



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ
ΜΑΝΔΡΑΚΙΟΥ ΤΗΣ ΝΙΣΥΡΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ
ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

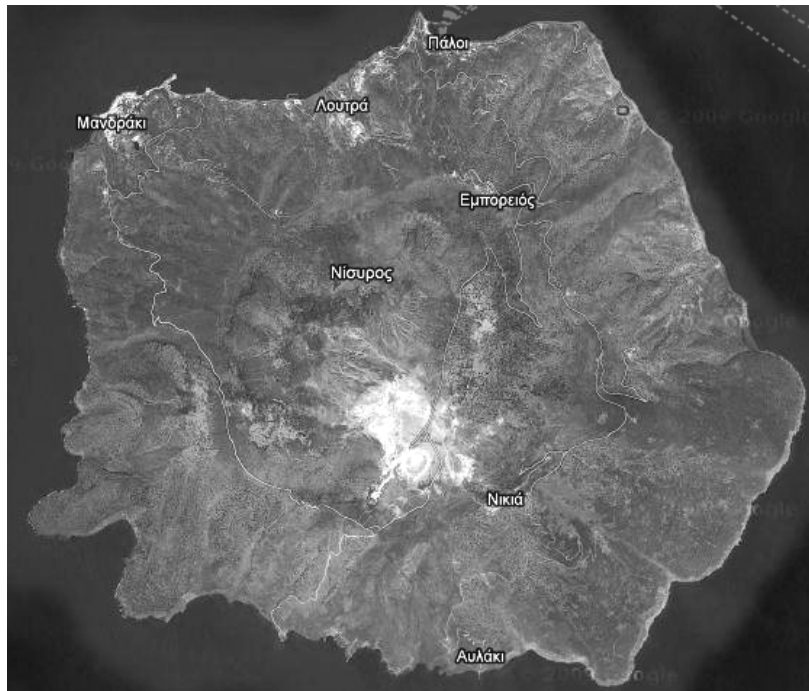
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Γ. ΤΣΑΚΙΡΗΣ
ΕΚΠΟΝΗΣΗ : ΡΟΥΣΣΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ-ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2010



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:
ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ
ΜΑΝΔΡΑΚΙΟΥ ΝΙΣΥΡΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ
ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Γ. ΤΣΑΚΙΡΗΣ
ΕΚΠΟΝΗΣΗ : ΡΟΥΣΣΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ-ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2010

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	σελ.5
ABSTRACT.....	σελ.6
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	σελ.7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ	
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	σελ.9
1.2 ΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	σελ.9
1.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	σελ.11
1.4 ΒΑΣΙΚΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ.....	σελ.13
1.5 ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	σελ.21
1.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....	σελ.23
1.6.1 ΑΓΩΓΟΙ.....	σελ.23
1.6.2 ΚΟΜΒΟΙ.....	σελ.26
1.6.3 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ.....	σελ.27
1.6.4 ΒΑΛΒΙΔΕΣ.....	σελ.29
1.6.5 ΑΝΤΛΙΕΣ.....	σελ.35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ	
2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ.....	σελ.36
2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ.....	σελ.36
2.3 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ.....	σελ.39
2.4 ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	σελ.40
2.5 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	σελ.42
2.6 Η ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ.....	σελ.47
2.7 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	σελ.48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΡΑΝΕΤ	
3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ΕΡΑΝΕΤ.....	σελ.50
3.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ.....	σελ.50
3.3 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	σελ.51
3.4 ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΑΝΕΤ.....	σελ.51

3.5 ΧΩΡΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΡΑΝΕΤ.....σελ.52	σελ.52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΝΙΣΥΡΟΥ	
4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΝΙΣΥΡΟ.....σελ.57	σελ.57
4.2 ΓΕΝΙΚΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	σελ.59
4.3 ΓΕΝΙΚΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....σελ.60	σελ.60
4.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΛΥΜΑΤΩΝ	σελ.62
4.5 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ.....σελ.64	σελ.64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΚΙΟΥ	
ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ	
5.1 ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΚΙΟΥ.....σελ.66	σελ.66
5.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	σελ.74
5.3 ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΑΝΕΤ.....σελ.81	σελ.81
5.4 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	σελ.90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ.96	σελ.96
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελ.99	σελ.99

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με τον όρο δίκτυο ύδρευσης εννοούμε το σύνολο των αγωγών που μεταφέρουν το διυλισμένο νερό από τις κατά τόπους Μονάδες Επεξεργασίας Νερού μέχρι τα υδρόμετρα των καταναλωτών. Για να υπάρχει σωστή λειτουργία σε ένα δίκτυο ύδρευσης πρέπει να υπάρχει εξασφάλιση της κατάλληλης ποσότητας και ποιότητας νερού για την κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών τηρώντας πάντα τα αποδεκτά όρια πίεσης. Για να μην χρησιμοποιούνται οι κλασικοί μέθοδοι επίλυσης δικτύων ύδρευσης, οι οποίοι είναι χρονοβόροι, έχουν αναπτυχθεί κάποια προγράμματα με βάση μαθηματικά μοντέλα που έχουν σκοπό την επίλυση των δικτύων σε πολύ μικρό χρόνο. Τα προγράμματα αυτά βοηθούν στην αναπαράσταση ενός δικτύου διανομής με ιδεατούς κόμβους και αγωγούς. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων που εξάγονται από λογισμικά σαν και αυτό, γίνεται πάντα από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Στην συγκεκριμένη διπλωματική εργασία χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα EPANET για την επίλυση δικτύων ύδρευσης οικισμών. Το πρόγραμμα αυτό αποτελεί μια πολύ αξιόπιστη πρόταση για την εκτίμηση των πιέσεων και των παροχών που συναντάμε σε ένα δίκτυο ύδρευσης. Έτσι, με τη βοήθεια του κάναμε επίλυση σταθερής κατάστασης του δικτύου ύδρευσης του νησιού της Νισύρου. Το υπό μελέτη δίκτυο, επιλύθηκε με βάση τη δυσμενέστερη κατάσταση λειτουργίας για κάθε δίκτυο διανομής νερού.

Στην παρούσα εργασία ξεκινάμε κάνοντας μια περιγραφή των δικτύων ύδρευσης και της δομής τους, καθώς επίσης και των βασικών υδραυλικών μεγεθών που αναπτύσσονται. Στη συνέχεια περιγράφουμε τις υδατικές χρήσεις και την έννοια κατανάλωσης του νερού, ενώ αναφέρουμε και τα κριτήρια ποιότητας του νερού. Ακολουθεί μια περιγραφή των δυνατοτήτων του προγράμματος EPANET και του τρόπου χρήσης του. Τέλος αναλύουμε την υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου της Νισύρου για συνθήκες μέγιστης κατανάλωσης μέσω του EPANET και προχωράμε στην βελτίωση της λειτουργίας του.

ABSTRACT

Using the term water supply network, we refer to the summary of all the pipelines that carry the refined water from the local Water Treatment Plant to the consumers. To ensure that a water supply network will function properly we must guarantee appropriate quality and quantity of water to meet consumer needs. To avoid using the classic methods of resolving water supply networks, which is extremely time consuming, we have developed some programs based on mathematical models, that are designed to solve the system in a very short amount of time. These programs help in reconstructing a distribution network of virtual nodes and pipes. The results extracted from the software are always interpreted according to our judgement.

In this diploma thesis, the software we used to solve water distribution systems is EPANET. This program is a very credible proposal for assessing the pressures and the flows found in a water supply network. So, using this specific software, we analyzed the water distribution system of the island of Nisyros.

In this paper we begin by making a description of the water supply systems and structure, and basic terms that are used in common. Then we describe the uses and the term of consuming drinking water, while referring to the criteria of water quality. Moreover, there is a description of the capabilities of the program and the ways we use EPANET. Finally we analyze the current situation of the water supply network at Nisyros under conditions of maximum daily consumption through EPANET and move to improve its functioning.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία ανατέθηκε τον Μάρτιο του 2010 από τον καθηγητή κ. Γ. Τσακίρη με γενικό θέμα τη μελέτη της υπάρχουσας κατάστασης του δικτύου ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου της Νισύρου και την αναβάθμιση του. Σκοπός της είναι η ανάλυση του δικτύου ύδρευσης της Νισύρου και στη συνέχεια, η εύρεση λύσης στα προβλήματα του δικτύου. Η εργασία αυτή στηρίχθηκε στην διπλωματική με θέμα 'Χρήση Μοντέλων Επίλυσης Κυκλοφοριακών Δικτύων Ύδρευσης Οικισμών' της Ελένης Καρκατσούλη που ανέλυσε την υπάρχουσα κατάσταση του δικτύου ύδρευσης Νισύρου και βοήθησε στον εντοπισμό των προβλημάτων.

Με το πέρας της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Τσακίρη Γιώργο χάρη στην καθοδήγηση του οποίου έφτασε στο τέλος της η συγκεκριμένη εργασία .

Επίσης θέλω να ευχαριστήσω τους συνάδελφους Ελένη Καρκατσούλη, Ζώταλη Αντώνη και Βαφειάδη Γρηγόρη οι οποίοι επισκέφτηκαν κατά την εκπόνηση των διπλωματικών τους εργασιών το νησί της Νισύρου και βοήθησαν έμμεσα με τα στοιχεία που συνέλεξαν εκεί, στην εκπόνηση της δικιάς μου διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ ιδιαίτερα τους γονείς μου, για την αγάπη, τη συμπαράσταση και τη θερμή ηθική και οικονομική τους στήριξη, όλα αυτά τα χρόνια της φοιτητικής μου ζωής, αλλά και όλους τους φίλους μου, για την υποστήριξη και τις όμορφες στιγμές που περάσαμε κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Κάθε δίκτυο ύδρευσης είναι ένα σύστημα αγωγών μεταφοράς νερού, που συλλέγει το νερό από κάποιον αριθμό πηγών (σημεία εισόδου) και το μεταφέρει προς πολλαπλά σημεία προορισμού (σημεία εξόδου). Σκοπός λειτουργίας του δικτύου ύδρευσης είναι η εξασφάλιση του απαιτούμενου νερού και η μεταφορά και διανομή του στους καταναλωτές του οικισμού.

1.2 ΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα έργα διακρίνονται σε δύο γενικές κατηγορίες.

Η πρώτη αφορά τα έργα εξωτερικού υδραγωγείου ή έργα υδροδότησης, τα οποία αναπτύσσονται ως επί το πλείστον εκτός της αστικής περιοχής και αφορούν μόνο τα έργα που χρειάζονται για την συλλογή του νερού από τους υδατικούς πόρους, την μεταφορά του στις παρυφές της αστικής περιοχής, τις μονάδες επεξεργασίας και τις ρυθμιστικές δεξαμενές οι οποίες εξισώνουν παροχή και κατανάλωση και αποθηκεύουν νερό σε περίπτωση που υπάρξει βλάβη στη λειτουργία του συστήματος. Τα έργα αυτά έχουν μεγάλο εύρος ως προς τα τεχνολογικά τους χαρακτηριστικά αλλά και την υδραυλική τους. Ένα εξωτερικό υδραγωγείο αποτελείται από ανοικτούς αγωγούς βαρύτητας ή από κλειστούς αγωγούς υπό πίεση ή ακόμα και από κλειστούς αγωγούς που λειτουργούν σαν αγωγοί ελεύθερης επιφάνειας.

Τα δίκτυα διανομής σχηματίζονται από την δεύτερη κατηγορία, τα οποία αναπτύσσονται στο σύνολο της αστικής περιοχής ως συστήματα αγωγών υπό πίεση και διανέμουν το νερό που έχει υποστεί επεξεργασία, από τις δεξαμενές προς τους καταναλωτές της εκάστοτε αστικής περιοχής. Τα δίκτυα αυτά αποτελούνται πάντα από πλέγματα αγωγών που λειτουργούν υπό πίεση. Σκοπός τους είναι η διατήρηση της πίεσης εντός των αποδεκτών ορίων και η εξασφάλιση της απαιτούμενης παροχής σε κάθε σημείο του δικτύου με ικανοποιητική ταχύτητα.

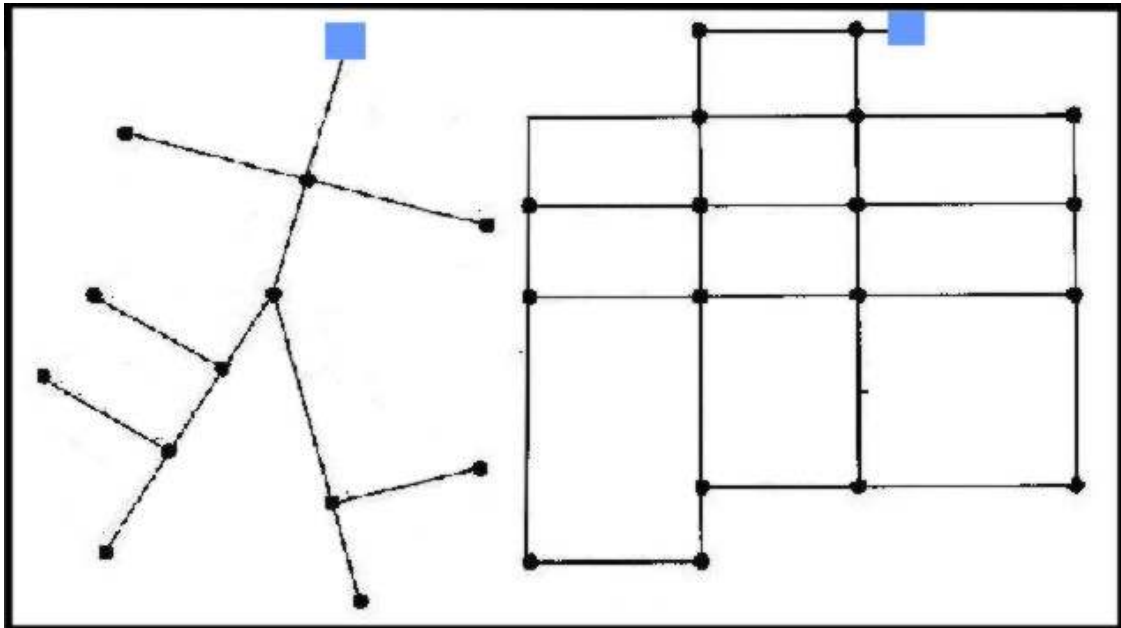


Σχήμα 1.1: Δομή δικτύων ύδρευσης

Κάθε δίκτυο ύδρευσης ανάλογα με τον τρόπο που έχουν τοποθετηθεί οι αγωγοί, διακρίνεται σε κλειστό και ακτινωτό.

Τα κλειστά δίκτυα ύδρευσης είναι πιο διαδεδομένα γιατί διαθέτουν περισσότερα πλεονεκτήματα. Ένα κλειστό δίκτυο τροφοδοτείται με νερό από ένα ή περισσότερα σημεία και σχηματίζονται κλειστές διαδρομές αγωγών. Σε κάθε σημείο πηγαίνουν πάνω από μια διαδρομές. Αυτό είναι σημαντικό διότι σε περίπτωση βλάβης δεν σταματάει η λειτουργία της υδροδότησης αφού υπάρχουν εναλλακτικές διαδρομές στην ροή του νερού.

Αντίθετα, στα ακτινωτά δίκτυα, η τροφοδότηση με νερό γίνεται από ένα και μοναδικό σημείο και δεν σχηματίζονται κλειστές διαδρομές αγωγών. Για κάθε σημείο υπάρχει μια διαδρομή που να καταλήγει εκεί, που αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόβλημα σε όλο το υπόλοιπο δίκτυο από κάποιο σημείο και πέρα στο οποίο θα παρουσιαστεί βλάβη στη λειτουργία. Επίσης με τα ακτινωτά δίκτυα υπάρχει η πιθανότητα εμφάνισης κακής ποιότητας νερού από τη μη κυκλοφορία σε κάποια απομακρυσμένα τμήματα του δικτύου. Αν και έχει μικρότερο κόστος από ένα κλειστό δίκτυο ύδρευσης (λόγω μικρότερου συνολικού μήκους αγωγών) έχει εμφανώς λιγότερο διαδεδομένη χρήση από αυτό.



Σχήμα 1.2: Ακτινωτό και Κλειστό δίκτυο

1.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Σε κάθε δίκτυο ύδρευσης υπάρχουν κάποιες βασικές προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται σχετικά πάντα με την λειτουργία του εσωτερικού υδραγωγείου.

Όπως έχει αναφερθεί και νωρίτερα, βασικές επιδιώξεις είναι η εξασφάλιση της απαιτούμενης παροχής σε κάθε σημείο του δικτύου με ικανοποιητική ταχύτητα και η διατήρηση της πίεσης εντός των αποδεκτών ορίων.

Για να επιτευχθεί ο πρώτος στόχος σε ένα εσωτερικό δίκτυο ύδρευσης, θα πρέπει η ταχύτητα του νερού μέσα στους αγωγούς να κυμαίνεται μεταξύ 0,5 m/s και 1,5m/s . Στην περίπτωση που έχουμε κλειστό δίκτυο τα όρια για την ταχύτητα είναι κάπως πιο ελαστικά.

Όσον αφορά την κάλυψη του δεύτερου στόχου, η απαιτούμενη πίεση μέσα στους αγωγούς εξαρτάται από το ύψος των κτιρίων που καλύπτονται από το συγκεκριμένο δίκτυο και τις ενεργειακές απώλειες στις υδραυλικές εγκαταστάσεις των κτιρίων. Σε περίπτωση πυρκαγιάς που έχουμε συνθήκες έκτακτης λειτουργίας, η απαιτούμενη πίεση εξαρτάται και από την κατανάλωση των πυροσβεστικών κρουνών.

Γενικότερα, για κάθε κόμβο υπάρχουν οι απαιτούμενες ελάχιστες πιέσεις που όπως αναφέραμε αλλάζουν ανάλογα το ύψος των κτιρίων.

- Μονώροφα: 12-15 m
- Διώροφα: 16-17 m
- Τριώροφα: 20-23 m

Γενικά ισχύει ότι η απαιτούμενη πίεση είναι $p = 4(n+1)$ όπου n , ο αριθμός των ορόφων. Στην πράξη, εξαιρούνται ορισμένα υψηλά κτίρια που υποστηρίζονται από αυτόνομο αντλητικό σύστημα.

Στα σημεία του δικτύου που βρίσκονται κοντά στις δεξαμενές πολλές φορές η τιμή της πίεσης είναι μικρότερη της επιθυμητής. Αυτό δεν θεωρείται πρόβλημα, αρκεί οι πιέσεις των υπόλοιπων κόμβων να είναι μέσα στα απαιτούμενα όρια. Συνήθως το εύρος πίεσης που προσπαθούμε να πετύχουμε σε ένα δίκτυο είναι 20 με 30m.

Για τις πιέσεις σε ένα δίκτυο ύδρευσης υπάρχουν κάποιες ακόμα απαιτήσεις όπως ο περιορισμός μέγιστης πίεσης για την προστασία των εξαρτημάτων του δικτύου και των υδραυλικών εγκαταστάσεων των κτιρίων. Η στατική διαφορά πίεσης μεταξύ της δεξαμενής (που βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο) και του χαμηλότερου σημείου του δικτύου δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 60 m.

Εκτός από τις στατικές πιέσεις, λαμβάνουμε και τις υπερπιέσεις λόγω υδραυλικού πλήγματος, δηλαδή τη μη μόνιμη ροή σε περιπτώσεις απότομης διακοπής της ροής από κλείσιμο δικλείδας ή διακοπή λειτουργίας της αντλίας. Η πίεση λοιπόν που θα πρέπει να αντέχουν οι αγωγοί, αυξάνει στα 100m, οπότε για την ύδρευση επιλέγονται αγωγοί αντοχής 10atm.

1.4 ΒΑΣΙΚΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Για να κατανοήσουμε πλήρως τα υδραυλικά, πρέπει πρώτα να έχουμε καταλάβει τη βασική τεχνολογία και τις κύριες αρχές που τα διαρρέουν. Έτσι λοιπόν αναφέρουμε παρακάτω κάποιες βασικές υδραυλικές έννοιες που θα μας βοηθήσουν να κάνουμε κάποιες πιο πολύπλοκες αναλύσεις.

Μεταφορά της παροχής

Το νερό κινείται από υψηλότερα σε χαμηλότερα σημεία, ώσπου να φτάσει σε σημείο που να μην μπορεί να πάει παρακάτω, όπως για παράδειγμα σε ένα ωκεανό. Η κίνηση αυτή του νερού γίνεται ευκολότερη με την παρουσία των φυσικών καναλιών μεταφοράς όπως είναι τα ρυάκια, οι χειμάρροι και τα ποτάμια. Κάποιες τεχνικές κατασκευές μπορούν να διευκολύνουν την ροή του όπως οι αποχετευτικοί αγωγοί και τα κανάλια. Όταν αναφερόμαστε στον τεχνικό σχεδιασμό, ως επί το πλείστον, το ενδιαφέρον μας επικεντρώνεται στα χαρακτηριστικά των τεχνικών έργων, όμως οι υδραυλικές έννοιες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν το ίδιο εύκολα και σε φυσικά χαρακτηριστικά.

Η ροή στους κλειστούς αγωγούς

Ως προς το χρόνο, η ροή στους κλειστούς αγωγούς διακρίνεται σε μόνιμη και μη μόνιμη ροή. Μόνιμη ροή παρουσιάζεται όταν η ταχύτητα παραμένει σταθερή σε όλα τα σημεία και είναι αμετάβλητη με το χρόνο αλλά μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με τη θέση. Μη μόνιμη ροή έχουμε όταν η ταχύτητα δεν μένει σταθερή, αλλά μεταβάλλεται σε όλα τα σημεία συναρτήσει του χρόνου.

Όταν χρησιμοποιούμε τον όρο υδραυλικό πλήγμα, εννοούμε τα φαινόμενα υπερπίεσης, που συμβαδίζουν με την περίπτωση μη μόνιμης ροής σε κλειστούς αγωγούς, μετά από διάφορους χειρισμούς, ή εξαιτίας διακυμάνσεων στην παροχή αντλιοστασίων. Όσον αφορά τους κλειστούς αγωγούς, το ενδιαφέρον για μεταβαλλόμενη στο χώρο ροή περιορίζεται στη μελέτη των απωλειών φορτίου, που παρατηρούνται σε αλλαγές διαμέτρου, σε στόμια, διακλαδώσεις ή στενώσεις.

Στρωτή και τυρβώδης ροή

Με βάση την ταχύτητα του ρευστού διακρίνουμε δύο τύπους ροής. Όταν πρόκειται για μικρές ταχύτητες η ροή θεωρείται στρωτή και τα σωματίδια του ρευστού κινούνται σε στρώσεις. Όταν αναφερόμαστε σε μεγαλύτερες ταχύτητες λέμε ότι η ροή θεωρείται τυρβώδης και ως εκ τούτου και τα σωματίδια του ρευστού κινούνται ακανόνιστα με στροβιλισμούς. Στα προβλήματα κλειστών αγωγών υπό πίεση, η ροή είναι σχεδόν πάντα τυρβώδης. Οι νόμοι που περιγράφουν την τυρβώδη ροή δεν είναι ευρέως γνωστοί και χρειάζονται πειραματικά στοιχεία ώστε να κατανοήσουμε πλήρως το φαινόμενο. Κριτήριο διαχωρισμού της ροής, ώστε να την χαρακτηρίσουμε στρωτή ή τυρβώδη, αποτελεί ο γνωστός αριθμός Reynolds, ο οποίος υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$Re = u D / \nu \quad (1.1)$$

u: η μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/s)

D: η διάμετρος του αγωγού (m)

ν : ο συντελεστής κινηματικής συνεκτικότητας

Πειράματα έχουν δείξει ότι σε κλειστούς αγωγούς δεν υφίσταται άνω όριο του αριθμού Reynolds ώστε να διατηρηθεί η στρωτή ροή. Έχει επιβεβαιωθεί μέσω πειραμάτων ότι για τιμές του $Re > 40000$ έχουμε διατήρηση της στρωτής ροής. Σε περίπτωση όμως που υπάρξει η παραμικρή διατάραξη του ρευστού, η ροή παίρνει απόλυτα τυρβώδη μορφή. Αντίθετα, έχουν γίνει ανάλογα πειράματα που έδειξαν ότι υπάρχει συγκεκριμένο κατώτερο όριο διατήρησης της τυρβώδους ροής. Όσον αφορά τους κυκλικούς αγωγούς αυτό το όριο αντιστοιχεί σε $Re = 2320$, κάτω από το οποίο οποιαδήποτε ανατάραξη και να πραγματοποιηθεί δεν επηρεάζει τη ροή του ρευστού.

Όταν αναφερόμαστε σε κλειστούς αγωγούς έργων υδροδότησης η ροή είναι αποκλειστικά τυρβώδης, λόγω των σημαντικών διαστάσεων των διατομών που χρησιμοποιούνται και των ταχυτήτων που εφαρμόζονται.

Για τιμές του $Re > 70$ η επίδραση του στρωτού οριακού στρώματος εκμηδενίζεται και η

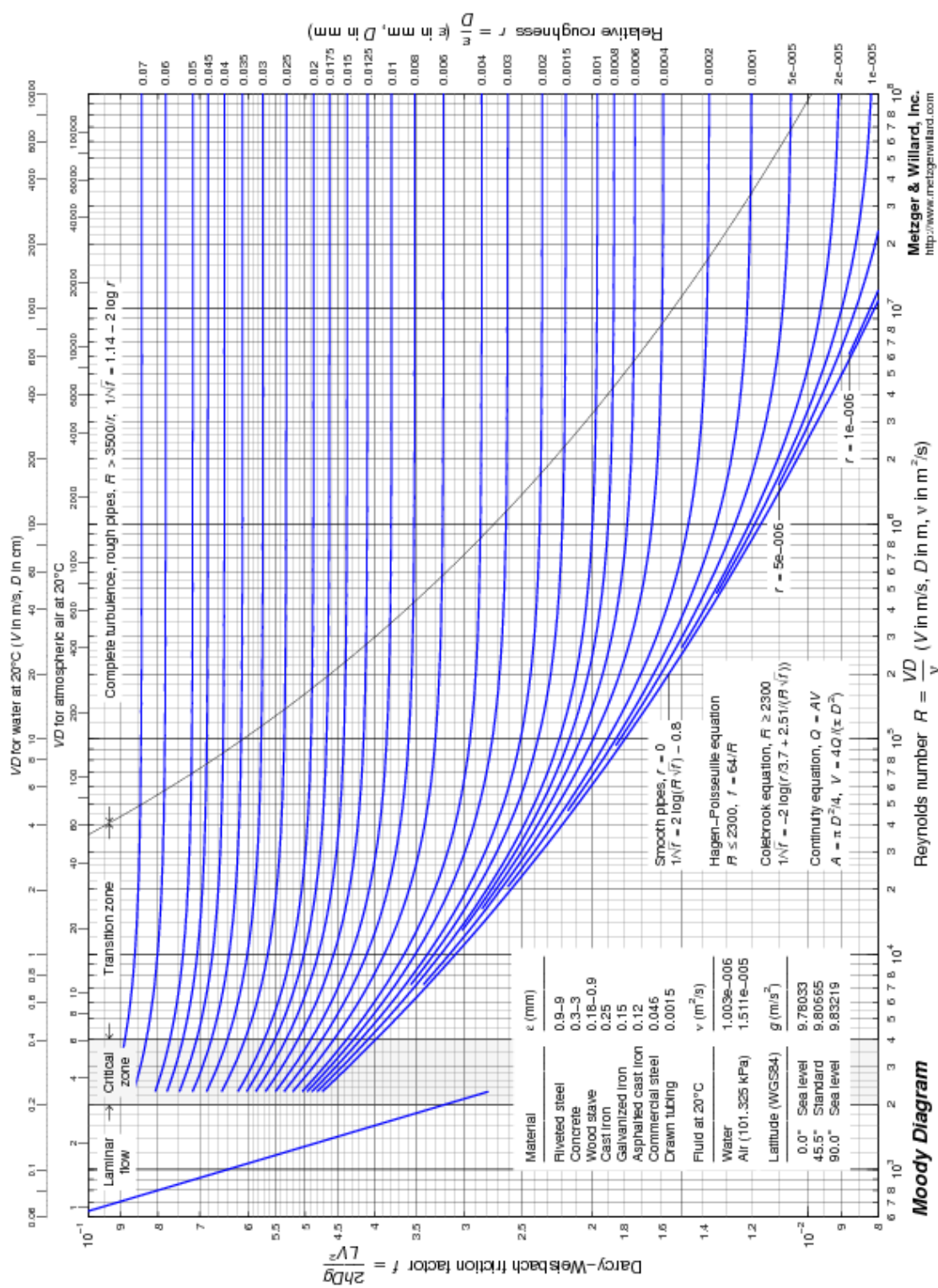
μεταβολή του συντελεστή τριβών f περιγράφεται από τη σχέση:

$$1/\sqrt{f} = -2 \log (k / 3,71 D) \quad (1.2)$$

Πρέπει να επισημανθεί πως στην περιοχή αυτή οι τιμές του συντελεστή τριβής f μεταβάλλονται μόνο συναρτήσει της σχετικής τραχύτητας k/D και είναι ανεξάρτητες από τον αριθμό του Reynolds. Η πρώτη πειραματική επιβεβαίωση της μεταβολής του f σε κλειστούς κυκλικούς αγωγούς συναρτήσει των Re και k/D οφείλεται στο Nikuradse, που χρησιμοποίησε μεταλλικούς σωλήνες στο εσωτερικό των οποίων κόλλησε κόκκους άμμου ενιαίας διαμέτρου.

