



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ-ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΜΗ ΑΝΤΑΠΟΔΟΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΑΣΤΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ
ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΜΕΣΩ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ - Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ
ΤΗΣ ΚΩ**

Μακρής Φ. Κωνσταντίνος

ΑΕΜ : 0807010

Επιβλέπων καθηγητής:

Κανακούδης Βασίλειος, Επίκουρος Καθηγητής Π.Θ.

ΒΟΛΟΣ 2013

Ευχαριστίες

Καταρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντά μου, κ. Βασίλη Κανακούδη, Επίκουρο Καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, τόσο για την ανάθεση του θέματος, όσο και για τη συμβολή και την υποστήριξη που μου παρείχε για την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Κωνσταντίνο Γκονέλα, υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, για την καθοδήγηση, τη βοήθεια και την συνολική συνεισφορά του στην παρούσα εργασία, καθώς επίσης και για τη διάθεση χρήσιμου υλικού και δεδομένων από το διδακτορικό του.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Αντώνη Λιακόπουλο, Καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και την Δρ. Σταυρούλα Τσιτσιφλή, επιστημονική συνεργάτιδα του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που δέχτηκαν να αξιολογήσουν την παρουσίαση της διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, θέλω και οφείλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου για την υποστήριξη και την συμπαράσταση που επέδειξαν κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, και φυσικά την οικογένεια μου για την στήριξη που μου παρείχαν σε όλη τη φοιτητική μου ζωή.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μείωση των απωλειών μέσω διαχείρισης της πίεσης στο δίκτυο ύδρευσης του κέντρου της πόλης της Κω (που το διαχειρίζεται η Δ.Ε.Υ.Α. Κω). Αυτό επιτεύχθηκε μέσα από την προσομοίωση του δικτύου στο πρόγραμμα *Watercad V8i* και με την τοποθέτηση βαλβίδων μείωσης της πίεσης (PRVs) σε σημεία τα οποία έχουν υποδειχθεί από την αρμόδια εταιρία ύδρευσης.

Η έρευνα περιελάμβανε τον διαχωρισμό του δικτύου σε υδραυλικά απομονωμένες περιοχές (DMAs) με βάνες αποκλεισμού, ενώ, παράλληλα, στις εισόδους υπάρχουν και οι βαλβίδες μείωσης της πίεσης. Η μείωση της πίεσης κατάντη των βαλβίδων, σε επιτρεπτά από τον κανονισμό όρια, είχε σαν αποτέλεσμα και την μείωση του διατιθέμενου νερού στο δίκτυο τόσο με την μορφή απωλειών όσο και με την μορφή ζήτησης εφόσον αυτή εξαρτάται από την πίεση. Ακολούθησε η υλοποίηση τεσσάρων σεναρίων για κάθε περιοχή σε κάθε δίμηνο του έτους. Στα σεναρία αυτά έγιναν υποθέσεις για την χρήση PRVs με σταθερό ή μεταβαλλόμενο κατά την διάρκεια του 24ώρου πρότυπο, καθώς και πτώση της πίεσης κάτω από την υποχρεωτικά εφαρμοζόμενη τιμή και ταυτόχρονη εφαρμογή τοπικού πιεστικού νερού (booster).

Έγινε καταγραφή μέσω του μοντέλου των πιέσεων και των καταναλώσεων τόσο σε επίπεδο κόμβου όσο και συνολικά σε επίπεδο κάθε περιοχής και για τις τρεις φάσεις της μελέτης, δηλαδή πριν το διαχωρισμό των περιοχών, μετά τον διαχωρισμό και με την υλοποίηση του εκάστοτε σεναρίου. Τα εξαγόμενα συμπεράσματα οδηγούν στην λήψη ορθών και τεκμηριωμένων αποφάσεων για την απόκτηση και εφαρμογή του κατάλληλου εξοπλισμού με τα μέγιστα για την εταιρία οφέλη, οικονομικά και περιβαλλοντικά.

Λέξεις-Κλειδιά

απώλειες νερού, διαχείριση της πίεσης, διαχείριση των διαρροών, δίκτυο ύδρευσης, ζήτηση, τοπικό πιεστικό booster, περιοχή με μετρητές (DMA), βαλβίδες μείωσης πίεσης (PRVs)

Abstract

The object of the present diploma project is the reduction of losses through pressure management in the water supply network of Kos Town (being managed by Kos Town Water Utility - DEYA Kos) , in the city centre. This was achieved through the simulation of the network in the program *Watercad V8i* and with the placement of pressure reducing valves (PRV) in points which have been indicated by the responsible company of water supply.

The research included the segregation of network in district metered areas (DMA) with the use of isolation valves, while, at the same time, the PRVs are placed in the entries . The reduction of pressure, in permissible from the regulation limits, had as a result the reduction of the distributed water in the network both with the form of losses and with the form of provided demand if it is pressure dependent. Afterwards, the implementation of four scenarios on each area and for each two month period of the year took place. In these scenarios, affairs were done considering the use of PRVs with fixed or modified through the 24-hour period patterns and, also, with the fall of pressure under the permissible point combined with the application of local pressure boosters.

The pressures and the demands were recorded via the model both on the level of each individual node and on the level of each DMA for the three phases of the research, which are before the segregation of areas (DMAs), afterwards the segregation and with the implementation of each script. The exported conclusions lead to indisputable decisions on the acquisition and application of the suitable equipment followed with the biggest company profits, economically and environmentally.

Key-Words

water losses, pressure management, leakage management, water network, demand, local pressure booster, district metered area (DMA), pressure reducing valves (PRVs)

Δομή της Εργασίας

Το **1ο κεφάλαιο** περιλαμβάνει την εισαγωγή όπου παρουσιάζεται το υδατικό ισοζύγιο ύδατος σύμφωνα με τον διεθνή οργανισμό νερού και αναλύεται η σπουδαιότητα της διαχείρισης της πίεσης σε δίκτυα ύδρευσης με σημαντικές απώλειες.

Στο **2ο κεφάλαιο** περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση του δικτύου της Κω, δηλαδή τα γενικά χαρακτηριστικά του δικτύου, η δυναμική του και τα προβλήματα που αντιμετωπίζει και χρήζουν αντιμετώπιση. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στα δεδομένα πάνω στα οποία βασίστηκε η προσομοίωση στο πρόγραμμα Watercad.

Στο **3ο κεφάλαιο** γίνεται αρχικά μία γενική αναφορά για τις DMAs, όπως παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο διαχωρισμού τους, η σημασία τους, τα οφέλη και τα προβλήματα που ενδεχομένως να ανακύψουν από την εφαρμογή τους. Η τελευταία ενότητα επικεντρώνεται στην διαμόρφωση των DMAs στο δίκτυο της Δ.Ε.Υ.Α. Κω.

Στο **4ο κεφάλαιο** περιγράφεται η διαδικασία διαχωρισμού της ζήτησης σε εξαρτώμενη από την πίεση (PDD) και σε εξαρτώμενη από τον όγκο (VDD), καθώς και οι βασικές παραδοχές που εφαρμόστηκαν κατά την προσομοίωση.

Στο **5ο κεφάλαιο** αναφέρεται ο κύριος στόχος της εργασίας, ο οποίος αφορά την πτώση της πίεσης σε αποδεκτά όρια και πως μπορεί να επιτευχθεί, ενώ παράλληλα παρουσιάζεται και η πρώτη από μία σειρά ομάδα σεναρίων.

Στο **6ο κεφάλαιο** παρουσιάζονται οι υπόλοιπες ομάδες σεναρίων (2η, 3η και 4η), οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται. Προσομοιώνοντας το κάθε σενάριο γίνεται καταγραφή των πιέσεων και των καταναλώσεων, με απώτερο σκοπό την επιλογή των βέλτιστων σεναρίων.

Στο **7ο κεφάλαιο** γίνεται η εκλογή των καλύτερων σεναρίων για κάθε DMA συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από τις τέσσερις ομάδες σεναρίων που παρουσιάστηκαν και έχοντας ως καθοριστικό παράγοντα το κόστος υλοποίησης και το καθαρό όφελος από την εφαρμογή τους.

Στο **8ο κεφάλαιο** περιλαμβάνεται ένας γενικός σχολιασμός της μεθόδου και των αποτελεσμάτων. Επιπρόσθετα, γίνεται ανάλυση της ευαισθησίας του μοντέλου στις παραδοχές που λήφθηκαν κατά την προσομοίωση και τους υπολογισμούς.

Στο **9ο κεφάλαιο** παρουσιάζεται για κάθε DMA ο απαραίτητος εξοπλισμός που απαιτείται για την επίτευξη των μέγιστων οφελών για την εταιρία, όπως προέκυψε από την σύγκριση των σεναρίων.

Πίνακας περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	2
Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Δομή της Εργασίας.....	5
Κατάλογος Πινάκων.....	8
Κατάλογος Γραφημάτων.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	11
1.1 Γενικά.....	11
1.2 Ορισμός Απωλειών - Υδατικό Ισοζύγιο.....	12
1.2.1 Ορολογία του Υδατικού Ισοζυγίου.....	12
1.3 Σχέση ανάμεσα στη διαχείριση της πίεσης και των απωλειών.....	13
1.4 Μείωση απωλειών και εμφανή οφέλη.....	14
1.5 Σκοπός της Εργασίας.....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΗΣ Δ.Ε.Υ.Α. ΚΩ.....	17
2.1 Γενικές πληροφορίες.....	17
2.2 Εκμετάλλευση Υδατικών Πόρων.....	17
2.3 Δίκτυο Μεταφοράς και Διανομής.....	18
2.4 Προβλήματα του υπάρχοντος δικτύου.....	19
2.5 Σύνδεση με άλλες έρευνες στην περιοχή.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΕ DMAS.....	21
3.1 Ορισμός DMA.....	21
3.2 Ο ρόλος των DMAs στη διαχείριση των απωλειών.....	21
3.3 Προβλήματα-Περιορισμοί από την εφαρμογή των DMA και αντιμετώπιση.....	22
3.4 Υλοποίηση των District Metered Areas στο δίκτυο της Κω.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΝΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΕ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΣΕ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΟΓΚΟ ΝΕΡΟΥ.....	24
4.1 Διαχωρισμός σε Pressure Dependent Demand και Volume Dependent Demand.....	24
4.2 Προσομοίωση των Pressure Dependent Demand.....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	28
5.2 1 ^η Ομάδα Σεναρίων.....	29
5.2.1 Στόχος.....	29
5.2.2 Σχεδιασμός και Εφαρμογή.....	29
5.2.3 Αποτελέσματα.....	30

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ.....	37
6.1 2 ^η Ομάδα Σεναρίων.....	37
6.1.1 Σχεδιασμός και Εφαρμογή.....	37
6.1.2 Διαμόρφωση των Valve Pattern	37
6.1.3 Αποτελέσματα.....	44
6.2 3 ^η & 4 ^η Ομάδα Σεναρίων	44
6.2.1 Σχεδιασμός και Εφαρμογή.....	44
6.2.2 Επιλογή της Βέλτιστης Πίεσης Κάτω από το Όριο του Κανονισμού	45
6.2.3 Αποτελέσματα.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ	53
7.1 Κόστος Υλοποίησης	53
7.2 Ανάλυση των Αποτελεσμάτων σε Μηνιαία Βάση.....	54
7.3 Σύγκριση Σεναρίων-Αποτελεσμάτων	55
7.4 Εύρεση των Βέλτιστων Σεναρίων	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ.....	59
8.1 Σχολιασμός Μεθόδου και Αποτελεσμάτων	59
8.2 Μελέτη της Ευαισθησίας του Μοντέλου στις Παραδοχές	60
8.2.1 Μελέτη του Ποσοστού της Pressure Dependent Demand.....	60
8.2.2 Διαχωρισμός των Απωλειών.....	61
8.3 Μελλοντική Έρευνα	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	63
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	65

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1.1 : Υδατικό ισοζύγιο από το εγχειρίδιο "best practice" του IWA.....	12
Πίνακας 2.1: Αναφορά των γεωτρήσεων, του ετήσιου όγκου άντλησης και της δεξαμενής που αντιστοιχεί η κάθε γεώτρηση	17
Πίνακας 3.1: Βασικά στοιχεία των DMAs.....	23
Πίνακας 4.1: Κατηγοριοποίηση της χρήσης νερού σε PDD και VDD	25
Πίνακας 5.1: Καθορισμός των πιέσεων των PRV για κάθε δίμηνο (σε kPa).....	29
Πίνακας 5.2: Πτώση της πίεσης σε κάθε DMA ανά δίμηνο (%) – 1 ^η Ομάδα Σεναρίων.....	30
Πίνακας 5.3: Μείωση της κατανάλωσης σε κάθε DMA ανά δίμηνο (%) – 1 ^η Ομάδα Σεναρίων	30
Πίνακας 6.1: Πτώση της πίεσης σε κάθε DMA ανά Δίμηνο (%) - 2 ^η Ομάδα Σεναρίων.....	44
Πίνακας 6.2: Μείωση της κατανάλωσης σε κάθε DMA ανά Δίμηνο (%) - 2 ^η Ομάδα Σεναρίων	44
Πίνακας 6.4: Μείωση της κατανάλωσης σε κάθε DMA ανά δίμηνο (%) - 3 ^η Ομάδα Σεναρίων	52
Πίνακας 6.5: Πτώση της πίεσης σε κάθε DMA ανά δίμηνο (%) - 4 ^η Ομάδα Σεναρίων	52
Πίνακας 6.6: Μείωση της κατανάλωσης σε κάθε DMA ανά δίμηνο (%) - 4 ^η Ομάδα Σεναρίων	52
Πίνακας 7.1: Κόστος των PRV Fixed και PRV Modulated(24h)	53
Πίνακας 7.2: Έκφραση του ποσοστού κατανάλωσης των επιμέρους μηνών σε κάθε δίμηνο	54
Πίνακας 7.3: Ποσοστιαία μεταβολή των πιέσεων σε συνάρτηση με την μεταβολή του εισερχόμενου όγκου συστήματος.....	54
Πίνακας 7.4: Το ετήσιο κέρδος από την εφαρμογή των σεναρίων για κάθε DMA	57
Πίνακας 8.1: Συνοπτική παρουσίαση των σεναρίων για κάθε δίμηνο	59
Πίνακας 8.2: Πιέσεις (Ελάχιστη, Μέση, Μέγιστη) και κατανάλωση πριν και μετά τον διαχωρισμό των απωλειών - Βασικές απώλειες οι πραγματικές.....	61
Πίνακας 8.3: Πιέσεις (Ελάχιστη, Μέση, Μέγιστη) και κατανάλωση πριν και μετά τον διαχωρισμό των απωλειών - Βασικές απώλειες οι φανερές.....	62

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1.1: Επίδραση της μείωσης της πίεσης στη διαχείριση των διαρροών.....	14
Γράφημα 2.1: Κατανομή του δικτύου ανάλογα με τις χρήσεις.....	18
Γράφημα 2.2: Κατανομή του δικτύου ανάλογα με τα υλικά των αγωγών	19
Γράφημα 2.3: Χρονική κατανομή της κατανάλωσης των οικιακών χρηστών στη διάρκεια του 24ωρου	20
Γράφημα 2.4: Χρονική κατανομή των απωλειών ως ανοιγμένη κατανάλωση στη διάρκεια του 24ωρου	20
Γράφημα 3.1: Επίδραση της χρονικής διάρκειας της διαρροής στον συνολικό όγκο απωλειών	21
Γράφημα 4.1: Η κατανομή της χρήσης του νερού στην Ελλάδα	24
Γράφημα 4.2: Η κατανομή της χρήσης του νερού	25
Γράφημα 4.3: Διαχωρισμός εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης σε PDD και VDD.....	26
Γράφημα 4.4: Διαχωρισμός των απωλειών νερού σε PDD και VDD.....	26
Γράφημα 4.5: Εκθετική συνάρτηση ζήτησης - πίεσης.....	27
Γράφημα 5.1: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου- 1 ^ο Δίμηνο.....	31
Γράφημα 5.2: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου- 2 ^ο Δίμηνο.....	32
Γράφημα 5.3: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου- 3 ^ο Δίμηνο.....	33
Γράφημα 5.4: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου- 4 ^ο Δίμηνο.....	34
Γράφημα 5.5: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου- 5 ^ο Δίμηνο.....	35
Γράφημα 5.6: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου- 6 ^ο Δίμηνο.....	36
Γράφημα 6.1: Απεικόνιση των Valve Pattern για κάθε DMA το 1 ^ο Δίμηνο	38
Γράφημα 6.2: Απεικόνιση των Valve Pattern για κάθε DMA το 2 ^ο Δίμηνο	39
Γράφημα 6.3: Απεικόνιση των Valve Pattern για κάθε DMA το 3 ^ο Δίμηνο	40
Γράφημα 6.4: Απεικόνιση των Valve Pattern για κάθε DMA το 4 ^ο Δίμηνο	41
Γράφημα 6.5: Απεικόνιση των Valve Pattern για κάθε DMA το 5 ^ο Δίμηνο	42
Γράφημα 6.6: Απεικόνιση των Valve Pattern για κάθε DMA το 6 ^ο Δίμηνο	43
Γράφημα 6.7: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού - 1 ^ο Δίμηνο	46
Γράφημα 6.8: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού - 2 ^ο Δίμηνο	47
Γράφημα 6.9: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού -3 ^ο Δίμηνο	48

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

Γράφημα 6.10: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού - 4 ^ο Δίμηνο	49
Γράφημα 6.11: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού - 5 ^ο Δίμηνο	50
Γράφημα 6.12: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού - 6 ^ο Δίμηνο	51
Γράφημα 7.1: Απεικόνιση κατανάλωσης (m ³ /μήνα) ανά σενάριο - DMA 1	55
Γράφημα 7.2: Απεικόνιση κατανάλωσης (m ³ /μήνα) ανά σενάριο - DMA 2	55
Γράφημα 7.3: Απεικόνιση κατανάλωσης (m ³ /μήνα) ανά σενάριο - DMA 3	56
Γράφημα 7.4: Απεικόνιση κατανάλωσης (m ³ /μήνα) ανά σενάριο - DMA 4	56
Γράφημα 7.5: Απεικόνιση κατανάλωσης (m ³ /μήνα) ανά σενάριο - DMA 5	56
Γράφημα 7.6: Απεικόνιση μέσης πίεσης (atm) ανά σενάριο - DMA 1	56
Γράφημα 7.7: Απεικόνιση μέσης πίεσης (atm) ανά σενάριο - DMA 2	56
Γράφημα 7.8: Απεικόνιση μέσης πίεσης (atm) ανά σενάριο - DMA 3	56
Γράφημα 7.9: Απεικόνιση της μέσης πίεσης (atm) ανά σενάριο - DMA 4	56
Γράφημα 7.10: Απεικόνιση της μέσης πίεσης (atm) ανά σενάριο - DMA 5	57
Γράφημα 7.11: Απεικόνιση του ετήσιου κέρδους (€) ανά σενάριο - DMA 1	57
Γράφημα 7.12: Απεικόνιση του ετήσιου κέρδους (€) ανά σενάριο - DMA 2	58
Γράφημα 7.13: Απεικόνιση του ετήσιου κέρδους (€) ανά σενάριο - DMA 3	58
Γράφημα 7.14: Απεικόνιση του ετήσιου κέρδους (€) ανά σενάριο - DMA 4	58
Γράφημα 7.15: Απεικόνιση του ετήσιου κέρδους (€) ανά σενάριο - DMA 5	58
Γράφημα 8.1: Μελέτη της ευαισθησίας του μοντέλου στα ποσοστά των PDD με βήμα 5%	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Το νερό αποτελεί το πιο σημαντικό στοιχείο στην καθημερινότητα του ανθρώπου καθώς σηματοδοτεί την ύπαρξη και διατήρηση της ζωής πάνω στον πλανήτη. Επιπλέον, με βάση την ποσότητα και την ποιότητά του μεταβάλλει αναλόγως την υγεία και τις δράσεις των πολιτών, ενώ συνιστά βασικό παράγοντα για την βιομηχανική και γενικότερα οικονομική ανάπτυξη περιοχών και κρατών. Παρόλα αυτά, κυρίως στις σύγχρονες κοινωνίες επικρατεί ένας συνδυασμός συνεχούς αυξανόμενης ζήτησης και συνεχώς υποβαθμισμένων υδάτινων πόρων που μεταφράζονται είτε σε ελλείψεις στις διάφορες χρήσεις του νερού είτε σε μερικές ή ολικές υποβαθμίσεις οικοσυστημάτων. Το πρόβλημα εντείνεται λόγω της κλιματικής αλλαγής, με τα φαινόμενα των πλημμυρών και των παρατεταμένων ξηρασιών να εμφανίζονται σε όλο και μεγαλύτερη συχνότητα. Οι περιορισμοί που προκύπτουν και η σπουδαιότητα του νερού έχουν οδηγήσει σταδιακά στη συνειδητοποίηση για λήψη άμεσων μέτρων και, τελικά, στη διαμόρφωση ενός ευρύτερου πλαισίου, νομοθετικού ή μη, για την προστασία και ορθολογική χρήση των συστημάτων ύδρευσης. Ένα από τα βασικότερα πλέον μέτρα απεικονίζεται στη διαχείριση και στον περιορισμό των απωλειών ύδατος στα δίκτυα μεταφοράς και διανομής της ύδρευσης.

Έχει εκτιμηθεί ότι οι απώλειες νερού από τα συστήματα ύδρευσης κυμαίνονται στο 30 με 40% του συνολικού όγκου νερού που εισέρχεται σε αυτά, ενώ σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να αγγίζουν το 50 με 60%. Παρά το γεγονός αυτό, οι περισσότερες εταιρίες ύδρευσης δεν είναι πρόθυμες να δημιουργήσουν μία στρατηγική εντοπισμού και άμεσης αποκατάστασης των απωλειών παρά μόνο εμμένουν στην επιδιόρθωση επιφανειακών διαρροών που γίνονται αντιληπτές από το κοινό ("παθητικός έλεγχος διαρροών"). Αυτό συνήθως συμβαίνει εξαιτίας της ύπαρξης πολυάριθμων και χαμηλού κόστους πηγών που μπορούν να αντισταθμίσουν τα προβλήματα που ενδεχομένως να δημιουργήσουν στο σύστημα οι απώλειες καθώς και εξαιτίας του γεγονότος ότι η εύρεση και αποκατάσταση των απωλειών δεν αντιστοιχεί απαραίτητα σε αύξηση των τιμολογίων χρέωσης. Πρέπει να επισημανθεί όμως ότι αυτή η προσέγγιση του κόστους του νερού θεωρείται παρωχημένη αφού λαμβάνεται υπόψη κυρίως ή μόνον το άμεσο κόστος και όχι το περιβαλλοντικό κόστος ή το κόστος ευκαιρίας των υδάτινων πόρων. Επιπρόσθετα, σε αρκετές περιπτώσεις είναι πιο οικονομικό και αποτελεσματικό η βελτίωση της αποδοτικότητας του νερού σε σύγκριση με την αύξηση της παροχής νερού για την κάλυψη των αναγκών.

Απόρροια της περιγραφείσας κατάστασης και των εξαγόμενων συμπερασμάτων είναι η εισαγωγή νέων δεδομένων και μεθοδολογιών στη διαχείριση της ζήτησης, καθώς η κλασική αντιμετώπιση της έλλειψης μέσω της ανάπτυξης νέων πόρων και σχεδίων μεταφοράς αντικαθίσταται από την εστίαση στην αποδοτικότερη χρήση του νερού με την εγκατάσταση του κατάλληλου εξοπλισμού και τον περιορισμό των απωλειών.

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

1.2 Ορισμός Απωλειών - Υδατικό Ισοζύγιο

Η εκτίμηση του όγκου των απωλειών μπορεί να προκύψει εύκολα από το υδατικό ισοζύγιο μέσα στο σύστημα και στην απλούστερη μορφή της εκφράζεται ως εξής:

$$\text{Απώλειες ύδατος} = \text{Όγκος συνολικά εισερχόμενου ύδατος} - \text{Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση}$$

Ένας τέτοιος υπολογισμός του υδατικού ισοζυγίου είναι απαραίτητος για την αφετηρία λήψης πρωτοβουλιών και μέτρων καθώς αντανακλά το μέγεθος του προβλήματος.

Πιο συγκεκριμένα, οι απώλειες ύδατος αναλύονται σε *πραγματικές* και *φανερές* απώλειες:

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

Σύμφωνα με τον **Διεθνή Οργανισμό Νερού (International Water Association - IWA)** το πρότυπο υδατικό ισοζύγιο εκφράζεται με τον πίνακα 1.1:

Πίνακας 1.1 : Υδατικό ισοζύγιο από το εγχειρίδιο "best practice" του IWA

	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση με Χρέωση	Κατανάλωση με Χρέωση με Μετρητή	Ανταποδοτικό Νερό
			Κατανάλωση με Χρέωση χωρίς Μετρητή	
Εισερχόμενος Όγκος στο Σύστημα (διορθωμένος για γνωστά σφάλματα)	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση χωρίς Χρέωση	Κατανάλωση χωρίς Χρέωση με Μετρητή	Μη Ανταποδοτικό Νερό
			Κατανάλωση χωρίς Χρέωση χωρίς Μετρητή	
	Απώλειες Ύδατος	Φανερές (Εμπορικές) Απώλειες	Μη Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση	
			Ανακρίβειες Μετρητών	
			Λάθος Χειρισμός Δεδομένων	
			Διαρροές στην Μεταφορά ή/και στους Κεντρικούς Αγωγούς Διανομής	
Απώλειες Ύδατος	Πραγματικές (Φυσικές) Απώλειες	Διαρροή και Υπερχείλιση σε Δεξαμενές Αποθήκευσης της Εταιρίας Ύδρευσης		
		Διαρροή στις Συνδέσεις μέχρι τον Μετρητή των Πελατών		

(A. Lambert, T. Brown, M. Takizawa, D. Weimer, Review of performance indicators for real losses from water supply systems. *Water Supply Res. Technol. AQUA*, 1999, 48, 227–237)

1.2.1 Ορολογία του Υδατικού Ισοζυγίου

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

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

- **Όγκος Εισόδου στο Σύστημα (System Input Volume):** Είναι ο ετήσιος όγκος του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο ύδρευσης περιλαμβάνοντας κάθε δυνατό υδατικό πόρο που αξιοποιείται.
- **Εξουσιοδοτημένη Κατανάλωση (Authorised Consumption):** Είναι ο ετήσιος όγκος νερού, καταγεγραμμένου και μη, που λαμβάνεται από όλους τους καταχωρημένους στην εταιρία ύδρευσης χρήστες, δηλαδή πελάτες, τον προμηθευτή νερού και οποιονδήποτε εξουσιοδοτημένο από τον προμηθευτή νερού για διάφορες χρήσεις.
- **Απώλειες Ύδατος (Water Losses):** Είναι η διαφορά ανάμεσα στον όγκο εισόδου στο σύστημα και στον όγκο της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης. Οι απώλειες ύδατος διαχωρίζονται σε πραγματικές/φυσικές και σε φανερές/εμπορικές απώλειες.
- **Πραγματικές/Φυσικές Απώλειες (Real Losses):** Αφορούν τους ετήσιους όγκους νερού που χάνονται στο υπό πίεση σύστημα διανομής, μέχρι το σημείο της χρήσης από τους ιδιώτες, το οποίο συνήθως είναι ο μετρητής της κατανάλωσης.
- **Φανερές/Εμπορικές Απώλειες (Apparent Losses):** Αφορούν τα λάθη στους μετρητές του συστήματος ύδρευσης, συμπεριλαμβανομένων και των μετρητών των πελατών, τα λάθη επεξεργασίας των δεδομένων και την μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (κλοπή και παράνομη χρήση).
- **Μη Ανταποδοτικό Νερό (Non-Revenue Water - NRW):** Είναι η διαφορά ανάμεσα στον εισερχόμενο όγκο νερού στο σύστημα και της τιμολογούμενης εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης. Το μη ανταποδοτικό νερό αποτελείται από την εξουσιοδοτημένη κατανάλωση χωρίς χρέωση, τις φανερές και τις πραγματικές απώλειες.

1.3 Σχέση ανάμεσα στη διαχείριση της πίεσης και των απωλειών

Σε πολλές εταιρίες ύδρευσης επικρατεί η θεώρηση ότι η διαχείριση της πίεσης συνδέεται ελαφρώς ή και καθόλου με τη διαχείριση των απωλειών. Ωστόσο, έχει αναγνωρισθεί σε αρκετές χώρες, με πρωτοπόρες τις Αγγλία και Ιαπωνία, ότι η πίεση κατέχει θεμελιώδη ρόλο στο μέγεθος και στη συχνότητα εμφάνισης απωλειών στα δίκτυα ύδρευσης και αυτή η αλληλεπίδραση σε πολλές περιπτώσεις είναι σημαντικότερη σε πρακτικό επίπεδο από ότι μπορεί να υπολογιστεί σε θεωρητικό επίπεδο.

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

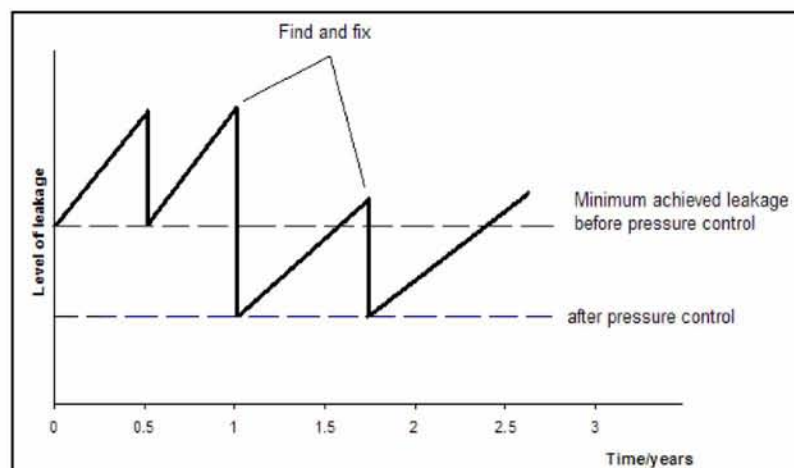
Από τις παραπάνω τεχνικές αυτή της διαχείρισης της πίεσης έχει αναγνωρισθεί ως η πλέον αποδοτική με ευμενή επίδραση κυρίως στις πραγματικές απώλειες σε σχέση για παράδειγμα με τη μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση. Δεν παύει πάντως να αποτελεί μία αποτελεσματική

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

στρατηγική επανάκτησης μεγάλου ποσοστού του μη ανταποδοτικού νερού. Τα βασικά οφέλη από τη διαχείριση της πίεσης μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

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

Επιπρόσθετα, ενδιαφέρον παρουσιάζει πώς η αποτελεσματική διαχείριση της πίεσης μπορεί να επηρεάσει κάποιες από τις υπόλοιπες τεχνικές για τη διαχείριση των απωλειών. Η επιρροή αυτή είναι έκδηλη κυρίως σε ότι αφορά την τεχνική ελέγχου ενεργών διαρροών όπως φαίνεται από στο γράφημα 1.1, καθώς παρατηρείται πτώση τόσο των διαρροών όσο και της απαραίτητης δραστηριότητας εντοπισμού και επιδιόρθωσης ("find and fix").



