml2x/>.
9. Επιλέγεται το «Upload kml/kmz File» και στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγεται το «Επιλογή αρχείου» όπου και επιλέγεται το αρχείο kmz που αποθηκεύτηκε πριν. Επιλέγεται το «Accept».
10. Στο «Output Coordinate System» επιλέγεται η προβολή UTM και ως ζώνη η 35^η. Το ημισφαίριο που ενδιαφέρει είναι το Βόρειο.
11. Στο «Output File Format» επιλέγεται το CSV-Excel και με το Export ανοίγει ένα παράθυρο τα περιεχόμενα του οποίου αντιγράφονται και επικολλώνται στο εσωτερικό ενός αρχείου txt. Αποθηκεύεται αυτό το αρχείο.
12. Στο αρχείο Excel έχουν σημειωθεί τα υψόμετρα των σημείων. Στην καρτέλα «Data» επιλέγεται το «Get External Data From Text». Επιλέγεται το αρχείο txt που είχε αποθηκευθεί στο προηγούμενο βήμα.
13. Στο παράθυρο που ανοίγεται γίνεται η επιλογή Delimited και μετά Next. Έπειτα, στο «Delimiters» επιλέγεται ως διαχωριστικό το κόμμα και μετά Finish. Στο παράθυρο Import Data επιλέγεται το «New Worksheet» και μετά OK.
14. Μεταφέρονται τα δεδομένα στο ίδιο φύλο εργασίας με τα υψόμετρα έτσι ώστε να προκύψει ένας πίνακας 4 στηλών και η γραμμών όπου η ο αριθμός των σημείων που ορίζουν τον αγωγό. Στην πρώτη στήλη εμπεριέχονται τα ονόματα των σημείων, στην δεύτερη τα X, στην τρίτη τα Y και στην τέταρτη τα υψόμετρα του εδάφους H. Προσοχή να υπάρχει αντιστοιχία των σημείων και των υψομέτρων.

15. Διαγράφεται ο,τι υπάρχει στο αρχείο excel εκτός από αυτόν τον πίνακα. Ονομάζεται το φύλλο στο οποίο υπάρχει ο πίνακας «Topographic data» και μετά αποθήκευση.

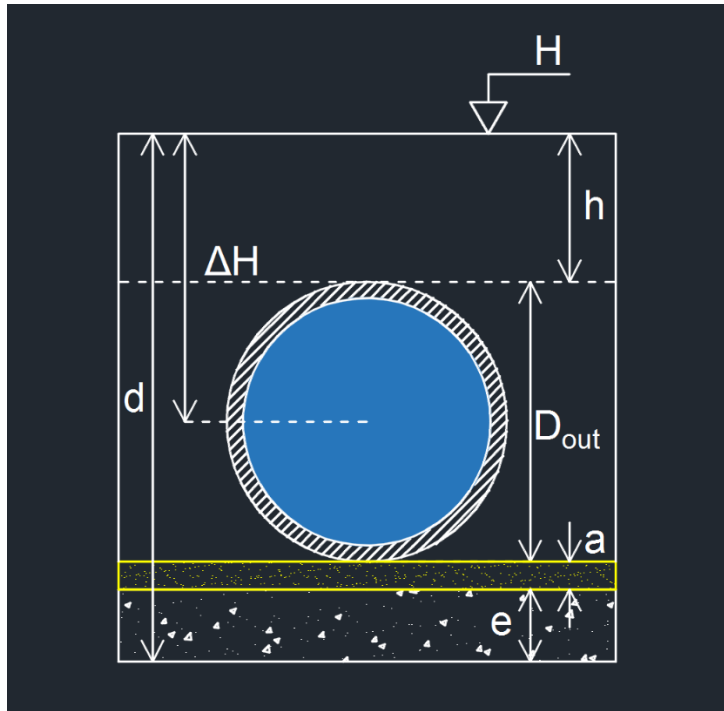
Επομένως, με την παραπάνω διαδικασία ουσιαστικά δημιουργούνται οι συντεταγμένες μίας τρισδιάστατης πολυγωνικής γραμμής. Η γραμμή αυτή δεν ταυτίζεται με τον αγωγό διότι τα υψόμετρα H είναι τα υψόμετρα του εδάφους και όχι τα υψόμετρα στα διάφορα σημεία του αγωγού. Ένας σωλήνας τοποθετείται σε μικρό βάθος εντός του εδάφους και ως εκ τούτου τα υψόμετρα στις κορυφές του είναι χαμηλότερα από τα αντίστοιχα υψόμετρα του εδάφους. Από την άλλη, ένας ανοικτός αγωγός πρέπει να έχει σταθερή κλίση και συνεπώς τα υψόμετρα στις διάφορες διατομές του δεν γίνεται να ταυτίζονται με τα υψόμετρα του εδάφους. Εάν συνέβαινε αυτό ο αγωγός θα είχε την κλίση του εδάφους, δηλαδή μία κλίση γενικά ακανόνιστη και όχι σταθερή η οποία μάλιστα μπορεί να είναι και ανηφορική. Ακριβώς για αυτούς τους λόγους είναι απαραίτητο να σχεδιαστούν μηκοτομές για κάθε αγωγό ώστε εκτός από τα X και τα Y να προσδιοριστούν και τα υψόμετρα στις κορυφές του αγωγού.

Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί ότι μία αποδεκτή οριζοντιογραφία δεν οδηγεί απαραίτητα σε μία καλή μηκοτομή καθώς τα ορύγματα και τα επιχώματα που μπορεί να είναι απαιτούνται για να είναι λειτουργικός ένας αγωγός είναι πιθανό να είναι πολύ μεγάλα. Επίσης, πολλές φορές συμβαίνει και το αντίθετο· μία καλή μηκοτομή μπορεί να οδηγεί σε μεγάλες απαλλοτριώσεις, απότομες στροφές του αγωγού ή την διέλευση του αγωγού από κτήρια. Επομένως, η διαδικασία εύρεσης μίας αποδεκτής λύσης (και αποδεκτή οριζοντιογραφία και καλή μηκοτομή) είναι μία επαναληπτική διαδικασία που απαιτεί δοκιμές.

4.3 Σχεδιασμός μηκοτομών

Κλειστοί αγωγοί

Γενικά τα υψόμετρα ενός κλειστού αγωγού ακολουθούν τα υψόμετρα του εδάφους με αποτέλεσμα οι μηκοτομές του εδάφους και του αγωγού να είναι σχεδόν παράλληλες. Στο Σχήμα 4.1 παριστάνεται μία τομή του εδάφους μετά την τοποθέτηση του αγωγού (Τσακίρης, 2010). Διακρίνονται τέσσερα μήκη: το ύψος επιχώσεως h , η εξωτερική διάμετρο του αγωγού D_{out} , το πάχος a της στρώσης άμμου για την έδραση του αγωγού και το πάχος e της στρώσης εξυγίανσης από αμμοχάλικο. Το άθροισμα αυτών των τεσσάρων μηκών αποτελεί το βάθος εκσκαφής d το οποίο δεν πρέπει να υπερβαίνει για κατασκευαστικούς λόγους τα 3.0 m ($d \leq 3.0$ m).



Εικόνα 4.1 Η τομή ενός κλειστού αγωγού.

Η στρώση άμμου έχει συνήθως πάχος από 0.1 m μέχρι 0.15 m ενώ η στρώση εξυγίανσης από αμμοχάλικο έχει πάχος από 0.3 m μέχρι 0.5 m. Επιλέγεται $a=0.1$ m και $e=0.3$ m. Έπειτα, η εσωτερική διάμετρος του σωλήνα που θα χρησιμοποιηθεί ισούται με 1.0 m. Κάνοντας την υπόθεση ότι το πάχος του αγωγού ισούται με 0.1 m προκύπτει ότι η εξωτερική διάμετρος του σωλήνα είναι 1.2 m. Συνεπώς, η μέγιστη τιμή που μπορεί να έχει το ύψος επίχωσης 1.4 m ενώ η ελάχιστη είναι 1.0 m. Επιλέγεται $h=1.4$ m. Η απόσταση ΔH του εδάφους από τον άξονα του αγωγού ισούται με,

$$\Delta H = h + \frac{D_{out}}{2} \quad (4-1)$$

Άρα στο υπό μελέτη δίκτυο ισχύει $\Delta H=2.0$ m και ως εκ τούτου τίθενται τα υψόμετρα του αγωγού 2.0 m χαμηλότερα από τα υψόμετρα του εδάφους. Αυτό μπορεί με ευκολία να πραγματοποιηθεί στο excel.

Ανοικτοί αγωγοί

Έπειτα, ο σχεδιασμός της μηκοτομής ενός ανοικτού αγωγού εμφανίζει μεγαλύτερη δυσκολία. Καταρχήν, δεν μπορεί απλώς να μετατοπισθούν τα υψόμετρα του πυθμένα κατά μία σταθερή απόσταση κάτω από το έδαφος διότι επιθυμείται ο ανοικτός αγωγός να έχει σταθερή κατά μήκος κλίση. Έτσι δοκιμάζεται ο αγωγός να έχει μία σταθερή κλίση και να υπολογισθούν τα ορύγματα και

τα επιχώματα που απαιτούνται. Εάν έχουν απαγορευτικές τιμές τότε αλλάζεται η τιμή της κλίσης ή επιλέγεται να χωρισθεί ο αγωγός σε περισσότερες ευθυγραμμίες σταθερής κλίσης. Τέλος, σημασία έχει να μην δημιουργούνται ανηφορικές κλίσεις ή απότομες κλίσεις που επιβάλουν μεγάλες τιμές της ταχύτητας ροής.

4.4 Εισαγωγή δεδομένων στο WaterCad

Το WaterCad είναι ένα λογισμικό το οποίο βοηθάει στον σχεδιασμό και στην βελτιστοποίηση έργων υποδομής. Το λογισμικό είναι σημαντικό βοήθημα στον σχεδιασμό υδραυλικών συστημάτων και στην αποτελεσματική διαχείριση υφιστάμενων δικτύων διανομής ύδατος. Αξιοσημείωτο πλεονέκτημα του WaterCad είναι η ευκολία του χειρισμού του, η γρήγορη δόμηση μοντέλου και η συμβατότητα του με άλλα λογισμικά CAD.

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, το WaterCad θα χρησιμοποιηθεί για την μοντελοποίηση των κλειστών αγωγών. Συγκεκριμένα, με την βοήθεια του WaterCad θα υπολογισθεί η παροχή που μεταφέρεται από τους αγωγούς σε διάφορα σενάρια, θα γίνει έλεγχος για τυχόν υποπιέσεις και θα μελετηθεί η πιεζομετρική γραμμή των αγωγών. Αρχικά, θα παρουσιαστούν τα απαραίτητα βήματα για την κατασκευή ενός μοντέλου κλειστού αγωγού στο WaterCad. Να σημειωθεί πως για την δημιουργία του μοντέλου το AutoCad χρησιμοποιείται ως διαμεσολαβητής. Τα απαραίτητα βήματα είναι τα εξής:

1. Δημιουργείται ένας πίνακας στο Excel με στήλες τα X, Y και τα υψόμετρα του άξονα του αγωγού H.
2. Αυτός ο πίνακας αντιγράφεται σε ένα αρχείο txt.
3. Στην καρτέλα επεξεργασία, επιλέγεται το «αντικατάσταση»
4. Στην επιλογή «εύρεση του» τίθεται ένα κενό ενώ στο «αντικατάσταση» τίθεται ένα κόμμα. Εκτελείται η αντικατάσταση όλων. Το αρχείο έχει μετατραπεί σε μορφή csv.
5. Προστίθεται στην αρχή του αρχείου η σειρά «_MULTIPLE _POINT». Γίνεται αποθήκευση του αρχείου και κλείσιμο αυτού.
6. Αλλάζεται η κατάληξη του αρχείου από txt σε scr.
7. Ανοίγεται το AutoCad και σύρεται πάνω στο περιβάλλον εργασίας του το αρχείο scr.
8. Η εργασία στο AutoCad αποθηκεύεται ως dxf και μετά κλείνεται.
9. Ανοίγεται το WaterCad και δημιουργείται νέο Project.
10. Ανοίγεται η καρτέλα «Tools» και επιλέγεται το «Model Builder». Εκτελείται το «New».

11. Στο «Selecta Data Source» διαλέγεται η επιλογή Cad Files και από το «Browse» εντοπίζεται το αρχείο dxf που δημιουργήθηκε στο 8^ο βήμα. Μετά Next.
12. Επιλέγονται τα μέτρα (m) ως μονάδα του συστήματος συντεταγμένων. Έπειτα πιέζεται το next δύο φορές.
13. Στο «Specify key field» επιλέγεται το Label και έπειτα το next.
14. Στο «Table type» ελέγχεται ότι η επιλογή είναι «Junction». Ως «Key Field» επιλέγεται το «Label». Στον πίνακα από κάτω επιλέγεται το «Elevation» και ως «Property» πάλι το «Elevation». Ως μονάδα διατηρούνται τα μέτρα (m). Next και έπειτα Finish.
15. Στα παράθυρα που θα αναδυθούν εισάγεται Ναι.
16. Ελέγχεται ότι δημιουργήθηκαν οι επιθυμητοί κόμβοι (Junctions) και ελέγχονται τα υψόμετρα τους.

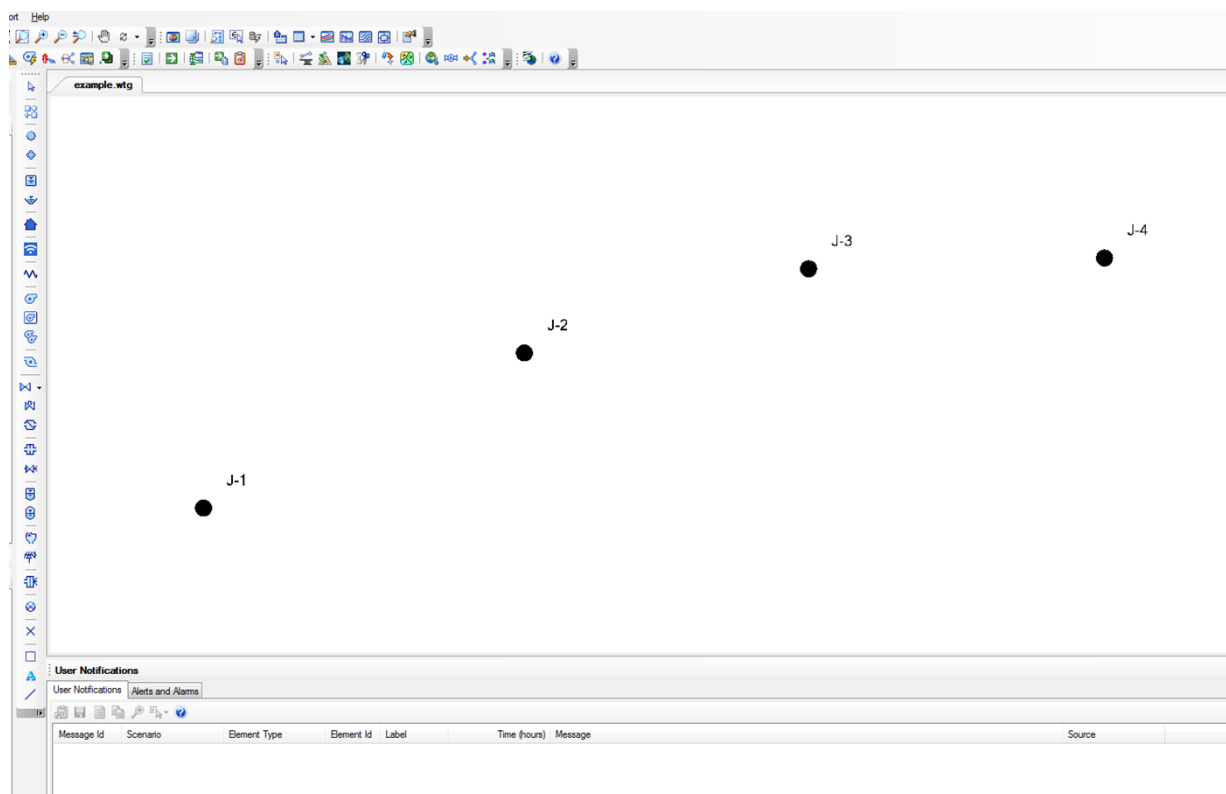
4.5 Δημιουργία μοντέλου στο WaterCad

Μετά την εισαγωγή των τοπογραφικών δεδομένων στο WaterCad είναι απαραίτητη η δημιουργία του μοντέλου, δηλαδή η προσθήκη και άλλων στοιχείων εκτός από κόμβους. Επιπλέον, πρέπει να καθοριστούν γεωμετρικά χαρακτηριστικά του δικτύου, όπως οι διάμετροι των αγωγών και η χωρητικότητα των δεξαμενών. Η παρουσίαση της μεθόδου που ακολουθήθηκε για τον προσδιορισμό των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του δικτύου θα γίνει μέσω ενός παραδείγματος.

Έστω ότι με την μέθοδο που περιγράφηκε στην προηγούμενη Παράγραφο, γίνεται εισαγωγή 4 κόμβων στο περιβάλλον του WaterCad. Στον Πίνακα 4.1 φαίνονται οι συντεταγμένες των κόμβων ενώ στην Εικόνα 4.2 παρουσιάζονται οι κόμβοι στο περιβάλλον εργασίας του WaterCad.

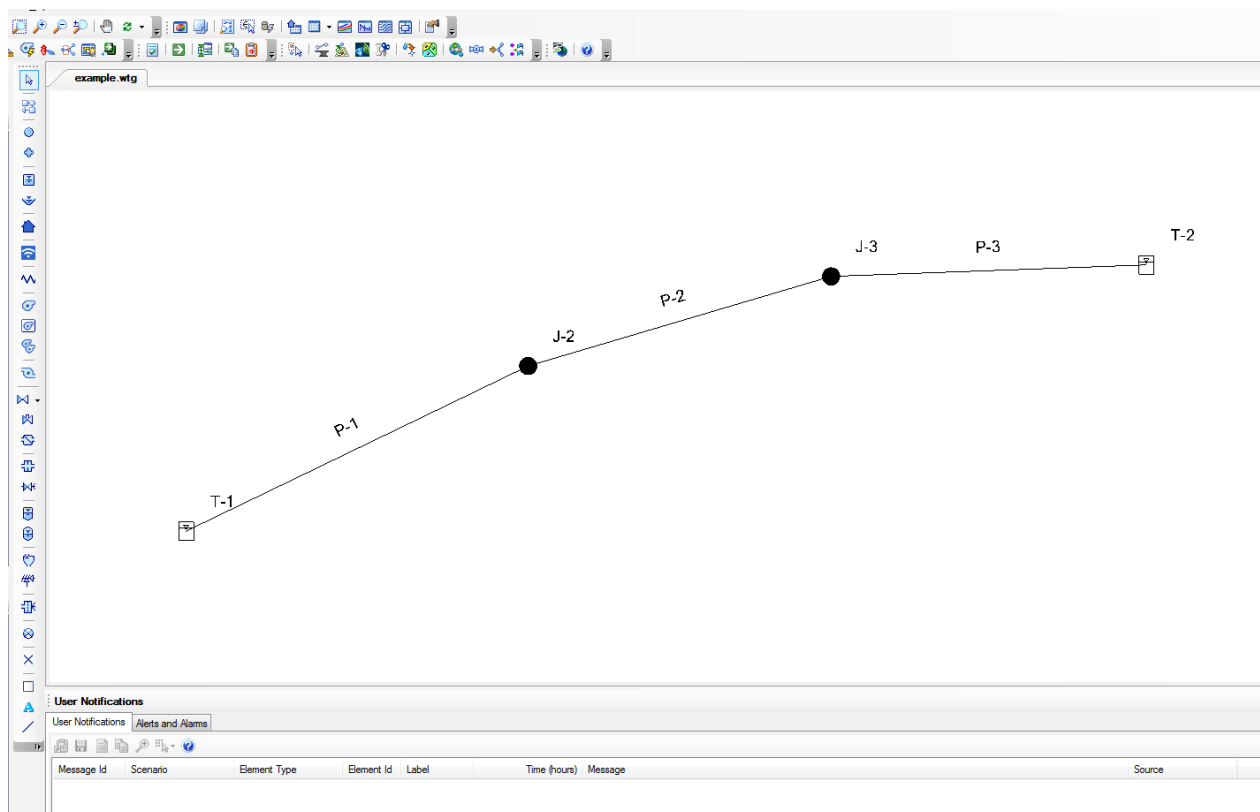
Κόμβος	X (m)	Y (m)	Z (m)
J-1	0	0	37.5
J-2	34.37	16.60	55.39
J-3	64.82	25.62	67.03
J-4	96.52	26.77	85.30

Πίνακας 4.1 Οι συντεταγμένες των κόμβων του παραδείγματος.



Εικόνα 4.2 Οι κόμβοι σχεδιάστηκαν στο WaterCad.

Το δίκτυο ξεκινάει και καταλήγει σε δεξαμενές. Άρα πρέπει να αντικατασταθούν οι κόμβοι J-1 και J-4 με δεξαμενές. Αυτό επιτυγχάνεται επιλέγοντας από την εργαλειοθήκη στα αριστερά του περιβάλλοντος εργασίας την δεξαμενή (tank) και πατώντας πάνω στους κόμβους J-1 και J-4. Έπειτα, επιλέγοντας από την εργαλειοθήκη τον αγωγό (pipe) ενώνονται οι δεξαμενές και οι κόμβοι. Έτσι έχει δημιουργηθεί το υδραυλικό δίκτυο που φαίνεται στην Εικόνα 4.3.

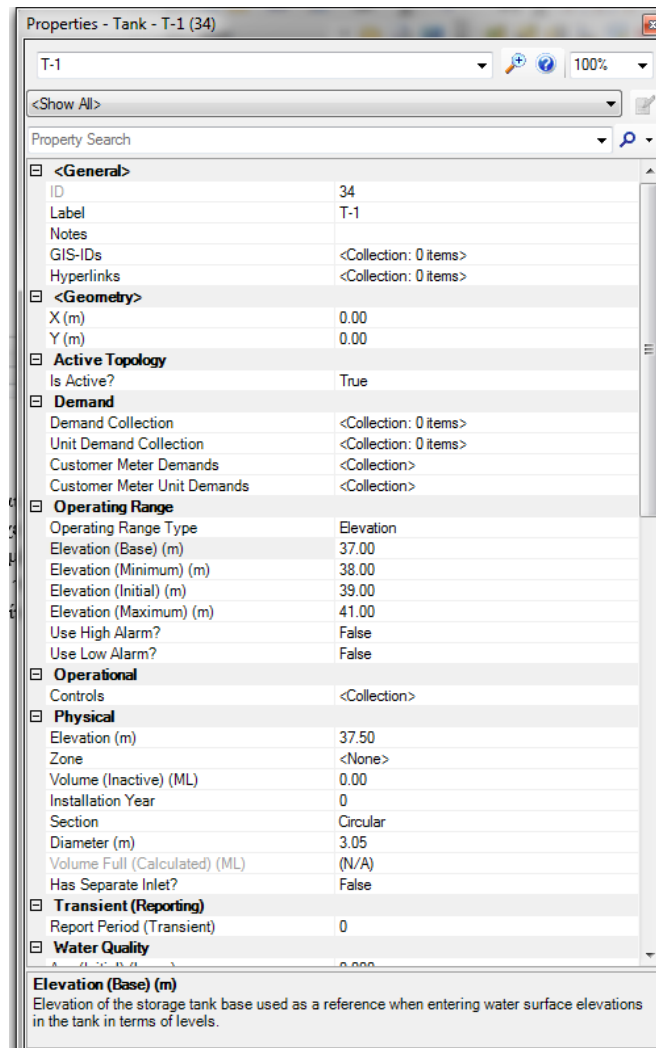


Εικόνα 4.3:Το δίκτυο έχει δημιουργηθεί στο WaterCad.

Εάν ελεγχθούν οι ιδιότητες της δεξαμενής T-1, θα γίνει γνωστό πως έχει τις ίδιες συντεταγμένες X και Y με τον κόμβο J-1 ενώ το Physical Elevation της δεξαμενής αυτής είναι το υψόμετρο που είχε ο κόμβος J-1 πριν αντικατασταθεί. Ακριβώς, το ίδιο συμβαίνει και με την δεξαμενή T-2 και τον κόμβο J-4. Επιπλέον, στις ιδιότητες των δεξαμενών φαίνεται ότι το υψόμετρο της βάσης, το υψόμετρο της ελάχιστης στάθμης, το υψόμετρο της αρχικής στάθμης και το υψόμετρο της μέγιστης στάθμης είναι κενά. Επομένως, τα συμπληρώνονται βάσει του Πίνακα 4.2. Ο πίνακας ιδιοτήτων της δεξαμενής T-1 δείχνεται στην Εικόνα 4.4.

Δεξαμενή	T-1	T-2
Υψόμετρο Βάσης	37.00	85.00
Υψόμετρο ελάχιστης στάθμης	38.00	86.00
Υψόμετρο αρχικής στάθμης	39.00	87.50
Υψόμετρο μέγιστης στάθμης	41.00	89.00

Πίνακας 4.2 Τα στοιχεία των δεξαμενών T-1 και T-2.

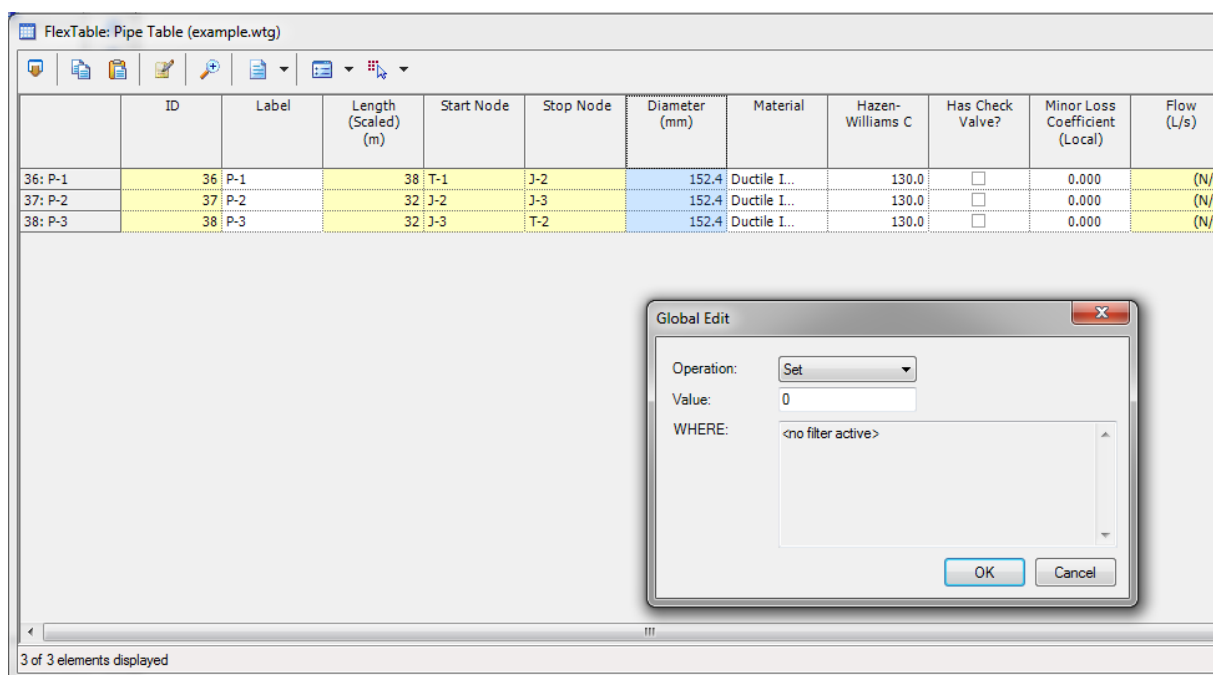


Εικόνα 4.4 Ο πίνακας ιδιοτήτων της δεξαμενής T-1.

Έπειτα, είναι απαραίτητο να εισαχθεί στο WaterCad η διάμετρος και το υλικό των αγωγών καθώς και να προστεθούν αντλίες στο δίκτυο ώστε η ροή να έχει φορά από την δεξαμενή T-1 προς την δεξαμενή T-2. Για να αλλαχθούν οι ιδιότητες των αγωγών πηγαίνει κανείς στο View και μετά στο Flex Tables όπου ανοίγεται το Pipe Table, Εικόνα 4.5. Για να θέσει κανείς την διάμετρο όλων των σωλήνων ίση με 400 mm εισάγεται δεξί κλικ πάνω στο Diameter και επιλέγεται το Global Edit. Αφήνεται η προεπιλογή Set, στο Value τίθεται η τιμή 400 και μετά OK. Ως υλικό των σωλήνων εισάγεται το Ductile Iron.

Για να προστεθεί μια αντλία στο σύστημα επιλέγεται το στοιχείο Pump από την εργαλειοθήκη και το σημείο όπου πρέπει να εγκατασταθεί. Κατά προτίμηση αυτό το σημείο βρίσκεται κοντά στην δεξαμενή T-1. Μόλις επιλεγθεί το σημείο εγκατάστασης της αντλίας, ο αγωγός διχοτομείται και το δίκτυο έχει την τελική μορφή της Εικόνας 4.6. Η λειτουργία της αντλίας καθορίζεται από τις

καμπύλες της. Συνεπώς, για να ορισθούν οι καμπύλες της αντλίας πρέπει να πάει κανείς στις ιδιότητες και έπειτα στο Pump Definition μετά το Edit Pump Definition. Στο παράθυρο που αναδύεται, δημιουργείται ένα Pump Definition και επιλέγεται ο ορισμός της καμπύλης της αντλίας να γίνει με την μέθοδο Design Point, 1 Point. Στα στοιχεία εισάγεται το σημείο σχεδιασμού της αντλίας και το πρόγραμμα δημιουργεί τις καμπύλες του φορτίου και του βαθμού απόδοσης. Επιλέγεται το σημείο σχεδιασμού να είναι το (Q, H)=(300 L/s, 50 m) και πιέζεται το Close. Το μοντέλο έχει οριστεί πλήρως και είναι έτοιμο για την έναρξη της προσομοίωσης, δηλαδή το «τρέξιμο» του.



The screenshot shows a software window titled "FlexTable: Pipe Table (example.wtg)". It contains a table with 12 columns: ID, Label, Length (Scaled) (m), Start Node, Stop Node, Diameter (mm), Material, Hazen-Williams C, Has Check Valve?, Minor Loss Coefficient (Local), and Flow (L/s). There are three rows of data. A "Global Edit" dialog box is open in the foreground, showing "Operation: Set", "Value: 0", and "WHERE: <no filter active>".

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)
36: P-1	36	P-1	38	T-1	J-2	152.4	Ductile I...	130.0	☐	0.000	(N/)
37: P-2	37	P-2	32	J-2	J-3	152.4	Ductile I...	130.0	☐	0.000	(N/)
38: P-3	38	P-3	32	J-3	T-2	152.4	Ductile I...	130.0	☐	0.000	(N/)

Global Edit

Operation: Set

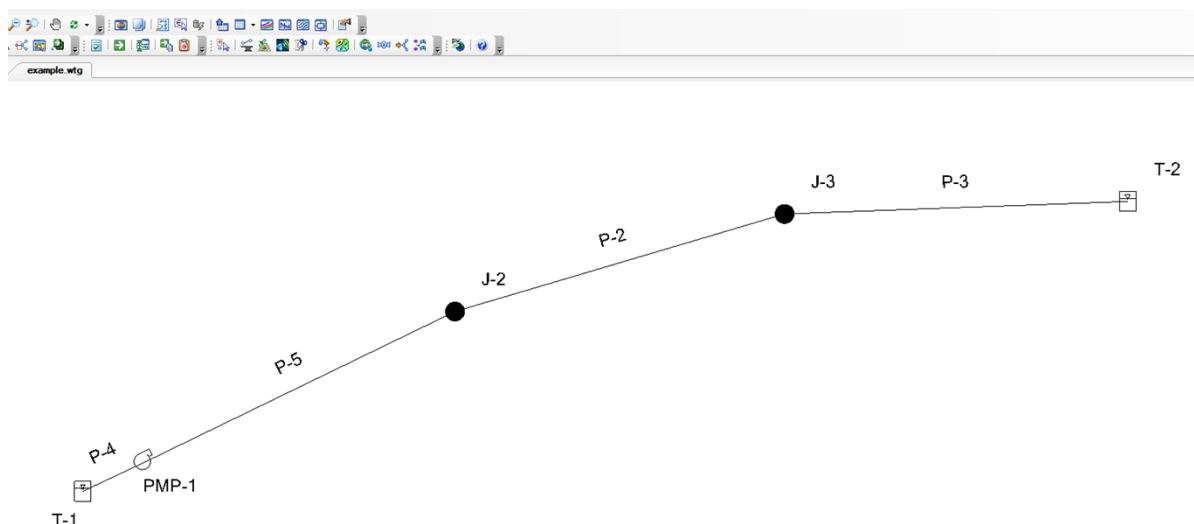
Value: 0

WHERE: <no filter active>

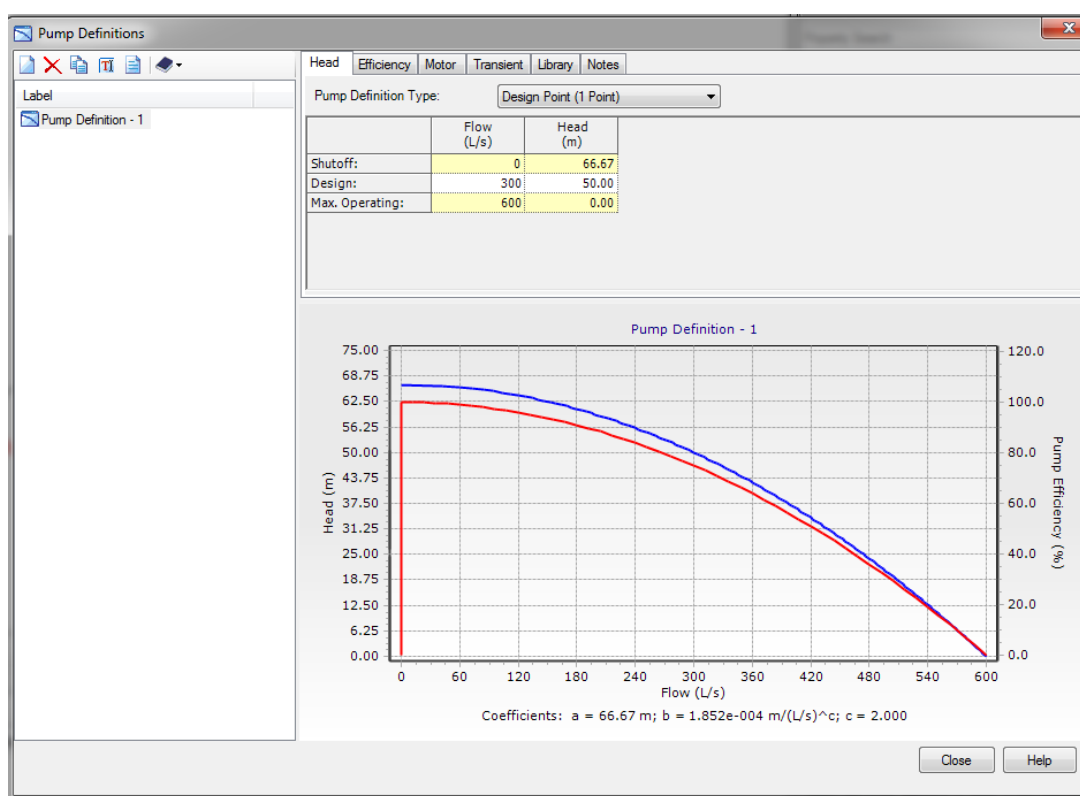
OK Cancel

3 of 3 elements displayed

Εικόνα 4.5 Ο συγκεντρωτικός πίνακας για τους σωλήνες.