Οι πειραματικές καμπύλες που προέκυψαν στην τραχεία, τυρβώδη περιοχή ήταν παράλληλες προς τον άξονα των Re και προσομοιάστηκαν με άρπα, που έκτοτε ονομάζεται άρπα του Nikuradse. Βέβαια η τεχνητή ομογενής τραχύτητα των πειραμάτων του Nikuradse απέιχε από την πραγματική τραχύτητα των σωλήνων του εμπορίου και για αυτό και τα αποτελέσματα των μετρήσεων του δεν είχαν πρακτική εφαρμογή. Αντίθετα ευρύτερη εφαρμογή έχει το ανάλογο διάγραμμα του Moody (1944), που αντιστοιχεί σε ετερογενή ισοδύναμη τραχύτητα αντίστοιχη με την τραχύτητα των σωλήνων του εμπορίου.

Σε ότι αφορά τις τιμές της απόλυτης τραχύτητας k απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, δεδομένου ότι, σε κάθε περίπτωση, η τιμή που θα υιοθετηθεί δεν αρκεί να στηρίζεται στα χαρακτηριστικά της εσωτερικής επιφάνειας των σωλήνων, στην κατάσταση που βρίσκονται όταν βγαίνουν από το εργοστάσιο. Μετά την τοποθέτηση των σωλήνων, ανάλογα και με τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού, που κυκλοφορεί στο εσωτερικό τους, θα πρέπει να εξετάζεται το ενδεχόμενο ανάπτυξης φαινομένων διάβρωσης βέβαια διαμορφώνουν συνθήκες τραχύτητας εντελώς διαφορετικές από ότι μπορεί να ισχύει για καινούργιους σωλήνες.



Εικόνα 1.3: Διάγραμμα Moody

Ταχύτητα

Η ταχύτητα μέσα σε έναν κλειστό αγωγό δεν είναι σταθερή σε όλη την επιφάνεια της διατομής του, αλλά ποικίλει ανάλογα με τη θέση και το χρόνο. Στο σημείο όπου το υγρό βρίσκεται σε επαφή με το τοίχωμα του αγωγού, η ταχύτητα είναι μηδενική. Έτσι, υπολογίζουμε τη μέση ταχύτητα της ροής στους αγωγούς, γιατί αντιμετωπίζουμε δυσκολίες στο να κάνουμε υδραυλικούς υπολογισμούς. Η μέση ταχύτητα ροής βγαίνει από τη συνολική παροχή αν διαιρεθεί με το εμβαδόν της διατομής του αγωγού και η μονάδα που χρησιμοποιείται είναι μήκος ανά μονάδα χρόνου.

$$u = Q / A \quad (1.3)$$

u: η μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/s)

Q: η παροχή (m³/s)

A: η επιφάνεια της διατομής του αγωγού (m²)

Επιφάνεια διατομής αγωγών

Οι αγωγοί που χρησιμοποιούμε στα δίκτυα ύδρευσης είναι αγωγοί υπό πίεση με κυκλική διατομή. Η επιφάνεια της διατομής των κυκλικών αγωγών ορίζεται από τον τύπο:

$$A = \pi D^2 / 4 \quad (1.4)$$

D: η διάμετρος του αγωγού (m)

Ενέργεια

Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής, για κάθε δεδομένο σύστημα, η μεταβολή της ενέργειάς του (ΔE) ισούται με τη διαφορά μεταξύ της θερμότητας που μεταφέρθηκε στο σύστημα (Q) και του έργου που παρήχθη από το ίδιο το σύστημα (W), κατά τη διάρκεια συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Η ενέργεια που αναφέρεται στην παραπάνω αρχή αντιπροσωπεύει τη συνολική ενέργεια του συστήματος, δηλαδή το

άθροισμα της δυναμικής, της κινητικής και της εσωτερικής ενέργειας, όπως είναι η ηλεκτρική και η χημική ενέργεια. Όμως αν και οι μορφές αυτές της εσωτερικής ενέργειας είναι σημαντικές για τη θερμοδυναμική ανάλυση, συνήθως απορρίπτονται κατά τις υδραυλικές αναλύσεις εξαιτίας του σχετικά μικρού τους μεγέθους.

Στις υδραυλικές εφαρμογές, οι τιμές της ενέργειας έχουν μονάδες μήκους και εκφράζουν την ενέργεια ανά μονάδα μάζας του ρευστού. Η μετατροπή αυτή συμβάλει στην καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος. Η μηχανική ενέργεια ή όπως αλλιώς ονομάζεται το ολικό ύψος ή φορτίο ενέργειας, σε κάθε σημείο μέσα σε ένα υδραυλικό σύστημα δίνεται από την εξίσωση:

$$H = \frac{u^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z \quad (1.5)$$

Οι όροι της εξίσωσης έχουν διαστάσεις μήκους. Ο όρος $u^2 / 2g$ ονομάζεται φορτίο ταχύτητας. Ο όρος P / γ ονομάζεται φορτίο πίεσης ενώ ο όρος z ονομάζεται φορτίο θέσης. Με p συμβολίζεται η πίεση του ρευστού ενώ με γ το ειδικό του βάρος.

Το άθροισμα $P/\gamma + z$ ονομάζεται πιεζομετρικό ύψος ή φορτίο. Για τους αγωγούς υπό πίεση, το πιεζομετρικό φορτίο αναπαριστά το ύψος στο οποίο μπορεί να ανέλθει η στήλη του νερού σε ένα πιεζόμετρο, δηλαδή σε έναν σωλήνα τοποθετημένο κάθετα στον αγωγό. Το ολικό ύψος ή φορτίο ενέργειας, είναι το άθροισμα του πιεζομετρικού φορτίου και του ύψους ταχύτητας. Αυτό είναι το ύψος στο οποίο μπορεί να ανέλθει η στήλη του νερού σε έναν Pitot, δηλαδή μια συσκευή όμοια με το πιεζόμετρο, με τη διαφορά ότι αυτή υπολογίζει και την ταχύτητα του υγρού. Σε ένα σύστημα όμως, μπορεί είτε να προστεθεί ενέργεια (για παράδειγμα μέσω αντλίας) είτε να αφαιρεθεί από αυτό ενέργεια, λόγω συσκευών τριβών ή άλλων διαταραχών. Εάν υπάρχουν λοιπόν μηχανές που παρεμβάλλονται στην κίνηση του νερού καθώς και τοπικές και γραμμικές απώλειες, τότε η εξίσωση διατήρησης της ενέργειας γράφεται ως εξής:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{u_2^2}{2g} + h_f + h_L + h_M \quad (1.6)$$

p : η πίεση του ρευστού (N/m^2)
 γ : το ειδικό βάρος του υγρού (N/m^3)
 z : το υψόμετρο (m)
 u : η μέση ταχύτητα του υγρού (m/s)
 g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s^2)
 h_f : γραμμικές απώλειες
 h_L : τοπικές απώλειες

Η ποσότητα h_M εκφράζει την ενέργεια που απομακρύνεται από το σύστημα μέσω μηχανικού άξονα ανά μονάδα βάρους ρευστού. Δίνεται από την εξίσωση $h_M = -h_a + h_b$, όπου η ποσότητα h_a εκφράζει την ενέργεια που προσφέρεται στο σύστημα από αντλία, ενώ η ποσότητα h_b εκφράζει ενέργεια που αποδίδεται σε υδροστρόβιλο. Οι γραμμικές απώλειες σε ένα σύστημα μπορεί να οφείλονται σε διάφορους παράγοντες. Η κυριότερη αιτία των απωλειών είναι συνήθως οι εσωτερικές τριβές μεταξύ των μορίων του υγρού που κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες. Επίσης οι απώλειες οφείλονται και σε τοπικές περιοχές του αγωγού όπου διαταράσσεται η ροή, όπως είναι οι βαλβίδες και άλλα εξαρτήματα των αγωγών υπό πίεση.

Απώλειες ενέργειας λόγω τριβών

Είναι γνωστό ότι, όταν ένα κινείται και βρίσκεται σε επαφή με ένα άλλο, τότε στην επιφάνεια επαφής δημιουργείται δύναμη τριβής. Έτσι, για έναν κλειστό αγωγό ύδατος που μεταφέρει νερό μεταξύ δύο σημείων, διαμέτρου D , μήκους L , ταχύτητας u , αναπτύσσονται απώλειες ενέργειας που οφείλονται στις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται κατά την επαφή του κινούμενου υγρού με το στερεό τοίχωμα του αγωγού.

Η διατμητική τάση είναι συνάρτηση της ταχύτητας u , της πυκνότητας ρ , του ιξώδους μ του κινούμενου ρευστού, της διαμέτρου D και της τραχύτητας κ του αγωγού.

Δηλαδή:

$$\tau_0 = f(u, D, \mu, \rho, \kappa) \quad (1.7)$$

Με βάση την διαστατική ανάλυση προκύπτει ο συντελεστής τριβής f :

$$\frac{\tau_0}{\rho u^2} = f \left[\frac{uD\rho}{\mu}, \frac{\kappa}{D} \right] \quad (1.8)$$

Για τον υπολογισμό των απωλειών ενέργειας έχουν αναπτυχθεί διάφορες εξισώσεις των οποίων οι πιο γνωστές παρουσιάζονται παρακάτω:

- Εξίσωση των Darcy – Weisbach
- Εξίσωση των Colebrook – White
- Εξίσωση των Hazen – Williams
- Εξίσωση των Chezy – Manning

Εξίσωση των Darcy – Weisbach

Οι Darcy-Weisbach θεωρώντας μόνιμη ροή στον αγωγό, οδηγήθηκαν στην ισορροπία των δυνάμεων πίεσεως, τριβής και των δυνάμεων βαρύτητας κατά μήκος ενός στοιχειώδους αγωγού. Με βάση την ισορροπία δυνάμεων και την προηγούμενη ανάλυση για την διατμητική τάση κατέληξαν στην παρακάτω σχέση που αποδίδει το γραμμικό ύψος απωλειών h_f , συναρτήσει του συντελεστή τριβής f :

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{u^2}{2g} \quad (1.9)$$

όπου f : συντελεστής τριβής

L : μήκος αγωγού (m)

D : διάμετρος της διατομής του αγωγού (m)

u : η μέση ταχύτητα ροής στον αγωγό (m/s)

g : επιτάχυνσης της βαρύτητας (m/s^2)

Η εξίσωση των Darcy-Weisbach ισχύει για στρωτή και τυρβώδη ροή. Στα συνήθη πρακτικά προβλήματα κλειστών αγωγών υπό πίεση η ροή είναι τυρβώδης.

Τοπικές απώλειες

Εκτός από τις γραμμικές απώλειες, στα δίκτυα διανομής δημιουργούνται και τοπικές απώλειες που παρατηρούνται στις συνδέσεις των αγωγών και στις στροφές καθώς επίσης και στις θέσεις των ειδικών συσκευών και διατάξεων. Οι τοπικές απώλειες οφείλονται κυρίως στην ανάπτυξη στροβίλων αποκόλλησης της ροής και εκφράζονται με όρους ύψους κινητικής ενέργειας, οι οποίοι είναι:

$$h_L = K \frac{u^2}{2g} \quad (1.10)$$

όπου K είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από τη γεωμετρία της τοπικής μεταβολής διατομών και κατεύθυνσης και τα χαρακτηριστικά της ροής. Για να ληφθούν υπόψη οι τυπικές τοπικές απώλειες χωρίς αναλυτικό υπολογισμό, προτείνεται η χρήση των υψηλότερων τιμών της τραχύτητας k_s . Όσον αφορά συγκεκριμένα για τις δικλείδες, οι τοπικές απώλειες πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ιδίως όταν αυτές περιορίζουν σημαντικά τη ροή. Στην περίπτωση αυτή, ανάλογα και με το άνοιγμα της δικλείδας, ο συντελεστής K μπορεί να αποκτήσει πολύ υψηλές τιμές.

1.5 ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναπτύσσονται κάποιες έννοιες που χρησιμοποιούνται ευρέως και θα τις συναντήσουμε αρκετά στη συνέχεια.

- Σχηματοποίηση: Είναι η δικτυακή απεικόνιση των συνιστωσών του φυσικού συστήματος ως συνιστώσες των κόμβων και των κλάδων
- Μαθηματική περιγραφή: Είναι η διατύπωση των εξισώσεων που αναφέρονται στην υδραυλική λειτουργία του δικτύου
- Περιγραφικά δεδομένα: Αποτελούν την τοπολογία δικτύου, τα χαρακτηριστικά των αγωγών και τα υψόμετρα των κόμβων όπως επίσης και των δεξαμενών

- Αρχικές συνθήκες: Αναφέρονται στις στάθμες των δεξαμενών
- Επίλυση δικτύου: Είναι ο υπολογισμός υδραυλικών χαρακτηριστικών ροής σε συνθήκες σταθερής κατανάλωσης
- Προσομοίωση δικτύου: Η επίλυση του δικτύου σε συνθήκες μεταβαλλόμενης κατανάλωσης

Στη συνέχεια θα αναλυθούν οι μαθηματικές συνιστώσες των μοντέλων δικτύων.

- Κόμβος: Σημείο εισροής ή εκροής νερού ή αλλαγής της γεωμετρίας των δικτύων ή μεταβολής των χαρακτηριστικών των αγωγών, με γνωστό απόλυτο υψόμετρο z και γνωστή παροχή εξόδου c καθώς επίσης και άγνωστο ενεργειακό υψόμετρο h
- Αγωγός: Στοιχείο μεταφοράς νερού μήκους L , που αποτελείται από σύστημα σωλήνων σε σειρά ίδιας διαμέτρου D , ίδιας κλάσης και τραχύτητας
- Δεξαμενή: Εγκατάσταση αποθήκευσης νερού, ωφέλιμου όγκου V , με γνωστή αρχική στάθμη z_0 , και άγνωστη εκροή νερού y
- Φρεάτιο: Διάταξη μηδενισμού της πίεσης, με αμελητέα αποθηκευτική ικανότητα, που διατηρεί σταθερή στάθμη z_0
- Βαλβίδα: Συσκευή ρύθμισης της πίεσης ή της παροχής, η λειτουργία της οποίας περιγράφεται από γνωστή σχέση παροχής – ενεργειακών απωλειών
- Αντλία: Συσκευή ανύψωσης της πιεζομετρικής γραμμής

1.6 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

1.6.1 ΑΓΩΓΟΙ

Με τη χρήση των αγωγών επιτυγχάνουμε τη μεταφορά του νερού μεταξύ των κόμβων σε ένα δικτύου ύδρευσης. Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα ύδρευσης είναι αγωγοί που διατίθενται στο εμπόριο με προκαθορισμένες προδιαγραφές ενώ σε σπάνιες περιπτώσεις που πρόκειται για μεγάλα έργα, κατασκευάζονται αγωγοί κατά παραγγελία. Οι αγωγοί του εμπορίου χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους και την ονομαστική πίεση τους, δηλαδή τη μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση στην οποία μπορούν να υποβληθούν με ασφάλεια. Βέβαια για όλα τα υλικά, η μικρότερη επιτρεπτή ονομαστική πίεση αγωγών είναι 10 atm. Στα δίκτυα ύδρευσης χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι τύποι αγωγών :

- Πλαστικοί σωλήνες από πολυβινυλοχλωρίδιο (**PVC**) : Ελαφρύ και εύκαμπτο υλικό, η πλέον οικονομική επιλογή για αγωγούς μικρής διαμέτρου (< 400 mm) και ονομαστικής πίεσης έως 16 atm. Παράγονται συνήθως σε δμετρα τεμάχια.
- Πλαστικοί σωλήνες από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (πολυαιθυλενίου 3ης γενιάς), (**HDPE**) : Εξαιρετικά ελαφροί και εύκαμπτοι, αντικαθιστούν σταδιακά τους αγωγούς από PVC. Για μικρές διαμέτρους (< 125 mm), μεταφέρονται σε ρολά των 100 m και δεν απαιτούν ειδικά τεμάχια στις στροφές. Παράγονται για κλάσεις έως 32 atm.
- Χαλυβδοσωλήνες (**X/Σ**) : Δαπανηροί, επιλέγονται για διαμέτρους > 1000 mm.
- Αμιαντοσιμεντοσωλήνες (**A/Σ**): Στο παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα, αλλά σήμερα έχει περιοριστεί η χρήση τους, καθώς έχουν εκφραστεί φόβοι για αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

Η σύνδεση των σωλήνων γίνεται μέσω ειδικών τεμαχίων (σύστημα μούφας και ελαστικού δακτυλίου ή απλής μούφας με συγκόλληση), που παράγονται από το ίδιο υλικό ή από χυτοσίδηρο και μοναδικό μειονέκτημα τους είναι ότι δεν παραλαμβάνουν αξονικές δυνάμεις. Για τους υδραυλικούς υπολογισμούς οι συνδέσεις των σωλήνων θεωρούνται σαν μέρη του σωλήνα και δεν γίνεται κάποιος ξεχωριστός υπολογισμός για αυτούς.

Οι αγωγοί ύδρευσης τοποθετούνται σε σκάμμα, κάτω από το ρείθρο του πεζοδρομίου, και διαγώνια σε σχέση με τις υποδομές αποχέτευσης ακαθάρτων και ομβρίων (στο μικρότερο βάθος και την πιο ακραία οριζοντιογραφική θέση). Επίσης φέρουν επικάλυψη τουλάχιστον 1.0 m , ώστε να προστατεύονται από τον παγετό, την ηλιακή ακτινοβολία και την μηχανική καταπόνηση από την διέλευση τροχοφόρων.

Ως προς την κατά μήκος κλίση, γενικά ακολουθούν την τοπογραφία, ώστε να ελαχιστοποιείται ο όγκος των εκσκαφών. Σε περίπτωση οριζόντιου εδάφους ή πολύ μικρής κλίσης εδάφους, τοποθετούνται με ελάχιστη κλίση 0.2% έως 0.4%.

Όσον αφορά το μήκος του αγωγού σαν χαρακτηριστικό μέγεθος σε ένα υδραυλικό δίκτυο, αυτό είναι συνήθως η απόσταση που διανύει το νερό για να φτάσει από το κόμβο εισόδου στον κόμβο εξόδου και όχι την οριζόντια ευθεία που ενώνει τους δύο κόμβους που προαναφέραμε.

Η διάμετρος ενός αγωγού χωρίζεται σε ονομαστική και εσωτερική. Ονομαστική είναι η εξωτερική διάμετρος και συμβολίζεται με το γράμμα Φ και τη διάμετρο εκφρασμένη σε mm (π.χ. Φ80). Η εσωτερική χρησιμοποιείται για τους υδραυλικούς υπολογισμούς, ενώ η σχέση τους εκφράζεται στους πίνακες των κατασκευαστών. Στους πλαστικούς αγωγούς, η εσωτερική διάμετρος διαφέρει από την ονομαστική, και λαμβάνεται από πίνακες του κατασκευαστή. Στους χαλυβδοσωλήνες (X/Σ) και τους αμιαντοτσιμεντοσωλήνες (A/Σ), η ονομαστική διάμετρος ταυτίζεται πάντοτε με την εσωτερική.

Για τα υδραυλικά δίκτυα στην Ελλάδα χρησιμοποιείται ως μικρότερη επιτρεπτή διάμετρος η Φ63.

Ονομαστική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)		
	10 atm	12.5 atm	16 atm
63	57.0		53.6
75	67.8		63.8
90	81.4	79.0	76.6
110	99.4	97.0	93.6
125	113.0	110.2	106.4
140	126.6	123.6	119.2
160	144.6	141.2	136.2
200	180.8	176.4	170.2
225	203.4	198.6	191.6
250	226.2	220.6	212.8
280	253.2	247.0	238.4
315	285.0	278.0	268.2
355	321.2	313.2	
400	361.8	353.2	340.6
450	407.0	397.0	
500	452.2	441.2	

Πίνακας 1.1: Διαστάσεις αγωγών από PVC

Ονομαστική διάμετρος (mm)	Εσωτερική διάμετρος (mm)					
	10 atm	12.5 atm	16 atm	20 atm	25 atm	32 atm
63	55.4	53.6	51.4	48.8	45.8	42.0
75	66.0	63.8	61.4	58.2	54.4	50.0
90	79.2	76.6	73.6	69.8	65.4	60.0
110	96.8	93.8	90.0	85.4	79.8	73.4
125	110.2	106.6	102.2	97.0	90.8	83.4
140	123.4	119.4	114.6	108.6	101.6	93.4
160	141.0	136.4	130.8	124.2	116.2	106.8
180	158.6	153.4	147.2	139.8	130.8	120.2
200	176.2	170.6	163.6	155.2	145.2	133.6
225	198.2	191.8	184.0	174.6	163.4	150.2
250	220.4	213.2	204.6	194.2	181.6	167.0
280	246.8	238.8	229.2	217.4	203.4	187.0
315	277.6	268.6	257.8	244.6	228.8	210.4
355	312.8	302.8	290.6	275.6	258.0	
400	352.6	341.2	327.4	310.6	290.6	
450	396.6	383.8	368.2	349.4	327.0	
500	440.6	526.4	409.2	388.4		
560	493.6	477.6	458.4			
630	555.2	537.4	515.6			

Πίνακας 1.2: Διαστάσεις αγωγών από HDPE

1.6.2 ΚΟΜΒΟΙ

Με τον όρο κόμβοι ενός δικτύου ύδρευσης εννοούμε τα σημεία στα οποία δύο ή περισσότεροι αγωγοί ενώνονται. Κάποιες φορές οι κόμβοι μπορεί να μην βρίσκονται μόνο σε διασταυρώσεις αγωγών, αλλά να είναι τυφλοί κόμβοι, που σημαίνει ότι εμφανίζονται στο τέλος κάποιου αγωγού, ή λόγω του ότι αποτελούν σημεία ζήτησης νερού, ή λόγω μεταβολής των χαρακτηριστικών των αγωγών.

Οι κόμβοι δεν συνδέονται άμεσα με τα πραγματικά στοιχεία ενός δικτύου διανομής νερού, μιας και οι σωλήνες ενώνονται μεταξύ τους με ειδικά τεμάχια, ενώ οι ανάγκες νερού από τους καταναλωτές του δικτύου καλύπτονται με απευθείας συνδέσεις πάνω στους αγωγούς.

Από μαθητική άποψη οι κόμβοι είναι κάτι το απαραίτητο για την εύκολη και σωστή επίλυση ενός δικτύου ύδρευσης. Γενικότερα οι κόμβοι θα πρέπει να τοποθετούνται :

- ✓ στα σημεία τροφοδοσίας (δεξαμενές, υδατόπυργοι)
- ✓ στα σημεία διακλαδώσεων (όχι όμως απαραίτητα σε στροφές αγωγών)
- ✓ στα σημεία αλλαγής υλικού, τραχύτητας ή διαμέτρου αγωγού
- ✓ στα σημεία αλλαγής των χρήσεων νερού (αστική, ημιαστική, τουριστική)
- ✓ στα σημεία αλλαγής της πυκνότητας του πληθυσμού και της δόμησης
- ✓ στις θέσεις των ειδικών καταναλωτών (π.χ. βιομηχανίες, ξενοδοχεία)
- ✓ στις θέσεις των πυροσβεστικών κρουνών
- ✓ στις θέσεις των ειδικών διατάξεων (φρεάτια, βαλβίδες, αντλίες)

Σε κάποιες περιπτώσεις, προτείνεται η τοποθέτηση επιπλέον κόμβων σε σημεία όπου είναι απαραίτητοι κατά την κρίση του μελετητή, με σκοπό να γίνεται ο αυτόματος έλεγχος των πιέσεων σε διάφορα σημεία του δικτύου κατά την επίλυση του μοντέλου, ενώ σε αυτό βοηθάνε και ειδικοί καταναλωτές και κρουνοί που βρίσκονται σχετικά κοντά σε κόμβους άλλης αιτιολογίας. Η επιπλέον τοποθέτηση κόμβων συνηθίζεται να

γίνεται σε πολλά δίκτυα ύδρευσης για λόγους ευστάθειας του αριθμητικού σχήματος επίλυσης.

Το μοναδικό φυσικό χαρακτηριστικό που μπορεί να έχει ένας κόμβος, είναι το υψόμετρό του. Αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να φαίνεται εύκολο στον προσδιορισμό του, όμως κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει συχνά αφού αρχικά είναι απαραίτητο να γίνουν κάποιες διευκρινίσεις.

1.6.3 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ

Οι δεξαμενές αποθήκευσης νερού που χρησιμοποιούμε σε ένα δίκτυο ύδρευσης και χρησιμοποιούμε και στους υπολογισμούς των υδραυλικών μεγεθών του είναι αυτές που περιέχονται στο εσωτερικό υδραγωγείου. Στην ουσία είναι αποθηκευτικοί χώροι νερού που μπορεί να είναι γεμάτες μέχρι μία μέγιστη στάθμη ή και τελείως άδειες. Μπορεί να είναι υπόγειες, επίγειες ή υπέργειες και τοποθετούνται συνήθως σε σημεία των οικισμών με μεγαλύτερο υψόμετρο από τα υψόμετρα των καταναλωτών. Οι δεξαμενές αυτές έχουν εκροή ύδατος προς το δίκτυο ύδρευσης και εν κατακλείδι του καταναλωτές, ενώ έχουν και εισροή ύδατος από την πηγή υδροληψίας. Η δεξαμενή εκτελεί τρεις βασικές λειτουργίες ανάμεσα στις οποίες είναι η ρύθμιση σε 24ωρη βάση της παροχής. Ανάντη η παροχή είναι σταθερή στη διάρκεια του 24ώρου, ενώ κατάντη ακολουθεί τις διακυμάνσεις της ζήτησης. Επίσης ρυθμίζει την πίεση στα κατάντη (με τη δεδομένη ελεύθερη επιφάνεια του νερού, που διακυμαίνεται μέσα σε όρια 3-6 m). Τέλος αποθηκεύει νερό για έκτακτες ανάγκες (βλάβη υδραγωγείου, πυρκαγιά). Ως συνέπεια της ρυθμιστικής λειτουργίας της δεξαμενής, η μέγιστη παροχή ανάντη είναι μικρότερη από την παροχή σχεδιασμού κατάντη.

Γενικότερα οι δεξαμενές αποθήκευσης νερού μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα με το υλικό κατασκευής (χάλυβας ή σκυρόδεμα), το σχήμα (κυλινδρικές, σφαιρικές, ορθογώνιες), τον τύπο τους (υπέργειες, υπόγειες, επίγειες) και τον κάτοχο τους (ιδιωτικές ή δημόσιες).

Για λόγους οικονομίας και ασφάλειας, η δεξαμενή τοποθετείται όσο γίνεται πιο κοντά στην πόλη. Ο τύπος των δεξαμενών που χρησιμοποιείται περισσότερο στα υδραυλικά δίκτυα είναι οι επίγειες και οι υπόγειες δεξαμενές καθώς είναι οι πιο οικονομικές.

Κατασκευάζονται από σκυρόδεμα είτε σε φυσικά υψώματα κοντά στον οικισμό, είτε σε εκσκαφή μέσα στο έδαφος ή κατά τμήματα και στα δύο. Οι μεγάλες δεξαμενές που έχουν όγκο μεγαλύτερο από 2000 m³ είναι ορθογώνιες, ενώ οι μικρές μπορεί να είναι κυκλικής κάτοψης. Αποτελούνται από δύο τουλάχιστον ίσους θαλάμους, ώστε να είναι δυνατή η συντήρηση και ο καθαρισμός τους, χωρίς διακοπή της υδροδότησης. Η ωφέλιμη χωρητικότητα προκύπτει προσθέτοντας στον όγκο ρύθμισης ένα απόθεμα ασφαλείας (το δυσμενέστερο μεταξύ των περιπτώσεων βλάβης δικτύου ή πυρκαγιάς). Ο υπολογισμός των δεξαμενών αποσκοπεί στον καθορισμό της ανώτατης και κατώτατης στάθμης. Για τη διαστασιολόγηση, επιλέγεται ένα ωφέλιμο ύψος που συνήθως κυμαίνεται από 3 έως 6 m και καθορίζονται οι διαστάσεις της κάτοψης, ενώ στον πυθμένα δίνεται ρύση, με κλίση έως 8%. Από τον πυθμένα, αφήνεται ένα ελεύθερο περιθώριο, της τάξης των 0,2 έως 0,3 m. Ομοίως, μεταξύ της ανώτατης στάθμης και οροφής, αφήνεται περιθώριο, της τάξης των 0,5 m.



