



ΤΕΙ Κρήτης
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΟΡΓΑΝΩΣΗ, ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΙΚΤΥΩΝ
ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ**



Υδωρ

Επιμέλεια: Ιορδάνης Ερέζογλου
Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ Κατσαπρακάκης Δημήτριος

Ηράκλειο 2018

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους καθηγητές μου και πιο συγκεκριμένα τον Δρ. Δημήτριο Κατσαπρακάκη για την υπομονή του, τη βοήθειά του και το χρόνο που μου αφιέρωσε σε όλη μου τη διαδρομή στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του ΤΕΙ Κρήτης, καθώς επίσης και όλους εκείνους, φίλους, συγγενείς και συμφοιτητές που με στήριξαν στη δύσκολη αυτή πορεία.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό την ανάλυση και τη περιγραφή των βασικών τεχνολογιών ύδρευσης και άρδευσης προκειμένου να κατανοηθούν οι παράγοντες απωλειών νερού και να βρεθούν λύσεις για την εξοικονόμηση νερού.

Αρχικά, γίνεται ανάλυση σχετικά με τη στάθμη γνώσης της τεχνολογίας ύδρευσης / άρδευσης από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα, ώστε να κατανοηθούν οι βασικές αρχές λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος. Στη συνέχεια, περιγράφεται η οργάνωση, η μελέτη και η κατασκευή των μελετώμενων δικτύων ύδρευσης και άρδευσης.

Έπειτα, γίνεται αναφορά σε βασικά μεγέθη για τον υπολογισμό των απωλειών που εμπεριέχονται στα συστήματα αυτά όπως ο υπολογισμός του υδραυλικού πλήγματος, το φαινόμενο του αερισμού και άλλα και μελετώνται κατασκευές συστημάτων ύδρευσης και άρδευσης για καλύτερη κατανόηση των μαθηματικών τύπων και υπολογισμών.

Τέλος, γίνεται ανάλυση των λύσεων μείωσης απωλειών αυτών των συστημάτων και μεθόδων εξοικονόμησης νερού μέσω πρακτικών καλυτέρευσης των κατασκευών αλλά και της αξιοποίησης των επιφανειακών υδάτων που υπάρχουν. Στο τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα της έρευνας και συνολικά της μελέτης, περιγράφονται τα προβλήματα που εντοπίστηκαν και εξετάζονται οι προοπτικές των τεχνολογιών δικτύων ύδρευσης και άρδευσης στην Ελλάδα.

Ακολούθως, παρατίθεται λίστα με όλες τις βιβλιογραφικές και ηλεκτρονικές αναφορές, από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία για το θεωρητικό τμήμα της μελέτης. Στο τέλος της εργασίας υπάρχει παράρτημα, όπου βρίσκονται στοιχεία που χρησιμοποιήθηκε στην εργασία.

ABSTRACT

This paper aims at analyzing and describing the basic watering and irrigation technologies in order for water loss factors to be understood and for solutions regarding the major issue of water saving to be found.

Initially, an analysis on the level of knowledge of watering and irrigation technology from the early years to date is made, in order for the basic principles of the operation of such a system to be understood. Then, the organization methods, the study and construction of the studied water supply and irrigation networks are described.

Next, a reference to basic figures for calculating the losses involved in these systems, such as the calculation of hydraulic shock, ventilation phenomena and others is made. In addition, constructions of watering and irrigation systems for a better understanding of mathematical formulas and calculations are studied.

Finally, an analysis upon the solutions for reducing the losses of these watering systems and upon the methods of saving water by means of improving the construction techniques as well as upon the utilization of the existing surface waters is made. The last part presents the conclusions of the survey and the study as a whole, it describes the problems identified and analyzes the prospects of water supply and irrigation networks in Greece.

Following, the last pages provide a list of all bibliographical and electronic references, from which data for the theoretical part of the study was used. At the end of the work, there is an appendix of the data that was useful for completing this paper

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	6
1 Εισαγωγή	6
1.1 Τεχνολογίες Ύδρευσης και Αποχέτευσης: Από την Μινωική Κρήτη στη σύγχρονη εποχή	7
1.2 Σκοπός & ερευνητικοί στόχοι	8
1.3 Δομή της πτυχιακής	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	10
2 Δίκτυα ύδατος στον Μινωικό Πολιτισμό	10
2.1 Τεχνολογίες Ύδατος στη Μινωική Κρήτη	10
2.2 Πολιτισμική έκρηξη	10
2.3 Η ανάπτυξη των τεχνολογιών	12
2.3.1 Υδραγωγεία	12
2.3.2 Δεξαμενές (Στέρνες)	13
2.3.3 Πηγάδια	13
2.3.4 Άλλες Εγκαταστάσεις	14
2.4 Η υδροδότηση των Μινωικών οικισμών	14
2.5 Λουτρά και Άλλες Υγειονομικές Εγκαταστάσεις	16
2.6 Επίλογος	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	19
3 Κατασκευή δικτύων ύδρευσης – άρδευσης στη Σύγχρονη Ελλάδα	19
3.1 Σχεδιασμός δικτύων Ύδρευσης - Άρδευσης	20
3.2 Προϋποθέσεις σχεδιασμού των δικτύων μεταφοράς νερού	22
3.2.1 Σχεδιασμός των δικτύων και παραδείγματα	24
3.2.2 Παροχή σχεδιασμού	28
3.2.3 Υπολογισμός παροχών κατανάλωσης	28
3.2.4 Όρια ταχύτητας νερού δικτύου	31
3.2.5 Περιορισμοί πίεσης δικτύων	31
3.3 Υδραυλικοί υπολογισμοί	31
3.3.1 Ροή ή χωρητικότητα του υγρού - Βασικές αρχές υπολογισμών δικτύων	31
3.3.2 Ταχύτητα ροής των δικτύων	32
3.3.3 Πίεση του υγρού	32
3.3.4 Στατική πίεση	33
3.3.5 Πίεση Λειτουργίας (Δυναμική πίεση)	34
3.3.6 Πυκνότητα ρ	34
3.3.7 Ειδικό βάρος	34
3.3.8 Ιζώδες	34
3.3.9 Μείωση τις ενέργειας του νερού – (απώλειες πίεσης)	34
3.4 Υδραυλικό Πλήγμα	36
3.4.1 Απότομη μεταβολή ροής από το κλείσιμο μιας βάνας -παύση συσκευών	36
3.4.2 Έναρξη ή παύση αντλίας	36
3.5 Αντιπληγματική Προστασία-Αντιμετώπιση πλήγματος	37
3.6 Αερισμός Δικτύων	38
3.6.1 Ροή του αέρα μέσα στους αγωγούς	38
3.6.2 Οφέλη από την ελεγχόμενη παρουσία αέρα	38
3.6.3 Κίνδυνοι από τη συσσώρευση αέρα στα δίκτυα	39
3.7 Περιορισμός της συσσώρευσης και έλεγχος της παρουσίας αέρα στα δίκτυα	40
3.7.1 Θέση τοποθέτησης των βαλβίδων εξαερισμού στο δίκτυο	40

3.8	Διάταξη εσωτερικού δικτύου ύδρευσης	40
3.8.1	Κατηγορίες παροχών	41
3.8.2	Γενικοί κανόνες των νέων παροχών	42
3.8.3	Κατασκευαστικοί κανόνες	44
3.8.4	Τεχνικές Προδιαγραφές	47
3.8.5	Άρθρο 5ο - Δοκιμασίες	58
3.8.6	Αιτίες και αντιμετώπιση προβλημάτων δικτύων	60
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	61
4	Πειραματικό Μέρος	61
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	77

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3.1: Ελάχιστα ύψη υπερκάλυψης σωλήνων. _____	26
Πίνακας 3.1: Ειδικές ημερήσιες απαιτήσεις νερού. _____	29
Πίνακας 3.2: Τύποι Πολυαιθυλενίου _____	48
Πίνακας 3.3: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Πόσιμου Νερού 3ης γενιάς PE100 HDPE (EN 12201-2) _____	49
Πίνακας 3.4: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Πόσιμου Νερού 2ης γενιάς PE80 HDPE (EN 12201-2) _____	50
Πίνακας 3.5: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Πόσιμου Νερού 2ης γενιάς PE80 HDPE (DIN 8074/8075) _____	52
Πίνακας 3.6: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Μεταφοράς Νερού (άρδευσης) 2ης γενιάς PE80 HDPE (EN 12201-2) _____	53
Πίνακας 3.7: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Μεταφοράς Νερού (άρδευσης) 2ης γενιάς PE80 HDPE (DIN 8074/8075) _____	55
Πίνακας 3.8: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Μεταφοράς Νερού (άρδευσης) PE32 LDPE _____	57
Πίνακας 3.9: Ιδιότητες του νερού _____	67
Πίνακας 3.10: Υλικά Υδραυλικών _____	71
Πίνακας 3.11: Υλικά Σιδηροκατασκευής _____	71
Πίνακας 3.12: Άλλα Υλικά _____	72
Πίνακας 3.13: Κοχλιωτά Εξαρτήματα Πόσιμου Νερού 16atm _____	74
Πίνακας 3.14: Εξαρτήματα Ηλεκτροσύντηξης PE 100 SDR11 PN16 _____	75
Πίνακας 3.15: Εξαρτήματα Μετωπικής Συγκόλλησης Pe 100 Sdr11 Pn16 _____	76

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Υδρολογικός κύκλος (Νταρακάς, 2016).	6
Σχήμα 2.1: Μινωικό φίλτρο νερού (Defner, 1921).	15
Σχήμα 2.2: Σωλήνας υδροδότησης στη Μινωϊκή περίοδο	15
Σχήμα 2.3: Τομή και κάτοψη της τουαλέτας στο ισόγειο του ανακτόρου της Κνωσού.	16
Σχήμα 3.1: Κόμβοι	19
Σχήμα 3.2: Βρόχοι	19
Σχήμα 3.3: Απεικόνιση εξόρυξης του νερού από τη γεώτρηση	21
Σχήμα 3.4: Κάθετη χάραξη ως προς την οριζοντιογραφία	25
Σχήμα 3.5: Χάραξη ως προς την οριζοντιογραφία	26
Σχήμα 3.6: Χάραξη ως προς την οριζοντιογραφία	27
Σχήμα 3.7: Χάραξη ως προς την οριζοντιογραφία	27
Σχήμα 3.8 Χάραξη ως προς τη μηκοτομή	28
Σχήμα 3.10: Συντελεστές απωλειών ενέργειας σε στόμια εισόδου και εξόδου από αγωγό	68
Σχήμα 3.11: Συντελεστές απωλειών ενέργειας σε καμπύλα τμήματα αγωγών	68
Σχήμα 3.12: Συντελεστές απωλειών ενέργειας σε διαφόρων τύπων βαλβίδες	69
Συνιστάμενες ταχύτητες (σε m/s) για σωληνώσεις νερού	70
Σχήμα 3.13: Συνιστώμενες ταχύτητες(σε m/s)για σωληνώσεις νερού	70
Σχήμα 3.14: Συνιστάμενες τιμές τραχύτητας	Error! Bookmark not defined.
Σχήμα 3.15: συγκόλληση σωλήνα	73

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

<i>Εικόνα 2.1: Ζάκρος</i>	<i>13</i>
<i>Εικόνα 2.2: Κνωσός</i>	<i>13</i>
<i>Εικόνα 3.1: Εξόρυξη του νερού από τη γεώτρηση</i>	<i>20</i>
<i>Εικόνα 3.2: Χαντάκι αγωγού μεταφοράς νερού</i>	<i>21</i>
<i>Εικόνα 3.3: Αντλιοστάσιο με δεξαμενή περιοχή Ανω Βιαννος</i>	<i>21</i>
<i>Εικόνα 3.4: Τυπική διάσταση αντλιοστασίου με παροχή γεώτρησης</i>	<i>22</i>
<i>Εικόνα 3.5: Πίεση του υγρού</i>	<i>33</i>
<i>Εικόνα 3.6: Στατική πίεση</i>	<i>34</i>
<i>Εικόνα 3.7: Μειωτής πίεσης για τον περιορισμό του πλήγματος</i>	<i>38</i>
<i>Εικόνα 3.8: Εξαεριστικά δικτύου</i>	<i>40</i>
<i>Εικόνα 4.1: Δίκτυο Ύδρευσης - Άρδευσης</i>	<i>61</i>

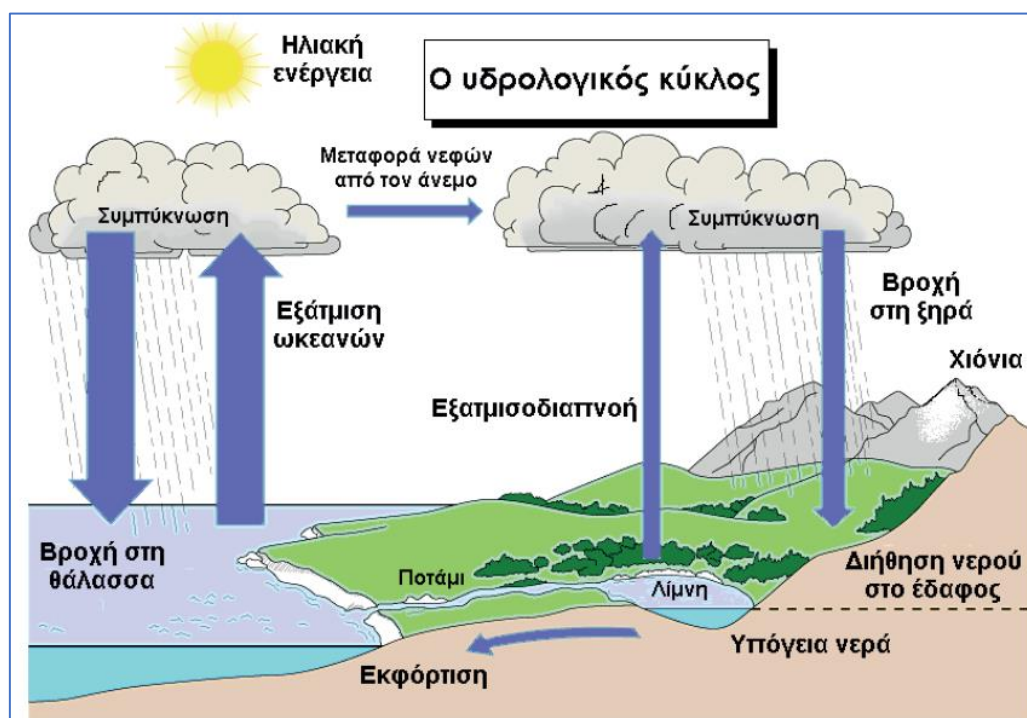
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1 Εισαγωγή

Το νερό και τα υδάτινα συστήματα στον πλανήτη αποτελούν τη σημαντικότερη πηγή ζωής και ο ρόλος τους είναι πρωταρχικός για τη βιοποικιλότητα, τη διατήρηση ευαίσθητων οικοσυστημάτων και των βιογεωλογικών κύκλων. Το νερό αποτελεί έναν από τους πολυτιμότερους φυσικούς πόρους της γης, για όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες και είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για την ανάπτυξη, την υγιεινή διαβίωση και την ίδια τη ζωή.

Η σπουδαιότητα του νερού είναι αναγνωρισμένη από την αρχαιότητα, καθώς είναι απαραίτητο για τον άνθρωπο, τα ζώα, τα φυτά την ύδρευση των πόλεων, την άρδευση των καλλιεργειών, τη βιομηχανία και τον τουρισμό. Όμως ο πολύτιμος αυτός πόρος βρίσκεται σε ανεπάρκεια, καθώς υπολογίζεται ότι το 50% της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από την επιφάνεια της γης μετατρέπεται σε λανθάνουσα θερμότητα, εξατμίζοντας το επιφανειακό νερό, αφήνοντας πίσω τα ανεπιθύμητα άλατα, ενώ ένα μεγάλο ποσοστό νερού, μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα από τα φυτά, μέσω της διαδικασίας της διαπνοής (εξατμισο-διαπνοή).

Οι ατμοί της ατμόσφαιρας μεταφέρονται σαν σύννεφα και όταν υποστούν συμπύκνωση επιστρέφουν στη γη (κατακρήμνιση). Όλα αυτά που συμβαίνουν στη φύση, παρίστανται στο ακόλουθο σχήμα που αποτελεί τον υδρολογικό κύκλο, ο οποίος επηρεάζεται και επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στη γη.



Σχήμα 1.1: Υδρολογικός κύκλος (Νταρακάς, 2016).

Επομένως, ο υδρολογικός κύκλος ανανεώνει τα αποθέματα γλυκού νερού στην επιφάνεια της γης και τους υπόγειους υδροφορείς, άμεσα με τον χρόνο. Επιπρόσθετα, ενώ το 70% της επιφάνειάς της καλύπτεται από νερό, το 97% του νερού βρίσκεται στις θάλασσες και είναι ακατάλληλο για άμεση χρήση, λόγω της

περιεκτικότητάς του σε αλάτι και από το υπόλοιπο 3% (το λεγόμενο «γλυκό νερό»), μεγάλο ποσοστό βρίσκεται υπό τη μορφή πάγου στις πολικές περιοχές και στις κορυφές των βουνών και λιγότερο από το ένα τρίτο βρίσκεται είτε σε υπόγειους υδροφορείς που δεν είναι πάντα εκμεταλλεύσιμοι, είτε υπό τη μορφή επιφανειακού νερού σε λίμνες και ποτάμια. Συνεπώς, οι ποσότητες του διαθέσιμου γλυκού νερού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση, ύδρευση ή άλλη χρήση, είναι περιορισμένες, γι' αυτό είναι απαραίτητη η ορθολογική διαχείριση των δικτύων ύδρευσης και άρδευσης, καθώς αυτά αποτελούν έναν εν δυνάμει υδατικό πόρο.

1.1 Τεχνολογίες Ύδρευσης και Αποχέτευσης: Από την Μινωική Κρήτη στη σύγχρονη εποχή

Η άποψη ότι το παρελθόν αποτελεί το κλειδί για το μέλλον έχει ιδιαίτερη σημασία και ιδιαίτερα στην περίπτωση που αναφερόμαστε σε αντικείμενα υδάτινων πόρων. Αρκετές αρχαιολογικές και διάφορες άλλες μελέτες αποκαλύπτουν ότι κατά τη διάρκεια της μεσομινωικής περιόδου σημειώθηκε μια πολιτισμική έκρηξη στην ιστορία των αρχαίων πολιτισμών στην Κρήτη.

Αυτό το γεγονός καταδεικνύεται στις προωθημένες τεχνικές, που εφαρμόστηκαν τη συγκεκριμένη περίοδο στη διαχείριση του νερού, τις οποίες συναντάμε, ακόμη και σήμερα, σε σύγχρονες επιστημονικές περιοχές των υδάτινων πόρων, των υγρών αποβλήτων και της υδρολογίας του υπόγειου νερού. Συγκεκριμένα, οι τεχνικές αυτές αφορούν στα δίκτυα νερού και κυρίως για οικιστική χρήση, την κατασκευή, αξιοποίηση και χρήση επιφανειακών νερών, στα λουτρά και διάφορες άλλες σχετικές κατασκευές υγιεινής και κάθαρσης, στα συστήματα αποχέτευσης και διάθεσης υγρών αποβλήτων και των νερών της βροχής, στην αποκατάσταση και άρδευση της γεωργικής γης και τέλος, στη χρήση νερού για αναψυχή.

Από τις αρχαιολογικές έρευνες συμπεραίνεται ότι οι Μινωίτες υδρολόγοι και μηχανικοί είχαν γνώσεις σχετικά με τις βασικές αρχές των επιστημών υδατικών πόρων και περιβάλλοντος και μάλιστα, πολύ πριν από την καθιέρωσή τους στη σύγχρονη εποχή.

Οι τεχνολογίες αυτές συνεχίστηκαν και βελτιώθηκαν κατά τη διάρκεια των Ελληνιστικών και Ρωμαϊκών χρόνων και ταυτόχρονα, διαδόθηκαν και σε άλλες πόλεις της ηπειρωτικής, αλλά και νησιωτικής Ελλάδας. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι στέρνες και άλλες εγκαταστάσεις υδροδότησης, όπως και τα λουτρά, που ονομάζονταν «θέρμες» στην Ελεύθερνα, στα Άπτερα και στην Κίσσαμο. Ακόμη, ιδιαίτερα σημαντικές είναι οι δεξαμενές υδροδότησης και τα λουτρά στην αρχαία Φαλάσσαρνα της Ελληνιστικής περιόδου και μετέπειτα της Ενετικής περιόδου.

Διάφοροι φορείς στη χώρα μας, όπως ερευνητικά ιδρύματα, επιχειρήσεις ύδρευσης και αποχέτευσης, δημόσιες υπηρεσίες, αλλά και ιδιωτικές εταιρείες που ασχολούνται με σχετικά αντικείμενα, διδάσκονται πολλά από την τεχνολογία των υδατικών πόρων και υγρών αποβλήτων, που ανέπτυξαν και εφάρμοσαν οι αρχαίοι Κρητικοί στους οικισμούς τους.

Σήμερα, εν μέσω κλιματολογικών αλλαγών και παρατεταμένων περιόδων ανομβρίας, αυξημένης ζήτησης ύδατος και αστικοποίησης, είναι αναγκαία, όσο ποτέ

άλλοτε προηγουμένως, η σωστή διαχείριση των υδάτινων πόρων. Πέραν των εξωγενών παραγόντων (κλιματολογικές συνθήκες, αστικοποίηση, αύξηση τουριστικού ρεύματος κ.ά.), αρκετοί ενδογενείς παράγοντες επιδεινώνουν ακόμη περισσότερο το υδατικό πρόβλημα. Πιο σημαντικός από αυτούς τους παράγοντες μπορεί να θεωρηθεί η απώλεια ύδατος στα δίκτυα (αγωγούς) μεταφοράς του, είτε εντός, είτε εκτός αστικών περιοχών.

1.2 Σκοπός & ερευνητικοί στόχοι

Το θέμα της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η οργάνωση, μελέτη και κατασκευή δικτύων ύδρευσης και άρδευσης. Σκοπός της εργασίας είναι να αναδείξει την σπουδαιότητα των δικτύων ύδρευσης και άρδευσης και την αναγκαιότητα της αξιοποίησης και χρήσης των επιφανειακών νερών για την εξασφάλιση βιώσιμων και αυτοτροφοδοτούμενων δικτύων ύδρευσης και άρδευσης.

Η παρούσα εργασία περιγράφει την τεχνολογία και τις πρακτικές με τις οποίες μπορεί να επιτευχθεί η εξοικονόμηση νερού μέσω της μείωσης των απωλειών στα δίκτυα διανομής νερού ύδρευσης και άρδευσης.

Η μελέτη αυτή και η κατασκευή (χρηματοδοτημένης από το ΤΕΙ Κρήτης), η οποία αποτελεί το συγκερασμό γνώσεων και έρευνας, αναλύει τους κύριους άξονες της προτεινόμενης πρακτικής και τα αναμενόμενα οφέλη.

Οι στόχοι της εργασίας είναι:

1. Να αναδείξει τη σπουδαιότητα της διαχείρισης των υδάτινων πόρων, ως μία από τις σημαντικότερες ανάγκες εξασφάλισης του σημαντικότερου πόρου για όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες.
2. Να παρουσιάσει τις διαδικασίες που πραγματοποιούνται για την οργάνωση, μελέτη και κατασκευή δικτύων ύδρευσης και άρδευσης, μέχρι τη διάθεση στον τελικό καταναλωτή και χρήστη.
3. Να εξεταστούν οι διάφορες προδιαγραφές που διέπουν τη διαδικασία κατασκευής, αναφορικά με την ασφάλεια των εγκαταστάσεων.
4. Να γίνει αναπαράσταση – κατασκευή ενός δικτύου ύδρευσης και άρδευσης και να διαπιστωθούν τα πιθανά προβλήματα που μπορεί να προκύψουν καθ' όλη τη διαδικασία κατασκευής.

Για την πραγματοποίηση των στόχων αυτών πραγματοποιήθηκε πρωτογενής και δευτερογενής έρευνα. Συγκεκριμένα, τα μέσα και οι μέθοδοι που εφαρμόστηκαν για την πραγματοποίηση της πτυχιακής μελέτης είναι:

1. Η θεωρητική προσέγγιση του θέματος με την αναζήτηση βιβλιογραφίας, αρθρογραφίας και τεχνικών προδιαγραφών.
2. Η εύρεση πληροφοριών για το αντικείμενο κατόπιν επαφής με επιχειρήσεις κατασκευής δημοσίων και ιδιωτικών δικτύων ύδρευσης και άρδευσης.

1.3 Δομή της πτυχιακής

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από τα ακόλουθα κεφάλαια:

Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την εισαγωγή, στην οποία γίνεται μια γενική αναφορά στις τεχνολογίες ύδρευσης και αποχέτευσης από την Μινωική Κρήτη στη σύγχρονη εποχή. Επιπλέον, παρουσιάζεται ο σκοπός και οι ερευνητικοί στόχοι της εργασίας, καθώς και η δομή της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τα δίκτυα ύδατος στον μινωικό πολιτισμό, οι τεχνολογίες ύδρευσης (υδραγωγεία, δεξαμενές (στέρνες), πηγάδια άλλες εγκαταστάσεις) και πώς αναπτύχθηκαν με την πολιτισμική έκρηξη. Ακόμη, περιγράφεται η διαδικασία υδροδότησης των μινωικών οικισμών, η χρήση του νερού για αναψυχή, καθώς και τα λουτρά και άλλες υγειονομικές εγκαταστάσεις.

Το τρίτο παρουσιάζει πληροφορίες που αφορούν την κατασκευή δικτύων ύδρευσης και άρδευσης στη σύγχρονη Ελλάδα. Συγκεκριμένα, περιγράφεται ο σχεδιασμός δικτύων ύδρευσης και άρδευσης, παρουσιάζονται οι υδραυλικοί υπολογισμοί, το υδραυλικό πλήγμα και η αντιμετώπισή του, ο αερισμός των δικτύων, ο περιορισμός της συσσώρευσης και έλεγχος της παρουσίας αέρα στα δίκτυα και η διάταξη του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται στοιχεία σχετικά με τις κατηγορίες παροχών, τους γενικούς κανόνες των νέων παροχών, τους κατασκευαστικούς κανόνες, τις τεχνικές προδιαγραφές, τις δοκιμασίες και τέλος τις αιτίες και την αντιμετώπιση των προβλημάτων των δικτύων.

Το τέταρτο κεφάλαιο περιλαμβάνει το πειραματικό μέρος της εργασίας και παρουσιάζεται η κατασκευή ενός δικτύου που θα διεξαχθεί.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρατίθενται τα συμπεράσματα της έρευνας και συνολικά της μελέτης, περιγράφονται τα προβλήματα που εντοπίστηκαν και εξετάζονται οι προοπτικές των τεχνολογιών δικτύων ύδρευσης και άρδευσης στην Ελλάδα.

Ακολούθως, παρατίθεται λίστα με όλες τις βιβλιογραφικές και ηλεκτρονικές αναφορές, από τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία για το θεωρητικό τμήμα της μελέτης. Στο τέλος της εργασίας υπάρχει παράρτημα, όπου βρίσκονται στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2 Δίκτυα ύδατος στον Μινωικό Πολιτισμό

2.1 Τεχνολογίες Ύδατος στη Μινωική Κρήτη

Ένα από τα ενδεικτικότερα στοιχεία της πολιτιστικής εξέλιξης που σημειώθηκε κατά την Μινωική εποχή αποτελεί σαφώς και η αρχιτεκτονική μέθοδος που εφαρμόζονταν τόσο στα ανάκτορα όσο και στις πόλεις ως προς την ύδρευση τους και την αποχέτευση των αποβλήτων και των βρόχινων νερών. Η δομή της πλειονότητας των προαναφερόμενων συστημάτων υδροδότησης και αποχέτευσης διακρίνεται για την πολυπλοκότητα και την άρτια λειτουργικότητα τους, ενώ επίσης έχουν επιστημονικά καταγραφεί και στοιχεία που καταδεικνύουν ότι τα υγρά απόβλητα τα εκμεταλλεύονταν και στην άρδευση των γεωργικών καλλιεργειών (3000-1100 π.Χ.).

Από τις ανακαλύψεις της αρχαιολογικής έρευνας που αφορούν την συγκεκριμένη εποχή προκύπτει με σαφήνεια ότι οι τότε Μινωίτες υδρολόγοι και μηχανικοί κατείχαν και εφαρμόζαν μέχρι ένα ορισμένο επίπεδο τις βασικές αρχές των σημερινών επιστημών υδάτινων πόρων και περιβάλλοντος, σε χρόνο πολύ προγενέστερο της καθιέρωσης από τη σύγχρονη επιστήμη.

Μάλιστα, αυτή η επιστημονική και τεχνολογική γνώση των Μινωιτών εξελίχθηκε και αναβαθμίστηκε κατά την Ελληνιστική και Ρωμαϊκή εποχή που ακολούθησαν και ταυτόχρονα μεταλαμπαδεύθηκε και στην υπόλοιπη ηπειρωτική και νησιώτικη Ελλάδα, με αποτέλεσμα να κατασκευασθούν αξιόλογα σχετικά έργα, με χαρακτηριστικότερα τις στέρνες και τις λοιπές εγκαταστάσεις υδροδότησης, καθώς και τα λουτρά, που τότε τα αποκαλούσαν θερμές στην Ελεύθερνα, στα Άπτερα και στην Κίσσαμο, ενώ περίοπτη θέση μεταξύ των έργων αυτών κατέχουν οι δεξαμενές υδροδότησης και τα λουτρά στην αρχαία Φαλάσσαρνα της Ελληνιστικής περιόδου και μετέπειτα την Ενετική περίοδο.

Γενικότερα, είναι αδιαμφισβήτητο ότι η φιλοσοφία, οι τεχνολογικές γνώσεις και η πρακτική που ανακάλυψαν, καλλιέργησαν και χρησιμοποίησαν οι αρχαίοι Κρητικοί στον τομέα αυτό θα πρέπει να αποτελούν αντικείμενο μελέτης και υλικό διδασκαλίας για όλους τους σύγχρονους φορείς της χώρας μας με αντικείμενο ενασχόλησης τις τεχνολογίες υδάτινων πόρων και υγρών αποβλήτων, όπως είναι τα ερευνητικά ιδρύματα, οι συναφείς δημόσιες υπηρεσίες, οι επιχειρήσεις ύδρευσης και αποχέτευσης, καθώς και διάφορες εταιρείες του ιδιωτικού τομέα.

2.2 Πολιτισμική έκρηξη

Όπως ιστορικά αναδεικνύεται, οι πρώτοι άποικοι εγκαταστάθηκαν στην Κρήτη τη νεολιθική εποχή και είτε διαβίωναν σε συγκροτημένους οικισμούς, είτε διασπάρθηκαν σε σπηλιές μακριά από την ακτή. Παρά το γεγονός ότι δεν υφίστανται αρκετά στοιχεία για την ακριβή προέλευση των αρχικών αυτών κατοίκων του νησιού, από τα ευρήματα της εποχής στον τομέα της αγγειοπλαστικής, αλλά και από διάφορα άλλα χειροποίητα αντικείμενα συνάγεται το συμπέρασμα ότι αυτοί ενδεχομένως προέρχονταν από την Ανατολία και πιθανώς την Αίγυπτο και δεν κατάγονταν από την τότε ηπειρωτική Ελλάδα.

