

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΜΕΛΕΤΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΣΕ ΟΙΚΙΣΜΟΥΣ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΑΧΑΙΑΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΚΑΤΣΑΟΥΝΗΣ ΠΟΛΥΔΩΡΟΣ  
ΒΑΚΡΙΝΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ-ΑΝΔΡΕΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΝΔΡΕΑΣ ΒΟΥΡΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2018

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στην μελέτη αντικατάστασης – αποκατάστασης δικτύου ύδρευσης σε οικισμούς του Νομού Αχαΐας. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να γίνει ανάλυση των συστημάτων ύδρευσης, ανάλυση των διαδικασιών του έργου και η παρουσίαση και τεχνική περιγραφή των εργασιών της αντικατάστασης του δικτύου.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον Επιβλέποντα καθηγητή κύριο Ανδρέα Βούρο, του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. για την πολύτιμη βοήθεια και την καθοδήγηση που μας παρείχε κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσης πτυχιακής εργασίας. Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειές μας και στους φίλους μας που στάθηκαν δίπλα μας αυτό το διάστημα και φέραμε εις πέρας την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Φεβρουάριος 2018

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών:** Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

(Ονοματεπώνυμο)

(Ονοματεπώνυμο)

(Υπογραφή).....

.....(Υπογραφή)

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1.</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Η ΑΞΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ .....</b>	<b>1</b>
1.1.	ΤΟ ΝΕΡΟ ΩΣ ΠΗΓΗ ΖΩΗΣ .....	1
1.1.1.	ΕΝΑ ΠΟΛΥΤΙΜΟ ΑΓΑΘΟ ΣΕ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ .....	1
1.1.2.	ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ .....	3
1.1.3.	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ .....	7
1.1.4.	ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	9
1.2.	ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ .....	9
1.2.1.	ΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ .....	9
1.2.2.	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ .....	11
1.3.	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	12
1.3.1.	ΟΡΙΣΜΟΣ .....	12
1.3.2.	Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	13
1.3.3.	ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	14
1.3.4.	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ .....	15
1.3.5.	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ .....	19
1.3.6.	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ .....	21
<b>2.</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....</b>	<b>24</b>
2.1.	ΓΕΝΙΚΑ .....	24
2.1.1.	ΟΡΙΣΜΟΣ .....	24
2.1.2.	ΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	24
2.1.3.	ΕΙΔΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	25
2.1.4.	ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	27
2.1.5.	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	28
2.1.6.	ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	30
2.1.7.	ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	32
2.2.	ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ .....	34
2.2.1.	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ .....	34
2.2.2.	ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ – ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΥΔΑΤΟΣ .....	37
2.3.	ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	39
2.3.1.	ΑΓΩΓΟΙ .....	39
2.3.2.	ΚΟΜΒΟΙ .....	41
2.3.3.	ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ .....	41
2.3.4.	ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ .....	43
2.3.5.	ΑΝΤΛΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	48
2.3.6.	ΚΡΟΥΝΟΙ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ .....	50
2.3.7.	ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΕΣ .....	51
2.4.	ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΕ ΕΝΑ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....	51
2.5.	ΑΙΤΙΕΣ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ .....	55
<b>3.</b>	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΡΓΟ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....</b>	<b>61</b>
3.1.	ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	61
3.1.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ .....	61

3.1.2.	<b>ΝΟΜΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ.....</b>	<b>63</b>
4.	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΜΕΤΕΤΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ .....</b>	<b>65</b>
4.1.	ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ .....	65
4.2.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ .....	73
4.3.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ .....	74
4.4.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΗΙΔΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ .....	75
4.5.	ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	76
4.6.	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ.....	77
4.7.	ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΟΚΙΜΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	78
4.8.	ΚΟΣΤΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	78
4.9.	ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ .....	79
5.	<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>81</b>
6.	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....</b>	<b>82</b>

# 1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Η ΑΞΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΟΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ

## 1.1. ΤΟ ΝΕΡΟ ΩΣ ΠΗΓΗ ΖΩΗΣ

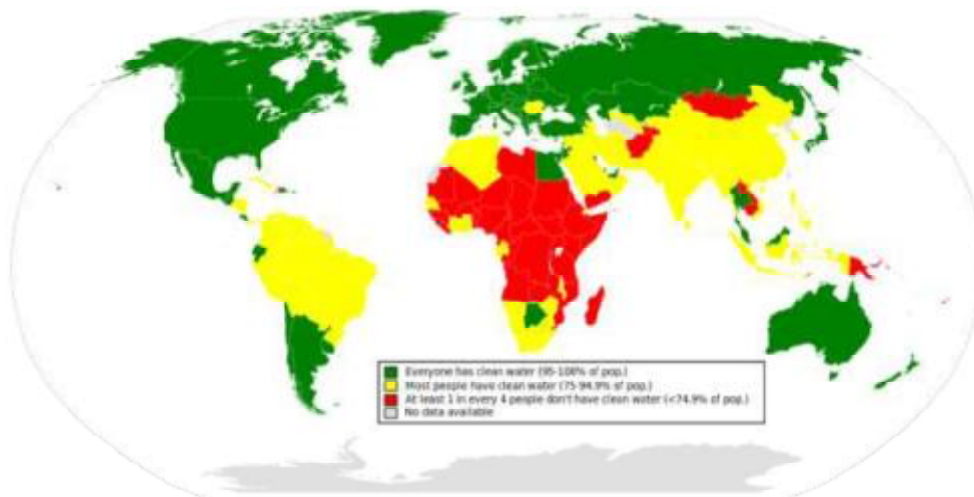
### 1.1.1. ΕΝΑ ΠΟΛΥΤΙΜΟ ΑΓΑΘΟ ΣΕ ΑΝΕΠΑΡΚΕΙΑ

Η σπουδαιότητα του νερού είναι αναγνωρισμένη από την αρχαιότητα, καθώς το νερό είναι απαραίτητο για τον άνθρωπο, τα ζώα και τα φυτά, ενώ χρησιμοποιείται για την ύδρευση των πόλεων, την άρδευση των καλλιεργειών, τη βιομηχανία και την ανάπτυξη του τουρισμού. Ο υδρολογικός κύκλος ανανεώνει τα αποθέματα γλυκού νερού στην επιφάνεια της γης και τους υπόγειους υδροφορείς. Όμως, η ποσότητα του νερού είναι περιορισμένη και η κατανομή του στον χώρο και τον χρόνο άνιση. Στη γη υπάρχουν περίπου 1.400 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα νερού, ενώ το 70% της επιφάνειάς της καλύπτεται από νερό. Το 97% του νερού βρίσκεται στις θάλασσες και είναι ακατάλληλο για άμεση χρήση, λόγω της περιεκτικότητάς του σε αλάτι. Όμως και από το υπόλοιπο 3% (το λεγόμενο «γλυκό νερό»), ένα μεγάλο ποσοστό βρίσκεται υπό τη μορφή πάγου στις πολικές περιοχές και στις κορυφές των βουνών. Λιγότερο από το ένα τρίτο βρίσκεται σε υπόγειους υδροφορείς (που δεν είναι πάντα εκμεταλλεύσιμοι) και υπό τη μορφή επιφανειακού νερού σε λίμνες και ποτάμια. Επομένως, οι ποσότητες του διαθέσιμου γλυκού νερού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση, ύδρευση ή για βιομηχανική χρήση, είναι περιορισμένες. Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι στο βιβλίο αυτό αναφερόμαστε στο νερό «ειδικών προδιαγραφών ποιότητας» που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, και όχι στο θαλασσινό νερό.

Παγκόσμια στοιχεία αναφέρουν ότι, σήμερα, 750 εκατομμύρια άνθρωποι (περίπου 1 στους 9) δεν έχουν πρόσβαση σε καθαρό νερό, ενώ περισσότεροι από 240.000 πεθαίνουν κάθε χρόνο από ασθένειες που οφείλονται στο νερό (<http://water.org>). Από στοιχεία των Ηνωμένων Εθνών, το 65% του πληθυσμού που δεν έχει πρόσβαση σε καθαρό νερό βρίσκεται στην Ασία, το 27% στην Αφρική, το 6% στη Λατινική Αμερική και την Καραϊβική και μόλις το 2% στην Ευρώπη (<http://www.unwater.org/>). Φαινόμενα, όπως η υπερθέρμανση του πλανήτη, η αυξημένη αστικοποίηση και οι αλλαγές στις χρήσεις γης δημιουργούν προβλήματα έλλειψης νερού παγκοσμίως και τη λεγόμενη «κρίση του νερού».

Η κατανάλωση νερού σε παγκόσμιο επίπεδο αυξάνει, ενώ τα αποθέματα νερού μειώνονται συνεχώς. Ελάχιστη προσοχή έχει δοθεί στη λειψυδρία, που αποτελεί οξυνόμειο πρόβλημα σε κάποιες περιοχές της Ευρώπης και μάλλον θα επιδεινωθεί, ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, η οποία έχει διαπιστωθεί ότι αποτελεί σημαντική απειλή για τους υδατικούς πόρους. Η διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων έχει μειωθεί σημαντικά τον τελευταίο αιώνα, ως αποτέλεσμα της υπεράντλησης, της ρύπανσης από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, της εισροής θαλασσινού νερού στις παράκτιες περιοχές (υφαλμύριση), ενώ, ταυτόχρονα, η πίεση για περισσότερο νερό –για διάφορες χρήσεις– είναι συνεχώς αυξανόμενη. Παράλληλα, είναι γνωστό ότι το νερό δεν είναι

εμπορικό προϊόν, αλλά ούτε και δημόσιο αγαθό στο οποίο καθένας έχει ελεύθερη/δωρεάν πρόσβαση. Η μια χρήση του νερού αποκλείει συχνά τις άλλες. Το νερό είμαστε αναγκασμένοι να το «διαχειριζόμαστε», να μεριμνούμε δηλαδή για την εξισορρόπηση των αναγκών και την εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων του, με την απαιτούμενη ποιότητα για την κάλυψή τους. Τα Ηνωμένα Έθνη προχώρησαν στην έκδοση της απόφασης A/64/L.63/Rev.1 (Ιούλιος 2010), σύμφωνα με την οποία, τόσο η πρόσβαση σε νερό, όσο και σε υπηρεσίες αποχέτευσης, αποτελούν θεμελιώδες ανθρώπινο δικαίωμα (UN, 2010). Το Σύνταγμα της Ελλάδας κατοχυρώνει το δικαίωμα των πολιτών σε καθαρό περιβάλλον, καθαρούς και επαρκείς φυσικούς πόρους και καθαρό, άφθονο νερό (<http://www.parliament.gr>). Παρόλο που οι υδατικοί πόροι είναι ανανεώσιμοι (με εξαίρεση κάποιους υπόγειους υδροφορείς), υπάρχουν μεγάλες διαφορές στα διαθέσιμα αποθέματα νερού σε διάφορες περιοχές του πλανήτη (Εικόνα 1.1). Τη μεγαλύτερη πίεση υφίσταται η Ασία, όπου, ενώ το ποσοστό του πληθυσμού που εξυπηρετείται ξεπερνά το 50% του παγκόσμιου πληθυσμού (είναι περίπου 60%), διαθέτει μόνο το 36% των παγκόσμιων υδατικών πόρων (World Water Assessment Program, 2009· <http://www.unwater.org/>).



**Εικόνα 1.1 Χάρτης διαθεσιμότητας νερού**  
([https://en.m.wikipedia.org/wiki/Liquid\\_water#/media/File%3A2006\\_Global\\_Water\\_Availability](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Liquid_water#/media/File%3A2006_Global_Water_Availability)).

Κάθε ποσότητα νερού που βρίσκεται στα εδαφικά στρώματα προέρχεται από την επιφάνεια του εδάφους. Εκεί το νερό των βροχοπτώσεων που πέφτει στο έδαφος διηθείται στους πόρους του και αρχικά ένα μέρος του απορροφάται από τη βλάστηση. Στη συνέχεια, το πλεονάζον νερό, που αποτελεί ένα πολύ μεγάλο ποσοστό του διηθούμενου όγκου, στραγγίζει με τη βαρύτητα σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα. Εφόσον τα εδαφικά στρώματα είναι πορώδη, το νερό κινείται ή και αποθηκεύεται μέχρι να επέλθει ο πλήρης κορεσμός τους. Τα υδροφόρα στρώματα, στα οποία το νερό έχει πλέον γεμίσει τους πόρους, σε πολλές περιπτώσεις βρίσκονται σε επαφή με την επιφάνεια του εδάφους. Εκεί το υπόγειο νερό εκβάλλει και πάλι στην επιφάνεια με τη μορφή μεμονωμένων πηγών ή με αργή διήθηση προς επιφανειακά υδατορεύματα (Λατινόπουλος, 2013).

Μεγάλες διαφορές υπάρχουν και στη χρήση νερού μεταξύ διαφόρων χωρών και ειδικά μεταξύ των αναπτυγμένων και των αναπτυσσόμενων χωρών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η γεωργία ευθύνεται για την κατανάλωση νερού σε ποσοστό 70%, ενώ η βιομηχανική

χρήση ανέρχεται σε 22% και η οικιακή σε 8%. Στις χώρες με υψηλά εισοδήματα, η γεωργική χρήση ανέρχεται μόνο σε 30%, η βιομηχανική σε 59% και η οικιακή σε 11%, ενώ, αντίθετα, στις χώρες με χαμηλά εισοδήματα, η γεωργική χρήση ανέρχεται σε 82%, η βιομηχανική σε 10% και η οικιακή σε 8%. Λιγότερες από 10 χώρες σε όλο τον κόσμο κατέχουν περισσότερο από το 60% του διαθέσιμου φρέσκου νερού, και αυτές είναι η Βραζιλία, η Ρωσία, η Κίνα, ο Καναδάς, η Ινδονησία, οι Η.Π.Α., η Ινδία, η Κολούμπια και το Κονγκό, ενώ υπάρχουν τοπικές διαφορές ανάμεσα στις περιοχές των χωρών αυτών (<http://www.unwater.org/>). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) η γεωργική χρήση νερού είναι μόλις 30%, ενώ στην Ελλάδα ανέρχεται σε 86% (<http://ec.europa.eu/environment>). Η αστική χρήση νερού στην ΕΕ είναι 19% και στην Ελλάδα 10%, ενώ η βιομηχανική κατανάλωση στην ΕΕ ανέρχεται σε 51% και στην Ελλάδα μόλις σε 4%. Η γεωργική κατανάλωση νερού είναι αναμενόμενο να είναι μεγαλύτερη στις χώρες της Νότιας Ευρώπης, καθώς η άρδευση συντελεί στην αύξηση της παραγωγής. Οι βιομηχανίες με τη μεγαλύτερη κατανάλωση νερού είναι οι χημικές βιομηχανίες, οι βιομηχανίες χάλυβα και σιδήρου, η μεταλλουργία, και η βιομηχανία πολτού και χαρτιού (<http://geografia.fcsh.unl.pt/>).

Από το 1980 και μετά παρατηρείται μείωση στη βιομηχανική κατανάλωση νερού, η οποία οφείλεται στον οικονομικό ανασχεδιασμό και στις τεχνολογικές βελτιώσεις του εξοπλισμού. Το νερό χρησιμοποιείται και στην ενεργειακή παραγωγή σαν μέσο ψύξης. Πρέπει να σημειωθεί ότι νερό βιομηχανικής χρήσης μπορεί –κατά περίπτωση– να έχει αυστηρότερες ή χαλαρότερες προδιαγραφές ποιότητας. Αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας απαιτούνται, για παράδειγμα, στη βιομηχανία τροφίμων, ενώ χαλαρότερες προδιαγραφές ποιότητας νερού απαιτούνται, όταν το νερό χρησιμοποιείται για ψύξη σταθμών παραγωγής ενέργειας (π.χ. χρήση θαλασσινού νερού).

### **1.1.2. ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΝΕΡΟ**

Η Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ για τα Νερά, είναι για την προστασία των υδατικών πόρων και την αποδοτική τους χρήση απαιτείται η ορθολογική τους διαχείριση. Στο πλαίσιο αυτό, η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε την Οδηγία-Πλαίσιο για τα Ύδατα (Water Framework Directive 2000/60/ΕΚ), η οποία αποτελεί μία ολιστική προσέγγιση για τη Διαχείριση των Υδάτων της Ευρώπης, προωθώντας με αυτόν τον τρόπο τη διαμόρφωση μιας μακροπρόθεσμης και ενοποιημένης πολιτικής διαχείρισης υδατικών πόρων σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Η Οδηγία-Πλαίσιο αποτελεί ένα εργαλείο για τη διαχείριση των υδάτων και τον έλεγχο της ποιότητάς τους, καθώς και για τη διασφάλιση της μακροπρόθεσμης και βιώσιμης χρήσης τους (<http://ec.europa.eu/environment/>). Στην Οδηγία τονίζεται ότι «το ύδωρ δεν είναι εμπορικό προϊόν όπως όλα τα άλλα, αλλά αποτελεί κληρονομιά που πρέπει να προστατεύεται και να τυγχάνει της κατάλληλης μεταχείρισης» (Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 2000).

Στόχος της Οδηγίας είναι η αποκατάσταση και διατήρηση της ποιότητας των υδατικών πόρων σε καλό επίπεδο, θεωρώντας κρίσιμη τη συμβολή των πολιτών της ΕΕ. Αποτελεί το πιο σημαντικό νομοθετικό εργαλείο για την προστασία των υδάτων στην ΕΕ, υποχρεώνοντας τα Κράτη Μέλη να επαναφέρουν τους υδατικούς τους πόρους σε καλή κατάσταση (οικολογική / υδρομορφολογική / χημική), ορίζοντας τη Λεκάνη Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ) ως την κύρια μονάδα χωρικής διαχείρισης.

Πρωταρχικός στόχος της Οδηγίας είναι η βελτίωση της ποιότητας των υδατικών πόρων της Ευρώπης, ενώ ο έλεγχος της ποσότητας αποτελεί επικουρικό στοιχείο της

διαχείρισης. Δεκαπέντε χρόνια μετά την έκδοση της Οδηγίας 2000/60, κλείνει ο πρώτος κύκλος εφαρμογής της, που κατέδειξε –ανάμεσα στα άλλα– ότι, ενώ οι υδατικοί πόροι της Βόρειας Ευρώπης αντιμετωπίζουν ποιοτικά προβλήματα, οι υδατικοί πόροι της Νότιας Ευρώπης αντιμετωπίζουν, επιπλέον, και ποσοτικά προβλήματα. Έτσι, από τα Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής που έχουν κατατεθεί στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή, προβλέπεται η θέσπιση και λήψη ποσοτικών μέτρων που θα διασφαλίσουν την καλή ποιότητα των υδατικών πόρων. Καινοτόμα στοιχεία που χρησιμοποιούνται από την Οδηγία-Πλαίσιο είναι η ενεργός συμμετοχή του κοινού στον σχεδιασμό και στη λήψη των αποφάσεων (π.χ. με τη διαβούλευση επί των σχεδίων διαχείρισης), η εισαγωγή οικονομικών εργαλείων (π.χ. ανάκτηση του πλήρους κόστους των υπηρεσιών νερού, συμπεριλαμβανομένου του άμεσου, του περιβαλλοντικού και του κόστους φυσικού πόρου), ενώ για πρώτη φορά υπάρχει ένα νομοθετικό κείμενο το οποίο περιλαμβάνει όλα τα ύδατα (επιφανειακά, υπόγεια, τροποποιημένα, μεταβατικά κλπ.).

Το άρθρο 9 της Οδηγίας 2000/60/EK προβλέπει την ανάκτηση του κόστους των υπηρεσιών ύδατος. Το κόστος αυτό περιλαμβάνει το άμεσο κόστος, το περιβαλλοντικό κόστος και το κόστος φυσικού πόρου. Οι τρεις συνιστώσες του πλήρους κόστους του νερού είναι δυναμικά μεγέθη και έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά ανά εποχή, γεωγραφική περιοχή, πυκνότητα πληθυσμού, οικονομική δραστηριότητα κλπ. (Κανακούδης, 2010). Το άμεσο κόστος περιλαμβάνει όλα τα έξοδα που πραγματοποιεί η εταιρεία ύδρευσης για την απρόσκοπτη παροχή πόσιμου νερού στους καταναλωτές της.

Το περιβαλλοντικό κόστος εκφράζει τις ζημιές λόγω κατασκευής υποδομών και αύξησης της χρήσης νερού, αλλά και τις τυχόν ζημιές από την επαναφορά της ποιότητας του χρησιμοποιούμενου νερού στην αρχική του κατάσταση. Τέλος, το κόστος φυσικού πόρου ορίζεται διττά: σε περιοχές που πλήττονται από ξηρασία, το κόστος φυσικού πόρου αποτελεί τα διαφυγόντα κέρδη που υφίστανται άλλες χρήσεις από την παρούσα χρήση νερού, όταν ο ρυθμός υδροληψίας υπερβαίνει τον ρυθμό ανανέωσης των αποθεμάτων του υδατικού πόρου (Wateco, 2002). Σε περιοχές που δεν αντιμετωπίζουν προβλήματα έλλειψης νερού, το κόστος φυσικού πόρου προκύπτει, όταν το νερό δεν διατίθεται στη βέλτιστη χρήση του, ενώ υπάρχουν άλλες χρήσεις που αποφέρουν μεγαλύτερο κέρδος (Κανακούδης, 2010).

Η Οδηγία προβλέπει ακόμη την εφαρμογή τιμολογιακών πολιτικών, ώστε να δημιουργούνται κίνητρα για την αποτελεσματική χρήση των υδατικών πόρων (<http://ec.europa.eu/environment>), ενώ παράλληλα εφαρμόζεται η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει». Η ανάπτυξη κοινωνικά δίκαιων τιμολογιακών πολιτικών είναι ένα πολύπλοκο θέμα, καθώς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (π.χ. τοπικά χαρακτηριστικά, υδρογεωλογικά και κλιματικά χαρακτηριστικά, πολιτικό και ρυθμιστικό πλαίσιο, κ.α.).

Η εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την κοινοτική Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/EK έγινε με τον νόμο 3199/2003 (ΦΕΚ 280 Α/09.12.2003) και το ΠΔ 51/2007 (ΦΕΚ 54 Α/08.03.2007) (<http://wfd.ypeka.gr>). Η εθνική νομοθεσία, εκτός από την ενσωμάτωση των βασικών εννοιών της Οδηγίας για τους υδατικούς πόρους, καθορίζει, παράλληλα, τη συγκρότηση της νέας διοικητικής δομής σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο και τις αρμοδιότητες των επιμέρους φορέων. Σε εθνικό επίπεδο, η Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ) έχει την ευθύνη εφαρμογής της Οδηγίας-Πλαίσιο. Η χώρα χωρίζεται σε 14



Υδατικά Διαμερίσματα, εκ των οποίων τα 5 είναι διακρατικά (με τις γείτονες χώρες Αλβανία, Βουλγαρία, Π.Γ.Δ.Μ. και Τουρκία) (Εικόνα 1.2).

#### 1.1.2.1. Κανόνες χρήσης των υδάτων

Οι χρήσεις υδάτων διακρίνονται σε ύδρευση, άρδευση, βιομηχανική χρήση, ενεργειακή χρήση και χρήση για αναψυχή. Η χρήση για ύδρευση έχει προτεραιότητα, ως προς την



**Εικόνα 1.2 Τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας (<http://wfd.ypeka.gr>).**

ποσότητα και την ποιότητα, έναντι κάθε άλλης χρήσης. Για κάθε χρήση εφαρμόζονται οι παρακάτω κανόνες, οι οποίοι λαμβάνονται υπόψη στα Σχέδια Διαχείρισης:

α) Κάθε χρήση πρέπει να αποβλέπει στη βιώσιμη και ισόρροπη ικανοποίηση των αναπτυξιακών αναγκών και να διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη προστασία των υδάτων, την επάρκεια των αποθεμάτων τους και τη διατήρηση της ποιότητάς τους, ιδιαίτερα δε τη μείωση και την αποτροπή της ρύπανσής τους.

β) Η ικανοποίηση της ζήτησης του νερού γίνεται με βάση τα όρια και τις δυνατότητες των υδατικών αποθεμάτων, λαμβανομένων υπόψη των αναγκών για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων, καθώς και της ισορροπίας που απαιτείται μεταξύ άντλησης και ανατροφοδότησης των υπόγειων υδάτων. Οι ανάγκες των χρήσεων σε νερό ικανοποιούνται κατά το δυνατόν σε επίπεδο περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού. Κατά τη διαχείριση των υδάτων πρέπει να εξασφαλίζεται η εξοικονόμηση νερού μέσω της χρήσης τεχνικών μεθόδων, οικονομικών κινήτρων και εργαλείων (ΦΕΚ Α' 280/9.12.2003, Άρθρο 10).

#### 1.1.2.2. Πεδίοεφαρμογής – Ορισμοί

Κρίνεται σκόπιμο σε αυτό το σημείο να παρατεθούν οι ορισμοί που καλύπτουν ένα φάσμα εννοιών για το οποίο γίνεται λόγος στην συνέχεια της εργασίας.

«Επιφανειακά ύδατα» είναι τα εσωτερικά ύδατα, εκτός των υπόγειων υδάτων, τα μεταβατικά και τα παράκτια ύδατα. Στα επιφανειακά ύδατα περιλαμβάνονται και τα χωρικά ύδατα για τη χημική τους κατάσταση. «Υπόγεια ύδατα»: είναι το σύνολο των υδάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στη ζώνη κορεσμού και σε άμεση επαφή με το έδαφος ή το υπέδαφος. «Μεταβατικά ύδατα»: είναι συστήματα επιφανειακών υδάτων κοντά σε στόμια εκβολής ποταμών, τα οποία είναι εν μέρει αλμυρά λόγω της γεινιάσής τους με παράκτια ύδατα, αλλά τα οποία επηρεάζονται ουσιαστικά από ρεύματα γλυκών υδάτων. «Παράκτια ύδατα»: είναι τα επιφανειακά ύδατα που βρίσκονται στην πλευρά της ξηράς μιας γραμμής, κάθε σημείο της οποίας βρίσκεται σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου προς τη θάλασσα από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων, και τα οποία, κατά περίπτωση, εκτείνονται μέχρι του απώτερου ορίου των μεταβατικών υδάτων. «Ιδιαίτερος τροποποιημένο υδατικό σύστημα»: είναι το σύστημα επιφανειακών υδάτων του οποίου ο χαρακτήρας έχει μεταβληθεί ουσιαστικά, εξαιτίας αλλοιώσεων στη φύση του από ανθρώπινες δραστηριότητες. «Υδροφόρος ορίζοντας»: είναι υπόγειο στρώμα ή στρώματα βράχων ή άλλες γεωλογικές στοιβάδες επαρκώς πορώδεις και διαπερατές, ώστε να επιτρέπουν είτε σημαντική ροή υπόγειων υδάτων, είτε την άντληση σημαντικών ποσοτήτων υπόγειων υδάτων. «Σύστημα υπόγειων υδάτων»: είναι ο συγκεκριμένος όγκος υπόγειων υδάτων εντός ενός ή περισσότερων υδροφόρων οριζόντων. (ΦΕΚ Α' 280/9.12.2003, Άρθρο 2).

Η Ελλάδα διαθέτει, συνολικά, επαρκείς επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους, αλλά διάφοροι λόγοι μειώνουν σημαντικά την πραγματικά διαθέσιμη ποσότητά τους και δυσκολεύουν την αξιοποίησή τους (Sofios, Arabatzis, & Baltas, 2008). Οι κυριότεροι φυσικοί λόγοι που προκαλούν προβλήματα στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων της χώρας είναι:

- η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στον χώρο και στον χρόνο,
- η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης στον χώρο και τον χρόνο, σε αναντιστοιχία με την κατανομή της προσφοράς,
- η γεωμορφολογία της χώρας,
- η εξάρτηση της βόρειας Ελλάδας από τις επιφανειακές απορροές ποταμών που έρχονται από γειτονικά κράτη,
- το μεγάλο ανάπτυγμα ακτών,
- τα πολλά άνυδρα, ή με ελάχιστους υδατικούς πόρους, νησιά της χώρας.

Το Νερό Ανθρώπινης Κατανάλωσης είναι το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση προέρχεται από λίμνες, ποτάμια, πηγάδια, γεωτρήσεις, πηγές και αφαλάτωση θαλασσινού νερού. Μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού Ευρωπαϊκών κρατών χρησιμοποιεί το υπόγειο νερό ως πόσιμο (Νορβηγία: 15%, Μεγάλη Βρετανία:30-35%, Γαλλία, Σουηδία και Φινλανδία: 50%, Ολλανδία και Γερμανία: 50-70%, Ιταλία, Ισλανδία, Αυστρία, Δανία και Λιθουανία: σχεδόν 90%) (Τσακίρης και Αλεξάκης, 2010). Στην Ελλάδα το πόσιμο νερό προέρχεται και από επιφανειακά και από υπόγεια ύδατα, ενώ σε πολλά νησιά λειτουργούν μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού.

Η διαχείριση των υδατικών πόρων είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τη διαχείριση των δικτύων ύδρευσης και ιδιαίτερα σε περιοχές που αντιμετωπίζουν προβλήματα έλλειψης

νερού. Από τις πλέον σημαντικές χρήσεις του νερού είναι η ύδρευση. Παρόλο που η αναλογία χρήσης νερού άρδευσης προς την ύδρευση υπερέρχει κατά πολύ (στην Ελλάδα η άρδευση αποτελεί το 86% της χρήσης νερού, ενώ η ύδρευση μόλις το 10%), η ύδρευση αφορά τις ανθρώπινες ανάγκες και θεωρείται εξαιρετικά σημαντική. Είναι γνωστό ότι κάθε δίκτυο ύδρευσης έχει δύο κύριους χρήστες: (α) τους καταναλωτές διαφόρων ειδών (οικιακούς, εμπορικούς, βιομηχανικούς) και (β) το ίδιο το δίκτυο ύδρευσης, αφού οι απώλειες νερού σε αυτό αποτελούν ένα μεγάλο μέρος του εισερχόμενου νερού. Γι' αυτόν τον λόγο, στα πλαίσια της ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων, επιβάλλεται σήμερα η ορθολογική διαχείριση των δικτύων ύδρευσης. Η ορθολογική διαχείριση των αστικών δικτύων οδηγεί στην εξοικονόμηση νερού που αποτελεί έμμεση διαχείριση της ζήτησης νερού και υποβοηθά την ορθολογική Διαχείριση των Υδατικών Πόρων.



Εικόνα 1.3: Ο υδρολογικός κύκλος

### 1.1.3. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Η κατάσταση του δικτύου ύδρευσης επηρεάζει και επηρεάζεται από την ποιότητα του νερού και αντίστροφα. Το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι από τα σημαντικότερα καταναλωτικά τρόφιμα και για τον λόγο αυτό πρέπει να είναι αυστηρά ελεγχόμενο όσον αφορά την ποιότητά του. Η προστασία της ποιότητας του νερού αφορά τη δημόσια υγεία.

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 98/83/EK καθορίζει τις ανώτατες παραμετρικές τιμές των χαρακτηριστικών του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση. Στο πλαίσιο της Οδηγίας, εντάσσονται το νερό του δικτύου ύδρευσης και το επιτραπέζιο νερό. Η εναρμόνιση της Οδηγίας στην Ελλάδα έγινε με την ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892B/11-7-2001). Παράλληλα ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει θεσπίσει οριακές τιμές για τις κυριότερες ποιοτικές παραμέτρους. Τα χαρακτηριστικά του νερού ταξινομούνται σε (Τσακίρης και Αλεξάκης, 2010):

- οργανοληπτικές παραμέτρους: χρώμα, θολερότητα, γεύση, οσμή

- χημικές παραμέτρους: θερμοκρασία, ενεργός οξύτητα (pH), ηλεκτρική αγωγιμότητα, αλκαλικότητα, σκληρότητα, στερεά, ανόργανες παράμετροι (άζωτο, αργίλιο, αρσενικό κλπ.) και οργανικές παράμετροι (διοξίνες, υδρογονάνθρακες, χλωροφαινόλες, φαινόλες, κλπ.)
- μικροβιολογικές παραμέτρους: ιοί, βακτήρια, μύκητες, φύκη, πρωτόζωα.

Για τον έλεγχο του νερού η νομοθεσία καθορίζει τη συχνότητα και τη μεθοδολογία της δειγματοληψίας, καθώς και την παρακολούθηση των ποιοτικών παραμέτρων στην πηγή και στο δίκτυο ύδρευσης (δοκιμαστική, ελεγκτική). Πολλά από τα χαρακτηριστικά του νερού οφείλονται στην πηγή προέλευσής του αλλά μπορεί να προέρχονται από τη διέλευση του νερού στο δίκτυο (π.χ. σίδηρος από τα τοιχώματα) ή από την επεξεργασία του νερού λόγω προσθήκης χημικών (π.χ. υπολειμματικό χλώριο, τριαλογονομεθάνια κλπ.).

Τα παράπονα των καταναλωτών έχουν μεγάλη σημασία, καθώς αποτελούν πιθανές ενδείξεις σχετικά με προβλήματα ποιότητας του νερού. Η ποιότητα του νερού επιδεινώνεται με τον χρόνο παροχής, κυρίως εξαιτίας της ρύπανσης από την εσωτερική επιφάνεια των αγωγών. Στις επιφάνειες αυτές υπάρχουν ιζήματα που έχουν συσσωρευθεί λόγω συνθηκών χαμηλής παροχής, υπάρχουν προϊόντα διάβρωσης και βιομεμβράνες (βιοφιλμ) που αναπτύσσονται από την παρουσία μικροοργανισμών και βιοδιασπώμενων οργανικών ουσιών. Υπό κανονικές συνθήκες, η αυξανόμενη ηλικία του νερού οδηγεί στη μείωση των υπολειμμάτων των απολυμαντικών, στην αύξηση των ενώσεων τριαλογονομεθάνιων και στη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου (Savic & Banyard, 2011). Προβλήματα ποιότητας νερού παρουσιάζονται και στις περιπτώσεις διακοπόμενης παροχής νερού στα δίκτυα ύδρευσης.

Το πόσιμο νερό πρέπει τουλάχιστον να έχει τις εξής βασικές ιδιότητες: Να είναι άοσμο, άχρωμο, καθαρό και δροσερό. Πρέπει να είναι απαλλαγμένο από παθογόνα μικρόβια που προξενούν ενδημικές ή επιδημικές ασθένειες. Όταν βρεθούν στην ανάλυση τέτοια μικρόβια όπως τα βακτηρίδια Coli, σημαίνει ότι το νερό της ύδρευσης έρχεται σε επαφή με βόθρους ή υπονόμους (Ρέχα και Καραγεωργίου), (Χριστοδουλάκης, 1995). Στη χώρα μας ο χαρακτηρισμός της ποιότητας των πόσιμων υδάτων καθορίζεται με τη Διυπουργική Απόφαση, με αριθμό Α5/288/23-1-86(ΦΕΚ 53/Β/20-2-1986) για την ποιότητα του πόσιμου νερού σε συμμόρφωση προς την Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, με αριθμό 80/778 της 15/7/80.

