

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΜΗ ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ
ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ***

ΜΑΝΟΥΣΕΛΗ ΔΕΣΠΟΙΝΑ



Επιβλέπων: Βασίλης Κανακούδης, Επ. Καθηγητής

Βόλος, Ιούνιος 2013

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί την Μεταπτυχιακή μου Εργασία στα πλαίσια των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας υπο την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Βασίλη Κανακούδη, τον οποίο ευχαριστώ αρχικά για την ανάθεση του θέματος και την εμπιστοσύνη του και στη συνέχεια για τη συμβολή, την καθοδήγηση και την υποστήριξη που μου παρείχε καθ'όλη τη διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας.

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΑ ΥΔΑΤΟΣ	8
2. ΜΗ ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΟ ΝΕΡΟ (NON REVENUE WATER).....	10
2.1 ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΜΗ ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ	10
3. ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΜΗ ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ	12
3.1 ΤΟΡ DOWN ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ NRW-ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	13
3.1.1 ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ	17
3.1.2 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ 95% ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	18
3.1.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	20
3.1.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ	20
3.1.3.2 ΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (PERFORMANCE INDICATORS).....	20
3.2 ΒΟΤΤΟΜ UP ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΜΗ ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	23
4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	25
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	25
4.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ	26
4.2.1 ΤΟΡ DOWN ΜΕΘΟΔΟΣ	26
4.2.2 ΒΟΤΤΟΜ-UP ΜΕΘΟΔΟΙ	30
4.2.2.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΝΥΧΤΕΡΙΝΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ (MNF METHOD) – ΒΟΤΤΟΜ-UP ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.....	30
4.2.2.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ (NHM).....	31
4.2.2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΒΑΒΕ	33
4.2.2.4 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ BACKGROUND ΑΠΩΛΕΙΩΝ	35
4.2.2.5 ΧΡΗΣΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ	40
4.3 ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΡΡΩΝ	40
4.3.1 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ.....	41
4.3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ	42
4.3.2.1 ΤΥΠΟΙ ΔΙΑΡΡΩΝ.....	42
4.3.2.2 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΔΙΑΡΡΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΑΚΡΟΑΣΗΣ.....	43
4.3.2.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΗΧΟΥ ΤΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ	44
4.3.2.4 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΡΩΝ.....	45
4.3.2.5 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΡΩΝ	47
4.3.2.6 ΖΩΝΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ DMA _s	53
4.3.2.7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΙΑ ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ.....	61
4.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ.....	62

4.4.1	ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ	62
4.4.2	ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ.....	65
4.5	ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	65
4.5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	65
4.5.2	ΚΙΝΗΤΡΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	65
4.5.3	ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	68
4.5.4	ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ-ΘΕΩΡΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ/ΔΙΑΡΡΟΩΝ	70
4.5.5	ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΕΩΝ	71
4.5.6	ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΣΗΜΕΙΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ.....	71
4.5.7	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΙΕΣΗΣ.....	72
4.5.8	ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΩΝ ΙΔΑΝΙΚΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	72
4.5.9	ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΚΑΘΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	72
4.5.10	ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΠΙΘΑΝΟΥ ΟΦΕΛΟΥΣ ΕΝΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ.....	73
4.5.11	ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΛΟΓΟ ΚΟΣΤΟΥΣ/ΟΦΕΛΟΥΣ.....	73
4.5.12	ΠΩΣ ΔΟΥΛΕΥΟΥΝ ΟΙ ACVs?.....	74
4.5.13	ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ	74
4.5.14	ΕΝΤΟΠΙΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ	75
4.5.15	ΖΩΝΕΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ.....	75
4.5.16	ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ	76
4.5.17	ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	77
4.5.18	ΧΡΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ.....	79
4.5.19	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ SCADA	80
4.5.20	ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ	80
4.5.21	ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ.....	82
4.6	ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΑΓΙΩΝ	82
4.6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	82
4.6.2	ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΓΩΓΩΝ.....	83
4.6.3	ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΩΝ.....	83
4.6.3.1	ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Ή ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ?.....	83
4.6.3.2	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ	84
4.7	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	86
5.	ΈΛΕΓΧΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ (ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ/ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ) ΑΠΩΛΕΙΩΝ.....	88
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ.....	88
5.2	ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	89

5.2.1	ΒΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ.....	91
5.3	ΒΟΤΤΟΜ-UP ΕΛΕΓΧΟΙ	92
5.4	ΑΝΑΚΡΙΒΕΙΕΣ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΩΝ.....	92
5.4.1	ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ (INTEGRATED WATER METER MANAGEMENT).....	93
5.4.2	METER DEMOGRAPHICS.....	94
5.4.3	ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΠΕΛΑΤΩΝ.....	95
5.4.4	ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΜΕΤΡΗΤΩΝ	96
5.4.4.1	Η ΥΠΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ-Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΩΣΤΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΤΩΝ	97
5.4.4.2	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΜΕΤΡΗΤΩΝ (ΜΙΚΡΩΝ) ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΕΥΡΕΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΜΕΤΡΗΤΩΝ	102
5.4.4.3	ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΜΕΤΡΗΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (ΜΕΓΑΛΩΝ).....	106
5.4.4.4	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	107
5.4.4.5	ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΩΝ	107
5.4.5	ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ	107
5.5	ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ	110
5.5.1	ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ (Manual meter reading)	110
5.5.2	ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΛΗΨΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (AMR)	111
5.5.2.1	ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ	112
5.6	ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ (ΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ).....	114
5.6.1	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΛΟΓΩ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	117
5.6.2	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ.....	117
5.7	ΜΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ	119
5.7.1	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ.....	119
5.7.2	ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΜΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ	120
5.7.3	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΜΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	121
5.7.3.1	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΩΝ ΚΡΟΥΝΩΝ	122
5.7.3.2	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΜΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ ΤΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ	123
5.7.4	ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΜΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	123
5.7.4.1	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΝΕΡΟΥ	123
5.7.4.2	ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ	124
6.	ΈΛΕΓΧΟΣ ΜΗ ΤΙΜΟΛΟΓΟΥΜΕΝΗΣ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	125
6.7.1	ΕΚΤΙΜΗΣΗ	125

6.7.2 ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΗ ΤΙΜΟΛΟΓΟΥΜΕΝΗΣ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ.....	125
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	128

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι ένας ανανεώσιμος αλλά όχι ανεξάντλητος φυσικός πόρος. Είναι η πηγή της ζωής για όλα τα έμβια όντα του πλανήτη και η περιβαλλοντική του αξία είναι αναμφισβήτητη. Εκτός από περιβαλλοντικό αγαθό, θεωρείται και ένα κοινωνικό αλλά και οικονομικό αγαθό, έννοιες άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους στην περίπτωση του πεπερασμένου αυτού φυσικού πόρου. Δεν πρέπει να αντιμετωπίζεται αποκλειστικά ως κοινωνικό αγαθό που πρέπει να παρέχεται δωρεάν διότι έτσι οδηγούμαστε στην σπατάλη του. Η μονόπλευρη διαχείριση της προσφοράς του νερού αποτελεί ακόμη τη συνήθη πρακτική διαχείρισης με την ακόρεστη ικανοποίηση των αναγκών και τη συνεχή αναζήτηση νέων υδατικών πόρων προς εκμετάλλευση. Τα τελευταία χρόνια στα πλαίσια μιας όλο και αυξανόμενης συνειδητοποίησης έχει ξεκινήσει μια διεθνής προσπάθεια για να αναπτυχθεί μια πλήρης και ολοκληρωμένη προσέγγιση που να βελτιώνει τη λειτουργία των εταιρειών και των δικτύων ύδρευσης σε όλο τον κόσμο, εστιάζοντας στην διαχείριση της ζήτησης άρα στην πιο αποδοτική χρήση του νερού, στον περιορισμό των απωλειών, άρα και της εξοικονόμησης του.

Η δημόσια παροχή νερού αποτελεί μια ουσιώδη υπηρεσία για την κοινωνία, ζωτική για την ευημερία, την δημόσια υγεία και την συλλογική ασφάλεια του πληθυσμού. Η διατήρηση ενός αιεφόρου συστήματος στον τομέα της παροχής νερού είναι αρκετά δύσκολη αλλά στην παρούσα φάση επιτακτική. Προβλήματα ενός Δικτύου Ύδρευσης όπως η κακή ποιότητα του νερού, οι αυξημένες απώλειες νερού από τις υποδομές του, η υπερκοστολόγηση του αγαθού, η μη αποδοτική χρήση των οικονομικών πόρων κ.α. καθιστούν απαραίτητη την ενδελεχή εξέταση και αξιολόγηση της αποδοτικότητας της λειτουργίας του και την εφαρμογή κατάλληλων στρατηγικών για πιο βιώσιμη χρήση του.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία πραγματεύεται το θέμα του Μη Ανταποδοτικού Νερού, δηλαδή του νερού εκείνου που η εταιρεία ύδρευσης διανέμει στους πελάτες της αλλά δεν της αποφέρει έσοδα. Συγκεκριμένα αναλύει το Μη Ανταποδοτικό Νερό στις συνιστώσες του, αναλύει διεξοδικά τα προβλήματα που συνεπάγονται αυτών και προτείνει στρατηγικές αντιμετώπισης κάθε μιας από αυτές, βασιζόμενη στην παγκόσμια βιβλιογραφία και παραθέτοντας παραδείγματα επιτυχούς εφαρμογής τους.

1. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΩΛΕΙΑ ΥΔΑΤΟΣ

Το νερό είναι ένα καθημερινό σημαντικό αγαθό στην ζωή κάθε πολίτη, που στηρίζει την υγεία του, την οικονομική ανάπτυξη και τα οικοσυστήματα σε ολόκληρο τον πλανήτη. Καθώς το νερό είναι τόσο πολύτιμο και σημαντικό τις ζωές μας, η προστασία και η σοφή χρήση των συστημάτων ύδρευσης αποτελεί μια κοινή ευθύνη.

Ο συνδυασμός της αυξανόμενης ζήτησης και των ελαττωμένων πόρων δημιουργεί μεγάλη πίεση στους υδατικούς πόρους. Το αποτέλεσμα αυτού είναι ελλείψεις και περιορισμοί τους οποίους υφίστανται οι βιομηχανίες και χρήστες πολλών χωρών του κόσμου. Έχουν σημειωθεί περιστατικά σοβαρών ζημιών σε οικοσυστήματα. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Φορέα Περιβάλλοντος (Ιούλιος 2007) και το FAO AQUASTAT (2002) το 1/3 των ευρωπαϊκών χωρών έχουν σχετικά χαμηλή διαθεσιμότητα σε νερό, δηλ. λιγότερο από 5000 m³/άτομο/έτος. Οι νότιες χώρες επηρεάζονται ιδιαίτερα, με τη Μάλτα να έχει μόνο 100 m³/άτομο/έτος. Οι πυκνοκατοικημένες χώρες της Βόρειας Ευρώπης όπως το Βέλγιο, η Δανία και η Αγγλία που έχουν μέτριες βροχοπτώσεις επίσης βρίσκονται μέσα στην ομάδα χαμηλής διαθεσιμότητας νερού. Σε Νότιες χώρες, η ζήτηση για νερό είναι γενικά μεγαλύτερη ειδικά για την γεωργία, αν και η βιομηχανία παραμένει ο πιο σημαντικός καταναλωτής νερού στην Ευρώπη. Για την Ευρώπη συνολικά, το 53% του νερού που καταναλώνεται πηγαίνει στη βιομηχανία, το 26% στη γεωργία και το 19% για οικιακή χρήση αλλά με μεγάλες διαφορές μεταξύ των διαφόρων χωρών.

Εδώ και αρκετό καιρό δεν δίνεται η δέουσα σημασία στα προβλήματα που κρύβονται στα παλαιωμένα δίκτυα ύδρευσης που υπάρχουν κάτω από τους δρόμους των αστικών περιοχών. Έχει επικρατήσει η λογική ότι επειδή κάτι δεν φαίνεται, δεν απασχολεί και τους αρμόδιους. Η αυξανόμενη ζήτηση, οι κλιματικές αλλαγές και η γενικότερη ελάττωση των φυσικών πόρων έχουν οδηγήσει στη συνειδητοποίηση του προβλήματος της απώλειας ύδατος από τα δίκτυα ύδρευσης. Έτσι, στα πλαίσια μιας όλο και αυξανόμενης συνειδητοποίησης έχει ξεκινήσει μια διεθνής προσπάθεια για να αναπτυχθεί μια πλήρης και ολοκληρωμένη προσέγγιση που να βελτιώνει τη λειτουργία των δικτύων ύδρευσης σε όλο τον κόσμο.

Προς τα τέλη της δεκαετίας του '90, η International Water Association (IWA) ίδρυσε μια Ομάδα Δράσης (Task Force) η οποία είχε σαν σκοπό να αναπτύξει μια διεθνή ορολογία και ένα σύνολο δεικτών απόδοσης για την απώλεια ύδατος. Το 2002 η Water Loss Task Force ξεκίνησε την μελέτη καλύτερων πρακτικών σε όλες τις πτυχές της απώλειας ύδατος. Τα αποτελέσματα αυτής της ομάδας έχουν διαδοθεί ευρέως και έχουν γίνει αποδεκτά από επαγγελματίες του χώρου σε πολλά σημεία του κόσμου. Επίσης η Παγκόσμια Τράπεζα και η Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων υποστηρίζουν επενδύσεις σε σχέση με τη διαχείριση των απωλειών ύδατος.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει όλο και μεγαλύτερη συνειδητοποίηση ότι δεν μπορούν να ικανοποιηθούν οι αυξανόμενες απαιτήσεις για νερό σε όλη την Ευρώπη. Ως αποτέλεσμα της αυξανόμενης κατανόησης του προβλήματος έχει υπάρξει μια απομάκρυνση από την παραδοσιακή προσέγγιση στη διαχείριση της ζήτησης κατά την οποία γινόταν απλή αύξηση της παροχής μέσω της ανάπτυξης νέων πόρων και σχεδίων μεταφοράς. Η διαχείριση της ζήτησης εστιάζει στην πιο αποδοτική χρήση του νερού, στον περιορισμό των απωλειών, σε λιγότερο σπάταλη χρήση του νερού, σε πιο αποδοτικές συσκευές και στην ανακύκλωση του νερού. Σε πολλές περιπτώσεις, είναι πιο φτηνό και πιο αποτελεσματικό να βελτιωθεί η αποτελεσματικότητα της χρήσης του νερού από το να αυξηθούν οι παροχές του.

Από την πλευρά της παροχής νερού, οι απώλειες νερού από το σύστημα διανομής υπολογίζονται κατά μέσο όρο περίπου στο 30 ως 40% του νερού που εισέρχεται στα δίκτυα. Σε

μερικές από τις πρώην ανατολικο-ευρωπαϊκές χώρες δεν είναι ασυνήθιστο η απώλεια νερού να αγγίζει το 50% της συνολικής ποσότητας του νερού που περνά από το σύστημα. Οι εταιρείες ύδρευσης που έχουν φθηνές και άφθονες πηγές είναι συχνά απρόθυμες να ξοδέψουν χρήματα για το θέμα της απώλειας ύδατος. Οι περισσότερες από αυτές ασκούν τον λεγόμενο “παθητικό έλεγχο διαρροών”. Αυτό σημαίνει ότι επισκευάζουν τις ορατές διαρροές και εκείνες που αναφέρει το κοινό αλλά δεν έχουν μια πολιτική εντοπισμού των μη-ορατών ή μη αναφερόμενων διαρροών. Εν τέλει, η εύρεση και η επιδιόρθωση των διαρροών είναι δαπανηρή και επειδή η μείωση των απωλειών δεν μεταφράζεται σε υψηλότερες τιμές χρέωσης του νερού δεν υπάρχει κίνητρο για μερικές εταιρείες να μειώσουν τις διαρροές σε ένα αποδεκτό επίπεδο. Αν και έχει υπάρξει βελτίωση στα δίκτυα ύδρευσης από τον πρώτο Ευρωπαϊκό νόμο, λίγη πρόοδος έχει σημειωθεί στην ολοκληρωμένη διαχείριση των στρατηγικών μείωσης της απώλειας ύδατος, που αποτελεί τον πιο αποτελεσματικό τρόπο να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα (ProWat, 2008).

2. ΜΗ ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΟ ΝΕΡΟ (NON REVENUE WATER)

Το Μη Ανταποδοτικό Νερό αντιπροσωπεύει την αναποτελεσματικότητα των συστημάτων μεταφοράς και διανομής ύδατος και την ανακριβή μέτρηση του όγκου του νερού που μπαίνει σε ένα σύστημα ή στον μετρητή του πελάτη. Μπορεί να οριστεί ως: το νερό που μια εταιρεία ύδρευσης παράγει ή αγοράζει μαζικά και διανέμει στους πελάτες της και από το οποίο δεν έχει έσοδα.

Σε μερικά δίκτυα αυτό μπορεί να φτάσει σε αρκετά υψηλό ποσοστό του συνολικού νερού που μπαίνει σε ένα σύστημα. Το NRW είναι μεγάλης σπουδαιότητας για το δίκτυο ύδρευσης και ορίζει τα βασικά βήματα που απαιτούνται για την ανάπτυξη μιας στρατηγικής μείωσης σε ένα αποδεκτό επίπεδο. Έχει γίνει σταδιακά αποδοχή της σημασίας της απώλειας ύδατος από τις εταιρείες ύδρευσης. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα στην Ευρώπη, όπου πολλές χώρες αναπτύσσουν ή έχουν αναπτύξει πολιτικές και προγράμματα για τον περιορισμό και τον έλεγχο τα απώλειας ύδατος. Αυτά τα προγράμματα περιέχουν ένα μίγμα δραστηριοτήτων μείωσης του μη τιμολογούμενου νερού ώστε να είναι κατάλληλα για την κάθε εταιρεία ύδρευσης (ProWat 2008).

Το Μη Ανταποδοτικό Νερό αποτελεί ένα παγκόσμιο πρόβλημα στις αναπτυγμένες και στις αναπτυσσόμενες χώρες, όμως είναι σαφώς πιο έντονο στις αναπτυσσόμενες λόγω έλλειψης οικονομικών πόρων για τη συντήρηση των συστημάτων διανομής, της μικρής διαθεσιμότητας της απαιτούμενης τεχνολογίας εντοπισμού διαρροών, της έλλειψης καταρτισμένου και ειδικευμένου προσωπικού και τέλος λόγω του χαμηλού επιπέδου ευαισθητοποίησης του κοινού και της διαφθοράς. Το κόστος του NRW παγκοσμίως εκτιμάται στα 14 δις δολάρια ετησίως, το ένα τρίτο του οποίου προέρχεται από τις αναπτυσσόμενες χώρες. Από τη σκοπιά της διαχείρισης των υδατικών πόρων, η ελαχιστοποίηση του NRW ισούται με την δημιουργία νέων διαθέσιμων υδατικών πόρων (Kingdom et al. 2006).

Σύμφωνα με την IWA (Hirner and Lambert, 2000; Alegre et al., 2000), το Μη Ανταποδοτικό Νερό αποτελείται από τρία συστατικά:

- Τις πραγματικές απώλειες ή φυσικές απώλειες
- Τις φαινόμενες απώλειες ή εμπορικές απώλειες
- Την μη τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση

Στο σχήμα 1 απεικονίζονται όλα τα στοιχεία του μη ανταποδοτικού νερού.

2.1 ΟΦΕΛΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΜΗ ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η μείωση των απωλειών νερού όχι μόνο προφυλάσσει έναν σπάνιο φυσικό πόρο αλλά βελτιώνει και την οικονομική βιωσιμότητα της εταιρείας ύδρευσης (αυξάνονται οι εισπράξεις και μειώνεται το κόστος ενέργειας και αποκατάστασης) και αναβάλλει την ανάγκη για επενδύσεις σε νέες πηγές και για επέκταση του συστήματος αφού υπάρχουν μεγαλύτερες ποσότητες διαθέσιμου νερού. Επίσης εξοικονομεί ενέργεια και μειώνει τις εκπομπές άνθρακα άρα μετριάξει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και ενισχύει τη βιωσιμότητα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η μείωση των απωλειών νερού κατά 30% θα έχει ως αποτέλεσμα μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 20-30%. Όσον αφορά τις αναπτυσσόμενες χώρες, μειώνοντας τις απώλειες νερού στο μισό θα εξοικονομούνταν 22 εκατομμύρια m^3 /ημέρα- αρκετή ποσότητα νερού για να εξυπηρετηθούν 100 εκατομμύρια άνθρωποι. Οι εταιρείες ύδρευσης θα μπορούσαν να ανακτήσουν περίπου 3 δισεκατομμύρια δολάρια κάθε χρόνο, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της

παροχής υπηρεσιών τους. Τα νούμερα αυτά επισημαίνουν την τεράστια σημασία της έρευνας που έχει στόχο την επίλυση του προβλήματος των απωλειών νερού στα συστήματα διανομής παγκοσμίως (Mutikanga, 2012).



Σχήμα 1: Τα στοιχεία του Μη Ανταποδοτικού νερού

3. ΚΑΤΑΣΤΡΩΣΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΜΗ ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το πρώτο βήμα μιας στρατηγικής μείωσης του NRW πρέπει πάντα να είναι η εκτίμηση των απωλειών νερού του συστήματος και η κατανόηση του δικτύου, συμπεριλαμβανομένων τυχόν τοπικών παραγόντων που μπορεί να επηρεάζουν τα επιμέρους στοιχεία του. Το πιο σημαντικό θέμα κάθε στρατηγικής είναι ο στόχος της και συνεπώς πρέπει να αναπτυχθεί έτσι ώστε:

- να μειώνει τις απώλειες σε ένα αποδεκτό ή οικονομικό επίπεδο και να βελτιώνει την απόδοση
- να διατηρεί τις βελτιώσεις που επιτυγχάνονται στην πορεία της

Αν και υπάρχουν πολλά σημαντικά στάδια σε μια στρατηγική μείωσης του NRW δεν υφίσταται μια τυποποιημένη προσέγγιση αφού κάθε δίκτυο είναι διαφορετικό. Προτείνεται μια προσέγγιση σταδιακών βημάτων και προτεραιότητες μπορούν να τεθούν μόνο υπο τις προϋποθέσεις του συγκεκριμένου προϋπολογισμού και χρονοδιαγράμματος.

Για κάθε δίκτυο ο σχεδιασμός και η εφαρμογή μιας στρατηγικής περιέχει τα παρακάτω συστατικά (Prowat, 2008):

- Κατανόηση του δικτύου-πλήρης κατανόηση της συμπεριφοράς και της λειτουργίας του δικτύου.
- Ποσοτικοποίηση του επιπέδου απωλειών-αυτό θα εξακριβωθεί από το υδατικό ισοζύγιο
- Καθορισμός στόχων-μακροπρόθεσμοι και βραχυπρόθεσμοι
- Σχεδιασμός και προγραμματισμός-κατάλληλος συνδυασμός δραστηριοτήτων μείωσης του NRW
- Εφαρμογή-εισαγωγή αρχικών ή πιλοτικών μέτρων και ελέγχων και στη συνέχεια δεύτερο στάδιο μέτρων για τη μείωση των απωλειών στο επιθυμητό επίπεδο
- Παρακολούθηση και συντήρηση-διατήρηση των βελτιώσεων που έχουν επιτευχθεί και διεξαγωγή ετήσιας ανασκόπησης της στρατηγικής

Πίνακας 1 Ενέργειες και εργαλεία για την ανάπτυξη στρατηγικών διαχείρισης του NRW (Butler and Memon, 2003)

ΕΡΩΤΗΣΗ/ΛΥΣΗ	ΕΡΓΟ/ΕΡΓΑΛΕΙΟ
Πόσο νερό χάνεται? -Υπολογισμός των συνιστωσών	ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ -Βελτίωση τεχνικών εκτίμησης/μέτρησης -Πολιτική βαθμονόμησης μετρητών -Έλεγχοι μετρητών -Εντοπισμός πιθανών βελτιώσεων στις διαδικασίες καταγραφής
Από πού χάνεται? -Ποσοτικοποίηση διαρροών -Ποσοτικοποίηση φαινόμενων απωλειών	ΈΛΕΓΧΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (AUDIT) -Μελέτη διαρροών (δεξαμενές, αγωγοί μεταφοράς, δίκτυο διανομής) -Έρευνες που αφορούν τη λειτουργία και τους πελάτες
Γιατί χάνεται? -Διεξαγωγή ελέγχου λειτουργίας και δικτύου	ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ -Έλεγχος των: -Ιστορικών αιτιών –κακών πρακτικών -μετρήσεων ποιότητας –διαδικασιών -φτωχών υποδομών και υλικών -τοπικών και πολιτικών επιρροών
Πώς θα βελτιωθεί η επίδοση? -αναβάθμιση του δικτύου -Σχεδιασμός στρατηγικής και σχεδίου δράσης	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ -Εκσυγχρονισμός του συστήματος καταγραφής -Ζωνοποίηση -Παρακολούθηση των διαρροών -Εντοπισμός των αιτιών των φαινόμενων απωλειών -Έναρξη πολιτικής εντοπισμού/επιδιόρθωσης των διαρροών -Σχεδιασμός βραχυπρόθεμων/μακροπρόθεσμων σχεδίων δράσης

ΕΡΩΤΗΣΗ/ΛΥΣΗ	ΕΡΓΟ/ΕΡΓΑΛΕΙΟ
<p>Πώς θα διατηρηθούν οι επιδόσεις? -Διασφάλιση βιωσιμότητας με κατάλληλη στελέχωση και λειτουργικές δομές.</p>	<p>ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ -Βελτίωση της συνειδητοποίησης -Άυξηση κινήτρου -Μεταφορά τεχνογνωσίας -Εισαγωγή βέλτιστων τακτικών/τεχνολογίας -Συμμετοχή της κοινότητας -Προγράμματα εξοικονόμησης νερού και διαχείρισης της ζήτησης -Εισαγωγή διαδικασιών λειτουργίας και συντήρησης</p>

3.1 TOP DOWN ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ NRW-ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Το πρώτο βήμα της αναλυτικής διαδικασίας εκτίμησης και υπολογισμού του όγκου των πραγματικών και φαινόμενων απωλειών είναι η διεξαγωγή ενός προτεινόμενου top-down υδατικού ισοζυγίου. Η καλή διαχείριση οποιουδήποτε πόρου απαιτεί να καταχωρούνται τα αρχεία όλων των δοσοληψιών με τους πελάτες του. Το υδατικό ισοζύγιο έχει ακριβώς τον στόχο αυτό, δηλαδή να καταχωρεί και να ανιχνεύει κάθε στοιχείο του νερού στον κύκλο της διανομής του. Ανιχνεύει τη ροή του νερού από το σημείο απόληψης του ή επεξεργασίας του ως το σημείο κατανάλωσης του από τον πελάτη. Το υδατικό ισοζύγιο συνήθως είναι διαθέσιμο σε μορφή φύλλου εργασίας τυποποιημένης μορφής που αναλύει τα είδη της κατανάλωσης και των απωλειών που υπάρχουν σε ένα σύστημα διανομής. Κάθε στοιχείο του νερού που εισάγεται στο σύστημα πρέπει να εκτιμηθεί και να αντιστοιχηθεί στο κατάλληλο πεδίο καθώς το Υδατικό Ισοζύγιο βασίζεται στη μέτρηση ή εκτίμηση του νερού που παράγεται, εισάγεται, εξάγεται, καταναλώνεται ή χάνεται.

Ως καλή πρακτική, προτείνεται από την IWA και την AWWA, η εκτίμηση των πραγματικών απωλειών με τη χρήση ενός top-down υδατικού ισοζυγίου να συνοδεύεται από τουλάχιστον μια από τις ακόλουθες μεθοδολογίες:

- Ανάλυση των συνιστωσών των πραγματικών απωλειών, μια τεχνική η οποία μοντελοποιεί τους όγκους διαρροών βάσει της φύσης και της διάρκειας κάθε διαρροής.
- “Bottom-up” ανάλυση των πραγματικών απωλειών με τη χρήση DMA και ανάλυση ελάχιστης νυχτερινής ροής (Minimum night-time flow analysis)

Και οι δυο μεθοδολογίες προσφέρουν μεγαλύτερη ανάλυση και εμπιστοσύνη στους υπολογισμούς του όγκου των πραγματικών απωλειών και περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.

Είναι αρκετά σύνηθες οι υπολογισμένοι όγκοι πραγματικών και φαινόμενων απωλειών να έχουν χαμηλά επίπεδα εμπιστοσύνης την πρώτη φορά που καταστρώνεται το υδατικό ισοζύγιο. Υπάρχουν πολλοί λόγοι που εξηγούν το γεγονός αυτό. Οι πιο συνηθισμένοι λόγοι είναι ότι κάποια από τα συστατικά του ισοζυγίου δεν έχουν μετρηθεί ή ότι τα δεδομένα δεν έχουν επαληθευτεί. Για αυτό, μπορεί να είναι αναγκαίο να επιδιωχθεί αύξηση του επιπέδου εμπιστοσύνης στις υπολογιζόμενες τιμές απωλειών, επαληθεύοντας όλους τους όγκους που εισάγονται στο ισοζύγιο. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω ελέγχου ακρίβειας των μετρητών, βελτίωσης καταχώρησης των αρχείων και των πρακτικών εκτίμησης των όγκων και αν είναι αυτό απαραίτητο, μέσω της εγκατάστασης νέων μετρητών εισόδου και εξόδου (Water Loss Control, 2008).

Πίνακας 2 Υδατικό Ισοζύγιο «καλής πρακτικής» της IWA (Lambert 1999, Water Loss Task Force,2003)

Ετήσιο Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο (Annual System Input Volume or Water Supplied if no export takes place)	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Authorised Consumption) μετρούμενο και μη-μετρούμενο προς καταναλωτές, και εξουσιοδοτημένους. Επίσης περιλαμβάνει το εξαγόμενο νερό, διαρροές και υπερχειλίσσεις μετά τον μετρητή του καταναλωτή	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Billed Authorised Consumption)	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση (Billed Metered Consumption)	Νερό που αποδίδει έσοδα Revenue Water)
		Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Unbilled Authorised Consumption)	Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση (Billed Unmetered Consumption)	
	Απώλειες Νερού (Water Losses) διαφορά μεταξύ εισερχόμενου νερού και εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης	Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Unbilled Authorised Consumption) πυρόσβεση, πλύσιμο αγωγών νερού/αποβλήτων, καθάρισμα/γέμισμα δεξαμενών, καθάρισμα οδών, πότισμα κήπων/σιντριβάνια δήμων, προστασία παγετού (<1%)	Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση (Unbilled Metered Consumption)	Νερό που ΔΕΝ αποδίδει έσοδα, μη ανταποδοτικό νερό (Non-Revenue Water) διαφορά εισερχόμενου νερού και τιμολογούμενης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης
		Φαινόμενες απώλειες (Apparent Losses) μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση και όλοι οι τύποι ανακριβειών μετρήσεων - μετρητών	Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση (Unbilled Unmetered Consumption)	
			Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Unauthorised Consumption) κλοπή και παράνομη χρήση (<1%)	
		Πραγματικές Απώλειες (Real Losses) Διαρροές, Θραύσεις, Υπερχειλίσσεις αγωγών, δεξαμενών & συνδέσεων καταναλωτών μέχρι τους μετρητές		

Εξαιτίας της ευρείας διαφορετικότητας των ορισμών και των τύπων που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς του υδατικού ισοζυγίου διεθνώς, η ανάγκη για κοινή ορολογία είναι επιτακτική. Έτσι οι ομάδες εργασίας των απωλειών του νερού (Water Loss Task Force) και των δεικτών απόδοσης της IWA παρήγαγαν το διεθνές Υδατικό Ισοζύγιο «καλής πρακτικής» (Lambert, 1999). Υιοθετήθηκε με κάποιες τροποποιήσεις από διεθνείς οργανισμούς σε πολλές χώρες, ένας από τους οποίους ήταν και ο American Water Works Association (AWWA).

ΒΑΣΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

- Εισερχόμενο νερό στο δίκτυο: ο εισερχόμενος ετήσιος όγκος στο σύστημα παροχής νερού είτε από ίδιους υδατικούς πόρους ή από εισαγόμενο νερό στο σύστημα
- Εξουσιοδοτημένη κατανάλωση: ο ετήσιος όγκος μετρούμενου ή/και μη μετρούμενου νερού που λαμβάνουν οι εξουσιοδοτημένοι πελάτες, ο παροχέας και άλλοι που είναι εξουσιοδοτημένοι να παίρνουν νερό. Συμπεριλαμβάνει το εξαγόμενο νερό και διαρροές και υπερχειλίσσεις μετά το σημείο των μετρητών των καταναλωτών. Μπορεί να περιλαμβάνει νερό που χρησιμοποιείται στην πυρόσβεση, το πλύσιμο αγωγών ύδρευσης και αποχέτευσης, πότισμα δημοτικών κήπων, σιντριβάνια, προστασία από τον παγετό, νερό για δημοτικά κτίρια
- Τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση: μέρος της εξουσιοδοτημένη κατανάλωσης που τιμολογείται και παράγει έσοδα
- Τιμολογούμενη Μετρούμενη κατανάλωση: είναι η μετρούμενη κατανάλωση που τιμολογείται. Περιλαμβάνει όλους του καταναλωτές και το νερό που μεταφέρεται εκτός λειτουργικών συνόρων (νερό που εξάγεται) το οποίο μετριέται και τιμολογείται.

- Τιμολογούμενη Μη-Μετρούμενη κατανάλωση: είναι όλη η τιμολογούμενη κατανάλωση που υπολογίζεται με βάση εκτιμήσεις αλλά δεν μετρείται. Αυτή μπορεί να είναι ένα πολύ μικρό ποσοστό, για παράδειγμα εκτίμηση κατανάλωσης όταν κάποιος μετρητής είναι εκτός λειτουργίας. Σε συστήματα όπου δεν υπάρχει σύστημα μέτρησης της κατανάλωσης αυτό το ποσοστό είναι σημαντικό. Μπορεί επίσης να περιλαμβάνεται και το εξαγόμενο νερό που τιμολογείται αλλά δεν μετρείται.
- Νερό που αποδίδει έσοδα: αποτελείται από τα συστατικά της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης που τιμολογούνται και παράγουν έσοδα.
- Απώλειες νερού: η διαφορά μεταξύ εισερχόμενου όγκου νερού στο σύστημα και της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης
 - Φαινόμενες απώλειες: αποτελούνται από την μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (κλοπή ή παράνομη χρήση) και όλους τους τύπους ανακριβειών στις μετρήσεις. Ο υπολογισμός αυτών των όγκων βασίζονται σε δομημένες δοκιμές δειγματοληψίας ή εκτιμώνται μέσω διαδικασίας της τοπικής εταιρείας ύδρευσης. Όταν αναφέρεται ως ποσοστό του εισερχόμενου όγκου νερού στο σύστημα, οι απώλειες μπορεί να κυμανθούν από 0-10% για συστήματα άμεσης πίεσης ή και ακόμα περισσότερο για συστήματα αποθήκευσης.
 - Μη Εξουσιοδοτημένη κατανάλωση: οποιαδήποτε μη εξουσιοδοτημένη χρήση νερού. Μπορεί να περιλαμβάνει παράνομη αφαίρεση του νερού από κρουνοί, παράνομες συνδέσεις, παρακάμψεις στους μετρητές των καταναλωτών ή επεμβάσεις στους μετρητές. Η μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση συμβαίνει στα περισσότερα συστήματα διεθνώς, αλλά σε συστήματα με καλή οργάνωση δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 1% του εισερχόμενου όγκου. Αυτό το συστατικό των φαινομένων απωλειών σχετίζεται γενικά με την κακή χρήση των συνδέσεων των πυροσβεστικών κρουνοί και τις παράνομες συνδέσεις.
 - Λάθη μετρητών/μετρήσεων: οι φαινόμενες απώλειες που προκαλούνται από σφάλματα και ανακρίβειες στους μετρητές των καταναλωτών και σφάλματα στην καταγραφή και επεξεργασία των μετρήσεων.
 - Πραγματικές απώλειες: οι ετήσιοι όγκοι νερού που χάνονται μέσω όλων των τύπων διαρροών, των θραύσεων και των υπερχειλίσεων στους κύριους αγωγούς, τις δεξαμενές και τις συνδέσεις των καταναλωτών μέχρι το σημείο των μετρητών των καταναλωτών. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν μετρητές στους καταναλωτές, είναι το πρώτο σημείο χρήσης μέσα στην ιδιοκτησία.

Βάσει του υδατικού ισοζυγίου, το μη ανταποδοτικό νερό ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ του εισερχόμενου ετήσιου όγκου νερού στο σύστημα και του νερού που αποδίδει έσοδα.

Παρότι το υδατικό ισοζύγιο πρέπει πάντα να υπολογίζεται, υπάρχουν μειονεκτήματα στο να βασίζεται κάποιος μόνο στο ισοζύγιο νερού για την αξιολόγηση των πραγματικών απωλειών.

(α) Τα συσσωρευμένα λάθη από τα άλλα συστατικά του ισοζυγίου θα αλλοιώσουν την εκτίμηση των πραγματικών απωλειών.

(β) Το υδατικό ισοζύγιο κανονικά καλύπτει μια δωδεκάμηνη αναδρομική περίοδο, οπότε έχει περιορισμένη αξία ως προληπτικό σύστημα για την αναγνώριση καινούριων μη δηλωμένων διαρροών και θραύσεων και την έναρξη του ενεργού ελέγχου διαρροών για να περιορίσει τη διάρκεια τους.

(γ) Το υδατικό ισοζύγιο δεν δίνει καμία ένδειξη για τα μεμονωμένα συστατικά των πραγματικών απωλειών, ή πως επηρεάζονται από τις πολιτικές χρησιμότητας. Γι' αυτούς τους λόγους, οι πραγματικές απώλειες πρέπει επίσης να αξιολογούνται με πρόσθετες μεθόδους.

Το κύριο μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι τα περισσότερα συστατικά εκτιμώνται τελικά χρησιμοποιώντας μη καθορισμένες πρότυπες τεχνικές. Η ασάφεια αυτή επιτρέπει στους διαχειριστές των εταιρειών ύδρευσης να χειραγωγούν και να καλύπτουν τις πραγματικές τιμές

του μη ανταποδοτικού νερού (Brothers, 2001). Η μέθοδος του υδατικού ισοζυγίου δίνει μια γρήγορη top down εικόνα του μεγέθους των απωλειών νερού στο σύστημα αλλά δεν υποδεικνύει τη θέση που εκδηλώνονται οι απώλειες. Κάποιες χώρες έχουν επισημάνει δυσκολίες στην άμεση χρήση του ισοζυγίου της IWA/AWWA, για παράδειγμα στην Ελλάδα όπου υπάρχει ελάχιστη χρέωση χρήσης νερού (20m³) η χρήση της μετρούμενης τιμολογούμενης κατανάλωσης μπορεί να είναι παραπλανητική (Kanakoudis and Tsitsifli, 2010).

Η προσπάθεια που απαιτείται για να καταστρωθεί ένα top-down water audit είναι σχετικά μικρή και εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα και την ποιότητα των δεδομένων. Διευκολύνει στο να αναγνωριστούν τα στοιχεία που χρίζουν περαιτέρω διερεύνησης. Τα συστατικά του ισοζυγίου μπορούν να μετρηθούν, να εκτιμηθούν και να υπολογιστούν χρησιμοποιώντας μια ποικιλία τεχνικών. Ιδανικά, όλες οι επιμέρους συνιστώσες πρέπει να βασίζονται σε μετρήσεις. Στην πραγματικότητα όμως, ειδικά στην περίπτωση πρώτης κατάστρωσης ενός υδατικού ισοζυγίου από μια επιχείρηση, θα χρειαστεί να γίνουν κάποιες εκτιμήσεις. Αφού αναγνωριστούν οι συνιστώσες που χρειάζεται να εκτιμηθούν, πρέπει να ληφθούν μέτρα ώστε οι συνιστώσες αυτές να μετρηθούν ή να βελτιωθεί η διαδικασία εκτίμησης τους.

Η ανάλυση ευαισθησίας και η χρήση του 95% ποσοστού εμπιστοσύνης είναι οι καλύτεροι τρόποι για να εκτιμηθεί η επιρροή που ασκεί κάθε συνιστώσα του ισοζυγίου στην συνολική ακρίβεια του όγκου του μη ανταποδοτικού νερού και των απωλειών που υπολογίζονται.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

- Καταγραφή του συνολικού όγκου εισερχόμενου νερού στο δίκτυο και διόρθωση του από γνωστά σφάλματα.
- Καταγραφή της Τιμολογούμενης Εξουσιοδοτημένης Κατανάλωσης, η οποία ισούται με το Νερό που αποδίδει έσοδα.
- Υπολογισμός του Νερού που Δεν αποδίδει έσοδα (= εισερχόμενο νερό στο δίκτυο-Νερό που αποδίδει έσοδα)
- Εκτίμηση της Μη-Τιμολογούμενης Εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης
- Υπολογισμός της Εξουσιοδοτημένης Κατανάλωσης (Τιμολογούμενη+μη Τιμολογούμενη) Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση)
- Υπολογισμός των συνολικών απωλειών νερού (=Εισερχόμενο νερό-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση)
- Εκτίμηση των συνιστωσών των Φαινόμενων απωλειών
- Υπολογισμός των Πραγματικών απωλειών (= συνολικές απώλειες- Φαινόμενες απώλειες)

Η μεθοδολογία του υδατικού ισοζυγίου και η χρήση του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης, μαζί με την εξίσωση των αναπόφευκτων ετήσιων πραγματικών απωλειών (UARL) και τους προτεινόμενους δείκτες απόδοσης όπως ο ILI, είναι η βάση για την εκτίμηση των όγκων των απωλειών νερού από το δίκτυο αλλά και επιτρέπει συγκρίσεις μεγάλης σημασίας για τη διαχείριση του. Παρά τις αδυναμίες του, το ισοζύγιο της IWA/AWWA και η ομάδα δεικτών απόδοσης (PIs) που το συνοδεύουν, παρέχει τυποποιημένες ορολογίες για συγκριτική αξιολόγηση της απόδοσης μιας επιχείρησης ύδρευσης τόσο τοπικά όσο και διεθνώς.

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΙΣΕΡΧΟΜΕΝΟΥ ΟΓΚΟΥ (SYSTEM INPUT VOLUME)

Στην περίπτωση που όλο το νερό που εισέρχεται στο σύστημα μετράται, ο υπολογισμός του ετήσιου εισερχόμενου όγκου είναι μια απλή υπόθεση. Ο όγκος αυτός περιλαμβάνει νερό από ίδιους πόρους αλλά και εισαγόμενο από άλλο παροχέα.

Η ακρίβεια των μετρητών του εισερχόμενου όγκου πρέπει να ελέγχεται ετησίως με τη χρήση φορητών συσκευών μέτρησης της ροής ή με τη διεξαγωγή ογκομετρικής σύγκρισης με τη βοήθεια δεξαμενής, εάν αυτό είναι εφικτό.

Αν υπάρχουν πηγές που δεν μετρώνται, τότε ο ετήσιος όγκος πρέπει να εκτιμηθεί με προσωρινές μετρήσεις ροής με τη χρήση φορητών συσκευών ή με τη βοήθεια του τεστ της δεξαμενής ή με ανάλυση των καμπυλών των αντλιών, των πιέσεων τους και των μέσων ωρών λειτουργίας τους.

3.1.1 ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΑΠΟ ΤΟΥΣ MCKENZIE ET AL. (2007)

Οι McKENZIE ET AL. (2007) πρότειναν ένα τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο για να χρησιμοποιηθεί στην Ν. Αφρική και σε αναπτυσσόμενες χώρες. Ενώ το υδατικό ισοζύγιο της IWA είναι πλήρως ογκομετρικό αυτό το τροποποιημένο ισοζύγιο θέτει την έννοια του οικονομικού ισοζυγίου αφού κατανέμει το νερό που ποδίδει έσοδα σε αυτό που πληρώνεται και μη. Το συγκεκριμένο υδατικό ισοζύγιο δεν υιοθετήθηκε από την IWA αλλά αποτελεί μια πρόταση για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ο λόγος της πρότασης αυτού του τροποποιημένου ισοζυγίου είναι να χωριστεί το νερό που αποδίδει έσοδα σε τρία συστατικά:

- Μηδενικής χρέωσης (Free basic water) που μπορεί να θεωρηθεί σαν τιμολογούμενο αλλά χρεώνεται σε μηδενική τιμή
- Με χρέωση χρήσης (Recovered revenue water) το οποίο τιμολογείται και πληρώνεται από τους καταναλωτές, και
- Τιμολογούμενο χωρίς είσπραξη το οποίο αναφέρεται στα αρχεία των τιμολογίων σαν χρεωμένο αλλά δεν υπάρχει πιθανότητα πληρωμής.

Πίνακας 3 Τροποποιημένο ισοζύγιο από τους McKenzie et al. 2007

Ετήσιο Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο (Annual System Input Volume)	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Authorised Consumption)	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Billed Authorised Consumption)	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση (Billed Metered Consumption)	Μηδενικής χρέωσης (Free basic)
		Μη-Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Unbilled Authorised Consumption)	Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση (Billed Unmetered Consumption)	Με χρέωση χρήσης (Recovered Revenue)
			Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση (Unbilled Unmetered Consumption)	Τιμολογούμενο χωρίς είσπραξη (Non-Recovered)
	Απώλειες Νερού (Water Losses)	Φαινόμενες απώλειες (Apparent Losses)	Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση (Unbilled Metered Consumption)	Νερό που ΔΕΝ αποδίδει έσοδα, μη ανταποδοτικό νερό (Non-Revenue Water)
			Μη-Τιμολογούμενη μη-Μετρούμενη Κατανάλωση (Unbilled Unmetered Consumption)	
		Πραγματικές Απώλειες (Real Losses)	Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Unauthorised Consumption)	
Λάθη Μετρητών/Μετρήσεων (Customer Meter Inaccuracies and Data Handling Errors)				

ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ (ΚΑΝΑΚΟΥΔΙΣ & ΤΣΙΤΣΙΦΛΙ 2010)

Για την εφαρμογή του Υδατικού Ισοζυγίου στην Ελλάδα χρειάστηκε η τροποποίηση του. Είναι γνωστό ότι στην Ελλάδα όλες οι Δ.Ε.Υ.Α χρησιμοποιούν σαν ελάχιστη χρέωση το πάγιο το οποίο το χρεώνουν με την μορφή των ελάχιστων κυβικών μέτρων κατανάλωσης άσχετα από την πραγματική κατανάλωση. Εάν λοιπόν κάποιος καταναλωτής καταναλώσει λιγότερα κυβικά μέτρα νερού από την ελάχιστη κατανάλωση τότε χρεώνεται με αυτή. Αν καταναλώσει περισσότερα κυβικά μέτρα νερού τότε χρεώνεται με την πραγματική του κατανάλωση.

Για τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου σαν τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση τίθεται η πραγματική κατανάλωση που καταγράφουν οι μετρητές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη μιας ποσότητας νερού την οποία η Δ.Ε.Υ.Α εισπράττει αλλά στην πραγματικότητα χάνεται (απώλεια). Αυτή η ποσότητα νερού δεν μπορεί να συνυπολογιστεί στην τιμολογούμενη μετρούμενη κατανάλωση γιατί αποτελεί απώλεια του δικτύου και το τελικό αποτέλεσμα θα είναι οι πραγματικές απώλειες να εμφανίζονται μικρότερες από ότι είναι πραγματικά. Επομένως η Δ.Ε.Υ.Α. θα έχει την εντύπωση ότι πρέπει να αντιμετωπίσει λιγότερες απώλειες.

Για αυτούς τους λόγους προτείνεται το τροποποιημένο Υδατικό Ισοζύγιο στο οποίο εισάγεται η πλήρης οικονομική διάσταση. Η νέα πρόταση αφορά στην προσθήκη της διαφοράς παγίου (νερό που χρεώνεται μείον το νερό που καταγράφεται από τους μετρητές) έτσι ώστε το μη ανταποδοτικό νερό να μειώνεται κατά τη διαφορά του παγίου χωρίς όμως να περιορίζονται οι πραγματικές απώλειες.

Πίνακας 4 Τροποποιημένο ισοζύγιο στην Ελλάδα (Kanakoudis, Tsitsifli 2010)

Ετήσιο Εισερχόμενο Νερό στο Δίκτυο	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Authorised Consumption)	Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Billed Authorised Consumption)	Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση (Billed Metered Consumption)	Νερό που αποδίδει έσοδα (Revenue Water)	Νερό που αποδίδει έσοδα και δεν εισπράττεται
		Μη- Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Unbilled Authorised Consumption)	Τιμολογούμενη μη- Μετρούμενη Κατανάλωση (Billed Unmetered Consumption)		Νερό που δεν εισπράττεται
		Απώλειες Νερού (Water Losses)	Μη- Τιμολογούμενη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Unbilled Authorised Consumption)	Μη-Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση (Unbilled Metered Consumption)	Νερό που ΔΕΝ αποδίδει έσοδα, μη ανταποδοτι κό νερό (Non- Revenue Water)
	Μη-Τιμολογούμενη μη- Μετρούμενη Κατανάλωση (Unbilled Unmetered Consumption)				
	Φαινόμενες απώλειες (Apparent Losses)		Μη-Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Unauthorised Consumption)	Πραγματικές Απώλειες (Real Losses)	Πραγματικές Απώλειες που αποδίδουν έσοδα (Διαφορά Παγίου)
	Λάθη Μετρητών/Μετρήσεων (Customer Meter Inaccuracies and Data Handling Errors)				

3.1.2 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ 95% ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Η χρήση των ορίων εμπιστοσύνης 95% για την επικύρωση του βαθμού αβεβαιότητας σε κάθε στοιχείο του ισοζυγίου είναι η καλύτερη πρακτική που εφαρμόζεται από τους επαγγελματίες του χώρου της διαχείρισης των απωλειών.

Για να γίνει αντιληπτό το σκεπτικό του 95% ορίου εμπιστοσύνης είναι αναγκαίο να κατανοηθούν οι κανονικές κατανομές οι οποίες είναι από τις σημαντικότερες κατηγορίες στατιστικών κατανομών. Όλες οι κανονικές κατανομές είναι συμμετρικές και έχουν σχήμα καμπάνας. Για να μορφωθεί μια κανονική κατανομή πρέπει να καθοριστούν δυο ποσότητες, η μέση τιμή «μ» όπου βρίσκεται η κορυφή της πυκνότητας και η τυπική απόκλιση «σ» η οποία καθορίζει το άνοιγμα της καμπύλης. Διαφορετικές τιμές του μ και του σ καθορίζουν διαφορετικές καμπύλες άρα διαφορετικές κατανομές. Η κανονική κατανομή μπορεί να καθοριστεί μέσω εξίσωσης. Το ύψος κάθε τιμής x δίνεται από:

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\left(x-\frac{\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (1)$$

Αν και υπάρχουν πολλές κανονικές κατανομές, όλες μοιράζονται την ίδια σημαντική ιδιότητα που συχνά αναφέρονται ως εμπειρικός κανόνας:

- Το 68% των παρατηρήσεων εμπίπτουν μεταξύ μιας τυπικής απόκλισης από τον μέσο όρο, δηλαδή στο διάστημα μ-σ και μ+σ.
- Το 95% εμπίπτουν μεταξύ δύο τυπικών αποκλίσεων από τον μέσο όρο, δηλαδή μεταξύ του μ-2σ και μ+2σ.
- Το 99.7% εμπίπτουν μεταξύ τριών τυπικών αποκλίσεων από τον μέσο όρο, δηλαδή μεταξύ του μ-3σ και μ+3σ.

Χρησιμοποιώντας τα 95% όρια εμπιστοσύνης καθορίζεται ένα ανώτατο και κατώτερο όριο για κάθε στοιχείο του υδατικού ισοζυγίου τα οποία αποτελούν ένδειξη της αβεβαιότητας του όγκου που χρησιμοποιείται για κάθε στοιχείο. Όσο μικρότερο είναι το διάστημα τόσο ακριβής είναι η τιμή που χρησιμοποιείται.

Τα 95% όρια εμπιστοσύνης επιτρέπουν επίσης τον υπολογισμό της μεταβλητότητας που σχετίζεται με κάθε στοιχείο του ισοζυγίου. Η μεταβλητότητα είναι μέτρο της dispersion γύρω από τον μέσο όρο. Τα στοιχεία με μεγάλη μεταβλητότητα θα έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή στα 95% όρια που σχετίζονται με το τελικό αποτέλεσμα του υδατικού ισοζυγίου.

Το τελευταίο αποτέλεσμα του υδατικού ισοζυγίου είναι ο όγκος των πραγματικών απωλειών. Το στοιχείο αυτό θα έχει ένα 95% όριο εμπιστοσύνης που έχει υπολογιστεί βάσει της μεταβλητότητας κάθε στοιχείου του υδατικού ισοζυγίου. Η ανάλυση μεταβλητότητας βασίζεται σε βασικές αρχές στατιστικής της κανονικής κατανομής και χρησιμοποιεί τη μέθοδο ρίζας-μέσου-τετραγώνου για τον υπολογισμό του σφάλματος των derived τιμών.

Η τυπική προσέγγιση για τον υπολογισμό της μεταβλητότητας που σχετίζεται με συγκεκριμένο όγκο του υδατικού ισοζυγίου βάσει του 95% διαστήματος εμπιστοσύνης είναι η ακόλουθη:

$$\text{μεταβλητότητα} = (\text{όγκος σε mil. gal} * 95\% \text{ όριο} / 1.96)^2 \quad (2)$$

Το αθροιστικό όριο εμπιστοσύνης που σχετίζεται με τον υπολογιζόμενο όγκο του υδατικού ισοζυγίου βασίζεται στην συνάθροιση του σφάλματος των αντλούμενων τιμών. Ακολουθώντας αυτές τις αρχές, τα 95% όρια εμπιστοσύνης που σχετίζονται με τον όγκο του μη ανταποδοτικού νερού ισούται με:

$$1.96 \cdot \sqrt{(\text{μεταβλητότητα } \alpha + \text{μεταβλητότητα } \beta) / (\text{ετήσιος } \text{όγκος μη ανταποδοτικού νερού})}$$

Αφού οι πραγματικές απώλειες έχουν όριο εμπιστοσύνης το οποίο είναι αθροιστική τιμή που βασίζεται στην μεταβλητότητα κάθε στοιχείου του ισοζυγίου, είναι πολύ σημαντικό να εκχωρηθούν τα όρια σε όλα τα στοιχεία του ισοζυγίου ώστε να φανεί ποιο από όλα έχει τη μεγαλύτερη επιρροή (ποιο έχει τη μεγαλύτερη μεταβλητότητα) στην εμπιστοσύνη του υπολογιζόμενου όγκου πραγματικών απωλειών. Όταν η πληροφορία αυτή γίνει φανερή, το πιο σωστό είναι να ληφθούν μέτρα για τη βελτίωση της εμπιστοσύνης των πραγματικών

απωλειών, βελτιώνοντας την εμπιστοσύνη των στοιχείων που έδειξαν τη μεγαλύτερη μεταβλητότητα.

3.1.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

3.1.3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Οι δείκτες απόδοσης που προτείνει η IWA είναι συνολικά 170, οι οποίοι χωρίζονται σε 6 κατηγορίες. Η χρήση ενός συνεκτικού, διεθνώς αποδεκτού συστήματος δεικτών αξιολόγησης μπορεί να παίξει ρόλο κλειδί στην διαδικασία αξιολόγησης της απόδοσης για τις υπηρεσίες παροχής νερού, προκαλώντας ένα συνεχές κίνητρο για την επιχείρηση νερού να αυξήσει την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα της και να βελτιώσει την ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών προς τους τελικούς χρήστες.

Η αξιολόγηση της απόδοσης της επιχείρησης με τη χρήση δεικτών μπορεί να μετρήσει την ποιότητα υπηρεσιών, την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα, να κάνει σαφή την σύγκριση μεταξύ των στόχων, να παρέχει συγκριτική αξιολόγηση μεταξύ παρόμοιων επιχειρήσεων και να τις ενθαρρύνει να παρέχουν βελτιωμένες υπηρεσίες προς τους τελικούς χρήστες.

Τα πιθανά οφέλη της χρήσης Δεικτών Απόδοσης από τις επιχειρήσεις νερού είναι:

- Διευκολύνουν στην επίτευξη καλύτερης ποιότητας και πιο έγκαιρη ανταπόκριση από τους διαχειριστές
- Επιτρέπουν ευκολότερη παρακολούθηση των αποτελεσμάτων των αποφάσεων για τη διαχείριση, ιδιαίτερα όσον αφορά στην ποιότητα, στην εξυπηρέτηση πελατών, στη βιωσιμότητα και στην οικονομική αποδοτικότητα
- Παρέχουν πληροφορίες κλειδιά που στηρίζουν μια ενεργητική προσέγγιση στην διαχείριση, με μικρότερη εξάρτηση από εμφανείς δυσλειτουργίες του συστήματος (αντιδραστική προσέγγιση)
- Δίνουν έμφαση στις δυνάμεις και τις αδυναμίες των τμημάτων, υποδεικνύοντας την ανάγκη για διορθωτικά μέτρα
- Βοηθάνε με την εφαρμογή καθεστώτος TQM 'Total Quality Management'
- Διευκολύνουν την εφαρμογή ρουτινών συγκριτικής αξιολόγησης, τόσο εσωτερικά για την σύγκριση της απόδοσης σε διαφορετικές τοποθεσίες ή συστήματα, όσο και εξωτερικά για την σύγκριση με άλλες παραπλήσιες επιχειρήσεις, προωθώντας έτσι τη βελτίωση της απόδοσης
- Παρέχουν γερή τεχνική βάση για λογιστικούς ελέγχους στην επιχείρηση και προβλέπουν την επίδραση που θα έχουν οι προτάσεις που προέκυψαν ως αποτέλεσμα ενός ελέγχου

3.1.3.2 ΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (PERFORMANCE INDICATORS)

Κατά την περίοδο από το 1996 ως το 2000, διάφορες ομάδες εργασιών της IWA διεξήγαγαν μια λεπτομερή μελέτη για να καθορίσουν ποιοι είναι οι καταλληλότεροι δείκτες απόδοσης για διαφορετικές συνιστώσες της παροχής νερού. Οι δείκτες ομαδοποιούνται σε μία δομή που έχει λογική για κάθε επιχείρηση και για κάθε όλους τους τρόπους χρήσης του συστήματος.

Πίνακας 5 Ομαδοποίηση δεικτών απόδοσης

ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ	ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ	ΣΥΝΟΛΟ
WR	Υδατικών πόρων	4
Pe	Δείκτες προσωπικού	26
Ph	Φυσικοί δείκτες	15
Op	Λειτουργικοί δείκτες	44
QS	Ποιότητας υπηρεσιών	34
Fi	Οικονομικοί δείκτες	47

Αυτή η ομαδοποίηση βοηθάει στο να αναγνωρίζουμε το σκοπό κάθε δείκτη και τον τελικό χρήστη σε κάθε επιχείρηση. Ο κωδικός του δείκτη, ο οποίος είναι μοναδικός, αποτελείται από τα δύο γράμματα όπως φαίνονται παραπάνω, και έναν αριθμό που δείχνει τη θέση του δείκτη μέσα στην ομάδα. Κάθε ένα από αυτά τα γκρουπ χωρίζεται σε υπό-ομάδες, γεγονός που και αυτό βοηθάει στο να αναγνωρίζουμε τη χρήση και τον χρήστη κάθε δείκτη (σε ειδικές περιπτώσεις οι υπό-ομάδες χωρίζονται σε μικρότερα υποσύνολα).

Όπως προαναφέρθηκε, οι δείκτες απόδοσης που προτείνει η IWA είναι συνολικά 170. Όμως οι σχετικοί με το πρόβλημα του Μη-Ανταποδοτικού νερού είναι οι ακόλουθοι:

Πίνακας 6 Δείκτες απόδοσης που αφορούν το NRW

Κατηγορία δεικτών	Επίπεδο	Κωδικός	Δείκτης	Σχόλια
Χρηματοοικονομικοί NRW ανά όγκο	1 (Βασικός)	Fi 36	Όγκος NRW [% του εισερχόμενου νερού στο σύστημα]	Μπορεί να υπολογιστεί από το απλό υδατικό ισοζύγιο. Χωρίς ιδιαίτερη σημασία
Λειτουργικοί Φαινόμενες απώλειες	1 (Βασικός)	Op 23	[m ³ /σύνδεση/έτος] ή [m ³ /km αγωγών/έτος] (Μόνο αν η πυκνότητα συνδέσεων < 20/km)	Ο καλύτερος των απλών δεικτών απόδοσης, χρήσιμος για θέση στόχων, με περιορισμένη χρησιμότητα για συγκρίσεις μεταξύ συστημάτων
Λειτουργικοί Πραγματικές απώλειες	1 (Βασικός)	Op 24	[λίτρα/σύνδεση/ημέρα] ή [λίτρα/km αγωγών/ημέρα] (μόνο αν η πυκνότητα συνδέσεων < 20/km)	Ο καλύτερος των απλών δεικτών απόδοσης, χρήσιμος για θέση στόχων, με περιορισμένη χρησιμότητα για συγκρίσεις μεταξύ συστημάτων
Λειτουργικοί Πραγματικές απώλειες	2 (Ενδιάμεσος)	-	[λίτρα/σύνδεση/μέρα/m πίεσης] ή [λίτρα/km αγωγών/μέρα/m πίεσης] (μόνο αν η πυκνότητα συνδέσεων < 20/km)	Εύκολος στον υπολογισμό του εάν ο ILI δεν είναι γνωστός ακόμα, χρήσιμος για συγκρίσεις μεταξύ συστημάτων
Χρηματοοικονομικοί NRW ανά κόστος	3 (Λεπτομερής)	Fi 37	Τιμή του NRW [% του ετήσιου κόστους λειτουργίας του συστήματος]	Επιτρέπει διαφορετικό κόστος μονάδας για τα συστατικά του NRW. Καλός ως οικονομικός δείκτης
Λειτουργικοί Πραγματικές απώλειες	3 (Λεπτομερής)	Op 25	ILI Infrastructure Leakage Index)	Λόγος των ετήσιων πραγματικών απωλειών προς τις ετήσιες πραγματικές απώλειες που δεν μπορούν να αποφευχθούν. Ο πιο δυνατός δείκτης για συγκρίσεις μεταξύ συστημάτων

Οι δείκτες κατηγοριοποιούνται βάσει κατηγορίας και επιπέδου. Τα επίπεδα καθορίζονται ως:

Επίπεδο 1 (βασικοί δείκτες): μια πρώτη ομάδα δεικτών που παρέχουν μια γενική εποπτεία της αποδοτικότητας και αποτελεσματικότητας της επιχείρησης ύδρευσης.

Επίπεδο 2 (ενδιάμεσοι δείκτες): επιπλέον δείκτες που παρέχουν μεγαλύτερη εποπτεία από τους βασικούς. Απευθύνονται σε χρήστες που επιθυμούν μεγαλύτερη εμβάθυνση.

Επίπεδο 3 (λεπτομερείς δείκτες): δείκτες που παρέχουν τις περισσότερες δυνατές λεπτομέρειες.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 1

Fi35 (Χρηματοοικονομικός): Ο όγκος του Μη Ανταποδοτικού Νερού, εκφρασμένος ως ποσοστό % του εισερχόμενου όγκου νερού στο σύστημα. Αποτελεί έναν πολύ βασικό δείκτη απόδοσης.

Op24 (Λειτουργικός): ως πρώτο βήμα πρέπει να υπολογιστεί η πυκνότητα συνδέσεων ώστε να επιλεγεί ο κατάλληλος δείκτης. Αφού τα περισσότερα συστήματα διανομής έχουν πυκνότητα συνδέσεων >20/km κύριων αγωγών, ο δείκτης 'ανά σύνδεση' πρέπει να αποτελέσει τον βασικό δείκτη απόδοσης για τις Πραγματικές απώλειες.

Στην περίπτωση συστημάτων με διακοπτόμενη παροχή, ο δείκτης εκφράζεται ως 'λίτρα/σύνδεση/ημέρα που το σύστημα είναι υπό πίεση'.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 2

Ο δείκτης αυτός (λίτρα/σύνδεση/ημέρα/m πίεσης) δεν αναφέρεται από την IWA (Λειτουργικός). Λαμβάνει υπόψη την πίεση και έτσι είναι πιο χρήσιμος για σύγκριση διαφορετικών περιοχών της ίδιας επιχείρησης ή διαφορετικές επιχειρήσεις με συστήματα που λειτουργούν σε διαφορετικές πιέσεις. Παρόλα αυτά, ο δείκτης αυτός δεν πρέπει να αντικαθιστά τον δείκτη Επιπέδου 1 αλλά να τον συνοδεύει επειδή οι υψηλές πιέσεις στο σύστημα είναι ένα σημαντικό θέμα της διαχείρισης και μπορεί να ελεγχθεί ώστε να μειωθούν οι απώλειες.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΠΙΠΕΔΟΥ 3

Fi35 (Χρηματοοικονομικός): η ετήσια τιμή του Μη-Ανταποδοτικού νερού εκφρασμένη ως ποσοστό του ετήσιου τρεχούμενου κόστους συστήματος είναι ένας αληθινός χρηματοοικονομικός δείκτης απόδοσης. Για τον υπολογισμό της τιμής του NRW ο διαχωρισμός σε πραγματικές και φαινόμενες απώλειες είναι σημαντικός, αφού η μέση χρέωση νερού (που χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει τις φαινόμενες απώλειες) μπορεί να διαφέρει κατά πολύ από το οριακό κόστος του νερού (που χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει τις πραγματικές απώλειες). Εάν υπάρχει έλλειψη νερού και ως εκ τούτου προκύπτουν μέτρα περιορισμών της παροχής όπως την πώληση του νερού που εξοικονομείται, η τιμή των πραγματικών απωλειών μπορεί να αυξηθεί ως μέση τιμή χρέωσης του νερού.

Op25 (Λειτουργικός): ο IPI αποτελεί τον πιο ισχυρό από όλους τους δείκτες απωλειών νερού. (R.Liemberger, M.Farley, 2004)

Παρά τα μειονεκτήματά του, το υδατικό ισοζύγιο και οι ομάδες δεικτών απόδοσης (PIs) που το συνοδεύουν είναι ένα σημαντικό εργαλείο που παρέχει τυποποιημένες ορολογίες για σύγκριση απόδοσης μεταξύ επιχειρήσεων ύδρευσης τόσο τοπικά όσο και διεθνώς. Τα τελευταία 10 χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα εργαλεία λογισμικού που βασίζονται στην

μεθοδολογία αυτή. Όμως συνήθως είναι αρκετά ακριβά και απρόσιτα για επιχειρήσεις αναπτυσσόμενων χωρών. Κάποια από αυτά είναι το Aquafast (Fanner et al. 2007b) το Aqualibre (Liemberger and McKenzie 2003) και το SIGMA (Alegre et al. 2006).

3.2 ΒOTTOM UP ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΜΗ ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Ο Mutikanga (2010) εκτίμησε τις φαινόμενες απώλειες του συστήματος της πόλης Καμπάλα στην Ουγκάντα ως ποσοστό 37% του SIV βάσει 'μιας ενεργού προσέγγισης μέσω διερευνήσεων ύποπτων τάσεων της τιμολογούμενης κατανάλωσης (μηδενική, αρνητική κλπ)' και προσλαμβάνοντας πληροφοριοδότες για παράνομη χρήση νερού. Οι ανακρίβειες των μετρητών μπορούν να εκτιμηθούν μέσω ελέγχων μετρητών σε διαφορετικούς ρυθμούς παροχής που αντιπροσωπεύουν τυπικούς ρυθμούς κατανάλωσης πελατών και μέσω των εγχειριδίων χρήσης των μετρητών (WLCR 2007; Farley et al. 2008; Mutikanga et al. 2010).