Εικόνα 1.4: Προεντεταμένη δεξαμενή νερού 4.000 μ³

1.6.4 ΒΑΛΒΙΔΕΣ

Σε πολλά δίκτυα ύδρευσης τοποθετούμε ειδικές συσκευές που ονομάζονται βαλβίδες για να αντιμετωπιστούν διάφορα προβλήματα. Προβλήματα πίεσης στους κόμβους ή προβλήματα ροής του νερού, που μπορεί να παρουσιαστούν κατά τη λειτουργία του. Η χρήση των βαλβίδων αυτών λοιπόν είναι να τοποθετούνται πάνω στους αγωγούς και εν συνεχεία να ελέγχουν τη ροή του νερού μέσα σε έναν αγωγό ανάλογα με το αν είναι ανοικτές, κλειστές ή σε ενδιάμεση φάση. Γενικότερα οι βαλβίδες χωρίζονται σε πέντε γενικές κατηγορίες :

- ❖ Βαλβίδες απομόνωσης ροής
- ❖ Βαλβίδες αντεπιστροφής
- ❖ Βαλβίδες ελέγχου υψομέτρου
- ❖ Βαλβίδες εισαγωγής/εξαγωγής αέρα
- ❖ Βαλβίδες ελέγχου

Επίσης οι δικλείδες διαφοροποιούνται ως προς τον τρόπο χρήσης τους, σε χειροκίνητες και αυτόματες. Οι χειροκίνητες δικλείδες συνήθως χρησιμοποιούνται για να απομονώνουν τελείως κάποια μέρη του δικτύου, ενώ οι αυτόματες λειτουργούν από μόνες τους και περιορίζουν τη ροή του νερού ανάλογα με τις πιέσεις ή τα χαρακτηριστικά της ροής του νερού.

Οι βαλβίδες εκφράζονται πάντα ως σημειακά στοιχεία στη μοντελοποίηση ενός δικτύου ύδρευσης και ο συμβολισμός τους είναι ιδιαίτερης σημασίας, με σκοπό να αναγνωρίζονται εύκολα οι διαφορετικοί τύποι βαλβίδων. Επίσης σημαντική είναι και η δημιουργία ενός αντιπροσωπευτικού πίνακα περιγραφικών χαρακτηριστικών. Αξίζει να σημειωθεί ότι επειδή υπάρχουν διαφορετικού τύπου βαλβίδες ο πίνακας περιγραφικών χαρακτηριστικών αλλάζει σε μερικά σημεία ανάλογα με τον τύπο τους

Βαλβίδες απομόνωσης ροής (δικλείδες)

Οι βαλβίδες απομόνωσης της ροής είναι ίσως οι βαλβίδες με την πιο ευρεία χρήση στα δίκτυα ύδρευσης. Η χρήση τους είναι να σταματούν τη ροή σε ένα σωλήνα από τη μία κατεύθυνση. Οι βαλβίδες αυτές λειτουργούν χειροκίνητα και τις περισσότερες φορές υπάρχει ένα συνεργείο ανθρώπων σε κάθε δίκτυο ύδρευσης που έχει την ευθύνη για να το άνοιγμα και κλείσιμο τους, ανάλογα με τις ανάγκες του δικτύου. Η χρησιμότητα τους βασίζεται στο ότι μπορούν να απομονώσουν τη ροή του νερού σε περίπτωση θραύσης αγωγού μειώνοντας έτσι τις απώλειες νερού σε σημαντικό βαθμό. Σε καλά σχεδιασμένα δίκτυα ύδρευσης οι δικλείδες αυτές είναι τοποθετημένες σε όλες τις διακλαδώσεις, ώστε αν υπάρξει περίπτωση βλάβης να εξασφαλίζουν απομόνωση του υπόλοιπου δικτύου, με αποτέλεσμα να επηρεαστούν έτσι όσο το δυνατόν λιγότεροι συνδρομητές. Σε μερικά δίκτυα ύδρευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν νερό σε διαφορετικές πιεζομετρικές ζώνες. Υπάρχουν διάφορες βαλβίδες απομόνωσης όπως είναι η συρταρωτή (συνηθέστερος τύπος), η τύπου «πεταλούδα» κ.α.



Εικόνα 1.5: Βαλβίδα απομόνωσης ροής

Βαλβίδες αντεπιστροφής

Οι βαλβίδες αντεπιστροφής χρησιμοποιούνται στην περίπτωση που θέλουμε να εξασφαλιστεί η ροή μόνο προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση και εμποδίζουν τη ροή του νερού προς την αντίθετη κατεύθυνση. Αν τυχόν περάσει νερό μέσα από τη βαλβίδα, αλλά προς την αντίθετη κατεύθυνση, τότε αυτή κλείνει και παραμένει κλειστή μέχρι να αποκατασταθεί η ροή προς τη σωστή κατεύθυνση. Η βαλβίδες αυτές έχουν ευρεία χρήση

σε περιπτώσεις που σε ένα δίκτυο ύδρευσης υπάρχουν αντλίες νερού καθώς η αντίθετη ροή νερού στις αντλίες μπορεί να τους προλαλέσει σοβαρές ζημιές.



Εικόνα 1.6: Βαλβίδα αντεπιστροφής

Βαλβίδες ελέγχου υψομέτρου

Η βαλβίδα ελέγχου υψομέτρου τοποθετείται στον αγωγό που ενώνεται με τη δεξαμενή. Στις περιπτώσεις που η δεξαμενή γεμίζει μέχρι την ανώτατη στάθμη λειτουργίας της τότε η βαλβίδα κλείνει αυτόματα, έτσι ώστε να εμποδίζει τη ροή του νερού προς τη δεξαμενή. Όταν υπάρχει ροή από τη δεξαμενή στους αγωγούς του δικτύου ύδρευσης, η βαλβίδα ανοίγει και έτσι επιτρέπει στην δεξαμενή να αδειάσει με σκοπό να τροφοδοτήσει τους καταναλωτές του δικτύου. Στην περίπτωση μοντελοποίησης των δικτύων ύδρευσης, αντί να τοποθετήσουμε βαλβίδα ελέγχου υψομέτρου, κάνουμε εισαγωγή ανώτατης και κατώτατης στάθμης της δεξαμενής και έτσι υποθέτουμε πως η βαλβίδα περιλαμβάνεται στην κατασκευή της. Το πρόβλημα είναι πως αν στην πραγματικότητα δεν είναι τοποθετημένη η βαλβίδα τότε μπορεί να δημιουργηθεί πρόβλημα υπερχειλίσης της δεξαμενής και αυτή η πιθανότητα θα πρέπει να εισαχθεί στο μοντέλο του δικτύου ύδρευσης.

Βαλβίδες εισαγωγής / εξαγωγής αέρα

Οι βαλβίδες εισαγωγής αέρα χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις, που μπορεί να παρουσιαστούν κενά αέρος μέσα στους αγωγούς και επιτρέπουν τον αέρα να εισέλθει στους αγωγούς ώστε να επιτευχθεί η γρήγορη αποσυμπίεση του δικτύου και να αντιμετωπιστούν τα διάφορα προβλήματα. Αντίθετα, όχι σε όλα, αλλά στα περισσότερα δίκτυα ύδρευσης εντοπίζονται βαλβίδες εξαγωγής αέρα, έτσι ώστε να απελευθερώνεται ο αέρας που υπάρχει μέσα στους αγωγούς κατά τη διάρκεια λειτουργίας του δικτύου. Τις περισσότερες φορές, αυτοί οι δύο τύποι βαλβίδων συνδυάζονται και λειτουργούν ανάλογα με τις ανάγκες του δικτύου ύδρευσης. Η τοποθέτηση τους γίνεται στα υψηλά σημεία του δικτύου (χαμηλές πιέσεις) καθώς σε αυτά τα σημεία παγιδεύεται ο αέρας, και σε αγωγούς με μεγάλες κλίσεις όπου συνήθως δημιουργούνται κενά αέρος.



Εικόνα 1.7: Βαλβίδα εισαγωγής / εξαγωγής αέρα

Βαλβίδες ελέγχου

Οι βαλβίδες ελέγχου είναι αυτόματες βαλβίδες που χρησιμεύουν στο να διατηρούν ή να αυξομειώνουν πιέσεις και ροές. Αποτελούνται από το κυρίως σώμα, τον ενεργοποιητή και τους πλότους. Οι τελευταίοι είναι όργανα διαπίστωσης της πίεσης ανάντι και κατόντι και ανάλογα με τη λειτουργία της βαλβίδας προκαλούν την αντίδραση του ενεργοποιητή, που με τη σειρά του κινεί το έμβολο, μεταβάλλοντας τη διατομή και τις συνθήκες ροής στη δικλείδα.

Οι κυριότερες και πιο γνωστές βαλβίδες ελέγχου είναι οι εξής :

- ο Βαλβίδες μείωσης πίεσης (Pressure Reducing Valve, PRV)

Οι βαλβίδες μείωσης πίεσης λειτουργούν αυτόματα και η χρήση τους περιορίζεται στο να διατηρήσουν μία σταθερή πίεση εξόδου ανεξάρτητα από τις αυξομειώσεις τις πίεσης εισόδου. Συνήθως χρησιμοποιούνται στα σημεία διαχωρισμού των πιεζομετρικών ζωνών και όπου επιδιώκεται μείωση του ενεργειακού υψομέτρου. Χαρακτηριστική είναι η τοποθέτηση του σε δίκτυα όπου η πίεση είναι αρκετά μεγάλη και πιθανώς να δημιουργηθούν προβλήματα στα υδραυλικά του κτιρίου χωρίς τη χρήση της βαλβίδας.

Στη περίπτωση που χρησιμοποιείται βαλβίδα μείωσης πίεσης σε κάποιο δίκτυο στο οποίο παρατηρούνται μεγάλες αυξομειώσεις της πίεσης ή της παροχής τότε όπως είναι αναμενόμενο, δημιουργούνται προβλήματα στη λειτουργία της βαλβίδας και απαραίτητη είναι η εγκατάσταση περισσότερων από μία βαλβίδα αυτού του τύπου. Η απουσία βαλβίδων μείωσης της πίεσης μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα υψηλών πιέσεων σε ζώνες με χαμηλό υψόμετρο.



Εικόνα 1.8: Βαλβίδα μείωσης πίεσης

- ο Βαλβίδες διατήρησης πίεσης (Pressure Sustaining Valve, PSV)

Οι βαλβίδες διατήρησης πίεσης χρησιμοποιούνται με σκοπό να εξασφαλίζουμε μία σταθερή πίεση στην είσοδο της βαλβίδας (ανάντη) ανεξάρτητα από τις αυξομειώσεις της πίεσης που παρατηρούνται κατόντη της βαλβίδας. Χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό στις περιπτώσεις που δεν έχουμε ικανοποιητικές πιέσεις στα υψηλά σημεία του δικτύου, χωρίς να έχουμε πρόβλημα στα χαμηλά σημεία του. Δηλαδή σε περίπτωση που στη κατόντη ζώνη ενός δικτύου υπάρχει μεγάλη ζήτηση, τότε η βαλβίδα κλείνει με σκοπό να

μην επιτρέπεται η πτώση πίεσης ανάντη και αναγκάζει την κατάντη ζώνη να λάβει νερό από αλλού.



Εικόνα 1.9: Βαλβίδα διατήρησης πίεσης

ο Βαλβίδες ελέγχου ροής (Flow Control Valve, FCV)

Οι βαλβίδες ελέγχου ροής έχουν την ιδιότητα να εξασφαλίζουν μία σταθερή παροχή κατάντη της βαλβίδας. Οι συγκεκριμένες βαλβίδες τοποθετούνται ως επί το πλείστον σε σημεία δικτύου που θέλουμε να περιορίσουμε τις ταχύτητες στα αποδεκτά μεγέθη. Δηλαδή όταν το νερό έχει μεγαλύτερη ταχύτητα από την επιθυμητή τότε εμποδίζεται η ροή του. Αντίθετα όταν το νερό έχει ταχύτητα μικρότερη από την επιθυμητή τότε δεν εμποδίζεται η διέλευση του από τη βαλβίδα. Επίσης έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να ελέγχουν την παροχή και ανάλογα με τις διαφορετικές συνθήκες που μπορεί να επικρατούν, να υπάρχει αυξομείωση της.

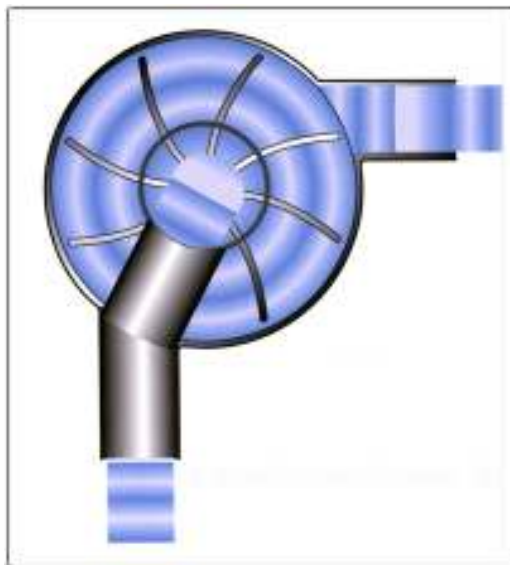


Εικόνα 1.10: Βαλβίδα ελέγχου ροής

1.6.5 ΑΝΤΛΙΕΣ

Η αντλία νερού είναι μία συσκευή που σκοπός της είναι να αυξάνει τη πιεζομετρική γραμμή όταν τοποθετηθεί σε κάποιο σημείο του δικτύου ύδρευσης. Σε κάθε δίκτυο ύδρευσης η ροή του νερού έχει πάντα κατεύθυνση από τα υψηλά σημεία του δικτύου στα χαμηλά και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η τοποθέτηση των αντλιών ώστε να βοηθάει στην αύξηση της πιεζομετρικής γραμμής και να αποφεύγονται τα προβλήματα λόγω της διαφοράς υψομέτρων.

Ο πιο γνωστός τύπος αντλίας που έχει ευρεία χρήση στα δίκτυα ύδρευσης είναι η φυγόκεντρη αντλία. Βασικό της εξάρτημα είναι ένας δίσκος με πτερύγια που περιστρέφεται, και περιβάλλεται από ένα μεταλλικό κέλυφος. Όταν ο δίσκος αυτός περιστρέφεται, αναγκάζει το νερό που βρίσκεται στο διάκενο μεταξύ αυτής και του περιβλήματος, να κινηθεί προς το στόμιο του σωλήνα. Επειδή η κίνηση του νερού οφείλεται στην αναπτυσσόμενη φυγόκεντρη δύναμη, αυτού του είδους οι αντλίες έχουν ονομαστεί φυγόκεντρες.



Σχέδιο 1.12: Τρόπος λειτουργίας φυγόκεντρης αντλίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ

2.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Με τον όρο κατανάλωση νερού νοείται το τμήμα εκείνο της απόληψης νερού, δηλαδή της ποσότητας του νερού που αφαιρείται από ένα υδάτινο σώμα (π.χ. υπόγειος υδροφορέας, λίμνη κλπ.), το οποίο χάνεται, είτε προς την ατμόσφαιρα με τη διεργασία της εξατμισοδιαπνοής, είτε με την αποθήκευση στο σώμα ζωντανών οργανισμών (Ναλμπάντης Ι., 2007).

Σε κάθε δίκτυο ύδρευσης, οποιοδήποτε σημείο που παρατηρείται διαφυγή του νερού, τότε αυτό αποτελεί σημείο κατανάλωσης ή ζήτησης νερού. Σε αυτά τα σημεία το νερό διαφεύγει για την κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών, εκτός από τις περιπτώσεις που έχουμε απώλεια. Η συνολική κατανάλωση νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης, αποτελεί ίσως το βασικότερο παράγοντα για την υδραυλική επίλυσή του.

2.2 ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Ποιότητα νερού είναι τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του ύδατος σε σχέση σε ένα σύνολο προτύπων. Τα πρότυπα ποιότητας νερού δημιουργούνται για τους διαφορετικούς τύπους θέσεων οργανισμών ύδατος και σωμάτων ύδατος ανά επιθυμητές χρήσεις. Οι αρχικές χρήσεις που εξετάζονται για τέτοιο χαρακτηρισμό είναι παράμετροι που αφορούν το πόσιμο νερό, ασφάλεια της ανθρώπινης επαφής, και για την υγεία των οικοσυστημάτων.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι κριτηρίων που χρησιμοποιούμε για να κάνουμε τον έλεγχο της ποιότητας και ρύπανσης του νερού. Ο ένας τύπος αναφέρεται στην ποιότητα του νερού του αποδέκτη, όπως ποταμού, λίμνης, εκβολών ποταμού, ανοιχτής θάλασσας και υπογείων νερών που ονομάζονται πρότυπα ποταμών ή αποδεκτών. Ο άλλος τύπος αναφέρεται στην ποιότητα των αποβλήτων που παροχετεύονται από δεδομένη πηγή και λέγονται πρότυπα λυμάτων.

Γενικά, πιο σπουδαία και πιο χρήσιμα αποτελούν τα πρότυπα της ποιότητας του αποδέκτη που βασίζονται σε κάποιες συγκεκριμένες τιμές κάποιων ουσιών και παραμέτρων στο νερό και εξαρτώνται από τη χρήση του νερού. Όταν λέμε χρήση, εννοούμε ότι βασικό ρόλο παίζει το αν το νερό θα χρησιμοποιηθεί για αστική, βιομηχανική, αγροτική χρήση ή ακόμα και κολύμβηση, ιχθυοκαλλιέργεια, ναυσιπλοΐα, μέχρι και παραγωγή ενέργειας. Το πόσο σημαντικές είναι αυτές οι χρήσεις του νερού, βασίζεται στις απαιτήσεις που έχουν οι κάτοικοι και την οικονομία της κάθε περιοχής. Για παράδειγμα, αν πρόκειται για βιομηχανική ή αστική χρήση, δεν πρόκειται να υπάρξει επιρροή από τυχόν μικρές διακυμάνσεις της ποιότητας του νερού.

Στην αστική χρήση που θεωρείται η σπουδαιότερη χρήση του νερού, τα βασικά ποσοτικά όρια για το πόσιμο νερό μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη αποτελείται από τον αριθμό και το είδος των βακτηρίων που περιέχει και η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται στα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του νερού.

Στη συνέχεια ακολουθεί πίνακας που μας δείχνει τις τιμές για ορισμένες ποιοτικές παραμέτρους για το πόσιμο νερό σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας.

A. Μικροβιολογικά κριτήρια	
α) Τα κολοβακτήρια πρέπει να μην υπάρχουν στα 95% των δειγμάτων 100 ml που εξετάζονται κάθε χρόνο.	
β) Ολικά κολοβακτήρια (ανά 100 ml) μέχρι 10.	
γ) Καθόλου εντερικά βακτήρια	
B. Ανώτερα όρια τοξικών χημικών ουσιών	
Αρσενικό	0,050 mg/l
Κυανιούχα	0,100mg/l
Υδράργυρος	0,001 mg/l
Κάδμιο	0,005 mg/l
Μόλυβδος	0,050 mg/l
Σελήνιο	0,010 mg/l

Γ. Ειδικές ουσίες που επηρεάζουν την υγεία	
Νιτρικά	50 mg NO ₃ /l
Φθόριο	1,5 mg/l

Πίνακας 2.1: Κριτήρια ποιότητας για το πόσιμο νερό.(WHO, 1984)

Στην γεωργία και την άρδευση που αποτελούν την μεγαλύτερη χρήση νερού στις ξηρές και ημίξηρες ζώνες της γης, η ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται εξαρτάται από το είδος και την ποσότητα των διαλυμένων αλάτων και ουσιών που υπάρχουν στο νερό. Περισσότερο ενδιαφέρον βάσει της σημαντικότητας τους, παρουσιάζουν τα κατιόντα ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου και καλίου, καθώς επίσης και διάφορα ανιόντα όπως τα όξινα ανθρακικά, τα θειικά και τα χλωριόντα. Εκτός όμως από τα ιόντα, πολύ σημαντικό για τον καθορισμό της ποιότητας του αρδευτικού νερού είναι ο προσδιορισμός ορισμένων παραμέτρων που καθορίζουν τις σχέσεις των ιόντων μεταξύ τους. Οι παράμετροι που προσδιορίζονται με βάση τα δεδομένα της χημικής ανάλυσης του νερού είναι οι εξής:

α) Η ολική αλατότητα του νερού που εκφράζεται με τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) σε mg/l ή me/l και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) σε mmhos/cm ή dS/m στους 25C

β) Η αναλογία προσρόφησης νατρίου (SAR ή R_{Na}) που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)/2}}$$

γ) Η προσαρμοσμένη αναλογία νατρίου που είναι η αναλογία προσροφημένου νατρίου του εδαφικού διαλύματος μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας που ακολουθεί την άρδευση μεταξύ του αρδευτικού νερού και της αρχικής σύνθεσης του εδαφικού διαλύματος.

2.3 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ

Το νερό, αφού συλλεχθεί στους ταμιευτήρες φτάνει μέσω των υδραγωγείων στις Μονάδες Επεξεργασίας Νερού. Εκεί υποβάλλεται σε επεξεργασία που το καθιστά πόσιμο. Επειδή είναι ακατέργαστο, περιέχει διάφορα στερεά (κλαδιά, χώμα, λάσπη) που έχει παρασύρει κατά το πέρασμά του, όπως επίσης μικρόβια και μικροοργανισμούς που δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι.

Το νερό με την επεξεργασία στην οποία υποβάλλεται (εσχάρωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση, απολύμανση), απαλλάσσεται από τα παραπάνω στοιχεία.

Στις ΜΕΝ ακολουθείται η παρακάτω αλληλουχία σταδίων για την επεξεργασία του νερού:

- **Προσθήκη χλωρίου (απολύμανση)**
Με την προχλωρίωση θανατώνονται τα μικρόβια που υπάρχουν στο νερό και διευκολύνεται η μετέπειτα επεξεργασία του.
- **Προσθήκη θειικού αργιλίου (κροκίδωση)**
Το διάλυμα του θειικού αργιλίου βοηθάει τα στερεά σωματίδια που υπάρχουν μέσα στο νερό να συσσωματωθούν μεταξύ τους και, αφού αποκτήσουν μεγαλύτερο βάρος, να κατακαθίσουν. Η όλη διαδικασία ονομάζεται κροκίδωση. Η κροκίδωση συντελείται σε δύο στάδια που διαφέρουν μεταξύ τους στη σφοδρότητα της ανάμειξης του νερού που προκαλείται είτε με μηχανικά μέσα (αναδευτήρες) είτε με υδραυλικά μέσα (με το στροβιλισμό του νερού από την πρόσκρουσή του στα τοιχώματα των ειδικών δεξαμενών).
- **Καθίζηση**
Μετά την κροκίδωση τα συσσωματωμένα στερεά (κροκίδες) καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης. Με αυτόν τον τρόπο το νερό καθαρίζεται σε ποσοστό 80%.
- **Φίλτραση**
Τα πολύ ελαφρά σωματίδια που δεν καθιζάνουν (20%), κατακρατούνται σε ειδικά αμμόφιλτρα από τα οποία το νερό βγαίνει πια καθαρό για να δοθεί στην κατανάλωση.

- **Μεταχλωρίωση**

Εφόσον η προχλωρίωση δεν είναι ικανοποιητική, προσθέτουμε συμπληρωματικά χλώριο κατά την είσοδο του νερού στις κλειστές δεξαμενές αποθήκευσης και πριν την είσοδό του στο δίκτυο ύδρευσης.

2.4 ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Η σημαντικότερη μονάδα μέτρησης της κατανάλωσης νερού είναι η ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση (mean QH) ή ατομική κατανάλωση. Η μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση χρησιμοποιείται για να εκφράζει τον όγκο του νερού που αντιστοιχεί να χρησιμοποιηθεί από κάθε κάτοικο μιας περιοχής κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου. Προκύπτει από τη διαίρεση του καταναλισκόμενου νερού μιας πόλης κατά τη διάρκεια ενός χρόνου δια του αντίστοιχου αριθμού των κατοίκων και στην συνέχεια το διαιρούμε με τις ημέρες του έτους για να φτάσουμε στη μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο. Εκφράζεται σε λίτρα ανά κάτοικο και ανά ημέρα και αποτελεί βασικό μέγεθος μιας και οι χρονικές διακυμάνσεις της κατανάλωσης εκφράζονται ως συνάρτηση αυτής. Είναι φανερό ότι η ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση περιλαμβάνει την οικιακή χρήση, την τουριστική χρήση (ξενοδοχεία, ενοικιαζόμενα δωμάτια), την βιομηχανική / βιοτεχνική χρήση, την δημόσια και δημοτική χρήση (πάρκα, νοσοκομεία, σχολεία, εκκλησίες, δημόσιες υπηρεσίες, κλπ.) την γεωργική χρήση (π.χ. μικρής έκτασης καλλιέργειες), το νερό που διατίθεται για πυρόσβεση και τυχόν απώλειες κατά τη μεταφορά και διανομή του νερού.

Όσο ανεβαίνει το βιοτικό επίπεδο, διαφοροποιούνται και οι χρήσεις ή και οι απαιτήσεις του κόσμου για νερό. Αυτό μπορεί να αποδειχθεί αν παρατηρήσουμε τη συνεχώς αυξανόμενη οικιακή χρήση νερού στις ανεπτυγμένες χώρες, ιδιαίτερα για την προσωπική υγιεινή. Για να αλλάξει αυτό πρέπει να υπάρξει καλύτερη ενημέρωση για την σπατάλη του νερού και να ευαισθητοποιηθούν οι πολίτες ώστε να περιορίσουν τη σπατάλη και να επιτύχουν μείωση της κατανάλωσης νερού. Σύμφωνα με έκθεση της UNESCO, η

κατανάλωση νερού στις μεγάλες πόλεις υπολογίζεται σε 300 – 600 L ανά άτομο ανά ημέρα, ενώ στις μικρές πόλεις σε 100 – 150 L.

Η μεγαλύτερη αστική ζήτηση εδώ στην χώρα μας, παρατηρείται στην Αττική, όπου οι απώλειες από διαρροές (δίκτυο, κατοικίες κ.α.) αντιστοιχούν στο 10-40% του μεταφερόμενου νερού. Μια σειρά έργων (φράγμα Μαραθώνα, δέσμευση νερών λίμνης Υλίκης καθώς και ποταμών Μόρνου και Εύηνου) μπορούν να φέρνουν σήμερα στην Αττική 600.000.000 κυβικά μέτρα νερού το χρόνο. Όμως, τα έργα αυτά επαρκούν για να καλύπτουν τις ανάγκες της Αττικής μόνο μέχρι το 2030, αν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις κατανάλωσης νερού.

Στις χώρες του OECD (Οργανισμός για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη), η μέση οικιακή κατανάλωση είναι περίπου 180 λίτρα κατά κεφαλήν και ανά ημέρα. Σε ορισμένες πόλεις των Ηνωμένων Πολιτειών, ο μέσος όρος κατανάλωσης μπορεί να είναι υψηλότερος από 400 λίτρα, ενώ σε πολλές πόλεις στην Αφρική, ο μέσος όρος είναι χαμηλότερος από 30 λίτρα.

Ο πίνακας 2.2 που ακολουθεί στη συνέχεια μας δείχνει την μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση ανάμεσα σε διαφορετικές χώρες. Η κατανάλωση αυτή περιλαμβάνει τη χρήση νερού όσον αφορά το νερό που πίνουμε, το νερό που χρησιμοποιείται για το μαγείρεμα, το νερό που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια χρήσης πλυντηρίου ρούχων και πλυσίματος των πιάτων καθώς επίσης και την ποσότητα που χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια της χρήσης του μπάνιου (ατομική καθαριότητα και πλύσιμο της λεκάνης της τουαλέτας.

Παρατηρούμε ότι η Ελλάδα βρίσκεται στη μέση περίπου του πίνακα με ημερήσια κατανάλωση της τάξης των 175 λίτρων ανά ημέρα. Στην κορυφή βρίσκονται τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα που αναπτύσσονται ραγδαίως τα τελευταία χρόνια, ενώ στην τελευταία θέση βρίσκεται η Ινδία που δεν μπορεί να ξεφύγει από την μεγάλη φτώχεια.