Με την απόφαση αυτή καθορίζονται οι επιτρεπόμενες τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών, που χαρακτηρίζουν το νερό ως κατάλληλο για πόση. Οι τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών, του πόσιμου νερού πρέπει να είναι κατώτερες ή ίσες με τις τιμές, που προσδιορίζονται με τον τίτλο "ενδεικτικό επίπεδο". Παρεκκλίσεις από τις τιμές αυτές επιτρέπονται, προκειμένου να αντιμετωπιστούν :

- συνθήκες που έχουν σχέση με τη φύση και τη σύσταση του εδάφους στην περιοχή, η οποία τροφοδοτεί την υπό εξέταση πηγή
- συνθήκες που έχουν σχέση με εξαιρετικά μετεωρολογικά φαινόμενα ή πρόσκαιρες τεχνικές δυσχέρειες.

Οι παρεκκλίσεις δεν αφορούν σε καμιά περίπτωση, τους τοξικούς ή μικροβιολογικούς παράγοντες, και σε κάθε περίπτωση, πρέπει να αποκλείουν τους κινδύνους για τη

Δημόσια Υγεία. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, σύμφωνα με την απόφαση, που προαναφέρθηκε, ταξινομούνται σε 6 κατηγορίες :

- Οργανοληπτικές παράμετροι
- Φυσικοχημικές παράμετροι
- Παράμετροι που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες
- Παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες
- Μικροβιολογικές παράμετροι
- Ελάχιστη απαιτούμενη συγκέντρωση για το πόσιμο νερό που έχει υποστεί κατεργασία αποσκλήρυνσης

#### **1.1.4. ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**

Για την απολύμανση του νερού χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες χημικές ουσίες οι οποίες επιδρούν στο κύτταρο των μικροοργανισμών με αποτέλεσμα την καταστροφή τους. Ο τρόπος επίδρασης τους στο κυτταρικό τοίχωμα δεν έχει διασαφηνιστεί πλήρως. Ορισμένα απολυμαντικά επιδρούν στην διαπερατότητα του κυτταρικού τοιχώματος, ενώ οι χλωραμίνες και το διοξείδιο του χλωρίου παρεμβαίνουν στον ενζυματικό μηχανισμό. Η απολυμαντική ουσία μειώνει τον αρχικό πληθυσμό παθογόνων μικροοργανισμών κατά την διάρκεια συγκεκριμένου χρόνου επαφής.

Το αποτέλεσμα της απολύμανσης μπορεί να επηρεαστεί από την θολερότητα του νερού, επειδή οι αιωρούμενες οργανικές ή ανόργανες ουσίες παίζουν τον ρόλο ασπίδας προστασίας των παθογόνων μικροοργανισμών.

Επίσης, συγκεκριμένοι μικροοργανισμοί, όπως τα πρωτόζωα, αντέχουν στην χλωρίωση και είναι δυνατόν στην περίπτωση που είναι φορείς παθογόνων βακτηρίων και ιών να τους αποδώσουν στο υδάτινο περιβάλλον, επιβαρύνοντας την μικροβιολογική του εικόνα.<sup>1</sup>

## **1.2. ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ – ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ**

### **1.2.1. ΤΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ**

Η κατανόηση της επιστημονικής περιοχής της τεχνικής υδρολογίας διευκολύνεται από μια πρώτη σύντομη ξενάγηση στις παραδοσιακές χρήσεις του γλυκού νερού από τον άνθρωπο και στα αντίστοιχα συνήθη έργα. Συστηματικότερη ταξινόμηση των υδραυλικών έργων ακολουθεί στα επόμενα εδάφια αυτής της ενότητας.

Αστικά υδραυλικά έργα. Διακρίνονται σε υδρευτικά και αποχετευτικά έργα. Τα πρώτα εξασφαλίζουν τη σύλληψη και την ασφαλή μεταφορά του κατάλληλου νερού στα σημεία κατανάλωσής του για έξι παραδοσιακές χρήσεις: Οι δύο πρώτες (πόσιμο νερό και μαγείρεμα) είναι και ζωτικής για την επιβίωση του ανθρώπου, οι άλλες τρεις (καθαριότητα, παραγωγικές δραστηριότητες, δημοτικές χρήσεις) καλύπτουν πολιτιστικές και αναπτυξιακές ανάγκες, και η τελευταία χρήση την πυροπροστασία.

Οι υδρεύσεις γνώρισαν τις πρώτες περιόδους ακμής τη δεύτερη π.Χ. χιλιετία, στην Αίγυπτο, την Κίνα, την Περσία, την Κρήτη, κ.α. Ακολούθησε μια πρώτη μακρά σκοτεινή

περίοδος (1250 έως 800 π.Χ.), μέχρι την εμφάνιση των πρώτων συστηματικών έργων μικρής κλίμακας στην Αθήνα (Πεισίστρατος) και νόμων (Σόλωνας) κατά την άνθηση της κλασικής αρχαιοελληνικής περιόδου. Οι Ρωμαίοι, άριστοι μηχανικοί, κατασκεύασαν σε όλη την αυτοκρατορία τους μεγάλης κλίμακας υδρευτικά έργα, εξασφαλίζοντας υποδειγματικές για την εποχή τους συνθήκες υγιεινής και καθαριότητας. Η δεύτερη σκοτεινή περίοδος, ο Μεσαίωνας, χαρακτηρίζεται από μεγάλη οπισθοδρόμηση και στις υδρεύσεις, με συνέπεια τις μεγάλες επιδημίες και την αναπτυξιακή και πολιτιστική κατάρρευση. Η Αναγέννηση στη Δύση έθεσε τις βάσεις για την τεχνολογική έκρηξη και στις υδρεύσεις: Τα νέα υλικά κατασκευής δικτύων ύδρευσης υπό πίεση επέτρεψαν, από τις αρχές του 19ου αιώνα τη διανομή ασφαλούς πόσιμου νερού στις οικιακές βρύσες των πολυάριθμων αστικών πληθυσμών.

Στη μεταπολεμική Ελλάδα, από το 30% των νοικοκυριών που είχαν δίκτυο ύδρευσης στο σπίτι τους το 1950, ξεπεράσαμε το 90% στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Παράλληλα, η Ευρωπαϊκή Ένωση θεσμοθέτησε (Κοινοτική Οδηγία 80/778) και η ελληνική Κυβέρνηση νομοθέτησε πλήρεις και αυστηρές προδιαγραφές ποιότητας για το υδρευτικό νερό, με συστηματικούς ελέγχους για την τήρησή τους από τις διάφορες δημοτικές αρχές. Οι καταναλώσεις νερού ύδρευσης πολλαπλασιάστηκαν από τις αρχές του αιώνα μέχρι σήμερα και σε μέσο Ευρωπαϊκό επίπεδο ανέρχονται σε 100 έως 300 λίτρα ανά κάτοικο και ημέρα. Το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών σε υδρευτικό νερό καλύπτεται σήμερα από ταμειυτήρες που συλλέγουν τα επιφανειακά νερά, δεδομένου ότι τα ασφαλέστερα υπόγεια αποθέματα δεν επαρκούν για τις υδρευτικές ανάγκες των μεγάλων αστικών κέντρων.

Εγγειοβελτιωτικά έργα. Ο όρος αναφέρεται σε όλα τα τεχνικά έργα που έχουν ως τελικό σκοπό τη βελτίωση της “έγγειας προσόδου”, δηλαδή της παραγωγικότητας της γης σε φυτικές καλλιέργειες. Τα έργα αυτά αφενός περιορίζουν την αβεβαιότητα σε σχέση με την επίτευξη συγκομιδής, σε ότι αφορά το κρίσιμο θέμα των αναγκών σε νερό, και αφετέρου, σε οικονομικούς όρους, σταθεροποιούν θεαματικά τις συνθήκες παραγωγής στον πρωτογενή τομέα.

Οι αρδεύσεις των εδαφών, δηλαδή η μεταφορά και διανομή του απαραίτητου νερού για την προγραμματισμένη από τον άνθρωπο ανάπτυξη και καλλιέργεια των φυτών, συνδυάζονται με τις αποξηράνσεις, τις στραγγίσεις και τις ειδικές βελτιώσεις του εδάφους, δηλαδή φυσικά ή τεχνητά δίκτυα για την απομάκρυνση της περίσσειας διαλυτών αλάτων

και κατιόντων αλκαλιμετάλλων στο έδαφος (δεδομένου ότι τα αλατούχα και αλκαλιωμένα εδάφη αποτελούν κύριο χαρακτηριστικό των άγονων περιοχών). Εξ άλλου, οι καταστροφικές συνέπειες των πλημμυρών και στις γεωργικές εκτάσεις, επέβαλαν την αποτελεσματική προστασία τους με τα αντιπλημμυρικά έργα. Τα τελευταία περιλαμβάνουν προστατευτικά αναχώματα, αντιπλημμυρικές τάφρους και μεγάλους ταμειυτήρες, οι οποίοι συγκρατούν και αποθηκεύουν τα πλημμυρικά νερά για να τα αξιοποιήσουν πολλαπλά και προγραμματισμένα στις αρδεύσεις, τις υδρεύσεις και την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας την κατάλληλη εποχή.

Υδροενεργειακά έργα. Η συνεχής κυκλική, όχι μόνο υλική αλλά και ενεργειακή, ανανέωση των υδατικών αποθεμάτων χρησιμοποιήθηκε από τα βάθη της ιστορίας και για την παραγωγή πολύτιμου έργου, τόσο μεταφορικού όσο και καθαρά υδραυλικού, μέσω της δυναμικής ενέργειας των υδατορευμάτων. Οι υδάτινες μεταφορές και οι πρώτες υδραυλικές μηχανές λειτούργησαν στην εγγύς Ανατολή για τις μετακινήσεις και

τη μεταφορά μεγάλων φορτίων, την άντληση νερού και την άλεση (με υδρόμυλους) εδώ και 4000 χρόνια, και η χρήση τους ήταν γενικευμένη μέχρι τις αρχές του 20ου αιώνα. Η βιομηχανική παραγωγή, μεταφορά και διανομή της ευγενούς ηλεκτρικής ενέργειας κατέκτησε μέσα στον 20<sup>ο</sup> αιώνα σχεδόν όλες τις ανθρώπινες ανάγκες και δραστηριότητες.

Αποτέλεσμα αυτής της κατάκτησης είναι και η κατασκευή μεγάλης κλίμακας υδροηλεκτρικών έργων. Οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες εξάντλησαν σε μεγάλο ποσοστό το υδροδυναμικό τους και κατά συνέπεια η ηλεκτροπαραγωγή από μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα δεν αναμένεται να συμβάλει ουσιαστικά στην υποκατάσταση των συμβατικών καυσίμων. Στην Ελλάδα, όμως, μόνο το ένα τέταρτο του οικονομικά εκμεταλλεύσιμου υδροδυναμικού της χώρας χρησιμοποιείται σήμερα ή βρίσκεται υπό αξιοποίηση. Διαθέτουμε επομένως τεράστια ανεκμετάλλευτα αποθέματα εγχώριων, καθαρών και ανανεώσιμων υδατικών ενεργειακών πηγών.

Τα μεγάλα υδροηλεκτρικά έργα είναι πολλαπλής χρήσης αλλά και πολλαπλής οικονομικής ωφέλειας: Οι ταμειυτήρες τους διαφυλάσσουν τους πολύτιμους υδατικούς πόρους των αυξημένων χειμερινών απορροών για να τους διαθέσουν σε αρδεύσεις κατά την κρίσιμη θερινή περίοδο και σε υδρεύσεις, αποσοβώντας ταυτόχρονα τις φυσικές καταστροφές από τις πλημμύρες.

### **1.2.2. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ**

Υδρολογική μελέτη είναι η εφαρμογή της επιστήμης της τεχνικής υδρολογίας σε συγκεκριμένα έργα. Αξιοποιώντας τα διαθέσιμα δεδομένα, ο μελετητής καθορίζει πρώτα τις βασικές υδρολογικές παραμέτρους σχεδιασμού των έργων και στη συνέχεια συντάσσει ένα πρόγραμμα λειτουργίας και διαχείρισής τους. Επισημαίνεται βέβαια ότι, τόσο ο σχεδιασμός των έργων, όσο και η διαχείρισή τους, εξαρτάται και από πλήθος άλλων μη υδρολογικών παραμέτρων, όπως τοπογραφικών, εδαφοτεχνικών, κτλ. Η κατάταξη των υδρολογικών μελετών ακολουθεί την αντίστοιχη των υδραυλικών έργων και στηρίζεται στην εφαρμοσμένη από όλες τις οργανωμένες ανθρώπινες κοινωνίες κοινή πρακτική. Έτσι διακρίνουμε δύο κύριες κατηγορίες έργων:

1. Έργα ανάπτυξης και αξιοποίησης υδατικών πόρων: Αφορούν στην αναζήτηση των υδατικών αποθεμάτων και τη βέλτιστη χωροχρονική διανομή τους στις διάφορες χρήσεις και στους καταναλωτές.

2. Έργα προστασίας από υδρολογικούς κινδύνους: Αφορούν στην αντιμετώπιση των συνηθισμένων επιπτώσεων από την επιφανειακή απορροή αλλά και των έκτακτων υδρολογικών περιστατικών, δηλαδή των πλημμυρών και ξηρασιών.

### **1.2.3. ΈΡΓΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ**

Το τυπικό υδρολογικό μέρος της όλης μελέτης των αναπτυξιακών υδραυλικών έργων εξαρτάται άμεσα από το συγκεκριμένο τύπο των έργων που πρόκειται να κατασκευαστούν. Για μεθοδολογικούς λόγους μπορούμε να διακρίνουμε τους τύπους των έργων στις ακόλουθες κατηγορίες:

1. Έργα αξιοποίησης των άμεσα διαθέσιμων υδατικών πόρων (δηλαδή του υδατικού δυναμικού που μπορεί να αξιοποιηθεί χωρίς σημαντικές επεμβάσεις στη φυσική του δίαιτα). Στα έργα αυτά υπάγονται, μεταξύ άλλων,

- η καλλιέργεια και σύλληψη νερού από πηγές·
- η υδροληψία από φυσικά υδατορεύματα·
- η υδροληψία από φυσικές λίμνες·
- οι υδροληψίες υπόγειων υδάτων (πηγάδια και γεωτρήσεις), κτλ.

Στην κοινή πρακτική, ο μηχανικός καλείται να υπολογίσει με αντικειμενική αξιοπιστία τις μέσες ή ελάχιστες τιμές των διερχόμενων παροχών σε ορισμένες θέσεις και στις κατάλληλες χρονικές κλίμακες (π.χ. μηνιαία, εβδομαδιαία, ημερήσια). Καθορίζεται έτσι η απολήψιμη παροχή, που αποτελεί και τη βασική υδρολογική παράμετρο σχεδιασμού των αντιστοίχων αναπτυξιακών έργων.

2. Έργα ανάπτυξης των ολικών διαθέσιμων υδατικών πόρων (δηλαδή του συνολικά εκμεταλλεύσιμου υδατικού δυναμικού, μετά από σημαντικές επεμβάσεις στη φυσική δίαιτα με την κατασκευή μεγάλων υδραυλικών έργων), και συγκεκριμένα:

- ταμιευτήρες, για τη συγκέντρωση των επιφανειακών νερών και ρύθμιση της δίαιτάς τους σε υπερετήσια, ετήσια ή εποχιακή κλίμακα·
- έργα εκτροπής υδατικού δυναμικού από μια περιοχή σε άλλη·
- έργα εμπλουτισμού υπόγειων υδροφορέων με χειμερινά επιφανειακά νερά, κτλ.

Αξιοποιώντας το σύνολο της διαθέσιμης υδρολογικής πληροφορίας σε κατάλληλες χρονικές κλίμακες (π.χ. μηνιαία), ο υδρολόγος μηχανικός καθορίζει μια σειρά παραμέτρων σχεδιασμού των αντιστοίχων δυνατών αναπτυξιακών έργων, όπως είναι οι όγκοι εισροών, απωλειών (εξατμοδιαπνοής, διαφυγών, κτλ.) και απολήψεων, παροχές σχεδιασμού, χωρητικότητες ταμιευτήρων. Κατά κανόνα η υδρολογική μελέτη καθορίζει ένα σύνολο εναλλακτικών παραμέτρων σχεδιασμού και η τελική λύση επιλέγεται στη συνέχεια με τεχνικοοικονομικά κριτήρια.

3. Έργα μεταφοράς και διανομής του νερού (δηλαδή υδραγωγεία και δίκτυα διανομής του υδρευτικού ή αρδευτικού νερού στους καταναλωτές). Εδώ το βασικό αντικείμενο της τεχνικής υδρολογίας είναι η εκτίμηση των υδατικών αναγκών για τις διάφορες χρήσεις νερού και της κατανομής τους στο χρόνο, μέσω των οποίων καθορίζονται οι παροχές σχεδιασμού.

### **1.3. ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**

#### **1.3.1. 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 υδροφόρας, 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).



Πιο συγκεκριμένα, στα δίκτυα ύδρευσης, οποιοδήποτε σημείο διαφυγής του νερού, αποτελεί σημείο κατανάλωσης ή ζήτησης νερού. Στα σημεία αυτά το νερό διαφεύγει είτε για την κάλυψη των αναγκών των καταναλωτών, είτε ως απώλεια. Η συνολική κατανάλωση νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης, αποτελεί ίσως το βασικότερο παράγοντα για την υδραυλική επίλυσή του.

### 1.3.2. Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η συνολική κατανάλωση σε έναν οικισμό, μπορεί να περιλαμβάνει τις εξής επιμέρους χρήσεις ή συνιστώσες:

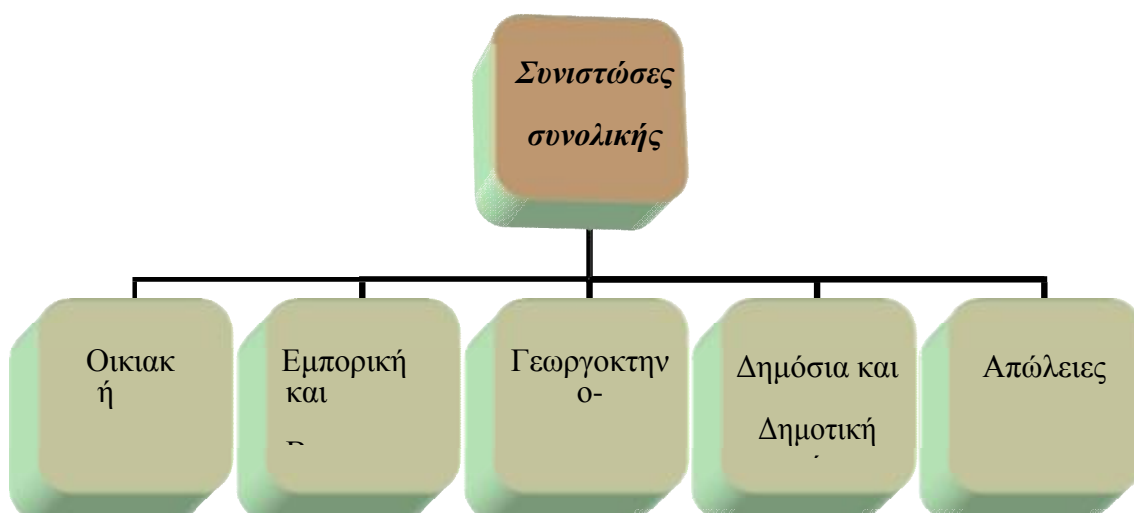
**Οικιακή χρήση:** Αναφέρεται κυρίως στις κατοικίες. Αντιστοιχεί στην ποσότητα του νερού που απαιτείται για την κάλυψη όλων των αναγκών ενός νοικοκυριού. Πιο συγκεκριμένα στις οικιακές χρήσεις περιλαμβάνεται το πόσιμο νερό, η ατομική καθαριότητα (ντους ή λουτρό, πλύσιμο χεριών και δοντιών, ξύρισμα), οι ανάγκες της κουζίνας (μαγείρεμα, πλύσιμο πιάτων), το πλύσιμο των ρούχων, το καζανάκι της τουαλέτας, η καθαριότητα του σπιτιού, το πλύσιμο του αυτοκινήτου, η άρδευση ιδιωτικού κήπου.

**Εμπορική και Βιομηχανική χρήση:** Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται οι καταναλώσεις σε βιομηχανίες, βιοτεχνίες, γραφεία, εμπορικά καταστήματα, κρεοπωλεία, αρτοποιεία, εστιατόρια, ζαχαροπλαστεία, κουρεία, ξενοδοχεία, κλπ.

**Γεωργοκτηνοτροφική χρήση:** Είναι η κατανάλωση που αντιστοιχεί σε περιορισμένη άρδευση και στη λειτουργία κτηνοτροφικών μονάδων, σφαγείων κ.τ.λ.

**Δημόσια και Δημοτική χρήση:** Είναι η ποσότητα του νερού που καταναλώνεται από δημόσια κτίρια, όπως σχολεία, νοσοκομεία, ιδρύματα, κτίρια διοίκησης, εκκλησίες, από λιμενικές εγκαταστάσεις, αεροδρόμια, σιδηροδρομικούς σταθμούς, για το πλύσιμο των δρόμων, για σιντριβάνια και δημόσιες κρήνες, για άρδευση δημοτικών κήπων, για πυρόσβεση κ.τ.λ.

**Απώλειες:** Η συνιστώσα αυτή αναφέρεται σε όλες τις ποσότητες του νερού που δεν χρεώνονται σε συγκεκριμένους καταναλωτές και στην ουσία χάνονται από το δίκτυο, εξ αιτίας διαφόρων παραγόντων. Για παράδειγμα οι απώλειες μπορεί να οφείλονται σε διαρροές ή θραύσεις του δικτύου, σε διαρροές ή υπερχειλίση των δεξαμενών, σε διαρροές λόγω βλαβών, σε εξάτμιση, σε παράνομες συνδέσεις με το δίκτυο, σε ποσότητες που καταναλώνονται αλλά δεν καταγράφονται λόγω ανακριβειών των μετρητών (χαλασμένοι μετρητές), σε καταναλώσεις των ίδιων των εγκαταστάσεων ύδρευσης.



### **Εικόνα 1.3: Συνιστώσες συνολικής κατανάλωσης.**

Οι επιμέρους καταγραφόμενες τιμές κατανάλωσης παρουσιάζουν συχνά σημαντικές διακυμάνσεις από οικισμό σε οικισμό, επειδή αφ ενός η ζήτηση και αφ ετέρου οι απώλειες, επηρεάζονται ανάλογα, από τοπικές συνθήκες και πολλαπλές παραμέτρους λειτουργίας, που μπορεί να διαφέρουν κατά περίπτωση, όπως:

- Η ηλικία του δικτύου
- Το επίπεδο συντήρησής του
- Η ποιότητα κατασκευής των οικιακών εγκαταστάσεων
- Η ακρίβεια των συστημάτων μέτρησης των παροχών στα έργα κεφαλής και των επιμέρους υδρομετρητών στους καταναλωτές
- Η έκταση τυχόν παρανόμων παροχών ή υδροληψιών χωρίς υδρομετρητή
- Το εφαρμοζόμενο σύστημα τιμολόγησης
- Οι πολιτιστικές συνήθειες και οι οικονομικές δυνατότητες των καταναλωτών
- Το τεχνολογικό επίπεδο βιομηχανικής παραγωγής
- Η διαθεσιμότητα υδατικών πόρων

Συνεπώς, η προεκτίμηση των υδρευτικών αναγκών ενός οικισμού, αποτελεί λεπτομερή ανάλυση, με παράλληλη αξιολόγηση των τοπικών συνθηκών και ειδικών λειτουργικών παραμέτρων, όπως αυτές που ήδη αναφέρθηκαν.

### **1.3.3. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

Η διαχείριση των δικτύων ύδρευσης αστικών περιοχών αποτελεί σήμερα ένα από τα σημαντικότερα πεδία έρευνας στις αναπτυσσόμενες και τις αναπτυσσόμενες χώρες. Παρόλο που η κατανάλωση νερού για ύδρευση δεν ξεπερνά το 10% της συνολικής χρήσης νερού (άρδευση, βιομηχανία/βιοτεχνία, ύδρευση), επηρεάζει το σύνολο του πληθυσμού και για τον λόγο αυτό θεωρείται σημαντική. Επιπλέον, παράγοντες όπως, οι υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές που πρέπει να πληροί το νερό ύδρευσης, τα υψηλά κόστη σχετιζόμενα με το πάγιο κόστος έργων υδροληψίας, μεταφοράς, επεξεργασίας και διανομής νερού από τα οποία συνοδεύεται και η διαφαινόμενη κλιματική αλλαγή που επηρεάζει άμεσα τους υδατικούς πόρους, αποτελούν τους κύριους λόγους για τους οποίους πολλοί ερευνητές διεθνώς, τις τελευταίες δεκαετίες έχουν εστιάσει τις έρευνές τους στην ορθολογική διαχείριση των δικτύων ύδρευσης. Μια διαχείριση με όρους, τόσο κοινωνικής ισότητας, όσο και οικονομικής εφικτότητας και ανταποδοτικότητας.

Οι απώλειες νερού στα συστήματα παροχής και διανομής νερού αποτελούν ένα παγκόσμιο πρόβλημα που χρήζει άμεσης αντιμετώπισης. Οι απώλειες λόγω διαρροών, παράνομων συνδέσεων και σπατάλης αντιπροσωπεύει, σε κάποιες χώρες, ποσοστό μεγαλύτερο από το 35% του πόσιμου νερού. Από το 1950 μέχρι σήμερα έχει υπερτριπλασιαστεί η παγκόσμια κατανάλωση νερού, αναπτυσσόμενη με διπλάσιους τουλάχιστον ρυθμούς, απ' ό,τι η αύξηση του πληθυσμού. Η προσφορά όμως του νερού δεν είναι δεδομένη, έχει κάποια ανώτερα όρια. Είναι αναγκαία, επομένως, η βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων στο πλαίσιο της αξιοβίωτης περιβαλλοντικής διαχείρισης (επιδίωξη διαχρονικής μείωσης του κόστους ίσης ευκαιρίας μεταξύ χρηστών ή/και εντός της ίδιας χρήσης).

Εκτός των άλλων, η εξοικονόμηση νερού οδηγεί σε εξοικονόμηση ενέργειας, αφού - σύμφωνα με στοιχεία - 2-3% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας χρησιμοποιούνται για την άντληση και τον καθαρισμό των υδάτων στις πόλεις και στις βιομηχανίες. Για τον ανεφοδιασμό σε νερό και προκειμένου να αντιμετωπιστούν προβλήματα ξηρασίας, απαιτούνται ενεργοβόρες δράσεις, όπως η αφαλάτωση.

Τα συστήματα παροχής νερού είναι μαζικοί καταναλωτές ενέργειας, η οποία καταναλώνεται σε καθένα από τα στάδια παραγωγής νερού και της αλυσίδας παροχής: ξεκινώντας από την άντληση του νερού μέχρι τη μονάδα επεξεργασίας, σε όλη τη διαδικασία επεξεργασίας και στη διανομή του νερού μέσω του δικτύου (Feldman, 2009). Το νερό και η ενέργεια συνδέονται στενά. Οι περισσότερες από τις διαδικασίες μεγάλου μεγέθους μετατροπής ενέργειας καταναλώνουν νερό, ενώ –αντίστοιχα– η βιώσιμη διαχείριση αστικού νερού απαιτεί σημαντικές ποσότητες ενέργειας. Μεγάλες απώλειες ενέργειας υπάρχουν εξαιτίας των διαρροών νερού ή της μη αποτελεσματικής χρήσης του. Όταν ο μέσος όρος των απωλειών νερού παγκοσμίως εκτιμάται σε 30-50%, η ίδια ποσότητα ενέργειας χάνεται (Feldman, 2009).

#### **1.3.4. ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**

Μια σημαντική μονάδα μέτρησης της κατανάλωσης νερού είναι η ανά κάτοικο μέση ημερήσια κατανάλωση (mean QH) ή ατομική κατανάλωση. Η μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση εκφράζει τον όγκο του νερού που αντιστοιχεί σε κάθε κάτοικο μιας περιοχής κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου και προκύπτει από τη διαίρεση του καταναλισκόμενου νερού μιας πόλης κατά τη διάρκεια ενός χρόνου δια του αντίστοιχου αριθμού των κατοίκων. Εκφράζεται σε λίτρα (L) ανά κάτοικο και 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 ποσοστά οικιακής, βιομηχανικής, δημόσιας κατανάλωσης αλλά και ένα ποσοστό απωλειών.

Η ανά κάτοικο οικιακή κατανάλωση περιλαμβάνει το νερό που χρησιμοποιεί ένας άνθρωπος κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου για πόση, για μαγείρεμα, για ατομική καθαριότητα και πλύσιμο της λεκάνης της τουαλέτας, πλύσιμο ρούχων και πιάτων, πότισμα κήπων και πλύσιμο αυτοκινήτου. 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.

Όσο ανεβαίνει το βιοτικό επίπεδο, αλλάζουν και οι χρήσεις ή απαιτήσεις του κόσμου για νερό. Αυτό αποδεικνύεται, κυρίως, με τη συνεχώς αυξανόμενη οικιακή χρήση νερού, ιδιαίτερα για την προσωπική υγιεινή στις ανεπτυγμένες χώρες. Η τάση αυτή αλλάζει μόνο όπου οι συνειδητοποιημένοι πολίτες περιορίζουν τη σπατάλη και επιτυγχάνουν μείωση της κατανάλωσης νερού.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, η πολλαπλότητα και συνθετότητα των παραγόντων που υπεισέρχονται, διαμορφώνουν κατά κατηγορία χρήσης, τόσο μεγάλα περιθώρια διακύμανσης της κατανάλωσης νερού, ώστε συχνά η συνολικά διαμορφούμενη ζήτηση να διαφέρει σημαντικά από πόλη σε πόλη ή ακόμα και από οικισμό σε οικισμό. Παρακάτω παραπέμπονται στοιχεία κατανάλωσης για διάφορες ελληνικές πόλεις. Από τον πίνακα προκύπτει ότι η μέση τιμή κατανάλωσης ανά άτομο είναι 136 L.

α/α	Δ.Ε.Υ.Α.	Κατανάλωση (L / κάτ.ημ.)
1	Αγρινίου	135,34
2	Αιγινίου	182,65
3	Αλεξανδρούπολης	133,94
4	Αμαλιάδας	64,94
5	Αργους	109,59
6	Άρτας	111,23
7	Βέροιας	91,48
8	Γιαννιτσών	125,24
9	Ηρακλείου	114,16
10	Θήβας	109,59
11	Ιωαννίνων	130,89
12	Καλαμάτας	135,46
13	Καρδίτσας	125,01
14	Καστοριάς	66,32
15	Κατερίνης	140,38
16	Κέρκυρας	90,25
17	Κοζάνης	161,16
18	Κομοτηνής	136,99
19	Κορίνθου	146,12
20	Κω	224,46
21	Λαμίας	174,78
22	Λάρισας	146,12
23	Λιβαδειάς	168,12
24	Μυτιλήνης	132,03
25	Ναυπλίου	130,85
26	Ξάνθης	116,44
27	Ορεστιάδας	65,75
28	Πάτρας	143,84
29	Πρέβεζας	140,99
30	Πτολεμαΐδας	82,19
31	Πύργου	54,79
32	Ρεθύμνης	182,65
33	Ρόδου	205,48
34	Σπάρτης	147,15
35	Τρικάλων	179,33
36	Φλώρινας	146,12
37	Χαλκίδας	150,44
38	Χανίων	273,97
39	Χίου	126,45
	Ελάχιστη τιμή	54,8
	Μέγιστη τιμή	274,0
	<b>Μέση τιμή</b>	<b>136,0</b>

**Πίνακας 1.1: Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, 39 ελληνικών πόλεων.**

Για λόγους γενικότερης σύγκρισης, παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα, στοιχεία ανηγμένης συνολικής κατανάλωσης για διάφορες ευρωπαϊκές πόλεις. Και στην περίπτωση αυτή, παρατηρείται μεταβολή της μέσης ανά κάτοικο ημερήσιας κατανάλωσης, μεταξύ ευρύτατων ορίων. Και στις ΗΠΑ οι αντίστοιχες τιμές κυμαίνονται ευρύτατα και μάλιστα μεταξύ 130 και 1900 L / κάτ.ημ., ανάλογα με τη

συμμετοχή της βιομηχανίας. Μέσες τιμές μεταξύ 380 και 760 L / κάτ.ημ. είναι συνήθεις ενώ η τιμή των 570 L / κάτ.ημ. θεωρείται ότι αποτελεί ένα γενικό μέσο όρο και χρησιμοποιείται για εφαρμογές σε κανονικές συνθήκες ζήτησης.

Πόλη	Κατανάλωση (L / κάτ.ημ.)
Κοπεγχάγη	278
Αθήνα	280
Μόναχο	288
Βιέννη	296
Λισαβόνα	300
Βαρκελώνη	303
Ντίσελντορφ	332
Ελσίνκι, Παρίσι	410
Ρώμη	423
Ζυρίχη	444
Στοκχόλμη	462
Όσλο	616

**Πίνακας 1.2: Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, διάφορων ευρωπαϊκών πόλεων**

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι μεταβολές που παρατηρούνται στην μέση ανά κάτοικο ημερήσια κατανάλωση ανάμεσα σε διαφορετικές χώρες.

Χώρα	Κατανάλωση (L / κάτ.ημ.)
Βέλγιο	108
Γαλλία	147
Γερμανία	146
Δανία	194
Φιλανδία	156
Βρετανία	132
Ιταλία	220
Λουξεμβούργο	171
Ολλανδία	159
Νορβηγία	175
Αυστρία	131
Σουηδία	199
Ελβετία	264
Ισπανία	158
Ουγγαρία	150
Ελλάδα	130
ΗΠΑ	300
Αφρική	20 – 50
Παλαιστίνη	20 – 30
Ισραήλ	170

**Πίνακας 1.3: Μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο, διάφορων χωρών, το 1986.**

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται ενδεικτικά οι ποσότητες του νερού που αντιστοιχούν σε οικιακή κατανάλωση για κάθε χρήση χωριστά, για μια ευρωπαϊκή χώρα, τη Γερμανία αλλά και τις Η.Π.Α.