Γράφημα 1.1: Επίδραση της μείωσης της πίεσης στη διαχείριση διαρροών (Prowat- Lambert & Toom, 2005)

1.4 Μείωση απωλειών και εμφανή οφέλη

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

Η μείωση των απωλειών οδηγεί σε αρκετά οφέλη τα οποία είναι ανάλογα με το μέγεθος και τη δυναμική του δικτύου. Τα άμεσα εμφανή οφέλη είναι:

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

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

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

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

1.5 Σκοπός της Εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματεύεται την έρευνα και τη μελέτη για την εφαρμογή συγκεκριμένων βημάτων που θα οδηγήσουν στη μείωση των απωλειών στο κύριο τμήμα του δικτύου ύδρευσης που βρίσκεται υπό την ευθύνη της Δ.Ε.Υ.Α. Κω (Εικόνα 1 - Παράρτημα).

Πιο συγκεκριμένα, αφορά την προσομοίωση του υπάρχοντος δικτύου σε συνδυασμό με την εγκατάσταση του επιπρόσθετου απαραίτητου εξοπλισμού στο πρόγραμμα Watercad V8i. Η αρχική αποτύπωση του δικτύου και η ανάλυση της κατανάλωσης στη διάρκεια της ημέρας υπήρχε σαν δεδομένο, καθώς αποτελεί τμήμα της διδακτορικής διατριβής του Κ. Γκονέλα. Τμήμα της παρούσας εργασίας αποτελεί η περαιτέρω ανάλυση της προσομοίωσης με την προσθήκη επιπλέον στοιχείων, όπως για παράδειγμα βάνες αποκλεισμού και βαλβίδες μείωσης της πίεσης.

Η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε και περιγράφεται στο κύριο μέρος της εργασίας έχει εφαρμοστεί επιτυχώς από ορισμένες εταιρίες ύδρευσης ανά τον κόσμο, οι οποίες αντιμετώπιζαν παρόμοια προβλήματα στη διαχείριση των απωλειών, ενώ έχει υπάρξει αντικείμενο έρευνας διάφορων μελετητών τα τελευταία χρόνια. Αποτελεί δε καινοτόμο στοιχείο για τα δεδομένα της Ελλάδας και δύναται να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε δίκτυο ύδρευσης με εντυπωσιακά αποτελέσματα στη μείωση των απωλειών σε αρκετές περιπτώσεις.

Βασικός στόχος της εργασίας είναι τα αποτελέσματα και τα εξαγόμενα συμπεράσματα να έχουν πλήρη αντίκτυπο στην πραγματικότητα και να μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ασφάλεια από

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

την αρμόδια εταιρία ύδρευσης είτε αυτά αφορούν καθαρά το επιστημονικό κομμάτι είτε αφορούν το οικονομικό κομμάτι. Επιπρόσθετα, οι τελικές προτάσεις θα πρέπει να προέρχονται έπειτα από προσομοίωση και μελέτη ενός ικανοποιητικού αριθμού περιπτώσεων-σεναρίων και με την καταγραφή και επεξεργασία στοιχείων που αφορούν όλες τις δυνατές ενδιάμεσες καταστάσεις, έτσι ώστε να καθίστανται βάσιμες και πλήρως τεκμηριωμένες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΗΣ Δ.Ε.Υ.Α. ΚΩ

2.1 Γενικές πληροφορίες

Το δίκτυο ύδρευσης της Κω τροφοδοτείται κυρίως από γεωτρήσεις και αποτελείται από το δίκτυο μεταφοράς, τις εγκαταστάσεις καθαρισμού του νερού, τις δεξαμενές αποθήκευσης νερού και το εσωτερικό δίκτυο διανομής. Είναι κατά βάση ένα βαρυτικό σύστημα, κάτι που δικαιολογεί και την απουσία αντλιοστατικών συγκροτημάτων. Το υδραγωγείο της Κω καλύπτει τις υδρευτικές ανάγκες περίπου δεκαοκτώ χιλιάδων ατόμων και υδρεύονται από 12.364 υδρόμετρα. Η ιδιαιτερότητα της Κω είναι ότι για μία μεγάλη περίοδο του έτους ο πληθυσμός της πόλης πολλαπλασιάζεται εξαιτίας της προσέλευσης τουριστών. Εξυπηρετεί πέρα από τους μόνιμους και περισσότερους από 50.000 πρόσθετους εποχικούς καταναλωτές. Επίσης, είναι συνδεδεμένα περισσότερα από 100 σημαντικά τουριστικά συγκροτήματα με σημειακές ζητήσεις που φθάνουν τα $1.000 \text{ m}^3/24 \text{ h}$. Η συνολική ζήτηση τους θερινούς μήνες αιχμής φθάνει τα $7.270 \text{ m}^3/24 \text{ h}$ και τους χειμερινούς μήνες περιορίζεται σε $3.646 \text{ m}^3/24 \text{ h}$.

2.2 Εκμετάλλευση Υδατικών Πόρων

Το δίκτυο ύδρευσης της πόλης τροφοδοτείται από 22 γεωτρήσεις και από την πηγή Βορίνας. Οκτώ γεωτρήσεις τροφοδοτούν τη δεξαμενή Σφαγείων, πέντε την Υπερκείμενη και οι υπόλοιπες την Ιταλική. Η δεξαμενή Σφαγείων είναι χωρητικότητας 2.550 m^3 με υψόμετρο πυθμένα +52. Η Υπερκείμενη έχει χωρητικότητα 500 m^3 και υψόμετρο πυθμένα +72. Η Ιταλική μαζί με τις μεταγενέστερες επεκτάσεις της (Ελληνικές δεξαμενές), συνολικής χωρητικότητας 1.800 m^3 έχει υψόμετρο πυθμένα +51,70. Τα νερά της πηγής Βορίνας οδηγούνται σε φρεάτιο φόρτισης και από εκεί υπό πίεση καταλήγουν στην Υπερκείμενη δεξαμενή. Η υπερχειλίση της τροφοδοτεί την Ιταλική. Στον πίνακα 2.1 παρατίθενται ονομαστικά οι γεωτρήσεις και αναλυτικά οι όγκοι νερού που αντλούνται από κάθε μία, καθώς και σε ποια δεξαμενή καταλήγουν.

Πίνακας 2.1: Αναφορά των γεωτρήσεων, του ετήσιου όγκου άντλησης και της δεξαμενής που αντιστοιχεί η κάθε γεώτρηση

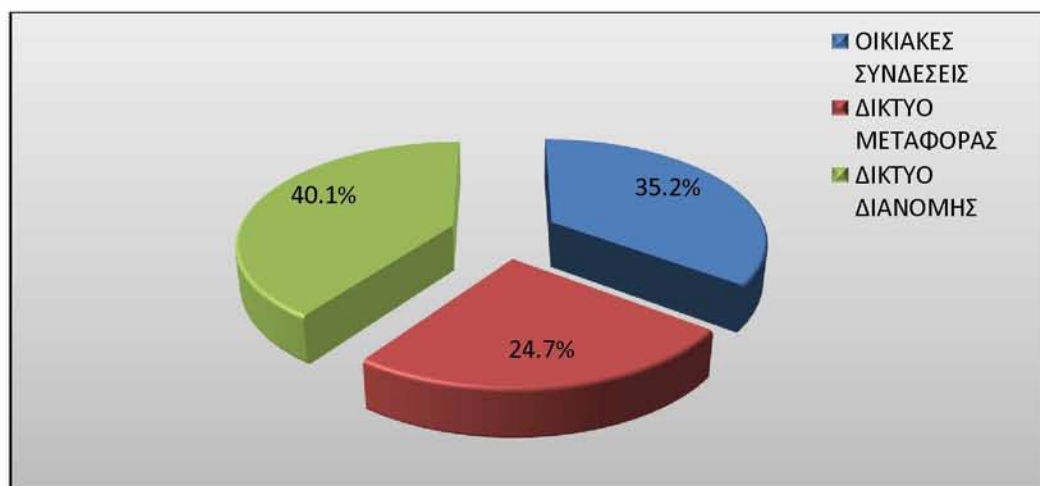
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ	ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (m^3)	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ
Μύλοι 1	146790	ΕΛΛΗΝΙΚΗ
Μύλοι 2	188155	
Μύλοι 3	41250	
Μύλοι 4	364200	
Πλατύ Κυπαρίσσι Νο1	246525	
Πλατύ Κυπαρίσσι Νο2	166940	
Πλατύ Κυπαρίσσι Νο3	174425	
Λαγκάδα	152140	ΙΤΑΛΙΚΗ
Μυλωνάς	114277.5	
Αμυγδαλώνας	51765	ΝΕΚΡΟΤΑΦΕΙΟ
Παναγίτσα	153555	
Πεταλά	38205	

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ	ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟ ΝΕΡΟ (m ³)	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ
Αμπάβρης Νο1	92150	ΣΦΑΓΕΙΑ
Αμπάβρης Νο2	201740	
Φωκάλια Νο1	153855	
Φωκάλια Νο2	31920	
Φωκάλια Νο3-(Τσαμπουλούκογιου)	262935	
Φωκάλια Νο4-(Ιντερμπετόν)	216780	
Πελαργός Νο1-(Ελαιοτριβείο)	2047.5	
Πελαργός Νο2-(Καπρινιώτη)	131462.5	
Πελαργός Νο3-(Μητσάτσου)	83237.5	
Σφαγεία	119562.5	

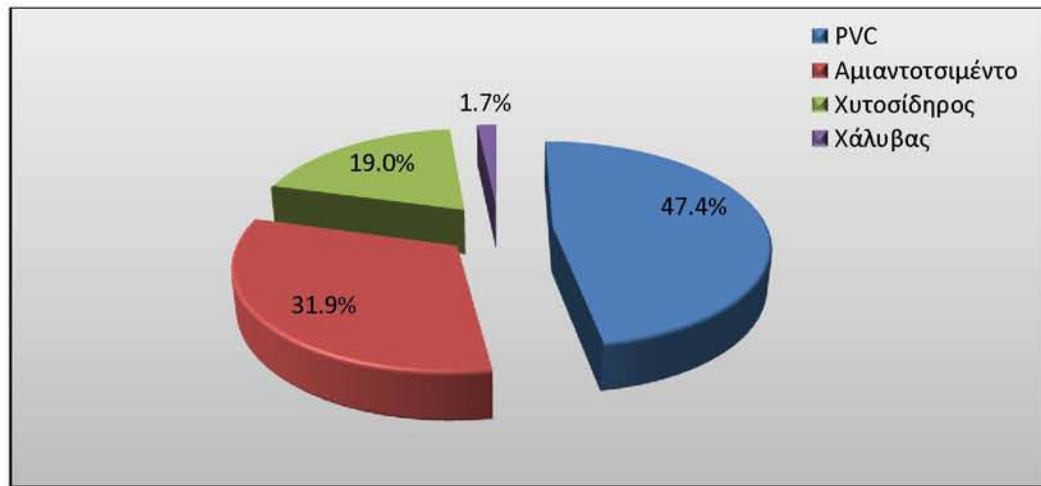
2.3 Δίκτυο Μεταφοράς και Διανομής

Το δίκτυο της Δ.Ε.Υ.Α. Κω έχει συνολικό μήκος 64.117 μέτρων και διαχωρίζεται σε δίκτυο μεταφοράς (15.836,9m), δίκτυο διανομής (25.710,9m) και σε οικιακές συνδέσεις (22.569,2m). Ο καταμερισμός εκφρασμένος σε ποσοστά φαίνεται και στο γράφημα 2.1.



Γράφημα 2.1: Κατανομή του δικτύου ανάλογα με τις χρήσεις

Τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί για το σύνολο του δικτύου είναι κυρίως PVC και αμιαντοτσιμέντο, ενώ σε μικρότερο ποσοστό χυτοσίδηρος και χάλυβας. Πιο συγκεκριμένα οι αγωγοί PVC καταλαμβάνουν 30.412m του δικτύου, οι αγωγοί αμιαντοτσιμέντου 20.452m, οι αγωγοί χυτοσίδηρου 12.178m και οι αγωγοί χάλυβα 1075m. Τα ποσοστά χρήσης του κάθε υλικού φαίνονται αναλυτικά στο γράφημα 2.2.



Γράφημα 2.2: Κατανομή του δικτύου ανάλογα με τα υλικά των αγωγών

2.4 Προβλήματα του υπάρχοντος δικτύου

Τα κύρια προβλήματα του δικτύου που εντοπίζονται και καταγράφονται είναι τα εξής:

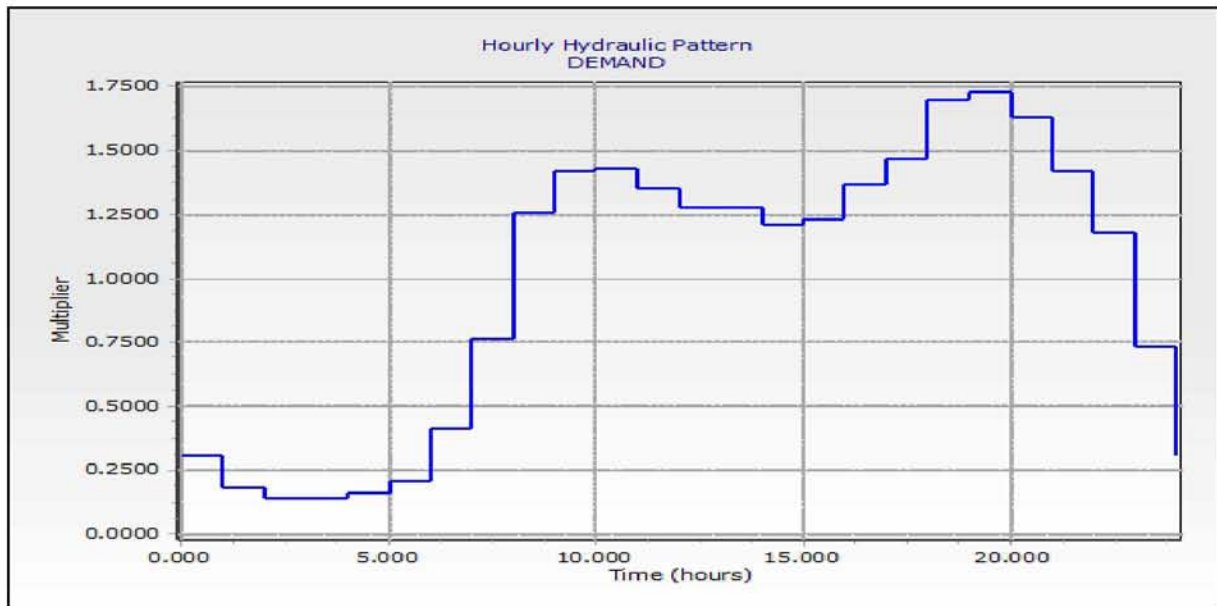
- Έντονες βυθίσεις της πιεζομετρικής επιφάνειας κατά τις ώρες μέγιστης ζήτησης.
- Ανεπάρκεια έως διακοπή παροχής σε ορισμένους καταναλωτές σε υψηλές και απομακρυσμένες περιοχές.
- Τοπικά προβλήματα ανεπάρκειας του παλιού δικτύου ακόμα και στο κέντρο της πόλης.
- Συχνές βλάβες και εκτιμώμενο υψηλό ποσοστό διαρροών. Η διαφορά τιμολογούμενης και συνολικά διατιθέμενης ποσότητας νερού είναι μεγαλύτερη του 35%.

2.5 Σύνδεση με άλλες έρευνες στην περιοχή

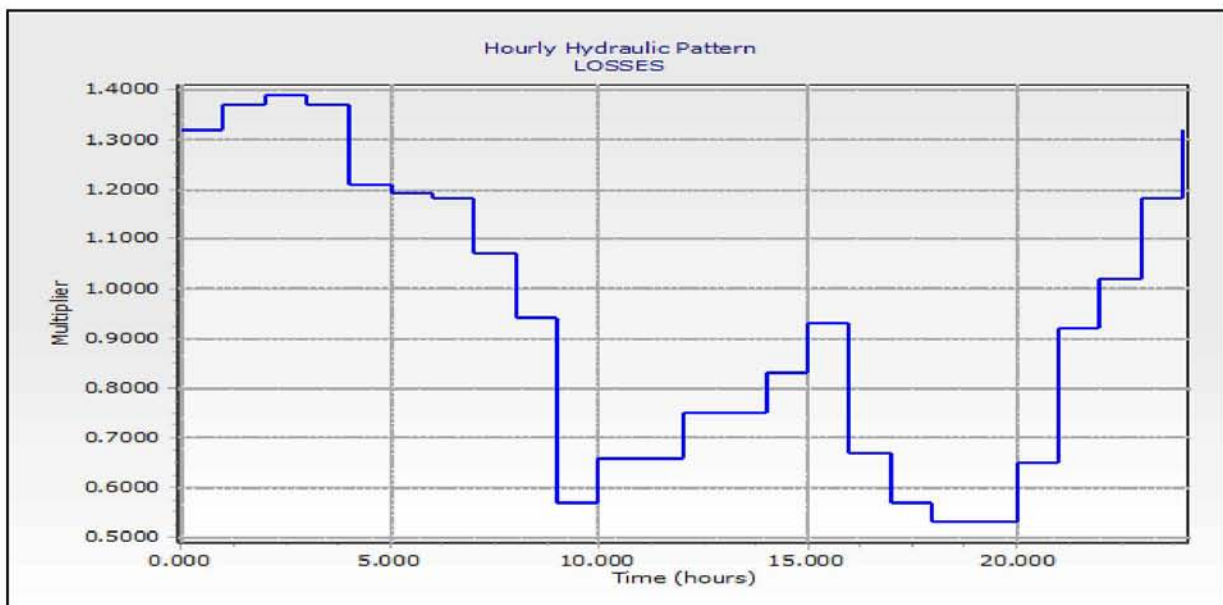
Η παρούσα εργασία αποτελεί μία περαιτέρω επεξεργασία δεδομένων, σε επίπεδο έρευνας και προσομοίωσης, που προέκυψαν από τη μελέτη του δικτύου στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος που εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Υδρομηχανικής & Περιβαλλοντικής Τεχνικής του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Αντικείμενα της υπάρχουσας μελέτης αποτελούν η χαρτογράφηση, η ανάλυση κόμβων και η αποτύπωση του δικτύου σε μορφή CAD, επάνω σε ψηφιοποιημένο υπόβαθρο, καθώς και η υδραυλική επίλυση του δικτύου της ΔΕΥΑ ΚΩ με τη βοήθεια του προγράμματος WaterCad 6.5.

Πιο συγκεκριμένα, ως δεδομένα λήφθηκαν στοιχεία που αφορούν την κατανάλωση των χρηστών, οικιακών και μεγάλων καταναλωτών, με έτος βάσης το 2008, καθώς και ο όγκος του νερού που αντλείται από τις τοπικές γεωτρήσεις του νησιού και ικανοποιούν το σύνολο του δικτύου με πληροφορίες για τις ώρες που βρίσκονται σε λειτουργία. Επιπλέον, λήφθηκε η αποτύπωση του δικτύου στο πρόγραμμα Watercad που συμπεριλάμβανε στοιχεία για την διάμετρο και το υλικό των αγωγών. Κατά την προσομοίωση είχαν ληφθεί υπόψη υδραυλικά πρότυπα (*patterns*) που εκφράζουν τη ζήτηση (Γράφημα 2.3) και τις απώλειες (Γράφημα 2.4) με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, ενώ είχε εισαχθεί και η αντίστοιχη κατανάλωση σε κάθε κόμβο.

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



Γράφημα 2.3: Χρονική κατανομή της κατανάλωσης των οικιακών χρηστών στη διάρκεια του 24ωρου (Από Watercad V8i)



Γράφημα 2.4: Χρονική κατανομή των απωλειών ως ανοιγμένη κατανάλωση στη διάρκεια του 24ωρου (Από Watercad V8i)

Επιπρόσθετα, έγινε χρήση στοιχείων που δόθηκαν από την Δ.Ε.Υ.Α. Κω και αφορούν νέα έργα πάνω στο ήδη υπάρχον δίκτυο, καθώς και τις θέσεις εγκατάστασης των βαλβίδων μείωσης της πίεσης (PRVs), γεγονότα που επηρεάζουν άμεσα την εξέλιξη της παρούσας ανάλυσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΕ DMAs

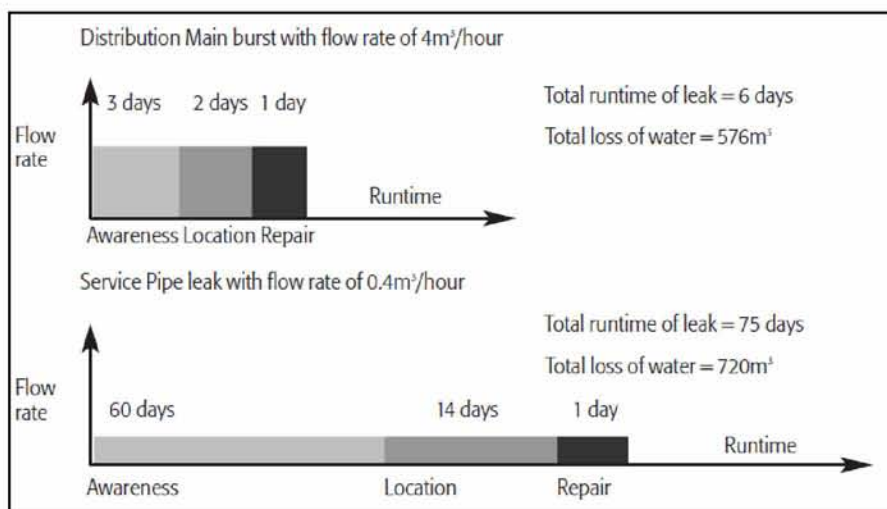
3.1 Ορισμός DMA

Η ιδέα και η εφαρμογή των District Metered Areas (DMAs) έχουν εισαχθεί από τις αρχές της δεκαετίας του '80 από τις βρετανικές εταιρίες ύδρευσης και σαν τεχνική έχει αναπτυχθεί κυρίως σε χώρες της Ευρώπης και μεταγενέστερα σε χώρες της Λατινικής Αμερικής. Ως DMA ορίζεται μία πλήρως καθορισμένη και υδραυλικά απομονωμένη περιοχή ενός συστήματος διανομής νερού στην οποία οι ποσότητες που εισέρχονται και εξέρχονται από αυτή μετρώνται. Ο διαχωρισμός αυτών των περιοχών συνήθως γίνεται με βάνες αποκλεισμού. Ιδανικά, κάθε DMA έχει μόνο έναν κόμβο εισαγωγής με το απαραίτητο παροχόμετρο και περιλαμβάνει πεντακόσια με τρεις χιλιάδες υδρόμετρα.

Η ανάλυση των παροχών, έπειτα από την καταγραφή τους στις DMA, οδηγεί σε συμπεράσματα για το επίπεδο των διαρροών κάθε DMA και ακολούθως για την ανάγκη ή μη λήψης μέτρων για την μείωσή τους. Επιπλέον, με αυτή τη μέθοδο επιτρέπεται η σύγκριση των επιπέδων διαρροής μεταξύ των περιοχών αυτών σε ένα δίκτυο και η εκτίμηση κατά πόσο και που είναι πιο αποδοτική η ανάληψη δραστηριοτήτων διαχείρισης των απωλειών.

3.2 Ο ρόλος των DMAs στη διαχείριση των απωλειών

Σκοπός της ύπαρξης των DMAs είναι ο διαχωρισμός του δικτύου σε μικρότερες και διαχειρίσιμες περιοχές στις οποίες οι παροχές μπορούν να μετρηθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια έτσι ώστε να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν διαρροές στο σύστημα. Επιπλέον, καταγράφοντας και αναλύοντας τα δεδομένα των παροχών σε κάθε περιοχή μειώνεται ο χρόνος εντοπισμού οδηγώντας σε ελάττωση των απωλειών ύδατος. Αυτό απορρέει από το γεγονός ότι ο συνολικός όγκος απωλειών ύδατος που οφείλεται από διαρροές ή θραύσεις προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό του ρυθμού της διαρροής επί το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη δημιουργία μέχρι τον εντοπισμό της διαρροής. Οπότε, όσο πιο μεγάλη είναι η συχνότητα ανάλυσης των δεδομένων τόσο πιο μικρός θα είναι ο όγκος του νερού που χάνεται.



Γράφημα 3.1: Επίδραση της χρονικής διάρκειας της διαρροής στον συνολικό όγκο απωλειών

(Πηγή: IWA Task Force-Water 21)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της Κω»

Πολλές εταιρίες ύδρευσης επαφίουν την στρατηγική μείωσης απωλειών στην επιδιόρθωση των διαρροών που γίνονται αντιληπτές και αναφέρονται από το κοινό, θεωρώντας ότι οι μικρές μη ανιχνεύσιμες διαρροές αποτελούν ένα μικρό ποσοστό του προβλήματος. Ωστόσο, έχει πλέον αποδειχθεί ότι αυτή η θεώρηση είναι λανθασμένη. Στο Γράφημα 3.1, που αποτελεί προϊόν εργασίας του IWA Task Force, καταδεικνύεται ότι μία μικρή αλλά μεγάλης διάρκειας διαρροή οδηγεί σε μεγαλύτερες απώλειες στο σύστημα.

3.3 Προβλήματα-Περιορισμοί από την εφαρμογή των DMA και αντιμετώπιση

Ο διαχωρισμός ενός δικτύου σε DMAs σε συνδυασμό με την εφαρμογή μίας τεχνικής διαχείρισης των απωλειών φέρει μία πληθώρα οφελών και οδηγεί σε σημαντικά αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, υπάρχει ένας αντισταθμιστικός παράγοντας η σημασία του οποίου δεν επιτρέπει την μερική ή ολική υποτίμησή του. Ο παράγοντας αυτός αφορά την ποιότητα του διοχετευόμενου νερού στους πελάτες. Η υλοποίηση των district metered areas προϋποθέτουν την ύπαρξη ενεργών βαλβίδων αποκλεισμού στα όρια μεταξύ τους και ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αδιεξόδων στο δίκτυο. Το γεγονός αυτό αυξάνει την ενδεχόμενη πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων γεύσεως ή οσμής του νερού καθώς και την ύπαρξη χαμηλών υπολειμμάτων χλωρίου. Τέτοια προβλήματα ποιότητας του νερού υποβαθμίζουν την αξιοπιστία της υπεύθυνης εταιρίας ύδρευσης κυρίως στην κοινή γνώμη του καταναλωτικού κοινού.

Για την μείωση του ενδεχομένου εμφάνισης θεμάτων ποιότητας απαιτείται η εφαρμογή μιας σειράς μέτρων:

- Κατά τον σχεδιασμό των DMAs οι μεγάλοι καταναλωτές, όπως ξενοδοχειακές μονάδες, να τοποθετούνται στα άκρα διατηρώντας φρέσκο το νερό στο εσωτερικό των DMAs.
- Στην περίπτωση όπου αναφερθούν τέτοιου τύπου θέματα, το άνοιγμα των συνοριακών βαλβίδων αποκλεισμού ανά τακτά χρονικά διαστήματα με ταυτόχρονη αύξηση της πίεσης (flushing programme).

Επιπρόσθετα, κατά τον σχεδιασμό των DMAs λαμβάνονται υπόψη οι εξής περιορισμοί:

- Αποφυγή πολλών κλειστών βανών αποκλεισμού
- Απαραίτητος έλεγχος για διακοπτόμενη παροχή
- Έλεγχος τήρησης κριτηρίων που προέρχονται από τον αρχικό σχεδιασμό του δικτύου
- Έλεγχος χαμηλής πίεσης του δικτύου
- Σε πρακτικό επίπεδο, η τακτική συντήρηση και εξασφάλιση της ακεραιότητας των ορίων των DMAs

3.4 Υλοποίηση των District Metered Areas στο δίκτυο της Κω

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η τεχνική που ακολουθήθηκε για τη διαχείριση των απωλειών συνδέεται με τη διαχείριση της πίεσης μέσω της χρήσης βαλβίδων μείωσης της πίεσης (Pressure Reducing Valves-PRVs). Τα σημεία εγκατάστασης των PRVs πάνω στο δίκτυο είναι δεδομένα από την Δ.Ε.Υ.Α. Κω και αποτυπώνονται στην εικόνα 2 του παραρτήματος. Συνεπώς, ο σχεδιασμός των DMAs βασίστηκε σε αυτό το γεγονός καθώς κάθε PRV αποτελούσε υποψήφια είσοδο DMA.

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

Έχοντας αυτό ως προτεραιότητα, αρχικά σχεδιάστηκαν έντεκα DMA, δηλαδή όσες και οι PRVs που αναφέρονται στο κέντρο της Κω. Ωστόσο, απορρίφθηκε ως ενδεχόμενο διότι δεν πληρούνταν ορισμένες βασικές αρχές στη διαμόρφωση DMA, όπως η αναλογία του πλήθους των υδρομέτρων ανά DMA. Επιπλέον, σίγουρα δεν αποτελούσε σαν λύση την πιο οικονομική καθώς απαιτούνταν η τοποθέτηση ενός μεγάλου αριθμού επιπρόσθετων βανών αποκλεισμού.