UA	United Arab Emirates	500
CA	Canada	326
US	United States	295
JP	Japan	278
AU	Australia	268
CH	Switzerland	252
FI	Finland	213
IT	Italy	213
ES	Spain	200
PT	Portugal	194
KE	South Korea	183
GR	Greece	175
SE	Sweden	164
DK	Danmark	159
UK	United Kingdom	153
AT	Austria	153
LU	Luxembourg	150
EI	Ireland	142
FR	France	139
DE	Germany	129
NL	Netherlands	129
BE	Belgium	112
HU	Hungary	101
BG	Bulgaria	101
PL	Poland	98
CZ	Czech Republic	95
IN	India	25

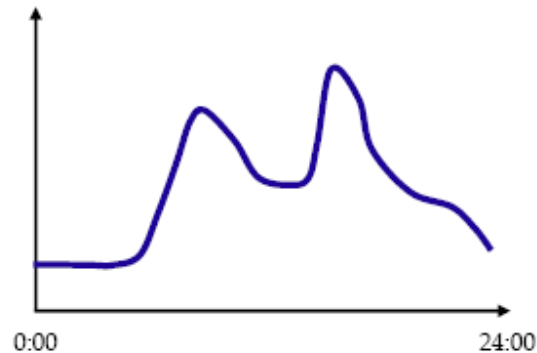
Πίνακας 2.2: Μέση ημερήσια κατανάλωση σε λίτρα ανά άτομο (Eurostat 2001)

2.5 ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Η κατανάλωση νερού στα δίκτυα διανομής, δε μένει χρονικά σταθερή, αλλά παρουσιάζει διάφορες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά και κατά τη διάρκεια του έτους. Το μέγεθος των διακυμάνσεων εξαρτάται από τις τοπικές συνθήκες που

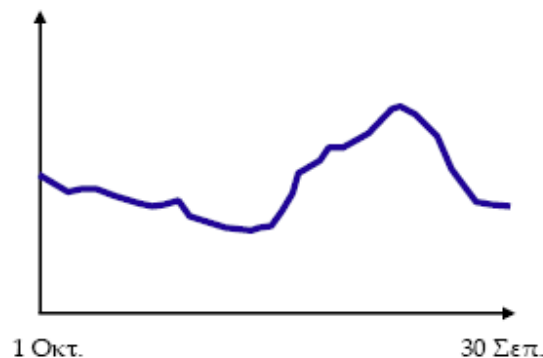
επικρατούν σε κάθε οικισμό. Οι διακυμάνσεις αυτές, σε σχέση με το χρόνο, διαχωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

Ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης: Αφορά τη μεταβολή της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια μίας μέρας, η οποία οφείλεται στις καθημερινές συνήθειες και δραστηριότητες των καταναλωτών.



Εικόνα 2.1: Ημερήσια διακύμανση (Α. Ευστρατιάδης, Υδρευτικές καταναλώσεις)

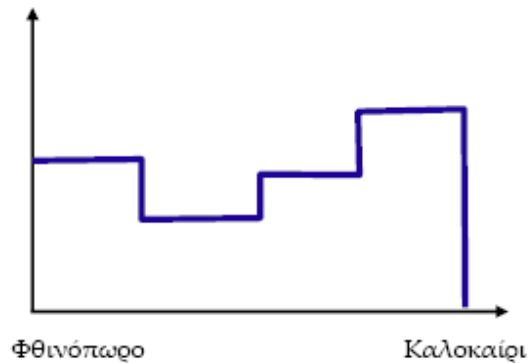
Ετήσια διακύμανση της κατανάλωσης: Μας παρουσιάζει τη μεταβολή της κατανάλωσης που παρατηρείται στη διάρκεια ενός έτους.



Εικόνα 2.2: Ετήσια διακύμανση (Α. Ευστρατιάδης, Υδρευτικές καταναλώσεις)

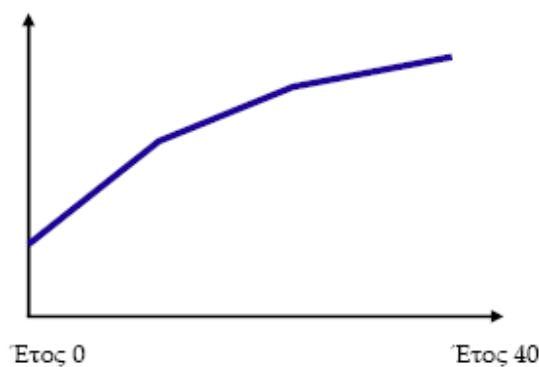
Εβδομαδιαία διακύμανση της κατανάλωσης: Η κατανάλωση μιας υδροδοτούμενης περιοχής δεν είναι ίδια όλες τις ημέρες της εβδομάδας. Συνηθίζεται η κατανάλωση να είναι μικρότερη το Σάββατο και την Κυριακή αλλά και τις ημέρες των εορτών (Πάσχα, Χριστούγεννα) μιας και τότε μειώνεται σημαντικά η κατανάλωση των βιομηχανιών και των βιοτεχνιών.

Εποχιακή διακύμανση της κατανάλωσης: Παρουσιάζει τη μεταβολή της κατανάλωσης η οποία κάποιες εποχές του χρόνου όπως το καλοκαίρι είναι ιδιαίτερα αυξημένη και αυτό οφείλεται κυρίως στην αύξηση του τουριστικού ρεύματος καθώς και στην αυξημένη θερμοκρασία. Αντίθετα το χειμώνα η κατανάλωση είναι πολύ μικρότερη μιας και ο τουρισμός πλησιάζει μηδενικά επίπεδα.



Εικόνα 2.3: Εποχιακή διακύμανση (Α. Ευστρατιάδης, Υδρευτικές καταναλώσεις)

Μακροπρόθεσμη διακύμανση της κατανάλωσης: Αντιπροσωπεύει την μελλοντική μεταβολή της κατανάλωσης μετά από πολλά χρόνια, η οποία πιθανώς να οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως σε εμφανέστατη ανάπτυξη των βιομηχανιών και των βιοτεχνιών, σε κλιματικές αλλαγές, σε πιθανή αύξηση του πληθυσμού στο μέλλον καθώς και στην μεταβολή του βιοτικού επιπέδου.



Εικόνα 2.4: Μακροπρόθεσμη διακύμανση (Α. Ευστρατιάδης, Υδρευτικές καταναλώσεις)

Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση (max Q_H)

Όσο μεγαλύτερος είναι ένας υδρευόμενος οικισμός, τόσο μικρότερο είναι το εύρος των εποχιακών διακυμάνσεων. Αυτό συμβαίνει γιατί σε έναν μικρό οικισμό, παρατηρούνται πολύ ευκολότερα οι αλλαγές στον πληθυσμό (π.χ. λόγω τουρισμού) από ότι σε έναν μεγαλύτερο οικισμό. Όμως η παρουσία επαγγελματικών και βιομηχανικών καταναλώσεων επιδρά εξισωτικά στις διακυμάνσεις.

Η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση (max Q_H) αποτελεί τη μέση ημερήσια κατανάλωση όσον αφορά την ημέρα της μεγαλύτερης ζήτησης νερού. Για να εντοπίσουμε το μέγεθος της, κάνουμε πολλαπλασιασμό της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης (mean Q_H), με έναν συντελεστή λ₁, οποίος ονομάζεται συντελεστής μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης ή συντελεστής αιχμής. Γενικά ο συντελεστής αυτός ισούται με το λόγο της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης maxQ_H προς τη μέση ημερήσια κατανάλωση meanQ_H, δηλαδή έχουμε:

$$\lambda_1 = \max Q_H / \text{mean} Q_H \quad (2.1)$$

Για να γίνει η εκτίμηση του κατάλληλου συντελεστή, πρέπει ο μηχανικός να χρησιμοποιήσει τα ιστορικά στοιχεία του δεδομένου δικτύου και μετά να ορίσει το μέγεθος του. Σε περιπτώσεις όπου δεν έχουμε στην κατοχή μας αναλυτικά στοιχεία χρησιμοποιούμε για συντελεστή λ₁, την τιμή 1,5.

Δηλαδή η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση προκύπτει από την παραπάνω εξίσωση (2.1) αν μεταφέρουμε το meanQ_H από την άλλη μεριά της ισότητας. Άρα έχουμε:

$$\max Q_H = \text{mean} Q_H * \lambda_1 \quad (2.2)$$

Όταν η περιοχή που μας ενδιαφέρει έχει αυξημένο τουρισμό κατά την καλοκαιρινή περίοδο τότε ο λ₁ μπορεί να είναι αρκετά μεγαλύτερος από την παραπάνω τιμή. Επίσης, διαχρονικά οι τιμές του συντελεστή αυτού μπορεί να είναι πολύ διαφορετικές αφού σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχει αυξημένη επιρροή από ένα κλιματικό συμβάν το οποίο δεν παρουσιάζεται και τόσο συχνά, όπως για παράδειγμα ένας καύσωνας ή μια ξηρασία.

Μέγιστη ωριαία κατανάλωση (max Q_Ω)

Το εύρος της ωριαίας διακύμανσης μεταβάλλεται όπως και της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης. Έτσι και σε αυτήν την περίπτωση, η παρουσία επαγγελματικών και βιομηχανικών καταναλώσεων επιδρά εξισωτικά στις διακυμάνσεις. Οι ώρες εμφάνισης των αιχμών στη διάρκεια του 24ώρου, διαφέρουν κατά περίπτωση.

Όπως με το συντελεστή μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης λ_1 , αντίστοιχα και ο συντελεστής μέγιστης ωριαίας κατανάλωσης λ_2 , σε ένα συγκεκριμένο 24ώρο, ορίζεται από ένα τύπο που είναι ο εξής:

$$\lambda_2 = \max Q_{\Omega p} / \max Q_h \quad (2.3)$$

Άρα φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός των δύο αυτών συντελεστών, δίνει την εξίσωση:

$$\lambda_1 * \lambda_2 = \max Q_{\Omega p} / \text{mean} Q_h \quad (2.4)$$

Ο συνδυασμός αυτός δίνει τη μέγιστη ωριαία κατανάλωση κατά την ημέρα αιχμής, όταν είναι γνωστός ο όγκος της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης. Συνεπώς η μέγιστη ωριαία κατανάλωση, προκύπτει από την εξίσωση:

$$\max Q_{\Omega p} = \lambda_2 * \lambda_1 * \text{mean} Q_H \quad (2.5)$$

Η μέγιστη ωριαία κατανάλωση αποτελεί την παροχή σχεδιασμού των αγωγών του εσωτερικού υδραγωγείου.

Μηνιαία διακύμανση

Η μηνιαία διακύμανση ενισχύεται από τη συμμετοχή στη συνολική κατανάλωση χρήσεων με κλιματική εξάρτηση, ενώ οι επαγγελματικές και βιομηχανικές χρήσεις επιδρούν εξισωτικά. Η συνήθης διατύπωση της μηνιαίας διακύμανσης δίδεται για κάθε μήνα σε ποσοστά % της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης.

Η γνώση της μηνιαίας διακύμανσης είναι χρήσιμη για τον υπολογισμό της καταναλισκόμενης ανά μήνα ενέργειας σε αντλήσεις στο εξωτερικό δίκτυο και την προσομοίωση της ζήτησης.

2.6 Η ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ

Το πρόβλημα της εξέλιξης στο χρόνο και πρόβλεψης των μελλοντικών καταναλώσεων παρουσιάζεται τόσο κατά το σχεδιασμό εξ υπαρχής νέων συστημάτων ύδρευσης, όσο και για την έγκαιρη επέκταση ή ανανέωση εγκαταστάσεων, που ήδη λειτουργούν. Σε κάθε περίπτωση, τα προγραμματιζόμενα τεχνικά έργα θα πρέπει, πριν αντικατασταθούν ή συμπληρωθούν, να εξασφαλίζουν λειτουργική επάρκεια, για ένα αριθμό ετών, που ορίζεται σαν διάρκεια σχεδιασμού τους.

Η πρόβλεψη της εξέλιξης των καταναλώσεων μέχρι τον ορίζοντα της διάρκειας σχεδιασμού των προγραμματιζόμενων έργων, μπορεί να γίνει με τη βοήθεια μοντέλων, που γενικότερα κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: τα **συνολικά** και τα **αναλυτικά**.

- Στα συνολικά μοντέλα πρόβλεψης της εξέλιξης των καταναλώσεων Q_t κατατάσσονται αναλυτικές διατυπώσεις πολυωνυμικών καμπυλών πρώτου, δευτέρου κ.λ.π. βαθμού, καμπύλες Gombertz, ή λογιστικές καμπύλες. Γενικά, η προσαρμογή των καμπυλών αυτών στα διατιθέμενα στατιστικά στοιχεία και ο προσδιορισμός των παραμέτρων μπορεί να γίνει με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, όπου όμως ενδέχεται να καταλήγουμε σε μή γραμμικά συστήματα εξισώσεων.
- Στα αναλυτικά μοντέλα εξέλιξης των καταναλώσεων, συνίσταται η χωριστή ανάλυση των επί μέρους παραγόντων, που διαμορφώνουν τη ζήτηση, όπως η δημογραφική εξέλιξη, η ανάπτυξη των διαφόρων χρήσεων, των απωλειών κ.λ.π. και διακρίνεται σε τέσσερα στάδια: την ανάλυση της προηγούμενης και της παρούσας κατάστασης, τη μελέτη των αναμενόμενων εξελίξεων, τις υποθέσεις για τις καταναλώσεις των διαφόρων συνιστωσών, τη διατύπωση εναλλακτικών σεναρίων

2.7 ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Στα δίκτυα διανομής σημαντικό ποσοστό νερού, της τάξης του 20-30%, φαίνεται ότι «χάνεται» κατά τη μεταφορά απ τις μονάδες επεξεργασίας ως την κατανάλωση (αυτό μπορεί να ξεπερνά το 50% για παλιά και κακά συντηρημένα δίκτυα). Στην Αθήνα, η συνολική διαφορά καταμέτρησης έφθασε το 1989 τα 106.500.000 m³, δηλαδή ποσοστό 28,3 % της συνολικής κατανάλωσης, ή τα 87 l/κατ.ημ.

Συνολικά οι απώλειες νερού σε ετήσια βάση στον κόσμο ανέρχονται σε 48,6 δις m³ και αυτό είναι ένα νούμερο που θα μπορούσε να μειωθεί να προβαίναμε σε κατάλληλες κινήσεις, όπως κάνοντας για αρχή αξιολόγηση των δικτύων. Στη συνέχεια θα γινόταν παρακολούθηση των δικτύων, κάνοντας χαρτογράφηση και υδραυλική επίλυση αυτών. Έτσι θα γινόταν κατανόηση του δικτύου και θα είχαμε προσδιορισμό των αδύναμων σημείων του δικτύου και λήψη μέτρων αναβάθμισης της λειτουργίας του, έγκαιρο εντοπισμό των σημείων αστοχίας του δικτύου και ταχύτερη αποκατάστασή τους καθώς και ευκολότερο εντοπισμός των σημείων παράνομης χρήσης νερού. Αξίζει να σημειωθεί, ότι ο περιορισμός των απωλειών δικτύου αποτελεί σύνθετη επιχείρηση και η προσπάθεια μείωσης τους δυσανάλογα δαπανηρή σε έρευνες και επισκευές.

Οι λογιστικές απώλειες νερού, που αναφέρονται και ως *μη τιμολογημένο νερό* (unaccounted-for water), διακρίνονται σε φυσικές και πλασματικές.

- Οι *φυσικές απώλειες* οφείλονται σε διαρροές στις δεξαμενές, τις συνδέσεις των αγωγών (ιδιαίτερα στις οικιακές συνδέσεις που γίνονται από μη εξειδικευμένα συνεργεία) και στις θέσεις των ειδικών συσκευών. Σημαντικός παράγοντας είναι οι θραύσεις αγωγών λόγω καταπόνησης από φορτία οχημάτων, έντονες διακυμάνσεις της πίεσης, υδραυλικά πλήγματα, παγετό, κτλ. Φυσικές απώλειες της τάξης του 15% θεωρούνται αποδεκτές, ενώ μείωση τους κάτω από 10% καθίσταται δυσανάλογα δαπανηρή σε έρευνα και επισκευές.

- Οι *πλασματικές απώλειες αναφέρονται* στο νερό που καταναλώνεται χωρίς να πληρωθεί λόγω πλημμελούς καταμέτρησης, σφαλμάτων μετρητών στο δίκτυο και τα έργα κεφαλής και παράνομων συνδέσεων. Περιλαμβάνουν ακόμη τη δωρεάν παροχή νερού σε δήμους και κοινωφελείς οργανισμούς, καθώς και τις ποσότητες που καταναλώνονται για καθαρισμό των δεξαμενών και του δικτύου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ EPANET

3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ EPANET

Το EPANET είναι ένα υπολογιστικό πρόγραμμα που δείχνει για μεγάλο χρονικό διάστημα τη συμπεριφορά του νερού μέσα στα δίκτυα ύδρευσης. Ένα δίκτυο αποτελείται από αγωγούς, κόμβους, αντλίες, βαλβίδες και δεξαμενές. Το EPANET εντοπίζει τη ροή του νερού μέσα σε κάθε αγωγό, την πίεση στους κόμβους, το ύψος του νερού στη δεξαμενή, καθώς επίσης και την συγκέντρωση σε όλο το μήκος του δικτύου για το χρονικό διάστημα που μας ενδιαφέρει.

Το EPANET είναι σχεδιασμένο για να αποτελεί ένα εργαλείο έρευνας για τη βελτίωση της κατανόησης της κίνησης των συστατικών του νερού στα συστήματα διανομής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά διαφορετικά είδη εφαρμογών για την ανάλυση των δικτύων ύδρευσης. Σχεδίαση προγράμματος δειγματοληψίας, βαθμονόμηση υδραυλικού μοντέλου, ανάλυση των υπολειμμάτων χλωρίου, όπως επίσης και η εκτίμηση της έκθεσης των καταναλωτών σε αυτά, είναι μερικά παραδείγματα χρήσης. Το EPANET μπορεί να βοηθήσει στην αξιολόγηση εναλλακτικών στρατηγικών διαχείρισης για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού σε ένα σύστημα.

Λειτουργεί σε περιβάλλον Windows και παρέχει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον επεξεργασίας εισόδου δεδομένων του δικτύου, για τη λειτουργία υδραυλικών και τη προσομοίωση της ποιότητας του νερού, καθώς και την προβολή των αποτελεσμάτων σε μια ποικιλία μορφών. Αυτές περιλαμβάνουν χάρτες με χρωματικό κώδικα του δικτύου, πίνακες δεδομένων καθώς και γραφήματα χρονοσειρών.

3.2 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ

Με πλήρεις δυνατότητες και ακριβές υδραυλικό μοντέλο αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει αποτελεσματική προσομοίωση της ποιότητας του νερού. Το

EPANET περιλαμβάνει έναν ξεχωριστό μηχανισμό υδραυλικής ανάλυσης που παρέχει τις εξής δυνατότητες:

- Δεν θέτει όριο στο μέγεθος του δικτύου που πρόκειται να αναλυθεί
- Υπολογίζει τις απώλειες τριβών χρησιμοποιώντας τις μεθόδους Hazen-Williams, Darcy - Weisbach, ή Chezy-Manning
- Περιλαμβάνει τις μικρές απώλειες τριβών στις καμπύλες και τους συνδέσμους
- Μοντέλα συνεχούς ή μεταβαλλόμενης ταχύτητας λόγω αντλιών
- Υπολογίζει την άντληση της ενέργειας και του κόστους
- Μοντέλα με διάφορους τύπους βαλβίδων, συμπεριλαμβανομένων κλεισίματος, ελέγχου, ρύθμισης πίεσης και βαλβίδες ελέγχου ροής
- Επιτρέπει στις δεξαμενές αποθήκευσης να έχουν οποιοδήποτε σχήμα

3.3 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το EPANET εκτός από τις δυνατότητες μοντελοποίησης υδραυλικών παρέχει και τις εξής δυνατότητες όσον αφορά την μοντελοποίηση της ποιότητας του νερού.

- Μοντελοποιεί την ηλικία του νερού μέσα στο δίκτυο
- Ανιχνεύει το ποσοστό της ροής από έναν συγκεκριμένο κόμβο φθάνοντας στους υπόλοιπους κόμβους
- Υπολογίζει τα όρια μεταφοράς μάζας μοντελοποιώντας τις αντιδράσεις των αγωγών
- Υπολογίζει την απώλεια υπολειμμάτων χλωρίου
- Μελετά την ανάπτυξη της απολύμανσης των υποπροϊόντων
- Παρακολουθεί την εκδήλωση διάδοσης των ρύπων

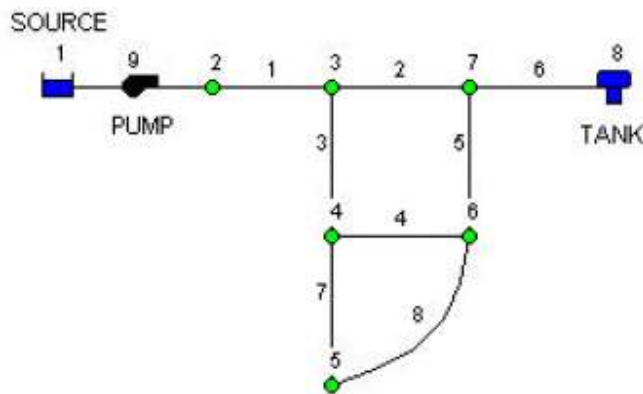
3.4 ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ EPANET

Συνήθως λειτουργούμε ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα, όταν χρησιμοποιούμε το EPANET για να διαμορφώσουμε ένα σύστημα διανομής νερού.

1. Σχεδιάζουμε μια αναπαράσταση του δικτύου ύδρευσης

2. Επεξεργαζόμαστε τις ιδιότητες των αντικειμένων που απαρτίζουν το δίκτυο μας
3. Περιγράφουμε πως λειτουργεί το σύστημα
4. Διαλέγουμε ένα σύνολο επιλογών ανάλυσης
5. Εκτελούμε μια υδραυλική ανάλυση ή μια ανάλυση της ποιότητας των υδάτων
6. Εξετάζουμε τα αποτελέσματα της ανάλυσης

Παράδειγμα:



Εικόνα 3.1: Παράδειγμα δικτύου ύδρευσης

Node	Elevation (ft)	Demand (gpm)
1	300	0
2	280	200
3	290	200
4	300	150
5	350	150
6	310	200
7	300	0
8	400	0

3.1: Πίνακας Ιδιοτήτων Κόμβων

Pipe	Length (ft)	Diameter (inches)
1	300	14
2	500	12
3	500	8
4	550	8
5	550	8
6	600	10
7	500	6
8	650	6

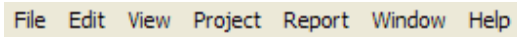
3.2: Πίνακας Ιδιοτήτων Αγωγών

3.5 ΧΩΡΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ EPANET

Στο χώρο εργασίας του EPANET, συναντώνται τρεις “μπάρες εργαλείων” και δύο “παράθυρα”. Στις μπάρες εργαλείων ανήκουν τα εξής:

Menu Bar

Υπάρχει στο πάνω μέρος του χώρου εργασίας του προγράμματος και περιέχει μια σειρά από εντολές με τις οποίες ο χρήστης ελέγχει το πρόγραμμα. Περιλαμβάνει τις εξής εντολές:



Εικόνα 3.2: Menu Bar

File menu: έχει τις εντολές για άνοιγμα, αποθήκευση και εκτύπωση αρχείων).

Edit menu: έχει τις εντολές για αντιγραφή του χάρτη, των αποτελεσμάτων κ.τ.λ.

View menu: έχει τις κυρίως εντολές που αφορούν την παρουσίαση του χάρτη στο χρήστη.

Project menu: έχει τις κυρίως εντολές που αφορούν την ανάλυση και τον τρόπο με τον οποίο θα επιλυθεί το δίκτυο.

Report menu: έχει τις κυρίως εντολές που αφορούν την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης του δικτύου.

Window menu: έχει τις κυρίως εντολές που αφορούν την επαναφορά των παραθύρων του προγράμματος σε περίπτωση κλεισίματός τους.

Help menu: έχει τις εντολές που βοηθούν το χρήστη στο να κατανοήσει καλύτερο τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί το πρόγραμμα.

Toolbar

Η συγκεκριμένη γραμμή εργαλείων περιέχει μια σειρά εικονιδίων, κυρίως σχεδιαστικών, με τα οποία δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να σχεδιάσει το δίκτυο διανομής νερού που είναι προς επίλυση αλλά να επιλέξει και αυτόματα την εκτέλεση βασικών εντολών όπως αποθήκευση και εκτύπωση του θέματος που έχει δημιουργήσει, να επιλέξει την επίλυση του δικτύου μέσω του προγράμματος, να εξάγει πίνακες, γραφήματα κτλ.



Εικόνα 3.3: Toolbar

Status Bar

Εντοπίζεται στο κάτω μέρος του χώρου εργασίας του προγράμματος και περιλαμβάνει τις πληροφορίες:



Εικόνα 3.4: Status Bar

Auto-Length: ενημερώνει το χρήστη εάν είναι ενεργοποιημένη (on) ή όχι (off) ο αυτόματος υπολογισμός του μήκους των αγωγών του δικτύου.

Flow Units: ενημερώνει το χρήστη για την μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα για την παροχή κατανάλωσης (π.χ. Litre Per Second- LPS).

Zoom Level: ενημερώνει το χρήστη για το επίπεδο μεγέθυνσης του χάρτη.

Run Status: ενημερώνει το χρήστη για το αν το πρόγραμμα κατάφερε να επιλύσει το δίκτυο. Μη επίλυση του δικτύου μπορεί να σημαίνει ανεπαρκή δεδομένα για τις συνιστώσες του δικτύου ή εισαγωγή λανθασμένων δεδομένων.

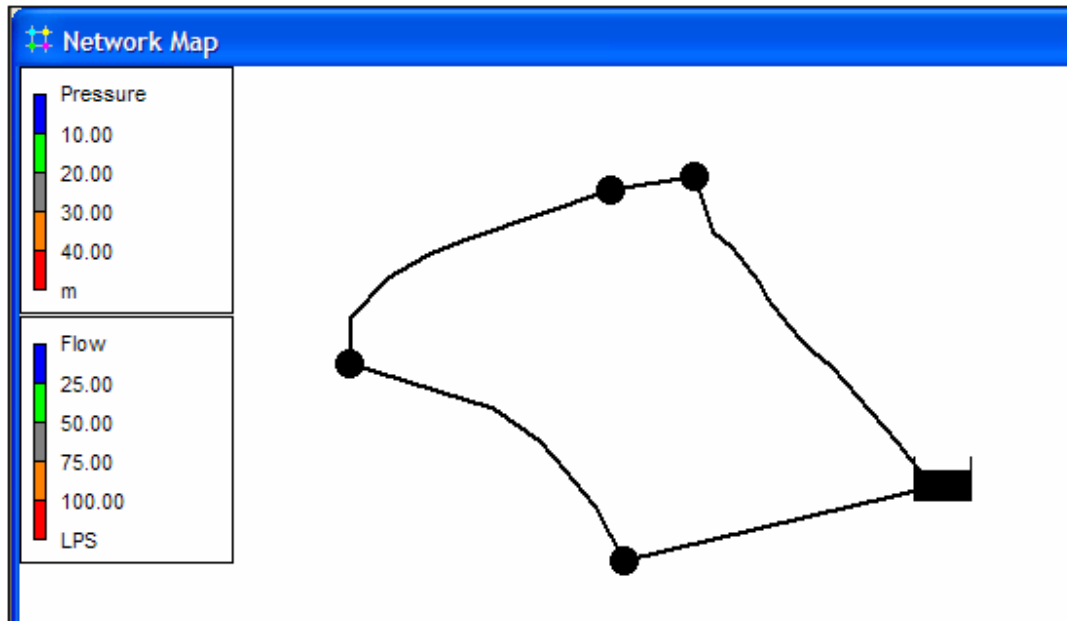
X , Y Location: ενημερώνει το χρήστη για την ακριβή θέση του δείκτη στο χάρτη ανά πάσα στιγμή

Όσον αφορά τα δύο βασικά παράθυρα, που εμφανίζονται στο χώρο εργασίας του προγράμματος, είναι τα: *Network Map* και *Browser*.

Network Map

Το συγκεκριμένο παράθυρο δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να σχεδιάσει το προς επίλυση δίκτυο διανομής νερού. Στο παράθυρο αυτό χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα εικονίδια, τοποθετούνται όλες οι βασικές συνιστώσες (κόμβοι (junctions), δεξαμενές, αγωγοί, ειδικές συσκευές) που απαρτίζουν ένα δίκτυο διανομής νερού. Παρέχει δηλαδή ένα επίπεδο διάγραμμα των αντικειμένων που περιλαμβάνει το δίκτυο ύδρευσης. Η θέση των αντικειμένων και οι αποστάσεις μεταξύ τους δεν είναι απαραίτητο να

συμμορφώνονται με τις πραγματικές τιμές τους με βάση την κλίμακα. Ο χάρτης μπορεί να μεγεθυνθεί σε οποιαδήποτε κλίμακα και μετακινηθεί από τη μια θέση στην άλλη. Ο χάρτης μπορεί να εκτυπωθεί ή να εξαχθεί σε μορφή αρχείου DXF ή Windows Metafile. Τέλος, το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα χρήσης κάποιου χάρτη ως υπόβαθρο για την διευκόλυνση μας, σύμφωνα με το οποίο θα γίνει η σχεδίαση του δικτύου ύδρευσης.