Δραστηριότητα	(L / κάτ.ημ.)
---------------	---------------

Πόση και μαγείρεμα	3 – 5
Πλύσιμο πιάτων	10 – 20
Ατομική καθαριότητα χωρίς λουτρό	10 – 15
Ντους και λουτρό	50 – 100
WC	40 – 50
Καθαριότητα χώρου	10 -15
Πλύσιμο ρούχων	15 – 30
Πότισμα κήπου και πλύσιμο αυτοκινήτου	9 – 15
Συνολική κατανάλωση νερού	<b>147 – 250</b>

**Πίνακας 1.4: Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στη Γερμανία.**

<b>Δραστηριότητα</b>	<b>(L / κάτ.ημ.)</b>
Πόση και μαγείρεμα	35
Πλύσιμο πιάτων	9
Ντους και λουτρό	87
WC	82
Διαρροές WC	15
Πλύσιμο ρούχων	64
Συνολική κατανάλωση νερού	<b>292</b>

**Πίνακας 1.5: Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στις ΗΠΑ.**

<b>Δραστηριότητα</b>	<b>(L / κάτ.ημ.)</b>
Πόση και μαγείρεμα	32
Πλύσιμο πιάτων	4
Ντους και λουτρό	59
WC	52
Διαρροές WC	30
Πλύσιμο ρούχων	50
Συνολική κατανάλωση νερού	<b>227</b>

**Πίνακας 1.6: Επί μέρους κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση στις ΗΠΑ σε νοικοκυριά με εξοικονόμηση νερού.**

Σε γενικές γραμμές, οι παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν στη διαφοροποίηση της ζήτησης από χώρα σε χώρα , από πόλη σε πόλη αλλά και από οικισμό σε οικισμό ποικίλουν. Ενδεικτικά αναφέρονται οι παρακάτω:

- Η διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων της κάθε περιοχής.
- Οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν.
- Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται το δίκτυο ύδρευσης.
- Ο βαθμός συντήρησης του δικτύου ύδρευσης.
- Οι καθημερινές συνήθειες των κατοίκων της περιοχής.
- Ο βαθμός ευαισθητοποίησης των κατοίκων, σε πιθανή έλλειψη νερού.

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία, το 5 – 20 % του νερού, που καταναλώνεται καθημερινά, χρησιμοποιείται από τα νοικοκυριά. Σε αντίθεση με παλαιότερες χρονικές περιόδους, όπου κάθε νοικοκυριό αναλάμβανε από μόνο του την εξασφάλιση νερού μέσω της μεταφοράς του από πηγές και πηγάδια, τώρα το νερό προσφέρεται με ένα

απλό άνοιγμα της βρύσης. Η εύκολη πρόσβαση και η αυξημένη χρήση του, κυρίως, στον τομέα της προσωπικής υγιεινής έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται χρόνο με το χρόνο η κατανάλωσή του. Το νερό, που τρέχει από τη βρύση του σπιτιού μας, είναι καθαρό πόσιμο νερό, που όμως χρησιμοποιείται και για χρήσεις, που δεν απαιτείται η τροφοδότηση με καθαρό πόσιμο νερό. Το 40 % του νερού απορρίπτεται από την τουαλέτα. Η υπόλοιπη ποσότητα χρησιμοποιείται ως εξής: το 25% χρησιμοποιείται στο ντους και στο μπάνιο, το 20% στο πλύσιμο των ρούχων και των πιάτων, το 10% στην κουζίνα και το 5% στο καθάρισμα.

Στη σημερινή εποχή, πίνουμε ή χρησιμοποιούμε καθημερινά για μαγείρεμα δύο έως τρία λίτρα νερού, κατά άτομο. Περίπου 145 L καταναλώνονται καθημερινά στην τουαλέτα, το μπάνιο, την περιποίηση του σώματος, το πλύσιμο ρούχων ή πιάτων, την καθαριότητα του σπιτιού, το πότισμα των λουλουδιών.

Στην Ελλάδα, το 90% των ελληνικών νοικοκυριών έχουν πρόσβαση σε δίκτυο ύδρευσης, έναντι 30% τη δεκαετία του 50. Η χρήση νερού για ύδρευση έχει αυξηθεί κατά 45% σε σχέση με το 1980 και η αυξητική τάση διατηρείται. Η αύξηση αυτή συνδέεται, κυρίως με την αύξηση της οικοδόμησης, τη χρήση σύγχρονων πιο υδροφόρων συσκευών (π.χ. πλυντήρια) και σύγχρονων ανέσεων (π.χ. κήπτοι, μπάνια, πισίνες κ.τ.λ.).

Η μεγαλύτερη αστική ζήτηση 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 m<sup>3</sup> 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.

Όσον αφορά τα νησιά, η κατανάλωση του νερού έχει αλλάξει δραματικά ως αποτέλεσμα των αλλαγών, που συντελέστηκαν στις καθημερινές συνήθειες των ανθρώπων όσο και εξαιτίας του τουρισμού. Σύμφωνα με μελέτη του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, είκοσι νησιά των Κυκλάδων και της Δωδεκάνησο αναμένεται να αντιμετωπίσουν αύξηση των ελλειμμάτων νερού από 25 – 40% στα επόμενα χρόνια. Στα άνυδρα νησιά καταλέγονται, σύμφωνα με τη μελέτη του Ε.Μ.Π., τα νησιά των Κυκλάδων Τήνος, Κίμωλος, Μήλος, Αμοργός, Φολέγανδρος, Σίκινος, Σχοινούσα, Δονούσα, Κουφονήσι, Ηρακλειά, Θηρασία και τα νησιά των Δωδεκανήσων Λειψοί, Μεγίστη, Αγαθονήσι, Νίσυρος, Πάτμος, Σύμη, Χάλκη, Κάλυμνος και Ψέριμος.

Την τελευταία δεκαετία μεταφέρθηκαν με πλοία – υδροφόρες 6.000.000 m<sup>3</sup> νερού από τη Ρόδο, το Λαύριο και την Ελευσίνα. Παρόλα αυτά, αναμένεται μέσα στην επόμενη δεκαετία το υδατικό έλλειμμα στις Κυκλάδες να φτάσει τα 1,3 εκατομμύρια m<sup>3</sup> και στα Δωδεκάνησα τα 1,6 εκατομμύρια m<sup>3</sup> , αν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις στην κατανάλωση νερού.

### **1.3.5. ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ**

Η κατανάλωση νερού στα δίκτυα διανομής του, δε διατηρείται χρονικά σταθερή, αλλά παρουσιάζει τόσο κατά τη διάρκεια του έτους, όσο και της ημέρας διάφορες διακυμάνσεις, των οποίων το εύρος 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:** Αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της κατανάλωσης κατά τη διάρκεια της μέρας, η οποία οφείλεται στις καθημερινές συνήθειες και δραστηριότητες των καταναλωτών.

**Εβδομαδιαία διακύμανση της κατανάλωσης:** Η κατανάλωση μιας υδροδοτούμενης περιοχής διαφέρει τις ημέρες της εβδομάδας. Οι μεταβολές γίνονται εντονότερες όσο αυξάνεται το εύρος της υδροδοτούμενης περιοχής και όσο αυξάνεται το ποσοστό της βιομηχανικής και βιοτεχνικής κατανάλωσης. Συνήθως η κατανάλωση είναι μικρότερη το Σάββατο και την Κυριακή αλλά και τις ημέρες των εορτών (Πάσχα, Χριστούγεννα).

**Μηνιαία διακύμανση της κατανάλωσης:** Αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της κατανάλωσης που παρατηρείται ανά μήνα, στη διάρκεια ενός έτους.

**Εποχιακή διακύμανση της κατανάλωσης:** Αντιπροσωπεύει τη μεταβολή της κατανάλωσης η οποία οφείλεται κυρίως στην αύξηση του τουριστικού ρεύματος και η οποία παρατηρείται ορισμένες εποχές του χρόνου. Για παράδειγμα, εξαιτίας του τουρισμού, η κατανάλωση νερού κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του χειμώνα.

**Μακροπρόθεσμη διακύμανση της κατανάλωσης:** Αντιπροσωπεύει μελλοντική μεταβολή της κατανάλωσης, η οποία οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, όπως, σε πιθανή αύξηση του πληθυσμού στο μέλλον, στην περαιτέρω ανάπτυξη της βιομηχανίας και βιοτεχνίας, σε κλιματικές αλλαγές, σε αλλαγή του βιοτικού επιπέδου των καταναλωτών, αύξηση ή μείωση του μη κοστολογημένου νερού κ.τ.λ.

Οι εποχιακές διακυμάνσεις συναρτώνται κύρια με το κλίμα, και προσδιορίζουν τη μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ( $\max Q_H$ ) και τη μέγιστη μηνιαία κατανάλωση, ενώ μέσα σε ένα 24ώρο, η επαλληλία των χρήσεων, συντελεί ώστε η ζήτηση να εμφανίζεται μεγαλύτερη ορισμένες ώρες της ημέρας, διαμορφώνοντας τη μέγιστη ωριαία κατανάλωση ( $\max Q_\Omega$ ) και σημαντικά μειωμένα κατά τις νυκτερινές. Παρακάτω αναλύονται εκτενέστερα η μέγιστη ημερήσια και η μέγιστη ωριαία κατανάλωση οι οποίες αποτελούν ανάγκες αιχμής για το δίκτυο. Εκφράζονται με τη χρήση κάποιων συντελεστών, οι οποίοι ονομάζονται πολλαπλασιαστές της ζήτησης.

**Μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ( $\max Q_H$ )**

Το εύρος των εποχιακών διακυμάνσεων μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το μέγεθος του υδρευόμενου οικισμού και ευθέως ανάλογα με τη συμμετοχή στη διαμόρφωση της συνολικής ζήτησης, χρήσεων με εξάρτηση από τις κλιματικές αλλαγές, όπως η άρδευση κήπων, το κατάβρεγμα δρόμων ή βεραντών κ.τ.λ. Αντίστοιχα η παρουσία επαγγελματικών και βιομηχανικών καταναλώσεων επιδρά εξισωτικά.

Η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ( $\max Q_H$ ) αντιπροσωπεύει τη μέση ημερήσια κατανάλωση κατά την ημέρα της μεγαλύτερης ζήτησης νερού. Προκύπτει με προσαύξηση της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης ( $\text{mean } Q_H$ ), με βάση έναν πολλαπλασιαστικό συντελεστή  $\lambda_1$ , οποίος καλείται συντελεστής μέγιστης ημερήσιας



κατανάλωσης ή συντελεστής αιχμής. Γενικά ο συντελεστής αυτός ισούται με το λόγο της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης προς τη μέση ημερήσια κατανάλωση, δηλαδή ισχύει:

Η εκτίμηση του κατάλληλου συντελεστή αποτελεί παραδοχή, την οποία ο μηχανικός πρέπει να κάνει με βάση ιστορικά στοιχεία του δεδομένου δικτύου, χρήσεων και περιοχής, ή βιβλιογραφία. Σε περιπτώσεις όπου δε δίνονται αναλυτικά στοιχεία συνήθως χρησιμοποιείται για το συντελεστή  $\lambda_1$  η τιμή  $\lambda_1 = 1,5$  ή και μεγαλύτερη

Σε περιοχές με θερινό τουρισμό ο  $\lambda_1$  μπορεί να ξεπερνά αρκετά την παραπάνω τιμή. Επίσης, διαχρονικά οι τιμές του συντελεστή αυτού μπορεί να διαφέρουν επηρεαζόμενες από κλιματικά συμβάντα χαμηλής συχνότητας, όπως ασυνήθεις καύσωνες, ξηρασίες κ.λ.π. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του καύσωνα του Ιουλίου του 1987, όταν στην Αθήνα η ζήτηση ξεπέρασε την δυναμικότητα των εγκαταστάσεων διύλισης, καθώς και την παροχετευτικότητα του εσωτερικού δικτύου της πόλης, με αποτέλεσμα να πέσει η πίεση στο δίκτυο και να διακοπεί η ροή σε πολλές συνοικίες.

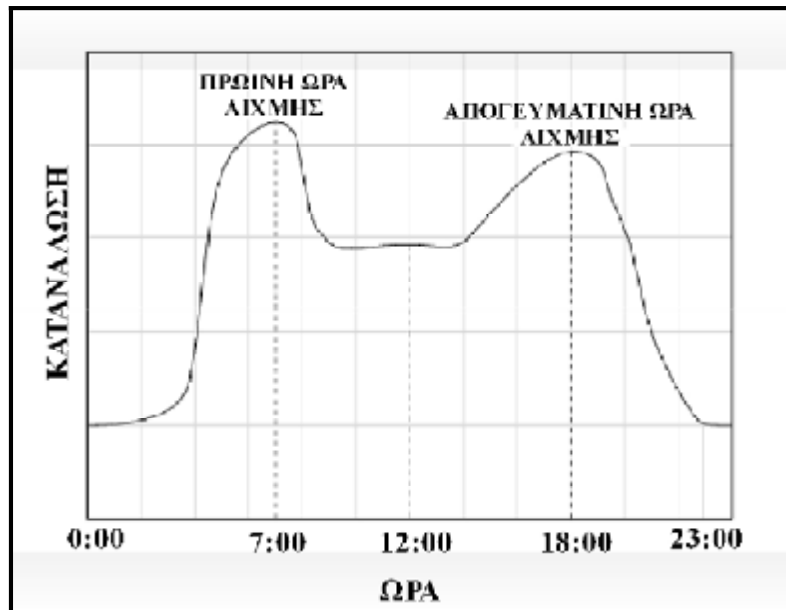
Ο προσδιορισμός του συντελεστή  $\lambda_1$  και της μέγιστης ημερήσιας κατανάλωσης αποτελεί κρίσιμη επιλογή, καθοριστική για το σχεδιασμό της δυναμικότητας του εξωτερικού υδραγωγείου (απόδοση γεωτρήσεων, παροχετευτικότητα εξωτερικών έργων μεταφοράς, δυναμικότητα διυλιστηρίων, χωρητικότητα δεξαμενών) ενός οικισμού, αφού η αδιάκοπη λειτουργία του δικτύου ύδρευσης, αποτελεί σήμερα πρωταρχική ποιοτική απαίτηση. Βεβαίως η απαίτηση υψηλής αξιοπιστίας του συστήματος δε δικαιολογεί την ανεξέλεγκτη υπερδιαστασιολόγηση και η αντιμετώπιση ακραίων μεγεθών ζήτησης χαμηλής συχνότητας, όπως αυτά που προαναφέρθηκαν, πρέπει να περιλαμβάνει και τη συστηματική ενημέρωση και εξασφάλιση της συνεργασίας των χρηστών.

Το εύρος της ωριαίας διακύμανσης μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το μέγεθος του υδρευόμενου οικισμού και ευθέως ανάλογα με τη συμμετοχή στη διαμόρφωση της συνολικής ζήτησης, χρήσεων που συμπίπτουν χρονικά. Και σε αυτήν την περίπτωση, η ύπαρξη επαγγελματικών και βιομηχανικών χρήσεων επιδρά εξισωτικά. Οι ώρες εμφάνισης των αιχμών στη διάρκεια του 24ώρου, διαφέρουν κατά περίπτωση.

Ο συνδυασμός αυτός δίνει τη μέγιστη ωριαία κατανάλωση κατά την ημέρα αιχμής, όταν είναι γνωστός ο όγκος της μέσης ημερήσιας κατανάλωσης. Η μέγιστη ωριαία κατανάλωση αποτελεί την παροχή σχεδιασμού των αγωγών του εσωτερικού υδραγωγείου.

### **1.3.6. ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ**

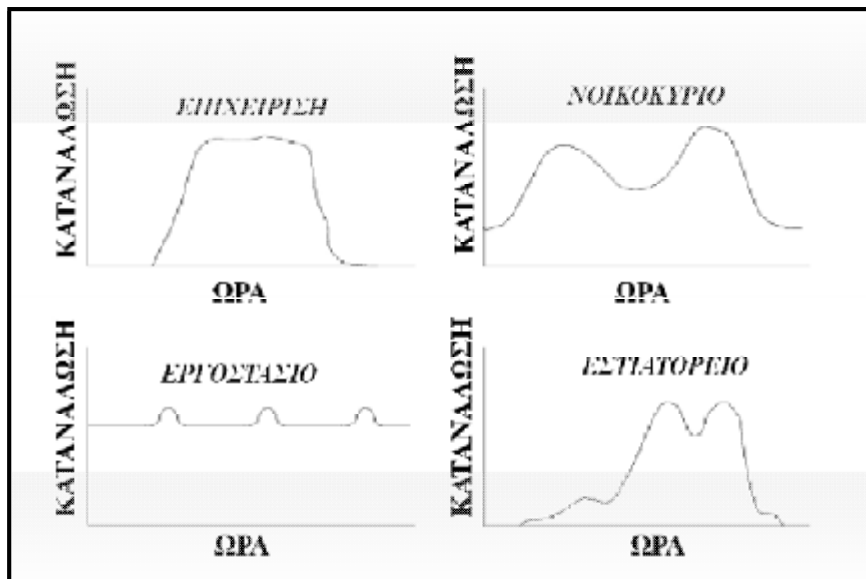
Κάθε δίκτυο ύδρευσης μπορεί να επιλυθεί, μέσω λογισμικών προγραμμάτων, είτε θεωρώντας σταθερή κατανάλωση στους κόμβους, όπου γίνεται έλεγχος για τη δυσμενέστερη κατανάλωση (steady – state simulation), είτε σε διακριτά χρονικά βήματα, θεωρώντας χρονικά μεταβαλλόμενη κατανάλωση (extended – period simulation). Κατά την προσομοίωση χρονικά μεταβαλλόμενης κατάστασης ένα λογισμικό πρόγραμμα εκτός από τα βασικά δεδομένα που αφορούν την κατανάλωση σε κάθε κόμβο, απαιτεί και περαιτέρω πληροφορίες για τον τρόπο με τον οποίο η κατανάλωση μεταβάλλεται στο χρόνο.



**Διάγραμμα 2.2: Ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης.**

Τα προγράμματα αυτά για να εκφράσουν τη διακύμανση της κατανάλωσης στο χρόνο, χρησιμοποιούν μια σειρά συντελεστών που ονομάζονται πολλαπλασιαστές της ζήτησης. Οι πολλαπλασιαστές αυτοί προκύπτουν από το λόγο της κατανάλωσης τη χρονική στιγμή  $i$  προς κάποια κατανάλωση που ο χρήστης έχει ορίσει. Η κατανάλωση που θα ορίσει ο χρήστης μπορεί να είναι η μέση ημερήσια κατανάλωση, η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση ή η μέγιστη ωριαία κατανάλωση. Όπου :

- λ<sub>ι</sub> : συντελεστής διακύμανσης της κατανάλωσης.
- Q<sub>ι</sub> : Η κατανάλωση την χρονική στιγμή  $i$ .
- Q<sub>βάσης</sub> : Η κατανάλωση που επιλέγεται ως κατανάλωση βάσης.



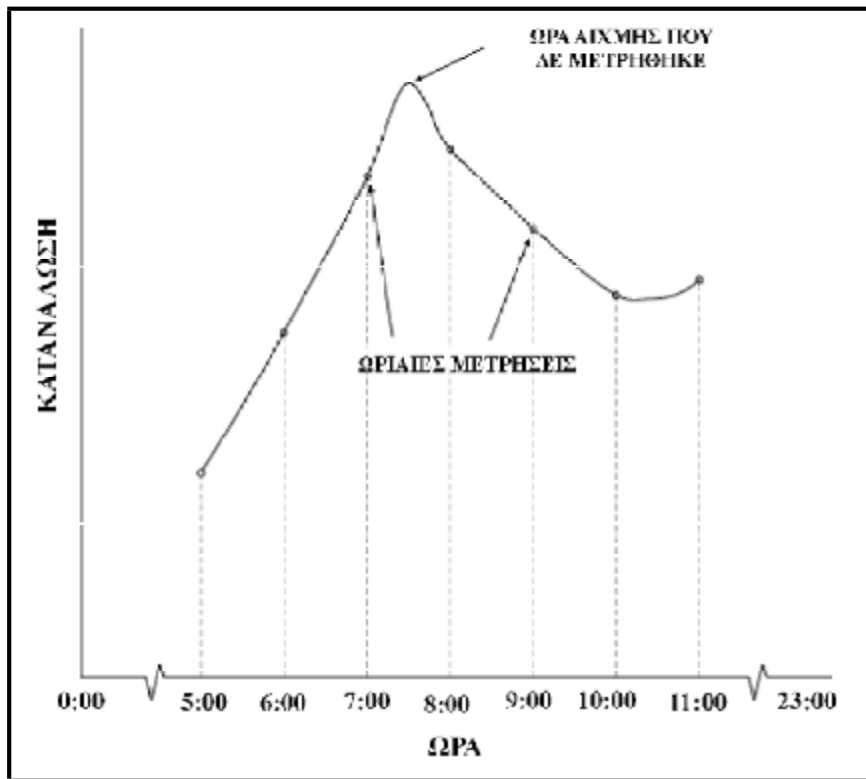
**Διάγραμμα 2.3: Ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης, για διαφορετικές συνιστώσες χρήσης νερού.**

Επειδή όμως δεν υπάρχουν μαθηματικά μοντέλα τα οποία να περιγράφουν τις μεταβολές της κατανάλωσης σε σχέση με το χρόνο, χρησιμοποιούνται στοχαστικά

μοντέλα τα οποία τις περισσότερες φορές βασίζονται σε μετρήσεις και στατιστικά στοιχεία. Τα μοντέλα αυτά περιγράφουν τη διακύμανση της κατανάλωσης, βάση κάποιου χρονικού βήματος.

Γενικά τα χρονικά βήματα που χρησιμοποιούνται δε θα πρέπει να είναι πολύ μικρά, διότι σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να παρουσιαστούν λάθη που αφορούν το ύψος στάθμης της δεξαμενής και συνεπώς λάθη στους υπολογισμούς της κατανάλωσης. Το πιο συνηθισμένο χρονικό βήμα που επιλέγεται για την μελέτη της διακύμανσης της κατανάλωσης είναι αυτό της μίας ώρας (1h). Μικρότερα χρονικά βήματα συνιστανται μόνο σε περιπτώσεις όπου το ύψος στάθμης της δεξαμενής αλλάζει ραγδαία.

Ο χρήστης θα πρέπει να γνωρίζει όμως ότι και στις περιπτώσεις όπου επιλέγεται ως χρονικό βήμα αυτό της μίας ώρας, μπορεί να χαθεί η στιγμή της μέγιστης κατανάλωσης. Για παράδειγμα αν οι μετρήσεις υπολογίζονται ανά μία ώρα, δηλαδή στις 6:00, στις 7:00 κλπ. και η στιγμή της μέγιστης κατανάλωσης αντιστοιχεί στις 6:15, τότε αυτή δε θα μπορέσει να γίνει αντιληπτή από το πρόγραμμα.



*Διάγραμμα 2.4: Περίπτωση ώρας αιχμής που δεν υπολογίζεται.*

## **2. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

### **2.1. ΓΕΝΙΚΑ**

#### **2.1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ**

Κάθε δίκτυο ύδρευσης αποτελεί ένα σύστημα αγωγών υπό πίεση, που παραλαμβάνει νερό από ολιγάριθμες πηγές (σημεία εισόδου) και το οδηγεί προς πολλαπλά σημεία προορισμού (σημεία εξόδου ή καταναλωτές). Ουσιαστικά διανέμει το επεξεργασμένο (καθαρό) νερό από τις δεξαμενές σε πολλαπλά σημεία προορισμού (καταναλωτές) μιας αστικής περιοχής (Κουτσογιάννης Δ., 2006).

#### **2.1.2. ΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

Κάθε δίκτυο ύδρευσης μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη:

- Το εξωτερικό υδραγωγείο
- Το εσωτερικό υδραγωγείο

**Εξωτερικό υδραγωγείο:** Το εξωτερικό υδραγωγείο είναι η διάταξη έργων μεταφοράς νερού από την υδροληψία στη δεξαμενή ρύθμισης, αποθήκευσης του οικισμού. Το εξωτερικό υδραγωγείο μπορεί να αποτελείται από:

- Ανοικτούς αγωγούς βαρύτητας
- Κλειστούς αγωγούς υπό πίεση. Οι υπό πίεση αγωγοί μπορεί να είναι είτε βαρύτητας είτε να είναι αγωγοί κατάθλιψης, δηλαδή να υποβοηθούνται από αντλητικό συγκρότημα.
- Κλειστούς αγωγούς που λειτουργούν όμως σαν αγωγοί ελευθέρως επιφανείας.

**Εσωτερικό υδραγωγείο:** Το εσωτερικό υδραγωγείο είναι το σύστημα διανομής ύδατος και περιλαμβάνει το άθροισμα των αγωγών που μεταφέρουν το νερό από τη δεξαμενή αποθήκευσης σε κάθε σημείο της υδροδοτούμενης περιοχής. Εκτός από το δίκτυο των αγωγών περιλαμβάνει και όλα τα υπόλοιπα έργα διανομής κατάντη της δεξαμενής αποθήκευσης του νερού, όπως τις αντλίες, τις δικλείδες, τους ρυθμιστές πίεσης κ.τ.λ. Δύο είναι οι βασικές απαιτήσεις για το εσωτερικό υδραγωγείο, οι οποίες αναλύονται ποσοτικά στην ενότητα που αναλύονται οι λειτουργικές απαιτήσεις των δικτύων ύδρευσης.:

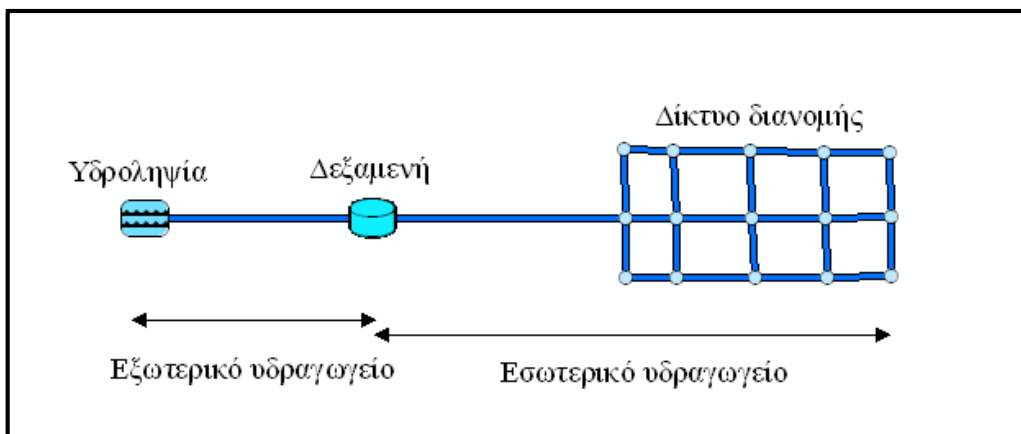
- Η εξασφάλιση της απαιτούμενης παροχής σε κάθε σημείο του δικτύου με ικανοποιητική ταχύτητα.

- Η διατήρηση της πίεσης (ύψος πίεσης) εντός των αποδεκτών ορίων.

Όσον αφορά τη δεξαμενή ρύθμισης ή αποθήκευσης είναι αυτή που οριοθετεί τα τμήματα του υδραγωγείου και για την διαστασιολόγησή της χρειάζονται πληροφορίες τόσο από το εσωτερικό όσο και από το εξωτερικό υδραγωγείο. Συνήθως η δεξαμενή ρύθμισης έχει εικοσιτετράωρη βάση λειτουργίας και πληρεί τις δύο παρακάτω λειτουργίες:

- Την εξίσωση παροχών και καταναλώσεως ανακουφίζοντας την παροχή σχεδιασμού για το εξωτερικό υδραγωγείο.
- Την εξασφάλιση αποθηκευμένου νερού για την περίπτωση βλάβης ή πυρκαγιάς.

Έτσι η παροχή σχεδιασμού για το εξωτερικό υδραγωγείο είναι η μέγιστη ημερήσια , ενώ η παροχή σχεδιασμού για το εσωτερικό υδραγωγείο είναι η μέγιστη ωριαία. Προφανώς η δεξαμενή ρύθμισης θα πρέπει μέσα στο εικοσιτετράωρο (αν η δεξαμενή ρύθμισης έχει εικοσιτετράωρη βάση λειτουργίας) να έχει τέτοιο όγκο (όγκος ρυθμίσεως) ώστε να μπορεί να αποδώσει τις παροχές αιχμής για τον οικισμό για σταθερή εισροή από το εξωτερικό υδραγωγείο.

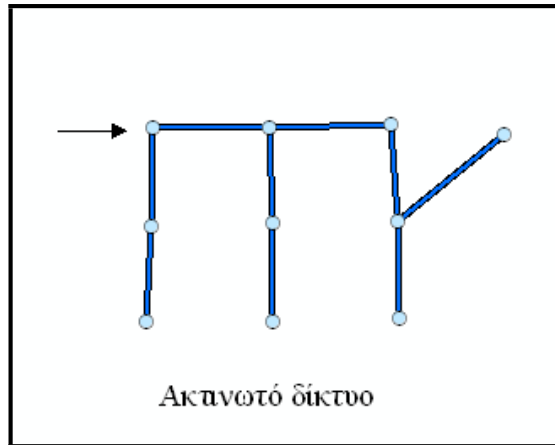


**Εικόνα 2.1: Δομή δικτύων ύδρευσης.**

### 2.1.3. ΕΙΔΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Τα δίκτυα ύδρευσης, ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο έχουν τοποθετηθεί οι αγωγοί τους, χωρίζονται σε ακτινωτά και βροχωτά ή κλειστά δίκτυα ύδρευσης.

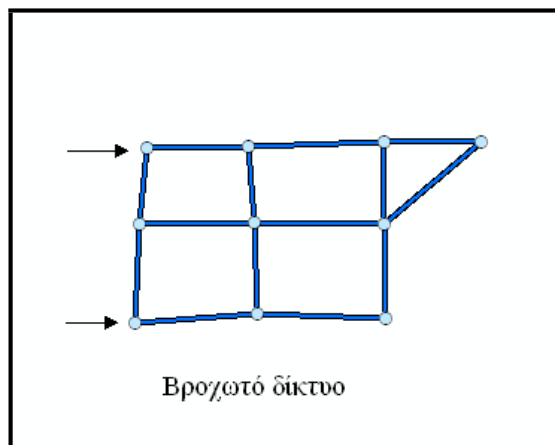
**Ακτινωτά δίκτυα ύδρευσης:** Ακτινωτά δίκτυα ύδρευσης είναι τα δίκτυα τα οποία υδροδοτούνται από ένα μοναδικό σημείο (κεφαλή), στο οποίο δεν σχηματίζονται κλειστές διαδρομές αγωγών (βρόχοι). Κάθε σημείο εξόδου τροφοδοτείται μέσω μιας μοναδικής διαδρομής. Ουσιαστικά είναι τα δίκτυα στα οποία υπάρχει ένας κεντρικός αγωγός μεταφοράς και δευτερεύοντες αγωγοί ή τριτεύοντες που καταλήγουν στον κεντρικό αγωγό. Σε καμία περίπτωση δε σχηματίζεται βρόχος.



**Εικόνα 2.2: Ακτινωτό δίκτυο ύδρευσης.**

Το βασικό πλεονεκτήματα από τη χρήση ακτινωτών δικτύων ύδρευσης είναι η ελαχιστοποίηση του μήκους του δικτύου, και συνεπώς ελαχιστοποίηση του κόστους των αγωγών. Τα βασικά μειονεκτήματά τους είναι ότι παρουσιάζουν αυξημένες ενεργειακές απώλειες, ότι σε περίπτωση βλάβης απαιτείται απομόνωση των κατάντη κλάδων του δικτύου και επίσης απαιτούν έργα προστασίας έναντι υδραυλικού πλήγματος.

Κλειστά δίκτυα ύδρευσης: Τα βροχωτά ή κλειστά δίκτυα ύδρευσης, είναι δίκτυα τα οποία τροφοδοτούνται από ένα ή περισσότερα σημεία, στα οποία σχηματίζονται κλειστές διαδρομές αγωγών. Σε κάθε σημείο οδηγούν άνω της μίας διαδρομές, με αφετηρία μια από τις κεφαλές του δικτύου.



**Εικόνα 2.3: Κλειστό (βροχωτό) δίκτυο ύδρευσης.**

Τα κλειστά δίκτυα ύδρευσης παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των ακτινωτών δικτύων. Με τα κλειστά δίκτυα επιτυγχάνεται καλύτερη κυκλοφορία του νερού και αποφεύγεται ο κίνδυνος να υπάρχει κακής ποιότητας νερό από τη μη κυκλοφορία του νερού σε απόμακρα τμήματα των οικισμών, όπως ισχύει με τα ακτινωτά δίκτυα. Επίσης παρατηρούνται μειωμένες ενεργειακές απώλειες και δεν ακυρώνουν τη λειτουργία της υδροδότησης των κατάντη κλάδων του δικτύου αν παρουσιαστεί μια βλάβη, εφόσον υπάρχουν εναλλακτικές δυνατότητες για την κίνηση του νερού. Παρόλα αυτά στα κλειστά δίκτυα, σε αντίθεση με τα ακτινωτά, παρουσιάζεται σημαντική αύξηση του μήκους του δικτύου, γεγονός που οδηγεί στην αύξηση του κόστους

κατασκευής. Το μειονέκτημά τους αυτό αντισταθμίζεται εν μέρει από τη χρήση μικρότερων διαμέτρων. Τέλος, τα κλειστά δίκτυα ύδρευσης παρουσιάζουν μεγαλύτερη δυσκολία στην εποπτεία και διαχείριση.

#### 2.1.4. ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Εξασφάλιση της απαιτούμενης παροχής σε κάθε σημείο του δικτύου με ικανοποιητική ταχύτητα. Για τα εσωτερικά δίκτυα ύδρευσης η ταχύτητα του νερού θα πρέπει να κυμαίνεται κατά το δυνατόν στο παρακάτω όριο: 0.5 – 1.5 m/s. Για τα κλειστά δίκτυα ύδρευσης, υπάρχει μεγαλύτερη ελαστικότητα στα όρια για την ταχύτητα εφόσον στα κλειστά δίκτυα επιτυγχάνεται κυκλοφορία του νερού.

Διατήρηση της πίεσης (ύψους πίεσης) εντός των αποδεκτών ορίων. Η απαιτούμενη πίεση στους αγωγούς εξαρτάται από το ύψος των κτιρίων που εξυπηρετούνται από το δίκτυο (εξαιρούνται ορισμένα υψηλά κτίρια που υποστηρίζονται από αυτόνομο αντλητικό σύστημα), την κατανάλωση νερού στις οικιακές συσκευές και τις ενεργειακές απώλειες στις υδραυλικές εγκαταστάσεις των κτιρίων. Σε συνθήκες έκτακτης λειτουργίας (πυρκαγιά), η απαιτούμενη πίεση εξαρτάται και από την κατανάλωση των πυροσβεστικών κρουστών. Συνεπώς, απαιτούνται για κάθε κόμβο η ύπαρξη ελαχίστων πιέσεων. Αυτές είναι:

- Μονώροφα: 12 – 15m
- Διώροφα: 16 – 17m
- Τριώροφα: 20 – 23m
- Γενικά:  $p_0 = 4(n + 1)$ , όπου n ο αριθμός των ορόφων (Τσακίρης Γ., 2005).