Τα πρώτα έτη μετά το 3.000 π.Χ., δηλαδή στην έναρξη της Μινωικής περιόδου, ο αριθμός των κατοίκων της Κρήτης αυξήθηκε σημαντικά αφού νέοι

άποικοι εγκαταστάθηκαν στο νησί, προερχόμενοι πιθανότατα από τη Μικρά Ασία, ενώ κρίνοντας από τις ομοιότητες στη γλώσσα και τις τοπωνυμίες, διαφαίνεται συγγένεια των Κρητών με τους Λουβιού, οι οποίοι στη συνέχεια και ειδικότερα στη μέσο και ύστερο – μινωική εποχή μετεγκαταστάθηκαν στη Μικρά Ασία.

Η τρίτη και δεύτερη χιλιετία π.Χ. σηματοδεύθηκε από μία ιδιαίτερα αξιόλογη πολιτιστική ανάπτυξη σε όλους τους τομείς που σημειώθηκε στην περιοχή της Κρήτης, η οποία και κορυφώθηκε με μία πρωτόγνωρη τεχνολογική εξέλιξη κατά τα έτη από 2.100 έως 1.600 π.Χ., ήτοι κατά τη μέσο – μινωική περίοδο, συνεπεία της πληθυσμιακής αύξησης που παρατηρήθηκε νότια και κεντρικά του νησιού.

Κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου πραγματοποιήθηκε ουσιαστικά η δημιουργία οργανωμένων οικισμών και η ανέγερση πολυτελών ανακτόρων και σημειώθηκε εν γένει πολιτισμικό μεσουράνημα, που είχε ως αποτέλεσμα μέχρι τη λήξη αυτής της εποχής την άνθηση σε μέγιστο βαθμό των τεχνών, της τεχνολογίας, της βιοτεχνίας, καθώς και του εμπορίου με το νησιωτικό Αιγαίο, την Αίγυπτο και την Εγγύς Ανατολή. Η ακμή αυτή συνεχίζει να παρατηρείται και κατά τα πρώτα έτη της ύστερο-μινωικής περιόδου, δηλαδή κατά την περίοδο από 1600 έως 1400 π.Χ., όπως καταδεικνύεται από τα μεγαλειώδη ανάκτορα, αλλά και από το μέγεθος των οικιστικών περιοχών και των κατοικιών.

Ο χρυσός τρόπος διακυβέρνησης του νησιού και η άψογη οργάνωση και λειτουργία της ανθηρής αυτής κοινωνίας αποδεικνύεται και από τα σημαντικά έργα τέχνης της εποχής, τη σημειούμενη πρόοδο στον τομέα της μεταλλουργίας, την προαναφερόμενη ανέγερση εξελιγμένων και αξιοθαύμαστων ανακτόρων, καθώς και την ύπαρξη άρτιου οδικού συστήματος. Αμέσως μετά, δηλαδή περίπου το 1.400 π.Χ. επέρχεται η πτώση του Μινωικού πολιτισμού, όπου τα προαναφερόμενα ανάκτορα καταστρέφονται και εγκαταλείπονται από τους ενοίκους τους, πλην εκείνου στην Κνωσό, ενώ από τις εμφανείς επιδράσεις της ηπειρωτικής Ελλάδας στα ταφικά έθιμα, τον οπλισμό, την αρχιτεκτονική, καθώς επίσης και στην τέχνη και στη γλώσσα, διαφαίνεται το γεγονός ότι στην Κρήτη επήλθε κυριαρχία των Μυκηναίων, θέτοντας ως σημαντικό κέντρο το ανάκτορο της Κνωσού.

Η προαναφερόμενη «πολιτισμική έκρηξη» της πρώτο-μινωικής περιόδου και μετέπειτα, άπτεται πλήθος θεμάτων πολιτιστικού και επιστημονικού ενδιαφέροντος, τα οποία αποτελούν αντικείμενο ενασχόλησης και του σύγχρονου ανθρώπου, εκ των οποίων ενδεικτικά αναφέρεται η αρχιτεκτονική, ο πολεοδομικός σχεδιασμός, η εξέλιξη στον τομέα της γεωργίας, της δασοπονίας και της ναυτιλίας, ευαισθητοποίηση σε θέματα προστασίας του περιβάλλοντος, καθώς η διαβίωση σε κοινωνικά ανθρώπινες, υγιεινολογικές και εν γένει βέλτιστες συνθήκες, ενώ όπως είναι ευνόητο στις σχετικά ψυχρές και υγρές περιόδους αυτή η πολιτιστική ακμή είχε μεγαλύτερη ένταση.

Επιπλέον, το γεγονός ότι από το έτος 3.000 π.Χ. και έπειτα (πρώτο-μινωική περίοδο), τα υδραυλικά και οι λοιπές τεχνικές υποδομές αναφορικά με τη διαχείριση λεκανών απορροής, την ανάπτυξη υδάτινων πόρων, τα λουτρά, τις τουαλέτες, τα πλυσταριά, τις δεξαμενές αποθήκευσης και διανομής νερού και τα αποχετευτικά δίκτυα, συγκαταλεγόμενα σε αυτά και η εκμετάλλευση των εκροών των αποβλήτων, έχουν λάβει ποικίλες μορφές, εννοώντας ότι περιοδικά διαφοροποιούνταν ο τρόπος κατασκευής τους, δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να αποδοθεί σε τυχαίο παράγοντα

και εξ αυτού συνάγεται το συμπέρασμα ότι η καλαισθησία, το περιβάλλον και η αφθονία σε τροφές, αλλά πρωτίστως σε εκμεταλλεύσιμους υδάτινους πόρους, έχουν άμεση συνάφεια τόσο με τα συνήθη - παραδοσιακά κριτήρια επιλογής των τοποθεσιών εγκατάστασης και ανάπτυξης των κοινωνιών, όσο και τις περιόδους κοινωνικής και πολιτιστικής άνθησης που αυτές σημειώνουν.

Η τεχνολογική ανάπτυξη στον τομέα των υδάτινων πόρων που σημειώθηκε την Μινωική εποχή, όπως προαναφέρθηκε, συνέχισε να εξελίσσεται και να μεγεθύνεται με την πάροδο των ετών, με εξαίρεση βεβαίως τις «σκοτεινές» περιόδους όπου σημειώθηκε προσωρινή παύση και αυτό διαφαίνεται από την εξέλιξη των έργων υδάτινων πόρων, ιδίως αυτών μεγάλης κλίμακας, κατά την Ελληνιστική περίοδο. Η πρόοδος αυτή εξακολούθησε και κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής και Ενετικής περιόδου, όπου διαπιστώνεται η κατασκευή έργων υδάτινων πόρων ακόμη μεγαλύτερης κλίμακας.

Οι πρακτικές και τεχνολογικές μέθοδοι που εφάρμοζαν οι Αρχαίοι Κρήτες παρατίθενται παρακάτω στο κεφάλαιο αυτό και εξ όλων κυρίαρχης σημασίας τυγχάνουν αυτές της Μινωικής περιόδου, οι οποίες φέρεται να αποτέλεσαν και τη βάση για τον σχεδιασμό και κατασκευή έργων, ιδίως ύδρευσης, γεγονός που αποδεικνύει αναμφίβολα ότι οι υδραυλικοί μηχανικοί της τότε εποχής κατείχαν τις θεμελιώδεις αρχές της επιστήμης υδάτινων πόρων, όπως για παράδειγμα της ροής υγρών σε κλειστούς και ανοικτούς αγωγούς και του σίφωνος, της υδρογεωλογίας και υγειονομολογίας κ.τ.λ., ενώ όπως επίσης έχει ήδη εκτεθεί, οι μέθοδοι αυτοί εξελίχθηκαν ακόμα περισσότερο στις εποχές που ακολούθησαν, δηλαδή την Ελληνιστική, τη Ρωμαϊκή και την Ενετική περίοδο.

2.3 Η ανάπτυξη των τεχνολογιών

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι εκφάνσεις της πολιτιστικής προόδου που σημειώθηκε περιοδικά στην Κρήτη έχουν ταύτιση με πολλά αντικείμενα ενασχόλησης του σύγχρονου ανθρώπου, όπως η αρχιτεκτονική, η τέχνη, η τεχνολογία, η ναυσιπλοΐα, η γεωργία, η δασοπονία και η προστασία του περιβάλλοντος.

Ένα εκ των αξιοσημείωτων και σπουδαιότερων επιτευγμάτων του πολιτισμού της Μινωικής περιόδου ήταν και η προηγμένη και άρτια λειτουργικότητα του αρχιτεκτονικού και υδραυλικού συστήματος των σχεδιασμένων και ανεγερθέντων εγκαταστάσεων υγιεινής, καθώς και αυτών που χρησιμοποιούνταν για την ύδρευση και την αποχέτευση όμβριων και υγρών αποβλήτων στα ανάκτορα, με σημαντικότερες και θεαματικότερες αυτές του ανακτόρου της Κνωσού, του οποίου τα άκρως προσεγμένα συστήματα ύδρευσης και αποχέτευσης που διαπερνούν όλο το εσωτερικό του αποτελούν, κατά γενική ομολογία, το εμφαντικότερο στοιχείο της πολυτέλειας του.

Ενδεικτικά, οι τεχνολογίες που επινοήθηκαν και εφαρμόστηκαν την επίμαχη χρονική περίοδο παρατίθενται παρακάτω.

2.3.1 Υδραγωγεία

Ο αριθμός των υδραγωγείων που έχουν καταγραφεί ότι λειτουργούσαν στην αρχαία Κρήτη από την Μινωική έως την Ενετική εποχή ξεπερνά τα 40, με τα πρώτα εξ αυτών, που προφανώς να αποτελούν και τα πρώτα στην παγκόσμια ιστορία, να

έχουν κατασκευασθεί στην Μινωική Κρήτη και πιο συγκεκριμένα στην Κνωσό, στα Μάλια, στην Τύλισσο και αλλού, ενώ είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι πολλά εξ αυτών δημιουργήθηκαν και λειτούργησαν στους Ελληνιστικούς και Ρωμαϊκούς χρόνους.

2.3.2 Δεξαμενές (Στέρνες)

Οι στέρνες οι οποίες έχουν καταγραφεί από την εποχή της μέσο και ύστερο – μινωικής περιόδου, δηλαδή κατά έτη από 2.000 έως 1.200 π.Χ., είναι πέντε, με τις δυο εξ αυτών να βρίσκονται στην περιοχή Πύργος Μύρτου και τις υπόλοιπες τρεις να βρίσκονται (από μία) στην κεντρική πλατεία του ανακτόρου της Ζάκρου, στις Αράχνες και στην Οικία Γ. Ας σημειωθεί ότι πρόδρομοι αυτών των τεχνολογιών ήταν παλαιότεροι τύποι, όπως της οικίας στο Χαμέζι και συνέχισαν να αναπτύσσονται και κατά τη διάρκεια των πολιτισμών που ακολούθησαν, ενώ ιδιαίτερη εξέλιξη τους σημειώθηκε βασικώς στην Ανατολική Κρήτη έως και το μέσο περίπου του προηγούμενου αιώνα.

2.3.3 Πηγάδια

Επιπλέον, κατά τα έτη από 2.000 έως 1.550 π.Χ., δηλαδή κατά τη μέσο - Μινωική περίοδο, κατασκευάστηκαν και πηγάδια στην περιοχή όπου βρίσκονταν το ανάκτορο της Κνωσού (Εικόνα 2.2), η χρήση των οποίων ήταν εντατικότερη στην περιοχή της Ανατολικής, όπου δεν υφίσταντο αρκετοί επιφανειακοί υδάτινοι πόροι, γεγονός που καθιστούσε αναγκαία την εκμετάλλευση του υπόγειου νερού σε ανάκτορα και πόλεις, της Ζάκρου (Εικόνα 2.1), του Παλαιόκαστρου και της Ιτάνου. Κατά τη διάρκεια των πολιτισμών που ακολούθησαν η εκμετάλλευση των υπόγειων νερών παρέμεινε αναγκαία και οι σχετικές τεχνολογίες εξελίχθηκαν ακόμα περισσότερο, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί βασική παράδοση στον τομέα αυτό σε όλη την έκταση της Κρήτης, σε βαθμό που μέχρι και την σημερινή εποχή η χρήση των νερών αυτών να αποτελεί κομβικό παράγοντα της υδάτινης οικονομίας του νησιού.



Εικόνα 2.1: Ζάκρος



Εικόνα 2.2: Κνωσός

2.3.4 Άλλες Εγκαταστάσεις

Πέρα όμως από τα ήδη αναφερθέντα, δε θα πρέπει να παραληφθεί και το χαρακτηριστικό της τεχνολογικής ανάπτυξης γεγονός ότι οι αρχαίοι πολιτισμοί της Κρήτης επινόησαν, κατασκεύασαν και εφάρμοσαν και άλλες υδραυλικές εγκαταστάσεις, ενδεικτικά αναφέροντας τους ανοικτούς ή κλειστούς πήλινους σωλήνες διαφόρων διατομών και διαστάσεων, τους μολύβδινους αγωγούς διαφόρων διαστάσεων, τους πέτρινους αγωγούς ανεστραμμένου Π και τους κτιστούς αγωγούς βαρύτητας, ιδίως δε σε συστήματα αποχέτευσης.

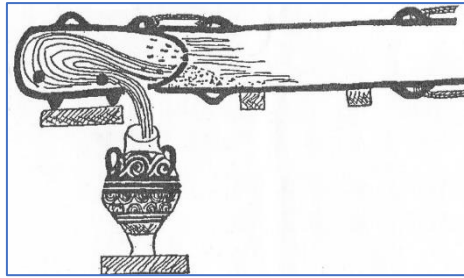
2.4 Η υδροδότηση των Μινωικών οικισμών

Τα συστήματα υδροδότησης που λειτουργούσαν στους οικισμούς και τα ανάκτορα, όπως ήταν αναμενόμενο και αδιαμφισβήτητο, διαφέρουν ως προς τον τρόπο κατασκευής τους και τις εν γένει συνθήκες λειτουργίας και σχετίζονται τόσο με τις χρονικές περιόδους κατασκευής τους, όσο και με τις υδραυλικές συνθήκες που επικρατούσαν σε κάθε περιοχή.

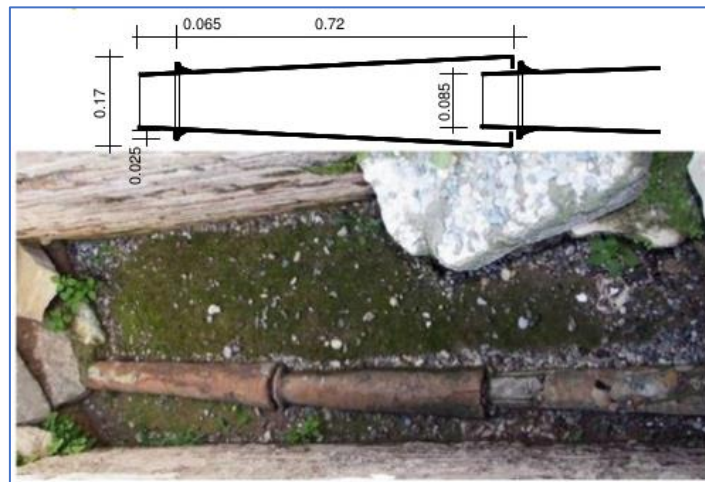
Ως εκ τούτου, οι σημαντικότερες εξ αυτών των τεχνολογιών και πρακτικών που εφαρμόζονταν τη Μινωική εποχή μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις μορφές:

- Οι ορεινές περιοχές που στερούνταν υπόγειων υδροφορέων ή λοιπών πηγών νερού και βρίσκονταν σε μεγάλα υψόμετρα υδροδοτούνταν μέσω συστήματος συλλογής και αποθήκευσης σε υπόγειες δεξαμενές επιφανειακών απορροών του βρόχινου νερού και πάνω σε αυτό στηρίζονταν όλη η υδάτινη οικονομία τους, με χαρακτηριστικό γνώρισμα του συστήματος αυτού την προσήκουσα διευθέτηση πλατειών, αυλών και άλλων ανοιχτών χώρων, προκειμένου να επιτυγχάνεται ο απαιτούμενος καθαρισμός, προτού διενεργηθεί η συλλογή μέσω της κατασκευής υποτυπωδών αυλακών ή ειδικών πήλινων αγωγών, χωρίς όμως ταυτόχρονα η ύπαρξη αυτών των εγκαταστάσεων να επιδρά στην εύρυθμη λειτουργία και συνήθη χρήση των θεωρούμενων χώρων.

Επιπλέον, το επιφανειακό νερό πριν αποθηκευθεί σε υπόγειες δεξαμενές που ήταν άρτιες ως προς την εμφάνιση, την προστασία και τη λειτουργικότητα τους, επεξεργάζονταν κατάλληλα μέσω αμμοδυλιστηρίων που εγκαθιστούσαν δίπλα ακριβώς από τις δεξαμενές αποθήκευσης. Σύστημα υδροδότησης αυτού του τύπου έχει καταγραφεί στη Φαιστό, όπου δεν υπήρχαν άλλες εκμεταλλεύσιμες πηγές νερού, ενώ αξίζει να σημειωθεί και το γεγονός ότι σύμφωνα με τον καθηγητή Μ. Δέφνερ, στα σημεία εξόδου του νερού από τα υδραγωγεία τοποθετούνταν ως μικρά δυλιστήρια πήλινες στενόμακρες κατασκευές (υδραυλικά φίλτρα) με μικρές οπές στο ένα άκρο. Η φιλοσοφία λειτουργίας των προαναφερόμενων κατασκευών έγκειτο στην ανάπτυξη μικρών πιέσεων στα εξωτερικά διάτρητα τοιχώματα, που αναπτύσσονταν συνέπεια της στροβιλώδους ροής του νερού σε συνδυασμό με την αυξημένη ταχύτητα αυτής, με τελικό αποτέλεσμα τον καθαρισμό από αιρούμενα και διαλυτά στερεά (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.1: Μινωικό φίλτρο νερού (Defner, 1921).



Σχήμα 2.2: Σωλήνας υδροδότησης στη Μινωϊκή περίοδο

- Οι περιοχές που ήταν πλούσιες σε πηγές νερού υδροδοτούνταν μέσω πήλινων σωλήνων, σε σχήμα κώνου και μήκους 76 εκ. περίπου, η κατασκευή των οποίων γινόταν με προσεγμένο τρόπο προκειμένου να αλληλοσυνδέονται κατάλληλα με τη χρήση και ειδικής συνθετικής ύλης.

Αντίθετα, στην εποχή της Ενετοκρατίας και Τουρκοκρατίας παρατηρείται ότι οι περιοχές υδροδοτούνταν μέσω κτιστών αγωγών. Το σχήμα κώνου που επιλέχθηκε να έχουν οι σωλήνες της εποχής εκείνης αφενός μεν τους εξυπηρετούσε καλύτερα κατά τη διαδικασία σύνδεσης, αφετέρου δε παρείχε μεγάλη προστασία από την εναπόθεση αλάτων στα τοιχώματά τους, όταν το νερό είχε μεγάλο αριθμό pH. Σύστημα υδροδότησης με τη χρήση κλειστών αγωγών αυτού του τύπου έχει καταγραφεί στην περίπτωση του ανακτόρου της Κνωσού πρώτα από τη φυσική πηγή «Μαυροκόλυμπος» και ακολούθως από άλλες κοντινές πηγές, ενώ με την ίδια μέθοδο μεταφέρονταν το νερό ύδρευσης και σε άλλα ανάκτορα και λοιπούς κατοικήσιμους χώρους.

- Τέλος, οι περιοχές που διέθεταν υπόγειους υδροφορείς, όπως το ανάκτορο της Ζάκρου και η πόλη του Παλαιόκαστρου, υδροδοτούνταν μέσω αυτών, αφού παρατηρείται μία ιδιαίτερα προηγμένη τεχνολογία ανόρυξης και άντλησης νερού από πηγάδια, ενώ επίσης εξίσου αξιοσημείωτη και προηγμένη ήταν μεθοδολογία άντλησης του νερού των πηγαδιών.

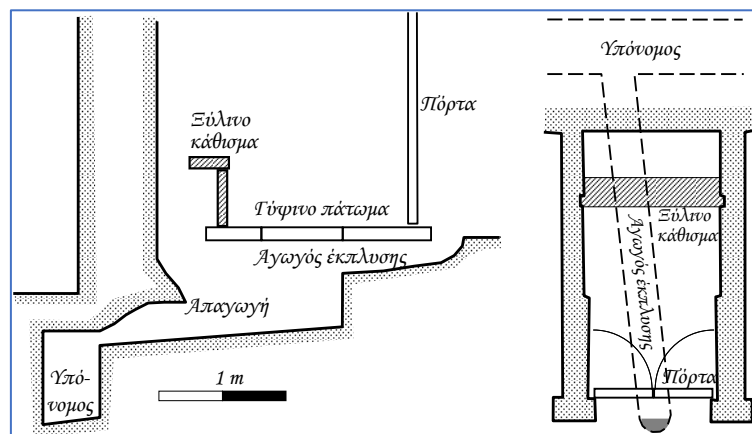
2.5 Λουτρά και Άλλες Υγειονομικές Εγκαταστάσεις

Η ιστορική πραγματικότητα δείχνει ότι στην πλειονότητα των ανακτόρων της Μινωικής περιόδου δεν υπήρχαν αποχετευτικοί αγωγοί λουτρών, διότι ναι μεν η χρησιμότητα τους ήταν δεδομένη, αλλά όμως δεν θεωρούνταν πάντοτε απολύτως απαραίτητοι. Αντίθετα, στο ανάκτορο της Κνωσού, σύμφωνα με τον Έβανς, λειτουργούσαν τρία δωμάτια ως λουτρά, τα οποία εκείνος κατάφερε να αναγνωρίσει, παρά τη δεδομένη δυσχέρεια στην εξακρίβωση του τρόπου χρήσης των δωματίων.

Την Μινωική περίοδο θρησκευτικοί λόγοι επέβαλλαν ως απολύτως αναγκαία την ύπαρξη λουτρών και δεξαμενών νερών σε όλους τους οικισμούς και αυτοί οι χώροι θεωρούνταν ιεροί και χρησιμοποιούνταν για καθάρσεις, όπως αντιστοίχως χρησιμοποιούνταν την πιο σύγχρονη εποχή τα χριστιανικά καθαρτήρια, αφού επιταγή της Μινωικής θρησκείας ήταν οι πιστοί να είναι πάντοτε καθαροί (Πλάτων, 1990) και ως εκ τούτου δεν υπήρχε Μινωικός οικισμός χωρίς δεξαμενές καθαρισμών. Επ' αυτού ως σημαντικότερο παράδειγμα αναφέρονται οι εγκαταστάσεις στο «Καραβάν Σεράι», έναντι ακριβώς της κυρίας εισόδου του ανακτόρου της Κνωσού, όπου ευρίσκονταν και η αποκαλούμενη «ιερή κρήνη» και υπήρχε πάντοτε νερό στη διάθεση των επισκεπτών, προερχόμενο από το υδραγωγείο της Κνωσού, για τις ανάγκες καθαρισμού τους.

Ο βασικότερος τύπος λουτρών, όμοιος με αυτόν της Φαιστού και των Μαλίων, θεωρείται αυτός που ανακαλύφθηκε στο ανάκτορο της Κνωσού παραπλεύρως της τραπεζαρίας που χρησιμοποιούσε η βασίλισσα. Διαφοροποιούνται μόνο ως προς το ότι το δάπεδο του ανακτόρου της Κνωσού δεν ήταν στο κατώτερο επίπεδο.

Εξωθεν της πόρτας του λουτρού ανακαλύφθηκαν τμήματα πήλινων αγωγών, που σημαίνει ότι πιθανότατα για τη ροή του νερού χρησιμοποιούνταν ένα μικρό κανάλι στο πάτωμα, με αρχή έξωθεν της πόρτας του λουτρού, ενώ υπήρχε σύνδεση του ανοίγματος με τον πήλινο αγωγό κάτω από τη λεκάνη, μέσω ενός αγωγού που βρίσκονταν κάτω από το πάτωμα (Σχήμα 2.3). Επιπλέον, υπήρχε η δυνατότητα καθαρισμού της τουαλέτας από οποιονδήποτε ακόμα και σε περιόδους ξηρασίας τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ στο συγκεκριμένο ανάκτορο αυτή δεν ήταν η μόνη τουαλέτα, αφού ανακαλύφθηκε και δεύτερη στη Ν.Δ. γωνία του, σε άλλο όροφο, άνωθεν του δωματίου του λίθινου θρόνου.



Σχήμα 2.3: Τομή και κάτοψη της τουαλέτας στο ισόγειο του ανακτόρου της Κνωσού.

Πέρα όμως από την Κνωσό, τουαλέτες όμοιας χρήσης διαφαίνεται ότι λειτουργούσαν και σε άλλες οικιστικές περιοχές, όπως στη Φαιστό, στα Μάλια και αλλού. Για παράδειγμα σε κατοικία της περιοχής του ανακτόρου των Μαλίων βρέθηκε άριστα διατηρημένο κάθισμα τουαλέτας, διαστάσεων 68,60 - 45,70 cm πλάτος και 35 - 38 cm ύψος, κατασκευασμένο από συμπαγή πέτρα, ίδιο με του ανακτόρου της Κνωσού και ο αποχετευτικός αγωγός, μεγάλων και άνετων διαστάσεων, διαπενούσε εξωτερικό τοίχιο, έναντι του οποίου ήταν εγκατεστημένο το κάθισμα.

Στην περίπτωση της Κνωσού είναι πασιφανές ότι αυτό δε χρησίμευε ως στήριγμα απλώς, αλλά ως κάθισμα, ενώ σχηματικά φέρει περισσότερο προς τις αιγυπτιακές τουαλέτες και όχι με τις αποκαλούμενες «τούρκικου τύπου», που είχαν ανακαλυφθεί στα ανάκτορα του Μαρί στον Ευφράτη. Επίσης, όμοιο τύπου τουαλέτα βρέθηκε στη περιοχή της Φαιστού, στο αποκαλούμενο «διαμέρισμα της βασίλισσας» και πιο συγκεκριμένα στη δυτική πλευρά αυτού, η οποία και συνδεόταν με μικρών διαστάσεων αποχετευτικό αγωγό, τμήμα του οποία διασώζεται έως σήμερα, ενώ και έτερος αποχετευτικός αγωγός βρέθηκε στο σπίτι Γ, στην Τύλισο. Τέτοιου τύπου εγκαταστάσεις όμως δεν υπήρχαν μόνο στις προαναφερόμενες περιοχές, αλλά σε πολλές άλλες ανά την Μινωική Κρήτη.

Ο καθαρισμός των τουαλετών και των αγωγών αποχετεύσεων που υπήρχαν στο ανάκτορο του Μίνωα πρέπει να γίνονταν με βρόχινο νερό, που συγκέντρωναν σε δεξαμενές αποθήκευσης, αλλά ο Έβανς, είχε διαπιστώσει ότι πιθανότατα τοποθετούνταν και μία κανάτα μεγάλου μεγέθους στην μια άκρη του καθίσματος, όπου υπήρχε ειδικός χώρος. Σε κάθε περίπτωση, συνδυάζοντας όλα τα προαναφερόμενα ευρήματα και διαπιστώσεις, προέκυπτε με σαφήνεια και με ιδιαίτερη ευχαρίστηση για τον Έβανς το γεγονός ότι τα συστήματα αποχέτευσης και οι εν γένει υγιεινολογικές εγκαταστάσεις που υπήρχαν και λειτουργούσαν στην Κνωσό, 4.000 έτη πριν, πιθανόν να μην υπάρχουν σε πολλά έθνη ακόμα και σήμερα.

Εικάζεται ότι το γέμισμα και το άδειασμα των λουτήρων που υπήρχαν στα λουτρά της Μινωικής περιόδου γίνονταν χειροκίνητα, πλην όμως στο ανάκτορο της Κνωσού και πιο συγκεκριμένα στη νότια πλευρά του στο «Καραβανσεράι», ανακαλύφθηκε ένας ποδολουτήρας, το γέμισμα του οποίου πραγματοποιούνταν μέσω σωλήνα του συστήματος υδροδότησης, ενώ η υπερχειλίση του αποχετευόταν με έτερο αγωγό. Πέραν τούτου, αρκετοί εκ των λουτήρων, όπως χαρακτηρίστηκαν, την εποχή εκεί να χρησίμευαν για άλλους σκοπούς, όπως η αποθήκευση ρουχισμού. Για τον καθαρισμό του σώματος και συμβολικά της ψυχής, όπως σημειώνουν οι Πλάτων (1974) και Graham (1987), διατίθονταν οι καθαρτήριες δεξαμενές. Τέλος, είναι γεγονός ότι η πλειονότητα των λουτρών της Μινωικής Κρήτης συνδεόταν με ανεξάρτητα εξωτερικά σηπτικά συστήματα, που αποτελεί ακόμα μία ισχυρή απόδειξη της προόδου που σημειώθηκε την συγκεκριμένη εποχή στον τομέα διαχείρισης των υδατικών πόρων και του περιβάλλοντος.

2.6 Επίλογος

Σκοπός του κεφαλαίου αυτού της παρούσας διατριβής, ήταν η ανάδειξη και περιγραφή των ανακαλύψεων των αρχαιολογικών ερευνών σε οικισμούς της αρχαίας Κρήτης, τα οποία φυσικά να αναφέρονται σε έργα υδάτινων πόρων και κρίνονται ως πλέον σημαντικά διότι:

- πρόκειται για άριστα έργα ως προς τη λειτουργικότητα τους, που κατασκευάστηκαν 4.000 έτη πριν,
- σε αυτά παρατηρείται μια καινοτόμα και πρωτοποριακή τεχνολογική μέθοδος, όπως οι στέρνες συλλογής όμβριων νερών, τα υδραγωγεία μεταφοράς νερού σε οικιστικές περιοχές και τα αποχετευτικά συστήματα και τέλος
- η τεχνογνωσία αυτή μεταδόθηκε στη συνέχεια αρχικά στην κεντρική Ελλάδα και ακολούθως σε πλήθος περιοχών ανά την υφήλιο, με αποτέλεσμα τα όσα επινόησαν και εφάρμοσαν οι Κρήτες να αποτελέσουν και τη βάση των νεότερων ανακαλύψεων στον τομέα αυτό που πέτυχαν οι αρχαίοι Έλληνες.