Ο Puust et al. (2010) ανέφερε δυο bottom-up μεθόδους εκτίμησης των πραγματικών απωλειών οι οποίες είναι η 24ώρη διαχείριση ζώνης και η Ελάχιστη Νυχτερινή Παροχή. Οι δύο αυτές μέθοδοι είναι εφαρμόσιμες σε περιοχές με DMAs. Το σκεπτικό είναι ότι οι παροχές και οι πιέσεις σε μια DMA είναι επαρκούς κλίμακας και μπορούν να αναλυθούν έτσι ώστε να ξεχωρίζει η κανονική παροχή από τις διαρροές (WLCR 2007). Η αδυναμία της μεθόδου είναι ότι απαιτεί απομόνωση μικρών ζωνών στο δίκτυο μέσω βαλβίδων, εγκατάσταση μετρητών στους κύριους αγωγούς που τροφοδοτούν τις ζώνες αυτές και ταυτόχρονα την παρακολούθηση των παροχών και των πιέσεων στις ζώνες. Επίσης, η μέθοδος προϋποθέτει έναν πεπειραμένο διαχειριστή που μπορεί να ξεχωρίζει ποιες παροχές προέρχονται από διαρροές και πρέπει να εφαρμόζεται σε όλες τις DMA όπου υπάρχει υποψία διαρροών. Επιπλέον η μέθοδος 24ώρης διαχείρισης ζώνης εκτιμά τις διαρροές που υπάρχουν στην DMA χωρίς να παρέχει πληροφορίες για τη θέση τους. Η εκτίμηση των πραγματικών απωλειών μέσω της μεθόδου ελάχιστης νυχτερινής παροχής (MNF) απαιτεί την μέτρηση των MNF στην DMA και την αφαίρεση της νόμιμης νυχτερινής παροχής από την μετρούμενη MNF. Η νόμιμη νυχτερινή παροχή καθορίζεται από την εκάστοτε κοινωνία και μπορεί να εκτιμηθεί γνωρίζοντας τις δραστηριότητες που είναι ενεργές κατά τη διάρκεια των μετρήσεων (WLCR 2007; Farley et al. 2008; Puust et al. 2010). Ο May (1994) πρότεινε τη χρήση μιας μεθόδου που ονομάζεται FAVAD (Fixed and Variable Discharge) που βασίζεται στη συσχέτιση του ρυθμού διαρροής με την πίεση. Η προσέγγιση αυτή προτάθηκε για να προσαρμοστούν κατάλληλα οι διακυμάνσεις της πίεσης μέσα στη μέρα. Το μειονέκτημα της μεθόδου MNF είναι ότι οι παροχές πρέπει να μετρώνται το ξημέρωμα και ότι η διαδικασία πρέπει να εφαρμόζεται για κάθε DMA στο δίκτυο, όπου υπάρχει υποψία διαρροών. Ομοίως με την 24ώρη διαχείριση ζώνης, η MNF εκτιμά τις διαρροές χωρίς να παρέχει πληροφορίες για τη θέση των διαρροών.

Άλλες μέθοδοι που έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία βασίζονται στην παρακολούθηση και εντοπισμό των υδραυλικών αλλαγών που λαμβάνουν χώρα στο δίκτυο εξαιτίας των διαρροών, όπως αλλαγές στις παροχές και τις πιέσεις (Pudar και Liggett 1992). Άλλοι ανέλυσαν τα φαινόμενα μεταφοράς σε μεμονωμένο μήκος του αγωγού για να εντοπίσουν διαρροές (Brunone και Ferrante 2001; 2004; Misiunas et al. 2005). Ο Karelan et al (2003, 2004) διαμόρφωσε τον εντοπισμό των διαρροών ως ένα πρόβλημα βελτιστοποίησης και χρησιμοποίησε αντίστροφη ανάλυση φαινομένων μεταφοράς για τη λύση του. Οι Haghghi και Ramos (2012) χρησιμοποίησαν αντίστροφη ανάλυση φαινομένων μεταφοράς για εντοπισμό διαρροών και καλιμπράρισμα του συντελεστή τριβής. Ο Kim (2005) ανέπτυξε έναν αλγόριθμο για εντοπισμό διαρροών μέσω μεθόδου άμεσης απόκρισης. Ο Beck et al. (2005) παρουσίασε μια νέα τεχνική εντοπισμού διαρροών σε αγωγούς μέσω ανάλυσης συσχέτισης των

αντανακλόμενων κυμάτων. Ο Giustolisi et al. (2008) ενσωμάτωσε έναν αλγόριθμο ζήτησης και διαρροών σε υδραυλικό μοντέλο προσομοίωσης σταθερής κατάστασης για τη διερεύνηση ύπαρξης διαρροών. Άλλοι μελετητές χρησιμοποίησαν ακουστικά σήματα και δονήσεις για να εντοπίσουν και να ποσοτικοποιήσουν τις διαρροές (Gao et al. 2004,2006; Muggleton και Brennan 2004). Οι Buchberger και Nadimpali (2004) εισήγαγαν μια μέθοδο εκτίμησης διαρροών σε μικρές αστικές ζώνες μέσω στατιστικής ανάλυσης των αναγνώσεων της παροχής.

Ο Karadirek et al (2012) χρησιμοποίησε υδραυλική προσομοίωση για να αποφασίσει την βέλτιστη θέση για μια βαλβίδα μείωσης της πίεσης ώστε να μειωθεί η απώλεια νερού σε ένα δίκτυο στην Αντάλια στην Τουρκία. Οι Araujo et al (2006) χρησιμοποίησαν ένα μοντέλο υδραυλικής προσομοίωσης, το EPANET και δύο άλλα μοντέλα για να διαχειριστούν τις πιέσεις σε συστήματα διανομής με σκοπό τη μείωση των διαρροών. Ο Mutikanga et al. (2011) ανέπτυξε μια ολοκληρωμένη πολυκριτηριακή προσέγγιση για τον σχεδιασμό στρατηγικών με σκοπό να προτεραιοποιήσει τις επιλογές για μείωση των απωλειών στην πόλη της Καμπάλα (Al-Omari 2013).

Οι περισσότερες από αυτές τις μεθόδους αναφέρονται αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια.

4. ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πραγματικές απώλειες είναι οι ετήσιοι όγκοι νερού που χάνονται μέσω όλων των τύπων των διαρροών, των θραύσεων και των υπερχειλίσεων στους κύριους αγωγούς, τις δεξαμενές και τις συνδέσεις των καταναλωτών μέχρι το σημείο των μετρητών των καταναλωτών. Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν μετρητές στους καταναλωτές είναι το πρώτο σημείο χρήσης μέσα στην ιδιοκτησία.

- Διαρροές στους αγωγούς μεταφοράς και διανομής είναι το νερό που χάνεται από διαρροές και θραύσεις των αγωγών. Αυτές μπορεί να είναι μικρές διαρροές οι οποίες ακόμη δεν έχουν αναφερθεί ή μεγάλες θραύσεις αγωγών που έχουν επισκευαστεί αλλά διέρρεαν για ένα διάστημα πριν την επισκευή τους.
- Διαρροές και υπερχειλίσεις σε δεξαμενές αποθήκευσης της εταιρείας. Αφορούν το νερό που χάνεται από διαρροές των δεξαμενών αποθήκευσης ή υπερχειλίσεις οι οποίες για παράδειγμα συνέβησαν λόγω λειτουργικών ή τεχνικών προβλημάτων
- Διαρροές στις συνδέσεις των καταναλωτών μέχρι το σημείο του καταναλωτή. Αφορά στο νερό που χάνεται από διαρροές στις συνδέσεις των καταναλωτών από το σημείο σύνδεσης μέχρι το σημείο χρήσης από τον πελάτη. Στα μετρούμενα συστήματα αυτό είναι ο μετρητής του πελάτη ενώ στα μη-μετρούμενα είναι το πρώτο σημείο χρήσης μέσα στην ιδιοκτησία. Αυτές οι διαρροές μπορεί να αναφέρονται όταν είναι θραύσεις αλλά συνήθως είναι μικρές διαρροές οι οποίες δεν εμφανίζονται και διαρρέουν για μεγάλα διαστήματα (συχνά και χρόνια).

ΑΝΑΠΟΦΕΥΚΤΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ (UARL)

Οι Πραγματικές απώλειες δεν μπορούν να ελαχιστοποιηθούν εντελώς. Ο χαμηλότερος τεχνικά επιτεύξιμος ετήσιος όγκος τους για καλά διατηρημένα και οργανωμένα συστήματα είναι οι αναπόφευκτες ετήσιες πραγματικές απώλειες (Unavoidable Annual Real Losses-UARL), που απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα με το μικρό τετράγωνο. Η περιοχή με το μεγάλο τετράγωνο αντιπροσωπεύει τις τρέχουσες ετήσιες πραγματικές απώλειες (Current Annual Real Losses-CARL). Η διαφορά μεταξύ των UARL και CARL είναι οι πιθανές ανακτήσιμες πραγματικές απώλειες για τις οποίες υπάρχουν οι διαθέσιμες τεχνικές/τεχνολογίες ανάκτησης. Οι UARL είναι μια χρήσιμη έννοια καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει με εύλογη αξιοπιστία τις χαμηλότερες τεχνικά επιτεύξιμες ετήσιες πραγματικές απώλειες για οποιοδήποτε συνδυασμό μήκους αγωγών, αριθμού συνδέσεων καταναλωτών και μέσης πίεσης λειτουργίας-με την υπόθεση ότι το σύστημα είναι σε καλή κατάσταση με υψηλούς στόχους για τη διαχείριση των πραγματικών απωλειών (Farley and Trow, 2003).

Η Ομάδα εργασίας Απωλειών Νερού της IWA ανέπτυξε μια εξίσωση (εμπειρικό τύπο) για τις χαμηλότερες τεχνικά επιτεύξιμες πραγματικές απώλειες. Χρησιμοποιώντας κατάλληλες τιμές παραμέτρων από τα καλύτερα οργανωμένα συστήματα με καλοδιατηρημένες υποδομές σχετικά με τις συχνότητες θραύσεων, τις μέγιστες διάρκειες και τους ρυθμούς ροών που σχετίζονται με την πίεση, διατυπώνονται τα παρακάτω στοιχεία των UARL:

Σε κεντρικούς αγωγούς: $18 \text{lt/km αγωγών/m πίεσης}$

Σε συνδέσεις καταναλωτών (μέχρι το όριο της ιδιοκτησίας): $0.8 \text{lt/σύνδεση/ημέρα/m πίεσης}$

Σε συνδέσεις καταναλωτών (από το όριο της ιδιοκτησίας μέχρι τον μετρητή του καταναλωτή): 25lt/km/ημέρα/m πίεσης

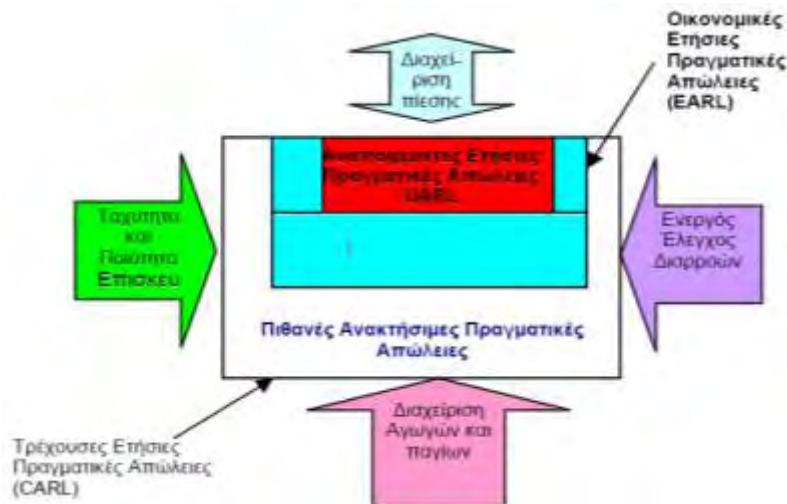
Ο τύπος που αναπτύχθηκε από την ομάδα εργασίας απωλειών του νερού της IWA στην πιο βασική του μορφή δίνει τις UARL σε lt/ημέρα (Lambert et al., 1999):

$$UARL = (18 * L_m + 0.8 * N_c + 25 * L_p) * P \quad (3)$$

Όπου L_m είναι το μήκος των αγωγών σε km, N_c είναι ο αριθμός των συνδέσεων των καταναλωτών, L_p το σύνολικό μήκος σε km του υπόγειου αγωγού (μεταξύ της άκρης του δρόμου και του μετρητή του καταναλωτή) και P είναι η μέση πίεση λειτουργίας σε m. Η βασική εξίσωση μπορεί να εκφραστεί σε άλλες μορφές και μονάδες.

ΤΑ ΤΕΣΣΕΡΑ ΣΚΕΛΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ:

- Διαχείριση αγωγών και συσκευών
- Διαχείριση πίεσης (αύξηση ή μείωση της)
- Ταχύτητα και ποιότητα επισκευών
- Ενεργός έλεγχος διαρροών για τον εντοπισμό μη αναφερθέντων διαρροών



Σχήμα 2: Οι τέσσερις βασικές μέθοδοι διαχείρισης των πραγματικών απωλειών (Farley and Trow 2003)

4.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

4.2.1 TOP DOWN ΜΕΘΟΔΟΣ

Οι απώλειες του νερού μπορούν να καθοριστούν από το υδατικό ισοζύγιο, όπως προαναφέρθηκε. Αυτό βασίζεται στη μέτρηση ή εκτίμηση του νερού που παράγεται, εισάγεται, εξάγεται, καταναλώνεται ή χάνεται. Οι περισσότερες εταιρείες παροχής νερού είναι ικανές να παρέχουν εκτιμήσεις της παραγωγής, εισαγωγής, εξαγωγής και κατανάλωσης αλλά εκτιμούν λιγότερο τα υπόλοιπα συστατικά.

Εξαιτίας της ευρείας διαφορετικότητας των ορισμών και των τύπων που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς του υδατικού ισοζυγίου διεθνώς, η ανάγκη για κοινή ορολογία είναι επιτακτική. Έτσι οι ομάδες εργασίας των απωλειών του νερού (Water Loss Task Force) και των δεικτών απόδοσης της IWA παρήγαγαν το διεθνές Υδατικό Ισοζύγιο «καλής πρακτικής» (Farley

and Trow, 2003) όπως προαναφέρθηκε. Το υδατικό ισοζύγιο αποτελεί κομμάτι μιας top-down διαδικασίας υπολογισμού των απωλειών.

Η top-down προσέγγιση βασίζεται στο υδατικό ισοζύγιο όπου οι πραγματικές απώλειες υπολογίζονται εκτιμώντας πρώτα όλα τα υπόλοιπα στοιχεία του ισοζυγίου όπως η μη τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση και οι φαινόμενες απώλειες λόγω μη εξουσιοδοτημένης χρήσης νερού και λόγω ανακριβειών στις μετρήσεις. Ο εισερχόμενος όγκος στο σύστημα και η τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση βρίσκονται από τα αρχεία της επιχείρησης. Έτσι οι πραγματικές απώλειες μπορούν πλέον να εκτιμηθούν βάσει ενός απλού ισοζυγίου νερού (AL-Omari, 2013).

INFRASTRUCTURE LEAKAGE INDEX (ILI-ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ)

Η αναλογία CARL προς UARL είναι ο δείκτης διαρροών υποδομών (ILI). Ο δείκτης ILI μετράει πόσο αποτελεσματικά οι ενέργειες των υποδομών του σχήματος 2, δηλαδή επισκευές, ενεργός έλεγχος διαρροών και διαχείριση αγωγών/παγίων οργανώνονται στην τρέχουσα πίεση λειτουργίας. Για κάθε μια από αυτές τις δραστηριότητες, υπάρχει ένα οικονομικό επίπεδο επένδυσης και δράσης, που χρειάζεται να υπολογιστεί, βασισμένο στην οριακή αξία (marginal value), στο τοπικό νόμισμα/m³ και στις πραγματικές απώλειες. Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και την πρακτική, η οριακή αξία (marginal value) βασισμένη στις πραγματικές απώλειες μπορεί να είναι χαμηλή - ίσως μόνο το κόστος της ενέργειας και των χημικών ουσιών - ή υψηλή και αυτό επηρεάζει την πολιτική οικονομικής διαχείρισης για τον έλεγχο των πραγματικών απωλειών. Τιμές του δείκτη διαρροών υποδομών κοντά στο 1,0 αντιπροσωπεύουν σχεδόν τέλεια τεχνική διαχείριση των πραγματικών απωλειών από τις υποδομές, στην τρέχουσα πίεση λειτουργίας.

Είναι προφανές το πλεονέκτημα του ILI όταν περιλαμβάνεται μία σχετικά αξιόπιστη εκτίμηση των UARL. Δεν επιτρέπει μόνο την εκτίμηση των τρεχουσών απωλειών αλλά και μία αρχική εκτίμηση της μέγιστης δυνατότητας για μείωση των πραγματικών απωλειών στην τρέχουσα πίεση. Η εξίσωση που υπολογίζει τις UARL έχει αποδειχθεί ότι είναι ακριβής έχοντας υπολογίσει κάποιες εκατοντάδες δεικτών ILI σε διάφορες χώρες (Farley and Trow 2003). Σε λίγες περιπτώσεις όπου δεν υπήρχαν μη δηλωμένες θραύσεις και διαρροές λόγω τοπικών παραγόντων υπολογίστηκαν μικρότερες πραγματικές απώλειες, αλλά για την πλειοψηφία των εταιρειών ύδρευσης παγκόσμια, οι UARL (που αντιστοιχούν σε ILI ίσο με 1,0) βρέθηκε να είναι «χρυσός κανόνας» για τη λειτουργική διαχείριση των πραγματικών απωλειών στις αναπτυγμένες χώρες. Τέτοιες τιμές του ILI συνήθως είναι απίθανοι στόχοι για κάποια συστήματα. Στον πίνακα φαίνονται οι τιμές στόχοι του ILI για τις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες χωρίζοντας τα δίκτυά τους σε τέσσερις υποκατηγορίες (A, B, C, D) για κάθε κατηγορία χώρας.

Η επεξήγηση των κατηγοριών A, B, C, D δίνεται παρακάτω:

- A: περαιτέρω μείωση των απωλειών μπορεί να μην είναι οικονομική εκτός αν υπάρχουν ελλείψεις. Για να γίνουν βελτιώσεις πρέπει να πραγματοποιηθεί ανάλυση κόστους/οφέλους.
- B: υπάρχει περιθώριο βελτιώσεων. Πρέπει να τεθεί σε σκέψη η διαχείριση της πίεσης, καλύτερες πρακτικές ενεργού ελέγχου διαρροών και καλύτερη συντήρηση του δικτύου
- C: ο έλεγχος των διαρροών είναι φτωχός. Αυτή η κατάσταση μπορεί να είναι ανεκτή μόνο αν το νερό είναι επαρκές και φθηνό. Ακόμη και τότε όμως χρειάζεται ανάλυση του επιπέδου και της φύσης των διαρροών και ένταση των προσπαθειών μείωσης των διαρροών.

- D: ανεπαρκής χρήση των υδατικών πόρων. Είναι επιτακτικά και υψηλής προτεραιότητας τα προγράμματα μείωσης των διαρροών.

Πίνακας 7 Οι τιμές στόχοι του ILI για τις ανεπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες (Liemberger et al., 2007a)

Κατηγορία Τεχνικής Απόδοσης	ILI	Litres / σύνδεση / ημέρα (όταν το σύστημα βρίσκεται υπό πίεση) σε μέση πίεση:					
		10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	
Κατάσταση Ανεπτυγμένων Χωρών	A	1-2	<50	<75	<100	<125	
	B	2-4	50-100	75-150	100-200	125-250	
	C	4-8	100-200	150-300	200-400	250-500	
	D	>8	>200	>300	>400	>500	
Κατάσταση Αναπτυσσόμενων Χωρών	A	1-4	<50	<100	<150	<200	<250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	>400	>600	>800	>1000

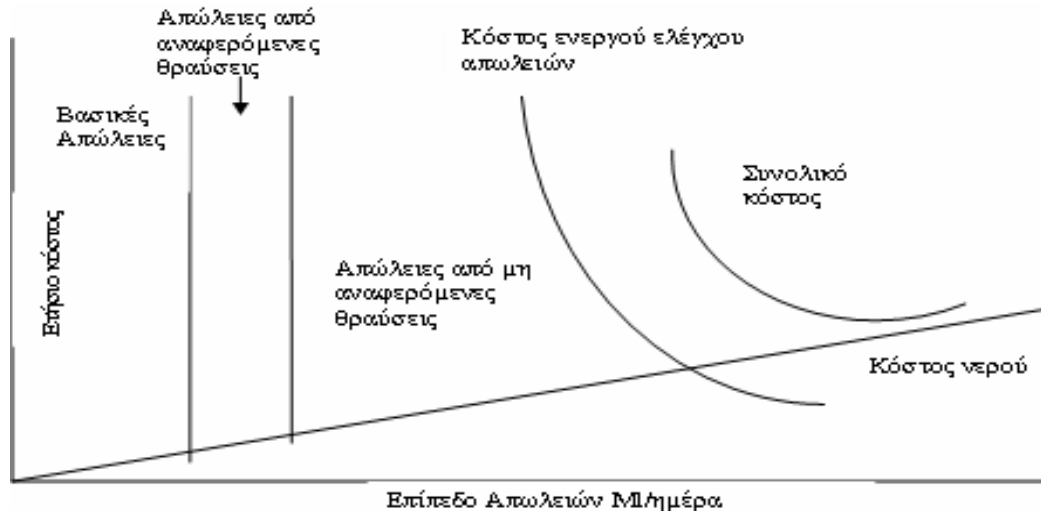
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (ELL Η EARL)

Για κάθε σύστημα διανομής νερού υπάρχει ένα επίπεδο κάτω από το οποίο οποιαδήποτε επέμβαση ή επένδυση δεν είναι οικονομικά αποδοτική. Δηλαδή το νερό που εξοικονομείται κοστίζει λιγότερο από την επέμβαση ή την επένδυση (σχήμα Β-4.3). Το Οικονομικό Επίπεδο των πραγματικών Απωλειών (Economic Level of Real Losses – ELL ή Economic Annual Real Losses - EARL) συμβαίνει όταν το άθροισμα της αξίας του νερού που χάνεται μέσω πραγματικών απωλειών και το κόστος των ενεργειών για την ελαχιστοποίηση των πραγματικών απωλειών φθάνουν στο ελάχιστο.

Σε κάθε σύστημα παρουσιάζεται ένας αριθμός νέων διαρροών και θραύσεων κάθε χρόνο, αλλά η οικονομική διαχείριση του όγκου των πραγματικών απωλειών που αυξάνεται μπορεί να επιτευχθεί. Βραχυπρόθεσμα αυτό μπορεί να συμβεί αν γίνει διαχείριση της μέσης διάρκειας αυτών των βλαβών μέσω του ενεργού ελέγχου διαρροών (για να εντοπιστούν οι μη αναφερθείσες θραύσεις) και μέσω της ταχύτητας και της ποιότητας των επισκευών όλων των διαρροών και των θραύσεων. Μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα αυτό επιτυγχάνεται επηρεάζοντας τον αριθμό των διαρροών και των θραύσεων που συμβαίνουν κάθε χρόνο (μέσω βελτιωμένης διαχείρισης της πίεσης και διαχείρισης των αγωγών και των συσκευών του δικτύου). Στη συνέχεια επιβεβαιώνεται ότι κάθε μία από τις μεθόδους διαχείρισης των πραγματικών απωλειών είναι οικονομική. Τέλος θέτονται προτεραιότητες σε εκείνες τις ενέργειες με το υψηλότερο λόγο οφέλους κόστους. Τελικά το οικονομικό επίπεδο των απωλειών έχει επιτευχθεί. Ο ορισμός του ELL δόθηκε (WSA/WCA, 1994) σαν «το επίπεδο των διαρροών όπου το οριακό κόστος τους ενεργού ελέγχου των διαρροών ισούται με το οριακό κόστος του διαρρέοντος νερού». Στο σχήμα φαίνεται η σχέση μεταξύ δαπανών σε λειτουργίες διαχείρισης διαρροών και το μοναδιαίο κόστος παραγωγής νερού σαν συνάρτηση του επιπέδου διαρροών.

Τονίζονται κάποια από τα κρίσιμα σημεία της θεωρίας του ELL αποδεικνύοντας ότι οι στόχοι των απωλειών στο ELL πρέπει να είναι συγκεκριμένοι και δυναμικοί (Farley and Trow, 2003):

- δεν υπάρχει μοναδικό ELL. Το ELL διαφέρει στον χρόνο αφού εξαρτάται από παράγοντες όπως εποχιακές αλλαγές στη συχνότητα των θραύσεων που συχνά οφείλονται σε καιρικές συνθήκες, και βελτιώσεις στην κατάσταση των αγωγών.
- Επενδύσεις στον έλεγχο της πίεσης, δημιουργία στεγανών υποζωνών και τηλεμετρία για να μειωθούν οι διαρροές θα αλλάξουν το ELL με βάση την προσπάθεια ενεργού ελέγχου των διαρροών.



Σχήμα 3: Η σχέση μεταξύ λειτουργικού κόστους και επιπέδου απωλειών (Farley and Trow, 2003)

- Η αξία του νερού αλλάζει με τον χρόνο. Έχει υψηλότερη αξία σε περιόδους έλλειψης π.χ. ξηρασίες και χαμηλότερη αξία σε περιόδους πλεονασμού. Η αξία αυξάνει όταν μειώνεται η διαθέσιμη ποσότητα και μειώνεται όταν προγραμματίζονται νέες μονάδες επεξεργασίας και χρησιμοποιούνται νέοι πόροι. Τα λειτουργικά κόστη μπορεί να αλλάξουν στο μέλλον εξαιτίας διαφορετικών επιπέδων ποιότητας ή μεταβολών στους κανονισμούς καθιστώντας τις τρέχουσες πρακτικές ξεπερασμένες.
- Νέες τεχνικές εντοπισμού διαρροών θα αλλάξουν την αποδοτικότητα των πρακτικών εντοπισμού οδηγώντας σε μεταβολή του πραγματικού ELL. Το ELL θα είναι διαφορετικό και θα εξαρτάται από την μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των διαρροών π.χ. τακτικές επιθεωρήσεις ή συνεχής παρακολούθηση της νυχτερινής ροής στις στεγανές υποζώνες.
- Η εκτίμηση του ELL πρέπει να χρησιμοποιεί δεδομένα, πληροφορίες και πολιτικές της συγκεκριμένης περιοχής και της συγκεκριμένης εταιρείας παροχής νερού. Παρόλα αυτά μέχρι την ολοκλήρωση σημαντικής δουλειάς για την μείωση των διαρροών και τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων κόστους και οφελών δεν είναι δυνατό να γίνει μια ακριβής εκτίμηση και ίσως χρειάζεται χρόνια μέχρι να εκτιμηθεί με ακρίβεια. Ο υπολογισμός του ELL γίνεται με διάφορους τρόπους. Οι παράμετροι που πρέπει να εκτιμηθούν για τον υπολογισμό του ELL για κάποια περιοχή παροχής νερού είναι (Farley and Trow, 2003):
- *Το κόστος του νερού.* Περιλαμβάνει τα λειτουργικά κόστη όπως η ηλεκτρική ενέργεια και τα χημικά που απαιτούνται για την επεξεργασία και τη διανομή του νερού στο δίκτυο και μακροπρόθεσμα κόστη επενδύσεων. Αν η μείωση των απωλειών θα καθυστερήσει την ανάγκη για μία νέα μονάδα επεξεργασίας ή μια νέα γεώτρηση τότε η αναστολή αυτής της επένδυσης σε κεφάλαιο έχει κάποια αξία. Ομοίως η σημαντική μείωση των διαρροών που θα επιτρέψει το κλείσιμο κάποιας μονάδας επεξεργασίας νερού ή

κάποιας γεώτρησης ή θα αλλάξει τη λειτουργία του δικτύου θα έχει κάποια μετρήσιμη αξία.

- *Βραχυπρόθεσμα κόστη μείωσης των διαρροών.* Αυτά τα κόστη περιορίζονται συνήθως στο κόστος του ενεργού ελέγχου διαρροών. Περιλαμβάνουν τα κόστη του προσωπικού για τον εντοπισμό των διαρροών, των αυτοκινήτων τους, των καυσίμων και του εξοπλισμού.
- *Κόστη επισκευών.* Υπάρχει η άποψη της εξάλειψης του κόστους επισκευών από τον υπολογισμό του ELL γιατί εκτιμάται ότι ο αριθμός των θραύσεων που συμβαίνουν σε ένα έτος δεν αλλάζει. Η μεταβολή στην προσπάθεια ενεργού ελέγχου των διαρροών θα επηρεάσει μόνο τον χρόνο (μέσες τιμές) για τον οποίο οι θραύσεις και οι διαρροές υπάρχουν πριν εντοπιστούν αλλά δεν επηρεάζει τον αριθμό τους. Έτσι ο αριθμός των θραύσεων και των διαρροών που *πρέπει* να επισκευαστούν σε κάθε χρόνο δεν θα αλλάξει. Ενώ αυτό το επιχείρημα μπορεί να ισχύει για σταθερές καταστάσεις πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή όταν οι διαρροές μειώνονται από το ένα επίπεδο στο άλλο. Θα υπάρχει η τάση να βρεθούν διαρροές οι οποίες διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να βρεθούν. Έτσι θα απαιτηθεί περισσότερη προσπάθεια ενεργού ελέγχου διαρροών και ο αριθμός των επισκευών που θα γίνουν θα αυξηθεί. Επίσης κάποιες από τις διαρροές βάσης (background leakage) θα βρεθούν με την χρήση νέων τεχνολογιών στον ενεργό έλεγχο διαρροών.
- *Μακροπρόθεσμα κόστη.* Περιλαμβάνουν την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης που προγραμματίζεται για τα μέτρα μείωσης των διαρροών όπως στεγανές υποζώνες, διαχείριση πίεσης και αντικατάσταση αγωγών για έναν χρονικό ορίζοντα πάνω από 20 – 30 χρόνια. Τέτοιες επιλογές επεμβάσεων έχουν ένα μη επαναλαμβανόμενο κόστος για τη μείωση των διαρροών σε χαμηλότερο επίπεδο.

Ο ΔΕΙΚΤΗΣ ECONOMIC LEAKAGE INDEX (ELI)

Ο δείκτης Economic Leakage Index (ELI) αντιπροσωπεύει το επίπεδο των πραγματικών απωλειών σε σχέση με τις απώλειες που συμφέρει να ανακτηθούν. Ο δείκτης ELI ισούται με τον λόγο CARL/EARL και δείχνει πόσο νερό χάνεται πέραν αυτού που συμφέρει να ανακτηθεί.

4.2.2 BOTTOM-UP ΜΕΘΟΔΟΙ

4.2.2.1 Η ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΝΥΧΤΕΡΙΝΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ (MNF METHOD) – BOTTOM-UP ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Για να βελτιωθεί η μέθοδος του top-down υδατικού ισοζυγίου απαιτείται μια bottom-up προσέγγιση που περιλαμβάνει έρευνες στο πεδίο όπως της ελάχιστης νυχτερινής παροχής. Οι μετρήσεις αυτές διεξάγονται συνήθως σε DMAs. Η ελάχιστη νυχτερινή κατανάλωση είναι η ελάχιστη παροχή σε μια υδραυλικά απομονωμένη ζώνη και μετράται μεταξύ 12 π.μ και 5.π.μ. (Wu et al. 2011). Κατά τη διάρκεια της νύχτας η χρήση του νερού βρίσκεται στο ελάχιστο της και η πίεση σχετικά ψηλά, οπότε ένα σημαντικό ποσοστό παροχής που μετράται την περίοδο αυτή είναι πιθανό να είναι διαρροές. Για να υπολογιστούν οι διαρροές αυτές $[Q_L(t_{MNF})]$ πρέπει να εκτιμηθεί με ακρίβεια η κατανάλωση των πελατών και να αφαιρεθεί από την μετρούμενη παροχή στην DMA την περίοδο της ελάχιστης νυχτερινής κατανάλωσης $[Q_{DMA}(t_{MNF})]$ (εξίσωση 2). Τότε υπολογίζεται ο ωριαίος ρυθμός διαρροών κατά τη διάρκεια της μέρας $Q_L(t)$ πολλαπλασιάζοντας τον Night-Day-Factor (NDF) με το ρυθμό διαρροών της MNF, βάσει των αρχών FAVAD που εξηγούν τις σχέσεις πίεσης-διαρροών (Lambert, 2002).

$$Q_L(t_{MNF}) = Q_{DMA}(t_{MNF}) - \text{Νυχτερινή κατανάλωση} \quad (4)$$

$$Q_L(t) = Q_L(t_{MNF}) \times \left[\frac{P(t)}{P(t_{MNF})} \right]^{N1} \quad (5)$$

Όπου $Q_L(t)$ είναι ο ρυθμός διαρροής την ώρα t ($t \neq t_{MNF}$), t_{MNF} είναι η περίοδος ελάχιστης νυχτερινής παροχής (MNF), $P(t)$ είναι η μέση ωριαία πίεση την ώρα t , $P(t_{MNF})$ είναι η μέση ωριαία πίεση την περίοδο της MNF, $N1$ είναι ο εκθέτης της πίεσης. Μελέτες δείχνουν ότι οι τιμές του $N1$ έχουν εύρος από 0.5 ως 2.3 ανάλογα με τον τύπο διαρροής και το υλικό του αγωγού (Grayvenstein and Van Zyl, 2007). Σε πρόσφατη μελέτη οι van Zyl και Cassa (2011) έδειξαν ότι ο εκθέτης $N1$ δεν παρέχει κατάλληλο χαρακτηρισμό της απόκρισης πίεσης μιας διαρροής. Αν και η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται ευρέως έχει κάποιους περιορισμούς όπως το ότι βασίζεται κατά πολύ σε ακριβείς εκτιμήσεις των αναμενόμενων νυχτερινών παροχών, το ότι δεν αποκαλύπτει πως διανέμονται οι διαρροές στο δίκτυο και το ότι δεν είναι πολύ αποτελεσματική για συστήματα με ακανόνιστη παροχή (Mutikanga, 2012).

Για πιο αποτελεσματική εκτίμηση των απωλειών έχουν αναφερθεί υβριδικές μέθοδοι που συνδυάζουν υδραυλική μοντελοποίηση, MNF και την προσέγγιση του υδατικού ισοζυγίου (Cheung and Girol, 2009).

4.2.2.2 ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ (NHM)

Συχνά, τα δίκτυα διανομής είναι πολύ πολύπλοκα και απαρτίζονται από πολλά χιλιόμετρα αγωγών διαφόρων μεγεθών και υλικών, δεξαμενές, αντλίες και διάφορα εξαρτήματα. Τα συστήματα αυτά είναι δύσκολο να γίνουν κατανοητά και απαιτούνται πολλά δεδομένα για την ανάλυση τους. Η NHM είναι εργαλείο που έχει εξελιχθεί με τον καιρό και βοηθάει τους μηχανικούς να καταλάβουν και να διαχειριστούν τα δίκτυα διανομής νερού. Περιλαμβάνει χρήση μαθηματικών μοντέλων και Ηλ.υπολογιστή για να προβλεφθεί η συμπεριφορά των δικτύων. Όπως σε όλα τα μαθηματικά μοντέλα, οι παράμετροι του δικτύου πρέπει να βαθμονομηθούν πριν την προσομοίωση.

Το μοντέλο που χρησιμοποιείται περισσότερο και είναι διαθέσιμο είναι το EPANET 2 (Rossman 2000). Παρέχει την δυνατότητα να αναπαραχθεί μαθηματικά η μη-γραμμική δυναμική ενός δικτύου λύνοντας μια ομάδα εξισώσεων οιονεί σταθερής κατάστασης που περιλαμβάνουν διατήρηση μάζας και ενέργειας. Η υδραυλική μοντελοποίηση μπορεί να εφαρμοστεί για πολλούς σκοπούς όπως ζωνοποίηση του δικτύου, μοντελοποίηση διαρροών, σχεδιασμό διαχείρισης της πίεσης και εκτίμηση των εναλλακτικών ανανέωσης και αντικατάστασης αγωγών (Wu et al. 2011).

Η συμβατική μέθοδος αναλύει τα δίκτυα βάσει της υπόθεσης ότι η ζήτηση στους κόμβους είναι σταθερή και ανεξάρτητη της πίεσης. Είναι γνωστή κοινώς σαν ανάλυση βάσει της ζήτησης (DDA). Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη μόνο όταν τα δίκτυα προσομοιώνονται υπό συνθήκες με επαρκείς πιέσεις, κάτι που δεν συμβαίνει συχνά στην πράξη για παράδειγμα κατά τη διάρκεια αστοχιών αγωγών ή σε συστήματα με ακανόνιστη παροχή νερού. Οι διαρροές ουσιαστικά είναι τύπος ζήτησης που εξαρτάται από την πίεση και πρέπει να συνυπολογίζεται ρεαλιστικά στην προσομοίωση.

Ο Γερμανόπουλος (1985) ήταν ο πρώτος που ανέφερε την συμπερίληψη όρων διαρροών σε μοντέλα δικτύου. Χρησιμοποίησε εμπειρικές συναρτήσεις για να συσχετίσει τη ζήτηση και τις διαρροές με τις πιέσεις του δικτύου και τις συμπεριέλαβε στη μαθηματική διατύπωση του προβλήματος της ανάλυσης δικτύου. Η σχέση πίεσης-κατανάλωσης για έναν δεδομένο κόμβο εκφράζεται ως εξής:

$$C_i = C_i^k a_i e^{-b_i P_i / P_i^k} \quad (6)$$

όπου P_i η πίεση στον κόμβο i , C_i η εκροή του καταναλωτή στον κόμβο i , C_i^k η ονομαστική ζήτηση του καταναλωτή και a_i, b_i, P_i^k σταθερές για τον συγκεκριμένο κόμβο. C_i^k είναι η εκροή που παρέχεται στους καταναλωτές υποθέτοντας ότι οι πιέσεις στο σύστημα είναι επαρκείς. Το μοντέλο συμπεριλαμβάνει τις διαρροές με τη χρήση της εξίσωσης:

$$V_{ij} = c_i(L_{ij}P_{ij}^{av})^{N1} \quad (7)$$

όπου V_{ij} η ταχύτητα διαρροών από τους κόμβους i, j , c_i μια σταθερά που εξαρτάται από το δίκτυο, L_{ij} το μήκος του αγωγού, P_{ij}^{av} η μέση πίεση κατά μήκος του αγωγού και $N1$ ο εκθέτης της πίεσης ο οποίος προκύπτει από πειραματικά δεδομένα.

Οι Vela et al (1991) επέκτειναν τη μέθοδο εισάγοντας στην εξίσωση παραμέτρους όπως το μέγεθος και την κατάσταση του αγωγού:

$$V_{ij} = c_i(L_{ij}D_{ij}^d e^{\alpha\tau} P_{ij}^{av})^{N1} \quad (8)$$

όπου D και τ είναι η διάμετρος και η ηλικία. Το d για $D < 125\text{mm}$ είναι 1 και για $D > 125\text{mm}$ είναι -1. Το α είναι παράμετρος του σχήματος της διαρροής και είναι δύσκολο να εκτιμηθεί.

Το μόνο μειονέκτημα της μεθόδου είναι τα απαιτούμενα δεδομένα μετρήσεων πεδίου για τον προσδιορισμό των τιμών a_i, b_i, P_i^k για κάθε κόμβο γεγονός που την καθιστά πολύ δαπανηρή για τις περισσότερες επιχειρήσεις. Επιπλέον, η μέθοδος υποθέτει ότι η παροχή της διαρροής κατανέμεται ομοιόμορφα κατά μήκος ενός αγωγού, υπόθεση που δεν φαίνεται έγκυρη πρακτικά αφού οι ενώσεις και τα εξαρτήματα δεν τοποθετούνται τόσο ομοιόμορφα στον αγωγό.

Εναλλακτικά, οι διαρροές μπορούν να μοντελοποιηθούν σαν παροχές στομίων στο EPANET 2. Η διαρροή κατανέμεται στους κόμβους οι οποίοι επιτρέπουν τη χρήση κατάλληλων σχέσεων εκροής που εξαρτάται από την πίεση όπως την επόμενη:

$Q_{i,l}(t) = K_i P_i(t)^{N1}$, όπου η $Q_{i,l}(t)$ είναι η διαρροή στον κόμβο i τη στιγμή t , $P_i(t)$ η πίεση στον κόμβο και K_i ο συντελεστής εκροής για τον κόμβο i . Ένα θετικό K_i δείχνει ζήτηση διαρροής στον κόμβο i . Η αβεβαιότητα στην εκτίμηση των διαρροών μπορεί να φτάσει το $\pm 46\%$ (Lambert 1994). Επίσης, είναι δύσκολο να εξακριβωθούν οι σωστοί συντελεστές για κόμβους ελλιπούς πίεσης. Η μοντελοποίηση των διαρροών παραμένει μια πρόκληση και επηρεάζεται από άλλους παράγοντες.

Τις δυο τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει μεγάλες βελτιώσεις στις τεχνικές αυτές. Πολλοί ερευνητές έχουν εκτιμήσει τις διαρροές χρησιμοποιώντας υδραυλική προσομοίωση που ενσωματώνει πλήρως τις διαρροές αυτές ως ζήτηση που εξαρτάται από την πίεση (Almandoz et al. 2005; Burrows et al. 2003; Tabesh et al. 2009; Tucciarelli et al. 1999). Οι μεθοδολογίες των Tabesh και Burrows εφαρμόστηκαν σε πραγματικές εφαρμογές στο Ιράν και στο Ην.Βασίλειο, είχαν όμως και αυτές κάποιες αδυναμίες όπως (Mutikanga 2012):

- Για την εκτίμηση της νυκτερινής κατανάλωσης την ώρα της ελάχιστης νυκτερινής παροχής, χρησιμοποίησαν προκαθορισμένες τιμές που κατά πάσα πιθανότητα δεν ήταν οι κατάλληλες για πόλεις του Ιράν.
- Εισήγαγαν νέες ορολογίες "λειτουργικό σφάλμα" και "σφάλμα διαχείρισης" στην εκτίμηση των φαινόμενων απωλειών, οι οποίες δεν ανήκουν στην μεθοδολογία της IWA/AWWA για το υδατικό ισοζύγιο και είναι πιθανό να προκαλέσουν σύγχυση.
- Το μοντέλο του δικτύου βαθμονομήθηκε με τη χρήση βραχυπρόθεσμου δείγματος υδραυλικών δεδομένων, οπότε αντιπροσωπεύει τα χαρακτηριστικά του δικτύου που επικρατούσαν τότε.

Η ανάλυση των διαρροών χρησιμοποιώντας υδραυλική προσομοίωση μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση συνεχών αυτοματοποιημένων υδραυλικών μετρήσεων online.

4.2.2.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ BABE

Στις αρχές του 1990, κατά τη διάρκεια της Πρωτοβουλίας του Ην. Βασιλείου για Διεθνή έλεγχο των απωλειών, αναπτύχθηκε μια συστηματική προσέγγιση των συνιστωσών των πραγματικών απωλειών από τον Allan Lambert. Εκείνος αναγνώρισε ότι ο ετήσιος όγκος πραγματικών απωλειών είναι το αποτέλεσμα πολλών συμβάντων διαρροών όγκων νερού κάθε ένας από τους οποίους επηρεάζεται από τη ροή και τη διάρκεια. Έτσι χώρισε τα συμβάντα αυτά σε τρεις κατηγορίες:

- Background (undetected) leakage: μικρός ρυθμός ροής που ρέει συνεχώς
- Reported breaks: Μεγάλος ρυθμός ροής, σχετικά μικρή διάρκεια
- Unreported breaks: Μέτριος ρυθμός ροής, η διάρκεια εξαρτάται από την επεμβατική πολιτική

Για κάθε κομμάτι του συστήματος διανομής-αγωγοί, δεξαμενές, συνδέσεις- η τιμή κάθε συστατικού των ετήσιων απωλειών μπορεί να υπολογιστεί με τη χρήση των παραμέτρων που δίνονται στον επόμενο πίνακα, για μια δεδομένη πίεση. Η επίδραση της λειτουργίας σε διαφορετικές πιέσεις στη συνέχεια μπορεί να μοντελοποιηθεί μέσω του FAVAD (fixed and variable area discharge) για κάθε συνιστώσα των πραγματικών απωλειών, χρησιμοποιώντας κατάλληλες τιμές για τον εκθέτη N1.

Πίνακας 8 Απαιτούμενες παράμετροι για τον υπολογισμό των πραγματικών απωλειών

Στοιχείο υποδομής	Background απώλειες	Αναφερόμενες θραύσεις	Μη αναφερόμενες θραύσεις
Κύριοι αγωγοί	Μήκος Πίεση Ελάχιστος ρυθμός απωλειών/km	Αριθμός/έτος Πίεση Μέσος ρυθμός παροχής Μέση διάρκεια	Αριθμός/έτος Πίεση Μέσος ρυθμός παροχής Μέση διάρκεια
Δεξαμενές	Διαρροές από την κατασκευή	Αναφερόμενες υπερχειλίσσεις Ρυθμοί παροχής, διάρκεια	Μη Αναφερόμενες υπερχειλίσσεις Ρυθμοί παροχής, διάρκεια
Συνδέσεις, από τον κύριο αγωγό ως την άκρη του δρόμου	Αριθμός Πίεση Ελάχιστος ρυθμός απωλειών/σύνδεση	Αριθμός/έτος Πίεση Μέσος ρυθμός παροχής Μέση διάρκεια	Αριθμός/έτος Πίεση Μέσος ρυθμός παροχής Μέση διάρκεια
Συνδέσεις μετά την άκρη του δρόμου	Μήκος Πίεση Ελάχιστος ρυθμός απωλειών/χμ	Αριθμός/έτος Πίεση Μέσος ρυθμός παροχής Μέση διάρκεια	Αριθμός/έτος Πίεση Μέσος ρυθμός παροχής Μέση διάρκεια

Το μοντέλο ετήσιας ανάλυσης συνιστωσών, BABE (Breaks and Background Estimates) βαθμονομήθηκε πρώτη φορά χρησιμοποιώντας Βρετανικά δεδομένα το 1993. Επεκτάθηκε γρήγορα για να υπολογίζει τη βέλτιστη συχνότητα των ενεργών ελέγχων διαρροών και έκτοτε χρησιμοποιείται σε πολλές χώρες. Χρησιμοποιείται για να εκτιμήσει τις συνιστώσες των διαρροών σε μια ζώνη παροχής και μετά να συγκρίνει τις εκτιμήσεις αυτές με το επίπεδο διαρροών που εξήχθη είτε από το υδατικό ισοζύγιο ή από νυκτερινά δεδομένα ή τον συνδυασμό τους (Farley M., Trow S. 2003)

Το BABE μπορεί να θεωρηθεί στατιστικό μοντέλο γιατί δεν αναγνωρίζει κάθε ξεχωριστή διαρροή αλλά ομαδοποιεί παρόμοια συμβάντα και εκτελεί απλουστευμένους ετήσιους υπολογισμούς. Όσο μεγαλύτερο είναι το πλήθος των συμβάντων, τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια των υπολογισμών. Το μοντέλο BABE που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του UARL περιορίζεται σε συστήματα με περισσότερες από 3000 συνδέσεις.

Ο ισχυρός συνδυασμός του BABE και του FAVAD οδήγησαν στο να μπορούν να αναπτυχθούν απλά μοντέλα για να αντιμετωπίσουν έναν αριθμό προβλημάτων διαχείρισης των διαρροών σε λογική και συστηματική βάση.

Η μοντελοποίηση BABE ή η ανάλυση σε συνιστώσες (component analysis) μπορεί να γίνει σε επίπεδο ζώνης χωρίζοντας τη νυχτερινή ροή σε κατανάλωση και πραγματικές απώλειες.

Τα μοντέλα BABE και FAVAD διασφαλίζουν ότι απαιτείται να υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός δεδομένων και είναι σημαντικό αυτά να συλλεχθούν με όσο μεγαλύτερη ακρίβεια γίνεται ώστε η εκτίμηση των απωλειών να είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στην πραγματικότητα. Τα συνήθη δεδομένα που χρειάζονται είναι:

- Μήκος, υλικό και διάμετρος των αγωγών
- Όγκος των δεξαμενών αποθήκευσης
- Αριθμός συνδέσεων
- Θέση των μετρητών των πελατών σε σχέση με το curb stop
- Αριθμός νοικοκυριών, πληθυσμού και κατανάλωσης
- Αριθμός μη-νοικοκυριών και κατανάλωσης
- Μέση πίεση ζώνης (νυχτερινή και μέση 24ώρη)
- Συχνότητες διαφορετικών κατηγοριών διαρροών και θραύσεων
- Μέση διάρκεια κάθε κατηγορίας

ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ ΖΩΝΗΣ

Πολλές επιχειρήσεις δεν έχουν διαθέσιμα δεδομένα πιέσεων. Όμως είναι απαραίτητο να υπολογιστεί με ακρίβεια η μέση πίεση του συστήματος. Η Μέση Πίεση Συστήματος (average zone pressure) είναι μια τιμή της μέσης πίεσης που απαντάται σε μια μέση διαρροή μέσα στο δίκτυο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του μέσου ρυθμού ροής για ένα δεδομένο τύπο διαρροής, επομένως αποτελεί βασική παράμετρο στην ανάλυση συνιστωσών των πραγματικών απωλειών. Δυστυχώς, κάποιοι ερευνητές προσπαθούν να ερμηνεύσουν δεδομένα διαρροών χωρίς να έχουν αυτή την παράμετρο στα χέρια τους και χρησιμοποιούν αντίθετα πιέσεις εισόδου και κρίσιμων σημείων. Έτσι τα αποτελέσματα των μοντέλων γίνονται αναξιόπιστα.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι υπολογισμού της AZP και αναγνώρισης ενός σημείου μέτρησης της. Αν υπάρχει διαθέσιμη ανάλυση του δικτύου, ο υπολογισμός αυτός μπορεί να γίνει από τα δεδομένα των κόμβων, σταθμισμένα από τον αριθμό των συνδέσεων. Διαφορετικά, η πίεση ζώνης μπορεί να θεωρηθεί η μέση πίεση των καταγεγραμμένων πιέσεων των σημείων υδροληψίας. Μια ακόμα μέθοδος είναι ο εντοπισμός του αριθμού των συνδέσεων ή του μήκους των αγωγών σε μια περιοχή και η εξαγωγή ενός σταθμισμένου μέσου επιπέδου εδάφους για τον επιλεγμένο τύπο υποδομής.

Όταν υπολογιστεί πια το σταθμισμένο επίπεδο εδάφους ή η σταθμισμένη μέση πίεση, μπορεί να επιλεγεί ένα σημείο υδροληψίας στο κέντρο της ζώνης το οποίο έχει τη συγκεκριμένη πίεση, ως το σημείο AZP για μετρήσεις. Εάν υπάρχουν σημαντικές εποχικές διακυμάνσεις στην πίεση είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη.

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚΑΙ DEFAULT TIMEΣ

Τα περισσότερα στατιστικά μοντέλα χρησιμοποιούν συντελεστές και προκαθορισμένες τιμές που έχουν προκύψει από πολλούς ελέγχους πεδίου. Είναι σημαντικό παρόλα αυτά ο χειριστής να καταλαβαίνει τη φύση τους ώστε όταν οι τοπικές συνθήκες το απαιτούν, να κάνει τις απαραίτητες αλλαγές. Σε αυτά συχνά περιλαμβάνονται:

- Συνήθεις ρυθμοί ροής διαρροών και θραύσεων σε μια πίεση (συνήθως 70 psi ή 50 m)
- Συνήθεις background διαρροές για αγωγούς σε καλή κατάσταση
- Συνήθεις background διαρροές για συνδέσεις σε καλή κατάσταση
- Συνήθης αριθμός ενοίκων που χρησιμοποιούν τουαλέτες μεταξύ 3 και 4 π.μ
- Συνήθης όγκος ενός πατήματος στο καζανάκι
- Συνήθεις διαρροές στο μπάνιο
- N1 τιμές του FAVAD για διαφορετικούς τύπους διαρροών και υλικών αγωγών
- N3 τιμές του FAVAD για την κατανάλωση που εξαρτάται από την πίεση ή όχι

4.2.2.4 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ BACKGROUND ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Οι background απώλειες είναι μεμονωμένα περιστατικά (μικρές διαρροές, ενώσεις που στάζουν κλπ) με ρυθμούς ροής πολύ μικρούς για να ανιχνευθούν οπτικά ή με τις κλασικές τεχνικές ακουστικού εντοπισμού διαρροών. Θα συνεχίσουν να ρέουν μέχρι να γίνουν τυχαία αντιληπτές ή μέχρι να χειροτερέψουν σταδιακά μέχρι το σημείο που θα μπορούν να ανιχνευτούν. Το επίπεδο των απωλειών αυτών τείνει να αυξάνεται με την αύξηση της ηλικίας του δικτύου και της πίεσης λειτουργίας. Οι τύποι των υλικών των αγωγών και των συνδέσεων αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν το επίπεδο τους. Όταν μοντελοποιούμε τα μέρη των πραγματικών απωλειών πρέπει να παραλείψουμε το κομμάτι των background απωλειών γιατί τα εργαλεία που χρησιμεύουν στη μείωση τους είναι περιορισμένα. Μια αποτελεσματική επιλογή για την μείωση αυτών των απωλειών είναι η διαχείριση και κυρίως η μείωση της πίεσης σε καλά διατηρημένα συστήματα. Στις περισσότερες περιπτώσεις μάλιστα αποτελεί και μια πιο οικονομικά αποδοτική πολιτική από την αντικατάσταση υποδομών. Η τελευταία βέβαια αποτελεί συχνά μια καλή επένδυση μακροπρόθεσμα.

Στον πίνακα 9 φαίνονται οι ρυθμοί παροχών για τις αναπόφευκτες background απώλειες (UBL) σε πίεση 50 m. Το UBL αναφέρεται σε παράγοντα κατάστασης υποδομών (ICF) με τιμή 1.

Οι UBL μεταβάλλονται με την αλλαγή την πίεσης στη δύναμη του 1.5 (FAVAD N1=1.5).

Αφού οι τιμές UBL διορθωθούν για την πίεση, πρέπει να πολλαπλασιαστούν με το ICF. Ο ICF είναι ένας άγνωστος παράγοντας για τις περισσότερες επιχειρήσεις και χωρίς τη διεξαγωγή ελέγχων είναι δύσκολο να υπολογιστεί. Έλεγχοι πεδίου για την εκτίμηση του μπορούν να διεξαχθούν σε μικρές ζώνες διαμορφωμένες προσωρινά ή μόνιμα ειδικά για την μέτρηση ελάχιστων νυχτερινών ροών και πιέσεων. Διαθέσιμες μέθοδοι για τον υπολογισμό του ICF

είναι : βάσει του ILI του συστήματος, βάσει ανάλυσης ευαισθησίας, βάσει ελέγχου βήματος N1, βάσει αφαίρεσης όλων των διαρροών που μπορούν να εντοπιστούν.

Πίνακας 9 Τιμές αναπόφευκτων background απωλειών

Στοιχείο υποδομής	Background απώλειες σε ICF=1	Μονάδες
Κύριοι αγωγοί	2.87	Γαλόνια/μίλι κύριου αγωγού/ημέρα/psi πίεσης
Συνδέσεις (από αγωγό ως το τέλος του πεζοδρομίου)	0.11	Γαλόνια/σύνδεση/ημέρα/psi πίεσης
Συνδέσεις (από το τέλος του πεζοδρομίου ως τον μετρητή)	4.78	Γαλόνια/μίλι αγωγού σύνδεσης/ημέρα/psi πίεσης

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΑΠΟ ΔΗΛΩΜΕΝΕΣ ΚΑΙ ΜΗ ΔΗΛΩΜΕΝΕΣ ΘΡΑΥΣΕΙΣ

Αφού συγκεντρωθούν τα ετήσια ποσοστά θραύσεων σε αγωγούς και συνδέσεις, πρέπει να εδραιωθούν οι ρυθμοί ροής και οι διάρκειες. Αν η επιχείρηση δεν έχει ερευνήσει τους μέσους ρυθμούς διαρροών, ο πίνακας 10 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως σημείο εκκίνησης.

Πίνακας 10 Παράδειγμα τιμών παροχών αναφερόμενων και μή διαρροών

Θέση θραύσης	Ρυθμός παροχής για αναφερόμενες θραύσεις [gal/hr/psi πίεση]	Ρυθμός παροχής για μη αναφερόμενες θραύσεις [gal/hr/psi πίεση]
Κύριοι αγωγοί	44	22
Συνδέσεις	6	6

Η διάρκεια της διαρροής ή θραύσης μπορεί να χωριστεί σε τρία στοιχεία:

- *Χρόνος συνειδητοποίησης:* η χρονική διάρκεια από τη στιγμή που εκδηλώνεται η διαρροή ως τη στιγμή που γίνεται αντιληπτή από την επιχείρηση. Για δηλωμένες θραύσεις και διαρροές, ο χρόνος αυτός είναι σύντομος, ενώ για τις αδήλωτες εξαρτάται από τις πολιτικές επέμβασης του ενεργού ελέγχου διαρροών.
- *Χρόνος εντοπισμού:* για δηλωμένες διαρροές και θραύσεις, είναι ο χρόνος που χρειάζεται από την ώρα που αυτές θα αναφερθούν στην επιχείρηση μέχρι εκείνη να εντοπίσει τη θέση τους. Ο χρόνος εντοπισμού είναι μηδέν για μη δηλωμένες διαρροές και θραύσεις, αφού αυτές εντοπίζονται κατά τη διάρκεια προγράμματος εντοπισμού διαρροών.
- *Διάρκεια επισκευών:* ο χρόνος από τον εντοπισμό της διαρροής ή θραύσης ως την επισκευή τους

Το υδατικό ισοζύγιο υπολογίζει τον συνολικό όγκο πραγματικών απωλειών ανα έτος. Όμως δεν παρέχει πληροφορίες για το ποια ποσότητα αυτών οφείλεται σε background απώλειες, δηλωμένες ή μη απώλειες. Εκτιμώντας τον όγκο των πραγματικών απωλειών μέσω της ανάλυσης συνιστωσών είναι δυνατό να μοντελοποιήσουμε τον όγκο των απωλειών που ανήκουν σε κάθε συνιστώσα και έτσι να βρεθούν κατάλληλα εργαλεία για την μείωση τους.

Μια πιο εις βάθος ανάλυση συνιστωσών των πραγματικών απωλειών μπορεί να περιλαμβάνει ανάλυση της συχνότητας των θραύσεων σε διαφορετικά στοιχεία του συστήματος και του UARL παράλληλα με τις υπολογισμένες τιμές ICF μπορεί να βοηθήσει ώστε να αναγνωριστεί η μακρόχρονη ανάγκη για αντικατάσταση των υποδομών.

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΡΡΟΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΟ ΡΥΘΜΟ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΟΓΚΟ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ FAVAD

Από την υδραυλική γνωρίζουμε ότι η εξίσωση τυρβώδους ροής Q_f μέσα από στόμιο εμβαδού A_f σε στατική πίεση h ακολουθεί τον κανόνα της τετραγωνικής ρίζας :

$$Q_f = C_d A_f \sqrt{2gh} \quad (9)$$

Όμως, αν το εμβαδόν του στομίου και ο συντελεστής C_d αλλάζουν με την πίεση, τότε η ροή θα είναι πιο ευαίσθητη στην πίεση αποτι περιγράφει η εξίσωση (1). Έτσι μπορεί να εκφραστεί ως:

$$Q_f = K_f p^x \quad (10)$$

Όπου x είναι ο εκθέτης των διαρροών, p^x η στατική πίεση και K ο συντελεστής διαρροών

Η ομάδα δράσης για τις απώλειες νερού της IWA χρησιμοποιεί τους χαρακτήρες N1 για εκθέτη και υιοθετεί την εξής έκφραση:

$$Q_f \cong P^{N1} \quad (11)$$

$$\frac{Q_{f1}}{Q_{f0}} = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{N1} \quad (12)$$

Όπου Q_{f1} ο ρυθμός ροής μετά την αλλαγή στην πίεση

Q_{f0} ο ρυθμός ροής πριν την αλλαγή στην πίεση

P_1 η νέα πίεση

P_0 η αρχική πίεση

Ο τελευταίος γενικός τύπος μεταξύ του ρυθμού ροής και της πίεσης χρησιμοποιείται από το 1981 στην Ιαπωνία.

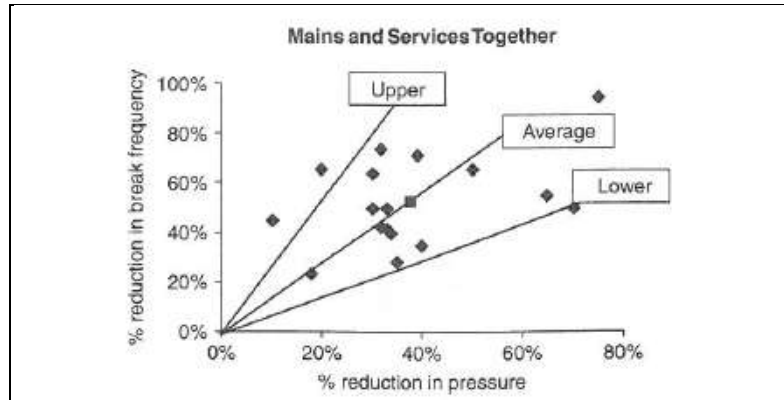
Τιμές του εκθέτη N1 μπορούν να εξαχθούν από τεστ σε ζώνες του συστήματος διανομής, μειώνοντας τις πιέσεις σε διάφορα στάδια τη νύχτα, κατά τη διάρκεια της ελάχιστης κατανάλωσης. Οι ρυθμοί διαρροών μπορούν να συγκριθούν με τις πιέσεις που μετρήθηκαν στην μέση πίεση ζώνης ώστε να βρεθεί ο εκθέτης N1. Ανάλυση από περισσότερα από 150 τεστ στο πεδίο σε ζώνες διανομής επιβεβαιώνουν ότι οι τιμές του N1 κυμαίνονται από 0.5 ως 1.5 αλλά ορισμένες φορές φτάνουν και την τιμή του 2.5. Έλεγχοι σε συστήματα όπου έχουν επισκευαστεί όλες οι διαρροές που μπορούσαν να εντοπιστούν παρουσιάζουν τιμές κοντά στο 1.5, όσον αφορά τις background απώλειες.

ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΘΡΑΥΣΕΩΝ (BREAK FREQUENCY FACTOR)

Η ανάγκη για καλύτερη κατανόηση της επιρροής της μέγιστης πίεσης συστήματος στις θραύσεις απασχόλησε πρόσφατα την ομάδα διαχείρισης της πίεσης της ομάδας δράσης της IWA. Από ένα μεγάλο σετ δεδομένων από 112 συστήματα σε 10 χώρες μπορούν να σημειωθούν τα εξής:

- Οι αρχικές πιέσεις κυμαίνονταν από 23 ως 199 με μέσο όρο 71
- Η % μείωση της πίεσης κυμάνθηκε από 10 ως 75% με μέσο όρο 37%
- Η % μείωση των θραύσεων κυμάνθηκε από 23 ως 94% με μέσο όρο 53%
- Τα δεδομένα δεν δείχνουν αξιόλογη διαφορά ανάμεσα στην μέση % μείωση των θραύσεων στους αγωγούς και τις συνδέσεις .

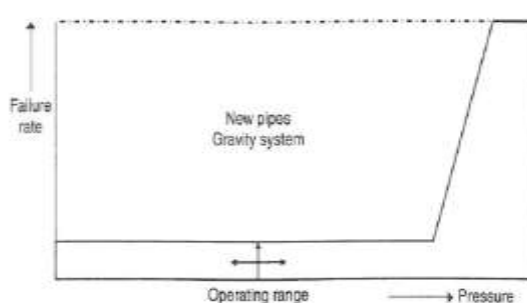
Στο επόμενο γράφημα φαίνεται η % μείωση της πίεσης σε αντιστοιχία με την % μείωση της συχνότητας νέων θραύσεων για αγωγούς και συνδέσεις μαζί. Μια απλή ερμηνεία που μπορεί να δώσει συντηρητικές προβλέψεις, είναι ότι η % μείωση στις νέες θραύσεις = BFF * % μείωση στη μέγιστη πίεση, όπου ο BFF είναι ο παράγοντας συχνότητας θραύσεων. Μια μέση τιμή του BFF για αγωγούς και συνδέσεις είναι $52.5\%/38\%=1.4$ οπότε μια γραμμή με κλίση 1.4 δίνει μια μέση πρόβλεψη. Μια “ανώτερη” γραμμή με $BFF=2.8$ δηλαδή διπλάσιο του μέσου όρου, περιλαμβάνει όλα τα σημεία εκτός από δύο τα οποία δίνουν μεγαλύτερη μείωση των νέων θραύσεων. Μια “κατώτερη” γραμμή, με $BFF=0.7$ περιλαμβάνει όλα τα σημεία που δίνουν πολύ μικρή μείωση νέων θραύσεων (Water Loss Control, 2008).



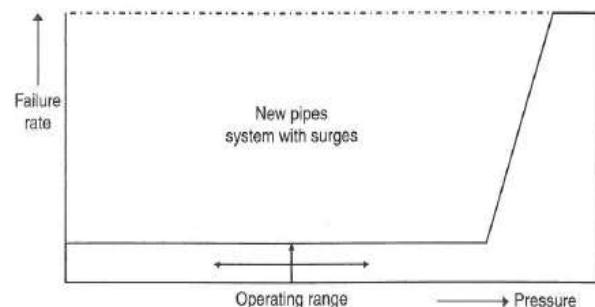
Σχήμα 4: Παράδειγμα % μείωσης της πίεσης με % μείωσης της συχνότητας νέων θραύσεων (AWWA)

Η ΝΕΟΤΕΡΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η τελευταία προσέγγιση που χρησιμοποιείται από την ομάδα Διαχείρισης της πίεσης η οποία προσπαθεί να αναπτύξει μια βελτιωμένη κατανόηση της σχέσης πίεσης/συχνότητας θραύσεων, φαίνεται στα επόμενα γραφήματα. Σε αυτά, ο άξονας x αντιπροσωπεύει την πίεση του συστήματος και ο άξονας y τους ρυθμούς αστοχιών. Όταν δημιουργείται ένα νέο σύστημα, οι αγωγοί και οι συνδέσεις είναι σχεδιασμένοι ώστε να αντέχουν τις μέγιστες πιέσεις πολύ περισσότερο από ότι το εύρος ημερήσιων και εποχικών λειτουργικών πιέσεων για ένα σύστημα που λειτουργεί με τη βαρύτητα. Το σύστημα λειτουργεί με έναν σημαντικό συντελεστή ασφαλείας και οι ρυθμοί αστοχιών είναι μικροί. Οι μέγιστες πιέσεις δεν υπερβαίνουν την πίεση στην οποία θα συνέβαιναν αυξημένες θραύσεις, ακόμα και αν υπάρχουν μεταβλητές πιέσεις (π.χ πλήγματα) στο σύστημα.



Σχήμα 5: Βαρυτικό σύστημα λειτουργεί ομαλά στην μέγιστη πίεση σχεδιασμού

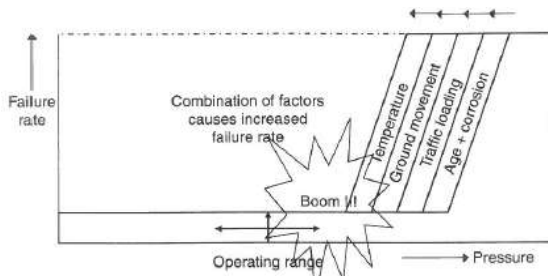


Σχήμα 6: Νέο σύστημα με κυματισμούς λειτουργεί επίσης ομαλά στην μέγιστη πίεση σχεδιασμού

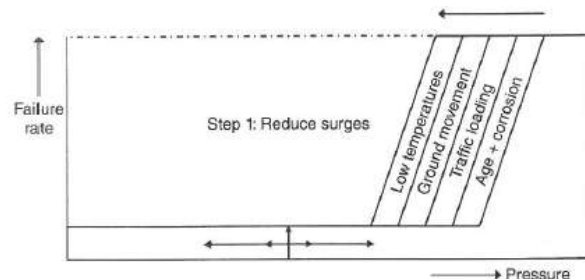
Με την πάροδο των ετών, δυσμενείς παράγοντες όπως η διάβρωση, μειώνουν σταδιακά την πίεση στην οποία αστοχούν οι αγωγοί, όπως φαίνεται στο γράφημα. Τότε, ανάλογα με τοπικούς παράγοντες όπως ο κυκλοφορικός φόρτος, οι κινήσεις του εδάφους και οι χαμηλές θερμοκρασίες, η μέγιστη πίεση λειτουργίας στους αγωγούς θα αλληλεπιδράσει με αυτούς

τους δυσμενείς παράγοντες και η συχνότητα των θραύσεων θα αρχίσει να αυξάνεται. Το φαινόμενο αυτό αναμένεται να συμβεί νωρίτερα σε συστήματα με υδραυλικά πλήγματα ή με αντλίες από ότι σε βαρυτικά συστήματα.

Εάν το σύστημα υπόκειται σε μεγάλες διακυμάνσεις στην πίεση εξαιτίας αλλαγών των συνθηκών ύψους απωλειών και έχει σχετικά υψηλή συχνότητα θραύσεων, τότε η έναρξη ελέγχου των υδραυλικών πληγμάτων (φαινομένων μεταφοράς) ή η απομακρυσμένη διαμόρφωση της πίεσης των κόμβων αναμένεται να επιφέρει γρήγορη και σημαντική μείωση στη συχνότητα των θραύσεων. Η μέση πίεση του συστήματος μπορεί να παραμείνει ίδια όμως η μείωση των πληγμάτων και των μεγάλων διακυμάνσεων σημαίνει ότι οι μέγιστες πιέσεις δεν αλληλεπιδρούν με τους δυσμενείς παράγοντες τόσο πολύ, όπως φαίνεται στο σχήμα.