Δηλαδή για πολυώροφα κτίρια θεωρείται μέσο ύψος ορόφου 4m και θεωρούνται απαραίτητα άλλα 4m για να επαρκεί το ύψος πίεσης. Η ανεπαρκής πίεση σε μία περιοχή του δικτύου αντιμετωπίζεται με:

- Αύξηση του υψομέτρου τοποθέτησης της δεξαμενής (όχι πάντα εφικτό).
- Αντικατάσταση των κρίσιμων κλάδων ανάντη από αγωγούς μεγαλύτερης διαμέτρου (εναλλακτικά, τοποθέτηση παράλληλων ανακουφιστικών αγωγών).
- Τοποθέτηση αντλιών (μόνο αν έχουν εξαντληθεί άλλες εναλλακτικές λύσεις).

Εξαιτίας της τοπογραφίας, στα πολύ υψηλά σημεία του δικτύου που βρίσκονται κοντά στις δεξαμενές, είναι ορισμένες φορές αναπόφευκτο η τιμή της πίεσης να είναι μικρότερη της επιθυμητής. Στην περίπτωση αυτή δε θεωρείται γενική αστοχία του δικτύου, αν οι πιέσεις των υπόλοιπων κόμβων κυμαίνονται στα επιτρεπτά όρια. Στην πράξη, ζητούμενο του σχεδιασμού είναι η λειτουργία του δικτύου σε ένα μικρό, σχετικά, εύρος πιέσεων, της τάξης των 20 – 30m. Περιορισμός των μέγιστων πιέσεων. Ο περιορισμός αυτός απαιτείται για την προστασία των εξαρτημάτων του δικτύου, των υδραυλικών εγκαταστάσεων των κτιρίων και των οικιακών συσκευών. Η στατική διαφορά πίεσης (ακίνητο νερό) μεταξύ της δεξαμενής ( ανώτατη στάθμη λειτουργίας ) και του χαμηλότερου σημείου δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 60m.

Προστασία από υδραυλικό πλήγμα. Στην περίπτωση απότομης εκκίνησης ή διακοπής της ροής, υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης εξαιρετικά μεγάλων υποπιέσεων και υπερπιέσεων, που προκαλούν μεγάλες φθορές στο δίκτυο. Κίνδυνο πλήγματος αντιμετωπίζουν κατ'έξοχόν τμήματα που καταλήγουν σε τυφλό άκρο (ακτινωτά).

Συνεπώς, η βροχωτή διάταξη των αγωγών, πέρα από λόγους ασφαλείας έναντι βλάβης, επιδιώκεται και για την αποφυγή υδραυλικών πληγμάτων. Η πίεση λοιπόν που θα πρέπει να αντέχουν οι αγωγοί, αυξάνει στα 100m προκειμένου να προβλεφθούν και οι υπερπιέσεις λόγω του υδραυλικού πλήγματος. Οπότε για την ύδρευση επιλέγονται αγωγοί αντοχής 10atm. Τέλος, σε κάθε περίπτωση επιλέγονται διάμετροι μεγαλύτερες ή ίσες 90mm.

### 2.1.5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Ο σχεδιασμός των δικτύων ύδρευσης είναι εκείνη η διαδικασία κατά την οποία γίνεται η επιλογή της διαδρομής που θα ακολουθεί το δίκτυο (υψόμετρα και περιοχή κάλυψης), της διατομής και του υλικού των αγωγών καθώς και των συσκευών που θα χρησιμοποιηθούν για την ομαλή του λειτουργία. Σε καμία περίπτωση δε γίνεται τυχαία, αλλά συντάσσεται αναλυτική μελέτη κατά την οποία πρέπει να ικανοποιούνται οι δυο βασικές απαιτήσεις : πρέπει να εξασφαλίζεται η απαιτούμενη παροχή σε κάθε σημείο του δικτύου με ικανοποιητική ταχύτητα και να φροντίζεται η ανάπτυξη των αναγκαίων πιέσεων (Σπηλιώτης Μ., 2004), δηλαδή θα πρέπει να παρέχει όσο νερό χρειάζεται και υπό την κατάλληλη πίεση.

Η διαδικασία του σχεδιασμού πρέπει να περιλαμβάνει ορισμένα δεδομένα για την περιοχή μελέτης και να υπακούει σε συγκεκριμένους περιορισμούς :

Μελλοντικός πληθυσμός

Ένα δίκτυο ύδρευσης που πρόκειται να κατασκευαστεί, να επεκταθεί ή να επιδιορθωθεί δε μπορεί να αναφέρεται στην συγκεκριμένη χρονική στιγμή που γίνεται η μελέτη. Τα υδραυλικά του χαρακτηριστικά πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζουν την ικανοποιητική και ομαλή λειτουργία του στο μέλλον. Επιχειρείται λοιπόν να γίνει μια πρόβλεψη του μελλοντικού πληθυσμού και κατά συνέπεια να υπολογιστούν οι μελλοντικές ανάγκες κατανάλωσης που θα αναπτυχθούν, έτσι ώστε το δίκτυο που θα σχεδιαστεί να είναι σε θέση να τις καλύψει. Συνήθως το μελλοντικό διάστημα στο οποίο αναφέρονται τα δίκτυα ύδρευσης είναι αυτό των 30 – 40 χρόνων, τόσο θεωρείται και η διάρκεια ζωής τους.

Παροχή σχεδιασμού

Για να γίνουν οι υδραυλικοί υπολογισμοί του σχεδιασμού πρέπει να υπάρχει γνώση της κατανάλωσης νερού των κατοίκων της περιοχής μελέτης. Η γνώση αυτή είναι δύσκολο να επιτευχθεί με μεγάλη λεπτομέρεια, για αυτό το λόγο, αλλά και για επιπλέον ευκολία, ανάλογα με το μέγεθος, τη δόμηση και τις χρήσεις γης της περιοχής που αναφέρεται ο σχεδιασμός του δικτύου ύδρευσης, γίνεται και μια υπόθεση για την μέση ημερήσια κατανάλωση (meanQH) κάθε κατοίκου (π.χ. για μικρούς νησιωτικούς οικισμούς meanQH = 100 – 150 L/ημέρα , για μεγάλα αστικά κέντρα meanQH = 200 – 250 L/ημέρα). Υπολογίζεται έτσι η παροχή σχεδιασμού του δικτύου ύδρευσης, Επειδή όμως το δίκτυο ύδρευσης θα πρέπει να ικανοποιεί και τις μέγιστες ανάγκες νερού που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια της μέρας, ορίζονται επιπλέον δύο μεγέθη, η μέγιστη ημερήσια κατανάλωση (maxQH) και η μέγιστη ωριαία κατανάλωση (maxQw).\_\_

Ως παροχή σχεδιασμού θεωρείται η μέγιστη ωριαία κατανάλωση, που υποδηλώνει το στιγμιαίο μέγιστο της παροχής κατά τη διάρκεια της ημέρας και αποτελεί τη

9

δυσμενέστερη περίπτωση (Σπηλιώτης Μ.,2004). Για πιο ορθολογική αντιμετώπιση του ζητήματος, η παροχή που επιλέγεται τελικά είναι η :

$\max\{ \max Q_w , \max Q_H + Q_P \}$  (1,4)



Όπου QΠ η παροχή πυρκαγιάς, σύμφωνα με τις Οδηγίες Ελληνικών φορέων Ύδρευσης που προσδιορίζεται από την ισαποχή στομίων παροχής 2x5 ή 2x5 ανά 500 ή 300 ή 200 m αναλόγως της δόμησης. Σε μικρούς οικισμούς ο συνυπολογισμός της παροχής πυρκαγιάς στην παροχή σχεδιασμού του οικισμού πρέπει να γίνεται κριτικά.

Υπολογισμός παροχών κατανάλωσης (qi)

Σε κάθε κλάδο ενός δικτύου ύδρευσης συνδέονται αγωγοί οι οποίοι διανέμουν το νερό στους καταναλωτές. Αυτοί οι αγωγοί ονομάζονται αγωγοί υδροδότησης και ανάλογα με τις ανάγκες της υδροδοτούμενης περιοχής ο αριθμός τους μπορεί να ποικίλει. Όσο μικρός ή μεγάλος να είναι αυτός ο αριθμός, γίνεται η θεώρηση ότι το νερό καταναλώνεται στους κόμβους του δικτύου, έτσι ώστε να διευκολύνεται ο υπολογισμός των παροχών κατανάλωσης και κατά συνέπεια ο σχεδιασμός και η επίλυση του δικτύου.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για τον υπολογισμό των παροχών κατανάλωσης είναι η εξής : Φέρονται οι διχοτόμοι των γωνιών από κάθε κόμβο και έτσι δημιουργούνται διάφορα γεωμετρικά σχήματα των οποίων το εμβαδό υπολογίζεται. Κάθε κλάδος θεωρείται ότι υδροδοτεί το εμβαδό της περιοχής που σχηματίζεται από τους κόμβους στα άκρα του. Αθροίζονται τα επιμέρους εμβαδά και έτσι υπολογίζεται το συνολικό εμβαδό της υδροδοτούμενης περιοχής. Γνωρίζοντας τον πληθυσμό της περιοχής και διαιρώντας αυτόν με το συνολικό εμβαδό υπολογίζεται η πληθυσμιακή πυκνότητα. Αυτή πολλαπλασιάζεται με το εμβαδό που υδροδοτεί κάθε κλάδος και έτσι υπολογίζεται ο αριθμός των καταναλωτών που αντιστοιχεί σε καθέναν από αυτούς. Πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των καταναλωτών με την τιμή της ατομικής κατανάλωσης υπολογίζεται η παροχή νερού που θα πρέπει να διανέμει ο κλάδος. Διαιρώντας αυτή με το μήκος του κλάδου υπολογίζεται η ανά μέτρο μήκους παροχή κατανάλωσής του (Παντοκράτορας Α., 1997). Αυτή επιδιώκεται να εκφραστεί ως παροχή κατανάλωσης στους κόμβους, για να γίνει αυτό προτείνονται δύο μεθοδολογίες. Η πρώτη είναι να θεωρηθεί ότι η παροχή κατανάλωσης μοιράζεται εξίσου στα δύο άκρα του κλάδου και η δεύτερη ότι η παροχή κατανάλωσης εξέρχεται εξολοκλήρου στο ένα άκρο του κλάδου. Έχοντας παρατηρήσει ότι η δεύτερη μεθοδολογία οδηγεί πολύ συχνά σε υπερδιαστασιολόγηση των δικτύων, προτιμάται η πρώτη.

Συχνά συναντάται η περίπτωση η υδροδοτούμενη περιοχή να μην παρουσιάζει ομοιόμορφη κατανομή του πληθυσμού. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται χωρίζοντας την περιοχή σε πληθυσμιακές ζώνες. Αν η περιοχή είναι μικρή επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία για κάθε ζώνη. Αν η περιοχή είναι μεγάλη και η διαδικασία υπολογισμού των εμβαδών υδροδοσίας είναι πολύπλοκη, τότε υπολογίζεται η κατανάλωση νερού του πληθυσμού και διαιρείται με το συνολικό μήκος των κλάδων. Έτσι προκύπτει μια κοινή παροχή κατανάλωσης ανά μήκος κλάδου για όλη την περιοχή. Για να γίνει ο διαχωρισμός, κάθε ζώνη χαρακτηρίζεται από ένα συντελεστή κατανάλωσης που κυμαίνεται από το 0,5 έως το 1,5, αυτός

10  
πολλαπλασιάζεται με την ανά μήκος κατανάλωση και έτσι προκύπτει η κατανάλωση κάθε ζώνης.

Περιορισμοί ταχύτητας νερού

Στα δίκτυα ύδρευσης η ταχύτητα του νερού θα πρέπει να κυμαίνεται μέσα στο όριο των : 0,5 – 1,5 m/s (Σπηλιώτης Μ. , 2004). Το κατώτατο όριο είναι απαραίτητο για να αποφεύγονται οι αποθέσεις φερτών υλικών και κατά συνέπεια το φράξιμο των αγωγών. Το ανώτατο όριο είναι απαραίτητο για να αποφεύγεται η διάβρωση των αγωγών και τα προβλήματα υπερπίεσεων λόγω υδραυλικού πλήγματος (Παντοκράτορας Α., 1997). Τα όρια ταχύτητας στα κλειστά ή βροχωτά υδραυλικά

δίκτυα είναι πιο ελαστικά μιας και η κυκλοφορία του νερού επιτυγχάνεται με μεγαλύτερη ευκολία.\_\_\_\_

Απαιτήσεις και περιορισμοί πίεσης

Η σωστή λειτουργία των δικτύων ύδρευσης πέρα από την κατάλληλη ποσότητα παροχής πρέπει να εξασφαλίζει και τις κατάλληλες πιέσεις στους κόμβους. Ανάλογα με το είδος των οικοδομών που υδροδοτεί το δίκτυο απαιτούνται και οι ελάχιστες πιέσεις, οι μονάδες μέτρησής αυτών είναι τα μέτρα και καθορίζονται από τη σχέση :

$$h_p \geq 4 \cdot (n - 1) \quad (1,5)$$

( Όπου n : ο αριθμός των ορόφων και 4 m το μέσο ύψος ορόφου )

Από την άλλη μεριά, η στατική διαφορά πίεσης (ακίνητο νερό) μεταξύ της δεξαμενής (ανώτατη στάθμη λειτουργίας) και του χαμηλότερου σημείου του δικτύου δε πρέπει να ξεπερνά τα 60 m (Σπηλιώτης Μ., 2004). Οι υψηλές πιέσεις αυξάνουν τις απώλειες νερού λόγω διαρροών, δημιουργούν προβλήματα θορύβων στις υδραυλικές εγκαταστάσεις των κτιρίων και προβλήματα λειτουργίας των υδραυλικών συσκευών των νοικοκυριών.

### 2.1.6. ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

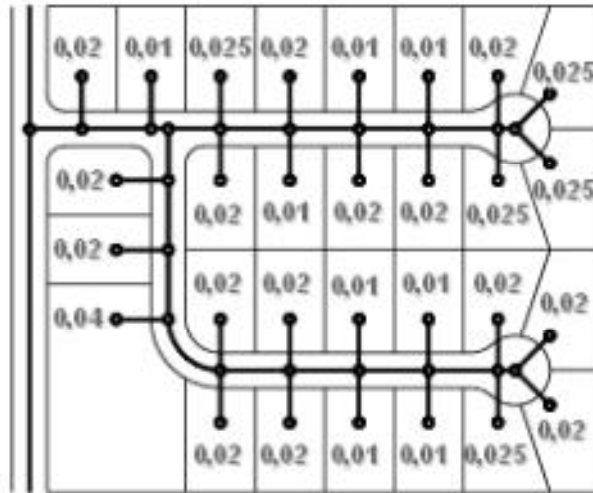
Η προσομοίωση και επίλυση κάθε δικτύου διανομής νερού, πραγματοποιείται μέσω μιας μαθηματικής περιγραφής, δηλαδή μέσω της διατύπωσης εξισώσεων που αναφέρονται στην υδραυλική λειτουργία των συνιστωσών του δικτύου. Η μαθηματική περιγραφή κάθε δικτύου διανομής νερού, πραγματοποιείται αφού πρώτα γίνει δικτυακή απεικόνιση των συνιστωσών του φυσικού συστήματος, δηλαδή του δικτύου, ως συνιστώσες κάποιου μαθηματικού μοντέλου. Συνιστώσες κάθε δικτύου διανομής νερού αποτελούν τα έργα αποθήκευσης νερού (δεξαμενές, υδατόπυργοι), τα έργα μεταφοράς νερού (αγωγοί υπό πίεση), οι διάφορες συσκευές ρύθμισης της ροής (δικλείδες, βαλβίδες), τα έργα ρύθμισης της πίεσης (μειωτές πίεσης, αντλιοστάσια) και γενικά πάσης φύσεως συσκευές διανομής. Πιο συγκεκριμένα η μαθηματική περιγραφή του δικτύου επιτυγχάνεται με μετασχηματισμό του δικτύου σε ένα εννοιολογικό μοντέλο, βάσει του οποίου το σύνολο των συνιστωσών του δικτύου αναπαρίσταται με τη μορφή ιδεατών κόμβων και κλάδων.

Με τον όρο κόμβος νοούνται όλα τα σημεία εισροής ή εκροής νερού ή αλλαγής της γεωμετρίας του δικτύου ή μεταβολής των χαρακτηριστικών των αγωγών, με γνωστό απόλυτο υψόμετρο z, γνωστή παροχή εξόδου c και άγνωστο ενεργειακό υψόμετρο h. Με τον όρο κλάδος (αγωγός), νοείται κάθε στοιχείο μεταφοράς νερού μήκους L, που αποτελείται από σύστημα σωλήνων σε σειρά, ομοιόμορφης διαμέτρου D, κλάσης και τραχύτητας  $k_s$ , κατά μήκος του οποίου θεωρείται ενιαία (άγνωστη) παροχή Q. (Ευστρατιάδης Α. & Κουτσογιάννης Δ., 2005).

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα υπολογιστικά πακέτα ανάλυσης δικτύων, τα οποία βάση των μαθηματικών μοντέλων που αυτά υποστηρίζουν, υποβοηθούν τον μελετητή που σχεδιάζει ή την υπηρεσία που διαχειρίζεται ένα δίκτυο ύδρευσης για την λήψη ορθολογικών αποφάσεων, από τεχνική και οικονομική άποψη.

Οι Eggener και Polkowski (1976) έκαναν την πρώτη προσπάθεια συμπύκνωσης ενός δικτύου ύδρευσης, όταν αφαίρεσαν συστηματικά κάποιους αγωγούς σε μία μελέτη του δικτύου ύδρευσης της πόλης Menomonie του Wisconsin, θέλοντας να συγκρίνουν τα αποτελέσματα. Διαπίστωσαν ότι υπό κανονικές συνθήκες κατανάλωσης μπορούσαν να αφαιρέσουν ένα μεγάλο αριθμό αγωγών χωρίς να υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα ύψη πίεσης στους κόμβους του δικτύου. Οι Shamir

και Hamberg (1988) μελέτησαν διάφορους κανόνες για την μείωση του μεγέθους των μοντέλων δικτύων ύδρευσης.  
Ακολουθεί ένα παράδειγμα συμπύκνωσης ενός δικτύου ύδρευσης και το πώς συγκεντρώνονται οι καταναλώσεις σε διαφορετικά σημεία (κόμβους) του δικτύου.



Σχήμα 1.4 : Απεικόνιση κόμβων και καταναλώσεων αυτών σε L/s ενός δικτύου ύδρευσης (μέγιστη λεπτομέρεια)

Γενικότερα τα στοιχεία που είναι απαραίτητα για την μελέτη και προσομοίωση των δικτύων ύδρευσης είναι :

- Οι καταναλωτές μεγάλου όγκου νερού
- Τα σημεία με γνωστές παραμέτρους (π.χ. κόμβοι και υψόμετρα αυτών)
- Τα σημαντικά σημεία με άγνωστες παραμέτρους
- Οι αγωγοί με μεγάλες διαμέτρους
- Οι αγωγοί που σχηματίζουν βασικούς βρόγχους του δικτύου
- Οι δεξαμενές, αντλίες, βαλβίδες και άλλες συσκευές ελέγχου

13

Αφού γίνει η μελέτη και η προσομοίωση ενός δικτύου ύδρευσης, αυτή μπορεί να τροποποιηθεί έτσι ώστε να εισάγουμε διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας. Επειδή η προσομοίωση ενός δικτύου ύδρευσης αποτελεί πλέον, αναπόσπαστο κομμάτι για την σωστή λειτουργία του στην πραγματικότητα, αυτή θα πρέπει να γίνεται προσεκτικά και να λαμβάνονται υπόψιν οι δυσμενέστερες καταστάσεις λειτουργίας του.

Η σωστή αρχειοθέτηση των στοιχείων της προσομοίωσης ενός δικτύου ύδρευσης καθώς και το ιστορικό λειτουργίας του είναι απαραίτητα βήματα για να εξασφαλίσουμε ότι το μοντέλο που δημιουργείται θα κατανοηθεί και θα χρησιμοποιηθεί σωστά από μελλοντικούς μελετητές. Επίσης πρέπει να υπάρχουν σημειώσεις για τις διάφορες καταστάσεις λειτουργίας του μοντέλου. Αυτές οι σημειώσεις θα βοηθήσουν τους επόμενους χρήστες να καθορίσουν την κατάσταση του δικτύου ύδρευσης σε μελλοντικές περιόδους.

Ενώ η προσομοίωση του μοντέλου γίνεται με τα δεδομένα που υπάρχουν στην παρούσα φάση, γίνεται και πρόβλεψη λειτουργίας τους δικτύου ύδρευσης για τα επόμενα χρόνια κατά τα οποία παρουσιάζονται διαφοροποιήσεις στον πληθυσμό και στις τεχνολογικές καινοτομίες. Γενικότερα μελετώνται και προτείνονται καινούργιες λύσεις για τα δίκτυα ύδρευσης, έκτος από την προσομοίωση και μελέτη της υπάρχουσας κατάστασης. Η προσομοίωση μπορεί να αφορά δίκτυα ύδρευσης και

στοιχεία αυτών τα οποία :

- Είναι κατασκευασμένα
- Σχεδιάζονται ή είναι υπό κατασκευή
- Πρόκειται να κατασκευαστούν στο μέλλον
- Δεν πρόκειται να κατασκευαστούν ποτέ

Ο χρήστης του μοντέλου προσομοίωσης θα πρέπει να ανανεώνει το μοντέλο, σε περιπτώσεις όπως είναι η εγκατάσταση νέων αγωγών ή η αντικατάσταση παλαιότερων, ή να διαγράφει στοιχεία τα οποία μάλλον δε θα μπορέσουν να κατασκευαστούν (π.χ. ακύρωση κατασκευής μιας καινούριας δεξαμενής λόγω υπερβολικού κόστους). Ωστόσο συνήθως αυτή η διαδικασία μπορεί να πάρει χρόνο και οι αλλαγές σε ένα δίκτυο ύδρευσης να φανούν στους χάρτες ή σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών με χρονική καθυστέρηση.

Η διαδικασία της μελέτης και προσομοίωσης ενός δικτύου ύδρευσης αποτελεί βασική διαδικασία στον να κατανοηθεί ο τρόπος με τον οποίο δουλεύει ένα δίκτυο. Αξίζει να σημειωθεί ότι με τις καινούργιες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί η μελέτη ενός δικτύου ύδρευσης δεν είναι πλέον χρονοβόρα σε σχέση με παλαιότερα. Το γεγονός ότι πλέον μπορούμε να εισάγουμε σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών τεράστιες ποσότητες δεδομένων και να τις επεξεργαστούμε γρήγορα και εύκολα, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η συμπύκνωση των δικτύων δεν είναι πλέον απαραίτητη.---

#### **2.1.7. ΕΛΛΗΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

- Διάταξη εσωτερικού δικτύου ύδρευσης

Η διάταξη των σωληνώσεων του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης γίνεται στο σχήμα εσχάρας, στις μορφές που προβλέπονται και περιλαμβάνουν ολόκληρη την κατοικημένη περιοχή του Δήμου ή της Κοινότητας, λαμβανομένου και της περιοχής επέκτασης του σχεδίου πόλεως για το χρονικό διάστημα που μελετώνται τα έργα. Το δίκτυο επίσης μπορεί να αναπτύσσεται σε διάφορες στάθμες.

Το σύστημα διανομής πρέπει να προβλέπει τον έλεγχο για τη ρύθμιση της ροής του νερού και τη δυνατότητα απομόνωσης τμημάτων του, στην περίπτωση που ένα τμήμα του είναι ανάγκη να απομονωθεί λόγω βλάβης.

Αυτό γίνεται μέσω βανών (δικλείδων ελέγχου) που είναι τοποθετημένες στους κόμβους του δικτύου ή και στο ενδιάμεσο διακλάδωσης αν η σωλήνωση έχει μεγάλο μήκος. Συνιστάται οι σωλήνες των εσωτερικών δικτύων ύδρευσης, να ενώνονται σε αποστάσεις που είναι μεγαλύτερες από 360 m.

Οι βάνες ρύθμισης ή διακοπής της παροχής τοποθετούνται έτσι ώστε να μη εκκινούν σε καμία περίπτωση περισσότερη αγωγοί από δύο χωρίς βάνες, χωρίς να αποκλείεται βέβαια και η τοποθέτηση βανών προς την κατεύθυνση όλων των αγωγών. Η διάταξη των βανών κατά τα ανωτέρω εξασφαλίζει τη συνεχή τροφοδότηση του δικτύου διανομής, εκτός δύο τετραγώνων στην περιοχή της βλάβης. Κατά την εκλογή της θέσης μίας βάνας σε ένα κόμβο με δυο ή περισσότερους σωλήνες προτιμάται η τοποθέτησή της στο σωλήνα με τη μικρότερη διάμετρο. Δε πρέπει να αφήνεται μήκος σωλήνωσης μεγαλύτερο από 250 m χωρίς έλεγχο με βάνα.

Στις περιοχές πολύ πυκνής οίκησης (εμπορικός τομέας) το μήκος χωρίς βάνα ελαττώνεται σε 150 m.

Η διάταξη της τοποθέτησης των σωληνωτών αγωγών ύδρευσης μπορεί να γίνει επιλεκτικά με τους κατωτέρω τρόπους :

- Τοποθέτηση των αγωγών ύδρευσης προς τη μια μόνο πλευρά των δρόμων,

όπου επιλέγονται οι βόρειες και ανατολικές άκρες των οδών ( εκτός κι αν υπερισχύει κατά πολύ η ζήτηση στη μία μεριά), για να επιτυγχάνεται η προστασία από τον παγετό.

Τοποθέτηση των αγωγών και προς τις δυο μεριές, που ενδείκνυται να γίνεται στους ασφαλτοστρωμένους δρόμους μεγάλης κυκλοφορίας και πλάτους πάνω από 10 m. Από τους αγωγούς ο ένας μπορεί να υπολογιστεί για την κατανάλωση νερού και την παροχή πυρκαγιάς, χαρακτηριζόμενος σαν κεντρικός και ο άλλος που τοποθετείται στην άλλη πλευρά, υπολογίζεται μόνο για την κατανάλωση νερού.

Κανένας αγωγός δε πρέπει να έχει διάμετρο μικρότερη από 63 mm (εξωτερική διάμετρος).

Στοιχεία βάσης υδραυλικών υπολογισμών

Για την εύρεση των διαμέτρων των αγωγών των εσωτερικών δικτύων ύδρευσης, που είναι αναγκαίες για τη μεταφορά της απαιτούμενης παροχής, σε κάθε περιοχή του οικισμού που θα υδρευτεί, είναι απαραίτητη η διεξαγωγή ορισμένων υδραυλικών υπολογισμών.

Οι υδραυλικοί υπολογισμοί μπορούν να αφορούν την κατασκευή ενός νέου δικτύου, όπου είναι απαραίτητη η σχεδίαση της κάτοψης του ρυμοτομικού σχεδίου της περιοχής (σε κλίμακα ανάλογη της έκθεσης), μετά των υψομέτρων των κόμβων, στις διασταυρώσεις των οδών των οικοδομικών τετραγώνων. Μπορεί να αφορούν επίσης, την επέκταση υφιστάμενου εσωτερικού υδραγωγείου προς το νέο οικισμό ή και την αλλαγή διαμέτρων εσωτερικών αγωγών, λόγω σημαντικής μεταβολής της κατανάλωσης, μη δυναμένης να καλυφτεί δια των υφισταμένων διαμέτρων, π.χ. αύξηση της πυκνότητας οίκησης μιας περιοχής λόγω αλλαγής των όρων δόμησης και της κατασκευής πολυώροφων κτιρίων.

Πριν από την έναρξη των υπολογισμών και αφού χαραχθεί το δίκτυο των αγωγών, γίνονται οι ακόλουθες παρατηρήσεις για την απλούστευση των υπολογισμών :

Επισημαίνονται τα δυσμενέστερα τοπογραφικός ακραία σημεία του δικτύου και προσδιορίζεται με προσέγγιση η υψομετρική διαφορά, καθώς και τη συντομότερη απόσταση από τη δεξαμενή αποθήκευσης πόσιμου νερού.

Υπολογίζεται η μέση κλίση του εδάφους—Εκτιμάται η μεταβολή τη διακινούμενης παροχής μεταξύ δύο ακραίων τιμών

(μεγίστης και ελαχίστης) και προσδιορίζεται η διακύμανση της επιτρεπόμενης κλίσης της πιεζομετρικής γραμμής, ώστε να υπάρχει το ελάχιστο διαθέσιμο πιεζομετρικό φορτίο, 10 – 15 m στους αγροτικούς οικισμούς, 20 – 25 m στις μικρές πόλεις και 25 – 30 m στις μεγαλύτερες. Γενικά το πιεζομετρικό ύψος σε οποιοδήποτε σημείο του δικτύου εξαρτάται από τον αριθμό των ορόφων των κτιρίων.

Η κλίση της πιεζομετρικής γραμμής επιδιώκεται να κυμαίνεται από 4 ‰–6 ‰ σε επίπεδα εδάφη, ενώ σε επικλινή εδάφη μπορεί να φτάνει και το 8‰

Η χάραξη των πιεζομετρικών καμπυλών σε ένα δίκτυο ύδρευσης δίνει την ευχέρεια για παρατηρήσεις σχετικά με τη λειτουργία του δικτύου, π.χ. η μορφή των πιεζομετρικών καμπυλών μπορεί να δείξει τη σωστή ή όχι επιλογή των διαμέτρων των αγωγών και της κατανομής τους στο δίκτυο.

Για μεγαλύτερη ακρίβεια στο σχεδιασμό των δικτύων με πολλές διακλαδώσεις μπορεί να εξεταστεί η κατανομή της παροχής σε κάθε αγωγό.

Νόμος της συνέχειας : Σε ένα κόμβο το αλγεβρικό άθροισμα των παροχών περιλαμβανομένης και της εκροής ισούται με τα μηδέν. Αυτό εκφράζεται με την εξίσωση  $\sum Q_i = 0$ , όπου  $Q_i$  η παροχή στο τμήμα του αγωγού  $i$ .

□ Νόμος διατήρησης της ενέργειας : το αλγεβρικό άθροισμα των απωλειών σε ένα κύκλωμα του δικτύου (βρόχος) είναι ίσο με το μηδέν, αυτό εκφράζεται με την εξίσωση  $f_i - \sum h_i = 0$ , όπου  $h_i$  η απώλεια φορτίου κατά μήκος του αγωγού  $i$ .

## 2.2. ΑΡΧΕΣ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ

### 2.2.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΒΑΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

Στα υδραυλικά όπως και σε κάθε τεχνικό θέμα, δε μπορεί να υπάρχει πλήρης κατανόηση αν πρώτα δεν υπάρχει εξοικείωση με τη βασική τεχνολογία και τις κύριες αρχές. Οι υδραυλικές έννοιες που περιγράφονται παρακάτω βάζουν τις βάσεις για πιο πολύπλοκες αναλύσεις.

#### Μεταφορά της παροχής

Όπως είναι γνωστό, το νερό κινείται από υψηλότερα σε χαμηλότερα σημεία, ώσπου να φτάσει σε ένα “επίπεδο” σημείο, όπως για παράδειγμα σε ένα ωκεανό. Η τάση αυτή του νερού διευκολύνεται από την παρουσία των φυσικών καναλιών μεταφοράς όπως είναι τα ρυάκια, οι χείμαροι και τα ποτάμια. Η διαδρομή αυτή του νερού μπορεί επίσης να διευκολυνθεί από τεχνικές κατασκευές όπως είναι οι αποχετευτικοί αγωγοί, οι οχετοί και τα κανάλια. Αν και στον τεχνικό σχεδιασμό το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα χαρακτηριστικά των τεχνικών έργων και χαρακτηριστικών, οι υδραυλικές έννοιες μπορούν να εφαρμοστούν εξίσου καλά και σε φυσικά χαρακτηριστικά.

#### Η ροή στους κλειστούς αγωγούς στο χρόνο και στο χώρο

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 αμετάβλητη με το χρόνο (μπορεί όμως να μεταβάλλεται με τα θέση). Μη μόνιμη ροή παρουσιάζεται όταν η ταχύτητα μεταβάλλεται, σε όλα τα σημεία, με το χρόνο. Με τον όρο υδραυλικό πλήγμα χαρακτηρίζονται τα φαινόμενα υπερπίεσης, που αντιστοιχούν σε καθεστώς μη μόνιμης ροής σε κλειστούς αγωγούς, μετά από χειρισμούς σε δικλείδες (άνοιγμα ή κλείσιμο, μερικό ή πλήρες, βραδύ ή απότομο), ή εξαιτίας διακυμάνσεων στην παροχή αντλιοστασίων (εκκίνηση ή στάση αντλιών).

Στους 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

Ανάλογα με την ταχύτητα του ρευστού διακρίνονται δύο τύποι ροής. Για μικρές ταχύτητες η ροή θεωρείται στρωτή και τα σωματίδια του ρευστού κινούνται σε στρώσεις. Για μεγαλύτερες ταχύτητες η ροή θεωρείται τυρβώδης και τα σωματίδια του ρευστού κινούνται ακανόνιστα με στροβιλισμούς. Συνήθως η ροή στα πρακτικά προβλήματα κλειστών αγωγών υπό πίεση είναι τυρβώδης. Οι νόμοι που περιγράφουν την τυρβώδη ροή δεν είναι πλήρως γνωστοί και απαιτούνται πειραματικά στοιχεία για την κατανόηση του φαινομένου. Κριτήριο διαχωρισμού της ροής, σε στρωτή ή τυρβώδη, αποτελεί ο

γνωστός αριθμός Reynolds, ο οποίος υπολογίζεται ως εξής: Όπως έχει επιβεβαιωθεί πειραματικά, σε κλειστούς αγωγούς δεν υφίσταται άνω όριο του αριθμού Reynolds για τη διατήρηση της στρωτής ροής. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Rouse (1961), ακριβώς με τον ίδιο πειραματικό εξοπλισμό, που χρησιμοποίησε ο Reynolds έχει επιβεβαιωθεί η διατήρηση της στρωτής ροής για τιμές του  $Re > 40000$ . Βέβαια με την παραμικρή διατάραξη η ροή μεταπίπτει σε απόλυτα

τυρβώδη μορφή. Ανάλογα πειράματα έδειξαν, ότι αντίθετα υπάρχει συγκεκριμένο κατώτερο όριο διατήρησης της τύρβης, που για κυκλικούς αγωγούς αντιστοιχεί σε  $Re$  περίπου ίσο με 2320, κάτω από το οποίο οποιαδήποτε ανατάραξη αποσβένεται κάτω από την επίδραση δυνάμεων συνεκτικότητας (Αφτιάς Μ., 1992) .

Σε κλειστούς αγωγούς εξωτερικών υδραγωγείων, εξαιτίας των σημαντικών διαστάσεων των διατομών που χρησιμοποιούνται και των ταχυτήτων που εφαρμόζονται, η ροή είναι αποκλειστικά τυρβώδης.