Τελικά, έπειτα από μία σειρά δοκιμών σχεδιάστηκαν πέντε DMA (Εικόνα 2-Παράρτημα), μία λύση που θεωρείται άκρως ικανοποιητική αφού δεν εμφανίζει προβλήματα ικανοποίησης της ζήτησης κατά την προσομοίωση στο Watercad, ενώ παράλληλα διαχωρίζει το δίκτυο σε εύκολα διαχειρίσιμες περιοχές. Όπως είναι εμφανές και στην εικόνα 2 η DMA 1 χωρίζεται σε δύο υποπεριοχές 1a και 1b, κάτι το οποίο συμβαίνει διότι μία PRV αναφέρεται αποκλειστικά στην 1a και μία και στις δύο υποπεριοχές. Στους υπολογισμούς, παρόλα αυτά, λαμβάνεται ως ενιαία. Τα κύρια στοιχεία που λήφθηκαν υπόψη για τον σχεδιασμό είναι:

- κατανομή των πιέσεων - κάθε DMA αποτελείται από κόμβους οι οποίοι αρχικά είχαν μία παρόμοια διακύμανση της πίεσης στο εικοσιτετράωρο τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά.
- κατανομή του πληθυσμού μέσω των υδρομέτρων - από τις βασικές παραμέτρους ήταν να υπάρχει μία ισοκατανομή του πληθυσμού εξυπηρέτησης από το δίκτυο εκφρασμένο σε υδρόμετρα και για τη δυναμική του συγκεκριμένου δικτύου θεωρήθηκε ότι κάθε DMA πρέπει να περιλαμβάνει περίπου 1000 με 1500 υδρόμετρα.
- τυχών ιδιομορφίες του δικτύου - σε πολλές περιπτώσεις δεν ακολουθούνταν μία φυσική και λογική συνέχεια των αγωγών δυσχεραίνοντας ή καθιστώντας ανέφικτες πολλές προσεγγίσεις κατά τον σχεδιασμό.
- χρήση όσων των δυνατών λιγότερων επιπρόσθετων δικλείδων(βάνες αποκλεισμού) - ενώ στην αρχική προσέγγιση με έντεκα DMAs απαιτούνταν περισσότερες από 20 επιπρόσθετες βάνες αποκλεισμού, πλέον απαιτούνται μόλις πέντε.
- κατανομή των PRVs ανά DMA - σε κάθε περιοχή να αντιστοιχούν δύο PRVs αν και στη συνέχεια υπήρχαν κάποιες τροποποιήσεις ώστε να διαχειρίζεται η πίεση κάθε περιοχής πιο αποτελεσματικά.

Τα βασικά στοιχεία για κάθε DMA παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Βασικά στοιχεία των DMAs

DMA	ΥΔΡΟΜΕΤΡΑ	ΚΟΜΒΟΙ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΓΩΓΩΝ	ΜΗΚΟΣ ΑΓΩΓΩΝ(m)	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ(m)	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ(m)	ΜΕΓΙΣΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ(m)
DMA1a	1.087	45	51	4.609	3.0	7.3	17.0
DMA1b	816	34	31	2.151	2.0	3.0	5.0
DMA2	1.264	53	60	5.914	2.0	4.1	11.0
DMA3	1.467	52	58	4.052	2.0	4.4	8.0
DMA4	1.474	48	57	4.518	2.0	5.4	10.5
DMA5	1.486	59	50	5.581	1.5	2.3	4.0

Επιπλέον, έχει γίνει καταγραφή των καταναλώσεων και των πιέσεων κάθε κόμβου του δικτύου σε επίπεδο DMA πλέον, τόσο σε ότι αφορά την αρχική κατάσταση όσο και έπειτα από τον διαχωρισμό των περιοχών. Η παρουσίαση των στοιχείων γίνεται στις ενότητες που αφορούν τα αποτελέσματα ώστε να γίνουν και οι απαραίτητες συγκρίσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΑΝΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΕ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΣΕ ΕΞΑΡΤΩΜΕΝΗ ΑΠΟ ΤΟΝ ΟΓΚΟ ΝΕΡΟΥ

4.1 Διαχωρισμός σε *Pressure Dependent Demand* και *Volume Dependent Demand*

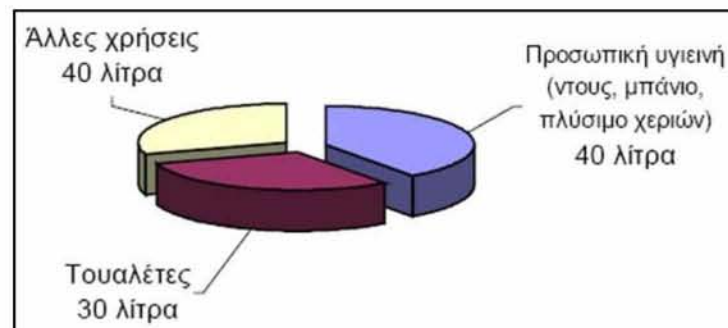
Η βασική παραδοχή που γίνεται στην ανάλυση μοντέλων μεταφοράς και διανομής νερού είναι η αρχή διατήρησης της μάζας στους κόμβους του συστήματος, όπου ως κόμβος ορίζεται μία θέση του δικτύου όπου απαιτείται παροχή με τη μορφή της ζήτησης. Η παροχή αυτή συνήθως θεωρείται γνωστή και σταθερή ανεξαρτήτως των διαφορών στην πίεση, κάτι που ισχύει μόνο στην περίπτωση κατά την οποία οι πιέσεις σε όλους τους κόμβους είναι αρκετά υψηλές ώστε η ζήτηση να είναι ανεξάρτητη της πίεσης. Για την πλειοψηφία, όμως, των δικτύων είναι ρεαλιστικό να γίνεται διαχωρισμός της κατανάλωσης σε *Pressure Dependent Demand* και *Volume Dependent Demand*.

Όπως αναφέρθηκε, ο διαχωρισμός της ζήτησης είναι χρήσιμος για την πιο ακριβή προσομοίωση και την εξαγωγή αποτελεσμάτων που συνάδουν πιο πολύ με την πραγματικότητα. Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση των δύο κατηγοριών που μπορεί να διαχωριστεί η ζήτηση και η μέθοδος εύρεσης των ποσοστών που αντιστοιχούν για την κάθε μία. Πιο συγκεκριμένα:

Ως *Volume Dependent Demand (VDD)* θεωρούνται οι καταναλώσεις οι οποίες εξαρτώνται από τον απαιτούμενο όγκο νερού και είναι ανεξάρτητες της πίεσης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα καταναλώσεων εξαρτώμενων από τον όγκο είναι τα πλυντήρια πιάτων και ρούχων και οι τουαλέτες.

Ως *Pressure Dependent Demand (PDD)* θεωρούνται οι καταναλώσεις οι οποίες εξαρτώνται από την πίεση, δηλαδή σε μία ενδεχόμενη μείωση της πίεσης θα επέλθει και μείωση της κατανάλωσης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων καταναλώσεων είναι η χρήση ντουζιέρας και οι διαρροές που οφείλονται σε θραύσεις.

Η εύρεση του ποσοστού που αντιστοιχεί σε κάθε κατηγορία από τις αναφερόμενες σε ότι αφορά την εξουσιοδοτημένη κατανάλωση προήλθε έπειτα από μελέτη υπάρχουσών ερευνών για την κατανομή της ημερήσιας κατανάλωσης νερού.

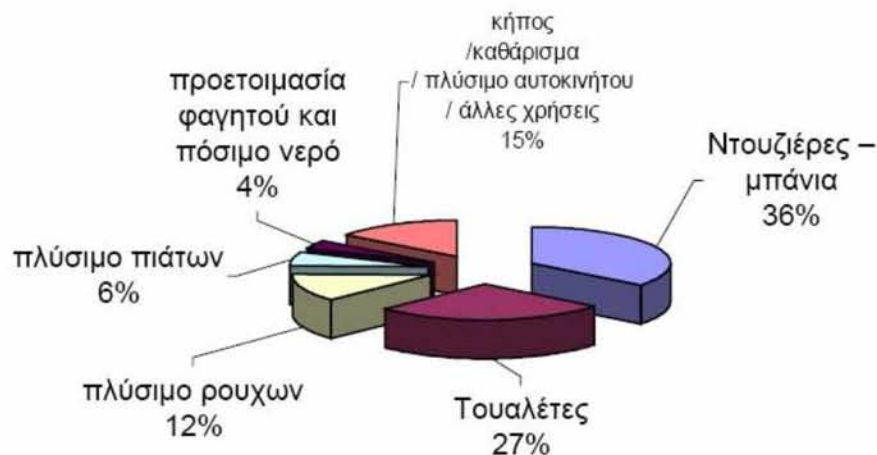


Γράφημα 4. 1: Η κατανομή της χρήσης νερού στην Ελλάδα. (Πηγή: www.buildnet.gr - Γαϊόραμα-Experiment Νερό: Πηγή ζωής, 1998)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

Στο Γράφημα 4.1 γίνεται μία πρώτη προσέγγιση της κατανομής, όπου διακρίνονται οι βασικές χρήσεις του νερού, ενώ, επιπλέον, προέρχεται από έρευνα που αφορά αποκλειστικά την Ελλάδα και την καθιστά πιο αξιόπιστη σε πρακτικό επίπεδο. Όπως παρατηρείται στο Γράφημα 4.1., η ημερήσια κατανάλωση έχει χωριστεί σε τριών ειδών χρήσεις: προσωπική υγιεινή (ντους, μπάνιο, πλύσιμο χεριών), τουαλέτες και άλλες χρήσεις με ποσοστά επί της συνολικής κατανάλωσης 36, 27 και 37% αντίστοιχα.

Στη συνέχεια, στο Γράφημα 4.2., παρατίθενται τα αποτελέσματα παρόμοιας έρευνας με σκοπό την πλήρη διευκρίνηση των χρήσεων



Γράφημα 4.2: Η κατανομή της χρήσης του νερού (Πηγή: www.buildnet.gr - German National Association of the Gas and Water Industry,2000)

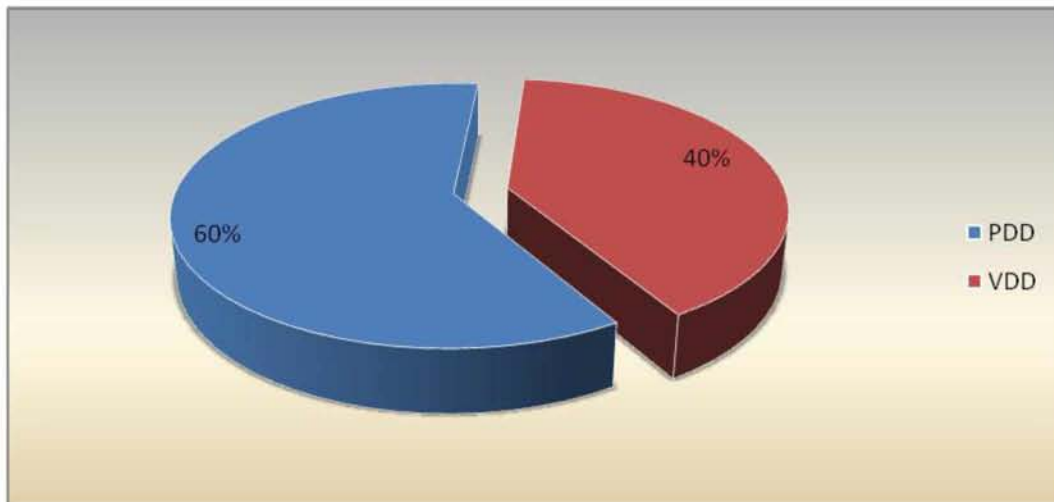
Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο παραπάνω διάγραμμα (Γράφημα 4.2) έδωσαν την τελική μορφή στα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν όπως φαίνονται στον πίνακα 4.1:

Πίνακας 4.1: Κατηγοριοποίηση της χρήσης νερού σε PDD και VDD

ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ	ΠΟΣΟΣΤΟ (%)	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ
Προσωπική υγιεινή (ντουζιέρες-μπάνιο)	36	PDD
Τουαλέτες	27	VDD
Πλύσιμο ρούχων/πιάτων	18	PDD-VDD
Πόσιμο νερό	4	VDD
Καθάρισμα/πλύσιμο αυτοκινήτου/κήπος /άλλες χρήσεις	15	PDD

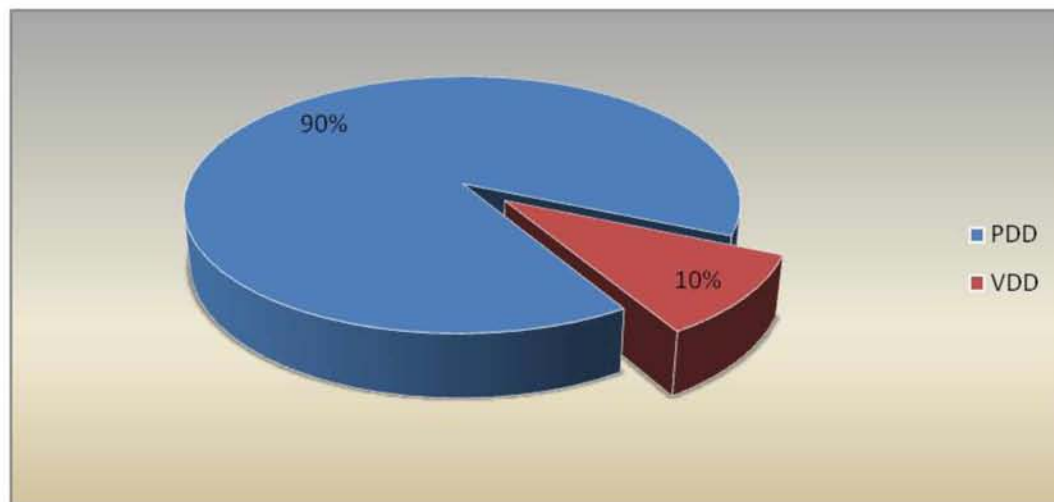
Κατά συνέπεια, προέκυψαν τα ποσοστά της εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης που είναι Pressure Dependent Demand και Volume Dependent Demand όπως αποτυπώνονται στο Γράφημα 4.3:

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



Γράφημα 4.3: Διαχωρισμός εξουσιοδοτημένης κατανάλωσης σε PDD και VDD

Σε ότι αφορά τη διερεύνηση του ποσοστού των απωλειών νερού, μελετώντας τα συστατικά που τις αποτελούν (Πίνακας 1.1), έγινε η παραδοχή ότι το μεγαλύτερο ποσοστό κατατάσσεται στην κατηγορία των καταναλώσεων που εξαρτώνται πλήρως από την πίεση (PDD). Έτσι προκύπτει το γράφημα 4.4:



Γράφημα 4.4: Διαχωρισμός των απωλειών νερού σε PDD και VDD

Τελικά, το ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης που εξαρτάται από την πίεση επιλέχθηκε προσεγγιστικά ως 70% και προέκυψε λαμβάνοντας υπόψη ότι το 30% του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο αποτελεί τις απώλειες ($0.7 \times 60\% + 0.3 \times 90\% \approx 70\%$).

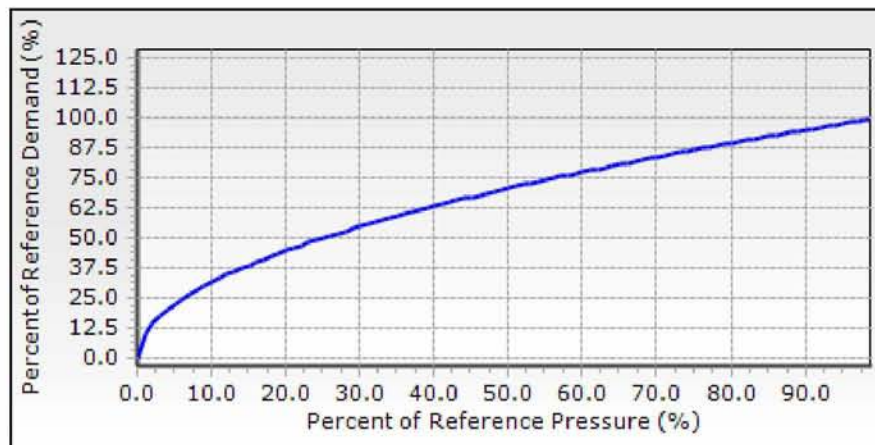
4.2 Προσομοίωση των Pressure Dependent Demand

Για την προσομοίωση των PDD στο *Watercad V8i* ήταν αναγκαίος ο προσδιορισμός της συνάρτησης που εκφράζει την σχέση μεταξύ της πίεσης στον κόμβο και της ζήτησης. Ο λόγος της πραγματικής παρεχόμενης ζήτησης προς τη ζήτηση αναφοράς (reference demand), δηλαδή το ποσοστό της καθορισμένης ζήτησης στους κόμβους που έχει θεωρηθεί εξαρτώμενη από την

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

πίεση, ορίζεται ως μια εκθετική συνάρτηση του λόγου της πραγματικής πίεσης με την πίεση αναφοράς (reference pressure).

Σαν εκθέτης της συνάρτησης λήφθηκε ο προτεινόμενος από το πρόγραμμα, 0.5, καθώς θεωρείται ως μία τιμή που αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό των περιπτώσεων. Γενικά, χρησιμοποιώντας στο Watercad μία εκθετική συνάρτηση για να περιγράψει τη σχέση ζήτησης-πίεσης ισοδυναμεί με την υπόθεση ύπαρξης ενός ανοίγματος ή στομίου σε κάθε κόμβο. Έτσι προκύπτει και η τιμή του εκθέτη, καθώς η συνάρτηση του στομίου (*orifice equation*) ορίζεται ως $Q=K \cdot P^{0.5}$, όπου Q είναι η παροχή στο άνοιγμα, P η πίεση ανάντη του ανοίγματος και K ένας συντελεστής που εκφράζει κάποιο μέγεθος της εξίσωσης. Τελικά, η μορφή της συνάρτησης αποτυπώνεται στο γράφημα 4.5.



Γράφημα 4.5: Εκθετική συνάρτηση ζήτησης - πίεσης (από *Watercad V8i*)

Επιπρόσθετα, είναι απαραίτητο να τονιστεί ότι στο Watercad δεν είναι εφικτή η χρήση δύο PDD συναρτήσεων με ξεχωριστά ποσοστά καταναλώσεων για ταυτόχρονη εφαρμογή στο ίδιο δίκτυο. Έτσι, προέκυψε η ανάγκη για την εξαγωγή ενός συνολικού ποσοστού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

5.1 Η χρήση των βαλβίδων μείωσης της πίεσης στη διαχείριση της πίεσης

Οι βαλβίδες μείωσης της πίεσης (PRVs) είναι συσκευές που δίνουν τη δυνατότητα μείωσης της κατάντη σε σύγκριση με την ανάντη πίεση. Στην αγορά πλέον υπάρχουν σε μία ευρεία ποικιλία από συσκευές απλού χειρισμού μέχρι μηχανισμούς σύνθετων ηλεκτρονικών μορφών ελέγχου. Υπάρχουν τρεις τύποι PRVs που επιλέγονται κυρίως με βάση το κόστος της επένδυσης και την υδραυλική συμπεριφορά του δικτύου. Οι τύποι των PRVs είναι οι ακόλουθοι:

- **Βαλβίδα μείωσης της πίεσης σταθερού ανοίγματος (Fixed Outlet PRV)**

Αποτελεί την πιο απλής λειτουργίας PRV ελεγχόμενη με μία υδραυλική βαλβίδα. Ανεξαρτήτως της πίεσης του εισερχόμενου νερού, ρυθμίζει την κατάντη πίεση σε μία προκαθορισμένη, σταθερή τιμή. Είναι ιδανική για συστήματα στα οποία δεν υπάρχει σημαντική εποχιακή διακύμανση της ζήτησης και για ομοιόμορφες περιοχές σε ότι αφορά την παροχή. Στο εξής θα αναφέρεται εν συντομία ως PRV fixed.

- **Βαλβίδα μείωσης της πίεσης χρονικά μεταβαλλόμενου ανοίγματος στο 24ωρο (Modulated PRV- multi point control)**

Αποτελεί μία πιο εξελιγμένη μορφή της fixed PRV, καθώς περιλαμβάνει εσωτερικό χρονόμετρο. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να ρυθμίσει τη χρονική μεταβολή του ανοίγματος της βαλβίδας με βάση δεδομένα προφίλ της ζήτησης. Τέτοιες PRVs είναι κατάλληλες για δίκτυα με σταθερά χρονικά προφίλ της ζήτησης και των απωλειών, ενώ χρησιμοποιούνται ευρέως σε περιπτώσεις όπου απαιτείται προηγμένη διαχείριση της πίεσης με περιορισμούς σε ότι αφορά το κόστος. Στο εξής θα αναφέρεται εν συντομία ως PRV 24h.

- **Βαλβίδα μείωσης της πίεσης μεταβαλλόμενου ανοίγματος με βάση την παροχή (Flow Modulating PRV - flow based dynamic modulation)**

Αποτελεί την πιο σύνθετης μορφής PRV που υπάρχει στην αγορά, καθώς το άνοιγμα της βαλβίδας υπόκειται σε δυναμική διαμόρφωση στο χρόνο με βάση την παροχή του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχει ένα παροχόμετρο το οποίο στέλνει αυτόματα δεδομένα στον έλεγχο της βαλβίδας, ρυθμίζοντας έτσι τη θέση της και κατά συνέπεια την πίεση. Ο έλεγχος της βαλβίδας συνήθως παρέχεται με τοπικό καταγραφέα δεδομένων και με δυνατότητα τηλεπικοινωνίας. Η χρήση μίας τέτοιας μορφής PRV είναι ιδανική για τη διαχείριση της πίεσης σε δίκτυα με εναλλασσόμενες συνθήκες ζήτησης και απωλειών καθώς και περιοχές με υψηλές απαιτήσεις στον τομέα της πυρόσβεσης, ενώ θεωρείται δυσανάλογα αντιοικονομική για τοποθέτηση σε αγωγούς διαμέτρου άνω των 200mm.

Στην παρούσα εργασία έγινε χρήση μόνο των δύο πρώτων τύπων PRVs, δηλαδή fixed και 24h. Ο τρίτος τύπος, flow modulating PRV, δεν χρησιμοποιήθηκε εξαιτίας της αδυναμίας του προγράμματος Watercad να το προσομοιώσει ευθέως. Η προσομοίωση ήταν δυνατή έπειτα από μία σειρά εντολών που οδηγούσαν ωστόσο σε αμφίβολα αποτελέσματα για την πιστότητα σε πραγματικές συνθήκες. Παράλληλα, δεν μπορούσε να παραβλεφθεί το γεγονός ότι αποτελεί την πιο δαπανηρή επιλογή για την Δ.Ε.Υ.Α. Κω. Εκτενής αναφορά για τον τρόπο που χρησιμοποιήθηκαν οι PRVs στο δίκτυο της Κω γίνεται παρακάτω στην ανάλυση των σεναρίων.

5.2 1^η Ομάδα Σεναρίων

5.2.1 Στόχος

Η πρώτη ομάδα σεναρίων με βάση τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό αφορά την αποκλειστική χρήση βαλβίδων μείωσης της πίεσης τύπου *PRV Fixed*. Ο κύριος στόχος κάθε σεναρίου είναι η μείωση της μέσης πίεσης σε κάθε DMA, με τον περιορισμό η πίεση του κρίσιμου σημείου (σημείο με τη χαμηλότερη πίεση) να μην πέφτει σε όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου κάτω από την κατώτατη τιμή όπως έχει επιβληθεί από τον κανονισμό, δηλαδή 2 bar (200kPa) ή περίπου 2 ατμόσφαιρες. Η κατώτατη τιμή των δύο ατμοσφαιρών προτείνεται για κανονικές συνθήκες λειτουργίας στο "*Prowat εγχειρίδιο αντιμετώπισης απωλειών ύδατος*", ενώ αναφέρεται και σαν υποχρέωση των Δ.Ε.Υ.Α. για παροχή νερού με την αναφερόμενη πίεση στη θέση του μετρητή των πελατών.

5.2.2 Σχεδιασμός και Εφαρμογή

Κάνοντας χρήση του μοντέλου του δικτύου στο *watercad* για το κάθε σενάριο, έγιναν δοκιμές μέχρις ότου η πίεση κατάντη της PRV να είναι τέτοια, έτσι ώστε η αντίστοιχη πίεση στο κρίσιμο σημείο σε κάθε DMA να γίνει περίπου ίση με 2 ατμόσφαιρες. Επειδή στις περισσότερες DMAs η εισαγωγή νερού γίνεται μέσω δύο αγωγών, δόθηκε η απαραίτητη προσοχή με σκοπό τον συνδυασμό των κατάντη πιέσεων από τις PRVs ώστε να επιτευχθεί τόσο η οριακή τιμή στο κρίσιμο σημείο όσο και η μέγιστη δυνατή μείωση της μέσης πίεσης σε επίπεδο DMA.

Αρχικά διαπιστώθηκε ότι με την εφαρμογή μίας τέτοιου τύπου PRV δύναται να επιτευχθεί τιμή της πίεσης του κρίσιμου σημείου ίση με 2 ατμόσφαιρες μόνο για ένα μικρό διάστημα, ίσως και μίας ώρας στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου όπου η κατανάλωση έφθανε το μέγιστο επίπεδο. Τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας η πίεση είχε τιμή άνω της οριακής με ελάχιστη ή σημαντική διακύμανση ανάλογα με την DMA. Βαρυσήμαντος παράγοντας για την ύπαρξη ομοιομορφίας των πιέσεων κατά την διάρκεια της ημέρας αποτελεί ο εισερχόμενος όγκος νερού στο δίκτυο, κάτι που εκφράζεται μέσω του διμήνου που μελετάται.

Με βάση τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε, κατά την προσομοίωση προέκυψε ότι προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος, οι κατάντη πιέσεις των PRVs διαμορφώθηκαν για κάθε δίμηνο όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1: Καθορισμός των πιέσεων των PRVs για κάθε Δίμηνο (σε kPa)

DMA	PRV	1 ^ο Δίμηνο	2 ^ο Δίμηνο	3 ^ο Δίμηνο	4 ^ο Δίμηνο	5 ^ο Δίμηνο	6 ^ο Δίμηνο
DMA 1	PRV 1	330	330	330.5	330	331.5	329
	PRV 2	340	339	341	343	341.5	339
DMA 2	PRV 3	243	244	246	247.5	248.5	245.5
DMA 3	PRV 4	232	234	236	240	238.5	234
	PRV 5	230	230	235	250	250	230
DMA 4	PRV 6	239	239	243	243	244	242
	PRV 7	240	249	243	243	244	236
	PRV 8	300	300	300	300	300	300
DMA 5	PRV 9	214	246	276	335	269	227
	PRV 10	223	246	276	335	269	227

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

5.2.3 Αποτελέσματα

Η ενεργοποίηση της διαχείρισης της πίεσης μέσω των PRVs οδήγησε σε σημαντικές διαπιστώσεις και (επιθυμητά) αποτελέσματα. Υπήρξε ένας συνδυασμός μείωσης της πίεσης και της κατανάλωσης εκφρασμένος σε επίπεδο DMA και σε επίπεδο δήμου. Το σύνολο της κατανάλωσης που μειώθηκε αφορά τόσο το ανταποδοτικό όσο και το μη ανταποδοτικό νερό και αποτελεί κυρίως μία ένδειξη της μείωσης του απαιτούμενου εισερχόμενου νερού στο σύστημα. Πιο συγκεκριμένα, η μείωση της πίεσης κυμάνθηκε από 29.18 έως 56.45% και της κατανάλωσης από 12.01 έως 22.85%, ενώ μία αναλυτική αναφορά φαίνεται στους πίνακες 5.2 και 5.3.

Πίνακας 5. 2: Πτώση της πίεσης σε κάθε DMA ανά Δήμο (%) - 1^η Ομάδα Σεναρίων

	1 ^ο Δήμο	2 ^ο Δήμο	3 ^ο Δήμο	4 ^ο Δήμο	5 ^ο Δήμο	6 ^ο Δήμο	M.O.
DMA 1	31.29	31.98	30.42	29.18	31.44	32.27	31.10
DMA 2	41.22	43.45	41.94	40.86	41.86	43.12	42.07
DMA 3	49.68	49.43	48.19	46.85	47.76	49.20	48.52
DMA 4	48.07	48.21	47.70	47.05	46.90	47.70	47.60
DMA 5	56.45	52.83	47.65	38.75	47.70	55.25	49.77

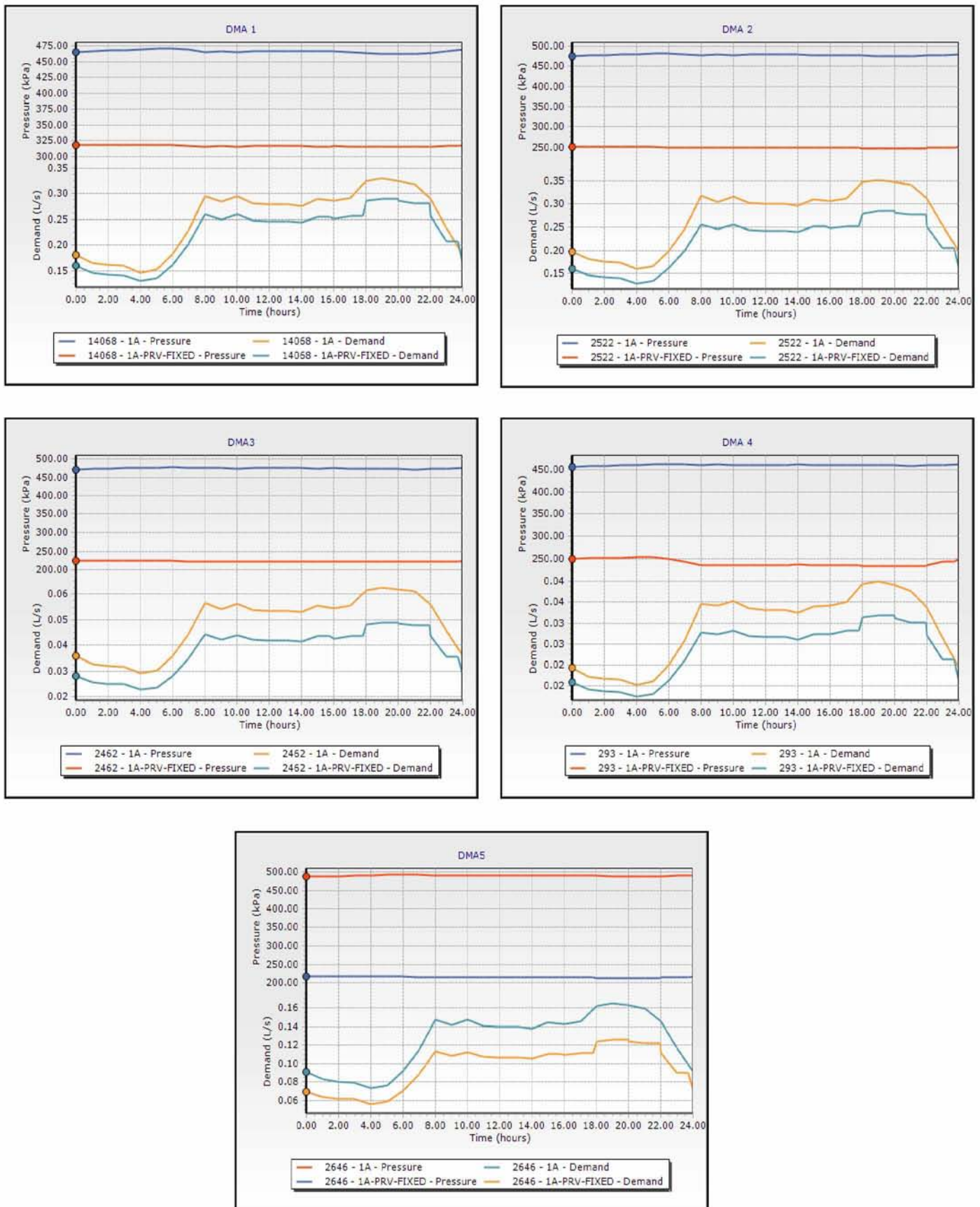
Πίνακας 5. 3: Μείωση της κατανάλωσης σε κάθε DMA ανά Δήμο (%) - 1^η Ομάδα Σεναρίων

	1 ^ο Δήμο	2 ^ο Δήμο	3 ^ο Δήμο	4 ^ο Δήμο	5 ^ο Δήμο	6 ^ο Δήμο	M.O.
DMA 1	12.14	12.01	12.04	12.23	12.70	12.23	12.22
DMA 2	16.06	16.36	16.52	16.39	16.79	16.99	16.52
DMA 3	20.09	19.96	19.73	19.22	19.52	20.21	19.79
DMA 4	18.74	19.37	20.00	20.17	19.29	19.67	19.54
DMA 5	22.75	21.37	19.33	15.57	19.21	22.85	20.18

Γενικά, διαπιστώνεται μία ομοιομορφία στα αποτελέσματα για κάθε DMA σε όλα τα δήμοι. Επιπλέον, υπάρχει και η αναγκαία αναλογία ανάμεσα στην πίεση και την κατανάλωση, η οποία προέρχεται από την εφαρμογή των Pressure Dependent Demand. Πέρα όμως του οφέλους από την μείωση του εισερχόμενου όγκου νερού, με την πτώση της πίεσης επιτυγχάνεται και μία σειρά επιπρόσθετων οφελών όπως αναπτύχθηκαν στην ενότητα 1.3, τα οποία ωστόσο δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθούν.