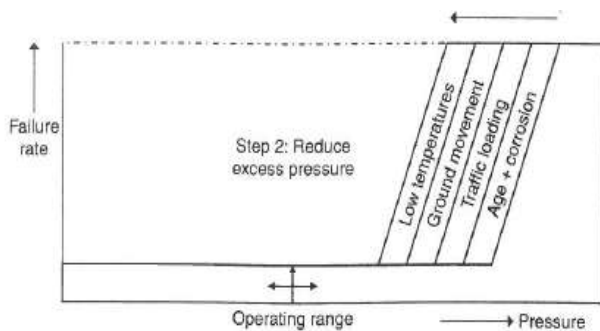


Σχήμα 7: Συνδυασμός παραγόντων (συμπεριλαμβανόμενων των φαιν. Μεταφοράς) προκάλεσαν αυξημένους ρυθμούς αστοχιών.

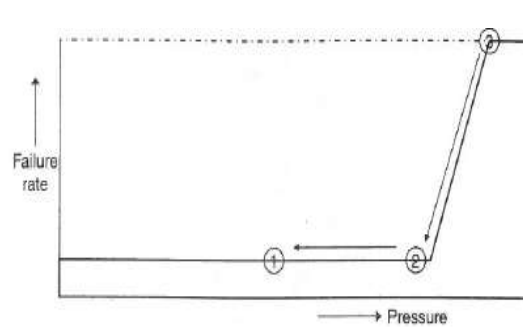


Σχήμα 8: Η Μείωση των κυματισμών και των διακυμάνσεων περιορίζει την αλληλεπίδραση με δυσμενείς παράγοντες και αυξάνει την ασφάλεια

Εάν υπάρχει υπερβολική πίεση στο σύστημα τότε η μόνιμη μείωση της μέσω της διαχείρισης με PRVs, υποδιαίρεση των μεγάλων ζωνών κλπ, θα μετακινήσει το εύρος των πιέσεων λειτουργίας ακόμα μακρύτερα από την πίεση στην οποία οι συνδυασμοί δυσμενών παραγόντων θα προκαλούσαν αυξημένη συχνότητα αστοχιών:



Σχήμα 9: Μείωση της μέσης πίεσης περιορίζει την αλληλεπίδραση με δυσμενείς παράγοντες και αυξάνει την ασφάλεια.



Σχήμα 10: Η % μείωση της συχνότητας θραύσεων όπως επηρεάζεται από την αρχική συχνότητα θραύσεων.

Μια μείωση στη διακύμανση της πίεσης και αν είναι δυνατό, μείωση στην πίεση της ζώνης θα αυξήσει τον συντελεστή ασφαλείας για τη ζώνη. Μια υπόθεση ως προς το γιατί αγωγοί και συνδέσεις μετά από διαχείριση της πίεσης παρουσιάζουν μεγάλες μειώσεις των συχνοτήτων θραύσεων σε κάποια συστήματα ενώ σε άλλα μικρές, μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας αυτό το σκεπτικό (Water Loss Control, 2008)).

Εάν πριν από τη διαχείριση της πίεσης υπάρχει σχετικά μεγάλη συχνότητα θραύσεων ήδη (σημείο 3) τότε μια μικρή μείωση της πίεσης μπορεί να προκαλέσει μεγάλη μείωση στη συχνότητα θραύσεων (σημείο 2). Αλλά εάν η συχνότητα θραύσεων είναι μικρή πριν τη διαχείριση της πίεσης (σημείο 2), τότε κάθε μείωση της πίεσης (από σημείο 2 στο 1) θα έχει

μικρή επιρροή στη νέα συχνότητα θραύσεων αλλά θα επιφέρει μεγαλύτερο συντελεστή ασφαλείας και θα παρατείνει την ζωή των υποδομών (Water Loss Control, 2008).

4.2.2.5 ΧΡΗΣΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ

Οι Buchberger και Nadimpalli (2004) πρότειναν μια μέθοδο εκτίμησης των διαρροών η οποία είναι ανάμεσα στο απλό υδατικό ισοζύγιο και στο πολύπλοκο υδραυλικό μοντέλο. Η μέθοδος συμπεραίνει μια σειρά ελάχιστων και μέγιστων παροχών διαρροής βάσει της συμπεριφοράς διάφορων στατιστικών υπολογισμών από συνεχείς μετρήσεις της κύριας παροχής σε μια DMA. Ο περιορισμός της μεθόδου είναι το ότι δεν έχει δοκιμαστεί στο πεδίο ούτε εντοπίζει τη θέση μεμονωμένων διαρροών. Οι Palau et al (2012) εφάρμοσαν μια πολυπαραγοντική στατιστική τεχνική για εντοπισμό θραύσεων σε αστικά δίκτυα. Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι επιτρέπει μια ευαίσθητη και γρήγορη ανάλυση χωρίς τη χρήση απαιτητικών μαθηματικών αλγορίθμων και ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να εντοπίσει άλλες μη φυσιολογικές συνθήκες παροχής όπως η παράνομη χρήση νερού.

Ενώ οι μέθοδοι που διατυπώθηκαν ως τώρα (MNF, NHM και οι στατιστική ανάλυση) αποτελούν πολύτιμα εργαλεία για την αναγνώριση των ζωνών προτεραιότητας με μεγάλες παροχές διαρροής, δεν παρέχουν πληροφορίες για την ακριβή θέση των διαρροών. Πρέπει να διεξάγεται διαδικασία εντοπισμού των διαρροών για να εντοπίζονται οι ακριβείς θέσεις των διαρροών και να διευκολύνονται τις επισκευές (Mutikanga 2012).

4.3 ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΕΝΕΡΓΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Οι πρακτικές που εφαρμόζονται από τους διαχειριστές της επιχείρησης ύδρευσης για την συνειδητοποίηση της ύπαρξης διαρροών στο σύστημα διανομής τους μπορούν να χωριστούν σε δυο υποκατηγορίες:

- **Ενεργός έλεγχος διαρροών:** η επιχείρηση χρησιμοποιεί εξοπλισμό και άλλους πόρους ώστε να ελέγχει ενεργά για διαρροές που ως τώρα παραμένουν μη ανιχνεύσιμες. Έχει πολλά πλεονεκτήματα:
 - ✓ Η μείωση των διαρροών μειώνει το κόστος παραγωγής που προκύπτει από την επεξεργασία του νερού
 - ✓ Μπορεί να μειώσει την ποσότητα επεξεργασμένου νερού που εισέρχεται στο αποχετευτικό σύστημα και προσθέτει μη αναγκαίο φόρτο στη διαδικασία επεξεργασίας των λυμάτων
 - ✓ Μπορεί να βοηθήσει στη μείωση του κεφαλαίου που απαιτείται για εύρεση νέων πόρων παροχής νερού για να καλυφθούν οι αυξανόμενες ανάγκες.
 - ✓ Βοηθάει να αποφευχθούν καταστροφικές αστοχίες των αγωγών
 - ✓ Μειώνει την ευθύνη της επιχείρησης
 - ✓ Αυξάνει το επίπεδο υπηρεσιών και την αξιοπιστία
 - ✓ Έχει θετική επιρροή στην γνώμη των πελατών για την επιχείρηση
- **Παθητικός έλεγχος διαρροών:** η μορφή αυτή χρησιμοποιείται στις περισσότερες επιχειρήσεις στη Β. Αμερική. Πρόκειται για ανταπόκριση στις διαρροές μόνο όταν γίνουν αντιληπτές από την επιχείρηση, συνήθως όταν γίνουν οπτικά αντιληπτές επιφανειακά ή όταν επιφέρουν μείωση της πίεσης σε έναν καταναλωτή. Υπό φυσιολογικές συνθήκες, ο

συνολικός ρυθμός απωλειών θα συνεχίσει να αυξάνεται εάν χρησιμοποιείται μόνο παθητικός έλεγχος.

Οι περισσότερες επιχειρήσεις έχουν περιορισμένο προϋπολογισμό άρα οι μέθοδοι επέμβασης που χρησιμοποιούν στην αρχή ενός προγράμματος διαχείρισης των απωλειών τους είναι συνήθως αυτές που επιφέρουν τα συντομότερα αποτελέσματα (Water Loss Control, 2008).

4.3.1 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Το πρώτο πράγμα που πρέπει να γίνει όταν πρόκειται να αντιμετωπιστούν οι πραγματικές απώλειες στο πεδίο είναι να διασφαλιστεί ότι οι χάρτες του συστήματος και των συνιστωσών του είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβείς και εκσυγχρονισμένοι. Ωστόσο υπάρχουν συστήματα στα οποία κανείς δεν γνωρίζει που είναι το στιδήςποτε. Συστήματα με οργανωμένα και δομημένα αρχεία τείνουν να είναι πιο αποδοτικά, καθώς οι διαχειριστές οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για καθημερινές αποφάσεις έχουν στα χέρια τους εργαλεία που τους βοηθούν να παίρνουν αποφάσεις πάνω στην απόδοση της επιχείρησης. Συστήματα με πολύ περιορισμένα δεδομένα είναι δύσκολο να θέσουν ρεαλιστικούς στόχους για μείωση των διαρροών. Ακόμα και αν τεθούν σε ισχύ προγράμματα βελτίωσης απόδοσης οι επιχειρήσεις αυτές θα είναι δύσκολο να κρίνουν τα αποτελέσματα αφού δεν έχουν αξιόπιστες βάσεις από τις οποίες να κάνουν τη σύγκριση. Οι επιχειρήσεις αυτές πρέπει πρώτα να βάλουν σε τάξη τα δεδομένα τους και να εφαρμόσουν βελτιωμένο σύστημα χαρτογράφησης πριν ξεκινήσουν προγράμματα ελέγχου των διαρροών.

Το λογισμικό GIS είναι ένα πολύ αποδοτικό εργαλείο για τη διαχείριση των σχεδίων του δικτύου και έχει πολύ φιλικό γραφικό περιβάλλον για τον χρήστη. Μπορεί να συνδυαστεί με άλλα συστήματα διαχείρισης δεδομένων όπως οικονομικές βάσεις δεδομένων και βάσεις τιμολόγησης, συστήματα SCADA και τηλεμετρίας κ.α. Μπορεί επίσης να συνδεθεί με ένα υδραυλικό μοντέλο. Τα συστήματα GPS χρησιμοποιούνται από πολλές επιχειρήσεις για την αυτόματη καταγραφή ή εντοπισμό στοιχείων του συστήματος μέσω δορυφόρου και τα δεδομένα μπορούν αυτόματα να κατέβουν στις περισσότερες βάσεις δεδομένων του GIS. Το κόστος του συστήματος GPS ποικίλει ανάλογα με την ανάλυση και τις ικανότητες που απαιτούνται. Εάν μια επιχείρηση δεν έχει έμπιστους χάρτες συστήματος ή θέλει να κάνει μια μεγάλη αναβάθμιση, το GIS είναι μια συνιστώμενη επιλογή. Αφού παρθεί απόφαση για το αν θα χρησιμοποιηθεί πακέτο λογισμικού ή απλό χαρτί, πρέπει να καθοριστεί η απαραίτητη λειτουργικότητα ώστε το σύστημα να χρησιμοποιείται και να αναβαθμίζεται εύκολα. Όσον αφορά τη χρήση σχεδίων σε χαρτί, πρέπει να χρησιμοποιείται κλίμακα 1:2000 για αστικές περιοχές και 1:5000 για αγροτικές περιοχές.

Γενικότερα για να μπορεί να είναι πλήρης μια στρατηγική διαχείρισης απωλειών πρέπει τα διαθέσιμα σχέδια να περιέχουν βασικές πληροφορίες όπως δρόμους με τις ονομασίες τους, τα οικοδομικά τετράγωνα, τα χαρακτηριστικά του δικτύου διανομής συμπεριλαμβανομένων των διαμέτρων αγωγών, υλικά και όπου αυτό είναι δυνατό, την ηλικία των αγωγών, ταυτοποίηση των βασικών πελατών, επίπεδα εδάφους και περιγράμματα-όρια, όλες τις πηγές νερού, μονάδες επεξεργασίας, αντλιοστάσια, σημεία μεταφοράς και εγκαταστάσεις αποθήκευσης, όλες τις βαλβίδες και τους μετρητές σε ζώνες ή DMAs, καθαρή αποτύπωση των ζωνών και των χαρακτηριστικών τους. Όταν συμπληρωθεί η λίστα αυτή, πρέπει να ερευνηθεί το ποια χαρακτηριστικά υπάρχουν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν, τι είναι απαρχαιωμένο και τι δεν υπάρχει καθόλου. Όταν αποφασιστούν όλα αυτά μπορούν να δημιουργηθούν ομάδες συλλογής των απαραίτητων δεδομένων. Η περισσότερη δουλειά στο πεδίο για τη συλλογή δεδομένων για τα χαρακτηριστικά του συστήματος διανομής διεξάγεται χρησιμοποιώντας εντοπιστές αγωγών και μετάλλου και συσκευές καταγραφής όπως τον

εξοπλισμό ground-probing ραντάρ (GPR). Ακόμα και ένα απλό clipboard και χαρτί αρκούν μερικές φορές ανάλογα με την ακρίβεια που απαιτείται και τον διαθέσιμο προϋπολογισμό. Όλα τα δεδομένα που συλλέγονται πρέπει να αποθηκεύονται με τρόπο ώστε να είναι προσβάσιμα σε όλα τα μέλη της ομάδας (Water Loss Control, 2008).

4.3.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

4.3.2.1 ΤΥΠΟΙ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

ΘΡΑΥΣΕΙΣ ΑΓΩΓΩΝ

Καταστροφική αστοχία αγωγών που προκαλείται από αλλοίωση, διακυμάνσεις ή υπερβολική πίεση, κίνηση εδάφους ή συνδυασμό αυτών των παραγόντων. Οι θραύσεις είναι σχετικά εύκολο να εντοπιστούν αφού το νερό που απελευθερώνεται γίνεται γρήγορα οπτικά αντιληπτό στην επιφάνεια του εδάφους ή του δρόμου, ειδικά σε περιοχές με μεγάλη πίεση. Παρόλα αυτά, περιστασιακά, το νερό από θραύσεις αγωγών βρίσκει διέξοδο υπόγεια. Αυτό μπορεί να δυσκολέψει τον εντοπισμό διότι, παραδόξως, μια εμφανής ρωγμή δεν παράγει απαραίτητα δυνατό θόρυβο κατά τη διαρροή. Αυτό οφείλεται στο ότι μια μεγάλη ποσότητα διαρροής συχνά οδηγεί σε μεγάλη πτώση πίεσης άρα και σε χαμηλό επίπεδο θορύβου. Ο ήχος της διαρροής από θραύση αγωγού χαρακτηρίζεται από “γουργουρητό” χαμηλής συχνότητας και μπορεί να είναι δύσκολο να ανιχνευτεί ακουστικά από κάποιον επιθεωρητή διαρροών χωρίς εμπειρία. Στην περίπτωση που υπάρχει διαφυγή υπογείως, μια θραύση μπορεί να εντοπιστεί σε μια περιοχή εάν η επιχείρηση ύδρευσης παρακολουθεί τις πιέσεις του συστήματος διανομής και διαπιστώσει μια αξιόλογη πτώση της πίεσης.

ΡΑΓΙΣΜΑ

Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα μηχανισμό αστοχίας του αγωγού ο οποίος εκδηλώνεται ως περιμετρική ή διαμήκης αστοχία που συχνά είναι αποτέλεσμα της αλλοίωσης του αγωγού ή κίνησης του εδάφους. Μπορεί να μην εντοπιστεί για αρκετό καιρό και τελικά να χειροτερέψει και να εντοπιστεί μόνο όταν γίνει θραύση. Η ποιότητα του ήχου που παράγεται εξαρτάται από παράγοντες όπως το υλικό του αγωγού αλλά συνήθως είναι ευδιάκριτος και υψηλής συχνότητας.

ΜΙΚΡΗ ΟΠΗ

Πρόκειται για μικρές κυκλικές αστοχίες σε έναν αγωγό και συνήθως προκαλούνται από διάβρωση ή φόρτο από πέτρες κατά την εγκατάσταση. Μεταλλικοί αγωγοί που είναι εγκατεστημένοι σε διαβρωτικό περιβάλλον χωρίς σωστή αντιδιαβρωτική προστασία είναι επιρρεπείς στην δημιουργία μικρών οπών οι οποίες μπορούν να μεγαλώσουν πολύ γρήγορα. Οι αγωγοί πρέπει πάντα να τοποθετούνται σε ένα στρώμα άμμου ως ελάχιστο μέτρο προστασίας. Συχνά απαιτούνται πολύ πιο ισχυρά μέτρα προστασίας. Η ποιότητα του ήχου της διαρροής ποικίλει, ανάλογα με την πίεση, το υλικό του αγωγού και της επίχωσης αλλά συνήθως είναι ευκρινής και υψηλής συχνότητας.

ΔΙΗΘΗΣΗ

Συνήθως απαντάται σε αλλοιωμένους αγωγούς από τσιμέντο άσβεστου (AC) όπου το τοίχωμα γίνεται ημί-πορώδες και το νερό διαφεύγει αργά. Τέτοιου τύπου διαρροές είναι πολύ δύσκολο

να εντοπιστούν αφού ο θόρυβος είναι ελάχιστος. Για αυτό συνήθως κατατάσσονται σε μη εντοπίσιμες background διαρροές. Οι απώλειες νερού που προκαλούνται από τη διήθηση μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με μείωση της πίεσης ή αντικατάσταση των αγωγών.

ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΣΕ ΑΝΤΛΙΕΣ Η ΒΑΛΒΙΔΕΣ

Προκαλούνται λόγω της αλλοίωσης μετά από κάποιο χρόνο. Εμφανίζονται συνήθως όταν μια βαλβίδα χρησιμοποιηθεί μετά από μακρά περίοδο μη χρήσης. Είναι σχετικά εύκολο να εντοπιστούν οπτικά σε αντλίες ή σε θάλαμο βαλβίδας ο οποίος είναι γεμάτος πόσιμο νερό, αλλά και ακουστικά μέσω άμεσης ακρόασης στην άτρακτο αντλίας. Οι νέοι τύποι βαλβίδων έχουν πιο ανθεκτική φλάντζα και έτσι μειώνουν την πιθανότητα ύπαρξης αυτού του συνήθους προβλήματος διαρροής.

ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΣΕ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΑΓΩΓΩΝ

Οι συνδέσεις είναι συνήθη σημεία διαρροών, κυρίως σε παλιούς αγωγούς από χυτοσίδηρο και τσιμέντο όπου η σφράγιση αλλοιώνεται με το χρόνο. Πολλά παλιές ενώσεις δεν έχουν προστασία έναντι της διάβρωσης και έτσι αλλοιώνονται πολύ πιο γρήγορα από τον αγωγό. Όταν συμβαίνουν σεισμοί, οι συνδέσεις των αγωγών φέρουν την μεγαλύτερη καταπόνηση, γεγονός που οδηγεί σε διαρροή και τελικά σε ρηγμάτωση. Οι διαρροές σε συνδέσεις είναι σχετικά εύκολο να εντοπιστούν σε μεταλλικούς αγωγούς καθώς εκεί δημιουργείται ένας καθαρός ήχος διαρροής. Όμως δεν συμβαίνει το ίδιο για αγωγούς από πλαστικό και τσιμέντο.

ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΣΕ ΑΓΩΓΟΥΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ

Αποτελούν τον πιο κοινό τύπο διαρροών στα συστήματα διανομής νερού. Από τον μεταλλικό κρίκο που συνδέει την σύνδεση με τον κύριο αγωγό ως τον μετρητή του καταναλωτή υπάρχουν συχνά περισσότερες από μια αλλαγές μεγέθους αγωγού ή υλικού, γεγονός που απαιτεί την εγκατάσταση συνδέσεων οι οποίες είναι συχνά ένα αδύναμο κομμάτι των αγωγών. Επίσης οι αγωγοί σύνδεσης συχνά τοποθετούνται πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και έτσι είναι εύκολο να αποδυναμωθούν λόγω κίνησης που προκαλείται από τον κυκλοφορικό φόρτο. Τέτοιες διαρροές είναι εύκολο να διαπιστωθούν καθώς υπάρχει πρόσβαση στον αγωγό μέσω curb stop ή μετρητή για να διευκολύνεται η άμεση ακρόαση θορύβων διαρροών.

ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΣΕ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΟΥΣ ΚΡΟΥΝΟΥΣ, AIR VALVES, SCOUR VALVES

Διαρροές συμβαίνουν επίσης σε εξαρτήματα του συστήματος όπως οι πυροσβεστικοί κρουνοί, τις αεροβαλβίδες και βαλβίδες καθαρισμού. Είναι πολύ απλό να εντοπιστούν αφού συνήθως είναι ορατές ή εύκολο να εντοπιστούν ακουστικά (Water Loss Control, 2008).

4.3.2.2 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΑΚΡΟΑΣΗΣ

Οι συχνότητες του ήχου της διαρροής ποικίλουν ανάλογα με τον τύπο διαρροής, τον τύπο αγωγού, το υλικό της επίχωσης και την πυκνότητα και με το αν έχει δημιουργηθεί ένα cavity νερού γύρω από το σημείο. Γενικά, υπάρχουν τρεις τύποι συχνότητων:

- Ήχος τριβής είναι ο ήχος που δημιουργείται από το νερό το οποίο βγαίνει από το τοίχωμα του αγωγού και προκαλεί δονήσεις κατά μήκος του αγωγού. Αυτός τείνει να είναι ήχος υψηλής συχνότητας με εύρος από 300 ως 3000 Hz. Γενικά, οι υψηλές

συχνότητες είναι εύκολο να αναγνωριστούν αλλά δεν ταξιδεύουν πολύ μακριά κατά μήκος του αγωγού. Πρέπει να σημειωθεί ότι η δόνηση πάνω στο περιβάλλον υλικό μπορεί να προκαλέσει θόρυβο που καλύπτει τον ήχο της διαρροής, ειδικά σε μεταλλικούς αγωγούς σύνδεσης.

- Ήχος σιντριβανιού είναι ο ήχος του νερού που περικυκλώνει το σημείο διαρροής και τείνει να έχει χαμηλότερη συχνότητα, από 10 ως 1500 Hz.
- Ήχος σύγκρουσης είναι ο ήχος μιας διαρροής που συγκρούεται στα τοιχώματα της τρύπας γύρω από τη διαρροή και ο ήχος της σύγκρουσης των πετρών που υπάρχουν γύρω από τη διαρροή. Ο ήχος αυτός έχει εύρος συχνοτήτων από 10 ως 1500 Hz (Water Loss Control, 2008).

4.3.2.3 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΗΧΟΥ ΤΗΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

ΠΙΕΣΗ

Όσο μεγαλύτερη η πίεση τόσο καλύτερη ποιότητα έχει ο ήχος της διαρροής και αντιστρόφως. Για να γίνει αντιληπτή μια διαρροή με ακουστική ράβδο πρέπει ο ήχος να έχει συχνότητα από 30 psi (21 Mh) και πάνω. Σε πολλά συστήματα διανομής η πίεση τη μέρα είναι χαμηλότερη από την πίεση τη νύχτα λόγω μεγαλύτερης ζήτησης από τους καταναλωτές μέσα στη μέρα. Εάν η πίεση κατά τη διάρκεια της μέρας είναι χαμηλότερη από 30 psi, η ακρόαση πρέπει να διεξάγεται κατά τη νύχτα όπου η κατανάλωση πέφτει και η πίεση στο σύστημα είναι υψηλότερη. Η πιο αποδοτική ώρα για ακρόαση σε αστικές περιοχές είναι γενικά ανάμεσα στις 2:00 και στις 4:00 όπου η κατανάλωση είναι η ελάχιστη και η πίεση η μέγιστη. Εκείνη την ώρα επίσης ελαχιστοποιείται ο θόρυβος από την κίνηση της κυκλοφορίας του δρόμου.

ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΓΕΘΟΣ ΑΓΩΓΟΥ

Όσο σκληρότερο το υλικό του αγωγού και όσο μικρότερη η διάμετρος του τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα του ήχου της διαρροής και τόσο περισσότερο θα ταξιδέψει ο ήχος κατά μήκος του.

Πίνακας 11 Υλικά αγωγών και ποιότητα ήχου

Χυτοσίδηρος	Καλή ακουστική των διαρροών
Χάλυβας	
Χαλκός	
Όλκιμος σίδηρος	Μέση ακουστική των διαρροών
Αμιαντοσιμέντο	
PVC	Κακή ακουστική των διαρροών
MDPE	
HDPE	
Με εσωτερική επένδυση	

Η προστασία από τη διάβρωση που εφαρμόζεται σε μεταλλικούς αγωγούς μπορεί να μειώσει την ποιότητα και propagation του ήχου. Οι μεταλλικοί αγωγοί έχουν συνήθως εσωτερική επένδυση με σκυρόδεμα και εξωτερικό coating με bitumen βαφή, τα οποία απορροφούν τον ήχο διαρροής.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΠΟΥ ΚΑΛΥΠΤΕΙ ΤΟΝ ΑΓΩΓΟ

Τα αμμώδη εδάφη και η άσφαλτος αποδίδουν τον ήχο πολύ καλύτερα από τον πηλό και το σκυρόδεμα. Εδάφη επιχωμάτων που έχουν κοιλότητες μειώνουν την μεταφορά του ήχου.

ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Η μεταβολή της υγρασίας του εδάφους και το ύψος του νερού επηρεάζουν τη διάδοση του ήχου της διαρροής. Η ύπαρξη πολύ νερού στο έδαφος μειώνει την μεταφορά του ήχου της διαρροής. Τα κορεσμένα εδάφη ασκούν πίεση στην πηγή της διαρροής.

ΘΟΡΥΒΟΙ ΠΟΥ ΜΠΕΡΔΕΥΟΝΤΑΙ ΜΕ ΤΟΥΣ ΗΧΟΥΣ ΔΙΑΡΡΟΗΣ

Ο θόρυβος που προκαλείται από την κυκλοφορία του δρόμου, τις PRVs, την κατανάλωση των πελατών, τις μερικώς κλειστές βαλβίδες, αεροπλάνα, κλιματιστικά, γεννήτριες, τρένα, κομπρεσέρ κλπ μπορούν να δυσκολέψουν πολύ τον εντοπισμό των διαρροών. Πολλοί από τους θορύβους αυτούς βέβαια έχουν διαφορετικές συχνότητες από αυτές μιας διαρροής. Οι σημερινοί μοντέρνοι εξοπλισμοί ακρόασης διαθέτουν φίλτρα που διαχωρίζουν τους ήχους που είναι εκτός του εύρους των τυπικών συχνοτήτων διαρροής (Water Loss Control, 2008).

4.3.2.4 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Είναι πολύ σημαντικό να σημειωθεί ότι ο πολύ εξελιγμένος και ακριβός εξοπλισμός εντοπισμός διαρροών δεν αποτελεί σωστή αντιμετώπιση για το πρόβλημα διαρροών μιας επιχείρησης εάν η ίδια δεν κατανοεί την πραγματική έκταση και φύση των διαρροών στο σύστημα διανομής της. Για αυτό πρέπει να διεξάγεται ανάλυση κόστους οφέλους πριν από κάθε μεγάλη επένδυση για εξοπλισμό.

Ο σημαντικότερος παράγοντας επιτυχίας στον εντοπισμό διαρροών είναι η εμπειρία της ομάδας ανίχνευσης στο να χειρίζεται τον εξοπλισμό και στο να ερμηνεύει τα αποτελέσματα. Ο χειριστής πρέπει να εκπαιδεύεται όχι μόνο στο πώς να χρησιμοποιεί τον ακουστικό εξοπλισμό αλλά και να γνωρίζει τους περιορισμούς του. Για παράδειγμα, εάν η ακρόαση γίνεται ανά 200 m αλλά οι αγωγοί είναι πλαστικοί με κακή διάδοση του ήχου, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να παρακαμφθεί μια υπάρχουσα διαρροή εκτός εάν αυτή βρίσκεται δίπλα σε πυροσβεστικό κρουνό ή άλλο εξάρτημα που ελέγχεται.

ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Η *ακουστική ράβδος* είναι ένα παραδοσιακό όργανο που ακροάζεται συστηματικά τους αγωγούς. Υπάρχουν πολλές παραλλαγές, η πιο κοινή όμως αποτελείται από ένα earpiece προσαρμοσμένο πάνω σε ένα μεταλλικό στέλεχος. Η χρήση του γίνεται με τοποθέτηση του σε ένα εξάρτημα από όπου οποιοσδήποτε ήχος διαρροής μεταφέρεται μέσω του αγωγού στο μεταλλικό στέλεχος. Η ηλεκτρονική ακουστική ράβδος χρησιμοποιείται με τον ίδιο τρόπο όπως το μηχανικό αλλά έχει έναν ενισχυτή ήχου που λειτουργεί με μπαταρία έτσι ώστε ο θόρυβος της διαρροής να ενισχύεται και να ακούγεται με ακουστικά. Χρησιμοποιείται σε περιοχές με χαμηλή πίεση όπου ο ήχος διαρροής είναι χαμηλός.

Τα *εδαφικά μικρόφωνα* (γεώφωνα) είναι ακουστικές συσκευές που χρησιμοποιούνται κυρίως για να ακούγονται διαρροές από την επιφάνεια όταν τα διάφορα σημεία του δικτύου όπως βαλβίδες, συνδέσεις και τα λοιπά είναι μακριά. Επίσης χρησιμοποιούνται για να εντοπίζουν το

ακριβές σημείο μιας διαρροής. Οι μηχανικές συσκευές ακοής αυτές μοιάζουν και λειτουργούν με τις ίδιες αρχές με ένα στηθοσκόπιο. Οι σύγχρονες ηλεκτρικές συσκευές έχουν ενισχυτές σήματος και φίλτρα ήχου ώστε να εξασθενούν το σήμα του ήχου. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε συνδυασμό με άλλο εξοπλισμό εντοπισμού διαρροής αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο τους, ειδικά σε περιοχές με λίγα εξαρτήματα και πλαστικούς αγωγούς.

Οι *συσχετιστές ήχου διαρροής* βασίζονται στον ήχο που δημιουργείται από τη διαρροή. Συνήθως αποτελούνται από έναν δέκτη και μια μονάδα επεξεργασίας και δυο αισθητήρες εξοπλισμένους με πομπό. Οι δυο αισθητήρες είναι τοποθετημένοι σε βαλβίδες ή στόμια υδροληψίας σε κάθε πλευρά της υποπτευόμενης διαρροής. Ο ήχος διαρροής που ανιχνεύεται από τους αισθητήρες μετατρέπεται σε ηλεκτρικό σήμα και μεταδίδεται μέσω των πομπών στην μονάδα επεξεργασίας. Ο ήχος ταξιδεύει κατά μήκος του αγωγού με σταθερή ταχύτητα που εξαρτάται από τη διάμετρο και το υλικό του αγωγού. Ο ήχος θα φτάσει πρώτα στον αισθητήρα που βρίσκεται κοντά στη διαρροή. Ο συσχετιστής χρησιμοποιεί την χρονική διαφορά μεταξύ των δύο χρόνων άφιξης, πληροφορίες για το υλικό του αγωγού και το μέγεθος και την απόσταση μεταξύ των δυο αισθητήρων ώστε να υπολογίσει τη θέση της διαρροής. Η αρχή υπολογισμού είναι ο τύπος $L=TD*V+2I$ όπου L είναι το μήκος, TD η χρονοκαθυστέρηση του σήματος να φτάσει τον πιο μακρινό αισθητήρα αφού έχει φτάσει τον πρώτο αισθητήρα, V είναι η ταχύτητα στην οποία ο ήχος διαρροής μπορεί να ταξιδεύει είτε στα τοιχώματα του αγωγού ή στο νερό, και I είναι η θέση της διαρροής από έναν αισθητήρα και ένα εξάρτημα. $I=L-(TD*V)/2$.

Κανένα μηχάνημα εντοπισμού διαρροών δεν είναι τέλει οπότε χρειάζεται συχνά ο συνδυασμός οργάνων για τον σωστό εντοπισμό της θέσης της διαρροής. Προτείνεται, μετά τον εντοπισμό μιας πιθανής θέσης διαρροής μέσω συσχετιστή να χρησιμοποιηθεί το γεώφωνο. Ένας καλός τρόπος να αποφευχθούν τα λάθη είναι να διεξάγονται τρεις ή περισσότερες "συσχετίσεις" με ποικίλα μήκη αγωγού μεταξύ των αισθητήρων και τότε να γίνεται γραμμική regression των δεδομένων. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να βγαίνει ο μέσος όρος των σφαλμάτων των ταχυτήτων και να φαίνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια η θέση της διαρροής. Κάποιοι συσχετιστές έχουν την διαδικασία αυτή εγκατεστημένη στο σύστημα τους αλλά μπορεί να γίνει και με το χέρι πλοτάροντας τα αποτελέσματα των διαφόρων μηκών και της μεταβαλλόμενης χρονοκαθυστέρησης.

Οι *καταγραφείς ήχων διαρροών* (noise loggers) είναι εγκατεστημένοι σε εξαρτήματα και προγραμματισμένοι να ενεργοποιούνται αυτόματα τη νύχτα για να καταγράψουν το θόρυβο του συστήματος και να ακροάζονται για σημάδια διαρροών. Η συνήθης ώρα λειτουργίας τους είναι μεταξύ 2:00 και 4:00 ώστε να έχει το διπλό όφελος της αυξημένης έντασης στο θόρυβο της διαρροής λόγω υψηλότερων πιέσεων και την απουσία άλλων θορύβων. Πρέπει να σημειωθεί ότι η νυχτερινή άρδευση θα επηρεάσει σημαντικά την χρησιμότητα των αποτελεσμάτων. Οι noise loggers μπορούν να εγκατασταθούν μόνιμα ή να μετακινούνται από τόπο σε τόπο, ανάλογα με τις πρακτικές διαχείρισης της επιχείρησης. Σε αντίθεση με τις ακουστικές ράβδους και τους συσχετιστές, οι καταγραφείς δεν εντοπίζουν την ακριβή θέση της διαρροής. Έτσι, η διαδικασία αυτή πρέπει να γίνει από έναν πεπειραμένο χειριστή με τη βοήθεια άλλου οργάνου όπως ο συσχετιστής ή η ακουστική ράβδος.

Ο *ψηφιακός καταγραφέας* συνδυάζει ακουστικό noise logging και συσχέτιση του θορύβου. Η τεχνολογία αυτή έχει το πλεονέκτημα να μειώνει το χρονικό κενό ανάμεσα στην αναγνώριση μιας διαρροής και στον εντοπισμό της θέσης της. Και πάλι όμως συνίσταται η επιβεβαίωση της θέσης της διαρροής χρήσει ενός γεωφώνου πριν γίνει εκσκαφή για την επισκευή της.

ΜΗ ΑΚΟΥΣΤΙΚΑ ΜΕΣΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Αέριο-ιχνηλάτης: αδιάλυτο αέριο στο νερό όπως ήλιο ή υδρογόνο εισέρχεται σε απομονωμένο τμήμα ενός αγωγού. Το αέριο διαφεύγει από το σημείο της διαρροής και **permeates** στην επιφάνεια όπου μπορεί να εντοπιστεί με τη χρήση πολύ ευαίσθητου ανιχνευτή αερίου. Στέρεες επιφάνειες όπως σκυρόδεμα επιβραδύνουν τη διαδικασία. Η χρήση τέτοιων αερίων είναι μια επιλογή που χρησιμοποιείται για αγωγούς μεταφοράς σε συνθήκες χαμηλής πίεσης όπου η ακρόαση είναι δύσκολη και για διαρροές σε μικρούς πλαστικούς αγωγούς σε συνδέσεις νοικοκυριών. Το μειονέκτημα της τεχνικής είναι ότι για να διεξαχθεί ο έλεγχος, οι αγωγοί πρέπει να τεθούν εκτός λειτουργίας από το δίκτυο.

Το Ραντάρ που εισχωρεί στο έδαφος: αναγνωρίζει διαρροές εντοπίζοντας κοιλότητες γύρω από τον αγωγό που δημιουργήθηκαν από τη διαρροή, ή διαπιστώνοντας την παρουσία νερού γύρω από τον σωλήνα ή διαταραγμένο έδαφος λόγω της διαρροής. Δεν χρησιμοποιείται ευρέως λόγω του σχετικά μεγάλου κόστους και των υψηλών λογιστικών απαιτήσεων. Όμως μπορεί να είναι πολύ αποτελεσματικό εργαλείο σε περιπτώσεις όπως χαμηλή πίεση ή πλαστικούς αγωγούς όπου γεννάται πολύ μικρός θόρυβος και η ακουστική τεχνική δεν φέρει αποτελέσματα.

ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΓΙΑ ΑΓΩΓΟΥΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Η γενική δυσκολία που αντιμετωπίζεται όταν γίνεται έλεγχος διαρροών σε έναν αγωγό μεταφοράς είναι η μεγάλη απόσταση μεταξύ των εξαρτημάτων που μπορούν να χρησιμεύσουν ως σημεία επαφής για την ακρόαση και το γεγονός ότι ο ήχος διαρροής μειώνεται όσο αυξάνεται η διάμετρος του αγωγού και η απόσταση από τη διαρροή.

Οι αισθητήρες που εισέρχονται στον αγωγό μεταφοράς ταξιδεύουν με τη ροή στον αγωγό και καταγράφουν όποιον θόρυβο προκαλείται από διαρροές. Είναι μια πολύ ακριβής μέθοδος, καθιερωμένη στη Μ. Βρετανία.

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται στη διαχείριση και την παρακολούθηση αγωγών μεγάλης διαμέτρου. Εγκαθίστανται στον αγωγό και το καλώδιο συνδέεται με ένα σύστημα acquisition δεδομένων που επιτρέπει μόνιμη ακουστική παρακολούθηση.

Η *υπεριώδης θερμογραφία* μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν μέθοδος ελέγχου διαρροών που δεν πηγαίνουν στην επιφάνεια. Το νερό που διαφεύγει από τη διαρροή έχει διαφορετική θερμοκρασία από το περιβάλλον έδαφος και έτσι μπορεί να καταγραφεί από μια θερμογραφική κάμερα. Η μέθοδος είναι αρκετά ακριβή και έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για έλεγχο αγωγών μεταφοράς σε γεωργικές περιοχές αλλά δεν είναι πρακτική για πυκνές αστικές περιοχές όπου οι αποχέτευση θα έκανε πολύπλοκη τη διαδικασία. Επίσης χρησιμοποιείται για εντοπισμό διαρροών σε δεξαμενές.

4.3.2.5 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Η χρηματική αξία του νερού που χάνεται μέσω των διαρροών παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή της τεχνικής εντοπισμού διαρροών που θα ακολουθηθεί από την επιχείρηση νερού. Στην επιλογή αυτή πρέπει να ληφθούν υπόψη η ηλικία, η κατάσταση και τα υλικά του συστήματος διανομής καθώς και οι ικανότητες του προσωπικού που διεξάγει τους ελέγχους.

Οι DMAs χρησιμοποιούνται για την καταγραφή των ροών σε ξεχωριστές ζώνες του συστήματος διανομής ώστε να αποφασιστεί το επίπεδο διαρροών και να παρακολουθείται όποια αύξηση εισροών λόγω νέων διαρροών. Η χρήση των DMAs παράλληλα με τον ενεργό έλεγχο διαρροών μπορεί να αποτελέσει τη βάση για μια σωστή στρατηγική διαχείρισης των απωλειών.

ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Η πιο βασική μορφή εύρεσης των διαρροών είναι ο οπτικός έλεγχος. Έγκειται στον έλεγχο για διαρροές που εμφανίζονται πάνω από το έδαφος ή για περιοχές πολύ ξηρές, περιοχές που έχουν ύποπτη ανάπτυξη πράσινων κομματιών γης πάνω από τους αγωγούς του νερού. Η τεχνική αυτή δεν πρέπει να υποτιμάται ειδικά από επιχειρήσεις με σοβαρή έλλειψη συχνής και καλής συντήρησης.

ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Είναι η πιο κοινή μεθοδολογία και υπάρχει πολλά χρόνια τώρα. Χρησιμοποιούνται διαφορετικοί τύποι ακουστικών οργάνων σε δυο διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας.

ΓΕΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Η μέθοδος αυτή συνήθως ακροάζεται μόνο πυροσβεστικούς κρουούς και βαλβίδες στους αγωγούς του συστήματος διανομής ώστε να αναγνωριστούν τυχόν ήχοι διαρροών. Οι συνδέσεις δεν εξετάζονται. Τα γεώφωνα και οι συσχετιστές χρησιμοποιούνται μόνο για τον εντοπισμό (pinpointing) της διαρροής. Είναι μια μεθοδολογία που γλιτώνει χρόνο αλλά έχει μια αδυναμία. Οι διαρροές στις συνδέσεις συχνά μένουν απαρατήρητες.

ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Ο έλεγχος αυτός ακροάζεται όλα τα διαθέσιμα εξαρτήματα στους αγωγούς και τις συνδέσεις. Γεώφωνα χρησιμοποιούνται για να ακούσουν πάνω από τους αγωγούς σε περίπτωση που σημεία επαφής είναι μακριά. Όταν εντοπιστεί ήχος διαρροής, γεώφωνα και συσχετιστές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βρεθεί η ακριβής θέση της διαρροής. Αν και η μέθοδος αυτή καταναλώνει πολύ χρόνο είναι η πιο αποτελεσματική για τον εντοπισμό όλων των ανιχνεύσιμων διαρροών, συμπεριλαμβανόμενων και των διαρροών στις συνδέσεις.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΚΑΤΑΓΡΑΦΕΙΣ ΘΟΡΥΒΩΝ (LEAK NOISE LOGGERS)

Οι noise loggers καταγράφουν ανά 1 δευτερόλεπτο για περίοδο 2 ωρών τη νύχτα. Καταγράφοντας και αναλύοντας την ένταση και τη σταθερότητα του θορύβου, κάθε καταγραφέας υποδεικνύει την πιθανή ύπαρξη μιας διαρροής. Μπορούν να είναι μόνιμα εγκατεστημένοι στο σύστημα διανομής ή προσωρινά για 1 ή 2 νύχτες. Δεν δίνουν την ακριβή θέση της διαρροής. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να συνεχιστεί η διαδικασία για να εντοπιστεί η ακριβής θέση της διαρροής όπου θα γίνει η εκσκαφή και η επιδιόρθωση.

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΘΟΡΥΒΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Αποτελεί βελτιωμένη μορφή του κανονικού ακουστικού ελέγχου. Οι θέσεις για ακρόαση είναι προκαθορισμένες (κυρίως στόμια υδροληψίας) και το επίπεδο και ο τύπος του θορύβου καταγράφεται σε έναν χάρτη. Επίσης, η παρουσία ή απουσία θορύβου εισάγεται σε ένα υπολογιστικό φύλλο με τυποποιημένες πληροφορίες όπως την ημερομηνία, θέση, γενική περιγραφή και τον επιθεωρητή της διαρροής. Το επόμενο βήμα είναι η επικύρωση του καταγεγραμμένου ήχου και η τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων στο ίδιο φύλλο. Ο διαχειριστής μπορεί πλέον να ελέγχει τη δουλειά των επιθεωρητών και να συγκρίνει επίπεδα θορύβου με προηγούμενα και έτσι, να αναγνωρίζει εύκολα περιοχές που χρειάζονται πιο λεπτομερείς

ενέργειες ανίχνευσης. Είναι μια απλή και αποτελεσματική μέθοδος που μπορεί να εφαρμοστεί σε συστήματα διανομής με μεγάλη πυκνότητα στομίων υδροληψίας όπου τα σημεία ακρόασης μπορούν να αναγνωριστούν εύκολα.

ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

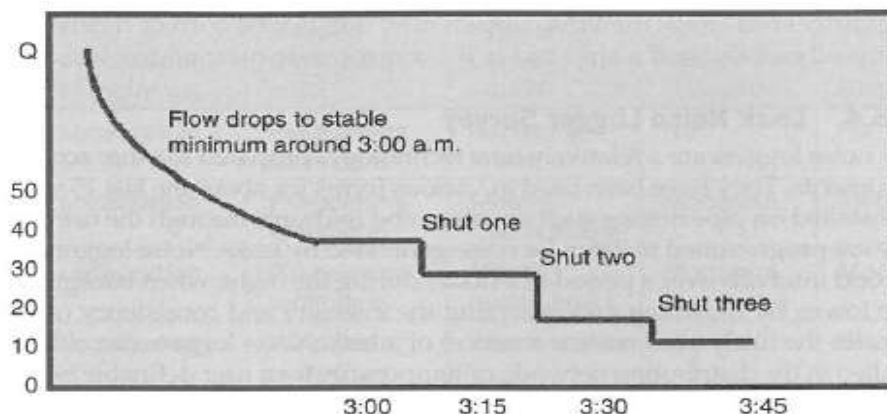
Οι υδραυλικές μέθοδοι εντοπισμού διαρροών χρησιμοποιούν υδραυλικά χαρακτηριστικά (παροχή και πίεση) για να εντοπίσουν και να ποσοτικοποιήσουν τις διαρροές σε αγωγούς υπό πίεση. Οι μέθοδοι αυτοί μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις ομάδες ανάλογα με τις συνθήκες ροής στους αγωγούς (Mutikanga 2012):

- ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ (steady state)
- TRANSIENT ΜΕΘΟΔΟΙ (unsteady state)
- ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ (steady ή unsteady state)

ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Οι υδροστατικές μέθοδοι βασίζονται στην υπόθεση της εξασθένησης της πίεσης των αγωγών εξαιτίας της ύπαρξης διαρροών. Χρησιμοποιούνται συνήθως στην πράξη για να ελέγξουν για διαρροές σε νέους αγωγούς. Οι αγωγοί σφραγίζονται στα δύο άκρα τους και ελέγχονται για τυχόν πτώση της πίεσης. Χρησιμοποιούνται επίσης στον εντοπισμό διαρροών σε DMAs σε μια διαδικασία που αναφέρεται ως “έλεγχος βήματος”.

Ο έλεγχος βήματος (step testing) περιλαμβάνει την απομόνωση κομματιών του συστήματος διανομής σε μικρές ζώνες και μέτρηση της παροχής στη ζώνη. Αυτό γίνεται σε προσωρινή βάση και χρησιμοποιούνται φορητοί μετρητές ροής. Κάθε φορά που ένα τμήμα απομονώνεται, σημειώνεται πτώση στο γράφημα της ροής όπως φαίνεται στο σχήμα. Η πτώση αυτή αντιπροσωπεύει τον όγκο διαρροής, ο οποίος αποτελεί σημαντική πληροφορία για υπολογισμούς κόστους οφέλους και σώζει χρόνο οδηγώντας το συνεργείο εντοπισμού της θέσης των διαρροών μόνο στα κομμάτια του αγωγού που αποδείχτηκε ότι υπάρχει διαρροή. Όταν διεξάγεται έλεγχος βήματος πρέπει να γίνεται με τρόπο που δεν προκαλεί άδικη διακοπή στην παροχή των πελατών. Για το λόγο αυτό ο έλεγχος βήματος συνήθως διεξάγεται τη νύχτα όταν η κατανάλωση είναι ελάχιστη.



Σχήμα 11: Αναπαράσταση ελέγχου βήματος

Ο έλεγχος βήματος μπορεί να διεξαχθεί και με άλλες μορφές. Πολλά αγροτικά συστήματα δεν έχουν ζώνες αλλά έχουν τμήματα με πλαστικούς αγωγούς και πολλά εξαρτήματα, γεγονός που δυσκολεύει την εύρεση διαρροών. Ένας ενδιαφέρων τρόπος να προσαρμοστούν τα συστήματα

αυτά στη βιώσιμη διαχείριση διαρροών είναι η εγκατάσταση είτε μόνιμες ή προσωρινές θέσεις μέτρησης στο σύστημα διανομής. Τα δεδομένα της ροής που λαμβάνονται από τις θέσεις αυτές αναλύονται για να εκτιμηθούν τα προφίλ νυκτερινής ροής, όπου υπάρχει σχετικά μικρή κατανάλωση από πελάτες. Όσα τμήματα παρουσιάζουν σημαντική ροή σημειώνεται ότι έχουν διαρροή και προγραμματίζεται κάποια επέμβαση. Η μέθοδος αυτή απαλλάσσει από ακριβούς ελέγχους σε πολλά μέτρα αγωγών που ίσως να μην έχουν καθόλου διαρροές και βοηθάει τον χειριστή να συγκεντρωθεί στις περιοχές με αρκετές διαρροές. Όταν ο όγκος των διαρροών γίνει γνωστός, ο χειριστής μπορεί να καταβάλλει μεγαλύτερη προσπάθεια για να βρεθούν οι ακριβείς θέσεις των διαρροών από ότι θα μπορούσε σε περίπτωση που δεν ήταν σίγουρος για το αν υπάρχουν καν.

Υπάρχει ένα θεμελιώδες πρόβλημα με τον έλεγχο βήματος. Καθώς κάθε 'βήμα' είναι κλειστό, η συνολική ροή στη ζώνη μειώνεται. Αυτό μειώνει το ύψος απωλειών λόγω τριβής στους αγωγούς στα 'ανοικτά' βήματα, τα βήματα δηλαδή που δεν έχουν ακόμα απομονωθεί. Αυτό με τη σειρά του προκαλεί αύξηση στην πίεση στα ανοικτά βήματα και λόγω της άμεσης σχέσης της πίεσης με τις διαρροές, προκαλεί αύξηση στο ρυθμό διαρροής στα ανοικτά βήματα. Θεωρητικά, η μείωση της ροής που συμβαίνει όταν κλείνει ένα βήμα αντικατοπτρίζει τη μείωση που προκαλείται ακριβώς από αυτό ο γεγονός. Παρόλα αυτά, είναι πιθανό η μείωση της ροής να είναι μικρότερη από ότι θα έπρεπε εξαιτίας μιας αύξησης στη ροή στα ανοικτά βήματα, λόγω της αύξησης της πίεσης τους. Στην χειρότερη περίπτωση είναι πιθανό η αύξηση στη ροή στα ανοικτά βήματα να καλύπτει πλήρως την μείωση της ροής όταν κλείνει ένα βήμα. Το σενάριο αυτό συναντάται συχνά σε ζώνες με πολλές διαρροές. Στις περιπτώσεις αυτές η παρουσία μιας διαρροής σε ένα βήμα μπορεί να καλυφθεί και επειδή το συνεργείο δεν κατευθύνεται προς το βήμα αυτό, η διαρροή παραμένει απαρατήρητη.

Για να διεξαχθούν έλεγχοι βημάτων πρέπει να διαχειρίζονται πολλές βαλβίδες και γενικά υπάρχει μεγάλη πιθανότητα χρήσης βαλβίδων που δεν είναι σφικτά κλειστές. Στην περίπτωση αυτή η πτώση της πίεσης δεν θα είναι σωστή. Για το λόγο αυτό είναι αναγκαίο να εκτιμηθεί προσεκτικά το αν ένας έλεγχος βήματος είναι η κατάλληλη μέθοδος. (Water Loss Control, 2008)

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ TRANSIENT (ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ)

Ο εντοπισμός διαρροών βάσει των φαινομένων μεταφοράς είναι μια πολλά υποσχόμενη αποδοτική και μη επεμβατική τεχνική (Ferrante and Brunone 2003). Μια ξαφνική θραύση σε έναν αγωγό προκαλεί μείωση της πίεσης προκαλώντας κυματισμό αρνητικής πίεσης (φαινόμενα μεταφοράς) ο οποίος ταξιδεύει κατά μήκος στις αντίθετες κατευθύνσεις από το σημείο αστοχίας και αντανακλάται στα σύνορα των σωληνώσεων. Η ανάλυση του κύματος αυτού είναι η προϋπόθεση για τον εντοπισμό των διαρροών με τη χρήση των μεθόδων αυτών. Η χρονομέτρηση του αρχικού κύματος πίεσης και των αντανακλάσεων του σε συνδυασμό με την γνώση της ταχύτητας κυματισμού του συστήματος επιτρέπουν τον εντοπισμό της διαρροής. Το παρατηρούμενο σήμα πίεσης μπορεί να αναλυθεί είτε ως προς τον χρόνο ή ως προς τη συχνότητα. Το μέγεθος του κύματος παρέχει μια εκτίμηση για το μέγεθος της διαρροής. Στην πράξη, μπορούν να δημιουργηθούν ελεγχόμενα φαινόμενα μεταφοράς με το κλείσιμο ή το άνοιγμα μιας βαλβίδας ή ενός κρουνού (Mutikanga 2012). Σε συνθήκες φαινομένων μεταφοράς, όταν το κύμα διαδίδεται κατά μήκος του αγωγού επηρεάζεται από τις ιδιότητες του, όπως τον συντελεστή τριβής και τις διαρροές. Ως αποτέλεσμα, μεταβάλλεται η απόκριση της ροής (Haghighi, Ramos, 2012).

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι μοντελοποίησης των φαινομένων μεταφοράς στη βιβλιογραφία και η πιο κοινή είναι η διαφορά πιέσεων και το δυναμικό ισοζύγιο όγκου. Και οι δυο

προσεγγίσεις χρησιμοποιούν την ανάλυση διαφορών μεταξύ προσομοιούμενων και μετρούμενων δεδομένων ως δείκτες διαρροών. Σύμφωνα με τους Martins και Seleglim Jr (2010) ο εντοπισμός των διαρροών πραγματοποιείται με τον καλύτερο τρόπο χρησιμοποιώντας μεθόδους βασισμένες σε φαινόμενα μεταφοράς κύματος πίεσης, ενώ η μέθοδος ισοζυγίου μάζας είναι ικανότερη στο να ποσοτικοποιεί την παροχή της διαρροής με μεγαλύτερη ακρίβεια και στο να εντοπίζει σταδιακά αναπτυσσόμενες διαρροές. Παρόλα αυτά, κάποιες μελέτες έχουν εντοπίσει ανωμαλίες σε αγωγούς με τη χρήση κυμάτων πίεσης που συσχετίζονται με φαινόμενα μεταφοράς (Sattar και Claudhry, 2008). Οι δύο μέθοδοι αλληλοσυμπληρώνονται.

Η μέθοδος αντανάκλασης της διαρροής θεωρείται η απλούστερη τεχνική φαινομένων μεταφοράς για τον προσδιορισμό της θέσης και του μεγέθους της διαρροής (Brunone 1999). Η ανίχνευση της αλλαγής της πίεσης λόγω αντανάκλασης μιας διαρροής δεν είναι απλή. Ο αλγόριθμος αλλαγής του αθροίσματος έχει εφαρμοστεί ώστε να εκτιμά αυτόματα τις αντανάκλασεις από διαρροές και να ελαχιστοποιεί την ασάφεια που σχετίζεται με την απλή οπτική εξέταση του ίχνους του κύματος για τον εντοπισμό διαρροών σε μεμονωμένους αγωγούς (Lee et al. 2007). Το κύριο πλεονέκτημα των μεθόδων έγκειται στην απλότητα τους. Όμως οι μέθοδοι αυτοί έχουν περιοριστεί κυρίως σε εργαστηριακά πειράματα σε μεμονωμένους αγωγούς και βασίζονται κατά πολύ στην ακρίβεια του μοντέλου των φαινομένων μεταφοράς στο να εντοπίζει μικρά σήματα πίεσης. Παρόλα αυτά, έχουν αρχίσει να εμφανίζονται κάποια ελπιδοφόρα αποτελέσματα από εργαστηριακό περιβάλλον μέχρι αγωγούς μεταφοράς (Misiunas et al., 2006).

Ο συνδυασμός μεθόδων ανάλυσης φαινομένων μεταφοράς με αντίστροφα μαθηματικά θα μπορούσε να βοηθήσει στον εντοπισμό και την ποσοτικοποίηση των διαρροών. Η προσέγγιση αυτή θα μπορούσε να αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για πρακτικές εφαρμογές σε πραγματικά συστήματα δικτύων διανομής ειδικά όπου δεν επαρκούν οι πληροφορίες του συστήματος (Mutikanga, 2012).

ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Η μέθοδος αυτή απαιτεί δημιουργία φαινομένων μεταφοράς αποδεκτού μεγέθους, μετρήσεις των αποκρίσεων (συνήθως αλλαγές πίεσης και παροχής) σε κατάλληλες θέσεις στο δίκτυο και ένα μοντέλο προσομοίωσης φαινομένων μεταφοράς των δικτύων στο οποίο εισάγεται το φαινόμενο και προσομοιώνεται μέχρι να επιτευχθεί το καλύτερο ταίριασμα μεταξύ της προσομοιούμενης και της μετρούμενης απόκρισης της πίεσης.

Οι Rudar και Liggett (1992) άνοιξαν τον δρόμο στην έρευνα για τον εντοπισμό των διαρροών βασιζόμενοι σε μετρήσεις πιέσεων και παροχών και επιλύοντας ένα αντίστροφο πρόβλημα υδραυλικού μοντέλου δικτύου σε σταθερή κατάσταση. Όμως κατέληξαν στο ότι ο εντοπισμός διαρροών μέσω του καλιμπραρίσματος του δικτύου σε σταθερή κατάσταση είναι απίθανο να επιφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα λόγω των περιορισμένων παρατηρήσεων και της απαίτησης να είναι γνωστοί οι συντελεστές τραχύτητας.

Οι Liggett και Chen (1994) ανέπτυξαν μια νέα μέθοδο εντοπισμού διαρροών βασιζόμενοι στην αντίστροφη ανάλυση φαινομένων μεταφοράς. Η μέθοδος καλιμπράρει και εντοπίζει διαρροές και παράνομη χρήση νερού ταυτόχρονα. Η διαδικασία του καλιμπραρίσματος διευκολύνεται από τεχνικές βελτιστοποίησης με την αντικειμενική συνάρτηση της ελαχιστοποίησης του αθροίσματος των τετραγώνων των διαφορών μεταξύ των μετρούμενων και υπολογιζόμενων αποκρίσεων της πίεσης:

$$E = \sum_{i=1}^M (h_i^m - h_i)^2 \quad (13)$$

Όπου E η αντικειμενική συνάρτηση, h_i^m το μετρούμενο ύψος πίεσης, h_i το ύψος πίεσης από το μοντέλο και M ο συνολικός αριθμός μετρήσεων. Το μοντέλο βασίζεται στην υπόθεση ότι είναι μια καλή αναπαράσταση της συμπεριφοράς του συστήματος. Σε αντίθεση με την υδραυλική προσομοίωση σε σταθερή κατάσταση, η ΑΑΦΜ μπορεί να παρέχει τον μεγάλο αριθμό δεδομένων που απαιτούνται για ένα επιτυχημένο καλιμπράρισμα. Χρησιμοποιήθηκε η τεχνική βελτιστοποίησης Levenberg-Marquardt για να ταιριάξει τις μετρήσεις με τα αποτελέσματα του μοντέλου. Το πρόβλημα με τη χρήση της τεχνικής αυτής είναι ότι το πεδίο αναζήτησης μπορεί να είναι πολύ μεγάλο και δεν εγγυάται σύγκλιση σε ένα ολικό ελάχιστο. Η ακρίβεια της αντίστροφης ανάλυσης εξαρτάται κατά πολύ από την ποιότητα και την ποσότητα των μετρήσεων και η βέλτιστη θέση των σημείων μέτρησης είναι απαραίτητη. Παρόλα αυτά, οι μεθοδολογίες διεξαγωγής των μετρήσεων είναι περιορισμένες πρακτικά λόγω των εξελιγμένων εργαλείων προσομοίωσης και βελτιστοποίησης που απαιτούνται για την επίλυση. Πρόσφατες πειραματικές μελέτες που βασίζονταν στην ΑΑΦΜ έδειξαν ότι είναι πιθανό να εντοπιστούν διαρροές σε αγωγούς από PVC με ακρίβεια 4-15% του συνολικού μήκους του αγωγού (Soares et al. 2011).

Τα πλεονεκτήματα των μεθόδων ΑΑΦΜ περιλαμβάνουν χαμηλού κόστους και μη επεμβατικό εντοπισμό διαρροών σε μεγάλες αποστάσεις σε σύγκριση με της ακουστικές συσκευές και είναι λιγότερο ευαίσθητες στους συντελεστές τραχύτητας αγωγών. Θεωρητικά, οι μέθοδοι αυτοί είναι εφαρμόσιμοι σε κάθε δίκτυο. Αν και έχουν αρκετά πλεονεκτήματα, η εφαρμογή τους σε πραγματικά δίκτυα διανομής είναι ακόμα περιορισμένη λόγω πρακτικών δυσκολιών όπως: 1. δίκτυα με πολλούς βρόγχους και πολλά εξαρτήματα που πιθανότατα θα αποσβέσουν γρήγορα κάθε προκαλούμενο κύμα, 2. δυσκολία στο να διαφοροποιηθούν οι ανακλάσεις των κυμάτων λόγω διαρροών από αυτές από άλλα γεγονότα όπως αλλαγές της ζήτησης ή κλείσιμο ή άνοιγμα μιας βαλβίδας, 3. ρίσκο πρόκλησης θραύσεων από τα προκαλούμενα φαινόμενα μεταφοράς και μόλυνση του νερού, 4. ένα καλό μοντέλο ΑΑΦΜ πρέπει να βασίζεται σε αρχικές συνθήκες που απαιτούν ένα καλιμπραρισμένο μοντέλο σταθερής κατάστασης όπου η διαρροή πρέπει να θεωρηθεί ως ζήτηση σε έναν κόμβο. Χωρίς σωστή εκτίμηση της διαρροής ως ζήτησης, πως μπορούν να παραχθούν οι αρχικές συνθήκες για την ανάλυση? Φαίνεται ότι η περισσότερη έρευνα πάνω στην ΑΑΦΜ για τον εντοπισμό διαρροών βρίσκεται σε αδιέξοδο.

Πίνακας 12 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ (Water Loss Control, 2008)

Τεχνική	Εντοπισμός/Εντοπισμός ακριβούς θέσης	Χρήση σε συνδυασμό με	Τύποι διαρροών που βρέθηκαν	Εντατικό εργατικό δυναμικό απαιτούμενο	Απαιτούμενο καλά καταρτισμένο προσωπικό
Οπτικός έλεγχος	Εντοπισμός	Τεχνική εντοπισμού ακριβούς θέσης	Διαρροές που φτάνουν στην επιφάνεια	όχι	όχι
Προσωρινός καταγραφέας ήχου	Εντοπισμός	Τεχνική εντοπισμού ακριβούς θέσης	Κυρίως διαρροές κύριων αγωγών	Μέτρια	Μέτρια
Έλεγχος βήματος	Εντοπισμός	Τεχνική εντοπισμού ακριβούς θέσης	Κυρίως διαρροές κύριων αγωγών	Μέτρια	Μέτρια
Μόνιμος καταγραφέας ήχου	Εντοπισμός	Τεχνική εντοπισμού ακριβούς θέσης	Κυρίως διαρροές κύριων αγωγών	Ναι	Ναι
Γενικός έλεγχος	Εντοπισμός και εντοπισμός ακριβούς θέσης	Καταγραφείς θορύβου και έλεγχος βήματος	Διαρροές κύριων αγωγών και συνδέσεων	Μέτρια	Ναι
Περιεκτικός έλεγχος	Εντοπισμός και εντοπισμός ακριβούς θέσης	Καταγραφείς θορύβου και έλεγχος βήματος	Διαρροές κύριων αγωγών και συνδέσεων	Ναι	Ναι

ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΜΗ ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

Τεχνική	Εντοπισμός/Εντοπισμός ακριβούς θέσης	Χρήση σε συνδυασμό με	Τύποι διαρροών που βρέθηκαν	Εντατικό εργατικό δυναμικό απαιτούμενο	Απαιτούμενο καλά καταρτισμένο προσωπικό
Χαρτογράφηση θορύβων	Εντοπισμός και εντοπισμός ακριβούς θέσης	Τεχνική εντοπισμού ακριβούς θέσης		Ναι	Ναι

Τεχνική	Επίπτωση στον χρόνο συνειδητοποίησης	Επίπτωση στον χρόνο εντοπισμού	Κατάλληλη κυρίως για
Οπτικός έλεγχος	Εάν είναι η μόνη εφαρμοζόμενη τεχνική οι χρόνοι συνειδητοποίησης θα είναι πολύ μεγάλοι	Απαιτείται επιπλέον ακριβής εντοπισμός της θέσης. Εξαρτάται από την διαθεσιμότητα προσωπικού και από την προτεραιότητα που δίνεται στο εκάστοτε γεγονός	Αρχικό έλεγχο σε εταιρείες με μεγάλα ποσοστά απωλειών και κακές υποδομές
Προσωρινός καταγραφέας ήχου	Θετική επίπτωση στον χρόνο συνειδητοποίησης. Εξαρτάται από τη συχνότητα χρήσης της τεχνικής	Απαιτεί επιπλέον ακριβή εντοπισμό της θέσης. Συνεπώς εξαρτάται κατά πολύ από την διαθεσιμότητα συνεργείου και την προτεραιότητα που δίνεται στο εκάστοτε γεγονός	Περιοχές με πολύ θόρυβο και για να αποφεύγεται η νυχτερινή εργασία των συνεργείων εντοπισμού διαρροών.
Μόνιμος καταγραφέας ήχου	Μειώνει τον χρόνο συνειδητοποίησης στις 2 ημέρες (εξαρτάται από τη συχνότητα συλλογής των καταγραφών)	Απαιτεί επιπλέον ακριβή εντοπισμό της θέσης. Συνεπώς εξαρτάται από την διαθεσιμότητα συνεργείου και την προτεραιότητα που δίνεται στο εκάστοτε γεγονός	Λόγω του υψηλού κόστους κεφαλαίου, είναι δύσκολο δικαιολογηθεί η μόνιμη εγκατάσταση
Έλεγχος βήματος		Απαιτεί επιπλέον ακριβή εντοπισμό της θέσης. Συνεπώς εξαρτάται από την διαθεσιμότητα συνεργείου και την προτεραιότητα που δίνεται στο εκάστοτε γεγονός	Αγροτικά συστήματα διανομής με υψηλά επίπεδα διαρροών
Γενικός έλεγχος	Εξαρτάται από τη συχνότητα του ελέγχου	Η ακριβής θέση εντοπίζεται κατευθείαν	Περιοχές όπου οι διαρροές εκδηλώνονται κυρίως στο σύστημα διανομής και οι αγωγοί και συνδέσεις είναι από μεταλλικό υλικό
Περιεκτικός έλεγχος	Εξαρτάται από τη συχνότητα του ελέγχου	Η ακριβής θέση εντοπίζεται κατευθείαν	Περιοχές με πολλές διαρροές συνδέσεων και με σημαντικό ποσοστό μη μεταλλικών υλικών. Η καταλληλότερη τεχνική για εντοπισμό όλων των διαρροών και αφαίρεση όλων των κρυμμένων διαρροών
Χαρτογράφηση θορύβων	Εξαρτάται από τη συχνότητα του ελέγχου	Η ακριβής θέση εντοπίζεται κατευθείαν-όλοι οι υπόλοιποι θόρυβοι που καταγράφονται πρέπει να διερευνηθούν και να επαληθευτούν	Σε περιοχές υψηλής πυκνότητας πυρσοβεστικών κρουσμών

4.3.2.6 ΖΩΝΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ DMAs

Η χρήση DMA μπορεί να αποτελεί ένα αναπόσπαστο κομμάτι της στρατηγικής ελέγχου των διαρροών για πολλές επιχειρήσεις νερού. Οι DMAs έχουν το πλεονέκτημα ότι συνδυάζουν δυο από τα τέσσερα εργαλεία εναντίον των πραγματικών απωλειών. Συμβάλλουν στη μείωση του

χρόνου συνειδητοποίησης ύπαρξης μιας διαρροής αναγνωρίζοντας νέες διαρροές μέσω ανάλυσης ελάχιστης νυκτερινής παροχής. Βελτιώνουν τις προσπάθειες για ενεργό έλεγχο διαρροών δίνοντας προτεραιότητα σε ελέγχους περιοχών όπου η DMA ανάλυση έχει δείξει ότι τα επίπεδα διαρροών είναι υψηλά. Οι DMAs μπορούν να σχεδιαστούν για μόνιμη εγκατάσταση ή για προσωρινές μετρήσεις. Η χρήση τους είναι πολύ κοινή σε κάποιες χώρες όπως στη Μ. Βρετανία όπου λειτουργούν μερικές χιλιάδες DMAs.

Χωρίζοντας το σύστημα διανομής σε μικρότερες, πιο απλές στη διαχείριση και την παρακολούθηση περιοχές, τα επίπεδα διαρροών μπορούν να ποσοτικοποιηθούν για κάθε υποζώνη και οι ενέργειες για έλεγχο των διαρροών να προσανατολιστούν προς εκείνες με τα υψηλότερα επίπεδα διαρροών. Επίσης, η προσέγγιση αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι όταν οι απώλειες μειωθούν στο βέλτιστο οικονομικά επίπεδο, είναι δυνατή η στενή παρακολούθηση της επόμενης αύξησης διαρροών στην υποζώνη. Το προσωπικό εντοπισμού διαρροών δεν χρειάζεται να μεταβεί στη DMA μέχρι το προκαθορισμένο όριο επιπέδου διαρροών. Το όριο αυτό καθορίζεται συνυπολογίζοντας το κόστος των απωλειών νερού και το κόστος προσωπικού και εξοπλισμού του συνεργείου εντοπισμού διαρροών.

ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ DMA ΚΑΙ Η ΑΠΟΔΟΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Μια DMA είναι μια υδραυλικά ξεχωριστή περιοχή που προμηθεύεται νερό από μια ή πολλές πηγές. Το νερό που παρέχεται στην DMA παρακολουθείται από μετρητές παροχής. Χωρίζοντας το δίκτυο σε μικρές στεγανές υποζώνες, οι εισερχόμενες ροές μπορούν να παρακολουθούνται συνεχώς και οι νυκτερινές παροχές να εξετάζονται ώστε να αποκαλύπτουν τυχόν διαρροές. Η τεχνική αυτή έχει αποδειχθεί να είναι μια από τις πιο επιτυχημένες στη μείωση της διάρκειας των κρυμμένων διαρροών και εκείνων που δεν έχουν αναφερθεί και συνεπώς στη μείωση του συνολικού όγκου πραγματικών απωλειών. Τα δυο βασικά πλεονεκτήματα της εγκατάστασης DMAs στα συστήματα διανομής είναι:

- Επιτρέπουν στο δίκτυο να διαιρεθεί σε μικρότερα κομμάτια με καθορισμένα όρια και εξοπλισμένα με μετρητές που παρακολουθούν την συνολική παροχή, γεγονός που επιτρέπει στην επιχείρηση να αναγνωρίζει την ύπαρξη θραύσεων και διαρροών που δεν έχουν αναφερθεί. Οι πληροφορίες που προκύπτουν από την ελάχιστη νυκτερινή παροχή χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση της ύπαρξης ή μη νέων διαρροών ή θραύσεων και επίσης για να μπουν σε προτεραιότητα ενέργειες εντοπισμού διαρροών στις DMA στις οποίες ο όγκος των διαρροών έχει αυξηθεί πάνω από το βέλτιστο οικονομικό όριο.
- Παρέχουν στην επιχείρηση την δυνατότητα να διαχειρίζεται την πίεση σε μικροκλίμακα διασφαλίζοντας ότι κάθε DMA λειτουργεί με τη βέλτιστη πίεση.

Η ανάλυση της ελάχιστης νυκτερινής παροχής χρησιμοποιείται επίσης σε συνδυασμό με τις πραγματικές απώλειες που προκύπτουν από το top-down ετήσιο υδατικό ισοζύγιο, για την επικύρωσή τους. Οι μετρήσεις στις DMA εξυπηρετούν στο να επαληθεύουν στο πεδίο τους όγκους των πραγματικών απωλειών που υπολογίστηκαν βάσει του υδατικού ισοζυγίου, με τους πραγματικούς όγκους που παρατηρήθηκαν στις DMAs. Οι επιχειρήσεις που δεν διαθέτουν μόνιμες DMAs μπορούν να εγκαταστήσουν μια ή περισσότερες προσωρινές, αντιπροσωπευτικές όλου του δικτύου για να εκτιμήσουν τις πραγματικές τους απώλειες μέσω bottom-up μετρήσεων.

Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό μιας DMA είναι:

- Το οικονομικό επίπεδο διαρροών ή η οικονομική συχνότητα επεμβάσεων πρέπει να ληφθούν υπόψη αφού θα επηρεάσουν το βέλτιστο μέγεθος της μελλοντικής DMA.

- Οι τύποι καταναλωτών (βιομηχανίες, οικογένειες, εμπορικοί καταναλωτές και κρίσιμοι καταναλωτές όπως νοσοκομεία κλπ) πρέπει να εκτιμηθούν.
- Οι υπάρχουσες ζώνες ελέγχου πίεσης πρέπει να εκτιμηθούν και αν είναι δυνατό να μετατραπούν σε DMAs. Αυτός είναι ο απλούστερος και οικονομικότερος τρόπος δημιουργίας DMA.
- Οι υψομετρικές μεταβολές πρέπει να ερευνηθούν εκτενώς.
- Οι DMAs πρέπει να σχεδιαστούν με τρόπο ώστε οι οριακές βαλβίδες να βρίσκονται σε μικρότερους αγωγούς.
- Οι υπάρχουσες βαλβίδες ελέγχου και οι κλειστές PRVs πρέπει να χρησιμοποιούνται ως οριακές βαλβίδες ώστε να παρέχουν επιπρόσθετη βοήθεια σε περίπτωση παροχής για πυρκαγιά.
- Τα όρια πρέπει να σχεδιαστούν έτσι ώστε να διαπερνούν όσο λιγότερους αγωγούς είναι δυνατό. Το όριο πρέπει να ακολουθεί τη 'γραμμή της ελάχιστης αντίστασης' χρησιμοποιώντας φυσικά γεωγραφικά και υδραυλικά όρια. Ο στόχος είναι προφανώς η ελαχιστοποίηση του κόστους εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης. Ένα υδραυλικό μοντέλο είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε αυτή την περίπτωση ώστε να αναγνωρίσει τα υπάρχοντα σημεία ισορροπίας όπου μια οριακή βαλβίδα μπορεί να κλείσει χωρίς να τροποποιεί τη λειτουργία του δικτύου και έτσι να αποφευχθούν προβλήματα πίεσης και ποιότητας νερού.
- Οι αγωγοί μεταφοράς και οι δεξαμενές δεν πρέπει να συμπεριληφθούν σε μια DMA.
- Η ποιότητα του νερού πρέπει να ελεγχθεί πριν και μετά την εγκατάσταση μιας DMA.
- Το στοχευόμενο τελικό επίπεδο διαρροών πρέπει να καθοριστεί ώστε να είναι σίγουρο ότι ο μετρητής και το PRV δεν θα έχουν υπερδιαστασιολογηθεί.
- Πρέπει να εκτιμηθούν οι απαιτήσεις για την ελάχιστη παροχή και πίεση για την περίπτωση πυρκαγιών και θεμάτων ασφαλείας.
- Πρέπει να εκτιμηθούν η ελάχιστη και η μέγιστη πίεση στο κρίσιμο σημείο της ζώνης.
- Πρέπει να ληφθούν υπόψη οι αλλαγές του συστήματος που απαιτούνται για εγκατάσταση μιας DMA όπως ο αριθμός νέων βαλβίδων, η εγκατάσταση σημείων μέτρησης και οι θάλαμοι τους.
- Η διαμόρφωση του συστήματος αντλιών και οι θέσεις των αντλιοστασίων πρέπει να συμπεριληφθούν στον σχεδιασμό.
- Κατά την επιλογή των θέσεων των μετρητών, είναι αναγκαίο να ληφθεί υπόψη το μέγεθος του (αγωγού τροφοδοσίας) μέσω του οποίου θα τροφοδοτείται η DMA. Τέτοιοι αγωγοί με μεγάλες διαμέτρους θα έχουν πολύ μικρές ταχύτητες παροχής κατά την περίοδο νυκτερινής ελάχιστης παροχής. Σε πολλές περιπτώσεις, οι ταχύτητες αυτές μπορεί να είναι κάτω από το όριο ακριβείας των μετρητών που πρόκειται να εγκατασταθούν. Επομένως είναι σημαντικό να εντοπιστούν αγωγοί τροφοδοσίας με μικρότερη διάμετρο.

Μερικά κριτήρια σχεδιασμού :

- *Μέγεθος της DMA*: Όσο μικρότερη είναι η DMA τόσο γρηγορότερα θα αναγνωρίζονται νέες θραύσεις από την παρακολούθηση και ανάλυση της ελάχιστης νυκτερινής ροής. Για παράδειγμα, αν μια DMA είναι μεγαλύτερη από 1000 νοικοκυριά είναι δύσκολο να διακρίνονται μικρές διαρροές. Το μέγεθος της εξαρτάται πλήρως από το οικονομικό

επίπεδο διαρροών. Εάν η οικονομική ανάλυση δείξει ότι είναι οικονομικό για την επιχείρηση να αναγνωρίζει αμέσως και να επιδιορθώνει νέες διαρροές, τότε το μέγεθος της DMA πρέπει να είναι λιγότερο από 1000 συνδέσεις. Γενικά όμως η DMA χρειάζεται να έχει μέγεθος από 3000 ως 5000 συνδέσεις.

- *Ποιότητα νερού:* Για να δημιουργηθεί μια DMA πρέπει να κλείσουν ορισμένες βαλβίδες και έτσι να δημιουργηθεί ένα όριο που έχει περισσότερα dead ends από ένα πλήρως ανοικτό σύστημα. Έτσι υπάρχει περίπτωση υποβάθμισης της ποιότητας του νερού λόγω διατάραξης της ροής (αρχικά) και στασιμότητας (τελικά). Όσο περισσότερες βαλβίδες είναι κλειστές, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι η φροντίδα στο να διασφαλίζεται προστασία για την ποιότητα του νερού. Αντιστρόφως, η δημιουργία μιας DMA επιτρέπει στην επιχείρηση να επικεντρώνεται πιο πολύ σε βαλβίδες, κρουνοί, επίπεδα πίεσης και στην ποιότητα το νερού από ότι σε ένα ανοικτό σύστημα. Πολλές φορές οι βαλβίδες παραβλέπονται σε θέματα συντήρησης με αποτέλεσμα να μην αποδίδουν σε επείγουσες καταστάσεις όπως σε θραύσεις αγωγών. Πρακτικές καλής διαχείρισης μπορούν να ενσωματωθούν στις DMA-προσπάθειες για σωστή διαχείριση των συχνά παραμελημένων στοιχείων του δικτύου. Οι επιχειρήσεις νερού που λειτουργούν πολλές DMAs συχνά έχουν καλύτερη διαχείριση βαλβίδων από εκείνες που δεν έχουν DMAs. Η καλή ποιότητα νερού μπορεί να διατηρηθεί με σωστή ρύθμιση των ορίων και με περιοδικό ξέπλυμα των αγωγών.
- *Απαιτήσεις ελάχιστης παροχής και πίεσης για παροχή πυρκαγιάς:* Κατά το σχεδιασμό μιας DMA είναι σημαντικό να εκτιμάται η επίπτωση που θα έχει στην ικανότητα να παρέχει επαρκή παροχή και πίεση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Κάποιες επιλογές είναι: η ύπαρξη πολλαπλών σημείων τροφοδοσίας όπου μόνο το βασικό έχει μετρητή DMA και τα υπόλοιπα είναι εξοπλισμένα με PRVs που ανοίγουν μόνο σε περίπτωση επείγουσας ανάγκης, ή η χρήση check valves στη θέση των κλειστών οριακών βαλβίδων, οι οποίες θα ανοίγουν όταν πέφτει η πίεση του συστήματος, όταν δηλαδή απαιτούνται παροχές νερού για πυρκαγιά.

ΑΡΧΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ DMA

Μετά από το στάδιο του σχεδιασμού, η DMA πρέπει να λειτουργήσει προσωρινά και να μαζευτούν διάφορες μετρήσεις ώστε να επιβεβαιωθεί η ακεραιότητα της και να συγκεντρωθούν τα απαραίτητα δεδομένα για τον σχεδιασμό του θαλάμου της DMA. Η DMA πρέπει να τεθεί σε λειτουργία κλείνοντας όλες τις οριακές βαλβίδες. Πρέπει να παρακολουθηθεί η τροφοδοσία της μέσω του αγωγού τροφοδοσίας χρησιμοποιώντας προσωρινούς μετρητές ροής.

Μετά, πρέπει να ελεγχθεί η ακεραιότητα των ορίων της DMA διεξάγοντας έναν έλεγχο πτώσης πίεσης. Κατά τη διάρκεια του ελέγχου αυτού πέφτει η πίεση σε διάφορα βήματα θέτοντας σε λειτουργία τη βαλβίδα ή το PRV που ελέγχει την εισροή στην μελλοντική DMA. Τέτοιου είδους έλεγχοι πρέπει να διεξάγονται κατά τη διάρκεια της ελάχιστης νυκτερινής παροχής (μεταξύ 1.00 και 4.00 π.μ) ώστε να αποφεύγονται διακοπές στην παροχή των καταναλωτών που θα προκαλούσαν παράπονα. Για να παρακολουθηθεί το αν η DMA είναι υδραυλικά στεγανή ή όχι, πρέπει να εγκατασταθούν αρκετοί καταγραφείς πίεσης έξω από τα όρια της DMA πριν το τεστ. Αυτοί θα καταγράψουν κάθε αλλαγή στην πίεση που σχετίζεται με τις προκαλούμενες πτώσεις της πίεσης μέσα στη DMA σε περίπτωση που αυτή δεν είναι στεγανή. Εκτός από τους καταγραφείς στα όρια, είναι απαραίτητο να εγκατασταθούν και άλλοι εντός της DMA. Αν κάποιες από τις καταγεγραμμένες πιέσεις των οριακών καταγραφέων έχουν το ίδιο προφίλ με αυτές των καταγραφέων που είναι τοποθετημένοι στο εσωτερικό της DMA, σημαίνει ότι η

DMA δεν είναι υδραυλικά στεγανή και ότι υπάρχει διασταυρούμενη σύνδεση με παρακείμενη περιοχή που δεν έχει αναγνωρισθεί.

Όταν πια επιβεβαιωθεί η ακεραιότητα της, είναι αναγκαίο να μετρηθεί η συνολική εισροή στην DMA για αρκετές ημέρες ώστε να συγκεντρωθούν τα απαραίτητα δεδομένα για τον υπολογισμό του όγκου των διαρροών ή για την εκτίμηση των μελλοντικών όγκων-στόχων των διαρροών. Στο στάδιο αυτό πρέπει να προσομοιωθεί η έκτακτη ανάγκη νερού στην περίπτωση πυρκαγιάς και να διαπιστωθεί εάν οι επιλεγμένοι αγωγοί τροφοδοσίας είναι ικανοί να παρέχουν επαρκή παροχή σε μια τέτοια συγκυρία. Εάν αποδειχθούν ανεπαρκείς πρέπει να ανασχεδιαστεί η DMA και είτε να αλλάξουν τα όρια της ή να συμπεριληφθεί στο σχεδιασμό ένας ακόμα αγωγός τροφοδοσίας.

ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ ΤΗΣ DMA

Η επιλογή και εγκατάσταση των μετρητών είναι σημαντικά στάδια της δημιουργίας μιας νέας DMA. Πρέπει να εξεταστεί η διαστασιολόγηση του μετρητή, η ικανότητα του να καταγράφει με ακρίβεια μέγιστες και ελάχιστες παροχές και να πληροί τις προδιαγραφές για παροχή πυρκαγιάς. Οι παροχές πυρκαγιάς εξαρτώνται από τα δημογραφικά των πελατών αφού οι απαιτήσεις αλλάζουν πολύ μεταξύ αστικών και βιομηχανικών κτηρίων και ιδρυμάτων.

Η επιλογή μετρητών εξαρτάται από:

- Το μέγεθος των αγωγών
- Το εύρος της παροχής
- Το ύψος απωλειών στις μέγιστες παροχές
- Τις απαιτήσεις για την αντιστροφή της ροής
- Την απαιτούμενη ακρίβεια
- Τις απαιτήσεις για μεταφορά δεδομένων
- Το κόστος του μετρητή
- Το κόστος συντήρησης του
- Τις προτιμήσεις της επιχείρησης ύδρευσης

Επιχειρήσεις που διαθέτουν καλιμπραρισμένα υδραυλικά μοντέλα μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν για να υπολογίσουν τα προβλεπόμενα εύρη παροχής στο σημείο μέτρησης της DMA αντί για προσωρινές μετρήσεις παροχών.

Εάν τα αρχικά επίπεδα διαρροών είναι πολύ υψηλά συνίσταται να γίνει μια αναλυτική προσπάθεια εντοπισμού των διαρροών και αποκατάστασης της πλειοψηφίας τους πριν την οριστικοποίηση του σχεδιασμού των μετρητών. Αυτό θα επιτρέψει στον σχεδιασμό να βασίζεται σε χαρακτηριστικά ροών, αντιπροσωπευτικά της επιθυμητής λειτουργίας αλλά και θα αποφευχθεί η υπερδιαστασιολόγηση των μετρητών.

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (DATA MONITORING)

Ο βέλτιστος οικονομικά όγκος διαρροών είναι βασικός παράγοντας επηρεασμού της επιλογής του εξοπλισμού παρακολούθησης και μεταφοράς δεδομένων. Σε επιχειρήσεις ύδρευσης όπου το κόστος του νερού είναι σχετικά χαμηλό, είναι εξαιρετικά πιθανό να μην υπάρχει οικονομικό κίνητρο για εντοπισμό των μικρών διαρροών άμεσα. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη απευθείας μετάδοσης δεδομένων. Τα δεδομένα από τη DMA μπορεί να μεταφέρονται

και να αναλύονται μια φορά την εβδομάδα. Εάν εκδηλώνονταν αρκετές διαρροές στην περίοδο αυτή, η ελάχιστη νυχτερινή παροχή θα έφτανε το επίπεδο επέμβασης μετά από κάποιες μέρες. Μόνο τότε θα κρινόταν απαραίτητη η μετάβαση ομάδας εντοπισμού διαρροών στην DMA ώστε να διεξαχθεί έλεγχος. Παρόλα αυτά υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές όσον αφορά την επιλογή του βέλτιστου χρόνου συλλογής δεδομένων παροχής και πίεσης από την DMA.

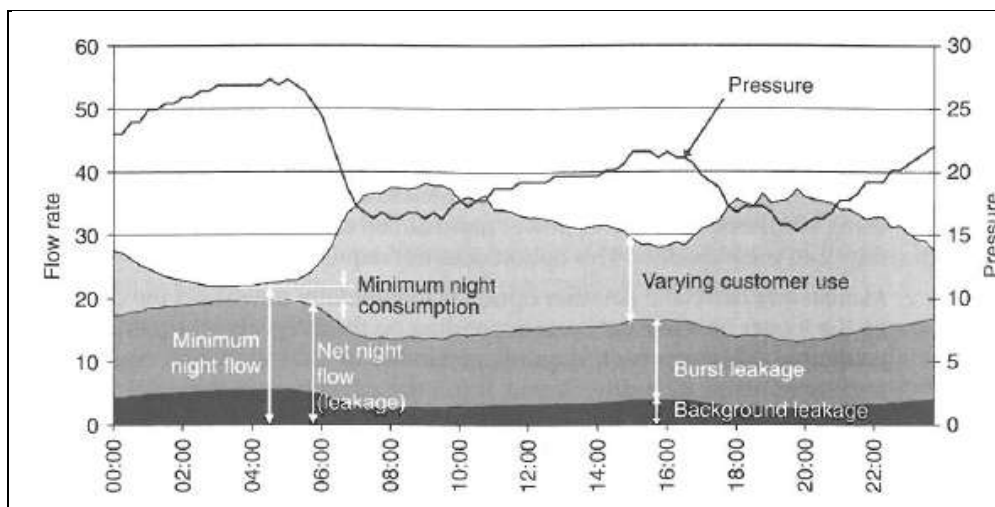
- *Απευθείας μετάδοση δεδομένων:* τα συστήματα SCADA χρησιμοποιούνται σε επιχειρήσεις ύδρευσης για να παρέχουν απευθείας παρακολούθηση και για να ελέγχουν τα αντλιοστάσια, τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, τις δεξαμενές, τους θαλάμους των PRV και άλλες εγκαταστάσεις. Τα τελευταία χρόνια ο ρόλος των SCADA επεκτάθηκε στο να περιλαμβάνει ασφάλεια, μετάδοση βίντεο, παρακολούθηση της ποιότητας του νερού και άλλες παραμέτρους που δεν σχετίζονται άμεσα με τη διανομή νερού. Εάν η απευθείας συλλογή δεδομένων είναι επιθυμητή, η χρήση ενός υπάρχοντος συστήματος SCADA είναι μια βιώσιμη επιλογή για πολλές επιχειρήσεις γιατί έτσι το μόνο καινούριο κόστος είναι αυτό μιας επιπλέον συσκευής καταληκτικού σημείου του συστήματος SCADA ή μιας απομακρυσμένης τελικής μονάδας (remote terminal unit). Εάν δεν υπάρχει σύστημα SCADA ήδη, η δυνατότητα να χειρίζονται πολλές DMAs από ένα σύστημα SCADA θα βοηθήσει να διασαφηνιστεί το κόστος ενός ολοκληρωμένου τέτοιου συστήματος στην επιχείρηση. Η απευθείας καταγραφή δεδομένων είναι κατάλληλη εάν η επιχείρηση χρειάζεται να ανταποκριθεί αμέσως σε μια νέα διαρροή ή θραύση στην DMA. Όμως οι περισσότερες διαρροές δεν φαίνονται αμέσως και αρχικά είναι μικρού όγκου και δεν ανακαλύπτονται μέχρι την επόμενη περίοδο ελάχιστης νυχτερινής παροχής. Για το λόγο αυτό δεν είναι απαραίτητη η απευθείας λήψη δεδομένων από τις DMA. Για συστήματα διανομής με σχετικά αργή εμφάνιση διαρροών, η υψηλότερη συχνότητα συλλογής δεδομένων που μπορεί να εξισορροπηθεί οικονομικά είναι μια φορά τη μέρα, ιδανικά τις πρώτες πρωινές ώρες μετά την περίοδο ελάχιστης νυχτερινής παροχής. Η επιλογή της παρακολούθησης δεδομένων μέσω συστήματος SCADA μπορεί να είναι η πιο περιεκτική αλλά δεν είναι πολύ πιθανό να εξισορροπηθεί το κόστος της μόνο από τη χρήση στην DMA. Συνήθως οι επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν SCADA βασίζονται στα πολλαπλά οφέλη της παρακολούθησης πολλών παραμέτρων σε πολλές θέσεις και εγκαταστάσεις.
- *Μετάδοση δεδομένων μέσω GSM τηλεμετρίας:* μια ακόμα επιλογή παρακολούθησης δεδομένων της παροχής και της πίεσης της DMA είναι μέσω της μετάδοσης δεδομένων μέσω παγκόσμιου συστήματος κινητής επικοινωνίας (GSM), μέσω sms. Αρκετοί κατασκευαστές παρέχουν καταγραφείς (loggers) που έχουν τη δυνατότητα να μεταδίδουν την καταγεγραμμένη ροή και πίεση σε τακτά διαστήματα μέσω sms. Οι καταγραφείς αυτοί μεταδίδουν τα δεδομένα σε έναν υπολογιστή σε ημερήσια, εβδομαδιαία ή μηνιαία βάση. Το κόστος της εναλλακτικής αυτής είναι πολύ χαμηλό. Όμως, είναι απαραίτητο να εκτιμηθεί το κόστος για τα sms αφού αυτό καθορίζεται από τον τοπικό παροχέα κινητής τηλεφωνίας. Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνδέσεις μέσω τηλεφώνου (dial up). Η εναλλακτική αυτή δεν απαιτεί παροχή ρεύματος.
- *Χειροκίνητη συλλογή δεδομένων:* μια ακόμα εναλλακτική είναι η χειροκίνητη λήψη των καταγεγραμμένων δεδομένων από τον logger σε συχνή βάση. Η προσέγγιση αυτή απαιτεί προσωπικό το οποίο θα επισκέπτεται τον εξοπλισμό της DMA σε σταθερή βάση και θα λαμβάνει τα δεδομένα. Έχει το πλεονέκτημα των συχνών οπτικών ελέγχων των μηχανημάτων αλλά και το μειονέκτημα ότι απαιτεί πολύωρη απασχόληση προσωπικού για τις συχνές αυτές επισκέψεις. Η εναλλακτική αυτή περιλαμβάνει το λιγότερο κόστος

εγκατάστασης αλλά τα λειτουργικά έξοδα είναι υψηλά καθώς απαιτείται προσωπικό και συχνές μετακινήσεις.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΤΩΝ DMA

Η ουσία της παρακολούθησης μιας DMA είναι η μέτρηση της παροχής σε μια χωριστή περιοχή με καθορισμένα όρια και η παρατήρηση των τυπικών μεταβολών της παροχής. Η εκτίμηση μιας συνιστώσας των πραγματικών απωλειών μέσω της ανάλυσης ελάχιστης νυχτερινής παροχής (minimum night flow analysis) γίνεται αφαιρώντας έναν εκτιμώμενο ή υπολογισμένο όγκο νυχτερινής κατανάλωσης για κάθε πελάτη που είναι συνδεδεμένος με τους αγωγούς της DMA. Κατά τη διάρκεια της περιόδου ελάχιστης νυχτερινής κατανάλωσης η εξουσιοδοτημένη κατανάλωση βρίσκεται στο ελάχιστο επίπεδο της και συνεπώς οι πραγματικές απώλειες βρίσκονται στο μέγιστο ποσοστό τους στη συνολική παροχή. Σε περιοχές που η άρδευση αποτελεί μεγάλο μέρος της ζήτησης κατά τη διάρκεια της περιόδου ελάχιστης νυχτερινής παροχής, η ακρίβεια και η εμπιστοσύνη των υπολογισμένων απωλειών μειώνεται. Το μέγεθος που προκύπτει από την αφαίρεση της νυχτερινής κατανάλωσης από την ελάχιστη νυχτερινή παροχή είναι γνωστό ως 'καθαρή νυχτερινή παροχή' (net night flow) και δίνει μια εκτίμηση των πραγματικών απωλειών κατά την περίοδο ελάχιστης νυχτερινής παροχής. Ο όγκος απωλειών μπορεί να διαμορφωθεί για όλο το 24ώρο με τη χρήση του FAVAD.

Η καθαρή νυχτερινή παροχή αποτελείται κυρίως από πραγματικές απώλειες του συστήματος διανομής και των αγωγών σύνδεσης μεταξύ του κύριου αγωγού και του μετρητή του πελάτη. Παρόλα αυτά μπορεί να περιλαμβάνει και διαρροές στο νοικοκυριό του πελάτη ή κατανάλωση από παράνομες συνδέσεις. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται τα αποτελέσματα μιας ανάλυσης ελάχιστης νυχτερινής παροχής:



Σχήμα 12: 24ώρη μοντελοποίηση διαρροών βάσει ανάλυσης ελάχιστης νυχτερινής παροχής (Water Loss Control, 2008)

Τα απαραίτητα δεδομένα για μια ανάλυση ελάχιστης νυχτερινής παροχής, εκτός από τις μετρήσεις της εισερχόμενης ροής και της μέσης πίεσης στο σημείο εισόδου είναι:

- Μήκος αγωγών
- Αριθμός συνδέσεων
- Αριθμός νοικοκυριών
- Αριθμός και τύποι μη νοικοκυριών

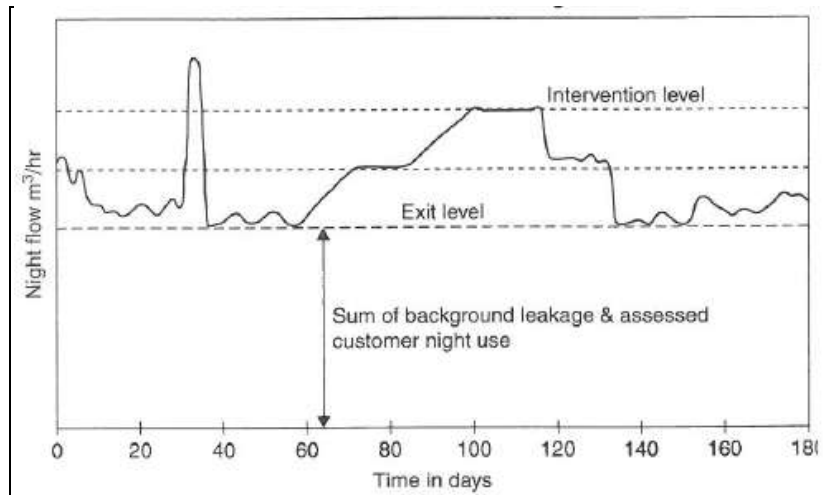
- Legitimate Νυχτερινή κατανάλωση (μπορεί να εκτιμηθεί μετρώντας ένα δείγμα πελατών και βγάζοντας συμπέρασμα για όλο τον πληθυσμό ή μετρώντας την συνολική κατανάλωση μέσω συστήματος AMR)

Η νυχτερινή κατανάλωση γενικά χωρίζεται σε τρία στοιχεία:

- *Ιδιαίτερη νυχτερινή χρήση:* κάποιοι δημόσιοι, εμπορικοί, βιομηχανικοί και αγροτικοί πελάτες θα έχουν σημαντική κατανάλωση νερού μέσα στη νύχτα λόγω της φύσης της επιχειρηματικής δραστηριότητάς τους. Οι πελάτες αυτοί πρέπει να αναγνωριστούν μέσα από συζητήσεις με τοπικούς φορείς και από ανάλυση των δεδομένων κατανάλωσης από το σύστημα τιμολόγησης. Η κατανάλωση των πελατών αυτών πρέπει να καταγράφεται κατά τη διάρκεια της ελάχιστης νυχτερινής κατανάλωσης ώστε να αφαιρείται με ακρίβεια από την ολική παροχή.
- *Νυχτερινή χρήση μη νοικοκυριών:* οι πελάτες αυτοί ίσως να καταναλώνουν κάποια ποσότητα νερού τη νύχτα, όπως τα καζανάκια σε δημόσιες τουαλέτες. Στις περιπτώσεις αυτές βάσει του τύπου των πελατών και της τυπικής δημοσιευμένης κατανάλωσης τους. Όπου είναι απαραίτητο αυτό, τα δεδομένα αυτά μπορούν να επιβεβαιωθούν από data logging μικρής διάρκειας συγκεκριμένων μετρητών.
- *Νυχτερινή χρήση νοικοκυριών:* οι οικιακοί χρήστες χρησιμοποιούν μια ποσότητα νερού την περίοδο της ελάχιστης νυχτερινής παροχής. Η κατανάλωση αυτή προκύπτει από καζανάκια, αυτόματα πλυντήρια ρούχων και πιάτων και πότισμα. Ιδανικά, οι μετρήσεις της νυχτερινής κατανάλωσης τυπικών πελατών νοικοκυριών μπορεί να συγκεντρωθούν για την προτεινόμενη DMA ώστε να αποφασιστεί το κατάλληλο επίπεδο νυχτερινής κατανάλωσης που θα συμπεριληφθεί στην ανάλυση νυχτερινής παροχής. Η νυχτερινή χρήση σε νοικοκυριά μπορεί να προσδιοριστεί μαζεύοντας δεδομένα από χειροκίνητες αναγνώσεις ή από AMR αναγνώσεις κατά την περίοδο ελάχιστης νυχτερινής κατανάλωσης ή από καταγραφείς (data loggers) της νυχτερινής οικιακής χρήσης. Εναλλακτικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένα από τη βιβλιογραφία. Εάν υπάρχει σημαντικό ποσοστό άρδευσης συγκεκριμένες φορές μέσα στο χρόνο, συνίσταται να διεξαχθεί ανάλυση της ελάχιστης νυχτερινής παροχής σε περιόδους που η άρδευση ελαχιστοποιείται, όπως την χειμωνιάτικη περίοδο.

ΘΕΤΟΝΤΑΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΙΣ ΠΡΟΣΠΑΘΕΙΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΣΕ ΜΙΑ DMA

Εάν έχουν δημιουργηθεί πολλές DMA σε μια περιοχή, οι όγκοι διαρροών μπορούν να εκτιμούνται για κάθε μια από αυτές σε συχνή βάση. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις μετρήσεις επιτρέπουν σε μια επιχείρηση να θέσει προτεραιότητες στις προσπάθειες για εντοπισμό των διαρροών, στοχεύοντας τις DMA με τον μεγαλύτερο όγκο απωλειών, στις οποίες οι ενέργειες εντοπισμού των διαρροών φέρνουν τα καλύτερα αποτελέσματα στη μείωση των πραγματικών απωλειών σε σχέση με την προσπάθεια που απαιτείται. Έτσι, οι DMA πρέπει να ταξινομηθούν ανάλογα με τον όγκο πραγματικών απωλειών ανά σύνδεση. Αυτό εφαρμόζεται σε επιχειρήσεις σε αστικές περιοχές, ενώ σε αγροτικές περιοχές οι επιχειρήσεις πρέπει να εξετάσουν το ενδεχόμενο να εκφράσουν τον όγκο των πραγματικών απωλειών ανά μήκος αγωγού. Η χρήση των DMA οδηγεί σε στρατηγικό προγραμματισμό των δραστηριοτήτων εντοπισμού διαρροών των συνεργείων. Ιδανικά, οι στόχοι για τις επεμβάσεις του εντοπισμού των διαρροών καθορίζονται βάσει της ανάλυσης του οικονομικά βέλτιστου όγκου σε κάθε DMA, όπως φαίνεται στο σχήμα:



Σχήμα 13: Παράδειγμα επιπέδου επέμβασης για εντοπισμό διαρροών σε μια DMA

Το παραπάνω σχήμα απεικονίζει ένα παράδειγμα συνεχόμενων μετρήσεων σε DMA και την αύξηση του όγκου διαρροών σε αυτή. Βάσει της ανάλυσης του οικονομικά βέλτιστου των πραγματικών απωλειών καθορίστηκε το βέλτιστο επίπεδο επέμβασης εναντίων των πραγματικών απωλειών. Όταν το επίπεδο αυτό προσεγγιστεί, μια ομάδα εντοπισμού μεταβαίνει στην DMA για να ανιχνεύσει τις διαρροές και να μειώσει τις πραγματικές απώλειες στο 'exit level' όπου περαιτέρω ενέργειες δεν είναι οικονομικά συμφέρουσες.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΙΑΣ DMA

Όπως κάθε άλλο κομμάτι του συστήματος διανομής, οι DMA χρειάζονται σωστή διαχείριση και συντήρηση ώστε να επιτευχθούν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Εξοπλισμοί της DMA όπως μετρητές ροής και PRVs πρέπει να συντηρούνται ώστε να διασφαλιστεί ότι συλλέγονται δεδομένα υψηλής ποιότητας. Είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της DMA να διατηρείται η ακεραιότητα της. Αυτό πραγματοποιείται διασφαλίζοντας ότι οι οριακές βαλβίδες δεν έχουν διαρροές και ότι δεν μεταφέρουν νερό σε παρακείμενες ζώνες. Οι οριακές βαλβίδες μπορούν να ανοίγουν προσωρινά για λειτουργικούς σκοπούς αρκεί μετά να ξανακλείνουν σωστά. Πρέπει να σημειώνονται καθαρά στους χάρτες και στο πεδίο ώστε να μην ανοίγονται ακούσια. Οι πληροφορίες αυτές θα βοηθήσουν την ομάδα διαχείρισης των διαρροών στο να ερμηνεύσει τυχόν μεγάλες παροχές ως διαρροές και θραύσεις, αντί για μια ανοικτή οριακή βαλβίδα.

Για κάθε DMA πρέπει να δημιουργείται ένας φάκελος που θα περιέχει πληροφορίες κλειδιά όπως τον αριθμό όλων των τύπων καταναλωτών, θέσεις ευαίσθητων πελατών και τα στοιχεία επικοινωνίας τους, αριθμός στομίων υδροληψίας, πληροφορίες για την πίεση και τους εκτιμώμενους ελάχιστους όγκους νυχτερινής κατανάλωσης. Η δημιουργία χάρτη με όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες είναι ένα ακόμα σημαντικό κομμάτι διαχείρισης. Πρέπει να κρατούνται αρχεία όλων των διαρροών που ανακαλύπτονται, για μελλοντικές αναλύσεις συνιστωσών (Water Loss Control, 2008).

4.3.2.7 ΕΛΕΓΧΟΣ ΓΙΑ ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

Από διαρροές στην δομή της δεξαμενής και από υπερχειλίσεις της μπορούν να χαθούν μεγάλοι όγκοι νερού. Οι διαρροές στη δομή είναι πιο συνήθεις σε παλιές υπόγειες δεξαμενές από τούβλο ή πέτρα που δεν έχουν επενδυθεί.

Ο πιο απλός τρόπος να γίνει έλεγχος διαρροών είναι να απομονωθεί η δεξαμενή από το σύστημα κλείνοντας τις βαλβίδες εισόδου και εξόδου, συνήθως κατά τη διάρκεια της νύχτας. Μετά από αυτό, μπορεί να διεξαχθεί είτε προσεκτική μέτρηση της πτώσης της στάθμης ή να εγκατασταθεί ένας καταγραφέας υψηλής ανάλυσης ο οποίος θα μετράει την πτώση της στάθμης με την πάροδο του χρόνου. Πρέπει να ελεγχθεί προσεκτικά το ότι η βαλβίδα εξόδου δεν επιτρέπει καμία διαφυγή νερού. Όταν το σχήμα της κατασκευής δεν είναι πρισματικό, είναι πιο δύσκολοι οι υπολογισμοί.

Εάν διαπιστωθεί διαρροή σε μια δεξαμενή, ένας τρόπος να βρεθεί ο ακριβής όγκος νερού που χάνεται είναι να χρησιμοποιηθεί λεπτή άμμος. Η λεπτή άμμος πασπαλίζεται στους τοίχους της δεξαμενής και τη βάση της και στα σημεία που επιδρά η αναρρόφηση της διαρροής δημιουργούνται κάποια μοτίβα. Σε πολλές περιπτώσεις όμως εάν η διαρροή είναι σημαντική, η δεξαμενή πρέπει να επενδυθεί, αρκεί η βασική της δομή να μην επηρεαστεί.

Οι υπερχειλίσσεις δεξαμενών είναι πιο πιθανές όπου η αποθήκευση είναι σε απομακρυσμένη θέση και το νερό δεν είναι ορατό ή εμφανές πάνω από το έδαφος, όπως θα συνέβαινε σε μια αστική περιοχή. Οι υπερχειλίσσεις συνήθως συμβαίνουν σε στιγμές μη-αιχμής όταν το ύψος απωλειών και η ζήτηση είναι χαμηλά. Συμβαίνουν συνήθως από εξοπλισμό ελέγχου και όργανα που δεν λειτουργούν σωστά ή απρόσεκτους διαχειριστές που αποτυγχάνουν να σταματήσουν το γέμισμα μιας δεξαμενής στην κατάλληλη στάθμη.

Οι αγωγοί υπερχειλίσσης πρέπει να επιθεωρούνται για τυχόν προφανή σημάδια στο έδαφος ή βρεγμένες κηλίδες. Μια ακόμα απλή μέθοδος είναι να σφηνώνεται μια σφαίρα ή άλλο αντικείμενο στον αγωγό κατά τη διάρκεια της ημέρας. Εάν η σφαίρα μετακινηθεί, σημαίνει ότι μάλλον συνέβη κάποια υπερχείλιση. Με έναν καταγραφέα μπορεί να γίνει μια πιο λεπτομερής ανάλυση. Όταν η στάθμη ανεβαίνει πάνω από τη στάθμη υπερχειλίσσης ξεκινούν να συμβαίνουν διαρροές. Σε συνδυασμό με την εγκατάσταση ενός προσωρινού μετρητή στην εισροή της δεξαμενής είναι απλό να υπολογιστεί ο όγκος των απωλειών. Όταν υπολογιστεί το μέγεθος αυτό μπορεί να εγκατασταθεί μια κατάλληλη και αποδοτική μέθοδος επέμβασης. Οι απλούστερες μορφές ελέγχου στάθμης είναι οι μηχανικές βαλβίδες που επιπλέουν ή οι βαλβίδες υψομέτρου. Παρόλα αυτά οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν συχνά συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου και SCADA για να τίθεται υπό έλεγχο η στάθμη. Σε μερικές περιπτώσεις οι δεξαμενές υπερχειλίζουν λόγω κακής λειτουργίας των συστημάτων αυτών που έχει προκληθεί από κεραυνό ή άλλες αιτίες.

Μερικές φορές το πρόβλημα έγκειται σε απουσία συντήρησης απλών μηχανικών λειτουργιών. Σε κάθε περίπτωση η απώλεια πρέπει να επιλυθεί με οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

Οι επιχειρήσεις με συστήματα τηλεμετρίας ή SCADA μπορούν να τα χρησιμοποιούν για περιοδικές αναγνώσεις μετρητών και αναλύσεις της κατάστασης των απωλειών μέσω περιοδικής μοντελοποίησης και εκτίμησης.

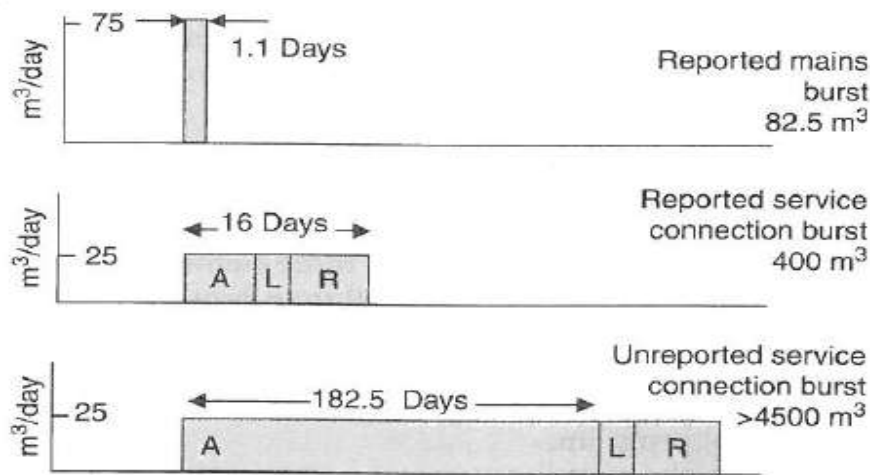
Κάθε σύστημα διανομής πρέπει να εκτιμάται ξεχωριστά πριν αποφασιστεί όποια μεθοδολογία θα ακολουθηθεί.

4.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ

4.4.1 ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Όπως ξανασυζητήθηκε, ο συνολικός χρόνος μιας διαρροής αποτελείται από τρία μέρη. Τον χρόνο συνειδητοποίησης της διαρροής, τον χρόνο εντοπισμού της, και τη διάρκεια των επισκευών της. Στην παρακάτω εικόνα απεικονίζονται οι επιπτώσεις των χρόνων αυτών στον συνολικό όγκο νερού που χάνεται από τη διαρροή. Όπως φαίνεται καθαρά, οι θραύσεις

αγωγών οι οποίες από τη φύση τους είναι αποδιοργανωτικές, εντοπίζονται πιο εύκολα και επισκευάζονται γρήγορα με αποτέλεσμα να αποτελούν μικρό όγκο απωλειών νερού. Ο λόγος είναι ότι αν και έχουν υψηλές παροχές, το προσωπικό ανταποκρίνεται γρήγορα σε τέτοια γεγονότα και το κομμάτι του αγωγού που έχει τη θραύση κλείνει αμέσως, οπότε ο όγκος των απωλειών είναι σχετικά μικρός.



Σχήμα 14: Διάρκεια διαρροών για θραύσεις αγωγών και συνδέσεων και μη αναφερόμενες θραύσεις συνδέσεων

Αντίθετα, οι μικρές διαρροές ειδικά σε αγωγούς συνδέσεων, γενικώς συντελούν με μεγάλους όγκους πραγματικών απωλειών λόγω της μεγάλης διάρκειας τους. Οι μικρές διαρροές μπορεί να τρέχουν για περιόδους εβδομάδων, μηνών ακόμα και χρόνων μέχρι να ανακαλυφθούν και να επισκευαστούν.

ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΣΥΝΕΙΔΗΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Κάποιες διαρροές αναφέρονται και κάποιες όχι. Αυτό έχει επίπτωση στο συνολικό χρόνο ροής της διαρροής, ειδικά στον χρόνο συνειδητοποίησης. Οι διαρροές που έχουν αναφερθεί έχουν μικρό χρόνο συνειδητοποίησης αφού μπορούν να γίνουν αντιληπτές στο δρόμο ή στην επιφάνεια του εδάφους (μερικές φορές στη μορφή καταστροφικών αστοχιών) και αναφέρονται στην επιχείρηση νερού ή μπορούν να προκαλέσουν πτώση της πίεσης παροχής και έτσι πάλι να αναφέρονται γρήγορα.

Οι διαρροές που δεν αναφέρονται μπορεί να ρέουν για πολύ μεγάλες περιόδους μέχρι να γίνουν μεγαλύτερες ώστε να φτάσουν στην επιφάνεια ή να προκαλέσουν καταστροφή και έτσι να αναφερθούν. Υπάρχουν δυο ενέργειες που βοηθούν στη μείωση του χρόνου συνειδητοποίησης των διαρροών που δεν έχουν αναφερθεί.

- **ΕΝΕΡΓΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ:** με μια εκστρατεία ενεργού ελέγχου διαρροών που καλύπτει όλο το σύστημα διανομής μια φορά το χρόνο μειώνεται ο χρόνος συνειδητοποίησης μιας διαρροής που δεν έχει ακόμα αναφερθεί στους 6 μήνες κατά μέσο όρο. Αν ο έλεγχος γινόταν 2 φορές το χρόνο, ο χρόνος συνειδητοποίησης αυτός θα μειωνόταν σε 96 μέρες κατά μέσο όρο, μειώνοντας τον όγκο διαρροών που σχετίζεται με διαρροές που δεν έχουν αναφερθεί στο μισό. Παρόλα αυτά, μια μείωση στη δραστηριότητα βολιδοσκόπησης του συστήματος κάθε 2 έτη θα επέτρεπε στις θραύσεις να ρέουν για 365 ημέρες κατά μέσο όρο πριν εντοπιστούν και επιδιορθωθούν. Φαίνεται λοιπόν καθαρά ο λόγος που ο εντοπισμός των θραύσεων που δεν έχουν αναφερθεί έχει τόσο σημασία για την επιχείρηση. Οι διάφορες συχνότητες ελέγχων διαρροών εμπεριέχουν διαφορετικά επίπεδα εξόδων-προσωπικό, εξοπλισμός και υλικά, και το

κόστος αυτό πρέπει να συγκριθεί με την ποσότητα του νερού που είτε θα εξοικονομούνταν από μια υψηλότερη συχνότητα ενεργού ελέγχου διαρροών ή θα χανόταν εξαιτίας χαμηλότερης συχνότητας ελέγχου.

- **DISTRICT METERED AREAS:** Χωρίζοντας το σύστημα διανομής σε μικρές στεγανές υποζώνες όπου η συνολική εισροή παρακολουθείται συνεχώς βοηθάει την επιχείρηση να συνειδητοποιήσει τις νέες διαρροές μόλις εκδηλωθούν. Με την εγκατάσταση DMA η επιχείρηση μπορεί να αναλύει την ελάχιστη νυχτερινή ροή σε ημερήσια ή εβδομαδιαία βάση για να αναγνωρίζει την ύπαρξη νέων διαρροών. Το μέγεθος των διαρροών που μπορούν να αναγνωριστούν από μια ανάλυση σε DMA εξαρτάται από το μέγεθος της DMA. Όσο μικρότερη είναι η DMA τόσο πιο μικρές διαρροές αναγνωρίζονται. Μια στρατηγική διαχείρισης διαρροών που συμπεριλαμβάνει DMA και ενεργό έλεγχο διαρροών είναι μια πιο αποδοτική προσέγγιση από ότι η τακτική της ακρόασης από μόνη της. Μια συνδυασμένη προσέγγιση όμως εμπεριέχει μεγαλύτερο κόστος αφού περιλαμβάνει τη δημιουργία και εγκατάσταση της DMA.

ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ

Ο χρόνος που περνάει μέχρι η επιχείρηση να εντοπίσει μια γνωστή διαρροή εξαρτάται από τον εξοπλισμό και τις ικανότητες του συνεργείου εντοπισμού των διαρροών στο να εντοπίζει την ακριβή θέση της. Ο χρόνος εντοπισμού μπορεί να μειωθεί εάν υπάρχουν διαθέσιμες περισσότερες, καταρτισμένες ομάδες εντοπισμού οι οποίες θα διαθέτουν και τον κατάλληλο εξοπλισμό και όχι μόνο μηχανικό εξοπλισμό ακρόασης. Η απόφαση για το πόσο γρήγορα η επιχείρηση θα ανταποκρίνεται σε μια γνωστή διαρροή εξαρτάται από την ανάλυση κόστους-οφέλους. Όσο περισσότερο νερό χάνεται τόσο πιο γρήγορα πρέπει να ανταποκρίνεται η επιχείρηση.

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

Ο χρόνος που περνάει μέχρι να αποκατασταθεί μια διαρροή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως τον αριθμό των διαθέσιμων συνεργείων, το επίπεδο κατάρτισης τους και τα κίνητρα τους, τον εξοπλισμό τους. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται επίσης κατά πολύ από την πολιτική της επιχείρησης. Υπάρχουν σημαντικές διαφορές στον χρόνο επισκευής από τη μια επιχείρηση στην άλλη. Εκείνες με την καλύτερη απόδοση επισκευάζουν τις διαρροές τους κατά μέσο όρο μέσα σε 12 με 24 ώρες από τη στιγμή που θα τις αντιληφθούν ενώ άλλες θα καθυστερήσουν βδομάδες ως και μήνες για να επισκευάσουν διαρροές που δεν προκαλούν προβλήματα στην παροχή ή καταστροφή στις υποδομές.

Σημαντικό παράγοντα στον συνολικό χρόνο επισκευής αποτελεί η πολιτική που ακολουθείται σχετικά με τους αγωγούς σύνδεσης των καταναλωτών. Είναι συνήθης πρακτική των επιχειρήσεων ύδρευσης να απαιτούν από τους πελάτες να έχουν την ευθύνη ενός κομματιού του αγωγού που φτάνει στην ιδιοκτησία τους. Το να απαιτείται από τους πελάτες να κανονίζουν τις επισκευές των διαρροών στα κομμάτια αυτά έχει αποδειχθεί μια πολύ ανεπαρκής πολιτική διαχείρισης των διαρροών, αφού ο πελάτης πάντα ανταποκρίνεται πολύ πιο αργά από τα εξειδικευμένα συνεργεία. Είναι οικονομικά εφικτό για τις επιχειρήσεις να έχουν σε λειτουργία προγράμματα επισκευών των συνδέσεων τα οποία θα αποκαθιστούν τις διαρροές σε 2 με 4 μέρες από τότε που θα τις αντιλαμβάνονται. Οι επισκευές εκείνες που αποτελούν ευθύνη των πελατών καθυστερούν κάποιες βδομάδες κατά μέσο όρο.

Σε ορισμένες περιπτώσεις οι πελάτες παύουν να έχουν την ευθύνη αυτή πληρώνοντας ένα επιπλέον μικρό αντίτιμο στην επιχείρηση ύδρευσης, ένα είδος εγγύησης δηλαδή, σε κάθε

λογαριασμό τους. Έτσι η επιχείρηση αναλαμβάνει να οργανώσει όλες τις επισκευές των συνδέσεων των καταναλωτών όταν εκδηλώνονται διαρροές χωρίς να επιβαρύνεται κάθε φορά ο πελάτης. Οι προσεγγίσεις αυτές γενικά χειρίζονται τις διαρροές στους αγωγούς σύνδεσης πιο αποδοτικά.

Ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η αποτελεσματικότητα της διαχείρισης της σειράς των εργασιών της επιχείρησης. Οι επιχειρήσεις ύδρευσης πρέπει να διαθέτουν ένα καλά οργανωμένο ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης της σειράς και ιεραρχίας των εργασιών τους και να μπορούν να αποθηκεύουν τα παράπονα των πελατών τους και τις ενέργειες που έχουν γίνει αλλά και να μπορούν να ανατρέχουν σε αυτά ανά πάσα στιγμή. Το σύστημα αυτό είναι απαραίτητο, ιδίως στις μεγάλες επιχειρήσεις που λαμβάνουν χιλιάδες παράπονα κάθε χρόνο. Όσον αφορά αυτές που χρησιμοποιούν αρχεία γραμμένα σε χαρτί, είναι πολύ σύνηθες αυτά να χάνονται και έτσι οι επιχειρήσεις να μην ανταποκρίνονται εγκαίρως σε πιθανές διαρροές που έχουν αναγνωριστεί κατά τη διάρκεια ελέγχων διαρροών. Οι διαχειριστές οφείλουν να επανεξετάσουν τη δομή της μεθόδου που χρησιμοποιούν ώστε να διασφαλίσουν ότι δεν εισάγονται τέτοιες περιττές καθυστερήσεις στη διαδικασία επισκευής των διαρροών.

Τέλος, η ανάλυση συνιστωσών των πραγματικών απωλειών αποτελεί ένα δυνατό εργαλείο προσδιορισμού των επιπτώσεων που έχουν οι διάφορες πολιτικές χρόνου επισκευής στο συνολικό όγκο πραγματικών απωλειών μιας επιχείρησης. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι πολιτικές επισκευών και οι βέλτιστοι χρόνοι αυτών πρέπει να βασίζονται σε μια σωστή ανάλυση κόστους-οφέλους (Water Loss Control, 2008).

4.4.2 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Η ποιότητα των επισκευών παίζει σημαντικό ρόλο στη συνολική προσπάθεια διαχείρισης διαρροών. Η ποιότητα των υλικών και των εργασιών είναι ο δυο κύριοι παράγοντες επηρεασμού της. Εάν η ποιότητα των επισκευών είναι φτωχή, υπάρχει σημαντική πιθανότητα να εκδηλωθούν ξανά διαρροές στα ίδια σημεία αλλά και στις χειρότερες περιπτώσεις, να δημιουργηθούν νέες διαρροές.

4.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

4.5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βελτιστοποίηση των συστημάτων είναι σε πολλές περιπτώσεις πολύ πιο αποδοτική από την επέκτασή τους και σίγουρα έχει πολύ θετικότερες επιρροές στο περιβάλλον. Πολλά συστήματα σχεδιάζονται λαμβάνοντας υπόψη το ελάχιστο επίπεδο πίεσης που απαιτείται για να καλυφθούν οι διάφοροι τύποι απαιτήσεων, κάτι που συχνά δεν συμβαίνει και για τα μέγιστα επίπεδα πίεσης. Εάν αυτά δεν λήφθηκαν καθόλου υπόψη στο στάδιο της εγκατάστασης, τότε θα υπάρχει μεγάλο περιθώριο βελτιστοποίησης των πιέσεων του συστήματος. Η διαχείριση της πίεσης είναι μια από τις βασικότερες και αποδοτικότερες μεθόδους βελτιστοποίησης των πιέσεων και σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να παρέχει γρήγορη απόσβεση μεγάλων επενδύσεων.

4.5.2 ΚΙΝΗΤΡΑ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

ΘΕΤΙΚΑ ΚΙΝΗΤΡΑ

- ΜΕΙΩΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Όπως όλες οι τεχνικές για την μείωση των απωλειών, η διαχείριση της πίεσης είναι μια μέθοδος που πρέπει να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλες μεθοδολογίες.

Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι μειώνοντας και σταθεροποιώντας την πίεση σε ένα σύστημα διανομής μειώνεται πολύ ο όγκος του νερού που χάνεται καθώς και η συχνότητα νέων διαρροών. Προφανώς δεν μπορούν όλα τα συστήματα να λειτουργήσουν με μειωμένη πίεση. Όμως υπάρχουν πολλά συστήματα που λειτουργούν με μεγαλύτερες πιέσεις από αυτές που απαιτούνται και τα οποία θα επωφελούνταν πολύ από ένα πρόγραμμα διαχείρισης πίεσης. Όταν οι περισσότεροι επαγγελματίες σκέφτονται την μείωση απωλειών, την συνδέουν άμεσα με ενέργειες μείωσης της πίεσης. Παρόλα αυτά σε πολλές περιπτώσεις και ειδικά σε συστήματα με αντλίες, οι διαρροές μπορούν να μειωθούν σημαντικά μέσω της πρόληψης έναντι πλήγματος.

- **ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ**

Σε περιπτώσεις άμεσης χρήσης της πίεσης, η μείωση της πίεσης μπορεί να αποτελεί αποτελεσματικό τρόπο ελέγχου της ανεπιθύμητης ζήτησης. Ένα απλό παράδειγμα είναι κάποιος ο οποίος βουρτσίζει τα δόντια του για 5 λεπτά σε υψηλή πίεση ή σε χαμηλή πίεση. Εάν η βρύση είναι ανοικτή για 5 λεπτά, θα καταναλωθεί πολύ λιγότερο νερό σε συνθήκες χαμηλότερης πίεσης.

Δεν συμβαίνει το ίδιο όμως σε συστήματα με δεξαμενές καθώς το υδραυλικό ύψος που καθορίζει την ζήτηση είναι συνάρτηση του ύψους πάνω από τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό και όχι της πίεσης.

Ενώ πολλές επιχειρήσεις δεν θέλουν να μειώσουν την ζήτηση νερού διότι αυτό θα δημιουργήσει αρνητική επίπτωση στους λογαριασμούς τους, πολλές άλλες έχουν διαπιστώσει ότι είναι πολύ πιο αποδοτικό οικονομικά να μειώσουν την ζήτηση από το να εφαρμόσουν ακριβά προγράμματα επέκτασης κεφαλαίου για να αυξήσουν την παροχή. Επιχειρήσεις με συστήματα άμεσης τροφοδοσίας πρέπει να αναλύσουν προσεκτικά τους τύπους ζήτησης μεταξύ των οικιακών και των βιομηχανικών καταναλωτών καθώς πολλοί τύποι είναι ογκομετρικοί άρα δεν θα επηρεαστούν από τη μείωση της πίεσης.

- **ΜΗ ΠΛΗΡΩΜΗ**

Κάποιες επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της μη πληρωμής, το οποίο είναι δύσκολο να επιλυθεί λόγω πολιτικών και κοινωνικών πιέσεων. Με άλλα λόγια υποχρεούνται να συνεχίζουν να παρέχουν νερό στους πελάτες ακόμα και αν εκείνοι δεν πληρώνουν. Στις περιπτώσεις αυτές η διαχείριση της πίεσης ώστε να μειωθεί η κατανάλωση, διατηρώντας ένα ελάχιστο επίπεδο παροχής, είναι υψίστης σημασίας για τη βελτιστοποίηση των απωλειών και την εξοικονόμηση πόρων.

Σε κάποιες περιπτώσεις απαγορεύεται η αύξηση της παροχής λόγω περιβαλλοντικών περιορισμών. Η μείωση της πίεσης μπορεί να πραγματοποιηθεί σε επίπεδο ζώνης ή σε επίπεδο μεμονωμένου πελάτη.

Η μείωση της πίεσης επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως επείγον μέτρο για τον έλεγχο της ανομβρίας. Τα επίπεδα παροχής και διαρροών μπορούν να μειωθούν δραστικά μέχρι τα αποθέματα να ξαναφτάσουν τα κανονικά επίπεδα.

- **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΝΟΜΗ ΝΕΡΟΥ**

Πολλά συστήματα διανομής νερού αντιμετωπίζουν προβλήματα παροχής προς κάποιους πελάτες ενώ κάποιοι άλλοι έχουν συνεχή παροχή νερού. Η αιτία μπορεί να είναι πεπαλαιωμένες υποδομές, κακός σχεδιασμός, γεωγραφικοί περιορισμοί ή η δημογραφική διάρθρωση. Η διαχείριση της πίεσης, χρησιμοποιώντας όχι μόνο τεχνικές μείωσης πίεσης αλλά

και τεχνικές διατήρησης της μπορεί να διασφαλίσει ότι το σύστημα διανέμει νερό όσο πιο ισότιμα γίνεται.

- **ΔΙΑΣΦΑΛΙΣΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ**

Η εφαρμογή σχεδίων διαχείρισης πίεσης μπορεί να βοηθήσει τους χειριστές να διασφαλίσουν ότι οι δεξαμενές παραμένουν σε ρεαλιστικά επίπεδα στάθμης που επιτρέπουν να εξυπηρετούν τις ανάγκες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό βαλβίδων μείωσης πίεσης, διατήρησης πίεσης και ελέγχου της παροχής. Ο έλεγχος της στάθμης επίσης διασφαλίζει ότι οι δεξαμενές δεν θα υπερχειλίζουν σε ώρες εκτός αιχμής όταν η ζήτηση και το ύψος απωλειών είναι χαμηλά και η πίεση μέγιστη. Οι υπερχειλίσεις δεξαμενών μπορούν να αποτελέσουν μεγάλο κομμάτι των απωλειών αν δεν χειρίζονται και δεν βαθμονομούνται σωστά.

- **ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ**

Οι υδραυλικές συγκρούσεις, τα φαινόμενα μεταφοράς και το πλήγμα κριού προκαλούνται από γρήγορες μεταβολές στο σύστημα. Δυστυχώς, τα περισσότερα συστήματα αντιμετωπίζουν περιπτώσεις όπου ένας χειριστής κλείνει μια βαλβίδα πολύ γρήγορα ή το αντίθετο. Ίσως ένα στόμιο υδροληψίας να τίθεται σε λειτουργία γρήγορα σε μια έκτακτη ανάγκη ή ένας μεγάλος καταναλωτής σταματάει ξαφνικά να καταναλώνει νερό. Χωρίς έλεγχο βαλβίδων στο σύστημα, επιτρέπεται σε παροδικούς κυματισμούς να μεταφέρονται μπροστά και πίσω στο σύστημα, προκαλώντας καταστροφή σε κάθε αδύναμο σημείο. Ο κατάλληλος εξοπλισμός για τέτοιου είδους περιπτώσεις είναι οι βαλβίδες ανακούφισης της πίεσης, όμως και απλές μέθοδοι διαχείρισης της πίεσης είναι επίσης αποτελεσματικά στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων των φαινομένων αυτών. Επίσης, οι απλές βαλβίδες μείωσης της πίεσης θα μετρίαζαν τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις.

- **ΜΕΙΩΜΕΝΑ ΠΑΡΑΠΟΝΑ ΠΕΛΑΤΩΝ**

Τα προγράμματα διαχείρισης της πίεσης σχεδιάζονται όχι μόνο για να μειώσουν την πίεση αλλά και για να παρέχουν παροχή σταθερής πίεσης και όγκου. Κάποιοι πελάτες έχουν μειωμένη πίεση κάποιες ώρες της ημέρας, η οποία οφείλεται σε μεγάλο ύψος απωλειών του συστήματος. Υψηλές ταχύτητες που μπορεί να οφείλονται σε ανεξέλεγκτη ζήτηση στα κατάντη του πελάτη, προκαλούν μεγάλο ύψος απωλειών. Άλλοι πελάτες παραπονιούνται για πιέσεις οι οποίες είναι πολύ υψηλές και προκαλούν καταστροφές σε εξοπλισμούς των νοικοκυριών. Η ανεξέλεγκτη διαρροή μπορεί επίσης να προκαλέσει μείωση της παροχής.

ΠΙΘΑΝΕΣ ΑΝΗΣΥΧΙΕΣ

Διαβάζοντας τα προηγούμενα μπορεί να δημιουργηθεί η εντύπωση ότι η διαχείριση της πίεσης είναι η απάντηση σε όλα τα προβλήματα της επιχείρησης. Ένα λανθασμένο εφαρμοσμένο πρόγραμμα όμως, μπορεί να δημιουργήσει νέα προβλήματα. Όταν τίθεται υπό συζήτηση ένα πρόγραμμα πριν εφαρμοστεί οι συνήθεις ανησυχίες είναι οι εξής: ανησυχίες για την πυροπροστασία, για απώλεια εσόδων και για το αν οι δεξαμενές γεμίζουν τη νύχτα.

- **ΑΝΗΣΥΧΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΥΡΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑ**

Όταν η παροχή για την πυροπροστασία αποτελεί ανησυχία, οι επιμέρους τομείς μπορούν να έχουν πολλά σημεία τροφοδοσίας τα οποία να ελέγχονται από PRVs με ικανότητα διαμόρφωσης της ροής. Ως εκ τούτου, αν υπάρχει φωτιά, το σύστημα θα έχει επαρκή ικανότητα να διατηρήσει τις πιέσεις και τις παροχές για πυρόσβεση. Οι βαλβίδες αυτόματα θα ρυθμίσουν την πίεση όπως καθορίζεται από τις απαιτήσεις.

Τα συστήματα που δεν διαθέτουν τις βαλβίδες αυτές συχνά έχουν μια μεγάλη sleeper βαλβίδα είτε παράλληλα με τη βαλβίδα λειτουργίας ή σε μια στρατηγική είσοδο στον τομέα. Η βαλβίδα αυτή θα ανοίγει όταν η πίεση πέφτει λόγω επιπλέον ύψους απωλειών λόγω της παροχής πυροπροστασίας.

Τα συστήματα πρέπει να έχουν διαθέσιμη υπολειπόμενη πίεση 20psi όταν λειτουργούν οι κρουνοί και 40psi στατικό ύψος. Οι κρουνοί κωδικοποιούνται βάσει ελέγχων ως προς την παροχετευτική ικανότητα τους σε αυτές τις πιέσεις αναφοράς.

Προφανώς, όταν καταστρώνονται τομείς ελεγχόμενης πίεσης σε ένα σύστημα, τα όρια αυτά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Οι περισσότερες χώρες έχουν ένα είδος κώδικα όσον αφορά την πυροπροστασία ο οποίος πρέπει να ακολουθείται όταν σχεδιάζεται ένα πρόγραμμα διαχείρισης της πίεσης.

• ΑΠΩΛΕΙΑ ΕΣΟΔΩΝ

Όσον αφορά την απώλεια εσόδων, τα συστήματα με υψηλές απώλειες πάντα θα επωφελούνται από την διαχείριση της πίεσης. Τα χαμένα έσοδα συμπεριλαμβάνονται στους υπολογισμούς κόστους- οφέλους ως κόστος εναντίον του σχεδίου όπως και το κόστος εγκατάστασης και παραγωγής. Το ίδιο ισχύει και για συστήματα με χαμηλότερες απώλειες και υψηλό κόστος αγοράς νερού. Σε περιπτώσεις όπου μια απώλεια εσόδων είναι μη ανεκτή, η διαχείριση της πίεσης μπορεί να περιοριστεί σε νυχτερινές ώρες όπου η νόμιμη κατανάλωση είναι στο ελάχιστο και οι πιέσεις είναι μέγιστες.

Μια μεγάλη μερίδα χρησιμοποιούμενου νερού προέρχεται από την τουαλέτα. Τουαλέτες τύπου ντεπόζιτου χρησιμοποιούν σταθερό όγκο ο οποίος δε μεταβάλλεται σημαντικά όταν μειώνεται η πίεση. Υπάρχουν επίσης και άλλες χρήσεις νερού σταθερού όγκου στο νοικοκυριό, οι οποίες και αυτές δεν θα επηρεαστούν σημαντικά από αλλαγή στην πίεση.

Πριν την εφαρμογή ενός προγράμματος πρέπει να ελεγχθεί αν η κατά κεφαλήν χρήση νερού είναι υψηλή. Εάν είναι υψηλή τότε η διαχείριση της πίεσης θα γίνει αναπόσπαστο κομμάτι του προγράμματος προστασίας και συντήρησης. Εάν όχι, πρέπει να καθοριστούν τα συστατικά της κατανάλωσης στη ζώνη (οικιακή, βιομηχανική, εμπορική), η ογκομετρική κατανάλωση και η κατανάλωση που σχετίζεται άμεσα με την πίεση. Τότε μπορούν να αναλυθούν τα πιθανά οφέλη της μείωσης των απωλειών ως προς την μείωση των εσόδων.

• ΓΕΜΙΣΜΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

Όσον αφορά δεξαμενές που δεν γεμίζουν τη νύχτα λόγω μειωμένης πίεσης, πολλά προγράμματα μείωσης απωλειών επικεντρώνονται σε μικρότερους αγωγούς επιτρέποντας μείωση απωλειών σε επιλεγμένες θέσεις και κανονική πίεση συστήματος σε μεγαλύτερους αγωγούς και αγωγούς μεταφοράς. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό ειδικά σε συστήματα με αντλίες όπου οι δεξαμενές ισορροπούν με την πίεση του συστήματος. Τα βαρυστικά συστήματα επηρεάζονται λιγότερο.

Οι δεξαμενές είναι συνήθως συνδεδεμένες με μεγάλους αγωγούς οπότε συνήθως δεν δημιουργούνται προβλήματα. Οι περισσότερες επιχειρήσεις διαπιστώνουν πως οι μη ορατές απώλειες τείνουν να συμβαίνουν στους μικρότερους αγωγούς και στις συνδέσεις και επομένως δεν μειώνεται σημαντικά η αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος διαχείρισης της πίεσης από τον αποκλεισμό των μεγαλύτερων αγωγών από την εξεταζόμενη περιοχή (Water Loss Control 2008).

4.5.3 ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

ΖΩΝΟΠΟΙΗΣΗ

Η ζωνοποίηση είναι από τις βασικές μορφές διαχείρισης πίεσης και είναι ακόμα πολύ αποτελεσματική. Οι υποζώνες χωρίζονται είτε φυσικά ή με βαλβίδες και συνήθως είναι αρκετά μεγάλες και με πολλά σημεία τροφοδοσίας, έτσι συνήθως δεν παρουσιάζουν υδραυλικά προβλήματα εξαιτίας των κλεισιμάτων των βαλβίδων. Τα συστήματα που τροφοδοτούνται βαρυτικά συνήθως ζωνοποιούνται βάσει υψομέτρου εδάφους και εκείνα που τροφοδοτούνται με αντλίες βάσει της στάθμης των ανυψωμένων δεξαμενών.