### Ταχύτητα

Η ταχύτητα σε έναν αγωγό δεν είναι σταθερή σε όλη την επιφάνεια της διατομής του. Αντιθέτως, ποικίλει ανάλογα με τη θέση και το χρόνο. Εκεί όπου το υγρό είναι σε επαφή με το τοίχωμα του αγωγού, η ταχύτητα είναι μηδενική. Το γεγονός αυτό, δυσκολεύει τους υδραυλικούς υπολογισμούς, με αποτέλεσμα να υπολογίζεται η μέση ταχύτητα της ροής στους αγωγούς. Η μέση ταχύτητα ροής καθορίζεται ως η συνολική παροχή διαιρούμενη με το εμβαδόν της διατομής του αγωγού και η μονάδα της είναι μήκος ανά μονάδα χρόνου.

### Ενέργεια

Σύμφωνα με τον πρώτο νόμο της θερμοδυναμικής, για κάθε δεδομένο σύστημα, η μεταβολή της ενέργειάς του ( $\Delta E$ ) 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 συμβάλλει 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: 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: Η ποσότητα  $h_M$  εκφράζει την ενέργεια που απομακρύνεται από το σύστημα μέσω μηχανικού άξονα ανά μονάδα βάρους ρευστού. Δίνεται από την εξίσωση  $h_M = -h_a + h_u$ , όπου η ποσότητα  $h_a$  εκφράζει την ενέργεια που προσφέρεται στο σύστημα από αντλία, ενώ η ποσότητα  $h_u$  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  $\rho$ , του ιξώδους  $\mu$  του κινούμενου ρευστού, της διαμέτρου  $D$  και της τραχύτητας  $k$  του αγωγού. Δηλαδή: 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 (ως προς τις μέσες τιμές) 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  $h_f$ , συναρτήσεως του συντελεστή τριβής  $f$ : 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

Πέραν των γραμμικών απωλειών, στα δίκτυα διανομής δημιουργούνται και τοπικές απώλειες, στις συνδέσεις των αγωγών και τις στροφές (τυπικές τοπικές απώλειες), και στις θέσεις των ειδικών συσκευών και διατάξεων (ειδικές τοπικές απώλειες). Οι τοπικές



απώλειες οφείλονται κυρίως στην ανάπτυξη στροβίλων αποκόλλησης της ροής και εκφράζονται με όρους ύψους κινητικής ενέργειας, οι οποίοι είναι: όπου  $K$  είναι ένας συντελεστής που εξαρτάται από τη γεωμετρία της τοπικής μεταβολής διατομών και κατεύθυνσης και τα χαρακτηριστικά της ροής (αριθμός Reynolds). Για να ληφθούν υπόψη οι τυπικές τοπικές απώλειες χωρίς αναλυτικό υπολογισμό, προτείνεται η χρήση των υψηλότερων τιμών της τραχύτητας  $k_s$  (προσαυξημένη ισοδύναμη τραχύτητα). Ειδικά 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 (π.χ. 100-1000).

### 2.2.2. ΟΡΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ – ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΥΔΑΤΟΣ

Η εκτίμηση του όγκου των απωλειών μπορεί να προκύψει εύκολα από τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου του δικτύου που στην απλούστερη μορφή του εκφράζεται ως εξής: Απώλειες νερού = Όγκος συνολικά εισερχόμενου νερού - Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση

Ένα υδατικό ισοζύγιο του δικτύου είναι απαραίτητο για την αφετηρία λήψης πρωτοβουλιών και μέτρων καθώς αντανακλά το μέγεθος του προβλήματος. Πιο συγκεκριμένα, οι απώλειες του νερού αναλύονται σε πραγματικές και φαινομενικές απώλειες, ενώ το άθροισμά τους οδηγεί στον υπολογισμό του μη ανταποδοτικού νερού.

- Οι πραγματικές ή φυσικές απώλειες είναι αυτές οι οποίες οφείλονται σε διαρροές, σε θραύσεις ή υπερχειλίσεις και εντοπίζονται μόνο στα συστήματα ύδρευσης για τα οποία είναι υπεύθυνη η εκάστοτε εταιρία ύδρευσης, δηλαδή δεν αφορούν το τμήμα του δικτύου για το οποίο είναι υπεύθυνος ο ιδιώτης.
- Οι φαινόμενες ή εμπορικές απώλειες (συνήθως είναι μέχρι το "ρολόι" (υδρομετρητή) του καταναλωτή) αποτελούνται από την μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση και τις διάφορου τύπου ανακρίβειες που αφορούν τους μετρητές.

#### 2.2.2.1. ΟΡΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΥΔΑΤΟΣ – ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Η ορολογία που αναφέρεται στο πρότυπο υδατικό ισοζύγιο έχει αναπτυχθεί από τον Διεθνή Οργανισμό Νερού (IWA) και χρησιμοποιείται κατά κόρον παγκοσμίως. Παρακάτω παρατίθενται όλοι οι ορισμοί, όπως αποτυπώνονται στο εγχειρίδιο "best practice" του IWA (2000):

- Όγκος Εισόδου στο Σύστημα (System Input Volume): Είναι ο ετήσιος όγκος του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο ύδρευσης περιλαμβάνοντας κάθε δυνατό υδατικό πόρο που αξιοποιείται.
- Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Authorized Consumption): Είναι ο ετήσιος όγκος νερού, καταγεγραμμένου και μη, που λαμβάνεται από όλους τους καταχωρημένους στην εταιρία ύδρευσης χρήστες, δηλαδή πελάτες, τον προμηθευτή νερού και οποιονδήποτε εξουσιοδοτημένο από τον προμηθευτή νερού για διάφορες χρήσεις.
- Απώλειες Νερού (Water Losses): Είναι η διαφορά ανάμεσα στον όγκο εισόδου στο σύστημα και στον όγκο της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης. Οι απώλειες

νερού διαχωρίζονται σε πραγματικές ή φυσικές και σε φαινόμενες ή εμπορικές απώλειες.

- Πραγματικές/Φυσικές Απώλειες (Real Losses): Αφορούν τους ετήσιους όγκους νερού 13 που χάνονται στο υπό πίεση σύστημα διανομής, μέχρι το σημείο της χρήσης από τους ιδιώτες, το οποίο συνήθως είναι ο μετρητής της κατανάλωσης.
- Φαινόμενες/Εμπορικές Απώλειες (Apparent Losses): Αφορούν τα λάθη στους μετρητές του συστήματος ύδρευσης, κυρίως των μετρητών των πελατών, τα λάθη επεξεργασίας των δεδομένων και την μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (κλοπή και παράνομη χρήση).
- Μη Ανταποδοτικό Νερό (Non-Revenue Water - NRW): Είναι η διαφορά ανάμεσα στον εισερχόμενο όγκο νερού στο σύστημα και της τιμολογημένης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης. Το μη ανταποδοτικό νερό αποτελείται από την εξουσιοδοτημένη κατανάλωση χωρίς χρέωση, τις φαινόμενες και τις πραγματικές απώλειες.

### 2.2.2.2. ΣΧΕΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Έχει αναγνωρισθεί σε αρκετές χώρες, με πρωτοπόρες το Ισραήλ και η Αυστραλία, ότι η πίεση κατέχει θεμελιώδη ρόλο στο μέγεθος και στη συχνότητα εμφάνισης απωλειών στα δίκτυα ύδρευσης και αυτή η αλληλεπίδραση σε πολλές περιπτώσεις είναι σημαντικότερη σε πρακτικό επίπεδο από ότι μπορεί να υπολογιστεί σε θεωρητικό επίπεδο.

Με βάση σύγχρονες προσεγγίσεις (IWA Water Loss Task Force, 2000), ο όγκος των πραγματικών απωλειών διαμορφώνεται από την αποτελεσματικότητα της εφαρμογής τεσσάρων τεχνικών: καλή διαχείριση των σωληνώσεων και των λοιπών συσκευών (και εν γένει των παγίων του συστήματος), διαχείριση της πίεσης, ενεργός έλεγχος διαρροών, ταχύτητα και ποιότητα στην επισκευή. Η μακροπρόθεσμη συντήρηση των αγωγών επηρεάζει τον αριθμό των νέων διαρροών που προκύπτουν, ενώ η διαχείριση της πίεσης μπορεί να επηρεάσει τη συχνότητα εμφάνισης των νέων διαρροών και τους ρυθμούς απωλειών νερού από αυτές. Η ταχύτητα και η ποιότητα της επισκευής ρυθμίζουν τη μέση διάρκεια κάθε διαρροής, ενώ ο ενεργός έλεγχος διαρροών καθορίζει το χρονικό διάστημα μεταξύ του σχηματισμού και του εντοπισμού της διαρροής.

Από τις παραπάνω τεχνικές αυτή της διαχείρισης της πίεσης έχει αναγνωρισθεί ως η πλέον αποδοτική με ευμενή επίδραση κυρίως στις πραγματικές απώλειες σε σχέση για παράδειγμα με τη μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση. Δεν παύει πάντως να αποτελεί μία αποτελεσματική στρατηγική επανάκτησης μεγάλου ποσοστού του μη ανταποδοτικού νερού. Τα βασικά οφέλη 14 από τη διαχείριση της πίεσης μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

- μείωση της θραύσεως των αγωγών, με αποτέλεσμα την μείωση του κόστους επισκευής και την απώλεια λιγότερου νερού
- ελάττωση της φθοράς των αγωγών, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάρκεια ζωής
- μείωση του μεγέθους των αναπόφευκτων μη ανιχνεύσιμων διαρροών
- μείωση των διαρροών από ενώσεις σωλήνων, βαλβίδες, κρουνοί και άλλα εξαρτήματα
- μείωση της εμφάνισης μεταβατικών ροών στους αγωγούς, που επιτυγχάνεται όταν οι στρόφιγγες και οι βαλβίδες δεν είναι πολύ ανοικτές
- μείωση της εξουσιοδοτημένης ή μη κατανάλωσης στο βαθμό που αυτή εξαρτάται από την πίεση

### 2.2.2.3. ΜΕΙΩΣΗ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΚΑΙ ΟΦΕΛΗ

Η ύπαρξη απωλειών σε ένα σύστημα ύδρευσης αποτελεί εξαρχής δεδομένο για κάθε εταιρία ύδρευσης, ασχέτως της ηλικίας ή του μεγέθους του δικτύου. Κύρια αιτία αποτελεί το γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των αγωγών βρίσκονται μέσα στο έδαφος κάτι που καθιστά αδύνατο τον εντοπισμό όλων των διαρροών. Επειδή, λοιπόν, δεν υπάρχουν <<ιδανικά>> συστήματα όπου οι απώλειες είναι ελάχιστες ή μηδενικές, επιβάλλεται η δημιουργία κάποιας στρατηγικής για τη διαχείρισή τους. Η μείωση των απωλειών οδηγεί σε αρκετά οφέλη τα οποία είναι ανάλογα με το μέγεθος και τη δυναμική του δικτύου. Τα άμεσα εμφανή οφέλη είναι:

- Ταυτόχρονη ανάπτυξη μίας περιβαλλοντικής πολιτικής - μειώνεται η πίεση που ασκείται στους υδάτινους πόρους
- Βελτίωση της ποιότητας του νερού - οι λιγότερες διαρροές στο δίκτυο μεταφράζονται σε μείωση της πιθανότητας μόλυνσης του νερού
- Αύξηση της αξιοπιστίας της εταιρίας ύδρευσης στην γνώμη των πολιτών
- Παροχή αξιόπιστων και αποδοτικών υπηρεσιών - επιθυμητή παροχή και πίεση σε όλους τους χρήστες του δικτύου οποιαδήποτε χρονική στιγμή

Ωστόσο, όλα τα παραπάνω οδηγούν και σε άμεσα οικονομικά οφέλη:

- Μείωση του λειτουργικού άμεσου κόστους - η μείωση των απωλειών με δεδομένη τη ζήτηση μεταφράζεται σε μείωση της άντλησης για την κάλυψή της, δηλαδή λιγότερες δαπάνες
- Ελάφρυνση της εταιρίας ύδρευσης από την επέκταση του ήδη υπάρχοντος συστήματος - η ενδεχόμενη αύξηση της ζήτησης νερού δεν συνεπάγεται πλέον αύξηση της παροχής
- Μείωση του κόστους χημικών και άλλων ουσιών για τον καθαρισμό του νερού - μειώνεται ο όγκος του αντλούμενου νερού με συνέπεια την ελάττωση του κόστους για τον καθαρισμό του (χλωρίωση, οζονισμός κτλ.)
- Αύξηση στην απόδοση της τιμολόγησης και της είσπραξης χρημάτων - όλα τα γενικά οφέλη που περιγράφηκαν εν τέλει οδηγούν στην αύξηση της προθυμίας του πολίτη για την πληρωμή του τιμολογίου ύδρευσης

## 2.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

### 2.3.1. ΑΓΩΓΟΙ

Μέσω των αγωγών επιτυγχάνεται η μεταφορά του νερού μεταξύ των κόμβων ενός δικτύου ύδρευσης. Οι αγωγοί που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα ύδρευσης είναι αγωγοί εμπορίου με προκαθορισμένες προδιαγραφές, και μόνο σε σπάνιες περιπτώσεις μεγάλων έργων κατασκευάζονται αγωγοί κατά παραγγελία. Οι αγωγοί του εμπορίου διαχωρίζονται ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους και την κλάση (ή ονομαστική πίεση) τους, δηλαδή τη μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση στην οποία μπορούν να υποβληθούν με ασφάλεια (για όλα τα υλικά, η μικρότερη επιτρεπτή κλάση αγωγών είναι 10 atm). Στα δίκτυα ύδρευσης στην Ελλάδα 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 6μετρα 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 (Χ/Σ) : Δαπανηροί, επιλέγονται για διαμέτρους > 1000 mm.

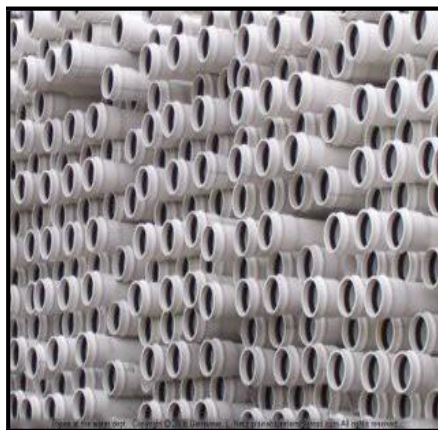
□ Αμιαντοσιμεντοσωλήνες (Α/Σ): Στο παρελθόν έχουν χρησιμοποιηθεί εκτεταμένα, αλλά σήμερα έχει περιοριστεί η χρήση τους, καθώς έχουν εκφραστεί φόβοι για αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

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 χυτοσίδηρο. Για τους υδραυλικούς υπολογισμούς οι συνδέσεις των σωλήνων θεωρούνται σαν μέρη του σωλήνα και δεν γίνεται κάποιος ξεχωριστός υπολογισμός για αυτούς.

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.



Εικόνα 4.1



Εικόνα 4.2

**Εικόνες 4.1 & 4.2 :** Σωλήνες που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα ύδρευσης (HDPE και PVC αντίστοιχα)

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. 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	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	

πίνακας 4.1 : Διάμετροι και κλάσεις αγωγών πολυαιθυλενίου 3<sup>ης</sup> γενιάς (HDPE)

### 2.3.2. ΚΟΜΒΟΙ

Με τον όρο κόμβοι ενός δικτύου ύδρευσης εννοούμε τα σημεία στα οποία δύο ή περισσότεροι αγωγοί ενώνονται. Ωστόσο οι κόμβοι μπορεί να μην χωροθετούνται μόνο σε διασταυρώσεις αγωγών, αλλά μπορεί να εμφανιστούν και στο τέλος κάποιου αγωγού (γνωστοί και ως τυφλοί κόμβοι), ενώ στην ουσία αποτελούν σημεία προσφοράς ή ζήτησης νερού, ή μεταβολής των χαρακτηριστικών των αγωγών. Οι κόμβοι είναι τα μοναδικά σημεία του δικτύου όπου είναι επιτρεπτό, από μαθηματική άποψη, να πραγματοποιηθούν αλλαγές στην διάμετρο, την τραχύτητα ή την παροχή. Τυπικά δεν συνδέονται άμεσα με τα πραγματικά στοιχεία ενός δικτύου διανομής νερού, αφού οι σωλήνες ενώνονται μεταξύ τους με ειδικά τεμάχια, ενώ οι ανάγκες νερού από τους συνδρομητές του δικτύου καλύπτονται με απευθείας συνδέσεις πάνω στους αγωγούς. Ωστόσο από μαθητική άποψη οι κόμβοι είναι απαραίτητοι 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 κρουσμών
- στις θέσεις των ειδικών διατάξεων (φρεάτια, βαλβίδες, αντλίες)

### 2.3.3. ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ

Οι δεξαμενές αποθήκευσης νερού που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο ύδρευσης και χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς των υδραυλικών μεγεθών του είναι αυτές που περιέχονται στο εσωτερικό υδραγωγείο. 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. Αποτελούν δηλαδή δεξαμενές ρύθμισης, που ρυθμίζουν (σε 24ωρη βάση) τη σταθερή εισροή από τον αγωγό μεταφοράς νερού από την πηγή υδροληψίας, ώστε να ανταποκρίνεται στην κυμαινόμενη, ανάλογα με τις απαιτήσεις της κατανάλωσης, εκροή προς το δίκτυο διανομής. 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) (Walski, 2000).

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 (> 2000 m<sup>3</sup>) είναι ορθογωνικές, 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 4.3



Εικόνα 4.4

#### 2.3.4. ΕΙΔΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Σε ένα δίκτυο ύδρευσης τοποθετούνται ειδικές συσκευές (βαλβίδες) για να αντιμετωπιστούν διάφορα προβλήματα (π.χ. προβλήματα πίεσης ή προβλήματα ροής) που μπορεί να παρουσιαστούν κατά τη λειτουργία του. Οι βαλβίδες αυτές τοποθετούνται πάνω στους αγωγούς και 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 του 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.

Βαλβίδες απομόνωσης ροής (δικλείδες)

Οι βαλβίδες απομόνωσης της ροής ή αλλιώς δικλείδες είναι ίσως οι περισσότερες χρησιμοποιούμενες βαλβίδες στα δίκτυα ύδρευσης. Χρησιμοποιούνται στο να σταματούν τη ροή σε ένα σωλήνα από τη μία κατεύθυνση. Οι βαλβίδες αυτές λειτουργούν χειροκίνητα και συνήθως υπάρχει ένα συνεργείο ανθρώπων σε ένα δίκτυο ύδρευσης που είναι υπεύθυνο για να τις ανοίγει ή να τις κλείνει, ανάλογα με της ανάγκες του δικτύου. Η χρησιμότητα τους έγκειται 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 τοποθετούνται σε όλες τις διακλαδώσεις, ώστε σε περίπτωση βλάβης να εξασφαλίζουν απομόνωση του υπόλοιπου δικτύου, επηρεάζοντας έτσι όσο τον δυνατόν λιγότερους συνδρομητές. Σε μερικά δίκτυα ύδρευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν νερού σε διαφορετικές πιεζομετρικές ζώνες. Υπάρχουν διάφορες βαλβίδες απομόνωσης όπως είναι η συρταρωτή (συνηθέστερος τύπος), η τύπου «πεταλούδα» κ.α.



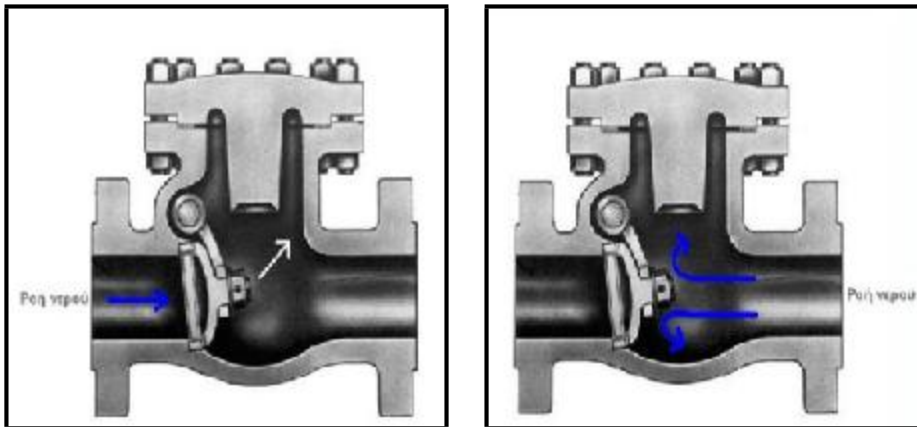


## Εικόνα 4.6 Εικόνα 4.7

Εικόνες 4.6 & 4.7 : Δικλείδες δικτύων ύδρευσης (συρταρωτή και τύπου «πεταλούδα» αντίστοιχα)

### Βαλβίδες αντεπιστροφής

Οι βαλβίδες αντεπιστροφής χρησιμοποιούνται για να εξασφαλιστεί ότι η ροή γίνεται μόνο προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση και εμποδίζουν τη ροή του νερού προς την αντίθετη κατεύθυνση. Αν από τη βαλβίδα περάσει νερό προς την αντίθετη κατεύθυνση τότε αυτή κλείνει και παραμένει κλειστή μέχρι να αποκατασταθεί η ροή προς τη σωστή κατεύθυνση. Η βαλβίδες αυτές χρησιμοποιούνται συχνά σε περιπτώσεις που υπάρχουν αντλίες νερού καθώς η αντίθετη ροή νερού στις αντλίες μπορεί να τις επιφέρει σοβαρές ζημιές.



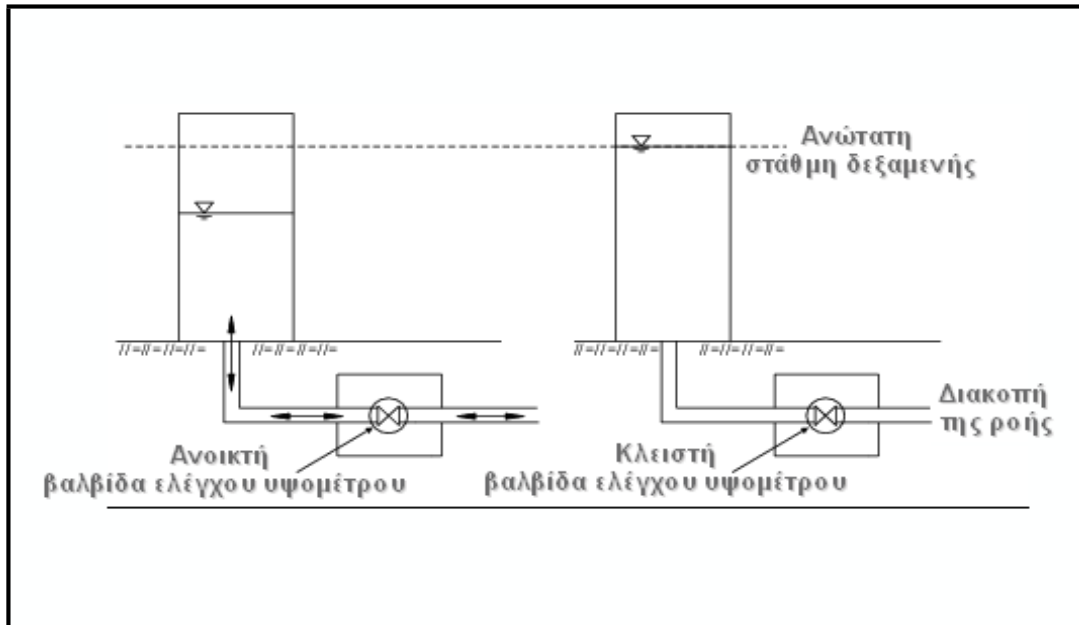
Σχήμα 4.6 Σχήμα 4.7

Σχήματα 4.6 & 4.7 : Λειτουργία βαλβίδας αντεπιστροφής για κανονική (4.6) και για αντίθετη ροή νερού (4.7)

### Βαλβίδες ελέγχου υψομέτρου

Μία βαλβίδα ελέγχου υψομέτρου τοποθετείται στον αγωγό που ενώνεται με δεξαμενή. Όταν η δεξαμενή γεμίσει μέχρι την ανώτατη στάθμη λειτουργίας της τότε η βαλβίδα αυτομάτως κλείνει, εμποδίζοντας τη ροή του νερού προς τη δεξαμενή. Όταν υπάρχει ροή από τη δεξαμενή στους αγωγούς, η βαλβίδα ανοίγει και επιτρέπει έτσι στην δεξαμενή να αδειάσει με σκοπό τη τροφοδοσία του δικτύου. Στη μοντελοποίηση των δικτύων ύδρευσης, με την εισαγωγή ανώτατης και κατώτατης στάθμης της δεξαμενής, υποθέτουμε πως η βαλβίδα ελέγχου υψομέτρου περιλαμβάνεται στην κατασκευή της. Αν όμως στην πραγματικότητα δεν υπάρχει τότε μπορεί να δημιουργηθεί πρόβλημα υπερχειλίσης της δεξαμενής και αυτή η πιθανότητα θα πρέπει να εισαχθεί στο μοντέλο του δικτύου ύδρευσης.





Σχήμα 4.8 : Λειτουργία βαλβίδας ελέγχου υψομέτρου

#### Βαλβίδες εισαγωγής / εξαγωγής αέρα

Τα περισσότερα δίκτυα ύδρευσης διαθέτουν βαλβίδες εξαγωγής αέρα γνωστές και ως αερεξαγωγοί, έτσι ώστε να απελευθερώνεται ο αέρας που υπάρχει μέσα στους αγωγούς κατά τη διάρκεια λειτουργίας του δικτύου. 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. Συνήθως 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 είναι πιθανό να δημιουργηθούν κενά αέρος.



Εικόνα 4.8 Εικόνα 4.9

Εικόνες 4.8 & 4.9 : Βαλβίδα εισαγωγής / εξαγωγής αέρα (4.8) και αερεξαγωγός (4.9)

#### Βαλβίδες ελέγχου

Οι βαλβίδες ελέγχου είναι αυτόματες βαλβίδες που σκοπό έχουν να διατηρήσουν ή να αυξομειώσουν πιέσεις και ροές. Οι κυριότερες βαλβίδες ελέγχου είναι οι εξής :

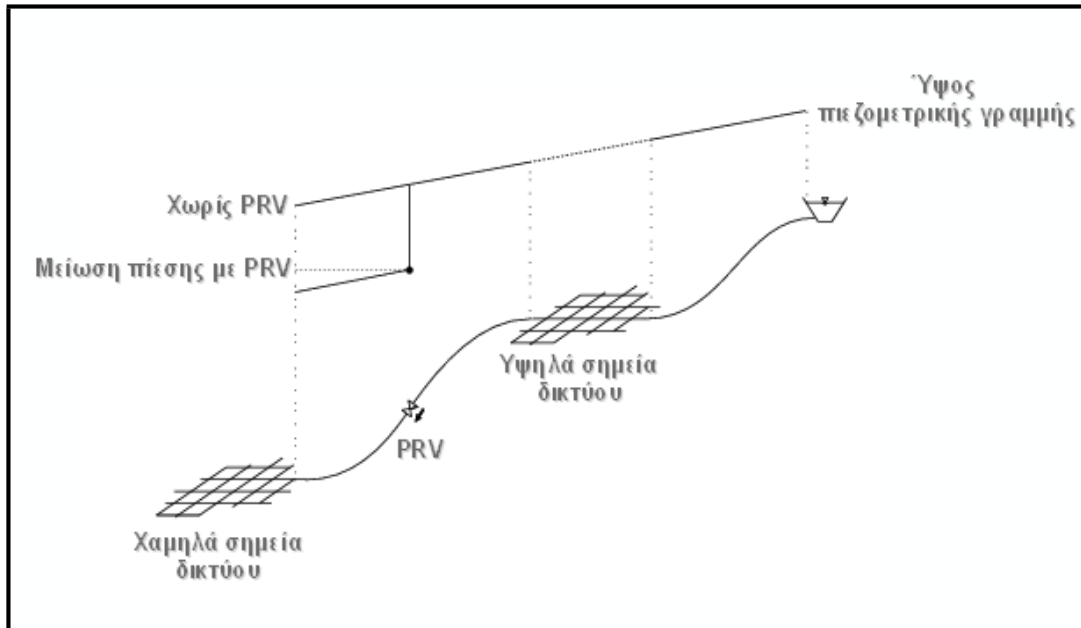
#### Βαλβίδες μείωσης πίεσης (Pressure Reducing Valve, PRV)

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 υψόμετρου. Αξίζει να σημειωθεί ότι μία βαλβίδα μείωσης της πίεσης μπορεί να λειτουργήσει με σκοπό τη πτώση της πίεσης εξόδου, τη διατήρηση της πίεσης εξόδου ή τη διακοπή της ροής του νερού.



Εικόνα 4.10 : Βαλβίδα μείωσης πίεσης

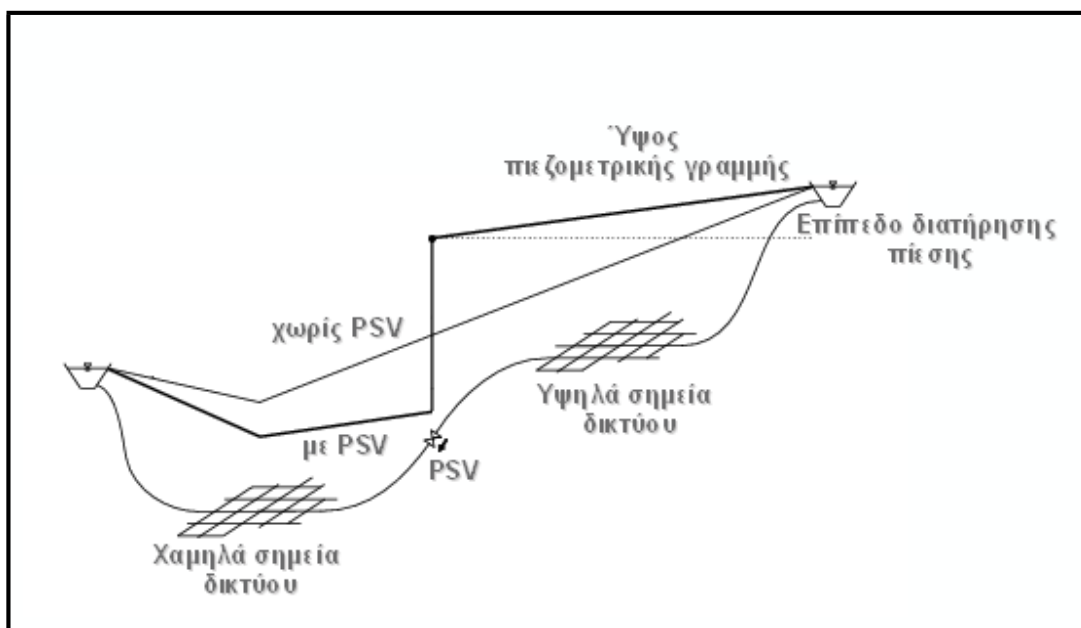
Σε περίπτωση που χρησιμοποιείται βαλβίδα μείωσης πίεσης σε ένα δίκτυο με μεγάλες αυξομειώσεις της πίεσης ή της παροχής τότε δημιουργούνται προβλήματα στη λειτουργία της βαλβίδας και απαιτείται, όπως συμβαίνει συχνά η εγκατάσταση περισσότερων από μία βαλβίδα τέτοιου τύπου. Η απουσία βαλβίδων μείωσης της πίεσης μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα υψηλών πιέσεων σε ζώνες με χαμηλό υψόμετρο.



Σχήμα 4.9 : Λειτουργία βαλβίδας μείωσης πίεσης

#### Βαλβίδες διατήρησης πίεσης (Pressure Sustaining Valve, PSV)

Οι βαλβίδες διατήρησης πίεσης χρησιμοποιούνται με σκοπό να εξασφαλίζεται μία σταθερή πίεση ανάντη (στην είσοδο της βαλβίδας) ανεξάρτητα με τις αυξομειώσεις της πίεσης που παρατηρούνται κατόπιν της βαλβίδας. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την περίπτωση που δεν έχουμε ικανοποιητικές πιέσεις στα υψηλά σημεία του δικτύου, χωρίς να έχουμε πρόβλημα στα χαμηλά σημεία του. Δηλαδή σε περίπτωση που η κατόπιν ζώνη ενός δικτύου έχει μεγάλη ζήτηση, η βαλβίδα κλείνει ώστε να μην επιτρέψει την πτώση πίεσης ανάντη (στην ουσία διατηρώντας το σταθερό) και αναγκάζει την κατόπιν ζώνη να τραβήξει από αλλού νερό.



Σχήμα 4.10 : Λειτουργία βαλβίδας διατήρησης πίεσης

## Βαλβίδες ελέγχου ροής (Flow Control Valve, FCV)

Οι βαλβίδες ελέγχου παροχής εξασφαλίζουν μία σταθερή παροχή κατάντη της δικλείδας. Αυτές οι βαλβίδες τοποθετούνται συνήθως σε σημεία δικτύου που θέλουμε να περιορίσουμε τις ταχύτητες στα αποδεκτά μεγέθη. Δεν εμποδίζουν τη διέλευση του νερού με μικρές ταχύτητες, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να περάσει από μια βαλβίδα νερό με μικρότερη ταχύτητα από αυτή που έχουμε θέσει, αλλά όχι μεγαλύτερη. Επίσης έχουν δυνατότητες να ελέγχουν την παροχή και να την αυξομειώνουν ανάλογα με τις διαφορετικές συνθήκες που μπορεί να επικρατούν στο δίκτυο ύδρευσης.