Το παρακάτω χαρακτηριστικό αποσπάσιμα από σχετικό κείμενο του Αμερικανού υγιεινολόγου Gray (1940) αποδίδει πληρέστατα το μεγάλο ενδιαφέρον των Μινωιτών σε τεχνολογίες υδατικών πόρων και υγρών αποβλήτων:

«Ακούμε συχνά να μιλούν για τη «σύγχρονη υγιεινή» σαν ήταν κάτι που αναπτύχθηκε πρόσφατα και φαίνεται να υπάρχει μια κρατούσα ιδέα ότι η αστική αποχέτευση είναι κάτι πολύ σύγχρονο που καθιερώθηκε κάπου στα μέσα του τελευταίου [19ου] αιώνα. Ίσως αυτές οι ιδέες προσπαθούν να ενδυναμώσουν μια κάπως κλυδωνισμένη υπερηφάνεια στο σύγχρονο πολιτισμό [...], αλλά όταν εξετάζονται υπό το φως της ιστορίας προκύπτει ότι είναι κάθε άλλο παρά νέες ή πρόσφατες. Πράγματι, υπό το φως της ιστορίας, προκαλεί κατάπληξη, αν όχι πικρία, το γεγονός ότι ο άνθρωπος έχει προχωρήσει τόσο ελάχιστα, ίσως και καθόλου, σε περίπου τέσσερις χιλιάδες χρόνια [...]. Οι αρχαιολόγοι ερευνητές αυτού του [Μινωικού] χώρου μας δίνουν την εικόνα ότι οι άνθρωποι είχαν προχωρήσει πολύ προς την άνετη και υγιεινή διαβίωση, με έναν ιδιαίτερο βαθμό ομορφιάς και πολυτέλειας [...]. Και αυτό επιτεύχθηκε περίπου τέσσερις χιλιάδες χρόνια πριν.»

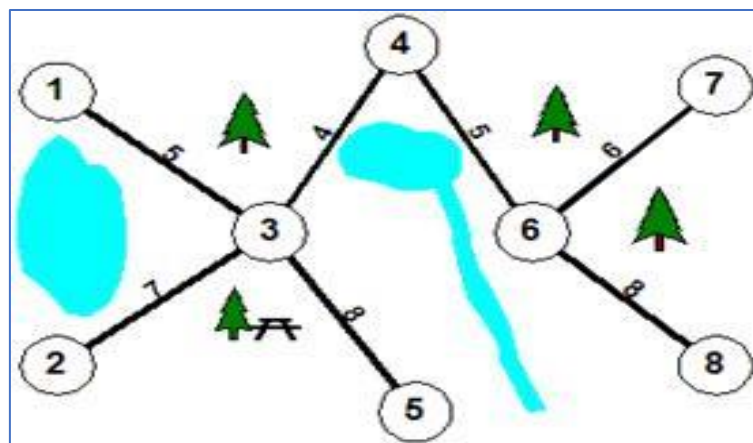
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3 Κατασκευή δικτύων ύδρευσης – άρδευσης στη Σύγχρονη Ελλάδα

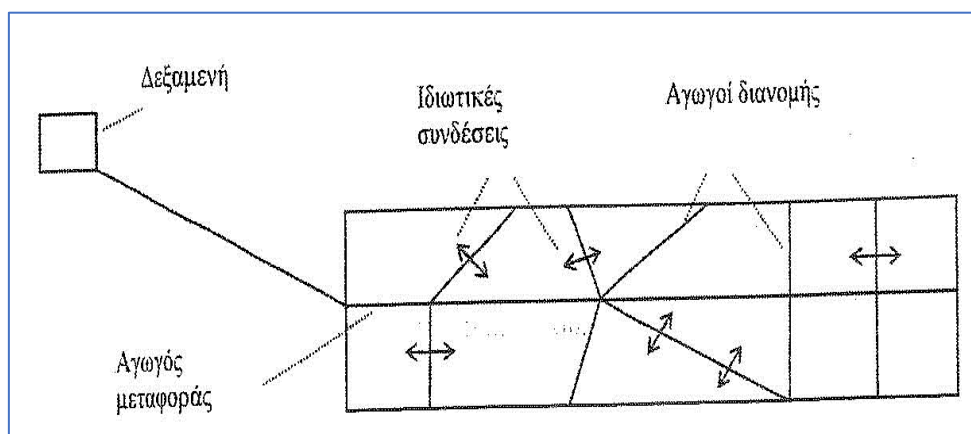
Αναφερόμενοι σε ένα αστικό δίκτυο ύδρευσης – άρδευσης, αυτό συνίσταται κυρίως σε ένα σύστημα αγωγών υπό πίεση, που έχει ως λειτουργικό σκοπό να οδηγήσει προς πολλαπλά σημεία προορισμού (σημεία εξόδου ή καταναλωτές) το νερό που παραλαμβάνει από ολιγάριθμες πηγές (σημεία εισόδου). Για τον σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται δεξαμενές, από τις οποίες διανέμεται το επεξεργασμένο (καθαρό) νερό, αλλά και αγωγοί, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η διανομή του νερού στους πολυάριθμους αποδέκτες, δηλαδή στους καταναλωτές μιας αστικής περιοχής.

Οι τρεις ορολογίες που συνήθως απαντώνται στα δίκτυα αυτά είναι:

- Οι κλάδοι, που περιγράφουν τους αγωγούς του δικτύου των οποίων τα υδραυλικά χαρακτηριστικά είναι σταθερά, δηλαδή έχουν σταθερή διάμετρο, τραχύτητα, παροχή και ταχύτητα.
- Οι κόμβοι, που ορίζονται ως τα σημεία σύνδεσης δύο ή περισσότερων αγωγών.
- Οι βρόχοι, με τους οποίους ορίζονται τα κλειστά κυκλώματα αγωγών



Σχήμα 3.1: Κόμβοι



Σχήμα 3.2: Βρόχοι

Ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι αγωγοί μεταξύ τους, διαχωρίζει τα ως άνω δίκτυα σε τρεις μορφές και πιο συγκεκριμένα:

- σε ανοιχτού ή κλαδωτού τύπου,
- σε κλειστού ή βροχωτού τύπου και τέλος,
- σε μεικτού τύπου, όταν πρόκειται για συνδυασμό των δύο προηγούμενων τύπων δικτύων.

3.1 Σχεδιασμός δικτύων “Υδρευσης - Άρδευσης

Όπως έχει ήδη περιγραφεί στην προηγούμενη παράγραφο το δίκτυο μεταφοράς νερού αποτελείται ουσιαστικά από ένα σύστημα αγωγών υπό πίεση, μέσω των οποίων μεταφέρεται το νερό που παραλαμβάνεται από κάποια πηγή (Υδροληψία) στις περιοχές που πρόκειται να εφαρμοσθεί, στο χρόνο που χρειάζεται και υπό την απαιτούμενη πίεση και παροχή.

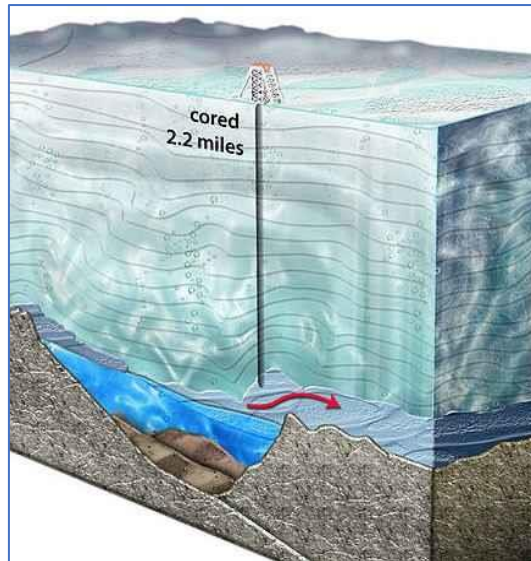
Τα μέρη που συγκροτούν κάθε δίκτυο που λειτουργεί υπό πίεση είναι τα εξής:

- Η πηγή υδροληψίας (γεώτρηση)

Η γεώτρηση (Εικόνα 3.1 και Σχήμα 3.3), η οποία εκτελείται από ειδικά μηχανήματα που αποκαλούνται γεωτρύπανα, είναι μέθοδος έρευνας και αξιοποίησης των πόρων του υπεδάφους, αλλά κυρίως απευθείας άντλησης νερού, μέσω διατρήσεως του εδάφους σε σημαντικό βάθος με τη διάνοιξη οπών κατάλληλης διαμέτρου. Ο εντοπισμός της ακριβούς θέσεως εκτέλεσης της γεωτρήσεως νερού είναι αυτονόητο ότι απαιτεί προηγούμενη ειδική μελέτη από γεωλόγους, ενώ για την εκτέλεση της απαιτείται επίσης ειδική κρατική αδειοδότηση.



Εικόνα 3.1: Εξόρυξη του νερού από τη γεώτρηση



Σχήμα 3.3: Απεικόνιση εξόρυξης του νερού από τη γεώτρηση

- Οι αγωγοί, μέσω των οποίων θα μεταφερθεί το νερό από την πηγή προς μια δεξαμενή ρύθμισης ή αποθήκευσης (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2: Χαντάκι αγωγού μεταφοράς νερού

- Το αντλιοστάσιο, εκ του οποίου θα εξασφαλίζεται η απαιτούμενη κάθε φορά παροχή και πίεση λειτουργίας του δικτύου (Εικόνες 3.3 και 3.4).



Εικόνα 3.3: Αντλιοστάσιο με δεξαμενή περιοχή Ανω Βιαννος



Εικόνα 3.4: Τυπική διάταξη αντλιοστασίου με παροχή γεώτρησης

- Το δίκτυο των κλειστών αγωγών, μέσω των οποίων θα μεταφέρεται το νερό στα όρια των περιοχών ύδρευσης- άρδευσης από το αντλιοστάσιο ή απευθείας από την πηγή υδροληψίας.
- Τις επιμέρους υδροληψίες στα όρια των περιοχών ύδρευσης - άρδευσης
- Τους αγωγούς λήψης και μεταφοράς του νερού από τις παραπάνω υδροληψίες προς τους αγωγούς εφαρμογής εντός των περιοχών.

3.2 Προϋποθέσεις σχεδιασμού των δικτύων μεταφοράς νερού

Κατά τον σχεδιασμό ενός δικτύου μεταφοράς νερού και προκειμένου να επιτυγχάνεται το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, απαραίτητως θα πρέπει να συνεκτιμώνται οι εξής παράγοντες:

- η μορφολογία της περιοχής
- οι κλίσεις κατά μήκος των αγωγών μεταφοράς
- οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων θέσεων του δικτύου
- το σχήμα των υπό ύδρευση- άρδευση περιοχών καθώς και
- η διάταξη αλλά και οι ανάγκες των αρδευόμενων φυτών ή καλλιεργειών.

Τα βασικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα δίκτυα μεταφοράς νερού, προέρχονται από τις ιδιαίτερα μεγάλες πιέσεις ή υποπίεσεις που δημιουργούνται στους κλειστούς αγωγούς υπό πίεση.

Ακριβώς για τον λόγο αυτό και προς αποφυγή οποιονδήποτε προβλημάτων, ζωτικής σημασίας και απολύτως αναγκαία κρίνεται η ορθή επιλογή των διαμέτρων των αγωγών, καθώς και των διαφόρων άλλων εξαρτημάτων που θα χρησιμοποιηθούν, που θα συντελέσει τα μέγιστα στην εν γένει προστασία του δικτύου.

Στην κατεύθυνση αυτή, ο εκάστοτε μελετητής, κατά την διαδικασία της διαστασιολόγησης, θα πρέπει να λάβει υπόψη και να εκτιμήσει δεόντως το γεγονός ότι αφενός μεν η τυχόν επιλογή μικρότερης διαμέτρου αγωγού συνεπάγεται μικρότερο κόστος συγκριτικά με την εγκατάσταση ενός αγωγού μεγαλύτερης διαμέτρου, αφετέρου δε μειωμένη διάμετρος σημαίνει μεγαλύτερη ταχύτητα ροής, που συνεπάγεται μεγαλύτερο κίνδυνο πρόκλησης πληγμάτων και καταστροφών αγωγών ή συσκευών του δικτύου, με άμεσο επακόλουθο το σημαντική αύξηση του συνολικού κόστους, αφού θα απαιτηθεί αποκατάσταση των ζημιών που σημειώθηκαν.

Σε κάθε περίπτωση, η ταχύτητα ροής στον αγωγό θα πρέπει απαραίτητως να κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,5 έως 1,5 m/sec, ενώ σε περίπτωση υπερπίεσης λόγω

πλήγματος και για να υπερκαλυφθεί αυτή θα πρέπει να αυξηθεί η αντοχή των αγωγών σε πίεση.

Κατόπιν τούτων και βάσει όσων προεκτάθηκαν ο εκάστοτε μελετητής προβαίνει διαδοχικά στις ακόλουθες ενέργειες:

Αρχικά, υποθέτοντας ότι η παροχή ζήτησης ισομοιράζεται στην αρχή και στο τέλος των κλάδων (όσο αυτό είναι δυνατόν), προσδιορίζονται οι παροχές και οι απαιτήσεις σε πίεση λειτουργίας. Στη συνέχεια, για να είναι δυνατό να ληφθεί η υπόψη η κλάση των αγωγών κατά την επιλογή των διαμέτρων τους θα πρέπει να χαραχθεί η πιεζομετρική γραμμή του δικτύου. Είναι γνωστό όμως, ότι πρακτικά η παροχή σε έναν αγωγό μεταφοράς και διανομής του νερού δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται καθ' όλο το μήκος του.

Έτσι, σε αυτή τη φάση απαιτείται ο υπολογισμός στην είσοδο του δικτύου μεταφοράς των ενεργειακών απαιτήσεων του, δηλαδή ο προσδιορισμός του πιεζομετρικού φορτίου, προκειμένου ακολούθως να καταστούν γνωστοί οι περιορισμοί σε πίεση.

Έχοντας λοιπόν ήδη γνωστά τα μεγέθη και τις απαιτήσεις των δικτύων και με έναρξη το σημείο λήψης νερού, υπολογίζονται οι απώλειες των κλάδων του δικτύου, έως και τα πιο απομακρυσμένα και δυσμενή σημεία του, ενώ η υψομετρική διαφορά των σημείων από το σημείο λήψης του νερού προστίθεται ή αφαιρείται αναλόγως στις προαναφερόμενες απώλειες και το τελικό αποτέλεσμα που προκύπτει μέσω αυτής της διαδικασίας θα είναι το πιεζομετρικό φορτίο στην είσοδο του αγωγού.

Οι υπολογισμοί των παροχών ανά κλάδο του δικτύου, οι οποίοι ως εμφανίζεται ανωτέρω προσδιορίζονται με βάση τις απαιτήσεις του, ξεκινούν από το δίκτυο εφαρμογής και καταλήγουν στον υπολογισμό της παροχής του κεντρικού αγωγού. Έπειτα δε από τον υπολογισμό των παροχών των κλάδων και βασιζόμενοι σε αυτούς είναι δυνατός ο προσδιορισμός τόσο της ελάχιστης διαμέτρου, όσο και της κλάσης, συνεκτιμώντας βεβαίως και τους προαναφερόμενους ταχύτητας ροής (από 0,5 έως 1,5 m/sec), σε συνδυασμό με την αντοχή σε πίεση λειτουργίας του δικτύου, που θα πρέπει απαραίτητως να ικανοποιείται η επιλεγθείσα διάμετρος που πληροί τους υφιστάμενους περιορισμούς της ταχύτητας και της πίεσης προκύπτει από τις εσωτερικές διαμέτρους αγωγών που διατίθενται στο εμπόριο και ικανοποιούν τον τύπο:

$$0,5 \leq 4Q/\Pi d^2 \leq 1.5$$

Έπειτα, θα πρέπει να ελεγχθεί αφενός μεν εάν στο διαμορφούμενο δίκτυο οι πιέσεις που αναπτύσσονται ικανοποιούν τους περιορισμούς της πίεσης, αφετέρου εάν η διάμετρος που επιλέχθηκε είναι ικανή να αντιμετωπίσει τα πλήγματα, δηλαδή εάν είναι αρκούντως ανθεκτική στις διαμορφούμενες υπερπιέσεις.

Το σημείο λήψης του νερού, δηλαδή η θέση της γεώτρησης αποτελεί το σημείο έναρξης του ενεργειακού υπολογισμού, αφού ληφθεί υπόψη και η υψομετρική του θέση. Οι απώλειες προσδιορίζονται από το προαναφερόμενο σημείο μέχρι το πρώτο δίκτυο, ενώ σε αυτές προστίθενται τόσο οι απαιτήσεις του σε πίεση, όσο και η υψομετρική διαφορά των δύο θέσεων. Στην περίπτωση που κατά τους υπολογισμούς αυτούς διαπιστωθεί ότι σε κάποιον εκ των κλάδων παρατηρείται πίεση μεγαλύτερη ή μικρότερη του επιτρεπτού ορίου, θα πρέπει να επιλεγθεί νέα διάμετρος για τον

κεντρικό αγωγό και να επαναληφθούν οι υπολογισμοί, έως την εύρεση του κατάλληλου που θα ικανοποιεί τους περιορισμούς της πίεσης.

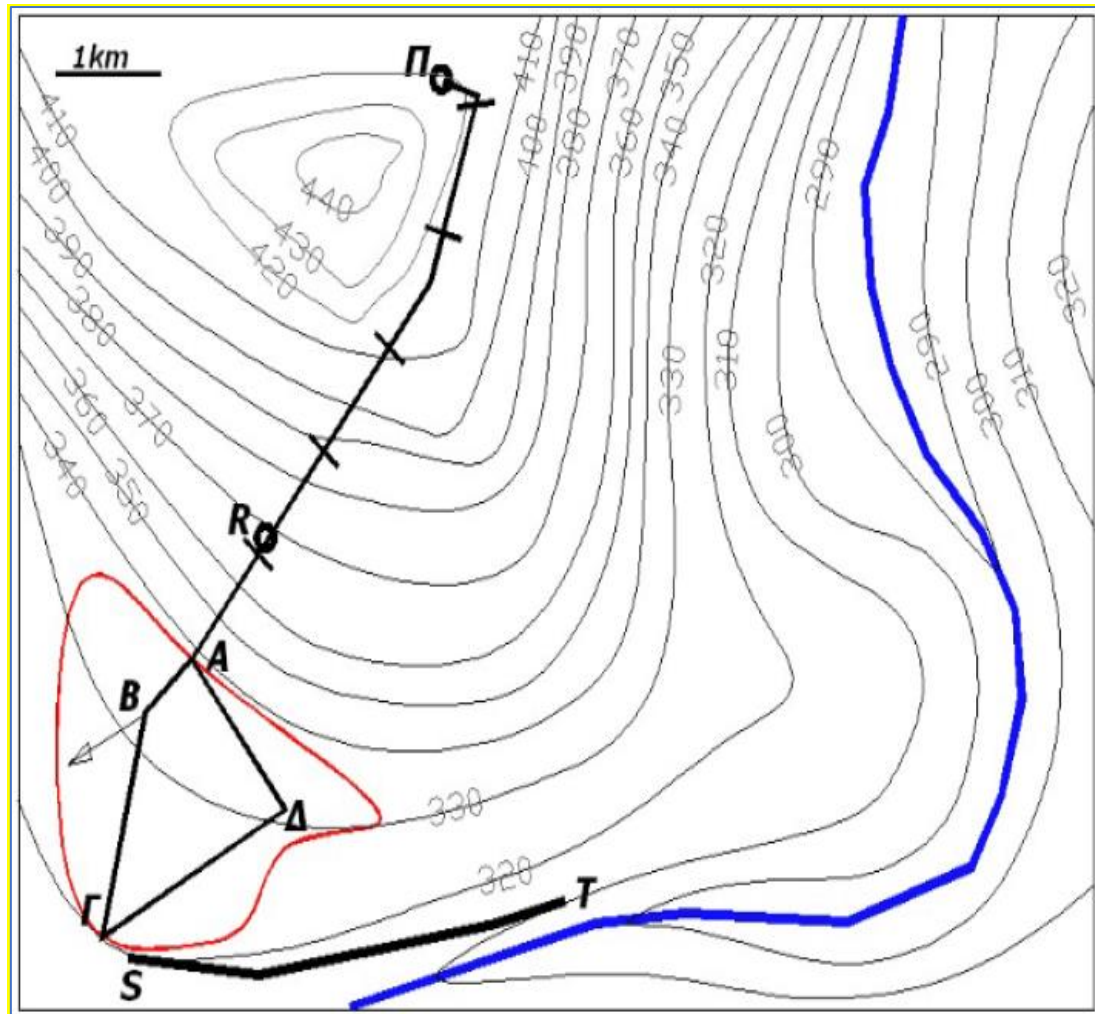
Κατά ακολουθία, ο ίδιος έλεγχος επαναλαμβάνεται με την ίδια διαδικασία, γίνεται για όλες τις θέσεις των δικτύων και τερματίζεται επιτυχώς όταν όλες οι ελεγχθείσες θέσεις των δικτύων ικανοποιούν τους ήδη αναφερθέντες περιορισμούς ως προς την ταχύτητα, την πίεση και την υπερπίεση.

Τελικώς και μετά το πέρας της διαδικασίας αυτής, χαράσσεται η πιεζομετρική γραμμή του δικτύου και ως εκ τούτου μας καθίσταται γνωστό το πιεζομετρικό φορτίο στην είσοδο κάθε δικτύου.

3.2.1 Σχεδιασμός των δικτύων και παραδείγματα

Ένα σημαντικό κομμάτι της κατασκευής των δικτύων είναι η χάραξη των εξωτερικών δικτύων, η οποία λαμβάνεται ως προς την οριζοντιογραφία και τη μηκοτομή ως εξής:

- Χάραξη ως προς την οριζοντιογραφία.
Κατά τη χάραξη των υδραγωγείων στην οριζοντιογραφία θα πρέπει να δίνεται προσοχή στα ακόλουθα σημεία:
 1. Δάση: Θα πρέπει να αποφεύγονται ώστε να μην προκαλείται βλάβη από την κατασκευή των έργων στο φυτικό περιβάλλον και όπου αυτό δεν είναι εφικτό προτείνεται η χάραξη παράλληλα με ήδη υπάρχοντα μονοπάτια ή κατά μήκος των αντιπυρικών ζωνών.
 2. Γωνίες: Οι απαιτούμενες αλλαγές κατεύθυνσης στην οριζοντιογραφία πρέπει να γίνονται με καμπύλες και όχι γωνίες.
 3. Διασταυρώσεις οδών: Οι διελεύσεις των σωλήνων κάτω από τα οδοστρώματα πρέπει να γίνονται σε σημεία όπου τυχόν θραύση των σωλήνων να μην προκαλεί κατολίσθηση τμήματος της οδού και η αποχέτευση του νερού του αγωγού θα πρέπει να είναι εύκολη.
 4. Διασταύρωση με ποτάμια, αρδευτικές και στραγγιστικές τάφρους: Σε αυτές τις περιπτώσεις κατασκευάζονται σίφωνες.
 5. Διασταυρώσεις με σιδηροδρομικές γραμμές: Πρέπει να γίνονται κατά το δυνατόν σε σημεία όπου οι γραμμές είναι τοποθετημένες στο ύψος του φυσικού εδάφους ή σε χαμηλά αναχώματα.
 6. Στις χαράξεις των δικτύων σε απότομες βουνοπλαγιές για λόγους οικονομίας υλικών και ευκολότερης κατασκευής, ώστε να αποφύγουμε διασταυρώσεις και ποτάμια, δάση και μεγάλες γωνίες, προτιμάται η κάθετη χάραξη στις ισοϋψείς καμπύλες του τοπογραφικού. Στο παρακάτω σχήμα 3.4 βλέπουμε την πηγή (Π), η οποία συνδέεται με το κοντινότερο και το ψηλότερο σημείο (Α) του οικισμού, το οποίο συμβαίνει για λόγους οικονομίας στην κατασκευή και μια σωστή διανομή νερού.



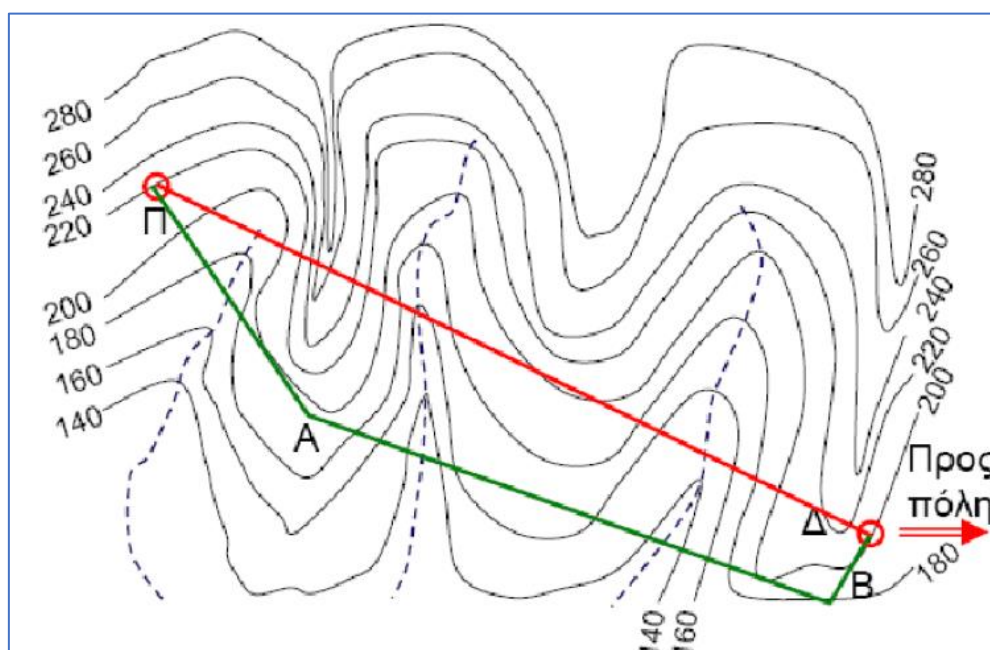
Σχήμα 3.4: Κάθετη χάραξη ως προς την οριζοντιογραφία.

- Χάραξη ως προς τη μηκοτομή
 Σημαντικό είναι να αναφερθούμε στα σημεία που πρέπει να δίνεται προσοχή κατά τη σχεδίαση της μηκοτομής των υδραγωγείων τα οποία είναι:
 1. Πιεζομετρική γραμμή: Ο αγωγός είναι καλύτερα να τοποθετηθεί όσο χαμηλότερα γίνεται από την πιεζομετρική γραμμή, την οποία δεν πρέπει να τέμνει σε κανένα σημείο του. Είναι απαραίτητο να λαμβάνεται υπόψη ότι οι βαλβίδες εξαερισμού των αγωγών λειτουργούν μόνο όταν έχουν την κατάλληλη πίεση στον αγωγό.
 2. Ελάχιστη κλίση αγωγού: Σε επίπεδες περιοχές οι αγωγοί θα πρέπει να τοποθετούνται με ελάχιστη κλίση 3-5‰, ώστε να μπορεί να γίνει εύκολα η εκκένωση και ο εξαερισμός τους.
 3. Ελάχιστη υπερκάλυψη: Η ελάχιστη υπερκάλυψη των σωλήνων για την προστασία τους από εξωτερικές φορτίσεις και παγετούς παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα και το μέγιστο βάθος της εκσκαφής είναι 3μ.
 4. Εξαερισμός - εκκένωση: Κάθε υψηλό σημείο των αγωγών πρέπει να εξαερίζεται και κάθε χαμηλό να εκκενώνεται, ενώ τα ειδικά τεμάχια θα πρέπει να τοποθετούνται πάντα μέσα σε φρεάτια.

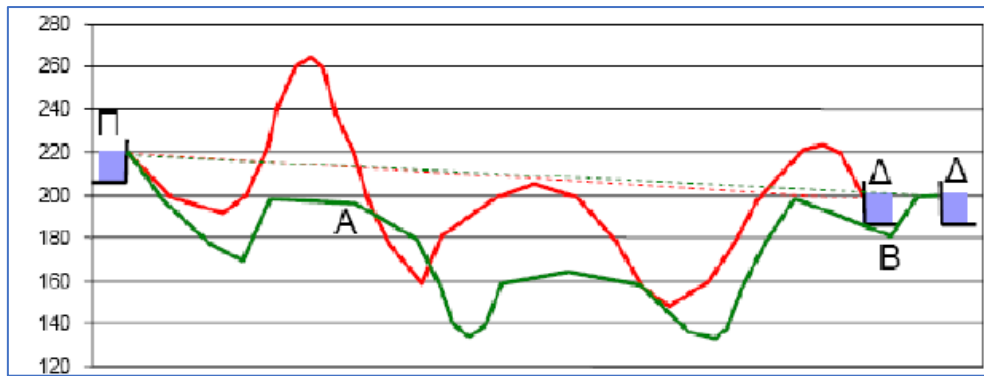
Πίνακας 3.1: Ελάχιστη ύψη υπερκάλυψης σωλήνων.

Διατομή χλστ	Ελάχιστη υπερκάλυψη μ
80-150	1,50
200	1,50
250	1,45
300	1,40
350	1,40
400	1,35
500	1,30
600	1,25
700	1,20
800	1,15

Οι χαράξεις σύμφωνα με την οριζοντιογραμμή είναι πολύ σημαντικές για μια μελέτη κατασκευής δικτύου, όπως θα δούμε στο παρακάτω σχήμα, όπου παρουσιάζονται δύο χαράξεις για πειραματικούς σκοπούς: την χάραξη ΠΑΒΔ με πράσινο χρώμα και την χάραξη ΠΔ με κόκκινο χρώμα. Η χάραξη ΠΔ λόγω της απότομης κλίσης θα δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα πίεσης στο δίκτυο στα μεγάλα υψόμετρα (220-240μ), όπως σπάσιμο του αγωγού, υδραυλικό πλήγμα εξαιτίας των απότομων υψηλών πιέσεων και για την αντιμετώπιση των προβλημάτων θα απαιτηθεί επιπλέον εξοπλισμός και ταυτόχρονα κόστος. Επομένως, η ορθότερη οικονομική και αξιόπιστη χάραξη είναι η ΠΑΒΔ.