Από τα δυσκολότερα σημεία της προσπάθειας ελέγχου της πίεσης χρησιμοποιώντας μόνο ζωνοποίηση είναι ο έλεγχος με οριακές βαλβίδες. Στις μέρες μας είναι διαθέσιμες συσκευές τηλεμετρίας που μεταδίδουν την κατάσταση της βαλβίδας κάθε φορά που ενεργοποιείται και έτσι επιτρέπουν στους διαχειριστές να ελέγχουν την ακεραιότητα των ζωνών και διασφαλίζουν ότι επιστρέφουν στο κανονικό μετά από μια επείγουσα ανάγκη ή μια διαδικασία συντήρησης.

Η ζωνοποίηση στην απλούστερη μορφή της δεν απαιτεί την εγκατάσταση ακριβών συσκευών, όμως χωρίς αυτά σε πολλές περιπτώσεις δεν είναι αποδοτική, έτσι πολλά συστήματα που είχαν κάνει ζωνοποίηση πριν πολλά χρόνια διαπιστώνουν ότι είναι πολύ αποδοτικό να εφαρμοστεί πιο εξελιγμένη τεχνολογία ελέγχου.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΤΛΙΩΝ

Χρησιμοποιείται ως μέθοδος ελέγχου της πίεσης του συστήματος. Οι αντλίες ενεργοποιούνται ή απενεργοποιούνται ανάλογα με τη ζήτηση του συστήματος. Η μέθοδος είναι αποτελεσματική εάν το μειωμένο επίπεδο άντλησης (συνήθως τη νύχτα) μπορεί να διατηρήσει τα επίπεδα των δεξαμενών και πρέπει να επανεξετάζεται όσον αφορά την αποδοτικότητα της σε χρήση ενέργειας. Οι αντλίες μπορεί να λειτουργούν πέρα από το προφίλ σχεδιασμού εάν υπόκεινται σε εναλλαγή της παροχής από βαλβίδες (valve throttling) στα ανάντη ή σε ζήτηση πέραν του ορίου σχεδιασμού. Μη αποδοτικές αντλίες μπορούν να προκαλέσουν τεράστιες αυξήσεις στην κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος και σε κάποιες περιπτώσεις ακριβά πρόστιμα για υπερβολική χρήση σε ώρες αιχμής. Παρόλα αυτά, σωστά ελεγχόμενες αντλίες με εξοπλισμό εναλλαγής της ταχύτητας μπορούν να παρέχουν αποτελεσματικό έλεγχο πίεσης.

THROTTLED LINE VALVES

Πολλοί διαχειριστές συστημάτων θέλοντας να μειώσουν την πίεση κλείνουν μερικώς μια βαλβίδα πεταλούδας για να δημιουργήσουν απώλειες και έτσι να μειώσουν την πίεση. Η μέθοδος αυτή είναι η λιγότερο αποτελεσματική διότι οι απώλειες που δημιουργούνται θα αλλάζουν όταν αλλάζει η ζήτηση. Τη νύχτα, όταν ένα σύστημα διανομής χρειάζεται την ελάχιστη πίεση, η πίεση θα είναι μεγαλύτερη και κατά τη διάρκεια της μέρας όπου το σύστημα χρειάζεται τη μέγιστη πίεση, αυτή θα είναι χαμηλότερη.

ACVS- ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΕΚΡΟΗΣ

Αποτελεί μια παραδοσιακή μέθοδο ελέγχου και χρησιμοποιεί μια βαλβίδα ελέγχου. Η μέθοδος βαλβίδας ελέγχου σταθερής εκροής είναι αποτελεσματική σε περιοχές με χαμηλό ύψος απωλειών και ζήτηση που δεν μεταβάλλεται σημαντικά από εποχή σε εποχή. Σε περιοχές με άλλα χαρακτηριστικά, η χρήση της μπορεί να είναι μη αποδοτική, αφού οι πιέσεις της εκροής πρέπει να οριστούν αρκετά ψηλά ώστε να επαρκούν για την ώρα αιχμής της ζήτησης.

4.5.4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ-ΘΕΩΡΙΕΣ ΠΙΕΣΗΣ/ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Έχει αποδειχτεί ότι η σχέση μεταξύ των διαρροών και της πίεσης δεν σχετίζεται απλώς με τη ρίζα της πίεσης αλλά έναν εκτεταμένο νόμο. Όπως οι διαρροές σε αγωγούς PVC, πολλοί άλλοι τύποι διαρροών, ειδικά ενώσεων υπόκεινται σε αλλαγές στο μέγεθος τους όσο η πίεση αλλάζει. Αυτό σημαίνει ότι με μια μείωση της πίεσης δεν θα αλλάξει μόνο η ταχύτητα ροής της διαρροής αλλά και η επιφάνεια της.

ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Οι παραδοσιακοί υπολογισμοί της μείωσης της πίεσης θεωρούσαν σταθερό το εμβαδό της διαρροής. Όταν η πίεση άλλαζε από P_0 σε P_1 , ο ρυθμός διαρροής άλλαζε από L_0 σε L_1 :

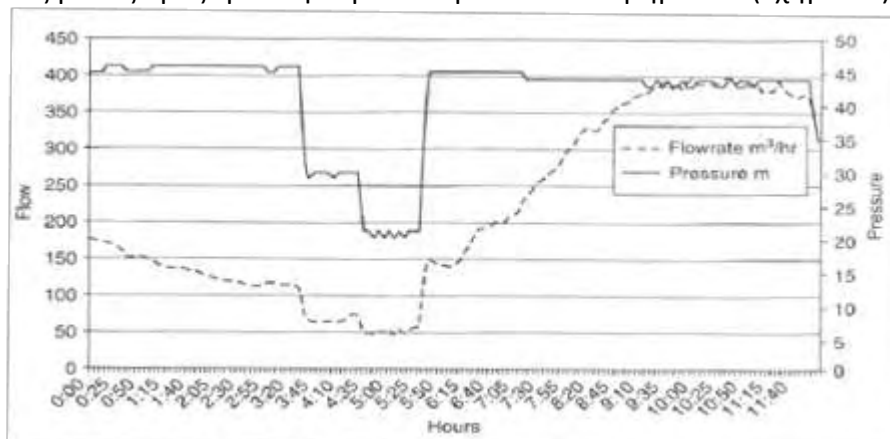
$$L_1 = L_0 \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{0.5} \quad (14)$$

ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Μια διαρροή μπορεί να περιγραφεί είτε μέσω σταθερών ή μεταβλητών μεθόδων. Διαρροές σταθερού εμβαδού μπορεί να είναι μικρές τρύπες σε γαλβανισμένους αγωγούς ή τρύπες σε αγωγούς από χυτοσίδηρο. Αυτός ο τύπος διαρροών ακολουθεί τον τρόπο υπολογισμού που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Η εξοικονόμηση νερού μέσω της μείωσης διαρροών σταθερού εμβαδού είναι συνήθως πιο συντηρητική από ότι σε διαρροές μεταβλητού εμβαδού.

Διαρροές μεταβλητού εμβαδού συμβαίνουν συνήθως σε συστήματα με αγωγούς PVC ή πλαστικούς, σε συστήματα με διαρροές στις ενώσεις και σε άλλα με πολλές background απώλειες. Δεν υπολογίζονται με την δύναμη της τετραγωνικής ρίζας αλλά με έναν όρο που εξαρτάται από το σύστημα. Το N1 παίρνει τιμές από 0.6 ως 2.5 και πρέπει να υπολογίζεται ξεχωριστά σε κάθε ζώνη. Διεθνείς έρευνες έχουν αναγνωρίσει όμως ότι η τιμή 1.15 είναι αντιπροσωπευτική μεγάλων ζωνών με ποικίλα υλικά.

Ο υπολογισμός του N1 είναι απλός και μπορεί να διεξαχθεί με καταγραφείς δεδομένων στο πεδίο ή με το χέρι μέσω αναγνώσεων πιέσεων και παροχών. Ο τύπος του ελέγχου αυτού ονομάζεται 'έλεγχος βήματος'. Για να υπολογιστεί το σωστό N1, οι πιέσεις και η παροχή πρέπει να ελεγχθούν τη νύχτα σε συνθήκες σταθερής ζήτησης. Η πίεση πρέπει να μειωθεί είτε μέσω μείωσης της σε μια PRV ή μέσω μεταβολής μιας βαλβίδας ελέγχου (gate valve). Η αντίστοιχη μείωση της παροχής θα υποδείξει το N1. Συνήθως, το N1 που θα χρησιμοποιηθεί τελικά είναι ένας μέσος όρος τριών ή περισσότερων τέτοιων βημάτων (Σχήμα 15).



Σχήμα 15: Η μείωση της πίεσης προκαλεί μείωση της ροής

ΔΙΑΡΡΟΕΣ ΒΑΣΗΣ (BACKGROUND LOSSES)

Ενώ πολλές επιχειρήσεις διεξάγουν αποτελεσματικές εκτιμήσεις των διαρροών, εντοπισμό και επιδιόρθωση τους, ένα στοιχείο τους παραμένει μη ανιχνεύσιμο. Αυτό συχνά αναφέρεται ως διαρροές background. Οι διαρροές αυτές διαμορφώνονται από πολλές μικροσκοπικές τρύπες, διαρροές ενώσεων, στάξιμο κλπ τα οποία δεν μπορούν να ανιχνευθούν με τα παραδοσιακά μέσα. Ο μόνος αποτελεσματικός τρόπος μείωσης τους (εκτός από τη διαχείριση υποδομών που θα συζητηθεί στο επόμενο κεφάλαιο), είναι η διαχείριση της πίεσης. Υψηλά ποσοστά background απωλειών συναντιούνται συχνά σε συστήματα μεγάλης πυκνότητας συνδέσεων και στομίων υδροληψίας, ή σε συστήματα που είναι δύσκολο να συντηρηθούν λόγω αστικοποίησης.

ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ ΝΕΩΝ ΔΙΑΡΡΟΩΝ

Η διαχείριση της πίεσης βοηθάει στη μείωση όχι μόνο του όγκου απωλειών και των background απωλειών αλλά της συχνότητας εμφάνισης νέων διαρροών. Πρέπει να σημειωθεί ότι η πίεση δεν είναι ο μόνος παράγοντας που επηρεάζει τη συχνότητα των νέων διαρροών αλλά είναι ένας από τους σημαντικότερους. Άλλοι παράγοντες μπορεί να είναι οι συνθήκες εδάφους, οι συνθήκες της κυκλοφορίας του δρόμου, το υλικό του αγωγού, η θερμοκρασία και οι επιχώσεις. Μια μέθοδος εκτίμησης της μείωσης της συχνότητας των θραύσεων λόγω μείωσης της πίεσης περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4.2.2.3.

4.5.5 ΕΛΕΓΧΟΣ ΥΠΕΡΧΕΙΛΙΣΕΩΝ

Οι απώλειες λόγω υπερχειλίσεων σε εγκαταστάσεις αποθήκευσης συχνά παραβλέπονται επειδή θεωρούνται πολύ μικρές και πολλές φορές οι δεξαμενές βρίσκονται σε απομακρυσμένα σημεία, οπότε μια υπερχειλίση δεν είναι πάντα εμφανής. Οι υπερχειλίσεις συνήθως εκδηλώνονται τη νύχτα και προκαλούνται είτε από ελλιπή έλεγχο της στάθμης ή από την απουσία ελέγχου της. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να πραγματοποιείται χειροκίνητα μέσω διαχείρισης των αντλιών, μέσω SCADA το οποίο περιλαμβάνει αυτοματοποιημένο έλεγχο μέσω λογισμικού. Επίσης μπορεί να πραγματοποιείται με απλό υδραυλικό έλεγχο χρησιμοποιώντας είτε βαλβίδες υψομέτρου ή βαλβίδες σφαίρας. Αν και πολλές επιχειρήσεις διαθέτουν εξελιγμένο αυτοματοποιημένο έλεγχο ο οποίος όμως μπορεί να επηρεαστεί από κεραυνούς και άλλους παράγοντες. Συχνά ένας απλός υδραυλικός έλεγχος είναι αποδοτικός.

Οι περισσότερες δεξαμενές διαθέτουν αγωγό υπερχειλίσης. Εάν η επιχείρηση επιθυμεί να ελέγξει αν υπάρχει υπερχειλίση, ένας απλός τρόπος είναι να επιθεωρήσει το σημείο όπου ο αγωγός υπερχειλίσης ρίχνει το νερό. Εάν υπάρχει πρόσφατη απόδειξη ότι υπάρχει υπερχειλίση, τότε η στάθμη πρέπει να ελεγχθεί με data logger και να συγκριθεί με τη στάθμη υπερχειλίσης, ή εάν π εξοπλισμός αυτός δεν είναι διαθέσιμος μια απλή λύση είναι να τοποθετηθεί μια σφαίρα στον αγωγό υπερχειλίσης της οποίας η θέση θα εξετάζεται καθημερινά. Εάν η σφαίρα έχει βγει από τον αγωγό τότε έχει γίνει υπερχειλίση.

4.5.6 ΘΕΜΕΛΙΩΔΗ ΣΗΜΕΙΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Για κάθε πρόγραμμα διαχείρισης πίεσης είναι αναγκαίο να παρακολουθούνται τουλάχιστον οι κόμβοι παροχής, οι κόμβοι αποθήκευσης, οι κρίσιμοι κόμβοι και οι κόμβοι μέσου σημείου ζώνης.

Ως κόμβοι παροχής, μπορούν να θεωρηθούν οποιαδήποτε σημεία που τροφοδοτούν το σύστημα ή κομμάτι του. Μπορούν ακόμα να είναι σημεία εξόδου από τη μια ζώνη στην άλλη.

Οι κόμβοι αποθήκευσης μπορεί να είναι οι δεξαμενές και όλα τα σημεία όπου αποθηκεύεται το νερό. Οι κρίσιμοι κόμβοι είναι σημεία όπου η παροχή είναι αδύναμη, όπως ένα ψηλό σημείο στο σύστημα ή ένα σημείο με υψηλές απώλειες στον αγωγό παροχής. Εναλλακτικά θα μπορούσαν να είναι σημεία που δεν επιτρέπεται να μην έχουν συνεχή παροχή, όπως νοσοκομεία. Οι κόμβοι σημείου ζώνης είναι θέσεις που έχουν επιλεγεί ως αντιπροσωπευτικές της μέσης κατάστασης (υψόμετρο, πίεση κλπ) μέσα στο σύστημα.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΡΟΗΣ

Γενικά, οι μετρήσεις της ροής πρέπει να γίνονται σε κάθε σημείο παροχής ή εκροής. Ένα σημείο παροχής μπορεί να είναι ένα αντλιοστάσιο, μια μονάδα επεξεργασίας, μια εγκατάσταση αποθήκευσης, ένα πηγάδι ή ένα σημείο μαζικής παροχής (από έναν αγωγό μεταφοράς σε έναν αγωγό διανομής) στο σύστημα ή σε ζώνη. Μπορεί να θεωρείται απαραίτητο κατά τη διάρκεια ανάλυσης της ζήτησης να μετράται και η ζήτηση των μεγάλων καταναλωτών, εάν αυτοί κάνουν μεγάλη κατανάλωση τη νύχτα.

Οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται για τουλάχιστον 24 ώρες, αλλά είναι προτιμότερο να διαρκούν 7 ημέρες ή και περισσότερο εάν είναι οικονομικά εφικτό. Οι μετρήσεις των ροών πρέπει να γίνονται με προσοχή ώστε να διασφαλίζεται ότι συσχετίζονται εύκολα με τις εποχιακές αλλαγές. Προφανώς η καλύτερη λύση για περιοχές μεταβαλλόμενης ζήτησης είναι να γίνεται παρακολούθηση 1 έτους, όμως κάτι τέτοιο είναι σπάνια εφικτό. Η αμέσως καλύτερη επιλογή είναι να ομαλοποιείται η ετήσια ζήτηση και να γίνεται συσχετισμός της εβδομαδιαίας καταγραφής με την ομαλοποιημένη καμπύλη ασφαλείας.

Οι παροχές πρέπει να μετρώνται με ακρίβεια με βαθμονομημένο εξοπλισμό. Παρόλα αυτά η ακρίβεια $\pm 10\%$ συνήθως είναι αποδεκτή (Water Loss Control 2008).

4.5.7 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΙΕΣΗΣ

Οι μετρήσεις πίεσης πρέπει να γίνονται σε όλα τα κομβικά σημεία που αναφέρθηκαν προηγουμένως, με τη βοήθεια καταγραφέων μεγάλης ακρίβειας ($\pm 0.1\%$) οι οποίοι πρέπει να βαθμονομούνται για ακρίβεια πριν και μετά την εγκατάσταση στο πεδίο.

4.5.8 ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΤΩΝ ΙΔΑΝΙΚΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Δεν είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί υδραυλικό μοντέλο για την επιλογή θέσεων για έλεγχο πίεσης. Παρόλα αυτά, εάν κάποιος είναι διαθέσιμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση περιοχών υψηλής πίεσης και μεγάλου ύψους απωλειών. Οι νέες τεχνικές μοντελοποίησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αναγνωρίσουν τον βέλτιστο αριθμό και θέση των ζωνών ελέγχου. Βαθμονομημένα μοντέλα στο $\pm 15\%$ είναι αποδεκτά για τη διαδικασία. Είναι απαραίτητο να γίνουν μετρήσεις στο πεδίο ακόμα και αν χρησιμοποιείται ένα μοντέλο, καθώς συχνά αλλάζουν οι συνθήκες, βαλβίδες παραμένουν κλειστές, συμβαίνουν νέες διαρροές κλπ.

4.5.9 ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΚΑΘΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Είναι εξίσου σημαντικό με τη χρήση υδραυλικών μοντέλων και των μετρήσεων στο πεδίο, να είναι κατανοητό το πώς ακριβώς λειτουργεί το σύστημα υδραυλικά. Η ανάλυση αυτή γίνεται στην φάση της ανάλυσης της ζήτησης και πρέπει να αναγνωρίζει: το ποσοστό της κατανάλωσης που εξαρτάται από την πίεση, το ποσοστό κατανάλωσης από δεξαμενές, τα

σημεία τροφοδοσίας μέσω αντλιών ή της βαρύτητας, την κατηγοριοποίηση των ειδών των καταναλωτών, τους ελέγχους στάθμης των δεξαμενών αποθήκευσης, τους ελέγχους κλεισίματος των αντλιών. Τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής θα αποτελέσουν τη βάση του σχήματος ελέγχου.

4.5.10 ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΠΙΘΑΝΟΥ ΟΦΕΛΟΥΣ ΕΝΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ

Όταν αναγνωριστεί μια περιοχή και έχουν γίνει οι απαιτούμενες μετρήσεις πεδίου και οι μελέτες για το πώς χρησιμοποιείται το νερό, είναι πια δυνατή η λήψη αποφάσεων. Κατά τη διάρκεια της φάσης αυτής μελετάται πόσος έλεγχος μπορεί να επιτευχθεί χωρίς να διακοπεί η κανονική παροχή και τα οφέλη που θα έχει ο έλεγχος αυτός στην μείωση του όγκου απωλειών, της συχνότητας νέων διαρροών και στην αναβολή προγραμμάτων αναζήτησης νέων πόρων.

Με τη βοήθεια του excel μπορεί να καταστρωθεί ένα απλό εργαλείο, ακολουθώντας τις οδηγίες που περιγράφηκαν αν και υπάρχουν πολλά διαθέσιμα, δοκιμασμένα μοντέλα προς αγορά. Η απόφαση για την αγορά ενός έτοιμου μοντέλου ή τη δημιουργία ενός νέου εξαρτάται από τον τύπο προσωπικού που έχει μια επιχείρηση και τον ελεύθερο χρόνο που αυτό διαθέτει.

Τα περισσότερα μοντέλα του εμπορίου είναι ευέλικτα, παρόλα αυτά πρέπει να διασφαλιστεί ότι το αγορασμένο μοντέλο λαμβάνει υπόψη τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του εκάστοτε συστήματος. Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν σημαντικές διαφορές υδραυλικών χαρακτηριστικών ανάμεσα σε συστήματα που χρησιμοποιούν οικιακές δεξαμενές και σε συστήματα όπου το νερό παρέχεται απευθείας από το δίκτυο (και εξαρτάται κυρίως από την πίεση).

4.5.11 ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟ ΛΟΓΟ ΚΟΣΤΟΥΣ/ΟΦΕΛΟΥΣ

Όταν τα δεδομένα εισαχθούν στο μοντέλο και αφού αυτό καλιμπραριστεί ως ένα συγκεκριμένο βαθμό εμπιστοσύνης, το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναλύσει το κόστος του ενδεχόμενου προγράμματος και τα εκτιμώμενα οφέλη. Τα διάφορα εξαρτήματα και οι διάμετροι τους, ο τύπος των αγωγών ανακατεύθυνσης (bypass) και των θαλάμων, ο τύπος του εδάφους, ο τύπος ελέγχου που πρέπει να επιτευχθεί και ο τύπος του προγράμματος συντήρησης που θα εφαρμοστεί μετά την εγκατάσταση υποδεικνύουν το κόστος. Ένα επιπλέον κόστος μπορεί να είναι μια μικρή μείωση των εσόδων από τη συνιστώσα της απευθείας χρήσης νερού από το δίκτυο. Αυτό το κόστος πρέπει να χρησιμοποιηθεί μόνο εάν στην επιχείρηση δεν υπάρχουν καθόλου ιδέες για την προστασία του νερού. Εάν η επιχείρηση προσπαθεί να ωθήσει τους καταναλωτές να μειώσουν την κατανάλωση τους τότε ο έλεγχος της πίεσης θα αποτελέσει ένα πολύ αποτελεσματικό μέτρο. Με τον τρόπο αυτό η μείωση της κατανάλωσης θα αποτελεί όφελος και όχι κόστος.

Το όφελος υπολογίζεται από την μείωση στον όγκο των διαρροών, τη μείωση του κόστους συντήρησης, την αναβολή του κόστους του να βρεθεί μια να πηγή νερού αν το νερό είναι περιορισμένο και τη μείωση της παροχής σε πελάτες που δεν πληρώνουν.

Ο λόγος κόστους/οφέλους υπολογίζεται ως συνάρτηση του κόστους προς το όφελος και συνήθως παριστάνεται ως ο αριθμός των μηνών που απαιτούνται για να γίνει απόσβεση της αρχικής επένδυσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις μια καλή απόσβεση γίνεται περίπου στους 24 μήνες. Σε άλλες περιπτώσεις ο προηγμένος έλεγχος της πίεσης επιφέρει αποσβέσεις σε λιγότερο από 12 μήνες λόγω της τεράστιας επιρροής του στις διαρροές και της απλότητας της εγκατάστασης.

4.5.12 ΠΩΣ ΔΟΥΛΕΥΟΥΝ ΟΙ ACVs?

Υπάρχουν πολλοί τύποι ACV στην αγορά. Κάποιοι χρησιμοποιούν διάφραγμα, κάποιοι πιστόνι και μερικοί έχουν ένα πτυσσόμενο σύστημα περιβλήματος. Παρόλα αυτά, μια βαλβίδα που είχε σχεδιαστεί αρχικά ως βαλβίδα μείωσης της πίεσης μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε βαλβίδα ελέγχου της αντλίας ή ελέγχου της ροής, αλλάζοντας τον τρόπο που έχει τοποθετηθεί στο σωλήνα και τον τύπο που πιλοτικού ελέγχου που τοποθετήθηκε.

Οι υδραυλικές ACV λειτουργούν χρησιμοποιώντας την ανάντη δύναμη της πίεσης είτε για να ανοίξουν ή να κλείσουν τη βαλβίδα με το νερό να εισέρχεται ή να εξέρχεται από αυτήν. Μια πρόχειρη πρακτική είναι η ACV να διαστασιολογείται ώστε να λειτουργεί από 20% ως 80% ανοικτή.

Όταν μελετάται ένα πρόγραμμα διαχείρισης της πίεσης για πρώτη φορά, μια καλή ιδέα είναι να διασφαλιστεί ότι οι βαλβίδες που θα χρησιμοποιηθούν θα μπορούν να μετατραπούν σε βαλβίδες άλλης λειτουργίας μέσω τροποποιήσεων. Αυτό θα βελτιστοποιήσει την επένδυση της επιχείρησης.

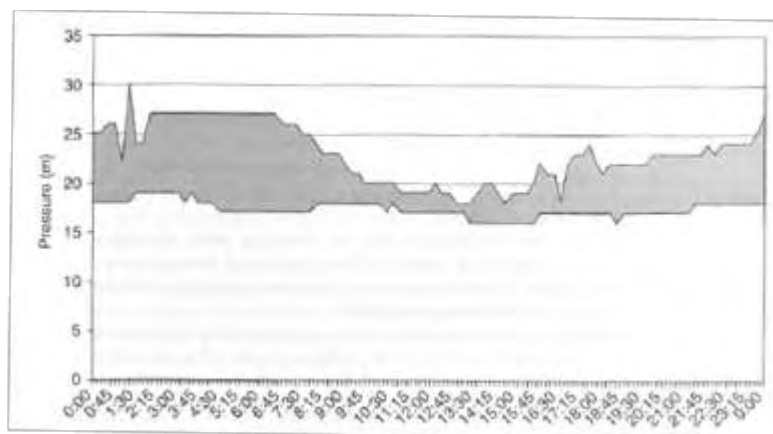
Ένα ακόμα σημαντικό σημείο είναι η συντήρηση. Για λόγους ευκολίας, οι περισσότερες επιχειρήσεις χρησιμοποιούν βαλβίδες μόνο από έναν ή δυο διαφορετικούς κατασκευαστές. Προφανώς οι τιμές είναι σημαντικός παράγοντας για ένα πρόγραμμα αλλά πρέπει να ληφθούν υπόψη και η τοπική υποστήριξη και τα διαθέσιμα ανταλλακτικά. Τελικά, σε κάθε πρόγραμμα η αρχική επένδυση αποτελεί συχνά μόνο ένα μικρό κομμάτι της συνολικής επένδυσης.

4.5.13 ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

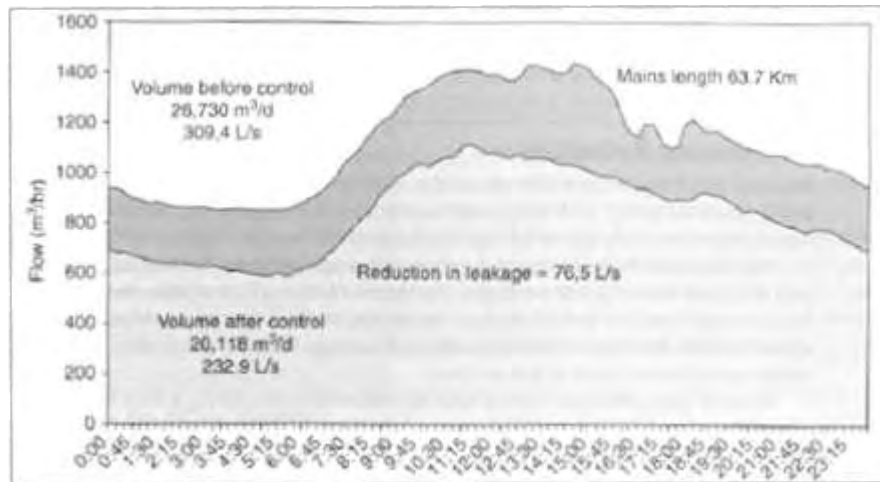
Η μείωση της πίεσης αποτελεί την πιο κοινή μορφή διαχείρισης της πίεσης που χρησιμοποιείται σήμερα με πολύ θετικές επιπτώσεις στις απώλειες. Βάζοντας περισσότερη ή λιγότερη ένταση στο ελατήριο ελέγχου, αλλάζει η θέση του στελέχους του πιλότου και η βαλβίδα ανοίγει ή κλείνει. Όσο αλλάζει το διαθέσιμο μέγεθος του στομίου του πιλότου, περισσότερο ή λιγότερο νερό εξαναγκάζεται να μπει ή να βγει από τη βαλβίδα, αναγκάζοντας την να προσαρμόζεται είτε σε ανοικτή ή κλειστή θέση.

Στις περισσότερες περιπτώσεις ο έλεγχος της πίεσης διεξάγεται σε ζώνες με υψηλές πιέσεις. Συμβαίνει όμως μερικές φορές σε κάποιες μεγάλες ζώνες με καλό λόγο κόστους/οφέλους, να είναι αναγκαίο να ωθείται νερό σε κάποιες ψηλές κρίσιμες θέσεις.

Είναι σύνηθες να παρατηρείται ότι ακόμα και μεγάλες ζώνες με προοπτικές για μόνο μικρής έκτασης διαχείριση της πίεσης, να δίνουν πολύ καλές αποσβέσεις. Στο επόμενο σχήμα φαίνεται ένα παράδειγμα της περίπτωσης αυτής στο Σάο Πάολο:



Σχήμα 16: Οι πιέσεις πριν και μετά τη διαχείριση



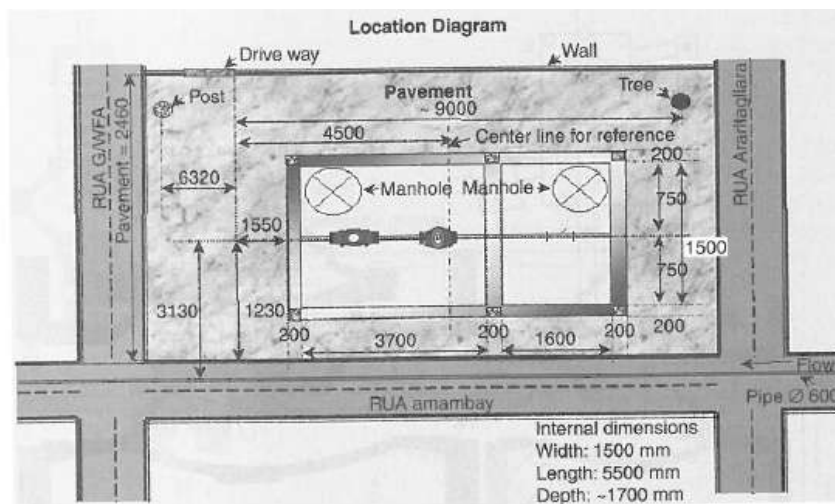
Σχήμα 17: Η παροχή πριν και μετά τη διαχείριση της πίεσης

4.5.14 ΕΝΤΟΠΙΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ

Όταν έχει πια επιλεγεί η μελλοντική ζώνη και έχουν αναγνωρισθεί τα σημεία ελέγχου είτε στο χαρτί ή μέσω μοντέλου, είναι πολύ σημαντικό να καθορισθεί στο πεδίο το ακριβές σημείο εγκατάστασης της βαλβίδας. Πρέπει επίσης να εντοπιστούν προσεκτικά οι όποιες υπόγειες εγκαταστάσεις πριν γίνει εκσκαφή.

Όταν μια βαλβίδα τοποθετείται σε κεκλιμένο έδαφος, πρέπει να διασφαλίζεται ότι η πίεση εισροής ξεπερνάει πάντα την απαιτούμενη μέγιστη πίεση εκροής.

Όταν το σημείο εντοπιστεί πρέπει να καταστρωθεί ένα διάγραμμα εντοπισμού που θα διασφαλίζει ότι η βαλβίδα έχει τοποθετηθεί στη σωστή θέση και ότι η θέση αυτή θα μπορεί να εντοπιστεί εύκολα. Ένα τέτοιο διάγραμμα αναπαρίσταται στο επόμενο σχήμα:



Σχήμα 18: Διάγραμμα εντοπισμού εγκατάστασης

4.5.15 ΖΩΝΕΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Κάποιες ζώνες δεν γίνεται να τροφοδοτούνται μόνο από ένα σημείο. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε απαιτήσεις παροχής πυρκαγιάς ή σε μεγάλο ύψος απωλειών κατά τις περιόδους μέγιστης ζήτησης ή σε άλλες αιτίες όπως ανησυχίες για την ποιότητα του νερού.

Οι ζώνες πολλαπλών σημείων τροφοδοσίας είναι αρκετά βιώσιμες και εύκολες στην κατάστρωση τους αρκεί να έχουν μελετηθεί εκτενώς οι υδραυλικές αντιδράσεις κάθε βαλβίδας απέναντι στην άλλη. Είναι σημαντικό οι βαλβίδες να κατατάσσονται σε σειρά σημαντικότητας και να διασφαλίζεται ότι τα σημεία ελέγχου αντικατοπτρίζουν τη σειρά αυτή. Για παράδειγμα, κάποιες βαλβίδες απαιτείται να λειτουργούν μόνο σε περιόδους μεγάλου ύψους απωλειών δηλαδή στη μέγιστη ζήτηση, ενώ την υπόλοιπη ημέρα παραμένουν κλειστές.

Σε φυσιολογικές συνθήκες οι βαλβίδες των μεγάλων σημείων τροφοδοσίας πρέπει να προβλέπεται να ανταποκρίνονται ταχύτερα σε αλλαγές της ζήτησης, ενώ οι υπόλοιπες να έχουν μεγαλύτερο χρόνο απόκρισης.

4.5.16 ΕΛΕΓΧΟΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

Υπάρχουν πολλοί τρόποι ελέγχου της στάθμης των δεξαμενών. Οι δυο επόμενες μέθοδοι μείωσης των απωλειών λόγω υπερχειλίσεων είναι οι απλούστερες.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΣΩ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΜΕ ΣΦΑΙΡΑ

Οι βαλβίδες σφαίρας λειτουργούν πολύ απλά, έχοντας μια σφαίρα να επιπλέει στην επιφάνεια του νερού. Οι νεότερες μονάδες έχουν μια σφαίρα συνδεδεμένη με ένα pilot σύστημα το οποίο θέτει σε λειτουργία την κύρια βαλβίδα. Σε δεξαμενές με διαταραχές, είναι σημαντικό η σφαίρα να τοποθετηθεί σε ένα ήσυχο πηγάδι ή σε μια ήρεμη θέση. Οι βαλβίδες αυτές είναι ιδανικές για εγκαταστάσεις αποθήκευσης που γεμίζουν από την κορυφή.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕΣΩ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ

Οι βαλβίδες υψομέτρου χρησιμοποιούν μια στήλη νερού με στάθμη ίδια με της δεξαμενής ώστε να ελέγχει μια βαλβίδα η οποία με τη σειρά της ανοίγει και κλείνει την κύρια βαλβίδα. Οι βαλβίδες αυτές συνήθως εγκαθίστανται σε δεξαμενές που γεμίζουν από κάτω. Δεν πρέπει να είναι εγκαταστημένες πολύ μακριά από τη δεξαμενή καθώς θα προκληθούν καθυστερημένες αποκρίσεις και φτωχός έλεγχος. Οι κατασκευαστές παρέχουν διαγράμματα σωστής εγκατάστασης.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΠΑΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Σε κάποια συστήματα παρατηρείται ότι κατά τη διάρκεια συνθηκών μέγιστης παροχής κάποια κομμάτια του συστήματος είναι υδραυλικά ανεπαρκή. Σε πολλές τέτοιες περιπτώσεις, κάποιοι καταναλωτές θα χρησιμοποιήσουν το περισσότερο νερό αφήνοντας έναν μικρό όγκο στους υπόλοιπους. Αυτό συμβαίνει συνήθως με μεγάλους καταναλωτές που δημιουργούν μεγάλο ύψος απωλειών αλλά και σε οικισμούς αναπτυσσόμενων χωρών.

Οι βαλβίδες ελέγχου παροχής και οι βαλβίδες διατήρησης της πίεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν τις επιπτώσεις τέτοιων καταστάσεων και να διασφαλίσουν σταθερή παροχή νερού για όλους. Οι βαλβίδες αυτές σε συνδυασμό με βαλβίδες μείωσης της πίεσης σε περιοχές μεγάλης πίεσης βοηθούν στο να διασφαλιστεί ότι παρέχεται μια ίση πίεση σε όλα τα σημεία του συστήματος.

Ιδιότητες ελέγχου και διατήρησης της πίεσης μπορούν να προστεθούν επίσης σε βαλβίδες μείωσης της πίεσης (PRVs) καθιστώντας τις αποτελεσματικά εργαλεία για την κατεύθυνση του νερού γύρω από το σύστημα και διασφαλίζοντας καλή ποιότητα νερού. Τέτοιου τύπου έλεγχος συχνά είναι απαραίτητος όταν ο στόχος είναι η προστασία των όγκων νερού στις δεξαμενές σε

ώρες υψηλής ζήτησης, αφού υδραυλικά, κάποιες δεξαμενές θα αδειάσουν πιο γρήγορα από άλλες. Στην περίπτωση αυτή χωρίς τον απαραίτητο έλεγχο κάποιες δεξαμενές θα παραμένουν πάντα άδειες και άλλες ποτέ.

ΖΩΝΕΣ ΜΕ ΜΕΓΑΛΟΥΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΕΣ

Σε ζώνες με πολύ μεγάλους καταναλωτές πρέπει να διασφαλίζεται ότι τα προφίλ της παροχής και της πίεσης που χρησιμοποιούνται στη διαστασιολόγηση βαλβίδων είναι αντιπροσωπευτικά των περιόδων υψηλότερης και χαμηλότερης ζήτησης. Σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να αποτελεί πλεονέκτημα τόσο για την επιχείρηση όσο και για τον πελάτη να εγκαθίσταται δεξαμενές on-site. Αφού ο μεγάλος καταναλωτής έχει κάποιο τέτοιο χώρο αποθήκευσης νερού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε βαλβίδες παροχής ή βαλβίδες διατήρησης της πίεσης για να ελέγχουν τη ζήτηση του και να ελαχιστοποιούν τις επιπτώσεις του μεγάλου ύψους απωλειών.

Επισκέψεις στους μεγάλους καταναλωτές είναι απαραίτητες ώστε να διασφαλίζεται ότι η ζήτηση τους και οι έκτακτες ανάγκες καλύπτονται. Το κόστος των ελέγχων αυτών και σε κάποιες περιπτώσεις η αντικατάσταση των συστημάτων ψεκαστήρων πυρκαγιάς και άλλων εξαρτημάτων μπορεί να περιλαμβάνονται στο κόστος του προγράμματος. Αυτό θα συνέβαινε στην περίπτωση που ο πελάτης δεν ήθελε να αλλάξει το σύστημα του και συνεπώς καθυστερούσε τη διαδικασία. Προφανώς αυτό θα γινόταν με κόστος της επιχείρησης.

ΖΩΝΕΣ ΜΕ ΜΕΓΑΛΕΣ ΕΠΟΧΙΑΚΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ

Σε ζώνες με μεγάλες εποχιακές διακυμάνσεις μπορεί να είναι αναγκαίο να εγκατασταθούν πολλαπλά σημεία τροφοδοσίας ή βαλβίδες σε παράλληλη διάταξη. Η παράλληλη διάταξη θα αποτελούσαν από μια μεγάλη βαλβίδα η οποία θα παρείχε μεγάλες παροχές σε συνθήκες αιχμής, συνήθως τα σαββατοκύριακα ή σε εορταστικές περιόδους σε τουριστικές περιοχές. Η μικρότερη βαλβίδα θα λειτουργούσε τις περισσότερες ώρες. Σε κάποιες περιπτώσεις η μεγαλύτερη βαλβίδα θα λειτουργούσε την περισσότερη ώρα ενώ η μικρή μόνο τη νύχτα, την περίοδο της ελάχιστης νυχτερινής παροχής.

ΖΩΝΕΣ ΜΕ ΑΔΥΝΑΜΗ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ

Σε ζώνες με αδύναμη υδραυλική κατανάλωση μπορεί να είναι σύνηθες να υπάρχει προοπτική για μείωση της πίεσης τη νύχτα, ενώ κατά τη διάρκεια της μέρας να μην υπάρχει επαρκής πίεση. Παρόλα αυτά, η μείωση της πίεσης τη νύχτα θα εξαρτιόταν από την ανάλυση κόστους/οφέλους. Όπως προαναφέρθηκε, οι βαλβίδες διατήρησης της πίεσης συχνά χρησιμοποιούνται μαζί με βαλβίδες μείωσης της πίεσης. Μια εναλλακτική είναι να εγκατασταθεί μια μικρή δεξαμενή η οποία θα ανεβάζει την πίεση τις ώρες αιχμής, όταν το σύστημα είναι πιεσμένο.

4.5.17 ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

Η επιλογή και η διαστασιολόγηση των βαλβίδων γίνεται συχνά χρησιμοποιώντας μέσες τιμές παροχής και πίεσης. Όμως αυτή η πρακτική δεν είναι και η προτεινόμενη. Στην περίπτωση μείωσης της πίεσης για έλεγχο των διαρροών, συνιστάται οι πιέσεις και οι παροχές να μετρώνται στο πεδίο. Όπως συζητήθηκε προηγουμένως, η επιρροή της μειωμένης πίεσης στις

διαρροές είναι συχνά κρίσιμη για τη λειτουργία της βαλβίδας και χωρίς ακριβή δεδομένα, οι βαλβίδες μπορεί να εγκατασταθούν λανθασμένα.

Οι μετρήσεις στο πεδίο είναι επίσης επωφελείς όταν πρέπει να γίνουν διορθώσεις που σχετίζονται με την εποχικότητα και να διασφαλιστεί ότι οι βαλβίδες μπορούν να ανταπεξέλθουν με τις μέγιστες παροχές χωρίς να δημιουργούν μεγάλο ύψος απωλειών. Το ίδιο ισχύει και στον υπολογισμό της επίδρασης της έκτακτης χρήσης νερού, όπως την πυρόσβεση.

Όλοι οι κατασκευαστές βαλβίδων παρέχουν πίνακες διαστασιολόγησης.

ΤΥΠΟΙ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Όλες οι υδραυλικές βαλβίδες που λειτουργούν με πιλότο χρησιμοποιούν τις βασικές αρχές, όμως ο τρόπος ελέγχου διαφέρει σημαντικά. Κάθε κατασκευαστής αναφέρει αναλυτικά τα οφέλη του τύπου βαλβίδας που παράγει και θα προσπαθήσει να δικαιολογήσει το γιατί η δική του βαλβίδα είναι καλύτερη. Οι κατασκευαστές βαλβίδων κυλιόμενου διαφράγματος και πτυσσόμενου περιβλήματος θα αναφέρουν μικρό ύψος απωλειών σε υψηλές παροχές ενώ εκείνοι των βαλβίδων σφαιρικού θαλάμου θα αναφέρουν σταθερή διαμόρφωση και έλεγχο. Ο εκάστοτε μηχανικός της εταιρείας πρέπει να καταλάβει τι θέλει να πετύχει και μετά να επιλέξει την κατάλληλη βαλβίδα.

Ο μηχανικός πρέπει να λάβει υπόψη του δύο ακόμα σημαντικά στοιχεία, την τοπική υποστήριξη και το κόστος συντήρησης. Η εταιρεία πρέπει να αποφεύγει την εγκατάσταση βαλβίδων πολλών διαφορετικών κατασκευαστών γιατί έτσι η διαθεσιμότητα της τοπικής υποστήριξης πέφτει δραστικά και το κόστος του εφοδιασμού διαφόρων τμημάτων και εξαρτημάτων αυξάνεται.

ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ ΚΑΙ ΟΡΙΑ

Σε πολλές περιπτώσεις τα όρια καθορίζονται ως συνάρτηση της μέγιστης πίεσης που μπορεί να ελέγξει η βαλβίδα, παρέχοντας ταυτόχρονα μια συνεχή ελάχιστη πίεση στους κρίσιμους κόμβους. Εάν χρειάζεται να διαχειριστούν μεγάλες πιέσεις πρέπει ο αρμόδιος να συμβουλευτεί το γράφημα σχηματισμού φυσαλίδων (σπηλαιώσης) του κατασκευαστή ώστε να διασφαλιστεί ότι η βαλβίδα λειτουργεί μέσα στα όρια. Εάν η βαλβίδα διαπιστωθεί ότι μπορεί να λειτουργεί στη ζώνη σχηματισμού φυσαλίδων, τότε ίσως η εγκατάσταση δυο βαλβίδων σε σειρά να είναι μια καλή λύση.

Πρέπει να δοθεί προσοχή κατά τη διαστασιολόγηση μιας βαλβίδας, στον έλεγχο του ενδεχόμενου ύψους απωλειών μέσα από το συνολικό σύστημα της βαλβίδας, ειδικά εάν η πίεση τις ώρες αιχμής είναι χαμηλή και αν ο έλεγχος επιδιώκεται μόνο για τις ώρες εκτός αιχμής. Εάν δε δοθεί προσοχή σε αυτό μπορεί να μειωθεί η παροχή κατά τις ώρες αιχμής και να υπάρξουν παράπονα.

Σαν αποτέλεσμα του ελέγχου της πίεσης, τα υφιστάμενα προφίλ παροχής θα μειωθούν, ειδικά όταν υπάρχει υψηλό επίπεδο διαρροών.

Η παροχή δεν πρέπει να πέφτει κάτω από τα επιτρεπτά όρια της βαλβίδας, μετά την μείωση των διαρροών. Για το λόγο αυτό, πρέπει να δίνεται προσοχή κατά την επιλογή μεγέθους της βαλβίδας. Εάν συμβαίνει όμως κάτι τέτοιο, σημαίνει ότι η βαλβίδα λειτουργεί με αστάθεια. Οι περισσότερες υδραυλικές βαλβίδες σχεδιάζονται ώστε να λειτουργούν από 20% ως 80% ανοικτές. Σε περιπτώσεις που η βαλβίδα πρέπει να αντιμετωπίσει συνθήκες υψηλής και χαμηλής παροχής είναι σύνηθες να εγκαθίσταται μια μικρή by-pass βαλβίδα γύρω από την κύρια για να διασφαλίζει πιο ομαλό έλεγχο.

ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΥΡΟΣΒΕΣΗΣ, ΜΕΓΑΛΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ, ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

Σε περιπτώσεις που τα προφίλ της παροχής ποικίλουν πολύ ή υπάρχει η απαίτηση να καλύπτονται ζητήσεις ασφαλείας ή εκτάκτου ανάγκης, η παράλληλη εγκατάσταση βαλβίδων είναι μια λογική πρακτική. Τέτοιοι τύποι εγκατάστασης παίρνουν τη μορφή μιας μεγάλης και μια μικρής βαλβίδας οι οποίες συνεργάζονται για να αυξήσουν το αποτελεσματικό εύρος παροχής. Εάν εφαρμοζόταν ένα εξάρτημα ελέγχου θα εφαρμοζόταν στη μεγάλη βαλβίδα και η μικρή θα είχε μια σταθερή πίεση εκροής ελαφρώς μεγαλύτερη από την ελάχιστη πίεση της μεγάλης. Όσο η μεγάλη βαλβίδα κλείνει περισσότερο μειώνοντας την πίεση εκροής ξεκινάει η επίδραση της μικρής βαλβίδας.

Σε περιπτώσεις που η μεγάλη βαλβίδα προσαρμόζεται σε συνθήκες πυρόσβεσης και παραμένει κλειστή τον περισσότερο χρόνο θα συνέβαινε το αντίθετο. Το εξάρτημα ελέγχου θα έπρεπε να εφαρμοστεί στη μικρή βαλβίδα και η εκροή της μεγάλης θα καθοριζόταν λίγο πιο κάτω από της μικρής. Όσο αυξάνεται η ζήτηση και η μικρή βαλβίδα αρχίζει να παράγει μεγάλο ύψος απωλειών και έτσι μειώνοντας την πίεση εκροής συνεχώς, η μεγάλη θα ανοίγει και θα τροφοδοτεί το σύστημα με σταθερή πίεση και μεγάλους όγκους νερού.

Παράλληλη εγκατάσταση μπορεί επίσης να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις που μεγάλες παροχές υποδεικνύουν τη χρήση δυο μεγάλων βαλβίδων.

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΕ ΣΕΙΡΑ-ΜΕΓΑΛΕΣ ΠΤΩΣΕΙΣ ΠΙΕΣΗΣ

Σε περιπτώσεις όπου πρέπει να μειωθεί δραστικά η πίεση και μια βαλβίδα να εισέλθει στη ζώνη δημιουργίας φυσαλίδων, τότε μπορούν να εφαρμοστούν δυο βαλβίδες ίδιας διαμέτρου σε σειρά. Στην περίπτωση εφαρμογής εξοπλισμού ελέγχου, θα έπρεπε να τοποθετηθεί στη δεύτερη ή κατάντη βαλβίδα επιτρέποντας στην πρώτη να μειώσει την πίεση από τα ανάντη στην μέγιστη απαιτούμενη. Η δεύτερη βαλβίδα θα έριχνε την πίεση στην ελάχιστη απαιτούμενη.

4.5.18 ΧΡΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΓΙΑ ΚΑΛΥΤΕΡΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Η ανάπτυξη των έξυπνων και αποδοτικών εξοπλισμών ελέγχου επιτρέπει πλέον τη χρήση συμβατικών υδραυλικών βαλβίδων σταθερής εκροής με πιο αποδοτικό τρόπο. Οι μηχανισμοί αυτοί επιτρέπουν πολλαπλές τιμές-στόχους για την κατάντη πίεση ανάλογα με απαιτήσεις που βασίζονται στον χρόνο ή τη ζήτηση. Σε πολλές περιπτώσεις, απλά αλλάζοντας την διαφορά του ύψους απωλειών ανάμεσα στη μέρα και τη νύχτα μπορεί να εξοικονομηθούν μεγάλες απώλειες.

Εκτός από τον καθιερωμένο έλεγχο διαρροών, ο εξοπλισμός ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για λειτουργίες σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης όπως έλεγχο για σεισμούς. Όταν γίνεται σεισμός, είναι πολύ πιθανό να σπάσει κάποιος αγωγός μεταφοράς που μπορεί να οδηγήσει και σε απόλυτη απώλεια του αποθηκευμένου νερού. Καλιμπράροντας τα προφίλ του, ο εξοπλισμός ελέγχου μπορεί να μειώσει το ποσό απωλειών των δεξαμενών ή να κλείσει τη γραμμή τελείως, εξοικονομώντας πολύτιμους πόρους.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΣΕΙ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Γίνεται χρησιμοποιώντας εξοπλισμό με εσωτερικό χρονόμετρο. Η μέθοδος είναι πολύ αποτελεσματική για περιοχές με σταθερά προφίλ ζήτησης και ύψους απωλειών και συνήθως

χρησιμοποιείται όπου το κόστος αποτελεί πρόβλημα, αλλά απαιτείται εξελιγμένη διαχείριση της πίεσης. Τέτοιου είδους μηχανήματα παρέχονται με ή χωρίς καταγραφείς δεδομένων (data loggers). Κάποιοι κατασκευαστές συνδέουν τον εξοπλισμό ελέγχου στην βαλβίδα pilot και αλλάζουν την τιμή στόχο της.

ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

Αποτελεί τον καλύτερο τύπο ελέγχου για περιοχές με μεταβλητές συνθήκες, ύψος απωλειών και απαιτήσεις πυρόσβεσης. Ο έλεγχος πραγματοποιείται με έλεγχο της πίεσης εξόδου σε σχέση με τη ζήτηση συνδέοντας το μηχανισμό σε ένα μετρούμενο παραγόμενο σήμα. Η αλλαγή της πίεσης εξόδου επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας την δύναμη πάνω στο ελατήριο του pilot. Ο εξοπλισμός ελέγχου συνήθως παρέχεται με έναν καταγραφέα δεδομένων και προαιρετική απομακρυσμένη επικοινωνία.

Ο έλεγχος επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός προκαθορισμένου προφίλ που δείχνει την μεταβολή της σχέσης ζήτησης και ύψους απωλειών στη ζώνη. Εναλλακτικά, μπορεί να γίνει σύνδεση επικοινωνίας μεταξύ του εξοπλισμού ελέγχου και του κρίσιμου σημείου, επιλογή που προαπαιτεί την ύπαρξη τέτοιου δικτύου άρα και υψηλότερο κόστος το οποίο δεν είναι πάντα απαραίτητο. Γενικά το κόστος εγκατάστασης αυτού του τύπου ελέγχου είναι υψηλότερο, παρόλα αυτά είναι πιο επιθυμητός γιατί εγγυάται παροχές πυρκαγιάς και πιο έξυπνο έλεγχο. Μπορεί να εξομαλύνει τις διακυμάνσεις της πίεσης σε αδύναμα σημεία στο σύστημα και να μειώσει την συχνότητα θραύσεων ειδικά σε ένα ευαίσθητο σύστημα.

4.5.19 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ SCADA

Κάποιες επιχειρήσεις διαθέτουν συστήματα SCADA. Πολλά από αυτά έχουν σχεδιαστεί για δίκτυα μεταφοράς και όχι για διανομής λόγω υψηλού κόστους. Παρόλα αυτά οι επιχειρήσεις αρχίζουν να βελτιστοποιούν τα συστήματά τους και τα SCADA αποτελούν μια εξαιρετική αν και δαπανηρή μέθοδο διαχείρισης της πίεσης σε ένα σύστημα διανομής. Γενικά, αυτός ο τύπος ελέγχου είναι ο πιο αποδοτικός. Όμως δεν είναι πάντα απαραίτητος και οι υπολογισμοί κόστους/οφέλους μπορεί να μην δικαιολογούν την εγκατάσταση ενός ολόκληρου συστήματος απλώς για έλεγχο απωλειών. Εάν μια επιχείρηση έχει ήδη σύστημα SCADA για το δίκτυο διανομής της, τότε μπορεί να είναι πολύ αποδοτικό να προστεθούν λειτουργίες.

4.5.20 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΑΛΒΙΔΩΝ

Όταν μια βαλβίδα έχει διαστασιολογηθεί και έχουν αναγνωριστεί τα όρια ελέγχου έρχεται η ώρα της απόφασης για τον τρόπο που θα εγκατασταθεί. Οι βαλβίδες μπορούν να εγκατασταθούν με πολλούς τρόπους και με ποικίλο κόστος.

ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΙΝΟΥΝ ΟΙ ΕΚΣΚΑΦΕΣ ΚΑΙ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΓΙΝΕΙ Η ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Οι εκσκαφές πρέπει να γίνουν στην περιοχή που είναι ευκολότερες. Η εξέταση της κατάλληλης θέσης πρέπει να γίνει στο πεδίο και είναι πολύ σημαντική. Πριν επιλεγεί η τελική θέση, πρέπει να εντοπιστούν όλες οι υπόγειες υποδομές. Πρέπει να ληφθούν υπόψη οι κατοικίες που ίσως επηρεαστούν από την εκσκαφή.

Στη συνέχεια πρέπει να αποφασιστεί εάν η βαλβίδα θα εγκατασταθεί στον κύριο αγωγό ή στον παρακαμπτήριο αγωγό επιτρέποντας να κατασκευαστεί ο θάλαμος και το φρεάτιο εισόδου στην άκρη για εύκολη πρόσβαση σε περίπτωση που ο κύριος αγωγός είναι κάτω από τον

δρόμο. Ενώ ο παρακαμπτήριος αγωγός διευκολύνει την συντήρηση της βαλβίδας, κάποιες επιχειρήσεις προτιμούν να μην εγκαθιστούν εκεί τη βαλβίδα διότι υπάρχει πάντα η πιθανότητα να ανοιχτεί και σε περιπτώσεις πέρα από την σχεδιασμένη συντήρηση.

ΥΨΟΣ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Όταν γίνεται η διαστασιολόγηση του παρακαμπτήριου αγωγού και των άλλων εξαρτημάτων είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη το ύψος απωλειών που θα δημιουργηθεί στη μέγιστη παροχή και σε έκτακτη ανάγκη. Εάν η βαλβίδα ρυθμιστεί για διάφορες τιμές στόχους με εξοπλισμό χειρισμού, τότε μπορεί να είναι επιθυμητό να ανοίγει πλήρως κάνοντας την “αόρατη” κατά τη διάρκεια μεγάλης ζήτησης. Πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή των μεγεθών των εξαρτημάτων ώστε να μην υποδιαστασιολογηθούν και προκαλούν μεγάλο ύψος απωλειών.

ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ

Κατά την επιλογή των συνδέσεων που θα χρησιμοποιηθούν είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη το υλικό του αγωγού. Εάν ο αγωγός είναι από χυτοσίδηρο με φλάντζα ή όλκιμο υλικό τότε οι οριζόντιες μετακινήσεις δεν αποτελούν πρόβλημα. Εάν όμως το υλικό είναι αμιαντοσιμέντο ή πολυαιθυλένιο τότε χρειάζεται ενίσχυση για τις πιθανές οριζόντιες μετακινήσεις κατά τις περιόδους ελέγχου. Σε κάθε περίπτωση οι κάθετες μετακινήσεις δεν αποτελούν πρόβλημα.

ΕΝΙΣΧΥΣΗ (ANCHORAGE)

Ανάλογα με το μέγεθος του αγωγού και της βαλβίδας κάθε περίπτωση θα εξεταστεί χωριστά για οριζόντιες και κάθετες μετακινήσεις.

ΘΑΛΑΜΟΣ ΒΑΛΒΙΔΑΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΟ ΕΔΑΦΟΣ

Σε μερικές περιπτώσεις η εγκατάσταση της βαλβίδας προτιμάται να γίνεται πάνω από το έδαφος. Αυτή η επιλογή είναι πολύ πρακτική και επιτρέπει στον διαχειριστή να αποφεύγει να εισέρχεται και να δουλεύει σε περιορισμένο χώρο με πιθανά προβλήματα πλημμύρας. Τα ελαττώματα της επιλογής αυτής είναι ότι καταλαμβάνει πολύ χώρο και έλκει την προσοχή με αποτέλεσμα να αποτελεί στόχο βανδαλισμού σε ορισμένες περιπτώσεις.

ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟ

Σε κάθε περίπτωση είναι σημαντικό να υπάρχει ένας έμπειρος διαχειριστής που θα ενεργοποιήσει τη βαλβίδα. Μερικές φορές η βαλβίδα δεν λειτουργεί όπως πρέπει και χωρίς την απαραίτητη γνώση και εμπειρία, ο διαχειριστής θα δημιουργούσε σοβαρά προβλήματα στο σύστημα.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ

Οι διαδικασίες εκκίνησης λειτουργίας της βαλβίδας προφανώς διαφέρουν για κάθε περίπτωση. Παρόλα αυτά μια καλή ιδέα είναι να καταστρωθεί μια λίστα ελέγχου από πριν.

- **ΑΕΡΑΣ**

Κατά την εκκίνηση μιας νέας βαλβίδας ή την επαναλειτουργία κάποιας που έχει εκτεθεί σε μηδενική πίεση, είναι συνηθισμένο να παγιδεύεται αέρας και να μην λειτουργεί κανονικά. Συνήθως σε τέτοιες περιπτώσεις η βαλβίδα δεν κλείνει. Μια λύση είναι να εγκαθίσταται μια μικρή βαλβίδα απελευθέρωσης του αέρα επάνω στην κύρια βαλβίδα ή στον αγωγό. Η εγκατάσταση της μικρής βαλβίδας στον αγωγό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εξάρτημα απελευθέρωσης αέρα του συστήματος.

- **ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ (modulation speed)**

Οι έλεγχοι της υδραυλικής ταχύτητας πρέπει να διασφαλίζουν ομαλή μετάβαση. Όταν μεταβάλλεται η πίεση εκροής, η αντίδραση του μηχανισμού ελέγχου πρέπει να ταυτίζεται με τις απαιτήσεις του συστήματος. Γενικά, οι μεγαλύτερες βαλβίδες πρέπει να ελέγχονται πιο γρήγορα αφού ο χρόνος αντίδρασης τους είναι περισσότερος λόγω του μεγαλύτερου όγκου νερού στη βαλβίδα. Οι μικρότερες πρέπει να μεταβάλλονται πιο αργά.

Οι βαλβίδες δεν πρέπει να μεταβάλλονται πολύ γρήγορα διότι θα προκαλέσουν αρνητική υδραυλική αντίδραση.

- **ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ**

Πριν την εφαρμογή ενός μηχανισμού ελέγχου συνιστάται να καταγραφούν οι πιέσεις του συστήματος για να διαπιστωθεί εάν η βαλβίδα ελέγχει σταθερά χωρίς τον μηχανισμό. Εάν ο έλεγχος της ταχύτητας έχει καθοριστεί λανθασμένα, η βαλβίδα θα ταλαντεύεται γύρω από κάποιες τιμές. Αυτό διορθώνεται υδραυλικά πριν εγκατασταθεί ο μηχανισμός ελέγχου.

4.5.21 ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΒΑΛΒΙΔΑΣ: καθαρισμός βασικού και δευτερεύοντος φίλτρου, έλεγχος για διαρροές ή αλλαγές σχήματος, έλεγχος λειτουργίας των βαλβίδων απομόνωσης, έλεγχος του μετρητή πίεσης, έλεγχος ομαλής μεταβολής

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ: έλεγχος μπαταρίας και καλωδίων, λειτουργίας του καταγραφέα και της ταχύτητας αλλαγής.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΥΠΟΖΩΝΗΣ: έλεγχος οριακών βαλβίδων, νυχτερινών παροχών. Έλεγχος εγκυρότητας κρίσιμων κόμβων και επιδιόρθωση νέων διαρροών

4.6 ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΑΓΙΩΝ

4.6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι υπόγειοι αγωγοί αποτελούν μια από τις μεγαλύτερες επενδύσεις για μια επιχείρηση και το κόστος συντήρησης και αντικατάστασης είναι συχνά απαγορευτικό, όχι μόνο λόγω των ίδιων των αγωγών αλλά και των εκσκαφών και της αποκατάστασης σε πυκνές αστικές περιοχές. Δυστυχώς η συντήρηση συχνά παραβλέπεται αφού το πρόβλημα δεν φαίνεται και μέχρι να προκύψει μια έκτακτη κατάσταση απλώς αγνοείται. Παρόλα αυτά, κάθε πρόγραμμα διαχείρισης απωλειών πρέπει να αντιμετωπίζει την συνεχή συντήρηση ως βασικό κομμάτι του.

Η συντήρηση των αγωγών μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους, με διάφορες συχνότητες ανάλογα με την φύση του προβλήματος, την αντιμετώπιση του διαχειριστή και τη σοβαρότητα της κατάστασης. Όμως, κάποια από τα προγράμματα που συναντιούνται πιο συχνά είναι ο έλεγχος της διάβρωσης και η επένδυση των αγωγών ή η αντικατάστασή τους. Στην περίπτωση της αντικατάστασης, χρησιμοποιούνται νέες τεχνολογίες που διεξάγουν τη διαδικασία χωρίς εκσκαφές και χαντάκια. Πρέπει να σημειωθεί ότι πολλοί αγωγοί υποφέρουν από υψηλές

συχνότητες θραύσεων από την αρχή της λειτουργίας τους ειδικά αν η ποιότητα του υλικού και της διαδικασίας εγκατάστασης αγνοηθούν. Κάθε επιχείρηση που σκέφτεται να κάνει αντικαταστάσεις, πρέπει να συνειδητοποιήσει πρώτα την αιτία που προκάλεσε την αστοχία του αγωγού και να διασφαλίσει ότι ο νέος αγωγός δεν θα αστοχήσει στην ίδια συχνότητα με τον παλιό.

4.6.2 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΓΩΓΩΝ

Υπάρχουν πολλές μορφές διάβρωσης, κάποιες από τις οποίες μπορεί να είναι: η γαλβανική διάβρωση, η οξείδωση, η βακτηριολογική, η διάβρωση από τυχαία ρεύματα, η μικρό-διάβρωση, η διάβρωση κοιλοτήτων, ρωγμές, επιλεκτική διάλυση, η διάβρωση με μηχανική καταπόνηση, διάβρωση λόγω υψηλής θερμοκρασίας, η περικρυσταλλική διάβρωση κ.α. Οι πιο συχνές μορφές διάβρωσης είναι η γαλβανική, η βακτηριολογική λόγω του εδάφους ή του νερού και η διάβρωση από τυχαία ρεύματα.

Κάποιες μέθοδοι ελέγχου της διάβρωσης είναι: προστατευτική εξωτερική επικάλυψη, πολλαπλή επένδυση αγωγών, μόνωση των ενώσεων, επεξεργασία νερού με τη χρήση αναστολέων διάβρωσης, καθοδική προστασία και στραγγιστήρια.

Ο έλεγχος της διάβρωσης μπορεί να γίνει πολύπλοκος, παρόλα αυτά στις περισσότερες περιπτώσεις η απόσβεση έρχεται πολύ γρήγορα με μεγάλη μείωση στον αριθμό θραύσεων και διαρροών σε πολύ σύντομες περιόδους.

4.6.3 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΓΩΓΩΝ

Οι υπόγειοι αγωγοί έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής και απαιτείται συχνά αποκατάσταση τους ή αντικατάσταση για πολλούς λόγους, κάποιιοι εκ των οποίων μπορεί να είναι:

- Μεγάλος ρυθμός θραύσεων και διαρροών
- Συχνή εκδήλωση διαρροών στις συνδέσεις
- Περισκήρυνση ή διάβρωση (εσωτερική ή εξωτερική)
- Υδραυλική φέρουσα ικανότητα
- Ενίσχυση κατασκευής
- Απειλή για τη ζωή ή περιουσία

Η αποκατάσταση και η τακτική συντήρηση μπορούν να προσθέσουν χρόνο ζωής σε έναν αγωγό, παρόλα αυτά σε διάφορες περιπτώσεις διαφορετικές μέθοδοι είναι περισσότερο ή λιγότερο αποδοτικές και δαπανηρές. Πρόσφατα, η ομάδα διαχείρισης της πίεσης της IWA επιβεβαίωσε ότι η διαχείριση της πίεσης μπορεί να έχει σημαντική επιρροή στον ετήσιο αριθμό θραύσεων στο σύστημα (Water Loss Control 2008).

4.6.3.1 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ Ή ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ?

Από την άποψη μείωσης των απωλειών νερού, η απόφαση του να αντικατασταθεί ή να αποκατασταθεί ένας αγωγός γίνεται κυρίως βάσει του λόγου κόστους/οφέλους, αν και υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση:

- Περιβαλλοντικοί προβληματισμοί
- Ανησυχίες για την υγεία

- Κατασκευαστικά προβλήματα
- Έκτακτοι κίνδυνοι
- Αύξηση της ζήτησης
- Μειωμένη υδραυλική ικανότητα
- Έλλειψη εναλλακτικών πηγών παροχής νερού

Το κόστος του να μην αντικατασταθεί ή αποκατασταθεί ένας αγωγός εκτιμάται βάσει των ακόλουθων στοιχείων:

- Μέση συχνότητα εκδήλωσης θραύσεων
- Κόστος του όγκου νερού που χάνεται ανά περιστατικό
- Κόστος ζημιάς που προκαλείται από σκάσιμο αγωγού
- Κόστος επισκευής του αγωγού
- Κόστος αποκατάστασης της γύρω περιοχής

Το κόστος αυτός πρέπει να συγκριθεί με το κόστος του να γίνει επέμβαση στον αγωγό και με τον χρόνο ζωής της προτεινόμενης αυτής επέμβασης.

4.6.3.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΓΩΓΩΝ

Γενικά, οι μέθοδοι που αναφέρονται στη συνέχεια θα είναι πιο αποτελεσματικές στη μείωση των διαρροών ειδικά αν ο αγωγός έχει υποστεί σημαντική βλάβη. Όμως, σε πολλές περιπτώσεις έχει προκληθεί μεγάλη μείωση των απωλειών από την μέθοδο εκτοξευόμενη επένδυσης (spray lining).

Κάποιες μέθοδοι αναφέρονται στη συνέχεια.

ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΥΡΙΩΝ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ

Προφανώς οι αγωγοί μπορούν να αντικατασταθούν τοποθετώντας έναν νέο αγωγό στη θέση του παλιού, παρόλα αυτά κάτι τέτοιο είναι ιδιαίτερα δαπανηρό και σε κάποιες περιπτώσεις εντελώς μη πρακτικό, όπως στην περίπτωση των πυκνοκατοικημένων πόλεων. Σε πολλές επιχειρήσεις ένα πρόγραμμα αντικατάστασης των συνδέσεων θα εξοικονομούσε πολύ μεγάλους όγκους απωλειών αφού πολύ συχνά οι μεγαλύτεροι ετήσιοι όγκοι πραγματικών απωλειών προέρχονται από μικρές διαρροές σε συνδέσεις οι οποίες ρέουν για μεγάλα διαστήματα χωρίς να ανιχνεύονται. Επιπροσθέτως, κυρίως αντικαθιστώντας κύριους αγωγούς ή συνδέσεις μειώνεται η συχνότητα εκδήλωσης νέων θραύσεων και έτσι μειώνεται το ετήσιο κόστος συντήρησης και η συχνότητα διεξαγωγής προγραμμάτων εντοπισμού διαρροών.

- **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΔΕΝ ΑΠΑΙΤΟΥΝ ΕΚΣΚΑΦΗ (Trenchless technologies)**

Άλλες μέθοδοι αντικατάστασης αγωγών που δεν απαιτούν να γίνουν εκσκαφές είναι συνήθως πιο οικονομικές και πάντα λιγότερο αποδιοργανωτικές.