Εικόνα 4.6 Η τελική μορφή του δικτύου.

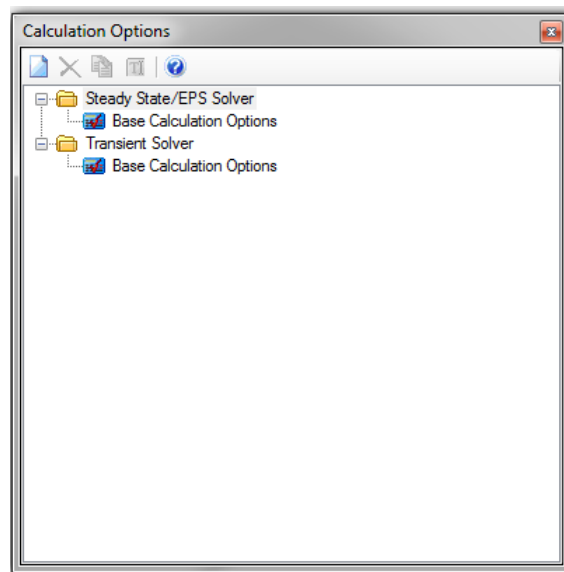


Εικόνα 4.7 Ορισμός της καμπύλης της αντλίας.

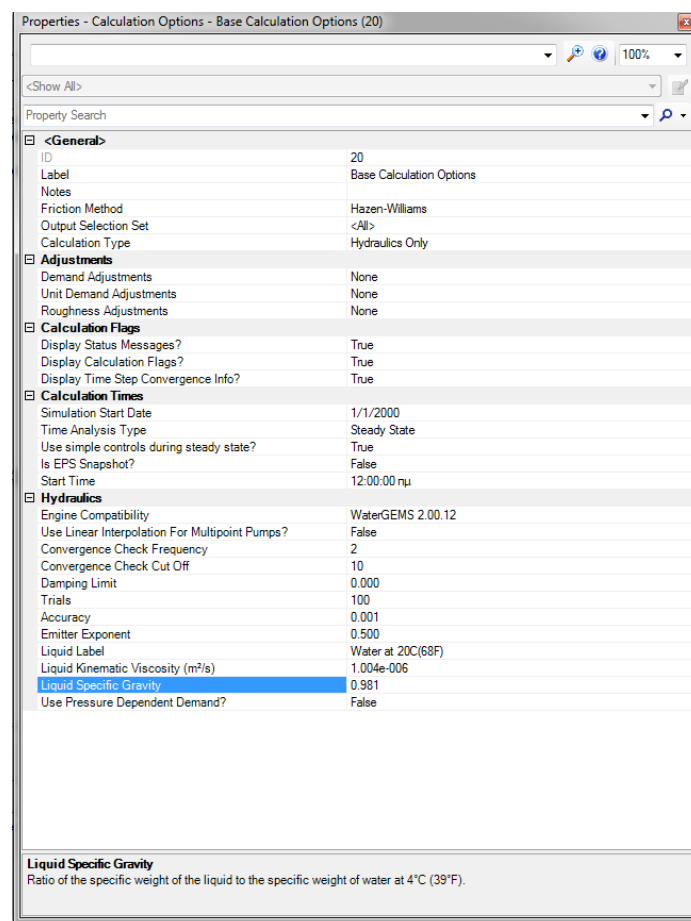
4.6 Τρέξιμο μοντέλου στο WaterCad και αποτελέσματα

Έχοντας πλέον δομήσει το μοντέλο, σειρά έχει το «τρέξιμο» του. Αρχικά, θα ορισθούν οι παράμετροι της προσομοίωσης. Αυτό επιτυγχάνεται επιλέγοντας την καρτέλα Analysis και έπειτα το Calculation Options όπου και εμφανίζεται το παράθυρο της Εικόνας 4.8. Στο παράθυρο αυτό,

ανοίγεται το Base Calculation Options που ανήκει στον φάκελο Steady state/EPS Solver διότι η επίλυση θα πραγματοποιηθεί για σταθερή ροή. Έτσι αναδύεται το παράθυρο της Εικόνας 4.9.



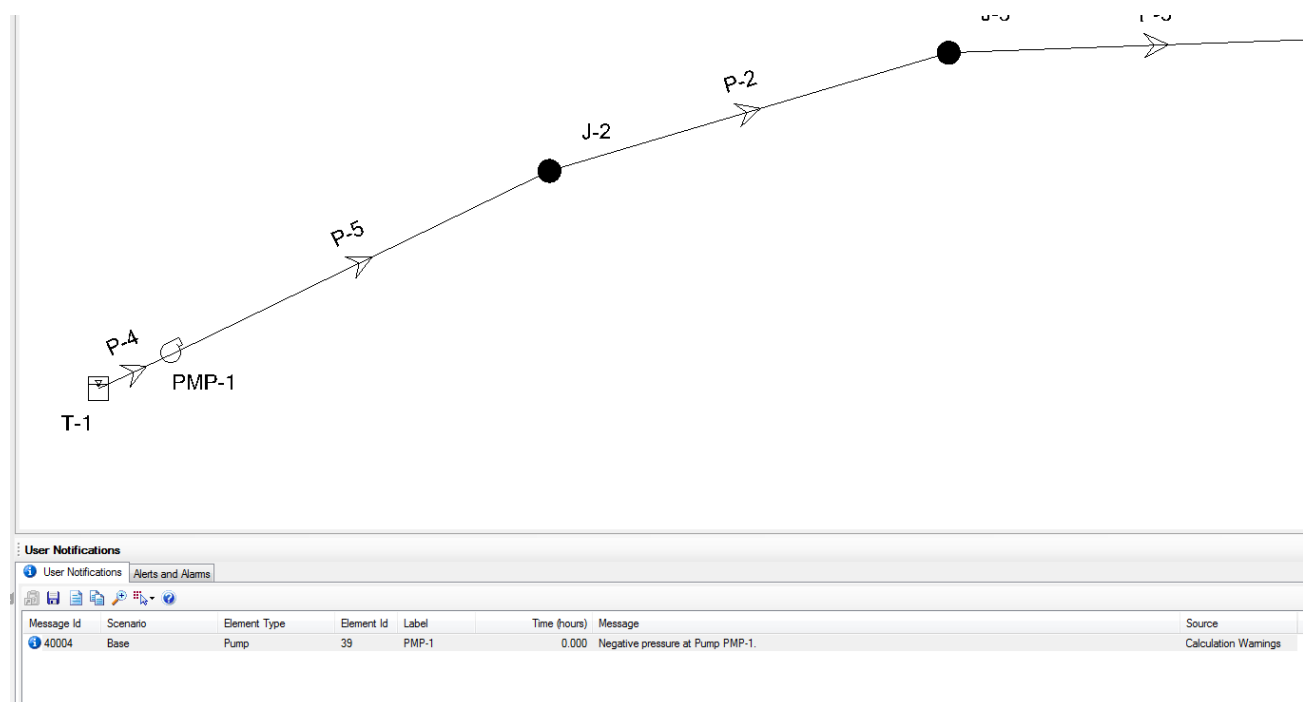
Εικόνα 4.8 Το παράθυρο επιλογής των παραμέτρων υπολογισμού.



Εικόνα 4.9 Το παράθυρο εισαγωγής των παραμέτρων επίλυσης.

Στο παράθυρο της Εικόνας 4.9 επιλέγεται ως Friction Method η εξίσωση των Hazen-Williams και ως Calculation Type το Hydraulics Only. Έπειτα, στην κατηγορία Hydraulics, επιλέγεται Trials ίσο με 100 και Liquid Specific Gravity ίσο με 9.81. Κλείνεται αυτό το παράθυρο και στην καρτέλα Analysis επιλέγεται το Validate. Κάνοντας το αυτό, το WaterCad αναζητεί δομικά προβλήματα στο μοντέλο και πληροφορεί εάν βρεθεί κάποιο. Εάν δεν βρεθεί κάποιο πρόβλημα, το τρέξιμο του μοντέλου γίνεται πιέζοντας ξανά στο Analysis και έπειτα στο Compute ή εναλλακτικά το F9 με αποτέλεσμα να εκτελείται η προσομοίωση.

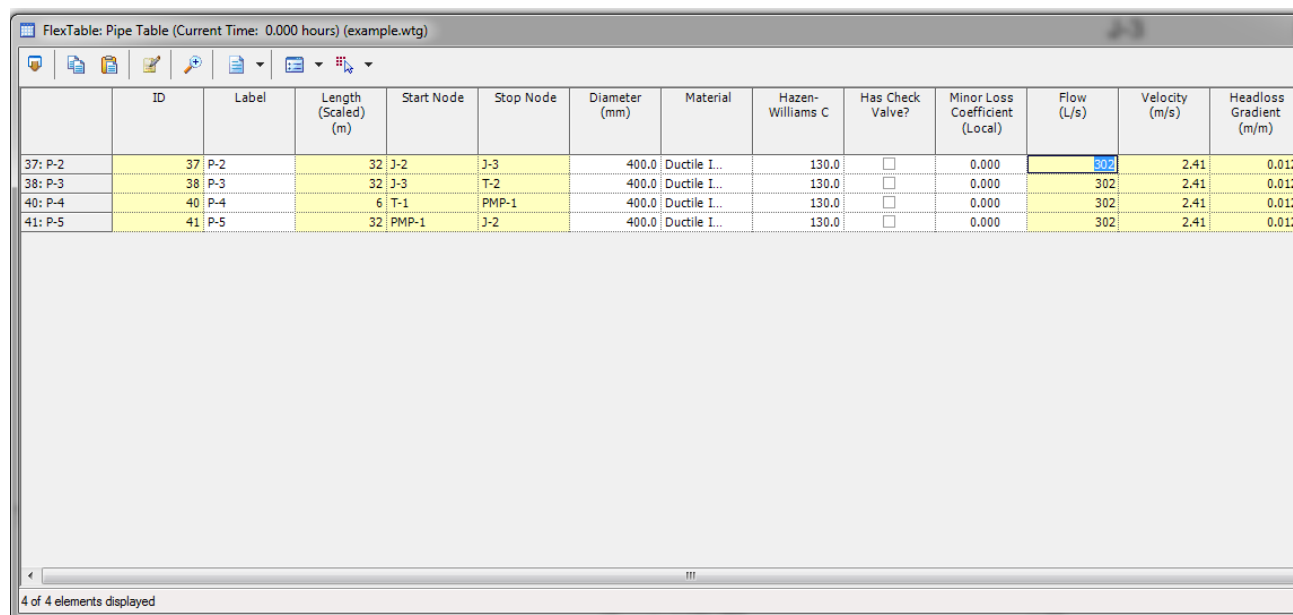
Μετά το τέλος της εκτέλεσης της προσομοίωσης στο παράθυρο User Notifications, Εικόνα 4.10, εμφανίζονται μηνύματα που ενημερώνουν τον χρήστη για την εξέλιξη της προσομοίωσης. Στο υπό μελέτη μοντέλο εμφανίζεται υποπίεση στην αναρρόφηση της αντλίας PMP-1. Έτσι θα ήταν δυνατό να επέμβει κανείς στο μοντέλο διορθώνοντας π.χ. την διάμετρο του αγωγού ώστε να μην εμφανίζεται υποπίεση στην αντλία. Σημειώνεται ότι η παρουσία υποπίεσεως στην αντλία είναι δυνατόν να προκαλέσει σπηλαιώση και συνεπώς ζημιά στην αντλία.



Εικόνα 4.10 Το παράθυρο User Notifications όπου εμφανίζονται μηνύματα με σκοπό την πληροφόρηση του χρήστη.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης μπορεί να γίνει μέσω των Flex Tables που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Παραδείγματος χάριν, ανοίγοντας τον πίνακα των σωλήνων, Εικόνα 4.11, εμφανίζονται παράμετροι όπως η παροχή του αγωγού, η ταχύτητα της ροής

και η υδραυλική κλίση. Στο συγκεκριμένο μοντέλο ισχύει $Q=302$ l/s, $V=2.41$ m/s και $S_f=0.012$. Επιπλέον, το φορτίο πίεσεως και το πιεζομετρικό φορτίο σε κάθε κόμβο του δικτύου παρουσιάζεται στον πίνακα των κόμβων, Εικόνα 4.12.

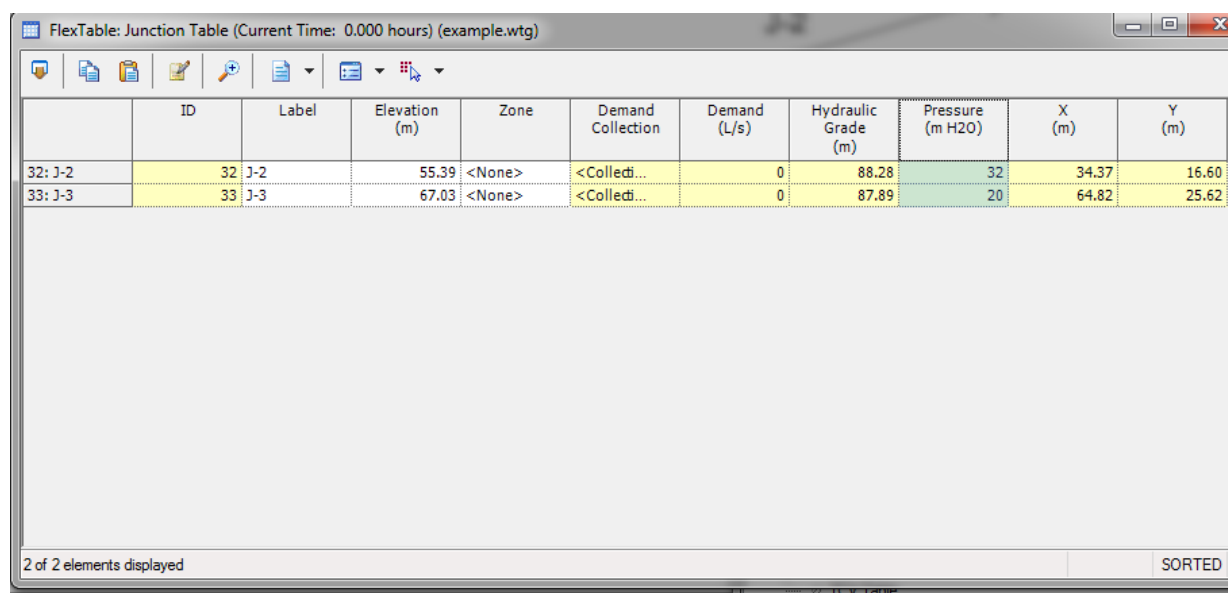


FlexTable: Pipe Table (Current Time: 0.000 hours) (example.wtg)

	ID	Label	Length (Scaled) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Has Check Valve?	Minor Loss Coefficient (Local)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)
37: P-2	37	P-2	32	J-2	J-3	400.0	Ductile I...	130.0	☐	0.000	302	2.41	0.012
38: P-3	38	P-3	32	J-3	T-2	400.0	Ductile I...	130.0	☐	0.000	302	2.41	0.012
40: P-4	40	P-4	6	T-1	PMP-1	400.0	Ductile I...	130.0	☐	0.000	302	2.41	0.012
41: P-5	41	P-5	32	PMP-1	J-2	400.0	Ductile I...	130.0	☐	0.000	302	2.41	0.012

4 of 4 elements displayed

Εικόνα 4.11 Τα στοιχεία των σωλήνων. Φαίνονται ποσότητες όπως η παροχή, η ταχύτητα και η κλίση τριβής.



FlexTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (example.wtg)

	ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand Collection	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	X (m)	Y (m)
32: J-2	32	J-2	55.39	<None>	<Collected...>	0	88.28	32	34.37	16.60
33: J-3	33	J-3	67.03	<None>	<Collected...>	0	87.89	20	64.82	25.62

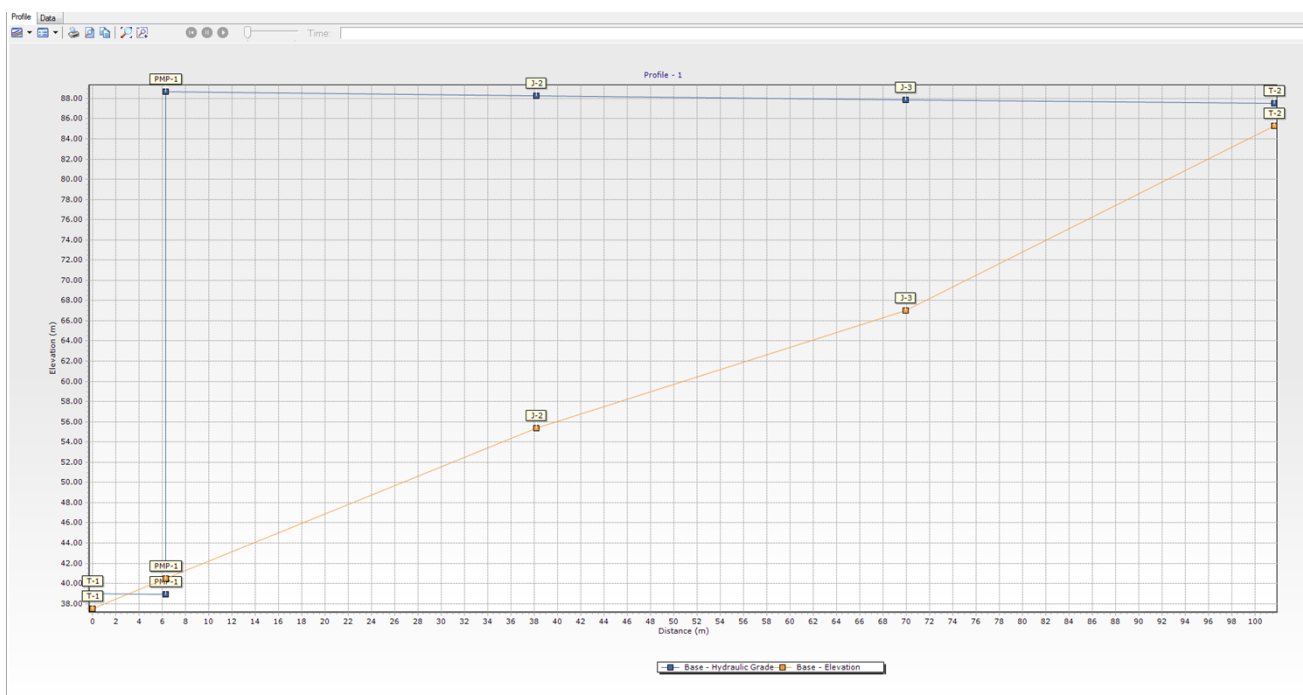
2 of 2 elements displayed

SORTED

Εικόνα 4.12 Τα στοιχεία των κόμβων. Φαίνονται ποσότητες όπως το πιεζομετρικό φορτίο και το φορτίο πίεσεως.

Τέλος, σημαντικός είναι ο σχεδιασμός της πιεζομετρικής γραμμής του συστήματος. Το WaterCad παρέχει την δυνατότητα σχεδιασμού της πιεζομετρικής γραμμής από την καρτέλα View όπου ο

χρήστης πρέπει να επιλέξει το Profiles. Στο παράθυρο που αναδύεται επιλέγεται New. Ανοίγει εκ νέου ένα παράθυρο στο οποίο πιέζεται το Select From Drawing. Χρησιμοποιώντας το εργαλείο Add επιλέγονται τα στοιχεία που απαρτίζουν το υδραυλικό δίκτυο. Όταν επιλεγθούν όλα τα στοιχεία, πιέζεται το Done και έπειτα το Open Profile. Αναδύεται ένα νέο παράθυρο στο οποίο είναι σχεδιασμένη η πιεζομετρική γραμμή του υδραυλικού δικτύου, Εικόνα 4.13. Στην αντλία, η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται κάτω από την γραμμή του φορτίου θέσης και ως εκ τούτου επαληθεύεται η παρατήρηση ότι στο σημείο αυτό παρουσιάζεται υποπίεση.



Εικόνα 4.13 Η πιεζομετρική γραμμή του αγωγού.

4.7 Εισαγωγή δεδομένων στο HEC-RAS

Το HEC-RAS είναι ένα λογισμικό το οποίο προσομοιώνει την ροή ενός τεχνητού ή φυσικού ανοικτού αγωγού. Η προσομοίωση μπορεί να είναι μονοδιάστατη ή δισδιάστατη και επιπλέον μπορεί να αφορά την στερεοπαροχή. Το HEC-RAS αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Αμύνης των ΗΠΑ και πιο συγκεκριμένα από το Σώμα Στρατιωτικών Μηχανικών, US Department of Defense, Army Corps of Engineers.

Στην παρούσα Διπλωματική το HEC-RAS θα χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση του ανοικτού αγωγού στον οποίο καταλήγει το υδραυλικό σύστημα. Συγκεκριμένα, για την παροχή σχεδιασμού θα μελετηθούν διάφορες διατομές του ανοικτού αγωγού και για κάθε μία από αυτές θα ελεγχθεί η πιθανότητα υπερχειλίσσης του αγωγού και η κατανομή της ταχύτητας ροής κατά μήκος του αγωγού.

Παρακάτω αναφέρονται τα βήματα που απαιτούνται για την μεταφορά των δεδομένων που συλλέχθηκαν από το GoogleEarth στο HEC-RAS. Τα δεδομένα αυτά περιέχονται σε έναν πίνακα τεσσάρων στηλών εκ των οποίων η πρώτη περιέχει τα ονόματα των διατομών, η δεύτερη και η τρίτη τα X και Y του άξονα του αγωγού, αντίστοιχα και η τέταρτη τα υψόμετρα του πυθμένα του αγωγού όπως προέκυψαν από την μηκοτομή του αγωγού. Τα βήματα που απαιτούνται είναι τα ακόλουθα:

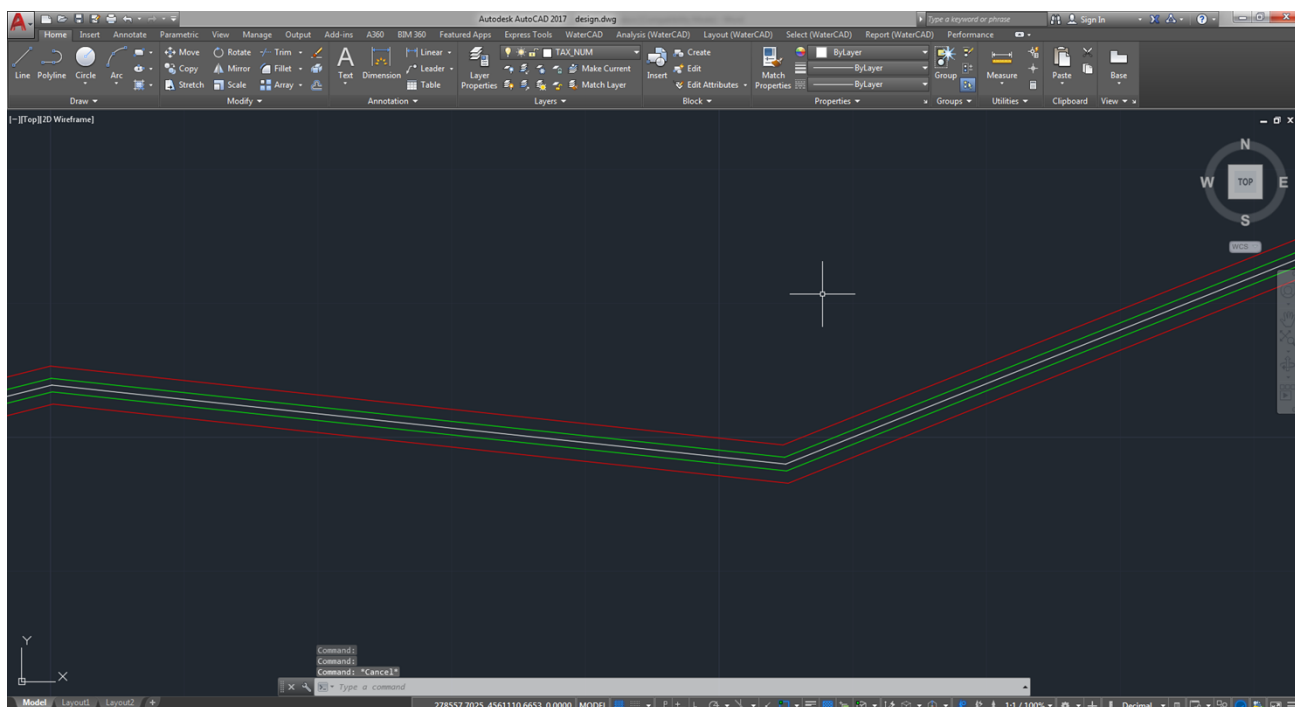
1. Η δεύτερη, η τρίτη και η τέταρτη στήλη του πίνακα με τα τοπογραφικά δεδομένα αντιγράφονται σε ένα αρχείο txt.
2. Στην καρτέλα επεξεργασία, επιλέγεται το «αντικατάσταση»
3. Στην επιλογή «εύρεση του» επιλέγεται ένα κενό ενώ στο «αντικατάσταση» επιλέγεται ένα κόμμα. Πιέζεται το αντικατάσταση όλων. Το αρχείο έχει μετατραπεί σε μορφή csv.
4. Προστίθεται στην αρχή του αρχείου η σειρά «_MULTIPLE _POINT». Επιλέγεται αποθήκευση του αρχείου.
5. Αλλάζεται η κατάληξη του αρχείου από txt σε scr.
6. Ανοίγεται το AutoCAD και σύρεται πάνω στο περιβάλλον εργασίας το αρχείο scr.
7. Στο AutoCAD ενώνονται τα σημεία που δημιουργούνται με μία Polyline.
8. Δημιουργούνται τέσσερις επιπλέον Polyline στο AutoCAD μεταθέτοντας παράλληλα την πολυγωνική γραμμή που δημιουργήθηκε στο βήμα 7, Εικόνα 4.14. Οι δύο γραμμές μετατίθενται κατά $B'/2$ αριστερά και δεξιά της αρχικής γραμμής και οι υπόλοιπες δύο μετατίθενται κατά $b/2$ αριστερά και δεξιά της αρχικής γραμμής. Δηλαδή, ο σκοπός του βήματος αυτού η εύρεση των X και Y των σημείων 1, 2, 3 και 4 που παρουσιάζονται στην Εικόνα 4.15 για κάθε διατομή.
9. Οι συντεταγμένες X και Y των τεσσάρων πολυγωνικών γραμμών που δημιουργήθηκαν στο βήμα 8 εξάγονται σε τέσσερα αρχεία txt κάνοντας χρήση της εντολής List για κάθε πολυγωνική και αντιγράφοντας τα περιεχόμενα που εμφανίζονται στο Command Line στο αντίστοιχο αρχείο txt.
10. Ανοίγεται το Excel. Εισάγονται τα αρχεία txt στο Excel επιλέγοντας το «Get External Data From Text».
11. Φτιάχνονται τέσσερις πίνακες για κάθε πολυγωνική γραμμή που δημιουργήθηκε στο βήμα 8. Κάθε πίνακας έχει τέσσερις στήλες. Η πρώτη περιέχει το όνομα της διατομής, η δεύτερη και η τρίτη περιέχουν τα X και Y που προέκυψαν από το βήμα 9 και η τέταρτη έχει το υψόμετρο του σημείου, Εικόνα 4.15. Εάν το σημείο βρίσκεται στις άκρες του πυθμένα, το υψόμετρο του είναι ίσο με το υψόμετρο του πυθμένα αλλιώς εάν βρίσκεται στο φρύδι των πρανών το υψόμετρο του είναι ίσο με το υψόμετρο του πυθμένα συν το ύψος των πρανών h' .

12. Υπολογίζονται με το Πυθαγόρειο θεώρημα οι οριζόντιες αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών σημείων του άξονα, των διαδοχικών σημείων στο φρύδι του αριστερού πρανούς, σημείο 1, και στο φρύδι του δεξιού πρανούς, σημείο 4. Έτσι υπάρχει ένας πίνακας με τρεις στήλες και $n-1$ γραμμές όπου n ο αριθμός των διατομών.
13. Τίθενται οι τέσσερις πίνακες τον έναν κάτω από τον άλλον. Ο πίνακας που αντιστοιχεί στο σημείο 1 τοποθετείται πρώτος ενώ ο πίνακας που αντιστοιχεί στο σημείο 4 τοποθετείται τελευταίος. Έτσι, δημιουργείται ένας πίνακας $4n$ γραμμών και 4 στηλών.
14. Στον πίνακα του βήματος 13 προστίθενται δύο στήλες. Συγκεκριμένα, μπροστά από κάθε γραμμή του πίνακα προστίθεται το όνομα του καναλιού π.χ. “open_channel_1” και το όνομα του κλάδου του καναλιού. Επειδή ενδιαφέρει μόνο ένα κανάλι, προστίθεται σε κάθε γραμμή το ίδιο όνομα καναλιού και για όνομα κλάδου το «1».
15. Στην αρχή του πίνακα προστίθεται η γραμμή “River Reach RS X Y Z”. Έτσι, ο τελικός πίνακας έχει 6 στήλες και $4n+1$ γραμμές, Εικόνα 4.16.
16. Αντιγράφεται ο τελικός πίνακας που δημιουργήθηκε στο βήμα 15 σε ένα αρχείο txt. Στο αρχείο αυτό αντικαθίστανται τα κενά με το κόμμα ώστε το τελικό αρχείο να είναι csv. Αποθηκεύεται το αρχείο.
17. Ανοίγεται το HEC-RAS. Μετά στο File και δημιουργείται νέο Project το οποίο και ονομάζεται με κάποιο χαρακτηριστικό όνομα.
18. Στην καρτέλα Edit επιλέγεται το Geometric Data. Στο παράθυρο που αναδύεται πηγαίνει κανείς στο File και μετά στο Import Geometry Data όπου και επιλέγεται το CSV Format. Στο παράθυρο που ανοίγει, επιλέγεται το αρχείο txt που δημιουργήθηκε στο βήμα 16. Έπειτα, διατηρείται το X, Y, Z Format και OK. Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγεται SI Units και έπειτα Finished-Import Data. Το κανάλι εμφανίζεται στο παράθυρο γραφικών του HEC-RAS.
19. Επιλέγεται η καρτέλα Tables και έπειτα το Manning’s work values. Επιλέγονται οι τις τρεις στήλες που παρουσιάζονται στο παράθυρο που ανοίγει και μετά πιέζεται το Set Values. Έπειτα, εισάγεται η τιμή του συντελεστή του Manning και μετά OK.
20. Αντιγράφεται ο πίνακας του βήματος 12 από το Excel και επικολλάται στον πίνακα που ανοίγει όταν στην καρτέλα Tables ανοιχθεί το Reach Lengths. Τα στοιχεία της τελευταίας γραμμής θέτονται ίσα με το μηδέν. Μετά πιέζεται το OK.
21. Save για να αποθηκευθούν τα γεωμετρικά δεδομένα.
22. Στην καρτέλα Edit επιλέγεται το Steady Flow Data με αποτέλεσμα να αναδύεται ένα παράθυρο. Στο Profile Names and Flowrates εισάγεται η παροχή σχεδιασμού. Έπειτα,

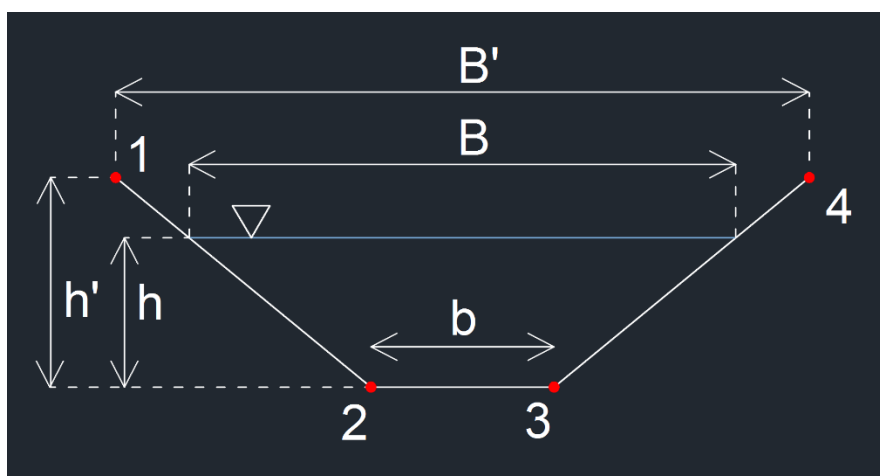
επιλέγεται το Reach Boundary Conditions και εισάγονται οι οριακές συνθήκες στην αρχή και στο πέρας του καναλιού.

23. Αποθηκεύεται η εργασία στο HEC-RAS.

Σημειώνεται πως η αρίθμηση των διατομών πρέπει να μειώνεται καθώς προχωρά κανείς προς τα κατάντη. Επί της ουσίας με αυτόν τον τρόπο το HEC-RAS αντιλαμβάνεται την φορά της ροής του καναλιού.



Εικόνα 4.14 Με άσπρο φαίνεται η αρχική γραμμή που αναπαριστά τον άξονα του καναλιού. Με πράσινο παριστάνονται οι γραμμές που έχουν μετατοπιστεί παράλληλα κατά $b/2$ ενώ με κόκκινο παριστάνονται οι γραμμές που έχουν μετατοπιστεί παράλληλα κατά $B/2$.



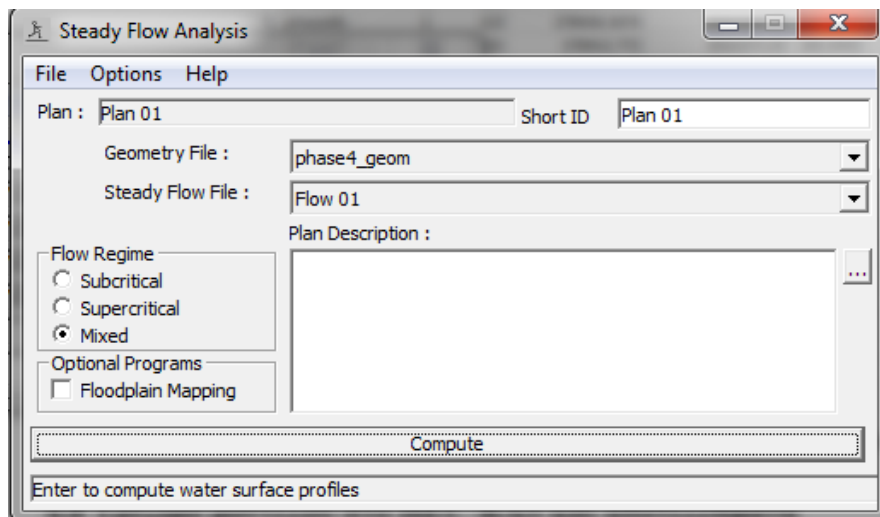
Εικόνα 4.15 Τα τέσσερα σημεία των οποίων τα X και Y ενδιαφέρουν.