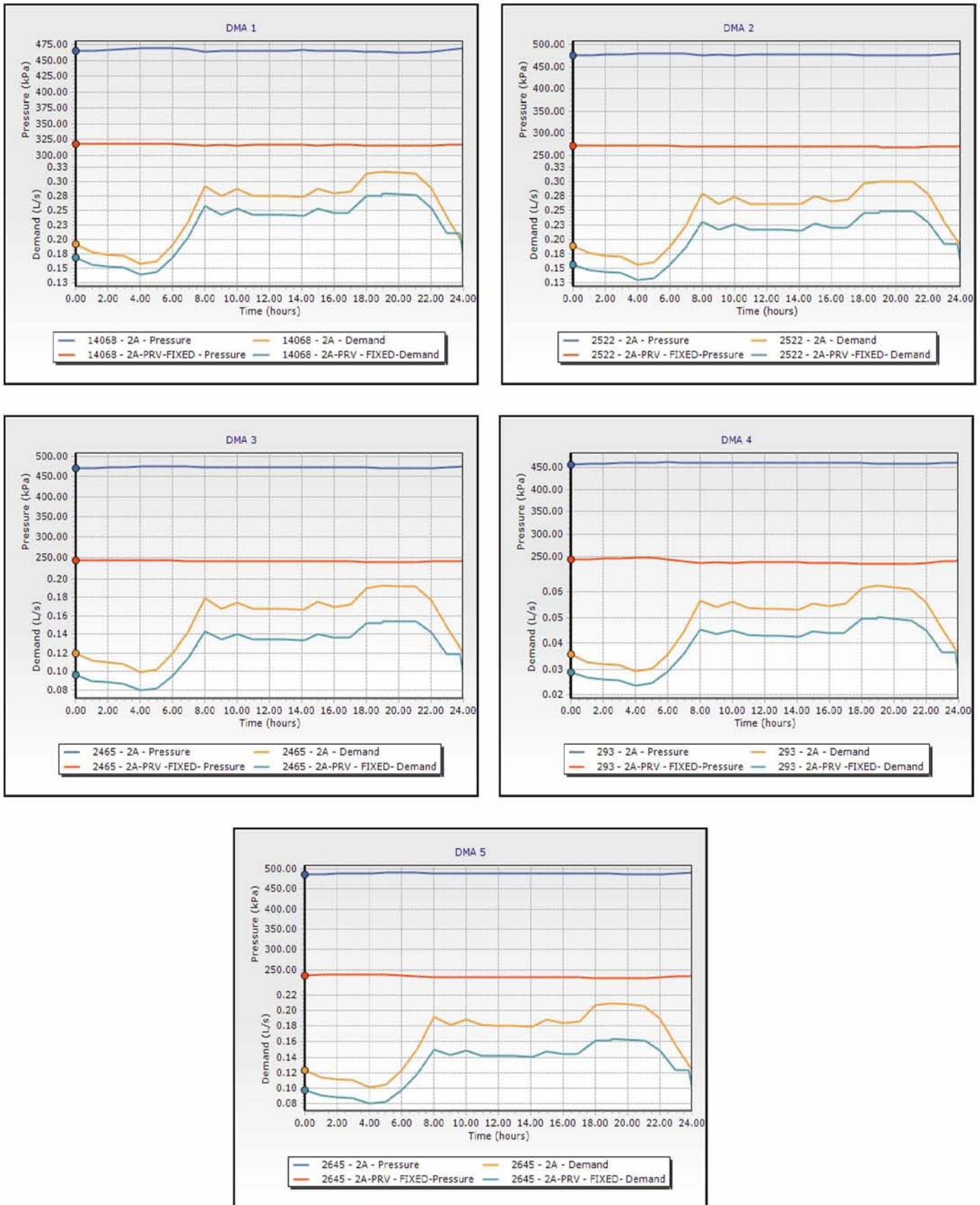
Για την ακριβή αποτύπωση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου χρησιμοποιήθηκε το Σημείο Μέσης Πίεσης (Average Zone Point) κάθε υποπεριοχής. Στα γραφήματα που ακολουθούν αποτυπώνεται αυτή η μεταβολή πριν και μετά την εφαρμογή των PRVs για τα σημεία μέσης πίεσης της κάθε DMA.

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



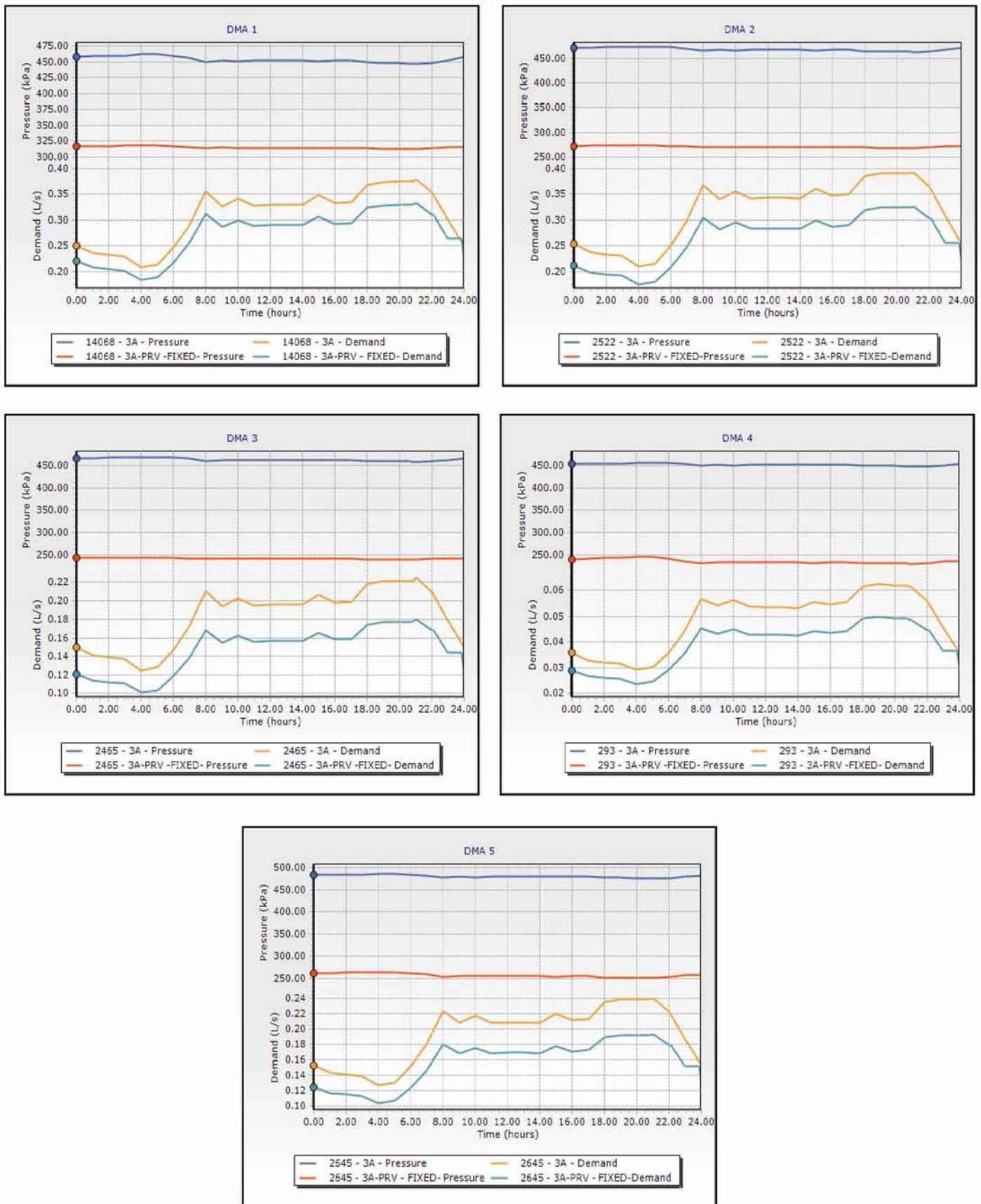
Γράφημα 5.1: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου - 1ο Δήμνο: Ιανουάριος-Φεβρουάριος (Από *Watercad V8i*)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



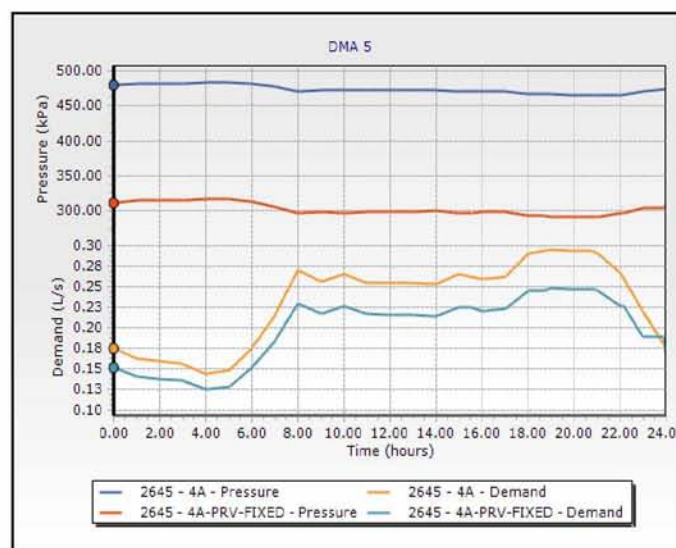
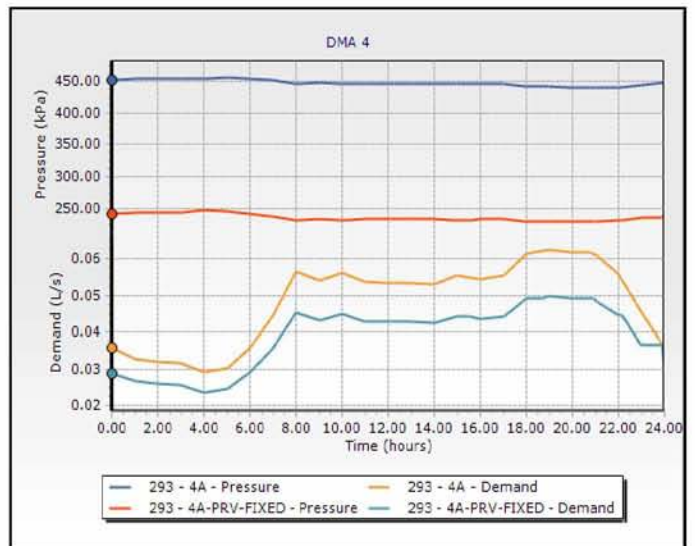
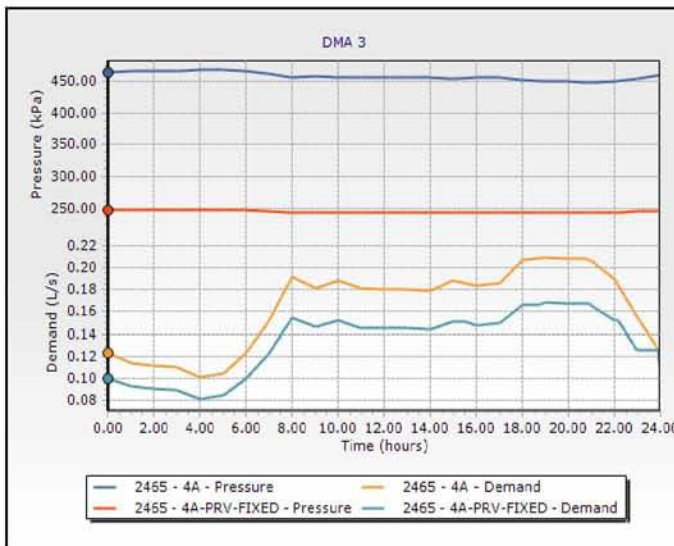
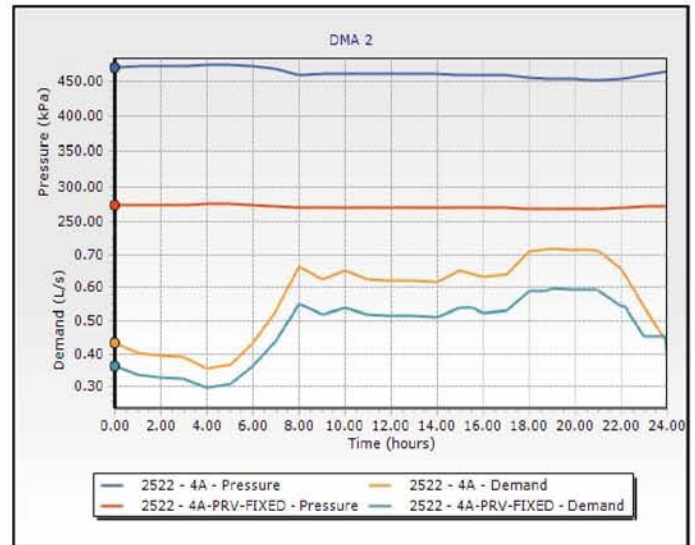
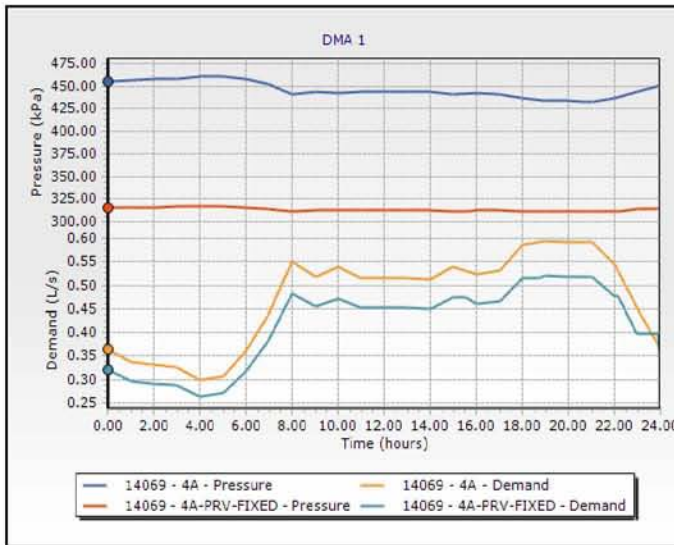
Γράφημα 5.2: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου- 2^ο Δήμηνο: Μάρτιος-Απρίλιος (Από *Watercad V8i*)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



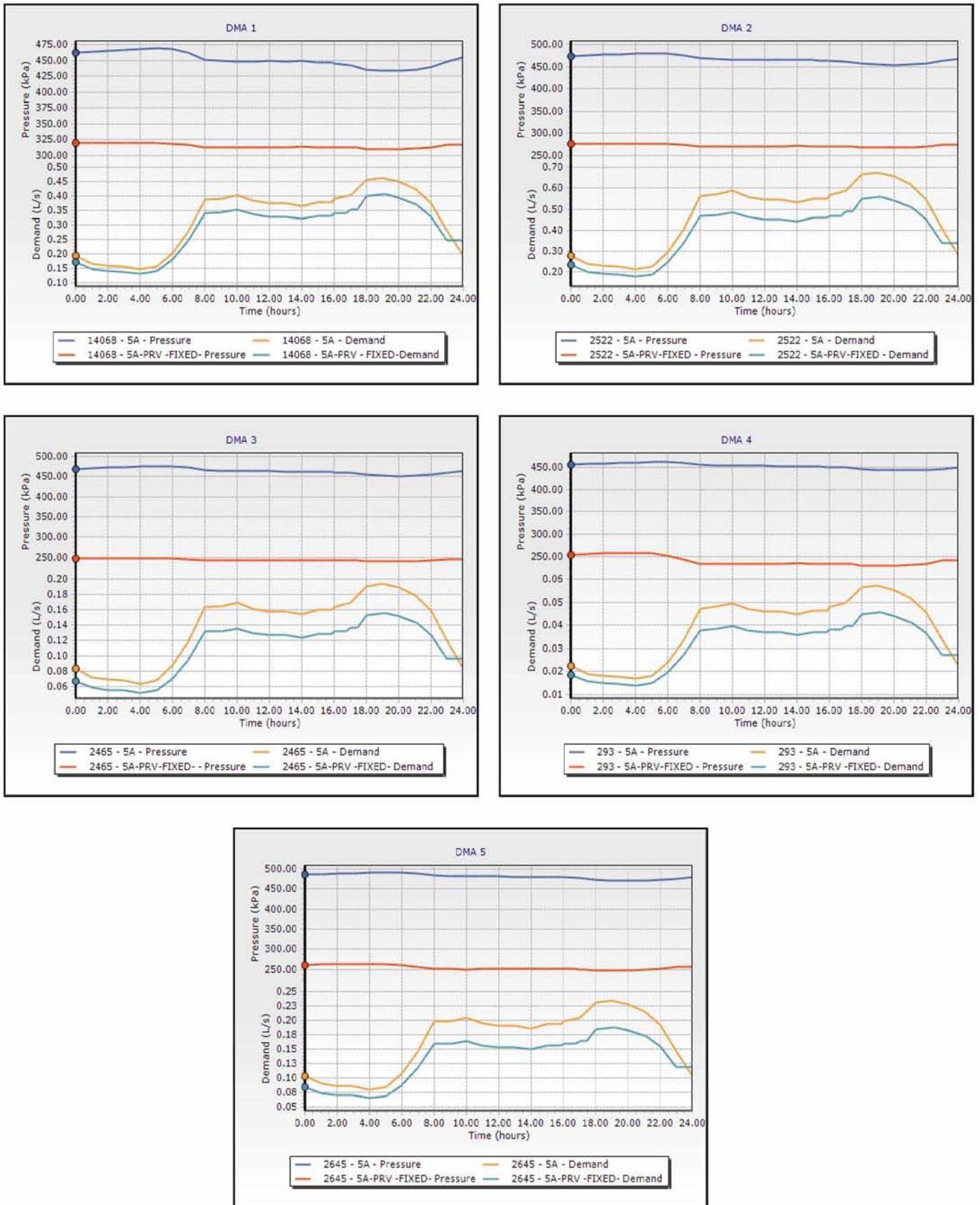
Γράφημα 5.3: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου- 3^ο Δήμο: Μάιος-Ιούνιος (Από *Watercad V8i*)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



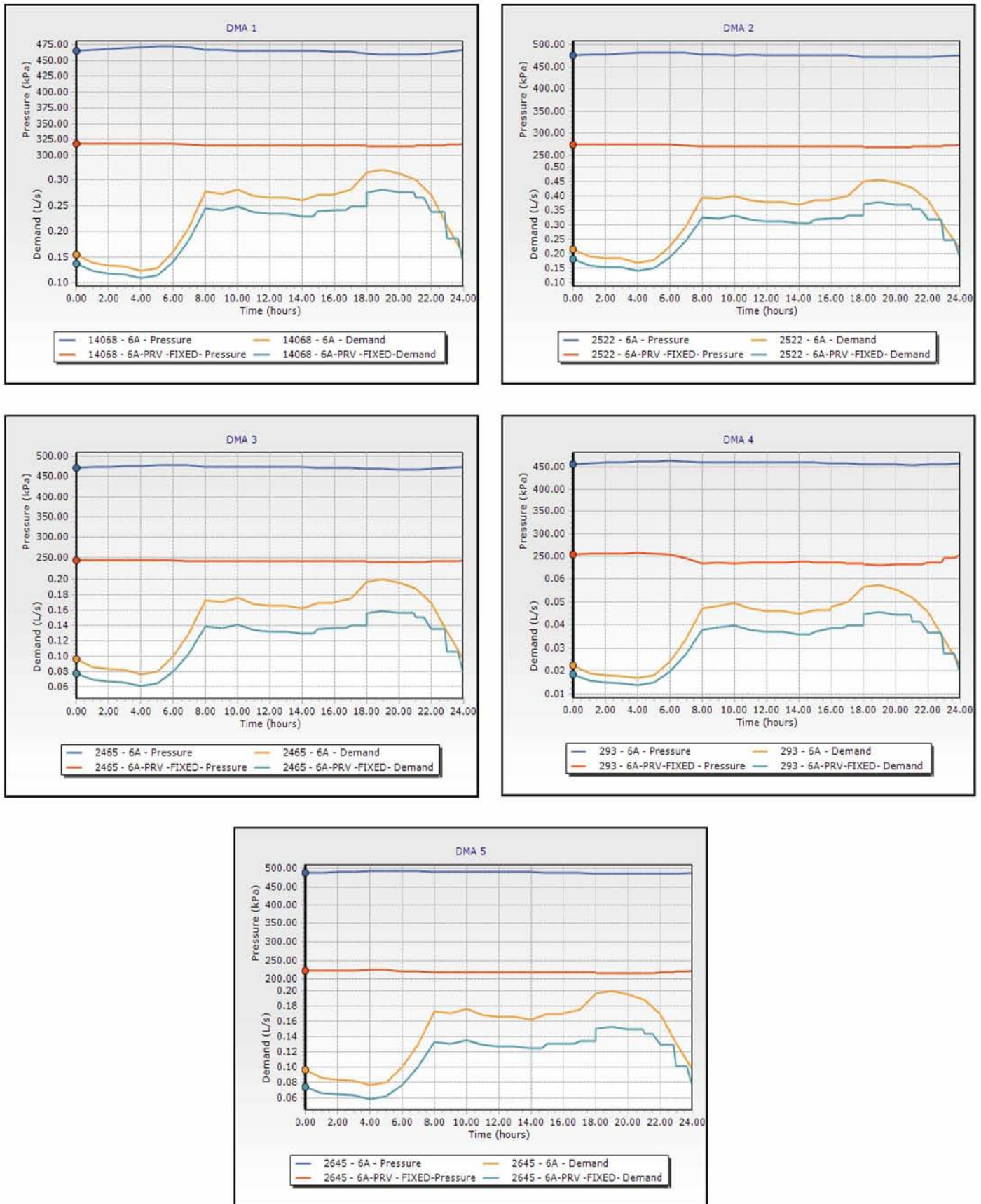
Γράφημα 5.4: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου- 4^ο Δήμηνο: Ιούλιος-Αύγουστος (Από *Watercad V8i*)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



Γράφημα 5.5: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου- 5^ο Δήμηνο: Σεπτέμβριος-Οκτώβριος (Από Watercad V8i)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



Γράφημα 5.6: Απεικόνιση της μεταβολής της πίεσης και της κατανάλωσης του σημείου μέσης πίεσης για κάθε DMA στο 24ωρο πριν και μετά την εφαρμογή της μεθόδου- 6^ο Δίμηνο: Νοέμβριος- Δεκέμβριος (Από *Watercad V8i*)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ

6.1 2^η Ομάδα Σεναρίων

6.1.1 Σχεδιασμός και Εφαρμογή

Η δεύτερη ομάδα σεναρίων αφορά την αποκλειστική χρήση βαλβίδων *PRV 24h*. Με τη χρήση τέτοιου τύπου PRV δόθηκε η δυνατότητα μεταβολής της κατάντη πίεσης κατά τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου μέσω της εφαρμογής δεδομένου για κάθε περίπτωση pattern (πρότυπο). Οι πιέσεις των PRVs παρέμειναν ίδιες με την 1η ομάδα σεναρίων (Πίνακας 5.1) εκτός ελάχιστων εξαιρέσεων, ενώ με την εισαγωγή των patterns επιτεύχθηκε μία σχετική σταθερότητα στις πιέσεις όλων των κόμβων, με το κρίσιμο σημείο να εμφανίζει σταθερή πίεση 2 ατμόσφαιρες ανεξαρτήτως ώρας.

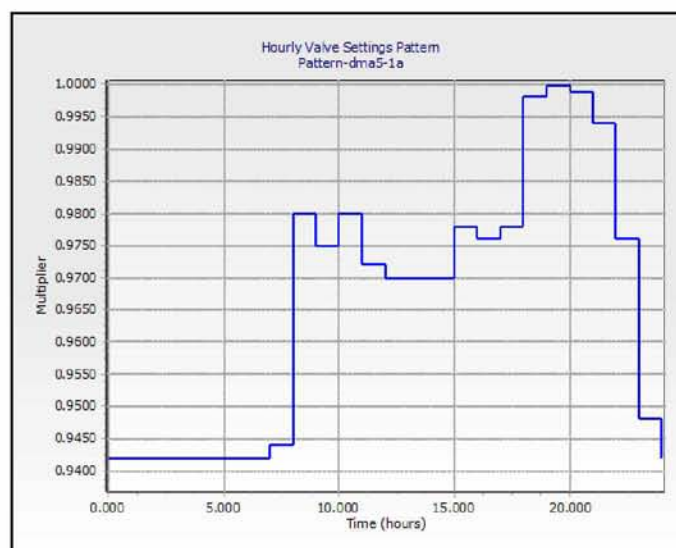
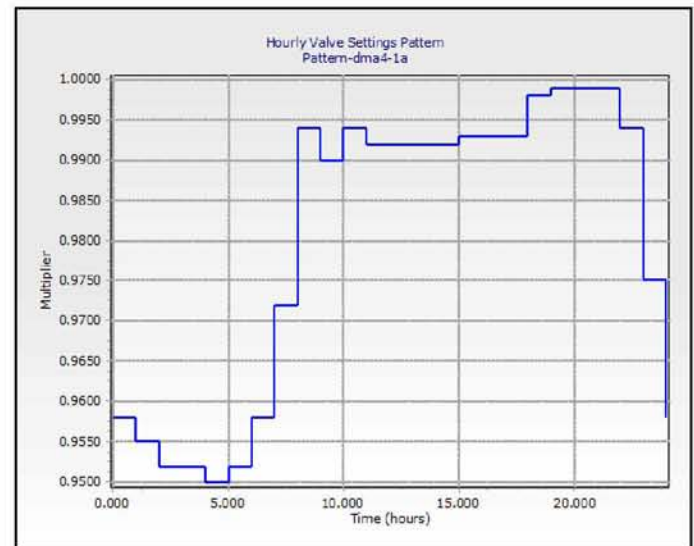
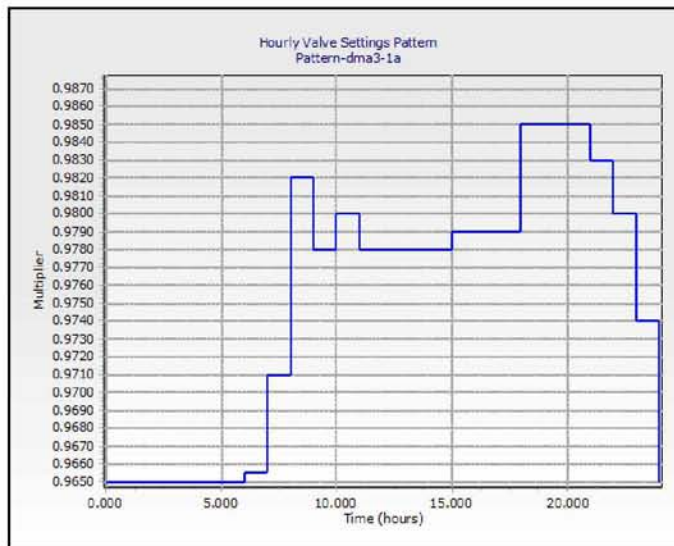
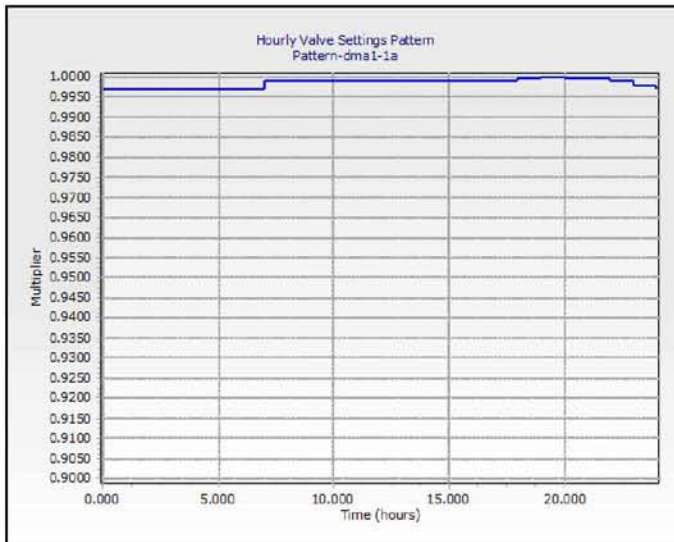
Αξίζει να σημειωθεί ότι έπειτα από τη μελέτη της υδραυλικής συμπεριφοράς του δικτύου υπήρχαν περιπτώσεις όπου κάποιες PRVs παρέμεναν κλειστές σε όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Για την μείωση του συνολικού κόστους εγκατάστασης, τέτοιες PRVs θεωρήθηκαν τύπου *fixed outlet* ανεξαρτήτως του σεναρίου που βρίσκονται.