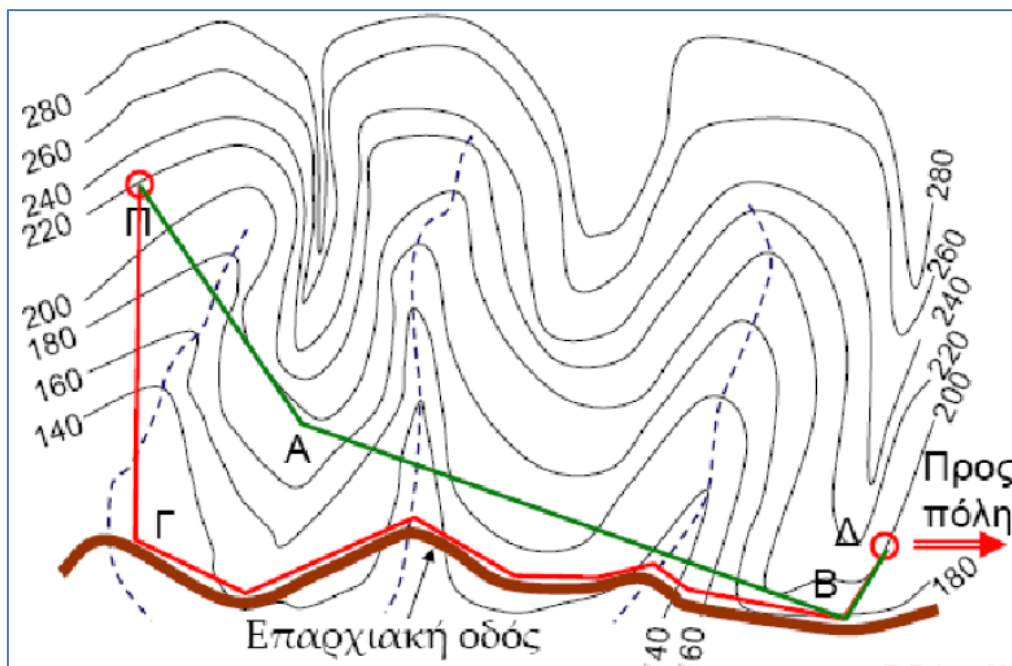


Σχήμα 3.5: Χάραξη ως προς την οριζοντιογραφία



Σχήμα 3.6: Χάραξη ως προς την οριζοντιογραφία

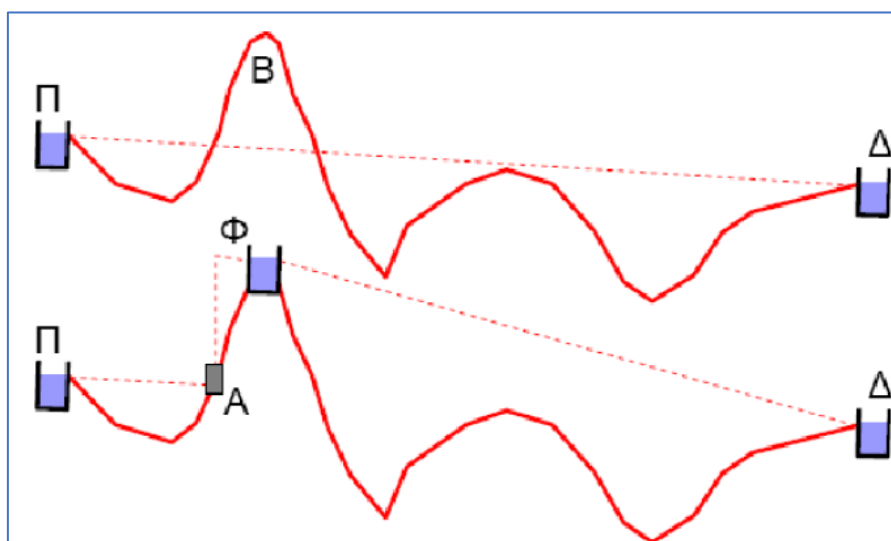
Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζουμε δύο χαράξεις: τη χάραξη ΠΑΒΔ με πράσινο χρώμα και τη χάραξη ΠΓΒΔ με κόκκινο χρώμα. Και η δύο χαράξεις ξεκινούν από τα 240m υψόμετρο και καταλήγουν στα 180m. Επίσης, και οι δύο χαράξεις είναι τεχνικά σωστές, αλλά προτιμότερη είναι η χάραξη ΠΓΒΔ, η οποία μπορεί να έχει μεγαλύτερο μήκος και να παρουσιάζει μια ελάχιστη μικρή αύξηση στη μέγιστη πίεση, αλλά έχει το πλεονέκτημα να βρίσκεται δίπλα σε επαρχιακή οδό με αποτέλεσμα να είναι πολύ πιο εύκολη η εγκατάσταση και μικρότερο το κόστος κατασκευής. Επιπλέον, δίνεται ευκολότερα παροχή σε κατοικίες κοντά στο δρόμο, ενώ με την πάροδο του χρόνου είναι πιο εύκολη η αντιμετώπιση οποιουδήποτε προβλήματος παρουσιαστεί στην εγκατάσταση.



Σχήμα 3.7: Χάραξη ως προς την οριζοντιογραφία

Στο παρακάτω σχήμα περιγράφεται ένα σύννηθες πρόβλημα που προκύπτει πολύ συχνά κατά την κατασκευή των δικτύων. Όπως παρατηρείται στο σχήμα, πρέπει να αντιμετωπίσουμε την κορυφή Β όταν δεν είναι εύκολη κάποια άλλη λύση. Για την επίτευξη αυτού θα πάρουμε των αγωγό νερού από το σημείο Π στο σημείο Α, όπου είναι το αντλιοστάσιο και με ένα καταθλιπτικό αγωγό ΑΦ θα φτάσουμε στη κορυφή, όπου θα γίνει κατασκευή φρεατίου πτώσεως για τον περιορισμό του υδραυλικού

πλήγματος και στη συνέχεια, με έναν αγωγό βαρύτητας $\Phi\Delta$ θα κατευθύνουμε το δίκτυό μας στην επόμενη δεξαμενή, όπου θα γίνει και η διανομή στον οικισμό μας.



Σχήμα 3.8 Χάραξη ως προς τη μηκτομή

3.2.2 Παροχή σχεδιασμού

Οι υδραυλικοί υπολογισμοί του σχεδιασμού πραγματοποιούνται στηριζόμενοι στον υπολογισμό της κατανάλωσης νερού των κατοίκων της περιοχής μελέτης. Αυτό όμως, ως είναι ευνόητο, είναι ιδιαίτερα δύσκολο να προσδιορισθεί με μεγάλη ακρίβεια και λεπτομέρεια, εξαιτίας των πολλών συνισταμένων και για τον λόγο αυτό και προς διευκόλυνση της διαδικασίας, γίνεται μια υπόθεση για την μέση ημερήσια κατανάλωση κάθε κατοίκου, με βάση τους κυριότερους παράγοντες όπως το μέγεθος, η δόμηση και οι χρήσεις γης της περιοχής που αναφέρεται ο σχεδιασμός του δικτύου ύδρευσης (π.χ. για μικρούς οικισμούς $Q= 100-150$ L/ημέρα, για μεγάλα αστικά κέντρα $Q= 200-250$ L/ημέρα) και κατά αυτόν τρόπο είναι εφικτός ο υπολογισμός της παροχής σχεδιασμού του δικτύου.

Ταυτόχρονα όμως, θα πρέπει να συνεκτιμηθεί και το γεγονός ότι το δίκτυο ύδρευσης θα πρέπει να είναι ικανό να ανταποκρίνεται επαρκώς και στις μέγιστες ανάγκες νερού που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της μέρας, οπότε ανέκυψε η ανάγκη για τον ορισμό και άλλων δύο μεγεθών, δηλαδή αυτό της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης και της μέγιστης ωριαίας κατανάλωσης. Υπό αυτά τα δεδομένα, η παροχή σχεδιασμού περιγράφει τη δυσμενέστερη περίπτωση και ορίζεται ως η μέγιστη ωριαία κατανάλωση, που υποδηλώνει τη στιγμιαία μέγιστη τιμή της παροχής στη διάρκεια της ημέρας.

3.2.3 Υπολογισμός παροχών κατανάλωσης

Στον κάτωθι πίνακα 3.1 εμφανίζονται οι ειδικές ημερήσιες καταναλώσεις, όπως αυτές αποτυπώθηκαν από την TOTEE:

Πίνακας 3.1: Ειδικές ημερήσιες απαιτήσεις νερού.

Θέση Κατανάλωσης	Ολική ποσότητα απαιτούμενου νερού Lt/ημέρα	Απαιτούμενη ποσότητα κρύου νερού Lt/ημέρα	Απαιτούμενη ποσότητα ζεστού νερού Lt/ημέρα
Ημερήσια κατανάλωση κατοικιών (ποσότητα νερού / άτομο).			
Εργατικές κατοικίες	100 – 150	75 – 90	25 – 60
Γενικές Κατασκευές κατοικιών	110 – 180	80 – 110	30 – 70
Μονοκατοικίες	120 – 200	80 – 130	40 – 70
Πολυτελείς πολυκατοικίες, Βίλες	200 - 300	140 – 200	40 – 100
Ημερήσια κατανάλωση ξενοδοχείων & πανδοχείων (ποσότητα νερού / κρεβάτι).			
Απλά πανδοχεία	60 – 100	20 – 30	40 – 70
Ξενοδοχεία	80 – 120	20 – 30	60 – 90
Ξενοδοχεία Α' κατ.	100 – 200	40 – 80	60 – 120
Ξενοδοχεία Πολυτελείας	150 - 350	70 – 200	45 – 50
Ημερήσια κατανάλωση εστιατορίων (ποσότητα νερού / κάθισμα).			
Κανονική πληρότητα	30 – 50	15 – 20	15 – 30
Μεγάλη πληρότητα	50 - 80	20 – 30	30 – 50
Ημερήσια κατανάλωση πολυκαταστημάτων (ποσότητα νερού / εργαζόμενο).			
	25 - 50	20 – 40	5 – 10
Ημερήσια κατανάλωση κτιρίων γραφείων & διαχείρισης (ποσότητα νερού / εργαζόμενο).			
	20 - 30	15 – 20	5 – 10
Ημερήσια κατανάλωση νοσοκομείων (ποσότητα νερού / κλίνη).			
150 - 300 κρεβάτια	250 – 450	200 – 300	50 – 100
300 - 600 κρεβάτια	300 – 500	240 – 390	60 – 110
600 - 1000 κρεβάτια	400 – 600	320 – 470	80 – 130
1000 - 2000 κρεβάτια	500 - 650	400 – 500	100 – 150
Ημερήσια κατανάλωση οίκων ευγηρίας (ποσότητα νερού / κάτοικο).			
	100 - 150	70 – 90	30 – 60
Ημερήσια κατανάλωση παιδικών σταθμών (ποσότητα νερού / θέση).			
	100 - 130	60 – 80	40 – 50
Ημερήσια κατανάλωση σχολείων (ποσότητα νερού / μαθητή).			
	5 - 10	5 – 10	-
Ημερήσια κατανάλωση στρατώνων (ποσότητα νερού / άνδρα).			
	100 - 150	70 – 90	30 – 60
Ημερήσια κατανάλωση κλειστών κολυμβητηρίων (ποσότητα νερού / επισκέπτη).			
Κολυμβητήρια	120 – 200	70 – 120	50 – 80
Καταιονητήρες	40 – 90	15 – 40	25 – 50

Αγωγοί υδροδότησης αποκαλούνται οι αγωγοί που διανέμουν το νερό στους καταναλωτές και συνδέονται σε κάθε κλάδο ενός δικτύου ύδρευσης, ενώ φυσικά ο αριθμός τους δεν είναι σταθερός και ποικίλει ανάλογα με τις ανάγκες της υδροδοτούμενης περιοχής. Ανεξαρτήτως όμως του πλήθους των αγωγών αυτών, για να διευκολυνθεί ο υπολογισμός των παροχών κατανάλωσης και κατά συνέπεια ο σχεδιασμός και η επίλυση του δικτύου, θεωρείται δεδομένο ότι το νερό καταναλώνεται στους κόμβους του δικτύου.

Οι παροχές κατανάλωσης υπολογίζονται μέσω της εξής ακολουθούμενης μεθοδολογίας: Αρχικά, φέρονται οι διχοτόμοι των γωνιών από κάθε κόμβο, με αποτέλεσμα να προκύπτουν διάφορα γεωμετρικά σχήματα, το εμβαδόν των οποίων υπολογίζεται. Κάθε κλάδος θεωρείται ότι υδροδοτεί το εμβαδόν της περιοχής που σχηματίζεται από τους κόμβους στα άκρα του λογίζεται ως η περιοχή που υδροδοτεί ο κάθε κλάδος και έτσι στη συνέχεια αθροίζοντας τα επιμέρους εμβαδά που προκύπτουν, προσδιορίζεται το συνολικό εμβαδόν της υδροδοτούμενης περιοχής. Έχοντας ως δεδομένο εκ των προτέρων τον πληθυσμό της περιοχής και διαιρώντας τον με το συνολικό εμβαδό που προέκυψε μέσω της προαναφερόμενης διαδικασίας προκύπτει η πληθυσμιακή πυκνότητα.

Στη συνέχεια, για να υπολογισθεί ο αριθμός των καταναλωτών που αντιστοιχεί σε καθέναν από τους κλάδους πολλαπλασιάζεται το εμβαδό που υδροδοτεί καθένας από αυτούς με την πληθυσμιακή πυκνότητα που έχει ήδη προσδιορισθεί και ακολούθως πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των καταναλωτών με την τιμή της ατομικής κατανάλωσης υπολογίζεται η παροχή νερού που θα πρέπει να διανέμει ο κλάδος. Τέλος, η διαίρεση της τιμής που προέκυψε με το μήκος του κλάδου μας δίνει την ανά μέτρο μήκους παροχή κατανάλωσής του, η οποία και επιδιώκεται να εκφραστεί ως παροχή κατανάλωσης στους κόμβους.

Για να γίνει αυτό όμως προτείνονται δύο μεθοδολογίες, εκ των οποίων η πρώτη αναφέρει ότι θα πρέπει να θεωρηθεί ότι η παροχή κατανάλωσης μοιράζεται εξίσου στα δύο άκρα του κλάδου και η δεύτερη ότι η παροχή κατανάλωσης εξέρχεται εξολοκλήρου στο ένα άκρο του κλάδου. Εκ των δύο αυτών μεθοδολογιών επί των πλειστών προτιμάται η πρώτη αναφερόμενη, αφού έχει εμπειρικά σημειωθεί ότι η δεύτερη μεθοδολογία οδηγεί πολύ συχνά σε υπερδιαστασιολόγηση των δικτύων.

Θα πρέπει να σημειωθεί το γεγονός όμως ότι πολύ συχνά παρατηρείται το φαινόμενο της ανομοιόμορφης κατανομής του πληθυσμού στις υδροδοτούμενες περιοχές και προκειμένου να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα αυτό οι εν λόγω περιοχές διαχωρίζονται σε πληθυσμιακές ζώνες.

Στην περίπτωση τώρα που πρόκειται για περιοχή μικρής έκτασης η ανωτέρω περιγραφόμενη διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε μία ζώνη χωριστά, ενώ στην περίπτωση που πρόκειται για περιοχή ιδιαίτερα μεγάλης έκτασης, με αποτέλεσμα να καθίσταται πολύπλοκη η διαδικασία υπολογισμού των εμβαδών υδροδοσίας, τότε αφού προσδιορισθεί η κατανάλωση νερού όλου του πληθυσμού, αυτή διαιρείται με το συνολικό μήκος των κλάδων, για να λάβουμε ως αποτέλεσμα μια κοινή παροχή κατανάλωσης ανά μήκος κλάδου για όλη την υπό εξέταση περιοχή.

Στη συνέχεια και με σκοπό να προσδιορισθεί η κατανάλωση κάθε ζώνης, καθεμία από αυτές χαρακτηρίζεται από ένα συντελεστή κατανάλωσης που κυμαίνεται από το 0,5 έως το 1,5, ο οποίος και πολλαπλασιάζεται με την ανά μήκος κατανάλωση.

3.2.4 Όρια ταχύτητας νερού δικτύου

Η ταχύτητα του νερού στα δίκτυα ύδρευσης θα πρέπει να κυμαίνεται από 0,5 έως 2 m/s και τούτο έχει θεσπισθεί ως απαραίτητη προϋπόθεση για να αποφεύγονται οι αποθέσεις υλικών που παρασύρονται, που θα έχει ως άμεσο επακόλουθο το φράξιμο των αγωγών σε ότι αφορά το κατώτατο όριο και για να αποφεύγονται διαβρώσεις των αγωγών ή άλλα προβλήματα υπερπίεσεων λόγω τυχόν υδραυλικού πλήγματος σε ότι αφορά το ανώτατο όριο. Σχετικά δε με τα κλειστά ή βροχωτά υδραυλικά δίκτυα, όπου η κυκλοφορία του νερού επιτυγχάνεται με μεγαλύτερη ευκολία, τα προβλεπόμενα επιτρεπτά όρια ταχύτητας είναι σαφώς πιο ελαστικά.

3.2.5 Περιορισμοί πίεσης δικτύων

Για να αποφεύγονται τα προβλήματα που δημιουργούνται από τις υψηλές πιέσεις, όπως η αύξηση των απωλειών νερού λόγω διαρροών, η δημιουργία θορύβων στις υδραυλικές εγκαταστάσεις των δικτύων, ακόμα και δυσλειτουργία των υδραυλικών συσκευών των νοικοκυριών θα πρέπει σε κάθε περίπτωση η στατική διαφορά πίεσης (ακίνητο νερό) μεταξύ της δεξαμενής (ανώτατη στάθμη λειτουργίας) και του χαμηλότερου σημείου του δικτύου να μην ξεπερνά τα 100m.

3.3 Υδραυλικοί υπολογισμοί

Η μελέτη ενός συστήματος για να αποφέρει φερέγγυα αποτελέσματα και για να αποφευχθούν λάθη που μπορεί να αποβούν πολυέξοδα απαιτεί την γνώση των βασικότερων αρχών και σχέσεων της υδραυλικής, αφού οι υδραυλικοί σχεδιασμοί, οι οποίοι και καθορίζουν τόσο την αποδοτικότητα όσο και το αρχικό αλλά και λειτουργικό κόστος της εγκατάστασης, συνιστούν έναν εκ των σπουδαιότερων παραγόντων που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό ενός δικτύου μεταφοράς νερού. Για τον λόγο αυτό σε αυτό το σημείο κρίνεται αναγκαίο να παρατεθεί μία συνοπτική περιγραφή όλων των σχέσεων και στοιχείων των υδραυλικών υπολογισμών που απαραίτητως θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την μελέτη ενός δικτύου μεταφοράς νερού.

3.3.1 Ροή ή χωρητικότητα του υγρού - Βασικές αρχές υπολογισμών δικτύων

Ροή ονομάζεται η μάζα / βάρος ή ο όγκος ενός υγρού που κινείται σε μια δεδομένη χρονική στιγμή. Οι διακρίσεις της ροής σε ότι αφορά τους κλειστούς αγωγούς σε σχέση με το χώρο και το χρόνο είναι δύο και πιο συγκεκριμένα σε μόνιμη και μη μόνιμη.

Μόνιμη χαρακτηρίζεται η ροή της οποίας η ταχύτητα παραμένει σταθερή σε όλα τα σημεία και αμετάβλητη με το χρόνο (δεν αποκλείεται όμως η μεταβολή της ανάλογα με την θέση).

Μη μόνιμη χαρακτηρίζεται η ροή της οποίας η ταχύτητα μεταβάλλεται σε όλα τα σημεία με το χρόνο.

Ο όρος **υδραυλικό πλήγμα** αναφέρεται στα φαινόμενα υπερπίεσης που αντιστοιχούν σε μη μόνιμη ροή, ενώ με βάση την ταχύτητα του νερού η ροή διαχωρίζεται σε δύο τύπους. Ειδικότερα, όπου παρατηρούνται μικρές ταχύτητες η ροή χαρακτηρίζεται ως στρωτή, ενώ στην αντίθετη περίπτωση, δηλαδή όπου υφίστανται μεγάλες ταχύτητες του νερού, η ροή χαρακτηρίζεται ως τυρβώδης. Η διάκριση μεταξύ των δύο τύπων ροής καθορίζεται από τον αριθμό Reynolds, ενώ αξιωματικά σημειωθεί ότι σε ότι αφορά τους κλειστούς αγωγούς υπό πίεση και στα πρακτικά προβλήματα αυτών, η ροή είναι τυρβώδης.

Όπου:

V = ταχύτητα ροής στον αγωγό σε m/s

D = η διάμετρος του αγωγού σε m

ν = ο συντελεστής ιξώδους του ρευστού

Με βάση τις τιμές του αριθμού Reynolds, η ροή χαρακτηρίζεται ως στρωτή όταν αυτές είναι αδιάστατου μικρότερες του 2320, ενώ ως τυρβώδης ή στροβιλώδης χαρακτηρίζεται η ροή όταν οι προαναφερόμενες τιμές κυμαίνονται από 4.000 έως 6.000. Όσον αφορά τη μονάδα μέτρησης της ροής, αυτή αντιστοιχεί στην αναλογία του όγκου ενός υγρού που διαπερνά μια σταθερή διατομή σε ένα σταθερό χρόνο, δηλαδή $Q=m^3/sec$. Ιδιαίτερη δε επισήμανση θα πρέπει να γίνει στη σημασία της ροής του υγρού ενός συστήματος, αφού κάθε απόκλιση της έχει άμεση επίδραση στην αλλαγή της ταχύτητας του υγρού.

Η ροή αποδίδεται μαθηματικά ως εξής:

$$Q=A \cdot V$$

όπου:

A = η επιφάνεια μιας υγρής διατομής σε m^2

N = η ταχύτητα του υγρού σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec)

Q = ροή σε m^3/sec

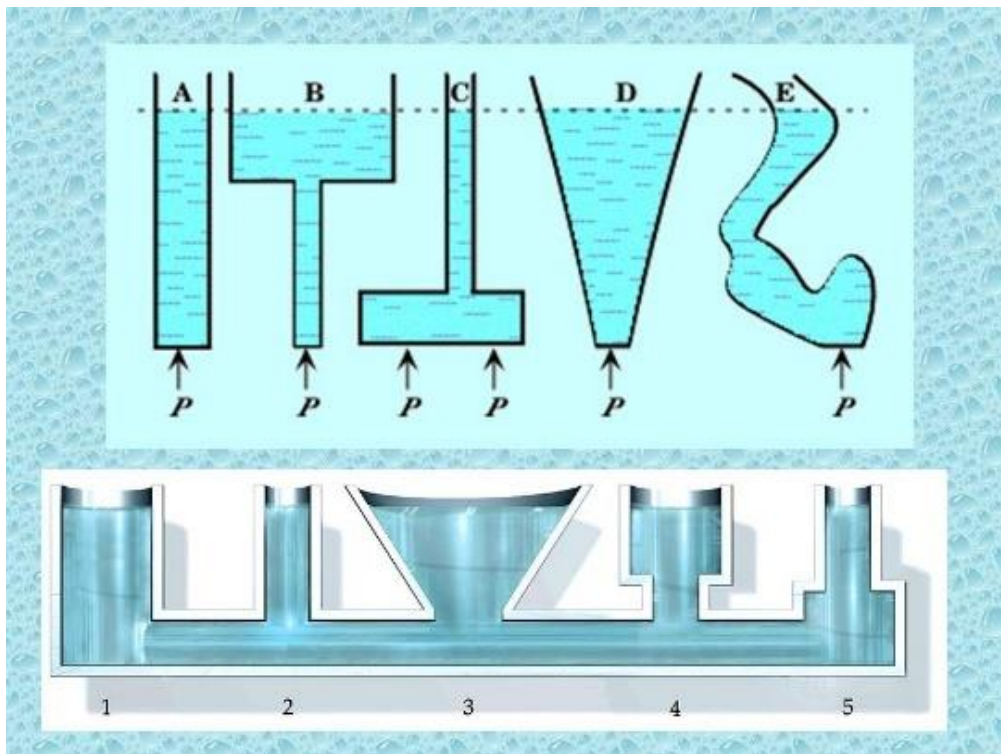
3.3.2 Ταχύτητα ροής των δικτύων

Ένας άλλος βασικός παράγοντας που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό ενός δικτύου μεταφοράς νερού, είναι η ταχύτητα του, η οποία και μπορεί να υπολογισθεί απευθείας από την προαναφερόμενη εξίσωση της ροής λύνοντας ως προς V ή από σχετικά νομογραφήματα απωλειών πίεσης. Να σημειωθεί ότι σε ότι αφορά τα κλειστά δίκτυα μεταφοράς νερού οι υδραυλικοί υπολογισμοί έχουν ισχύ μόνο θεωρώντας ως δεδομένο ότι η ροή του νερού είναι σταθερή.

3.3.3 Πίεση του υγρού

Πίεση γενικά ονομάζεται η δύναμη που επιδρά ανά μονάδα περιοχής ή επιφάνειας και πιο συγκεκριμένα σε ότι αφορά το νερό είναι η δύναμη που δέχεται ένα σημείο ή μια περιοχή από το νερό που βρίσκεται πάνω του, ουσιαστικά δηλαδή είναι το βάρος της υπερκείμενης στήλης νερού. Από τον ορισμό προκύπτει ότι μονάδα μέτρησης της πίεσης είναι είτε τα μέτρα (10 μέτρα=1 ATM = 1 bar) είτε το βάρος ($1kg/cm^2 = 1atm$), αφού το βάρος που δέχεται το σημείο ή η περιοχή είναι συνάρτηση του ύψους του στήλης νερού. Η πίεση του υγρού μας έχει τις τρεις ακόλουθες σημαντικές ιδιότητες:

- Η πίεση του υγρού ασκείται προς όλες τις διευθύνσεις.
- Η πίεση κάθε σημείου ενός υγρού ευρισκόμενου σε ηρεμία είναι ίδια σε όλες τις κατευθύνσεις.
- Η πίεση του υγρού έχει ως αποτέλεσμα τη δράση μια κάθετης δύναμης στην επιφάνεια με την οποία βρίσκεται σε επαφή.



Εικόνα 3.5: Πίεση του υγρού

Ο γενικός τύπος της πίεσης σε μια επιφάνεια είναι:

$$P=B/A=W*E/A$$

όπου:

P= πίεση σε ATM

B= Βάρος σε gr

W= όγκος σε cm³

E= Ειδικό βάρος υγρού.

Ιδιαίτερος θα πρέπει να τονισθεί το γεγονός ότι σε κανένα υγρό δεν εμπεριέχεται καμία εσωτερική δύναμη και η κίνηση του νερού λαμβάνει χώρα μόνο από μια περιοχή υψηλότερης πίεσης σε μια χαμηλότερη.

3.3.4 Στατική πίεση

Ως στατική πίεση ορίζεται η πίεση στα σημεία όπου δεν υπάρχει ροή. Όπως εμφανώς βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα 3.6, όπου γεμίζει ο αγωγός, με αρχή το μανόμετρο 1 και τέλος το μανόμετρο 2, δεν υπάρχει καμία ροή και η μετρούμενη πίεση στα μανόμετρα μας αντίστοιχα είναι ίδια.



Εικόνα 3.6: Στατική πίεση

3.3.5 Πίεση Λειτουργίας (Δυναμική πίεση)

Πίεση λειτουργίας ονομάζεται η πίεση ενός σημείου του δικτύου όταν μια δεδομένη ποσότητα νερού (παροχή) κινείται σε αυτό.

3.3.6 Πυκνότητα ρ

Πυκνότητα ονομάζεται η σχέση μεταξύ της μάζας του υγρού και του όγκου του. Μονάδα μέτρησης της είναι $\text{κιλό}/\text{m}^3$ και ορίζεται ως η μάζα (κιλό) που περιέχεται σε ένα καθορισμένο όγκο (m^3), ενώ μαθηματικά δίδεται από τον τύπο:

$$\rho = m/v$$

3.3.7 Ειδικό βάρος

Ειδικό βάρος ονομάζεται ο λόγος της πυκνότητας ενός υγρού σε σχέση με αυτόν του νερού, το οποίο έχει το ειδικό βάρος της μονάδας. (ειδικό βάρος g ($\gamma\rho$) = ρ (νερού). = $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ στους 4C° $\rho = \text{μάζα} / \text{όγκο}$ (kg/m^3).

3.3.8 Ιξώδες

Ως ιξώδες ορίζεται η ικανότητα ροής ενός υγρού, το μέτρο της εσωτερικής τριβής του και η εντατική ιδιότητα του ρευστού η οποία χαρακτηρίζει την ροή. Με σταθερή την διαφορά πιέσεως, όσο μεγαλύτερο το ιξώδες του ρευστού, τόσο πιο αργή είναι η ροή του.

3.3.9 Μείωση τις ενέργειας του νερού – (απώλειες πίεσης)

Η επαφή των μορίων του νερού με τα στέρεα τοιχώματα των κλειστών αγωγών, καθώς αυτό κινείται μέσα σε ένα σύστημα, προκαλεί την ανάπτυξη δυνάμεων τριβής, εξαιτίας των οποίων σημειώνονται απώλειες, με άμεσο επακόλουθο την μείωση της συνολικής ενέργειας του νερού.

Ως απώλεια πίεσης λόγω τριβών ορίζεται αυτή η παρατηρούμενη σε ένα σύστημα κλειστών αγωγών μείωση της ενέργειας του νερού, που προκαλείται από τις

δυνάμεις τριβείς που δημιουργούνται μεταξύ των μορίων του νερού και του τοιχώματος του σωλήνα. Η ταχύτητα V , η πυκνότητα ρ και το ιξώδες του νερού, καθώς και η διάμετρος D και η τραχύτητα του αγωγού έχουν άμεση σχέση με τις προαναφερόμενες απώλειες.

Οι τιμές των απωλειών λόγω τριβών εκφράζονται σε μονάδες μήκους (μέτρα), αφού η ενέργεια στις υδραυλικές εφαρμογές έχει αυτή τη μονάδα μέτρησης και ονομάζονται γραμμικές απώλειες, ενώ για τον μαθηματικό προσδιορισμό τους έχουν κατά καιρούς αναπτυχθεί διάφορες εξισώσεις, εκ των οποίων οι επικρατέστερες είναι οι ακόλουθες:

I. Εξίσωση των Darcy – Weisbach

Η συγκεκριμένη εξίσωση θεωρεί ως μόνιμη σταθερή την ροή μέσα σε κλειστούς αγωγούς και αποδίδει το γραμμικό ύψος των απωλειών h_f σε συνάρτηση ενός συντελεστή τριβής f και η μαθηματική της αποτύπωση τόσο για στρωτή, όσο και για τυρβώδη ροή είναι η ακόλουθη:

$$h_f = f \cdot (L \cdot V^2 / D \cdot 2g)$$

όπου:

f = ο συντελεστής τριβής

L = το μήκος αγωγού (m)

D = η διάμετρος της διατομής του αγωγού (m)

u = η ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/sec)

g = η επιτάχυνση της βαρύτητας (ίση με $9,81 \text{ m/sec}^2$)

II. Εξίσωση των Colebrook – White

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στα υδραυλικά προβλήματα των κλειστών αγωγών υπό πίεση η ροή είναι τυρβώσης που σημαίνει ότι ο αριθμός $Re > 4000$ και μάλιστα στην πλειονότητα τους είναι πλήρως τυρβώδης, δηλαδή $Re > 6000$, οπότε ο συντελεστής τριβών f προσδιορίζεται από την ημιεμπειρική σχέση των Colebrook – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{K}{3.7D} + \frac{2.5l}{Re \sqrt{f}} \right]$$

Όπου:

Re = ο αριθμός Reynolds της ροής ($= V D / \nu$)

ν = το ιξώδες του νερού, που είναι ίσο με $0,001519 \text{ kg/m}^2\text{s}$

III. Εξίσωση των Haazen – Williams

Τέλος, οι γραμμικές απώλειες δύναται να προσδιορισθούν και μέσω της προσεγγιστικής σχέσης Haazen – Williams που δίδεται από τον μαθηματικό τύπο:

$$h_f = 10.675 L Q^{1.852} / c^{1.852} D^{4.87}$$

Όπου:

C = ο αδιάστατος συντελεστής απωλειών

Η γήρανση των αγωγών θα πρέπει να συνεκτιμάται στις τιμές εφαρμογής των συντελεστών τραχύτητας, αφού είναι ευρέως γνωστό ότι ο σχεδιασμός των δικτύων άρδευσης γίνεται με ορίζοντα άνω των 20 ετών και για τον λόγο αυτό, θεωρώντας ότι αφορά νερό που δεν προκαλεί διάβρωση ή επικαθίσεις, η ελάχιστη αποδεκτή ισοδύναμη τραχύτητα ισούται $k_s = 0.1 \text{ mm}$, ενώ στην πιο κοινή περίπτωση

πλαστικών αγωγών και θεωρώντας ως αναμενόμενα τα περιστατικά διάβρωσης και επικαθήσεων, συστήνεται $k_s =$ από 1.0 έως 2.0 mm.