Κάποιες από αυτές αναφέρονται στη συνέχεια:

Εισαγωγή νέου αγωγού σε υφιστάμενο αγωγό (slip lining): Αποτελεί πιθανότατα μια από τις απλούστερες τεχνικές χωρίς εκσκαφές. Στην περίπτωση αυτή ο παλιός αγωγός καθαρίζεται και ένας νέος μικρότερης διαμέτρου αγωγός πιέζεται μέσα στον παλιό ή σέρνεται μέσα σε αυτόν. Ο νέος αγωγός έχει μικρότερη διάμετρο και συνήθως είναι φτιαγμένος από πολυαιθυλένιο

(PE). Όταν ο νέος αγωγός τοποθετηθεί οι συνδέσεις σκάβονται συνήθως και επανενώνονται. Η αρχική διάμετρος του αγωγού δεν μειώνεται και πρέπει να διασφαλιστεί ότι παραμένει αρκετή υδραυλική φέρουσα ικανότητα για την διαδικασία αυτή. Ένας άλλος τύπος εσωτερικής επένδυσης είναι η επένδυση στενής εφαρμογής (close fit lining) όπου ένας αναδιπλούμενος σωλήνας εισέρχεται στον αγωγό και όταν βρεθεί στην κατάλληλη θέση επανέρχεται στις αρχικές της διαστάσεις.

Υπόγεια διάνοιξη: σε περιπτώσεις που η υδραυλική φέρουσα ικανότητα πρέπει να διατηρηθεί ή να αυξηθεί μπορεί να διαξαχθεί η λεγόμενη υπόγεια διάνοιξη (ripe bursting). Μια κωνική σφήνα σέρνεται μπροστά από τον νέο αγωγό. Έτσι είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ο παλιός αγωγός σαν οδηγός για τον νέο παρά το ότι ο νέος αγωγός είναι μεγαλύτερος.

Οι μέθοδοι που συζητήθηκαν παραπάνω βοηθάνε σε κάθε περίπτωση στη μείωση των διαρροών και παρέχουν άλλα οφέλη όπως αυξημένη υδραυλική ικανότητα και συνθήκες παροχής καθαρού νερού.

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΓΩΓΩΝ

Στις περισσότερες περιπτώσεις όπου η ακεραιότητα της κατασκευής δεν αποτελεί πρόβλημα, οι αγωγοί μπορούν να καθαριστούν και να επενδυθούν. Οι επενδύσεις αυτές είναι συνήθως είτε τσιμέντο ή εποξειδίο και δεν σχεδιάζονται για να μειώσουν τις διαρροές ή να βελτιώσουν κατασκευαστικά τον αγωγό αλλά για να παρέχουν καθαρό και ομαλό περιβάλλον ώστε να διασφαλίζεται παροχή καθαρού νερού και μικρότερος συντελεστής τριβής.

• ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΑΓΩΓΩΝ

Πριν από κάθε παρέμβαση επένδυσης ενός αγωγού είναι σημαντικό να καθαριστεί ώστε να μπορεί η επένδυση να εφαρμοστεί σωστά στα τοιχώματα χωρίς να εγκλωβίζονται μπάζα ή διάβρωση που θα μπορούσαν αργότερα να δημιουργήσουν προβληματικές περιοχές. Αγωγοί με εσωτερική διάβρωση μπορούν να καθαριστούν με πολλούς τρόπους, με πιο συνηθισμένους τους εξής:

Πλύση με ώθηση αέρα: γίνεται με τη χρήση ενός συμπιεστή αέρα ο οποίος πιέζει αέρα μέσα στον αγωγό με ελαφρώς μεγαλύτερη πίεση από αυτή του νερού. Όταν ο αέρας μπαίνει στον αγωγό και μετά απελευθερώνεται στα κατάντη, δημιουργείται κύμα το οποίο “ξηλώνει” τη διάβρωση από τα τοιχώματα. Ο αέρας συνήθως εγχέεται μέσω κρουνών ενώ ο αγωγός είναι υπό πίεση, αν και είναι καλή ιδέα να κλείνουν οι γύρω βαλβίδες διανομής ώστε να αποφεύγεται ο αποχρωματισμός του νερού στις περιβάλλουσες περιοχές. Ένα από τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι δεν χρειάζεται να γίνουν εκσκαφές. Χρησιμοποιείται συχνά όταν δεν πρόκειται να γίνει επένδυση του αγωγού αλλά απαιτείται βελτιωμένη υδραυλική ικανότητα.

Περιστρεφόμενες αλυσίδες, ράβδοι και σπάτουλες απόξεσης: Όταν ένα τμήμα κύριου αγωγού χρειάζεται να επενδυθεί τότε πρέπει να γίνει εκσκαφή των λάκκων πρόσβασης πριν από την τοποθέτηση της επένδυσης. Οι ίδιοι λάκκοι χρησιμοποιούνται για να περαστούν περιστρεφόμενες ράβδοι ή αλυσίδες μέσα από τον αγωγό. Εναλλακτικά, μπορούν να περαστούν σπάτουλες απόξεσης. Μετά την απόξεση ο αγωγός πρέπει να ξεπλυθεί και συχνά να περαστεί και με ξέστρες πριν να επενδυθεί.

Ξέστρα καθαρισμού: Οι ξέστρες έχουν διάφορα σχήματα και μεγέθη και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το αρχικό ή το τελικό καθάρισμα του αγωγού, όπως προαναφέρθηκε παραπάνω. Εισέρχονται μέσω των λάκκων πρόσβασης στον αγωγό και μαζεύονται στο τέλος του τμήματος του αγωγού. Κάποιοι αγωγοί διαθέτουν “παγίδες ξέστρων” που επιτρέπουν συχνό καθάρισμα ακόμα και όταν δεν επίκειται επένδυση.

- **ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ**

Εποξειδικά: Οι εποξειδικές επενδύσεις είναι εγκεκριμένες από πολλούς περιβαλλοντικούς φορείς παγκοσμίως, παρόλα αυτά δεν είναι όλες εγκεκριμένες. Η εποξειδική επένδυση ψεκάζεται πάνω στα τοιχώματα του αγωγού με τη βοήθεια ενός ρυμουλκούμενου φυγόκεντρου μηχανισμού. Έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι συνήθως ιδιαίτερα λεπτές και έτσι έχουν λιγότερη αρνητική επιρροή στην εσωτερική διάμετρο του αγωγού και στην ωφέλιμη υδραυλική ικανότητα. Οι εποξειδικές επενδύσεις επίσης τείνουν να στεγνώνουν γρήγορα επιτρέποντας ταχύτερη επαναλειτουργία του αγωγού.

Τσιμέντο: Οι επενδύσεις από τσιμέντο είναι επίσης ευρέως εγκεκριμένες και αποτελούν εξαιρετικό τρόπο βελτίωσης της κατάστασης του εσωτερικού του αγωγού. Οι τσιμεντένιες επενδύσεις επιλέγονται συχνά και για νέους αγωγούς. Εφαρμόζονται με φυγόκεντρο ψεκασμό ή με σπάτουλα, ανάλογα με τη διάμετρο του αγωγού και τείνουν να αργούν λίγο περισσότερο να στεγνώσουν από τις εποξειδικές επενδύσεις. Είναι πιο παχιές και απαιτείται προσοχή ώστε να διασφαλιστεί ότι δεν μειώνεται η υδραυλική ικανότητα, λόγω μείωσης της διαμέτρου, κάτω από τα αποδεκτά όρια.

4.7 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Έχει γίνει σημαντική προσπάθεια στην ανάπτυξη μεθόδων βελτιστοποίησης του εντοπισμού των διαρροών και ελέγχου τους ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες σε συστήματα διανομής νερού. Η αντικειμενική συνάρτηση του προβλήματος είναι είτε να ελαχιστοποιηθούν οι μεγάλες πιέσεις και έτσι να μειωθούν οι απώλειες ή απευθείας να ελαχιστοποιηθούν οι πραγματικές απώλειες. Οι περιορισμοί συνήθως είναι οι κυρίαρχες εξισώσεις ανάλυσης δικτύου (διατήρηση ενέργειας και ισοζύγιο μάζας) και οι απαιτήσεις της ελάχιστης πίεσης. Η συμπερίληψη όρων εξαρτώμενων από την πίεση και όρων που μοντελοποιούν την επίδραση των βαλβίδων στις κυρίαρχες εξισώσεις επιτρέπουν την επίσημη εφαρμογή τεχνικών βελτιστοποίησης. Οι μέθοδοι διαχείρισης πραγματικών απωλειών με τη χρήση τεχνικών βελτιστοποίησης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής (Mutikanga, 2012):

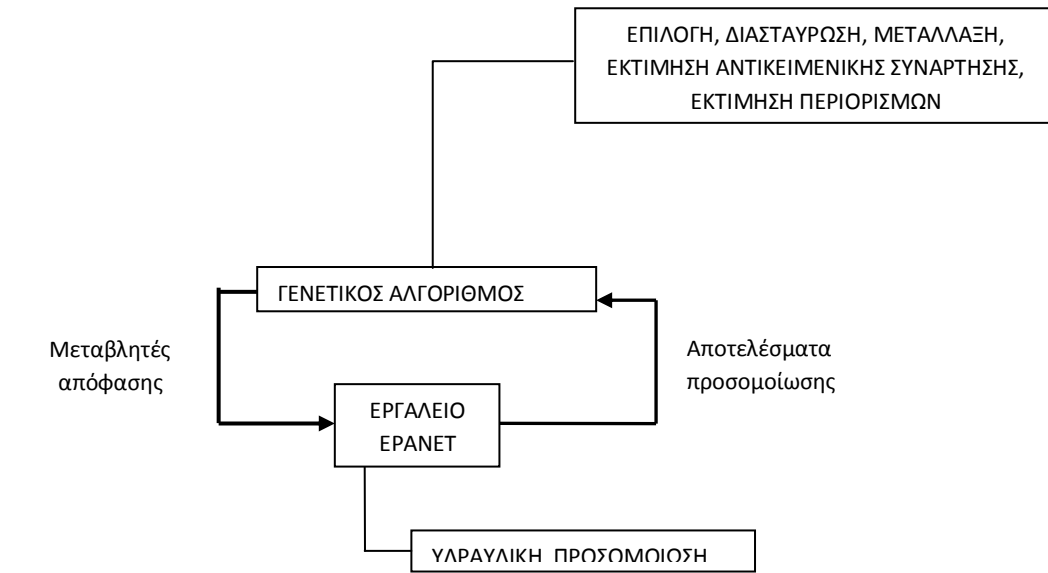
ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΔΙΑΡΡΟΩΝ ΒΑΣΕΙ ΜΕΘΟΔΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

Οι Wu et al (2010) ανέπτυξαν μια μέθοδο βελτιστοποίησης για εντοπισμό σημείων διαρροών σε συστήματα διανομής νερού. Οι διαρροές αναπαρίστανται ως ζήτηση που εξαρτάται από την πίεση και προσομοιώνεται ως εξερχόμενη παροχή σε επιλεγμένους κόμβους. Η μέθοδος βελτιστοποιεί τις θέσεις των κόμβων διαρροών και τους σχετικούς συντελεστές έτσι ώστε οι διαφορές μεταξύ των προβλεπόμενων και των παρατηρούμενων τιμών πίεσης και παροχής να ελαχιστοποιούνται. Το πρόβλημα της βελτιστοποίησης επιλύεται με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων (GA). Ο βελτιστοποιημένος συντελεστής 0 υποδεικνύει την μη ύπαρξη διαρροών, διαφορετικά αναγνωρίζεται η διαρροή στον κόμβο. Όσο μεγαλύτερος είναι ο συντελεστής, τόσο μεγαλύτερη η αναμενόμενη διαρροή. Η μεθοδολογία αυτή ελέγχθηκε με επιτυχία στο Ην.Βασίλειο και στην Ταϊλάνδη. Ο σοβαρός περιορισμός της μεθόδου είναι ότι απαιτεί ένα πολύ καλό καλιμπραρισμένο μοντέλο και δεδομένα υψηλής ποιότητας τα οποία δεν είναι συχνά διαθέσιμα στις περισσότερες επιχειρήσεις ύδρευσης, ειδικά σε αναπτυσσόμενες χώρες.

Αρκετοί ερευνητές έχουν χρησιμοποιήσει τεχνικές μαθηματικού προγραμματισμού για να ελαχιστοποιήσουν τις διαρροές χρησιμοποιώντας τη βέλτιστη τοποθέτηση βαλβίδων ελέγχου της παροχής (Alonso et al. 2000; Jowitt και Xu 1990; Vairavamoorthy και Lumbers 1998).

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΕΛΑΧΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΡΡΩΝ

Μέθοδοι όπως οι εξελικτικοί αλγόριθμοι και οι γενετικοί αλγόριθμοι έχουν υιοθετηθεί ως εναλλακτικές στοχαστικές τεχνικές βελτιστοποίησης και έχουν αποδειχθεί πολύ εύρωστες στο να επιλύουν μη γραμμικά προβλήματα όπως η βελτιστοποίηση της πίεσης του δικτύου για ελαχιστοποίηση των διαρροών (Nicklow et al. 2010). Το γενικό πλαίσιο της βελτιστοποίησης παρουσιάζεται στο σχήμα. Η διαθεσιμότητα ανοικτών βάσεων δεδομένων γενετικών αλγορίθμων και λογισμικών υδραυλικής επίλυσης όπως το EPANET παρέχει ευκαιρίες για δωρεάν ανάπτυξη εργαλείων βελτιστοποίησης για μεγάλη ποικιλία εφαρμογών σε συστήματα διανομής, όπως τον έλεγχο της πίεσης. Οι Savic και Walters (1995) ήταν οι πρώτοι που εφάρμοσαν γενετικούς αλγορίθμους για βέλτιστη ρύθμιση της πίεσης. Το πρόβλημα βελτιστοποίησης της ελαχιστοποίησης των πιέσεων διαμορφώνεται θέτοντας ως μεταβλητές απόφασης τις βαλβίδες απομόνωσης και ως περιορισμούς τις ελάχιστες επιτρεπτές πιέσεις. Το βασικό μειονέκτημα είναι ότι η μέθοδος αυτή δεν επικυρώθηκε σε πραγματική μελέτη δικτύου. Από τότε έχουν αναφερθεί βελτιώσεις και εφαρμογές των γενετικών αλγορίθμων σε δίκτυα διανομής από πολλούς ερευνητές για προβλήματα όπως τη βέλτιστη τοποθέτηση βαλβίδων (Reis et al. 1997), βέλτιστη στάθμη δεξαμενών (Nazif et al. 2010).



Σχήμα 19: Το γενικό πλαίσιο της βελτιστοποίησης με τη χρήση γενετικών αλγορίθμων

ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ ΑΓΩΓΩΝ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΝΤΛΙΩΝ

Στα συστήματα διανομής οι μέθοδοι βελτιστοποίησης έχουν εφαρμοστεί κυρίως για τον προγραμματισμό της αποκατάστασης αγωγών (Kleiner et al. 1998) και την δρομολόγηση αντλιών για να ελαχιστοποιηθούν τα μεγάλα ύψη, σαν εναλλακτικές επιλογές για την ελαχιστοποίηση των διαρροών (Lansley and Awumah 1994). Το βασικό μειονέκτημα των κλασικών μεθόδων είναι ότι στην καλύτερη περίπτωση μπορούν να βρουν μια λύση ανά τρέξιμο, οπότε δεν επαρκούν για την επίλυση πολυκριτηριακών προβλημάτων βελτιστοποίησης.

5. ΈΛΕΓΧΟΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ (ΕΜΠΟΡΙΚΩΝ/ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ) ΑΠΩΛΕΙΩΝ

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Οι φαινόμενες απώλειες είναι οι μη-φυσικές απώλειες που συμβαίνουν όταν το νερό διανέμεται επιτυχώς στους καταναλωτές αλλά, για διάφορους λόγους δεν μετράται ή δεν καταγράφεται με ακρίβεια και ως εκ τούτου εισάγεται κάποιο ποσοστό σφάλματος στην ποσότητα που καταναλώνεται. Όταν τέτοιου είδους σφάλματα συναντιούνται συστηματικά σε ένα σημαντικό αριθμό λογαριασμών καταναλωτών η συνολική μέτρηση της κατανάλωσης μπορεί να διαστρεβλωθεί σε μεγάλο βαθμό και έτσι να χαθούν χρεώσεις και συνεπώς έσοδα για την επιχείρηση νερού.

Υπάρχουν 3 κατηγορίες φαινόμενων απωλειών:

- Ανακρίβειες μετρητών καταναλωτών (υπομέτρηση, λάθη στην ανάγνωση των μετρητών)
- Λογιστικά σφάλματα
- Παράνομη χρήση νερού-κλοπή νερού

ΥΠΟΜΕΤΡΗΣΗ: Έγκειται στην αδυναμία του μετρητή να καταγράψει με ακρίβεια την ποσότητα νερού που διέρχεται από αυτόν, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις χαμηλής ροής. Η υπομέτρηση τείνει να αυξάνει χρονικά όσο παλιώνει ο μετρητής.

ΛΑΘΗ ΣΤΗΝ ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΡΗΤΗ: Ακούσια ή και εκούσια λάθη στην ανάγνωση των ενδείξεων του μετρητή.

ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΑ ΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΛΑΘΗ: Σφάλματα στην καταγραφή και επεξεργασία των μετρήσεων

ΚΛΟΠΗ ΝΕΡΟΥ: Αφορούν παρακάμψεις ως τον μετρητή, παράνομες συνδέσεις και κακόβουλες επεμβάσεις στους μετρητές.

Κύριες αιτίες των φαινόμενων απωλειών αποτελούν οι ανεπαρκείς μετρήσεις, καταγραφές, αρχειοθετήσεις και λογιστικές λειτουργίες που χρησιμοποιούνται στην καταμέτρηση του όγκου νερού σε μια επιχείρηση ύδρευσης. Οι ανεπάρκειες αυτές είναι αποτέλεσμα ανακριβών μετρητών και λανθασμένα διαστασιοποιημένων, λαθών στην ανάγνωση τους, πρακτικών τιμολόγησης, αδύναμων πολιτικών και ανεπαρκούς διαχείρισης. Η μη εξουσιοδοτημένη χρήση νερού, η οποία γίνεται από μεμονωμένους πελάτες που επεμβαίνουν στις μετρήσεις αλλοιώνοντας τις ή χρησιμοποιούν κακόβουλα νερό χωρίς να πληρώνουν για την υπηρεσία, προκαλεί και αυτή οικονομικές απώλειες στην επιχείρηση νερού.

Οι τρόποι με τους οποίους προκαλούνται φαινόμενες απώλειες ποικίλουν και αλλάζουν συνεχώς, κυρίως όσον αφορά την κλοπή νερού. Εκείνοι που παίρνουν νερό χωρίς να είναι εξουσιοδοτημένοι να το κάνουν πιστεύουν πολλές φορές ότι το νερό θα έπρεπε να παρέχεται δωρεάν ή δεν έχουν οι ίδιοι τους οικονομικούς πόρους να πληρώσουν προκειμένου να τους παρέχεται νερό.

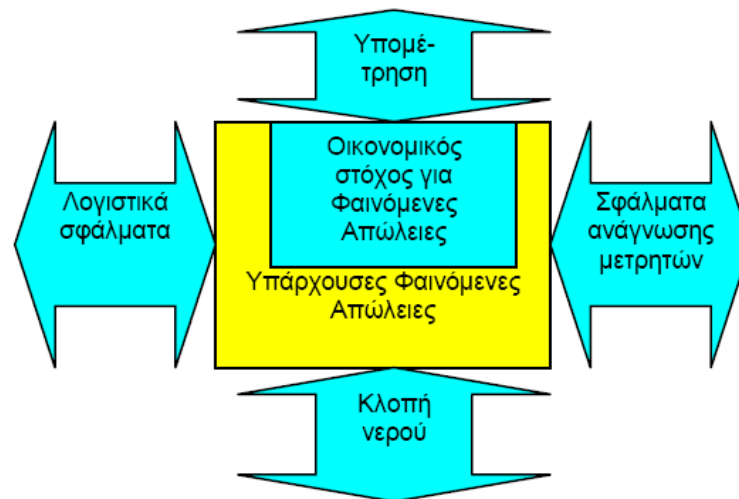
Για τους λόγους αυτούς οι επιχειρήσεις νερού πρέπει να βρίσκονται σε επαγρύπνηση στην προσπάθεια διαχείρισης του νερού μέσω αποτελεσματικής διαχείρισης των μετρητών, ορθής τιμολόγησης, ελέγχων και πολιτικών ενίσχυσης για την υλοποίηση επιθυμητού επιπέδου εσόδων τους και τη διατήρηση ακριβών μετρήσεων των ποσοτήτων νερού που παρέχουν.

Σύμφωνα με την AWWA (2003) οι μέθοδοι για τον έλεγχο των φαινόμενων απωλειών βρίσκονται ακόμα σε πολύ πρώιμα στάδια και μένει πολύ δουλειά προκειμένου να είναι ισότιμοι εκείνων των πραγματικών απωλειών.

5.2 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η Water Loss Task Force της IWA ανέπτυξε μια προσέγγιση τριών συνιστωσών για αποτελεσματική διαχείριση των Φαινόμενων απωλειών.

- Το εξωτερικό κουτί αναπαριστά τις υπάρχουσες φαινόμενες απώλειες στο σύστημα
- Το μεσαίο κουτί αναπαριστά το στοχευόμενο επίπεδο φαινομένων απωλειών της επιχείρησης. Αυτό είναι το οικονομικό επίπεδο φαινομένων απωλειών (ELAL) ή το επίπεδο πέραν του οποίου η κάθε επέμβαση για περαιτέρω μείωση των απωλειών δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα για την επιχείρηση.
- Το εσωτερικό κουτί αναπαριστά το επίπεδο των αναπόφευκτων φαινομένων απωλειών (UAAL). Αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο επίπεδο απωλειών που θα μπορούσε να επιτευχθεί αν εφαρμόζονταν σωστά όλοι οι πιθανοί τρόποι μείωσης τους. Σε αντίθεση με τις αναπόφευκτες πραγματικές απώλειες δεν υπάρχει προς το παρόν ένας τυποποιημένος τρόπος υπολογισμού των UAAL.



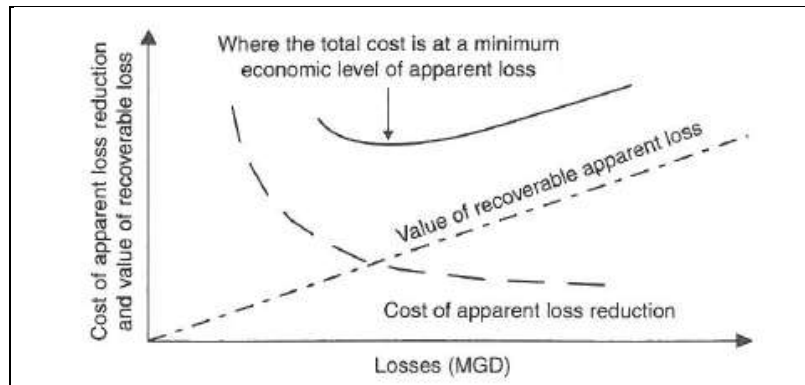
Σχήμα 20: Τα συστατικά των φαινομένων απωλειών (Farley and Trow 2003)

ΤΡΟΠΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ELAL

Όταν το ποσοστό απωλειών σε ένα σύστημα είναι μεγάλο, στα πλαίσια ενός προγράμματος μείωσης των απωλειών μπορούν να επιτευχθούν σχετικά μεγάλες μειώσεις σε πολύ αρχικό στάδιο. Παρόλα αυτά ακόμα μεγαλύτερο κόστος και προσπάθεια απαιτούνται στη συνέχεια για να επιτευχθεί περαιτέρω μείωση των απωλειών. Όταν τίθεται ένας στόχος για την μείωση των φαινομένων απωλειών υπάρχει ένα σημείο 'breakeven', πέραν του οποίου η προσπάθεια περιορισμού των απωλειών έχει μεγαλύτερο κόστος από το ποσό που θα ανακτηθεί. Το σημείο αυτό είναι το ELAL. Στο γράφημα, η καμπύλη κόστους αντικατάστασης του μετρητή αντιπαρατίθεται με την γραμμή των κερδών από την μείωση των φαινομένων απωλειών. Προσθέτοντας τις δυο τιμές και πλοτάροντας το άθροισμα δημιουργείται μια τρίτη καμπύλη, η καμπύλη του συνολικού ετήσιου κόστους φαινομένων απωλειών. Το ELAL βρίσκεται εκεί που η τρίτη καμπύλη παρουσιάζει ελάχιστο.

Για να δημιουργηθεί μια τέτοια καμπύλη, η οικονομική ανάλυση πρέπει να ξεκινήσει από τον προσδιορισμό του όγκου και του κόστους των σημαντικότερων αιτιών των φαινομένων απωλειών. Πρέπει να γίνει σαφές το τι προκαλεί τις απώλειες αυτές. Τότε θα είναι εφικτό να σκεφτούμε αρκετές λύσεις για να μειωθούν οι απώλειες. Το κόστος κάθε μιας από τις πιθανές

λύσεις πρέπει να συγκριθεί με τα προβλεπόμενα έσοδα που θα επιφέρει η μείωση των απωλειών. Στην στρατηγική μείωσης των φαινόμενων απωλειών πρέπει να συμπεριληφθούν μόνο οι λύσεις με ικανοποιητικό λόγο κόστους/οφέλους και χρόνο απόσβεσης. Η προσέγγιση αυτή ενέχει δύο περιορισμούς στην εφαρμογή της από τις εταιρίες ύδρευσης. Πρώτον, απαιτεί μεγάλο όγκο δεδομένων γεγονός χρονοβόρο και περίπλοκο. Δεύτερον, πρέπει να δημιουργηθούν διαφορετικές καμπύλες κόστους για κάθε κομμάτι των φαινόμενων απωλειών (μια για τις ανακρίβειες μετρητών, μια για την παράνομη χρήση, μια για την κλοπή από πυροσβεστικούς κρουσμούς κλπ). Δυστυχώς δεν υφίσταται ένα μικτό ELAL για κάθε επιχείρηση. Υπάρχει ένα για κάθε υπό εξέταση λύση και το συνολικό θα είναι το άθροισμα όλων των ELAL των λύσεων που θα επιλεγούν. Προς το παρόν η Water Loss Task Force της IWA προσπαθεί να αναπτύξει μια απλούστερη μέθοδο υπολογισμού του ELAL.



Σχήμα 21: Τρόπος εύρεσης του ELAL

ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΤΙΜΩΝ

Όταν τα δεδομένα και μια κατάλληλη μεθοδολογία δεν υπάρχουν, οι περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες χρησιμοποιούν προκαθορισμένες τιμές (πχ η μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση υπολογίζεται ως 0.5% του SIV και η οικιακή υπομέτρηση ως 2% της μετρούμενης κατανάλωσης) οι οποίες τείνουν να είναι οι χαμηλότερες τιμές για συστήματα με καλή διαχείριση, για τον υπολογισμό των συνιστωσών των φαινόμενων απωλειών (Seago and McKenzie 2007). Στο μοντέλο BENCHLEAK, για τον υπολογισμό του NRW χρησιμοποιείται η τιμή 20% των συνολικών απωλειών για να υπολογιστούν οι φαινόμενες απώλειες (McKenzie et al. 2002). Στην Αυστραλία οι φαινόμενες απώλειες θεωρούνται από 1% ως 3% του SIV και στην Μαλαισία 9% του SIV. Σε περιπτώσεις όπου η παράνομη χρήση του νερού δεν είναι μεγάλη, προτείνεται η τιμή 0.25% του SIV για να υπολογιστεί η μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (Thornton et al. 2008). Οι προκαθορισμένες αυτές τιμές όμως δεν είναι κατάλληλες για τις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες όπου το ποσοστό παράνομης χρήσης είναι αρκετά υψηλό και δεν υπάρχουν πολιτικές διαχείρισης των μετρητών.

ΣΗΜΕΙΑ ΕΚΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Αν μια επιχείρηση ξεκινάει για πρώτη φορά τον έλεγχο της παροχής νερού της είναι πολύ πιθανόν να υπάρχουν αρκετές φαινόμενες απώλειες και θα είναι συμφέρον να ανακτήσει έναν αποδοτικό όγκο φαινόμενων αλλά και πραγματικών απωλειών. Αντί μιας περίπλοκης ανάλυσης προσφέρονται τα επόμενα προτεινόμενα σημεία εκκίνησης για τον έλεγχο των φαινόμενων απωλειών:

- Δημιουργία διαγράμματος ροής για τις διαδικασίες ανάγνωσης των μετρητών πελατών αλλά και της τιμολόγησης, κατανοώντας τις πλήρως και εντοπίζοντας τυχόν πταίσματα

που μπορούν να επιτρέπουν την ύπαρξη φαινομένων απωλειών. Αυτή η διαδικασία μπορεί να πραγματοποιηθεί με ελάχιστο κόστος και μπορεί να εντοπίσει έναν αριθμό περιπτώσεων που μπορούν να διορθωθούν γρήγορα και ανέξοδα μέσω αλλαγών πολιτικής και υπολογιστικού προγραμματισμού.

- Εκτός και αν το σύνολο των μετρητών είναι καινούριο, διεξαγωγή ετήσιων ελέγχων ακριβείας των μετρητών σε ένα δείγμα μετρητών των πελατών. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να πραγματοποιείται κατά το ελάχιστο σε 50 μετρητές ετησίως, με 25 τυχαία επιλεγμένους μετρητές και άλλους 25 που κατέγραψαν υψηλή αθροιστική κατανάλωση. Με τον τρόπο αυτό θα επιτευχθεί μια πρώτη αναπαράσταση του επιπέδου ακριβείας των μετρητών, και η επανάληψη του ελέγχου ετησίως θα αποκαλύψει τα σημεία που οι μετρητές χάνουν την ακρίβεια τους λόγω των όγκων νερού που διέρχονται από αυτούς.

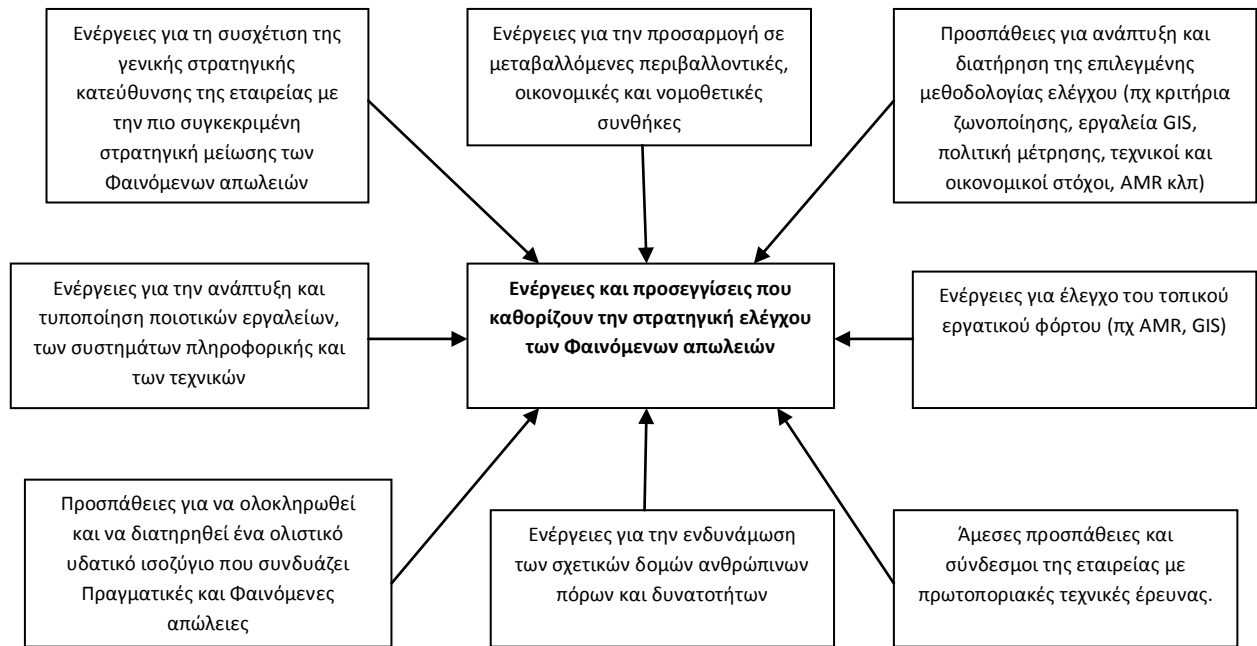
Τα παραπάνω πρώτα βήματα είναι εύχρηστα και μπορούν να αποτελέσουν μια παραγωγική αρχή για τις προσπάθειες μείωσης των φαινομένων απωλειών. Αφού ο έλεγχος θα έχει πραγματοποιηθεί για αρκετά χρόνια, θα είναι διαθέσιμα bottom-up στοιχεία από έρευνες στο πεδίο και έτσι θα μπορεί να διενεργηθεί ένας πιο ολοκληρωμένος υπολογισμός των υπαρχουσών φαινομένων απωλειών.

Στα πρώτα στάδια ενός προγράμματος προστασίας εσόδων μιας εταιρείας ύδρευσης είναι δυνατόν να ανακτηθούν σημαντικά ποσοστά απωλειών με λιγότερο δαπανηρό προγραμματισμό. Παρόλα αυτά, όσο το πρόγραμμα αντιμετώπισης 'ωριμάζει', η επιχείρηση τελικά θα έρθει αντιμέτωπη με την ανάγκη για πιο ακριβές και εκτενείς επεμβάσεις για τον έλεγχο των φαινομένων απωλειών. Τέτοιες επεμβάσεις μπορούν να περιλαμβάνουν μαζική αλλαγή μετρητών, εγκατάσταση συστημάτων AMR (Automatic Meter Reading) ή την εφαρμογή νέου μηχανογραφικού συστήματος κοστολόγησης. Σε αυτό το επόμενο στάδιο του προγράμματος ελέγχου απωλειών θα υπάρχουν ήδη επαρκή δεδομένα που θα αποτελέσουν τη βάση για ορθολογιστική λήψη αποφάσεων.

5.2.1 ΒΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ

Τα βήματα αυτά είναι τα εξής:

1. Διεξαγωγή bottom-up ελέγχων για να εξακριβωθεί το μέγεθος της απώλειας
2. Αναγνώριση επιπτώσεων στα έσοδα και στην ακεραιότητα των δεδομένων
3. Αναγνώριση διορθωτικών δράσεων για την αντιμετώπιση βασικότερων επιπτώσεων
4. Επιβεβαίωση του λόγου κόστους/οφέλους των επιδιορθωτικών μέτρων
5. Διαμόρφωση σχεδίου επεμβάσεων για τον έλεγχο των φαινομένων απωλειών



Σχήμα 21: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ (Rizzo et al., 2007)

5.3 BOTTOM-UP ΕΛΕΓΧΟΙ

Οι bottom-up έλεγχοι για τον έλεγχο φαινομένων απωλειών περιλαμβάνουν διενέργεια λεπτομερών διερευνήσεων των λειτουργιών των μετρητών, τιμολόγησης και λογιστικής. Η κατάστρωση διαγράμματος ροής για τις διαδικασίες τιμολόγησης είναι μια σημαντική bottom-up δραστηριότητα που προτείνεται ως αρχικό βήμα. Ο έλεγχος της λειτουργίας των μετρητών αποτελεί επίσης έναν bottom-up έλεγχο. Στους ελέγχους αυτούς περιλαμβάνονται και οι έλεγχοι στις κατοικίες των πελατών όπου πρέπει να γίνει επιθεώρηση των συνδέσεων για πιθανή μη-εξουσιοδοτημένη κατανάλωση, καθώς και πολλές άλλες ενέργειες οι οποίες ερευνούν για φαινόμενες απώλειες υπό συγκεκριμένες συνθήκες (bottom-up δράσεις). Οι bottom-up απαιτούν περισσότερο κόπο για να διεξαχθούν απότι οι top-down μέθοδοι, όμως εντοπίζουν μεμονωμένες απώλειες βοηθώντας τις επεμβάσεις στο να είναι στοχευμένες σε γνωστές απώλειες και στο να παράγονται πιο αξιόπιστα δεδομένα για τα water audits. Στη συνέχεια αναλύονται όλες οι bottom-up προσεγγίσεις εκτίμησης κάθε στοιχείου των φαινομένων απωλειών ξεχωριστά.

5.4 ΑΝΑΚΡΙΒΕΙΕΣ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΩΝ

Οι μετρητές παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες πάνω στις τάσεις της κατανάλωσης για μακροχρόνιο σχεδιασμό, και τα απαραίτητα δεδομένα για την αξιολόγηση προγραμμάτων ελέγχου και συντήρησης. Η μέτρηση του νερού ανεβάζει την αξία του αγαθού στο μυαλό των καταναλωτών συνδέοντας έναν όγκο νερού με μια συγκεκριμένη τιμή. Στις μέρες μας όπου τα συστήματα αυτόματης ανάγνωσης μετρητών και η τεχνολογία data-logging είναι ευρέως διαθέσιμα, οι πληροφορίες για την κατανάλωση των πελατών είναι κρίσιμες για την καλύτερη διαχείριση των επιχειρήσεων ύδρευσης αλλά και των υδατικών πόρων μεμονωμένων λεκανών απορροής.

Οι μετρητές των καταναλωτών που καταμετρούν λανθασμένα τους όγκους νερού που διέρχονται από αυτούς μπορούν να αποτελέσουν την βασική αιτία φαινομένων απωλειών στα συστήματα παροχής νερού. Όπως όλες οι συσκευές, οι μετρητές συνήθως χάνουν την ακρίβεια τους με την πάροδο του χρόνου επιφέροντας σημαντική απώλεια εσόδων για την επιχείρηση αλλά και άδικων και άνισων τιμολογιακών πολιτικών.

5.4.1 ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ (INTEGRATED WATER METER MANAGEMENT)

Περιλαμβάνει κατάλληλη επιλογή μετρητών, δειγματοληψία και έλεγχο της ποιότητας των νέων μετρητών, επαρκή διαστασιολόγηση του, σωστή εγκατάσταση τους, βέλτιστη επιλογή δειγμάτων μετρητών, βέλτιστο χρόνο ελέγχων και αντικατάστασης. Οι περισσότερες εταιρείες ύδρευσης των ανεπτυγμένων χωρών εφαρμόζουν τον τρόπο αυτό και το αποτέλεσμα είναι χαμηλά επίπεδα ανακρίβειών μετρητών. Παραδείγματα αποτελούν το Τμήμα Υδάτων της Φιλαδέλφεια των Η.Π.Α με 2% ποσοστό των φαινόμενων απωλειών να οφείλεται σε ανακρίβειες μετρητών.

Οι μετρητές κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες ή μετρολογικές κλάσεις –Α, Β, C, D – ανάλογα με την μετρητική τους ικανότητα, με τους μετρητές κλάσης Α και D να έχουν την μικρότερη και τη μεγαλύτερη ακρίβεια αντίστοιχα. Ανάλογα με την κλάση, υπολογίζονται οι τιμές της ελάχιστης (Q_m) και της μεταβατικής παροχής (Q_t) που εκφράζονται συναρτήσει της μόνιμης παροχής. Η τιμή της παροχής υπερφόρτισης (Q_s) λαμβάνεται για όλες τις κλάσεις ως το διπλάσιο της μόνιμης παροχής.

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας του υδρομετρητή είναι τα 10 bar και είναι ίδια για όλους του μετρητές. Η μέγιστη αποδεκτή πτώση πίεσης περιορίζεται στις τιμές 0,1, 0,3, 0,6 και 1 bar. Η μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας είναι οι 30° C για όλους τους τύπους μετρητών (Arregui et al., 2006a).

Πίνακας 12 ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΛΑΣΕΙΣ (Arregui et al., 2006a)

Q_p (m^3/h)	Κλάση Α		Κλάση Β		Κλάση C		Κλάση D		Q_s (m^3/h)
	Q_m (l/h)	Q_t (l/h)	Q_m (l/h)	Q_t (l/h)	Q_m (l/h)	Q_t (l/h)	Q_m (l/h)	Q_t (l/h)	
0,9	24	60	12	48	6	9	4,5	6,9	1,2
1	40	100	20	80	10	15	7,5	11,5	2
1,5	60	150	30	120	15	22,5	11,25	17,25	3
2,5	100	250	50	200	25	37,5	18,75	28,75	5
3,5	140	350	70	280	35	52,5	26,26	40,25	7
6	240	600	120	480	60	90	45	69	12
10	400	1000	200	800	100	150	75	115	20
15	1200	4500	450	3000	90	225	-	-	30
20	1600	6000	600	4000	120	300	-	-	40
25	2000	7500	750	5000	150	375	-	-	50
30	2400	9000	900	6000	180	450	-	-	60
40	3200	12000	1200	8000	240	600	-	-	80
50	4000	15000	1500	10000	300	750	-	-	100
60	4800	18000	1800	12000	360	900	-	-	120
100	8000	30000	3000	20000	600	1500	-	-	200
150	12000	45000	4500	30000	900	2250	-	-	300
250	20000	75000	7500	50000	1500	3750	-	-	500
400	32000	120000	12000	80000	2400	6000	-	-	800
600	48000	180000	18000	120000	3600	9000	-	-	1200
1000	80000	300000	30000	200000	6000	15000	-	-	2000
1500	120000	450000	45000	300000	9000	22500	-	-	3000
2500	200000	750000	75000	500000	15000	37500	-	-	5000
4000	320000	1200000	120000	800000	24000	60000	-	-	8000

Με βάση τον τρόπο λειτουργίας τους οι υδρομετρητές μπορούν να καταταγούν σε πέντε γενικές κατηγορίες (A. Tsavdaridou thesis, 2011):

- Υδρομετρητές ταχύτητας (velocity meters)-χρησιμοποιούν την ταχύτητα ροής για την μέτρηση του όγκου. Τέτοιοι είναι οι απλής ριπής (single jet) ,οι πολλαπλής ριπής, οι στροβιλομετρικοί (turbine meters) και οι ηλεκτρομαγνητικοί.
- Οι ογκομετρικοί μετρητές (positive displacement meters)-το νερό μετακινεί ή εκτοπίζει τον μηχανισμό μέτρησης. Τέτοιοι είναι οι μετρητές ταλαντευόμενου εμβόλου (oscillating piston meters) και οι ταλαντευόμενου δίσκου (nutating disc meters).
- Σύνθετοι υδρομετρητές (compound meters)-συνδυάζουν δύο μετρητές σε έναν για τη μέτρηση μεγάλων και μικρών ροών
- Αναλογικοί υδρομετρητές (proportional meters)-μετρούν μόνο τμήμα της συνολικής ροής. Οι μετρήσεις του συνολικού όγκου βασίζονται στο δείγμα αυτό. Τέτοιοι είναι οι μετρητές πυρκαγιάς (fire line meters) (AWWA M36,1999)
- Υδρομετρητές ανοικτού καναλιού- τοποθετούνται σε ρέματα για να περιορίσουν τη ροή με στόχο τη μέτρηση της.

5.4.2 METER DEMOGRAPHICS

Πολλές εταιρίες ύδρευσης δεν έχουν πλήρη εποπτεία της κατάστασης του συνόλου των μετρητών. Δεν είναι σπάνιο για μετρητές που εγκαταστάθηκαν 15,20 ή και 25 χρόνια πριν να μην έχουν αντικατασταθεί ή ελεγχθεί επαρκώς. Σε πολλές τέτοιες περιπτώσεις έχουμε φτωχές καταγραφές άρα και ελλιπή γνώση του μεγέθους, του τύπου και της απόδοσης των μετρητών του δικτύου. Το πρώτο βήμα σε αυτές περιπτώσεις είναι η συλλογή δεδομένων για τους υπάρχοντες μετρητές. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί διερευνώντας τα ιστορικά αγορών μετρητών και εγκατάστασης τους, αρχεία τιμολόγησης, ιστορικά παραπόνων πελατών και ενδεχόμενων αποτελεσμάτων ελέγχων της ακρίβειας τους. Επιπλέον πληροφορίες για συγκεκριμένους μετρητές μπορούν να συλλεχθούν από καταρτισμένο προσωπικό το οποίο θα επισκεφτεί τις τοποθεσίες των μετρητών των πελατών. Τα δεδομένα που θα συλλεχθούν μπορούν να καταγραφούν σε ένα αρχειακό σύστημα δεδομένων όπως το ακόλουθο:

Πίνακας 13 Παράδειγμα πληθυσμού μετρητών και μετρούμενων καταναλώσεων (1 Ιανουαρίου-31 Δεκέμβρη,2006), (J.Thornton et al., 2002)

Μέγεθος Μετρητή (in)	Πλήθος Μετρητών	Ποσοστό % όλων των μετρητών	Τύπος	Κατασκευαστής (Αριθμός)	Μέση ηλικία μετρητών	Ποσοστό % μετρούμενης κατανάλωσης
5/8	11480	94.1	PD (11480)	Badger (11480)	13	71.2
3/4	10	0.08	PD (10)	Rockwell (10)	26	0.1
1	338	4.4	PD (338)	Badger (250) Neptune (88)	18 11	2.8
1 1/2	124	1.0	PD (124)	Badger (18) Neptune (106)	18 9	2.8
2	216	1.8	PD (216)	Badger (145) Neptune (16) Rockwell (54)	28 22 20	11.7
3	15	0.12	Turbine (15)	Sensus (15)	15	6.6
4	7	0.05	PD (2) Turbine (5)	Sparling (2) Sensus (5)	26 15	2.2
6	6	0.05	Turbine (2) Compound (2) Propeller (2)	Sparling (2) Sensus (2) Hersey (2)	15 29 40	2.6
Σύνολο	12196	100.00				100.0

Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχουν δεδομένα για τους μετρητές ώστε να είναι δυνατή η εφαρμογή στρατηγικής αντικατάστασης τους, σωστής διαστασιολόγησης και ελέγχου. Για να είναι δυνατός ένας εργαστηριακός έλεγχος της ακρίβειας των μετρητών είναι τεράστιας σημασίας να είναι γνωστά και καταχωρημένα τα ακόλουθα:

- Ο σειριακός τους αριθμός, ο κατασκευαστής και το μοντέλο
- Το μήκος, η ονομαστική διάμετρος και ταχύτητα ροής
- Ο λόγος που πραγματοποιείται ο έλεγχος.
- Η ταυτότητα του αντίστοιχου πελάτη, η πόλη και η ημερομηνία εγκατάστασης τους
- Ο χαρακτηρισμός της κατανάλωσης (οικιακής, βιομηχανικής κλπ) και των υποδομών (απευθείας σύνδεση, δεξαμενές αποθήκευσης κλπ)
- Ο τρόπος που ήταν εγκατεστημένοι στο πεδίο και η θέση τους κατά την διεξαγωγή του ελέγχου.
- Φωτογραφίες κατά τη διάρκεια του ελέγχου

Οι παραπάνω απαιτήσεις σε δεδομένα μπορούν να χαρακτηριστούν ως υπερβολικές και η συγκέντρωσή τους μη πρακτική αλλά τα οφέλη από την καταχώρηση όλων αυτών των δεδομένων αποκομίζονται αμέσως. Αναμφίβολα, είναι πολύ καλύτερο να υπάρχει μια μικρότερη αλλά αξιόπιστη βάση δεδομένων απότι τεράστιο όγκο δεδομένων με αμφίβολη προέλευση (J.Thornton et al., 2002)

5.4.3 ΠΡΟΦΙΛ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΠΕΛΑΤΩΝ

Εκτός από τον πληθυσμό των μετρητών ένα απαραίτητο ακόμα εργαλείο διαχείρισης είναι οι καταγεγραμμένες καταναλώσεις των πελατών. Για αυτό πρέπει να συγκεντρωθούν τα προφίλ κατανάλωσης κάθε πελάτη και να κατανεμηθούν ανά μήνα. Είναι πολύ σημαντικό οι διαχειριστές της επιχείρησης να παρακολουθούν τα καταναλωτικά προφίλ χρησιμοποιώντας πίνακες όπως ο ακόλουθος.

Τα δεδομένα αυτά πρέπει να καταχωρούνται με προσοχή σε μηνιαία και ετήσια βάση ώστε να μπορούν πιο εύκολα να αναγνωριστούν ανωμαλίες. Μπορεί επίσης να καταστρωθεί ανάλογος πίνακας μηνιαίων καταναλώσεων νερού με διαχωρισμό βάσει των μεγεθών των μετρητών, όπως στο ακόλουθο παράδειγμα.

Συνήθως ένα προφίλ κατανάλωσης υπολογίζεται χρησιμοποιώντας έναν μετρητή αναφοράς, εξαιρετικής μετρολογίας και ένας καταγραφέας δεδομένων που καταχωρεί συνεχώς τις αναγνώσεις του μετρητή. Η διαδικασία αυτή παράγει έναν επαρκή αριθμό δεδομένων κάθε φορά που λαμβάνονται μετρήσεις (Arregui, Martinez, Soriano, Parra, 2009).

Πίνακας 14 Παράδειγμα Μηνιαίων καταναλώσεων με διαχωρισμό βάσει των μεγεθών των μετρητών (J.Thornton et al., 2002)

2006 ανά Μήνα	Οικιακή (million gal)	Βιομηχανική (million gal)	Εμπορική (million gal)	Μετρούμενη αγροτική (million gal)	Συνολική για όλους τους μετρητές (million gal)
Ιανουάριος	146.6	35.8	8.1	0	190.5
Φεβρουάριος	162.9	35.8	8.1	0	206.8
Μάρτιος	162.9	35.8	8.1	0	206.8
Απρίλιος	179.2	39.1	8.1	24.4	250.8
Μάιος	211.8	42.4	8.1	57	319.3
Ιούνιος	228.1	48.9	8.1	74.9	360
Ιούλιος	260.3	48.9	8.1	57	374.3

Αύγουστος	266.5	48.9	8.1	74.9	398.4
Σεπτέμβρης	228.1	45.6	8.1	65.2	347
Οκτώβρης	162.9	35.8	8.1	0	206.8
Νοέμβρης	162.9	35.8	8.1	0	206.8
Δεκέμβρης	146.6	35.8	8.1	0	190.5
Ετήσια Συνολική	2318.8	488.6	97.2	353.4	3258
Ημερήσια Μέση	6.35	1.34	0.27	0.97	8.93

5.4.4 ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΜΕΤΡΗΤΩΝ

Για να διερευνηθεί αλλά και να διατηρηθεί η ακρίβεια των μετρητών των πελατών πολλές εταιρείες ύδρευσης έχουν τις δικές τους εγκαταστάσεις και κατάλληλο εξοπλισμό όπου διεξάγονται έλεγχοι ακρίβειας των μετρητών που έχουν τεθεί εκτός λειτουργίας. Όσες εταιρείες δεν διαθέτουν τις εν λόγω εγκαταστάσεις μπορούν να αναθέτουν τους ελέγχους σε άλλες αρμόδιες εταιρείες. Σκοπός των ελέγχων αυτών είναι να υπολογιστούν τα τυχόν σφάλματα των μετρητών όλων των ειδών κατανάλωσης νερού (αγροτικής, βιομηχανικής, οικιακής, εμπορικής κλπ). Οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν για τους ελέγχους αυτούς μπορούν να διαφέρουν σημαντικά αναλόγως του μεγέθους των μετρητών. Για την μέτρηση της οικιακής κατανάλωσης συνήθως χρησιμοποιούνται μικρού μεγέθους μετρητές ενώ μεγαλύτερης τάξης μεγέθους είναι οι μετρητές της αγροτικής και της βιομηχανικής κατανάλωσης.

Οποιοδήποτε μοντέλο μετρητή μπορεί να χάσει την ακρίβεια του λόγω διαφόρων αιτιών:

- Λανθασμένη εγκατάσταση, ιδιαίτερα σε μετρητές που εγκαταστάθηκαν κάθετα ή στραβά
- Συγκέντρωση ιζημάτων λόγω κακής ποιότητας του νερού που διέρχεται
- Μπάζα στο νερό
- Εισροή αέρα
- Υπερβολικά υψηλή ή χαμηλή ταχύτητα ροής του νερού που διέρχεται
- Κατασκευαστικές ατέλειες
- Ακραίες συνθήκες: χαμηλές θερμοκρασίες, υγρασία και δονήσεις
- Βανδαλισμοί

Η AWWA πρότεινε την αντικατάσταση των μετρητών μικρού μεγέθους (5/8 ιντσών) κάθε 20 έτη και των μεγαλύτερων κάθε 4 έτη. Η προσέγγιση αυτή έχει προτερήματα όσον αφορά τον προγραμματισμό των εργασιών του τεχνικού προσωπικού και του ανάλογου προϋπολογισμού. Όμως οι μετρητές αντιμετωπίζουν διάφορα προφίλ κατανάλωσης και κάποιοι ίσως να έχουν χάσει μεγάλο ποσοστό της ακρίβειας τους μέσα σε 20 χρόνια λειτουργίας ενώ άλλοι να είναι σε θέση να παρέχουν αξιόπιστες μετρήσεις για πολλά χρόνια ακόμα. Πλέον θεωρείται πιο συμφέρον η επιλογή του χρόνου αντικατάστασης των μετρητών να βασίζεται στον αθροιστικό όγκο νερού που έχει διέλθει από τον μετρητή. Ο αθροιστικός όγκος νερού που διέρχεται από τον μετρητή είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας επηρεασμού της ακρίβειας μακροπρόθεσμα. Οι αποφάσεις που βασίζονται σε αυτόν πρέπει να διαμορφώνονται με ρεαλισμό καθώς μπορεί να αποδεικνύεται πιο συμφέρον ένα συνεργείο να κάνει αντικατάσταση των μετρητών μιας περιοχής την ίδια χρονική περίοδο ακόμα και αν κάποιοι εκ των μετρητών δεν έχουν ακόμα φτάσει το όριο αθροιστικού όγκου τους (Water Loss Control, 2008).

5.4.4.1 Η ΥΠΟΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ - Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΩΣΤΗΣ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΤΩΝ

Οι μετρητές πρέπει να έχουν διαστάσεις ανάλογες του προφίλ κατανάλωσης των πελατών ώστε να καταγράφουν με ακρίβεια την διερχόμενη ροή. Οι εταιρείες ύδρευσης ανέκαθεν διαστασιολογούσαν τους μετρητές και τις συνδέσεις των καταναλωτών βάσει του αναμενόμενου μέγιστου ρυθμού ροής που θα αντιμετώπιζε ο μετρητής. Εφόσον όμως μέγιστες ροές συμβαίνουν σε σπάνιες περιπτώσεις οι μετρητές που έχουν σχεδιαστεί με αυτή τη λογική καταγράφουν ροές στο χαμηλό όριο του εύρους σχεδιασμού τους. Πολλοί τύποι μετρητών είναι λιγότερο ακριβείς στο χαμηλό όριο και κάποιες πολύ χαμηλές ροές δεν καταγράφονται καν. Η σύγχρονη γνώση εστιάζει στο να μετράται με ακρίβεια το εύρος ροών που απαντώνται πιο συχνά.

Για την σωστή διαστασιολόγηση των μετρητών απαιτούνται λεπτομερή προφίλ κατανάλωσης των πελατών με ανάλυση ανά λεπτό ή ανά ώρα για μέρες, εβδομάδες ή μήνες. Τέτοιες μετρήσεις ακριβείας μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω της τεχνολογίας της καταγραφής δεδομένων (data logging technology) και της τεχνολογίας αυτόματης ανάγνωσης μετρητών (AMR). Αν μεγάλου μεγέθους μετρητές λειτουργούν για πολλά χρόνια, οι νέες καταναλώσεις μπορεί να μην είναι οι ίδιες με εκείνες που παρατηρούνταν κατά την περίοδο της εγκατάστασης. Υπάρχει το ενδεχόμενο οι χαμηλές ροές να μην καταγράφονται από αυτούς του παλιούς μετρητές και το data logging μπορεί να αποδείξει ότι είναι απαραίτητη η αντικατάσταση ενός μετρητή με έναν μικρότερης κλίμακας. Σε περιοχές με συνεχώς αναπτυσσόμενες οικονομίες και αλλαγές στον πληθυσμό τους, τα προφίλ της κατανάλωσης νερού των καταναλωτών μπορεί να αλλάζουν σημαντικά, γεγονός που επηρεάζει την ακρίβεια των καταγραφών των μετρητών.

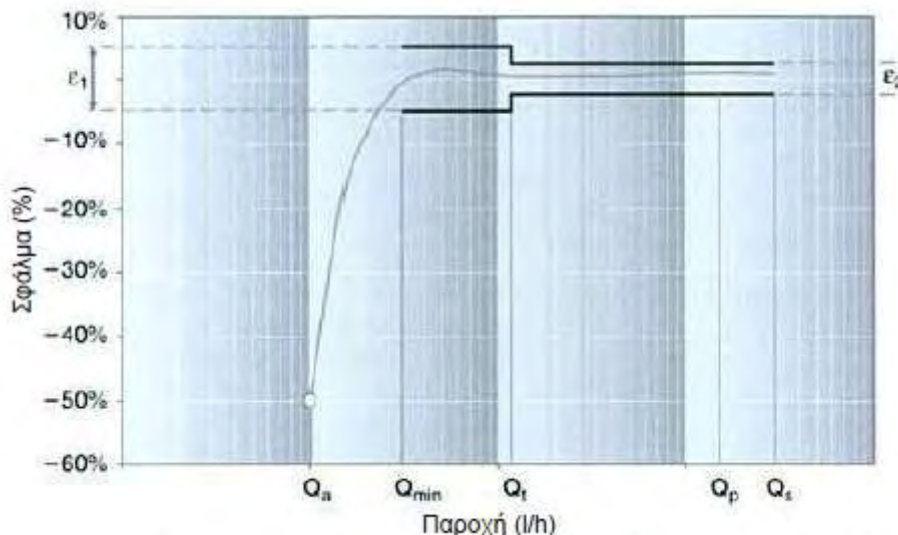
Οι διαρροές στα σπίτια των καταναλωτών είναι και αυτές αιτίες υπομέτρησης. Σε μελέτη στο Johannesburg βρέθηκε ότι το 65% των χρηστών του δικτύου αστικών περιοχών μεσαίου και υψηλού εισοδήματος είχαν διαρροές στις οικίες τους. Βρύσες που στάζουν χρησιμοποιούν από 0.13 ως 1.25 λίτρα/ώρα ενώ οι διαρροές από καζανάκια έχουν εύρος από 0.4 ως 14 λίτρα/ώρα. Συγκρίνοντας τις ροές αυτές με το κατώτατο όριο καταγραφής των 6 λίτρων/ώρα ενός συνηθισμένου μετρητή 15mm, γίνεται σαφές ότι οι διαρροές αυτές το πιθανότερο είναι να μην καταγράφονται.

Μια άλλη πιθανή πηγή χαμηλών παροχών απαντάται σε σπίτια όπου το νερό εισέρχεται σε ανυψωμένες δεξαμενές αποθήκευσης οι οποίες κλείνουν με ball valves. Όταν μια δεξαμενή είναι σχεδόν γεμάτη η παροχή του νερού στη δεξαμενή είναι χαμηλή λόγω της βαλβίδας. Όταν η δεξαμενή γεμίσει, η φυσιολογική οικιακή κατανάλωση μπορεί να μην χαμηλώσει αρκετά τη στάθμη του νερού ώστε να ανοίξει πλήρως η βαλβίδα και έτσι μια σημαντική ποσότητα της εισροής στη δεξαμενή θα είναι μικρής παροχής. Μελέτες σε χώρες όπου η χρήση δεξαμενών είναι σύνηθες φαινόμενο έδειξαν ότι οι φαινόμενες απώλειες λόγω της υπομέτρησης είναι σε ποσοστό 6% ακόμα και με χρήση μετρητών υψηλής ευαισθησίας (Class D). Όπου χρησιμοποιούνταν μετρητές Class B οι απώλειες αυτές έφταναν το 20%.

Προκειμένου να προσδιοριστεί το αν οι μετρητές είναι σωστά διαστασιολογημένοι μπορούν να συλλεχθούν τα προφίλ κατανάλωσης από ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα πελατών μέσω data logging ή δικτύου AMR. Οι συσκευές του data logging μπορούν να εφαρμοστούν στον μετρητή του καταναλωτή και να καταγράψουν μεμονωμένους παλμούς ώστε να δημιουργηθεί ένα αναλυτικό προφίλ κατανάλωσης που δείχνει τις μεταβολές της κατανάλωσης ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Μετρητές από τους οποίους συνεχώς παρατηρείται να διέρχεται παροχή κοντά στο χαμηλότερο όριο τους υποδεικνύουν ότι είναι υπερδιαστασιολογημένοι. Επομένως η αντικατάστασή τους με μετρητές χαμηλότερης κλίμακας θα ήταν ευεργετική στο να καταγράφεται με περισσότερη ακρίβεια η συνολική παροχή.

Στο ακόλουθο σχήμα (standard meter error curve-ISO 4964-1,2005) παρουσιάζεται το εύρος της κατάλληλης διαστασιολόγησης των μετρητών. Το σφάλμα στην καταγραφή αυξάνεται πολύ γρήγορα σε χαμηλές παροχές (Q_1). Αντίστοιχα σε πολύ μεγάλες παροχές (Q_4) ο μετρητής μπορεί να μην αποδίδει λόγω της φθοράς, (από την εγκατάσταση του όμως και μέχρι κάποιο χρόνο θα καταγράψει με σχετική ακρίβεια τις παροχές). Τα περισσότερα διεθνή πρότυπα (π.χ. ISO 4064, EN 14154) και η Ευρωπαϊκή οδηγία 2004/22 προτείνουν τη διαίρεση του πεδίου των τιμών των παροχών σε δυο ζώνες, με διαφορετικό επιτρεπόμενο μέγιστο σφάλμα. Η πρώτη ζώνη ονομάζεται «κατώτερη» και ορίζεται μεταξύ της ελάχιστης παροχής (Q_m) και της μεταβατικής παροχής (Q_t) με μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα 5%. Η δεύτερη ζώνη που ονομάζεται «ανώτερη» ορίζεται μεταξύ της μεταβατικής παροχής (Q_t) και της παροχής υπερφόρτισης (Q_s) με μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα 2% (Α.Δ.Τsavdaridou, 2011).

Δημιουργώντας ένα προφίλ κατανάλωσης δεν πρέπει να βασίζουμε τις αποφάσεις μας σε δεδομένα μόνο 24 ωρών. Η κατανάλωση ενός πελάτη μπορεί να ποικίλει σε ημερήσια ή εβδομαδιαία βάση ή ανάλογα με την εποχή. Πρέπει να συγκεντρωθούν πληροφορίες για την εποχιακή κατανάλωση, και δεδομένα κατανάλωσης για τουλάχιστον 7 συνεχόμενες μέρες. Ίσως χρειαστεί να κανονιστούν και άλλες περιόδους επταήμερης καταγραφής δεδομένων ώστε να ληφθούν δεδομένα κατανάλωσης από περιόδους υψηλής, μεσαίας και χαμηλής ζήτησης.



Σχήμα 22: Τυπική καμπύλη σφάλματος μετρητών-ISO 4964,2005

Σε περιοχές θερμού κλίματος παρατηρείται σημαντική αύξηση της κατανάλωσης τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω της ζέστης και των αναγκών άρδευσης. Είναι αρκετά συχνό φαινόμενο για 4 ως 6 μήνες του χρόνου το 50% της κατανάλωσης σε τέτοιες περιοχές να οφείλεται στο πότισμα. Παρόμοιες διακυμάνσεις στην κατανάλωση νερού παρατηρούνται σε εξοχικές κατοικίες που κατοικούνται μόνο σε περίοδο διακοπών, αλλά και σε παραθεριστικά θέρετρα. Συνεπώς αυτοί οι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη στη δημιουργία των καταναλωτικών προφίλ των πελατών και στη διαστασιολόγηση των μετρητών.

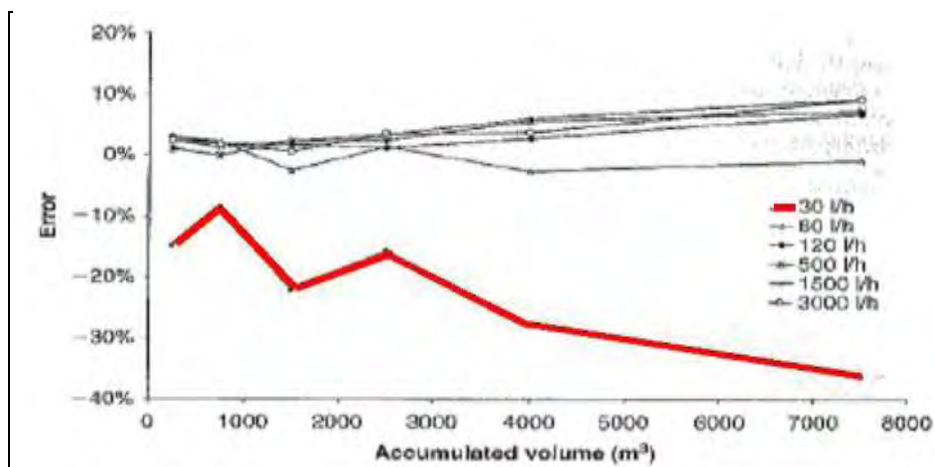
Η οικονομική αποδοτικότητα της μείωσης του μεγέθους των μετρητών είναι ακόμα ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να διερευνηθεί. Πολλές εταιρίες ύδρευσης βασίζουν τις χρεώσεις των υπηρεσιών τους στο μέγεθος του μετρητή του εκάστοτε καταναλωτή, με τις τιμές να αυξάνουν δραματικά όσο μεγαλύτεροι είναι οι μετρητές. Αντικαθιστώντας μεγάλους μετρητές με άλλους μικρότερου μεγέθους και μεγαλύτερης ακρίβειας μια εταιρεία θα μετρούσε περισσότερο καταναλισκόμενο νερό και επομένως θα αύξανε τα έσοδα της. Παρόλα αυτά, με τον μικρότερο μετρητή θα έχανε κάποιες αποδοχές λόγω της μείωσης των χρεώσεων.

Επομένως η καθαρή μεταβολή των εσόδων της λόγω της αντικατάστασης των μετρητών είναι συνάρτηση αυτών των δυο παραγόντων και για τον λόγο αυτό πρέπει να επανεξετάζεται κάθε σχέδιο αλλαγής του κάθε μετρητή ξεχωριστά. Πολλές εταιρίες αποφεύγουν την μείωση του μεγέθους των μετρητών σε περίπτωση που αυτό αποδεικνύεται ασύμφορο οικονομικά, ρισκάροντας την δυσαρέσκεια των πελατών τους, σε περίπτωση που εκείνοι συνειδητοποιήσουν ότι υπερχρεώνονται. Οι αρμόδιοι διαχειριστές οφείλουν να εστιάζουν στις προοπτικές της μείωσης των διαστάσεων των μετρητών και έτσι να μπορούν να ανέχονται κάποιες τέτοιες ασύμφορες αλλαγές ώστε να παρέχουν ισότητα στους πελάτες τους και να βελτιστοποιούν την μείωση των φαινομένων απωλειών (Water Loss Control, 2008).

ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕ UFRS (ΜΕΙΩΤΕΣ ΜΗ-ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΗΣ ΡΟΗΣ)

Όπως προαναφέρθηκε, οι οικιακοί μετρητές είναι τύπου ταχύτητας: μονής και πολλαπλής ριπής; ογκομετρικοί: ταλαντευόμενου εμβόλου και ταλαντευόμενου δίσκου.

Οι μετρητές ταχύτητας επηρεάζονται από τη διαταραχή της ροής και από αλλαγές των διαστάσεων του μετρητή ο οποίος μπορεί να παρεμβαίνει στην εσωτερική ταχύτητα της ροής που διέρχεται από το όργανο. Είναι επίσης ευαίσθητοι σε κάθε επαύξηση της ροπής σύρσης στον αισθητήρα, ειδικά σε χαμηλές ροές. Μια λανθασμένη τοποθέτηση του μετρητή αυξάνει την τριβή των κινούμενων μελών. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αισθητό μόνο σε χαμηλές ροές. Εάν η τοποθέτηση του μετρητή δεν είναι σωστή, σύμφωνα με τις συστάσεις του κατασκευαστή, μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερο ρυθμό υποβάθμισης του. Η φθορά των κινούμενων μελών αυξάνει το σφάλμα σε χαμηλές ροές όπως φαίνεται στο γράφημα. Οι εναποθέσεις μπορούν να προκαλέσουν λανθασμένα αυξημένη καταγραφή νερού σε μέτριες και υψηλές ροές και υπομέτρηση στις χαμηλές. Όμως μακροπρόθεσμα οι εναποθέσεις μπορεί να είναι τόσο μεγάλες που να εμποδίζουν την περιστροφή του μηχανισμού, προκαλώντας σοβαρή υπομέτρηση (Arregui et., 2005).

