



**ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΝΟΜΟΣ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ  
ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ  
ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ  
ΜΑΛΕΒΙΖΙΟΥ**

**ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΥ:** «ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ  
ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΑΠΟ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΠΑΓΝΗ  
ΕΩΣ ΦΡΕΑΤΙΟ ΔΕΥΑΗ»

**ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ:** 150.000,00 Ευρώ (χωρίς Φ.Π.Α.)  
**ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ:** «Πρόγραμμα Δημοσίων Επενδύσεων  
Κ.Α. 2013ΕΠ00200010  
ΣΑΕΠ002 Περιφέρειας Κρήτης»

## **ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....                                       | 3  |
| 1.1.   | Αντικείμενο της μελέτης.....                         | 3  |
| 1.2.   | Τοποθεσία .....                                      | 3  |
| 2.     | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ .....                            | 4  |
| 2.1.   | Μελετώμενα έργα .....                                | 4  |
| 2.2.   | Αιτιολόγηση κατασκευής επιφανειακού αγωγού.....      | 5  |
| 3.     | ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ .....                 | 7  |
| 3.1.   | Υπολογισμοί απωλειών .....                           | 7  |
| 3.1.1. | Γραμμικές απώλειες σε ροή με ελεύθερη επιφάνεια..... | 7  |
| 3.1.2. | Τοπικές απώλειες σε ροή με ελεύθερη επιφάνεια .....  | 9  |
| 3.2.   | Διαστασιολόγηση βαρυτικών αγωγών .....               | 10 |
| 3.2.1. | Επιλογή διαμέτρου βαρυτικών αγωγών .....             | 10 |
| 3.2.2. | Μέγιστα ποσοστά πλήρωσης βαρυτικών αγωγών .....      | 10 |
| 3.2.3. | Μέγιστες ταχύτητες ροής.....                         | 10 |
| 3.2.4. | Ελάχιστες ταχύτητες ροής .....                       | 10 |
| 3.2.5. | Ελάχιστες κλίσεις βαρυτικών αγωγών .....             | 11 |
| 3.2.6. | Επιλογή βαρυτικών αγωγών .....                       | 12 |
| 3.3.   | Επιλογή ορυγμάτων βαρυτικών δικτύων .....            | 14 |
| 3.4.   | Φρεάτια Αποχέτευσης.....                             | 15 |
| 3.4.1. | Προκατασκευασμένα .....                              | 15 |
| 3.4.2. | Έγχυτα φρεάτια επιφανειακού αγωγού.....              | 15 |

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **1.1. Αντικείμενο της μελέτης**

Η παρούσα αποτελεί την Τεχνική Έκθεση της Οριστικής Μελέτης του εξωτερικού αγωγού αποχέτευσης ακαθάρτων από διασταύρωση ΠΑΓΝΗ έως φρεάτιο ΔΕΥΑΗ.

### **1.2. Τοποθεσία**

Το έργο βρίσκεται στην περιοχή των Αγίων Θεοδώρων του Δήμου Μαλεβιζίου, ενώ η εξυπηρετούμενη περιοχή του έργου είναι ο οικιστικός ιστός επί της Λεωφόρου Πανεπιστημίου, από τη διασταύρωση ΠΑΓΝΗ (διασταύρωση Λεωφόρου Πανεπιστημίου με Οδό Ανδρέα Καλοκαιρινού) και για μήκος περίπου 300 μ. προς βορρά, όπου προβλέπεται η κατασκευή αγωγών συλλογής των λυμάτων. Στη συνέχεια, προβλέπεται τα λύματα να μεταφέρονται με αγωγό που θα ξεκινά από το τέρμα της περιοχής εξυπηρέτησης και θα τερματίζει σε υφιστάμενο φρεάτιο του δικτύου αποχέτευσης λυμάτων της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης Ηρακλείου (ΔΕΥΑΗ), που βρίσκεται στα βόρεια και παραπλεύρως της Εθνικής Οδού Ηρακλείου – Χανίων (ΒΟΑΚ). Από το φρεάτιο αυτό τα λύματα θα οδηγούνται στο υφιστάμενο δίκτυο αποχέτευσης της περιοχής και μέσω αυτού στην υφιστάμενη Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων του Ηρακλείου προς επεξεργασία.

Επίσης, σε μεταγενέστερη φάση, προβλέπεται νέος αγωγός για τη σύνδεση ορισμένων οικιών στην αρχή του προς υλοποίηση στα πλαίσια του εξεταζόμενου έργου αγωγού λυμάτων, στο ύψος της διασταύρωσης ΠΑΓΝΗ.

## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ

### 2.1. Μελετώμενα έργα

Στην παρούσα μελέτη εξετάζονται, μελετώνται, υπολογίζονται και σχεδιάζονται τα παρακάτω επιμέρους τμήματα αγωγών:

- 1) Βαρυτικοί αγωγοί συλλογής λυμάτων αποτελούμενοι από δίκτυα αποχέτευσης (Αγωγός ακαθάρτων από HDPE, διπλού δομημένου τοιχώματος, SN8, D250, Συνολικού μήκους περίπου 315 μ. και Αγωγός ακαθάρτων από HDPE, διπλού δομημένου τοιχώματος, SN8, D200, Συνολικού μήκους περίπου 192μ.).
- 2) Βαρυτικοί αγωγοί μεταφοράς λυμάτων έως τη θέση του υφιστάμενου φρεατίου λυμάτων (Αγωγός ακαθάρτων από HDPE, διπλού δομημένου τοιχώματος, SN8, D250, Συνολικού μήκους περίπου 820 μ. Αγωγός ακαθάρτων από PVC-U SDR41, D315, Συνολικού μήκους περίπου 208 μ.).