Σύμφωνα με τους Haazen- Williams οι λείοι και ευθυγραμμισμένοι αγωγοί έχουν συντελεστή $c = 140$, οι παλαιοί και φθαρμένοι έως 90 ή 80, ενώ η τυπική τιμή του για τους πλαστικούς αγωγούς είναι $c = 100-105$.

3.4 Υδραυλικό Πλήγμα

Όπως προεκτάθηκε, με τον όρο **υδραυλικό πλήγμα** ορίζονται τα φαινόμενα υπερπίεσης που αντιστοιχούν σε μη μόνιμη ροή και προκαλούνται από τις υποπίεσεις ή τις υπερπίεσεις, που αναπτύσσονται σε τυχόν μεταβολές στην παροχή των δικτύων μεταφοράς νερού. Τα υδραυλικά πλήγματα μπορούν να εκδηλωθούν με τους ακόλουθους τρόπους:

- Τη μεταβολή ροής από το κλείσιμο μιας βάνας
- Την έναρξη και παύση λειτουργίας των αντλιών
- Την παρουσία θυλάκων αέρα στο δίκτυο
- Την παύση λειτουργίας των συσκευών κατά την άρδευση
- Το σπάσιμο ενός αγωγού

Έλεγχος για υδραυλικό πλήγμα

Υπολογίζεται η διαφορά πίεσης ΔP

Όπου

$L =$ το μήκος του αγωγού (m)

$U =$ η ταχύτητα ροής του αγωγού (m/sec)

$T =$ ο χρόνος κλεισίματος της βάνας (sec), π.χ. 60sec

$g = 9,81$ m/sec

Στη συνέχεια, η συνολική πίεση P συγκρίνεται με την πίεση που μπορεί να αντέξει ο αγωγός που έχει επιλεγεί, π.χ. για αγωγό PVC 10atm το όριο είναι 100m.

$P = \Delta H + \Delta P,$

όπου $\Delta H =$ η υψομετρική διαφορά ανάμεσα στα 2 σημεία του αγωγού

3.4.1 Απότομη μεταβολή ροής από το κλείσιμο μιας βάνας -παύση συσκευών

Η διακοπή της ροής σε σημείο κοντά στη βάνα όταν γίνεται απότομα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας, αλλά παράλληλα όμως με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται και η πίεση μέσα στο σύστημα. Το πρακτικό αποτέλεσμα της αυξομειώσεως της ταχύτητας είναι η μεταφορά κυμάτων υποπίεσης στην αρχή και στη συνέχεια υπερπίεσης, φαινόμενο το οποίο θα συνεχίσει να υφίσταται μέχρι να μειωθούν οι δημιουργούμενες ισχυρές δυνάμεις, συνεπεία των οποίων όμως υπάρχει ενδεχόμενο να προκληθεί θραύση των αγωγών. Η διάρκεια του φαινομένου αυτού είναι συνάρτηση:

- του μήκους του δικτύου,
- της διατομής και του υλικού του αγωγού και
- της παροχής και των κλίσεων του εδάφους.

3.4.2 Έναρξη ή παύση αντλίας

Η έναρξη ή παύση της λειτουργίας μιας αντλίας προκαλεί αύξηση ή μείωση αντίστοιχα της ταχύτητας στον αγωγό, που έχει ως επακόλουθο αφενός την

δημιουργία υψηλών τιμών πίεσης ή υπερπίεσης στην έξοδο και αφετέρου την δημιουργία χαμηλών τιμών πίεσης ή υποπίεσης στην είσοδο.

Η υπερπίεση που παρατηρείται στο δίκτυο και οι τιμές αυτής συνδέονται άμεσα με τον ρυθμό αύξησης των στροφών της αντλίας, αλλά και την θέση των βαλβίδων στο δίκτυο. Πέρα από αυτά όμως σχετίζεται και με την απόσταση που υφίσταται ανάμεσα στη βάνα και την αντλία, αφού τις περισσότερες φορές οι φυγοκεντρικές αντλίες τίθενται σε λειτουργία με την βάνα κλειστή.

Για τους λόγους αυτούς οι βάνες τοποθετούνται σχεδόν αμέσως στην έξοδο της αντλίας, ούτως ώστε το L να καθίσταται μικρό, ενώ επειδή υπάρχει πιθανότητα η ανάστροφη ροή, δηλαδή η ροή από την έξοδο προς την είσοδο, να δημιουργήσει προβλήματα κυμάτων πίεσης στις αντλίες, με αποτέλεσμα την περιστροφή αυτών σε αντίθετη διεύθυνση από την κανονική, τοποθετούνται βάνες στις εξόδους των αντλιών, με σκοπό η ροή να διοχετεύεται προς την σωστή μόνο κατεύθυνση και σε κάθε άλλη αντίθετη περίπτωση να επέρχεται απομόνωση της αντλίας με το κλείσιμο της βάνας.

3.5 Αντιπληγματική Προστασία-Αντιμετώπιση πλήγματος

Οι δύο τρόποι που μπορούν να προσφέρουν αντιπληγματική προστασία στο δίκτυο είναι η μείωση του μεγέθους της αύξησης πίεσης τον χρόνο ακριβώς που αυτή λαμβάνει χώρα και η εξουδετέρωση της παρατηρούμενης διαφοράς πίεσης. Αναφορικά με την πρώτη περίπτωση και λαμβάνοντας ως αναγκαία συνθήκη την πίεση λειτουργίας του δικτύου, θα πρέπει να επιλέξουμε προληπτικά αγωγούς μεγαλύτερης διαμέτρου ή αγωγούς με μεγαλύτερη πίεση αντοχής, ενώ σε ότι αφορά τη δεύτερη περίπτωση η αύξηση της πίεσης δίκτυο που προκαλείται από την απότομη διακοπή λειτουργίας της βάνας, αντιμετωπίζεται με την αύξηση του χρόνου διακοπής της λειτουργίας της, σε βαθμό που αυτός να υπερτερεί του χρόνου μετάδοσης του κύματος.

Σε γενικότερες γραμμές οι υπερπίεσεις που δημιουργούνται σε ένα σύστημα αποκαθίστανται με μεθόδους που αποσκοπούν στην απορρόφηση της ενέργειας του κύματος υπερπίεσης ή την ανακούφιση του με μηχανικά μέσα ή διαρροή νερού και ορισμένες εξ αυτών που πρακτικά εφαρμόζονται στην κατεύθυνση αυτή είναι οι ακόλουθες:

- η παρουσία πιεστικών δοχείων σε αντλίες διαφόρων κατηγοριών,
- η εγκατάσταση βαλβίδων μιας κατεύθυνσης ροής στην έξοδο τους,
- ο κατάλληλος σχεδιασμός του συστήματος των αγωγών, ούτως ώστε να είναι εφικτή η τοποθέτηση βαλβίδων εξαερισμού και τέλος
- η πρόβλεψη για εγκατάσταση βαλβίδων ανακούφισης σε επιλεγμένα σημεία του δικτύου, με σκοπό να εκτονώνεται το πλήγμα, αφού θα τίθενται σε λειτουργία όταν η πίεση υπερβεί τα επιτρεπτά όρια, αποδεσμεύοντας κατά αυτόν τον τρόπο ένα μέρος του νερού.



Εικόνα 3.7: Μειωτής πίεσης για τον περιορισμό του πλήγματος

3.6 Αερισμός Δικτύων

Η παρουσία μικρής ποσότητας αέρα στο νερό ενός συστήματος αγωγών, υπό διαλυμένη μορφή, θεωρείται καταρχήν αναπόφευκτη, αλλά μπορεί να χαρακτηριστεί και επιθυμητή εάν βρίσκεται υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Στην περίπτωση όμως που η συσσωρευμένη ποσότητα αέρα δεν ελέγχεται καθόλου ή έστω ελέγχεται πλημμελώς, ανακύπτουν σοβαρά προβλήματα και προς αποφυγή αυτών επισημαίνονται οι τρόποι μέσω των οποίων είναι πιθανή η εισαγωγή αέρα σε ένα δίκτυο ύδρευσης ως εξής:

- όταν πρόκειται για πηγές λήψης νερού που είναι ανοιχτές, οπότε υφίσταται ενδεχόμενο να συμπαρασυρθούν ανεξέλεγκτα σημαντικές ποσότητες αέρα,
- όταν συμβαίνει ροή από ένα μερικώς γεμάτο τμήμα αγωγού σε ένα πλήρως γεμάτο τμήμα του,
- όταν προκαλούνται βλάβες σε διάφορα εξαρτήματα του δικτύου ή είναι εξαρχής ελαττωματικά και
- όταν θέτουμε τις βαλβίδες στη θέση διακοπής της ροής (θέση στραγγαλισμού).

3.6.1 Ροή του αέρα μέσα στους αγωγούς

Οι ποσότητες αέρα στο νερό, όπως προαναφέρθηκε, γίνονται αισθητές με την μορφή φυσαλίδων, το μέγεθος των οποίων ποικίλει, μπορεί να είναι μικρές ή μεγάλες, αλλά σε κάθε περίπτωση αυτές θα κατανέμονται σε όλη τη διατομή του αγωγού. Στην περίπτωση που υπάρχουν μεγάλες ποσότητες αέρα, τα θυλάκια που δημιουργούνται είναι μεγάλα, σε βαθμό μάλιστα που είναι ικανά να καλύψουν ολόκληρο τμήμα αγωγού. Τα θυλάκια αυτά, που συσσωρεύονται και κινούνται κατά μήκος της εσωτερικής επιφάνειας του αγωγού, είναι ικανά να προκαλέσουν ακόμα και διακοπή της ροής, εάν η ταχύτητα του αγωγού είναι υψηλή.

Επιπλέον, σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει ροή νερού, δηλαδή σε στατική κατάσταση, ο αέρας συσσωρεύεται στα υψηλότερα σημεία του, ενώ το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει όταν υφίσταται ροή, δηλαδή συσσωρεύεται στα χαμηλότερα σημεία και κατά μήκος του αγωγού, όπως επίσης και στις άκρες και στα διάφορα εξαρτήματα του δικτύου.

3.6.2 Οφέλη από την ελεγχόμενη παρουσία αέρα

Όπως αναφέρεται και παραπάνω η παρουσία αέρα σε μορφή πολύ μικρών φυσαλίδων, ομοιόμορφα κατανεμημένων μέσα στο δίκτυο, δηλαδή υπό ελεγχόμενες

συνθήκες είναι επιθυμητή και ευεργετική και αυτό γιατί παρέχει προστασία στο σύστημα από φαινόμενα υπερπίεσης, καθώς και αρνητικής πίεσης. Επεξηγώντας, αναφέρουμε ότι η ελεγχόμενη παρουσία αέρα μειώνει την ένταση του πλήγματος συνεπεία της διακοπής λειτουργίας μίας βάνας, αφού έχει την ιδιότητα να αυξάνει την ελαστικότητα του νερού. Πέρα από αυτό όμως, τα ελεγχόμενα θυλάκια αέρα μπορούν να λειτουργήσουν ως ελατήρια, αλλά και συμπληρώσουν τον κενό χώρο που δημιουργείται κατά την εκκένωση των αγωγών, θεραπεύοντας κατά αυτόν τον τρόπο την αρνητική πίεση που προκαλείται κατά τη διαδικασία αυτή, με τελικό αποτέλεσμα την μη θραύση των αγωγών.

3.6.3 Κίνδυνοι από τη συσσώρευση αέρα στα δίκτυα

Όπως ανωτέρω εκτέθηκε η ανεξέλεγκτη παρουσία αέρα στο νερό δημιουργεί σοβαρότατα προβλήματα, αφού σε στατικές καταστάσεις, δηλαδή σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει ροή, ο αέρας εισάγεται ελεύθερα στα υψηλότερα σημεία του αγωγού, με την μορφή αεροθυλάκων, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται σημαντικά η ροή. Στη διαφορετική περίπτωση, δηλαδή σε καταστάσεις κανονικής ροής, η ύπαρξη των θυλάκων αέρα μπορεί να προκαλέσει τοπικά φαινόμενα υπερπίεσης (τοπικά πλήγματα), αφού η κίνηση τους από τα υψηλότερα σημεία στα χαμηλότερα σημεία του αγωγού, έχουν ως συνέπεια την μετατόπιση σημαντικών ποσοτήτων νερού και ως εκ τούτου και τη μεταβολή στη ταχύτητα ροής του νερού.

Τα τροφοδοτούμενα με αντλητικό συγκρότημα δίκτυα, συνεπεία του αέρα που συσσωρεύεται, σημειώνουν μειωμένη αποδοτικότητα, αφού δαπανούν περισσότερη ενέργεια για άντληση μικρότερων ποσοτήτων νερού, ενώ στα δίκτυα βαρύτητας, οι επιπτώσεις του συσσωρευμένου αέρα είναι ακόμα πιο σημαντικές, η υφιστάμενη πίεση δεν επαρκεί για την κάμψη της αντίστασης των αεροθυλάκων.

Επίσης η παρουσία αέρα έχει αρνητικές επιπτώσεις στη λειτουργική αποδοτικότητα των αντλιών και κατά την αναρρόφηση και έτσι, επανειλημμένα απαιτείται η παύση της λειτουργίας της, στις περιπτώσεις που σημειώνεται αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας και μείωση της ονομαστικής παροχής της. Παράλληλα, το ενδεχόμενο διάβρωση των μεταλλικών αγωγών τυγχάνει άλλη μια επίπτωση της παρουσίας αέρα στο δίκτυο, αφού η αστάθεια της θερμοκρασίας και της πίεσης έχουν ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση ιόντων οξυγόνου με μορφή μικροσκοπικών φυσαλίδων.

Πέρα από όλα αυτά όμως και τον υφιστάμενο κίνδυνο πρόκλησης βλαβών στα εξαρτήματα του δικτύου, η συσσώρευση αέρα σε ένα δίκτυο σε ανεξέλεγκτο βαθμό, μπορεί να θέσει σε κίνδυνο ακόμα και τη ζωή ατόμων, δεδομένου ότι σε τυχόν περιστατικό θραύσης αγωγού, ο αέρας απελευθερώνει ασύγκριτα μεγαλύτερη ενέργεια από το νερό, εξαιτίας της υπαρκτής και τεράστιας διαφοράς τους στη δυνατότητα συμπίεσης.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι, πέραν όλων των υπολοίπων, η παρουσία αέρα στα δίκτυα μπορεί να επισπεύσει τη φθορά και άλλων οργάνων, αφού κωλύει την ανάγνωση από αυτά των στοιχείων παροχής και ταχύτητας.

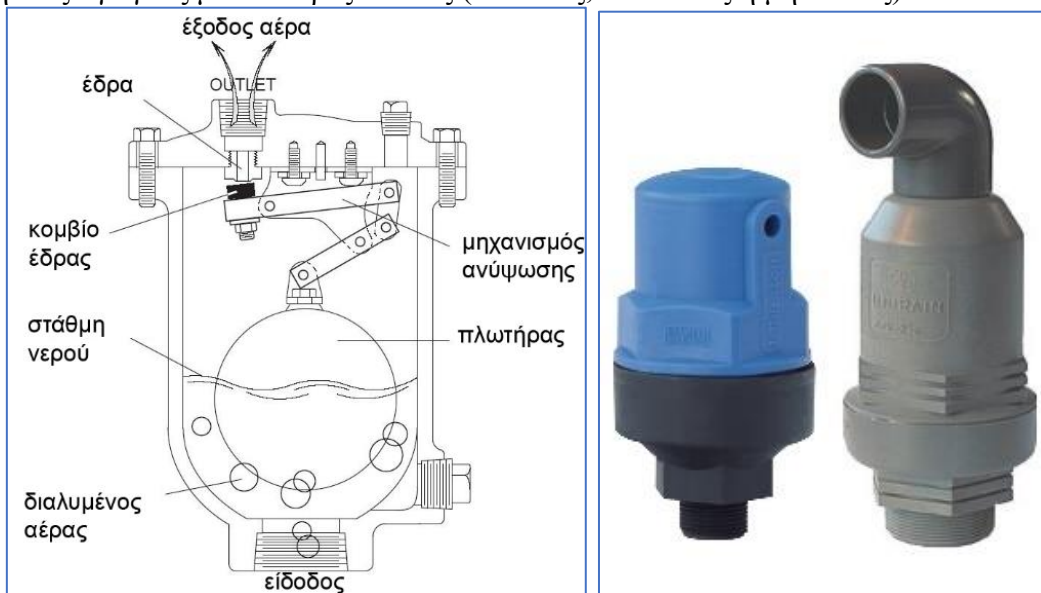
3.7 Περιορισμός της συσσώρευσης και έλεγχος της παρουσίας αέρα στα δίκτυα

Οι αρνητικές επιπτώσεις της συσσώρευσης αέρα σε ένα σύστημα κλειστών αγωγών μπορούν να αντιμετωπισθούν με τη χρήση κάποιων συσκευών ελέγχου (βαλβίδες εξαερισμού), με τα ακόλουθα γνωρίσματα:

- σε συνθήκες πίεσης του δικτύου έχουν τη δυνατότητα να απελευθερώνουν μικρές ποσότητες του διαλυμένου μέσα στον αγωγό αέρα (αυτόματες βαλβίδες εξαερισμού),
- έχουν τη δυνατότητα να εξαγάουν μεγάλες ποσότητες αέρα κατά την πλήρωση,
- έχουν τη δυνατότητα να εισάγουν μεγάλες ποσότητες αέρα κατά την εκκένωση του δικτύου (κινητικές) και τέλος,
- χρησιμοποιώντας μία μόνο βαλβίδα είναι εφικτό να εκπληρώνονται και οι τρεις παραπάνω λειτουργίες (διπλής ενεργείας).

3.7.1 Θέση τοποθέτησης των βαλβίδων εξαερισμού στο δίκτυο

Για να εκπληρωθεί ο λειτουργικός ρόλος των βαλβίδων εξαερισμού, δηλαδή για να αποφευχθούν τα προβλήματα και οι κίνδυνοι που προαναφέρθηκαν, ζωτικής σημασίας τυγχάνει η ορθή και κατάλληλη επιλογή της θέσης τοποθέτησης τους σε ένα δίκτυο και προς τούτο επί των πλείστων επιλέγεται να τοποθετηθούν: α) στα σημεία αυξομειώσεων των κλίσεων των αγωγών, β) σε σημεία αμέσως μετά τις συσκευές ρύθμισης πίεσης (μειωτές πίεσης), γ) πριν την τοποθέτηση υδρομέτρων, δ) σε περίπτωση που σημειώνεται αλλαγή στη διατομή των αγωγών, ε) σε διαβάσεις αγωγών πάνω από διάφορα τεχνικά έργα, στ) στα αντλιοστάσια για την απελευθέρωση του αέρα, ζ) στα ανώτερα επίπεδα φιλτραρίσματος του δικτύου και τέλος θ) σε σημεία που απέχουν μεταξύ τους 500 μέτρα, όταν πρόκειται για μεγάλου μήκους αγωγούς με σταθερές κλίσεις (ανοδικές, καθοδικές ή μηδενικές).



Εικόνα 3.8: Εξαεριστικά δικτύου

3.8 Διάταξη εσωτερικού δικτύου ύδρευσης

Το εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης είναι δυνατό να αναπτύσσεται σε διάφορες βαθμίδες, ενώ η διάταξη των σωληνώσεων του διενεργείται σε σχήμα σχάρας και στις προβλεπόμενες μορφές. Σαφώς και θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν το σύνολο της κατοικημένης περιοχής του Δήμου ή της Κοινότητας, ακόμα και της περιοχής όπου

θα επεκταθεί το σχέδιο πόλης το χρονικό διάστημα που αφορούν τα έργα. Ο έλεγχος για τη ρύθμιση της ροής του νερού θα πρέπει να προβλέπεται από το σύστημα διανομής, ενώ πέραν τούτου θα πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για είναι εφικτή η απομόνωση τμημάτων του, εάν αυτό απαιτηθεί όπως σε περίπτωση βλάβης.

Η προαναφερόμενη απομόνωση επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση βανών (δικλείδων ελέγχου) στους κόμβους του δικτύου ή και στο ενδιάμεσο διακλάδωσης, εφόσον πρόκειται για μεγάλου μήκους σωλήνωση. Η απόσταση στην οποία πρέπει να ενώνονται οι σωλήνες των εσωτερικών δικτύων ύδρευσης θα πρέπει, κατά προτίμηση, να είναι μεγαλύτερες από 360m, ενώ ο τρόπος τοποθέτησης των βανών ρύθμισης ή διακοπής της παροχής θα πρέπει να μην επιτρέπει σε καμία περίπτωση την εκκίνηση πάνω από δύο αγωγών χωρίς βάνες, χωρίς αυτό όμως να αποτρέπει και την τοποθέτηση βανών προς την κατεύθυνση όλων των αγωγών.

Αποτέλεσμα αυτής της συγκεκριμένης περιγραφόμενης διάταξης των βανών είναι η διασφάλιση της αδιάκοπης τροφοδότησης του δικτύου διανομής, εξαιρώντας περιοχή δύο τετραγώνων στην περιοχή όπου σημειώθηκε η βλάβη. Επίσης, όταν επιλέγεται η θέση τοποθέτησης μιας βάνας, πρέπει να προτιμάται ο σωλήνας με τη μικρότερη διάμετρο, στην περίπτωση του κόμβου με δύο ή περισσότερους σωλήνες, ενώ η σωλήνωση θα πρέπει να ελέγχεται με βάνα το ανώτερο κάθε 250m, όριο το οποίο μειώνεται σε 150m, όταν πρόκειται για πυκνοκατοικημένες περιοχές (εμπορικός τομέας).

3.8.1 Κατηγορίες παροχών

Σύμφωνα με το άρθρο 2 του ΦΕΚ 552/Β/26-3-2009 σχετικά με τον Κανονισμό Λειτουργίας Δικτύου Ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ Α.Ε., οι κατηγορίες στις οποίες διαχωρίζονται οι παροχές είναι:

I. Ανάλογα με τη χρήση τους σε:

- Ύδρευσης
- Πυροσβεστικές
- Κοινόχρηστων χώρων ακινήτων
- Κοινόχρηστες υδροδότησης εγκαταστάσεων θέρμανσης νερού (boiler) ακινήτων.
- Άρδευσης Δημόσιων ή Δημοτικών χώρων.
- Ακατέργαστου νερού.
- Προσωρινές ορισμένου χρόνου, για εργοταξιακή ή άλλη χρήση.

Οι παροχές πυρόσβεσης, κοινόχρηστων χώρων ακινήτων, υδροδότησης εγκαταστάσεων θέρμανσης νερού (boiler) ακινήτων, άρδευσης δημόσιων ή δημοτικών χώρων και πυρόσβεσης επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν αποκλειστικά και μόνο για τον συγκεκριμένο σκοπό που χορηγήθηκαν, όπως για παράδειγμα οι πυροσβεστικές παροχές προορίζονται μόνο για κατάσβεση πυρκαγιάς. Εάν διαπιστωθεί ότι χρησιμοποιούνται και για άλλους σκοπούς η Ε.ΥΔ.Α.Π. νομιμοποιείται να διακόψει την υδροδότηση στην παροχή που αυτό συμβαίνει.

Επίσης, η Ε.ΥΔ.Α.Π., σε ότι αφορά τις προσωρινές παροχές ορισμένου χρόνου δικαιούται αυτεπαγγέλτως να καταργεί αυτές μετά την παρέλευση του ορισμένου χρονικού διαστήματος για το οποίο χορηγήθηκαν και σε κάθε περίπτωση πράττει τούτο εφόσον παρέλθουν τέσσερα έτη, πλην όμως υφίσταται η δυνατότητα, μέσω της προβλεπόμενης διαδικασίας κατάθεσης των απαιτούμενων δικαιολογητικών

από τον ιδιόκτητη για συνέχιση της λειτουργίας της επιχείρησης ή των οικοδομικών εργασιών, για ανανέωση χρήσης των εν λόγω παροχών το ανώτερο μέχρι άλλα τέσσερα έτη. Σε ότι αφορά τις εργοταξιακές παροχές για ανέγερση οικοδομών που έχουν προσωρινή ισχύ, ο αποχαρακτηρισμός τους επέρχεται όταν η οικοδομική άδεια, αφού θεωρηθεί για το τελικό στάδιο εργασιών, υποβληθεί αρμοδίως.

Τότε επέρχεται και η μετατροπή τους σε οριστικές και η μεταφορά τους στην τελική θέση με τις υπόλοιπες παροχές του ακινήτου, ενώ παράλληλα πραγματοποιείται και επιστροφή της εγγύησης κατανάλωσης που έχει καταβληθεί.

II. Ανάλογα με τη διάμετρο του σωλήνα σε κοινές και ειδικές παροχές και ειδικότερα:

- Η διάμετρος των σωλήνων των **κοινών παροχών** φθάνει μέχρι και 1'' και η σύνδεση τους γίνεται με υδρομετρητές ονομαστικής παροχής $Q_n = 1,5 \mu^3/\text{ώρα}$ ή $2,5 \mu^3/\text{ώρα}$ ή $6 \mu^3/\text{ώρα}$, αλλά και άλλων χαρακτηριστικών τα οποία ταυτίζονται με τις κείμενες ευρωπαϊκές προδιαγραφές.
- Η διάμετρος των σωλήνων των **ειδικών παροχών** είναι μεγαλύτερη της 1'' και για την προμήθεια τους απαιτείται ειδικώς αιτιολογημένη αίτηση, ενώ η σύνδεση αυτών γίνεται με υδρομετρητές που έχουν ανάλογη διάμετρο.

Ειδικά σε ότι αφορά τις **παροχές πυρόσβεσης**, οι σωλήνες τους έχουν την κατάλληλη διάμετρο ώστε να ικανοποιούνται οι ανάγκες υδροδότησης, όπως αυτές καθορίζονται στην εγκεκριμένη υδραυλική της αρμόδιας Πυροσβεστικής Υπηρεσίας και συνδέονται με υδρομετρητή ανάλογης διαμέτρου. Τέλος, η Ε.Υ.Δ.Α.Π είναι η αρμόδια για τον καθορισμό της διαμέτρου που θα έχει ο αγωγός τροφοδοσίας μέχρι την τοποθεσία της.

3.8.2 Γενικοί κανόνες των νέων παροχών

Κατά τη διαδικασία κατασκευής των νέων παροχών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα εξής:

- Ανεξαρτήτως του πλήθους των διαμερισμάτων και των υδατοπαροχών που αναλογούν σε αυτά, ένας μόνο εγκάρσιος αγωγός υδροληψίας θα υδροδοτεί έκαστο ακίνητο. Όταν υποβάλλεται αίτηση για χορήγηση νέας παροχής είναι απαραίτητη η εξακρίβωση του αριθμού των παροχών που αναμένεται να απαιτηθούν στο μέλλον και αυτό θα βασίζεται:
 - στην οικοδομική άδεια και σε όσα αναγράφονται σε αυτήν, ενώ στην περίπτωση που η αίτηση αφορά εργοταξιακή παροχή προφανώς και ο αριθμός των παροχών που θα απαιτηθούν στο μέλλον, δηλαδή όταν ολοκληρωθεί η οικοδομή θα προκύπτει επίσης από τα στοιχεία της άδειας,
 - στην άντληση απευθείας από τον πελάτη των απαιτούμενων πληροφοριών περί των μελλοντικών σχεδιαζόμενων κατασκευών του και
 - στην αυτοψία που θα διενεργείται από το τμήμα ερευνών, το οποίο θα εκτιμά τις απαιτήσεις του ακινήτου στο μέλλον, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες όπως τον συντελεστή δόμησης της περιοχής, τις μελλοντικές χρήσεις, κλπ.
- Οι διατομές στις οποίες διαχωρίζεται ο αγωγός υδροληψίας είναι δύο και πιο συγκεκριμένα οι Φ32 και Φ63.

- Ο πρώτος, δηλαδή ο αγωγός με διατομή Φ32 χρησιμοποιείται στην περίπτωση που οι αιτούμενες, καθώς και οι εκτιμώμενες παροχές δεν αναμένεται να ξεπεράσουν σε αριθμό τις τέσσερις.
- Ο δεύτερος, δηλαδή ο αγωγός με διατομή Φ63 χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που οι αιτούμενες και αναμενόμενες παροχές είναι περισσότερες των τριών έως και πενήντα.
- Για το ενδεχόμενο αίτησης νέων πρόσθετων παροχών στο μέλλον σε όλες τις εγκαταστάσεις παροχής ή παροχών κατασκευάζεται πάντα και η σχετική υποδομή και πιο συγκεκριμένα:
 - Στην περίπτωση που οι αιτούμενες ή και οι προβλεπόμενες παροχές, δεν ξεπερνούν σε αριθμό τις τρεις, η υποδομή που κατασκευάζεται θα πρέπει να είναι ικανή να εξυπηρετεί τέσσερις συνολικά παροχές ενώ
 - Στις περιπτώσεις που οι αιτούμενες ή οι προβλεπόμενες παροχές ξεπερνούν τις τρεις, τότε η υποδομή που κατασκευάζεται θα πρέπει να είναι ικανή να εξυπηρετεί επιπλέον μια πρόσθετη παροχή όταν ο αριθμός των αιτούμενων παροχών είναι μονός, ενώ σε διαφορετική περίπτωση δηλαδή όταν ο αριθμός των αιτούμενων παροχών είναι ζυγός η υποδομή που κατασκευάζεται θα πρέπει να είναι ικανή να εξυπηρετεί δύο επιπλέον πρόσθετες παροχές.
- Σχετικά με τα ακίνητα που ήδη υδροδοτούνται και υποβάλλεται αίτηση για μία ή περισσότερες πρόσθετες παροχές τότε:

Αν το ακίνητο διαθέτει ήδη μια παροχή, στην οποία χρησιμοποιήθηκε ως αγωγός σύνδεσης χαλυβδοσωλήνας διατομής $\frac{3}{4}''$ ή $1''$:

 - Στην περίπτωση που η αίτηση αφορά μία μόνο πρόσθετη παροχή, τότε τοποθετείται «Ψ» στον υφιστάμενο χαλυβδοσωλήνα ακόμη κι αν είναι $\frac{3}{4}''$.
 - Στην περίπτωση που η αίτηση αφορά δύο επιπλέον παροχές, τότε η σύνδεση του ήδη υπάρχοντος χαλυβδοσωλήνα ακυρώνεται από τη ζωστήρα και αντικαθίσταται με νέο αγωγό από PE διατομής Φ32.
 - Στην περίπτωση που οι αιτούμενες πρόσθετες παροχές είναι περισσότερες των δύο τότε επίσης ακυρώνεται από τη ζωστήρα η σύνδεση του ήδη υπάρχοντος χαλυβδοσωλήνα και τοποθετείται νέος αγωγός από PE διατομής Φ63.