6.1.2 Διαμόρφωση των Valve Pattern

Η δημιουργία των Valve Pattern έγινε με βάση τη διακύμανση της μέσης πίεσης σε κάθε DMA στη διάρκεια της ημέρας πριν την εφαρμογή των PRVs και η τελική τους μορφή διαμορφώθηκε χειροκίνητα με το κατάλληλο <<καλιμπράρισμα>>. Όπως είναι εμφανές και στα παρακάτω γραφήματα, επειδή τα pattern αποτυπώνουν το άνοιγμα της βαλβίδας των PRVs, είναι ενδεικτικά της μεταβολής της κατανάλωσης στη διάρκεια του εικοσιτετραώρου. Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωσή τους παίζει και η πίεση των PRVs.

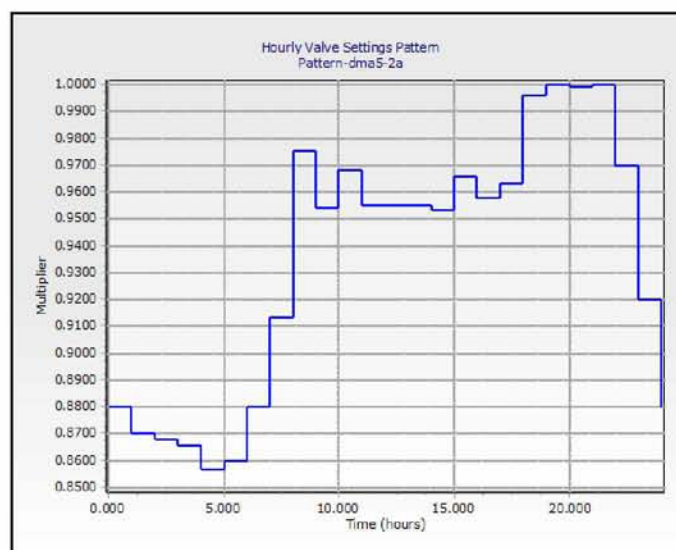
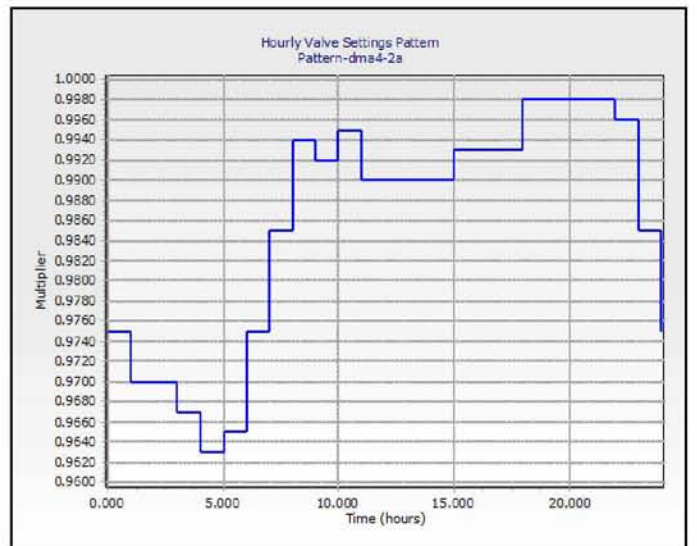
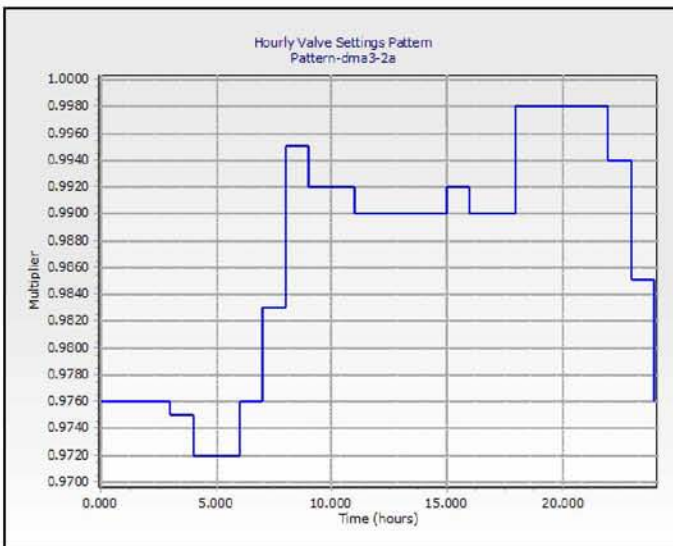
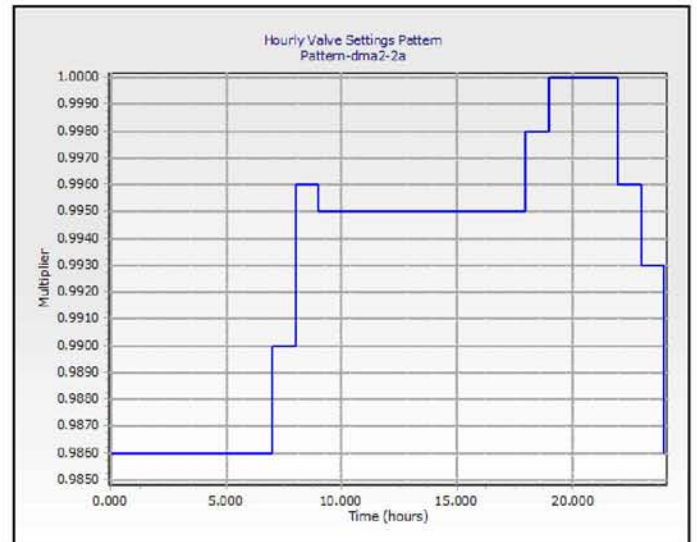
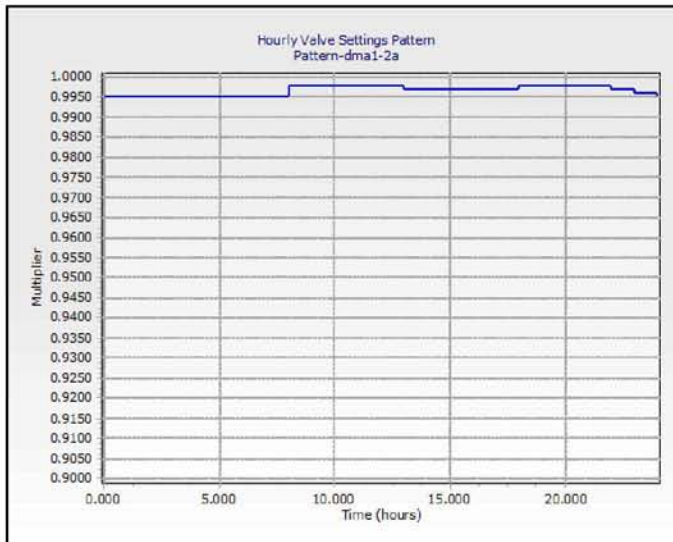
Συνολικά, ήταν αναγκαία η δημιουργία 30 patterns, 5 για κάθε δίμηνο, ενώ χρησιμοποιήθηκαν για λόγους απλούστευσης ίδια pattern για διαφορετικές PRVs που ανήκουν στις ίδιες DMAs. Η τελική τους μορφή παρουσιάζεται στις επόμενες σελίδες στα γραφήματα 6.1 έως 6.6.

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



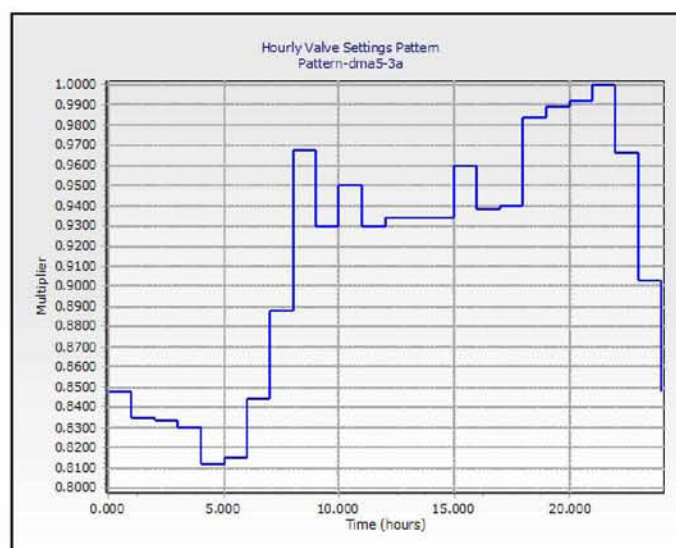
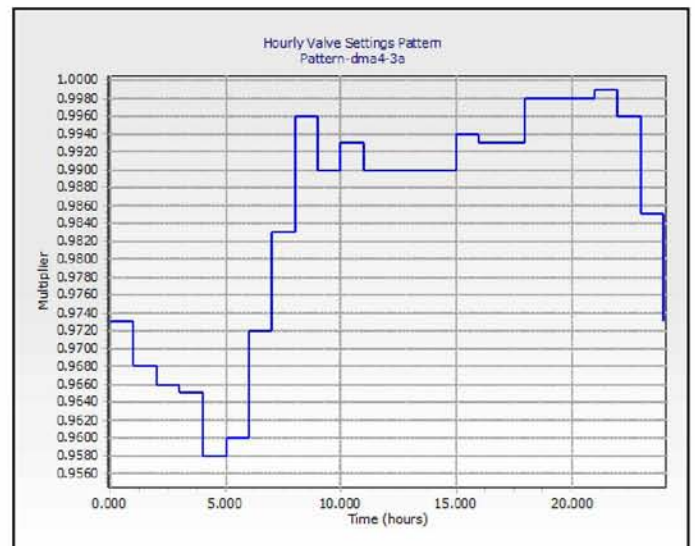
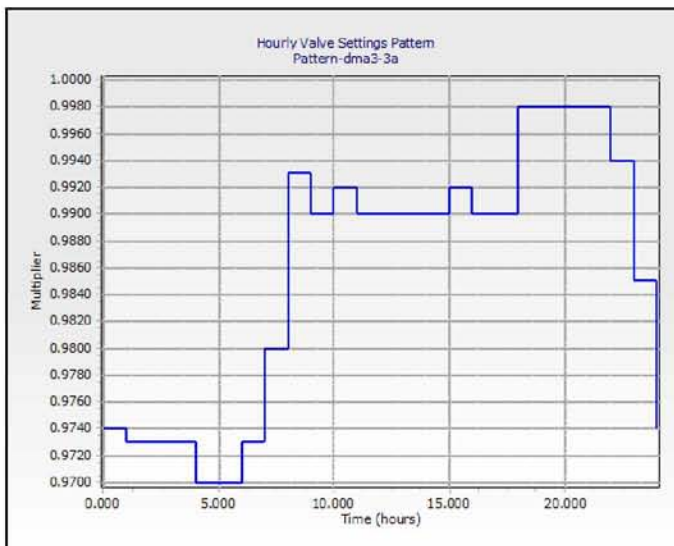
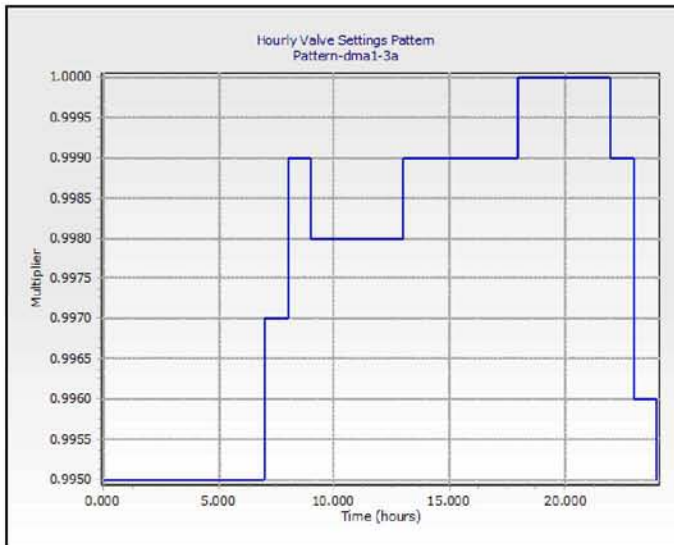
Γράφημα 6.1: Απεικόνιση των Valve Patterns για κάθε DMA το 1^ο Δήμηνο: Ιανουάριος-Φεβρουάριος
(Από *Watercad V8i*)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



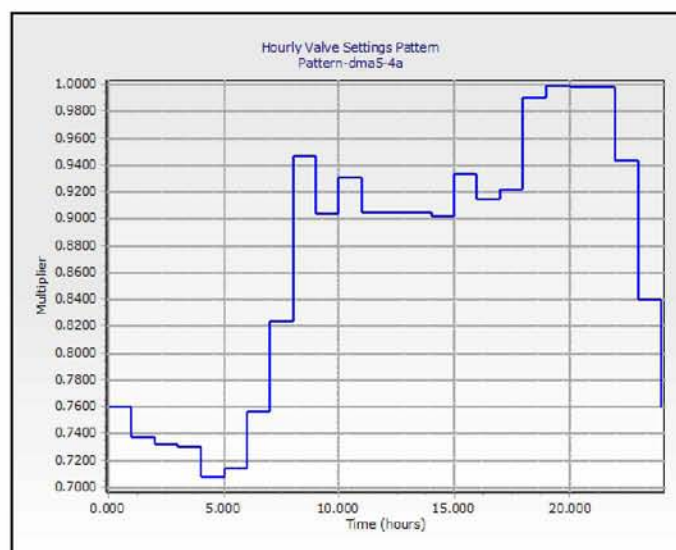
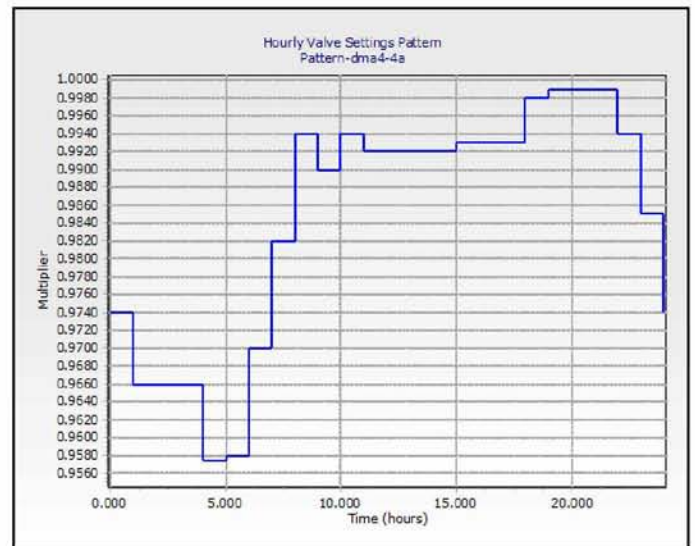
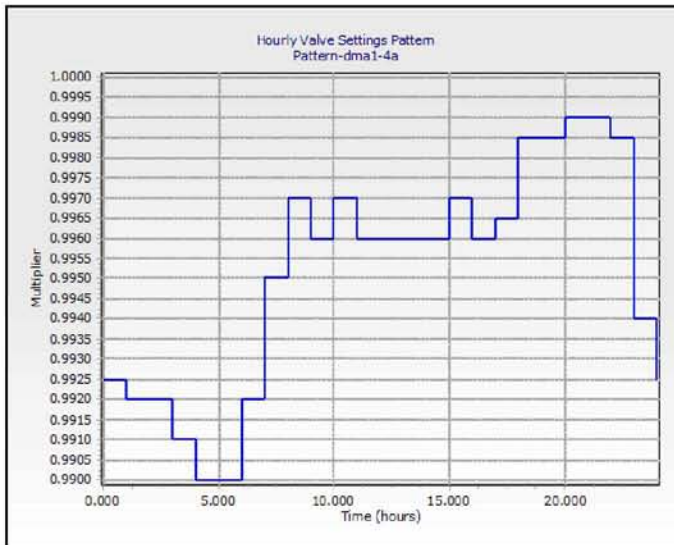
Γράφημα 6.2: Απεικόνιση των Valve Patterns για κάθε DMA το 2^ο Δήμηνο: Μάρτιος-Απρίλιος
(Από *Watercad V8i*)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



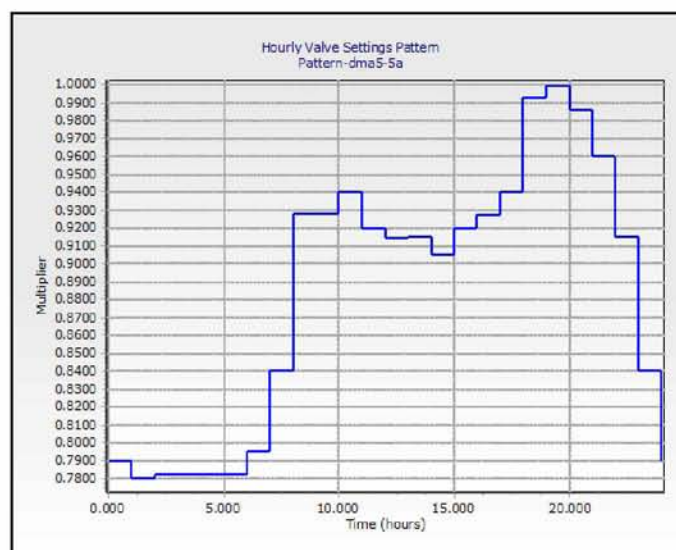
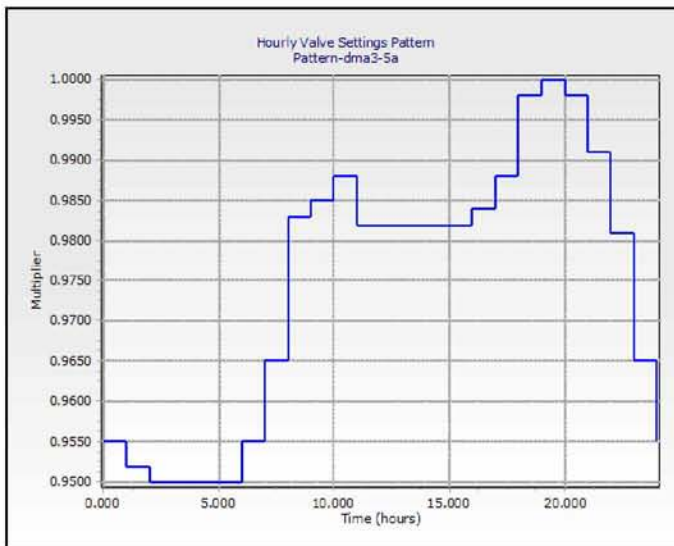
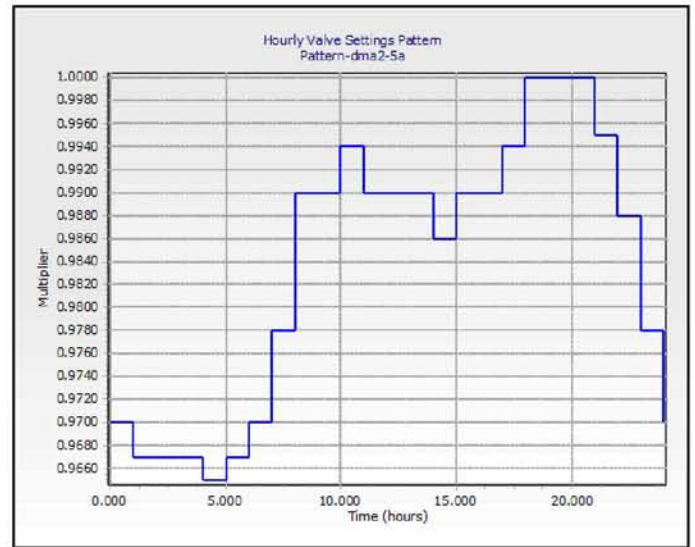
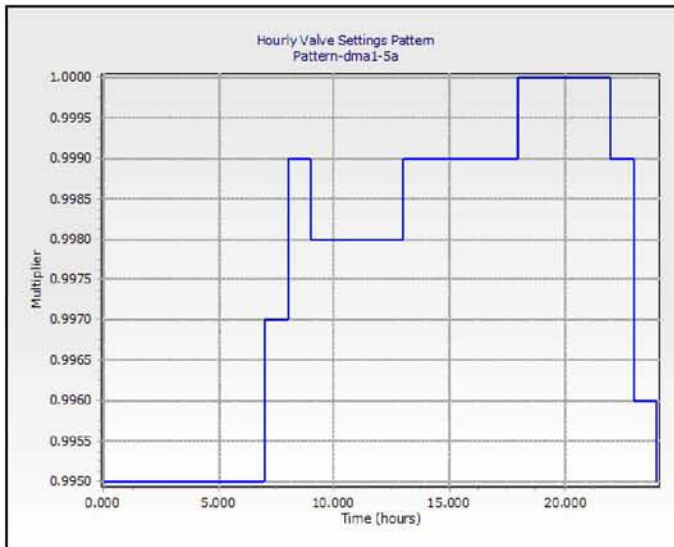
Γράφημα 6.3: Απεικόνιση των Valve Patterns για κάθε DMA το 3^ο Δήμηνο: Μάιος-Ιούνιος
(Από *Watercad V8i*)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



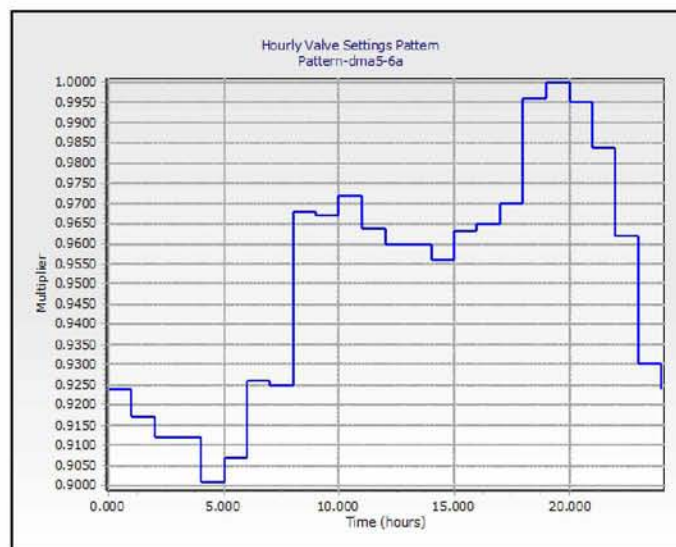
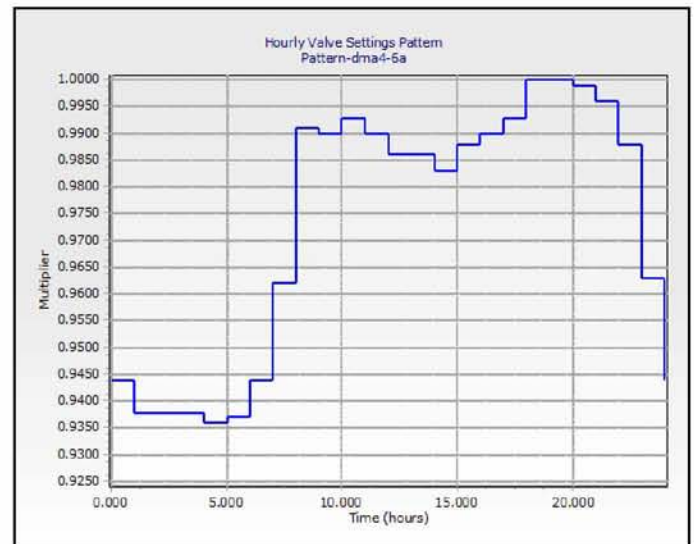
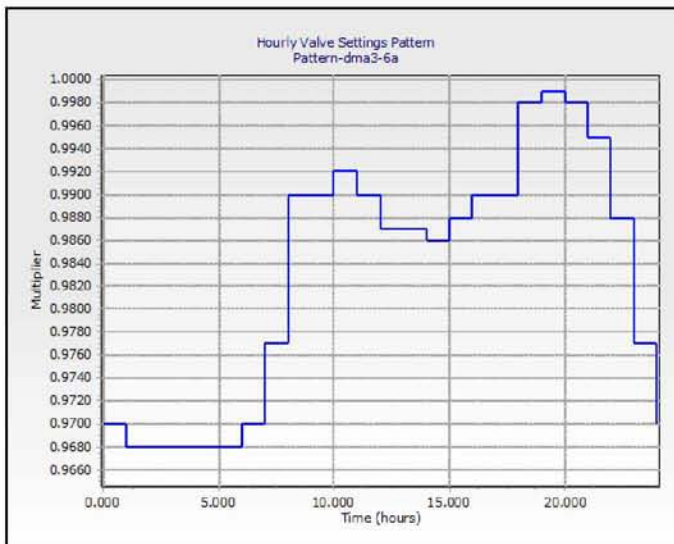
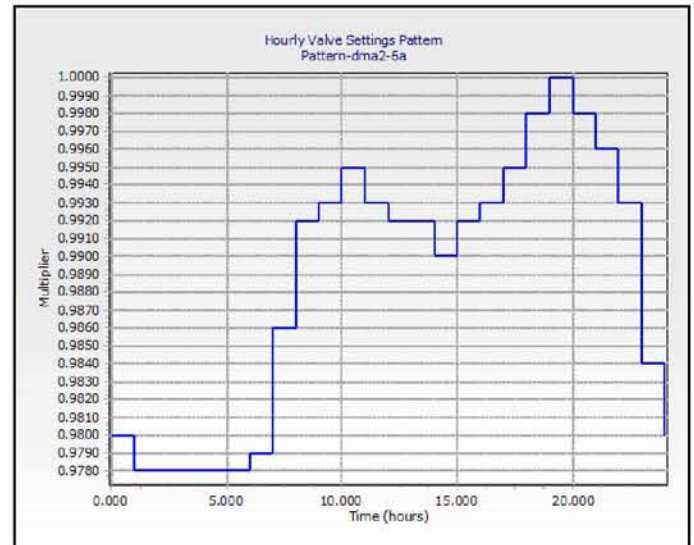
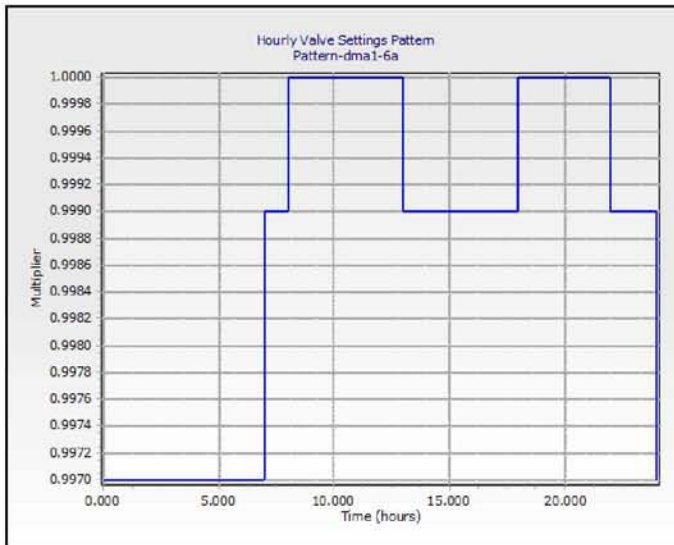
Γράφημα 6.4: Απεικόνιση των Valve Pattern για κάθε DMA το 4^ο Δήμηνο: Ιούλιος-Αύγουστος
(Από *Watercad V8i*)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



Γράφημα 6.5: Απεικόνιση των Valve Pattern για κάθε DMA το 5^ο Δήμνο: Σεπτέμβριος-Οκτώβριος
(Από *Watercad V8i*)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



Γράφημα 6.6: Απεικόνιση των Valve Pattern για κάθε DMA το 6^ο Δήμνο: Νοέμβριος-Δεκέμβριος
(Από *Watercad V8i*)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

6.1.3 Αποτελέσματα

Η μείωση της πίεσης στις DMAs κυμάνθηκε από 29.87 έως 57.92% και της κατανάλωσης από 12.07 έως 23.96 %. Η κύρια διαφορά χρήσης PRV 24h σε σχέση με την 1η ομάδα σεναρίων εντοπίζεται στην ουσιαστική πτώση της πίεσης της DMA 5, όπου η διακύμανση της πίεσης στην διάρκεια του εικοσιτετραώρου ήταν αρκετά έντονη και δεν μπορούσε να διαχειρισθεί τόσο αποτελεσματικά με την εφαρμογή απλών PRV Fixed. Σε ότι αφορά τις υπόλοιπες DMA, οι διαφορές που παρατηρήθηκαν τόσο στη μείωση της πίεσης όσο και της κατανάλωσης είναι ελάχιστες και ουσιαστικά μηδενικές.

Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες 6.1 και 6.2 με την ποσοστιαία μεταβολή των πιέσεων και της κατανάλωσης σε σχέση με την αρχική κατάσταση του συστήματος ανά δίκτυο.