Οι αγωγοί συλλογής και μεταφοράς θα είναι υπόγειοι, έως το σημείο προσέγγισης του αγωγού μεταφοράς των λυμάτων στο νότιο πρανάς της Εθνικής Οδού Ηρακλείου – Χανίων (BOAK). Συγκεκριμένα, ο αγωγός μεταφοράς των λυμάτων κατά την πορεία του από την περιοχή εξυπηρέτησης από νότο προς βορρά και διερχόμενος από την οδό Τραοστάλου, φτάνει στο σημείο συμβολής της οδού αυτής με την οδό Κωσταντινουπόλεως, παράλληλης του BOAK στα νότια αυτού και η οποία γειτνιάζει με το νότιο πρανάς του. Για την όδευση του βαρυτικού αγωγού από το σημείο εκείνο και έπειτα, προβλέπεται αυτός να ακολουθήσει διαδρομή επί του πρανούς του BOAK, με κατηφορική πορεία για 208 μ. περίπου (κόμβοι J32 έως J54), η οποία διέρχεται άνωθεν της οροφής του υφιστάμενου τεχνικού διέλευσης του Ξηροπόταμου και καταλήγει στο υφιστάμενο φρεάτιο της ΔΕΥΑΗ. Ακολουθεί

## 2.2. Αιτιολόγηση κατασκευής επιφανειακού αγωγού

Ειδικά για το τελευταίο τμήμα του βαρυτικού αγωγού μεταφοράς μήκους 208 μ. περίπου (κόμβοι J32 έως J54), επιλέχθηκε η επιφανειακή του τοποθέτηση επί του νότιου πρानούς της Εθνικής Οδού Ηρακλείου – Χανίων (ΒΟΑΚ) όπως προαναφέρθηκε.

Από την περιοχή διέρχεται ο ποταμός Ξηροπόταμος, με κατεύθυνση νότου – βορρά, για τη διέλευση του οποίου από τον ΒΟΑΚ έχει κατασκευαστεί κατάλληλο τεχνικό κιβωτοειδούς διατομής. Καθότι ωστόσο η εξυπηρετούμενη περιοχή του έργου αλλά και ο αγωγός μεταφοράς των λυμάτων βρίσκεται στη δυτική πλευρά του ποταμού, ενώ το υφιστάμενο φρεάτιο όπου προβλέπεται να τερματίζει ο αγωγός βρίσκεται στα ανατολικά του, αναγκαστικά ο αγωγός μεταφοράς στην πορεία του προς το υφιστάμενο φρεάτιο θα πρέπει να διασχίσει τον ποταμό. Στην περιοχή δεν υφίσταται άλλο κατάλληλο τεχνικό που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη στήριξη και διέλευση του αγωγού από τον ποταμό, ενώ επίσης είναι αδύνατη η κατασκευή νέου τεχνικού υπό της κοίτης του ποταμού, λόγω των κλίσεων που απαιτείται να έχει ο αγωγός και των σχετικών υψομέτρων της κοίτης του ποταμού και του φρεατίου απόληξης στα ανατολικά του ποταμού, που δεν είναι ευνοϊκά προς τούτο. Επομένως, η μόνη ρεαλιστική και λειτουργική λύση για τη διέλευση του βαρυτικού αγωγού μεταφοράς των λυμάτων από τον ποταμό και την ομαλή απόληξή του στο υφιστάμενο φρεάτιο, είναι η χρήση του υφιστάμενου πρानούς του ΒΟΑΚ στην περιοχή, του οποίου τα χαρακτηριστικά και η μορφή επιτρέπουν την ασφαλή διέλευση του αγωγού μεταφοράς άνωθεν της οροφής του υφιστάμενου τεχνικού, δίχως ανάγκη παρέμβασης σε αυτό, και στη συνέχεια την απόληξη του αγωγού στο υφιστάμενο φρεάτιο.

Ο αγωγός κατά την πορεία του από την περιοχή εξυπηρέτησης από νότο προς βορρά και διερχόμενος από την οδό Τραοστάλου, φτάνει στο σημείο συμβολής της οδού αυτής με την οδό Κωσταντινουπόλεως, παράλληλης του ΒΟΑΚ στα νότια αυτού και η οποία γεινιάζει με το νότιο πρανές του. Για την όδευση του βαρυτικού αγωγού από το σημείο εκείνο και έπειτα, προβλέπεται αυτός να ακολουθήσει διαδρομή επί του πρανούς του ΒΟΑΚ, με κατηφορική πορεία για 208 μ. περίπου (κόμβοι J32 έως J54), η οποία διέρχεται άνωθεν της οροφής του υφιστάμενου τεχνικού διέλευσης του Ξηροπόταμου και καταλήγει στο υφιστάμενο φρεάτιο της ΔΕΥΑΗ. Είναι ο μόνος τρόπος διέλευσης του αγωγού από τον ποταμό και μεταφοράς των λυμάτων προς το φρεάτιο, λόγω του αναγλύφου της περιοχής και των σχετικών υψομέτρων όπως προαναφέρθηκε.

Για την αποφυγή σε κάθε περίπτωση αρνητικών επιπτώσεων στις υφιστάμενες υποδομές της περιοχής και ειδικότερα στη μορφή και την ασφάλεια του ΒΟΑΚ, προτείνεται κατά τη διέλευση του αγωγού επί του πρανούς του ΒΟΑΚ, αυτός να αγκυρωθεί επιφανειακά στο πρανές και να εγκατασταθούν μικρά, ρηχά, φρεάτια για τον καθαρισμό και επιθεώρησή του. Προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί αγωγός PVC-U SDR41 ονομαστικής διαμέτρου D315, με παράλληλη βαφή του με λευκό πλαστικό ακρυλικό χρώμα κατάλληλων ιδιοτήτων, για την προστασία του από την ηλιακή ακτινοβολία UV, καθώς οι αγωγοί υλικού PVC δίχως τέτοιου είδους προστασία δεν ενδείκνυνται για διαρκή έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία. Εναλλακτικά, εξετάστηκε η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί αγωγός PE διπλού δομημένου τοιχώματος, ωστόσο απορρίφθηκε η επιλογή αυτή καθότι ο τύπος αυτός αγωγού έχει μικρότερη ακαμψία συγκριτικά με τον αγωγό PVC-U SDR41.