Αν το ακίνητο διαθέτει ήδη δύο παροχές και:

 - Ανεξάρτητοι χαλυβδοσωλήνες υδροδοτούν τις παραπάνω δύο παροχές τότε:
 - Στην περίπτωση που η αίτηση αφορά μία μόνο πρόσθετη παροχή, τοποθετείται «Ψ» στον ένα από τους ήδη υπάρχοντες χαλυβδοσωλήνες.
 - Στην περίπτωση που η αίτηση αφορά δύο επιπλέον παροχές, τοποθετείται από ένα «Ψ» σε έκαστο εκ των ήδη εγκατεστημένων σωλήνων.
 - Στην περίπτωση που οι αιτούμενες πρόσθετες παροχές είναι περισσότερες των δύο, τότε ακυρώνονται από τη ζωστήρα οι συνδέσεις των δύο εγκατεστημένων χαλυβδοσωλήνων και τοποθετούνται νέοι αγωγοί από PE διατομής Φ63.
 - Ίδιος χαλυβδοσωλήνας υδροδοτεί και τις δύο παραπάνω παροχές τότε:
 - Στην περίπτωση που η αίτηση αφορά μία μόνο πρόσθετη παροχή, η σύνδεση του ήδη υπάρχοντος χαλυβδοσωλήνα ακυρώνεται από τη ζωστήρα και αντικαθίσταται με νέο αγωγό από PE διατομής Φ32.

- Στην περίπτωση που οι αιτούμενες πρόσθετες παροχές είναι περισσότερες των δύο, επίσης ακυρώνεται από τη ζωστήρα η σύνδεση του ήδη υπάρχοντος χαλυβδοσωλήνα και τοποθετείται νέος αγωγός από PE διατομής Φ63 τότε τοποθετείται αγωγός από PE διατομής Φ63.

Αν το ακίνητο διαθέτει από 3 έως και 8 παροχές (χωρίς σύστημα) και ανεξαρτήτως των αιτούμενων πρόσθετων παροχών (όχι περισσότερων των 50), τότε οι υπάρχουσες συνδέσεις ακυρώνονται από τις ζωστήρες και αντικαθίστανται από αγωγό PE διατομής Φ64, ανεξαρτήτως του αριθμού των ήδη εγκατεστημένων χαλυβδοσωλήνων.

Στην περίπτωση που υφίσταται σύστημα τότε:

- Εφόσον η αίτηση αφορά μία μόνο επιπλέον παροχή και υφίσταται αναμονή στο εγκατεστημένο σύστημα, εξυπηρετείται από αυτή.
- Εφόσον η αίτηση αφορά περισσότερες από μια πρόσθετες παροχές:
 - και δεν παρήλθε δεκαετία από την εγκατάσταση του υπάρχοντος συστήματος, παραμένει ως έχει και η σύνδεση όλων των επιπλέον παροχών γίνεται με νέο αγωγό από PE διατομής Φ63 (όχι από Φ32 ακόμα κι αν πρόκειται να συνδεθεί μια μονό παροχή).
 - και έχει ήδη παρέλθει δεκαετία από την εγκατάσταση του υπάρχοντος συστήματος, αντικαθίσταται εξ ολοκλήρου, καθώς και ο αγωγός ή οι αγωγοί σύνδεσης με νέο αγωγό από PE διατομής Φ63, ενώ επίσης από τη βάνα Φ100 επί του αγωγού διανομής ή από τις ζωστήρες των παραλλήλων χαλυβδοσωλήνων υδροδότησης ακυρώνεται ο ήδη υπάρχον αγωγός του συστήματος διατομής 4''.

3.8.3 Κατασκευαστικοί κανόνες

I. Σύνδεση νέου αγωγού υδροληψίας με τον αγωγό διανομής.

Αγωγός Φ32

Ζωστήρα / Σέλα

Στους αγωγούς από χάλυβα, χυτοσίδηρο και αμιαντοσιμέντο η ζωστήρα που πρέπει να τοποθετηθεί είναι χυτοσίδηρη με ανοξείδωτο εντατήρα, ενώ στους αγωγούς από PVC πρέπει να τοποθετηθεί ειδική ζωστήρα κατάλληλη για το υλικό αυτό, καθολικής επαφής, φαρδιά και με ελαστικό περιμετρικό παρέμβυσμα. Τέλος, στους αγωγούς διανομής από PE, δεν πρέπει να τοποθετήσουμε ζωστήρα, αλλά σέλα ολικής επαφής με τη μέθοδο της αυτογενούς συγκόλλησης. Σε κάθε περίπτωση και ανεξαρτήτως του υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένος, η σέλα ή η ζωστήρα που θα τοποθετηθεί πρέπει να έχει θηλυκό σπείρωμα 1'', ενώ σε ότι αφορά τις ζωστήρες αυτές θα πρέπει να έχουν διάμετρο οπής 1'' (όχι 3/4'').

Κρουνός συνένωσης

Η διάμετρος της βάνας που θα τοποθετηθεί πρέπει να είναι 1'', ενώ από την μία πλευρά της το σπείρωμα πρέπει να αρσενικό 1'' ούτως ώστε να βιδώνει απευθείας πάνω στη ζωστήρα και από την άλλη πλευρά της πρέπει να διαθέτει ειδικό ρακόρ ούτως ώστε να συνδεθεί με αγωγό από PE Φ32.

Διάτρηση

Αρχικά αφαιρείται προσωρινά από τον σφαιρικό κρουνό συνένωσης η διάταξη του ρακόρ για τη σύνδεση με τον αγωγό από Φ32 και πάνω σε αυτό τον

κρουνό προσαρμόζεται η διατρητική μηχανή, με την οποία ανοίγεται χειροκίνητα οπή με διάμετρο Φ24.

Αγωγός Φ63

Ζωστήρα / Σέλα

Στους αγωγούς από χάλυβδο, χυτοσίδηρο και αμιαντοτσιμέντο η ζωστήρα που πρέπει να τοποθετηθεί είναι χυτοσίδηρη με διπλό ανοξείδωτο εντατήρα, ενώ στους αγωγούς από PVC πρέπει να τοποθετηθεί ειδική ζωστήρα κατάλληλη για το υλικό αυτό, καθολικής επαφής, φαρδιά και με ελαστικό περιμετρικό παρέμβυσμα. Τέλος, στους αγωγούς διανομής από PE, δεν πρέπει να τοποθετήσουμε ζωστήρα, αλλά σέλα ολικής επαφής με τη μέθοδο της αυτογενούς συγκόλλησης. Σε κάθε περίπτωση και ανεξαρτήτως του υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένος, η σέλα ή η ζωστήρα που θα τοποθετηθεί πρέπει να έχει θηλυκό σπείρωμα, ενώ σε ότι αφορά τις ζωστήρες (και όχι ταυ) αυτές θα πρέπει να έχουν διάμετρο οπής 2'' (όχι 3/4'')

Κρουνός συνένωσης

Τοποθετείται σφαιρική βάνα ολικής οπής 2'', από την μία πλευρά της οποίας το σπείρωμα πρέπει να είναι είτε αρσενικό 2'' ούτως ώστε να βιδώνει απευθείας πάνω στη ζωστήρα ή σέλα, είτε θηλυκό σπείρωμα 2'' για να συνδέεται με αυτή μέσω μαστού, ενώ στην άλλη πλευρά της το σπείρωμα της πρέπει θηλυκό σπείρωμα 2'' ούτως ώστε με τη χρήση ενός ρακόρ Φ63 x 2'' να συνδέεται με τον αγωγό Φ63.

Διάτρηση

Η οπή που ανοίγεται χειροκίνητα με τη χρήση ποτηριού ή καροτιέρας πρέπει να έχει διάμετρο Φ42.

II. Αγωγός υδροληψίας

Αγωγός Φ32

Ο αγωγός που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι από πολυαιθυλένιο μεσαίας πυκνότητας, κλάσης αντοχής MRS8, πάχους τοιχώματος 2,9 mm (SDR11) και σε αυτόν οι μόνες συνδέσεις που συνίσταται να υπάρχουν είναι στην αρχή και στο τέλος του. Στην αρχή συνδέεται στο ρακόρ του κρουνού συνένωσης, ενώ στο τέλος τοποθετείται σφαιρική βάνα ίδια με τον κρουνό συνένωσης και καταλήγει σε αρσενικό σπείρωμα 1''.

Επειδή κατά τη σύσφιξη του αγωγού από PE στο ρακόρ υπάρχει κίνδυνος να παραμορφωθεί και να μειωθεί η εξωτερική διάμετρος του, τοποθετείται εσωτερικά στον αγωγό Φ32 κοντό, λεπτό σωληνάκι από ορείχαλκο ή inox εξωτερικής διαμέτρου Φ25 με διατεταμένα χείλη στο ένα άκρο του ώστε να παραμείνει στο άκρο του αγωγού και αυτό γίνεται και κατά τη σύνδεση του αγωγού επί της ζωστήρας και επί της βάνας κατάληξης.

Αγωγός Φ63

Ο αγωγός που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι από πολυαιθυλένιο μεσαίας πυκνότητας, κλάσης αντοχής MRS8, πάχους τοιχώματος 5,7 mm (SDR11). Για τη σύνδεση του στην αρχή επί της βάνας 2'' με ρακόρ Φ63 x 2'' απαιτείται η χρήση ειδικού τεμαχίου κατάληξης – λαιμού σπειρώματος και ηλεκτρομούφας Φ63, ενώ στο τέλος καταλήγει σε φλάντζα 2'' με ειδικό τεμάχιο κατάληξης – λαιμού φλάντζας και ηλεκτρομούφας. Καμπύλες με ηλεκτρομούφες

τοποθετούνται επίσης στην περίπτωση που η ευκαμψία του αγωγού δε μπορεί να αντεπεξέλθει στα τοπικά εμπόδια.

III. Βάνα κατάληξης

Αγωγός Φ32

Η βάνα στην οποία καταλήγει ο αγωγός Φ32, όπως ακριβώς αναφέρεται και παραπάνω, είναι σφαιρική 1'' και στο άκρο της έχει σπείρωμα αρσενικό 1'', ενώ για να καταστεί εφικτή η ρύθμιση της λειτουργίας της από την επιφάνεια αυτής τοποθετείται βανοφρεάτιο και κομμάτι κατακόρυφου αγωγού από PVC Φ160.

Αγωγός Φ63

Ως έχει ακριβώς παραπάνω εκτεθεί, ο αγωγός Φ63 καταλήγει σε φλάντζα 2'' και εκεί θα συνδεθεί βάνα συρτού, ελαστικής έμφραξης 2'', επί της οποίας επίσης τοποθετείται βανοφρεάτιο και κομμάτι κατακόρυφου αγωγού από PVC Φ160, για να καταστεί εφικτή η ρύθμιση της λειτουργίας της από την επιφάνεια.

IV. Αναμονές για εξυπηρέτηση μελλοντικών παροχών.

Τοποθέτηση μιας νέας παροχής

Για τη λειτουργία μίας νέας παροχής, όπως έχει ήδη αναφερθεί, πρέπει να τοποθετηθεί αγωγός Φ32, πολλαπλό τεσσάρων παροχών, καθώς και ένα φρεάτιο μετρητή NT με ένα υδρόμετρο. Εάν για τις ανάγκες μελλοντικών καταναλωτών απαιτηθεί η ενεργοποίηση μίας εκ των τριών παροχών που υπολείπονται, τότε για αυτή απαιτείται η εξ αρχής σύνδεση από την ενσωματωμένη μούφα του πολλαπλού μέχρι την ελεύθερη αναμονή του φρεατίου μετρητή, ενώ στις άλλες δύο αναμονές που δεν θα χρησιμοποιηθούν τοποθετείται αρσενική τάπα 3/4', ενώ εάν μελλοντικά ανακύψει ανάγκη σύνδεσης και αυτών, προφανώς αρχικά πρέπει να αποκαλυφθούν με εκσκαφή και ακολούθως να τοποθετηθούν οι αγωγοί σύνδεσης διατομής 3/4'' και το φρεάτιο μετρητή.

Τοποθέτηση δυο νέων παροχών

Για τη λειτουργία δύο νέων παροχών σε αντιστοιχία με τα προαναφερόμενα, απαιτείται η σύνδεση των δύο πρόσθετων παροχών (ένα φρεάτιο NT) και οι άλλες δύο αναμονές που υπολείπονται φράσσονται αρσενικές τάπες 3/4'' (με την επισήμανση ότι δε θα πρέπει να τοποθετείται και δεύτερο φρεάτιο, χωρίς να υπάρχει ούτε ένα τουλάχιστον υδρόμετρο).

Τοποθέτηση τριών νέων παροχών

Για τη λειτουργία τριών νέων παροχών, αυτές συνδέονται κανονικά και η τέταρτη ελεύθερη αναμονή πρέπει να συνδεθεί από την αρχή με την ελεύθερη αναμονή του ενός εκ των δύο φρεατίων μετρητών NT.

Τοποθέτηση περισσοτέρων των τριών παροχών

Με βάση τον αριθμό των ζητούμενων παροχών, όπως προεκτάθηκε, δηλαδή εάν πρόκειται για μονό ή ζυγού αριθμό, στον συλλέκτη συλλέκτη NT υπάρχει η πρόβλεψη για μία ή δύο αναμονές αντίστοιχα, οπότε:

- Όταν πρόκειται για μονό αριθμό ζητούμενων παροχών, η μία αναμονή συνδέεται με την ελεύθερη αναμονή του φρεατίου NT.
- Όταν πρόκειται για ζυγό αριθμό ζητούμενων παροχών, οι δύο αναμονές συνεχίζουν να είναι στο έδαφος με αρσενικές τάπες 3/4'' .

V. Φρεάτιο μετρητή νέου τύπου (NT)

Ο αριθμός των φρεατίων μετρητών νέου τύπου που πρέπει να τοποθετηθούν είναι συνάρτηση του πλήθους των ζητούμενων παροχών και κατά την τοποθέτηση του απαραίτητου αριθμού αυτά θα πρέπει να συμπεριλαμβάνουν τον κρουνό εισαγωγής (διακόπτης) με τηλεσκοπική διάταξη, το υδρόμετρο και τον κρουνό εξαγωγής (προς το πελάτη), με ενσωματωμένη βαλβίδα αντεπιστροφής.

Η διάταξη του κρουνού διακοπής είναι τηλεσκοπική προκειμένου να παρέχεται δυνατότητα εξάρμωσης για την αφαίρεση και την επανατοποθέτηση του υδρόμετρου, ενώ η κεφαλή του κρουνού διακοπής έχει την κατάλληλη διαμόρφωση (ορθογώνιο 10 x 30 mm) για να επιτυγχάνεται η ασφάλιση του στην κλειστή θέση με τη διάταξη τύπου «Π».

Η ενεργοποίηση της παροχής γίνεται χωρίς περαιτέρω διαδικασία, κατά την τοποθέτηση της παροχής και μετά την τοποθέτηση του υδρόμετρου, ενώ όπως περιγράφεται και παραπάνω, η αναμονή μελλοντικών παροχών καταλήγει στο φρεάτιο, στην περίπτωση που πρόκειται για μονό αριθμό ζητούμενων παροχών. Τοποθετείται δε μόνο ο ανάντη κρουνός διακοπής ο οποίος παραμένει κλειστός. Επίσης, η ειδική διάταξη τύπου «Π», καθώς και η τοποθέτηση ειδικής ασφάλειας με λεπτό συρματόσκοινο και όχι από χαλκόσυρμα με μολυβδοσφραγίδα, αποτρέπει την εμφάνιση περιστατικών παράνομης υδροληψίας, αναθέτοντας την ευθύνη ελέγχου του απαραβίαστου της διάταξης στον καταμετρητή.

3.8.4 Τεχνικές Προδιαγραφές

Χαρακτηριστικά σωλήνων - εξαρτημάτων υπόγειων δικτύων

Το υλικό των σωλήνων ως επί των πλείστων είναι πολυαιθυλένιο PE 3ης γενιάς (σ 8.0, MRS 10, PE 100), κατά PZEN 12201-2 CEN PN-16, με χρώμα μπλε, ενδεδειγμένοι για να διανείμουν πόσιμο νερό και διαστασιακά σύμφωνοι με τις γερμανικές προδιαγραφές DIN 8074 και ως προς τους ελέγχους και τις δοκιμές σύμφωνοι με τις προδιαγραφές DIN 8075. Επίσης, διαστασιακά ορίζονται από την κατηγορία SDR 11-S5, ενώ η πίεση λειτουργίας όσον αφορά το νερό είναι 200C bar (PN 16). Τέλος, πρέπει να έχουν παραχθεί από πρώτη ύλη τύπου MDPE, PE 100, MRS σ 10, μπλε χρώματος και ενδεδειγμένη για παραγωγή σωλήνων που διανέμουν πόσιμο νερό.

Τα πολυαιθυλένια διαχωρίζονται με βάση την ελάχιστη απαιτούμενη μακροχρόνια αντοχή τους (MRS) στις κατηγορίες, όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 3.2. Οι συνδυασμοί της πυκνότητας με το MRS δίνουν τη δυνατότητα διαφορετικών τύπων σωλήνων που προορίζονται για διαφορετικές χρήσεις, ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 3.2: Τύποι Πολυαιθυλενίου

PE	Τύπος	Ονομασία	Τεχνικές Προδιαγραφές	Ελάχιστη μακροχρόνια αντοχή MRS (M _{pa})	Τάση Σχεδιασμού (σ _s)	Συντελεστής Ασφαλείας (C)	Εφαρμογές	Σύνδεση
PE32	LDPE	Χαμηλής πυκνότητας		3,2	2,5		Δίκτυα μεταφοράς νερού, άρδευση καλλιεργειών, θερμοκήπια, υπόγειες ή επιφανειακές εφαρμογές σε κήπους	Εξαρτήματα τύπου lock μέχρι 6,0 Atm, εξαρτήματα φις
PE63	MDPE	Μέσης πυκνότητας		6,3	5,0			
PE80	HDPE	2 ^{ης} γενιάς	DIN 8074/8075 Πιστοποίηση καταλληλότητας μεταφοράς νερού	8,0	6,3	1,6	Δίκτυα μεταφοράς νερού (υπόγεια επιφανειακά & υποθαλάσσια), δίκτυα αποχετευτικά, ιχθυοκλωβούς	Εξαρτήματα κοχλιωτά μέχρι 16,0 Atm Μετωπική θερμοσυγκόλληση ηλεκτροσυγκόλληση
PE80	HDPE	2 ^{ης} γενιάς	EN 12201-2 Πιστοποίηση καταλληλότητας μεταφοράς νερού	8,0	6,3	1,25		
PE80	HDPE	2 ^{ης} γενιάς	DIN 8074/8075 Πιστοποίηση καταλληλότητας πόσιμου νερού	8,0	6,3	1,6	Δίκτυα πίεσεως μεταφοράς πόσιμου νερού, σε δήμους, οικισμούς κ.λπ.	
PE80	HDPE	2 ^{ης} γενιάς	EN 12201-2 Πιστοποίηση καταλληλότητας πόσιμου νερού	8,0	6,3	1,25		
PE100	HDPE	3 ^{ης} γενιάς	Πιστοποίηση καταλληλότητας πόσιμου νερού	10,0	8,0	1,25	Δίκτυα μεταφοράς νερού (υπόγεια επιφανειακά & υποθαλάσσια), δίκτυα αποχετευτικά, ιχθυοκλωβούς	

Πίνακας 3.3: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Πόσιμου Νερού 3ης γενιάς PE100 HDPE (EN 12201-2)

EN 12201-2												PE 100	
Diameter Διάμετρος	PN - 10Atm		PN - 12.5Atm		PN - 16Atm		PN - 20Atm		PN - 25Atm		PN - 32Atm		
	SDR 17		SDR 13,6		SDR 11		SDR 9		SDR 7,4		SDR 6		
	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	
	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	
mm	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	
16	-	-	-	-	-	-	2,0	89	2,3	101	3,0	123	
18	-	-	-	-	-	-	2,0	101	2,4	120	3,0	140	
20	-	-	-	-	2,0	115	2,3	130	3,0	181	3,4	179	
22	-	-	-	-	2,0	128	2,5	158	3,0	179	3,6	205	
25	-	-	2,0	148	2,3	187	3,0	208	3,5	237	4,2	278	
28	-	-	2,1	173	2,8	211	3,1	243	3,8	289	4,6	330	
32	2,0	191	2,4	230	3,0	275	3,8	323	4,4	381	5,4	450	
40	2,4	290	3,0	355	3,7	424	4,5	502	5,5	597	6,7	8976	
50	3,0	445	3,7	542	4,8	858	5,8	780	8,9	925	8,3	1081	
83	3,8	710	4,7	884	5,8	1040	7,1	1240	8,8	1480	10,5	1715	
75	4,5	1000	5,8	1220	8,8	1450	8,4	1760	10,3	2090	12,5	2429	
90	5,4	1440	8,7	1750	8,2	2110	10,1	2525	12,3	2980	15,0	3500	
110	8,8	2150	8,1	2590	10,0	3130	12,3	3770	15,1	4490	18,3	5212	
125	7,4	2738	9,2	3345	11,4	4070	14,0	4870	17,1	5780	20,8	8724	

140	8,3	3440	10,3	4200	12,7	5070	15,7	8110	19,2	7280	23,3	8440
180	0,5	4510	11,8	5498	14,8	8885	17,9	7984	21,9	9449	26,6	11005
180	10,7	5705	13,3	8978	18,4	8424	20,1	10075	24,8	11945	29,9	13910
200	11,9	7040	14,7	8558	18,2	10388	22,4	12458	27,4	14777	33,2	17173
225	13,4	8929	18,8	10888	20,5	13149	25,2	15770	30,8	18878	37,4	21752
250	14,8	10943	18,4	13388	22,7	18171	27,9	19381	34,2	23058	41,5	28815
280	18,8	13747	20,8	18774	25,4	20274	31,3	24382	38,3	28911	46,5	33845
315	18,7	17409	23,2	21259	28,8	25884	35,2	30819	43,1	38598	52,3	42578

Πίνακας 3.4: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Πόσιμου Νερού 2ης γενιάς PE80 HDPE (EN 12201-2)

EN 12201-2		PE 80									
Diameter Διάμετρος	PN - 6Atm		PN - 10Atm		PN - 12,6tm		PN - 16Atm		PN - 20Atm		
	SDR 21		SDR 13,6		SDR 11		SDR 9		SDR 7,4		
	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	
	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	
mm	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	
16	-	-	-	-	-	-	2,0	89	2,3	101	
18	-	-	-	-	-	-	2,0	105	2,5	121	
20	-	-	-	-	2,0	114	2,3	130	3,0	158	
22	-	-	-	-	2,1	131	2,5	153	3,0	178	

25	-	-	2,0	145	2,3	166	3,0	207	3,5	236
28	-	-	2,1	171	2,5	208	3,1	240	3,8	289
32	-	-	2,4	225	3,0	274	3,6	321	4,4	381
40	2,0	240	3,0	352	3,7	422	4,5	501	5,5	596
50	2,4	363	3,7	540	4,6	655	5,6	774	6,9	979
63	3,0	578	4,7	860	5,8	1040	7,1	1240	8,6	1469
75	3,6	810	5,6	1220	6,8	1450	8,4	1750	10,3	2068
90	4,6	1224	6,7	1750	8,2	2100	10,1	2520	12,3	3000
110	5,8	1910	8,1	2580	10,0	3110	12,3	3470	15,1	4500
125	6,0	2230	9,2	3330	11,4	4040	14,0	4840	17,1	5836
140	6,7	2790	10,3	4170	12,7	5040	15,7	6070	19,2	7330
160	7,7	3684	11,8	5469	14,6	6630	17,9	7922	21,9	9399
180	8,6	4630	13,3	6941	16,4	8379	20,1	10020	24,6	11882
200	9,6	5736	14,7	8513	18,2	10334	22,4	12393	27,4	14699
225	10,8	7249	16,6	10811	20,5	13080	25,2	15687	30,8	18589
250	11,9	8871	18,4	13317	22,7	16086	27,9	19279	34,2	22935
280	13,4	11198	20,6	16686	25,4	20167	31,3	24234	38,3	28759
315	15,0	14072	23,2	21147	28,6	25528	35,2	30657	43,1	36405

Πίνακας 3.5: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Πόσιμου Νερού 2ης γενιάς PE80 HDPE (DIN 8074/8075)

DIN 8074/8075					PE 80			
Diameter Διάμετρος	PN - 6Atm		PN - 10Atm		PN - 12,6tm		PN - 16Atm	
	SDR 21		SDR 13,6		SDR 11		SDR 9	
	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight
	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος
mm	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m
16	-	-	-	-	1,8	82	2,2	99
18	-	-	-	-	2	106	2,5	126
20	-	-	1,9	112	2,3	134	2,8	154
22	-	-	2	133	2,5	158	3	182
25	-	-	2,3	171	2,8	201	3,5	240
28	-	-	2,6	214	3,1	250	3,8	292
32	1,8	183	2,9	272	3,6	329	4,4	386
40	2,3	285	3,7	430	4,5	511	5,5	600
50	2,9	440	4,6	666	5,6	792	6,9	936
63	3,6	688	5,8	1050	7,1	1262	8,6	1470
75	4,3	976	6,8	1470	8,4	1772	10,3	2090
90	5,1	1390	8,2	2120	10,1	2555	12,3	3000
110	6,3	2080	10	3140	12,3	3793	15,1	4490

125	7,1	2660	11,4	4080	14	4905	17,1	5770
140	8	3340	12,7	5080	15,7	6142	19,2	7250
160	9,1	4348	14,6	6661	17,9	7954	21,9	9434
180	10,2	5474	16,4	8417	20,1	10063	24,6	11926
200	11,4	6779	18,2	10375	22,4	12438	27,4	14747
225	12,8	8545	20,5	13131	25,2	15741	30,8	18639
250	14,2	10544	22,7	16146	27,9	19344	34,2	23006
280	15,9	13223	25,4	20238	31,3	24312	38,3	28845
315	17,9	16689	28,6	25613	35,2	30692	43,1	36509

Πίνακας 3.6: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Μεταφοράς Νερού (άρδευσης) 2ης γενιάς PE80 HDPE (EN 12201-2)

EN 12201-2		PE 80								
Diameter Διάμετρος	PN - 6Atm		PN - 10Atm		PN - 12,6tm		PN - 16Atm		PN - 20Atm	
	SDR 21		SDR 13,6		SDR 11		SDR 9		SDR 7,4	
	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight
	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος
mm	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m
16	-	-	-	-	-	-	2	89	2,3	101
18	-	-	-	-	-	-	20	105	2,5	121

20	-	-	-	-	2	114	20	130	3	158
22	-	-	-	-	2,1	131	20	153	3	178
25	-	-	2	145	2,3	166	30	207	3,5	236
28	-	-	2,1	171	2,5	208	3,1	240	3,8	289
32	-	-	2,4	225	3	274	3,6	321	4,4	381
40	2	240	3	352	3,7	422	48	501	5,5	596
50	2,4	363	3,7	540	4,6	655	5,6	774	6,9	979
63	3	578	4,7	860	5,8	1040	7,1	1240	8,6	1469
75	3,6	810	5,6	1220	6,8	1450	8,4	1750	10,3	2068
90	4,6	1224	6,7	1750	8,2	2100	10,1	2520	12,3	3000
110	5,8	1910	8,1	2580	10	3110	12,3	3470	15,1	4500
125	6	2230	9,2	3330	11,4	4040	14	4840	17,1	5836
140	6,7	2790	10,3	4170	12,7	5040	15,7	6070	19,2	7330
160	7,7	3684	11,8	5469	14,6	8830	17,9	7922	21,9	9399
180	8,6	4630	13,3	6941	16,4	8379	20,1	10020	24,6	11882
200	0,6	5736	14,7	8513	182	10334	22,4	12393	27,4	14699
225	10,8	7249	16,6	10811	20,5	13080	25,2	15687	30,8	18589
250	11,9	8871	18,4	13317	22,7	16066	27,9	19279	34,2	22935
280	13,4	11198	20,6	16686	25,4	20167	31,3	24234	38,3	28759
315	15	14072	23,2	21147	28,6	25528	35,2	80867	43,1	36405

Πίνακας 3.7: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Μεταφοράς Νερού (άρδευσης) 2ης γενιάς PE80 HDPE (DIN 8074/8075)

DIN 8074/8075		PE 80						
Diameter Διάμετρος	PN - 6Atm		PN - 10Atm		PN - 12,6tm		PN - 16Atm	
	SDR 21		SDR 13,6		SDR 11		SDR 9	
	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight
	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος
mm	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m	mm	gr/m
16	-	-	-	-	1,0	82	2,2	99
18	-	-	-	-	2,0	106	2,3	126
20	-	-	1,9	112	2,3	134	2,0	154
22	-	-	2,0	133	2,3	158	3,0	182
25	-	-	2,3	171	2,0	201	3,5	240
28	-	-	2,6	214	3,1	250	3,0	192
32	1,8	103	2,9	272	3,0	329	4,4	386
40	2,3	200	3,7	430	4,3	511	3,5	600
50	2,9	440	4,6	666	5,3	792	0,0	936
63	3,6	688	5,8	1050	7,1	1262	0,3	1470
75	4,3	976	6,8	1470	0,4	1772	10,3	2090
90	5,1	1300	8,2	2120	10,1	2555	12,3	3000

110	6,3	2000	10,0	3140	12,3	3793	15,1	4490
125	7,1	2000	11,4	4080	14,0	4905	17,1	5770
140	8,0	4348	12,7	5080	15,7	6142	10,2	7250
160	9,1	5474	14,0	6661	17,0	7954	21,0	9434
180	10,2	6779	16,4	8417	20,1	10063	24,3	11926
200	11,4	8445	18,2	10375	22,4	12438	27,4	14747
225	12,8	10544	20,5	13131	23,2	15741	30,0	18639
250	14,2	10044	22,7	16146	27,0	19344	34,2	23006
280	15,9	13223	25,4	20238	31,3	24312	30,3	28845
315	17,9	16689	28,6	25613	30,2	30692	43,1	36509
315	17,9	16689	28,6	25613	30,2	30692	43,1	36509

Πίνακας 3.8: Τεχνικές Προδιαγραφές Σωλήνων Μεταφοράς Νερού (άρδευσης) PE32 LDPE

Diameter Διάμετρος	(6Atm)			
	Wall thick	Weight	Wall thick	Weight
	Πάχος τοιχ.	Βάρος	Πάχος τοιχ.	Βάρος
mm	mm	gr/m	mm	gr/m
12	1,20	40	-	-
16	1,30	59	1,15	54
18	1,50	76	1,25	64
20	1,55	89	1,35	78
25	2,00	138	1,60	117
32	2,30	209	1,90	180

Απαραίτητη δε προϋπόθεση είναι οι υπόψη σωλήνες να είναι εφοδιασμένοι με επισήμως μεταφρασμένο στην ελληνική γλώσσα πιστοποιητικό του κατασκευαστή της πρώτης ύλης, καθώς και με prospectus, στο οποίο θα εμφανίζεται η σύνθεσή της, η ονομαστική της πυκνότητα, ο δείκτης ροής (MFI, Melt Flow Index), η τάση εφελκυσμού στο όριο διαρροής, η τάση θραύσης με τις αντίστοιχες επιμηκύνσεις και η τάση σ.