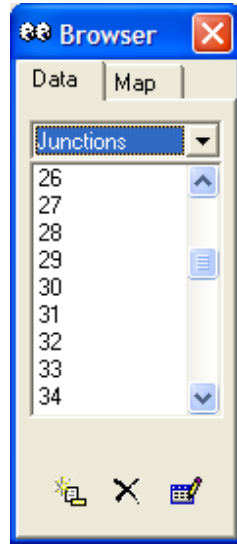
Εικόνα 3.5: Παράθυρο σχεδίασης

Browser

Το παράθυρο αυτό χωρίζεται σε δύο επιμέρους παράθυρα, τα: *Data Browser* και *Map Browser*.

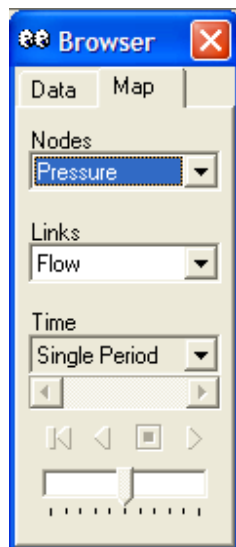
Data Browser: Παρέχει πρόσβαση στα διάφορα αντικείμενα, ανά κατηγορία (Κόμβοι, αγωγοί κλπ.) που περιέχονται στο δίκτυο κατά το στάδιο της ανάλυσης.

Χρησιμοποιούνται τα κουμπιά στο κάτω μέρος που μας δίνουν τη δυνατότητα να προσθέσουμε ή να διαγράψουμε ή και να επεξεργαστούμε αυτά τα αντικείμενα.



Εικόνα 3.6: Data Browser

Map Browser: Επιλέγει τις παραμέτρους και τη χρονική περίοδο που προβάλλονται διάφορα στοιχεία στο χάρτη (π.χ. πιέσεις στους κόμβους, ταχύτητες ροής στους αγωγούς), με χρωματική διαβάθμιση.



Εικόνα 3.7: Map Browser

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΝΙΣΥΡΟΥ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΝΙΣΥΡΟ

Η Νίσυρος βρίσκεται στο νοτιανατολικό Αιγαίο, στο κέντρο των Δωδεκανήσων. Βόρεια της Νισύρου βρίσκεται η Κως που απέχει 11 μίλια, Νότια η Τήλος σε απόσταση 9 μίλια, η Σύμη νότιο-ανατολικά και η Αστυπάλαια δυτικά. Από τη Ρόδο απέχει 60 μίλια και από Πειραιά 200. Έχει σχήμα κυκλικό και βρίσκεται στο ανατολικό Αιγαίο (γεωγραφικό μήκος $36^{\circ} 35'$ βόρεια, γεωγραφικό πλάτος $27^{\circ} 10'$ ανατολικά), η διάμετρος του είναι 8 χιλ. Περιτριγυρίζεται από άλλα 4 νησάκια το μεγαλύτερο από τα οποία είναι το Γυαλί, ενώ ακολουθούν η Πυργούσα, η Παχιά και η Στρογγυλή. (Μαντουδάκης, 1985) Μαζί με τις γύρω νησίδες αποτελεί ομώνυμο δήμο όπως ορίζεται στο ΦΕΣΔΔ 48/26-07-1947 (Εφημερίδα Στρατιωτικής Διοικήσεως Δωδεκανήσου) και περιλαμβάνει τα δημοτικά διαμερίσματα Μανδρακίου, Εμπορείου και Νικειών.

Στο κέντρο του νησιού δεσπόζει μια ευδιάκριτη κυκλική εκρηξιγενής χοάνη, η καλδέρα της Νισύρου, η διάμετρος είναι περίπου 4 χιλιόμετρα, το χείλος της κυμαίνεται σε υψόμετρο μεταξύ 250 και 600 μέτρων, ενώ ο πυθμένας της βρίσκεται στα 100 μέτρα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας. Το δυτικό-βορειοδυτικό τμήμα αυτής της χοάνης καταλαμβάνουν οι λόφοι του Μποριάτικου, Νίφιου, Προφήτη Ηλία και Τραπεζίνας. Παρά το έντονο ανάγλυφο και τις γοργές διακυμάνσεις του, η πρόσβαση είναι δυνατή σχεδόν σε κάθε περιοχή του νησιού. Ακόμη και όταν τα μονοπάτια δεν είναι ευδιάκριτα η προσπέλαση είναι δυνατή μέσα από τις «τάβλες» τις αναβαθμίδες που σκεπάζουν σχεδόν όλο το νησί.

Το νησί έχει πολλά ακρωτήρια από τα οποία γνωστά είναι: Κατσούνι, Αμμώδες, Λευτκός (Πέτρα τ'αλατιού), Κάβο-Λουτρός, Πούντα, Τριγιάλλι, Αυλάκι κ.α. Ορμοί θεωρούνται οι Χογλάκοι ή Κοχλάκοι, ο Κόρφος, η Παχειά Άμμος, η Θαλάμη, οι Πάλιοι κ.α.

Τα όρη του νησιού είναι: ο Προφήτης Ηλίας με υψόμετρο 698 μέτρα, ο Διαβάτης, ο Κυμαράς η Ακουμαρώνας δυτικά του Εμπορείου με υψόμετρο 452 μέτρα, ο Αγ. Ιωάννης με 585 μέτρα, η Βηστέρνα με 543 μέτρα, ο Νυφίος 541 μέτρα, ο Καραβιώτης ή Σωτήρα με 539, το Μάλι 443 μέτρα, ο Αι Βασίλης στα 418 μέτρα κ.α.

Τέλος, κοιλάδα με δάση είναι οι Βάσσεις στην περιοχή του Μανδρακίου καθώς και μικρότερα οροπέδια ή πεδινές εκτάσεις όπως η Πατέλλα. Κοιλάδα ή οροπέδιο είναι του Λακκιού-Ραμού που εκτείνεται στο μέσο του νησιού, όπου και οι κρατήρες του ηφαιστείου. Έχει μήκος 875 μέτρα και πλάτος 175 μέτρα.

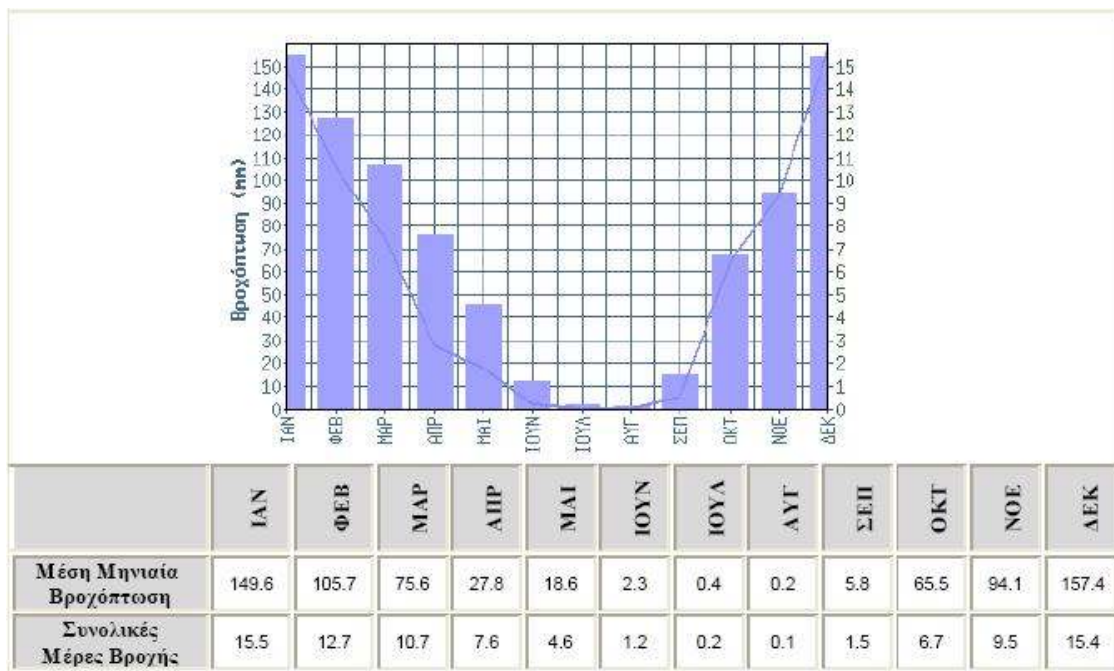
Η μορφολογία του εδάφους της Νισύρου είναι ορεινή και πετρώδης. Σχεδόν όλες οι δυτικές και νοτιοανατολικές ακτές του νησιού είναι πολύ απότομες, καθώς οι συμπαγείς λάβες ακουμπούν στην θάλασσα. Οι βόρειες και ανατολικές ακτές είναι ομαλές με αρκετούς ορμίσκους με αμμουδιά. Στις νότιες ακτές εναλλάσσονται μικροί όρμοι (Αυλάκι, Αγία Ειρήνη, Λευκός) με απότομες ακτές. Οι ακτές διαμορφώθηκαν από τη λάβα των ηφαιστείων, η οποία όρισε και το σχήμα του νησιού.



Εικόνα 4.1: Χάρτης της Νισύρου

Το κλίμα στη Νίσυρο είναι ήπιο μεσογειακού τύπου και παρά την νησιώτικη υγρασία ξηρό. Οι βροχές είναι λιγοστές, οι δυνατοί άνεμοι και οι ομίχλες εναλλάσσονται με την ηπιότητα, την γλυκύτητα, την διαύγεια και την ασυνήθιστη εμμονή της ηλιοφάνειας. Ο χειμώνας είναι ήπιος χωρίς να χιονίζει σχεδόν ποτέ. Το μέσο ύψος βροχής δεν ξεπερνά τα 500 χιλιοστά ανά έτος. Η μέση ετήσια θερμοκρασία διατηρεί υψηλές τιμές σε σχέση με την υπόλοιπη Ελλάδα και είναι 17.5 °C. Η μέγιστη θερμοκρασία φτάνει τους 36 °C τον Ιούλιο και τον Αύγουστο ενώ η χαμηλότερη φτάνει τους 10 °C περίπου τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Οι επικρατούντες άνεμοι είναι κυρίως βορειοδυτικοί και δυτικοί.

Στη συνέχεια παρατίθεται ο πλησιέστερος στο νησί συγκεντρωτικός πίνακας των Βροχοπτώσεων και του αριθμού μερών βροχής.



Εικόνα 4.2: Διάγραμμα και πίνακας βροχοπτώσεων

4.2 ΓΕΝΙΚΑ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Δεν υπάρχουν επίσημα στατιστικά στοιχεία της ΕΣΥΕ που να περιγράφουν αναλυτικά τις δραστηριότητες των κατοίκων του νησιού. Παρόλα αυτά, από στοιχεία του Δήμου

προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων κατά τους θερινούς μήνες ασχολείται με τον τριτογενή τομέα (τουρισμό), επίσης μεγάλο είναι το ποσοστό των κατοίκων που απασχολούνται στο Δήμο ή σε κάποια από τις Δημοτικές επιχειρήσεις. Ο πρωτογενής τομέας είτε αυτός αφορά στην κτηνοτροφία και στην αλιεία είτε στην καλλιέργεια της γης είναι ελάχιστα αναπτυγμένος στις μέρες μας ενώ από την άλλη πλευρά αρκετοί είναι οι νέοι κυρίως που απασχολούνται στα λατομεία στο Γυαλί, των οποίων η δραστηριότητα αποτελεί ζωτικής σημασίας τόνωση για την οικονομία του νησιού. Τέλος, υπάρχει κάποια στοιχειώδης εμπορική δραστηριότητα ενώ οι υπηρεσίες είναι σχετικά περιορισμένες (σχολεία, ένα Πολυδύναμο Ιατρείο, ΕΛΤΑ, Αστυνομία, Λιμεναρχείο, Κ.Ε.Π)..

Όπως προκύπτει από τα συγκεντρωθέντα στοιχεία, η εξέλιξη της οικονομίας της Νισύρου ακολούθησε φθίνουσα πορεία από τις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα μέχρι τις τελευταίες δεκαετίες. Από τις αρχές του 1900 η Νίσυρος ήταν γνωστή για τα λουτρά της και προσέλκυε πλήθος επισκεπτών υψηλής οικονομικής στάθμης οι οποίοι ενίσχυαν την οικονομία του νησιού. Την ίδια εποχή, πλήθος καλλιεργειών στα εύφορα εδάφη της, απέδιδαν αξιοσημείωτη παραγωγή οπωροκηπευτικών και φρούτων.

Στην σημερινή εποχή, τα πράγματα έχουν αλλάξει αρκετά αναφορικά με τις πηγές του εισοδήματος του νησιού και την ποιότητα της οικονομίας του. Και παρόλο που εξακολουθεί να αποτελεί έναν από τους πιο πλούσιους Δήμους του Ν. Αιγαίου (το μέσο κατά κεφαλήν εισόδημα των κατοίκων του νησιού ανέρχεται στα € 25.000 ετησίως), προβλήματα όπως η ανεργία που μαστίζει τους νέους γίνονται όλο και πιο έντονα (Δήμος Νισύρου).

4.3 ΓΕΝΙΚΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Μετά τα τέλη του 19ου αιώνα ο πληθυσμός της Νισύρου είχε μια πολύ έντονη μείωση καθώς οι κάτοικοι στράφηκαν προς τη μετανάστευση, αρχικά προς Αλεξάνδρεια, Σμύρνη, Κωνσταντινούπολη και αργότερα προς την Αμερική. Αρκετοί επίσης, μετά το 1930, αρχίζουν να συρρέουν στην Αθήνα. Τις τρεις τελευταίες δεκαετίες ο πληθυσμός της Νισύρου παρουσίασε αυξομειώσεις της τάξης του 40%, αρχικά με αύξηση του πληθυσμού (40%) την δεκαετία '71 – '81, και στη συνέχεια με μείωση (48%) κατά την

δεκαετία '81 –'91. Την τελευταία δεκαετία ο πληθυσμός παρουσίασε μικρή αύξηση, μόλις 2%, φτάνοντας κατά την απογραφή του 2001 συνολικά τους 948 κατοίκους (Δ.Δ.Μανδρακίου 708, Δ.Δ.Εμπορείου 192, Δ.Δ.Νικειών 48). Έτσι, ο πληθυσμός της Νισύρου δεν έχει καταφέρει ακόμα τα τελευταία χρόνια να ξεπεράσει την πτώση των δεκαετιών '81 –'91 και να φτάσει σε αριθμό τον πληθυσμό του 1981.

Στον επόμενο πίνακα καταγράφονται αναλυτικότερα τα πληθυσμιακά μεγέθη των οικισμών της Νισύρου κατά τις τελευταίες δεκαετίες:

	Μόνιμος Πληθυσμός 2001	Μόνιμος Πληθυσμός 1991	Πραγματικός Πληθυσμός 2001	Πραγματικός Πληθυσμός 1991
ΔΗΜΟΣ ΝΙΣΥΡΟΥ	928	926	948	929
Δ.Δ.Μανδρακίου	696	700	708	677
Μανδράκιον,το	667	684	682	661
Γυαλί,το (νησίς)	13	16	10	16
Κανδελιούσσα,η (νησίς, φάρος)	0	0	0	0
Λουτρά,τα	16	0	16	0
Δ.Δ.Εμπορείου	185	163	192	191
Εμπορείος,ο	25	24	25	41
Άγιος Αντώνιος,ο (νησίς)	0	0	0	0
Πάλοι,οι	160	139	167	150
Στρογγύλη, η (νησίς)	0	0	0	0
Δ.Δ.Νικιών	47	63	48	61
Νικιά,τα	47	63	48	61
Αυλάκιον,το	0	0	0	0
Παχειά, τα (νησίς)	0	0	0	0
Περγούσσα, η (νησίς)	0	0	0	0

Πίνακας 4: Δημογραφικά στοιχεία πληθυσμού Νισύρου 1991 και 2001, (Πηγή: ΕΣΥΕ)

Σύμφωνα όμως με πληροφορίες του Δήμου Μανδρακίου, καθημερινά φτάνουν στο Μανδράκι, κατά τους χειμερινούς μήνες, κάτοικοι άλλων γειτονικών νησιών με σκοπό να εργαστούν. Επίσης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, φτάνουν στο Μανδράκι καράβια από την Κω, τα οποία μεταφέρουν τουρίστες για ημερήσια επίσκεψη στο νησί. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες όμως θα πρέπει να προστεθούν στον πληθυσμό του Μανδρακίου και τα άτομα εκείνα τα οποία κατάγονται από το νησί ή που έχουν εξοχικές κατοικίες. Επομένως βάση των πληροφοριών των τοπικών αρχών, ο πληθυσμός και για τις τρεις χρονικές περιόδους, κυμαίνεται ως εξής:

Νοέμβριος – Απρίλιος: 900 άτομα

Μάιος – Ιούνιος & Σεπτέμβριος – Οκτώβριος: 2000 άτομα

Ιούλιος – Αύγουστος: 3500 άτομα

Το πραγματικό επίπεδο ανάπτυξης του νησιού είναι υψηλότερο άλλων παρόμοιων νησιών, κυρίως λόγω της ύπαρξης του λατομείου της ελαφρόπετρας στη νησίδα Γυαλί, 5 χλμ. βορειοδυτικά της Νισύρου. Το λατομείο στο Γυαλί, εξάγει περίπου 900.000 τόνους άριστης ποιότητας ελαφρόπετρα, εξασφαλίζοντας εργασία σε 80 οικογένειες και έσοδα της τάξης των 1.500.000 ευρώ στον ενιαίο δήμο του νησιού. Από την ποσότητα αυτή εξάγεται περίπου το 75%, γεγονός που καθιστά την Ελλάδα μεγαλύτερη εξαγωγό χώρα της Ευρώπης. Η ελαφρόπετρα χρησιμοποιείται στην οικοδομή ως θερμομονωτικό υλικό, ως υλικό πλύσης υφασμάτων (τζιν) κ.λ.π. Βασικά πλεονεκτήματα της θεωρούνται το χαμηλό ειδικό βάρος, οι άριστες θερμομονωτικές και ηχομονωτικές ιδιότητες, η μεγάλη μηχανική αντοχή, το σταθερό λευκό χρώμα και η ομοιογένεια.

Η δεύτερη πηγή εσόδων είναι ο τουρισμός. Η πλειοψηφία, όμως, των επισκεπτών της Νισύρου μένουν στο νησί μόνο λίγες ώρες (ημερήσιος τουρισμός που προέρχεται από παραθεριστές της Κω). Το ηφαίστειο που φέρνει τους επισκέπτες δεν εξασφαλίζει, δυστυχώς, και την παραμονή τους. μετανάστες που κατοικούν στο νησί.

Στο νησί υπάρχει ένα νηπιαγωγείο, το οποίο στεγάζεται στο ίδιο κτίριο με το δημοτικό σχολείο στο Μανδράκι. Διασώζονται τα κτίρια των δημοτικών σχολείων και στους άλλους οικισμούς (Νικειά, Εμπορείος, Πάλιοι) αλλά έχουν πάψει να λειτουργούν προ πολλού. Όσον αφορά στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, υπάρχει ένα γυμνάσιο, στο Μανδράκι, που λειτουργεί και για λυκειακές τάξεις (Δήμος Νισύρου).

Στη Νίσυρο υπάρχει ένα περιφερειακό ιατρείο, όπου υπηρετεί ένας αγροτικός ιατρός. Ο Δήμος έχει συνάψει σύμβαση με την «Teleheart» για αντιμετώπιση των καρδιολογικών περιστατικών με εφαρμογή τηλεϊατρικής. (Ιατρείο Νισύρου).

4.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΛΥΜΑΤΩΝ

Οι βαθιές γεωτρήσεις που έγιναν με στόχο την εξερεύνηση και αξιοποίηση του γεωθερμικού πεδίου του νησιού, εντόπισαν πλήθος θερμών και υπέρθερμων υδροφόρων έως τα βάθη των 2000μ. Οι επιφανειακοί (100 – 400μ. βάθος) έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν υδροθερμική έκρηξη αν αυξηθεί η τροφοδοσία τους (λόγω σεισμικής δράσης ή ανοδικών κινήσεων του μάγματος) από τους υπέρθερμους βαθύτερους γεωθερμικούς ταμιευτήρες. Τα βρόχινα νερά τροφοδοτούν τους επιφανειακούς υδροφορείς ενώ το μεγαλύτερο μέρος τους χάνεται σαν υδρολογική απώλεια στην θάλασσα.

Σε ότι αφορά στις πηγές, αυτές εμφανίζονται σε περιοχές όπου υπάρχει αλληλοεπικάλυψη περατών και αδιαπερατών πετρωμάτων, σε διάφορα σημεία στην έκταση του νησιού (π.χ. Λουτρά) και έχουν ιαματικές ιδιότητες ενώ η θερμοκρασία τους είναι αυξημένη.

Το νησί δεν διαθέτει αποθέματα πόσιμου νερού, καθώς οι βροχοπτώσεις είναι ελάχιστες (λιγότερο από 50εκ. ανά έτος) και οι λιγοστοί υδροφόροι «μολύνονται» από τα θερμά νερά και αέρια. Η μοναδική πηγή με πόσιμο νερό βρίσκεται στα ανατολικά, κοντά στο μοναστήρι της Παναγιάς Κυράς, παρέχοντας λιγοστό νερό. Οι στέρνες συλλογής βρόχινου νερού έλυναν το πρόβλημα της ύδρευσης στο παρελθόν.

Σήμερα, λειτουργεί μία μονάδα αφαλάτωσης του θαλασσινού νερού με την μέθοδο της αντίστροφης ώσμωσης, δυναμικού 340m³ το εικοσιτετράωρο. Σε πλήρη λειτουργία θα μπορούσε να εξασφαλίσει το απαιτούμενο για το νησί νερό όμως αυτό δεν συμβαίνει και μεγάλο μέρος του απαιτούμενου νερού εισάγεται από άλλες περιοχές.

Υπάρχουν τρεις δεξαμενές νερού : μία στα Νικειά συνολικής χωρητικότητας 1500m³ , πέντε στους Πάλους συνολικής χωρητικότητας 2000m³ και μία στο Μανδράκι χωρητικότητας 2500m³ . Βάσει στοιχείων του Υπουργείου Αιγαίου, καλύπτονται από δίκτυο ύδρευσης σε ποσοστό 100% το Μανδράκι (έτος κατασκευής 1983, υλικό κατασκευής αμίαντος), ο Εμπορείός και οι Πάλαι (έτος κατασκευής 1978, υλικό κατασκευής πλαστικό), ενώ τα Νικειά σε ποσοστό 95% περίπου (έτος κατασκευής 1988,

υλικό κατασκευής πλαστικό). Επειδή ο αμιάντος αποδείχθηκε ότι είναι ακατάλληλο υλικό, αντικαταστάθηκε σύντομα.

Στο μεγαλύτερο μέρος του νησιού, υπάρχουν εγκαταλελειμμένες γεωργικές εκτάσεις. Οι σημερινές αρδευόμενες γέριες εκτάσεις είναι ελάχιστες.

Εξοικονόμηση νερού δεν γίνεται συλλογικά από την ΔΕΥΑΝ ή κάποιον άλλο φορέα, αλλά οι στέρνες, όπως και στο παρελθόν, συμπληρώνουν τις ανάγκες .

Η Νίσυρος δεν διαθέτει Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων κι έτσι οι αποχετεύσεις καταλήγουν σε απορροφητικούς βόθρους. Δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία του Δήμου που να εκτιμούν τον αριθμό των βόθρων ή την παροχή τους και κατά πόσο αυτή επηρεάζει την κατάσταση των υπογείων υδάτων ή την ποιότητα των νερών κολύμβησης, ωστόσο εκτιμάται πως η επίδραση τους είναι μικρή αφού τόσο ο αριθμός των κατοίκων όσο και η εποχιακή διακύμανση της κατανάλωσης νερού συγκλίνουν προς το συμπέρασμα αυτό.

4.5 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Τα περισσότερα από τα νησιά της Δωδεκανήσου αντιμετωπίζουν οξύ πρόβλημα νερού που οφείλεται κυρίως στις υδρογεωλογικές συνθήκες, στην περιορισμένη έκτασή τους, στην γειτνίαση με τη θάλασσα και στις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν και οι οποίες είναι διαφοροποιημένες από νησί σε νησί και από χρόνο σε χρόνο. Η κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη ενός νησιού στηρίζεται κυρίως στους υδάτινους πόρους, οι οποίοι καθορίζουν και το βαθμό και την έκταση της ανάπτυξης, ενώ συγχρόνως αποτελούν στοιχείο επιβίωσης όλων των ζωντανών οργανισμών. Παράλληλα το νερό είναι ένας φυσικός ανανεώσιμος πόρος με πεπερασμένα όμως όρια αξιοποίησης και εκμετάλλευσης και επομένως πρέπει να υπάρχει μια σχετική ισορροπία μεταξύ της ζήτησης του νερού και της φυσικής υδατικής κυκλοφορίας, ώστε να μη δημιουργηθούν προβλήματα από την υπερβολική εκμετάλλευσή του. Η βάση της οικονομίας των νησιών του Νομού Δωδεκανήσου είναι ο Τουρισμός. Όλες οι οικονομικές δραστηριότητες εξυπηρετούν τον Τουρισμό και επομένως η κυρίαρχη ζήτηση νερού προορίζεται για την ικανοποίηση των αναγκών της ύδρευσης. Οι ανάγκες σε νερό μεγιστοποιούνται κατά τη θερινή περίοδο, οπότε οι βροχοπτώσεις είναι μηδενικές. Κατά την ίδια περίοδο πρέπει να

ικανοποιηθούν και οι ανάγκες άρδευσης. Η αρδευόμενη γεωργία απαιτεί πολύ μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Χαρακτηριστικό είναι ότι ένα στρέμμα αρδευόμενης έκτασης απαιτούνται περίπου 500 νερού, τα οποία μπορούν να εξυπηρετήσουν τις υδρευτικές ανάγκες επτά ανθρώπων για ένα έτος, το γεγονός αυτό επιτείνει τον ανταγωνισμό των δύο χρήσεων και δημιουργεί βασικά διλήμματα στο σχεδιασμό ανάπτυξης. Η αρδευόμενη γεωργία στα νησιά, περιορισμένη από την έλλειψη υδατικών και εδαφικών πόρων, συρρικνώθηκε περαιτέρω τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας της απορρόφησης του ενεργού εργατικού δυναμικού από τον τουρισμό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΚΙΟΥ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΟΥ

5.1 ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΜΑΝΔΡΑΚΙΟΥ

Το δίκτυο ύδρευσης του οικισμού του Μανδρακίου ξεκίνησε να κατασκευάζεται το 1981. Από τότε μέχρι το 1993, όπου έγινε και η τεχνική μελέτη της περιοχής, το δίκτυο ύδρευσης κάλυπτε τον οικισμό σχεδόν εξ ολοκλήρου. Το συνολικό μήκος ήταν 4291m, από τα οποία τα 695m τα αποτελούσαν σωληνωτοί αγωγοί από PVC, με Φ90, αντοχής 10atm και τα 3595m, από σωληνωτούς αγωγούς από PVC, με Φ63 και αντοχής επίσης 10atm. Μετά το 1993, αποφασίστηκε η διατήρηση του υφιστάμενου δικτύου αλλά και η συμπλήρωσή του ώστε να καλύπτονται σε μεγαλύτερο βαθμό οι διαφορετικές πλέον υπάρχουσες ανάγκες. Τα συμπληρωματικά έργα που πραγματοποιήθηκαν έφτασαν να έχουν συνολικό μήκος 1075m. Τα 242m από αυτά αποτελούσαν αγωγούς που ήδη υπήρχαν αλλά αντικαταστάθηκαν και τα υπόλοιπα 833m αποτελούσαν νέοι αγωγοί. Το συνολικό μήκος των αγωγών του δικτύου είναι 5964 m και το συνολικό εμβαδόν που εξυπηρετεί είναι 381 στρέμματα.