Πίνακας 6.1: Πτώση της πίεσης σε κάθε DMA ανά Δίκτυο (%) - 2^η Ομάδα Σεναρίων

	1 ^ο Δίκτυο	2 ^ο Δίκτυο	3 ^ο Δίκτυο	4 ^ο Δίκτυο	5 ^ο Δίκτυο	6 ^ο Δίκτυο	M.O.
DMA 1	31.40	32.23	30.60	29.87	31.62	32.36	31.34
DMA 2	41.51	43.81	42.35	41.48	42.70	43.70	42.59
DMA 3	50.27	50.06	48.89	47.90	49.04	50.01	49.36
DMA 4	49.03	48.92	48.47	47.84	48.31	49.02	48.60
DMA 5	57.92	55.91	52.30	47.20	53.97	57.43	54.12

Πίνακας 6.2: Μείωση της κατανάλωσης σε κάθε DMA ανά Δίκτυο (%) - 2^η Ομάδα Σεναρίων

	1 ^ο Δίκτυο	2 ^ο Δίκτυο	3 ^ο Δίκτυο	4 ^ο Δίκτυο	5 ^ο Δίκτυο	6 ^ο Δίκτυο	M.O.
DMA 1	12.16	12.11	12.07	12.28	12.66	12.13	12.23
DMA 2	16.28	16.50	16.50	16.51	17.09	17.01	16.65
DMA 3	20.36	20.24	20.16	19.72	19.90	20.39	20.13
DMA 4	19.16	19.66	20.37	20.54	19.82	20.06	19.94
DMA 5	23.56	22.69	21.44	18.94	21.76	23.96	22.06

6.2 3^η & 4^η Ομάδα Σεναρίων

6.2.1 Σχεδιασμός και Εφαρμογή

Η τρίτη ομάδα σεναρίων αφορά τον συνδυασμό χρήσης βαλβίδων μείωσης της πίεσης τύπου fixed outlet και τοπικών πιεστικών τύπου *booster*. Θέτοντας από την πρώτη ομάδα σεναρίων την τελική τιμή της κατάντη πίεσης των PRVs fixed ως τιμή εκκίνησης, προκαλείται περαιτέρω πτώση της μέσης πίεσης για κάθε DMA. Όπως είναι αναμενόμενο προκαλείται παράλληλα και πτώση της πίεσης του κρίσιμου και πιθανότατα άλλων σημείων κάτω από το κατώτατο όριο που επιβάλλεται από τον κανονισμό. Η επαναφορά της πίεσης σε αποδεκτά επίπεδα σε όποιους κόμβους απαιτείται γίνεται μέσω της εφαρμογής τοπικών πιεστικών νερού.

Η τέταρτη ομάδα σεναρίων βασίζεται στην ίδια λογική με την τρίτη ομάδα σεναρίων. Η μόνη διαφορά έγκειται στη χρήση PRV modulated (24h) και όχι fixed outlet. Τα *patterns* που εκφράζουν το άνοιγμα των βαλβίδων παραμένουν όπως έχουν υπολογιστεί και η πίεση αυξομειώνεται μόνο από τη διαχείριση της κατάντη πίεσης των PRVs. Η ταυτόχρονη εφαρμογή του παρεχόμενου εξοπλισμού αποτελεί την πιο εκσυγχρονισμένη μορφή διαχείρισης της πίεσης

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια, αλλά δεν μπορεί να επιλεγεί εξαρχής ως η βέλτιστη λύση, καθώς αποτελεί και την πιο δαπανηρή λύση.

Για τη μελέτη και των δύο ομάδων σεναρίων είναι απαραίτητη η εύρεση της βέλτιστης πίεσης κάτω από το όριο του κανονισμού, μία ανάλυση που περιγράφεται στην επόμενη ενότητα.

6.2.2 Επιλογή της Βέλτιστης Πίεσης Κάτω από το Όριο του Κανονισμού

Για την επιλογή και παρουσίαση του καλύτερου σεναρίου, που περιλαμβάνει τη χρήση *booster*, από αυτά που μπορούν να προκύψουν είναι αναγκαία μία πρόσθετη προεργασία. Με τη χρήση των PRVs μειώνεται βήμα-βήμα η πίεση στο κρίσιμο σημείο κατά 0.1 ατμόσφαιρες, μελετώντας κάθε φορά την συνολική σχέση κόστους - οφέλους για την εταιρία σε επίπεδο DMA και επιλέγοντας το σημείο καμπής. Στην παρούσα επεξεργασία το όφελος υπολογίζεται από την εξοικονόμηση νερού, ενώ το κόστος αποκλειστικά με βάση την απαιτούμενη ενέργεια για την λειτουργία των *boosters*. Επιπλέον, γίνεται η παραδοχή ότι η χρήση άνω των τριών *booster* θεωρείται αντισυμβαλλόμενη και αποτελεί το σημείο τερματισμού της προεργασίας για κάθε DMA. Παράλληλα, μελετώντας τον εισερχόμενο όγκο νερού στις DMA πριν και μετά την εφαρμογή *booster* δύναται να γίνει μία σύγκριση σε αρχικό επίπεδο μεταξύ των αντίστοιχων σεναρίων. Η πλήρης μελέτη της κατανάλωσης γίνεται στη συνέχεια με την εισαγωγή όλων των παραμέτρων κόστους και αθροίζοντας τα αποτελέσματα κάθε κόμβου.

Η ενδεικτική τιμή κόστους του νερού για την εταιρία λήφθηκε 1 ευρώ, και το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας 0,1036€/kWh. Σε ότι αφορά την εφαρμογή των *boosters*, έγινε προσομοίωση με απλή φυγόκεντρη αντλία όπου η παροχή ισοδυναμεί με την μέγιστη παροχή του αγωγού στον οποίο εφαρμόζεται και το μανομετρικό ύψος διαμορφώθηκε έτσι ώστε να επιτευχθεί ο στόχος των δύο ατμοσφαιρών. Η εύρεση των κιλοβατώραν που απαιτούνται για τη λειτουργία των αντλιών πραγματοποιήθηκε με μετατροπή των Watt, ο υπολογισμός των οποίων έγινε με τον τύπο:

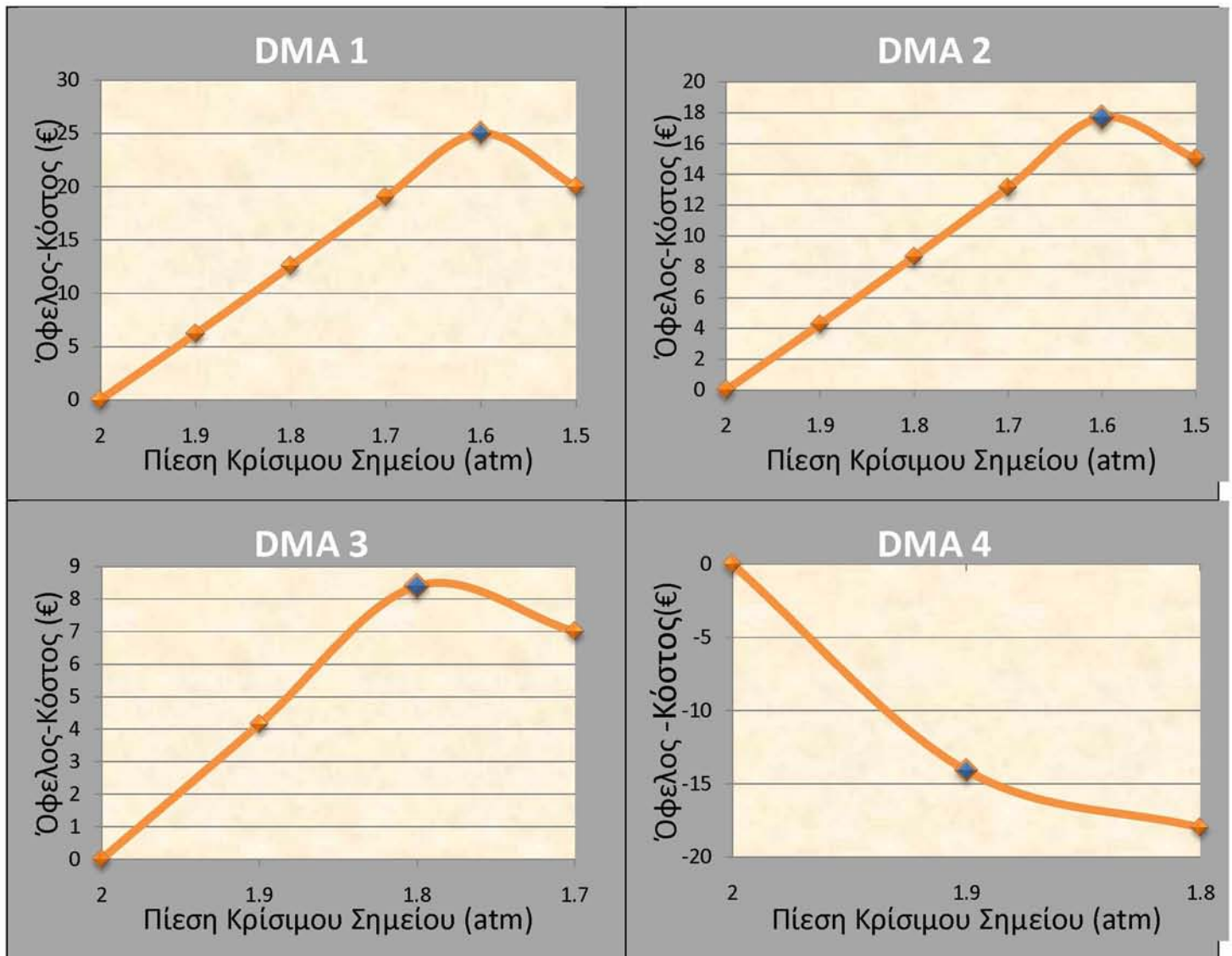
$$P_h = q \rho g h / (3.6 \cdot 10^6)$$

όπου:

- P_h η δύναμη που προκύπτει πως απαιτείται (kW)
- q η παροχή του αγωγού(m^3/h)
- ρ η πυκνότητα του υγρού (kg/m^3)
- g η επιτάχυνση της βαρύτητας ($9.81 m/s^2$)
- h το μανομετρικό ύψος(m)

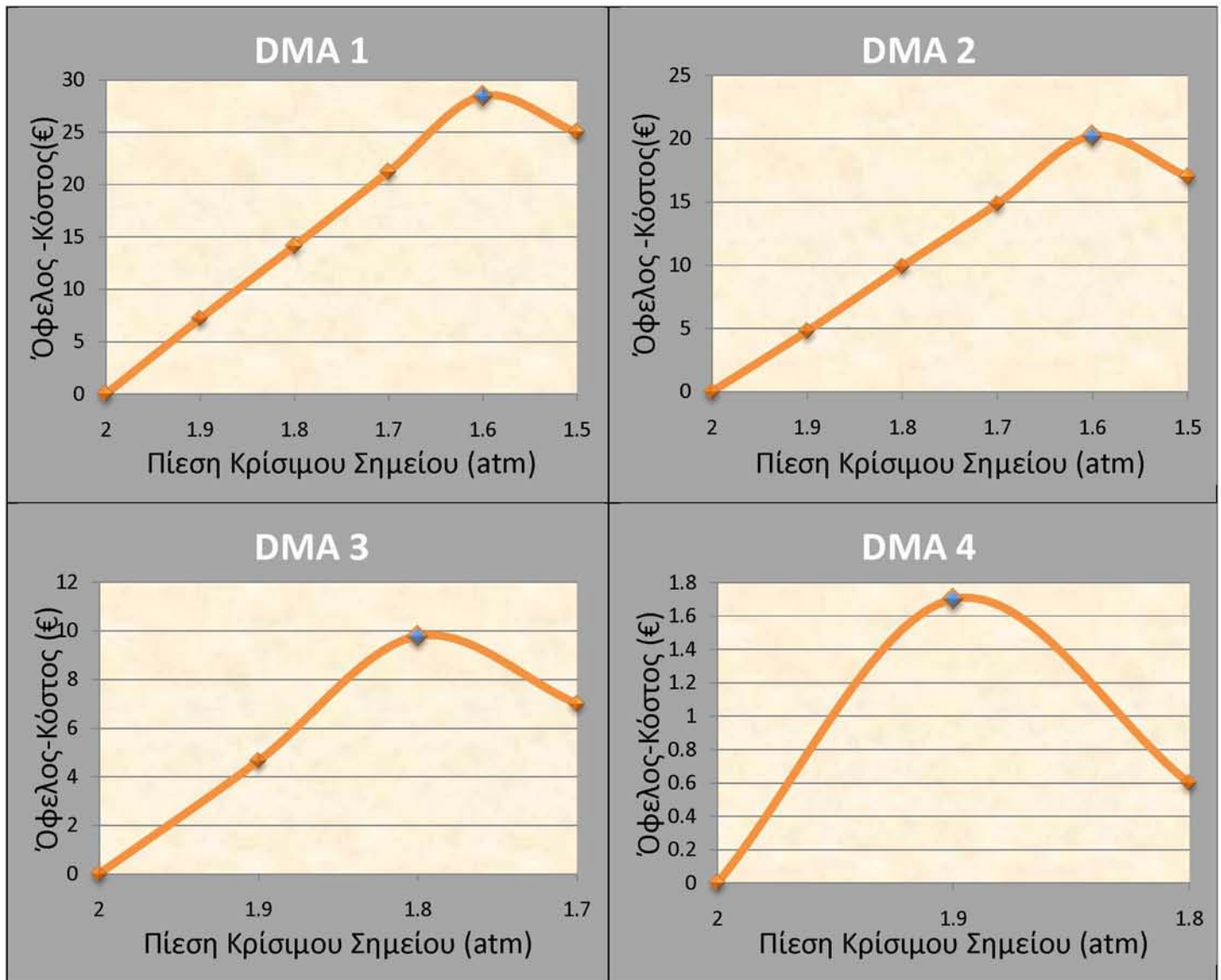
Εν τέλει, προέκυψε μία σχέση οφέλους-κόστους με βάση την οποία επιλέχθηκε το βέλτιστο σημείο της πίεσης στο οποίο μπορεί να καταστρωθεί το σενάριο. Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα οφέλους-κόστους σε σχέση με την πίεση του κρίσιμου σημείου για όλα τα δίμηνα για την 3η ομάδα σεναρίων. Τα αντίστοιχα διαγράμματα με χρήση PRV 24h δεν διαφέρουν ποιοτικά από τα διαγράμματα με PRV Fixed.

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



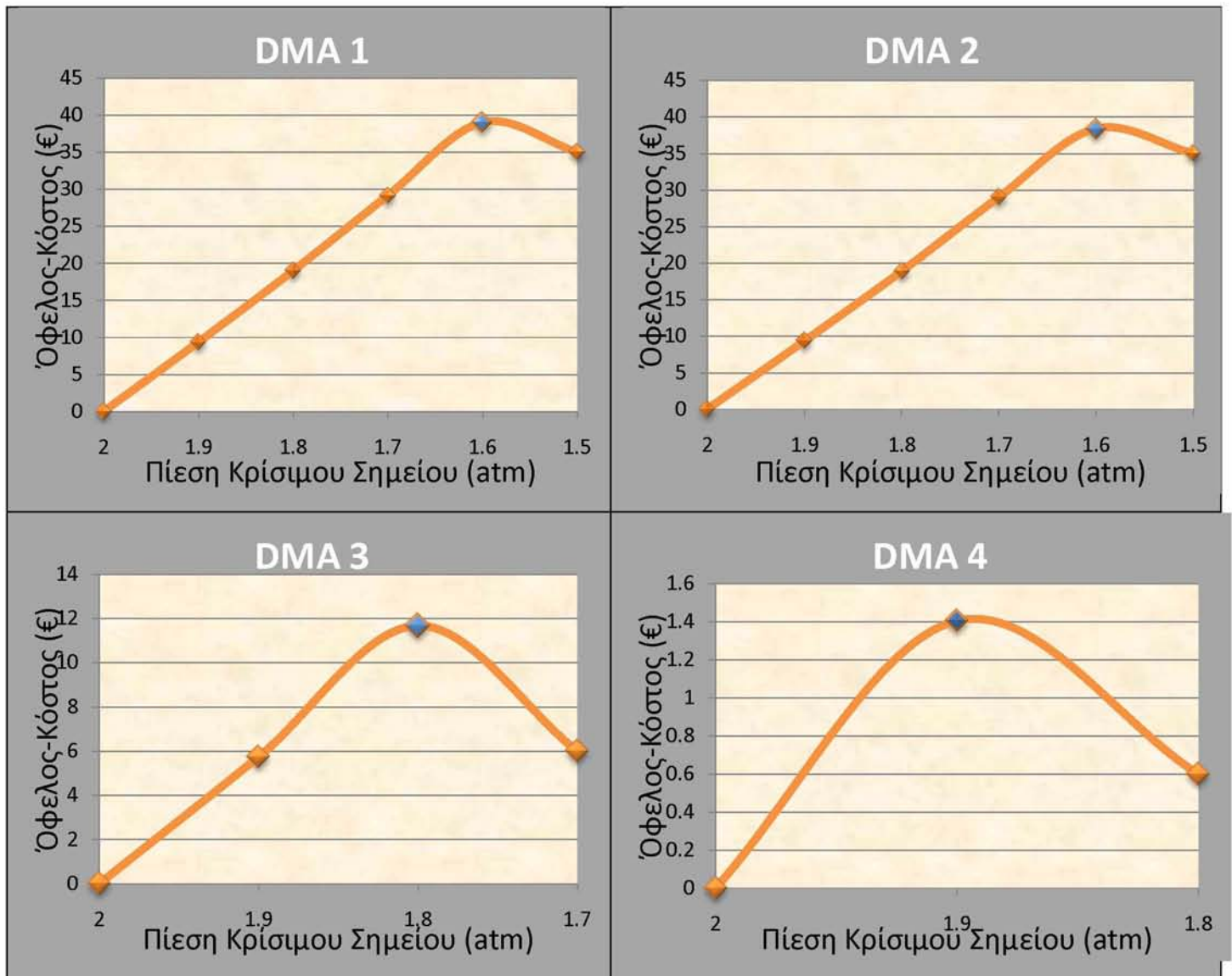
Γράφημα 6.7: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού - 1^ο Δήμηνο: Ιανουάριος-Φεβρουάριος

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



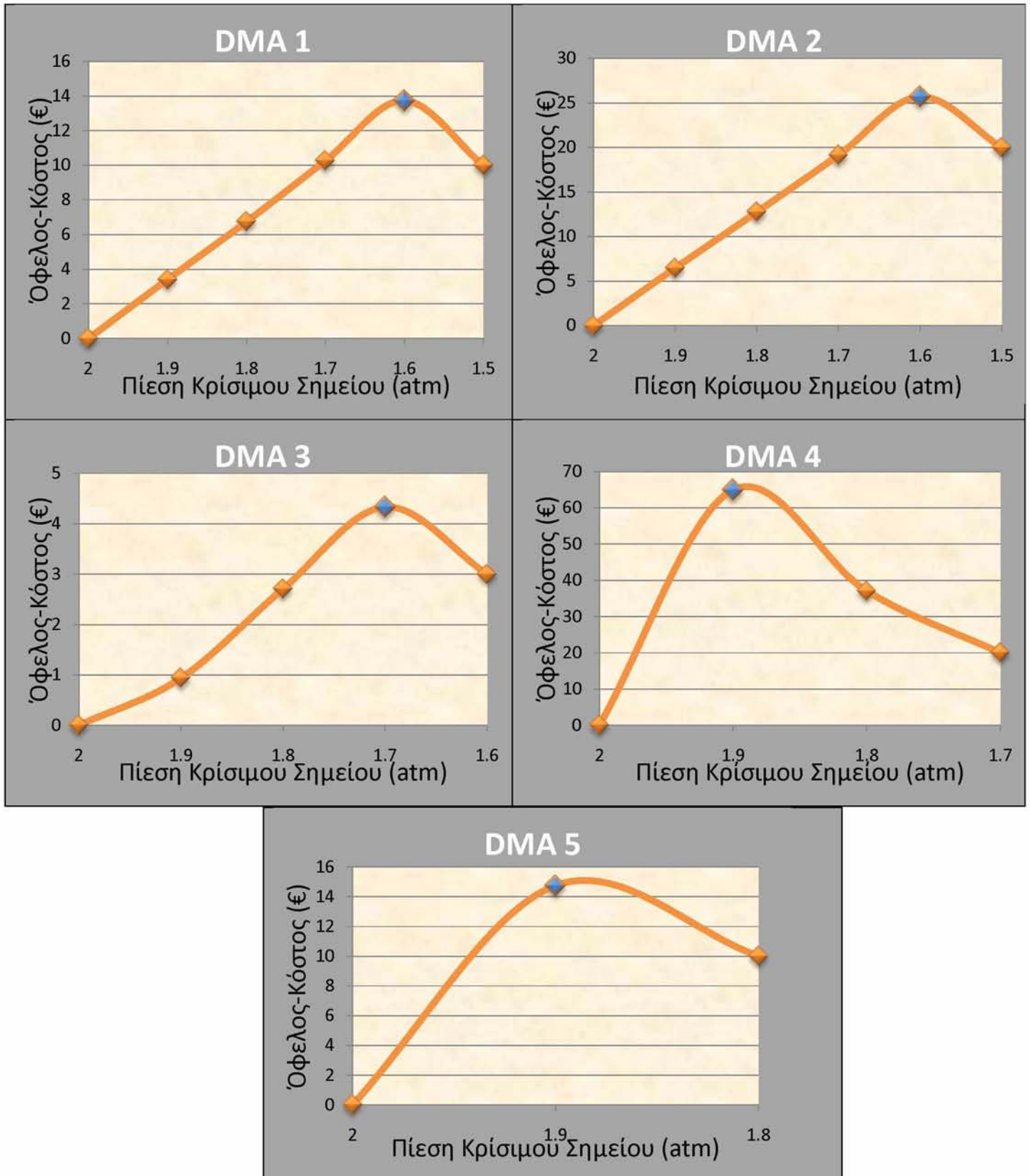
Γράφημα 6.8: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού - 2^ο Λίμηνο: Μάρτιος-Απρίλιος

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



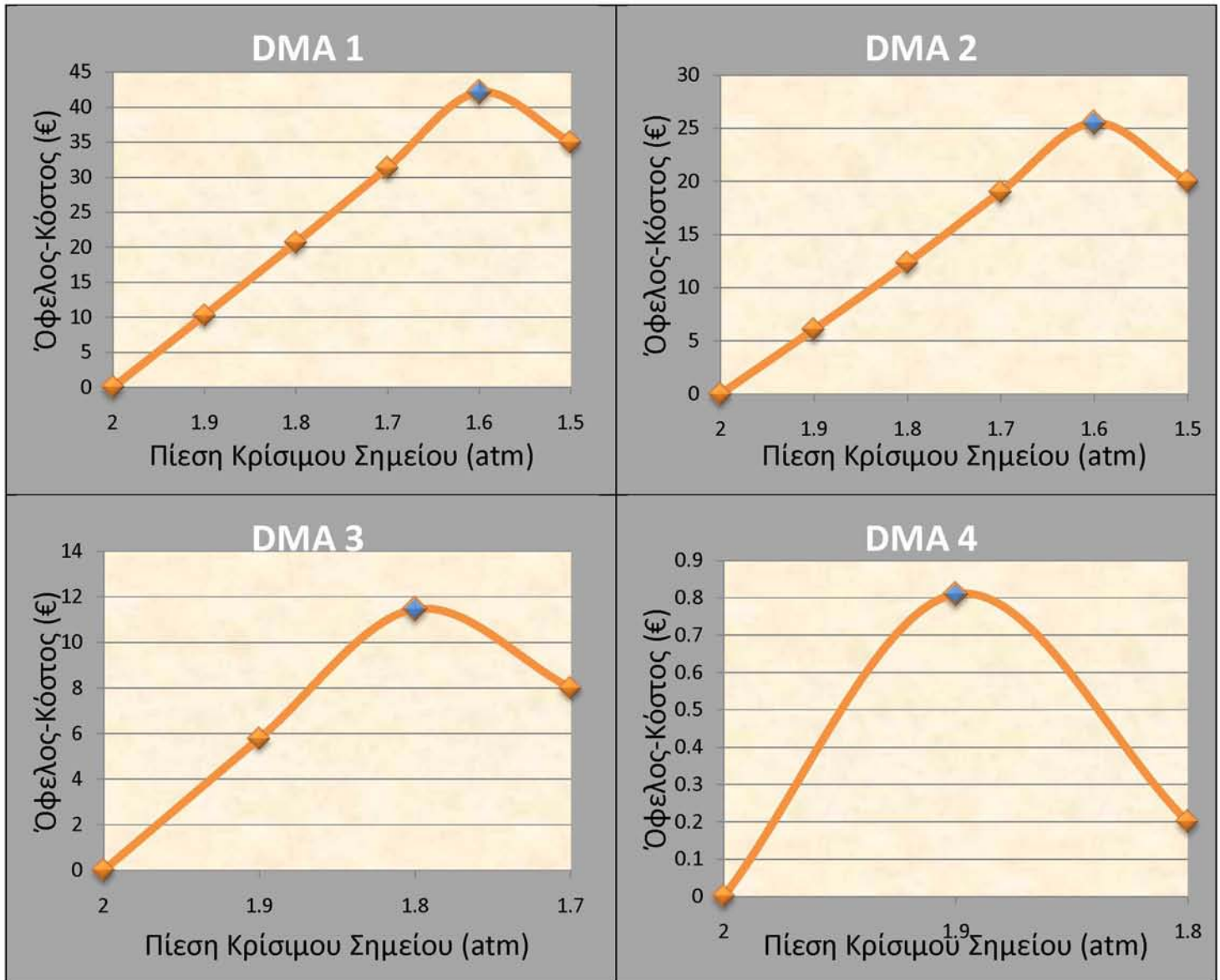
Γράφημα 6.9: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού - 3^ο Δήμηνο: Μάιος-Ιούνιος

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

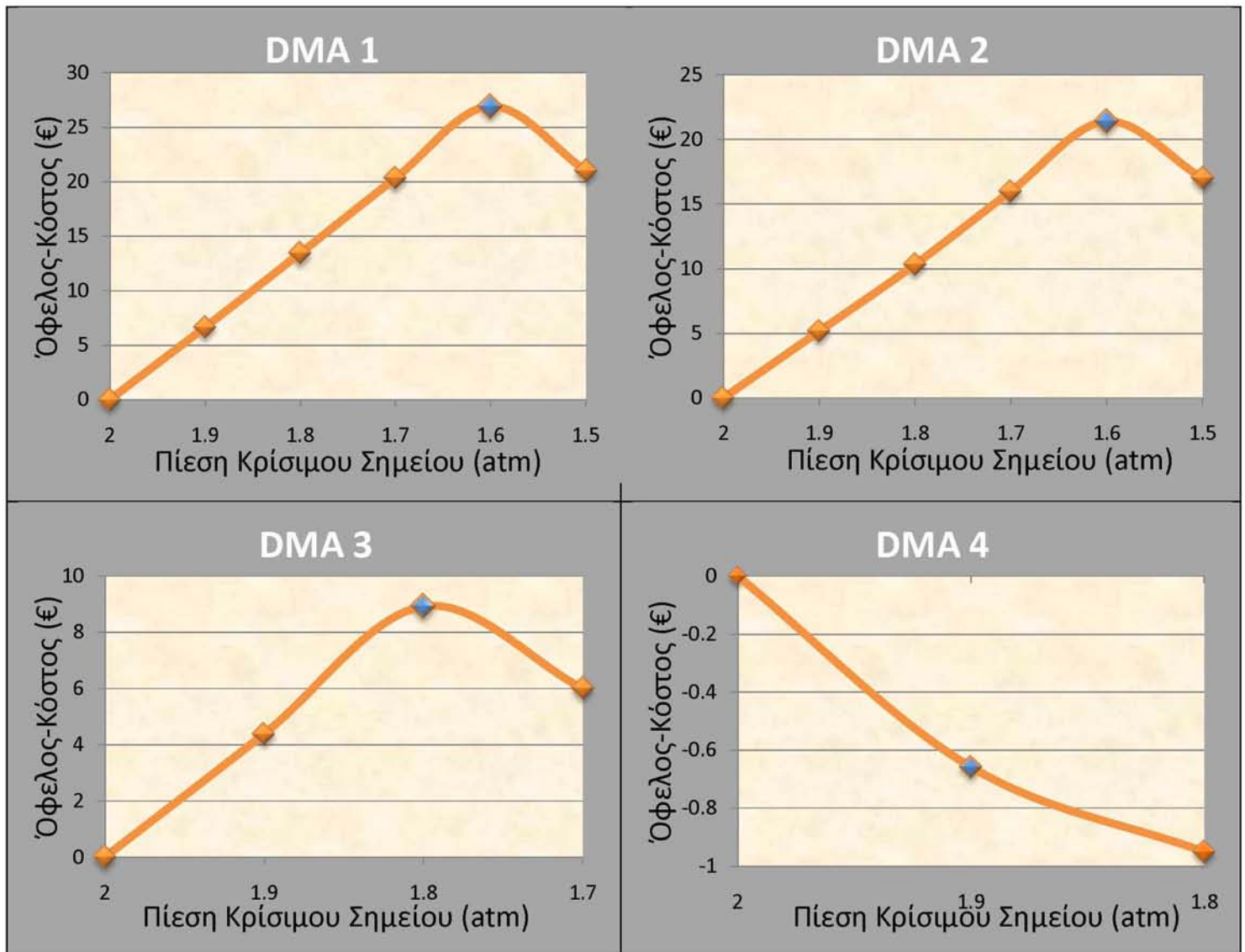


Γράφημα 6.10: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού - 4^ο Δήμηνο: Ιούλιος-Αύγουστος

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



Γράφημα 6.11: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού - 5^ο Δήμηνο: Σεπτέμβριος-Οκτώβριος



Γράφημα 6.12: Βέλτιστη τιμή πίεσης κρίσιμου σημείου κάτω από το όριο του κανονισμού - 6^ο Δήμηνο: Νοέμβριος-Δεκέμβριος

Παρατηρείται ότι με εξαίρεση το 4^ο Δήμηνο, όπου έχουμε τις μεγαλύτερες καταναλώσεις του έτους, υπάρχει μία συγκεκριμένη τιμή του κρίσιμου σημείου για την οποία επιτυγχάνεται η βέλτιστη σχέση οφέλους-κόστους. Πιο συγκεκριμένα, οι πιέσεις των κρίσιμων σημείων στις DMAs 1 και 2 είναι σταθερά στις 1,6 ατμόσφαιρες πριν την εφαρμογή των *boosters*. Οι ελάχιστες πιέσεις των DMAs 3 και 4 έχουν τιμές 1,8 και 1,9 ατμόσφαιρες αντίστοιχα. Η επεξεργασία αυτή βρίσκει εφαρμογή στην DMA 5 μόνο το 4ο δήμηνο. Στην πλειοψηφία των διαγραμμάτων το τελευταίο τμήμα της καμπύλης είναι πλασματικό και δηλώνει την απαίτηση για χρήση άνω των τριών booster για την επαναφορά της πίεσης σε 2 ατμόσφαιρες, κάτι το οποίο, όπως αναφέρθηκε αρχικά, θεωρείται εξ ορισμού αντιοικονομικό.