Ειδικότερα, ο αγωγός προτείνεται να αγκυρωθεί στο πρανές, με έμπηξη γαλβανισμένων μικροπασσάλων σχήματος «Π», ελάχιστης διαμέτρου Φ25 στα κατάντη του πρανούς, που θα τοποθετηθούν περίπου ανά 2μ., στην ένωση των τεμαχίων του αγωγού. Παράλληλα θα τοποθετηθεί γαλβανισμένο συρματόπλεγμα επί των πασσάλων, ώστε να προστατεύεται περαιτέρω από πιθανούς κινδύνους, όπως πτώση αντικειμένων, κλαδιών κ.λπ., ενώ επίσης θα προσφέρεται περαιτέρω συγκράτηση του αγωγού. Οι μικροπάσσαλοι θα έχουν μεγαλύτερο βάθος στην κατάντη πλευρά του

αγωγού σε σχέση με την ανάντη. Με τον τρόπο αυτό ο αγωγός θα συγκρατείται στη θέση του με ασφάλεια και παράλληλα στους μικροπασσάλους θα στηρίζεται το προαναφερόμενο πλέγμα.

Σχετικά με την ανάγκη επιθεώρησης και καθαρισμού του αγωγού, θα εγκατασταθούν επιφανειακά φρεάτια μικρού εσωτερικού βάθους και γενικότερα μικρών διαστάσεων. Τα προτεινόμενα φρεάτια είναι εσωτερικών διαστάσεων 0,50 X 0,50 μ. (μήκος x πλάτος) και εσωτερικού ύψους που υπολογίζεται σε περίπου 0,50-0,60 εκ., ενώ θα προβλεφθεί κατάλληλη εσωτερική διαμόρφωση με σκυρόδεμα κατηγορίας C8/10. Στην βάση κάθε φρεατίου, προβλέπεται μία στρώση σκυροδέματος καθαριότητας πάχους περίπου 10 εκ. Για την μείωση του βάρους της κατασκευής θα χρησιμοποιηθούν καπάκια φρεατίων από συνθετικά υλικά (composite materials). Τα φρεάτια προβλέπεται να εγκατασταθούν περίπου κάθε 50 μ., εκτός και αν υπάρχει αλλαγή κατεύθυνσης του αγωγού. Εκτιμάται η εγκατάσταση συνολικά έως 7 φρεατίων του είδους αυτού. Τέλος, για την στήριξη των φρεατίων στο πρανές θα χρησιμοποιούνται 4 γαλβανισμένοι μικροπάσσαλοι ελάχιστης διαμέτρου Φ25, δύο στην βάση του, που θα είναι τοποθετημένοι σε οριζόντια διάταξη, εντός του σκυροδέματος καθαριότητας ή στον πυθμένα του φρεατίου και δύο τοποθετημένοι σε κάθετη διάταξη στο πλάι του φρεατίου και εμπηγμένοι στο πρανές σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα.

Τονίζονται ιδιαίτερα τα εξής:

- Όλες οι παρεμβάσεις στο πρανές για την τοποθέτηση του αγωγού καθώς και η εγκατάσταση αυτού θα πραγματοποιηθούν αποκλειστικά με χειρωνακτικά μέσα, δίχως χρήση βαρέων οχημάτων και εργαλείων.
- Θα αποφευχθεί η χρήση οποιουδήποτε μέσου και μεθόδου που θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα την επίδραση στην ευστάθεια και τη μορφή του πρανούς και γενικότερα των στοιχείων αυτού.
- Θα αποφευχθεί η απομάκρυνση της υφιστάμενης βλάστησης του πρανούς, πέραν της απολύτως απαραίτητης για την τοποθέτηση του αγωγού και των λοιπών προβλεπόμενων στοιχείων.
- Η σύνδεση του αγωγού με το υφιστάμενο φρεάτιο της ΔΕΥΑΗ, θα πραγματοποιηθεί με τη μικρότερη δυνατή επίδραση στη μορφή και τη λειτουργικότητα αυτού.

Με τον παραπάνω περιγραφόμενο τρόπο διέλευσης του αγωγού, εξασφαλίζεται η μικρότερη δυνατή παρέμβαση στο πρανές του ΒΟΑΚ, με την αποφυγή εκσκαφών και σημαντικών παρεμβάσεων επί αυτού, ενώ παράλληλα προστατεύεται ο αγωγός από τις καιρικές συνθήκες και είναι ασφαλής η τοποθέτησή του επί του πρανούς.

Πέραν επομένως του οφέλους που θα προσφέρει η υλοποίηση του έργου στην περιοχή, με τον περιγραφόμενο τρόπο κατασκευής του δεν θα προκαλέσει αισθητές επιπτώσεις στο περιβάλλον και τις υποδομές της ευρύτερης περιοχής, συμπεριλαμβανομένου του οδικού δικτύου και της ασφάλειας των κατασκευών και της λειτουργίας αυτού.

### 3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ

Ο υδραυλικός υπολογισμός που πραγματοποιήθηκε είναι σε επίπεδο οριστικής μελέτης (approval study).

Στους υδραυλικούς υπολογισμούς έγινε προσπάθεια για να υπάρχουν περιθώρια και μεγάλοι συντελεστές ασφάλειας.

Η επάρκεια (υδραυλικά) των αγωγών για τη μέγιστη παροχή, εξασφαλίζει ότι θα λειτουργούν και σε μικρότερες παροχές.