Εικόνα 4.11 Εικόνα 4.12

Εικόνες 4.11 & 4.12 : Βαλβίδες ελέγχου ροής αναλογική (4.11) και αυτόματης ρύθμισης (4.12)

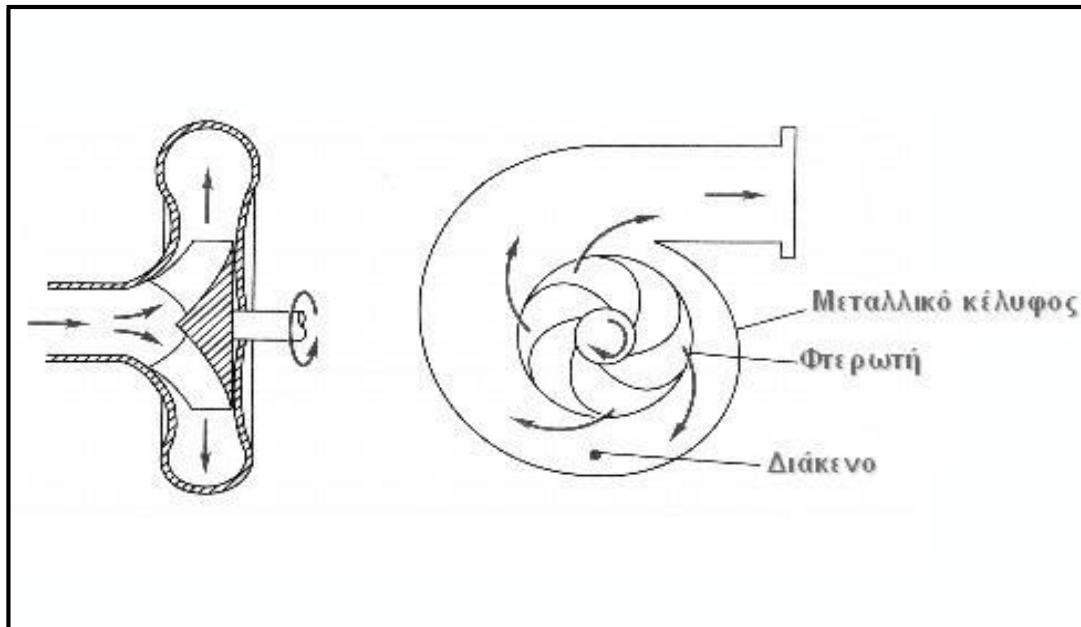
### 2.3.5. ΑΝΤΛΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Η αντλία νερού είναι μία συσκευή που όταν τοποθετηθεί στο δίκτυο ύδρευσης αυξάνει τη πιεζομετρική γραμμή. Από τη στιγμή που η ροή του νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης ρέει από τα υψηλά σημεία του στα χαμηλά, η τοποθέτηση των αντλιών αποσκοπεί στην αύξηση της πιεζομετρικής γραμμής, έτσι ώστε να αντιμετωπιστούν τα προβλήματα λόγω της διαφοράς υψομέτρων.



Εικόνα 4.13 : Φυγόκεντρη αντλία

Ο συνηθέστερος τύπος αντλίας που χρησιμοποιείται στα δίκτυα ύδρευσης είναι η φυγόκεντρη αντλία. Αποτελείται από ένα δίσκο με πτερύγια (φτερωτή) που περιστρέφεται, και περιβάλλεται από ένα μεταλλικό κέλυφος. Όταν η φτερωτή περιστρέφεται ωθεί το νερό στο διάκενο που υπάρχει μεταξύ αυτής και του περιβλήματος, αναγκάζοντας το να κινηθεί προς το στόμιο του σωλήνα. Επειδή η κίνηση του νερού οφείλεται στην αναπτυσσόμενη φυγόκεντρη δύναμη, γι' αυτό αυτού του είδους οι αντλίες ονομάζονται φυγόκεντρες.



Σχήμα 4.11 : Λειτουργία και μέρη μίας φυγόκεντρος αντλίας

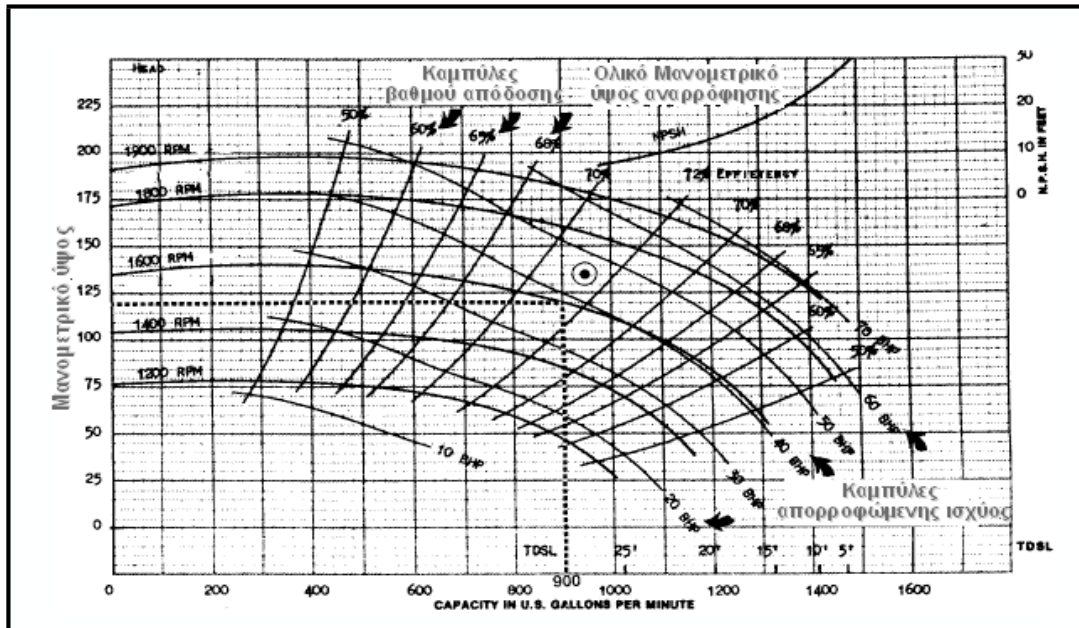
Υπάρχουν τέσσερις παράμετροι που περιγράφουν την απόδοση της αντλίας. Αυτοί είναι :Μανομετρικό ύψος (head) : το άθροισμα του γεωμετρικού ύψους (υψομετρική διαφορά από την επιφάνεια του νερού μέχρι το σημείο που φτάνει το νερό μετά την άντληση) και των συνολικών απωλειών που υφίσταται το νερό στη διαδρομή του, εκφρασμένο σε μονάδες μήκους (m).

Βαθμός απόδοσης (efficiency) : ο λόγος της ισχύος που αποδίδει η αντλία προς την ισχύ που απορροφά, εκφρασμένο σε ποσοστό %.

Απορροφώμενη ισχύς (brake horsepower) : η ισχύς που απορροφά η αντλία εκφρασμένη σε μονάδες ισχύος συνήθως σε kW.

Ολικό μανομετρικό ύψος αναρρόφησης (net positive suction head, NPSH) : η διαφορά του πιεζομετρικού φορτίου στην είσοδο του νερού στην αντλία μείον το πιεζομετρικό φορτίο των υδρατμών, εκφρασμένο σε μονάδες μήκους (m).

Κάθε αντλία συνοδεύεται από τον κατασκευαστή της με καμπύλες που αφορούν τα τέσσερα προαναφερθέντα μεγέθη.



Σχήμα 4.12 : Χαρακτηριστική καμπύλη από τον κατασκευαστή αντλίας

### 2.3.6. ΚΡΟΥΝΟΙ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ

Οι κρουνοί πυρόσβεσης τοποθετούνται σε διάφορα σημεία του δικτύου ύδρευσης μιας αστικής περιοχής για την αντιμετώπιση των πυρκαγιών. Σε περίπτωση που ξεσπάσει πυρκαγιά η παροχή πυρόσβεσης είναι αρκετά μεγάλη και επηρεάζει σημαντικά τη λειτουργία του δικτύου ύδρευσης. Γενικότερα η ποσότητα του νερού που χρειάζεται για να αντιμετωπιστεί μία πυρκαγιά εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι το μέγεθος της φλεγόμενης κατασκευής, το υλικό κατασκευής της, το πόσο εύφλεκτα είναι τα πράγματα που περιέχει καθώς και η γειτνίαση με άλλα κτίρια. Όσο πιο κοντά βρίσκονται τα κτίρια τόσο περισσότερη ποσότητα νερού χρειάζεται ώστε να αντιμετωπιστεί μια πυρκαγιά και να μην εξαπλωθεί ραγδαία. Στην Ελλάδα συνήθως για κάθε αγωγό που διαθέτει κρουνοί πυρόσβεσης η παροχή λαμβάνεται ίση με 5 l/sec.



Εικόνα 4.14 Εικόνα 4.15

Εικόνες 4.14 & 4.15 : Κρουνοί πυρόσβεσης



### 2.3.7. ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΕΣ

Οι υδρομετρητές είναι συσκευές που μετρούν την παροχή νερού σε έναν σωλήνα. Τοποθετούνται σε κάθε κτίριο ή οικόπεδο που συνδέεται με ένα δίκτυο ύδρευσης και αποσκοπούν στο να μετράνε την κατανάλωση νερού των συνδρομητών του δικτύου σε συνεχή βάση. Υδρομετρητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλα σημεία ενός δικτύου ύδρευσης για να μετρηθούν παροχές (π.χ. στην έξοδο τις δεξαμενής, έτσι ώστε να μπορούμε να υπολογίσουμε το μη-κοστολογημένο νερό του δικτύου ύδρευσης), ενώ καταγράφουν τις μετρήσεις τους συνήθως σε κυβικά μέτρα ( $m^3$ ). Υπάρχουν αρκετοί τύποι υδρομέτρων που χρησιμοποιούνται ανάλογα με τις ακρίβειες μέτρησης που θέλουμε να επιτύχουμε, το είδος των καταναλωτών στους οποίους θα τοποθετηθούν μετρητές και ανάλογα με το κόστος αγοράς και τοποθέτησης (π.χ. υδρόμετρα όγκου ή ταχύτητας). Οι υδρομετρητές ενώνονται με τους αγωγούς τους δικτύου μέσω δευτερευόντων αγωγών διανομής.



Εικόνα 4.16 Εικόνα 4.17

Εικόνες 4.16 & 4.17 : Υδρομετρητές

### 2.4. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΕ ΕΝΑ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Η διαχείριση της λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης αρχικά περιστρεφόταν γύρω από την επίτευξη της πλήρους κάλυψης των απαιτήσεων κατανάλωσης με το μικρότερο δυνατό λειτουργικό κόστος. Η εμφάνιση, όμως, έκτακτων περιστατικών στα δίκτυα, καθώς και οι επιπτώσεις αυτών, δημιούργησαν την ανάγκη της περαιτέρω μελέτης αυτών των προβλημάτων. Τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα δίκτυα διανομής νερού είναι οι απώλειες νερού, η μείωση της φυσικής τους ακεραιότητας, η μείωση της παροχευτικής τους ικανότητας και η υποβάθμιση της ποιότητας νερού (αναλύεται στη συνέχεια) κατά τη μεταφορά του (Κανακούδης, 1998). Τα προβλήματα των δικτύων ύδρευσης και τα συμπτώματά τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3.

#### 1.4.1. Απώλειες Νερού

Οι απώλειες νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης περιλαμβάνουν τις ποσότητες νερού που χάνονται λόγω διαρροών, θραύσεων και της μη εξουσιοδοτημένης χρήσης νερού αλλά δεν περιλαμβάνουν την εξουσιοδοτημένη χρήση του νερού που δεν μετράται. Ο προσδιορισμός των απωλειών αυτών είναι δύσκολος, αφού δύσκολα εκτιμώνται οι ποσότητες που οφείλονται σε υπομέτρηση, η δημόσια – κοινωφελής χρήση που δεν μετράται, καθώς και οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται για πυρόσβεση. Το μέγεθος των απωλειών νερού σε δίκτυα ύδρευσης παγκοσμίως, διαφέρει από χώρα σε χώρα αλλά και πολλές φορές από πόλη σε πόλη. Θεωρούνται διεθνώς αποδεκτά τα όρια του 5-10%, ενώ σε πολλές περιοχές οι απώλειες φτάνουν ή και ξεπερνούν το 40-50%. Στο παρελθόν ο σημαντικότερος δείκτης του επιπέδου λειτουργίας του δικτύου ήταν το **μη τιμολογούμενο νερό (Unaccounted-for-Water – UFW)**. Ο δείκτης αυτός εκφράζεται από τη διαφορά της μετρούμενης κατανάλωσης από την παροχή εισόδου του νερού στο δίκτυο. Μεγάλες τιμές του δείκτη σημαίνουν ότι ενδεχομένως υπάρχουν παράνομες συνδέσεις, φαινόμενα κλοπής νερού, εσφαλμένη μέτρηση της κατανάλωσης και/ή διαρροές. Συμπεραίνεται, επομένως, ότι το δίκτυο χρειάζεται άμεση παρέμβαση. Η **ειδική κατανάλωση νερού** που εκφράζεται σαν το πηλίκο της παροχής εισόδου στη διάρκεια μιας μέρας και του εξυπηρετούμενου πληθυσμού, αποτελεί άλλον ένα δείκτη απωλειών νερού (Κανακούδης, 1998). Διεθνώς αποδεκτή τιμή θεωρείται η ειδική κατανάλωση 200 λίτρων ανά κάτοικο και ημέρα, ενώ τιμή μεγαλύτερη από αυτή δηλώνει προβλήματα υπομέτρησης και απωλειών λόγω διαρροών. Η τιμή της ειδικής κατανάλωσης διαφέρει από χώρα σε χώρα, κυρίως μεταξύ αναπτυσσόμενων και αναπτυσσόμενων χωρών. Οι ΗΠΑ κατέχουν τις πρώτες θέσεις με ετήσια κατανάλωση κατ' άτομο 215m<sup>3</sup>, ακολουθεί η Γαλλία με 106m<sup>3</sup>, η Αίγυπτος με 77m<sup>3</sup>, η Ινδία με 52m<sup>3</sup> και η Κίνα με 32m<sup>3</sup>. Ακόμη, όμως, και στην περίπτωση των αναπτυσσόμενων χωρών, η ειδική κατανάλωση διαφέρει, αφού σε πολλές χώρες εφαρμόζονται μέτρα εξοικονόμησης νερού με διάφορα κίνητρα (π.χ. οικονομικά), αλλά και μέτρα εξοικονόμησης νερού κατ' οίκον. Χρησιμοποιούνται τεχνολογίες και πρακτικές που προάγουν την αποδοτική χρήση των υδατικών πόρων, καθώς επίσης αξιοποιούνται μη συμβατικοί υδατικοί πόροι (π.χ. βρόχινο νερό, γκρίζο νερό, κλπ.). Σε πολλές περιπτώσεις παρέχεται επιδότηση που έχει τη μορφή δωρεάν παροχής συγκεκριμένου εξοπλισμού, επιστροφής χρημάτων στον λογαριασμό ύδρευσης, προσφοράς κουπονιών ή επιταγής.



Προκειμένου να ελεγχθεί, αν η υψηλή τιμή του δείκτη «μη τιμολογούμενο νερό» οφείλεται σε πιθανή υπομέτρηση της κατανάλωσης ή στις διαρροές, χρησιμοποιούνται οι δείκτες της **ειδικής οικιακής κατανάλωσης** και της **εμπορο-βιομηχανικής ειδικής κατανάλωσης**. Η ειδική οικιακή κατανάλωση εκφράζεται ως ο λόγος της μετρούμενης οικιακής κατανάλωσης προς τους οικιακούς καταναλωτές και όσο μικρότερη είναι η τιμή του δείκτη, τόσο αυξημένη είναι η πιθανότητα της υπομέτρησης. Η εμπορο-βιομηχανική ειδική κατανάλωση εκφράζεται ως ο λόγος της εισερχόμενης παροχής, μη συμπεριλαμβανομένης της εμπορο βιομηχανικής κατανάλωσης, προς τον ενεργό-εξυπηρετούμενο πληθυσμό. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη, τόσο αυξημένη είναι η πιθανότητα ύπαρξης διαρροής στο δίκτυο. Ο **δείκτης νυχτερινής χρήσης** είναι άλλος ένας σημαντικός δείκτης των απωλειών νερού και χρησιμοποιείται προκειμένου να ελεγχθεί η ύπαρξη διαρροών στο δίκτυο. Χρησιμοποιείται επίσης για τον χωρικό προσδιορισμό των τμημάτων του δικτύου στα οποία συμβαίνει η διαρροή. Εκφράζεται ως ο λόγος της ελάχιστης ωριαίας κατανάλωσης νερού (κατά τη διάρκεια της νύχτας) προς τη μέση ωριαία κατανάλωση. Τιμή του δείκτη που υπερβαίνει το 30% δηλώνει την πιθανότητα ύπαρξης σημαντικών διαρροών στο δίκτυο. Τελευταία, έχει υιοθετηθεί ο όρος **«υδατικό αποτύπωμα» (water footprint)**, που αντιστοιχεί στην ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών. Το υδατικό αποτύπωμα αποτελεί έναν δείκτη χρήσης γλυκού νερού και περιλαμβάνει όχι μόνο την άμεση χρήση νερού ενός καταναλωτή ή παραγωγού αλλά και την έμμεση (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011). Για παράδειγμα, το υδατικό αποτύπωμα ενός προϊόντος είναι ο όγκος γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του προϊόντος σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα. Ο όρος «υδατικό αποτύπωμα» δηλώνει, επίσης, την ποσότητα του νερού που καταναλώνεται από κάποια χώρα σε μία συγκεκριμένη λεκάνη απορροής ποταμού ή από έναν υδροφορέα (<http://waterfootprint.org/>). Έτσι, λοιπόν, το υδατικό αποτύπωμα είναι το μέτρο δέσμευσης γλυκού νερού από την ανθρωπότητα σε όγκο νερού που καταναλώνεται και/ή ρυπαίνεται (<http://waterfootprint.org/>). Έτσι, το υδατικό αποτύπωμα ενός κιλού βοδινού κρέατος είναι 15.000 λίτρα νερού (παγκόσμιος μέσος όρος) και ενός κιλού ντομάτας 241 λίτρα (<http://waterfootprint.org/>). Οι Hoekstra & Chapagain (2008) υποστηρίζουν ότι η διαχείριση του νερού πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν παγκόσμιος πόρος, αφού οι υδατικοί πόροι μιας χώρας χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προϊόντων που καταναλώνονται σε

άλλες χώρες. Έτσι, αναπτύχθηκε η έννοια του εικονικού νερού. **Εικονικό νερό (virtual water)** είναι το νερό που καταναλώνεται αλλά και ενσωματώνεται κατά τη διαδικασία της παραγωγής ενός προϊόντος (Alan, 1998).

#### **1.4.2. Φυσική Ακεραιότητα Δικτύου**

Η φυσική ακεραιότητα του δικτύου αφορά την ικανότητα των αγωγών να ανταπεξέρχονται σε συνθήκες ανάπτυξης εσωτερικών πιέσεων και εξωτερικών φορτίσεων (Κανακούδης, 1998). Η μείωση της φυσικής ακεραιότητας του δικτύου αντανακλάται στον αριθμό και τον τύπο των θραύσεων του. Ο ρυθμός εμφάνισης βλαβών (break rate value) αποτιμά τη φυσική ακεραιότητα του δικτύου συνολικά ή τοπικά και εκφράζεται ως ο αριθμός βλαβών ανά μήκος αγωγών και ανά χρονικό διάστημα στο οποίο οι βλάβες εμφανίστηκαν. Η καλή γνώση του δικτύου, η ανάλυση των δεδομένων λειτουργίας του και η τήρηση αρχείων εμφάνισης των αστοχιών στοχεύουν στον καλύτερο τρόπο πρόβλεψης πιθανών αστοχιών στο μέλλον. Υπάρχουν διάφοροι τύποι θραύσεων των αγωγών (περιμετρική, αξονική ή διαμήκης, σημειακή, σκασίματα στις ενώσεις, ανομοιόμορφη, τυχαία και κωνοειδής θραύση) αλλά παίζουν ρόλο και οι εξωτερικές συνθήκες, όπως οι καιρικές συνθήκες, το είδος του εδάφους, το βάθος τοποθέτησης του αγωγού και η απόσταση των αγωγών από παρακείμενες κατασκευές ή δίκτυα (Κανακούδης, 1998).

#### **1.4.3. Παροχетеυτική Ικανότητα Δικτύου**

Η μειωμένη παροχетеυτική ικανότητα του δικτύου ύδρευσης συνεπάγεται την αδυναμία του δικτύου να εκπληρώσει τον στόχο του, που είναι η κάλυψη των απαιτήσεων κατανάλωσης, τόσο σε ποσότητα, όσο και σε πίεση του παροχетеυόμενου νερού. Πίεση είναι η δύναμη που καθορίζει τη ροή του νερού. Με τον όρο «υδραυλικό πλήγμα» εννοούμε *«τις μεταδόσεις μετωπικών κυμάτων πίεσης μέσα σε κλειστούς αγωγούς, όταν σε κάποια σημεία του αγωγού δημιουργηθούν διαταραχές στην κανονική λειτουργία του (π.χ. απότομες μεταβολές της ταχύτητας ροής)»* (Τσακίρης και Σπηλιώτης, 2010). Η μειωμένη παροχетеυτική ικανότητα του δικτύου οφείλεται στην υποδιαστασιολόγηση των αγωγών και στη δημιουργία θρόμβων ή κρούστας στα τοιχώματά τους. Ενδείξεις ύπαρξης τέτοιων προβλημάτων αποτελούν η μείωση των πιέσεων στην περίοδο αιχμής της ζήτησης και η δυσκολία επαναπλήρωσης των δεξαμενών αποθήκευσης νερού του δικτύου κατά την ίδια περίοδο ή σε περίπτωση πυρόσβεσης (Κανακούδης, 1998· Kanakoudis, 2004). Η ευαισθησία του υλικού κατασκευής των αγωγών σε διάβρωση (βλέπε § 1.5.1) και ο βαθμός της διαβρωτικής ικανότητας του νερού

αποτελούν σημαντικούς παράγοντες επιδείνωσης του προβλήματος. Η μεταβολή των δύο αυτών παραγόντων μπορεί να προσδιορίσει τον συντελεστή τραχύτητας των αγωγών, που ουσιαστικά αποτελεί μέτρο της μεταβολής με τον χρόνο των εσωτερικών χαρακτηριστικών του αγωγού, λόγω οξειδωσης-διάβρωσης. Οι αγωγοί ύδρευσης κατασκευάζονται από σίδηρο (χυτοσίδηρος), χάλυβα, αμιαντοσιμέντο, πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), μη πλαστικοποιημένο πολυβινυλοχλωρίδιο (uPVC), πολυαιθυλένιο υψηλής και μέτριας πυκνότητας (HDPE & MDPE) και πλαστικό ενισχυμένο με ίνες υάλου (GRP). Ο συντελεστής τραχύτητας του αγωγού εξαρτάται από το υλικό του και τη γήρανσή του. Η διάβρωση και η εναπόθεση υλικού στα τοιχώματα των αγωγών αυξάνουν την τραχύτητά τους. Ο συντελεστής C των Hazen-Williams (αδιάστατος συντελεστής τραχύτητας) μπορεί να υπολογιστεί με βάση την ηλικία, το υλικό του αγωγού και τα αποτελέσματα υδραυλικής προσομοίωσης του δικτύου. Ο συντελεστής C μειώνεται, όσο η τραχύτητα αυξάνει.

## **2.5. ΑΙΤΙΕΣ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ**

Ο προσδιορισμός των αιτιών των προβλημάτων στα δίκτυα ύδρευσης είναι επίπονη διαδικασία η οποία επιβάλλεται για τη βιώσιμη αντιμετώπιση των προβλημάτων και όχι την απλή επιδιόρθωσή τους. Οι σχέσεις μεταξύ των προβλημάτων και των γενεσιουργών αιτιών τους δεν είναι μονοσήμαντα καθορισμένες, αφού ένα πρόβλημα μπορεί να έχει πολλές αιτίες αλλά και μία αιτία να ευθύνεται για περισσότερα από ένα προβλήματα. Επίσης, η αιτία ενός προβλήματος ενδεχομένως να είναι αποτέλεσμα επίδρασης άλλων παραγόντων (π.χ. διάβρωση) (Κανακούδης, 1998). Στο πλαίσιο αυτό, ακολουθεί η περιγραφή και η κατηγοριοποίηση των αιτιών που προκαλούν τα προβλήματα στα δίκτυα ύδρευσης. Οι αιτίες διακρίνονται σε εσωτερικές και εξωτερικές και ομαδοποιούνται σε έξι κατηγορίες ανάλογα με το αν προκαλούν: (α) διάβρωση, (β) μείωση παροχетеυτικής ικανότητας, (γ) διαρροές, (δ) θραύσεις, (ε) υποβάθμιση της ποιότητας του νερού και (στ) άλλα προβλήματα. Οι αιτίες των προβλημάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.4 (Kanakoudis, 2004).

### **1.5.1. Διάβρωση**

Η διάβρωση των αγωγών ενός δικτύου ύδρευσης αποτελεί όχι μόνο την αιτία προβλημάτων αλλά και ένα ξεχωριστό πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπίσουν οι διαχειριστές των δικτύων ύδρευσης. Η διάβρωση είναι μία ηλεκτροχημική αντίδραση που συμβαίνει, όταν δύο υλικά που έρχονται σε επαφή μεταξύ τους έχουν διαφορετικό δυναμικό. Η διάβρωση των αγωγών ύδρευσης μπορεί να είναι εσωτερική, όταν το νερό αποτελεί

τον διαβρωτικό παράγοντα, και εξωτερική, όταν ο περιβάλλον χώρος προκαλεί φαινόμενα διάβρωσης (Εικόνα 1.5). Η εξωτερική διάβρωση συμβαίνει μεταξύ του αγωγού και του εδάφους. Χαρακτηριστικά του εδάφους όπως το pH, το δυναμικό οξειδοαναγωγής και η ύπαρξη σουλφιδίων επηρεάζουν τον ρυθμό της διάβρωσης (Engelhardt, Skipworth, Savic, Saul, & Walters, 2000). Αργιλικά εδάφη και άλλα εδάφη που συγκρατούν την υγρασία παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάβρωση στους αγωγούς (Male & Walski, 1991). Η εσωτερική διάβρωση λαμβάνει χώρα μεταξύ του εσωτερικού του αγωγού και του νερού και μπορεί να οφείλεται στην πίεση του νερού ή τη διαβρωτική του δράση (λόγω των ποιοτικών του χαρακτηριστικών). Τα προβλήματα που προκαλούνται εξαιτίας της διάβρωσης είναι η αύξηση των ρυθμών εμφάνισης διαρροών και θραύσεων και η μείωση της παροχетеυτικής ικανότητας του δικτύου και της πίεσης του νερού. Η εμφάνιση της διάβρωσης σε έναν αγωγό οφείλεται σε διάφορες αιτίες:

- ένταση διαβρωτικού χαρακτήρα του μεταφερόμενου νερού,
- ένταση διαβρωτικού χαρακτήρα του περιβάλλοντος υλικού,
- διαμεταλλικές ενώσεις κατά μήκος του αγωγού,
- άρρηση επαφή του αγωγού με συνεχές ρεύμα,
- έλλειψη επένδυσης στον αγωγό.

Εικόνα 1.5 Αγωγός που έχει υποστεί διάβρωση ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Korrosion\\_Rohr01.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Korrosion_Rohr01.jpg)).

#### 1.5.2. Μείωση της Παροχетеυτικής Ικανότητας

Η μείωση της παροχетеυτικής ικανότητας ενός αγωγού έχει συνέπειες σε όλο το δίκτυο ύδρευσης, αφού

μειώνεται το ολικό φορτίο στο δίκτυο. Οι κυριότερες αιτίες είναι:

- λειτουργικά φράγματα ή ελλείψεις ελέγχων στο δίκτυο,
- εσφαλμένη υποδιαστασιολόγηση του αγωγού,
- έλλειψη απαραίτητων στοιχείων και συσκευών στο δίκτυο,
- φαινόμενα που οφείλονται στο μεταφερόμενο νερό και στα χαρακτηριστικά του.

Η υποδιαστασιολόγηση των δεξαμενών αποθήκευσης προκαλεί διακυμάνσεις στη στάθμη, όταν η

ζήτηση είναι σε αιχμή και, κατά συνέπεια, μειώνεται το διαθέσιμο φορτίο και η παροχетеυτική ικανότητα του

δικτύου. Οι αιτίες που προκαλούν αδυναμία για την κάλυψη των απαιτήσεων σε ποσότητα και πίεση νερού

στον καταναλωτή είναι η ανεπάρκεια της δυναμικότητας των αντλητικών συγκροτημάτων και οι μεγάλες

γραμμικές απώλειες που εμφανίζονται στο δίκτυο, όταν οι αγωγοί του έχουν υποδιαστασιολογηθεί. Στους

κλειστούς αγωγούς μεταφοράς νερού αναπτύσσονται απώλειες ενέργειας που οφείλονται στις δυνάμεις τριβής

που αναπτύσσονται κατά την επαφή του κινούμενου υγρού με το στερεό τοίχωμα του αγωγού (Τσακίρης &

Σπηλιώτης, 2010· Savic & Banyard, 2011). Οι απώλειες αυτές ονομάζονται γραμμικές απώλειες. Οι πιο κοινές

εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των γραμμικών απωλειών είναι οι εξισώσεις των Darcy –

Weisbach και των Hazen – Williams (Τσακίρης & Σπηλιώτης, 2010· Savic & Banyard, 2011). Η εξίσωση των Darcy – Weisbach θεωρείται περισσότερο ακριβής, αλλά είναι πιο δύσκολη στην εφαρμογή της. Η εξίσωση Hazen – Williams είναι περισσότερο δημοφιλής, αλλά η ακρίβειά της εξαρτάται από την επιλογή των τιμών του συντελεστή τραχύτητας C, που εξαρτάται από το υλικό του αγωγού, τις επιστρώσεις του αγωγού και την ηλικία του. Γενικά, η εξίσωση Hazen – Williams δίνει ακριβή αποτελέσματα για αγωγούς διαμέτρου 75mm και μεγαλύτερους, διαρρέον νερό θερμοκρασίας 21-24°C και πιέσεις μέχρι 1,2MPa. Η ανεπάρκεια των αντλητικών συστημάτων μπορεί να οφείλεται σε αντλίες που πιθανόν να μην βρίσκονται στις θέσεις που πρέπει, η δυναμικότητά τους μπορεί να έχει ξεπεραστεί, οι ήδη υπάρχουσες αντλίες μπορεί να μην λειτουργούν κανονικά. Η εμφάνιση αυξημένων τοπικών απωλειών στο δίκτυο οφείλεται σε λανθασμένη λειτουργία των βαλβίδων και των βανών, που με τη σειρά της οφείλεται σε εσφαλμένο έλεγχο και συντήρησή τους. Η ροή του νερού εμποδίζεται από φυσαλίδες αέρα που συγκεντρώνονται στα υψηλότερα σημεία του δικτύου (όταν δεν υπάρχουν βαλβίδες εξαερισμού) και από τη δημιουργία επίστρωσης και θρόμβων στα τοιχώματα των αγωγών. Ξένες ύλες ενδεχομένως να μειώνουν την παροχетеυτική ικανότητα των αγωγών. Τέτοιες ύλες μπορεί να υπάρχουν από την εγκατάσταση του αγωγού ή να δημιουργούνται κατά τη λειτουργία του δικτύου, λόγω διάβρωσης.

### **1.5.3. Διαρροές**

Οι διαρροές εμφανίζονται στις ενώσεις των αγωγών, κυρίως, και στις συνδέσεις του δικτύου με τους αγωγούς των καταναλωτών (Εικόνα 1.6). Ο εντοπισμός τους είναι ιδιαίτερα δύσκολος και αποτελεί την αιτία για το μεγάλο ποσοστό απωλειών στα δίκτυα ύδρευσης, ενώ, παράλληλα, δημιουργεί τις συνθήκες για την εμφάνιση και άλλων προβλημάτων, π.χ. ποιότητας νερού, εξωτερικής διάβρωσης κ.α. Τα τοιχώματα των αγωγών καταστρέφονται –κατά κύριο λόγο– εξαιτίας εσωτερικής ή εξωτερικής διάβρωσης. Τα υλικά των ενώσεων των αγωγών αστοχούν, μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα να σπάζουν, είτε από πίεση που προέρχεται από μόνιμες ή απότομες (υδραυλικό πλήγμα) εσωτερικές πιέσεις, είτε από εξωτερικές φορτίσεις.

***Εικόνα 1.6** Διάρροη κεντρικού αγωγού.*

### **1.5.4. Θραύσεις**

Οι θραύσεις των αγωγών έχουν συνήθως μεγάλες επιπτώσεις και προκαλούν τη μεγαλύτερη κοινωνική αντίδραση, αφού είναι εμφανείς. Διακρίνονται στις θραύσεις που προέρχονται από προϋπάρχουσες διαρροές και αποτελούν αποτελέσματα σταδιακής εξέλιξης, και σε εκείνες που συμβαίνουν χωρίς να έχει προϋπάρξει σημείο διαρροής. Οι θραύσεις είναι μεγαλύτερες από τις διαρροές, όσον αφορά στο μέγεθος των καταστροφών στους αγωγούς και στον ρυθμό απωλειών νερού. Ο εντοπισμός των θραύσεων είναι άμεσος, αφού γίνονται

εύκολα αντιληπτές, σε αντίθεση με τις διαρροές οι οποίες μπορεί να παραμένουν απαρατήρητες για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα. Οι απώλειες νερού εξαιτίας των διαρροών είναι τελικά πολύ μεγαλύτερες από

αυτές που προκαλούνται από τις θραύσεις.

Αιτίες των θραύσεων των αγωγών είναι:

- η υπέρβαση της αντοχής τους σε εξωτερικές φορτίσεις ή σε εσωτερικές πιέσεις που αναπτύσσονται κατά τη λειτουργία (υδραυλικό πλήγμα, πάγωμα μεταφερόμενου νερού, κ.α.),
- αστοχία λόγω μείωσης της αντοχής του –εξαιτίας της φυσιολογικής του γήρανσης– ή λόγω κακοτεχνίας ή «τραυματισμού» κατά την τοποθέτηση,
- εσωτερική ή εξωτερική διάβρωση,
- επαφή του αγωγού με γειτονικές κατασκευές,
- σεισμική δραστηριότητα.

Να σημειωθεί ότι το υδραυλικό πλήγμα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ανεπιθύμητων υπερπιέσεων ή

υποπιέσεων (Τσακίρης και Σπηλιώτης, 2010). Οι υπερβολικά υψηλές πιέσεις προκαλούν σπάσιμο στις

σωληνώσεις και βλάβες στα εξαρτήματά τους, ενώ πολύ μικρές πιέσεις προκαλούν σύνθλιψη των αγωγών,

απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων διαλυμένων αερίων και υπερβολική εξάτμιση των υγρών. Μπορεί, επίσης,

να προκληθούν δονήσεις στο σύστημα των αγωγών και σε ενδεχόμενη καταστροφή του συστήματος, όταν η

συχνότητα των δονήσεων πλησιάσει τις τιμές της φυσικής συχνότητάς τους (Τσακίρης και Σπηλιώτης, 2010).

### **1.5.6. Άλλα Προβλήματα**

Αιτίες προβλημάτων στα δίκτυα ύδρευσης αποτελούν και οι λεγόμενες «εμπορικές» ή «φαινόμενες» απώλειες,

που νοούνται, κυρίως, ως οι εσφαλμένες ενδείξεις των μετρητών κατανάλωσης και η κλοπή νερού μέσω

παράνομων συνδέσεων. Αυτές οι απώλειες έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια εσόδων για τις εταιρείες

ύδρευσης, την αδυναμία ελέγχου και την ενθάρρυνση της σπατάλης του νερού. Τέλος, προβλήματα

προκαλούνται από τις συσκευές που είτε είναι ανεπαρκείς ή δεν λειτουργούν. \_\_

## **ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

Στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης των αιτιών που προκαλούν τα προβλήματα στα δίκτυα

ύδρευσης, προτείνονται ενέργειες για την αντιμετώπιση των προβλημάτων. Οι ενέργειες αυτές μπορεί να

στοχεύουν στην επίλυση ενός και μόνο προβλήματος ή στην επίλυση περισσότερων προβλημάτων. Επίσης

μπορεί να αποσκοπούν στην εξάλειψη της αιτίας του προβλήματος ή να δίνουν προσωρινή λύση, χωρίς να

αντιμετωπίζουν την πραγματική αιτία του προβλήματος. Τέλος, οι εξυγιαντικές ενέργειες μπορεί να

αποσκοπούν στη βελτίωση των χαρακτηριστικών του δικτύου, να συνιστούν αλλαγή των πρακτικών

λειτουργίας και συντήρησης και να επιδιώκουν τη βελτίωση του τρόπου συλλογής πληροφοριών σχετικών με

τη λειτουργία του.