	A	B	C	D	E	F	G
1	river	reach	RS	x	y	z	
2	phase4b	1	125	278634.458	4561131.299	296.5	
3	phase4b	1	124	278554.7815	4561099.429	290.6347	
4	phase4b	1	123	278500.0008	4561105.319	286.8775	
5	phase4b	1	122	278436.3676	4561089.29	282.4464	
6	phase4b	1	121	278412.772	4561071.85	280.4995	
7	phase4b	1	120	278392.6586	4561005.473	275.805	
8	phase4b	1	119	278362.5969	4560933.326	270.4953	
9	phase4b	1	118	278354.5789	4560817.071	262.5802	
10	phase4b	1	117	278350.5702	4560695.794	254.3389	
11	phase4b	1	116	278383.6422	4560596.578	247.2352	
12	phase4b	1	115	278403.6856	4560529.431	242.4755	
13	phase4b	1	114	278447.4376	4560456.151	236.6563	
14	phase4b	1	113	278455.5372	4560374.342	231.0059	
15	phase4b	1	112	278423.0486	4560323.149	226.8135	
16	phase4b	1	111	278372.35	4560304.396	223.1073	
17	phase4b	1	110	278334.184	4560284.88	220.2187	
18	phase4b	1	109	278317.0206	4560260.327	218.2047	
19	phase4b	1	108	278300.0363	4560234.362	216.081	
20	phase4b	1	107	278273.1601	4560210.849	213.6152	
21	phase4b	1	106	278243.692	4560202.78	211.5	

Εικόνα 4.16 Ο τελικός πίνακας για την εισαγωγή δεδομένων στο HEC-RAS.

4.8 Τρέξιμο μοντέλου στο HEC-RAS και αποτελέσματα

Έχοντας ολοκληρώσει την διαδικασία που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο εκτελείται η προσομοίωση του ανοικτού αγωγού. Μετά κανείς πηγαίνει στο Run και έπειτα στο Steady Flow Analysis. Στο παράθυρο, Εικόνα 4.17, που αναδύεται και πιο συγκεκριμένα στο Flow Regime επιλέγεται το Mixed, δηλαδή το ότι η ροή μπορεί να είναι και υποκρίσιμη και υπερκρίσιμη. Έπειτα, Compute για να επιλυθεί το μοντέλο.

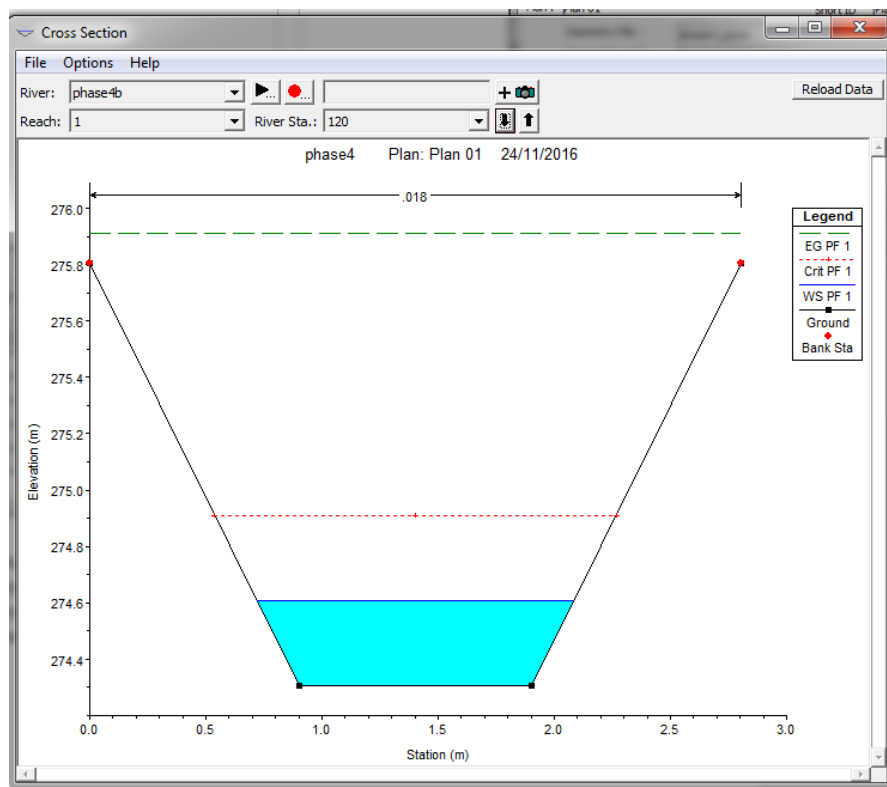


Εικόνα 4.17 Το παράθυρο επίλυσης του μοντέλου.

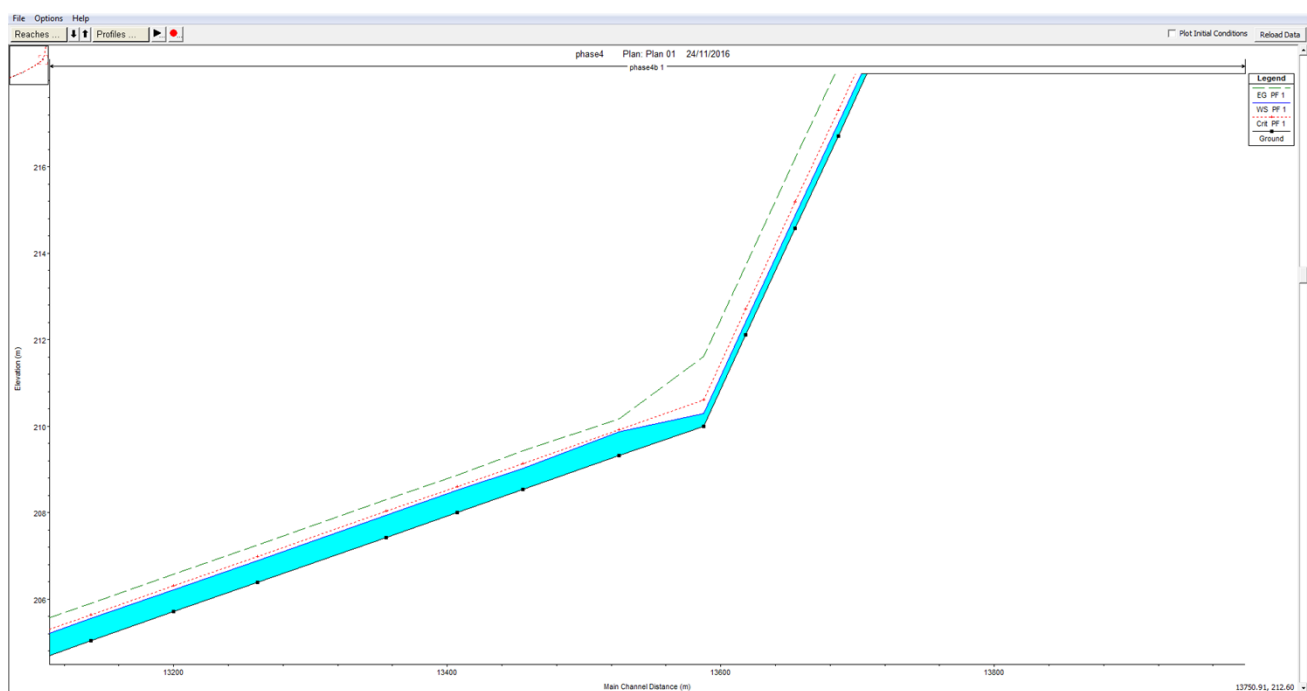
Μετά το πέρας της επίλυσης παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που έδωσε το HEC-RAS. Καταρχήν πηγαίνοντας στο View και μετά στο Cross-Sections εμφανίζονται οι διατομές του ανοικτού αγωγού, Εικόνα 4.18. Έτσι, είναι δυνατόν να ελεγχθούν εποπτικά για περιοχές του αγωγού όπου συμβαίνει υπερχειλίση. Επίσης, στις διατομές παρουσιάζονται η γραμμή ενέργειας και το κρίσιμο βάθος.

Επιπλέον, είναι δυνατόν να δει κανείς το προφίλ της ροής πηγαίνοντας πάλι στην καρτέλα View και στο Water Surface Profiles. Με την επιλογή αυτή ελέγχεται το σύνολο του αγωγού για τυχόν αστοχίες, για υδραυλικά άλματα ή για μεγάλες τιμές του βάθους ροής, Εικόνα 4.19. Επίσης, και σε αυτή την επιλογή παρουσιάζεται το κρίσιμο βάθος και η γραμμή ενέργειας.

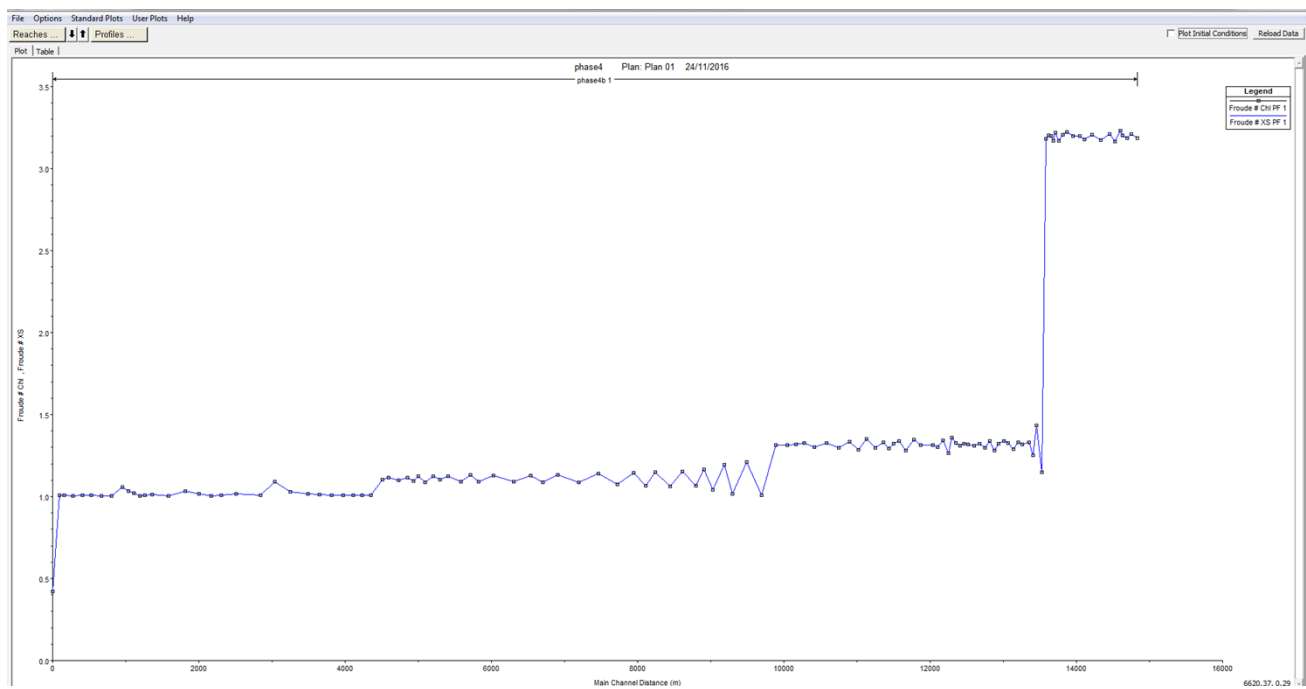
Έπειτα, επιλέγοντας από την καρτέλα View το General Profile Plot το HEC-RAS σχεδιάζει το προφίλ μίας υδραυλικής ποσότητας που ενδιαφέρει συναρτήσει της απόστασης από την αρχή του αγωγού. Παραδείγματος χάριν, στην Εικόνα 4.20 έχει σχεδιαστεί το προφίλ του αριθμού Froude. Τέλος, επιλέγοντας το Profile Summary Table από την καρτέλα View, ανοίγει ένας πίνακας που περιέχει τις τιμές υδραυλικών παραμέτρων, όπως η ταχύτητα, η κλίση τριβής, το κρίσιμο βάθος και ο αριθμός Froude για κάθε διατομή του αγωγού, Εικόνα 4.21.



Εικόνα 4.18 Μία διατομή του αγωγού σχεδιασμένη από το HEC-RAS.



Εικόνα 4.19 Ένα τμήμα του προφίλ ροής του αγωγού.



Εικόνα 4.20: Η κατανομή του αριθμού Froude κατά μήκος του αγωγού.

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: phase#b Reach: 1 Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	125	PF 1	1.80	295.00	295.30	295.61	296.62	0.067918	5.09	0.35	1.36	3.18
1	124	PF 1	1.80	289.14	289.43	289.73	290.74	0.068493	5.08	0.35	1.39	3.21
1	123	PF 1	1.80	285.38	285.67	285.98	286.98	0.067639	5.07	0.36	1.38	3.19
1	122	PF 1	1.80	280.95	281.24	281.54	282.56	0.068322	5.08	0.35	1.38	3.20
1	121	PF 1	1.80	279.00	279.29	279.59	280.59	0.068787	5.06	0.36	1.42	3.23
1	120	PF 1	1.80	274.31	274.61	274.91	275.91	0.067020	5.06	0.36	1.36	3.16
1	119	PF 1	1.80	269.00	269.29	269.60	270.62	0.068729	5.10	0.35	1.37	3.21
1	118	PF 1	1.80	261.08	261.38	261.69	262.69	0.067476	5.07	0.35	1.36	3.17
1	117	PF 1	1.80	252.84	253.13	253.44	254.46	0.068598	5.09	0.35	1.38	3.21
1	116	PF 1	1.80	245.73	246.04	246.34	247.35	0.067569	5.08	0.35	1.36	3.18
1	115	PF 1	1.80	240.97	241.27	241.58	242.59	0.068420	5.09	0.35	1.37	3.20
1	114	PF 1	1.80	235.16	235.45	235.75	236.76	0.068015	5.07	0.36	1.39	3.20
1	113	PF 1	1.80	229.51	229.79	230.09	231.09	0.068461	5.05	0.36	1.42	3.22
1	112	PF 1	1.80	225.31	225.60	225.90	226.90	0.067785	5.04	0.36	1.42	3.21
1	111	PF 1	1.80	221.61	221.91	222.21	223.22	0.067319	5.07	0.36	1.36	3.17
1	110	PF 1	1.80	218.72	219.01	219.32	220.33	0.068782	5.08	0.35	1.39	3.22
1	109	PF 1	1.80	216.70	217.01	217.31	218.32	0.067288	5.07	0.36	1.36	3.17
1	108	PF 1	1.80	214.58	214.88	215.18	216.20	0.068363	5.09	0.35	1.37	3.20
1	107	PF 1	1.80	212.11	212.41	212.71	213.72	0.068180	5.07	0.35	1.39	3.20
1	106	PF 1	1.80	210.00	210.30	210.60	211.61	0.067589	5.07	0.36	1.37	3.18
1	105	PF 1	1.80	209.32	209.88	209.92	210.17	0.008404	2.40	0.75	1.67	1.15
1	104	PF 1	1.80	208.54	209.02	209.14	209.43	0.013128	2.83	0.64	1.60	1.43
1	103	PF 1	1.80	208.00	208.53	208.60	208.86	0.009955	2.55	0.70	1.66	1.25
1	102	PF 1	1.80	207.43	207.94	208.04	208.31	0.011343	2.68	0.67	1.62	1.33
1	101	PF 1	1.80	206.39	206.89	206.98	207.25	0.011002	2.65	0.68	1.65	1.32
1	100	PF 1	1.80	205.71	206.21	206.31	206.57	0.011175	2.66	0.68	1.66	1.33
1	99	PF 1	1.80	205.04	205.56	205.64	205.91	0.010646	2.62	0.69	1.64	1.29
1	98	PF 1	1.80	204.22	204.73	204.82	205.10	0.011262	2.68	0.67	1.62	1.33
1	97	PF 1	1.80	203.65	204.15	204.24	204.51	0.011353	2.68	0.67	1.65	1.34
1	96	PF 1	1.80	202.80	203.30	203.39	203.66	0.010943	2.64	0.68	1.68	1.32
1	95	PF 1	1.80	202.21	202.73	202.82	203.08	0.010524	2.61	0.69	1.63	1.28
1	94	PF 1	1.80	201.43	201.94	202.03	202.31	0.011418	2.69	0.67	1.63	1.34
1	93	PF 1	1.80	200.76	201.28	201.37	201.64	0.010781	2.63	0.68	1.63	1.30
1	92	PF 1	1.80	199.90	200.41	200.50	200.77	0.011208	2.67	0.67	1.62	1.32
1	91	PF 1	1.80	199.04	199.56	199.64	199.91	0.010967	2.65	0.68	1.62	1.31
1	90	PF 1	1.80	198.12	198.64	198.73	199.00	0.011165	2.67	0.67	1.62	1.32
1	89	PF 1	1.80	197.51	198.02	198.11	198.38	0.011140	2.66	0.68	1.63	1.32
1	88	PF 1	1.80	196.91	197.42	197.51	197.78	0.010973	2.65	0.68	1.62	1.31
1	87	PF 1	1.80	196.30	196.81	196.91	197.18	0.011222	2.67	0.67	1.63	1.33
1	86	PF 1	1.80	195.75	196.24	196.33	196.60	0.011520	2.68	0.67	1.68	1.36
1	85	PF 1	1.80	195.19	195.71	195.79	196.05	0.010147	2.57	0.70	1.65	1.26
1	84	PF 1	1.80	194.36	194.86	194.96	195.23	0.011511	2.70	0.67	1.62	1.34
1	83	PF 1	1.80	193.59	194.11	194.19	194.46	0.010825	2.64	0.68	1.64	1.30
1	82	PF 1	1.80	192.80	193.32	193.41	193.68	0.011089	2.66	0.68	1.62	1.32
1	81	PF 1	1.80	190.93	191.45	191.53	191.81	0.011068	2.66	0.68	1.62	1.32
1	80	PF 1	1.80	189.99	190.48	190.58	190.85	0.011421	2.68	0.67	1.67	1.35
1	79	PF 1	1.80	188.72	189.25	189.33	189.60	0.010524	2.61	0.69	1.63	1.28
1	78	PF 1	1.80	187.71	188.22	188.32	188.59	0.011446	2.69	0.67	1.62	1.34
1	77	PF 1	1.80	186.83	187.33	187.42	187.69	0.011038	2.65	0.68	1.66	1.32
1	76	PF 1	1.80	186.12	186.64	186.73	186.99	0.010684	2.63	0.69	1.63	1.29
1	75	PF 1	1.80	185.29	185.80	185.90	186.17	0.011318	2.68	0.67	1.62	1.33
1	74	PF 1	1.80	184.10	184.62	184.71	184.98	0.010791	2.63	0.68	1.62	1.30
1	73	PF 1	1.80	182.80	183.29	183.39	183.66	0.011519	2.69	0.67	1.66	1.35
1	72	PF 1	1.80	181.55	182.07	182.15	182.42	0.010522	2.61	0.69	1.65	1.29
1	71	PF 1	1.80	180.19	180.71	180.80	181.07	0.011393	2.69	0.67	1.62	1.33
1	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Total flow in cross section.												

Εικόνα 4.21 Ο πίνακας που αναδύεται επιλέγοντας το Profile Summary Table.

Αυτή η σελίδα έμεινε επίτηδες κενή

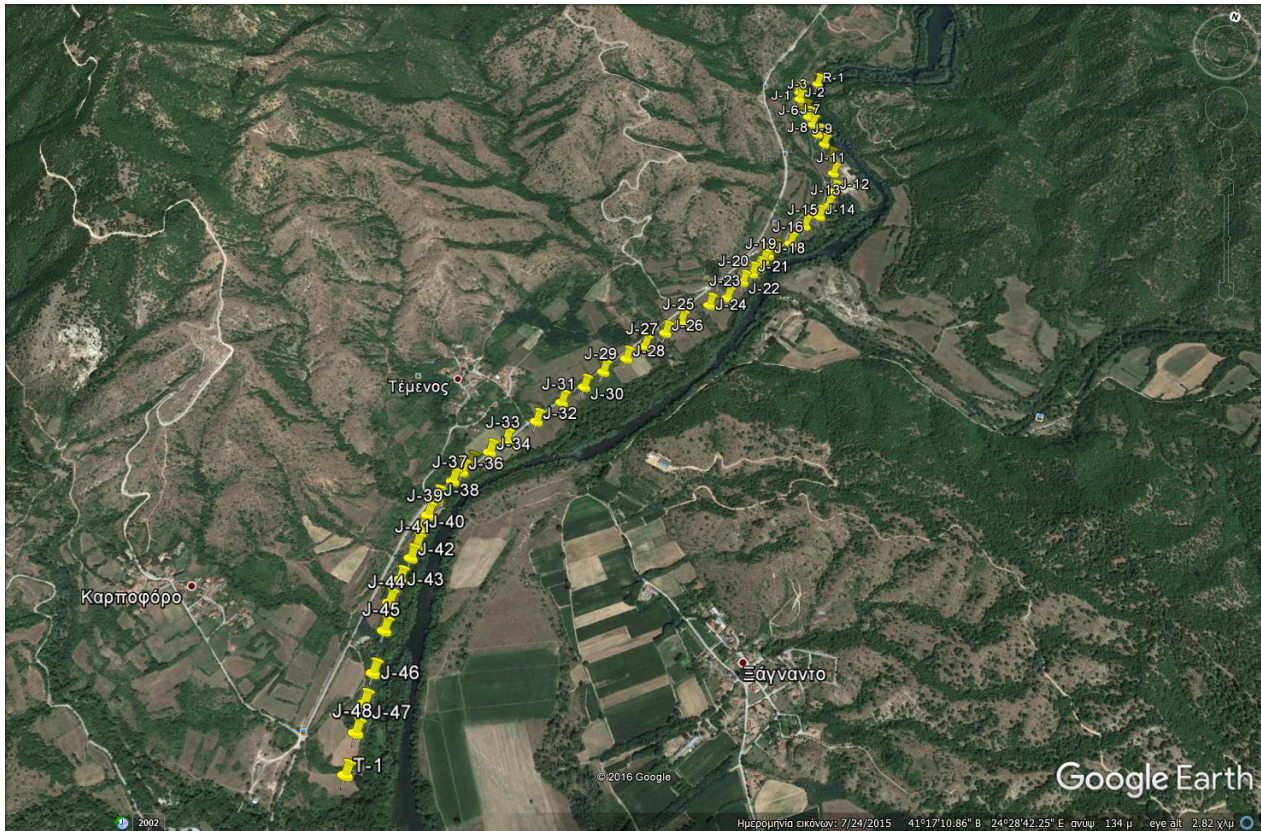
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Πρώτο τμήμα του υδραγωγείου

5.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η διαδικασία του σχεδιασμού του πρώτου τμήματος του υδραγωγείου. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3 το πρώτο τμήμα του υδραγωγείου ξεκινάει από τον ταμιευτήρα και καταλήγει στην δεξαμενή T1. Η μεταφορά του ύδατος υλοποιείται με έναν σωλήνα διαμέτρου 1000.0 mm και μήκους 4.3 km ο οποίος βρίσκεται υπό πίεση. Ο σωλήνας αυτός είναι βαρυντικός διότι η ροή στο εσωτερικό του προκαλείται αποκλειστικά από την υψομετρική διαφορά μεταξύ της στάθμης του ταμιευτήρα και της στάθμης της δεξαμενής T1. Ως εκ τούτου, το φορτίο πίεσης δεν έχει μεγάλες τιμές με αποτέλεσμα ως υλικό του αγωγού να επιλεγθεί το PVC. Τέλος, ο ταμιευτήρας ο οποίος τροφοδοτεί το υδραγωγείο έχει μέγιστη στάθμη τα 154.0 m και ελάχιστη τα 147.0 m. Το σημείο εκροής του ταμιευτήρα έχει συντεταγμένες $X=289109.9$ m και $Y=4575154.31$ m (UTM, ζώνη 35).

5.2 Αρχικός σχεδιασμός

Η αρχική λύση που μελετήθηκε για το πρώτο τμήμα του υδραγωγείου αφορούσε την μεταφορά ύδατος από τον ταμιευτήρα σε μία δεξαμενή η βάση της οποίας βρίσκεται σε υψόμετρο 126.0 m. Στην Εικόνα 5.1 φαίνεται η διαδρομή που ακολουθεί ο κλειστός αγωγός και η θέση της δεξαμενής T1. Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.1 και 5.2. Τα δεδομένα των Πινάκων 5.1 και 5.2 εισάγονται στο WaterCad με την διαδικασία που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 4.4. Το μήκος του πρώτου τμήματος του υδραγωγείου σύμφωνα με την παρούσα λύση είναι 3.1 km.



Εικόνα 5.1 Η αρχική λύση για το πρώτο τμήμα του υδραγωγείου.

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-1	289065.4	4575131.7	142	140
J-2	289063.87	4575110.41	142	140
J-3	289070.16	4575070.71	142	140
J-4	289084.72	4575042.82	144	142
J-5	289100.74	4575015.23	147	145
J-6	289117.01	4574984.47	146	144
J-7	289138.89	4574952.08	143	141
J-8	289164.62	4574910.43	141	139
J-9	289196.09	4574869.81	139	137
J-10	289228.51	4574808.06	137	135
J-11	289250.38	4574734.44	136	134
J-12	289265.84	4574650.48	135	133
J-13	289257.00	4574574.39	135	133
J-14	289237.00	4574518.48	136	134
J-15	289197.18	4574460.23	136	134
J-16	289164.07	4574372.68	138	136
J-17	289121.25	4574324.87	140	138
J-18	289103.53	4574296.88	140	138

Πίνακας 5.1 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού.

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-19	289092.21	4574270.19	140	138
J-20	289087.15	4574235.07	142	140
J-21	289068.55	4574205.53	142	140
J-22	289046.03	4574164.00	140	138
J-23	289011.83	4574088.69	138	136
J-24	288962.66	4574045.50	138	136
J-25	288890.99	4573959.87	133	131
J-26	288853.68	4573905.72	130	128
J-27	288804.78	4573835.95	133	131
J-28	288762.35	4573775.90	135	133
J-29	288708.19	4573707.44	136	134
J-30	288667.21	4573639.57	136	134
J-31	288618.67	4573568.14	136	134
J-32	288566.09	4573484.71	136	134
J-33	288501.05	4573396.44	136	134
J-34	288467.89	4573348.08	137	135
J-35	288428.36	4573294.88	136	134
J-36	288412.53	4573266.06	134	132
J-37	288397.70	4573230.54	134	132
J-38	288374.60	4573164.82	136	134
J-39	288369.72	4573107.91	140	138
J-40	288370.53	4573058.98	138	136
J-41	288373.83	4573008.55	138	136
J-42	288371.51	4572972.72	135	133
J-43	288367.04	4572904.64	135	133
J-44	288364.71	4572836.03	137	135
J-45	288381.73	4572758.50	136	134
J-46	288398.69	4572643.08	138	136
J-47	288406.26	4572563.82	134	132
J-48	288414.60	4572490.15	133	131
T-1	288428.89	4572388.83	128	126

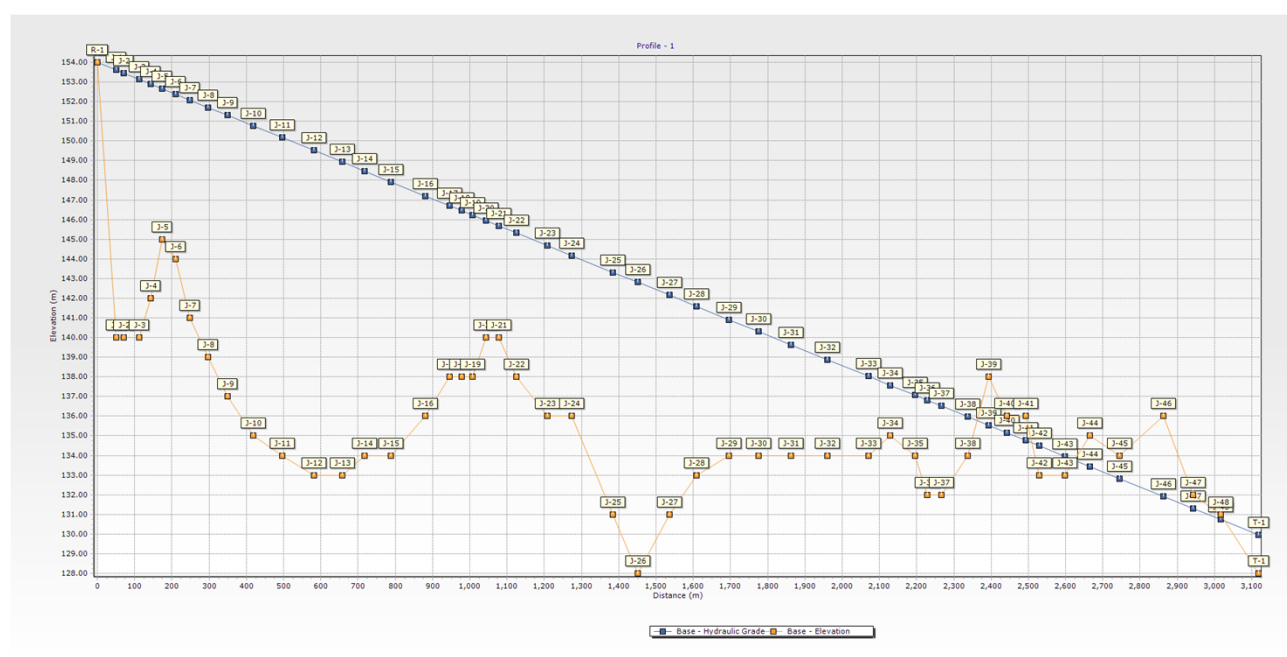
Πίνακας 5.2 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια του Πίνακα 5.1).

Αναφέρθηκε ότι η μέγιστη στάθμη του ταμιευτήρα είναι τα 154.0 m ενώ η ελάχιστη στάθμη είναι τα 147.0 m. Επιπλέον, η μέγιστη στάθμη της δεξαμενής T1 είναι τα 130.0 m ενώ η ελάχιστη είναι τα 127.0 m. Ως εκ τούτου, στο WaterCad θα προσομοιωθούν τα τέσσερα (4) σενάρια που φαίνονται στον Πίνακα 5.3. Επίσης, στον Πίνακα 5.3 σημειώνονται οι παροχές που προκύπτουν από το WaterCad για κάθε σενάριο. Στις Εικόνες 5.2, 5.3, 5.4 και 5.5 παρουσιάζονται οι μηκοτομές για τα Σενάρια 1, 2, 3 και 4 αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι η μηκοτομή του αγωγού και στα τέσσερα

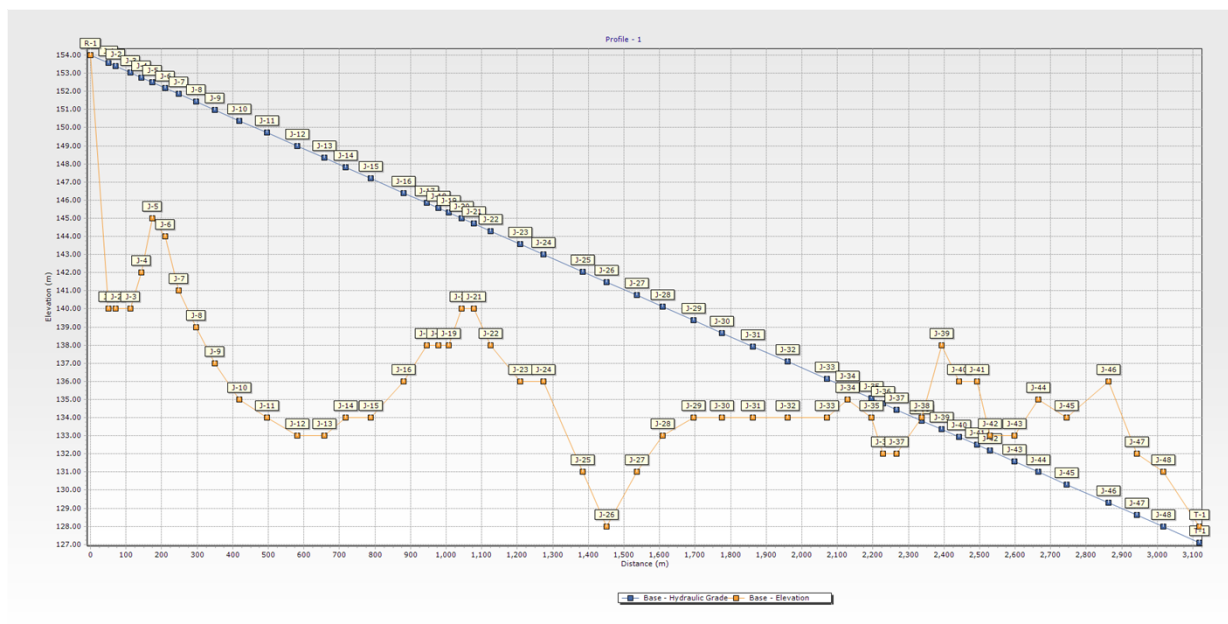
σενάρια βρίσκεται σε ορισμένες περιοχές άνω της πιεζομετρικής γραμμής με αποτέλεσμα την εμφάνιση υποπίεσεων. Ως εκ τούτου, ο σχεδιασμός κρίνεται ακατάλληλος.