6.2.3 Αποτελέσματα

Στα αποτελέσματα των σεναρίων που περιέχουν booster υποδηλώνεται και ο κύριος σκοπός χρήσης τους. Δημιουργούμε μία ακόμη μεγαλύτερη πτώση της πίεσης -και κατά συνέπεια της κατανάλωσης- σε σχέση με την αποκλειστική χρήση PRV, ενώ οδηγούμε πάλι την πίεση του κρίσιμου σημείου στις 2 ατμόσφαιρες, με όσο πιο ήπια μεταβολή στη διάρκεια της ημέρας γίνεται. Σε ότι αφορά την τρίτη ομάδα σεναρίων η πτώση της πίεσης κυμάνθηκε από 37.98 έως 53.37%, ενώ η μείωση της κατανάλωσης από 15.13 έως 22.44%. Τα αντίστοιχα ποσοστά για την τέταρτη ομάδα σεναρίων είναι για την πίεση από 38.30 έως 53.90% και για την κατανάλωση 15.14 έως 23.72%. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες 6.3 έως 6.6 με τα αναλυτικά ποσοστά για κάθε δίκτυο.

Πίνακας 6.3: Πτώση της πίεσης σε κάθε DMA ανά δίκτυο (%) - 3^η Ομάδα Σεναρίων

	1 ^ο Δίκτυο	2 ^ο Δίκτυο	3 ^ο Δίκτυο	4 ^ο Δίκτυο	5 ^ο Δίκτυο	6 ^ο Δίκτυο	M.O.
DMA 1	39.31	40.13	38.82	37.98	39.64	40.28	39.36
DMA 2	49.70	51.79	50.35	49.41	50.21	51.36	50.47
DMA 3	53.37	53.32	52.16	52.99	51.60	52.99	52.74
DMA 4	47.42	48.40	47.82	47.15	46.68	46.90	47.40
DMA 5	-	-	-	41.06	-	-	41.06

Πίνακας 6.4: Μείωση της κατανάλωσης σε κάθε DMA ανά δίκτυο (%) - 3^η Ομάδα Σεναρίων

	1 ^ο Δίκτυο	2 ^ο Δίκτυο	3 ^ο Δίκτυο	4 ^ο Δίκτυο	5 ^ο Δίκτυο	6 ^ο Δίκτυο	M.O.
DMA 1	15.82	15.13	15.25	15.55	15.97	15.67	15.56
DMA 2	19.86	19.75	20.44	19.84	20.53	20.25	20.11
DMA 3	21.53	22.16	22.04	22.44	21.60	22.08	21.98
DMA 4	19.16	19.79	20.16	20.40	19.23	19.24	19.66
DMA 5	-	-	-	16.54	-	-	16.54

Πίνακας 6.5: Πτώση της πίεσης σε κάθε DMA ανά δίκτυο (%) - 4^η Ομάδα Σεναρίων

	1 ^ο Δίκτυο	2 ^ο Δίκτυο	3 ^ο Δίκτυο	4 ^ο Δίκτυο	5 ^ο Δίκτυο	6 ^ο Δίκτυο	M.O.
DMA 1	39.40	40.17	38.96	38.30	39.79	40.36	39.50
DMA 2	49.94	51.99	50.70	49.92	50.92	51.84	50.88
DMA 3	53.85	53.90	52.79	51.98	52.76	53.73	53.17
DMA 4	48.33	49.06	48.55	47.84	48.03	48.16	48.33
DMA 5	-	-	-	-	-	-	-

Πίνακας 6.6: Μείωση της κατανάλωσης σε κάθε DMA ανά δίκτυο (%) - 4^η Ομάδα Σεναρίων

	1 ^ο Δίκτυο	2 ^ο Δίκτυο	3 ^ο Δίκτυο	4 ^ο Δίκτυο	5 ^ο Δίκτυο	6 ^ο Δίκτυο	M.O.
DMA 1	15.80	15.14	15.29	15.74	16.01	15.70	15.61
DMA 2	20.05	19.83	20.59	20.06	20.78	20.42	20.29
DMA 3	21.69	22.41	22.24	21.81	22.17	22.49	22.14
DMA 4	19.50	19.79	20.45	23.72	19.89	19.82	20.53
DMA 5	-	-	-	-	-	-	-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 : ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΕΝΑΡΙΩΝ

7.1 Κόστος Υλοποίησης

Η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού συνάδει άμεσα με την επιλογή των πιο αποδοτικών και οικονομικών σεναρίων για την Δ.Ε.Υ.Α. Κω. Γίνεται μία εμπεριστατωμένη μελέτη της τελικής σχέσης οφέλους - κόστους όπου, πλέον, το όφελος περιλαμβάνει την εξοικονόμηση νερού καθώς και μία γενικότερη εκτίμηση για τα πλεονεκτήματα από την πτώση της πίεσης, ενώ το κόστος περιλαμβάνει τις απαιτούμενες επενδύσεις για την απόκτηση του απαραίτητου εξοπλισμού (PRV fixed outlet, PRV modulated, Booster νερού) και την πρόσθετη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι προφανές ότι η μέγιστη εξοικονόμηση νερού κατέχει τον πρωτεύοντα ρόλο στην επιλογή σεναρίου, καθώς εκεί αποτυπώνεται τόσο το άμεσο κέρδος όσο και μία περιβαλλοντική σκοπιά του όλου εγχειρήματος, μέσω της έκφρασης του περιβαλλοντικού κόστους και του κόστους ευκαιρίας των υδατικών πόρων στην συνολική τιμή άντλησης από τις γεωτρήσεις.

Το κόστος υλοποίησης συνδέεται άμεσα με τις τιμές που χρησιμοποιούνται στην έκφραση οφέλους-κόστους, οι οποίες έχουν προκύψει είτε ύστερα από συνεννόηση με τη Δ.Ε.Υ.Α. Κω είτε έχουν χρησιμοποιηθεί ενδεικτικές τιμές που αναφέρονται στο διαδίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, η τιμή άντλησης του νερού από γεωτρήσεις λήφθηκε ως $1\text{€}/\text{m}^3$ και περιλαμβάνει μία ενδεικτική τιμή του συνολικού κόστους του νερού (full water cost). Η τιμή της kWh που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία των booster αναφέρεται στην μεσαία κλίμακα του οικιακού τιμολογίου $0,1036\text{€}/\text{kWh}$, όπου περιλαμβάνεται μόνο το καθαρό κόστος του ρεύματος συμπεριλαμβανομένου και του ειδικού τέλους μείωσης εκπομπών αέριων ρύπων. Τα κόστη απόκτησης του επιπρόσθετου εξοπλισμού προκύπτουν με βάση την ονομαστική διάμετρο των αγωγών στους οποίους εφαρμόζονται και παρουσιάζονται ενδεικτικά στον πίνακα 7.1.

Πίνακας 7.1: Κόστος των PRV Fixed και PRV Modulated (24h)

	ΑΡΙΘΜΟΣ PRV	PRV Fixed		PRV Modulated	
		ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΚΟΣΤΟΣ(€)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (mm)	ΚΟΣΤΟΣ(€)
DMA 1	2	200	3750.00	200	11250.00
		125	1942.50	125	7425.00
DMA 2	1	150	2285.00	150	8700.00
DMA3	2	200	3750.00	200	11250.00
		200	3750.00	200	11250.00
DMA4	3	200	3750.00	200	11250.00
		110	1737.00	110	6660.00
		90	1463.00	90	5640.00
DMA5	2	200	3750.00	200	11250.00
		125	1942.50	125	7425.00

Η τιμή κτήσης που χρησιμοποιήθηκε στον υπολογισμό του κόστους των *boosters*, 500 ευρώ για μικρής ή μεσαίας διαμέτρου αγωγούς και 1000 ευρώ για κεντρικούς αγωγούς, προέκυψε ως ενδεικτική τιμή έρευνας αγοράς, που σε κανονικές συνθήκες διαφέρει από την πραγματική καθώς εξαρτάται από τον τύπο, τα ειδικά χαρακτηριστικά και την μάρκα των *boosters*.

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

7.2 Ανάλυση των Αποτελεσμάτων σε Μηνιαία Βάση

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η σύγκριση των αποτελεσμάτων για κάθε σενάριο, έγινε ο διαχωρισμός τους σε μηνιαία βάση, ελέγχοντας ταυτόχρονα τις πιέσεις και τις καταναλώσεις σε κάθε μήνα. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω της μελέτης του συνολικά εισερχόμενου νερού και της σχέσης που αναπτύσσεται ανάμεσα στην πίεση και την κατανάλωση στην πάροδο των διμήνων. Πιο αναλυτικά, έχοντας ως δεδομένο την μηνιαία παραγωγή νερού από τις γεωτρήσεις (Πίνακας - Παράρτημα), εξάχθηκαν τα ποσοστά καταμερισμού των διμήνων στους επί μέρους μήνες (Πίνακας 7.2). Με αυτόν τον τρόπο, έγινε η ανάλυση της κατανάλωσης σε επίπεδο μήνα.

Πίνακας 7.2: Έκφραση του ποσοστού κατανάλωσης των επιμέρους μηνών σε κάθε δίμηνο

	ΜΗΝΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ
1ο ΔΙΜΗΝΟ	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	53.44
	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	46.56
2ο ΔΙΜΗΝΟ	ΜΑΡΤΙΟΣ	48.51
	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	51.49
3ο ΔΙΜΗΝΟ	ΜΑΙΟΣ	45.96
	ΙΟΥΝΙΟΣ	54.04
4ο ΔΙΜΗΝΟ	ΙΟΥΛΙΟΣ	49.70
	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	50.30
5ο ΔΙΜΗΝΟ	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	55.10
	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	44.90
6ο ΔΙΜΗΝΟ	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	51.85
	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	48.15

Σε ότι αφορά τον καταμερισμό των πιέσεων, απαιτήθηκε η εύρεση της ποσοστιαίας σχέσης της μεταβολής των πιέσεων που ανταποκρίνεται στις αυξομειώσεις του εισερχόμενου όγκου νερού στο σύστημα. Βρίσκοντας πως η αύξηση της κατανάλωσης μεταξύ των ακραίων διμήνων (1ο και 4ο) ανέρχεται σε 108.7 %, υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες ποσοστιαίες μειώσεις της ελάχιστης, μέσης και μέγιστης πίεσης σε κάθε DMA (Πίνακας 7.3). Υποθέτοντας ότι για να παραμείνει σταθερή η πίεση ανάμεσα στους διαδοχικούς μήνες θα έπρεπε η κατανάλωση να μοιραστεί εξίσου(50%-50%) και με την εφαρμογή της απλής μεθόδου των τριών για ανάλογα ποσά έγινε η αντιστοίχιση.

Πίνακας 7.3: Ποσοστιαία μεταβολή των πιέσεων σε συνάρτηση με την μεταβολή του εισερχόμενου όγκου συστήματος

DMA1	1° Δίμηνο	4° Δίμηνο	Σύγκριση Ακραίων Διμήνων
SYSTEM INPUT VOLUME(l/s)	68.30	142.11	108.07%
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	350.96	306.70	-12.61%
ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	455.40	444.14	-2.47%
ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	489.58	484.77	-0.98%
DMA2	1° Δίμηνο	4° Δίμηνο	Σύγκριση Ακραίων Διμήνων
SYSTEM INPUT VOLUME(l/s)	68.30	142.11	108.07%

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

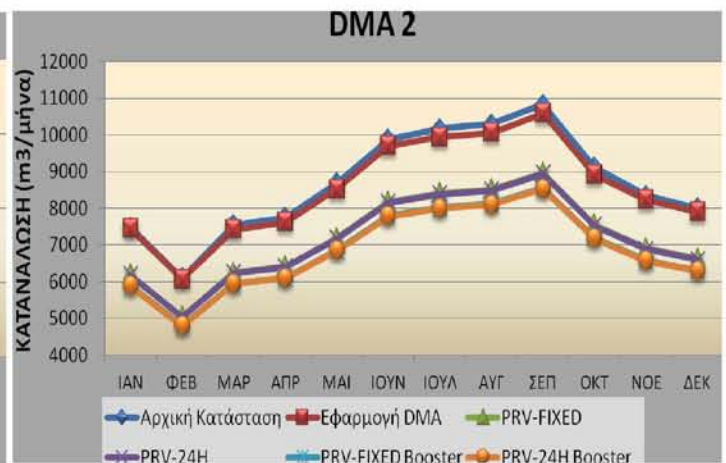
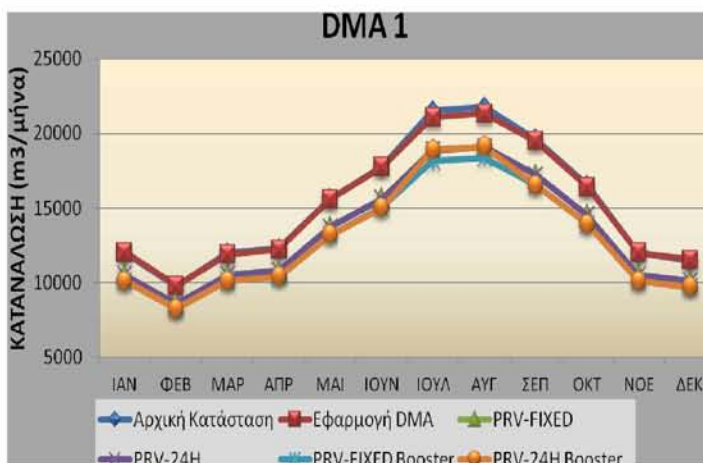
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	410.47	403.33	-1.74%
ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	458.26	458.13	-0.03%
ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	482.07	482.07	0.00%
DMA3	1 ^ο Δίμηνο	4 ^ο Δίμηνο	Σύγκριση Ακραίων Διμήνων
SYSTEM INPUT VOLUME(l/s)	68.30	142.11	108.07%
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	441.52	420.15	-4.84%
ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	476.61	458.07	-3.89%
ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	499.26	482.87	-3.28%
DMA4	1 ^ο Δίμηνο	4 ^ο Δίμηνο	Σύγκριση Ακραίων Διμήνων
SYSTEM INPUT VOLUME(l/s)	68.30	142.11	108.07%
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	416.89	392.32	-5.89%
ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	466.45	445.98	-4.39%
ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	500.11	484.06	-3.21%
DMA5	1 ^ο Δίμηνο	4 ^ο Δίμηνο	Σύγκριση Ακραίων Διμήνων
SYSTEM INPUT VOLUME(l/s)	68.30	142.11	108.07%
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	480.57	463.28	-3.60%
ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	494.03	476.73	-3.50%
ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	500.14	493.19	-1.39%

7.3 Σύγκριση Σεναρίων-Αποτελεσμάτων

Εφαρμόζοντας τις μεθόδους και τις παραδοχές που αναπτύχθηκαν στις δύο προηγούμενες ενότητες υπολογίστηκαν για κάθε μήνα ξεχωριστά:

- Οι καταναλώσεις σε επίπεδο κόμβου και DMA
- Οι πιέσεις σε επίπεδο κόμβου και DMA
- Τα κόστη εγκατάστασης και λειτουργίας του απαραίτητου εξοπλισμού για κάθε σενάριο
- Τα οφέλη από την εξοικονόμηση άντλησης νερού σε επίπεδο DMA
- Τα ετήσια καθαρά κέρδη σε επίπεδο DMA

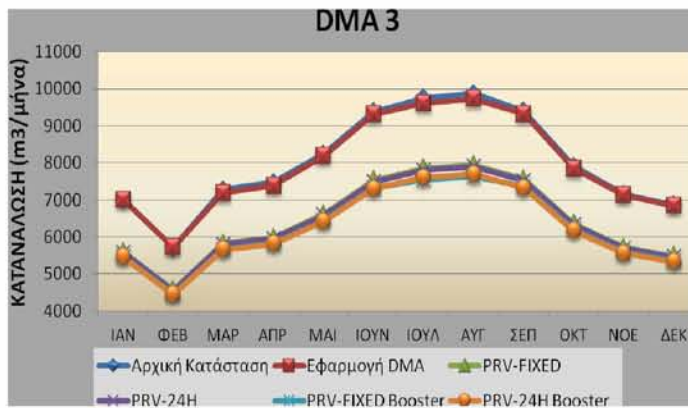
Ακολουθούν τα διαγράμματα μεταβολής της κατανάλωσης από την αρχική κατάσταση προς το κάθε ξεχωριστό σενάριο σε μηνιαίο βήμα.



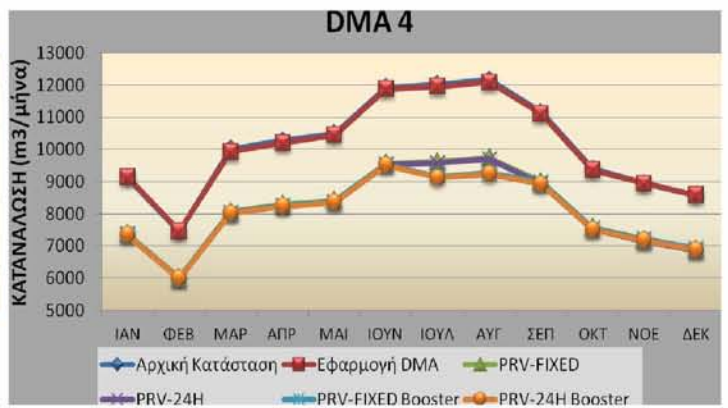
Γράφημα 7.1: Απεικόνιση κατανάλωσης (m³/μήνα) ανά σενάριο - DMA 1

Γράφημα 7.2: Απεικόνιση κατανάλωσης (m³/μήνα) ανά σενάριο - DMA 2

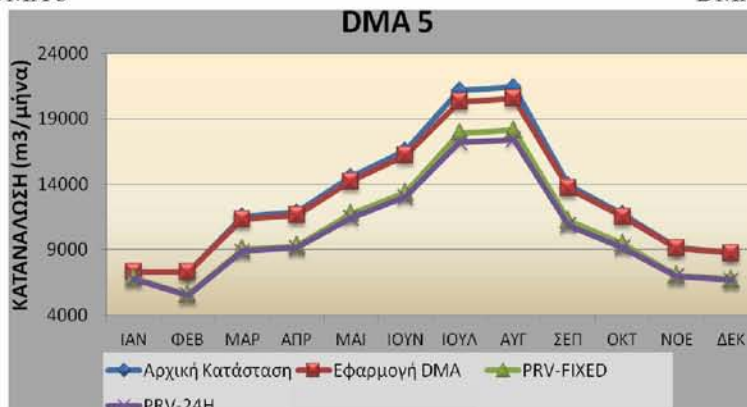
Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



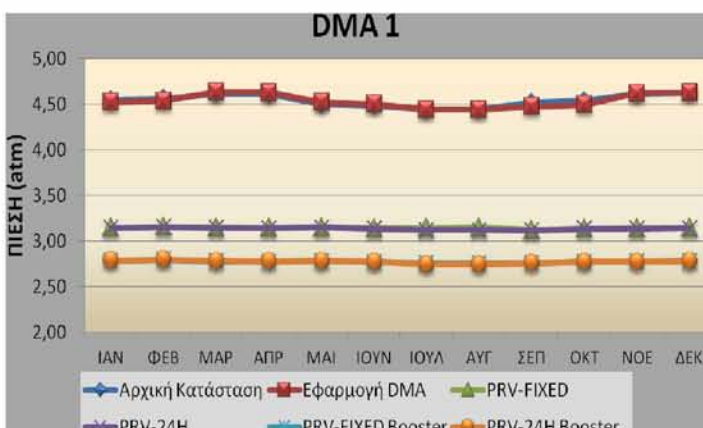
Γράφημα 7.3: Απεικόνιση κατανάλωσης (m³/μήνα) ανά σενάριο - DMA 3



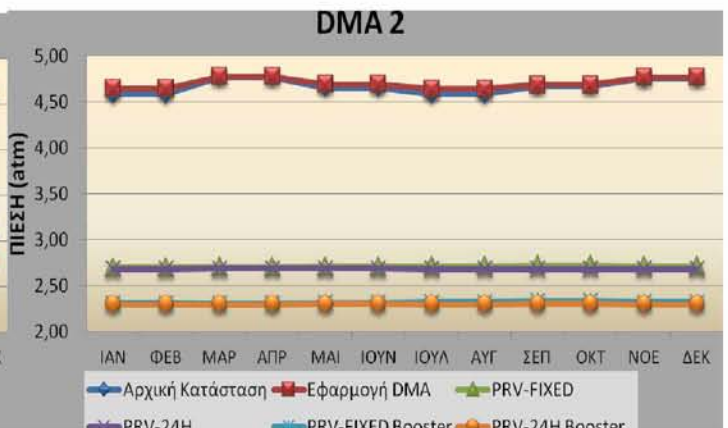
Γράφημα 7.4: Απεικόνιση κατανάλωσης (m³/μήνα) ανά σενάριο - DMA 4



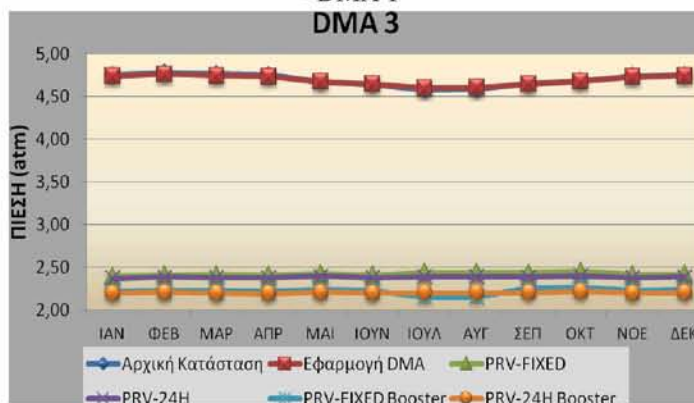
Γράφημα 7.5: Απεικόνιση κατανάλωσης (m³/μήνα) ανά σενάριο - DMA 5



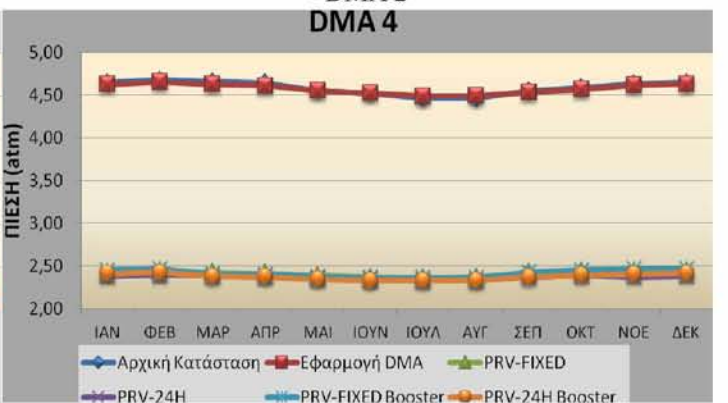
Γράφημα 7.6: Απεικόνιση μέσης πίεσης (atm) ανά σενάριο - DMA 1



Γράφημα 7.7: Απεικόνιση μέσης πίεσης (atm) ανά σενάριο - DMA 2

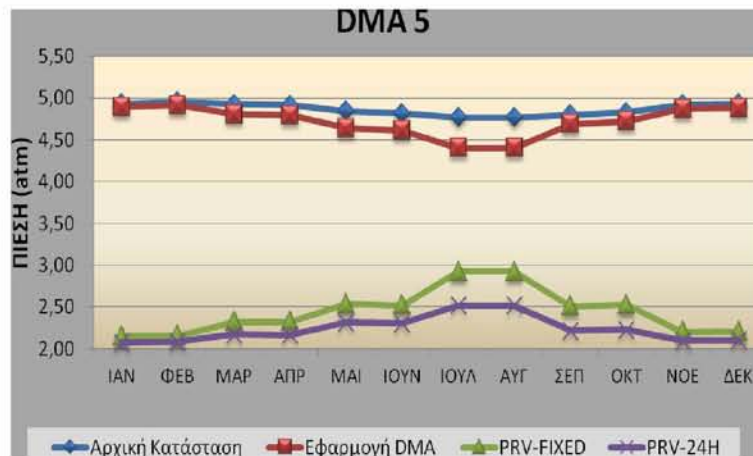


Γράφημα 7.8: Απεικόνιση μέσης πίεσης (atm) ανά σενάριο - DMA 3



Γράφημα 7.9: Απεικόνιση της μέσης πίεσης (atm) ανά σενάριο - DMA 4

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



Γράφημα 7.10: Απεικόνιση της μέσης πίεσης (atm) ανά σενάριο - DMA 5

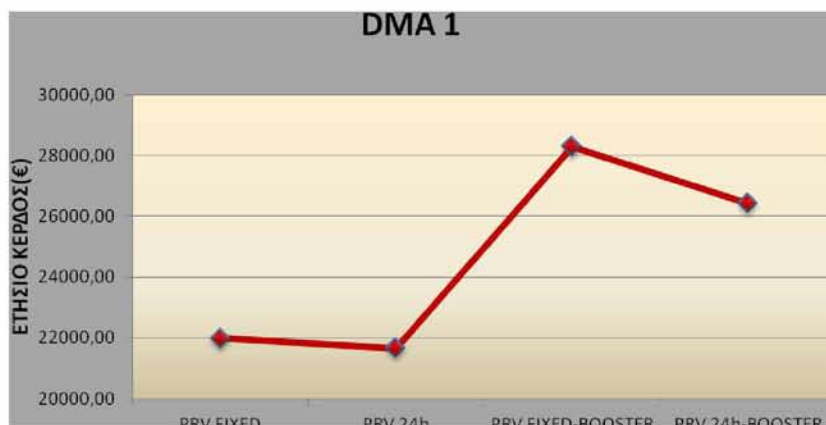
7.4 Εύρεση των Βέλτιστων Σεναρίων

Για την τελική επιλογή των βέλτιστων σεναρίων για την εταιρία, κρίθηκε απαραίτητη η αναγωγή του κέρδους σε ετήσια βάση, έτσι ώστε να υπάρχει μία συνολική οπτική επί της αποδοτικότητας του κάθε σεναρίου. Τα αναλυτικά αποτελέσματα του ετήσιου κέρδους βρίσκονται στον Πίνακα 7.4.

Πίνακας 7.4: Το ετήσιο κέρδος (€) από την εφαρμογή των σεναρίων για κάθε DMA

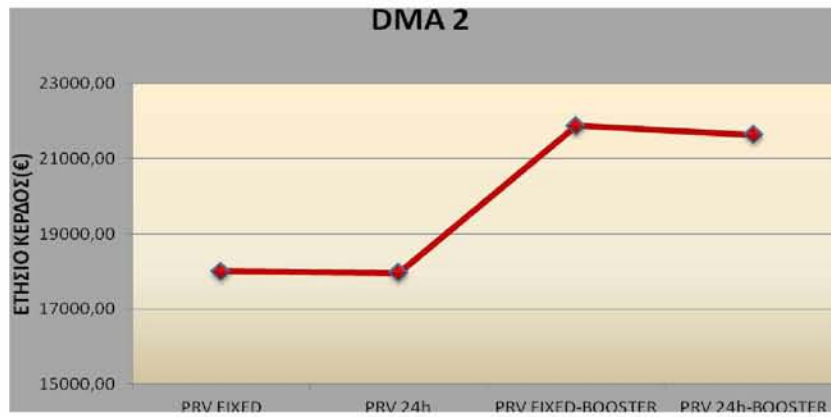
	ΣΕΝΑΡΙΑ			
	FIXED	24H	FIXED-BOOSTER	24H-BOOSTER
DMA 1	21.990,25	21.667,08	28.284,80	26.422,96
DMA 2	17.998,72	17.968,48	21.878,13	21.639,98
DMA 3	18.811,78	18.909,29	20.987,44	20.673,12
DMA 4	23.649,16	23.692,20	24.541,78	24.535,76
DMA 5	28.510,75	31.397,99	-	-

Στα διαγράμματα που ακολουθούν αποτυπώνεται η μεταβολή του ετήσιου καθαρού κέρδους με βάση το σενάριο μελέτης.

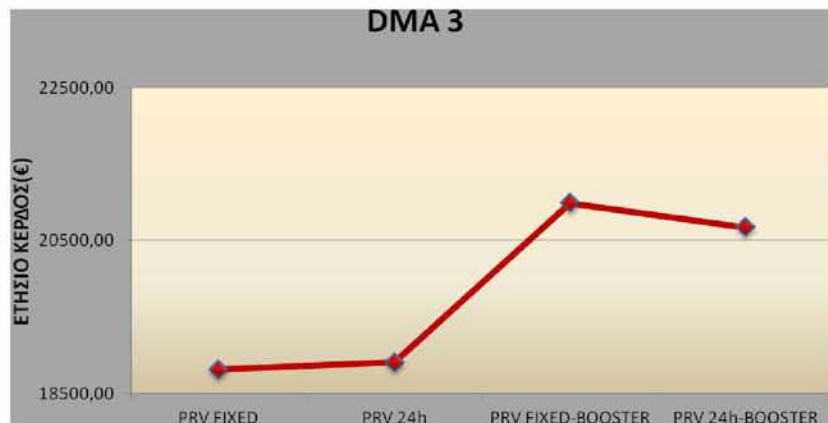


Γράφημα 7.11: Απεικόνιση του ετήσιου κέρδους (€) ανά σενάριο - DMA 1

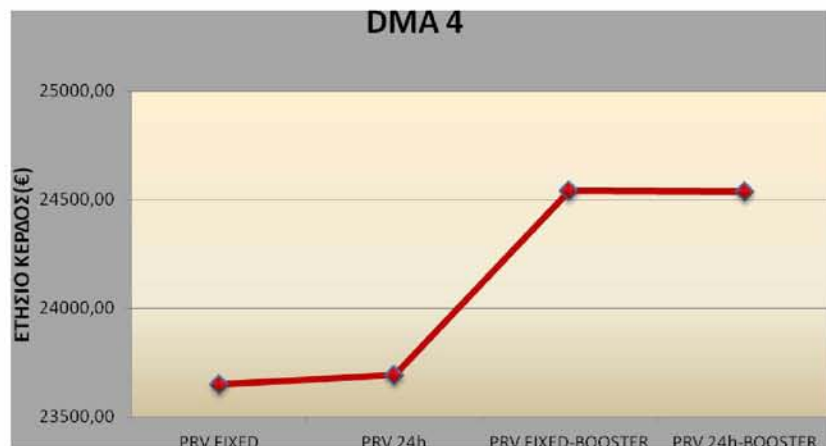
Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»



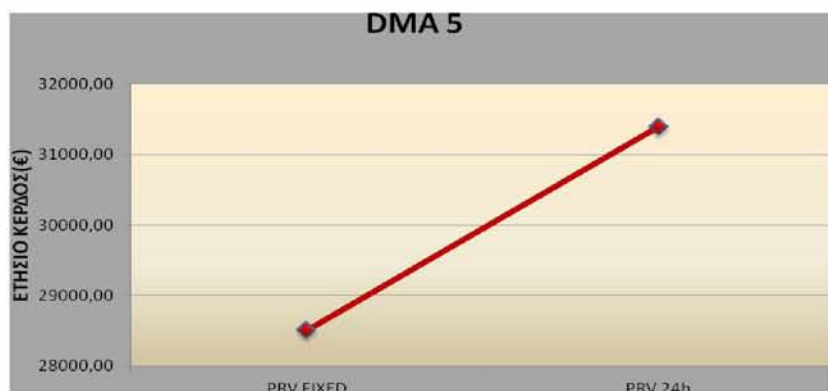
Γράφημα 7.12: Απεικόνιση του ετήσιου κέρδους (€) ανά σενάριο - DMA 2



Γράφημα 7.13: Απεικόνιση του ετήσιου κέρδους (€) ανά σενάριο - DMA 3



Γράφημα 7.14: Απεικόνιση του ετήσιου κέρδους (€) ανά σενάριο - DMA 4



Γράφημα 7.15: Απεικόνιση του ετήσιου κέρδους (€) ανά σενάριο - DMA 5

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 : ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

8.1 Σχολιασμός Μεθόδου και Αποτελεσμάτων

Κύριο μέλημα της παρούσας εργασίας αποτελεί η εξαγωγή χρήσιμων και τεκμηριωμένων αποτελεσμάτων έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησής τους από την Δ.Ε.Υ.Α. Κω. Για το σκοπό αυτό, έχει γίνει μία προσπάθεια προσομοίωσης ενός μεγάλου αριθμού σεναρίων για κάθε δίκτυο με κριτήρια τον εξοπλισμό που απαιτείται για την επίτευξη του κύριου στόχου. Συνεπώς, πραγματοποιήθηκαν τα παρακάτω σενάρια για κάθε δίκτυο (Πίνακας 8.1).