Επιπλέον, αμέσως μετά την εκχώρηση της παραγγελίας, απαιτείται και η προσκόμιση πιστοποιητικού καταλληλότητας του υλικού που θα διατεθεί για την παραγωγή τους, ενώ οι διατιθέμενοι σωλήνες αφενός μεν οφείλουν να ικανοποιούν τις απαιτήσεις μας, αφετέρου δε να πληρούν τις προδιαγραφές του Πιστοποιητικού Διασφάλισης Ποιότητας ISO 9002 της κατασκευάστριας εταιρίας.

2) Η γενιά, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι πιέσεις όλων των εξαρτημάτων PE θα πρέπει να ταυτίζονται με αυτά των σωλήνων που θα χρησιμοποιηθούν.

3) Βάνες χυτοσιδηρές φλαντζών ελαστικής έμφραξης.

Σώμα και κάλυπτρα χυτοσιδηρά GG-25 σύμφωνα με DIN 1691.

Σφήνα περιβεβλημένη με ελαστικό, που έχει παραχθεί από χυτοσίδηρο GG-25, πληρώντας τις προδιαγραφές DIN 1691.

Στέλεχος - ανοξείδωτος χάλυβας 13% CR.

Περικόχλιο στέλεχος - μπρούντζος.

Χειροκίνητος τροχός - χυτοσίδηρος GG-20.

Στεγανοποιητικές επιφάνειες των εδρών της βάνας - χάραξη από σίδηρο / ελαστικό 4B.

-Υλικά κατασκευής σωλήνων και ειδικών τεμαχίων:

Κατά την κατασκευή μιας μελέτης δικτύων σημαντικό είναι ο μελετητής μηχανολόγος να είναι υπεύθυνος εκτός και από την μελέτη και για την ποιότητα των υλικών και τον χρόνο παράδοσης του έργου, στο οποίο θα αναφερθούμε αναλυτικά παρακάτω.

Δεν επιτρέπεται η χρήση οποιοδήποτε υλικού άγνωστης σύνθεσης, αλλά αντίθετα πρέπει να χρησιμοποιείται χλωριούχο πολυβινύλιο χωρίς πλαστικοποιημένα και αδρανή υλικά. Όσον αφορά την επιλογή τις σταθεροποιητικές και λοιπές βοηθητικές ύλες ο κατασκευής διαθέτει την ελευθερία επιλογής, πλην όμως όταν πρόκειται για σωλήνες που προορίζονται για τη διανομή πόσιμου νερού θα πρέπει να συνεκτιμάται: Χαρακτηριστικά σκληρού P.V.C.. Μέση πυκνότητα = 1,38 = 1,40 χλγρ/εκ.3. Συντελεστής γραμμικής διαστολής -30.10-6/0 βαθμό C περίπου. Θερμική αγωγιμότητα = 0,1 KCAL/μ. ώρα βαθμό 0C περίπου Μέτρο ελαστικότητας = 30.000χλγ/εκ 2 περίπου. Επιφανειακή ηλεκτρική αντίσταση 1012 και το υλικό κατά τη δοκιμασία της φλόγας πρέπει να καίγεται, αλλά να μην συντηρεί τη φλόγα.

Κατά τον χρόνο παράδοσης τους οι σωλήνες ως προς την εμφάνιση τους πρέπει να είναι:

- ευθείς,
- με διατομή στο μέγιστο δυνατό κυκλική,
- χωρίς φυσαλίδες ή κοιλότητες και γενικώς ομοιογενείς και
- με ομοιόμορφο τον χρωματισμό που υποδεικνύει τη χρήση τους.

Επίσης, στην περίπτωση που απαιτηθεί η κοπή τους, αυτή πρέπει να διενεργείται πάντοτε καθέτως στον άξονα τους, ενώ δοκιμαζόμενοι υπό εσωτερική πίεση μακράς διάρκειας, αφενός μεν δεν πρέπει να παρατηρηθεί θραύσης τους, αφετέρου δε τα χαρακτηριστικά αντοχής θα πρέπει να πληρούν τους κανονισμούς που ισχύουν.

-Απορρόφηση νερού:

Όσον αφορά τους σωλήνες τύπου P.V.C., δοκιμαζόμενοι δεν πρέπει να παρατηρείται απορρόφηση νερού μεγαλύτερη των 4 χλστγρ./εκ.² (μεμονωμένες τιμές), ενώ σχετικά με την συμπεριφορά τους κατά τη θερμική επεξεργασία, δηλαδή ως προς τις παρατηρούμενες μεταβολές των διαστάσεων τους, αυτές δεν επιτρέπεται να είναι μεγαλύτερες του 5% κατά μήκος και 2,5% εγκάρσια και ταυτόχρονα δεν επιτρέπεται η ανάδειξη φυσαλίδων και αποφλοιώσεων.

-Ποιότητα επιφάνειας του σωλήνα:

Η επιφάνεια των σωλήνων υπό δοκιμασία πρέπει να παραμένει λεία τόσο εσωτερικά και εξωτερικά και η συμπεριφορά να εναρμονίζεται με τη μέθοδο παραγωγής τους. Η εμφάνιση έντονων αυλακώσεων και σημείων με αισθητά κοιλώματα δεν είναι επιτρεπτή και ανεκτές είναι μόνο οι αμυδρές αυλακώσεις και κυματισμοί, όπως επίσης και οι τυχόν ανομοιομορφίες στο πάχος του τοιχώματος.

-Διαστάσεις και ανοχές που επιτρέπεται:

Στους παραπάνω πίνακες 3.3 – 3.8 με τις τεχνικές προδιαγραφές των σωλήνων, αναγράφονται αναλυτικά οι διαστάσεις της εσωτερικής διαμέτρου, το πάχος του τοιχώματος και τα βάρη, όπως ορίζονται από τους ισχύοντες κανονισμούς.

3.8.5 Άρθρο 5ο - Δοκιμασίες

Δοκιμασία σε εσωτερική πίεση μεγάλης διάρκειας:

Αρχικά διενεργείται απόσπαση τριών τεμαχίων κατάλληλου μήκους (δοκίμια) από όλες τις διαστάσεις των υπό δοκιμή σωλήνων και για κάθε ανοιγμένη τάση δοκιμής, τοποθετώντας ακολούθως στα άκρα αυτών πώματα στεγανοποίησης, χωρίς όμως να περιορίζεται καθόλου η ελευθερία κίνησής τους ως προς τον άξονα. Στη συνέχεια και αφού από την ειδική είσοδο που διαθέτει το ένα εκ των δυο πωμάτων

στεγανοποίησης βάλουμε στο δοκίμιο νερό της προβλεπόμενης θερμοκρασίας (επιτρεπτή ανοχή $1,5^{\circ}\text{C}$), το αποθέτουμε μέσα σε θερμοστατικό λουτρό που έχει την κατάλληλη θερμοκρασία δοκιμής (επιτρεπτή ανοχή = 10°C), από όπου και δεν μετακινείται για μια ώρα προκειμένου να εξισωθεί η θερμοκρασία. Τέλος, το δοκίμιο, σε χρόνο 10-15 δευτερολέπτων, όπως είναι τοποθετημένο εντός του θερμοστατικού λουτρού κατευθύνεται στην πίεση δοκιμής, που πρέπει να διατηρείται σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια δοκιμής με επιτρεπτή ανοχή =2%.

Η προαναφερόμενη δοκιμή δεν θεωρείται υπολογίσιμη και χρήζει επανάληψης όταν κατά τον έλεγχο επί των δοκιμίων εμφανισθούν ρήγματα λόγω στήριξης στον καθορισμένο ελάχιστο χρόνο δοκιμής μέσα στις ζώνες επιρροής.

-Δοκίμια σε κρούση:

Τα δοκίμια κόβονται με μηχανικό τρόπο, στις καθορισμένες διαστάσεις, κατά μήκος των σωλήνων και στο μέγιστο δυνατό βαθμό συμμετρικά από όλη την περιφέρεια του. Η δοκιμασία σε κρούση αρχικά διενεργείται σε δέκα (10) δοκίμια και η κρούση εφαρμόζεται στην εξωτερική επιφάνεια του σωλήνα. Βάσει στους 200C (σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές με όργανο).

Από τη δοκιμασία διαπιστώνεται η θραύση ή μη των δοκιμίων και σε περίπτωση που παρατηρηθεί θραύση τους σε ποσοστό μεγαλύτερο του 10% του συνολικού αριθμού τους, τότε απαιτείται η επανάληψη της δοκιμής σε 20 νέα δοκίμια από την ίδια μερίδα. Τελικός στόχος της δοκιμασίας είναι το άθροισμα των δοκιμίων στα οποία παρατηρήθηκε θραύση κατά την πρώτη και επαναληπτική δοκιμή να μην είναι μεγαλύτερο ποσοστιαία του 10% των συνολικών δοκιμίων.

-Απορρόφηση νερού.

Η διενέργεια της απορρόφησης νερού πραγματοποιείται σε δοκίμια προερχόμενα από τους προς έλεγχο σωλήνες με την αρχική εξωτερική επιφάνεια και διαστασιακά το μέγεθος τους μαζί με τις επιφάνειες τομής πρέπει να είναι της τάξης 60×60 τετρ. εκ. έκαστο.

Δειγματικά γίνεται χρήση:

- α) τεμαχίων σωλήνα με εξωτερική επιφάνεια 50-60 τετρ. εκ. σε ότι αφορά τους σωλήνες των οποίων η εξωτερική διάμετρος δεν υπερβαίνει τα 32 χλστ. και
- β) τετράγωνων τεμαχίων σωλήνων με συνολική εξωτερική επιφάνεια 50-60 τετρ. εκ. σε ότι αφορά τους σωλήνες των οποίων η εξωτερική διάμετρος υπερβαίνει τα 32χλστ.

Ο αριθμός των χρησιμοποιούμενων δοκιμίων είναι το ελάχιστο 3 και κατεργάζονται μόνο στις επιφανείες τομής τους, οι οποίες απαραίτητως λειαινούνται, ενώ ο υπολογισμός της επιφάνειας καθενός από αυτά γίνεται με προσέγγιση 0,1 χλστ. και του βάρους τους με προσέγγιση 1 χιλιοστόγραμμα.

Ακολούθως, τα αποθέτουμε μέσα σε λουτρό με αποσταγμένο νερό για χρονικό διάστημα 24 ωρών, χωρίς να προηγηθεί καμία προπαρασκευή ή επεξεργασία. Μετά την παρέλευση του 24ώρου τοποθετούνται σε ψυχρό νερό, όπου ψύχονται για χρονικό διάστημα 15 λεπτών. Τέλος, μετά τη διαδικασία αυτή και αφού στραγγισθούν με διηθητικό χάρτη για να απαλλαγθούν από το νερό της επιφάνειάς τους, ζυγίζονται εκ νέου εντός χρονικού διαστήματος 2 λεπτών από την εξαγωγή τους από το νερό. Με αυτό τον τρόπο καθίσταται δυνατός ο υπολογισμός σε χιλιοστόγραμμα ανά τετρ.

Εκατοστό της απορρόφησης νερού, τόσο καθενός ξεχωριστά δοκιμίου, όσο και του μέσου όρου του συνολικού αριθμού αυτών.

Συμπεριφορά κατόπιν θερμικής επεξεργασίας (μεταβολές διαστάσεων):

Το μήκος των δοκιμίων, τα οποία είναι τεμάχια σωλήνα, είναι 20 αλλά όχι λιγότερο των 120 χιλιοστόμετρων και προς διερεύνηση τυχόν μεταβολής των διαστάσεων τους αποθέτονται οριζοντίως μέσα σε κλίβανο θερμοκρασίας 1400 C + 30 C για χρονικό διάστημα 30 λεπτών, με κυκλοφορία αέρος επί διάτρητου επιπέδου υποστηρίγματος, για να καθίσταται ανεμπόδιστη η μεταβολή των διαστάσεων τους.

Μετά τη διαδικασία αυτή τα δοκίμια, αφού αποψυχθούν στην θερμοκρασία του χώρου, υπόκεινται στην προβλεπόμενη μέτρηση και υπολογίζονται οι μεταβληθείσες διαστάσεις τους τόσο κατά μήκος, όσο και κατά την κατά την περίμετρο του σωλήνα, ανάγοντας τα αποτελέσματα και σε ποσοστιαία επί τοις % μεταβολή σε σχέση με τις αρχικές διαστάσεις τους, ενώ σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπεται να παρατηρηθούν σε αυτές φυσαλίδες και αποφλοιώσεις, προκληθείσες από τη διαδικασία.

-Ποιότητα επιφάνειας του σωλήνα:

Ο παρατηρητής, προκειμένου να ελέγξει εσωτερικά και εξωτερικά την επιφάνεια του σωλήνα χρησιμοποιεί μία πηγή φωτός, την οποία και τοποθετεί απέναντι του.

-Διαστάσεις και επιτρεπτές ανοχές:

Για να προσδιορισθεί το πάχος τοιχώματος χρησιμοποιείται ενδεδειγμένο μικρόμετρο ακριβείας, ενώ η μέτρηση της περιφέρειας καθορίζει τη μέση τιμή της εξωτερικής διαμέτρου.

3.8.6 Αιτίες και αντιμετώπιση προβλημάτων δικτύων

Τα προβλήματα που παρουσιάζονται στα δίκτυα ύδρευσης για να μην επιδιορθωθούν απλώς, αλλά για αντιμετωπισθούν σε βιώσιμο βαθμό, απαιτούν τον ακριβή εντοπισμό των αιτιών που τα προκαλούν, αλλά αυτό είναι μία δύσκολη διαδικασία, δεδομένου ότι δεν πρόκειται για μονοσήμαντα καθορισμένες σχέσεις μεταξύ των προβλημάτων και των γενεσιουργών αιτιών τους, αφού ένα παρουσιαζόμενο πρόβλημα δύναται να οφείλεται σε πολυάριθμες αιτίες, αλλά και μία αιτία δύναται να είναι υπαίτια πολυάριθμων προβλημάτων.

Επίσης, υπάρχει το ενδεχόμενο άλλοι παράγοντες (π.χ. διάβρωση) να επιδράσουν και να αποτελέσουν την γενεσιουργό αιτία ενός προβλήματος. Υπό τα δεδομένα αυτά και αφού πρώτα σημειωθεί ότι οι αιτίες που προκαλούν τα προβλήματα στα δίκτυα ύδρευσης διακρίνονται σε εσωτερικές και εξωτερικές και ομαδοποιούνται σε έξι κατηγορίες ανάλογα με το αν προκαλούν:

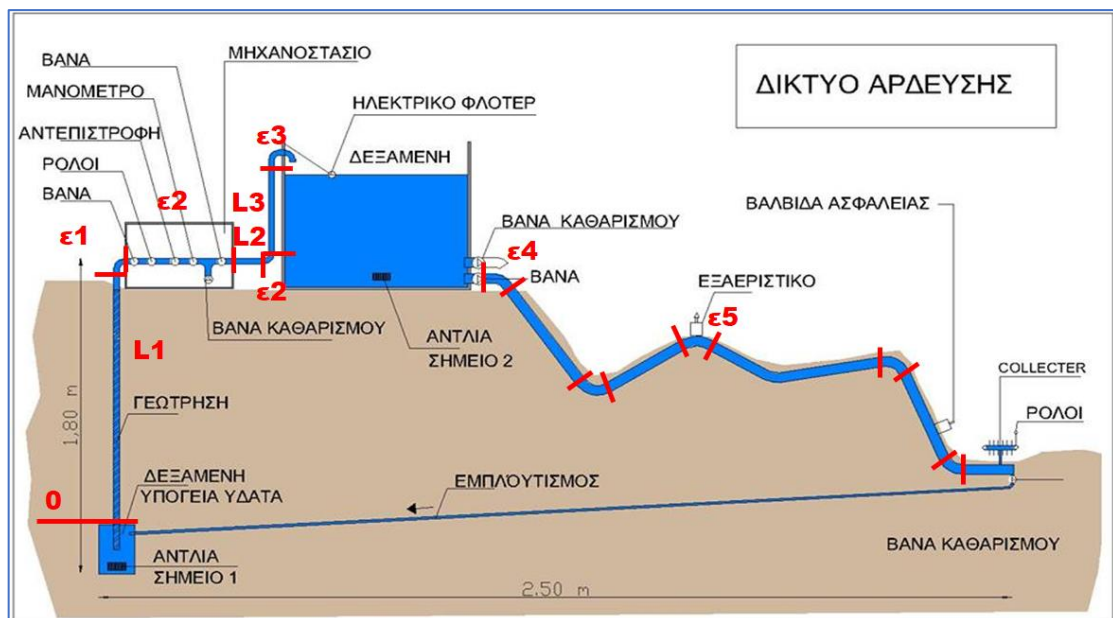
- διάβρωση,
- μείωση παροχτευτικής ικανότητας,
- διαρροές,
- θραύσεις,
- υποβάθμιση της ποιότητας του νερού και
- άλλα προβλήματα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4 Πειραματικό Μέρος

Στο πειραματικό μέρος της εργασίας θα δούμε πώς λειτουργεί με πραγματικά υλικά κατασκευής το δίκτυο ύδρευσης άρδευσης. Η κατασκευή του δικτύου αποτελείται από τα υλικά που θα δούμε παρακάτω και έχοντας υπολογίσει όλους τους παράγοντες και τα στοιχεία, όπως έχουν ήδη παρατεθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο και σύμφωνα με τη θεωρία του μαθήματος των υδροδυναμικών μηχανών.

Η κατασκευή θα υλοποιηθεί στην αίθουσα του εργαστηρίου υδροδυναμικών μηχανών του ΤΕΙ Κρήτης στη Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, για πρακτική εκπαίδευση των φοιτητών, όπου εκεί θα δουν έμπρακτα τη λειτουργία ενός δικτύου. Θα κατορθώσουν να αντιληφθούν πλήρως τον σχεδιασμό, την πολυπλοκότητα και τις δυσκολίες που υφίστανται σε ένα τέτοιο εγχείρημα και θα καταφέρουν να αναπτύξουν δικές τους ιδέες και προτάσεις για αντιμετώπιση προβλημάτων και εξέλιξη του τομέα με νέες καινοτομίες.



Εικόνα 4.1: Δίκτυο Ύδρευσης - Άρδευσης

Για την υλοποίηση της κατασκευής, όπως παρουσιάζεται στην παραπάνω Εικόνα 4.1 ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα: Αρχικά ήταν απαραίτητος ο υπολογισμός της διατομής των σωλήνων της δεξαμενής και των αντλιών που θα χρησιμοποιούνταν, ώστε να εξασφαλιστεί η κατάλληλη πίεση, η οποία θα δώσει λειτουργία στην όλη εγκατάσταση και έπειτα έγινε η επιλογή των υλικών.

Έτσι ισχύει ακολούθως:

Δεδομένα κλαδού Α(0-3)

$P_0 = P_3$ – Τις θεωρώ ατμοσφαιρικές

$V_a = v_3$ – Τις θεωρώ αμελητέες, αφού είναι στην επιφάνεια των δεξαμενών

$Z_0 = 0$ – Είναι επίπεδο αναφοράς

$Z_3 = L_1 + L_3$

$L_1 = 1.7\text{m}$

$L_2 = 0.8\text{m}$

$L_3 = 0.37\text{m}$

$V_a=1\text{m/s}$ – Τις θεωρώ ενδεικτικά, συνήθως κυμαίνεται $1\text{m/s}=2\text{m/s}$

$V=$ Το κινηματικό ιξώδες για θερμοκρασία νερού 10

$E=$ Τραχύτητα σωλήνα ενδεικτικά

$K_{E1}=0,78$ Έξοδος νερού από δεξαμενή (σημειώσεις υδροδυναμικών)

$K_{\gamma_{\text{ων}}}=0,9$ γωνία 90 (ενδεικτικά)

$K_{\gamma_{\text{ων}}}=180=0,9*1,4=1,26$ (ενδεικτικά)

$K_{\beta_{\text{αν}}}=2,1$ (ενδεικτικά)

Όλοι οι συντελεστές τοπικών απωλειών και ιξώδες είναι από σημειώσεις μαθήματος υδροδυναμικών μηχανών.

Υπολογισμός κλάδου Α (0-3)

Εφαρμόζοντας Βερουλι έχουμε:

$$\frac{P_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} + z_0 + H_\alpha - \frac{P_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} + z_3 + \Delta H_{(0-3)}$$

$$H_\alpha = \frac{P_3 - P_0}{\gamma} + \frac{v_3^2 - v_0^2}{2g} + z_3 - z_0 + \Delta H_{(0-3)}$$

Οι πιέσεις θεωρούνται ατμοσφαιρικές ($P_3=P_2$)

Οι ταχύτητες σχεδόν ίσες

Άρα προκύπτει : $H_\alpha = z_3 - z_0 + \Delta H_{0-3}$

Οι απώλειες είναι $\Delta H_{0-3} = hf_{(0-3)} + \Sigma h_{(0-3)}$

$$H_\alpha = z_3 - z_0 + hf_{0-3} + \Sigma h_{m0-3}$$

$$hf_{0-3} = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

$$\Sigma h = \Sigma_{km} \frac{v^2}{2g}$$

$$H_\alpha = z_3 - z_0 + f \frac{L}{d} \frac{v_\alpha^2}{2g} + \Sigma_{km} \frac{v^2}{2g}$$

$$H_\alpha = z_3 - z_0 + \left(f \frac{L_\alpha}{d} + \Sigma_{km} \right) \frac{v_\alpha^2}{2g}$$

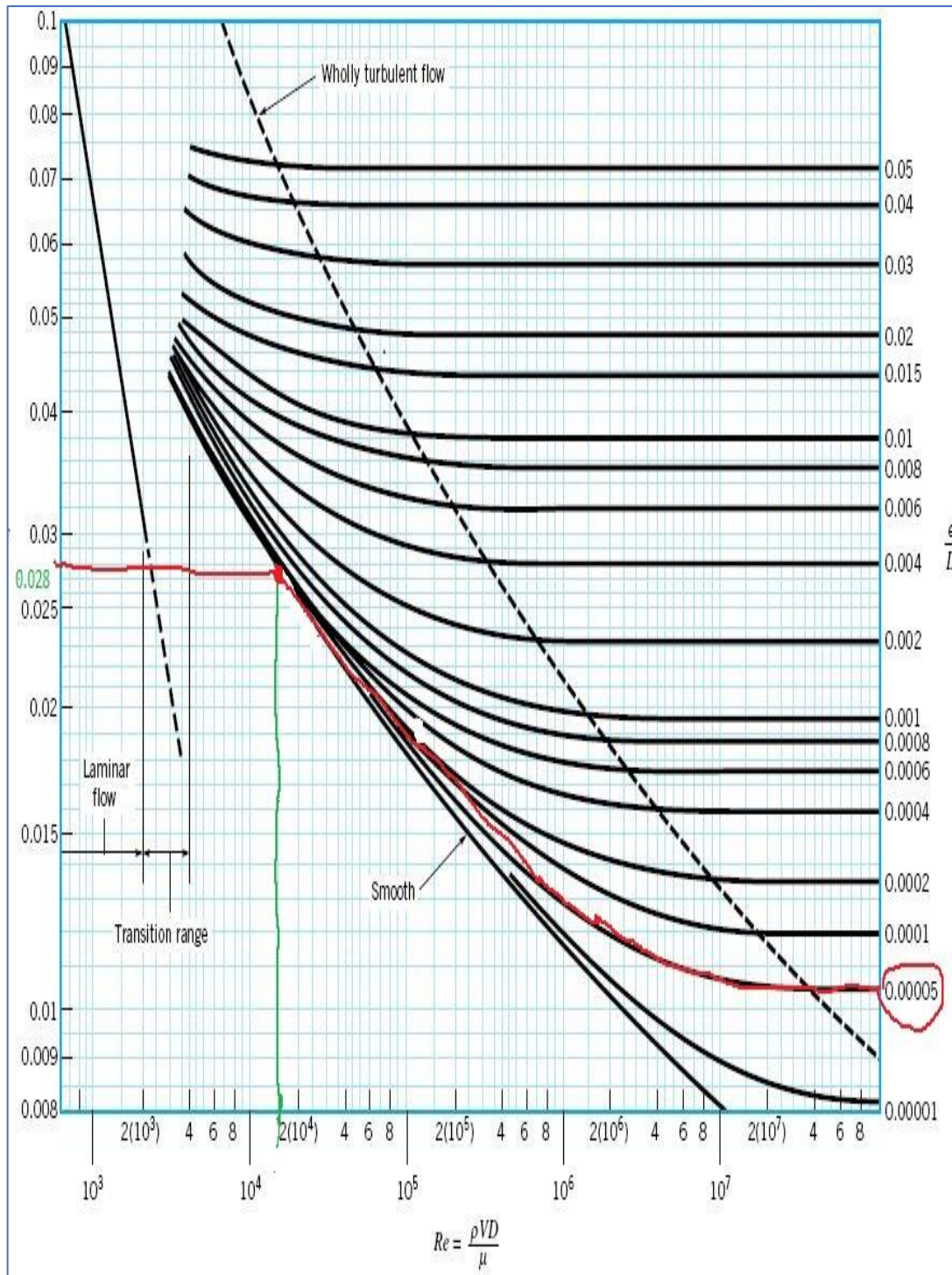
Επιμέρους έχω: $Z_3-Z_0=1,7+0,37=2,07\text{m}$

$L_a=L_1+L_2+L_3=1,7+0,8+0,37=2,87\text{m}$

$V_a=1\text{m/s}$ (θεωρώ ότι θα δουλέψει εκεί)

$d=3/4\text{in}=d=19,05*10\text{.....}$

Για το συντελεστή γραμμικών απωλειών υπολογίζεται από το διάγραμμα Moody.



Σχήμα 3.9: Διάγραμμα Moody

$$Re = \frac{v_{\alpha} d}{\nu} \Rightarrow Re = \frac{1 * 19.03 * 10^{-3}}{1 * 306 * 10^{-6}} \Rightarrow Re = 1.46 * 10^4$$

$$\frac{E}{d} = \frac{1 * 10^{-6}}{19.05 * 10^{-3}} \Rightarrow \frac{E}{d} = 0.00005$$

Από το διάγραμμα προκύπτει: $f=0,028$

Για τοπικές απώλειες έχω

$$\sum k_m = k_{\varepsilon\varphi} + k_{\gamma\omega\nu} * 2 + k_{\gamma\omega\nu 180^{\circ}} + k_{\beta\alpha\nu} \Rightarrow$$

$$\sum k_m = 0,78 + 0,9 * 2 + 1,26 + 2,1 \Rightarrow$$

$\sum k_m = 5,94$ είναι οι συνολικές απώλειες

Όπου:

v_0 ταχύτητα ρευστού m/s

ν κινηματικό ιξώδες m^2/s

d διάμετρος αγωγού m

Εφαρμόζοντας τη σχέση 1 έχω:

$$H_{\alpha} = z_3 - z_0 + \left(f \frac{L_{\alpha}}{d} + \Sigma_{km} \right) \frac{v_{\alpha}^2}{2g}$$

$$H_{\alpha} = 2.07 + \left(0.028 \frac{2.87}{19.05 * 10^{-3}} + 5.94 \right) \frac{1}{2 * 9.84}$$

$H_{\alpha}=2,588$ είναι το απαιτούμενο μανομετρικό

Η παροχή λειτουργίας για αυτά τα δεδομένα είναι:

Όπου:

$$Q = v \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow$$

$$Q = 1 \frac{3.14 (19.05 * 10^{-3})^2}{4} \Rightarrow$$

$$Q = 0.285 * 10^{-3}$$

$$Q = 0.285 * 10^{-3} * 3600 = 1026 \text{lt/h}$$

Βάσει του αποτελέσματος επιλέγω την αντλία μικρής ισχύος 750watt, με παροχή 1200lt/h και μανομετρικό στα 8,5m/max

Δεδομένα κλάδου Β (3 Α-Β)

$P_{3a}=0$ (σχετική πίεση ατμοσφαιρική)

$P_5=2\text{bar}$ (σχετική)

$V_5=1\text{m/s}$ (ομοίως το θεωρώ όπως και στον κλάδο Α ενδεικτικά)

$V_{3a}=\text{αμελητέα } 0\text{m/s}$ αφού είναι η επιφάνεια της δεξαμενής

$Z_5=0$ (το θεωρώ επίπεδο αναφοράς)

$Z_{3a}=0,5\text{m}$ (το θέτω εγώ)

$\gamma=9,804$ από σημειώσεις για ειδικό βάρος 10C

$\nu=1,306 \cdot 10$

$L_2=2\text{m}/2=\text{συνολικό μήκος του αγωγού}$

$L_B=1\text{m}$ (το θεωρώ εγώ)

$d=19,05 \cdot 10\text{m}$

$e=1 \cdot 10\text{m}$ (το θεωρώ εγώ)

$K_{\beta\alpha\nu}=2,1$ (το θεωρώ εγώ)

$K_{\gamma\omega\nu 90^\circ} = 0,9 * 0,45 = 0,405$

$K_5=2,1$ (το θέτω εγώ εξαεριστικό)

$K_{\epsilon\phi}=0,78$ (το θεωρώ εγώ)

Υπολογισμός κλάδου Β

Ομοίως με κλάδο Α εργαζόμαστε εδώ, μόνο που ο υπολογισμός περιορίζεται έως το εξαεριστικό.

$$HB = \frac{P_5 - P_{3\alpha}}{\gamma} + \frac{v_5^2 - v_{3\alpha}^2}{2g} + z_5 - z_{3\alpha} + \Delta H_{3\alpha 5}$$

$$HB = \frac{P_5}{\gamma} + \frac{v_5^2}{2g} - z_{3\alpha} + \Delta H_{3\alpha 5}$$

$$HB = \frac{P_5}{\gamma} + \frac{v_5^2}{2g} - z_{3\alpha} + \left(F_3 \frac{LB}{d} + \Sigma_{km} \right) \frac{v_3^2}{2g}$$

Για τις τοπικές απώλειες έχω:

$$\sum k_m = k_{\beta\alpha\nu} + k_{\gamma\omega\nu 90^\circ + k_5} + k_{\varepsilon\varphi} \Rightarrow$$

$$\sum k_m = 2,1 + 0,405 + 2,1 + 0,78 \Rightarrow$$

$$\sum k_m = 5,385 \text{ είναι οι συνολικές απώλειες}$$

Για τις γραμμικές απώλειες έχω:

$$Re = \frac{v_\alpha d}{\nu} \Rightarrow Re = \frac{1 * 19.05 * 10^{-3}}{1 * 306 * 10^{-6}} \Rightarrow Re = 1.46 * 10^4$$

$$\frac{E}{d} = \frac{1 * 10^{-6}}{19.05 * 10^{-3}} \Rightarrow \frac{E}{d} = 0.00005$$

Moody προκύπτει:

$$F = 0.028$$

$$HB = \frac{P_5}{\gamma} + \frac{v_5^2}{2g} - z_{3\alpha} + \left(F_3 \frac{LB}{d} + \Sigma_{km} \right) \frac{v_3^2}{2g} \Rightarrow$$

$$HB = \frac{2 * 10^5}{9,804} + \frac{1^2}{2 * 9,806} - 0,5 + \left(0.028 \frac{1}{19.05 * 10^{-3}} + 5.385 \right) \frac{1}{2 * 9.806} \Rightarrow$$

$$HB = 20.3$$

Το απαιτούμενο μανομετρικό έτσι ώστε να ενεργοποιηθεί το εξαεριστικό στο σημείο β, το οποίο ενεργοποιείται στα 3bar είναι HB=20,3m.