#### 3.1. Υπολογισμοί απωλειών

##### 3.1.1. Γραμμικές απώλειες σε ροή με ελεύθερη επιφάνεια

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των αγωγών όπως η παροχή, η ταχύτητα και οι γραμμικές απώλειες - κλίση υπολογίζονται θεωρώντας ότι η ροή είναι ομοιόμορφη με ενιαίο βάθος ροής και προσδιορίζονται από την σχέση της παροχής, και την εξίσωση του Manning.:

Σχέση παροχής (τύπος συνέχειας) :

$$Q = A \cdot V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V (m^3 / s) = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot V \cdot 3600 (m^3 / h)$$

Εξίσωση Manning (υπολογισμός ταχύτητας):

$$V = \frac{Q}{A} = R_H^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \cdot K_{str} (m / s) \quad \text{Όπου:} \quad R_H = \frac{A}{P} = \frac{\pi \cdot R^2}{2 \cdot \pi \cdot R} = \frac{R}{2} \quad \text{Τύπος}$$

υδραυλικής ακτίνας για πλήρωση 100 %

$$R_H = \frac{A}{P} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \pi \cdot R^2}{\pi \cdot R} = \frac{R}{2} \quad \text{Τύπος υδραυλικής ακτίνας για πλήρωση 50 \%}$$

Στην περίπτωση μερικής ροής, και θεωρώντας ως μέγιστο βαθμό πλήρωσης το 50% ( $H < R$ ), η υγρή διατομή και το μήκος βρεχόμενης περιμέτρου υπολογίζονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$A = \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot (\theta - \sin \theta)$$

$$P = R \cdot \theta$$

$$\theta = 2 \cdot \cos^{-1} \left( \frac{R-H}{R} \right)$$

Στην περίπτωση μερικής ροής, και θεωρώντας ως μέγιστο βαθμό πλήρωσης το 100% ( $H > R$ ), η υγρή διατομή και το μήκος βρεχόμενης περιμέτρου υπολογίζονται από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$A = \pi \cdot R^2 - \frac{1}{2} \cdot R^2 \cdot (\theta - \sin \theta)$$

$$P = 2 \cdot \pi \cdot R - R \cdot \theta$$

$$\theta = -2 \cdot \cos^{-1} \left( \frac{R-H}{R} \right)$$

Όπου:

A: υγρή διατομή σε m<sup>2</sup>

P: μήκος βρεχόμενης περιμέτρου σε m

K<sub>str</sub>: σταθερά του Stickler εξαρτώμενη από το υλικό του αγωγού (συντελεστής τραχύτητας 1/n)

-100 = για σκυρόδεμα κατασκευασμένο από σιδηρότυπους

-90 = για σκυρόδεμα με λείο επίχρισμα

-70 = για σκυρόδεμα χωρίς επίχρισμα

-60 = για παλιό σκυρόδεμα

-20 = για πολύ ανώμαλες επιφάνειες, βράχους, επιφανειακό καρστ κτλ

s : κλίση του αγωγού (m/m)

R: εσωτερική ακτίνα του αγωγού

H: βάθος ροής

Η άριστη υδραυλική διατομή για ανοικτούς αγωγούς ορθογωνικής διατομής δίνεται για τη σχέση b=2y, όπου :

b : Το πλάτος της διατομής (m)

y : Το βάθος ροής (m)

Το κρίσιμο βάθος ροής, για αγωγούς ορθογωνικής διατομής δίνεται από τη σχέση :

$$Y_c = \left( \frac{Q^2}{b^2 g} \right)^{1/3}$$

Όπου:

Q : παροχή σχεδιασμού (m<sup>3</sup>/sec)

b : Το πλάτος της διατομής (m)

g : Επιτάχυνση της βαρύτητας (m/sec<sup>2</sup>)

Το μέγιστο βάθος ροής, για αγωγούς ορθογωνικής διατομής δίνεται από τη σχέση :

$$Y_{\max} = \left[ Y_c^2 \left( \frac{2Q^2}{b^2 g Y_c} \right) \right]^{1/2}$$

Όπου:

Y<sub>c</sub> : το κρίσιμο βάθος ροής (m)

Q : παροχή σχεδιασμού (m<sup>3</sup>/sec)

b : Το πλάτος της διατομής (m)

g : Επιτάχυνση της βαρύτητας (m/sec<sup>2</sup>)

Ο αριθμός Froude εκφράζει ουσιαστικά το κατά πόσο η ροή είναι κρίσιμη (>1) ή υποκρίσιμη (<1, ενώ δίνεται από τη σχέση :

$$Fd = \frac{V^2}{gY}$$



Όπου:

$Y$  : το βάθος ροής (m)

$V$  : ταχύτητα ροής (m/sec)

$g$  : Επιτάχυνση της βαρύτητας (m/sec<sup>2</sup>)

Στα τυπικά δίκτυα αποχέτευσης επιδιώκεται να σχεδιάζονται οι αγωγοί με υποκρίσιμη ροή ή το πολύ με αριθμούς Froude λίγο μεγαλύτερους από 1 (πρακτικά  $y/H_0 > 0.5$ ). Αυτό γίνεται για αποφυγή των προβλημάτων που παρουσιάζει η υπερκρίσιμη ροή, που ανακεφαλαιωτικά είναι:

- μεγάλες ταχύτητες ροής με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος διάβρωσης των αγωγών,
- μεγάλο ύψος κινητικής ενέργειας με κίνδυνο εμφάνισης ανάστροφων ροών, στις συμβολές δευτερευόντων αγωγών και τις ιδιωτικές συνδέσεις,
- εμφάνιση υδραυλικών αλμάτων όταν μικραίνει η κλίση των αγωγών με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος διάβρωσης των αγωγών και να εμφανίζονται σημαντικές τοπικές απώλειες ενέργειας,
- αστάθειες ροής στους κόμβους και τις ιδιωτικές συνδέσεις, όπως ανάπτυξη στάσιμων κυμάτων στην επιφάνεια, με αποτέλεσμα να μην είναι προβλέψιμη η μορφή της ελεύθερης επιφάνειας και οι απώλειες ενέργειας.