Πίνακας 8.1: Συνοπτική παρουσίαση των σεναρίων για κάθε δίκτυο

PRV FIXED-ΠΙΕΣΗ ΣΤΟ ΚΡΙΣΙΜΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΟ ΟΡΙΟ ΠΟΥ ΕΠΙΒΑΛΛΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ	DMA1 - PRV Fixed	DMA2 - PRV Fixed	DMA3 - PRV Fixed	DMA4 - PRV Fixed	DMA5 - PRV Fixed
PRV MODULATED-ΠΙΕΣΗ ΣΤΟ ΚΡΙΣΙΜΟ ΣΗΜΕΙΟ ΣΤΟ ΟΡΙΟ ΠΟΥ ΕΠΙΒΑΛΛΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ	DMA1 - PRV24h	DMA2 - PRV24h	DMA3 - PRV24h	DMA4 - PRV24h	DMA5 - PRV24h
ΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΟ ΚΡΙΣΙΜΟ ΣΗΜΕΙΟ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟ ΟΡΙΟ ΠΟΥ ΕΠΙΒΑΛΛΕΙ Ο ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΜΕ ΤΑΥΤΟΧΡΟΝΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΠΙΚΟΥ ΠΙΕΣΤΙΚΟΥ	DMA1 - PRV Fixed & Booster	DMA2 - PRV Fixed & Booster	DMA3 - PRV Fixed & Booster	DMA4 - PRV Fixed & Booster	DMA5 - PRV Fixed & Booster
	DMA1 - PRV 24h & Booster	DMA2 - PRV 24h & Booster	DMA3 - PRV 24h & Booster	DMA4 - PRV 24h & Booster	DMA5 - PRV 24h & Booster

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 8.1, στο σύνολο έγινε διερεύνηση 20 σεναρίων για κάθε δίκτυο και 120 σεναρίων για όλες τις DMA ετησίως. Κάθε σειρά του πίνακα αφορά και μία ξεχωριστή ομάδα σεναρίων.

Ο κύριος περιορισμός κατά την προσομοίωση στο watercad ήταν το γεγονός ότι δεν ήταν εφικτή η εξαγωγή δύο ομάδων αποτελεσμάτων που προέρχονται από δύο διαφορετικά είδη κατανάλωσης, της οικιακής ζήτησης και των απωλειών. Επιπλέον, η εισαγωγή των συναρτήσεων των *pressure dependent demand* δεν μπορούν να αντιστοιχηθούν αποκλειστικά σε κάθε υδραυλικό pattern, οπότε εισήχθη μία συνάρτηση που αντιπροσωπεύει το σύνολο των επί μέρους αναλύσεων. Συνεπώς, ενώ γνωρίζουμε επακριβώς τις αρχικές τιμές που αντιστοιχούν στην ζήτηση και τις απώλειες κάθε κόμβου, οι τελικές τιμές μετά την εφαρμογή της μεθόδου αποτελούν το άθροισμα της συνολικής κατανάλωσης χωρίς εμφανή διαχωρισμό.

Επιπρόσθετα, οι απώλειες έχουν κοινό υδραυλικό pattern, χωρίς να έχει γίνει κάποιος διαχωρισμός σύμφωνα με αυτόν που ενδείκνυται από το πρότυπο υδατικό ισοζύγιο του IWA. Μία ενδεικτική τέτοια προσπάθεια γίνεται στην επόμενη ενότητα, με σκοπό τη σύγκριση με τα υπάρχοντα αποτελέσματα.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την προσομοίωση αφορούν τις βασικές καταστάσεις: αρχική, μετά την διαμόρφωση των DMAs, εφαρμογή σεναρίων. Τα αποτελέσματα της αρχικής

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

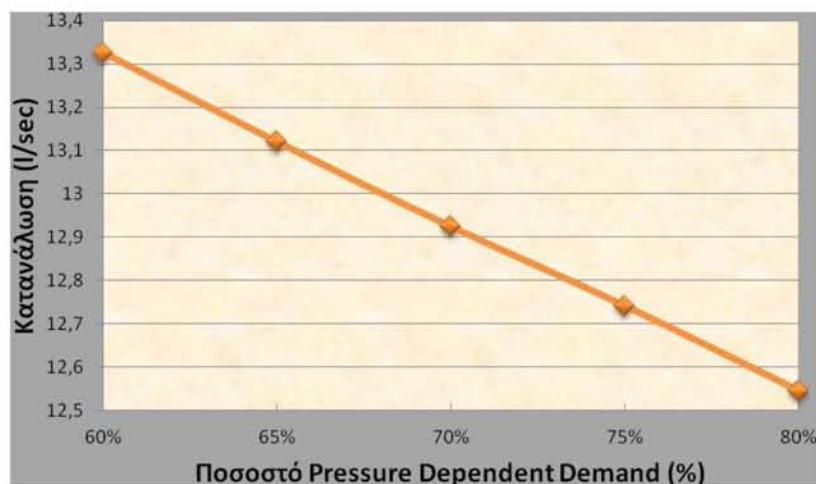
κατάστασης ακολουθούν μία ενιαία λογική, δηλαδή τους μήνες με την μεγαλύτερη κατανάλωση η πίεση είναι ελαττωμένη σε σχέση με τους υπόλοιπους. Τα αποτελέσματα μετά τη διαμόρφωση των DMAs δείχνουν άλλοτε αύξηση και άλλοτε πτώση της μέσης πίεσης ανάλογα με την DMA, αλλά έχουμε συνεχώς μείωση της κατανάλωσης. Οι διαφορές πάντως από την αρχική κατάσταση είναι ελάχιστες. Τέλος, από την εφαρμογή των σεναρίων έχουμε σημαντική πτώση της πίεσης και της συνολικής κατανάλωσης σε όλες τις DMAs, αναλογικές πάντα με τον μήνα που μελετάται.

8.2 Μελέτη της Ευαισθησίας του Μοντέλου στις Παραδοχές

8.2.1 Μελέτη του Ποσοστού της Pressure Dependent Demand

Η κυριότερη παραδοχή που έγινε και πάνω στην οποία βασίζεται η προσομοίωση του δικτύου και τα εξαγόμενα αποτελέσματα αφορά το διαχωρισμό της κατανάλωσης σε Pressure Dependent Demand και Volume Dependent Demand. Πιο συγκεκριμένα, το ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης που επηρεάζεται από την πίεση λήφθηκε ως 70%, όπως προέκυψε από την ανάλυση που παρουσιάζεται στην ενότητα 4.1. Σκοπός της παρούσας υποενότητας είναι η μελέτη ευαισθησίας του μοντέλου σε περίπτωση που το ποσοστό αυτό διαφοροποιηθεί στην πραγματικότητα.

Σαν βασικό σενάριο για την ανάλυση θεωρήθηκε αυτό με το υψηλότερο κέρδος, δηλαδή με τη μεγαλύτερη μείωση της κατανάλωσης, το οποίο αντιστοιχεί στην DMA 5 με 24h Modulating PRVs στο 4ο δίμηνο. Αλλάζοντας το ποσοστό των PDD από 60% έως 80% με βήμα 5% προέκυψαν 4 επιπρόσθετα σεναρία και μετρήθηκε η συνολική κατανάλωση της DMA 5 για το καθένα. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Γράφημα 8.1



Γράφημα 8.1: Μελέτη της ευαισθησίας του μοντέλου στα ποσοστά των PDD με βήμα 5%

Όπως φαίνεται και στο γράφημα οι αποκλίσεις της κατανάλωσης από το βασικό σενάριο (PDD=70%) κυμαίνονται από 1.4% έως 3.1% ανάλογα με ποσοστό της PDD. Ωστόσο, τα ποσοστά αυτά διευρυμένα σε όλες τις DMAs και σε ετήσια βάση επιφέρουν σημαντικές διαφορές στα υπολογιζόμενα κέρδη και απαιτούν εκ νέου υπολογισμούς.

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

8.2.2 Διαχωρισμός των Απωλειών

Η παρούσα υποενοότητα παρουσιάζει έναν ενδεικτικό τρόπο αντιμετώπισης της έλλειψης ακρίβειας η οποία αποτυπώνεται στην παραδοχή που έγινε ότι οι απώλειες ακολουθούν ένα ενιαίο υδραυλικό *pattern* ανεξαρτήτως των συνιστωσών που τις διαμορφώνουν. Επιπλέον, γίνεται ένας ενδεικτικός έλεγχος κατά πόσο τα αποτελέσματα επηρεάζονται εάν οι απώλειες του δικτύου είναι κυρίως φανερές ή πραγματικές.

Θεωρώντας, λοιπόν, ένα επιπλέον σενάριο γίνεται μία προσπάθεια ανάλυσης των φανερών απωλειών που αναφέρονται στην DMA 3 του πέμπτου εξαμήνου με PRV Fixed. Η επιλογή του συγκεκριμένου σεναρίου έγινε διότι θεωρείται ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα του συνολικού δικτύου σε επίπεδο χωρικής και χρονικής κατανομής.

Ο διαχωρισμός έγινε χρησιμοποιώντας τα ήδη υπάρχοντα υδραυλικά *pattern* όπως παρουσιάζονται στην ενότητα 2.5. Πιο συγκεκριμένα, θεωρήθηκε ότι το 1% του εισερχόμενου όγκου νερού αποτελεί την μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (παράνομη χρήση ή κλοπή) και ακολουθεί το *pattern* της κατανάλωσης, το 5% του εισερχόμενου όγκου νερού αποτελεί τα σφάλματα σε μετρητές ή μετρήσεις και επίσης ακολουθεί το *pattern* της κατανάλωσης, ενώ οι πραγματικές απώλειες προκύπτουν ως η διαφορά των ήδη εισηγμένων απωλειών στους κόμβους και των νέων υπολογισμένων φανερών απωλειών. Οι πραγματικές απώλειες ακολουθούν το ίδιο ακριβώς *pattern*, όπως στο κύριο μέρος της εργασίας, δηλαδή των απωλειών.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης στο *Watercad* έδειξαν ελάχιστες διαφορές στην πίεση και την κατανάλωση σε σχέση με την βασική ανάλυση. Αναλυτικότερα, η μέση πίεση της DMA 3 μειώθηκε κατά 0.08% ενώ η μέση κατανάλωση αυξήθηκε κατά 0.37% (Πίνακας 8.2). Πιθανώς σε άλλες DMA ή άλλα δίμηνα οι διαφορές να είναι σχετικά μεγαλύτερες, αλλά σε απόλυτες τιμές τέτοιες διαφορές δεν επιφέρουν σημαντικές αλλαγές στα εξαγόμενα συμπεράσματα.

Πίνακας 8.2: Πιέσεις (Ελάχιστη, Μέση, Μέγιστη) και κατανάλωση πριν και μετά τον διαχωρισμό των απωλειών - Βασικές απώλειες οι πραγματικές

	PRV-ΑΡΧΙΚΑ	PRV-ΤΕΛΙΚΑ	ΔΙΑΦΟΡΑ(%)
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	206.18	205.93	0.12
ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ (kPa)	243.89	243.69	0.08
ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ(kPa)	265.14	264.90	0.09
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ(λίτρα/s)	5.29	5.31	0.37

Στη συνέχεια, ακολούθησε η ίδια διαδικασία με την αντίστροφη θεώρηση, δηλαδή ότι οι πραγματικές απώλειες καταλαμβάνουν το μικρότερο ποσοστό, 6% του εισερχόμενου όγκου νερού στο σύστημα. Οπότε οι απώλειες που οφείλονται στη μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση και τα σφάλματα σε μετρητές ή μετρήσεις αποτελούν τις κύριες συνιστώσες των απωλειών. Συνεπώς, προκύπτει ότι το 94% του εισερχόμενου νερού ακολουθεί το *pattern* της κατανάλωσης.

Η προσομοίωση στο *Watercad* έδειξε ότι στην περίπτωση αυτή απαιτείται επαναπροσδιορισμός της πίεσης των PRVs για την επίτευξη του στόχου, καθώς η πίεση εμφανίζει μία διαφορετική

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

διακύμανση στο 24ωρο με τιμές του κρίσιμου σημείου κάτω από τις επιτρεπόμενες. Συνολικά, η μέση πίεση της DMA 3 μειώθηκε κατά 0.33% ενώ η μέση κατανάλωση αυξήθηκε κατά 1.14% (Πίνακας 8.3).

Πίνακας 8.3: Πιέσεις (Ελάχιστη, Μέση, Μέγιστη) και κατανάλωση πριν και μετά τον διαχωρισμό των απολειών - Βασικές απώλειες οι φανερές

	PRV	PRV-LOSSES	ΔΙΑΦΟΡΑ (%)
ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ	206.18	205.15	0.50
ΜΕΣΗ ΠΙΕΣΗ	243.89	243.08	0.33
ΜΕΓΙΣΤΗ ΠΙΕΣΗ	265.14	264.13	0.38
ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ(λίτρα/s)	5.29	5.35	1.14

8.3 Μελλοντική Έρευνα

Οι κύριες προτάσεις για μελλοντική έρευνα συνδέονται άμεσα με τις υπόλοιπες ενότητες αυτού του κεφαλαίου. Πιο αναλυτικά, θα μπορούσε να γίνει μία προσομοίωση με την εισαγωγή πιο συγκεκριμένων στοιχείων κυρίως σε ότι αφορά τις απώλειες και τις συνιστώσες τους, δηλαδή μία επέκταση των τελευταίων επιπρόσθετων σεναρίων σε όλο το δίκτυο. Τα εξαγόμενα συμπεράσματα θα κυμαίνονταν στα ίδια πλαίσια με την παρούσα έρευνα αλλά θα προσέγγιζαν ακόμη περισσότερο την πραγματική κατάσταση.

Επιπλέον, μέσω του *Watercad* δίνεται η δυνατότητα προσομοίωσης του δικτύου σε ακόμη μεγαλύτερο βαθμό. Η ζήτηση δέχεται υδραυλικά pattern που δείχνουν την κατανομή τους όχι μόνο στο 24ωρο αλλά και εβδομαδιαία ή μηνιαία.

Ακόμη, είναι δυνατός ο υπολογισμός σημαντικών στοιχείων για τη λειτουργία των *boosters* και άλλων αντλιοστατικών συστημάτων, που αφορούν για παράδειγμα την κατανάλωση ενέργειας. Επιπρόσθετα, θα μπορούσαν να εκφραστούν οι καταναλώσεις με δύο ή παραπάνω διαφορετικά ποσοστά ως pressure dependent είτε με τη χρήση κάποιας μελλοντικής βελτιωμένης εκδοχής του *Watercad* είτε με τη χρήση κάποιου άλλου λογισμικού.

Τέλος, θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη και καινοτόμος η εύρεση του βέλτιστου αριθμού PRVs που απαιτούνται για κάθε DMA καθώς και ο εντοπισμός του πιο κατάλληλου σημείου για την τοποθέτησή τους. Παρόμοιες προσπάθειες έχουν γίνει με τη χρήση γενετικών αλγόριθμων αν και η έρευνα σε αυτό το επίπεδο βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο, ενώ παράλληλα η εφαρμογή μίας τέτοιου τύπου ανάλυσης θεωρείται χρονοβόρα. Επιπλέον, στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται η χρήση τους κυρίως όταν ο παρεχόμενος εξοπλισμός αποτελείται από Flow Modulating PRV, δηλαδή τον τρίτο τύπο PRV που δεν χρησιμοποιήθηκε στα σεναρία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη του ετήσιου κέρδους σε επίπεδο DMA προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- **DMA 1:** Απαιτείται PRV Fixed Outlet σε συνδυασμό με τοπικό πιεστικό νερού (Booster).
Από την εφαρμογή του συγκεκριμένου συνδυασμού εξοπλισμού(3η ομάδα σεναρίων) συμπεραίνεται ότι το ετήσιο κέρδος για την εταιρία ανέρχεται στις 28.284,8 ευρώ, έναντι 21.990,28 , 21.667,28 και 26.422,96 ευρώ για τη 1η, 2η και 4η ομάδα σεναρίων αντίστοιχα.
- **DMA 2:** Απαιτείται PRV Fixed Outlet σε συνδυασμό με τοπικό πιεστικό νερού (Booster)
Από την εφαρμογή του συγκεκριμένου συνδυασμού εξοπλισμού(3η ομάδα σεναρίων) συμπεραίνεται ότι το ετήσιο κέρδος για την εταιρία ανέρχεται στις 21.878,13 ευρώ, έναντι 17.998,72 , 17.968,48 και 21.639,98 ευρώ για τη 1η, 2η και 4η ομάδα σεναρίων αντίστοιχα.
- **DMA 3:** Απαιτείται PRV Fixed Outlet σε συνδυασμό με τοπικό πιεστικό νερού (Booster)
Από την εφαρμογή του συγκεκριμένου συνδυασμού εξοπλισμού(3η ομάδα σεναρίων) συμπεραίνεται ότι το ετήσιο κέρδος για την εταιρία ανέρχεται στις 20.987,44 ευρώ, έναντι 18.811,78 , 18.909,29 και 20.673,12 ευρώ για τη 1η, 2η και 4η ομάδα σεναρίων αντίστοιχα.
- **DMA 4:** Απαιτείται PRV Fixed Outlet σε συνδυασμό με τοπικό πιεστικό νερού (Booster)
Από την εφαρμογή του συγκεκριμένου συνδυασμού εξοπλισμού(3η ομάδα σεναρίων) συμπεραίνεται ότι το ετήσιο κέρδος για την εταιρία ανέρχεται στις 24.541,78 ευρώ, έναντι 23.649,16 , 23.692,20 και 24.535,76 ευρώ για την 1η, 2η και 4η ομάδα σεναρίων αντίστοιχα.
- **DMA 5:** Απαιτείται PRV Modulated (24h)
Στην DMA 5 θεωρήθηκε ασύμφορος ο συνδυασμός του παρεχόμενου εξοπλισμού και η έρευνα περιορίστηκε στις δύο πρώτες ομάδες σεναρίων. Ως πιο επικερδής αποδείχθηκε η 2η ομάδα σεναρίων με χρήση Modulated PRV, με ετήσιο κέρδος 31.397,99 ευρώ έναντι 28.510,28 ευρώ για την 1η ομάδα σεναρίων.

Συνολικά, από τον συνδυασμό εφαρμογής των βέλτιστων σεναρίων σε όλες τις DMA εκτιμάται ότι το ετήσιο κέρδος της εταιρίας διαμορφώνεται περίπου στις **127.090 ευρώ**.

Επιπρόσθετα, από την ολοκληρωμένη μελέτη του δικτύου και της υδραυλικής συμπεριφοράς του προέκυψε το συμπέρασμα ότι ο αριθμός των PRVs είναι σχεδόν διπλάσιος από τις απαιτούμενες. Στις περιπτώσεις των PRVs 5 και 8 θα ήταν δυνατό να τοποθετηθούν βάνες αποκλεισμού, αφού σε όλη τη διάρκεια του έτους παραμένουν κλειστές λόγω της διαφοράς ανάντη και κατόντη πιέσεων. Επιπλέον, σε κάποιες περιπτώσεις (DMA 4 και 5) θα μπορούσε να εφαρμοστεί το μοντέλο των βέλτιστων DMA, το οποίο έχει μία μόνο είσοδο, αλλά δεν εφαρμόστηκε εξαιτίας της θέλησης για χρησιμοποίηση του μεγαλύτερου δυνατού αριθμού PRV.

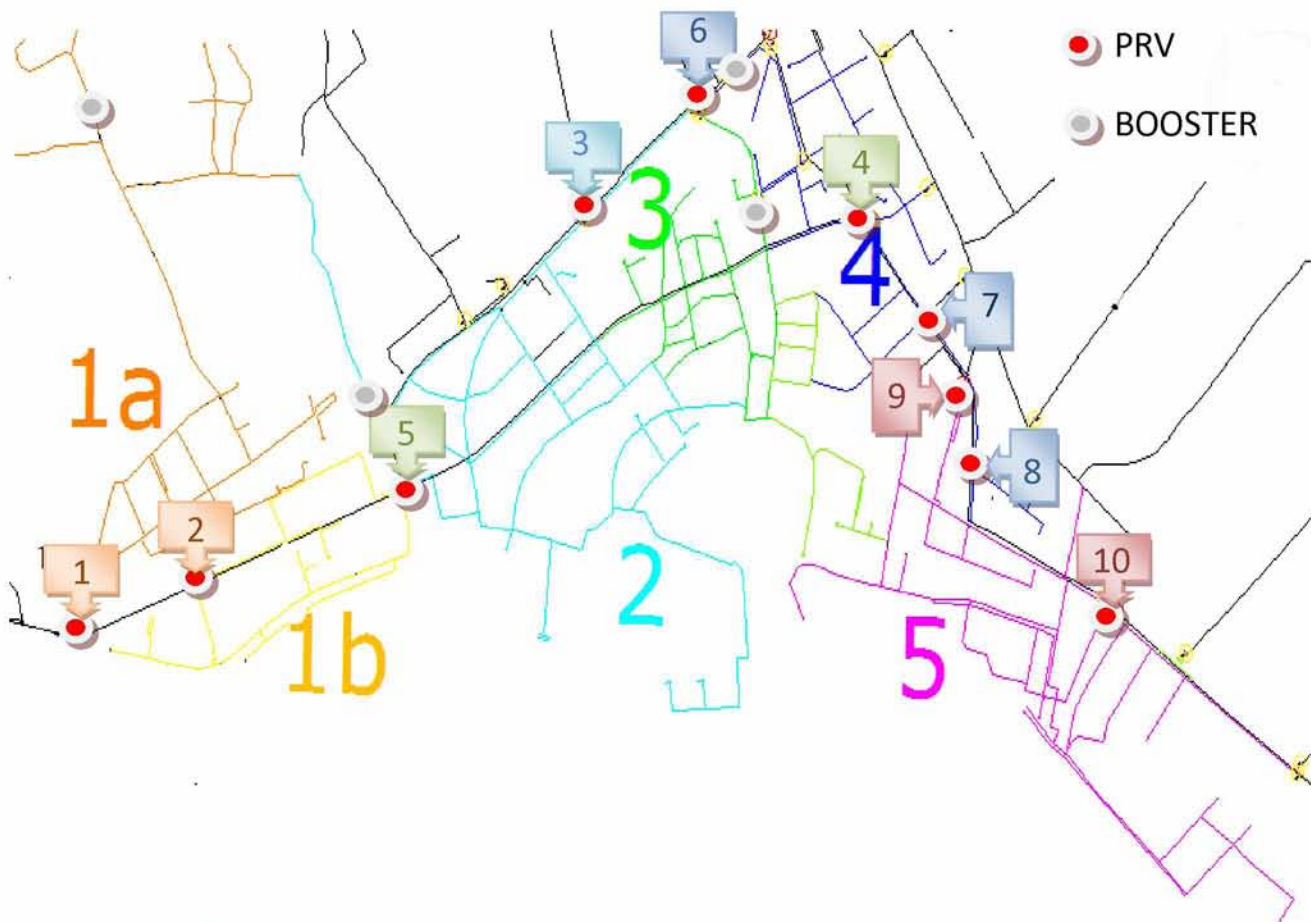
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Araujo L. S., Ramos H., Coelho S. T. (2005) Pressure Control for Leakage Minimisation in Water Distribution Systems Management
2. Farley M. , Liemberger R. (2005) Developing a non-revenue water reduction strategy: planning and implementing the strategy ater Science and Technology: Water Supply Vol 5 No 1 pp 41–50 -IWA
3. Haestad, Walski, T., Chase, D., Savic, D., Grayman, W., Beckwith, S., Koelle E. (2004) Advanced Water Distribution Modeling and Management
4. Lambert A. (2006) Assessing Non-Revenue Water and its Components: A Practical Approach , THE IWA WATER LOSS TASK FORCE Water 21 - Article No 2
5. Morrison J. (2004) Managing leakage by District Metered Areas: a practical approach THE IWA WATER LOSS TASK FORCE Water 21
6. Pilcher R., Dizdar A., Toprak S., De Angelis E., Cem Koc A., Dilsiz C., De Angelis K., Dikbas F., Firat M., Bacanli U. G. (2008) PROWAT: PLANNING AND IMPLEMENTING A NON-REVENUE WATER REDUCTION STRATEGY IMPROVES THE PERFORMANCE OF WATER SUPPLY AND DISTRIBUTION SYSTEMS”
7. Thornton J., Lambert A.. (2006) Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships, Water 21
8. WaterCAD User’s Guide, Waterbury, Connecticut, Haestad Methods (2005).
9. Yi Wu, Z., Wang, R., Walski, T., Yang, S., Bowdler, D., Baggett, C. (2006) Efficient Pressure Dependent Demand Model for Large Water Distribution System Analysis. Water Distribution System Analysis Symposium, Cincinnati, Ohio.
10. Κανακούδης Β. Τσιτσιφλή Σ. (2009) Ερευνητικό έργο: Προσδιορισμός των δεικτών λειτουργίας του δικτύου ύδρευσης της Δ.Ε.Υ.Α. ΚΩ σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο της IWA
11. <http://www.buildnet.gr>
12. <http://communities.bentley.com>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 1: Αποτύπωση του δικτύου ύδρευσης της Δ.Ε.Υ.Α.Κ. σε μορφή CAD και επισήμανση της περιοχής μελέτης (Η σχεδίαση στο AutoCAD έχει γίνει από τον Κ.Γκονέλα)



Εικόνα 2: Απεικόνιση PRVs που αντιστοιχούν στο κέντρο της πόλης και των διαμορφωμένων DMAs (Η αρίθμηση των PRVs είναι σε αντιστοιχία με τον Πίνακα 5.1)

Διπλωματική Εργασία: «Μείωση του μη ανταποδοτικού νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης μέσω διαχείρισης της πίεσης: Η περίπτωση της πόλης της ΚΩ»

Πίνακας: Μηνιαία παραγωγή νερού από τις γεωτρήσεις (m³)

	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Μύλοι 1	7852.5	6052.5	4072.5	14423	15345	19013	23175	23512.5	15930	11205	2542.5	3667.5
Μύλοι 2	12650	6985	5692.5	19828	19635	23705	28600	27802.5	17490	12045	7837.5	5885
Μύλοι 3	0	2670	15000	2160	2400	4500	5160	1500	4230	3270	360	0
Μύλοι 4	22950	33150	31088	25988	31912.5	42188	41100	37312.5	33000	33787.5	17625	14100
Πλατύ Κυπαρίσσι Νο1	28050	8750	18475	17175	19025	29400	25875	28750	20225	15075	17275	18450
Πλατύ Κυπαρίσσι Νο2	14300	5840	5960	11240	14500	19680	19600	21900	23860	12420	11020	6620
Πλατύ Κυπαρίσσι Νο3	0	0	0	0	14325	22550	28900	24525	24200	24025	22000	13900
Λαγκάδα	1980	7180	12040	8120	15600	19600	17460	20520	17720	7700	10260	13960
Μυλωνάς	1327.5	3532.5	8302.5	3825	16132.5	8055	19418	20925	14377.5	5490	6075	6817.5
Αμυγδαλώνας	0	0	60	270	0	0	6285	11040	8955	9000	7650	8505
Παναγίτσα	13200	11850	11385	12075	12180	12810	14640	16785	15060	11505	11085	10980
Πεταλά	171	0	189	198	2376	9234	9099	7812	4329	1917	720	2160
Αμπάβρης Νο1	4600	0	7387.5	8450	12912.5	12763	12600	13087.5	8450	2850	3912.5	5137.5
Αμπάβρης Νο2	5680	12160	13980	14340	21280	23100	19720	20240	19000	18160	18080	16000
Φοκάλια Νο1	0	10335	11310	10515	15375	17190	16860	15975	14580	17040	12705	11970
Φοκάλια Νο2	0	0	170	0	20	2200	8480	7090	8900	5060	0	0
Φοκάλια Νο3	31567.5	17550	17730	20588	22252.5	24818	24053	23647.5	22252.5	26190	14467.5	17820
Φοκάλια Νο4	20080	16480	16280	19720	20140	21400	20960	21660	18900	10380	18380	12400
Πελαργός Νο1	0	0	375	1552.5	120	0	0	0	0	0	0	0
Πελαργός Νο2	10062.5	9750	8325	8875	12775	12775	13575	12762.5	11275	13550	9112.5	8625
Πελαργός Νο3	5162.5	4600	5637.5	6462.5	8937.5	8187.5	8650	9962.5	7862.5	8087.5	4650	5037.5
Σφαγεία	12150	7000	8500	8500	13000	12513	11175	12550	10450	14250	5425	4050
ΣΥΝΟΛΟ / ΜΗΝΑ	191783.5	163885	201959	214303	290244	345679	375384	379359.5	321046.5	263007	201182.5	186085