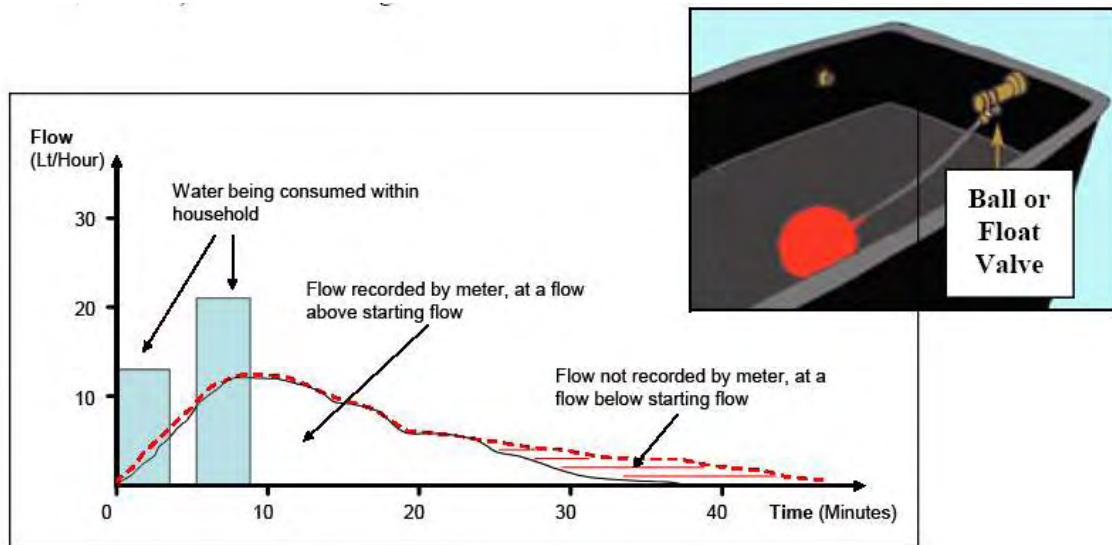


Σχήμα 23: Σφάλμα μετρητών απλής ριπής (nominal flow 1.5 m³/hr) (Arregui et 2006)

Οι ογκομετρικοί μετρητές χρησιμοποιούνται κυρίως για οικιακή χρήση εξαιτίας της εξαιρετικής τους ευαισθησίας σε χαμηλές παροχές και της καλής τους ευαισθησίας σε μεγάλο εύρος παροχών. Η παροχή υπολογίζεται βάσει του πλήθους των φορών που γεμίζει και αδειάζει ο θάλαμος. Οι μετρητές αυτοί τείνουν να υπομετρούν τη χρήση του νερού όσο φθείρονται με τον χρόνο (Arregui et., 2005).

Όπως προαναφέρθηκε οι οικιακές δεξαμενές συχνά είναι η αιτία μεγάλων ποσοστών νερού που δεν προσμετράται. Στο γράφημα φαίνεται η επιρροή της βαλβίδας σφαίρας μιας δεξαμενής στο προφίλ της παροχής ενός συνηθισμένου νοικοκυριού. Το αργό κλείσιμο της

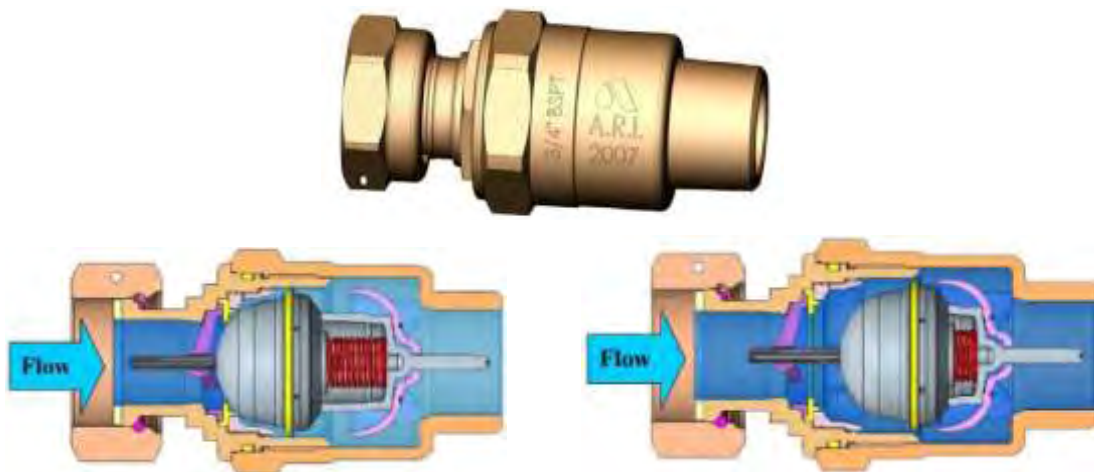
βαλβίδας σφαίρας ευθύνεται για την πρόκληση παροχών χαμηλότερων από την παροχή έναρξης του μετρητή. Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια της δεξαμενής ή όσο μεγαλύτερη είναι η αρχική παροχή Q_s , τόσο μεγαλύτερη θα είναι η υπομέτρηση (Rizzo and S.John, 2006).

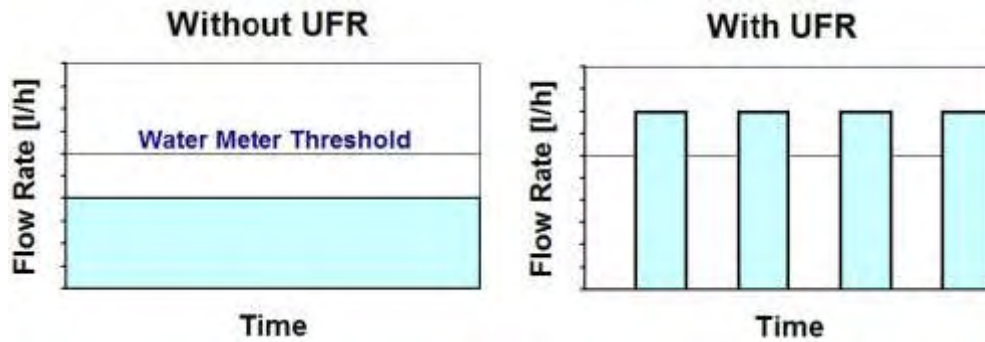


Σχήμα 24: Η επιρροή των οικιακών δεξαμενών στην υπομέτρηση (Rizzo and S.John,2006)

Οι UFR (Unmeasured flow Reducers) είναι πρωτοποριακές συσκευές που μειώνουν τις φαινόμενες απώλειες αλλάζοντας το καθεστώς ροής των χαμηλών ροών μέσα από τον μετρητή. Αναγκάζει το νερό να «πάλλεται» όταν διέρχεται από τον μετρητή και να δημιουργεί ροή που ο μετρητής μπορεί να καταγράψει. Σε υψηλότερες ροές η συσκευή ανοίγει, επιτρέποντας στο νερό να περάσει χωρίς εμπόδιο. Τα UFR έχουν εξεταστεί επιτυχώς παγκοσμίως και επιφέρουν μείωση του μη καταγεγραμμένου νερού από τους μετρητές.

Λειτουργεί και ως non-return βαλβίδα και αποτρέπει την αλλαγή της φοράς της ροής (κλείνει όταν η κατάντη και η ανάντη πίεση είναι ίσες). Είναι σχεδιασμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε η διαφορά πίεσης που απαιτείται για να ανοίξουν να είναι μεγαλύτερη από αυτή που χρειάζεται για να παραμείνουν ανοικτοί. Η διαφορά πίεσης που απαιτείται για να ανοίξει ένα UFR είναι 0.4 bar, ενώ για να παραμείνει ανοικτό είναι 0.1 bar. Όταν παρουσιάζεται μια διαρροή, η κατάντη πίεση πέφτει. Όταν η κατάντη πίεση πέσει 0.4 bar κάτω από την ανάντη πίεση, το UFR ανοίγει και επιτρέπει να διέρχεται ροή πάνω από το κατώφλι καταγραφής του μετρητή. Η ελεύθερη ροή νερού εξισορροπεί την πίεση και επιτρέπει στο UFR να κλείσει. Η συνεχόμενη διαρροή κατάντη του UFR προκαλεί τη διαρκή επανάληψη αυτής της διαδικασίας (S. Yaniv, 2009).





Εικόνα 1 Μειωτής μη-μετρούμενης ροής

Για να εξακριβωθεί η προσφορά του UFR πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής βήματα (S. Yaniv, 2009):

- Επιλογή μιας DMA που αποτελείται από έναν επαρκή αριθμό μετρητών με μια πηγή τροφοδοσίας με έναν κύριο βασικό μετρητή
- Διαπίστωση των απωλειών χωρίς UFR συγκρίνοντας τις αναγνώσεις του κύριου μετρητή με το άθροισμα των αναγνώσεων των οικιακών μετρητών. Οι αναγνώσεις πρέπει να γίνονται ανα αρκετά μεγάλα διαστήματα και δεν πρέπει να υπάρχουν σημαντικές διαφορές στις ώρες που γίνονται. Τα συστήματα AMR διευκολύνουν στην συλλογή των αναγνώσεων από όλους τους μετρητές την ίδια στιγμή.
- Εγκατάσταση του UFR-και μέτρηση ξανά της διαφοράς μεταξύ των αναγνώσεων του κύριου μετρητή και του αθροίσματος των οικιακών μετρητών.

ΕΦΑΡΜΟΦΗ ΤΩΝ UFR ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

Αυτή η μελέτη διεξάγη στην Λάρνακα της Κύπρου από τον Οκτώβρη του 2006 ως τον Δεκέμβρη του 2006. Η DMA περιείχε ποικιλία νοικοκυριών: μονοκατοικίες, κτίρια & σπίτια με δεξαμενές στις οροφές. Οι περισσότεροι μετρητές ήταν ογκομετρικοί Κλάσης C, ηλικίας 5 ως 10 ετών. Λήφθηκαν εβδομαδιαίες αναγνώσεις των μετρητών πριν και μετά την εγκατάσταση των UFRs. Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα, η συνεισφορά των UFRs ήταν 9,93% (S. Yaniv, 2009).

Πίνακας 16 Συνεισφορά των UFRs στο σύστημα της Λάρνακας

	Με UFRs	Χωρίς UFRs	ΔΙΑΦΟΡΑ
Κατανάλωση βάσει των μετρητών των καταναλωτών	3242,84	3066,48	-
Ζήτηση βάσει του κύριου μετρητή	3556	3667	-
Μη καταγεγραμμένο νερό σε m ³	313,16	600,52	287,36
Μη καταγεγραμμένο νερό ως ποσοστό της συνολικής ζήτησης	8,81%	16,38%	7,57%
Μη καταγεγραμμένο νερό ως ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης	9,66%	19,58%	9,93%

Καθώς υπάρχουν εκατοντάδες ή χιλιάδες μετρητών σε ένα δίκτυο ύδρευσης, είναι μη πρακτικό να επιθεωρηθεί και να ελεγχθεί ο καθένας από αυτούς κάθε χρόνο. Αντί αυτού μπορεί να επιλεγεί ένα δείγμα διαφόρων μεγεθών και τύπων μετρητών στο οποίο θα γίνουν οι έλεγχοι. Όσο μεγαλύτερο είναι το δείγμα τόσο πιο δαπανηρή η διαδικασία. Για να είναι αντιπροσωπευτικό το δείγμα πρέπει να περιέχει διάφορα μοντέλα μετρητών και από διαφορετικά σημεία του δικτύου. Τα αποτελέσματα του ελέγχου του δείγματος αποτελούν μια επαρκή ένδειξη της κατάστασης ολόκληρου του πληθυσμού των μετρητών.

5.4.4.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΟΙΚΙΑΚΩΝ ΜΕΤΡΗΤΩΝ (ΜΙΚΡΩΝ) ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΕΥΡΕΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ ΜΕΤΡΗΤΩΝ

Πολλές εταιρίες ύδρευσης διεξάγουν ελέγχους ακρίβειας των μετρητών τους στα test benches τους. Ειδικά όσον αφορά τους μετρητές οικιακής κατανάλωσης έχει αποδειχθεί πιο αποδοτικό να αντικαθίστανται απ’ ότι να επιδιορθώνονται. Άλλες εταιρίες από την άλλη διεξάγουν ελέγχους μόνο σε περιπτώσεις παραπόνων των πελατών τους. Η χρησιμοποίηση των test bench κρίνεται απαραίτητη όπως και η απόκτηση κατάλληλου λογισμικού ικανού να καταχωρεί και να αναλύει τα αποτελέσματα των ελέγχων.

Τα στοιχεία που προκύπτουν από τους ελέγχους αντιπροσωπεύουν τον συνολικό βαθμό ανακρίβειας των μετρητών των καταναλωτών. Έτσι, μπορεί να προσδιοριστεί ο όγκος φαινόμενων απωλειών που θα εισαχθεί στο υδατικό ισοζύγιο. Ο βέλτιστος αριθμός μετρητών που θα συμπεριληφθούν στο δείγμα εξαρτάται από το μέγεθος των μετρητών, τον βαθμό εμπιστοσύνης που απαιτείται για τα αποτελέσματα και από την διακύμανση που παρατηρείται στα αποτελέσματα των ελέγχων. Οι νέοι μετρητές της εταιρείας πρέπει επίσης να ελεγχθούν, επιλέγοντας ένα αντιπροσωπευτικό τους δείγμα (Water Loss Control, 2008).

Πίνακας 17 Συντελεστές στάθμισης για παροχές σε σχέση με τα ποσοστά όγκου

Ποσοστό χρόνου	Εύρος, gpm	Μέση Τιμή, gpm	Ποσοστό όγκου %
15	Χαμηλή 0.5-1.0	0.75	2.0
70	Μεσαία 1-10	5.00	63.8
15	Υψηλή 10-15	12.5	34.2

Πίνακας 18 Μέσα δεδομένα ελέγχου δείγματος 50 τυχαίων μετρητών

Παροχή Ελέγχου	Μέση Καταγραφή (ακρίβεια)
Χαμηλή παροχή (0.25 gpm)	88,8%
Μεσαία παροχή (2 gpm)	95,0%
Υψηλή παροχή (15 gpm)	94,0%

Πίνακας 19 Υπολογισμός σφάλματος οικιακών μετρητών

Όγκος % (V%)	Συνολικός όγκος (Vt) milgal	Όγκος στον ρυθμό παροχής Vf (%V *Vt)	Καταχώρηση μετρητών (R) %	Σφάλμα μετρητών (ME) $ME=Vf/(0.01R)-Vf$ milgal	Σφάλμα μετρητών (ME)
2	2318.8	46.38	88.8	$[(46.38/0.888)-46.38]$	5.85
63.8	2318.8	1479.39	95.0	$[(1479.39/0.95)-1479.39]$	77.86
34.2	2318.8	739.03	94.0	$[(739.03/0.94)-793.03]$	50.62
Συνολικό οικιακό σφάλμα μετρητών					134.33

Στο παράδειγμα εξετάστηκαν 50 οικιακοί μετρητές τυχαία επιλεγμένοι, για συγκεκριμένες παροχές (χαμηλή, μεσαία και υψηλή) και τα αποτελέσματα του ελέγχου φαίνονται στον πίνακα 18 όπου βρίσκονται υπολογισμένα τα μέσα ποσοστά % την ροής που καταγράφηκε τελικά από τους μετρητές για τις τρεις παροχές. Οι συντελεστές στάθμισης του πίνακα 17 αντιπροσωπεύουν κοινά ποσοστά χρόνου που οι παροχές βρίσκονται σε χαμηλές, μεσαίες και υψηλές τιμές. Τα ποσοστά αυτά που είναι ποσοστά ακρίβειας, στην συνέχεια χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό του συνολικού σφάλματος των μετρητών των καταναλωτών, το οποίο φαίνεται στον πίνακα 19. Αντίστοιχα μπορεί να υπολογιστεί και η σταθμισμένη ακρίβεια του συνόλου των μετρητών του συστήματος (Water Loss Control, 2008).

ΣΤΑΘΜΙΣΜΕΝΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΜΕΤΡΗΤΩΝ (WMA)

Η διαχείριση των υδρομετρητών απαιτεί γνώση της πραγματικής μετρολογικής απόδοσης των εγκατεστημένων μετρητών. Η παράμετρος αυτή μπορεί να ξεκαθαριστεί μόνο γνωρίζοντας τα χαρακτηριστικά της κατανάλωσης των πελατών και τις καμπύλες σφάλματος των χρησιμοποιούμενων μετρητών. Η εγκυρότητα των αποφάσεων διαχείρισης εξαρτάται λοιπόν από το πόσο ακριβείς είναι οι εκτιμήσεις της πραγματικής μετρολογικής συμπεριφοράς των μετρητών.

Η καμπύλη σφάλματος ενός μετρητή δεν είναι αρκετή για να υπολογίσει το ποσοστό νερού που καταγράφηκε ως προς εκείνο που καταναλώθηκε. Για το λόγο αυτό οι μηχανικοί χρησιμοποιούν την σταθμισμένη ακρίβεια του μετρητή ως παράμετρο καθορισμού της απόδοσης του όταν ελέγχεται η κατανάλωση ενός συγκεκριμένου καταναλωτή. Αντιπροσωπεύει το ποσοστό νερού που δεν καταγράφηκε. Η σταθμισμένη ακρίβεια υπολογίζεται συνδυάζοντας την καμπύλη σφάλματος του μετρητή και το προφίλ κατανάλωσης του μετρητή.

Το προφίλ της κατανάλωσης δείχνει πόσο νερό καταναλώθηκε σε διαφορετικό εύρος παροχής. Συνήθως υπολογίζεται με τη χρήση ενός μετρητή αναφοράς εξαιρετικής μετρολογίας και έναν data logger που καταγράφει συνεχώς τις αναγνώσεις του. Τα προφίλ αυτά έχουν τεράστιο αντίκτυπο στο σταθμισμένο σφάλμα των μετρητών και στον ρυθμό φθοράς τους. Συγκεκριμένα, οι καταναλώσεις χαμηλών παροχών είναι πολύ σημαντικές για τον υπολογισμό και πρέπει να μετρηθούν με την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια.

Μια σωστή εκτίμηση της ακρίβειας απαιτεί πάντα ένα μεγάλο αριθμό δεδομένων που έχουν συλλεχθεί σε συνεχή βάση. Τα δεδομένα αυτά πρέπει να χαρακτηρίζουν τα προφίλ κατανάλωσης και τις καμπύλες σφάλματος. Στην πράξη, το πρόβλημα έγκειται στον αριθμό των διαφορετικών τύπων καταναλωτών και μετρητών που απαντώνται σε ένα σύστημα διανομής. Για παράδειγμα, οι πελάτες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με τον τομέα κατανάλωσης (οικιακός, βιομηχανικός, εμπορικός), την δραστηριότητα τους, τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων και τη χρήση του νερού. Οι οικιακοί πελάτες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν περαιτέρω σύμφωνα με το εισόδημα τους, το πλήθος ανθρώπων στο νοικοκυριό, τον τύπο κατοικίας κλπ.

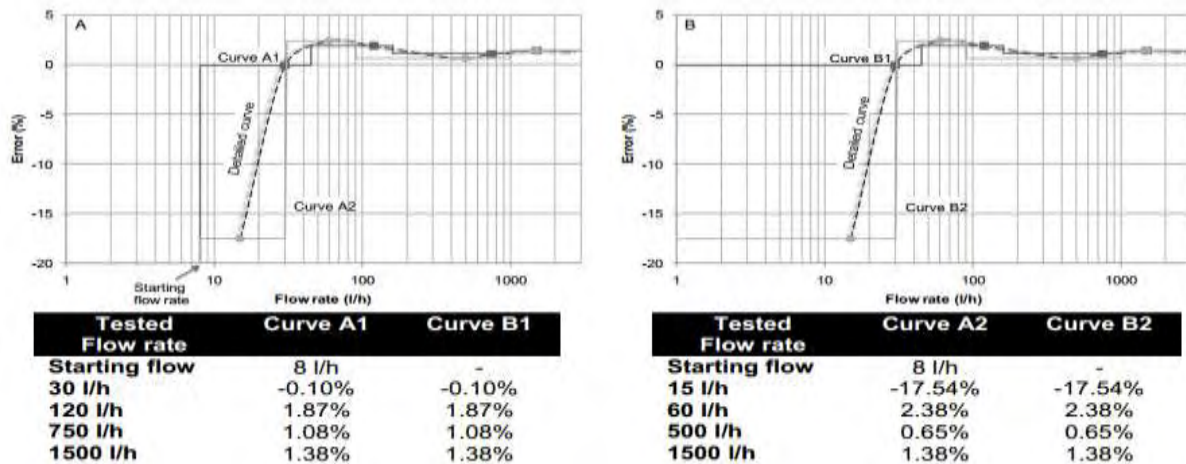
Είναι εύκολα κατανοητό λοιπόν ότι λόγω των παραπάνω πρέπει να διεξαχθούν πάρα πολλοί έλεγχοι στο πεδίο ώστε να συγκεντρωθούν αξιόπιστες πληροφορίες για όλους του διαφορετικούς τύπους κατανάλωσης. Οι μεγάλοι πελάτες πρέπει να εξετάζονται μεμονωμένα σε περιοδική βάση, ενώ οι οικιακοί πελάτες πρέπει να μελετώνται με τη χρήση στατιστικών προσεγγίσεων.

Είναι φανερό ότι η σωστή συλλογή των δεδομένων κατανάλωσης απαιτεί χρόνια προσπάθειας και τη συμμετοχή πολλών ανθρώπων από την εταιρία. Στη συνέχεια τα δεδομένα αυτά πρέπει να οργανωθούν κατάλληλα στη βάση δεδομένων. Το ίδιο ισχύει και για τα αποτελέσματα των μετρολογικών ελέγχων. Μετά από αρκετά χρόνια εργασιών μπορεί να υπάρχουν χιλιάδες καμπύλες διαφορετικών μετρητών που ελέγχθηκαν κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Έτσι, απαιτείται μια σωστά σχεδιασμένη βάση δεδομένων που μπορεί να αποθηκεύει όλα τα δεδομένα που χρειάζονται για την ανάλυση των ελέγχων αυτών. Συγκεκριμένα, δεδομένα πάνω στη διαδικασία του ελέγχου, στον τεχνικό που διεξάγει τον έλεγχο, ο λόγος διεξαγωγής τους κλπ πρέπει να καταχωρούνται (Arregui, Martinez, Soriano, Parra, 2009).

Επόμενο βήμα είναι ο συνδυασμός πολλών προφίλ μικρών καταναλωτών για να υπολογιστεί μια μέση τους τιμή. Τα πακέτα λογισμικού των data loggers συχνά δεν δίνουν αυτή τη

δυνατότητα. Επίσης, τα προφίλ πρέπει να συνδυαστούν με τις καμπύλες σφάλματος των μετρητών ώστε να είναι δυνατή η στάθμιση.

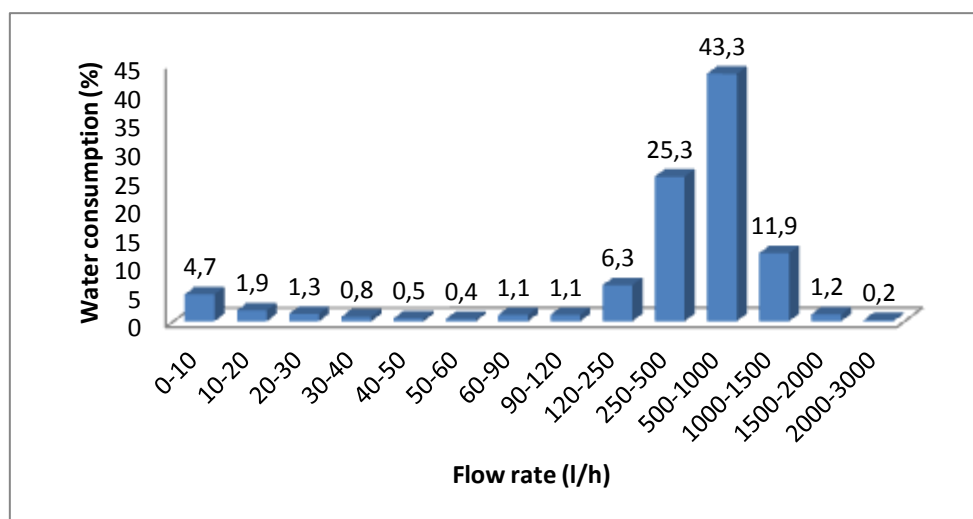
Αρχικά πρέπει να συνειδητοποιήσουμε ότι για πρακτικούς λόγους δεν μπορεί να δημιουργηθεί ολόκληρη η καμπύλη σφάλματος ενός μετρητή όπως η αναλυτική καμπύλη του σχήματος (detailed curve). Αντί αυτού οι μετρητές εξετάζονται σε συγκεκριμένες παροχές οι οποίες καθορίζονται από τις διαδικασίες που ακολουθεί η εταιρία. Έπειτα η άγνωστη αναλυτική καμπύλη σφάλματος ανακατασκευάζεται βάσει αυτών των πληροφοριών.



Σχήμα 25: Μέθοδοι A και B ανακατασκευής της καμπύλης σφάλματος

Στο σχήμα 25 φαίνονται 2 διαφορετικοί τρόποι ανακατασκευής της καμπύλης, λαμβάνοντας ή όχι υπόψη μια αρχική παροχή (A, B) και 2 διαφορετικές ομάδες εξεταζόμενων παροχών (καμπύλες A1 και A2). Η ποιότητα της νέας καμπύλης σφάλματος θα εξαρτηθεί από:

- Την επαρκή επιλογή των εξεταζόμενων παροχών. (A1 καμπύλη VS καμπύλη A2)
- Τη μορφή της καμπύλης.
- Το αν έχει ληφθεί υπόψη μια αρχική flow rate του μετρητή. Σε περίπτωση που δεν έχει συμπεριληφθεί, πρέπει να αναπτυχθεί μέθοδος υπολογισμού της τιμής αυτής.
- Την μέθοδο ανακατασκευής τη καμπύλης από τα γνωστά σφάλματα σε συγκεκριμένες ταχύτητες ροής. Στο σχήμα ακολουθείται μια διαδικασία παρόμοια με αυτή που προτείνει η AWWA (Water Loss Control, 2008).



Σχήμα 26: Προφίλ κατανάλωσης νερού

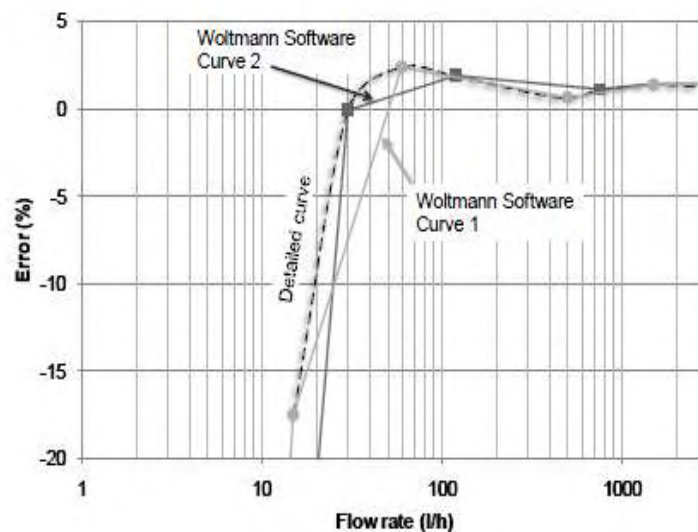
Πίνακας 20 Σταθμισμένα σφάλματα που σχετίζονται με τις διαφορετικές ανακατασκευασμένες καμπύλες και την κατανάλωση του γραφήματος

Καμπύλη	Σταθμισμένο Σφάλμα
Detailed	-4,33%
A1	-2,72%
B1	0,8%
A2	-3,75%
B2	-0,66%

Το σταθμισμένο σφάλμα για κάθε ανακατασκευασμένη καμπύλη σφάλματος υπολογίζεται από το συνδυασμό της με ένα προφίλ κατανάλωσης όπως αυτό του σχήματος. Όπως φαίνεται στον πίνακα 20, οι διαφορές που βρέθηκαν στα σταθμισμένα σφάλματα είναι σημαντικές. Οι διαφορές αυτές είναι μεγάλης σημασίας, ειδικά αν ληφθεί υπόψη ότι όλα τα σταθμισμένα σφάλματα προήλθαν από τα ίδια δεδομένα, την αναλυτική καμπύλη σφάλματος και το προφίλ κατανάλωσης νερού του σχήματος. Παρατηρείται μια απόλυτη διαφορά 5.13% ανάμεσα στο σφάλμα της αναλυτικής καμπύλης (-4.33%) και της B1 (0.8%).

Από τα αποτελέσματα αυτά προκύπτει κάτι σημαντικό: απαιτείται τυποποίηση των μεθόδων υπολογισμού του σταθμισμένου σφάλματος. Διαφορετικά δεν θα είναι δυνατή η σύγκριση δεδομένων από διαφορετικές εταιρίες ύδρευσης. Έχει δημιουργηθεί ένα πακέτο λογισμικού, το Woltmann το οποίο βοηθάει προς αυτή την κατεύθυνση. Συνδυάζει ένα module σχεδιασμένο για να σταθμίζει την καμπύλη σφάλματος με το σχετικό προφίλ κατανάλωσης νερού. Στο παράδειγμα, το λογισμικό αυτό χρησίμεψε στο να υπολογίσει το σταθμισμένο σφάλμα του πρώτου σχήματος. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα γραμμικοποίησε την καμπύλη σφάλματος από τα διαθέσιμα δεδομένα (ελεγμένα σφάλματα σε διαφορετικές παροχές), επιτρέποντας μια πιο έμπιστη ανακατασκευή. Περιλαμβάνει επίσης αλγόριθμο που εκτιμά την αρχική ταχύτητα ροής του μετρητή.

Αφού υπολογιστεί η γραμμικοποιημένη καμπύλη από το λογισμικό, την συνδυάζει με το προφίλ κατανάλωσης του χρήστη. Για τις δυο διαφορετικές ομάδες παροχών που πάρθηκαν από την ίδια αναλυτική καμπύλη, το σταθμισμένο σφάλμα γίνεται -4.28% για την ανακατασκευασμένη καμπύλη 1 και -3.81% για την καμπύλη 2. Τα αποτελέσματα αυτά είναι πολύ πιο κοντά στο σταθμισμένο σφάλμα της αναλυτικής καμπύλης από ότι τα προηγούμενα που παρουσιάστηκαν.



Σχήμα 27: Αναλυτική καμπύλη που ανακατασκευάστηκε από το λογισμικό Woltmann για δύο ξεχωριστές ομάδες παροχών.

Πίνακας 21 Σφάλματα του μετρητή σε διαφορετικές παροχές όπως προέκυψαν αυτόματα μέσω του λογισμικού Woltmann

Εξεταζόμενη παροχή	Καμπύλη Woltmann 1	Εξεταζόμενη παροχή	Καμπύλη Woltmann 2
Αρχική παροχή	6.7 l/h	Αρχική παροχή	8 l/h
30 l/h	-0.10%	15 l/h	-17.54%
120 l/h	1.87%	60 l/h	2.38%
750 l/h	1.08%	500 l/h	0.65%
1500 l/h	1.38%	1500 l/h	1.38%
Σταθμισμένο σφάλμα	-4.28	Σταθμισμένο σφάλμα	-3.81%

5.4.4.3 ΈΛΕΓΧΟΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΜΕΤΡΗΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ (ΜΕΓΑΛΩΝ)

Οι μεγάλοι μετρητές βιομηχανικής, εμπορικής και γεωργικής κατανάλωσης καταγράφουν μια πολύ μεγαλύτερη ποσότητα κατανάλωσης και παράγουν πολύ μεγαλύτερα έσοδα ανά λογαριασμό απότι οι μετρητές οικιακής κατανάλωσης. Συχνά το 50% των εσόδων των εταιρειών ύδρευσης προέρχεται από λιγότερο από το 20% των πελατών με μεγάλους μετρητές. Συνεπώς είναι απαραίτητη η συστηματική επιθεώρηση τους για να διασφαλίζεται η σωστή λειτουργία των μετρητών και η δίκαιη τιμολόγηση των πελατών. Οι μεγάλοι αυτοί μετρητές πρέπει να ελέγχονται ως προς την καταλληλότητα του μοντέλου μετρητή, τη σωστή διάσταση και την ακρίβεια του πριν ακόμα τεθούν σε λειτουργία. Ελέγχοντας ετησίως τους δέκα μεγαλύτερους χρήστες στο σύστημα θα βοηθούσε ώστε να διασφαλιστεί η βέλτιστη τιμολόγηση των καταναλωτών.

Δυστυχώς οι μεγάλοι υδρομετρητές συχνά αγνοούνται αρκεί να συνεχίζουν να καταγράφουν την κατανάλωση. Είναι δύσκολο να επισκευαστούν, τα ανταλλακτικά είναι ακριβά και απαιτείται μεγάλο επίπεδο κατάρτισης του προσωπικού για την συντήρησή τους. Η μετακίνηση τους είναι δύσκολη λόγω του βάρους τους. Πολλές φορές δεν υπάρχει εναλλακτική παροχής νερού στο δίκτυο κατά τη διάρκεια διεξαγωγής ελέγχων ακρίβειας. Ο χώρος εργασιών γύρω από τον μετρητή είναι περιορισμένος και κάποιες φορές καθόλου ασφαλής.

Οι μεγάλοι μετρητές μπορούν να ελέγχονται είτε στο πεδίο ή στις εγκαταστάσεις της εταιρείας. Υπάρχουν περισσότερα πλεονεκτήματα στο να διεξάγονται οι έλεγχοι στις εγκαταστάσεις της εταιρείας, παρόλα αυτά στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οι έλεγχοι στο πεδίο είναι πιο οικονομικοί από άποψη χρόνου και πόρων. Από τεχνικής άποψης, η διαμόρφωση των αγωγών που περιτριγυρίζουν έναν μεγάλο μετρητή μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ακρίβεια του και τέτοιοι αντίκτυποι μπορούν να εντοπιστούν μόνο κατά τη διάρκεια ενός ελέγχου στο πεδίο.

Όταν οι μετρητές ελέγχονται στην εταιρεία το νερό που διέρχεται από αυτούς καταλήγει σε μια δεξαμενή γνωστού όγκου. Σε έλεγχο στο πεδίο η ροή που καταγράφεται από τον μετρητή συγκρίνεται με έναν άλλο μετρητή μεγάλης ακρίβειας. Οι δυο μετρητές συνδέονται σε σειρά. Και οι δυο μετρητές πρέπει να είναι γεμάτοι νερό και να έχει βγει όλος ο αέρας. Η βαλβίδα ελέγχου που ρυθμίζει τη ροή πρέπει πάντα να βρίσκεται στα κατάντη του καλιμπραρισμένου μετρητή.

Μια αποδεκτή μέθοδος για τη διατήρηση της καλής λειτουργίας συγκεκριμένων τύπων μεγάλων μετρητών είναι η αντικατάσταση των εξαρτημάτων τους χωρίς να μετακινείται ολόκληρος ο μετρητής.

Για τον υπολογισμό του σφάλματος των μετρητών μεγάλων διαστάσεων μπορεί να ακολουθηθεί η ίδια διαδικασία που περιγράφηκε για τους μετρητές οικιακής κατανάλωσης (Water Loss Control, 2008).

5.4.4.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα στην χρήση ενός εργαλείου λογισμικού για τον υπολογισμό του σταθμισμένου σφάλματος των μετρητών (Arregui et al., 2009):

- Ωθεί την εταιρεία να αναπτύξει αναλυτικές μεθόδους ελέγχου και μακροχρόνιο σχεδιασμό των ελέγχων
- Το ίδιο ισχύει και για τα προφίλ της κατανάλωσης
- Συλλέγονται επιπρόσθετες πληροφορίες για τις καμπύλες σφάλματος και τα προφίλ κατανάλωσης με έναν πιο σωστά δομημένο τρόπο.
- Επιτρέπει να απαντώνται ερωτήματα που χωρίς τη χρήση λογισμικού θα ήταν αδύνατο να απαντηθούν ή θα έπαιρνε πολύ καιρό. Για παράδειγμα επιτρέπει να εξαχθεί η καμπύλη μέσου σφάλματος συγκεκριμένων μοντέλων που εξετάστηκαν σε συγκεκριμένες ημερομηνίες
- Τα αποτελέσματα δεν εξαρτώνται από τον τεχνικό που έκανε τους υπολογισμούς
- Όλα τα δεδομένα που χρειάζονται για να γίνει η διαδικασία αποθηκεύονται στο ίδιο το πακέτο λογισμικού. Έτσι είναι πάντα διαθέσιμα για νέους ελέγχους

5.4.4.5 ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΕΙΡΙΑΚΗΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΩΝ

Η μέθοδος εγκατάστασης μετρητών σε σειρά είναι μια ακόμα μέθοδος υπολογισμού της κατανάλωσης που δεν καταγράφεται. Αποτελεί απλή μέθοδο και χρησιμοποιείται συχνά με στόχο τη σύγκριση της απόδοσης δυο διαφορετικών μοντέλων υδρομετρητών σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου αυτής αναμένεται γενικά ο πιο καινούριος ή καλύτερης μετρητικής κλάσης μετρητής να καταγράψει μεγαλύτερο όγκο νερού σε σχέση με τον παλαιότερο ή μικρότερης ακρίβειας μετρητή. Κάτι τέτοιο δεν ισχύει πάντα γεγονός που οφείλεται στο καταναλωτικό προφίλ του χρήστη. Σε μέσες ή μεγάλες παροχές μερικοί μετρητές και συνήθως οι ταχυμετρικοί τείνουν να καταγράφουν ποσότητες μεγαλύτερες από τις πραγματικές. Στις περιπτώσεις αυτές οι μετρήσεις του παλαιότερου μετρητή είναι μεγαλύτερες. Το αντίθετο συμβαίνει όταν υπάρχουν διαρροές, με τους μετρητές μεγαλύτερης ακρίβειας να καταγράφουν μεγαλύτερο όγκο.

Η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε στο πλαίσιο έρευνας που εκπονήθηκε σε πόλη της Ισπανίας (Arregui et al, 2006a). Συγκρίθηκαν ταχυμετρικοί μετρητές κλάσης C και κλάσης B διαφορετικού όμως μοντέλου. Το γενικό αποτέλεσμα που προέκυψε ήταν ότι οι υδρομετρητές κλάσης B σε δίκτυα χωρίς διαρροές κατέγραψαν ένα ποσοστό όγκου 2.7% μεγαλύτερο από τους μετρητές κλάσης C.

5.4.5 ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ ΒΑΣΕΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Για να είναι αποδοτική η διαμόρφωση στρατηγικής αντικατάστασης μετρητών θα πρέπει να γίνεται θέτοντας προτεραιότητες, αφού κάποιο ποσοστό τους είναι πιθανό να λειτουργεί με ικανοποιητική απόδοση, ενώ για κάποιο άλλο να απαιτείται άμεση αντικατάσταση.

Η εφαρμογή οικονομικών μοντέλων συμβάλλει στον καθορισμό τέτοιων προτεραιοτήτων υπολογίζοντας τη βέλτιστη συχνότητα αντικατάστασης των εγκατεστημένων υδρομετρητών, το πιο αποδοτικό αποδεκτό επίπεδο σφάλματος μέτρησης και το κατά πόσο είναι αποδοτική η επένδυση. Οι παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη σχετίζονται τόσο με τα χαρακτηριστικά των υδρομετρητών των χρηστών όσο και με τα διάφορα οικονομικά μεγέθη.

Οι αρχικές δαπάνες περιλαμβάνουν το κόστος αγοράς του νέου μετρητή, το κόστος εγκατάστασης αλλά και το σύνολο των διοικητικών εξόδων που σχετίζονται με τη διαδικασία αντικατάστασης των υδρομετρητών. Συνήθως το υψηλό αρχικό κόστος συνεπάγεται αύξηση της βέλτιστης χρονικής περιόδου ανανέωσης τους.

Το καταναμημένο κόστος λόγω του μη καταγεγραμμένου όγκου νερού θα πρέπει να θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική απώλεια εσόδων για την εταιρεία ύδρευσης. Οι οικονομικές απώλειες της εταιρείας είναι ανάλογες του μη καταγεγραμμένου όγκου και της τιμής πώλησης του νερού και πρέπει να υπολογίζονται καθ' όλη την διάρκεια ζωής του μετρητή (Arregui et al, 2010).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα σφάλματα των μετρήσεων του οργάνου μεταβάλλονται ανάλογα με την παροχή στην οποία αυτή λειτουργεί και υπολογίζονται από την τυπική καμπύλη σφάλματος. Το σχήμα της καμπύλης σφάλματος του μετρητή ποικίλει ανάλογα με τις αρχές λειτουργίας που εφαρμόζονται και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μετρητή. Βέβαια, με την πάροδο του χρόνου η καμπύλη σφάλματος μεταβάλλεται και η ακρίβεια μέτρησης φθίνει. Μείωση της ακρίβειας μέτρησης με γρήγορο ρυθμό συνεπάγεται και μείωση της βέλτιστης χρονικής περιόδου αντικατάστασης.

Για να είναι δυνατή η μετατροπή του μη καταγεγραμμένου όγκου σε οικονομικές απώλειες είναι απαραίτητη η γνώση της τιμολογιακής πολιτικής της εταιρείας ύδρευσης. Πολλαπλασιάζοντας με τις αντίστοιχες τιμές πώλησης του νερού ο μη καταγεγραμμένος όγκος θα μετατραπεί σε νομισματικές μονάδες.

Για τον σωστό υπολογισμό του συνολικού κόστους του μη καταγεγραμμένου όγκου νερού, θα πρέπει να υπολογιστεί η παρούσα αξία των μελλοντικών οικονομικών απωλειών. Για τη μετατροπή αυτή χρησιμοποιείται το ονομαστικό προεξοφλητικό επιτόκιο (r - nominal discount rate). Στη συνέχεια από την τιμή του r εκπίπτει ο πληθωρισμός (s) και προκύπτει το πραγματικό προεξοφλητικό επιτόκιο (r' - real discount rate) , το οποίο και θα χρησιμοποιηθεί στο μοντέλο. Το r' υπολογίζεται από τον τύπο ενώ η παρούσα αξία ενός μελλοντικού ποσού P_i που θα υφίσταται σε i χρόνια από σήμερα υπολογίζεται από τον τύπο:

$$r' = \frac{1+r}{1+s} - 1 \quad (15)$$

$$P_{παρ.} = \frac{P_i}{(1+r)^i} \quad (16)$$

Από τον 2^ο τύπο συμπεραίνεται ότι όσο μεγαλύτερο είναι το πραγματικό προεξοφλητικό επιτόκιο (r'), τόσο μειώνεται η παρούσα αξία των μελλοντικών οικονομικών απωλειών, περιορίζοντας τις πιθανότητες χρήσης υδρομετρητών μεγαλύτερης ακρίβειας που έχουν υψηλότερη τιμή αγοράς. Σε περίπτωση υψηλού πραγματικού προεξοφλητικού επιτοκίου καθίσταται πιο δύσκολη η ανάκτηση του αρχικού κόστους επένδυσης, αφού οι απώλειες που θα αποφευχθούν μελλοντικά δεν έχουν αρκετά μεγάλη αξία λόγω της τιμής του επιτοκίου.

Συμπερασματικά, αν ο όγκος νερού που καταναλώνεται με χαμηλές παροχές είναι μεγάλος και η εταιρεία ύδρευσης παρέχει το νερό με υψηλή τιμή τότε αυξάνεται η ανάγκη επιλογής υδρομετρητών μεγαλύτερης ακρίβειας με ιδιαίτερη ευαισθησία στις χαμηλές παροχές, που όμως έχουν και υψηλότερη τιμή αγοράς. Επιπλέον, η προγραμματισμένη περίοδος αντικατάστασης των μετρητών αυτών θα είναι σχετικά μικρή. Αντίθετα, όταν η τιμή πώλησης του νερού είναι χαμηλή και οι διαρροές που εκδηλώνονται στα δίκτυα των καταναλωτών

περιορισμένες, οι μετρητές που θα χρησιμοποιηθούν δεν απαιτείται να έχουν αυξημένη ευαισθησία και επομένως και η τιμή αγοράς τους δεν θα είναι υψηλή.

Μια απλή μέθοδος εκτίμησης της αποδοτικότητας της επένδυσης είναι αυτή της Καθαρής Παρούσας Αξίας (Net Present Value). Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή. Εκτιμώνται οι παρούσες αξίες όλων των μελλοντικών ταμειακών ροών κατά τη διάρκεια ενός επενδυτικού προγράμματος και στη συνέχεια από το άθροισμα τους αφαιρείται το αρχικό κόστος επένδυσης. Αν το αποτέλεσμα που θα προκύψει είναι θετικό, τότε η επένδυση θεωρείται επικερδής. Εάν το ζητούμενο είναι η σύγκριση διαφόρων πιθανών λύσεων και η επιλογή της βέλτιστης, τότε αφού εφαρμοστεί για όλες η μέθοδος, επιλέγεται αυτή με το μικρότερο κόστος (Arregui et al, 2006a).

Η μέθοδος της Καθαρής Παρούσας Αξίας εφαρμόζεται υπολογίζοντας είτε το συνολικό κόστος που έχει ο μετρητής για την Εταιρεία Ύδρευσης σε όλη τη διάρκεια λειτουργίας του ή το συνολικό της κέρδος.

$$\text{Κόστος} = C_{\text{αγοράς}} + C_{\text{εγκατ.}} + C_{\text{διοικ.}} + \sum_{i=1}^n \nabla * \varepsilon_i \frac{C_w}{(1+r')^{(i=1)}} \quad (17)$$

$$\text{Κέρδος} = -C_{\text{αγοράς}} - C_{\text{εγκατ.}} - C_{\text{διοικ.}} + \sum_{i=1}^n \nabla * (1 - \varepsilon_i) \frac{C_w}{(1+r')^{(i=1)}} \quad (18)$$

Όπου: $C_{\text{αγοράς}}$ το κόστος αγοράς, $C_{\text{εγκατ.}}$ το κόστος εγκατάστασης, $C_{\text{διοικ.}}$ τα διοικητικά κόστη, C_w η τιμή του νερού, ε_i το σταθμισμένο σφάλμα μέτρησης του μετρητή το έτος i , r' το πραγματικό προεξοφλητικό επιτόκιο.

Η επιλογή του καταλληλότερου μετρητή απλοποιείται αν για οποιοδήποτε λόγο η περίοδος ανανέωσης των οργάνων είναι σταθερή και καθορισμένη. Το μοντέλο που θα επιλεγεί είναι αυτό που μεγιστοποιεί την τιμή της εξίσωσης του κέρδους και ελαχιστοποιεί την τιμή της εξίσωσης του κόστους.

Σε περίπτωση που δεν ορίζεται μια σταθερή προκαθορισμένη περίοδος ανανέωσης, η βέλτιστη διάρκεια ζωής του μετρητή είναι αυτή που μεγιστοποιεί τα οφέλη της εταιρείας. Επειδή πλέον ο χρόνος ζωής των μετρητών που συγκρίνονται είναι διαφορετικός, η κατάλληλη μέθοδος δεν είναι ο υπολογισμός της Καθαρής Παρούσας Αξίας αλλά της Καθαρής Παρούσας Αξίας για αλυσίδα αντικαταστάσεων (NPV-C). Η μέθοδος αυτή συνίσταται στον υπολογισμό της Καθαρής Παρούσας Αξίας για μια άπειρη αλληλουχία αντικαταστάσεων των μετρητών και εκφράζεται με τον τύπο (Arregui et al., 2006a) :

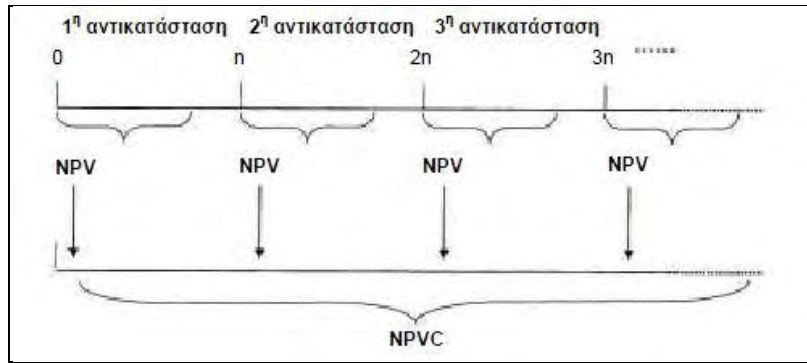
$$NPVC_n = \frac{NPV}{(1+r')^n} + \frac{NPV}{(1+r')^{2n}} + \frac{NPV}{(1+r')^{3n}} + K = NPV * (1 + \frac{1}{(1+r')^n} + \frac{1}{(1+r')^{2n}} + \frac{1}{(1+r')^{3n}} + K) \quad (19)$$

$$NPVC_n = \frac{(1+r')^n}{(1+r')^n - 1} * NPV = m * NPV \quad (20)$$

Όπου: n – η βέλτιστη περίοδος αντικατάστασης του μετρητή, και

$$NPV = C_{\text{αγοράς}} + C_{\text{εγκατ.}} + C_{\text{διοικ.}} + \sum_{i=1}^n \nabla * \varepsilon_i \frac{C_w}{(1+r')^{(i=1)}}$$

Για να καθοριστεί η βέλτιστη διάρκεια ζωής ενός δεδομένου μετρητή πρέπει να υπολογιστεί η NPVC για κάθε εναλλακτική. Η βέλτιστη συχνότητα αντικατάστασης θα είναι αυτή στην οποία θα επιτυγχάνεται μεγιστοποίηση των εσόδων και ελαχιστοποίηση του κόστους.



Σχήμα 28: Σχεδιαστική απεικόνιση του υπολογισμού της Κ.Π.Α για αλυσίδα απείρων αντικαταστάσεων (Arregui et al. 2006a)

Ένα ακόμα ζήτημα που καλείται συχνά να εκτιμήσει η Εταιρεία ύδρευσης είναι το κατά πόσο είναι οικονομικά αποδοτική η αντικατάσταση των υφιστάμενων μετρητών που συνήθως είναι κλάσης B με μεγαλύτερης ακρίβειας που όμως έχουν μεγαλύτερο κόστος αγοράς. Η επίλυση της εξίσωσης για την εύρεση του NPVCn για μεγάλο αριθμό επαναλήψεων αποτελεί επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία για την περάτωση της οποίας συνήθως απαιτείται χρήση υπολογιστή και αντίστοιχου λογισμικού.

Μια απλούστερη μέθοδος είναι ο προσδιορισμός του μέγιστου αποδεκτού πρόσθετου κόστους για την αγορά υδρομετρητή μεγαλύτερης ακρίβειας με βάση την εξίσωση 21. Ο υπολογισμός γίνεται με αρκετά μεγάλη ακρίβεια όταν ο λόγος V (εξίσωση 22) είναι μεγαλύτερος του 0.4 (ισχύει για την πλειοψηφία των περιπτώσεων) και για την ωφέλιμη διάρκεια ζωής μετρητή μικρότερη των 20 χρόνων. Το αποτέλεσμα της εξίσωσης ... προστίθεται στο κόστος προμήθειας του υδρομετρητή κλάσης B και έτσι προκύπτει η μέγιστη δαπάνη ανά νέο μετρητή ανώτερης κλάσης.

$$\Delta \left(\begin{matrix} \text{Αποδεκτό} \\ \text{Κόστος} \end{matrix} \right) (\text{€}) = \left(\begin{matrix} \text{Κατανάλωση} \\ \text{Νερού} \end{matrix} \right) \left(\frac{\text{m}^3}{\text{έτος}} \right) \cdot \left(\begin{matrix} \text{Τιμή} \\ \text{Νερού} \end{matrix} \right) \left(\frac{\text{€}}{\text{m}^3} \right) \cdot \left(\begin{matrix} \text{Αύξηση} \\ \text{Ακρίβειας} \end{matrix} \right) \cdot \left(\begin{matrix} \text{Διάρκεια} \\ \text{Ζωής} \end{matrix} \right) (\text{έτη}) \quad (21)$$

$$\text{Για λόγο } V(\text{έτη}) = \frac{\text{Κόστος αγοράς (€)} + \text{Κόστος εγκατάστασης (€)}}{\text{Κατανάλωση} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{έτος}} \right) \cdot \text{Τιμή νερού} \left(\frac{\text{€}}{\text{m}^3} \right)} > 0.4 \quad (22)$$

5.5 ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ

Υπάρχουν πολλές πιθανότητες εισαγωγής σφαλμάτων κατά την ανάγνωση των μετρητών των καταναλωτών και κατά την επεξεργασία των μετρήσεων. Οι μετρητές διαβάζονται συνήθως είτε χειροκίνητα ή μέσω απομακρυσμένης ή αυτοματοποιημένης λήψης μετρητικών δεδομένων (Automated Meter Reading-AMR). Η χειροκίνητη ανάγνωση μετρήσεων από προσωπικό ανάγνωσης των μετρητών το οποίο επισκέπτεται τις κατοικίες των πελατών και συλλέγει τις αναγνώσεις των μετρητών τους, είναι η παραδοσιακή προσέγγιση η οποία χρησιμοποιείται από το μεγαλύτερο ποσοστό των εταιρειών ύδρευσης. Παρόλα αυτά, η μέθοδος AMR και η AMI (Advanced Metering Infrastructure) εφαρμόζονται όλο και περισσότερο, προσφέροντας στις εταιρείες την ευκαιρία να ελαχιστοποιήσουν τις φαινόμενες απώλειες που οφείλονται σε σφάλματα ανάγνωσης των μετρητών.

5.5.1 ΧΕΙΡΟΚΙΝΗΤΗ ΑΝΑΓΝΩΣΗ ΜΕΤΡΗΤΩΝ (Manual meter reading)

Το προσωπικό ανάγνωσης μετρητών συχνά αντιμετωπίζει δυσκολία στο να αποκτήσει πρόσβαση στους υδρομετρητές, ειδικά σε αυτούς που βρίσκονται μέσα στα κτήρια των πελατών και έτσι υπάρχει μεγάλο ποσοστό αποτυχημένων προσπαθειών ανάγνωσης των μετρητών. Επίσης, η μέθοδος αυτή απαιτεί αρκετό μόχθο από το προσωπικό και κόστος

στελέχωσης από την εταιρεία. Σε περιοχές ψυχρού κλίματος οι μετρητές είναι τοποθετημένοι πάντα μέσα στα κτήρια, συχνά σε δυσπρόσιτες γωνίες και υπόγεια και λεβητοστάσια. Το ότι οι περισσότεροι ένοικοι δουλεύουν και δεν υπάρχει κανείς να ανοίξει στο προσωπικό την προγραμματισμένη ώρα της μέτρησης δυσκολεύει ακόμα περισσότερο την κατάσταση. Κάποιοι ένοικοι ακόμα και για λόγους ασφαλείας δεν επιτρέπουν στο προσωπικό να εισέλθει στο κτήριο. Ακόμα όμως και σε περιοχές θερμού κλίματος που οι μετρητές βρίσκονται εκτός του κτηρίου, το προσωπικό έρχεται αντιμέτωπο με εμπόδια προκειμένου να διαβάσει τους μετρητές. Οι καθημερινές αυτές δυσκολίες των αναγνωστών μετρητών συχνά τους οδηγούν σε κόπωση και τραυματισμούς αλλά και αδιαφορία για τη σωστή διεξαγωγή των αναγνώσεων.

Εκτός από τις δυσκολίες προσβασιμότητας, η χειροκίνητη ανάγνωση ενέχει και τον κίνδυνο του ανθρώπινου σφάλματος κατά την αποτύπωση των μετρήσεων σε χειρόγραφα αρχεία. Ο δυσανάγνωστος γραφικός χαρακτήρας μπορεί να οδηγήσει στο να εισαχθούν λάθος αριθμοί στο τιμολογιακό σύστημα. Ακόμα, λιγότερο επιμελείς αναγνώστες μετρήσεων λόγω δυσκολίας στην πρόσβαση του μετρητή μπορεί να συμπληρώσουν τα αρχεία με τυχαίες μετρήσεις που επινόησαν οι ίδιοι. Όλες αυτές οι μορφές κακών καταγραφών της κατανάλωσης των πελατών οδηγούν σε φαινόμενες απώλειες που κοστίζουν αρκετά χρήματα στην εταιρεία. Παρόλα τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν όσον αφορά τη χειροκίνητη ανάγνωση μετρητών, η μέθοδος αυτή είναι ακόμα πολύ διαδεδομένη αλλά και αποτελεσματική σε μικρές κοινωνίες (Water Loss Control, 2008).

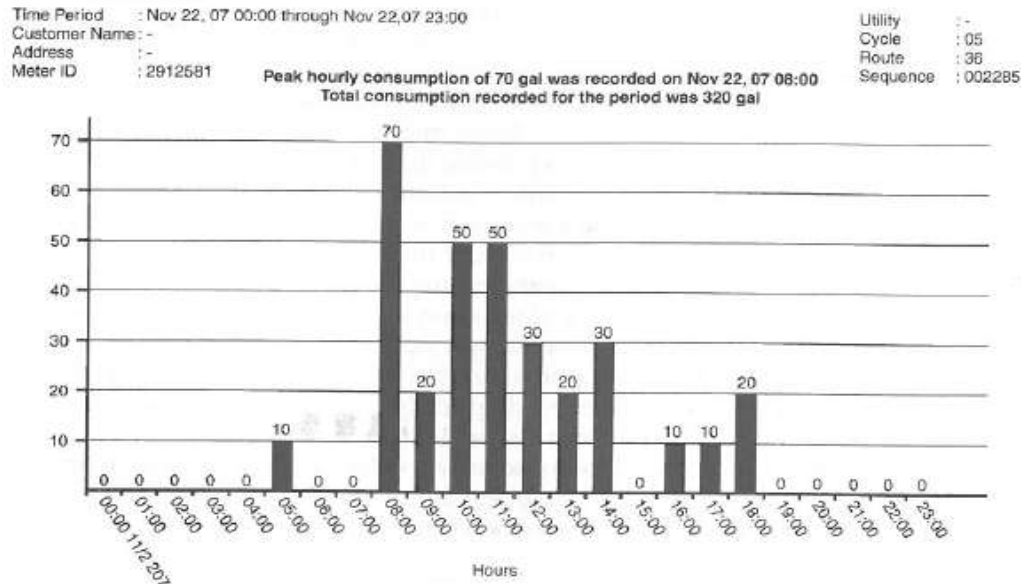
5.5.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ ΛΗΨΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (AMR)

Όλο και περισσότερες εταιρείες ύδρευσης χρησιμοποιούν συστήματα AMR γιατί είναι πιο ακριβή, δεν απαιτούν απασχόληση μεγάλου αριθμού προσωπικού, είναι ασφαλέστερα και πιο αποδοτικά. Αποτελούνται από μια συσκευή τοποθετημένη πάνω από τον μετρητή η οποία έχει την ικανότητα να παίρνει μια μέτρηση από αυτές που καταγράφει ο μετρητής και να την μεταφέρει μέσω μιας ποικιλίας μηχανισμών που προσφέρονται από τους κατασκευαστές. Η πρώτη γενιά συστημάτων AMR μετέδιδαν το σήμα της ανάγνωσης τους σε προσωπικό που περπατούσε κοντά στο κτήριο, είτε ασύρματα ή συνδεδεμένη με μια συσκευή χειρός μέσω μιας υποδοχής στο εξωτερικό του κτηρίου.

Μια δεύτερη συνήθης μορφή AMR είναι αυτή της *drive-by* μεθόδου λήψης των αναγνώσεων κατά την οποία το προσωπικό «περιπολεί» με οχήματα την περιοχή και συλλέγει τις αναγνώσεις. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να συλλεχθούν δεκάδες αναγνώσεις την ίδια στιγμή. Ο εξοπλισμός που βρίσκεται μέσα στο όχημα στέλνει σήμα στην συσκευή πάνω από τον μετρητή του πελάτη για να λάβει την ανάγνωση του μετρητή μια συγκεκριμένη στιγμή. Με τη μέθοδο αυτή δεν απαιτείται πρόσβαση του προσωπικού στις ιδιοκτησίες των πελατών και το απασχολούμενο προσωπικό είναι αρκετά λιγότερο.

Οι δυο προηγούμενες μορφές AMR είναι οι πιο διαδεδομένες. Η βιομηχανία είναι έτοιμη να προχωρήσει στην επόμενη γενιά μεθόδων αυτόματης λήψης δεδομένων, την *fixed network AMR*. Η *fixed network AMR* αναφέρεται σε συστήματα AMR που χρησιμοποιούν ένα σταθερό δίκτυο επικοινωνίας ή κεραία ή WIFI για να στείλουν σήματα όποτε χρειάζεται. Για τη χρήση του απαιτείται ο σχεδιασμός και η διαμόρφωση μόνιμου συστήματος μετάδοσης. Το αρχικό κόστος για κάτι τέτοιο είναι υψηλότερο από τις άλλες δυο μορφές AMR όμως πλέον η εταιρεία δεν θα χρειάζεται να έχει προσωπικό στο πεδίο οπότε απελευθερώνεται από τους μισθούς τους. Η νέα αυτή μορφή AMR παρέχει τη δυνατότητα να γίνονται λήψεις αναγνώσεων των μετρητών σε οποιαδήποτε συχνότητα και ώρα της ημέρας και να δημιουργούνται προφίλ κατανάλωσης των πελατών στα οποία φαίνονται οι μεταβολές στην κατανάλωση μέσα στην ίδια μέρα, εβδομάδα ή και χρόνο. Κάποια συστήματα χρησιμοποιούν συστήματα AMR με

καταγραφείς δεδομένων (*data logging*). Ο εξοπλισμός του *data logging* συγκεντρώνει και αποθηκεύει συνεχώς τις αναγνώσεις του εκάστοτε μετρητή στην συσκευή ανάγνωσης. Ένα ολόκληρο προφίλ κατανάλωσης μεταφέρεται σε μια κεντρική μονάδα συγκέντρωσης δεδομένων περιοδικά γεγονός που συμβάλει και στην γρήγορη εξυπηρέτηση παραπόνων πελατών. Ένα ενδεικτικό τυπικό προφίλ οικιακής κατανάλωσης νερού, όπως αυτό παρέχεται από το *data logging* φαίνεται στο σχήμα (Water Loss Control, 2008):



Σχήμα 29: Ενδεικτικό προφίλ κατανάλωσης με τη βοήθεια *data loggers*

5.5.2.1 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ

Ενώ η μέθοδος AMR είναι λιγότερο ευαίσθητη σε σφάλματα χειρισμού των δεδομένων από ότι η χειροκίνητη μέθοδος, και οι δυο τύποι ανάγνωσης των μετρητών μπορεί να περιέχουν σφάλμα. Οι δυσκολίες που αντιμετωπίζονται όσον αφορά την χειροκίνητη μέθοδο ανάγνωσης οι οποίες ενδεχομένως οδηγούν σε σφάλματα αναφέρθηκαν προηγουμένως. Αποτυχίες στην ανάγνωση των AMR μπορεί να προέρθουν από κακή εγκατάσταση τους ή λόγω τελειωμένης μπαταρίας. Όταν μια προσπάθεια ανάγνωσης του μετρητή είναι ανεπιτυχής, οι εταιρείες ύδρευσης τιμολογούν τους αντίστοιχους πελάτες χρησιμοποιώντας έναν εκτιμώμενο όγκο. Η εκτίμηση αυτή βασίζεται είτε σε ένα πρωτόκολλο ή στις πρόσφατες μετρήσεις της κατανάλωσης του πελάτη. Η προσέγγιση αυτή είναι λογική όμως αν εφαρμόζεται επανειλημμένως μπορεί να αυξήσει δραματικά το ποσοστό σφάλματος. Ανά περιόδους, οι κατοικίες αλλάζουν ιδιοκτήτες ή ενοίκους με μεγάλες διαφορές στην κατανάλωση νερού μεταξύ τους, γεγονός που καθιστά την αρχική εκτίμηση για τον καταναλισκόμενο όγκο νερού απαρχαιωμένη και πλήρως ανακριβή. Όταν πια γίνει σωστή ανάγνωση των εν λόγω μετρήσεων και διαπιστωθεί η μεγάλη αύξηση της κατανάλωσης, οι νέοι ένοικοι θα κληθούν να πληρώσουν ένα ποσό ασυνήθιστα μεγάλο για αυτούς και θα τους δημιουργηθεί δυσπιστία απέναντι στην εταιρεία νερού. Είναι σαφές ότι η λήψη συχνών και ακριβών αναγνώσεων των μετρητών είναι κρίσιμη για την διατήρηση πλήρους εποπτείας των καταναλωτικών προφίλ και σταθερής τιμολόγησης.

Για να γίνουν αντιληπτά ενδεχόμενα σφάλματα από αναγνώσεις μετρητών πρέπει να υπάρχει αρμόδιο προσωπικό που θα αναλύει περιοδικά τις αναγνώσεις και τα δεδομένα της τιμολογούμενης κατανάλωσης ώστε να ανιχνεύει τυχόν ανωμαλίες. Ένας τέτοιος αναλυτής πρέπει να ελέγχει για συνεχόμενους κύκλους μηδενικής κατανάλωσης ή άλλα ύποπτα προφίλ. Για τα ύποπτα προφίλ μηδενικής κατανάλωσης που θα εντοπιστούν πρέπει να διεξαχθεί έλεγχος στο πεδίο για να διαπιστωθεί εάν η κατοικία όντως δεν κατοικείται ή αν υπάρχει

πρόβλημα στην συσκευή AMR ή αν κάποιος επενέβη κακόβουλα. Επίσης πρέπει να καταγράψει τον αριθμό των εκτιμώμενων προσεγγιστικών όγκων που χρησιμοποιήθηκαν στην τιμολόγηση του νερού και να υπολογίζει προσεγγιστικά το σφάλμα λόγω αυτής της τακτικής. Τα πρωτόκολλα που τυχόν χρησιμοποιήθηκαν για τις εκτιμήσεις αυτές θα πρέπει να ελεγχθούν για τυχόν ανανέωση τους.

Ο αρμόδιος αναλυτής πρέπει να είναι καταρτισμένος, ικανός να αναγνωρίσει τους αντίστοιχους όγκους των φαινόμενων απωλειών για ένα ποσοστό των πελατών στο δίκτυο διανομής μέσω ελέγχου ενός δείγματος ύποπτων λογαριασμών. Έτσι μπορεί να εκτιμήσει τους όγκους νερού που «χάθηκαν» λόγω σφαλμάτων στις αναγνώσεις. Μια συνήθης πηγή σφαλμάτων είναι μετρητές που δεν έχουν αναγνωσθεί για πολλούς κύκλους τιμολόγησης λόγω δυσκολιών στην προσβασιμότητα τους. Ίσως χρειαστούν παραπάνω προσπάθειες για να καταστεί δυνατή η πρόσβαση και η ανάγνωση των μετρήσεων όπως γραπτή ειδοποίηση στους πελάτες ώστε να κανονιστεί μια ώρα επίσκεψης. Αν οι κανονισμοί το επιτρέπουν η εταιρεία ίσως χρειαστεί να στείλει ειδοποίηση παραβίασης στους πελάτες που παρεμποδίζουν την ανάγνωση των μετρήσεων, ενημερώνοντας τους για επικείμενες ποινές και πρόστιμα που θα επωμιστούν αν συνεχίσουν την τακτική αυτή, όπως παύση της υδροδότησης τους. Ένα ακόμα μέτρο αποτελεί ο εκσυγχρονισμός των κανονισμών σχετικά με την είσοδο σε ιδιωτικούς χώρους για τις απαραίτητες επισκευές των συσκευών και σχετικές δραστηριότητες (Water Loss Control 2008). Παράδειγμα υπολογισμού σφάλματος ανάγνωσης:

$$\text{Φαινόμενες απώλειες (n – έτη χαμένων αναγνώσεων)} = \text{όγκος νερού που υποτιμολογήθηκε στα n – έτη} * \frac{\text{συνολικοί λογαριασμοί}}{\text{αρ. λογαριασμών δείγματος}} \quad (23)$$

Οι συνήθεις ύποπτες κατηγορίες που πρέπει να ερευνηθούν για ύπαρξη σφαλμάτων ανάγνωσης μετρητών είναι:

- Λογαριασμοί χωρίς αναγνώσεις μετρητών για πάνω από ένα έτος
- Λογαριασμοί που εμφανίζουν μηδενική κατανάλωση για τρεις ή περισσότερους κύκλους τιμολόγησης
- Λογαριασμοί που ξαφνικά εμφανίζουν σημαντική μείωση στην κατανάλωση
- Λογαριασμοί με επιβεβαιωμένες βλάβες του εξοπλισμού AMR
- Λογαριασμοί που έγινε γνωστό ότι υπέστησαν ανακριβείς αναγνώσεις μετρητών
- Λογαριασμοί που έγινε γνωστό ότι υπέστησαν διαστρέβλωση στις μετρήσεις κατά την μεταφορά τους από τις συσκευές χειροκίνητης ανάγνωσης μετρητών στο σύστημα τιμολόγησης

Αυτές δεν είναι παρά μερικές πιθανές πηγές φαινόμενων απωλειών. Οι bottom-up ενέργειες κλειδιά για τον εντοπισμό πιθανών πηγών φαινομένων απωλειών είναι η ανάλυση των αρχείων τιμολόγησης για εντοπισμό ασυνήθιστων προφίλ κατανάλωσης ή αναγνώσεις μετρητών που λείπουν καθώς και η διερεύνηση δειγμάτων από ύποπτους λογαριασμούς για να επιβεβαιωθεί ο ακριβής όγκος των φαινόμενων απωλειών.