### 3.1.2. Τοπικές απώλειες σε ροή με ελεύθερη επιφάνεια

Οι τοπικές απώλειες εκφράζονται συνήθως ως το γινόμενο ενός συντελεστή τοπικών απωλειών ( $k$  ή  $k'$ ) επί το ύψος ή την διαφορά υψών κινητικής ενέργειας, και υπολογίζονται από την σχέση:

$$DH = k \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{ή} \quad DH = k' \cdot \frac{(v_1^2 - v_2^2)}{2g}$$

Όπου:

$v_1$  (ή  $v$ ) και  $v_2$  (m/s) είναι η μεγαλύτερη και η μικρότερη ταχύτητα ροής αντίστοιχα

Οι περισσότερες συνηθισμένες περιπτώσεις τοπικών απωλειών είναι:

- σε καμπύλη 45°,  $k = 0,2$
- σε καμπύλη 90°,  $k = 0,3$
- σε εισροή και εκροή σε δεξαμενές,  $k = 1,0$
- κάτω από θυροφράγματα,  $k = 0,3$
- σε απότομη συστολή,  $k = 1,0$
- σε απότομη διαστολή,  $k = 1,0$

### 3.2. Διαστασιολόγηση βαρυτικών αγωγών

#### 3.2.1. Επιλογή διαμέτρου βαρυτικών αγωγών

Με βάση το Π.Δ. 696/74 και την 1212278/3.1.1985 εγκύκλιο οδηγία της ΕΥΔΑΠ προκύπτει ως ελάχιστη διάμετρος η Φ200 για εξωτερικούς αγωγούς ακαθάρτων και η Φ400 για αγωγούς ομβρίων, αλλά με μήκος όχι μεγαλύτερο των 50m. Μικρότερες διαμέτροι δημιουργούν κινδύνους εμφράξεων. Με δεδομένο πως στην παρούσα μελέτη υιοθετείται χωριστικό σύστημα αποχέτευσης, επιλέγεται η διάμετρος του βαρυτικού αποχετευτικού δικτύου να είναι η D250, D200 και D315.

#### 3.2.2. Μέγιστα ποσοστά πλήρωσης βαρυτικών αγωγών

Τα μέγιστα ποσοστά πλήρωσης καθορίζονται για τους εξής λόγους:

- α) αποφυγή κινδύνου λειτουργίας των αγωγών υπό πίεση
- β) αποφυγή ασταθειών ροής
- γ) εξασφάλιση επαρκούς αερισμού των λυμάτων

Στην γενική περίπτωση οι αγωγοί ακαθάρτων σχεδιάζονται να διοχετεύουν την παροχή σχεδιασμού με ποσοστό πλήρωσης από 0,5 έως 1 (ASCE(1976)).

Με την χρήση των παραπάνω συνθηκών πληρώσεως εξασφαλίζεται ικανοποιητικός αερισμός, συντελείται η αποφυγή ανάπτυξης θειούχων και επιπλέον εξασφαλίζεται η σταθερότητα της ροής.

Για την Ελληνική πραγματικότητα με βάση το Π.Δ. 696/74, ο μέγιστος λόγος πλήρωσης για αγωγούς μέχρι Φ200 είναι ίσος με 0,5.

#### 3.2.3. Μέγιστες ταχύτητες ροής

Η ανάπτυξη μεγάλων ταχυτήτων στους αγωγούς αποχετεύσεων έχει δυσμενείς επιπτώσεις διότι μπορεί να προκαλέσει διάβρωση των αγωγών και των φρεατίων. Παράλληλα σε περίπτωση μεγάλων ταχυτήτων είναι πιθανή η έξοδος λυμάτων στο δρόμο ή στα υπόγεια καθώς είναι μεγάλο το ύψος της κινητικής ενέργειας και συνεπώς η γραμμή ενέργειας βρίσκεται ψηλά. Τέλος οι μεγάλες ταχύτητες έχουν ως αποτέλεσμα την ύπαρξη υπερκρίσιμης ροής και τη δημιουργία υδραυλικών αλμάτων. Στο Π.Δ. 696/74 το ανώτατο όριο ταχύτητας είναι 6 m/sec, ωστόσο τόσο η διεθνής βιβλιογραφία όσο και η μελετητική εμπειρία προκρίνουν ως μέγιστο όριο ταχύτητας για αγωγούς ακαθάρτων τα 3,5 m/sec.

Προτείνεται λοιπόν :

Αγωγοί ακαθάρτων  $V_{max} < 3,5 \text{ m / sec}$

#### 3.2.4. Ελάχιστες ταχύτητες ροής

Ο περιορισμός της ελάχιστης ταχύτητας ροής στοχεύει στην αποφυγή της καθίζησης των στερεών υλικών και την σταδιακή δημιουργία αποθέσεων στο πυθμένα. Παράλληλα ο περιορισμός της ελάχιστης ταχύτητας ροής στοχεύει στην εξασφάλιση καλών συνθηκών αερισμού των λυμάτων και τη μείωση του κινδύνου διάβρωσης των τοιχωμάτων αγωγών και φρεατίων.

Οι τυπικές τιμές της ελάχιστης ταχύτητας εφαρμογής κυμαίνονται από 0,45-0,8 m/sec. Οι ελληνικές προδιαγραφές επιβάλλουν για αγωγούς ακαθάρτων,

Αγωγοί ακαθάρτων  $V_{min} > 0,3 \text{ m / sec}$

### 3.2.5. Ελάχιστες κλίσεις βαρυτικών αγωγών

Κατά την σχεδίαση ενός συστήματος αποχετεύσεως είναι αναγκαίο να καθοριστούν οι ελάχιστες επιτρεπόμενες ανά διάμετρο κλίσεις, έτσι ώστε να εξασφαλίζονται για μεγάλο εύρος διακύμανσης των ταχυτήτων ροής, ικανοποιητικές συνθήκες αυτοκαθαρισμού. Η κλίση θα πρέπει να έχει επιλεχθεί ώστε να αποφεύγεται η επιβράδυνση της ροής, γεγονός που γίνεται αίτιο καθίζησης των αιωρούμενων σωματιδίων (το βέλτιστο θα ήταν η σταδιακή επιτάχυνση της ροής προκειμένου μην υπάρξει εναπόθεση υλικών στο πυθμένα).