Σενάριο	Ανάντη Στάθμη (m)	Κατάντη Στάθμη (m)	Παροχή (L/s)
1	154	130	2618
2	154	127	2782
3	147	127	2364
4	147	130	2178

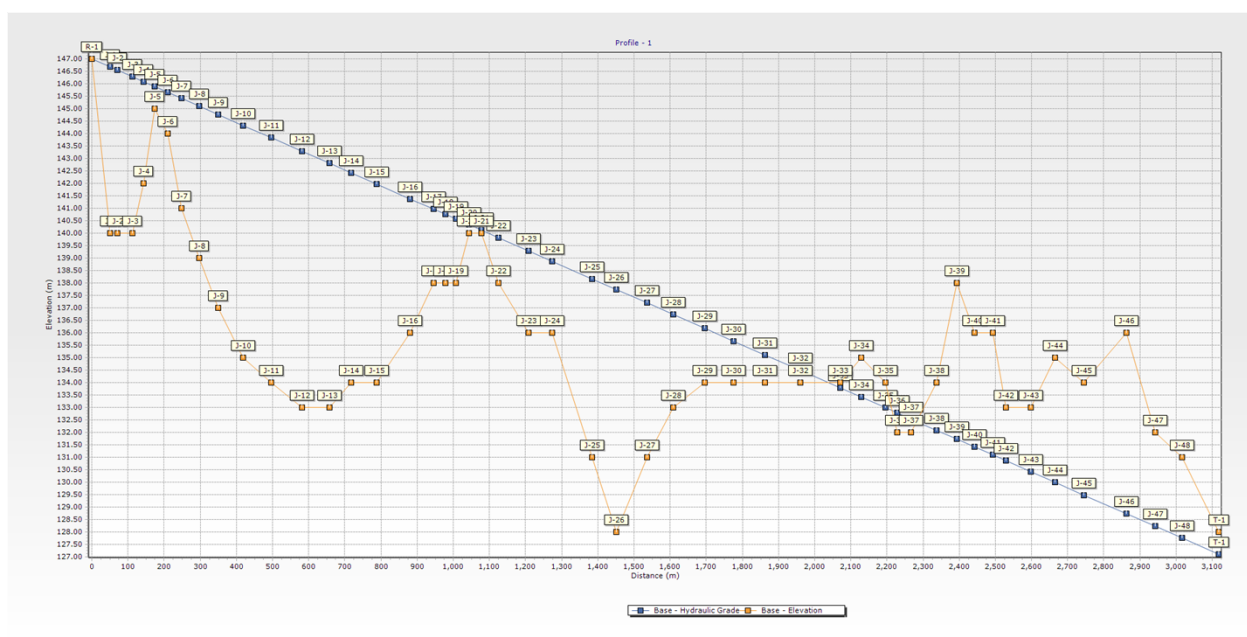
Πίνακας 5.3 Τα τέσσερα σενάρια και οι αντίστοιχες παροχές.



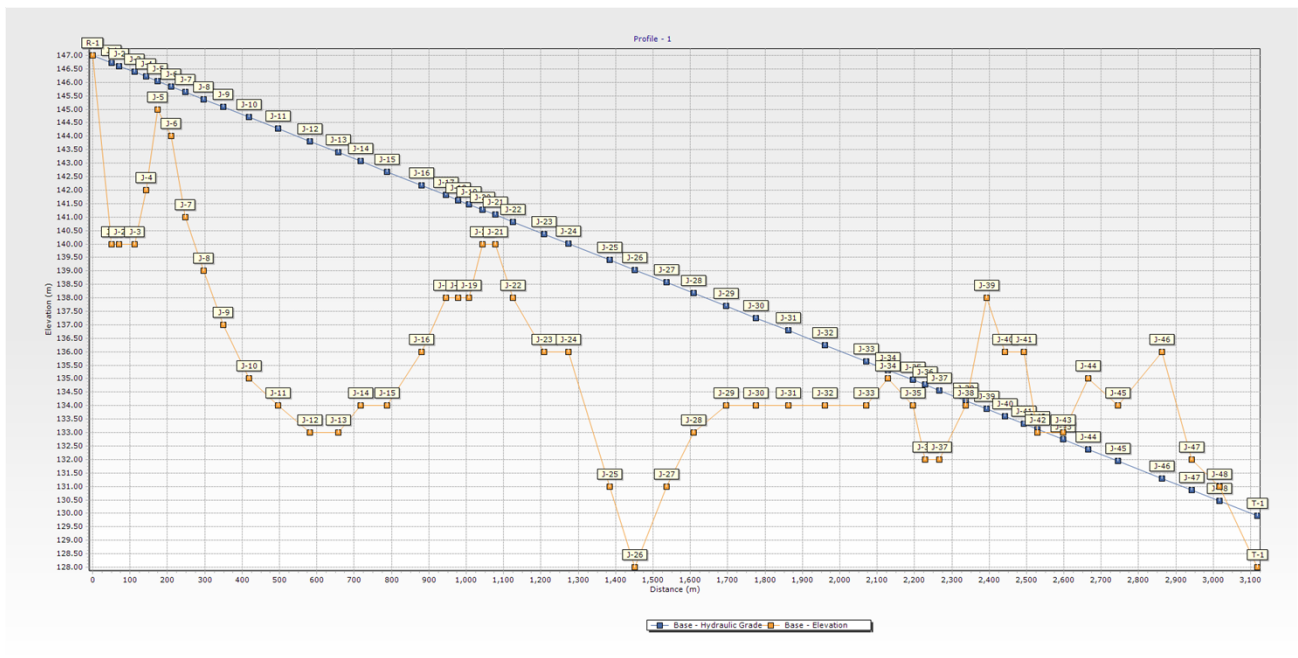
Εικόνα 5.2 Η μηκοτομή του αγωγού για το πρώτο σενάριο. Στις περιοχές της ροής όπου η πιεζομετρική γραμμή είναι κάτω από τον αγωγό εμφανίζονται υποπίεσεις.



Εικόνα 5.3 Η μηκοτομή του αγωγού για το δεύτερο σενάριο. Στις περιοχές της ροής όπου η πιεζομετρική γραμμή είναι κάτω από τον αγωγό εμφανίζονται υποτιέσεις.



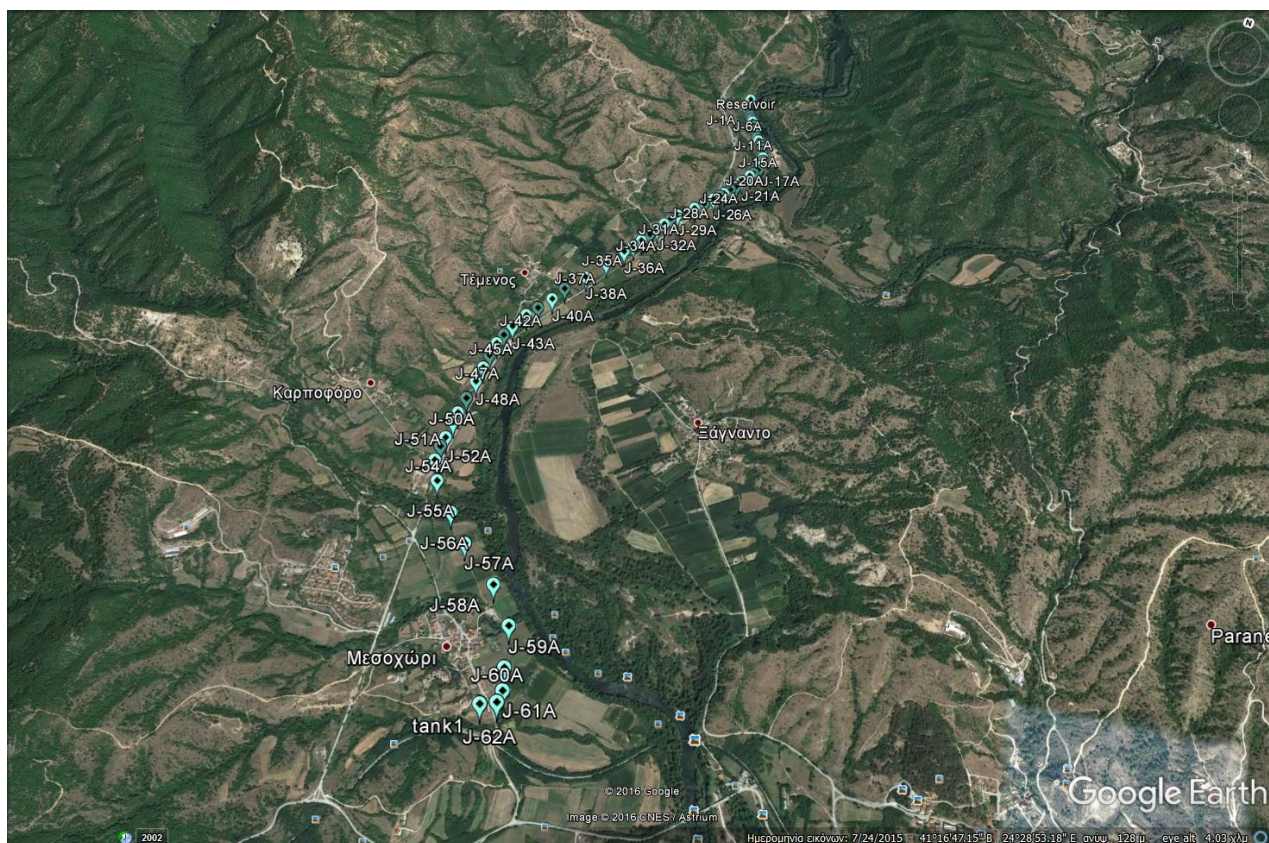
Εικόνα 5.4 Η μηκοτομή του αγωγού για το τρίτο σενάριο. Στις περιοχές της ροής όπου η πιεζομετρική γραμμή είναι κάτω από τον αγωγό εμφανίζονται υποτιέσεις.



Εικόνα 5.5 Η μηκτομή του αγωγού για το τέταρτο σενάριο. Στις περιοχές της ροής όπου η πιεζομετρική γραμμή είναι κάτω από τον αγωγό εμφανίζονται υποπίεσεις.

5.3 Τελικός σχεδιασμός

Ο τελικός σχεδιασμός του πρώτου τμήματος του υδραγωγείου βασίστηκε στην λύση της προηγούμενης ενότητας. Ειδικότερα, η δεξαμενή T1 μετακινήθηκε κοντά στο Μεσοχώρι έτσι ώστε το υψόμετρο της βάσης της να βρίσκεται στα 134.0 m. Η αύξηση του υψομέτρου της βάσης της δεξαμενής T1 από τα 126.0 m στα 134.0 m συνεισφέρει τόσο στην μείωση της παροχής του πρώτου τμήματος του υδραγωγείου ώστε να πλησιάσει την παροχή σχεδιασμού όσο και στην μείωση της απαιτούμενης ισχύος για μεταφορά του ύδατος από την δεξαμενή T1 προς την δεξαμενή T2. Επιπλέον, η διαδρομή που ακολουθεί ο αγωγός τροποποιήθηκε ώστε να μην εμφανίζονται υποπίεσεις σε κανένα σημείο της ροής (Εικόνα 5.6). Τα σημεία που ορίζουν την τελική λύση για το πρώτο τμήμα του υδραγωγείου παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.4 και 5.5. Το τελικό μήκος του πρώτου τμήματος του υδραγωγείου είναι 4.3 km.



Εικόνα 5.6 Η τελική διαδρομή που ακολουθεί το πρώτο τμήμα του υδραγωγείου.

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-1	289083.8957	4575046.35	144	142
J-2	289101.5572	4575020.542	147	145
J-3	289121.2399	4574992.559	146	144
J-4	289128.2522	4574981.936	144	142
J-5	289136.5571	4574962.233	143	141
J-6	289146.9961	4574940.448	142	140
J-7	289160.9929	4574909.001	141	139
J-8	289172.8219	4574881.993	140	138
J-9	289186.614	4574846.943	140	138
J-10	289194.7351	4574819.885	140	138
J-11	289207.3548	4574799.376	139	137
J-12	289222.3596	4574769.616	138	136
J-13	289236.3544	4574743.059	137	135
J-14	289247.7472	4574710.955	137	135
J-15	289257.2093	4574676.865	136	134
J-16	289261.3062	4574651.203	136	134
J-17	289261.1545	4574609.021	136	134
J-18	289252.8298	4574572.836	136	134
J-19	289233.473	4574543.479	136	134
J-20	289217.9072	4574518.648	138	136
J-21	289184.9945	4574466.224	138	136
J-22	289166.6572	4574412.797	140	138
J-23	289144.8611	4574383.91	142	140
J-24	289117.7782	4574347.764	142	140
J-25	289100.6168	4574322.509	143	141
J-26	289074.0447	4574289.679	144	142
J-27	289037.5405	4574241.794	144	142
J-28	288996.8302	4574200.444	144	142
J-29	288925.2211	4574131.502	144	142
J-30	288898.1025	4574097.63	142	140
J-31	288875.6722	4574054.848	140	138
J-32	288848.7961	4574011.587	138	136
J-33	288822.7265	4573969.042	136	134
J-34	288792.1952	4573919.189	133	131
J-35	288763.9174	4573871.033	136	134
J-36	288731.0648	4573820.477	138	136
J-37	288668.4196	4573719.509	138	136
J-38	288598.275	4573606.737	137	135
J-39	288523.722	4573504.673	140	138
J-40	288485.5586	4573428.485	138	136

Πίνακας 5.4 Οι τελικές συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού.

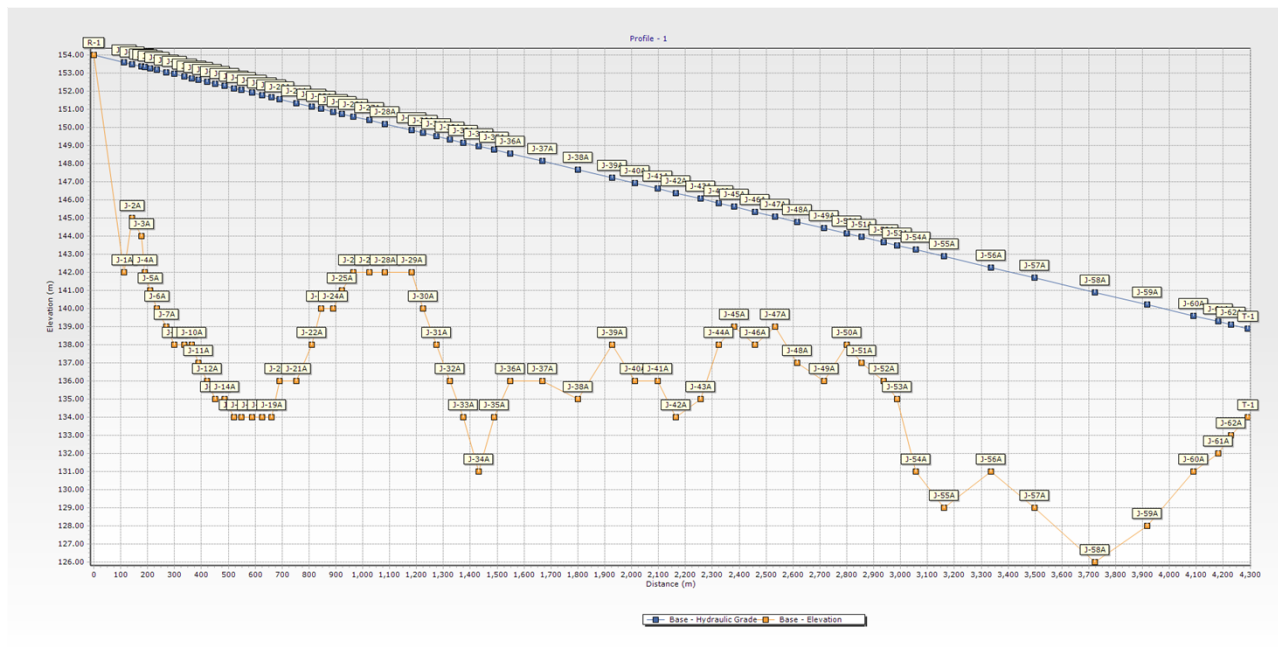
Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-41	288436.6006	4573359.679	138	136
J-42	288397.7178	4573304.379	136	134
J-43	288357.8931	4573220.95	137	135
J-44	288336.5701	4573158.081	140	138
J-45	288322.8554	4573101.022	141	139
J-46	288314.6582	4573024.522	140	138
J-47	288310.2001	4572950.301	141	139
J-48	288305.2256	4572867.05	139	137
J-49	288296.3134	4572768.6	138	136
J-50	288289.77	4572682.834	140	138
J-51	288286.1659	4572629.103	139	137
J-52	288283.5862	4572545.569	138	136
J-53	288277.9343	4572497.028	137	135
J-54	288278.8676	4572427.63	133	131
J-55	288325.0463	4572332.718	131	129
J-56	288436.5857	4572200.121	133	131
J-57	288542.6719	4572077.331	131	129
J-58	288715.5646	4571932.761	128	126
J-59	288832.3638	4571778.031	130	128
J-60	288872.7965	4571610.609	133	131
J-61	288896.442	4571522.598	134	132
J-62	288890.1	4571474.6	135	133
T-1	288832.06	4571451.77	136	134 (υψόμετρο βάσης)

Πίνακας 5.5 Οι τελικές συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 5.4).

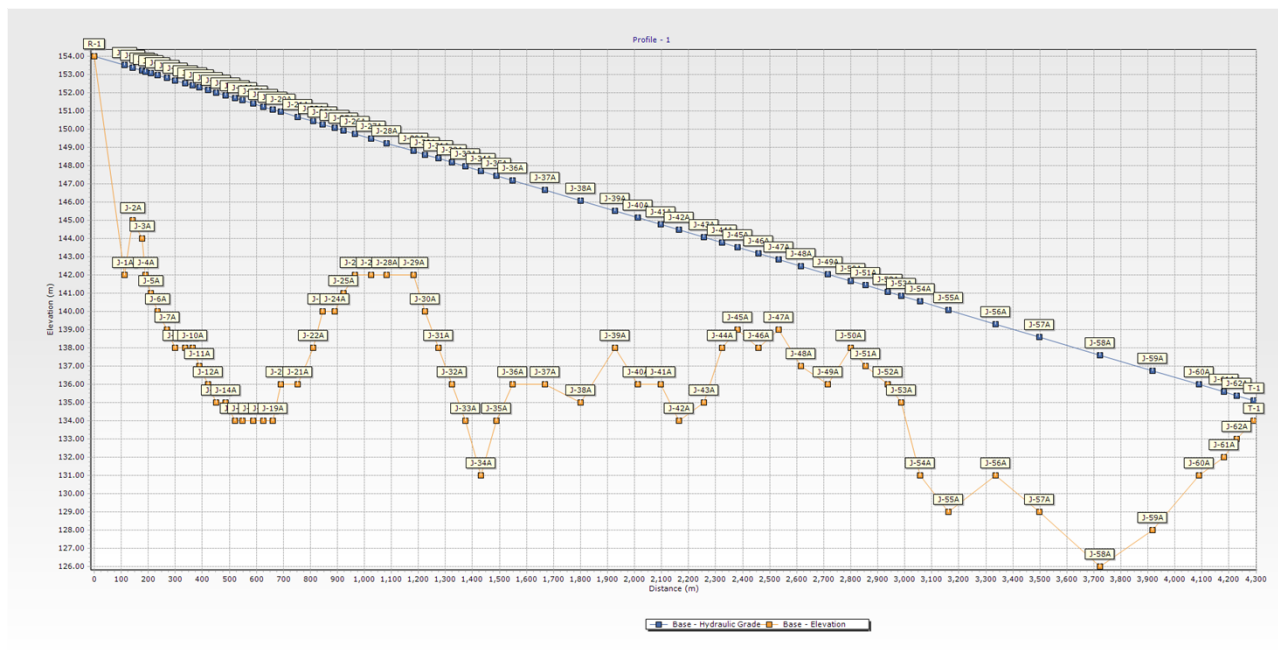
Στην τελική λύση, η μέγιστη στάθμη της δεξαμενής T1 είναι τα 139.0 m ενώ η ελάχιστη είναι τα 135.0 m. Συνεπώς, στο WaterCad θα προσομοιωθούν τα τέσσερα (4) σενάρια που φαίνονται στον Πίνακα 5.6. Επίσης, στον πίνακα αυτόν παρουσιάζονται οι παροχές που προκύπτουν από το WaterCad για κάθε σενάριο. Στις Εικόνες 5.7, 5.8, 5.9 και 5.10 παρουσιάζονται οι μηκοτομές για τα τελικά σενάρια 1, 2, 3 και 4 αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι ο άξονας του αγωγού και στα τέσσερα σενάρια βρίσκεται κάτω από την πιεζομετρική γραμμή και ως εκ τούτου σε κανένα σενάριο δεν εμφανίζονται υποπιέσεις. Επιπλέον, οι παροχές και στα σενάρια 1 και 2 έχουν πλησιάσει την παροχή σχεδιασμού ενώ στα σενάρια 3 και 4 είναι αρκετά μικρότερες αυτής. Βάσει των παραπάνω η λύση που παρουσιάστηκε στην παρούσα ενότητα είναι αποδεκτή.

Σενάριο	Ανάντη Στάθμη (m)	Κατάντη Στάθμη (m)	Παροχή (L/s)
1	154	139	1714
2	154	135	1935
3	147	135	1507
4	147	139	1225

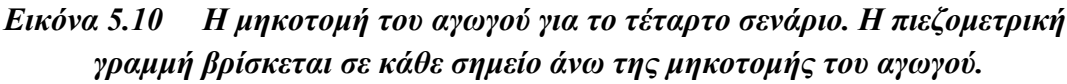
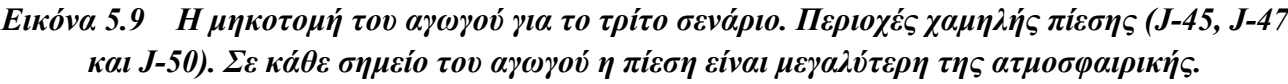
Πίνακας 5.6 Τα τέσσερα νέα σενάρια και οι αντίστοιχες παροχές.



Εικόνα 5.7 Η μηκοτομή του αγωγού για το πρώτο σενάριο. Η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται σε κάθε σημείο άνω της μηκοτομής του αγωγού.



Εικόνα 5.8 Η μηκοτομή του αγωγού για το δεύτερο σενάριο. Η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται σε κάθε σημείο άνω της μηκοτομής του αγωγού.



Αυτή η σελίδα έμεινε επίτηδες κενή

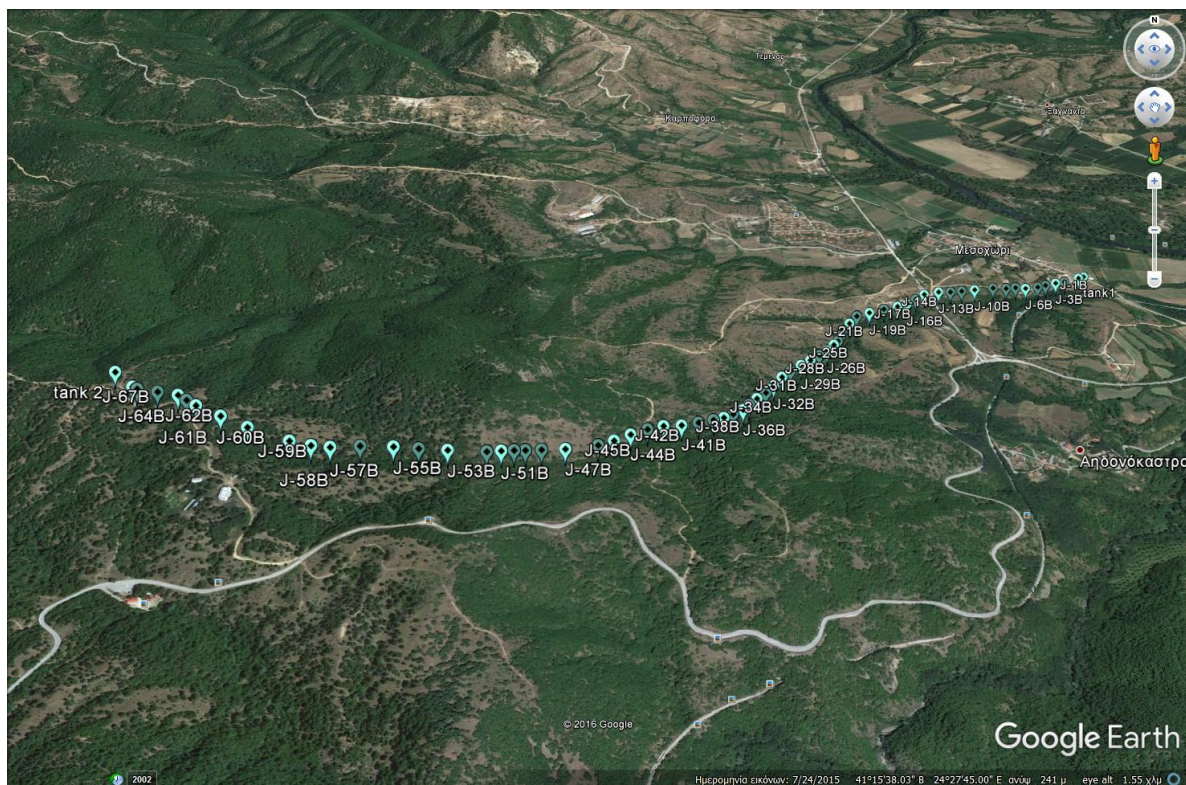
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 Δεύτερο τμήμα του υδραγωγείου

6.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η διαδικασία του σχεδιασμού του δεύτερου τμήματος του υδραγωγείου. Το τμήμα αυτό ξεκινάει από την δεξαμενή T1 και καταλήγει στην δεξαμενή T2 (Εικόνα 3.2). Η μεταφορά του ύδατος υλοποιείται με έναν σωλήνα διαμέτρου 1000.0 mm ο οποίος ξεκινάει από υψόμετρο ίσο με 134.0 m και καταλήγει σε υψόμετρο ίσο με 349.0 m. Επομένως, στο δεύτερο τμήμα του υδραγωγείου είναι απαραίτητη η λειτουργία ενός αντλιοστασίου ο σχεδιασμός του οποίου επίσης θα παρουσιαστεί στο παρόν κεφάλαιο. Ως εκ τούτου, ο αγωγός είναι καταθλιπτικός και δέχεται μεγάλες τιμές πίεσης με αποτέλεσμα ως υλικό του να επιλεγθεί ο όλκιμος χυτοσίδηρος (Ductile Iron). Τέλος, το μήκος του δεύτερου τμήματος του υδραγωγείου T1-T2 είναι 2.8 km.

6.2 Σχεδιασμός αγωγού

Η λύση που μελετήθηκε για το δεύτερο τμήμα του υδραγωγείου φαίνεται στην Εικόνα 6.1 όπου παρουσιάζεται η διαδρομή που ακολουθεί ο κλειστός αγωγός και η θέση των δεξαμενών T1 και T2. Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.1, 6.2 και 6.3. Τα δεδομένα των πινάκων αυτών εισάγονται στο WaterCad με την διαδικασία που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 4.4.



Εικόνα 6.1 Η διαδρομή που ακολουθεί το δεύτερο τμήμα του υδραγωγείου.

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
T-1	288832.06	4571451.77	136	134 (υψόμετρο βάσης)
J-1B	288813.15	4571442.12	136	134
J-2B	288759.19	4571413.88	142	140
J-3B	288730.79	4571403.04	143	141
J-4B	288696.05	4571390.38	144	142
J-5B	288669.13	4571378.61	145	143
J-6B	288632.7	4571371.55	146	144
J-7B	288605.39	4571375.35	146	144
J-8B	288578.35	4571373.58	145	143
J-9B	288540.32	4571371.9	149	147
J-10B	288483.9	4571357.77	151	149
J-11B	288444.07	4571349.26	151	149
J-12B	288411.33	4571344.88	153	151
J-13B	288376.81	4571339.77	157	155
J-14B	288334.27	4571330.12	153	151
J-15B	288301.85	4571299.61	156	154
J-16B	288269.33	4571271.22	158	156
J-17B	288238.2	4571253.13	161	159
J-18B	288195.59	4571232.14	167	165

Πίνακας 6.1 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού.

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-19B	288152.72	4571214.17	166	164
J-20B	288114.18	4571195.18	168	166
J-21B	288086.71	4571158.86	168	166
J-22B	288061.17	4571125.16	166	164
J-23B	288049.39	4571095.05	168	166
J-24B	288035.99	4571066.78	173	171
J-25B	288020.54	4571046	173	171
J-26B	287997.53	4571018.89	173	171
J-27B	287973.48	4570996.48	177	175
J-28B	287946.46	4570972.6	177	175
J-29B	287918.76	4570948.73	181	179
J-30B	287888.7	4570921.39	180	178
J-31B	287862.06	4570893.49	183	181
J-32B	287836.66	4570856.12	183	181
J-33B	287813.12	4570828.14	185	183
J-34B	287789.08	4570806.06	183	181
J-35B	287767.19	4570780.03	185	183
J-36B	287750.79	4570758.5	185	183
J-37B	287725.39	4570741.35	187	185
J-38B	287702.21	4570725.69	187	185
J-39B	287677.23	4570711.64	192	190
J-40B	287642.17	4570696.89	195	193
J-41B	287603.68	4570679.68	206	204
J-42B	287562.3	4570663.88	216	214
J-43B	287526.22	4570645.82	219	217
J-44B	287489.89	4570624.99	225	223
J-45B	287453.04	4570603.62	221	219
J-46B	287419.46	4570585.16	225	223
J-47B	287351.67	4570575.25	224	222
J-48B	287302.57	4570568.13	230	228
J-49B	287269.35	4570564.77	233	231
J-50B	287246.14	4570562.33	235	233
J-51B	287220.86	4570558.29	238	236
J-52B	287191.68	4570552.48	241	239
J-53B	287113.53	4570546.99	251	249
J-54B	287056.26	4570541.11	259	257
J-55B	287007.09	4570537.33	269	267
J-56B	286943.47	4570529.63	278	276
J-57B	286886.93	4570520.51	283	281
J-58B	286849.4	4570520.5	288	286

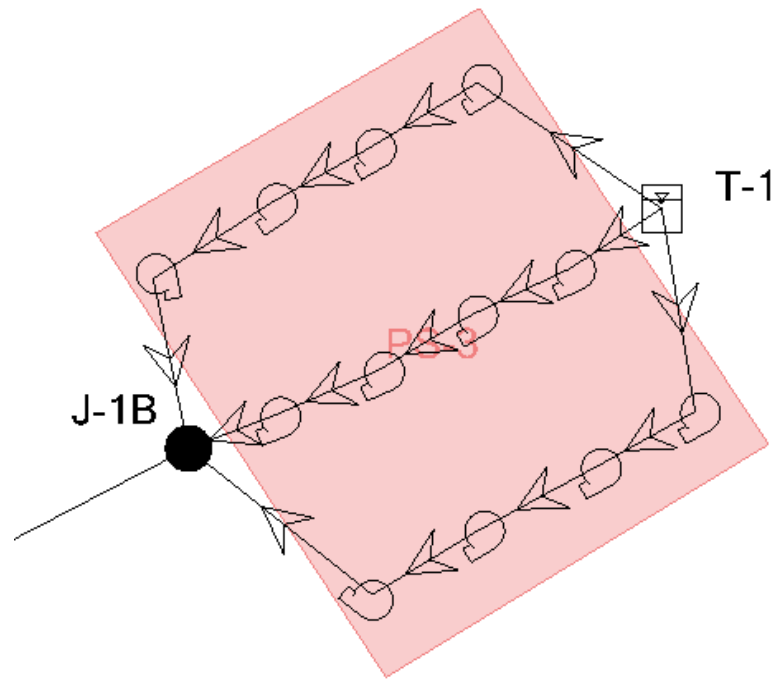
Πίνακας 6.2 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 6.1).

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-59B	286806.6	4570528.5	294	292
J-60B	286721.3	4570552.0	311	309
J-61B	286664.3	4570576.5	323	321
J-62B	286609.8	4570603.4	331	329
J-63B	286586.12	4570619.56	333	331
J-64B	286564.56	4570636.42	334	332
J-65B	286521.37	4570644.8	339	337
J-66B	286478.37	4570651.39	342	340
J-67B	286467.83	4570657.93	343	341
T2	286417.14	4570704.98	351	349 (υψόμετρο βάσης)

Πίνακας 6.3 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 6.2).

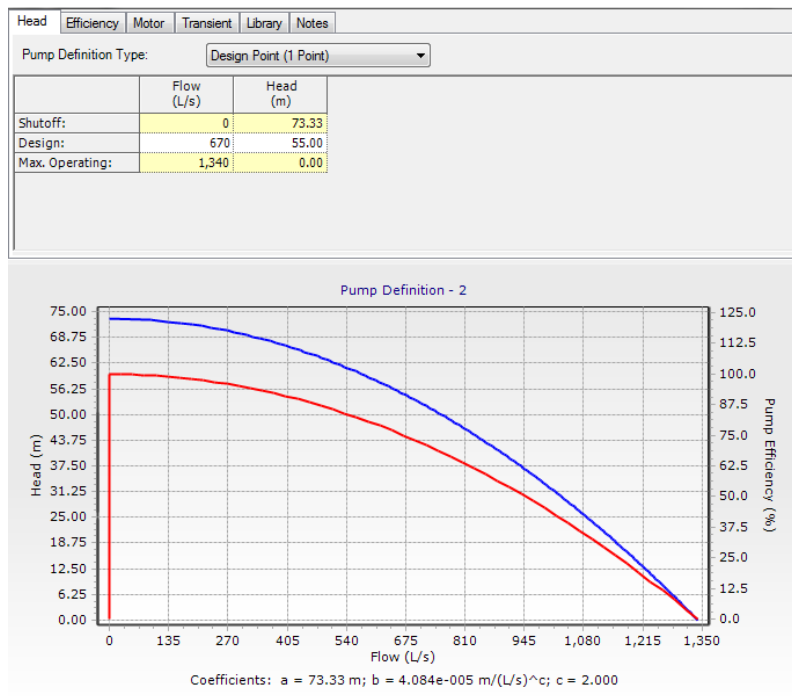
6.3 Σχεδιασμός αντλιοστασίου

Την εισαγωγή των δεδομένων στο WaterCad ακολουθεί ο σχεδιασμός του αντλιοστασίου. Για να προσδιοριστεί η διάταξη του αντλιοστασίου ακολουθείται η εξής λογική: Έστω ότι το συνολικό μανομετρικό που πρέπει να προστεθεί σε συνολική παροχή Q είναι H . Εάν μία αντλία διαρρέεται από παροχή q και αποδίδει μανομετρικό h , ο αριθμός των σειρών των αντλιών στο αντλιοστάσιο είναι ίσος με Q/q ενώ κάθε σειρά αποτελείται από H/h αντλίες. Επομένως, επιλέγοντας ως σημείο σχεδιασμού των αντλιών το $(Q, H) = (670.0 \text{ L/s}, 55.0 \text{ m})$ και λαμβάνοντας υπόψη ότι η υψομετρική διαφορά των δεξαμενών T1 και T2 είναι 215.0 m ενώ η παροχή σχεδιασμού είναι 1800.0 L/s, προκύπτει ότι το αντλιοστάσιο πρέπει να έχει $1800.0/670.0 \approx 3$ σειρές αντλιών. Σε κάθε σειρά πρέπει να υπάρχουν $215.0/55.0 \approx 4$ αντλίες. Άρα στο σύνολο απαιτείται η εγκατάσταση 12 αντλιών (Εικόνα 6.2). Το υψόμετρο του αντλιοστασίου είναι ίσο με 135.0 m.



Εικόνα 6.2 Το αντλιοστάσιο που σχεδιάστηκε.