Η **βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών του δικτύου** περιλαμβάνει την –καταρχήν– διασφάλιση

της ορθής μέτρησης της κατανάλωσης με την επισκευή/αντικατάσταση ελαττωματικών μετρητών και εξάλειψη των φαινομένων κλοπής, την προσθήκη βαλβίδων απομόνωσης και βαλβίδων εξαερισμού στα υψηλότερα σημεία του δικτύου και τον έλεγχο και την αντιπληγματική προστασία του δικτύου με ειδικές βάνες. Ο αντιπληγματικός έλεγχος πραγματοποιείται για την αποφυγή εμφάνισης υδραυλικού πλήγματος. Για τον αντιπληγματικό έλεγχο απαιτείται η εφαρμογή αναλυτικών μαθηματικών ομοιωμάτων και υπολογισμών των υπερπίεσεων στις δυσμενείς θέσεις. Αντιπληγματική προστασία παρέχεται με τη χρήση ειδικών βανών που απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος του πλήγματος, δεξαμενών τροφοδοσίας, αντλίας παράκαμψης κλπ. Άλλες ενέργειες με στόχο τη βελτίωση των χαρακτηριστικών του δικτύου αποτελούν ο καθαρισμός των εσωτερικών τοιχωμάτων με ειδικές «ξύστρες», η επένδυση των αγωγών, η καθοδική προστασία και η εξωτερική ενίσχυση της αντοχής των τοιχωμάτων των αγωγών. Ο καθαρισμός των εσωτερικών τοιχωμάτων επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικών εργαλείων (π.χ. ξύστρες), που ξύνουν το υλικό που έχει συσσωρευθεί στα τοιχώματα των αγωγών και αποκαθιστούν τους αγωγούς στην αρχική τους διάμετρο (Εικόνα 1.7). Προκειμένου να μην επαναληφθεί το φαινόμενο της συσσώρευσης υλικών στα τοιχώματα, η επένδυση των αγωγών με διάφορα υλικά προτιμάται. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για επένδυση είναι η τσιμεντοκονία και οι εποξειδικές ρητίνες (Εικόνα 1.8). Για την εσωτερική και εξωτερική επίστρωση υπάρχουν εθνικές προδιαγραφές που βασίζονται σε διεθνή πρότυπα (ΠΕΤΕΠ 08-06-04-00) (<http://www.ggde.gr/dmdocuments/08-06-04-00.pdf>). Η καθοδική προστασία είναι ένα προληπτικό μέτρο για την αποφυγή της διάβρωσης και διακρίνεται στη γαλβανική και την ηλεκτρική (Εικόνα 1.9). Στη γαλβανική προστασία χρησιμοποιείται ένα θυσιαζόμενο μέταλλο (άνοδος) που βρίσκεται υψηλότερα, στη σειρά ηλεκτροκινητικότητας των μετάλλων, από το υλικό κατασκευής του αγωγού. Αυτό το μέταλλο τοποθετείται στον αγωγό, με αποτέλεσμα, λόγω της φυσικής ροής των ηλεκτρονίων, να διαβρώνεται αυτό, αντί του προστατευόμενου αγωγού. Για την καθοδική προστασία σιδηρών, χυτοσιδηρών και χαλύβδινων αγωγών χρησιμοποιούνται συνήθως άνοδοι μαγνησίου ή ψευδαργύρου. Στην ηλεκτρική προστασία ο αγωγός συνδέεται απευθείας με εξωτερική πηγή συνεχούς ρεύματος που διοχετεύει συνεχές ρεύμα μέσω του εδάφους στον αγωγό, το οποίο στη συνέχεια επιστρέφει στην πηγή, μέσω ενός αρνητικά φορτισμένου τέρματος. Άλλη μέθοδος προστασίας είναι η χρήση αναστολέων (χημικών ενώσεων) που προστίθενται σε μικρή ποσότητα στο νερό και παρεμποδίζουν την εξέλιξη της διάβρωσης.

Η αύξηση της δυναμικότητας του δικτύου, με την προσθήκη νέων ή την επέκταση της δυναμικότητας των

αντλιοστασιών και την προσθήκη boosters και βαλβίδων μείωσης πίεσης, συνεισφέρουν στη βελτίωση της λειτουργίας του δικτύου. Τα boosters (αντλίες) συνεισφέρουν στην αύξηση της πίεσης του νερού και χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου η πίεση δεν επαρκεί είτε στο δίκτυο είτε στον καταναλωτή. Στην περίπτωση ανεπαρκούς αγωγού, εξαιτίας αύξησης της ζήτησης ή υποβάθμισης των χαρακτηριστικών του, συνίσταται η αντικατάστασή του με άλλον αγωγό. Η τοποθέτηση δακτυλίων με τη μορφή των σφιγκτήρων συντελεί στην αποκατάσταση του προβλήματος της διαρροής.

Στο πλαίσιο της **αλλαγής των πρακτικών λειτουργίας και συντήρησης**, είναι δυνατόν να βελτιωθούν οι πρακτικές εκσκαφής, κατασκευής και τοποθέτησης των αγωγών. Για τη βελτίωση της λειτουργίας του δικτύου απαιτούνται η αποφυγή δημιουργίας πάγου στα νεκρά σημεία, η προσαρμογή του pH και η αναστολή της οξειδωσης και η τροποποίηση της λειτουργίας των αντλιών (βελτιστοποίηση βαθμού απόδοσης αντλιοστασιών) και των βαλβίδων πίεσης (διαμόρφωση ζωνών πίεσης). Για τη συντήρηση του δικτύου απαιτούνται η διενέργεια πλυσίματος των αγωγών, η οργάνωση συνεργείων για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας των βαλβίδων απομόνωσης, την ανίχνευση και επισκευή των διαρροών, τον έλεγχο και τη συντήρηση των μετρητών κατανάλωσης και τον εντοπισμό της μη εξουσιοδοτημένης χρήσης. Η πληρέστερη γνώση του δικτύου και των χαρακτηριστικών λειτουργίας του συμβάλλει στη **βελτίωση του τρόπου συλλογής δεδομένων λειτουργίας**. Ειδικότερα, για τον σκοπό αυτό, προτείνεται η διαμόρφωση ενός μοντέλου προσομοίωσης της υδραυλικής λειτουργίας του δικτύου σε συνδυασμό με ένα σύστημα τηλεμετρίας – τηλεέγχου – τηλεχειρισμού και η λεπτομερής χαρτογράφηση του δικτύου. Συνεπικουρούν, επίσης, η δημιουργία συνεργείων για την ανίχνευση των διαρροών και η διατήρηση αρχείων λειτουργίας, βλαβών, επισκευών, συντήρησης και κόστους. Τέλος, ο τακτικός έλεγχος των λογαριασμών χρέωσης των καταναλωτών συμβάλλει στον εντοπισμό εσφαλμένων μετρήσεων και ενδεχόμενης κλοπής.



### **3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΡΓΟ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

#### **3.1. ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ**

##### **3.1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ**

Οι σωλήνες αμιαντοτσιμέντου των δικτύων ύδρευσης είναι επικίνδυνοι για τη δημόσια υγεία λόγω των διατρήσεων τους για νέες παροχές και της διαβρωτικής ικανότητας των νερών που μακροχρόνια διαλύουν το τσιμέντο και ελευθερώνουν τις ίνες αμιάντου στο νερό.

Χιλιάδες χιλιόμετρα σωλήνων αμιαντοτσιμέντου μεταφέρουν πόσιμο νερό στην ελληνική επικράτεια, χωρίς να είναι γνωστή η διαβρωτική ικανότητα των νερών και αν έχουν φθαρεί οι αμιαντοσωλήνες. Η διάβρωση προκαλεί όχι μόνο φθορά ή καταστροφή των εγκαταστάσεων, αλλά αποτελεί και δυνητικό κίνδυνο για την υγεία των καταναλωτών λόγω των διαλυόμενων μετάλλων

Επιβάλλεται να γίνουν έρευνες διότι όταν πρόκειται για ιδιαίτερα σκληρά νερά, μπορούν να διαλύσουν τον ψευδάργυρο των γαλβανισμένων σωληνώσεων και τα συγκολλητικά κράματα και να απελευθερώσουν ψευδάργυρο, νικέλιο, μόλυβδο και μαγγάνιο σε πόσιμα νερά. Επίσης, θα πρέπει να αναθεωρηθούν οι προδιαγραφές των υδραυλικών εγκαταστάσεων για να περιοριστεί στο μέλλον η τοποθέτηση υλικών επιρρεπών σε διάβρωση.

Η επικινδυνότητα του αμιάντου έχει αποδειχθεί χωρίς επιφυλάξεις χρόνια τώρα και δεν υπάρχει ασφαλές κατώτατο όριο εισπνοής. Ο εισπνεόμενος αμιάντος από την κανονική αναπνοή αλλά και από την άδηλη ( από τους πόρους του δέρματος), είναι πολύ πιο επικίνδυνος από τον καταπιωμένο. Το νερό που διοχετεύεται με αμιαντοσωλήνες είναι εντελώς ακατάλληλο για πλύσιμο ή πότισμα.

Ίνες αμιάντου έχουν εντοπιστεί σε πολλά συστήματα ύδρευσης ανά τον κόσμο και αυτό οφείλεται είτε στη χρήση αμιαντοσωλήνων είτε στο γεγονός ότι τα νερά είχαν περάσει προηγουμένως από κοιτάσματα ή αποθέματα αποβλήτων αμιάντου.

Το συμπέρασμα είναι ότι η χρήση αμιαντοσωλήνων για λόγους ύδρευσης πρέπει να αποφεύγεται για τους ακόλουθους λόγους:

- Αν το έδαφος είναι όξινο και το νερό μαλακό –έχουν δηλαδή χαμηλό ΡΗ- ενεργούν διαβρωτικά στο τσιμέντο και με αυτό τον τρόπο απελευθερώνονται ίνες αμιάντου από τις αμιαντοσωλήνες.
- Όταν ένας αγωγός σπάσει, εκατομμύρια ίνες αμιάντου αποδεσμεύονται στο δίκτυο ύδρευσης με αποτέλεσμα να καταλήξουν μερικές στο στομάχι μας.
- Όταν γίνονται νέες παροχές σε χρήστες, από αγωγούς που είναι ήδη σε λειτουργία με τη μέθοδο του «ζωστήρα» και τρυπιούνται οι αγωγοί, απελευθερώνονται πάλι ίνες που καταλήγουν στο στομάχι μας.

- Τέλος υπάρχει το θέμα των σωλήνων που εγκαταλείπονται και αντί να απομακρυνθούν και να αντιμετωπιστούν σαν επικίνδυνα απόβλητα μένουν θαμμένες στο χώμα ή μεταφέρονται σε κάποιο άλλο μέρος και αποτελούν μόνιμη πηγή μόλυνσης του περιβάλλοντος και απειλή για την υγεία και τη ζωή των κατοίκων της περιοχής.

Το τελικό συμπέρασμα είναι ότι ο αμίαντος εισβάλλει στον οργανισμό του ανθρώπου τόσο δια μέσου του πεπτικού του συστήματος όσο και δια μέσου του αναπνευστικού συστήματος.



Εικόνα 1. Αγωγός ύδρευσης από αμιαντοτσιμέντο.

Λόγω της έλλειψης ολοκληρωμένου σχεδιασμού στην κατασκευή- αντικατάσταση των δικτύων τεχνικής υποδομής, οι παρεμβάσεις που έγιναν μέχρι σήμερα στον τομέα της ύδρευσης ήταν αποσπασματικές ή δεν ήταν αρκετές ώστε να επιλύσουν εξ ολοκλήρου το πρόβλημα της ποιοτικής υδροδότησης των οικισμών του Δήμου.

Αποτέλεσμα της παραπάνω κατάστασης είναι ότι υπάρχουν ακόμη και σήμερα τμήματα αγωγών ύδρευσης όπως το συγκεκριμένο, τα οποία είναι από αμιαντοσωλήνα, που όπως είναι γνωστό είναι επιβλαβής για την δημόσια υγεία, αφού ο αμίαντος όπως προκύπτει από έρευνες είναι υπεύθυνος πρόκλησης διαφόρων παθήσεων. Επίσης ο αναφερόμενος αγωγός, λόγω παλαιότητας του(κατασκευάστηκε το 1968) παρουσιάζει συχνά προβλήματα διαρροών και λόγω του δύσβατου της περιοχής από όπου διέρχεται, καθιστά την επισκευή του δύσκολη και χρονοβόρα.

Με το έργο αυτό βελτιώνεται η ποιότητα ζωής των κατοίκων και γενικά αναβαθμίζεται ο οικισμός, ενώ συντελεί και στην οικονομία του νερού καθώς θα ελαττωθούν σε μέγιστο βαθμό οι διαρροές λόγω της παλαιότητας του.

Από όλα τα παραπάνω και με δεδομένο ότι η περιοχή του Δήμου είναι φτωχή από πλευράς υποδομών που είναι απαραίτητες προκειμένου να παραμείνει ο πληθυσμός του Δήμου στον τόπο τους, φαίνεται η επιτακτική ανάγκη κατασκευής του παραπάνω έργου.

### **3.1.2. ΝΟΜΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ**

Για την κατασκευή του έργου χρειάστηκε μια σειρά από αποφάσεις και αδειοδοτήσεις μέχρι να φτάσει σε φάση ωριμότητας και δημοπράτησης.

Αρχικά συντάχτηκε από τον επιβλέποντα μηχανικό η έκθεση σκοπιμότητας, δηλαδή ο λόγος κατασκευής του έργου και κατά συνέπεια τα οφέλη του σε σχέση με το προηγούμενο δίκτυο ύδρευσης.

Έπειτα βεβαιώνεται από τον Δήμο η επάρκεια πόσιμου ύδατος με βεβαίωση η οποία χρησιμεύει για κάθε νόμιμη χρήση. Στη συνέχεια συντάχθηκαν και στάλθηκαν από τον Δήμο οι αιτήσεις στις αρμόδιες υπηρεσίες μέσω των οποίων ζητήθηκε η χορήγηση των αντίστοιχων βεβαιώσεων για την άδεια περάτωσης του έργου. Έτσι έχουμε :

-Χορήγηση βεβαίωσης μη δασικής έκτασης στα σημεία διέλευσης κατασκευής του εξωτερικού δικτύου ύδρευσης από την διεύθυνση δασών. Μαζί με την αίτηση χορήγησης βεβαίωσης υποβλήθηκε και η οριζοντιογραφική αποτύπωση διέλευσης του αγωγού.

-Χορήγηση έγκρισης περιβαλλοντικών όρων από το τμήμα περιβάλλοντος της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Μαζί με την αίτηση χορήγησης της έγκρισης εστάλη ο φάκελος του έργου

με τα απαραίτητα δικαιολογητικά σε τρία αντίγραφα. Αφού

μελετήθηκαν από την υπηρεσία το ενέκριναν με τους παρακάτω όρους :

- Απαγόρευση κάθε μπαζώματος χειμάρρου, ρέματος ή δασικής έκτασης.
- Απαγόρευσης κάθε μορφής ρύπανσης από σκουπίδια, άχρηστα υλικά, λάδια, καύσιμα κλπ.
- Μετά το πέρας των εργασιών συλλογή και άμεση απομάκρυνση πάσης φύσεως πλεοναζόντων υλικών σε συγκεκριμένο, από τις αρμόδιες υγειονομικές Υπηρεσίες, κατάλληλο χώρο απόρριψης.
- Μετά το πέρας της κατασκευής του έργου απομάκρυνση πάσης φύσεως εργοταξιακών εγκαταστάσεων και από κατάσταση του χώρου επέμβασης.

-Χορήγηση βεβαίωσης από την εφορία της αρχαιολογίας στην οποία φαίνεται πως η υπηρεσία δεν έχει αντίρρηση ως προς την κατασκευή του έργου και πως θα πραγματοποιηθεί επίβλεψη κατά την κατασκευή του από έναν αρχαιολόγο και έναν ειδικευμένο εργάτη που υπέδειξε η υπηρεσία. Σε περίπτωση εντοπισμού αρχαιοτήτων θα πραγματοποιούνταν ανασκαφική έρευνα η οποία θα επιβάρυνε το εν λόγω έργο. Στην αίτηση χορήγησης βεβαίωσης σημειώθηκε πως το κόστος των αρχαιολογικών επιβλέψεων θα συμπεριλαμβανόταν στον προϋπολογισμό του έργου και μαζί εστάλη και οριζοντιογραφία του υπό βελτίωση δικτύου και την περιγραφή του.

Τελικά συντάσσεται η τεχνικοοικονομική ανάλυση τεκμηριωμένου προσδιορισμού του ποσοστού κοινοτικής συμμετοχής για το έργο. Αυτή περιλαμβάνει:

- τεχνική περιγραφή του έργου, το χρονοδιάγραμμα και την ανάλυση του καθώς και τον προϋπολογισμό και τα χρηματοδοτικά στοιχεία του έργου.
- χρηματοοικονομική ανάλυση του υφιστάμενου έργου.

### **3.1.2.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ, ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑ, ΑΝΑΛΥΣΗ, ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.**

Σύμφωνα με την τεχνική περιγραφή το έργο αφορά την αντικατάσταση τμημάτων του παλιού εξωτερικού δικτύου ύδρευσης του Δ.Δ. Λαγόραχης, του Δήμου Ελαφίνας. Με το έργο αυτό βελτιώνεται η ποσότητα και η ποιότητα του πόσιμου νερού που θα εξυπηρετήσει τους κατοίκους των αναφερόμενων οικισμών. Οι αγωγοί μεταφοράς και διανομής του νερού που αντικαταστάθηκαν είναι αμιαντοσωλήνες, και η αντικατάστασή τους ήταν απαραίτητη τόσο για

λειτουργικούς(βλάβες-διαρροές), όσο και για υγειονομικούς λόγους. Οι νέοι αγωγοί είναι από PVC πίεσης 10atm.

Οι αγωγοί αυτοί τοποθετήθηκαν σε σκάμμα (0,80 έως 1,20μ. πλάτος)x(1,50 έως 2,00μ. βάθος) κατά μήκος των κεντρικών ή δευτερευόντων δρόμων, ασφαλτοστρωμένων ή και χαλικοστρωμένων και ανάλογα με την μορφολογία του εδάφους.

Το μήκος των αγωγών που αντικαταστάθηκαν είναι 875μ. και τη θέση τους πήραν αγωγοί από PVC διαμέτρου Φ90. Οι αγωγοί φέρουν συνολικά έξι φρεάτια, ένα σε κάθε άκρο των επί μέρους διακλαδώσεων τους και τα τρία από αυτά βρίσκονται στον κεντρικό οδικό άξονα του Δημοτικού Διαμερίσματος, σε παράλληλη διεύθυνση μεταξύ τους.

Ο συνολικός όγκος χωμάτων που εξήχθησαν επιχώθηκαν ξανά. Σήμανση με επίσημες πινακίδες – τρεμοσβήνοντα φανάρια – κορδέλα σήμανσεως και ότι άλλο προβλέπεται από την σχετική νομοθεσία καθορίζονται από την τεχνική μελέτη.

Μετά την τοποθέτηση, σύνδεση και δοκιμή των αγωγών, έγινε επίχωση του σκάμματος με κατάλληλα υλικά και ανάλογη συμπύκνωση και πλήρη αποκατάσταση του οδοστρώματος (υπόβαση ανάλογου πάχους, βάση και ασφαλτοτάπητας). Επίσης απομάκρυνση του ασφαλτοτάπητα και τυχόν άλλων προϊόντων εκσκαφής φορτώθηκαν απευθείας και οδηγήθηκαν στους χώρους που υπέδειξε ο

Δήμος. Τέλος, τα κομμάτια των αμιαντοσωλήνων που αντικαταστάθηκαν από το καινούργιο δίκτυο οδηγήθηκαν σε ασφαλές σημείο που και πάλι υπέδειξε ο Δήμος, ενώ το συνεργείο που ανέλαβε την αντικατάσταση του δικτύου πήρε όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας, όπως ορίζει η Ελληνική Νομοθεσία.

## **4. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΜΕΤΕΤΗ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ**

### **4.1. ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ**

#### **1. Γενικά**

Η παρούσα μελέτη εκπονήθηκε από το μελετητή Γεώργιο Φράγκο σε εκτέλεση της σύμβασης μεταξύ της Δ.Ε.Υ.Α. Αιγίου και του ανωτέρω μελετητή.

Ο προϋπολογισμός των έργων ανέρχεται σε 1.832.700,00 ευρώ μαζί με Φ.Π.Α.

#### **2. Αντικείμενο της μελέτης**

Αντικείμενο της μελέτης αποτελεί η ύδρευση των κατοικιών

α) του οικισμού Αχλαδιάς στην Τ.Κ. Πτέρης. Το αντικείμενο του έργου περιλαμβάνει:

Αντικατάσταση του εσωτερικού δικτύου των αμιαντοσιμεντοσωλήνων από HDPE 125 μήκους 60 M, HDPE 110 μήκους 1.600 M, HDPE 90 μήκους 630 M και HDPE 63 μήκους 890 M συνολικού μήκους 3.180 M.

Η αντικατάσταση θα γίνει στους δρόμους του οικισμού.

Το δίκτυο που πρόκειται να αντικατασταθεί δίνεται στη γενική διάταξη σε κλίμακα 1:5000 και 1:2500

β) του οικισμού Κουνινάς στην Τ.Κ. Κουνινάς. Το αντικείμενο του έργου περιλαμβάνει:

Αντικατάσταση του εσωτερικού δικτύου των αμιαντοσιμεντοσωλήνων από HDPE 125 μήκους 340 M, HDPE 110 μήκους 1.280 M, HDPE 90 μήκους 1.750 M και HDPE 63 μήκους 620 M συνολικού μήκους 3.990 M.

Η αντικατάσταση θα γίνει στους δρόμους του οικισμού.

Το δίκτυο που πρόκειται να αντικατασταθεί δίνεται στη γενική διάταξη σε κλίμακα 1:5000 και στο σχέδιο πόλης σε κλίμακα 1:1000

γ) του οικισμού Σελινούντα στην Τ.Κ. Σελινούντα. Το αντικείμενο του έργου περιλαμβάνει:

Αντικατάσταση του εσωτερικού δικτύου των αμιαντοσιμεντοσωλήνων από HDPE 125 μήκους 250 M, HDPE 110 μήκους 2.580 M, HDPE 90 μήκους 2.620 M και HDPE 63 μήκους 2.100 M συνολικού μήκους 7.550 M.

Η αντικατάσταση θα γίνει στους δρόμους του οικισμού.

Το δίκτυο που πρόκειται να αντικατασταθεί δίνεται στη γενική διάταξη σε κλίμακα 1:5000 και 1:2500

δ) του οικισμού Κ. Πτέρης (Σέλισσας) στην Τ.Κ. Πτέρης. Το αντικείμενο του έργου περιλαμβάνει:

Αντικατάσταση του εσωτερικού δικτύου των αμιαντοσιμεντοσωλήνων από HDPE 110 μήκους 290 M, HDPE 90 μήκους 1.000 M και HDPE 63 μήκους 540 M συνολικού μήκους 1.830 M.

Η αντικατάσταση θα γίνει στους δρόμους του οικισμού. Επίσης θα γίνει αντικατάσταση του πρώτου τμήματος του καταθλιπτικού αγωγού σε μήκος 700,0 M από τη γεώτρηση που σήμερα είναι χαλυβδοσωλήνας με αντίστοιχο σωλήνα από ελατό χυτοσίδηρο DN 150mm/κλάσης C40.

Το δίκτυο που πρόκειται να αντικατασταθεί δίνεται στη γενική διάταξη σε κλίμακα 1:5000 και 1:2500

Συνολικά θα αντικατασταθούν 17.250 M αμιαντοσιμεντοσωλήνων από HDPE 125 μήκους 650 M, HDPE 110 μήκους 6.000 M, HDPE 90 μήκους 6.000 M, HDPE 63 μήκους 3.900 M και D.I. 150 40 ATM μήκους 700 M.

Το δίκτυο που πρόκειται να αντικατασταθεί δίνεται στη γενική διάταξη σε κλίμακα 1:5000 και στο σχέδιο πόλης σε κλίμακα και 1:1.000

## 2.1 Γενικά στοιχεία

### 2.1.1 Σωλήνες

Οι σωλήνες που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι σωλήνες πίεσης από πολυαιθυλένιο (HDPE) τρίτης γενιάς (σ.80, MRS10, PE 100), πίεσης 10 ατμ.

Επελέγησαν σωλήνες από πολυαιθυλένιο επειδή έχουν μικρότερες συνδέσεις από άλλο υλικό καλύτερης στεγανότητας (σύνδεση με ηλεκτρομούφα ελεγχόμενη και καταγεγραμμένη με μεταφορά της καταγραφής στο PC), ουδέτερη συμπεριφορά κοντά τη θάλασσα τόσο για τους σωλήνες όσο για τα εξαρτήματα PE και κυρίως αναλαμβάνουν τις τοπικές καθιζήσεις του εδάφους.

Επιλέξαμε τρίτης γενιάς σωλήνα επειδή:

Ευθυγραμμίζεται καλύτερα για τη σύνδεσή του  
Έχουμε περισσότερες πληροφορίες για την μέχρι σήμερα αποτελεσματικότητά του

Όλες οι σωληνογραμμές θα δοκιμαστούν από τον εργολάβο στην δοκιμή πίεσης.

Ο εργολάβος θα είναι υπεύθυνος για τα υλικά, για την καλή τοποθέτηση και σύνδεση των σωλήνων και συσκευών και για την δοκιμασία της σωληνογραμμής. Κατά την δοκιμή ο εργολάβος είναι υπεύθυνος για διαρροές που θα υπάρξουν στις συνδέσεις των σωλήνων, στις συνδέσεις σωλήνων και ειδικών τεμαχίων και τέλος στις συνδέσεις μεταξύ των ειδικών τεμαχίων. Επίσης θα είναι υπεύθυνος για τα ειδικά τεμάχια που ενσωματώνει στο έργο δηλαδή για την ποιότητά τους και την στεγανότητά τους. Σε περιπτώσεις που κατά την δοκιμή στεγανότητας αποδειχτεί η μη στεγανότητα κάποιου υλικού ο εργολάβος θα τα αντικαθιστά χωρίς να πληρωθεί ιδιαίτερος για αυτή την εργασία. Σε περίπτωση που από τη δοκιμή πίεσης αποδειχτεί ότι ευθύνεται ο εργολάβος για τις διαρροές στις συνδέσεις των σωλήνων θα τις ξανακατασκευάζει χρησιμοποιώντας δικά του υλικά και σωλήνες.

Στον καταθλιπτικό αγωγό της Σέλισσας θα χρησιμοποιηθούν σωλήνες ελατού χυτοσίδηρου (Ductile Iron) κατάλληλες για πόσιμο νερό σύμφωνα με την EN545 για τη διάμετρο Φ150 και κλάση πίεσης C40 δηλαδή 40 ATM. Ο σωλήνας θα φέρει δακτύλιο στεγάνωσης κατά ΕΛΟΤ EN 681-1, με εσωτερική επένδυση από τσιμεντοκονία φυγοκεντρικά τοποθετημένη και εξωτερική επίστρωση μεταλλικού ψευδαργύρου ( $200 \text{ g/m}^2$ ) και ασφαλτική βαφή.

## 2.2 Τεχνικά έργα του αγωγού μεταφοράς

### *α. Τοποθέτηση του αγωγού στην τάφρο*

Ο αγωγός θα τοποθετηθεί σε τάφρο με ελάχιστη επίχωση 1,0 m πάνω από την άνω γενέτειρα του σωλήνα και πλάτος σύμφωνα με τις ΕΤΕΠ και παρουσιάζονται στις διατομές των αντίστοιχων σχεδίων.

Το βάθος τοποθέτησης του αγωγού (ποικίλλει) δίνεται στις σχετικές μηκοτομές των σχεδίων της μελέτης. Οι ελάχιστες κλίσεις των αξόνων τηρήθηκαν 0,2% για τους ανερχόμενους κλάδους κατά τη ροή του νερού και 0,4 % για τους κατερχόμενους κλάδους.

### *β. Εγκιβωτισμός των σωλήνων*

Οι σωλήνες γενικά εγκιβωτίζονται με άμμο, πλην των περιπτώσεων μικρού βάθους εκκαφής (<0,80 m επικάλυψης), οπότε εγκιβωτίζονται με σκυρόδεμα.

Ο όγκος εγκιβωτισμού των σωλήνων δίνεται από την σχέση:

$$V = \frac{4-p}{4} D^2 + D + 0,24$$

Για εγκιβωτισμό με άμμο

$$V = \frac{4-p}{4} D^2 + 0,9 D + 0,18$$

Για εγκιβωτισμό με σκυρόδεμα

#### γ. Ειδικά κατασκευαστικά στοιχεία

Αντιστηρίξεις από ξυλοζεύγματα και σε ειδικές περιπτώσεις από ολισθαίνουσες μεταλλικές πλάκες (τ. Kings) προβλέπονται σε περιπτώσεις όπου το βάθος εκσκαφής είναι μεγαλύτερο του 1,50 m σε ασταθή και αμμοχαλικώδη εδάφη και κατόπιν έγκρισης της επιβλέπουσας υπηρεσίας.

Ο αγωγός τοποθετείται σε υπόστρωμα άμμου 0,10 M και εγκιβωτίζεται με άμμο μέχρι 0,30 M άνω της άνω γενέτειρας. Πάνω από την άμμο και μέχρι 0,40 M κάτω από το υψόμετρο της ερυθράς του δρόμου το όρυγμα επιχώνεται με θραυστό υλικό ΠΤΠ 150 σε στρώσεις πάχους 0,25 M με βαθμό συμπύκνωσης τουλάχιστον 95% κατά την τροποποιημένη μέθοδο κατά PROCTOR και μετά τοποθετείται μία στρώση υπόβασης από ΠΤΠ 150 πάχους 0,10 M μετά μία στρώση βάσης από ΠΤΠ 155 πάχους 0,10 M μία στρώση σκυροδέματος πάχους 0,10 M C 12/15 οπλισμένο με πλέγμα T131 και αφού γίνει ασφαλική επάλειψη θα τοποθετηθεί ασφαλική στρώση βάσης A 260 πάχους 0,05 M επάλειψη συγκολλητικής και τέλος ασφαλική στρώση κυκλοφορίας A265 πάχους 0,05 M. Αντίστοιχα σε χωματόδρομο η επίχωση θα γίνει με προϊόντα εκσκαφής τα οποία θα επιχωθούν σε στρώσεις 0,25 M με βαθμό συμπύκνωσης μεγαλύτερος των 95% σύμφωνα με την τροποποιημένη δοκιμασία PROCTOR. Αντίστοιχα σε τσιμεντόδρομο μετά τη στρώση ΠΤΠ 0155 θα κατασκευασθεί μία στρώση από σκυρόδεμα C 12/15 πάχους 0,15 M οπλισμένο με δομικό πλέγμα T131.

#### δ. Χάραξη στις αλλαγές διεύθυνσης - ειδικά τεμάχια καμπύλων

Επειδή η χάραξη στο μεγαλύτερο τμήμα της θα τοποθετηθεί στους υπάρχοντες δρόμους οι οποίοι χαρακτηρίζονται από συνεχείς καμπύλες με μικρή ακτίνα καμπυλότητας με αποτέλεσμα η χάραξη να είναι μη τεταμένη για την αποφυγή τοποθέτησης συνεχώς ειδικών καμπύλων στις μικρές οριζοντιογραφικές ή κατακόρυφες γωνίες αλλαγής της διεύθυνσης της χάραξης χρησιμοποιούμε την κάμψη των σωλήνων.

Ο σωλήνας δεν πρέπει να κάμπτεται παρά μόνο κατά την μία διεύθυνση.

Στις περιπτώσεις που θα έχουμε μεγαλύτερη αλλαγή διεύθυνσης χρησιμοποιούμε ειδικά τεμάχια καμπύλων από PE πίεσης 10 ATM. Τα τεμάχια αυτά εγκιβωτίζονται με σκυρόδεμα C12/15 (BLOCKS) για την παραλαβή των δυνάμεων της ώθησης που προέρχεται από την αλλαγή της διεύθυνσης.



Τα τεμάχια αγκύρωσης για οριζοντιογραφικές αλλαγές χαρακτηρίζονται τύπου Α. Θα χρησιμοποιήσουμε τους τέσσερις τύπους αγκυρώσεων. Λεπτομέρειες των διαστάσεων των σωμάτων αγκύρωσης καθώς και το διάστημα χρήσης του κάθε τύπου δίνονται στο σχέδιο της μελέτης.

Τα ειδικά τεμάχια χρησιμοποιούνται για την σύνδεση των εξαρτημάτων με την σωληνογραμμή σε καμπύλες ή σε διακλαδώσεις αγωγών.

Θα χρησιμοποιήσουμε τεσσάρων ειδών ειδικά τεμάχια.

**Ειδικά τεμάχια** από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας HDPE με πίεση λειτουργίας 10 ATM τα οποία συνδέονται με θερμοσυγκόλληση (BULT WELDING) με τους υπόλοιπους σωλήνες. Τα ειδικά τεμάχια που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι καμπύλες, ταυ κλπ.

**Χυτοσιδηρά.** Τα χυτοσιδηρά ειδικά τεμάχια θα είναι ποιότητας τουλάχιστον GG20 οι δε διαστάσεις του θα ακολουθούν τα αντίστοιχα DIN θα χρησιμοποιηθούν στις συνδέσεις των υφιστάμενων σωλήνων από PVC ή A/Z με δικλείδες, ή με τερματικά κλπ.

**Τεμάχια από ελατό χυτοσίδηρο ή από σφαιροειδή γραφίτη (DUCTILE IRON).** Τα ειδικά τεμάχια από ελατό χυτοσίδηρο θα είναι ποιότητας τουλάχιστον GGG40 οι δε διαστάσεις του θα ακολουθούν τα αντίστοιχα DIN θα χρησιμοποιηθούν σαν ειδικά τεμάχια στα φρεάτια – δικλείδων σαν ενωτικά όπου δεν χρησιμοποιηθούν ειδικά τεμάχια από HDPE και όπου χρησιμοποιηθεί ο σωλήνας D.I.