Για τον καθορισμό των ελαχίστων κλίσεων των αγωγών το Π.Δ 696/74 (άρθρο 209.6) συνιστά για λόγο παροχών 0,1 ταχύτητα αυτοκαθαρισμού τουλάχιστον  $V=0,3\text{m/sec}$ . Με βάση τα παραπάνω:

- Για  $Q/Q_0=0,1$  με βάση το νομογράφημα (σελ 73, Σχεδιασμός Αστικών Δικτύων Αποχέτευσης, Δ. Κουτσογιάννης), για μεταβλητό συντελεστή τραχύτητας με το βάθος ροής, προκύπτει λόγος  $V/V_0=0,54$

- Με βάση το Π.Δ η ταχύτητα αυτοκαθαρισμού θα πρέπει να είναι τουλάχιστον  $V=0,3\text{m/sec}$ . Συνεπώς προκύπτει ελάχιστη ταχύτητα πλήρους πλήρωσης

$V_0=0,56\text{m/sec}$ .

- Για δεδομένη διάμετρο, η ελάχιστη κλίση προκύπτει θεωρώντας ελάχιστη ταχύτητα πλήρους πλήρωσης  $V_0=0,56\text{m/sec}$  από την εξίσωση του Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Όπου

$n$  : Ο συντελεστής τραχύτητας Manning για ολική πλήρωση ,  $1/Kst(n_{\text{ολική πλήρωση αγωγού}})$

Ο συντελεστής τραχύτητας  $n$  εξαρτάται :

- από το υλικό
- από την ποσότητα των μεταφερόμενων στερεών υλών
- από ατέλειες στην κατασκευή του δικτύου (κακές συνδέσεις και μη ευθύγραμμη τοποθέτηση)

Τυπικές τιμές:  $n=0,011-0,016$

$R$  : Η υδραυλική ακτίνα της υγρής διατομής του αγωγού

$R=A$

/

$P$

Όπου

- $A$  : Το εμβαδόν της υγρής διατομής του αγωγού
- $P$  : Η περίμετρος της υγρής διατομής του αγωγού

$S$  : Η κλίση του αγωγού

Σύμφωνα με τα παραπάνω, γίνονται οι υδραυλικοί υπολογισμοί για τα επιμέρους τμήματα των αγωγών και υπολογίζεται η συνολικά διαβιβαζόμενη παροχή σε κάθε τμήμα του αγωγού που είναι το άθροισμα της παροχής αιχμής και των διηθήσεων για την όλη την επιφάνεια ανάντη που εξυπηρετεί το τμήμα του αγωγού.

Σε κάθε περίπτωση η ελάχιστη κλίση δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 4 m/km (4‰)

Οι τοπικές απώλειες ενέργειας σε κάθε τμήμα των αγωγών τροφοδοσίας υπολογίζονται από τη σχέση:

$$\Delta h = k \frac{V^2}{2g}$$

Όπου,

- V : ταχύτητα σε m/s
- g : επιτάχυνση της βαρύτητας σε m/s<sup>2</sup>
- k : αδιάστατος συντελεστής απωλειών

Η φιλοσοφία επίλυσης, εφαρμόζει ισοζύγια ενέργειας και μάζας σε κάθε τμήμα των αγωγών διανομής και των διάτρητων αγωγών τροφοδοσίας.

### 3.2.6. Επιλογή βαρυτικών αγωγών

Προτείνεται η χρησιμοποίηση αγωγού, από PE δομημένου τοιχώματος (πολυαιθυλένιο εξωτερικής διαμέτρου D250-D200 και με λεία εσωτερική επιφάνεια και εξωτερική επιφάνεια με κυματοειδές προφίλ. Η εξωτερική επιφάνεια παρέχει εξαιρετική αντοχή στην διάρκεια του χρόνου και το δομημένο τοίχωμα εξαίρετη αντοχή στα υπερκείμενα φορτία (ακόμα και με παρουσία υδάτινου ορίζοντα πάνω από τον αγωγό). Η εσωτερική λεία επιφάνεια εξασφαλίζει την άριστη ποιότητα υδραυλικής ροής

Οι λόγοι για τους οποίους προτείνεται η χρησιμοποίηση αγωγών από HDPE δομημένου τοιχώματος είναι :

1. Παράγονται σε μήκη από 6 έως 12m και είναι χρώματος μαύρου για μεγάλη αντοχή στην ηλιακή ακτινοβολία.
2. Εύκολη - οικονομική μεταφορά και εγκατάσταση, λόγω μικρότερου βάρους (30-40% ανάλογα με την διάμετρο) σε σύγκριση με τους αντίστοιχους συμβατικούς σωλήνες από PVC.
3. Είναι χημικώς αδρανείς και δεν υφίστανται διαβρώσεις. Έτσι δεν χρειάζονται (δαπανηρές) προστατευτικές βαφές ή επαλείψεις.
4. Είναι λείοι και έχουν πολύ μικρό συντελεστή τραχύτητας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μη δημιουργούνται επικαθίσεις και να διευκολύνεται η ροή του νερού. Η συγκεκριμένη ιδιότητα είναι πολύ σημαντική ιδιαίτερα στα τμήματα του μελετώμενου δικτύου όπου οι παροχές είναι πολύ μικρές και κατά συνέπεια οι ταχύτητες πολύ μικρές.
5. Η στεγανότητα τόσο των συνδέσεων, όσο και του ίδιου του υλικού των σωλήνων εξασφαλίζει την αποφυγή διαρροών, όπως επίσης και την αποφυγή εισροής υπογείων υδάτων διαφορετικής ποιότητας από την καθορισμένη.
6. Έχουν ικανοποιητικές αντοχές σε εξωτερικά φορτία, (δεν χρειάζονται εγκιβωτισμό σε σκυρόδεμα), και σε κρούσεις κατά την τοποθέτηση (δεν είναι εύθραυστοι).
7. Ο τρόπος σύνδεσης τους εξασφαλίζει την αποφυγή στρεβλώσεων του δικτύου, λόγω συστολών- διαστολών λόγω θερμοκρασιακών μεταβολών.
8. Βρίσκονται εύκολα στην αγορά.
9. Έχουν πρακτικά απεριόριστο χρόνο ζωής.
10. Άριστη αντισεισμική συμπεριφορά, σε σύγκριση με οποιοδήποτε άλλο υλικό.
11. Προϊόν φιλικό προς το περιβάλλον, αφού ανακυκλώνεται 100% χωρίς κατάλοιπα.
12. Συνδέονται άμεσα με τους συμβατικούς σωλήνες από PVC και μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλα τα ειδικά εξαρτήματα που βρίσκονται στο εμπόριο, από οποιοδήποτε υλικό.
13. Είναι πιο εύκαμπτοι σε σχέση με τους συμβατικούς σωλήνες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ευκολία σε περιπτώσεις relining.

14. Έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή στα υπερκείμενα φορτία, ίση τουλάχιστον σε σύγκριση με τους συμβατικούς σωλήνες PVC.
15. Μεγάλο μήκος σωλήνα χωρίς συνδέσεις - Εργασίες συγκόλλησης έξω από το χαντάκι - Μικρό βάθος τοποθέτησης - Στενό σκάμα - Ευκολία αποφυγής εμποδίων χωρίς ιδιοκατασκευές - Δυνατότητα σύνδεσης παροχών υπό πίεση χωρίς διακοπή της ροής.
16. Ευκολία συντήρησης σε περίπτωση που τρίτος επέμβει στο δίκτυο. Δυνατότητα τοπικής διακοπής της ροής με τη μέθοδο squeeze-off, γρήγορη αποκατάσταση της βλάβης και άμεση επαναφορά της παροχής μετά την αποκατάσταση, χωρίς να διακόπτεται η παροχή στα γειτονικά κτίρια.

Για την όδευση του αγωγού από το πρανές επιλέγεται αγωγός PVC διαμέτρου D315. Παρά το γεγονός ότι έχουν μεγαλύτερο βάρος από τους αγωγούς HDPE, για την συγκεκριμένη εφαρμογή της διέλευσης από το πρανές, με στερέωση επιφανειακά, θα προτιμηθούν λόγω της μεγαλύτερης ακαμψίας τους.

### 3.3. Επιλογή ορυγμάτων βαρυτικών δικτύων

Σε συμμόρφωση με τις Ελληνικές τεχνικές προδιαγραφές σχετικά με την εκσκαφή των ορυγμάτων σε κατοικημένες και μη περιοχές (εντός και εκτός οικισμού), υιοθετείται η εκσκαφή ορύγματος μέσου βάθους 1,5 μ από την επιφάνεια του εδάφους ως τον πυθμένα του ορύγματος. Όλοι οι αγωγοί του αποχετευτικού δικτύου, θα εγκιβωτίζονται σε άμμο λατομείου, που θα δημιουργεί στρώμα πάχους 10 εκατοστά (cm) κάτω από τον πυθμένα του σωλήνα και 25 εκατοστά (cm) πάνω από την άντυγα του σωλήνα. Ακολουθώντας το όρυγμα επιχώνεται με σκοπό την αποφυγή καθιζήσεων, ανάλογα με την οδοστρωσία στην οποία πραγματοποιείται το σκάμμα.

Έτσι εάν έχουμε ασφάλτινες οδούς, το όρυγμα επιχώνεται με κατάλληλο θραυστό υλικό λατομείου, ενώ συμπυκνώνεται επιμελώς μέχρι τη στάθμη -0,25 μ. από την τελική στάθμη του οδοστρώματος.

Στη συνέχεια και με φορά προς την τελική στάθμη του οδοστρώματος, ανακατασκευάζεται το οδόστρωμα με μία στρώση βάσης οδοστρωσίας από αδρανή υλικά λατομείου πάχους 0,20 μ., και τελικά με μία στρώση κυκλοφορίας με ασφαλτικό σκυρόδεμα πάχους 0,05 μ.

Στην περίπτωση που το σκάμμα πραγματοποιείται σε χωμάτινες οδούς, το όρυγμα επιχώνεται με κατάλληλα προϊόντα εκσκαφής με επιμελημένη συμπύκνωση, μέχρι την επιφάνεια του σκάμματος.

Στα τελευταία μέτρα όδευσης του αγωγού πριν την είσοδο στο πρανές του ΒΟΑΚ, όπου το σκάμμα σε ασφαλτο είναι μικρότερο από 1,5μ και χαρακτηρίζεται ως ρηχό, για την προστασία του αγωγού θα εδράζεται και θα εγκιβωτίζεται σε άμμο, ενώ θα επιχώνεται με σκυρόδεμα κατηγορίας C16/20 μέχρι τη στάθμη 0,05μ, και τελικά με μία στρώση κυκλοφορίας με ασφαλτικό σκυρόδεμα.

Είναι πιθανό σε μερικά σημεία της διαδρομής του αγωγού να μην είναι δυνατό να τηρηθεί το ελάχιστο βάθος τοποθετήσεως, ή ακόμα το βάθος τοποθετήσεως να χρειαστεί να είναι μεγάλο, ανάλογα με την τοπογραφία και τις εδαφικές συνθήκες της μικροπεριοχής του ορύγματος.

Τα προϊόντα εκσκαφής θα μεταφέρονται και θα απορρίπτονται σε θέσεις που θα υποδείξει η Επιβλέπουσα Υπηρεσία. Έχει ληφθεί μέση απόσταση μεταφοράς των προϊόντων εκσκαφής 12 χλμ.

Στην παρούσα μελέτη, το μέσο ολικό βάθος ορύγματος θα είναι κατά κανόνα 1,5 μέτρα (m), λαμβάνοντας υπ' όψιν την ελάχιστη υπερκάλυψη των αγωγών (1 μέτρο), την επιλεγόμενη εξωτερική διάμετρο των αγωγών (0,25 μέτρα) και το στρώμα έδρασης των αγωγών (0,1 μέτρα)

Το ελάχιστο πλάτος σκάμματος για την τοποθέτηση των αγωγών ακαθάρτων στην παρούσα μελέτη, θα είναι ίσο με 60 εκατοστά (cm).

Προμετρήσεις σχετικά με τις απαιτούμενες ποσότητες σε υλικά επίχωσης, εκσκαφές κτλ, δίνονται στα σχετικά Τεύχη Προμετρήσεων των δικτύων.