Επιπλέον, γνωρίζοντας το σημείο σχεδιασμού των αντλιών, το WaterCad μπορεί να σχεδιάσει τις καμπύλες λειτουργίας τους. Πηγαίνοντας στο Pump Definitions, χρησιμοποιείται η μέθοδος του Design Point όπου και εισάγεται το σημείο σχεδιασμού που προαναφέρθηκε. Έτσι προκύπτουν οι καμπύλες λειτουργίας της Εικόνας 6.3. Τέλος, οι αγωγοί που συνδέουν τις αντλίες μεταξύ τους είναι από όλκιμο χυτοσίδηρο. Οι σωλήνες που συνδέουν τις αντλίες με την δεξαμενή T1 έχουν διάμετρο ίση με 550.0 mm ενώ όλοι οι υπόλοιποι σωλήνες του αντλιοστασίου μέχρι τον κόμβο J-1 έχουν διάμετρο 400.0 mm.



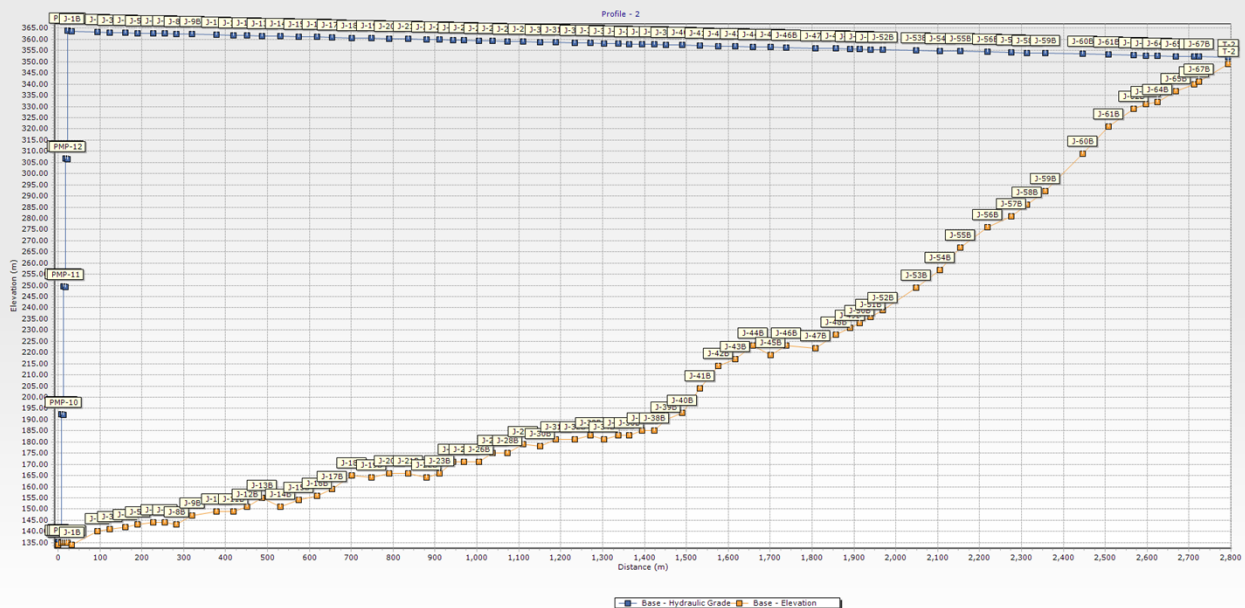
Εικόνα 6.3 Οι καμπύλες λειτουργίας της αντλίας.

6.4 Αποτελέσματα

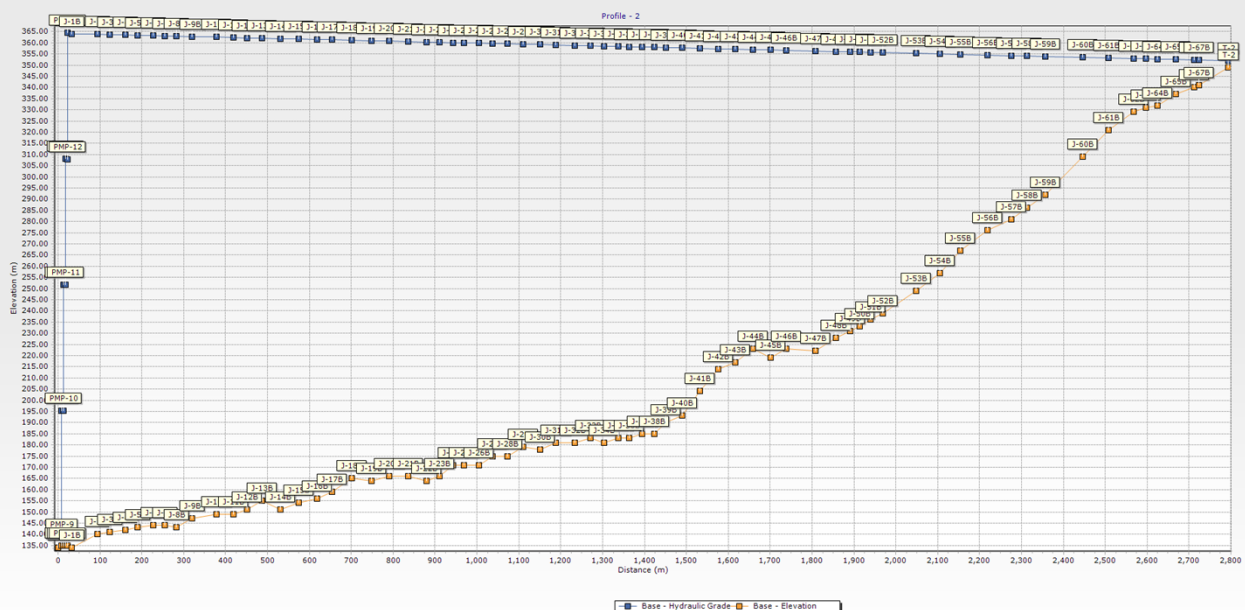
Έχοντας ορίσει τις καμπύλες των αντλιών, έχει ολοκληρωθεί η δόμηση του μοντέλου. Στο WaterCad προσομοιώνονται τα δύο (2) σενάρια που παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.4. Επίσης, στον Πίνακα 6.4 σημειώνονται οι παροχές που προκύπτουν από το WaterCad για κάθε σενάριο. Στις Εικόνες 6.4 και 6.5 παρουσιάζονται οι μηκοτομές για τα σενάρια 1 και 2 αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι ο άξονας του αγωγού και στα δύο σενάρια βρίσκεται κάτω από την πιεζομετρική γραμμή. Επίσης, οι παροχές και στα δύο σενάρια είναι κοντά στην παροχή σχεδιασμού. Επομένως, η λύση είναι αποδεκτή.

Σενάριο	Ανάντη Στάθμη (m)	Κατάντη Στάθμη (m)	Παροχή (L/s)
1	135	352	1876
2	139	352	1923

Πίνακας 6.4 Τα δύο σενάρια και οι αντίστοιχες παροχές.



Εικόνα 6.4 Η μηκτομή του αγωγού για το πρώτο σενάριο. Η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται σε κάθε σημείο άνω της μηκτομής του αγωγού.



Εικόνα 6.5 Η μηκτομή του αγωγού για το δεύτερο σενάριο. Η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται σε κάθε σημείο άνω της μηκτομής του αγωγού.

6.5 Αντιπληγματική προστασία

Εκτός από τον παραπάνω σχεδιασμό του αντλιοστασίου ιδιαίτερη σημασία έχει η προστασία του από φαινόμενα υδραυλικού πλήγματος. Το υδραυλικό πλήγμα είναι μία περίπτωση ασταθούς ροής σε κλειστό αγωγό όπου κύματα υπερπίεσης και υποπίεσης διαδίδονται στο εσωτερικό του αγωγού.

Προκαλείται όταν δημιουργηθεί μία διαταραχή στην ροή π.χ. απότομο κλείσιμο μίας βαλβίδας ή παύση της λειτουργίας των αντλιών. Ως εκ τούτου, εάν το αντλιοστάσιο σταματήσει να λειτουργεί, είναι πιθανό να εμφανιστούν υπερπίεσεις οι οποίες μπορούν να βλάψουν τις αντλίες και τον αγωγό.

Το φορτίο πίεσης κατά την εμφάνιση υδραυλικού πλήγματος αυξάνεται κατά Δh το οποίο υπολογίζεται από την εξίσωση,

$$\Delta h = \frac{cV}{g} \quad (6-1)$$

όπου V η μέση ταχύτητα της ροής και c η ταχύτητα διάδοσης του κύματος υπερπίεσης. Η ταχύτητα c δίνεται από τον τύπο

$$c = \sqrt{\frac{B}{\rho \left(1 + \frac{BD}{Ek} \right)}} \quad (6-2)$$

όπου E και B οι τιμές του μέτρου ελαστικότητας του αγωγού και του ύδατος αντίστοιχα, k το πάχος των τοιχωμάτων του αγωγού και D η εσωτερική διάμετρος του αγωγού.

Για τον αγωγό του δεύτερου τμήματος του υδραγωγείου ισχύει $D=1000.0$ mm ενώ από το WaterCad προκύπτει ότι η μέση ταχύτητα της ροής ισούται με 2.45 m/s. Είναι κατανοητό πως η μέση ταχύτητα είναι διαφορετική μεταξύ των σεναρίων 1 και 2 και γι' αυτό τον λόγο λήφθηκε η μεγαλύτερη από τις δύο μέσες ταχύτητες. Έπειτα, το μέτρο ελαστικότητας του ύδατος (στους 10 °C) ισούται με 2.10 GPa, το μέτρο ελαστικότητας του όλκιμου χυτοσίδηρου ισούται με 180.0 GPa και $k=0.1$ m. Έτσι από την Εξ. (6-2) προκύπτει πως $c=1371.0$ m/s. Άρα βάσει της Εξ. (6-1), $\Delta h=342.0$ m.

Κατά τις κανονικές συνθήκες λειτουργίας του δεύτερου τμήματος του υδραγωγείου, το μέγιστο φορτίο πίεσης εμφανίζεται στο χαμηλότερο σημείο του αγωγού, δηλαδή στον κόμβο J-1 ο οποίος βρίσκεται αμέσως μετά το αντλιοστάσιο. Το φορτίο πίεσης στον κόμβο J-1 ισούται με 229.0 m. Ως εκ τούτου, κατά την εμφάνιση υδραυλικού πλήγματος το φορτίο πίεσης στον κόμβο J-1 θα λάβει τιμή ίση με 571.0 m, δηλαδή η πίεση θα ισούται με 5.6 MPa. Η συγκεκριμένη τιμή της πίεσης είναι αρκετά μεγάλη. Αν και είναι πιθανό ο όλκιμος χυτοσίδηρος να παραλάβει την πίεση αυτή χωρίς να υποστεί θραύση, είναι απαραίτητη η τοποθέτηση αντιπληγματικής διάταξης στο αντλιοστάσιο όπως

και βαλβίδας αντεπιστροφής. Σημειώνεται ότι η βαλβίδα αντεπιστροφής αποτρέπει την προς την πίσω κίνηση της στήλης ύδατος που βρίσκεται εντός του καταθλιπτικού αγωγού και την εισροή της στο αντλιοστάσιο όταν αυτό είναι εκτός λειτουργίας.

Αυτή η σελίδα έμεινε επίτηδες κενή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 Τρίτο τμήμα του υδραγωγείου

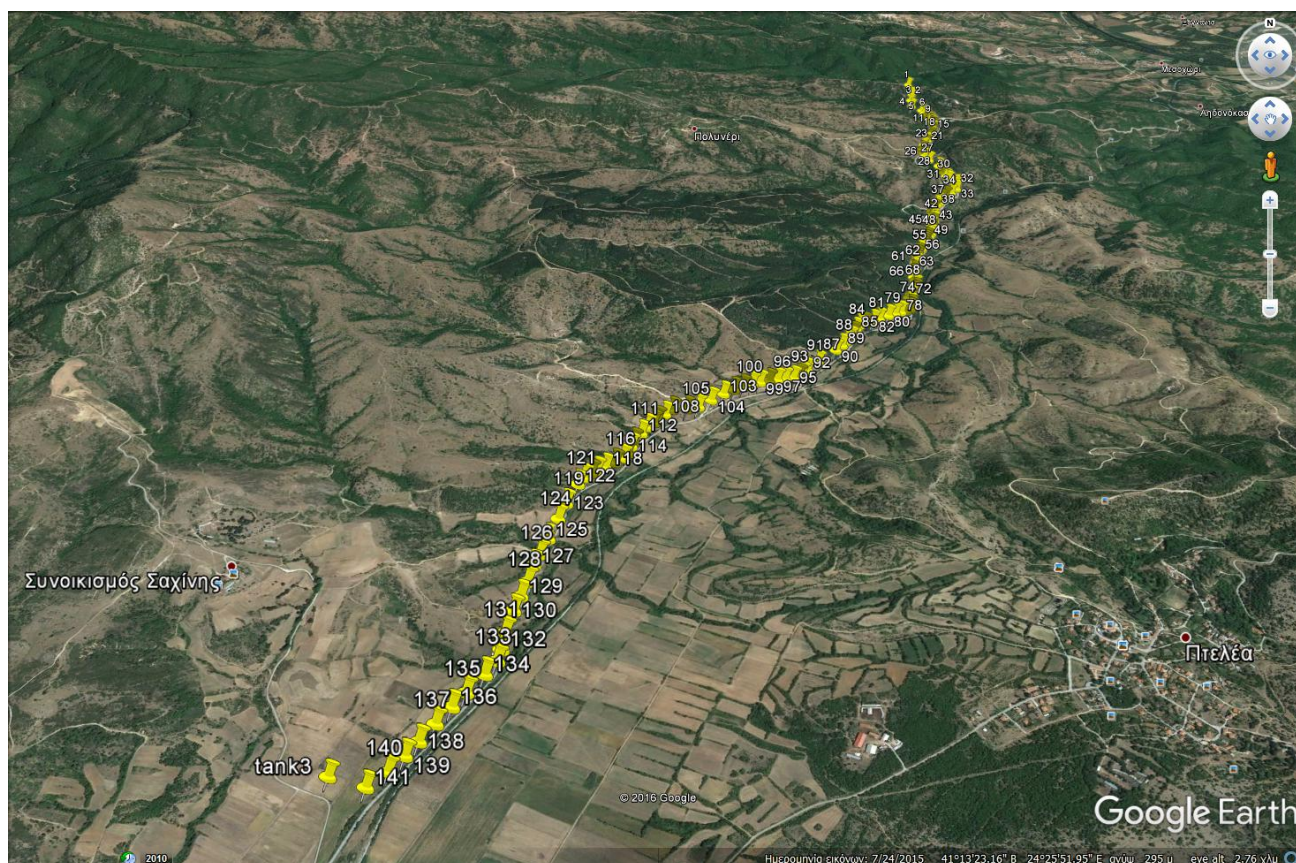
7.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η διαδικασία σχεδιασμού του τρίτου τμήματος του υδραγωγείου. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 3 το τρίτο τμήμα του υδραγωγείου έχει ως αρχή του την δεξαμενή T2 και ως πέρας του την δεξαμενή T3, Εικόνα 3.2. Η μεταφορά του ύδατος υλοποιείται με έναν σωλήνα διαμέτρου 1000.0 mm και μήκους 13.5 km ο οποίος βρίσκεται υπό πίεση. Ο σωλήνας αυτός είναι βαρυντικός διότι η ροή στο εσωτερικό του προκαλείται αποκλειστικά από την υψομετρική διαφορά μεταξύ των δεξαμενών T2 και T3. Ως εκ τούτου, το φορτίο πίεσης δεν έχει μεγάλες τιμές με αποτέλεσμα ως υλικό του αγωγού να επιλεγθεί το PVC.

7.2 Αρχικός σχεδιασμός

Η αρχική λύση που μελετήθηκε για το τρίτο τμήμα του υδραγωγείου αφορά την μεταφορά ύδατος από την δεξαμενή T2 με υψόμετρο βάσης 349.0 m σε μία δεξαμενή T3 η βάση της οποίας βρίσκεται σε υψόμετρο 330.0 m. Στην Εικόνα 7.1 φαίνεται η διαδρομή που ακολουθεί ο κλειστός αγωγός και η θέση της δεξαμενής T3. Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.1, 7.2, 7.3 και 7.4. Τα δεδομένα των προηγούμενων πινάκων εισάγονται στο WaterCad με την διαδικασία που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 4.4.

Για το τρίτο τμήμα του υδραγωγείου θα προσομοιωθεί μόνο ένα (1) σενάριο όπου η στάθμη της δεξαμενής T2 είναι 352.0 m και η στάθμη της δεξαμενής T3 ισούται με 333.0 m. Υπολογίζεται ότι η παροχή που μεταφέρεται από τον αγωγό σε αυτή την περίπτωση είναι ίση με 1514.0 L/s. Επιπλέον, η πιεζομετρική γραμμή παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.2. Η παροχή του αγωγού είναι μικρότερη της παροχής σχεδιασμού και ως εκ τούτου η λύση απορρίπτεται. Για να αυξηθεί η παροχή πρέπει να μεγαλώσει η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δεξαμενών T2 και T3. Έτσι, είναι απαραίτητο η δεξαμενή T3 να μετακινηθεί προς τα κατάντη όπου το υψόμετρο του εδάφους είναι χαμηλότερο.



Εικόνα 7.1 Η αρχική λύση για το τρίτο τμήμα του υδραγωγείου.

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
T2	286417.14	4570704.98	351	349 (υψόμετρο βάσης)
J-1	286423.2425	4570555.769	332	330
J-2	286419.6533	4570423.496	321	319
J-3	286397.103	4570349.342	304	302
J-4	286390.653	4570266.782	292	290
J-5	286432.2307	4570181.546	293	291
J-6	286439.3446	4570134.635	294	292
J-7	286446.2052	4570090.441	294	292
J-8	286443.0716	4570036.341	294	292
J-9	286441.528	4569988.226	299	297
J-10	286441.2934	4569950.181	305	303
J-11	286439.8492	4569919.704	307	305
J-12	286434.6858	4569891.363	309	307
J-13	286437.0742	4569854.295	310	308
J-14	286430.5091	4569827.648	311	309
J-15	286418.7202	4569799.318	312	310
J-16	286408.4011	4569770.111	314	312
J-17	286395.9287	4569741.362	316	314

Πίνακας 7.1 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού.

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-18	286380.295	4569700.548	319	317
J-19	286370.0233	4569665.066	322	320
J-20	286349.3506	4569613.385	322	320
J-21	286331.7359	4569581.57	321	319
J-22	286313.4155	4569550.129	319	317
J-23	286295.4162	4569520.496	317	315
J-24	286273.685	4569463.847	313	311
J-25	286267.548	4569414.698	309	307
J-26	286269.6361	4569372.809	306	304
J-27	286285.2393	4569318.679	305	303
J-28	286318.009	4569233.601	302	300
J-29	286328.2548	4569155.527	296	294
J-30	286332.8541	4569113.388	291	289
J-31	286337.9222	4569072.756	289	287
J-32	286367.9047	4569014.947	289	287
J-33	286355.1925	4568954.822	287	285
J-34	286315.7966	4568910.099	280	278
J-35	286278.5991	4568877.514	280	278
J-36	286246.6596	4568844.077	280	278
J-37	286232.7237	4568816.075	271	269
J-38	286214.388	4568799.515	264	262
J-39	286196.4602	4568773.559	253	251
J-40	286171.6734	4568741.749	246	244
J-41	286162.4047	4568690.021	252	250
J-42	286159.3593	4568653.129	258	256
J-43	286155.2045	4568599.414	261	259
J-44	286140.3597	4568568.184	260	258
J-45	286123.0928	4568540.04	260	258
J-46	286113.1743	4568500.727	262	260
J-47	286108.6856	4568467.15	263	261
J-48	286100.1233	4568437.598	264	262
J-49	286085.7081	4568413.277	265	263
J-50	286070.3522	4568396.456	263	261
J-51	286060.0557	4568375.812	263	261
J-52	286048.4272	4568352.343	263	261
J-53	286035.3821	4568323.516	264	262
J-54	286026.2041	4568287.523	267	265
J-55	286011.0171	4568259.11	268	266
J-56	286000.2604	4568242.663	267	265
J-57	285982.6974	4568215.765	266	264
J-58	285974.1949	4568189.117	266	264

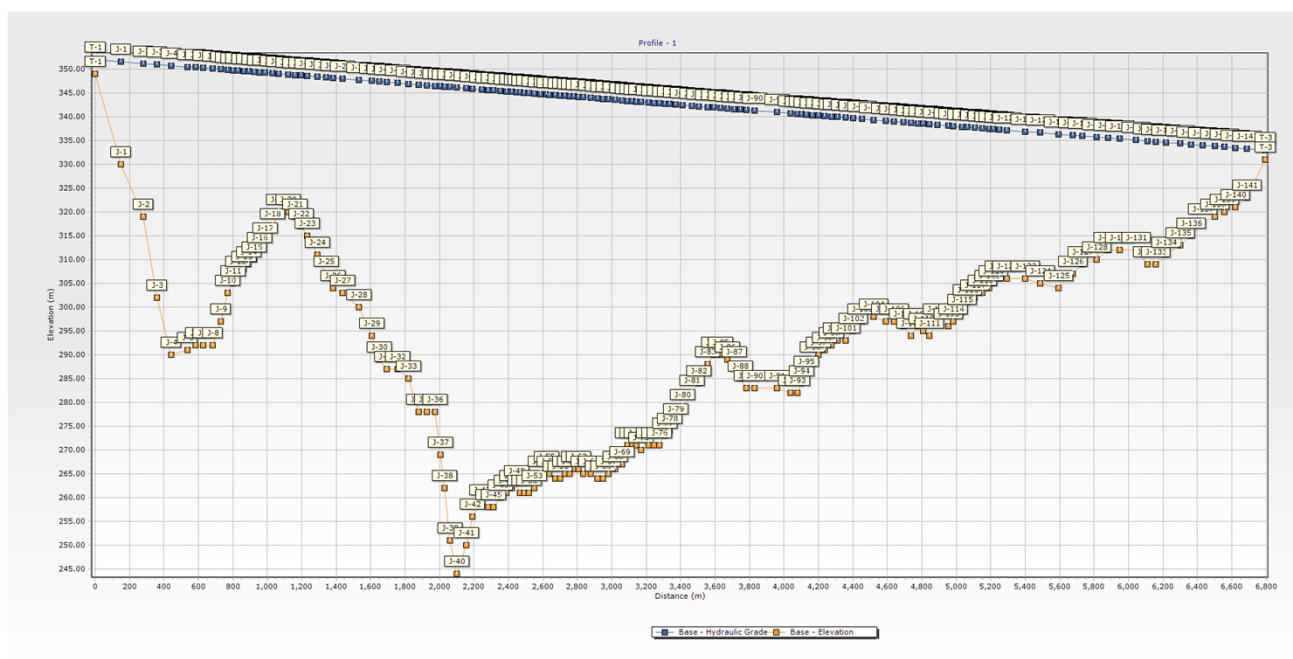
Πίνακας 7.2 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 7.1).

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-59	285964.4162	4568163.211	267	265
J-60	285957.6831	4568136.09	267	265
J-61	285950.0523	4568114.282	268	266
J-62	285940.3414	4568088.258	268	266
J-63	285932.6915	4568061.89	267	265
J-64	285916.9513	4568018.981	267	265
J-65	285905.9478	4567983.983	266	264
J-66	285904.3105	4567952.47	266	264
J-67	285902.3843	4567918.954	267	265
J-68	285895.8618	4567879.121	268	266
J-69	285887.4945	4567840.323	269	267
J-70	285878.0114	4567810.941	273	271
J-71	285862.3221	4567787.599	273	271
J-72	285850.5177	4567768.707	273	271
J-73	285835.6014	4567744.744	272	270
J-74	285832.1604	4567701.373	273	271
J-75	285827.7394	4567668.837	273	271
J-76	285821.5352	4567641.201	273	271
J-77	285795.3913	4567617.7	275	273
J-78	285771.2303	4567606.383	276	274
J-79	285741.0016	4567589.857	278	276
J-80	285706.6904	4567567.442	281	279
J-81	285660.3165	4567538.134	284	282
J-82	285628.3924	4567516.458	286	284
J-83	285584.9543	4567486.422	290	288
J-84	285557.9593	4567466.087	292	290
J-85	285537.1651	4567433.332	292	290
J-86	285520.833	4567396.084	291	289
J-87	285501.937	4567360.515	290	288
J-88	285480.0981	4567334.953	287	285
J-89	285456.4985	4567307.51	285	283
J-90	285424.2663	4567272.03	285	283
J-91	285335.979	4567178.879	285	283
J-92	285282.4058	4567118.238	284	282
J-93	285258.2706	4567090.334	284	282
J-94	285241.2464	4567072.067	286	284
J-95	285217.4293	4567057.392	288	286
J-96	285181.1663	4567046.827	291	289
J-97	285148.6454	4567037.529	292	290
J-98	285113.7472	4567027.615	293	291
J-99	285076.3607	4567017.723	294	292
J-100	285043.1773	4567004.212	295	293

Πίνακας 7.3 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 7.2).

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-101	285003.7857	4566981.131	295	293
J-102	284965.6585	4566959.644	297	295
J-103	284921.8954	4566928.632	299	297
J-104	284870.7034	4566885.393	300	298
J-105	284818.2958	4566842.334	299	297
J-106	284772.441	4566827.247	299	297
J-107	284715.1463	4566821.565	298	296
J-108	284685.8947	4566793.609	296	294
J-109	284656.9998	4566761.748	298	296
J-110	284641.2012	4566738.761	297	295
J-111	284618.0465	4566709.552	296	294
J-112	284592.6089	4566668.132	299	297
J-113	284564.5371	4566614.906	298	296
J-114	284553.251	4566586.944	299	297
J-115	284539.2717	4566539.647	301	299
J-116	284524.0642	4566510.121	303	301
J-117	284493.9438	4566480.569	304	302
J-118	284459.589	4566451.856	305	303
J-119	284429.6374	4566428.663	306	304
J-120	284408.7209	4566412.494	307	305
J-121	284385.8845	4566387.527	308	306
J-122	284364.5142	4566349.916	308	306
J-123	284326.4394	4566249.11	308	306
J-124	284303.0414	4566166.708	307	305
J-125	284274.3016	4566062.96	306	304
J-126	284250.517	4565985.167	309	307
J-127	284234.2924	4565931.715	311	309
J-128	284220.5625	4565851.024	312	310
J-129	284203.8391	4565783.025	314	312
J-130	284185.9705	4565719.495	314	312
J-131	284167.7738	4565628.458	314	312
J-132	284162.4395	4565560.656	311	309
J-133	284153.7239	4565514.022	311	309
J-134	284123.3002	4565462.153	313	311
J-135	284078.6878	4565393.923	315	313
J-136	284045.1248	4565341.119	317	315
J-137	284008.5151	4565282.61	320	318
J-138	283971.708	4565223.885	321	319
J-139	283941.2976	4565177.37	322	320
J-140	283906.0791	4565126.072	323	321
J-141	283858.1198	4565077.724	325	323
T3	283755.91	4565109.81	332	330 (υψόμετρο βάσης)

Πίνακας 7.4 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 7.3).

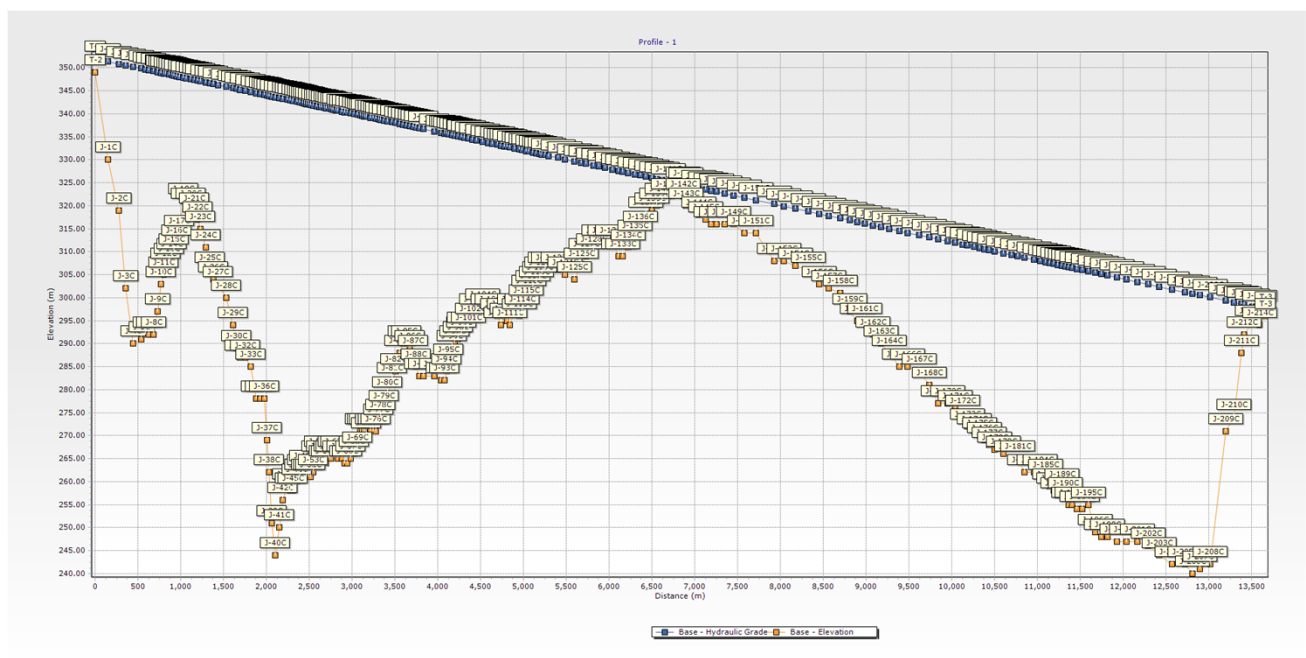
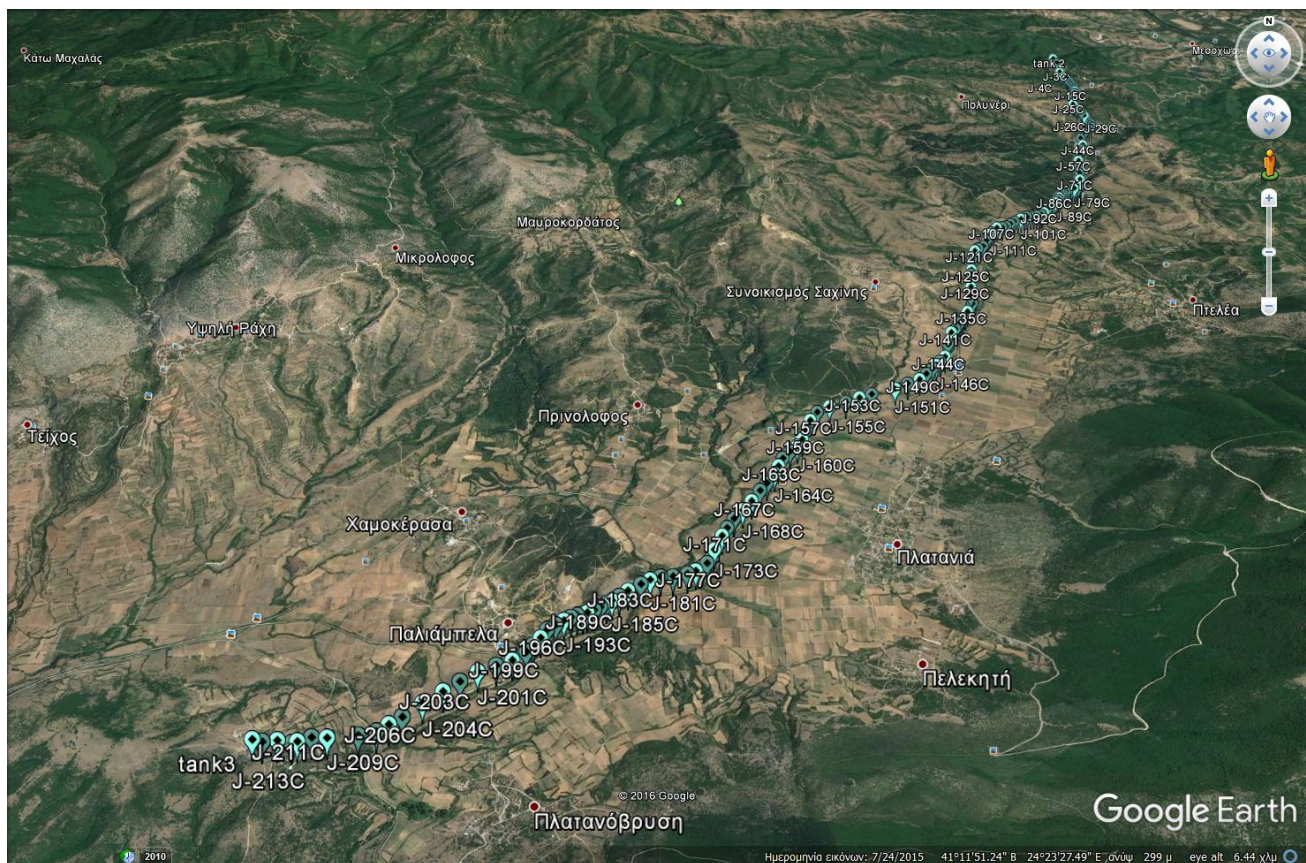


Εικόνα 7.2 Η μηκοτομή για το τρίτο τμήμα του υδραγωγείου. Δεν εμφανίζονται υποπίεσεις.

7.3 Τελικός σχεδιασμός

Η τελική λύση για το τρίτο τμήμα του υδραγωγείου αφορά την μεταφορά ύδατος από την δεξαμενή T2 προς την δεξαμενή T3 η οποία μετακινείται (σε σχέση με την αρχική λύση) ώστε το υψόμετρο της βάσης της να ισούται με 295.0 m. Στην Εικόνα 7.3 παρουσιάζεται η τελική διαδρομή που ακολουθεί ο κλειστός αγωγός και η θέση των δεξαμενών T2 και T3. Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν τον αγωγό παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.5, 7.6, 7.7, 7.8, 7.9 και 7.10. Τα δεδομένα των προηγούμενων πινάκων εισάγονται στο WaterCad με την διαδικασία που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 4.4. Το τελικό μήκος του τρίτου τμήματος του υδραγωγείου είναι 13.5 km.

Για το τρίτο τμήμα του υδραγωγείου θα προσομοιωθεί μόνο ένα (1) σενάριο όπου η στάθμη της δεξαμενής T2 είναι 352 m και η στάθμη της δεξαμενής T3 ισούται με 297.0 m. Υπολογίζεται ότι η παροχή που μεταφέρεται από τον αγωγό σε αυτή την περίπτωση είναι ίση με 1835.0 L/s. Επιπλέον, η πιεζομετρική γραμμή παρουσιάζεται στην Εικόνα 7.4. Η πιεζομετρική γραμμή βρίσκεται πιο πάνω από κάθε σημείο του αγωγού και ως εκ τούτου δεν εμφανίζονται υποπίεσεις. Το φορτίο πίεσης στον κόμβο J-142 που βρίσκεται περίπου στην μέση του αγωγού και έχει υψηλό υψόμετρο είναι 3.0 m, δηλαδή έχει ικανοποιητική τιμή. Λαμβάνοντας αυτά υπόψη και το ότι η παροχή είναι πρακτικά ίση με την παροχή σχεδιασμού, η λύση είναι αποδεκτή.



Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
T2	286417.14	4570704.98	351	349 (υψόμετρο βάσης)
J-1C	286423.24	4570555.77	332	330
J-2C	286419.65	4570423.5	321	319
J-3C	286397.1	4570349.34	304	302
J-4C	286390.65	4570266.78	292	290
J-5C	286432.23	4570181.55	293	291
J-6C	286439.34	4570134.64	294	292
J-7C	286446.21	4570090.44	294	292
J-8C	286443.07	4570036.34	294	292
J-9C	286441.53	4569988.23	299	297
J-10C	286441.29	4569950.18	305	303
J-11C	286439.85	4569919.7	307	305
J-12C	286434.69	4569891.36	309	307
J-13C	286437.07	4569854.3	310	308
J-14C	286430.51	4569827.65	311	309
J-15C	286418.72	4569799.32	312	310
J-16C	286408.4	4569770.11	314	312
J-17C	286395.93	4569741.36	316	314
J-18C	286380.3	4569700.55	323	321
J-19C	286370.02	4569665.07	322	320
J-20C	286349.35	4569613.39	322	320
J-21C	286331.74	4569581.57	321	319
J-22C	286313.42	4569550.13	319	317
J-23C	286295.42	4569520.5	317	315
J-24C	286273.69	4569463.85	313	311
J-25C	286267.55	4569414.7	308	306
J-26C	286269.64	4569372.81	306	304
J-27C	286285.24	4569318.68	305	303
J-28C	286318.01	4569233.6	302	300
J-29C	286328.25	4569155.53	296	294
J-30C	286332.85	4569113.39	291	289
J-31C	286337.92	4569072.76	289	287
J-32C	286367.9	4569014.95	289	287
J-33C	286355.19	4568954.82	287	285
J-34C	286315.8	4568910.1	280	278
J-35C	286278.6	4568877.51	280	278
J-36C	286246.66	4568844.08	280	278
J-37C	286232.72	4568816.08	271	269
J-38C	286214.39	4568799.52	264	262
J-39C	286196.46	4568773.56	253	251
J-40C	286171.67	4568741.75	246	244

Πίνακας 7.5 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν την τελική Διαδρομή του αγωγού και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού.

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-41C	286162.4	4568690.02	252	250
J-42C	286159.36	4568653.13	258	256
J-43C	286155.2	4568599.41	261	259
J-44C	286140.36	4568568.18	260	258
J-45C	286123.09	4568540.04	260	258
J-46C	286113.17	4568500.73	262	260
J-47C	286108.69	4568467.15	263	261
J-48C	286100.12	4568437.6	264	262
J-49C	286085.71	4568413.28	265	263
J-50C	286070.35	4568396.46	263	261
J-51C	286060.06	4568375.81	263	261
J-52C	286048.43	4568352.34	263	261
J-53C	286035.38	4568323.52	264	262
J-54C	286026.2	4568287.52	267	265
J-55C	286011.02	4568259.11	268	266
J-56C	286000.26	4568242.66	267	265
J-57C	285982.7	4568215.77	266	264
J-58C	285974.19	4568189.12	266	264
J-59C	285964.42	4568163.21	267	265
J-60C	285957.68	4568136.09	267	265
J-61C	285950.05	4568114.28	268	266
J-62C	285940.34	4568088.26	268	266
J-63C	285932.69	4568061.89	267	265
J-64C	285916.95	4568018.98	267	265
J-65C	285905.95	4567983.98	266	264
J-66C	285904.31	4567952.47	266	264
J-67C	285902.38	4567918.95	267	265
J-68C	285895.86	4567879.12	268	266
J-69C	285887.49	4567840.32	269	267
J-70C	285878.01	4567810.94	273	271
J-71C	285862.32	4567787.6	273	271
J-72C	285850.52	4567768.71	273	271
J-73C	285835.6	4567744.74	272	270
J-74C	285832.16	4567701.37	273	271
J-75C	285827.74	4567668.84	273	271
J-76C	285821.54	4567641.2	273	271
J-77C	285795.39	4567617.7	275	273
J-78C	285771.23	4567606.38	276	274
J-79C	285741	4567589.86	278	276
J-80C	285706.69	4567567.44	281	279
J-81C	285660.32	4567538.13	284	282

Πίνακας 7.6 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν την τελική διαδρομή του αγωγού και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 7.5).

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-82C	285628.39	4567516.46	286	284
J-83C	285584.95	4567486.42	290	288
J-84C	285557.96	4567466.09	292	290
J-85C	285537.17	4567433.33	292	290
J-86C	285520.83	4567396.08	291	289
J-87C	285501.94	4567360.52	290	288
J-88C	285480.1	4567334.95	287	285
J-89C	285456.5	4567307.51	285	283
J-90C	285424.27	4567272.03	285	283
J-91C	285335.98	4567178.88	285	283
J-92C	285282.41	4567118.24	284	282
J-93C	285258.27	4567090.33	284	282
J-94C	285241.25	4567072.07	286	284
J-95C	285217.43	4567057.39	288	286
J-96C	285181.17	4567046.83	291	289
J-97C	285148.65	4567037.53	292	290
J-98C	285113.75	4567027.62	293	291
J-99C	285076.36	4567017.72	294	292
J-100C	285043.18	4567004.21	295	293
J-101C	285003.79	4566981.13	295	293
J-102C	284965.66	4566959.64	297	295
J-103C	284921.9	4566928.63	299	297
J-104C	284870.7	4566885.39	300	298
J-105C	284818.3	4566842.33	299	297
J-106C	284772.44	4566827.25	299	297
J-107C	284715.15	4566821.57	298	296
J-108C	284685.89	4566793.61	296	294
J-109C	284657	4566761.75	298	296
J-110C	284641.2	4566738.76	297	295
J-111C	284618.05	4566709.55	296	294
J-112C	284592.61	4566668.13	299	297
J-113C	284564.54	4566614.91	298	296
J-114C	284553.25	4566586.94	299	297
J-115C	284539.27	4566539.65	301	299
J-116C	284524.06	4566510.12	303	301
J-117C	284493.94	4566480.57	304	302
J-118C	284459.59	4566451.86	305	303
J-119C	284429.64	4566428.66	306	304
J-120C	284408.72	4566412.49	307	305
J-121C	284385.88	4566387.53	308	306
J-122C	284364.51	4566349.92	308	306

Πίνακας 7.7 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν την τελική διαδρομή του αγωγού και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 7.6).

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-123C	284326.44	4566249.11	308	306
J-124C	284303.04	4566166.71	307	305
J-125C	284274.3	4566062.96	306	304
J-126C	284250.52	4565985.17	309	307
J-127C	284234.29	4565931.72	311	309
J-128C	284220.56	4565851.02	312	310
J-129C	284203.84	4565783.03	314	312
J-130C	284185.97	4565719.5	314	312
J-131C	284167.77	4565628.46	314	312
J-132C	284162.44	4565560.66	311	309
J-133C	284153.72	4565514.02	311	309
J-134C	284123.3	4565462.15	313	311
J-135C	284078.69	4565393.92	315	313
J-136C	284045.12	4565341.12	317	315
J-137C	284008.52	4565282.61	320	318
J-138C	283971.71	4565223.89	321	319
J-139C	283941.3	4565177.37	322	320
J-140C	283906.08	4565126.07	323	321
J-141C	283858.12	4565077.72	324	322
J-142C	283793	4564908.9	324	322
J-143C	283788.7	4564878.33	322	320
J-144C	283729.54	4564742.61	320	318
J-145C	283674.01	4564682.12	319	317
J-146C	283632.96	4564636.3	318	316
J-147C	283590.62	4564592.25	318	316
J-148C	283521.49	4564519.13	318	316
J-149C	283449.18	4564447.93	318	316
J-150C	283338.38	4564396.4	316	314
J-151C	283220.12	4564332.44	316	314
J-152C	283014.86	4564273.1	310	308
J-153C	282906.41	4564237.74	310	308
J-154C	282784.75	4564184.24	309	307
J-155C	282643.3	4564135.61	308	306
J-156C	282532.97	4564069.6	305	303
J-157C	282463.55	4563976.09	304	302
J-158C	282412.32	4563853.95	303	301
J-159C	282370.22	4563754.26	299	297
J-160C	282321.05	4563678.76	297	295
J-161C	282257.07	4563620.43	297	295
J-162C	282192.75	4563545.22	294	292
J-163C	282148.77	4563461.27	292	290

Πίνακας 7.8 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν την τελική διαδρομή του αγωγού και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 7.7).

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα αγωγού (m)
J-164C	282110.75	4563375.29	290	288
J-165C	282040.93	4563279.41	287	285
J-166C	281981.04	4563203.42	287	285
J-167C	281906.29	4563097.12	286	284
J-168C	281831.18	4563005.42	283	281
J-169C	281759.49	4562923.79	279	277
J-170C	281701.75	4562833.58	279	277
J-171C	281659.21	4562760.2	278	276
J-172C	281628.67	4562679.19	277	275
J-173C	281593.73	4562627.75	274	272
J-174C	281572.79	4562556.38	273	271
J-175C	281533.23	4562501.42	272	270
J-176C	281496.99	4562464.75	271	269
J-177C	281448.11	4562434.99	270	268
J-178C	281388.64	4562409.39	269	267
J-179C	281285.1	4562389.48	268	266
J-180C	281196.08	4562389.02	267	265
J-181C	281123.7	4562365.29	267	265
J-182C	281057.36	4562328.56	264	262
J-183C	280965.52	4562268.08	264	262
J-184C	280904.83	4562221.56	264	262
J-185C	280853.47	4562187.53	263	261
J-186C	280816.3	4562160.89	261	259
J-187C	280773.17	4562133.51	260	258
J-188C	280731.29	4562111.03	259	257
J-189C	280684.91	4562093.99	261	259
J-190C	280653.86	4562083.34	259	257
J-191C	280615.03	4562070.76	257	255
J-192C	280573.34	4562055.88	257	255
J-193C	280525.67	4562030.99	256	254
J-194C	280471.85	4561996.86	256	254
J-195C	280414.27	4561957.98	257	255
J-196C	280373.66	4561889.34	251	249
J-197C	280325.39	4561834.29	250	248
J-198C	280283.14	4561778.34	250	248
J-199C	280194.91	4561714.4	249	247
J-200C	280091.54	4561676.04	249	247
J-201C	279973.08	4561628.62	249	247
J-202C	279865.36	4561555.61	248	246
J-203C	279763.7	4561481.06	246	244
J-204C	279642.72	4561397.25	244	242

Πίνακας 7.9 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν την τελική διαδρομή του αγωγού και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 7.8).

<i>Σημείο</i>	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Υψόμετρα εδάφους (m)</i>	<i>Υψόμετρα αγωγού (m)</i>
<i>J-205C</i>	<i>279527.45</i>	<i>4561297.23</i>	<i>244</i>	<i>242</i>
<i>J-206C</i>	<i>279449.73</i>	<i>4561246.84</i>	<i>242</i>	<i>240</i>
<i>J-207C</i>	<i>279378.52</i>	<i>4561197.71</i>	<i>243</i>	<i>241</i>
<i>J-208C</i>	<i>279269.03</i>	<i>4561173.12</i>	<i>244</i>	<i>242</i>
<i>J-209C</i>	<i>279083.8</i>	<i>4561152.9</i>	<i>273</i>	<i>271</i>
<i>J-210C</i>	<i>278989.45</i>	<i>4561154.76</i>	<i>276</i>	<i>274</i>
<i>J-211C</i>	<i>278908.14</i>	<i>4561124.54</i>	<i>290</i>	<i>288</i>
<i>J-212C</i>	<i>278876.46</i>	<i>4561111.66</i>	<i>294</i>	<i>292</i>
<i>J-213C</i>	<i>278786.96</i>	<i>4561129.16</i>	<i>297</i>	<i>294.5</i>
<i>J-214C</i>	<i>278698.14</i>	<i>4561117.79</i>	<i>296</i>	<i>294</i>
<i>T3</i>	<i>278635.5</i>	<i>4561130.94</i>	<i>296</i>	<i>294 (υψόμετρο βάσης)</i>

Πίνακας 7.10 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν την τελική διαδρομή του αγωγού και τα αντίστοιχα υψόμετρα του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 7.9).

Αυτή η σελίδα έμεινε επίτηδες κενή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 Τέταρτο τμήμα του υδραγωγείου

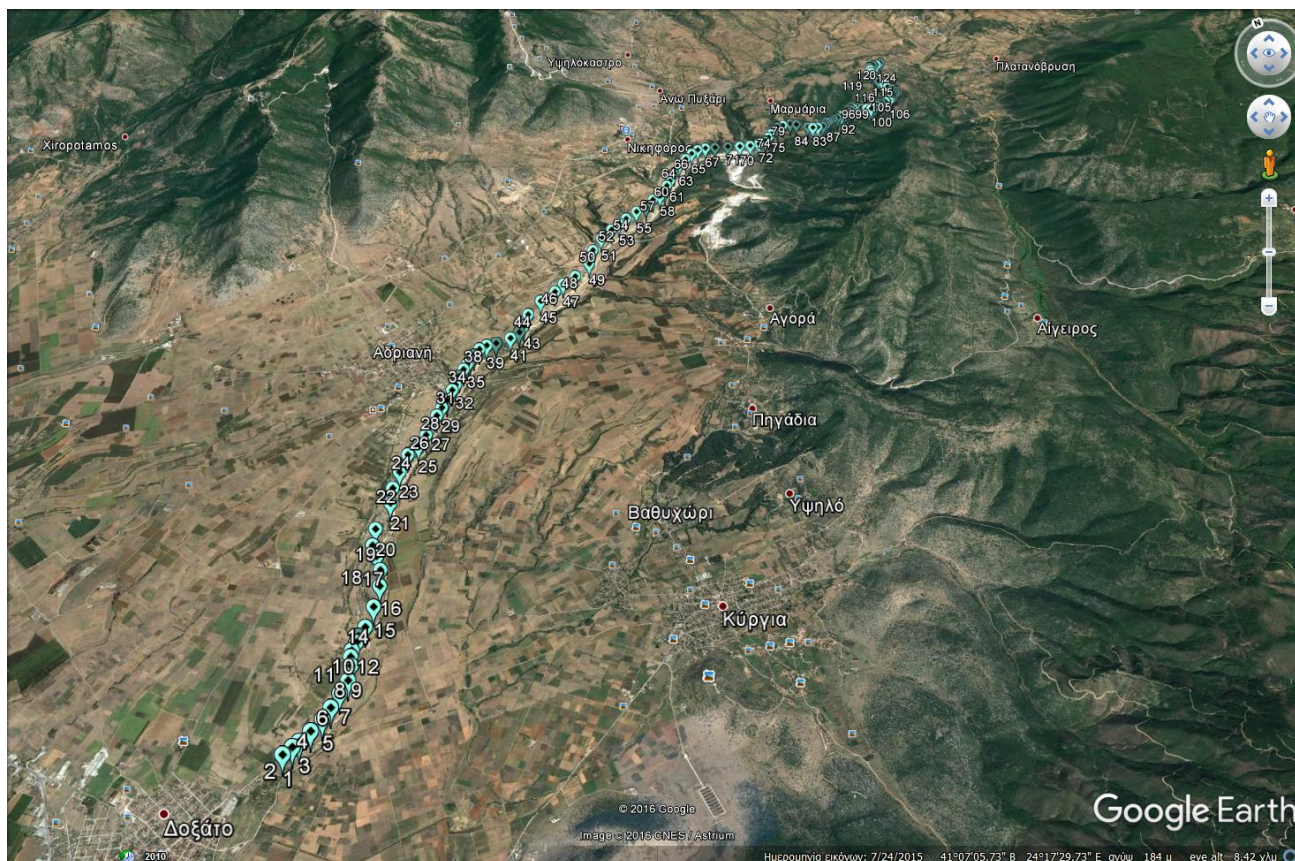
8.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η διαδικασία του σχεδιασμού του τέταρτου και τελικού τμήματος του υδραγωγείου. Στο Κεφάλαιο 3 αναφέρθηκε ότι το τέταρτο τμήμα του υδραγωγείου έχει ως αρχή του την δεξαμενή T3 και ως πέρας του την δεξαμενή T4, Εικόνα 3.2. Το νερό μεταφέρεται μεταξύ αυτών των δεξαμενών με έναν ανοικτό αγωγό η διατομή του οποίου φαίνεται στο σχήμα 3.3. Το μήκος του 4^{ου} τμήματος του υδραγωγείου είναι 14.8 km και η επένδυση του αγωγού γίνεται με σκυρόδεμα για να αντέχει ταχύτητες ροής μέχρι 6.0 m/sec.

8.2 Σχεδιασμός

Η λύση που μελετήθηκε για το τέταρτο τμήμα του υδραγωγείου απαιτούσε την δημιουργία ενός ανοικτού αγωγού ο οποίος θα μεταφέρει το νερό από την δεξαμενή T3 προς την δεξαμενή T4. Στην Εικόνα 8.1 παρουσιάζεται η διαδρομή που ακολουθεί ο ανοικτός αγωγός. Η διατομή 125 δέχεται το νερό από την δεξαμενή T3 ενώ διαμέσου της διατομής 1 το νερό εκρέει στην δεξαμενή T4. Επί της ουσίας, η διατομή 125 αποτελεί την έξοδο της δεξαμενής T3 ενώ η διατομή 1 αποτελεί την είσοδο της δεξαμενής T4. Στους Πίνακες 8.1, 8.2, 8.3 και 8.4 παρουσιάζονται τα σημεία που ορίζουν την διαδρομή του αγωγού. Τα δεδομένα των πινάκων αυτών εισάγονται στο HEC-RAS ακολουθώντας την μεθοδολογία που παρουσιάστηκε στην παράγραφο 4.7. Σημειώνεται ότι ο ανοικτός αγωγός αποτελείται από τέσσερα τμήμα σταθερής κλίσης. Το πρώτο έχει κατά μήκος κλίση 6.8 % και μήκος 1.2 km, το δεύτερο έχει κατά μήκος κλίση 1.1 % και μήκος 3.7 km, το τρίτο έχει κατά μήκος κλίση 0.78 % και μήκος 5.4 km και το τελευταίο έχει κατά μήκος κλίση 0.64 % και μήκος 4.5 km.

Για το τέταρτο τμήμα του υδραγωγείου θα προσομοιωθούν δύο (2) σενάρια. Στο πρώτο η παροχή που μεταφέρεται από τον ανοικτό αγωγό ισούται με την παροχή σχεδιασμού, 1.8 m³/s, ενώ στο δεύτερο μελετάται η περίπτωση μία μεγάλη παροχή να διαρρέει τον αγωγό για να εξεταστεί η πιθανότητα υπερχειλίσης του. Η τιμή αυτής της παροχής θεωρήθηκε ίση με 3.0 m³/s. Επιπλέον, για την δημιουργία του προφίλ της ροής το HEC-RAS απαιτεί την εισαγωγή οριακών συνθηκών στην αρχική και τελική διατομή του αγωγού. Έτσι, η στάθμη στο ανάντη άκρο του αγωγού (διατομή 125) έχει υψόμετρο ίσο με 295.3 m ενώ στο κατόντη άκρο (διατομή 1) η στάθμη έχει υψόμετρο ίσο με 99.0 m.



Εικόνα 8.1: Η διαδρομή που ακολουθεί το τέταρτο τμήμα του υδραγωγείου.

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα πυθμένα (m)
125	278634.98	4561130.00	296.00	295.00
124	278554.98	4561098.00	291.00	289.13
123	278500.10	4561103.90	286.00	285.38
122	278436.98	4561088.00	286.00	280.95
121	278413.98	4561071.00	281.00	279.00
120	278393.98	4561005.00	278.00	274.30
119	278363.98	4560933.00	272.00	269.00
118	278355.98	4560817.00	266.00	261.08
117	278351.98	4560696.00	257.00	252.84
116	278384.98	4560597.00	249.00	245.74
115	278404.98	4560530.00	245.00	240.98
114	278448.80	4560456.60	235.00	235.16
113	278456.98	4560374.00	233.00	229.51
112	278423.98	4560322.00	226.00	225.31
111	278372.91	4560303.11	226.00	221.61
110	278335.13	4560283.79	223.00	218.72
109	278318.18	4560259.54	219.00	216.70

Πίνακας 8.1 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν την διαδρομή του ανοικτού αγωγού και τα αντίστοιχα υψόμετρα του πυθμένα.

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα πυθμένα (m)
108	278301.10	4560233.44	215.00	214.58
107	278273.84	4560209.58	212.00	212.12
106	278243.87	4560201.38	210.00	210.00
105	278182.14	4560202.23	210.00	209.32
104	278111.81	4560203.88	213.00	208.54
103	278065.50	4560190.82	213.00	208.00
102	278024.87	4560159.06	211.00	207.43
101	277944.80	4560108.90	207.00	206.39
100	277884.20	4560102.70	206.00	205.71
99	277828.98	4560128.00	205.00	205.04
98	277770.75	4560173.80	204.00	204.22
97	277726.98	4560201.00	204.00	203.65
96	277650.98	4560204.00	206.00	202.80
95	277605.98	4560175.00	204.00	202.21
94	277545.57	4560139.03	203.00	201.43
93	277486.98	4560124.00	203.00	200.76
92	277409.98	4560111.00	202.00	199.90
91	277334.98	4560092.00	200.00	199.04
90	277255.98	4560068.00	199.00	198.12
89	277201.98	4560054.00	199.00	197.51
88	277154.98	4560027.00	198.00	196.91
87	277107.98	4560000.00	198.00	196.31
86	277074.98	4559962.00	198.00	195.75
85	277024.98	4559953.00	197.00	195.18
84	276950.98	4559964.00	194.00	194.36
83	276886.98	4559990.00	193.00	193.59
82	276831.98	4560035.00	193.00	192.80
81	276713.98	4560156.00	193.00	190.93
80	276644.98	4560206.00	195.00	189.99
79	276530.98	4560209.00	194.00	188.72
78	276439.98	4560202.00	194.00	187.71
77	276363.98	4560177.00	192.00	186.83
76	276321.98	4560129.00	188.00	186.12
75	276278.98	4560068.00	187.00	185.29
74	276199.98	4559995.00	186.00	184.10
73	276111.98	4559917.00	185.00	182.80
72	276000.98	4559898.00	183.00	181.55
71	275879.98	4559917.00	181.00	180.19
70	275740.98	4559956.00	180.00	178.59
69	275585.98	4560013.00	178.00	176.76
68	275419.98	4560068.00	177.00	174.83

Πίνακας 8.2 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν την διαδρομή του ανοικτού αγωγού και τα αντίστοιχα υψόμετρα του πυθμένα (συνέχεια Πίνακα 8.1).

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα πυθμένα (m)
67	275290.98	4560104.00	177.00	173.34
66	275179.98	4560109.00	175.00	172.11
65	275069.98	4560067.00	174.00	170.81
64	274937.98	4559971.00	171.00	169.00
63	274790.98	4559852.00	171.00	167.52
62	274650.98	4559702.00	169.00	165.92
61	274526.98	4559551.00	167.00	164.39
60	274446.98	4559469.00	166.00	163.50
59	274364.98	4559334.00	165.00	162.26
58	274266.98	4559272.00	164.00	161.36
57	274154.98	4559242.00	163.00	160.45
56	274012.98	4559127.00	161.00	159.03
55	273858.98	4559075.00	160.00	157.76
54	273679.97	4558981.00	159.00	156.18
53	273557.98	4558917.00	158.00	155.10
52	273423.98	4558830.00	156.00	153.85
51	273238.97	4558705.00	155.00	152.11
50	273059.98	4558519.00	152.00	150.09
49	272925.98	4558288.00	150.00	148.01
48	272686.97	4558120.00	148.00	145.72
47	272505.97	4558034.00	147.00	144.16
46	272365.97	4557931.00	145.00	142.80
45	272156.97	4557832.00	142.00	140.99
44	271945.97	4557654.00	140.00	138.84
43	271837.97	4557484.00	139.00	137.26
42	271760.97	4557409.00	139.00	136.43
41	271637.97	4557352.00	138.00	135.37
40	271463.97	4557332.00	137.00	134.00
39	271355.97	4557336.00	137.00	133.15
38	271263.97	4557308.00	136.00	132.40
37	271179.97	4557234.00	136.00	131.53
36	271116.97	4557172.00	135.00	130.84
35	271069.97	4557121.00	135.00	130.30
34	271010.97	4557063.00	134.00	129.65
33	270937.97	4556972.00	132.00	128.74
32	270862.97	4556856.00	130.00	127.66
31	270807.97	4556792.00	129.00	127.00
30	270716.97	4556661.00	128.00	125.97
29	270635.97	4556575.00	128.00	125.21
28	270554.97	4556479.00	128.00	124.41
27	270473.97	4556375.00	127.00	123.56

Πίνακας 8.3 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν την διαδρομή του ανοικτού αγωγού και τα αντίστοιχα υψόμετρα του πυθμένα (συνέχεια Πίνακα 8.2).

Σημείο	X (m)	Y (m)	Υψόμετρα εδάφους (m)	Υψόμετρα πυθμένα (m)
26	270379.97	4556245.00	125.00	122.53
25	270269.97	4556122.00	123.00	121.47
24	270137.97	4556041.00	123.00	120.47
23	270003.97	4555841.00	120.00	118.92
22	269891.97	4555658.00	119.00	117.54
21	269825.97	4555476.00	118.00	116.30
20	269618.97	4555208.00	115.00	114.12
19	269547.97	4555024.00	115.00	112.85
18	269552.97	4554879.00	114.00	111.92
17	269549.97	4554710.00	113.00	110.83
16	269502.97	4554532.00	112.00	109.65
15	269399.97	4554327.00	111.00	108.17
14	269283.97	4554140.00	110.00	106.76
13	269206.97	4554069.00	108.00	106.08
12	269176.97	4554011.00	108.00	105.66
11	269122.97	4553946.00	108.00	105.12
10	269099.97	4553884.00	108.00	104.70
9	269084.97	4553794.00	107.00	104.11
8	269030.97	4553659.00	105.00	103.17
7	268939.97	4553561.00	104.00	102.31
6	268842.97	4553456.00	102.00	101.40
5	268757.97	4553372.00	102.00	100.63
4	268647.97	4553301.00	101.00	99.78
3	268543.97	4553242.00	100.00	99.02
2	268483.97	4553214.00	100.00	98.59
1	268399.97	4553177.00	100.00	98.00

Πίνακας 8.4 Οι συντεταγμένες των σημείων που ορίζουν την διαδρομή του ανοικτού αγωγού και τα αντίστοιχα υψόμετρα του πυθμένα (συνέχεια Πίνακα 8.3).

8.3 Αποτελέσματα για την παροχή σχεδιασμού

Μετά το τρέξιμο του μοντέλου που δημιουργήθηκε στο HEC-RAS προέκυψαν τα αποτελέσματα που αντιστοιχούν στην παροχή σχεδιασμού, $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Στους Πίνακες 8.5, 8.6, 8.7 και 8.8 παρουσιάζονται οι τιμές διάφορων υδραυλικών μεγεθών για κάθε διατομή του αγωγού. Επιπλέον, στις Εικόνες 8.2 μέχρι 8.9 παρουσιάζονται ορισμένες χαρακτηριστικές διατομές του ανοικτού αγωγού. Σημειώνεται ότι ο αγωγός δεν υπερχειλίζει σε καμία διατομή. Από τα αποτελέσματα που παρατίθενται προκύπτει ότι η ροή είναι παντού υπερκρίσιμη εκτός από την διατομή 1 όπου οι οριακές συνθήκες επιβάλλουν υποκρίσιμη ροή. Για αυτό τον λόγο μεταξύ των διατομών 2 και 1 συμβαίνει ένα υδραυλικό άλμα το οποίο οφείλεται στο ότι η κατάντη οριακή συνθήκη αναγκαστικά επιβάλλει υποκρίσιμο βάθος.

<i>River Station</i>	<i>Min Ch El(m)</i>	<i>W.S. Elev(m)</i>	<i>Crit W.S.(m)</i>	<i>E.G. Elev(m)</i>	<i>E.G. Slope</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Flow Area(m²)</i>	<i>Top Width(m)</i>	<i>Froude # Chl</i>
125	295	295.3	295.61	296.62	0.067918	5.09	0.35	1.36	3.18
124	289.14	289.43	289.73	290.74	0.068493	5.08	0.35	1.39	3.21
123	285.38	285.67	285.98	286.98	0.067639	5.07	0.36	1.38	3.19
122	280.95	281.24	281.54	282.56	0.068322	5.08	0.35	1.38	3.2
121	279	279.29	279.59	280.59	0.068787	5.06	0.36	1.42	3.23
120	274.31	274.61	274.91	275.91	0.06702	5.06	0.36	1.36	3.16
119	269	269.29	269.6	270.62	0.068729	5.1	0.35	1.37	3.21
118	261.08	261.38	261.69	262.69	0.067476	5.07	0.35	1.36	3.17
117	252.84	253.13	253.44	254.46	0.068598	5.09	0.35	1.38	3.21
116	245.73	246.04	246.34	247.35	0.067569	5.08	0.35	1.36	3.18
115	240.97	241.27	241.58	242.59	0.06842	5.09	0.35	1.37	3.2
114	235.16	235.45	235.75	236.76	0.068015	5.07	0.36	1.39	3.2
113	229.51	229.79	230.09	231.09	0.068461	5.05	0.36	1.42	3.22
112	225.31	225.6	225.9	226.9	0.067785	5.04	0.36	1.42	3.21
111	221.61	221.91	222.21	223.22	0.067319	5.07	0.36	1.36	3.17
110	218.72	219.01	219.32	220.33	0.068782	5.08	0.35	1.39	3.22
109	216.7	217.01	217.31	218.32	0.067288	5.07	0.36	1.36	3.17
108	214.58	214.88	215.18	216.2	0.068363	5.09	0.35	1.37	3.2
107	212.11	212.41	212.71	213.72	0.06818	5.07	0.35	1.39	3.2
106	210	210.3	210.6	211.61	0.067589	5.07	0.36	1.37	3.18
105	209.32	209.88	209.92	210.17	0.008404	2.4	0.75	1.67	1.15
104	208.54	209.02	209.14	209.43	0.013128	2.83	0.64	1.6	1.43
103	208	208.53	208.6	208.86	0.009955	2.55	0.7	1.66	1.25
102	207.43	207.94	208.04	208.31	0.011343	2.68	0.67	1.62	1.33
101	206.39	206.89	206.98	207.25	0.011002	2.65	0.68	1.65	1.32
100	205.71	206.21	206.31	206.57	0.011175	2.66	0.68	1.66	1.33
99	205.04	205.56	205.64	205.91	0.010646	2.62	0.69	1.64	1.29
98	204.22	204.73	204.82	205.1	0.011262	2.68	0.67	1.62	1.33
97	203.65	204.15	204.24	204.51	0.011353	2.68	0.67	1.65	1.34
96	202.8	203.3	203.39	203.66	0.010943	2.64	0.68	1.68	1.32
95	202.21	202.73	202.82	203.08	0.010524	2.61	0.69	1.63	1.28
94	201.43	201.94	202.03	202.31	0.011418	2.69	0.67	1.63	1.34
93	200.76	201.28	201.37	201.64	0.010781	2.63	0.68	1.63	1.3
92	199.9	200.41	200.5	200.77	0.011208	2.67	0.67	1.62	1.32
91	199.04	199.56	199.64	199.91	0.010967	2.65	0.68	1.62	1.31
90	198.12	198.64	198.73	199	0.011165	2.67	0.67	1.62	1.32
89	197.51	198.02	198.11	198.38	0.01114	2.66	0.68	1.63	1.32
88	196.91	197.42	197.51	197.78	0.010973	2.65	0.68	1.62	1.31
87	196.3	196.81	196.91	197.18	0.011222	2.67	0.67	1.63	1.33
86	195.75	196.24	196.33	196.6	0.01152	2.68	0.67	1.68	1.36
85	195.19	195.71	195.79	196.05	0.010147	2.57	0.7	1.65	1.26

Πίνακας 8.5 Οι υδραυλικοί παράμετροι για κάθε διατομή του αγωγού.