**Χαλύβδινα.** Τα χαλύβδινα ειδικά θα χρησιμοποιηθούν στις συνδέσεις χαλυβδοσωλήνα με εξαρτήματα ή σαν ενωτικό συγκεκριμένου μήκους όπου δεν υπάρχει αντίστοιχο χυτοσιδηρό τεμάχιο (π.χ. αμφιφλαντζωτά ειδικά τεμάχια). Τα χαλύβδινα ειδικά τεμάχια θα πρέπει να φέρουν προστασία εσωτερική από PRIMER ή εποξειδική βαφή και εξωτερική από PRIMER.

Στα σημεία όπου θα κατασκευασθούν ειδικά τεμάχια επί τόπου θα πρέπει να προστατευθούν με ειδικές ταινίες οι οποίες θα φθάνουν μέχρι την εξωτερική μόνωση.

### **3. Φρεάτια σωληνωτού δικτύου**

Το σωληνωτό δίκτυο για την λειτουργία του απαιτεί την ύπαρξη φρεατίων τα οποία χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση διαφόρων λειτουργιών. Στο παρόν σωληνωτό δίκτυο θα χρησιμοποιηθούν τα παρακάτω φρεάτια.

#### **3.α Φρεάτια αερεξαγωγών (Φ.Α)**

Τα φρεάτια αερεξαγωγού τοποθετούνται:

· στα υψηλά σημεία της χάραξης για την εξαγωγή του συσσωρευθέντα αέρα στο στάδιο της λειτουργίας ή στο στάδιο της αρχικής πληρώσεως του σωλήνα και την εισαγωγή του αέρα στο στάδιο της εκκένωσης. (Χρησιμοποιούμε αερεξαγωγούς διπλής ενέργειας).

· όταν έχουμε μακρύ ανέβασμα ή κατέβασμα σε διάστημα όχι μεγαλύτερο των 500 μ. (Χρησιμοποιούμε αερεξαγωγούς μονής ενέργειας).

· στα σημεία που έχουμε μεταβατικές καταστάσεις ροής από ελεύθερη ροή υπό πίεση ή και αντίθετα για την αποφυγή υπερπιέσεων ή υποπιέσεων. (Χρησιμοποιούμε αερεξαγωγούς διπλής ενέργειας).

Θα χρησιμοποιήσουμε αεραεξαγωγούς διπλής ενέργειας διαμέτρου 50 χλσ. με πίεση λειτουργίας 16 ATM. Ο αεραεξαγωγός θα έχει σώμα από GG 25 κατά DIN 1691 για πιέσεις 16 ATM θα φέρει πλωτήρα από πολυπροπυλένιο ή πολυαμίδιο μεμβράνη από σιλκόνη, δακτύλιο στεγανότητας από EDPM ανοξειδωτο άξονα κατά DIN 14021 και φλάντζα κατά DIN 2501/28604 έως 28607. Επίσης θα φέρει δικλείδα τύπου ελαστικής έμφραξης πίεσης 16 ATM.

Το φρεάτιο αερεξαγωγού θα έχει εσωτερικές διαστάσεις 0,8 x 1,40 μ. Οι εργασίες κατασκευής τους περιλαμβάνουν την πρόσθετη εκσκαφή, επίχωση με θραυστό, σκυροδέτηση με σκυρόδεμα C16/20, το σιδηρό σπλισμό B 500c, το κάλυμμα από D.I. και τις χυτοσιδηρές βαθμίδες επίσκεψης.

Η προμήθεια και η τοποθέτηση των αερεξαγωγών θα γίνει από τον εργολάβο.

### *3.β Φρεάτια δικλείδων*

Οι δικλείδες θα τοποθετηθούν σε κατάλληλες θέσεις για την απομόνωση τμημάτων του δικτύου για επισκευή από πιθανές βλάβες. Άνω της δικλείδας θα τοποθετηθεί κατάλληλο χυτοσιδηρό φρεάτιο έτσι ώστε να είναι δυνατή η ρύθμισή της μέσω του κλειδιού χειρισμού από το δάπεδο του δρόμου.

Το χυτοσιδηρό φρεάτιο περιλαμβάνει:

Το σωλήνα (στέλεχος) επιμήκυνσης που τοποθετείται αμέσως πάνω από την δικλείδα.

Το φρεάτιο με κυκλικό χυτοσιδηρό κάλυμμα που το άνω μέρος του τοποθετείται στο υψόμετρο του δρόμου και εδράζεται σε πλάκα σκυροδέματος C 12/15.

Το εξάρτημα προσαγωγής του κλειδιού (δακτύλιο προσαγωγής).

Λεπτομέρειες της δικλείδας δίνονται στο αντίστοιχο σχέδιο.

### *3.γ Φρεάτια εκκένωσης*

Τα φρεάτια εκκένωσης θα τοποθετηθούν α) στο τέλος των τερματικών κλάδων όπου με το άνοιγμα της δικλείδας θα εκκενώνεται το δίκτυο με χρήση φρεατίου δικλείδας, β) στις κοιλότητες όπου με διακλάδωση και φρεάτιο δικλείδας στη διακλάδωση θα εκκενώνεται στο φυσικό αποδέκτη.

### *3.δ Φρεάτιο εκκενωτή καταθλιπτικού αγωγού (Φ.Ε.)*

Τα φρεάτια των εκκενωτών αποτελούν μια διακλάδωση στον κύριο αγωγό η οποία φέρει μία δικλείδα ίδιας διαμέτρου με τη σωληνογραμμή της διακλάδωσης. Με το άνοιγμα της δικλείδας γίνεται η απαγωγή προς το φυσικό αποδέκτη των νερών που βρίσκονται στο δίκτυο.

Στο σωλήνα της Σέλιτσας θα τοποθετηθεί δικλείδα τύπου πεταλούδας διαμέτρου  $\Phi$  150 και ονομαστικής πίεσης 25 ATM.

Το μήκος του απαγωγού σωλήνα ποικίλλει ανάλογα με τις επικρατούσες τοπικές συνθήκες, στο δε τέρμα του κατασκευάζεται τεχνικό εξόδο.

Το φρεάτιο θα έχει εσωτερικές διαστάσεις 0,90 x 0,90 και οι εργασίες κατασκευής των φρεατίων περιλαμβάνουν την πρόσθετη εκσκαφή, επίχωση κενών με θραυστό, σκυροδέτηση με σκυρόδεμα C16/20, σιδηρό σπλισμό B500c, κάλυμμα σιδηρό ή από ελατό χυτοσίδηρο και χυτοσιδηρές βαθμίδες επίσκεψης.

Το τεχνικό εξόδο που προορίζεται για την εκκένωση και θα περιλαμβάνει εργασίες εκσκαφής, σκυροδέτηση με άοπλο σκυρόδεμα C12/15 και τοποθέτηση αγωγού απαγωγής.

Στην έξοδο φέρει και πλέγμα από χάλυβα  $\Phi 6$  με βρόγχο 2,5 x 2,5 για την προστασία από την είσοδο ακαθάρτων στοιχείων. Λεπτομέρειες, διαστάσεις των φρεατίων εκκένωσης και του τεχνικού εξόδου δίνονται στα σχέδια της μελέτης.

Η συνδεσμολογία του φρεατίου εκκενωτών φαίνεται στα αντίστοιχα σχέδια. Τα ειδικά τεμάχια που θα τοποθετηθούν περιλαμβάνονται στην τιμή του φρεατίου. Δεν περιλαμβάνονται στην τιμή του φρεατίου τα ειδικά εξαρτήματα (δικλείδες).

### *3.ε. Φρεάτιο μειωτή*

Θα χρησιμοποιήσουμε μειωτή διαμέτρου 2" στις διατομές Σ14 στον κλάδο Σ3 –Σ14 και Σ25 στον κλάδο Σ25- Σ61 του κεντρικού κλάδου του οικισμού της Σέλιτσας με σκοπό τον καταβιβασμό της πίεσεως σε καθορισμένο επίπεδο ύστερα από κατάλληλη ρύθμιση.

Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι δεν θα πρέπει να γίνει σύνδεση του κλάδου Σ36 –Σ52 με τον κατάντη κλάδο Σ14- Σ25.

Ο μειωτής θα διατηρεί την ανάντη πίεση δηλαδή μειώνει την υψηλή πίεση εισόδου σε χαμηλότερη πίεση εξόδου διατηρώντας με ακρίβεια μια σταθερή προκαθορισμένη πίεση ανεξάρτητα από μεταβολές της πίεσης ή της ροής εισόδου ή και των δύο. Αρα διατηρεί μία προκαθορισμένη πίεση εισόδου.

Η πίεση εξόδου καθορίζεται σε ελάχιστη τιμή 0,7 ATM αλλά η ρύθμιση θα γίνει σε 4 ATM.

Ο μειωτής αποτελείται από διαφραγματική δικλείδα διπλού θαλάμου πίεσης.

Για την λειτουργία του μειωτή θα κατασκευαστεί η παρακάτω συνδεσμολογία με τα απαραίτητα εξαρτήματα.

Φίλτρο καθαρισμού 2" με σίτα με σκοπό την προστασία του μειωτή. Το φίλτρο θα τοποθετηθεί αμέσως ανάντη του μειωτή.

Δικλείδες απομόνωσης του μειωτή ανάντη ώστε να είναι δυνατή η επισκευή του.

Αεραεξαγωγός διπλής ενέργειας στην έξοδο του μειωτή με την αντίστοιχη δικλείδα.

Μανόμετρο με υποδιαίρεση 0,1 ATM

Όλα τα παραπάνω εξαρτήματα θα τοποθετηθούν σε φρεάτιο με εσωτερικές διαστάσεις 1,35 x 1,05. Οι εργασίες κατασκευής περιλαμβάνουν την πρόσθετη εκσκαφή εξυγίανση με αμμοχάλικο σκυροδέτηση με σκυρόδεμα C 16/20, και σιδηρό οπλισμό B500c τις σιδηρές βαθμίδες επίσκεψης και το διπλό σιδηρό κάλυμμα συνολικών διαστάσεων 1,05 x 0,675 για ανάντη προσπέλαση και ρύθμιση του μειωτή.

Η προμήθεια τοποθέτηση ρύθμιση και δοκιμές λειτουργίας του μειωτή θα γίνει από τον εργολάβο.

### *3.ζ Πυροσβεστικός κρουνός*

Ο πυροσβεστικός κρουνός τοποθετείται σε κεντρικές θέσεις έτσι ώστε να τροφοδοτεί με νερό περιοχή με ακτίνα 200 M και κέντρο τον πυροσβεστικό κρουνό με την χρήση μάνικας για την κατάσβεση της πυρκαγιάς.

Θα χρησιμοποιήσουμε υπέργειους πυροσβεστικούς κρουνούς διαμέτρου 80 χλσ με δύο παράπλευρες υδροληψίες έτσι ώστε να δίνουμε παροχή 10 l/s. Ο κρουνός θα φέρει το υπέργειο χυτοσιδηρό τμήμα ύψους 1.0 M και το υπόγειο χυτοσιδηρό σωλήνα συναρμογής μήκους 0.65 M και με χυτοσιδηρά γωνία. Στο άνω μέρος θα φέρει περικόχλιο κίνησης για ρύθμιση του κρουνού. Η γωνία έδρασης του κρουνού εδράζεται σε στρώμα από σκυρόδεμα πάχους 0.10 M.

Για μεγαλύτερη ασφάλεια τοποθετούμε ανάντι του κρουνού μια δικλείδα ασφαλείας διαμέτρου 80 χλσ.

Λεπτομέρεια του κρουνού και της σύνδεσης με το δίκτυο δίνουμε στα σχέδια.

### *3.η Σύνδεση παροχής - Φρεάτια υδρομετρητών*

Παροχή θεωρείται ο σωλήνας που ξεκινάει από το σωλήνα διανομής και καταλήγει μέχρι την ιδιοκτησία όπου θα τοποθετείται σε φρεάτιο υδρομετρητή ο υδρομετρητής.

Η κατασκευή θα γίνει με σωλήνα από HDPE –αλουμινίου διατομής Φ25 αντοχής 16 ατμ. για ύδρευση και με όλα τα κατάλληλα υδραυλικά υλικά :

ΣΕΛΛΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ PE/PVC ΜΕ ΑΠΟΣΠΩΜΕΝΗ ΚΕΦΑΛΗ – ΕΞΟΔΟΥ ¾" .

ΣΦΑΡ.ΚΡΟΥΝΟΥ ΣΥΝΕΝΩΣΗΣ Φ25 X ¾" ΑΡΣ

ΣΩΛΗΝΑΣ HDPE –ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ Φ25

ΟΡΕΙΧΑΛΚΙΝΟ ΡΑΚΟΡ , ΜΗΧ ΣΥΣΦΙΞΗΣ , ΓΙΑ ΣΩΛΗΝΑ PE/PVC Φ25 X ¾" ΘΗΛ .

ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΚΡΟΥΝΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΤΗΛΕΣΚΟΠΙΚΟ ¾" ΑΡΣ Χ ¾" ΤΡΕΛΟ ΜΕ ΕΙΔΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ ΚΛΕΙΔΩΜΑΤΟΣ  
ΣΦΑΙΡΙΚΟ ΚΡΟΥΝΟ ΠΕΛΑΤΗ ¾" ΑΡΣ Χ ¾" ΤΡΕΛΟ ΜΕ ΕΝΣΩΜΑΤΩΜΕΝΗ ΒΑΛΒΙΔΑ ΑΝΤΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ  
ΦΡΕΑΤΙΟ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΗ ΤΥΠΟΥ ΚΑΜΠΑΝΑ 35Χ35 ΜΕ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟ ΚΑΛΥΜΜΑ , ΚΛΑΣΕΩΣ Β125

μέχρι και την έξοδο του φρεατίου υδρομετρητή (κρουνός πελάτη) και με σύνδεση μέχρι τον καταναλωτή έτοιμη για λειτουργία και σύμφωνα με τα ενδεικτικά σχέδια της μελέτης και τις υποδείξεις της Επίβλεψης.

Στο ειδικό τεμάχιο σέλλας υδροληψίας θα ανοίγεται οπή παροχής στον σωλήνα διανομής τουλάχιστον 16 χιλιοστά στην περίπτωση του HDPE 25.

Ο σωλήνας, που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι HDPE, PN 16 ATM., ενώ τα μεταλλικά ειδικά τεμάχια που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι ανοξείδωτα ή ορειχάλκινα PN 16 ATM.

Στο φρεάτιο του υδρομετρητή θα τοποθετηθεί υδρομετρητής διαμέτρου ½" και πίεσης 16 ATM, ογκομετρικός, R160, μήκους 110 MM, με ενσωματωμένη διάταξη ασύρματης καταγραφής AMR.

Ο υδρομετρητής θα τοποθετηθεί και θα ρυθμιστεί ένταξή του σε σύστημα ασύρματης καταγραφής δεδομένων (Walk by & fixed network) .

Πρέπει να τονισθεί ότι ακόμη περιλαμβάνεται και ο εξοπλισμός για την ασύρματη μεταφορά των δεδομένων των υδρομετρητών μέσω σταθερού δικτύου ασύρματης μεταφοράς, σε Η/Υ της υπηρεσίας (σε σημείο που υποδείξει η υπηρεσία).

## 4.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Όπως φαίνεται και από την γενική οριζοντιογραφία, ο αγωγός διατρέχει μια απόσταση 2.630μ. από την πηγή Χουχούλα έως την υδατοδεξαμενή. Στην οριζοντιογραφία είναι γνωστό πως καταγράφονται τα υψόμετρα του εδάφους και πάνω σε αυτά τοποθετήθηκε ο εξωτερικός αγωγός ύδρευσης ο οποίος ακολουθεί, σύμφωνα με την μελέτη την παλιά χάραξη. Από την πρώτη κιόλας ματιά στην οριζοντιογραφία παρατηρούνται κάποιες καταπτώσεις καθώς επίσης απόλυτα εμφανής είναι η ύπαρξη αρκετών μισογαγγιών. Επίσης καταγράφονται με μια συντομογραφία τα νέα τεχνικά έργα του νέου εξωτερικού δικτύου ύδρευσης καθώς και συμβολίζονται κάποια από αυτά.



Εικόνα 2. Τοπικές κατολισθήσεις.

#### 4.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΚΟΤΟΜΗΣ

Όπως φαίνεται και από την μηκοτομή ο αγωγός περνά από έδαφος με μεγάλες υψομετρικές διαφορές κατά την διάβαση του και σε κάποια σημεία είναι επιφανειακός λόγω της ύπαρξης ρεμάτων (σημεία 4,12,33,48) και του φαινομένου του ερπυσμού. Στην μηκοτομή καταγράφονται καθαρά τα υψόμετρα του φυσικού εδάφους, της πιεζομετρικής γραμμής και του αγωγού καθώς και τα τεχνικά στοιχεία των αγωγών (διάμετρος αγωγού  $D$ , ταχύτητα ροής  $u$ , μήκος  $L$ , παροχή  $Q$ ) και τα νέα προτεινόμενα τεχνικά έργα.





Εικόνα 3. Επιφανειακός αγωγός στο σημείο του ερπυσμού.

#### 4.4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΙΔΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

Όπως προαναφέρθηκε σε ένα σημείο (στις διατομές 51-56) παρατηρείται το φαινόμενο του ερπυσμού. Αυτό σημαίνει πως λόγω των μεγάλων κλίσεων, όπως φαίνεται και στην οριζοντιογραφία, πραγματοποιούνται τοπικές κατολισθήσεις επιφέροντας δυσκολίες και στην κατασκευή και στην λειτουργία του δικτύου. Γι'αυτό θεωρήθηκαν απαραίτητες κάποιες ειδικές εργασίες.

Στο σημείο που υπάρχει το φαινόμενο του ερπυσμού της γης μήκους περίπου 100μ. προτείνεται ο αγωγός να μην είναι υπόγειος αλλά επιφανειακός. Στο σημείο αυτό ο αγωγός τοποθετήθηκαν επιφανειακά συγκρατημένοι ξύλινοι πάσσαλοι ,χρώματος μαύρου και ανά διαστήματα ο υδρονομέας του Δήμου μετακινεί πασσάλους και αγωγό. Στις άκρες του εξωτερικού αγωγού έγινε σχετική ακύρωση του.



Εικόνα 4. Επιφανειακός αγωγός στο σημείο του ερπυσμού.

#### 4.5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Κατά την εκτέλεση του έργου πραγματοποιήθηκαν οι εργασίες σχεδόν πιστά με το χρονοδιάγραμμα που είχε υπολογιστεί με μια μικρή απόκλιση των δυο μηνών λόγω γεωμορφολογικών και καιρικών δυσχερειών και της ιδιαιτερότητα του χώρου κατασκευής του έργου (ανώμαλο αρκετά έδαφος). Ακολουθήθηκαν οι οδηγίες-εντολές που δόθηκαν για την ασφάλεια των εργαζομένων και από τους ίδιους αλλά και από τους επιβλέποντες.

Σε ένα σημείο της χάραξης λόγω τοπικών κατολισθήσεων (το φαινόμενο του ερπυσμού που προαναφέραμε) κρίθηκε αναγκαία η παράπλευρη η μετατόπιση της όδευσης του αγωγού, με αποτέλεσμα την αύξηση του συνολικού μήκους του αγωγού χωρίς όμως να γίνει μετακίνηση της αρχής και του τέλους του.

Κατά την φάση της κατασκευής συντάσσεται και 1ος (και τελευταίος) ανακεφαλαιωτικός πίνακας εργασιών στον οποίο καταγράφονται αναλυτικά οι εγκριθείσες ποσότητες και οι τελικά προτεινόμενες και από αυτές προκύπτουν οι αυξομειώσεις στην αρχική ποσότητα των εργασιών (η οποία υπολογίστηκε μαζί με την έκπτωση του αναδόχου) και αυτών που τελικά προέκυψαν. Στην προκειμένη περίπτωση το έργο δεν ξέφυγε από τον προϋπολογισμό του, υπήρξαν όμως κάποιες ανακατανομές (αυξομειώσεις) τιμών με συνέπεια το ίδιο αποτέλεσμα.



Οι διαφορές (αυξήσεις-μειώσεις) στις ποσότητες προέκυψαν λόγω των παραπάνω απρόβλεπτων εργασιών που προέκυψαν (φαινόμενο ερπυσμού κλπ.) για την άρτια ολοκλήρωση του έργου.

#### **4.6. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ**

Το έργο εκτελέστηκε σε τρεις φάσεις που πιστοποιήθηκαν από τα αντίστοιχα πρωτόκολλα παραλαβής εργασιών.

Με την έναρξη του έργου συντάσσεται το 1ο πρωτόκολλο παραλαβής αφανών και εμφανών εργασιών (1ο ΠΠΑΕ) στο οποίο φαίνονται αναλυτικά οι επιμετρήσεις των πρώτων εργασιών και των

τριών ομάδων (χωματουργικά-σκυροδέματα-σωληνώσεις) οι οποίες πραγματοποιήθηκαν από τον επιβλέποντα μηχανικό παρουσία του αναδόχου και συνοδεύεται από την 1η αναλυτική επιμέτρηση.

Ακολουθούν το 2ο και 3ο πρωτόκολλο παραλαβής που συνοδεύονται αντίστοιχα από την 2η και 3η αναλυτική επιμέτρηση.

Έπειτα συντάσσεται το πρωτόκολλο προσωρινής παραλαβής και η επιτροπή παραλαβής του έργου, η οποία απαρτίστηκε από έναν

Δημοτικό Σύμβουλο, έναν Πολιτικό Μηχανικό και έναν Τοπογράφο Μηχανικό υπάλληλο του ΤΥΔΚ Ν. ΑΧΑΪΑΣ, αφού βρέθηκαν επί τόπου με τον επιβλέποντα μηχανικό και τον ανάδοχο του έργου και πραγματοποίησαν τον απαραίτητο έλεγχο αποφάσισαν να προχωρήσουν στην υπογραφή του πρωτοκόλλου.

Στο πρωτόκολλο προσωρινής παραλαβής αναγράφονται οι τελικά εγκριθείσες ποσότητες εργασιών οι οποίες συνοδεύονται από τις τελικές επιμετρήσεις του 1ου, 2ου και 3ου πρωτοκόλλου παραλαβής αφανών και εμφανών εργασιών και του συνόλου τους και μπορεί να συνταχτεί από την ώρα που τελειώνει το έργο.

Η επιτροπή παραλαβής αφού έκανε έλεγχο:

κατά το δυνατόν τις ποσότητες των εργασιών της βρήκε τις σωστές γι' αυτό και τις παρέλαβε όλες όπως αναγραφήκαν στο Πρωτόκολλο, και

στην ποιότητα των εργασιών διαπίστωσε ότι αυτές είναι σύμφωνες με της ισχύουσες Π.Τ.Π. και της συμβατικές υποχρεώσεις του αναδόχου, γι' αυτό και της παρέλαβε ποιοτικά.

Τελικά, η επιτροπή παραλαβής του έργου, η οποία απαρτίστηκε από έναν Δημοτικό Σύμβουλο του Δήμου Ελαφίνας, έναν Πολιτικό Μηχανικό και έναν Τοπογράφο Μηχανικό υπάλληλο του ΤΥΔΚ, αφού βρέθηκαν επί τόπου με τον επιβλέποντα μηχανικό και τον ανάδοχο του έργου και έκαναν τον απαραίτητο έλεγχο παρέλαβαν αναλυτικά τις εργασίες με το Πρωτόκολλο Οριστικής Παραλαβής και το ενέκριναν.

Στο πρωτόκολλο οριστικής παραλαβής αναγράφονται οι τελικά εγκριθείσες ποσότητες εργασιών οι οποίες συνοδεύονται από τις τελικές επιμετρήσεις του 1ου, 2ου και 3ου πρωτοκόλλου παραλαβής και του συνόλου τους και πραγματοποιήθηκε στους 24 μήνες από την περαίωση του έργου. Παρόλα αυτά ο έλεγχος για το Πρωτόκολλο Οριστικής Παραλαβής μπορεί να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε στιγμή 15 μήνες μετά την περαίωση του έργου.

Η επιτροπή παραλαβής αφού έκανε έλεγχο:

κατά το δυνατόν τις ποσότητες των εργασιών, τις βρήκε σωστές γι' αυτό και τις παρέλαβε όλες όπως αναγραφήκαν στο Πρωτόκολλο, και

στην ποιότητα των εργασιών διαπίστωσε ότι αυτές είναι σύμφωνες με της ισχύουσες Π.Τ.Π. και της συμβατικές υποχρεώσεις του αναδόχου, γι'αυτό και της παρέλαβε ποιοτικά.

Το Πρωτόκολλο Οριστικής Παραλαβής τελικά ολοκληρώνεται έπειτα από την έγκριση του από το Δημοτικό Συμβούλιο της αρμόδιας αρχής.

#### **4.7. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΔΟΚΙΜΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ**

Μετά την ολοκλήρωση του έργου πραγματοποιείται έλεγχος λειτουργικότητας από τον επιβλέποντα μηχανικό και συντάσσεται το αντίστοιχο πρωτόκολλο το οποίο και αποστέλλεται στο Τ.Υ.Δ.Κ. της περιφέρειας κεντρικής Μακεδονίας.

Εφόσον λοιπόν κατά την δοκιμή λειτουργικότητας του κατασκευασθέντος τμήματος έγιναν οι απαιτούμενες εξαερώσεις το δίκτυο λειτούργησε πλήρως κατεβάζοντας μάλιστα μεγαλύτερη ποσότητα ύδατος όπως και αναμενόταν.

#### **4.8. ΚΟΣΤΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ**

Ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται στις 177.000,00€ συμπεριλαμβανομένου του Γ.Ε. & Ο.Ε. (18%) του Φ.Π.Α. (18%) και την απρόβλεπτη δαπάνη (15%). Οι προς δημοπράτηση εργασίες ανέρχονται στο ποσό των 140.304,98€

Η τελική δαπάνη του έργου ανήλθε τελικά με αναθεώρηση και Φ.Π.Α. στο ποσό των 113.823,26€ λόγω της έκπτωσης του εργολάβου κατά 37%, με ανάλωση μέρους των απρόβλεπτων σε ποσοστό 13% και χρήση των επί ελάτων με ποσοστό 5,70%.

Αναλυτικότερα, οι τελικές τιμές, οι οποίες και ολοκλήρωσαν την τελική δαπάνη χωρίς όμως να αλλάξει ο συνολικός προϋπολογισμός, παρουσίασαν κάποιες μεταβολές λόγω της αύξησης ποσοτήτων σε κάποιες και της μείωσης ποσοτήτων σε κάποιες άλλες εργασίες, σε σχέση με τις ποσότητες μελέτης.

Πιο συγκεκριμένα οι σημαντικότερες από αυτές εντοπίζονται: α) στην ομάδα των χωματοργικών όπου παρατηρείται αυξημένη εκσκαφή σε σχέση με τις προσμετρήσεις και κατά συνέπεια αυξάνονται και οι επιχώσεις καθώς κάποιες από τις ποσότητες που αφαιρέθηκαν επιχώθηκαν ξανά. Αυτό συνέβη λόγω των φερτών υλών που συγκεντρώθηκαν σε κάποια σημεία ίσως λόγω των μεγάλων κλίσεων που χαρακτηρίζουν την περιοχή. Ένας άλλος λόγος είναι το δύσβατο της περιοχής, με συνέπεια να δυσκολεύονται τα μηχανήματα στην προσπέλαση της, που κατέστησε αναγκαία την εκσκαφή χωμάτων. Λόγω αυτών αυξάνεται και η ποσότητα των ξυλοζευγμάτων αντιστήριξης πρανών. β) στην ομάδα των σκυροδεμάτων και πιο συγκεκριμένα στο οπλισμένο σκυρόδεμα C16/20 και γ) στην ομάδα των σωληνώσεων και πιο συγκεκριμένα αυξήθηκε η ποσότητα των συρταρωτών δικλείδων με ωτίτες 10 atm και Φ150mm διότι κρίθηκε απαραίτητο κατά την κατασκευή για την ασφαλέστερη λειτουργία του έργου και αυξήθηκε και η ποσότητα των πλαστικών σωλήνων HD-PE Φ200mm.

Αλλαγές παρατηρούνται και στις ποσότητες των άλλων εργασιών, οι οποίες είναι πολύ μικρές και δεν προκαλούν κάποια σημαντική μεταβολή στην δαπάνη του έργου.

#### **4.9. ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ**

Το έργο χρηματοδοτήθηκε από τα Ολοκληρωμένα Προγράμματα Ανάπτυξης Αγροτικού Χώρου (Ο.Π.Α.Α.Χ.) τα οποία αποτελούν μια καινοτόμο ολοκληρωμένη προσέγγιση για την αγροτική ανάπτυξη σε επιλεγμένες ορεινές και μειονεκτικές περιοχές της χώρας. Βασίζονται σε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο και ενισχύουν ιδιωτικές επενδύσεις και δημόσιες τεχνικές και κοινωνικές υποδομές.

##### **ΤΙ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΟΥΝ ΤΑ ΟΠΑΑΧ**

Τα ΟΠΑΑΧ περιλαμβάνουν και χρηματοδοτούν υποδομές για τον αγροτικό τομέα, παρεμβάσεις αναβάθμισης των οικισμών και του φυσικού περιβάλλοντος, δράσεις βελτίωσης της ποιότητας ζωής των κατοίκων και των δεξιοτήτων τους, καθώς και ενισχύσεις σε ιδιώτες (Γεωργούς και μη) για επενδύσεις στον αγροτικό τομέα, αλλά και εκτός αυτού και επιπλέον υποστηρικτικές δράσεις για την ανάδειξη των περιοχών παρέμβασης.

##### **ΠΗΓΕΣ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗΣ ΤΩΝ ΟΠΑΑΧ**

Τα ΟΠΑΑΧ συγχρηματοδοτούνται από Εθνικούς πόρους και από το Ευρωπαϊκό Γεωργικό Ταμείο Προσανατολισμού και Εγγυήσεων - Τμήμα Προσανατολισμού (ΕΓΤΠΕ-Π), Το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) και το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο (ΕΚΤ).

##### **ΚΥΡΙΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΩΝ ΟΠΑΑΧ:**

Βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων των αγροτικών περιοχών

Στήριξη της ανάπτυξης στις λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές

Βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των αγροτικών ορεινών και μειονεκτικών περιοχών

Βιώσιμη και ολοκληρωμένη ανάπτυξη των περιοχών.

Διάσωση και διαφύλαξη στοιχείων της πολιτιστικής κληρονομιάς  
Αναδιάρθρωση της τοπικής αγροτικής οικονομίας, οικονομική και πολιτιστική αναβάθμιση της υπαίθρου



## 5. ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία περιγράφηκε η διαδικασία εκτέλεσης ενός δημόσιου έργου στην Ελλάδα. Απ'όλα τα προηγούμενα φαίνεται ότι δεν είναι μια απλή διαδικασία αλλά περιλαμβάνει πάρα πολλά στάδια τόσο κατά τη διάρκεια ωρίμανσης του έργου (δηλαδή μέχρι το σημείο που θα είναι έτοιμο να δημοπρατηθεί όσο και κατά τη φάση εκτέλεσης αυτού). Όλες αυτές οι πολύπλοκες διαδικασίες είναι προφανές ότι σκοπεύουν κατά πρώτον στην όσο το δυνατόν οικονομικότερη εκτέλεση του έργου και κατά δεύτερον στην τεχνικά άρτια υλοποίηση αυτού.

Το συμπέρασμα είναι ότι αυτό επιτυγχάνεται σε σημαντικό βαθμό χάρη στις νομικές και τεχνικές διαδικασίες ελέγχου που προβλέπει η νομοθεσία. Μια καθυστέρηση στην εκτέλεση του έργου είναι πάντα αναμενόμενη αλλά αυτή εξισορροπείται από το εγγυημένο οικονομικά και τεχνικά άρτιο αποτέλεσμα.

Η άποψη είναι πως θα μπορούσαν να απλοποιηθούν ακόμα περισσότερο οι διαδικασίες και να έχουμε εξίσου καλά αποτελέσματα σε μικρότερο χρονικό διάστημα.

## 6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αφτιάς Μ. 1992, *Υδρεύσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα*
- Γιακουμάκης Σ. 2008, *Μέθοδοι Ελέγχου και Διαρροών στα Δίκτυα Ύδρευσης, Αθήνα, Τομέας Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, ΣΑΤΜ, ΕΜΠ*
- Ευστρατιάδης Α. & Κουτσογιάννης Δ. 2005, *Τυπικά Υδραυλικά Έργα (Σημειώσεις στα πλαίσια του μαθήματος), ΕΜΠ ΣΠΜ, Αθήνα*
- Μαντόγλου Α. 2004, *Μηχανική Ρευστών και Εφαρμοσμένη Υδραυλική, Αθήνα, ΕΜΠ*
- Ναλμπάντης Ι. 2007, *Προστασία και Διαχείριση Υδατικών Πόρων, Αθήνα, ΕΜΠ*
- Παντοκράτορας Α. 1997, *Υδρεύσεις Πόλεων, Τόμος Ι, Θεωρία, Ξάνθη, ΔΠΘ*
- Παντοκράτορας Α. 1997, *Υδρεύσεις Πόλεων, Τόμος Ι Ι, Παραδείγματα, Ξάνθη, ΔΠΘ*
- Σπηλιώτης Μ. 2004, *Υδρεύσεις Οικισμών, Αθήνα, ΕΜΠ*
- Σπηλιώτης Μ. 2004, *Υδρεύσεις Οικισμών (Συμπληρωματικές σημειώσεις), Αθήνα, ΕΜΠ*
- Τσακίρης Γ. 2006, *Υδραυλικά Έργα Σχεδιασμός & Διαχείριση, Τόμος ΙΙ, Συμμετρία, Αθήνα*

### ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Cabrera E. and Martinez F. 1993, *Water Supply Systems, Computational Mechanics Publications, Southampton Boston*
- Haestad Methods, Strafaci, Adam M., Walski, Thomas M. 2003, *Advanced Water Distribution Modeling and Management, Haestad Press, Waterbury CT USA*
- Jeppson R.W. 1976, *Analysis of Flow in Pipe Networks, Butterworth-Heinemann*
- Mays L. 1999, *Water Distribution Systems Handbook, Department of Civil and Environmental Engineering Arizona State University, Temple, Arizona*
- Kala K. Fleming, Rich W. Gullick, Joseph P. Dugandzic, Mark W. LeChevallier of American Water 2005, *Susceptibility of Potable Water Distribution Systems to*

---

<sup>1</sup> <https://epoptes.wordpress.com/%CE%B8%CE%AD%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CE%B4%CE%B7%CE%BC%CF%8C%CF%83%CE%B9%CE%B1%CF%82-%CF%85%CE%B3%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82/%CF%80%CF%8C%CF%83%CE%B9%CE>

---

**%BC%CE%BF-  
%CE%BD%CE%B5%CF%81%CF%8C/%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%BB%CF%8D%CE%BC%CE%  
E%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%BF%CF%85-  
%CE%BD%CE%B5%CF%81%CE%BF%CF%8D/**