Παροχή ομοίως με πριν, οπότε έχω:

$$Q = v \frac{\pi d^2}{4} =>$$

$$Q = 0.28 \cdot 10^{-3} =>$$

$$Q = 0.285 \cdot 10^{-3} \cdot 3600$$

$$Q = 1.026$$

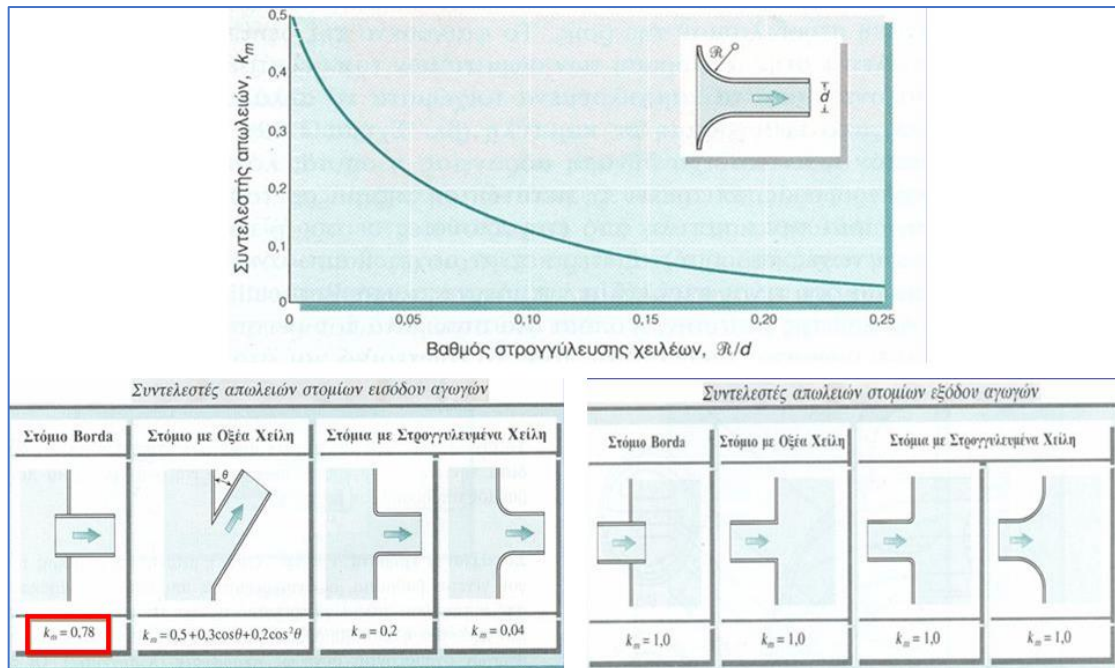
Εφόσον βρήκα την παροχή επιλέγω αντλία, η οποία έχει χαρακτηριστικά 370watt με παροχή (q) 250lt/h και μανομετρικό 38m/max

Παράδειγμα υπολογισμού γραμμικών απωλειών ροής

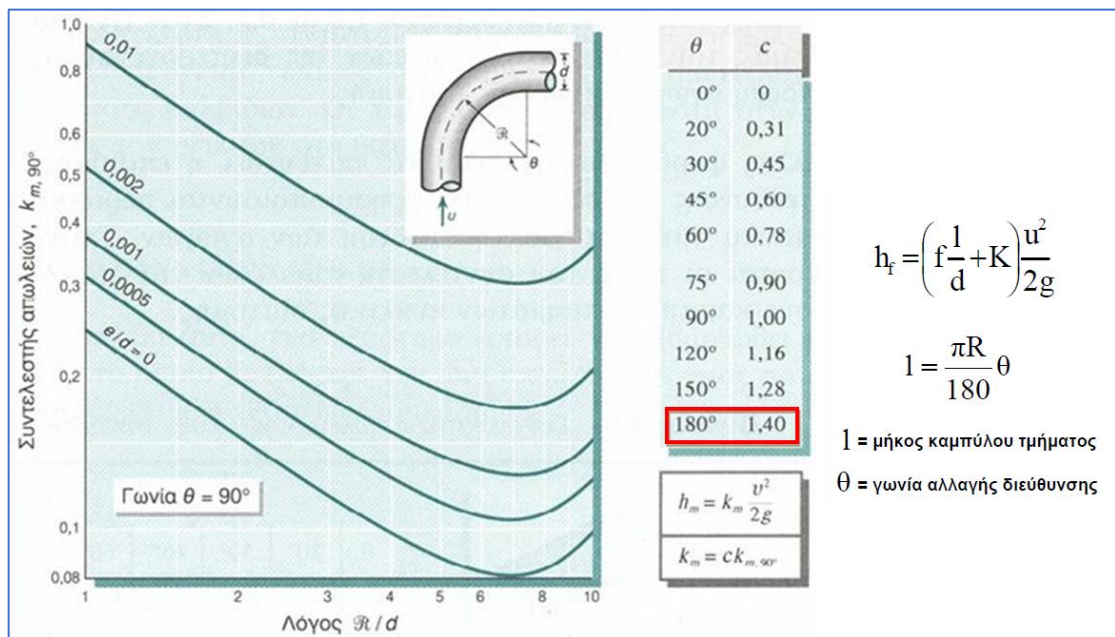
Από τους πίνακες με τις ιδιότητες του νερού, βρίσκουμε την κινητική συνεκτικότητα για τους 10°C ίση με $v=1,306 \cdot 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$.

Πίνακας 3.9: Ιδιότητες του νερού

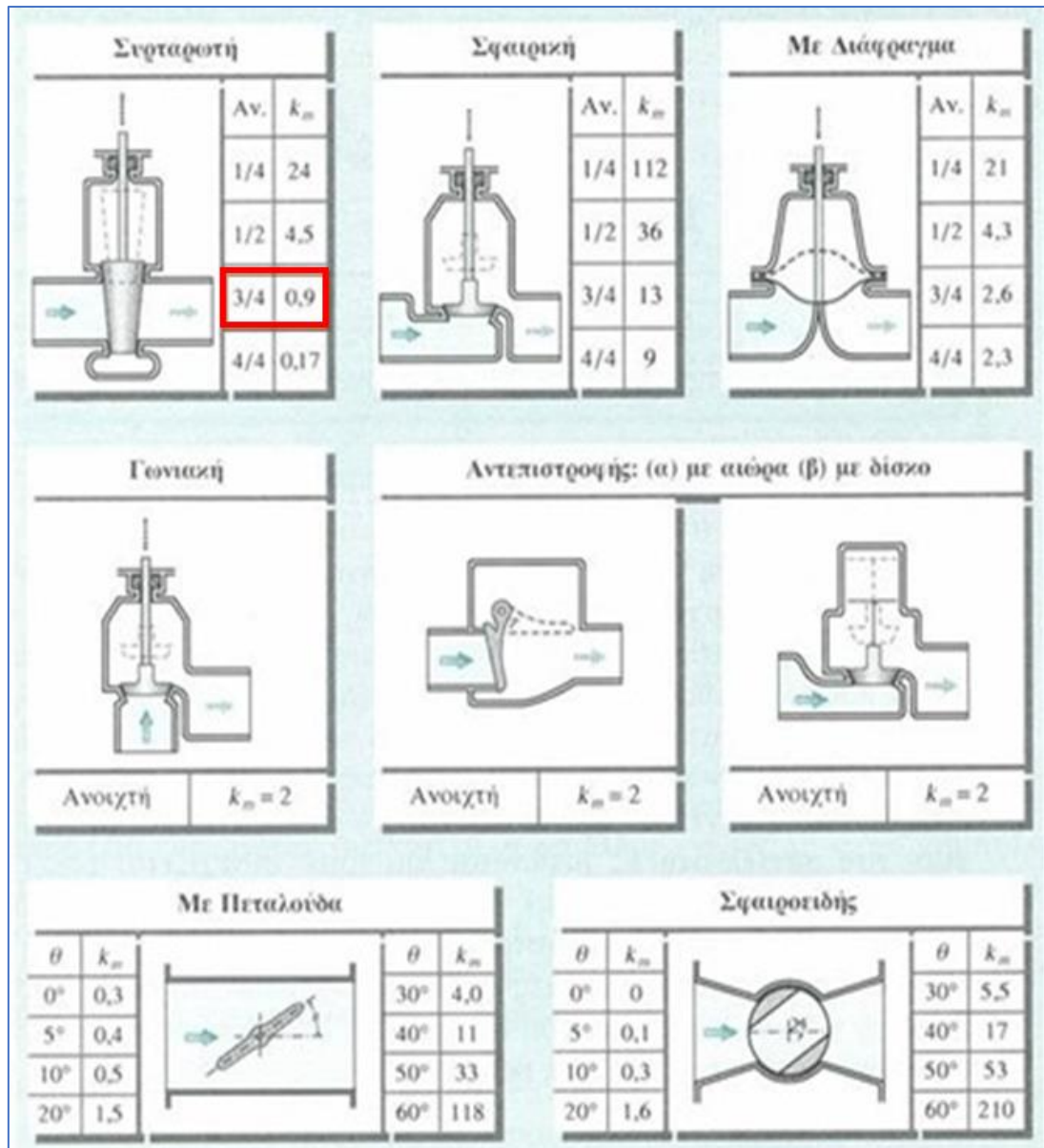
Θερμοκρασία	Ειδικό βάρος	Πυκνότητα μάζας	Μέτρο ελαστικότητας	Δυναμική συνεκτικότητα	Κινηματική συνεκτικότητα	Επιφανειακή τάση	Πίεση υδρατμών
[°C]	[kN/m ³]	[kg/m ³]	[GPa]	[N s/m ²]	[m ² /s]	[N/m]	[kPa]
0	9,805	999,8	1,98	1,781(10) ⁻³	1,785(10) ⁻⁶	0,0756	0,61
5	9,807	1000,0	2,05	1,518(10) ⁻³	1,519(10) ⁻⁶	0,0749	0,87
10	9,804	999,7	2,10	1,307(10) ⁻³	1,306(10) ⁻⁶	0,0742	1,23
15	9,798	999,1	2,15	1,139(10) ⁻³	1,139(10) ⁻⁶	0,0735	1,70
20	9,789	998,2	2,17	1,002(10) ⁻³	1,003(10) ⁻⁶	0,0728	2,34
25	9,777	997,0	2,22	0,890(10) ⁻³	0,893(10) ⁻⁶	0,0720	3,17
30	9,764	995,7	2,25	0,798(10) ⁻³	0,800(10) ⁻⁶	0,0712	4,24
40	9,730	992,2	2,28	0,653(10) ⁻³	0,658(10) ⁻⁶	0,0696	7,38
50	9,689	988,0	2,29	0,547(10) ⁻³	0,553(10) ⁻⁶	0,0679	12,33
60	9,642	983,2	2,28	0,466(10) ⁻³	0,474(10) ⁻⁶	0,0662	19,92
70	9,589	977,8	2,25	0,404(10) ⁻³	0,413(10) ⁻⁶	0,0644	31,16
80	9,530	971,8	2,20	0,354(10) ⁻³	0,364(10) ⁻⁶	0,0626	47,34
90	9,466	965,3	2,14	0,315(10) ⁻³	0,326(10) ⁻⁶	0,0608	70,10
100	9,399	958,4	2,07	0,282(10) ⁻³	0,294(10) ⁻⁶	0,0589	101,33



Σχήμα 3.10: Συντελεστές απωλειών ενέργειας σε στόμια εισόδου και εξόδου από αγωγό



Σχήμα 3.11: Συντελεστές απωλειών ενέργειας σε καμπύλα τμήματα αγωγών



Σχήμα 3.12: Συντελεστές απωλειών ενέργειας σε διάφορων τύπων βαλβίδες

Συνιστάμενες ταχύτητες (σε m/s) για σωληνώσεις νερού

Γραμμές νερού χρήσεως ,δηλαδή πόσιμου νερού η νερού διαφόρων λειτουργιών που παίρνουμε από το δίκτυο ύδρευσης και το ζεσταίνουμε	1-2
Κύριες γραμμές υπέρθερμου νερού	1-2
Γραμμές τηλεθερμάνσεων νερού	<3
Γραμμές νερού ψύξεως	0,7-1,5
Γραμμές θερμού νερού κεντρικών θερμάνσεων δυο σωλήνων (χαλυβδοσωλήνων)	<0,6
Γραμμές θερμού νερού κεντρικών θερμάνσεων με σωλήνες από χαλκό	0,5-1,5
*Νερό για διάφορες λειτουργίες σε σπίτια ξενοδοχεία μαγειρεία βαφεία , λουτρά , πλυντήρια , σφαγεία , μεταλλουργία κτλ. **Υπέρθερμο λέμε το νερό που έχει θερμοκρασία κάτω από την θερμοκρασία κορεσμού (που αντιστοιχεί στην πίεση λειτουργίας) ***θέρμανση ομάδας κτιρίων νοσοκομεία ,σχολεία , στρατώνες , οικισμοί , βιομηχανίες), από θερμότητα που παράγεται σε μια κεντρική εστία.	

Σχήμα 3.13: Συνιστώμενες ταχύτητες(σε m/s)για σωληνώσεις νερού

Τιμές τραχύτητας K σε mm

Είδος σωλήνων	Τραχύτητα κ
Σωλήνες χυτοσιδηρένιοι με τοιχώματα όπως είναι από τη χύτευση	0,2-0,6
Σωλήνες χυτοσιδηρένιοι σκουριασμένοι	1-1,5
Σωλήνες χυτοσιδηρένιοι με επικαθήσεις	1,5-3
Κοινοί χαλυβδοσωλήνες με ραφή	0,040-0,1
Κοινοί χαλυβδοσωλήνες με ραφή γαλβανισμένοι	0,080-0,15
Κοινοί χαλυβδοσωλήνες χωρίς ραφή	0,02-0,06
Κοινοί χαλυβδοσωλήνες χωρίς ραφή γαλβανισμένοι	0,07-0,16
Χαλυβδοσωλήνες σκουριασμένοι	0,5-1
Χαλυβδοσωλήνες πολύ σκουριασμένοι	1-3
Καινούργιοι τραβηχτοί σωλήνες από χαλκό η από ελαφρά μέταλλα	0,0013-0,0015
Πλαστικοί σωλήνες από πολυαιθυλένιο	0,001
Σωλήνες pv	0,005
Τσιμεντοσωλήνες εμπορίου	1-3
Κεραμικοί αγωγοί εμπορίου	0,07-0,1

Σχήμα 3.14: Συνισταμένες τιμές τραχύτητας

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, τα υλικά που απαιτούνται για την υλοποίηση της εγκατάστασης παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Πίνακας 3.10: Υλικά Υδραυλικών

	ΥΛΙΚΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ	ΤΕΜΑΧΙΑ
1	Αντλία στο σημείο 1 μικρής ισχύος με χαρακτηριστικά (ισχύς 400w-700w, παροχή 700lit-1200lit, μανομετρικό 8,5max	1
2	Αντλία στο σημείο 2 με χαρακτηριστικά (ισχύς 370w 1/2HP) παροχή 2500lit/h max, μανομετρικό 38m(max)	1
3	Υγρόμετρο ¾ ογκομετρικό	2
4	Βαλβίδα κλάπες ¾ tap	1
5	Μανόμετρο Φ60 κάθετο γλυκερίνης	2
6	Ταφ ¾ ορειχάλκινο Β.Τ	6
7	Συστολή ¾*½ Αμερικής ορειχάλκινο	1
8	Συστολή ½*¼ Αμερικής ορειχάλκινο	2
9	Σφαιρικός ¾ Bugatti	6
10	Σίδερο σωλήνα γαλβάνιζε πράσινη ¾	6m
11	Μαστός ορειχάλκινος ΒΤ ¾	6
12	Εξαεριστικό δικτύου ½ itap	3
13	Βαλβίδα ασφάλειας 6 bar ½	1
14	Ρακόρ λάστιχο σωλήνας ¾ αρσενικό	15
15	Κολεκτέρ 4 οπών ¾ ορειχάλκινο	2
16	Σφαιρικός μίνι ½ μπλε	2
17	Σφίχτηκες ΜΑΚΑΛΟΝ 1"(20-32)	15
18	Στηρίγματα λάστιχο ¾	20
19	Ντιζάκι 8*80 στηριγμάτων	20
20	Μούφα electrofysion Φ63 PE 100	1
21	Γωνίες ορειχάλκινο Θ-Θ ¾	10
22	Ηλεκτρικό φλοτέρ SM	1
23	Σωλήνα (μονοσωλήνιο λευκό η διαφανές)	1*12m

Πίνακας 3.11: Υλικά Σιδηροκατασκευής

	ΥΛΙΚΑ ΣΙΔΗΡΟΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΤΕΜΑΧΙΑ
1	Στρατζαριστό 40*20*2 (μαύρο)	2*6m
2	Στρατζαριστό 50*50*2 (μαύρο)	1*6m
3	Στρατζαριστό 40*40*2 (μαύρο)	4*6m
4	Στρατζαριστό 40*80*1/1/2	1*5m
5	Στρατζαριστό Γωνία 30*3	1*6m

6	Ρόδες δυο σταθερές NO 125	2
7	Ρόδες δυο με φρένο NO125	2
8	Χρώμα σφυρήλατο HAMMERIT 750ml	1
9	Χρώμα RUST PRIMER 750ml	1
10	Διαλυτικό Νίτρου 750ml	1
11	Βίδες (τρυπανόβιδες) 6,3*50	100
12	Γωνία 30*3	2*6m

Πίνακας 3.12: Άλλα Υλικά

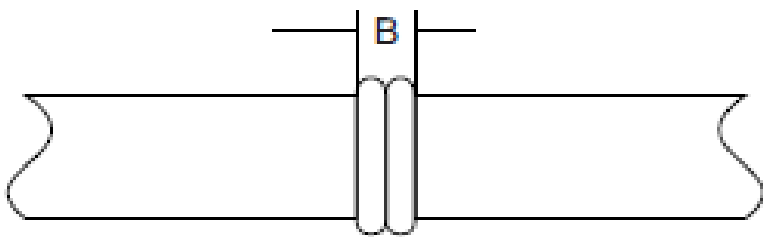
ΥΛΙΚΑ	τεμάχια
Αφίσα διαστάσεων 2,00*2,50	1
Κόντρα πλακέ (σημύδα) διαστάσεων 1,25*2,50*21mm	2

4.1 Υλικά κατασκευής και θερμοσυγκόλλησης

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι σε κάθε εγκατάσταση δικτύου για μια σωστή και ολοκληρωμένη εγκατάσταση σημαντικό ρόλο έχουν τα υλικά και η διαδικασία της μετωπικής συγκόλλησης με εξαρτήματα και σωλήνα. Η διαδικασία μετωπικής συγκόλλησης έχει ως εξής:

1. Τοποθετούμε τα κατάλληλα κλείστρα στην μηχανή
2. Τοποθετούμε τους σωλήνες στα κλείστρα
3. Ασφαλίζουμε και καθαρίζουμε το σωλήνα
4. Φέρνουμε σε επαφή τα άκρα του σωλήνα
5. Ευθυγραμμίζουμε το προφίλ του σωλήνα
6. Κόβουμε τα άκρα του σωλήνα
7. Θερμαίνουμε τα άκρα του σωλήνα
8. Ενώνουμε τις άκρες του σωλήνα
9. Κρατάμε υπό πίεση μέχρι την ψύξη της ένωσης

Pipe size Μέγεθος σωλήνα	Melt Bead Size (B) Μέγεθος Λικωμένου Υλικού (κορδόνι - B)
< 40mm	1 - 2mm
40mm - 90mm	2 - 3mm
90mm - 225mm	3 - 5mm
225mm - 315mm	5 - 6mm



The diagram shows a cross-section of a pipe joint. Two pipe sections are joined together, and a vertical line labeled 'B' indicates the width of the melt bead (weld) between them.


Σχήμα 3.15: συγκόλληση σωλήνα



Σχήμα 3.16: Μηχανές Ηλεκτροσύντηξης

Παρακάτω βλέπουμε κάποια από τα σημαντικότερα υλικά, τα οποία χρειάζονται για την κατασκευή ενός δικτύου.









Πίνακας 3.13: Κοχλιωτά Εξαρτήματα Πόσιμου Νερού 16atm

	Ρακόρ Αρσενικό 	Σύνδεσμος Ρακόρ 	Γωνία Ρακόρ Αρσενικό 	Γωνία Σύνδεσμος Ρακόρ 	Τάφ Σύνδεσμος Ρακόρ 	Τάφ Ρακόρ Αρσενικό 	Τερματικό Ρακόρ 	Σέλα Ύδρευσης PN16 με βίδες 
Χαρακτηριστικά	20 x 1/2"	20 x 20	20 x 1/2"	20 x 20	20 x 20 x 20	20 x x 20	20	63 x 1/2"
	25 x 3/4"	25 x 25	25 x 3/4"	25 x 25	25 x 25 x 25	25 x x 25	25	63 x 3/4"
	32 x 1"	32 x 32	32 x 1"	32 x 32	32 x 32 x 32	32 x 1" x 32	32	63 x 1"
	40 x 1 1/4"	40 x 40	40 x 1 1/4"	40 x 40	40 x 40 x 40	40 x 1 x 40	40	75 x 1/2"
	50 x 1 1/2"	50 x 50	50 x 1 1/2"	50 x 50	50 x 50 x 50	50 x 1 x 50	50	75 x 3/4"
	50 x 2"	63 x 63	63 x 2"	63 x 63	63 x 63 x 63	63 x 2" x 63	63	75 x 1"
	63 x 2"	75 x 75		75 x 75	75 x 75 x 75	75 x 2 x 75	75	90 x 1/2"
	75 x 2 1/2"	90 x 90		90 x 90	90 x 90 x 90	90 x 3" x 90	90	90 x 3/4"
	90 x 3"	110 x 110		110 x 110	110 x 110 x 110	110 x 4" x 110	110	90 x 1"
	110 x 4"	125 x 125						110 x 1/2"
	125 x 4"							110 x 3/4"
								110 x 1"

Πίνακας 3.14: Εξαρτήματα Ηλεκτροσύντηξης PE 100 SDR11 PN16

	Ηλεκτρομούφα 	Ηλεκτροσυστολή 	Ηλεκτρογωνία 90ο 	Ηλεκτρογωνία 45ο 	Ηλεκτροτάφ 	Ηλεκτροσέλλα Παροχής (με κοπτικό) 	Πώμα Ηλεκτροσύντηξης 	Μεταβατικό Εξάρτημα Ηλεκτροσύντηξης (αρσενικό σπρέιωμα) 
Χαρακτηριστικά	63	63 x 50	63	63	63	40 - 20	63	20 x 1/2"
	75	75 x 63	75	75	75	40 - 32	75	25 x 3/4"
	90	90 x 63	90	90	90	63 - 20	90	32 x 1"
	110	110 x 63	110	110	110	63 - 32	110	40 x 1 1/4"
	125	110 x 90	125	125	125	90 - 32	125	50 x 1 1/2"
	140	125 x 90	160	160	160	110 - 20	140	63 x 2"
	160	125 x 110	180	180	225	110 - 32	160	
	180	160 x 90	225	225		160 - 20	180	
	200	160 x 110				160 - 32	200	
	225	225 x 160						
	250							
	280							
	315							

Πίνακας 3.15: Εξαρτήματα Μετωπικής Συγκόλλησης Ρε 100 Sdr11 Pn16

	Συστολικό Τάφ 	Τάφ 	Λαιμός Φλάντζας 	Συστολή 	Γωνία 90ο 	Γωνία 45° 	Εξάρτημα Μετάβασης Μετωπικής συγκόλλησης (αρσενικό σπείρωμα) 	Πώμα 
Χαρακτηριστικά	90 x 63 x 90	63	63	63 x 50	63	63	20 x 1/2"	63
	90 x 75 x 90	75	75	75 x 63	75	75	25 x 3/4"	75
	110 x 63 x 110	90	90	90 x 63	90	90	32 x 1"	90
	110 x 75 x 110	110	110	90 x 75	110	110	40 x 1 1/4"	110
	110 x 90 x 110	125	125	110 x 63	125	125	50 x 1 1/2"	125
	125 x 90 x 125	140	140	110 x 90	140	140	63 x 2"	140
	125 x 110 x 125	160	160	125 x 90	160	160	75 x 2 1/2"	160
	160 x 63 x 160	180	180	125 x 110	180	180	90 x 3"	180
	160 x 75 x 160	200	200	140 x 125	200	200	110 x 4"	200
	160 x 90 x 160			160 x 90				
	160 x 110 x 160			160 x 110				
	180 x 90 x 180			160 x 125				
	180 x 110 x 180			160 x 140				
	180 x 160 x 180			180 x 125				
	200 x 63 x 200			180 x 140				
	200 x 90 x 200			180 x 160				
	200 x 110 x 200			200 x 160				
	200 x 125 x 200							
200 x 160 x 200								

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Angelakis A.N. and Spyridakis, S. V. (1996). Wastewater management in Minoan times. In: Proc. of the Meeting on Protection and Restoration of Environment, August 28-30, Chania, Greece, p. 549-558.
2. Angelakis, A. N., Savvakis, Y. M., and Charalampakis, G. (2007). Aqueducts During the Minoan Era. *Water Sci. and Techn., Water Supply*, 7(1): 95-102.
3. Angelakis, A.N., Koutsoyiannis, D., and Tchobanoglous, G. (2005). Wastewater management technologies in the Ancient Greece. *Wat. Res.* 39 (1): 210-220.
4. Αλεξίου, Σ. (1964). Μινωϊκός Πολιτισμός. Υιοί Σπ. Αλεξίου, Ηράκλειο.
5. Castleden, R. (1993). *Minoans: Life in Bronze Age Crete*. Routledge, 11 New Fetter Lane, London, UK.
6. Crouch, D.C. (1996). Avoiding water shortages: Some Ancient Greek solutions. In: *Diachronic Climatic Impacts on Water Resources with Emphasis on Mediterranean Region* (A.N. Angelakis and A.S. Issar, Eds.), Ch. 7:129-159, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.
7. Defner, M. (1921). «Διυλιστήριο Υστερομινωϊκής Εποχής» Αρχαιολογική Εφημερίδα, 78, Ηράκλειο, Ελλάδα..
8. Evans, S.A. (1921-1935). *The Palace of Minos at Knossos: A Comparative Account of the Successive Stages of the Early Cretan Civilization as Illustrated by the Discoveries*. Vols. I-IV, Macmillan and Co., London (reprinted by Biblo and Tannen, New York, 1964).
9. Graham, J.W. (1987). *The Palaces of Crete*. Revised Ed. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
10. Gray, H. F. (1940). Sewerage in Ancient and Medieval Times, *Sewage Works Journal*, 12 (5), 939 - 946.
11. Huxley, G. (1961). *Crete and the Luwians*. Oxford, UK.
12. Koutsoyiannis, D., Zarkadoulas, N., Angelakis, A. N., and Tchobanoglous, G. (2008). Urban Water management in Ancient Greece: Legacies and Lessons. *ASCE, Journal of Water Resources Planning & Manag.*, 134 (1): 45-54.
13. Lyrintzis, A. and Angelakis, A. N. (2006). Is the “Labyrinth” a Water Catchment Technology? A Preliminary Approach. In: *IWA Specialty Conference: 1st International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations* (A. N. Angelakis and D. Koutsoyiannis Eds.), Iraklio, Greece, p. 163- 174.
14. Mac-Donald, C.F. and Driessen, J. M. (1988). The Drainage System of the Domestic Quarter in the Palace at Knossos. *British School of Athens*, 83: 235-358.
15. Mays, L. W., D Koutsoyiannis, D., and Angelakis, A. N. (2007). A Brief History of Water in Antiquity. *WaterSci. and Techn., WaterSupply*, 7(1): 1-12.
16. Pendlebury, J. D. S. (1950). Οδηγός της Κνωσού. Μετάφραση από Ν. Πλάτων, Ηράκλειο.
17. Αγγελάκης, Α. (2013). Τεχνολογίες Ύδρευσης και Αποχέτευσης στην Αρχαία Κρήτη με Έμφαση τη Μινωϊκή Περίοδο. Διαθέσιμο στο <http://www.edeya.gr/2013-09-23-10-58-06/2013-09-23-11-11-03/ekdoseis/67-technologies-idreusis-kai-apoxeteusis/file>, ανακτήθηκε στις 20/01/2018.
18. Βαλαβανίδης, Αθ. (2008). *Οικοτοξικολογία και Περιβαλλοντική Τοξικολογία, Σύγχρονα Θέματα*: Αθήνα.

19. Κανακούδης, Β. και Τσιτσιφλή, Σ. (2015). Ολοκληρωμένη διαχείριση αστικών δικτύων ύδρευσης. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα: Αθήνα.
20. Μονιάκης, Μ. (2014). Μηχανολογικές Εγκαταστάσεις 1, (Υδρευση - Αποχέτευση - Πυροπροστασία), Σημειώσεις από το τμήμα Μηχανολογίας, ΤΕΙ Κρήτης: Ηράκλειο.
21. Νταρακάς, Ευ. (2016). Τεχνική Περιβάλλοντος, Διεργασίες Επεξεργασίας Νερού και Υγρών Αποβλήτων, Σοφία: Αθήνα.
22. Παναγιωτάκης, Ν. Μ. (1987). Κρήτη: Ιστορία και Πολιτισμός. Βικελαία Βιβλιοθήκη. Σύνδεσμος Τοπικών Ενώσεων Δήμων και Κοινοτήτων Κρήτης. Τόμος 1ος, σελ. 416.
23. Πλάτων, Μ. (1990). Νέες ενδείξεις για τα προβλήματα των καθαρτηρίων δεξαμενών και των λουτρών στο Μινωικό κόσμο. Πεπραγμένα του ΣΤ' Διεθνούς Κρητολογικού Συνεδρίου, Χανιά, Α2: 141-155.
24. Πλάτων, Ν. (1974). Ζάκρος, Το Νέον Μινωϊκόν Ανάκτορον. Η εν Αθήναις Αρχαιολογική Εταιρεία, Αθήνα.
25. ΦΕΚ 552/Β/26-3-2009, Κανονισμός Λειτουργίας του Δικτύου Ύδρευσης της Ε.ΥΔ.Α.Π. Α.Ε..