Κάποιοι κατασκευαστές των fixed network AMR έχουν αναπτύξει πρωτοποριακές μεθόδους που ωθούν τους ίδιους τους καταναλωτές να ελέγχουν την κατανάλωση στις κατοικίες τους μέσω συσκευής με ένδειξη της κατανάλωσης η οποία τοποθετείται μέσα στο σπίτι τους. Η συσκευή αυτή παρέχει στους πελάτες πληροφορίες που τους βοηθούν να κατανοήσουν τις ανάγκες σε νερό των οικιακών τους συσκευών και επομένως να διαχειρίζονται με περισσότερη σύνεση την κατανάλωση τους. Επίσης, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο η

τεχνολογία των fixed network AMR παρέχουν σημαντική βοήθεια στον εντοπισμό διαρροών και επομένως στη μείωση των πραγματικών απωλειών.

Σε πολλές περιπτώσεις η εγκατάσταση πλήρους fixed network AMR είναι αρκετά ασύμφορη και προτιμάται η χρήση μεμονωμένων data loggers. Ένα καλό παράδειγμα αποτελεί μια μικρή αγροτική επιχείρηση ύδρευσης στην οποία διεξάγεται επιτυχώς η χειροκίνητη μέθοδος ανάγνωσης των μετρητών. Το μεγαλύτερο ποσοστό της κατανάλωσης στην επιχείρηση γίνεται από πέντε μεγάλες κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις. Η εφαρμογή των data loggers και συστημάτων επικοινωνίας σε αυτούς τους πέντε λογαριασμούς θα παρείχε αναλυτικά προφίλ κατανάλωσης αυτών των πελατών στην εταιρεία με σχετικά μικρή δαπάνη εκ μέρους της.

Αν και η χρήση προχωρημένης τεχνολογίας όπως η AMR μπορεί σίγουρα να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα, οι αναγκαίες βελτιώσεις μπορούν να επιτευχθούν μόνο εάν εκσυγχρονιστούν πεπαλαιωμένοι κανονισμοί που αφορούν τις απαιτήσεις για την εξυπηρέτηση των πελατών πάνω στη χρήση εκτιμήσεων, την είσοδο σε ιδιωτικό χώρο για επισκευές των AMR και μετρητών και συναφείς ενέργειες. Εάν οι κανονισμοί αυτοί δεν έχουν εξεταστεί πρόσφατα, αξίζει να συνεχαστεί ο διαχειριστής της επιχείρησης με τους αρμοδίους κοινοτικούς φορείς για τη διασφάλιση του εκσυγχρονισμού των κανονισμών αυτών. Ομοίως, οι διαδικασίες των αναγνώσεων και της επεξεργασίας των μετρήσεων πρέπει να είναι ξεκάθαρες, εκσυγχρονισμένες και να παρακολουθούνται. Πρέπει να γίνεται συχνή εκπαίδευση του νέου ή μη προσωπικού έτσι ώστε να συντηρείται η ακρίβεια των μετρήσεων στα βέλτιστα επίπεδα (Water Loss Control, 2008).

5.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ (ΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ)

Πολλές εταιρείες ύδρευσης έχουν την τάση να υποθέτουν ότι οι φαινόμενες απώλειες των συστημάτων τους οφείλονται αποκλειστικά και μόνο σε ανακρίβειες των μετρητών και έτσι αποφασίζουν πως η αντικατάσταση του συνόλου των μετρητών τους θα λύσει το πρόβλημα, ξοδεύοντας τεράστια ποσά. Έχει μεγάλη σημασία ο υπεύθυνος να κάνει τους απαραίτητους ελέγχους, κυρίως να διαμορφώσει ένα υδατικό ισοζύγιο, και να αναγνωρίσει την φύση, την ποσότητα και την επίδραση που έχει κάθε μέρος των φαινόμενων απωλειών και στη συνέχεια να αναπτύξει μια στρατηγική αντιμετώπισης τους.

Ένα προτεινόμενο πρώτο βήμα είναι η δημιουργία ενός διαγράμματος ροής της διαδικασίας τιμολόγησης των πελατών. Με τον τρόπο αυτό η κάθε εταιρεία μέσω σχετικά χαμηλού κόστους προγραμματισμού ηλεκτρονικού υπολογιστή ή διαδικαστικών βελτιώσεων όσον αφορά την διαδικασία τιμολόγησης, μπορεί να δει άμεσα αποτελέσματα στη μείωση των φαινόμενων απωλειών της.

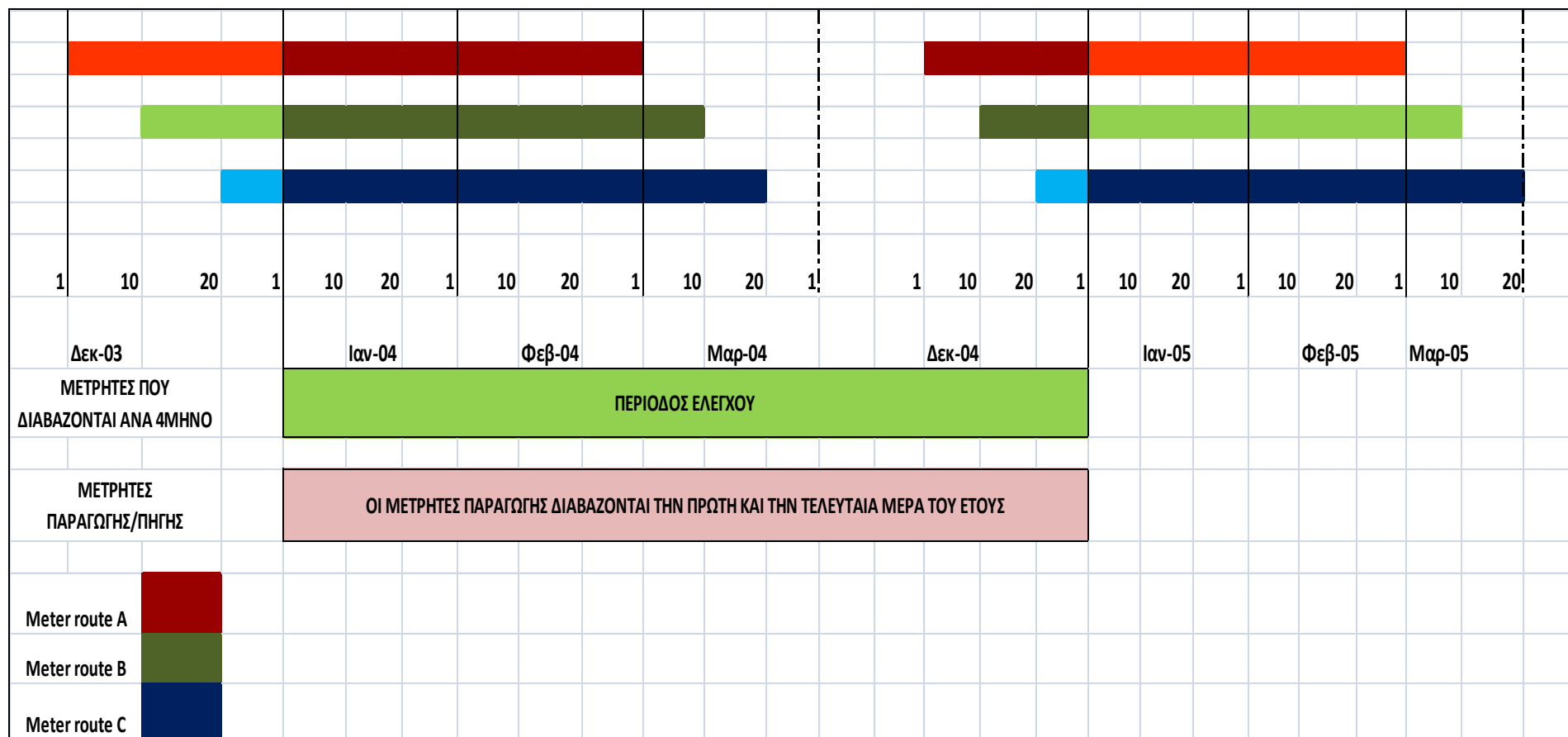
Η εξουσιοδοτημένη κατανάλωση είναι ο ετήσιος όγκος νερού που λαμβάνεται από καταχωρημένους πελάτες, τον προμηθευτή του νερού και άλλους που είναι άμεσα ή έμμεσα εξουσιοδοτημένοι από τον προμηθευτή νερού για οικιστικούς, εμπορικούς και βιομηχανικούς λόγους (PROWAT). Η πλειοψηφία της συνολικής κατανάλωσης των πελατών ανήκει στην κατηγορία της τιμολογούμενης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης, αλλά μια μικρή μερίδα της αποτελεί την μη-τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση. Η τιμολογούμενη κατανάλωση είναι η βάση της δημιουργίας κέρδους για την επιχείρηση ύδατος εφόσον οι χρεώσεις της δεν βασίζονται μόνο στις πάγιες.

Η μη τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση αποτελεί το νερό που παρέχεται νόμιμα αλλά δεν τιμολογείται και άρα δεν παράγει έσοδα για την εταιρεία. Η λήψη νερού από πυροσβεστικούς κρουνοί είναι το πιο σύνηθες παράδειγμα της και είναι κάτι που επιτρέπει η

εταιρεία ύδρευσης σε περιπτώσεις πυρόσβεσης, καθαρισμών δρόμων, κατασκευές και άλλες. Οι χρήσεις αυτές πρέπει να μετρώνται με ξεκάθαρες και κατηγορηματικές πολιτικές εν ενεργεία ώστε να προστατεύεται η δημόσια ασφάλεια και η ποιότητα του νερού. Συχνά στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνεται και το νερό που παρέχεται σε κρατικές εγκαταστάσεις αν και προτείνεται να μετράται και να καταχωρείται στο σύστημα τιμολόγησης.

Συνιστάται όλες οι εταιρείες ύδρευσης να καταμετρούν την κατανάλωση του συνόλου των πελατών τους μέσω υδρομετρητών και να χρησιμοποιούν ηλεκτρονικά συστήματα τιμολόγησης για να καταχωρούν τις πληροφορίες κάθε λογαριασμού. Εάν χρησιμοποιείται σύστημα AMR πρέπει να καταχωρούνται και οι πληροφορίες του στο σύστημα τιμολόγησης (Water Loss Control, 2008).

Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίζεται σε πολλές εταιρείες ύδρευσης είναι ότι οι ημερομηνίες ανάγνωσης των μετρητών της πηγής και των μετρητών των καταναλωτών δεν συμπίπτουν με τις ημερομηνίες έναρξης και λήξης των περιόδων ελέγχου, οι οποίες συνίσταται να διαρκούν ένα έτος. Επομένως δεν μπορεί να γίνει ακριβής σύγκριση του νερού που παράγεται και αυτού που πουλιέται. Λόγω του ότι σε μεγάλες πόλεις οι διάφοροι μετρητές διαβάζονται σε διαφορετικά διαστήματα (π.χ οι μετρητές βιομηχανίας και οι εμπορικοί ανά μήνα και οι οικιακοί ανα τετράμηνο), το άθροισμα της χρήσης νερού από τους πελάτες ανά μήνα μπορεί να οδηγήσει στο να παρουσιάζεται το νερό που πωλείται περισσότερο από την ποσότητα που παράγεται. Πρέπει να γίνονται διορθώσεις στα δεδομένα της χρήσης του νερού όταν οι ημερομηνίες ανάγνωσης μετρητών πηγής και πελατών δεν συμπίπτουν με την αρχή και το τέλος της περιόδου ελέγχου. Το πρόβλημα φαίνεται στο σχήμα 29 (Fisher & Smith, 2005).



Σχήμα 29: Κενός χρόνος ανάγνωσης μετρητών σε μελέτη την περίοδο 1 Ιανουαρίου 2004 ως 31 Δεκέμβρη 2004

Για να καλυφθεί το «κενό» ανάμεσα στις περιόδους αυτές πρέπει το νερό που καταναλώθηκε τον μήνα που προηγείται της έναρξης του ελέγχου να αφαιρεθεί από το προφίλ της κατανάλωσης και το νερό που καταναλώθηκε τον τελευταίο μήνα του ελέγχου πρέπει να προστεθεί. Πολλές εταιρείες συνδυάζουν τις διαδικασίες αυτές σε ηλεκτρονική μορφή ώστε να είναι απλούστερες και πιο γρήγορες με τη βοήθεια λογισμικού.

5.6.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΛΟΓΩ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΩΝ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΙΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Πολλές εταιρείες ύδρευσης δεν διεξάγουν μετρήσεις της κατανάλωσης για τους πελάτες τους αλλά τους χρεώνουν μια πάγια χρέωση. Άλλες καταμετρούν ένα ποσοστό των πελατών τους είτε επειδή βρίσκονται σε περίοδο μετάβασης προς την πλήρη καταμέτρηση ή οι πολιτικές τους προστάζουν ότι ορισμένοι λογαριασμοί όπως δημοτικές εγκαταστάσεις και fire connections δεν χρειάζεται να μετρώνται ή επειδή κάποιιοι από τους μετρητές δεν λειτουργούν ή η ανάγνωση τους είναι αδύνατη. Στην τελευταία περίπτωση χρησιμοποιούνται εκτιμήσεις της κατανάλωσης αντί της μετρούμενης κατανάλωσης.

Συνήθως οι αναγνώσεις των υδρομετρητών μεταφέρονται στα συστήματα τιμολόγησης όπου χρησιμοποιούνται για να υπολογιστεί ο όγκος που καταναλώθηκε από τότε που έγινε η τελευταία ανάγνωση και μετά. Οι όγκοι της κατανάλωσης καταχωρούνται και χρησιμοποιούνται για την διαμόρφωση των λογαριασμών του νερού. Πολλά συστηματικά λάθη συμβαίνουν σε αυτό το στάδιο.

Σε περίπτωση που δεν υπάρχει μετρούμενη κατανάλωση υπάρχουν κάποιοι τρόποι για να εξαχθούν λογικές εκτιμήσεις της κατανάλωσης. Για παράδειγμα σε ένα σύστημα του οποίου η κατανάλωση δεν μετράται, μπορούν να εγκατασταθούν μετρητές σε ένα μικρό δείγμα λογαριασμών (50 ή 100) βάσει της κατηγορίας κατανάλωσης ή το μέγεθος των μετρητών. Τα δεδομένα που θα εξαχθούν από τους μετρητές αυτούς μπορούν να υποδείξουν τις τάσεις της κατανάλωσης και να βγουν συμπεράσματα για όλο τον πληθυσμό κάθε κατηγορίας. Κάθε εκτίμηση που γίνεται πρέπει να καταγράφεται και να είναι βασισμένη στις παρούσες συνθήκες. Οποιαδήποτε εκτίμηση όμως ενέχει πιθανότητα σφάλματος και για τον λόγο αυτό συνίσταται να μετράται, να γίνεται ανάγνωση της και να καταχωρείται όλη η κατανάλωση.

Συχνά χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι για την εξαγωγή εκτιμήσεων όπου δεν υπάρχουν μετρήσεις κατανάλωσης. Αν οι αλγόριθμοι είναι απαρχαιωμένοι μπορεί να υπερεκτιμηθεί ή να υποτιμηθεί η κατανάλωση. Αν ο ελεγκτής πιστεύει ότι προκύπτουν ανακρίβειες με τη χρήση κάποιου τέτοιου αλγορίθμου πρέπει να εξετάσει τις πιθανές βελτιώσεις του και να εντάξει στους υπολογισμούς τον όγκο που χάθηκε λόγω αυτού του γεγονότος.

Αλλοιώσεις στην κατανάλωση μπορούν ακόμα να προκύψουν όταν συστήματα τιμολόγησης δεν κάνουν διαχωρισμό μεταξύ της καταγεγραμμένης κατανάλωσης (από αναγνώσεις μετρητών) και της τιμολογούμενης κατανάλωσης που αναγράφεται στους λογαριασμούς. Οι δύο κατανάλώσεις ενδέχεται να διαφέρουν μεταξύ τους εάν ο καταναλωτής έχει ληξιπρόθεσμη οφειλή. Για να αντιμετωπιστούν τέτοια φαινόμενα πρέπει τα δυο είδη κατανάλωσης να διαχωρίζονται (Water Loss Control, 2008).

5.6.2 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

Μια πρόχειρη προσέγγιση των φαινόμενων απωλειών λόγω σφαλμάτων χειρισμού των δεδομένων μπορεί να εισαχθεί στον αρχικό top-down έλεγχο. Μετά από αυτόν προτείνεται να ανατεθεί σε αρμόδιο προσωπικό η ανάλυση της λειτουργίας του συστήματος τιμολόγησης. Η

προσέγγιση που συνίσταται για αυτή την ανάλυση είναι η διαμόρφωση ενός διαγράμματος ροής όλων των διαδικασιών. Αν και κάτι τέτοιο απαιτεί κάποιο κόστος και χρόνο, τέτοιου είδους επενδύσεις ενδέχεται να αναγνωρίσουν γρήγορα φαινόμενες απώλειες που μπορούν εύκολα να ανακτηθούν.

Με την διαμόρφωση ενός διαγράμματος ροής της διαδικασίας τιμολόγησης των πελατών αποκτάται μια επίγνωση της πιθανότητας ύπαρξης τέτοιων σφαλμάτων. Κάποιες συνήθειες πηγές σφαλμάτων που πρέπει να ληφθούν υπόψη είναι:

- Όταν η εγκατάσταση μετρητών σε λογαριασμούς συγκεκριμένων τάξεων πελατών αγνοείται : αυτό είναι σύνηθες για δημοτικά κτίρια
- Είναι πιθανό οι διατάξεις να επιτρέπουν σε κάποιους πελάτες να μην τιμολογούνται εκμεταλλευόμενοι μια «τρύπα» της.
- Γραφειοκρατικοί κανονισμοί ή ανεπάρκειες που προκαλούν καθυστερήσεις
- Κακή διαχείριση των λογαριασμών: λογαριασμοί που χάνονται ή μεταφέρονται εσφαλμένα

Ο βαθμός στον οποίο υφίστανται αυτές οι αδυναμίες στη διαχείριση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το πόσο υπεύθυνη συνηθίζει να είναι η κάθε επιχείρηση ύδρευσης. Ο εκάστοτε ελεγκτής πρέπει να λάβει υπόψη του τις αδυναμίες στην πολιτική και τη διαχείριση της εταιρείας για να εξάγει εκτίμηση για τις φαινόμενες απώλειες που θα εισάγει στον top-down έλεγχο. Ο top down έλεγχος όμως δεν μπορεί παρά να περιέχει μια προσέγγιση της τιμής αυτής. Η bottom-up διαδικασία περιέχει αναλυτική διερεύνηση παρόμοια με τους αναλυτικούς χρηματοοικονομικούς ελέγχους που πραγματοποιούν οι λογιστές. Η διαδικασία αυτή πρέπει να περιέχει τις ακόλουθες ενέργειες:

1. Ανάλυση των λειτουργιών του συστήματος τιμολόγησης ώστε να αναγνωριστούν ελλείψεις στη διαδικασία χειρισμού των δεδομένων κατανάλωσης (διάγραμμα ροής).
2. Σύνταξη καταλόγων δημογραφικών λογαριασμών στους οποίους θα συμπεριλαμβάνονται ο πληθυσμός των μετρητών ανά μέγεθος, τύπο καταναλωτή και εύρος κατανάλωσης. Διερεύνηση ανωμαλιών όπως ομάδες μικρών μετρητών που καταγράφουν μεγάλους ετήσιους όγκους κατανάλωσης και αντίστροφα.
3. Διεξαγωγή ελέγχων ακρίβειας σε ένα δείγμα μετρητών ώστε να διαπιστωθεί το επίπεδο λειτουργίας του πληθυσμού των μετρητών.
4. Έλεγχος λογαριασμών πελατών και τοποθεσιών όπου μπορεί να υφίσταται μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση.
5. Εντοπισμός πολιτικών που μπορεί να επιτρέπουν την μη- τιμολόγηση του νερού.

Στο τέλος του bottom-up ελέγχου πρέπει να έχουν απαντηθεί τα παρακάτω ερωτήματα και να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα για τη μείωση των ενδεχόμενων φαινομένων απωλειών (Water Loss Control, 2008):

- Οι πολιτικές όσον αφορά την μέτρηση των πελατών, την τιμολόγηση, τις χρεώσεις του νερού παρουσιάζουν συνοχή? Είναι κωδικοποιημένες και σωστά κοινοποιημένες?
- Οι διαδικασίες υπάρχουν καταγεγραμμένες? Χρησιμοποιούνται για τη διεξαγωγή μετρήσεων, αναγνώσεων και άλλων λειτουργιών με συνέπεια? Διεξάγονται έλεγχοι και ισοζύγια που εντοπίζουν τυχόν κενά στην διαδικασία?
- Οι εφαρμοζόμενες πρακτικές εφαρμόζονται όπως συνίσταται από τις καταγεγραμμένες διαδικασίες? Υπάρχει αποτελεσματικό πρόγραμμα εκπαίδευσης που να διασφαλίζει ότι

όλοι οι υπάλληλοι είναι γνώστες των πολιτικών και των διαδικασιών? Υπάρχει έλεγχος και επιτήρηση του προσωπικού που αναλαμβάνει τις αναγνώσεις των μετρητών και άλλων εργασιών, ώστε να ελαχιστοποιείται το ανθρώπινο σφάλμα και να διασφαλίζεται η τήρηση των πολιτικών και των καταγεγραμμένων διαδικασιών?

- Υπάρχουν κατηγορίες πελατών που εξαιρούνται από την μέτρηση του νερού και την τιμολόγηση του? Αν ναι, πως προσμετρείται η κατανάλωση τους από την εταιρεία?
- Οι υποτιθέμενες μη-κατοικούμενες οικίες ελέγχονται επαρκώς για τυχόν κατανάλωση?
- Αν δεν υπάρχουν διαθέσιμες αναγνώσεις μετρητών, χρησιμοποιούνται εκτιμήσεις της κατανάλωσης? Οι εκτιμήσεις είναι ακριβείς? Γίνονται συχνές τροποποιήσεις για ανανέωση του πρωτόκολλου?
- Υπάρχουν πολιτικές που αποτρέπουν την μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση? Γίνεται αποκλεισμός από τις υπηρεσίες ύδρευσης σε αυτούς που δεν πληρώνουν λογαριασμούς συστηματικά? Αν ναι, υπάρχει μέρος των πελατών που επανενεργοποιεί παράνομα την υπηρεσία? Υπάρχει μηχανισμός εντοπισμού και παρεμπόδισης τέτοιων ενεργειών?
- Οι προγραμματιστικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται ενσωματώνουν τιμολογιακές διευθετήσεις που τροποποιούν άτοπα τα δεδομένα μετρούμενης κατανάλωσης?
- Παρακολουθούνται ενεργά δραστηριότητες όπως η μέτρηση, ανάγνωση μετρητών και η τιμολόγηση, μέσω της τακτικής έκδοσης αναφορών οι οποίες στοχεύουν στην σύνοψη της απόδοσης, στην κατανόηση των τάσεων της κατανάλωσης και στον εντοπισμό ενδεχόμενων ανωμαλιών?
- Γίνεται τακτικά αξιολόγηση της κατανάλωσης των πελατών ώστε να γίνονται κατανοητές οι καταναλωτικές τάσεις και τα προφίλ των απωλειών όταν διεξάγονται προγράμματα ελέγχου απωλειών ή όταν παρατηρείται δημογραφική αύξηση?

5.7 ΜΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

5.7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Η μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση είναι και αυτή μια πηγή φαινόμενων απωλειών για τις εταιρείες ύδρευσης και εκδηλώνεται μέσω εσκεμμένων πράξεων πελατών ή άλλων χρηστών οι οποίοι κάνουν χρήση του νερού χωρίς να πληρώνουν κάποιο αντίτιμο. Περιλαμβάνει τις παράνομες συνδέσεις, παράνομες επανασυνδέσεις, παρακάμψεις μετρητών, κακόβουλες επεμβάσεις στους μετρητές και στις συσκευές ανάγνωσης των μετρήσεων και εκμετάλλευση των πυροσβεστικών κρουών. Αποτελεί όχι μόνο τεχνικό αλλά και κοινωνικό πρόβλημα και συνεπώς απαιτεί όχι μόνο τεχνικές λύσεις αλλά και κοινωνική προσέγγιση η οποία συνεπάγεται αλλαγές στην συμπεριφορά και στη νοοτροπία της κοινωνίας ως προς τη χρήση του νερού και αυστηρή στάση απέναντι σε δόλιες πρακτικές υπαλλήλων αλλά και χρηστών των εταιριών ύδρευσης (Mutikanga, 2012). Η φύση και η έκταση του φαινομένου της μη-εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης σε ένα σύστημα ύδρευσης εξαρτάται από τον συνδυασμό των παρακάτω παραγόντων:

- Το μέγεθος της κοινότητας που εξυπηρετείται από την εταιρεία ύδρευσης
- Την οικονομική κατάσταση της κοινωνίας
- Την αξία που αποδίδει η κοινωνία στο νερό ως φυσικό πόρο
- Την ισχύ και τη σταθερότητα των πολιτικών επιβολής της εταιρείας ύδρευσης

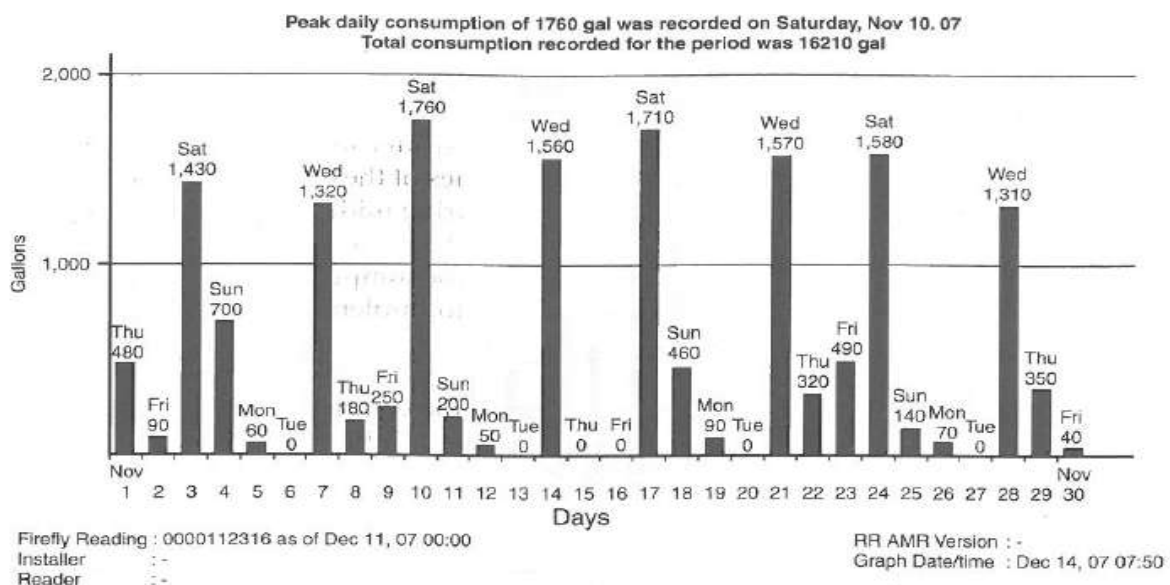
- Την προθυμία των διαχειριστών της εταιρείας και των δημοσίων υπαλλήλων να επιβάλουν αποτελεσματικές πολιτικές

Εάν μια μερίδα των καταναλωτών δεν πληρώνει για τις υπηρεσίες που του παρέχονται ή πληρώνει λιγότερο από ότι της αναλογεί, οι υπόλοιποι που πληρώνουν κανονικά αναγκάζονται να πληρώσουν αυτό το κομμάτι του νερού που καταναλώθηκε από τους πρώτους, αφού συνήθως οι τιμές του νερού καθορίζονται έτσι ώστε να ανακτάται όλο το κόστος υπηρεσιών. Όταν παρουσιάζεται ανάγκη για αύξηση του κόστους χρέωσης του νερού οι καταναλωτές που πληρώνουν τους λογαριασμούς επωμίζονται ένα ακόμα μεγαλύτερο οικονομικό βάρος εάν οι παραβάτες παραμένουν άγνωστοι. Επομένως, εάν μια εταιρεία ύδρευσης δεν παίρνει μέτρα κατά της μη-εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης παρέχει κακές και άνισες υπηρεσίες στους πελάτες της και ρισκάρει το κύρος της.

Περιπτώσεις μη εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης είναι πιο συχνές σε μεγάλα αστικά συστήματα από ότι σε μικρές προαστιακές περιοχές. Όμως ανεξάρτητα από το μέγεθος του συστήματος, ο συνολικός ετήσιος όγκος νερού που χάνεται λόγω αυτής είναι ένα μικρό ποσοστό του παρεχόμενου όγκου στο σύστημα. Ένας έλεγχος όπως το υδατικό ισοζύγιο μπορεί να ποσοτικοποιήσει το ποσοστό αυτό. Στο πρώτο υδατικό ισοζύγιο που καταστρώνεται ο ελεγκτής πρέπει να χρησιμοποιήσει την προκαθορισμένη τιμή του 0.25% του SIV. Σε περιπτώσεις εταιρειών ύδρευσης με καθιερωμένη διεξαγωγή ελέγχων ισοζυγίου ή σε αυτές που θεωρείται ότι έχουν μεγάλο ποσοστό μη εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης, πρέπει να αναγνωριστούν τα διαφορετικά κομμάτια της, καθώς και πολιτικές και πρακτικές που ενδεχομένως την επιτρέπουν. Παρόλα αυτά το 0.25% του SIV δίνει μια λογική και αντιπροσωπευτική εκτίμηση.

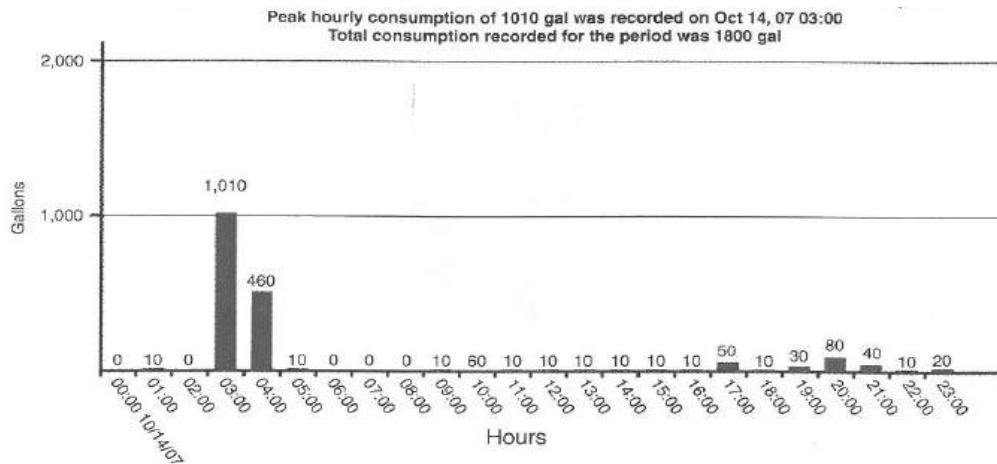
5.7.2 ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΜΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

Πολλές φορές οι εταιρείες ύδρευσης εφαρμόζουν περιορισμούς στην άρδευση για λόγους εξοικονόμησης νερού, όπως το να επιτρέπουν στους καλλιεργητές να ποτίζουν τα χωράφια τους μόνο δύο φορές την εβδομάδα. Με τον έλεγχο των προφίλ κατανάλωσης των λογαριασμών αυτών μπορεί να γίνει αντιληπτή η παράνομη χρήση του. Στο σχήμα 30 φαίνεται το προφίλ ενός καταναλωτή όπου διακρίνεται εύκολα η μεγάλη κατανάλωση νερού λόγω άρδευσης τις Τετάρτες και τα Σάββατα (Water Loss Control, 2008):



Σχήμα 30: Προφίλ κατανάλωσης που φανερώνει υψηλές απώλειες τις Τετάρτες και τα Σάββατα λόγω άρδευσης (AWWA)

Στο σχήμα 31 αναπαρίσταται η κατανάλωση κάποιου πελάτη ο οποίος παραβίασε τον περιορισμό και κατανάλωσε νερό για άρδευση για σύντομο χρόνο τις πρώτες πρωινές ώρες πιστεύοντας ότι η κατανάλωση αυτή δεν θα γίνει αντιληπτή. Το καταναλωτικό προφίλ του παραβάτη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν απόδειξη της παράβασης του και επιτρέπει στην επιχείρηση νερού να του επιβάλει πρόστιμο.



Σχήμα 31: Προφίλ κατανάλωσης που φανερώνει υψηλή κατανάλωση τις πρώτες πρωινές ώρες λόγω παράνομης άρδευσης

5.7.3 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΜΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Υπάρχουν αρκετές bottom-up ενέργειες που μπορούν να πραγματοποιηθούν ώστε η εταιρεία να μειώσει την παράνομη χρήση του νερού.

Ο εκάστοτε μελετητής πρέπει να διερευνήσει την ευκολία με την οποία κάποιος μπορεί να πάρει νερό από πυροσβεστικούς κρουνοί και να ελέγξει εάν υφίστανται σχετικές πολιτικές από μέρους της εταιρείας. Καταστρώνοντας το διάγραμμα ροής όπως προαναφέρθηκε, μπορεί να εντοπίσει αδυναμίες στο σύστημα που επιτρέπουν να υπάρχει κλοπή νερού χωρίς να το αντιλαμβάνεται η εταιρεία. Όταν οι αδυναμίες γίνουν αντιληπτές μπορούν να διορθωθούν γρήγορα.

Πρέπει να επιθεωρηθούν τα δεδομένα της τιμολόγησης για τυχόν ύποπτες χρεώσεις που μπορεί να οφείλονται σε μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση. Για παράδειγμα, ενεργοί λογαριασμοί που παρουσιάζουν τις ίδιες αναγνώσεις στους μετρητές τους, και επομένως μηδενική κατανάλωση, σε συνεχόμενους κύκλους τιμολόγησης. Μπορούν να πραγματοποιηθούν επισκέψεις σε κάποια από αυτά τα νοικοκυριά και να διαπιστωθεί αν όντως τίθεται θέμα μη εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης. Επίσης πρέπει να επιθεωρούνται περιοδικά οι συνοριακές βαλβίδες των γειτονικών συστημάτων υδροδότησης για να διαπιστωθεί αν βρίσκονται στη σωστή θέση.

Εάν οι πολιτικές της εταιρείας επιβάλλουν την διακοπή της παροχής νερού σε όσους συστηματικά δεν πληρώνουν τους λογαριασμούς τους, πρέπει να διεξάγονται έλεγχοι μετά από την διακοπή για να διαπιστωθεί εάν οι πελάτες έχουν επανενεργοποιήσει την υπηρεσία παράνομα. Οι κακόβουλες επεμβάσεις σε μετρητές μπορούν να τεθούν υπό έλεγχο αποδοτικά μέσω συσκευών που κλειδώνουν τους μετρητές, οι οποίες είναι πλέον διαθέσιμες στο εμπόριο σε ανταγωνιστικές τιμές.

Όσον αφορά τον μακροχρόνιο έλεγχο της παράνομης χρήσης του νερού, ίσως χρειαστούν αλλαγές στους υπάρχοντες κανονισμούς ή και δημιουργία νέων. Τέτοιες αλλαγές μπορεί να είναι πολιτικά ευαίσθητες και απαιτούν προσπάθειες για μεγάλο διάστημα μέχρι να

εφαρμοστούν, όμως στο τέλος θα βοηθήσουν την εταιρεία να λειτουργεί με ελάχιστες φαινόμενες απώλειες, όσον αφορά το κομμάτι της μη-εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης. Αναγνωρίζοντας ότι μερίδα των πελατών αντιμετωπίζουν οικονομικές δυσκολίες, η επιχείρηση ύδρευσης θα μπορούσε να προσφέρει εκπτώσεις και άλλες διευκολύνσεις σε τέτοιους πελάτες. Έχοντας τέτοια προγράμματα σε λειτουργία παράλληλα με την ύπαρξη της παράνομης χρήσης νερού, δεν δικαιολογείται από κάποιον να κλέβει νερό προφασιζόμενος το υψηλό του κόστος.

Η επιβολή προστίμων σε αυτούς που διαπιστωμένα είναι μη εξουσιοδοτημένοι χρήστες νερού είναι ένα πολύ συχνό μέτρο για τις επιχειρήσεις νερού στην προσπάθεια αύξησης των εσόδων τους και καταπολέμησης του φαινομένου αυτού. Τα πρόστιμα αυτά από εταιρείες ύδρευσης της Αμερικής ξεκινούν από 1000 δολάρια.

Ένα ακόμα δραστικό μέτρο για τη μείωση της κλοπής νερού είναι η χρηματική επιβράβευση των καταγγελιών για παράνομη χρήση. Στην πόλη της Καμπάλα στην Ινδία τοποθετήθηκαν διαφημίσεις σε τοπικές εφημερίδες οι οποίες δήλωναν ότι η επιχείρηση νερού χαρίζει από 25 έως 100 δολάρια σε όσους καταγγείλουν κλοπή νερού η οποία τελικά θα διαπιστωθεί. (Mutikanga, 2012).

5.7.3.1 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΩΝ ΚΡΟΥΝΩΝ

Ο λόγος ύπαρξης πυροσβεστικών κρουνών είναι για κατάσβεση πυρκαγιών και για την συντήρηση του δικτύου διανομής. Σε κάποιες επιχειρήσεις ύδρευσης όμως η χρήση των κρουνών ξεφεύγει από τα προβλεπόμενα αυτά πλαίσια. Συχνά κάποιιοι χρησιμοποιούν το νερό από τους κρουνοί για γέμισμα δεξαμενών φορτηγών για κατασκευαστικούς σκοπούς, για πλύσιμο αυτοκινήτων ή και για να δροσιστούν απλώς τους θερμούς μήνες. Η πολιτική κάποιων εταιρειών επιτρέπει την λήψη νερού από κρουνοί για διάφορους σκοπούς και το νερό αυτό συνήθως υπάγεται στη μη μετρούμενη μη τιμολογούμενη κατανάλωση. Αυτές οι χρήσεις των πυροσβεστικών κρουνών ενέχουν κάποιους κινδύνους για τις εταιρείες και τους πελάτες, όπως:

- Το νερό που λαμβάνεται επανειλημμένως από κρουνοί πρέπει να περιλαμβάνει προστασία από backflow για να αποτρέπεται η εισροή ρυπαντών στο σύστημα διανομής κατά τη διάρκεια επιρροής αρνητικής πίεσης. Συχνά δεν χρησιμοποιείται κανένα είδος προστασίας από το backflow.
- Το νερό από τον κρουνό ενδέχεται να θέσει σε κίνδυνο την υγεία αν χρησιμοποιηθεί για πόση.
- Διάσπαρτα ανοίγματα πολλών κρουνών μπορεί να δημιουργήσουν μειωμένη πίεση στο σύστημα διανομής, καταστρέφοντας την πυροσβεστική τους ικανότητα και αυξάνοντας τις πιθανότητες μόλυνσης
- Επιτρέποντας σε πολλούς ανθρώπους να χειρίζονται τους κρουνοί, αυξάνονται οι πιθανότητες να τους προκαλέσουν κάποια βλάβη λόγω έλλειψης εξοικείωσης με τις λειτουργίες τους.
- Επιτρέποντας πολλαπλές χρήσεις τους, ενισχύεται η αντίληψη ότι το νερό είναι δωρεάν για όσους καταφέρουν να ανοίξουν τον κρουνό.

Για τους παραπάνω λόγους συνίσταται να ελαχιστοποιούνται οι επιτρεπόμενες χρήσεις των κρουνών και η κάθε χρήση τους να επιβλέπεται. Είναι σημαντικό η εταιρεία ύδρευσης να καθιερώσει μια γερή πολιτική για τη χρήση των κρουνών η οποία να υποστηρίζεται και από την Πυροσβεστική υπηρεσία και πολιτικά πρόσωπα.

Όσον αφορά όσους χρειάζονται μαζική παροχή νερού, υπάρχουν αντίστοιχοι σταθμοί πώλησης του οι οποίοι μπορούν να τους το παρέχουν με φορτηγά. Οι διαχειριστές πρέπει να μεριμνούν για την πληροφόρηση των υπαλλήλων, των εργολάβων, των μέσων μαζικής ενημέρωσης και των πελατών ώστε να διατηρούν τον έλεγχο πάνω στους πυροσβεστικούς κρουσμούς (Water Loss Control, 2008).

5.7.3.2 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΜΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑ ΤΟΥ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΗ

Η παράνομη χρήση νερού στα όρια της ιδιοκτησίας του καταναλωτή δεν είναι τόσο εύκολα ανιχνεύσιμη όσο στην περίπτωση των πυροσβεστικών κρουσμών. Όμως νέες τεχνολογίες που προσφέρονται όπως η AMI (Advanced metering infrastructure) παρέχουν εργαλεία για την ανίχνευση ενδείξεων παράνομης χρήσης νερού. Κάθε προσπάθεια αλλοίωσης της καταγραφής του μετρητή είναι παράνομη. Κάποιοι πελάτες προσπαθούν να επέμβουν και στις αναγνώσεις των συστημάτων αυτόματης ανάγνωσης (AMR) κάτι που ανιχνεύεται πιο εύκολα καθώς τα περισσότερα τέτοια συστήματα έχουν ικανότητες ανίχνευσης επεμβάσεων στη λειτουργία τους και στέλνουν ειδοποίηση στην εταιρεία όταν κάτι τέτοιο συμβαίνει.

Ο εντοπισμός παράνομης χρήσης νερού που συμβαίνει μέσω παράνομων συνδέσεων αγωγών ή λειτουργιών βαλβίδων είναι πιο δύσκολος και συνήθως βασίζεται σε επιθεωρήσεις στο πεδίο από ειδικούς από την εταιρεία. Όταν εγκαθίσταται ένας παράνομος αγωγός σε μια μη μετρούμενη fire line μπορεί να διακρίνεται καθαρά στο υπόγειο ενός κτιρίου, αλλά για να βρεθεί από το τεχνικό προσωπικό πρέπει αυτό να έχει υποψιαστεί το γεγονός και να έρθει για έλεγχο καθώς και να είναι εκπαιδευμένο κατάλληλα ώστε να αναγνωρίσει την παράνομη σύνδεση.

Ένα μέτρο από το οποίο θα επωφελούνταν πολύ οι εταιρείες ύδρευσης είναι η κατάρτιση του προσωπικού τους πάνω σε πολλαπλές δραστηριότητες-κυρίως τεχνικούς μετρητών, αναγνώστες μετρητών και ειδικούς πάνω στην backflow- ώστε να παρατηρούν και να αναγνωρίζουν περιστατικά παράνομης χρήσης όπως παράνομα ανοιγμένες βαλβίδες, παράνομες συνδέσεις και επεμβάσεις στους μετρητές.

Η AWWA πιστεύει ότι οι εταιρείες νερού έχουν το δικαίωμα να διακόψουν την παροχή νερού όταν δεν γίνεται πληρωμή για την υπηρεσία από κάποιους πελάτες. Δεν είναι δύσκολο για τους πελάτες αυτούς να αποκτήσουν παράνομα πρόσβαση σε παροχή νερού μέσω επέμβασης στα κλειστά curbstop. Κάποιες εταιρείες σταματούν να καταγράφουν τις αναγνώσεις των μετρητών πελατών στους οποίους έχει γίνει διακοπή υδροδότησης. Έτσι δεν αντιλαμβάνονται την ύπαρξη παράνομης επανασύνδεσης. Όσες χρησιμοποιούν συστήματα τεχνολογίας AMR συνεχίζουν να ελέγχουν τους λογαριασμούς αυτούς για ενδείξεις μετρούμενης κατανάλωσης ή κακόβουλης επέμβασης και έτσι αντιλαμβάνονται την ενδεχόμενη παράνομη αποκατάσταση της σύνδεσης (Water Loss Control, 2008).

5.7.4 ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΜΗ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

5.7.4.1 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΠΛΗΡΩΜΗΣ ΝΕΡΟΥ

Στην βιομηχανία ενέργειας γενικότερα έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται τεχνολογίες και προγράμματα που περιλαμβάνουν τη χρήση κανονισμών προπληρωμής για τις υπηρεσίες τους. Οι κανονισμοί αυτοί υποχρεώνουν τους πελάτες να πληρώνουν για τις υπηρεσίες πριν τις χρησιμοποιήσουν, σε αντίθεση με το παραδοσιακό επιχειρησιακό μοντέλο που εφαρμόζεται παγκοσμίως.

Στο Αζερμπαϊτζάν προωθείται από το 2007 από την Itron inc. ένα μεγάλης κλίμακας πρόγραμμα προπληρωμής της ενέργειας σε μια προσπάθεια βελτίωσης της συλλογής των εσόδων έτσι ώστε να μπορούν οι εταιρείες να αυξήσουν τις επενδύσεις τους για την ανανέωση των υποδομών τους.

Η πολυπλοκότητα στην διαχείριση των δομών προπληρωμής βοηθείται από την ανάπτυξη 'έξυπνων μετρητών' ή σχετικών υποδομών που μπορούν να επικοινωνούν και να εκτελούν μια ποικιλία λειτουργιών. Προς το παρόν η αγορά των 'έξυπνων μετρητών' προβλέπεται για τον τομέα της ενέργειας, όμως πολλές από τις ικανότητες της έχουν προοπτικές για μελλοντική χρήση στον τομέα του νερού. Κάποιες από τις ιδιότητες της τεχνολογίας έξυπνων μετρητών περιλαμβάνουν: αυτόματη ανάγνωση διπλής κατεύθυνσης, τιμολόγηση σε πολλαπλές κλίμακες, απομακρυσμένη ηλεκτρονική σύνδεση και αποσύνδεση, βελτιστοποίηση των παγίων του συστήματος διανομής, μείωση διακοπών, προστασία εσόδων, διαχείριση της ποιότητας ενέργειας και εντοπισμός κακόβουλων παρεμβάσεων. Πολλές από τις λειτουργίες αυτές μπορούν να ληφθούν υπόψη και στην βιομηχανία νερού.

Πρόγραμμα προπληρωμής εφαρμόστηκε στη Ν.Αφρική από τη Johannesburg Water ώστε να αντιμετωπιστούν τα σημαντικά προβλήματα της μη εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης, της κακής συλλογής των εσόδων, της πίεσης που ασκείται στους υδατικούς πόρους και της αύξησης του πληθυσμού. Ταυτόχρονα σε πολλούς χρήστες δόθηκε δωρεάν η βασική ποσότητα παροχής νερού την οποία αφού καταναλώσουν πρέπει να έχουν ήδη πληρώσει ένα ποσό για να συνεχίσουν να έχουν πρόσβαση στην υπηρεσία για το υπόλοιπο του μήνα. Το πρόγραμμα αυτό έχει στόχο να βελτιώσει τον τρόπο συλλογής των εσόδων της επιχείρησης και τον τρόπο διαχείρισης του παρεχόμενου νερού. Έως τώρα η επιχείρηση παρείχε απεριόριστη παροχή νερού με χρέωση ενός παγίου. Το νέο σχέδιο χρέωσης προσφέρει πολύ μεγαλύτερο έλεγχο της μη εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης και αποτελεί προληπτικό τρόπο αντιμετώπισης της.

Από την άλλη εντοπίστηκαν κάποιες αδυναμίες στο πρόγραμμα αυτό, όπως το γεγονός ότι η δωρεάν ποσότητα νερού που παρείχε η επιχείρηση ήταν πολύ μικρή για μεγάλα φτωχά νοικοκυριά, τα οποία τελικά έμεναν χωρίς παροχή για εβδομάδες αφού είχαν καταναλώσει την ποσότητα αυτή. Έτσι δημιουργήθηκαν ομάδες που εναντιώθηκαν ενεργά σε αυτή την πολιτική. Συμπερασματικά, η προσπάθεια αυτή θα αποτελέσει την αρχή για την εταιρεία ύδρευσης να καθιερώσει πρακτικές και πολιτικές που εξισορροπούν τις όποιες οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές αδυναμίες γύρω από την πρόνοια για παροχή πόσιμου νερού (Water Loss Control, 2008).

5.7.4.2 ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ

Όπως προαναφέρθηκε, η μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση είναι πρόβλημα με κοινωνικές ρίζες άρα η λύση του απαιτεί εκτός των τεχνικών μεθόδων, και μια κοινωνική και πολιτιστική προσέγγιση. Η ενημέρωση του κοινού γύρω από τα θέματα που σχετίζονται με την ανεπάρκεια των υδατικών πόρων και τους κινδύνους και τις πιέσεις που αντιμετωπίζουν είναι κρίσιμη για την διαμόρφωση μιας πιο ευσυνείδητης συμπεριφοράς. Η συνεργασία της επιχείρησης ύδρευσης με τις τοπικές κοινωνίες κρίνεται απαραίτητη μέχρι το χαμηλότερο διοικητικό επίπεδο για καμπάνιες ενημέρωσης, συνέδρια, διανομή φυλλαδίων στα νοικοκυριά αλλά και μαζί με τους λογαριασμούς του νερού κλπ.

6. ΈΛΕΓΧΟΣ ΜΗ ΤΙΜΟΛΟΓΟΥΜΕΝΗΣ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Η εξουσιοδοτημένη κατανάλωση, βάσει της ορολογίας της IWA, περιλαμβάνει την αντιμετώπιση πυρκαγιών και εκπαίδευση, ξέπλυμα αγωγών και αποχετεύσεων, καθαρισμό των δεξαμενών αποθήκευσης των παρόχων, νερό κρουνών, καθαρισμό δρόμων, πότισμα δημοτικών κήπων, συντριβάνια, προστασία απο τον παγετό, νερό για κατασκευές κλπ. Μπορεί να είναι τιμολογούμενη ή μη τιμολογούμενη, μετρούμενη ή μη μετρούμενη.

Η μη τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση, υπο φυσιολογικές συνθήκες πρέπει να αποτελεί ένα μικρό κομμάτι του υδατικού ισοζυγίου (λιγότερο από 1% του εισερχόμενου νερού στο σύστημα). Όπου είναι οικονομικά εφικτό, ο όγκος αυτός πρέπει να μετράται. Σε άλλες περιπτώσεις όπου η κατανάλωση αυτή εκτιμάται, φαίνεται ότι οι όγκοι της είναι αχρείαστα μεγάλοι και μπορούν να μειωθούν σε μικρότερους ετήσιους όγκους χωρίς να επηρεαστούν η αποδοτικότητα της λειτουργίας και τα επίπεδα εξυπηρέτησης των πελατών.

Η ποσότητα της μη τιμολογούμενης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης εξαρτάται κατά πολύ από το ίδιο το σύστημα. Συνήθως υπολογίζεται ως ποσοστό % του εισερχόμενου όγκου νερού. Οι Lambert και Taylor (2010) εκτίμησαν την ποσότητα αυτή ως 0.5% του εισερχόμενου όγκου νερού στο σύστημα στη Νέα Ζηλανδία, ενώ η Water Loss Committee Review (WLCR) (2007) της AWWA την εκτίμησαν ως 1.25% βάσει των ευρημάτων πολλών υδατικών ισοζυγίων παγκοσμίως. Μετά την εκτίμηση της μη τιμολογούμενης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης μπορεί να αφαιρεθεί από αυτήν η μετρούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση ώστε να υπολογιστεί η μη μετρούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (Al Omari, 2013) .

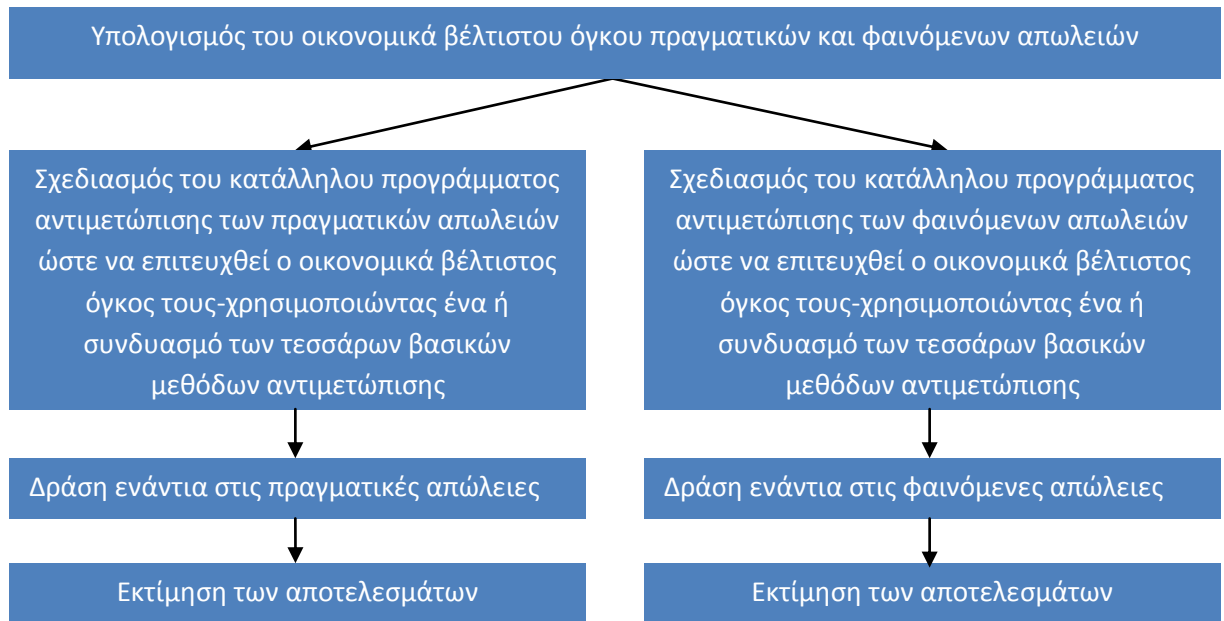
6.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ

- Αναγνώριση και εκτίμηση της μετρούμενης και μή μετρούμενης κατανάλωσης εξουσιοδοτημένων χρηστών όπως δημοτικά κτήρια, πάρκα, πυροσβεστική υπηρεσία.
- Αναγνώριση και εκτίμηση μη μετρούμενων παροχών νερού σε προαστιακές περιοχές και φτωχογειτονιές
- Αναγνώριση και εκτίμηση του νερού που χρησιμοποιείται από την επιχείρηση για λειτουργικούς σκοπούς, όπως καθαρισμό και ξέπλυμα αγωγών. (Farley, Trow, 2003)

6.2 ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΜΗ ΤΙΜΟΛΟΓΟΥΜΕΝΗΣ ΕΞΟΥΣΙΟΔΟΤΗΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ

Όσον αφορά το ξέπλυμα των αγωγών, πρέπει να εισαχθούν και να επιβληθούν συγκεκριμένα προγράμματα για το περιοδικό ξέπλυμα των αγωγών και το καθάρισμα των δεξαμενών. Πρέπει επίσης να τοποθετηθούν επαρκείς βαλβίδες απομόνωσης στο σύστημα για την αποφυγή αδειάσματος μεγάλου μέρους του κατά τη διάρκεια επισκευών.

Όσον αφορά την άντληση νερού από πυροσβεστικούς κρουνοί, πρέπει να αναγνωριστούν οι κρίσιμοι κρουνοί για πρόσβαση και παρακολούθηση της χρήσης τους. (Kizito, Mutikanga, 2009)



ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. H.Alegre, J.Babstista, E.Cabrera, F.Cubillo, W.Hirner, W.Merkel, R.Parena (2006). "Performance Indicators for Water Supply Services", IWA Manual of best Practice, IWA Publishing, London, UK
2. Almandoz, J., Cabrera, E., Arregui, F., Cabrera Jr, E., and Cobacho, R. (2005). "Leakage Assessment through Water Distribution Network Simulation." *Journal of Water Resources Planning and Management*, 131, 458-466
3. A.Al-Omari (2013). "A methodology for the breakdown of NRW into Real and administrative Losses" Springer Science + Business Media Dordrecht
4. J.Alonso et al. (2000). "Parallel Computing in water Network Analysis and Leakage Minimization", *J. Water Resources Planning and Management*, 126(4), 251-260
5. L.Araujo et al., (2006). "Pressure control for leakage minimization in water distribution systems management" *Water Resources Management*
6. F.J Arregui, J.E Cabrera, R. Cobacho (2005). "Key Factors Affecting Water Meter Accuracy", IWA Int. Conf. "Leakage 2005", Halifax, Canada
7. F.J Arregui et al. (2006). "Integrated water meter management", IWA Publishing, London, UK
8. F.J Arregui, B.Martinez, J.Soriano, J.C.Parra (2009). "Tools for improving decision making in water meter management", IWA Int. Conf. "Waterloss 2009", Cape Town, South Africa
9. F.J Arregui et al. (2010). "Calculating the optimum level of apparent losses due to water meter inaccuracies", 6th IWA Int. Conf. "WaterLoss 2010", Sao Paulo, Brazil
10. S.Beck et al., (2005). "Pipeline network features and leak detection by cross correlation analysis of reflected waves" *Journal of Hydraulic Engineering*, 131(8),715-723
11. K.J.Brothers (2001). "Water Leakage and Sustainable Supply-Truth or Consequences?" *J. AWWA*, 93(4), 150-152
12. B.Brunone, M.Ferrante (2001). "Detecting leaks in pressurized pipes by means of transients" *J Hydraul Res* 39(5) 539-547
13. B.Brunone (1999). "Transient test based technique for leak detection in outfall pipes." *Journal of Water Resources Planning and Management*, 125(5), 302-306.
14. S.G.Buchberger, G.Nadimpalli (2004). "Leak Estimation in Water Distribution Systems by Statistical Analysis of Flow Readings" *J. Water Resources Planning and Management*, 130(4), 321-329
15. D.Butler, F.A Memon (2006). "Water Demand Management" IWA Publishing, London, UK
16. R.Burrows, G.Mulreid and M.Hayuti (2003). "Introduction of a fully dynamic representation of leakage into network modelling studies using EPANET." *Proceedings of the International Conference on Advances in Water Supply Management*, C. Maksimovic, D. Butler, and F. A.Memon, eds., Swets & Zeitlinger, Lisses, 109-118.
17. P.B Cheung, G.V Girol (2009). "Night flow analysis and modeling for leakage estimation in a water distribution system" *Integrating Water Systems*, Boxall and Maksimovic, eds., Taylor and Francis Group, London.
18. P.Fanner, J.Thornton, R.Liemberger (2007b). "Evaluating Water Loss and Planning Loss Reduction Strategies" AWWA Research Foundation, AWWA, Denver, USA
19. M.Farley, S.Trow (2003). "Losses in water distribution networks: a practitioners guide to assessment, monitoring and control"

20. M.Farley, R.Liemberger (2005). "Developing a Non-Revenue water reduction strategy Part 2: Planning and implementing the strategy", *J. Water Science & Technology: Water supply* 5(1), 41-50
21. M.Farley et al., (2008). "The manager's Non-Revenue water Handbook: A Guide to Understanding Water Losses"
22. M.Ferrante and B.Brunone (2003). "Pipe system diagnosis and leak detection by unsteady-state tests: wavelet analysis." *Advances in Water Resources*, 26, 107-116
23. J.Fisher, J.B.Smith (2005). "Water meter billing data and apparent loss", 35th annual OTCO Water Distribution Workshop
24. Y.Gao et al., (2006). "A comparison of time delay estimators for the detection of leak noise signals in plastic water distribution pipes" *J. Sound Vib*
25. Germanopoulos, G. (1985). "A Technical Note on the inclusion of Pressure Dependent Demand and Leakage terms in Water Supply Network Models." *Civil Engineering and Environmental Systems*, 2(3), 171-179.
26. O.Giustolisi et al., (2008). "Pressure driven demand and leakage simulation for water distribution networks" *J. Hydraulic Engineering*, 134(5), 626-635
27. B.Greyvenstein, J.E. van Zyl (2007). "An experimental investigation into the pressure-leakage relationship of some failed water pipes" *Journal of water supply: Research and Technology-AQUA*, 56(2), 117-124
28. A.Haghighi, H.Ramos (2012). "Detection of leakage freshwater and friction factor calibration in drinking networks using central force optimization" *Water Resources Management (Springer)* 26(8), 2347-2363
29. W.Hirner, A.Lambert (2000). "Losses from Water supply systems: Standard Terminology and recommended Performance measures" IWA, London
30. P.Jowitt, C.Xu (1990). "Optimal Valve Control in Water-Distribution Networks" *J. Water Resources Planning and Management*, 116(4), 455-472
31. V.Kanakoudis, S.Tsitsifli (2010). "Water volume vs. revenues oriented IWA WB calculation for urban water networks: the Minimum charge difference component makes a difference", 6th IWA Int. Conf. "WaterLoss 2010", Sao Paulo, Brasil
32. Z.Kapelan et al., (2003). "A hybrid inverse transient model for leakage detection and roughness calibration in pipe networks" *J Hydraulic Research* Vol.41, No.5, 481-492
33. I.Karadirek et al., (2012). "Implementation of hydraulic modeling for water loss reduction through pressure management" *J. Water Resources Management*, Vol.26 Issue 9, p2555
34. S.Kim (2005). "Extensive development of leak detection algorithm by impulse response method." *J. Hydraulic engineering*, 131(3), 201-208
35. B.Kingdom, R.Liemberger, P.Marin (2006). "The Challenge of Reducing Non-Revenue Water in Developing Countries. How the Private Sector Can Help: A look at Performance-Based Service Contracting", The World Bank, Washington, DC
36. F.Kizito, H.Mutikanga (2009). "Development of decision support tools for decentralized urban water supply management in Uganda: an action research" *Computers, Environment and Urban Systems* 33, 122-137
37. Y.Kleiner et al., (1998). "Selection and scheduling of rehabilitation alternatives for water distribution systems." *Water Resources research*, 34(8)
38. A.Lambert, T.G.Brown, M.Takizawa, D.Weimer (1999) "A Reviev of performance indicators for Real Losses from Water Supply Systems" *AQUA*, Vol.48 No 6. ISSN 0003-7214
39. A.Lambert (2003). "Assessing non-revenue water and its components: a practical approach" *Water21*, 50-51
40. K.Lansley, K.Awumah (1994). "Optimal pump operations considering pump switches" *J. Water Resources Planning and Management*, 120(1), 17-35

41. P.J.Lee, M.F.Lambert, A.R.Simpson, J.P.Vitkovsky and D.Misiunas (2007). "Leak location in single pipelines using transient reflections." *Australian Journal of Water Resources*, 11(1), 53-65.
42. R.Liemberger and R.McKenzie (2003). "Aqualibre: A New Innovative Water Balance Software." IWA Efficient 2003 Conference, IWA, Tenerife.
43. R.Liemberger, M.Farley (2004). "Developing a Non-Revenue water reduction strategy Part 1: Investigating and assessing Water Losses" IWA 4th World Water Congress, Marrakech
44. J.A.Liggett and L.C.Chen (1994). "Inverse transient analysis in pipe networks." *Journal of Hydraulic Engineering*, 120(8), 934-955.
45. J.C.Martins and P.Seleghim Jr (2010). "Assessment of the performance of acoustic and mass balance methods for leak detection in pipelines transporting liquids." *Journal of Fluids Engineering*, 132(1), 1-8.
46. J.May (1994). "Pressure dependent leakage" World water and environmental engineering
47. R.McKenzie, A.Lambert (2002). BENCHLEAK user guide. Water Research Commission report, TT 159/01
48. R.McKenzie, C.Seago, R.Liemberger (2007). "Benchmarking of Losses from Potable Water Reticulation Systems-Results from IWA Task Team", 4th IWA Int. Conf. "WaterLoss 2007", Bucharest, Romania
49. D.Misiunas et al., (2005). "Pipeline break detection using pressure transient monitoring" J Water Resour. Plann. Manag., 131(4), 316-325
50. D.Misiunas, M.Lambert, A.Simpson and G.Olsson (2006). "Burst detection and location in water distribution networks." *Water Science and Technology: Water Supply*, 5(3-4), 71-80.
51. J.Muggleton, M.Brennan (2004). "Leak noise propagation and attenuation in submerged plastic water pipes" J Sound Vib., Vol.278, No.3, 527-537
52. H.Mutikanga, S.Sharma, K.Vairavamoorthy (2010). "Assessment of apparent losses in urban water systems." *Water and Environmental Journal*
53. H.Mutikanga, S.Sharma, K.Vairavamoorthy (2011). "Multicriteria decision analysis: A strategic planning tool for water loss management" *Water Resources Management*, 25(14), 3947-3969
54. H.Mutikanga (2012). "Water Loss Management: Tools and Methods for Developing Countries" PhD Thesis
55. S.Nazif et al., (2010). "Pressure Management model for Urban Water Distribution Networks." *Water Resources Management*, 24, 437-458
56. J.Nicklow et al. (2010). "State of the Art for Genetic Algorithms and Beyond in Water Resources Planning and Management", J. Water Resources Planning and Management, 136(4), 412-432
57. C.Palau, F.Arregui, M.Carlos (2012). "Burst detection in water networks using principal component analysis" J. Water Resources Planning and Management, 138(1), 47-54
58. PROWAT (2008). "Planning and implementing a non-revenue water reduction strategy improves the performance of water supply and distribution systems" Leonardo da Vinci Project No: TR/06/B/F/PP/178065, Ankara, Turkey
59. R.S.Pudar and J.A.Liggett (1992). "Leaks in pipe networks." *Journal of Hydraulic Engineering*, 118(7), 1031-1046
60. R.Puust et al., (2010). "A review of methods for leakage management in pipe networks" *Urban Water Journal*, 7(1), 25-45
61. Reis, L. F. R., Porto, R. M., and Chaudhry, F. H. (1997). "Optimal Location of Control Valves in Pipe Networks by Genetic Algorithm." *Journal of Water Resources Planning and Management*, 123(6), 317-326.
62. Rizzo, S. John G., (2006). "Apparent Water Loss Control: A Case Study Focusing on Reducing On-Site Under-Registration", Conference: Skopje, Republic of Macedonia

63. Rizzo, M. Vermersch, S. St. John, G. Micallef (2007). "Apparent Water Loss Control: The way forward" IWA Water 21 Journal
64. L.A. Rossman (2000). "EPANET 2 users manual", USEPA, Cincinnati
65. A. Sattar and M.H. Chaudhry (2008). "Leak detection in pipelines by frequency response method." *Journal of Hydraulic Research*, 46(1), 138-151
66. D. Savic, G.A. Walters (1995). "An Evolution Program for Optimal Pressure Regulation in Water Distribution Networks", *Engineering Optimization*, 24(3), 197-219
67. A.K. Soares, D.I.C. Covas and L.F.R. Reis (2011). "Leak detection by inverse transient analysis in an experimental PVC pipe system." *Journal of Hydroinformatics*, 13(2), 153-166.
68. M. Tabesh, Y. Asadiyani and R. Burrows (2009). "An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems." *Water Resources Management*, 23(3), 477-492.
69. J. Thornton, R. Sturm, G. Kunkel (2002). "Water Loss Control", McGraw-Hill, NY, USA
70. J. Thornton, R. Sturm, G. Kunkel (2008). "Water Loss Control-Second edition", McGraw-Hill, NY, USA
71. A. Tsavdaridou (2011). "Μέτρηση κατανάλωσης νερού αστικής χρήσης με την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών: Εφαρμογή στην πόλη της Θεσσαλονίκης", MSc Thesis
72. T. Tucciarelli, A. Criminis and D. Termini (1999). "Leak analysis in pipeline systems by means of optimal valve regulation." *Journal of Hydraulic Engineering*, 125(3), 277-285.
73. K. Vairavamoorthy, J. Lumbers (1998). "Leakage reduction in water distribution systems: Optimal valve control." *J. Hydraulic engineering*, 124(1), 1146-1154
74. J.E. Van Zyl, A.M. Cassa (2011). "Linking the power and FAVAD equations for modeling the effect of pressure on leakage." Proc. of the 11th Int. Conference on Computing and Control of the Water Industry (CCWI 2011)-Urban Water management challenges and Opportunities, September 5-7, Exeter, UK
75. A. Vela, R. Perez and V. Espert (1991). "Incorporation of leakages in the mathematical model for a water distribution network." *Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Methods in Water Resources*, Marrakesh, Morocco, 245-257
76. J.P. Vitkovsky, A.R. Simpson, M.F. Lambert (2000). "Leak Detection and calibration using transients and genetic algorithms", *J. Water Resources Planning and Management*, 126(4), 262-265
77. Water Loss Committee Review (2007). Water audits and loss control programs, AWWA M36 Publication Rewrite
78. Z. Wu, M. Farley, D. Turtle, Z. Kapelan, J. Boxall, S. Mounce, S. Dahasahasra, M. Mulay and Y. Kleiner (2011). "Water Loss Reduction, Bentley institute press, Exton, Pennsylvania, USA
79. Z. Wu, P. Sage, D. Turtle (2010). "Pressure dependent leak model and its application to a district water system", *J. Water Resources Planning and Management*, 136(1), 116-128
80. WSA/WCA Engineering and Operations Committee (1994). "Managing Leakage Reports A-J" London: WRC/WSA/WCA
81. S. Yaniv (2009). "Reduction of apparent losses using the Unmeasured-Flow Reducer-Case Studies", European Water Resources Association Conference, Nicosia, Cyprus