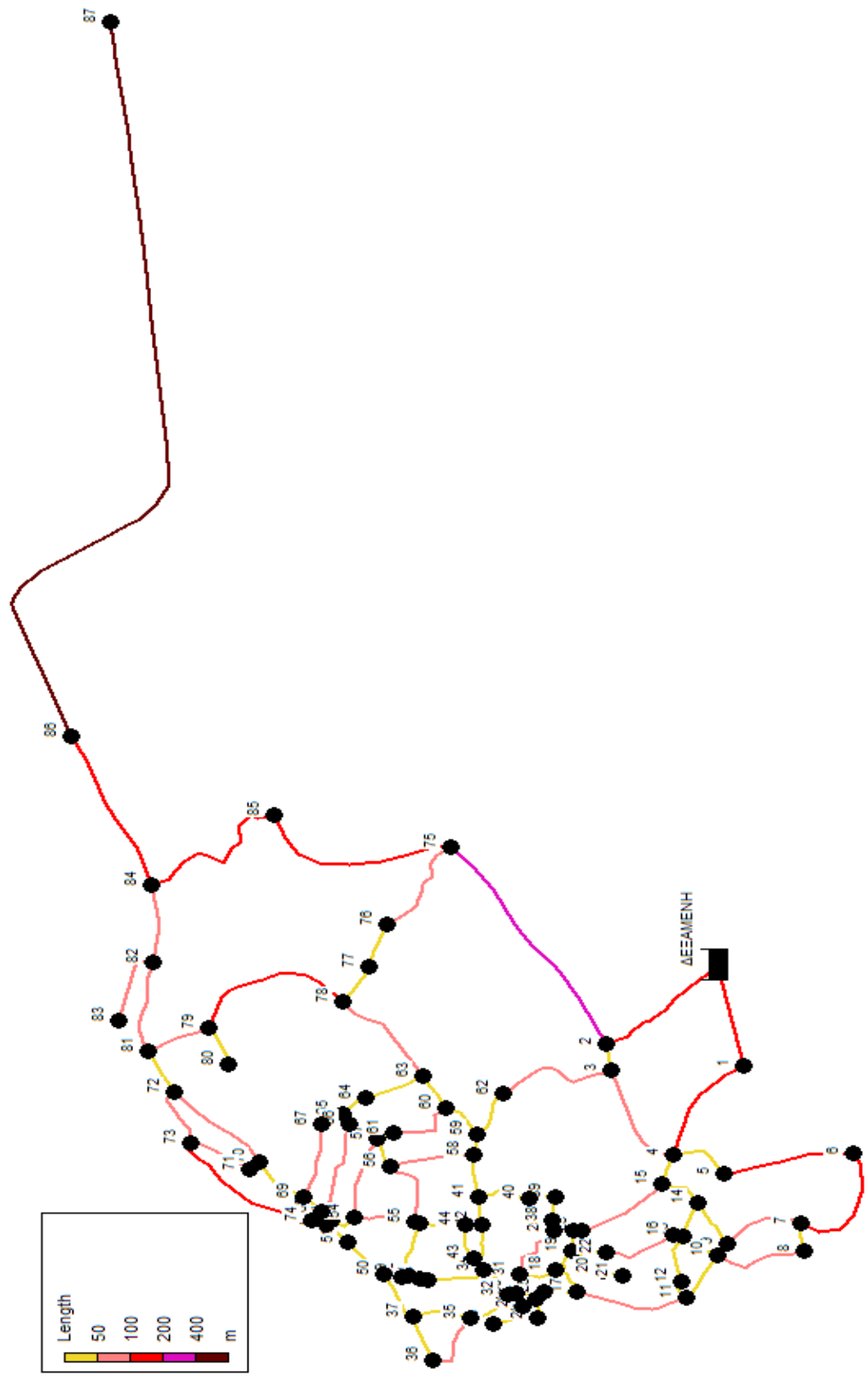
Στο σύνολο τους λοιπόν οι αγωγοί, αποτελούνται από πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), με ονομαστική πίεση 10atm. Όσον αφορά την διάμετρο των αγωγών του δικτύου, έχουμε ονομαστική διάμετρο Φ63 που αντιστοιχεί σε εσωτερική διάμετρο 57mm, Φ90 που αντιστοιχεί σε εσωτερική διάμετρο 81,4mm, Φ110 που αντιστοιχεί σε εσωτερική διάμετρο 99,4mm και Φ140 που αντιστοιχεί σε εσωτερική διάμετρο 126,6mm. Επίσης, η τραχύτητα για τους αγωγούς PVC λαμβάνεται ίση με 0,1mm.

Ένα σημαντικό ζήτημα που δημιουργεί πρόβλημα στη λειτουργία του δικτύου αλλά και στην μελέτη του, είναι ότι κατά την υλοποίηση του δικτύου δεν ακολουθήθηκε το πρόγραμμα που έλεγε η μελέτη της ύδρευσης και δεν τοποθετήθηκαν οι κατάλληλοι αγωγοί. Η επιλογή των διαμέτρων των αγωγών έγινε ανάλογα με το απόθεμα σωλήνων που υπήρχε και όχι με βάση τις υποδείξεις της μελέτης. Στη πράξη, ενώ η μελέτη σε πολλές περιπτώσεις ανέφερε αγωγούς με διάμετρο Φ63, τοποθετήθηκαν διαμέτρου Φ90

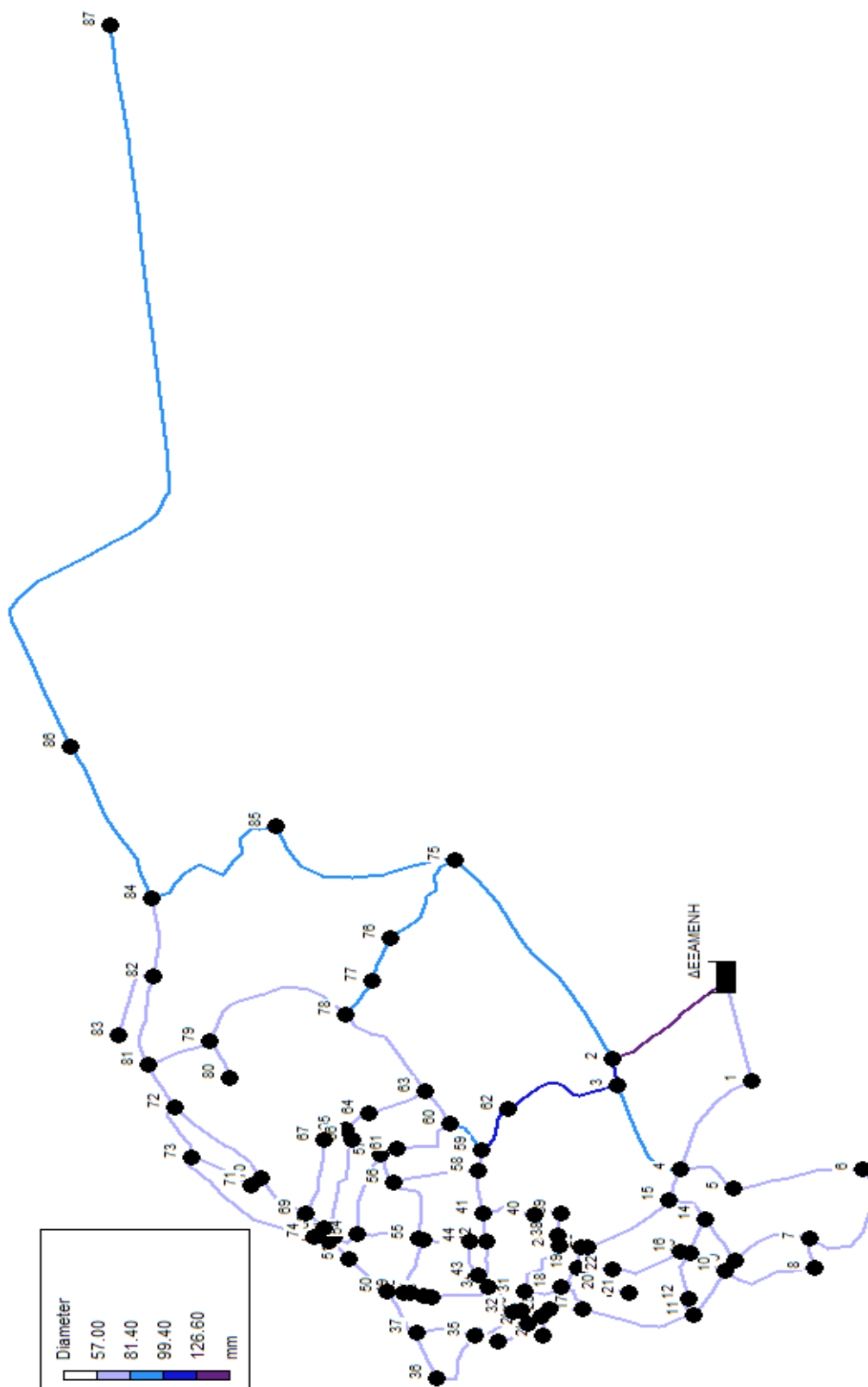
γιατί αυτοί ήταν διαθέσιμοι. Το βασικό πρόβλημα στην περίπτωση αυτή, είναι ότι δεν γνωρίζουμε ποιοι αγωγοί στο δίκτυο έχουν διαφορετική από την προδιαγεγραμμένη διάμετρο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορούμε να το διορθώσουμε. Οι συνέπειες είναι ιδιαίτερα σημαντικές αφού με αυτό τον τρόπο αλλάζει η γεωμετρία του δικτύου. Αυτό συνεπάγεται ότι οι τιμές της παροχής και της ταχύτητας του νερού στους αγωγούς είναι διαφορετικές από τις υπολογισμένες και κατά αυτό τον τρόπο, αλλάζουν φυσικά και οι τιμές των πιέσεων στους κόμβους.

Δυστυχώς, για το λόγο που αναφέρεται προηγουμένως δεν ήταν δυνατή η καταγραφή της πραγματικής τους διαμέτρου, οπότε αναφέρονται οι αντίστοιχοι διάμετροι όπως λαμβάνονται από τη μελέτη ύδρευσης και εν συνεχεία, με αυτές έχουν πραγματοποιηθεί και οι υπολογισμοί των διάφορων στοιχείων του δικτύου ύδρευσης. Ένα ακόμα πρόβλημα που παρουσιάστηκε, είναι ότι δε τοποθετήθηκαν συσκευές εξαγωγής αέρα και συσκευές εκκένωσης νερού κατά την κατασκευή του δικτύου. Αυτό έχει ως απόρροια κάποιες πολύ σημαντικές συνέπειες, όπως στην ανάπτυξη των απαιτούμενων πιέσεων, αφού ο αέρας που εισέρχεται μέσα στο δίκτυο δε μπορεί να διαφύγει με αποτέλεσμα να υπάρχει πρόβλημα και επιπλέον να υπάρχει δυσκολία στην κυκλοφορία του νερού, αφού δεν μπορούν να διαφύγουν φερτά υλικά που έχουν εισχωρήσει στο δίκτυο φράζοντας έτσι αγωγούς.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα γεωμετρικά μεγέθη κάθε αγωγού του δικτύου σε χάρτες με χρωματική διαβάθμιση καθώς επίσης και σε πίνακα.



Χάρτης 5.1: Μήκη αγωγών με την χρήση EPANET



Χάρτης 5.2: Διάμετροι αγωγών με την χρήση EPANET

ΑΓΩΓΟΙ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΚΟΜΒΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΚΟΜΒΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΛΙΚΟ	ΑΓΩΓΟΙ	ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ	ΚΟΜΒΟΣ ΕΙΣΟΔΟΥ	ΚΟΜΒΟΣ ΕΞΟΔΟΥ	ΜΗΚΟΣ (m)	ΥΛΙΚΟ
001	Φ63	01	04	100,0	PVC	058	Φ63	34	46	45,0	PVC
002	Φ110	02	03	21,0	PVC	059	Φ63	46	47	9,0	PVC
003	Φ90	03	04	96,5	PVC	060	Φ63	47	48	10,0	PVC
004	Φ63	04	05	48,5	PVC	061	Φ63	48	49	6,0	PVC
005	Φ63	05	06	102,0	PVC	062	Φ63	37	50	41,0	PVC
006	Φ63	06	07	110,0	PVC	063	Φ63	49	50	12,5	PVC
007	Φ63	07	08	26,0	PVC	064	Φ63	50	51	40,0	PVC
008	Φ63	08	10	75,0	PVC	065	Φ63	51	52	20,0	PVC
009	Φ63	07	09	66,0	PVC	066	Φ63	53	52	6,5	PVC
010	Φ63	09	10	12,5	PVC	067	Φ63	54	53	20,0	PVC
011	Φ63	10	11	45,0	PVC	068	Φ63	45	48	48,0	PVC
012	Φ63	12	11	16,0	PVC	069	Φ63	55	45	3,0	PVC
013	Φ63	13	12	44,0	PVC	070	Φ63	55	54	50,0	PVC
014	Φ63	14	13	31,0	PVC	071	Φ63	57	54	74,0	PVC
015	Φ63	10	13	30,0	PVC	072	Φ63	61	57	16,5	PVC
016	Φ63	14	09	42,0	PVC	073	Φ63	56	55	63,0	PVC
017	Φ63	15	14	36,0	PVC	074	Φ63	57	56	27,0	PVC
018	Φ63	04	15	31,0	PVC	075	Φ63	58	41	38,0	PVC
019	Φ63	11	17	89,0	PVC	076	Φ63	58	56	67,5	PVC
020	Φ63	13	16	10,0	PVC	077	Φ63	59	58	17,5	PVC
021	Φ63	16	22	55,0	PVC	078	Φ90	59	60	35,0	PVC
022	Φ63	15	23	74,0	PVC	079	Φ110	62	59	48,0	PVC
023	Φ63	22	23	33,0	PVC	080	Φ110	03	62	99,0	PVC
024	Φ63	23	24	6,0	PVC	081	Φ63	60	61	56,0	PVC
025	Φ63	24	19	18,0	PVC	082	Φ63	60	63	34,0	PVC
026	Φ63	19	18	28,0	PVC	083	Φ63	63	64	46,0	PVC
027	Φ63	18	27	31,0	PVC	084	Φ63	64	65	28,0	PVC
028	Φ63	19	20	34,0	PVC	085	Φ63	65	66	14,0	PVC
029	Φ63	20	21	16,0	PVC	086	Φ63	66	68	81,0	PVC
030	Φ63	24	25	15,5	PVC	087	Φ63	68	69	20,0	PVC
031	Φ63	25	31	56,0	PVC	088	Φ63	53	68	12,0	PVC
032	Φ63	18	31	28,0	PVC	089	Φ63	65	67	17,0	PVC
033	Φ63	17	26	25,0	PVC	090	Φ63	67	69	68,0	PVC
034	Φ63	26	27	11,5	PVC	091	Φ63	69	70	46,0	PVC
035	Φ63	27	28	19,0	PVC	092	Φ63	70	71	10,0	PVC
036	Φ63	27	29	11,0	PVC	093	Φ63	70	72	93,0	PVC
037	Φ63	26	30	20,5	PVC	094	Φ63	73	72	54,0	PVC
038	Φ63	29	30	11,0	PVC	095	Φ63	71	73	53,0	PVC
039	Φ63	29	33	32,0	PVC	096	Φ63	74	73	120,0	PVC
040	Φ63	31	30	19,0	PVC	097	Φ63	52	74	13,0	PVC
041	Φ63	30	32	6,0	PVC	098	Φ63	2	75	213,0	PVC
042	Φ63	32	35	36,0	PVC	099	Φ63	75	76	97,0	PVC
043	Φ63	35	36	58,0	PVC	100	Φ63	76	77	36,0	PVC
044	Φ63	36	37	42,5	PVC	101	Φ63	77	78	39,0	PVC
045	Φ63	35	37	49,5	PVC	102	Φ63	63	78	96,0	PVC

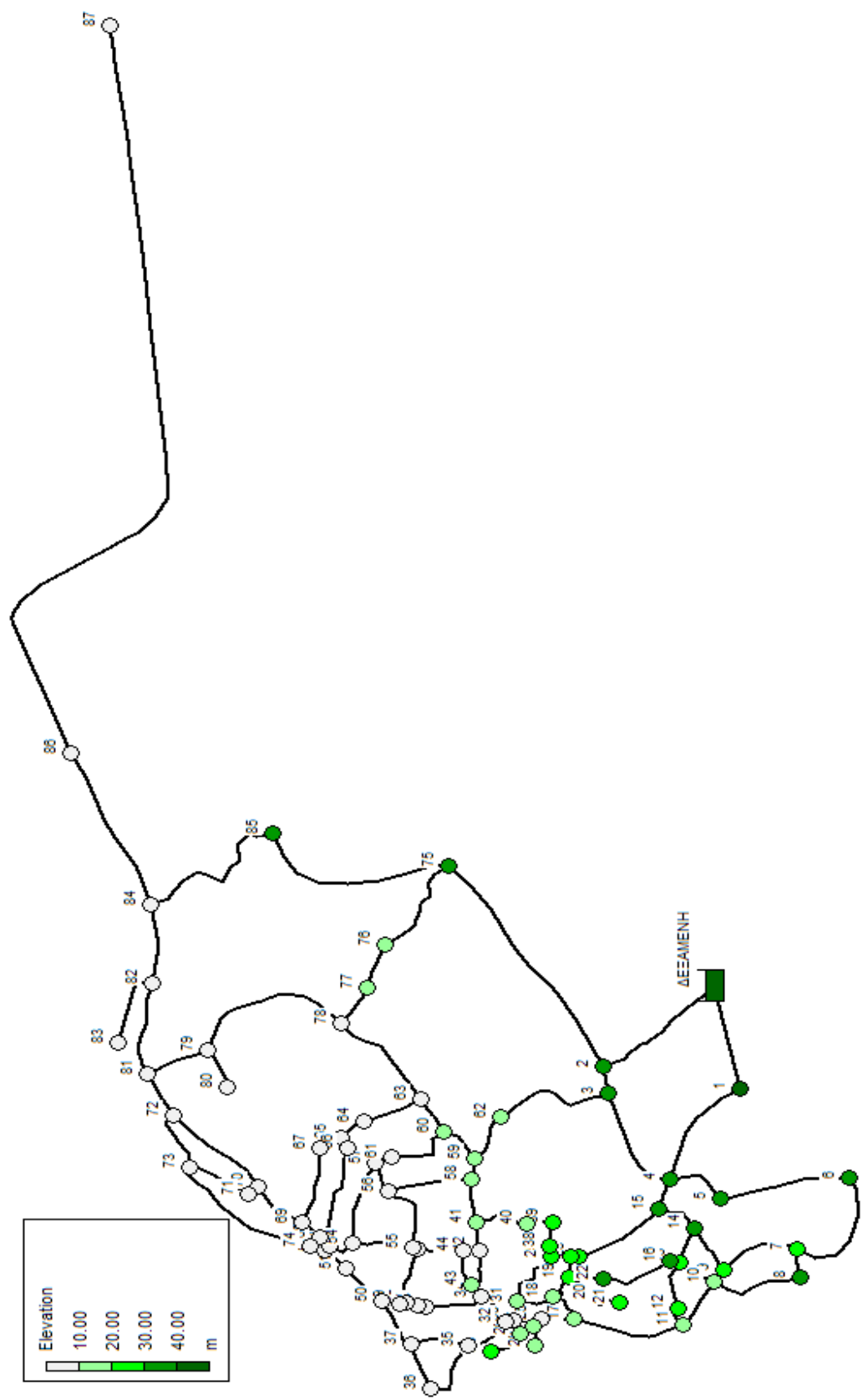
046	Φ63	32	34	35,0	PVC	103	Φ63	78	79	136,0	PVC
047	Φ63	25	38	6,0	PVC	104	Φ63	79	80	36,0	PVC
048	Φ63	39	38	21,0	PVC	105	Φ63	79	80	53,0	PVC
049	Φ63	40	39	18,5	PVC	106	Φ63	72	81	42,0	PVC
050	Φ63	40	38	31,0	PVC	107	Φ63	81	82	80,0	PVC
051	Φ63	41	40	44,0	PVC	108	Φ63	82	83	67,0	PVC
052	Φ63	41	42	23,0	PVC	109	Φ63	82	84	69,0	PVC
053	Φ63	42	43	35,0	PVC	110	Φ90	75	85	163,0	PVC
054	Φ63	43	34	13,0	PVC	111	Φ90	85	84	137,0	PVC
055	Φ63	44	43	30,0	PVC	112	Φ90	84	86	146,0	PVC
056	Φ63	42	44	13,0	PVC	113	Φ90	86	87	700,0	PVC
057	Φ63	44	45	36,0	PVC	T1	Φ63	ΔΕΞ.	01	100,0	PVC
058	Φ63	34	46	45,0	PVC	T2	Φ140	ΔΕΞ.	02	120,0	PVC

Πίνακας 5.1: Χαρακτηριστικά των αγωγών του δικτύου

Για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε τους υδραυλικούς υπολογισμούς και να κάνουμε επίλυση του δικτύου ορίζεται την έννοια των κόμβων, τους οποίους αναπτύξαμε ευρέως σε προηγούμενο κεφάλαιο. Αυτοί αποτελούν όπως έχει αναφερθεί, τα σημεία στα οποία συνδέονται οι αγωγοί μεταξύ τους και εκτός από αυτό, θεωρούνται ως τα σημεία στα οποία καταναλώνεται το νερό. Αυτή η θεώρηση που γίνεται, στοχεύει στη διευκόλυνση των υπολογισμών. Γνωρίζουμε ότι το στοιχείο που μας ενδιαφέρει για κάθε κόμβο, είναι το υψόμετρο του. Τα υψόμετρα των κόμβων έχουν προκύψει μετά από σύνταξη τοπογραφικής μελέτης της περιοχής. Στον πίνακα που ακολουθεί, παρουσιάζουμε τους 87 κόμβους του οικισμού, τα υψόμετρά τους και οι αγωγοί που καταλήγουν σε αυτούς.

Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Υψόμετρο (m)	Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Υψόμετρο (m)
Δεξ.αμ.	T1, T2	54	45	57, 68, 69	7,2
1	T1, 1	48,9	46	58, 59	5,6
2	T2, 2, 98	33,7	47	59, 60	4,9
3	2, 3, 80	33,2	48	60, 61, 68	4,7
4	1, 3, 4, 18	39,7	49	61, 63	4,5
5	4, 5	39,4	50	62, 63, 64	3,4
6	5, 6	34,6	51	64, 65	2,6
7	6, 7, 9	24,2	52	65, 66, 97	3,2
8	7, 8	31,9	53	66, 67, 88	4,6
9	9, 10, 16	20,5	54	67, 70, 71	5,8
10	8, 10, 11, 15	19,9	55	69, 70, 73	7,1
11	11, 12, 19	17,3	56	73, 74, 76	5,3
12	12, 13	20,1	57	71, 72, 74	4,2
13	13, 14, 15, 20	28,4	58	75, 76, 77	11,2
14	14, 16, 17	33,1	59	77, 78, 79	11,8
15	17, 18, 22	36,9	60	78, 81, 82	10,5
16	20, 21	31,1	61	72, 81	5,7
17	19, 27, 33	11,3	62	79, 80	15,8
18	26, 27, 32	16,4	63	82, 83, 102	9,3
19	25, 26, 28	25,8	64	83, 84	4,9
20	28, 29	25,3	65	84, 85, 89	3
21	29	25,2	66	85, 86	3
22	21, 23	30,6	67	89, 90	2,6
23	22, 23, 24	29,3	68	86, 87, 88	4,5
24	24, 25, 30	28,2	69	87, 90, 91	5,5
25	30, 31, 47	24,5	70	91, 92, 93	5,2
26	33, 34, 37	9,7	71	92, 95	5,4
27	34, 35, 36	12,3	72	93, 94, 106	3,6
28	35	18,4	73	94, 95, 96	3,5
29	36, 38, 39	12,7	74	96, 97	2,6
30	37, 38, 40, 41	8,3	75	98, 99, 110	36,1
31	31, 32, 40	13,7	76	99, 100	14,5
32	41, 42, 46	8,1	77	100, 101	70,5
33	39	24,6	78	101, 102, 103	7,3
34	46, 54, 58	9,6	79	103, 104, 105	2,8
35	42, 43, 45	5,6	80	104	1,9
36	43, 44	1,8	81	105, 106, 107	3,7
37	44, 45, 62	2,9	82	107, 108, 109	1,8
38	47, 48, 50	22,4	83	108	1,8
39	48, 49	21	84	109, 111, 112	2
40	49, 50, 51	16,7	85	110, 111	35,5
41	51, 52, 75	10,3	86	112, 113	4,2
42	52, 53, 56	9,8	87	113	1,5
43	53, 54, 55	10,1			
44	55, 56, 57	9,3			

Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά των κόμβων του δικτύου



Χάρτης 5.3: Υψόμετρα με την χρήση EPANET

5.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Η επίλυση του δικτύου ύδρευσης του οικισμού του Μανδρακίου, πραγματοποιήθηκε μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή και συγκεκριμένα με χρήση του λογισμικού προγράμματος EPANET. Βασικός στόχος της επίλυσης αυτής είναι ο έλεγχος της υδραυλικής επάρκειας του δικτύου, όταν αυτό λειτουργεί υπό συνθήκες μέγιστης κατανάλωσης. Επιλύθηκε λοιπόν για μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο τα 150L και για τη χρονική περίοδο Ιουλίου και Αυγούστου μιας και τη συγκεκριμένη περίοδο οι απαιτήσεις είναι αυξημένες λόγω τουρισμού.

Βασική προϋπόθεση για την επίλυση του δικτύου αποτελεί ο καθορισμός των παροχών εξόδου, δηλαδή των καταναλώσεων νερού στο σύνολο των κόμβων του δικτύου. Για να ελεγχθεί η υδραυλική επάρκεια του δικτύου, θα επιλυθεί υπό συνθήκες μέγιστης κατανάλωσης, προστιθέμενης και της κατανάλωσης για χρήση πυροσβεστικού κρουνού. Συνεπώς, ο υπολογισμός των παροχών κατανάλωσης στους κόμβους του δικτύου θα πραγματοποιηθεί βάση της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης, η οποία αποτελεί κατάσταση αιχμής για το δίκτυο.

Υπολογίζεται η μέση ημερήσια κατανάλωση (L/ημ) για την χρονική περίοδο που έχουμε επιλέξει, δηλαδή για μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση τα 150L. Η εξίσωση υπολογισμού της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης είναι η εξής:

$$\text{mean}Q_h = \text{mean}Q_d * n \quad (5.1)$$

Όπου $\text{mean}Q_d$ είναι η μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση και n ο αριθμός των κατοίκων

Εκείνη την περίοδο οι κάτοικοι φθάνουν τους 3500 οπότε η μέση ημερήσια κατανάλωση είναι 525000.

Επίσης θα υπολογίσουμε την μέγιστη ημερήσια κατανάλωση η οποία αποτελεί κατάσταση αιχμής για το δίκτυο. Στη μέγιστη ημερήσια κατανάλωση θα προσθέσουμε και 5 L/s για χρήση πυροσβεστικού κρουνού.

$$\max Q_h = 1,5 * \text{mean} Q_h$$

$$\max Q_h = 9,1 \text{ L/s}$$

Οπότε η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση είναι 14,1 L/s για τη χρονική περίοδο που μας απασχολεί.

Χωρισμός του δικτύου σε ζώνες πυκνότητας πληθυσμού

Η κατανομή του πληθυσμού στην υπό μελέτη περιοχή δεν είναι ομοιόμορφη, πράγμα που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι και η κατανάλωση του νερού δε θα είναι ομοιόμορφη σε όλο το μήκος του δικτύου. Είναι αναμενόμενο ότι στα πιο πυκνοκατοικημένα σημεία της περιοχής, η κατανάλωση νερού θα είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι σε άλλα πιο αραιοκατοικημένα σημεία της ίδιας περιοχής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να απαιτείται ο διαχωρισμός του δικτύου, ανάλογα με το αν κάποια σημεία είναι αραιοκατοικημένα ή πυκνοκατοικημένα, σε ζώνες πυκνότητας πληθυσμού. Κάθε ζώνη όπως είναι αναμενόμενο θα χαρακτηρίζεται από έναν διαφορετικό συντελεστή βαρύτητας. Ο διαχωρισμός αυτός σε ζώνες, έγινε με βάση του αριθμό των κτιρίων που βρίσκονται πιο κοντά σε κάθε αγωγό του δικτύου. Τα όρια των ζωνών ορίστηκαν ως εξής:

A) Ζώνη: 0 – 5 κτίρια

B) Ζώνη: 6 – 14 κτίρια

Γ) Ζώνη: 15 – 30 κτίρια

Στη πρώτη ζώνη (A) ανήκουν όλοι οι αγωγοί του δικτύου στους οποίους βρίσκονται το πολύ μέχρι πέντε κτίρια. Οι αγωγοί αυτοί θα έχουν το μικρότερο συντελεστή βαρύτητας αφού θεωρείται ότι έχουν ελάχιστη πυκνότητα πληθυσμού.

Στη δεύτερη ζώνη (B) ανήκουν οι αγωγοί στους οποίους βρίσκονται από 6 μέχρι και 14 κτίρια και θεωρούνται αγωγοί μέσης πυκνότητας πληθυσμού όπου θα τους δοθεί ο βασικός συντελεστής (δηλαδή η μονάδα).