<i>River Station</i>	<i>Min Ch El(m)</i>	<i>W.S. Elev(m)</i>	<i>Crit W.S.(m)</i>	<i>E.G. Elev(m)</i>	<i>E.G. Slope</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Flow Area(m²)</i>	<i>Top Width(m)</i>	<i>Froude # Chl</i>
84	194.36	194.86	194.96	195.23	0.011511	2.7	0.67	1.62	1.34
83	193.59	194.11	194.19	194.46	0.010825	2.64	0.68	1.64	1.3
82	192.8	193.32	193.41	193.68	0.011089	2.66	0.68	1.62	1.32
81	190.93	191.45	191.53	191.81	0.011068	2.66	0.68	1.62	1.32
80	189.99	190.48	190.58	190.85	0.011421	2.68	0.67	1.67	1.35
79	188.72	189.25	189.33	189.6	0.010524	2.61	0.69	1.63	1.28
78	187.71	188.22	188.32	188.59	0.011446	2.69	0.67	1.62	1.34
77	186.83	187.33	187.42	187.69	0.011038	2.65	0.68	1.66	1.32
76	186.12	186.64	186.73	186.99	0.010684	2.63	0.69	1.63	1.29
75	185.29	185.8	185.9	186.17	0.011318	2.68	0.67	1.62	1.33
74	184.1	184.62	184.71	184.98	0.010791	2.63	0.68	1.62	1.3
73	182.8	183.29	183.39	183.66	0.011519	2.69	0.67	1.66	1.35
72	181.55	182.07	182.15	182.42	0.010522	2.61	0.69	1.65	1.29
71	180.19	180.71	180.8	181.07	0.011393	2.69	0.67	1.62	1.33
70	178.59	179.11	179.2	179.47	0.01081	2.64	0.68	1.62	1.3
69	176.77	177.28	177.37	177.64	0.011299	2.68	0.67	1.62	1.33
68	174.83	175.35	175.43	175.7	0.010881	2.64	0.68	1.62	1.3
67	173.34	173.86	173.95	174.22	0.011271	2.68	0.67	1.62	1.33
66	172.11	172.62	172.71	172.98	0.011017	2.65	0.68	1.65	1.32
65	170.81	171.32	171.41	171.68	0.011039	2.66	0.68	1.63	1.31
64	169	169.52	169.61	169.88	0.011071	2.66	0.68	1.62	1.31
63	167.52	168.13	168.13	168.37	0.006438	2.18	0.83	1.73	1.01
62	165.92	166.46	166.53	166.78	0.009374	2.5	0.72	1.65	1.21
61	164.39	165	165	165.24	0.006547	2.19	0.82	1.72	1.02
60	163.5	164.04	164.1	164.36	0.009109	2.48	0.73	1.66	1.2
59	162.26	162.85	162.86	163.1	0.006808	2.22	0.81	1.75	1.04
58	161.36	161.91	161.96	162.21	0.00862	2.43	0.74	1.68	1.17
57	160.45	161.03	161.05	161.29	0.007135	2.26	0.8	1.73	1.07
56	159.03	159.58	159.63	159.87	0.008428	2.4	0.75	1.69	1.15
55	157.76	158.34	158.36	158.6	0.00716	2.27	0.79	1.71	1.06
54	156.18	156.74	156.78	157.03	0.008431	2.41	0.75	1.67	1.15
53	155.1	155.69	155.71	155.95	0.00725	2.28	0.79	1.7	1.07
52	153.85	154.41	154.46	154.71	0.008325	2.4	0.75	1.67	1.14
51	152.11	152.69	152.71	152.96	0.007343	2.29	0.79	1.71	1.08
50	150.09	150.65	150.7	150.94	0.008276	2.39	0.75	1.68	1.14
49	148.01	148.58	148.6	148.85	0.00742	2.29	0.78	1.72	1.09
48	145.72	146.29	146.33	146.58	0.008144	2.38	0.76	1.68	1.13
47	144.16	144.74	144.76	145.01	0.007483	2.3	0.78	1.7	1.09
46	142.8	143.37	143.41	143.65	0.00808	2.37	0.76	1.69	1.13
45	140.99	141.57	141.6	141.84	0.007561	2.31	0.78	1.7	1.09
44	138.84	139.4	139.44	139.69	0.008044	2.36	0.76	1.69	1.13

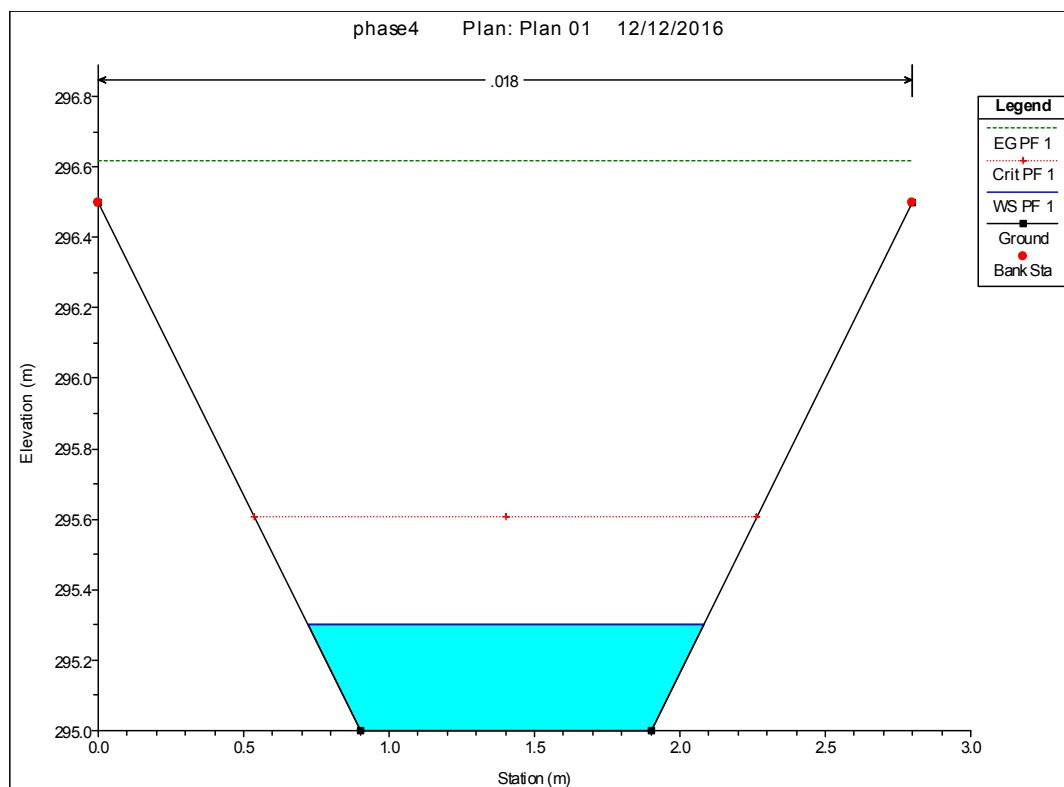
Πίνακας 8.6 Οι υδραυλικοί παράμετροι για κάθε διατομή του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 8.5).

<i>River Station</i>	<i>Min Ch El(m)</i>	<i>W.S. Elev(m)</i>	<i>Crit W.S.(m)</i>	<i>E.G. Elev(m)</i>	<i>E.G. Slope</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Flow Area(m²)</i>	<i>Top Width(m)</i>	<i>Froude # Chl</i>
43	137.26	137.84	137.87	138.11	0.007549	2.31	0.78	1.7	1.09
42	136.43	136.99	137.03	137.27	0.008086	2.37	0.76	1.7	1.13
41	135.37	135.94	135.97	136.21	0.007545	2.31	0.78	1.71	1.09
40	134	134.56	134.6	134.85	0.00802	2.36	0.76	1.68	1.12
39	133.15	133.72	133.76	134	0.007686	2.33	0.77	1.71	1.1
38	132.4	132.96	133	133.24	0.007963	2.35	0.76	1.71	1.12
37	131.53	132.11	132.13	132.38	0.007515	2.31	0.78	1.7	1.09
36	130.84	131.41	131.44	131.69	0.008019	2.36	0.76	1.68	1.12
35	130.3	130.87	130.9	131.15	0.007616	2.32	0.78	1.69	1.09
34	129.65	130.22	130.26	130.5	0.007928	2.35	0.76	1.69	1.12
33	128.74	129.31	129.34	129.59	0.007682	2.33	0.77	1.69	1.1
32	127.66	128.23	128.26	128.51	0.007914	2.35	0.77	1.69	1.12
31	127	127.57	127.61	127.85	0.007723	2.33	0.77	1.69	1.1
30	125.97	126.58	126.58	126.82	0.006429	2.18	0.83	1.73	1.01
29	125.21	125.82	125.82	126.06	0.006427	2.18	0.83	1.73	1.01
28	124.41	125.01	125.01	125.25	0.006462	2.18	0.82	1.73	1.01
27	123.56	124.16	124.16	124.41	0.006431	2.18	0.83	1.73	1.01
26	122.53	123.13	123.13	123.38	0.006444	2.18	0.83	1.73	1.01
25	121.47	122.07	122.07	122.31	0.006477	2.18	0.82	1.74	1.01
24	120.47	121.07	121.07	121.31	0.006473	2.18	0.82	1.75	1.02
23	118.92	119.52	119.53	119.77	0.006752	2.22	0.81	1.72	1.03
22	117.54	118.12	118.15	118.39	0.007527	2.31	0.78	1.7	1.09
21	116.3	116.9	116.9	117.14	0.0064	2.17	0.83	1.74	1.01
20	114.12	114.72	114.72	114.96	0.006503	2.19	0.82	1.74	1.01
19	112.85	113.45	113.45	113.69	0.006386	2.17	0.83	1.75	1.01
18	111.92	112.52	112.53	112.77	0.006409	2.18	0.83	1.73	1.01
17	110.83	111.43	111.44	111.68	0.006522	2.19	0.82	1.73	1.02
16	109.65	110.24	110.25	110.49	0.006761	2.22	0.81	1.72	1.03
15	108.17	108.78	108.78	109.02	0.006414	2.18	0.83	1.73	1.01
14	106.76	107.36	107.36	107.6	0.006483	2.19	0.82	1.74	1.01
13	106.09	106.69	106.69	106.93	0.006376	2.17	0.83	1.75	1.01
12	105.67	106.27	106.27	106.51	0.006391	2.17	0.83	1.74	1.01
11	105.12	105.72	105.72	105.96	0.006586	2.2	0.82	1.74	1.02
10	104.7	105.29	105.3	105.54	0.006784	2.22	0.81	1.72	1.03
9	104.11	104.7	104.71	104.96	0.007086	2.26	0.8	1.71	1.06
8	103.17	103.77	103.77	104.01	0.006339	2.17	0.83	1.75	1
7	102.31	102.92	102.92	103.16	0.006406	2.18	0.83	1.73	1
6	101.4	102	102	102.24	0.006462	2.18	0.82	1.73	1.01
5	100.63	101.23	101.23	101.47	0.006452	2.18	0.82	1.73	1.01

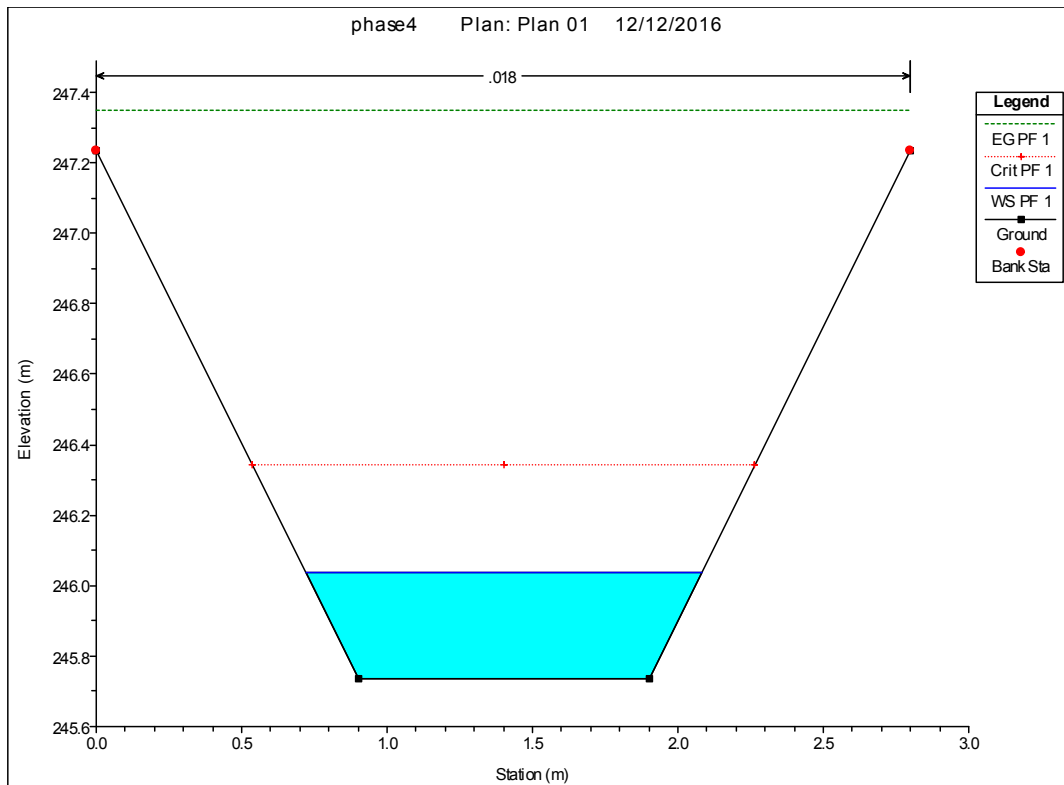
Πίνακας 8.7 Οι υδραυλικοί παράμετροι για κάθε διατομή του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 8.6).

<i>River Station</i>	<i>Min Ch El(m)</i>	<i>W.S. Elev(m)</i>	<i>Crit W.S.(m)</i>	<i>E.G. Elev(m)</i>	<i>E.G. Slope</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Flow Area(m²)</i>	<i>Top Width(m)</i>	<i>Froude # Chl</i>
4	99.79	100.39	100.39	100.63	0.006422	2.18	0.83	1.73	1.01
3	99.02	99.62	99.62	99.86	0.00647	2.18	0.82	1.73	1.01
2	98.59	99.2	99.2	99.44	0.006426	2.18	0.83	1.73	1.01
1	98	99	98.61	99.06	0.001089	1.12	1.6	2.2	0.42

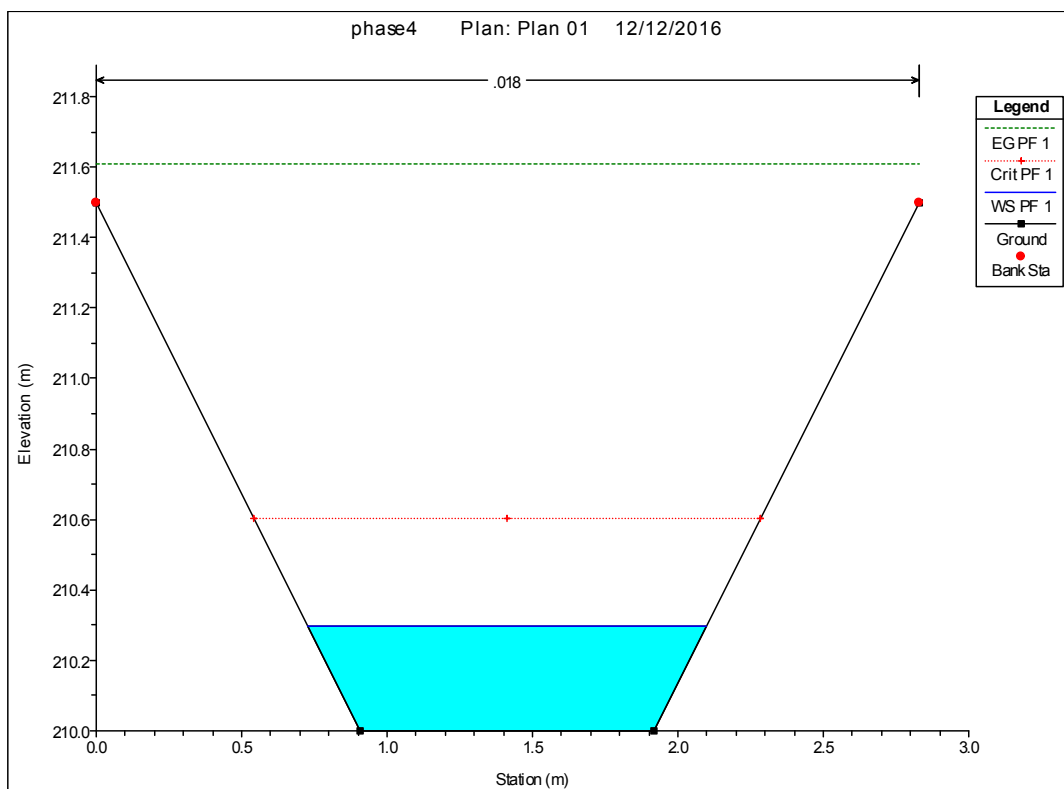
Πίνακας 8.8 Οι υδραυλικοί παράμετροι για κάθε διατομή του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 8.7).



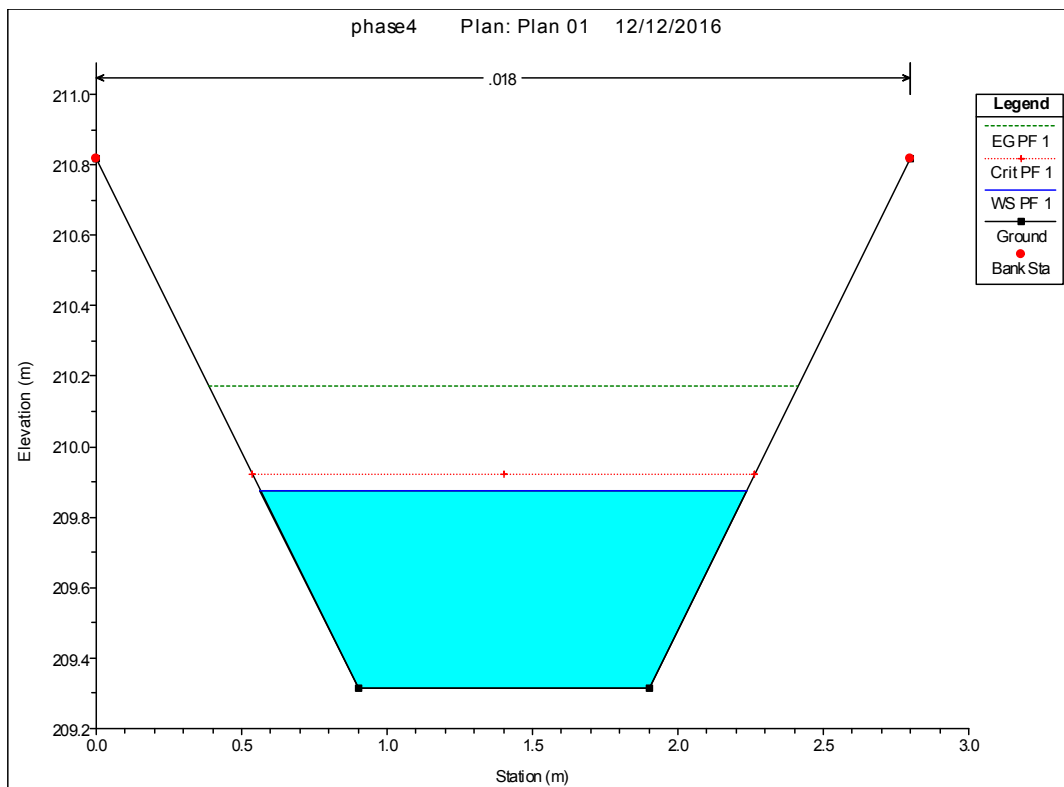
Εικόνα 8.2 Η διατομή 125 του ανοικτού αγωγού για $Q=1.8 \text{ m}^3/\text{s}$.



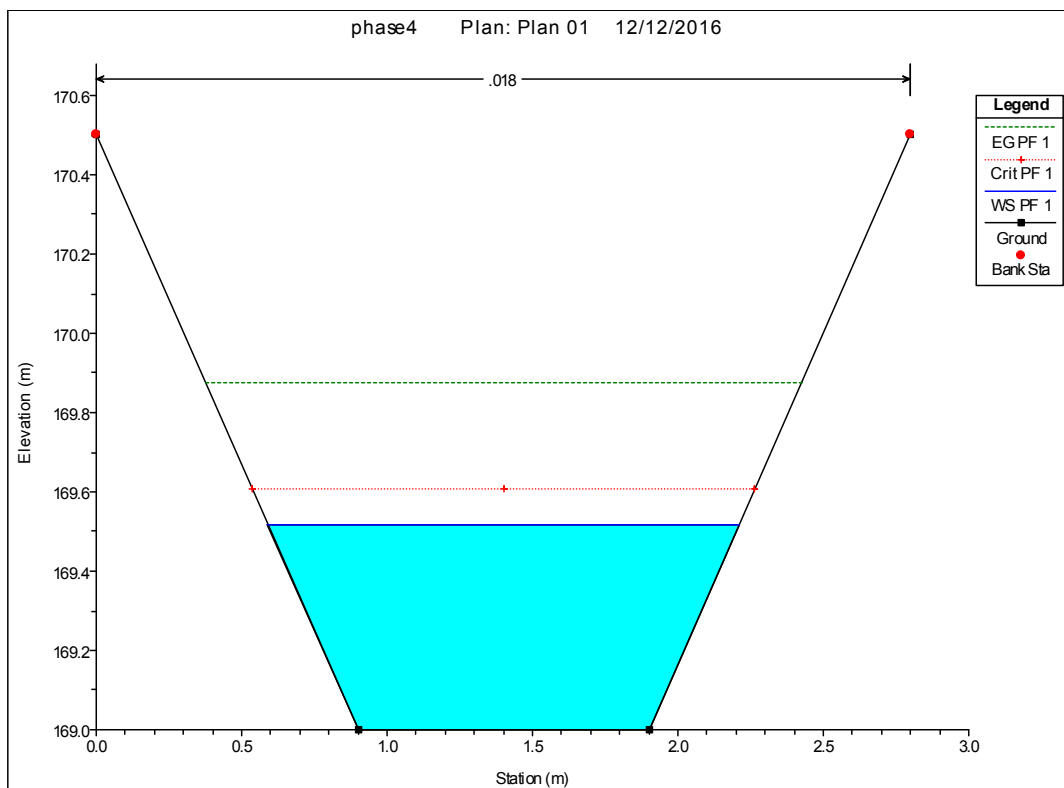
Εικόνα 8.3 Η διατομή 116 του ανοικτού αγωγού για $Q=1.8 \text{ m}^3/\text{s}$.



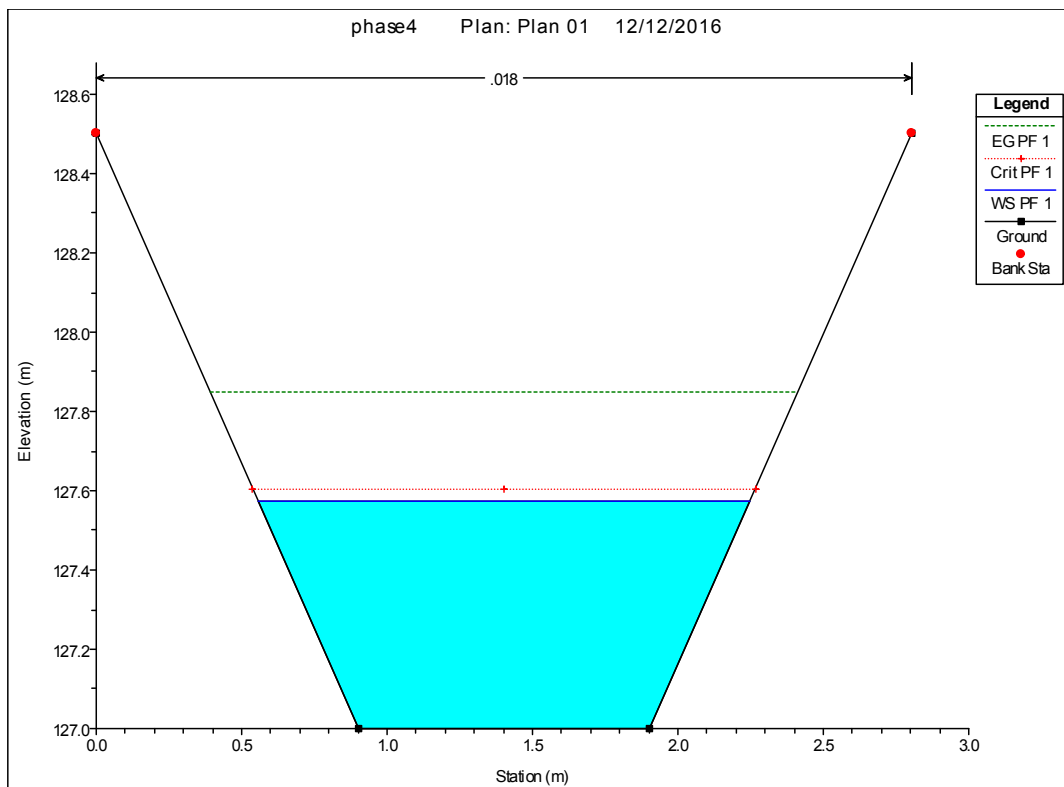
Εικόνα 8.4 Η διατομή 106 του ανοικτού αγωγού για $Q=1.8 \text{ m}^3/\text{s}$.



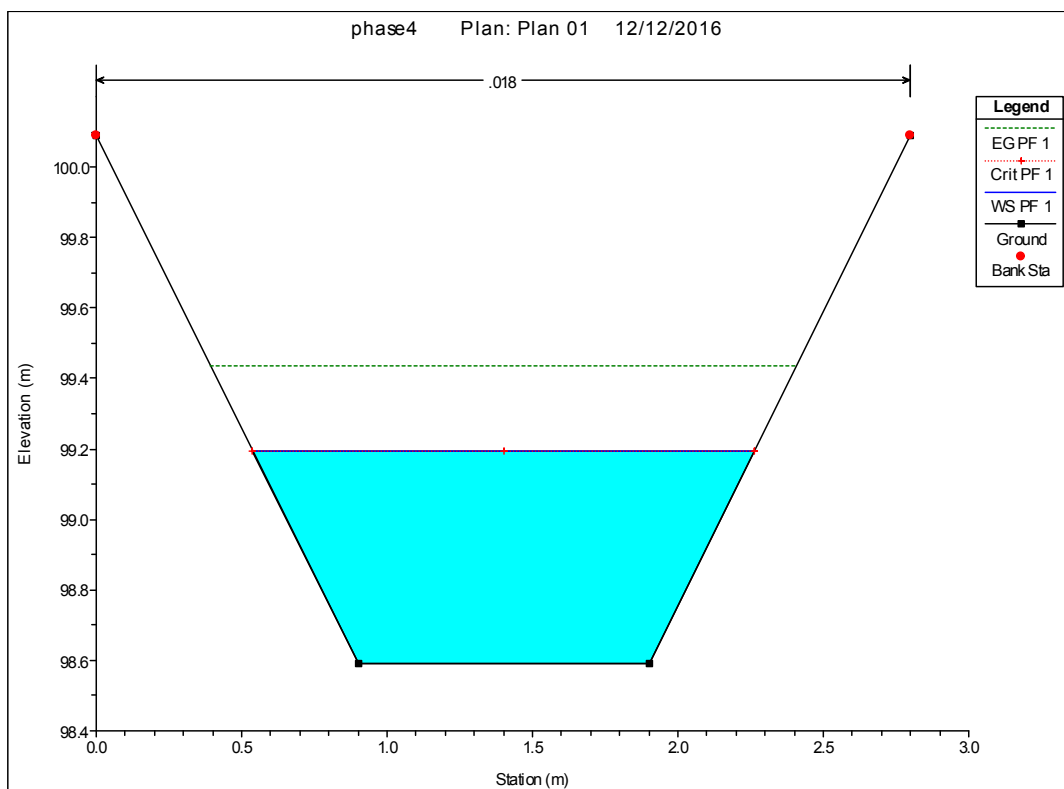
Εικόνα 8.5 Η διατομή 105 του ανοικτού αγωγού για $Q=1.8 \text{ m}^3/\text{s}$.



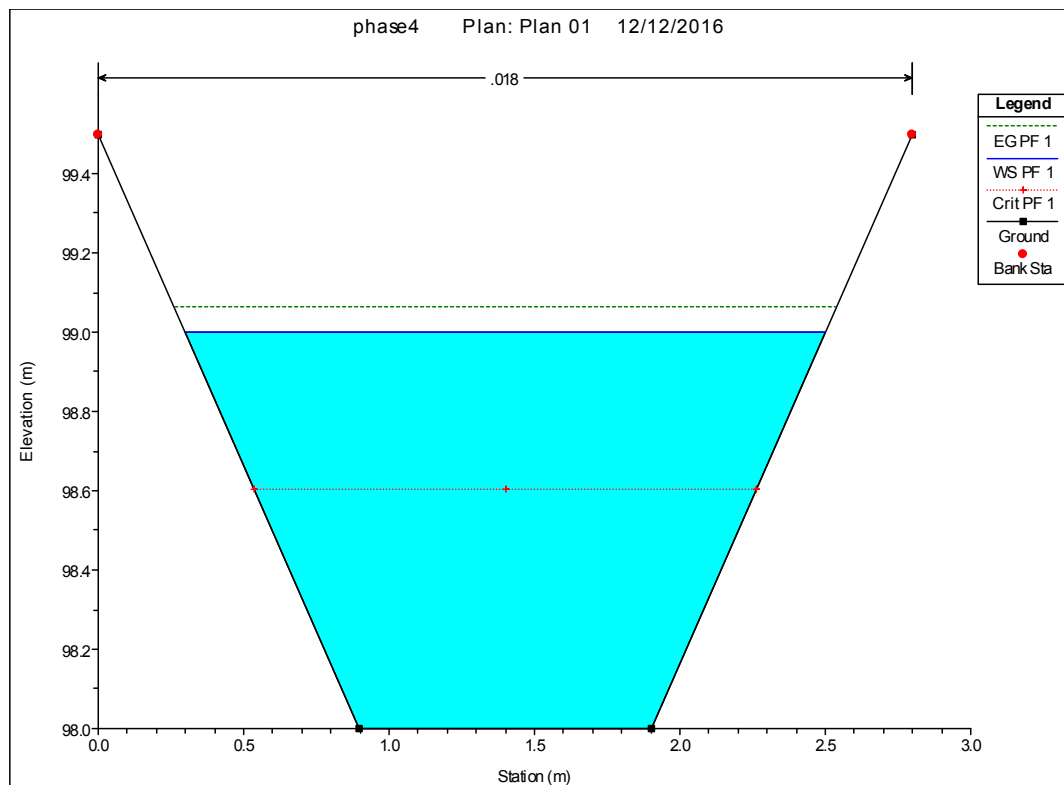
Εικόνα 8.6 Η διατομή 64 του ανοικτού αγωγού για $Q=1.8 \text{ m}^3/\text{s}$.



Εικόνα 8.7 Η διατομή 31 του ανοικτού αγωγού για $Q=1.8 \text{ m}^3/\text{s}$.



Εικόνα 8.8 Η διατομή 2 του ανοικτού αγωγού για $Q=1.8 \text{ m}^3/\text{s}$.



Εικόνα 8.9 Η διατομή 1 του ανοικτού αγωγού για $Q=1.8 \text{ m}^3/\text{s}$.

8.4 Αποτελέσματα για ακραία τιμή της παροχής

Έπειτα, το μοντέλο υπολογίζεται ξανά για μία ακραία τιμή παροχής. Όπως προαναφέρθηκε, η τιμή αυτή λαμβάνεται ίση με $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$. Στους Πίνακες 8.9, 8.10, 8.11 και 8.12 παρουσιάζονται οι τιμές διάφορων υδραυλικών μεγεθών για κάθε διατομή του αγωγού μετά την νέα εκτέλεση του μοντέλου. Επιπλέον, στις Εικόνες 8.10 μέχρι 8.16 παρουσιάζονται ορισμένες χαρακτηριστικές διατομές του ανοικτού αγωγού. Η ροή προς τα κατάντη τείνει να γίνει κρίσιμη. Τέλος, ο αγωγός δεν υπερχειλίζει σε καμία διατομή και ως εκ τούτου ο σχεδιασμός είναι αποδεκτός.

River Station	Min Ch El(m)	W.S. Elev(m)	Crit W.S.(m)	E.G. Elev(m)	E.G. Slope	Vel (m/s)	Flow Area(m ²)	Top Width(m)	Froude # Chl
125	295	295.3	295.82	298.96	0.18866	8.48	0.35	1.36	5.31
124	289.14	289.58	289.94	290.96	0.048141	5.2	0.58	1.58	2.75
123	285.38	285.77	286.19	287.65	0.073884	6.07	0.49	1.5	3.37
122	280.95	281.35	281.76	283.08	0.065614	5.82	0.52	1.52	3.19
121	279	279.39	279.79	281.16	0.068504	5.88	0.51	1.55	3.28
120	274.31	274.71	275.12	276.48	0.067169	5.88	0.51	1.49	3.21
119	269	269.4	269.81	271.18	0.068556	5.91	0.51	1.5	3.25
118	261.08	261.49	261.9	263.26	0.067596	5.89	0.51	1.49	3.22

Πίνακας 8.9 Οι υδραυλικοί παράμετροι για κάθε διατομή του αγωγού.

<i>River Station</i>	<i>Min Ch El(m)</i>	<i>W.S. Elev(m)</i>	<i>Crit W.S.(m)</i>	<i>E.G. Elev(m)</i>	<i>E.G. Slope</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Flow Area(m²)</i>	<i>Top Width(m)</i>	<i>Froude # Chl</i>
117	252.84	253.24	253.65	255.02	0.068477	5.91	0.51	1.51	3.25
116	245.73	246.14	246.55	247.92	0.067667	5.9	0.51	1.49	3.22
115	240.97	241.38	241.79	243.16	0.068307	5.91	0.51	1.5	3.24
114	235.16	235.56	235.96	237.33	0.06813	5.89	0.51	1.52	3.25
113	229.51	229.9	230.3	231.66	0.068419	5.88	0.51	1.55	3.28
112	225.31	225.71	226.11	227.46	0.067841	5.86	0.51	1.55	3.26
111	221.61	222.02	222.42	223.78	0.067282	5.88	0.51	1.49	3.21
110	218.72	219.12	219.52	220.89	0.068635	5.9	0.51	1.52	3.26
109	216.7	217.11	217.52	218.88	0.067296	5.88	0.51	1.49	3.21
108	214.58	214.99	215.39	216.76	0.068221	5.91	0.51	1.5	3.24
107	212.11	212.51	212.92	214.29	0.06837	5.9	0.51	1.52	3.25
106	210	210.41	210.81	212.17	0.067606	5.89	0.51	1.5	3.23
105	209.32	210.03	210.13	210.47	0.010171	2.95	1.02	1.85	1.27
104	208.54	209.22	209.35	209.71	0.011539	3.09	0.97	1.84	1.36
103	208	208.69	208.81	209.16	0.010936	3.03	0.99	1.86	1.33
102	207.43	208.13	208.25	208.6	0.010933	3.03	0.99	1.84	1.32
101	206.39	207.06	207.19	207.54	0.011354	3.07	0.98	1.86	1.35
100	205.71	206.39	206.51	206.86	0.011008	3.03	0.99	1.88	1.34
99	205.04	205.74	205.85	206.2	0.010768	3.01	1	1.85	1.31
98	204.22	204.91	205.03	205.39	0.011152	3.05	0.98	1.83	1.33
97	203.65	204.32	204.45	204.8	0.011461	3.08	0.97	1.87	1.36
96	202.8	203.47	203.6	203.94	0.011038	3.04	0.99	1.89	1.34
95	202.21	202.92	203.03	203.37	0.010288	2.96	1.01	1.85	1.28
94	201.43	202.11	202.24	202.6	0.011508	3.09	0.97	1.84	1.36
93	200.76	201.46	201.58	201.92	0.01069	3.01	1	1.84	1.3
92	199.9	200.59	200.71	201.07	0.011242	3.06	0.98	1.83	1.34
91	199.04	199.74	199.85	200.2	0.010945	3.03	0.99	1.84	1.32
90	198.12	198.82	198.94	199.29	0.011177	3.06	0.98	1.83	1.33
89	197.51	198.2	198.32	198.67	0.011168	3.05	0.98	1.84	1.34
88	196.91	197.6	197.72	198.07	0.010885	3.03	0.99	1.84	1.32
87	196.3	196.99	197.11	197.47	0.011319	3.07	0.98	1.85	1.35
86	195.75	196.41	196.54	196.89	0.011572	3.09	0.97	1.9	1.38
85	195.19	195.89	195.99	196.33	0.010021	2.93	1.02	1.88	1.27
84	194.36	195.04	195.17	195.53	0.011487	3.09	0.97	1.83	1.35
83	193.59	194.29	194.4	194.75	0.010803	3.02	0.99	1.85	1.31
82	192.8	193.5	193.62	193.97	0.011073	3.04	0.99	1.84	1.33
81	190.93	191.62	191.74	192.1	0.011082	3.05	0.99	1.84	1.33
80	189.99	190.65	190.78	191.14	0.011461	3.08	0.97	1.88	1.37
79	188.72	189.43	189.54	189.88	0.01044	2.98	1.01	1.85	1.29
78	187.71	188.4	188.52	188.88	0.01143	3.08	0.97	1.84	1.35
77	186.83	187.5	187.63	187.98	0.011121	3.05	0.99	1.88	1.34

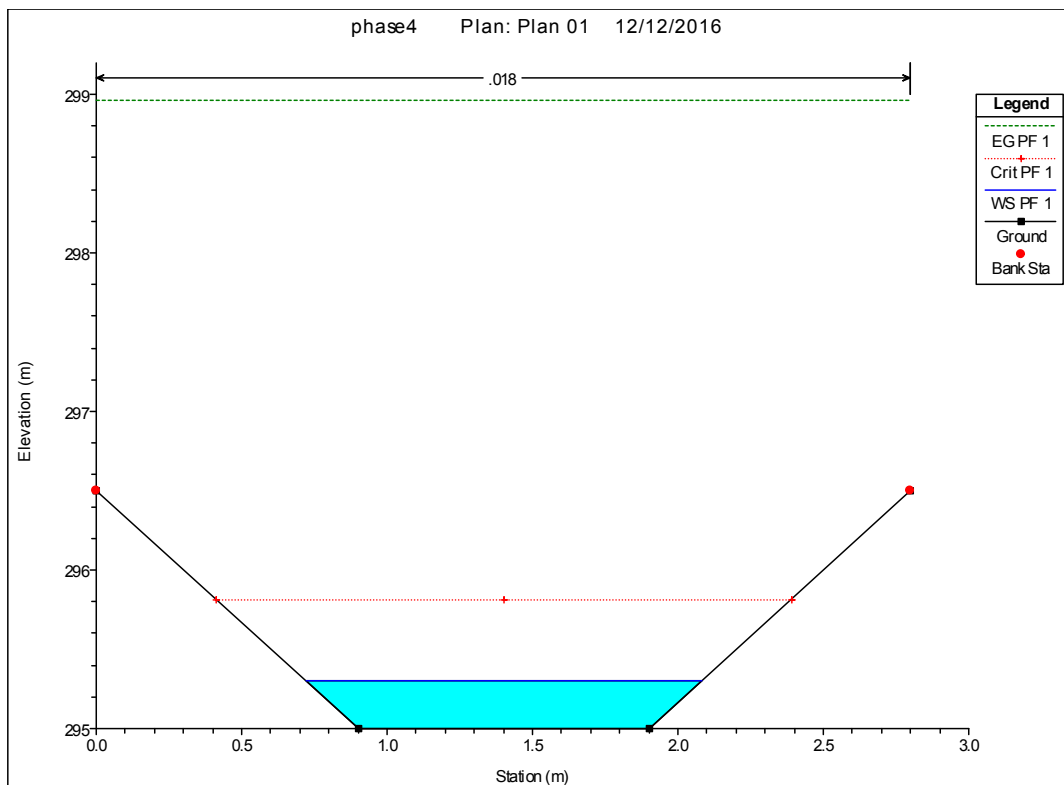
Πίνακας 8.10 Οι υδραυλικοί παράμετροι για κάθε διατομή του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 8.9).