Ενδεικτική απεικόνιση της τομής των σκαμμάτων που προβλέπονται στην παρούσα μελέτη, δίνεται στο σχετικό σχέδιο του παραρτήματος.

### **3.4. Φρεάτια Αποχέτευσης**

#### **3.4.1. Προκατασκευασμένα**

Κατά μήκος του βαρυτικού δικτύου ακαθάρτων, προβλέπεται η κατασκευή φρεατίων επισκέψεως, καθαρισμού, συμβολής, αλλαγής διεύθυνσης και σε κάθε θέση όπου αλλάζει η θέση του αγωγού οριζοντιογραφικά ή υψομετρικά.

Τα φρεάτια επίσκεψης προβλέπονται στα δίκτυα αποχέτευσης για τον έλεγχο, συντήρηση και επισκευή των αγωγών. Σε ευθεία γραμμή και για διατομές <Φ600, τοποθετούνται σε αποστάσεις μικρότερες ή ίσες με 50 μέτρα (m).

Τα φρεάτια καθαρισμού προβλέπονται συνήθως στην αρχή των δικτύων, όπου οι παροχές είναι μικρές, ή σε θέσεις όπου η κλίση του αγωγού είναι μικρότερη από την ελάχιστη επιτρεπόμενη.

Τα φρεάτια συμβολής και αλλαγής διεύθυνσης, προβλέπονται σε θέσεις συμβολής δύο αγωγών ή σε θέσεις αλλαγής διεύθυνσης του δικτύου.

Τα φρεάτια πτώσης προβλέπονται όταν η κλίση του εδάφους είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη επιτρεπόμενη κλίση του αγωγού.

Προβλέπεται η εγκατάσταση Προκατασκευασμένων φρεατίων κατά ΕΛΟΤ EN 13598-2 από μη πλαστικοποιημένο πολυβινοχλωρίδιο (PVC- U), πολυπροπυλένιο (PP) ή πολυαιθυλένιο (PE), στεγανών, με όλα τα απαιτούμενα εξαρτήματα σύνδεσης και στεγάνωσης, κατάλληλα για τοποθέτηση υπό το κατάστρωμα οδών, σε βάθος μέχρι 6,00 m.

Τα φρεάτια θα είναι ελάχιστης εσωτερικής διαμέτρου D 800 mm, ενώ ο αριθμός καθώς και η διάμετρος των εισόδων/εξόδων δίνεται στα σχετικά τεύχη προμετρήσεων και στα σχέδια που συνοδεύουν την Οριστική Μελέτη (οριζοντιογραφίες βαρυτικού δικτύου). Τα μήκη των στοιχείων διαμόρφωσης του θαλάμου του κάθε φρεατίου θα είναι τα προβλεπόμενα σύμφωνα με τη μελέτη (μηκοτομές, προμετρήσεις) και διαμέτρου (D) ίσης με την αντίστοιχη του στοιχείου βάσεως, με τις αναλογούσες βαθμίδες καθόδου. Τα φρεάτια που θα επιλεγούν και θα τοποθετηθούν από τον ανάδοχο του έργου, θα πρέπει να φέρουν ενσωματωμένες βαθμίδες καθόδου, συνήθως κατασκευασμένες από το ίδιο υλικό με αυτό του περιβλήματος του φρεατίου (PVC- U, PP ή PE).

Γενικά τα φρεάτια και λοιπά τεχνικά έργα, θα κατασκευαστούν, σύμφωνα με τα εγκεκριμένα σχέδια, τις Τεχνικές Προδιαγραφές και τις οδηγίες του επιβλέποντα. Για τον καθορισμό των εφαρμοστέων υψομέτρων των πυθμένων στις θέσεις των φρεατίων θα ληφθούν υπόψη τα σχέδια της μελέτης, όπως μηκοτομές βαρυτικών δικτύων.

#### **3.4.2. Έγχυτα φρεάτια επιφανειακού αγωγού**

Σχετικά με την ανάγκη επιθεώρησης και καθαρισμού του αγωγού, θα εγκατασταθούν επιφανειακά φρεάτια μικρού εσωτερικού βάθους και γενικότερα μικρών διαστάσεων. Τα προτεινόμενα φρεάτια είναι εσωτερικών διαστάσεων 0,50 X 0,50 μ. (μήκος x πλάτος) και εσωτερικού ύψους που υπολογίζεται σε περίπου 0,50-0,60 εκ., ενώ θα προβλεφθεί κατάλληλη εσωτερική διαμόρφωση με σκυρόδεμα κατηγορίας C8/10. Στην βάση κάθε φρεατίου, προβλέπεται μία στρώση σκυροδέματος καθαριότητας πάχους περίπου 10 εκ. Για την μείωση του βάρους της κατασκευής θα χρησιμοποιηθούν καπάκια φρεατίων από συνθετικά υλικά (composite materials). Τα φρεάτια προβλέπεται να εγκατασταθούν περίπου κάθε 50 μ., εκτός και αν υπάρχει αλλαγή κατεύθυνσης του αγωγού. Εκτιμάται η εγκατάσταση συνολικά έως 7 φρεατίων του είδους αυτού. Τέλος, για την

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΑΚΑΘΑΡΤΩΝ ΑΠΟ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗ ΠΑΓΝΗ ΕΩΣ  
ΦΡΕΑΤΙΟ ΔΕΥΑΗ - ΟΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

στήριξη των φρεατίων στο πρανές θα χρησιμοποιούνται 4 γαλβανισμενοι μικροπάσσαλοι ελάχιστης διαμέτρου Φ25, δύο στην βάση του, που θα είναι τοποθετημένοι σε οριζόντια διάταξη, εντός του σκυροδέματος καθαριότητας ή στον πυθμένα του φρεατίου και δύο τοποθετημένοι σε κάθετη διάταξη στο πλάι του φρεατίου και εμπηγμένοι στο πρανές σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα.

| <u>ΣΥΝΤΑΧΘΗΚΕ</u> | <u>ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ</u> |
|-------------------|------------------|
|                   | =                |
| =                 | =                |
| =                 | =                |