Στην τελευταία ζώνη (Γ) ανήκουν οι αγωγοί στους οποίους βρίσκονται από 15 έως και 30 κτίρια και θα έχουν το μεγαλύτερο συντελεστή βαρύτητας αφού θεωρούνται υψηλής πυκνότητας πληθυσμού. Παρακάτω παρουσιάζεται ο αριθμός των κτιρίων που αντιστοιχούν σε κάθε αγωγό.

ΑΓΩΓΟΣ	ΚΤΙΡΙΑ	ΑΓΩΓΟΣ	ΚΤΙΡΙΑ	ΑΓΩΓΟΣ	ΚΤΙΡΙΑ	ΑΓΩΓΟΣ	ΚΤΙΡΙΑ	ΑΓΩΓΟΣ	ΚΤΙΡΙΑ
T1	0	22	30	45	23	68	9	91	15
T2	2	23	6	46	8	69	0	92	3
1	0	24	0	47	0	70	15	93	10
2	0	25	1	48	2	71	20	94	13
3	3	26	3	49	3	72	2	95	14
4	0	27	9	50	7	73	8	96	16
5	0	28	7	51	14	74	2	97	1
6	3	29	4	52	4	75	7	98	2
7	2	30	2	53	8	76	7	99	2
8	17	31	7	54	0	77	3	100	2
9	23	32	6	55	4	78	4	101	4
10	2	33	3	56	2	79	5	102	7
11	10	34	2	57	9	80	3	103	14
12	4	35	5	58	19	81	6	104	11
13	11	36	1	59	2	82	7	105	11
14	4	37	4	60	6	83	4	106	4
15	3	38	1	61	1	84	2	107	19
16	4	39	6	62	11	85	1	108	16
17	0	40	2	63	1	86	20	109	16
18	1	41	0	64	10	87	5	110	5
19	28	42	5	65	1	88	2	111	13
20	3	43	7	66	0	89	4	112	17
21	15	44	11	67	3	90	19	113	25

Πίνακας 5.3: Αριθμός κτιρίων που αντιστοιχεί σε κάθε αγωγό του δικτύου ύδρευσης

Συνεπώς σύμφωνα με τα όρια, που αφορούν τον αριθμό των κτιρίων, της εκάστοτε ζώνης αλλά και των δεδομένων του παραπάνω πίνακα, διαμορφώνονται οι τρεις παρακάτω ζώνες.

Ζώνη Α

ΑΓΩΓΟΙ				
T1	16	37	61	84
T2	17	38	63	85
1	18	40	65	87
2	20	41	66	88
3	24	42	67	89
4	25	47	69	92
5	26	48	72	97
6	29	49	74	98
7	30	52	77	99
10	33	54	78	100
12	34	55	79	101
14	35	56	80	106
15	36	59	83	110

Πίνακας 5.4: Αγωγοί που ανήκουν στην πρώτη ζώνη

Ζώνη Β

ΑΓΩΓΟΙ			
11	43	62	93
13	44	64	94
23	46	68	95
27	50	73	102
28	51	75	103
31	53	76	104
32	57	81	105
39	60	82	111

Πίνακας 5.5: Αγωγοί που ανήκουν στην δεύτερη ζώνη

Ζώνη Γ

ΑΓΩΓΟΙ	
8	86
9	90
19	91
21	96
22	107
45	108
58	109
70	112
71	113

Πίνακας 5.6: Αγωγοί που ανήκουν στην τρίτη ζώνη

Αθροίζοντας τα μήκη των αγωγών της κάθε ζώνης, προκύπτει το συνολικό μήκος αγωγών και των τριών ζωνών. Τα αποτελέσματα είναι τα εξής:

Ζώνη Α: 2369,5m

Ζώνη Β: 1640m

Ζώνη Γ: 1954,5m

Στη συνέχεια κατανέμεται η συνολική κατανάλωση σε κάθε ζώνη σύμφωνα με το συνολικό της μήκος. Ουσιαστικά, η κατανάλωση της κάθε ζώνης υπολογίζεται ως το πηλίκο του συνολικού μήκους της ζώνης προς το συνολικό μήκος του δικτύου, επί τη συνολική κατανάλωση. Όσον αφορά τη ζώνη Α, αποτελείται και από αγωγούς στους οποίους δεν υπάρχουν κτίρια. Συνεπώς στους αγωγούς αυτούς δεν καταναλώνεται νερό και επομένως δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της κατανάλωσης που αντιστοιχεί στη ζώνη αυτή. Οι αγωγοί με μηδενική κατανάλωση είναι οι: T1, 1, 2, 4, 5, 17, 24, 41, 47, 54, 66 και 69 με συνολικό μήκος 448m. Επομένως το συνολικό μήκος της ζώνης αυτής που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της κατανάλωσής της ανέρχεται στα $2369,5 - 448 = 1921,5\text{m}$. Το συνολικό μήκος των παραπάνω αγωγών αφαιρείται και από το συνολικό μήκος των αγωγών του δικτύου, δηλαδή το συνολικό μήκος των αγωγών του δικτύου για τον υπολογισμό των καταναλώσεων της κάθε ζώνης ανέρχεται στα $5964 - 448 = 5516\text{m}$. Παρακάτω παρουσιάζεται ο τρόπος υπολογισμού της κατανάλωσης της κάθε ζώνης για την χρονική περίοδο που έχουμε επιλέξει.

Ζώνη Α: $(14,1 * 1921,5)/5516 = 4,9 \text{ L/s}$

Ζώνη Β: $(14,1 * 1640)/5516 = 4,2 \text{ L/s}$

Ζώνη Γ: $(14,1 * 1954,5)/5516 = 5,0 \text{ L/s}$

Εξαιτίας της ανομοιομορφίας της κατανομής του πληθυσμού, κάθε ζώνη συμβάλλει διαφορετικά στην κατανάλωση νερού. Είναι προφανές, ότι στη ζώνη Γ θα καταναλώνονται μεγαλύτερες ποσότητες νερού από ότι στη ζώνη Α, μιας και αποτελεί ζώνη υψηλής πυκνότητας πληθυσμού σε αντίθεση με τη πρώτη ζώνη που αποτελεί ζώνη ελάχιστης πυκνότητας πληθυσμού. Συνεπώς, οι καταναλώσεις των ζωνών που

υπολογίστηκαν προηγουμένως, θα πρέπει να πολλαπλασιαστούν με τον συντελεστή βαρύτητας που αναφέραμε προηγουμένως. Η δεύτερη ζώνη θα αποτελέσει τη βάση όπως είπαμε και θα έχει συντελεστή τη μονάδα. Οι συντελεστές που επιλέξαμε είναι οι εξής:

Ζώνη Α: συντελεστής 0,6 για ζώνη ελάχιστης πυκνότητας πληθυσμού

Ζώνη Β: συντελεστής 1,0 για ζώνη μέσης πυκνότητας πληθυσμού

Ζώνη Γ: συντελεστής 1,4 για ζώνη υψηλής πυκνότητας πληθυσμού

Άρα έχουμε:

Ζώνη Α: $0,6 * 4,9 = 2,94 = 2,9 \text{ L/s}$

Ζώνη Β: $1,0 * 4,2 = 4,2 \text{ L/s}$

Ζώνη Γ: $1,4 * 5,0 = 7,0 \text{ L/s}$

Στη συνέχεια θα κάνουμε υπολογισμό της ανοιγμένης παροχής κατανάλωσης για κάθε ζώνη, ανά μονάδα μήκους (1m). Η ανοιγμένη παροχή ισούται με το πηλίκο της κατανάλωσης που αντιστοιχεί σε κάθε ζώνη δια το συνολικό μήκος των αγωγών που περιλαμβάνει. Παρακάτω παρουσιάζεται η ανοιγμένη παροχή κατανάλωσης ανά μονάδα μήκους (1m) για κάθε ζώνη.

Ζώνη 1: $2,9 / 1921,5 = 0,002 \text{ L/s/m}$.

Ζώνη 2: $4,2 / 1640 = 0,003 \text{ L/s/m}$.

Ζώνη 3: $7,0 / 1954,5 = 0,004 \text{ L/s/m}$.

Η ανοιγμένη παροχή κατανάλωσης ανά μονάδα μήκους (1m) της κάθε ζώνης δίνει τη συνολική κατανάλωση νερού στον αγωγό, αν την πολλαπλασιάσουμε με το μήκος του αγωγού.

Τέλος, υπολογίζεται η κατανάλωση σε κάθε κόμβο του δικτύου υπολογίζοντας το ήμισυ του αθροίσματος των καταναλώσεων των αγωγών που συντρέχουν σε αυτόν. Αυτό γίνεται διότι η παροχή κατανάλωσης σε έναν αγωγό, μοιράζεται στα δύο άκρα του. Ακολουθεί πίνακας που μας παρουσιάζει την κατανάλωση σε κάθε κόμβο του δικτύου.

Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)	Κόμβος	Συντρέχοντες αγωγοί	Κατανάλωση κόμβου (L/s)
1	T1, 1	0,00	45	57, 68, 69	0,11
2	T2, 2, 98	0,26	46	58, 59	0,09
3	2, 3, 80	0,15	47	59, 60	0,02
4	1, 3, 4, 18	0,10	48	60, 61, 68	0,08
5	4, 5	0,00	49	61, 63	0,01
6	5, 6	0,08	50	62, 63, 64	0,11
7	6, 7, 9	0,22	51	64, 65	0,07
8	7, 8	0,15	52	65, 66, 97	0,03
9	9, 10, 16	0,16	53	66, 67, 88	0,02
10	8, 10, 11, 15	0,22	54	67, 70, 71	0,24
11	11, 12, 19	0,23	55	69, 70, 73	0,17
12	12, 13	0,07	56	73, 74, 76	0,19
13	13, 14, 15, 20	0,11	57	71, 72, 74	0,17
14	14, 16, 17	0,06	58	75, 76, 77	0,15
15	17, 18, 22	0,16	59	77, 78, 79	0,08
16	20, 21	0,11	60	78, 81, 82	0,14
17	19, 27, 33	0,22	61	72, 81	0,08
18	26, 27, 32	0,10	62	79, 80	0,11
19	25, 26, 28	0,08	63	82, 83, 102	0,20
20	28, 29	0,06	64	83, 84	0,06
21	29	0,01	65	84, 85, 89	0,05
22	21, 23	0,14	66	85, 86	0,16
23	22, 23, 24	0,17	67	89, 90	0,13
24	24, 25, 30	0,03	68	86, 87, 88	0,17
25	30, 31, 47	0,08	69	87, 90, 91	0,22
26	33, 34, 37	0,04	70	91, 92, 93	0,21
27	34, 35, 36	0,03	71	92, 95	0,07
28	35	0,01	72	93, 94, 106	0,22
29	36, 38, 39	0,06	73	94, 95, 96	0,35
30	37, 38, 40, 41	0,04	74	96, 97	0,22
31	31, 32, 40	0,12	75	98, 99, 110	0,36
32	41, 42, 46	0,07	76	99, 100	0,10
33	39	0,04	77	100, 101	0,06
34	46, 54, 58	0,13	78	101, 102, 103	0,32
35	42, 43, 45	0,19	79	103, 104, 105	0,29
36	43, 44	0,13	80	104	0,05
37	44, 45, 62	0,19	81	105, 106, 107	0,24
38	47, 48, 50	0,06	82	107, 108, 109	0,39
39	48, 49	0,03	83	108	0,12
40	49, 50, 51	0,11	84	109, 111, 112	0,56
41	51, 52, 75	0,12	85	110, 111	0,30
42	52, 53, 56	0,07	86	112, 113	1,52
43	53, 54, 55	0,07	87	113	1,25
44	55, 56, 57	0,08			

Πίνακας 5.7: Κατανάλωση σε κάθε κόμβο του δικτύου

5.3 ΕΠΙΛΥΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ EPANET

Διαδικασία επίλυσης

Εισαγωγή χάρτη του δικτύου ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου, ως υπόβαθρο για τη σχεδίαση του δικτύου στο EPANET.

Σχεδίαση του δικτύου στο σχεδιαστικό χώρο του προγράμματος (Network Map), με χρήση των σχεδιαστικών εργαλείων που παρέχει.

Εισαγωγή των απαραίτητων δεδομένων των στοιχείων του δικτύου μέσω του παραθύρου Data Browser του προγράμματος. Για κάθε στοιχείο τα απαραίτητα δεδομένα είναι:

Κόμβοι του δικτύου

Το υψόμετρό τους (m)

Η παροχή κατανάλωσης (l/s)

Αγωγοί του δικτύου

Το μήκος τους (m)

Η διάμετρός τους (mm)

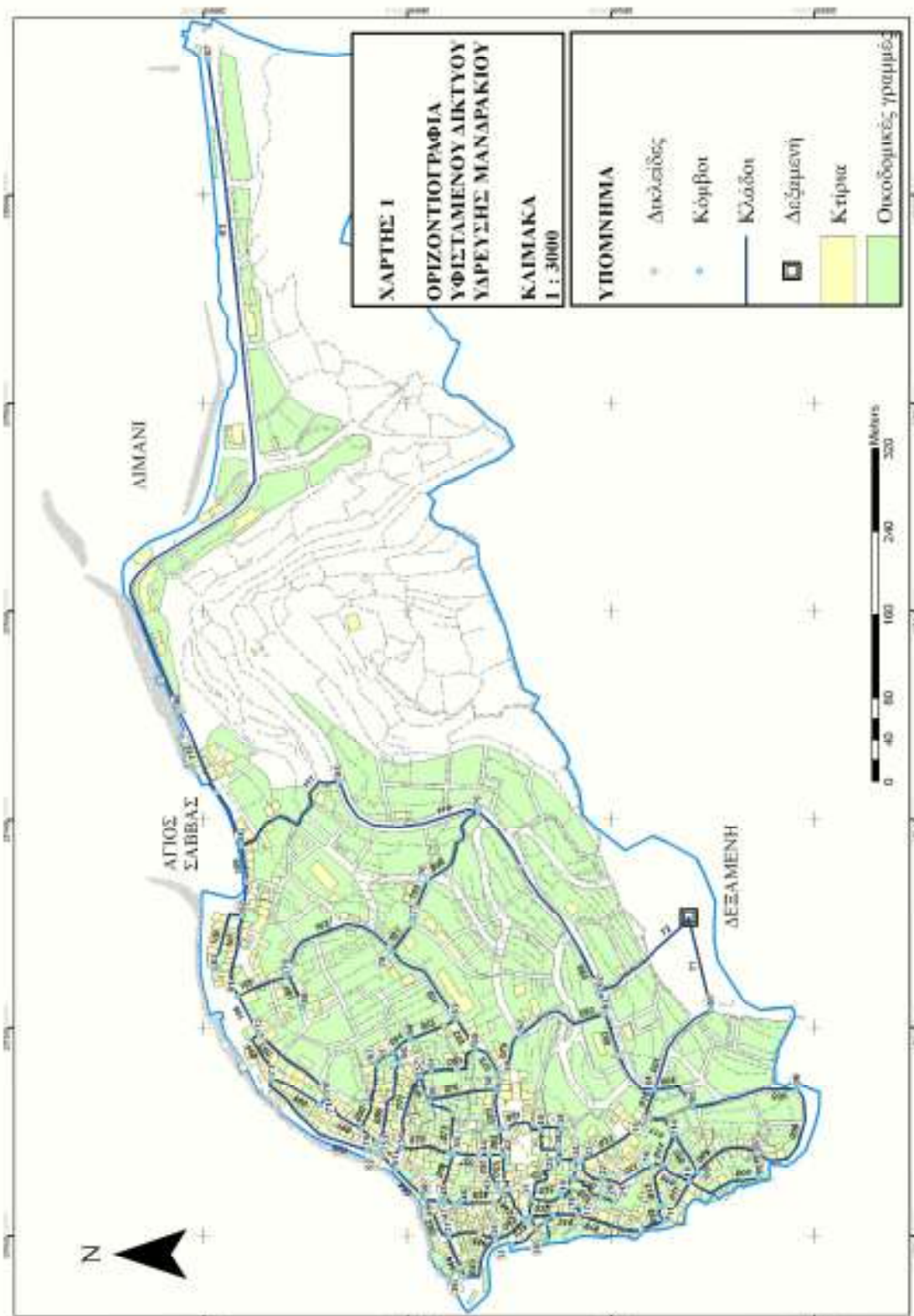
Η τραχύτητα (mm)

Δεξαμενή του δικτύου

Το ύψος στάθμης της δεξαμενής (m)

Καθορισμός βασικών υδραυλικών μονάδων. Πιο συγκεκριμένα επιλέγεται η μέθοδος των Darcy – Weisbach για τον υπολογισμό των απωλειών τριβής και επίσης επιλέγεται για μονάδα μέτρησης της παροχής η LPS (Liters per Second).

Αφού κάνουμε την επίλυση του δικτύου θα γίνει η εξαγωγή των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα που μας ενδιαφέρουν στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι τα ύψη πίεσης στους κόμβους καθώς επίσης και οι παροχές και οι ταχύτητες ροής στους αγωγούς του δικτύου.



Χάρτης 5.4: Χάρτης Νισύρου με το υδρευτικό δίκτυο της (Ζώταλης 2008)

Αποτελέσματα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών, όπως αυτά προκύπτουν από την ανάλυση μέσω του προγράμματος EPANET. Το πρόγραμμα αυτό δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής των αποτελεσμάτων, τόσο σε μορφή πινάκων (tables) όσο και σε μορφή χαρτών (maps) και διαγραμμάτων (graphs).

Τα αποτελέσματα που υπολογίζει το πρόγραμμα για κάθε στοιχείο του δικτύου είναι τα εξής:

Κόμβοι

Η απαίτηση σε κατανάλωση (actual demand)

Το ύψος πίεσης (pressure)

Το πιεζομετρικό φορτίο (total head)

Αγωγοί

Την παροχή (flow)

Την ταχύτητα ροής του νερού (velocity)

Το συντελεστή τριβής (friction factor)

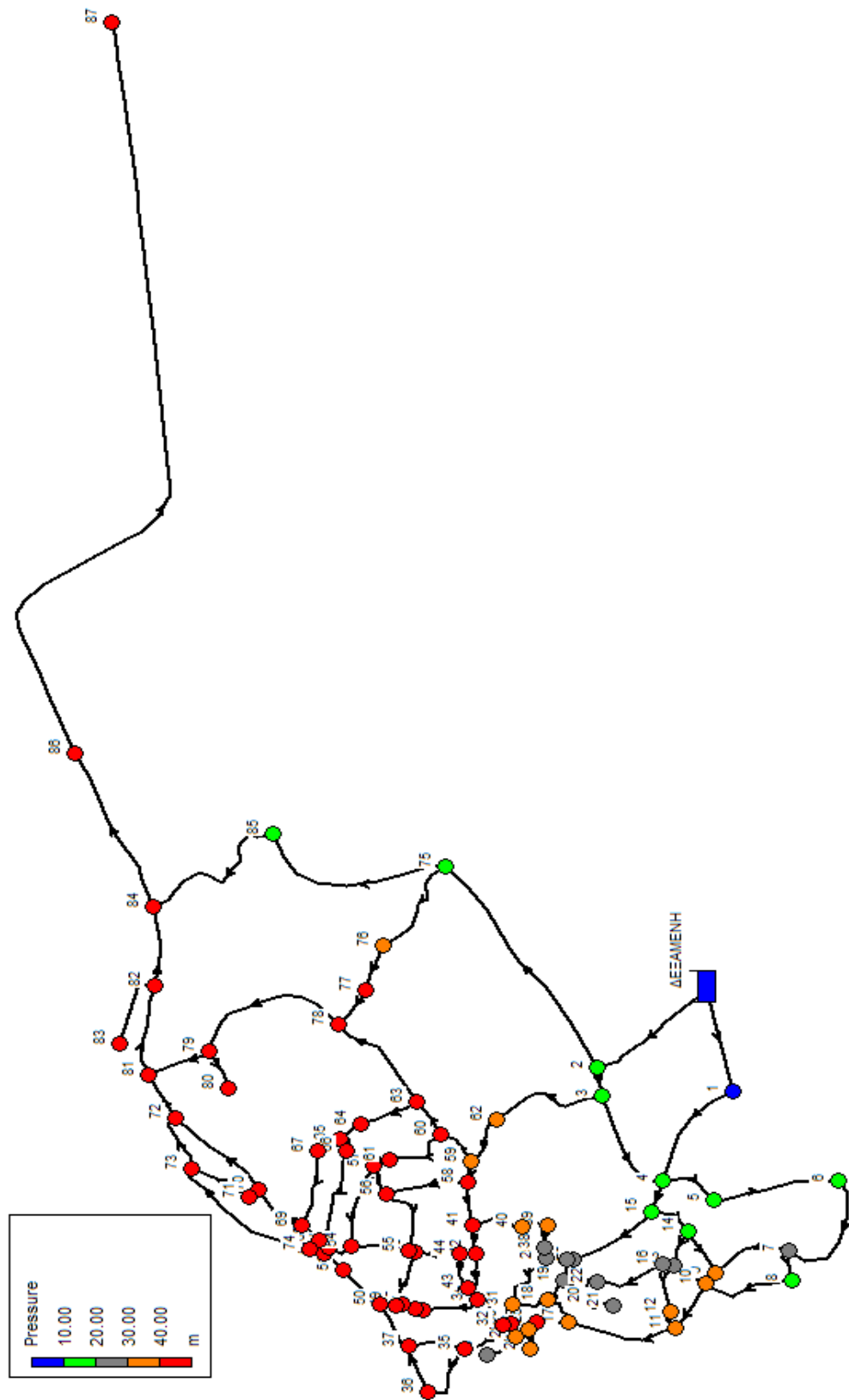
Τις απώλειες ενέργειας (unit headloss)

Τα αποτελέσματα θα τα παρουσιάσουμε μέσω πινάκων με τα ακριβή νούμερα των ποσοτήτων που μας απασχολούν και στη συνέχεια με τη βοήθεια χαρτών που θα μας δείχνουν τα μεγέθη που μας ενδιαφέρουν μέσω χρωματικής διαβάθμισης. Για την ακρίβεια θα παρουσιάσουμε το ύψος της πίεσης σε κάθε κόμβο καθώς και το μέγεθος της παροχής και της ταχύτητας της ροής του νερού μέσα στους αγωγούς.

Παρουσίαση των αποτελεσμάτων των πιέσεων στους κόμβους μετά την επίλυση του δικτύου ύδρευσης με τη χρήση του προγράμματος.

Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)
1	4,29	30	42,75	59	39,96
2	19,28	31	37,38	60	41,05
3	19,51	32	42,93	61	45,55
4	12,68	33	26,45	62	36,26
5	12,77	34	41,42	63	41,82
6	17,13	35	45,36	64	46,03
7	27,12	36	49,15	65	47,83
8	19,40	37	48,04	66	47,82
9	30,79	38	28,74	67	48,21
10	31,37	39	30,14	68	46,30
11	33,92	40	34,44	69	45,25
12	31,13	41	40,85	70	45,36
13	22,86	42	41,25	71	45,16
14	18,24	43	40,93	72	46,86
15	14,69	44	41,73	73	47,04
16	20,15	45	43,80	74	48,19
17	39,79	46	45,38	75	14,92
18	34,69	47	46,08	76	36,47
19	25,32	48	46,27	77	40,46
20	25,82	49	46,46	78	43,65
21	25,92	50	47,54	79	47,63
22	20,61	51	48,26	80	48,52
23	21,90	52	47,63	81	46,63
24	22,96	53	46,24	82	48,05
25	26,64	54	45,14	83	48,04
26	41,36	55	43,90	84	47,69
27	38,75	56	45,87	85	14,73
28	32,65	57	46,97	86	44,83
29	38,35	58	40,20	87	46,80

Πίνακας 5.8: Πιέσεις στους κόμβους του δικτύου

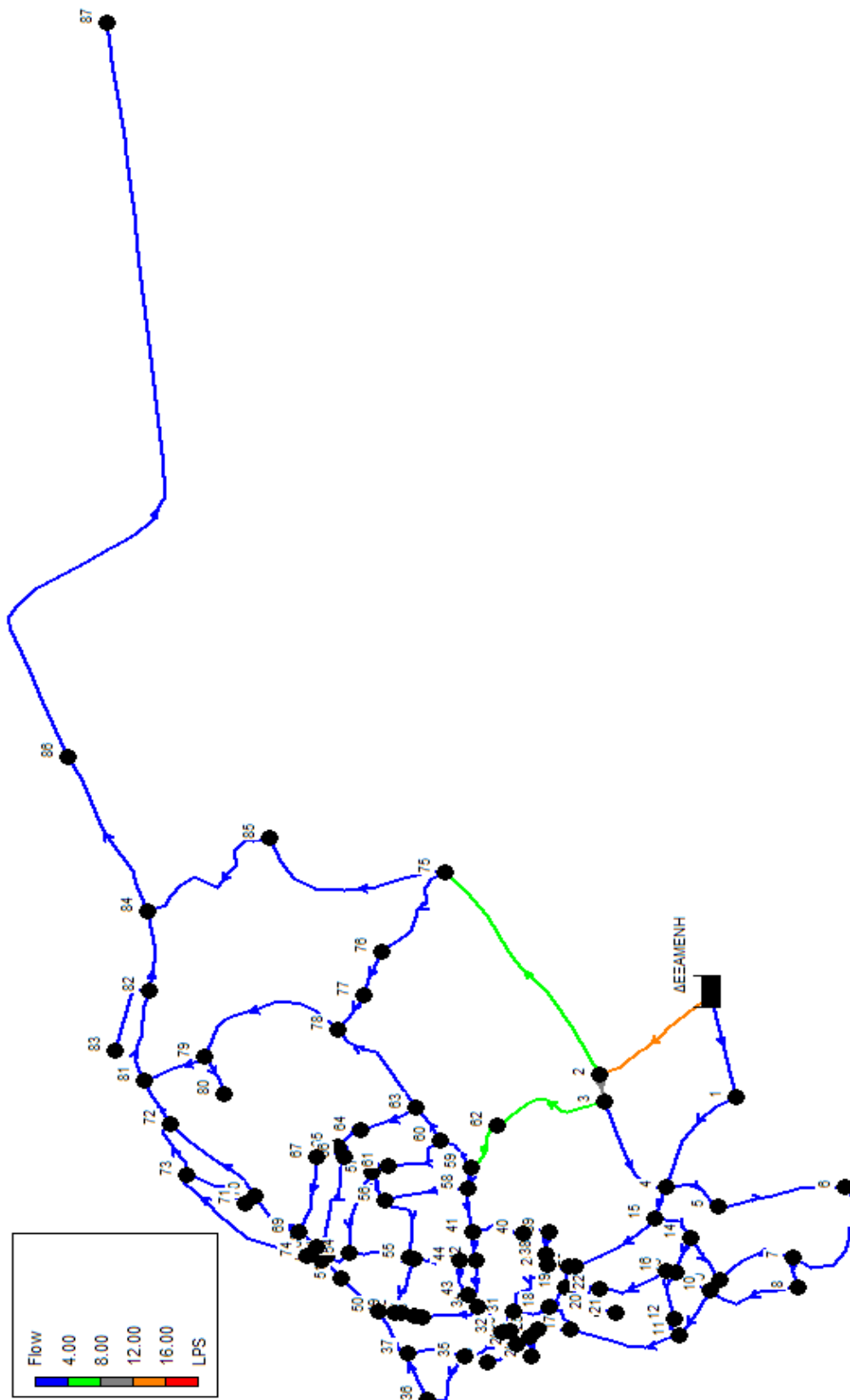


Χάρτης 5.5: Παρουσίαση των πιέσεων με χρωματική διαβάθμιση

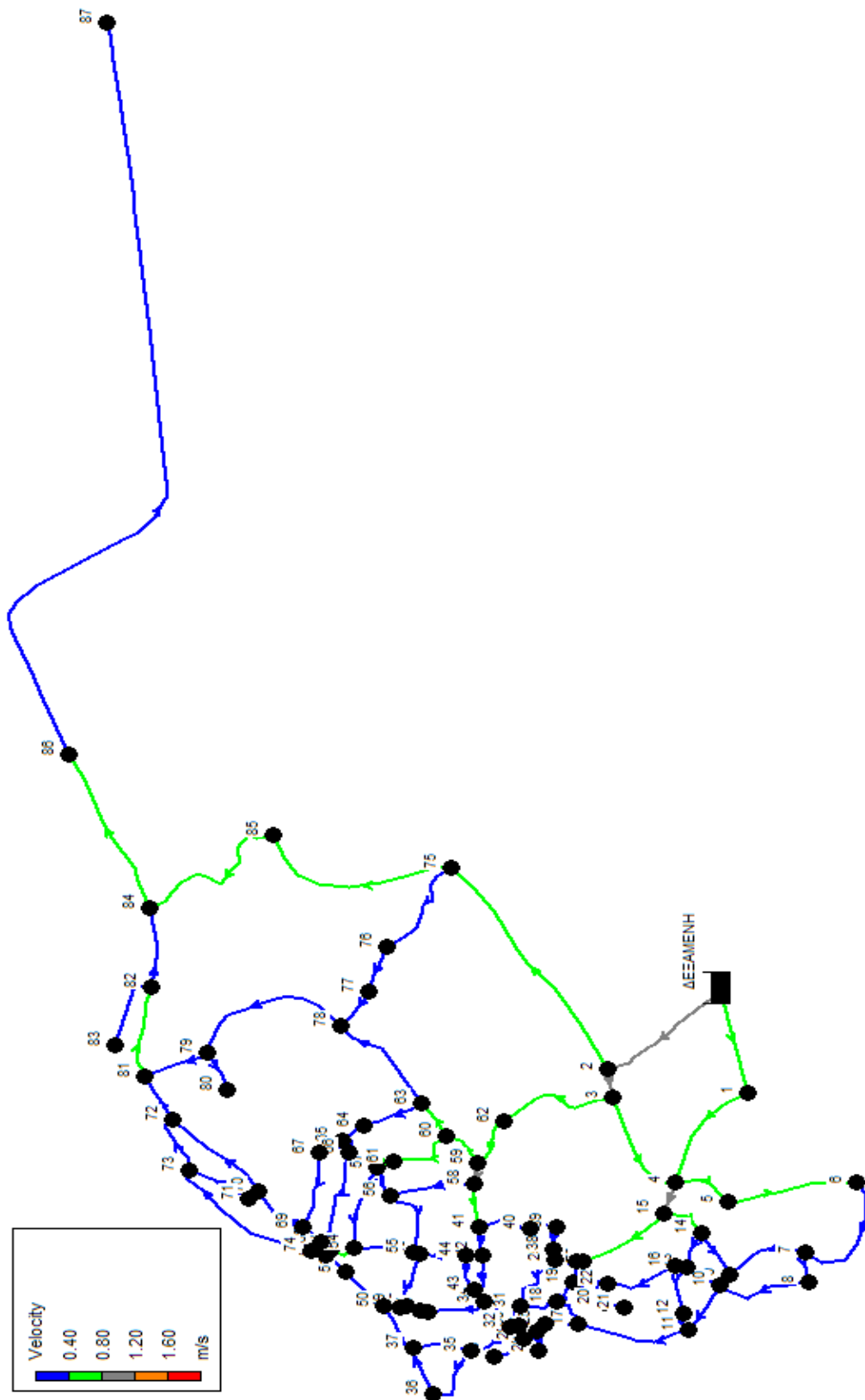
Παρουσίαση των αποτελεσμάτων των παροχών και της ταχύτητας του νερού στους αγωγούς μετά την επίλυση του δικτύου ύδρευσης με τη χρήση του προγράμματος.

Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)	Αγωγός	Ταχύτητα (m/s)	Παροχή (L/s)
T1	0,57	1,46	38	0,04	0,10	77	0,94	2,39
T2	1,00	12,59	39	0,02	0,04	78	0,61	3,18
1	0,57	1,46	40	0,24	0,61	79	0,73	5,65
2	1,07	8,27	41	0,36	0,91	80	0,74	5,76
3	0,45	2,36	42	0,26	0,66	81	0,46	1,18
4	0,41	1,04	43	0,09	0,22	82	0,73	1,86
5	0,41	1,04	44	0,03	0,09	83	0,40	1,01
6	0,38	0,96	45	0,10	0,25	84	0,37	0,95
7	0,17	0,43	46	0,07	0,18	85	0,14	0,35
8	0,11	0,28	47	0,00	0,01	86	0,07	0,19
9	0,12	0,31	48	0,00	0,01	87	0,32	0,81
10	0,26	0,65	49	0,01	0,04	88	0,31	0,79
11	0,19	0,49	50	0,02	0,04	89	0,22	0,55
12	0,13	0,32	51	0,07	0,19	90	0,17	0,42
13	0,15	0,39	52	0,40	1,01	91	0,40	1,01
14	0,31	0,79	53	0,14	0,35	92	0,12	0,31
15	0,09	0,23	54	0,15	0,39	93	0,19	0,49
16	0,20	0,51	55	0,04	0,11	94	0,23	0,58
17	0,53	1,35	56	0,23	0,59	95	0,09	0,24
18	1,05	2,68	57	0,16	0,40	96	0,27	0,69
19	0,23	0,58	58	0,17	0,44	97	0,36	0,91
20	0,20	0,51	59	0,14	0,35	98	0,78	4,06
21	0,16	0,40	60	0,13	0,33	99	0,16	0,81
22	0,46	1,17	61	0,25	0,63	100	0,14	0,71
23	0,10	0,26	62	0,06	0,15	101	0,12	0,65
24	0,49	1,26	63	0,24	0,62	102	0,25	0,65
25	0,26	0,67	64	0,26	0,66	103	0,38	0,98
26	0,20	0,52	65	0,23	0,59	104	0,02	0,05
27	0,06	0,16	66	0,14	0,35	105	0,25	0,64
28	0,03	0,07	67	0,45	1,16	106	0,34	0,86
29	0,00	0,01	68	0,15	0,38	107	0,49	1,25
30	0,22	0,56	69	0,04	0,09	108	0,05	0,12
31	0,18	0,47	70	0,21	0,53	109	0,29	0,74
32	0,10	0,26	71	0,34	0,87	110	0,55	2,89
33	0,20	0,52	72	0,43	1,10	111	0,50	2,59
34	0,09	0,24	73	0,31	0,79	112	0,53	2,77
35	0,00	0,01	74	0,02	0,06	113	0,24	1,25
36	0,08	0,20	75	0,52	1,32			
37	0,09	0,24	76	0,36	0,92			

Πίνακας 5.9: Παροχή και ταχύτητα του νερού σε κάθε αγωγό



Χάρτης 5.6: Παρουσίαση των παροχών με χρωματική διαβάθμιση



Χάρτης 5.7: Παρουσίαση της ταχύτητας με χρωματική διαβάθμιση

Ελέγχοντας τα αποτελέσματα για τις καταναλώσεις και τις πιέσεις στους κόμβους του δικτύου, αλλά και για τις παροχές και τις ταχύτητες ροής στους αγωγούς του δικτύου, προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

- Ελάχιστη πίεση κόμβων: 4,29m (κόμβος 1).
- Μέγιστη πίεση κόμβων: 49,15m (κόμβος 36).
- Κατανάλωση κόμβων: 0,00 – 1,52 L/s.
- Ταχύτητα ροής στους αγωγούς: 0,00 – 1,07 m/s.
- Παροχή στους αγωγούς: 0,01 – 12,59 L/s.

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι εξασφαλίζεται η απαιτούμενη παροχή σε κάθε σημείο του δικτύου, όχι όμως πάντα με ικανοποιητική ταχύτητα. Παρατηρήθηκε ότι σε πολλούς αγωγούς του δικτύου, οι ταχύτητες ροής δεν κυμαίνονται εντός των αποδεκτών ορίων (0,5 – 1,5 m/s) αλλά αντιθέτως κυμαίνονται σε πολύ μικρότερα όρια. Υπάρχουν επίσης, κάποιοι αγωγοί οι οποίοι παρουσιάζουν μηδενικές ταχύτητες. Οι αγωγοί αυτοί είναι κυρίως αγωγοί που καταλήγουν σε τυφλό κόμβο.

Όσον αφορά τα ύψη πίεσης στους κόμβους του δικτύου, απαιτείται η ύπαρξη ελάχιστης πίεσης. Στον οικισμό του Μανδρακίου, συναντώνται κυρίως διώροφα κτήρια και επομένως από τη βιβλιογραφία, απαιτείται για κάθε κόμβο του δικτύου, ελάχιστο ύψος πίεσης ίσο με 16 – 17m. Το όριο αυτό καλύπτεται για το σύνολο των κόμβων του δικτύου.

Σε ένα δίκτυο όμως θα πρέπει να υπάρχει και περιορισμός των μέγιστων πιέσεων με σκοπό την προστασία των εξαρτημάτων του δικτύου, των υδραυλικών εγκαταστάσεων των κτιρίων και των οικιακών συσκευών. Παρατηρούμε ότι υπάρχει κάποιο πρόβλημα σε μερικούς κόμβους, καθώς οι τιμές του ύψους πίεσης είναι αρκετά μεγάλες όπως για παραδείγματος χάρη στους κόμβους: 36, 50, 51, 52, 82, 83 που οι τιμές είναι σχεδόν στα 50m.

5.4 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Όπως αναφέραμε προηγουμένως, το δίκτυο ύδρευσης έχει κάποιες δυσλειτουργίες. Αρκετά σοβαρή εξ αυτών είναι η αυξημένη πίεση σε κάποιους κόμβους που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στις υδραυλικές εγκαταστάσεις των κτιρίων καθώς επίσης και στα εξαρτήματα του δικτύου ύδρευσης. Σκοπός μας λοιπόν, είναι να μειώσουμε την πίεση σε αυτά τα σημεία.

Παρατηρούμε ότι σχετικό πρόβλημα υπάρχει σε αρκετούς κόμβους και όχι μόνο σε αυτούς που ήδη αναφέραμε, απλώς εκεί το πρόβλημα εντοπίζεται σε λίγο μεγαλύτερο βαθμό. Το μέγιστο ύψος πίεσης είναι στον κόμβο 36 με 49,15m. Θα ήταν καλό για το δίκτυο που εργαζόμαστε, να μπορούσαμε να μειώσουμε το μέγιστο ύψος πίεσης έτσι ώστε να μην ξεπερνάει πουθενά τα 40m.

Τα εξαρτήματα που θα μας βοηθήσουν σε αυτό είναι οι βαλβίδες ελέγχου που είναι αυτόματες βαλβίδες με σκοπό να διατηρήσουν ή να αυξομειώσουν πιέσεις και ροές. Πιο συγκεκριμένα θα χρησιμοποιήσουμε βαλβίδες μείωσης πίεσης (Pressure Reducing Valve, PRV). Οι βαλβίδες μείωσης πίεσης λειτουργούν αυτόματα και διατηρούν μία σταθερή πίεση εξόδου ανεξάρτητα από τις αυξομειώσεις τις πίεσης εισόδου. Χρησιμοποιούνται στα σημεία διαχωρισμού των πιεζομετριών ζωνών και όπου, γενικά, επιδιώκεται μείωση του ενεργειακού υψομέτρου. Η απουσία βαλβίδων μείωσης της πίεσης μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα υψηλών πιέσεων σε ζώνες με χαμηλό υψόμετρο, δηλαδή όπως ακριβώς συμβαίνει και στην περίπτωση μας.

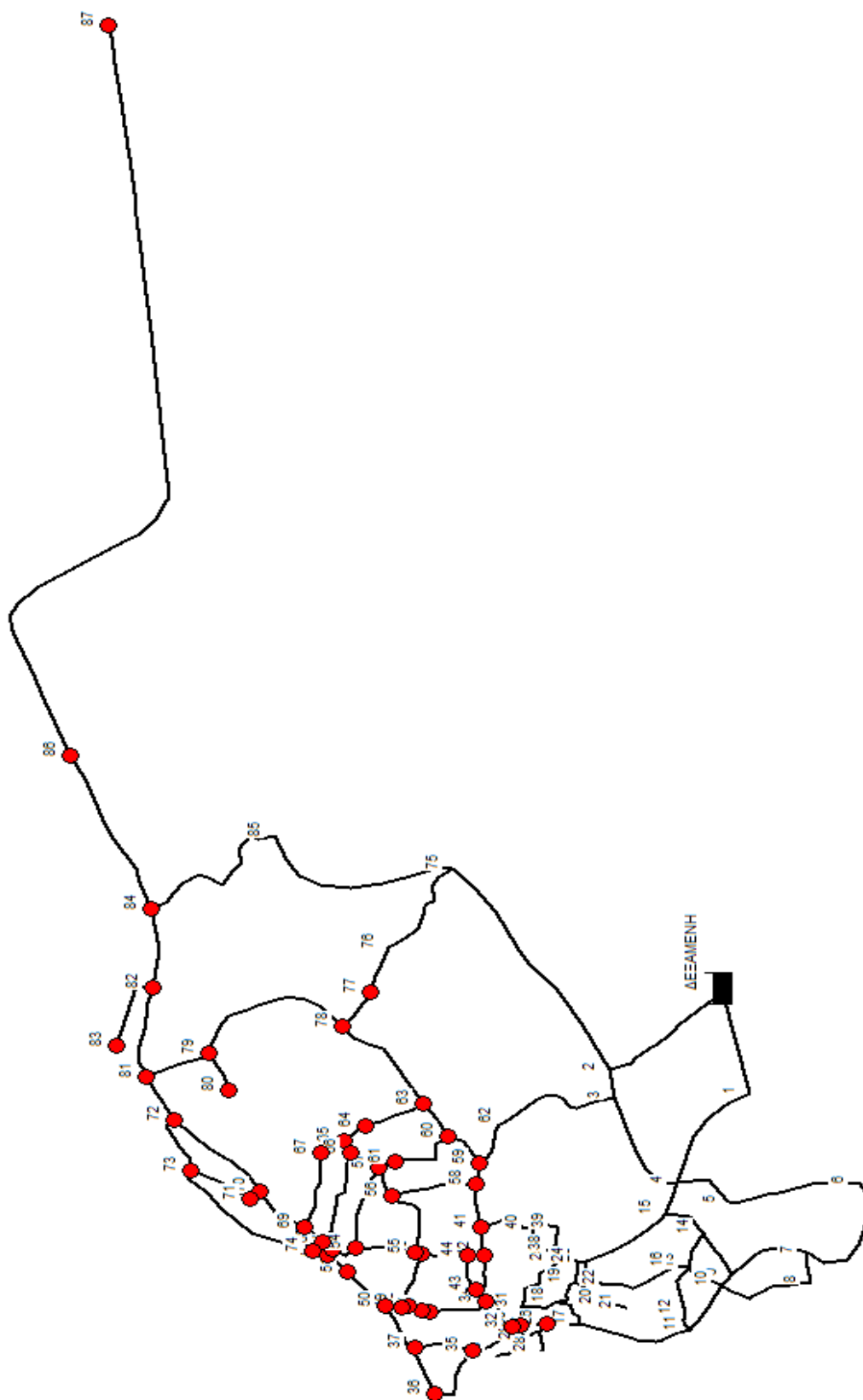
Για να εντοπίσουμε τα μέρη στα οποία θα τοποθετηθούν οι βαλβίδες πρέπει να δούμε πρώτα όλους τους κόμβους που έχουν πίεση πάνω από 40m για να ξέρουμε ποια περιοχή θα αποκλείσουμε γιατί εξίσου βασικό είναι να ακολουθήσουμε την κατεύθυνση της ροής του νερού μιας και σε πολλούς κόμβους είναι πιθανό να οδηγούν περισσότεροι του ενός αγωγοί. Έτσι πρέπει να τοποθετηθούν βαλβίδες σε όλα τα σημεία που απαιτούνται για να αποκλειστεί τελείως η περιοχή που θέλουμε. Άτυπος κανόνας είναι η μη τοποθέτηση μεγάλου αριθμού βαλβίδων, προς διευκόλυνση στην περάτωση των εργασιών και για να μην είναι μεγάλο το οικονομικό κόστος.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται τα σημεία που έχουν πρόβλημα.

Κόμβοι με πίεση 40 - 45 m	Κόμβοι με πίεση > 45m
26, 30, 32, 34, 41, 42, 43, 44	35, 36, 37, 46, 47, 48, 49, 50
45, 55, 58, 59, 60, 63, 77, 78	51, 52, 53, 54, 56, 57, 61, 64
86	65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72
	73, 74, 79, 80, 81, 82, 83, 84
	87

Πίνακας 5.10: Κόμβοι με μεγάλο ύψος πίεσης

Στη συνέχεια ακολουθεί χάρτης που παριστάνει αυτούς τους κόμβους με κόκκινο χρώμα προς διευκόλυνση μας για τον εντοπισμό των σημείων που θα τοποθετηθούν οι βαλβίδες μείωσης πίεσης.



Χάρτης 5.8: Παρουσίαση των κόμβων με ύψος πίεσης πάνω από 40m

Κατόπιν παρατήρησης αποφασίσαμε να τοποθετήσουμε τις βαλβίδες μείωσης πίεσης στους αγωγούς:

19, 21, 22, 80, 100, 111

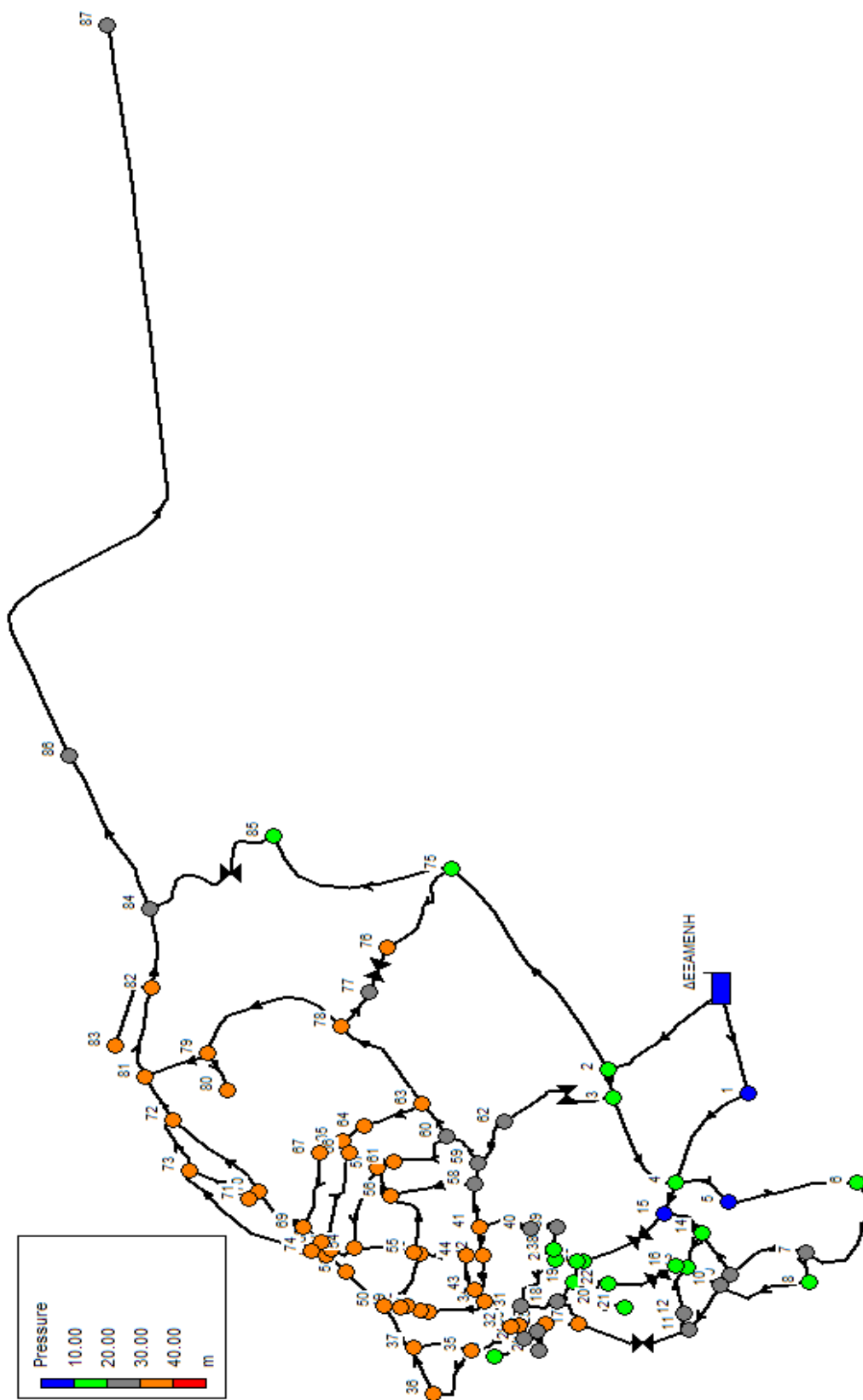
Δηλαδή τους αγωγούς ανάμεσα στους κόμβους:

11-17, 16-22, 15-23, 3-62, 76-77, 85-84

Μετά την τοποθέτηση των βαλβίδων έχουμε πλέον διαφορετικές πιέσεις σε όλους τους κόμβους.

Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)	Κόμβος	Πίεση (m)
1	3,11	30	33,33	59	28,90
2	19,41	31	28,37	60	29,96
3	19,47	32	33,24	61	34,70
4	10,31	33	17,05	62	25,00
5	9,68	34	31,27	63	30,23
6	12,52	35	35,31	64	34,55
7	20,94	36	39,00	65	36,40
8	13,14	37	37,84	66	36,41
9	24,35	38	19,98	67	36,76
10	24,94	39	21,24	68	34,96
11	27,50	40	25,42	69	33,75
12	24,70	41	30,69	70	33,29
13	16,40	42	31,06	71	33,08
14	11,70	43	30,76	72	34,23
15	7,87	44	31,51	73	34,92
16	13,68	45	33,30	74	36,93
17	30,59	46	35,01	75	16,92
18	25,81	47	35,67	76	38,52
19	17,24	48	35,82	77	27,70
20	17,74	49	36,00	78	30,90
21	17,84	50	37,07	79	34,14
22	14,18	51	37,34	80	35,04
23	15,47	52	36,49	81	32,93
24	15,43	53	35,09	82	30,78
25	18,06	54	34,26	83	30,78
26	31,99	55	33,36	84	27,93
27	29,36	56	35,16	85	17,51
28	23,26	57	36,10	86	25,07
29	28,95	58	29,50	87	27,04

Πίνακας 5.11: Πιέσεις στους κόμβους του δικτύου



Χάρτης 5.9: Παρουσίαση των πιέσεων με χρωματική διαβάθμιση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κάναμε επίλυση του δικτύου για μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο τα 150L και για τη χρονική περίοδο Ιουλίου και Αυγούστου μιας και τη συγκεκριμένη περίοδο οι απαιτήσεις είναι αυξημένες λόγω τουρισμού. Κατά την επίλυση διαπιστώσαμε ότι οι πιέσεις σε αρκετούς κόμβους του δικτύου ήταν αρκετά υψηλές με αποτέλεσμα να υπάρχει πιθανότητα να προκύψουν βλάβες στις υδραυλικές εγκαταστάσεις κάποιων καταναλωτών. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να εξαλειφθεί με την χρήση βαλβίδων μείωσης πίεσης στα κατάλληλα σημεία του δικτύου, όπως και δείξαμε. Το βασικό όμως πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε κατά την εκπόνηση της εργασίας, είναι η έλλειψη γνώσης των διαμέτρων των αγωγών, διότι κατά την υλοποίηση του δικτύου δεν λήφθηκε υπόψη το πρόγραμμα της μελέτης ύδρευσης και δεν τοποθετήθηκαν οι κατάλληλοι αγωγοί. Με αυτό τον τρόπο, εμείς αναγκαστήκαμε να χρησιμοποιήσουμε τις τιμές που αναφέρει η μελέτη ύδρευσης, αφού δεν γνωρίζουμε που τοποθετήθηκαν διαφορετικοί αγωγοί από αυτούς που έπρεπε να χρησιμοποιηθούν.

Για την επίλυση του δικτύου ύδρευσης του οικισμού Μανδρακίου της Νισύρου, χρησιμοποιήσαμε το λογισμικό πρόγραμμα EPANET, σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Χάρη σε αυτό οι υπολογισμοί ελαχιστοποιήθηκαν, με αποτέλεσμα να μειωθεί πάρα πολύ και ο χρόνος εκπόνησης της επίλυσης του δικτύου και να μην υπάρχει μεγάλος βαθμός κούρασης του χρήστη. Προσφέρει μεγάλο εύρος μεθόδων εμφάνισης των αποτελεσμάτων μιας και μπορεί να τα παρουσιάσει με χάρτες, πίνακες ή και με διαγράμματα. Λόγω όλων αυτών, η επιλογή να χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο πρόγραμμα, κρίθηκε πέρα για πέρα σωστή αφού αποτελεί μια πολύ καλή επιλογή για την επίλυση δικτύων διανομής νερού, με πάρα πολλές δυνατότητες. Άξιο αναφοράς είναι ότι το πρόγραμμα αυτό διατίθεται χωρίς οικονομικό κόστος, με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον οποιοδήποτε. Επίσης παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να πραγματοποιήσει τόσο υδραυλική όσο και ποιοτική επίλυση του υπό μελέτη δικτύου.

Εκτός όμως από τα πολλά πλεονεκτήματα που ήδη αναφέρθηκαν, υπήρχε ένα σημαντικό μειονέκτημα στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Το πρόβλημα που παρουσιάστηκε

κατά τη χρήση του συγκεκριμένου προγράμματος είναι ότι κατά την εκτύπωση των χαρτών, δεν υπάρχει επιλογή κλίμακας, πράγμα που δυσκολεύει την ανάγνωση της γραφικής παρουσίασης. Αυτό ήταν ένα βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε κατά την επίλυση του δικτύου ύδρευσης του Μανδρακίου της Νισύρου που αποτελεί μια σχετικά μικρή περιοχή, πράγμα που σημαίνει ότι στην επίλυση δικτύου περιοχής με μεγαλύτερη έκταση το πρόβλημα θα είναι ακόμα μεγαλύτερο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αφτιάς Μ. 1992, *Υδρεύσεις*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Βαφειάδης Γ. 2008, *Διπλωματική Εργασία, Μέθοδοι Επίλυσης Κλειστών Δικτύων Ύδρευσης Οικισμών*, Τομέας Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα
- Γιακουμάκης Σ. 2008, *Μέθοδοι Ελέγχου και Διαρροών στα Δίκτυα Ύδρευσης*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Ευστρατιάδης Α. & Κουτσογιάννης Δ. 2005, *Αστικά Υδραυλικά*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Ευστρατιάδης Α. & Κουτσογιάννης Δ. 2006, *Γενική διάταξη δικτύων διανομής*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Ζώταλης Α. 2008, *Διπλωματική Εργασία, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών σε Δίκτυα Ύδρευσης Οικισμών*, Τομέας Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα
- Καρκατσούλη Ε. 2008, *Διπλωματική Εργασία, Χρήση Μοντέλων Επίλυσης Κυκλοφοριακών Δικτύων Ύδρευσης Οικισμών*, Τομέας Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα
- Μαντόγλου Α. 2004, *Μηχανική Ρευστών και Εφαρμοσμένη Υδραυλική*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Ναλμπάντης Ι. 2007, *Προστασία και Διαχείριση Υδατικών Πόρων*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Παλαιογιάννης Α. 2002, *Διπλωματική Εργασία, Επίλυση Εσωτερικού Δικτύου Ύδρευσης της Πόλης των Καλαβρύτων*, Τομέας Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, ΕΜΠ, Αθήνα
- Παντοκράτορας Α. 1997, *Υδρεύσεις Πόλεων*, Τόμος Ι, Θεωρία, ΔΠΘ, Ξάνθη
- Παντοκράτορας Α. 1997, *Υδρεύσεις Πόλεων*, Τόμος Ι Ι, Παραδείγματα, ΔΠΘ, Ξάνθη
- Σαμαράς Γ. 2009, *Δίκτυα Ύδρευσης – Αποχετεύσεις Μικρών Οικισμών*, ΑΤΕΙΘ, Θεσσαλονίκη
- Σπηλιώτης Μ. 2004, *Υδρεύσεις Οικισμών*, ΕΜΠ, Αθήνα
- Τερζίδης Α. 1997, *Εφαρμοσμένη Υδραυλική*, Ζήτη, Θεσσαλονίκη
- Τσακίρης Γ. 2006, *Υδατικοί Πόροι: Τεχνική Υδρολογία, Συμμετρία*, Αθήνα
- Τσακίρης Γ. 2006, *Υδραυλικά Έργα Σχεδιασμός & Διαχείριση*, Τόμοι Ι & ΙΙ, Συμμετρία, Αθήνα

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bruce E. Larock, Roland W. Jeppson, Gary Z. Watters, *Hydraulics of Pipeline Systems, United States*

Cabrera E. and Martinez F. 1993, *Water Supply Systems*, Computational Mechanics Publications, Southampton Boston

Haestad Methods, Thomas M. Walski, Donald V. Chase, Dragan A. Savic, Walter M.

Grayman, Stephen Beckwith, Edmundo Koelle 2003, *Advanced Water Distribution Modeling and Management*, Cincinnati, OH United States

Jeppson R.W. 1976, *Analysis of Flow in Pipe Networks*, Butterworth-Heinemann

Rossman L.A., *EPANET 2 Users Manual*, (www.epa.gov/NRMRL/wswrd/dw/epanet/EN2manual.PDF), Cincinnati, OH, United States, 2000

Tullis J. Paul, *Hydraulics of Pipelines: Pumps, Valves, Cavitation, Transients*, United States

Willoughby D. 2001, *Plastic Piping Handbook*, McGraw Hill Handbooks