<i>River Station</i>	<i>Min Ch El(m)</i>	<i>W.S. Elev(m)</i>	<i>Crit W.S.(m)</i>	<i>E.G. Elev(m)</i>	<i>E.G. Slope</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Flow Area(m²)</i>	<i>Top Width(m)</i>	<i>Froude # Chl</i>
76	186.12	186.82	186.94	187.28	0.010528	2.99	1	1.85	1.29
75	185.29	185.98	186.11	186.46	0.01133	3.07	0.98	1.84	1.34
74	184.1	184.8	184.92	185.27	0.010835	3.02	0.99	1.84	1.31
73	182.8	183.47	183.6	183.95	0.011504	3.08	0.97	1.87	1.37
72	181.55	182.25	182.36	182.7	0.010506	2.98	1.01	1.86	1.3
71	180.19	180.88	181.01	181.37	0.011334	3.07	0.98	1.83	1.34
70	178.59	179.29	179.41	179.76	0.010848	3.02	0.99	1.84	1.31
69	176.77	177.46	177.58	177.94	0.011228	3.06	0.98	1.83	1.34
68	174.83	175.52	175.64	175.99	0.010969	3.03	0.99	1.84	1.32
67	173.34	174.03	174.16	174.51	0.011165	3.05	0.98	1.84	1.33
66	172.11	172.8	172.92	173.27	0.011164	3.05	0.98	1.86	1.34
65	170.81	171.5	171.62	171.97	0.010903	3.03	0.99	1.85	1.32
64	169	169.69	169.82	170.17	0.011152	3.05	0.98	1.83	1.33
63	167.52	168.34	168.34	168.65	0.006311	2.47	1.21	1.98	1.01
62	165.92	166.65	166.74	167.07	0.009463	2.87	1.04	1.87	1.23
61	164.39	165.2	165.21	165.52	0.006484	2.49	1.2	1.97	1.02
60	163.5	164.23	164.32	164.64	0.009062	2.83	1.06	1.89	1.2
59	162.26	163.05	163.07	163.38	0.006866	2.55	1.18	1.99	1.06
58	161.36	162.1	162.17	162.49	0.008444	2.75	1.09	1.92	1.16
57	160.45	161.22	161.26	161.57	0.007295	2.61	1.15	1.97	1.09
56	159.03	159.77	159.83	160.15	0.008221	2.72	1.1	1.93	1.15
55	157.76	158.54	158.57	158.88	0.007346	2.61	1.15	1.94	1.09
54	156.18	156.93	156.99	157.31	0.008205	2.72	1.1	1.91	1.14
53	155.1	155.88	155.92	156.23	0.007426	2.62	1.14	1.94	1.09
52	153.85	154.61	154.67	154.99	0.008124	2.71	1.11	1.91	1.14
51	152.11	152.88	152.93	153.24	0.007529	2.64	1.14	1.94	1.1
50	150.09	150.85	150.91	151.22	0.008074	2.71	1.11	1.92	1.14
49	148.01	148.77	148.81	149.12	0.007628	2.65	1.13	1.96	1.11
48	145.72	146.49	146.54	146.86	0.007905	2.69	1.12	1.92	1.13
47	144.16	144.93	144.97	145.29	0.007719	2.66	1.13	1.93	1.11
46	142.8	143.56	143.61	143.93	0.007883	2.68	1.12	1.93	1.12
45	140.99	141.76	141.81	142.12	0.007761	2.67	1.12	1.93	1.12
44	138.84	139.6	139.65	139.96	0.00787	2.68	1.12	1.93	1.13
43	137.26	138.03	138.08	138.39	0.007718	2.66	1.13	1.93	1.11
42	136.43	137.18	137.23	137.55	0.007924	2.69	1.12	1.94	1.13
41	135.37	136.13	136.18	136.49	0.00769	2.66	1.13	1.94	1.11
40	134	134.76	134.81	135.13	0.00784	2.68	1.12	1.92	1.12
39	133.15	133.91	133.96	134.28	0.007879	2.68	1.12	1.94	1.13
38	132.4	133.16	133.21	133.52	0.007866	2.68	1.12	1.95	1.13
37	131.53	132.3	132.34	132.66	0.00755	2.64	1.14	1.93	1.1
36	130.84	131.6	131.65	131.97	0.007968	2.69	1.11	1.92	1.13

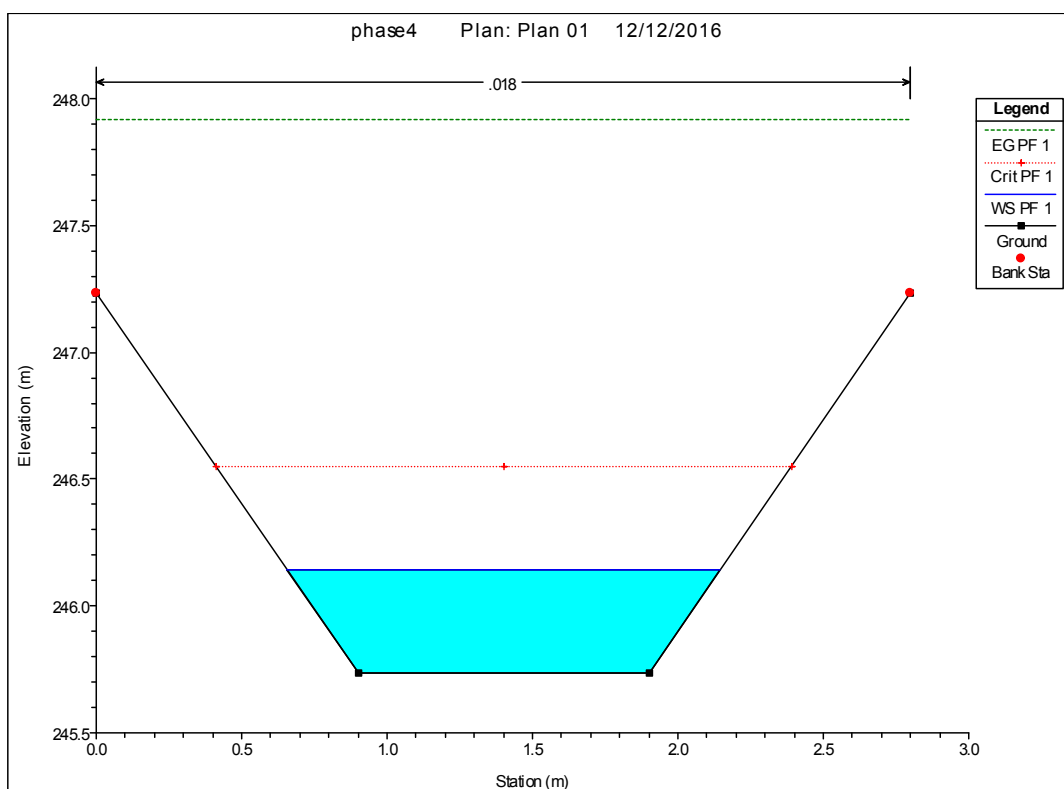
Πίνακας 8.11 Οι υδραυλικοί παράμετροι για κάθε διατομή του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 8.10).

<i>River Station</i>	<i>Min Ch El(m)</i>	<i>W.S. Elev(m)</i>	<i>Crit W.S.(m)</i>	<i>E.G. Elev(m)</i>	<i>E.G. Slope</i>	<i>Vel (m/s)</i>	<i>Flow Area(m²)</i>	<i>Top Width(m)</i>	<i>Froude # Chl</i>
35	130.3	131.07	131.11	131.43	0.007645	2.65	1.13	1.93	1.11
34	129.65	130.41	130.46	130.78	0.007891	2.68	1.12	1.92	1.12
33	128.74	129.51	129.55	129.87	0.007693	2.66	1.13	1.93	1.11
32	127.66	128.42	128.47	128.79	0.007894	2.68	1.12	1.92	1.12
31	127	127.77	127.82	128.13	0.007736	2.66	1.13	1.93	1.11
30	125.97	126.79	126.79	127.1	0.006309	2.47	1.22	1.98	1.01
29	125.21	126.02	126.03	126.34	0.006491	2.5	1.2	1.97	1.02
28	124.41	125.22	125.22	125.53	0.006369	2.48	1.21	1.98	1.01
27	123.56	124.37	124.37	124.69	0.006518	2.5	1.2	1.97	1.02
26	122.53	123.34	123.34	123.65	0.006353	2.48	1.21	1.98	1.01
25	121.47	122.27	122.28	122.59	0.006576	2.51	1.2	1.98	1.03
24	120.47	121.27	121.28	121.58	0.006361	2.48	1.21	2.01	1.02
23	118.92	119.74	119.74	120.05	0.006382	2.48	1.21	1.98	1.01
22	117.54	118.35	118.36	118.67	0.006514	2.5	1.2	1.98	1.02
21	116.3	117.1	117.11	117.42	0.006402	2.48	1.21	1.99	1.02
20	114.12	114.92	114.93	115.24	0.006458	2.49	1.2	1.99	1.02
19	112.85	113.65	113.66	113.97	0.006466	2.49	1.2	2	1.02
18	111.92	112.73	112.73	113.05	0.006487	2.5	1.2	1.97	1.02
17	110.83	111.64	111.65	111.95	0.006437	2.49	1.21	1.98	1.02
16	109.65	110.46	110.46	110.77	0.006404	2.48	1.21	1.98	1.02
15	108.17	108.98	108.99	109.3	0.006446	2.49	1.21	1.97	1.02
14	106.76	107.56	107.57	107.88	0.006458	2.49	1.2	1.98	1.02
13	106.09	106.89	106.89	107.2	0.006471	2.49	1.2	1.99	1.02
12	105.67	106.48	106.48	106.79	0.006362	2.48	1.21	1.98	1.01
11	105.12	105.92	105.93	106.24	0.006625	2.51	1.19	1.98	1.04
10	104.7	105.5	105.51	105.82	0.006573	2.51	1.2	1.97	1.03
9	104.11	104.92	104.92	105.23	0.006298	2.47	1.22	1.99	1.01
8	103.17	103.97	103.98	104.29	0.006648	2.52	1.19	1.99	1.04
7	102.31	103.11	103.13	103.44	0.006765	2.53	1.18	1.96	1.04
6	101.4	102.19	102.21	102.52	0.006889	2.55	1.18	1.95	1.05
5	100.63	101.42	101.44	101.75	0.00692	2.56	1.17	1.96	1.05
4	99.79	100.57	100.6	100.91	0.007184	2.59	1.16	1.94	1.07
3	99.02	99.83	99.83	100.14	0.006315	2.47	1.21	1.98	1.01
2	98.59	99.4	99.41	99.72	0.006485	2.49	1.2	1.97	1.02
1	98	99	98.82	99.18	0.003025	1.87	1.6	2.2	0.7

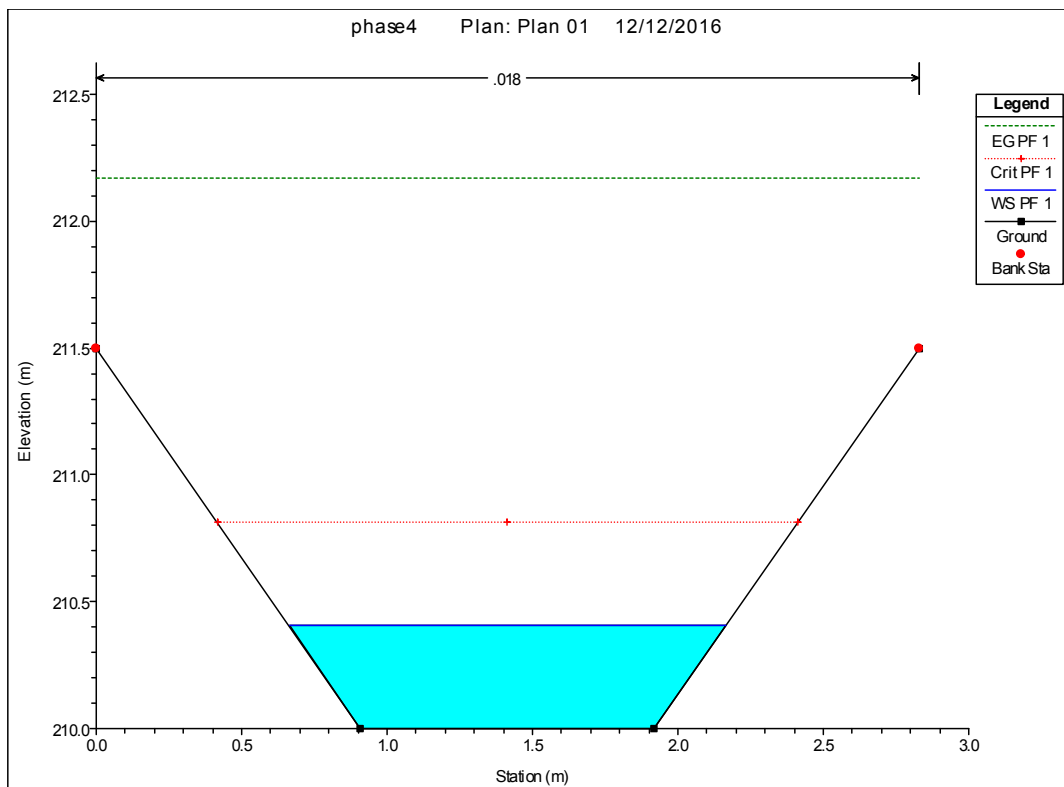
Πίνακας 8.12 Οι υδραυλικοί παράμετροι για κάθε διατομή του αγωγού (συνέχεια Πίνακα 8.11).



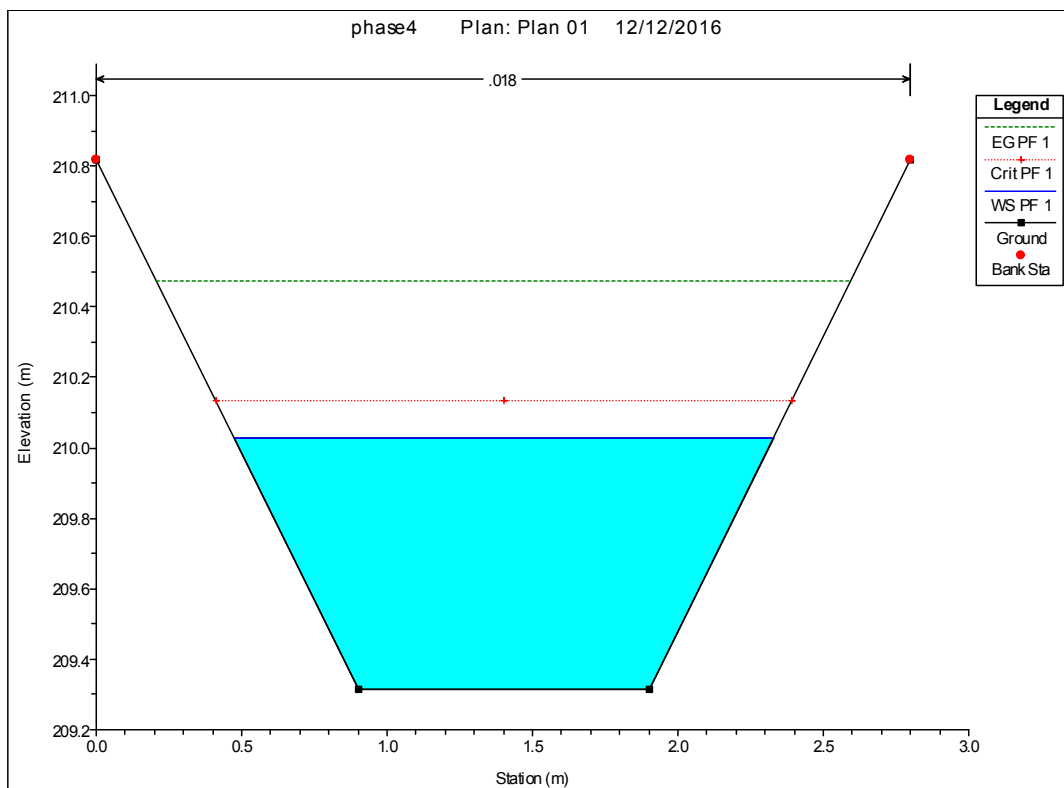
Εικόνα 8.10 Η διατομή 125 του ανοικτού αγωγού για $Q=3.0 \text{ m}^3/\text{s}$.



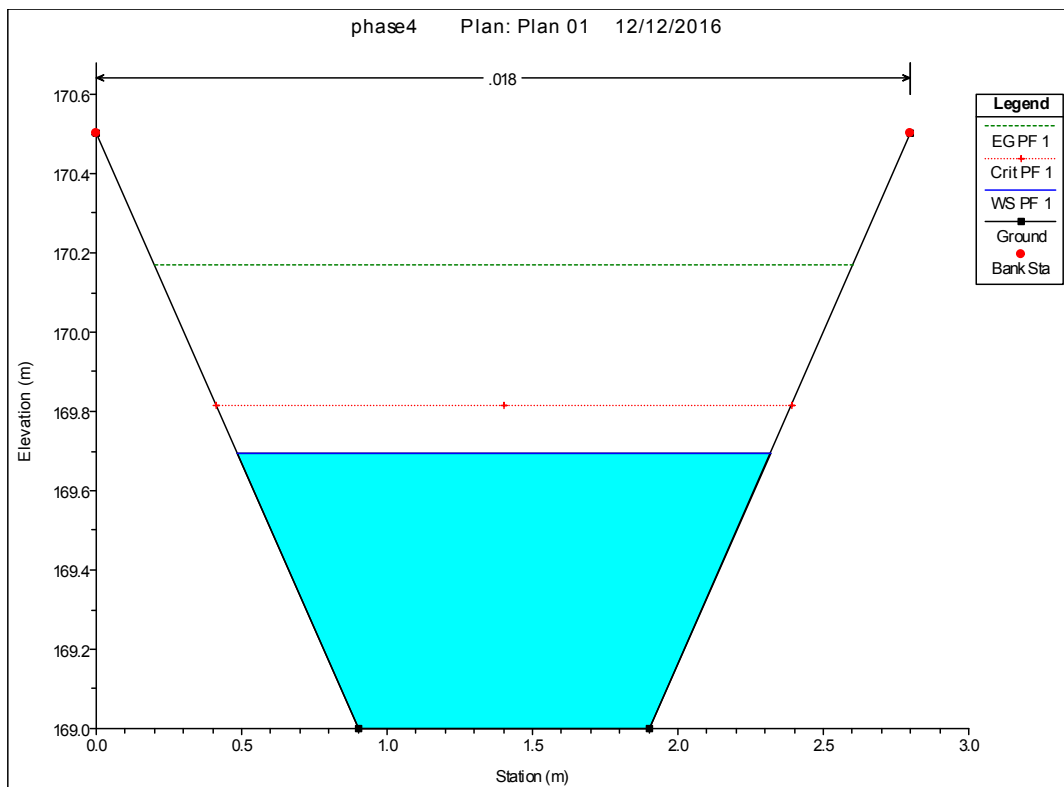
Εικόνα 8.10 Η διατομή 116 του ανοικτού αγωγού για $Q=3.0 \text{ m}^3/\text{s}$.



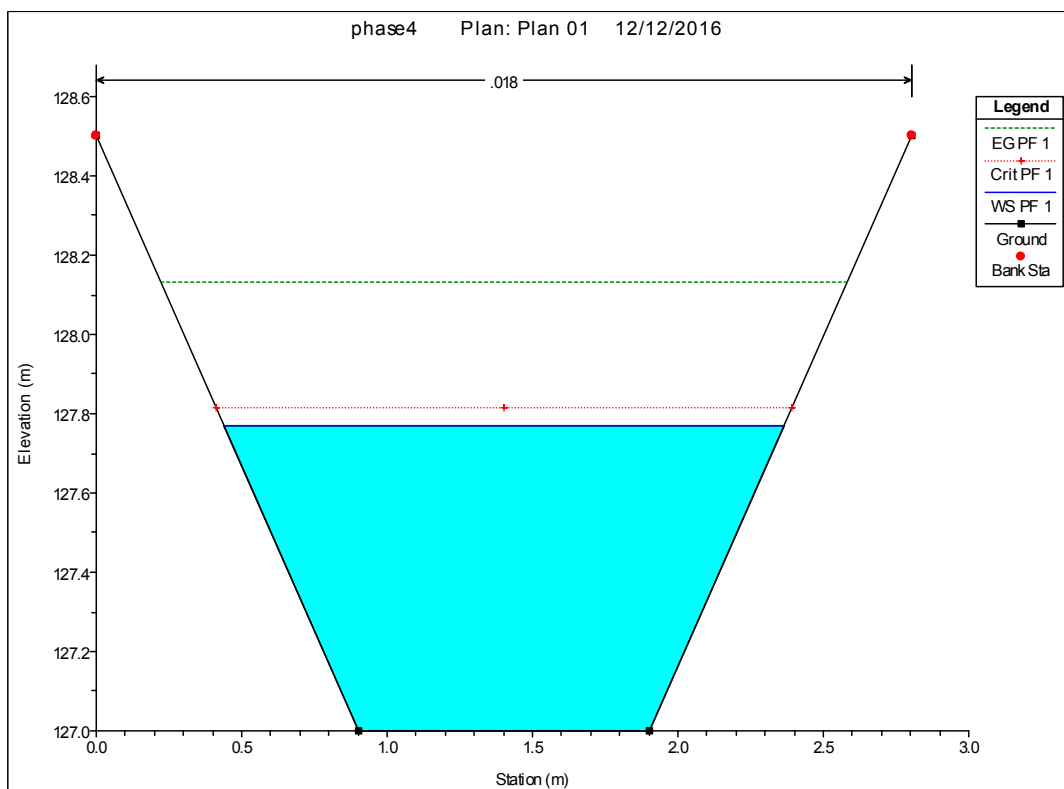
Εικόνα 8.11 Η διατομή 106 του ανοικτού αγωγού για $Q=3.0 \text{ m}^3/\text{s}$.



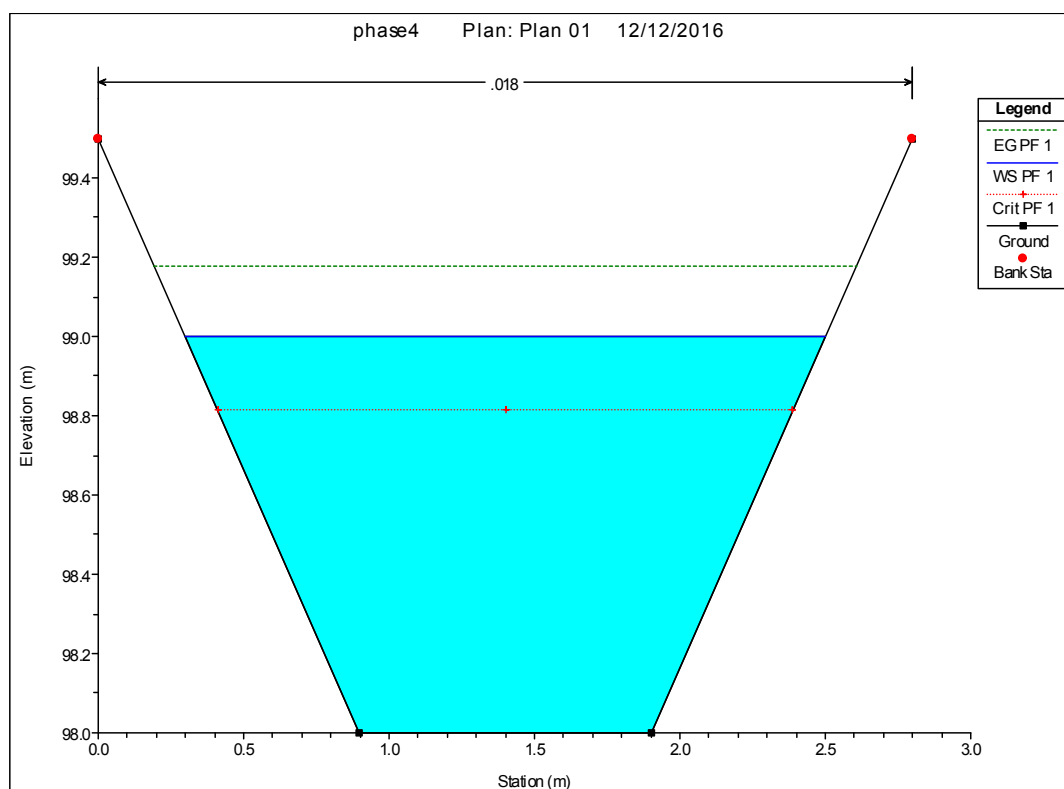
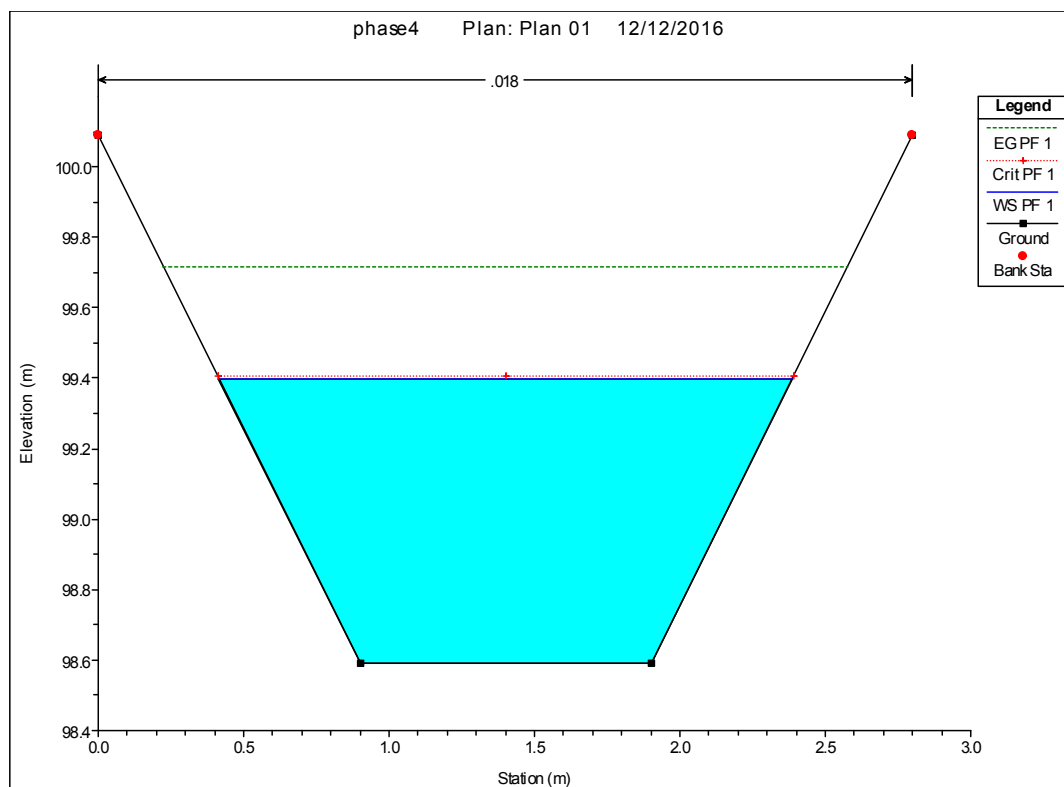
Εικόνα 8.12 Η διατομή 105 του ανοικτού αγωγού για $Q=3.0 \text{ m}^3/\text{s}$.



Εικόνα 8.13 Η διατομή 64 του ανοικτού αγωγού για $Q=3.0 \text{ m}^3/\text{s}$.



Εικόνα 8.14 Η διατομή 31 του ανοικτού αγωγού για $Q=3.0 \text{ m}^3/\text{s}$.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 Συμπεράσματα

Έχοντας φτάσει στο τέλος της παρούσας μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας, μπορούν να παρατεθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την διάρκεια της εκπόνησης της:

1. Το μοντέλο ενός υδραυλικού συστήματος μπορεί με ευκολία να δημιουργηθεί στο περιβάλλον των εμπορικών λογισμικών WaterCad και HEC-RAS.
2. Επίσης, τα λογισμικά αυτά παρέχουν στον μελετητή μηχανικό την δυνατότητα να σχεδιάσουν εύκολα ένα υδραυλικό σύστημα ενώ μειώνουν την πιθανότητα λάθους. Η οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων υλοποιείται με μία πληθώρα γραφημάτων.
3. Η μεταφορά ύδατος από το φράγμα του Τεμένους προς την πεδιάδα της Δράμας απαιτεί τον σχεδιασμό τεσσάρων (4) αγωγών: τριών (3) κλειστών και ενός ανοικτού.
4. Η παροχή που μπορεί να μεταφερθεί χωρίς να γίνει χρήση παράλληλων αγωγών είναι $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ διότι υπάρχει περιορισμός στην διάμετρο των σωλήνων. Παρ' όλα αυτά η παράλληλη χρήση αγωγών δεν είναι απαγορευτική.
5. Το πρώτο και το τρίτο τμήμα του υδραγωγείου αποτελούνται από βαρυτικούς αγωγούς φτιαγμένους από PVC. Το δεύτερο τμήμα αποτελείται από έναν καταθλιπτικό αγωγό το υλικό του οποίου είναι ο όλκιμος χυτοσίδηρος (Ductile Iron). Ο ανοικτός αγωγός έχει επένδυση από σκυρόδεμα.
6. Το αντλιοστάσιο του δεύτερου τμήματος του υδραγωγείου απαρτίζεται από τρεις (3) σειρές αντλιών ενώ κάθε σειρά αποτελείται από τέσσερις (4) αντλίες. Έτσι το αντλιοστάσιο συνολικά περιέχει δώδεκα (12) αντλίες.
7. Η κλίση του ανοικτού αγωγού μπορεί να μειωθεί περεταίρω. Έτσι για να παραμένει η μέση κλίση του αγωγού σταθερή, θα δημιουργηθεί ένα τμήμα του αγωγού όπου πραγματοποιείται υδατόπτωση. Η υδατόπτωση αυτή μπορεί να αξιοποιηθεί με σκοπό την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ενός μικρού υδροηλεκτρικού έργου.

Αυτή η σελίδα έμεινε επίτηδες κενή

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Δαμασκηνίδου-Γεωργιάδου Α. & Σιδηρόπουλος Ε., (1996), Σημειώσεις Υδραυλικής Ανοικτών Αγωγών, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.
2. Σούλης Ι., (2004), Υπολογιστική Μηχανική Ρευστών, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Δ.Π.Θ., Ξάνθη.
3. Τζιμόπουλος Χ., (1997), Γεωργική Υδραυλική Τόμος II: Συλλογικά Αρδευτικά Δίκτυα με Καταιονισμό, Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, Θεσσαλονίκη.
4. Τσακίρης Γ., (2010), Υδραυλικά έργα Σχεδιασμός & Διαχείριση Τόμος I: Αστικά υδραυλικά έργα, Αθήνα.

Μεταφρασμένη Βιβλιογραφία

1. Ranald V. Giles, (1962), Fluid Mechanics and Hydraulics, McGraw-Hill

Από το διαδίκτυο

1. <http://www.peacesoftware.de/einigewerte/img/trapez.png>
2. http://www.pipeflow.com/public/PipeFlowExpertSoftwareHelp/desktop/Energy_and_Hydraulic_Grade_Lines.htm
3. <http://www.engineeringexceltemplates.com/blog.aspx?categoryid=5>

Αυτή η σελίδα έμεινε επίτηδες κενή

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Στο CD της επόμενης σελίδας είναι αποθηκευμένα:

1. Η παρούσα μελέτη σε ηλεκτρονική μορφή
2. Το παράδειγμα επίλυσης συστήματος αγωγών υπό πίεση στο λογισμικό WaterCad που παρουσιάζεται στην ενότητα 4.5
3. Όλα τα στοιχεία και δεδομένα που λήφθηκαν το GoogleEarth
4. Τα αρχεία που χρησιμοποιήθηκαν για την εισαγωγή των δεδομένων αυτών στο WaterCad και στο HEC-RAS
5. Τα μοντέλα που δημιουργήθηκαν στο WaterCAD και στο HEC-RAS

